다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 기획연구 최종보고서

2015. 8. 7

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

표지 뒷면

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 “다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 기획연구”에 관한 연구과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015. 8. 8.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원

주관연구책임자 : 황 인 주 연구위원

연 구 원 : 신 휴 성

" : 김 영 석

" : 김 태 형

" : 강 성 원

" : 이 홍 철

" : 강 재 모

" : 정 문

" : 조 은 비

제출문 뒷면

요 약 문

Ⅰ. 제 목

다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 기획연구

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 본 연구의 목적은 “시공(탐사)거리 4 km급 다목적 방향성 드릴 시스템과 이를 활용한 시공(운영)·서비스 기술을 실증 개발” 사업을 기획하여 예비타당성 및 본 과제 추진시 효율적인 추진을 도모하는데 있음

○ **(글로벌 드릴링 수요 증가에 대응 필요)** 극한지 비전통 유·가스 개발, 대심도 활용도, 각종 파이프라인 시공 분야의 방향성 드릴링 수요가 증가(특히, 방향 제어가 가능한 드릴링 수요 증가율이 높음)

* Exxon Mobil에 따르면, 비OECD국가의 에너지 수요는 2040년까지 약 65% 증가할 것으로 장기 전망(이에 따른 장비, 교체 기자재, 시공·서비스 등)
* Douglas-Westwood(2013)는 서유럽과 아시아를 제외한 세계 전 지역에서 ‘17년까지 오일/가스의 생산이 지속적으로 증가할 것으로 전망함

○ **(방향성 드릴링 기술 발전에 따른 격차 해소 필요)** 기존 오일·가스전 생산 증진, 비전통에너지 개발, 미개척 극지 및 동토 개발을 위한 방향성 드릴링 장비 및 기술이 첨단화

* 현재는 3~5 km 급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진속 등에서 괄목할 만한 기술적 진전이 있었고, 최근 ICT 기반 원격시공기술이 첨단화 되고 있음
* 실시간으로 지중 추진체의 상황을 모니터링하고, 지층의 정보에 따라 경로궤적으로 수정하여 효율적인 탐사 및 개발이 가능한 수준

○ **(기술의존 및 국부유출 심화 대응 필요) 유·가스** 탐사 및 개발, 관련 기자재 및 시스템, 국내 도시나 단지, 시설권역 내 비개착공사에 소요되는 기술과 장비를 해외 의존시 대규모 부가가치 유출이 예상됨

* 본 기술분야의 원천 및 시스템 기술은 일부 선진기업이 독점하고 있어 자체 인프라 건설 및 유·가스 개발에 있어서 해외 의존이 심화되고 있음

* (참고) 육상 드릴장비 가격 : 250억 ~ 400억원, 기자재 10억 ~ 30억원 내외
* (참고) 드릴링 비용: 수직 1 km, 수평 1 km 에 평균 $400 - $500 million 소요
(1개 광구에 20~50개 유정 건설)

○ **(신시장 진출을 위한 독자 기술력 확보가 필요)** 지반조건 탐사, 비개착 시공, 비전통 자원·에너지 개발, 지중환경오염 방지 등 활용영역이 큰 분야로 독자기술 확보 필요

* 우리나라의 경우 공공기관 및 대기업에서 해외자원개발에 주력하고 있으나 대부분 국내기술 및 인력 부족으로 지분투자에 그침
* 드릴 시스템의 신뢰성과 효율성 그리고 가격이 시장에서 경쟁요소로 분석되며, 메가트렌드, 이슈, 후발국가의 개발사례(일본, 중국)를 종합 분석시 연구추진이 필요

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

○ 동향 분석 및 기술수요조사 실시

- 해외 지역별(주요 거점 국가별) 정책・시장・기술 동향 및 환경 분석
- 기술수요조사 실시
- 동향 분석 및 기술수요조사 결과를 바탕으로 기술개발 추진방향 정립 (SWOT 분석 등)

○ 연구개발 후보과제 도출

- 기술적 진보성, 경제적 탁월성을 보장할 수 있는 후보과제군 도출
- 후보과제별 기술개발 목표 및 최종성과물 설정, 후보과제간 연계 및 중복 검토 등 종합검토

○ 기술개발 전략 수립 및 연구내용 설정

- 비전 및 기술발전 시나리오, EPC별 기술로드맵 제시
- 비전 달성을 위한 세부목표 및 중점 추진분야 설정
- 중점 추진분야별 연구개발 후보과제 설정
- 목표 및 연구범위(세계최고, 국내최초 수준으로 달성 가능한 목표 제시), 핵심가치, 성공요인 등 설정

- 세부과제(핵심 요소기술) 도출 및 연구내용 설정
- 세부과제 연차별·단계별 기술개발 로드맵 제시
- 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안 수립
- 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안

○ 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시
- 성과분석 및 검증방안 제시
- 제도·정책 활용, 현장적용, Test Bed 및 시범사업 등 구체적인 실용화 방안 제시

○ 인력투입 계획 및 소요예산 산정
- 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입계획 수립
- 과제별 소요예산 산정

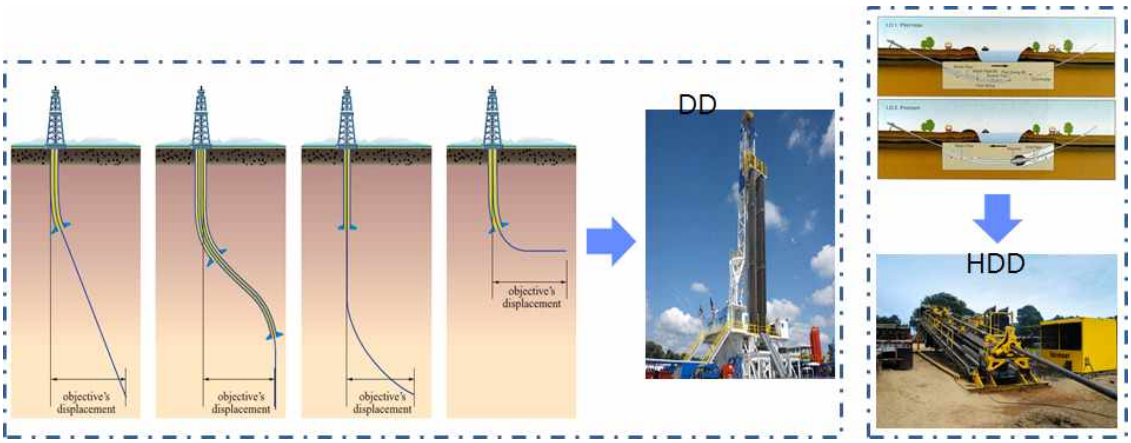
○ 사전타당성 검토
- (정책적 타당성 검토) 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안 등에 대한 검토
- (기술적 타당성 검토) 기존 연구개발과의 중복성, 기술개발 계획의 우수성, 기술 수준 및 개발 성공 가능성 등에 대한 검토
- (경제적 타당성 검토) 경제성 분석, 경제·사회적 파급효과, 과학기술적 파급효과 등에 대한 검토

기술의 정의 및 사업논리 정립

□ 기술의 정의

○ 본 사업에서 **방향성 드릴링(directional drilling)**은 지하의 목표 지점까지 의도하는 **수직 또는 수평 궤적(경로)**을 **3차원적**으로 **변경**하여 **천공**하는 **기술**로 정의함

* 핵심기능: 드릴링 시스템에 방향제어장비를 탑재하여 수직, 수평, 경사 방향 제어가능
* 목적기능: **①지질·지반의 특성 파악, ②지하에 매장되어 있는 원유 및 가스의 부존 특성 평가하거나 생산을 위한 유정 개발, ③파이프라인이나 통신선 설치** 등

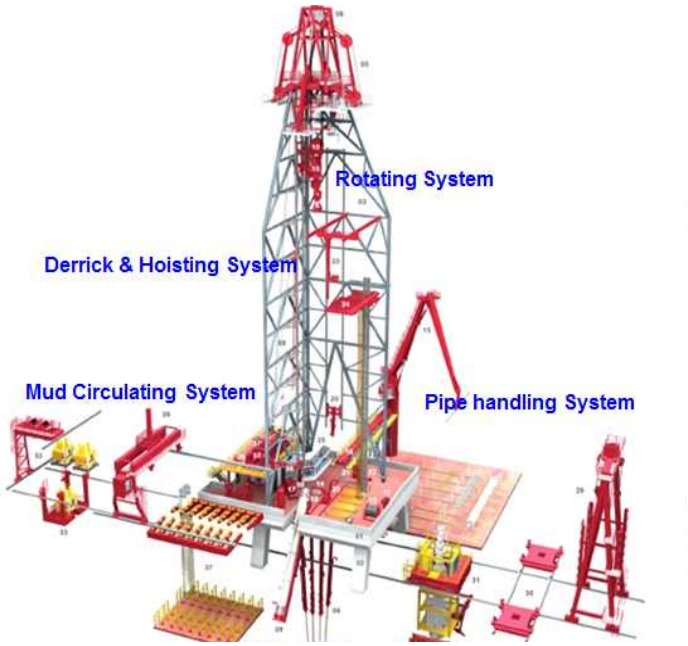


<그림> 방향성 드릴링의 주요 유형

□ 개발 범위

○ **방향성 드릴링 시스템 개발 범위**는 ① 데릭 및 호이스팅(derrick & hoisting), ② 회전구동(rotating drive), ③ 파이프 조작(pipe handling), ④ 지하 시스템으로 추진체 및 방향제어(steering), ⑤ 이수순환(mud circulation) 시스템 등이 핵심대상임

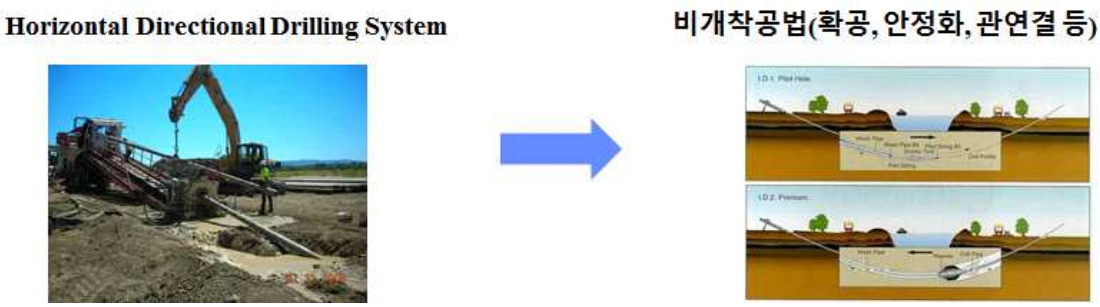
* 데릭: 바닥 플랫폼과 붐, 골조를 이루어 각종 기능모듈을 설치, 지지하는 기능
* 호이스트: 드릴 파이프 상하이동 및 지지 시스템
* 회전구동장치: 파이프 굴진을 위한 드릴 파이프의 회전 시스템
* 파이프 이동 탈착장치: 드릴시 다량으로 소요되는 드릴파이프의 체결 또는 해체 작업을 수행하는 시스템
* 드릴링 및 방향제어장치: 지반을 파쇄, 굴진하면서 방향을 제어하는 시스템
* 이수 순환장치: 드릴공 내에 마찰 감소, 압력 유지, 파쇄물 배출 등을 수행하는 장치



<그림> 방향성 드릴시스템의 주요 구성 및 개발분야

○ **수평식 방향성 드릴링 시스템 개발범위**는 ① 비개착 관망 시공시스템, ② 지층탐사 및 평가장비, ③ 관망 확공 및 지반 안정화장비, ④ 관망연결공법 등을 개발함

* 비개착 관망 시공시스템: 천심도 지반 내 수평 드릴링을 통하여 비개착으로 관망을 시공하는 장비
* 지층탐사 및 평가장비: 비개착 관망 시공을 위한 지층 내 경로 특성을 탐사하고 평가하여 효율적인 드릴링 시공에 기여
* 관망 확공장비 및 지반 안정화 공법: 1차 드릴링 후 규정 파이프를 설치하기 전에 리머 등을 이용하여 적정 직경으로 확대하고 주변 지반을 안정화하는 공법
* 관망 재료 및 연결장치: 천심도 지층에 비개착으로 설치에 적합한 소재특성과 규격, 배관을 연결하는 장치



<그림> 비개착 시스템 및 공법 개발범위

□ 사업 논리

○ 본 사업의 성격은 중장기(3년 이상) 상용화를 목표로 추진되는 응용·개발 연구사업임

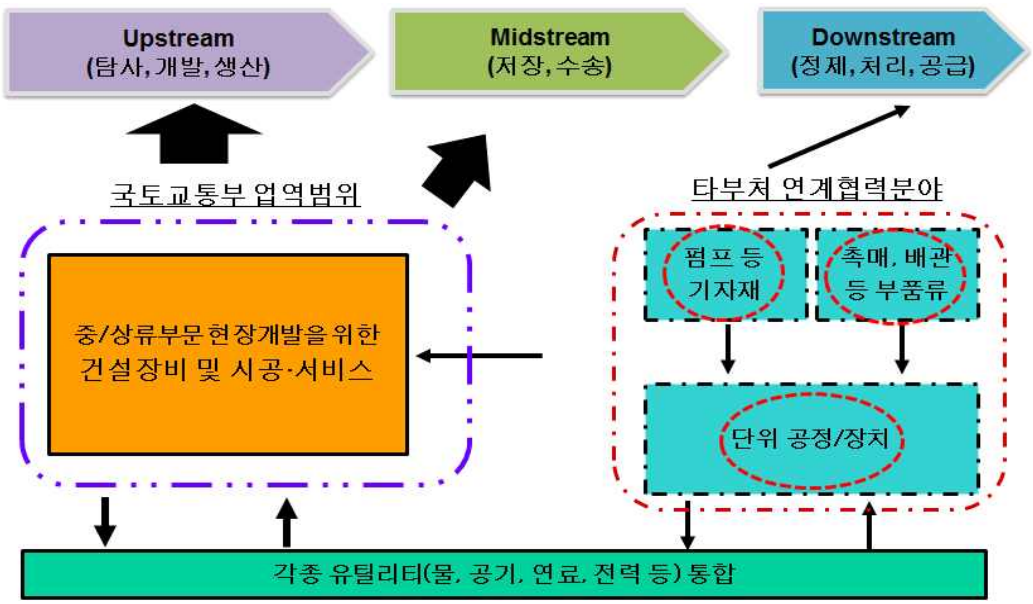
* 중장기산업기술개발 유형: 다목적 드릴시스템의 **광범위한 응용 가능성**에 중점을 두고 **장기간**에 걸쳐 **장비·시스템, 시공·서비스 기술**을 개발

○ 본 기술은 **국내외 개발사업**의 **중·상류부문(탐사, 개발, 생산, 저장, 수송)**에서 **계획·관리, 현장개발(탐사, 채굴, 생산, 수송)**을 위한 **건설장비·시스템, 시공·서비스 기술**임

* 방향성 드릴링 분야는 대심도 지반조건 탐사, 장거리 파이프라인 시공, 비전통 자원·에너지 탐사·개발, 지중환경오염 방지설계 등 기술구성과 활용영역이 매우 넓음

○ 사업의 범위는 단순히 기자재/유닛을 개발하는 데 있기 보다는 **현장개발**에 필요한 **건설장비·시스템**과 **운영·서비스 기술**의 **실증 개발**에 **중점**을 두고 있음

* 산업통상자원부 연구개발사업과 차별점: 기자재/공정장치의 제작을 통한 공급, 자원 탐사기술보다는 **현장**을 **개발(채굴, 생산, 저장, 수송 등)**하는 데 소요되는 **시공장비**와 **운영기술**에 중점. 산통부 R&D 결과의 **연계·조달**을 병행(미비한 분야 보완 추진)



<그림> 부처간 사업추진 역할구조

○ 추진근거

* 건설기계관리법 제2조(정의 등): 건설기계의 정의
* 건설기계관리법시행령 제2조 별표1의 분류체계: 특수건설기계는 제1호부터 제25호까지의 규정 및 제27호에 따른 건설기계와 유사한 구조 및 기능을 가진 기계류로서 국토교통부장관이 따로 정하는 것

시장, 기술, 인프라 조사 및 기술수준 분석 (세부사항 본문 참조)

□ 메가트렌드에 따른 방향성 드릴링분야 전망, 이슈 분석

메가트렌드		주요전망	미래 이슈
사회문화분야(S)	인구감소·노령화에 따른 경제활동인구 감소	기능 및 기술인력 부족에 따른 자동화, 원격화 **드릴시공 확산**	산업생산인구 감소에 따라 **자동화**, **원격**, 무인화, 네트워크화 드릴링 기술의 수요 증가
	도시·산업단지 집중현상 심화	도시단지 등에서 **비개착식 관로**공사의 제한	도시・산업단지의 에너지・물 등 효율적 이용과 차세대 건설기술로 **비개착식 시공** 요구
과학기술분야(T)	경제·사회현안, 미개척 과학기술 진보	**환경, 물·에너지·자원** 등 문제해결 위한 **첨단기술 접목** 증가	미개척지 진출를 위한 환경, 신소재, 로봇, **장거리 드릴링** 등 **극한기술**의 수요 증가
	기술 분야 간 융복합화 가속	ICT 기반 네트워크, **가상·원격** 등 융복합기술의 건설 전반에 확산	기술분야간 융복합화 가속, **동토나 심해 자원 탐사개발 등 가혹한 현장의 건설**을 **원격기술** 실현 요구
경제분야(E)	시장·기술 다변화 등 세계경제는 글로벌화 가속	**자원 탐사 및 개발분야 드릴링** 및 **서비스** 산업분야의 기술장벽 강화	국가간, 지역간 경계를 넘나드는 교통, 물류, **자원 채굴 및 이송 등 산업수요** 증가
	글로벌 네트워크 및 협업 활동 가속화	참여 주체간 협업기능과 역량이 경쟁력의 원동력으로 부상	ICT 기반의 **드릴링 및 서비스 프로젝트** 전주기 통합수행환경 실현기술 요구
생태환경분야(E)	기후변화 및 환경오염 심화에 대응 청정생산체계 확산	자원개발에 따란 **지중오염**에 대한 규제 강화	건설 전분야에 청정개발체제 확산, **오염물질 처리 및 지하저장공간 확보**를 위한 **굴착 및 경로 형성기술** 등 요구
	물·에너지·자원 수요 증가에 따라 생산투자 지속 증가	**비전통에너지 개발수요 증가**에 따라 탐사개발 수요 증가 다양한 **라이프라인의 지중화** 설계 및 건설이 증가	**비전통에너지 개발, 극한지 자원 탐사·개발**을 위한 **방향성 드릴링 기술** 등 증가
정치안보분야(P)	무역장벽 관련 국가별 보이지 않는 장벽 심화	선진국과 개발도상국의 제도·기술적 격차 심화, TBT에 의한 보이지 않는 **무역장벽** 증가	드릴링 개발에 있어 해외 현지 기술규정, 표준 및 적합성 평가절차 등에 의한 TBT 대응 요구
	자연・인위재해 위험도, 국가간 물·에너지 갈등 증가	도시·산업시설의 재난 위험도 및 피해규모가 증가, **지중화 건설** 증가	전주기적인 재난재해 방지기술 요구 증가로 **지중 작업의 안정성을 위한 드릴링 기술** 증가

가. 글로벌 드릴링 시장 성장동인

□ 드릴링 리그 시장의 주요 동인 및 지표는 ①에너지 수요 증가 ②오일/가스 생산 증가 ③ 오일/가스 가격 민감성 ④ 드릴공 개수 증가 ⑤ 새로운 자원의 탐사 및 개발의 5가지로 분류됨

○ **(에너지 수요 증가)** 세계적으로 내륙/해상 지역 모두에서 오일/가스 수요의 지속적인 증가는 드릴링 시장의 근본적인 동인임

- Exxon Mobil에 따르면, 비OECD국가의 에너지 수요는 2040년까지 약 65% 증가할 것으로 증가하였으며, 이는 전체 OECD국 수요의 약 2배 수준임
- 더불어 세계에서 4번째로 에너지 소비가 많은 인도의 에너지 수요가 지속적으로 증가함에 따라 드릴링 리그에 대한 수요 변화에 크게 영향을 미칠 것으로 판단됨

○ **(오일/가스 생산 증가)** Douglas-Westwood는 서유럽과 아시아를 제외한 세계 전 지역에서 '17년까지 오일/가스의 생산이 지속적으로 증가할 것으로 전망함

- 생산 포화 단계에 접어든 지역에서는 생산 수준을 유지하기 위해 추가적인 드릴공이 요구될 것이며, 추가 드릴공을 위한 드릴링 작업은 보다 복잡한 절차가 요구됨
- 드릴공 복잡성(Complexity) 증가는 물리적으로 요구되는 작업이 많아지고 시간도 많이 소요됨에 따라 드릴링 시간, 유지비용의 증가를 야기함

○ **(드릴공 개수 증가)** 글로벌 경기침체의 영향으로, '09년 드릴공 개수는 '08년 대비 22% 감소함

- 반면, 방향성/수평 드릴링 시장의 성장으로 드릴공 개수는 '13년 이후 5년 간 약 20% 증가하여 '17년에는 역사상 가장 많은 개수를 나타낼 것으로 전망됨
- 방향성/수평 드릴링은 생산 포화 단계에 접어든 지역에서 생산 증가에 대한 수요가 높아짐에 따라 '02년~'08년 기간 동안 두 배 이상 증가함
- 이러한 트렌드는 향후 5년 간('13년~'17년) 지속될 것으로 예상되며, 이에 따라 최신 드릴링 리그 장비에 대한 요구가 증가할 것으로 전망됨
- '13년 전체 드릴링 시장 규모의 약 28%를 차지한 방향성/수평 드릴링 비중은 '17년 약 31%로 성장할 것으로 판단됨

- 세일가스와 같은 비전통적인 자원 개발은 방향성/수평 드릴링 시장 규모를 증가시킬 것으로 전망됨

○ **(새로운 자원의 탐사 및 개발에 따른 지속 성장)** 최근 셰일 가스의 개발은 북미 지역 드릴링 시장 성장에 큰 영향을 미침

- 오일/가스 탐사와 개발은 아직까지 북미 지역에 큰 영향을 미치는 반면, 유럽, 호주, 아시아 지역 또한 비전통적인 가스 자원 개발을 추진하고 있음
- 셰일 가스와 탄층(Coal Bed Methane) 프로젝트가 대부분 많은 양의 방향성/수평 드릴링 드릴 작업을 요구함에 따라 드릴링 리그 시장의 성장과 변화를 야기할 것으로 판단됨
- 동토나 극지 등 미개척지 탐사·개발에 따른 방향성 드릴링 수요가 증가할 것으로 전망됨

나. 글로벌 드릴링 기술 발전과 기술격차 해소

□ 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도 증대, 각종 파이프라인 지하시공 증가 등으로 수직·수평·경사 등 방향 제어가 가능한 드릴(드릴링)기술의 적용이 증가

※ 비전통 자원·에너지: 오일샌드, 석탄 청정 가스화, 대심도 지중 가스화 등 기존 석유 및 가스 채굴 등과 다른 방식으로 생산하는 탄화수소 함유 에너지원

○ **(장비 및 기술수요 증가)** 이에 따라 기존 오일·가스전 생산 증진, 비전통에너지 개발, 미개척 극지 및 동토 에너지자원탐사 및 개발을 위한 **드릴링 장비 및 기술 수요는 증가 전망**

* 현재는 3~5 km 급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진속 등에서 괄목할 만한 기술적 진전이 있었고, 최근 ICT 기반 원격시공기술이 첨단화 되고 있음
* 실시간으로 지중 추진체의 상황을 모니터링하고, 지층의 정보에 따라 경로궤적으로 수정하여 효율적인 탐사 및 개발이 가능한 수준
* 환경적인 측면에서 이수물질에 대한 규제가 강화되고 있어 드릴공의 안정화 및 압력제어에 관한 기술이 향상됨

○ (해외기술 의존 및 기술장벽 심화) 본 기술분야의 원천 및 시스템 기술은 일부 선진기업이 독점하고 있어 자체 인프라 건설 및 자원·에너지 개발에 있어서 해외 의존이 심화되고 있음

* 미국의 유전 서비스 업체인 Halliburton사, 독일의 Schlumberger사 등에서 세계 장거리 방향성 드릴시장을 주도하고 있음
* 일본의 경우에도 독립행정법인 JOGMEC를 통하여 독자 개발하여 기술이전 및 활용이 활발하게 진행되고 있으며, 석유·가스자원 개발, 특히 메탄하이드레이트 개발에 응용 등을 선도하고 있음
* 중국은 자국의 유전을 바탕으로 1990년대 중반부터 장비 시장에 진출하여, 현재 많은 기업이 드릴링장비를 제작 및 공급하고 있으며 최근에는 드릴서비스 시장으로도 진출(흥아)

○ **(비개착 관로 시공 증가)** 수평 방향성 굴착의 경우 독일, 미국, 일본 등은 1970년대부터 장비 개발 및 시공을 시작하여, 관련 노하우를 축적하고 있음

- 일본은 JSTT(일본 비개착 기술협회)를 설립하여 종합적인 비개착 공법 장비 및 기술 개발을 주도하고 있음
- 미국은 NASTT(북미 비개착 기술협회)에서 비개착 공법의 개발 및 시공에 관한 정보 교류, TCC(산학협력연구소)에서 유럽, 일본과의 기술 격차를 해소하기 위한 연구 개발 수행

□ 우리나라의 경우 정부의 에너지개발 사업 추진과 관련하여 지난 10여 년간 국내의 공공기관 및 대기업에서 해외자원개발에 주력하고 있으나 major oil사들의 경험 및 자본력에 미치지 못하고 있음

○ **(해외자원개발의 핵심장비와 서비스기술은 해외조달)** 국내 기술 및 인력부족 등에 의해 대부분 지분투자에 그침. 다만, 국내 공기업 및 일부기업에서 해외자원 개발권을 확보하는 실정

* 한국가스공사는 아프리카, 인도, 동남아, 중동 등에서 가스개발사업에 투자 중이며 캐나다 및 북극권에서 지분참여 및 개발생산 중. 한국석유공사는 24개국 59개 석유개발 프로젝트에 참여

○ **(전문인력 및 기술력 부족)** 해외자원개발에 따른 국내기업의 국제경쟁력은 자원개발 기술 및 자본 등에서 크게 뒤쳐지고 있는 실정이며, 일부 기업에서 소규모의 에너지 및 금속자원 개발에 직접투자하고 있으나 전문인력 및 기술력 부족

○ **(후발 국가의 개발사례를 벤치마킹하여 개발 필요)** 종합분석 시 일본, 중국 등 개발사례를 벤치마킹하여 드릴시스템 및 서비스 기술의 개발은 타당성이 있음

다. SWOT 분석

외부 요인 / 내부 요인	O(기회)	T(위협)
	- 에너지 수요의 증가 • 중국, 인도 등 신흥공업국의 탄화수소 수요증가로 지속적 자원개발 **- 비전통자원개발의 경제성 확보** • 고유가 및 수평드릴 등 기술의 비약적 발전으로 비전통자원 개발 경제성 확보 **- 저개발 자원부국 진입기회** • 저개발 자원부국의 자원개발이 가속화되고 있으며 중소/중견기업의 시장진출이 가능한 규모 • 중국, 동남아 등 한국 인근 지역의 풍부한 자원부존과 개발 잠재력	**- 지구온난화에 따른 녹색성장정책** • 녹색성장정책 확대로 신재생에너지 기술투자에 대한 사회적 선호도 제고 **- 자원민족주의 의식 팽배** • 자원부국의 자원민족주의 의식으로 자원개발 시장 신규진입이 어려우며 중국 등의 자본에 의한 자원시장 잠식 **- 기술보호 가속화** • 치열한 글로벌 기술경쟁 • 수평드릴링, 수압파쇄 등 비전통자원개발 핵심기술의 미국 독점과 개발기술 공개에 제한적
S(강점)	**SO 전략**	**ST 전략**
- 국내의 높은 자원개발 의지 • 에너지자원안보 실현을 위한 정부의 해외자원개발 정책 • 석유공사, 가스공사 등 공기업 및 민간기업의 적극적인 해외자원개발 투자 및 기술개발 의지 **- 선진화된 기반기술 보유** • IT, 기계, 화공, 제어 등 자원개발 관련 산업의 선진화된 기술력 보유 • 높은 수준의 상세설계 및 시공기술 및 인력보유 **- 관련 기초기술 확보** • 비전통자원개발 관련 국가R&D를 통해 관련 핵심기술 기초연구 수행	**▶ SO: 집중화** ◦ 정부의 자원개발 정책과 관련기업의 적극적인 사업투자에 따라, 비전통자원개발을 위한 기술개발 및 개발기술 활용을 위한 산업 여건이 지속적 성숙 ◦ 국내 발달된 IT, 기계 및 화공 기술력을 기반으로 한 친환경적 비전통 유·가스전 개발 핵심 및 전략기술의 조기확보로 저개발 자원부국 진입가능 ◦ 관련한 연구결과를 바탕으로 저개발 자원부국과의 공동R&D를 추가 진행하여 자원부국 시장적용형 기술 확보	**▶ST: 다각화** ◦ 날로 높아지는 선진국의 기술장벽을 극복하기 위해 국내 발달된 유관 산업 기술과의 융복합한 신기술 개발 ◦ 국내 풍부한 자본력을 기반으로, 해외 E&P 혹은 기술서비스기업과의 M&A를 통해 국내 관련 산업 및 시장 규모 확대 ◦ 국내기업이 투자한 비전통자원개발 경험을 최대한 확보하여 본 기술 R&D에 적용하여 기술개발 시행착오를 최소화
W(약점)	**WO 전략**	**WT 전략**
- 자원개발 현장의 부존 • 빈약한 국내 유가스 부존 여건으로 관련 기술개발의 한계 • 현장 적용의 한계로 Track Record 확보의 현실적 문제 **- 현장기술 및 인력 부족** • 자원개발분야 선진국(미국)과 현장기술 및 원천기술력 격차 • 현장 전문인력 부족 **- 미흡한 산업생태계** • 국내 자원산업이 초기 단계 • 국내 수요 부재로 장비, 서비스 기업의 생태계 미흡	**▶WO: 선회지향적** ◦ 국내기업이 진출, 확보한 해외 비전통유·가스전의 실증기술개발 현장 및 자원부국과의 공동R&D현장을 활용함으로서 국내 현장 취약성 극복 ◦ 국내 부족한 전문인력 및 R&D 인프라를 산학연 공동협력체제 구축을 통해 극복 ◦ 기술개발사업 참여 기업 형태의 다양화(E&P기업, 서비스기업, 드릴링 장비제작 등)로 기술개발 성과의 다양한 확산 구조 마련	**▶WT: 방어** ◦ 해외 선진 기술보유국 중견기업과의 기술협력, M&A등을 통해, 국제 기술경쟁 및 기술보호에 선제적 대처 ◦ 선택과 집중을 통한 기술개발 전략 시행으로 핵심기술을 조기에 자립함으로써 국제시장 및 기술 변화에 능동적 대처 ◦ 사업에 참여하는 기업을 중심으로 자원개발 기술서비스 기업으로 성장할 수 있도록 TrackRecord 확보 등 지원책을 마련

라. 추진방향 모색

○ **(해외 시장수요에 대비 및 신산업 창출방안 모색)** 드릴링분야 시장 확대에 대비하고 국내적으로는 해외자원 확보 정책에 힘입어 해당분야 연구개발 추진을 통하여 신산업 생태계 조성과 해외 진출을 추진 필요

* 방향성 드릴링 장비 개발을 포함한 운영기술의 개발은 위에서 시장분석에 비추어 개발 필요성이 증가하고 있으며 개발 이후의 사업성도 클 것으로 예상됨
* 현재 조선해상산업 중심으로 일부 기자재에 대한 개발 OEM 공급 등이 이루어지고 있으나 육상 드릴시스템의 개발을 통하여 산업 생태계 저변을 확장 가능

○ **(기술장벽 해소 및 경쟁력 제고를 위한 선별적 연구개발 추진)** 드릴링분야의 선진기업의 기술 장벽을 해소하고 해외 현장에 진출하기 위해서는 우리의 강점을 이용한 선별적인 연구개발 추진이 요구됨

* 리그 본체 및 일부 기자재에 대한 설계 및 제작능력은 갖추고 있어 국산화 가 가능한 분야로 사료됨. 그러나 방향추진 및 제어, 이수시스템 등 핵심기술에 접근이 어려우며, 이를 노하우로 Halliburton사, Schlumberger사 등이 시장을 주도
* 국내의 경우 도심지하, 하천이나 강 하부 지층내 수평 및 방향성 드릴링의 수요가 증가됨에 따라 방향성 드릴링기술 확보 필요. 또한, 국내 발달된 기계, IT 및 제어 기술을 기반으로 세계 최고 수준의 방향성 드릴기술 확보 가능

○ **(기술장벽 극복을 위한 실증적 트랙 레코드 확보)** 드릴링 시장의 경우도 플랜트건설시장으로서 장비 및 현장 서비스 등 실적이 중요하므로 실증 실적으로 확보 필요

* 해외 드릴링 시장은 철저한 경제성과 신뢰성이 중요하며, 적용실적에 대한 검증을 통하여 진출이 가능함
* 본 연구개발의 추진에 있어서 테스트베드에 대한 전략적인 검토가 필요하며, 기자재 국산화를 병행 필요

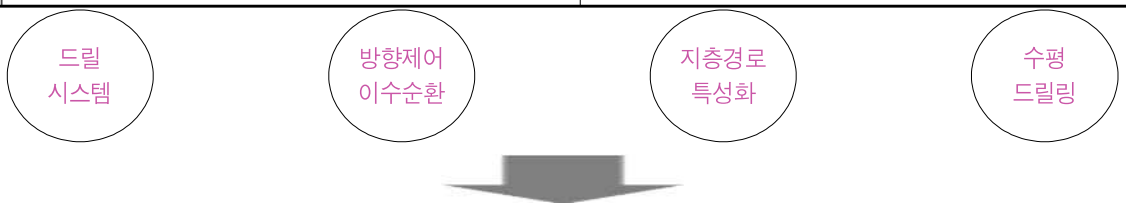
○ **(국제교류 확대 및 경쟁기술 확보)** 선진기업의 시장 및 기술 카르텔이 심화되고 있고 관련 장비 및 기술의 조달에 있어 선진기업의 지배를 받는 관계를 극복 필요

* 당양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함
* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도하여 철저한 카르텔이 형성되어 있으며, 석유가격에 의존하기는 하는 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 교류협력을 확대 필요

사업목표 및 추진체계 도출

□ PEST분석

구분	촉진요인	저해요인
정책 (P)	- 정부 주도의 신도시, 인프라, 수자원, 환경 등 등 비개착 공법 건설지원 증가 - 기후변화 대응 온실가스 감축, 미개척지 에너지 자원 탐사개발 관련 정책추진 - 중소·중견기업 지원을 위한 종합대책 마련	- 각각의 자국 내 시장과 자원 및 기업 보호주의 정책 심화 - 재원개발관련 신산업·신시장 창출을 위한 중장기 전략 미비 - 국제표준 대응 자국시장보호, 기업지원체계 미비
경제 (E)	- 신흥자원부국의 자원개발 프로젝트 증가, 동토 및 극지 등 에너지자원 개발 가속화 - 기후변화, 환경오염 대응관련 드릴링 산업수요가 급격히 파생	- 선진기업의 시장 및 기술 카르텔 형성으로 드리링 장비 임대 및 서비스분야 국부유출 심화 - 중국 등 신흥국가의 적극적인 실증개발(흥아, 중국)에 따라 기술격차 증가 - 산업규모가 작고 생태계 가 취약
사회 (S)	- 생활수준 향상에 따라 가스 및 상하수관망 등 비개착 공법 요구 증가 - 해외자원개발사업에서 우리나라 인지도 상승	- 국내 도시나 단지, 시설 등을 연결하는 가스, 관망 등 비개착공법에 대한 이해 부족 - 국가 경제적으로 중요한 에너지 자원의 수입·공급을 탈피한 적극적 개발 인식이 낮음
기술 (T)	- 가스·자원이송 유망분야 발굴(국토부)을 통하여 체계적인 실증 개발을 지원 중 - 해양분야 드릴링 기자재 등은 일부 OEM 공급능력을 확보 - 세계적 수준의 ICT 기술과 관련 투자 증가	- 방향 드릴링 원천기술, 시스템 개발 및 운영 경험, 실증 레코드 부족 - 기술개발, 시험인증, 실증 등 인프라 취약 - 선진기업의 기술 카르텔 형성에 따른 드릴링 장비 및 서비스 기술의 대외 의존



다목적 방향성 드릴시스템 개발사업 기본방향 도출

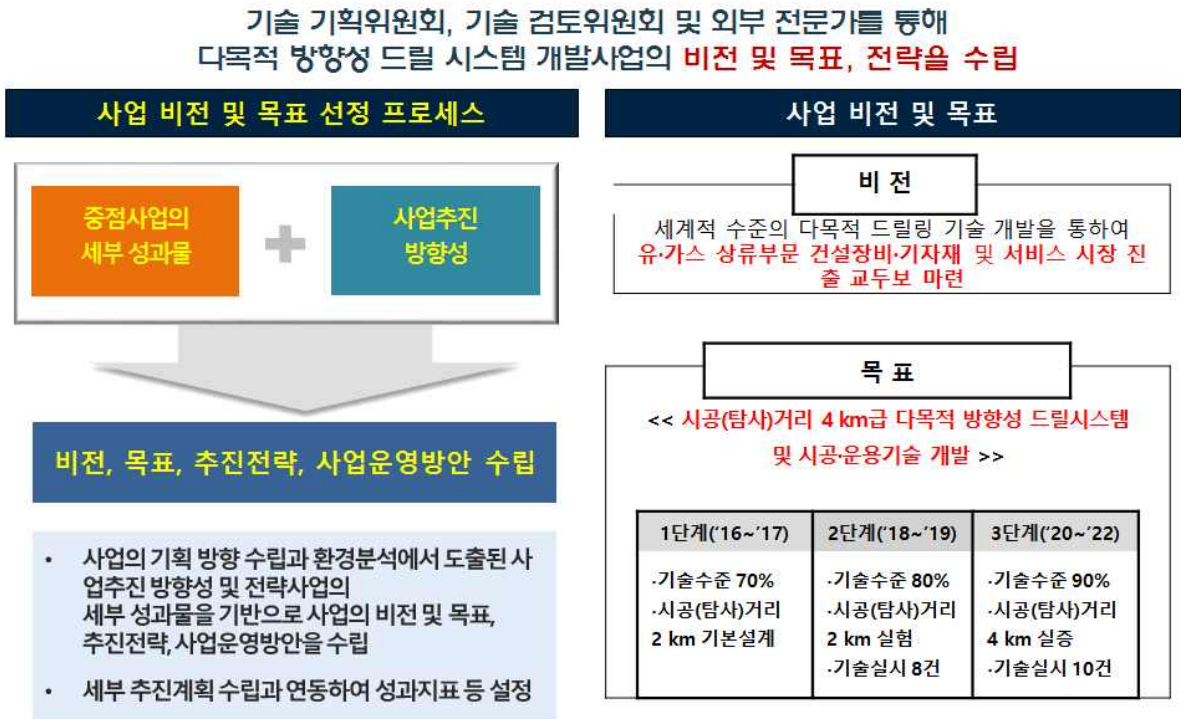
◦ **국토교통부 방향성 드릴시스템 개발 연구사업의 역할 및 목적은 현장 적용이 가능한 드릴시스템 응용·실증 연구를 추진하여 독자기술을 확보하여 해외진출 및 국가경제에 기여하는 것임**

* 개별 기자재/부품 보다는 **현장**에 **적용**되는 **드릴시스템**과 **운영(경로특성화, 파쇄자극 등 포함)** 등의 **통합기술 확보**에 **중점**

* 기 개발중인 해양 드릴 기자재 R&D 결과와 **연계**하여 **시너지효과**를 높이고, 미비한 분야는 타당성 검토 후 병행연구를 추진하여 보완

◦ **사업 추진을 위한 기본방향은 글로벌 산업 및 시장 환경, 기술적 니즈를 고려하여 ① 드릴시스템 플랫폼 국산화 설계 및 제작기술 추진, ② 드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술 추진, ③ 드릴시스템 지층경로 특성화 기술 추진, ④ 비개착식 수평 드릴 시스템 기술 추진 등으로 설정**

□ 비전 및 목표



□ 성과목표 설정

	현재		'17년		'19년		'22년
드릴시스템 글로벌 기술수준 (선진기술 100% 대비)	67%	⇨	70%	⇨	80%	⇨	90%
방향성 탐사/시공거리	3 km (수직형)	⇨	2 km (설계)	⇨	2 km (검증)	⇨	4 km (실증)
세계최고수준 핵심기술[1] 누적	0개	⇨	-	⇨	2개	⇨	5개
드릴링 효율성[2] 제고	0%	⇨	-	⇨	10%	⇨	20%
기술 실시	-	⇨	-	⇨	8건	⇨	10건

1) 세계최고기술(WBT)은 2022년 목표 수준은 핵심 과제당 1-2건을 목표로 함 (SCI논문, 기술료, 해외특허 등 종합평가기준을 설정)

2) 효율성은 자동화 시스템, 실시간 측정 데이터 피드백을 통한 효과이며, NOV 등에서 자동화 파이프 조작시스템 등 도입을 통하여 20~30% 효과를 기대하고 있음

○ 사업단 과제 주요목표 및 세계최고기술 후보

* 시공(탐사)거리 4 km급 **방향성 드릴링 시스템 개발**(테스트베드 실증)
  (현재, 국내기준) 수직형 3 km ⇒ (개발) 4 km(수직 2 km + 경사 2 km)
* 방향 전환율 15°/100 ft, 드릴링속도 10% 개선한 **방향성 추진체 및 제어시스템 개발**

(현재, 해외 기준) 방향전환율 10°/100 ft ⇒ (개발) 15°/100 ft

* 이수 순환경로 8 km, 공급압력350 bar 및 유량 100 m^3/h 급 **이수공급 및 순환제어시스템 개발**

(현재, 국내기준) 수직형 왕복 6 km ⇒ (개발) 8 km(수직 4 km + 경사 4 km)

(현재) 국내사례 없음 ⇒ (개발) 공급압력350 bar 및 유량 100 m^3/h 급

* 가탐 깊이 4 km 이상, SRV 10% 개선한 **경로 특성화 및 지층 파쇄기술 개발**

- SRV :단위주입률당 파쇄저류 암체적

(현재, 국내) 가탐깊이 3 km ⇒ (개발) 가탐깊이 4 km

(현재, 국내) 기존 방식 기준 ⇒ (개발)기존 방식 SRV 대비 10% 선

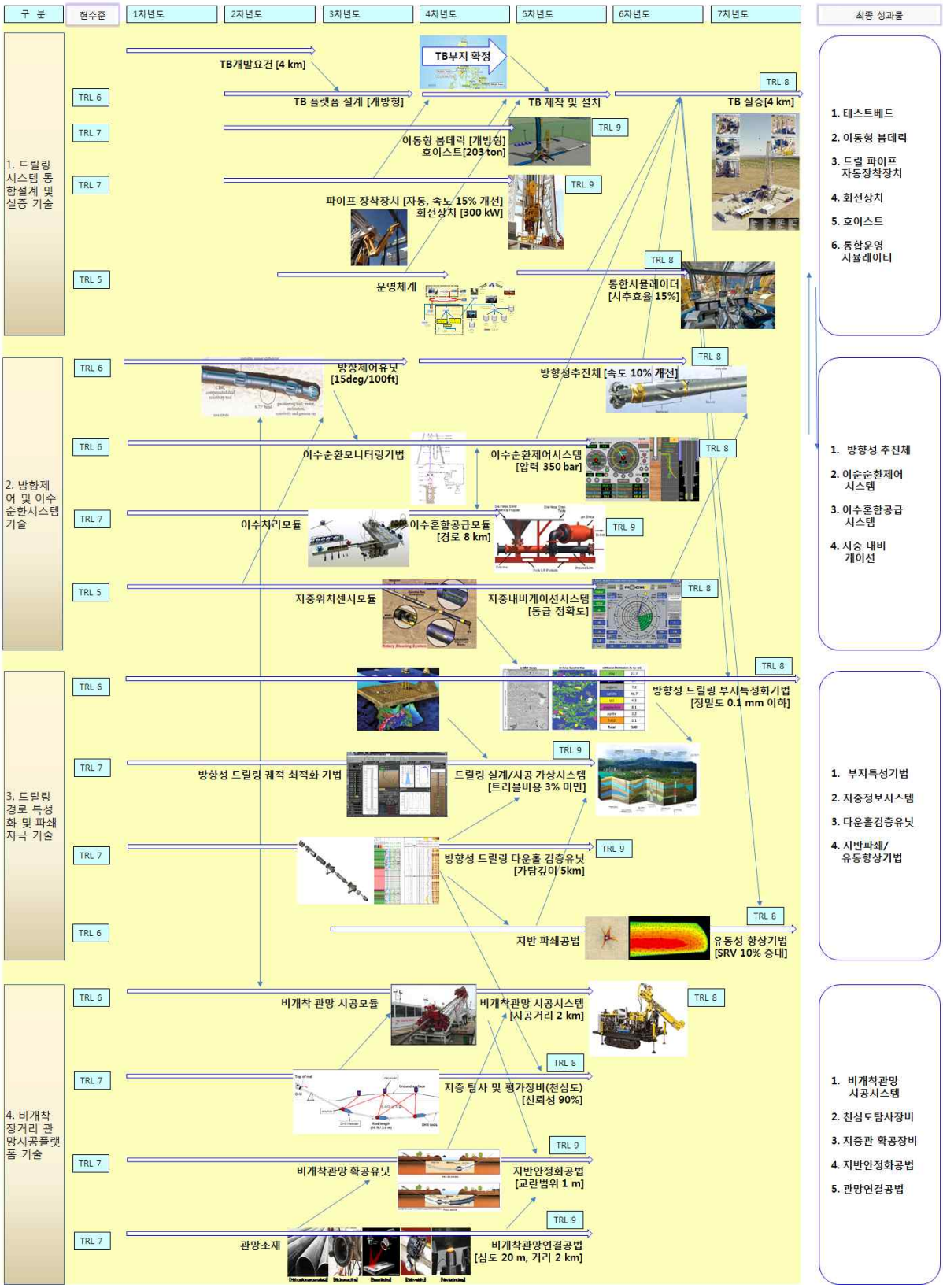
* 시공거리 2 km 급 **비개착식 관망시공시스템 개발**

(현재) 국내 개발사례 없음 ⇒ (개발) 2 km (수평)

□ 핵심과제별 성과목표

핵심기술(과제)	성과목표
1. 드릴시스템 통합설계 및 실증기술	드릴링 시공거리 4 km 달성
	동급 Static hook load 달성
	드릴링 속도 15% 향상 달성
	드릴링 성공률/효율 10% 향상
2. 드릴시스템 방향제어 및 이수순환 기술	드릴링 속도 및 방향전환율 10% 향상 달성
	공급압력350 bar/유량 100 m^3/h달성
	순환경로 8 km 달성
	동급 위치 정확도 달성
3. 드릴링 경로특성화 및 파쇄기술	드릴링 지반 특성화 정밀도: 입자 0.1 mm 이하
	방향성 드릴링 문제발생비용(troublecost): 시추비용대비 3% 미만
	가탐 깊이 4 km 이상, 가탐 온도 150℃ 이상
	단위주입률당 파쇄저류 암체적(SRV) 10% 증대, 미소진동20%저감
4. 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 기술	드릴링 시공거리 2 km
	주변지반 교란 범위 1 m 이내 실증
	관 연결거리 2 km
	지하 8m 탐사 신뢰성 90%

□ 성과로드맵

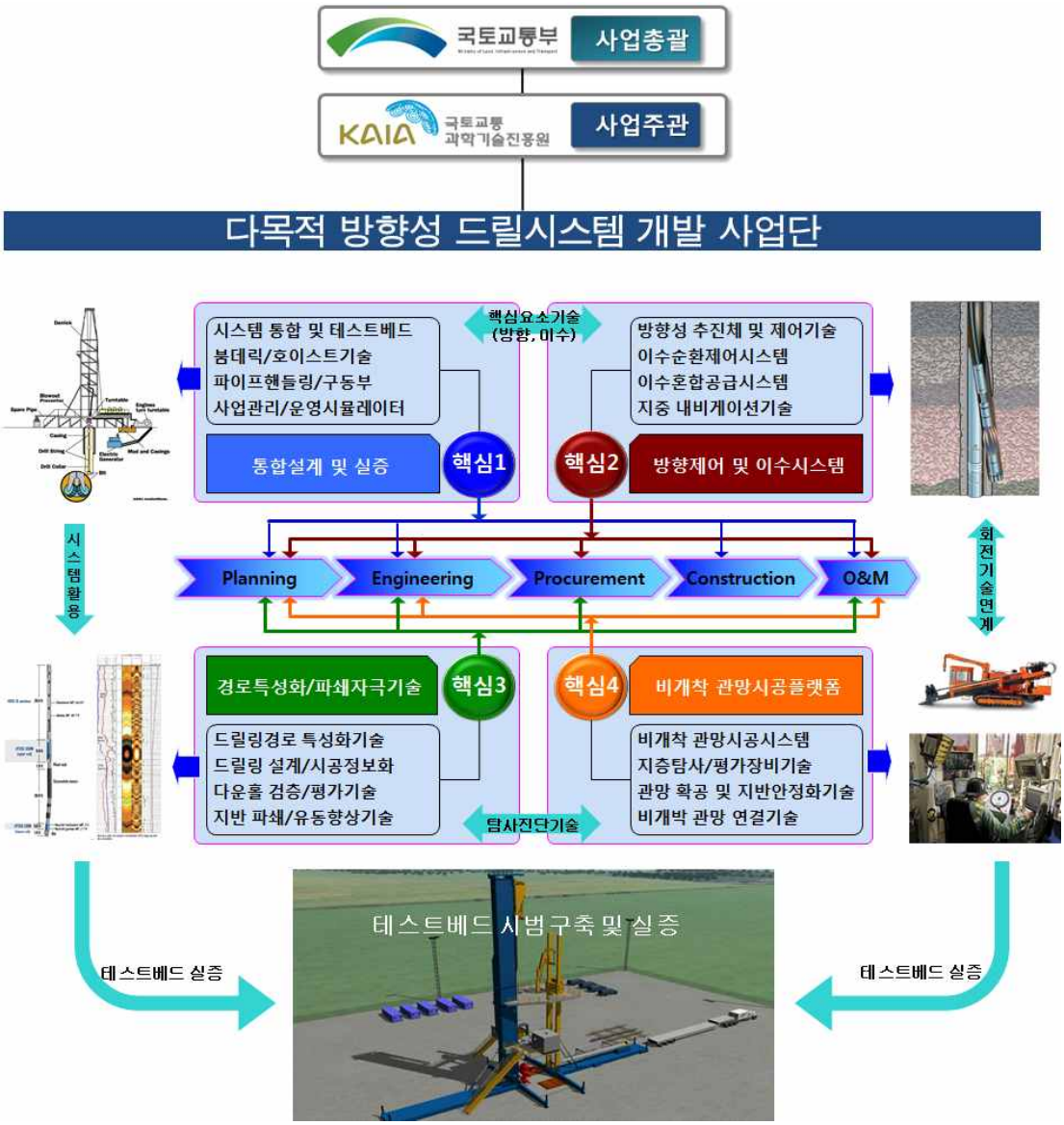

구 분
현수준
1차년도
2차년도
3차년도
4차년도
5차년도
6차년도
7차년도
최종 성과물
1. 드릴링 시스템 통합설계 및 실증 기술
2. 방향제어 및 이수순환시스템 기술
3. 드릴링 경로 특성화 및 파쇄 자극 기술
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술
TB개발요건 [4 km]
TB부지 확정
TB 플랫폼 설계 [개방형]
TB 제작 및 설치
TB 실증[4 km]
이동형 붐데릭 [개방형] 호이스트[203 ton]
파이프 장착장치 [자동, 속도 15% 개선] 회전장치 [300 kW]
운영체계
통합시뮬레이터 [시추효율 15%]
방향제어유닛 [15deg/100ft]
방향성추진체 [속도 10% 개선]
이수순환모니터링기법
이수순환제어시스템 [압력 350 bar]
이수처리모듈
이수혼합공급모듈 [경로 8 km]
지중위치센서모듈
지중내비게이션시스템 [등급 정확도]
방향성 드릴링 부지특성화기법 [정밀도 0.1 mm 이하]
방향성 드릴링 궤적 최적화 기법
드릴링 설계/시공 가상시스템 [트러블비용 3% 미만]
방향성 드릴링 다운홀 검증유닛 [가담깊이 5km]
지반 파쇄공법
유동성 향상기법 [SRV 10% 증대]
비개착 관망 시공모듈
비개착관망 시공시스템 [시공거리 2 km]
지층 탐사 및 평가장비(천심도) [신뢰성 90%]
비개착관망 확공유닛
지반안정화공법 [교란범위 1 m]
관망소재
비개착관망연결공법 [심도 20 m, 거리 2 km]
TRL 5
TRL 6
TRL 7
TRL 8
TRL 9
1. 테스트베드
2. 이동형 붐데릭
3. 드릴 파이프 자동장착장치
4. 회전장치
5. 호이스트
6. 통합운영 시뮬레이터
1. 방향성 추진체
2. 이순순환제어 시스템
3. 이수혼합공급 시스템
4. 지중 내비 게이션
1. 부지특성기법
2. 지중정보시스템
3. 다운홀검증유닛
4. 지반파쇄/ 유동향상기법
1. 비개착관망 시공시스템
2. 천심도탐사장비
3. 지중관 확공장비
4. 지반안정화공법
5. 관망연결공법

□ 과제 구성 및 추진체계

○ 본 사업단 과제는 4개의 핵심과제와 이를 구성하는 14개의 세부과제로 구성되며, 기술개발 후 선진기술 대비 85~90%, TRL 7~9단계 도달할 것으로 예상

○ 사업추진체계는 사업 주관부처로 국토교통부(사업관리부서: 건설인력기재과), 전담기관인 국토교통과학기술진흥원, 사업단(단장) 및 사무국 등으로 구성됨

○ 추진체계 및 핵심과제 간 연계성 확보



<그림> 핵심과제 간 연계성 및 주요 기술

○ 사업관리 주체별 역할분담

- 사업주관(국토교통부): 본 사업의 주관부처로서 국가산업과 정책 측면에서 예산 확보 및 지원, 기술정책의 선순환을 위한 정책반영 등을 담당
- 사업관리(국토교통과학기술진흥원): 본 사업의 진행과 성과를 관리하고 사업단의 중대한 운영 및 변경사항 등에 관한 심의의결을 위한 총괄운영위원회를 구성 및 운영, 상급기관 보고 등을 담당
- 사업단/사무국(추후 선정): 사업단 내 핵심과제 관리 및 운영, 성과 통합 및 사업화 추진 등을 담당(국토교통연구개발사업 사업단관리지침 준용)

○ 연구개발 구성체계는 사업단 산하에 핵심과제(책임자) 및 세부과제(책임자)로 구성되며 성과통합 및 활용에 관한 역할을 수행하고 세부과제는 공동 및 위탁과제로 구성되어 실제적인 연구개발을 주도함

- 사업단장 중심의 운영위원회/자문단을 구성하고 외부 전문가 자문위원회를 구성하여 핵심과제별 역할 조정, 성과 통합이 가능하도록 진행
- 특히 위탁부분은 주관/공동기관과 긴밀한 연구정보 교류 및 성과도출을 위한 Project Team 형태로 운영

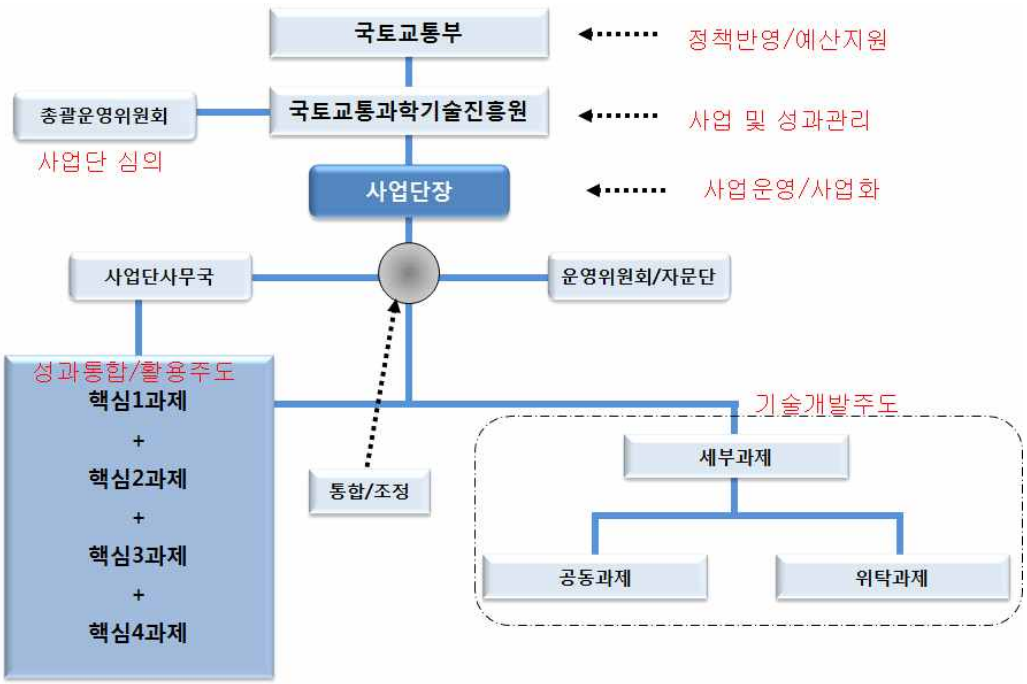


그림 4.3 사업추진체계 구성도

나. 추진방식

○ 추진방식: 철저한 사전 기획을 통한 하향식(top-down) 중심으로 하되, 장기 소요 사업임을 고려하여 파급효과가 큰 원천 성격의 상향식(bottom-up) 방식을 일부 도입

○ 사업수행방식: 사업단(산·학·연 컨소시움)

- 장기 소요의 대규모 개발기술로서 시스템, 기자재, 요소기술 등 h/w 및 s/w가 복합적으로 결합되어 추진되어 전문적인 사업관리가 필요

○ 기술개발 수행주체별 역할 정의

- 산업체(산): 기술개발과 기술실시의 주체로서 시장수요와 현장의 문제점을 파악하여 실용성이 있는 개발을 주도
- 연구소(연): 시스템 개발, 대규모 실증평가, 개발단계 관리 등을 주도적으로 추진하여 기술개발 성과의 실증성을 강화
- 대학교(학): 첨단기술의 접목, 데이터베이스 축적, 국제교류 선도 등을 주도적으로 추진하며 기술개발 성과의 우수성을 제고

사업 추진전략 마련

□ 사업단 과제 추진방향 설정

○ (시장 경쟁력 확보를 위한 기술적 차별화 추진) 기술 트렌드 분석 및 후발국가 개발사례 벤치마킹 심화를 통하여 이동성/원격지 적용성, 작업 효율성, 신뢰성(국제 규격 호환 등)등 기술적 차별화 추진

* **(이동성/원격지 운전)**최근 비전통자원개발은 패드단위의 개발로 근거리에 여러 드릴공을 통하여 개발함에 따라 이동성이 확보된 드릴링 시스템 개발
* **(드릴링 효율화)** 드릴링에 소요되는 시간은 비용과 직결되므로 신속하고 정확한 작업이 가능하도록 자동화 시스템 및 작업성능 향상 개발
* **(국제 규격화)** 드릴링 시스템의 제조 및 수출, 기술서비스를 위하여 API 규정을 갖추도록 신뢰성이 확보된 시스템을 개발



○ (연구 효율성 제고를 위한 선별적, 단계적 개발 추진) 우리나라의 제작기술, ICT 강점을 이용한 선별적인 연구개발을 추진

* 리그 본체 및 일부 기자재에 대한 설계 및 제작능력은 갖추고 있어 국산화가 가능한 분야임. 방향추진 및 제어, 이수시스템 등 핵심기술에 접근(이를 노하우로 Halliburton사, Schlumberger사 등이 시장을 주도)
* 개발 시스템 및 요소기술을 활용하기 위한 시공·운영 서비스(경로 최적화, 다운홀 검층, 지층파쇄 및 유동성 기술 등) 기술의 병행개발을 추진
* 개발성과를 Pilot 검증 ⇒ 테스트베드 실증할 수 있도록 사업추진체계를 구성하고 다양한 가치사슬에 역량을 보유한 중견·중소기업 및 연구기관 참여 추진
* (1단계) 방향성 시추시스템에 대한 국내외 보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 시추시스템에 대한 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출
* (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보하고 이동형 붐데릭/호이스팅, 자동 파이프 핸들링/회전시스템 등에 대한 Pilot 검증 개발

* (3단계) 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용 기술 확보

○ (기술장벽 극복을 위한 실증적 트랙 레코드 확보 및 국제교류 확대) 드릴링 시장의 경우도 플랜트건설시장으로서 장비 및 현장 서비스 등 실적이 중요하므로 실증 실적 확보

* 해외 드릴링 시장은 철저한 경제성과 신뢰성이 중요하며, 적용실적에 대한 검증을 통하여 진출이 가능함 ⇒ 해외 테스트베드 추진
* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도의 카르텔이 형성되어 있으며, 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 테스트베드 교류 협력 필요
* 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함

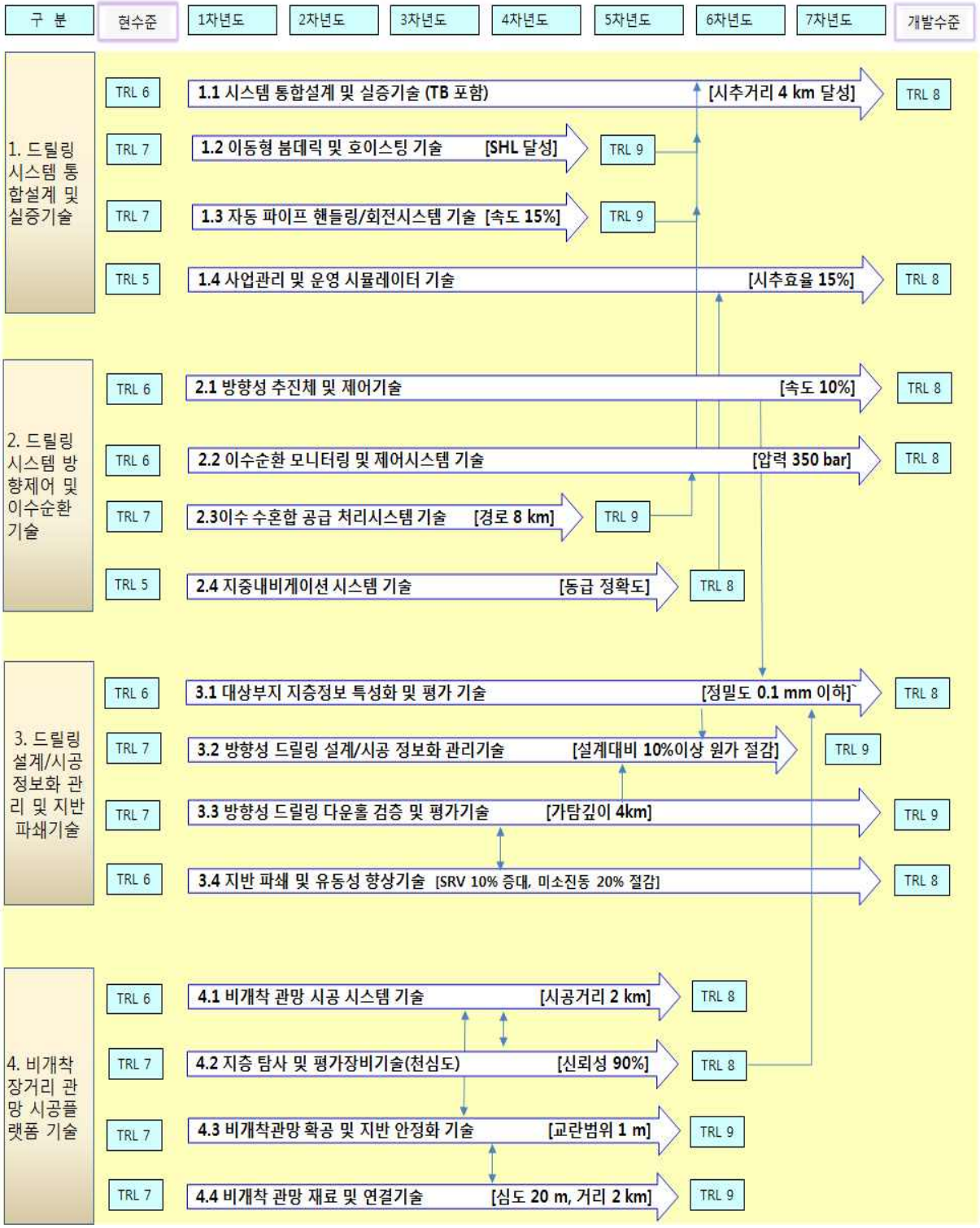
○ (타겟시장 및 수요자 중심의 기술개발을 통한 사업성 확보) 드릴 리그(통합시스템), 운영시뮬레이터, 핵심 기자재 및 모듈시스템, 시공·운영서비스 등으로 타겟시장을 구체화하여 추진

* 국내·외 자원개발 업체를 중심으로 기술 설명회를 개최, 피드백을 통하여 시장 지향 연구성과 도출
* 개발 기술의 국제인증 획득을 통하여 실용성 및 신뢰성 확보하고 정례적인 성과발표회를 통하여 인지도 제고
* 기술이전 및 실시계약 활성화를 통한 사업화 기반 마련하고 드릴 시스템 및 기자재, 서비스사업으로 사업화 진출

○ (해외 시장수요에 적용 및 신산업 창출방안 모색) 드릴링분야 시장 확대에 대비하고 국내적으로는 해당분야 연구개발 추진을 통하여 신산업 생태계 조성과 해외 진출을 추진 필요

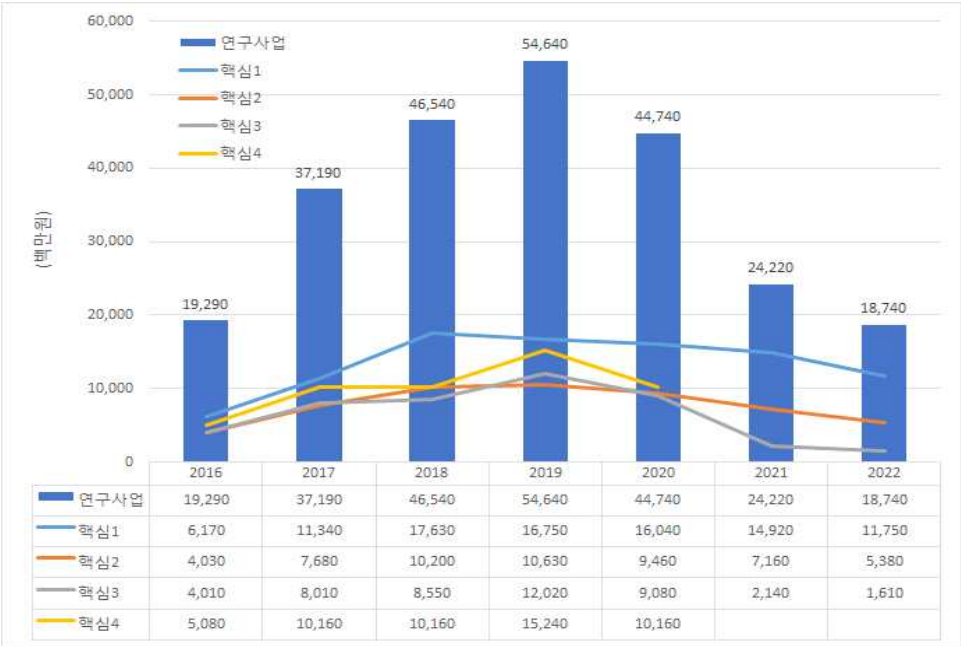
* 방향성 시추 장비 개발을 포함한 운영기술의 개발은 위에서 시장분석에 비추어 개발 필요성이 증가하고 있으며 개발 이후의 사업성도 클 것으로 예상됨
* 현재 조선해상산업 중심으로 일부 기자재에 대한 개발 OEM 공급 등이 이루어지고 있으나 육상 드릴시스템의 개발을 통하여 산업 생태계 저변을 확장 가능

○ Macro - TRM


구 분
현수준
1차년도
2차년도
3차년도
4차년도
5차년도
6차년도
7차년도
개발수준
1. 드릴링 시스템 통합설계 및 실증기술
TRL 6
1.1 시스템 통합설계 및 실증기술 (TB 포함)
[시추거리 4 km 달성]
TRL 8
TRL 7
1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술
[SHL 달성]
TRL 9
TRL 7
1.3 자동 파이프 핸들링/회전시스템 기술
[속도 15%]
TRL 9
TRL 5
1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터 기술
[시추효율 15%]
TRL 8
2. 드릴링 시스템 방향제어 및 이수순환 기술
TRL 6
2.1 방향성 추진체 및 제어기술
[속도 10%]
TRL 8
TRL 6
2.2 이수순환 모니터링 및 제어시스템 기술
[압력 350 bar]
TRL 8
TRL 7
2.3이수 수혼합 공급 처리시스템 기술
[경로 8 km]
TRL 9
TRL 5
2.4 지중내비게이션 시스템 기술
[동급 정확도]
TRL 8
3. 드릴링 설계/시공 정보화 관리 및 지반 파쇄기술
TRL 6
3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술
[정밀도 0.1 mm 이하]
TRL 8
TRL 7
3.2 방향성 드릴링 설계/시공 정보화 관리기술
[설계대비 10%이상 원가 절감]
TRL 9
TRL 7
3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술
[가탐깊이 4km]
TRL 9
TRL 6
3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술
[SRV 10% 증대, 미소진동 20% 절감]
TRL 8
4. 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술
TRL 6
4.1 비개착 관망 시공 시스템 기술
[시공거리 2 km]
TRL 8
TRL 7
4.2 지층 탐사 및 평가장비기술(천심도)
[신뢰성 90%]
TRL 8
TRL 7
4.3 비개착관망 확공 및 지반 안정화 기술
[교란범위 1 m]
TRL 9
TRL 7
4.4 비개착 관망 재료 및 연결기술
[심도 20 m, 거리 2 km]
TRL 9

○ 향후 7년간 총 2,453억 원 투자, 1,790억 원(정부), 663억 원(민간)

핵심분야		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
■(핵심1)드릴링 시스템 통합설계 및 실증 기술	정부	4,430	8,160	12,730	12,170	11,840	11,000	8,670	69,000
	민간	1,740	3,180	4,900	4,580	4,200	3,920	3,080	25,600
	소계	6,170	11,340	17,630	16,750	16,040	14,920	11,750	94,600
■(핵심2)드릴링 시스템 방향제어 및 이수 순환기술	정부	2,800	5,350	7,100	7,400	6,600	5,000	3,750	38,000
	민간	1,230	2,330	3,100	3,230	2,860	2,160	1,630	16,540
	소계	4,030	7,680	10,200	10,630	9,460	7,160	5,380	54,540
■(핵심3)드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술	정부	3,000	6,000	6,400	9,000	6,800	1,600	1,200	34,000
	민간	1,010	2,010	2,150	3,020	2,280	540	410	11,420
	소계	4,010	8,010	8,550	12,020	9,080	2,140	1,610	45,420
■(핵심4)비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술	정부	3,800	7,600	7,600	11,400	7,600			38,000
	민간	1,280	2,560	2,560	3,840	2,560			12,800
	소계	5,080	10,160	10,160	15,240	10,160			50,800
총합	정부	14,030	27,110	33,830	39,970	32,840	17,600	13,620	179,000
	민간	5,260	10,080	12,710	14,670	11,900	6,620	5,120	66,360
	합계	19,290	37,190	46,540	54,640	44,740	24,220	18,740	245,360



○ 재원조달 가능성

- 연구개발사업 추진을 위한 재원 투입과 관련하여 계획된 시점과 규모에 있어서 문제 발생 가능성을 분석하기 위한 것으로 재원조달 문제로 인한 사업 추진의 지연 정도를 결과에 반영 필요

* 본 기획에서 계획한 연평균 투자예산은 약 250억원 규모로, 2013년 국토교통R&D의 약 6.4%에 해당됨

○ 대규모 사업단 급 과제로 계획함에 따라 재정 조달 리스크가 매우 크며, 해외 현지 시장의 여건에 따른 시장진입시기 등을 고려 필요

○ 기본적으로 핵심4과제(비개착 관망 시공플랫폼)는 유·가스전 탐사 및 개발에 적용되는 방향성 드릴링 시스템(핵심1과제 및 핵심2과제)과 응용 서비스(핵심3과제) 기술과 규모나 용도 측면에서 연계성이 낮아 분리하여 추진

○ 이에 재정 리스크 및 시장진입시기를 고려한 분할 추진, 단계별 추진 시나리오 등을 다음과 같이 검토함

구분	시나리오 구성	장단점, 시장진입시기 분석
1	1~3핵심 통합 추진	- 시스템/장비 개발과 이를 이용한 서비스 기술을 동시에 통합적으로 개발하는 시나리오 - 초기에 연평균 210억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 5.2% 규모로 4개 핵심과제 통합추진에 비하여 재정조달 리스크는 다소 완화되나 기 계획된 중장기 예산규모 등을 고려시 사업단급으로 추진 가능성은 낮음 - 중앙아시아, 동남아시아 등에는 현지 여건상 중소형 유전 등에 시공서비스분야 진입 가능성이 높고, 독자 장비의 현장 적용도 가능함 - 대규모 유·가스전에서 선진기업과 경쟁구도나 시장의 성장규모로 볼 때 리그 시스템의 시장 진입시기는 7년 이상 소요될 것으로 보이고, 기자재 분야는 7년 이내에 적용이 가능할 것으로 평가함
2	해외 리그 + 3핵심 결합 추진 (⇒ 1~2핵심 추진)	- 해외 리그를 도입하여 서비스 기술 개발과 병행하여 시스템/구성기자재에 대한 선행기술 습득하는 시나리오 - 초기에 연평균 130억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 3.2% 수준으로 재정조달 리스크는 해소할 수 있는 수준임 - 중기적으로 서비스시장 진출은 가능하나 시너지 축소, 시스템 및 장비 자립화 개발까지 장기 10년 이상 개발기간 소요 - 중앙아시아, 동남아시아 등에는 현지 여건상 중소형 유전 등에 시공서비스분야 진입 가능성이 높음

		- 대규모 유가스전에서 선진기업과 경쟁구도나 시장의 성장규모, 개발리스크 등으로 볼 때 시공 서비스 분야 일부 분석기술 등은 7년 이내에 접목이 가능할 것으로 평가됨
3	1~2핵심(시스템, 장비) 통합 추진	- 시스템 및 장비 위주로 개발하는 시나리오 - 초기에 연평균 150억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 3.7% 수준으로 재정조달 리스크는 해소할 수 있는 수준임 - 3핵심의 서비스 분야와 시너지 감소, 응용 서비스기술 개발까지 장기 10년 이상 개발기간이 소요됨 - 중앙아시아, 동남아시아 등에는 현지 여건상 중소형 유전 등에 독자 장비의 현장 적용도 가능함 - 대규모 유가스전에서 선진기업과 경쟁구도나 시장의 성장규모로 볼 때 리그 시스템의 시장 진입시기는 7년 이상 소요될 것으로 보이고, 기자재 분야는 7년 이내에 적용이 가능할 것으로 평가함
4	4핵심 추진 ⇒ 역량확보 (⇒ 1~3핵심 추진)	- 소규모 비개착식 관망 시공 플랫폼과 공법을 별도 연구단급으로 추진하는 시나리오 - 초기에 연평균 60억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 1.5% 수준으로 재정조달 리스크 미미함 - 자체 기반역량 확보, 향후 연계파급분야 개발 전략으로 개발 리스크가 매우 낮음 - 개발성과에 기반하여 1~3핵심을 후속 연계 추진시 장기 13년 이상 개발기간이 소요됨 - 5년 이내에 현장 적용, 6년 전후로 상용화 보급이 가능할 것으로 평가되며, 장비시스템 보다는 관망 연결시공 및 안정화공법, 고품질 관망재료 등에서 사업성이 높을 것으로 평가(중국 등 저가장비 영향)

사업업화 방안 도출

가. 문제점 및 장애요인 분석

○ “다목적 방향성 드릴 시스템” 기술이 글로벌 상류시장에서 경쟁력을 가지고 보급되기 위해서는 현장에서 실증실적을 확보하는 것이 가장 중요함

* 개발형 플랜트사업은 ① 탐사·개발·생산 ② 수송 ③ 정제 ④ 공급으로 나눌 수 있는데, ① 부문을 상류(upstream), ② 부문을 중류(midstream), ③ 부문 이후는 하류(downstream)으로 구분하는데 상류부분의 부가가치가 높음

○ 사업기간 7년의 기술개발을 통하여 해외시장에서 상용급으로 경쟁력을 확보하기 위해서는 일반적으로 탐사·시공거리가 4 km (수직 2 km, 경사 2 km) 이상 확보를 하여야 함

○ 막대한 비용이 들어가는 테스트베드는 향후 프로젝트 수주를 통해 이윤을 창출이 가능한 범위 내에서 투자가 이루어져야 함

○ 보수적인 자원개발 시장에서 시스템이나 기술의 적용 실적이나 참여 실적이 없는 경우에는 기술을 인정받기 어려우며, 실질적으로 발주처 입장에서는 대규모 투자비용이 들어가는 프로젝트에 실적과 경험이 없는 업체를 선정하기 어려움

○ 이상과 같은 배경에서 실질적인 드릴링 산업의 육성을 위한 테스트베드 구축은 기술개발과 동시에 병행하여 추진하여야 하며, 주요 논리는 다음과 같음

- 기술 개발과 이의 사업화를 위한 연구가 동시에 추진되어 각 분야의 기반 및 핵심기술을 습득하고 그 결과물을 공유함으로 시너지효과를 극대화 가능
- 궁극적으로는 테스트베드 운영과 그 운영 결과를 통해 기반 및 핵심기술이 검증(실증)되고, 최적화되어 개발 완료 시점에서 순수 국내 기술만으로 바로 실 사업 진출이 가능한 사업모델을 구축할 수 있음
- 방향성 드릴 시스템은 국내에서 설계 및 제작한 경험이 전무하고 향후 탐사·개발 사업 진출 시, Track Record가 확보되지 않은 상태에서 탐사·개발 상류시장 진출은 현실적으로 많은 어려움이 존재함
- 방향성 드릴 시스템 기술의 입증을 위해서 테스트베드를 설계 및 구축하는 과정에서 개발 기술의 성능과 완성도를 확인할 수 있으며, 이 과정을 거쳐서 여러 가지 알려지지 않았던 다양한 설계 인자들의 영향을 획득하여 운영 서비스 기술을 향상시키고 종합적인 솔루션을 확보할 수 있음

나. 국내 대표기업 역량 및 국외 경쟁기업 분석

핵심기술분야	추진과제(Project)	국내 대표기업 역량				국외 경쟁기업/기관
		기업명	인력	매출	역량/기술수준	
1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술(산, 연)	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	세화(주) 한진디엔비(주)	135명 90명	742억원 189억	중/70% 중/60%	기관명 : Honeywell 규모 : 인력 132,000명, 매출 390,000억
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	엔케이 선일계전	200명 12명	2,200억 41억	중/75% 하/40%	기관명: 흥화 특징: 연간 150리그 생산능력보유
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	삼보건설기계 석진금속	25명 44명	180억 161억	중/50% 중/30%	Aker MH, NOV
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	대우조선해양(주)	13,298명	140,800억	상/80%	NOV Aker MH
2. 방향제어/이수순환시스템 기술(연, 산)	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	㈜싸이트로닉 ㈜칸	6명 300명	5억 1000억원	중/60% 중/70%	Rockwell Automation
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	㈜성일엔케어 신호산기 ㈜전진엔텍	83명 11명 82명	230억원 49억 181억	중/60% 하/30% 중/40%	기관명: Sunnda corporation 특징: 육상드릴링장비개발
	2.3 이수 혼합 공급처리시스템	강림중공업 금강	352명 70명	909억 450억	중/65% 중/50%	GN Solids Control
	2.4 지중 비게이션시스템 기술	㈜싸이트로닉	6명	5억	중/60%	Rockwell Automation
3. 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술(연, 산)	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술	(주)태영 건설 ㈜부마CE	59명 48명	81억 150억원	하/30% 중/50%	schlumberger
	3.2 방향성드릴링	한진디엔비(주)	90명	189억	중/60%	schlumberger

	설계/시공 정보화 관리기술	디케이락(주)	250명	546억원	중/55%	
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	㈜넥스지오	30명	50억원	중/35%	schlumberger
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	(주) 피디티이엔씨	8명	22억	중/40%	schlumberger
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술(산, 연)	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	㈜데스코	30명	43억원	중/70%	기관명 : Vermeer 규모 : 인원 3,000명 이상 / 60개국 대리점 특징 : 농업 및 산업장비 생산 제조 전문기업으로 1990년대부터 최근까지 비개착 시공장비 제조 분야의 핵심 기술들을 보유한 기업
	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	㈜소암컨설턴트	45명	500억원	중/75%	기관명 : Digital Control Incorporated 규모 : 미국기업, 유럽, 중국, 러시아 등 대형 비개착 시장에 진출 특징 : HDD 위치 탐지 관련 시장 점유율 50% 이상
	4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	창신인터내셔날주식회사	40명	200억원	중/75%	
	4.4 비개착 관망재료 및 연결기술	프로몰엔지니어링	20명	36억원	상/중/하 80%	기관명: TT Technologies 규모: 1.5억불 특징: Pipe bursting, ramming, HDD 등 세계 최고의 기술력 보유 Prime Drilling HDD drill rig, Aurora III

다. 사업화 전략

○ (대기업, 중소기업, 연구기관, 대학 win-win 전략) 대기업이 지닌 마케팅 역량과 연구기관 및 대학의 기술을 접목하여 중소기업의 성공적이고 안정적인 기술개발을 추진토록 하는 Value-chain 구성형 사업체계를 운영함으로써 시너지 효과를 창출함

- 기술이전 및 실시계약 활성화를 통한 사업화 기반을 마련하고 드릴 시스템 및 기자재, 서비스사업으로 사업화 진출 모색

- 원천기술 분야에서 대학의 적극적인 참여를 유도함으로써 전문 인력 양성 효과 극대화(원천기술의 경우 관련 학회 특별세션 및 논문게재를 통해 기술 파급)

- 현재 조선해상산업 중심으로 일부 기자재에 대한 개발 OEM 공급 등이 이루어지고 있으나 육상 드릴시스템의 개발을 통하여 산업 생태계 저변 확장 가능

○ (Pilot 프로젝트 수행) 핵심기술의 성과물에 대한 적용 사례(Track-record)확보를 위하여 적용 가능한 실 프로젝트 또는 기술적으로 동등한 효과를 가지는 Pilot 프로젝트에 개발 기술을 적용할 수 있도록 관련기관(한국가스공사, 한국석유공사)과 협업체계 구축을 통한 지속적인 기술 자립화 추진 및 사업화 기반 확보

- 한국가스공사는 아프리카, 인도, 동남아, 중동 등에서 가스개발사업에 투자 중이며 캐나다 및 북극권에서 지분참여 및 개발생산 중. 한국석유공사는 24개국 59개 석유개발 프로젝트에 참여

- 해외 드릴링 시장은 철저한 경제성과 신뢰성이 중요하며, 적용실적에 대한 검증을 통하여 진출이 가능함 ⇒ 해외 테스트베드 추진

○ 1단계에는 요소 기술 및 기반을 구축하고, 2단계에는 핵심 기술을 개발하며 3단계에는 개발 기술의 검증 및 실증을 진행함

○ 방향성 추진체와 그 제어 기술개발 및 이수 순환 제어와 공급, 지중 내비게이션 관련 원천 기술과 역량을 확보하고 실증 시험 테스트 베드를 구축하여 실증 시험 연구 인프라와 관련 산업의 생태계 구축

- 1단계 : 설계 기술 이전 및 기술실시를 통하여 국내·외 현장적용 및 실용화·사업화 추진

- 2단계 : 방향성 추진체와 제어기술의 핵심 기술(RSS, 다운홀모터) 및 이수 순환 제어와 공급 기술, 지중 내비게이션 관련 원천 기술에 대한 연구 내용을 활용하여 외부기관 제공을 목적으로 하는 인력양성 사업화 추진

- 3단계 : 확보된 실증 시험이 가능한 테스트베드와 제품 실증 연구시설 및 시험 분야 기술 활용을 통한 사업화 추진

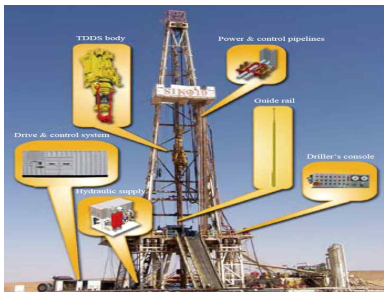
○ 실증 기술 확보를 통하여 자원 개발 장비 및 서비스 시장 경쟁력을 확보할 것이며 개발 기술의 라이센스화를 통하여 해외 비즈니스 모델 창출 기여

- 핵심 기술의 비즈니스 모델 수립을 통한 신규 시장 창조

- 개발기술을 활용한 연관 기술의 발전과 타 산업으로의 파급을 통한 산업 전후방 연관 산업 시너지 효과 제고

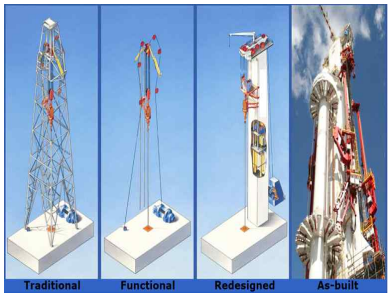
- 기술 이전 및 실시계약 활성화를 통한 사업화 기반 구축

- 자체 개발 드릴시스템과 실증 데이터를 토대로 해외 유가스전 탐사·개발 서비스 시장 진출



<1단계(1-2차)>

방향성 시추시스템 핵심 모듈



<2단계(3-4차)>

붐데릭 및 파이프 핸들링 시스템



<3단계(5-7차)>

드릴링 시스템 Pilot 모듈

라. 주체별 사업화 협력방안

- 기존 시추시스템 모듈 개발 연구경험을 가진 연구기관과 실제 제작에 참여한 경험과 설계실무를 담당하고 있는 산업체, 유체유동 및 회전시스템, 구조해석 등 해석기술을 보유하고 있는 학계로 구성된 산학연 공동연구 형태로 추진체계를 구축

- 시추시스템 통합설계는 주로 기업이 수행하지만 설계 과정에서 사용되는 소프트

웨어의 활용과 시험을 통한 데이터 수집에는 대학 및 연구기관의 역할이 매우 중요함. 따라서 방향성 드릴링 시스템 통합 설계기술 개발에는 기업주도의 연구과제 진행에 대학과 연구소가 지원해주는 형태의 연계전략이 필요함

- 수압파쇄 및 X-ray CT 관련 세부기술은 국내에서 미흡한 기술이며 실증연구가 필요한 기술로서 해외 기관과 협력을 통해 개발을 추진하고 상업화 전략도 도모함.

- 증강현실 기반 능동형 드릴링 관리 시스템은 연구 목표대로 달성될 경우 국제 시장을 선도할 수 있는 최초의 첨단 기술로서 성능평가와 함께 상용화를 바로 추진할 수 있는 아이템으로 다각화된 홍보전략을 통해 상업화를 추진

- 현대중공업, 삼성중공업, 대우해양조선과 같은 해양시추선 제작기관, 그리고 석유공사 및 가스공사와 같은 관리개발기관과 협력하여 연구 성과품의 현장적용 및 상업화 전략 추진.

- 주관기관은 기존에 플랜트 기자재 제작 경험과 플랜트기자재 산업구조를 잘 이해하고 있는 업체가 참여하고 제품의 설계와 제작 기술, 실증 제품의 설계를 주도적으로 추진하여 제품화를 주도하는 개발의 주체가 됨

- 연구소 및 학교는 주관기관과의 협업으로 선진 기술의 조사와 알고리즘, 국제 학회 발표를 통한 개발 제품의 우수성을 제고하고 실증 테스트 통해 국제적으로 공인할 수 있는 제품을 제작할 수 있도록 주관기관을 지원하며 특히 연구소는 개발제품의 실증 실험을 위한 테스트 베드를 구축하고 개발 단계의 관리 등을 주도적으로 추진하여 국내외 상업화 지원

-

마. 단계별 시장 진입 전략

○ 1단계 : 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용기술 확보

○ 2단계 : 수요자 연계를 통한 수요기업들에 기술이전 및 기술실시를 통한 사업화 진입 추진 단계

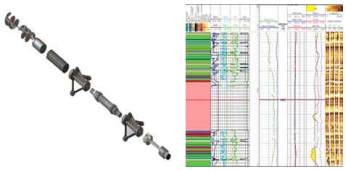
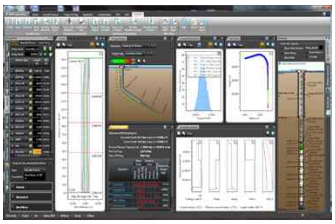
○ 3단계 : 드릴 시스템 적용 및 기자재 사업화를 위한 국내외 인증 및 개발 핵심 장비의

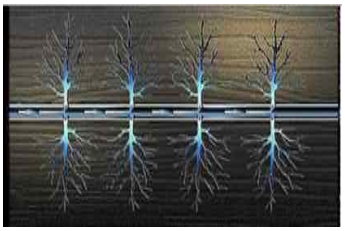
신뢰성 검증 확보

핵심과제	성과물	연관분야	타깃	수요시장 및 점유율
드릴 시스템 통합설계 및 실증기술	붐데릭, 호이스트, 파이프자동화시스템, 파이프 회전장치, 이수혼합공급장비	산업기계, 엔지니어링 건설, 기자재, ICT, 센서	기자재 및 시스템 국산화, 시스템 운용 및 탐사개발 서비스사업 진출	수요시장규모: 12조원 - 연간 400대 수요 - 드릴링기가격: 300억원 매출예상규모: 300억원 - 시장점유 5% - 전체 시스템의 5%
방향제어/ 이수순환 시스템 기술	운영시뮬레이터, 방향제어추진체, 이수순환 모니터링시스템, 이수제어유닛	모니터링, 진단기술, 제어기술, 엔지니어링, 기자재, ICT, 탐사개발, GPS, GIS	방향제어/이수순환 독자기술 확보 및 기자재 보급 기자재 및 시스템 국산화	수요시장규모: 12조원 - 연간 400대 수요 - 드릴링기가격: 300억원 매출예상규모: 360억원 - 시장점유 5% - 전체 시스템의 3~6%
드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극 기술	내비게이션시스템, 지층 특성화 스캐닝장비, 모니터링 정보화 시스템 드릴 시스템 다운홀 원격검층유닛, 드릴시스템을 이용한 지층 파쇄유닛	데이터 처리기술, 오일가스 서비스산업, 지반 파쇄기술	드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극 독자기술 및 솔루션 확보 해외 수출을 통한 시장선점	수요시장규모: 155억~400억 달러 매출예상규모: 5천만~1억 달러
비개착 장거리관망 시공플랫폼 기술	비개착식 관망 시공장비, 운영시스템, 천심도 지층탐사장비, 비개착식 관로 확공장비, 비개착 시공을 위한 장수명 재료, 관연결장치	건설산업 기계장비, 건설기자재, 파이프라인 갱생, 비개착관망시공	비개착 공법 시공장비 보급, 시공 안정성 제고를 통한 수출 사업화	수요시장규모: - 국내: 500~1,000억원 - 해외: 500~7,000억원 매출예상규모: 200~700억원

□ 테스트베드 구축을 통한 실용화 방안

○ 테스트베드 구성조건

항목		기본조건
다기능 탑재실험 리그 플랫폼		다양한 개발모듈 탑재가 가능한 플랫폼 성격의 실험설비로 기능을 보유
드릴 경로 추진 및 제어모듈		핵심2과제에서 개발될 기술과 시스템으로서 지층 절삭 및 방향성 추진제어, 각종 센서를 탑재
이수순환 및 제어모듈		핵심2과제에서 개발될 기술로서 드릴공 내에 이수순환 및 제어를 통하여 안정적이고 효율적인 드릴링 운전
드릴링 다운홀 검층·분석모듈		핵심3과제의 기술로서 드릴링중 파이프 선단에 연결된 드릴 추진체에 탑재하는 형식과 드릴링 정지중 공내를 자율적으로 탐사할 수 있는 자동화 로봇의 검층 성능을 평가하기위하여 다양한 심도 및 형상에서의 시험 필요
드릴링 정보화기반 통합 성능관리 기술		핵심3과제의 소프트웨어기반 드릴링 성능 최적화 관리기술로서 적용시 주변의 드릴링공과의 성능비교를 통해 성능을 평가

지층 파쇄· 유동화 모듈		핵심3과제의 지정된 지점에서 주변의 지층에 미세 균열을 유발하는 모듈로서 지열발전, 셰일가스 개발 등의 지층 파쇄 프로젝트 현장을 섭외하여 평가
인허가사항		해외현장 인허가사항
		국내현장 인허가사항
테스트베드 부지		해외현장은 유가스전을 보유한 동남아 및 중앙아시아 국가를 대상
		국내현장은 탐사·개발계획부지이나 하천 부지 등을 대상

○ 테스트베드 구축방식 검토

구축방식	장단점 특징 분석	비고
(제1안) 자체 제작 및 구축	<구성> 드릴 리그 플랫폼, 방향성 추진체, 이수 혼합 공급 시스템, 파이프 핸들링 및 회전 시스템, 검층장비, 모니터링 및 정보화 관리 시스템 등의 소모성 도구(파이프, 비트 등)를 제외한 모든 시스템 자체제작 <비용> 500~600억 원 추정 <소요기간> 6년 (설계, 제작, 설치/탑재, 실험) <운용방식> 국내 기술력 및 인력 위주의 운용 주도권 확보. 일부부문 국외 드릴링 엔지니어 활용 (드릴링 리스크 저감) <리스크요인> 리그 플랫폼 및 기자재에 대한 국내 설계 및 제작 기술력 부진에 따른 시행착오 발생(비용 및 기간 증가) <장단점 결론> 자체개발 장비 탑재, 순수 국내 기술력을 통한 구축으로 상용화 및 운용이 수월하고, 국내의 기술력을 크게 향상시켜 파급효과가 크나 낮은 설계 및 제작 경험을 극복해야 하는 리스크가 비교적 큼	
(제2안)	<구성> 리그 플랫폼 및 주요 기자재를 구입하여 본 연구	

중고 및 개조구축	의 목적(드릴링 다목적화, 효율화)을 위한 개선 모듈 장착, 혹은 개조를 통한 구축 <비용> 433억 원 추정 <소요기간> 4년 6개월(개조, 설치/탑재, 실험) <운용방식> 최초 국외의 장비 제어인력 및 엔지니어 주도 운용. 운용 주도권 확보를 위한 숙련된 교육 필요 <리스크요인> 국외의 도입장비에 의지한 개선 모듈 개발로 개발 내용의 적용성 및 확장성이 결여 될 수 있음 국내 의지에 따른 상업화 전략 수행이 어려움 <장단점 결론> 장비개발의 연구개발 위험요소가 크게 저감될 수 있으나, 부분적 국산화 기술력 확보를 통한 상업화 및 운용상의 해외의존도가 지속될 것으로 사료됨	

□ 테스트베드 후보지 검토 및 관계기관 협력네트워크 구축 필요

○ 동남아 및 중앙아의 저개발자원부국의 경우 전통 석유가스자원 뿐 아니라 셰일가스 및 석탄층가스 등 비전통자원의 매장량이 풍부한 반면, 자원개발을 위한 항구, 도로, 및 유가스 수송 파이프라인 등 자원플랜 시설등 인프라와 다목적 방향성 드릴링 시스템 등 자원개발관련 장비개발 기술력이 부족하여 독자적으로 개발이 어려운 실정임

○ 반면, 우리나라의 경우 자원이 부족한 반면, IT, 기계 및 제어와 수처리 기술 등 자원플랜트 기술이 발달 되어있는 바, 이들 국가와 국제 공동연구를 수행함으로써 우리나라의 경우 자원개발 플랜트 수출이 가능하고, 저개발자원부국의 경우 경제적 자원개발이 가능함

○ 미래석유자원 전략지역 유망성 분석 및 정보화 사업(2015. 1. 1 - 2017. 12. 3): 지질자원연구원 주도로 동남아 산유국 13개 CCOP국 (중국, 일본, 인니, 태국, 미얀마, 캄보디아, 베트남, 말레이시아, 한국, 필리핀, 동티모르) Shale gas 분리 정보화 사업추진 중이며, 태국이나 미얀마 등 동남아 국가 중 Shale gas 생산 pilot 실증 연구수행 예정

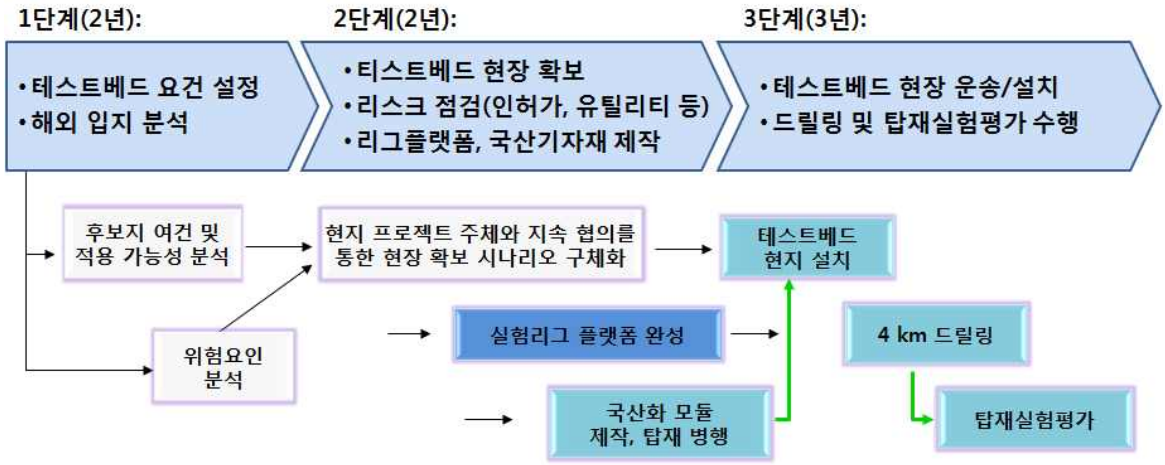
○ 상기 후보지역을 체계적인 확보하기 위해서는 해당지역 관할기관이나 사업기관과 협력네트워크을 적극 활용

- 이는 국가간 무역협력(유·가스 수입 등)이나 기관간 양해각서(MOU) 등을 통하여 접진적인 협력관계를 모색 필요
- 공동연구개발사업, 공사, 민간기업 등이 진출한 지역의 현행 프로젝트, 인적 네트

웍을 활용한 접근이 현실적임

- 동남아시아 및 중앙아시아의 경우에 실제 ODA사업 등과 연관이 많아 MOU 체결을 위한 접촉창구는 확보되어 있는 것으로 분석됨

○ 테스트베드 추진을 위한 단계별 고려사항



○ 테스트베드 소요예산 검토

- 사업비 (국비 75%, 민간 25%)

구분	구분	계	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
(1안: 자체 제작 및 설치)	**합계**	**483**	-	15	80	105	108	95	80
	국비	360	-	10	60	80	80	70	60
	민자	113	-	5	20	25	28	25	20
(2안: 선행사례 벤치마킹 제작 및 설치)	**합계**	**433**	-	-	68	95	95	95	80
	국비	320	-	-	50	70	70	70	60
	민자	113	-	-	18	25	25	25	20

- 제1안

* 핵심1, 핵심2, 핵심3 과제에서 개발한 탑재실험모듈 103억원을 포함 (일부 일반 기자재, 유틸리티 등을 데릭/붐에 포함)
* 프레임, 데릭, 운영체제 등 자체 개발품의 제작 활용 증가

- 제1안

* 핵심1, 핵심2, 핵심3 과제에서 개발한 탑재실험모듈 73억원을 포함

* 일부 일반기자재, 유틸리티 등은 벤치마킹용 리그에 포함됨

□ 경제성 분석

○ 시장 규모가 큰 방향성 드릴 시스템 제작, 판매, 소모품 공급, 서비스 제공 분야의 편익/비용이 3.35~5.22 수준으로 높게 평가되었음

- 특히 시장 규모가 크고 비용 투입이 작은 방향성 드릴 서비스 제공 분야의 편익/비용은 8.72~12.35 수준으로 매우 높게 평가되었음
- 2013~2017년 기간 동안 방향성 드릴 시스템 공급 시장은 23% 수준, 드릴링 서비스 시장은 20% 증가할 것으로 예상되고 있음. 특히 국내 기업의 시장 진출이 활발한 아시아 시장의 13% 성장, 중동/북아프리카 시장의 6% 성장이 예상되고 있어 기술개발 결과의 사업화 가능성이 높은 분야임

○ 국내 비개착 드릴링 서비스 공급을 대상으로 기술개발을 시도하고 있는 수평형 마이크로 드릴 시스템 개발 분야의 경우 상대적으로 시장 규모가 작아 편익/비용이 1.77~2.32로 낮게 평가되었음

- 그러나 수평형 마이크로 드릴 시스템 개발 과제의 경우 국내 관로, 전선, 통신선 매설 등 국가, 지자체가 관리하는 사회 기반 시설을 대상으로 하는 기술로서 사업화가 비교적 확실한 분야임

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">구분</th><th>비용</th><th>편익</th><th colspan="2">B/C</th><th></th></tr>
<tr><td rowspan="4">낙관적 전망</td><td>핵심1과제</td><td rowspan="2">드릴 시스템 판매, 임대, 소모품 제공</td><td>582</td><td rowspan="2">2,950</td><td rowspan="2">3.26</td><td rowspan="3">5.22</td><td rowspan="4">4.59</td></tr>
<tr><td>핵심2과제</td><td>324</td></tr>
<tr><td>핵심3과제</td><td>드릴 시추 서비스 제공</td><td>269</td><td>3,333</td><td>12.35</td></tr>
<tr><td>핵심4과제</td><td>수평형 마이크로 드릴 서비스 제공</td><td>336</td><td>783</td><td colspan="2">2.32</td></tr>
<tr><td rowspan="4">비관적 전망</td><td>핵심1과제</td><td rowspan="2">드릴 시스템 판매, 임대, 소모품 제공</td><td>582</td><td rowspan="2">1,681</td><td rowspan="2">1.86</td><td rowspan="3">3.35</td><td rowspan="4">3.00</td></tr>
<tr><td>핵심2과제</td><td>324</td></tr>
<tr><td>핵심3과제</td><td>드릴 시추 서비스 제공</td><td>269</td><td>2,347</td><td>8.72</td></tr>
<tr><td>핵심4과제</td><td>수평형 마이크로 드릴 서비스 제공</td><td>336</td><td>596</td><td colspan="2">1.77</td></tr>
</table>

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

본 기획연구결과는 예비타당성조사 신청을 위한 기획보고서로 활용될 예정이며, 세부사항은 다음과 같음

○ 환경분석결과 ⇒ 연구사업의 기본방향 수립 및 미래전망 분석에 활용

○ 기술수요조사 결과 ⇒ 후보과제 및 추진과제 도출에 활용

○ 세부추진계획(안) ⇒ 본 제안 사업단의 효율적인 추진계획에 반영

○ RFP ⇒ 과제공고 시 활용

○ 추진과제카드 ⇒ 연구사업 추진시 RFP로 반영

목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1

1. 기술의 정의 및 범위 ····· 1
   1.1 기술의 정의 ····· 1
   1.2 시스템 설명 ····· 4
2. 사업기획 배경 및 필요성 ····· 9
   2.1 기획 배경 ····· 9
   2.2 사업 논리 ····· 10
   2.3 기술개발의 필요성 ····· 11

제2장 국내·외 산업동향 및 환경분석 ····· 15

1. 산업환경 분석의 개요 ····· 15
2. 국내·외 시장동향 및 전망 ····· 16
   2.1. 분석개요 ····· 16
   2.2. 에너지자원 시장 동향 ····· 18
   2.3. 국외 드릴링 시장 ····· 24
   2.4. 국내 드릴링 시장 ····· 38
   2.5. 시장전망 및 시사점 요약 ····· 45
3. 국내·외 기술동향 ····· 47
   3.1 국외 기술 ····· 47
   3.2 국내 기술 ····· 107
4. 연구개발 인프라 분석 ····· 110
   4.1 연구인력 ····· 110
   4.2 연구기자재·시설 ····· 112

5. 특허 및 논문 동향 분석 ····· 119
5.1 특허분석 및 시사점 ····· 119
5.2 논문분석 및 시사점 ····· 221
6. 기술 경쟁력 및 수준분석 ····· 275
6.1 특허기술 수준 분석 ····· 275
6.2 기술수준 분석 ····· 284
7. 종합 분석 및 시사점 ····· 289
7.1 메가트렌드 및 이슈 ····· 289
7.2 종합분석 ····· 290

제3장 기술수요조사 및 후보 도출 ····· 297

1. 개요 ····· 297
2. 기술수요조사 ····· 297
2.1 수요조사 방법론 ····· 297
2.2 수요조사 결과 ····· 302
3. 수요조사기술 분석 및 통합조정 ····· 306
3.1 수요조사기술별 특성분석 ····· 306
3.2 수요조사기술 통합조정 ····· 307
4. 후보기술 도출 ····· 314
4.1 중요도 평가 ····· 314
4.2 후보기술 제안 ····· 322
4.3 후보기술 중복성 조사 및 연계·차별화 방안 ····· 324

제4장 연구개발 목표 및 추진체계 ····· 329

1. 고려사항 ····· 329
2. 비전 및 목표 설정 ····· 331

2.1 비전 및 목표 ····· 331
2.2 설정근거 ····· 332
3. 과제 구성 및 성과목표 설정 ····· 337
3.1 과제 구성 및 연계성 ····· 337
3.2 성과목표 및 지표 설정 ····· 343
4. 사업추진 및 관리체계 ····· 359
4.1 사업 추진의 기본방향 ····· 359
4.2 사업 추진체계 및 관리방안 ····· 362
4.3 사업관리계획 ····· 366

제5장 연구개발 세부 추진계획 ····· 371

1. 기술개발 추진을 위한 기본방향 ····· 371
1.1 연구개발 차별화, 단계적 추진 ····· 372
1.2 Prototype 검증 및 테스트베드 실증 ····· 375
1.3 산학연관 역량 집중 및 협력 생태계 조성 ····· 379
2. 핵심과제별 세부추진계획 ····· 380
2.1 핵심1과제: 드릴시스템 통합설계 및 실증기술 ····· 378
2.2 핵심2과제: 드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술 ····· 401
2.3 핵심3과제: 드릴링 경로특성화 및 파쇄기술 ····· 420
2.4 핵심4과제: 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술 ····· 442
3. 소요 재원・인력 확보 및 투입방안 ····· 463
3.1 소요 예산 산정기준 및 절차 ····· 463
3.2 소요 예산 산정내역 ····· 466
3.3 예산 조단 및 투입방안: 협의 필요 ····· 515
3.4 소요인력 산출 및 투입계획 ····· 527
4. 연구시설·장비 구축 및 활용방안 ····· 531

4.1 테스트베드 구축·활용방안 ····· 531
4.2 연구시설·장비 구축 활용방안 ····· 553
5. 성과활용 및 실용화 방안 ····· 560
5.1 성과활용 및 확산계획 ····· 560
5.2 사업화 방안 ····· 566
6. 위험요인 및 대응방안 ····· 577
6.1 법·제도, 재원조달 ····· 577
6.2 테스트베드 부지 확보 및 구축 ····· 579
6.3 시장 및 기술변화 ····· 580
6.4 과제별 위험요인 및 대응방안 ····· 581

제6장 사전타당성 분석 평가 ····· 587

1. 기술적 타당성 분석 ····· 587
1.1 기술개발 계획의 적절성 ····· 588
1.2 기술개발 성공가능성 ····· 599
1.3 기존 사업과의 중복성 ····· 607
2. 정책적 타당성 분석 ····· 612
2.1. 국가 전략적 중요성 ····· 612
2.2. 상위계획과의 부합성 ····· 613
2.3. 사업추진의지 및 관련 기관 협조 체계 ····· 617
2.4 사업추진상의 위험요인과 대응방안 ····· 619
3. 경제적 타당성 분석 ····· 624
3.1. 분석 개요 ····· 624
3.2. 비용 및 편익 분석 ····· 627
3.3. 간접적 파급효과 분석 ····· 654

4. 종합 분석 ····· 664
4.1. AHP 개요 ····· 664
4.2. 종합평가 결과 ····· 666
5. 예비타당성조사 주요 쟁점사항 ····· 673
5.1 예비검토제 ····· 673
5.2 기술성 평가 ····· 675
5.3 예비타당성조사 ····· 681

제7장 기대효과 ····· 685

1. 기술적 기대효과 ····· 685
2. 경제·사회적 기대효과 ····· 685
3. 과학적 기대효과 ····· 686

[참고문헌] ····· 687

[부록]

1-1 RFP
1-2 과제카드
1-3 설문서
1-4 투자의향서

표 목 차

표 2.1 지역별 방향성 드릴 시추 시장 동향 ····· 28
표 2.2 Drilling Products & Services Demand(milion dollars) ····· 29
표 2.3 Drilling Equipment & Consumables Demand(milion dollars) ····· 30
표 2.4 시추서비스 분야 선도 기업 현황 ····· 31
표 2.5 기자재, 부품 분야 선도 기업 현황 ····· 32
표 2.6 드릴링 리그의 핵심 부품 및 주요 선도 기업 ····· 34
표 2.7 국가별 Horizontal directional drilling Rig. 공급업체 현황 ····· 35
표 2.8 Horizontal directional drilling Rig. 공급업체 현황 ····· 37
표 2.9 서울특별시 굴착공사 현황 ····· 40
표 2.10 인구집계 현황(안전행정부 2014.06) ····· 40
표 2.11 전국 굴착공사 현황 추정 ····· 41
표 2.12 도심/비도심 지역에서의 평균 방향성 굴착 단가 비교표 ····· 42
표 2.13 1990년대 미국에서의 재료별 직경별 방향성 굴착 시공 현황 ····· 42
표 2.14 전국 굴착공사 시장 규모 추정(단위: 억원) ····· 43
표 2.15. 수평지향성 압입공법(HDD) 시공사례 ····· 105
표 2.16. Pembroke Gas Pipeline 제원 ····· 106
표 2.17 드릴링 관련 연구 장비 및 설명 ····· 113
표 2.18 검색 DB 및 검색범위 ····· 119
표 2.19 분석대상 기술분류기준 ····· 120
표 2.20 기술분류체계에 따른 최종 검색식 ····· 121
표 2.21 분석대상 기술분류 ····· 126
표 2.22 다목적 방향성 드릴링의 유효특허 선별결과 ····· 127
표 2.23 주요 경쟁자 Landscape ····· 136
표 2.24 주요 IP시장국에서의 신규 시장 진입자(잠재적 경쟁자) ('09 ~ '13) ····· 137
표 2.25 검색 DB 및 검색범위 ····· 165
표 2.26 특허분석을 위한 검색키워드 및 결과 ····· 166
표 2.27 기술 분류별, 세부기술별 검색식 ····· 222
표 2.28 기술 분류별 검색식 ····· 275
표 2.29 주요 국가별 기술경쟁력 분석 결과(DD) ····· 276
표 2.30 주요 국가별 기술경쟁력 분석 결과(HDD) ····· 280
표 2.31 기술수준 및 기술격차(소분류) ····· 284
표 2.32 드릴시스템분야 기술격차 해소방안 ····· 285
표 2.33 드릴링분야 기술격차 해소를 위한 연구개발분야 ····· 286
표 3.1 분석대상 기술분류 ····· 296
표 3.2 산업계 통용 방향성 드릴링 기술분류 조사 ····· 297

표 3.3 기술수요조사 대상 집계표 ····· 298
표 3.4 기술수요조사 결과(세부 수요조사 결과는 부록 2 참조) ····· 298
표 3.5 중요도 평가기준 설정 ····· 310
표 3.6 수요조사 기술분류별 기술 잠재성 평가 ····· 311
표 3.7 수요조사 기술분류별 시장 진출 가능성 평가 ····· 312
표 3.8 수요조사 기술분류별 기술 개발효과 평가 ····· 313
표 3.9 수요조사 기술분류별 종합 기술 중요도 평가 ····· 314
표 3.10 후보기술별 우선순위 및 채택의견 ····· 316
표 3.11 후보기술 도출결과 ····· 319
표 3.12 후보기술에 대한 중복성 조사 및 연계·차별화 방안 모색 ····· 321
표 4.1 사업단 목표 설정근거 ····· 330
표 4.2 사업단 과제 구성 ····· 331
표 4.3 과제별 수행주체 검토 ····· 354
표 4.4 세부과제별 성과 활용방안 ····· 358
표 5.1 최근 7년간 플랜트분야 투자예산 2,052억원 수준(2013년 예산 250억원) ····· 448
표 5.2 드릴시스템 개발사업 단계별 연 평균 소요인력 추정(MY) ····· 449
표 5.3 테스트베드의 기본조건 및 구성 ····· 461
표 6.1 기술수준 및 기술격차 ····· 487
표 6.2 드릴시스템분야 기술격차 해소방안(⊙ :1순위, ○ :2순위, • :3순위) ····· 488
표 6.3 기술개발 성공가능성(⊙ :긍정적, ○ :중립, • :부정적) ····· 489
표 6.4 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 자문위원 ····· 490
표 6.5 유사과제 검색 개요 ····· 494
표 6.6 중복성 검토 결과 ····· 495
표 6.7 국토교통부 건설교통 R&D 예산 ····· 501
표 6.8 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 과제별 연구비 편성 ····· 505
표 6.9 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 과제별 연구비 현가 환산 ····· 506
표 6.10 Drill Rig 분야 연차별 연구비 구성 ····· 507
표 6.11 Drill Rig 수요 예측(Positive market outlook 기준) ····· 508
표 6.12 Drill Rig 수요 예측(Negative market outlook 기준) ····· 508
표 6.13 Drill Rig 판매/임대, 소모품 시장 전망 ····· 509
표 14 Drill Rig 판매/임대, 소모품 시장 전망 ····· 510
표 6.15 Drill Rig 편익 평가를 위한 개량 지표 ····· 511
표 6.16 Drill Rig 판매, 임대, 소모품 비용-편익 분석 ····· 512
표 6.17 Drill Rig 판매, 임대, 소모품 비용-편익 분석 ····· 513
표 6.18 시추 서비스 분야 연차별 연구비 구성 ····· 514
표 6.19 시추 서비스 수요 예측 ····· 515
표 6.20 시추 서비스 수요 예측 ····· 515
표 6.21 드릴링 시추서비스 시장 전망 ····· 517
표 6.22. 드릴링 시추 서비스 시장 전망 ····· 518

표 6.23 시추 서비스 편익 평가를 위한 개량 지표 ····· 519
표 6.24 시추 서비스 비용-편익 분석 ····· 519
표 6.25 시추 서비스 비용-편익 분석 ····· 521
표 6.26 마이크로 드릴링 서비스 분야 연차별 연구비 구성 ····· 522
표 6.27 서울특별시 굴착공사 현황 ····· 523
표 6.28 인구집계 현황 ····· 523
표 6.29 마이크로 드릴링 서비스 수요 예측 ····· 524
표 6.30 마이크로 드릴링 서비스 수요 예측 ····· 524
표 6.31 도심/비도심 지역에서의 평균 방향성 굴착 단가 비교표 ····· 524
표 6.32 1990년대 미국에서의 재료별 직경별 방향성 굴착 시공 현황 ····· 525
표 6.33 마이크로 드릴링 서비스 시장 전망 ····· 526
표 6.34 마이크로 드릴링 서비스 시장 전망 현가 환산 ····· 526
표 6.35 마이크로 드릴링 서비스 편익 평가를 위한 개량 지표 ····· 526
표 6.36 마이크로 드릴링 서비스 비용-편익 분석 ····· 527
표 6.37 마이크로 드릴링 서비스 비용-편익 분석 ····· 528
표 6.38 다목적 방향성 드릴 시스템 개발 사업단 과제별 비용-편익 분석 ····· 529
표 6.39 Drill Rig 간접적 파급효과 평가를 위한 개량 지표 ····· 530
표 6.40 Drill Rig 판매/대여, 소모품 판매 간접 파급효과 ····· 531
표 6.41 Drill Rig 판매/대여, 소모품 판매 간접 파급효과 ····· 532
표 6.42 시추 서비스 간접적 파급효과 평가를 위한 개량 지표 ····· 533
표 6.43 시추 서비스 간접적 파급효과 분석 ····· 533
표 6.44 시추 서비스 간접적 파급효과 분석 ····· 534
표 6.45 마이크로 드릴링 서비스 편익 평가를 위한 개량 지표 ····· 535
표 6.46 마이크로 드릴링 간접적 파급효과 분석 ····· 536
표 6.47 마이크로 드릴링 간접적 파급효과 분석 ····· 537
표 6.48 다목적 방향성 드릴 시스템 개발 사업단 과제별 간접적 파급효과 ····· 538
표 6.49 평가 항목간 쌍대비교 ····· 544
표 6.50 평가 항목 가중치 평가 ····· 544
표 6.51 예비검토제 검토지표 충족을 위한 체크리스트 ····· 549
표 6.52 기술성 평가 평가지표 충족을 위한 체크리스트 ····· 552
표 6.53 예비타당성조사 시 주요 쟁점사항에 대한 체크리스트 ····· 558

그 림 목 차

그림 1.1 방향성 드릴링의 주요 유형 ····· 1
그림 1.2 다목적 방향성 드릴링 시스템 개발 사업단 대표성과(예상) ····· 3
그림 1.3 대표적인 드릴링 서비스 사업영역 예시 ····· 3
그림 1.4 방향성 드릴시스템의 주요 구성 ····· 4
그림 1.5 데릭 및 호이스팅 시스템 ····· 5
그림 1.6 회전 시스템 (TDM & Rotary table) ····· 5
그림 1.7 파이프 핸들링 시스템 ····· 6
그림 1.8 방향성 드릴시스템의 핵심장비(추진 및 방향제어유닛) ····· 6
그림 1.9 이수 순환시스템 개요 및 세부 시스템 ····· 7
그림 1.10 수평식 방향성 드릴링 시스템의 기술개발 범위 설정 ····· 8
그림 1.11 부처간 사업추진 역할구조 ····· 10
그림 1.12 독자적인 드릴링기술 개발시기 도래 ····· 13
그림 2.1 지역별 에너지 소비 현황 ····· 18
그림 2.2 글로벌 오일 가격 변동 현황 ····· 18
그림 2.3 북극지역 석유·가스 매장지역(좌)과 개발분포(우) 현황 ····· 19
그림 2.4 IEA의 세계 에너지 수요 전망 ····· 20
그림 2.5 주요 지역별 천연가스 소비현황 ····· 20
그림 2.6 세계 오일샌드 주요국가 시장 가치 ····· 21
그림 2.7 2011~2021 세계 오일샌드 시장 연평균 성장률 ····· 21
그림 2.8 미국의 연간 셰일가스 개발 현황 ····· 22
그림 2.9 드릴링 방법에 따른 연간 셰일가스 개발 현황 ····· 22
그림 2.10 화석연료의 발전비율의 장기 전망 2008-2040 ····· 23
그림 2.11 CERA upstream cost index 2013(2000-2012) ····· 24
그림 2.12 글로벌 드릴 시추공 증감율 ····· 25
그림 2.13 셰일가스 분야 시추 시장 동향 ····· 25
그림 2.14 드릴링 리그 시장 주요 지표의 동향 및 전망 ····· 27
그림 2.15 드릴 리그 거래 가격 현황 ····· 27
그림 2.16 Drilling Products & Services Demand ····· 29
그림 2.17 Drilling Equipment and Consumables ····· 30
그림 2.18 국내 기업(한진D&B) 코어 샘플링 장비 ····· 38
그림 2.19 국내 기업(한진D&B) 350 시리즈 대심도 드릴링 장비 ····· 39
그림 2.20 전국 굴착공사 현황 추정 ····· 41
그림 2.21 방향성 굴착 장비의 규모(리그종류)에 따른 시공길이 통계 ····· 43
그림 2.22 전국 굴착공사 시장 규모 추정 ····· 44
그림 2.23 육상용 드릴 리그 ····· 47

그림 2.24 자동화 드릴링 파이프 핸들러 ····· 48
그림 2.25 Compact type derrick ····· 49
그림 2.26 드릴 리그 자동화 시스템 ····· 50
그림 2.27 개방형 Boom derrick 타입의 육상 드릴링 시스템 ····· 51
그림 2.28 The main elements of the RamRig hoist assembly, showing the yoke ····· 52
그림 2.29 RamRig new rig offshore concept ····· 52
그림 2.30 Establishing a deviation by means of the jet bit ····· 56
그림 2.31 The design features a mud motor with a bent sub and specialized MWD tools ····· 57
그림 2.32 TBS facilitates steering by modulating the fluid flow within the drillstring, creating slight oscillations in the flow rate through the mud motor ····· 58
그림 2.33 천공작업 방식에 따른 분류 ····· 59
그림 2.34 Establishing a deviation by means of a whipstock ····· 60
그림 2.35 연속 이수순환시스템(CCS) ····· 61
그림 2.36 Continuous circulation system ····· 62
그림 2.37 Diagnosis and Monitoring system of Mud pump ····· 63
그림 2.38 Schematic cross section of well casing and cernet configuration ····· 64
그림 2.39 Power generation and distribution system in an AC-DC plant. ····· 65
그림 2.40 동력공급장치 적용 예 ····· 66
그림 2.41 방향성 드릴링 시스템 ····· 67
그림 2.42 차세대 방향제어 시스템(Power Drive RSS) ····· 68
그림 2.43 기존 드릴링 및 Monobore well 드릴링 비교 ····· 68
그림 2.44 케이싱 드릴링 원리 및 케이싱 비트 ····· 69
그림 2.45 RSS 해외현장 적용 사례 ····· 71
그림 2.46 Point-the-bit RSS. A bit shaft is oriented at an offset angle to the axis of the tool ····· 73
그림 2.47 PowerDrive Archer rotary steerable system ····· 74
그림 2.48 The bit and the drillstring of mud hammers ····· 75
그림 2.49 Percussion bit seismic ····· 75
그림 2.50 Mud-pulse drilling ····· 76
그림 2.51 Typical composition of a system used in geosteering operations ····· 76
그림 2.52 유정 제어 모니터링 시스템 ····· 79
그림 2.53 실시간 드릴링위치 측정기술(MWD)을 이용한 방향성 드릴링기술 ····· 81
그림 2.54 미소진동 자료 획득 및 모니터링 ····· 83
그림 2.55 Drilling monitoring and control system (simulator) ····· 84
그림 2.56 MH DrillView overview ····· 85
그림 2.57 Well control parameter setting screen ····· 86
그림 2.58 Mud return flow monitoring ····· 86
그림 2.59 User simulation interface, Kick module, ····· 89

그림 2.60 해저탐사기술 예시 ····· 90
그림 2.61 실시간 이미지 로깅 시스템과 측정결과예시 ····· 91
그림 2.62 A full suite of EcoScope and sonicVISION measurements ····· 92
그림 2.63 3D version of the experiment above highlights the potential complexity of crack patterns 3D ····· 92
그림 2.64 드릴링 환경 개요도 ····· 93
그림 2.65 비개착식 파이프라인 지하시공 ····· 94
그림 2.66 방향성 드릴링 시스템 (HDD Spread Layout, 방향제어기(BHA)) ····· 95
그림 2.67 파이프라인 건설을 위한 방향성 드릴링 공법 시공 개요도 ····· 96
그림 2.68 방향성 드릴 굴착 직경 및 용량이 다른 다양한 장비 사진 ····· 97
그림 2.69 미래형 장거리 파이프 연결구 시공 기술 구성 ····· 98
그림 2.70 장거리 HDD ····· 98
그림 2.71 누수 파쇄 추적 구조도 ····· 99
그림 2.72 Trutracker 모니터링 시스템 원리 ····· 100
그림 2.73 In-situ 시험을 통한 구속 응력에 대한 효과를 제거 및 물성치 평가 ····· 100
그림 2.74 부식으로 인한 구조물 손상 및 손상된 배관 ····· 101
그림 2.75 드릴공간 토모그래피 방법 및 결과 ····· 102
그림 2.76 LWD system 및 HDD tomography 모식도 ····· 103
그림 2.77 The underwater jet engine ····· 109
그림 2.78 학위별 인력 동향 ····· 110
그림 2.79 기술 자격별 인력 동향 ····· 111
그림 2.80 국내 관련 분야 연구 장비 현황 ····· 112
그림 2.81 국내 연구 기자재 시설 현황 ····· 113
그림 2.82 주요시장국 연도별 전체 특허동향 ····· 129
그림 2.83 주요시장국 연도별 개별적 특허동향 ····· 129
그림 2.84 주요시장국 내·외국인 특허출원현황 ····· 131
그림 2.85 전체적인 기술시장 성장단계 ····· 133
그림 2.86 각 출원국가별 기술시장 성장단계 ····· 134
그림 2.87 분류별 점유율 및 연도별 출원동향 ····· 139
그림 2.88 방향성 드릴링(A) 점유율 및 연도별 출원동향 ····· 140
그림 2.89 향식 드릴링(B) 점유율 및 연도별 출원동향 ····· 141
그림 2.90 방향성 드릴링(A)의 소분류별 점유증가율 분석 ····· 142
그림 2.91 지향식 드릴링(B)의 소분류별 점유증가율 분석 ····· 143
그림 2.92 시장별 세부기술 점유율 현황 ····· 144
그림 2.93 시장별 세부기술의 연도별 동향 ····· 145
그림 2.94 다출원인의 중분류별 특허건수 ····· 147
그림 2.95 다출원인의 세부기술별 특허집중도 ····· 148
그림 2.96 중분류별 상위 출원인 현황 ····· 149
그림 2.97 소분류별 상위 출원인 현황 ····· 152

그림 2.98 출원인 국가별 출원건수 및 시장확보지수 ····· 277
그림 2.99 출원인 국가별 출원건수 및 인용도지수 ····· 277
그림 2.100 출원인 국가별 기술영향력과 시장확보력 ····· 278
그림 2.101출원인별 출원건수 및 기술력지수 ····· 279
그림 2.102 출원인 국가별 출원건수 및 시장확보지수 ····· 281
그림 2.103 출원인 국가별 출원건수 및 인용도지수 ····· 281
그림 2.104 출원인 국가별 기술영향력과 시장확보력 ····· 282
그림 2.105 출원인별 출원건수 및 기술력지수 ····· 283
그림 3.1 기술수요조사 추진체계도 ····· 293
그림 3.2 기술수요조사 프레임 및 흐름도 ····· 294
그림 3.3 기술분류체계 내 기술수요 분야별 연계도 ····· 302
그림 3.4 기술 잠재성 평가 결과 ····· 311
그림 3.5 시장 진출 가능성 평가 결과 ····· 312
그림 3.6 기술개발 기대효과 평가 결과 ····· 314
그림 3.7 종합적 기술 중요도 평가 결과 ····· 315
그림 4.1 R&D 비전 수립 계획 및 절차 ····· 328
그림 4.2 핵심과제 간 연계성 및 주요 기술 ····· 332
그림 4.3 사업추진체계 구성도 ····· 352
그림 4.4 가용자원을 고려한 SE 마스터 플랜트 수립 ····· 355
그림 5.1 방향제어 시스템 ····· 384
그림 5.2 이수순환시스템 개요도 ····· 384
그림 5.3 실시간 방향성 시추장비 ····· 385
그림 5.1 개방형 붐데릭 방식 드릴 리그 ····· 421
그림 5.2 완전 자동화된 파이프핸들링 시스템 ····· 421
그림 5.3 원격 운영시뮬레이터 및 조작 ····· 422
그림 5.4 비개착식 관망시공 비교 ····· 422
그림 5.5 시스템엔지니어링 프로세스 ····· 426
그림 5.6 시스템엔지니어링 수명주기 주요기능 ····· 427
그림 5.7 기술분야별 정부 R&D 투자방향(2014년) ····· 429
그림 5.8 정부 R&D 지출 변화(2009~2013) ····· 430
그림 5.9 Rotary Rig 구성도(Encyclopedia Britannica. Inc, 2012) ····· 464
그림 5.10 드릴링 작업에 필요한 자원분류 및 체계화 ····· 465
그림 5.11 키르기스스탄 페르가나분지 내 마일리수 광구 위치도 ····· 469
그림 5.12 인도네시아 메루압 필드 위치도 ····· 470
그림 5.13 미얀마 Samaing 광구 위치도 ····· 471
그림 5.14 필리핀 지열발전 개발유망 5개 지역 ····· 471
그림 6.1 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업 기술도출과정 ····· 491
그림 6.2 미니델파이 기법 ····· 492
그림 6.3 건설교통 R&D 중장기계획 추진체계 ····· 497

그림 6.4 건설교통연구기획사업 추진분야 ····· 498
그림 6.5 국토교통기술 플랜트연구사업 추진계획 ····· 498
그림 6.6 제3차 과학기술기본계획 추진전략 ····· 499
그림 6.7 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업의 부가가치 산출 방식 ····· 503
그림 6.8 글로벌 방향성 드릴링 시장 현황 및 전망 ····· 507
그림 6.9 글로벌 방향성 드릴링 시스템 수요 전망 ····· 508
그림 6.10 드릴 리그 거래 가격 현황 ····· 509
그림 6.11 글로벌 드릴 시추공 증감률 ····· 515
그림 6.12 글로벌 방향성 드릴링 시추 수요 전망 ····· 516
그림 6.13 셰일가스 분야 시추 시장 동향 ····· 516
그림 6.14 국내 수평형 마이크로 드릴링 수요 전망 ····· 524
그림 6.15 방향성 굴착 장비의 규모(리그종류)에 따른 시공길이 통계 ····· 525
그림 6.16 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업의 간접적 파급효과 산정 방법 ····· 530
그림 6.17 AHP 기법 수행 절차 ····· 541
그림 6.18 예비타당성조사 추진 절차 ····· 548

제1장 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의 및 개발범위

1.1 기술의 정의

가. 드릴링 기술의 정의

○ 본 사업에서 **방향성 드릴링(directional drilling)**은 지하의 목표 지점까지 의도하는 **수직 또는 수평 궤적(경로)**을 **3차원적**으로 **변경**하여 **천공**하는 **기술**로 정의함

* 핵심기능: 드릴링 시스템에 방향제어장비를 탑재하여 수직, 수평, 경사 방향 제어가능
* 목적기능: **①지질·지반의 특성 파악, ②지하에 매장되어 있는 원유 및 가스의 부존 특성 평가하거나 생산을 위한 유정 개발, ③파이프라인이나 통신선 설치** 등

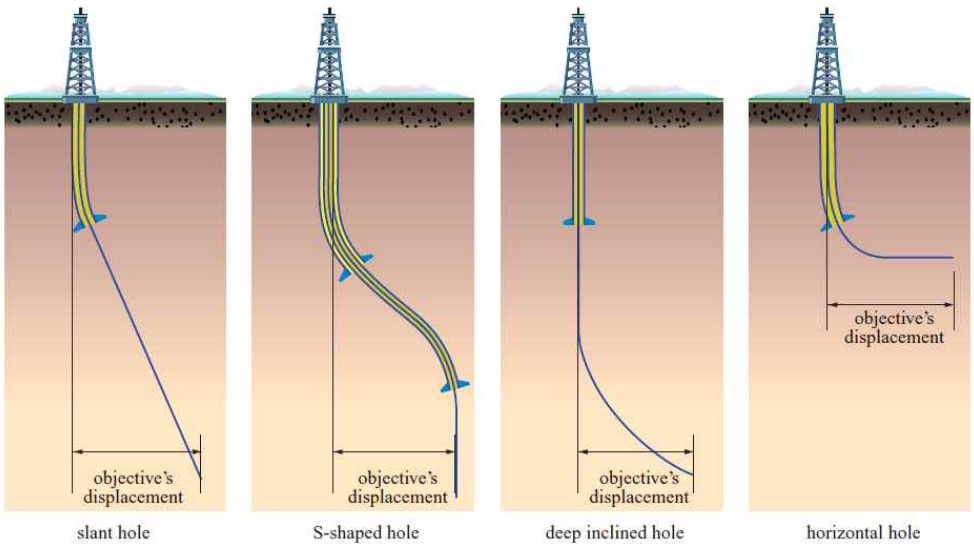


그림 1 방향성 드릴링의 주요 유형

* 출처: Diego Giacca, Directional drilling, Exploration, production and transport Vol. 1

나. 개발범위

○ **방향성 드릴링 시스템 개발 범위**는 ①데릭 및 호이스팅(derrick & hoisting), ②회전구동(rotating drive), ③파이프 조작(pipe handling), ④지하 시스템으로 추진체 및 방향제어(steering), ⑤이수순환(mud circulation) 시스템 등이 핵심대상임

* 데릭: 바닥 플랫폼과 붐, 골조를 이루어 각종 기능모듈을 설치, 지지하는 기능
* 호이스트: 드릴 파이프 상하이동 및 지지 시스템

* 회전구동장치: 파이프 굴진을 위한 드릴 파이프의 회전 시스템
* 파이프 이동 탈착장치: 드릴시 다량으로 소요되는 드릴파이프의 체결 또는 해체 작업을 수행하는 시스템
* 드릴링 및 방향제어장치(지하 공저): 지반을 파쇄, 굴진하면서 방향을 제어하는 시스템
* 이수 순환장치: 드릴공 내에 마찰 감소, 압력 유지, 파쇄물 배출 등을 수행하는 장치

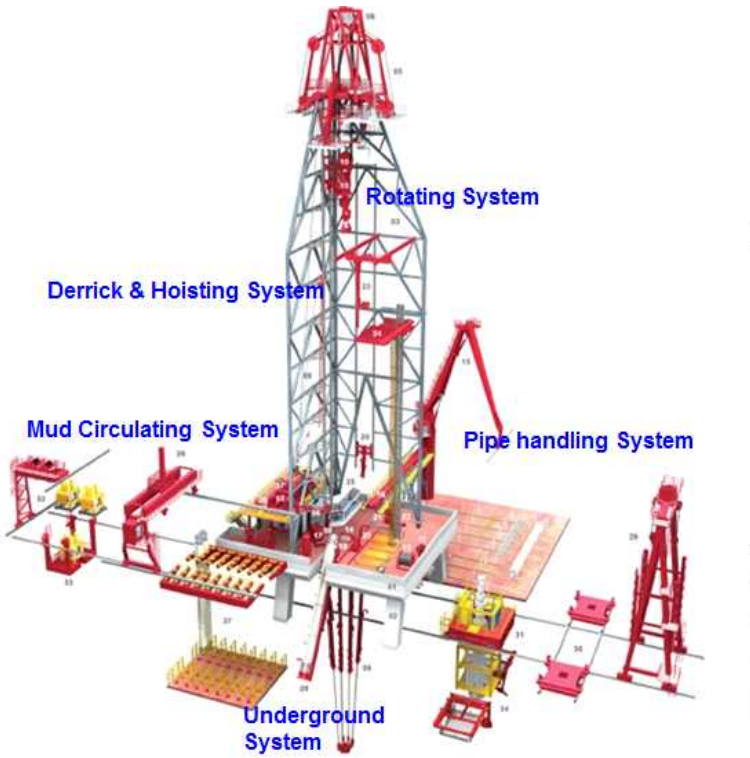


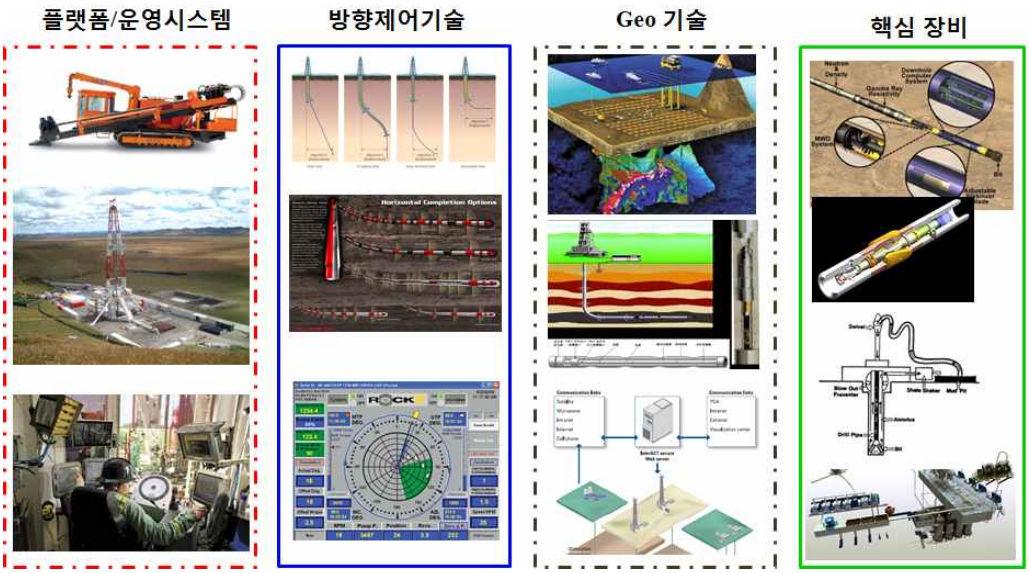
그림 1.2 방향성 드릴시스템의 주요구성 및 개발분야

○ **수평식 방향성 드릴링 시스템 개발범위**는 ① 비개착 관망 시공시스템, ② 지층탐사 및 평가장비, ③ 관망 확공 및 지반 안정화장비, ④ 관망연결공법 등을 개발함

* 비개착 관망 시공시스템: 천심도 지반 내 수평 드릴링을 통하여 비개착으로 관망을 시공하는 장비
* 지층탐사 및 평가장비: 비개착 관망 시공을 위한 지층 내 경로 특성을 탐사하고 평가하여 효율적인 드릴링 시공에 기여
* 관망 확공장비 및 지반 안정화 공법: 1차 드릴링 후 규정 파이프를 설치하기 전에 리머 등을 이용하여 적정 직경으로 확대하고 주변 지반을 안정화하는 공법
* 관망 재료 및 연결장치: 천심도 지층에 비개착으로 설치에 적합한 소재특성과 규격, 배관을 연결하는 장치

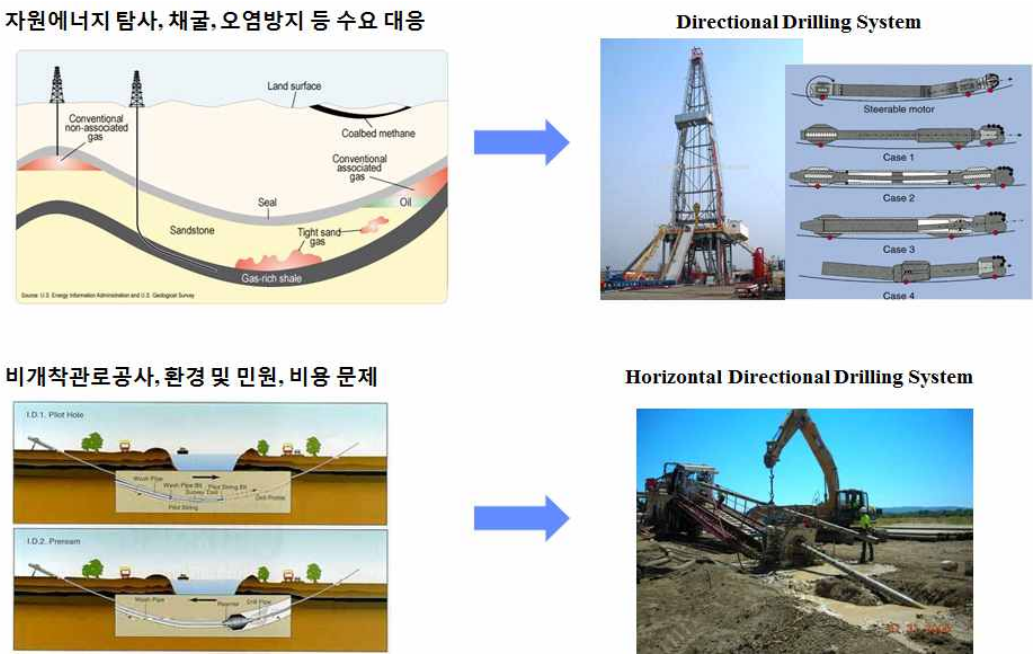
다. 예상성과 및 사업영역

○ 예상성과: 방향성 드릴링 시스템(테스트베드), 방향제어기술, 지반 검층·정보기술, 핵심 장비·유닛



<그림 1.4> 다목적 방향성 드릴링 시스템 개발 사업단 대표성과(예상)

○ 사업영역은 크게 **장비·시스템**과 **기자재**, **개발서비스**(큰 시장)분야로 구분되며, 탐사/채굴(지역개발/오일가스), 비개착 파이프라인, 오염방지, 기자재 수출 등 다양함

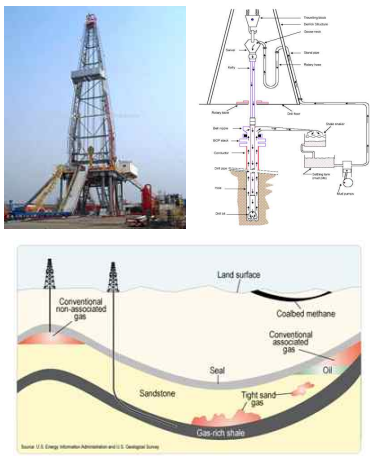
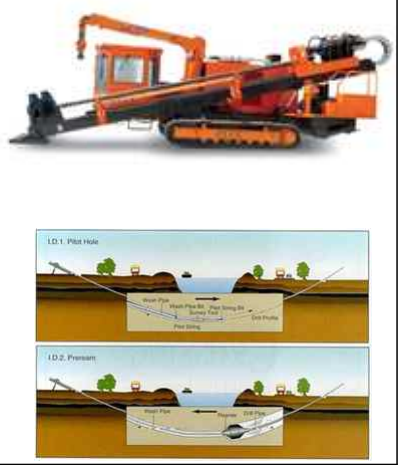


○ \

<그림1.5> 대표적인 드릴링 서비스 사업영역 예시

1.2 시스템 설명

○ 본 연구에서 개발 대상은 아래와 같이 방향성 드릴링(directional drilling), 수평 방향성 드릴링(horizontal directional drilling) 등 2종으로 구분되며, 규모의 차이를 제외하면 목적 기능상 구성요소는 유사성을 보이고 있음

표준 구성	고정형 (대형, oil&gas)	차량형 (소형, 비개착관망)
① 데릭 및 붐(골격) ② 기중장치(호이스트) ③ 회전장치 ④ 파이프 장착장치 ⑤ 이수공급순환장치 ⑥ 추진 및 방향제어 ⑦ 파이프 스트링 ⑧ 동력/유틸리티 ⑩ 조작·운영시스템		

○ 방향성 드릴 시스템은 골격을 이루는 리그 플랫폼에 파이프 회전장치, 지층 파쇄 및 추진장치, 방향제어장치, 지층 탐사 및 평가유닛, 이수순환장치, 드릴파이프 조작장치 등을 탑재하고 동력 및 유틸리티 장치 등을 연결하여 구성됨

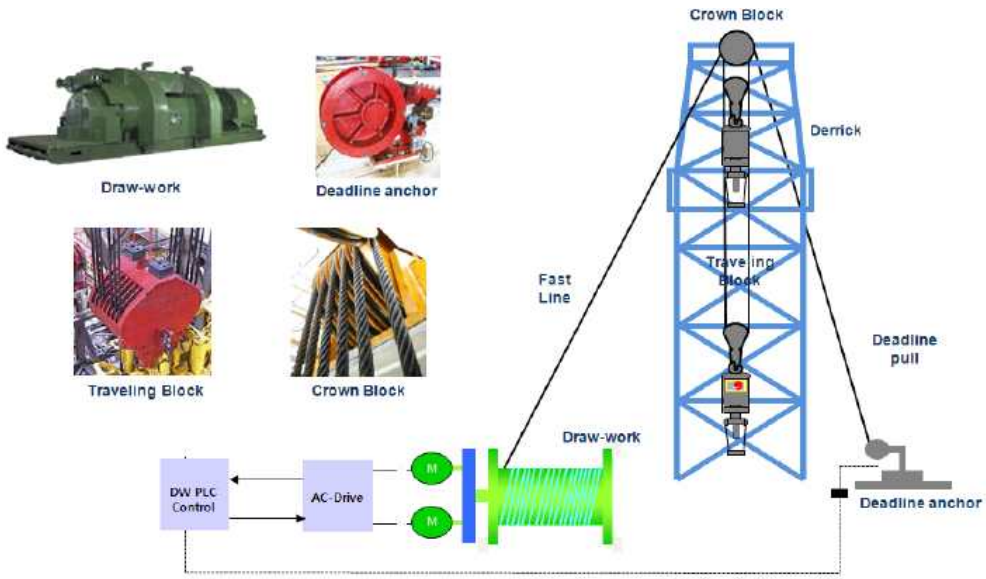


그림 1.10 데릭 및 호이스팅 시스템

① 데릭 및 호이스팅 시스템 : 데릭은 드릴 파이프, 케이싱 등의 설치 및 회수에

필요한 공간과 기능을 제공하는 플랫폼으로서 draw work, crown block, traveling block, deadline anchor, wire rope 등 호이스트 장비와 함께 구성

② 회전 시스템 : 회전 시스템은 드릴링 작업을 위해 드릴 파이프를 회전시키는 장치로 회전 테이블은 드릴 비트에 회전력을 부가하기 위한 장비이고, 탑 드라이브는 회전운동을 드릴 파이프에 전달하는 수단으로 사용되며 전기나 유압으로 작동되는 구동장치가 탑재됨

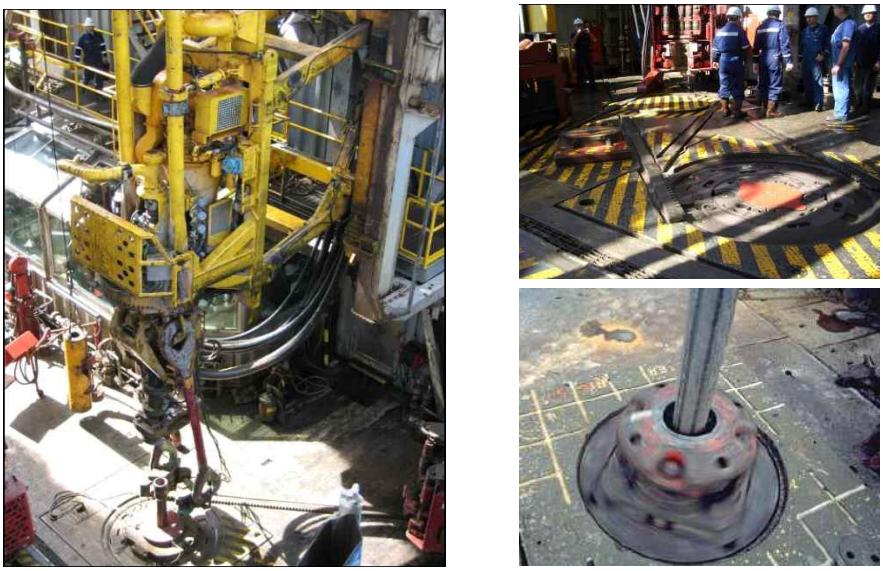


그림 1.11 회전 시스템 (TDM & Rotary table)

* Top drive machine : 드릴 파이프에 회전을 전달하는 장치
* Rotary table : drill floor 바닥에 설치되어 드릴 파이프에 회전을 전달하는 장치

③ 파이프 핸들링 시스템 : 드릴 파이프, 케이싱 등을 저장 위치로부터 작동 크레인을 이용하여 데릭으로 운반한 후 적재 시스템을 이용하여 드릴링 작업을 위해 운반해주는 시스템

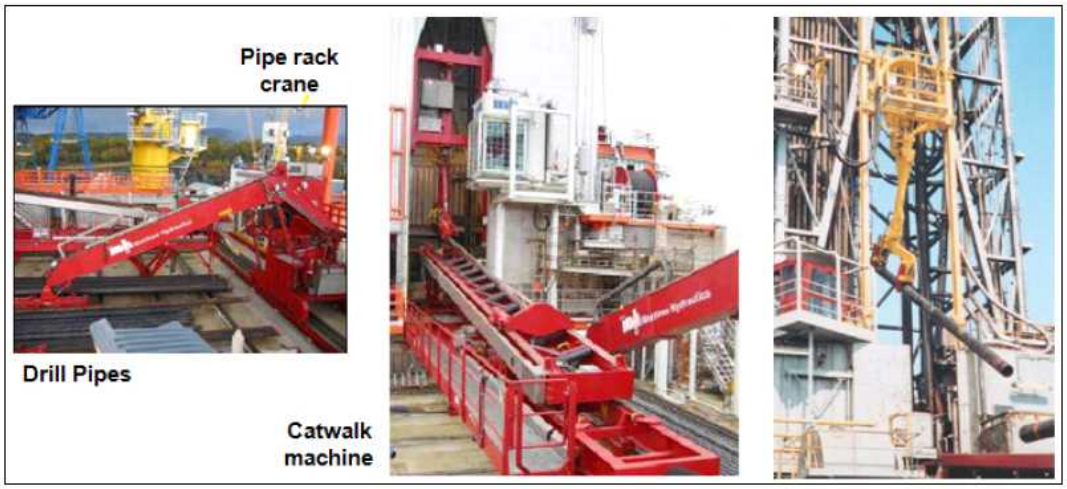


그림 1.12 파이프 핸들링 시스템

* Racking unit : 드릴 floor 위에서 드릴 파이프의 이동, 조립, 보관 등에 필요한 작업을 수행
* Catwalk : 드릴 파이프를 적재 유닛으로 운반하는 작업을 수행
* Roughneck : 드릴 파이프를 결합 및 분해하는 장비

④ 방향제어시스템: 방향성 드릴링 툴은 일반적으로 조향이 가능한 드릴링 모터를 탑재하고 있으며 그 구성은 그림 1.6과 같음. 실시간으로 지상에서 시추위치를 파악할 수 있는 MWD (Measurement While Drilling), 방향제어가 가능한 RSS(Rotary Steerable System), 지층물성을 측정할 수 있는 LWD(Logging While Drilling) 등이 장착됨

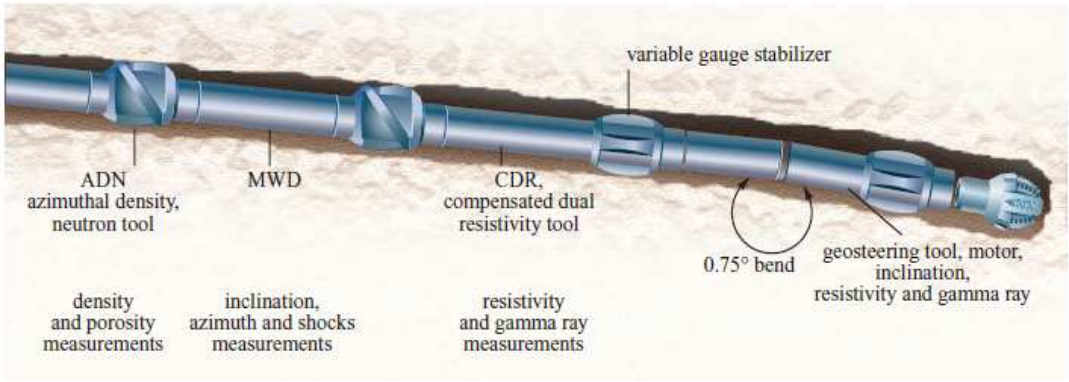


그림 1.6 방향성 드릴시스템의 핵심장비(추진 및 방향제어유닛)

* 출처: Typical composition of a system used in geosteering operations (Allen et al., 1997)

⑤ 이수(머드) 순환시스템: 이수 유동시스템은 드릴 공으로부터 되돌아온 이수의 불순물을 제거하고 머드 피트에 들어가 머드 펌프를 통해 고압의 머드를 생산하고 다시 사용되는 시스템으로 머드유동시스템은 일반 육상 드릴링이나 해양

드릴링 등에 반드시 사용되는 핵심적인 기술임

* 머드는 드리링 운전에 혈액과도 같은 역할을 하는데 드릴 작동 시 윤활작용과 이에 발생되는 파편을 제거하고 시추공을 안정시키는 역할을 함
* 이수 순환시스템의 주요 기능은 아래와 같음
- 드릴 공 내의 압력 안정화 및 지반과의 경계층 유지
- 드릴 비트(Drill bit)의 윤활 작용
- 드릴링 시 발생하는 암석 파편 제거

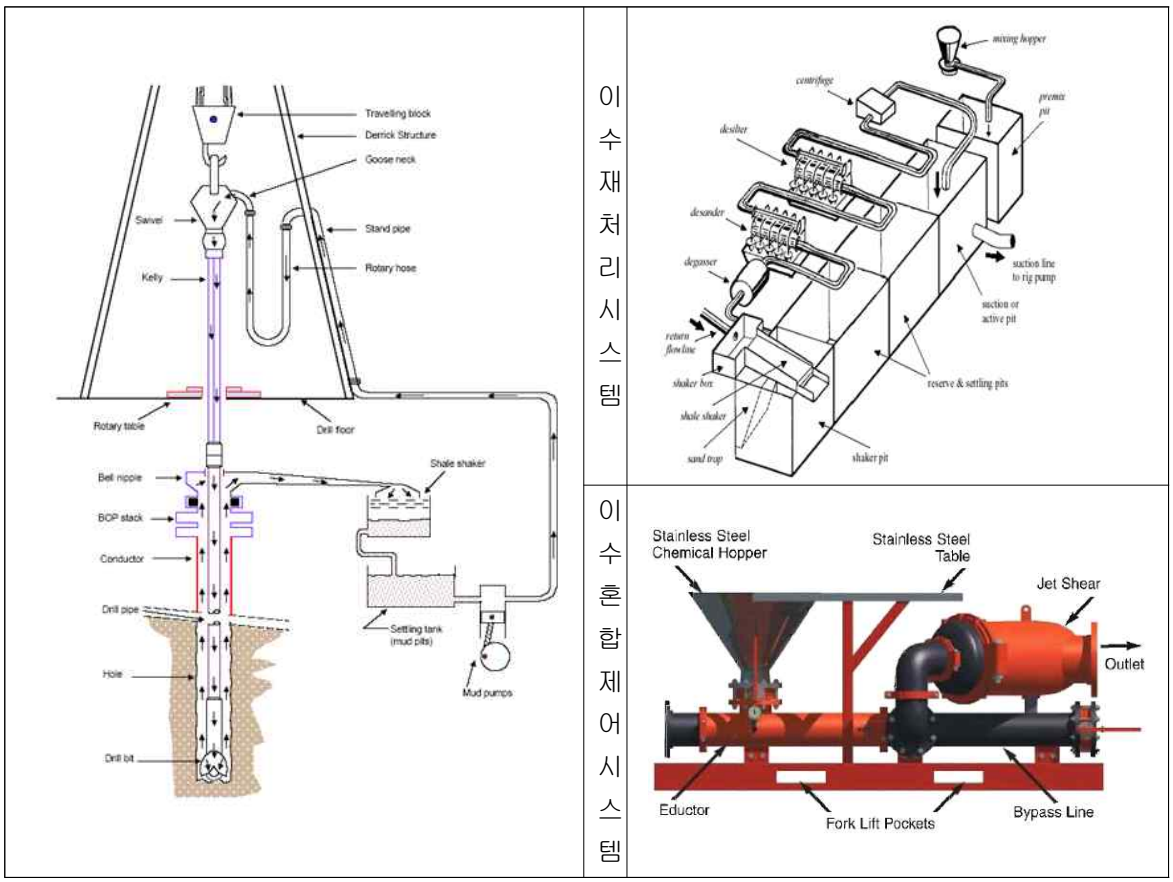
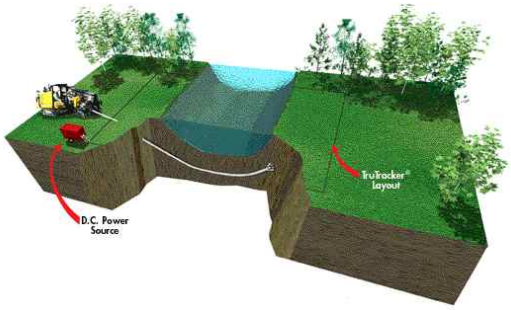
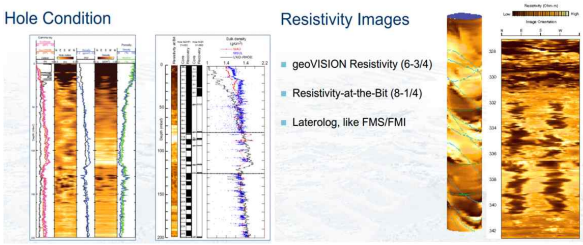


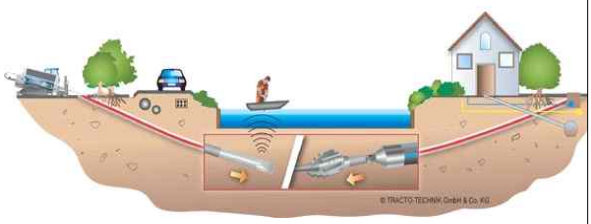
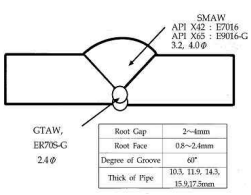
그림 1.7 이수 순환시스템 개요 및 세부 시스템

○ 수평식 방향성 드릴링 시스템은 다음 그림과 같은 구성을 가지고 비개착식 관망 시공 작업을 수행함

<table>
<tr><td>① 비개착 시공시스템</td><td>② 지층탐사 및 평가장비</td></tr>
<tr><td>

</td><td>


</td></tr>
<tr><td>③ 관망 확공 및 지반 안정화장비</td><td>④ 관망연결공법</td></tr>
<tr><td>


</td><td>


</td></tr>
</table>

그림 1.8 수평식 방향성 드릴링 시스템의 기술개발 범위 설정

2. 사업기획 배경 및 필요성

2.1 기획 배경

○ 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도 증대, 각종 파이프라인지하시공 증가 등으로 수직·수평·경사 등 방향 제어가 가능한 드릴(시추)기술의 적용이 증가

* 비전통 자원·에너지: 오일샌드, 석탄 청정 가스화, 대심도 지중 가스화 등 기존 석유 및 가스 채굴 등과 다른 방식으로 생산하는 탄화수소 함유 에너지원

○ 방향성 드릴링 분야는 대심도 지반조건 탐사, 장거리 파이프라인 시공, 비전통 자원·에너지 탐사·개발, 지중환경오염 방지설계 등 기술구성과 활용영역이 매우 큰 다목적 분야임

○ 본 기술분야의 원천 및 시스템 기술은 일부 선진기업이 독점하고 있어 자체 인프라 건설 및 자원·에너지 개발에 있어서 해외 의존이 심화되고 있음

* 미국의 유전 서비스 업체인 Halliburton사, 독일의 Schlumberger사 등에서 세계 장거리 방향성 드릴시장을 주도하고 있음

○ 일본의 경우에도 독립행정법인 JOGMEC를 통하여 독자 개발하여 기술이전 및 활용이 활발하게 진행되고 있으며, 석유·가스자원 개발, 특히 메탄하이드레이트 개발에 응용 등을 선도하고 있음

○ 중극의 경우에도 자체 개발(홍아)을 통하여 자체 수요를 감당하고 있으며, 해외진출을 시도하고 있음

○ 이러한 다목적 방향성 드릴링 기술은 고도의 기계 시스템, 첨단센서, 위치 및 지리정보, 시공제어 및 운용기술 등 융·복합 기술로서 국가 전략적 개발이 중요

○ 각국의 자원·에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역간 기후환경 변화에 대응 도전적인 신시장 진출을 위한 독자적인 원천기술 및 핵심장비의 확보가 관건임

○ 이에 환경분석, 핵심기술 도출, 연구범위 설정, 기술개발전략 수립, 타당성 조사 등을 통하여 **대규모 사업단 과제**로 체계적 추진을 위한 **기획**을 추진

2.2 사업 논리

□ 사업의 성격

○ 본 사업단 과제는 중장기(3년 이상) 상용화를 목표로 추진되는 응용·개발 연구사업임

* 중장기산업기술개발 유형: 다목적 드릴시스템의 **광범위한 응용 가능성**에 중점을 두고 **장기간**에 걸쳐 **장비·시스템, 시공·서비스 기술**을 개발

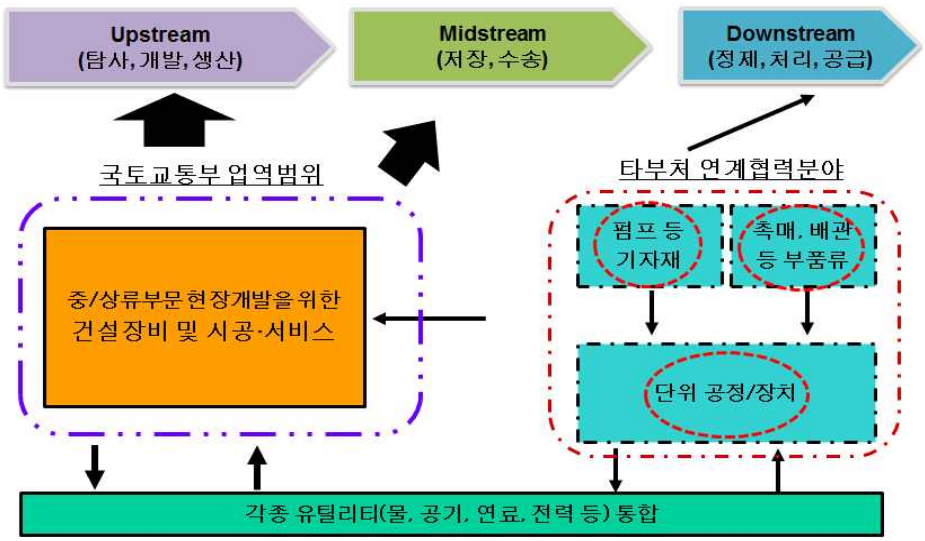
□ 사업의 논리

○ 본 기술은 **국내외 개발사업**의 **중·상류부문(탐사, 개발, 생산, 저장, 수송)**에서 **계획·관리, 현장개발(탐사, 채굴, 생산, 수송)**을 위한 **건설장비·시스템, 시공·서비스 기술**임

* 방향성 드릴링 분야는 대심도 지반조건 탐사, 장거리 파이프라인 시공, 비전통 자원·에너지 탐사·개발, 지중환경오염 방지설계 등 기술구성과 활용영역이 넓음

○ 사업의 범위는 단순히 기자재/유닛을 개발하는 데 있기 보다는 **현장개발**에 필요한 **건설장비·시스템**과 **운영·서비스 기술**의 **실증 개발**에 **중점**을 두고 있음

* 산업통상자원부 연구개발사업과 차별점: 기자재/공정장치의 제작을 통한 공급, 자원 탐사기술보다는 **현장**을 **개발(채굴, 생산, 저장, 수송 등)**하는 데 소요되는 **시공장비**와 **운영기술**에 중점. 산통부 R&D 결과의 **연계·조달**을 병행



<그림> 부처간 사업추진 역할구조

○ 추진근거

* 건설기계관리법 제2조(정의 등): 건설기계의 정의
* 건설기계관리법시행령 제2조 별표1의 분류체계: 특수건설기계는 제1호부터 제25호까지의 규정 및 제27호에 따른 건설기계와 유사한 구조 및 기능을 가진 기계류로서 국토교통부장관이 따로 정하는 것

2.3 기술개발의 필요성

가. 필요성

○ **(글로벌 드릴링 수요 증가)** 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도, 각종 파이프라인 시공 분야의 방향성 드릴링 수요가 증가(특히, 방향 제어가 가능한 드릴링 수요 증가율이 높음)

* Exxon Mobil에 따르면, 비OECD국가의 에너지 수요는 2040년까지 약 65% 증가할 것으로 장기 전망(이에 따른 장비, 교체 기자재, 시공·서비스 등)
* Douglas-Westwood(2013)는 서유럽과 아시아를 제외한 세계 전 지역에서 '17년까지 오일/가스의 생산이 지속적으로 증가할 것으로 전망함

○ **(방향성 드릴링 기술 발전)** 기존 오일·가스전 생산 증진, 비전통에너지 개발, 미개척 극지 및 동토 개발을 위한 방향성(수직·수평·경사 등) 드릴링 장비 및 기술이 첨단화

* 현재는 3~5 km 급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진속 등에서 괄목할 만한 기술적 진전이 있었고, 최근 ICT 기반 원격시공기술이 첨단화 되고 있음
* 실시간으로 지중 추진체의 상황을 모니터링하고, 지층의 정보에 따라 경로궤적으로 수정하여 효율적인 탐사 및 개발이 가능한 수준

○ **(기술의존 및 국부유출 심화 대응)** 자원에너지 탐사 및 개발, 관련 기자재 및 시스템, 국내 도시나 단지, 시설권역 내 비개착공사에 소요되는 기술과 장비를 해외 의존시 대규모 부가가치 유출이 예상됨

* 본 기술분야의 원천 및 시스템 기술은 일부 선진기업이 독점하고 있어 자체 인프라 건설 및 자원·에너지 개발에 있어서 해외 의존이 심화되고 있음
* (참고) 육상 드릴장비 가격 : 250억 ~ 400억원, 기자재 10억 ~ 30억원 내외
* (참고) 드릴링 비용: 수직 1 km, 수평 1 km 에 평균 $400 - $500 million 소요
  (1개 광구에 20~50개 유정 건설)

○ **(신시장 진출을 위한 독자 기술력 확보)** 대심도 지반조건 탐사, 장거리 파이프라인 시공, 비전통 자원·에너지 탐사·개발, 지중환경오염 방지등 활용영역과 시장성이 큰 다목적 분야로 독자기술 확보 필요

* 우리나라의 경우 공공기관 및 대기업에서 해외자원개발에 주력하고 있으나 대부분 국내기술 및 인력 부족으로 지분투자에 그침
* 동 분야는 고도의 기계 시스템, 첨단센서, 위치 및 지리정보, 시공제어 및 운용기술 등 융·복합 기술로서 국가적인 파급효과가 매우 큼
* 드릴 시스템의 신뢰성과 효율성 그리고 가격이 시장에서 경쟁요소로 분석되며, 메가트렌드, 이슈 등을 종합분석 시 일본, 중국 등 후발국가의 개발사례를 벤치마킹하여 연구추진이 필요

나. 시급성

○ 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도 증대, 각종 파이프라인 지하시공 증가 등으로 수직·수평·경사 등 방향 제어가 가능한 드릴(시추)기술의 적용 증가

○ 방향성 드릴링 분야는 대심도 지반조건 탐사, 장거리 파이프라인 시공, 비전통 자원·에너지 탐사·개발, 지중환경오염 방지설계 등 기술구성과 활용영역이 매우 큰 다목적 분야임

○ 또한 방향성 드릴기술은 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등 건설공사시 교통체증이나 분진 및 소음 공해 등 국민행복과 관련된 현안기술로 개발이 시급

* 미국의 경우 비개착 건설시장의 주요 고객은(2012년 기준) 통신 부문이 26.4%, 가스 공급 부문이 20.8%, 상수도 부문이 15.5%, 전기 부문이 12.9%, 에너지수송 부문이 12.5%, 하수도 부문이 8.9% 및 기타 4% 정도인 것으로 보고됨
(출처: 14th Annual Horizontal Directional Drilling Survey, 2012.7, Underground Construction)

○ 본 기술분야의 원천 및 시스템 기술은 일부 선진기업이 독점하고 있어 자체 인프라 건설 및 자원·에너지 개발에 있어서 해외 의존이 심화되고 있음

* 미국의 유전 서비스 업체인 Halliburton사, 독일의 Schlumberger사 등에서 세계 장거리 방향성 드릴시장을 주도하고 있음
* 방향성 드릴 리그 용량에 따른 시장 점유율은(2011년 기준) 15,000 pounds of pullback force 급이 20%, 15,000～50,000 pounds 급이 72.4%, 50,000 pounds 급 이상이 8.6%를 점유

○ 이러한 다목적 방향성 드릴기술은 고도의 기계 시스템, 첨단센서, 위치 및 지리정보, 시공제어 및 운용기술 등 융·복합 기술로서 국가 전략적으로 시급한 개발이 요구됨

○ 각국의 자원·에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역간 기후환경 변화에 대응, 법제도 등 도전적인 신시장 주도를 위한 독자적인 원천기술 및 핵심장비의 확보가 관건임

다. 정부지원(국고)의 타당성

○ **(안보차원의 자원에너지 확보기술)** 방향성 드릴링 기술은 안보차원의 비전통에너지·자원 확보 경쟁이 가열되고 있어 국가 차원의 전략적 지원이 필요

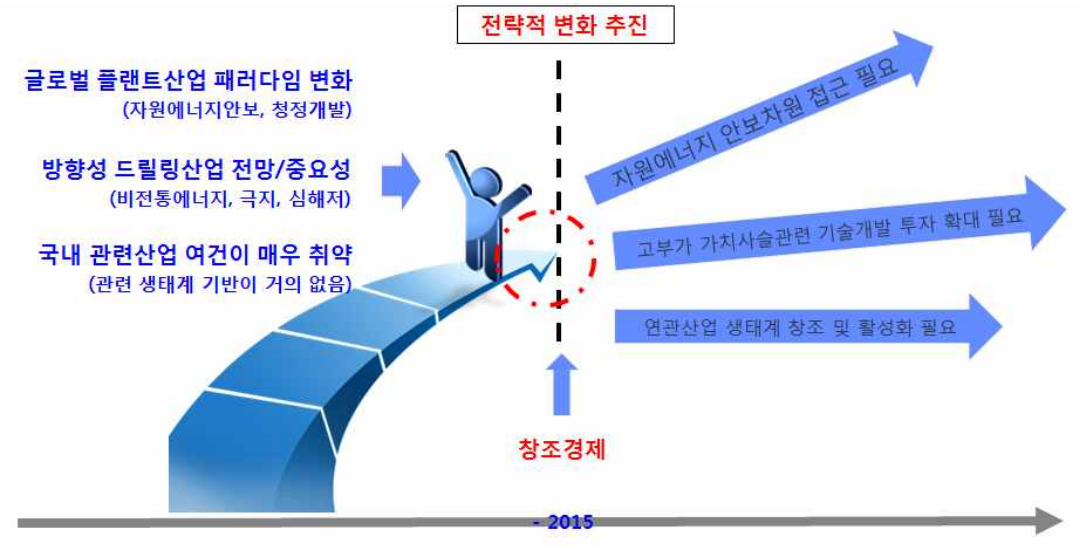


그림1.11 독자적인 드릴링기술 개발시기 도래

○ **(기술 의존 및 국부 유출 심화)** 자원에너지 탐사 및 개발, 관련 기자재 및 시스템, 국내 도시나 단지, 시설권역 내 비개착공사에 소요되는 기술과 장비를 해외 의존시 대규모 부가가치 유출이 예상됨

* (참고) 육상 드릴장비 가격 : 250억 ~ 400억원
* (참고) 드릴링 비용: 수직 1 km, 수평 1 km 에 평균 $400 - $500 million 소요 (1개 광구에 20~50개 유정 건설)

○ **(연구개발 리스크가 높음)** 방향성 드릴링 기술은 선진업체 주도로 1990년대부터 적용이 증가하고 있는 분야로서 비교적 난이도와 규모가 큰 기술로서 국내 개발경험이 전무하여 초기 리스크 쉐어를 위한 국가차원의 지원이 필요

○ **(중소·중견 기업 육성)** 육상 및 해양 드릴링 분야에 있어 기자재 개발 및 국산화, 연관 서비스 산업은 중소·중견 업계가 주도하고 있으나, 경험 부족 및 규모의 영세성으로 인하여 성공적인 국산화 실적은 매우 저조한 실정임

○ 각국의 에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역간 기후환경, 법제도 등 도전적인 신시장 주도를 위한 연구개발 선도 필요

참고: 정부 정책과의 부합성

◈ 국정과제

- (94. 환경과 조화되는 국토개발) 환경과 조화를 이루는 개발사업 추진을 유도하고, 국토·도시계획과 환경계획을 연계하여 지속가능한 국토 창조
  ⇒ 도시나 단지 등에서 관로망 교체를 위한 개착식 공사 시에 수반되는 소음과 진동, 분진, 교통체증, 지반 안정성 등 민원을 근본적으로 해결

- (8. 과학기술을 통한 창조경제 기반 조성) 과학기술의 책임과 역할을 확장하여, 신산업을 창출하고 사회 이슈를 해결하는 등 국민행복에 실질적으로 기여
  ⇒ 에너지 자원 개발을 위한 방향성 드릴링 시스템 및 기자재, 이를 이용한 서비스 산업 진출, 도시나 단지 등에서 지중 노후관의 교체 및 확관을 위한 신기술의 개발 및 적용사업 확대를 통하여 신산업 창출에 기여

○ 경제혁신 3개년 계획

- (26. 융합 신산업 육성) 기계・조선・플랜트 등 주력산업의 연관서비스업 육성
  ⇒ 지반탐사, 유가스전 탐사 및 개발, 비개착식 노후관 교체 및 확관을 위한 드릴링 플랜트 장비 및 공법 등을 이용하여 연관서비스 산업 활성화

◈ 제3차 과학기술기본계획('13～'17)

- (국가 전략기술) 첨단플랜트 기술, 드릴링 기자재 기술
  ⇒ 미개척지 에너지자원 개발, 지중 노후관 비개착 공정을 적용하기 위하여 지중 드릴링 기술과 관련 장비를 개발 필요

- (4. 깨끗하고 편리한 환경 조성) 국토인프라 선진화
  ⇒ 지역 및 도시나 단지 등에서 관로망 개착 공사에 따른 환경오염(소음, 진동, 분진 등)과 교통체증 해소 및 지반 안정성 확보, 강우량 변동에 따른 하수관로 등 변경설계 및 시공이 가능

◈ 제2차 건설교통기술 연구개발사업 중장기계획('13～'17)

- 글로벌 에너지·자원 시장 진출을 위한 극한지 탐사/채굴/자원화 플랜트 기술 개발 및 실증

중기(～2018)	장기(～2023)
• 탐사/개발깊이 1 km • 비전통 자원화 플랜트 기술수준 65%	• 탐사/개발깊이 3 km • 비전통 자원화 플랜트 기술수준 80%

제2장 국내·외 산업동향 및 환경분석

1. 산업환경 분석의 개요

○ 다목적 방향성 드릴시스템 기술개발을 위한 시장, 기술 등 환경 여건을 조사·분석하여 시사점을 도출함

- 국내외 시장 규모 및 전망
- 국내외 기술동향
- 특허 및 논문분석
- 인프라 분석
- 기술수준 분석

○ 시장 동향 조사를 위하여 국내외 온라인 데이터베이스(NDSL, DAMOA, 기타 포털사이트 등) 조사, 문헌 조사, 전문가 인터뷰, 설문 등을 실시함

* 해외시장 동향의 경우 Global-Insight, Douglas-Westwood 등 글로벌 동향조사 자료 및 Pickett & Oilfield 등 방향성 드릴시스템 거래를 위한 포털사이트 등의 자료 조사를 통하여 연도별, 기술별 시장 규모 및 전망, 시장 주도기업 등을 분석
* 국내시장 동향의 경우 관련 시장의 활성화 이전 단계로 데이터베이스가 체계화되어 있지 않아 서울특별시의 비개착 마이크로 드릴링 시스템 적용 사례를 전국으로 확대/검토(국내 인구 밀집도 기준)를 통하여 시장규모 및 발전 전망을 분석

○ 기술분석은 기술분류체계의 범주에서 선진 각국의 기술개발사례나 선행연구, 현장 적용현황 등을 다각도로 분석하여 기술흐름을 파악하고, 기술수요 조사 및 후보기술 도출, 기술 차별화 및 목표 설정을 위한 레퍼런스로 활용함

○ 또한 특허 및 논문 분석을 통하여 기술의 성숙도, 경쟁력 지수 등을 파악하고, 논문분석으로 통하여 최근 연구분야에 대한 시사점을 도출함

* 기술수준을 분석하고, 선진기업과 기술격차 등을 평가하였으며, 기술분야별 해소방안 등을 제안함

○ 환경분석 결과를 토대로 종합분석을 통한 시사점을 제시하였으며, 메가트렌드 및 이슈, 시장 동인, 기술흐름, SWOT 분석 등을 토대로 사업방향을 제시함

2. 국내·외 시장동향 및 전망

2.1. 분석개요

○ 드릴링 리그 시장의 주요 동인은 에너지 수요 증가 → 오일/가스 생산 증가 → 오일/가스 가격 민감성 확대 → 시추 수요 증가 → 새로운 자원의 탐사 및 개발 등으로 평가됨

○ 에너지 수요 증가

- 세계적으로 내륙/해상 지역 모두에서 오일/가스 수요는 지속적으로 증가하고 있어 드릴링 시장 규모 확대를 이끌고 있음

○ 오일/가스 생산 증가

- Douglas-Westwood는 서유럽과 아시아를 제외한 세계 전 지역에서 2017년까지 오일/가스의 생산이 지속적으로 증가할 것으로 전망함

- 그러나, 서유럽과 러시아연방 국가의 전체 오일/가스 생산은 향후 5년간 정체기에 접어들 것으로 예상되며, 내륙지역의 매장량은 점차 고갈되고 있으며, 새로운 오일/가스 매장의 발굴 가능성이 점차 희박해지고 있음

- 생산 포화 단계에 접어든 오일/가스의 생산 수준을 유지하기 위해 추가적인 시추공이 요구될 것으로 예상되며, 추가 시추를 위한 드릴링 기술은 보다 고도의 수준이 요구될 것으로 예상됨

- 시추공 복잡성(Complexity) 증가는 물리적으로 요구되는 작업이 많아지고 시간도 많이 소요됨에 따라 드릴링 시간, 유지비용의 증가를 야기함

○ 오일/가스 가격 민감성

- 오일/가스 가격의 변동은 드릴링 작업에 직접적인 영향을 미침

- 계약 기간이 짧고 업체 간 경쟁이 심한 미국과 같은 시장은 오일/가스 가격 변화에 훨씬 민감하게 반응하는 경향이 강함

- 이러한 현상은 상대적으로 계약기간이 길고 일일 작업률이 높은 해상 드릴링 시

장 보다 내륙 시장에 더 큰 영향을 미침

○ 시추공 개수 증가

- 글로벌 경기침체의 영향으로, 2009년 수직 시추공 개수는 2008년 대비 22% 감소하였으나, 방향성/수평 드릴링 시장의 성장으로 시추공 개수는 2013년 이후 5년간 약 20% 증가하여 2017년에는 역사상 가장 많은 개수를 나타낼 것으로 전망됨

- 방향성/수평 드릴링은 생산 포화 단계에 접어든 지역에서 생산 증가에 대한 수요가 높아짐에 따라 2002년~2008년 기간 동안 두 배 이상 증가함

- 이러한 트렌드는 향후 5년간(2013년~2017년) 지속될 것으로 예상되며, 이에 따라 최신 드릴링 리그 장비에 대한 요구가 증가할 것으로 전망됨

- 2013년 전체 드릴링 시장 규모의 약 28%를 차지한 방향성/수평 드릴링 비중은 2017년 약 31%로 성장할 것으로 판단됨

- 세일가스와 같은 비전통적인 자원 개발은 방향성/수평 드릴링 시장 규모를 증가시킬 것으로 전망됨

○ 새로운 자원의 탐사 및 개발

- 최근 세일 가스의 개발은 북미 지역 드릴링 시장 성장에 큰 영향을 미침

- 오일/가스 탐사와 개발은 아직까지 북미 지역에 큰 영향을 미치는 반면, 유럽, 호주, 아시아 지역 또한 비전통적인 가스 자원 개발을 추진하고 있음

- 세일 가스와 탄층(Coal Bed Methane) 프로젝트가 대부분 많은 양의 방향성/수평 드릴링 시추 작업을 요구함에 따라 드릴링 리그 시장의 성장과 변화를 야기할 것으로 판단됨

- 반면, 세일 가스 등 비전통 가스 개발에서 드릴링 작업에 요구하는 높은 사양(Specification)을 충족시키지 못하고 있으며 HP가 높은 장비에 대한 공급부족 현상이 나타남에 따라 향후 드릴링 관련 분야에 대규모 투자가 필요한 것으로 전망됨

2.2. 에너지자원 시장 동향

○ 글로벌 에너지 소비는 2010년부터 세계 최대 규모의 에너지 소비 주체인 개발도상국, 특히 중국의 수요 증가에 의해 광범위하게 구동됨

○ Exxon Mobil에 따르면, 2040년까지 non-OECD의 에너지 수요는 OECD 국가의 거의 두 배 수요로 65%까지 증가할 것으로 전망되고 있음

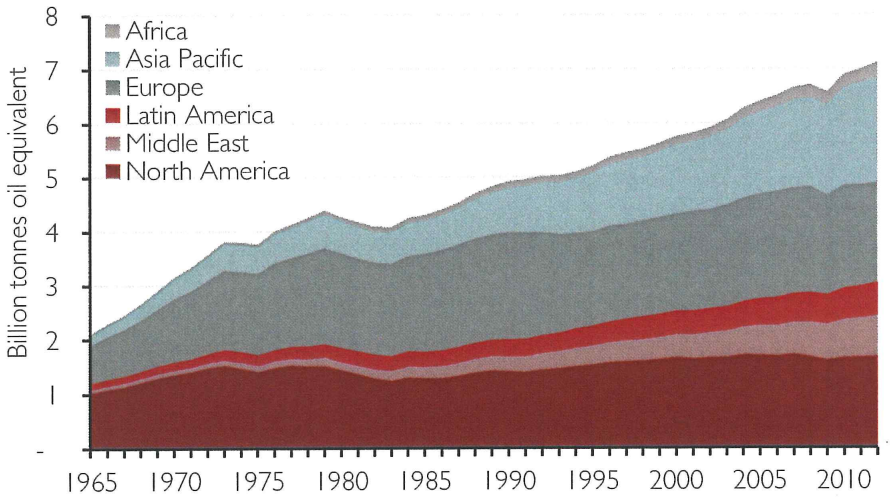


그림 2.1 지역별 에너지 소비 현황
(출처: BP statistical review 2013)

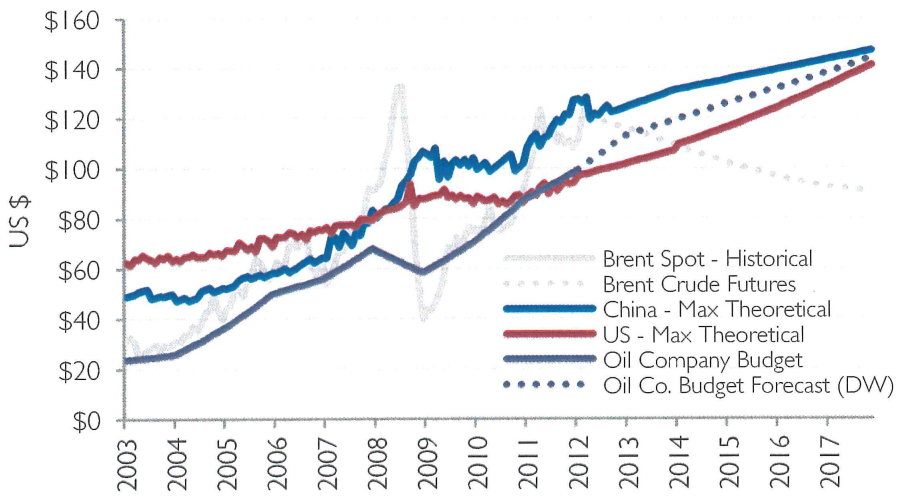


그림 2.2 글로벌 오일 가격 변동 현황
(출처: EIA, Douglas-Westwood)

○ 전세계 미발견 석유자원의 43%(66 BBO[1])와 가스자원의 58%(1,623 TCFG[2])가 영구동토를 포함한 극한지에 매장되어 있는 것으로 보고됨
(출처:미국 지질조사소(USGS: United States Geological Survey), 2012년)

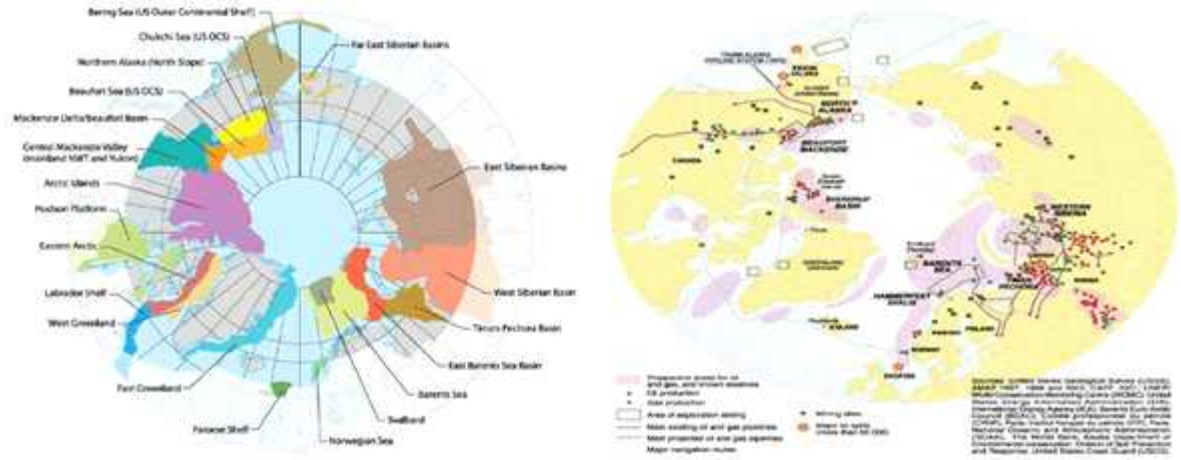


그림 2.3 북극지역 석유·가스 매장지역(좌)과 개발분포(우) 현황
(출처: USGS, www.usgs.gov)

□ 오일, 가스 시장

○ 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)에서는 2030년에 에너지 시장에서 차지하는 천연가스의 수요가 약 28%까지 증가할 것으로 예상

○ 천연가스는 2000년 23%의 점유율에서 2030년에는 28%로 5% 증가가 예측되는 반면에, 석유는 2000년 39%에서 2030년에는 38%로 보합세를 보일 것으로 전망

○ 세계 천연가스 지역별 소비현황은 그림 2.2와 같이 지속적으로 증가하고 있으며, 기존의 북미, 유럽 중심에서 아시아 등 타 지역에서도 소비가 증가하고 있는 추세

1) BBO: billion barrels of oil
2) TCFG: trillion cubic feet of gas

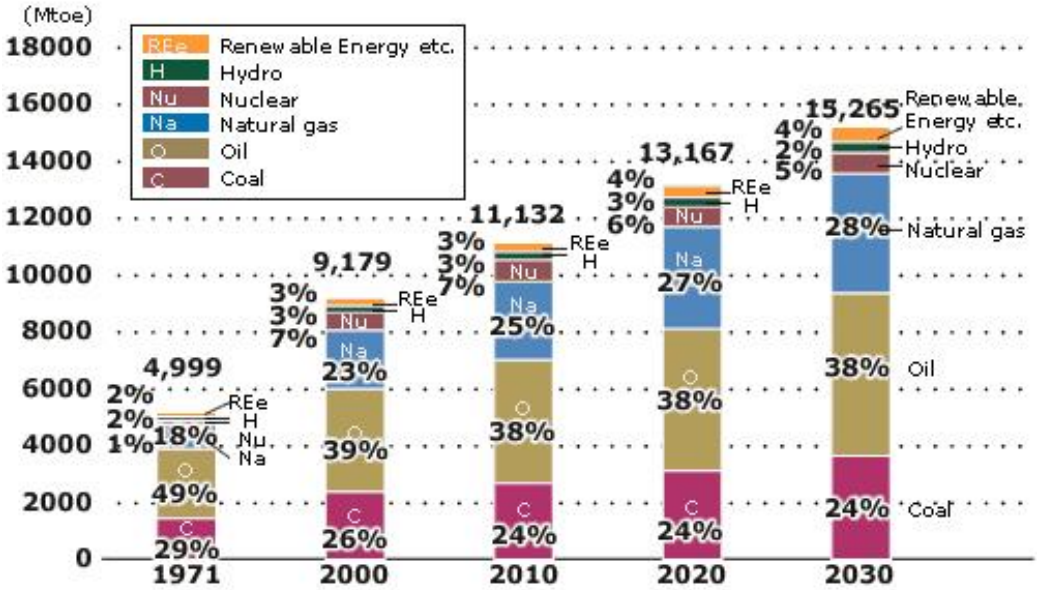


그림 2.4 IEA의 세계 에너지 수요 전망
(출처 IEA/World Energy Outlook)

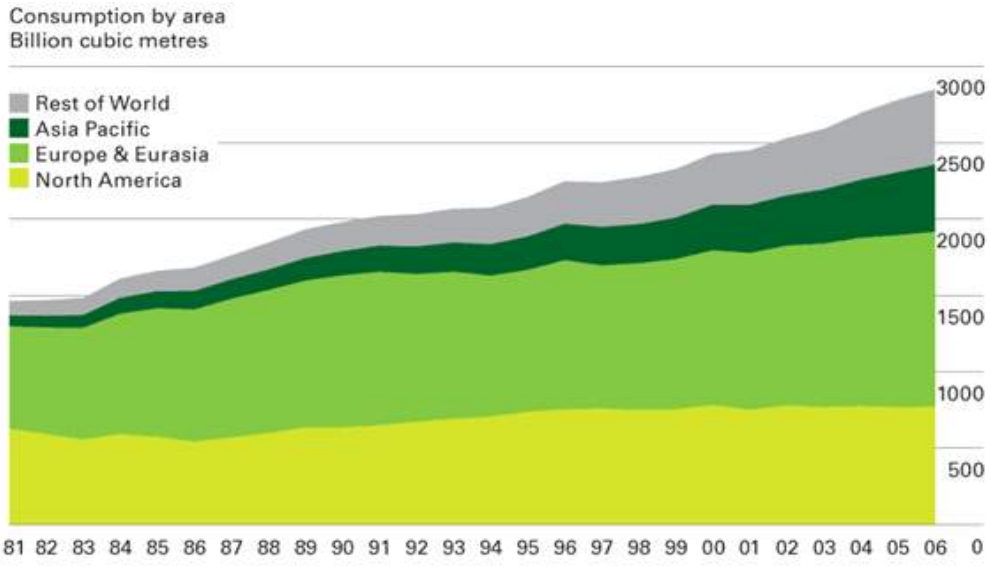


그림 2.5 주요 지역별 천연가스 소비현황
(자료: http://www.bp.com, BP Statistical Reviewof World Energy 2007)

□ 오일샌드

○ 세계 오일샌드 전체 시장은 2011년에 249억불 수준으로 현재 개발 및 투자의 대부분은 캐나다에서 이루어지고 있음

○ 현재 오일샌드 시장은 캐나다가 전 세계의 약 76% 수준을 점유하고 있으며, 이후 베네수엘라, 미국, 콩고, 나이지리아, 러시아, 마다가스카르를 포함한 지역에 오일샌드가 매장

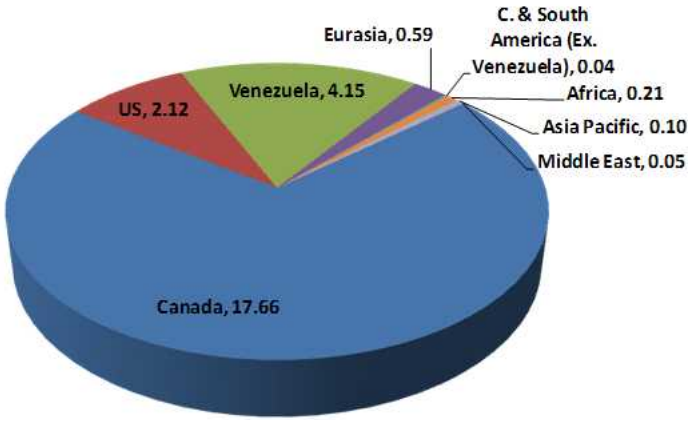


그림 2.6 세계 오일샌드 주요국가 시장 가치(십억불)
(출처: Visiongain 2011)

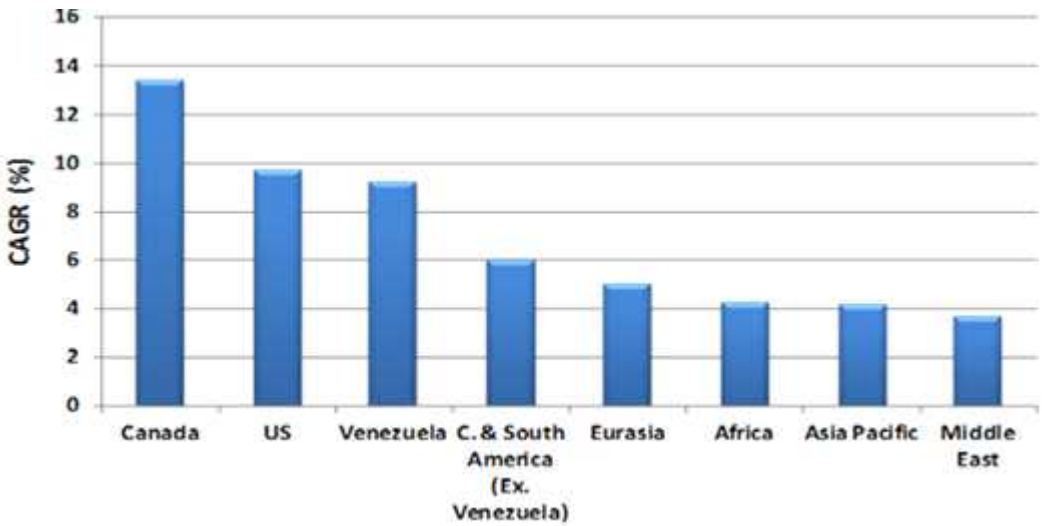


그림 2.7 2011~2021 세계 오일샌드 시장 연평균 성장률
(출처: Visiongain, 2011)

□ 셰일가스

○ 셰일가스의 경우 전세계적으로 광범위한 지층에 분포되어 있으며, 개발 효율을 높이기 위해 방향성 드릴링 기법 적용

○ 최근 10년간 미국의 셰일가스 개발은 20배 수준으로 증가

○ 최근 10년 동안 대부분의 시추공에서 방향성 시추 기술이 사용(출처 : EIA, 2011)

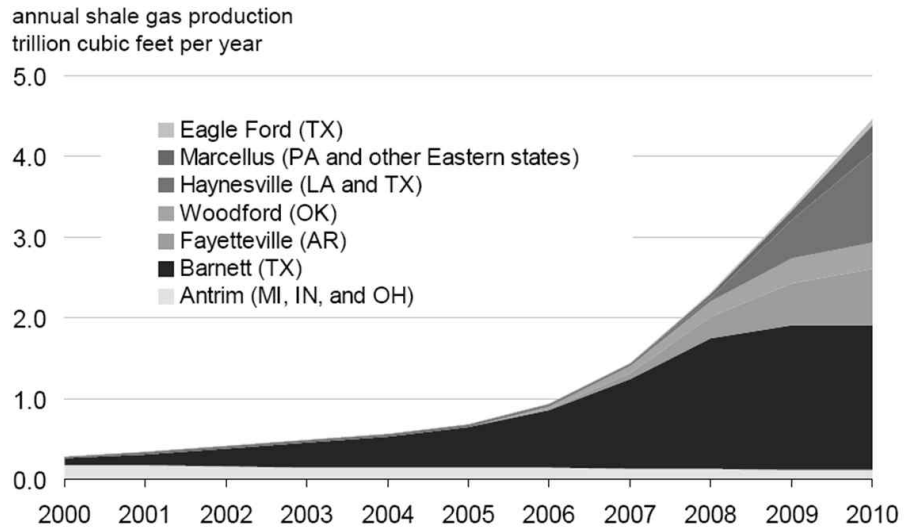


그림 2.8 미국의 연간 셰일가스 개발 현황(EIA, 2011)

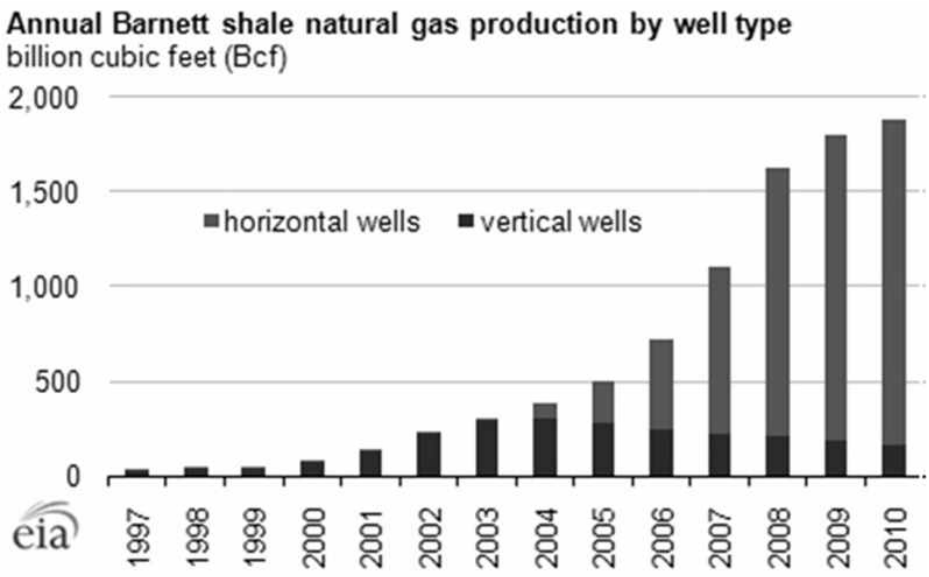


그림 2.9 드릴링 방법에 따른 연간 셰일가스 개발 현황(EIA, 2011)

□ 메탄석탄층

○ 가스·비전통에너지 관련 메탄석탄층(CBM: coal-bed methane)은 세계 60여 개국에 약 25조 톤이 부존되어 있으며, LNG로 환산할 경우 약 800억~1,400억 톤으로 추정

- 대표적인 CBM 생산국인 미국은 2007년 기준으로 610억m3(2.15Tcf)을 생산하여 미국 내 천연가스 공급량의 10% 이상을 차지

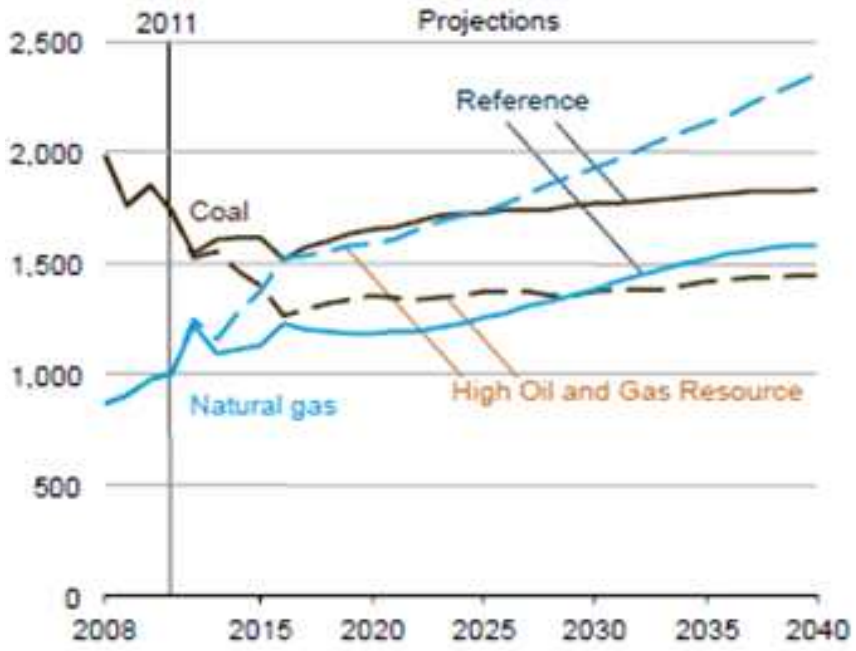


그림 2.10 화석연료의 발전비율의 장기 전망 2008-2040, 단위: billion kWh
(출처: IEA Energy Outlook 2013)

2.3. 국외 드릴링 시장

가. 글로벌 자원탐사 및 개발 시장

○ 2013년 세계 자원 탐사 및 개발(생산) 시장 지출 6,440 억불 수준으로 2012년 대비 7% 증가

- 2010-2012년 기간 중 상류부문 연평균 증가율은 5% 수준 증가(출처 : CERA(Cambridge Energy Research Associates) upstream cost index 2013)

○ 방향성 드릴링 기술은 셰일가스, 메탄석탄층, 오일샌드 등 가스·비전통에너지 개발을 위하여 필수 요소로서 관련 시장의 변화에 매우 밀접한 추종 특성을 타나냄

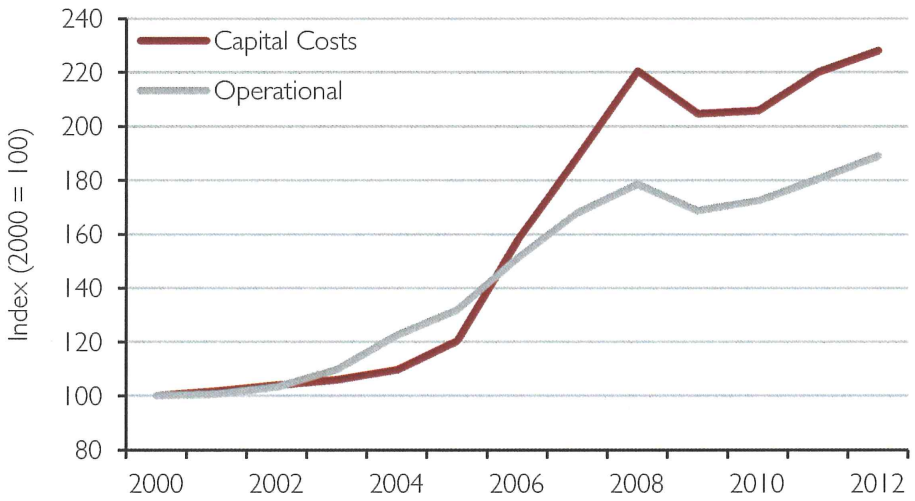


그림 2.11 CERA upstream cost index 2013(2000-2012)

나. 방향성 드릴링(DD) 서비스 시장

○ 과거 5년 간 글로벌 경기 침체로 인해 다소 감소했던 '육상 시추공(Onshore Wells Drilled) Wells Drilled : 시추(Drilling)가 완료된 시추공'의 개수는 향후 5년간 약 20% 증가할 것으로 예상됨

- 2008년~2012년 기간 동안 글로벌 경기 침체로 '육상 시추공(Onshore Wells Drilled)'의 개수는 약 3% 감소함

- 향후 5년(2013년~2017년) 기간 동안 연평균 5%의 증가가 예상되며, 총 개수는 과거 5년(2008년~2012년) 기간에 비해 약 20% 증가할 것으로 예상됨

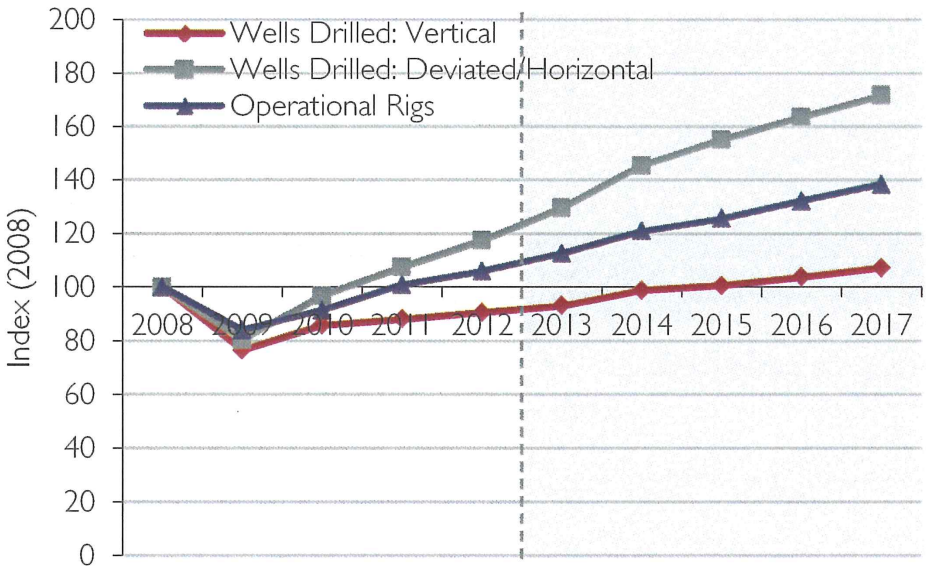


Figure 25: Global – Wells Drilled vs. Rigs Operational

그림 2.12 글로벌 드릴 시추공 증감율(2008년 23,179홀 기준)
(출처: Douglas-Westwood world land drilling rig market forecast 2013)

○ Schlumberger의 자료(shale gas revolution, 2011)를 인용한 한국석유공사의 보고서(셰일가스 개발기술의 현황 및 과제)에 따르면 시추 서비스 제공 단가는 2007년에서 2011년 사이 $2,800,000 ~ $3,000,000 수준을 유지하고 있으며, 원/달러 환율 1026.20(한국은행 송금 조건 2014.04.10.일자 기준)을 반영한 시추 서비스 제공 단가는 29억 원 수준으로 평가됨

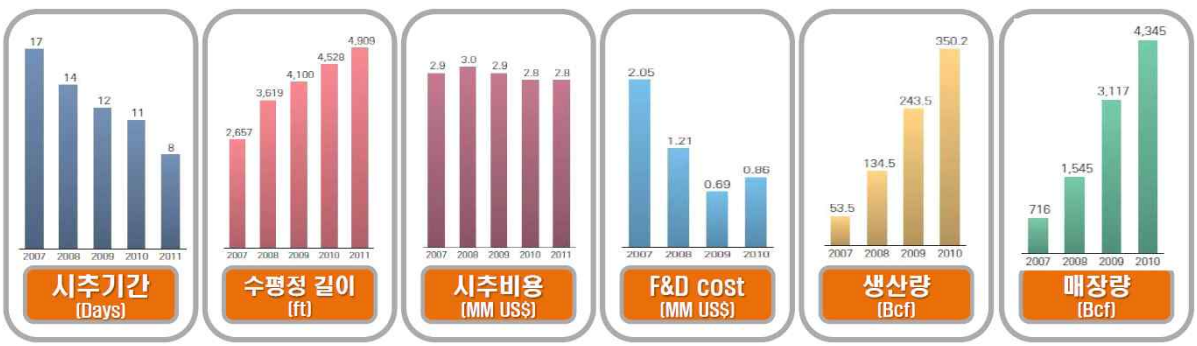


그림 2.13 셰일가스 분야 시추 시장 동향
(출처: 셰일가스 개발기술의 현황 및 과제(한국석유공사), Shale gas revolution(Schlumberger2011))

다. 방향성 드릴링(DD) 리그 시스템

○ 2008년~2009년 기간 동안 글로벌 경기침체로 인해 감소했던 '계약이 체결된 드릴링 리그(Rigs Operational) Rigs Operational : 계약이 체결된 드릴링 리그 (2013년 기준)'의 개수는 이후 2013년까지 꾸준히 증가하였으며, 향후 2017년까지 지속적으로 증가할 것으로 예상됨

- 2008년~2009년 글로벌 경기침체로 인해 '계약이 체결된 드릴링 리그(Rigs Operational)'의 개수는 16% 감소함

- 2009년~2013년 기간 동안 연평균 약 6%의 성장을 나타냈으며, 2017년까지 약 23% 성장할 것으로 예상됨

○ 2008년~2009년 기간 동안 '사용 중인 드릴링 리그(Rigs Drilling) Rigs Drilling : 시추 작업에 사용되고 있는 드릴링 리그 (2013년 1월~5월 자료는 실제 사용되고 있는 드릴링 리그를 조사한 자료이며 2013년 6월~12월 자료는 예상치임)'의 개수는 글로벌 경기 침체로 감소 후 2012년까지 지속적인 성장세를 나타냈으며, 2017년까지 성장세를 이어갈 것으로 전망됨

- 2008년~2009년 글로벌 경기침체의 영향으로 '사용 중인 드릴링 리그(Rigs Drilling)'의 개수는 약 28% 감소하였으며, 2009년 이후 2012년까지 지속적으로 증가하여 2008년~2012년 기간 동안 10%의 성장을 기록함

- 2012년~2013년 기간 동안 약 7%의 성장이 예상되며, 이후 2017년까지 27%의 성장을 나타낼 것으로 전망됨

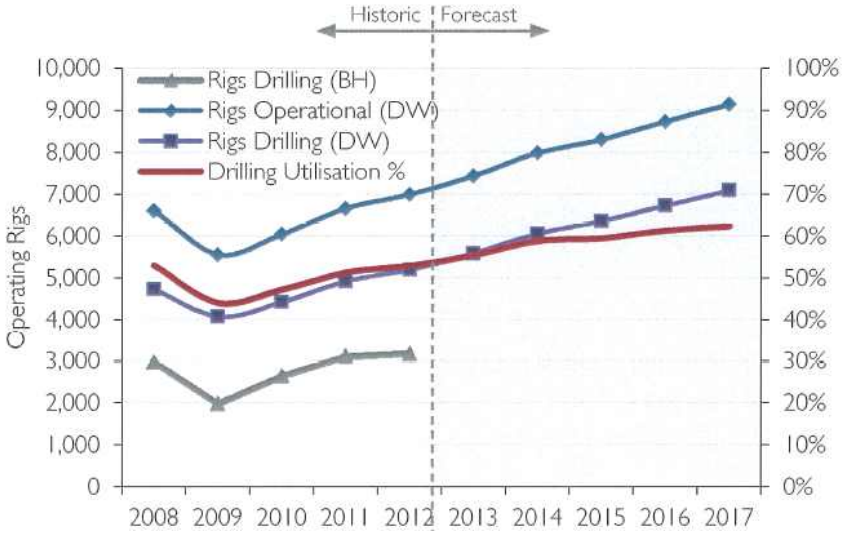


그림 2.14 드릴링 리그 시장 주요 지표의 동향 및 전망
(출처 : World Land Drilling Rig Market Forecast 2013-2017, Douglas-Westwood)

○ 세계 각 지역별 '사용 가능한 드릴링 리그(Capable Fleet) Capable Fleet : 사용 가능한 드릴링 리그 (Douglas Westwood Modelling Data)'의 동향 및 활용률은 다음과 같음

○ Pickett & oilfield 등 드릴리그의 거래가 이루어지고 있는 인터넷 오픈마켓의 가격 정보에 따르면 드릴 리그는 1,500~3,000 HP 용량에 따라 $8,750,000 ~ $26,950,000 수준의 가격이 형성되어 있음

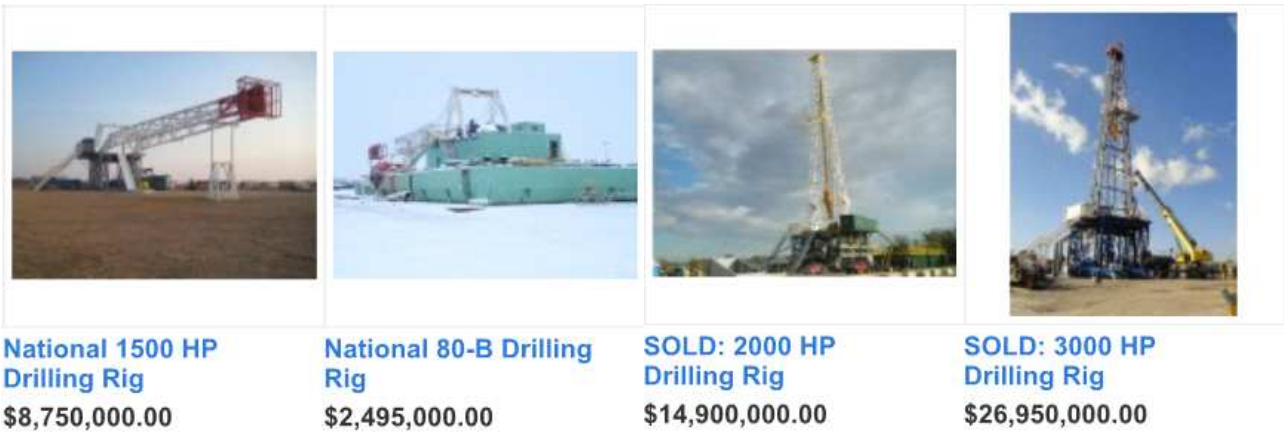


그림 2.15 드릴 리그 거래 가격 현황
(출처: pickett & oilfield, www.pickettoil.com)

표 2.1 지역별 방향성 드릴 시추 시장 동향
(출처: Douglas-Westwood의 world land drilling rig market forecast 2013)

구분	시장동향	비고
아시아	◦ 방향성 드릴 리그 현황이 가시적으로 개선되지 않은 상태로 드릴링 리그 수는 2013년 약 2,065대 수준이며 2017년까지 13 % 증가 예상 ◦ 방향성 드릴 리그의 공급 부족에 따라 리그별 활용도가 높게 유지되고 있으며, 고사양 장비에 대한 수요 증가 유지 예상	
호주	◦ 경제성이 확보된 천층부 유전 개발이 진행되고 있어 석유 및 가스 시추를 위한 방향성 드릴링 리그 수요 미비한 상태로, 드릴링 리그 수는 2013년 현재 약 364 수준이나, 향후 심층부 유전 개발 증가 등에 따라 2017년까지 22 % 증가가 예상	
동유럽 / FSU	◦ 글로벌 방향성 시추 시스템 대다수가 동유럽, FSU(러시아 연방)에서 운용중으로 드릴링 리그 수는 약 2,073대 수준이며, 2017년까지 15 % 증가가 예상	
MENA	◦ 생산성 높은 유전을 다수 보유한 사우디아라비아와 알제리를 포함한 주요 시장에서 대다수 시스템 운용 중으로 드릴링 리그 수는 2013현 현재 약 1,009대 수준이며, 2017년 까지 6% 증가 할 것으로 예상 ◦ 타 지역에 비하여 드릴링 리그 활용도가 비교적 낮은 수준	
북미	◦ 석유 및 가스 가격에 매우 민감한 시장으로 시장 수요에 따른 공급 포화 상태로 드릴링 리그 수는 2013년 현재 약 3478대 수준이며, 2017년까지 1% 증가가 전망 ◦ 향후 셰일 자원의 개발 유무에 따라 고기능 시추 시스템의 수요가 발생한 가능성이 존재	
아프리카 (사하라사막 이남)	◦ 글로벌 선진 국가에 의해 자원 개발이 진행되고 있는 수준으로 드릴링 리그 수는 2013년 현재 약 124대 수준이나, 2017년까지 38%로 증가가 예상	
서유럽	◦ 자원 개발 제한 정책에 따라 현재 드릴링 리그 수는 약 115대 수준이나, UK와 같은 국가 내에 셰일 개발 등에 따라 드릴링 리그 시장 성장 가능성이 존재하여 2013년 현재 약 115 드릴링 리그 규모는 2017년까지 36% 증가가 전망	

라. 방향성 드릴링(DD) 기자재, O&M

○ The Freedonia Group. Inc.의 1999~2014년 사업 사례에 기초한 시추서비스 소요비용 구조는 드릴링 장비 임대, 소모성 자재 비용이 49%, 서비스 용역 제공 46%, 드릴링 유체 5% 수준으로 평가됨

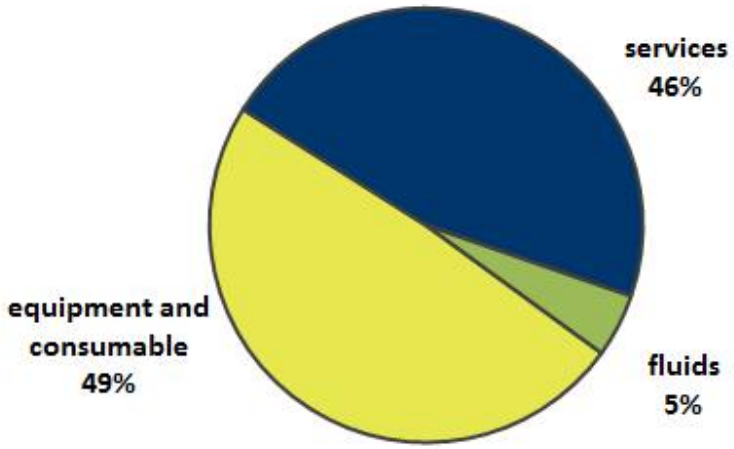


그림 2.16 Drilling Products & Services Demand($30.1 bilion, 2009)
(출처: The Freedonia Group. Inc.)

표 2.2 Drilling Products & Services Demand(milion dollars)

Item	1999	2004	2009	2014	2019
Active Drilling Rigs	625	1192	1089	1720	2110
mil $ products & services/rig	15.5	19.3	27.7	25.8	29.6
Drilling Products & Services Demand	9700	23000	30120	44400	62400
Drilling Equipment & Consumables	3410	8370	14750	16150	22400
Drilling Services	5670	13290	13950	25700	36500
Drilling Fluids	620	1340	1420	2550	3500

○ The Freedonia Group. Inc.의 1999~2014년 사업 사례에 기초한 시추서비스 비용 구조 중 드릴링 장비 임대, 소모성 자재 비용은 tubular goods 38%, drilling rigs 37%, downhole tools 9%, drill bits and reamers 8%, pumps and valves 1%, other equipment and consumables 7% 수준으로 평가됨

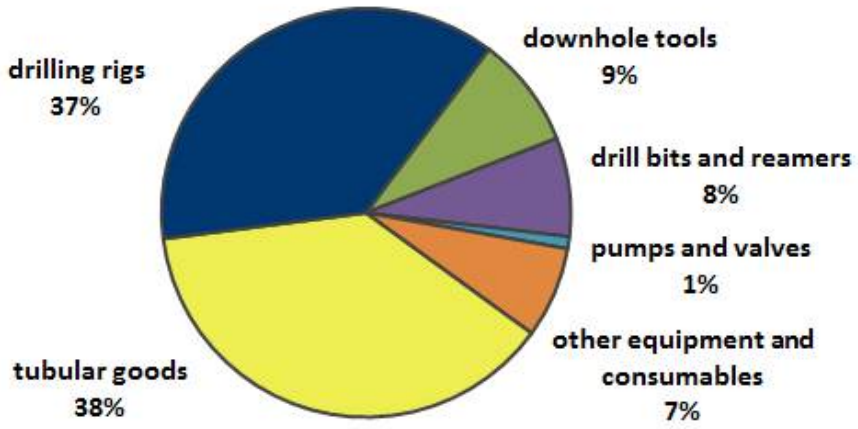


그림 2.17 Drilling Equipment and Consumables($14.8 bilion, 2009)
(출처: The Freedonia Group. Inc.)

표 2.3 Drilling Equipment & Consumables Demand(milion dollars)

Item	1999	2004	2009	2014	2019
Active Drilling Rigs	625	1192	1089	1720	2110
mil $ drilling equipment/active rig	5.5	7.0	13.5	9.4	10.6
Drilling Equipment & Consumables	3410	8370	14750	16150	22400
Tubular Goods	1720	4120	5600	7500	10000
Drilling Rigs	70	600	5500	3000	5000
Downhole Tools	570	1320	1300	2100	2700
Drill Bits & Reamers	440	1030	1150	1600	2250
Pumps & Valves	70	145	140	250	330
Other Equipment & Consumables	540	1155	1060	1700	2120
% equipment & consumables	35.2	36.4	49.0	36.4	35.9
Drilling Products & Services Demand	9700	23000	30120	44400	62400

마. 방향성 드릴링(DD) 기업동향

○ 글로벌 드릴링 리그 시장을 선도하고 있는 주요 기업의 현황은 다음과 같음

○ 시추서비스 분야에서는 Schlumberger, Halliburton, MAJOR Drilling Group, International Inc., Petrofac, Baker Hughes, China Oilfield Services Ltd. (COSL) 등 기업이 글로벌 시장을 주도하고 있음

○ 기자재, 부품 분야에서는 NOV(National Oilwell Varco), Gardner Denver, TESCO Corporation, NABORS, Industries(CANRIG의 모회사) 등 기업이 글로벌 시장을 주도하고 있음

표 2.4 시추서비스 분야 선도 기업 현황

구분	Schlumberger	Halliburton	MAJOR Drilling Group International Inc.	Petrofac	Baker Hughes	China Oilfield Services Ltd. (COSL)
규모	약 120,000명	약 100,000명	N/A	약 11,000명	약 59,400명	약 8,500명
연수익	$ 48.58 billions (2012년)	24.8 billions (2011년)	$ 354.9 millions (2014년)	$ 3.34 billions	$ 22,364 millions (2013년)	$ 1.23 billions
특징	시추공 안정성 평가, 시추공 동적 해석, 컨설팅, 시멘팅 및 수리자극, 소프트웨어 개발 및 정보 관리 등에 관한 제품 및 서비스 제공	약 80개국의 유전에서 석유 및 천연가스 탐사와 생산과 관련된 제품 및 서비스 제공	방향성 드릴링 관련 기술 및 컨설팅 제공	석유 및 가스정 운영, 관리, 시공 및 유지에 관한 기술 서비스 제공	약 90개국의 석유 및 가스 산업 시추, 유정 안정화, 자원 생산 및 컨설팅 등과 관련된 제품 및 서비스 제공	시추 서비스, 유정 관리, 물리탐사 서비스 제공

표 2.5 기자재, 부품 분야 선도 기업 현황

구분	NOV (National Oilwell Varco)	Gardner Denver	TESCO Corporation	NABORS Industries (CANRIG의 모회사)
주요 산업	유전 서비스 및 장비	기계	유전 서비스	석유와 가스 시추 및 탐사
본사 위치	휴스턴, 텍사스	밀워키, 위스콘신	휴스턴, 텍사스	해밀턴, 버뮤다
주요 제품	유전 제품 및 서비스	압축기, 진공 및 송풍기, 석유 펌프 등	Top Drive	Top Drive, Swivel
매출액	$229억	$23억7000만	$5억1300만	$34억7700만
영업이익	$34억	$4억71만	N/A	N/A
당기순이익	$23억	$2억7756만	N/A	N/A
총자산	$314억8400만	$10억2000만	N/A	N/A
총자본	$202억3900만	$13억7000만	N/A	N/A
직원수	64,000명	N/A	N/A	26,912명

○ NOV(National Oilwell Varco)

- NOV는 미국 휴스턴에 본사를 둔 다국적 기업으로 석유와 가스 시추 및 생산 작업, 유전 서비스에 사용되는 장비 및 부품의 세계 선두 공급 업체이며, 석유와 가스 산업에 대한 공급 체인 통합 서비스를 제공하고 있음

- NOV는 전 세계에서 시장을 주도하고 있는 기업으로서 각 지역에서 거의 모든 부품의 제조에 있어서 시장의 Top-runner로 자리매김하고 있음

* 북미, 남미, 아프리카, 중동 : Mud Pumps, Top Drives, Drawworks, Rotary Tables, Swivels 1위
* 서유럽, 아시아-태평양 : Mud Pumps, Top Drives, Drawworks, Rotary Tables 1위, Swivels 2위
* 동유럽 : Mud Pumps, Rotary Tables, Swivels 1위, Drawworks 2위

○ Gardner Denver

- Gardner Denver는 세계적인 엔지니어링 산업 기계 및 관련 부품과 서비스를 판매하는 회사이며, 크게 산업재 그룹, 에너지 그룹, 의료 그룹으로 나누어 사업을 전개하고 있음

- 드릴링 리그 부품 제조에 해당하는 에너지 그룹에서는 석유 및 천연가스 시추, 서비스 및 생산에 사용되는 부품과 서비스를 제공하고 있음

- 세계 각 지역 시장 위치

* 북미 : Rotary Tables, Swivels 2위, Mud Pumps, Drawworks 3위
* 남미 : Mud Pumps, Rotary Tables 2위, Drawworks 3위
* 서유럽, 아프리카 : Mud Pumps 3위
* 동유럽, 중동, 아시아-태평양 : Mud Pumps 2위

○ Tesco Corporation

- Tesco Corporation은 유전에 대한 기술 기반 솔루션의 설계, 제조 및 서비스 전문 회사로 주로 Top Drive를 생산하고 있음

- 세계 각 지역 시장 위치

* 북미, 중동, 동유럽, 아시아-태평양 : Top Drives 2위
* 남미, 아프리카 : Top Drives 3위

○ Canrig

- Canrig는 Nabors Industries의 자회사로 주로 Top Drive를 생산

- 세계 각 지역 시장 위치

* 남미 : Top Drives 2위, Swivels 3위
* 아프리카 : Top Drives, Swivels 2위
* 동유럽 : Top Drives, Swivels 3위
* 중동 : Top Drives 3위
* 아시아-태평양 : Swivels 3위

○ 방향성 드릴링 시스템 핵심부품은 Rotary table, Swivel, Top drive, Mud pump, Drawworks로 각 부품에 대한 세부사항과 주요 선도 기업은 다음과 같음

표 2.6 드릴링 리그의 핵심 부품 및 주요 선도 기업

부품	사진	설명	주요 선도 기업
Rotary table		시추공을 뚫는 공정을 용이하게 하기 위해 드릴 스트링에 시계 방향으로 회전력을 제공하는 기계 장치	NOV, BOMCO, Gardner Denver
Swivel		이동 블록을 유지하면서 드릴 스트링이 회전할 수 있도록 하는 기계 장치	NOV, T S M, Gardner Denver
Top drive		리그 깊이 용량을 증가시키기 위한 드릴 파이프의 추가 섹션을 허용하는 기계 장치	NOV, TESCO, CANRIG
Mud pump		시추 작업을 수행하는 동안 시추 유체를 순환시키는 데에 사용되는 중요한 장비	NOV, BOMCO, Gardner Denver
Drawworks		블록을 올리고 내리는 데 사용되는 호이스팅 기계	NOV, T S M, Gardner Denver

○ Rotary table, Swivel, Drawworks는 NOV가 각각 68%, 65%, 37%의 시장 점유율을 보이며 시장을 선도하고 있음

○ Top drive는 NOV 45%, TESCO 16%, Canrig 10%의 순으로 시장 점유율을 차지하고 있으며, Mud pump는 NOV 43%, Gardner Denver 19%, BOMCO 16%의 순으로 시장 점유율을 차지하고 있음

바. 수평형 방향성 드릴링(HDD) 시장

○ 비개착식 파이프라인 시공기술의 경우 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등을 설치하는 경우 교통체증이나 소음공해 등을 피하기 위하여 1980년대 이후 급속히 발전하였으며 특히 일본, 독일, 캐나다 등의 선진국에서 세계 시장을 장악

○ 미국의 비개착 건설시장의 주요 고객은(2012년 기준) 통신 부문이 26.4%, 가스공급 부문이 20.8%, 상수도 부문이 15.5%, 전기 부문이 12.9%, 에너지수송 부문이 12.5%, 하수도 부문이 8.9% 및 기타 4% 정도인 것으로 보고
(출처: 14th Annual Horizontal Directional Drilling Survey, 2012.7, Underground Construction)

○ 미국의 방향성 드릴 굴착은 1970년대부터 적용되어 2000년대에 활발하게 적용되고 있으나, 대부분의 시공이 로컬 업체에서 이루어지기 때문에 천부 지반의 다목적 방향성 굴착의 시장 규모를 추정이 불가능한 실정

○ 수평 방향성 드릴링(HDD) 시장의 경우 대부분이 로컬 업체에 의한 시공이 이루어지기 때문에 국내 건설기업의 해외시장 진출이 불가능한 실정

사. 수평 방향성 드릴링(HDD) 시장 선도그룹

○ 수평형 방향성 드릴링(HDD) 시장은 중국, 인도, 홍콩, 말레이시아 등 다양한 국가의 다수 제조사별 다양한 제품을 시판하고 있으나, 전체 드릴링제조사의 90% 이상이 중국에 위치하고 있으며, 시장을 선도하고 있음

표 2.7 국가별 Horizontal directional drilling Rig. 공급업체 현황
* (출처: http://korean.alibaba.com, 검색식: Horizontal directional drilling rig)

구분	제조사 규모
중국	Realtop Heavy Industry Co. 등 132개 업체
인도	Macle Infraventure Pvt Ltd. 등 7개 업체
홍콩	DONGGUAN SHENLONG MACHINERY (H.K.) CO. 등 3개 업체
말레이시아	Shanghai Goodeng Construction Machinery Manufacturing Co. 등 1개 업체
한국	HANJIN D&B CO.,LTD. 등 1개 업체

○ 대부분의 장비는 100 ~ 1,500 mm 수준의 수평방향 드릴링이 가능한 유사한 형태를 나타내고 있음

○ 국내 지열발전 시추분야 대표기업인 한진D&B에서 수평형 방향성 드릴링 리그를 공급하고 있으나, 해외 개발 제품의 라이센싱에 의한 공급에 국한됨

표 2.8 Horizontal directional drilling Rig. 공급업체 현황

* (출처: http://korean.alibaba.com, 검색식: Horizontal directional drilling rig)

구분	제품/서비스	주요시장	비고
Realtop Heavy Industry Co., Ltd.(중국)	말뚝 박는, 파이프 강도 기계, 로더를 조종 스키드, 콘크리트 펌프, 파일 해머	동남아시아(75%) 중동((10%) 동유럽(8%) 기타	 
Zhengzhou Kaishan Mechanical & Electrical Equipment Co., Ltd.(중국)	광산 드릴링 rigs, 공기 압축기, 마이닝 드릴 기계, 채석장 바위 발파 천공 장비, blasthole 드릴 장비	동유럽(7%) 동남아시아(6%) 남아메리카(6%) 아프리카(4%) 기타	 
Shanghai Yan Rong Mechanical Equipment Co., Ltd.(중국)	파일 해머, 더미 드라이버, 식품 기계, 포장 기계, 충전 및 기계를 씰링		 
Dongtai Juli Machine Manufacture Co., Ltd.(중국)	디젤 해머 말뚝, 고정 말뚝 박는, 나선형 드릴, 더미 프레임, 더미 기계를 눌러	아시아(25%) 남아메리카(12.5%) 아프리카(12.5%) 오세아니아(12.5%) 중동(12.5%) 기타	 
Beijing Kaixingda Industry Technology Development Co., Ltd.(중국)	드릴링 장비, 물 잘 드릴링 장비, dth 망치, 유리 튜브, 몰리브덴 와이어	미주(22%) 아시아(14%) 유럽(28%) 중동(7%) 기타	 
HANJIN D&B CO.,LTD.(한국)	드릴 장비, 추진로드 캐리어, 공기 압축기, 물 망치		 

2.4. 국내 드릴링 시장

가. 방향성 드릴링(DD) 시장

○ 국내의 방향성 드릴링(DD) 시장 형성은 전무한 상태

○ 주식회사 인젠 석유 시추업에 지분인수 방식으로 진출(2009)

- 중국계 Starlight Viewpoint Ltd.사의 유정시추사업 지분인수 방식으로 석유 시추업에 진출

- Starlight Viewpoint Ltd.사는 유정시추사업에서 월등한 가격경쟁력을 갖고 있으며 석유생산에 있어서 최첨단 기술인 초단경 수평시추기술을 활용해 노화 또는 폐유정에서 추가로 석유를 생산해 내는 세계 최정상기업

- 대주주가 Primary Advantage Holings, Boyuan Capital 등 중국계로 변경된 상태

○ 국내 지열발전 시추분야 대표기업인 한진D&B에서 수직형 리그를 제작, 공급(년간 매출액 1억불 수준)하고 있으나, 시장 점유율 미비한 상태



그림 2.18 국내 기업(한진D&B) 코어 샘플링 장비



그림 2.19 국내 기업(한진D&B) 350 시리즈 대심도 드릴링 장비

나. 수평 방향성 드릴링(HDD) 시장

○ 국내 수평 방향성 드릴링(HDD) 시장 형성이 미비한 상태

○ 서울시 수평 방향성 드릴링 시장 규모 추정을 위하여 도로 및 보도의 전력선, 통신선, 관로 등 시공 현황을 집계

- 서울시의 도로 및 보도 점용, 굴착공사 2010년 41,761건, 2013년 43,265건으로 2011년을 피크로 순감소 상태임

- 서울시의 무분별한 점용 공사에 대한 체계적인 관리 및 사용자 복구 지도에 따른 자연 감소로 추정됨

○ 전국 수평 방향성 드릴링 시장 규모 파악을 위하여 서울시의 집계현황을 인구비를 이용하여 전꾹 광역시권으로 확대 추정

- 도로, 보도 점용 굴착공사를 대체하기 위한 대부분의 수평형 마이크로 드릴링 서비스가 광역시권(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산)에 집중될 것임을 가정한 추정

- 전국 광역시 단위 도로 및 보도 점용, 굴착공사는 2010년 97,766건, 2013년 95,668

건으로 평가

표 2.9 서울특별시 굴착공사 현황(출처: 서울특별시 정보공개 서비스, 2014.04)

구분	2010년		2011년		2012년		2013년	
	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사
합계	**31,966**	**10,711**	**33,300**	**9,965**	**32,941**	**10,128**	**29,247**	**12,514**
전기	1,761	1,199	1,986	977	2,451	1,400	2,147	1,289
통신	1,793	788	1,745	901	1,789	1,056	1,775	3,593
도시가스	5,744	1,133	6,085	1,264	5,667	1,205	4,637	1,005
상수도	18,293	3,799	18,154	3,599	17,178	3,389	14,896	2,298
하수도	352	72	478	130	795	101	993	161
기타	4,023	3,720	4,852	3,094	5,061	2,977	4,799	4,168

표 2.10 인구집계 현황(안전행정부 2014.06)

행정기관	2014년05월					
	총인구수	세대수	세대당인구	남자인구수	여자인구수	남여비율
전국	51,218,424	20,567,959	2.49	25,621,971	25,596,453	1.00
서울특별시	10,133,734	4,189,440	2.42	4,999,497	5,134,237	0.97
부산광역시	3,521,473	1,410,558	2.50	1,742,696	1,778,777	0.98
대구광역시	2,498,632	964,444	2.59	1,243,946	1,254,686	0.99
인천광역시	2,891,615	1,126,619	2.57	1,454,165	1,437,450	1.01
광주광역시	1,473,697	567,451	2.60	730,441	743,256	0.98
대전광역시	1,535,415	589,333	2.61	768,423	766,992	1.00
울산광역시	1,160,275	435,848	2.66	597,474	562,801	1.06

표 2.11 전국 굴착공사 현황 추정

행정기관	2010년		2011년		2012년		2013년	
	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사
전국	73,229	24,537	76,285	22,828	75,463	23,202	67,000	28,668
서울특별시	31,966	10,711	33,300	9,965	32,941	10,128	29,247	12,514
부산광역시	11,108	3,722	11,572	3,463	11,447	3,519	10,163	4,349
대구광역시	7,882	2,641	8,211	2,457	8,122	2,497	7,211	3,086
인천광역시	9,121	3,056	9,502	2,843	9,400	2,890	8,345	3,571
광주광역시	4,649	1,558	4,843	1,449	4,790	1,473	4,253	1,820
대전광역시	4,843	1,623	5,045	1,510	4,991	1,535	4,431	1,896
울산광역시	3,660	1,226	3,813	1,141	3,772	1,160	3,349	1,433

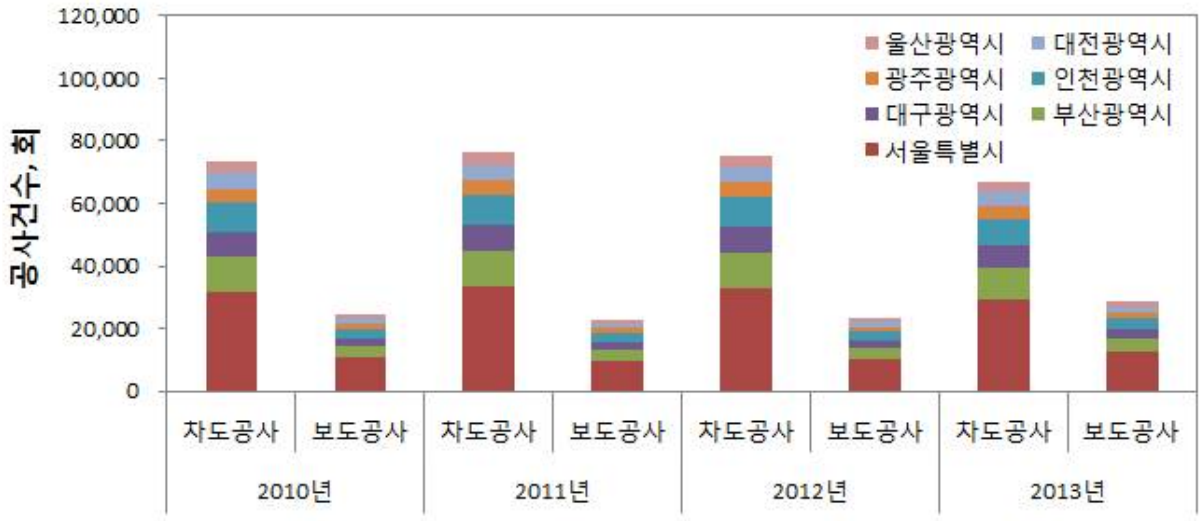


그림 2.20 전국 굴착공사 현황 추정

○ Carpenter의 방향성 굴착 장비의 규모(리그종류)에 따른 시공길이 통계 자료에 따르면 비도심지역에 비하여 도심지역에서 수평형 마이크로 드릴링 수요의 대부분이 발생하고 있으며, 드릴링 단가는 21.83 $/foot/inch로 추정됨

- 국내 HDD 단가의 경우, 관련 업체 문의 결과 관경 150 mm 정도일 때 2,200,000 원/m인 것으로 조사됨

표 2.12 도심/비도심 지역에서의 평균 방향성 굴착 단가 비교표

	도심지역	비도심지역	비고
프로젝트 개수	57	6	
평균 단가($/foot/inch)	21.83	28.66	

○ Allouche 등의 분석에 따르면 미국 내 스틸 파이프의 방향성 굴착 시공은 주로 300 mm 이내에서 발생하는 것으로 조사되었으며, 이는 국내 전력, 통신, 상하수도 등 마이크로 드릴링 수요 예상과도 부합됨

표 2.13 1990년대 미국에서의 재료별 직경별 방향성 굴착 시공 현황(Allouche et al. 2000)

Diameter	Pipeline product material					
	PVC	HDPE	Steel	Other	Total	%total
50-100 mm	241,428 m	891,494 m	64,573 m	4,500 m	1,201,994 m	72
150-200 mm	6,686 m	11,688 m	55,717 m	0 m	179,288 m	11
250-300 mm	457 m	7,730 m	72,042 m	0 m	80,229 m	5
> 300 mm	0 m	13,146 m	180,144 m	0 m	193,290 m	12
Total	248,572 m	1,029,253 m	372,476 m	4,500 m	1,654,800 m	-
%total	15	62	23	0.3	-	-

○ 또한 Carpenter의 방향성 굴착 장비의 규모에 따른 시공길이의 경우 평균 800 m 수준으로 평가되고 있음, 위에서 인터뷰했던 업체에서는 평균 100 m 정도인 것으로 파악됨

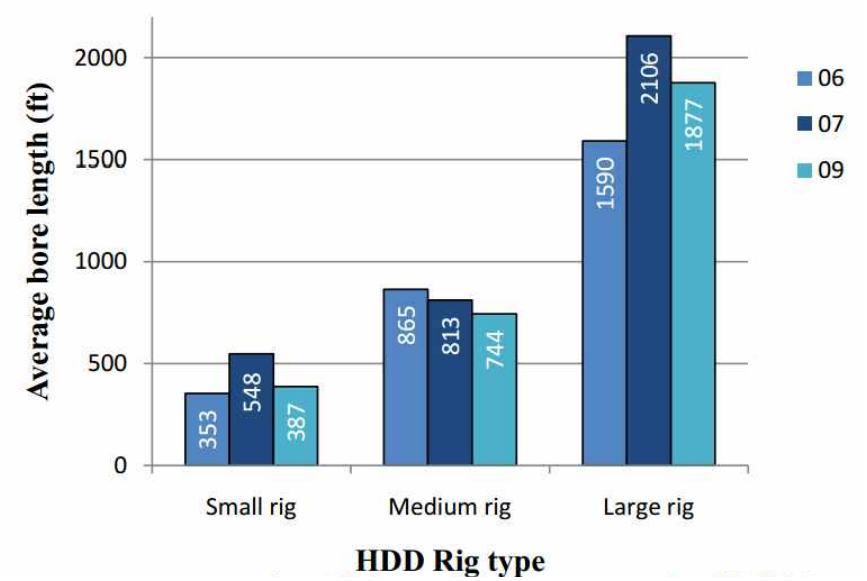


그림 2.21 방향성 굴착 장비의 규모(리그종류)에 따른 시공길이 통계 (2006, 2007, 2009년)
* 출처: Carpenter 2009

○ 전국 도로, 보도의 수평형 방향성 드릴링 시공 발생건수와 단위공의 드릴링 단가를 이용한 국내 드릴링 시장규모는 2010년 565억원, 2013년 553억원 규모로 추정됨

표 2.14 전국 굴착공사 시장 규모 추정(단위: 억원)

행정기관	2010년		2011년		2012년		2013년	
	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사
전국	423	142	441	132	436	134	387	166
서울특별시	185	62	192	58	190	59	169	72
부산광역시	64	22	67	20	66	20	59	25
대구광역시	46	15	47	14	47	14	42	18
인천광역시	53	18	55	16	54	17	48	21
광주광역시	27	9	28	8	28	9	25	11
대전광역시	28	9	29	9	29	9	26	11
울산광역시	21	7	22	7	22	7	19	8

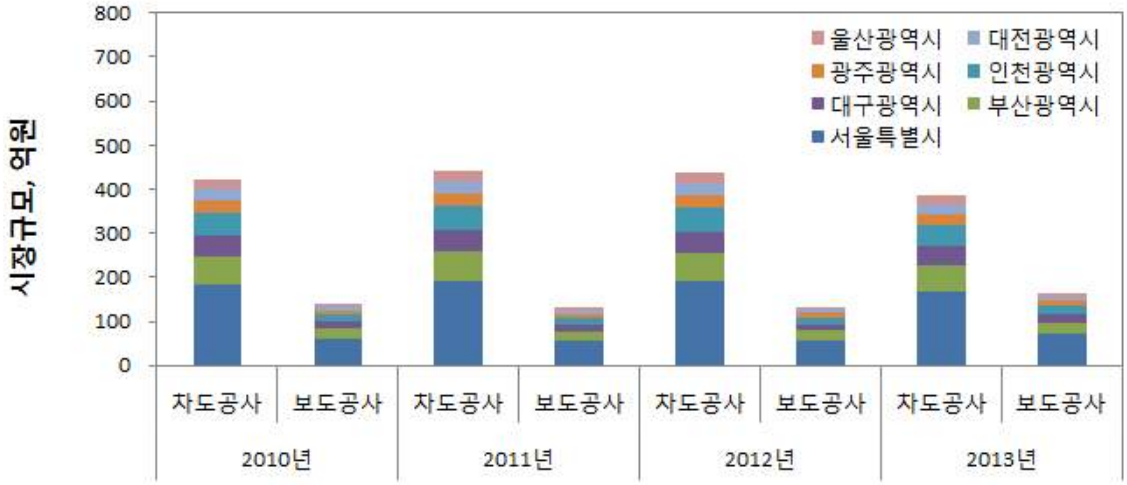


그림 2.22 전국 굴착공사 시장 규모 추정(단위: 억원)

2.5. 시장전망 및 시사점 요약

가. 방향성 드릴링(DD) 시장

○ 글로벌 경기침체로 인해 감소했던 시장규모 2009~2013년까지 꾸준히 증가하였으며, 향후 2017년까지 지속적으로 증가할 것으로 예상(Douglas-Westwood)

○ ①에너지 수요 증가 ②오일/가스 생산 증가 ③ 오일/가스 가격 민감성 ④ 시추공 개수 증가 ⑤ 새로운 자원의 탐사 및 개발 등의 요인으로 드릴링 리그 시장의 지속적 증가 유지 예상(Douglas-Westwood)

○ 글로벌 방향성 드릴링 시장 및 드릴링 리그 핵심 부품시장 NOV, Gardner Denver, TESCO Corporation, NABORS Industries 등에서 주도

○ 국내의 방향성 드릴링(DD) 시장 형성은 전무한 상태

○ 주식회사 인젠 석유 시추업에 지분인수 방식으로 진출(2009).

○ 주식회사 인젠 2009년에 중국 Starlight Viewpoint Ltd.사의 유정시추사업 지분인수 방식으로 석유 시추업에 진출하였으나, 현재 대주주가 Primary Advantage Holings, Boyuan Capital 등 중국계로 변경된 상태

○ 국내 지열발전 시추분야 대표기업인 한진D&B에서 수직형 리그를 제작, 공급(년간 매출액 1억불 수준)하고 있으나, 시장 점유율 미비한 상태

○ 셰일가스 등 비전통 에너지자원의 개발이 지속적으로 추진되고 있으며, 비전통 에너지자원의 경우 전세계적으로 고른 분포특성을 나타내고 있어 기술개발을 통한 틈새시장 등 진입 전략의 마련이 시급

나. 방향성 수평형 드릴링(HDD) 시장

○ 글로벌 비개착식 파이프라인 시공기술의 경우 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등을 설치하는 경우 교통체증이나 소음공해 등을 피하기 위하여 1980년대 이후 급속히 발전하였으며 특히 일본, 독일, 캐나다 등의 선진국에서 세계 시장을 장악

○ 글로벌 수평형 방향성 드릴링(HDD) 시장은 중국, 인도, 홍콩, 말레이시아 등 다양한 국가의 다수 제조사별 다양한 제품을 시판하고 있으나, 전체 드릴링제조사의 90% 이상이 중국에 위치하고 있으며, 시장을 선도하고 있음.

○ 수평형 방향성 드릴링 시장의 경우 대부분의 시공이 로컬 업체에서 이루어지기 때문에 국내 도심지역을 중심으로 시장 개발이 필요한 시점

○ 서울, 부산, 대구, 인천 등 국내 광역단위 도심 내 도로 및 보도 점용, 굴착공사는 2010년~2013년 기간동안 97,766건, 2013년 95,668건으로 유지되고 있으며, 추산 시장규모는 년간 550억원 규모로 추정됨

○ 국내의 경우 지열발전 시추분야 대표기업인 한진D&B에서 수평형 방향성 드릴링 리그를 단순 수입, 공급하고 있는 실정으로 국내 시장 규모를 고려시 시스템 및 시공기술의 자립화가 필요한 시점

3. 국내·외 기술동향

3.1 국외 기술

가. 방향성드릴링 리그 플랫폼

○ 데릭(derrick)은 마스트(mast)라고도 불리는 철골 구조물로서 드릴링작업을 수행하는 각종 장비를 지지하며 드릴링 장비들과 드릴링 인력의 작업 공간을 제공하는 역할을 함

* 데릭은 각종 장비와 드릴링 시 발생하는 하중과 외부 환경에 견딜 수 있도록 설계되며, 아래 그림에 보이는 바와 같이 거대한 구조물로 설치와 철거에 소요되는 시간을 개선하여 이동성을 개선 필요

- 육상리그 기술개발동향은 이동성이 떨어지는 철골 구조물 모양의 데릭보다는 이동성 및 데릭의 설치 및 철거가 용이한 방향으로 진행되고 있음

○ Driller's cabin은 드릴링작업 전체를 제어하는 곳으로 드릴링장비 무게, 압력 및 이수 등에 관한 정보를 모니터링 함

* 최근에는 컴퓨터와 IT 기술의 발전에 따라 대부분의 드릴링 장비를 Driller's console에서 모니터링 및 제어하고자 하는 방향으로 개발이 진행되고 있음



Land drilling Rig
(BHL International)



Driller's cabin
(Drilling Contractor)

그림 2.23 육상용 드릴 리그

* 출처: Turning vision into value, Drilling Contractor Magazine (2013.10) Oil and Gas Production Handbook (ABB ATPA Oil & Gas, 2006)

○ 맞춤형 드릴 파이프 적재 및 이동·탈착 조작 기술

- 수평 및 수직으로 적재하며, 최근에는 수직으로 적재하여 자동 이동과 탈착 시간을 단축하는 기술이 적용되고 있음
- 일반적으로 3개의 arm(upper, main, tail)을 통해 조작하며, 드릴 파이프를 catwalk로부터 이동시켜 회전 테이블(rotary table)을 이용하여 파이프 3개를 연결한 후 이동시켜 정열시키는 방식이 많음
- 드릴링 작업의 시간에서 파이프 교체 시간이 제일 비중이 큰 만큼, 빠른 시간에 정확히 작업이 이루어져야 함



그림 2.24 자동화 드릴링 파이프 핸들러

* 출처: (http://fluidpowerjournal.com/2014/04/drilling-pipe-handler/)

○ Compact type derrick rig

- 드릴링 비용은 해마다 그 상승의 폭이 커지고 있어 드릴 리그는 작업의 효율성이 증대되는 시스템으로 점점 진화하고 있음
- 중·소형 유전에 대한 드릴링작업을 위해 드릴링 리그의 효율성을 증대하는 구조로 기술개발을 진행 중. 즉 장비의 경량화, 이동성 향상, 설치·조립 및 분해의 용이성 향상에 중점

* 아시아 지역의 산유국을 겨냥한 컴팩트한 리그(이동, 설치, 효율성을 고려한 콤팩트 타입)의 개발이 활발하게 진행되고 있음 (아래 그림 왼쪽)
* 또한 최근에 개발되고 있는 boom type 데릭이 탑재된 드릴링시스템은 이동성 및 설치·조립이 용이하며 외부의 기타 보조 운용 장비와 연계한 무인 자동 운전을 용이하게 할 수 있도록 개발되고 있음 (아래 그림 오른쪽)



Compact type derrick Rig
(Drilling contractor magazine)



Boom type derrick Rig
(Huisman Equipment)

그림 2.25 Compact type derrick

* 출처: www.huismanequipment.com (Boom type derrick review, 2014) Turning vision into value, Drilling Contractor Magazine (2013.10)

○ 자동화된 드릴링시스템 기술

- 드릴링 리그에서 드릴링 감독자가 상주하면서 드릴링 작업 전체를 지휘하는 Driller's cabin과 파이프 이동 탈착 시스템을 포함한 드릴링 리그에 대한 자동화 시스템의 개발은 작업 인원의 감축, 작업자의 안전 향상 및 드릴링효율 향상을 통해서 드릴링 비용을 절감하고자 하는 목적으로 지속적으로 진행되고 있음

* 최근 컴퓨터와 IT 기술의 발달에 힘입어 아래 그림과 같은 실시간 드릴링 운영센터 구축도 시도되고 있으며, 이는 드릴링 관련 각종 자료를 실시간으로 취합 및 분석해서 신속한 의사결정을 통해서 드릴링 효율을 높이고자 하는 목적임
* Driller's cabin은 드릴링작업 전체를 모니터링 할 수 있는 시스템으로 개발이 진행되고 있으며, 향후 실시간 드릴링 운영센터는 Driller's cabin의 자동화와 연계되어 지속적으로 발전될 것으로 예상됨
* 드릴링 파이프나 케이싱의 이송과 설치 작업에도 자동화 시스템이 도입되어 작업자의 안전 향상과 작업 인원 감축 및 드릴링 효율을 높이기 위한 파이프 이동, 탈착 자동화 기술 개발도 지속적으로 진행될 것으로 예상됨



Real-time drilling operations center
(Kongsberg)



Automated pipe handling system
(Weatherford, NOV)

그림 2.26 드릴 리그 자동화 시스템

* 출처: Journal of Petroleum Technology (Drilling rig review, 2008), Automated Rig Equipment (Weatherford, 2012)

○ 스마트 드릴링 시스템 및 현장운영 기술

- 스마트 드릴링 시스템 구축은 안전(safety), 속도(speed) 및 스마트(smart) 개념을 접목한 드릴링 리그

* 이동성 및 데릭의 직립에 용이하고, 기타 보조 운영 장비와 연계할 경우 무인으로 자동화가 가능한 장비
* 이 장비의 특징은 개방형 Boom 구조의 데릭과 드릴파이프 자동체결 시스템을 갖추고 있다는 점임

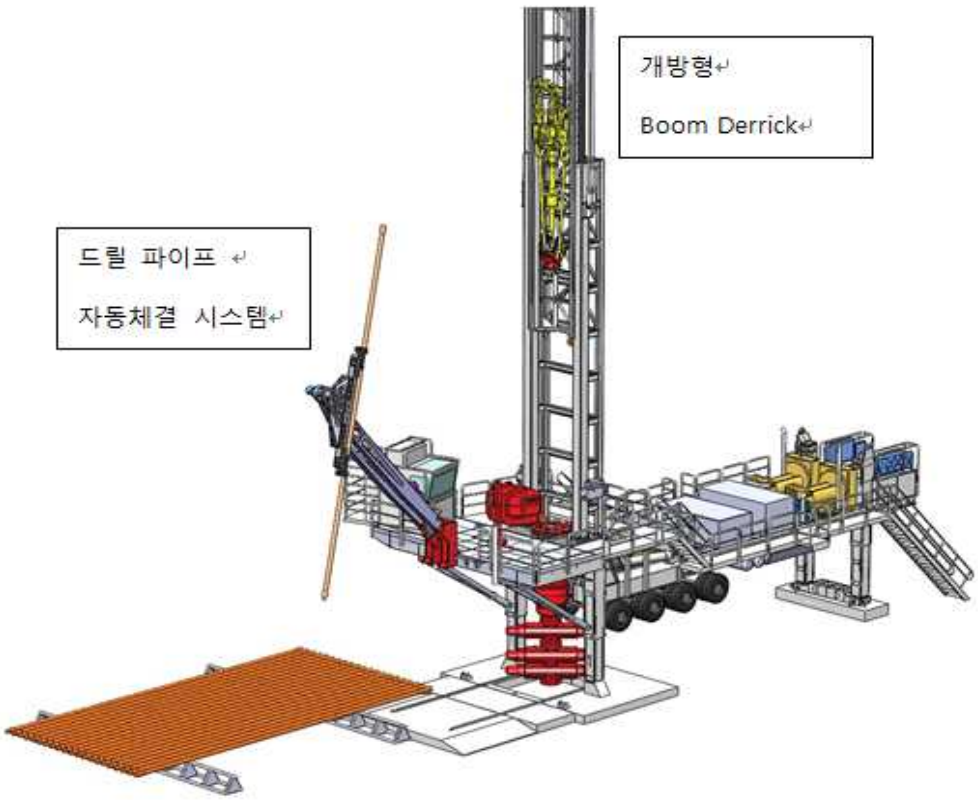


그림 2.27 개방형 Boom derrick 타입의 육상 드릴링 시스템

○ The RamRig© drilling hoisting system

- 기존 드로웍스 및 데릭 대신에 ram이라고 불리는 두 개의 유압실린더로 구성된 RamRig 인양의 전력 공급은 동일 용량의 펌프를 가진 중앙 유압동력장치에 의해 수행됨
- 실제 스케일의 새로운 디자인을 평가하기 위해 integrated heave compensation의 성능 예측하는 용량 모델에 기초한 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 개발하였으며, RamRig를 사용할 수 있는 제한된 실행 경험뿐만 아니라 시뮬레이션은 모든 부하 제어를 잘 보여주는 기술임

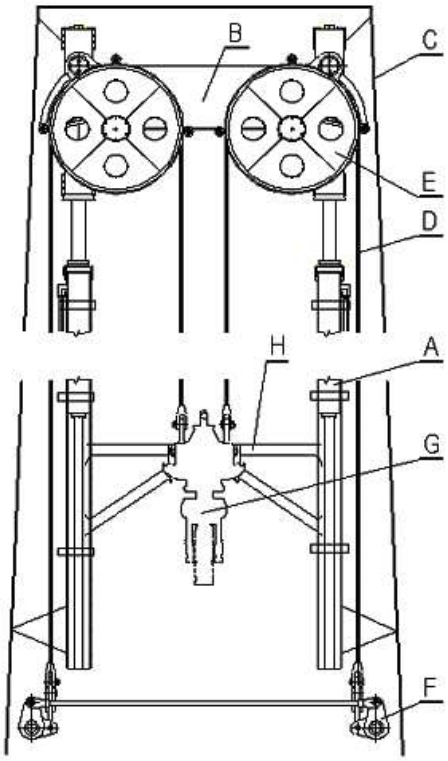


그림 2.28 The main elements of the RamRig hoist assembly, showing the yoke (A), dolly (B), top drive (C), equalizer assembly (D), lifting wires (E) and the ramcylinders (F)

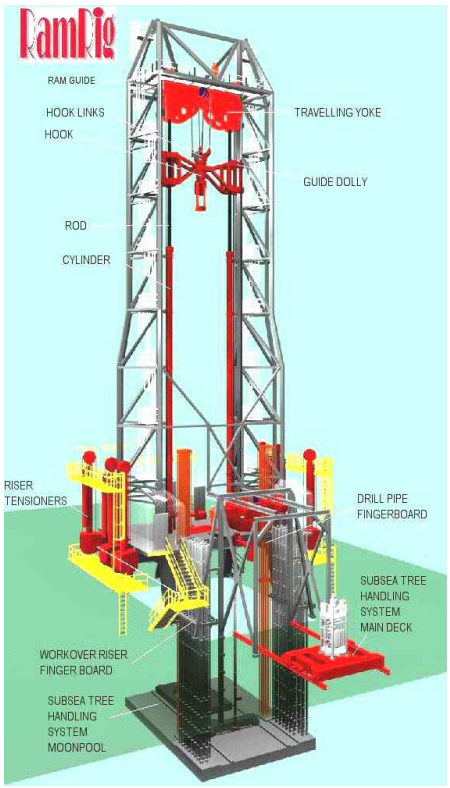


그림 2.29 RamRig new rig off-shore concept

* 출처: Jan artymiuk, A new concept drilling hoisting system rigs, 2006



○ 신뢰성 높은 디스크 제동 시스템(disk brake system), 축, 기어 설계 기술이 적용된 드로웍스(draw works)

- 대형 윈치(winch)의 일종으로 플랫폼 (drill floor)상에 설치된 호이스팀 장비
- Drum과 sheave를 이용해 drill line을 길이를 조절하면서 drill string (pipes)의 길이를 조절하는 장비
- 전원공급이 중단될 경우 자동으로 유압 브레이크가 작동하게 되어 있으며, 그 브레이크의 성능이 통상 정격하중의 2배정도까지 작동이 가능하게 설계 및 제작되어짐
- 주요 핵심부품으로는 drum, shaft, gear, motor mount, emergency lowering system, lubricating oil system, disk brake system 등으로 구성됨

나. 방향성드릴링 회전

○ Rotary steerable drilling 기술은 1990년대 후반에 그 분야에 극적으로 진입하면서 상당히 발전하였음. 최신 시스템의 고유 기능은 열악한 환경에서 복잡한 유정 궤도를 드릴링하기 위해 증가된 유연성과 더 좋은 신뢰성을 제공함

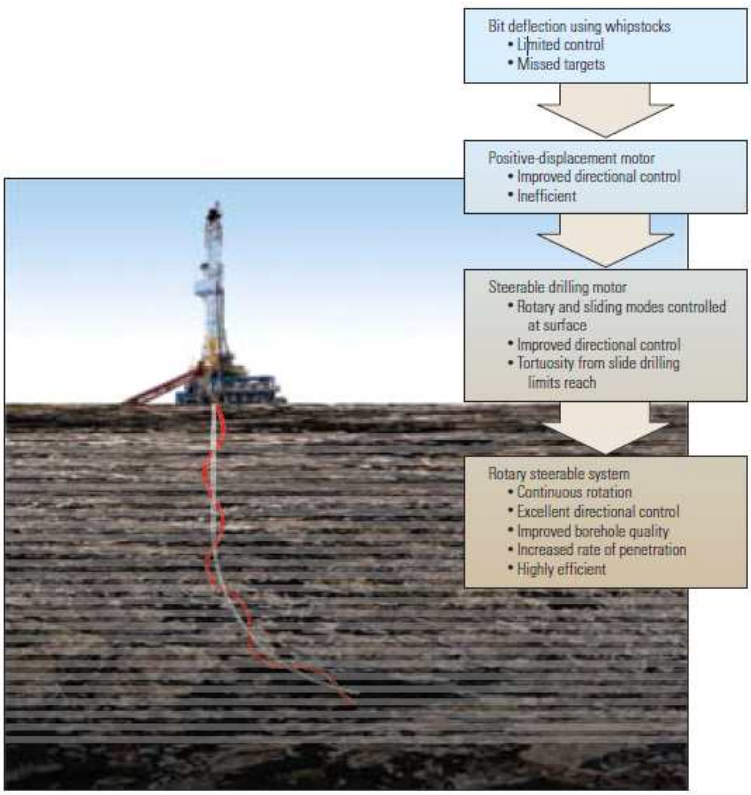
○ Drilling the extra mile in soft formations

- Powerdrive rotary steerable system의 효율성과 신뢰성은 다양한 홀 사이즈에서 방향성 드릴링을 최적화함
- Powerdrive extra 툴을 포함한 powerdrive 기술의 핵심요소는 비트와 동일한 속도에서 전체 스티어링 시스템의 연속적인 회전기능이며, 이 도구의 즉각적인 반응은 특정 방향으로 스티어링을 향상시고, near-bit 경사 및 방위 측정은 방향 제어를 향상시킴

Mike Williams
Sugar Land, Texas, USA

For help in preparation of this article, thanks to Glaucio Alves Barbosa, Chris Lenamond, Roger Pinard and Ulisses Sperandio, Macaé, Brazil; Emma Bloor, Liz Hutton and Curtis Robinson, Sugar Land, Texas, USA; Tim Curington and Paul Wilkie, Stonehouse, England; Bjørn Engedal, Norsk Hydro, Stavanger, Norway; Ricardo Juiniti Bernardo, Petrobras, Macaé, Brazil; Hilaire Tchetnga, Luanda, Angola; and Paul Wand, London, England.

adnVISION (Azimuthal Density Neutron), PERFORM (Performance Through Risk Management Process), PowerDrive, PowerDrive Xceed, PowerDrive Xtra and PowerPulse are marks of Schlumberger.

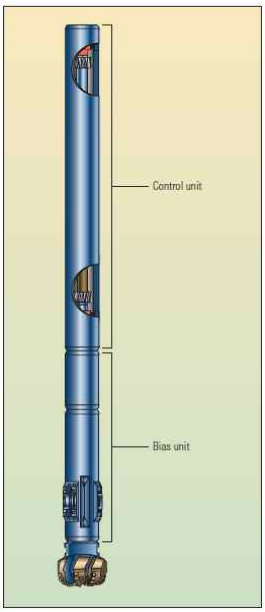


^ Evolution of directional-drilling technology. Positive-displacement motors and steerable drilling motors supplanted primitive bit deflection using whipstocks. Rotary steerable systems, introduced in the late 1990s, were the first devices to provide three-dimensional trajectory adjustment while rotating continuously.

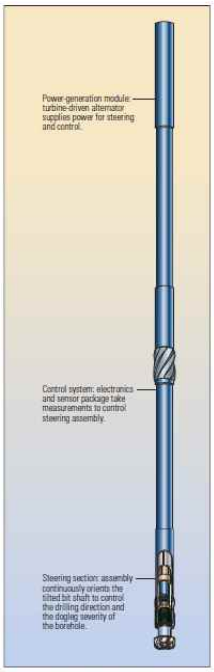
* 출처:Better Turns for Rotary Steerable Drilling

○ Openhole sidetracking in complicated formations

- 거칠고 열악한 환경에서 powerdrive Xceed rotary steerable system의 신뢰성과 내구성은 가장 어려운 웰(well)의 드릴링에 적합함
- 이 시스템은 검증된 내구성이 있는 powerpulse measurements-while-drilling(MWD) 텔레메트리 시스템에서 전자 기술을 통합하였으며, 실패 없이 1,000 시간 이상 작동할 수 있음
- rotary steerable system의 이러한 장점의 대부분은 북해의 노르웨이에 있는 Njord field에서 테스트되었음



^ PowerDrive Xtra rotary steerable system. The control unit contains electronics and sensors and controls the trajectory. The bias unit applies force to the bit. Several PowerDrive Xtra systems are available for drilling 5¾- to 18¼-in. holes.



^ PowerDrive Xceed rotary steerable system. The power-generation module supplies power for steering and control. The control unit contains electronics and sensors that take measurements to control the steering assembly. The steering section continuously orients the tilted bit shaft to control the drilling direction and build angle.

* 출처: Better Turns for Rotary Steerable Drilling

○ Establishing the deviation by means of jetting

- 분사(jetting)에 의한 방향좌표 방식을 새로운 기술이 도입되는 1980년대 말까지 사용하였음. 비용이 저렴하고 기술이 어렵지 않아 유가스정(well)에서 여전히 사용하고 있음
- 제트는 드릴 비트의 노즐에서 발행 고압 진흙 제트에 의한 토양의 발굴 작업을 기반으로 하며, 특히 얕고, 매우 부드럽고 쉽게 침식되는 토양에 적합함

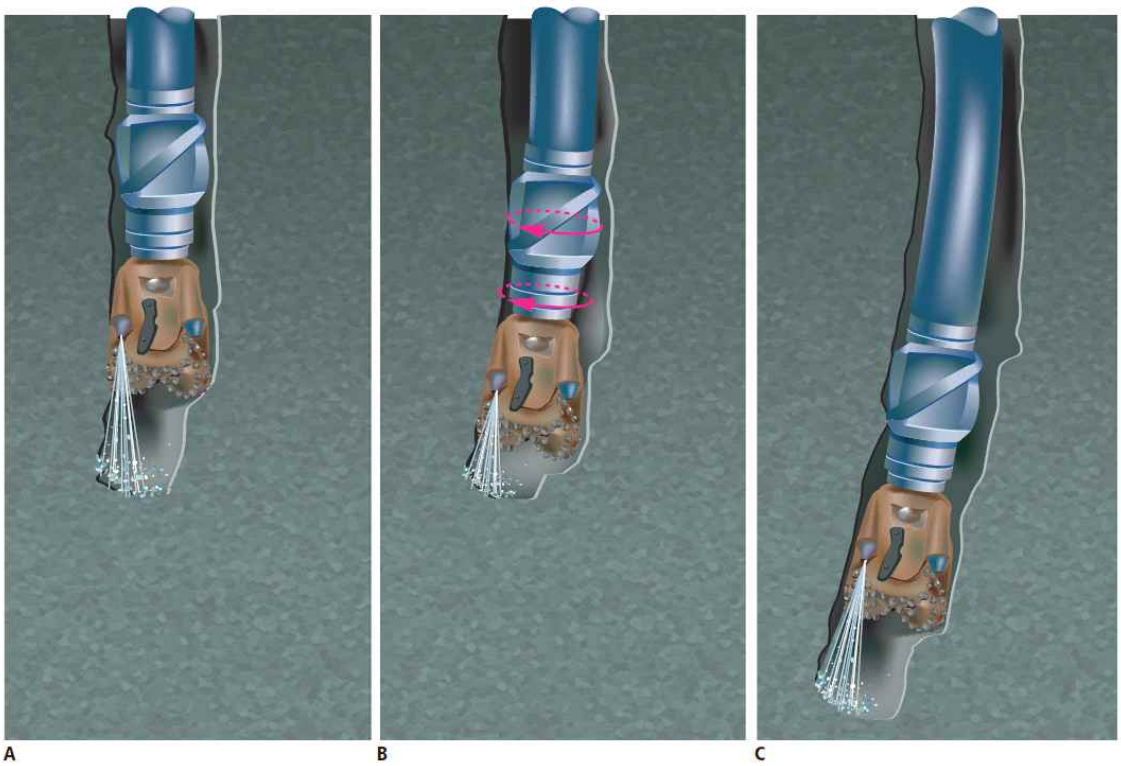


그림 2.30 Establishing a deviation by means of the jet bit: A, initial stage of the 'jetting' with an increase in the deviation angle; B, penetration of the bit in rotary mode; C, further increase in the deviation angle by jetting.

○ A mud motor with a bent sub and specialized MWD tools

- 디자인은 굴곡자(bent sub)가 있는 머드모터와 다양한 드릴링 시나리오에 대해 드릴링 효율을 향상시키는 targeted bit speed (TBS)라고 하는 새로운 스티어링 기술을 사용한 전문 MWD 도구를 특징으로 함
- 이 기술은 낮은 축적속도 웰(well)에서 드릴링을 최적화시키기 위해 RSS와 머드모터의 기능을 혼합함
- 이 기술은 Unitah 분지에서 2010년 성공적인 현장 실험에 이어, 바넷(Barnett) 이글포드(Eagle Ford) 셰일 재생 기술은 2011년 미국의 셰일 재생에 상업적으로 소개된 이후, 전 세계적으로 전개되고 있음
- 이 기술은 수직 제어, 긴 수평이음(long horizontal laterals)과 구멍이 드릴되어 각도가 유지된 tangential 상황을 포함하여, 머드 모터를 사용하는 모든 응용 프로그램을 위해 설계됨
- 이 시스템은 특히 축적속도가 낮은 경우(- 0° to 3°/30 m (100 ft)) 수평드릴링을 최적화하는데 RSS를 대신할 만큼 비용이 효과적임
- 높은 필드 속도가 필요한 경우, 이 시스템은 BHA에서 변경 없이, 원하는 빌드 속도를 만족할 때까지 연속 회전에서 슬라이드 또는 종래의 드릴링으로 전환될 수 있다는 점에서 유연함



그림 2.31 The design features a mud motor with a bent sub and specialized MWD tools using a new steering technique called targeted bit speed (TBS) that enhances drilling efficiency for a variety of drilling scenarios. These include vertical control, horizontal, S-shaped wells with long tangents and J-shaped well designs.

* 출처: Chris Maranuk, Hybrid system takes drilling in new direction, 2012



그림 2.32 TBS facilitates steering by modulating the fluid flow within the drillstring, creating slight oscillations in the flow rate through the mud motor. This allows high-frequency variations in drilling parameters to control the bit speed to help steer the well in any targeted azimuth. (Images courtesy of Weatherford International Ltd.)

○ 지표면 천공장비는 노천광산이나 토목공사 현장에서의 지표면 천공, 석유드릴링과 지하수개발 등 자원개발을 위한 천공, 암벽 절개면의 보강을 위한 천공 등 다양한 용도로 사용되며, 천공 방식에 따라 Top Hammer Drilling (THD), Down The Hole (DTH) Drilling, Rotary Drilling (RD)으로 구분됨

- THD 방식의 천공장비는, 추력을 가해 비트를 암반에 밀착시킨 상태에서 핵심부품인 드리프터(Drifter)에서 발생되는 회전력과 타격력이 로드와 드릴비트를 통해 암반면에 전달되어 암반을 파쇄하는 천공 메커니즘을 가지고 있음
- 로드의 길이가 길어질수록 드리프터에서 발생된 타격 에너지가 암반으로 전달되는 과정에서 손실되어 감소하므로 천공효율이 떨어지게 되며, 일반적으로 THD 방식의 천공장비는 경암 또는 연암에서 비교적 낮은 깊이(최대 40 m, 대부분 20 m 미만)의 소구경(∅50~127 mm) 천공작업에 사용됨
- DTH 방식의 천공장비는 THD 방식의 천공장비와는 다르게 DTH 해머라는 핵심부품이 사용됨. DTH 해머 내부의 공압 작동식 해머가 드릴비트를 직접 타격하여 암반에 충격 에너지를 전달하므로, 천공깊이와 상관없이 비교적 일정한 타격력을 암반에 전달할 수 있음
- 일반적으로 DTH 방식의 천공장비는 경암 또는 연암에서 비교적 깊은 깊이(최대

4 km, 대부분 50~80 m 미만)의 중간 구경(∅100~178 mm)의 천공작업에 사용

- RD방식의 천공장비는 타격력 없이 추진력과 회전력만으로 천공작업이 진행됨. 주로, 연암 천공작업에 많이 사용되고 있으며, 대심도(최대 10 km, 대부분 1 km 미만), 대구경(∅100~610 mm) 천공작업에 사용되고 있음



그림 2.33 천공작업 방식에 따른 분류
* 출처: 권기범, 암반천공장비의 시장 및 기술동향

○ 세계 천공장비기술은 스웨덴의 Atlas Copco사와 Sandvik사에 의하여 주도되고 있으며, 선진사의 천공장비는 저소음, 저연비, 자동화, 원격제어, 자기진단 기술 등을 접목하거나 완전자동 로드탈부착 기능 등 핵심기술을 접목하여 운전자의 편의성을 극대화함. 또한, 성능과 생산성 위주에서 환경과 인간을 고려하는 패러다임으로 변화함에 따라 소음, 진동, 배기가스 규제가 강화되고 있음. 따라서 환경적인 문제와 효율, 사용자의 안전 문제가 대두됨에 따라, 해외 선진사 Atlas Copco사는 IT기술 융합화를 통해 지능형 제에 핵심기술인 Hole Navigation System(HNS), Measure While Drilling(MWD), Rig Control, Rock Pilot Control(RPC), Self-Adjusting Drill System(SADS)등의 개발에 성공하여, 후발 경쟁업체와의 기술격차를 더욱 벌려나가고 있음

○ Establishing the deviation

- 편심(deviation)을 부가하는 방식으로 whipstock와 jetting사용에서 bottom hole motors, steerable system, geo-steering의 시스템 사용으로 변화되고 있음
- 편심(deviation)을 두기 위해 가장 일반적으로 사용되는 도구는 whipstock임. 이

것은 드릴비트(drill bit)가 삽입되는 collar inside가 장착된 약 6미터 쐐기 형상(wedge-like) 도구임

- 이 드릴비트는 편차(deviation)가 수행될 수 있도록 구멍보다 작은 직경을 갖는다. 예를 들어 8 e 1/2인치 구멍에는 6인치 드릴비트를 사용함. 드릴비트 위, stabilizer과 파이프는 돌아감
- 드릴 비트 스트링 시스템은 well 안으로 하강이 허용되도록 shearable pin에 의해 whipstock이 결합하며, 이 시스템이 well의 바닥에 도달하면 편심이 시작하는 곳에서 이 장치는 well이 나가야할 방향으로 진행함
- whipstock face의 올바른 방향이 정해지면 이 whipstock은 stop pin이 전단(shear)되도록 적절한 중량에 의해 진행되고 이에 따라 whipstock가 바닥에 있어도 드릴 파이프는 자유롭게 회전할 수 있음

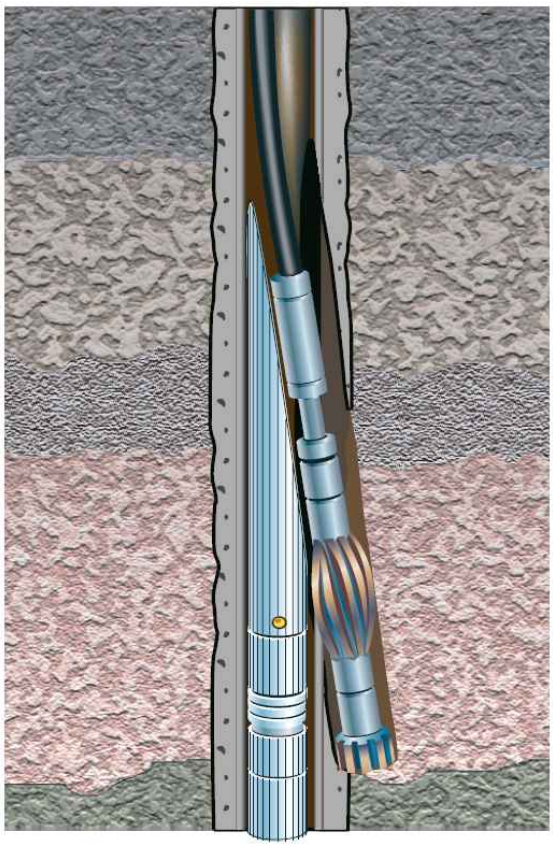


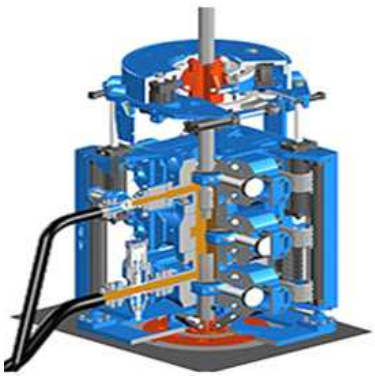
그림 2.34 Establishing a deviation by means of a whipstock

다. 방향성드릴링 이수순환

○ Continuous circulation system

- 드릴링 파이프 연결 작업 중에도 이수순환시스템이 정지하지 않고 연속적으로 이수를 순환시켜주는 시스템. 현재 Maris와 NOV 주도로 개발이 진행 중인 이 기술은 UBD (UnderBalance Drilling), ERD (Extended Reach Drilling), HPHT (High Pressure High Temperature) 유정과 압력 제어기 특히 중요한 현장에서 많은 장점을 보이기 때문에 활발한 연구개발 및 실증 연구가 진행되고 있음

* Continuous circulation system(CCS)의 원리는 드릴링 파이프 연결 및 해체 작업 시 CCS를 통해서 이수의 순환 방향을 변경하여 드릴공 내부의 드릴링 파이프로 이수를 계속 공급하는 것임
* CCS를 통해서 드릴링 작업을 최적의 상태로 운영할 수 있으며 드릴공의 안정성 향상, 드릴링 효율 향상 및 kick 발생 위험을 낮추는 등의 장점이 있음
* 최근까지는 기존의 Stop/Start circulation과 MPD(Managed pressure drilling) 기술을 조합해서 이수를 제어하던 방식에서 CCS 방식 도입에 대한 관심이 증가하고 있음



Continuous circulation system
(NOV)



CCS on Rig
(Total Control)

그림 2.35 연속 이수순환시스템(CCS)

* 출처: Non Stop Driller, Constant Circulation System (Total Control, 2013) Continuous Circulation Drilling (Maris International, 2009)

○ 기존 방식에서는 드릴링파이프를 연결하기 전에 이수순환을 먼저 정지시키기 때문에 드릴공내의 이수압력이 급격하게 낮아지게 되고, 드릴링파이프의 연결 후에는 이수압력이 다시 높아지게 됨. 이러한 압력의 변동은 드릴공의 벽 안정성에 큰 영향을 미치게 됨

- MPD(managed pressure drilling)가 이수순환이 정지되었을 때 부분적으로는 드릴공의 압력손실을 보상할 수는 있으나 이수순환/정지에 따른 문제점(정상상태 흐름의 정지에 따른 드릴공 안정성 파괴, 환형관내 압력의 역감소, 온도상승, 이수 밀도저하 등)을 해결해 주지는 못함. CCS 기술은 이러한 문제점들을 해결함으로써 최적의 드릴공 조건을 형성할 수 있음

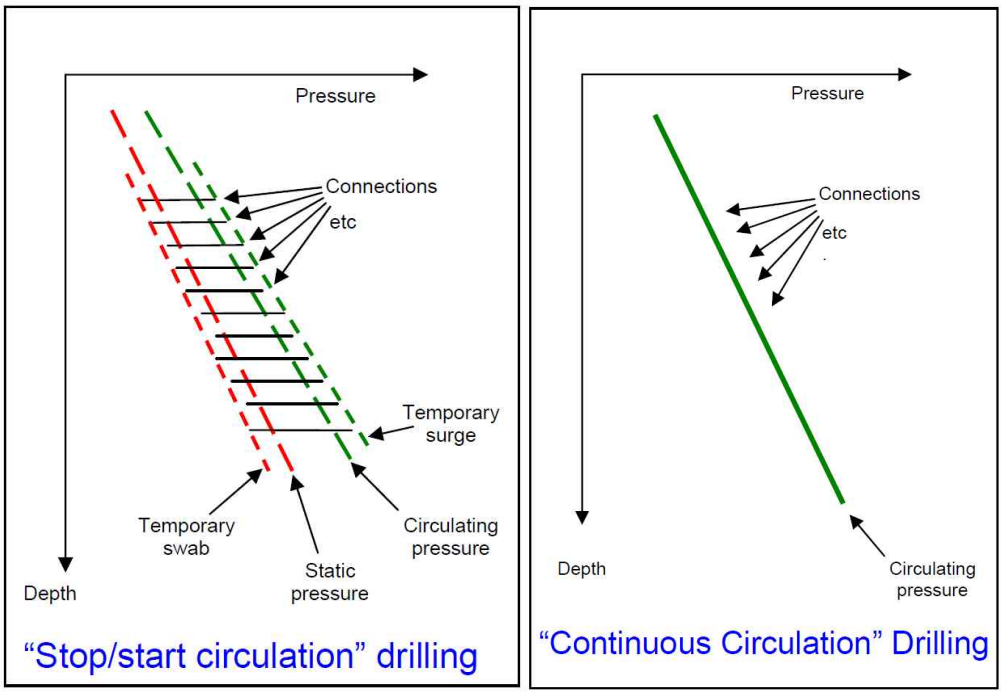


그림 2.36 Continuous circulation system(Maris international Ltd.)

○ 최근에는 이수 펌프를 포함해서 드릴링 리그에 대해서도 각종 센서를 이용해서 고장을 진단(diagnosis) 및 모니터링 할 수 있는 시스템 구축이 병행되고 있음

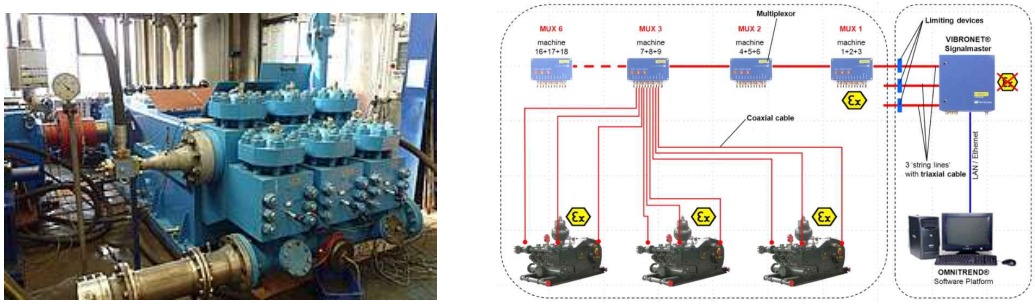
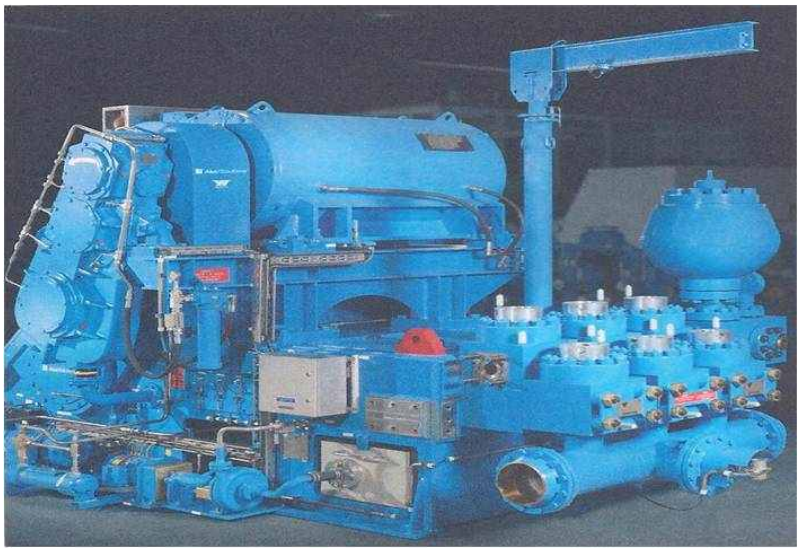


그림 2.37 Diagnosis and Monitoring system of Mud pump

○ 이수순환 시스템의 핵심인 mud pump 설계/제작 기술

- Mud pit으로부터 mud를 흡입하여 가압한 후 drill pipe로 순환시키는 피스톤 타입 펌프임
- 주입된 mud가 surface까지 회수되도록 높은 압력으로 가압하는 장치임
- 신뢰성 높은 핵심부품(DC or AC drive motor, chain, gear, pony road)의 적용



○ 드릴링 머드의 세 가지 기본유형은 1)수성 머드 2)탄화 수소계 머드 3)가스, 탄산가스가 든 거품이 있는 머드 (Khodja, Khodja-Saber, Canselier, Cohaut, and Bergaya, 2013). 머드의 선택에 영향을 미치는 중요한 요소 중 하나는 드릴공에 의해 발생한 셰일의 함량임

- 셰일은 드릴 형성의 약 75%를 구성함
- 드릴공(borehole) 문제의 약 70%는 셰일 불안정과 연관될 수 있음(Lal, 1999)
- 수성 머드에 의한 점토 수화는 종종 드릴공에서 감소된 암석 강도와 불안정을 초래함. 이는 드릴공 붕괴, 타이트한 드릴공, 갇힌 파이프, 드릴공 세척, 소성유동, 파쇄, 손실순환 및 웰 제어를 포함한 다양한 문제를 발생시킬 수 있음

○ 셰일과 물의 상호작용을 둘러싼 문제 때문에, 유성 머드는 셰일을 통한 드릴링보다 더 적합함

- 그러나 드릴링 머드의 사용 및 폐기와 관련된 환경적 문제 때문에, 드릴링을 위한 수성 머드에 대한 계발이 계속되고 있음(Deville et al., 2011)

○ 드릴링 머드의 환경적 영향을 최소화하기 위해 또 다른 전력으로 담수성 대수층 영역을 관통하도록 초기에 물을 사용한 다음, 수성 방청 머드로 진행하고 보다 깊은 곳에서 유성 머드로 진행함

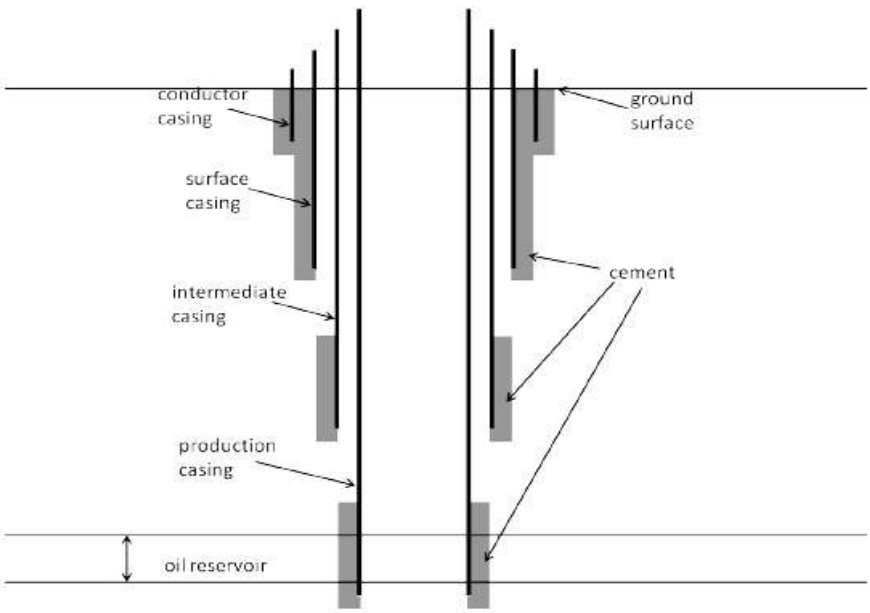


그림 2.38 Schematic cross section of well casing and cernet configuration. Casing extends above ground surface for connection to wellhead. (Redrawn and modified from API, 2009)

라. 방향성 드릴링 동력장치

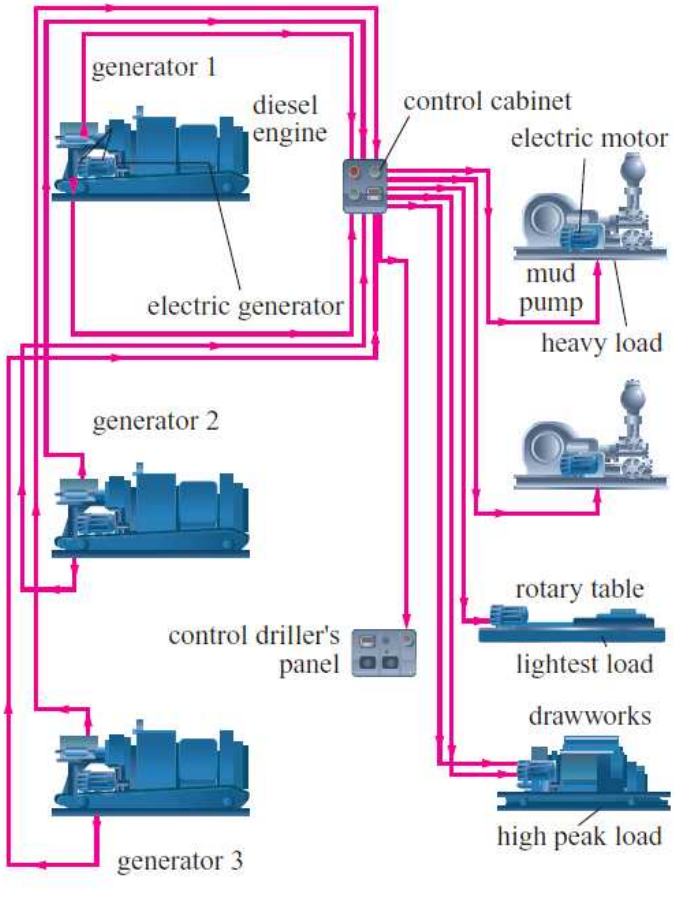


그림 2.39 Power generation and distribution system in an AC-DC plant.

* 출처: Volume 1/ Exploration, production and transport, Drilling rigs and technologies

○ 드릴링 현장에서 전력은 드로웍스(drawworks), 펌프, 로터리 테이블(rotary table)과 각종 부대시설의 엔진(압축공기, 안전시스템, 원심펌프, 조명, 서비스, 등)과 같은 리그의 메인 구성요소를 구동하는 기계를 실행하기 위해 필요

○ 현재 사용되는 원동기는 저렴한 비용으로 메탄을 사용하는 오토 디젤 사이클 내연기관 또는 터보가스유닛(turbo gas units) 등임

○ 최근에는 보다 유연한 전기(디젤 전기(diesel-electric)) 리그가 개발되고 있으며, 부피가 작고 기계 드라이브 리그(mechanical-drive rig)보다 가볍운 장점이 있음

○ 드릴리그에 전기를 공급하기 위한 발전기는 외부의 가혹한 환경조건에 견뎌야 하며, 잦은 이동에 대한 불편함이 없어야 함. 디젤엔진을 이용한 동력장치가 가스엔진에 비해 고출력 등 장점을 가지고 있어 현재까지 많이 이용되고는 있으나 배기가스 규제에 따라 최근에는 가스엔진에 대한 관심이 높아지고 있음

- 고출력 및 과도부하에 대한 대처능력 등은 디젤엔진에 비해 떨어지지만 배기가스나 상대적으로 연료비에 대한 부담이 훨씬 줄어들기 때문에 장시간의 운전을 고려한다면 향후 가스엔진으로의 교체가 예상됨

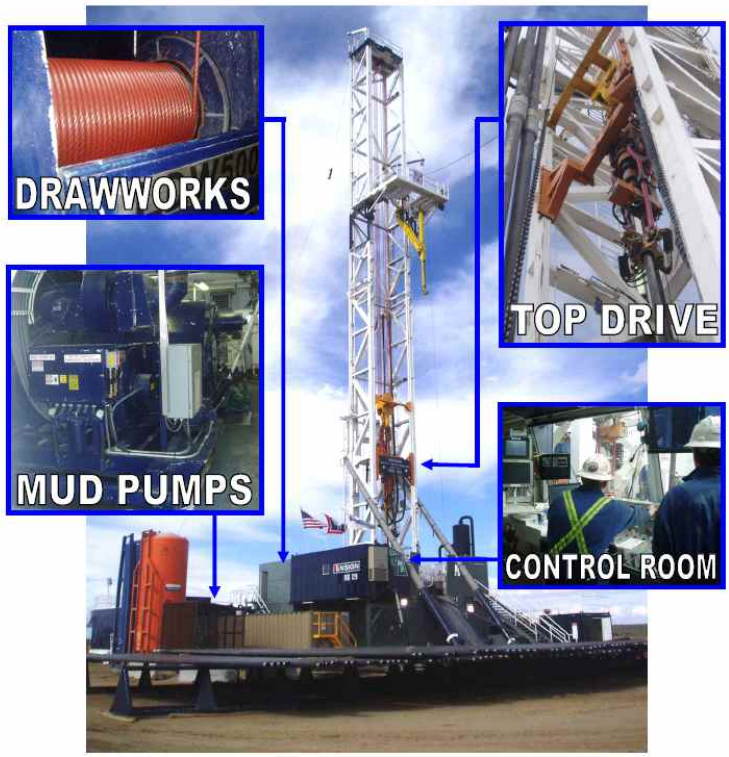
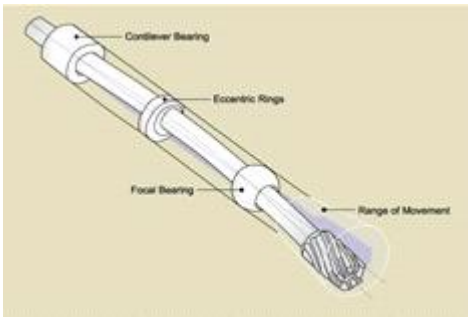


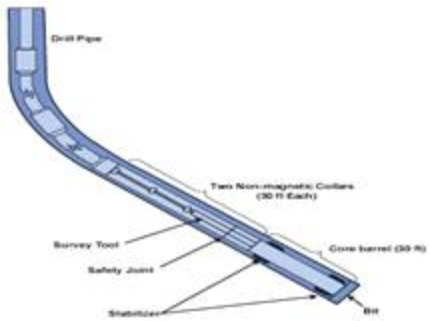
그림 2.40 동력공급장치 적용예(Caterpillar Ltd.)

마. 방향성드릴링 방향제어

○ 방향제어 기술은 1920년대에 먼저 전향쐐기(whipstock) 및 굴곡자(bent sub) 방식을 채택하였으나, 비용 및 드릴링기간이 문제가 되어 현재에는 거의 사용되지 않는 실정임. 1960년대에 공저이수모터(bottom hole positive displacement motor) 방식이 채택되면서 비로소 방향성 드릴링의 기계적 효과를 보기 시작했으나, 1990년대 후반부터 이수모터와 RSS(rotary steerable system)를 함께 쓰는 방향제어 기술이 도입되면서 방향성 드릴링기술은 급격히 발전하게 되었고 2000년대에 들어서면서 PRSS(powered rotary steerable system)가 개발되기 시작함



실시간 방향성 드릴링장비 (RSS)



방향성 공저장비 설계 예시 (Schlumberger)

그림 2.41 방향성 드릴링 시스템
* 출처: www.slb.com (Schlumberger사 홈페이지)

○ Hybrid 방향제어 시스템

- 차세대 방향제어 기술개발은 지상에 있는 드릴링기술자가 실시간으로 지하의 지질 특성 변화에 대응하면서 방향성 드릴링을 수행할 수 있는 실시간 방향제어 장비와 소프트웨어를 개발하는 것을 말함. 이 시스템은 실시간으로 지상에서 드릴링위치를 파악할 수 있는 MWD (measurement while drilling), 방향제어가 가능한 RSS (rotary steerable system), 드릴링기간 동안 동시에 지층물성을 측정할 수 있는 LWD(logging while drilling) 등으로 구성되어 있음

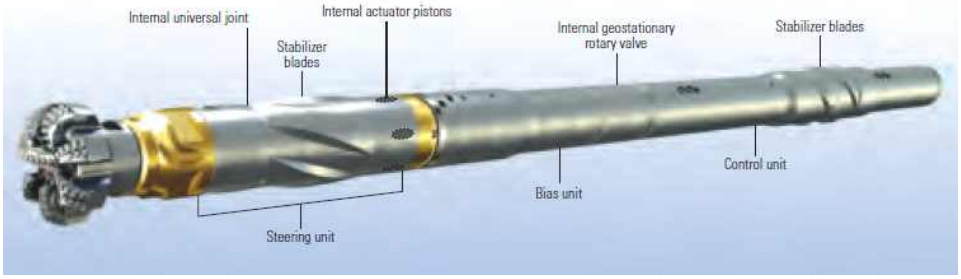


그림 2.42 차세대 방향제어 시스템(Power Drive RSS)

* 출처: The best of both worlds – a hybrid rotary steerable system (Schlumberger, 2012)

○ Mono-bore well drilling technology

- Monobore well 또는 near-Monobore well은 생산관(Production conduit)을 드릴링 시작부터 목표지점까지 거의 동일한 직경으로 드릴링하는 기술로, 최근 Expandable tubular 드릴링 기술의 발달에 힘입어 도입이 시도되고 있음. 또한 Monobore well 기술을 적용할 경우 좀 더 작은 드릴링 리그를 투입할 수 있어 드릴링 리그 관련 비용도 많이 절감할 수 있음

* 그림에 보이는 바와 같이 수 km 드릴링 작업에서 기존 드릴링 기술에 비해서 드릴링 직경을 크게 줄일 수 있어 드릴링 비용과 소모되는 철(casing)의 양과 굴착 잔재물의 발생을 크게 줄일 수 있음
* 초기 케이싱이 작기 때문에 드릴링 과정 중 발생하는 문제에 대한 대처가 어렵고, 파이프 설치 작업이 쉽지 않으며, monobore well용 생산관의 가격이 비싸고 소재 선정의 어려움 등 아직은 해결해야 할 문제가 많이 있음

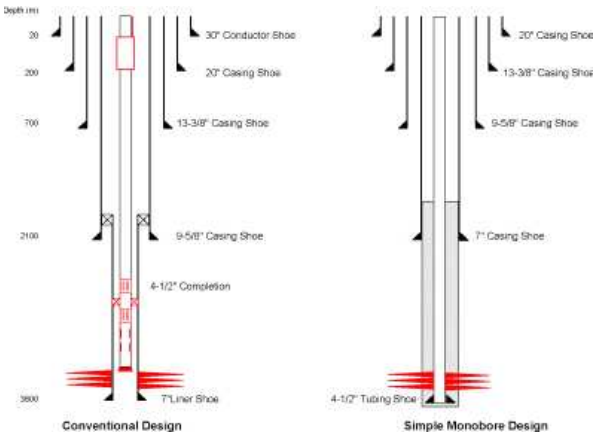
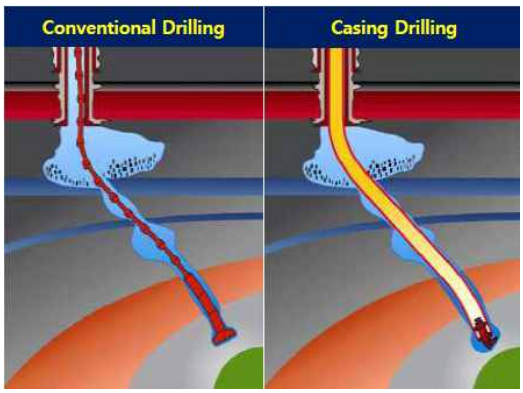


그림 2.43 기존 드릴링 및 Monobore well 드릴링 비교

* 출처: Monobore wellbores design, Drilling Contractor Magazine (2009.11) Journal of Petroleum Technology (Drilling rig review, 2008)

○ 케이싱 드릴링은 드릴링 파이프 대신 케이싱을 이용하여 드릴링하는 방법으로 기존 드릴링 과정에서 발생하는 드릴링 파이프와 관련된 문제점들을 제거하여 드릴링 시간과 비용을 절약할 수 있는 기술로 각광을 받고 있음

- 케이싱 하단에 설치된 비트를 이용하여 드릴링을 진행한 후 케이싱을 바로 설치하는 방식으로 시간을 절약하며, 이를 위해서 드릴링 비트와 확장 가능한 확공기(under reamer) 등으로 구성된 드릴 공저장비(bottom hole assembly, BHA)를 사용하여 케이싱이 지날 수 있는 크기로 드릴링작업을 진행함
- 향후에는 Expandable tubular drilling 기술과 Managed pressure drilling 기술과 결합되어 더욱 강력한 드릴링 기술로 발전될 것으로 예측되고 있음



기존 및 케이싱 드릴링 비교
(Conocophillips)



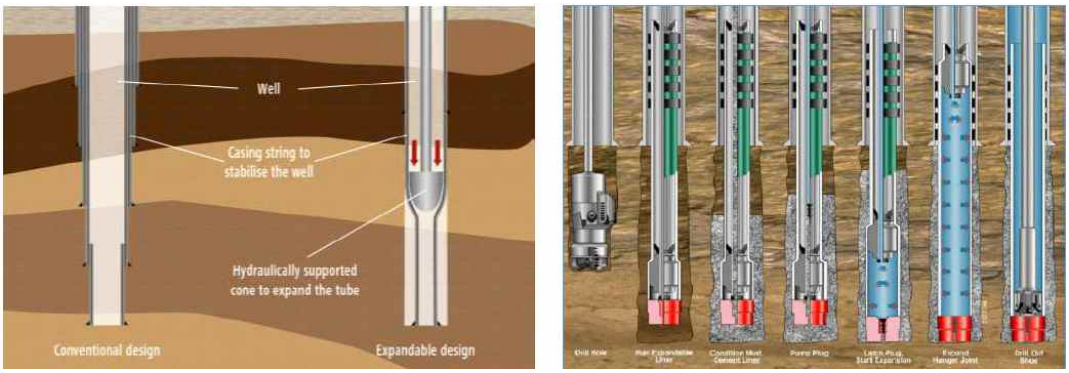
Drillshoe III for casing drilling
(Weatherford)

그림 2.44 케이싱 드릴링 원리 및 케이싱 비트

* 출처: Journal of Petroleum Technology (Drilling rig review, 2008)

○ 확장 가능 케이싱 드릴링(expandable tubular drilling)은 편심 비트를 사용하여 이미 설치된 케이싱의 내경보다 큰 드릴공을 굴진하고 해당 구간의 굴진이 완료되면 확장 가능 케이싱을 하강시키고 시멘팅 반죽을 펌핑하고 시멘트가 고결되기 전에 케이싱을 확장하는 기술임

- 케이싱 확장은 케이싱 끝에 부착된 쐐기형 피스톤을 이용하는데 피스톤에 압력을 가하면 위쪽으로 밀려 올라오면서 케이싱을 확장하는 원리임
- 이 같은 원리를 반복하여 적용하면 드릴공 전체를 동일한 직경을 가진 드릴공으로 드릴링할 수 있는데 이를 단일직경(monowellbore 또는 monodiameter) 드릴공이라 함



* 출처 (왼쪽: www.rwe.com, 오른쪽: www.epmag.com)

○ 방향성 드릴링의 대표적인 응용 분야인 셰일가스 개발의 경우 미국은 채굴기술의 개발을 완료하여 경제성을 확보하면서 셰일가스 주도권을 확보하였음

- 미국과 캐나다에서는 실시간 방향성 드릴링을 용이하게 하는 코일 튜빙 드릴링시스템(coil tubing drilling, CTD) 기술이 활발히 적용되어 전통적 드릴링기법보다 4배 이상의 굴진율을 얻는 등 현재 안정화 단계에 있음
- 미국 슐럼버제이(Schlumberger), 헤리버튼(Halliburton) 등 메이저 석유드릴링 서비스 기업의 경우 비전통자원이 부존한 지질특성에 따라 포인터빗(point-the-bit), 푸쉬더빗(push-the-bit), 하이브리드(hybrid) 방식 등을 적용하여 방향제어의 효율성을 극대화 하고 있음
- 슐럼버제이사는 hybrid-type의 RSS를 이용하여 드릴링작업을 수행 중임
- 북미뿐만 아니라 아시아, 중동 등 다양한 지역에서 이루어지고 있으며, 해상 드릴링, 미고결지층, 셰일가스전, 불안정 지층 등 다양한 극한의 환경에서 기술을 적용하고 향상 된 정도를 보고함. 드릴링 속도는 50~80% 정도 향상되었으며, 그로 인해 많은 인력과 자본의 절감이 가능해짐
- 세계 oil major 사들과 XTO, EOG, Chesapeake 등 미국 내 중견 기업들의 종합적인 자료해석으로 드릴링위치 선정과 최적화된 유가스정 간격, 드릴링 및 완결기법들의 기술 진전이 이루어졌음
- 최근 수평정 드릴링 길이와 수압파쇄 구간을 증가시키는 다단계 파쇄 기술이 발달하면서 공당 드릴링간격은 점차 줄어들어 개발 경제성이 개선되고 있음

Field Location	Field Characteristics	Drilling Job Description	Key Improvement
US. (Cimarex Energy)	• Unconventional shale reservoirs	• 8-deg/100-ft • 4,353-ft • In a single run	• Tortuosity: 20% ▼ • ROP: 80% ▲ • Working time: 10 days ▼
Asia	• Deepwater field • Extremely unconsolidated sands	• Six laterals with complete directional control	• ROP: 1,000 ft/hr • Working time: 4 days ▼ • Cost: USD 4.5 million ▼
Thailand / Bualuang field	• Complex well profile • Offshore • Shallow kickoffs • High doglegs • Soft formations • Long horizontal section	• Inclination from 13 to 90 deg • Turning from 124 to 355 deg	• ROP: 50% ▲
Middle East.	• Directional drilling through an unstable zone	• 7.6 deg/100 ft • 846 ft • 25.8 drilling hrs. • 11.2 deg/100 ft • 742 ft • 15 hours • in a single run	• Well path: 700 ft ▼ • Working time: 2.5 days ▼ • Cost: USD 1.25 million ▼

그림 2.45 RSS 해외현장 적용 사례

○ 상용 RSS의 경우 방향 제어를 위해 주로 유압 시스템을 사용하고 있으며 그중 유압 실린더를 액츄에이터로 이용하는 경우가 대부분임

- 유압 시스템의 경우 전동 시스템에 비해 힘이 좋으며 유체(이수)를 에너지 공급원으로 사용하여 비트가 굴진하면서 생기는 암편들을 제거함과 동시에 드릴공 내 압력을 제어하는 역할을 겸함
- 유압 시스템을 제어하는 모듈이 필요하며 시스템의 방향 제어를 위해서 각 유압 실린더가 동기화되어 위치 제어가 진행됨

○ 측정 및 통신을 위해서는 MWD(measurement while drilling)장비를 사용하는데 통신 방식은 크게 세 가지로 분류됨. Mud pulse telemetry, wired pipe 그리고 EM telemetry 방식이며, mud pulse telemetry 방식이 그 중 가장 많이 쓰이는 방식임

○ 해외에서는 메이저 석유 개발회사의 주도로 다양한 고심도 방향성 드릴링 연구가 진행되고 있음

- 1920년대 개발되었던 최초의 방향성 드릴링방식인 whipstock은 비용 및 드릴링 기간이 문제가 되어 현재는 거의 사용하지 않으며 1990년대 후반부터 머드모터를 이용한 방향성 드릴링이 일반화되어지고 있으며 RSS와 같은 방향제어 능력이 우수한 고가의 장비 등도 유·가스 개발현장에 널리 이용되어 지고 있음

○ Schlumberger사는 현재 유·가스 개발 서비스분야의 최대 기업으로 다양한 방향성 드릴링장비 및 기술인력을 보유하고 있음

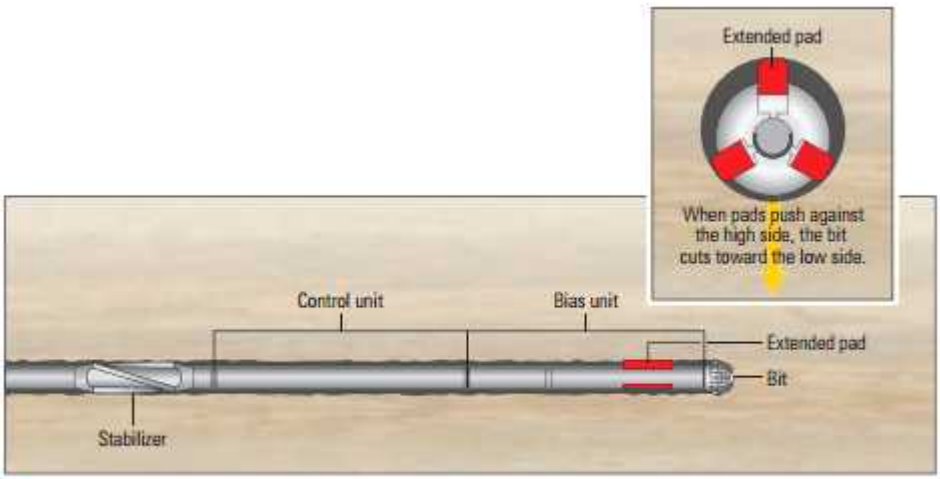
- 가장 최근에 개발된 powerdrive archer 모델의 경우 100 ft당 최대 15 도까지 안정적으로 드릴링할 수 있으며 100 ft당 17 도까지 실험단계에서 진행을 했다고 소개함

○ Baker Hughes사 또한 AutoTrak Curve system 모델을 통해 100 ft당 최대 15 도까지 드릴링을 할 수 있다고 소개하며 이를 통해 현재 2백만 ft를 18 개월 만에 드릴링 하였다고 보고함

○ 방향성 드릴링 기술을 기반으로 한 셰일가스 개발을 위한 핵심기술의 확보는 향후 비전통자원 개발의 기반이 될 것으로 비전통 석유, 타이트 가스, coal-bed methane 개발 등에 활용 가능함

○ Push-the-bit

방향제어 부분에 여러 개의 패드가 날개모양의 구조를 가지고 있어서 이 패드들의 작동으로 방향을 전환하는 방식임. 시스템은 드릴스트링을 원하는 방향으로 조정하기 위해 borehole wall에 대고 밈



^ Push-the-bit RSS. Pads extend dynamically from a rotating housing to create a side force directed against the formation, which in turn, causes a change in the drilling direction.

* 출처: 2012, Edwin Felczak, The best of both worlds – a hybrid rotary steerable system

○ A point-the-bit system uses

케이스 내부에서 축을 휘거나 꺾어서 드릴링방향을 제어하는 방식임. 지향식 응답을 생성하기 위해 공구 축과 드릴공 축 사이의 정렬을 상쇄시키기 위해 내부 밴드를 사용한다. 그 밴드는 비트 위, 툴의 칼라(collar) 내에 포함되어 있음. 궤도는 밴드의 방향으로 변화함

○ 드릴 칼라 내에 네 개의 actuator piston이 관절 원통형 스티어링 슬리브의 내부를 밀어냄. 이는 원하는 방향으로 비트를 가리키도록 유니버설 조인트를 중심으로 회전함. 이 RSS는 툴의 고장 및 손상의 위험이 낮으며, RSS 실행 수명을 연장함

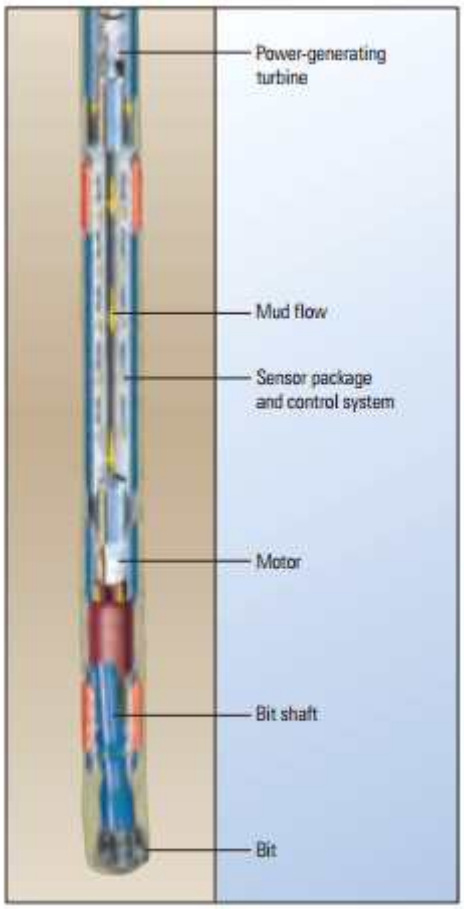
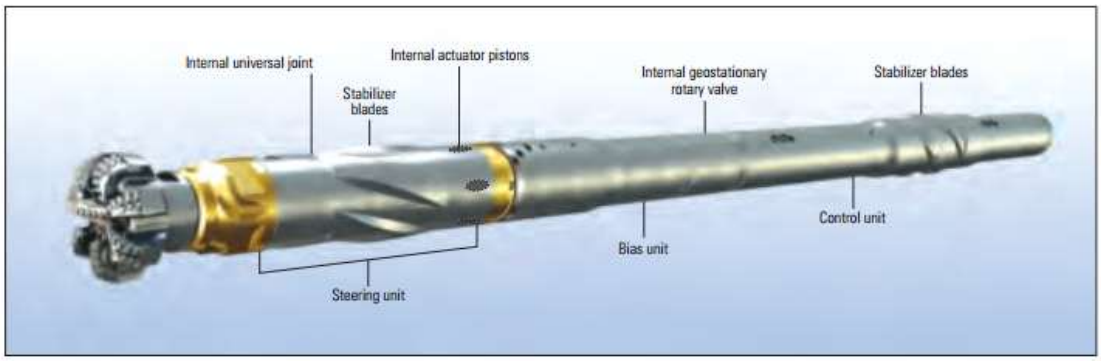


그림 2.46 Point-the-bit RSS. A bit shaft is oriented at an offset angle to the axis of the tool. This offset is held geostarionary by a counter-ratating servomotor.



^ PowerDrive Archer rotary steerable system. This hybrid system combines actuator pads with an offset steering shaft—all located inside the drill collar for protection from the downhole environment.

그림 2.47 PowerDrive Archer rotary steerable system. This hybrid system combines a actuator pads with an offset steering shaft-all located inside the drill collar for protection from the downhole environment.

* 출처: 2012, Edwin Felczak, The best of both worlds – a hybrid rotary steerable system

○ Mud hammers: 해머의 원리를 적용하여 드릴링의 굴진율을 향상시킬 수 있는 드릴링기술로서 비트를 이용하여 지층에 축방향의 충격을 가하면 약한 지층의 경우 균열을 발생하거나 비트 이가 지층에 보다 깊게 박히게 되어 굴진이 쉬운 상태가 됨

* 비트와 지층의 충격에 의해 발생한 충격파는 탄성파의 음원과 같은 역할을 할 수 있어서 지층의 특성 및 굴진위치를 파악하는 자료로 사용할 수 있음
* 고압의 물을 대상 지층에 분사할 수 있어서 암편 제거 효율을 높일 뿐만 아니라 한 방향으로만 분사하면 그 방향에 위치한 지층이 약해지므로 그쪽으로 드릴링 방향이 변하는데, 이러한 특성을 이용하여 드릴링 방향을 제어할 수 있음(Morrison et al., 2005)

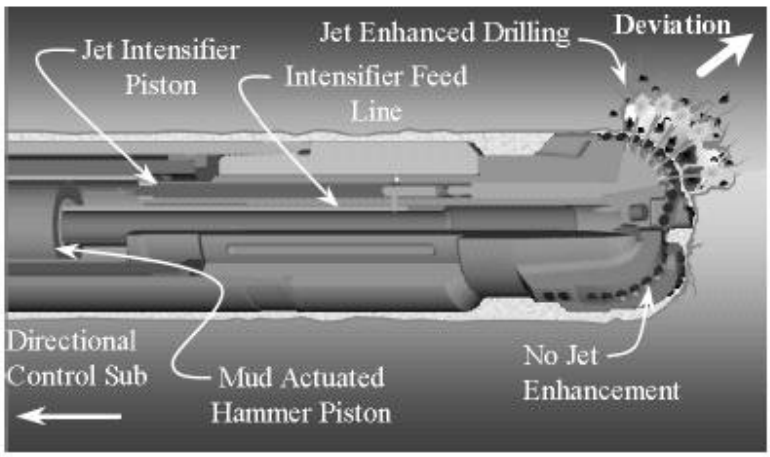


그림 2.48 The bit and the drillstring of mud hammers (Novatek, 2010)

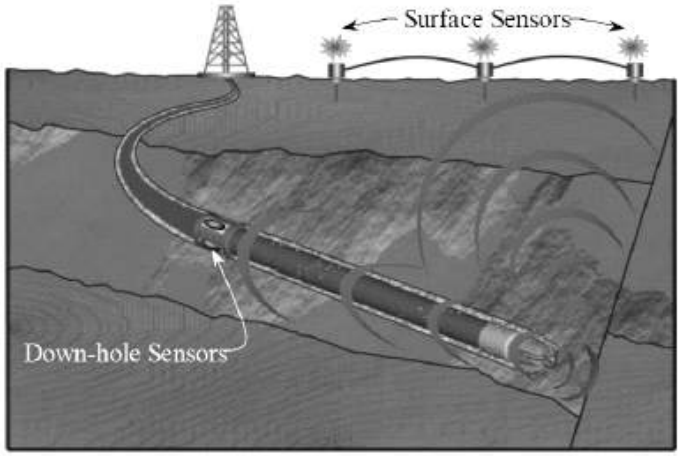


그림 2.49 Percussion bit seismic (Novatek, 2010)

○ 이수파동 드릴링법(mud-pulse drilling): 이수파동 드릴링법은 비트 주변에서 흡입 파동(suction pulses)을 발생시켜서 굴진율을 향상시키는 드릴링 방법임

* 드릴링 중에 고압의 이수를 유동시키다가 자동 밸브가 닫히면 일시적으로 이수의 유동이 멈춰 파동을 발생시키고 비트 전단에 일시적으로 공내감압 상태를 만듬
* 이러한 현상은 드릴링 대상 지층에 가해지는 압력을 감소시키기 때문에 보다 굴착이 쉬운 지층 상태로 만들려, 또한 흡입 파동을 탄성파의 음원과 같은 역할로 활용하여 지층의 특성을 파악하고 굴진된 위치를 파악하는 자료로 활용할 수 있음(Lake et al., 2006)

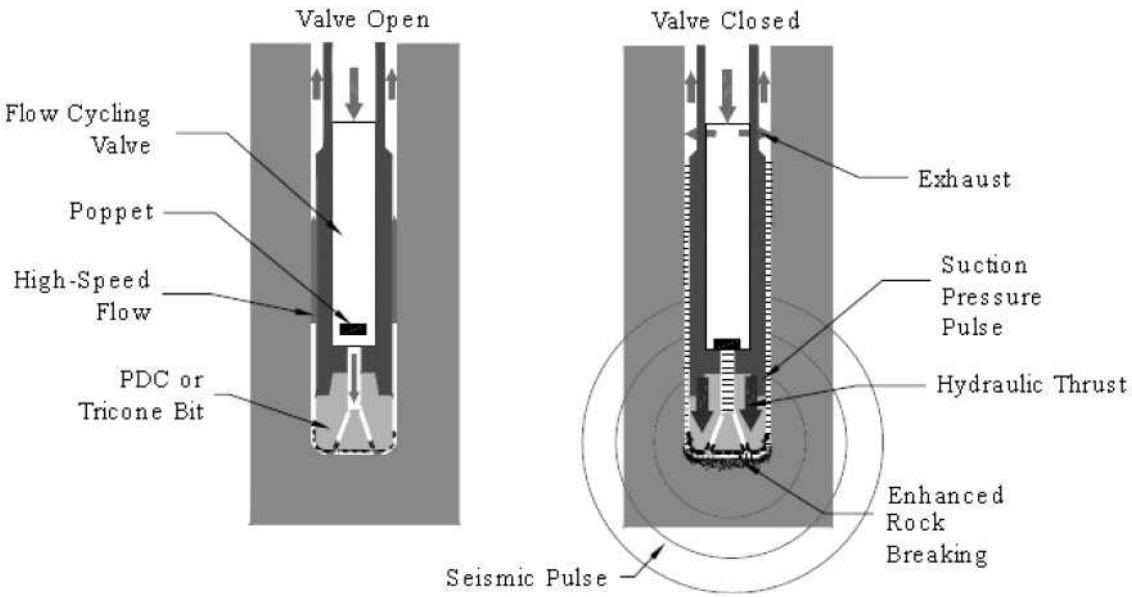


그림 2.50 Mud-pulse drilling (Tempress, 2010)

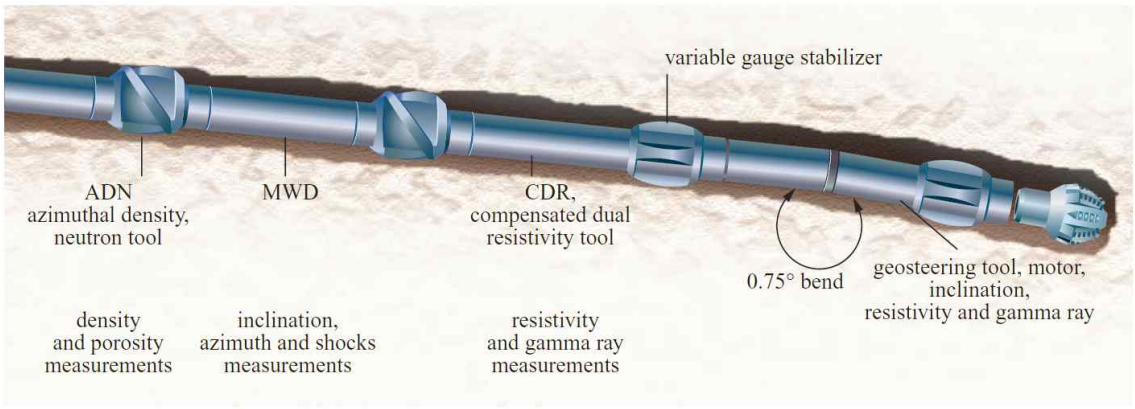


그림 2.51 Typical composition of a system used in geosteering operations (Allen et al., 1997).

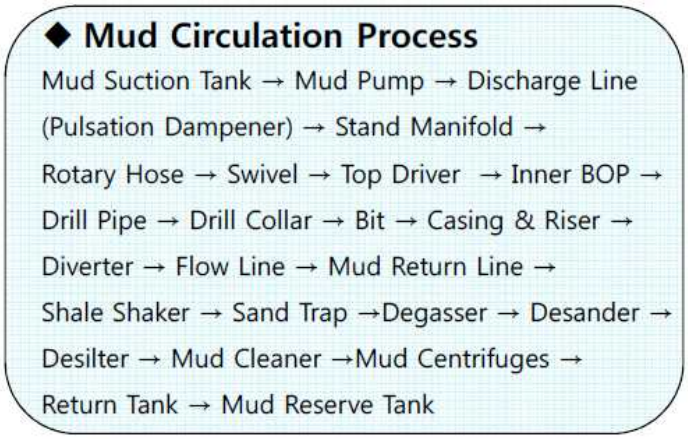
○ steerably system로 불리는 장비의 최근 기술은 하부에 PDM 또는 터빈으로 구성되며, drill bit 위에 bent sub가 장착됨

* PDM 보다는 작업자에게 필요한 정보를 실시간으로 전송하는 MWD 장비나 LWD장비가 장착되어 있으며, 후자는 앞에서 이야기한 정보뿐만 아니라 지질 데이터도 표면에 보낼 수 있음
* 지질학적 관점에서 지층을 특성화하면 실시간 연속적으로 well 궤도의 진로에 대한 정보를 제공하는 센서의 커플링(coupling of sensor)은 geosteering라고 하며, 이 기술은 지표면 아래에서 지하 대상물에 도달하기 위해 최적 경로에 따라 탐색(navigate)할 수 있음

바. 방향성 드릴링 유정제어

○ Mud & Bulk 시스템

- 머드(mud)는 물에 Barite(밀도 증가용), Bentonite(점도증가용)등을 섞어 특정 점도와 밀도를 갖도록 만든 혼합물임
- 머드의 목적은 드릴공 하부의 청결, 비트의 과열방지, 드릴링 작업중에 발생되는 암편(cutting)의 제거, 드릴공 내벽을 지지, 보호하여 함몰방지, 머드의 정수두(hydrostatic head)가 지층내의 오일 및 가스 포켓(pocket)의 압력보다 항상 큰값을 갖도록 지속적으로 모니터링하여 유가스정 킥(kick)을 방지



○ Bulk mud storage & transfer system

- Bulk mud storage tank는 mud를 만들 때 첨가되는 barite와 bentonite를 저장하는 tank 장치임
- Liquid mud 필요시 압축공기를 이용하여 bulk mud storage tank로부터 bulk surge tank로 이송하는 장치를 포함함
- Bulk mud인 barite와 bentonite를 이송할 때 발생되는 dust를 회수하여 수집하는 장치가 bulk mud dust collectors & cyclones 임
- Liquid mud mixing시 bulk surge tank 하부에 위치한 mud hopper로 bulk mud를 주입함
- Mud hopper는 벤츄리 노즐을 이용하여 water에 bulk mud를 섞어주는 장치이며, mixing된 mud는 벤츄리 노즐 하부에 설치된 mud mixing & transfer pump에 의하여 mud pit으로 이송됨
- Bulk mud storage & transfer system에 대한 engineering 기술이 필요함



○ 유정제어 및 모니터링 시스템

드릴링 중 드릴공의 압력을 제어하고 폭발을 방지하는 가장 중요한 안전설비 중의 하나로서, 유정 압력을 적절히 제어하지 못하게 되면 유정 폭발로 이어져 큰 피해를 동반할 위험이 있음. 유정 제어 방법은 두가지로 분류되는데, 첫 번째 방법은 유정의 방출물이 안전하게 배출될 수 있는 위치로 전환 시켜주는 방법 (diverter에 의한 제어)이고, 두 번째 방법은 유정 안에 강제로 가두는 방법 (BOP에 의한 제어)임

- 디버터 : 유정 폭발의 위험으로부터 보호하기 위하여 분출방지기보다 우선적으로 사용하며, 기본적으로 가스와 같은 유정 유체(well fluid)의 예기치 않은 방출물을 안전하게 배출할 수 있는 위치로 전환해 주는 역할을 수행



그림 2.52 유정 제어 모니터링 시스템

* 출처: Aberdeen Drilling Schools & Well Control Training Centre, 2002

- 방폭시스템 (BOP, blow out prevent) : 드릴링작업 중 갑자기 고압의 지층유수가 분출될 위험이 있는데 이러한 분출을 저지하기 위하여 케이싱 바로 위에 설치됨

* BOP : Well 내부의 이상 압력으로부터 드릴링선을 보호하기 위한 시스템
* Choke line : Mud를 순환시켜 유정을 안정화시키는 장치
* Kill line : 분출되는 유수를 조절하는 장치

○ kick을 경험하는 경우, 위험을 낮추기 위한 절차와 비생산적인 시간이 시작되어야함. 우선 유정은 hard shut-in 방법이나 soft shut-in 방법 중 하나에 의해 차단되어야함

○ Soft Shut-In

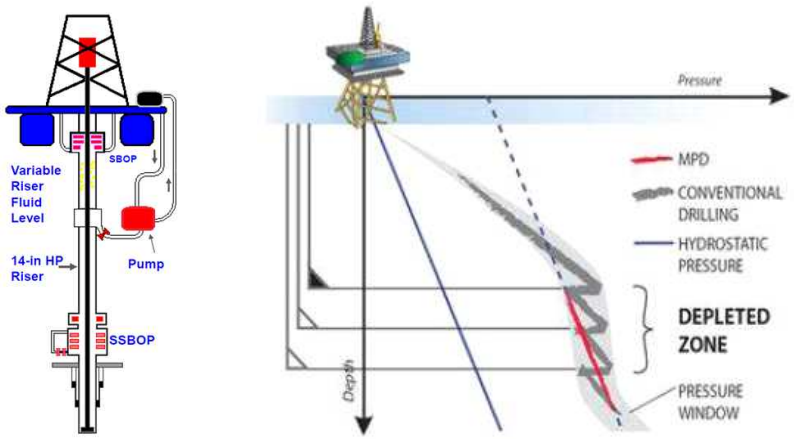
soft shut-in 절차를 사용하는 경우, choke는 유정제어 동작 동안을 제외하고 항상 오픈되어 있음. choke 라인 밸브는 BOP 근처에 하나의 choke 라인 밸브를 제외하고, 유체 흐름을 choking system을 통해 열리도록 설정됨. 그 BOP는 폐쇄되고, 마지막으로 choke가 폐쇄됨. 이렇게 함으로써, 사용자는 유정 폐쇄 동안 압력 빌드 업을 제어하고 모니터링 할 수 있음

○ Hard shut-in

Hard shut-in 방법을 사용하면, choke는 유정제어 동작 시 이외에도 항상 폐쇄상태를 유지함. BOP 근처에 위치된 choke 및 choke 라인 밸브를 제외하고, choke 라인 밸브는 choking system을 통해 흐름을 허용함. BOP는 폐쇄되고, 압축된 케이싱이 측정됨. hard-shut-in 절차는 유정에 형성되는 유체의 흐름을 감소시키면서, 최단시간에 유정을 폐쇄시킴

○ Managed Pressure Drilling

- 압력제어드릴링은 유정을 드릴링하는 동안 압력의 변화를 좀 더 잘 제어하기 위해서 개발된 드릴링기법으로 압력제어드릴링의 목적은 드릴링과정에서 발생할 수 있는 문제들을 줄임으로써 드릴링효율을 향상시키고자 하는 것임. 이를 위해서 압력제어드릴링은 배압, 유체의 밀도 및 유변학적 특성, 드릴공 내 유체 수위, 유체 순환 마찰 및 드릴공 형상 등을 종합적으로 고려하여 드릴공저압력(bottom hole pressure, BHP)를 조정함으로써 드릴링작업 중 발생할 수 있는 유체유입, 이수손실, 드릴공 불안정성 문제 등을 최소화함



(www.reelwell.no)

○ 압력제어드릴링

- 이중구배드릴링은 수면에서 해저면까지의 압력구배와 해저면에서 (dual gradient drilling)목표심도까지의 압력구배를 다르게 함으로써 심해드릴링이 가능하게 하는 기술임
- 이 기술의 개념은 해수면에 드릴링선이 위치하는 것이 아니라 해저면 압력상태에서 육상드릴링의 원리를 이용함
- 이중구배드릴링법을 성공적으로 확립하고 적용하면 수심의 영향을 현저히 저감하여 작은 용량의 드릴링선을 이용하여 경제적으로 심해드릴링을 할 수 있음
- 드릴링비용과 시간을 줄이는 방법으로 케이싱 드릴링이 있는데, 이 방법은 드릴링파이프를 이용하는 대신에 케이싱 자체를 드릴링파이프처럼 이용하여 드릴링하고 목표지점에 도달하면 시간지연 없이 사용한 케이싱을 설치함(이 방법은 비생산적인 손실시간을 줄여 비용을 절감하고 드릴공의 불안정성을 해결할 수 있음)

사. 방향성 드릴링 모니터링

○ 셰일가스 개발을 위해서는 수평드릴링이 필요하기 때문에, 전반적인 방향성 드릴링과 관련된 장비를 개발해야 함. 효과적인 드릴정 위치 제어 및 관리 기술 향상 등을 통해 경제적인 비용을 최소화하며, 수평정 드릴링 시 발생하는 가스를 실시간으로 분석하여 생산성을 예측하는 기술이 필요함

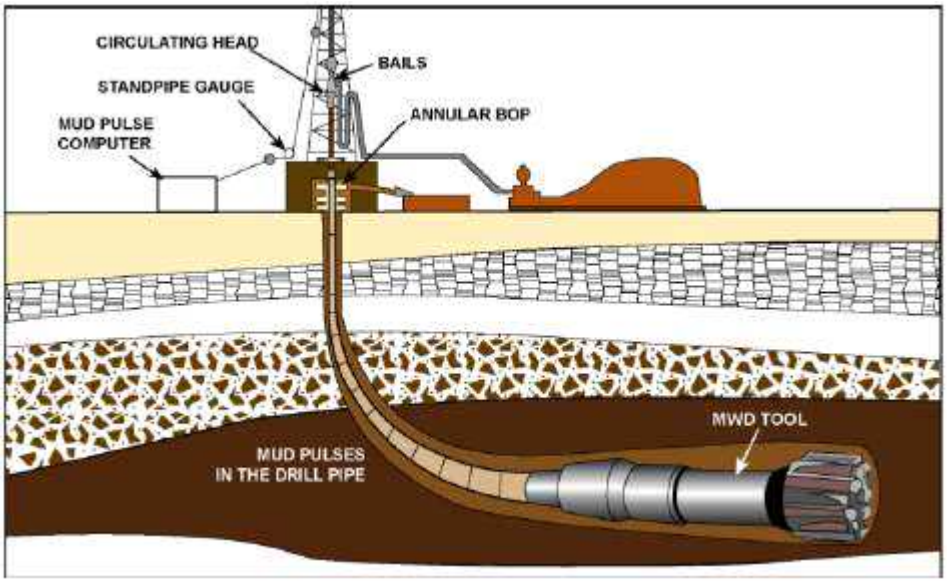


그림 2.53 실시간 드릴링위치 측정기술(MWD)을 이용한 방향성 드릴링기술

* 출처: 한현철 외, "셰일가스 지질특성화 및 생산기술 확보 방안", 한국지질자 원연구원, 2012. 10. 25.

○ 유체투과율 복구(restoring permeability)

- Pulsonic TF(tuned frequency)는 진동에 의해 압력파(pressure wave)를 생성하여 이 압력파에 의해 유정 주변의 손상(near-well bore damage)을 감소시킴으로 천공 주변의 유체투과율을 복구하거나 혹은 향상시킴

○ Miscible fluids

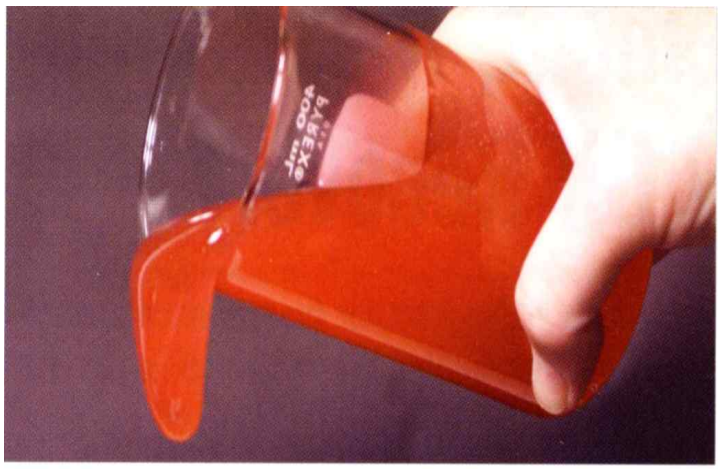
- 압력이 낮은 저류층에 수성 수압 파쇄 유체(water-based fracturing fluid)를 사용할 경우, phase trapping으로 인하여 유효 수압 파쇄 길이가 짧아지며 물에 잘 젖는 성질(water-wet nature)을 가진 저류층의 경우 영향이 증대됨

* Phase trapping: 일반적으로 가스전에서 혼합되지 않는 이상(extraneous phase)유체의 유입으로 인하여 공극 내에 가스가 빠져나가지 못하는 현상. 가스의 상대유체투과율을 떨어뜨림

- 포화도가 낮은 저류층에서 물을 사용하는 경우, 수포화도의 증가로 인하여 유체투과율을 감소시키고 가스의 흐름을 방해하며, phase trapping 및 상대 유체투과율이 유체의 흐름을 억제할 경우, 원하는 구간에서 적절한 파쇄 길이를 구현하더라도 최적 생산율에 도달할 수 없음
- MISCO2-Gas: 50 vol% gasfrac fluid와 50 vol% CO2 혼합물로서 가스정 자극을

위한 무색 청결한 탄화수소성(hydrocarbon-based) 수압 파쇄 유체로서, 135까지 안정적이며, 163까지 사용 가능하고 디젤보다 휘발성이 뛰어나 phase trapping 영향을 감소시킴

- MISCO2 frac: MISCO2-gas와 유사하나 회수속도를 높이기 위해 CO2를 50%까지 사용하는 계면활성젤 시스템으로서 더 많은 생산, 더 빠른 생산이 가능하며, 일정 프로세스를 통해 재사용 및 판매가 가능함



- MISCO$_2$ Frac service uses a CO$_2$ miscible fluid system especially suited for low-pressure and/or water-sensitive gas reservoirs.



Versa-Set Packer

○ 생산성과 회수율 증진을 위하여 지층 손상에 의해 감소된 유체투과율을 향상시키기 위한 Pulsonic TF, 수성 수압 파쇄 유체(water-based fracturing fluid)의 단점을 보완한 MISCO2 유체 등, 다양한 장비들이 개발되고 있음

○ 실시간 인공균열 모니터링 시스템

- 미소진동 모니터링 방법은 1970 ~ 1980년대에 지열 현장에서 수압파쇄에 의해 생성된 균열망들을 영상화하는 방법으로 처음 사용되었으며, 석유업계에서는 1976년 이후 EOR 시 수압파쇄에 의해 발생하는 균열들의 모니터링 방법으로 널리 사용되어 옴
- 최근 수압파쇄를 이용한 셰일·치밀 가스전 생산·개발 시 생성된 균열대의 위치 및 성장에 대한 가장 대표적인 모니터링 방법으로 활발한 연구와 현장적용이 이루어지고 있음
- 현장에서 수압파쇄 시 미소진동 이벤트들을 이용하여 균열대의 위치를 자동으로 실시간에 가깝게 찾는 여러 기법들이 연구되고 있음
- 송신원 특성분석을 통하여 단층면의 방향과 경사 등의 정보를 추출하는 연구가 활발히 이루어지고 있음

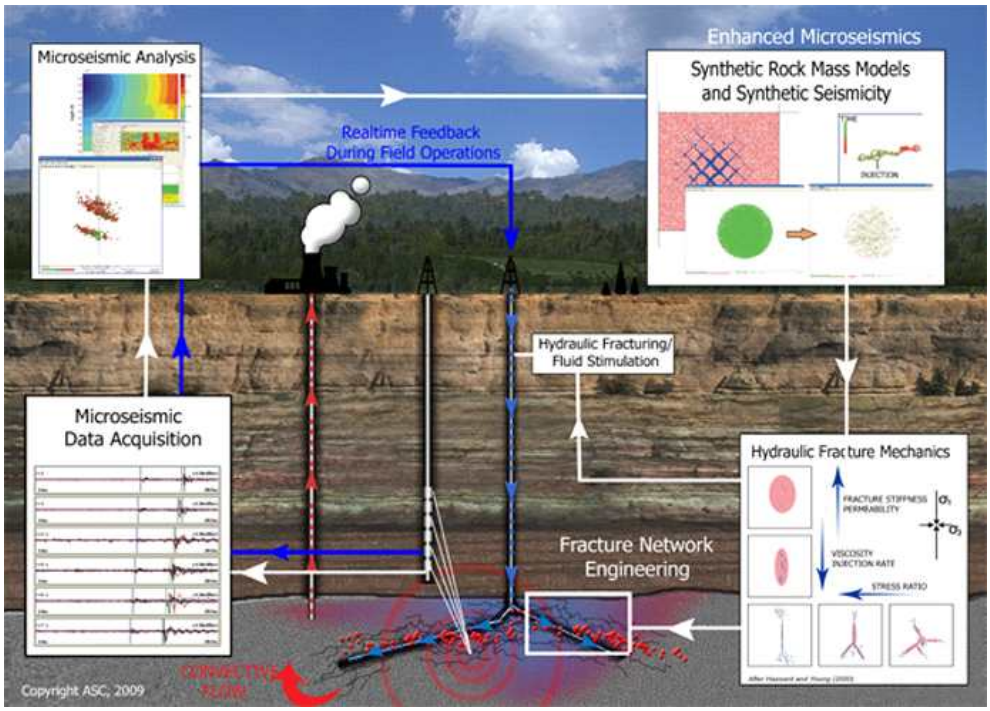


그림 2.54 미소진동 자료 획득 및 모니터링

○ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템

- 드릴링 작업 중 이수의 순환은 실시간 및 연속적으로 모니터링 되면서 드릴링 작업에 문제가 없는지를 계속해서 확인하여야 함. 최근에는 비용 및 시간 절감과 환경 보전에 대한 관심이 더욱 커지면서 이 부분에 대한 기술 개발이 지속적으로 진행되고 있음
- 이수 순환 모니터링 및 제어시스템은 이수 손실 감시 및 제어, shale stability, 드릴공 내 압력 제어, 윤활 등의 기능을 담당하는 역할을 하며 이를 위해서 필요한 데이터를 수집하기 위한 각종 센서와 데이터 수집 및 분석 장비, 분석 데이터를 수치 및 그래픽으로 나타내는 모니터링 시스템 등으로 구성됨
- 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 개발 및 운용기술 확보는 드릴링 실증기술 확보를 위해서 반드시 자체 개발되어야 하는 기술임
- 또한 최근에는 이수 펌프를 포함해서 드릴링 리그에 대해서도 각종 센서를 이용해서 고장을 진단(diagnosis) 및 모니터링 할 수 있는 시스템 구축이 병행되고 있음. 따라서 본 다목적 드릴 리그에도 이 기술이 탑재되어 리그의 유지보수 및 운용 가용도 개선에 활용하는 것이 바람직한 것으로 판단됨

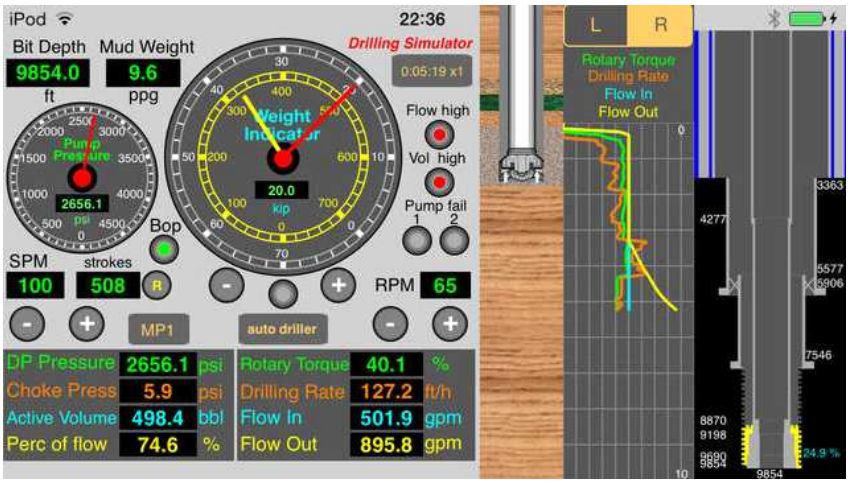


그림 2.55 Drilling monitoring and control system (simulator)

○ MH DrillView overview

- 드로워크스, 머드 펌프, 시멘팅 유닛, 머드 로거, 머드 제어 및 BOP 등은 DCMS에서 통합할 수 있으며, DCC에서 모니터링/제어 될 수 있음. MH DrillView 시스템은 자동화의 수준을 수용할 수 있음
- configurable automatic drilling system (CADS)는 효율성과 안전성을 가지고 사용자 친화적이며, 우수한 제어 시스템을 생성하기 위해 개발됨 (Aker Solutions)
- MH DrillView/CADS 시스템은 터치 스크린 및 최첨단 컴퓨터 시스템에 기초함

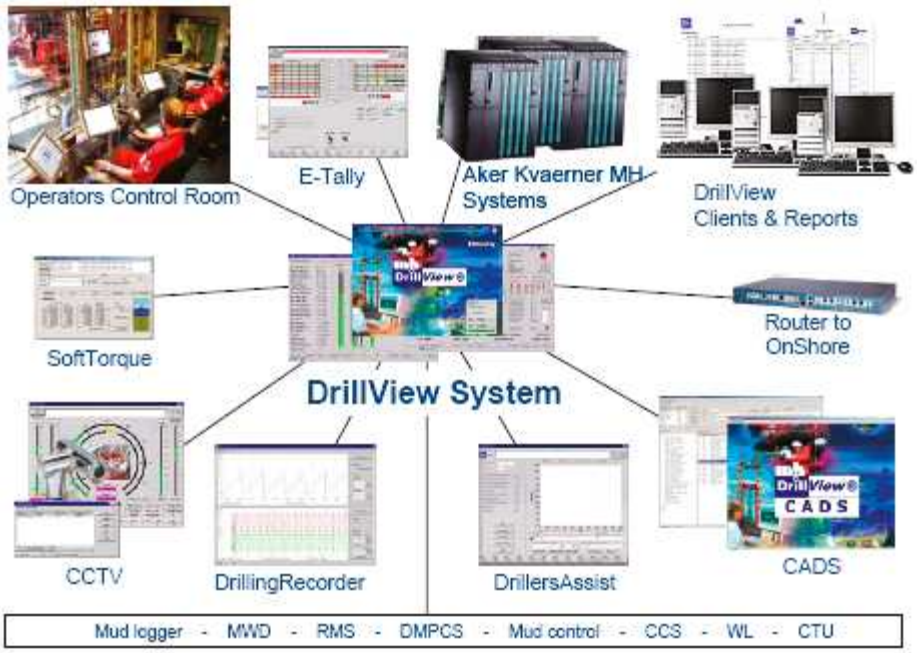


그림 2.56 MH DrillView overview

※ 출처: Aker Solutions, Drilling technologies

아. 방향성드릴링 시뮬레이션

○ 유가스정 (well) 제어 훈련 시뮬레이터

- 드릴공 제어 시뮬레이터는 드릴공 내 압력, 온도 및 기타 조건들을 모사하는 드릴공 (downhole) 모델과 이들 데이터를 지상으로 피드백하고 모니터링하는 시스템을 포함한다. 대부분의 드릴공 제어 훈련 시나리오는 이 시스템을 이용하여 생성될 수 있음
- 보다 복잡한 드릴공 제어 모사를 위해서는 고급 드릴공 모듈이 적용되는데 이 모듈은 유동학 (rheology) 모델, 압력 계산, 드릴 절삭물 이송, 필터 케이크 생성을 모사함
- 드릴공 데이터는 LWD나 MWD 기법을 통해 지상으로 전달된다. 필터 케이크 생성 모델은 이수 성질, 유량 그리고 보어 홀 주변 공극성과 투과성을 반영하며, 암반 절삭물 이송 모델은 암반 절삭물 크기, 구형도(球形度), 밀도, 이수 유동성 특성치를 반영하며 이 모든 변수들을 고려하여 이수 제어 시스템이 조정됨
- 다차원 훈련에 필요한 특징들을 제공하는데 필요한 드릴정 단면도 전체를 모사할 수 있으며, 드릴 스트링 동역학 모델의 경우 특히 드릴 스트링의 whirling, vibration, twist, torsional stick slip, bit bouncing 등의 효과를 실제와 유사하게 반영해야 함
- 시뮬레이터는 또한 드릴링 운전변수들인 드릴링속도, 이수 누설율 등에 영향을 미치는 암반 경도, 공극성, 투과성 그리고 생성 압력 프로파일 등을 필요시마다 변경할 수 있어야 함

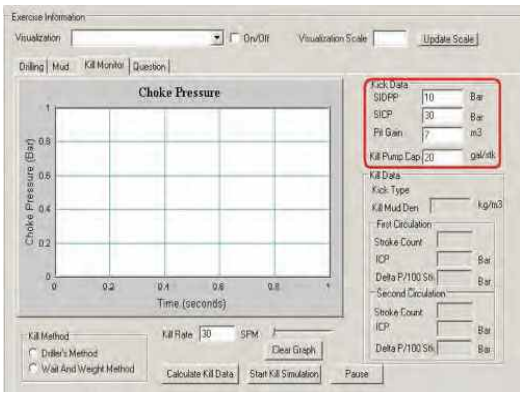


그림 2.57 Well control parameter setting screen

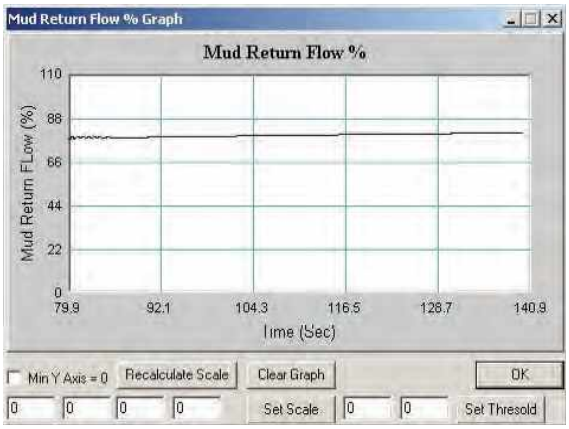
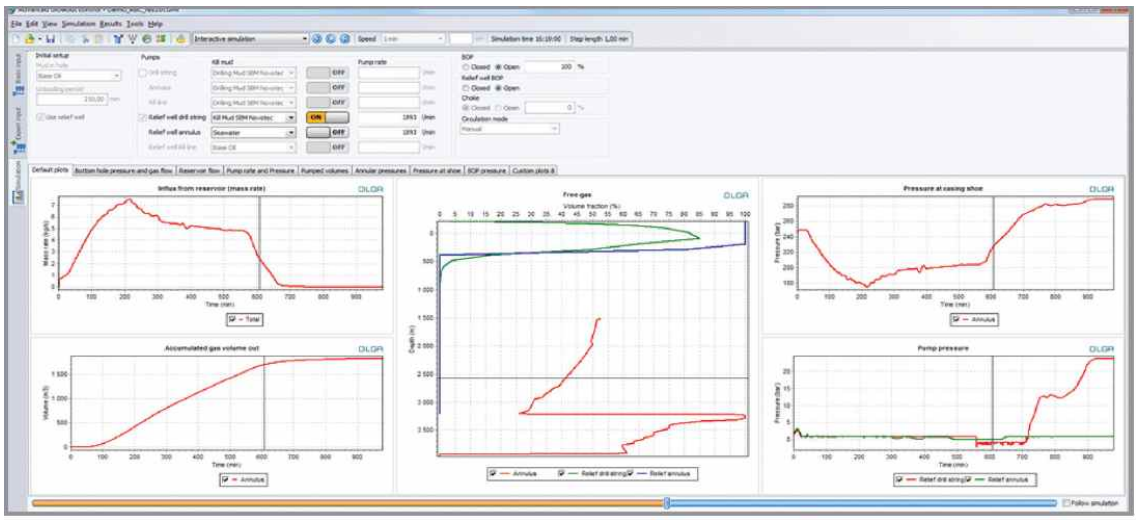


그림 2.58 Mud return flow monitoring

○ Model blowout scenarios

- Drillbench Blowout 제어 툴은 지상과 지하의 blowout을 포함한 다양한 범위의 Blowout 시나리오 및 관련제어 옵션까지 모사할 수 있음
- Blowout 제어는 최악의 방출유량과 전체 방출량, 그리고 드릴정 정지에 필요한 kill mud 양도 제공함

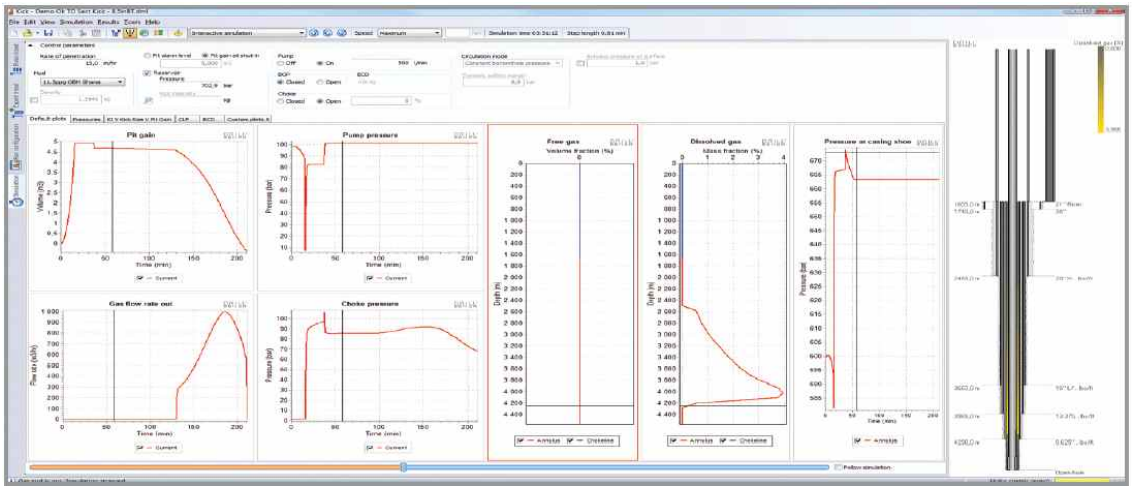


○ Drillbench Dynamic Well Control

- kick을 최적으로 다루기 위해서는 드릴정 제어 사고 중 물리적 과정을 이해할 필요가 있으며, 미세공 (pore)압력과 암반파쇄 압력간의 차이가 매우 작아서 드릴링이 용이하지 않은 드릴정들이 합리적인 kick tolerance 를 갖으면서 목표 지점에 도달할 수 있기 위해서는 다상 동적 모델이 필요함
- Kick 발생 중에 infux는 많은 경우에 머드와 상호작용하여 버블 포인트에 도달할 때까지 머드의 오일성분에 완전히 용해되며, 이 단계에서 influx는 오일 성분 밖으로 급격히 끓어오르고 팽창하기 시작함
- 물과 혼합된 머드의 경우, influx는 용해되지 않고 드릴정에 들어가자마자 팽창하기 시작함
- 자주 사용되는 단일 버블 모델은 이러한 동적 과정을 모사할 수 없어 압력 여유가 부족한 드릴정의 경우 종종 비현실적인 결과를 도출함
- 동적 드릴정 제어 모델은 이 모든 문제점에 답하여 성공적인 드릴정 제어가 가능하게 해야 함. Schulumberger 의 경우 25년에 걸친 R&D를 통해 이 모델을 개발

해 왔으며 시뮬레이터의 핵심기술임

* 비정상 다상 모델은 이러한 과정을 모사하고 다음을 포함한 중요한 정보를 제공함
* 드릴정 밖으로 안전하게 배출될 수 있는 kick의 크기
* 지상 도달시간
* 지상에서의 최대 가스 유동율
* 지상장비가 드릴정 유량을 다루기에 충분히 큰 용량인지의 결정
* 드릴정에서 자유 가스가 형성되는 깊이



○ Drillbench kick

- 석유산업에서 프로젝트는 보다 깊은 유정, 보다 높은 온도 및 압력으로 향하고 있으며, 이러한 작업 중에 원하지 않은 사고를 예견할 수 있는 것이 더욱 중요해짐
- 유정 계획단계에서 시뮬레이터를 사용할 때, 서로 다른 시나리오를 분석하고 평가함으로써 원하지 않은 유정 상황을 제거하는데 도움이 될 수 있음
- Drillbench의 동적 유정제어 응용 프로그램은 의사결정 지원 및 위험 평가를 위한 엔지니어링의 유일한 도구인데, 이 소프트웨어는 다중 흐름 모델링, 실험실 및 풀 스케일 실험 및 광범위한 검증의 R&D 활동을 기반으로 함
- 시뮬레이터는 유정에서 flow process를 시뮬레이션 하는 고급 수학적 모델을 사용함

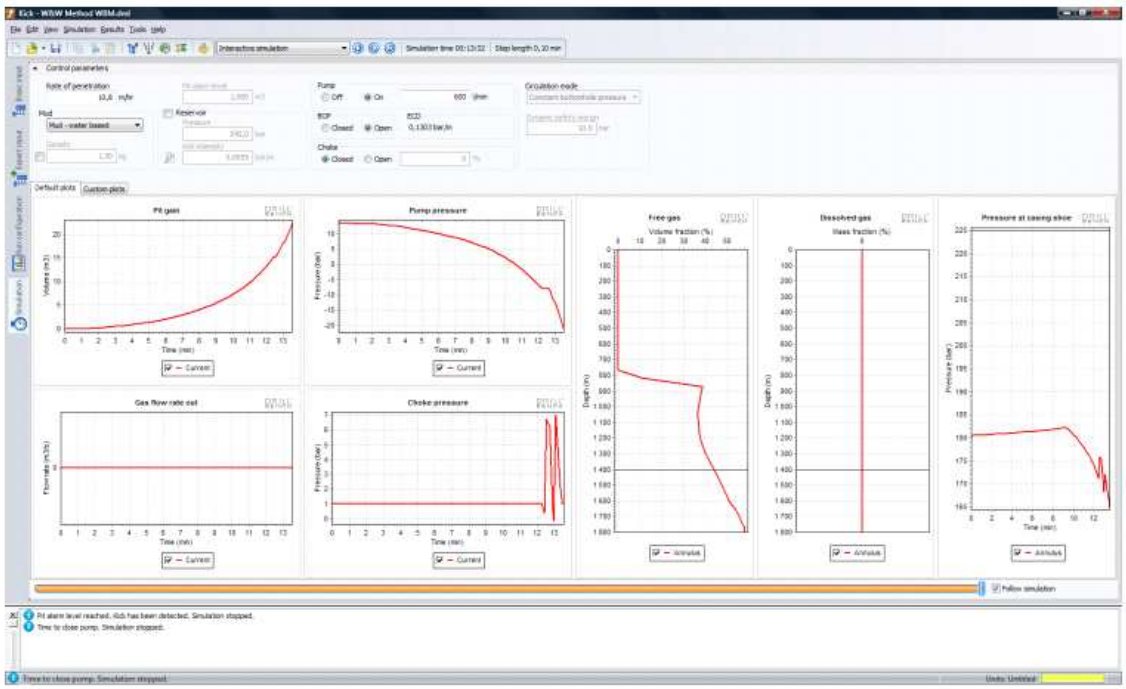


그림 2.59 User simulation interface, Kick module, (SPT Group, 2012)

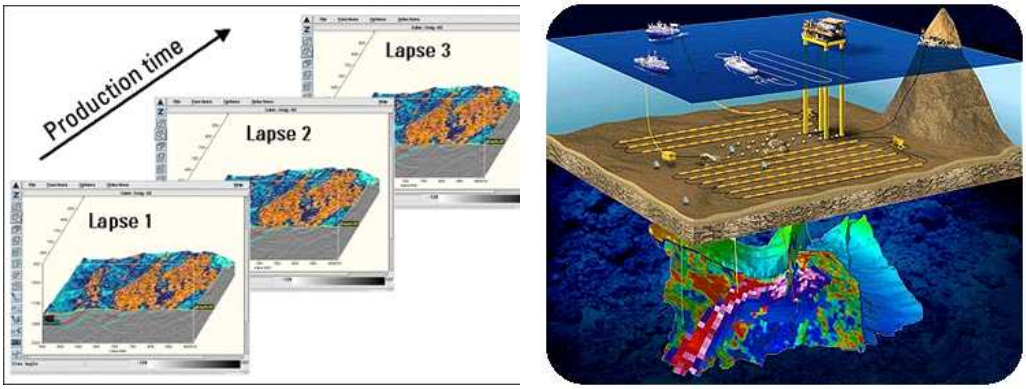
자. 드릴링 지반탐사

○ 탄성파 탐사는 최근에는 4D(4D seismic) 기법이 보다 효율적인 탄화수소 생산, 이산화탄소지중저장 등을 위해 도입되고 있음

- 4D 탄성파 탐사는 유전 등에서 탄화수소 생산에 따른 유체의 분포 변화 등을 파악하기 위해, 시간 경과 3차원 탄성파 탐사를 수행하는 것으로 유전이나 가스전에서 회수율 증대, 관리 등에 활용하고 있음
- 다채널 육상 탄성파 탐사의 경우 3성분(3축)측정, 해상의 경우 3성분 혹은 압력을 포함한 4성분 측정이 미래 동향임

○ 지반 탐사기술은 기존 음파를 이용하여 2차원, 3차원 지반 탐사기술을 활용하였으나 최근에는 4D(4D seismic), 4C(4C seismic)기법이 도입되고 있음

- 4D는 유전에서 유체의 이동이나 압력변화를 일정 시간간격으로 모니터링, 매핑하는 기법으로 유전이나 가스전의 탐사, 계획 및 설계, 회수율 증대, 관리 등에 활용하고 있음
- 4C기법은 기존의 P파뿐만 아니라 전단 또는 수평 S파를 모니터링하여 지반구조나 암반형성, 유체 물성 등에 관한 핵심적인 특징을 보다 명확하게 이미지화할 수 있음



(a) 4D Seismic(WesternGeco) (b) 4C Seismic(CGGVeritas)

그림 2.60 해저탐사기술 예시

○ 첨단기술을 이용하여 천연가스전 아래에 위치한 아주 얇은 석유층을 추출하는 기술이 실현되었으며, 두께가 약 12 m 정도인 석유층 상부에 근접해 있는 경계선과 석유층 아래의 대수층에 평행하는 미미한 경계선 등을 분석하는 수준에 도달하고 있음

○ 유전까지 직접 투입되는 고해상도의 카메라, 광섬유를 이용한 온도 및 압력센서, 첨단유입통제기술 등은 이미 생산수율과 회수율을 비약적으로 향상시키고 비용 절감에 효과적으로 작용하고 있음

○ 현재 석탄층메탄가스(Coal Bed Methane, CBM) 조사 및 생산을 위한 각종 기술은 주로 미국의 가스연구소(Gas Technology Institute, GTI)와 DOE에 의해서 개발되었음

○ 인공균열 생성없이 메탄을 생산할 수 있는 수평드릴링기술과 메탄생산 증진을 위한 인공균열 생성기술인 다단 파쇄기술과 탄층내 가스량, 가스흡수능력, 투수성, 압력, 저류층 형상, 탄층의 화학적 특성을 반영한 CBM 저류층 모델링 기술임

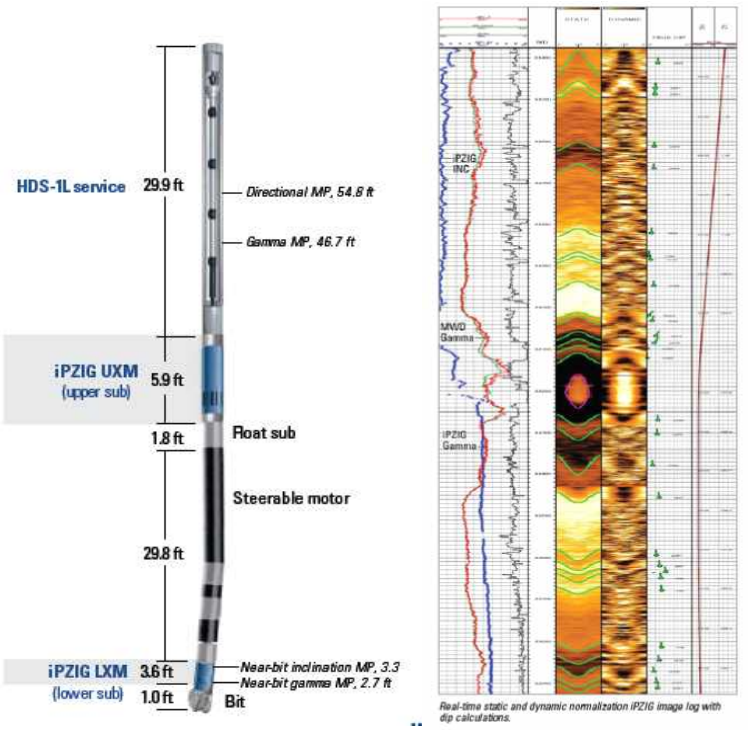


그림 2.61 실시간 이미지 로깅 시스템과 측정결과예시

○ 미국과 캐나다에서는 실시간 방향성 드릴링을 용이하게 하는 코일튜빙 드릴링시스템(Coil Tubing Drilling, CTD)기술이 활발히 적용되어 전통적 드릴링기법보다 4배 이상의 굴진율을 얻는 등 현재 안정화 단계에 있음

- 방향성 드릴링을 용이하게 하는 RSS(Rotary Steerable System), 드릴공 내부의 정보를 지상에 실시간으로 전달하는 MWD(Measurement While Drilling), 드릴링 시 유체유입을 일정부분 허용하면서 굴진율을 높이는 중저압드릴링(Under Balanced Drilling, UBD) 기술 등
- 환경오염에 대한 가능성을 차단하고자 드릴공 개발 기술의 필요성이 증대하고 있고, 셰일 층 파괴 등으로 인한 지진 가능성은 실시간 탐지 및 모니터링 기술 강화로 대처가 가능함 (The Economist '12.6.2)

○ 세계 메이저사들과 XTO, EOG, Chesapeake 등 미국 내 중견 기업들의 종합적인 자료해석으로 드릴링위치 선정과 Optimized Well spacing, 신석유·가스 자원 드릴링/완결 기법들의 진전이 이루어짐

○ 미국 텍사스 바넷셰일 지역에서 활발히 활동하고 있는 EOG, Pioneer Natural Resources 등은 유정 간 수압파쇄에 의한 균열의 연결성을 증가 시키는 Combo Play 기술을 보유하고 있음

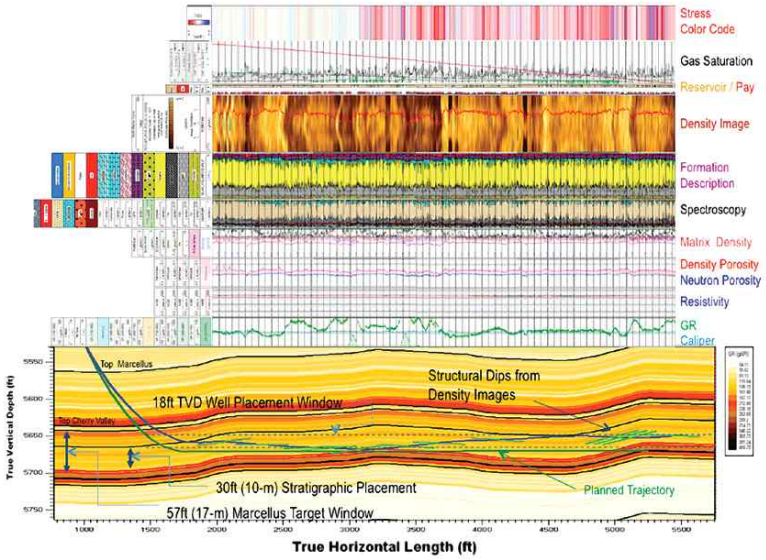


그림 2.62 A full suite of EcoScope and sonicVISION measurements shows vertical and lateral changes along the wellbore, with the density images confirming structural dip.

○ 수압파쇄(hydraulic fracturing) 또는 수리자극(hydraulic stimulation)을 통한 저류층 균열 네트워크형성 메커니즘을 수학적으로 모사하여 균열의 형성을 시각적으로 예측하고, 예측된 내용을 정보화하여 성능을 평가할 수 있는 기술

○ 지하 지질구조를 바탕으로 수치정보모델을 구조화하고, 저류층 균열메커니즘을 바탕으로 유체주입조건에 따른 예측 균열형상을 모사하며, 분석 결과에 대한 가치를 평가할 수 있는 기술로 구분됨

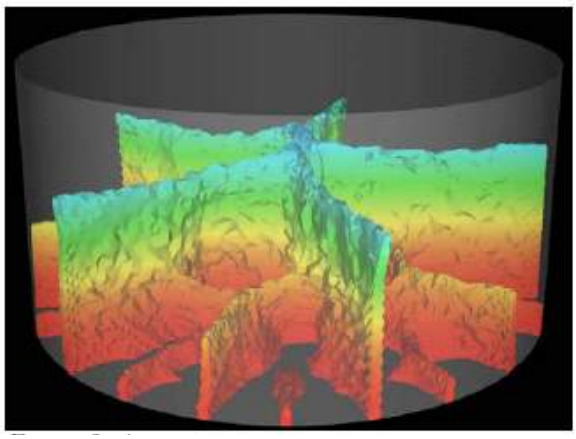


그림 2.63 3D version of the experiment above highlights the potential complexity of crack patterns 3D, and the challenge in devising a suitable fracture model and numerical implementation (Blaise et al, 2011)

○ 수압파쇄의 수행에 따른 균열네트워크의 방향 및 형상을 감지하기 위한 미소진동 모니터링 기술 및 모니터링 결과에 따른 프로젝트의 총 예상 비용 및 공기를 예측하여 효율적 시공관리를 수행하기 위한 EVMS(Earned Value Management System)를 개발함

○ 드릴링시점으로부터 비파괴적 복합 물리탐사방식을 통하여 지반의 구조 및 물성을 측정(Measurement)-분석(Analysis)-평가(Interpretation)하는 정보 프로세싱(수집, 분석, 처리) 유닛(DCU) 설비

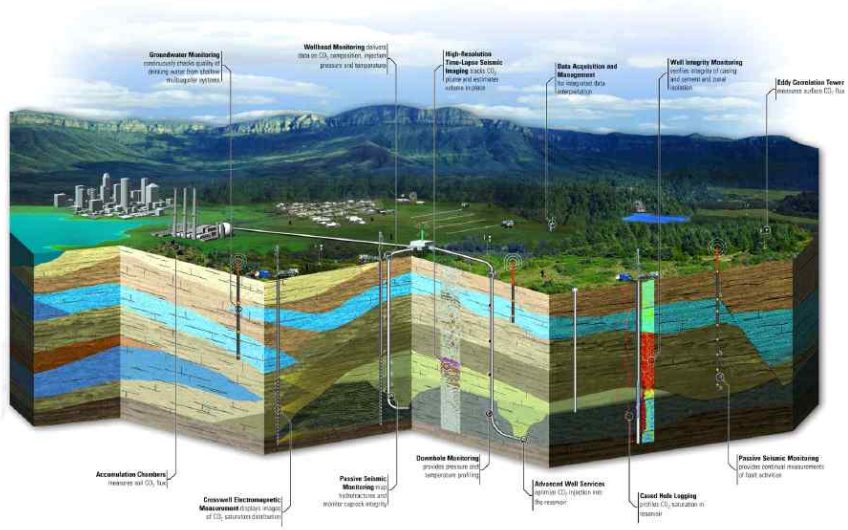
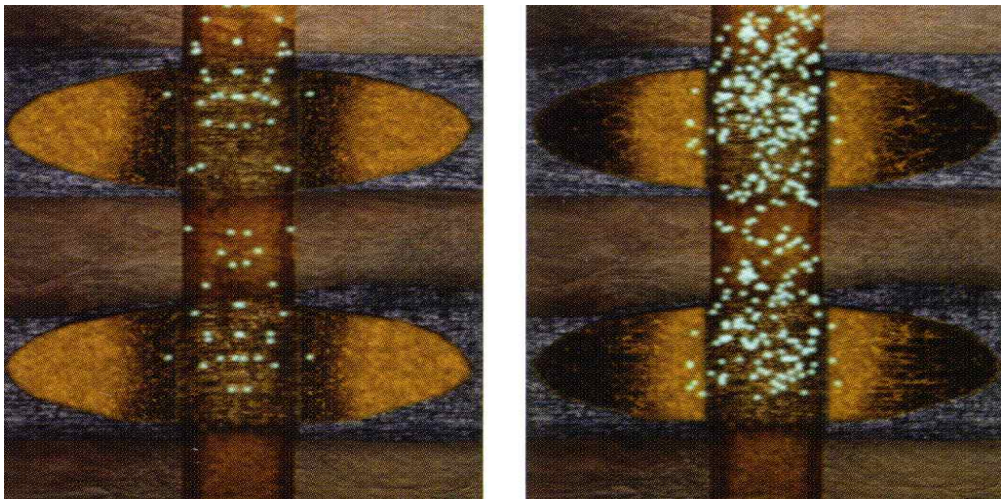


그림 2.64 드릴링 환경 개요도 (“신가스 기술개발 전략”, 2012.)

○ CoalStim : 석탄층 메탄용 파쇄 기술

- 헬리버튼사에서 개발한 CoalStim 은 석탄층메탄 생산성을 증대시키기 위한 프로세스임. 주입초기에는 드릴공을 막고 있는 덩어리와 유체유동의 저해요소들을 제거시킴.주입 후에는 시간이 지남에 따라 화학적 프로세스에 의해 석탄층 표면의 접착성을 증대시켜 저류층 안정화와 프로판트의 지지력을 증대시킴.
- 유정으로부터 석탄층 조각 및 유정을 막고 있는 물질들을 제거하며, 유체 투과율 증대 및 막힘 (plugging) 현상을 방지. 접착성의 증대로 인해 석탄층의 결합강도를 증대시킴



차. 비개착식 수평 드릴링 시스템

○ 비개착 시공을 위한 수평 방향성 드릴링기술

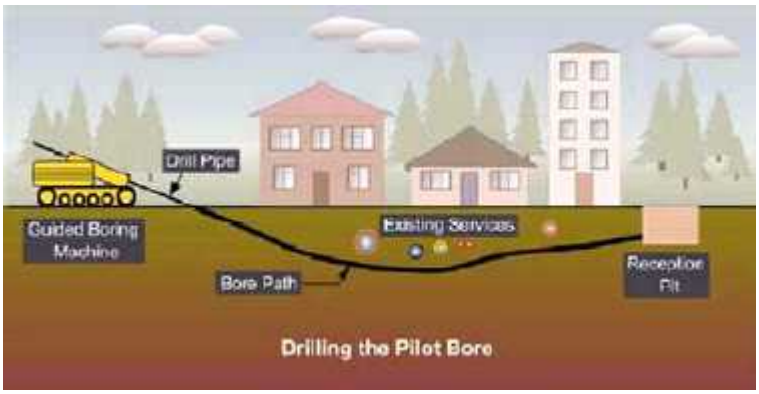
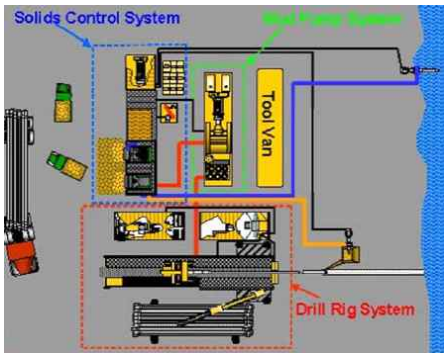


그림 2.65 비개착식 파이프라인 지하시공

- 방향성 드릴링(directional drilling)란 지하의 목표 지점에 도달하기 위하여 의도적으로 수직이 아닌 궤도로 드릴링하는 기법으로, 방향성 드릴링시스템은 일반적인 드릴링시스템에 방향제어장비가 탑재된 시스템임. 방향성 드릴링을 이용하면 한 위치에서 여러 개의 드릴공을 드릴링하므로 개발이 용이하고 비용을 절감하수 있으며 최근에는 셰일가스 개발에 많이 적용되고 있음
- 또한 수평 방향성 드릴링(horizontal directional drilling, HDD)는 극한지 개발, 대심도 활용도 증대 및 각종 파이프라인 지하시공 증가 등으로 수직·경사·수평 방향제어가 가능한 드릴링 기법임



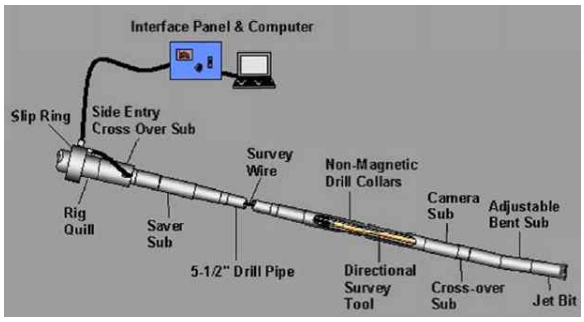


그림 2.66 방향성 드릴링 시스템 (HDD Spread Layout, 방향제어기(BHA))

* 출처: Evaluation of HDD, 2011.11, Illinois Center for Transportation)

- 비개착 건설 기술은 터널을 건설하거나 통신케이블, 전력케이블, 도시가스관, 상하수도관 등을 설치하는 경우 교통체증이나 소음공해, 분진 등을 피하기 위해 독일, 캐나다, 일본 등의 선진국을 중심으로 많이 적용되고 있는 추세임

* 기계화 터널시공 분야는 Herrenckecht, Robbins, Lovat, Kawasaki 등이 대형 TBM장비 분야 업체들이 선진화된 기술을 보유하고 있으며, 본 기술과 연관성이 다소 있는 Micro-Tunneling은 주로 Iseki, RASA 등의 일본지역 업체들이 Semi-Shield 공법으로 기술적인 우위와 함께 시장을 리드하고 있음

- 그림은 비개착 공법에 사용되는 시스템의 구성과 핵심 부분인 방향제어기부분(bottom hole assembly)을 보여주고 있음. 시스템은 크게 드릴링 리그, 입자 제어 시스템 및 이수펌로 구성되어 셰일가스 등의 개발을 위한 방향성 드릴링시스템과 매우 유사함



Horizontal directional drilling　　Horizontal thrust boring

* 출처: Hydrothec Eng. NDRD Division

- 미국의 경우 현재 비개착 기술은 효율적이고, 안전하며, 경제성 있는 공법으로 저수지나 고속도로의 지하를 굴착하는데 있어 직경 2 ~ 48 인치로 600

* 피트까지 시공이 가능한 것으로 알려져 있음. 대표적인 공법으로는 Horizontal directional drilling과 Horizontal thrust boring이 있음

* Horizontal directional drilling은 비개착식 공법에서 가장 진보된 기술로 직경 32 ~ 1,000 mm의 DHPE 파이프를 8 ~ 500 m까지 매설할 수 있음
* Horizontal thrust boring은 Horizontal directional drilling에 비해 비교적 큰 직경의 관 매설에 사용되며 주로 수도관과 가스관 및 오수관 등의 설치에 이상적임

○ HDD 공법을 활용한 장거리 관로 매설 기술

- 공사기간과 비용을 절감하기 위한 수평 방향성 굴착공법이 파이프라인 시공을 대상으로 효과적으로 활용되고 있음
- 도심지 및 지장물 구간에서 효과적으로 활용되는 수평 방향성 드릴링 굴착 공법(HDD)의 시공 성능 및 적용성 향상을 위한 장거리 시스템 개발 기술

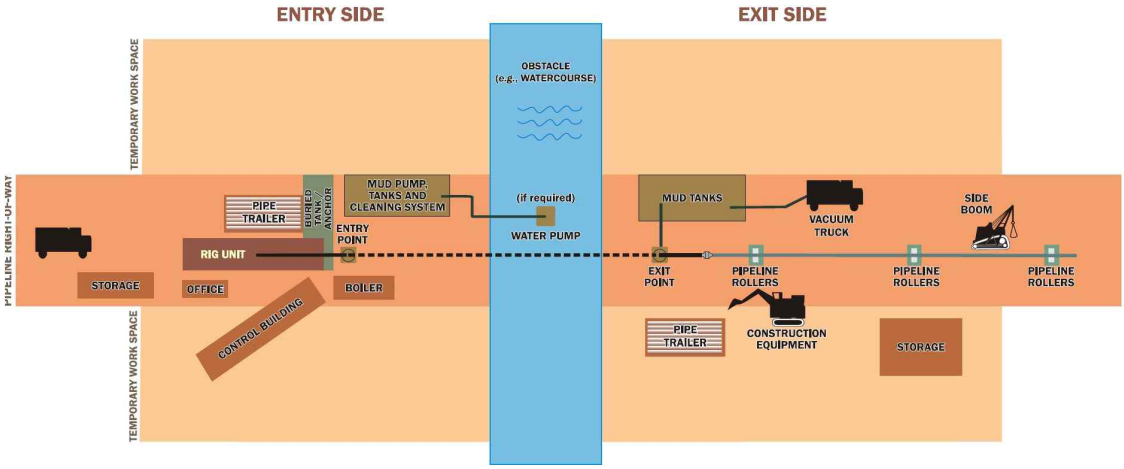


그림 2.67 파이프라인 건설을 위한 방향성 드릴링 공법 시공 개요도

○ 다목적 장거리방향성 굴착 전후중 지반 특성 변화 평가 기술 개발기술

- 다목적 장거리 비개착 방향성 드릴 굴착시(진동 및 확공 과정) 발생하는 주변 지반 이완 및 수축에 따른 지반 특성 변화의 합리적인 예측(굴착중 위치 및 지반정보 변화에 대한 실시간 평가 포함) 시스템 개발
- 다양한 다목적 장거리 비개착 방향성 드릴 굴착에 있어 굴착 방법, 직경, 각도, 깊이, 길이에 따라 주변 상부 구조물 및 터널구조물에 추가적으로 작용하는 하중 및 변형 분석 기법 개발



그림 2.68 방향성 드릴 굴착 직경 및 용량이 다른 다양한 장비 사진

* 출처: Vilfrant 2010

○ 비개착식 장거리 파이프라인 시공기술

- 육지와 섬 간의 lifeline 구축을 위한 해저 드릴링 및 굴착이 어려운 도심지의 드릴링을 위한 수평방향성 드릴링을 위한 장거리 파이프 연결구 시공에 관한 기술
- 에너지관, 상수도관, 전력/통신구 등 장거리 수송 파이프 라인의 연결구 시공에 관한 기술로 고압 수송 혹은 파이프라인 안전성을 고려하여 고강도 소재를 적용한 연결구 기술을 확보함
- 극한환경에서 사용이 용이하고 우수한 연결구 성능확보를 위하여 용접선 추적에 의한 자동용접기술 및 신용접방법을 적용한 장거리파이프연결구 고속시공기술을 확보함

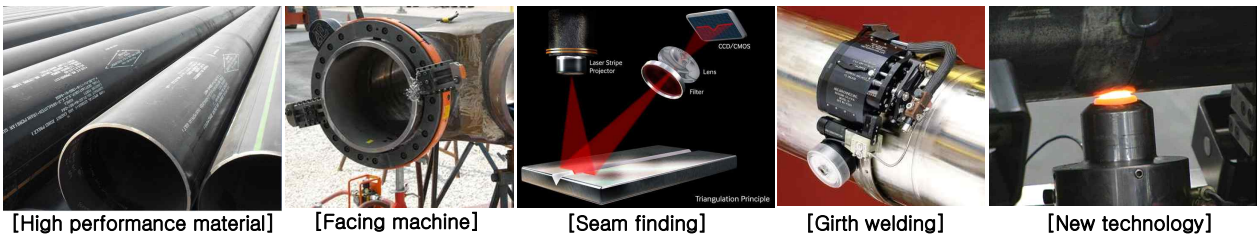


그림 2.69 미래형 장거리 파이프 연결구 시공 기술 구성

* 출처: Seah, fabricator.com, IndustrialSolutionsandInnovation, AMI, www.msm.cam.ac.uk

○ Magentic ranging 기술

- 전통적인 HDD는 단방향 드릴링임, 하나의 굴착 장비로 설계 트랙에 따라 입구에서 출구 지점까지 목표로 함
- 교차 기술은 입구에서 출구까지 각각 두 굴착 장비를 이용하여 달성함, 그 다음 두 드릴 비트는 전체 트랙을 완성할 교차 영역에서 만남
- 교차될 때 출구 지점 굴착 장비는 굴착 홀 밖으로 파이프가 나오게 함, 입구 굴착 장비는 설계된 굴착 홀을 완료하기 위해 출구 지점까지 계속 진행함
- 현재 교차점은 보통 magnetic ranging 기술을 이용하여 달성됨, 영구 자석은 비트 중 하나에 조립됨, 상대적인 위치를 얻기 위해 다른 측정 시스템은 자기 유도 강도를 감지함
- 자기장에 대한 모델 분석과 ranging에 대한 상대적 위치의 새로운 방법으로 곡선 맞춤을 통해 위치 매개변수를 결정, 실험 결과를 통해 고정밀의 드릴링을 입증함

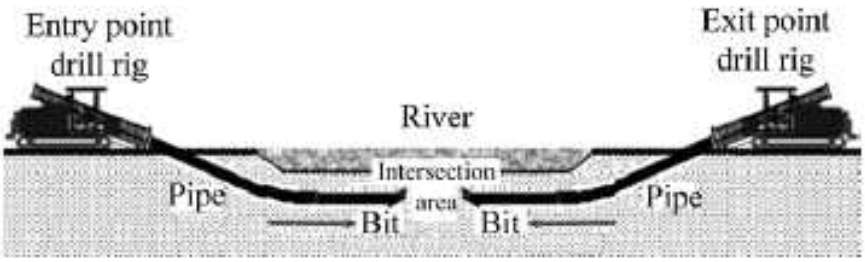


그림 2.70 장거리 HDD

* 출처 : Sensors and Actuators, 2011

○ 비개착식 장거리 파이프라인 시공을 위한 지반탐사기술

- 안정적인 지중 Life Line 관리 플랫폼 구축을 위하여 지반의 진동 세기, 파이프라인의 균열 상태, 구조물의 설치 기울기 상태, 파이프라인의 수압/기압 측정 등을 평가할 수 있는 계측 시스템 개발[계측시스템]
- 파이프라인내 진동계, 균열계, 경사계, 압력계, 간극수압계, 광학센서 등을 이용한 고정밀 실시간 누수/파쇄/탐지 센싱등 내외부 탐지 방식 기술 개발[센싱시스템]
- 자기장 통신등 난환경 (지중, 수중 등)에서 적합한 통신기술을 활용하여 센싱 데이터 (진동, 압력, 유량 등)를 집적하는(aggregation) 데이터 집중장치 (DCU) 시스템 개발[수집기술]
- DCU와 LDS(Leak Detection System)간 PLMN(Public Land Mobile Network)기술의 통신망연동 Telemetry 기술[통신기술]
- LDS(Leaking Detection System) 데이터분석 및 누수/파쇄 위치 실시간 정밀 예측 기술[분석기술]

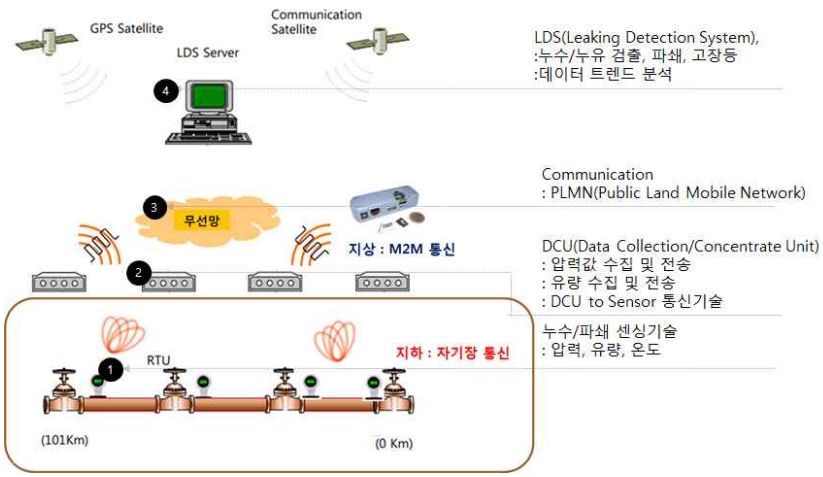


그림 2.71 누수 파쇄 추적 구조도

○ 굴착 후 지반의 이완(침하 유발) 또는 확공으로 인한 지반의 융기 등에 관한 수치해석적인 연구가 수행되고 있으며, 이는 표층의 변형에 대한 해석에 그치고 있으며 깊이별로 지반이 어떻게 변화했는지에 대한 고찰이 부족한 실정

- 굴착 위치에서 조사탐침센서와 표층에서 자기장을 측정하여 굴착위치를 추적하는 기술에 사용되고 있지만, 주변 지반의 특성 평가 및 변화 평가에 대한 정보를 제공하지 못하고 있음(미국 L-3 Communications사의 TruTracker System은 굴착

위치정보만 제공함)

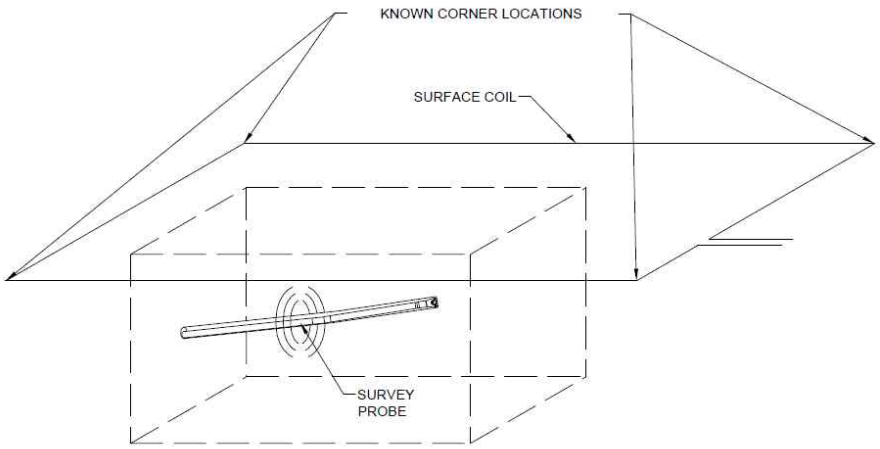
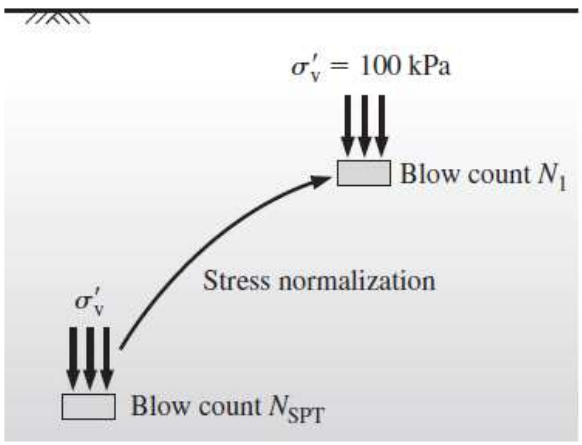


그림 2.72 Trutracker 모니터링 시스템 원리
* 출처 : www.gyrodata.com

○ 방향성 굴착은 개착 굴착과 같이 공정이 복잡하지 않아서 친환경 기술로 주목 받고 있으며, 석유 드릴링 또는 석탄 채굴 시에 굴착 위치에서의 조사탐침센서와 표층에서 자기장을 측정하여 굴착위치를 추적함

○ In-situ 시험을 수행할 경우, 물질 상태 자체를 평가하기 위해서는 깊이에 따른 응력 효과를 제거해야 함. 따라서 이에 대한 보정을 하고 있는데, 이에 대한 구체적인 이론적 경험적 고찰이 필요함



$$\frac{D_R}{100\%} = \sqrt{\frac{N_{60}}{A + BC\dfrac{\sigma'_v}{p_A}}}$$

그림 2.73 In-situ 시험을 통한 구속 응력에 대한 효과를 제거 및 물성치 평가
*출처: Salgado 2008

○ 얕은 지반에서의 응력 이완이나 다짐 등으로 인한 지반 변화를 평가하기 위해서는 콘관입시험이 효과적이고 정확한 방법으로 인정받고 있음

- 콘관입저항력을 측정하여 사질토의 상대밀도 변화등을 평가하고 점성토의 경우 과압밀비를 예측할 수 있으며, 이 외 다른 지반 특성을 평가하기 위하여 효율적이고 표준화된 새로운 하이브리드 장비가 필요함

○ 방향성 드릴 배관 안전성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사 기술개발

- 방향성 드릴에 의해 굴착되고 매몰된 지중 배관 구조물의 안전성을 확보하기 위한 실시간 온라인 배관 모니터링 시스템 개발
- 지중 배관에서 발생 가능한 부식, 침식, 배관 연결부 손상 등의 다중 복합 손상을 검출하기 위한 다종 센싱 기술 및 이를 통합한 시스템을 구축함

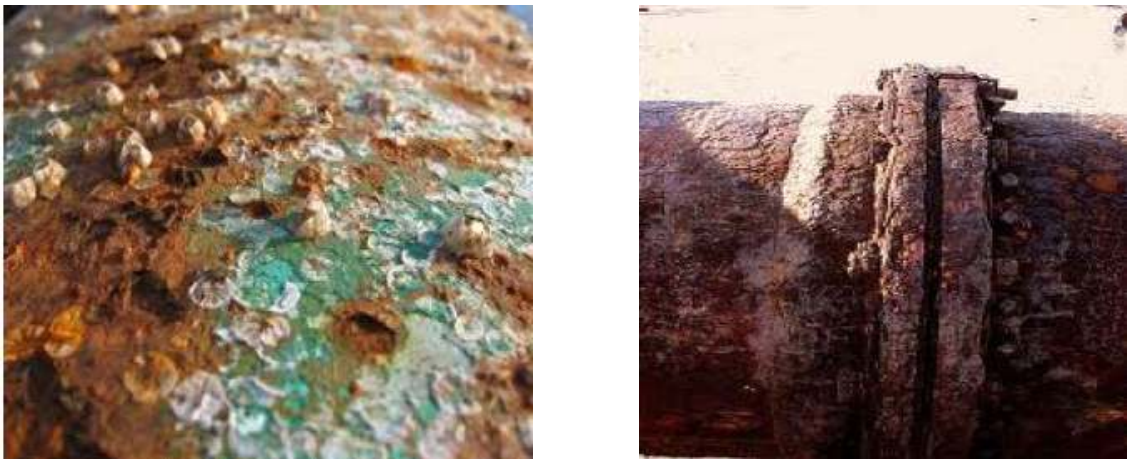
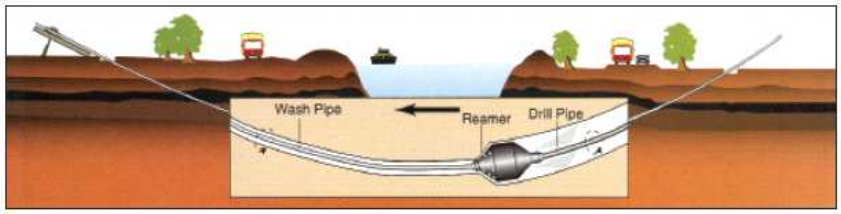


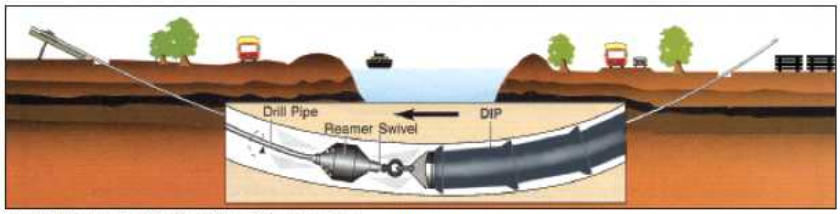
그림 2.74 부식으로 인한 구조물 손상 및 손상된 배관
* 출처: 한국비파괴검사협회, 2012

○ 해저용 및 도심지 수평방향성 드릴시스템 개발

- 개착 공법을 적용하기 어려운 해저 및 도심지에서의 관로 매설을 위한 수평 방향성 드릴시스템(horizontal directional drilling, HDD) 개발
- 사회적 비용 절감 및 안정성이 증대된 수평 방향성 드릴시스템 개발



PRE-REAMING



Schematics are courtesy of the Directional Crossing Contractors Association PULL-BACK

* 출처 : http://international.iteem.ec-lille.fr

○ 지반오염 및 특수환경 지반에서의 HDD 토모그래피 기술

- 천부지역의 오염 및 특수환경 지역의 지층 특성을 고분해능화 하기 위하여 수평 방향성 드릴 굴착과 병행하여 자료 획득하는 전기비저항 LWD(logging while drilling) 시스템 개발
- 분해능 높은 지층 정보를 획득하기 위하여 조사대상에 접근하여 조사하는 토모그래피 해석기법을 HDD 전기비저항 LWD 시스템에 적용, 지중-지표면간 토모그래피 해석 시스템 개발

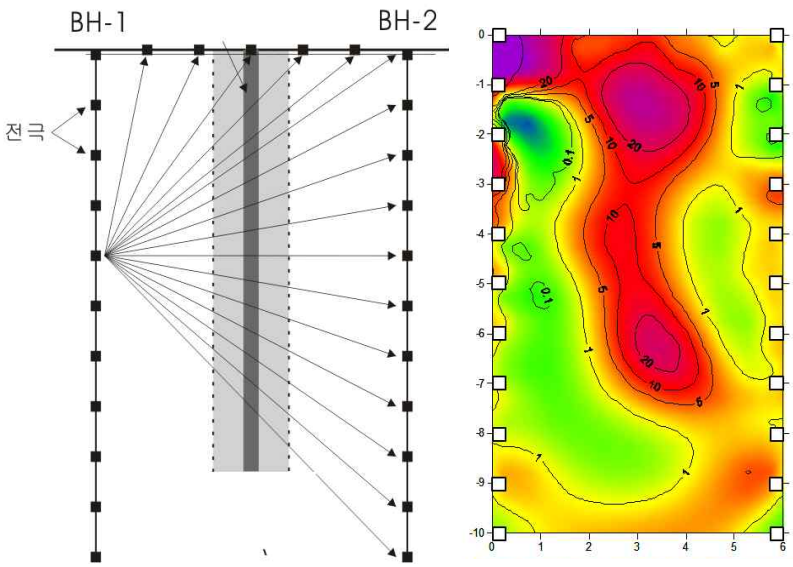
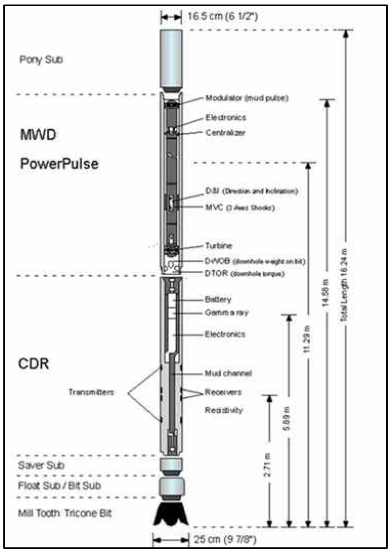


그림 2.75 드릴공간 토모그래피 방법 및 결과



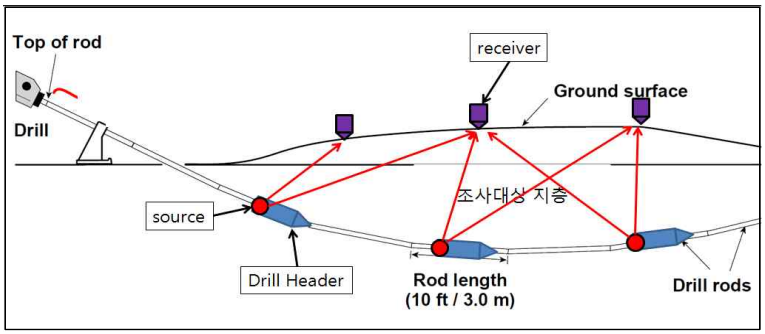


그림 2.76 LWD system 및 HDD tomography 모식도

- 수평방향성 드릴링 시 지층정보 획득을 위한 효과적인 LWD 시스템 개발

* 수평 드릴링 장비 헤더에 접합 가능한 Resistivity LWD 시스템 개발
* 굴진 전반에 걸친 자동 측정 모니터링 시스템 개발

- 지중-지표간 전기비저항 토모그래피 해석 프로그램 개발

* Resistivity LWD 자료 획득 및 자료 분석
* 지중-지표간 resistivity 토모그래피 해석 프로그램 개발

- 조사 대상 지층 직접 접근 고분해능 해석 및 분석

* 조사대상에 직접 접근하여 얻은 자료의 효과적인 지반정보 분석
* 조사지역 특수환경을 고려한 고분해능 지층 분석 기술 개발

○ HDD는 기존 시공 방법에 비해 장기간 낮은 리스크와 더 경제적인 솔루션으로 간주되고 있음

- HDD의 최근 발전의 많은 부분은 전통적인 석유 및 가스 추출을 위한 HDD 기술 개발 뿐만 아니라 개착시공이 어려운 밀집 도시 등에서 하수도 및 전기 도관 설치를 포함
- 시공길이의 발전 : 부분적으로 정확하게 지하 드릴 헤드의 위치를 판단할 수 있는 능력 덕분에 교차점의 양측으로부터 동시에 작동하기 위한 드릴 교차 방법의 사용이 가능해지고, 드릴링 유체 공학의 발전은 천공의 큰 길이를 따라 절단을 제거하는 것을 쉽고 빠르게 만들어 현재 시공 길이가 2 km를 초과하는 HDD 프로젝트가 실현됨
- 다양한 적용 : HDD 기술은 드릴링 유체의 상당한 손실에 대한 가능성 때문에 이전에 가능하지 않았던 자갈을 포함한 다양한 토양 형태에서도 작업이 가능하며, HDD의 향상된 유연성을 지원하기 위한 하나의 기술은 파일럿 홀 드릴링 전에 연속적으로 작은 직경의 임시 스틸 케이싱을 HDD 구멍의 계획된 경로 내부에 장착하는 표면 케이싱 텔레스코핑(telescoping surface casing)의 사용되고 있음
- 시공 깊이의 발전 : 최근까지 구멍 경로 고도 차이의 100 m를 달성하기 어려웠으나 현재는 고도 차이 300 m에 접근이 가능하며, 이는 깊은 수로 아래에 파이프 라인의 안전한 설치를 가능하게 하고 노출 가능한 파열에 대한 파이프 보호가 가능함
- 직경 크기의 발전 : 최대 직경이 1,067 mm인 파이프로 HDD 방법을 사용하여 설치된 파이프라인은 고용량 라인 또는 하나의 파이프라인이나 도관을 포함하는 단일 구멍에 대한 옵션을 열고 있음

○ HDD 시공사례

- 수평지향성 압입공법(HDD)은 지표면에서 작업이 가능하며 작업 깊이에 제한이 없고 시공속도가 빨라 주로 항만, 하천, 강 및 도로분야에서 가스관, 하수관, 전력관 등 지하시설물에 주로 적용되고 있음
- 국외에서는 시공사례가 많은 반면 국내에서는 주로 700 m 이내의 소규모 전력 및 가스관 공사에 많이 적용되었으며, 앞으로 국내에서도 시공경험이 많이 축적된다면 장경간의 다양한 공사에 적용될 것으로 전망됨
- 다음의 시공사례는 2 km 이상 대규모 해외시공사례임, 해외의 경우 전력, 가스, 수도 등에 필요한 관로에 대해 하천이나 강, 해협 등을 통과하는 공법으로 수평지향성 압입 공법(HDD)을 주로 많이 사용하고 있으며, 2 km 이상 장대 시공의 경우 시공의 안정성을 확보하기 위하여 양방향으로 굴착하거나, 중간에 인공섬을 만들어 연결하는 방법, 트렌치공법과 수평지향성 압입공법(HDD)을 병행하는 방법 등이 주로 이용됨

표 2.15. 수평지향성 압입공법(HDD) 시공사례

Project	Location	Company	Soil	Year	Length/Pipeline, tech
Ras Ghurab Water Supply	Saadiyat Island to Ras Ghurab Island (Abu Dhabi), UAE	TATCO (UAE)	sandy clay, crystal gypsum,clay	2013 ~ 2014	Length : 3.8km Pipeline : HDPE 14″ Carbon Steel 20″ insertect
Harringvliet powerline	Harringvliet Netherlands	Visser & Smit Hanab	-	2014	Length : 2x2.5km Pipeline : HDPE 450mm insertect
Yangze River gas pipeline	Shanghai, China	China Petroleum Pipeline Bureau	alluvial	2013	Length : 3x3.3km Pipeline : Steel 28″, 16″ insertect
Sabine River Crossing gas pipeline	Starks, LA and Deweyville, TX, USA	Ranger Field Services	-	2013	Length : 3.4km Pipeline : Steel 12″ insertect
Solent Strait2 gas pipeline	Southamptton, UK	LMR Drilling	sand/ clay	2011	Length : 3.9km Pipeline : Steel 12 3/4″ insertect
olent Strait1 gas pipeline	Southamptton, UK	LMR Drilling	sand/ clay	2010	Length : 3.9km Pipeline : Steel 12″

					insertect
Pembroke Gas Pipeline	Milford Haven, UK	LMR Drilling	sandstone	2010	Length : 3.0km Pipeline : Steel 457mm insertect
Hampton Roads Crossing(HRX) Pipeline주1)	Virginia, USA	Mears	compact soil	2009	Length : 4.9km(HDD) 1.6km(Trench) Pipeline : Steel 24″ (HDD+Trench)
홍콩국제공항 확장공사 설계계획	Hong-kong international airport	-	-	예정	Length : 5.0km Pipeline : -

- Pembroke Gas Pipeline은 영국 남웨일즈 지역의 Pembroke 2,000 MW급 발전소에 가스를 공급하기 위해 가스파이프라인을 설치하는 프로젝트로 수평지향성 압입공법(HDD)으로 시공함, 시공사인 LMR Drilling은 2009년 10월에 시작하여 2010년 5월까지 약 8개월에 걸쳐 3 km의 해상을 횡단하는 Pipeline을 안전하게 완성함

표 2.16. Pembroke Gas Pipeline 제원

구분	제원	구분	제원
Company	LMR Drilling(Germany)	Pipeline	457 mm
Nations	Milford Haven, South Wales UK	Application	Gas
Project	Pembroke Gas Pipeline	Technology	Intersect
Year	2010년	Rig	3,000 kN
Length	3,000 m	Soil	sandstone

3.2 국내 기술

○ 국내의 독자적인 기술로 수직드릴링은 가능하나 방향성 드릴링에 있어서 개발, 생산 관련 기술은 초기단계이며, 선진국과의 기술 수준과 큰 격차를 보이고 있음

- 현재 국내 육상드릴링기술은 중소기업을 통해 수직으로 약 3 km까지 수행한 실적이 있으나, 방향제어시스템 기술이 부재한 관계로 수평드릴링 경험은 없음
- 국내 드릴링장비 제작업체에서 수평드릴링 장비를 보유하고 있으나 관로 및 전선 등을 매설하기 위한 장비이며 일정한 곡률을 따라서만 드릴링을 진행하기에 심층의 셰일가스 등 비전통자원을 추출하기에는 부적합함
- 석유공사는 두성호 보유로 인해 대륙붕의 경우 4 km까지는 해상석유드릴링 경험이 있음

○ 국내 일부 기업에서는 드릴링관련 사업을 진행하고 있지만, 독자적인 방향성 드릴링 이기는 구비하고 있지 않으며 대부분의 경우 이를 제외한 드릴링장비를 이용하여 드릴링 서비스를 진행하고 있음

○ 셰일·치밀 가스전 드릴링에 활용할 수 있는 방향성 드릴링의 경우, 최근에 한국지질자원연구원에서 코일 튜빙 드릴링시스템에 대한 연구가 일부 수행되었음

○ 현재 드릴링 통신 장비의 경우 국내에서 개발된 사례는 없음. 2007년과 2010년 울릉분지 가스 하이드레이트 1, 2차 드릴링에서 Schlumberger 의 LWD/MWD 장비를 이용하여 적용된 사례가 있으며 MWD장비의 해석에 관한 연구로는 석유 드릴공에서의 저주파음향의 전달에 관한 연구가 있음

○ 한국석유공사가 신석유·가스전 개발에 관심을 갖고 종합적인 연구조사를 시작하였으며, 대학 등 일부 연구기관에서 드릴링 최적화에 대한 기초연구를 수행하고 있음

○ 수평정 드릴링의 경우 ㈜한진디엔비 등이 광산, 지질조사 등에 한해 천부에서 드릴링을 한 경험이 있으나, 아직 셰일·치밀 저류층에 직접 드릴링을 적용한 사례는 없으며 관련 기반 기술도 매우 취약한 상태임

○ 국내에서는 현재 KAIST와 한국지질자원연구원에서 RSS 시스템의 하이브리드 방식 기술을 추진하였으나 현장실증을 통한 사업화를 추진한 바는 없음

○ 지열발전을 위한 국내 고심도 드릴링의 경우 외국업체의 장비 및 기술인력에 의존하여 드릴링이 이루어지고 있어 국내 장비를 이용한 고심도 드릴링장비 개발 및 적용이 시급함



한진 D&B의 HDD장비



두성호



포항 지열발전 드릴링장비

○ 탄성파 자료처리 기술

- 기술명 : 지층 속도모델링과 지하구조 영상화 기술
- 특 징 : 지층의 정확한 속도 정보를 획득 석유·가스 부존 예측에 활용하고, 드릴링 前 지층을 영상화(imaging) 하여 지층구조를 명확하고, 투명하게 확인함으로써 석유탐사 성공률을 획기적으로 개선하는 기술
- 기술인증 추진 현황:
  미국 특허 가출원 5건(1건은 '10년 8월 등록 예정)
  한국 특허 출원 1건(심사중)
- 상업화 추진 현황:
  벤처기업 Shin's Geophysics 설립(2005년), 메이져 석유기업인 Total(佛)로부터 기술 개발 완료 후 사용권 제공을 조건으로 총 120만 유로 개발비 지원 확보('09년) Saudi Aramco(사우디 국영석유공사)가 제공한 자료를 시험 처리하고 있으며, 향후 협력조건을 협의중

* 출처: 지식경제부 보도자료, 석유·가스 개발 연구과제 종합발표회 개최, 2010

○ 기존 드릴링기술인 에어해머방법과 트리콘비트방법의 단점(수질오염, 유류오염 등)을극복하기 위하여 150~180 bar의 수압에너지로 구동되는 워터해머와 250톤 인양력 심부드릴링 장비, 오탁수 재활용 정화장치(드릴링이수 정화장치)로 구성된 고성능, 친환경 드릴링기술 개발

* 출처: ㈜한진디엔비 (062-953-4510),윤현익 팀장

○ 드릴이 회전해 암반을 굴착하는 기존의 로터리 방식에 비해 굴착시간과 비용, 속도가 매우 우수한 기술로. 수압을 이용해 비트가 초당 15회 이상 암반을 타격해 굴착하는 신기술

* 출처: 제4회 국가녹색기술대상,'올해의 녹색기술'15개 선정 보도자료

○ 워터햄머: 관로 속을 가득차 흐르는 물의 유체 속도를 급격히 변화시켜 생기는 압력 변화로 인해 관에 타격을 주는 작용을 말함. 가끔은 이런현상 때문에 배관이나 밸브류 등이 파괴되는데, 드릴링에 사용된 워터햄머는 이런 현상을 이용해 압력에너지로 변환시켜 땅을 드릴링할 수 있도록 만드는 기계를 의미함

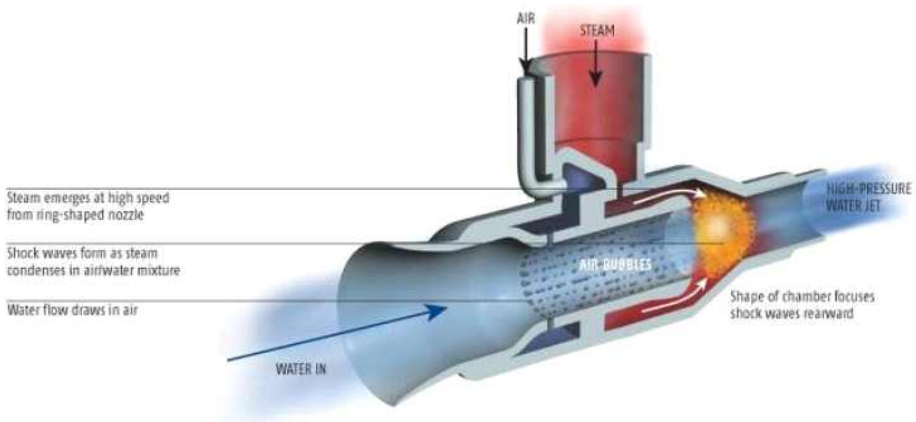


그림 2.77 The underwater jet engine

4. 연구개발 인프라 분석

4.1 연구인력

○ 한국건설기술인협회, 한국엔지니어링진흥협회, 대한측량협회, 대한건축사협회, 한국건설감리협회에 등록된 건설기술자 전체를 대상으로 토목, 건축, 기계, 국토개발, 안전관리, 환경, 전기, 광업자원, 산업응용, 화공 및 세라믹, 해양을 포함한 드릴링 관련 연구인력 인프라에 대해 조사함

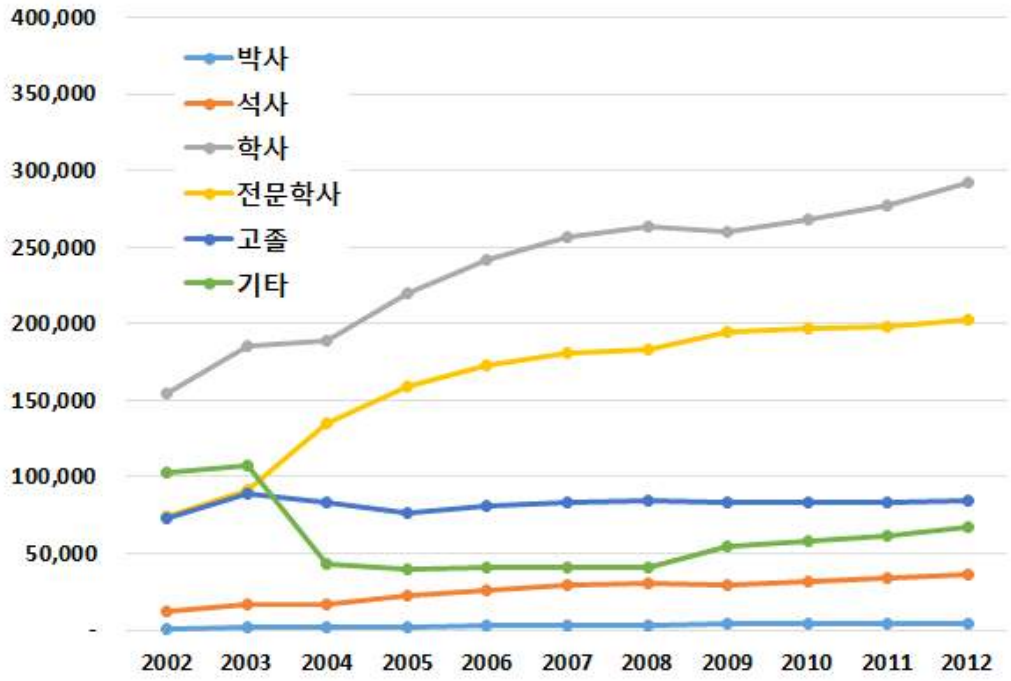


그림 2.78 학위별 인력 동향

○ 전체적으로 학사 및 전문학사에 대한 인력 공급이 전체 공급인력에서 큰 비중을 차지하고 있으며, 학사 및 전문학사에 대한 인력 공급이 꾸준히 증가하는 추세임

○ 박사 및 석사에 대한 인력 공급 또한 꾸준히 증가하는 추세이나 상대적으로 수치가 미미함

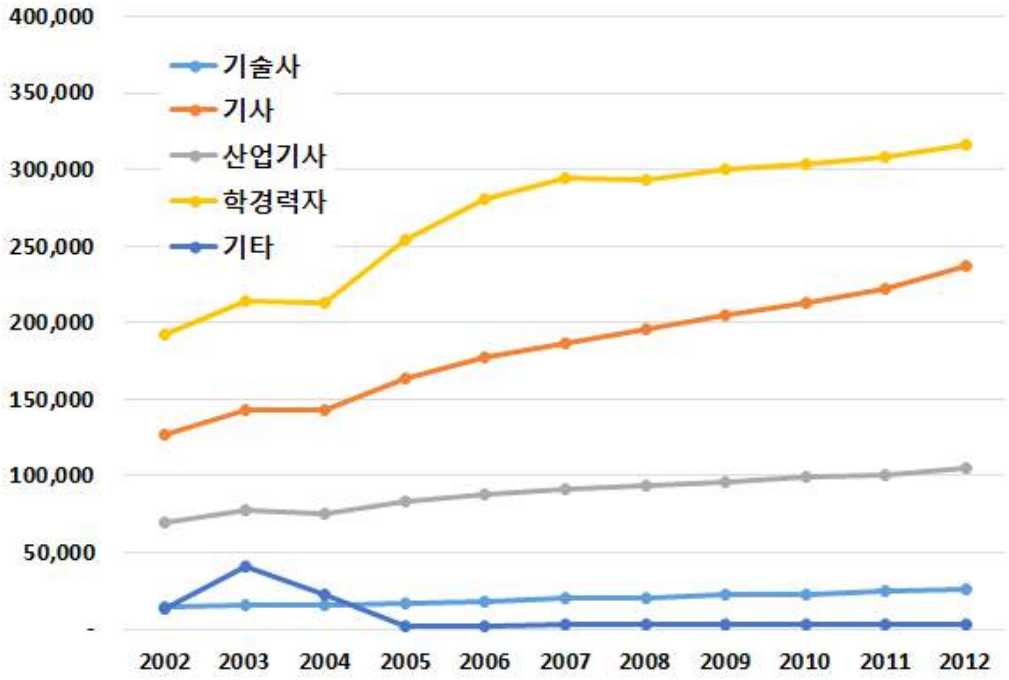


그림 2.79 기술 자격별 인력 동향

○ 전체적으로 학경력자 및 기사 자격 보유자의 인력 공급이 전체 공급인력에서 큰비중을 차지하고 있으며, 학경력자 및 기사 자격 보유자에 대한 인력 공급이 꾸준히 증가하는 추세임

○ 산업기사 및 기술사에 대한 자격 보유자 또한 꾸준히 증가하는 추세이나 상대적으로 수치가 미미함

○ 한국건설기술인협회 등록기술자 63만명 중 세계 드릴링 시장에 파견된 인원플랜트 건설시장에 파견된 인원은 약 1% 정도에 불과한 7,000명 수준이고 현재의 해외 플랜트 공사 수주액을 소화시키기 위해서 5,000명 이상이 추가적으로 필요한 실정이어서 플랜트 전문인력이 절대적으로 부족한 실정임

4.2 연구기자재·시설

○ 국가연구시설장비관리서비스에서 장비명, 모델명, 제작사, 보유기관, 상세설명을 대상으로 “드릴링” 또는 “드릴링” 키워드를 포함한 시설을 대상으로 조사함

가. 자재 인프라 현황

○ NTIS(국가연구시설장비관리서비스)에 등록된 연구 기자재 대상으로 조사, 분석 하였음

○ 연구 기자재는 다양한 분야에서 사용될 수 있는 측면이 강하며, 기술 분야별로 분류하기에는 한계가 있어, 국가 표준분류에 따라 분류하였음

○ 화합물 전처리·분석장비(26.8%), 기계가공·시험장비(24.7%)가 가장 높게 나타났으며, 임상의료장비(2.0%), 환경조성·사육시설(0.9%)이 가장 낮게 나타남

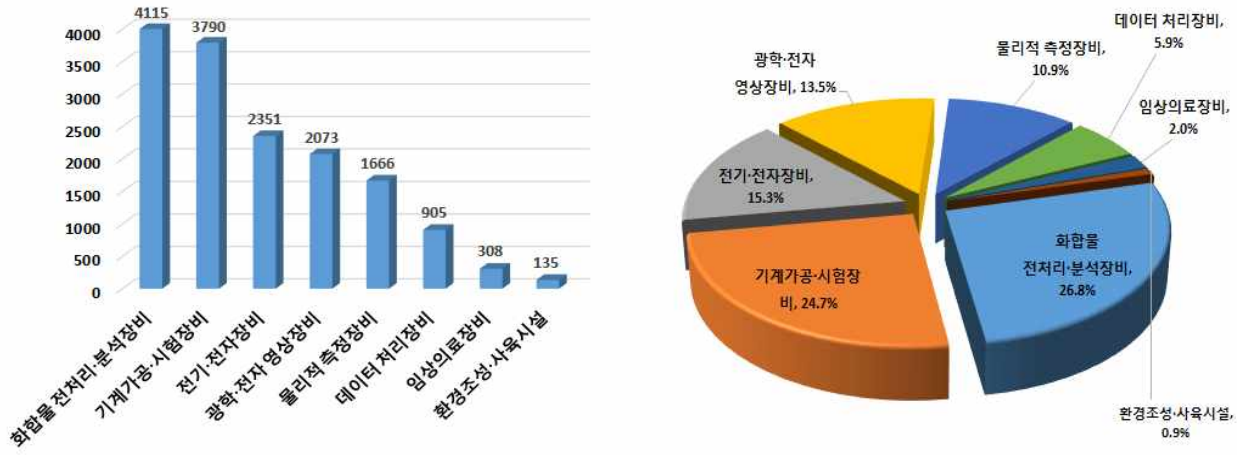


그림 2.80 국내 관련 분야 연구 장비 현황

나. 연구 기자재 현황

○ 드릴링/드릴링 시스템 관련 연구 기자재를 NTIS(국가연구시설장비관리서비스)를 통해, “드릴링”또는 “드릴링”을 포함한 기자재를 파악함

○ 총 383개의 드릴링/드릴링 시스템 관련 연구 기자재가 검색되었으며, 기관 구성은 다음 그림과 같음

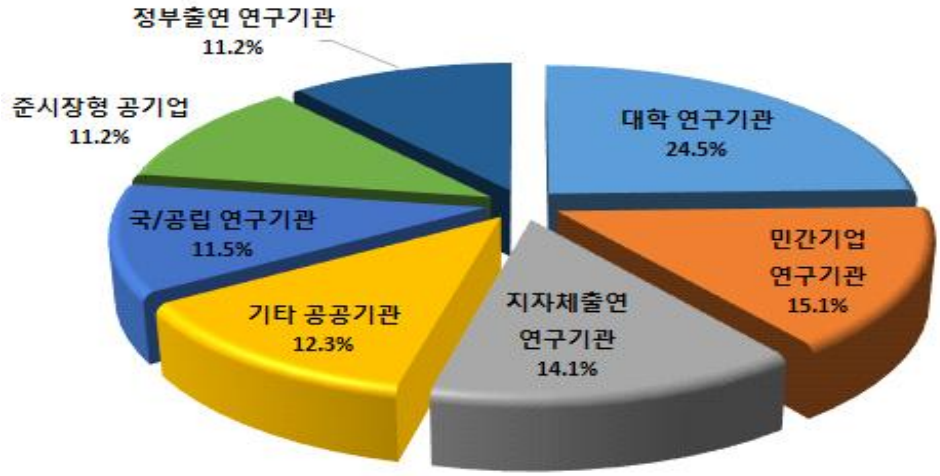
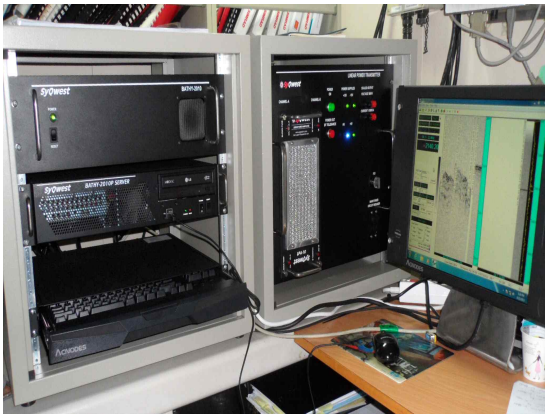


그림 2.81 국내 연구 기자재 시설 현황 (국가연구시설장비관리서비스)

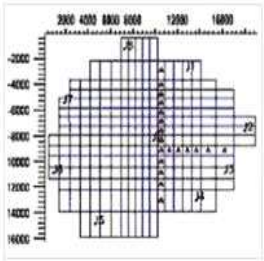
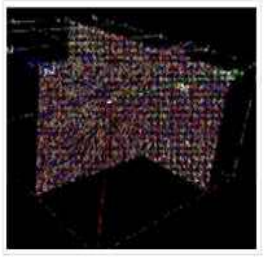
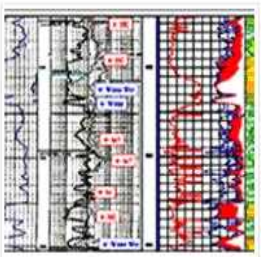
○ 아래는 드릴링 관련 연구 장비 및 설명을 정리하였음

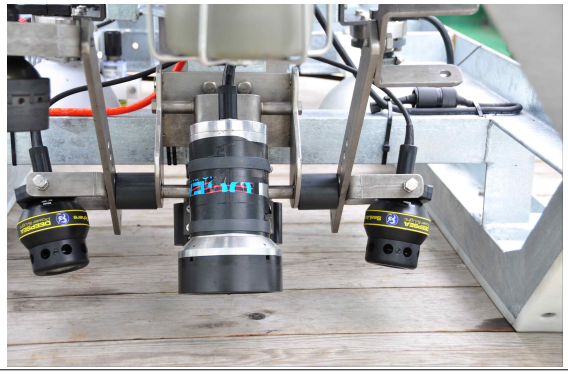
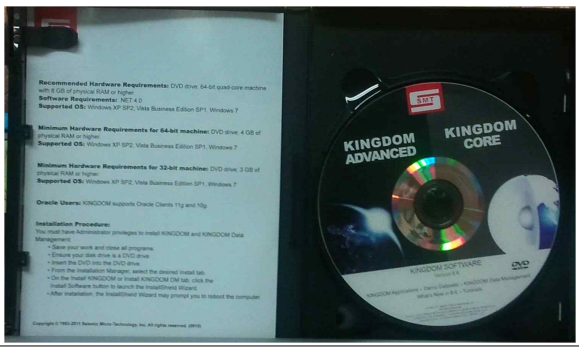
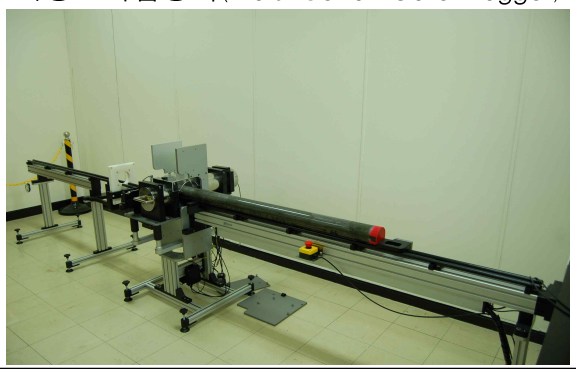
표 2.17 드릴링 관련 연구 장비 및 설명

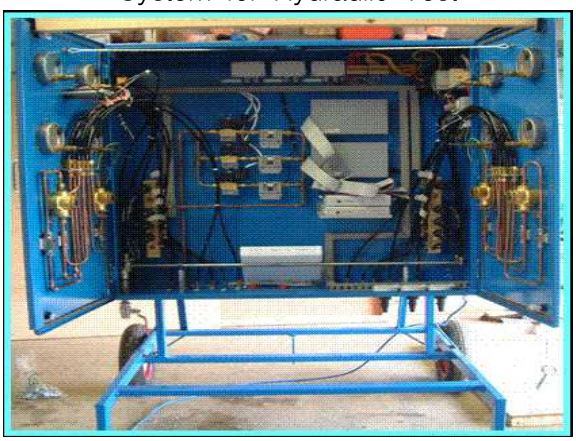
연구 장비	장비 설명
드릴링장비 (Drilling equipment) 	• 해안연약지반 조사선에 탑재하여 지반특성치 시험을 수행함 • 원리: 다이아 코어 드릴링 드릴링이기 • 수직,각도 보링 작업에도 적합 • 편리한 정비성,쉬운 관리로 내구성이 우수 • 현재 전용조사선에 탑재하여 해상운행과 관련해서 해상에서 지반조사를 수행함 * 출처: 한진중공업
천부지층탐사기 (Bathy-2010 Sub-Bottom Profiler) 	• Chirp 주파수 변조방식, Windows XP(혹은 그 이상)의 PC기반 운영 방식 • 사용 가능 최대수심 10,000 m 이상, 최대 지층 투과도 300 m 이상, 최대 지층 분해능 8 cm 이상, 최대 출력 10 kW • 천부 해저퇴적층의 탄성파 반사특성 자료를 취득 • 고해상 탄성파 탐사자료와 드릴링시료와 대비 • 탄성파 반사특성 분석을 통한 퇴적층서, 환경 및 지질특성을 간접적으로 유추 • 탐해2호 해저물리탐사 및 해저지질조사에 상시로 활용됨 * 출처: 한국지질자원연구원

3,200kW급 디젤 발전기 (3,00kW Class Diesel Generator) 	• 해양 드릴링시스템용 기자재 및 Subsea 기자재의 육상 및 해상 사전테스트용 전력 공급 위한 3.2MW급 디젤 발전기 • 6,600/3,300V의 고압전력 공급 가능함 • 출력: 3,200 kW/ 정격전압: 6,600V/3,300V/ 연료: 디젤연소방식:Direct injection/ 냉각방식:Radiator/ 연료탱크: 내장형 • 사업계획의 육상 지원인프라 구축의 일환인 전력공급시설로써의 역할 • 해저생산시스템 기자재 국산화 개발 시 실해역 테스트를 위한 전력공급 가능함 • 해양플랜트 기자재 생산 중소기업의 국산화 연구 지원 및 시험인증 지원 활용 가능함 * 출처: 한국조선해양기자재연구원
드릴링 시험기 (PDC Drilling Machine) 	• 실제 Drill Bit 드릴링 환경을 재현한 기기로 PDC의 내마모와 내충격(내칩핑성)을 동시 판단할 수 있는 종합 성능 평가에 사용되고 있으며 고객사 및 경쟁사에서도 평가되고 있는 항목 • Drilling 기기의 구성으로는 유압 유닛, Rig, 대차부, 냉각수, 컨트롤러 등이 있으며 최대 회전속도는 1,200rpm 최대 하중은 20,000kgf, 최대 천공속도는 5m/min으로 경쟁사에서 보유한 장비와 동등 이상의 성능을 지니고 있음 • 평가에 사용되는 피삭재(화강암)를 Drilling 기기에 고정하고 Bit의 형상으로 제작된 지그에 PDC를 브레이징하여 회전시킴. • 회전하고 있는 지그(PDC)를 피삭재에 수직으로 이동시켜 절삭하게 만들면 피삭재에는 구멍(홀)이 뚫리게 되고 반복운동을 통해 PDC의 마모를 유발시킬 수 있음 * 출처: 일진다이아몬드(주)
천부빙하드릴링기(hallow Ice Core Drill System) 	• 극지 기후 변화 연구를 위하여 빙하시료 확보를 위한 기초적인 빙하드릴링 장비이며, 남극 및 고산지역에서 150~200m 깊이까지 지름 10cm, 길이 80cm 의 빙하코어를 드릴링할 수 있는 장비 • 빙하드릴링기, 윈치시스템, 마스트 및 프레임으로 구성 • 남,북극 지역에서 길이 0.8m 지름 9.5cm의 빙하코어를 깊이 200m까지 지속적으로 드릴링가능한 장비 • 빙하드릴링기, 윈치, 마스트, 케이블의 주요 구성품으로 이루어져 있음 • 남극 돔후지 과학기지, 키르키즈스탄 고산 빙하 등의 다양한 드릴링 프로그램에 사용됨

	• 한 cycle에 지름 10cm, 길이 80cm 정도의 빙하코어를 깊이 200m 드릴링할 수 있는 장비 * 출처: 극지연구소
Gearbox토크측정시험장치 (Gearbox torque measurement test equipment) 	• 해양드릴링장비 내에서 암반에 천공작업하는데 있어 구동력을 발생하는 Top Drive Machine 의 핵심장비인 Gear box에서 12.7 : 1의 비율로 회전수를 감속시켜 이에 상응하는 비율로 증가된 토크가 전달되는지에 대한 성능을 시험하기 위하여 제작한 시험장비 • AC motor(power: 150kW, Max speed: 3600RPM, Torque: 83.5 kg-m), 지지대, 토크 센서, RPM 미터, 감속용 gear box, inverter (주관기관 보유) • 각종 기계류에 장착되는 gear box에 대하여 전달 토크 크기를 측정 • AC motor(power: 150kW, Max speed: 3600RPM, Torque: 83.5 kg-m)로 구동 가능 • 수직형 타입의 gear box 에 대해 범용 토크 시험 가능 * 출처: 한국조선해양기자재연구원
코일드 튜빙시스템(Coiled Tubing System) 	• 드릴링 파이프로 사용될 Coiled Tubing과 CT를 감을 수 있는 Reel 그리고 CT를 드릴공내로 주입 할수 있는 Injector • CTD 드릴링기술은 파이프의 연결 및 분리 시간이 필요치 않아 기존의 드릴링방법보다 빠르고 효율적인 작업이 가능하며, 코일튜빙을 이용해 방향성 드릴링에 적합 • 유,가스전에서의 방향성 드릴링, 유정환결, 유정보수등에 적용될수 있는 장비이며, 또한 오일 샌드, 치밀가스및 석탄층 가스 등 비재래 유, 가스전의 활용이 가능 • 유,가스전에서의 방향성 드릴링, 유정환결, 유정보수등에 적용될수 있는 장비이며, 또한 오일 샌드, 치밀가스및 석탄층 가스 등 비재래 유, 가스전의 활용이 가능 * 출처: 한국지질자원연구원
드릴링 검층자료해석(S/W Well Logs Interpretation)	• Techsia에서 개발하여 현재 슐럼버저 사가 판매-교육-유지보수를 담당하고 있음. • 다양한 지질-지구물리-석유지질 해석 관련 모듈을 추가하여 사용할수 있음. 네트워크 라이센스를 통해 구동되므로 외부 사용 불가 • 비재래 석유저류층 물리검층 자료 분석을 위한 소프트웨어

  	• 캐나다 오일샌드 저류층 등에서 획득된 다수의 물리검층 자료를 통합적으로 해석하여 비재래 석유저류층의 지질특성을 분석 • Eclipse는 저류층 시뮬레이터로서 저류층 모델과 저류층 특성 자료(공극률, 유체투과도 등)를 이용한 저류층 모사를 통해 저류층 내 유체 유동 분석, 최적 드릴링 위치 선정, EOR기법 선택, 생산량 예측 등 석유개발 전 단계에서 다양한 목적으로 이용됨 • 시뮬레이션 수행을 위한 격자구성 및 저류층 특성 자료 입력자연 현상에 대한 시뮬레이션 수행을 위해 격자를 구성탄성파 탐사, 물리검층, formation test 등을 통해 획득한 저류층 특성 자료를 구성된 격자에 부여 * 출처: 한국지질자원연구원
페트럴 저류공학 분석 시스템 (S,WPetrel RE core system(windw licenes)) 	• 저류층 저류공학 분석 및 모델링 • 해외 유가스전 및 광구에서 취득한 탐사 자료를 이용하여 지질 및 저류공학 평가에 필요한 정보 생산 • 일반인이 사용할 수 없는 전문 해석 소프트웨어로 드릴링 및 저류층 물성 평가에 활용 * 출처: 한국지질자원연구원
DIGICOURSE BIRD SYSTEM 	• 해양 탄성파 탐사 수행시 자료수신 스트리머의 적정 심도 유지 및 휘어짐 정도 측정을 위하여 필수적으로 사용되는 장비 • 각종 석유탐사 및 가스하이드레이트 탐사, 드릴링지점 용역사업, 루트 조사, 골재조사 등 * 출처: 한국지질자원연구원
탄성파 속도 모델링 및 영상화 기술 개발을 위한 시스템 (System for modeling and visualization of elastic-wave velocities)	• 병렬 처리 컴퓨터 시스템은 여러 계산용 서버를 하나로 묶어 많은 계산량이 필요한 수치적 계산을 보다 효율적으로 계산할 수 있도록 해줌 • 상기 장비를 이용하여 음향파 속도 모델링

<table>
<tr>
<td></td>
<td>보다 많은 계산량이 필요한 탄성파 속도 모델링을 효율적으로 계산 할 수 있으며, 그 결과를 이용하여 지하 영상화 기술개발 알고리즘 개발을 수행 할 수 있음
• 탄화수소자원 개발을 위해 수행되는 탄성파 탐사를 통해 얻어지는 탄성파 자료를 처리하여 지하구조의 영상을 얻음. 얻어진 영상으로부터 탄화수소 매장이 가능한 구조를 찾아내어 드릴링위치 선정에 도움을 줌
• 본 연구장비는 드릴링위치 선정을 위해 필요한 지하구조의 탄성파 속도를 모델링하고 영상화하는 데에 사용됨
* 출처: 서울대학교 산학협력단</td>
</tr>
<tr>
<td>심해 모니터링 정밀 관측장비
(Underwater Vehicle system)
</td>
<td>• 심해에서 가스 누툴과 해저면 변형을 정밀탐지하기 위하여 심해용 카메라 및 비디오를 최대 12시간까지 연속촬영 가능
• 기존 시스템에 비하여 Light의 발기를 기존보다 최대 4배이상 향상
• 가스하이드레이트 환경 영향 분석 연구(12-1142)에서 가스하이드레이트 시험생산드릴링과 환경영향 모니터링에 사용
• 시험생산드릴링 이전과 이후의 해저면 변형, 생산수 확산, 가스누출을 관측함
* 출처: 한국지질자원연구원</td>
</tr>
<tr>
<td>탄성파 탐사자료 해석 모듈
(S/W Seismic and well data interpretation S/W)

</td>
<td>• 탄성파 탐사자료 및 물리검층 자료 등의 자료를 취합하여 해석하는 소프트웨어로 자료의 비교 분석을 가능하게 함
• 탄성파 자료상에서 수행된 맵핑 결과를 바탕으로 연구지역에 대한 퇴적 및 구조에 대한 도면을 작성할 수 있음
• 연구지역의 광역적인 퇴적현상 연구, 석유 및 가스 발달 구조 해석, 가스하이드레이트 부존 가능 지역 선정, 드릴링위치 선정, 물리검층 자료 해석 및 대비에 활용
* 출처: 한국지질자원연구원</td>
</tr>
<tr>
<td>다중코아검층기(Multi Senor Core Logger)
</td>
<td>• 비파괴식 퇴적물 코아 시료 물성 측정
• P파속도, 감마선 감쇄 밀도, 전기비저항, 대자율 측정 센서들로 구성
• 해양 드릴링 퇴적물의 지질공학적 특성 측정, 층서 대비 등에 활용
• 비파괴식 퇴적물 코아 시료 물성 측정
* 출처: 한국지질자원연구원</td>
</tr>
</table>

Data Logging and Control System for Hydraulic Test Data Logging and Control System for Hydraulic Test 	• 심부의 지질 단위층에 대한 수리적인 특성은 통상 드릴링조사를 통하여 조사됨. • 과정에서 500m 심도까지 원하는 심도별로 패커로 격리하여 다양한 수리시험을 가능하게 하는 시험장비임 • 전문업체에서 제작한 것으로 일부는 발주자의 요구사항을 방영한 것임. 압주입 시험과 수위강하시험이 가능함 • 시험 과정 중에서 노력을 더할 경우 변형된 형태의 펄스시험도 가능함 • 통상 본 장비로서 평가될 수 있는 암반의 수리전도도는 1E-12 m/s 수준으로 그리 정밀한 수준의 장비는 아니나, • 심부 조사공에 적용 가능하다는 점에서 장점을 가지고 있음 * 출처: 한국원자력연구원
고분해능 드릴공벽 광학영상 검층기 (High-resolution optical televiewer) 	• Hi-OPTV는 드릴공벽에 대한 360° 광학영상을 제공하므로 지하 심부의 파쇄대 분포 및 그 방향성을 파악할 수 있음 • 수압파쇄 시험과 함께 적용될 경우 심부 지반의 응력장의 분포를 측정할 수 있음 • 광학을 이용하므로 지열발전을 위한 심부드릴링 시, 만의 하나 발생할 수도 있는 드릴공벽의 붕괴, 붕락 등의 다양한 공내사고에 대해서도 Hi-OPTV를 활용하면 공내에 발생한 문제에 대한 신속한 진단이 가능하며, 이에 의한 신속한 대처를 가능케 함으로써 드릴공 진단기술의 진보와 함께 드릴링비용 절감에도 기여할 수 있음 * 출처: 한국지질자원연구원

5. 특허 및 논문 동향 분석

5.1 특허분석 및 시사점

가. 조사·분석 방법론

□ 분석범위

○ 본 분석에서는 방향성 드릴링 시스템 기술에 대하여 2014년 5월까지 출원공개 또는 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국 특허를 분석 대상으로 함

○ 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

표 2.18 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개・등록특허 (공개・등록일 기준)	한국특허 (KIPO)	FOCUST	~ 2014.05.	특허 공개 및 등록 전체 문헌
	미국특허 (USPTO)	FOCUST		
	일본특허 (JPO)	FOCUST		
	유럽특허 (EPO, 19개국 특허청)	FOCUST		
	국제특허 PCT	FOCUST		
	중국특허 (SIPO)	FOCUST		

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽, 국제(PCT) ~2014 (출원년도 기준)

□ 분석대상 기술 및 검색식 도출

○ 기술분류체계: 본 분석에서는 과제의 연구내용 제안서 및 담당 연구원과 논의된 것을 기초로 기술분류를 확립하여 분석을 수행하였으며, 심층분석 시의 기술 분야를 동일하게 적용함

○ 핵심 키워드 도출: 한국건설기술연구원 연구책임자가 제공한 연구내용 제안서와 회의를 통해 기술내용에 근거하여 키워드를 도출하고, 도출한 키워드를 이용하여 개략적인 검색식을 세워 DB를 통해 선행 특허를 검색하여, 선행 특허에 사용된 용어를

추출 및 부가하여 최종 키워드를 도출함

○ 기술 분류 기준

표 2.19 분석대상 기술분류기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
드릴링 (Drilling)	방향성 드릴링 (Directional Drilling) (A)	인양 (AA)	Derrick(Travelling block, Draw work, Crown block, Dead line anchor, Heave compensator, Utility winch, Man rider winch, Drill line storage reel), Hoist,
		회전 (BB)	String(Swivel, Kelly, Rotary drive, Rotary table, Drill pipe, Drill collars)
		이수순환 (AC)	Mud, Cleaning(Contaminant removal), Mixing, Handling (circulating & mud pits), Pumping
		동력 (AD)	Power, supply, provide, distribute
		방향제어 (AE)	추진체(Motor), 방향제어(Steering control), 탐색(Navigation), 파쇄(Fragmentation)
		유정제어 (AF)	Diverter, Blowout preventer, BOP operation, well, monitoring system, kick
		모니터링 (AG)	MWD, mud logging, paleo, wireline, LWD logging, pore pressure, fault diagnosis, prognosis, anti-collision, data management, warnings, severity, data recording, real-time, drilling optimization, weight-on-bit, bit rotation, multiple regression
		시뮬레이션 (AH)	real-time drilling, tripping in and out, Matlab/Simulink, drill bit software, Wellbore instability, Pull back model, soil reaction forces, Numerical Simulation, drilling thrust force, CAD based simulation, 3D modelling, circulating pressure loss, hydration, Drilling & Well Control, Mechanised Pipe-Handling, Coiled Tubing, Cementing, Drilling Fluids Management, Managed Pressure Drilling, training simulators
		지반특성 (AI)	Ground assessment, Site investigation, Ground characteristic, Geotechnical, Downhole sonde, inclination survey, Stick line, straddle packer, Breakout, DIFS, Wireline winch, ARPA, Advanced research projects agency, Catheter, seismic survey, Micro-seismic(MS) monitoring, Electro-magnetic survey, VSP,Metal type straddle packer unit Down hole, Measurement while drilling(MWD), Logging while drilling(LWD), Wireline logging, Site characterization, Deep geothermal developmenr well design, Analysis on in-situ stress field regime, Evaluation on fault reactivation, Anisotophy of reservior rockmass properties, High temp. acoustic televiewer, Versatle seismic imaging tool, Imaging technique technique of natural/Induced frature
	지향식 드릴링 (Horizontal Directional Drilling) (B)	유닛 (BA)	Rig unit(Drill head), Drill mud handling unit, Power unit, Reaming(reaming hole), Handling(drill pipe, pipe rack, product pipe, roller), Testing(welding, coating)
		운전 (BB)	운전/제어/시공 방법 및 위험(risk) 관리
		탐색 (BC)	locating, navigation, sensor, shooting(무선통신&Deep flowcator 이용한 drill head 위치 확인), GPS

○ 검색식 도출 과정

- 본 보고서에 사용된 검색식은 도출된 키워드를 바탕으로 각 키워드의 유사 단어를 추가하여 가능한 넓은 범위의 기술이 검색되도록 검색식을 작성함

○ 기술분류체계에 따른 최종 검색식은 표와 같음

표 2.20 기술분류체계에 따른 최종 검색식

대분류	중분류	소분류	검색식	검색건수					
				한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽* EPO	중국 SIPO	합계
드릴링 (Drilling)	방향성 드릴링 (Directional Drilling) (A)	인양 (AA)	(드릴* or 드릴링* or drill* or situ*) and (데릭* or ″크라운 블록“ or″ 트레블링 블록″ or “톱 드라이브” or “탑 드라이브” or″ 드로우 워크″ or 도르래* or “데드 라인 앵커″ or ″회전 테이블″ or 윈치* or 릴* or derrick* or ″travelling block″ or ″draw work″ or ″crown block″ or ″dead line anchor″ or ″heave compensator″ or winch* or reel* or “top drive”) and (호이스트* or hoist*)	6	185	1	30	34	256
		회전 (BB)	(드릴* or 드릴링* or drill* or situ*) and (비트* or 켈리* or 파이프* or 스위벨* or 스위블* or 부싱* or 조인트* or 칼라* or bit* or kelly* or pipe* or swivel* or bushing* or joint* or collar) and (회전* or 토크* or rotar* or rotat* or torque*) and (데릭* or 호이스트* or 스트링* or derrick* or hoist* or string*)	4	141	0	25	2	172
		이수순환 (AC)	(드릴* or 드릴링* or drill* or situ*) and (머드* or 모래* or 진흙* or 세일* or 셰일* or mud* or shale*) and (세정* or 세척* or 혼합* or 교반* or 순환* or clean* or mix* or handl* or cement* or circulat*) and (펌프* or 호퍼* or 셰이커* or 교반기* or 혼합기* or 디개서 or 디게서 or 디샌더* or 디센더* or 디실터* or	27	513	3	81	29	653

대분류	중분류	소분류	검색식	검색건수					
				한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽* EPO	중국 SIPO	합계
			준설 or 킥 or “침전 탱크” or “셋틀링 탱크” or pump* or hopper or shake* or degas* or desand* or desilt* or kick* or settling* or tank*)						
		동력 (AD)	(드릴* or 드릴링* or drill* or situ*) and (전력 or 동력 or power*) and (모터 or 베터리* or 배터리* or 전달 or 공급 or motor* or battery* or suppl* or transmit*) and (데릭* or 호이스트* or 스트링* or derrick* or hoist* or string*)	6	540	0	78	13	637
		방향제어 (AE)	(드릴* or 드릴링* or drill* or situ*) and (방향* or 제어* or 턴* or 측면* or 측방향* or direct* or control* or lateral* or side*) and (조정* or 운전* or 운행* or 파쇄* or 분해* or 네비게이* or 펌프* or steer* or fragment* or navigat* or pump*)	605	91	884	28	9	1617
		유정제어 (AF)	(드릴* or 드릴링* or drill* or situ*) and (유정* or 석유* or 오일* or 가스* or 보어* or oil* or well* or gas* or bore*) and (제어* or 컨트롤* or 모니터* or 관리* or 예방* or control* or monit* or circulat* or manag*) and (정제* or 블로우* or 폭발* or 압력* or 상태* or bop or blow* or blowout* or annular* or prevent* or pressur* or wob* or rop* or condition*)	22	161	12	19	18	232
		모니터링 (AG)	(드릴* or 드릴링* or drill* or situ*) and (데릭* or 호이스트* or 스트링* or 유정* or 석유* or 오일* or 펌프* or 와이어* or 회전* or 시간* or 압력* or 경고* or 데이터* or 결함* or 결점* or derrick* or hoist* or string* or well* or pump* or wire* or ratat* or time* or pressure* or warning* or data* or fault*) and	571	153	600	24	47	1395

대분류	중분류	소분류	검색식	검색건수					
				한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽* EPO	중국 SIPO	합계
			(모니터* or 시스템* or 센서* or 통신* or monit* or system* or sens* or communicat*)						
		시뮬레이션 (AH)	(드릴* or 드릴링* or drill* or situ*) and (데릭* or 호이스트* or 스트링* or derrick* or hoist* or string) and (시뮬레이* or 모의* or 예비* or 계산* or 모델링* or simulat* or calculat* or model*) and (시간* or 트립* or 포스* or 힘* or 압력* or 제어* or time* or trip* or force* or pressure* or control*)	8	98	1	11	10	128
		지반특성 (AI)	(드릴* or 드릴링* or drill* or situ*) and (데릭* or 호이스트* or 스트링* or derrick* or hoist* or string) and (지질* or 지반* or 땅* or 지형* or 유정* or 가스* or 보어* or 지진* or 중력* or 자기력* or 전자력* or 탄성파* or geotec* or ground* or well* or gas* or bore* or seismic* or gravit* or magnet*) and (평가* or 어세스먼트* or 조사* or 연구* or 종류* or 유형* or 타입* or 온도* or 탐사* or 탐색* or 추정* or 특성* or assessm* or investigat* or survey* or research* or type* temp* or charact* or estimat* or explor* or measure* or MWD or LWD)	1	110	1	25	11	148
	지향식 드릴링 (Horizontal Directional Drilling) (B)	유닛 (BA)	(굴착* or 드릴* or drill* or excavat* or dig*) and (도르래* or 차량* or 이동* or 휴대* or pulley* or vehicle* or mov* portable*) (굴착* or 드릴* or drill* or excavat* or dig*) and (비트* or 켈리* or 파이프* or 스위벨* or 스위블* or 부싱* or 조인트* or 칼라* or 리그* or 리밍* or 롤러* or 랙* or bit* or kelly* or pipe* or swivel* or	50	23	57	5	2	137

대분류	중분류	소분류	검색식	검색건수					
				한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽* EPO	중국 SIPO	합계
			bushing* or joint* or collar* or rig* or reaming* or roll* or rack*) (굴착* or 드릴* or drill* or excavat* or dig*) and (회전* or 토크* or rotat* or torque* or steer*) and (전력 or 동력 or power* or elect* or actuat*) and (모터 or 베터리* or 배터리* or 전달 or 공급 or motor* or battery* or transmit* or suppl*) (굴착* or 드릴* or drill* or excavat* or dig*) and (머드* or 모래* or 진흙* or 세일* or 셰일* or mud* or shale* or sand*) and (세정* or 세척* or 혼합* or 교반* or 순환* or clean* or mix* or handl* or cement* or circulat*) and (펌프 or 호퍼 or 셰이커* or 교반기* or 혼합기* or 디개서 or 디게서 or 디샌더* or 디센더* or 디실터* or 준설 or 킥 or “침전 탱크” or “셋틀링 탱크” or pump* or hopper or shake* or degas* or desand* or desilt* or kick* or settling* or tank*)						
		운전 (BB)	(굴착* or 드릴* or drill* or excavat* or dig*) and (방향* or 턴* or 네비게이* or 회전* or 순환* or 회전* or 토크* or 시간* or 포스* or 힘* or 압력* or 경고* or 데이터* or 결함* or 결점* or direct* or turn* or navigat* or circulat* or rotat* or torque* or time* or force* or power* or pressur* or warn* or data* or default* or damag*) and (모니터* or 시스템* or 센서* or 통신* or 시뮬레이* or 모의* or 예비* or 계산* or	15	6	18	0	0	39

대분류	중분류	소분류	검색식	검색건수					
				한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽* EPO	중국 SIPO	합계
			모델링* or 제어* or monit* or system* or sens* or communicat* or reciev* or serv* or simulat* or calurat* or model* or control*)						
		탐색 (BC)	(굴착* or 드릴* or drill* or excavat* or dig*) and (지질* or 지반* or 땅* or 지형* or 보어* or 지진* or 중력* or 자기력* or 전자력* or 탄성파* or 지하수* or 암반* or geotec* or ground* or well* or gas* or bore* or seismic* or gravit* or magnet*) and (평가* or 어세스먼트* or or 조사* or 연구* or 종류* or 유형* or 타입* or 온도* or 탐사* or 탐색* or 추정* or 특성* or assessm* or investigat* or survey* or research* or type* temp* or charact* or estimat* or explor* or measure* or MWD or LWD)	1	12	0	2	1	16
총 합 계				1,316	2,033	1,577	328	176	8,785

* 유럽은 EPO(유럽특허청)에 출원한 특허 및 유럽 내 19개 각국에 출원한 특허를 포함[3)]

3) 유럽 19개 각국 특허청 : 유럽특허제도는 유럽특허조약의 회원국 사이에서 유효한 유럽특허를 부여하기 위해 만들어진 제도로서 유럽특허조약(EPC : European Patent Convention)에 따라 유럽특허청(EPO)에서 운영함. 유럽특허청(EPO)에 출원함과 관계없이 유럽의 각국 특허청에 출원한 특허를 포함하여 분석함. (DE, FR, GB, AT, BE, CH, DD, DK, ES, FI, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RU, SE, SU)

□ 유효특허 선별 기준 및 결과

○ 유효특허 선별 기준

- RAW DATA 에서는 지반을 드릴링하는 기술뿐만 아니라, 선반용, 밀링용, 의술용 또는 가정용 드릴에 대한 기술이 검색되어 관련기술과 무관한 기술들을 노이즈로서 제거함
- 특허 기술의 내용이 소분류대로 단일화되어 있지 아니하여, 최대한 중점적 기능을 갖는 소분류로 각각 분류함

표 2.21 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류	노이즈제거 및 유효특허 추출기준
드릴링 (Drilling)	방향성 드릴링 (Directional Drilling) (A)	인양 (AA)	1) 데릭 및 데릭의 하위 구성 2) 호이스트 및 호이스트의 하위 구성 3) 데릭 또는 호이스트의 건설 방법 4) 데릭 또는 호이스트가 아니더라도 지반 시츄를 위한 드릴링 장치를 지지하는 구성(예를 들어 차량)을 포함함
		회전 (AB)	1) 드릴 및 드릴의 하위 구성 2) 드릴링의 효율적인 효과를 위한 발명 포함(예를 들어 pulse 인가, 드릴에 수명연장 등) 3) 지반을 드릴링하는 기능으로서 타공(해머) 장치 포함 4) 하기 동력(ad) 또는 방향제어(ae)와 구분이 모호한 기술이 다수 존재
		이수순환 (AC)	1) 이수 시스템에 대한 모든 것 2) well 내부 유체 유동은 제외함
		동력 (AD)	1) 본 검색 관련하여 상기 회전(드릴) 모터에 대한 기술이 많이 검색되었으나, 이는 상기 회전(ab)에 분류함 2) D.D의 각 구성에 전력 전달에 대한 것만 분류함
		방향제어 (AE)	1) 드릴의 방향 제어 2) 방향 제어를 위한 파쇄, 탐색 3) 파이프에 관련된 기술 중 매립 방향 가변되는 기술
		유정제어 (AF)	1) Well에 관한 모든 장치, 시스템을 포괄함 2) 또한, well 내부 유동에 관한 기술
		모니터링 (AG)	1) D.D 각 구성의 모니터링, 연계되는 모니터링 2) 사실상 모니터링에 의한 D.D 각 구성의 제어를 포함 3) 하기 시뮬레이션 또는 지반 특성과의 경계가 모호한 것들이 다수 존재
		시뮬레이션 (AH)	1) D.D 각 구성(특히 드릴링) 또는 연계되는 것에 대한 시뮬레이션 2) 사실상 상기 모니터링(ag)과 구분이 모호하나, 실시간으로 구성을 제어하는 것은 상기 모니터링(ag)으로 구분함
		지반특성 (AI)	1) Well 탐색은 상기 유정제어(af)가 아닌 여기로 분류 2) 그 외의 광의의 지반 조사 시스템을 포함
	지향식 드릴링 (Horizontal Directional Drilling) (B)	유닛 (BA)	1) 지반 드릴링을 위한 모든 유닛을 포함 2) 상기 AA, AB, AC, AD, AE와 중복되는 특허 다수 존재
		운전 (BB)	1) 상기 유닛의 제어, 시뮬레이션, 모니터링하는 모든 기술을 포함 2) 상기 AE, AG와 중복되는 특허 다수 존재
		탐색 (BC)	1) 지반 탐색에 관한 모든 기술을 포함 2) 상기 AI와 중복되는 특허 다수 존재

○ 유효특허 선별 결과

표 2.22 다목적 방향성 드릴링의 유효특허 선별결과

대분류	중분류	소분류	유효데이터 건수					
			한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽* EPO	중국 SIPO	계
드릴링 (Drilling)	방향성 드릴링 (Directional Drilling) (A)	인양 (AA)	64 (6)	279 (185)	7 (1)	50 (30)	33 (34)	433 (256)
		회전 (AB)	61 (4)	280 (141)	67 (0)	31 (25)	14 (2)	453 (172)
		이수순환 (AC)	20 (27)	278 (513)	8 (3)	48 (81)	16 (29)	370 (653)
		동력 (AD)	7 (6)	35 (540)	2 (0)	4 (78)	2 (13)	50 (637)
		방향제어 (AE)	15 (605)	130 (91)	15 (884)	27 (28)	3 (9)	190 (1,617)
		유정제어 (AF)	14 (22)	126 (161)	1 (12)	16 (19)	10 (18)	167 (232)
		모니터링 (AG)	31 (571)	297 (153)	39 (600)	44 (24)	35 (47)	446 (1,395)
		시뮬레이션 (AH)	6 (8)	58 (98)	2 (1)	7 (11)	7 (10)	80 (128)
		지반특성 (AI)	13 (1)	56 (110)	19 (1)	11 (25)	11 (11)	110 (148)
	지향식 드릴링 (Horizontal Directional Drilling) (B)	유닛 (BA)	113 (50)	412 (23)	124 (57)	46 (5)	7 (2)	702 (137)
		운전 (BB)	34 (15)	161 (6)	73 (18)	25 (0)	0 (0)	293 (39)
		탐색 (BC)	12 (1)	19 (12)	18 (0)	12 (2)	0 (1)	61 (16)
총 계			**390 (1,316)**	**2,131 (2,033)**	**375 (1,577)**	**321 (328)**	**138 (176)**	**3,355 (8,785)**

* 유럽은 EPO(유럽특허청)에 출원한 특허 및 유럽 내 19개 각국에 출원한 특허를 포함

* 괄호안의 숫자는 raw data를 의미하며, raw data보다 유효 특허가 많은 소분류들은 다른 소분류에 검색된 raw data 선별 과정 중 유입된 것임

□ 분석 방법

- 드릴링 시스템의 특허기술 Landscape를 다각적으로 분석함
- 핵심기술을 각각의 소분류별로 나누어 세부적으로 특허 동향을 분석함

○ 특허기술 Landscape

- 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본, 유럽 및 중국에서의 1) 전체적인 특허출원 현황, 2) 국가별 특허출원 현황, 3) 각국의 특허 점유율, 4) 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계 파악 및 국가간 기술경쟁력 현황 분석 등을 통해 국가별 Landscape를 분석함
- 또한, 상위 Top10의 다출원인 도출을 통하여 주요 경쟁자 현황 및 주력기술분야에 대한 파악을 통하여 경쟁자 Landscape를 분석함
- 또한, 비교적 최근인 2010~2013년도의 신규 시장 진입자를 국가별로 파악하여 신규 경쟁자 Landscape를 분석함

○ 핵심기술 분석

- 핵심기술 분석에서는 1) 중분류별 또는 소분류별에 따른 세부기술을 년도별, 점유율별 또는 국가별로 분석하고, 2) 국가별 및 기술별 추이 분석, 3) 중분류별 또는 소분류별에 따른 기술별 주요 출원인 집중도 등을 다각적으로 분석함

나. 특허기술 Landscape

□ 국가별 Landscape

○ 주요시장국 연도별 전체 특허동향

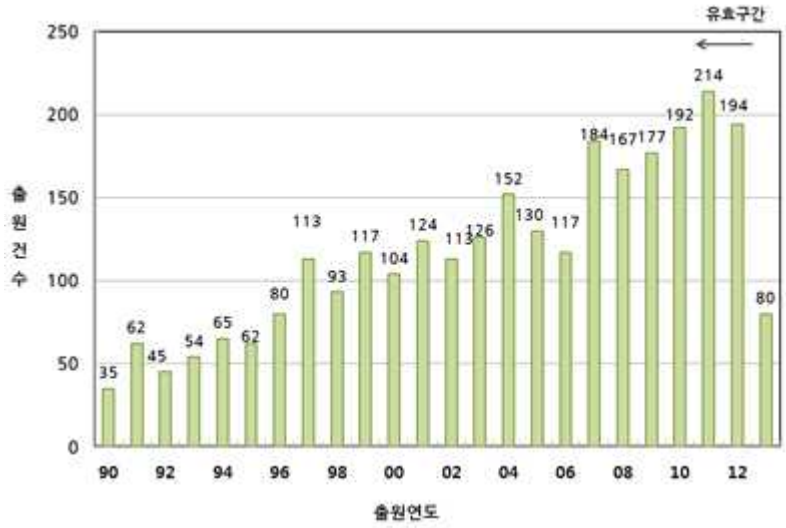


그림 2.82 주요시장국 연도별 전체 특허동향

○ 주요시장국 연도별 개별적 특허동향

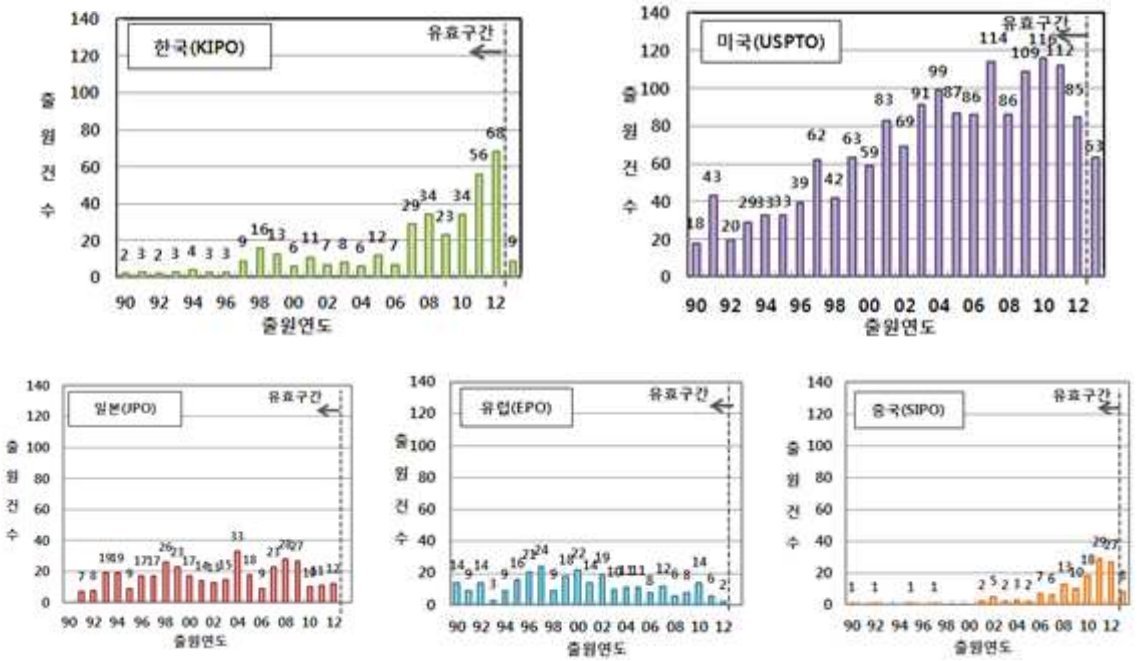


그림 2.83 주요시장국 연도별 개별적 특허동향

- 상기 그래프에서 주요시장국의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 점진적으로 계속 특허출원 건수가 증가하고 있는 추세임

* 이러한 이유는 기존 유정의 채산성의 효율성의 증대를 도모하거나, 지속적인 발견으로 인한 새로운 유정은 지반에서 좀 더 깊은 곳에 형성되므로 더욱 진보된 드릴링 기술의 요구가 있기 때문이라고 분석됨
* 또한, 주요시장국의 연도별 개별적 특허동향을 살펴보면, 1) 대한민국, 미국 및 중국은 성장세를 보이고 있으나, 2) 일본 및 유럽은 다소 주춤한 성장세를 보이고 있음
* 이러한 이유는 1) 미국 및 중국의 경우 산유국이라는 지형적 특성상 성장세를 보인다고 분석되며, 2) 대한민국의 경우 산유국에 진출하여 유정 사업을 활발히 진행하고 있는 산업적 특성상에 따른 결과라고 분석됨

- 특히, 성장세를 보이고 있는 미국, 대한민국 및 중국의 경우, 2000년대 중반(2005년도 전 후)에 성장세가 주춤하다가, 다시 성장하는 양상을 동일하게 보이고 있는데, 이러한 이유는 미국 또는 중국의 지반 깊숙이 매장된 셰일 가스층의 발견에 따른 기술 발전 도모에 따른 영향을 받은 것으로 추정됨

* 참고로, 셰일 가스는 1800년대부터 발견되었으나 유정기술의 부족으로 인해 2000년대에 와서야 비로소 채굴이 진행되었으며, 세계에너지기구(IEA)에 따르면 셰일 가스는 2010년대에 가장 주목 받는 에너지원으로서 석유 다음으로 가장 많이 사용될 전망임

○ 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

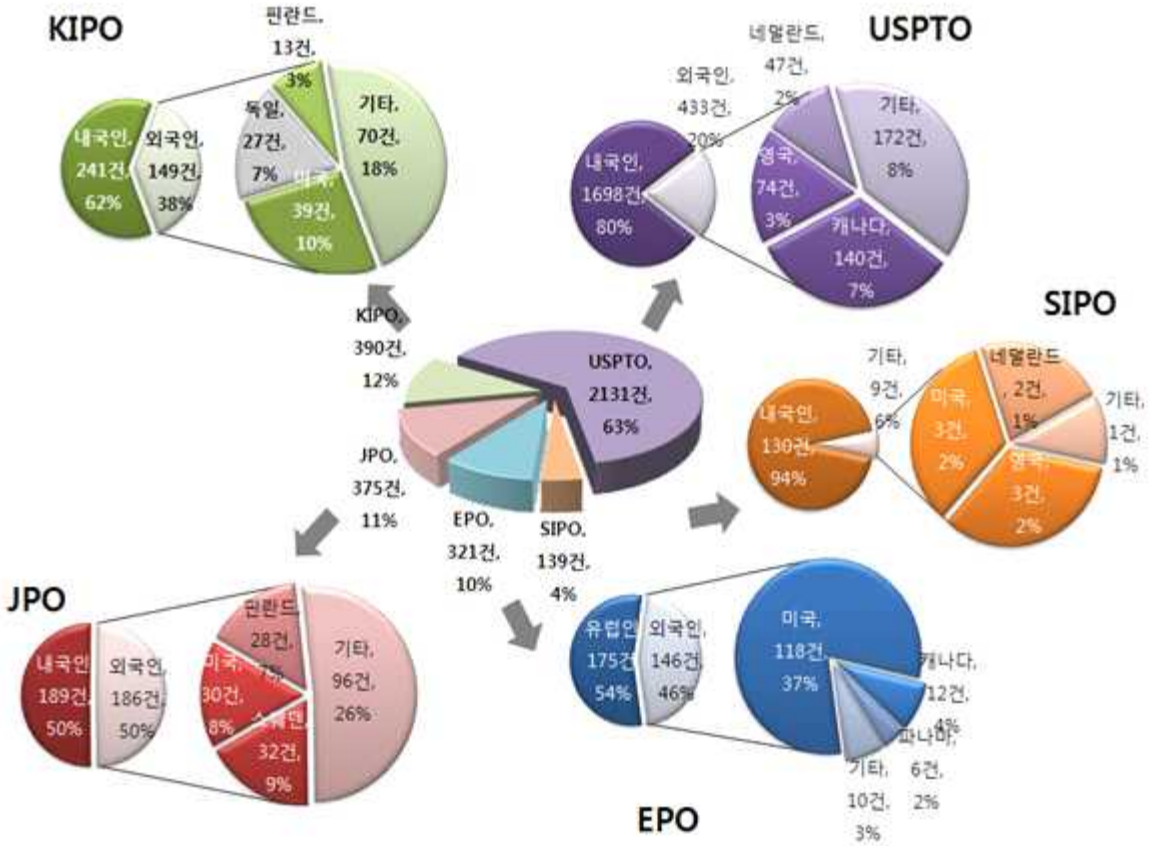


그림 2.84 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

- 중앙의 원형그래프를 살펴보면, 주요시장국 중 미국이 1) 전체 출원에서 약 63%로 과반수 이상의 특허 기술을 보유 및 출원하고 있으며, 2) 대한민국, 유럽 중국 및 일본 등에서 가장 활발한 외국 진입을 도모하고 있음

* 다만, 미국은 유럽 및 일본 중 유럽에 많은 특허 진입을 도모하고 있는데, 이는 유럽이 브렌트유를 생산하는 산유국을 포함하고 있으며, 세계 4대 석유시장(북미, 북해, 극동, 중동) 중 하나인 북해시장(North Sea)을 형성하고 있는 중요한 지역이기 때문이라고 사료됨

- [KIPO] 대한민국의 경우, 내국인의 출원이 외국인의 출원에 비해 많은 비중을 차지하며, 이는 대한민국이 경제력 있는 유정 발견이 되고 있지 않기 때문이라고 분석됨

* 그러나, 외국인의 출원이 다소 많은 이유는 광물 또는 상하수도 건설 등을 위한 드릴링 기술, 즉, 지향식 드릴링(B)이 대한민국에 유입되기 때문이라고 분석됨

- [USPTO] 미국의 경우, 내국인의 출원이 매우 많은 비율을 차지하며, 이는 세계적인 유정회사가 모두 미국계 회사이기 때문임
- 미국의 대표적인 유정회사 또는 지형적 특성은 이하 페이지에서 자세하게 기술됨
- [JPO] 일본의 경우, 내국인의 출원과 외국인의 출원이 거의 유사하게 비중을 차지하며, 이는 일본이 경제력 있는 유정 발견이 되고 있지 않기 때문이라고 분석됨

* 그러나, 외국인의 출원이 다소 많은 이유는 광물 또는 상하수도 건설 등을 위한 드릴링 기술, 즉, 지향식 드릴링(B)이 대한민국에 유입되기 때문이라고 분석됨

- [SIPO] 중국의 경우, 중국은 산유국이나, 아직 경제성 있는 유정의 드릴링 시스템에 대한 초기 진입 단계이며, 앞으로 많은 자국 개발 및 외국의 진입이 있을 것으로 전망됨
- [유럽] 유럽의 경우, 세계 4대 시장이 형성되어 있는 영국, 노르웨이, 덴메크, 네덜란드 등의 산유국을 포함하기 때문에, 당사국 기업이 기술을 개발하고 있으며, 미국의 유입에 의해 내국인과 외국인의 출원이 유사 비율을 차지하고 있음

○ 기술시장 성장단계 파악



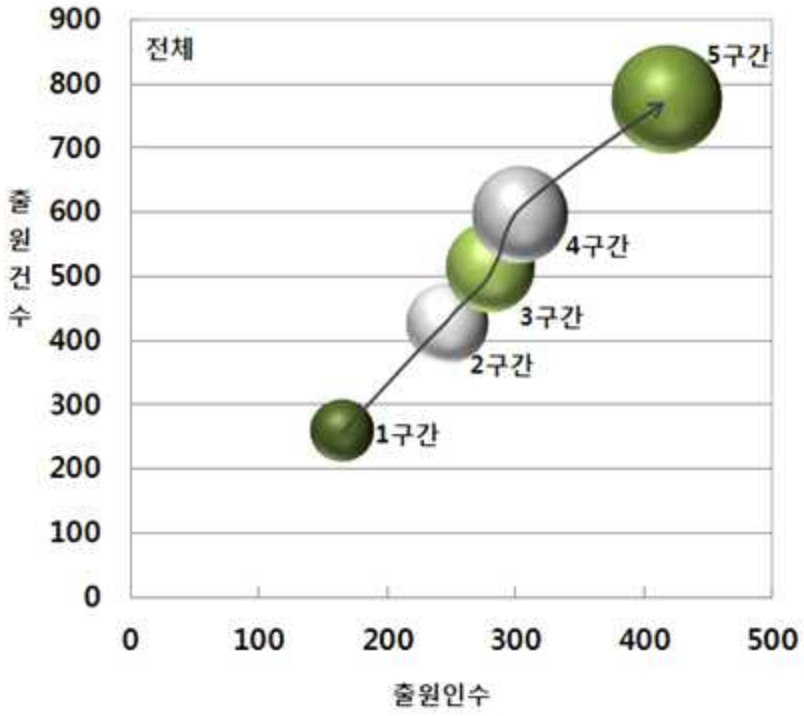


그림 2.85 전체적인 기술시장 성장단계

- 현재 드릴링시스템의 현황은 Ⅱ. 성장 단계로서, 출원인수 및 출원건수가 늘어나고 있는 추세임
- Ⅱ. 성장 단계는 주로 기구적 구성의 기술 개발이 활발하며, Ⅲ. 성숙기에 다가갈수록 제어, 시뮬레이션 등의 복합적이고 시스템적인 기술 개발이 활발해지는게 일반적인 기술 동향임

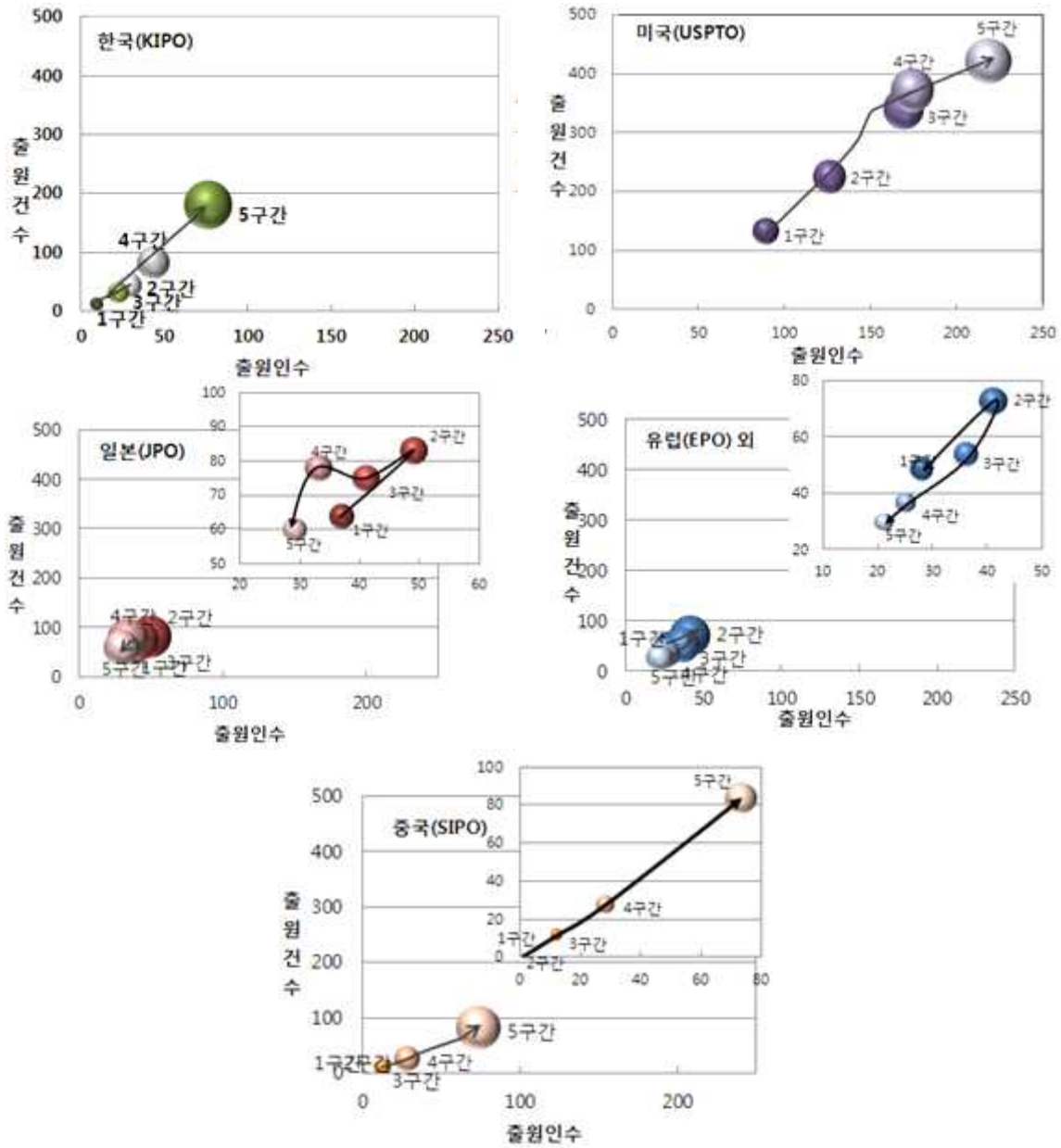


그림 2.86 각 출원국가별 기술시장 성장단계

- 방향성 드릴링 기술 관련 분야의 전체 및 해당 국가의 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로, 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 5개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있음
- 각 구간은 1구간(1993년 ~ 1996년), 2구간(1997년 ~ 2000년), 3구간(2001년 ~ 2004년), 4구간(2005년 ~ 2008년), 5구간(2009년 ~ 2012년)으로 나누었음
- 앞서 살펴본 것과 같이, 특허 공개는 일반적으로 출원 후 1년 6개월이 경과해야

공개되므로, 2012년까지를 분석 구간으로 산정한 것임

- 포트폴리오로 나타낸 전체 특허 기술 위치는 적으로 전구간(1993년 ~ 2012년)에 걸쳐 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계에 있으며, 이는 드릴링 기술 개발에 따른 새로운 유정 발견에 따른 것으로 분석됨
- [KIPO] 한국특허의 기술 위치는 1구간(1993년 ~ 1996년)부터 5구간(2009년 ~ 2012년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계에 있음
- 또한, 4구간(2005년 ~ 2008년)부터 출원 건수 및 출원인 수가 크게 증가하고 있어 급격한 기술 개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨
- [USPTO] 미국특허의 기술 위치는 전구간(1993년 ~ 2012년)에서 출원건수와 출원인의 수가 점진적으로 성장하는 양상을 보임
- [JPO] 일본특허의 기술 위치는 1구간(1993년 ~ 1996년)부터 2구간(1997년 ~ 2000년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계에 있었으나, 이 후 5구간(2009년~2012년)까지는 출원 건수와 출원인 수가 줄어드는 양상을 보임

* 그러나, 1구간(1993년 ~ 1996년)과 5구간(2009년 ~ 2012년)를 대조해보면, 출원인 수와 출원 건수의 차이가 작고, 일본은 기술 강국이기 때문에 앞으로 어떠한 양상을 보일지는 향후 좀 더 살펴볼 필요가 있음

- [EPO] 유럽특허의 기술위치는 1구간(1993년 ~ 1996년)부터 2구간(1997년 ~ 2000년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계에 있었으나, 이 후 5구간(2009년 ~ 2012년)까지는 출원 건수와 출원인 수가 줄어드는 양상을 보임

* 그러나, 1구간(1993년 ~ 1996년)과 5구간(2009년 ~ 2012년)를 대조해보면, 출원인 수와 출원 건수의 차이가 작고, 유럽은 산유국을 포함하고 있기 때문에 앞으로 어떠한 양상을 보일지는 향후 좀 더 살펴볼 필요가 있음

□ 경쟁자 Landscape

○ 주요경쟁자 현황

표 2.23 주요 경쟁자 Landscape

분석 항목 / 출원인	출원인 국적	주요 IP시장국(건수,%)						특허 출원 증가율 (최근 5년)	주력 기술 분야
		한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	중국 SIPO	IP시장국 종합		
HALLIBURTON ENERGY SERVICES	미국	0 (0%)	119 (78%)	2 (1%)	31 (20%)	0 (0%)	미국	-50%	회전, 유닛
Schlumberger Technology	미국	0 (0%)	115 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	미국	26%	모니터링
Baker Hughes	미국	0 (0%)	95 (86%)	0 (0%)	14 (13%)	1 (1%)	미국	32%	모니터링
Smith International	미국	0 (0%)	48 (98%)	0 (0%)	1 (2%)	0 (0%)	미국	-76%	운전
Varco I/P	미국	0 (0%)	38 (88%)	0 (0%)	5 (12%)	0 (0%)	미국	-86%	인양
Itrec B.V.	네덜란드	1 (3%)	26 (72%)	0 (0%)	8 (22%)	1 (3%)	미국	0%	인양
BAUER MASCHINEN	독일	13 (43%)	3 (10%)	6 (20%)	8 (27%)	0 (0%)	대한민국	0%	회전
Samsung Heavy Industries	대한민국	30 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	대한민국	2400%	인양
Weatherford/Lamb	미국	0 (0%)	23 (77%)	0 (0%)	7 (23%)	0 (0%)	미국	-88%	회전, 모니터링
Oil States Industries	미국	0 (0%)	29 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	미국	233%	인양

- 주요한 기업은 미국계 기업으로서, HALLIBURTON ENERGY SERVICES, Schlumberger Technology가 있으며, 이들은 각각 1919년, 1926년에 설립되어 전 세계 70~80여개국에 지사를 가지고 있음

* 후술하겠으나, 상기 미국의 3사는 인양(AA)에서 시뮬레이션(AH)까지 다양한 기술을 보유 및 개발하고 있으며, 최근에는 특히 모니터링(AG)의 기술 개발을 시도하고 있음
* 또한, 상기 미국 3사의 주력 외국 진출은 유럽으로 분석됨. 이는 유럽의 경우, 세계 4대 시장이 형성되어 있는 영국, 노르웨이, 덴메크, 네덜란드 등의 산유국을 포함하기 때문임

- 우리나라 기업으로는 삼성 중공업이 소분류 인양(AA), 즉, 드릴링선과 같은 선박 특허에 대한 출원을 최근 들어 활발히 하고 있으며, 아직까지 초기 단계라 외국 진출에 대한 유효 특허가 분석되고 있지 아니하지만 앞으로 많은 외국 특허 진입을 시도할 것으로 판단됨
- 또한, 통상적으로 기술의 발전은 기구적 시스템에서 제어적 시스템으로 발전하기 때문에, 아직 드릴링 시스템 기술 개발의 초기 단계인 대한민국에서는 당분간 기구적인 개량발명(인양, 회전, 유닛)이 집중될 것으로 분석됨

○ 신규 시장 진입자 현황

표 2.24 주요 IP시장국에서의 신규 시장 진입자(잠재적 경쟁자) ('09 ~ '13)

한국(KIPO)		미국(USPTO)		일본(JPO)		유럽(EPO)		중국(SIPO)	
출원인명	건수	출원인명	건수	출원인명	건수	출원인명	건수	출원인명	건수
Sandvik Intellectual Property AB	6	Flanders Electric Motor Service, Inc.	4	ODA KOUSUKE	4	Lövab Aktiebolag	2	Shandong Xinguo Heavy Machinery Co., Ltd.	4
Sealy Enterprises Ltd.	5	Tri-Flo International,Inc	4	Le Vallee internationa l, Aienudi., El. Pins.	4	Rasheed	2	China National Offshore Oil Corporation	4
DAECHANG Machinery Co., Ltd.	4	Khulusi	3	TAMA KAYAKU KIKO KK	2			China Petroleum & Chemical Corporation	3
Huisong Geotech	2	McClung, III	3	CHUBU ROCK DRILL SERVICE CO LTD	2			Jilin University	2
CYTRONIQ., LTD	2	Foro Energy, Inc.	3	IHI CORP	2			Marine Current Turbines Limited	2
HITACHI CHOSEN KK	2	Rasheed	2	Marine current data Binns Limited	2			Shanghai Strong Foundation Engineering Co., Ltd.	2
Baekeunmi	2	APEX DIRECTIONAL DRILLING, LLC	2	UNIV OF TSUKUBA, TADA KENSETSU KK	2			Zhaodong Huaying Oilfield Drilling Technology Service Co.,Ltd.	2

- 10' ~ 13'년 신규 시장 진입자로는 상기 표와 같이 나타나며, 2012' 이전과 같이 미국, 대한민국 및 중국이 활발한 기술개발을 보이고 있으며, 일본, 유럽은 약세임
- 이러한 신규 시장 진입자 중에서 각국별 자국 기업이 가장 많은 곳은 미국이며, 대한민국의 경우 외국 기업 진출이 많아지고 있음
- 또한, 드릴링 시스템에서 가장 연관성이 적은 소분류인 지반탐색(AI 또는 BC) 관련한 데이터에 의해 신규 시장 진입자가 도출되고 있는 실정임
- 전술한 것과 같이, 일반적으로, 드릴링 시스템에 대한 제어, 모니터링 또는 시뮬레이션은 기구적 기술 개발 단계를 지나 발전하는 단계로서, 신규 시장 진입자의 대부분은 기구적 기술(인양, 회전, 유닛) 개발을 꾀하고 있음

* 대한민국의 경우, Huisong Geotech과 CYTRONIQ., LTD가 지반탐색(AI, BC)인 경우를 제외하고 전부 기구적 구성(인양, 회전, 유닛)에 대한 신규 진입이며,
* 일본의 경우, IHI CORP가 이수제어(AC, BB), UNIV OF TSUKUBA가 모니터링(AG, BB)인 경우를 제외하고 전부 기구적 구성(인양, 회전, 유닛)에 대한 신규진입이며,
* 유럽의 Lövab Aktiebolag는 기구적 구성, Rasheed는 지반탐색(AI, BC)이며,
* 중국의 경우, China Petroleum & Chemical Corporation이 이수제어(AC)인 것을 제외하고 전부 기구적 구성(인양, 회전, 유닛)에 대한 신규진입이지만,
* 미국의 경우는 오랫동안 세계적으로 드릴링 시장의 기술을 선점하였기 때문에, Flanders Electric Motor Service, Inc.는 모니터링(AG), Tri-Flo International, Inc.는 이수제어(AC), Khulusi는 유정제어(AF), McClung, III은 유정제어(AF)와 방향제어(AE), Foro Energy, Inc.는 기구적 구성(인양, 회전, 유닛)과 유정제어(AF), Rasheed는 방향제어(AE) 및 모니터링(AG), APEX DIRECTIONAL DRILLING, LLC은 방향제어(AE)와 기구적 구성(인양, 회전, 유닛) 등 다양한 기술 분야의 진출을 꾀하고 있음

- 따라서, 대한민국의 경우 기구적 구성이 아닌 시스템적 구성에 대한 신규 시장 진입한 경쟁자가 아직 적기 때문에 발 빠른 기술 동향 파악 및 기술 개발로 인해 기술 선점을 꾀할 수 있음

다. 핵심기술 분석

□ 세부기술별 동향

○ 연도 구간별 드릴링 시스템의 중분류별 동향



그림 2.87 분류별 점유율 및 연도별 출원동향

- 앞서 살펴본 것과 같이, 드릴링 시스템은 아직 기술 개발이 활발한 성장기 단계임
- 상기 그래프에서 방향성 드릴링(A)과 지향식 드릴링(B)의 출원 증감 성향이 유사한 것은 기능적으로 상호 중복되는 유효 데이터가 다수 존재하기 때문임
- 즉, 중분류 및 몇 개의 소분류는 목적에 따라 구획된 것으로서, 기능에 따른 고려 시 상호 중복되는 것이 다수 존재할 수 있음. 예를 들어, 회전(AB)과 유닛(BA)은 중분류 및 소분류는 다르나, 상호 동일한 기능(지반을 드릴링하는 기능)을 가지므로 유사 중복 데이터 다수 존재함

○ 연도 구간별 드릴링 시스템의 소분류별 동향

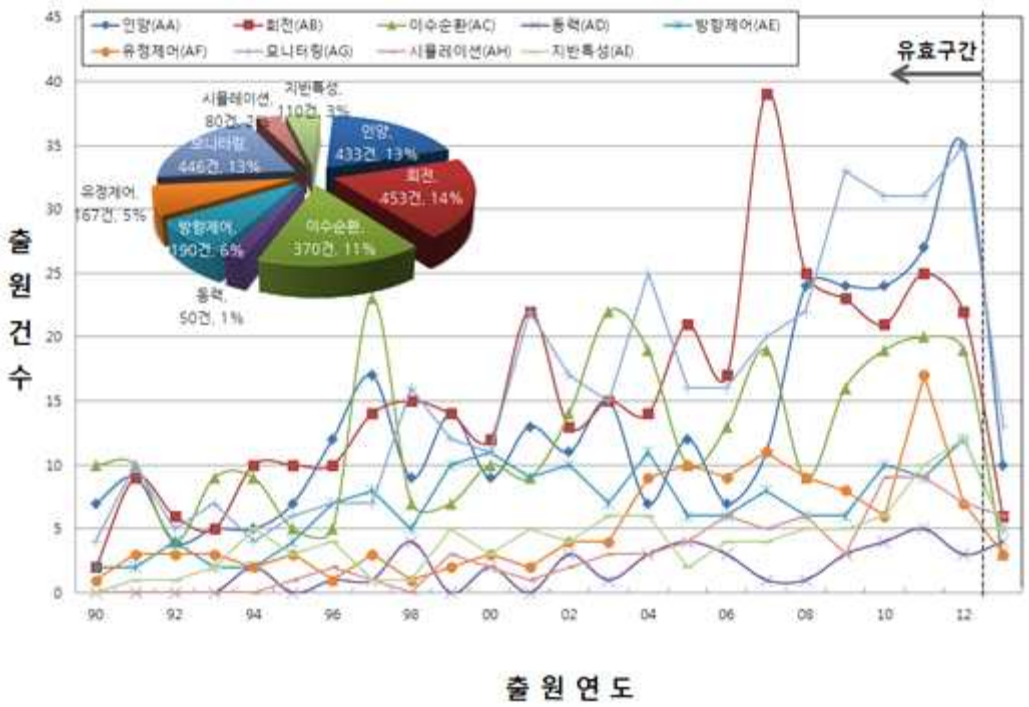


그림 2.88 방향성 드릴링(A) 점유율 및 연도별 출원동향

- 상기와 같이, 연도 구간별 방향성 드릴링(A)의 세부기술 동향은 소분류별로 나타낼 수 있음

* 여기서, 인양(AA), 회전(AB) 및 이수순환(AC)은 각각 13%, 14% 및 11%의 점유율을 가지며, 이는 기구적 구성에 해당하기 때문에 이러한 기구적 구성의 기술 점유율은 과반수 이상이 지속될 것으로 판단됨
* 기구적 구성 중 주목할 것은 회전(AB) 부분의 06년~08년의 출원건수로서, 08년도부터 미국의 셰일 가스층이 드릴링된 것을 고려하면, 시기적 배경이 다소 일치함

- 즉, 아직도 여전히 지반을 더욱 깊이 드릴링하기 위한 기구적 구성(인양, 회전, 이수순환)에 대한 기술 개발이 진행될 것으로 판단됨
- 또 주목할 것은, 07년도 이후 급격하게 증가하고 있는 모니터링(AG) 분야임. 즉, 기구적 발명 단계에서 이러한 기구적 기술을 제어하는 기술 개발이 증가되고 있는 실정임. 이러한 기술 동향은 이하 살펴볼 기술별 추이 분석을 통해 다시 한번 살펴볼 수 있음

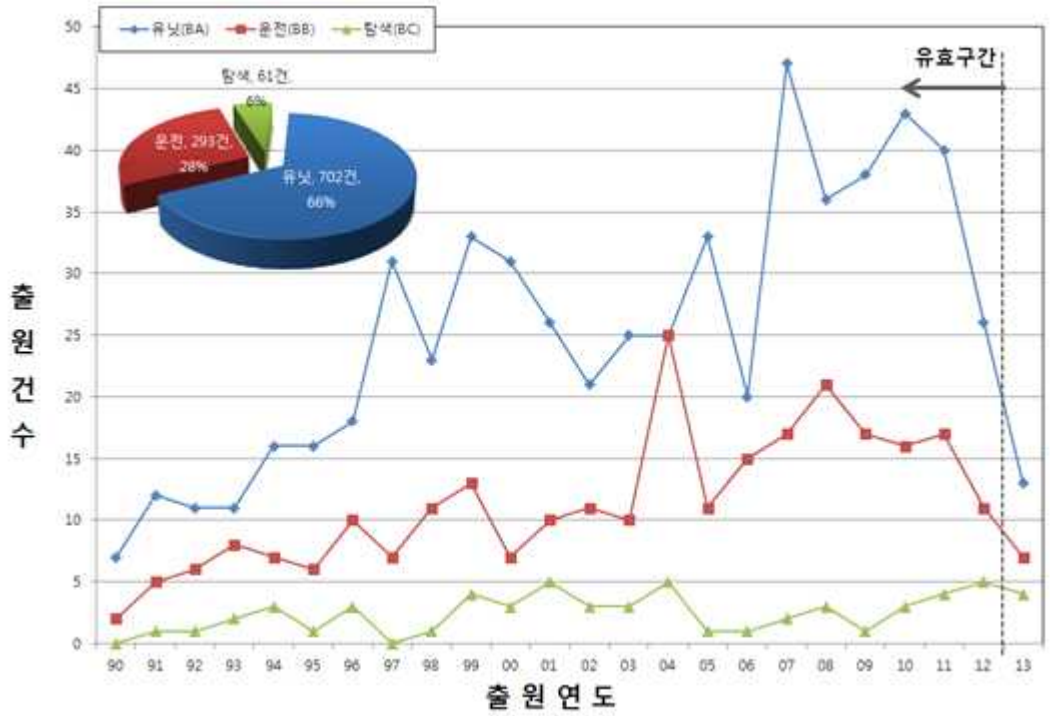


그림 2.89 향식 드릴링(B) 점유율 및 연도별 출원동향

- 상기와 같이, 연도 구간별 지향식 드릴링(B)의 세부기술 동향은 소분류별로 나타낼 수 있음
- 앞서 언급한 것과 같이, 중분류 및 몇 몇의 소분류는 목적에 따라 구획된 것으로서, 기능에 따른 고려시 방향성 드릴링(A)과 지향식 드릴링(B) 상호 중복되는 것이 다수 존재할 수 있기 때문에, 상기 방향성 드릴링(A)의 회전(AB)과, 상기 지향식 드릴링(B)의 유닛(BA)의 증감율은 상호 유사하게 나타남

○ 소분류 구간별 점유증가율 현황

- 세부기술 추세를 통한 부상기술을 파악하기 위해서 아래의 그래프에서는 소분류별로 연도 구간별 특허기술의 출원 경향을 살펴봄
- 왼쪽의 그래프는 출원건수를 통한 절대치를 나타내며, 오른쪽 그래프는 세부기술에 대한 연도구간별 상대비교를 보여주고 있음

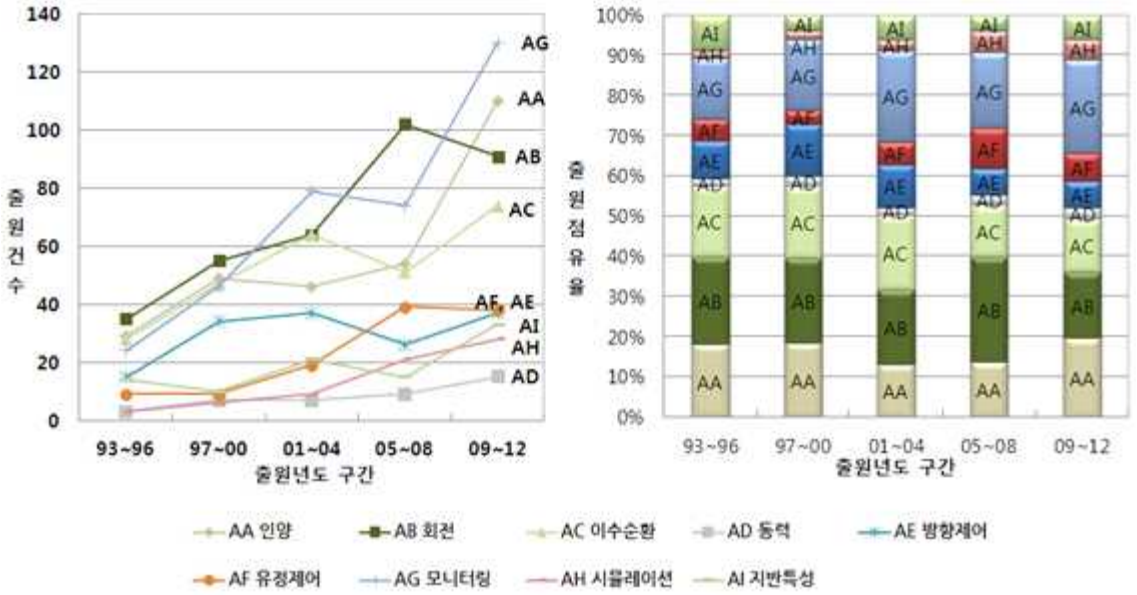


그림 2.90 방향성 드릴링(A)의 소분류별 점유증가율 분석

- 90년대 이 후 드릴링 시스템의 각각의 소분류는 대부분 기술 성장이 이뤄지고 있는 상황임. 다만, 회전(AB) 부분이 최근 들어 감소하고 있는 그래프 형상을 보이나, 드릴 비트 등의 기구적 기술의 개발은 계속적으로 이루어 질 것으로 사료되기 때문에, 기술 개발이 감소하는 성향이라기보다 지속적으로 꾸준히 개발되고 있는 것으로 분석할 수 있음
- 최근 점유율에서 급격한 성장세를 보이는 것은 인양(AAA) 부분으로서, 이는 해양에서의 유정 개발이 활발하게 진행되고 있는 것으로 분석됨
- 또한, 모니터링(AAG) 부분이 급격한 성장세를 보이고 있으며, 이는 기구적 구성의 개발 단계에서 제어적 측면의 기술 개발 단계로 진행이 이루어지고 있는 성장기의 현상으로 분석됨

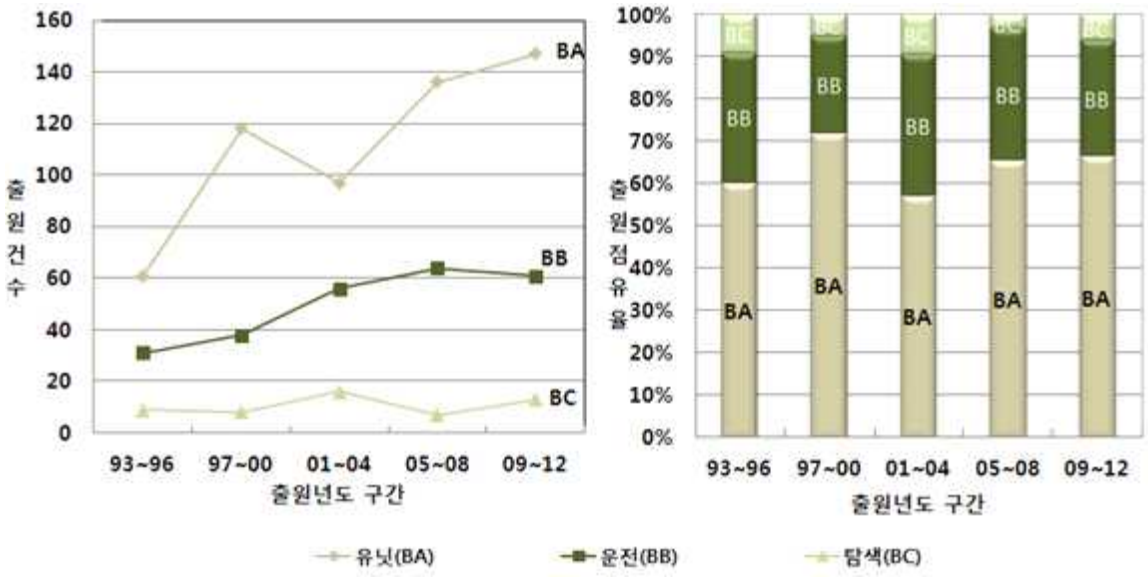


그림 2.91 지향식 드릴링(B)의 소분류별 점유증가율 분석

- 지향식 드릴링(B)의 경우, 광물 또는 우물 굴착 또는 상, 하수도 건설을 위한 굴착이 대다수로서, 기구적 구성인 유닛(BA)의 기술 성장이 높은 점유율을 차지하고 있으며, 이러한 유닛(BA)을 뒷받침해주기 위한 운전(BB) 또는 탐색(BC)의 성장률은 다소 보조적인 수준임

□ 시장별 세부기술 동향

○ 시장별 세부기술 점유율 현황

- 시장별 세부기술 동향에서는 각국의 특허청에 출원된 출원 데이터를 기준으로 세부기술의 집중도 및 공백영역 등을 버블그래프로 나타내어 해당 시장의 관심도를 나타내고자 함
- 세부기술에 대한 전체적인 연도 구간별 흐름은 앞에서 제시하였음으로, 여기에서는 주요시장에서 어떠한 세부기술이 중점적으로 특허 출원되고 있는가를 파악하고자 하며, 해당 세부기술에 대한 시장별(특허청별) 비교 분석함

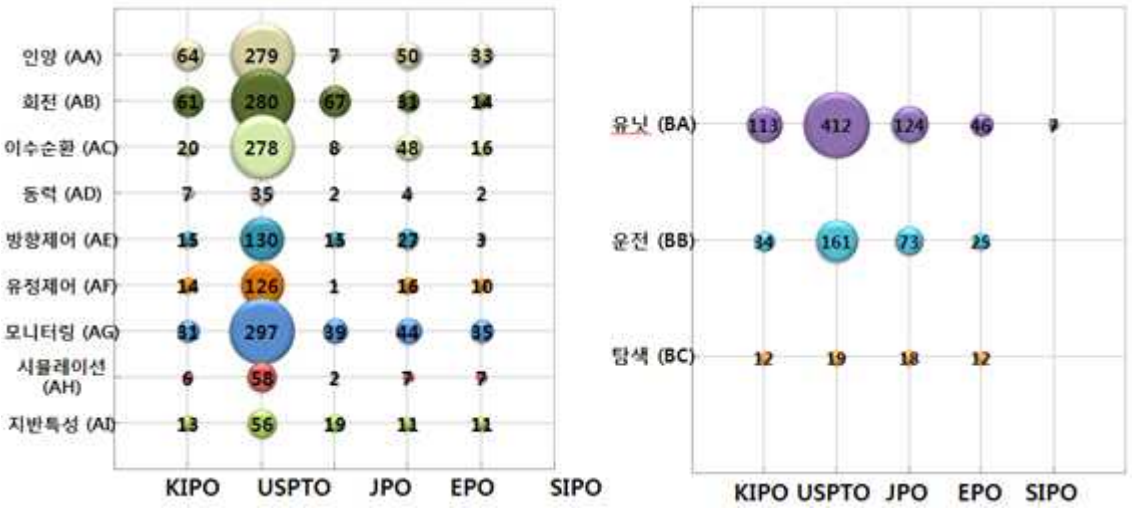


그림 2.92 시장별 세부기술 점유율 현황

- 미국이 세계적으로 드릴링 기술을 선도하고 있으며, 주목할 것은 기구적 구성(인양, 회전 등) 뿐만 아니라, 제어적 구성(방향제어, 유정제어, 모니터링)의 기술개발이 활발히 진행되고 있는 것임
- 대한민국 및 중국은 현재 기구적 구성(인양, 회전)의 기술을 개발하고 있는 초기적 단계로 분석됨

○ 시장별 세부기술의 연도별 동향

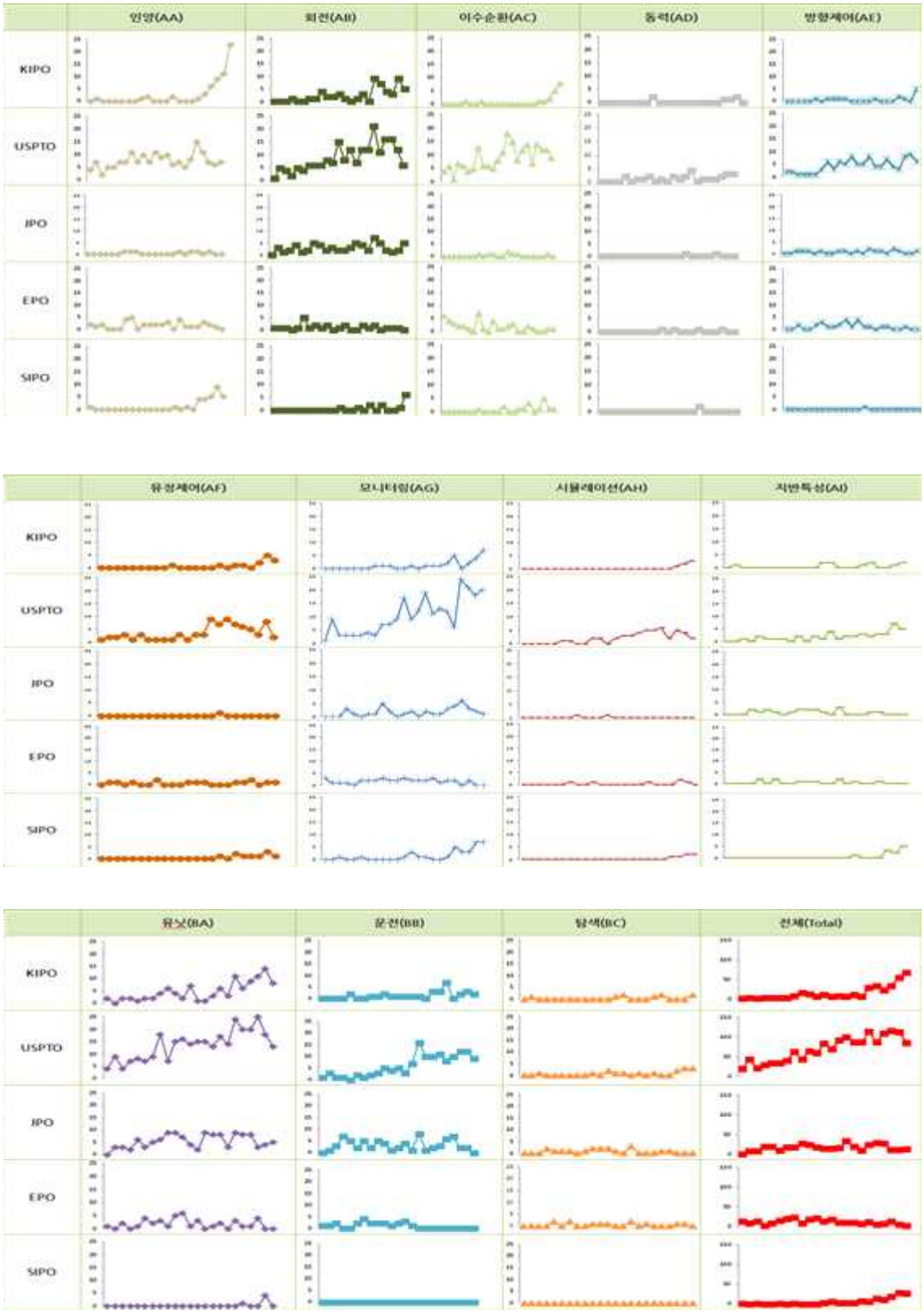


그림 2.93 시장별 세부기술의 연도별 동향

- 세부기술별로, 인양(AA) 부분에서는 대한민국이 드릴링선과 같은 기술 개발을 활발히 진행함으로서, 급속한 성장세를 나타내고 있음. 이는 조선 기술의 발달에 따른 현상으로 분석됨
- 회전분야(AB) 및 유닛(BA) 부분에서는 기구적 구성 중 가장 기초적인 분야에 속하는 것으로서, 현재 기술 개발 단계인 대한민국과 중국이 활발한 성장세를 보이고 있음
- 이수순환(AC)은 머드 시스템에 관한 것으로서, 이러한 이수 시스템에 대하여 더욱 개발에 박차를 가한다면 대한민국이 조만간 선진 기술을 보유할 수 있을 수 있는 분야라고 분석됨
- 동력(AD), 방향제어(AE), 유정제어(AF), 모니터링(AG), 시뮬레이션(AH) 및 운전(BB)은 기구적 구성보다 기술 개발이 전세계적으로 가열될 것으로 분석됨. 이에 대해 미국이 활발한 기술 개발을 도모하고 있으나, 아직 선진 기술 선점을 위한 기회는 충분하다고 분석됨
- 지반특성(AI) 및 탐색(BC)은 드릴링 기술과 연계된 기술 분야이긴 하지만, 사실상으로 다른 카테고리의 분야로 판단됨

□ 주요출원인 특허동향

○ 중분류별 주요출원인의 특허 현황

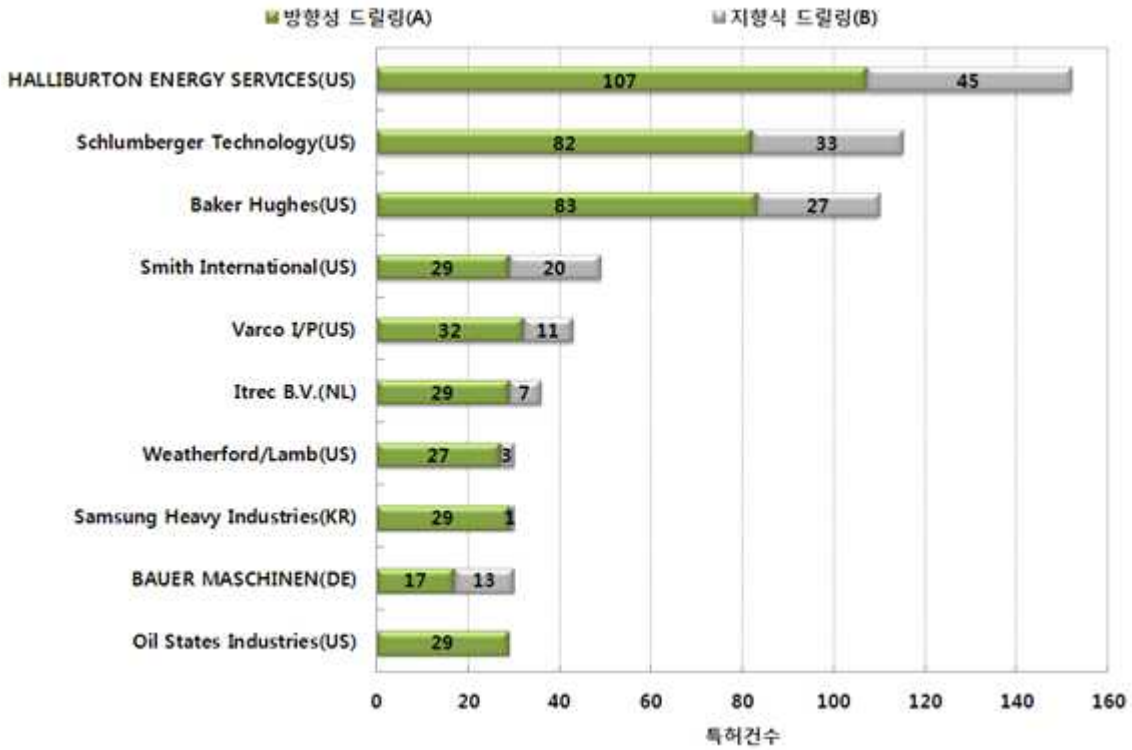


그림 2.94 다출원인의 중분류별 특허건수

- 앞서 살펴본 것과 같이, 현재 드릴링 시스템에 대한 기술은 미국의 3사(Hallibutrton Energy Survices, Schlumber Technology 및 Baker Hughes)가 전 세계적으로 앞도적 우위를 선점하고 있으며, 이러한 3사는 소분류별로도 다양한 기술을 보유 및 개발하고 있음(다음 페이지 참조)

○ 주요출원인의 세부기술별 특허집중도

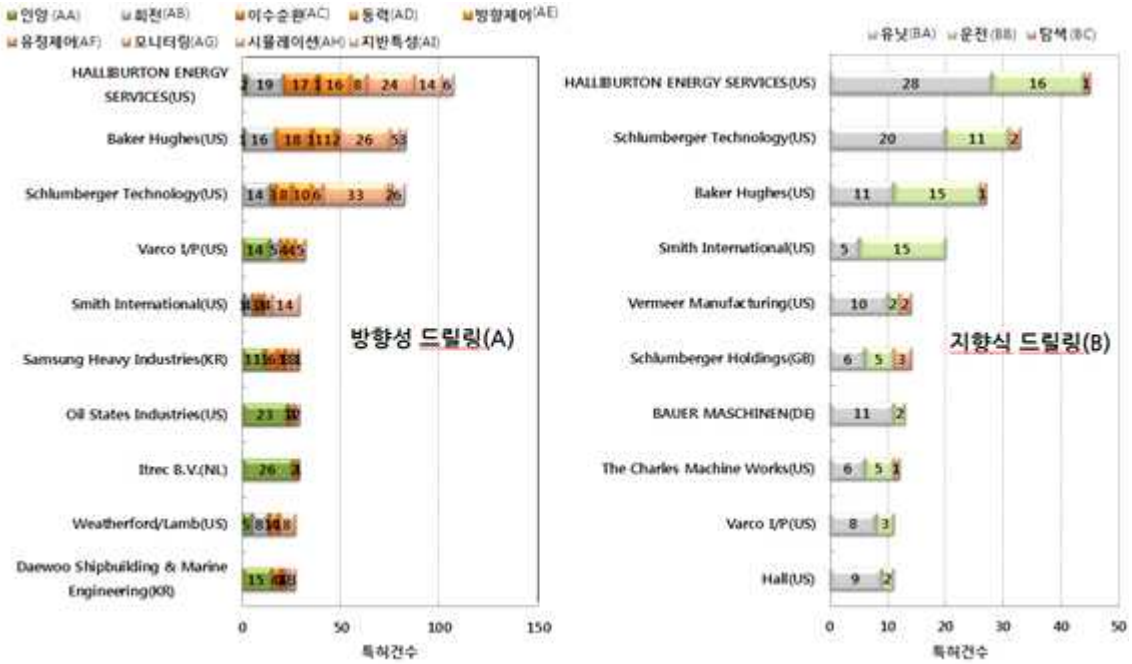


그림 2.95 다출원인의 세부기술별 특허집중도

- 미국의 3사(Hallibutrton Energy Survices, Schlumber Technology 및 Baker Hughes)는 기구적 구성인 인양(AA), 회전(AB)과 이를 뒷받침하는 이수순환(AC) 이외에도 유정제어(AF), 방향제어(AE), 모니터링(AG), 시뮬레이션(AH) 분야에서도 두각을 나타내고 있음
- 특히, 최근 동향은 기구적 구성의 출원을 유지하면서도 시스템적 구성인 모니터링(AG) 또는 시뮬레이션(AH)의 출원을 증가시키고 있음
- 지향식 드릴링(B)은 방향식 드릴링(A)과 목적이 다르나, 기능적으로 중복 적용될 수 있기 때문에 유사 그래프로서 나타남

○ 국가별 주요출원인의 중분류별 특허집중도

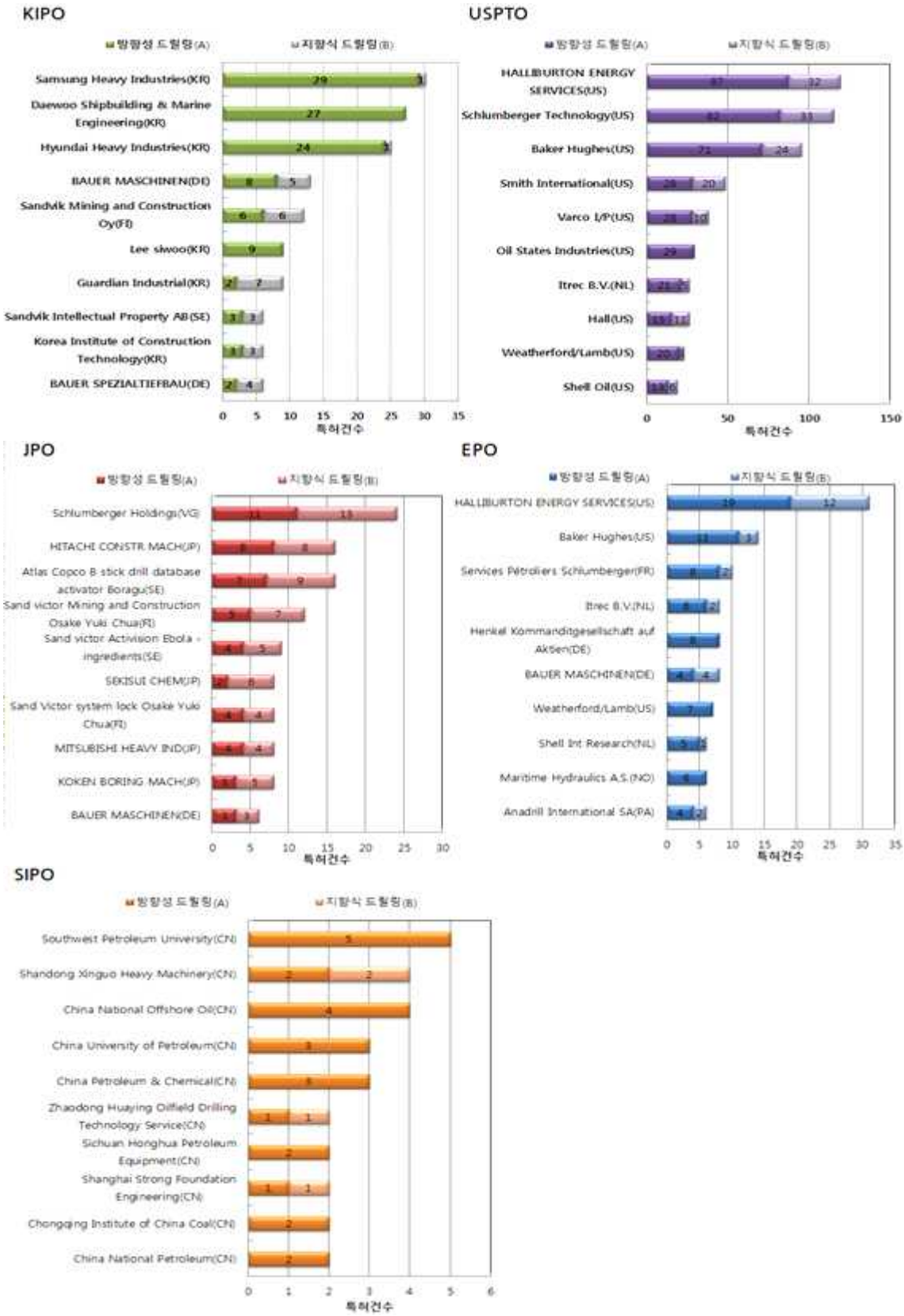
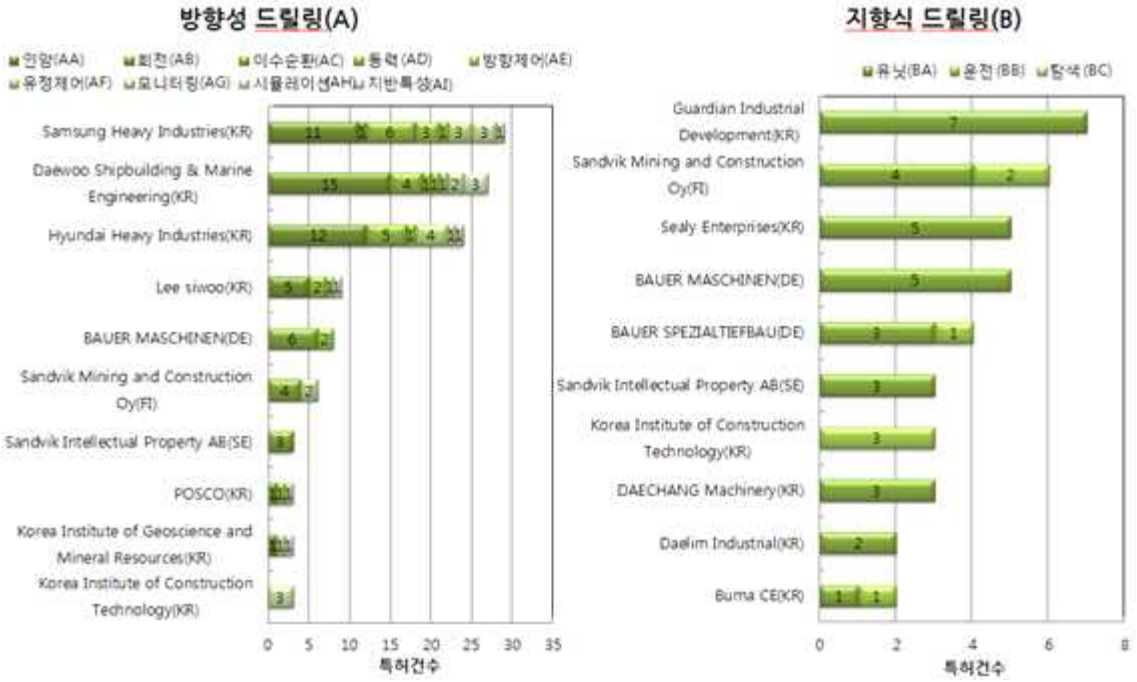


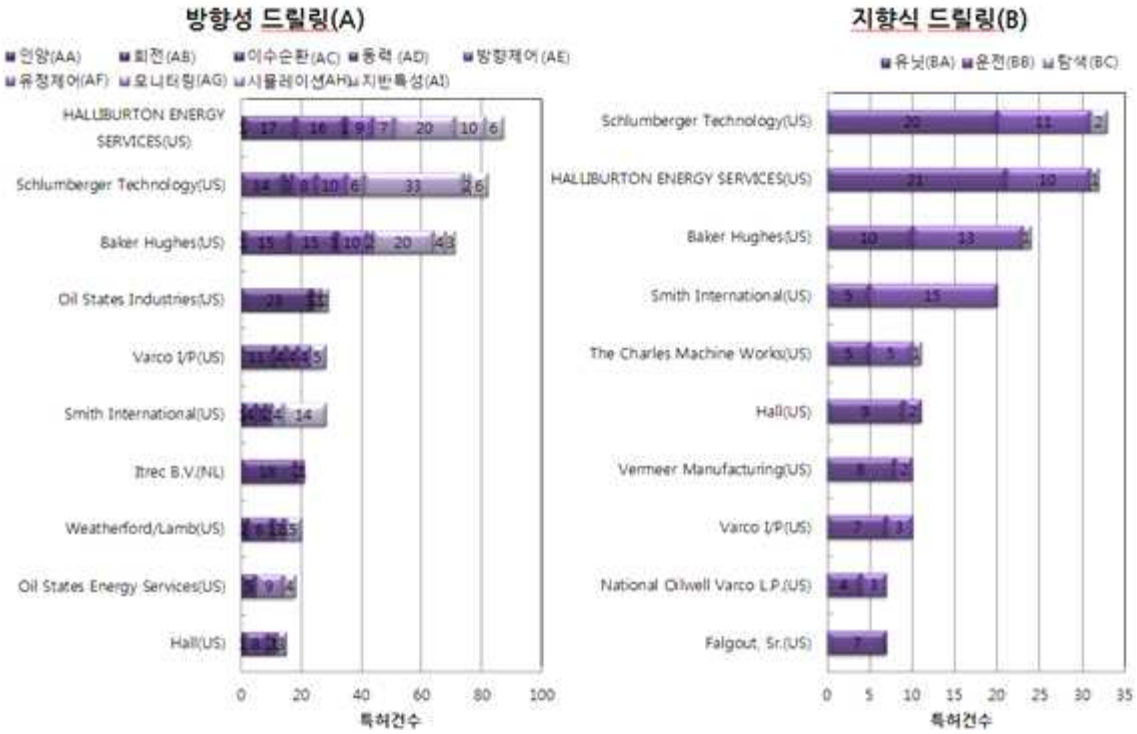
그림 2.96 중분류별 상위 출원인 현황

○ 국가별 주요출원인의 소분류별 특허집중도

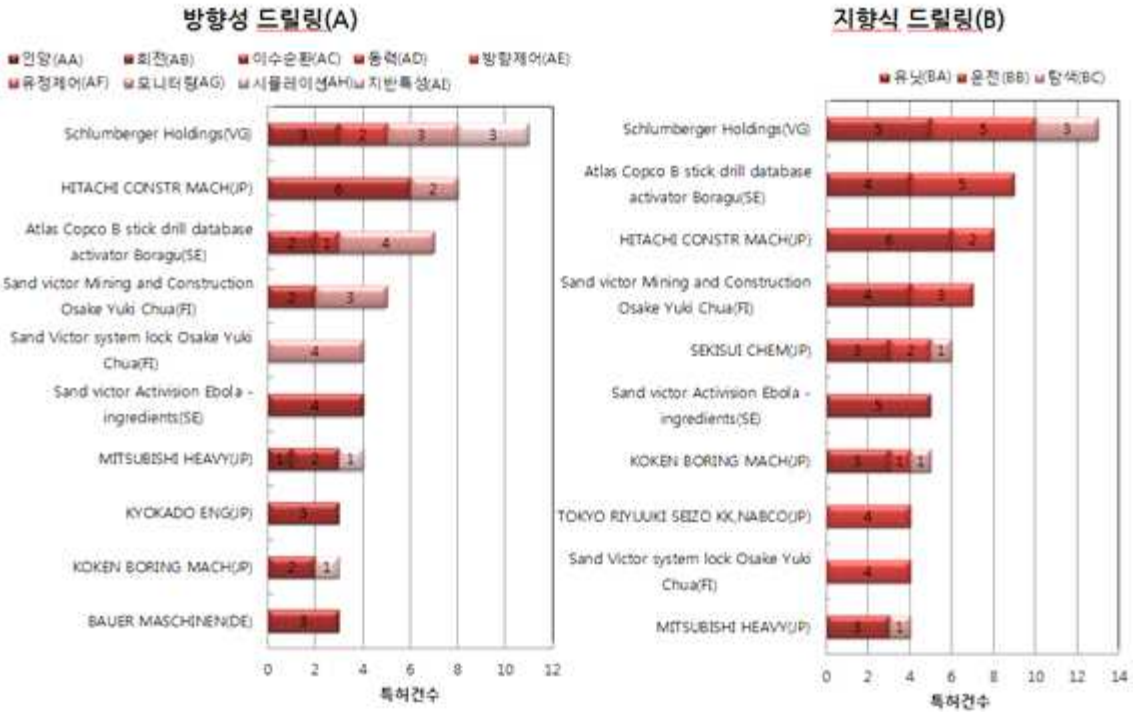
KIPO



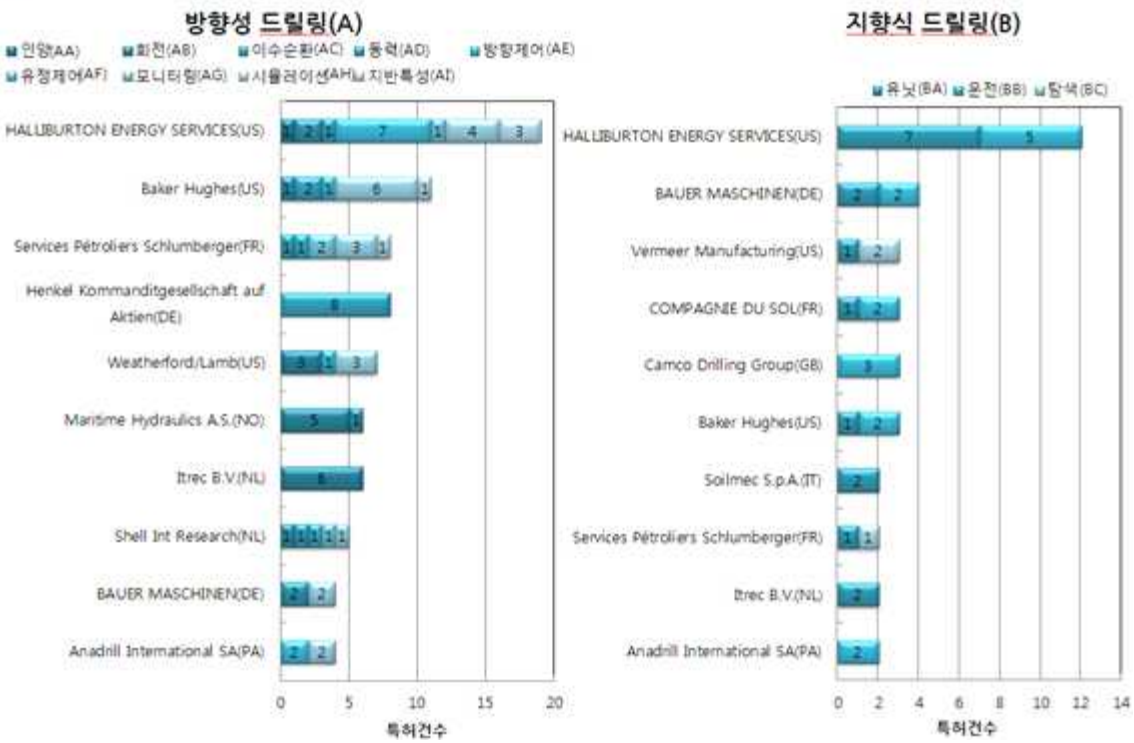
USPTO



JPO


방향성 드릴링(A)
인양(AA) 회전(AB) 이수순환(AC) 동력(AD) 방향제어(AE)
유정제어(AF) 모니터링(AG) 시뮬레이션(AH) 지반특성(AI)
Schlumberger Holdings(VG)
HITACHI CONSTR MACH(JP)
Atlas Copco B stick drill database activator Boragu(SE)
Sand victor Mining and Construction Osake Yuki Chua(FI)
Sand Victor system lock Osake Yuki Chua(FI)
Sand victor Activision Ebola - ingredients(SE)
MITSUBISHI HEAVY(JP)
KYOKADO ENG(JP)
KOKEN BORING MACH(JP)
BAUER MASCHINEN(DE)
0 2 4 6 8 10 12
특허건수
지향식 드릴링(B)
유닛(BA) 운전(BB) 탐색(BC)
Schlumberger Holdings(VG)
Atlas Copco B stick drill database activator Boragu(SE)
HITACHI CONSTR MACH(JP)
Sand victor Mining and Construction Osake Yuki Chua(FI)
SEKISUI CHEM(JP)
Sand victor Activision Ebola - ingredients(SE)
KOKEN BORING MACH(JP)
TOKYO RIYUUKI SEIZO KK,NABCO(JP)
Sand Victor system lock Osake Yuki Chua(FI)
MITSUBISHI HEAVY(JP)
0 2 4 6 8 10 12 14
특허건수

EPO


방향성 드릴링(A)
인양(AA) 회전(AB) 이수순환(AC) 동력(AD) 방향제어(AE)
유정제어(AF) 모니터링(AG) 시뮬레이션(AH) 지반특성(AI)
HALLIBURTON ENERGY SERVICES(US)
Baker Hughes(US)
Services Pétroliers Schlumberger(FR)
Henkel Kommanditgesellschaft auf Aktien(DE)
Weatherford/Lamb(US)
Maritime Hydraulics A.S.(NO)
Itrec B.V.(NL)
Shell Int Research(NL)
BAUER MASCHINEN(DE)
Anadrill International SA(PA)
0 5 10 15 20
특허건수
지향식 드릴링(B)
유닛(BA) 운전(BB) 탐색(BC)
HALLIBURTON ENERGY SERVICES(US)
BAUER MASCHINEN(DE)
Vermeer Manufacturing(US)
COMPAGNIE DU SOL(FR)
Camco Drilling Group(GB)
Baker Hughes(US)
Soilmec S.p.A.(IT)
Services Pétroliers Schlumberger(FR)
Itrec B.V.(NL)
Anadrill International SA(PA)
0 2 4 6 8 10 12 14
특허건수

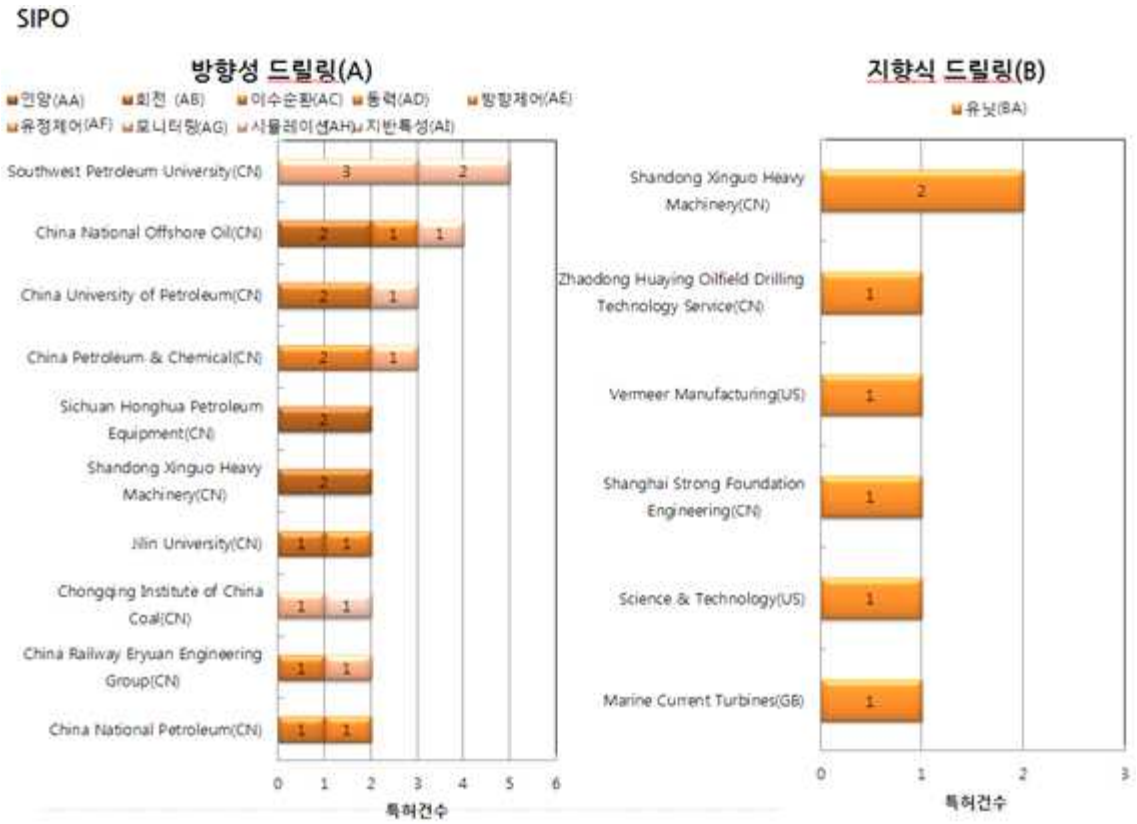
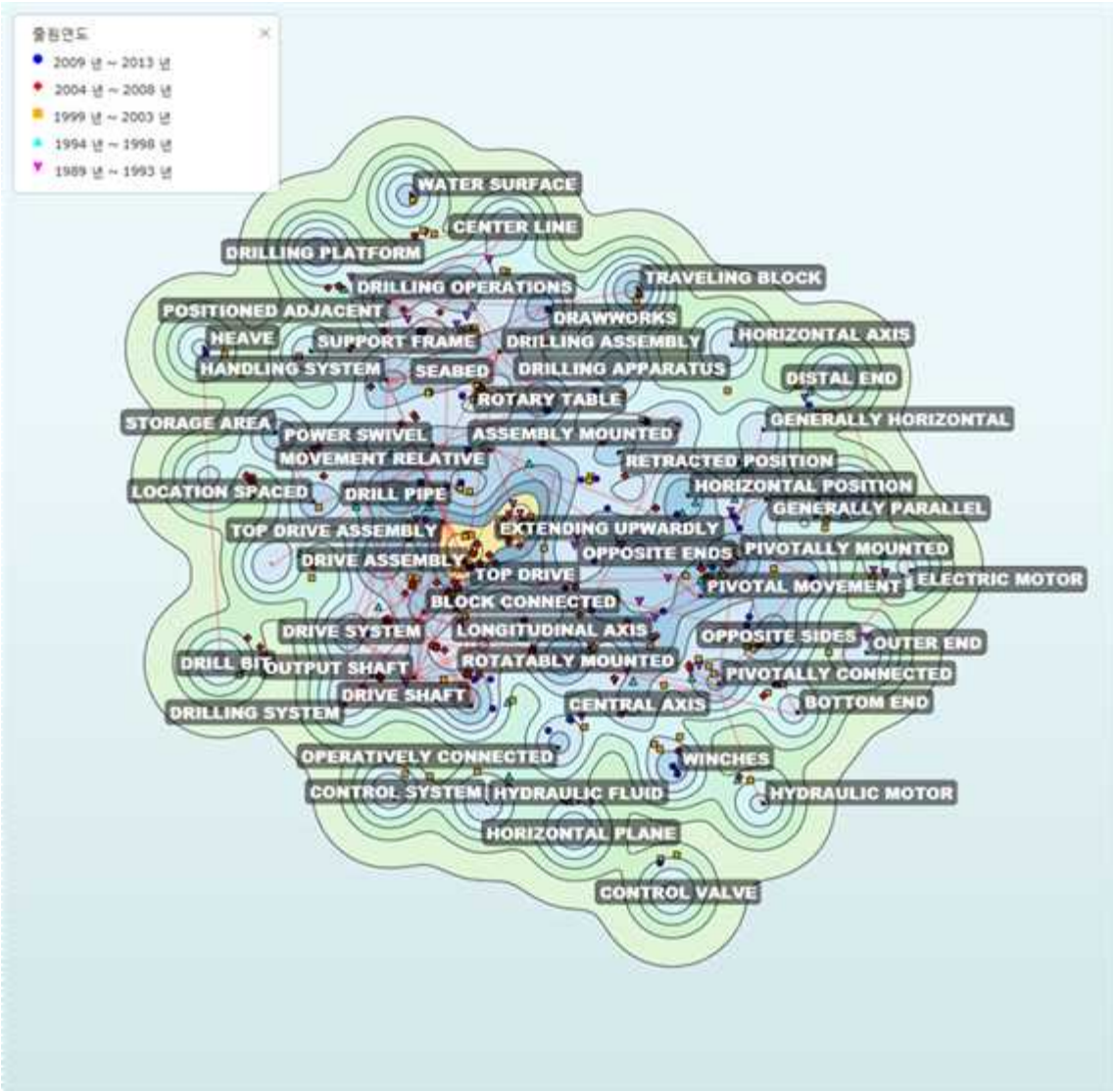


그림 2.97 소분류별 상위 출원인 현황

□ 특허기술 분포도

○ 방향성드릴링 인양

- 검색식 : drill* and (derrick* or "travelling block" or "draw work" or "crown block" or "dead line anchor" or "heave compensator" or winch* or reel* or "top drive") and hoist*



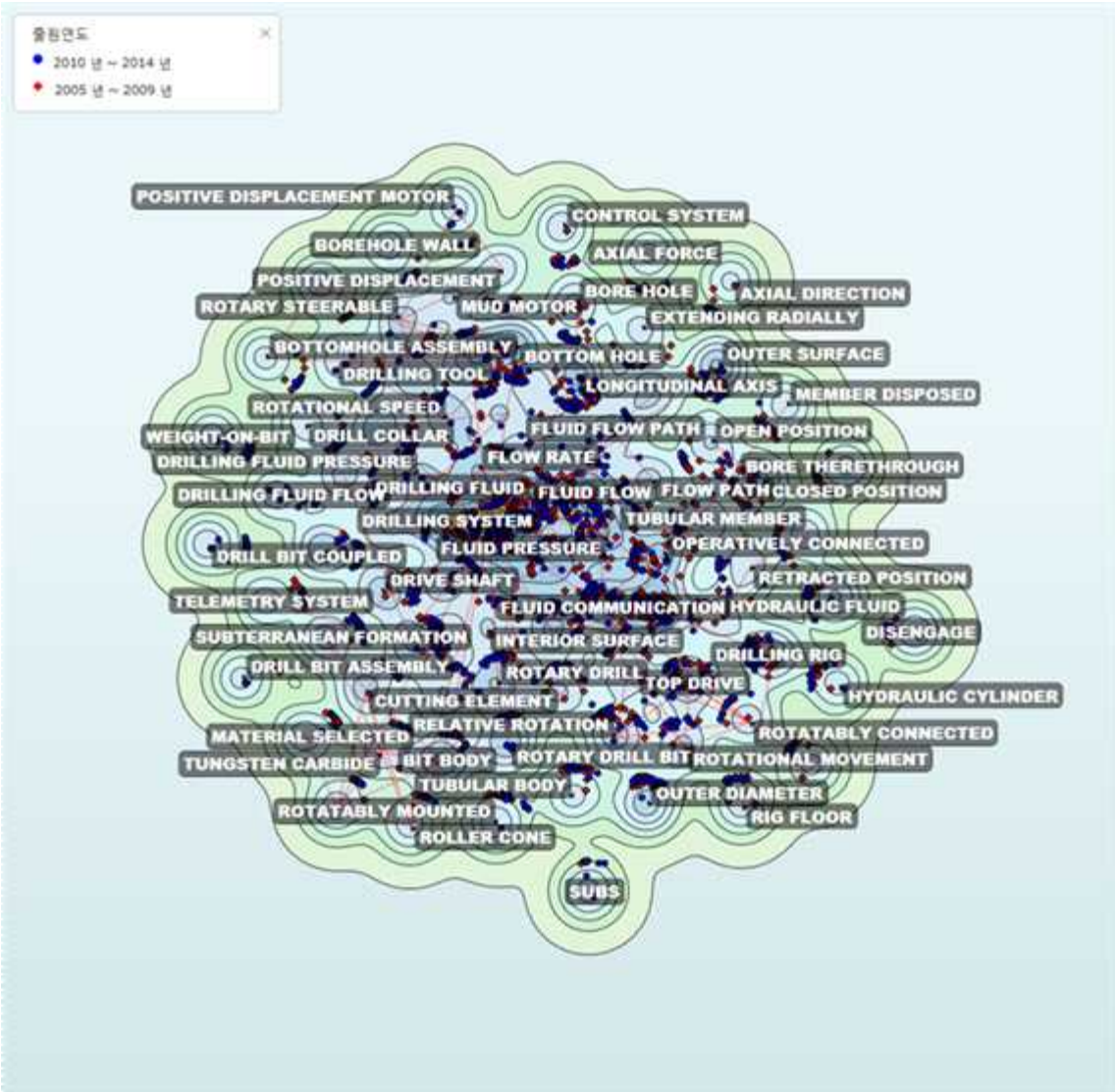
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 방향성드릴링 인양 관련 특허가 drive assembly, extending upwardly 기술에 집중적으로 분포되어 있으며, 서로 연계성이 높음
* 상기 기술들은 주로 1999년도부터 2008년도까지 기술개발이 진행되었음

○ 방향성드릴링 회전

- 검색식 : drill* and (bit* or kelly* or pipe* or swivel* or bushing* or joint* or collar) and (rotar* or rotat* or torque*) and (derrick* or hoist* or string*)



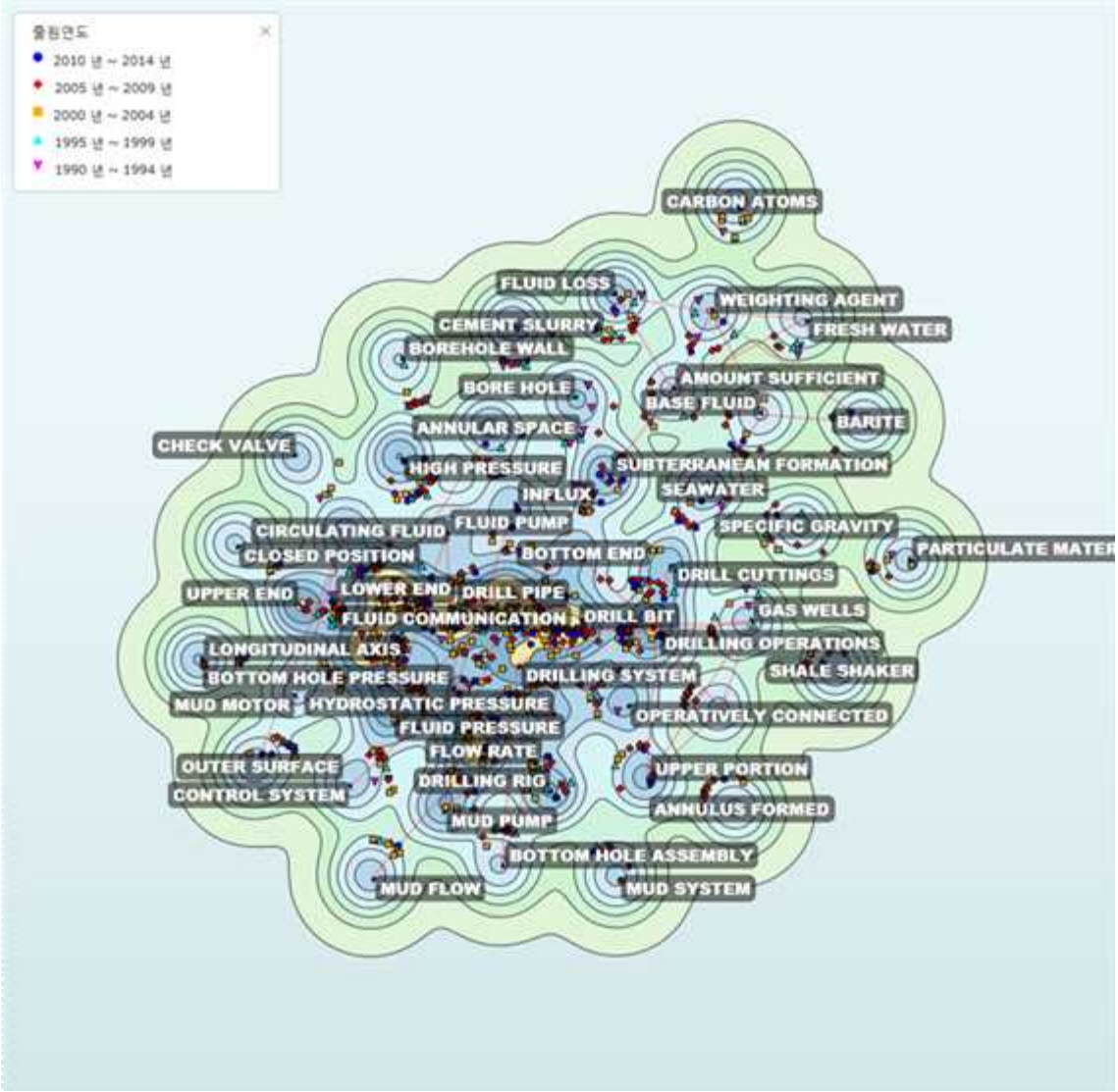
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 방향성드릴링 회전 관련 특허가 drilling system 기술에 집중적으로 분포되어 있으며, 2005년도부터 현재까지 기술개발이 활발하게 진행되고 있음
* 이는 drilling system에 있어 회전 분야의 기술 개선이 지속적으로 진행되고 있음을 나타냄

○ 방향성드릴링 이수순환

- 검색식 : drill* and (mud* or shale*) and (clean* or mix* or handl* or cement* or circulat*) and (pump* or hopper or shake* or degas* or desand* or desilt* or kick* or settling* or tank*)



키워드 맵

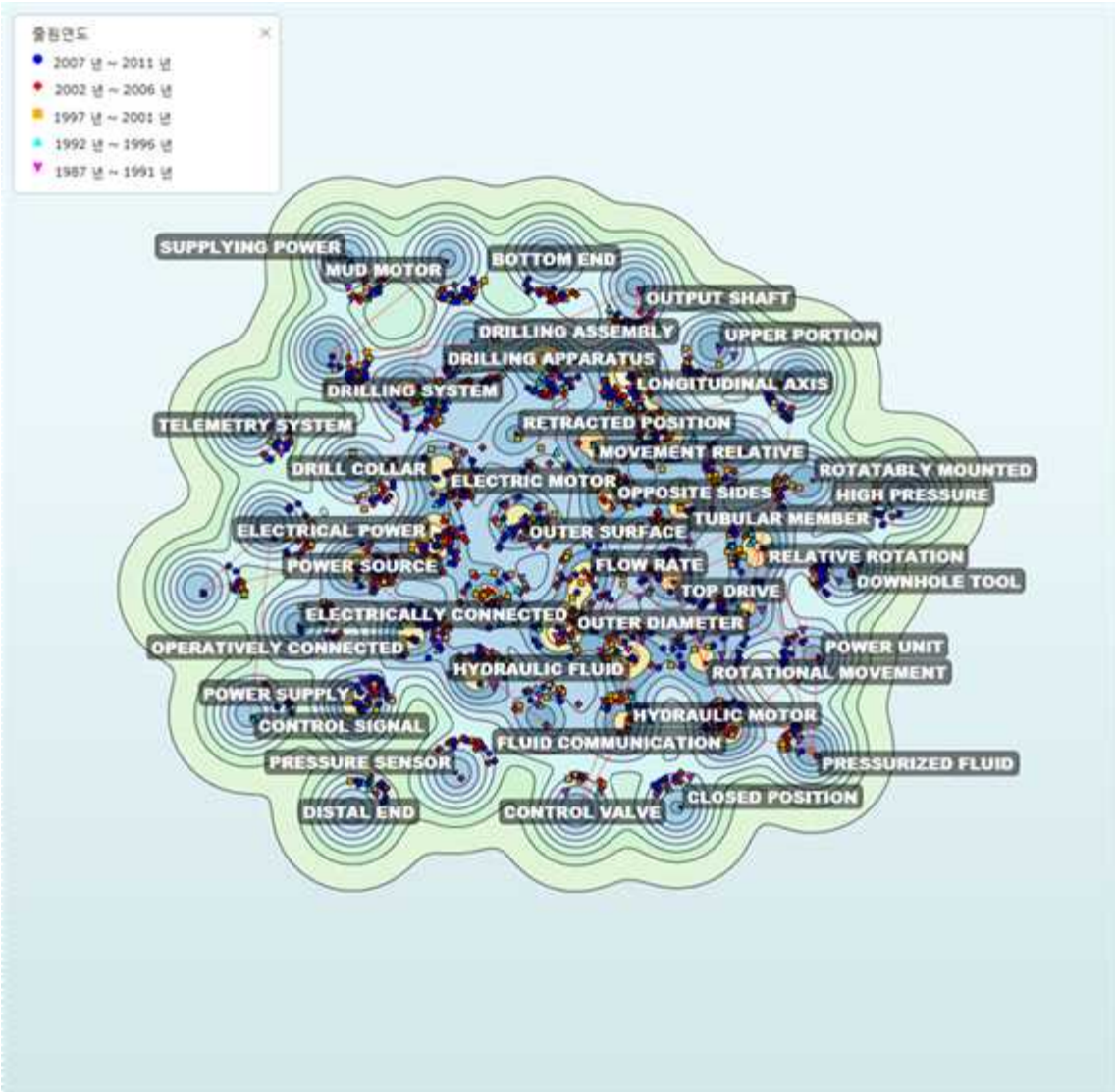
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 방향성드릴링 이수순환 관련 특허가 fluid communication, fluid pressure, drilling operation, drill pipe, drill bit 기술에 집중적으로 분포되어 있으며, 서로 연계성이 높음
* 상기 기술들은 2000년도부터 2009년도까지 기술개발이 활발하게 진행되고 있으며, 2010년도 이후부터는 drill bit, drilling operation 분야에 기술개발이 집중되고 있음

○ 방향성드릴링 동력

- 검색식 : drill* and power* and (motor* or battery* or suppl* or transmit*) and (derrick* or hoist* or string*)



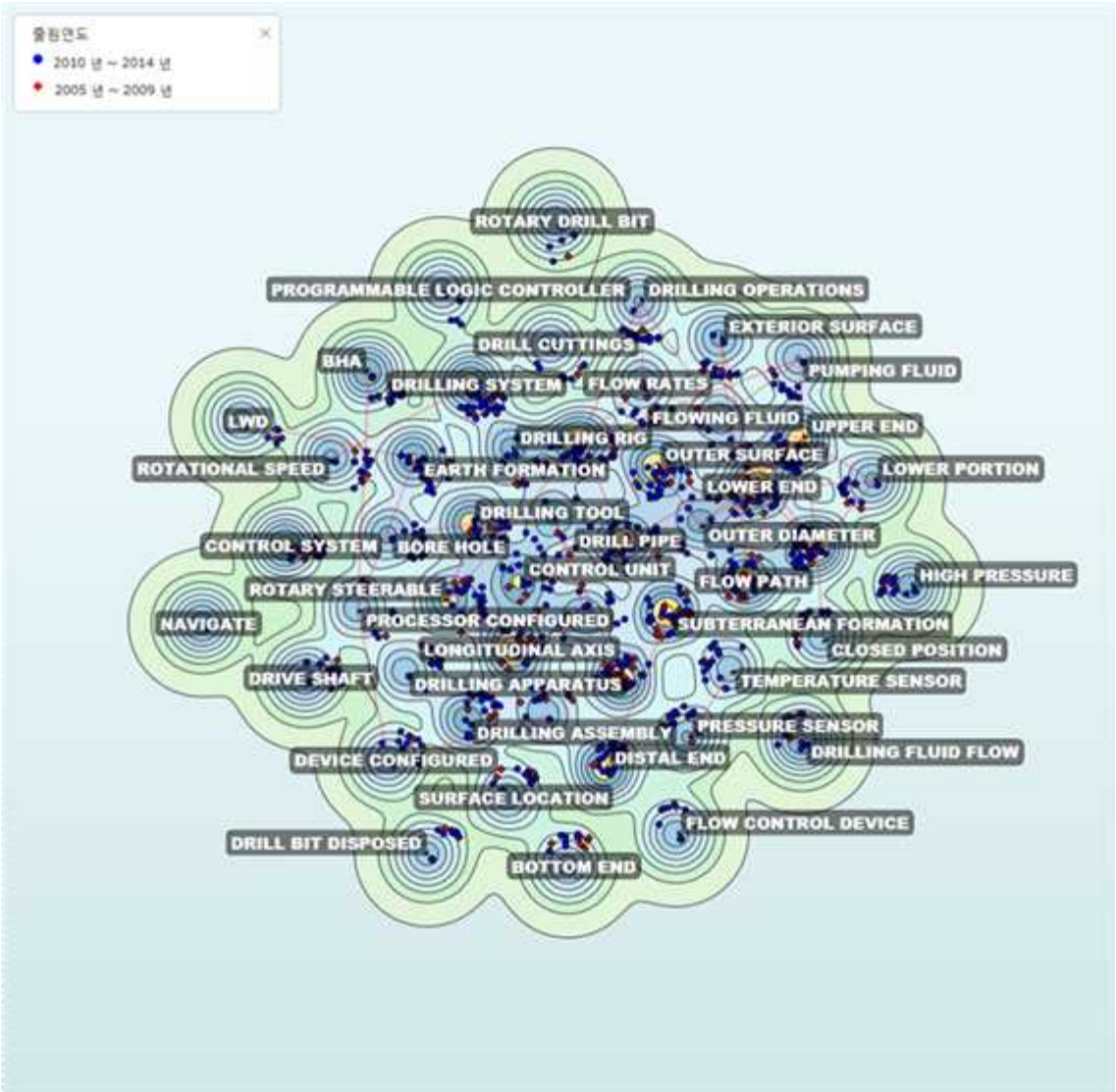
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 방향성드릴링 동력 관련 특허가 power source, electric motor, hydraulic motor 등 기술에 산발적으로 나타나고 있으며, 서로 연계성이 낮음
* 상기 기술들은 1987년도부터 2014년도까지 기술개발이 꾸준히 진행되고 있음

○ 방향성드릴링 방향제어

- 검색식 : drill* and (direct* or control* or lateral* or side*) and (steer* or fragment* or navigat* or pump*)



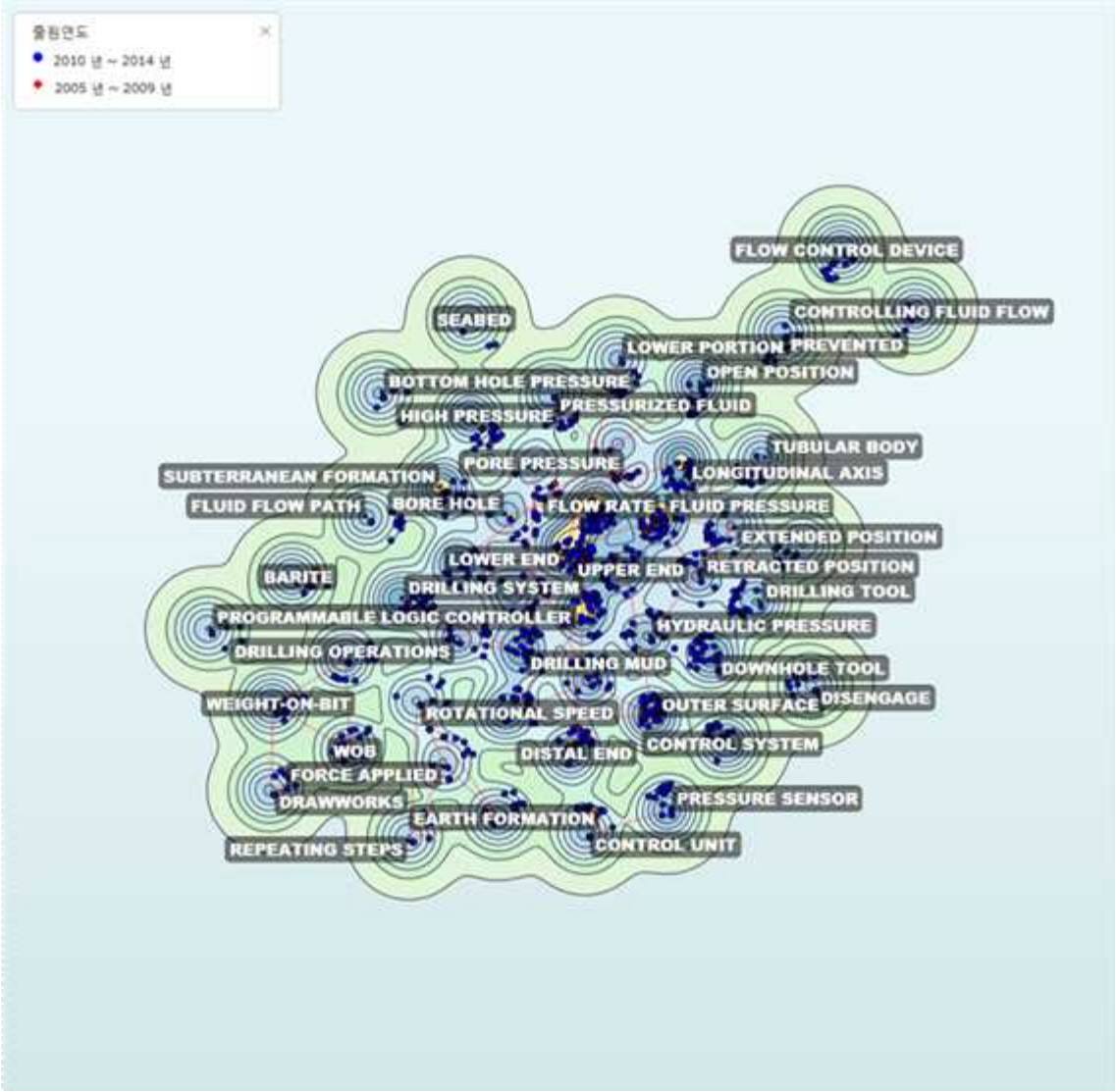
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 방향성드릴링 방향제어 관련 특허가 rotary steerable, drilling apparatus, flow path 등 기술에 산발적으로 나타나고 있으며, 서로 연계성이 있음
* 2009년 이전에는 drilling apparatus, subterranean formation 기술 개발에 집중되어 있으며, 2010년 이후에는 전반적으로 기술개발 진행되고 있음

○ 방향성드릴링 유정제어

- 검색식 : drill* and (oil* or well* or gas* or bore*) and (control* or monit* or circulat* or manag*) and (bop or blow* or blowout* or annular* or prevent* or pressur* or wob* or rop* or condition*)



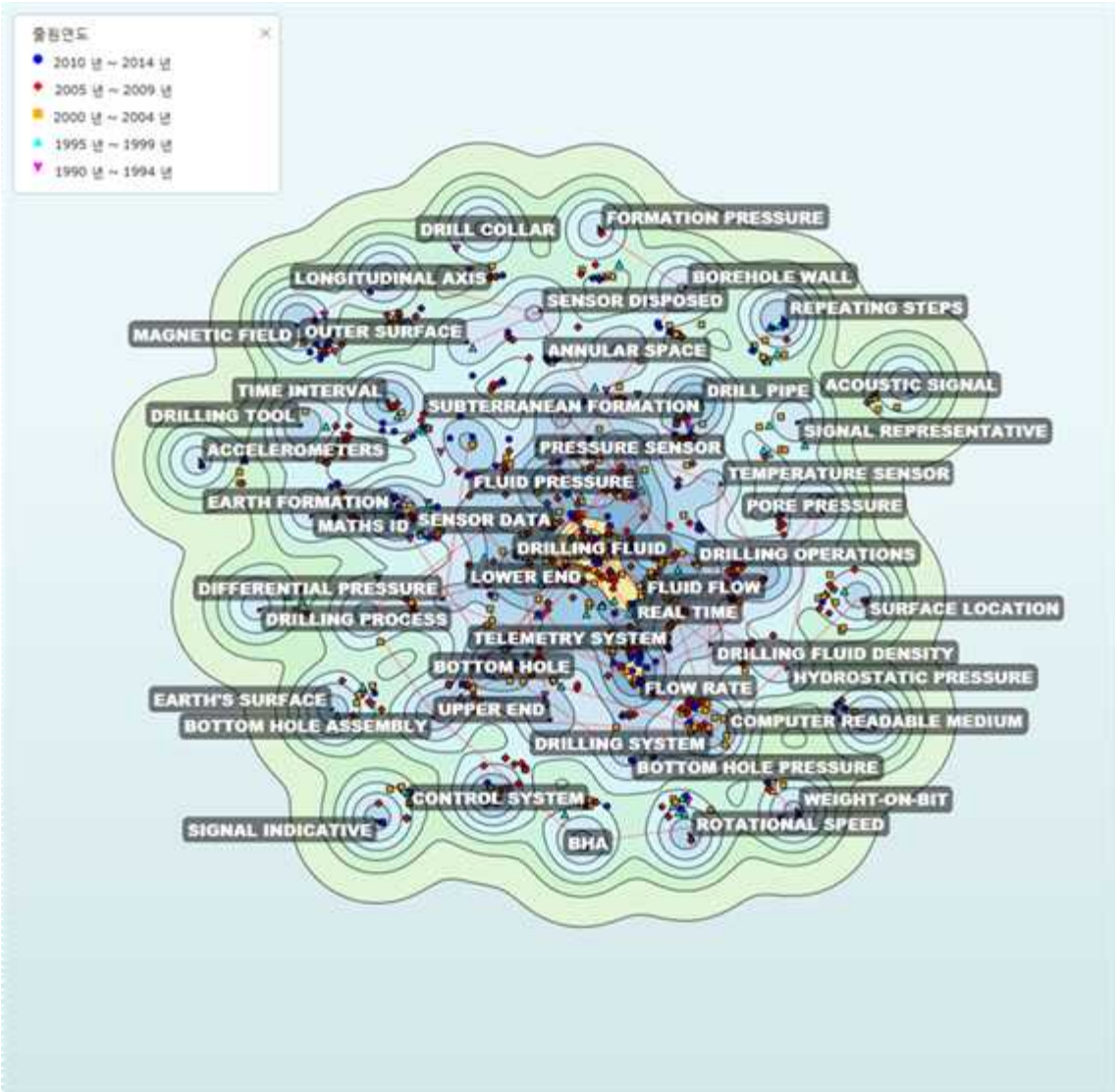
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 방향성드릴링 유정제어 관련 특허가 drilling system, flow rate, fluid pressure 기술에 집중적으로 분포하고 있으며, 서로 연계성이 있음
* 상기기술들은 2010년 이후에는 기술개발이 활발하게 진행되고 있음

○ 방향성드릴링 시뮬레이션

- 검색식 : drill* and (derrick* or hoist* or string) and (simulat* or calculat* or model*) and (time* or trip* or force* or pressure* or control*)



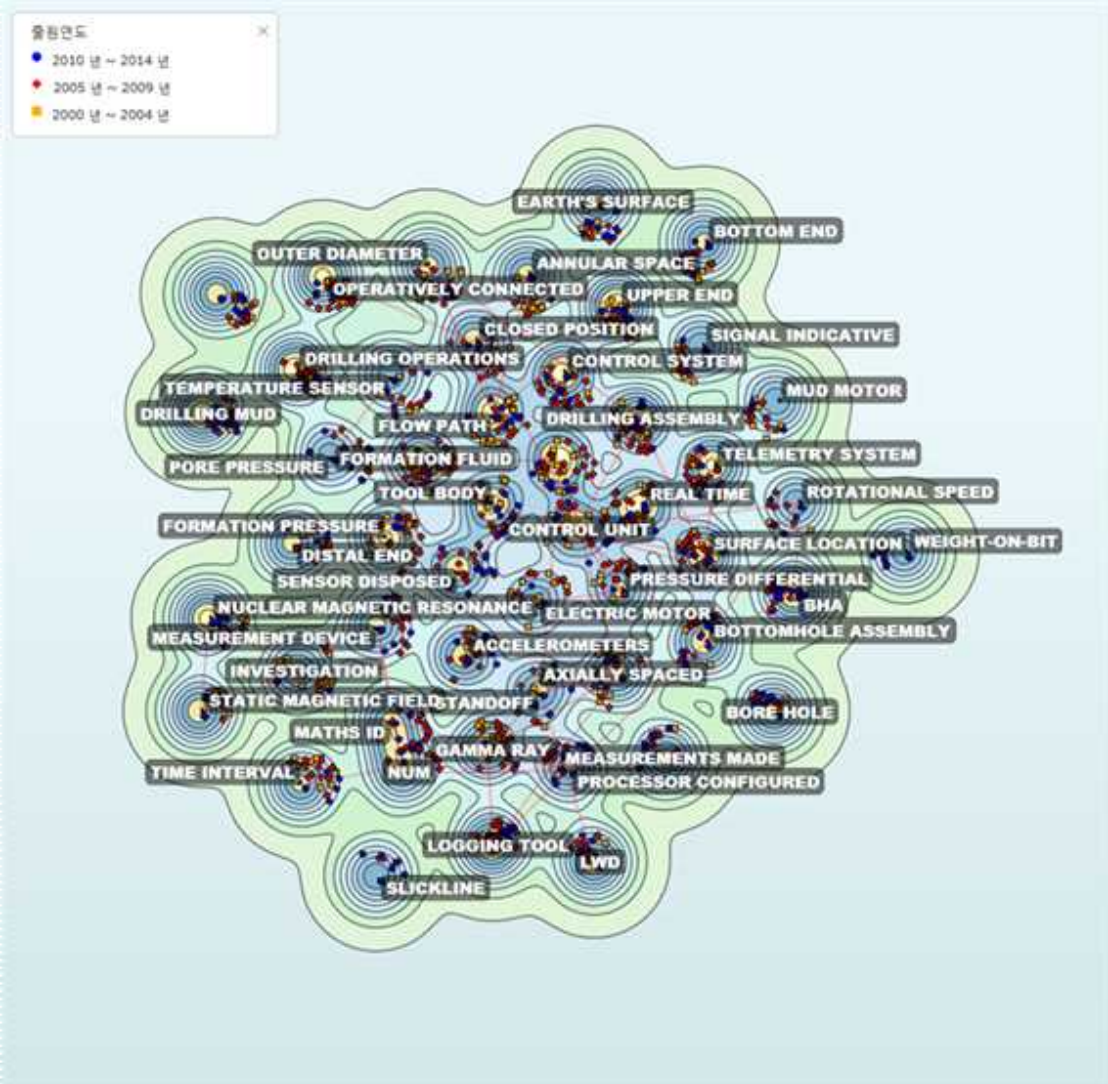
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 방향성드릴링 시뮬레이션 관련 특허가 drilling fluid, flow rate 기술에 집중적으로 분포하고 있으며, 서로 연계성이 있음
* 상기기술들은 2000년도부터 2014년도까지 기술개발이 꾸준히 진행되고 있음

○ 방향성드릴링 지반특성

- 검색식 : drill* and (derrick* or hoist* or string) and (geotec* or ground* or well* or gas* or bore* or seismic* or gravit* or magnet*) and (assessm* or investigat* or survey* or research* or type* temp* or charact* or estimat* or explor* or measure* or MWD or LWD)



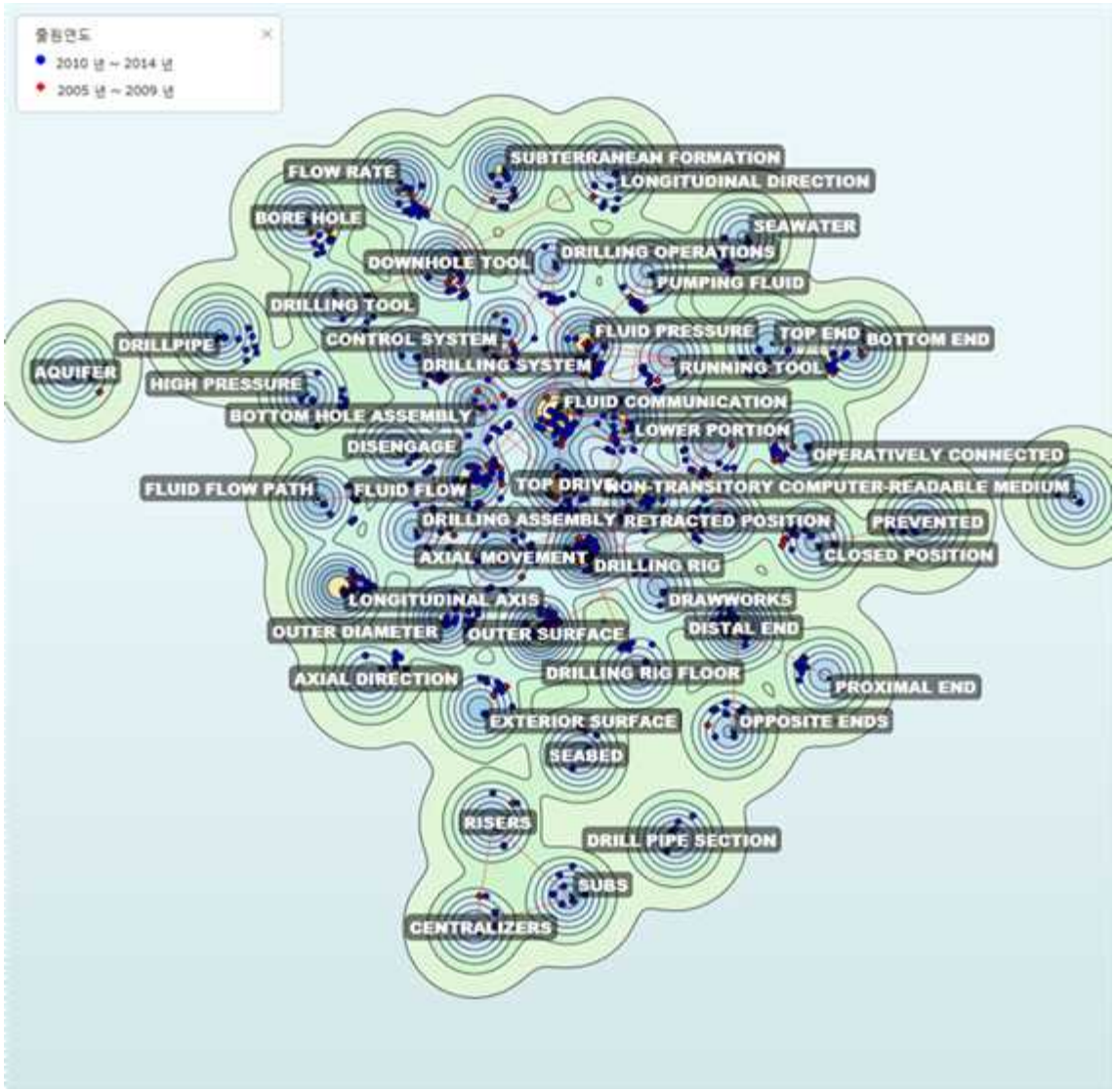
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 방향성드릴링 지반특성 관련 특허가 temperature sensor, measurement device, control unit, flow path 기술에 집중적으로 분포하고 있으며, 서로 연계성이 낮음
* 상기기술들은 2000년도부터 2009년도까지 기술개발이 활발하게 진행되었으며, 2010년 이후부터는 기술개발이 꾸준하게 진행되고 있음

○ 지향식드릴링 장비

- 검색식 : (drill* and pipe*) and ((pulley* or vehicle* or mov* portable*) or (bit* or kelly* or pipe* or swivel* or bushing* or joint* or collar* or rig* or reaming* or roll* or rack*) or ((rotat* or torque* or steer*) and (power* or elect* or actuat*) and (motor* or battery* or transmit* or suppl*)) or ((mud* or shale* or sand*) and (clean* or mix* or handl* or cement* or circulat*) and (pump* or hopper or shake* or degas* or desand* or desilt* or kick* or settling* or tank*)))



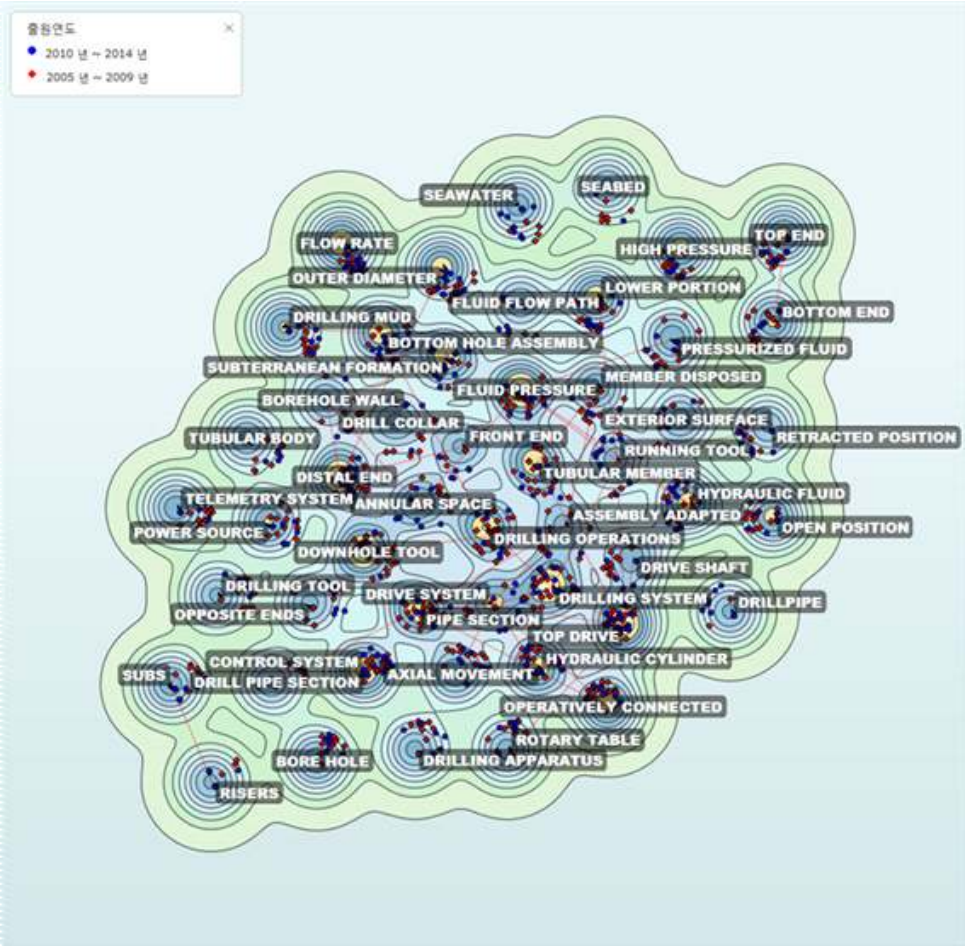
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 지향식드릴링 장비 관련 특허가 drilling rig, fluid flow, fluid communication, fluid pressure, longitudinal axis, subterranean formation 기술에 집중적으로 나타나고 있으며, 서로 연계성이 낮음
* 상기 분야 기술개발은 2010년도부터 활발하게 진행되고 있음

○ 지향식드릴링 운전

- 검색식 : (drill* and pipe*) and (direct* or turn* or navigat* or circulat* or rotat* or torque* or time* or force* or power* or pressur* or warn* or data* or default* or damag*) and (monit* or system* or sens* or communicat* or reciev* or serv* or simulat* or calurat* or model* or control*)



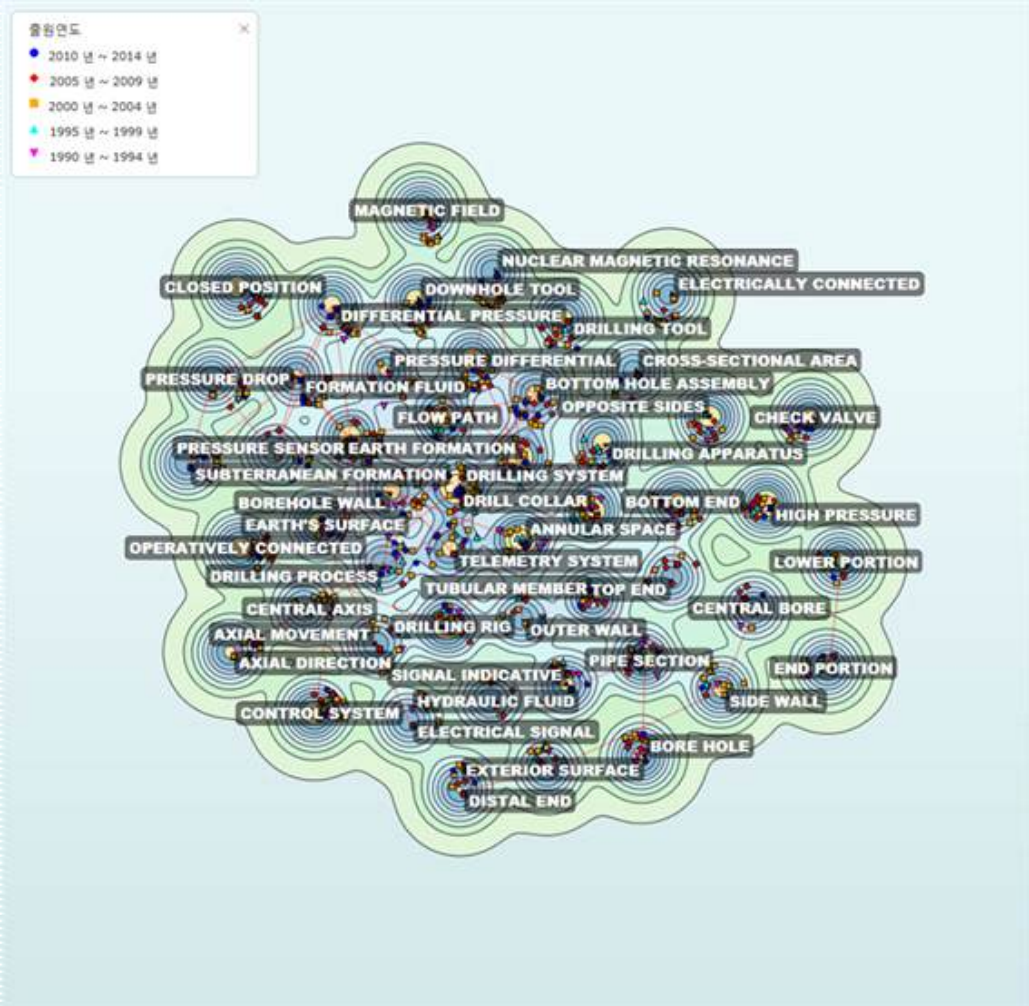
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 지향식드릴링 운전 관련 특허가 bottom hole assembly, tubular member, drilling system, operatively connected, control system 기술에 집중적으로 나타나고 있으며, 서로 연계성이 있음

○ 지향식드릴링 탐색

- 검색식 : (drill* and pipe*) and (geotec* or ground* or well* or gas* or bore* or seismic* or gravit* or magnet*) and (assessm* or investigat* or survey* or research* or type* temp* or charact* or estimat* or explor* or measure* or MWD or LWD)



키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

- 주요기술

* 지향식드릴링 탐색 관련 특허가 pressure sensor earth formation, drill collar, telemetry system, annular space, drilling apparatus 기술에 집중적으로 나타나고 있으며, 서로 연계성이 있음
* 상기 분야 기술개발은 2000년도부터 2004년도까지 활발하게 진행되다가, 2005년도부터는 전반적인 분야에서 기술개발이 진행되고 있음

라. 세부기술별 기술주기 및 키워드맵, 출원동향

□ 조사·분석 방법

○ 분석 대상은 방향성 드릴링 시스템 기술에 관한 특허로서 2012년 12월 31일까지 공개된 미국, 유럽, 중국특허의 등록 특허를 대상으로 함

○ FOCUST 데이터베이스를 사용하여 분석대상특허를 조사하였으며 검색 데이터베이스는 아래와 같음

표 2.25 검색 DB 및 검색범위

국가	D/B	분석구간	검색범위
미국특허(USPTO)	FOCUST	~ 2012.12.31	특허등록 요약
유럽특허(EPO)	FOCUST		특허등록 요약
중국특허(SIPO)	FOCUST		특허등록 요약

※ 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련 정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2013년부터 2014년까지의 자료는 유효하지 않으므로 정량분석은 2012년까지 유효데이터로 분석함

○ 기술분류체계는 특허분석을 위해 필요한 분석 기준으로 방향성 드릴링 시스템과 관련된 기술을 고려하여 단계별로 기술 분류 체계를 작성함

○ 사용된 검색식은 방향성 드릴링 시스템 기술의 주요 키워드를 기본으로 특허분류체계를 중심으로 작성함

○ 기술의 핵심 키워드는 상위개념인 대분류(방향성 드릴링)와 하위개념인 각 세부 분류별(드릴리그, 다운홀모터, 케이싱, 파이프스트링, 편향, 이수순환, 탐색, 모니터링, 유정계획, 유정제어, 운영, 방향제어)로 주요 키워드를 이용하여 검색식을 작성함

- 방향성 드릴링의 특허조사 검색키워드 및 검색결과는 다음 표와 같음

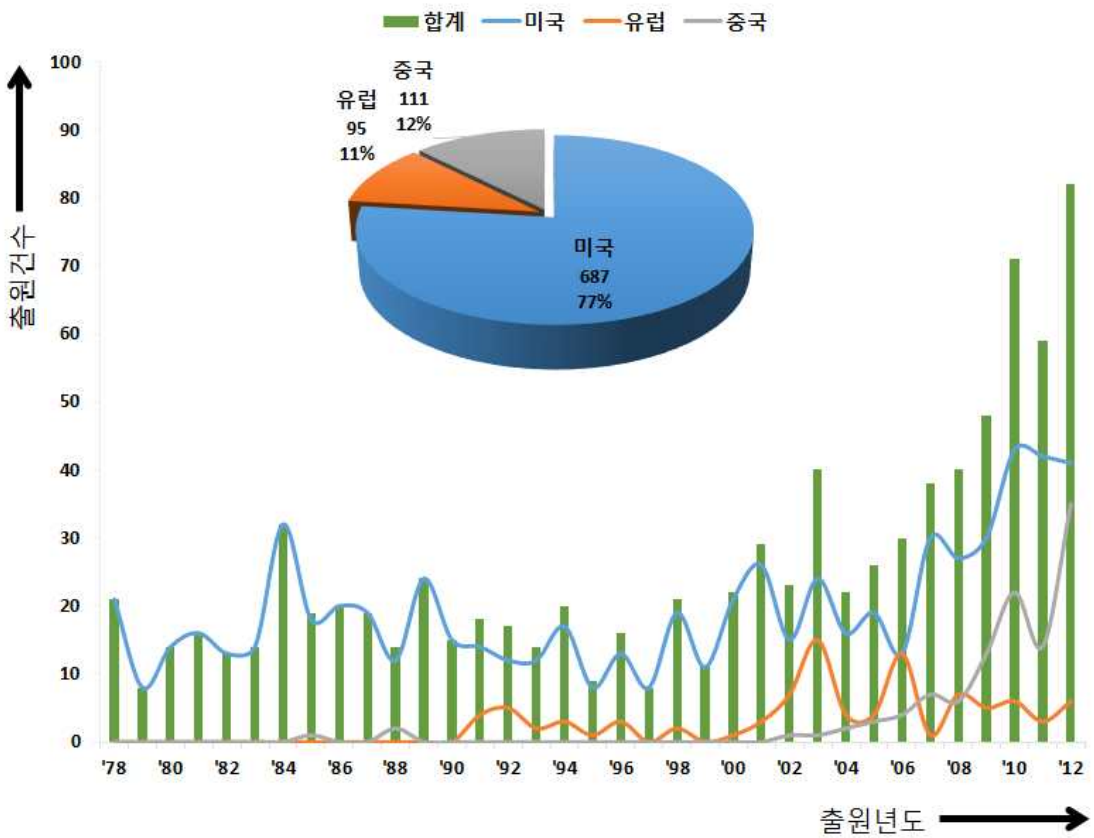
표 2.26 특허분석을 위한 검색키워드 및 결과

분류	주요키워드	국가	건수
드릴리그	Directional drilling drill rig	미국	687
		유럽	95
		중국	111
다운홀모터	Directional drilling downhole motor	미국	390
		유럽	75
		중국	5
케이싱	Directional Drilling Casing cementing	미국	2,166
		유럽	1,233
		중국	288
파이프스트링	Directional Drilling Pipe string	미국	4,120
		유럽	1,029
		중국	662
편향	Directional Drilling Deflection	미국	620
		유럽	235
		중국	49
이수순환	Directional Drilling Circulation	미국	817
		유럽	209
		중국	84
탐색	Directional Drilling Navigation	미국	93
		유럽	20
		중국	13
모니터링	Directional Drilling Monitoring	미국	691
		유럽	179
		중국	93
유정계획	Directional Drilling Well planning	미국	70
		유럽	11
		중국	3
유정제어	Directional Drilling Well control	미국	1,110
		유럽	276
		중국	165
운영	Directional Drilling peration	미국	2,697
		유럽	772
		중국	251
방향제어	Directional Drilling Steering geosteering	미국	461
		유럽	124
		중국	54

□ 분석결과

(1) Directional drilling rig

○ 출원년도 별 특허건수



- Directional drilling rig 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 2000년대 초반까지 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 2000년대 중반부터는 미국과 중국의 영향으로 특허가 증가하고 있음
- 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있으며, 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 증가세를 보이고 있음
- 유럽 경우 2000년대 들어 특허활동이 증가한 것으로 나타남
- 중국 경우 2000년대 들어 특허활동이 나타나다가 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 급진적으로 특허활동이 증가하고 있음
- 미국특허가 77%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 중국 12%, 유럽 11%의 특허비율을 나타내고 있음

○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



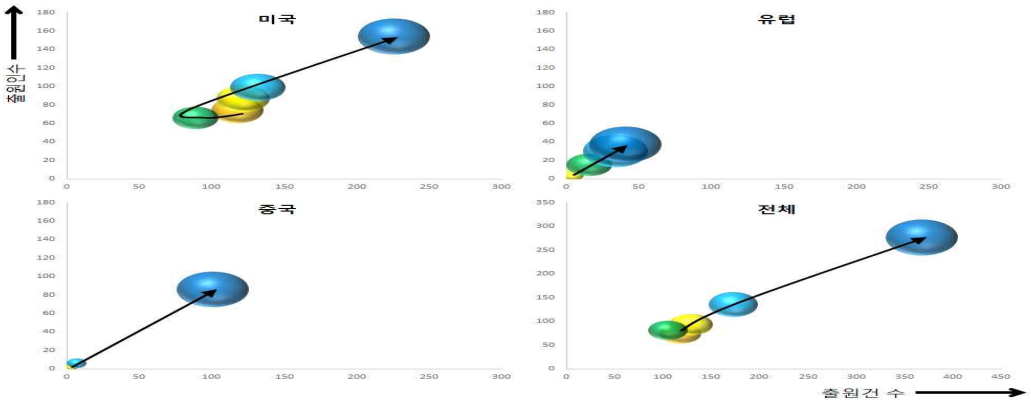
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

- 1999년 이전에는, 미국기업인 Dresser Industries, Varco International 이 각각 1-2위를 점유하고 있으며, 2000년 이후 스웨덴기업인 Atlas copco 1위를 점유하고 있고, 전체기간에 걸쳐 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Schlumberger가 1위를 점유하고 있음

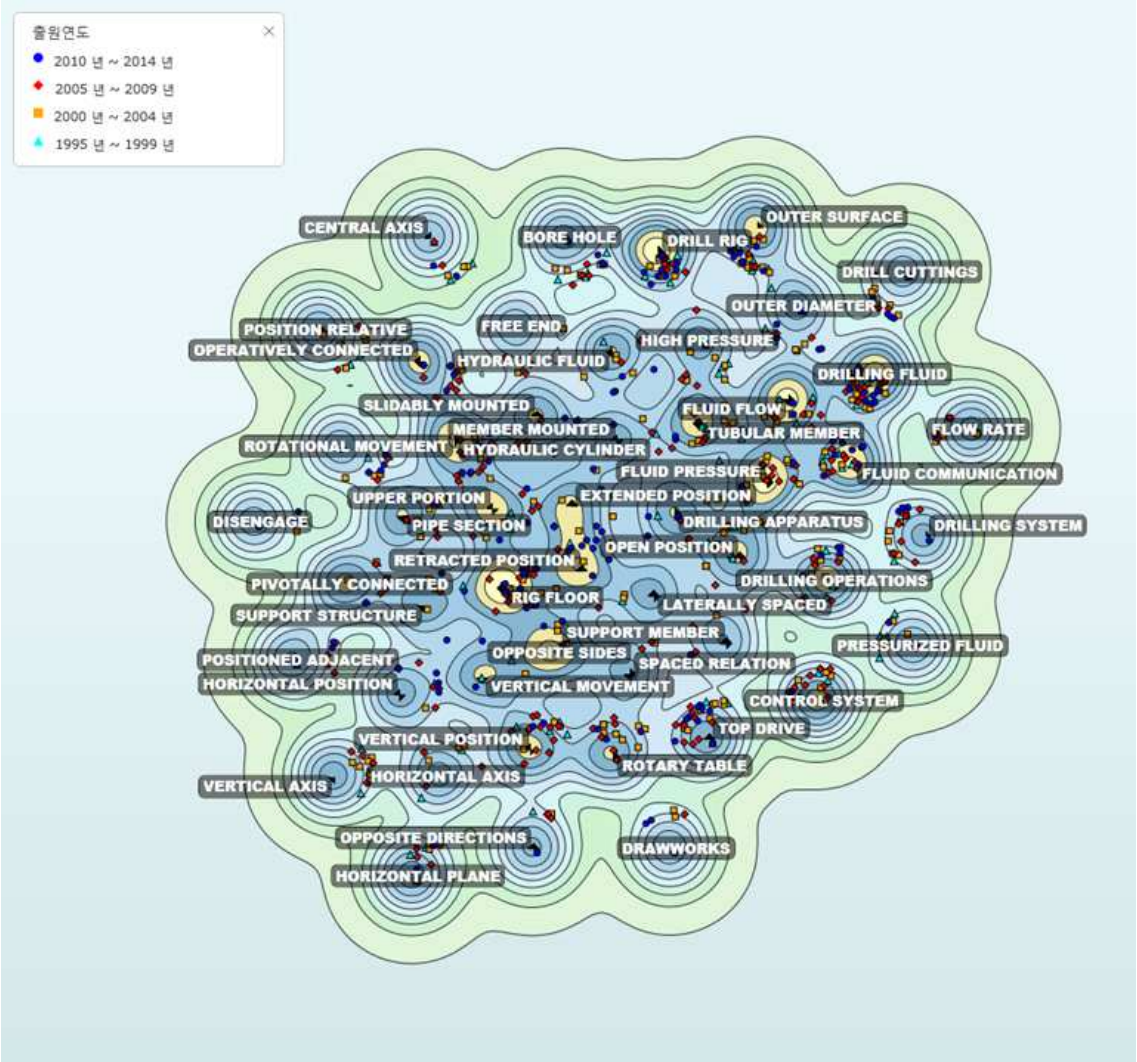
○ 기술발전위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남

* 미국은 1구간 ~ 2구간에서 쇠퇴기에 해당하는 것으로 나타났으며, 2구간 ~ 5구간에 접어들면서 태동기, 성장기로 나타나고 있음
* 유럽은 1구간 ~ 5구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타남
* 중국은 1구간 ~ 4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간 ~ 5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵



○ 주요기술

- retracted position, open position, upper position

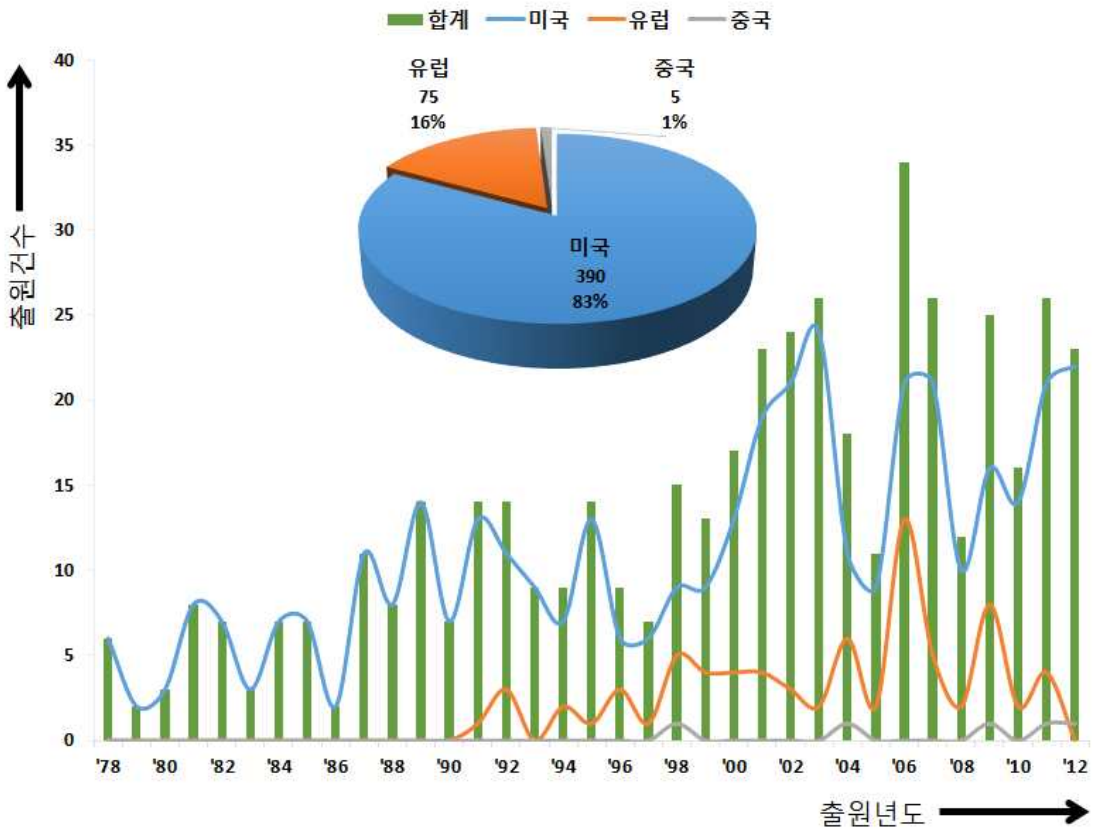
* Directional drilling rig 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있으며 상기 기술은 서로 연계성이 있음.
* 특허분석 기간동안 전반적으로 기술개발이 진행되고 있음

- tubular member, fluid flow, drilling fluid, fluid communication, fluid pressure

* Directional drilling rig 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있으며 상기 기술은 서로 연계성이 있음
* 2000년과 2009년도까지 fluid pressure 연구분야가 집중되었으나 2010년 이후 drilling fluid 연구분야의 기술개발이 집중되고 있음

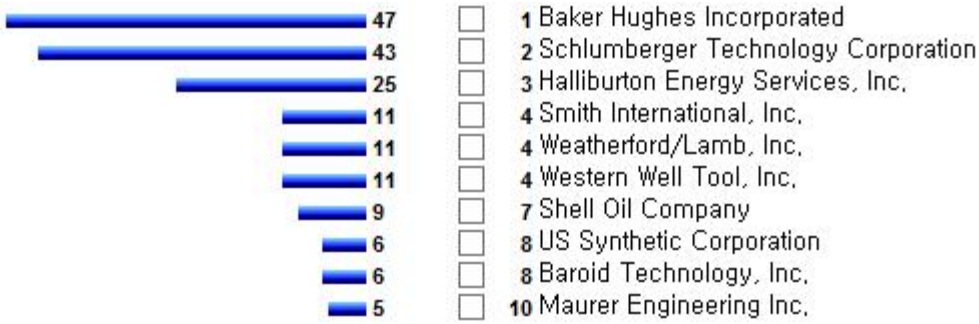
(2) Directional drilling downhole motor

○ 출원년도 별 특허건수

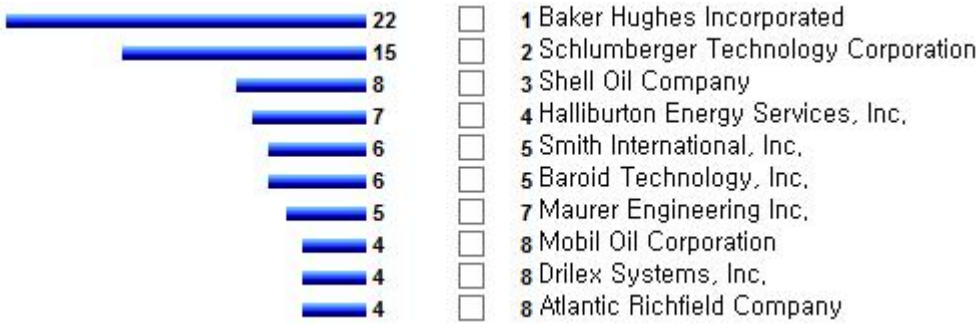


- Directional drilling downhole motor 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 전체구간에서 특허활동이 점진적으로 증가하고 있음
- 미국 경우 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있으며, 2000년대 초반 이후 최근 구간에서 특허활동이 2배 가까이 나타남
- 유럽 경우 1990년대 특허활동이 나타나다가 2000년대 중반에 특허활동이 급진적으로 증가하다가 최근 구간에서 하락세를 보이고 있음
- 중국 경우 1990년대 후반부터 특허활동이 시작되었으나, 미미한 수준임
- 미국특허가 83%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 16%, 중국 5%의 특허비율을 나타내고 있음

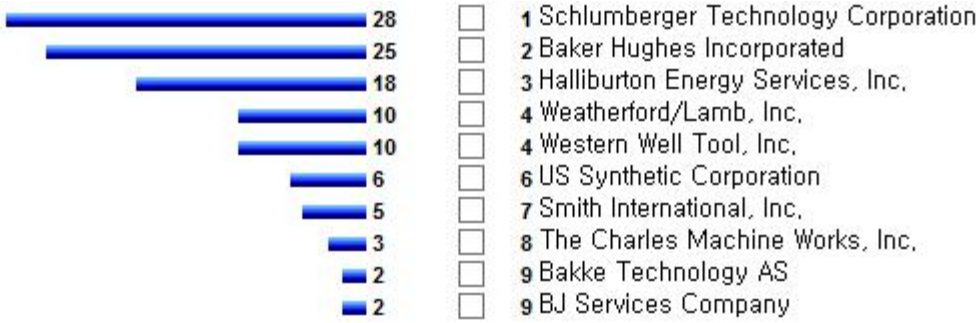
○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



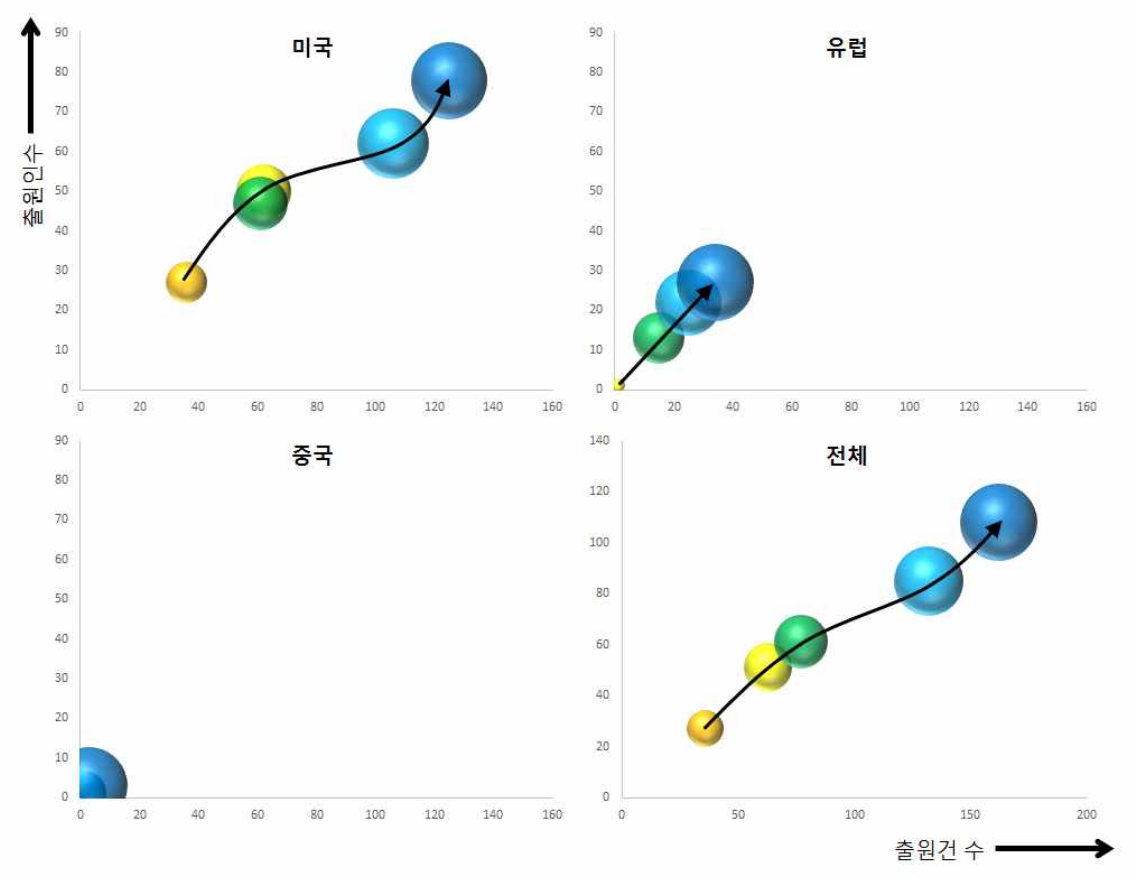
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

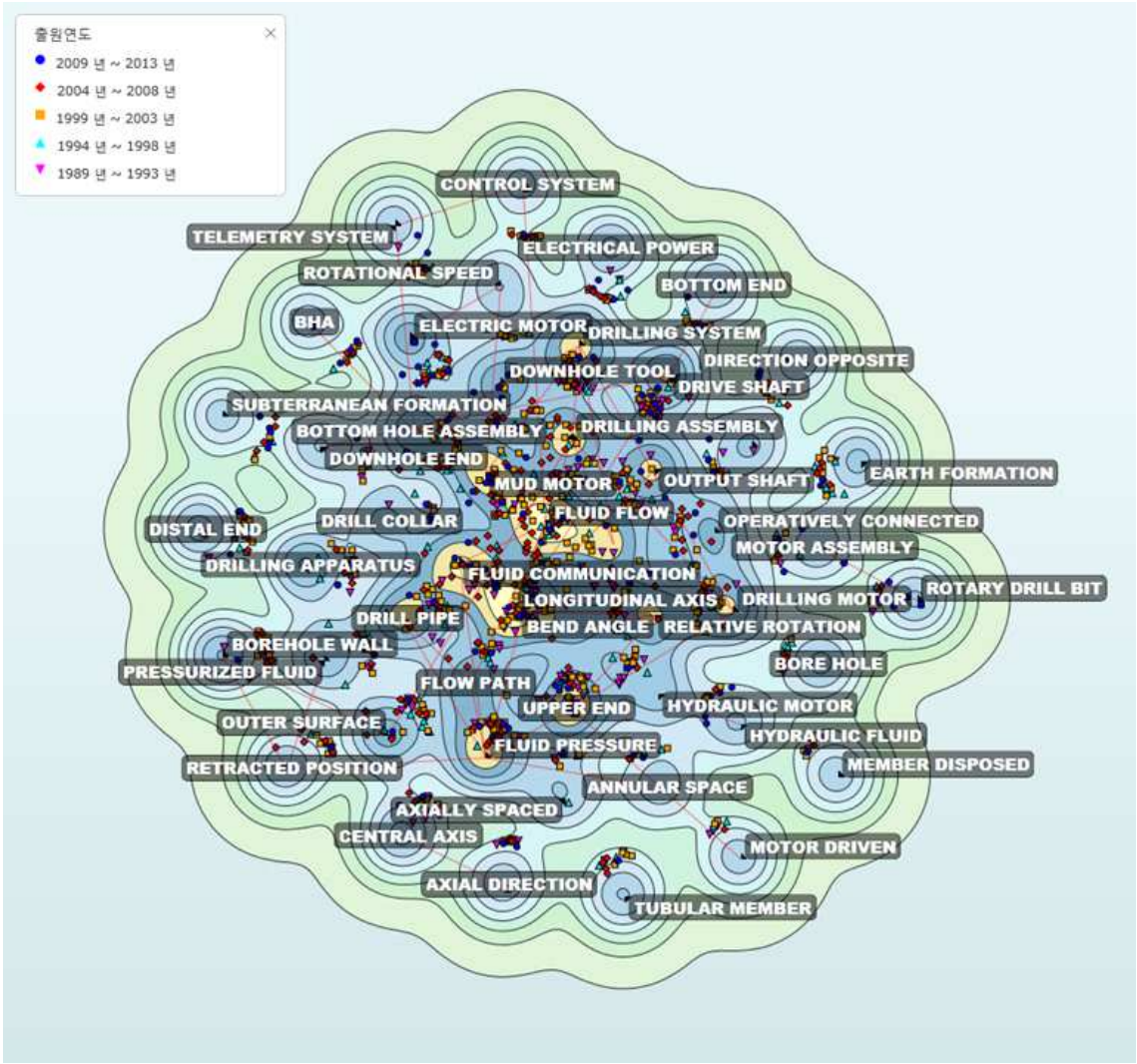
- 1999년 이전에는 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Baker Huhhes 가 1위를 점유하고 있으며, 2000년 이후 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Schlumberger 가 1위를 점유하고 있고, 전체기간에 걸쳐 상기 두 업체가 각각 1-2위를 점유하고 있음

○ 기술발전위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 성장기에 있는 것으로 나타남
- 미국은 1구간~2구간에서 성장기, 2구간-3구간에서 쇠퇴기, 3구간-5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음
- 유럽은 1구간-5구간에서 태동기, 성장기에 해당하는 것으로 나타남
- 중국은 1구간-5구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타남

○ 키워드맵


출원연도
2009 년 ~ 2013 년
2004 년 ~ 2008 년
1999 년 ~ 2003 년
1994 년 ~ 1998 년
1989 년 ~ 1993 년
CONTROL SYSTEM
TELEMETRY SYSTEM
ELECTRICAL POWER
ROTATIONAL SPEED
BOTTOM END
BHA
ELECTRIC MOTOR
DRILLING SYSTEM
DIRECTION OPPOSITE
DOWNHOLE TOOL
DRIVE SHAFT
SUBTERRANEAN FORMATION
BOTTOM HOLE ASSEMBLY
DRILLING ASSEMBLY
DOWNHOLE END
EARTH FORMATION
MUD MOTOR
OUTPUT SHAFT
DISTAL END
DRILL COLLAR
FLUID FLOW
OPERATIVELY CONNECTED
MOTOR ASSEMBLY
DRILLING APPARATUS
FLUID COMMUNICATION
ROTARY DRILL BIT
LONGITUDINAL AXIS
DRILLING MOTOR
DRILL PIPE
BEND ANGLE
RELATIVE ROTATION
BOREHOLE WALL
BORE HOLE
PRESSURIZED FLUID
FLOW PATH
UPPER END
HYDRAULIC MOTOR
OUTER SURFACE
HYDRAULIC FLUID
FLUID PRESSURE
RETRACTED POSITION
MEMBER DISPOSED
ANNULAR SPACE
AXIALLY SPACED
CENTRAL AXIS
MOTOR DRIVEN
AXIAL DIRECTION
TUBULAR MEMBER

○ 주요기술

- fluid flow, mud motor, fluid communication, longitudinal axis, bend angle, drilling assembly

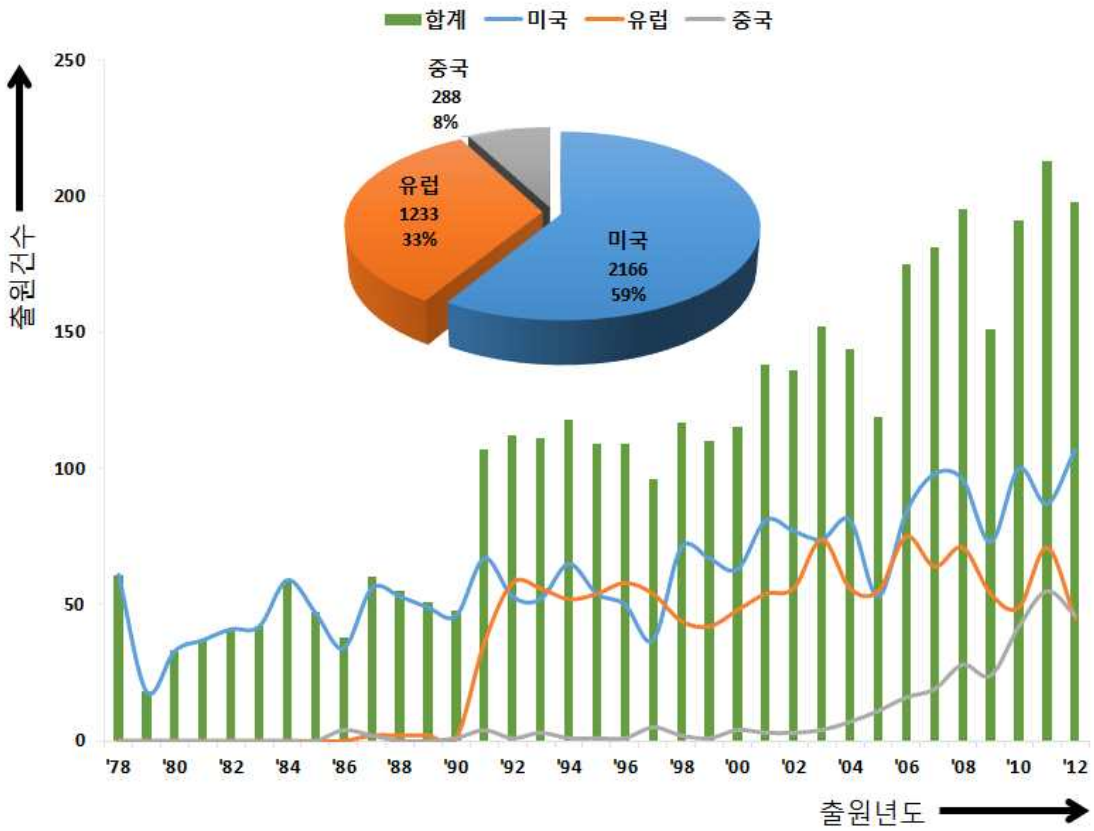
* Directional drilling downhole motor 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있으며 상기 기술의 연계성이 높음
* 1999년도부터 2008년도까지 상기 기술 분야의 기술개발이 집중된 형태로 나타남

- fluid pressure, drilling motor, output shaft, drilling system

* Directional drilling downhole motor 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있음
* 1989년도부터 2003년도까지 drilling system, drilling motor 연구분야의 기술개발이 활발하며, 2004년도부터 2008년도까지 fluid pressure 연구분야의 기술개발이 활발함
* 2009년도부터 기술개발 분야가 산발적으로 나타남

(3) Directional drilling (casing or cementing)

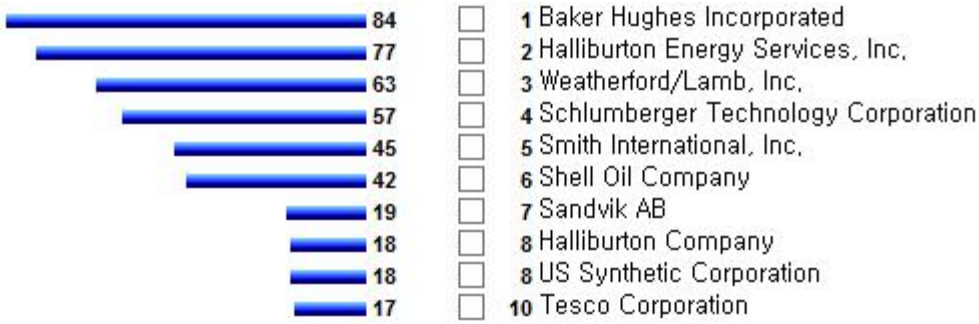
○ 출원년도 별 특허건수



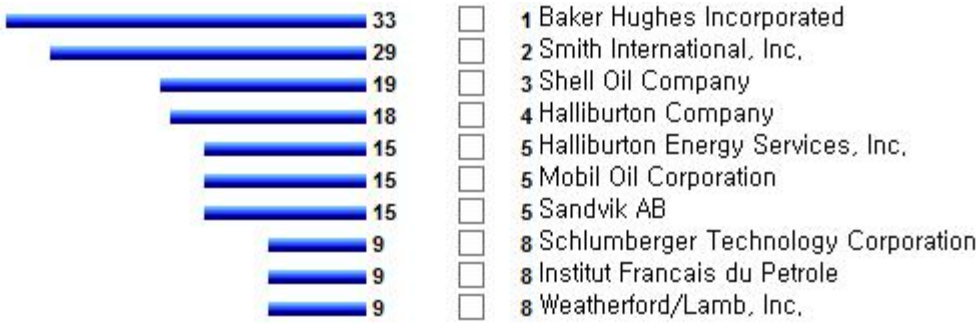
- Directional drilling (casing or cementing) 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 전체구간에서 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 1990년대 들어서면서 유럽의 영향으로 특허가 증가하고 있으며, 2000년대 후반에 들어서면서 중국의 영향으로 특허가 증가하고 있음

* 미국 경우 전체구간에서 특허활동이 점진적으로 증가하고 있음
* 유럽 경우 1990년대 들어 특허활동이 시작과 동시 활발하게 나타나며 최근까지 활발한 특허활동이 나타나고 있음
* 중국 경우 2000년대 들어 특허활동이 급진적으로 증가하고 있음
* 미국특허가 59%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 33%, 중국 8%의 특허비율을 나타내고 있음

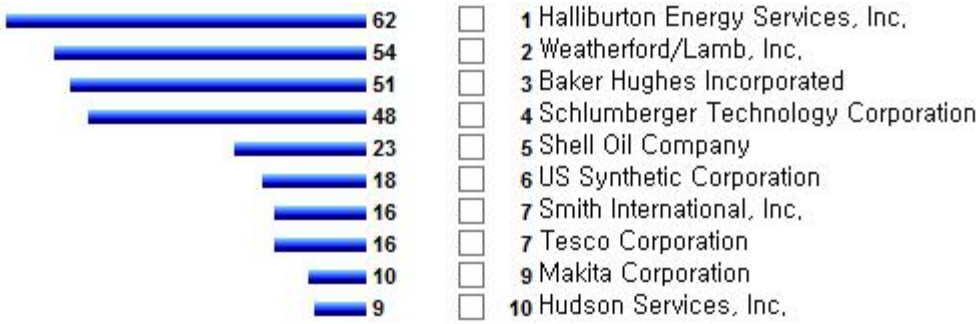
○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



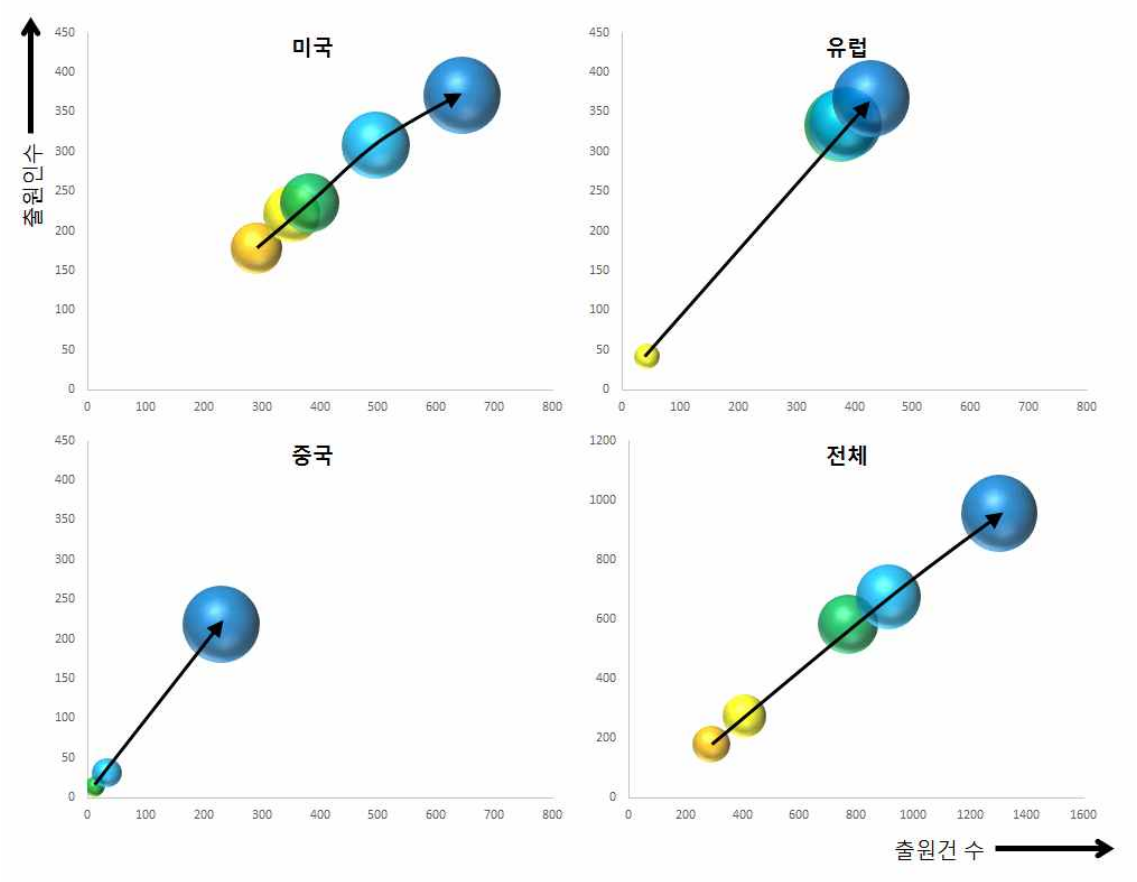
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

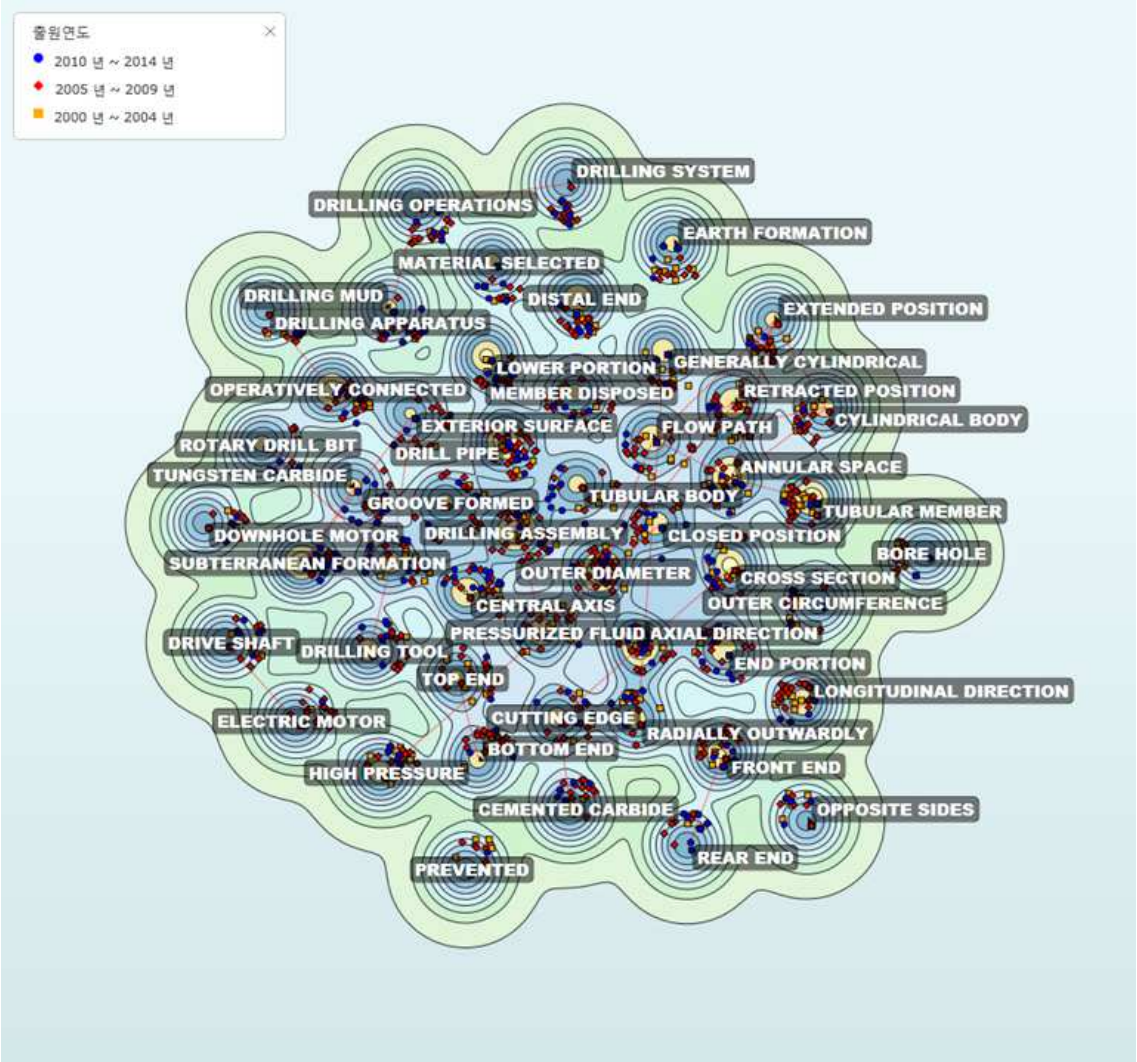
- 1999년 이전에는 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Baker Huhhes 가 1위를 점유하고 있으며, 2000년 이후 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Halliburton 이 1위를 점유하고 있고, 전체기간에 걸쳐 상기 두 업체가 각각 1-2위를 점유하고 있음

○ 기술 발전 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남
- 미국은 1구간~3구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 3구간~5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음
- 유럽은 2구간~3구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 3구간~5구간에 접어들면서 성숙기로 나타나고 있음
- 중국은 1구간~4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간~5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵



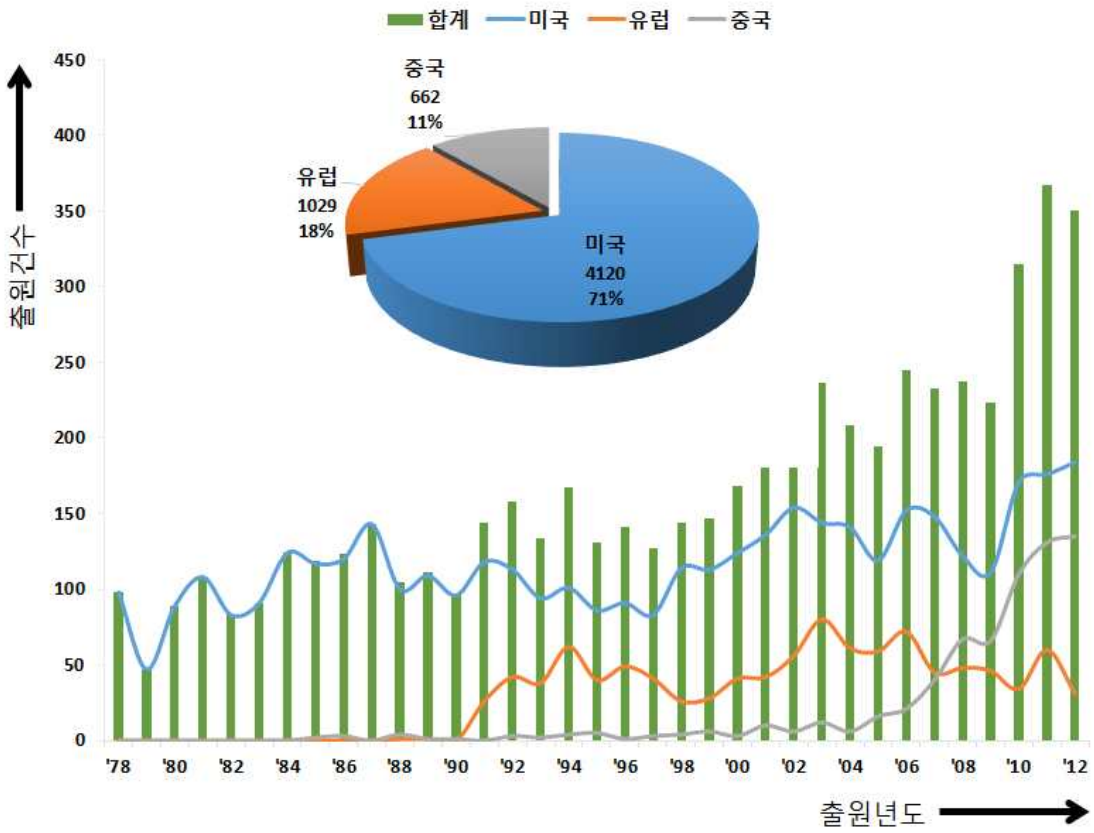
키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

○ 주요기술

- Directional drilling (casing or cementing) 관련 특허가 다방면에 분포하고 있음

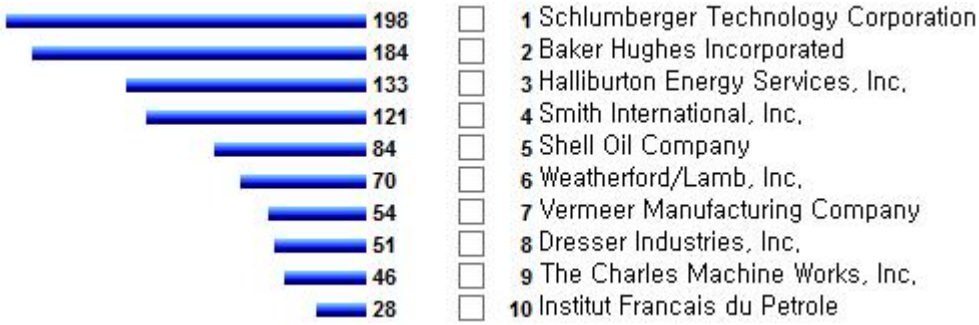
(4) Directional drilling (pipe or string)

○ 출원년도 별 특허건수

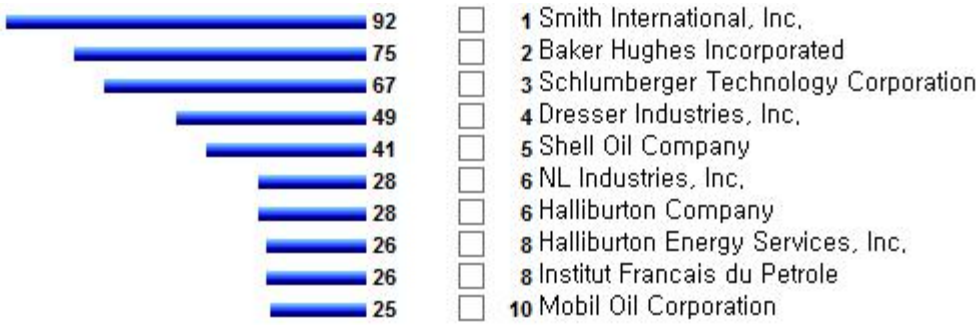


- Directional drilling (pipe or string) 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 전체구간에서 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 2000년대부터는 중국의 영향으로 특허활동이 증가하고 있음
- 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있음
- 유럽 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나 최근 구간까지 꾸준히 나타나고 있음
- 중국 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나, 2000년대 중반부터 급진적으로 특허활동이 증가하고 있음
- 미국특허가 71%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 18%, 중국 12%, 유럽 11%의 특허비율을 나타내고 있음

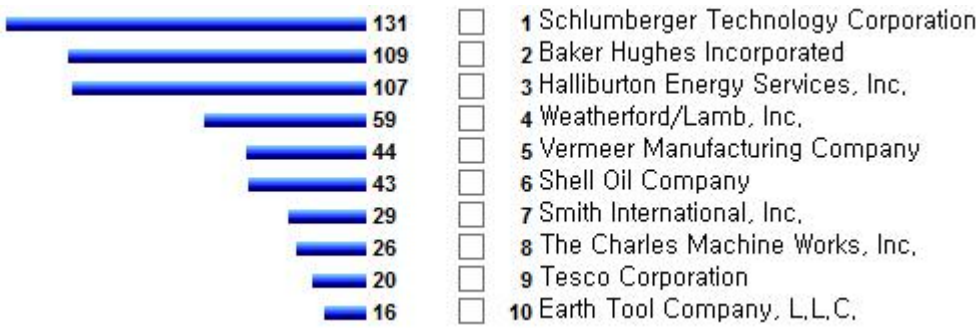
○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



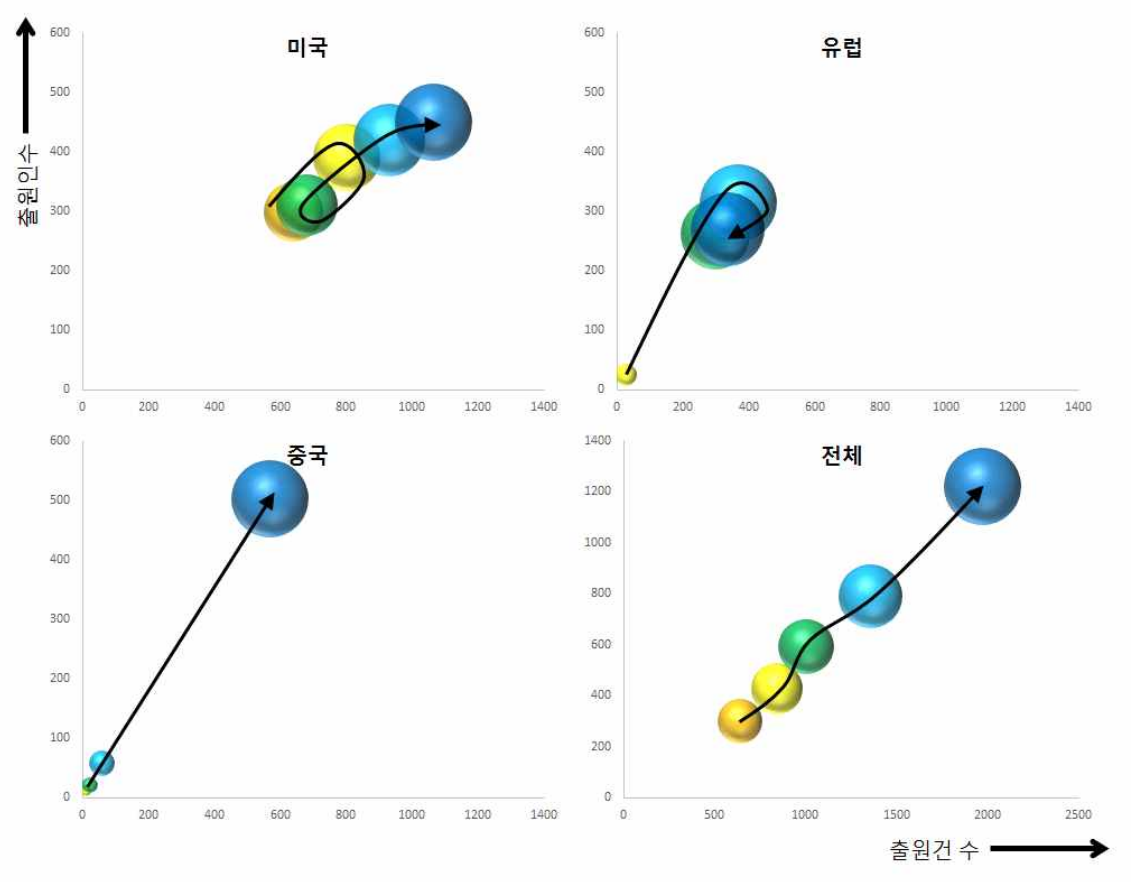
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

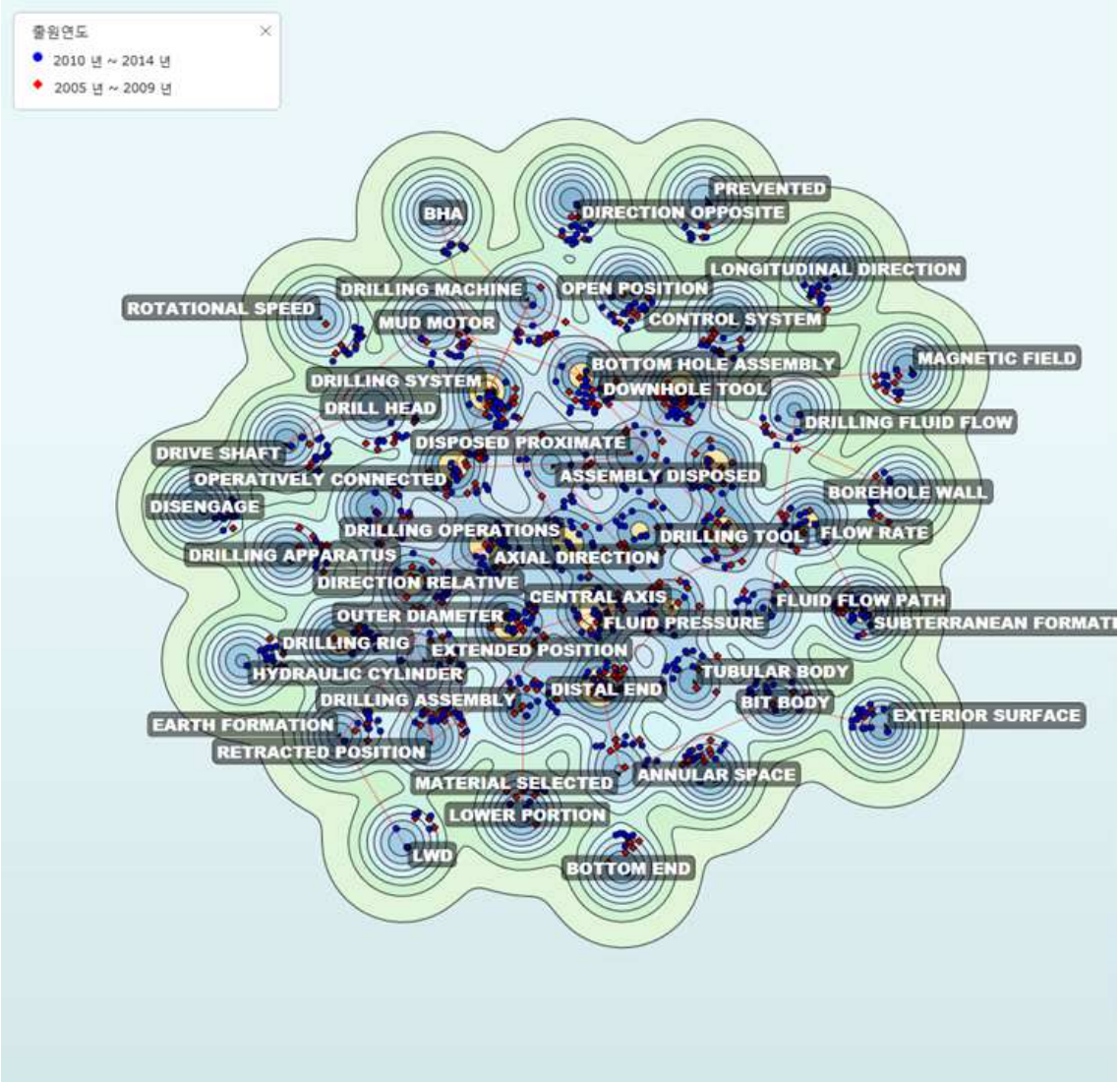
- 1999년 이전에는 미국기업인 Smith 가 1위를 점유하고 있으며, 2000년 이후 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Schlumberger 가 1위를 점유하고 있고, 전체기간에 걸쳐 미국기업인 Schlumberger, Baker Huhhes 가 각각 1~2위를 점유하고 있음

○ 기술 분포 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남
- 미국은 1구간~2구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 2구간~3구간 쇠퇴기, 3구간~5구간 접어들면서 회복기로 나타나고 있음
- 유럽은 1구간~2구간에서 태동기, 2구간~3구간 성장기, 3구간~4구간 성숙기, 4구간~5구간 접어들면서 쇠퇴기에 해당하는 것으로 나타남
- 중국은 1구간~4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간~5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵

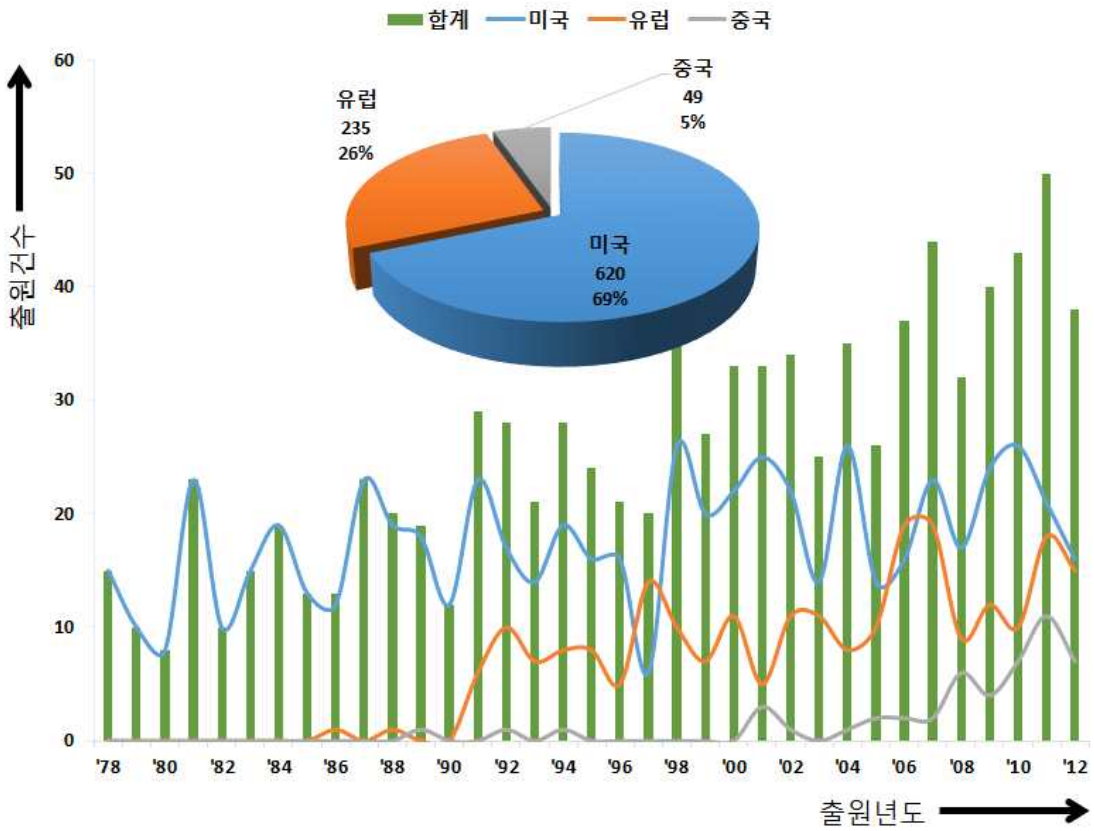


○ 주요기술

- Directional drilling (pipe or string) 관련 특허가 다방면에 분포하고 있음

(5) Directional drilling deflection

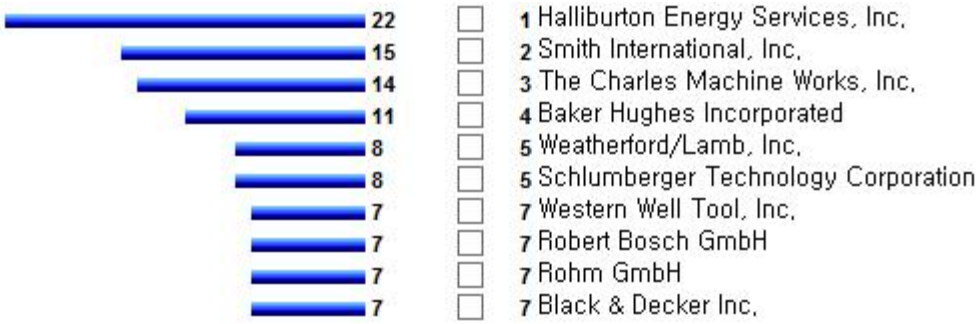
○ 출원년도 별 특허건수



- Directional drilling deflection 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 전체구간에서 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 1990년대 부터는 유럽과 중국의 영향으로 특허가 증가하고 있음

* 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있음
* 유럽 경우 1990년대 들어 특허활동이 증가한 것으로 나타남
* 중국 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나다가 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 급진적으로 특허활동이 증가하고 있음
* 미국특허가 69%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 26%, 중국 5%의 특허비율을 나타내고 있음

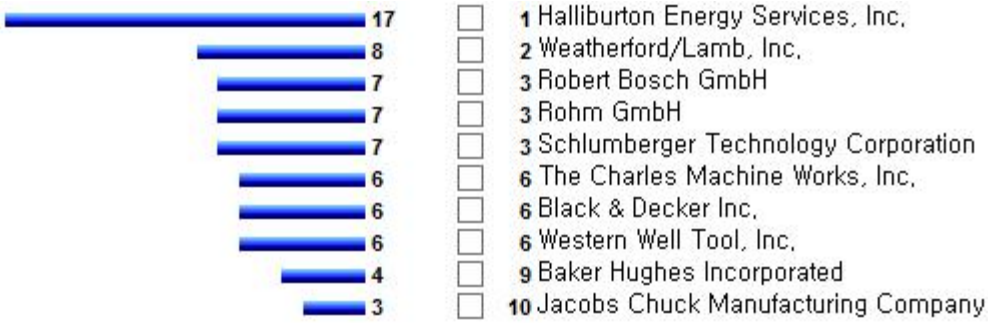
○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



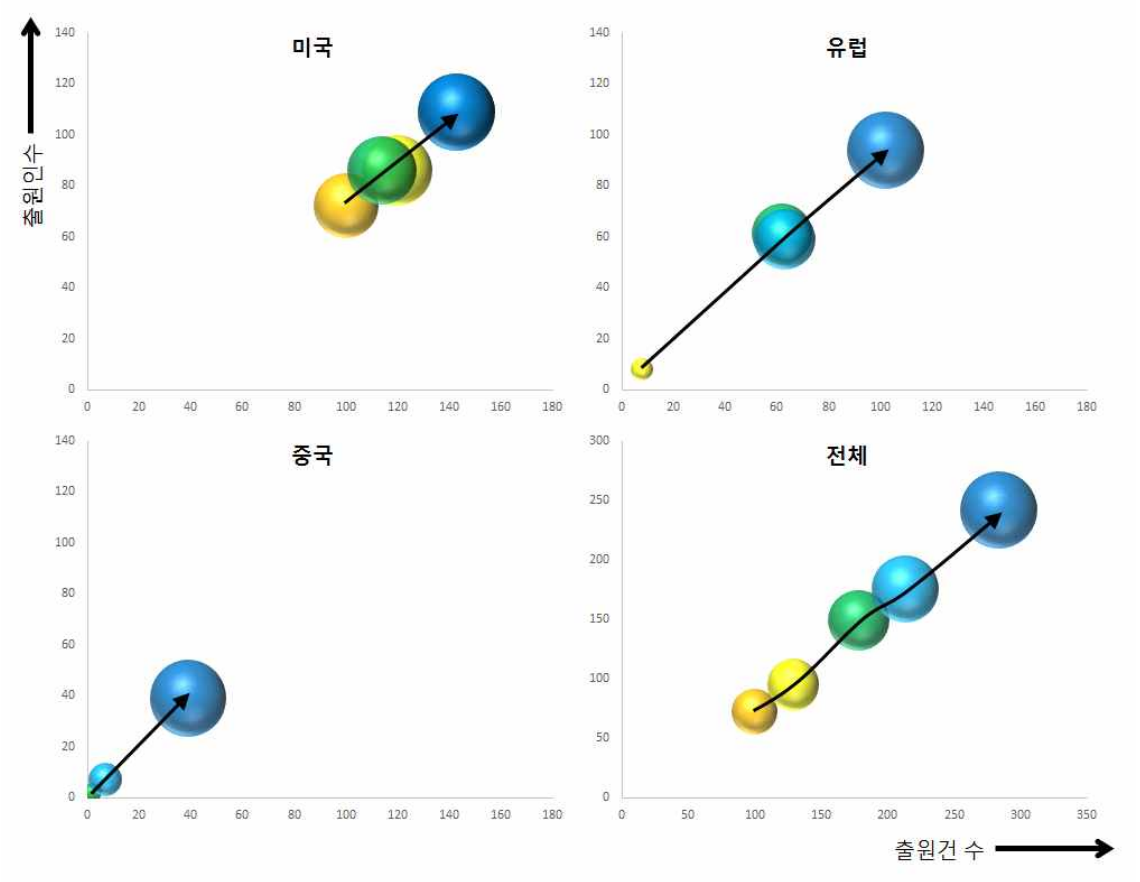
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

- 1999년 이전에는 미국기업인 Smith 가 1위를 점유하고 있으며, 2000년 이후 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Halliburton 이 1위를 점유하고 있고, 전체기간에 걸쳐 상기 두 업체가 각각 1-2위를 점유하고 있음

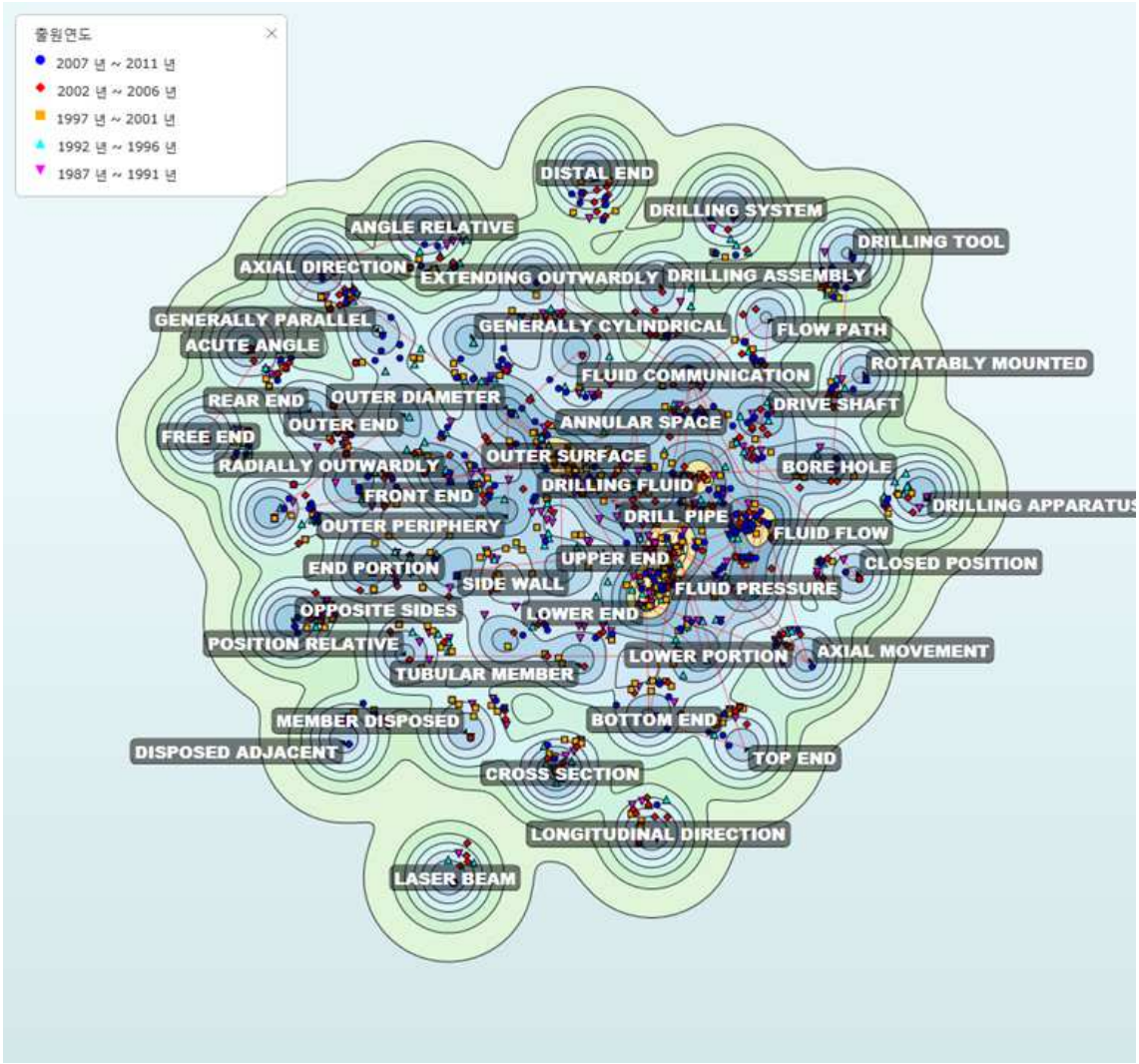
○ 기술 발전 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남

* 미국은 1구간~5구간에서 성숙기에 해당하는 것으로 나타남
* 유럽은 1구간~2구간에서 태동기, 2구간~3구간에서 성장기, 3구간~4구간에서 성숙기, 4구간~5구간에 접어들면서 회복기에 해당하는 것으로 나타남
* 중국은 1구간~4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간~5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵


출원연도
2007 년 ~ 2011 년
2002 년 ~ 2006 년
1997 년 ~ 2001 년
1992 년 ~ 1996 년
1987 년 ~ 1991 년
DISTAL END
DRILLING SYSTEM
ANGLE RELATIVE
DRILLING TOOL
AXIAL DIRECTION
EXTENDING OUTWARDLY
DRILLING ASSEMBLY
GENERALLY PARALLEL
GENERALLY CYLINDRICAL
FLOW PATH
ACUTE ANGLE
ROTATABLY MOUNTED
FLUID COMMUNICATION
REAR END
OUTER DIAMETER
DRIVE SHAFT
OUTER END
ANNULAR SPACE
FREE END
OUTER SURFACE
BORE HOLE
RADIALLY OUTWARDLY
DRILLING FLUID
FRONT END
DRILLING APPARATUS
DRILL PIPE
OUTER PERIPHERY
FLUID FLOW
UPPER END
END PORTION
CLOSED POSITION
SIDE WALL
FLUID PRESSURE
OPPOSITE SIDES
LOWER END
POSITION RELATIVE
LOWER PORTION
AXIAL MOVEMENT
TUBULAR MEMBER
MEMBER DISPOSED
BOTTOM END
DISPOSED ADJACENT
TOP END
CROSS SECTION
LONGITUDINAL DIRECTION
LASER BEAM

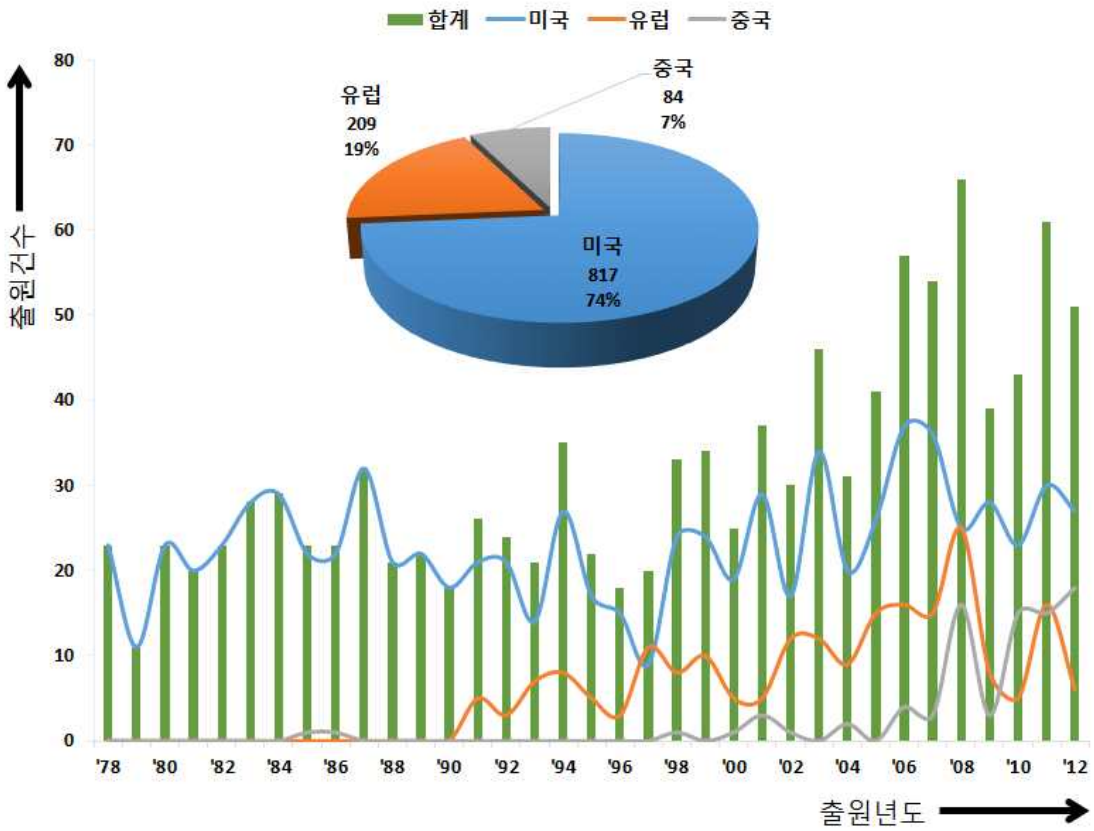
○ 주요기술

- outer surface, drilling fluid, drill pipe, fluid pressure, fluid flow

* Directional drilling deflection 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있으며 drill pipe와 upper end 기술의 연계성이 높음
* 1987년도부터 2006년도까지 outer surface, drilling fluid, drill pipe 연구분야에 기술개발이 집중되어 있으나, 2007년 이후부터 fluid flow 연구분야에 기술개발이 집중되고 있음

(6) Directional drilling mud circulation

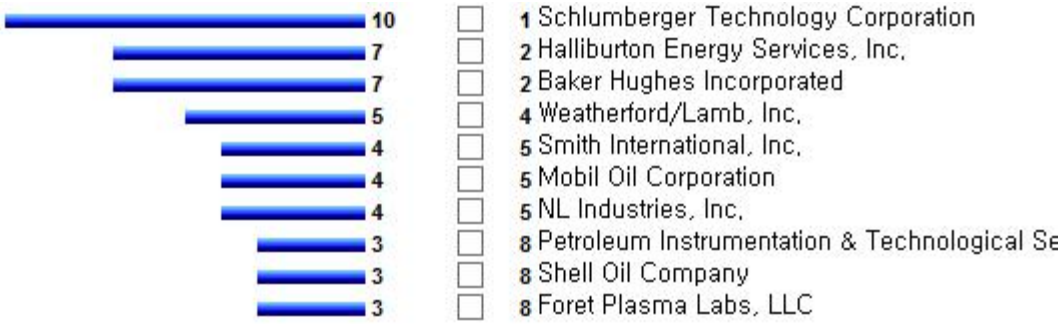
○ 출원년도 별 특허건수



- Directional drilling mud circulation 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 전체구간에서 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 2000년대 부터는 유럽과 중국의 영향으로 특허가 증가하고 있음

* 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있음
* 유럽 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나 2000년대 중반 까지 특허활동이 증가하고 있음
* 중국 경우 1990년대 후반에 특허활동이 나타나다가 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 급진적으로 특허활동이 증가하고 있음
* 미국특허가 74%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 19%, 중국 7%의 특허비율을 나타내고 있음

○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



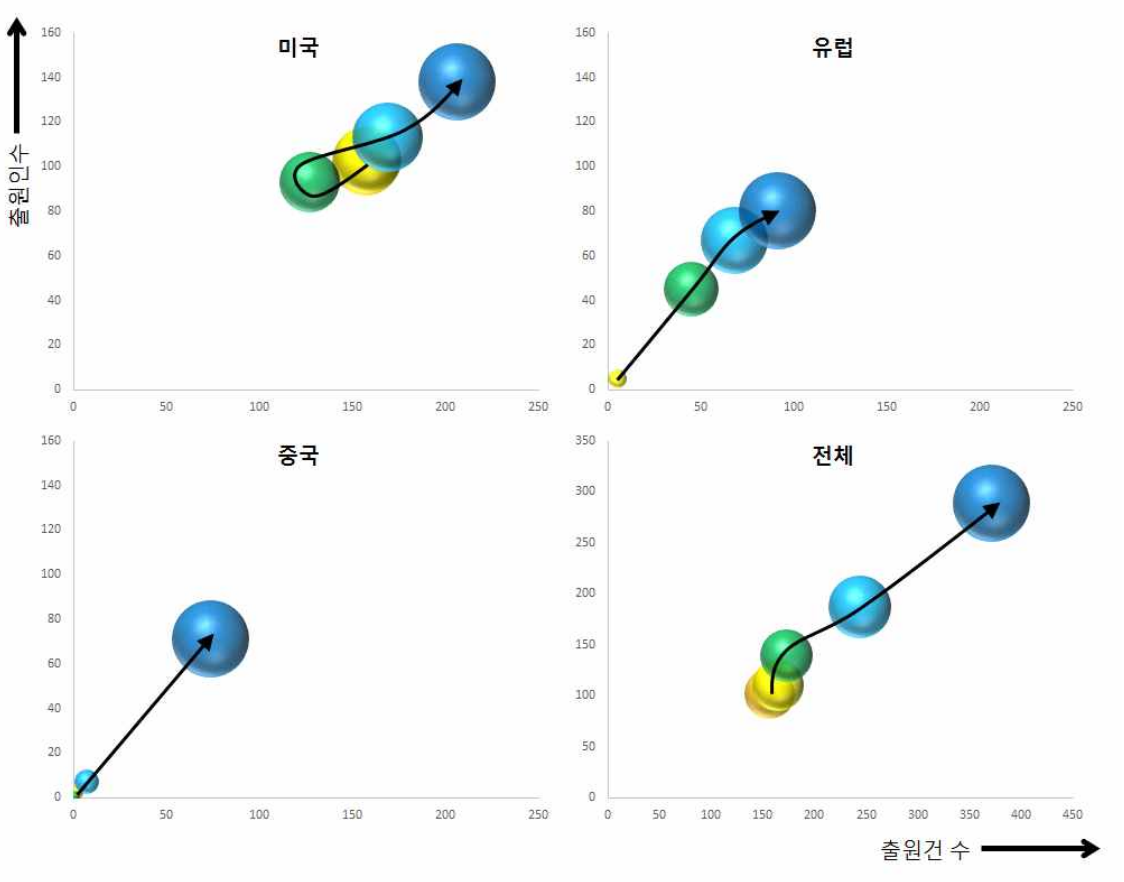
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

- 전체기간에서 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Schlumberger 가 1위를 점유하고 있음

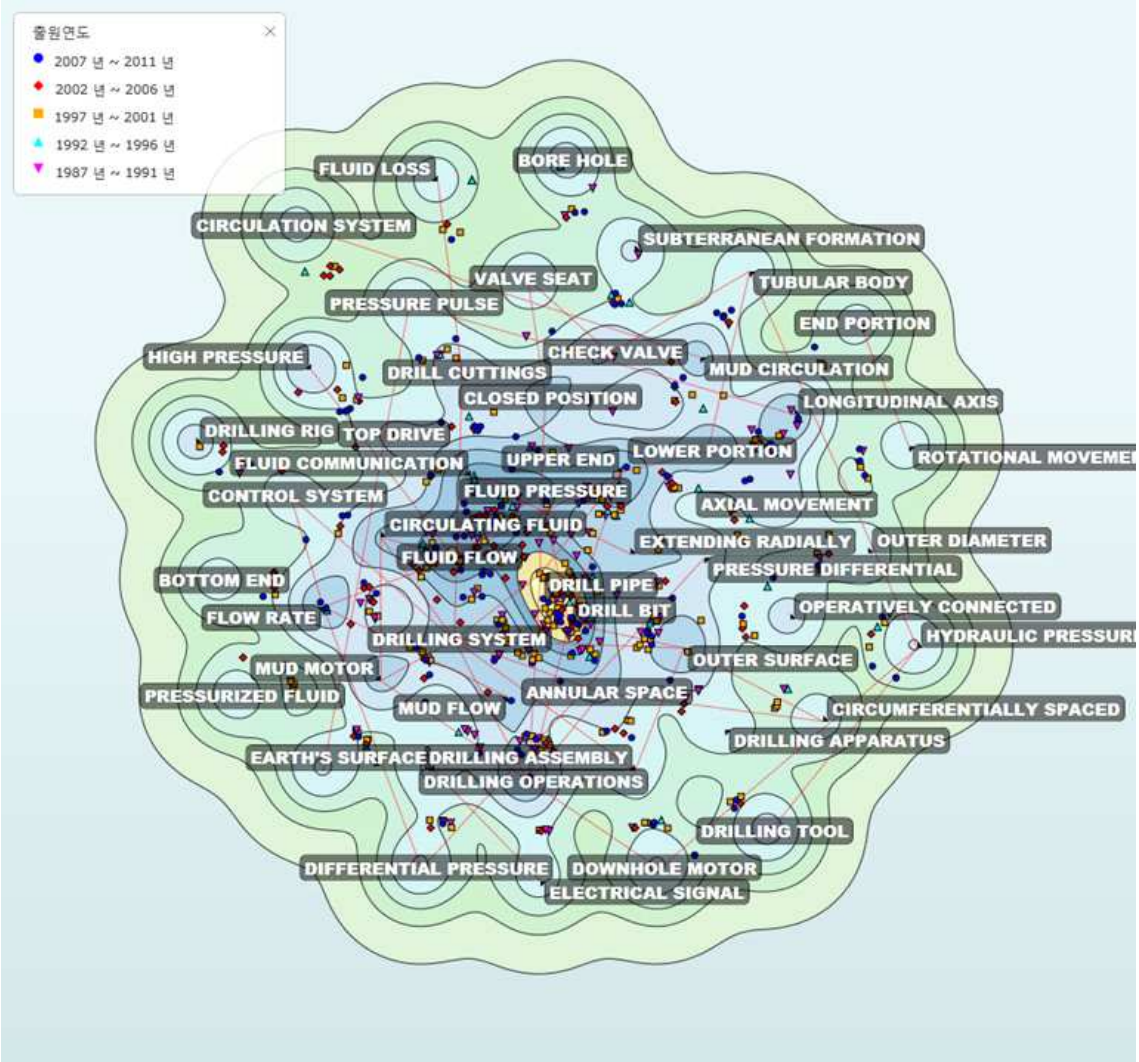
○ 기술 발전 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남

* 미국은 1구간~2구간에서 성숙기, 2구간~3구간에서 쇠퇴기, 3구간~5구간에 접어들면서 회복기에 해당하는 것으로 나타남
* 유럽은 1구간~2구간에서 태동기, 2구간~3구간에서 성장기, 3구간~5구간에 접어들면서 성숙기에 해당하는 것으로 나타남
* 중국은 1구간~4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간~5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵



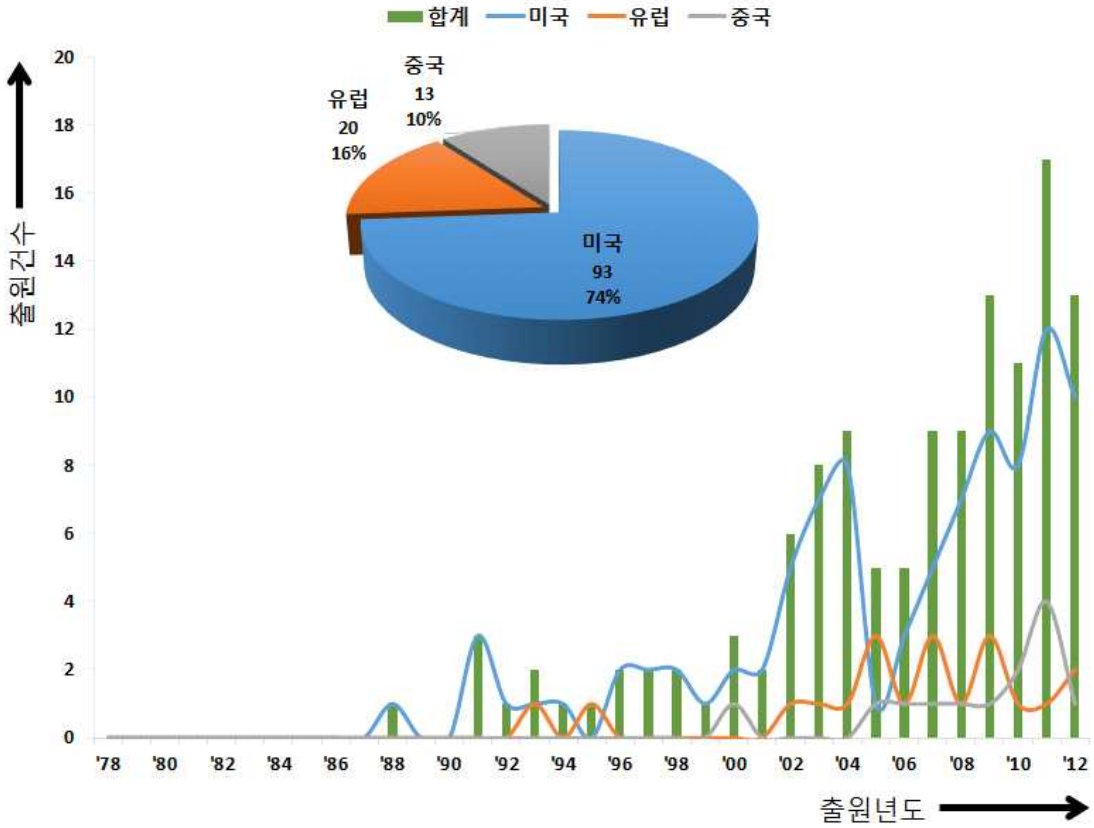
○ 주요기술

- drill bit, drill pipe

* Directional drilling mud circulation 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있으며 상기 기술의 연계성이 높음
* 1997년도부터 2001년도까지 상기 기술의 연구분야에 기술개발이 집중되어 있으나 2002년도 이후부터 다양한 분야에 기술개발이 나타나고 있음

(7) Directional drilling navigation

○ 출원년도 별 특허건수

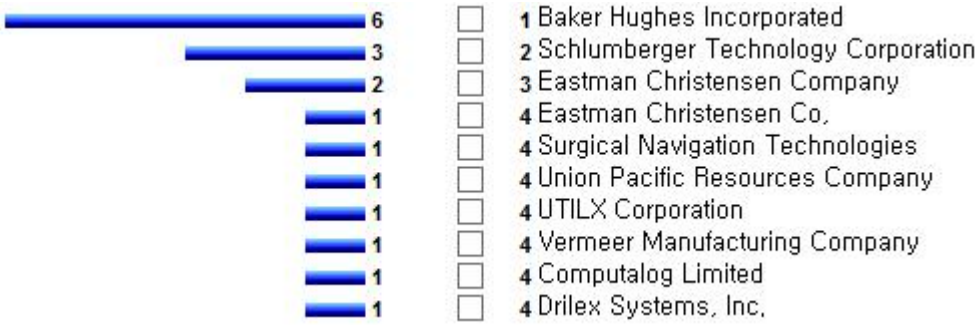


- Directional drilling navigation 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 1980년대 후반부터 특허활동이 꾸준히 나타하고 있으며, 2000년대부터는 미국과 유럽, 중국의 영향으로 특허활동이 증가하고 있음
- 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있으며, 2000년대 이후 최근 구간에서는 증가세를 보이고 있음
- 유럽 경우 2000년대 들어 특허활동이 증가한 것으로 나타남
- 중국 경우 2000년대 들어 특허활동이 나타나다가 최근 구간에서 특허활동이 증가하고 있음
- 미국특허가 74%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 16%, 중국 10%의 특허비율을 나타내고 있음

○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



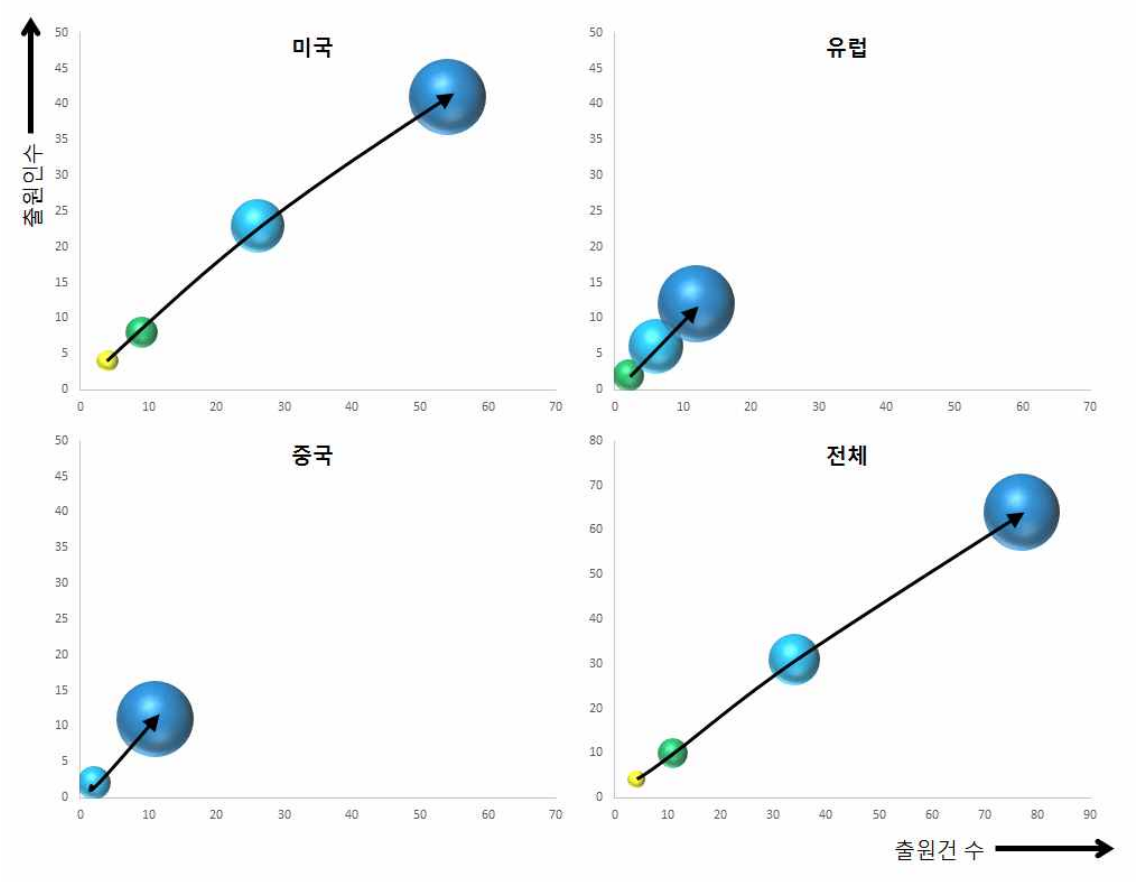
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

- 전체기간에 걸쳐 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Baker Huhhes 가 1위를 점유하고 있음

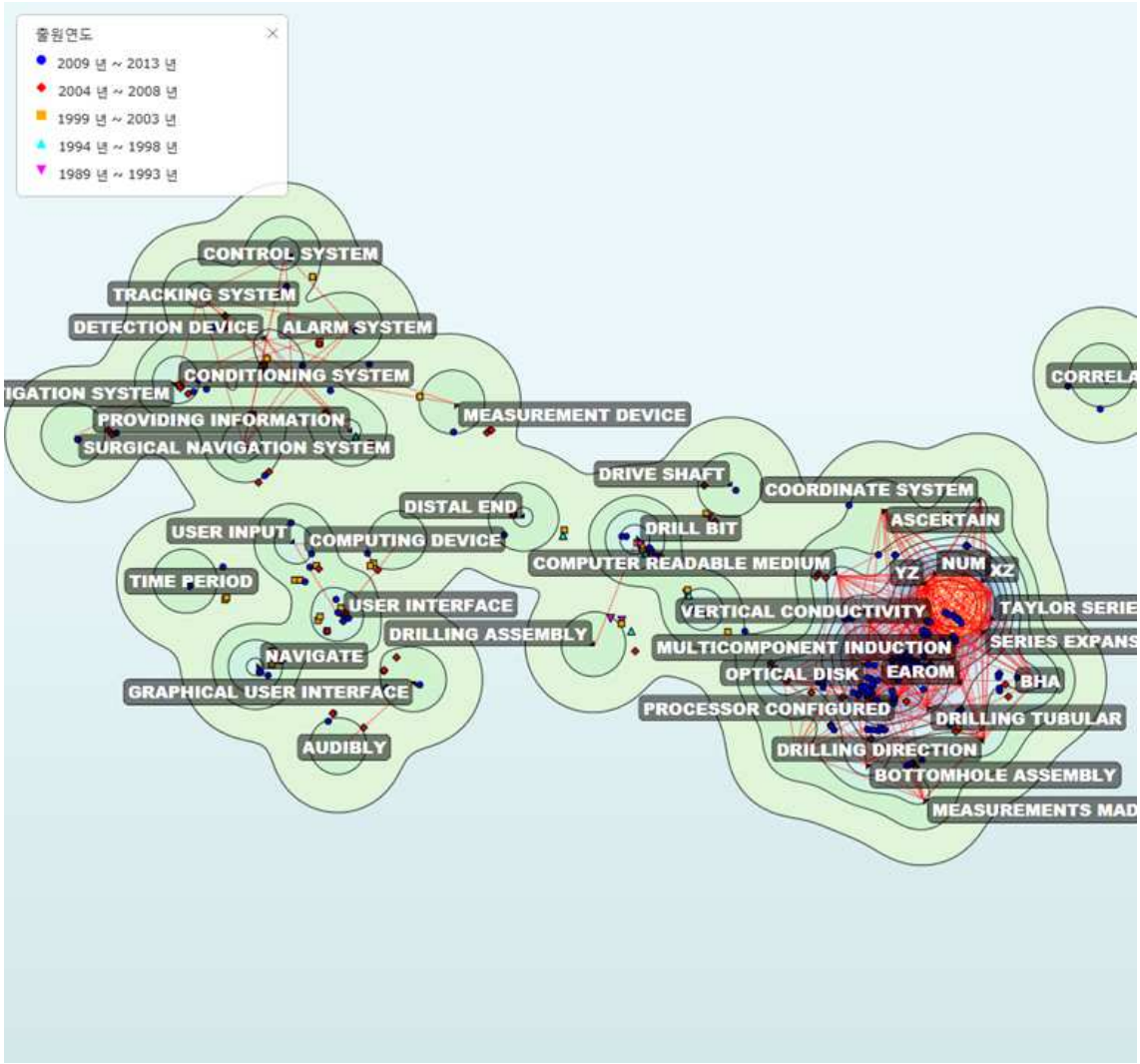
○ 기술 발전 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남

* 미국은 1구간 ~ 2구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 2구간 ~ 5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음
* 유럽은 1구간 ~ 5구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타남
* 중국은 1구간 ~ 4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간 ~ 5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵

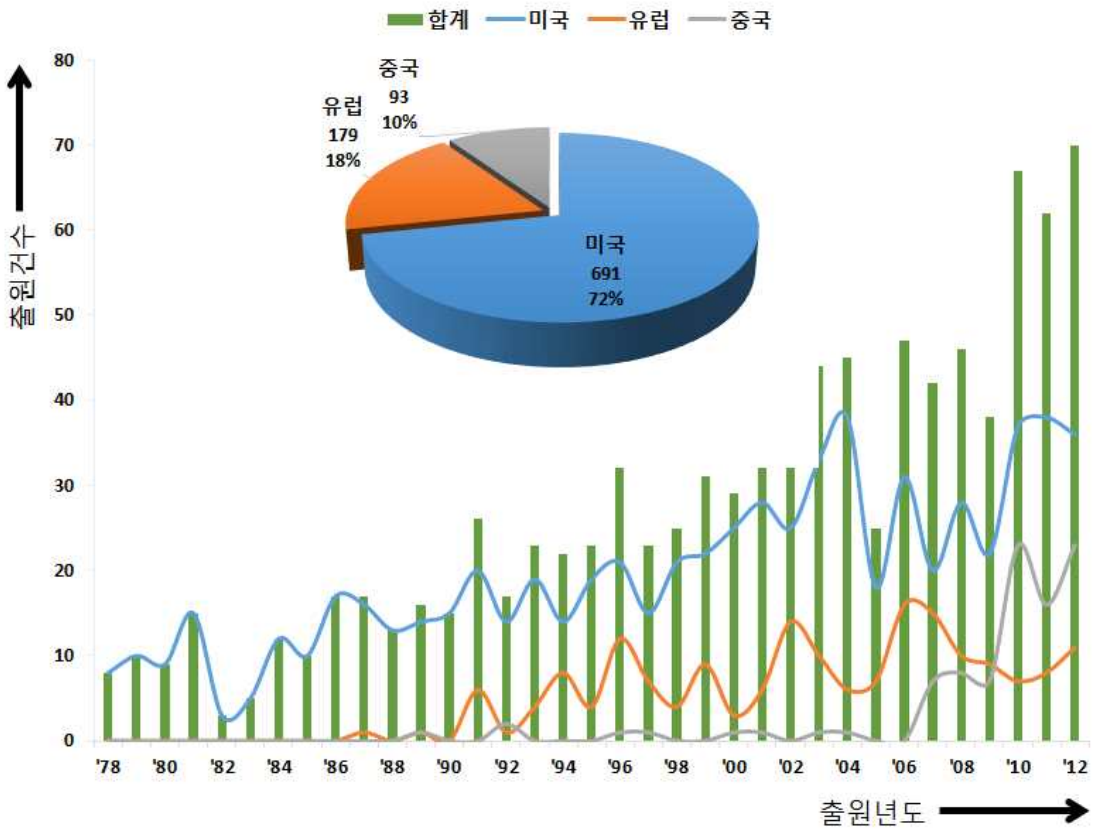


○ 주요기술

- Directional drilling navigation 관련 특허가 다방면에 분포하고 있음

(8) Directional drilling monitoring

○ 출원년도 별 특허건수



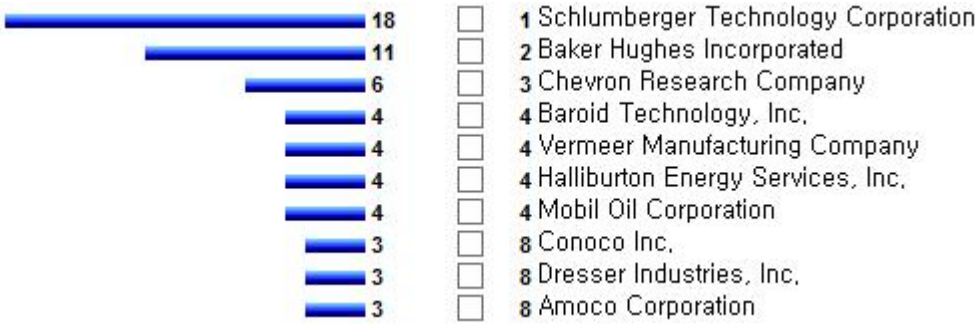
- Directional drilling monitoring 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 1990년대 중반까지 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 1990년대 중반부터는 미국과 유럽의 영향으로 특허활동이 증가하다가 2000년 후반부터는 중국의 영향으로 특허활동이 급진적으로 증가함

* 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있으며, 1990년대 중반 이후 최근 구간에서는 증가세를 보이고 있음
* 유럽 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나고 점진적으로 증가한 것으로 나타남
* 중국 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나다가 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 급진적으로 특허활동이 증가하고 있음
* 미국특허가 72%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 18%, 중국 10%의 특허비율을 나타내고 있음

○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



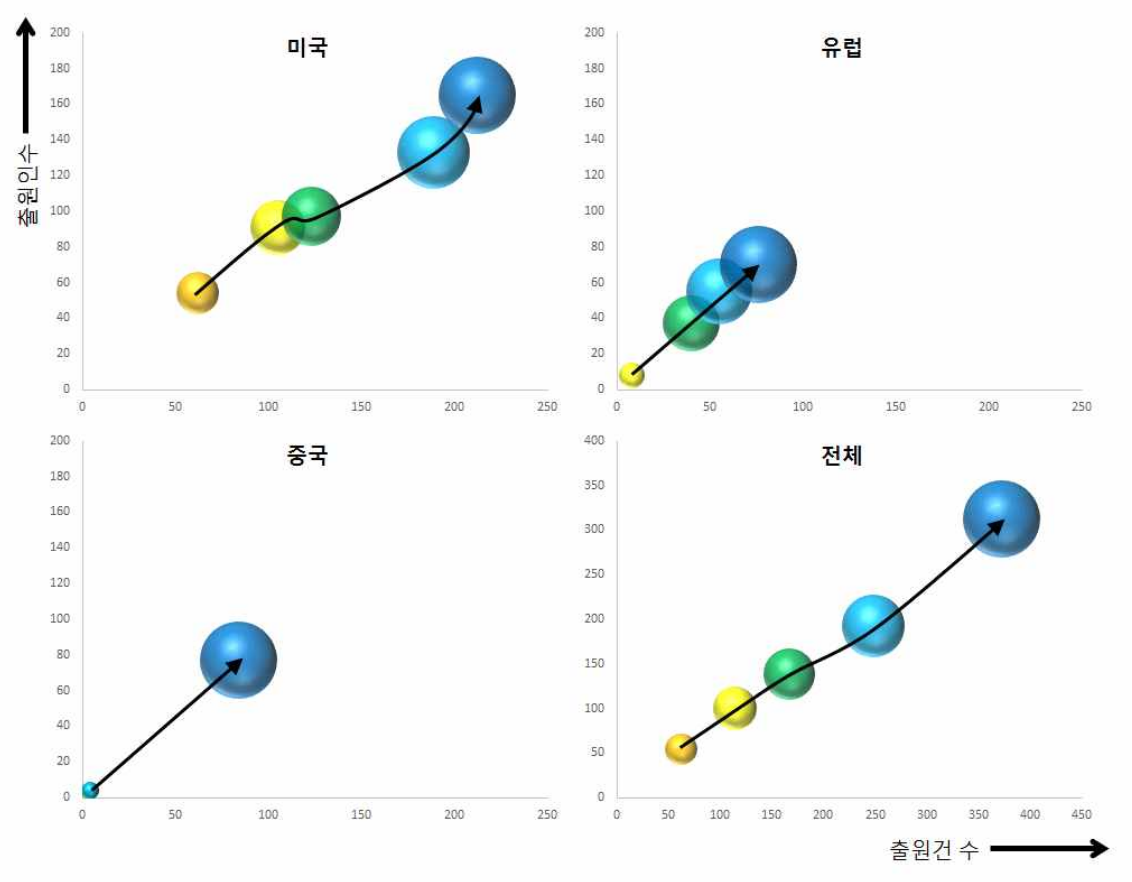
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

- 전체기간에 걸쳐 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Schlumberger 가 1위를 점유하고 있음

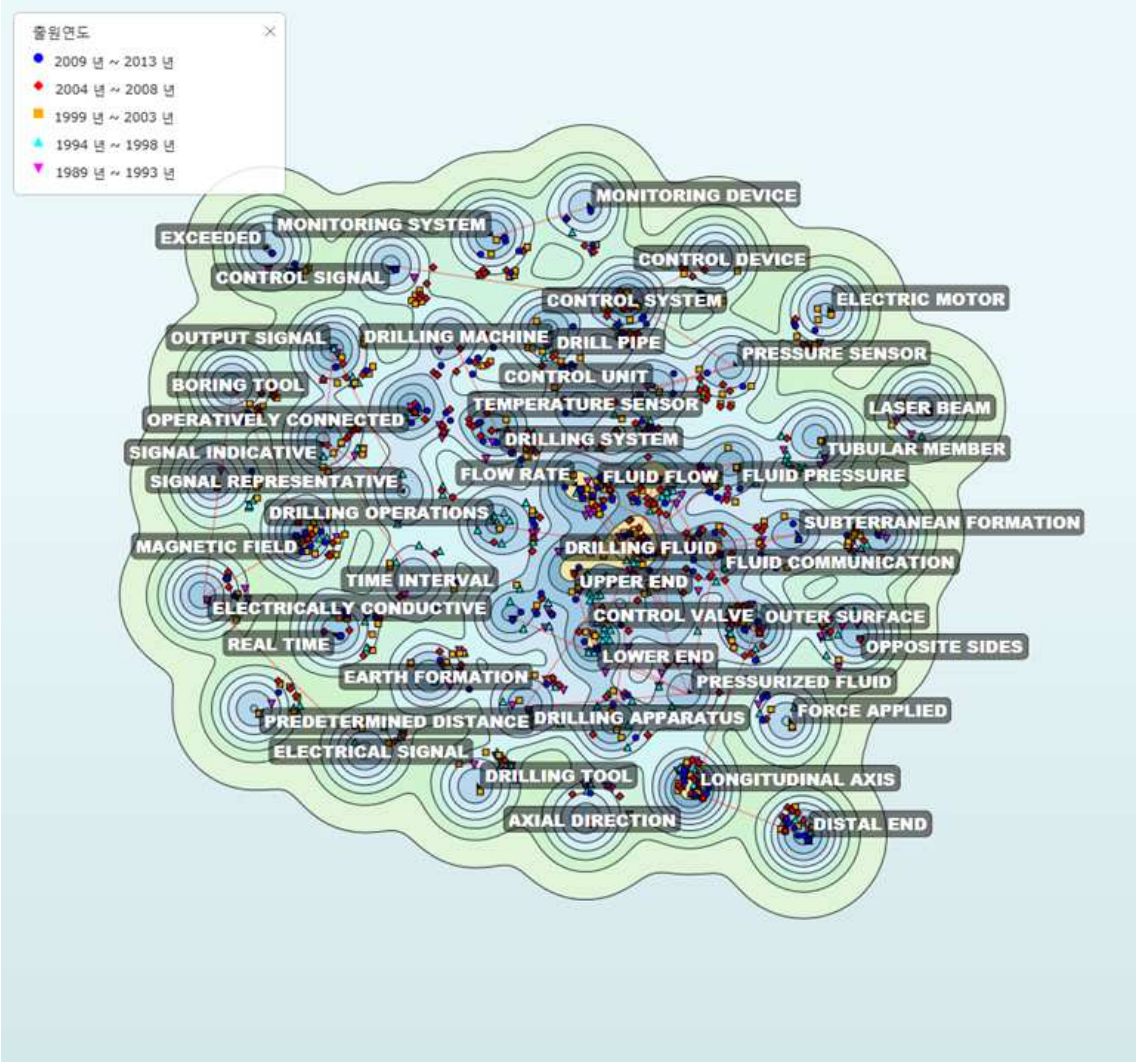
○ 기술 발전 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남

* 미국은 1구간 ~ 5구간에서 성장기에 해당하는 것으로 나타남
* 유럽은 1구간 ~ 2구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 2구간 ~ 3구간에서 성장기, 3구간 ~ 5구간에서 성숙기에 해당한 것으로 나타남
* 중국은 1구간 ~ 4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간 ~ 5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵



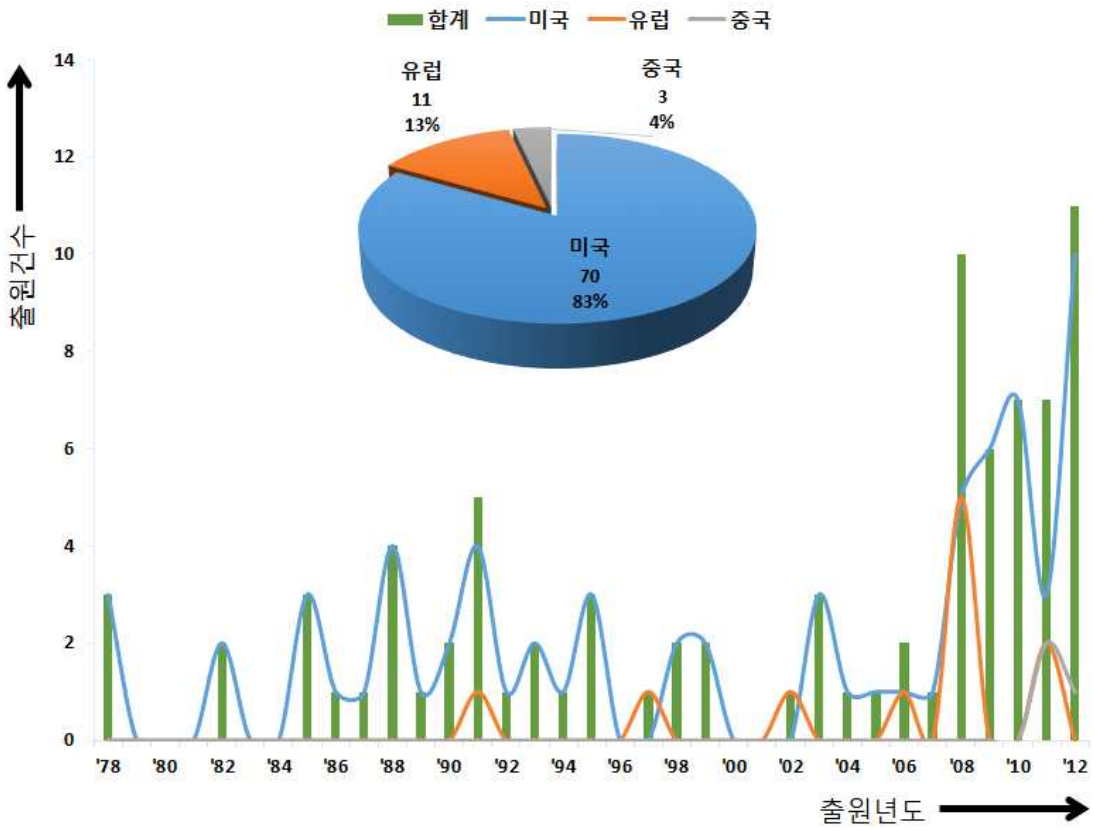
○ 주요기술

- flow rate, fluid flow, drilling fluid, upper end, lower end

* Directional drilling monitoring 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있으며 상기 기술은 연계성이 있음
* 1994년도부터 1998년도까지 lower end 연구분야에 기술개발이 집중되었으며, 2009년부터 flow rate, fluid flow 연구분야에 기술개발이 집중되고 있음

(9) Directional drilling well planning

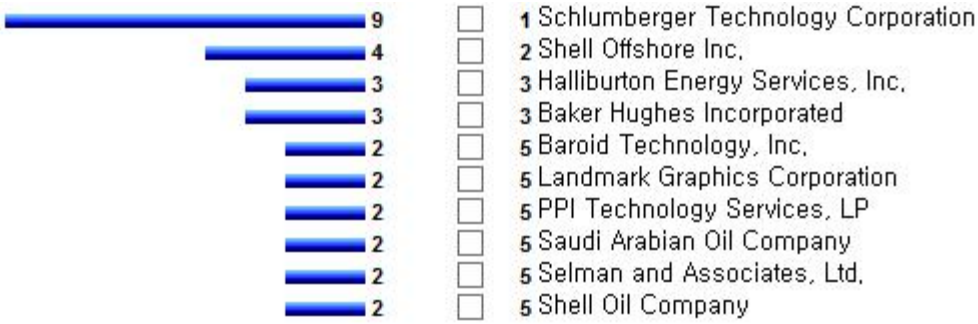
○ 출원년도 별 특허건수



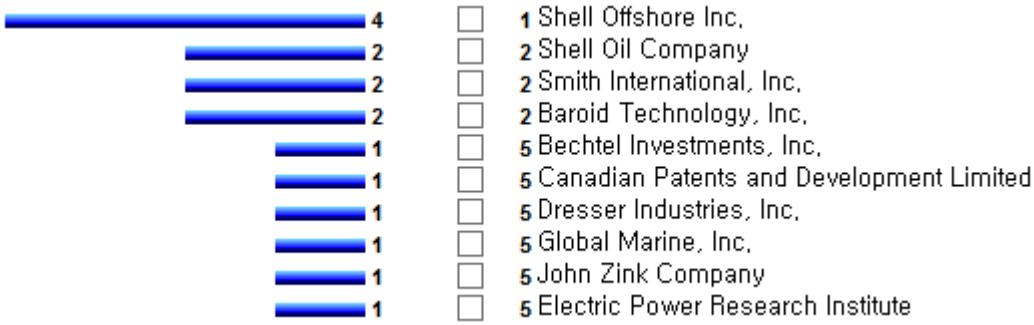
- Directional drilling well planning 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 전체구간에서 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 2000년대 중반부터는 미국과 유럽의 영향으로 특허활동이 증가함

* 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있으며, 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 증가세를 보이고 있음
* 유럽 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나고 2000년 중반에 특허활동이 증가함.
* 중국 경우 2000년대 후반 들어 특허활동이 나타남
* 미국특허가 83%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 13%, 중국 4%의 특허비율을 나타내고 있음

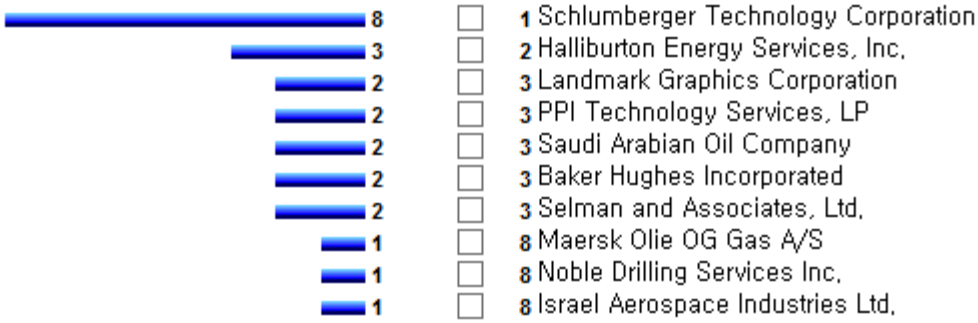
○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



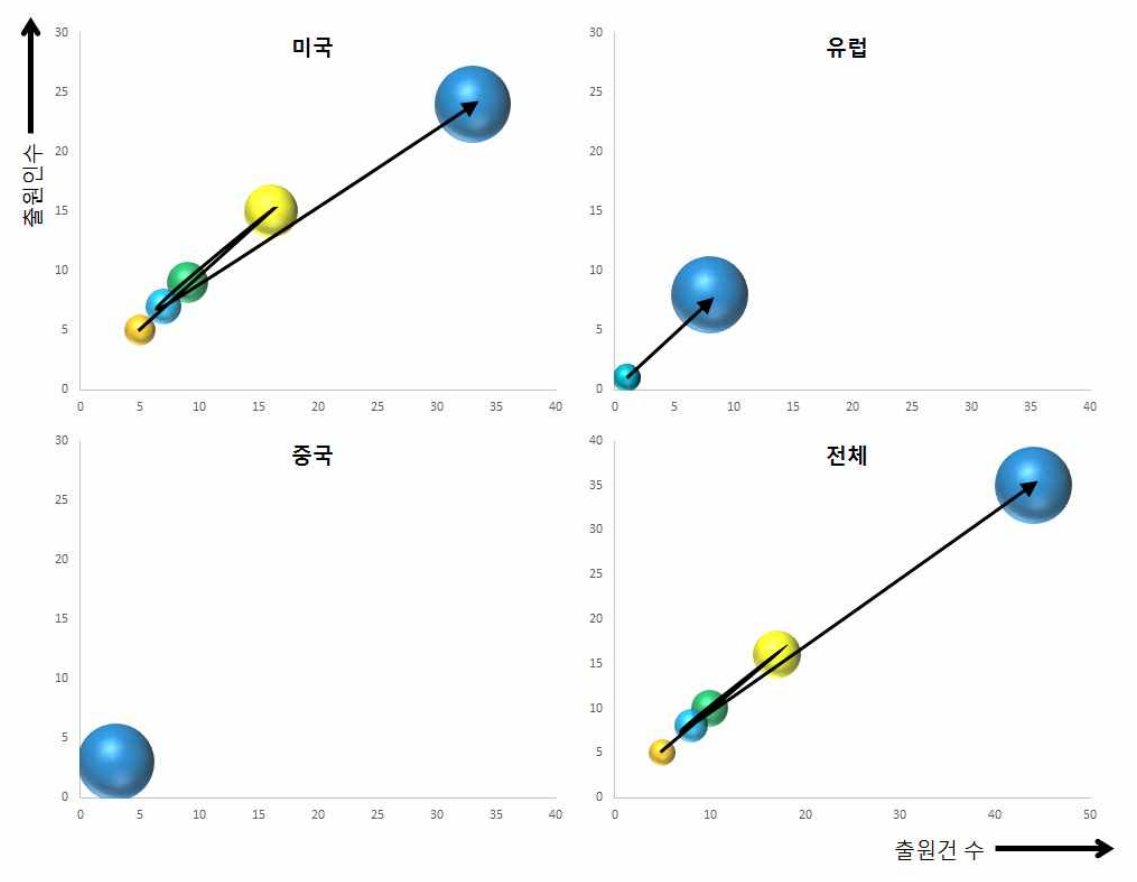
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

- 1999년 이전에는 미국기업인 Shell Oil 이 1위를 점유하고 있으며, 2000년 이후 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Schlumberger 이 1위를 점유하고 있고, 전체 기간에 걸쳐 상기 두 업체가 각각 1, 2위를 점유하고 있음

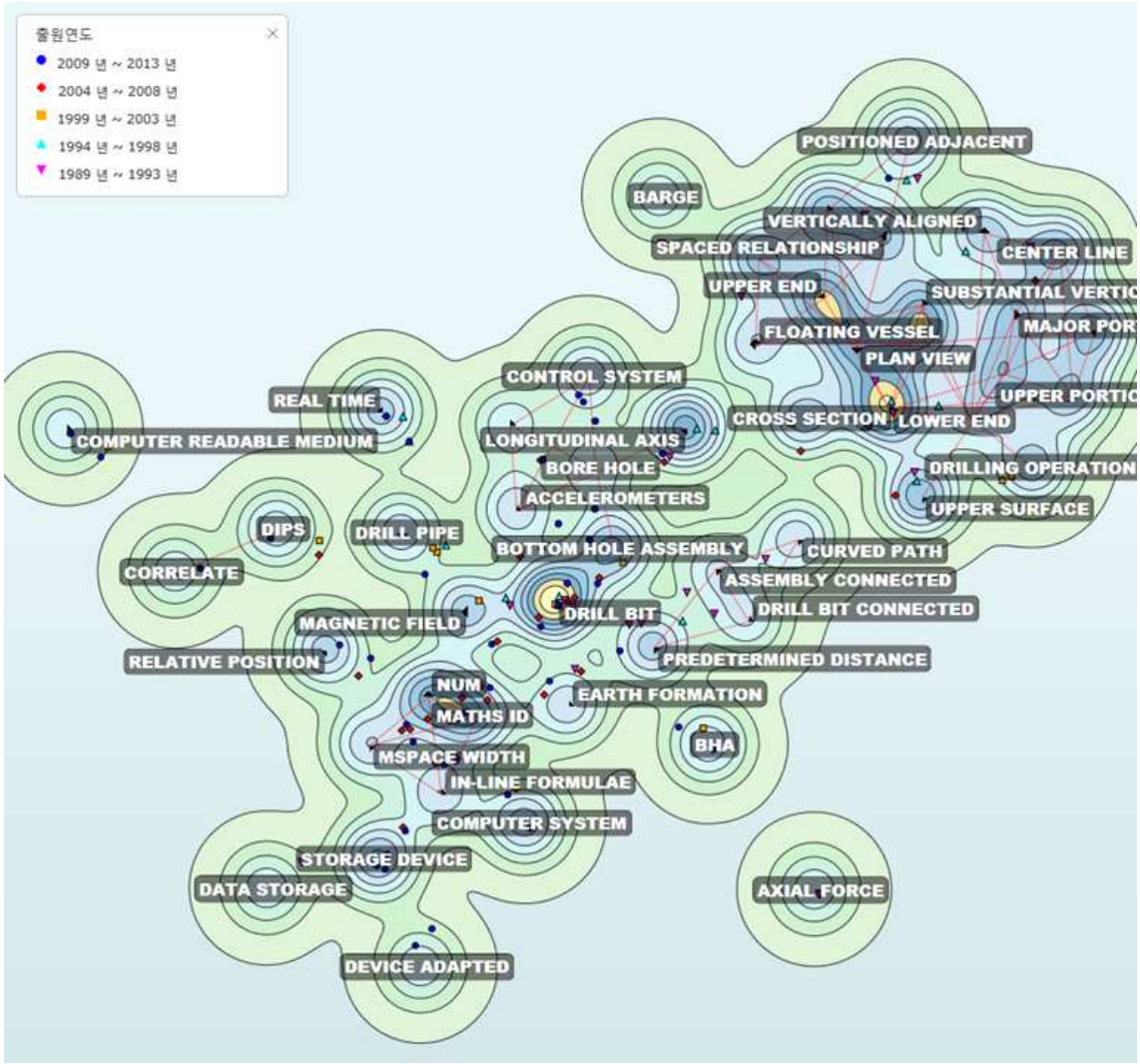
○ 기술 발전 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남

* 미국은 1구간 ~ 2구간에서 성장기에 해당하는 것으로 나타났으며, 2구간 ~ 4구간에서 쇠퇴기, 4구간 ~ 5구간에서 회복기에 해당하는 것으로 나타남
* 유럽은 1구간 ~ 4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간 ~ 5구간에 접어들면서 성장기에 해당하는 것으로 나타남
* 중국은 1구간 ~ 5구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타남

○ 키워드맵



키워드 맵
(미국 등록 특허 기준)

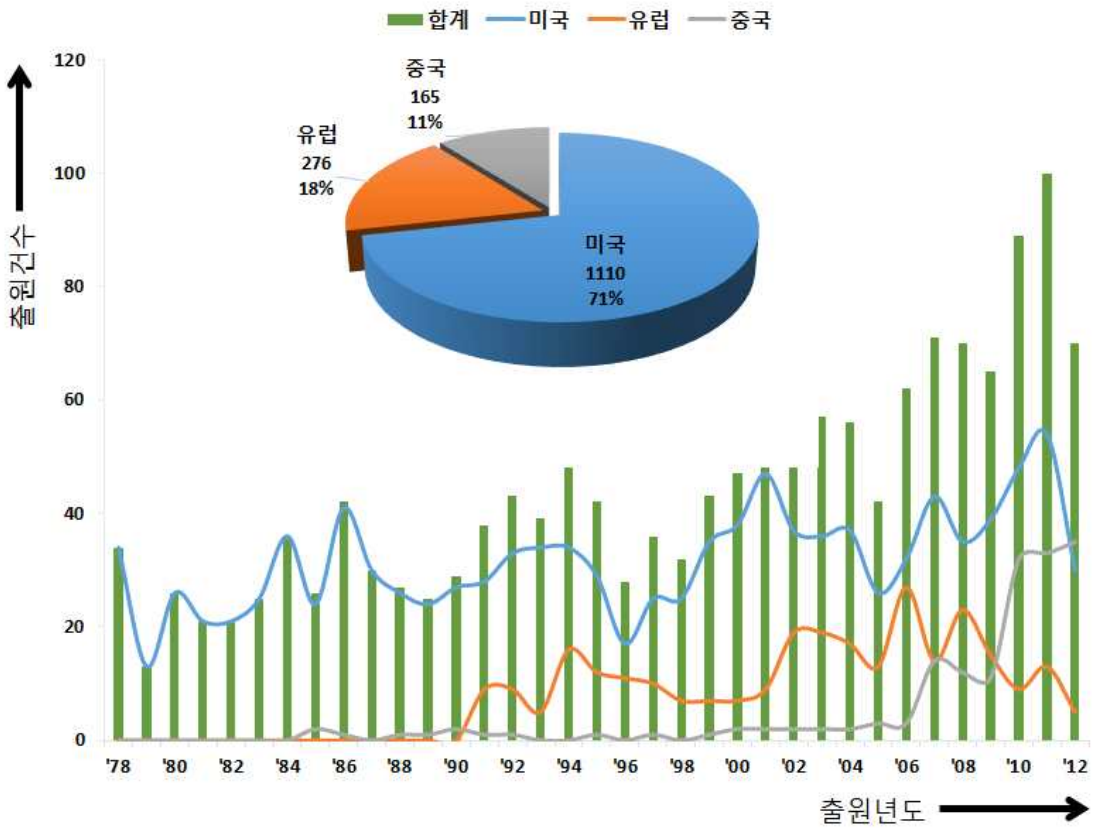
○ 주요기술

- drill bit, lower end, upper end

* Directional drilling well planning 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있으며 상기 기술은 연계성이 있음
* 특허분석 기간 동안 다방면에 기술개발이 나타나고 있음

(10) Directional drilling well control

○ 출원년도 별 특허건수



- Directional drilling well control 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 1990년대 중반까지 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 2000년대 초반부터는 유럽의 영향으로 특허활동이 증가하다가 2000년 후반부터는 중국의 영향으로 특허활동이 증가함

* 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있으며, 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 증가세를 보이고 있음
* 유럽 경우 1980년대 들어 특허활동이 시작되어 2000년대 중반까지 점진적으로 증가한 것으로 나타나다가 최근 구간에서는 특허활동이 감소하고 있음
* 중국 경우 1980년대 들어 특허활동이 나타나다가 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 급진적으로 특허활동이 증가하고 있음
* 미국특허가 71%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 18%, 중국 11%의 특허비율을 나타내고 있음

○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



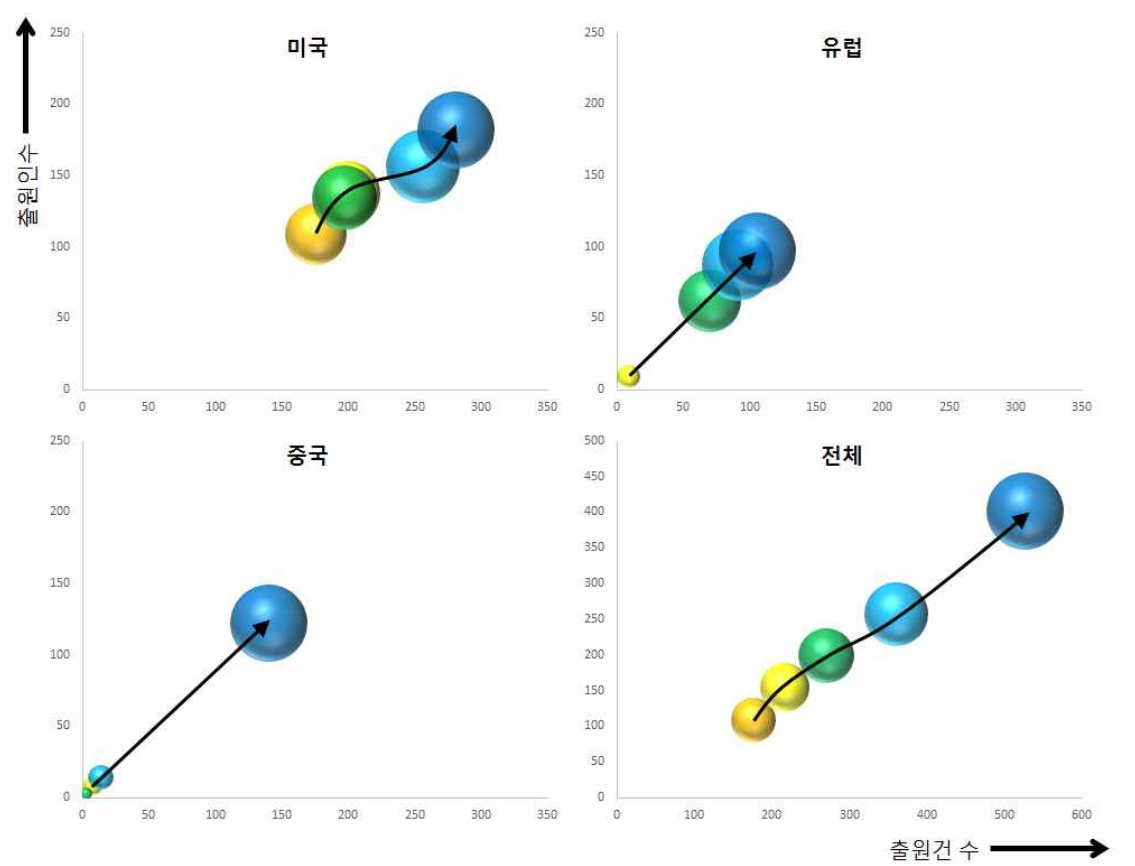
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

- 1999년 이전에는 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Baker Huhhes 가 1위를 점유하고 있으며, 2000년 이후 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Halliburton 이 1위를 점유하고 있고, 전체기간에 걸쳐 상기 두 업체가 각각 1, 2위를 점유하고 있음

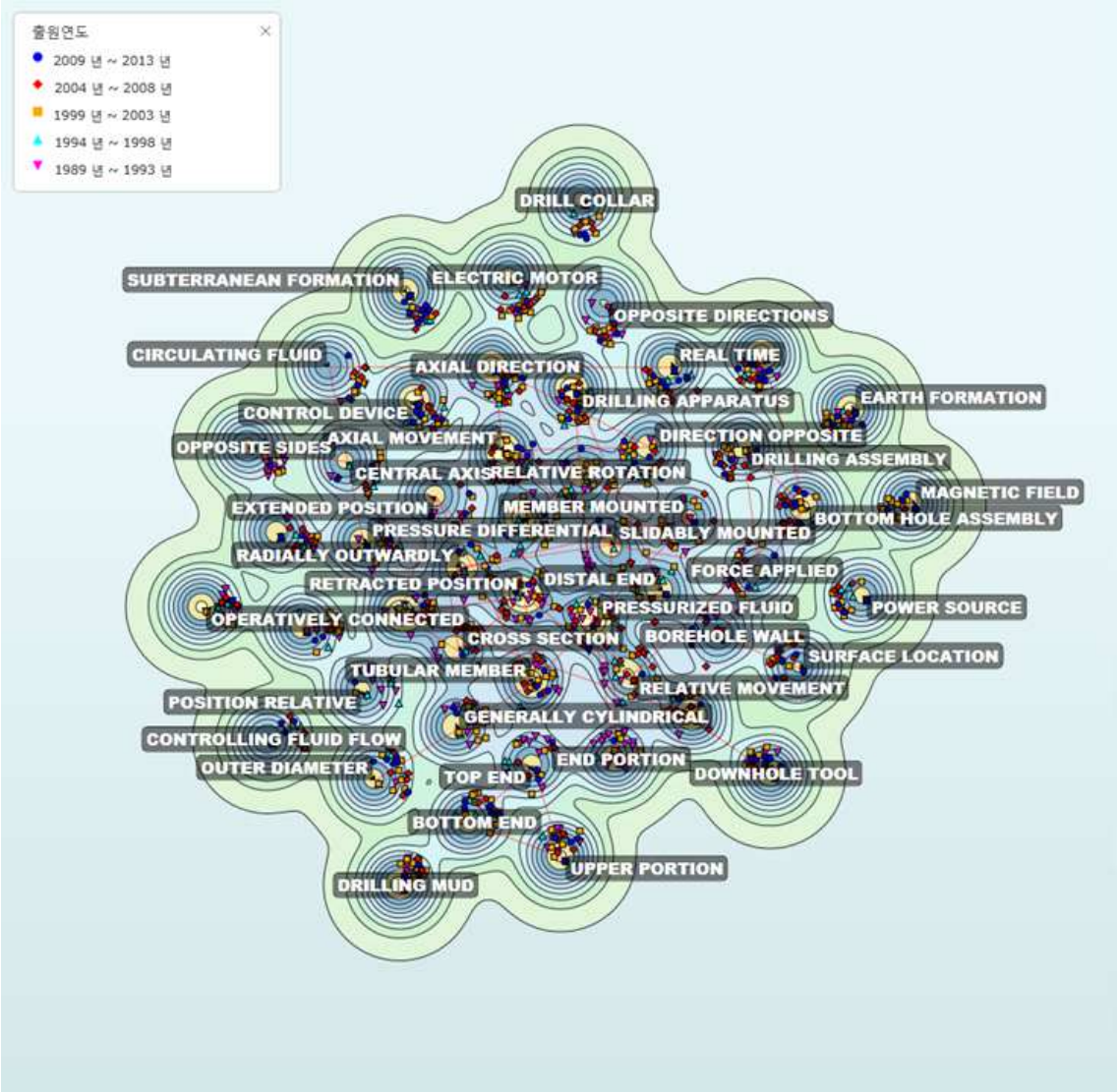
○ 기술 발전 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남

* 미국은 1구간 ~ 5구간에서 성숙기에 해당하는 것으로 나타남
* 유럽은 1구간 ~ 2구간에서 태동기, 2구간 ~ 3구간에서 성장기, 3구간 ~ 5구간에서 성숙기에 해당하는 것으로 나타남
* 중국은 1구간 ~ 4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간 ~ 5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵

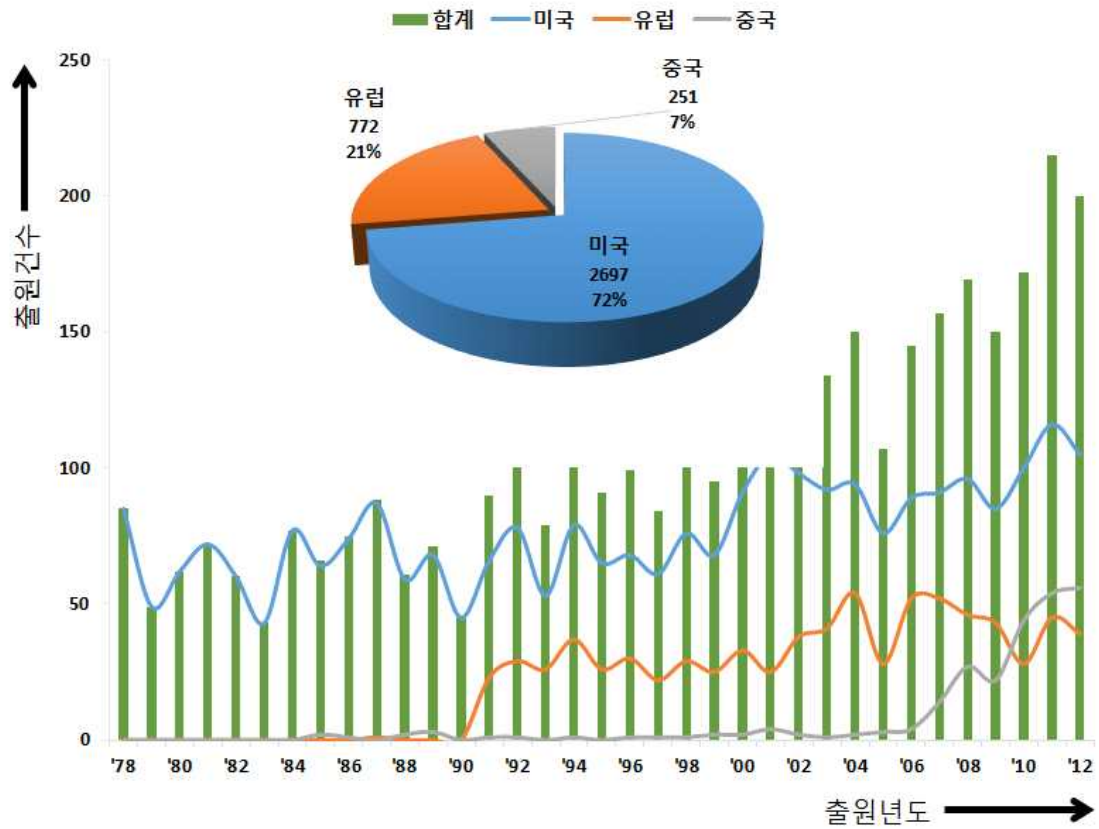


○ 주요기술

- Directional drilling well control 관련 특허가 다방면에 분포하고 있음

(13) Directional drilling operation

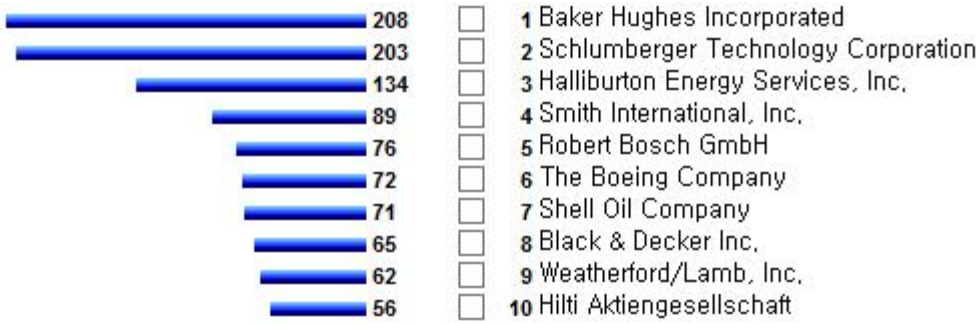
○ 출원년도 별 특허건수



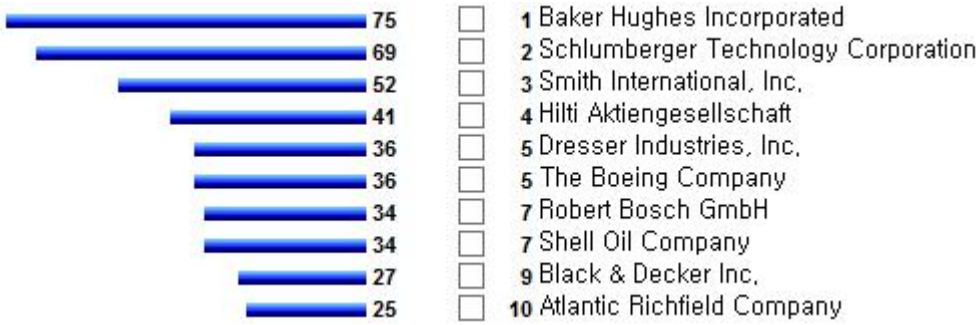
- Directional drilling operation 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 2000년대 초반까지 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 2000년대 초반부터는 유럽과 중국의 영향으로 특허활동이 증가함

* 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있음
* 유럽 경우 1990년대 들어 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있음
* 중국 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나다가 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 급진적으로 특허활동이 증가하고 있음
* 미국특허가 72%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 21%, 중국 7%의 특허비율을 나타내고 있음

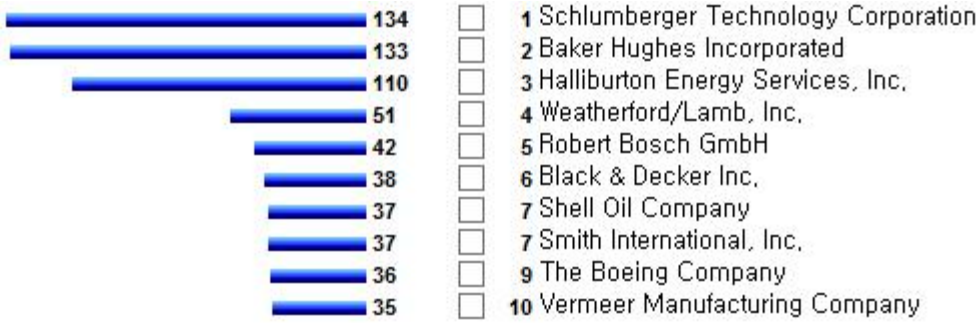
○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



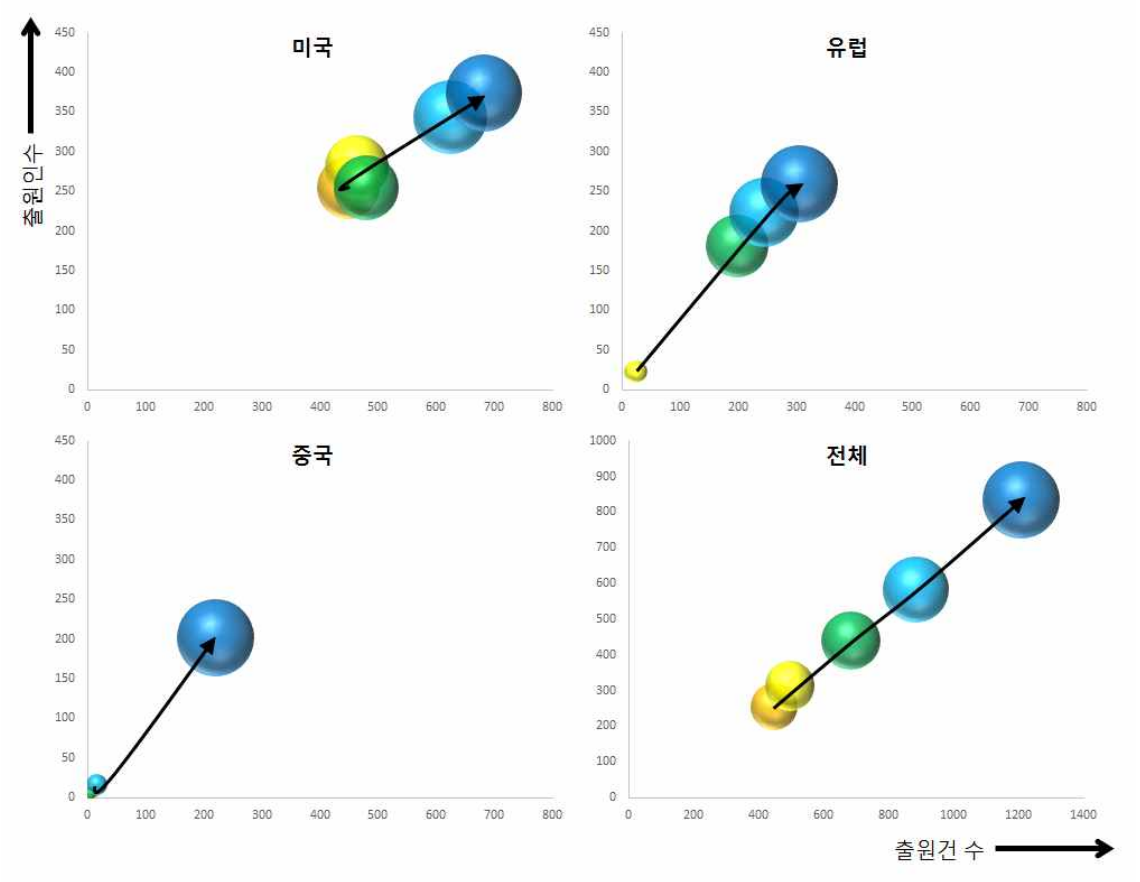
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

- 1999년 이전에는 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Baker Huhhes 가 1위를 점유하고 있으며, 2000년 이후 미국기업인 오일필드 서비스 업체 chlumberger가 1위를 점유하고 있고, 전체기간에 걸쳐 상기 두 업체가 각각 1, 2위를 점유하고 있음

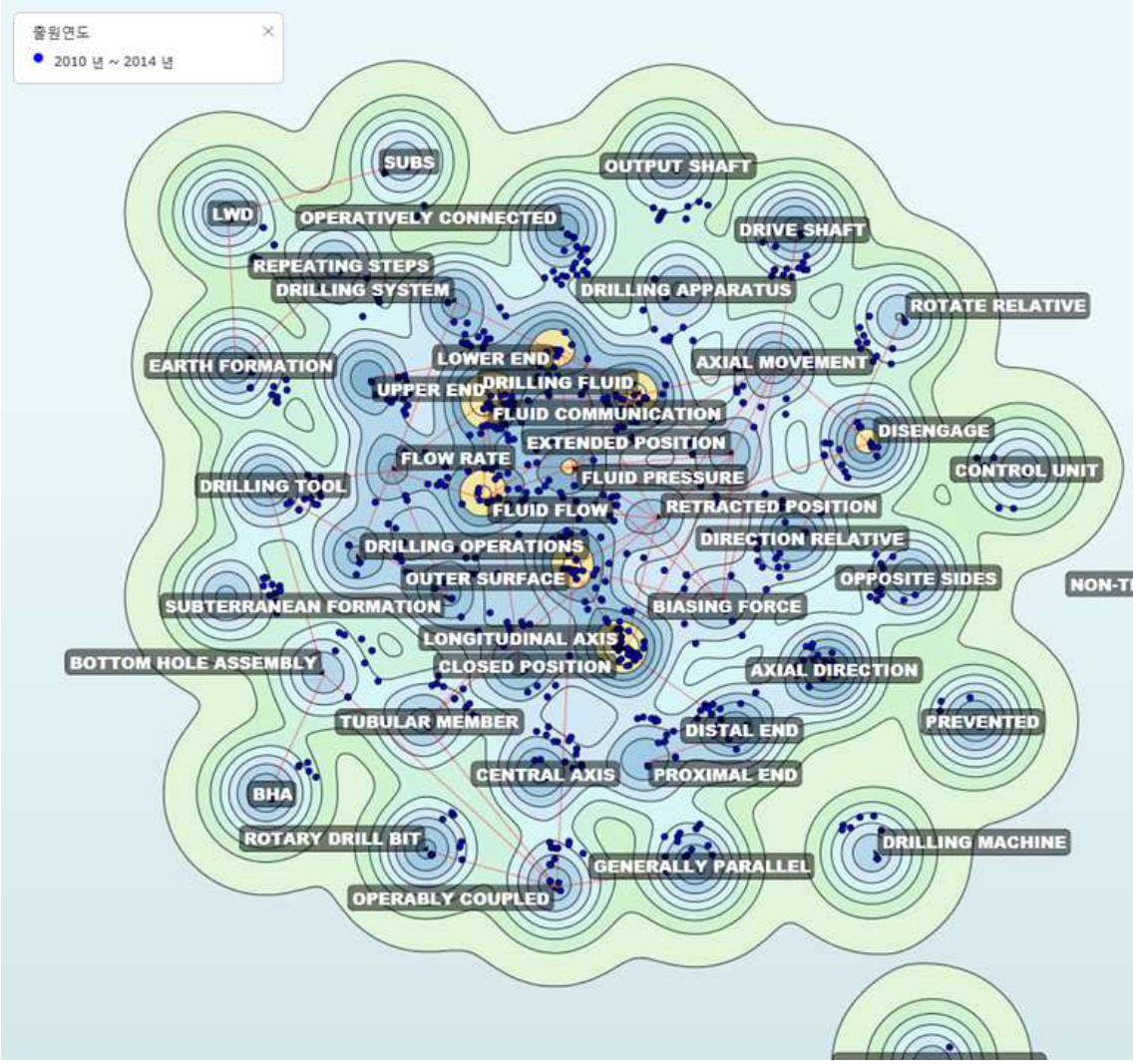
○ 기술 발전 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남

* 미국은 1구간 ~ 5구간에서 성숙기에 해당하는 것으로 나타남
* 유럽은 1구간 ~ 2구간에서 태동기, 2구간 ~ 3구간에서 성장기, 3구간 ~ 4구간에서 성숙기에 해당하는 것으로 나타남
* 중국은 1구간 ~ 4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간 ~ 5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵



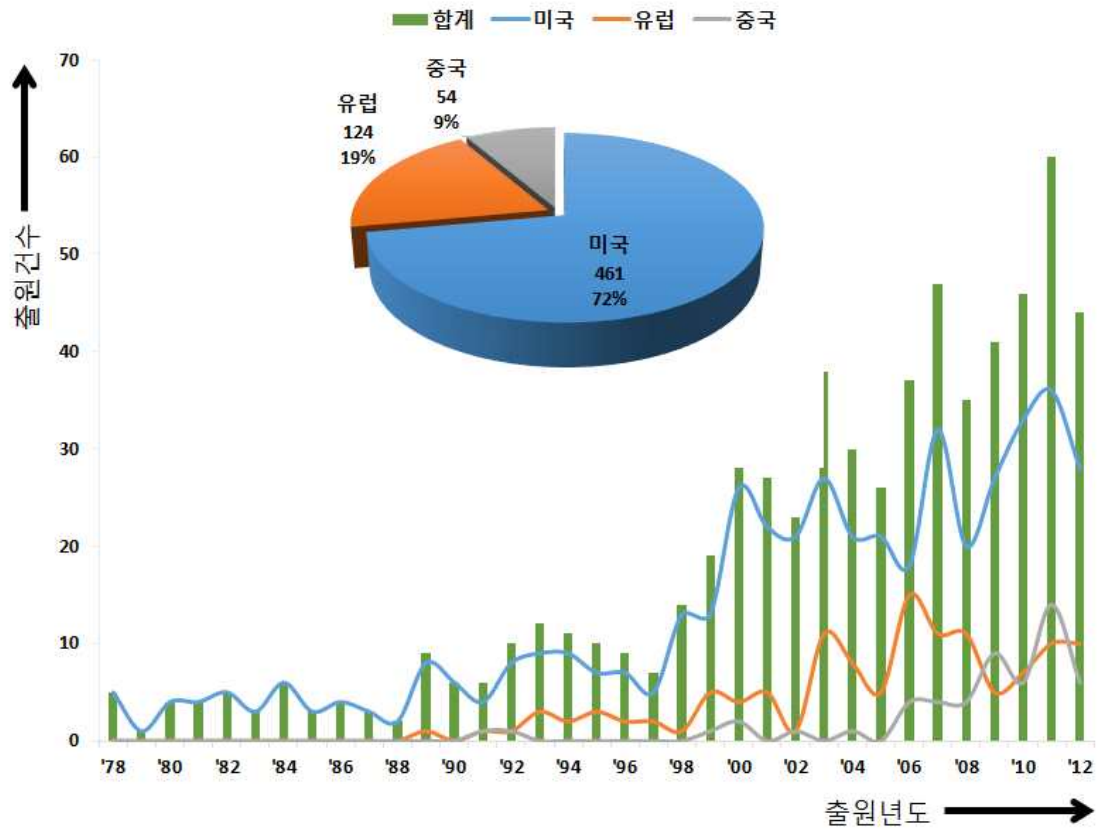
○ 주요기술

- drilling fluid, flow rate, drilling operations, longitudinal axis

* Directional drilling operation 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있으며 상기 기술은 서로 연계성임 있음

(14) Directional drilling (steering or geosteering)

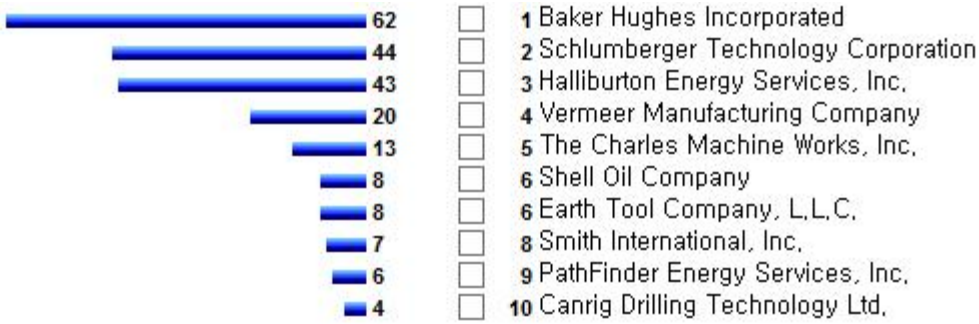
○ 출원년도 별 특허건수



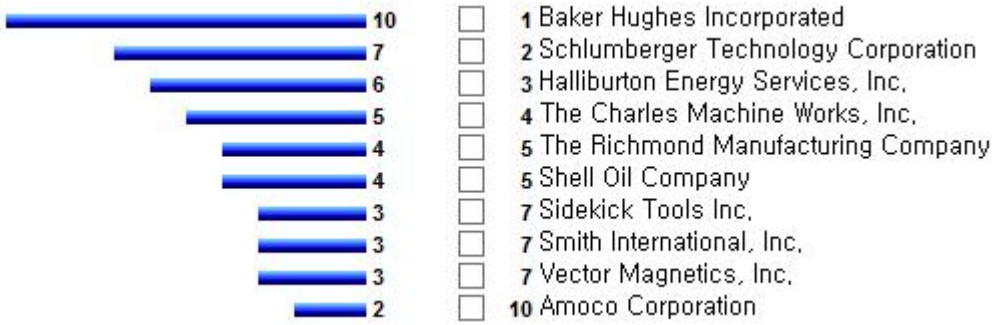
- Directional drilling (steering or geosteering) 의 연도별 전체 특허동향으로서, 전체특허는 미국의 영향으로 1990년대 후반까지 특허활동이 꾸준히 나타나고 있으며, 2000년대 들어 미국과 유럽의 영향으로 특허활동이 증가하다가 2000년 후반부터는 중국의 영향으로 특허활동이 증가함

* 미국 경우 전반적으로 특허활동이 꾸준히 이루어지고 있으며, 1990년대 후반 이후 최근 구간에서는 증가세를 보이고 있음
* 유럽 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나고 점진적으로 증가한 것으로 나타남
* 중국 경우 1990년대 들어 특허활동이 나타나다가 2000년대 중반 이후 최근 구간에서는 특허활동이 증가하고 있음
* 미국특허가 72%의 특허점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 유럽 19%, 중국 9%의 특허비율을 나타내고 있음

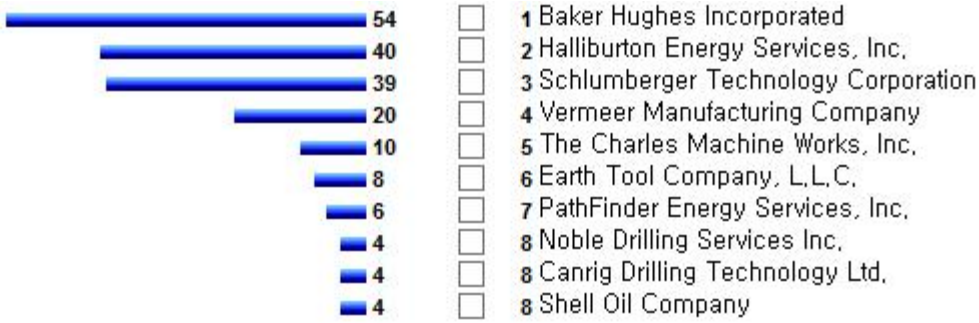
○ 출원인 별 특허건수



출원인 별 특허건수



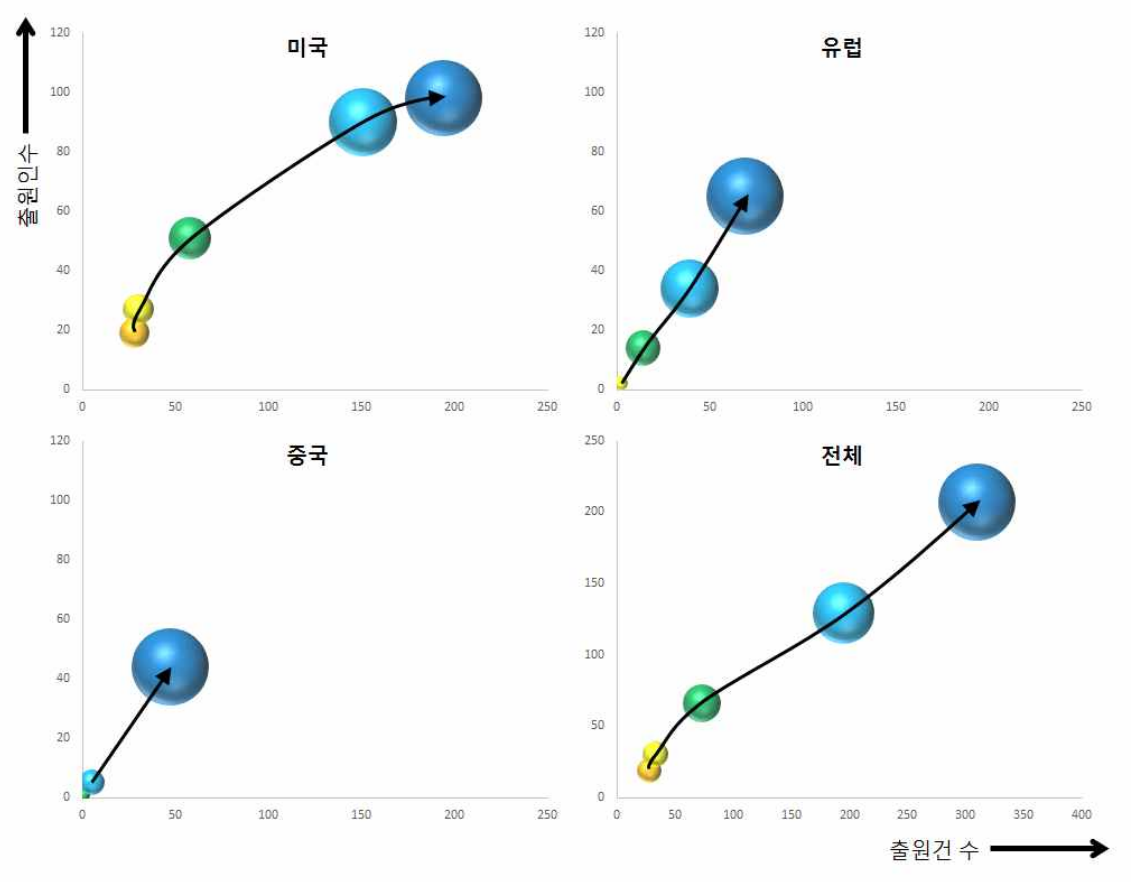
출원인 별 특허건수(1999년 이전)



출원인 별 특허건수(2000년 이후)

- 전체기간에 걸쳐 미국기업인 오일필드 서비스 업체 Baker Huhhes 가 1위를 점유하고 있음

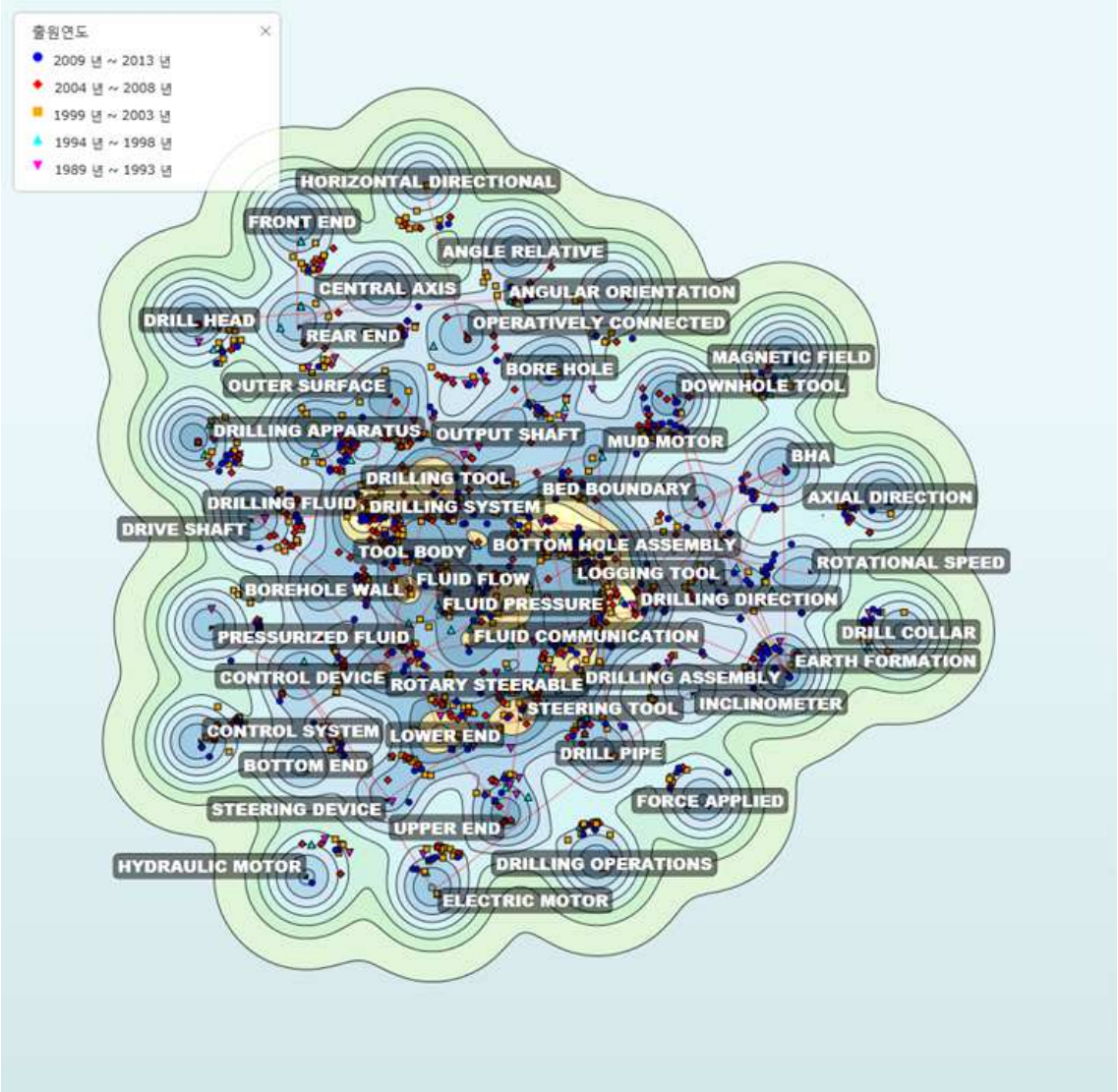
○ 기술 발전 위치



- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 미국특허, 유럽특허, 중국특허는 발전기에 있는 것으로 나타남

* 미국은 1구간 ~ 2구간에서 태동기, 2구간 ~ 4구간에서 성장기, 4구간 ~ 5구간에서 성숙기에 해당하는 것으로 나타남
* 유럽은 1구간 ~ 2구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 2구간 ~ 5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음
* 중국은 1구간 ~ 4구간에서 태동기에 해당하는 것으로 나타났으며, 4구간 ~ 5구간에 접어들면서 성장기로 나타나고 있음

○ 키워드맵



○ 주요기술

- drilling system, drilling tool, fluid pressure, steering tool, bottom hole assembly, drilling direction

* Directional drilling (steering or geosteering) 관련 특허가 상기 기술에 집중적으로 분포되어 있으며 drilling tool, drilling system 기술의 연계성이 높고, bottom hole assembly, drilling direction 기술의 연계성이 높음

마. 결론 및 시사점

□ 전체 동향

○ 1970년대부터 현재까지 드릴링 기술분야는 계속 발전하고 있는 성장기의 양상임

○ 국가별로는 USTPO(63%), KPO(12%), JPO(11%), EPO(10%), SIPO(4%)의 점유율을 형성함

- 미국은 현재 모든 드릴링 시스템에 대한 세부기술에 대해 업계를 주도하고 있으며, 앞서 살펴 본 미국의 3사(Hallibutrton Energy Survices, Schlumber Technology 및 Baker Hughes)가 각국에 특허 시장 진입을 가장 활발히 시도하고 있음
- 대한민국은 드릴링 시스템 기술 분야에 시장 진입을 시도하고 있는 기술개발 단계국으로서, 현재 삼성중공업, 현대중공업, 대우해양조선과 같은 기업들이 인양(AA, 드릴링선과 관련된 기술)과 회전(AB, 드릴 비트 등)에 관련된 기술의 발전을 도모하고 있음
- 중국은 대한민국과 같이 드릴링 시스템 기술 분야에 시장 진입을 시도하고 있는 초창기 단계국으로서, 인양(AA, 드릴링선과 관련된 기술)과 회전(AB, 드릴 비트 등)에 관련된 기술의 발전을 도모하고 있으며, 산유국이기 때문에 비약적인 기술발전이 이뤄질 수 있다고 분석됨
- 유럽과 일본은 다소 드릴링 시스템에 대한 기술분야의 발전이 더디게 진행되고 있으나, 일본의 기술력과 산유국을 포함하고 있는 유럽의 기술동향 추이는 향후 더 지켜봐야 할 것으로 분석됨

○ 인양(AA), 회전(AB)과 같은 순수 기구적 구성의 출원 비중은 꾸준하며, 전체적으로는 급격한 상승세를 보이고 있지 아니함. 다만, 기술개발 단계국인 한국과 중국에서는 두드러진 출원 증가율을 나타내고 있음

- 이수순환(AC), 유정제어(AF), 모니터링(AG)은 미국이 압도적인 강세를 보이고 있으나, 이러한 미국의 독주를 따라잡을 수 있는 가능성이 농후한 분야라고 분석됨
- 지반탐색(AI), 탐색(BC)은 엄밀하게 드릴링의 선행 기술분야로서 드릴링 시스템과 연관은 있으나 직접적으로 포함되는 기술 분야가 아니므로, 드릴링 관련된 검색에서는 크게 두드러진 특허건수가 나타나지 아니함. 그러나, 드릴링과 관련되지 아니한 검색시 광범위한 기술이 검색될 것으로 판단됨

□ 중분류별 주요출원인의 특허 현황

- 앞에서 다출원인의 전반적인 기술별 특허출원동향을 살펴보았으며, 여기에서는 각각의 중분류별로 다출원인 및 이들이 집중하고 있는 특허기술에 대해서 심층적으로 살펴보고자 함
- 아래의 예에서도 볼 수 있듯이, 중분류에 따른 주요출원인은 유사하게 나타나며, 이는 중분류가 목적상 분류되었으며, 기능상으로 중복되는 기술이 다수 존재하기 때문임
- 앞서 살펴본 것과 같이, 미국계 회사들이 드릴링 시스템에 대한 기술을 대부분 보유하고 있으며, 이러한 미국계 회사의 설립시기(약 1920년대), 각국 자회사 개수(약 70여국), 직원 수(약 10만명)를 감안하면 당연한 결과로 분석됨

□ 주요출원인의 세부기술별 특허집중도

- 미국계 회사들은 각각의 세부기술별 특허를 고루 개발하고 있으며, 여기서 주목할 것은 대우해양조선과 삼성중공업이 포함되어 있다는 것임
- 대우해양조선과 삼성중공업은 인양(AA) 또는 회전(AB)의 기술 분야에 편중된 기술 개발로 인해 방향성 드릴링(A)의 분야에서만 두각을 나타내고 있음

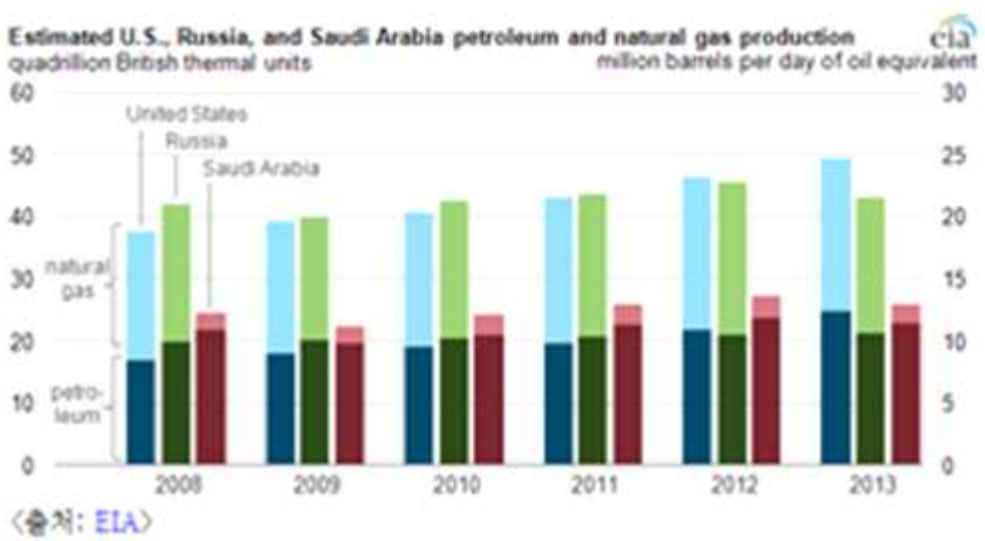
□ 국가별 주요출원인의 중분류별, 소분류별 특허집중도

- [KIPO] 한국의 경우, 1) 주요 출원인은 삼성중공업, 대우해양조선 및 현대중공업 순으로 다른 출원인보다 절대적 우위를 차지하고 있으며, 2) 상기 세 기업은 주로 인양(AA) 분야에 그 주력 기술이 편중되어 있으며, 3) 지향식 드릴링(B) 분야에 비해 유정과 관련된 방향식 드릴링(A) 분야에 외국 기업 진입이 다소 미약함
- [USPTO] 미국의 경우, 앞서 살펴본 Hallibutrton Energy Survices, Schlumber Technology 및 Baker Hughes 순으로 다른 출원인보다 절대적 우위를 차지하고 있으며, 이 기업들은 자국 이외에 외국에도 활발한 특허 진입을 하고 있으며, 2) 상기 세 기업은 기구적 구성보다 현재 모니터링(AG) 분야에 기술발전을 꾀하고 있는 것으로 분석됨
- [JPO] 일본의 경우, 1) 상위 출원인과 하위 출원인간에 크나큰 차이는 벌어지지 않고 있으며, 2) 다른 국가와 달리 방향성 드릴링(A) 보다 지향식 드릴링(B)의

출원이 활발하게 진행되고 있음

- [EPO] 유럽의 경우, 미국의 상기 3사가 주요 출원인으로 분석되며, 이는 유정국이 포함된 유럽의 지형적 특성상인 것으로 분석됨
- [SIPO] 중국의 경우, 1) 자국 출원인이 상위 출원을 모두 석권하고 있으며, 2) 상위 10개 출원인 간의 출원 격차는 많이 나고 있지 아니하며, 3) 기술 개발 초기 단계이기 때문에 기구적 구성인 인양(AA) 또는 회전(AB)의 출원이 대다수를 차지하고 있음

□ 미국의 드릴링 시스템의 주력국인 이유



- 상기 그래프에서도 알 수 있듯이, 미국 에너지 정보국(EIA)에 따르면, 미국은 사우디아라비아에 대등한 Petroleum 생산량을 보여주고 있음
- 즉, 미국은 세계적인 산유국으로서 드릴링 시스템에 대한 기술 개발이 당연시 될 수 밖에 없는 구조임
- 게다가, 미국은 2000년대부터 국가 경쟁력을 확보하기 위한 3대 사업 중 하나로서 지식재산권의 강화를 강조하기 때문에, 이러한 분위기에 동조하여 드릴링 시스템에 대한 수많은 기술 개발이 이루어 질 수밖에 없는 필연적인 구조임. 앞서 살펴본 것과 같이, 다출원 1위인 HALLIBURTON ENERGY SERVICES(US)는 152건의 특허를 보유하고 있고, 그 외 Schlumberger Technology 또는 Baker Hughes 등의 기업들이 최근에도 가장 활발하게 기술 개발을 시도하고 있음

- 이러한 기술 개발로 인하여, 미국 내의 유정은 비교적 깊은 곳에 존재하는 셰일층 유정(노스타코다, 텍사스 주 등)이 많기 때문에, 2008년대부터 셰일층 유정을 드릴링할 수 있게 된 것임

□ 대한민국의 현황

- 대한민국은 전체적인 소분류에서 특허출원 건수가 증가하고 있으나, 인양(AA), 회전(AB) 또는 유닛(BA) 부분에서의 특허가 두드러짐
- 삼성중공업, 대우조선해양, 현대중공업 순으로 활발한 기술 발전을 꾀하고 있으며, 한국석유공사는 2015년 이후 셰일가스 개발기술 자립화라는 프로젝트를 추진중에 있음

□ 시사점

○ 유정의 가채년수는 향후 약 50년 이상으로 추정되고 있으며, 이러한 조건에서 새로운 유정을 개발 또는 효율적인 생산을 위한 기술의 발전이 국내외에서 더욱 가열될 것으로 사료됨

○ 깊은 곳에 존재하는 유정을 탐색하고 성공적으로 드릴링하기 위해서는 정밀한 지반탐색, 드릴링을 위한 기구적 기술, 이수제어 및 유정제어에 대한 기술이 상호 보완적으로 발전해야 시간적, 경제적 손실을 줄일 수 있음

○ 현재 전체 기술 동향에서는 기구적 요소(AA, AB, AE)가 많은 비중을 차지하고 있으나, 경제적 효율성을 감안하여 지반특성(AI), 시뮬레이션(AH) 또는 모니터링(AG)을 위한 기술개발이 점차 증가되고 있는 실정임

○ 여기서 지반특성(AI)은 전체 기술의 약 3%, 시뮬레이션(AH)은 전체 기술의 약 2%, 모니터링(AG)은 전체 기술의 약 13% 밖에 되지 아니하므로, 이러한 부분의 기술 개발의 선점이 중요하다고 분석

○ 특히, 대한민국은 기구적 구성에 대한 기술과 유체 제어에 대한 기술이 다른 분야에 비해 발전되어 있으므로, 인양(AA), 회전(AB), 이수순환(AC), 모니터링(AG), 또는 시뮬레이션(AH) 분야를 집중적으로 개발하는 것이 효율적으로 분석됨

5.2 논문분석 및 시사점

가. 조사·분석 방법

□ 분석 개요

○ 분석대상: 1996년부터 2014년 11월까지 발간된 드릴링 기술 분류에 해당되는 SCI, SCI-E 논문을 대상으로 함

○ 검색방법 : Web of Science DB, ScienceDirect DB 활용

○ 검색기간 : 2014년 11월(1개월)

○ 기술 분류에 따라 키워드로 구성된 검색식을 활용하여 논문 현황을 조사함

- 리그, 회전, 이수순환, 동력, 방향제어, 유정제어, 모니터링, 시뮬레이션, 지반특성, 장비, 운전, 탐색

□ 분석방법

○ 연구분야

- 범주 용어는 학술지의 연구 영역을 기반으로 미국 학술정보전문 민간기관인 톰슨 로이터(Thomson Reuters)에 의해 해마다 학술적 기여도가 높은 과학기술분야 학술집을 엄선하고 해당 학술지에 게재된 논문에 연구영역 레코드를 할당함

○ 인용지수

- 인용 논문 수는 현재 연도와 사용자 구독에 포함된 색인(더 작을 수 있음)뿐 아니라 인용 색인의 모든 범위와 모든 인용 색인을 고려하여 계산함
- 또한 단일 출처의 동일한 문헌(중복 인용)을 두 번 이상 계산하지 않음. 예를 들어 어떤 저자가 논문 본문에서 특정 논문을 인용(텍스트 내 인용이라고 줄여 부름)한 수가 5회인 경우, 문헌을 한 번만 처리하고 계산함

표 2.27 기술 분류별, 세부기술별 검색식

기술분류	코드	세부기술	검색식
방향성 드릴링 (DD)	1-1	리그	drilling and (derrick* or draw-work or crown-block or (heave compensator) or winch* or reel* or top-drive or hoist*) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)
	1-2	회전	drilling and (bit* or kelly* or pipe* or swivel* or bushing* or joint* or collar) and (rotar* or rotat* or torque*) and (derrick* or hoist* or string*) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)
	1-3	이수순환	drilling and mud and (clean* or mix* or handl* or cement* or circulat* or pump* or hopper or shake* or degas* or desand* or desilt* or kick* or settling* or tank*) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)
	1-4	동력	drilling and power* and (motor* or battery* or suppl* or transmit* or derrick* or hoist* or string* or rig) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)
	1-5	방향제어	drilling and (direct* or control* or lateral* or side*) and (steer* or fragment* or navigat* or pump* or (downhole motor) or orientation or magnetic or gyro) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)
	1-6	유정제어	drilling and (oil* or well* or gas* or bore*) and (control* or monit* or circulat* or manag* or kick or (pressure control)) and (bop or blow* or blowout* or annular* or prevent* or pressur* or wob* or rop* or condition*) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)

	1-7	모니터링	drilling and (derrick* or hoist* or string* or well* or pump* or wire* or ratat* or time* or pressure* or warning* or data* or fault*) and (system* or sens* or communicat*) and monitoring not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)
	1-8	시뮬레이션	drilling and (derrick* or hoist* or string* or well* or pump* or wire* or ratat* or time* or pressure* or warning* or data* or fault*) and (simulat* or calculat* or model*) and (time* or trip* or force* or pressure* or control*) and simulat* not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)
	1-9	지반특성	drilling and (geotec* or ground) and (well* or gas* or bore* or seismic* or gravit* or magnet*) and (assessm* or investigat* or survey* or research* or type* temp* or charact* or estimat* or explor* or measure* or MWD or LWD or directional) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer)
지향식 드릴링 (HDD)	2-1	장비	(horizontal directional drilling) and (pully* or reaming* or vehicle* or mov* or portable* or bit* or kelly* or pipe* or swivel* or bushing* or joint* or collar* or rig* or roll* or rack*) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)
	2-2	운전	(horizontal directional drilling) and (operation or control or monit* or simulat* or circulat* or navigat* or communicat*) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer or seismic)
	2-3	탐사	(horizontal or directional) and drilling and (geotec* or ground* or well* or gas* or bore* or seismic* or gravit* or magnet*) and (assessm* or investigat* or tracking or survey* or research* or type* temp* or charact* or estimat* or explor* or measure* or MWD or LWD) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or habitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or plume or judgment or cancer)

나. 분석결과

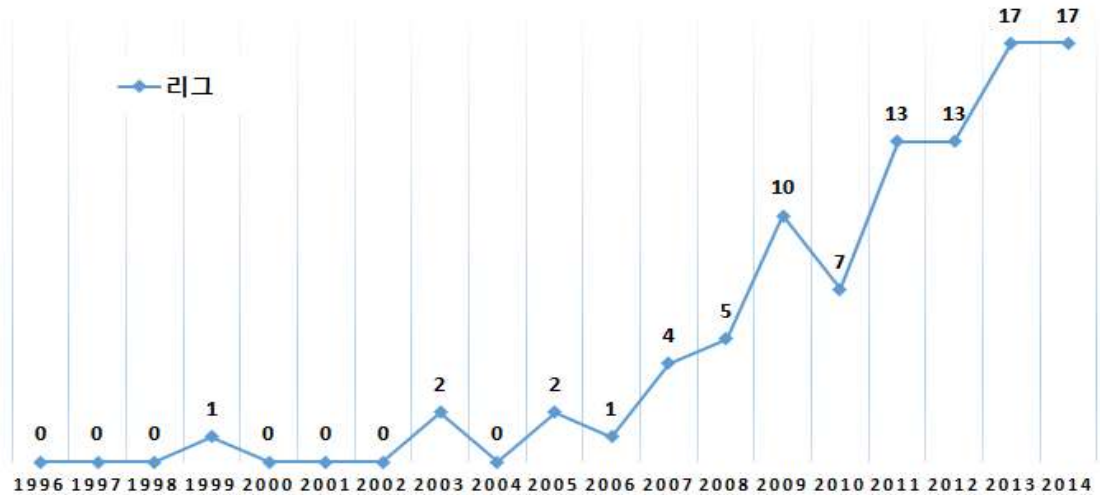
(1) 드릴링 리그

○ 연도별 논문게재 추세



- 드릴링 리그 분야는 1990년대부터 2000년대 중반까지 꾸준한 논문연구 활동이 보이며, 2006년부터 논문게재 수가 증가하기 시작하여 최근 논문투고/게재 활동이 활발하게 진행 중임

○ 연도별 논문인용 추세

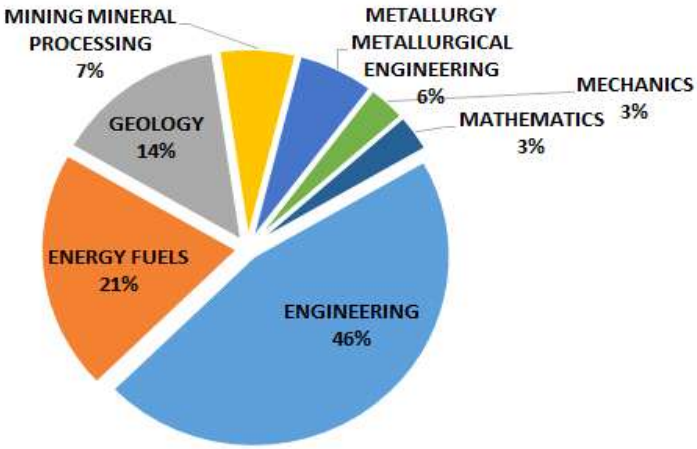


- 드릴링 리그 분야에서 영향력 있는 고인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 2006년까지 미미한 수준이었으나 2007년도부터 증가하기 시작하여 현재까지 지속

적으로 증가하고 있음

- 2007년부터 현재까지 선행연구를 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있는 분야임을 알 수 있음

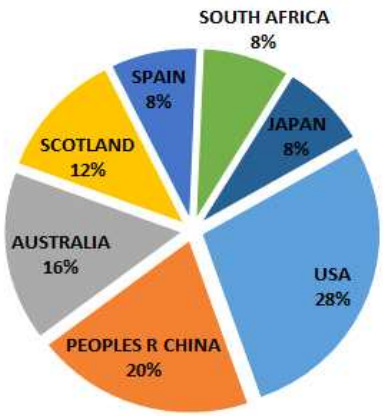
○ 논문발표 연구분야



- Engineering 분야는 journal of petroleum science and engineering 저널 등이 속한 분야로 Failure analysis of hoisting steel wire rope 등 드릴링 리그의 부품 안정성 관련 논문들이 포함되어 있음

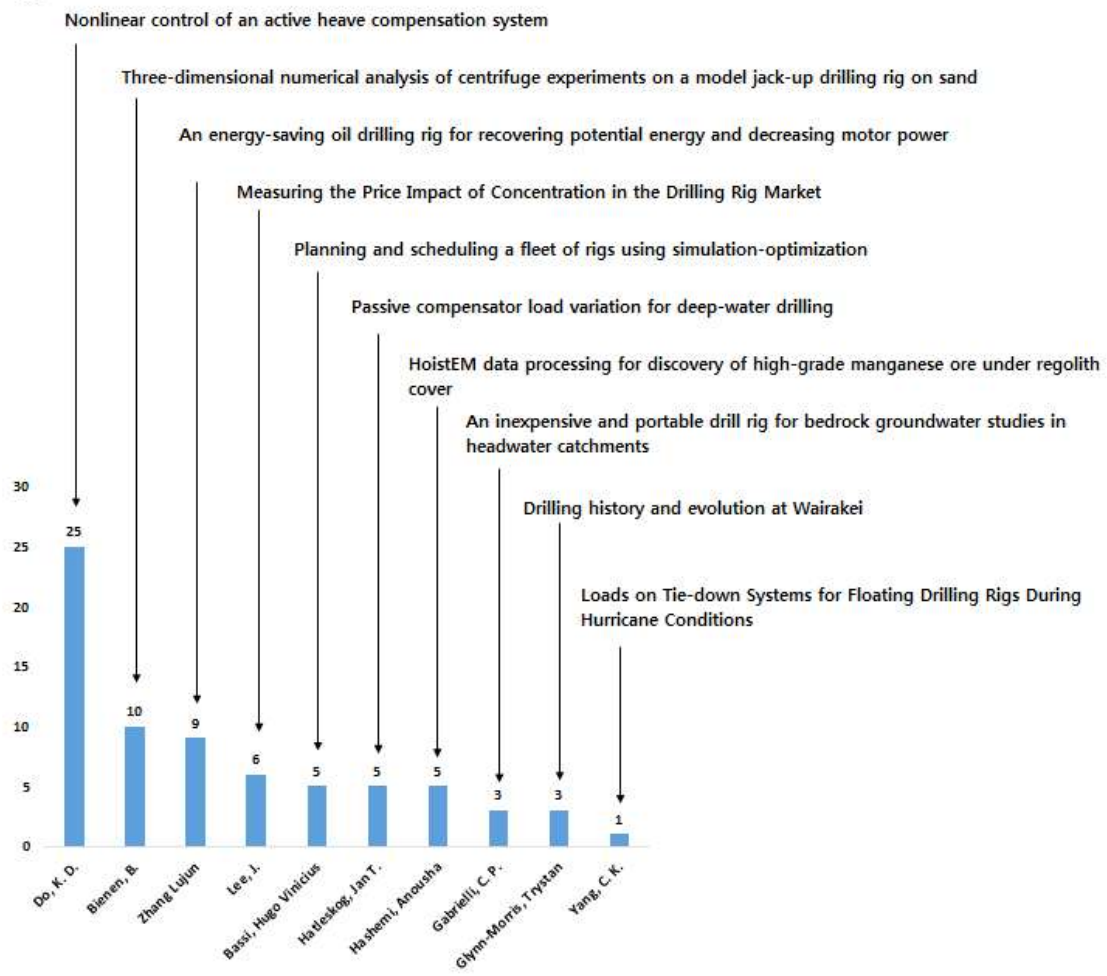
- Energy fuels 분야는 petroleum exploration and development 저널 등이 속한 분야로 Vibration test and assessment for an ocean drilling rig derrick 등 자원탐사에 사용되는 드릴링 리그 관련 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 28%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 중국 20%, 호주 16%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Nonlinear control of an active heave compensation system

② Three-dimensional numerical analysis of centrifuge experiments on a model jack-up drilling rig on sand

③ An energy-saving oil drilling rig for recovering potential energy and decreasing motor power

④ Measuring the Price Impact of Concentration in the Drilling Rig Market

⑤ Planning and scheduling a fleet of rigs using simulation-optimization

⑥ Passive compensator load variation for deep-water drilling

⑦ HoistEM data processing for discovery of high-grade manganese ore under regolith cover

⑧ An inexpensive and portable drill rig for bedrock groundwater studies in headwater catchments

⑨ Drilling history and evolution at Wairakei

⑩ Loads on Tie-down Systems for Floating Drilling Rigs During Hurricane Conditions

⑪ FURTHER ADVANCES IN COILED-TUBING DRILLING

⑫ A progress report on ultra-high-pressure waterjet cutting underground: the future of narrow reef gold and PGE mining

⑬ TRIBOLOGICAL BEHAVIOUR OF BRAKE BANDS

⑭ Automated hydraulic correction technology for CBM horizontal wellbore

⑮ Ultradeep drilling pushes drillstring technology innovations

⑯ Top-drive casing-running process improves safety and capability

⑰ Hydraulic hoisting technology for platinum mines

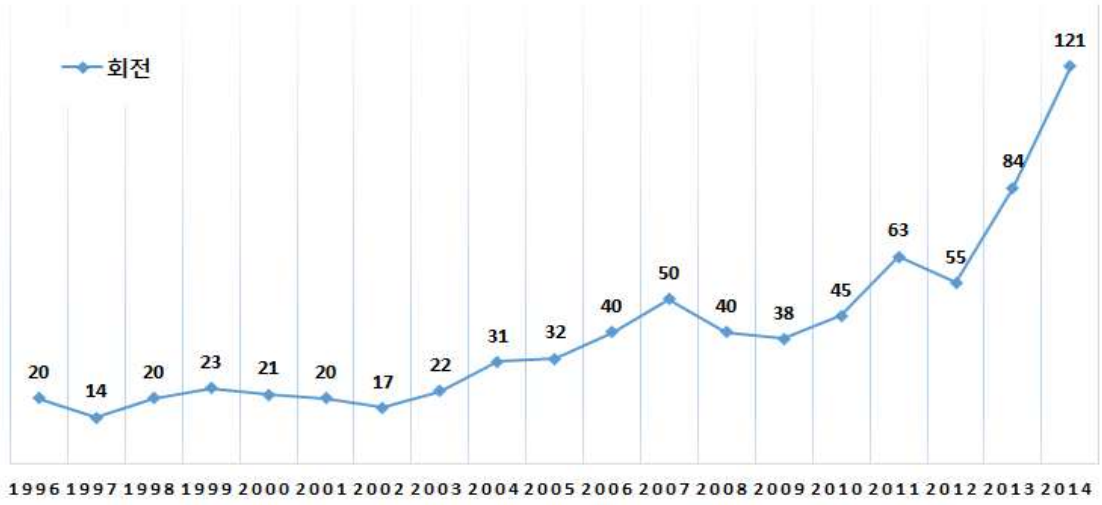
⑱ Modeling and analysis of stick-slip and bit bounce in oil well drillstrings equipped with drag bits

⑲ Failure analysis of hoisting steel wire rope

⑳ Risk-based Design of Dolly Assembly Control System of Drilling Top Drive

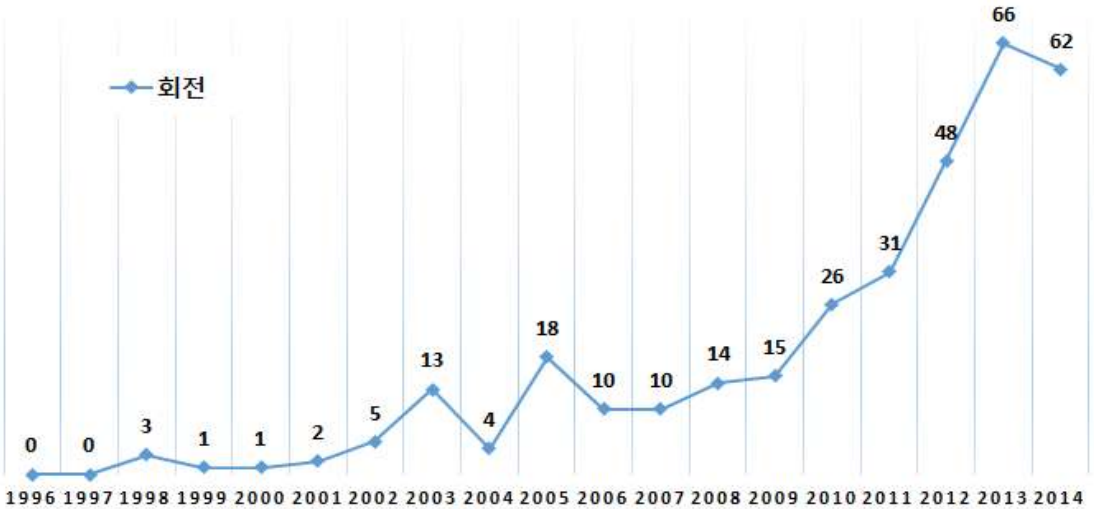
(2) 방향성드릴링 회전/구동

○ 연도별 논문게재 추세



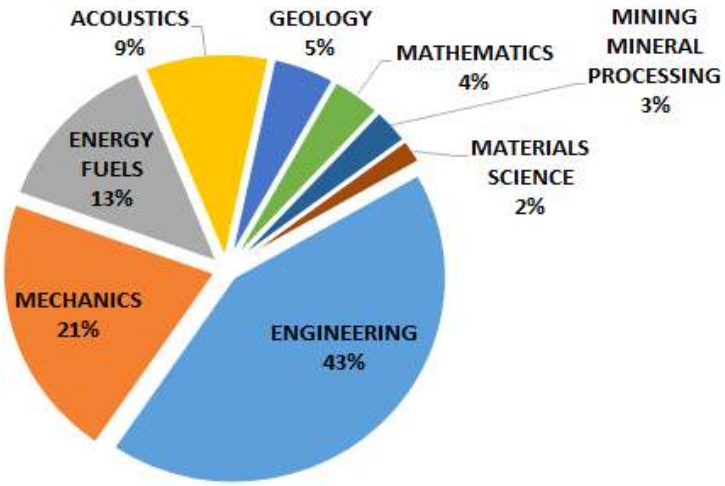
- 드릴링 회전 분야는 1990년대 후반부터 2000년대 초반까지 꾸준한 논문연구 활동이 나타나다가 2002년부터 논문게재 수가 점진적으로 증가하는 것으로 나타나며, 2012년 이후 논문투고/게재 활동이 활발하게 진행되는 것으로 보임

○ 연도별 논문인용 추세



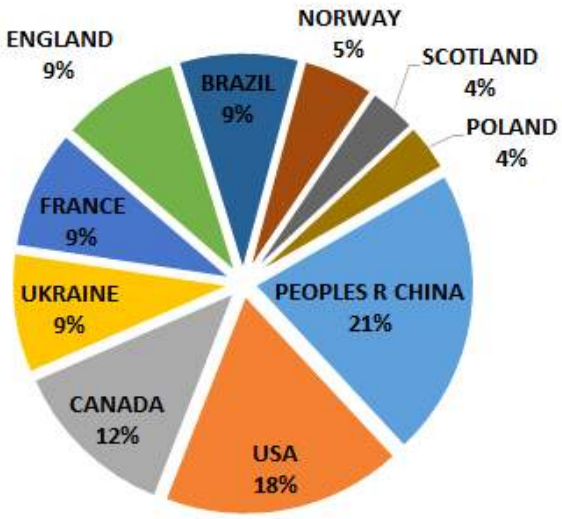
- 드릴링 회전 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 2007년부터 증가하고 있는 것으로 나타나며 현재까지도 지속적으로 증가하고 있음. 최근 인용지수가 높아지는 것으로 보아 2007년부터 선행연구를 인용한 연구들이 빠른 속도로 발전하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



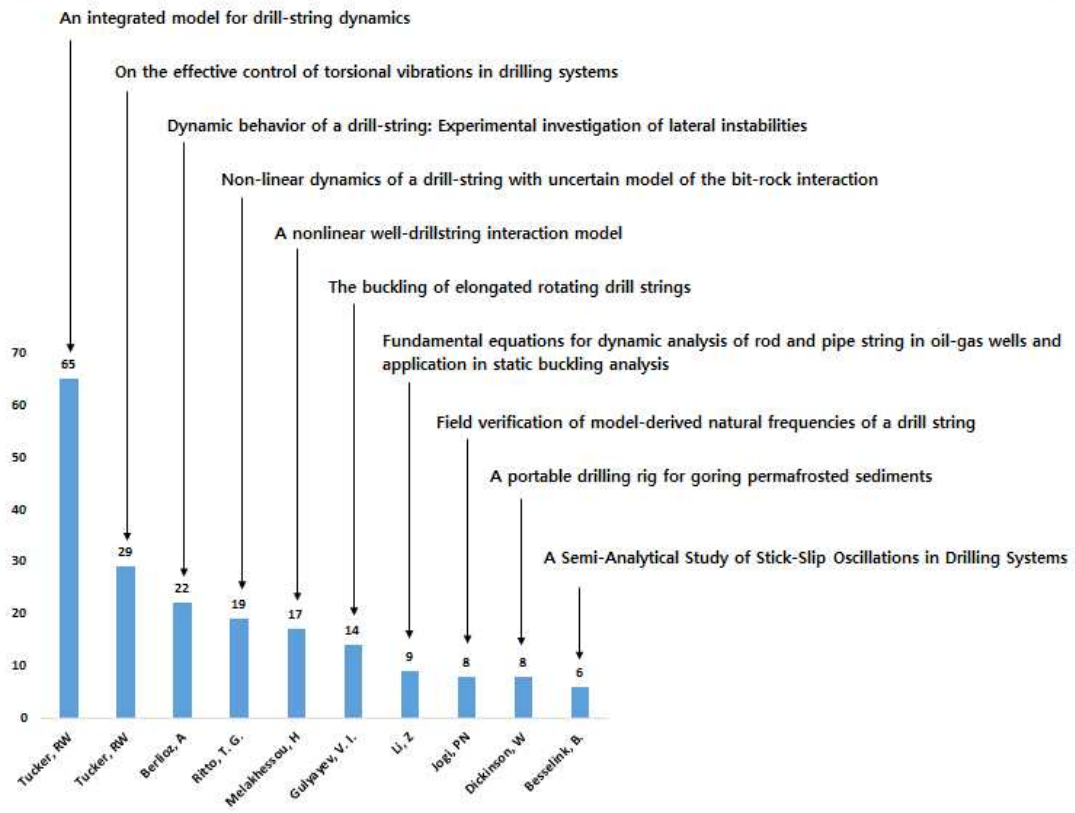
- Engineering 분야는 journal of petroleum science and engineering 저널 등이 속한 분야로 The buckling of elongated rotating drill strings 등 드릴스트링 회전 최적화 관련 논문들이 포함되어 있음
- Mechanics 분야는 international journal of non-linear mechanics 저널 등이 속한 분야로 Non-linear dynamics of a drill-string with uncertain model of the bit-rock interaction 등 드릴스트링, 드릴비트 관련 상호간섭 또는 구조해석 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 중국저자가 21%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 미국 18%, 캐나다 12%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① An integrated model for drill-string dynamics

② On the effective control of torsional vibrations in drilling systems

③ Dynamic behavior of a drill-string: Experimental investigation of lateral instabilities

④ Non-linear dynamics of a drill-string with uncertain model of the bit-rock interaction

⑤ A nonlinear well-drillstring interaction model

⑥ The buckling of elongated rotating drill strings

⑦ Fundamental equations for dynamic analysis of rod and pipe string in oil-gas wells and application in static buckling analysis

⑧ Field verification of model-derived natural frequencies of a drill string

⑨ A portable drilling rig for goring permafrosted sediments

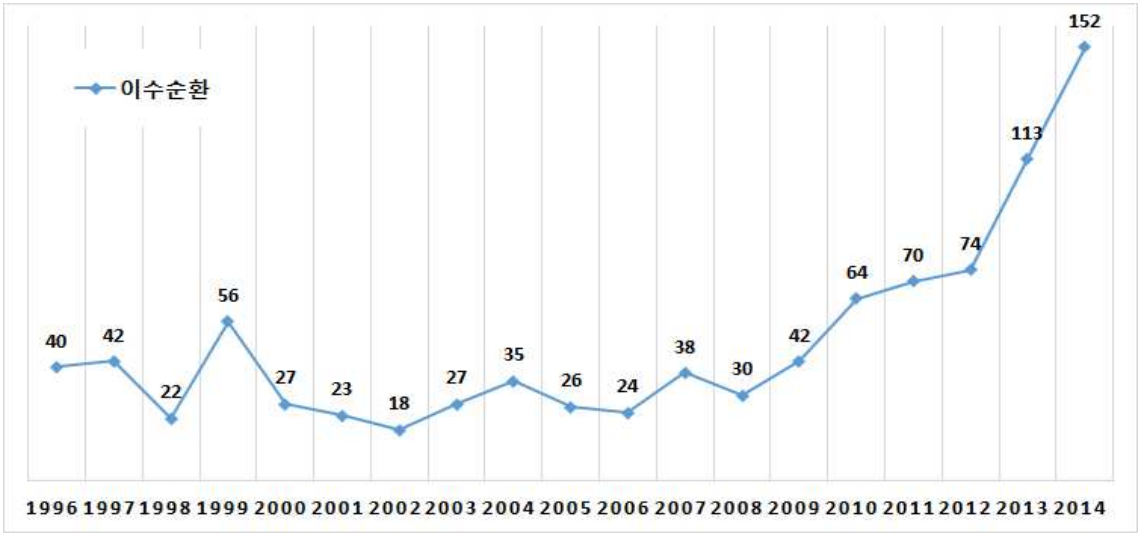
⑩ A Semi-Analytical Study of Stick-Slip Oscillations in Drilling Systems

⑪ Quantized attractors in wave models of torsion vibrations of deep-hole drill strings

⑫ Self-excitation of deep-well drill string torsional vibrations
⑬ Friction-driven vibro-impact system for percussive-rotary drilling: a numerical study of the system dynamics
⑭ Energy balance of a drill-bit seismic source, part 1: Rotary energy and radiation properties
⑮ Robust optimization of the rate of penetration of a drill-string using a stochastic nonlinear dynamical model
⑯ Analysis of self-excited torsional vibrations in drill strings
⑰ Measuring Drillpipe Buckling Using Continuous Gyro Challenges Existing Theories
⑱ A numerical method for determining the stuck point in extended reach drilling
⑲ Numerical simulation of drag reducing turbulent flow in annular conduits
⑳ STOCHASTIC DRILL-STRING DYNAMICS WITH UNCERTAINTY ON THE IMPOSED SPEED AND ON THE BIT-ROCK PARAMETERS

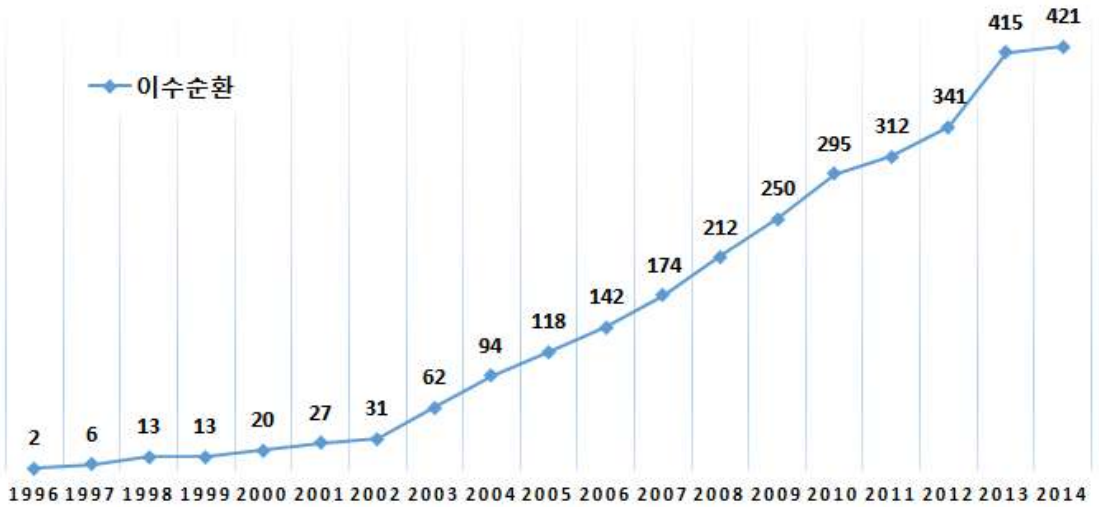
(3) 방향성드릴링 이수순환

○ 연도별 논문게재 건수



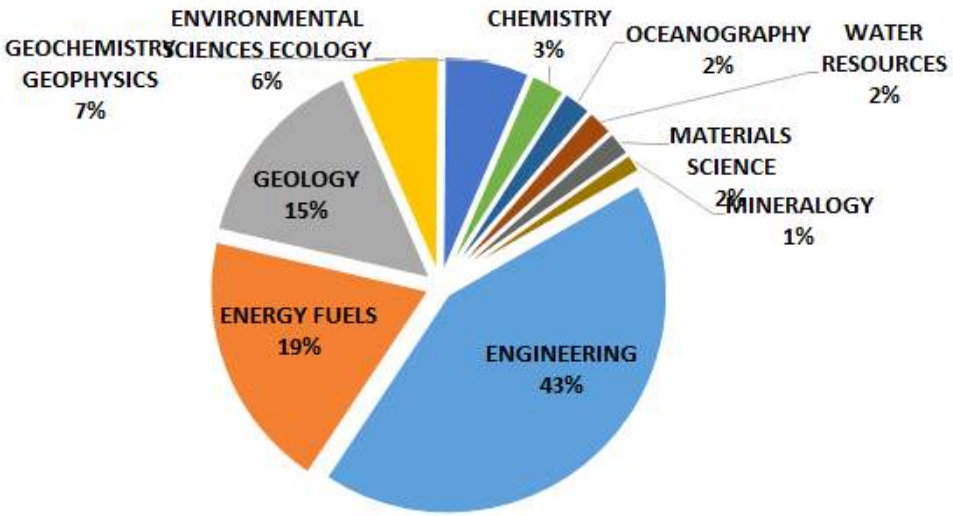
- 드릴링 이수순환 분야 게재논문 수는 2000년대 후반부터 증가세를 보이며 최근 활발하게 논문투고/게재 활동이 진행중임

○ 연도별 논문인용 추세



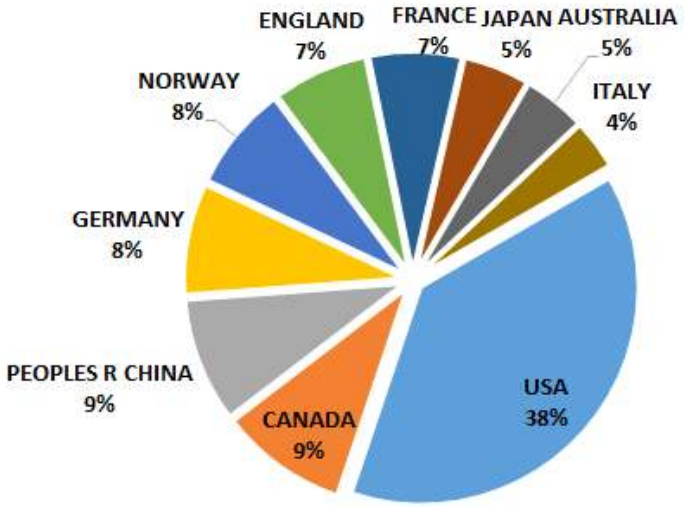
- 드릴링 이수순환 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타나며 2002년부터는 인용지수가 가파르게 증가하고 있음
- 드릴링 이수순환 분야는 2002년부터 현재까지 빠른 속도로 발전을 지속하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



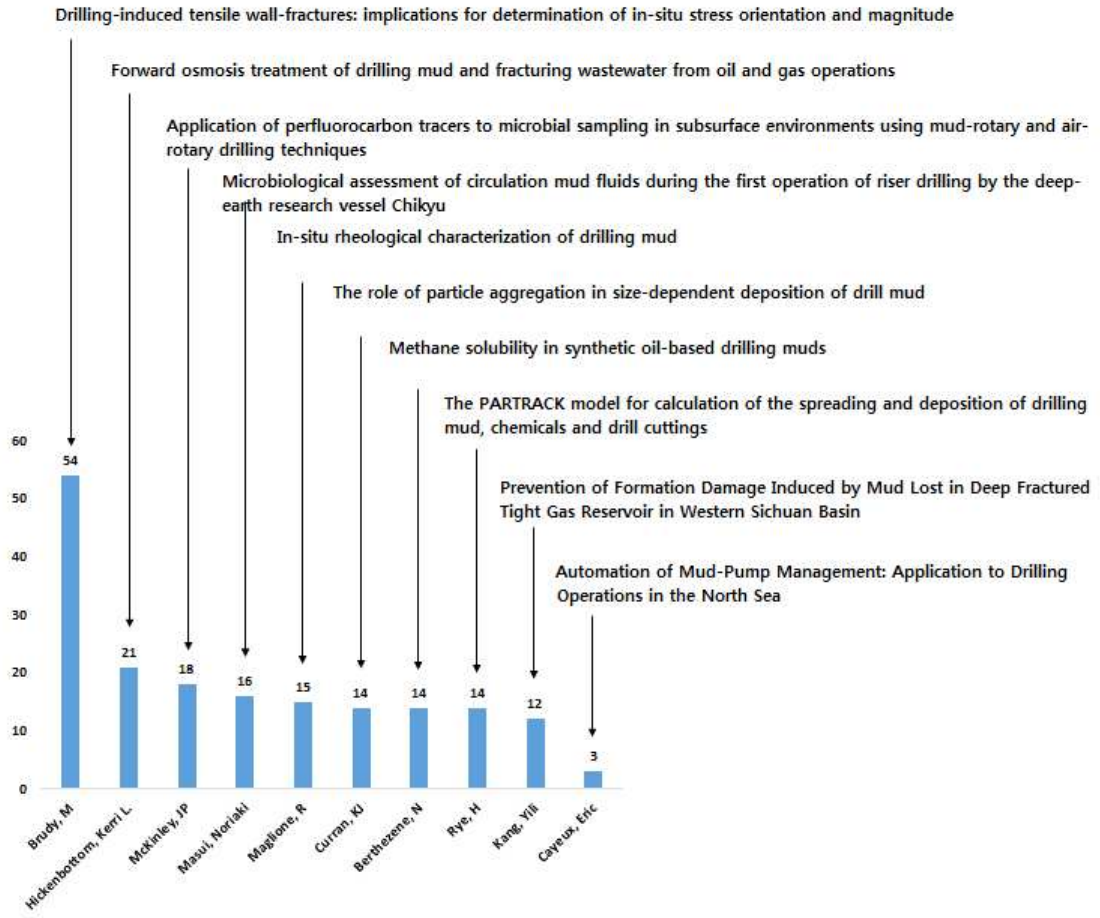
- Engineering 분야는 journal of petroleum science and engineering 저널 등이 속한 분야로 Rheological properties of biopolymers drilling fluids 등 드릴링 유체(머드)의 점도, 조성 등 유동해석 관련 논문들이 포함되어 있음
- Energy fuels 분야는 petroleum science and technology 저널 등이 속한 분야로 Evaluation of Low-solids Mud Reological Behavior during Drilling Shale Formation and Their Effect on the Pay Zone Productivity 등 이수순환시 사용되는 머드의 상태에 따른 분석 관련 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 38%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 캐나다 9%, 중국 9%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Drilling-induced tensile wall-fractures: implications for determination of in-situ stress orientation and magnitude

② Forward osmosis treatment of drilling mud and fracturing wastewater from oil and gas operations

③ Application of perfluorocarbon tracers to microbial sampling in subsurface environments using mud-rotary and air-rotary drilling techniques

④ Microbiological assessment of circulation mud fluids during the first operation of riser drilling by the deep-earth research vessel Chikyu

⑤ In-situ rheological characterization of drilling mud

⑥ The role of particle aggregation in size-dependent deposition of drill mud

⑦ Methane solubility in synthetic oil-based drilling muds

⑧ The PARTRACK model for calculation of the spreading and deposition of drilling mud, chemicals and drill cuttings

⑨ Prevention of Formation Damage Induced by Mud Lost in Deep Fractured Tight Gas Reservoir in Western Sichuan Basin

⑩ Automation of Mud-Pump Management: Application to Drilling Operations in the North Sea

⑪ Evaluation of Low-solids Mud Reological Behavior during Drilling Shale Formation and Their Effect on the Pay Zone Productivity

⑫ Modeling the dispersion of drilling muds using the bblt model: the effects of settling velocity

⑬ Hydraulics of Drilling With Aerated Muds Under Simulated Borehole Conditions

⑭ Continuous Improvement in Slop-Mud Treatment Technology

⑮ Simulation studies on drilling mud pump plunger seal failure under ultrahigh pressure and ultradeep conditions

⑯ Surface Application of Oil-Base Drilling Mud Mixed with Gypsum, Limestone, and Caliche

⑰ Experimental prey species preferences of Hexaplex trunculus (Gastropoda : Muricidae) and predator-prey interactions with the Black mussel Mytilus galloprovincialis (Bivalvia : Mytilidae)

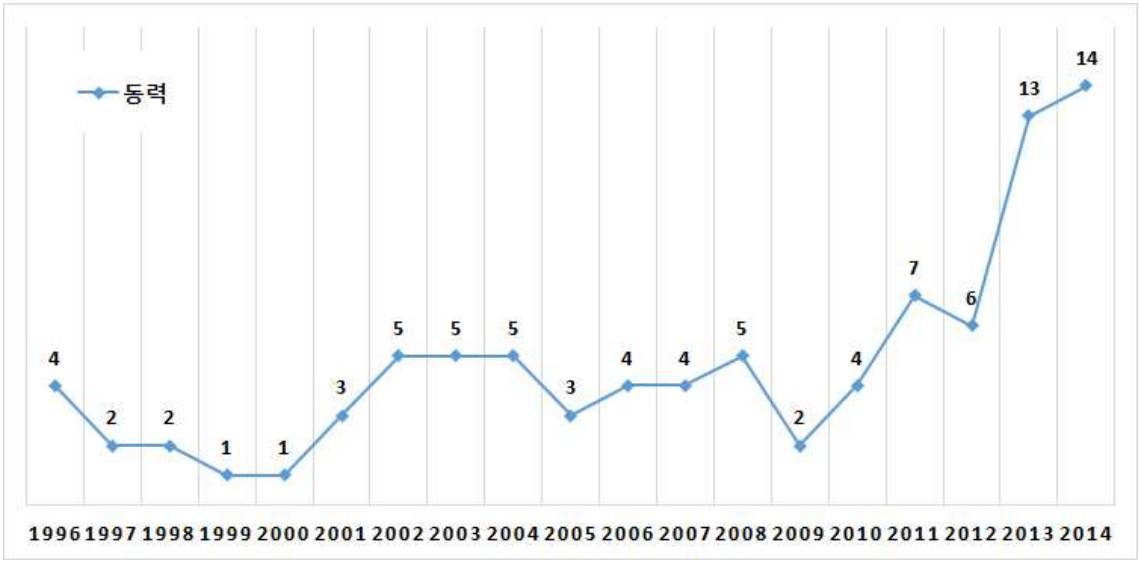
⑱ A coupled conductive-convective thermo-poroelastic solution and implications for wellbore stability

⑲ Rare earth elements in authigenic methane-seep carbonates as tracers for fluid composition during early diagenesis

⑳ Porosity-permeability relationships in Miocene carbonate platforms and slopes seaward of the Great Barrier Reef, Australia (ODP Leg 194, Marion Plateau)

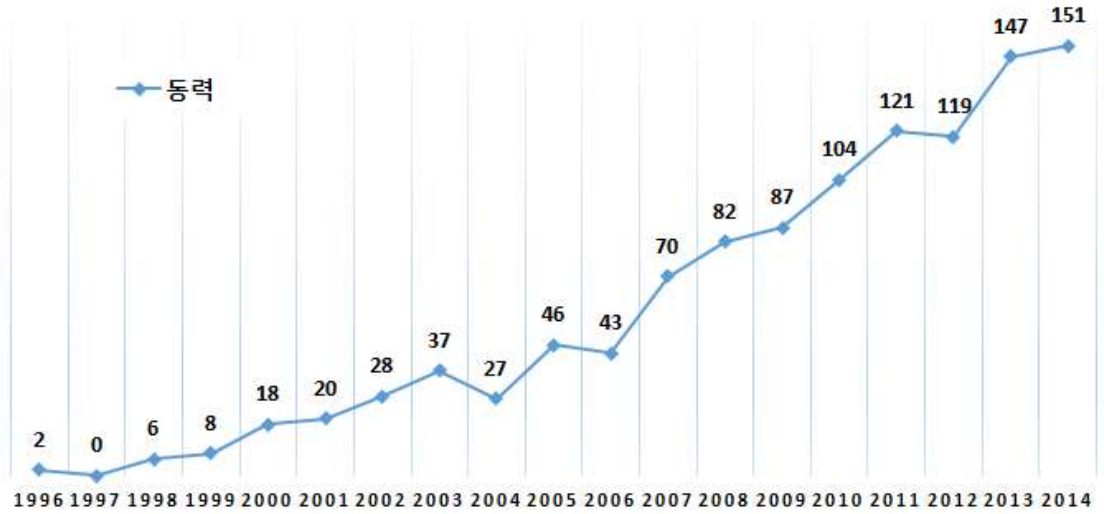
(4) 방향성드릴링 동력

○ 연도별 논문게재 건수



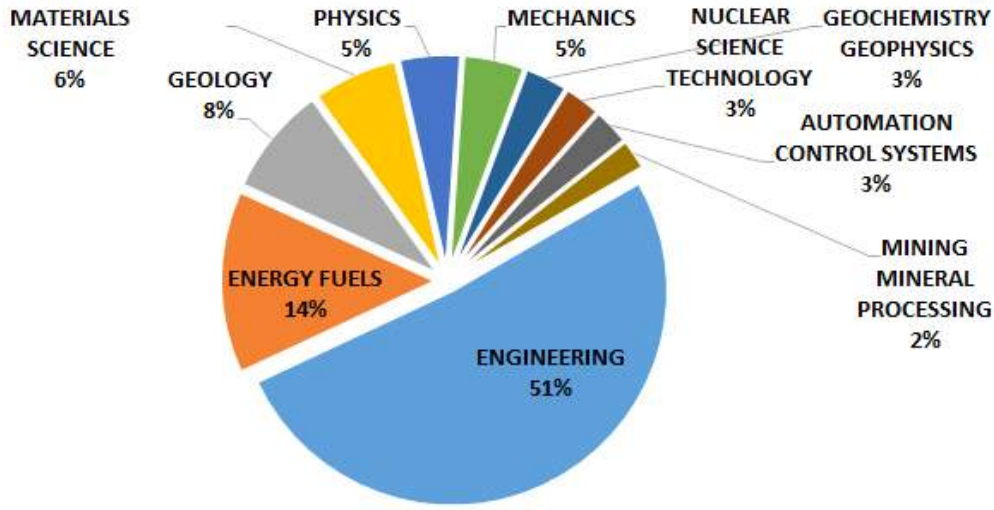
- 드릴링 동력 분야는 1990년대부터 2000년대까지 꾸준한 논문연구 활동이 나타나다가, 2010년부터 논문게재 수가 증가하기 시작하여 최근 활발하게 논문투고/게재 활동이 진행 중임

○ 연도별 논문인용 추세



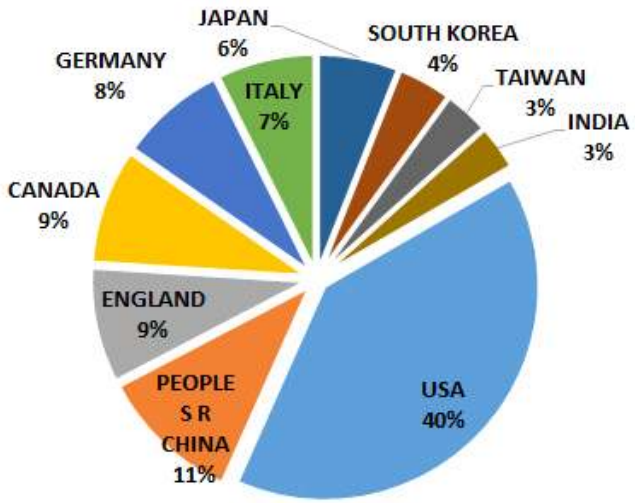
- 드릴링 동력 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1998년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타남
- 드릴링 동력 분야는 1998년부터 현재까지 연구개발을 지속하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



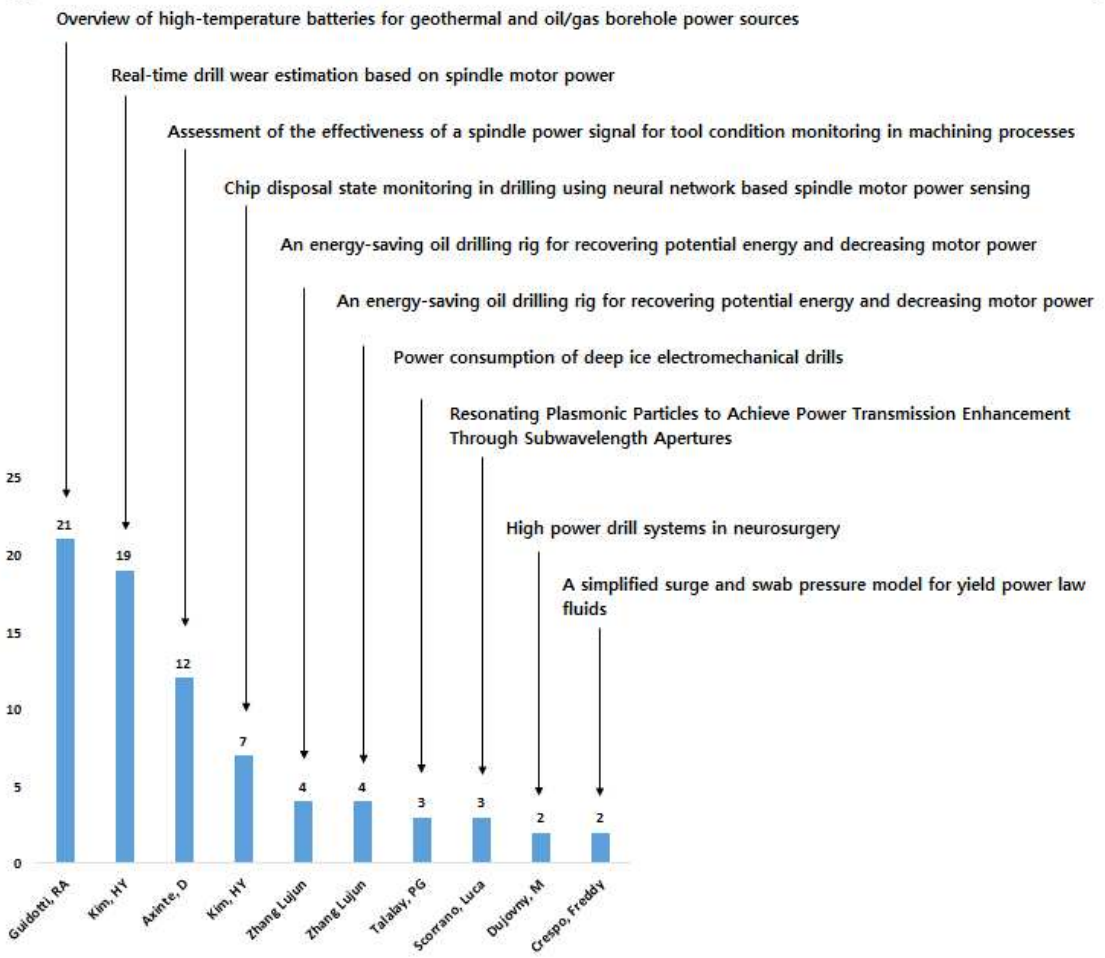
- Engineering 분야는 journal of petroleum science and engineering 저널 등이 속한 분야로 technical quality of the power supply service for a marine drilling platform 등 동력 장치의 기술적 성능에 관한 분석 논문들이 포함되어 있음
- Energy fuels 분야는 energy conversion and management 저널 등이 속한 분야로 An energy-saving oil drilling rig for recovering potential energy and decreasing motor power 등 동력 장치의 에너지 절약 관련 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 40%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 중국 11%, 영국 9%, 캐나다 9%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Overview of high-temperature batteries for geothermal and oil/gas borehole power sources

② Real-time drill wear estimation based on spindle motor power

③ Assessment of the effectiveness of a spindle power signal for tool condition monitoring in machining processes

④ Chip disposal state monitoring in drilling using neural network based spindle motor power sensing

⑤ An energy-saving oil drilling rig for recovering potential energy and decreasing motor power

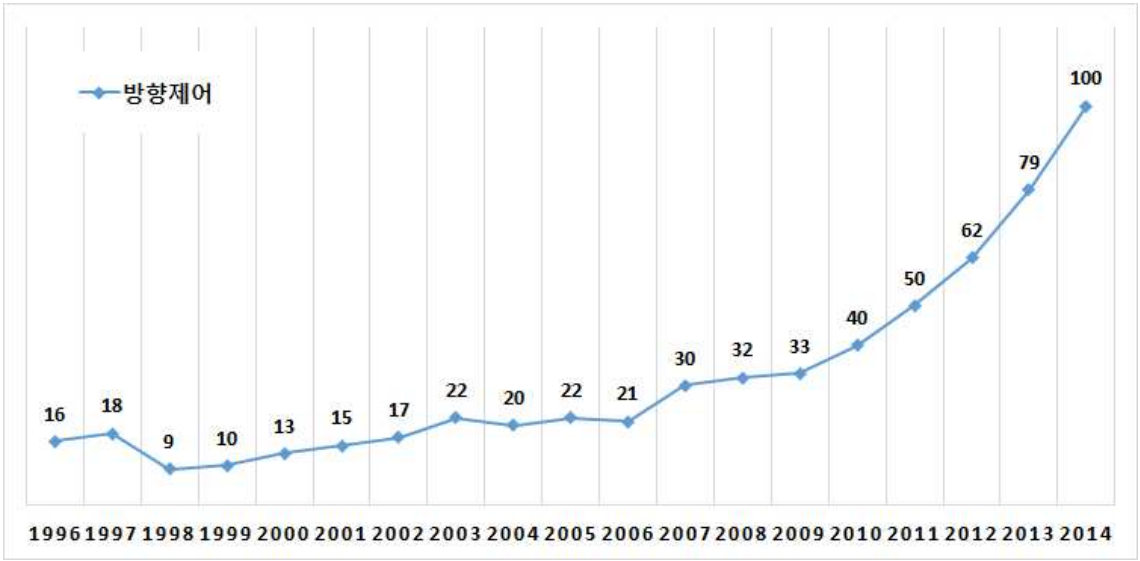
⑥ An energy-saving oil drilling rig for recovering potential energy and decreasing motor power

⑦ Power consumption of deep ice electromechanical drills

⑧ Resonating Plasmonic Particles to Achieve Power Transmission Enhancement Through Subwavelength Apertures
⑨ High power drill systems in neurosurgery
⑩ A simplified surge and swab pressure model for yield power law fluids
⑪ A simplified surge and swab pressure model for yield power law fluids
⑫ Torque control for a form tool drilling operation
⑬ Re-Os depositional age for Archean carbonaceous slates from the southwestern Superior Province: Challenges and insights
⑭ On-line breakage monitoring of small drills with input impedance of driving motor
⑮ Real-time drill wear estimation based on spindle motor power
⑯ Performance of a new micro-bubble generator with a spherical body in a flowing water tube
⑰ Passive 5.8-GHz radio-frequency identification tag for monitoring oil drill pipe
⑱ Twentieth-century channel change on the Dunajec River, southern Poland: Patterns, causes and controls
⑲ Tool life improvement by peck drilling and thrust force monitoring during deep-micro-hole drilling of steel
⑳ Dynamics of a long tubular cantilever conveying fluid downwards, which then flows upwards around the cantilever as a confined annular flow

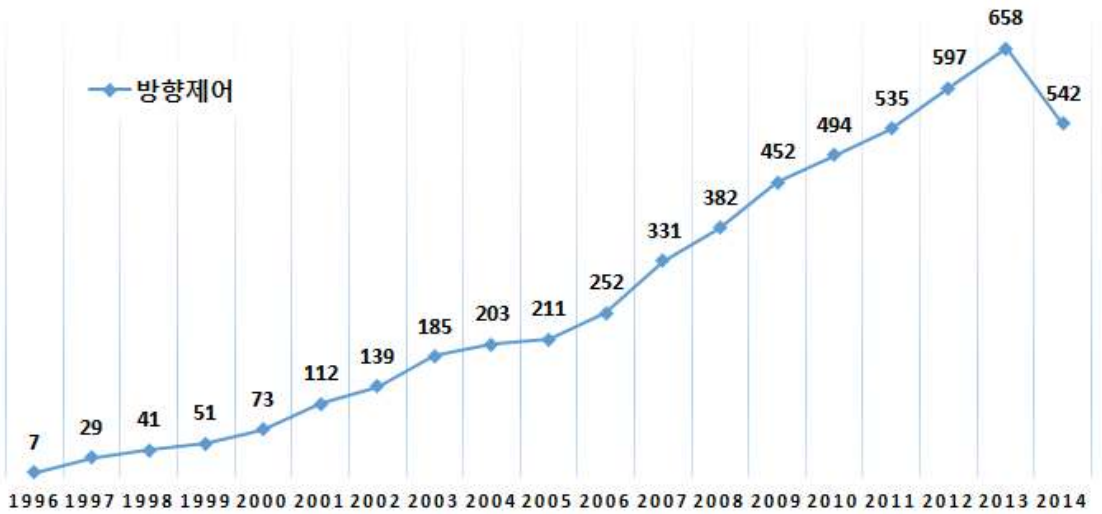
(5) 방향성드릴링 방향제어

○ 연도별 논문게재 건수



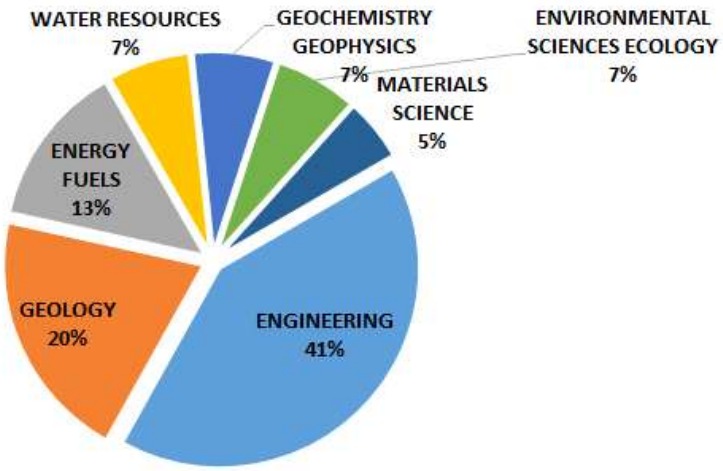
- 드릴링 방향제어 분야 게재논문 수는 2000년대 초반부터 점진적으로 증가세를 보이며 2010년 이후 논문투고/게재 활동이 활발하게 진행 중임

○ 연도별 논문인용 추세



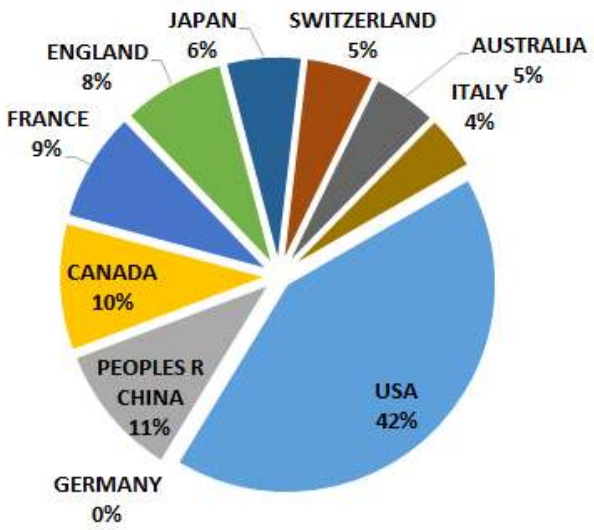
- 드릴링 방향제어 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음
- 드릴링 방향제어 분야는 현재까지 선행연구를 활용한 연구가 지속적으로 발전하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



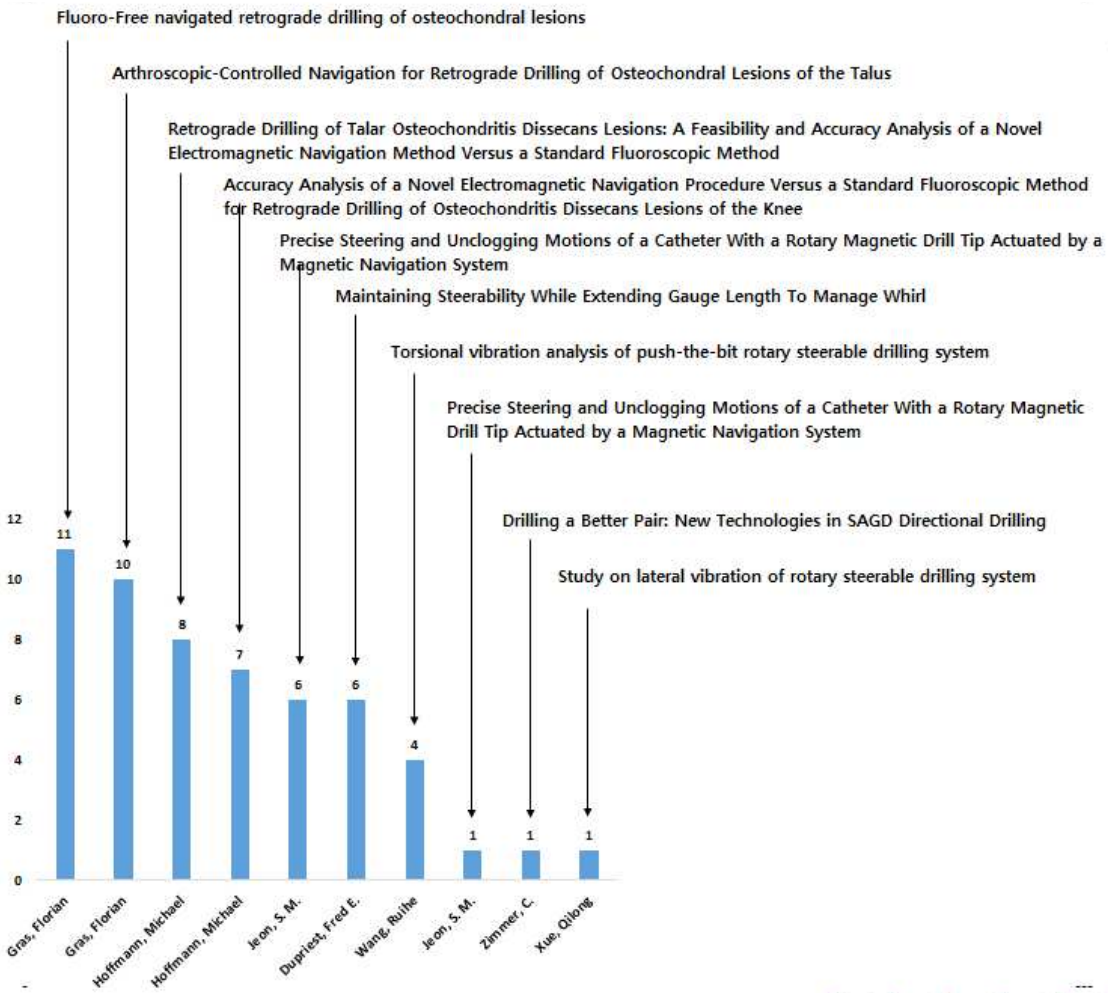
- Engineering 분야는 journal of petroleum science and engineering 저널 등이 속한 분야로 Study on lateral vibration of rotary steerable drilling system 등 논문들이 포함되어 있음
- Geology 분야는 petroleum science and technology 저널 등이 속한 분야로 Study on a New Steering Mechanism for Point-the-Bit Rotary Steerable System 등 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 42%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 중국 11%, 캐나다 10%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: A validation study

② Estimation of the complete stress tensor to 8 km depth in the KTB scientific drill holes: Implications for crustal strength

③ Stress orientations and magnitudes in the SAFOD pilot hole

④ A summary of Brunhes paleomagnetic field variability recorded in Ocean Drilling Program cores

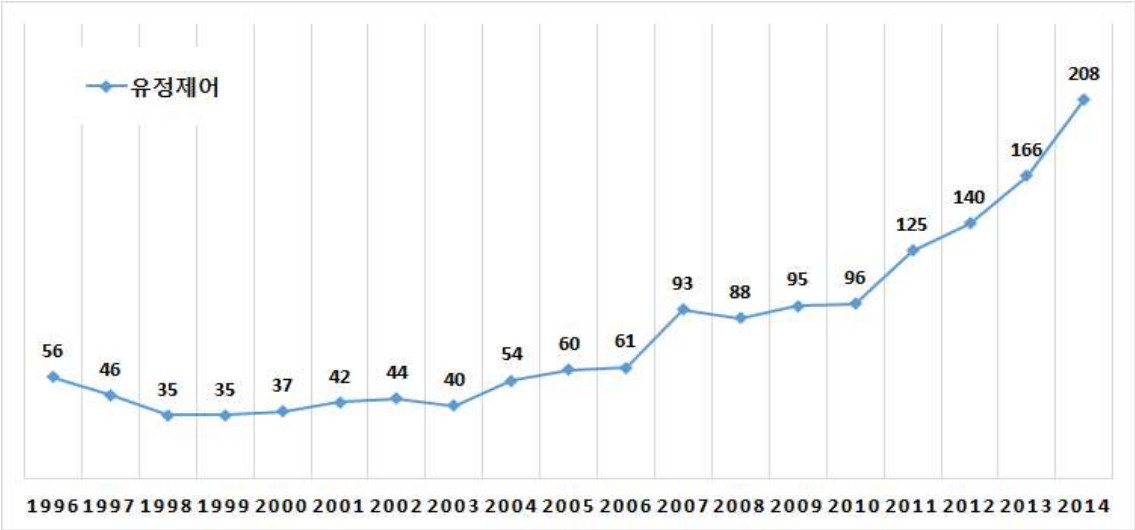
⑤ Geomagnetic paleointensity and directional secular variation at Ocean Drilling Program (ODP) Site 984 (Bjorn Drift) since 500 ka: Comparisons with ODP Site 983 (Gardar Drift)

⑥ Drilling-induced tensile wall-fractures: implications for determination of in-situ stress orientation and magnitude

⑦ Accuracy limitations of FOG-based continuous measurement-while-drilling surveying instruments for horizontal wells
⑧ Fluoro-Free navigated retrograde drilling of osteochondral lesions
⑨ Arthroscopic-Controlled Navigation for Retrograde Drilling of Osteochondral Lesions of the Talus
⑩ Retrograde Drilling of Talar Osteochondritis Dissecans Lesions: A Feasibility and Accuracy Analysis of a Novel Electromagnetic Navigation Method Versus a Standard Fluoroscopic Method
⑪ Precise Steering and Unclogging Motions of a Catheter With a Rotary Magnetic Drill Tip Actuated by a Magnetic Navigation System
⑫ Torsional vibration analysis of push-the-bit rotary steerable drilling system
⑬ Precise Steering and Unclogging Motions of a Catheter With a Rotary Magnetic Drill Tip Actuated by a Magnetic Navigation System
⑭ Drilling a Better Pair: New Technologies in SAGD Directional Drilling
⑮ Study on lateral vibration of rotary steerable drilling system
⑯ Accuracy Analysis of a Novel Electromagnetic Navigation Procedure Versus a Standard Minimally Invasive Method for Arthroscopically Assisted Acromioclavicular Joint Reconstructions
⑰ Study on a New Steering Mechanism for Point-the-Bit Rotary Steerable System
⑱ Improved Continuous Azimuth and Inclination Measurement by Use of a Rotary-Steerable System Enhances Downhole-Steering Automation and Kickoff Capabilities Near Vertical
⑲ Navigated vs arthroscopic-guided drilling for reconstruction of acromioclavicular joint injuries: accuracy and feasibility
⑳ Evaluation of control methods for drilling operations with unexpected gas influx

(6) 방향성드릴링 유정제어

○ 연도별 논문게재 건수



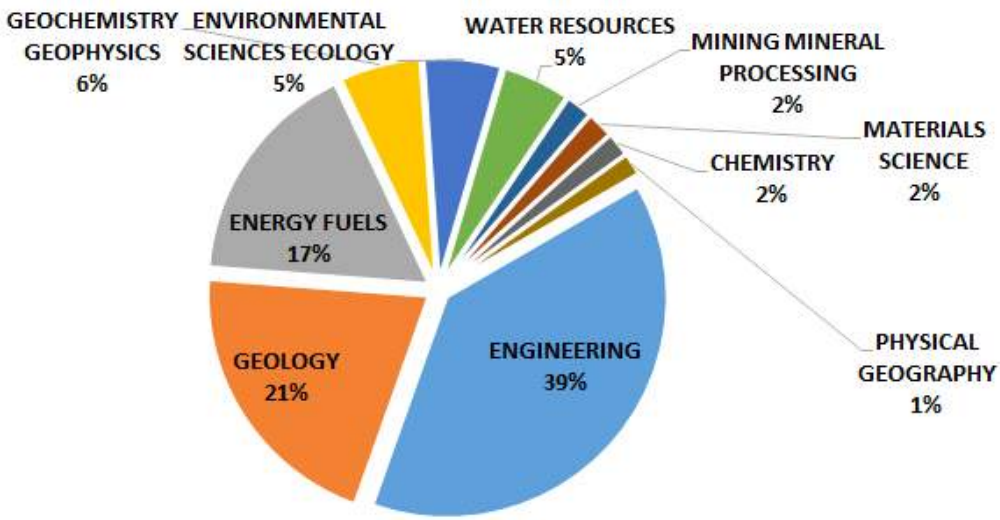
- 드릴링 유정제어 분야는 1990년대부터 2000년대까지 꾸준한 논문연구 활동이 나타나다가, 2004년부터 게재논문 수가 증가하기 시작하여 2010년 이후 논문투고/게재 활동이 활발하게 나타나고 있음

○ 연도별 논문인용 추세



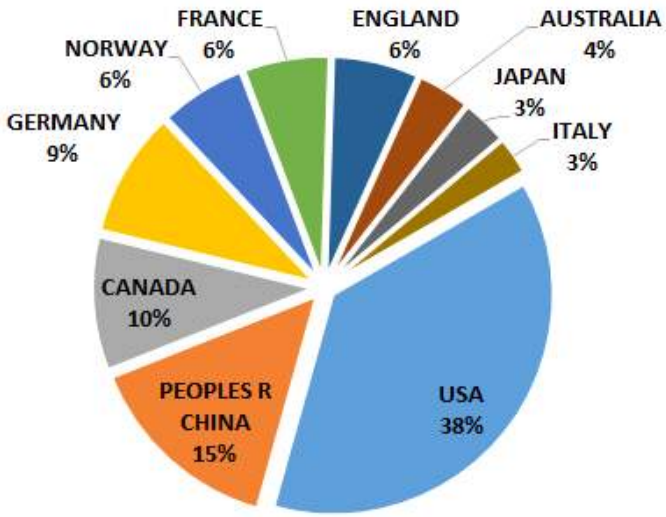
- 드릴링 유정제어 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음
- 드릴링 유정제어 분야는 현재까지 선행연구를 활용한 연구가 지속적으로 발전하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



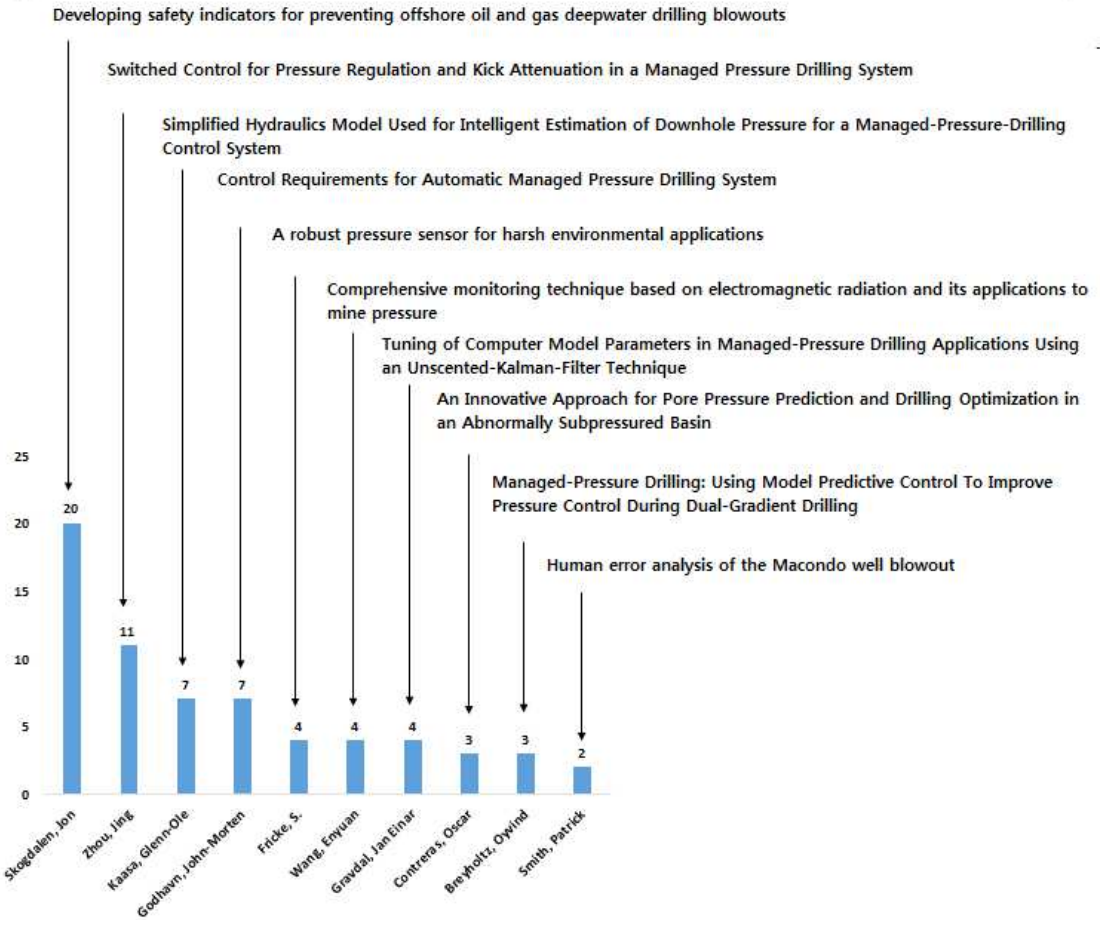
- Engineering 분야는 safety science 저널 등이 속한 분야로 Developing safety indicators for preventing offshore oil and gas deepwater drilling blowouts 등 논문들이 포함되어 있음
- Energy fuels 분야는 applied thermal engineering 저널 등이 속한 분야로 Transient simulation of the blowing-out process of the air pockets in vertical wellbore 등 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 38%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 중국 15%, 캐나다 10%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Developing safety indicators for preventing offshore oil and gas deepwater drilling blowouts

② Switched Control for Pressure Regulation and Kick Attenuation in a Managed Pressure Drilling System

③ Simplified Hydraulics Model Used for Intelligent Estimation of Downhole Pressure for a Managed-Pressure-Drilling Control System

④ Control Requirements for Automatic Managed Pressure Drilling System

⑤ A robust pressure sensor for harsh environmental applications

⑥ Comprehensive monitoring technique based on electromagnetic radiation and its applications to mine pressure

⑦ Tuning of Computer Model Parameters in Managed-Pressure Drilling Applications Using an Unscented-Kalman-Filter Technique

⑧ An Innovative Approach for Pore Pressure Prediction and Drilling

Optimization in an Abnormally Subpressured Basin

⑨ Managed-Pressure Drilling: Using Model Predictive Control To Improve Pressure Control During Dual-Gradient Drilling

⑩ Human error analysis of the Macondo well blowout

⑪ A simplified surge and swab pressure model for yield power law fluids

⑫ A Method for the Detection of the Distance & Orientation of the Relief Well to a Blowout Well in Offshore Drilling

⑬ Human error analysis of the Macondo well blowout

⑭ A simplified surge and swab pressure model for yield power law fluids

⑮ A Method for the Detection of the Distance & Orientation of the Relief Well to a Blowout Well in Offshore Drilling

⑯ Gas Disaster Controlling based on High Pressure Water Jet

⑰ Assessing the accuracy of Greenland ice sheet ice ablation measurements by pressure transducer

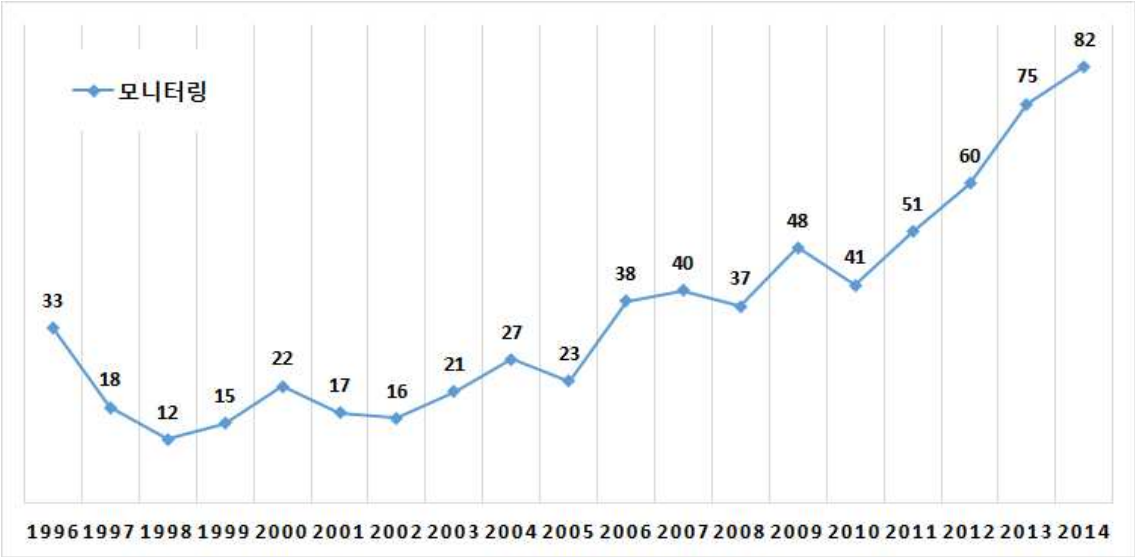
⑱ Drilling fluid technology in ice sheets: Hydrostatic pressure and borehole closure considerations

⑲ Modeling and Control of Heave-Induced Pressure Fluctuations in Managed Pressure Drilling

⑳ An integrated model for drill-string dynamics

(7) 방향성드릴링 모니터링

○ 연도별 논문게재 건수



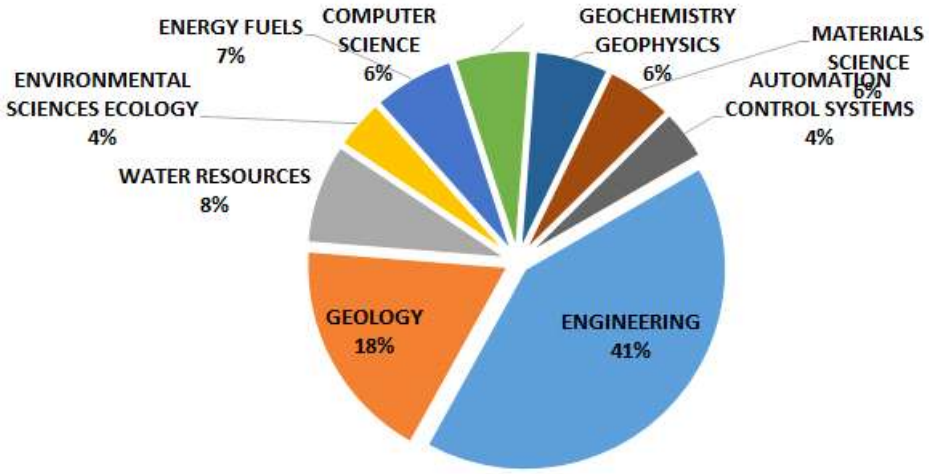
- 드릴링 모니터링 분야는 1990년대에 논문활동이 줄어들었으나 2000년대 초반부터 점진적으로 증가세를 나타내다가, 최근 논문투고/게재 활동이 활발하게 나타나고 있음

○ 연도별 논문인용 추세



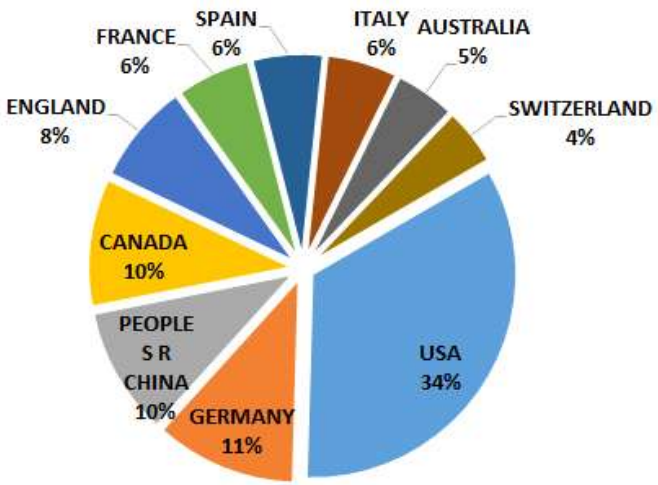
- 드릴링 모니터링 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음
- 드릴링 모니터링 분야는 현재까지 선행연구를 활용한 연구가 지속적으로 발전하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



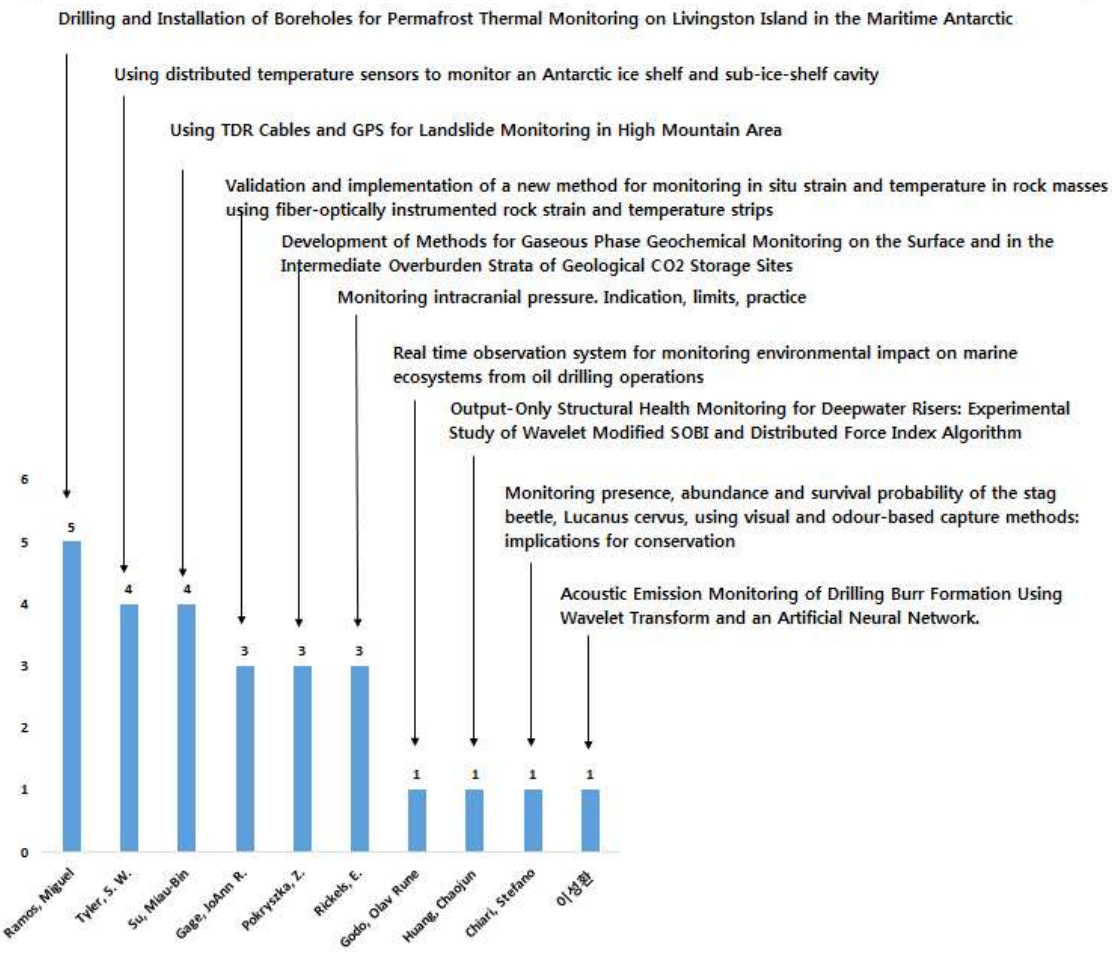
- Engineering 분야는 engineering applications of artificial intelligence 저널 등이 속한 분야로 Petroleum well drilling monitoring through cutting image analysis and artificial intelligence techniques 등 논문들이 포함되어 있음
- Energy fuels 분야는 international journal of rock mechanics and mining sciences 저널 등이 속한 분야로 Validation and implementation of a new method for monitoring in situ strain and temperature in rock masses using fiber-optically instrumented rock strain and temperature strips 등 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 34%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 독일 11%, 중국 10%, 캐나다 10%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Drilling and Installation of Boreholes for Permafrost Thermal Monitoring on Livingston Island in the Maritime Antarctic

② Using distributed temperature sensors to monitor an Antarctic ice shelf and sub-ice-shelf cavity

③ Using TDR Cables and GPS for Landslide Monitoring in High Mountain Area

④ Validation and implementation of a new method for monitoring in situ strain and temperature in rock masses using fiber-optically instrumented rock strain and temperature strips

⑤ Development of Methods for Gaseous Phase Geochemical Monitoring on the Surface and in the Intermediate Overburden Strata of Geological CO2 Storage Sites

⑥ Monitoring intracranial pressure. Indication, limits, practice

⑦ Real time observation system for monitoring environmental impact on marine ecosystems from oil drilling operations

⑧ Output-Only Structural Health Monitoring for Deepwater Risers: Experimental Study of Wavelet Modified SOBI and Distributed Force Index Algorithm

⑨ Monitoring presence, abundance and survival probability of the stag beetle, Lucanus cervus, using visual and odour-based capture methods: implications for conservation

⑩ Acoustic Emission Monitoring of Drilling Burr Formation Using Wavelet Transform and an Artificial Neural Network.

⑪ Aircraft composites assessment by means of transient thermal NDT

⑫ CANNULATED SCREWS FOR ODONTOID SCREW FIXATION AND ATLANTOAXIAL TRANSARTICULAR SCREW FIXATION

⑬ Transport of testosterone and estrogen from dairy-farm waste lagoons to groundwater

⑭ Intracranial navigation by using low-field intraoperative magnetic resonance imaging: preliminary experience

⑮ Temperature changes in bovine mandibular bone during implant site preparation: An assessment using infra-red thermography

⑯ Drilling wear detection and classification using vibration signals and artificial neural network

⑰ Tunnelling and geotechnics: new horizons

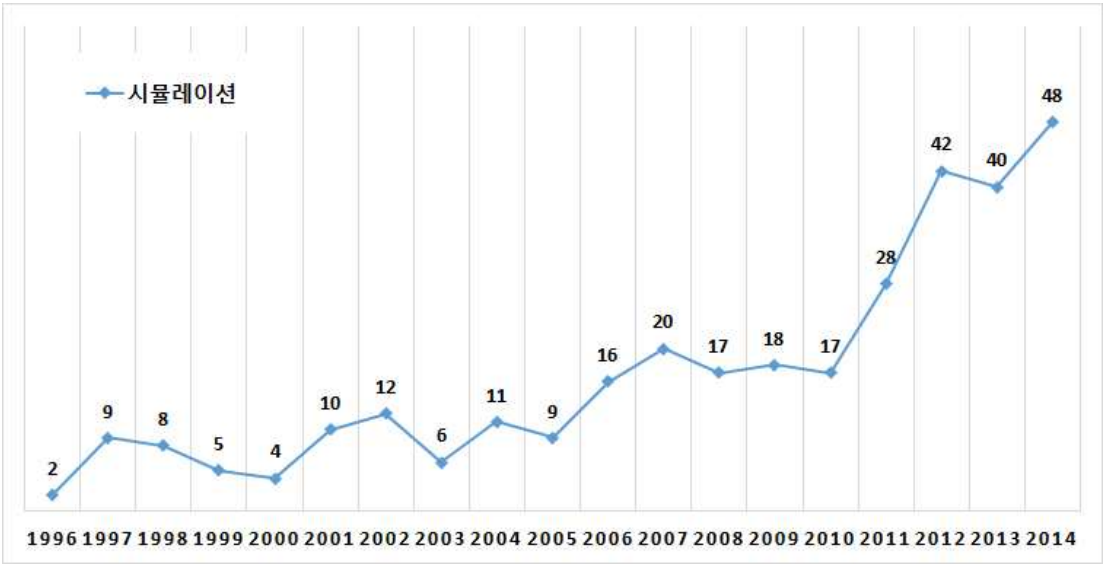
⑱ Real-time tool condition monitoring using wavelet transforms and fuzzy techniques

⑲ Wavelet analysis of sensor signals for tool condition monitoring: A review and some new results

⑳ The Advanced Health and Disaster Aid Network: A Light-Weight Wireless Medical System for Triage

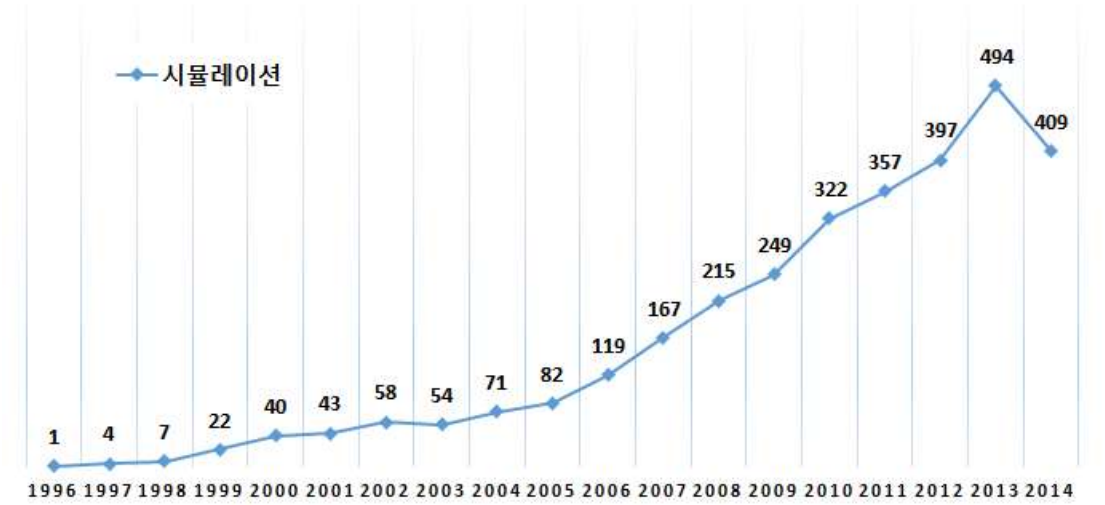
(8) 방향성드릴링 시뮬레이션

○ 연도별 논문게재 건수



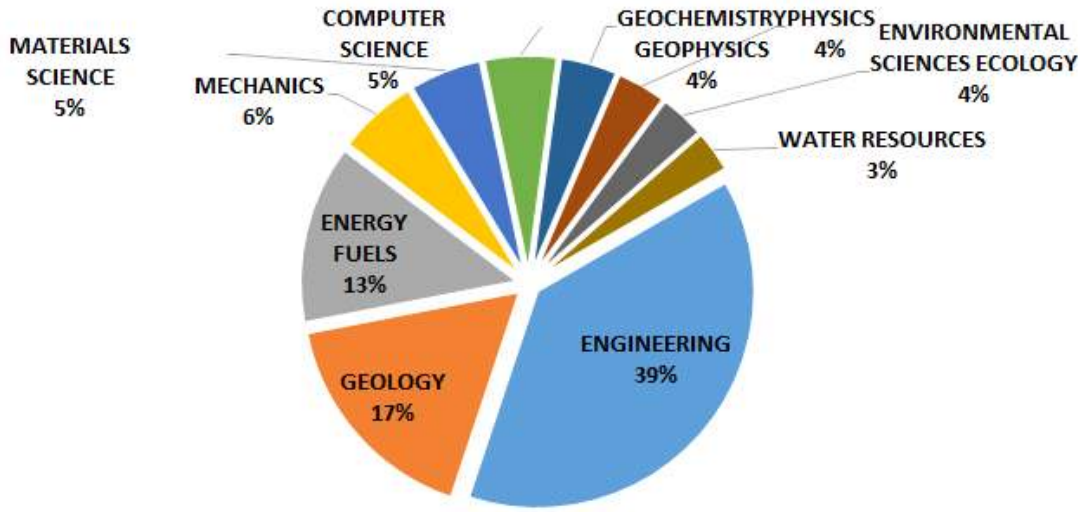
- 드릴링 시뮬레이션 분야 게재논문 수는 1990년대부터 점진적으로 증가하고 있으며 2010년부터 논문게재 수가 가파르게 증가하여 최근 논문투고/게재 활동이 활발하게 진행 중임

○ 연도별 논문인용 추세



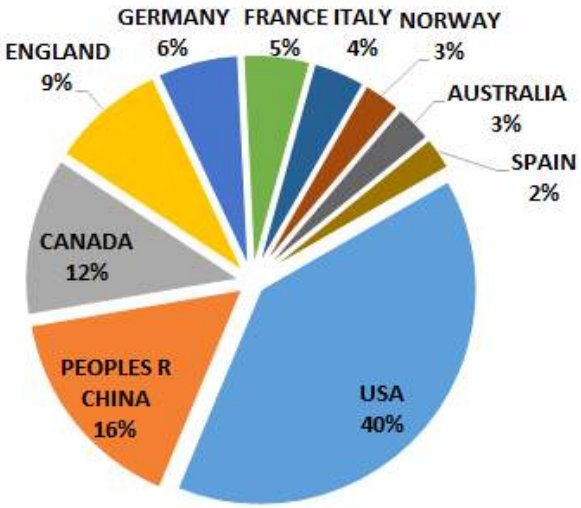
- 드릴링 시뮬레이션 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음
- 드릴링 시뮬레이션 분야는 현재까지 선행연구를 활용한 연구가 지속적으로 발전하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



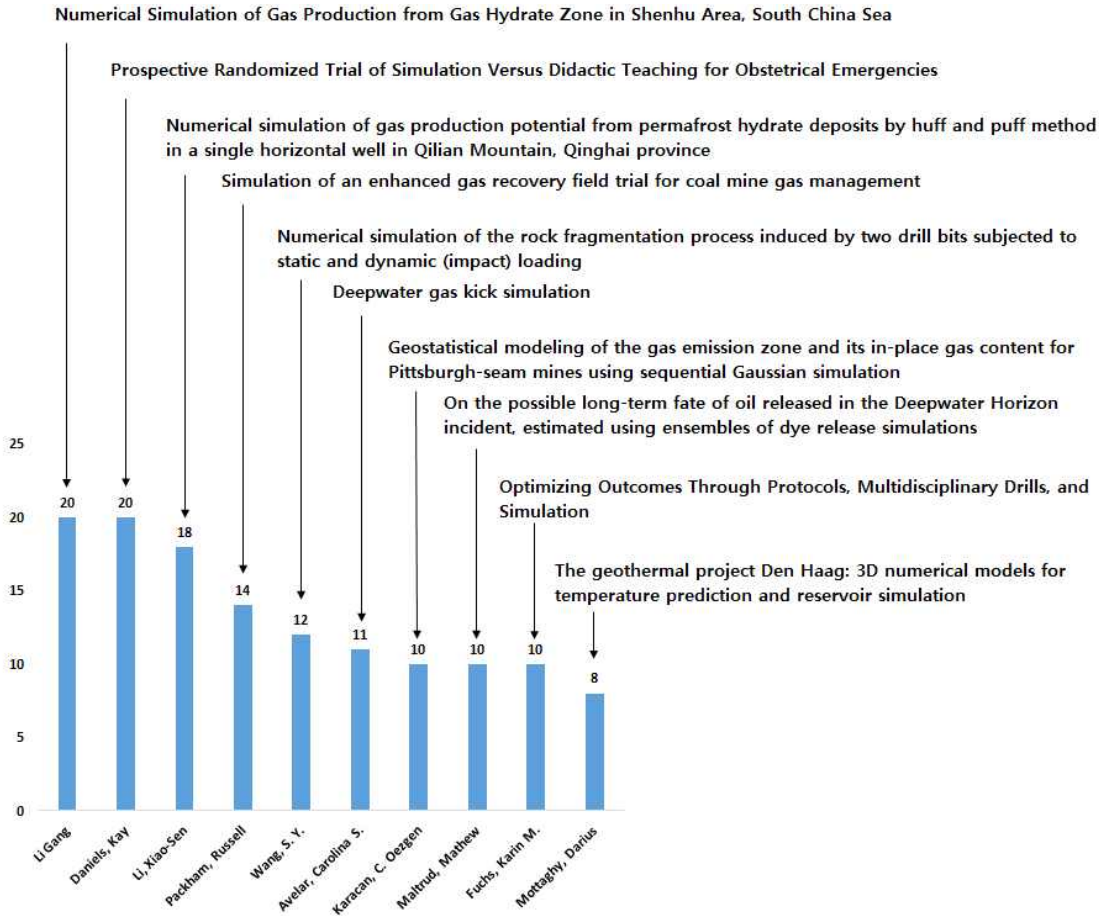
- Engineering 분야는 journal of materials processing technology 저널 등이 속한 분야로 Analysis of the effects of process parameters on exit burrs in drilling using a combined simulation and experimental approach 등 드릴링 유체(머드)의 점도, 조성 등 유동해석 관련 논문들이 포함되어 있음
- Energy fuels 분야는 petroleum science and technology 저널 등이 속한 분야로 Numerical simulations of wellbore stability in under-balanced-drilling wells 등 이수순환시 사용되는 머드의 상태에 따른 분석 관련 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 40%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 중국 16%, 캐나다 16%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Numerical Simulation of Gas Production from Gas Hydrate Zone in Shenhu Area, South China Sea

② Prospective Randomized Trial of Simulation Versus Didactic Teaching for Obstetrical Emergencies

③ Numerical simulation of gas production potential from permafrost hydrate deposits by huff and puff method in a single horizontal well in Qilian Mountain, Qinghai province

④ Simulation of an enhanced gas recovery field trial for coal mine gas management

⑤ Numerical simulation of the rock fragmentation process induced by two drill bits subjected to static and dynamic (impact) loading

⑥ Deepwater gas kick simulation

⑦ Geostatistical modeling of the gas emission zone and its in-place gas

content for Pittsburgh-seam mines using sequential Gaussian simulation

⑧ On the possible long-term fate of oil released in the Deepwater Horizon incident, estimated using ensembles of dye release simulations

⑨ Optimizing Outcomes Through Protocols, Multidisciplinary Drills, and Simulation

⑩ The geothermal project Den Haag: 3D numerical models for temperature prediction and reservoir simulation

⑪ Characterization of the metabolic demands of simulated shipboard Royal Navy fire-fighting tasks

⑫ Seismic indicators of gas hydrate and associated gas in the Ulleung Basin, East Sea (Japan Sea) and implications of heat flows derived from depths of the bottom-simulating reflector

⑬ Assessing the learning curve for the acquisition of laparoscopic skills on a virtual reality simulator

⑭ Histological response of resistant and susceptible white spruce to simulated white pine weevil damage

⑮ Changes in volatile terpene and diterpene resin acid composition of resistant and susceptible white spruce leaders exposed to simulated white pine weevil damage

⑯ The Role of Haptic Feedback in Laparoscopic Simulation Training

⑰ Three-dimensional simulation of eccentric LWD tool response in boreholes through dipping formations

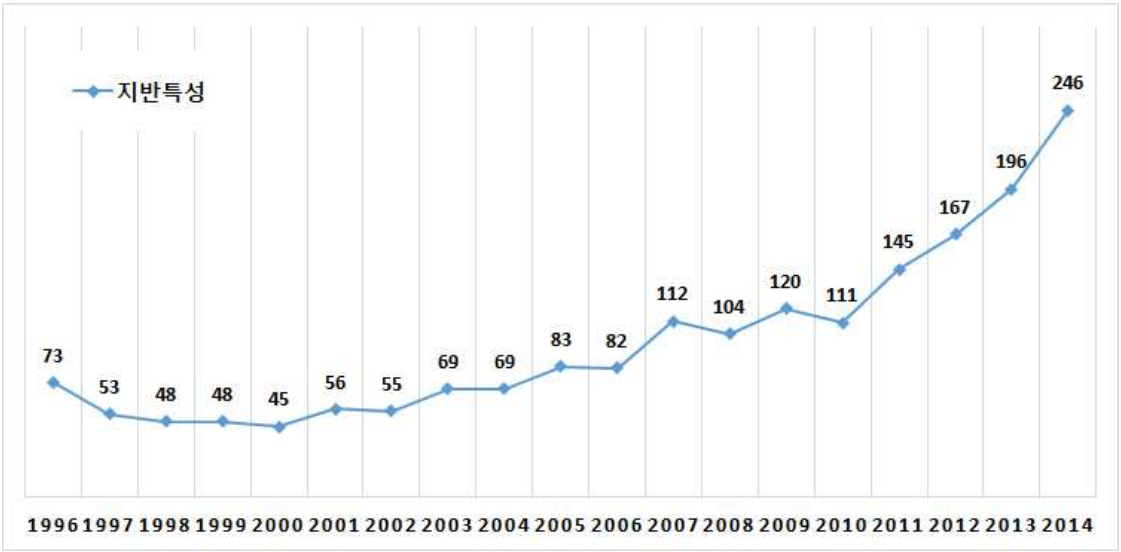
⑱ Milling process simulation - A generic solid modeller based paradigm

⑲ Varying the timing of oyster transplant: implications for management from simulation studies

⑳ Reservoir simulation-based modeling for characterizing longwall methane emissions and gob gas venthole production

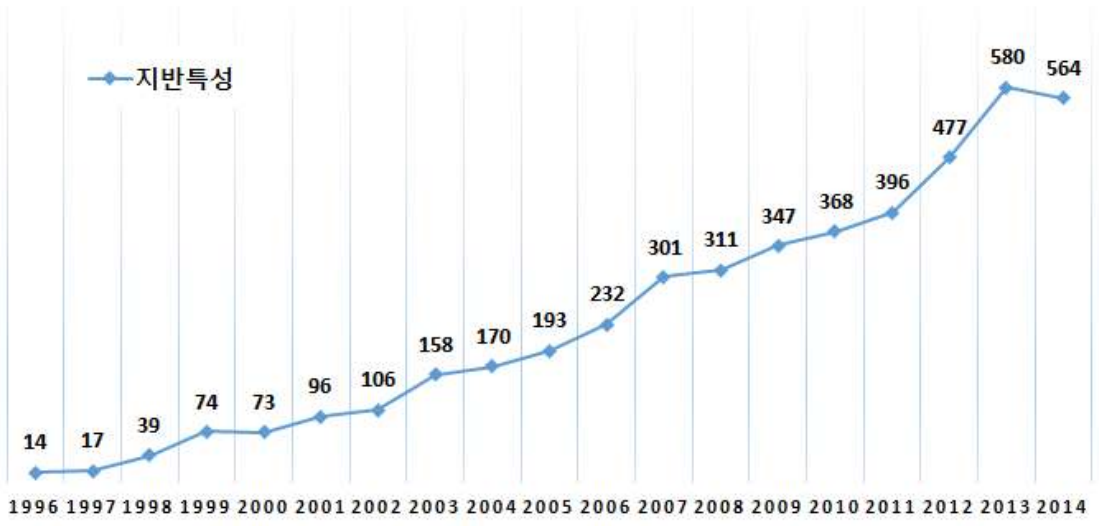
(9) 방향성드릴링 지반특성

○ 연도별 논문게재 건수



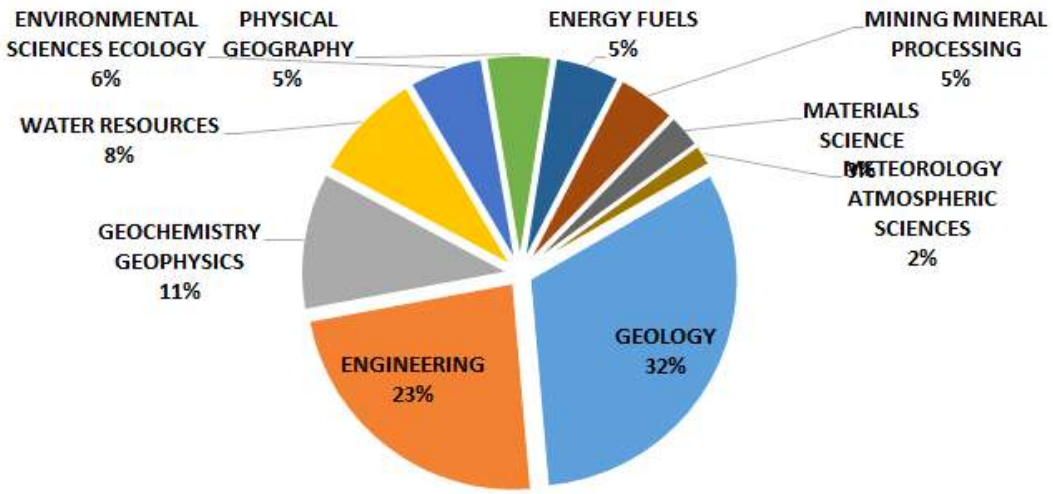
- 드릴링 지반특성 분야는 1990년대 논문활동이 줄어들었으나 2000년대 초반부터 논문활동이 점진적으로 증가하는 것으로 나타나며, 2010년부터 논문투고/게재활동이 활발하게 진행되고 있음

○ 연도별 논문인용 추세



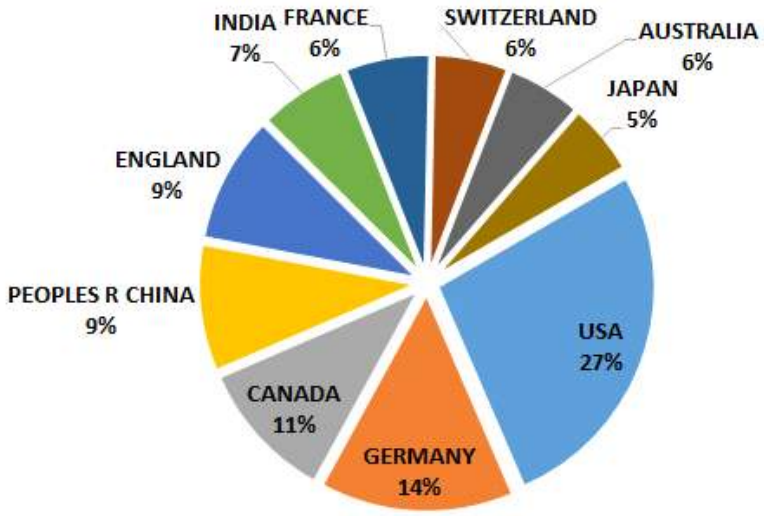
- 드릴링 지반특성 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음
- 드릴링 지반특성 분야는 현재까지 선행연구를 활용한 연구가 지속적으로 발전하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



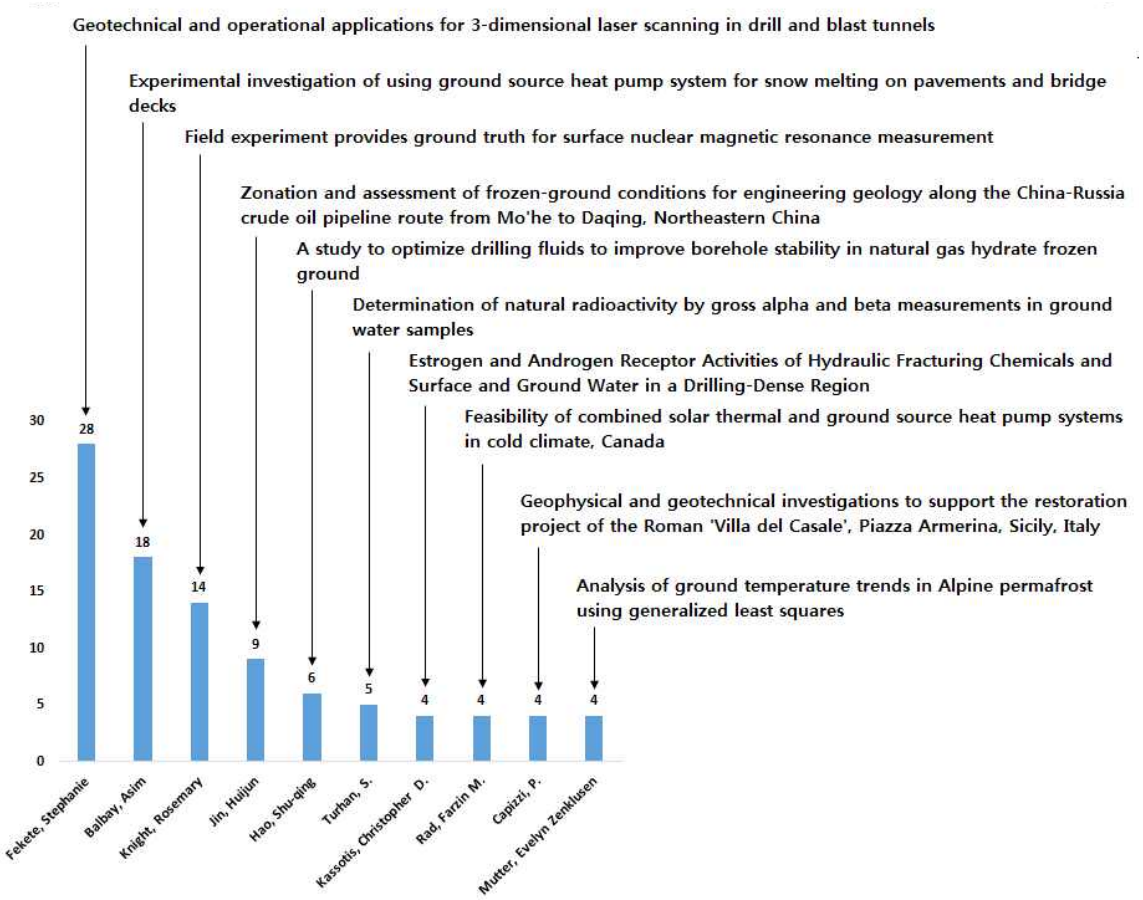
- Geology 분야는 cold regions science and technology 저널 등이 속한 분야로 Zonation and assessment of frozen-ground conditions for engineering geology along the China-Russia crude oil pipeline route from Mo'he to Daqing, Northeastern China 등 논문들이 포함되어 있음
- Engineering 분야는 engineering geology 저널 등이 속한 분야로 Geophysical characterization of contaminated urban fills 등 드릴링 유체(머드)의 점도, 조성 등 유동해석 관련 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 27%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 독일 14%, 캐나다 11%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Geotechnical and operational applications for 3-dimensional laser scanning in drill and blast tunnels

② Experimental investigation of using ground source heat pump system for snow melting on pavements and bridge decks

③ Field experiment provides ground truth for surface nuclear magnetic resonance measurement

④ Zonation and assessment of frozen-ground conditions for engineering geology along the China-Russia crude oil pipeline route from Mo'he to Daqing, Northeastern China

⑤ A study to optimize drilling fluids to improve borehole stability in natural gas hydrate frozen ground

⑥ Determination of natural radioactivity by gross alpha and beta measurements in ground water samples

⑦ Estrogen and Androgen Receptor Activities of Hydraulic Fracturing Chemicals and Surface and Ground Water in a Drilling-Dense Region

⑧ Feasibility of combined solar thermal and ground source heat pump systems in cold climate, Canada

⑨ Geophysical and geotechnical investigations to support the restoration project of the Roman 'Villa del Casale', Piazza Armerina, Sicily, Italy

⑩ Analysis of ground temperature trends in Alpine permafrost using generalized least squares

⑪ Three deep alpine-permafrost boreholes in Svalbard and Scandinavia

⑫ Englacial water distribution in a temperate glacier from surface and borehole radar velocity analysis

⑬ Herbicides in ground water beneath Nebraska's management systems evaluation area

⑭ Effects of land cover on water table, soil moisture, evapotranspiration, and groundwater recharge: A Field observation and analysis

⑮ Occupational exposure to metalworking fluid mist and sump fluid contaminants

⑯ Endotoxins and IgG antibodies as indicators of occupational exposure to the microbial contaminants of metal-working fluids

⑰ Numerical modeling of the transient hydrogeological response produced by tunnel construction in fractured bedrocks

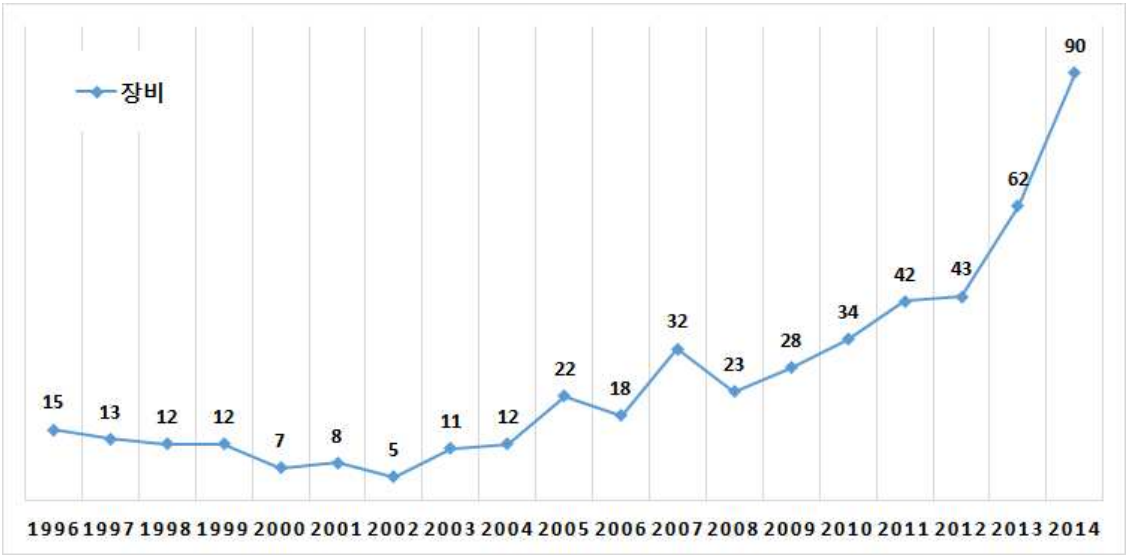
⑱ Balance velocities and measured properties of the Antarctic ice sheet from a new compilation of gridded data for modelling

⑲ Varying the timing of oyster transplant: implications for management from simulation studies

⑳ SEISMIC-REFLECTION, BOREHOLE AND OUTCROP GEOMETRY OF LATE WISCONSIN TILLS AT A PROPOSED LANDFILL NEAR TORONTO, ONTARIO

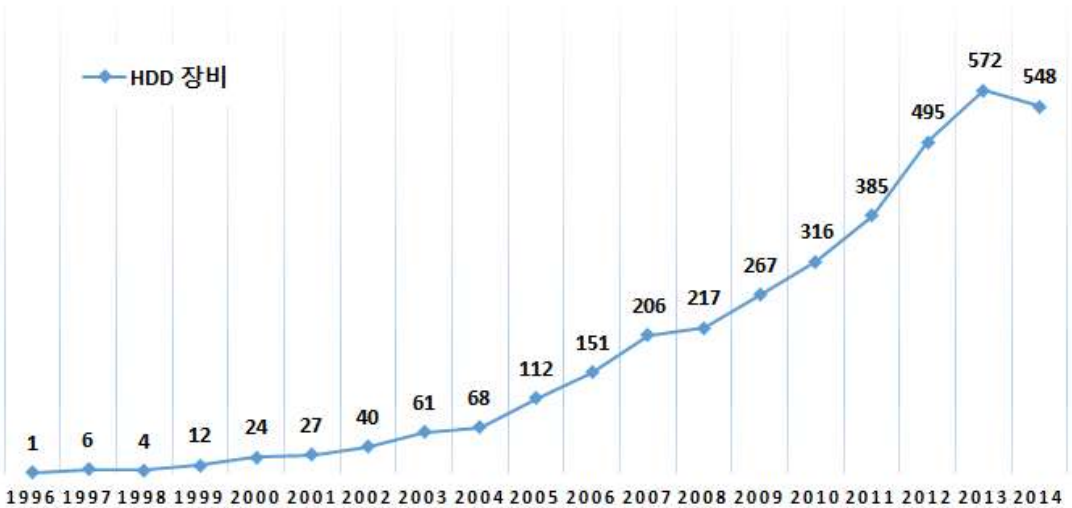
(10) 지향식 드릴링 장비

○ 연도별 논문게재 건수



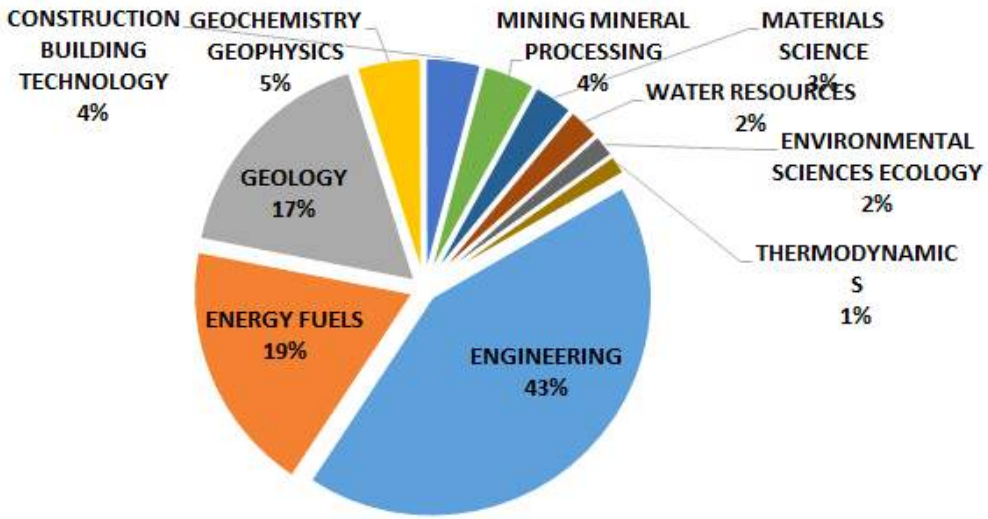
- 지향식 드릴링 장비 분야 게재논문 수는 1990년대 부터 2000년대 초반까지 감소하다가 2002년부터 점진적으로 증가하고 있으며 2010년 이후 논문투고 활동이 활발하게 나타나고 있음

○ 연도별 논문인용 추세



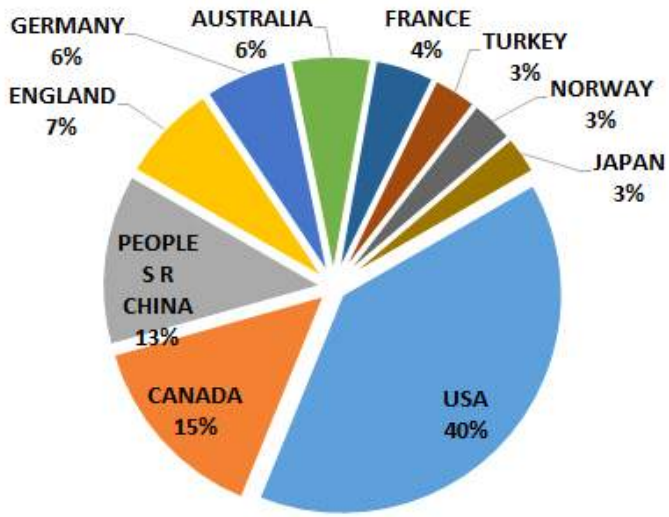
- 지향식 드릴링 장비 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음
- 지향식 드릴링 장비 분야는 현재까지 선행연구를 활용한 연구가 지속적으로 발전하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



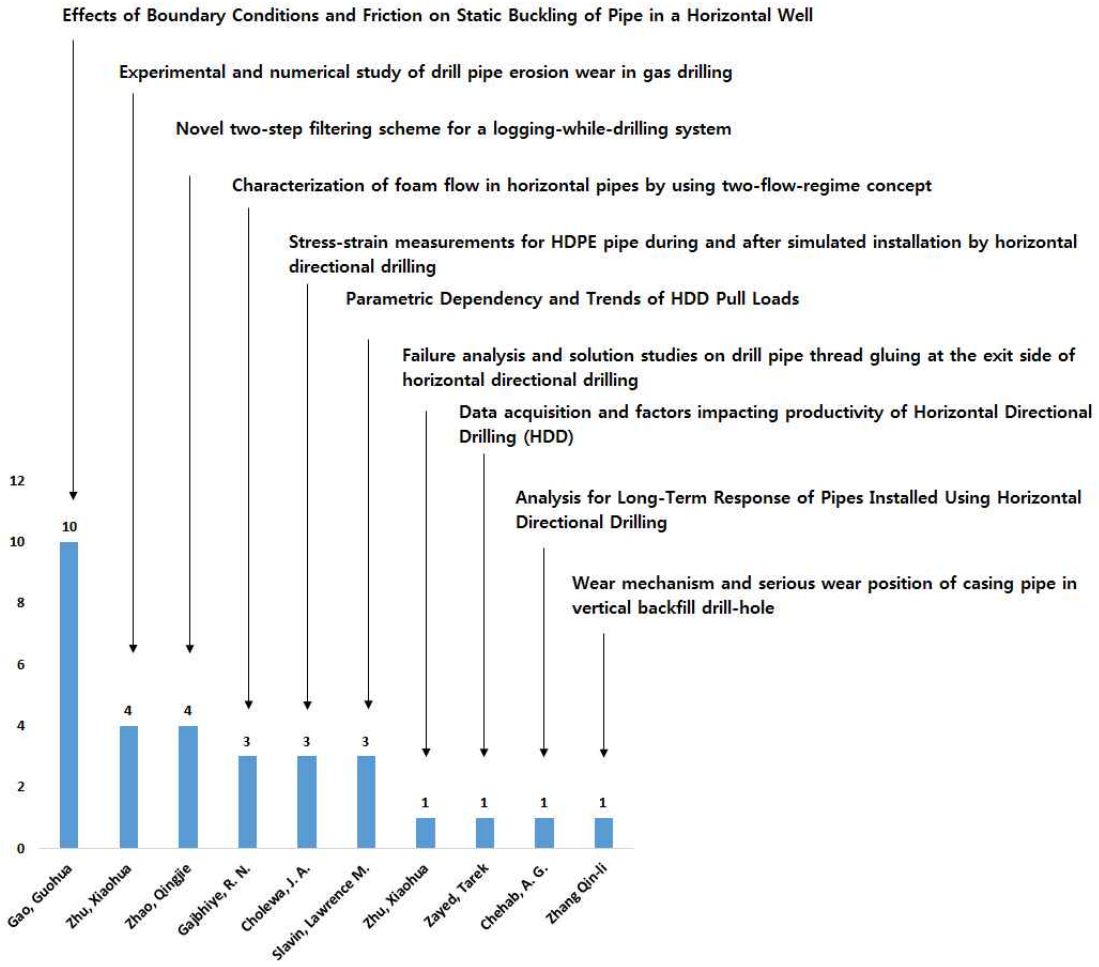
- Engineering 분야는 journal of pipeline systems engineering and practice 저널 등이 속한 분야로 Parametric Dependency and Trends of HDD Pull Loads 등 논문들이 포함되어 있음
- Energy fuels 분야는 tunnelling and underground space technology 저널 등이 속한 분야로 Data acquisition and factors impacting productivity of Horizontal Directional Drilling (HDD) 등 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 40%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 캐나다 15%, 중국 13%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Effects of Boundary Conditions and Friction on Static Buckling of Pipe in a Horizontal Well

② Experimental and numerical study of drill pipe erosion wear in gas drilling

③ Novel two-step filtering scheme for a logging-while-drilling system

④ Characterization of foam flow in horizontal pipes by using two-flow-regime concept

⑤ Stress-strain measurements for HDPE pipe during and after simulated installation by horizontal directional drilling

⑥ Parametric Dependency and Trends of HDD Pull Loads

⑦ Failure analysis and solution studies on drill pipe thread gluing at the exit side of horizontal directional drilling

⑧ Data acquisition and factors impacting productivity of Horizontal Directional Drilling (HDD)

⑨ Analysis for Long-Term Response of Pipes Installed Using Horizontal Directional Drilling

⑩ Wear mechanism and serious wear position of casing pipe in vertical backfill drill-hole

⑪ Methane hydrate formation in turbidite sediments of northern Cascadia, IODP Expedition 311

⑫ Pollen tube growth: coping with mechanical obstacles involves the cytoskeleton

⑬ The horizontal movement of seeds in arable soil by different soil cultivation methods

⑭ Fracture-controlled gas hydrate systems in the northern Gulf of Mexico

⑮ High-resolution magneto stratigraphy of late quaternary sediments from Lake Baikal, Siberia: timing of intracontinental paleoclimatic responses

⑯ Investigations into the effect of geometry of a trepanning tool on thrust and torque during drilling of GFRP composites

⑰ Fracture networks and hydrate distribution at Hydrate Ridge, Oregon

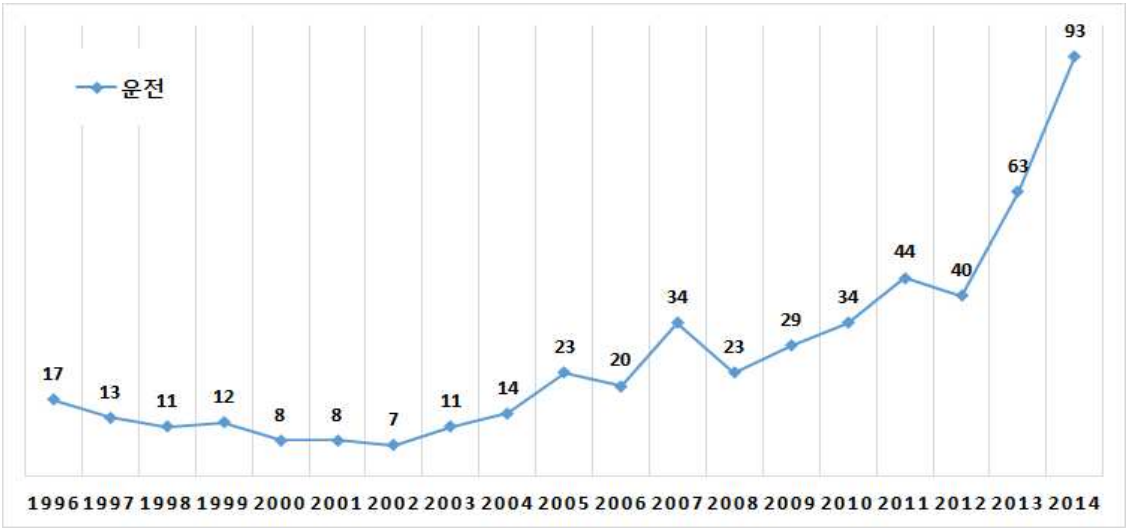
⑱ Desaturation and structure relationships around drifts excavated in the well-compacted Tournemire's argillite (Aveyron, France)

⑲ Borehole breakouts and compaction bands in two high-porosity sandstones

⑳ Influence of electric field on single gas-bubble growth and detachment in microgravity

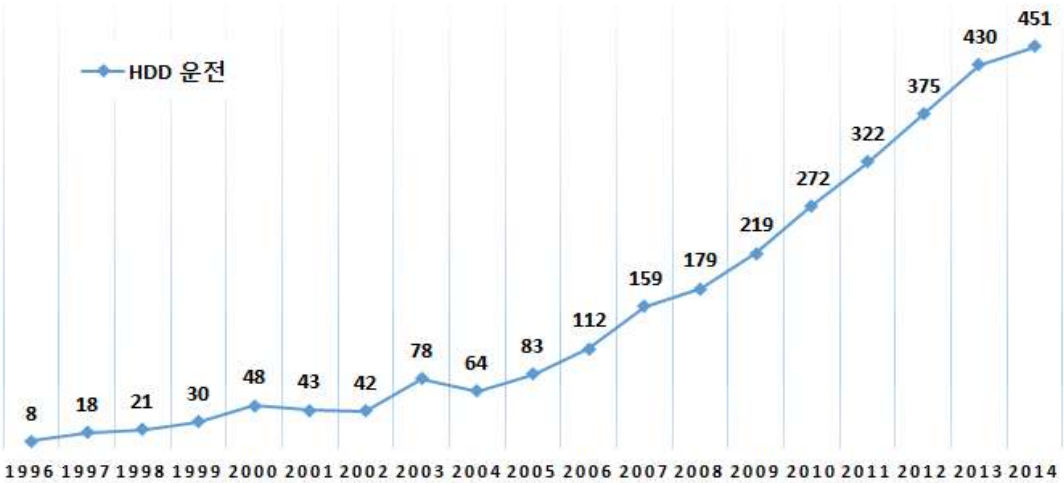
(11) 지향식 드릴링 운전

○ 연도별 논문게재 건수



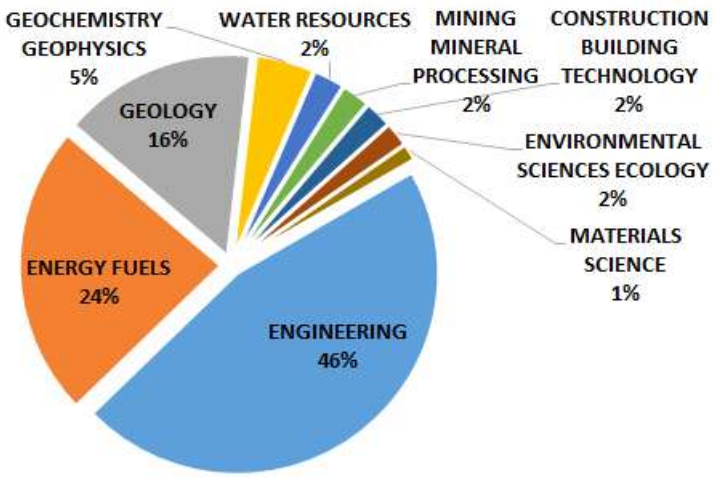
- 지향식 드릴링 운전 분야 게재논문 수는 1990년대 부터 2000년대 초반까지 감소하다가 2002년부터 점진적으로 증가하고 있으며 2010년 이후 논문투고 활동이 활발하게 나타나고 있음

○ 연도별 논문인용 추세



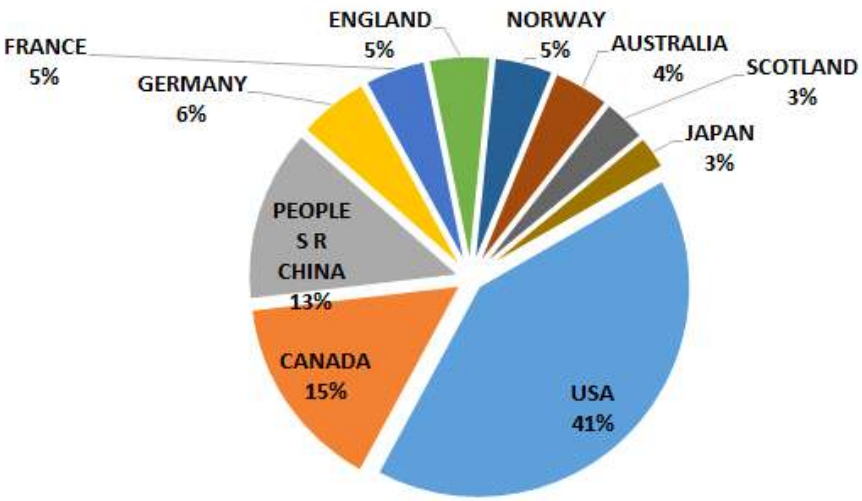
- 지향식 드릴링 운전 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타나며 2004년부터는 인용지수가 가파르게 증가하고 있음
- 지향식 드릴링 운전 분야는 2004년부터 현재까지 빠른 속도로 발전을 지속하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



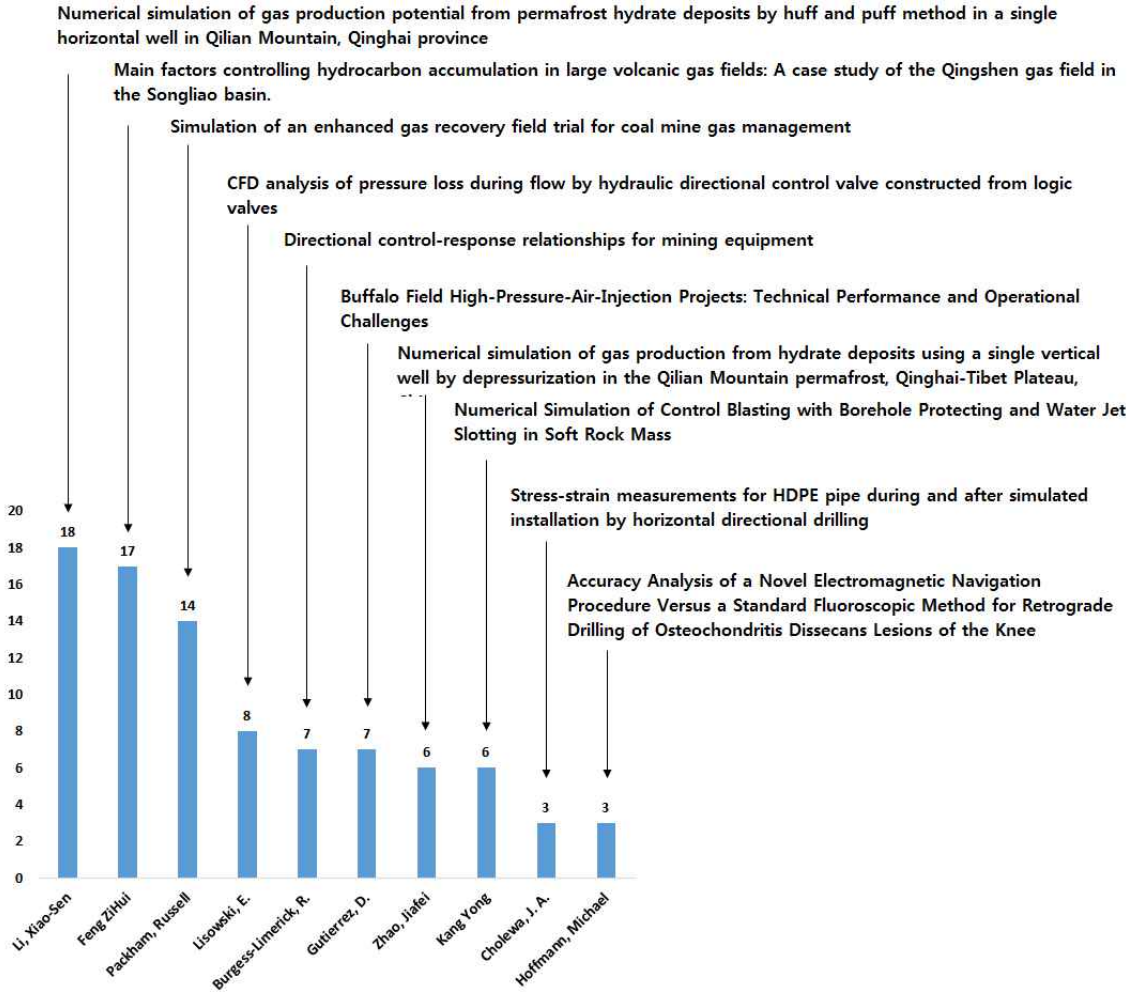
- Engineering 분야는 Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers 저널 등이 속한 분야로 Technical Review of the Drilling Operations of WA-1001BX and Alm-1001BX in Block 4, Yemen 등 논문들이 포함되어 있음
- Mining mineral processing 분야는 petroleum science and technology 저널 등이 속한 분야로 Concerted operation of pneumatic percussion tool and air-aided chips removal line in horizontal hole drilling machines 등 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 41%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 캐나다 15%, 중국 13%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① Numerical simulation of gas production potential from permafrost hydrate deposits by huff and puff method in a single horizontal well in Qilian Mountain, Qinghai province

② Main factors controlling hydrocarbon accumulation in large volcanic gas fields: A case study of the Qingshen gas field in the Songliao basin.

③ Simulation of an enhanced gas recovery field trial for coal mine gas management

④ CFD analysis of pressure loss during flow by hydraulic directional control valve constructed from logic valves

⑤ Directional control-response relationships for mining equipment

⑥ Buffalo Field High-Pressure-Air-Injection Projects: Technical Performance and Operational Challenges

⑦ Numerical simulation of gas production from hydrate deposits using a single vertical well by depressurization in the Qilian Mountain permafrost, Qinghai-Tibet Plateau, China

⑧ Numerical Simulation of Control Blasting with Borehole Protecting and Water Jet Slotting in Soft Rock Mass

⑨ Stress-strain measurements for HDPE pipe during and after simulated installation by horizontal directional drilling

⑩ Accuracy Analysis of a Novel Electromagnetic Navigation Procedure Versus a Standard Fluoroscopic Method for Retrograde Drilling of Osteochondritis Dissecans Lesions of the Knee

⑪ Accuracy limitations of FOG-based continuous measurement-while-drilling surveying instruments for horizontal wells

⑫ Impact of Shale Gas Development on Regional Water Quality

⑬ A SIMPLE-MODEL OF THE ATLANTIC THERMOHALINE CIRCULATION - INTERNAL AND FORCED VARIABILITY WITH PALEOCLIMATOLOGICAL IMPLICATIONS

⑭ Colloid and suspended particle migration experiments in a granite fracture

⑮ Desaturation and structure relationships around drifts excavated in the well-compacted Tournemire's argillite (Aveyron, France)

⑯ Borehole breakouts and compaction bands in two high-porosity sandstones

⑰ Borehole breakouts in Berea sandstone reveal a new fracture mechanism

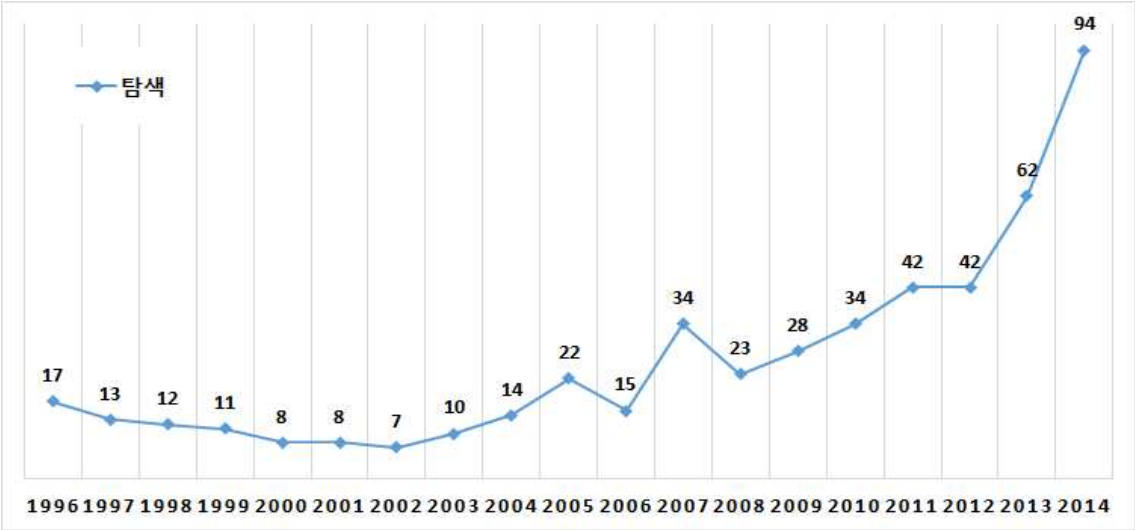
⑱ Drilling of uni-directional glass fiber reinforced plastics: Experimental and finite element study

⑲ Micromechanisms of borehole instability leading to breakouts in rocks

⑳ Orientation and magnitude of in situ stress to 6.5 km depth in the Baltic Shield

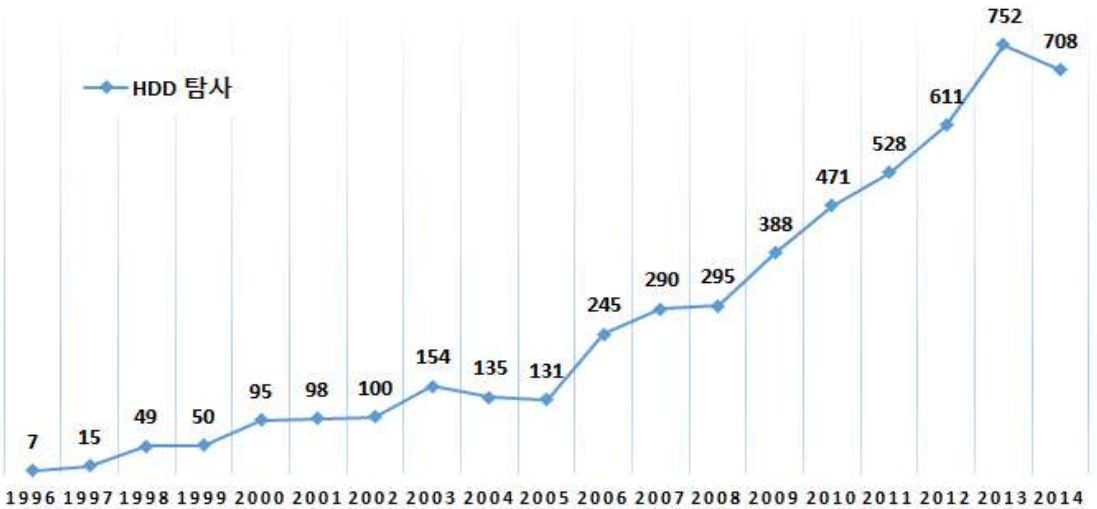
(12) 지향식 드릴링 탐색

○ 연도별 논문게재 건수



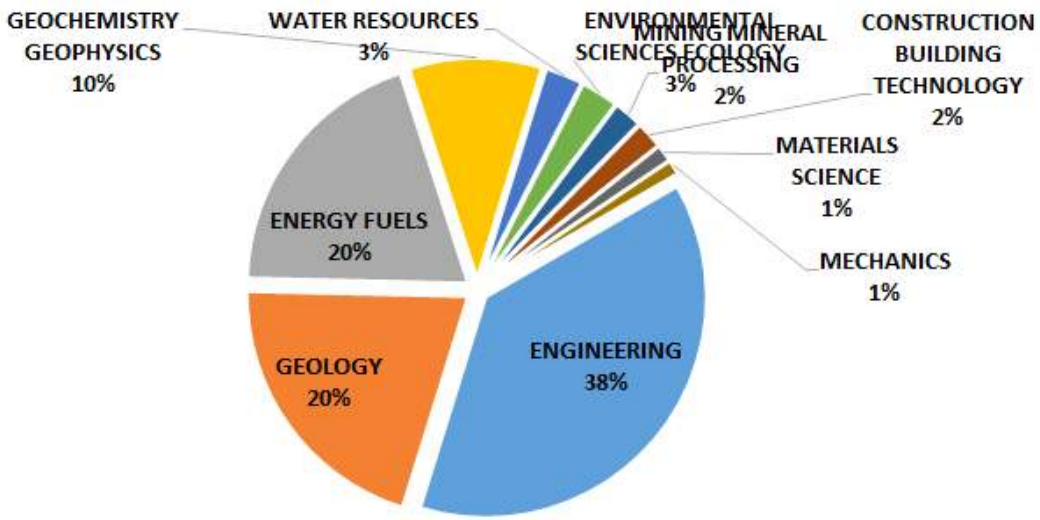
- 지향식 드릴링 탐사 분야 게재논문 수는 1990년대부터 2000년대 초반까지 감소하다가 2002년부터 점진적으로 증가하고 있으며 2010년 이후 논문투고 활동이 활발하게 나타나고 있음

○ 연도별 논문인용 추세



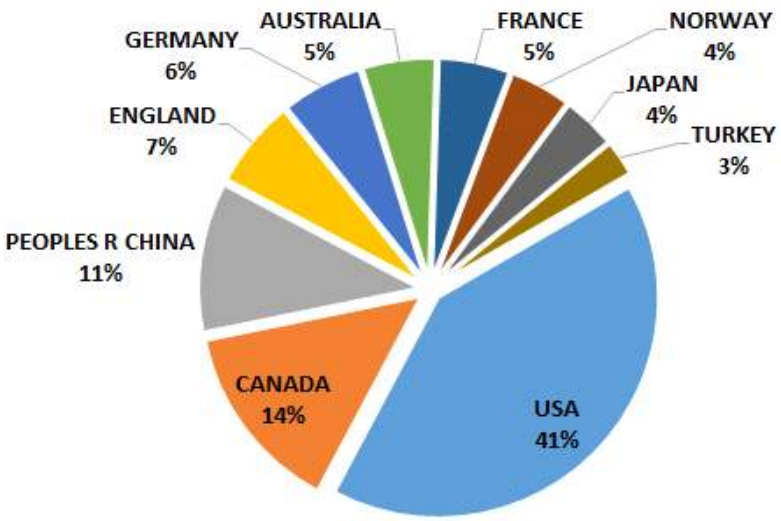
- 지향식 드릴링 탐사 분야에서 영향력 있는 고 인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음
- 지향식 드릴링 탐사 분야는 현재까지 선행연구를 활용한 연구가 지속적으로 발전하고 있는 분야임을 알 수 있음

○ 논문발표 연구분야



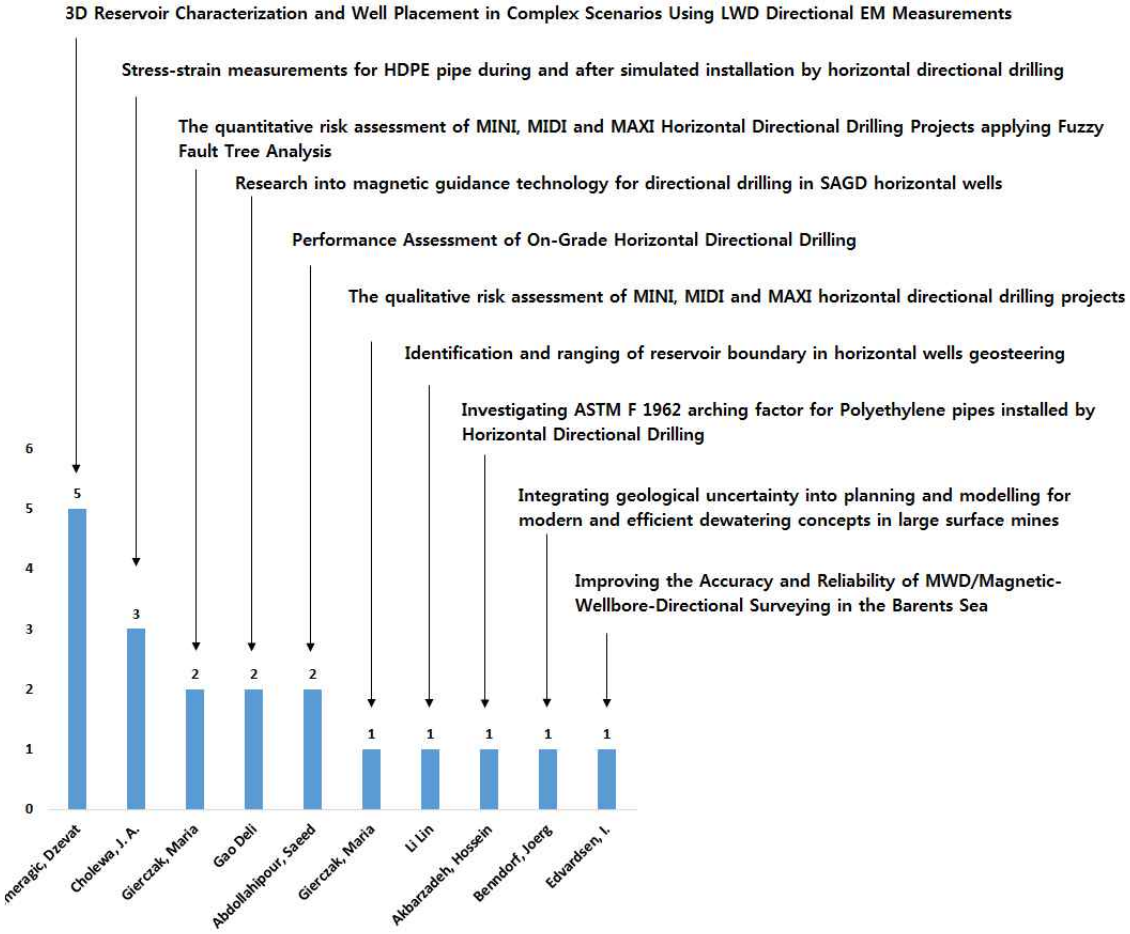
- Engineering 분야는 journal of petroleum science and engineering 저널 등이 속한 분야로 Sensitivity analysis of hydraulic fracture geometry in shale gas reservoirs 등 논문들이 포함되어 있음
- Geology 분야는 international journal of coal geology 저널 등이 속한 분야로 A method to predict geomechanical properties and model well stability in horizontal boreholes 등 논문들이 포함되어 있음

○ 논문저자 국가/지역



- 미국저자가 41%의 논문점유율을 나타내고 있으며, 그 뒤를 이어 캐나다 14%, 중국 11%의 비율을 차지하고 있음

○ 고 인용 논문



① 3D Reservoir Characterization and Well Placement in Complex Scenarios Using LWD Directional EM Measurements

② Stress-strain measurements for HDPE pipe during and after simulated installation by horizontal directional drilling

③ The quantitative risk assessment of MINI, MIDI and MAXI Horizontal Directional Drilling Projects applying Fuzzy Fault Tree Analysis

④ Research into magnetic guidance technology for directional drilling in SAGD horizontal wells

⑤ Performance Assessment of On-Grade Horizontal Directional Drilling

⑥ The qualitative risk assessment of MINI, MIDI and MAXI horizontal directional drilling projects

⑦ Identification and ranging of reservoir boundary in horizontal wells geosteering

⑧ Investigating ASTM F 1962 arching factor for Polyethylene pipes installed by Horizontal Directional Drilling

⑨ Integrating geological uncertainty into planning and modelling for modern and efficient dewatering concepts in large surface mines

⑩ Improving the Accuracy and Reliability of MWD/Magnetic-Wellbore-Directional Surveying in the Barents Sea

⑪ A multidisciplinary fractured rock characterization study at Raymond field site, Raymond, CA

⑫ Drilling-induced tensile wall-fractures: implications for determination of in-situ stress orientation and magnitude

⑬ A comparison of the combined load behaviour of spudcan and caisson foundations on soft normally consolidated clay

⑭ A method to detect natural fracture strike in sandstones

⑮ Neotectonic deformation of the central Chile margin: Deepwater forearc basin formation in response to hot spot ridge and seamount subduction

⑯ Regulating hydraulic fracturing in shale gas plays: The case of Texas

⑰ Extension- and compression-related basins in central Italy during the Messinian Lago-Mare event

⑱ Tunnelling and geotechnics: new horizons

⑲ Methane hydrate formation in turbidite sediments of northern Cascadia, IODP Expedition 311

⑳ The marginal shear stress of Ice Stream B, West Antarctica

다. 결론 및 시사점

○ 전반적으로 1990년대부터 2000년대 중반까지 논문 활동이 꾸준하며, 2010 전후로 논문 게재 활동이 증가하는 경향을 보임

- 드릴링 리그, 드릴링 회전, 드릴링 방향제어, 드릴링 유정제어, 드릴링 모니터링, 드릴링 시뮬레이션, 수평 방향성 드릴링 장비 분야에서 유사한 결과를 보임
- 전반적으로 고인용 상위 100개 논문의 인용이 1996년부터 2006년까지 미미한 수준이었으나 2000년대 중반부터 현재까지 지속적으로 증가하고 있음

- 특히 드릴링 이수순환 분야에서 2002년부터는 인용지수가 가파르게 증가하고 있음

○ 연구분야

- Failure analysis of hoisting steel wire rope, 스트링 회전 최적화 등
- Vibration test and assessment for an ocean drilling rig derrick, Study on lateral vibration of rotary steerable drilling system
- Non-linear dynamics of a drill-string with uncertain model of the bit-rock interaction, Rheological properties of biopolymers drilling fluids
- New Steering Mechanism for Point-the-Bit Rotary Steerable System
- Transient simulation of the blowing-out process of the air pockets in vertical wellbore
- Petroleum well drilling monitoring through cutting image analysis and artificial intelligence techniques, Validation and implementation of a new method for monitoring in situ strain and temperature in rock masses using fiber-optically instrumented rock strain and temperature strips
- Numerical simulations of wellbore stability in under-balanced-drilling wells
- Geophysical characterization of contaminated urban fills
- Parametric Dependency and Trends of HDD Pull Loads
- Data acquisition and factors impacting productivity of Horizontal Directional Drilling (HDD)

○ 저자 국가/지역

- 전반적으로 미국 주도의 연구활동과 발표가 많은 실정으로 그 뒤를 이어 중국에서 활발한 활동이 전개됨
- 드릴리그 회전체 분야에서 중국의 논문 점유율이 눈에 뜨임. 그 외 분야는 대체로 미국이 30% 이상의 점유율을 보임

6. 기술 경쟁력 및 수준분석

6.1 특허기술 수준 분석

가. 조사·분석 방법론

□ 분석 개요

○ 미국 등록특허를 대상으로 기술경쟁력 분석에 있어서 국가별 비교를 수행하기 위해 본 특허의 기술의 질적 수준과 함께 양적인 측면을 고려하여 평가가 가능한 지표인 기술력 지수(TS지수)를 활용하여 상위 7개 국가를 선정하여 분석대상으로 함

□ 분석방법

○ 검색방법 : FOCUST DB 활용

○ 검색기간 : 2014년 11월(1개월)

○ '방향성/지향식 드릴링시스템' 관련 기술에 대한 분석 대상 국가는 미국, 캐나다, 호주, 일본, 노르웨이, 프랑스, 스웨덴 등이며, 이를 대상으로 PFS(시장확보지수), CPP(피인용도지수), TS지수, 기술독점도 지수(허핀달지수) 등을 분석함

○ 기술 경쟁력 분석을 위하여 미국 등록특허를 통하여 제공되는 등록 특허 건수, 패밀리 특허 건수, 피인용 횟수 등을 활용하여 분석을 실시

표 2.28 기술 분류별 검색식

기술분류	코드	세부기술	검색식
드릴링	1	방향성 드릴링 (DD)	(directional-drilling) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or microhabitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or medical)
	2	지향식 수평굴착 시스템 (HDD)	(HDD or (horizontal directional drilling)) not (oral* or dentist or sport or soccer or mars or dust or trough or organic* or microhabitat or earthquake* or titudinal or diamond or deposition or wave or chemistry or canal or surgery or medical)

나. 방향성 드릴링(DD)분야 수준 분석

표 2.29 주요 국가별 기술경쟁력 분석 결과(DD)

국가명	등록 특허 건수	family 특허 건수	피인용 횟수	시장확보 지수(PFS)	순위	피인용도 지수(CPP)	순위	기술력 지수(TS)	순위
미국	826	10,499	18,067	12.71	1	21.87	3	619.25	1
캐나다	62	228	1,488	3.68	7	24.00	2	3.83	2
독일	50	380	462	7.60	5	9.24	6	0.96	5
일본	47	277	326	5.89	6	6.94	7	0.64	6
호주	43	469	736	10.91	2	17.12	4	1.31	4
영국	37	334	1,042	9.03	3	28.16	1	1.60	3
스웨덴	31	280	338	9.03	3	10.90	5	0.43	7

○ ‘방향성 드릴링(DD)’ 관련 기술의 시장확보지수(PFS)는 미국, 호주, 영국 순이었으며, 피인용지수(CPP)는 영국, 캐나다, 미국 순으로 분석됨

○ ‘방향성 드릴링(DD)’ 관련 기술의 질적 수준과 양적 수준을 고려한 종합적인 기술수준을 의미하는 기술력지수(TS)는 미국, 캐나다, 영국 순으로 파악됨

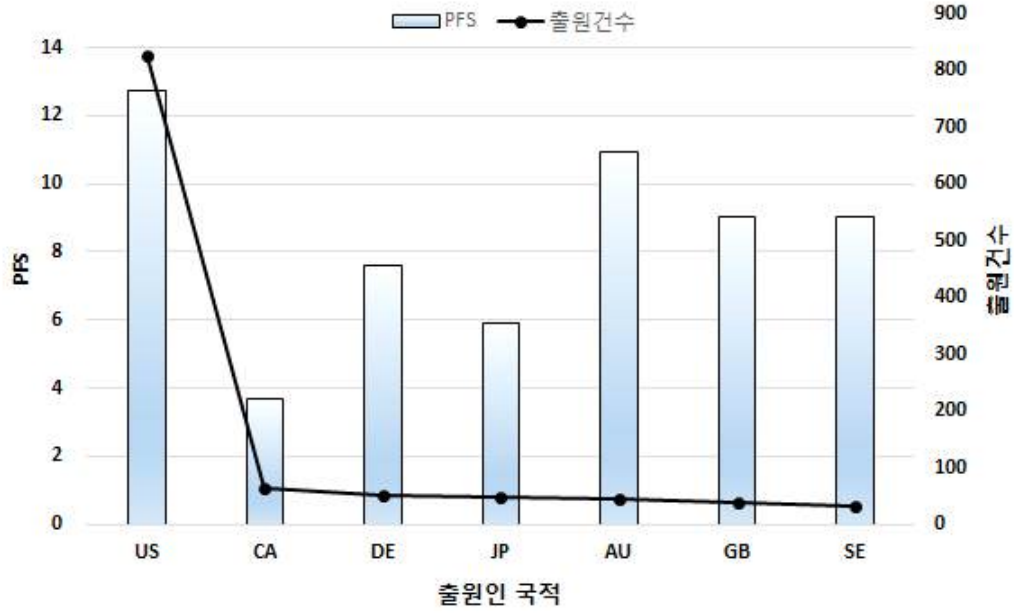


그림 2.98 출원인 국가별 출원건수 및 시장확보지수

○ 출원인 국적이 미국인 경우, 출원한 특허가 시장성을 확보하기 위한 활동이 활발하며 호주, 영국, 스웨덴 경우 특허출원수에 비하여 시장 확보를 위한 활동이 매우 활발함

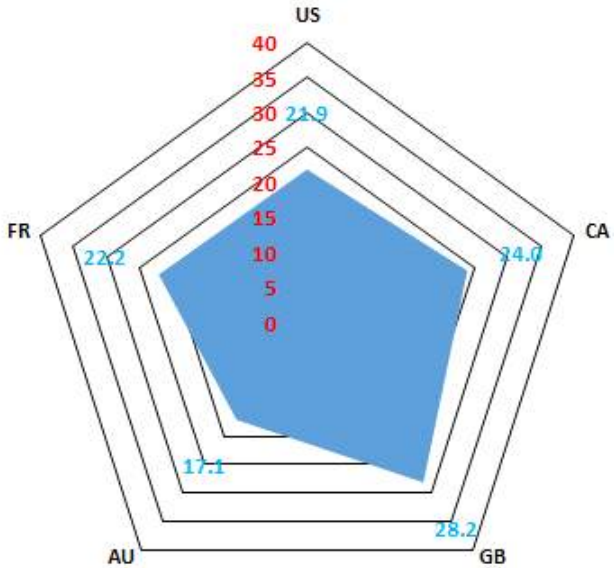


그림 2.99 출원인 국가별 출원건수 및 인용도지수

○ 출원인 국적이 영국의 경우, 질이 높은 원천특허들을 출원하는 것으로 나타나고 있음

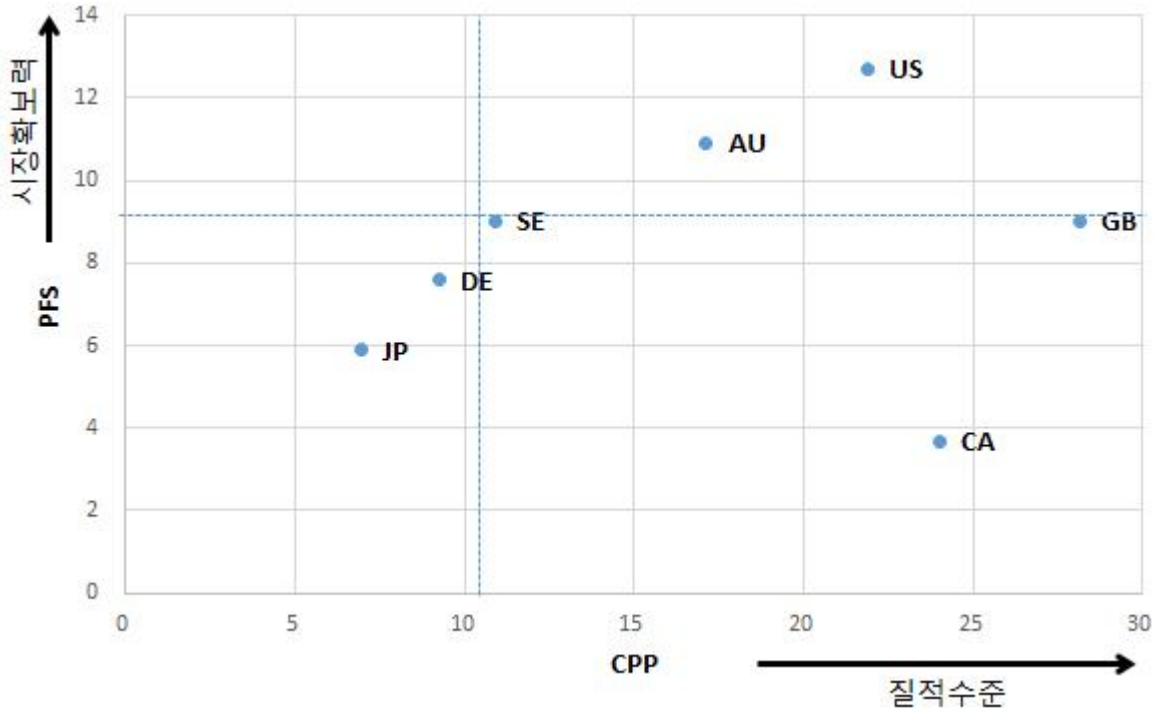


그림 2.100 출원인 국가별 기술영향력과 시장확보력

○ 기술의 피인용도지수(CPP)와 시장확보지수(PFS) 모두 평균보다 높은 국가는 미국, 호주이며, 영국 경우 기술의 질적 수준을 나타내는 피인용지수(CPP)는 가장 높았으며 시장확보력도 평균 수준으로 나타남

○ 캐나다 경우 기술의 질적 수준을 나타내는 피인용도지수(CPP)는 평균 이상으로 나타났으나 시장확보력이 평균 이하인 것으로 파악됨

○ 스웨덴 경우 기술의 질적 수준을 나타내는 피인용지수(CPP)와 시장확보지수(PFS)가 평균에 가까운 것으로 파악되었으며 독일, 일본은 피인용 횟수와 family 특허 건수가 모두 낮아 질적 수준뿐만 아니라 시장확보력 또한 낮은 국가로 나타남

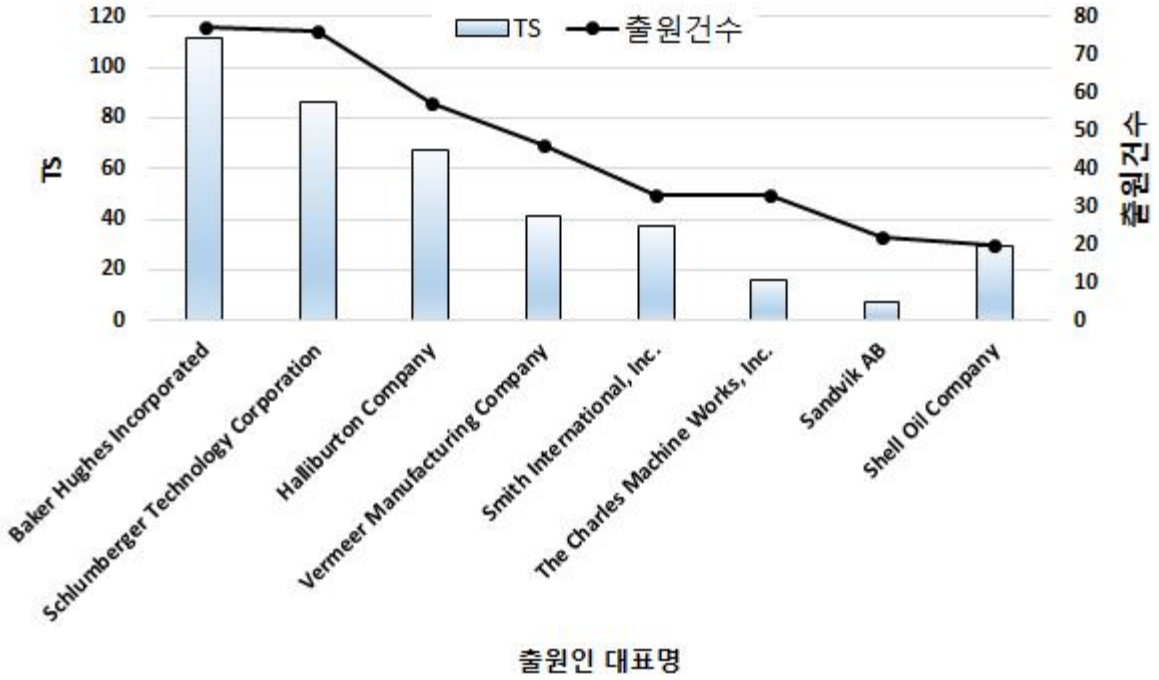


그림 2.101 출원인별 출원건수 및 기술력지수

○ 베이커 휴즈(Baker Hughes)사는 1907년에 설립돼 90개가 넘는 국가에서 드릴링 서비스와 더불어 오일&가스 산업을 전반에 두각을 나타내고 있는 세계 3위 거대 유전서비스(oilfield service) 업체임

○ 슐럼버거(Schlumberger)사는 1926년에 설립돼 140개가 넘는 국가에서 약 126,000명이 근무하고 있으며, 방향성 드릴링, 스팀뮬레이션(stimulation), 컨설팅(consultin) 서비스 제공과 더불어 석유산업에 지대한 영향을 미치고 있는 세계 1위 유전서비스 업체이며 시가총액은 1227억달러 수준으로 2위 할리버튼, 3위 베이커 휴즈의 시가총액(668억달러) 대비 두배 수준임

○ 할리버튼(Halliburton)사는 1919년에 설립되어 프랙킹이라고 더 알려진 수압파쇄 드릴링 기술 장비를 제공하는 업체로 미국 에너지 붐을 지탱해 왔다는 평가를 받고 있으며 2014년 11월 18일 세계 3위 유전서비스(oilfield service) 업체인 베이커 휴즈(Baker Hughes)를 인수함

다. 지향식 수평굴착 시스템(HDD)분야 국가별 수준 분석

국가명	등록 특허 건수	family 특허 건수	피인용 횟수	시장확보 지수(PFS)	순위	피인용도 지수(CPP)	순위	기술력 지수(TS)	순위
미국	250	2,437	4,335	9.75	2	17.34	2	23.62	1
캐나다	14	61	556	4.36	7	39.70	1	3.03	2
호주	6	30	33	5.00	5	5.50	6	0.18	3
일본	4	23	24	5.75	4	6.00	5	0.13	5
노르웨이	3	31	23	10.33	1	7.70	4	0.13	5
프랑스	3	26	11	8.67	3	3.70	7	0.06	7
스웨덴	3	15	32	5.00	5	10.70	3	0.17	4

○ ‘지향식 수평굴착 시스템(HDD)’ 관련 기술의 시장확보지수(PFS)는 노르웨이, 미국, 프랑스 순이었으며, 피인용지수(CPP)는 캐나다, 미국, 스웨덴 순으로 분석됨

○ ‘지향식 수평굴착 시스템(HDD)’ 관련 기술의 질적 수준과 양적 수준을 고려한 종합적인 기술수준을 의미하는 기술력지수(TS)는 미국, 캐나다, 호주 순으로 파악됨

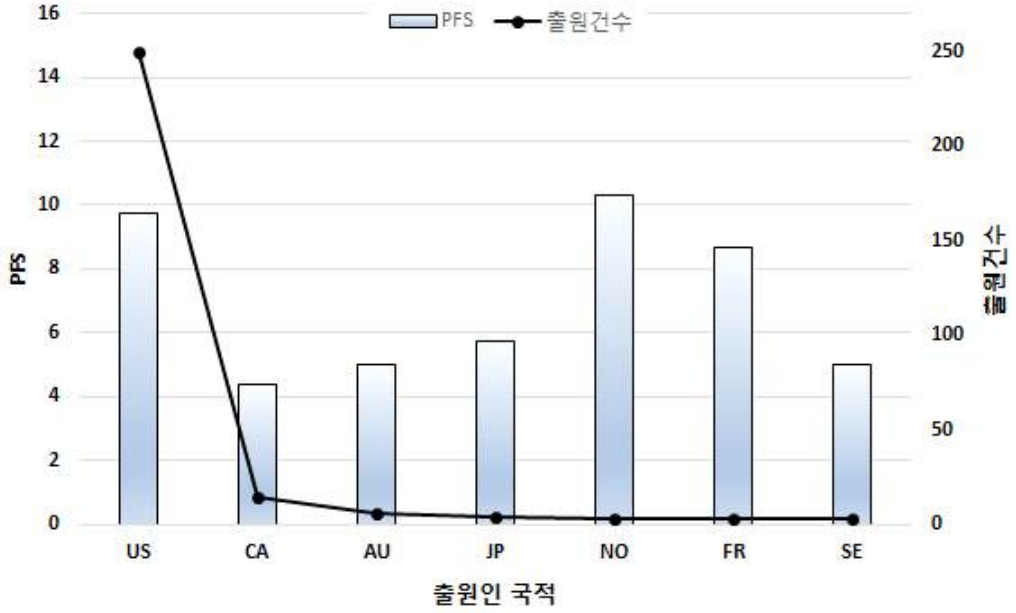


그림 2.102 출원인 국가별 출원건수 및 시장확보지수

○ 출원인 국적이 미국인 경우, 출원한 특허가 시장성을 확보하기 위한 활동이 활발하며 노르웨이, 프랑스 경우 특허출원수에 비하여 시장 확보를 위한 활동이 매우 활발함

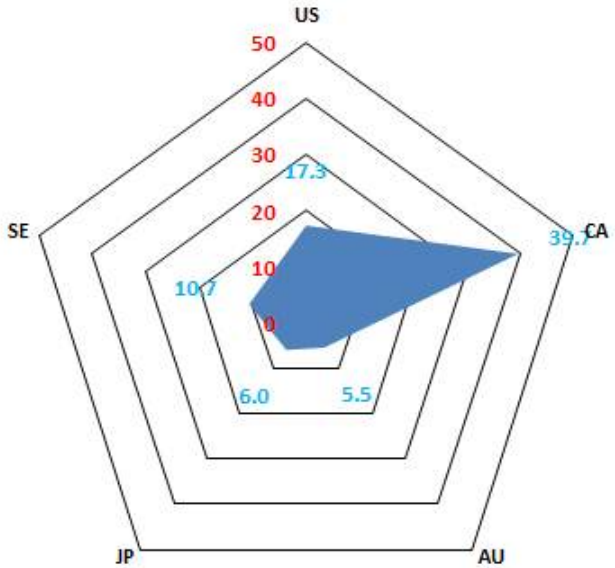


그림 2.103 출원인 국가별 출원건수 및 인용도지수

○ 출원인 국적이 캐나다인 경우, 질이 높은 원천특허들을 출원하는 것으로 나타나고 있음

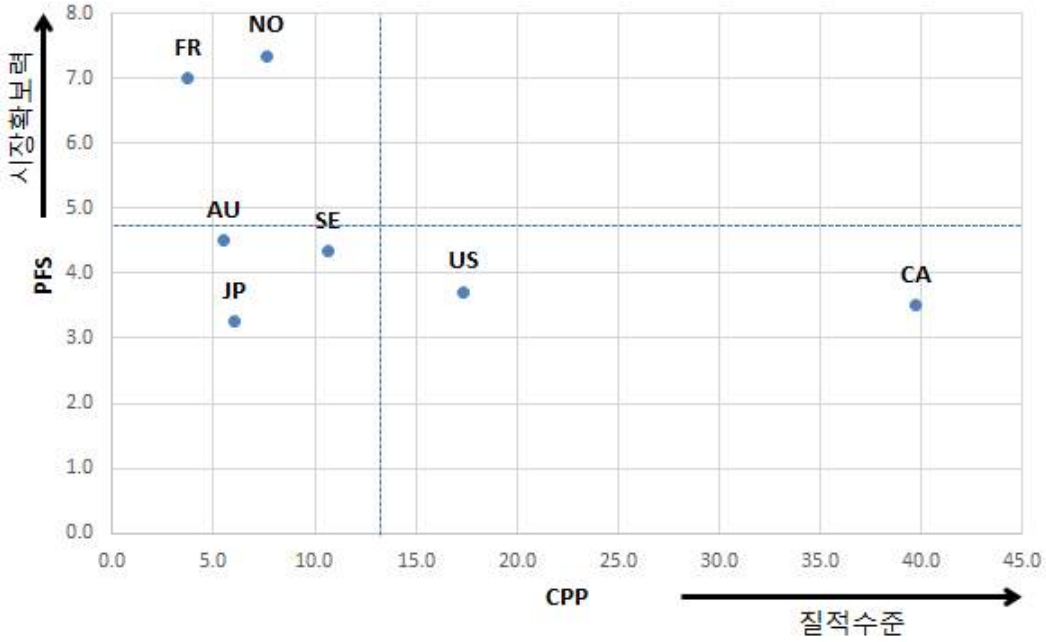


그림 2.104 출원인 국가별 기술영향력과 시장확보력

○ 기술의 피인용도지수(CPP)와 시장확보지수(PFS) 모두 평균보다 높은 국가는 존재하지 않았고 미국과 캐나다 경우 기술의 질적 수준을 나타내는 피인용도지수(CPP)는 평균 이상으로 나타났으나 시장확보력이 평균 이하인 것으로 파악되었으며, 노르웨이, 프랑스는 시장확보력은 평균 이상이나 기술의 질적 수준이 낮은 국가로 나타남

○ 또한, 호주, 스웨덴, 일본은 피인용 횟수와 family 특허 건수가 모두 낮아 질적 수준뿐만 아니라 시장확보력 또한 낮은 국가로 나타남

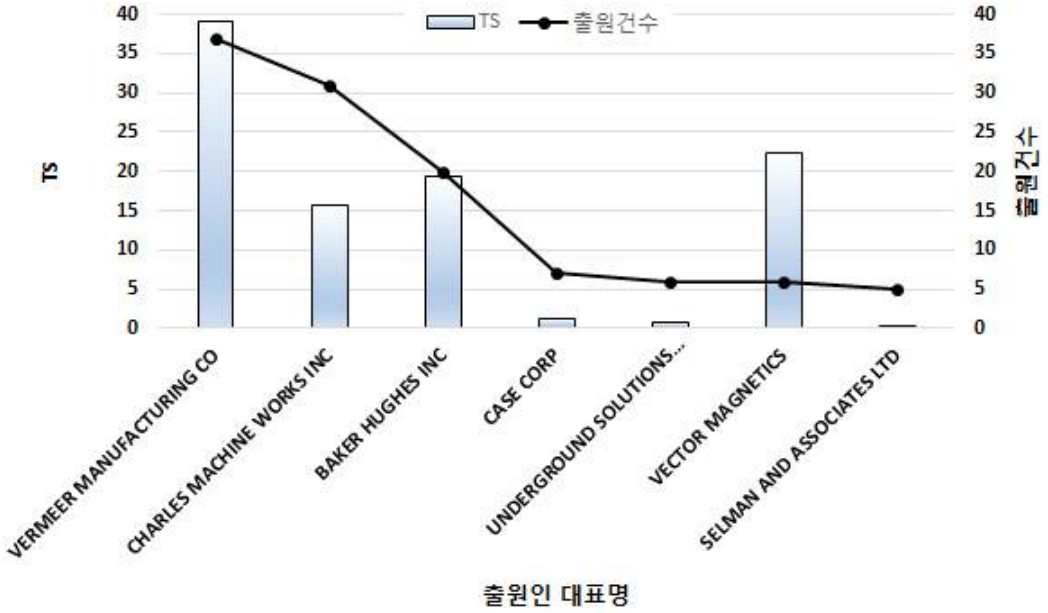


그림 2.105 출원인별 출원건수 및 기술력지수

○ 버미어(Vermeer)사는 1948년 미국에서 창립된 산업용, 농업용, 건설용 장비 전문 제조사로 60년이 넘는 기간 동안 각종 산업 현장에 우수한 품질의 버미어 제품을 공급함으로써 천연자원 관리, 수도 인프라 개선, 바이오 매스 등 산업에 이바지하고 있는 기업임

○ 찰스기계(The Charles Machine Works, Inc., CMW)사는 1949년 미국에서 창립된 유틸리티 설비, 파이프라인 시공, 광물채취용 장비 전문 제조사로 지하시공(underground construction)을 위해 혁신적인 해결책을 마련하여 세계를 이끌어가고 있는 기업임

○ 베이커 휴즈(Baker Hughes)사는 1907년에 설립돼 90개가 넘는 국가에서 드릴링 서비스와 더불어 오일&가스 산업을 전반에 두각을 나타내고 있는 세계 3위 거대 유전 서비스(oilfield service) 업체이며, HDD 전용 드릴비트 분야에서 선도적인 역할을 하고 있음

6.2 기술수준 분석

가. 기술수준 평가

○ 기술동향 조사, 특허 및 논문 분석 등을 통하여 기술경쟁력과 격차, 핵심연구영역 등을 파악하였음

○ 종합적인 기술수준과 격차는 기술동향 분석자료를 토대로 전문가 평가를 통해 소분류별로 아래 표와 같이 도출함

표 2.31 기술수준 및 기술격차(소분류)

소분류	한국		일본		미국		중국		독일		프랑스		영국	
	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차
리그플랫폼(AA)	72.8	3.5	88.0	0.9	97.7	0.5	86.2	2.0	98.7	0.2	95.0	0.6	94.0	0.6
회전(BB)	67.2	4.7	92.2	0.6	97.3	0.5	89.6	1.0	99.2	0.1	93.2	0.6	92.2	0.8
이수순환(AC)	67.4	5.0	86.8	1.4	96.7	0.5	86.4	2.0	98.5	0.2	88.8	1.0	89.8	1.0
동력(AD)	70.6	3.8	88.8	0.9	97.2	0.5	89.5	1.7	99.4	0.1	90.8	0.9	94.8	0.6
방향제어(AE)	62.2	5.6	86.2	1.4	96.6	0.8	81.8	3.3	98.7	0.2	92.2	0.8	93.2	0.7
유정제어(AF)	60.8	5.8	87.5	1.0	95.5	0.9	85.2	2.8	99.2	0.1	90.5	1.0	94.5	0.7
모니터링(AG)	70.2	3.7	87.8	1.1	96.8	0.5	85.1	2.7	99.4	0.1	92.8	0.9	93.8	0.8
시뮬레이션(AH)	65.4	3.8	90.6	0.8	95.2	0.7	86.4	2.4	98.5	0.2	93.6	0.8	92.6	0.9
지반특성(AI)	66.0	3.7	90.8	0.8	96.5	0.6	82.0	3.2	98.0	0.2	93.8	0.8	94.8	0.7
HDD유닛(BA)	66.4	4.3	90.4	0.8	97.3	0.5	79.7	3.7	99.4	0.1	93.4	0.8	95.4	0.7
운전(BB)	68.4	4.0	88.0	0.9	96.1	0.6	79.5	3.7	98.9	0.2	94.0	0.7	94.0	0.8
탐색/탐상(BC)	69.4	3.5	90.4	0.8	96.4	0.7	78.2	3.8	99.3	0.1	92.4	0.8	93.4	090

나. 기술격차 해소방안

○ 기술격차 해소를 위해서는 R&D 투자확대와 장비/실험설비 구축이 최우선과제로 분석됨

○ 이는 기존 연구지원 및 인프라 부족에 기인하는 것으로 분석됨

○ 리그플랫폼, 동력장치, HDD 유닛 등은 산학연 중심의 국산화가 가능

표 2.32 드릴시스템분야 기술격차 해소방안

⊙ :1순위, ○ :2순위, · :3순위

소분류	장비	인력	R&D	중기 육성	기초 연구	법제도	산학연
리그플랫폼 (AA)	·		○				⊙
회전 (BB)	○		⊙	·			
이수순환 (AC)	○	·	⊙				
동력 (AD)			·	○			⊙
방향제어 (AE)	·	○	⊙				
유정제어 (AF)	○		⊙	·			
모니터링 (AG)	○		⊙	·			
시뮬레이션 (AH)		○	⊙		·		
지반특성 (AI)	○		⊙		·		
HDD 유닛 (BA)			⊙	·			○
운전 (BB)	○		⊙				·
탐색/탐상 (BC)	○		⊙		·		

·장비: 장비/설비구축
·인력: 인력양성
·R&D: R&D투자확대
·중기육성: 중소기업육성
·기초연구: 기초연구지원확대
·법제도: 법제도 정비
·산학연: 산학연 연계강화

표 2.33 드릴링분야 기술격차 해소방안

소분류	해소방안
리그플랫폼 (AA)	▪ 자원탐사-엔지니어링-플랜트-핵심장비-채굴-수송 등이 연계된 체계적인 R&D 구축 ▪ 시스템 통합설계 능력, 실증실적, 사업관리 및 운영 시뮬레이터 역량 확보
회전 (BB)	▪ 대용량 회전시스템, 호이드팅, 모터 등을 국산화 개발이 필요
이수순환 (AC)	▪ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템, 이수 혼합 공급 처리시스템에 관한 연구개발을 통하여 역량을 확보
동력 (AD)	▪ 기존 유틸리티의 주요기기는 도입하나 운영기술 중심으로 습득이 필요
방향제어 (AE)	▪ 방향성 추진체 및 제어, 다운홀 모터 및 터빈, MWD 등을 개발하여 전체시스템에서서 검증 ▪ 국제공동 기술개발 투자 및 국제공동프로젝트 실증 경험 습득
유정제어 (AF)	▪ 비교적 많은현장 노하우와 데이터베이스가 필요한 분야로 지속적인 연구개발과 현장 실증을 지원
모니터링 (AG)	▪ 대중소기업 공동 사업관리 인프라 구축하고, 운영 기술 및 통합관리 시뮬레이터 기술 개발
시뮬레이션 (AH)	▪ 지층정보 해석 및 처리, 추진체 항법제어장치, 방향제어 조작기술 등을 연구개발하고 훈련시스템으로 보급 활성화
지반특성 (AI)	▪ 방향성 드릴링 부지특성화 및 평가, 설계/시공/모니터링정보화, 다운홀 검층 및 평가기술 등을 개발 ▪ 지반 파쇄 및 유동성 향상기술을 확보 ▪ 국제공동 기술개발 투자 및 국제공동프로젝트 실증 경험 습득
HDD 유닛 (BA)	▪ 비개착 관망 시공시스템을 국산화 하여 장비를 실증하고 보급을 위한 국가차원의 핵심 분야 공동 연구 및 인프라 구축
운전 (BB)	▪ 비개착 공동 내 관망연결 및 확공기술 등 운영상 데이터와 노하우 축적
탐색/탐상 (BC)	▪ 천심도 지층 탐사 및 평가장비기술, 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술을 확보

다. 전체 요소기술 분석

- 자체 개발 : 기술수준이 중· 상이면서 개발 난이도가 중간이고 타겟시장이 존재하여 진출가능성이 높고, 전략적으로 중요성이 높은 기술은 국내 개발을 추진
- 기술 도입 : 기술수준이 중·하이면서 개발 난이도가 높고 시스템에서 전략적으로 중요성이 높은 기술은 기술을 도입하는 전략으로 추진
- 조달 품목 :기술수준이 중· 상이면서 타겟시장이 존재하나 전략적으로 중요성이 낮은 기술은 시장도에서 도입을 추진

구분	요소기술		기술 수준	기술 역량	개발 비용	타겟시장	시장진출 가능성	전략적 중요성	개발 난이도	도입 용이성	종합 분석
DD	인양 (AA)	Derrick & Boom	70	중	높음	장비	중	상	중	중	개발
		Travelling block, Draw work 등 부품기술	80	중상	중간	기자재	상	하	중	상	조달
		Hoist	75	중	높음	장비, 기자재	상	중	중	상	개발
		Pipe Rack & Handling Unit	80	중상	중간	장비, 기자재	상	상	중	상	개발
	회전 (BB)	Rotary table	65	하	높음	장비, 기자재	중	중	중	중	조달
		Drill pipe	85	중상	낮음	기자재	중	하	하	상	조달
		Top drive	65	중하	높음	장비, 기자재	중	상	상	하	개발
		HPU	85	중상	중간	장비, 기자재	상	중	중	중	조달
	이수순환 (AC)	Mud	80	중상	낮음	기자재	중	중	중	하	개발
		Cleaning system	85	상	낮음	장비, 기자재	상	상	중	중	개발
		Pump	70	중	높음	장비, 기자재	중	중	상	하	조달
		Ejector	77	중	낮음	기자재	상	중	중	중	개발
		Monitering system	65	중하	높음	기자재	중	상	상	하	개발
		처리부품류	85	중상	낮음	기자재	상	중	하	상	조달
	동력	Power package	87	중상	중간	장비, 기자재	중	중	중	중	조달

	(AD)										
	방향제어 (AE)	추진체(Motor & Turbine)	67	중하	중간	기자재	중	상	중	중	개발
		RSS 방향제어시스템	65	중하	높음	장비, 기자재	중	상	상	하	개발
		Measurement while drilling(MWD)	65	중하	중간	기자재	중	상	상	하	개발
		지중 내비게이션	65	중하	높음	기자재	중	상	상	하	도입
		드릴 비트	80	중상	낮음	기자재	중	하	하	상	조달
	지반특성 (AI)										
		Ground characteristic	75	중	높음	서비스	중	상	중	중	개발
		Micro-seismic	65	중하	높음	서비스	중	상	상	하	개발
		Logging while drilling(LWD)	67	중하	중간	기자재	중	상	상	하	개발
HDD	유닛 (BA)	Rig unit	70	중	중간	장비, 기자재	상	상	중	중	개발
		Drill mud handling unit	70	중	낮음	장비, 기자재	상	상	중	중	개발
		Power unit	87	중상	중간	장비, 기자재	상	중	중	상	조달
		Reaming 유닛	90	상	낮음	기자재	중	하	하	상	조달
		HDD용 파이프 및 연결구	85	중상	낮음	기자재	상	중	중	중	개발
		제어장치	75	중	낮음	기자재	중	중	중	중	개발
		차량	90	상	낮음	장비, 기자재	중	하	하	상	조달
	운전 (BB)	모니터링	65	중하	높음	기자재	중	상	중	하	개발
		파이프연결	67	중하	낮음	기자재	상	중	중	중	개발
		드릴공 확공기술	70	중	낮음	서비스	상	중	중	중	개발
		지반 안정화기술	65	중하	낮음	서비스	상	상	중	중	개발
	탐색 (BC)	탐색 및 평가장비	75	중	중간	기자재, 서비스	중	중	상	중	도입

7. 종합 분석 및 시사점

7.1 메가트렌드 및 이슈

메가트렌드		주요전망	미래 이슈
사회문화분야(S)	인구감소·노령화에 따른 경제활동인구 감소	기능 및 기술인력 부족에 따른 자동화, 원격화 **드릴시공 확산**	산업생산인구 감소에 따라 **자동화, 원격**, 무인화, 네트워크화 드릴링 기술의 수요 증가
	도시·산업단지 집중현상 심화	도시단지 등에서 **비개착식 관로**공사의 제한	도시·산업단지의 에너지·물 등 효율적 이용과 차세대 건설기술로 **비개착식 시공** 요구
과학기술분야(T)	경제·사회현안, 미개척 과학기술 진보	**환경, 물·에너지·자원** 등 문제해결 위한 **첨단기술 접목** 증가	미개척지 진출를 위한 환경, 신소재, 로봇, **장거리 드릴링** 등 **극한기술**의 수요 증가
	기술 분야 간 융복합화 가속	ICT 기반 네트워크, **가상·원격** 등 융복합기술의 건설 전반에 확산	기술분야간 융복합화 가속, **동토나 심해 자원 탐사개발 등 가혹한 현장의 건설**을 **원격기술** 실현 요구
경제분야(E)	시장·기술 다변화 등 세계경제는 글로벌화 가속	**자원 탐사 및 개발분야 드릴링** 및 **서비스** 산업분야의 기술장벽 강화	국가간, 지역간 경계를 넘나드는 교통, 물류, **자원 채굴 및 이송 등 산업수요** 증가
	글로벌 네트워크 및 협업 활동 가속화	참여 주체간 협업기능과 역량이 경쟁력의 원동력으로 부상	ICT 기반의 **드릴링 및 서비스 프로젝트** 전주기 통합수행환경 실현기술 요구
생태환경분야(E)	기후변화 및 환경오염 심화에 대응 청정생산체계 확산	자원개발에 따란 **지중오염**에 대한 규제 강화	건설 전분야에 청정개발체제 확산, **오염물질 처리 및 지하저장공간 확보**를 위한 **굴착 및 경로 형성기술** 등 요구
	물·에너지·자원 수요 증가에 따라 생산투자 지속 증가	**비전통에너지 개발수요 증가**에 따라 탐사개발 수요 증가 다양한 **라이프라인의 지중화** 설계 및 건설이 증가	**비전통에너지 개발, 극한지 자원 탐사·개발**을 위한 **방향성 드릴링 기술** 등 증가
정치안보분야(P)	무역장벽 관련 국가별 보이지 않는 장벽 심화	선진국과 개발도상국의 제도·기술적 격차 심화, TBT에 의한 보이지 않는 **무역장벽** 증가	드릴링 개발에 있어 해외 현지 기술규정, 표준 및 적합성 평가절차 등에 의한 TBT 대응 요구
	자연·인위재해 위험도, 국가간 물·에너지 갈등 증가	도시·산업시설의 재난 위험도 및 피해규모가 증가, **지중화 건설** 증가	전주기적인 재난재해 방지기술 요구 증가로 **지중 작업의 안정성을 위한 드릴링 기술** 증가

7.2 종합분석

가. 글로벌 드릴리 시장 성장동인

□ 드릴링 리그 시장의 주요 동인 및 지표는 ① 에너지 수요 증가 ② 오일/가스 생산 증가 ③ 오일/가스 가격 민감성 ④ 드릴공 개수 증가 ⑤ 새로운 자원의 탐사 및 개발의 5 가지로 분류됨

○ **(에너지 수요 증가)** 세계적으로 내륙/해상 지역 모두에서 오일/가스 수요의 지속적인 증가는 드릴링 시장의 근본적인 동인임

- Exxon Mobil에 따르면, 비OECD국가의 에너지 수요는 2040년까지 약 65% 증가할 것으로 증가하였으며, 이는 전체 OECD국 수요의 약 2배 수준임
- 더불어 세계에서 4번째로 에너지 소비가 많은 인도의 에너지 수요가 지속적으로 증가함에 따라 드릴링 리그에 대한 수요 변화에 크게 영향을 미칠 것으로 판단됨

○ **(오일/가스 생산 증가)** Douglas-Westwood는 서유럽과 아시아를 제외한 세계 전 지역에서 '17년까지 오일/가스의 생산이 지속적으로 증가할 것으로 전망함

- 생산 포화 단계에 접어든 지역에서는 생산 수준을 유지하기 위해 추가적인 드릴공이 요구될 것이며, 추가 드릴공을 위한 드릴링 작업은 보다 복잡한 절차가 요구됨
- 드릴공 복잡성(Complexity) 증가는 물리적으로 요구되는 작업이 많아지고 시간도 많이 소요됨에 따라 드릴링 시간, 유지비용의 증가를 야기함

○ **(드릴공 개수 증가)** 글로벌 경기침체의 영향으로, '09년 드릴공 개수는 '08년 대비 22% 감소함

- 반면, 방향성/수평 드릴링 시장의 성장으로 드릴공 개수는 '13년 이후 5년 간 약 20% 증가하여 '17년에는 역사상 가장 많은 개수를 나타낼 것으로 전망됨
- 방향성/수평 드릴링은 생산 포화 단계에 접어든 지역에서 생산 증가에 대한 수요가 높아짐에 따라 '02년 ~ '08년 기간 동안 두 배 이상 증가함
- 이러한 트렌드는 향후 5년 간('13년 ~ '17년) 지속될 것으로 예상되며, 이에 따라 최신 드릴링 리그 장비에 대한 요구가 증가할 것으로 전망됨
- '13년 전체 드릴링 시장 규모의 약 28%를 차지한 방향성/수평 드릴링 비중은 '17년 약 31%로 성장할 것으로 판단됨

- 셰일가스와 같은 비전통적인 자원 개발은 방향성/수평 드릴링 시장 규모를 증가시킬 것으로 전망됨

○ **(새로운 유·가스 탐사 및 개발에 따른 지속 성장)** 최근 셰일 가스의 개발은 북미 지역 드릴링 시장 성장에 큰 영향을 미침

- 오일/가스 탐사와 개발은 아직까지 북미 지역에 큰 영향을 미치는 반면, 유럽, 호주, 아시아 지역 또한 비전통적인 가스 자원 개발을 추진하고 있음
- 셰일 가스와 탄층(Coal Bed Methane) 프로젝트가 대부분 많은 양의 방향성/수평 드릴링 드릴 작업을 요구함에 따라 드릴링 리그 시장의 성장과 변화를 야기할 것으로 판단됨
- 동토나 극지 등 미개척지 탐사·개발에 따른 방향성 드릴링 수요가 증가할 것으로 전망됨

나. 글로벌 드릴링 기술 발전과 기술격차 해소

□ 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도 증대, 각종 파이프라인 지하시공 증가 등으로 수직·수평·경사 등 방향 제어가 가능한 드릴(드릴링)기술의 적용이 증가

※ 비전통 자원·에너지: 오일샌드, 석탄 청정 가스화, 대심도 지중 가스화 등 기존 석유 및 가스 채굴 등과 다른 방식으로 생산하는 탄화수소 함유 에너지원

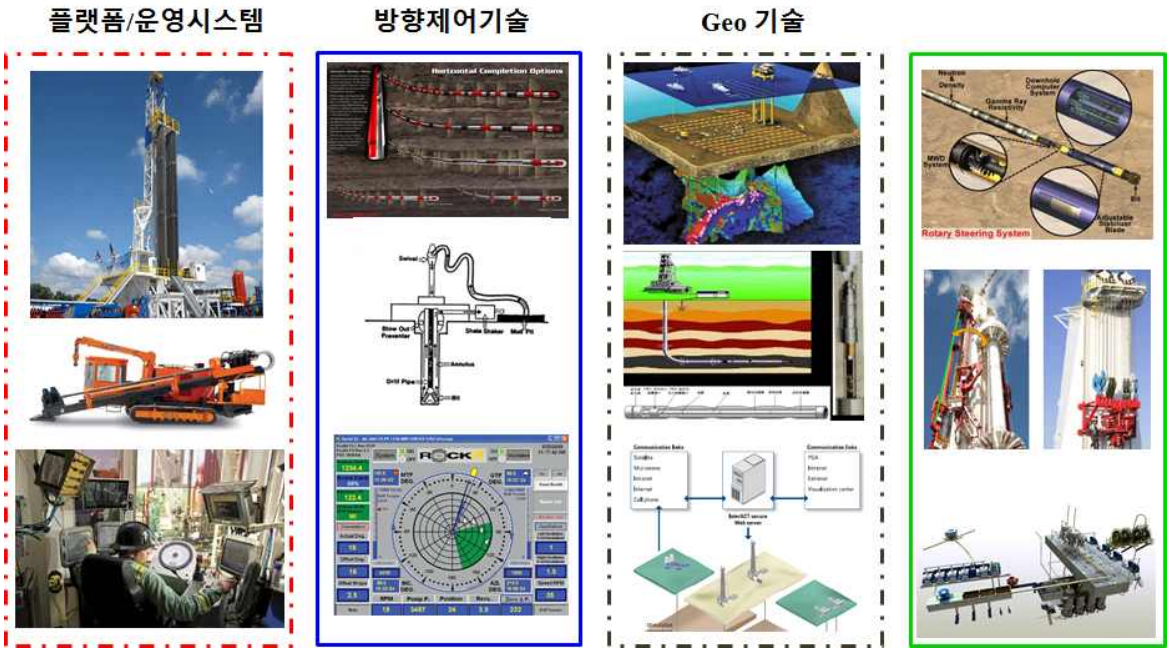
○ **(장비 및 기술수요 증가)** 이에 따라 기존 오일·가스전 생산 증진, 비전통에너지 개발, 미개척 극지 및 동토 에너지자원탐사 및 개발을 위한 **드릴링 장비 및 기술 수요는 증가 전망**

* 현재는 3~5 km 급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진속 등에서 괄목할 만한 기술적 진전이 있었고, 최근 ICT 기반 원격시공기술이 첨단화 되고 있음
* 실시간으로 지중 추진체의 상황을 모니터링하고, 지층의 정보에 따라 경로궤적으로 수정하여 효율적인 탐사 및 개발이 가능한 수준
* 환경적인 측면에서 이수물질에 대한 규제가 강화되고 있어 드릴공의 안정화 및 압력 제어에 관한 기술이 향상됨
* 드릴리그, 공저장비(steerable downhole assembly)나 방향제어유닛, 머드순환/핵심기자재, 통합제어운영시스템, 지중 내비게이션, 추진체 탑재형 센서 및 계측장비, 지반탐사 및 파쇄예측평가기술 등

○ (해외기술 의존 및 기술장벽 심화) 본 기술분야의 원천 및 시스템 기술은 일부 선진기업이 독점하고 있어 자체 인프라 건설 및 자원·에너지 개발에 있어서 해외

의존이 심화되고 있음

* 미국의 유전 서비스 업체인 Halliburton사, 독일의 Schlumberger사 등에서 세계 장거리 방향성 드릴시장을 주도하고 있음
* 일본의 경우에도ㅅ 독립행정법인 JOGMEC를 통하여 독자 개발하여 기술이전 및 활용이 활발하게 진행되고 있으며, 석유·가스자원 개발, 특히 메탄하이드레이트 개발에 응용 등을 선도하고 있음
* 중국은 자국의 유전을 바탕으로 1990년대 중반부터 장비 시장에 진출하여, 현재 많은 기업이 드릴링장비를 제작 및 공급하고 있으며 최근에는 드릴서비스 시장으로도 진출(흥아)



○ **(비개착 관로 시공 증가)** 수평 방향성 굴착의 경우 독일, 미국, 일본 등은 1970년대부터 장비 개발 및 시공을 시작하여, 관련 노하우를 축적하고 있음

- 일본은 JSTT(일본 비개착 기술협회)를 설립하여 종합적인 비개착 공법 장비 및 기술 개발을 주도하고 있음
- 미국은 NASTT(북미 비개착 기술협회)에서 비개착 공법의 개발 및 시공에 관한 정보 교류, TCC(산학협력연구소)에서 유럽, 일본과의 기술 격차를 해소하기 위한 연구 개발 수행

□ 우리나라의 경우 정부의 에너지개발 사업 추진과 관련하여 지난 10여 년간 국내의 공공기관 및 대기업에서 해외자원개발에 주력하고 있으나 major oil사들의 경험 및

자본력에 미치지 못하고 있음

○ **(해외자원개발의 핵심장비와 서비스기술은 해외조달)** 국내 기술 및 인력부족 등에 의해 대부분 지분투자에 그침. 다만, 국내 공기업 및 일부기업에서 해외자원 개발권을 확보하는 실정

* 한국가스공사는 아프리카, 인도, 동남아, 중동 등에서 가스개발사업에 투자 중이며 캐나다 및 북극권에서 지분참여 및 개발생산 중. 한국석유공사는 24개국 59개 석유개발 프로젝트에 참여

○ **(전문인력 및 기술력 부족)** 해외자원개발에 따른 국내기업의 국제경쟁력은 자원개발 기술 및 자본 등에서 크게 뒤쳐지고 있는 실정이며, 일부 기업에서 소규모의 에너지 및 금속자원 개발에 직접투자하고 있으나 전문인력 및 기술력 부족

○ **(후발 국가의 개발사례를 벤치마킹하여 개발 필요)** 종합분석 시 일본, 중국 등 개발사례를 벤치마킹하여 드릴시스템 및 서비스 기술의 개발은 타당성이 있음

다. SWOT 분석

외부 요인 / 내부 요인	O(기회)	T(위협)
	- 에너지 수요의 증가 • 중국, 인도 등 신흥공업국의 탄화수소 수요증가로 지속적 자원개발 **- 비전통자원개발의 경제성 확보** • 고유가 및 수평드릴 등 기술의 비약적 발전으로 비전통자원 개발 경제성 확보 **- 저개발 자원부국 진입기회** • 저개발 자원부국의 자원개발이 가속화되고 있으며 중소/중견기업의 시장진출이 가능한 규모 • 중국, 동남아 등 한국 인근 지역의 풍부한 자원부존과 개발 잠재력	**- 지구온난화에 따른 녹색성장정책** • 녹색성장정책 확대로 신재생에너지 기술투자에 대한 사회적 선호도 제고 **- 자원민족주의 의식 팽배** • 자원부국의 자원민족주의 의식으로 자원개발 시장 신규진입이 어려우며 중국 등의 자본에 의한 자원시장 잠식 **- 기술보호 가속화** • 치열한 글로벌 기술경쟁 • 수평드릴링, 수압파쇄 등 비전통자원개발 핵심기술의 미국 독점과 개발기술 공개에 제한적
S(강점)	**SO 전략**	**ST 전략**
- 국내의 높은 자원개발 의지 • 에너지자원안보 실현을 위한 정부의 해외자원개발 정책 • 석유공사, 가스공사 등 공기업 및 민간기업의 적극적인 해외자원개발 투자 및 기술개발 의지 **- 선진화된 기반기술 보유** • IT, 기계, 화공, 제어 등 자원개발 관련 산업의 선진화된 기술력 보유 • 높은 수준의 상세설계 및 시공기술 및 인력보유 **- 관련 기초기술 확보** • 비전통자원개발 관련 국가R&D를 통해 관련 핵심기술 기초연구 수행	**▶ SO: 집중화** ◦ 정부의 자원개발 정책과 관련기업의 적극적인 사업투자에 따라, 비전통자원개발을 위한 기술개발 및 개발기술 활용을 위한 산업여건이 지속적 성숙 ◦ 국내 발달된 IT, 기계 및 화공 기술력을 기반으로 한 친환경적 비전통유·가스전 개발 핵심 및 전략기술의 조기확보로 저개발 자원부국 진입가능 ◦ 관련한 연구결과를 바탕으로 저개발 자원부국과의 공동R&D를 추가 진행하여 자원부국 시장적용형 기술 확보	**▶ST: 다각화** ◦ 날로 높아지는 선진국의 기술장벽을 극복하기 위해 국내 발달된 유관 산업 기술과의 융복합한 신기술개발 ◦ 국내 풍부한 자본력을 기반으로, 해외 E&P 혹은 기술서비스 기업과의 M&A를 통해 국내 관련 산업 및 시장 규모 확대 ◦ 국내기업이 투자한 비전통자원개발 경험을 최대한 확보하여 본 기술 R&D에 적용하여 기술개발 시행착오를 최소화
W(약점)	**WO 전략**	**WT 전략**
- 자원개발 현장의 부존 • 빈약한 국내 유가스 부존 여건으로 관련 기술개발의 한계 • 현장 적용의 한계로 Track Record 확보의 현실적 문제 **- 현장기술 및 인력 부족** • 자원개발분야 선진국(미국)과 현장기술 및 원천기술력 격차 • 현장 전문인력 부족 **- 미흡한 산업생태계** • 국내 자원산업이 초기 단계 • 국내 수요 부재로 장비, 서비스 기업의 생태계 미흡	**▶WO: 선회지향적** ◦ 국내기업이 진출, 확보한 해외 비전통유·가스전의 실증기술개발 현장 및 자원부국과의 공동R&D현장을 활용함으로서 국내 현장 취약성 극복 ◦ 국내 부족한 전문인력 및 R&D 인프라를 산학연 공동협력체제 구축을 통해 극복 ◦ 기술개발사업 참여 기업 형태의 다양화(E&P기업, 서비스기업, 드릴링장비제작 등)로 기술개발 성과의 다양한 확산 구조 마련	**▶WT: 방어** ◦ 해외 선진 기술보유국 중견기업과의 기술협력, M&A등을 통해, 국제 기술경쟁 및 기술보호에 선제적 대처 ◦ 선택과 집중을 통한 기술개발 전략시행으로 핵심기술을 조기에 자립함으로써 국제시장 및 기술 변화에 능동적 대처 ◦ 사업에 참여하는 기업을 중심으로 자원개발 기술서비스 기업으로 성장할 수 있도록 TrackRecord 확보 등 지원책을 마련

라. 추진방향 모색

○ **(해외 시장수요에 대비 및 신산업 창출방안 모색)** 드릴링분야 시장 확대에 대비하고 국내적으로는 해외자원 확보 정책에 힘입어 해당분야 연구개발 추진을 통하여 신산업 생태계 조성과 해외 진출을 추진 필요

* 방향성 드릴링 장비 개발을 포함한 운영기술의 개발은 위에서 시장분석에 비추어 개발 필요성이 증가하고 있으며 개발 이후의 사업성도 클 것으로 예상됨
* 현재 조선해상산업 중심으로 일부 기자재에 대한 개발 OEM 공급 등이 이루어지고 있으나 육상 드릴시스템의 개발을 통하여 산업 생태계 저변을 확장 가능

○ **(기술장벽 해소 및 경쟁력 제고를 위한 선별적 연구개발 추진)** 드릴링분야의 선진기업의 기술 장벽을 해소하고 해외 현장에 진출하기 위해서는 우리의 강점을 이용한 선별적인 연구개발 추진이 요구됨

* 리그 본체 및 일부 기자재에 대한 설계 및 제작능력은 갖추고 있어 국산화 가능한 분야로 사료됨. 그러나 방향추진 및 제어, 이수시스템 등 핵심기술에 접근이 어려우며, 이를 노하우로 Halliburton사, Schlumberger사 등이 시장을 주도
* 국내의 경우 도심지하, 하천이나 강 하부 지층내 수평 및 방향성 드릴링의 수요가 증가됨에 따라 방향성 드릴링기술 확보 필요. 또한, 국내 발달된 기계, IT 및 제어 기술을 기반으로 세계 최고 수준의 방향성 드릴기술 확보 가능

○ **(기술장벽 극복을 위한 실증적 트랙 레코드 확보)** 드릴링 시장의 경우도 플랜트건설시장으로서 장비 및 현장 서비스 등 실적이 중요하므로 실증 실적으로 확보 필요

* 해외 드릴링 시장은 철저한 경제성과 신뢰성이 중요하며, 적용실적에 대한 검증을 통하여 진출이 가능함
* 본 연구개발의 추진에 있어서 테스트베드에 대한 전략적인 검토가 필요하며, 기자재 국산화를 병행 필요

○ **(국제교류 확대 및 경쟁기술 확보)** 선진기업의 시장 및 기술 카르텔이 심화되고 있고 관련 장비 및 기술의 조달에 있어 선진기업의 지배를 받는 관계를 극복 필요

* 당양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함
* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도하여 철저한 카르텔이 형성되어 있으며, 석유가격에 의존하기는 하는 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 교류협력을 확대 필요

임의공백

제3장 기술수요조사 및 후보 도출

1. 개요

○ 글로벌 다목적 방향성 드릴링 기술 및 시장 경쟁력 확보를 위하여 미래 전망, 미래사회의 이슈를 도출 등 탐구적 접근과, 도출된 이슈를 바탕으로 미래사회 니즈, 분류 및 세부 아이템을 도출하였음.

○ 다목적 방향성 드릴 시스템의 개발 사업단의 기술수요조사 및 후보과제 도출을 위하여 분과별 기획위원회를 조직하고, 각 분과별 전담 간사를 배치하였음.

○ 각 분과별 조사된 수요기술을 바탕으로 기술수준, 요구역량, 장애요인 등 기술 분석을 통한 후보과제를 도출하였음.

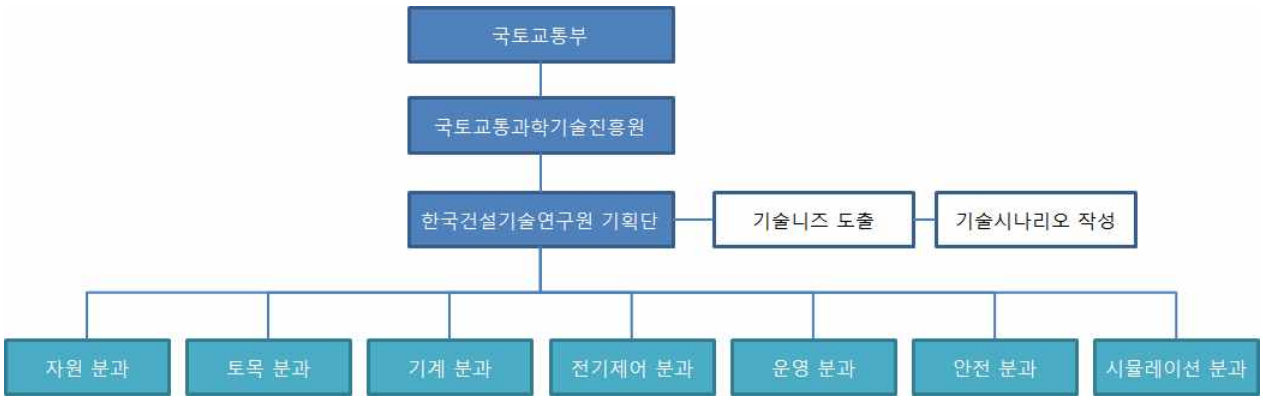


그림 3.1 기술수요조사 추진체계도

2. 기술수요조사

2.1 수요조사 방법론

가. 기본개념 및 절차

○ 미래사회의 전망 및 니즈 도출, 기술수요조사, 기술체계 구성을 위하여 4단계의 전문가 집단 자유토론 및 델파이 분석기법을 적용함

- 1단계 : 기술수요조사 추진계획 수립

- 2단계 : 미래사회 전망 및 니즈 도출(브레인스토밍, 델파이 조사)

- 3단계 : 수요 기술조사 및 후보기술 도출(브레인스토밍, 델파이 조사)

- 4단계 : 기술수요조사보고서 작성

○ 브레인스토밍이란 복잡하고 어려운 문제를 해결하기 위한 다양한 아이디어를 취득하기 위한 대표적인 토론 방식으로 토론 중 아이디어를 취합해 수정, 보완을 거쳐 독창적인 아이디어를 얻울 수 있는 장점이 있음

○ 델파이 분석기법이란 기초 자료가 빈약한 경우의 의사결정을 위한 토론 기법으로 전문가 반복적 의견 조회, 교환, 발전을 통하여 미래를 예측할 수 있는 장점이 있음

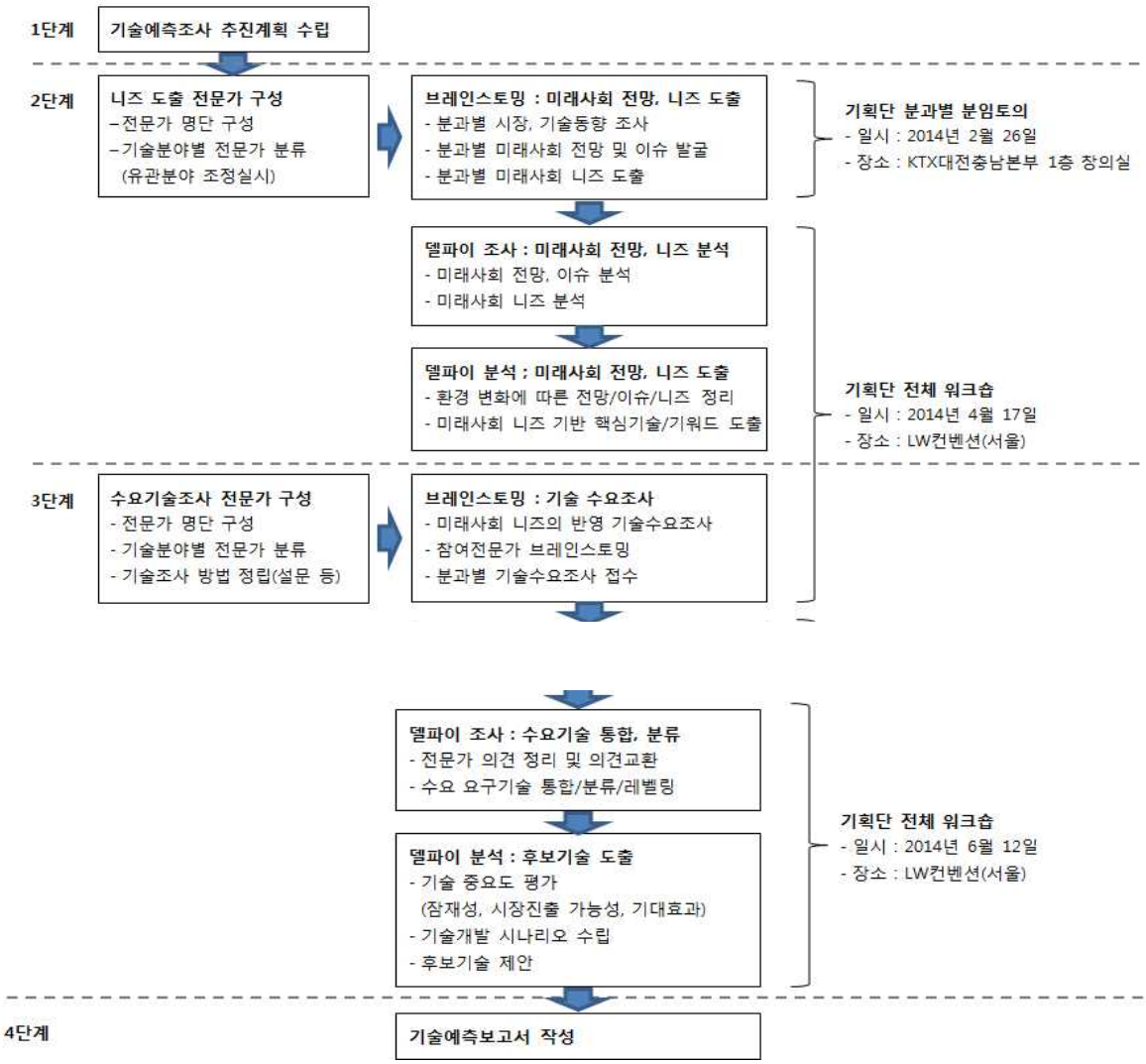


그림 3.2 기술수요조사 프레임 및 흐름도

나. 방향성 드릴링 산업분야 브레인스토밍

○ 미래산업 변화에 따른 방향성 드릴링 시스템 분야의 미래기술수요 도출을 위하여 기획위원 및 전문가 집단 대상 분과별 기획위원 워크숍을 시행함

○ 시장동향, 기술동향, 정책동향 등 선행 조사 결과를 바탕 상호 브레인스토밍을 통하여 기술 니즈를 도출함

- 제1차 워크숍

구 분	세부사항	비고
일시/장소	◦ 2014년 2월 26일 / KTX대전충남본부 1층 창의실	
주요내용	◦ 기술트리 완성 ◦ 동향조사결과→이슈, 견인요인 분석→SWOT 분석 ◦ 기술검토→기술수요 조정/통합→후보기술 도출(1차) ※검토: 연구목표/내용/범위, TRL검토, 기대효과 등 검토	

※기술검토 범위 : 연구목표/내용/범위, TRL 검토, 기대효과 등 검토

- 제2차 워크숍

구 분	세부사항	비고
일시/장소	◦ 2014년 4월 17일 / LW컨벤션(서울)	
주요내용	◦ 미래산업 변화에 따른 방향성 드릴링분야 전망/이슈/니즈 ◦ 방향성 드릴링분야 기술체계, 기술수요, 키워드 토의 및 종합 ◦ SWOT 분석 및 전략방향 수립 ◦ 사업단 비전 및 목표, 개발기술 후보 도출	

다. 기술분류체계

본 분석에서는 과제의 연구내용 제안서 및 담당 연구원과 논의된 것을 기초로 기술분류를 확립하여 분석을 수행하였으며, 심층분석 시의 기술 분야를 동일하게 적용함

표 3.1분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류
드릴링 (Drilling)	방향성 드릴링 (Directional Drilling) (A)	인양 (AA)
		회전 (BB)
		이수순환 (AC)
		동력 (AD)
		방향제어 (AE)
		유정제어 (AF)
		모니터링 (AG)
		시뮬레이션 (AH)
		지반특성 (AI)
	지향식 드릴링 (Horizontal Directional Drilling) (B)	유닛 (BA)
		운전 (BB)
		탐색 (BC)

표 3.2 산업계 통용 방향성 드릴링 기술분류 조사

기술분야	세부기술	원천기술	시스템기술
드릴리그 시스템	데릭 및 호이스팅		o
	드릴리그 회전		o
	파이프 핸들링		o
	유정제어 및 모니터링	o	o
	방폭시스템(BOP	o	o
이수순환	이수 혼합/공급/처리	o	o
	고압 이수펌프		o
	이수 모니터링/제어	o	o
	이수 설계/제조	o	o
	순환 시뮬레이션 기술	o	o
공정/방향제어	드릴링 방향제어 및 통신기술		o
	시추병행 물리검층 시스템(LWD)	o	o
	이수 모터 설계 및 제작	o	o
	공정장비(BHA; 비트, 드릴파이프 등)	o	o
수압파쇄	수압파쇄 주입		o
	수압파쇄 보조		o
	패커 및 Perforation	o	o
Micro Seismic	Microseismic	o	o
	파쇄대 성장방향 및 위치 탐지	o	o
환경오염	친환경 수압파쇄(주입) 유체	o	o
	Flowback Fluid 재활용, 최종처리		o
	환경오염원 모니터링		o
시뮬레이션 / 모니터링	방향성 시추 시뮬레이터		o
	수압파쇄 시뮬레이터		o
	방향궤도 설계 및 안정성 분석	o	o
	시추중 좌굴, 토크, 끌림 현상 분석, 모니터링	o	o
	시추 계획 및 현장정보 D/B	o	o
수리자극	수리자극 균열망 예측 및 수압파쇄	o	o
	Perforation cluster	o	o
	주입유체 및 프로판트 재료		o

2.2 수요조사 결과

가. 기술수요 조사

○ 분과별 기획위원 및 전문가 집단 기술수요조사를 실시함

○ 정부 0명, 산업계 19명, 학계 10명, 연구소 9명의 전문가 집단을 대상으로 기술수요조사 실시 결과 총 70건의 기술수요조사서를 접수함

표 3.3 기술수요조사 대상 집계표

구분	정부	산업계	학계	연구소	소계
참여인원		19	10	9	38
수요조사건수		22	25	23	70

표 3.4 기술수요조사 결과(세부 수요조사 결과는 부록 2 참조)

중점분야	세부기술	제안기술
DD	리그 플랫폼	다목적 방향성 시추용 데릭 & 호이스팅 시스템
		방향성 시추를 위한 30톤급 파이프 크레인 및 핸들링 시스템 국산화
		시추기 운영과 관련된 parameter 측정/검교정 장비 개발 및 cooling tower 장비 국산화
	회전	방향성 시추를 위한 육상용 1,500마력 이상급 회전시스템 국산화
		고출력 광섬유 레이저를 이용한 드릴링 및 천공기술 개발
		수압파쇄 효율극대화를 위한 지오메카닉스 최적설계기술 개발
		생산성 극대화를 위한 수압파쇄 최적설계 기술
		지반파쇄 효율을 위한 첨가재료 및 주입유체 최적 설계 기술
		지반파쇄용 신개념 천공 기술 개발
		심부 방향성 시추 실증 및 현장 운영 기술
	이수순환	이수 설계·제조(WBM·OBM) 및 순환 시뮬레이션
		이수모터 설계 및 제작
		고압 이수펌프
		이수 혼합 공급 처리 시스템

		Mud material 국산화 및 mud design 기술 개발
		방향성 드릴링 머드시스템 핵심 기술 국산화
		대상부지 특성평가를 위한 물리검층 최적화 및 분석기술
		시추커팅 X-ray CT 고속 스캐닝 장비 및 분석 기술 개발
	방향제어	방향궤도 설계 및 안정성 분석기술
		방향성 시추를 위한 BHA 시스템 국산화 개발
		방향제어 시스템(RSS; Rotary Steering System) 구축 및 통신기술
		MWD(Measurement While Drilling) Tool 개발
		지반 정보 logging tool 개발
		드릴링 궤적 최적화 및 공벽안정화 통합설계기술
	유정제어	시추 중 좌굴, 토크, 끌림 현상 분석 및 모니터링 기술
		다목적 방향성 시추용 BOP 시스템
		방향성 시추를 위한 고압 (2000psi) 유정제어 및 모니터링 시스템 국산화 개발
		Drilling parameter와 현장 정보를 활용한 drill string의 failure, stuck 등의 사고 방지 기술
		방향성 드릴링 사고예방을 위한 정보화 설계 기술
		대심도 고온 고압용 초기응력 측정시스템 및 해석기법
	모니터링	이수 순환 모니터링 및 제어 시스템
		HT-HP 에서의 시추공 검층용 로봇 개발
		IT 연계 광대역 미소진동 계측 기술
		시추지반 특성화를 위한 시추코어 및 시추커팅 X-ray CT 고속 스캐닝 장비 및 분석 기술
		HT-HP 용 초음파 텔레뷰어-온도측정 통합 측정장치 설계/개발
		수압파쇄 시공관리 및 모니터링 기술
		대심도 고온 고압용 초기응력 측정시스템 및 해석기법 개발
		시추공형 광대역 미소진동 자동화 계측장비 및 시스템 개발
		미소진동 분석에 기초한 파쇄대 성장 실시간 모니터링 기술
		수리자극 유도 균열 Geometry 모니터링 및 조절 기술

		균열 geometry 모니터링 및 조절 기술(수리자극에 따른 MS 관련 기술)
		방향성 드릴링 장비 검교정 장비 개발
		방향성 드릴링용 시추중 다운홀 정보획득 모듈 개발
		드릴링공 검층용 자동화 원격 로봇 개발
		고온-고압(HT-HP)조건 Wire-line 검층 모듈 개발
		지반파쇄시 미소진동 모니터링 설계/시공/해석 기술
		미소진동 및 파쇄지반 성능평가 기술
	시뮬레이션	현장 시추설비 실시간 운전 시뮬레이터 개발
		다상유동 동적 시뮬레이터
		Drillstring Dynamics 실시간시뮬레이터
		수리자극 균열 네트워크의 시뮬레이션 예측 및 평가 기술
		미소진동 자료 분석을 통한 파쇄대 특성 추출 및 파쇄대 분포 변화 해석 기술
		지반파쇄 메커니즘 규명 및 시뮬레이팅 기술 개발
	지반탐색	대심도의셰일가스및EGS개발을위한지반조사및평가기술
		시추궤적 최적화 및 공벽안정화 통합설계기술 개발
		지반특성반영효율적수리자극설계기술개발
		실험실규모프로판트유동및수리-역학특성분석기술개발
		방향제어시추중시추제어인자를이용한실시간지반평가기술
		수압파쇄 최적 균열망 형성을 위한 재료 및 유체주입 설계기술
		현장지향적한국형3차원육상탄성파탐사최적화기술개발
		Seismic attribute 및MT자료복합해석을통한저류층특성및유체분포평가기술
		대상부지 위험도 및 적합성 평가 기술
		AR기반경제적방향성드릴링을위한공정최적화관리기술
HDD	장비	◦ 고강도 파이프 연결구 개발
		◦ 고성능 파이프 연결구 설계 및 제작 기술 개발
		◦ 파이프연결고속화기술개발

		◦ 파이프 정형장치 국산화 기술 개발
		◦ 해저용및도심지수평방향성드릴시스템개발
		◦ HDD 공법을활용한장거리관로매설기술개발
	운전	◦ 파이프 용접부 품질 모니터링 기술
		◦ 용접선 자동추적기술 개발
		◦ 파이프 거스 자동용접기술 개발
		◦ 지반오염및특수환경지반에서의수평방향성드릴링(HDD)토모그래피 시스템개발
		◦ 지향식수평굴착프로젝트비용일정통합모델및EVMS개발
		◦ BPM 기반의지향식수평굴착통합정보관리시스템개발
		◦ 지향식 수평굴착 사업관리를 위한 웹기반 교육시스템 개발
		◦ 사업 수행단계별 경제성 평가를 이용한 의사결정시스템 개발
		◦ 드릴시스템 사업의 생산성 및 시공성 평가시스템 개발
		◦ 비개착식 굴착사업의 위험평가 및 안전관리시스템 개발
	탐색	◦ 다목적 방향성 장거리 대구경 굴착 전후중 지반 특성변화 평가기술 개발기술
		◦ 방향성 드릴 배관 안전성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사 기술 개발
		◦ 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술 개발

3. 수요조사기술 분석 및 통합조정

3.1 수요조사기술별 특성분석

○ 분과별 수요기술에 대한 특성 분석을 통하여 유사기술에 대한그룹 형성, 이종기술에 대하여 재분류를 실시하였으며, 기술의 규모 등을 고려하여 수요조사 기술에 대한 1차 기술분류를 총 9개 분야로 구분함

○ 시스템 분야는 회전 및 파이프조작, 머드시스템 국산화 등을 포함하고 있음

○ 운영분야는 데릭 및 호이스팅, 운전시뮬레이터, 검교정장비 등을 포함

○ 방향제어분야는 유정제어 및 모니터링, 이수혼합공급, 이수순환모니터링, 방향제어 및 통신기술을 포함하고 있음

○ 드릴경로 특성화분야는 드릴링 궤적 최적화, 공벽 안정화 등을 포함

○ 지층파쇄분야는 수압파쇄, 재료 및 유체주입기술 등을 포함

○ 비개착 장거리 관망시공 플랫폼은 연결구, 관로매설, 수평굴착 정보관리 등을 포함

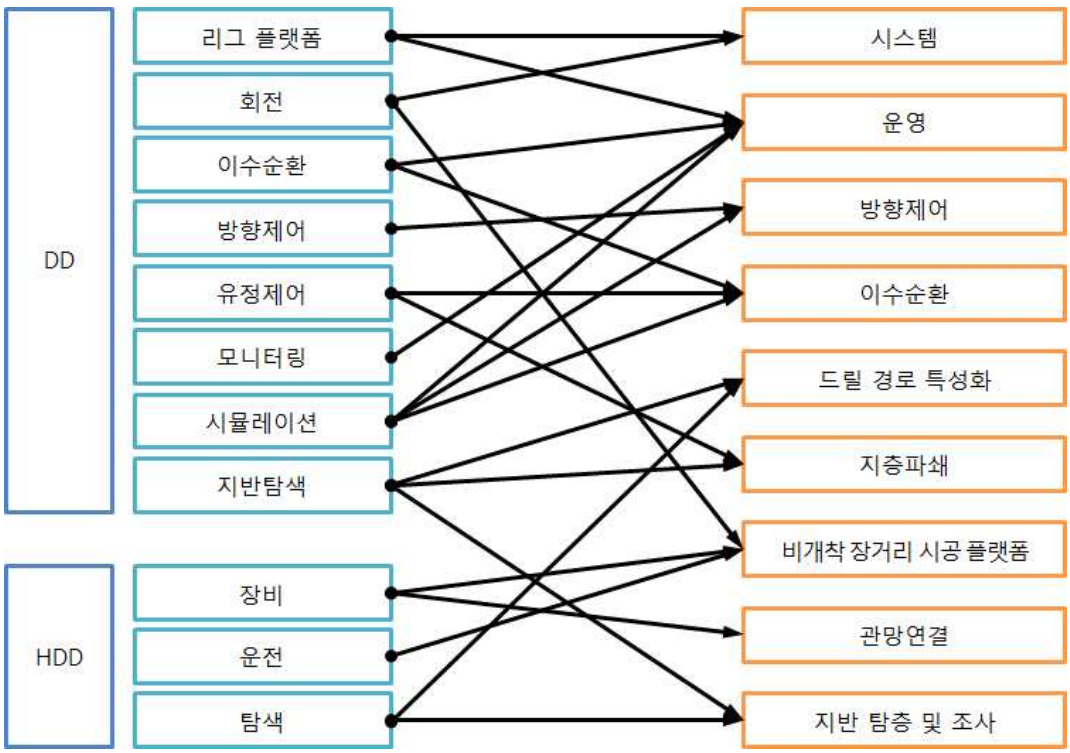


그림 3.3 기술분류체계 내 기술수요 분야별 연계도

3.2 수요조사기술 통합조정

가. 유사기술 통합 및 이종기술 재분류

제안기술		재분류
◦ 육상용 방향성 시추를 위한 1,500마력 이상급 회전시스템 국산화	⇒	*시스템*
◦ Drill string Dynamics 실시간 시뮬레이터		

제안기술		재분류
◦ 방향성 시추를 위한 30톤급 파이프 크레인 및 핸들링 시스템 국산화	⇒	시스템

제안기술		재분류
◦ 방향성 드릴링 머드시스템 핵심 기술 국산화	⇒	시스템

제안기술		재분류
◦ 다목적 방향성 시추용 데릭 & 호이스팅 시스템	⇒	운영

제안기술		재분류
◦ 현장 시추설비 실시간 운전 시뮬레이터 개발	⇒	운영

제안기술		재분류
◦ 시추기 운영 parameter 측정/검교정 장비 개발	⇒	운영
◦ 시추기 운영 cooling tower 장비 국산화		
◦ 방향성 드릴링 장비 검교정 장비 개발		

제안기술		재분류
◦ 방향성 시추용 2000 psi급 고압 유정제어 및 모니터링 시스템 국산화	⇒	방향제어
◦ 다목적 방향성 시추용 BOP 시스템		
◦ 방향성 드릴링 사고예방을 위한 정보화 설계 기술		
◦ 대심도 고온 고압용 초기응력 측정시스템 및 해석기법		

제안기술		재분류
◦ 이수 혼합 공급 처리 시스템	⇒	방향제어
◦ 이수 모터 설계 및 제작		
◦ 고압 이수펌프		
◦ Mud material 국산화 및 mud design 기술 개발		

제안기술		재분류
◦ 이수 순환 모니터링 및 제어 시스템	⇒	방향제어
◦ 이수 설계·제조(WBM·OBM) 및 순환 시뮬레이션		

제안기술		재분류
◦ 방향제어 시스템(RSS; Rotary Steering System) 구축 및 통신기술	⇒	방향제어

제안기술		재분류
◦ 시추 중 좌굴, 토크, 끌림 현상 분석 및 모니터링 기술	⇒	이수순환
◦ 다상유동 동적 시뮬레이터		

제안기술		재분류
◦ 수압파쇄 최적 균열망 형성을 위한 재료 및 유체주입 설계기술	⇒	드릴경로 특화

제안기술		재분류
◦ 지반 정보 logging tool 개발		
◦ 드릴링 궤적 최적화 및 공벽안정화 통합설계기술	⇒	드릴경로 특화
◦ 방향궤도 설계 및 안정성 분석기술		
◦ 방향성 시추를 위한 BHA 시스템 국산화 개발		
◦ MWD(Measurement While Drilling) Tool 개발		
◦ 시추궤적 최적화 및 공벽안정화 통합설계기술 개발		

제안기술		재분류
◦ 생산성 극대화를 위한 수압파쇄 최적설계 기술	⇒	드릴경로 특화
◦ 수압파쇄 효율극대화를 위한 지오메카닉스 최적설계기술 개발		
◦ 지반파쇄 효율을 위한 첨가재료 및 주입유체 최적 설계 기술		
◦ 지반파쇄용 신개념 천공 기술 개발		
◦ 수리자극 균열 네트워크의 시뮬레이션 예측 및 평가 기술		
◦ 미소진동 자료 분석을 통한 파쇄대 특성 및 분포 변화 해석 기술		
◦ 지반파쇄 메커니즘 규명 및 시뮬레이팅 기술 개발		
◦ AR 기반 경제적 방향성 드릴링을 위한 공정 최적화 관리 기술		

제안기술		재분류
◦ Drilling parameter와 현장 정보를 활용한 drill string의 failure, stuck 등의 사고 방지 기술	⇒	지층파쇄

제안기술		재분류
◦ 수압파쇄 시공관리 및 모니터링 기술	⇒	지층파쇄
◦ IT 연계 광대역 미소진동 계측 기술		
◦ 지반파쇄시 미소진동 모니터링 설계/시공/해석 기술		
◦ 미소진동 및 파쇄지반 성능평가 기술		
◦ 지반 특성 반영 효율적 수리자극 설계 기술 개발		
◦ 실험실 규모 프로판트 유동 및 수리-역학특성 분석 기술 개발		
◦ 방향제어 시추 중 시추제어 인자를 이용한 실시간 지반 평가 기술		

제안기술		재분류
◦ 드릴링 공 검층용 자동화 원격 로봇 개발	⇒	지층파쇄
◦ HT-HP 에서의 시추공 검층용 로봇 개발		
◦ HT-HP 용 초음파 텔레뷰어-온도측정 통합 측정장치 설계/개발		
◦ 대심도 고온 고압용 초기응력 측정시스템 및 해석기법 개발		
◦ 시추공형 광대역 미소진동 자동화 계측장비 및 시스템 개발		
◦ 미소진동 분석에 기초한 파쇄대 성장 실시간 모니터링 기술		
◦ 수리자극 유도 균열 Geometry 모니터링 및 조절 기술		
◦ 균열 geometry 모니터링 및 조절 기술(수리자극에 따른 MS 관련)		
◦ 고온-고압(HT-HP)조건 Wire-line 검층 모듈 개발		

제안기술		재분류
◦ 고강도 파이프 연결구 개발	⇒	비개착 장거리 플랫폼
◦ 고성능 파이프 연결구 설계 및 제작 기술 개발		
◦ 파이프연결고속화기술개발		
◦ 파이프 정형장치 국산화 기술 개발		
◦ 파이프 용접부 품질 모니터링 기술		
◦ 용접선 자동추적기술 개발		
◦ 파이프 거스 자동용접기술 개발		

제안기술		재분류
◦ 해저용 및 도심 지수 평방향성 드릴 시스템 개발	⇒	비개착 장거리 플랫폼
◦ HDD 공법을 활용한 장거리 관로 매설 기술 개발		

제안기술		재분류
◦ 지향식 수평 굴착 프로젝트 비용 일정 통합 모델 및 EVMS개발	⇒	비개착 장거리 플랫폼
◦ BPM 기반의 지향식 수평 굴착 통합 정보관리 시스템 개발		
◦ 지향식 수평굴착 사업관리를 위한 웹기반 교육시스템 개발		
◦ 사업 수행단계별 경제성 평가를 이용한 의사결정시스템 개발		
◦ 드릴시스템 사업의 생산성 및 시공성 평가시스템 개발		
◦ 비개착식 굴착사업의 위험평가 및 안전관리시스템 개발		

제안기술		재분류
◦ 다목적 방향성 장거리 대구경 굴착 전후 지반 특성변화 평가기술	⇒	관망연결

제안기술		재분류
◦ 방향성 드릴 배관 안전성 확보용 첨단 비파괴 검사 기술 개발	⇒	관망연결

제안기술		재분류
◦ 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술 개발	⇒	지층탐층 및 조사
◦ 대상부지 특성평가를 위한 물리검층 최적화 및 분석기술		
◦ 시추커팅 X-ray CT 고속 스캐닝 장비 및 분석 기술 개발		
◦ 시추지반 특성화를 위한 시추코어 및 시추커팅 X-ray CT 고속 스캐닝 장비 및 분석 기술		
◦ 대심도의 세일가스 및 EGS 개발을 위한 지반조사 및 평가 기술		
◦ 현장 지향적 한국형 3차원 육상 탄성파탐사 최적화 기술 개발		
◦ Seismic attribute 및 MT 자료 복합 해석을 통한 저류층 특성 및 유체 분포 평가 기술		
◦ 대상부지 위험도 및 적합성 평가 기술		
◦ 지반오염 및 특수환경 지반에서의 수평 방향성 드릴링(HDD) 토모그래피 시스템 개발		

제안기술	미분류
◦ 고출력 광섬유 레이저를 이용한 드릴링 및 천공기술 개발	
◦ 심부 방향성 시추 실증 및 현장 운영 기술	
◦ 방향성 드릴링용 시추중 다운홀 정보획득 모듈 개발	

- 방향성 시추 시스템 개발을 위한 회전시스템 관련 기술 통합
- 시추기 운영을 위한 측정, 검/교정 장비 관련 기술 통합
- 고압 유정제어 및 모니터링 시스템 관련 기술 통합
- 이수 혼합, 공급처리 등 운용 시스템 관련 기술 통합
- 이수 순환 모니터링, 제어 관련 기술 통합
- 드릴링 궤적 최적화 및 공벽안정화 통합 설계 관련 기술 통합
- 수압파쇄 최적설계 관련 기술 통합
- 수압파쇄 시공관리 및 모니터링 관련 기술 통합
- 드릴링 공 검층용 자동화 시스템 관련 기술 통합
- 고강도 파이프 연결 관련 기술 통합
- 해저용 및 도심 지수 평방향성 드릴 관련 기술 통합
- 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 관련 기술 통합

나. 통합/재분류 제안기술 레벨링

분야	세부기술	
시스템	육상 방향성 시추용 1,500마력 회전시스템 국산화	
	방향성 시추용 30톤급 파이프 크레인 및 핸들링 시스템 국산화	
	방향성 드릴링 머드시스템 핵심 기술 국산화	

운영	다목적 방향성 시추용 데릭 & 호이스팅 시스템	
	현장 시추설비 실시간 운전 시뮬레이터 개발	
	드릴장비 운영 parameter 측정, 검/교정 장비 개발	
	드릴장비 운영 cooling tower 장비 국산화	
방향제어	방향성 드릴용 2000psi급 고압 유정 제어/모니터링 시스템 국산화	
	이수 혼합 공급 처리 시스템	
	이수 순환 모니터링 및 제어 시스템	
	방향제어 시스템(RSS) 및 통신기술	
이수순환	시추 중 좌굴, 토크, 끌림 현상 분석 및 모니터링 기술	
드릴경로 특성화	드릴링공 검층용 자동화 원격 로봇 개발	
	드릴링 궤적 최적화 및 공벽안정화 통합설계기술	
	Drilling parameter와 현장정보를 활용한 drill string의 failure, stuck 등의 사고방지기술	
지층 파쇄	생산성 극대화를 위한 수압파쇄 최적설계 기술	
	수압파쇄 시공관리 및 모니터링 기술	
	수압파쇄 최적 균열망 형성을 위한 재료, 유체주입 설계기술	
비개착 장거리 시공플랫폼	HDD 공법을 활용한 장거리 관로매설기술 개발	
	BPM 기반 지향식 수평 굴착 통합 정보 관리시스템 개발	
관망연결	다목적 방향성 장거리 대구경 굴착 전후 지반 특성변화 평가기술 개발	
	고성능 파이프 연결구 설계 및 제작 기술 개발	
지반 탐층 및 조사	수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술 개발	
	방향성 드릴 배관 안전성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사 기술	

4. 후보기술 도출

4.1 중요도 평가

가. 중요도 평가 기준

○ 통합/재분류 제안기술의 중요도 평가를 통하여 후보과제를 도출하였음

- 중요도 평가 제1척도로서 기술의 잠재성에 대하여 평가하였음. 기술의 잠재성은 시장 요구역량과 진입장벽 수준에 대한 복합 지표임

- 중요도 평가 제2척도로서 시장진출 가능성에 대하여 평가하였음
  기술개발 가능성은 성공가능성과 시장경쟁력 확보에 대한 복합지표임

- 중요도 평가 제3척도로서 기술개발 기대효과에 대하여 평가하였음
  기술개발 기대효과는 기술적, 경제적 기대효과에 대한 복합지표임

표 3.5 중요도 평가기준 설정

구분	기술 잠재성		시장진출 가능성		기술개발 기대효과		계
	요구역량	진입장벽	기술개발 성공가능성	경쟁력 확보가능성	기술적 기대효과	경제적 기대효과	
배점	10	10	20	20	20	20	100

나. 수요기술 분류별 중요도 조사

○ 기술 잠재성 평가

- 요구역량은 운영기술 8.2, 이수순환기술 7.8, 비개착 장거리 시공 플랫폼 기술 8.5 수준으로 운용기술 분야가 비교적 높게 평가되었으며,

- 진입장벽은 시스템기술 7.6, 운영기술 8.0, 방향제어기술 7.7 수준으로 운용기술 분야가 높게 평가되었음.

- 종합 기술 잠재성은 시스템기술 14.8, 운영기술 16.2, 방향제어기술 14.9, 지층파쇄기술 14.7, 비개착 장거리 시공 플랫폼 기술 15.0 수준으로 역시 운용기술 분야가 높게 평가되었음.

표 3.6 수요조사 기술분류별 기술 잠재성 평가

기술분류	요구역량(10점)	진입장벽(10점)	소계
시스템 기술	7.2	7.6	14.8
운영 기술	8.2	8.0	16.2
방향제어 기술	7.2	7.7	14.9
이수순환 기술	7.8	6.5	14.3
드릴경로 특성화 기술	6.7	7.3	14.0
지층 파쇄 기술	7.2	7.5	14.7
비개착 장거리 시공 플랫폼 기술	8.5	6.5	15.0
관망 연결 기술	7.0	6.5	13.5
지반 탐층 및 조사 기술	6.8	7.2	14.0

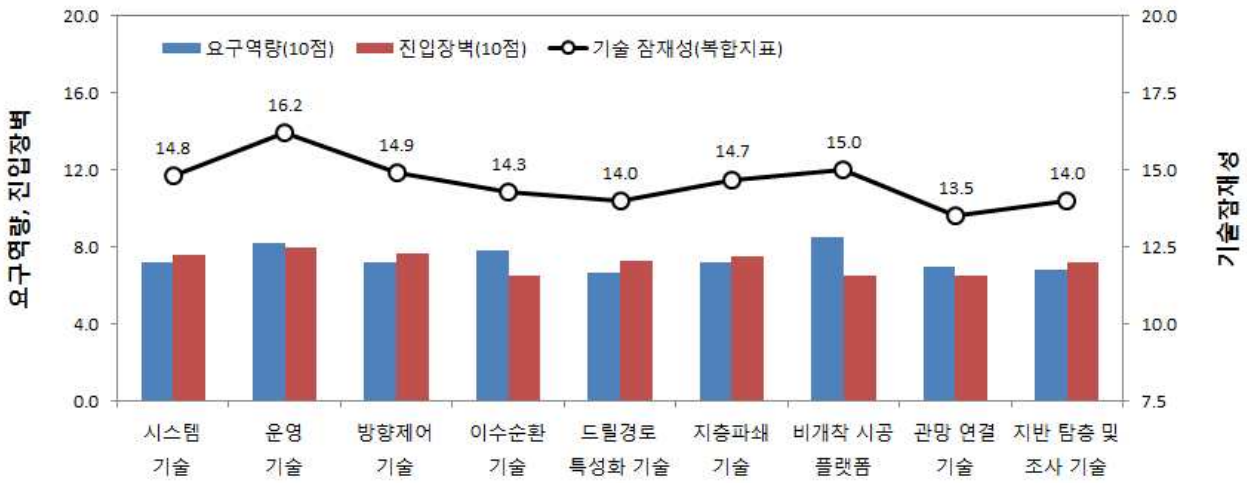


그림 3.4 기술 잠재성 평가 결과

○ 시장 진출 가능성 평가

- 기술개발 성공가능성은 이수순환기술 16.3, 비개착 장거리 시공 플랫폼 기술 17.3, 관명연결기술 17.5, 지반탐층 및 조사기술 17.5 수준으로 장비 개발 분야에서 비교적 높게 평가되었으며,

- 시장 경쟁력 확보 가능성은 이수순환기술 15.7, 비개착 장거리 시공 플랫폼 기술 15.0, 관명연결기술 14.9 수준으로 장비 개발 분야에서 비교적 높게 평가되었다.

- 종합적 시장 진출 가능성 역시 이수순환기술 32.0, 비개착 장거리 시공 플랫

폼 기술 32.3, 관명연결기술 32.4 수준으로 장비 개발 분야에서 비교적 높게 평가되었다.

표 3.7 수요조사 기술분류별 시장 진출 가능성 평가

기술분류	기술개발 성공가능성 (20점)	경쟁력 확보가능성 (20점)	소계
시스템 기술	14.5	13.8	28.3
운영 기술	13.2	13.3	26.5
방향제어 기술	15.5	14.2	29.7
이수순환 기술	16.3	15.7	32.0
드릴경로 특성화 기술	15.4	14.5	29.9
지층 파쇄 기술	14.8	13.2	28.0
비개착 장거리 시공 플랫폼 기술	17.3	15.0	32.3
관망 연결 기술	17.5	14.9	32.4
지반 탐층 및 조사 기술	16.4	13.6	30.0

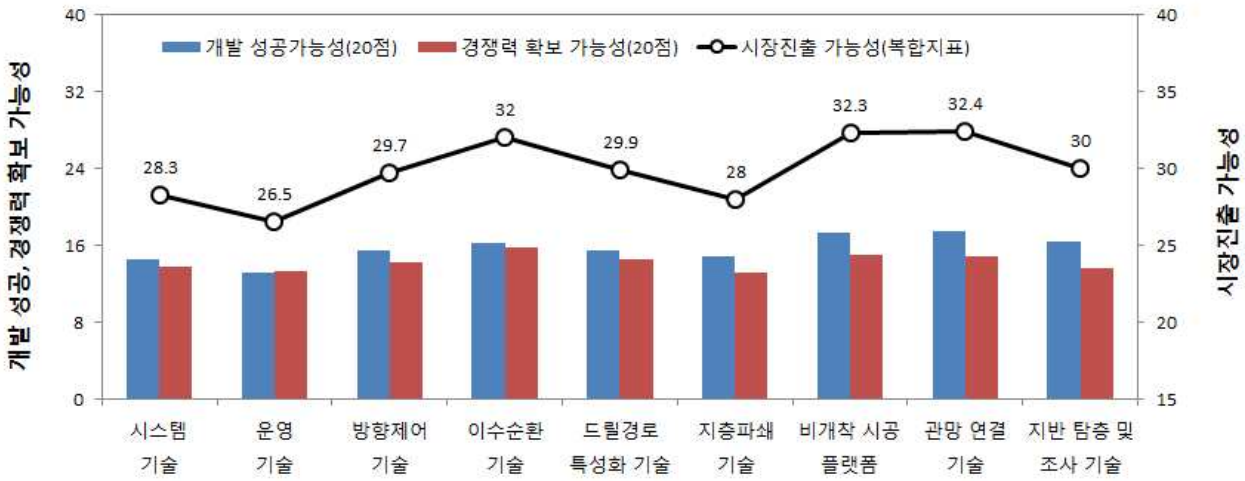


그림 3.5 시장 진출 가능성 평가 결과

○ 기술개발 기대효과 평가

- 기술적 기대효과는 시스템기술 16.3, 운영기술 16.8, 방향제어기술 16.6, 지층파쇄기술 16.2 수준으로 DD 분야가 비교적 높게 평가되었으며,

- 경제적 기대효과는 시스템기술 17.3, 운영기술 16.8, 방향제어기술 15.6, 이수순환기술 15.4 수준으로 DD 분야가 비교적 평가되었음.

- 종합 기술개발 기대효과는 시스템기술 33.6, 운영기술 33.6, 방향제어기술 32.2, 이수순환기술 31.2, 지층파쇄기술 30.9 수준으로 역시 DD 분야가 비교적 평가되었음

표 3.8 수요조사 기술분류별 기술 개발효과 평가

기술분류	기술적 기대효과 (20점)	경제적 기대효과 (20점)	소계
시스템 기술	16.3	17.3	33.6
운영 기술	16.8	16.8	33.6
방향제어 기술	16.6	15.6	32.2
이수순환 기술	15.8	15.4	31.2
드릴경로 특성화 기술	15.3	14.5	29.8
지층 파쇄 기술	16.2	14.7	30.9
비개착 장거리 시공 플랫폼 기술	14.3	13.2	27.5
관망 연결 기술	13.7	14.3	28.0
지반 탐층 및 조사 기술	13.8	14.7	28.5

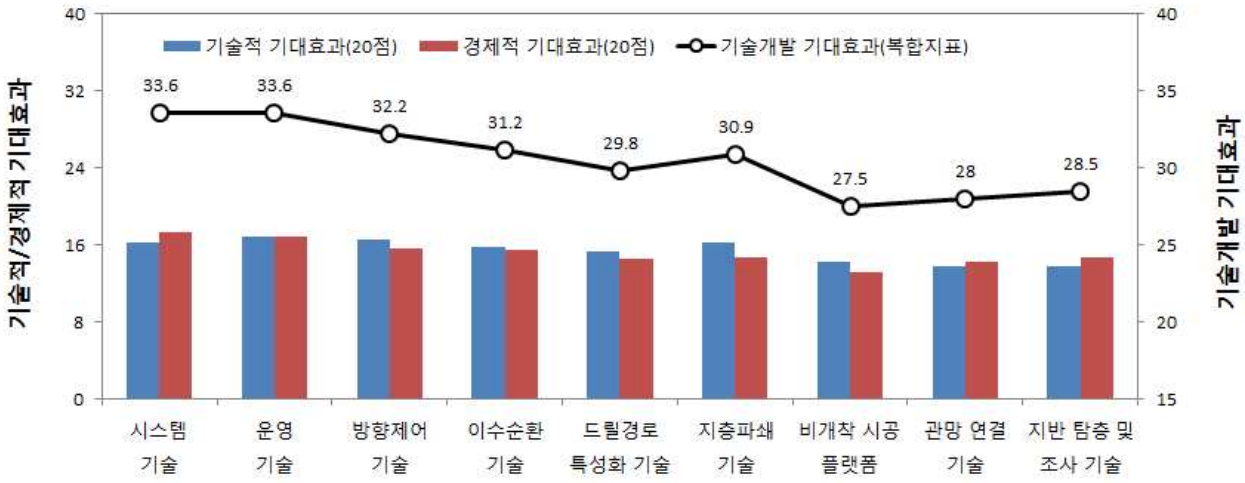


그림 3.6 기술개발 기대효과 평가 결과

○ 종합적 기술 중요도 평가

- 기술 중요도 평가 결과를 종합적으로 분석하면

- 기술잠재성은 시스템기술, 운영기술, 이수순환 기술 등 원천 기술 중심으로 높게 나타나고 있으며,

- 시장진출 가능성, 기술개발 기대효과의 경우 시스템기술, 운영기술 등 시공 기술 중심으로 높게 나타나고 있다.

- 기술 중요도 평가 전 항목의 합산 결과 시스템 기술, 운영기술, 방향제어기술, 지층파쇄기술, 비개착 시공 플랫폼 기술 분야가 비중 있게 평가되고 있다.

표 3.9 수요조사 기술분류별 종합 기술 중요도 평가

기술분류	기술 잠재성	시장진출 가능성	기술개발 기대효과	소계
시스템 기술	14.8	28.3	33.6	76.7
운영 기술	16.2	26.5	33.6	76.3
방향제어 기술	14.9	29.7	32.2	76.8
이수순환 기술	14.3	32.0	31.2	77.5
드릴경로 특성화 기술	14.0	29.9	29.8	73.7
지층 파쇄 기술	14.7	28.0	30.9	73.6

비개착 장거리 시공 플랫폼 기술	15.0	32.3	27.5	74.8
관망 연결 기술	13.5	32.4	28.0	73.9
지반 탐층 및 조사 기술	14.0	30.0	28.5	72.5

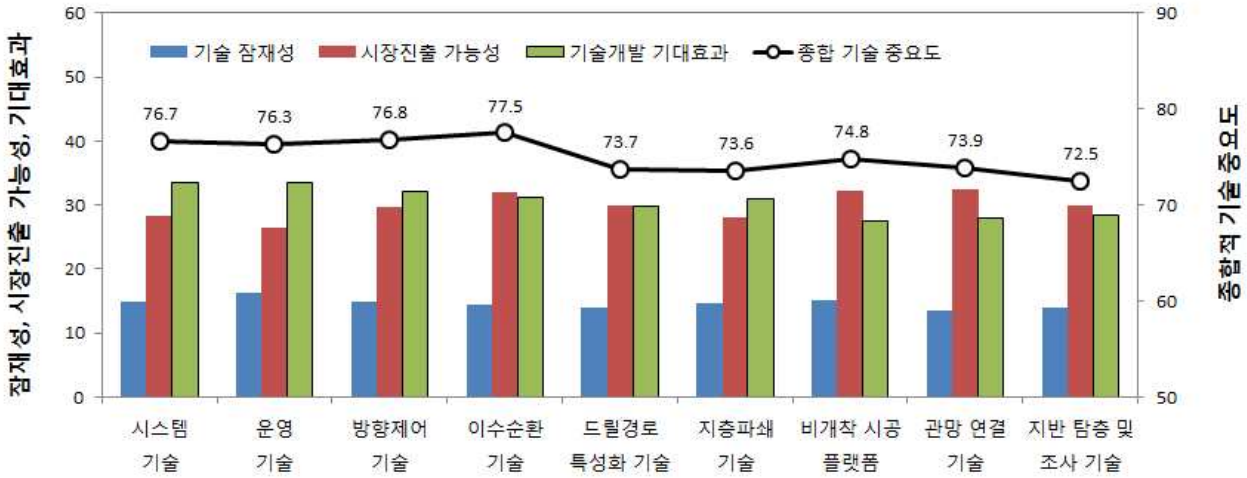


그림 3.7 종합적 기술 중요도 평가 결과

표 3.10 후보기술별 우선순위 및 채택의견

분야	후보기술	우선순위	채택의견
시스템	육상 방향성 시추용 1,500마력 회전시스템 국산화	2	파이프 자동화 장치와 연동 개발
	방향성 드릴링용 30톤급 파이프 크레인,핸들링 시스템 국산화	3	데릭 상에 자동화 조작시스템 채택
	방향성 드릴링 머드시스템 핵심 기술 국산화	6	머드펌프로서 소요비용 과대
	다목적 방향성 시추용 데릭 & 호이스팅 시스템	5	개방형 데릭기술로 채택
	현장 시추설비 실시간 운전 시뮬레이터 개발	1	사업관리부문을 결합하여 채택
	시추기 운영 parameter 측정, 검/교정 장비 개발 및 드릴시스템 운영 cooling tower 장비 국산화 → TB로 추진	4	시스템 통합, 테스트베드 실증 채택
방향제어/이수순환	방향성 드릴링용 2000psi급 고압유정제어/모니터링시스템 국산화	3	별도 추진이 바람직함
	이수 혼합 공급 처리 시스템	4	중소기업 기자재분야로 채택
	이수 순환 모니터링 및 제어 시스템(통신기술 포함)	2	핵심기술로 채택
	시추 중 좌굴, 토크, 끌림 현상 분석 및 모니터링 기술 → 모니터링에 통합	2	
	방향제어 시스템 구축 및 통신기술 → 모니터링과 조정, 방향제어기술 분리	1	추진체 및 방향제어기술로 채택
드릴경로 특성화, 파쇄	수압파쇄 최적 균열망 형성을 위한 재료, 유체주입 설계기술	3	파쇄, 유동성향상기술로 채택
	드릴링 궤적 최적화 및 공벽안정화 통합설계기술	2	채택
	생산성 극대화를 위한 수압파쇄 최적설계 기술	2	파쇄기술에 통합
	수압파쇄 시공관리 및 모니터링 기술	1	모니터링기술로 통합
	Drilling parameter와 현장정보를 활용한 drill string의 failure, stuck 등의 사고방지기술 → 공벽 안정화 포함	3	모니터링기술로 채택

	드릴링공 검층용 자동화 원격 로봇 개발	3	다운홍 검층기술로 채택
비개착 장거리 시공플랫폼	고성능 파이프 연결구 설계 및 제작 기술 개발	1	파이프 연결기술로 채택
	HDD 공법을 활용한 장거리 관로매설기술 개발	1	비개착 시공플랫폼으로 채택
	BPM 기반 지향식 수평 굴착 통합 정보 관리시스템 개발	3	드릴경로 특성과기술로 이관
	다목적 방향성 장거리 대구경 굴착 전후 지반 특성변화 평가기술 개발	2	아래 과제와 통합
	방향성 드릴 배관 안전성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사 기술 → 재료 포함	2	지층탐사장비, 평가기술로 채택
	수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술 개발	4	확공, 안정화기술로 채택

4.2 후보기술 제안

○ 수요조사 기술의 통합 및 재분류, 핵심요소기술(CTE) 통합을 통하여 다음과 같이 후보 기술을 도출함

○ 해외 건설 시장과 직접 연계가 가능하여 기술개발 기대효과가 큰 것으로 나타나고 있는 장비, 시스템 개발 분야와 운용 기술 분야를 시스템으로 통합

○ 해외 장비 직접 도입이 비교적 용이한 분류에 속하는 이수시스템은 방향제어와 연동성이 크므로 방향제어 분야와 연계, 통합

○ 드릴경로 특성화분야와 지층파쇄 분야의 기술은 밀접한 관계를 가지고 있으며, 지층의 특성을 고려한 파쇄기술이 중요함

○ 비개착 장거리 시공 플랫폼 기술, 관망 연결기술, 지반 탐층 및 조사기술의 경우 국내 라이프라인의 비개착 지하화 시공에 필요한 기술 분야로서 통합

○ 세부과제별 기술수준 분석 (전문가 설문 평가, 선진기술 100 대비)

* 후보과제로 도출된 기술에 대한 평가는 아래와 같으며, 선진기술 대비 평균 75% 이고 TRL 수준이 5~7단계로 분석됨

표 3.11 후보기술 도출결과

기술 분야	핵심기술	세부기술	국내 기술	TRL
DD	1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	65	6
		1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	75	7
		1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	75	7
		1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	65	5
	2. 방향제어/이수 순환시스템 기술	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	65	6
		2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	65	6
		2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	75	7
		2.4 지중 내비게이션시스템 기술	55	5
	3.드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술	3.1 방향성 드릴링 부지특성화 및 평가기술	65	6
		3.2 방향성 드릴링 설계/시공/모니터링정보화 기반 관리기술	70	7
		3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	70	7
		3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	65	6
HDD	4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	65	6
		4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	75	7
		4.2 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	75	7
		4.3 비개착 관망 재료 및 연결기술	75	7

4.3 후보기술 중복성 조사 및 연계·차별화 방안

- 미래창조과학부에서 운영하는 국가과학기술지식서비스-유사과제검색서비스를 이용하여 기 수행되었거나 수행 중인 유사과제를 검색하였으나 유사도 60%를 기준으로 유사과제가 검색되지 않음

NTIS 유사과제검색 결과(출처: http://rndgate.ntis.go.kr)

- 유사과제 검색은 사업단 및 핵심과제명, 세부과제명을 대상으로 하였으며, 해당 연구책임자의 기수행과제, 타인등록과제 모두에서 유사과제가 검색되지 않음

표 3.12 후보기술에 대한 중복성 조사 및 연계·차별화 방안 모색

연구과제명	중복성 검토결과	연계방안 및 차별화 방안
석유·가스 탐사 개발 생산기술의 자립화 기술 개발	- 균열 저류층 유동해석을 비롯한 석유가스 핵심기술을 목표로함 - 해당 과제는 균열 저류층에서의 유동해석 및 생산을 예측할 수 있는 소프트웨어를 개발하고 최적화 유정제어 관련 모델링 기술을 확보하는 것이 목표로서 본 과제에서 직접 저류층을 생성하는 최적화 파쇄기술과는 근본적으로 다름	- 시스템 개발이 아니라 생산기술 개발 과제로 차별화되며, 유정제어 기술은 향후 테스트베드 실증 연구에 활용할 수 있음
CTD 시추시스템 구축 및 운전 자립화 연구	- 실시간 방향제어와 자료취득이 가능한 CTD(coiled tubing drilling) 시추 시스템을 구축하고, 방향성 시추가 가능한 CTD 기술의 자립화 및 사업화를 목표 - 차량 탑재형 CTD 기술과 붐데릭 방식의 본 기술의 드릴링 시스템은 근본적 메커니즘이 상이함	- CTD시추시스템은 데릭 기반의 시추시스템과는 시추 방식이 완전히 다르며 시스템 형태 및 구성 또한 완전히 다름 - 지질자원연구원에서 일부 수행하였으나 중단함 *CTD: coiled tube drilling
유정제어 모델링 시스템 개발	- 유정제어(well control)는 드릴링 공내 압을 최적으로 제어하여 킥(kick)현상을 방지하여 과압으로 인한 폭발을 방지하기 위한 컨트럴 시스템 개발에 대한 연구임 - 본 과제는 드릴링 리그 플랫폼개발 및 드릴링의 성능을 향상시키기 위한 관리, 그리고 지반의 효율적 파쇄 및 검층기술의 확보가 주요 과제로 연관성이 전혀 없음	- 본 연구과업에 포함되어 있지 않으나 해외 현장에서 테스트베드 추진시 지하 케이싱 시공 등에 접목하여 실증이 가능함
극지 드릴쉽용 Drawworks Drum 국산화 개발	- 해양분야 드릷쉽에 장착되는 Drawworks Drum 시제품 제작, Drum의 가공정밀도 확보 및 Reverse Groove 가공기술 개발 등을 목표로 하고 있음 - 본 연구과업에서는 육상용 비개발로 계획되어 일반 기자재로 분류하고 있음	- 개발 시스템 사양이 유사할 경우 다목적 드릴시스템의 테스트베드 기자재 품목으로 활용을 검토 필요
해양 드릴링시스템 Riser tensioning APV(Air Pressure Vessel)의 모듈	- **해양 드릴쉽**에 소요되는 Riser Tensioning Systems의 APV(Air Pressure Vessels) 모듈화 개발을 목표로 1) APV Module 설계 기술개발, 2) APV Module의 주요	- 해당사항 없음

화 기술 개발	부품 국산화 개발 등을 포함하고 있음 - 본 연구과제는 육상용으로 해당 기자재가 불필요함	
해양플랜트 드릴링 프로세선용 고기능 제어 밸브 개발	- 해양플랜트용 6인치 350bar 고차압 밸브의 설계인자 도출, 6인치 350bar 고압-대용량 제어 밸브의 설계 및 Prrototype 제작, 6인치 350bar 고압-대용량 제어 벨브의 선급승인 취득을 목표로 함 - 본 연구과제의 기자재와 거리가 있음	- BOP 등에 응용이 가능한 사양일 경우에 테스트베드 추진시 설계사양으로 반영을 검토
드릴쉽 유압 윈치 개발	- Drill ship windless 관련분야 맞춤형 교육실시, Drill ship hydraulic winch 개발이 목표임 - 본 연구과제에 적용하기에 용도가 부적함함	- 해당사항 없음
굴착용 천공 드릴 모듈	- 차량 탑재 측면에서 비개착식 관망 시공 시스템과 유사성을 보임 - 소음형 경량 천공리그 모듈의 1차 시제품 제작 및 성능 평가를 목표로 함 - 본 연구에서 추진하는 방향성 드릴 시스템과는 방향성 추진, 드릴공 확공 및 배관 연결공법 등에서 상이한 방식임	- 차량을 탑재 플랫폼으로 활용하는 비개착식 관망 시공 시스템에 일부 응용 가능성을 검토 필요 - 차량 플랫폼, 동력전달장치 등에 관한 연계활용방안을 모색
Water Hammer와 정수시스템을 활용한 에너지 절감형 친환경 드릴링 시스템 개발	- **Water Hammer**와 정수시스템을 활용한 에너지절감형 친환경 드릴링 시스템 개발, 천공지름 165mm 깊이 **150m 이상**의 성능을 갖는 친환경 고성능 Water Hammer 개발을 목표로 함 - 본 과제는 2 km 이상 방향성 드릴링 시스템으로 수직형(150 m)과 시스템 규모, 기자재 구성, 이수순환시스템 등이 근본적으로 다름	- 해당사항 없음
드릴쉽의 시추장비 및 공구 취급을 위한 실용 윈치 국산화	- Lifting lugs, Protecting cover, Wire drum, Spooling device, Fixed wire exit, Press roller assembly, Sensor roller assembly등을 설계 및 제작, 원치의 국부 제어부 설계 및 제작, 원격 제어부 설계 및 제작, 무선 제	- 해당 개발품의 사양이 고성능(감속장치 등)을 만족할 경우에 테스트베드에 국산화 대체품목으로 적용이 가능함

	어부 설계 및 제작 등이 목표임 - 본 연구에서 호이스트와 유사한 기능을 목적으로 하나 감속기능이나 하중 등이 다르며, 장비나 공구류 취급을 목적으로 하고 있어 본 연구의 고사양을 만족시키기 어려움	
Drill Riser System 기술개발	- 해양 드릴쉽의 해저까지 연결하는 파이프라인(통신라인 포함)으로 시추시스템용 Drill Riser 요소부품 및 패키지 개발, 고강도 Riser Joint 요소 부품 개발, 신뢰도 및 위험도 기반 설계, Diverter 설계 및 유동 제어 기술 개발을 목표로 함 - 본 연구과제와 무관한 기자재 및 시스템임.	- 신뢰성 평가, 라이저 소재 규격 등에 관한 연구결과는 본 과제와 직접적인 연관성은 낮으나 참고 데이터베이스로서 활용 가치가 있음
해양시추용 Drill Rig의 1,000마력 이상급 Top Drive와 Drill Bit 및 Collar의 기술개발	- 해양 드릴쉽용으로 1000마력 이상급 Top Drive 요소부품 및 패키지, Top Drive Machine 통합설계기술 및 제작을 목표로 함 - Gear Box, Swivel, Pipe Handler, Retractable dolly, Drill Bit 및 Drill Collar 개발을 목표로 함 - 약 40억원 규모가 투입된 소재부품기술개발사업 과제로서 Peformance Test 설비 중심의 사업임 - 장기적으로 육상 드릴 시스템의 Top Drive Machine 요소부품 및 패키지 개발과 유사성이 있으며, 여게 협력방안 모색이 필요	- Drilling System 분야의 장비들은 각각의 기기들과 충분한 연계성을 가지고 있으므로 국내 Drilling Equipment 과제와의 향후 기술정보 공유의 장이 있다면 더 큰 시너지 효과가 발생할 것으로 보임 - Top Drive System Performance Test Facility은 Drilling Equipment 성능평가용으로 활용 가능 - 탑드라이브 구성, 방식, 성능사양이 유사할 경우에 테스트베드 적용을 적극 추진
Top Drive Type Rig 개발	- 150HP급 Top Drive Drill Rig 의 Main Structure 설계 및 부품 국산화(Mast Assmbly, Travelling Device, Double Clamp, Power Head), 최적화된 Hydraulic control system 및 Load-Sensing 제어 기술 개발을 목표로 함(중소기업청 창업성장기술개발사업) - 기존 골조방식의 데릭구조 설계와 관련된 일부 부품 기자재를 제작하는 과제임 - 본 과제는 4 km 급 방향성 드릴링이 가능한 개방형 붐데릭 방식의 시스템을 테스트베드 제작, 실증을 목	- 테스트베드 적용시 선행과제에서 개발된 부품의 사양 적합성을 고려하여 설계에 반영이 가능할 것으로 보임 - 본 연구에 포함되지 않은 일반 유압기기류에 관한 활용도 적극 검토

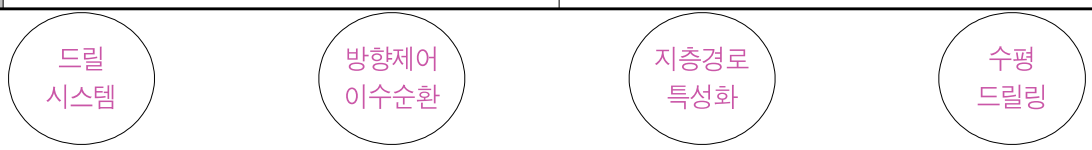
	표로 하며, 선행연구에서 추진중인 부품기자재 개발은 포함하고 있지 않음	
해양플랜트용 Drilling System의 Sheave 기술개발	- 해양 플랜트 Drill String Compensator용 주강 개발, 최적 주강소재 적용(EH36 Grade급), Drill String Compensator용 주강 시제품 제작을 목표로 함 -쉬브에 소요되는 주강 소재 개발에 관한 사항으로 본 과제와 무관함	- 해당사항 없음

제4장 연구개발 목표 및 추진체계

1. 고려사항

□ PEST분석

구분	촉진요인	저해요인
정책 (P)	- 정부 주도의 신도시, 인프라, 수자원, 환경 등 등 비개착 공법 건설지원 증가 - 기후변화 대응 온실가스 감축, 미개척지 에너지 자원 탐사개발 관련 정책추진 - 중소·중견기업 지원을 위한 종합대책 마련	- 각각의 자국 내 시장과 자원 및 기업 보호주의 정책 심화 - 재원개발관련 신산업·신시장 창출을 위한 중장기 전략 미비 - 국제표준 대응 자국시장보호, 기업지원체계 미비
경제 (E)	- 신흥자원부국의 자원개발 프로젝트 증가, 동토 및 극지 등 에너지자원 개발 가속화 - 기후변화, 환경오염 대응관련 드릴링 산업 수요가 급격히 파생	- 선진기업의 시장 및 기술 카르텔 형성으로 드리링 장비 임대 및 서비스분야 국부유출 심화 - 중국 등 신흥국가의 적극적인 실증개발(흥아, 중국)에 따라 기술격차 증가 - 산업규모가 작고 생태계가 취약
사회 (S)	- 생활수준 향상에 따라 가스 및 상하수관망 등 비개착 공법 요구 증가 - 해외자원개발사업에서 우리나라 인지도 상승	- 국내 도시나 단지, 시설 등을 연결하는 가스, 관망 등 비개착공법에 대한 이해 부족 - 국가 경제적으로 중요한 에너지 자원의 수입·공급을 탈피한 적극적 개발 인식이 낮음
기술 (T)	- 가스·자원이송 유망분야 발굴(국토부)을 통하여 체계적인 실증 개발을 지원 중 - 해양분야 드릴링 기자재 등은 일부 OEM 공급능력을 확보 - 세계적 수준의 ICT 기술과 관련 투자 증가	- 방향 드릴링 원천기술, 시스템 개발 및 운영 경험, 실증 레코드 부족 - 기술개발, 시험인증, 실증 등 인프라 취약 - 선진기업의 기술 카르텔 형성에 따른 드릴링 장비 및 서비스 기술의 대외 의존



다목적 방향성 드릴 시스템 개발사업 기본방향 도출

◦ **국토교통부 방향성 드릴시스템 개발 연구사업의 역할 및 목적은 현장 적용이 가능한 드릴시스템 응용·실증 연구를 추진하여 독자기술을 확보하여 해외진출 및 국가경제에 기여하는 것임**

* 개별 기자재/부품 보다는 **현장**에 **적용**되는 **드릴시스템**과 **운영(경로특성화, 파쇄자극 등 포함)** 등의 **통합기술 확보**에 **중점**

* 기 개발중인 해양 드릴 기자재 R&D 결과와 **연계**하여 **시너지효과**를 높이고, 미비한 분야는 타당성 검토 후 병행연구를 추진하여 보완

◦ **방향성 드릴 시스템 개발사업 추진을 위한 기본방향은 글로벌 산업 및 시장 환경, 기술적 니즈를 고려하여 ① 드릴시스템 플랫폼 국산화 설계 및 제작기술 추진, ② 드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술 추진, ③ 드릴시스템 지층경로 특성화기술 추진, ④ 비개착식 수평 드릴 시스템 기술 추진 등으로 설정**

* 투자 중점분야 : 방향성드릴시스템 및 운영, 방향제어·이수순환, 경로 특성화 및 파쇄 응용, 비개착 관망시공 플랫폼 등 국토교통부 중장기 계획에 부합되는 기술
* 투자 효율화 : 상용화를 위하여 실증사업과 사업관리 및 운영기술을 반영
* 투자 특성화 : 중소·중견기업 과제 우선 발굴 및 지원

2. 비전 및 목표 설정

2.1 비전 및 목표

비 전

세계적 수준의 다목적 드릴링 기술 개발을 통하여
유·가스 상류부문 건설장비·기자재 및 **서비스 시장 진출 교두보 확보**

목 표

<< 시공(탐사)거리 4 km급 다목적 방향성 드릴시스템 및 시공·운용기술 개발 >>

1단계('16～'17)	2단계('18～'19)	3단계('20～'22)
• 기술수준 70% • 시공(탐사)거리 2 km 기본설계	• 기술수준 80% • 시공(탐사)거리 2 km 실험 • 기술실시 8건	• 기술수준 90% • 시공(탐사)거리 4 km 실증 • 기술실시 10건



핵심기술	세부기술
드릴시스템 통합설계 및 실증기술	1.1 시스템 통합설계 및 실증기술(TB 포함) 1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅기술 1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술 1.4 사업관리 및 통합운영 시뮬레이터기술
드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술	2.1 방향성 추진체 및 제어기술 2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술 2.3 이수 혼합 공급 처리시스템 2.4 지중 내비게이션시스템 기술
드릴링 경로특성화 및 파쇄기술	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술 3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술 3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술 3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술
비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술 4.2 지층 탐사 및 평가장비기술 4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술 4.4 비개착 관망 연결 설치기술

2.2 설정근거

○ 비전 수립 틀

- 본 기획에서 적용한 비전 수립 틀은 그림 4.0과 같음
- 사업의 비전은 부처의 방향성과 사업의 시장환경 및 내부역량을 고려하여 도전적으로 제시하였음
- 기존의 사업이나 과제에서 사용하였던 강국, 복지 등 포괄적인 용어보다는 기술개발의 최종 목적에 주안점을 둠

비전 수립 틀 설계

- 비전 정의 및 구성요소 파악 R&D 로드맵이 추구하는 장기적인 목표와 바람직한 미래상을 제시
- 구성요소로는 비전 Statement, 사업영역, 시간, 성과 목표 등이 있음
- 비전은 목표시점에서 도달하고자 하는 모습을 담고 있어야 하며, 내/외부에서 정확히 인식할 수 있도록 구체성을 갖도록 함



그림 4.1 R&D 비전 수립 계획 및 절차

○ 비전 수립 및 분석

- 부처의 방향성: 우리나라 경제의 잠재성장률 4% 유지를 위하여 국토교통 기술경쟁력을 강화하고 지속적인 성장동력으로 역할 수행

* 제2차 건설교통기술 연구개발사업 중장기계획('13~'17)

- 주요 키워드: 기술 경쟁력 강화, 성장동력, 글로벌 시장 선도 등을 분석
- 미래의 모습: 궁극적으로 글로벌 상류시장에 진입하여야 함
- 키워드 매칭: 전문가 브레인스토밍

① 성장동력 ⇒ 다목적 드릴 시스템 및 서비스 기술

② 기술경쟁력 ⇒ 세계적 수준 (최고기술 대비 90% 이상)

③ 글로벌 시장 선도: 유가스 탐사·생산장비 및 서비스 시장 진출 교두보 확보

* 유·가스 개발사업은 ① 탐사・개발・생산 ② 수송 ③ 정제 ④ 공급으로 나눌 수 있는데, ① 부문을 상류(upstream), ② 부문을 중류(midstream), ③ 부문 이후는 하류(downstream)으로 구분하는데 상류부분의 부가가치가 높음

○ 목표 설정 근거: 레퍼런스 확보 및 전문가 평가

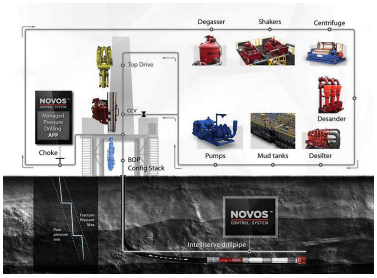
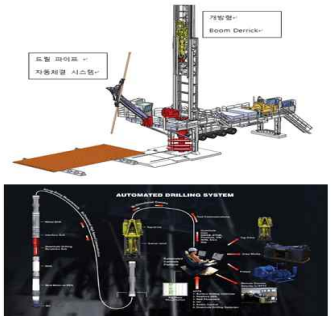
- 최종목표는 실용적으로 현장에 적용되어 운용되고 있는 장비의 성능을 기준으로 하였으며, 일반적으로 대부분의 비전통 유·가스는 지하 1.5 km 이내에 산재하며, 방향전환을 통한 수평이동을 고려시 3~5 km 천공 능력과 운용기술이 요구됨

- 본 연구사업에서는 전문가 의견을 거쳐 “탐사/시공거리 4 km급 다목적 방향성 드릴시스템 개발”을 최종 목표로 설정함

* 국내 육상드릴링: 3 km 수직드릴링, 국내 해상드릴링: 두성호 4 km 수직드릴링

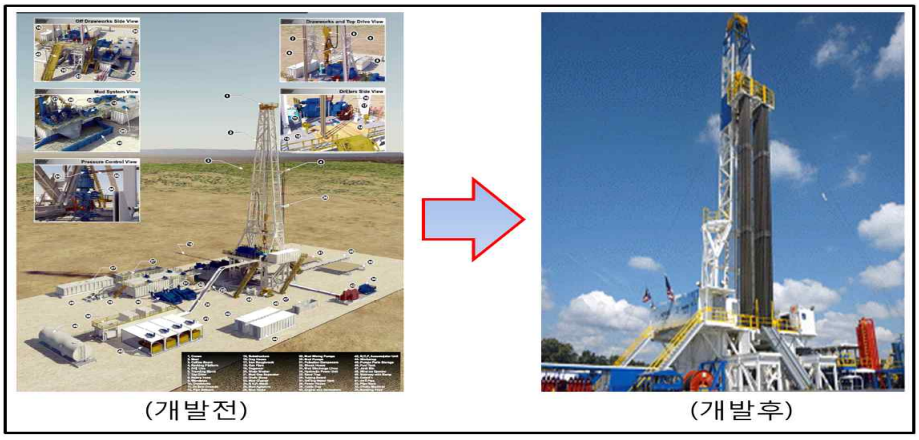
- 기술수준은 제2장 환경분석-기술경쟁력 분석 결과를 토대로 현재 종합 67% 수준에서 단계별 10% 향상을 목표로 최종 90% 수준에 도달하는 것으로 설정함

표 4.1 사업단 목표 설정근거

기존기술의 문제점/한계	선진기술 수준/보유국	정량적 목표(최종목표)
- 이동성이 떨어지는 Steel Structure 타입의 데릭 - 파이프 이동 및 연결 등이 반자동으로 효율 저하 - 통합운영이 미비하여 안전, 속도 등 효율성 저하 	- 7 km 이상 드릴 능력 (실용적으로 4 km 내외) - 완전 자동화 드릴링 시스템을 개발중 (효율성 20-30% 개선 목표) - NOV(노르웨이) 	- 탐사/시공거리: 4 km = 수직 2 km, +경사 2 km - 기능: 개방형 붐데릭을 채용 이동/가변성 확보, 자동화 시스템 적용 

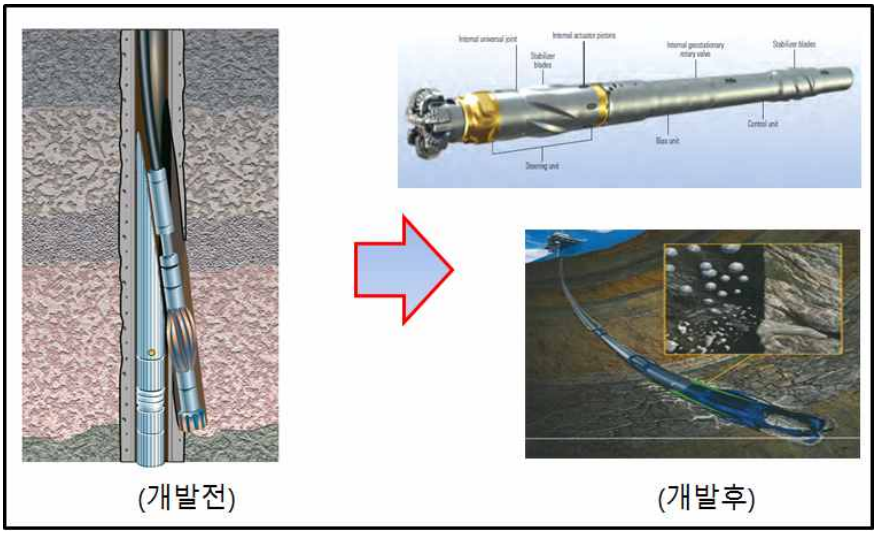
○ 사업단 과제 주요목표 및 대표 성과물(세계최고기술 후보)

* 시공(탐사)거리 4 km급 **방향성 드릴링 시스템 개발**(테스트베드 실증)
(현재, 국내기준) 수직형 3 km ⇒ (개발) 4 km(수직 2 km + 경사 2 km)



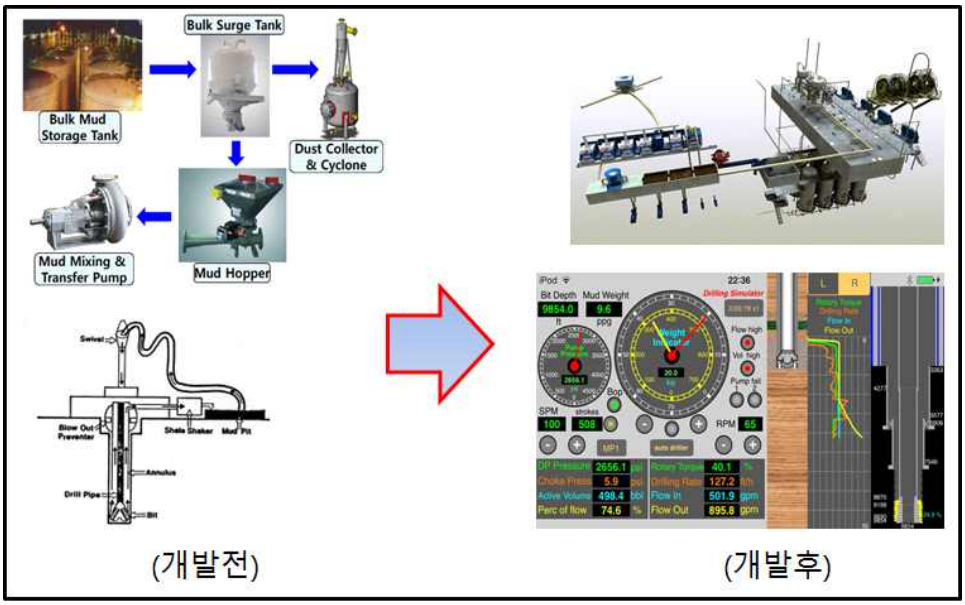
< 개방형 붐데릭 방식 드릴 리그 시스템>

* 방향 전환율 15°/100 ft, 드릴링속도 10% 개선한 **방향성 추진체 및 제어시스템 개발**
(현재, 해외 기준) 방향전환율 10°/100 ft ⇒ (개발) 15°/100 ft



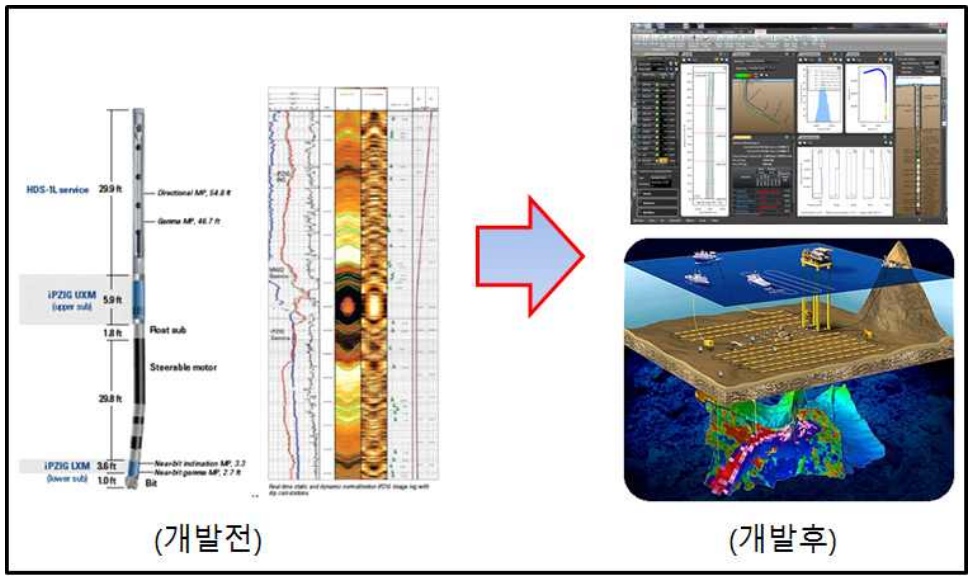
< 스마트 방향 추진제어시스템 >

* 이수 순환경로 8 km, 공급압력350 bar 및 유량 100 m^3/h 급 **이수공급 및 순환제어시스템 개발**
(현재, 국내기준) 수직형 왕복 6 km ⇒ (개발) 8 km(수직 4 km + 경사 4 km)
(현재) 국내사례 없음 ⇒ (개발) 공급압력350 bar 및 유량 100 m^3/h 급



< 이수공급 및 순환제어시스템>

* 가탐 깊이 4 km 이상, SRV 10% 개선한 **경로 특성화 및 지층 파쇄기술 개발**
- SRV :단위주입률당 파쇄저류 암체적
(현재, 국내) 가탐깊이 3 km ⇒ (개발) 가탐깊이 4 km
(현재, 국내) 기존 방식 기준 ⇒ (개발)기존 방식 SRV 대비 10% 선



< 경로 특성화 및 지능 모니터링 기술 >

* 시공거리 2 km 급 **비개착식 관망시공시스템 개발**
  (현재) 국내 개발사례 없음 ⇒ (개발) 2 km (수평)



< 비개착식 관망시공시스템 및 공법 >

3. 과제 구성 및 성과목표 설정

3.1 과제 구성 및 연계성

○ 본 사업단 과제는 4개의 핵심과제와 이를 구성하는 14개의 세부과제로 구성되며, 기술개발 후 선진기술 대비 85~90%, TRL 7~9단계 도달할 것으로 예상

표 4.2 사업단 과제 구성

핵심과제	세부과제	TRL	
		전	후
1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	6	8
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	7	9
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	7	9
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	5	8
2. 방향제어/이수순환시스템 기술	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	6	8
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	6	8
	2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	7	9
	2.4 지중 내비게이션시스템 기술	5	8
3. 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술	6	8
	3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술	7	9
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	7	9
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	6	8
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	6	8
	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	7	8
	4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	7	9
	4.4 비개착 관망 재료 및 연결기술	7	9

○ 핵심과제 간 연계성 확보

핵심1과제
- 사업단 내 핵심과제는 총 4개로 구성하며, 핵심1과제는 드릴리그 본체에 요소기술들을 통합하는 기술이며 별도의 테스트베드 실증 과제를 포함

핵심2과제
- 핵심2과제는 방향성 드릴시스템의 핵심기술로서 목표지점까지 드릴링경로를 실시간으로 제어하여 목적지까지 천공하는 기술로서 드릴마찰과 드릴공 안정성을 확보하기 위한 이수공급 및 제어시스템을 포함

핵심3과제
- 핵심3과제는 드릴시스템의 최적 경로 확보를 위한 지층 특성화 및 정보화 기술로 구성되며, 특히 드릴 장비를 이용한 지층파쇄를 통한 자원 생산 촉진기술을 포함

핵심4과제
- 핵심4과제는 소규모 차량형 비개착식 파이프라인 시공시스템으로서 상기 핵심1과제~핵심3과제와 방향성 추진 및 제어, 머드 순환기술을 소형화, 최적화 하여 수평으로 소구경 파이프라인을 연결하는 기술을 포함

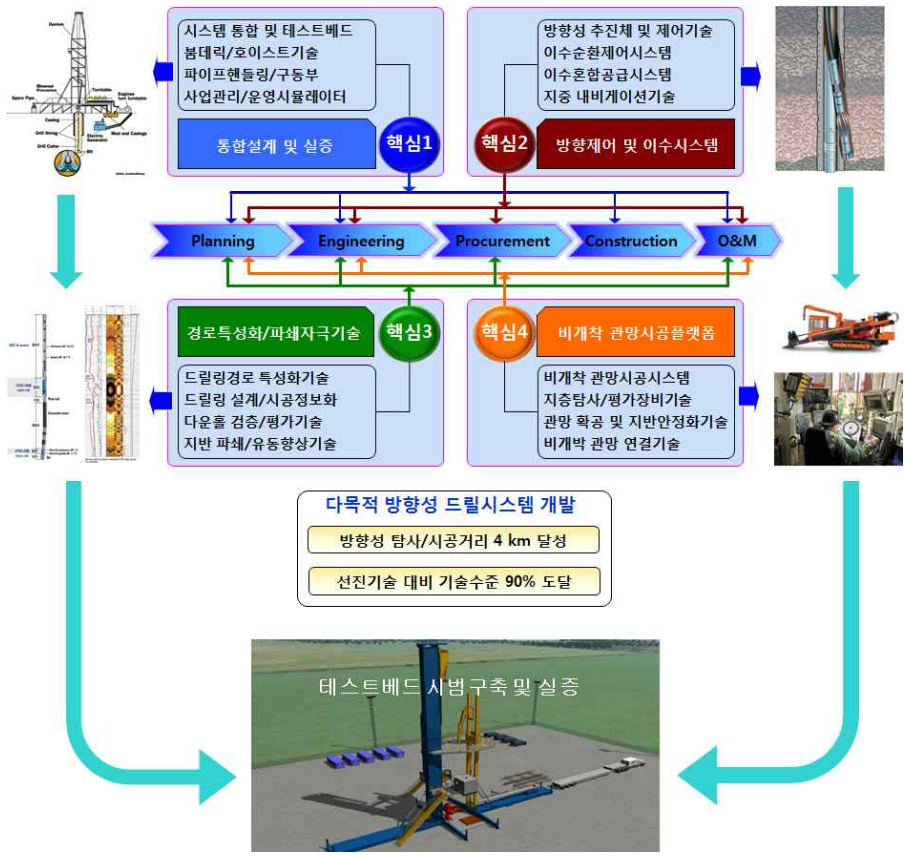
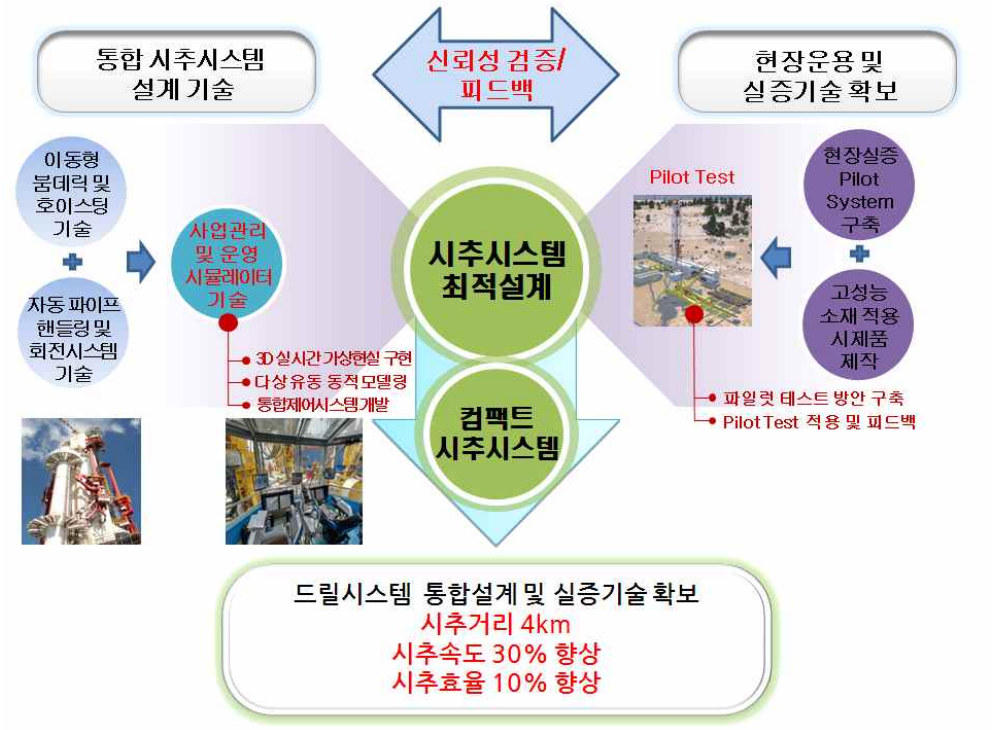


그림 4.7 핵심과제 간 연계성 및 주요 기술

○ 핵심1과제의 구성과 주요내용

- 방향성 시추(directional drilling)를 위한 시추시스템(리그플랫폼+기능모듈)의 설계·제작기술 및 유틸리티 시스템 통합설계기술
- 개방형 붐데릭(boom derrick) 설계/제작 기술
- 자동 파이프 핸들링/회전/호이스팅 시스템이 통합된 컴팩트 구조
- 시추시스템 설계, 제어 및 통합운용이 가능한 가상 시뮬레이터 운용기술
- 컴팩트 시추시스템에 대한 신뢰성 검증 및 테스트베드 구축
- 현장실증 Pilot 시스템 구축을 통한 실증데이터 및 현장운영기술 확보



○ 핵심2과제의 구성과 주요내용

- 드릴시스템 방향제어 기술은 지상의 시추기술자가 실시간으로 지중의 시추방향을 제어하면서 방향성(수평) 시추를 수행할 수 있는 시스템으로 방향제어 장치와 각종 위치 및 측정센서, 소프트웨어 기술로 구성

* 실시간으로 지상에서 시추위치를 파악할 수 있는 MWD(Measurement While Drilling), 방향제어가 가능한 RSS(Rotary Steerable System), 지층물성을 측정할 수 있는 LWD (Logging While Drilling) 등으로 구성

○ 이수순환시스템은 회전하는 드릴 비트의 윤활작용 및 냉각, 시추 시 발생하는 암편 제거, 시추공 붕괴 방지, 시추공의 압력 안정화 등을 위하여 고압의 펌프로 이수를 주입, 토출 및 처리 공정이 이루어지는 시스템

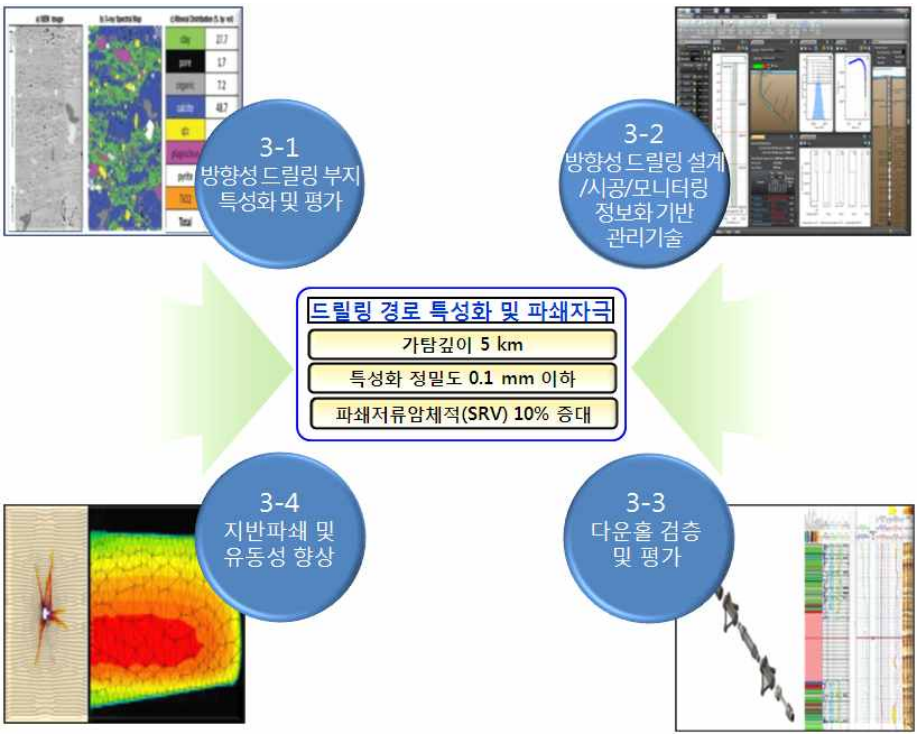
* 주요 구성장비는 이수펌프, 주입펌프, Shale shaker, Desander, Desilter, Degasser 등으로 구성됨



○ 핵심3과제의 구성과 주요내용

- 드릴링 시작지점과 목표지점 사이의 경로를 최적화하여 설계하기 위하여 대상 부지의 신뢰적인 지층정보 특성화 및 평가기술을 확보하고, 경제적이고 효율적인 드릴링 및 지반 파쇄 시공이 진행되기 위한 핵심 정보화시공관리기술을 개발함

- X-ray CT를 활용한 지층정보 3차원 특성화, 증강현실기반 능동형 3차원 경로설계 및 최적 드릴링 설계/관리 정보화 기술, 통합 드릴링 성능 시각화 시뮬레이션 기술 및 유도지진을 최소화하고 생산성을 극대화 할 수 있는 지반파쇄기술로 구성



○ 핵심4과제의 구성과 주요내용

- 파이프라인 시공 시 연약한 지반이나 하천, 호수 등의 시공이 어려운 지역에 적용할 수 있는 효과적인 방안으로 방향성 굴착공법

- 에너지관, 상수도관, 전력/통신구 등 장거리 수송 파이프라인의 비개착 시공에 관한 기술로 최소의 공간 확보를 통해 수송관의 설치가 가능하며, 개착방식에 비해

공기단축, 비용절감, 안정성 확보 등의 장점을 가지는 기술

- 장거리 관로 매설이 가능한 핵심 장비 개발을 포함한 시공 시스템 개발, 비개착 시공에 필요한 주변 지반 및 배관 탐사 기술, HDD를 활용한 지반오염 및 특수 환경 조사 기술, 기존 관망을 보수/갱생하기 위한 관망 확공 기술 및 지반 안정성 평가 기술, 비개착 관망 재료 및 연결 기술



3.2 성과목표 및 지표 설정

○ 국가연구개발사업 표준성과지표-성과목표·지표 설정 가이드라인(미래창조과학부)에 준하여 설정함

가. 사업단 성과목표

	현재		'17년		'19년		'22년
드릴시스템 글로벌 기술수준 (선진기술 100% 대비)	67%	⇨	70%	⇨	80%	⇨	90%
방향성 탐사/시공거리	3 km (수직형)	⇨	2 km (설계)	⇨	2 km (검증)	⇨	4 km (실증)
세계최고수준 핵심기술[1] 누적	0개	⇨	-	⇨	2개	⇨	5개
드릴링 효율성[2] 제고	0%	⇨	-	⇨	10%	⇨	20%
기술 실시	-	⇨	-	⇨	8건	⇨	10건

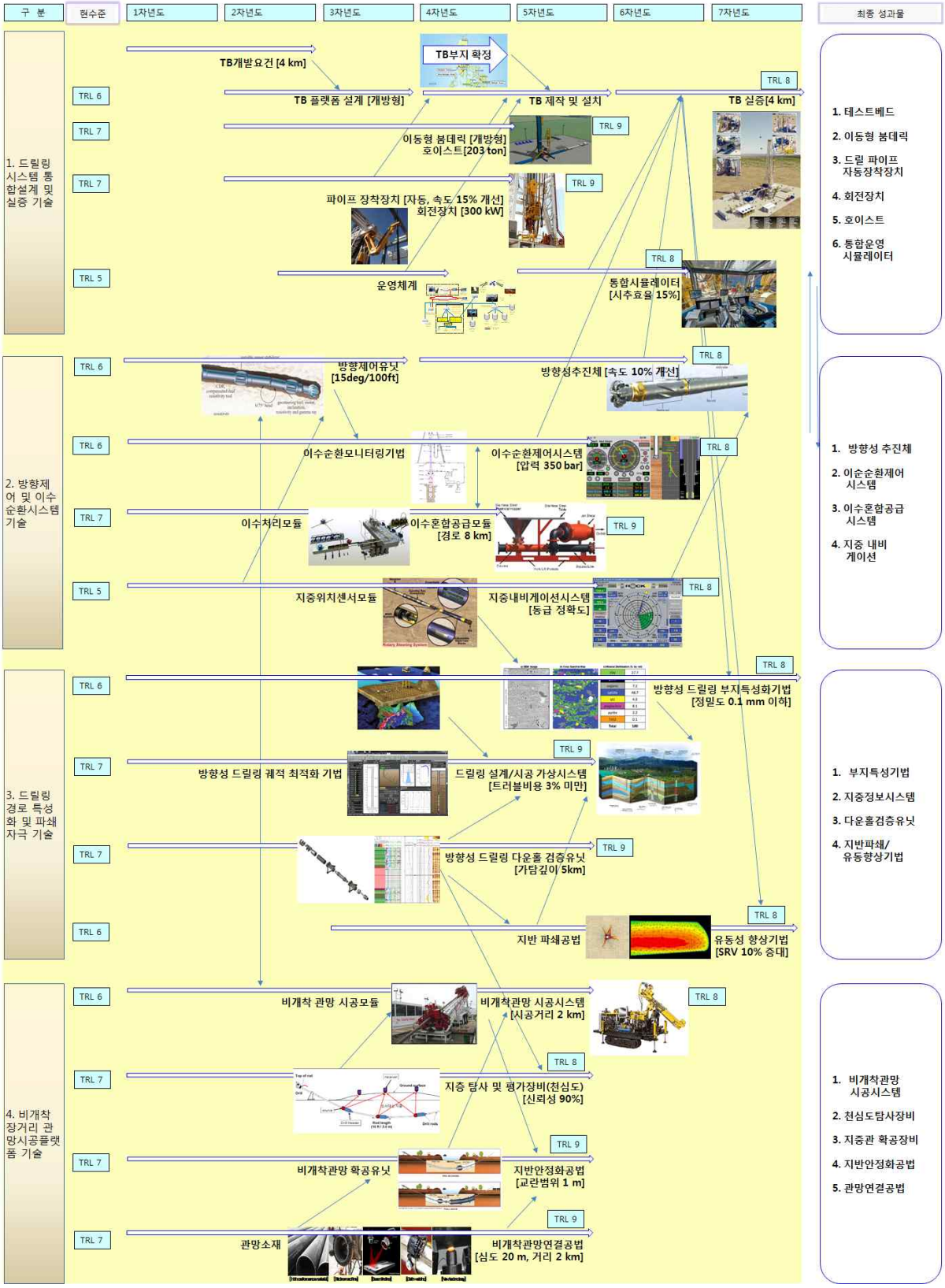
1) 세계최고기술(WBT)은 2022년 목표 수준은 핵심 과제당 1-2건을 목표로 함 (SCI논문, 기술료, 해외특허 등 종합평가기준을 설정)

2) 효율성은 자동화 시스템, 실시간 측정 데이터 피드백을 통한 효과이며, NOV 등에서 자동화 파이프 조작시스템 등 도입을 통하여 20~30% 효과를 기대하고 있음

나. 핵심과제별 성과목표 및 PRM

핵심기술(과제)	성과목표
1. 드릴시스템 통합설계 및 실증기술	드릴링거리 4 km 달성
	동급 Static hook load 달성
	드릴링속도 15% 향상 달성
	드릴링 성공률/효율 10% 향상
2. 드릴시스템 방향제어 및 이수순환 기술	드릴링속도 및 방향전환율 10% 향상 달성
	공급압력350 bar/유량 100 m^3/h달성
	순환경로 8 km 달성
	동급 위치 정확도 달성
3. 드릴링 경로특성화 및 파쇄기술	드릴링지반 특성화 정밀도: 입자 0.1 mm 이하
	문제발생비용(troublecost) 드릴링비용대비 3% 미만
	가탐 깊이 4 km 이상, 가탐 온도 150℃ 이상
	파쇄저류 암체적(SRV) 10% 증대, 미소진동20%저감
4. 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 기술	시공거리 2 km
	주변지반 교란 범위 1 m 이내 실증
	관 연결거리 2 km
	지하 8m 탐사 신뢰성 90%

□ 성과로드맵

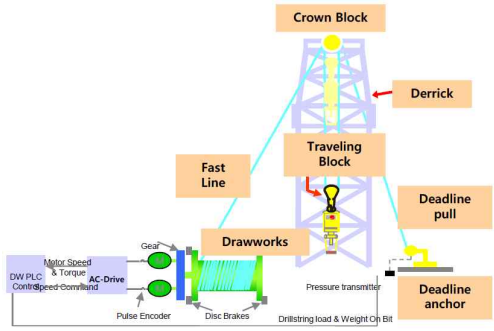

구 분
현수준
1차년도
2차년도
3차년도
4차년도
5차년도
6차년도
7차년도
최종 성과물
1. 드릴링 시스템 통합설계 및 실증 기술
2. 방향제어 및 이수순환시스템 기술
3. 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극 기술
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술
TB개발요건 [4 km]
TB부지 확정
TB 플랫폼 설계 [개방형]
TB 제작 및 설치
TB 실증[4 km]
이동형 붐데릭 [개방형] 호이스트[203 ton]
파이프 장착장치 [자동, 속도 15% 개선] 회전장치 [300 kW]
운영체계
통합시뮬레이터 [시추효율 15%]
방향제어유닛 [15deg/100ft]
방향성추진체 [속도 10% 개선]
이수순환모니터링기법
이수순환제어시스템 [압력 350 bar]
이수처리모듈
이수혼합공급모듈 [경로 8 km]
지중위치센서모듈
지중내비게이션시스템 [동급 정확도]
방향성 드릴링 부지특성화기법 [정밀도 0.1 mm 이하]
방향성 드릴링 궤적 최적화 기법
드릴링 설계/시공 가상시스템 [트러블비용 3% 미만]
방향성 드릴링 다운홀 검층유닛 [가탐깊이 5km]
지반 파쇄공법
유동성 향상기법 [SRV 10% 증대]
비개착 관망 시공모듈
비개착관망 시공시스템 [시공거리 2 km]
지중 탐사 및 평가장비(천심도) [신뢰성 90%]
비개착관망 확공유닛
지반안정화공법 [교란범위 1 m]
관망소재
비개착관망연결공법 [심도 20 m, 거리 2 km]
TRL 5
TRL 6
TRL 7
TRL 8
TRL 9
1. 테스트베드
2. 이동형 붐데릭
3. 드릴 파이프 자동장착장치
4. 회전장치
5. 호이스트
6. 통합운영 시뮬레이터
1. 방향성 추진체
2. 이순순환제어 시스템
3. 이수혼합공급 시스템
4. 지중 내비 게이션
1. 부지특성기법
2. 지중정보시스템
3. 다운홀검층유닛
4. 지반파쇄/ 유동향상기법
1. 비개착관망 시공시스템
2. 천심도탐사장비
3. 지중관 확공장비
4. 지반안정화공법
5. 관망연결공법

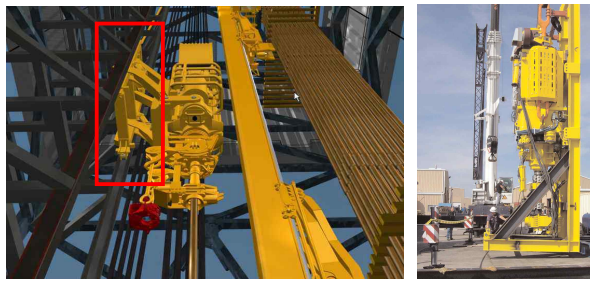
다. 세부과제별 단계별 성과목표 설정

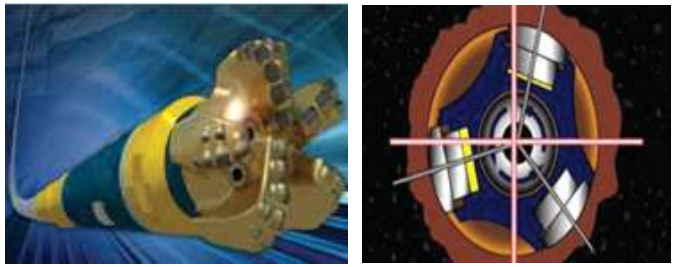
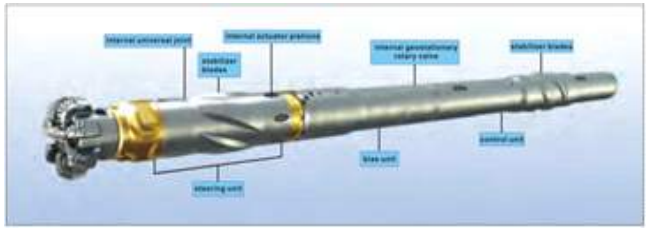
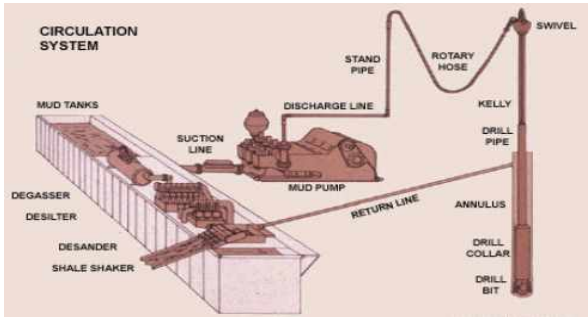
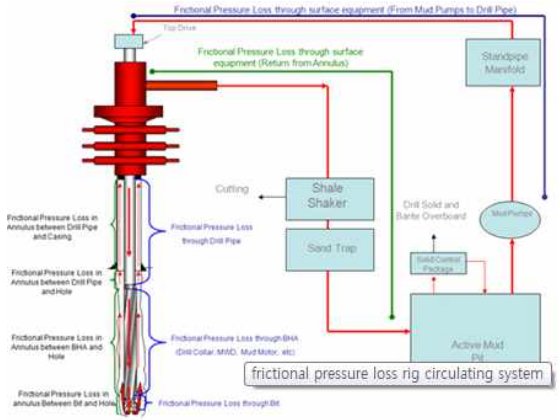
핵심과제	세부과제	1단계목표(2년)	2단계목표(2년)	3단계실증목표(3년)
1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	(수직+수평) 4 km 급 설계	드릴링거리 2 km 달성	드릴링거리 4 km 달성
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	Static hook load 기본설계	Static hook load 달성	Static hook load 달성
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	속도 15% 향상 설계	속도 10% 향상 달성	속도 15% 향상 달성
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	드릴링효율10%향상 기본설계	드릴링효율 5% 향상 달성	드릴링효율 10% 향상
2. 방향제어/ 이수순환시스템 기술	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	드릴링속도 및 방향전환율 10% 향상 시스템 기본설계	드릴링속도 및 방향전환율 5% 향상	드릴링속도 및 방향전환율 10% 향상
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	압력350bar/유량100m^3/h 기본설계	압력175bar/유량50m^3/h 달성	압력350bar/유량100m^3/h 달성
	2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	순환경로 8 km급 기본설계	순환경로 4 km 달성	순환경로 8 km 달성
	2.4 지중 내비게이션시스템 기술	동급 위치 정확도 기본설계	동급 위치 정확도 달성	동급 위치 정확도 달성
3.드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술	특성화 정밀도 1mm 이하	특성화 정밀도 0.5mm 이하	특성화 정밀도 0.1mm 이하
	3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술	드릴링오류비용8%미만(드릴링비용 대비)	드릴링오류비용5%미만(드릴링비용 대비)	드릴링오류비용 3%미만(드릴링비 대비)
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	가탐깊이 3km 이상	가탐깊이4km 이상 검증	가탐깊이4km 이상 실증
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	단위주입률당 파쇄 저류암 체적(SRV) 5% 증대	단위주입률당파쇄저류암 체적(SRV)10%증대	단위주입률당파쇄저류암 체적(SRV)10%증대
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	시공거리 2 km 급 설계	시공거리 2 km 급 제작	시공성능 2 km 실증
	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	지하 5m 탐사 신뢰성 90% 확보	지하 8m 탐사 신뢰성 70% 확보	지하 8m 탐사 신뢰성 90% 확보
	4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	주변 교란범위 3 m 내 설계	주변 교란범위 2 m 검증	주변 교란범위 1 m 실증
	4.4 비개착 관망 및 연결기술	심도 10m/거리 1 km 설계	심도 10m/거리 1 km 검증	심도 20m/거리 2 km 실증

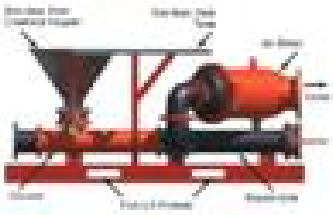
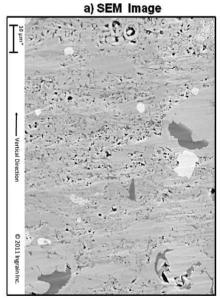
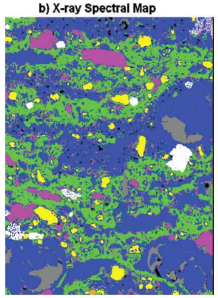
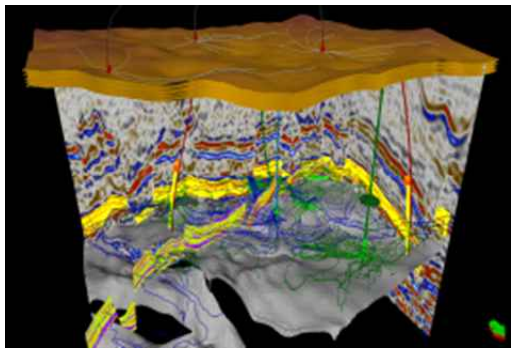
라. 세부기술별 성과목표 설정 근거

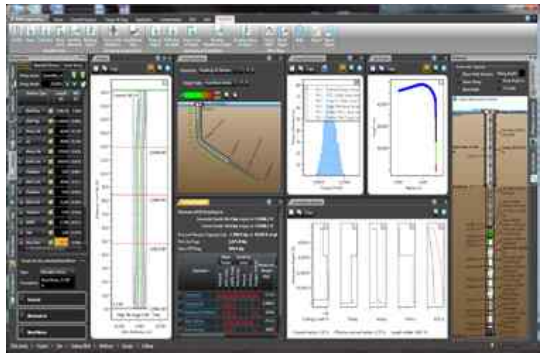
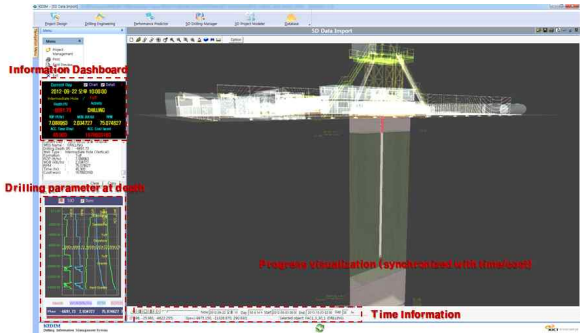
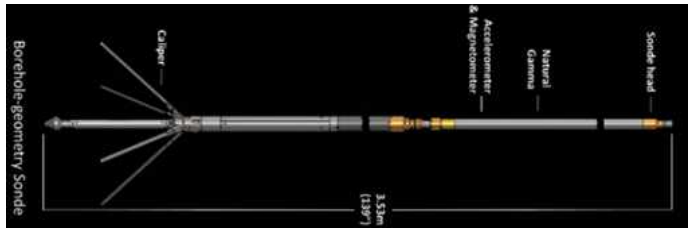
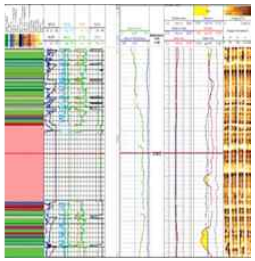
세부기술명	선진기술 수준/보유국 (reference 설정)	정량적 목표(최종목표)
시스템 통합설계 및 실증기술 (TB 포함)	- 드릴링이기 설계 및 제작기술, 현장운영기술 - 장비의수평정/경사정 유정완결을 위한 강관제조/적용기술 확보 및 다구간 유·가스 생산을 위한 천공/생산구간 분리기술, 다단계 천공 및 구간분리 기술, 개발된 장비의 검증 및 현장적용 실증시험 기술 - Schlumberger와 Halliburton은 PDM(Advanced Positive Displacement Motor)과 같은 새로운 형태의 모터 개발을 통해 드릴링공 품질향상, ROP 및 궤도 안정성 향상을 모색하고 있으며, Pad 개발에 필수적인 근거리 이동형 혹은 슬라이딩 방식의 드릴링이기 개발을 진행중 - 메이저 석유드릴링 서비스 기업은 심도 3000 m 내외, 드릴링길이 6 km까지의 장공수평드릴링기술을 셰일가스 현장에 적용하고 있으며, ROP 향상과 비트(bit) 수명향상을 통해 방향성 드릴링 효율성을 높이고 있음 - 미국(NOV), 노르웨이(AKMH)사가 턴키 베이스형태로 세계 시장 독점	- 성능수준: 드릴링거리 4 km 달성 - TRL 수준: 8단계 - 설정배경: 방향성 드릴링기술 확보를 위한 드릴링 시스템 설계 기술, Pad 설계 및 지상 생산설비 현장운영기술 개발 필요 - 예상성과물  

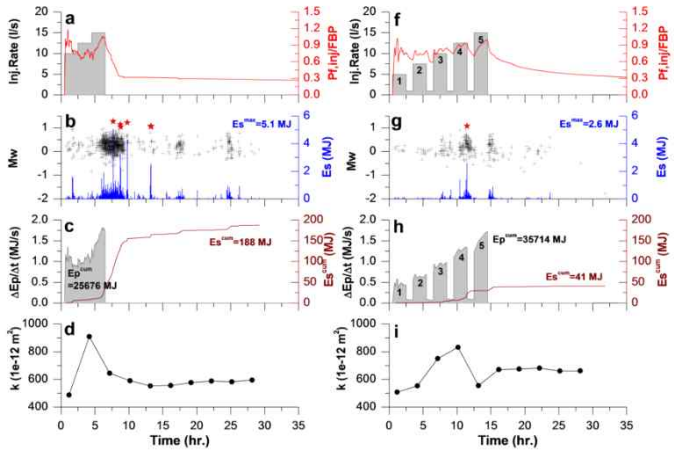
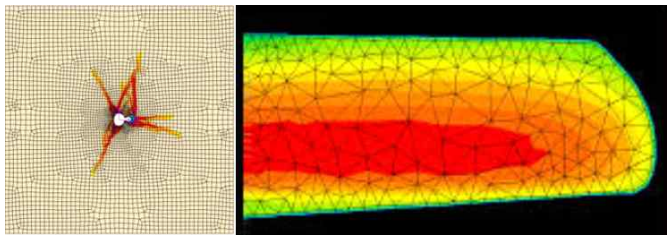
이동형 붐데릭 및 호이스팅기술	<이동형 붐데릭> - 드릴링비용 증가에 따라 작업의 효율성이 증대되는 시스템으로 발전 - 독일 Bentec의 Static hook load : 450 ton 규모(2000 마력급 Draw works) - 장비의 경량화, 이동성 향상 및 데릭의 설치, 조립 및 분해가 용이한 방향으로 연구 진행 - Huisman Equipment(네델란드) <호이스팅기술> - Drill Wire Simulation을 통한 Hoisting System 최적화 고성능 파이프 연결구 기술 - Emergency Lowering System 적용 및 평가기술 - Travelling Block & Crown Block 조립 및 설치 표준화 기술 - 고신뢰성 Disk Brake System 설계기술	- 성능수준: Static hook load 달성 - TRL 수준: 8단계 - 설정배경: 컴팩트한 리그(이동, 설치, 효율성 고려)의 개발이 활발하게 진행되고 있음. 최근 개발되고 있는 Boom type 데릭이 탑재된 드릴링시스템은 이동성 및 설치·조립이 용이하며 외부의 기타 보조 운용 장비와 연계한 무인 자동 운전을 용이하게 할 수 있도록 개발되고 있음 - 예상성과물(이동형 붐데릭)  - 성능수준: Static hook load 달성 - TRL 수준: 8단계 - 설정배경: Drill wire Simulation을 통한 Wire Tension 및 충격을 고려한 Sheave 설계 기술 필요 - 예상성과물(호이스팅기술) 

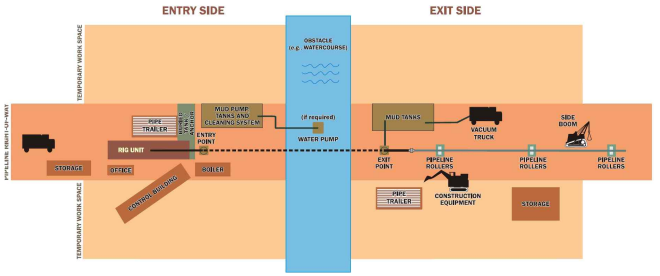
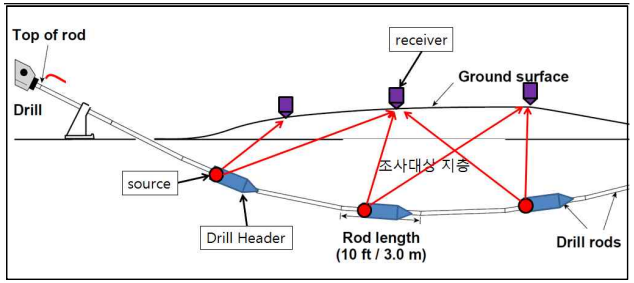
자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	<자동 파이프핸들링> - Pipe handling system 통합설계 기술 - Pipe handling 자동화 기술 - NOV(미국) - Aker Solutions(노르웨이) - Weatherford(미국) : MPD(Managed Pressure Drilling) 기술을 이용하여 ROP(18.8 ft/hr) 향상 및 드릴링시간 27% 단축(Hole sine : 상부 222 mm, 하부 156 mm) <회전시스템> - TDM(Top Drive Machine system) 설계 제작기술(제품의 크기는 소형화, 용량은 대형화 추세임) - Schlumberger와 Halliburton은 PDM(Advanced Positive Displacement Motor)과 같은 새로운 형태의 모터 개발을 통해 드릴링속도 및 궤도 안정성 향상(ROP 향상과 비트(bit) 수명향상을 통해 방향성 드릴링 효율성을 높이고 있음) - Top Drive Machine 패키징 기자재 분석 기술 - Top Drive Machine control system 모듈화 및 표준화 기술 - Rotary table 설계 제작 기술 - 드릴링시스템 설계 기술 및 장비 엔지니어링 기술은 미국의 NOV와 노르웨이의 AKMH가 독점하고 있음 - NOV가 전기식 Drill Drive System 시장을 석권하면서 세계시장을 70% 장악하고 있고, AKMH는 유압식 Drill Drive 시장을 석권하면서 세계시장을 30% 장악하고 있음 - NOV(미국) - AKMH(노르웨이)	- 성능수준: 드릴링속도 30% 향상 달성 - TRL 수준: 8단계 - 설정배경: 1) Drilling 작업시 Pipe 교체시간의 비중이 제일 크며, 빠른 시간에 정확한 교체작업 요구 2) 자동화를 통한 작업인원의 감소, 작업자의 안전성 향상 및 드릴링효율 향상 - 예상성과물(자동 파이프핸들링)  - 성능수준: 드릴링속도 30% 향상 달성 - TRL 수준: 8단계 - 설정배경: 1) Top Drive 상하 이동에 따른 시스템 내구성 및 신뢰성 확보 필요, 2) 높은 압력에 견디는 씰링 시스템을 갖춘 Rotary Swivel 필요 - 예상성과물(회전시스템) 

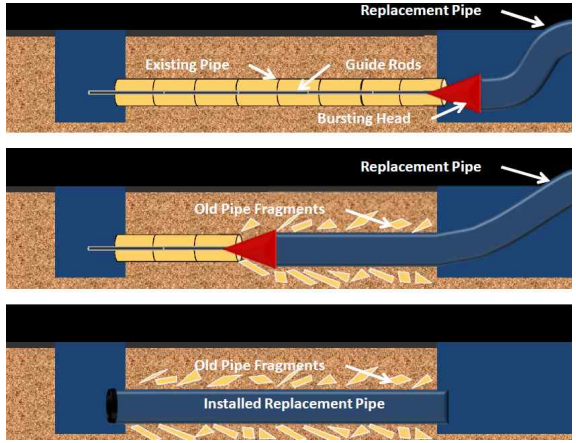
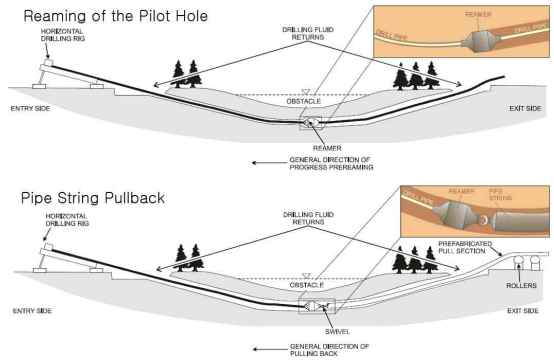
방향성 추진체 및 제어기술	- 수평 드릴링거리 6km - 방향제어 15°/100ft - Schlumberger(미국) - Haliburton(미국) 	- 성능수준: 드릴링속도 및 방향전환율 10% 향상 달성 - TRL 수준: 8단계 - 설정배경: 현 방향성 드릴링시스템의 방향제어시스템 동급 이상 사양 개발 
이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	- 이수 순환경로 9km - Schlumberger(미국) - Haliburton(미국) 	- 성능수준: 순환경로 8 km 달성 - TRL 수준: 8단계 - 설정배경: 현 드릴링시스템의 이수순환 모니터링 시스템 동급 이상 사양 개발 

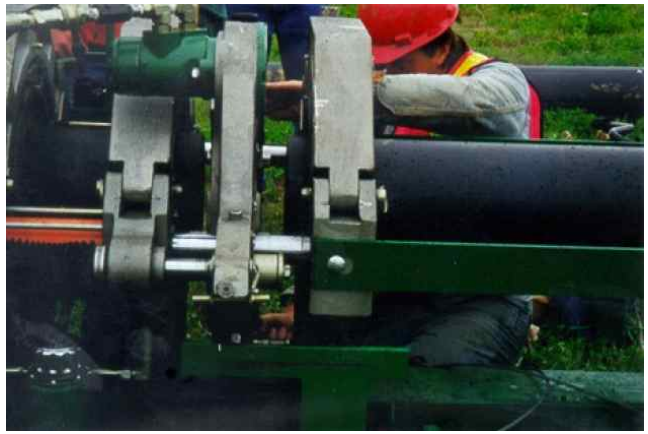
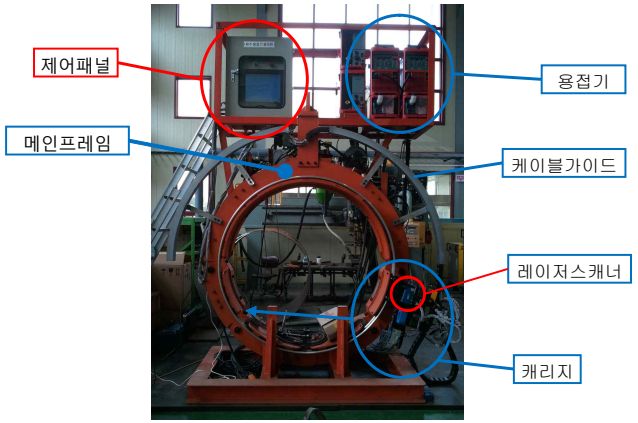
<table>
<tr>
<td>이수 혼합 공급 처리시스템</td>
<td>- 이수 공급압력 500bar, 유량 100m^3/h
- 처리용량 100m^3/h
- Sunda(중국)
- Solid controls(중국)
 </td>
<td>- 성능수준: 공급압력500bar/유량100m^3/h달성
- TRL 수준: 7단계
- 설정배경: 현 드릴링시스템의 이수순환시스템 동급 이상 사양 개발
 </td>
</tr>
<tr>
<td>방향성 드릴링 부지특성화 및 평가기술</td>
<td>- X-ray CT를 활용한 지반 물성분석 정밀도 (입자 크기 1mm)
- 지반물리탐사 및 영상처리 분석
- 3차원 부지특성 정보화
- GIS를 활용한 공간분석 및 의사결정
- Ingrain Inc.(미국)
 
c) Mineral Distribution (% by vol)
clay 27.7
pore 1.7
organic 7.2
calcite 48.7
qtz 4.3
plagioclase 8.1
pyrite 2.2
TiO2 0.1
Total 100</td>
<td>- 성능수준: 특성화 분석 정밀도 (0.1mm 이하)
- TRL 수준: 8단계
- 설정배경: 지반 특성화 정밀도는 드릴링 프로젝트의 타당성 및 경제성에 지대한 영향을 미침

<지반 특성의 정보화를 통한 공간의사결정></td>
</tr>
</table>

방향성드릴링설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리기술	- 방향성 드릴링 궤적 및 규격의 3차원 최적화 설계기술 - 드릴링 최적화 제어인자 정보화 기술 - 실시간 드릴링 성능 모니터링 및 평가기술 - Halliburton (미국) 	- 성능수준: 드릴링 관리의 정보화 시스템 구축으로 설계성능 대비 10%이상 원가절감 - TRL 수준: 9단계 - 설정배경: 드릴링 사업의 경제성을 크게 향상시켜 실질적인 상용화 전략의 핵심 아이템으로서 역할을 수행 
방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	- 고온/고압조건 wire-line 검층 (적용 심도 5km) - 가탐온도 125 ℃, 압력 100mpa의 내구성 존데 확보 및 검증수행 - 검층 데이터 자동화 분석 모듈 - Schlumberger (미국) 	- 성능수준: 가탐깊이 5km이상, 가탐온도 150℃ 이상 - TRL 수준: 7단계 - 설정배경: 다운홀 검층 정보는 향후 드릴링 경로 및 저류층 개발에 핵심정보를 제공하며, 대심도의 극한환경에 견디는 모듈 패키지 개발이 필요함  

지반 파쇄 및 유동성 향상기술	- 생산성 극대화 및 유도지진 최소화를 위한 최적 유체주입 설계기술 - 지반파쇄 균열네트워크 모사기술 - GFZ (독일)  	- 성능수준: 단위주입률당 파쇄저류암체적(SRV) 10% 증대, 미소진동 20% 절감 - TRL 수준: 7단계 - 설정배경: 저류층의 생산성 향상을 통해 프로젝트의 경제성을 향상시키고 유도지진피해를 최소화하기 위한 핵심 파쇄기술 확보 
비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	- 다양한 직경에 대한 Aceessibility : 50mm~1,650mm - 지반 조건에 따른 Drill Bit 장비 및 시공 최적화 Engineering 확보 - 최대 3km 시공 성능 보유(50mm 직경 기준) - 장비 개발 및 시공 Engineering 기술의 패키지화 - VerMeer(미국)	- 성능수준: 시공성능 2km (300mm 직경) 실증 - TRL 수준: 6단계 - 설정배경: 시장성이 높은 300mm 관망 시공을 대상으로 세계 수준(WBT)의 성능 목표치 설정. 해당 성능 수준을 확보한다면 비개착 관망 시공 시스템 분야 최고 기술 수준에 해당하며, 향 후 해상 파이프라인 시공, 자원 이송망 설치 등 다양한 분야에 활용성이 높음 - 예상 성과물 가시화 : 비개착 관망 시공 시스템 구축 개요도

		
지층 탐사 및 평가장비기술	- GPR을 활용한 지표 탐사(hand over)로 비개착 굴착 방향 제어 및 지층 탐사 - GPR은 최대 4m 심도까지만 조사의 신뢰성을 확보 - 깊은 심도 지층 탐사 시 물리탐사 등의 간접 방법(신뢰성 미확보)과 드릴링 보링을 통한 샘플 채취(많은 시간과 좁은 범위) 방법을 병행 - Geo Search(일본), DCI(미국) 	- 성능수준: 지하 8m 깊이 탐사 신뢰성 90% 수준 - TRL 수준: 7단계 - 설정배경: 지하 탐사에 대한 다양한 기술적 요구가 증가하는 상황에서 기존 GPR 가탐심도 4m(실제 1.5m 정도 구간만 활용) 수준을 극복하기 위해 첨단 비파괴 검사 기술, 방향성 굴착기술을 활용한 지중 탐사 기술, 수평 샘플링 기술 등의 개발을 통해 8m까지 정밀 지반을 정밀 탐사 - 예상 성과물 가시화: 방향성 굴착기술을 활용한 토모그래피 시스템 개요도 

비개착 관망 확공 및 지반안정화 기술	- 관의 종류에 따라 Reaming, Bursting, Splitting등 다양한 비개착 관망 확공 기술이 개발 - 최대 150m 길이까지 확공이 가능하며, 직경별로 확공 길이는 상이 - 주변 지장물 영향을 고려한 확공 시 주변 지반 교란에 대한 기술 개발은 미흡 - ISTT(영국) 	성능수준: 주변지반 교란 범위 1m 이내 - TRL 수준: 6단계 - 설정배경: 비개착 관망 확공 기술의 핵심은 1)다양한 관종을 교체/갱생 할 수 있는 확공기술 선정과 2) 주변 지장물에 대한 영향을 최소화 하는 것으로 국내 지하매설물 설치 현황과 산업 기반을 고려하여 Reaming에 의한 확공을 대상으로 주변 피해가 없도록 하는 교란 범위를 목표 성능 수준으로 설정 - 예상 성과물 가시화: Reaming에 의한 관망 교체 개요도 
비개착 관망 재료 및 연결기술	- API X100 강재를 적용한 파이프 연결구 시공 - Flash butt, Laser hybrid 등 고속 파이프 연결구 시공 - 아크전압 및 용접전류 측정에 의한 아크 안정성 측정 - Lazer profiler를 이용한 표면 비드 형상 측정 - Vietz(독일), Exxon mobil(미국)	- 성능수준: 심도 20m / 거리 2km - TRL 수준: 7단계 - 설정배경: 장거리 비개착 관망 시공 성능 목표와 연계하여 해당 구간 내에서 연결부 건전도를 확보하는 것을 성능 목표로 설정, 시공시스템 및 확공 기술과 연계하여 최고 수준의 통합 플랫폼이 구축될 수 있도록 목표 설정함

		– 예상 성과물 가시화: 급속 

마. 세부기술별 성과지표 적용방안

○ 연구개발 목표 달성을 위한 성과목표를 연구개발활동, 산출물, 결과물의 구분에 따라 6가지 관점에 의한 성공요인 도출을 통해 성과지표와 연계함

<성과목표 별 성공요인과 성과지표>

관점		성공요인(CSF)	성과지표(KPI)
연구개발활동	제품개발	기술 및 시장 특성 반영	기술 및 시장 분석 REPORT 건수
		시작품 출시	기술개발 결과물을 이용한 시작품 출시 건수
		설계도면 및 사양서 개발	설계도면 개발 건수 사양서 개발 건수
	기술 개발	국내외 특허 출원/등록	특허출원 건수
			특허등록 건수
		지침/매뉴얼의 개발 및 보급	관리 지침/매뉴얼 개발 건수
산출물 (Out-put)	기술평가 및 검증	SCI급 학술지 게재	SCI급 학술지에 게재된 논문 건수
		기술이전	기술이전 건수
		시험인증	공인 시험인증 건수
	현장 실증	현장적용(시범적용 등)	기술개발 결과물의 현장 적용 건수
결과 (Out-come)	기술효과	기술수준 향상	사업수행 전과 비교한 향상 정도(%)
	사업화	사업화/제품화 실적	사업화/제품화 건수
		해외진출	해외진출 건수

○ 실용화가 주목적이기 때문에 이와 관련된 시작품 출시, 현장적용, 사업화/제품화 실적 등 구체이면서 실용적인 성과물을 가장 우선순위가 높도록 설정할 필요가 있음

바. 핵심기술별 성과지표 및 목표 설정

○ 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술

관점	성공요인	성과지표	단기	중기	장기	합계
제품개발	기술 및 시장 특성 반영	기술 및 시장 분석 건수	4	4	2	10
	시작품 출시	시작품 출시 건수		4	2	6
	설계도면 및 사양서 개발	설계도면 개발 건수 사양서 개발 건수	8	10	6	24
기술 개발	국내외 특허 출원/등록	특허출원 건수	20	30	15	65
		특허등록 건수	5	20	20	45
	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	관리 지침/매뉴얼 개발 건수		4	4	8
기술평가 및 검증	SCI급 학술지 게재	SCI급 학술지 게재 건수	4	10	10	24
	기술이전	기술이전 건수		3	6	9
	시험인증	공인 시험인증 건수		5	4	9
현장 실증	현장적용(시범적용 등)	현장 적용 건수		2	2	4
기술효과	기술수준 향상	기술향상 정도(%)	70	80	90	
사업화	사업화/제품화 실적	사업화/제품화 건수		3	3	6
	해외진출	해외진출 건수		2	2	4

○ 방향제어/이수순환시스템 기술

관점	성공요인	성과지표	단기	중기	장기	합계
제품개발	기술 및 시장 특성 반영	기술 및 시장 분석 건수	4	4	2	10
	시작품 출시	시작품 출시 건수		2	4	6
	설계도면 및 사양서 개발	설계도면 개발 건수 사양서 개발 건수	4	5	4	13
기술 개발	국내외 특허 출원/등록	특허출원 건수	10	20	10	40
		특허등록 건수	5	10	10	25
	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	관리 지침/매뉴얼 개발 건수		4	2	6
기술평가 및 검증	SCI급 학술지 게재	SCI급 학술지 게재 건수	5	10	5	20
	기술이전	기술이전 건수		3	3	6
	시험인증	공인 시험인증 건수		2	4	6
현장 실증	현장적용(시범적용 등)	현장 적용 건수		2	2	4
기술효과	기술수준 향상	기술향상 정도(%)	70	80	90	
사업화	사업화/제품화 실적	사업화/제품화 건수		2	2	4
	해외진출	해외진출 건수		1	1	2

○ 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술

관점	성공요인	성과지표	단기	중기	장기	합계
제품개발	기술 및 시장 특성 반영	기술 및 시장 분석 건수	3	2	2	7
	시작품 출시	시작품 출시 건수		2	2	4
	설계도면 및 사양서 개발	설계도면 개발 건수 사양서 개발 건수	4	4	2	10
기술 개발	국내외 특허 출원/등록	특허출원 건수	10	15	5	30
		특허등록 건수	4	10	5	19
	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	관리 지침/매뉴얼 개발 건수	2	4	2	8
기술평가 및 검증	SCI급 학술지 게재	SCI급 학술지 게재 건수	4	10	5	19
	기술이전	기술이전 건수		3	2	5
	시험인증	공인 시험인증 건수		2	4	6
현장 실증	현장적용(시범적용 등)	현장 적용 건수		1	1	2
기술효과	기술수준 향상	기술향상 정도(%)	70	80	90	
사업화	사업화/제품화 실적	사업화/제품화 건수		2	2	4
	해외진출	해외진출 건수			1	1

○ 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술

관점	성공요인	성과지표	단기	중기	장기	합계
제품개발	기술 및 시장 특성 반영	기술 및 시장 분석 건수	4	2	1	7
	시작품 출시	시작품 출시 건수		2	2	4
	설계도면 및 사양서 개발	설계도면 개발 건수 사양서 개발 건수	2	4	2	8
기술 개발	국내외 특허 출원/등록	특허출원 건수	10	15	5	30
		특허등록 건수	4	5	5	14
	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	관리 지침/매뉴얼 개발 건수		4	2	6
기술평가 및 검증	SCI급 학술지 게재	SCI급 학술지 게재 건수		4	5	9
	기술이전	기술이전 건수		2	2	4
	시험인증	공인 시험인증 건수		3	2	5
현장 실증	현장적용(시범적용 등)	현장 적용 건수		1	2	3
기술효과	기술수준 향상	기술향상 정도(%)	70	80	90	
사업화	사업화/제품화 실적	사업화/제품화 건수		2	2	4
	해외진출	해외진출 건수			1	1

4. 사업추진 및 관리체계

4.1 사업 추진의 기본방향



○ (시장 경쟁력 확보를 위한 기술적 차별화 추진) 기술 트렌드 분석 및 후발국가 개발사례 벤치마킹 심화를 통하여 이동성/원격지 적용성, 작업 효율성, 신뢰성(국제규격 호환 등)등 기술적 차별화 추진

* **(이동성/원격지 운전)**최근 비전통자원개발은 패드단위의 개발로 근거리에 여러 드릴공을 통하여 개발함에 따라 이동성이 확보된 드릴링 시스템 개발
* **(드릴링 효율화)** 드릴링에 소요되는 시간은 비용과 직결되므로 신속하고 정확한 작업이 가능하도록 자동화 시스템 및 작업성능 향상 개발
* **(국제 규격화)** 드릴링 시스템의 제조 및 수출, 기술서비스를 위하여 API 규정을 갖추도록 신뢰성이 확보된 시스템을 개발

○ (연구 효율성 제고를 위한 선별적, 단계적 개발 추진) 우리나라의 제작기술, ICT 강점을 이용한 선별적인 연구개발을 추진

* 리그 본체 및 일부 기자재에 대한 설계 및 제작능력은 갖추고 있어 국산화가 가능한 분야임. 방향추진 및 제어, 이수시스템 등 핵심기술에 접근(이를 노하우로 Halliburton사, Schlumberger사 등이 시장을 주도)
* 개발 시스템 및 요소기술을 활용하기 위한 시공·운영 서비스(경로 최적화, 다운홀 검층, 지층파쇄 및 유동성 기술 등) 기술의 병행개발을 추진
* 개발성과를 Pilot 검증 ⇒ 테스트베드 실증할 수 있도록 사업추진체계를 구성하고 다양한 가치사슬에 역량을 보유한 중견·중소기업 및 연구기관 참여 추진
* (1단계) 방향성 시추시스템에 대한 국내외 보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 시추시스템에 대한 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출
* (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을

고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보하고 이동형 붐데릭/호이스팅, 자동 파이프 핸들링/회전시스템 등에 대한 Pilot 검증 개발

* (3단계) 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용 기술 확보

○ (기술장벽 극복을 위한 실증적 트랙 레코드 확보 및 국제교류 확대) 드릴링 시장의 경우도 플랜트건설시장으로서 장비 및 현장 서비스 등 실적이 중요하므로 실증 실적 확보

* 해외 드릴링 시장은 철저한 경제성과 신뢰성이 중요하며, 적용실적에 대한 검증을 통하여 진출이 가능함 ⇒ 해외 테스트베드 추진
* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도의 카르텔이 형성되어 있으며, 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 테스트베드 교류 협력 필요
* 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함

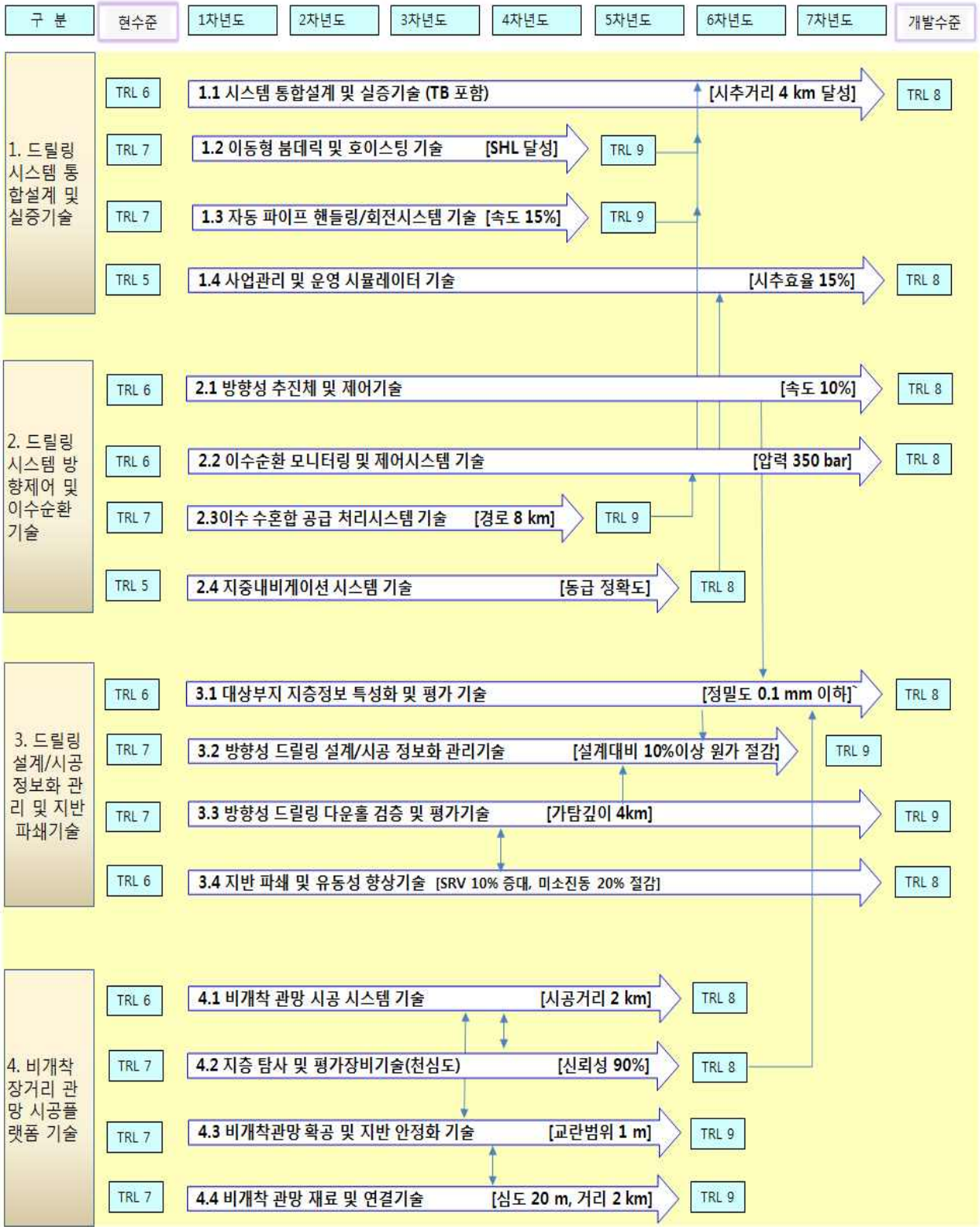
○ (타겟시장 및 수요자 중심의 기술개발을 통한 사업성 확보) 드릴 리그(통합시스템), 운영시뮬레이터, 핵심 기자재 및 모듈시스템, 시공·운영서비스 등으로 타겟시장을 구체화하여 추진

* 국내·외 자원개발 업체를 중심으로 기술 설명회를 개최, 피드백을 통하여 시장 지향 연구성과 도출
* 개발 기술의 국제인증 획득을 통하여 실용성 및 신뢰성 확보하고 정례적인 성과발표회를 통하여 인지도 제고
* 기술이전 및 실시계약 활성화를 통한 사업화 기반 마련하고 드릴 시스템 및 기자재, 서비스사업으로 사업화 진출

○ (해외 시장수요에 적용 및 신산업 창출방안 모색) 드릴링분야 시장 확대에 대비하고 국내적으로는 해당분야 연구개발 추진을 통하여 신산업 생태계 조성과 해외진출을 추진 필요

* 방향성 시추 장비 개발을 포함한 운영기술의 개발은 위에서 시장분석에 비추어 개발 필요성이 증가하고 있으며 개발 이후의 사업성도 클 것으로 예상됨
* 현재 조선해상산업 중심으로 일부 기자재에 대한 개발 OEM 공급 등이 이루어지고 있으나 육상 드릴시스템의 개발을 통하여 산업 생태계 저변을 확장 가능

○ Macro - TRM

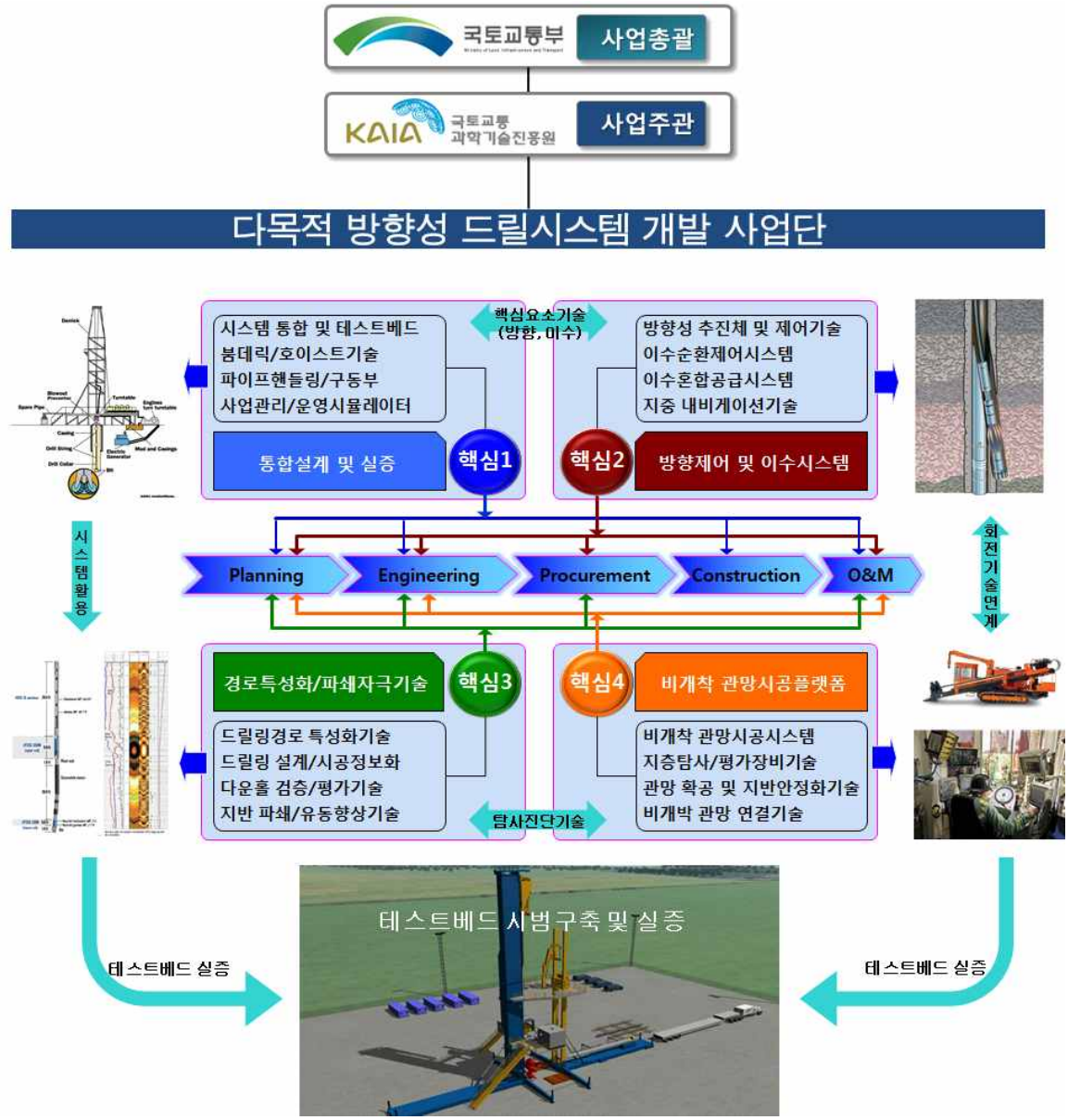

구 분
현수준
1차년도
2차년도
3차년도
4차년도
5차년도
6차년도
7차년도
개발수준
1. 드릴링 시스템 통합설계 및 실증기술
TRL 6
1.1 시스템 통합설계 및 실증기술 (TB 포함)
[시추거리 4 km 달성]
TRL 8
TRL 7
1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술
[SHL 달성]
TRL 9
TRL 7
1.3 자동 파이프 핸들링/회전시스템 기술 [속도 15%]
TRL 9
TRL 5
1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터 기술
[시추효율 15%]
TRL 8
2. 드릴링 시스템 방향제어 및 이수순환 기술
TRL 6
2.1 방향성 추진체 및 제어기술
[속도 10%]
TRL 8
TRL 6
2.2 이수순환 모니터링 및 제어시스템 기술
[압력 350 bar]
TRL 8
TRL 7
2.3이수 수혼합 공급 처리시스템 기술
[경로 8 km]
TRL 9
TRL 5
2.4 지중내비게이션 시스템 기술
[동급 정확도]
TRL 8
3. 드릴링 설계/시공 정보화 관리 및 지반 파쇄기술
TRL 6
3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술
[정밀도 0.1 mm 이하]
TRL 8
TRL 7
3.2 방향성 드릴링 설계/시공 정보화 관리기술
[설계대비 10%이상 원가 절감]
TRL 9
TRL 7
3.3 방향성 드릴링 다운홀 검증 및 평가기술
[가탐깊이 4km]
TRL 9
TRL 6
3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술 [SRV 10% 증대, 미소진동 20% 절감]
TRL 8
4. 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술
TRL 6
4.1 비개착 관망 시공 시스템 기술
[시공거리 2 km]
TRL 8
TRL 7
4.2 지층 탐사 및 평가장비기술(천심도)
[신뢰성 90%]
TRL 8
TRL 7
4.3 비개착관망 확공 및 지반 안정화 기술
[교란범위 1 m]
TRL 9
TRL 7
4.4 비개착 관망 재료 및 연결기술
[심도 20 m, 거리 2 km]
TRL 9

*

4.2 사업 추진체계 및 관리방안

가. 추진체계

○ 사업추진체계는 사업 주관부처로 국토교통부(사업관리부서: 건설인력기재과), 전담기관인 국토교통과학기술진흥원, 사업단(단장) 및 사무국 등으로 구성됨



○ 사업관리 주체별 역할분담

- 사업주관(국토교통부): 본 사업의 주관부처로서 국가산업과 정책 측면에서 예산 확보 및 지원, 기술정책의 선순환을 위한 정책반영 등을 담당
- 사업관리(국토교통과학기술진흥원): 본 사업의 진행과 성과를 관리하고 사업단의 중대한 운영 및 변경사항 등에 관한 심의의결을 위한 총괄운영위원회를 구성 및 운영, 상급기관 보고 등을 담당
- 사업단/사무국(추후 선정): 사업단 내 핵심과제 관리 및 운영, 성과 통합 및 사업화 추진 등을 담당(국토교통연구개발사업 사업단관리지침 준용)

○ 연구개발 구성체계는 사업단 산하에 핵심과제(책임자) 및 세부과제(책임자)로 구성되며 성과통합 및 활용에 관한 역할을 수행하고 세부과제는 공동 및 위탁과제로 구성되어 실제적인 연구개발을 주도함

- 사업단장 중심의 운영위원회/자문단을 구성하고 외부 전문가 자문위원회를 구성하여 핵심과제별 역할 조정, 성과 통합이 가능하도록 진행
- 특히 위탁부분은 주관/공동기관과 긴밀한 연구정보 교류 및 성과도출을 위한 Project Team 형태로 운영

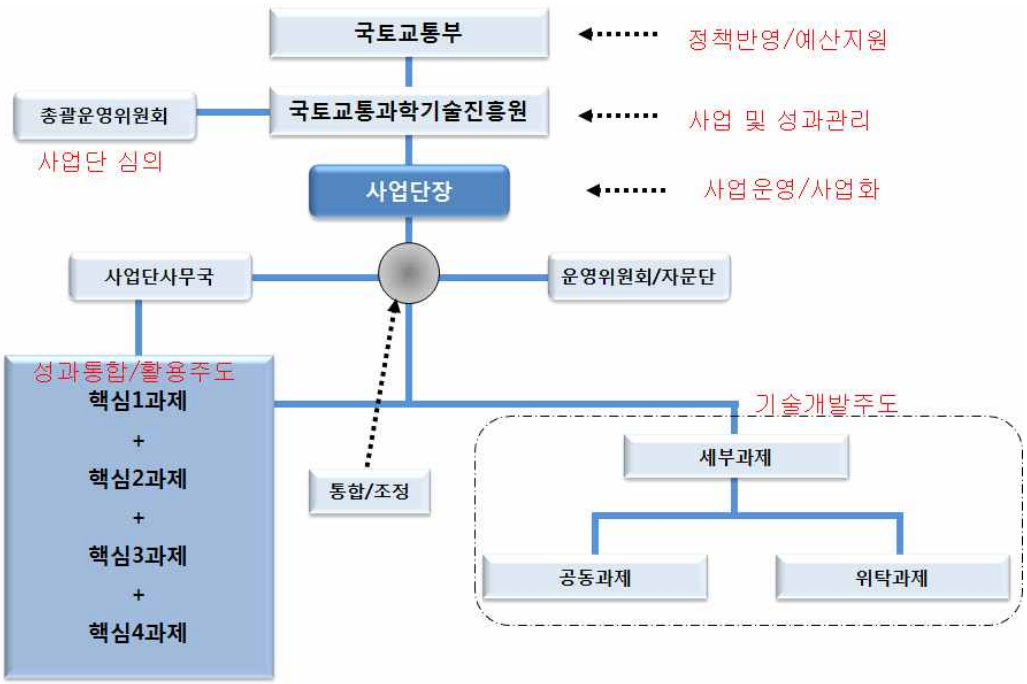


그림 4.3 사업추진체계 구성도

나. 추진방식

○ 추진방식: 철저한 사전 기획을 통한 하향식(top-down) 중심으로 하되, 장기 소요 사업임을 고려하여 파급효과가 큰 원천 성격의 상향식(bottom-up) 방식을 일부 도입

○ 사업수행방식: 사업단(산·학·연 컨소시움)

- 장기 소요의 대규모 개발기술로서 시스템, 기자재, 요소기술 등 h/w 및 s/w가 복합적으로 결합되어 추진되어 전문적인 사업관리가 필요

○ 기술개발 수행주체별 역할 정의

- 산업체(산): 기술개발과 기술실시의 주체로서 시장수요와 현장의 문제점을 파악하여 실용성이 있는 개발을 주도
- 연구소(연): 시스템 개발, 대규모 실증평가, 개발단계 관리 등을 주도적으로 추진하여 기술개발 성과의 실증성을 강화
- 대학교(학): 첨단기술의 접목, 데이터베이스 축적, 국제교류 선도 등을 주도적으로 추진하며 기술개발 성과의 우수성을 제고

○ 수행주체별 선정 가이드라인

- 사업단 주관: 전문적인 사업관리 능력을 보유한 중견기업이나 정부출연연구기관이 적합하며, 해외자원개발동향과 정보에 익숙하고 사업 마인드가 중요
- 핵심과제 주관: 시스템 개발 및 실증분야는 중소·중견기업이 적합하며, 요소기술과 핵심기술분야는 연구소나 대학 등에서 담당하여 시너지 극대화 필요
- 세부 주관: 해당분야 연구 및 실용화 역량을 구비한 기업, 연구소, 대학 등이 참여 가능
- 공동기관: 세부기술별 기능과 역할이 구분되어 성과를 창출할 수 있는 기관으로 선정
- 위탁기관: 기초 데이터베이스, 이론검증 등 학술적인 측면에서 연구의 완성도를 제고할 수 있는 기관을 선정

표 4.3 과제별 수행주체 검토

핵심기술분야	추진과제(Project)	수행주체
1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술(산, 연)	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	산(연)
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	산(학, 연)
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	산, 학, 연
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	연, 학
2. 방향제어/이수순환 시스템 기술(연, 산)	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	연, 산, 학
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	연, 산, 학
	2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	산, 연
	2.4 지중 내비게이션시스템 기술	학, 연, 산
3. 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술(연, 산)	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가기술	연, 학, 산
	3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술	연, 산, 학
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	학, 산, 연
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	산, 연, 학
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술(산, 연)	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	산, 연, 학
	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	학, 연, 산
	4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	산, 연
	4.4 비개착 관망 및 연결기술	연, 산

4.3 사업관리계획

가. 사업단 과제 운영

○ 운영관리 마스터 플랜 수립

- 참여기관별 역할구분에 따라 가용자원과 시스템 엔지니어링 관리방식을 도입하여 체계적 추진을 도모
- 산업계: 실용화를 전제로 한 테스트베스 실증계획, 해외 적용 현장 섭외 및 상용화 설계분야에 중점을 두고 주요 일정계획을 수립
- 연구소: Prototype 검증 중심으로 원천기술 및 요소기술을 통합하는 시스템 설계에 중점을 두고 주요 개발계획을 수립
- 대학교: 요소기술 및 평가기술에 중점을 두고 주요 일정계획을 수립

○ 시스템 엔지니어링 관점에서 연구개발 단계화 추진방안을 마련

- 사업단 과제의 기술개발 요구조건과 개발단계를 설정하고 이를 모니터링과 동시에 상위 수준에서 인터페이스(interface)를 관리하여 피드백(feedback)하고, 개발된 기술의 테스트베드(test-bed)로 통합과 효율적 운영을 위한 시스템 구축

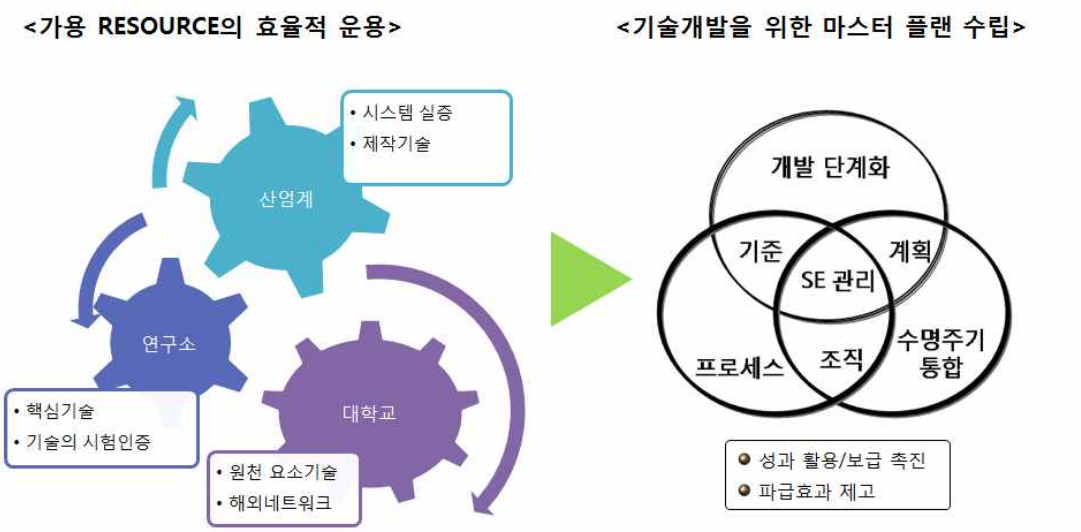


그림 4.4 가용자원을 고려한 SE 마스터 플랜트 수립

나. 사업단 과제 진도관리 및 평가

○ 사업진도 관리방안

- 단계별 추진 목표에 따라 주요 일정을 사전에 계획하고 관련 보고 및 성과 확인 및 만회계획 수립 등이 가능한 관리방안 추진
- 주무부처 및 전담기관과 월간, 분기별 보고체계(일상 성과, 문제점, 민원, 현안사항 등)를 확립
- 테스트베드 등 T/F 활동, 공사일정 등 중요 시기별 알람방식을 도입하여 일계획을 체계적으로 달성
- 연구사업 진행상 중요 변경사항, 상위평가 등을 위한 대응체계 수립



○ 연차별, 단계별 성과 평가

- 연차평가: 연간 연구성과는 정상적인 수행에 중점을 두고, 차년도 연구를 위한 성과도출 여부를 연차 종료시점 이전 중점 평가

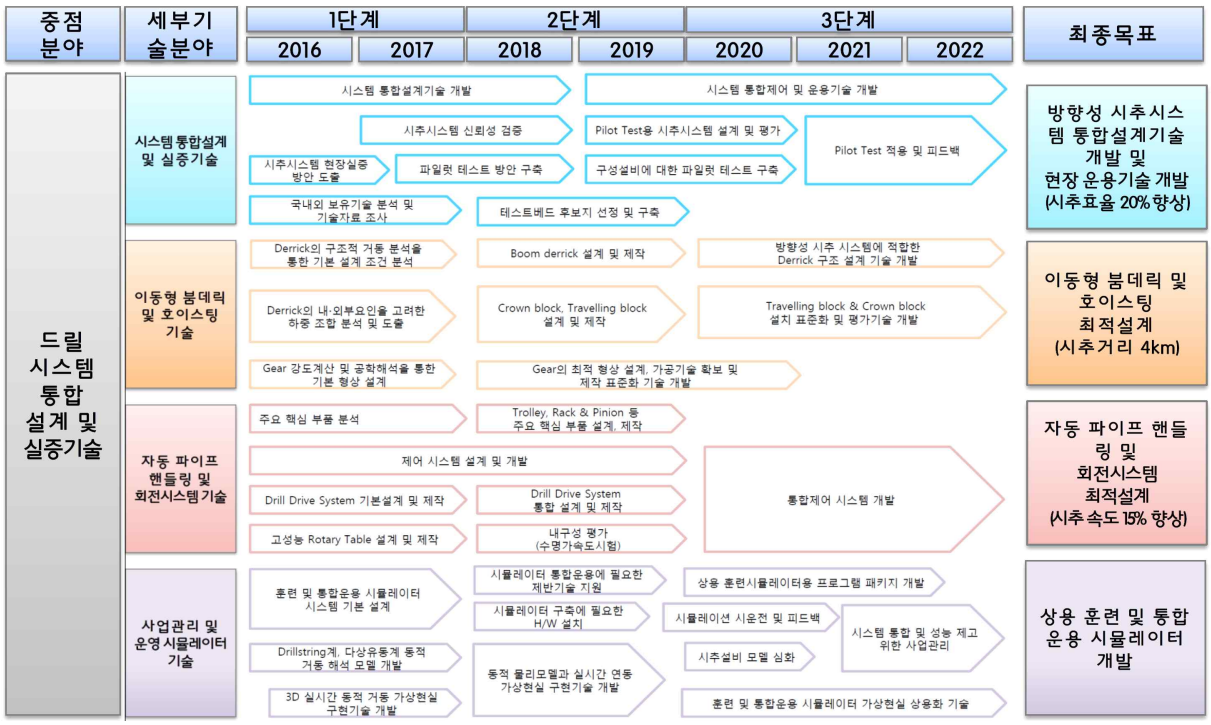
* 정량적인 성과지표를 통하여 차년도 수행을 위한 여건 조성을 판단하고, 진도보고서 등을 통하여 정상적인 수행을 평가

- 단계평가: 중요 성과 달성여부를 평가하여 차기 단계 추진 여부를 결정하는 평가로서 기간 중 목표 달성 여부를 정밀 평가 필요

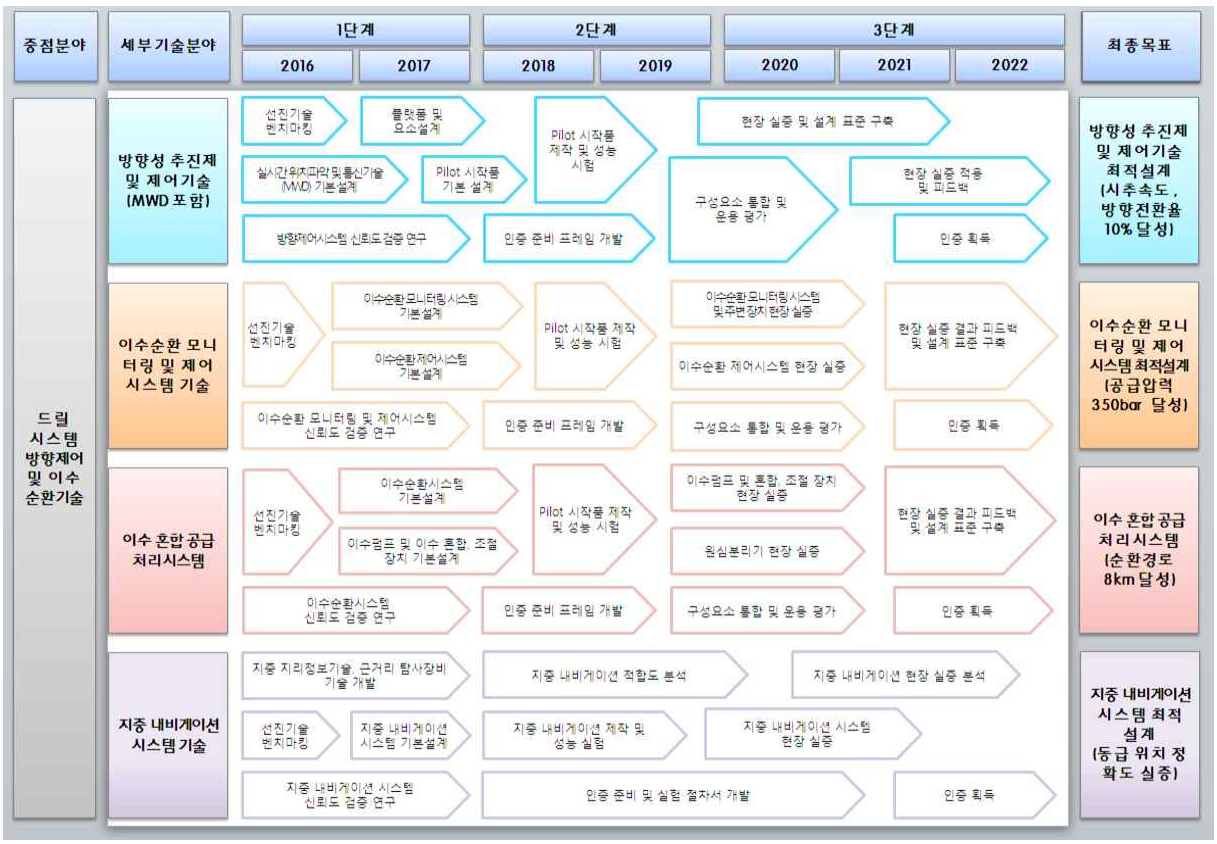
* 핵심 성과물은 질적 지표 설정을 통하여 사업의 성공 가능성을 제고할 수 있도록 하며, 기술실시 여부를 면밀히 파악

다. 사업단 핵심과제별 로드맵

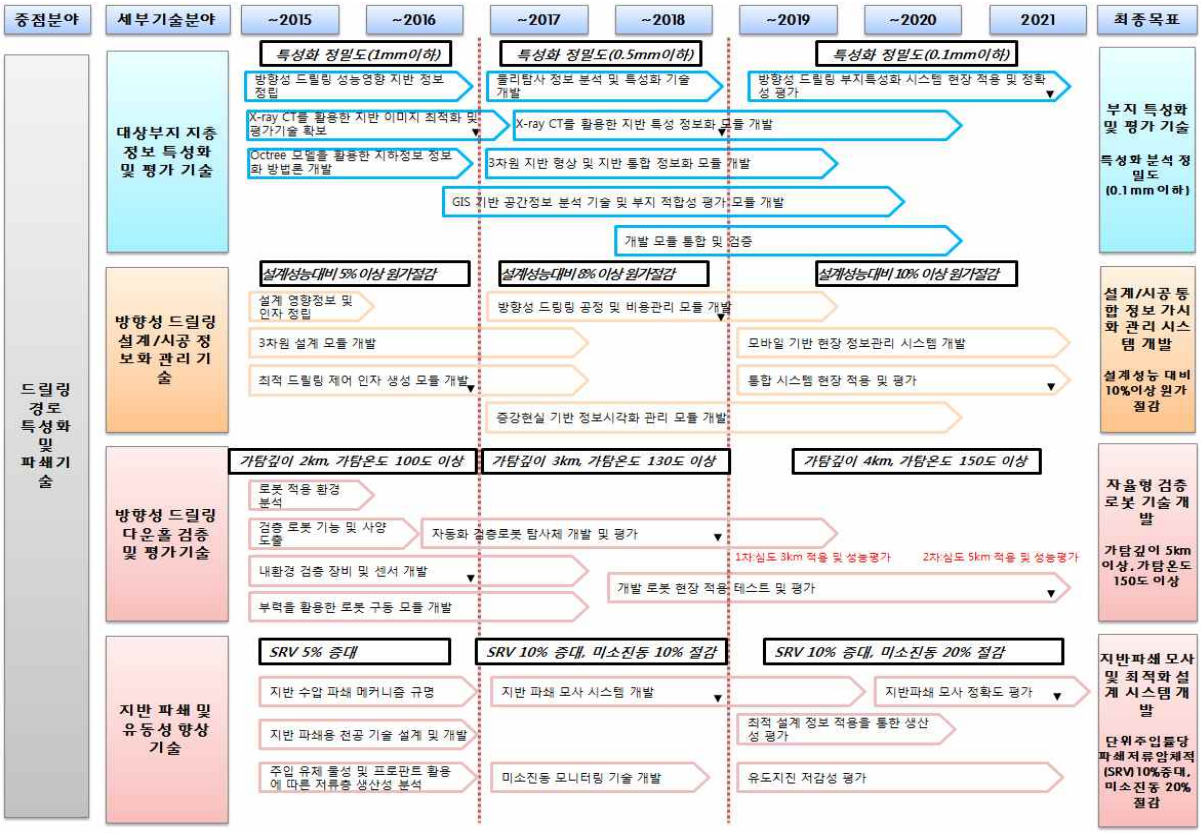
○ 핵심1과제



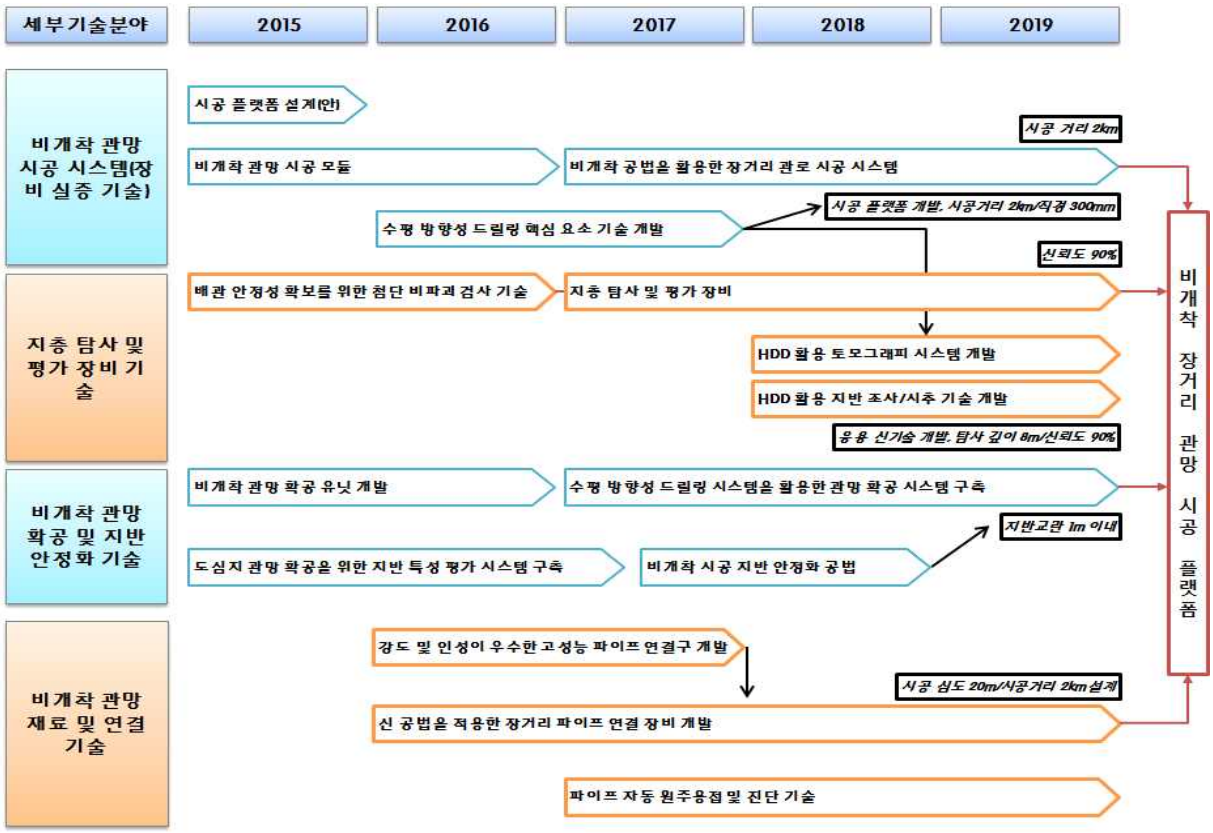
○ 핵심2과제



○ 핵심3과제


중점분야
세부기술분야
~2015
~2016
~2017
~2018
~2019
~2020
2021
최종목표
드릴링 경로 특성화 및 파쇄기술
대상부지 지층 정보 특성화 및 평가 기술
특성화 정밀도(1mm이하)
특성화 정밀도(0.5mm이하)
특성화 정밀도(0.1mm이하)
방향성 드릴링 성능영향 지반 정보 정립
물리탐사 정보 분석 및 특성화 기술 개발
방향성 드릴링 부지특성화 시스템 현장 적용 및 정확성 평가
X-ray CT를 활용한 지반 이미지 최적화 및 평가기술 확보
X-ray CT를 활용한 지반 특성 정보화 모듈 개발
Octree 모델을 활용한 지하정보 정보화 방법론 개발
3차원 지반 형상 및 지반 통합 정보화 모듈 개발
GIS 기반 공간정보 분석 기술 및 부지 적합성 평가 모듈 개발
개발 모듈 통합 및 검증
부지 특성화 및 평가 기술
특성화 분석 정밀도 (0.1mm이하)
방향성 드릴링 설계/시공 정보화 관리 기술
설계성능대비 5% 이상 원가절감
설계성능대비 8% 이상 원가절감
설계성능대비 10% 이상 원가절감
설계 영향정보 및 인자 정립
방향성 드릴링 공정 및 비용관리 모듈 개발
3차원 설계 모듈 개발
모바일 기반 현장 정보관리 시스템 개발
최적 드릴링 제어 인자 생성 모듈 개발
통합 시스템 현장 적용 및 평가
증강현실 기반 정보시각화 관리 모듈 개발
설계/시공 통합 정보 가시화 관리 시스템 개발
설계성능 대비 10%이상 원가 절감
방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술
가탐깊이 2km, 가탐온도 100도 이상
가탐깊이 3km, 가탐온도 130도 이상
가탐깊이 4km, 가탐온도 150도 이상
로봇 적용 환경 분석
검층 로봇 기능 및 사양 도출
자동화 검층로봇 탐사체 개발 및 평가
1차:심도 3km 적용 및 성능평가
2차:심도 5km 적용 및 성능평가
내환경 검층 장비 및 센서 개발
개발 로봇 현장 적용 테스트 및 평가
부력을 활용한 로봇 구동 모듈 개발
자율형 검층 로봇 기술 개발
가탐깊이 5km 이상, 가탐온도 150도 이상
지반 파쇄 및 유동성 향상 기술
SRV 5% 증대
SRV 10% 증대, 미소진동 10% 절감
SRV 10% 증대, 미소진동 20% 절감
지반 수압 파쇄 메커니즘 규명
지반 파쇄 모사 시스템 개발
지반파쇄 모사 정확도 평가
지반 파쇄용 전공 기술 설계 및 개발
최적 설계 정보 적용을 통한 생산성 평가
주입 유체 물성 및 프로판트 활용에 따른 저류층 생산성 분석
미소진동 모니터링 기술 개발
유도지진 저감성 평가
지반파쇄 모사 및 최적화 설계 시스템 개발
단위주입물당 파쇄저류암체적(SRV) 10%증대, 미소진동 20% 절감

○ 핵심4과제


세부기술분야
2015
2016
2017
2018
2019
비개착 관망 시공 시스템(장비 실증 기술)
지층 탐사 및 평가 장비 기술
비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술
비개착 관망 재료 및 연결 기술
시공 플랫폼 설계(안)
시공 거리 2km
비개착 관망 시공 모듈
비개착 공법을 활용한 장거리 관로 시공 시스템
수평 방향성 드릴링 핵심 요소 기술 개발
시공 플랫폼 개발, 시공거리 2km/직경 300mm
신뢰도 90%
배관 안정성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사 기술
지층 탐사 및 평가 장비
HDD 활용 토모그래피 시스템 개발
HDD 활용 지반 조사/시추 기술 개발
응용 신기술 개발, 탐사 깊이 8m/신뢰도 90%
비개착 관망 확공 유닛 개발
수평 방향성 드릴링 시스템을 활용한 관망 확공 시스템 구축
지반고란 1m 이내
도심지 관망 확공을 위한 지반 특성 평가 시스템 구축
비개착 시공 지반 안정화 공법
강도 및 인성이 우수한 고성능 파이프 연결구 개발
시공 심도 20m/시공거리 2km 설계
신 공법을 적용한 장거리 파이프 연결 장비 개발
파이프 자동 원주용접 및 진단 기술
비개착 장거리 관망 시공 플랫폼

임의공백

제5장 연구개발 세부 추진계획

1. 기술개발 추진을 위한 기본방향

1.1 연구개발 차별화, 단계적 추진

가. 기술적 차별성 우선 고려

○ **(이동성/원격지 운전)** 원격지 이동과 작업을 용이하도록 개방형 붐데릭 방식의 이동성이 확보된 드릴링 시스템 개발

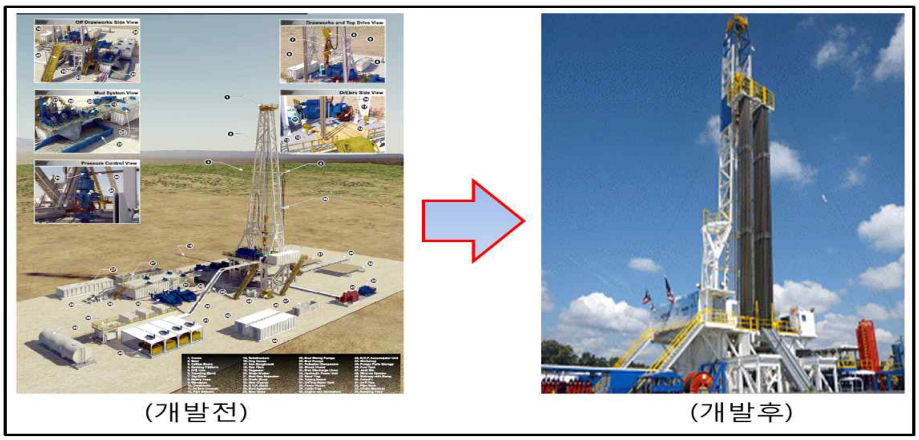


그림 5.1 개방형 붐데릭 방식 드릴 리그

○ **(드릴링 효율화)** 드릴링에 소요되는 시간은 비용과 직결되므로 신속하고 정확한 작업이 가능하도록 자동화 시스템 및 작업성능 향상 개발

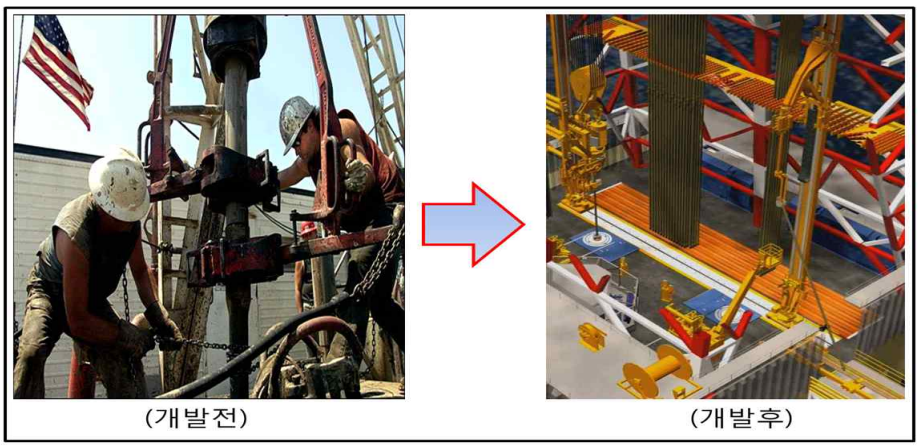


그림 5.2 완전 자동화된 파이프핸들링 시스템

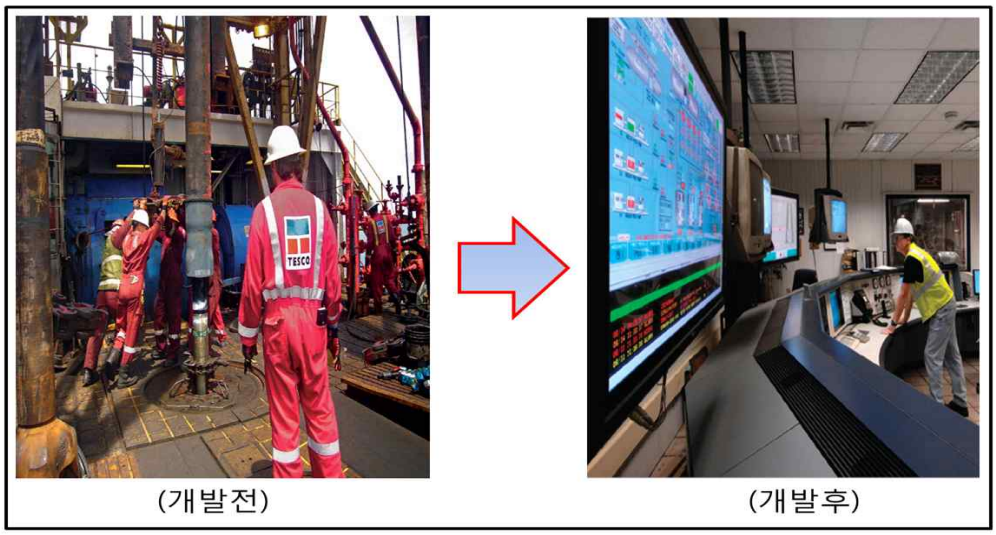


그림 5.3 원격 운영시뮬레이터 및 조작

○ **(비개착식 관망 시공)** 기존 개착식 상하수도, 통신, 가스 관망 시공에 따른 민원, 환경오염, 소음 등을 비개착식 시공법으로 해소



그림 5.4 비개착식 관망시공 비교

○ **(국제 규격화 및 실증)** 드릴링 시스템의 제조 및 수출, 기술서비스를 위하여 API 규정을 갖추도록 신뢰성이 확보된 시스템을 개발

나. 단계적 추진시나리오 구축

○ **(연구 효율성 제고를 위한 선별적, 단계적 개발 추진)** 우리나라의 제작기술, ICT 강점을 이용한 경쟁 가능 분야에 중점한 연구개발을 추진

○ 연구수행 단계는 3단계로 나누며 1단계(1차 및 2차년도)에는 요소기술 및 기반 구축, 2단계(3차 및 4차년도)에는 핵심기술 개발, 3단계(5차 및 7차년도)에는 개발 기술의 검증 및 실증을 통해서 드릴 시스템 독자기술을 확보

○ (1단계) 방향성 드릴 시스템에 대한 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 드릴 시스템에 대한 구성요소에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출

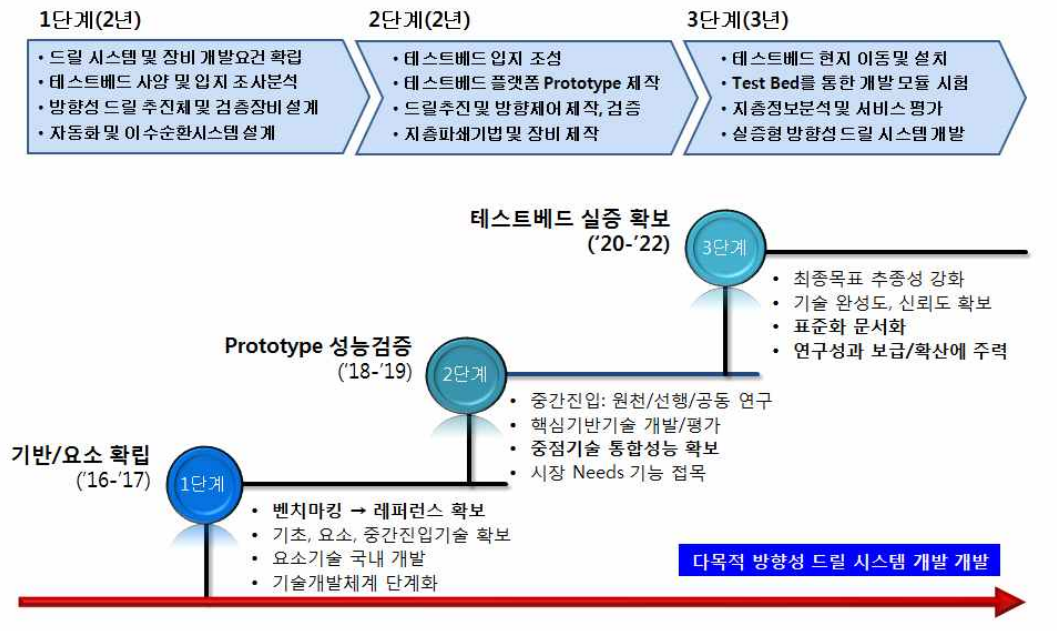
- 개발요건 확립 및 테스트베드 입지, 설계사양 개발에 중점
- 핵심기술인 드릴 추진 및 방향제어, 이수 순환 시스템 설계에 중점

○ (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보하고 이동형 붐데릭/호이스팅, 자동 파이프 핸들링/회전시스템 등에 대한 Pilot 검증 개발

- 붐데릭을 포함한 테스트베드 플랫폼, 자동화 시스템 등에 중점

○ (3단계) 드릴 시스템 테스트베드 현장 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용기술 확보

- 현장 실험시나리오 및 조건 등 확립을 통해 핵심적인 실증 데이터 수집 및 분석을 통하여 설계, 제작, 시공 신뢰성 확보에 중점


1단계(2년)
• 드릴 시스템 및 장비 개발요건 확립
• 테스트베드 사양 및 입지 조사분석
• 방향성 드릴 추진체 및 검층장비 설계
• 자동화 및 이수순환시스템 설계
2단계(2년)
• 테스트베드 입지 조성
• 테스트베드 플랫폼 Prototype 제작
• 드릴추진 및 방향제어 제작, 검증
• 지층파쇄기법 및 장비 제작
3단계(3년)
• 테스트베드 현지 이동 및 설치
• Test Bed를 통한 개발 모듈 시험
• 지층정보분석 및 서비스 평가
• 실증형 방향성 드릴 시스템 개발
테스트베드 실증 확보
('20-'22)
3단계
• 최종목표 추종성 강화
• 기술 완성도, 신뢰도 확보
• 표준화 문서화
• 연구성과 보급/확산에 주력
Prototype 성능검증
('18-'19)
2단계
• 중간진입: 원천/선행/공동 연구
• 핵심기반기술 개발/평가
• 중점기술 통합성능 확보
• 시장 Needs 기능 접목
기반/요소 확립
('16-'17)
1단계
• 벤치마킹 → 레퍼런스 확보
• 기초, 요소, 중간진입기술 확보
• 요소기술 국내 개발
• 기술개발체계 단계화
다목적 방향성 드릴 시스템 개발 개발

1.2 Prototype 검증 및 테스트베드 실증

가. 기술 검증을 위한 시스템엔지니어링 프로세스 도입

○ 시스템 엔지니어링 프로세스 상 개발 단계화 수준 또는 단계 정립

- 개념연구를 통하여 시스템 설명이 이루어지는 개념레벨
- 시스템의 성능요건 항목으로 나타난 시스템 레벨
- 하부시스템과 구성품의 성능설명이 이루어지고 후속 건설단계에서 필수적인 상세설명이 이루어지는 하부시스템/구성품 수준

○ 개발 단계화에서 각 단계별 고려하여야 할 사항을 준수

- 상위 단계에서 결정된 형상기준(configuration baseline) 관리
- 기술검토 및 검사는 기준이 후속 개발단계에 대해 적용준비를 확인

○ 시스템엔지니어링 활동으로 요건분석(requirement analysis), 기능분석(functional analysis) 및 할당(allocation), 설계조합(design synthesis) 등 체계 구성

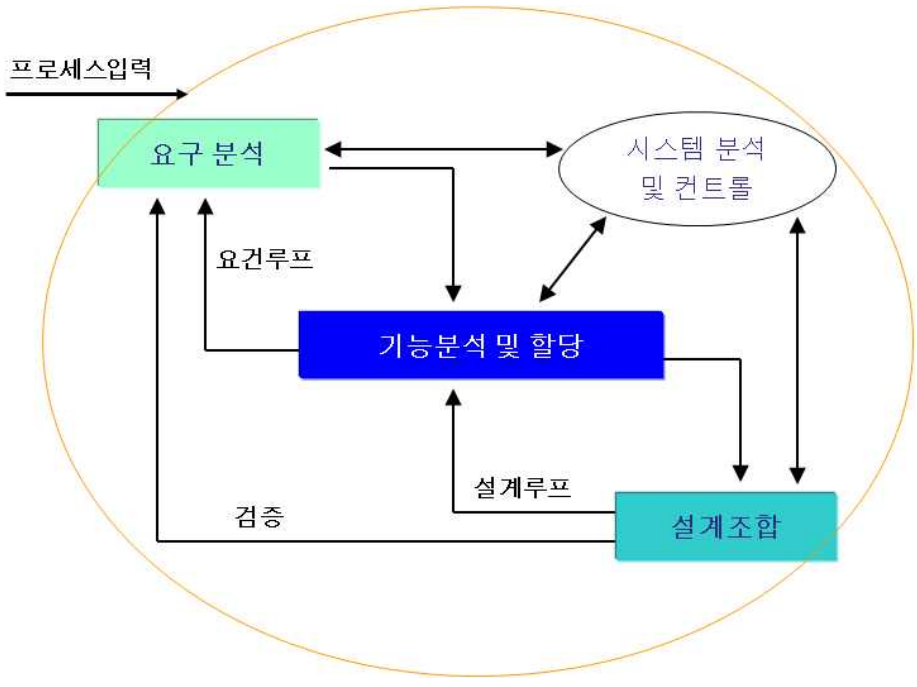


그림 5.5 시스템엔지니어링 프로세스

○ 시스템엔지니어링 수명주기를 고려한 검증: 개념 및 개발, 시제품 설계 및 제작, 시공 및 검증, 운용, 유지, 폐기 등으로 구성

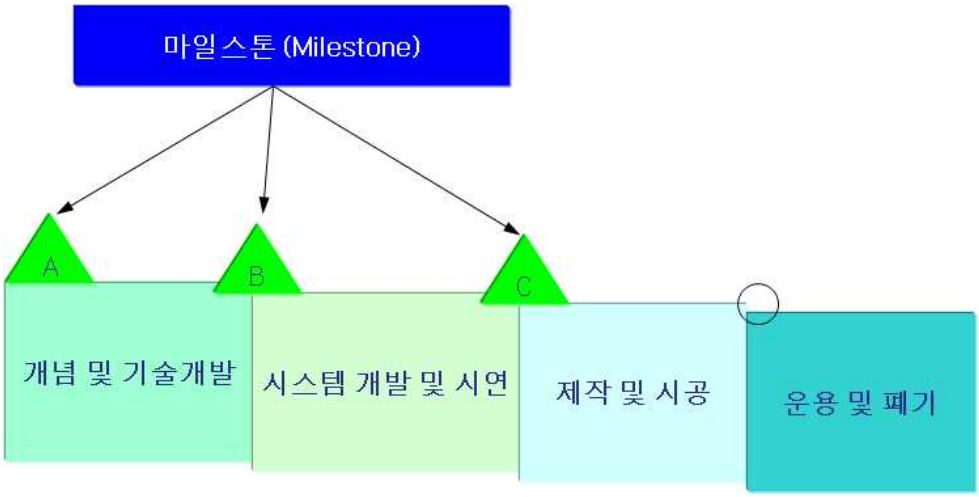


그림 5.6 시스템엔지니어링 수명주기 주요기능

나. 테스트베드 추진(별도 구체화 제시함. 5.3절)

○ 개발기술의 실용화를 위하여 개발기술과 시범구축 실적 등을 글로벌 마켓에 투사하여 시장성, 경쟁력을 종합 분석하는 비즈니스 모델을 포함

* 해외 드릴링 시장은 철저한 경제성과 신뢰성이 중요하며, 적용실적에 대한 검증을 통하여 진출이 가능함 ⇒ 해외 테스트베드 추진

○ 2단계(4차년도)까지 모듈 요소기술의 개발 및 개별 검증을 실시하며, 5차년도부터는 Test-Bed 적용 실증 검증을 수행함

○ 따라서, 1차년도 ~3차년도에 테스트베드 구축 및 실증을 위한 세부계획과 입지, 설계 등이 완료되어야 함

다. 국내·외 시험인증기관 동시참여방안 추진

○ 시험·인증

- 제품, 공정, 서비스의 특성을 규정된 절차에 따라 측정하는 기술적인 작업 (역학시험, 열/온도시험, 전기시험, 화학시험 등)
- 인증 : 제3자가 제품, 공정 또는 서비스가 특정한 요구사항을 충족한다는 신뢰를 주는 진술서(성적서)를 발행하는 작업(적합성 평가)(KS/ISO 인증 등)

○ 드릴링 시스템 및 기자재 분야 시험·인증사업 현황

- 오일메이저/선주 등 수요자 중심의 시장 구조로서 기자재 업체에 인증서뿐만 아니라 납품실적 요구
- 발주처가 FEED 단계에서 모든 사양/형상 등을 결정(절대적 영향력 행사)
- 안전상의 문제로 가격보다는 검증된 기술과 품질이 최우선 선택 기준

ProLab(네델란드)



SINTEF(노르웨이)



< 대표적인 국외 플랜트, 장비관련 시험·인증기관 >

기관명(주관, 위치)	주요기능/시설/장비	비고
해양플랜트 폭발화재시험연구소 (부산대학교, 하동)	해양플랜트 상부구조물의 화재 가스폭발사고 등 위험제어 핵심기술 개발	'11 ~ '16
해양플랜트기자재시험인증센터 (한국조선해양기자재연구원, 거제)	해양플랜트 기자재 시험인증 및 연구개발	'10 ~ '12
해양플랜트기자재 R&D 센터 (생산기술연구원, 부산)	다상유동 기자재의 성능평가 설비 구축을 통한 해양플랜트 기자재 R&D 기반	'12 ~ '16
LNG 극저온 시험평가센터 (한국기계연구원, 김해)	극저온용 기기 성능평가	'08 ~ '13
해양플랜트 케이블 연구센터 (전남 영암 대불단지)	해양플랜트 케이블의 국제 시험 인증 평가시스템 구축	'13 ~ '17
해양작업지원선 (OSV) 연구센터 (전남 영암 대불단지)	해양플랜트지원선 및 기자재의 설계, 생산기술 연구기반	'14 ~ '19
빙해수조 (선박해양플랜트연구소, 대전 연구단지)	극지해역 운용 선박 및 해양구조물의 설계기술 개발을 위한 핵심 인프라 구축 - 결빙면적 : 32×32m(L×W) - 냉동공조시스템(-30℃) - 극저온콜드룸(-50℃)	'07 ~ '09
심해공학수조 (선박해양플랜트연구소, 부산 생곡지구)	심해 해양플랜트의 설계기술 개발을 위한 핵심 인프라 구축 (100m×50m×15m(L×B×D))	'13 ~ '16
해양플랜트 산업지원센터 (거제 장목)	해양플랜트 산업 핵심역량 확보 및 기자재 국산화 지원 인프라 - Structural Integrity Lab. - 기자재 국산화 지원을 위한 기술정보서비스 등	'13 ~ '16

< 대표적인 국내 플랜트, 장비관련 시험·인증기관 >

○ 국내·외 시험인증기관 공동참여방안

- 선진 시험·인증기관에서 해양, 육상분야 드릴링 시스템 및 기자재 시험·인증을 독점하는 상황임
- 드릴링 시스템 및 기자재의 해외진출 활성화를 위한 방안으로 국내 시험인증기관과 해외 시험인증기관이 공동으로 연구개발에 참여하여 국내 역량 제고
- 국가간 협약 등으로 발전시켜 상호인증체계로 전환 노력



업체 One-Stop Service 지원	시험인증
- 벤더등록지원 - 국제표준 DB 구축(ASME/API 등) - 시험평가 표준개발	- 국내 시험설비 신규, 증설 지원 - 국제인증 시험기관지정 지원 - 국내외 시험기관 DB 구축

<국내·외 시험·인증기관 동동추진방안>

1.3 산학연관 역량 집중 및 협력 생태계 조성

가. 산학연관 역량 집중

○ 실용화, 상용화를 주도하는 산업체, 시스템 개발에 중점하는 출연(연), 요소기술 및 평가기법에 중점하는 대학교 등의 역량을 결집하고 전문성을 갖춘 역할 분담

○ 방향성 드릴 시스템 개발사업 투자의 결과가 국가 경제에 기여하는 선순환 구조를 확립할 수 있는 주무부처, 관계부처의 지원체계 확립

○ 리그 본체 및 일부 기자재에 대한 설계 및 제작능력은 갖추고 있어 국산화가 가능한 분야임. 방향추진 및 제어, 이수시스템 등 핵심기술에 접근(이를 노하우로 Halliburton사, Schlumberger사 등이 시장을 주도)

○ 개발 시스템 및 요소기술을 활용하기 위한 시공·운영 서비스(경로 최적화, 다운홀 검층, 지층파쇄 및 유동성 기술 등) 기술의 병행개발을 추진

○ 개발성과를 Protptype 검증 ⇒ 테스트베드 실증할 수 있도록 사업추진체계를 구성하고 다양한 가치사슬에 역량을 보유한 중견·중소기업 및 연구기관 참여 추진

나. 국내외 협력 생태계 구축

○ 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안을 수립

○ 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함

* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도의 카르텔이 형성되어 있으며, 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 테스트베드 교류 협력 필요
* 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함

○ 드릴링분야 시장 확대에 대비하고 국내적으로는 해당분야 연구개발 추진을 통하여 신산업 생태계 조성과 해외 진출을 추진 필요

* 방향성 시추 장비 개발을 포함한 운영기술의 개발은 위에서 시장분석에 비추어 개발 필요성이 증가하고 있으며 개발 이후의 사업성도 클 것으로 예상됨
* 현재 조선해상산업 중심으로 일부 기자재에 대한 개발 OEM 공급 등이 이루어지고 있으나 육상 드릴시스템의 개발을 통하여 산업 생태계 저변을 확장 가능

2. 핵심과제별 세부추진계획

2.1 핵심1과제: 드릴시스템 통합설계 및 실증기술

가. 연구목표

○ 글로벌 에너지·자원 시장 진출을 위한 방향성 시추시스템 핵심기술 개발 및 현장 실증 기술 확보

○ 스마트 드릴 시스템 시뮬레이터 요소기술 및 시스템 통합 운영 기술 개발과 실증

1단계	2단계	3단계
• 시추거리 4 km급 설계 • 시추효율 10% 향상 설계 • 시추속도 15% 향상 설계	• 시추거리 2 km • 시추효율 5% 향상 • 시추속도 10% 향상	• 시추거리 4 km • 시추효율 10% 향상 • 시추속도 15% 향상

○ 세부기술별 목표 및 주요내용

세부기술분야	세부과제 연구목표	주요 연구내용
1.1 시스템 통합설계 및 실증기술(TB 포함)	(1단계) ·시추거리 4 km급 설계 ·시추효율 10% 향상 설계 ·시추속도 15% 향상 설계 (2단계) ·시추거리 2 km ·시추효율 5% 향상 ·시추속도 10% 향상 (3단계) ·시추거리 4 km ·시추효율 10% 향상 ·시추속도 15% 향상	·방향성 시추시스템 설계 – 시스템 통합설계기술 개발 – 시추시스템에 대한 신뢰성 검증 ·테스트베드 후보지 선정 및 구축 ·방향성 시추시스템에 대한 Pilot Test – 구성 설비에 대한 파일럿 테스트 구축 – Pilot Test 적용 및 피드백 – 현장 운용기술 개발

1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅기술	(1단계) ·Static hook load : 200,000 lbs ·Drawworks : 500 HP ·Mast 높이 : 150 ft (2단계) ·Static hook load : 600,000 lbs ·Drawworks : 1,500 HP ·Mast 높이 : 150 ft (3단계) ·Static hook load : 1,000,000 lbs ·Drawworks : 2,000 HP ·Mast 높이 : 150 ft	·방향성 시추 시스템에 적합한 Derrick 구조 설계 기술 개발 ·신뢰성 높은 Disk Brake System 설계 기술 개발 ·Emergency Lowering System 적용 및 평가 기술 개발 ·Drill wire Simulation을 통한 사용조건 및 평가기술 도출 ·Travelling Block & Crown Block 조립 및 설치 표준화 ·Boom derrick 설계 및 제작 ·Draw-work 설계 및 제작 ·Traveling block 설계 및 제작 ·Crown block 설계 및 제작
1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템 기술	(1단계) ·시추효율 10% 향상 설계 ·시추속도 15% 향상 설계 ·Top drive : 200 HP/10,000 ft-lbs (2단계) ·시추효율 5% 향상 ·시추속도 10% 향상 ·Top drive : 600 HP/20,000 ft-lbs (3단계) ·시추효율 10% 향상 ·시추속도 15% 향상 ·Top drive : 1,000 HP/50,000 ft-lbs	·유압회로, Trolley, Rack & Pinion, Conveyer 등 설계 및 개발 ·제어 시스템 설계 및 개발 ·구조적 안정성 검토를 위한 구조강도 및 피로해석 ·Pipe racking system 설계, 제작 ·Catwalk machine 설계, 제작 ·Automatic connecting system 설계, 제작 ·Top drive machine(TDM) 설계, 제작
1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	(1단계) ·시추장비 물리모델 개발 ·Audio Visual 모사엔진 개발 ·시뮬레이터 기본 설계 (2단계) ·물리모델 프로그램 개발 ·가상 현실과 물리모델 연동 ·시스템 통합 및 시운전 (3단계) ·물리모델 심화 개발 ·가상현실 성능 개선 ·훈련 시뮬레이터 개발	·사업관리기술 ·시뮬레이터 기술 ·통합제어 및 운영시스템

나. 세부기술별 개발내용

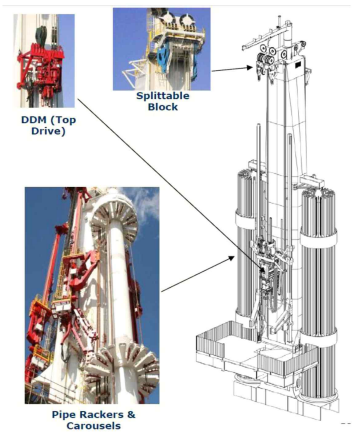
○ 세부과제 1 : 시스템 통합설계 및 실증기술

가) 기술개발의 정의

❍ 방향성 시추(directional drilling)를 위한 시추시스템(리그플랫폼+기능모듈)의 설계·제작기술 및 유틸리티 시스템의 통합설계기술이며, 방향제어 드릴링 설비에 대한 통합설계 및 신뢰성 검증, 방향성 시추시스템에 대한 통합제어 및 테스트베드 구축을 통한 실증데이터/운용기술로 구성

❍ 드릴링 리그 본체에 세부과제에서 개발 예정인 이동형 붐데릭 및 호이스팅 시스템, 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템과 각종 유틸리티 설비들을 통합하는 기술로서 연구단에서 개발될 분야별 요소기술들을 실증할 수 있는 핵심 플랫폼의 설계/제작임





❍ 개발된 기술을 실증할 수 있는 테스트베드의 구축을 위하여 테스트베드 요건을 확립하고 실증 후보지 입지분석과 적용 가능성 및 위험요인 분석함으로써 최종적으로 현장을 확보한 후 리그플랫폼, 국산 기자재 제작을 통한 현장 실증 수행

- 드릴링 리그는 크게 전력 공급 시스템, 호이스팅 시스템, 회전시스템, 이수순환 시스템, BOP 시스템 등으로 구분되며, 드릴 파이프 및 공저장비와 같은 도구가 활용됨

- 드릴링에 활용되는 도구는 대부분 구매 및 임대 서비스로 공사가 수행되므로

데릭을 포함한 드릴링 리그 플랫폼의 자체제작 또는 중고 드릴링 리그를 활용한 개조작업이 수행되며, 각 세부과제의 연구계획에 따른 성능개조형 세부모듈의 구축 및 통합이 요구됨

- 자체제작/구축방안 : 드릴링 리그의 세부파트 중 자체제작은 Mast+Crown block, Top drive, Drawworks, 드릴링 제어시스템 등으로 구분되며, 검층장비는 기존의 와이어라인 검층방식을 탈피하여 극한환경에 적용할 수 있는 자율이동형 무선 검층로봇을 개발할 예정임

- 중고 리그 개조/구축방안 : 중고 드릴링 리그 플랫폼을 구매하여 개조하는 방식으로 본 연구의 목표인 심도 4 km에 적용할 수 있는 리그를 구매하여 장비의 생산성을 향상시킬 수 있는 모듈 개발 및 적용

○ 테스트베드는 국내 하천부지, 우리 정부나 국내 기업의 지분을 보유한 해외 유가스전, 유가스전을 보유한 국가에 적용하는 방안이 있으며, 드릴링 시스템은 이동이 가능한 설비이므로 사업기간이 종료되면 해외에서 국내로 반입하여 종합적인 연구시설로 운용이 가능함

- 적용이 가능한 해외 유가스전 부지를 확보하여 종합적인 장비 성능시험과 평가가 가능하도록 추진하는 것이 바람직하며, 향후 신규시장 창출이 가능한 방향(저개발 산유국과 공동구축 등)으로 구축이 필요함

- 해외 선진국이 선점한 자원개발 시장에서는 신규기술의 진입장벽이 높은 관계로 아직까지 시장형성과 기술력이 부족한 저개발 자원부국을 대상으로 틈새시장을 발굴해야 하며, 현장운영 테스트베드를 이들 국가 중에서 선택하여 구축하는 것이 바람직함

- 국내 현장에 적용하는 방안 : 시추리그에 대한 현장 적용, 운송이나 인허가 등이 용이하나 국제적으로 인정받기에는 부족한 측면이 있으며, 국내 관로매설이나 지층 정보 탐사 계획이 수립된 지역 또는 지열원 이용 프로젝트와 연계 가능함

나) 기술개발 필요성

○ 기존의 유가스전 개발방식이 아닌 비전통 자원·에너지의 탐사 및 개발, 동토지역 및 극지 등 방향성 드릴링에 대한 기술수요가 증가하

고 있으며, 이러한 글로벌 상류시장에서 경쟁력을 가지기 위해서는 방향성 드릴링 리그의 개발과 현장에서의 실증실적을 확보하는 것이 매우 중요함

○ 대심도 지반조건 탐사, 장거리 파이프라인 시공, 비전통 자원・에너지 탐사・개발, 지중환경오염 방지 등 활용영역과 시장성이 큰 다목적 드릴링 분야로 독자기술 확보가 필요함

○ 기존 오일・가스전 생산 증진, 비전통에너지 개발, 미개척 극지 및 동토 개발을 위한 방향성(수직・수평・경사 등) 드릴링 장비 및 기술이 첨단화 되고 있으며, 현재는 3~5 km 급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진속도 등에서 괄목할 만한 기술적 진전이 있으며, 최근 ICT 기반 원격시공기술이 첨단화 되고 있음

○ 자원에너지 탐사 및 개발, 관련 기자재 및 시스템, 국내 도시나 단지, 시설권역 내 비개착 공사에 소요되는 기술과 장비를 해외 의존시 대규모 부가가치 유출이 예상됨

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
시추거리	• TRL 6(선진국 대비 85%) : 3 km(수직)	• TRL 8(선진국 대비 95%) : 4 km(수직+수평)
시추효율	• TRL 4(선진국 대비 75%) : 10 % 미만	• TRL 8(선진국 대비 90%) : 10 % 향상
시추속도	• TRL 5(선진국 대비 70%) : 15 % 미만	• TRL 8(선진국 대비 95%) : 15 % 향상

□ 현재 기술 수준

○ 국내의 독자적인 기술로 수직드릴링은 가능하나 방향성 드릴링에 있어서 개발, 생산관련 기술은 초기 단계이며 선진국과의 기술수준과 큰 격차를 보이고 있음

○ 국내 드릴링 장비를 제작하는 업체에서는 수평드릴링 장비를 보유하고는 있으나 관로 및 전선 등을 매설하기 위한 장비이며 일정한 곡률을 따라서 드릴링을 진행하는 방향성 드릴링에 적용하기에는 부적합함

❍ 지열발전을 위한 국내 고심도 드릴링의 경우 외국업체의 장비 및 기술인력에 의존하여 드릴링이 이루어지고 있어 국내 장비를 이용한 고심도 드릴링 장비 개발 및 적용이 시급함

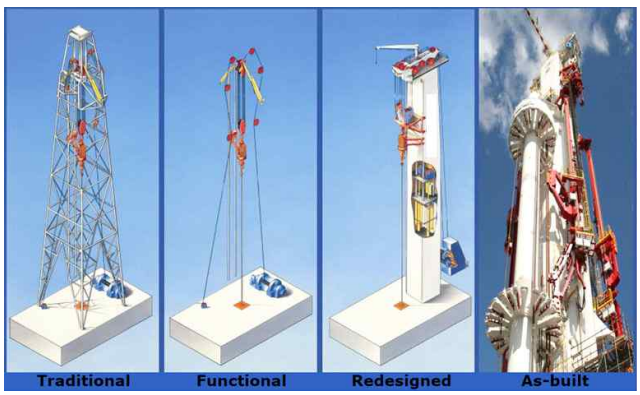
❍ 방향성 시추의 대표적인 응용 분야인 셰일가스 개발의 경우 미국은 채굴기술의 개발을 완료하여 경제성을 확보하면서 셰일가스 주도권을 확보하고 있으며, 최근 수평정 시추 길이와 수압파쇄 구간을 증가시키는 다단계 파쇄 기술이 발달하면서 공당 시추간격은 점차 줄어들어 개발 경제성이 개선되고 있음

○ 세부과제 2 : 이동형 붐데릭(boom derrick) 및 호이스팅 기술

가) 기술개발의 정의

❍ 시추 플랫폼의 기초인 데릭(derrick)은 드릴 파이프를 포함한 시추작업을 수행하는 각종 장비들을 지지하는 구조물로서 기존 철골구조가 아닌 이동성 및 설치·조립이 용이하고 무인자동운전이 가능한 Compact 형태의 Boom type 시추시스템에 대한 설계/제작 기술임

❍ 붐데릭은 기존 철골구조의 Mast 외관을 수직형 Box 내부에 설치한 구조로서 내부에 호이스팅 시스템을 갖추게 되며 각종 장비를 Box 내부에 설치하기 때문에 시추의 효율성과 안전성이 향상됨. 붐데릭 주위에 드릴 파이프의 이동 및 설치가 가능하도록 별도의 자동 파이프 핸들링 시스템 설계가 요구됨



❍ 기존의 전통적인 데릭과 달리 호이스팅 시스템이 붐데릭 타워의 내

부에 설치되며 Travelling block과 Crown block, Drawworks 및 디스크 브레이크 시스템의 설계/제작에 대한 기술개발임. 드릴링 와이어(wire)에 대한 장력 및 충격을 고려한 Sheave 설계기술이 필요함



나) 기술개발 필요성

○ 중·소형 유전에 대한 드릴링 작업을 위하여 드릴링 리그의 효율성을 증대하는 구조로 기술개발이 진행중이며, 장비의 경량화, 이동성 향상, 설치·조립 및 분해의 용이성 향상이 요구됨

○ 스마트 드릴링 시스템 및 현장운영 기술에 대한 필요성이 증대하고 있으며, 이러한 스마트 드릴링 시스템 구축은 안전(Safety), 속도(Speed) 및 스마트(Smart) 개념을 접목한 드릴링 리그로서, 이동성 및 데릭의 직립에 용이하며, 기타 보조 운영 장비와 연계할 경우 무인으로 자동화가 가능한 장비임

○ 장비의 특징은 개방형 Boom 구조의 데릭과 드릴파이프 자동체결 시스템을 갖추고 있으며, 셰일오일이나 셰일가스가 부존된 지역에서 수직 시추용 BHA(bottom hole assembly)를 장착하여 수직시추를 할 수 있고, 수평 시추용 BHA를 장착하여 방향성 시추가 가능하게 할 수 있음

다) 기술 개발 목표

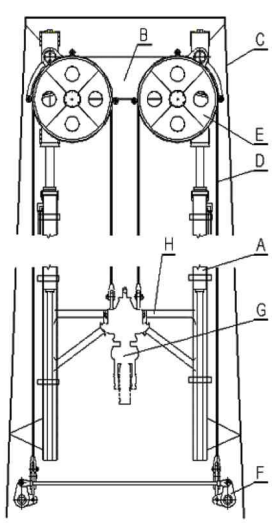
구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
Static hook load	-	TRL 9(선진국 대비 95%) : 1,000,000 lbs
Drawworks	-	TRL 9(선진국 대비 90%) : 2,000 HP
Mast 높이	-	TRL 9(선진국 대비 95%) : 150 ft

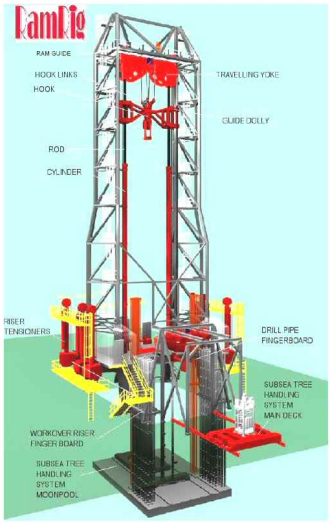
❑ 현재 기술 수준

○ 아시아 지역의 산유국을 겨냥한 Compact type의 시추리그(이동, 설치, 효율성을 고려한 콤팩트 타입)의 개발이 활발하게 진행되고 있음

○ 최근에 개발되고 있는 Boom type 데릭이 탑재된 시추시스템은 이동성 및 설치·조립이 용이하며 외부의 기타 보조 운용 장비와 연계한 무인 자동 운전을 용이하게 할 수 있도록 개발되고 있음. 또한 Dual type의 붐데릭이 개발되고 있으며, 2개의 호이스팅 시스템을 보유함으로써 한쪽에서는 드릴링 작업을 진행하고, 반대편에서는 케이싱 등의 설치작업을 동시에 진행할 수 있어 시추작업이 매우 효율적임

○ 기존 Drawworks 및 데릭 대신에 램(ram)이라고 불리는 두 개의 유압실린더로 구성된 Ramrig 드릴링 호이스팅 시스템이 개발됨. 드릴링 정확도가 향상되었으며, 자동화된 드릴링 시스템은 유연성 있는 시추경로를 설계할 수 있으며, WOB(weight on bit)의 변화가 많지 않으며 ROP(rate of penetration)의 최적화가 가능함





○ 세부과제 3 : 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템 기술

가) 기술개발의 정의

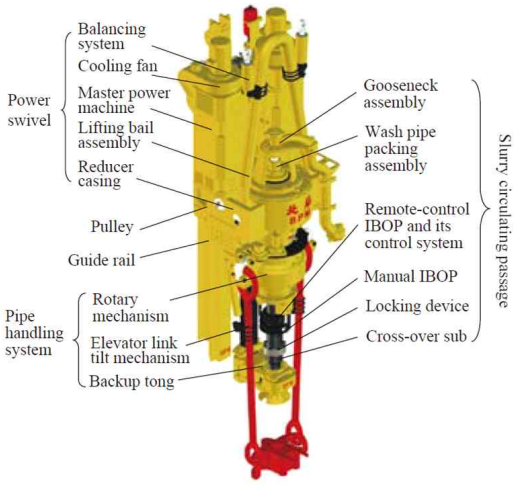
❍ 시추 파이프 및 케이싱의 이송과 설치 작업에 자동화 시스템을 도입하여 작업자의 안전향상과 시추효율을 높이기 위한 기술임. 기존 파이프 핸들링 시스템에 안전, 속도 및 스마트 개념을 접목한 드릴링 리그로서 2세부과제의 결과물인 Boom type derrick에 드릴파이프 자동체결 시스템을 결합

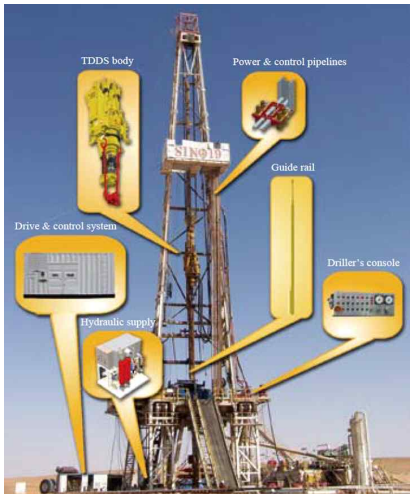




❍ 드릴 파이프 회전시스템은 기존의 Rotary table 방식에서 Top drive 방식으로 변경되고 있으며, Top drive는 구동방식에 따라 전기식과 유압식 2가지가 있음. 본 과제에서는 Top drive 회전시스템 개발이며, Power 스위블(swivel), 파이프 핸들링 장치, 슬러리(slurry) 순환

시스템, 제어시스템 및 가이드레일 등에 대한 설계기술임





나) 기술개발 필요성

❍ Top drive의 내부로 이수순환이 이루어지기 때문에 Top drive 시스템의 기밀성능 유지가 중요하며, 전기식 및 유압식에 대한 성능비교를 통한 최적의 설계기술이 요구됨

❍ 시추설비의 핵심 구동시스템으로서 안전과 효율적인 시추 및 운영비용 때문에 Top Drive 회전시스템 시장은 매우 큰 성장세를 보이고 있으며, 로터리 테이블의 대안으로서 육상 및 해양플랜트 시장수요가 계속 증가하고 있음

❍ Top Drive 회전시스템은 이수순환 시스템과 동시에 개발이 진행되어야 하며, 이수순환을 위한 별도의 모듈개발이 병행되어야 함. 또한 Top Drive 시스템과 이수순환 시스템은 별도의 시스템 모듈로 개별 판매를 통한 중앙아시아, 동남아시아 등의 중소형 유전 등에 시장진입 가능성이 충분함

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
Top drive	-	TRL 9(선진국 대비 95%) : 1,000 HP
시추효율	TRL 4(선진국 대비 75%) : 10 % 미만	TRL 9(선진국 대비 90%) : 10 % 향상
시추속도	TRL 5(선진국 대비 70%) : 15 % 미만	TRL 9(선진국 대비 95%) : 15 % 향상

❑ 현재 기술 수준

❍ 시추 리그에서 시추 감독자가 상주하면서 시추 작업 전체를 지휘하는 Driller’s cabin과 파이프 핸들링 시스템을 포함한 시추 리그에 대한 자동화 시스템의 개발은 작업 인원의 감축, 작업자의 안전 향상 및 시추효율 향상을 통해서 시추 비용을 절감하고자 하는 것이 목적이며 지속적으로 개발이 진행되고 있음

❍ 시추 리그에서 시추 감독자가 상주하면서 시추 작업 전체를 지휘하는 Driller’s cabin과 Pipe handling system을 포함한 시추 리그에 대한 자동화 시스템의 개발은 작업 인원의 감축, 작업자의 안전 향상 및 시추효율 향상을 통해서 시추 비용을 절감하고자 하는 목적으로 지속적으로 진행되고 있음

○ 세부과제 4 : 사업관리 및 운영 시뮬레이터 기술

가) 기술개발의 정의

❍ 방향제어 드릴링 설비를 제어하여 설계 궤도대로 굴착을 수행하는 통합제어 및 운용기술, 방향제어 드릴링 설비 운전기술 훈련을 위한 가상 시뮬레이터 구현 기술, 지질 및 용도에 따른 최적 시스템 설계, 제어 및 통합운용을 가능하게 하는 가상 시뮬레이터 운용기술

❍ 개발된 시뮬레이터를 이용하여 가상 고장을 발생시킴으로써 이를 파악할 수 있는 고장진단 알고리즘 개발 기술

❍ 세부적으로는 Plug-in 형식의 3D 실시간 시뮬레이션 구현기술, 다상

유동 포함 이수순환 시스템에 대한 실시간 시뮬레이션 기술, Drillstring dynamics에 대한 실시간 시뮬레이션 기술, 시추공정 구현용 시뮬레이터 시스템 통합기술, 훈련용 데이터 Library 구축 및 관리기술, SCADA, TCP/IP 통신기반 서버 관리기술 등으로 구성됨




나) 기술개발 필요성

○ 실제 훈련이 불가능한 시추장비의 가상 시뮬레이터 기반의 운전 훈련이 필요하며, 시추용 모든 sub-system도 동일 시뮬레이션 기술로 개발하고 성능을 향상시킴으로써 핵심적이고 기본적인 simulation platform 확보가 요구됨

○ 3D 실시간 animation, mud system, drillstring 등 요소기술을 통합하여 훈련용 시뮬레이터를 구현하는 기술이 개발되어야 훈련용 시뮬레이터 및 시추 공정 엔지니어링 용역을 제공할 수 있는 기반이 구축됨

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
시추장비 물리모델 개발	TRL 5(선진국 대비 85%)	TRL 8(선진국 대비 95%)
Audio Visual 모사엔진 개발	TRL 4(선진국 대비 75%)	TRL 8(선진국 대비 95%)
시뮬레이터 기본 설계	TRL 5(선진국 대비 80%)	TRL 8(선진국 대비 95%)

❑ 현재 기술 수준

○ 최근 컴퓨터와 IT 기술의 발달에 힘입어 실시간 통합 드릴링 운영

센터의 구축이 시도되고 있음. 이는 시추 관련 각종 자료를 실시간으로 취합 및 분석함으로써 신속한 의사결정을 통하여 시추 효율을 높이는 것이 목적임. Driller’s cabin은 시추작업 전체를 모니터링 할 수 있는 시스템으로 개발이 진행되고 있으며, 향후 실시간 통합 드릴링 운영센터는 Driller’s cabin의 자동화와 연계되어 지속적인 발전을 이룰 것으로 예상됨

○ 실시간 공정 최적화 및 훈련 시뮬레이터 시장은 2015년에 약15억 달러에 달할 것으로 예상되며, 시추분야의 점유율이 가장 높은 Schlumberger 사의 Drilling service 분야 2013년 매출이 170억불로서 회사전체 매출 452억불 중 38% 비중을 차지함. 드릴링 하드웨어 대비 소프트웨어 매출 비중은 파악하기 어려우나 소프트웨어 비중이 압도적 크기를 차지할 것으로 추정함.

○ 가상 실시간 시뮬레이터는 항공, 제약 등의 산업분야에서 이미 많이 활용되고 있으며, 가상현실 훈련 시뮬레이터는 제어실과 현장 용도로 개발되고 있음. 고충실도(high fidelity) 3차원 가상현실 시뮬레이터는 젊은 인력을 유인하고 오일 및 가스 산업에 최신 기술을 적용하여 보다 실감나는 훈련 환경을 제공하고 있음

다. 핵심기술 확보전략

○ (1단계) 방향성 시추시스템에 대한 국내외 보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 시추시스템에 대한 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출

- Derrick에 작용하는 다양한 형태의 조합 하중분석 및 안전성 평가를 실시하고, 드릴 와이어에 대한 시뮬레이션을 통한 Sheave 설계기술 확보 및 드릴 회전시스템에 대한 기본설계
- 방향성 드릴링의 최적제어를 위해 필수적인 시뮬레이터 및 통합운영 시스템 개발에 필요한 요소기술을 개발하고 이를 통합하여 시뮬레이터를 구성하기 위한 기본 framework 설계 추진

○ (2단계) 선진기술 추격에서 탈피하여 핵심 독자기술에 대한 경쟁력 확보를 위한 이동형 붐데릭/호이스팅 최적설계기술 확보 및 자동

파이프 핸들링/회전시스템 최적설계기술 확보

- 시추시스템 최적 형상 설계, 가공기술 확보 및 제작 표준화 기술 개발과 드릴 회전시스템 통합설계 및 제작
- 1단계의 요소기술을 시뮬레이터에 구현하기 위해 필요한 프로그래밍, 시뮬레이터 시스템 통합에 필요한 하드웨어 및 관련 소프트웨어 기술을 개발하여 최종적으로 시스템 통합과 시운전 추진

○ (3단계) 시추시스템 통합설계기술 확보와 개발된 시추시스템에 대한 Pilot 검증, 현장실증을 통한 방향성 시추시스템에 대한 독자기술 및 현장 운용기술 확보

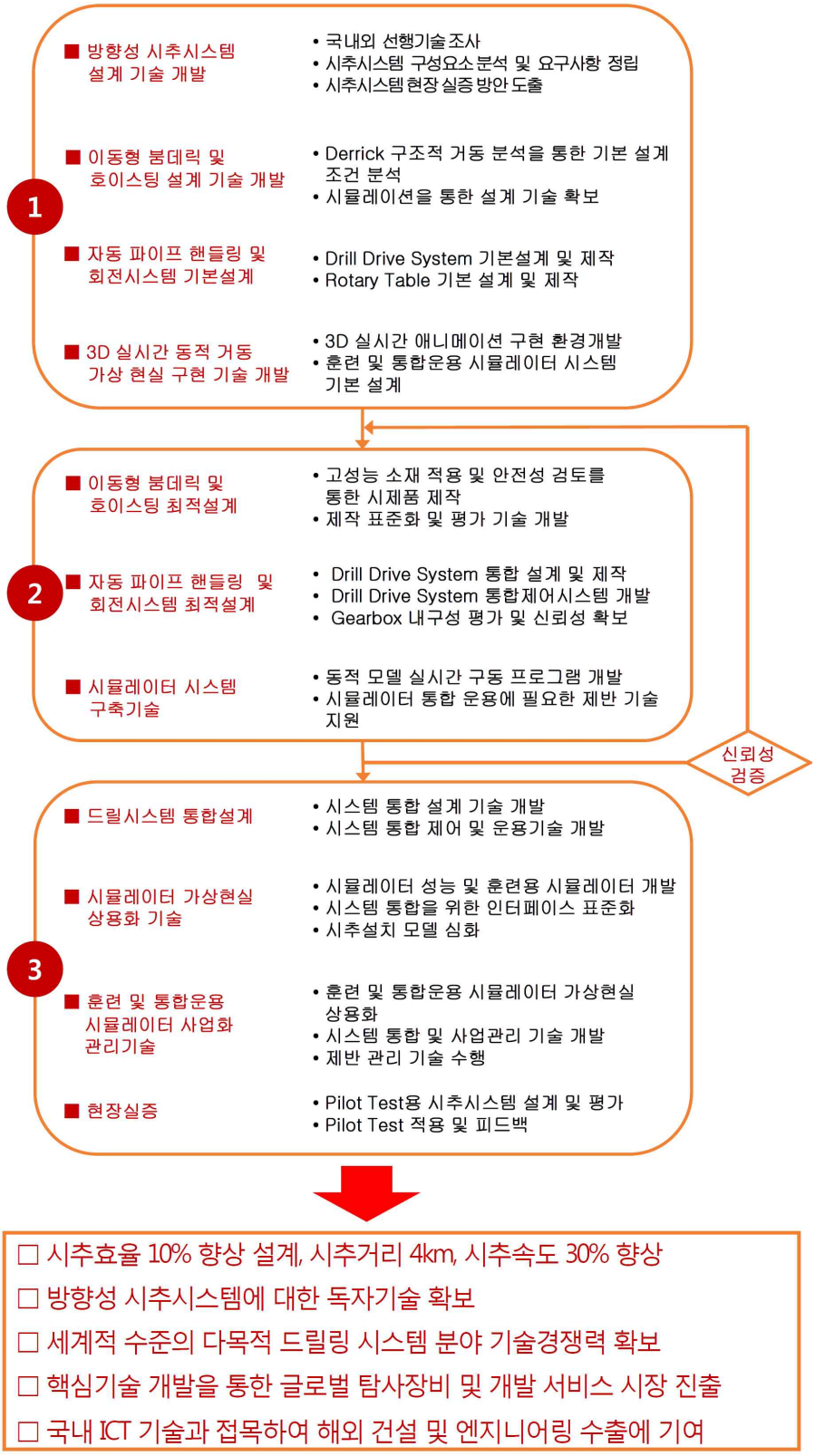
- 테스트베드 후보지 선정 및 실규모 Pilot Test 수행을 통한 방향성 시추시스템에 대한 현장 실증기술의 확보
- 시뮬레이터 성능 실증 및 훈련용 시뮬레이터 개발

표 5.1 핵심 기술 확보 전략(핵심1과제)

세부과제	핵심 기술	단계	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
핵심1과제	방향제어 드릴링 설비에 대한 시스템 통합설계 및 제작기술	상용화		●			○
	Pilot Test용 시추시스템 설계 및 평가 기술	상용화		●		○	
	Pilot 시추설비에 대한 현장데이터 확보 및 운용 기술	상용화		●			○
	Derrick에 작용하는 다양한 형태의 하중분석을 통한 강도해석 기술	상용화		●			○
	Mast 및 Platform의 구조적 변형도 및 피로 안전성 해석기술	상용화		●		○	
	Drawworks의 기어 및 Sheave의 최적형상 설계기술	상용화		●		○	
	고신뢰성 Disk Brake System의 구조 및 진동해석 기술	상용화		●		○	
	드릴 파이프의 이송을 위한 Finger Board/Pipe Rack 구조물 설계 및 제작기술	상용화		●			○
	Automated Drilling Control System 설계 기술	상용화		●			○
	Top Drive 구성모듈 제어를 위한 유압 시스템 기술	상용화		●		○	
	Drill Drive System의 각 Module을 운용하기 위한 통합 제어시스템 설계 기술	상용화		●			○
	가상현실 구동에 필요한 GIS등 서버연동 및 실시간 성능구현 기술	상용화		●			○
	훈련 및 통합운용 시뮬레이터 시스템에 대한 기본 설계 기술	상용화		●			○
	시스템 통합 및 성능 제고를 위한 사업관리 모델 표준화 기술	상용화		●		○	
	시스템 통합을 위한 인터페이스 표준화 기술	상용화		●			○

● : 주, ○ : 부

○ 추진방법



☐ 시추효율 10% 향상 설계, 시추거리 4km, 시추속도 30% 향상

☐ 방향성 시추시스템에 대한 독자기술 확보

☐ 세계적 수준의 다목적 드릴링 시스템 분야 기술경쟁력 확보

☐ 핵심기술 개발을 통한 글로벌 탐사장비 및 개발 서비스 시장 진출

☐ 국내 ICT 기술과 접목하여 해외 건설 및 엔지니어링 수출에 기여

라. 단계별 개발목표 및 연구내용

단계	주요연구활동	주요연구내용
1단계	■ 방향성 시추시스템 기본 설계를 위한 기초 조사	• 국내외 보유기술 분석 및 기술자료 조사 - 해외 주요 선진 경쟁사들의 보유특허 분석을 수행하여 특허회피 방안확보 - 선행기술조사 : 유효특허 주요기술 분석, 권리 만료된 기술 분석 등 - 공백기술확보 : 특허 분석을 통한 공백 특허 확보 • 방향성 시추시스템 구성요소에 대한 기능/기술 상세분석 • 현장조건 분류 및 이에 따른 요구사항 분석 • 시추시스템 각 요소별 상세설계 분석 및 요구사항 정립 • 국내외 프로젝트 대표사례 선정 및 해당 전문가 인터뷰를 통한 심층정보 수집 • 시추시스템 현장실증 방안 도출 - 국내/국외 현장 적용 방안 - 실크기 시스템에 대한 성능평가 방안
	■ 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기본설계 기술개발	• 철골구조 및 개방형 Boom-type Derrick에 대한 구조성능 분석/기본설계 요건 검토 - 시추 작업시의 환경 분석 및 구조/진동해석을 통한 기본설계 데이터 수집/분석 - Derrick에 작용하는 다양한 형태의 하중(고정하중 및 이동하중) 분석을 통한 강도계산 - Derrick의 기본 구조 및 조건 설정을 통한 구조적 변형도 및 피로 안전성 기초 평가 - Mast & Platform 운용환경에 따른 고성능 소재적용검토 및 구조적 안전성 검토
		• Draw works의 형상설계 및 작용하중 분석 - 강도계산 및 구조해석을 통한 기어의 기본 형상 설계 - 구조 및 진동해석을 통한 고신뢰성 Disk Brake System 기본 설계 - Draw works 와이어의 장력 및 사용하중 변화에 따른 충격을 고려한 Sheave 설계 기술 확보

단계	주요연구활동	주요연구내용
1단계	■ 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템 기본설계 기술개발	• 자동 파이프 핸들링 시스템 설계 - 작업용 드릴 파이프를 작업대로 운반하기 위한 Gripper 및 유압제어 시스템을 포함한 Pipe Handling Crane 장치 분석 및 설계 - 드릴 파이프의 이송을 위한 Finger Board/Pipe Rack 구조물 설계 및 제작기술 연구 - Automated Drilling Control System 설계 - 유압회로 및 제어시스템 설계 - Trolley, Rack & Pinion등 주요 핵심 부품의 설계 및 제작기술 연구 - Grip Finger부의 응력집중 분성을 통한 안정성 확보 방안 연구
		• Drill Drive System 기본설계 및 제작 - 드릴 스트링 및 비트의 체결, 분리 작업용 Rotary Table 설계 및 제작 - Rack & Pinion 부품의 반복하중에 의한 피로 및 마모 예측 연구 - 드릴링 파이프 최대하중에 견딜 수 있는 Conveyor 시스템 소재 선정 및 성능평가
	■ 3D 실시간 동적 거동 가상현실 구현기술 개발	• 시뮬레이터 및 통합운영 시추시스템 요소기술 확보 및 가상 시뮬레이터 구성을 위한 기본 Framework 설계 • 3D 실시간 animation 구현환경 개발 • Derrick & drilling tools를 위한 3D skinning 라이브러리 구축 • Drillstring 동적 거동 해석 모델 개발 • 다상유동 동적 모델 개발 • 이수 순환계 요소기기별 유체모델 개발 • 훈련 및 통합운용 시뮬레이터 시스템에 대한 기본 설계 • 기본 시스템 HW/SW 제원 설계
2단계	■ 이동형 붐데릭 및 호이스팅 최적설계	• Derrick의 운용환경에 따른 고성능 소재적용 및 구조적 안전성 검토를 통한 시제품 제작 • Gear의 최적 형상 설계, 가공 기술 확보 및 제작 표준화 • Travelling Block & Crown Block 조립 및 설치작업의 표준화와 시제품 적용에 따른 평가 기술 확보

단계	주요연구활동	주요연구내용
2단계	■ 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템 최적설계	• Drill Drive System 통합설계 및 제작 • 가속수명시험을 통한 Gearbox 내구성 평가 및 신뢰성 확보 • Drill Drive System의 각 Module을 운용하기 위한 통합제어시스템 구축 • 구조강도 및 피로해석을 통한 드라이브 시스템의 안정성 확보
	■ 시뮬레이터 시스템 구축 기술 개발	• 동적 물리모델을 연동한 애니메이션 구현 • 가상현실 구동에 필요한 GIS등 서버연동 및 실시간 성능구현 • 동적 모델 실시간 구동 프로그램 개발 • 시뮬레이터 구축에 필요한 H/W 설치 • 가상 시뮬레이터 통합운용에 필요한 제반기술 지원 • 시뮬레이터에 필요한 PLC, SCADA 및 각종 서버를 통합한 시뮬레이터 시운전
3단계	■ 드릴시스템 통합설계	• 방향제어 드릴링 설비에 대한 시스템 통합설계 및 신뢰성 검증 • 방향성 시추시스템에 대한 통합제어 및 운용기술 확보
	■ 훈련 및 통합운용 시뮬레이터 가상현실 상용화 기술 개발	• 임의의 시추 시나리오에 대응한 훈련용 시뮬레이터 성능 실증 - 가상 현실의 실시간성, 화면과 음향의 실사성, 훈련 시뮬레이터에 필요한 각종 데이터베이스 서버의 성능개선 • 다상유동 제외한 모든 시추설비 모델 심화 • 시스템 통합을 위한 인터페이스 표준화 • 다상유동 관련 시추설비 모델 심화
	■ 훈련 및 통합운용 시뮬레이터 사업화 관리기술 개발	• 시스템 통합 및 성능 제고를 위한 사업관리 모델 표준화 • 시뮬레이터 사업화를 위한 제반 관리기술 수행
	■ 시추시스템 현장실증	• Pilot Test용 시추시스템 설계 및 평가 • 방향성 시추시스템에 대한 Pilot Test - 파일럿 테스트 방안 구축 - Pilot Test 적용 및 피드백

마. 기술로드맵

세부과제		구성기술	사업기간						
			`16	`17	`18	`19	`20	`21	`22
1. 시스템 통합설계 및 실증기술	TRL 8	방향제어 드릴링 설비에 대한 시스템 통합설계 및 제작기술							
		Pilot Test용 시추시스템 설계 및 평가 기술							
		Pilot 시추설비에 대한 현장데이터 확보 및 운용 기술							
2. 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	TRL 9	Derrick에 작용하는 다양한 형태의 하중분석을 통한 강도해석 기술							
		Mast 및 Platform의 구조적 변형도 및 피로 안전성 해석기술							
		Drawworks의 기어 및 Sheave의 최적형상 설계기술							
		고신뢰성 Disk Brake System의 구조 및 진동해석 기술							
3. 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템 기술	TRL 9	드릴 파이프의 이송을 위한 Finger Board/Pipe Rack 구조물 설계 및 제작기술 연구							
		Automated Drilling Control System 설계							
		Top Drive 구성모듈 제어를 위한 유압 시스템 개발							
		Drill Drive System의 각 Module을 운용하기 위한 통합제어시스템 구축							
4. 사업관리 및 운영 시뮬레이터 기술	TRL 8	가상현실 구동에 필요한 GIS등 서버연동 및 실시간 성능구현							
		훈련 및 통합운용 시뮬레이터 시스템에 대한 기본 설계							
		시스템 통합 및 성능 제고를 위한 사업관리 모델 표준화							
		시스템 통합을 위한 인터페이스 표준화							

바. 기대효과

○ 국내 최초의 자원개발 시추용 Derrick System 설계기술 확보

○ Land Rig 시스템에 대한 원천/응용 기술 확보를 통한 Offshore & Sub-sea 분야로 응용 적용 가능

○ 기자재 관련 기술 및 엔지니어링은 산업용 플랜트 등 다른 연관 산업분야로의 기술 확산이 기대되어 국내 엔지니어링 기술수준을 한 단계 성장 가능

○ 경쟁력이 강화되고 있는 시점에서 기자재 기술개발 통해 핵심 기술, 설계 기술 확보를 통한 기술경쟁력 확보

○ 기자재 기술 확보율이 높아짐에 따라 수출증대 예상

○ 핵심 기자재 및 엔지니어링 기술을 확보하여 기자재 및 엔지니어링 연관 분야의 생산 및 채용 증대 기대

○ 방향성 드릴링 시스템의 핵심기술인 통합 운용제어기술을 개발하는데 중요한 시뮬레이터를 국산화함으로써 현장 운용 데이터만 확보하면 국제경쟁력을 갖출 수 있는 기술입지 마련

○ 미래의 화석자원인 셰일가스를 제3세계에서 원가경쟁력을 갖추고 발굴하기 위한 원천기술 확보

○ 국내 ICT 기술과 접목하여 해외 건설 및 엔지니어링 수출에 기여

2.2 핵심2과제: 드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술

가. 연구목표

○ 다목적 방향성 드릴 시스템의 방향제어 및 이수순환기술 개발/실증

1단계	2단계	3단계
• 시추속도 및 방향전환율 10% 향상 기본설계 • 압력 350bar, 유량 100m^3/h 기본설계 • 순환경로 8km 기본설계	• 시추속도 및 방향전환율 5% 향상 달성 • 압력 175bar, 유량 50m^3/h 달성 • 순환경로 4km 달성	• 시추속도 및 방향전환율 10% 향상 달성 • 압력 350bar, 유량 100m^3/h 달성 • 순환경로 8km 달성

○ 세부기술별 목표 및 주요내용

세부기술분야	세부과제 연구목표	주요 연구내용
2.1 방향성 추진체 및 제어기술(MWD 포함)	(1단계) · 방향제어시스템 설계 · 시추속도 10% 향상 · 방향전환율 10% 향상 (2단계) · 시추속도 5% 달성 · 방향전환율 5% 달성 (3단계) · 시추속도 10% 달성 · 방향전환율 10% 달성	·방향제어시스템 설계 및 제어기술 개발 - MWD 시스템 및 통신기술 - RSS 시스템 - LWD 시스템 ·Pilot Test 적용 및 피드백 ·RSS 현장 운용기술 개발
2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	(1단계) · 공급압력 350bar급 설계 · 유량 100m^3/h급 설계 (2단계) · 공급압력 175bar 달성 · 유량 50m^3/h 달성 (3단계) · 공급압력 350bar 달성 · 유량 100m^3/h 달성	·이수 순환 모니터링 및 제어시스템 개발 - 이수 설계 기술 개발 - 이수 제조 기술 개발 - 이수 모니터링 기술 개발 ·Pilot Test 적용 및 피드백

2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	(1단계) · 8km급 이수 혼합 공급 처리시스템 설계 · 순환경로 8km (2단계) · 순환경로 4km 달성 (3단계) · 순환경로 8km 달성	·이수 혼합 및 공급 시스템 개발 - Mixing pump & hopper - Mud pit room & agitator - Continuous circulation system ·이수 처리 시스템 개발 - Shale shaker & centrifuge - Mud cleaner & degasser ·Pilot Test 적용 및 피드백
2.4 지중 내비게이션 시스템 기술	(1단계) · 동급 위치 정확도 기본설계 (2단계) · 동급 위치 정확도 검증 (3단계) · 동급 위치 정확도 실증	 ·지중 지리정보기술 ·지중 근거리 탐사장비기술

나. 세부기술별 개발내용

○ 세부과제 1 : 방향성 추진체 및 제어기술

가) 기술개발의 정의

❍ 방향제어 시스템은 지하 목표 지점까지 드릴링 방향을 의도하는 방향으로 3차원적으로 변경하여 천공할 수 있도록 드릴의 경로를 변경하고 이를 제어하는 기술

❍ 드릴링의 조향과 방향제어가 가능한 장비의 개발과 지상에서 실시간으로 시추 위치를 파악하고 제어할 수 있는 장비의 기술개발과 실증을 포함함

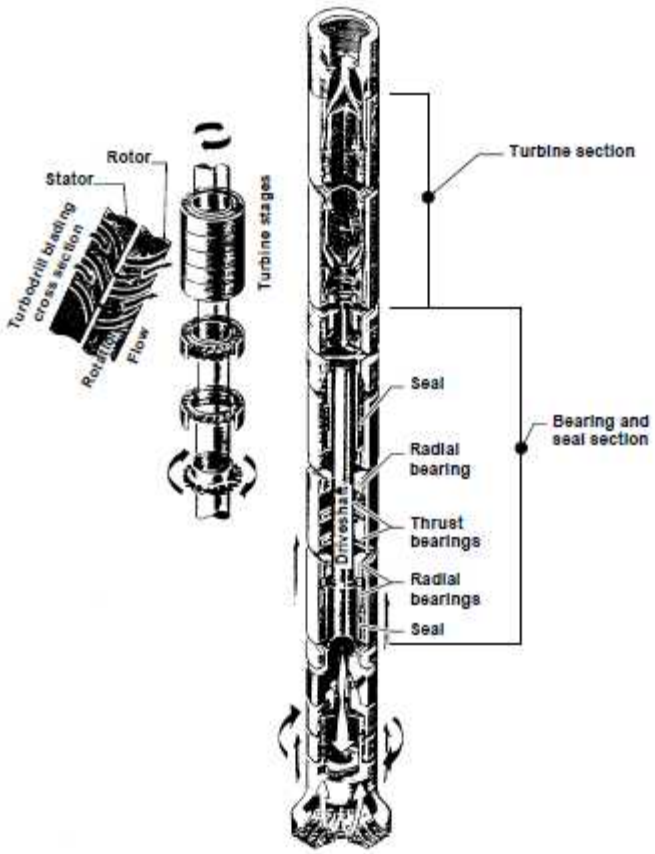


그림 5.11 지층 절삭 및 추진체

나) 기술개발 필요성

○ 방향성 추진체와 이수 모니터링 제어 기술 및 지중 내비게이션 기술들은 다목적 방향성 드릴링 분야의 핵심 기술로 성공적인 기술 개발은 우리나라의 관련 전·후방 산업분야에 기술적 파급 효과가 큰 분야임

○ 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도 증대, 각종 파이프라인 지하시공 증가 등으로 수평·수직·경사 등 방향 제어가 가능한 드릴링 기술 수요 증가 추세

○ 현재 국제 유가의 하락으로 시추분야의 기술 개발은 주춤한 상태이지만 장기적으로 신흥 개발국을 중심으로 에너지 수요 증가는 해당 분야의 기술 수요를 증가시킬 것으로 전망되고 있으며 이에 따라 드릴링에 대한 시장 또한 급성장 할 것으로 판단할 수 있음

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
수평 시추거리	18.8 ft/hr (Schlumberger(미국), Haliburton(미국))	시추속도 10% 향상
방환전환율	10°/100ft (Schlumberger(미국), Haliburton(미국))	15°/100ft

❑ 현재 기술 수준

❍ 방향성 드릴기술은 1980년대 이후 급속히 발전하고 있으며, Haliburton사(미국)나 Schlumberger사(독일) 등 일부 기업이 세계 시장을 주도 하고 있음

❍ 세계 Oil major 사들과 XTO, EOG, Chesapeake 등 미국 내 중견 기업들의 종합적인 자료해석으로 드릴 위치 선정과 Optimized well spacing, 드릴 및 완결 공법 등 기술이 급격히 진보하였음

○ 세부과제 2 : 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술

가) 기술개발의 정의

❍ 드릴 공으로 되돌아온 이수의 불순물을 제거하고 머드 피트에 들어가 머드 펌프를 통해 고압의 머드를 생산하고 다시 사용하는 기술

❍ 시추 작업 중 이수의 순환은 연속적으로 모니터링 되면서 시추 작업에 문제가 없는지 계속해서 확인하여야 함. 최근에는 비용 및 시간 절감과 환경 보전에 대한 관심이 더욱 커지면서 이 부분에 대한 기술 개발이 지속적으로 진행되고 있음

❍ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템은 이수 손실 감시 및 제어, Shale stability, 시추공 내 압력 제어, 윤활 등의 기능을 담당하는 역할을 하며 이를 위해서 필요한 데이터를 수집하기 위한 각종 센서와 데이터 수집 및 분석 장비, 분석 데이터를 수치 및 그래픽으로 나타내는 모니터링 시스템 등으로 구성

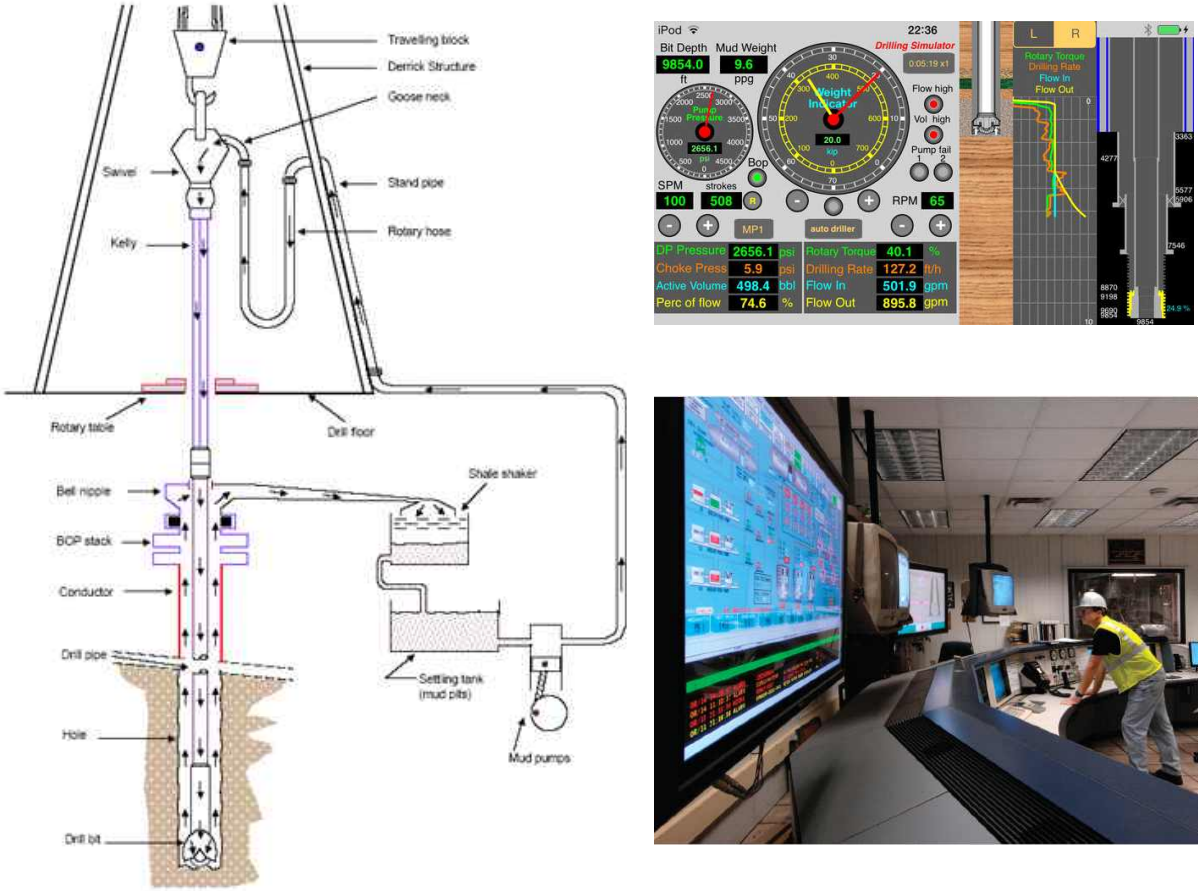


그림 5.12 이수 순환 모니터링 및 제어시스템

나) 기술개발 필요성

○ 현재 3~5급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진 속도 등에서 괄목할만한 기술적 진전이 있으며 ICT 기반의 시공 기술이 첨단화 되고 있으며 관련 시장 역시 급격히 팽창하고 있음

○ 심해, 극지 등으로의 시추환경 변화와 환경 보호라는 대명제 앞에 비전통 자원, 에너지 개발, 대심도 활용도, 각종 파이프라인 시공분야에 방향성 드릴링의 수요 증가가 충분히 예상됨

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
이수 공급 압력	500 bar (Sunda(중국), Solid controls(중국))	350 bar
이수 유량	100 m3/h (Sunda(중국), Solid controls(중국))	100 m3/h

❑ 현재 기술 수준

❍ 이수 혼합공급 처리시스템은 Sunda사(중국) 및 Solid controls사(중국) 등에서 세계 시장을 이끌어 나가고 있어 이에 대한 기술적 대책 마련이 시급함

❍ 미국과 캐나다에서는 실시간 방향성 시추를 용이하게 하는 코일 튜빙 시추시스템(Coil tubing drilling, CTD)기술이 활발히 적용되어 전통적 드릴 공법보다 4배 이상의 굴진율을 얻는 등 현재 안정화 단계에 있음

❍ 국내의 육상시추기술은 중소기업을 통하여 수직으로 약 3km까지 수행한 실적이 있으나 방향제어시스템 기술의 부재로 수평 시추 경험은 없는 것으로 조사됨

○ 세부과제 3 : 이수 혼합 공급 처리 시스템

가) 기술개발의 정의

❍ 시추에 사용되는 이수는 물 또는 oil과 bulk(Barite, Bentonite 등) 를 혼합하여 제조하며, 시추 작업에 지속적으로 투입되기 때문에, 상당히 많은 양이 저장되어 있어야 함

❍ Bulk를 일정 비율로 혼합하여 liquid mud를 만든 후 mud tank에 보관하고 agitator를 이용하여 mud를 굳지 않게 하여 시추에 사용함. 그리고 계속되는 시추 작업 시 liquid mud가 추가적으로 필요한 부분은 분체 상태의 Cement, Barite, Bentonite 등을 bulk tank에 저장해 두었다가 surge tank로 수송해 물과 섞어서 liquid mud를 만들어 사용하고 보관함



그림 5.13 이수 혼합 공급 처리 시스템

○ Bulk mud storage tank는 Mud를 만들 때 첨가되는 Barite와 Bentonite를 저장하는 tank 장치 임

○ Liquid Mud 필요 시 압축공기를 이용하여 Bulk mud storage tank로부터 Bulk surge tank로 이송하는 장치를 포함함

○ Bulk mud인 Barite와 bentonite를 이송할 때 발생되는 dust를 회수하여 수집하는 장치가 Bulk mud dust collectors & cyclones 임

○ Liquid mud mixing 시 Bulk surge tank 하부에 위치한 mud hopper 로 bulk mud 주입함

○ Mud hopper는 벤츄리 노즐을 이용하여 water에 Bulk med를 섞어주는 장치이며, mixing된 mud는 벤츄리 노즐 하부에 설치된 mud mixing & transfer pump에 의하여 mud pit로 이송됨

나) 기술개발 필요성

○ 현재 본 기술의 경우 일부 해외 선진 기업이 독점하고 중에 있어 자체 인프라 건설 및 자원·에너지 개발에 해외 의존적일 수밖에 없는 구조로 국가 기술 경쟁력 확보와 국부 유출 방지 및 신 시장 진입이라는 측면에서 매우 중요한 기술 중 하나이지만 관련 기술의 해외 의존과 기술격차가 매우 크게 벌어져 있는 상황

❍ 각국의 자원 에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역간 기후환경 변화에 대응, 법제도 등 도전적인 신시장 주도를 위한 독자적인 원천기술 및 핵심장비의 확보가 관건임

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
이수 순환 경로	• 9km (Schlumberger(미국), Haliburton(미국))	• 순환경로 8km

□ 현재 기술 수준

❍ 국내의 해상시추기술은 두성호를 보유하고 있는 석유공사가 대륙붕 4km까지 해상 시추를 진행한 경험이 있음

❍ 국내 시추장비 제작업체에서는 수평시추 장비를 보유하고 있으나 관료 및 전선 등을 매설하기 위한 장비이며 일정한 곡률을 따라서만 시추를 진행하기에 심층의 셰일가스 등 비전통 자원을 추출하기에는 부적합함

○ 세부과제 4 : 지중 내비게이션 시스템 기술

가) 기술개발의 정의

❍ 지중 드릴 비트의 위치 및 경사각 등을 측정하여 고정밀 위치를 산정하고 경로 생성 및 추적기능을 담당하여 센서, 초소형 파워발생기, 통합모듈, 전송유닛 등으로 구성됨

❍ 다양한 지질조건에서 적용이 가능하고 실시간으로 방향제어가 가능하며 장공 수평 드릴링 시에도 암편 제거가 용이한 hybrid 타입 RSS, 드릴링 경로제어를 정밀하게 지원하기 위한 지중 내비게이션 기술 개발

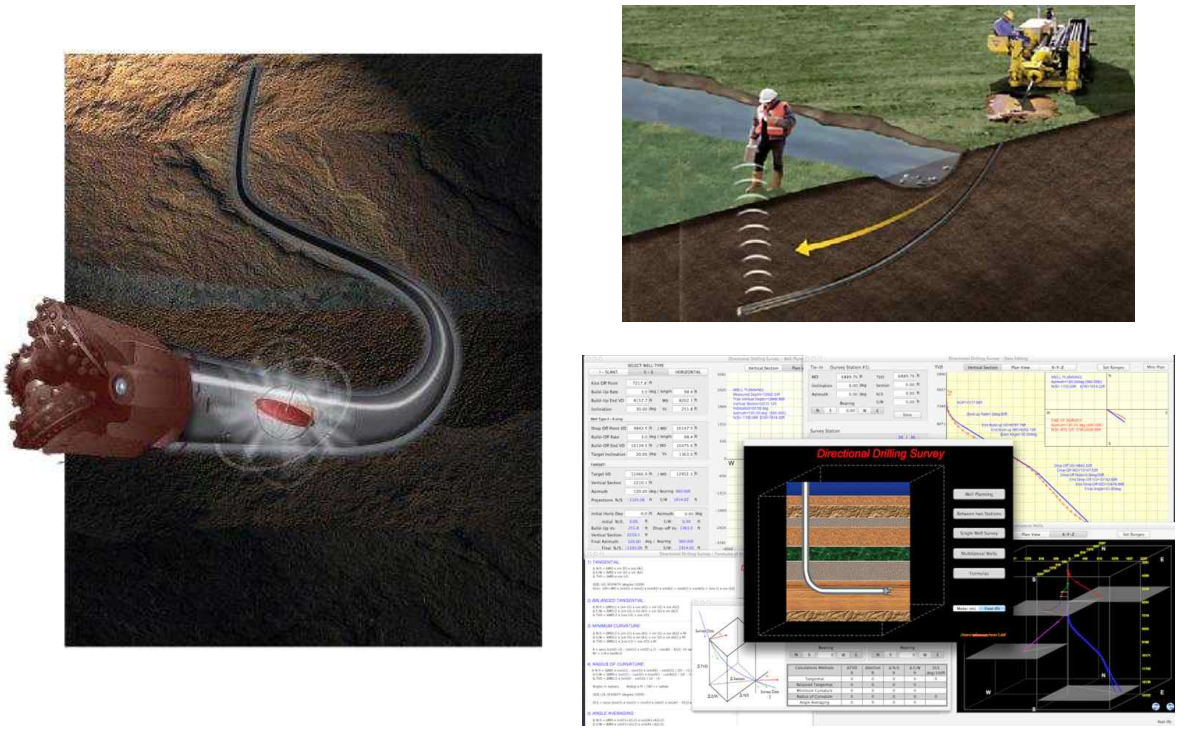


그림 5.14 지중 내비게이션 시스템

나) 기술개발 필요성

○ 과제를 통한 성공적인 기술 개발은 국내 시장뿐만 아니라 해외 시장으로의 즉각적인 진입으로 이어질 것으로 판단됨

○ 방향성 드릴링 기술은 선진업체 주도로 1990년대부터 기술 적용이 증가하고 있는 분야로 규모가 크고 다양한 연관 산업을 가지는 기술 분야로 국내 개발 경험이 전무하며 기술 개발 의지는 충분하지만 기술 개발 및 경험 부족이라는 국내 중·소기업의 여건과 강소기업의 육성이라는 측면에서 초기 리스크 쉐어를 위한 국가 차원의 지원이 반드시 필요함

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
지중 내비게이션 현장 실증 순환경로	9km (Schlumberger(미국), Haliburton(미국))	순환경로 8km

❑ **현재 기술 수준**

❍ 최근 컴퓨터와 IT 기술의 발달에 힘입어 실시간 통합 드릴링 운영센터의 구축이 시도되고 있음. 이는 시추 관련 각종 자료를 실시간으로 취합 및 분석함으로써 신속한 의사결정을 통하여 시추 효율을 높이는 것이 목적임. Driller’s cabin은 시추작업 전체를 모니터링할 수 있는 시스템으로 개발이 진행되고 있으며, 향후 실시간 통합 드릴링 운영센터는 Driller’s cabin의 자동화와 연계되어 지속적인 발전을 이룰 것으로 예상됨

❍ 실시간 공정 최적화 및 훈련 시뮬레이터 시장은 2015년에 약15억 달러에 달할 것으로 예상되며, 시추분야의 점유율이 가장 높은 Schlumberger 사의 Drilling service 분야 2013년 매출이 170억불로서 회사전체 매출 452억불 중 38% 비중을 차지함. 드릴링 하드웨어 대비 소프트웨어 매출 비중은 파악하기 어려우나 소프트웨어 비중이 압도적 크기를 차지할 것으로 추정함.

다. 핵심기술 확보전략

○ (1단계) 국내 플랜트 제작 중소·중견기업 주도로 해외 석유 시추기 제작사와 공동으로 스마트형 다목적 방향성 드릴링 시스템(리그, 이수순환, 차세대 방향제어 등)을 API 규정에 적합하게 설계

○ (2단계) 국내 석유개발 서비스기업과 해외 시추 및 서비스 기업과 공동으로 개발된 장비를 국내 현장에서 실증을 거쳐 개발 장비의 성능 검증 및 개선

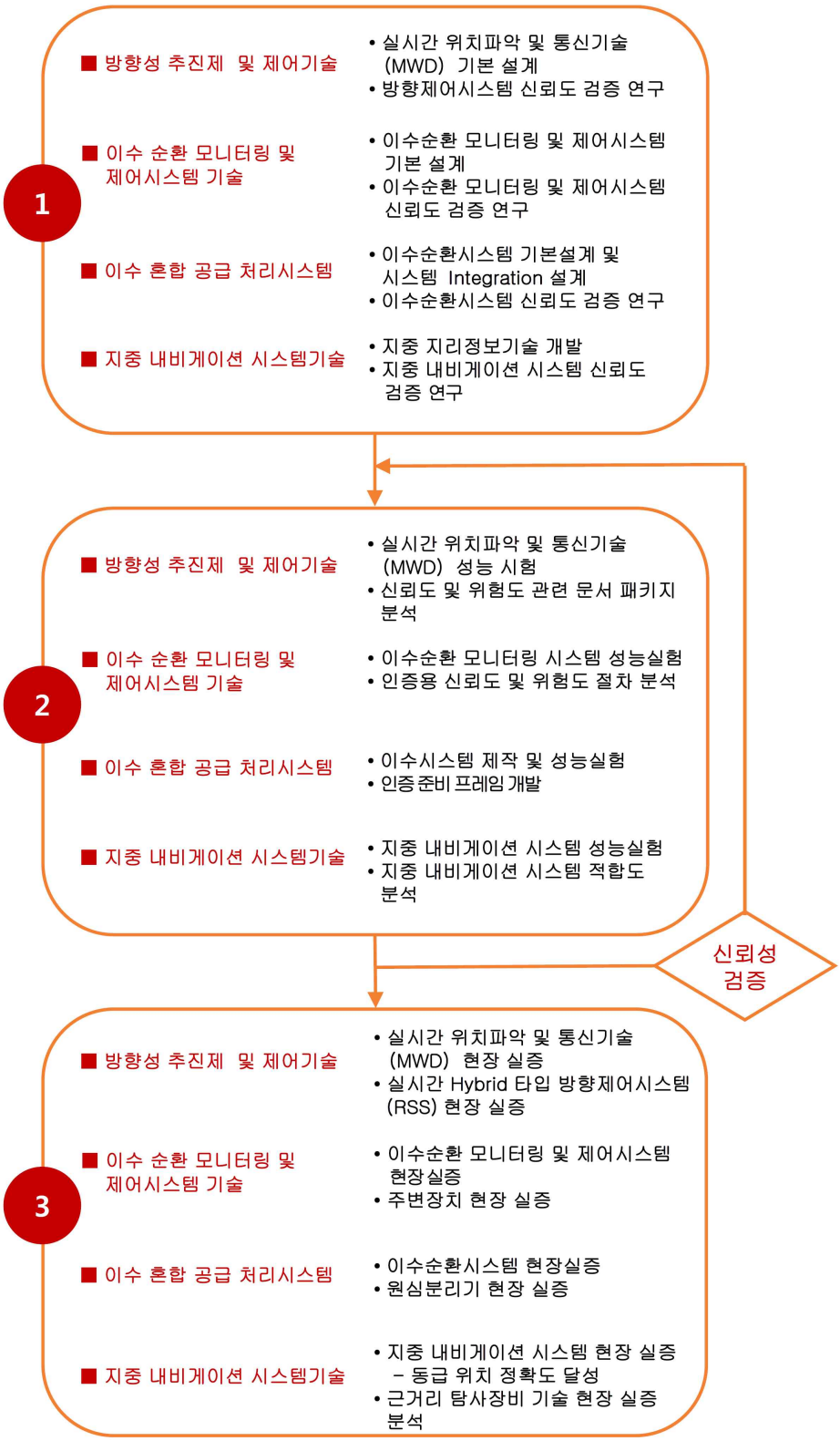
○ (3단계) 국내 석유개발 서비스기업과 해외 시추 및 서비스 기업과 공동으로 개발된 장비를 해외 세일가스 플레이 현지에서 현장실증을 거쳐 개발 장비의 안정성과 효율성 검증

표 5.2 핵심 기술 확보 전략

세부과제	핵심 기술	단계	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
세부과제 1	방향성 추진체 및 제어플랫폼 개념 설계	6		●	○		
	실시간 Hybrid 타입 방향제어시스템 기본 설계	6		●	○		
	공저(다운홀)모터, 터빈 기본 설계	6		●	○		
	공저 모터 및 터빈 설계, 제작	6		●	○		
	방향시스템 기타 주변장치 및 intergration 설계	6		●	○		
	방향제어시스템 고장진단기법	6		●	○		
	방향성 추진 및 제어시스템 테스트베드 실증	6		●	○		
세부과제 2	이수 특성 모델링	6		●	○		
	이수 특성별 제조 기법 연구	6		●	○		
	드릴공 이수순환 모니터링 기본 설계	6		●	○		
	이수 순환 시나리오별 제어 기법	6		●	○		
	연속적인 이수순환 시스템 설계	6		●	○		
	이수 손실율 최소화	6		●	○		
	고장률 진단 (Diagnosis)	6		●	○		
	다중 변수 통합방식 이수순환 제어 연구	6		●	○		
세부과제 3	이수 혼합 및 공급 시스템	7		●	○		
	Mixing pump & hopper 설계 제작	7		●	○		
	Mud pit room & agitator 설계 제작	7		●	○		
	Continuous circulation system 설계	7		●	○		
	Shale shaker & Centrifuge 설계 제작	7		●	○		
	Mud cleaner & degasser 설계 제작	7		●	○		
세부과제 4	MWD / LWD 용 센서 모듈 설계 및 제작	5		●	○		
	최소전력 MWD / LWD 디바이스 설계 및 제작	5		●	○		
	위치 및 경로 고정밀 산정기법 연구	5		●	○		
	내재형 모듈 어플리케이션	5		●	○		
	MWD / LWD 통신 기술 개발	5		●	○		
	MWD / LWD 용 센서 모듈 실증	5		●	○		

● : 주, ○ : 부

○ 추진방법


1
■ 방향성 추진제 및 제어기술
• 실시간 위치파악 및 통신기술 (MWD) 기본 설계
• 방향제어시스템 신뢰도 검증 연구
■ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술
• 이수순환 모니터링 및 제어시스템 기본 설계
• 이수순환 모니터링 및 제어시스템 신뢰도 검증 연구
■ 이수 혼합 공급 처리시스템
• 이수순환시스템 기본설계 및 시스템 Integration 설계
• 이수순환시스템 신뢰도 검증 연구
■ 지중 내비게이션 시스템기술
• 지중 지리정보기술 개발
• 지중 내비게이션 시스템 신뢰도 검증 연구
2
■ 방향성 추진제 및 제어기술
• 실시간 위치파악 및 통신기술 (MWD) 성능 시험
• 신뢰도 및 위험도 관련 문서 패키지 분석
■ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술
• 이수순환 모니터링 시스템 성능실험
• 인증용 신뢰도 및 위험도 절차 분석
■ 이수 혼합 공급 처리시스템
• 이수시스템 제작 및 성능실험
• 인증준비 프레임개발
■ 지중 내비게이션 시스템기술
• 지중 내비게이션 시스템 성능실험
• 지중 내비게이션 시스템 적합도 분석
신뢰성 검증
3
■ 방향성 추진제 및 제어기술
• 실시간 위치파악 및 통신기술 (MWD) 현장 실증
• 실시간 Hybrid 타입 방향제어시스템 (RSS) 현장 실증
■ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술
• 이수순환 모니터링 및 제어시스템 현장실증
• 주변장치 현장 실증
■ 이수 혼합 공급 처리시스템
• 이수순환시스템 현장실증
• 원심분리기 현장 실증
■ 지중 내비게이션 시스템기술
• 지중 내비게이션 시스템 현장 실증 – 동급 위치 정확도 달성
• 근거리 탐사장비 기술 현장 실증 분석

라. 단계별 주요활동 및 연구내용

단계	주요연구활동	주요연구내용
1단계	■ 방향성 추진체 및 제어 기술(MWD 포함)	• 실시간 위치파악 및 통신기술(MWD) 기본 설계 • 실시간 Hybrid 타입 방향제어시스템(RSS) 기본 설계 – 방향전환 각도 : 15°/100ft • 시추기간 암석물성 측정기술(LWD) 기본 설계 • 방향제어시스템 기타 주변장치 및 시스템 Integration 설계 • 방향제어시스템 신뢰도 검증 연구 – FMECA 수행 – 신뢰도 및 가용도 해석
	■ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	• 이수순환 모니터링 시스템 기본 설계 – 순환경로 8km – 공급압력 350bar • 이수순환 제어시스템 기본 설계 – 순환경로 8km – 공급압력 350bar • 이수순환 모니터링 및 제어시스템 기타 주변장치 및 시스템 Integration 설계 • 이수순환 모니터링 및 제어시스템 신뢰도 검증 연구 – FMECA 수행 – 신뢰도 및 가용도 해석
	■ 이수 혼합 공급 처리 시스템	• 이수순환시스템 기본설계 및 시스템 Integration 설계 • 이수펌프 기본설계 : 압력 350bar, 유량 100m^3/h • 이수 혼합장치 기본설계 – 전단가공장치 및 가변형 노즐 – 호퍼 및 가변형 노즐 – 교반기 • 이수 조절장치 기본설계 – Shale shaker, Degasser, Desander, Desiliter, Mud cleaner • 이수순환시스템 기타 주변장치 및 시스템 Integration 설계 • 이수순환시스템 신뢰도 검증 연구 – FMECA 수행 – 신뢰도 및 가용도 해석
	■ 지중 내비게이션 시스템 기술	• 지중 지리정보기술 개발 – 시추지리정보제공시스템 기본설계 – 지리정보시스템(GIS) 표준데이터, 내비게이션 데이터 간 호환 기술 개발 • 근거리 탐사장비기술 개발 – GPS 적용 내비게이션 시스템 기본설계

		- 실시간 탐사장비 네비게이터 컨트롤시스템 설계 • 지중 지리정보기술 및 근거리 탐사장비기술, 제어시스템 Integration 설계 • 지중 내비게이션 시스템 신뢰도 검증 연구 - 소프트웨어 FMEA 수행 - 신뢰도 및 가용도 해석
2단계	■ 방향성 추진체 및 제어 기술(MWD 포함)	• 실시간 위치파악 및 통신기술(MWD) 성능시험 • 실시간 Hybrid 타입 방향제어시스템(RSS) 제작 및 성능실험 - 방향전환 각도 : 15°/100ft • 시추기간 암석물성 측정기술(LWD) 성능실험 • 방향제어시스템 기타 주변장치 및 시스템 Integration • 인증 준비 프레임 개발 - 신뢰도 및 위험도 관련 문서 패키지 구축 - 인증용 신뢰도 및 위험도 절차 분석
	■ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	이수순환 모니터링 시스템 성능실험 - 순환경로 4km - 공급압력 175bar • 이수순환 제어시스템 기본 설계 - 순환경로 4km - 공급압력 175bar • 이수순환 모니터링 및 제어시스템 기타 주변장치 제작 및 성능실험, 시스템 Integration • 인증 준비 프레임 개발 - 신뢰도 및 위험도 관련 문서 패키지 구축 - 인증용 신뢰도 및 위험도 절차 분석
	■ 이수 혼합 공급 처리 시스템	• 이수순환시스템 제작 및 시스템 Integration • 이수펌프 제작 및 성능실험 : 압력 175bar, 유량 50m^3/h • 이수 혼합장치 제작 및 성능실험 - 전단가공장치 및 가변형 노즐 (전단가공유량 500gpm) - 호퍼 및 가변형 노즐 (800pound/min) - 교반기 (40sec) • 이수 조절장치 제작 및 성능실험 - Shale shaker : Screen area 1.24m^2 - Degasser : 99.9% 제거 - Desander : 74㎛ 이상 - Desiliter : 74-2㎛ - Mud cleaner : 99.9% 제거 • 이수순환시스템 기타 주변장치 제작 및 성능실험, 시스템 Integration • 인증 준비 프레임 개발

		- 신뢰도 및 위험도 관련 문서 패키지 구축 - 인증용 신뢰도 및 위험도 절차 분석
	■ 지중 내비게이션 시스템 기술	• 지중 내비게이션 시스템 성능실험 - 순환경로 4km - 동급 위치 정확도 달성 • 지중 내비게이션 제작 및 성능 실험, 시스템 Integration • 지중 내비게이션시스템 적합도 분석 - 4km 범위 내 GIS, GPS 데이터 시스템 적합도 분석 - 근거리 탐사장비 기술 적합도 분석 • 인증 준비 및 실험 절차서 개발 - 신뢰도 및 위해도 분석 - 인증용 실험 절차서 작성
3단계	■ 방향성 추진체 및 제어 기술(MWD 포함)	• 실시간 위치파악 및 통신기술(MWD) 현장 시증 • 실시간 Hybrid 타입 방향제어시스템(RSS) 현장 실증 - 방향전환 각도 : 15°/100ft • 시추기간 암석물성 측정기술(LWD) 현장 실증 • 방향제어시스템 기타 주변장치 및 시스템 Integration • 인증 획득
	■ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	• 이수순환 모니터링 시스템 현장 실증 - 순환경로 8km - 공급압력 350bar • 이수순환 제어시스템 현장 실증 - 순환경로 8km - 공급압력 350bar • 이수순환시스템 기타 주변장치 현장 실증 및 시스템 Integration • 인증 획득
	■ 이수 혼합 공급 처리 시스템	이수순환시스템 제작 및 시스템 Integration • 이수펌프 현장 실증 : 압력 350bar, 유량 100m^3/h • 이수 혼합장치 현장 실증 - 전단가공장치 및 가변형 노즐 (전단가공유량 500gpm) - 호퍼 및 가변형 노즐 (800pound/min) - 교반기 (40sec) • 이수 조절장치 현장 실증 - Shale shaker : Screen area 1.24m^2 - Degasser : 99.9% 제거 - Desander : 74㎛ 이상 - Desiliter : 74-2㎛ - Mud cleaner : 99.9% 제거 • 원심분리기 현장 실증 - 분리입자크기 2㎛, 가속도 3000G force

		• 이수순환시스템 기타 주변장치 현장 실증 및 시스템 Integration • 인증 획득
	■ 지중 내비게이션 시스템 기술	• 지중 내비게이션 시스템 현장 실증 - 순환경로 8km - 동급 위치 정확도 달성 • 지중 내비게이션 현장실증 및 시스템 Integration • 지중 내비게이션시스템 현장실증 분석 - 8km 범위 내 GIS, GPS 데이터 시스템 현장실증 분석 - 근거리 탐사장비 기술 현장실증 분석 • 인증 획득

마. 기술로드맵

세부과제		구성기술	사업기간						
			`14	`15	`16	`17	`18	`19	`20
1. 방향성 추진체 및 제어기술 개발	TRL6	RSS 기본설계							
		다운홀모터기본설계							
		방향제어 시스템 기타 주변장치 및 시스템 Intergration 설계							
		방향 제어 시스템 신뢰도 검증 연구							
		RSS 제작 및 성능실험							
		다운홀 모터 및 터빈설계, 제작 검증							
		방향 제어 시스템 기타 주변장치 및 시스템 Integration							
		인증 준비 프레임 개발							
		RSS 현장 실증							
		인증 획득							
2. 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 개발	TRL7	이수 특성 모델링 및 제조기법 연구							
		이수순환 모니터링 기법 연구							
		시나리오별 이수 순환 제어기법 연구							
		연속적인 이수순환시스템 설계							
		이수 손실 최소화 연구							
		고장율 진단 설계							
		다중변수 통합방식 이수순환제어 개발							
		이수 순환 현장 실증							
		인증 획득							

세부과제		구성기술	사업기간						
			`14	`15	`16	`17	`18	`19	`20
3. 이수 혼합 공급 처리시스템 개발	TRL7	이수 혼합 및 공급 시스템 설계							
		Mixing pump & hopper 설계 제작							
		Mud pit room & agitator 설계 제작							
		Continuous circulation system 설계							
		Shale shaker & Centrifuge 설계 제작							
		Mud cleaner & degasser 설계 제작							
		이수 혼합 공급 시스템 Integration							
		이수 혼합 공급 시스템 현장 실증							
		인증 획득							
4. 지중 내비게이션 시스템 기술	TRL5	MWD / LWD 용 센서 모듈 설계 제작							
		최소전력 MWD / LWD 디바이스 설계 제작							
		위치 및 경로 고정밀 산정기법 연구							
		내재형 모듈 어플리케이션							
		MWD / LWD 통신 기술 개발							
		MWD / LWD 용 센서 모듈 실증							
		인증 획득							

바. 기대효과

ㅇ 시추 및 시추공 자극과 관련한 기술확보를 통하여 기술력 서비스 및 관련 장비 제조 및 판매가 가능하여 관련 기업의 창출 ㅇ 비전통자원의 개발생산 단계에서 현장 실증 중심의 핵심기술 확보를 통해 국내 자원개발기술 기반 육성, 현장 기술 분야의 발전에 기여 ㅇ 핵심기술 확보를 통해 셰일가스, 셰일오일 등 타 비전통자원 개발기술로 응용 가능

○ 유관기업 경제적 파급 기여

- 비전통자원 시추, 생산, 유통과 관련된 부품소재산업 (플랜트, 특수강, 밸브, 기계 등) 육성 등 파급효과 기대
- 기계, 토목, 전기 등의 전통산업과의 연계를 통해 상대적인 경쟁력 확보에 유리하고, 이를 통한 석유화학, 자동차, 발전 등 유관산업의 파급효과 기대

○ 국민 경제적 기여

- 셰일가스 국내 도입을 통한 에너지 Mix, 에너지자원 확보, 자주개발율 향상에 기여
- 핵심기술 개발을 통한 광구 운영능력 확보로, 신규 광구 투자시 사업 참여, 유망광구의 투자, 주도적인 자원 도입 의사결정이 가능

○ 에너지자원산업 기여

- 자원개발 E&P 기업의 광구 운영 역량 확보, 자원개발 서비스기업의 서비스 역량 확충

2.3 핵심3과제: 드릴링 경로특성화 및 파쇄기술

가. 연구목표

○ 방향성 드릴링 프로젝트의 효율적 시공관리를 위한 핵심응용기술 및 자원의 생산성을 극대화 시킬 수 있는 지반파쇄 및 유동성향상 기술의 개발 및 실증

1단계(~0000)	2단계(~0000)	3단계(~0000)
• 시추지반 특성화 정밀도 향상(1mm 이하) • 설계가격대비 5%이상 원가절감 • 가탐깊이: 3km이상, 가탐온도 100℃이상 • 단위주입률당 파쇄 저류암 체적(SRV) 5% 증대	• 시추지반 특성화 정밀도 향상(0.5mm 이하) • 설계가격대비 8%이상 원가절감 • 가탐깊이: 4km이상, 가탐온도 130℃이상 • 단위주입률당 파쇄 저류암 체적(SRV) 10% 증대, 미소진동 10% 저감	• 시추지반 특성화 정밀도 향상(0.1mm 이하) • 설계가격대비 10%이상 원가절감 • 가탐깊이: 5km이상, 가탐온도 150℃이상 • 단위주입률당 파쇄 저류암 체적(SRV) 10% 증대, 미소진동 20% 저감

○ 세부기술별 목표 및 주요내용

세부기술분야	세부과제 연구목표	주요 연구내용
3.1 방향성 드릴링 부지특성화 및 평가기술	(1단계) · 시추 지반 특성화 정밀도 (입자크기 1mm 이하) (2단계) · 시추 지반 특성화 정밀도 (입자크기 0.5mm 이하) (3단계) · 시추 지반 특성화 정밀도 (입자크기 0.1mm 이하)	· VE/LCC를 활용한 대상 부지 경제적 타당성 평가기술 · 대상부지특성평가를 위한 물리검층 최적화 및 분석기술 · 시추커팅 X-ray CT 고속스캐닝 장비 및 분석 기술

3.2 방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리기술	(1단계) · 설계가격대비 5%이상 원가절감 (2단계) · 설계가격대비 8%이상 원가절감 (3단계) · 설계가격대비 10%이상 원가절감	· 드릴링궤적설계 최적화 및 공벽안정화통합설계기술 · AR기반 방향성 드릴링 최적화 관리를 위한 공정/비용 정보화 관리기술 · 방향성 드릴링 사고예방을 위한 3차원 정보화 설계기술
3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	(1단계) · 가탐깊이: 3km 이상, 가탐온도: 100℃ 이상 (2단계) · 가탐깊이: 4km 이상, 가탐온도: 130℃ 이상 (3단계) · 가탐깊이: 5km 이상, 가탐온도: 150℃ 이상	· 방향성 드릴링용 시추중 다운홀 정보획득모듈 · 드릴링공 검층용 자동화 원격로봇 · 고온-고압(HT-HP)조건 Wire-line 검층모듈 · 대심도고온-고압(HT-HP) 조건 초기응력측정시스템 및 해석기법
3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	(1단계) · 단위주입률당 파쇄 저류암 체적(SRV) 5% 증대 (2단계) · 단위주입률당 파쇄 저류암 체적(SRV) 10% 증대, 미소진동 10% 저감 (3단계) · 단위주입률당 파쇄 저류암 체적(SRV) 10% 증대, 미소진동 20% 저감	· 생산성 극대화 수압파쇄 최적설계기술 · 지반 파쇄메커니즘 규명 및 시뮬레이팅기술 · 지반파쇄 효율을 위한 첨가재료 및 주입유체최적설계기술 · 지반 파쇄용 신개념 천공기술 · 지반 파쇄시 미소진동 모니터링 설계/시공/해석기술 · 미소진동 및 파쇄지반 성능평가기술

나. 세부기술별 개발내용

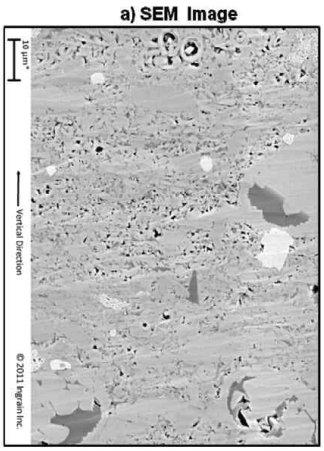
○ 세부과제 1: 대상 부지 지층정보 특성화 및 평가기술

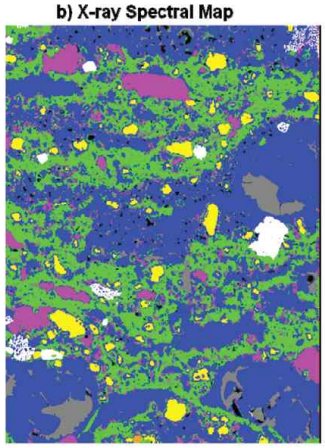
가) 기술개발의 정의

❍ 드릴링 프로젝트 대상 부지의 지층정보는 프로젝트의 경제성 및 기술적 타당성과 밀접히 연관되어 있어 사전 부지의 타당성 평가, 최적의 설계안 도출, 드릴링 성능의 최적화를 위하여 탐사드릴링을 통해 회수된 드릴링 커팅(cuttings)을 X-ray CT촬영을 통해 물성 및 지오메트리를 정밀 분석하여 특성화하고, 이를 심도별 정보화관리가 수행될 수 있도록 하는 기술을 개발함.

○ 3차원 GIS를 기반으로 하는 데이터베이스 시스템을 구축하여, 모든 지반 특성화정보를 저장하고 이를 기반으로 드릴링 최적 부지선정, 설계 및 드릴링 시공성능의 최적화를 위한 제반정보로 활용될 수 있는 기술을 구축함.

○ 3차원 지반정보 통합 데이터베이스 구축을 바탕으로 GIS기반 공간정보 분석 기술을 개발하여 부지의 적합성(경제성, 기술타당성 등)에 대한 통합 평가 시스템을 구축함





c) Mineral Distribution (% by vol)

clay	27.7
pore	1.7
organic	7.2
calcite	48.7
qtz	4.3
plagioclase	8.1
pyrite	2.2
TiO2	0.1
Total	**100**

그림 5.15 X-ray CT를 활용한 지층정보 특성화 기술

나) 기술개발 필요성

○ 드릴링의 사전 부지타당성 평가는 지층정보가 매우 중요하게 반영되며, 이를 고려하여 최적의 Well Placement를 수행할 수 있음.

○ X-ray CT를 활용한 지반 정밀 특성화 기술은 드릴링 과정중에도 머드이수를 통해 회수되는 시추커팅을 실시간으로 분석하여 보다 정밀한 지층정보를 획득할 수 있는 기술로 응용될 수 있음.

○ 드릴링을 수행하기 위해 사전의 계획/설계 단계라 할 수 있는 Well Planning 단계에서 지층정보는 경제적이고 기술적으로 타당한 설계가 도출되는데 핵심적으로 활용됨.

- 지층정보를 통하여 간극압을 분석하여 fracture prediction을 수행할 수 있으

며, 지층의 변화를 고려한 casing을 구간별로 설계할 수 있음.

- 지층의 정보를 통해 pore-pressure 및 fracture를 예측하여 최적의 시추머드를 설계하고 이수순환 계획을 수립할 수 있음.

- Casing 파이프의 setting depth의 설정과 비트 프로그램(bit program)은 지하암반의 특성에 의존되기 때문에 신뢰적인 지층정보의 특성화가 요구됨.

○ 드릴링의 성능은 시추제어인자(Weight on Bit, RPM, hydraulics 등)에 의하여 결정되며, 시추제어인자의 최적화를 위해서는 지반의 압밀도, 강도, 종류 등에 대한 지층정보가 핵심 변수로 적용됨.

○ Enhanced Geothermal Project(심부지열발전)기술의 경우, 수압파쇄과정에서 단층대의 유무, 이방성 등의 지층의 형상 및 물성정보는 유도지진의 최소화 및 균열네트워크의 방향성을 결정짓는 중요한 인자임.

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
시추커팅의 X-ray CT 분석 및 최적화 기술	지반 특성화 정밀도 5mm	지반 특성화 정밀도 0.1mm 이하
GIS기반 3차원 지반정보 정보화 기술	정보화 및 활용 효율성 70% 미만	정보화 및 활용 효율성 90% 이상
공간분석기술을 활용한 부지 적합성 평가 기술	부지 적합성 평가 정확도 60% 미만	부지 적합성 평가 정확도 85% 이상

❑ 현재 기술 수준

○ X-ray CT를 활용한 3차원 이미지 컨스트럭션 및 해석 기술은 의학 및 기계재료 분야에서 활성화 되고 많은 분석 알고리즘이 개발되어 정밀도가 향상되고 있지만 건설재료 분석 기술은 이에 비해 낙후된 기술적 진보가 이루어짐.

○ 최근 MIT 등에서 X-ray CT기술을 활용하여 건설재료의 공극률, 형상, 재료의 특성을 해석하기 위한 많은 기술이 개발되고 있으며, 입자 분석 크기도 보다 세밀화 되고 있음.

○ 국내에서는 건설재료를 대상으로 다양한 건설재료의 물성 및 형상

을 분석하고 분석알고리즘을 구축하기 위한 노력이 진행되고 있으나 노이즈 제거 및 보다 정밀화된 분석 알고리즘의 구축이 요구됨.

❍ 현재 3차원 GIS 정보화를 위한 많은 연구가 진행되고 있으나, 지반정보까지 통합하여 구축하고 이에 대한 공간해석을 바탕으로 각종 평가를 수행하는 통합 GIS기반 3차원 기반 정보화 및 해석 시스템의 개발이 요구되고 있음.

❍ 또한, 3차원 지반정보 구축을 위해서는 지형의 특성과 암반의 분포정보를 기반으로 정확한 보간 기술이 뒷받침되어야 하기 때문에 최적화된 보간 알고리즘이 개발되어야 함.

❍ 부지 적합성을 평가하기 위한 기술은 정성적, 정량적 분석 기술이 많이 제시되고 있으나, VE/LCC 및 Multi-criteria 기반 평가기술과 같은 다차원의 평가기술을 바탕으로 한 확률적 종합 평가기술의 개발이 필요함.

○ 세부과제 2: 방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리 기술

가) 기술개발의 정의

❍ 드릴링 궤적을 최적화하고 드릴링 중공벽의 무너짐을 방지하기 위한 안정화 통합 설계 기술을 확보하며, 증강현실기술 기반으로 방향성 드릴링의 공정을 최적화 하여 경제성을 확보할 수 있는 기술을 개발하며, 드릴링 중 사고를 사전에 예측하고 대응할 수 있는 정보화 설계기술을 확보함.

❍ Well Planning 단계에 따라 GIS기반 지반정보데이터를 활용하여 최적의 머드용액 활용계획, 시멘팅 프로그램, 드릴링공 경로 및 공경 설계, 비트 프로그램 등의 단계를 거쳐 최종적으로 설계공정 및 비용을 자동으로 산출하는 시스템을 구축함.

❍ 설계 공정 및 비용을 자동으로 산출하기 위하여 드릴링 시간, 라운드 트립소요시간, 케이싱 및 시멘팅시간, 로깅시간으로 구성되는 임계경로(critical path)에 대한 최적화 시뮬레이션을 개발하고 사용자의 편의성을 고려한 모듈을 개발함.

❍ 심도별 드릴링 환경을 고려하여 실시간으로 드릴링 성능을 최적화하기 위

하여 인공신경망 기반 WOB(weight on bit), RPM, Hydraulic의 제어인자를 최적화 하여 모니터링 및 제어할 수 있는 시스템을 개발함.

- 효율적인 시공관리 단계에 따라 설계성능(planned performance)과 현장성능(actual performance)를 비교하여 진도관리를 수행할 수 있도록 사전에 산출된 설계성능대비 현장의 성능이 비교될 수 있도록 현장의 성능을 기록하는 리포트 (ex. daily drilling report, mud report, bit record 등)를 자동으로 데이터베이스화 하여 관리할 수 있는 시스템과 진도관리 분석용 성능분석 모듈을 구축함.

- 본 연구를 통해 개발된 모든 드릴링 프로젝트 관련 정보를 효율적으로 가시화 및 시뮬레이션을 통해 관리 될 수 있도록 3차원 설계정보, 시간정보, 비용정보, 즉 5D기술로 통합된 시각화 인터페이스를 개발하며, 보다 몰입감과 현장감을 제공할 수 있도록 증강현실기반의 시각화 기술을 개발함.

- 모바일 기반 현장 정보관리 시스템을 개발하여 실제 광역의 현장에서 이산적으로 위치하여 작업함으로써 협업 체제를 구축하기 어려운 단점을 극복할 수 있도록 정보의 공유가 원활하게 하고, 작업자의 생산성을 극대화 할 수 있는 기술을 개발함.

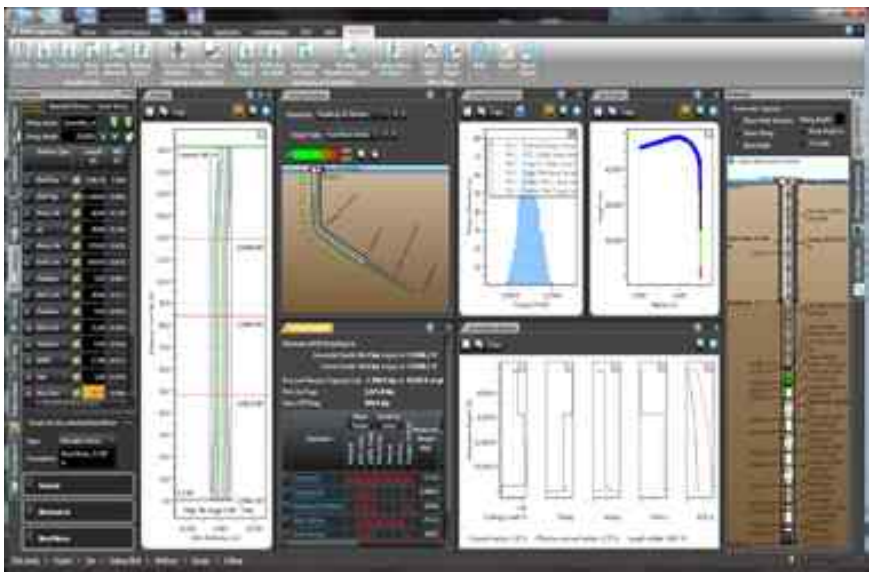


그림 5.16 방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리 기술

나) 기술개발 필요성

○ 본 기술은 드릴링 프로젝트의 성능을 최적화하여 설계하고 효율적으로 관리할 수 있는 제반기술로서 프로젝트의 비용과 공정을 경제성 있게 관리 할 수 있음.

○ 전 세계적으로 드릴링 프로젝트를 가시화하여 관리 할 수 있는 소프트웨어 시장은 아직 개발 및 상용화 단계로서 본 연구의 개발 시 세계시장을 선점할 수 있는 기술임.

○ 특히, 모든 설계 정보를 자동으로 시스템이 신뢰적으로 예측하는 시스템의 개발은 수행된 적이 없어, 전 세계 최초의 기술로서 이에 관련된 국내 기술력이 세계 최고의 기술로 부각될 수 있음.

○ 일반적으로 드릴링 프로젝트는 성능 예측이 어렵고 이를 과학적으로 발주자에게 예상 비용과 공정을 제시할 수 없어 국내 관리 기술이 전무한 상황에서 해외 드릴링 서비스 회사에 의존하고 있는 입찰, 계약, 설계, 관리에 대한 검토와 사업타당성을 면밀히 분석할 수 있을 것으로 예상됨.

○ 특히, 증강현실기반의 관리 기술은 육안으로 파악하기 힘든 현장의 상태를 가시적으로 관리자 및 사용자에게 필요한 모든 정보를 제공할 수 있어 생산성과 시행착오를 최소화 할 수 있을 것이며, 기존의 가상현실의 단점인 데이터 트래픽 문제를 해결할 수 있음.

○ 진도관리시스템의 개발을 통하여 현장관리자, 발주자는 실제 계획된 비용과 공정이 얼마나 목표가 달성되거나 초과되어 진행되는지 파악할 수 있어 발주자의 기대성능에 부합할 수 있는 인적자원관리, 공정관리, 리스크관리, 비용관리를 수행할 수 있음.

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
최적 드릴링 제어인자 생성모듈 개발	• 드릴링 속도향상 5%	• 드릴링 속도향상 15%
진도관리 자동화 및 시각화 시스템 개발	• 설계성능대비 5%이상 원가절감	• 설계성능대비 10%이상 원가절감
증강현실기반 정보시각화 관리 시스템 개발	• 가상현실기술 대비 20% 이상 데이터 처리속도 향상	• 가상현실기술 대비 40% 이상 데이터 처리속도 향상
모바일 기반 현장 정보관리 시스템 개발	• 현장 실무자의 작업생산성 10% 향상	• 현장 실무자의 작업생산성 20% 향상

❑ 현재 기술 수준

○ 전 세계적으로 드릴링 서비스 기술을 선도하고 있는 Halliburton, Schulumberger 등의 회사에서도 능동적으로 프로젝트 최적화 정보를 생성하고 관리할 수 있는 통합 소프트웨어의 개발은 수행된 사례가 없음

○ 일부 드릴링 설계, 관리를 지원하기 위한 소프트웨어 및 모바일 애플리케이션은 개발되어 보급되고 있으나, 전적으로 전문가의 지식이 필요하고 사용자의 편의성이 낙후된 시스템으로 보급됨.

○ 드링링 현장에서 생산되는 리포트 정보의 데이터베이스는 파일형태로 저장되고 있으나, 실제 현장 및 관리자는 필요한 정보를 자유롭게 검색하고 분석할 수 있는 시스템이 필요한 실정임.

○ 2D 기술을 기반으로 한 드릴링공 경로 설계 및 BHA 프로그램이 개발되어 있으나, 특히, 3차원 경로해석이 필요한 방향성 드릴링공의 경우 사용자가 공간적으로 이해하기가 어려움.

○ 세부과제 3: 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술

가) 기술개발의 정의

○ 방향성 드릴링 중 다운홀의 공내 정보를 신속하고 정확하게 획득할 수 있는 모듈을 개발하고, 이를 자동으로 수행할 수 있는 원격 로봇형 검층장치를 개발함

○ 자동화 로봇검층장치를 개발하기 위하여 머드용액내의 환경에서 에너지 소모를 최소화하고 자유롭게 이동할 수 있는 부력식 로봇검층 메커니즘을 개발하고, 메모리 형식의 검층정보획득 및 이를 분석하여 사용자에게 가시적으로 정보를 제공하는 자동화 정보처리 시스템을 개발하여 통합함.

○ 고온/고압/수중의 극한 조건에서 견딜 수 있는 검층장비(sonde)를 개발하고 로봇 바디를 설계하고 개발함.

○ 고온 고압 극한조건에서도 운영 가능한 wire-line 검층 모듈을 구축하고, 극한조건의 대심도 초기응력 상태를 측정할 수 있는 시스템을 확보함.

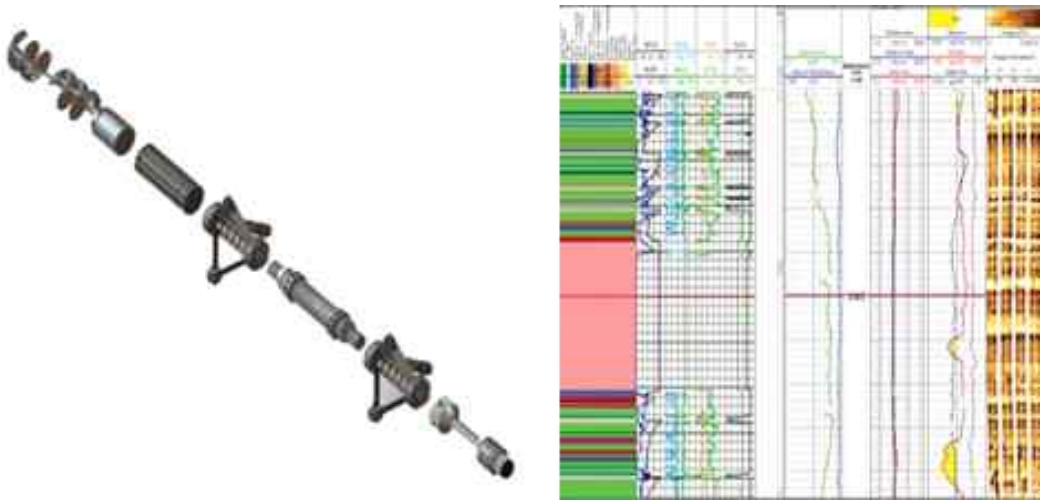


그림 5.17 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술

나) 기술개발 필요성

○ 현재 드릴링공의 검층은 윈치(winch)와 케이블을 활용하여 검층장비를 연결하여 드릴링공의 내부를 탐사하는 방식으로서 지하 수 km에 이르는 드릴링공을 검층하는 경우 국내에 적용할 수 있는 장비가 없어 전적으로 해외에 의존하고 있음.

○ 자율탐사형 자동화 검층로봇이 개발될 경우 전 세계 년간 10조원에 달하는 검층시장을 선도할 수 있는 핵심기술이 확보될 수 있음.

○ 기존의 와이어 라인 방식의 검층기술은 케이블의 장력제어가 어려워 정확한 심도에서의 부합하는 정보를 획득하기 위해서는 고도의 엔지니어가 소요되고 특히, 방향성 드릴링공의 경우 활용이 어려운

단점이 있음.

○ 또한, 머드용액으로 케이블이 오염되어 검층후 수 km의 케이블 유지관리가 불편하고, 만약 한 부분의 케이블 내의 연결선이 파단될 경우 유지보수가 사실상 어려워 값비싼 케이블을 전면 교체해야 함.

○ 기존의 전통적인 와이어 라인방식 기술로는 독점되고 있는 세계시장의 진출이 어려워 기존기술의 단점을 획기적으로 극복할 수 있는 첨단기술이 개발됨으로써 시장을 선도하고 점유할 수 있음.

○ 와이어라인 방식의 검층장비는 케이블의 무게만 수십톤에 이르기 때문에 휴대성이 불편하나 와이어라인케이블이 제거된 본 기술은 휴대성이 용이함.

○ 고온/고압에서 적용되는 검층장비센서(sonde)는 국내에서의 기술력이 부족하고 해외에 의존되고 있는 형태로서 국산화가 가능함.

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
내환경 검층 장비 및 센서개발	• 가탐온도 100도	• 가탐온도 150도 이상
부력을 활용한 로봇구동 메커니즘 기술	• 가탐깊이 3km	• 가탐깊이 5km
지능형 검층 작업계획 생성 알고리즘 개발 및 제어기술	• 없음	• 추종정밀도 95%

❑ 현재 기술 수준

○ 현재 드릴링 프로젝트의 검층은 모두 와이어라인 기반의 검층이 수행되고 있는 실정이며, 이 기술은 1900년대 초에 개발된 방식으로서 기술적 진보가 더딘 상태임.

○ 국내에서 대심도의 검층 서비스가 필요한 경우 전적으로 해외의 기술력에 의존하고 있으며, 고중량/부피의 장비를 임대하기 위하여 막대한 비용의 예산이 소요되고 있음.

○ 방향성 드릴링 공의 경우, 와이어라인 방식의 검층이 어려워 드릴링 중 검층할 수 있는 MWD(measure while drilling) 및 LWD(logging

while drilling) 장비를 BHA부에 조립하여 적용하나 가격이 매우 고가이며, 국내 기술력이 전무함.

❍ 검층은 드릴링 총 프로젝트 비용의 5~10%를 차지하는 액티비티로서 해당 시장의 규모가 연간 10조에 육박함 (freedonia, 2010).

○ 세부과제 4: 지반 파쇄 및 유동성 향상 기술

가) 기술개발의 정의

❍ 드릴링공의 생산성을 극대화 할 수 있는 대심도 수압파쇄를 수행하기 위한 설계기술을 최적화 하고, 이를 위한 지반 파쇄 메커니즘 규명을 위한 기초연구 수행과 시뮬레이팅 기술을 개발하며, 파쇄지반의 효율을 높이기 위한 첨가재료 및 주입 유체를 최적 설계할 수 있는 기술을 확보함.

❍ 새로운 개념의 지반 파쇄용 천공기술과 지반 패쇄 시 발생하는 미소진동의 모니터링을 설계, 시공 해석하는 기술을 확보하며, 발생하는 미소진동 및 파쇄지반의 생상 성능을 평가하는 기술을 개발

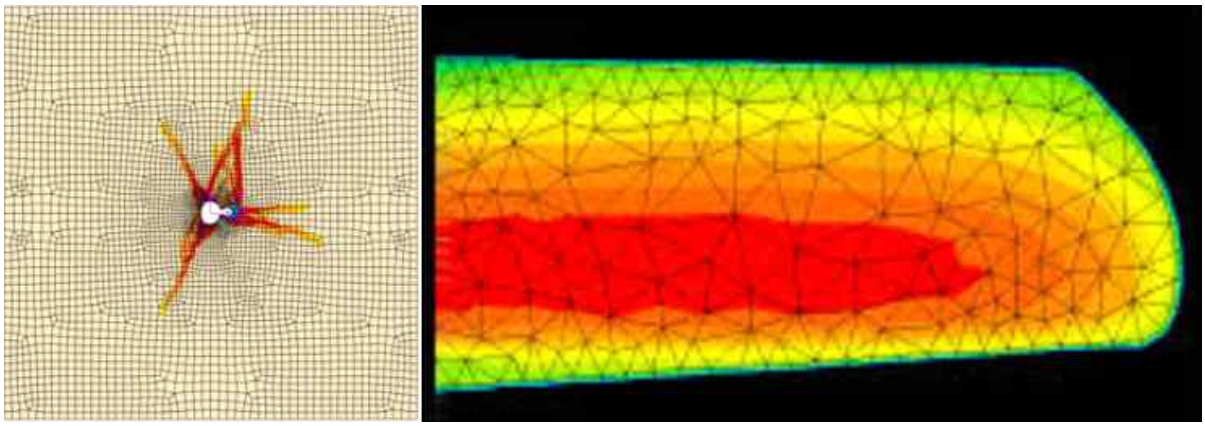


그림 5.18 지반파쇄 및 유동성 향상기술

나) 기술개발 필요성

❍ 지반 파쇄기술은 최근 이슈가 되고 있는 세일가스 및 지열발전 등의 프로젝트에서 자원개발의 생산성을 향상시키기 위해 핵심적으로 수행되는 고급 엔지니어링 기술임.

❍ 사전 타당성 검토시 가장 핵심적으로 고려되는 부분은 경제성 검토

로서 자원개발의 생산량 검토는 본기술의 사전 시뮬레이션 검토로 수행됨.

○ 지반 파쇄시 미소진동의 발생으로 인하여 각종 민원 및 사고가 발생할 수 있어 이를 사전에 예측하여 사전 완화(mitigation plan)를 계획하거나 저감할 수 있는 대책을 마련할 수 있는 신뢰적인 시뮬레이션 기술의 개발이 필요함.

○ 지반 파쇄기술의 적용에서는 주입 유체의 물성 및 균열망의 효율적인 틈새확보를 위한 프로판트가 활용되나 국내 기술력은 낙후된 상태이고, 주입유체의 최적 시공계획 및 모니터링 기술은 해외의 업체에 의존하고 있음.

○ 본 기술의 개발을 통해 수압파쇄 기술력의 국산화를 구현하고 신뢰적인 모니터링 및 유도지진 저감기술을 확보하여 국제시장을 선도할 수 있는 기술개발이 반드시 필요함

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
지반 수압파쇄 메커니즘 규명	• 일차원적인 실험 수행	• 다차원 영향인자 규명 및 평가기술 확보
지반파쇄 모사 시스템 개발	• 예측 정확도 70%	• 예측 정확도 80%
최적 주입유체 시공 및 프로판트 활용기술 개발	• SRV 5%증대	• SRV 10% 증대 • 미소진동 20% 저감

❑ 현재 기술 수준

○ 현재 수압파쇄를 통한 균열네트워크의 방향 및 부피를 정확하게 예측하거나 모니터링 할 수 있는 기술적 수준은 매우 부족하고 연구개발 및 적용단계임.

○ 균열네트워크의 상태 및 방향성은 상부에서 미소진동 모니터링을 통해 예측하고 주입유체에 섞어서 주입하는 트레이서(tracer)를 통해 모니터링 하나 이는 사후 피동적으로 대처하는 기술로서, 보다 적극적으로 사전에 정확히 예측하고 사고를 방지하며 최적의 유동성 및 유량을 확보할 수 있는 기술개발이 필요함.

○ 국내 수압파쇄에 대한 엔지니어링 기술 및 장비는 낙후된 수준이며, 독일, 미국등의 일부 기관에 의해 독과점 되고 있는 시장구조임.

○ 최근, 미소진동을 최소화 하기 위한 사이클릭 인젝션(cyclic injection) 유체주입 기술이 개발되고 이에 따른 미소진동의 상태를 예측하는 시뮬레이션 소프트웨어가 개발되고 있으나 검증단계이고 실제 현장에는 테스트 형태로 적용되고 있어 국내에서 본 기술이 확보되면, 세계 시장에 수월하게 진출할 수 있는 구조적 형태가 파악됨.

다. 핵심기술 확보전략

○ (1단계) 방향성 드릴링 프로젝트의 정보화 설계, 시공관리 및 지반파쇄기술의 연구개발 프레임웍을 설계하고, 원천기술 확보를 위한 전단계 세부요소기술의 개발 추진

- X-ray CT를 활용한 지반재료 분석기술 및 노이즈 최소화 기술을 확보하고 방향성 드릴링의 유형과 형태를 분석하여 최적 설계, 시공을 수행하기 위한 독립적 정보화기술 및 모듈 구축을 통한 프로토타입 개발

○ (2단계) 선진기술 추격에서 탈피하여 핵심 독자기술 경쟁력 확보를 위한 통합 정보화 부지 특성화 모델구축 기술, 드릴링 성능 및 정보시각화 관리 기술, 최적 지반 파쇄설계/평가 시뮬레이션 기술 등 대규모 실증기술 확대 추진

- 부지특성화 및 평가기술의 정밀도를 향상시키고 경로설계 및 시공관리를 통합 정보화 관리 할 수 있는 통합 시스템을 구축하고 지반 파쇄 설계/평가 모듈을 개발하여 현장적용을 통한 실증 과제 추진

○ (3단계) 1, 2 단계에서 개발된 기술의 성능을 현장 적용과 함께 지속적인 업데이트를 수행하고 검증하여 완성도를 향상시키고, 개발 기술의 통합 시스템화 구현을 통한 상용화 전략 마련

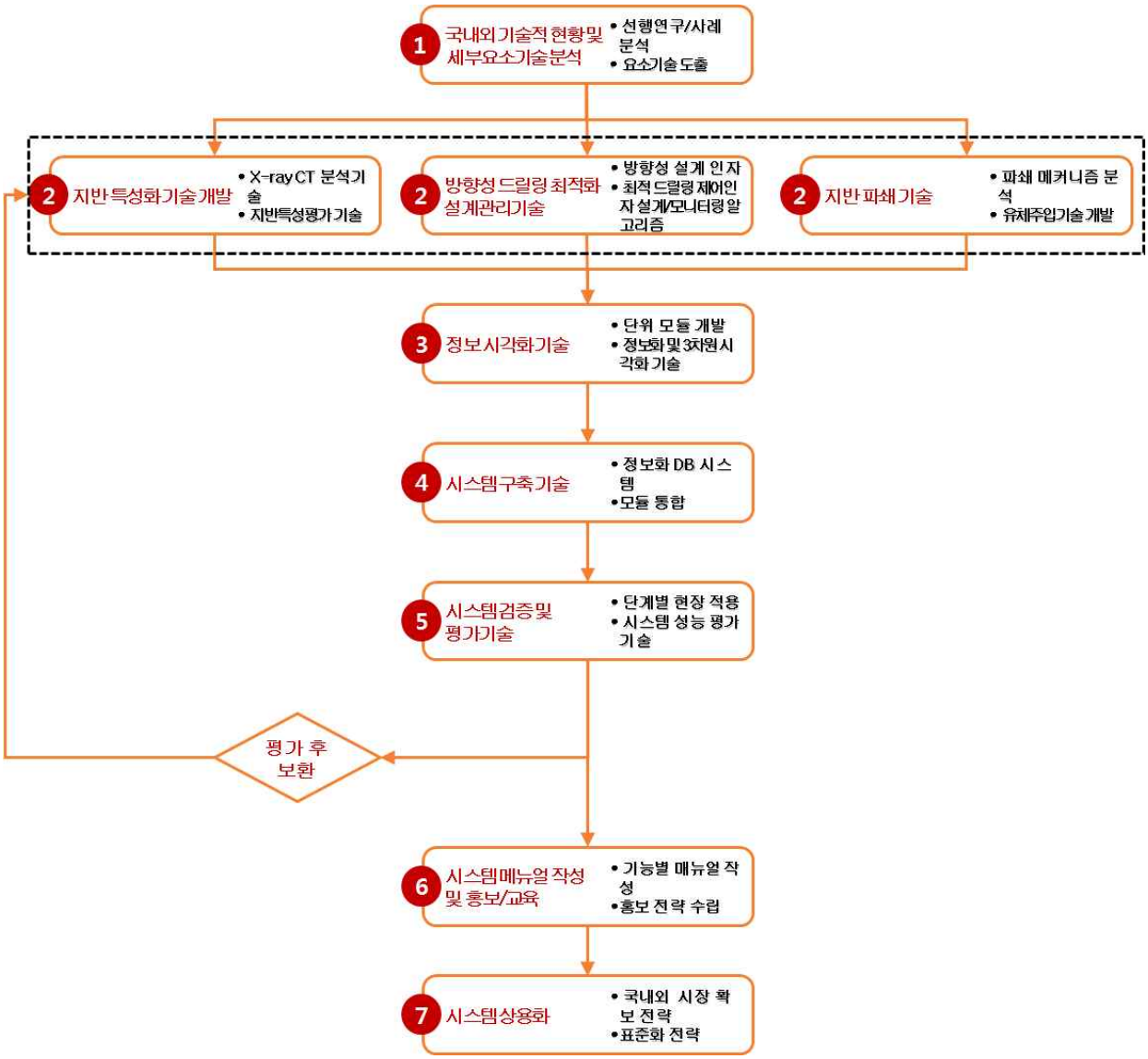
- 방향성 드릴링 프로젝트의 설계, 시공, 생산 및 평가의 통합 정보화 시스템을 구축하고, 기존 기술대비 성능 향상정도를 평가하여 상용화 수행

표 5.3 핵심 기술 확보 전략

세부과제	핵심 기술	단계	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
세부과제 1	시추커팅의 X-ray CT 분석 및 최적화 기술	상용화		●		○	
	GIS기반 3차원 지반정보 정보화 기술	상용화 기반연구	●	●			
	공간분석기술을 활용한 부지 적합성 평가 기술	상용화 기반연구	●	●			
세부과제 2	최적 드릴링 제어인자 생성모듈 개발	상용화		●			
	진도관리 자동화 및 시각화 시스템 개발	상용화	●	●			○
	증강현실기반 정보시각화 관리 시스템 개발	상용화		●		○	○
	모바일 기반 현장 정보관리 시스템 개발	상용화	●	●			○
세부과제 3	내환경 검층 장비 및 센서개발	상용화		●			○
	부력을 활용한 로봇구동 메커니즘 기술	상용화 기반연구		●			○
	지능형 검층 작업계획 생성 알고리즘 개발 및 제어 기술	상용화 기반연구		●			
세부과제 4	지반 수압파쇄 메커니즘 규명	상용화 기반연구	●	●			
	지반파쇄 모사 시스템 개발	상용화	●	●		○	
	최적 주입유체 시공 및 프로판트 활용기술 개발	상용화		●		○	

● : 주, ○ : 부

○ 추진방법


1 국내외기술적 현황및 세부요소기술분석
• 선행연구/사례 분석
• 요소기술 도출
2 지반특성화기술개발
• X-ray CT 분석기술
• 지반특성평가 기술
2 방향성 드릴링 최적화 설계관리기술
• 방향성 설계 인자
• 최적 드릴링 제어인자 설계/모니터링 알고리즘
2 지반파쇄 기술
• 파쇄 메커니즘 분석
• 유체주입기술 개발
3 정보시각화기술
• 단위 모듈 개발
• 정보화 및 3차원 시각화 기술
4 시스템구축기술
• 정보화 DB 시스템
• 모듈 통합
5 시스템검증및 평가기술
• 단계별 현장 적용
• 시스템 성능 평가 기술
평가 후 보환
6 시스템메뉴얼 작성 및 홍보/교육
• 기능별 매뉴얼 작성
• 홍보 전략 수립
7 시스템상용화
• 국내외 시장 확보 전략
• 표준화 전략

라. 단계별 주요활동 및 연구내용

단계	주요연구활동 목표 등등	주요연구내용
1단계	지층정보 특성화 분석 및 평가기술 개발	• 방향성 드릴링 성능영향인자 및 지층환경 정보 정립 - 드릴링 경로 설계 영향 정보 분석 - 드릴링 수행시 성능 영향 정보 분석 - 지반 파쇄 및 생산성 영향 정보 분석 • X-ray CT를 활용한 지반 이미지 최적화 및 평가 기술 확보 - 노이즈 최소화를 위한 하드웨어 및 소프트웨어 최적화 기술 - 3차원 CT 이미지 정합기술 개발 - 특성정보 추출을 위한 분석 알고리즘 개발 • Octree 모델을 활용한 3차원 지하정보 정보화 방법론 개발
	방향성 드릴링 3차원 경로 및 제어정보 생성 모듈 개발	• 설계 영향정보 및 인자 정립 - 수직 및 방향성 드릴링 경로 설계 인자 분석 - 케이싱 및 시멘팅 설계 요소 분석 - 공벽 안정화 인자 분석 • 3차원 설계 모듈 개발 - 설계구간별 단면설계 및 설계기준선 선형배치기술 개발 - 구간별 정보화 단위 생성 기술 개발 - 3차원 곡면 접점 smoothing 알고리즘 개발 - CAD API를 활용한 3차원 방향성 드릴링 경로 설계 모듈 개발 - 방향성 드릴링 경로 생성에 따른 경제성 및 위험도 평가 모델 개발 • 최적 드릴링 제어 인자 생성 모듈 개발 - WOB(Weight on Bit), RPM 및 환경에 따른 드릴링 성능(ROP)과의 민감도 분석 - 인공신경망 알고리즘을 활용한 최적 드릴링 제어 인자 생성 모듈 개발 - 사례데이터 기반 개발 알고리즘의 신뢰성 평가 및 업데이트
	고온 고압조건에서의 자동화 검층 로봇 세부 모듈 제작 및 검층 기법 개발	• 로봇 적용 환경 분석 - 방향성 드릴링 경로 및 장애인자 도출 - 공내 압력 및 온도 조건 분석 • 검층 로봇 기능 및 사양 도출 - 로봇 메커니즘 설계 - 로봇 기능 도출

		- 내환경 소형 배터리 및 고효율 에너지 관리기술 • 내 환경 검층 장비 및 센서 개발 • 부력을 활용한 로봇 구동 모듈 개발 • 지능형 작업계획 생성 알고리즘 개발 • 대심도 고온/고압 조건 초기응력 측정 시스템 및 해석기법 개발
	지반 파쇄 메커니즘 규명 및 유체주입 최적화 기술 개발	• 지반 수압 파쇄 메커니즘 규명 - 유체 주입 압력, 인터벌 등의 적용 조건및 암석 물성의 파쇄 메커니즘 상관관계 규명 - 파쇄 조건에 따른 유도지진 발생 민감도 분석 • 지반 파쇄용 천공 기술 설계 및 개발 • 주입 유체 물성 및 프로판트 활용에 따른 저류층 생산성 분석 - 주입 유체의 물성에 따른 암석 균열의 생성 지오메트리 시험 - 프로판트의 종류에 따른 균열의 유지행태 및 생산성과의 상관관계 분석
2단계	부지특성 통합 정보화 시스템 개발	• X-ray CT를 활용한 지반 특성 정보화 모듈 개발 • 3차원 지반 형상 및 지반 통합 정보화 모듈 개발 - 증강현실 기반 실세계 지상 공간모델 정합 및 GIS 정보 통합 모듈 개발 - 지반 특성화 데이터를 활용한 보간법 및 모델링 모듈 개발 - 지반 특성화 정보를 활용한 지반 모델 작성 및 지상 공간모델정보 통합 • 물리탐사 정보 분석 및 특성화 기술 개발 • GIS 기반 공간정보 분석 기술 및 부지 적합성 평가 모듈 개발 - 부지 적합성 평가 인자 추출 기술 개발 - 개발 위험도 및 경제성 평가 모델 개발 - 평가인자 정량화 및 적합성 의사결정 모듈 개발 • 개발 모듈 통합 및 검증
	증강현실기반 최적 드릴링 설계/시공 관리 기술 개발	• 방향성 드릴링 공정 및 비용관리 모듈 개발 - 프로젝트 관리 체계 개발 - 최적화 제어 데이터 기반 공정 및 비용예측 시뮬레이션 모델 개발 - 5D(3D+시간+비용)기반 실시간 드릴링 성능관리 모듈 개발 • 증강현실 기반 정보시각화 관리 모듈 개발 - 가시화 정보 체계 데이터베이스 시스템 - 지반특성화 및 드릴링 경로설계 정보 위치추적 기술 개발

		- 데이터 인터페이싱 및 유저 인터페이스 설계 - 모듈 통합 및 검증
	자동화 검층로봇 탐사체 개발 및 검층 데이터 정보화 모듈 개발	• 자동화 검층로봇 탐사체 개발 및 평가 - 개발 탐사 센서의 wire-line 로깅 적용 및 내구성 평가 - 극한환경 고 내구성 본체 제작 - 위치/장애물 인식 및 자세추정 모듈 개발 - 임베디드형 검층 계획 추종 및 제어 모듈 개발 - 로봇 세부모듈 통합 - 로봇 평가 테스트 베드 구축 및 추종 정밀도 평가 • 지능형 작업계획 생성 모듈 구축 - 탐사로봇의 사전 명령 생성 모듈개발 - 검층 데이터 특성화 정보 추출 및 플로팅 인터페이스 구축 - 심도별 검층데이터 통합 정보화 모듈 개발 - 개발 모듈 통합 및 검증
	지반 파쇄 모사 시스템 및 미소진동 모니터링 기술 개발	• 지반파쇄 모사 시스템 개발 - 지반파쇄 메커니즘 기반 3차원 균열네트워크 형성 시뮬레이션 모듈 개발 - 시뮬레이션 시나리오에 따른 유도지진 평가 모듈 개발 - 최적 파쇄 설계 의사결정 모듈 개발 • 미소진동 모니터링 기술 개발 - 미소진동 계측 및 해석기술 확보 - 심부 파쇄대 특성화 - 생성 균열 네트워크의 발생 행태 추적 정확도 검증 및 개선
	대상 부지 지층정보 특성화 시스템 현장 적용 및 보완	• 부지특성화 시스템 현장 적용 및 정확도 평가 - 드릴링 지반 특성화 정밀도 (입자크기 0.1mm) 구현 - Octree 정보화 단위 최적화 - 부지 특성화 정보와 실제 정보의 오차 분석 및 평가 - 시스템 매뉴얼 작성
3단계	실시간 진도정보 관리시스템 및 모바일 현장 관리시스템 개발 및 적용	• 모바일 기반 현장 정보관리 시스템 개발 - 모바일 시스템 기능 정의 - 메인 통합 시스템과의 공유 데이터 - 모바일 모듈 및 증강현실 정보시각화 모듈 통합 애플리케이션 개발 • 통합 시스템 현장 적용 및 평가

		- EVMS(Earned Value Management System)를 활용한 현장 성능 관리 모듈 개발 - 세부 시스템 통합 및 현장 적용 - 시스템 성능평가 및 개선 (원가 절감 10% 지표)
	자율형 검층로봇 현장 적용 및 상용화 추진	• 개발 로봇 현장 적용 테스트 및 평가 - 1차: 심도 2km 적용 및 성능평가 - 2차: 심도 4km 적용 및 성능평가
	지반파쇄 모사 및 최적화 설계 시스템 현장 적용	• 지반 파쇄 모사 정확도 평가 • 최적 설계정보 적용을 통한 생산성 향상 평가(단위 주입률당 파쇄 저류암 체적 10% 증대 목표) • 유도지진 저감성 평가 (20% 저감 목표)
	지반파쇄 모사 및 최적화 설계 시스템 현장 적용	• 지반 파쇄 모사 정확도 평가 • 최적 설계정보 적용을 통한 생산성 향상 평가(단위 주입률당 파쇄 저류암 체적 10% 증대 목표) • 유도지진 저감성 평가 (20% 저감 목표)

마. 기술로드맵

세부과제		구성기술	사업기간						
			`15	`16	`17	`18	`19	`20	`21
1. 방향성 드릴링 부지 특성화 및 평가기술	TRL 6 (시작품 성능평가)	시추커팅의 X-ray CT 분석 및 최적화 기술							
		GIS기반 3차원 지반정보 정보화 기술							
		공간분석기술을 활용한 부지 적합성 평가 기술							
2. 방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리 기술	TRL 7 (시제품 신뢰성 평가)	최적 드릴링 제어인자 생성모듈 개발							
		진도관리 자동화 및 시각화 시스템 개발							
		증강현실기반 정보시각화 관리 시스템 개발							
		모바일 기반 현장 정보관리 시스템 개발							
3. 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	TRL 6 (시작품 성능평가)	내환경 검층 장비 및 센서개발							
		부력을 활용한 로봇구동 메커니즘 기술							
		지능형 검층 작업계획 생성 알고리즘 개발 및 제어기술							
4. 지반 파쇄 및 유동성 향상 기술	TRL 5 (부품/시스템 시작품 제작)	지반 수압파쇄 메커니즘 규명							
		지반파쇄 모사 시스템 개발							
		최적 주입유체 시공 및 프로판트 활용기술 개발							

바. 기대효과

○ 비전통 에너지개발 및 셰일가스, 지열발전, 이산화탄소 지중저장 등 방향성 드릴링 프로젝트가 소요되는 사업에서 경제성과 효율성을 제고시키는 근본적 사업관리 기술을 확보하고 글로벌 시장 주도권 선점 - 무한한 시장 잠재력을 가진 국가적 신성장 동력 산업 육성 ○ 방향성 드릴링 사업의 시장 수요 증가에 맞추어 국내 드릴링 산업의 국가적 경쟁력 제고

○ 석유 및 가스 자원 개발

- 기존 비전통 자원개발 사업에서의 국내업체의 가격경쟁력 제고
- 정보화 기반 첨단 시공관리 기술의 접목으로 프로젝특의 생산성 및 안정성 확보

○ 셰일가스 및 지열 자원 개발

- 현재 이슈가 되고 있는 셰일가스 자원 개발에서 핵심기술인 방향성 드릴링 정보화 관리시스템 구축으로 국내 개발업체의 기술 경쟁력 강화
- 효율적 지반파쇄 기술로 저류층의 생산량 향상

2.4 핵심4과제: 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술

가. 연구목표

○ 최종적으로, 자원개발, 자원 이송망 시공, 비개착 장비 개발, 자원 수송용 pipe line 개발 등과 관련한 학·연·산 전문가 집단의 공동연구를 통해 최적의 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 개발하고자 함

1단계(1년)	2단계(2년)	3단계(2년)
• 비개착 관망 시공 기초 요소 기술 확보 • 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 설계(안) 도출 • WBT 기술 수준 70%	• 다목적 비개착 시공 원천/핵심 기술 확보 • 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 구축 • 시공 성능 2km (300mm)	• 실증기술 확보(2km) • 장거리 관망 시공 솔루션 개발 • 사업화 전략 수립

○ 세부기술별 목표 및 주요내용

세부기술분야	세부과제 연구목표	주요 연구내용
4.1 비개착 관망 시공 시스템(장비 실증)기술	(1단계) · 시공거리 1km급 설계 (2단계) · 시공거리 2km급 설계 (3단계) · 시공거리 2km급 실증	· 장거리 비개착 시공을 위한 **굴착 비트** 개발 및 최적 활용 기술 개발 · 복합지반 대응 HDD용 **굴착 해머** 개발 및 활용 기술 개발 · 방향성 시공을 위한 독립형 방향제어(steering) 장치 개발 및 HDD 활용 기술 · 최적 **드릴링 Fluid 공급/회수 장치** 개발 및 엔지니어링 기술 개발 · 장거리 HDD 시스템 설계 기술 개발 및 현장 실증

4.2 지층 탐사 및 평가 장비 기술	(1단계) · 탐사 깊이 5m · 탐사 신뢰도 90% (2단계) · 탐사 깊이 8m · 탐사 신뢰도 70% (3단계) · 탐사 깊이 8m · 탐사 신뢰도 90%	· 비개착 시공 **상태 평가 및 방향 제어**를 위한 **최적 탐사 기술** 개발 · 방향성 드릴 배관 안정성 확보를 위한 **첨단 비파괴 검사 기술** · 지반오염 및 특수환경 지반에서의 **수평 방향성 드릴링(HDD) 토모그래피 시스템** · 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술
4.3 비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술	(1단계) · 주변지반 교란 : 3m 이내 (2단계) · 주변지반 교란 : 2m 이내 (3단계) · 주변지반 교란 : 1m 이내	· 대구경 관망 시공을 위한 **확공기 개발** 및 장거리 관로 매설 활용 기술 개발 · 안전한 도심지 관망 확공을 위한 지반 특성 평가 기술 · 지반 조건/관종에 따른 최적 확공기 활용 프로세스 구축
4.4 비개착 관망 재료 및 연결 기술	(1단계) · 심도 : 10m · 시공거리 : 1km 설계 (2단계) · 심도 : 10m · 시공거리 : 2km 설계 (3단계) · 심도 : 20m · 시공거리 : 2km 설계	· 장거리 방향성 굴착을 위한 Special drill pipe 개발 · drill pipe 자동공급 장치 개발 및 활용 기술 · 강도 및 인성이 우수한 고성능 파이프 연결구 개발 · 신공법을 적용한 장거리 파이프 연결장비 개발 · 파이프 자동원주용접 및 진단 기술

나. 세부기술별 개발내용

○ 세부과제 1: 비개착 관망 시공 시스템(장비 실증) 기술 개발

가) 기술개발의 정의

❍ 비개착(Trenchless) 공법은 전력, 통신, 상하수도관, 에너지수송관 등의 지하매설관을 설치하기 위해 지표로부터 지반을 개착하지 않고, 굴착 시공을 통해 안전하고 신속하게 파이프라인을 설치하는 기술로 정의함

❍ 파이프라인의 장거리 구간 설치가 가능하고, 다양한 지반 조건이 혼재된

도심지에서도 활용 가능한 방향성 수평 드릴링(HDD) 핵심 장치를 개발하고, 시공 플랫폼을 구축하고자 함

나) 기술개발 필요성

○ 국내 라이프라인 건설은 대부분 개착식 방법에 의존하고 있으며, 이러한 방식은 높은 건설비용, 긴 공사 기간, 교통 흐름 방해, 도시 미관 및 안전 저해 등의 문제점이 있음

○ 이러한 문제점을 극복할 수 있는 비개착식 공법은 선진국을 중심으로 라이프라인 인프라 구축에 활발하게 활용되고 있으나 국내의 경우 기존 지하 매설물 및 인접 구조물 피해의 위험성과 관련 기술이 미비하여 관련 시장이 활성화 되지 못하고 있음

○ 개착식 방법을 통해 지하매설물을 설치하고 있는 국내 환경에서 보다 경제적이고 안전하게 관망 시공이 가능한 비개착식 시공 방법의 도입이 시급하며, 비개착 시공의 국내 적용성 확대를 위한 핵심 장치 및 국내 환경에 적합한 시공 플랫폼의 개발이 필요함

○ 극한지 자원개발 및 중국 시장 확대로 저가의 중국 장비가 시장을 점유하고 있으며, 이로 인해 중소기업 주도로 비개착 굴착 장비를 제조해 오던 국내 시장이 경색

○ 미국, 유럽 등 선진국에서는 정밀도와 안정성이 높은 핵심 장치 개발과 최적화된 운영 기술을 패키지화하여 시장성을 확보

○ 비개착 분야 세계 시장 경쟁력 확보를 위해서는 고도의 기술력이 요구되는 핵심 장비 분야에 대한 기술력 확보가 우선되어야 하며, 도심지 등 시공 난이도가 높은 지역에 대한 장비 운영 기술 개발이 병행되어야 함

○ 향 후 급격한 수요 증가가 예상되는 도심지 구간 비개착 시공 분야에서 세계적인 시장 경쟁력을 확보하기 위해서는 도심지 라이프라인 시공에 최적화된 핵심 장비 개발 및 최적 굴착관리 시스템 개발이 시급함

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
HDD공법을 활용한 장거리 관로 매설 기술	• 관로매설 1km 미만	• 2km 이상 (관 직경 300m) 급
도심지 대응 혼합지반 수평 굴착 기술	• 지반 조건별 비트 교체 굴착	• 2 Type 이상 복합구간 단일 비트 활용 기술 개발 • 굴진 속도 20% 향상
수평 방향성 드릴 시스템 개발 및 현장 실증	• 수평 방향성 굴착 시스템 국내 기술 미비	• 도심지 대응형 장거리 수평 방향성 굴착 시스템 구축

❑ 현재 기술 수준

○ 수평형 방향성 드릴링(HDD) 시장은 중국, 인도, 홍콩, 말레이시아 등 다양한 국가의 다수 제조사별 다양한 제품을 시판하고 있으나, 전체 드릴링 제조사의 90% 이상이 중국에 위치하고 있으며, 시장을 선도하고 있음.

○ 대부분의 장비는 100 ~ 1,500 mm 수준의 수평방향 드릴링이 가능한 유사한 형태를 나타내고 있음.

○ 국내 수평 방향성 드릴링(HDD) 시장 형성이 미비한 상태

○ 미국, 유럽, 중국 등에서는 공사기간과 비용을 절감하기 위한 수평 방향성 굴착공법이 파이프라인 시공을 대상으로 효과적으로 활용되고 있음

○ 수평 방향성 굴착은 주로 선형의 다양한 수용물을 운반하기 위한 파이프라인 시공을 위한 효과적인 기술이며, 한 번의 장비 설치로 주변 지장물의 영향을 받지 않으면서 비개착식으로 관로를 매설할 수 있는 장점이 있음

○ 수평 방향성 드릴링 굴착 공법(HDD)은 가능한 설치 길이에 따라 장비를 설치하고 일정구간 관로를 설치한 후 1차 관로 설치가 끝나는 구간에서 계획된 선형에 따라 연속적으로 파이프라인을 설치하는 방식으로 작업이 이루어지며, 1회에 설치되는 관로의 길이가 길수록 작업시간을 단축하고 경제성을 확보할 수 있는 기술로 해외에서는 수평 방향성 굴착의 장거리 시공 분야의 연구가 활발함

○ 다목적 장거리 비개착 방향성 드릴 굴착시(진동 및 확공 과정) 발생하는

주변 지반 이완 및 수축에 따른 지반 특성 변화의 합리적인 예측(굴착중 위치 및 지반 정보 변화에 대한 실시간 평가 포함)에 대한 기술 미흡

❍ 다양한 다목적 장거리 비개착 방향성 드릴 굴착에 있어 굴착 방법, 직경, 각도, 깊이, 길이에 따라 주변 상부 구조물 및 터널구조물에 추가적으로 작용하는 하중 및 변형 분석 기술 필요

○ 세부과제 2: 지층 탐사 및 평가 장비 기술 개발

가) 기술개발의 정의

❍ 다양한 매설물이 산재한 도심지 지하 공간에 대한 정확한 위치정보 및 지반 정보 획득과 비개착 시공에 필요한 설계 정수 도출을 위한 첨단 물리탐사 기법을 개발하고 신뢰성 있는 해석 프로세스를 도출하여 비개착 시공의 안정성을 확보하고자 함

나) 기술개발 필요성

❍ 도심지 라이프라인 시공에서 비개착 방법의 적용은 많은 장점을 가지고 있으나, 기존 지하 매설물 피해에 대한 위험성으로 인해 제한적으로만 활용되고 있음

❍ 실제 현장에서 라이프라인 시공 중 발생하는 주변 매설물 파손이나 성능저하에 대해서는 시공 업체에 책임이 따르며, 발주기관에서도 공사 중 발생할 수 있는 사고 위험을 고려하여 비개착 공법의 적용을 꺼리고 있음

❍ 현재 7대 중요 지하매설관을 대상으로 위치정보와 현황정보를 수집하여 관리하고 있으나, 라이프라인의 설계 선형과 실제 매설 위치가 상이한 경우가 많아 시공에 앞서 현장 매설관과 주변 지변에 대해 정밀한 탐사를 통해 확인하는 과정이 반드시 필요함

❍ 도로, 보행로 등 주변 인프라 성능 저하를 최소화 하면서 경제적으로 라이프라인을 시공할 수 있는 비개착 공법의 적용 활성화를 위해서는 기존 지하매설물에 대한 위치 정보와 현황 정보를 정밀하게 탐지할 수 있는 기술 개발이 우선되어야 함

○ 도심지 라이프라인의 경우 유지관리 및 보수보강의 용이성으로 인해 주요 도로를 중심으로 다양한 종류의 매설관들이 설치되어 있으며, 관의 재질, 규격, 수용물 등이 달라 물리탐사의 신뢰성을 저해하는 원인이 되고 있으며, 이러한 매설관들의 간섭 영향을 최소화할 수 있는 효과적인 물리 탐사 프로세스의 개발이 필요함

○ 도심지 지하공간의 개발 및 활용이 가속화됨에 따라, 복잡하게 얽힌 기존 지하공간 정보를 효과적으로 수집하여 요구되는 성능을 발현할 수 있도록 라이프라인을 설계하는 최적 선형 설계 기술 개발이 시급함

○ 지하 공간의 과밀화와 경제적 요인으로 지하 매설물 설치 심도가 깊어지는 추세에 대응하여 기존의 물리 조사 심도의 한계를 극복할 수 있는 새로운 방식의 지중 탐사 기술 개발 수요가 증가하고 있음

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
방향성 굴착 시공을 위한 환경 평가 기술 개발	• 지층 탐사 깊이 5m 미만	• 지층 탐사 깊이 8m 이상 (신뢰도 90% 이상)
방향성 굴착 장비를 활용한 지반조사 장비 및 평가 기술 개발	• 관련 기술 부재	• 방향성 토모그래피 시스템 개발 • 수평 방향성 지중 시료 샘플링 장비 개발

❑ 현재 기술 수준

○ 굴착 후 지반의 이완(침하 유발) 또는 확공으로 인한 지반의 융기 등이 보고되고 이에 대한 수치해석적인 연구가 수행됨. 하지만 이는 표층의 변형에 대한 해석이 그치고, 깊이별로 지반이 어떻게 변화했는지에 대한 고찰이 부족

○ 굴착 위치에서의 surveying probe sensor와 표층에서 magnetic field를 측정하여 굴착위치를 추적하는 기술에 사용되고 있지만, 주변 지반의 특성 평가 및 변화 평가에 대한 정보를 제공하지 못하고 있음 (미국 L-3 Communications사의 TruTracker System은 굴착 위치정보만 제공함).

○ 방향성 굴착은 개착 굴착과 같이 공정이 복잡하지 않아서 친환경 기술로 주목 받고 있음. 따라서, 석유 시추 또는 석탄 채굴에 많이

응용됨. 굴착 위치에서의 surveying probe sensor와 표층에서 magnetic field를 측정하여 굴착위치를 추적

○ In-situ 시험을 수행할 경우, 물질 상태 자체를 평가하기 위해서는 깊이에 따른 응력 효과를 제거해야 함. 따라서 이에 대한 보정을 하고 있는데, 이에 대한 구체적인 이론적 경험적 고찰이 필요

○ 얕은 지반에서의 응력 이완이나 다짐 등으로 인한 지반 변화를 평가하기 위해서는 콘관입시험이 효과적이고 정확함. 콘관입저항력을 측정하여 사질토의 상대밀도 변화등을 평가하고 점성토의 경우 과압밀비를 예측할 수 있음. 이 외 다른 지반 특성을 평가하기 위하여 효율적이고 표준화된 새로운 하이브리드 장비가 필요

○ 다채널 육상 탄성파 탐사의 경우 3성분(3축)측정, 해상의 경우 3성분 혹은 압력을 포함한 4성분 측정이 미래 동향임

○ 탄성파 탐사는 최근에는 4D(4D seismic) 기법이 보다 효율적인 탄화수소 생산, 이산화탄소지중저장 등을 위해 도입되고 있음

○ 4D 탄성파 탐사는 유전 등에서 탄화수소 생산에 따른 유체의 분포 변화 등을 파악하기 위해, 시간 경과 3차원 탄성파 탐사를 수행하는 것으로 유전이나 가스전에서 회수율 증대, 관리 등에 활용하고 있음

○ 해저탐사기술은 기존 음파를 이용하여 2차원, 3차원 해저 지반 탐사 기술을 활용하였으나 최근에는 4D(4D seismic), 4C(4C seismic)기법이 도입되고 있음

○ 세계 메이저사들과 XTO, EOG, Chesapeake 등 미국 내 중견 기업들의 종합적인 자료해석으로 시추위치 선정과 Optimized Well spacing, 신석유・가스 자원 시추/완결 기법들의 진전이 이루어짐

○ 미국 텍사스 바넷셰일 지역에서 활발히 활동하고 있는 EOG, Pioneer Natural Resources 등은 유정 간 수압파쇄에 의한 균열의 연결성을 증가 시키는 Combo Play 기술을 보유하고 있음

○ 지하 지질구조를 바탕으로 수치정보모델을 구조화하고, 저류층 균열 메커니즘을 바탕으로 유체주입조건에 따른 예측 균열형상을 모사하

며, 분석 결과에 대한 가치를 평가할 수 있는 기술로 구분됨

○ 세부과제 3: 비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술 개발

가) 기술개발의 정의

❍ 급속하게 증가하고 있는 노후화된 라이프라인의 경제적이고 효과적인 보수 보강을 위한 비개착 교체/갱생 핵심 장비 개발과 국내 시장 활성화를 위한 기준 정립

❍ 노후화 라이프라인 보수 보강 의사결정을 위해 관체 자체의 정밀 탐지와 주변 지반 상태 평가를 통한 건전도 진단 프로세스 개발 및 신뢰성 기반의 유지보수 기법(RCM, Reliability Centered Maintenance) 개발

나) 기술개발 필요성

❍ 국내 도심지에 설치된 라이프라인 중 20년을 경과한 노후관은 급속하게 증가하고 있으나, 해당 라이프라인을 교체하거나 갱생하는 비율은 낮음

❍ 최근 대규모 지반침하 및 싱크홀 발생 등으로 인해 노후화 관망의 보수 보강에 대한 필요성이 대두되고 있으며, 이를 위한 예산 확충 등의 가시적인 정책 지원이 이루어지고 있음

❍ 노후화 관망을 보수 보강하기 위해 국내에서는 지반을 개착하여 신규관을 매설하는 것이 일반적이며, 이러한 개착식 시공방법은 주변 교통 흐름 방해, 높은 건설비용, 긴 작업 시간 등의 문제점이 있음

❍ 노후화 관망의 증가에 효과적으로 대응하기 위해 경제적이고 빠른 시공이 가능한 다양한 라이프라인 갱생, 교체 기술의 개발이 시급함

❍ 미국과 유럽을 중심으로 기존 관망을 교체, 갱생하기 위한 다양한 비개착 공법이 적용되고 있으며, 관련 기술 및 시장 활성화가 급속히 이루어지고 있으나 국내에서는 해당 기술의 도입 및 활용이 미비한 실정임

○ 노후화로 인한 라이프라인 성능저하가 큰 영향을 미치는 도심지에 효과적으로 적용 가능한 관망 갱생 및 교체 기술이 필요하며 작은 작업공간에서 활용이 가능한 수평 방향성 굴착, Bursting 등의 기술 개발이 우선적으로 이루어져야함

○ 도로, 보도 등 인공지반에 매설된 인프라에 대한 잦은 공사로 인한 소음, 진동, 비산먼지 등은 정온한 환경을 파괴하는 주범이 되고 있어 이를 해결할 수 있는 노후관 개량기술이 필요함.

○ 또한, 개착식 관로 공사는 도로, 보도를 점유하고 시행되기 때문에 도로통제가 불가피하여 교통체증의 주요한 원인이 되고 보행자 및 차량의 안전을 위협하는 요인이 되므로 비개착식 공법의 도입이 필요함.

○ 특히, 기존에 설치된 도심지의 하수관은 5-10년 재현빈도의 강우를 배제할 수 있는 기준으로 설계되어 구축되었으나, 최근 이상기후에 의한 집중호우의 증가로 하수관 설계 기준을 재현빈도 성능에서 시간방재 성능기준으로 변경할 예정이며 이를 위해서는 지선 또는 간선 하수관의 관경 확대가 필수적임.

○ 기존의 비개착 하수관 개량공법은 기존관 안쪽으로 신관을 형성하는 기술로 오히려 통수단면적이 감소되며, 하수관이 구조적으로 문제되지 않는 범위에서만 보수가 가능하므로 관 단면 축소, 침하, 이음부 어긋남 등의 구조적 문제로 인해 통수능이 저하된 경우에 적용할 수 있는 기술개발이 필요함.

○ 기타 지하 매설물이 얽혀 있는 지반환경과 복잡한 배수구조를 가진 국내 환경을 고려할 때 비개착 확관 시공기술의 개발이 시급함.

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
HDD를 활용한 관망 확공 기술 개발	• 개착식 시공에 의한 관망 교체	• 비개착 방식 연성관망 교체 및 확공 기술 개발
Bursting 장비를 활용한 관망 확공 기술 개발	• 개착식 시공에 의한 관망 교체	• 비개착 방식 경질관망 교체 및 확공 기술 개발

❑ 현재 기술 수준

○ 국토 공간 내 지역이나 도시, 단지 등 지중에 거미줄처럼 매설된 관로망의 노후화에 따라 이의 교체 및 보수기술에 대한 수요가 증가하고 있으나 관련 기술은 개착식 장비 및 공법에 머무르는 수준임

○ 기존의 지중 노후관 정비사업은 도로를 굴착하여 소음, 진동, 비산먼지 등 민원과 교통체증에 따른 비용유발 비효율성이 매우 큼

○ 또한 기후변화에 따라 최근 빈번하게 발생하고 있는 집중호우와 같은 비상시에 기존의 하수관 통수용량으로는 대응이 어려운 실정

○ 유럽과 중국을 중심으로 노후화 관망 교체 및 갱생을 위해 기존 관을 파쇄하고 새로운 관으로 대체하는 Bursting, 기존 관을 밀어내고 새로운 관을 설치하는 Reamming, 관체 내부에 열경화성 수지를 도포하는 방법 등의 다양한 공법들을 활용하고 있음

○ 세부과제 4: 비개착 관망 재료 및 연결 기술 개발

가) 기술개발의 정의

❍ 비개착 시공의 속도를 향상하고, 관체 이음부의 건전도를 확보하여 라이프라인의 내구연수와 사용 성능 저하를 방지하기 위한 신속하고 강도 및 인성이 우수한 고강도 파이프 연결 및 진단 기술

나) 기술개발 필요성

❍ 자원 탐사 및 개발을 위해서는 드릴링 파이프 장거리 용접 기술 개발이 필수

❍ 에너지 및 자원 수송용 파이프는 매우 높은 연결부 신뢰도 요구됨.

❍ 파이프 거스 연결 기술은 장치, 공정, 운영 기술 등 통합적인 솔루션 개발이 요구되므로, 체계적인 기술 개발이 요구됨.

❍ 파이프 연결시 선행/후행 파이프의 간극이 변화되는 경우 연결구의 성능 저하가 크게 발생함

❍ 파이프 중심의 일치정도는 연결부 강도에 크게 영향을 미치며 장거리 파이프에서는 하중의 집중정도를 결정짓는 중요한 요소임.

❍ 파이프 중심을 일치시키고 균일한 간극 유지가 가능한 전용의 핸들링 장비의 개발이 필요함.

❍ 장거리 파이프 연결구의 성능 확보를 위하여 용접선 자동추적 기술 필요

❍ 아크광 및 열에 따른 용접선 추적 어려움

❍ 작업자의 기량 및 작업환경에 따른 용접품질 편차를 제거하기 위하여 용접선 자동추적 기술 필요

다) 기술 개발 목표

구분	현재 스펙	개발 목표 스펙
강도 및 인성이 우수한 고강도 파이프 연결구 개발	• 파이프라인 신속 연결 1km 미만	• 파이프라인 신속 연결 2km 이상(300mm 급)
파이프 자동원주 용접 및 진단 기술	• 인력에 의한 파이프 용접 및 진단	• 파이프 자동원주 용접 및 진단

❑ 현재 기술 수준

○ 국내의 가스배관은 시공회사가 용접작업자를 고용하여, 2인 1조가 1일 2개 Joint 정도를 용접 함. 용접은 60° V개선을 초층과 Hot Pass를 GTAW로 원주용접하고, 나머지는 상향 SMAW로 원주 용접을 함

○ 국내 가스배관의 대부분이 공유지인 도로를 따라 매설하는 것이 일반적인데, 도로변에서 확보할 수 있는 작업공간은 폭 3 ~ 4m에 길이 50 ~ 60m로 매우 협소하여, Spread공법을 적용할 만한 작업공간을 확보하는 것이 불가능함.

○ 포스코에서 API X120 grade의 소재를 개발하고 세아제강에서 API X120 grade의 강관을 개발하였으나, 판매 실적은 전무한 실정임.

○ (주)웰텍에서 파이프 거스용접을 위한 반자동 용접장비를 개발하여 상수도용 대구경 강관의 연결 용접에 적용하였으나, 국내 프로젝트가 거의 없고 연관 기술이 확보되지 않아 현장 적용에 애로를 겪고 있음(그림 1-10).

○ (재)포항산업과학연구원에서 ‘미래도시형 lifeline 설계 시공 기술 개발’ 과제를 통하여 레이저 비전센서를 이용하여 FCA 용접에서 용접선 추출 및 자동 추적 기술을 적용한 파이프 거스자동용접 기초 기술을 개발하였음. 그러나 연결구의 형태가 겹치기이음이고, 후속 연구가 진행되지 못하여 실제 현장 적용은 곤란함

다. 핵심기술 확보전략

○ (1단계) 안전하고 경제적인 지하공간 활용을 위해 다양한 지하매설물 설치에 적용 가능한 비개착 관망 시공 요소기술을 개발하고, 장거리 관망 시공이 가능한 플랫폼 설계(안)을 도출

○ (2단계) WBT 수준의 원천/핵심 기술 확보를 위한 1) 최적 관망 시공시스템 기술, 2) 센싱 및 탐사 기술, 3) 안전한 관망 보수/갱생 기술, 4) 관망 재료 및 연결 기술의 4대 핵심 분야에 대한 연구 과제를 추진

○ 4대 핵심 분야 연구를 통해 비개착 장거리 관망 시공 핵심 기술의 완성도를 높이고, 기술간 연계를 통한 플랫폼을 구축

○ (3단계) 선진기술 추격에서 탈피하여 핵심 독자기술 경쟁력 확보를 위한 비개착 시공 핵심 기술 고도화 및 다양한 지하매설물에 맞춘 최적 시공 솔루션을 도출하여 최종 플랫폼 실증을 통한 DB 구축

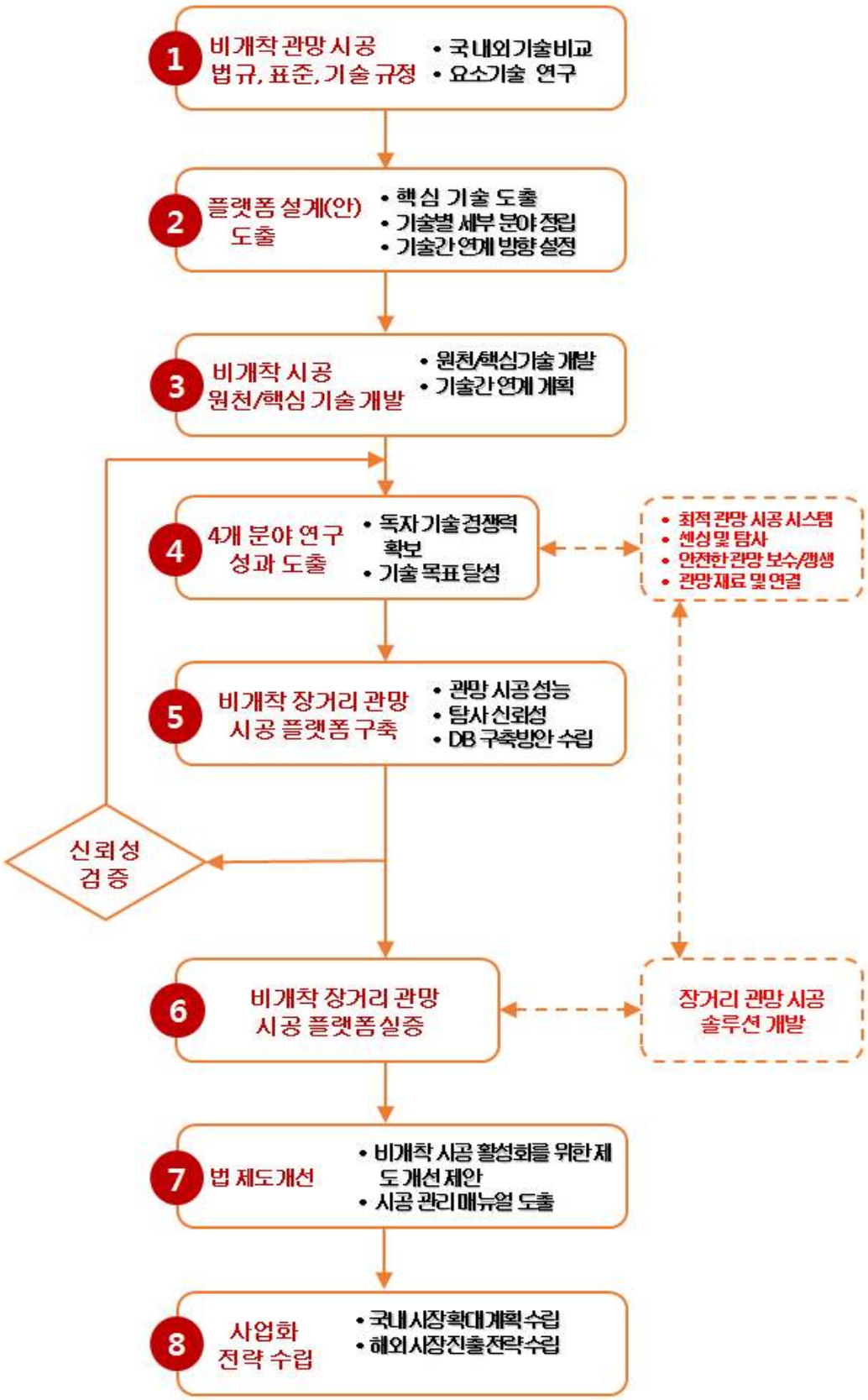
- 개발된 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼을 대상으로 실증과제를 추진하고, 통합 DB를 구축하여 해당 분야를 선도할 수 있는 기술 경쟁력 확보
- 법 제도 개선을 통한 국내 비개착 기술 적용 활성화 및 기업 주도의 사업화 전략을 통한 신규 시장 창출

표 5.4 핵심 기술 확보 전략

세부과제	핵심 기술	단계	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
비개착 관망 시공시스템 (장비 실증)기술 개발	HDD공법을 활용한 장거리 관로 매설 기술 개발	상용화 기반연구		●	○		
	도심지 대응 혼합지반 수평 굴착 기술 개발	상용화 기반연구		●	○		
	수평 방향성 드릴 시스템 개발 및 현장 실증	상용화		●			
지층 탐사 및 평가 장비 기술 개발	방향성 굴착 시공을 위한 환경 평가 기술 개발	상용화 기반연구		●	○		
	방향성 굴착 장비를 활용한 지반조사 장비 및 평가 기술 개발	상용화		●			
비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술 개발	HDD를 활용한 관망 확공 기술 개발	상용화		●	○		
	Bursting 장비를 활용한 관망 확공 기술 개발	상용화		●	○		
비개착 관망 재료 및 연결 기술 개발	강도 및 인성이 우수한 고강도 파이프 연결구 개발	상용화 기반연구		●	○		
	파이프 자동원주 용접 및 진단 기술	상용화		●			

● : 주, ○ : 부

○ 추진방법


1
비개착 관망 시공 법규, 표준, 기술 규정
• 국내외 기술비교
• 요소기술 연구
2
플랫폼 설계(안) 도출
• 핵심 기술 도출
• 기술별 세부 분야 정립
• 기술간 연계 방향 설정
3
비개착 시공 원천/핵심 기술 개발
• 원천/핵심기술 개발
• 기술간 연계 계획
4
4개 분야 연구 성과 도출
• 독자 기술경쟁력 확보
• 기술 목표 달성
• 최적 관망 시공 시스템
• 센싱 및 탐사
• 안전한 관망 보수/갱생
• 관망재료 및 연결
5
비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 구축
• 관망 시공성능
• 탐사 신뢰성
• DB 구축방안 수립
신뢰성 검증
6
비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 실증
장거리 관망 시공 솔루션 개발
7
법 제도개선
• 비개착 시공 활성화를 위한 제도 개선 제안
• 시공 관리 매뉴얼 도출
8
사업화 전략 수립
• 국내시장확대계획 수립
• 해외시장진출전략 수립

라. 단계별 개발목표 및 연구내용

단계	주요연구활동 목표 등등	주요연구내용
1단계	■ 국내외 비개착 기술 도입 현황 조사 및 개발방향 재설정	◦ 비개착 기술 국내외 현황 자료 분석 및 국내 도입 현황 조사 -해외 주요 기술 보유사들의 **장비개발 현황** 분석 -국내 비개착 기술 도입을 위한 **제도 현황** 분석
		◦ 비개착 관망 시공 요소기술 도출 **-시공 장비 요소 기술** **-지하 공간 탐사 요소 기술** **-관망 재료 및 연결 요소 기술**
	■ 비개착 관망 시공 장비 요소 기술 개발	◦ 비개착 굴착 시공 기술 현황 분석 -Pilot Boring을 위한 드릴 비트 현황 분석 -Reaming을 위한 확공기 개발 현황 분석 -드릴링 Fluid 재료 및 시공 제어 현황 분석 -HDD 굴착 구경에 따른 Pull Back 용량 분석
		◦ 방향성 드릴링 시공 요소 기술 개발 -드릴 비트를 활용한 **방향 제어 기술** 개발 -굴착 구경에 따른 **단계별 확공 프로세스** 정립 -지반 조건에 따른 **복합 드릴 비트 활용 기술** 개발 -장거리 비개착 시공을 위한 Pill Back 용량 설계(안) 마련 -**최적 드릴링 Fluid** 선정 및 공급/회수 Cycle 설계(안) 마련
	■ 비개착 시공을 위한 지하공간 탐사 요소 기술 개발	◦ 지층 구조 및 굴착 중 지반 상태 탐사를 위한 조사기법 현황 분석 -GPR, 전기비저항 등 물리 탐사 기법 현황 분석 -**굴착 헤드 방향 제어**를 위한 **위치 탐사 기법** 현황 분석
		◦ 지하 매설관 건전도 평가를 위한 탐사 기법 요소 기술 개발 -광섬유 센싱을 위한 센서 활용 요소 기술 개발 -지하 매설관 내부 건전도 평가를 위한 물리 탐사 기술 개발
	■ 고성능 비개착 관망 재료	◦ **고성능 파이프 연결 핵심 기술** 개발

	및 연결 요소 기술 개발	-파이프 연결구 활용 고강도 소재 현황 분석 -저온인성이 우수한 파이프 연결구 소재 요소 기술 개발 -파이프 연결구 최적 설계(안) 도출
	■ 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 설계(안) 도출	• 국내외 비개착 시공기술 검토 및 **시공 플랫폼 설계(안) 도출** -국내 비개착 시공기술 검토/분석을 통한 핵심 연구 분야 도출 -핵심 연구 분야간 연계 활용 방안 마련 -비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 설계(안) 도출
2단계	■ 비개착 관망 시공 시스템(장비 실증) 기술 개발	• HDD공법을 활용한 장거리 관로 매설 기술 -300mm 매설관을 대상으로 2km 이상 굴착 가능한 **시공 기술** 개발 -장거리 시공 시 장비의 회전력과 굴착력을 선단 부위에 전달할 수 있는 **Special Drill Pipe 개발** 및 연결 기술 개발 -다양한 요구에 따른 확공 면적 확보 및 지반 불안정성 낮춘 **확공기 개발** -리머(Reamer)를 활용한 단계별 확공 process 도출을 통한 장거리 관로 매설 기술 개발
		• 도심지 대응 혼합지반 수평 굴착 기술 -혼합 지반 Pilot boring을 위한 **최적 비트 활용 기술** 개발 -대상 지반 조건별 최적 비트 형상 설계 -비트 조합을 통한 **굴진 성능 향상 시공 매뉴얼** 도출 -장거리 대구경 굴착 시 발생하는 **지반 이완 및 수축에 대한 이론검토 및 개발**
	■ 지층 탐사 및 평가 장비 기술 개발	• 방향성 드릴 배관 안정성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사 기술 -광섬유 센싱을 통한 배관 변형률 계측 및 배관 거동 이력 분석을 통한 **배관의 내외부 이상 거동 진단 시스템** 개발 -배관 손상 부위에서 산란되는 초음파 전파 특성을 이용하여 배관 부식, 침식, 연결부 파손 등의 **손상을 검출할 수 있는 알고리즘** 개발 -확률론적 패턴인식 기법을 적용하여 검출된 손상을 유형 별로 분류하고, 이를 정량화하는 기술 개발
		• 지반오염 및 특수환경 지반에서의 **수평 방향성 드릴링(HDD) 토모그래피 시스템** -수평방향성 드릴링 시 지층정보 획득을 위한

		효과적인 LWD 시스템 개발 -수평 드릴링 장비 헤더에 접합 가능한 Resistivity LWD 시스템 개발 -지중-지표간 **전기비저항 토모그래피 해석 프로그램 개발**
		• 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술 -수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반조사 기법 개발 -**지반 샘플링을 위한 소형 HDD 장비** 개발 -**수평 방향성 드릴용 샘플러** 개발
	■ 비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술 개발	• HDD를 활용한 관망 확공 기술 -수평 방향성 굴착 기술을 활용한 관망 확공 기술 개발 -다양한 관종에 대응 가능한 **확공기(Reamer) 개발** -관망 확공을 위한 Pull back 속도/용량 제어 기술 개발 -**HDD기술**을 활용한 주변 지반 최적 **그라우팅 공법** 개발
		• 안전한 도심지 관망 확공을 위한 **지반 특성 평가 기술** -도심지 관망 위치평가 및 지반 특성 조사 기술 개발 -특정 지역 특정 형상의 공동 형성시 주변 지반특성 변화 예측 기법 개발 -공동 형성시 주변 지반특성 변화 예측 장비 개발 -굴착 과정에서 발생하는 지반 특성 변화가 주변구조물에 미치는 영향 분석 -도심지 관망 확공을 위한 현장 지반 조사 모니터링 기술 개발
	■ 비개착 관망 재료 및 연결 기술 개발	• 강도 및 인성이 우수한 **고성능 파이프 연결구 개발** -고강도 소재를 적용한 파이프 연결구 설계 및 제조 기술 개발 -저온인성이 우수한 소재를 적용한 파이프 연결구 설계 및 제조기술 개발 -새로운 소재가 적용된 파이프 연결구의 성능 평가 기술 개발 -용접부 수소거동 분석 및 수소취성 방지 기술 개발 -강도 및 저온인성이 **우수한 장거리파이프 연결구 성능 및 안전도 확보**

		• 신 공법을 적용한 장거리 파이프 연결장비 개발 -Laser hybrid, MIAB 등 고속 파이프 연결을 위한 연결구 설계 및 제조 -강도 혹은 저온인성이 우수한 파이프 연결구 설계 및 제조 -**Laser hybrid, MIAB 등 고속 파이프 연결을 위한 신용접 기술** 개발 -신 공법에 의한 파이프 연결구 성능확보기술 개발 -신 공법의 현장적용을 위한 파이프 핸들링기술 개발 -**고속 파이프 연결구 시공을 위한 통합제어 시스템** 개발
		• 파이프 자동 원주용접 및 진단 기술 -파이프를 용이하게 취급이 가능한 tool 설계 및 제작 -파이프 연결을 위한 선/후행 파이프의 중심을 일치시키는 장비 설계 및 제작 -선/후행 파이프를 정렬한 상태에서 용접이 가능하도록 고정하는 장비의 설계 및 제작 -각각의 장비를 통합 제어하는 시퀀스 설계 및 제어기 설계/제작
3단계	■ 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 구축 및 현장 실증	• **수평 방향성 드릴 시스템 구축** 기술 -장거리 굴진 시 헤드의 굴진 방향 및 위치를 정밀하게 측정할 수 있는 장치 및 시스템 개발 -수평 방향성 드릴링 공법을 적용한 장거리 파이프라인 설계 시공 기술 개발
		• 시공 플랫폼 구축 및 **현장 실증을 통한 적용성 평가** -비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 현장 실증을 통한 성능 평가 -현장 실증을 통한 기술 DB 구축 -선도 기술 확보
	■ HDD활용 현장 조사 장비 및 시스템 현장 실증	• **수평 방향성 드릴링(HDD)을 활용한 토모그래피 시스템 실증** -개발장비 적용성 평가 및 DB구축 -HDD 토모그래피 데이터 분석 프로세스 정립 -HDD 토모그래피 시스템 분석 소프트웨어 제작
		• 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술 실증 -**수평 방향성 드릴용 샘플러 실증**

		-수직 샘플링과 수평 샘플링간 대상 시료의 물리적 특성 분석 -수평 방향성 드릴용 샐플러의 채취 시료 분석 기술 개발
		• **HDD기술**을 활용한 주변 지반 **최적 그라우팅 공법** 개발 **실증** -HDD 시공 중 주변 지반 안정화를 위한 그라우팅 공법 현장 적용성 평가 -실제 현장 그라우팅 구근 채취를 통한 침투율 분석 -HDD 응용 그라우팅 공법 매뉴얼 도출
	■ 도심지 관망 확공 시스템 현장 실증	• **도심지 관망 확공 시스템 현장 실증** -관종, 지반조건, 확공기 종류, 굴진속도 등 원인인자 DB 구축 기술 개발 -복합 지반 위험도 평가 기준 정량화 -도심지 관망 확공 시스템 현장 실증을 통한 안정성 검증 -공내 GPR, 전기비저항을 활용한 관망 건전도 평가 모니터링 기술 개발 -도심지 관망 확공을 위한 현장 지반 조사 모니터링 기술 개발
	■ 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 비즈니스 모델 도출	• 신 공법을 적용한 **장거리 파이프 연결 장비 현장 실증** -고속 파이프 연결구 시공을 위한 통합제어시스템 개발 -비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 실증과 연계한 파이프 연결 시공 성능 확인 -현장 실증을 통해 설치된 관망의 건전도 평가를 통한 파이프 연결구 안정성 검토

마. 기술로드맵

세부과제		구성기술	사업기간						
			`16	`17	`18	`19	`20		
1. 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술 개발		HDD공법을 활용한 장거리 관로 매설 기술 개발							
		도심지 대응 혼합지반 수평 굴착 기술 개발							
		수평 방향성 드릴 시스템 개발 및 현장 실증							
2. 지층 탐사 및 평가 장비 기술 개발		방향성 굴착 시공을 위한 환경 평가 기술 개발							
		방향성 굴착 장비를 활용한 지반조사 장비 및 평가 기술 개발							
3. 비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술 개발		HDD를 활용한 관망 확공 기술 개발							
		Bursting 장비를 활용한 관망 확공 기술 개발							
4. 비개착 관망 재료 및 연결 기술 개발		강도 및 인성이 우수한 고강도 파이프 연결구 개발							
		파이프 자동원주 용접 및 진단 기술							

바. 기대효과

○ 지하 매설관 설치와 관련하여 전통적인 개착식 방식을 탈피한 친환경적이고 안전한 비개착 방식의 관망 시공 활성화 - 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출 - 가스, 전력, 통신, 상수도 등 Life line 성능 향성 - 도심지 및 해저 드릴링 관련 국내외 프로젝트 수주 - 개착 시공에 의한 교통 혼잡 등 국민 삶의 질 저하 방지

○ 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출

- 신산업 및 고용 창출 효과 발생
- 에너지 라인 난공사 구간 경제성 확보 및 공기 단축
- 지반 정수 및 변형 합리적인 예측 정확도 오차를 개선하여 지반 조사 분야에 광범위하게 적용 가능

○ 국민 삶의 질 향상

- 비개착 도심지 드릴링 시공에 의한 시민 생활 편익 증대
- 육지-섬 간의 해저 드릴링 시공에 의한 도서지역 거주 주민 생활 향상
- 효과적이고 안전한 배관 운영을 통해 사회기반시설물에 대한 국민 신뢰도 향상
- 상하수 및 전력관 매설 거리 증가에 따라 사회기반시설 사각지대에 있었던 도서지역까지 혜택 확대

3. 소요 재원·인력 확보 및 투입방안

3.1 소요 예산 산정기준 및 절차

가. 정부의 R&D 투자방향 고려



그림 5.15 기술분야별 정부 R&D 투자방향(2014년)

○ 2013년 정부 총지출(342조원) 중 약 5%인 16.9조원 정부R&D에 사용

○ 2013년 국민 삶의 질 향상과 창조경제 구현을 위한 분야에 정부R&D 투자를 강화

- 창조경제를 뒷받침하는 R&D
- 국민행복을 구현하는 R&D
- 창의적 과학기술 혁신역량 강화

○ 건설・교통 분야 R&D

- 생활밀착형 주거・교통 R&D 및 기초・원천분야 R&D 지원 강화
- 주거・교통 안전기술 투자 확대 및 생태도시 분야 지속 투자

○ 환경 분야 R&D

- 미래유망 환경산업 창출을 위한 기술 고도화
- 환경오염사고 등 환경현안 해결을 위한 기술 지원 강화

○ 에너지・자원 분야 R&D

- 에너지 수급 안정 및 신시장 창출 위한 핵심원천기술 투자 확대
- 신재생에너지원별 투자 차별화 및 원자력 안전기술 개발 강화

나. 소요예산 산정기준 및 절차 설정

○ 전제조건

- 본 소요예산은 사업(단위과제의 상세기획이 아닌)에 관한 예산으로 기존 국토교통부 연구개발사업의 과제의 사업단, 연구단, 단위과제의 규모를 준용함
- 예산증가율 최근 5년간 정부 R&D 지출을 고려하되 우선순위에 따른 예산배정 및 추진단계별 차별화 적용

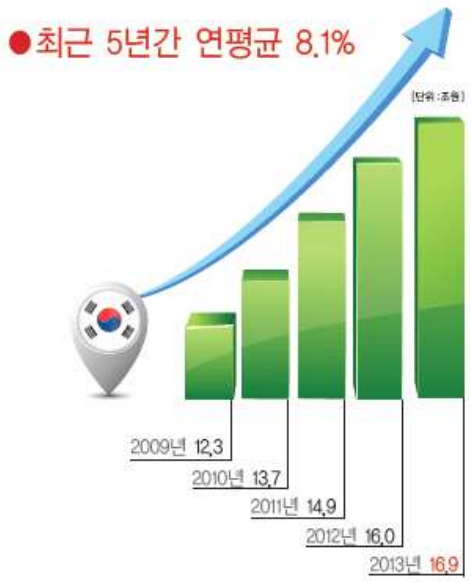


그림 5.16 정부 R&D 지출 변화(2009~2013)

○ 산정기준

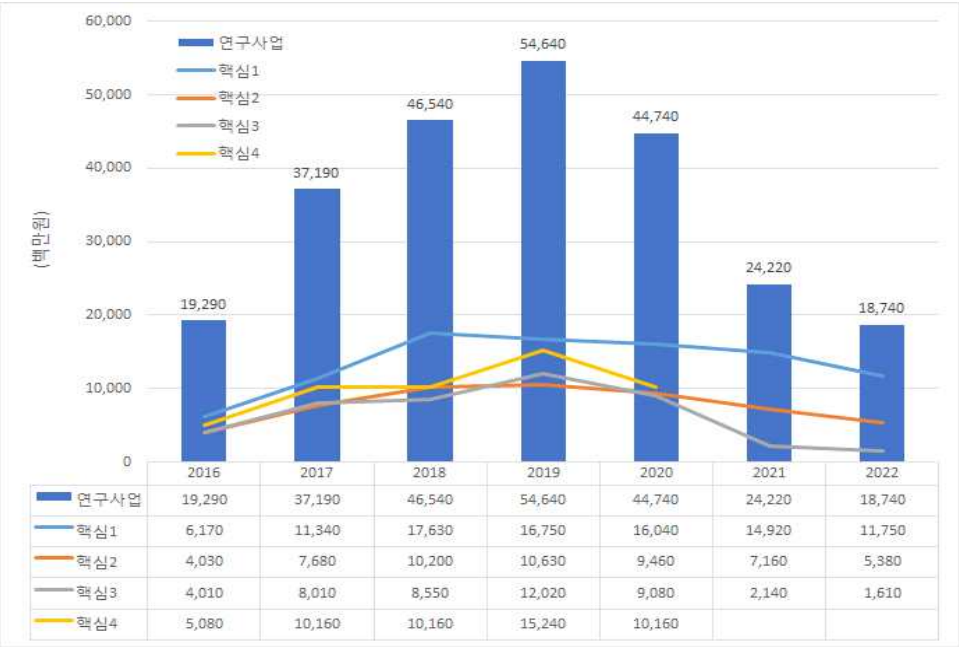
- 사업단 및 연구단 과제의 총 규모는 기존 국토교통부 연구개발사업의 규모를 고려하되 단위과제는 플랜트연구사업의 과제 편제 특성을 반영
- 참여 연구원의 인건비는 평균 30% 이상 참여율을 기준
- 인건비는 총연구비의 25~ 30% 이내(* 1-1세부 2차년도부터 10% 이내)
- 장비재료비는 총연구비의 30% 이상, 연구활동비는 10~20%
- 간접비는 인건비와 직접비의 15%를 일괄 적용
- 민간 부담금은 과제의 TRL(5~7단계) 특성에 따라 25~30%의 매칭을 고려하였으며, 대부분 25~30% 수준으로 반영함

3.2 소요 예산 산정내역

가. 예상되는 총 소요재원 규모

○ 향후 7년간 총 2,453억 원 투자, 1,790억 원(정부), 663억 원(민간)

핵심분야		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
■(핵심1)드릴링시스템 통합설계 및 실증 기술	정부	4,430	8,160	12,730	12,170	11,840	11,000	8,670	69,000
	민간	1,740	3,180	4,900	4,580	4,200	3,920	3,080	25,600
	소계	6,170	11,340	17,630	16,750	16,040	14,920	11,750	94,600
■(핵심2)드릴링시스템 방향제어 및 이수 순환기술	정부	2,800	5,350	7,100	7,400	6,600	5,000	3,750	38,000
	민간	1,230	2,330	3,100	3,230	2,860	2,160	1,630	16,540
	소계	4,030	7,680	10,200	10,630	9,460	7,160	5,380	54,540
■(핵심3)드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극 기술	정부	3,000	6,000	6,400	9,000	6,800	1,600	1,200	34,000
	민간	1,010	2,010	2,150	3,020	2,280	540	410	11,420
	소계	4,010	8,010	8,550	12,020	9,080	2,140	1,610	45,420
■(핵심4)비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술	정부	3,800	7,600	7,600	11,400	7,600			38,000
	민간	1,280	2,560	2,560	3,840	2,560			12,800
	소계	5,080	10,160	10,160	15,240	10,160			50,800
총합	정부	14,030	27,110	33,830	39,970	32,840	17,600	13,620	179,000
	민간	5,260	10,080	12,710	14,670	11,900	6,620	5,120	66,360
	합계	19,290	37,190	46,540	54,640	44,740	24,220	18,740	245,360



○ 향후 7년간 총 1,790억원(정부) 투자 (단위 : 억원)

핵심기술	세부기술	예산추정 (억원)	소요기간 (년)
1. 드릴링시스템 통합설계 및 실증 기술	1.1 시스템 통합설계 및 실증기술(TB 포함)	420	7
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅기술	70	4
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	70	4
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	130	7
	예산 소계(억원)	690	
2. 드릴링시스템 방향제어 및 이수 순환기술	2.1 방향성 추진체 및 제어기술(RSS포함)	150	7
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	100	7
	2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	50	4
	2.4 지중 내비게이션시스템 기술	80	5
	예산 소계(억원)	380	
3. 드릴링경로 특성화 및 파쇄자극기술	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술	80	7
	3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리 기술	60	5
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	80	5
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	120	5
	예산소계(억원)	340	
4. 비개착장거리관망 시공플랫폼 기술	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	170	5
	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	70	5
	4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	80	5
	4.4 비개착 관망 재료 및 연결기술	60	5
	예산소계(억원)	380	
	총 예산 합계(억원)	1,790	

○ 드릴링 시스템 통합설계 및 실증 기술 (단위: 백만원)

세부기술분야		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
■시스템 통합 설계 및 실증 기술(TB 포함)	정부	1,680	3,360	5,880	6,720	9,240	8,400	6,720	42,000
	민간	560	1,120	1,960	2,240	3,080	2,800	2,240	14,000
	소계	2,240	4,480	7,840	8,960	12,320	11,200	8,960	56,000
■이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	정부	1,050	1,750	2,450	1,750	-	-	-	7,000
	민간	450	750	1,050	750	-	-	-	3,000
	소계	1,500	2,500	3,500	2,500	-	-	-	10,000
■자동 파이프 핸들링 및 회전시스템기술	정부	1,050	1,750	2,450	1,750	-	-	-	7,000
	민간	450	750	1,050	750	-	-	-	3,000
	소계	1,500	2,500	3,500	2,500	-	-	-	10,000
■사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	정부	650	1,300	1,950	1,950	2,600	2,600	1,950	13,000
	민간	280	560	840	840	1,120	1,120	840	5,600
	소계	930	1,860	2,790	2,790	3,720	3,720	2,790	18,600
	정부	4,430	8,160	12,730	12,170	11,840	11,000	8,670	69,000
	민간	1,740	3,180	4,900	4,580	4,200	3,920	3,080	25,600
	합계	6,170	11,340	17,630	16,750	16,040	14,920	11,750	94,600

○ 드릴링 시스템 방향제어 및 이수 순환기술 (단위: 백만원)

세부기술분야		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
■방향성 추진체 및 제어기술(RSS 포함)	정부	750	1,500	2,250	2,250	3,000	3,000	2,250	15,000
	민간	330	650	980	980	1,300	1,300	980	6,520
	소계	1,080	2,150	3,230	3,230	4,300	4,300	3,230	21,520
■이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	정부	500	1,000	1,500	1,500	2,000	2,000	1,500	10,000
	민간	220	430	650	650	860	860	650	4,320
	소계	720	1,430	2,150	2,150	2,860	2,860	2,150	14,320
■이수 혼합 공급 처리시스템	정부	750	1,250	1,750	1,250	-	-	-	5,000
	민간	330	550	770	550	-	-	-	2,200
	소계	1,080	1,800	2,520	1,800	-	-	-	7,200
■지중 내비게이션 시스템 기술	정부	800	1,600	1,600	2,400	1,600	-	-	8,000
	민간	350	700	700	1,050	700	-	-	3,500
	소계	1,150	2,300	2,300	3,450	2,300	-	-	11,500
	정부	2,800	5,350	7,100	7,400	6,600	5,000	3,750	38,000
	민간	1,230	2,330	3,100	3,230	2,860	2,160	1,630	16,540
	합계	4,030	7,680	10,200	10,630	9,460	7,160	5,380	54,540

○ 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술 (단위: 백만원)

세부기술분야		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
■대상부지 지층 정보 특성화 및 평가 기술	정부	400	800	1,200	1,200	1,600	1,600	1,200	8,000
	민간	140	270	410	410	540	540	410	2,720
	소계	540	1,070	1,610	1,610	2,140	2,140	1,610	10,720
■방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술	정부	600	1,200	1,200	1,800	1,200	-	-	6,000
	민간	200	400	400	600	400	-	-	2,000
	소계	800	1,600	1,600	2,400	1,600	-	-	8,000
■방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	정부	800	1,600	1,600	2,400	1,600	-	-	8,000
	민간	270	540	540	810	540	-	-	2,700
	소계	1,070	2,140	2,140	3,210	2,140	-	-	10,700
■지반 파쇄 및 유동성 향상기술	정부	1,200	2,400	2,400	3,600	2,400	-	-	12,000
	민간	400	800	800	1,200	800	-	-	4,000
	소계	1,600	3,200	3,200	4,800	3,200	-	-	16,000
	정부	3,000	6,000	6,400	9,000	6,800	1,600	1,200	34,000
	민간	1,010	2,010	2,150	3,020	2,280	540	410	11,420
	합계	4,010	8,010	8,550	12,020	9,080	2,140	1,610	45,420

○ 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술 (단위: 백만원)

세부기술분야		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
■비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	정부	1,700	3,400	3,400	5,100	3,400	-	-	17,000
	민간	570	1,140	1,140	1,710	1,140	-	-	5,700
	소계	2,270	4,540	4,540	6,810	4,540	-	-	22,700
■지층 탐사 및 평가장비기술	정부	700	1,400	1,400	2,100	1,400	-	-	7,000
	민간	240	480	480	720	480	-	-	2,400
	소계	940	1,880	1,880	2,820	1,880	-	-	9,400
■비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	정부	800	1,600	1,600	2,400	1,600	-	-	8,000
	민간	270	540	540	810	540	-	-	2,700
	소계	1,070	2,140	2,140	3,210	2,140	-	-	10,700
■비개착 관망 재료 및 연결기술	정부	600	1,200	1,200	1,800	1,200	-	-	6,000
	민간	200	400	400	600	400	-	-	2,000
	소계	800	1,600	1,600	2,400	1,600	-	-	8,000
	정부	3,800	7,600	7,600	11,400	7,600			38,000
	민간	1,280	2,560	2,560	3,840	2,560			12,800
	합계	5,080	10,160	10,160	15,240	10,160			50,800

나. 세부 비목별 집행방안

○ 사업단총괄

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	4,209	8,133	9,311	10,944	8,086	3,640	3,414	19
		현물	3,121	5,989	7,555	8,718	7,076	3,937	3,043	16
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	5,701	11,002	14,835	17,614	15,887	9,593	6,207	33
		현물	1,346	2,576	3,246	3,747	3,039	1,690	1,308	7
	연구활동비	현금	2,442	4,724	5,776	6,751	5,148	2,515	2,476	12
	연구수당		633	1,221	1,397	1,643	1,214	547	513	3
3) 간접비			1,838	3,545	4,420	5,223	4,290	2,298	1,779	10
합 계			19,290	37,190	46,540	54,640	44,740	24,220	18,740	100

○ 핵심1과제 총괄

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	1,329	2,448	3,231	2,979	2,036	1,910	1,929	17
		현물	1,033	1,889	2,913	2,721	2,498	2,332	1,831	16
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	1,811	3,333	5,778	5,618	6,882	6,378	4,168	36
		현물	445	813	1,251	1,171	1,072	1,000	787	7
	연구활동비	현금	774	1,422	2,311	2,223	1,700	1,577	1,613	12
	연구수당		199	368	484	448	306	287	290	3
3) 간접비			579	1,067	1,662	1,590	1,546	1,436	1,132	10
합 계			6,170	11,340	17,630	16,750	16,040	14,920	11,750	100

○ 1-1세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	504	1,008	1,176	1,344	1,386	1,260	1,344	14
		현물	333	666	1,166	1,332	1,832	1,666	1,332	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	672	1,344	2,940	3,360	5,544	5,040	3,360	40
		현물	143	286	500	572	786	714	572	6
	연구활동비	현금	292	586	1,115	1,273	1,358	1,235	1,273	13
	연구수당		76	151	176	202	208	189	202	2
3) 간접비			220	439	767	877	1,206	1,096	877	10
합 계			2,240	4,480	7,840	8,960	12,320	11,200	8,960	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	4	8	5	3	20
	인건비(백만원)	145	222	93	44	504
2차년도	투입량(인×년)	7	15	12	8	42
	인건비(백만원)	254	417	223	115	1,008
3차년도	투입량(인×년)	10	16	14	8	48
	인건비(백만원)	362	444	260	109	1,176
4차년도	투입량(인×년)	12	18	15	9	54
	인건비(백만원)	435	500	279	121	1,334
5차년도	투입량(인×년)	12	18	18	8	56
	인건비(백만원)	435	500	334	117	1,386
6차년도	투입량(인×년)	10	18	16	7	51
	인건비(백만원)	362	500	297	100	1,260
7차년도	투입량(인×년)	10	20	10	0	40
	인건비(백만원)	362	556	186	0	1,103

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비			
	시작품	드릴시스템플랫폼 설계 1차	542	
	재료비	실험 센서류	50	
		소모성 자재/기기	80	
	소계		672	
2차년도	연구장비	실증운전 계측기	250	
	시작품	드릴시스템 플랫폼 설계 2차	320	
		드릴시스템 부지 기초 공사	599	
	재료비	실험 센서류	75	
		소모성 자재/기기	100	
	소계		1,344	
3차년도	연구장비	실증운전 계측기	300	
	시작품	드릴시스템 구조 모듈 제작	850	
		드릴리그 구동 시스템 제작	820	
		드릴리그 기구물 제작	630	
	재료비	실험 센서류	100	
		소모성 자재/기기	240	
	소계		2,940	
4차년도	연구장비			
	시작품	드릴시스템 1단계 통합설치	1,200	
		드릴리스템 1단계 계장 시스템 제작/설치	800	
		드릴리스템 1단계 HMI 시스템 제작/설치	940	
	재료비	실험 센서류	100	
		소모성 자재/기기	320	
	소계		3,360	
5차년도	연구장비			
	시작품	드릴시스템 2단계 통합설치	1,764	
		드릴리스템 2단계 계장 시스템	1,400	

		제작/설치		
		드릴리스템 2단계 HMI 시스템 제작/설치	850	
	재료비	실험 센서류	400	
		소모성 자재/기기	630	
		시운전비	500	
	소계		5,544	
6차년도	**연구장비**			
	시작품	드릴시스템 2단계 통합 설치	1,240	
		드릴리스템 2단계 계장 시스템 제작/설치	1,000	
		드릴리스템 2단계 MHI 시스템 제작/설치	600	
	재료비	실험 센서류	800	
		소모성 자재/기기	800	
		운전비	600	
	소계		5,040	
7차년도	**연구장비**			
	시작품	드릴시스템 최적화 개보수	1,060	
	재료비	실험 센서류	500	
		소모성 자재/기기	1,000	
		운전비	800	
	소계		3,360	

○ 1-2세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	315	525	735	525	-	-	-	21
		현물	267	445	624	445	-	-	-	18
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	435	725	1,015	725	-	-	-	29
		현물	115	192	268	192	-	-	-	8
	연구활동비	현금	184	305	428	305	-	-	-	12
	연구수당		47	79	110	79	-	-	-	3
3) 간접비			137	229	320	229	-	-	-	9
합 계			1,500	2,500	3,500	2,500	-	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	6	2	3	13
	인건비(백만원)	72	167	37	38	315
2차년도	투입량(인×년)	4	8	6	3	21
	인건비(백만원)	145	222	111	47	525
3차년도	투입량(인×년)	6	10	10	4	30
	인건비(백만원)	217	278	186	54	735
4차년도	투입량(인×년)	4	8	6	3	21
	인건비(백만원)	145	222	111	47	525
5차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비	만능재료시험기	120	
		응력부 균열시험기	100	
		마모시험기	100	
		내후시험기	80	
	시작품			
	재료비	실험 센서류	35	
	소계		435	
2차년도	연구장비			
	시작품	불-데릭 호이스트 설계	475	
		구동용 유압 시스템 설계/제작	175	
	재료비	실험 센서류	75	
	소계		725	
3차년도	연구장비			
	시작품	붐-데릭 시스템 제작	750	
		붐-데릭 시스템 설치	165	
	재료비	실험 센서류	100	
	소계		1,015	
4차년도	연구장비			
	시작품	붐-데릭 시스템 보완	250	
	재료비	실험 센서류	100	
		운전비	375	
	소계		725	
5차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			
	시작품			

	재료비			

○ 1-3세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	315	525	735	525	-	-	-	21
		현물	267	445	624	445	-	-	-	18
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	435	725	1,015	725	-	-	-	29
		현물	115	192	268	192	-	-	-	8
	연구활동비	현금	184	305	428	305	-	-	-	12
	연구수당		47	79	110	79	-	-	-	3
3) 간접비			137	229	320	229	-	-	-	9
합 계			1,500	2,500	3,500	2,500	-	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	6	2	3	13
	인건비(백만원)	72	167	37	38	315
2차년도	투입량(인×년)	4	8	6	3	21
	인건비(백만원)	145	222	111	47	525
3차년도	투입량(인×년)	6	10	10	4	30
	인건비(백만원)	217	278	186	54	735
4차년도	투입량(인×년)	4	8	6	3	21
	인건비(백만원)	145	222	111	47	525
5차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비			
	시작품	파이프 핸들링 시스템 설계	400	
	재료비	실험 센서류	35	
	소계		435	
2차년도	연구장비			
	시작품	파이프 핸들링 시스템 제작/설치	650	
	재료비	실험 센서류	75	
	소계		725	
3차년도	연구장비			
	시작품	회전시스템 설계/제작	550	
		구동용 유압 시스템 설계/제작	250	
	재료비	실험 센서류	100	
		운전비	115	
	소계		1,015	
4차년도	연구장비			
	시작품	구동용 유압 시스템 설계/제작	250	
	재료비	실험 센서류	100	
		운전비	375	
	소계		725	
5차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			

○ 1-4세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	195	390	585	585	650	650	585	20
		현물	166	333	499	499	666	666	499	18
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	269	539	808	808	1,338	1,338	808	32
		현물	72	143	215	215	286	286	215	8
	연구활동비	현금	114	226	340	340	342	342	340	11
	연구수당		29	59	88	88	98	98	88	3
3) 간접비			85	170	255	255	340	340	255	9
합 계			930	1,860	2,790	2,790	3,720	3,720	2,790	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	1	4	2	1	8
	인건비(백만원)	36	111	37	10	195
2차년도	투입량(인×년)	2	8	4	2	16
	인건비(백만원)	72	222	74	21	390
3차년도	투입량(인×년)	6	8	6	2	22
	인건비(백만원)	217	222	111	34	585
4차년도	투입량(인×년)	6	8	6	2	22
	인건비(백만원)	217	222	111	34	585
5차년도	투입량(인×년)	6	10	6	3	25
	인건비(백만원)	217	278	111	43	650
6차년도	투입량(인×년)	6	10	6	3	25
	인건비(백만원)	217	278	111	43	650
7차년도	투입량(인×년)	6	8	6	2	22
	인건비(백만원)	217	222	111	34	585

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용(백만원)	비고
1차년도	연구장비	VR 솔루션 2 unit	200	
	시작품			
	재료비	소모성 자재/기기	69	
	소계		269	
2차년도	연구장비	VR 솔루션 4 unit	400	
	시작품			
	재료비	소모성 자재/기기	139	
	소계		539	
3차년도	연구장비	VR 솔루션 4 unit	400	
	시작품	VR 작업 플랫폼 개발	258	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
	소계		808	
4차년도	연구장비			
	시작품	운영시뮬레이터 플랫폼 제작	658	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
	소계		808	
5차년도	연구장비			
	시작품	운영시뮬레이터 제작	1,000	
	재료비	소모성 자재/기기	338	
	소계		1,338	
6차년도	연구장비			
	시작품	운영시뮬레이터 개선	800	
	재료비	소모성 자재/기기	338	
		운전비	200	
	소계		1,338	
7차년도	연구장비			
	시작품	운영시뮬레이터 상용품 제작	558	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
		운전비	100	
	소계		808	

○ 핵심2과제 총괄표

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	840	1,605	2,130	2,220	1,730	1,250	1,125	20
		현물	729	1,383	1,842	1,919	1,700	1,284	969	18
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	1,165	2,223	2,950	3,075	3,239	2,574	1,557	31
		현물	315	596	792	825	731	552	416	8
	연구활동비	현금	487	932	1,238	1,290	938	659	654	11
	연구수당		127	241	320	333	260	188	169	3
3) 간접비			367	700	928	968	862	653	490	9
합 계			4,030	7,680	10,200	10,630	9,460	7,160	5,380	100

○ 2-1세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	225	450	675	675	750	750	675	20
		현물	196	386	583	583	773	773	583	18
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	312	623	934	934	1,545	1,545	934	32
		현물	84	166	250	250	332	332	250	8
	연구활동비	현금	131	261	393	393	395	395	393	11
	연구수당		34	68	101	101	113	113	101	3
3) 간접비			98	196	294	294	392	392	294	9
합 계			1,080	2,150	3,230	3,230	4,300	4,300	3,230	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	3	3	1	9
	인건비(백만원)	72	83	56	14	225
2차년도	투입량(인×년)	4	6	6	2	18
	인건비(백만원)	145	167	111	27	450
3차년도	투입량(인×년)	6	10	8	2	26
	인건비(백만원)	217	278	149	31	675
4차년도	투입량(인×년)	6	10	8	2	26
	인건비(백만원)	217	278	149	31	675
5차년도	투입량(인×년)	8	10	8	2	28
	인건비(백만원)	290	278	149	33	750
6차년도	투입량(인×년)	8	10	8	2	28
	인건비(백만원)	290	278	149	33	750
7차년도	투입량(인×년)	6	10	8	2	26
	인건비(백만원)	217	278	149	31	675

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용(백만원)	비고
1차년도	연구장비	GPS 위치 추적 시스템	250	
	시작품			
	재료비	소모성 자재/기기	62	
	소계		312	
2차년도	연구장비			
	시작품	ADN 시스템 구축	300	
		ADN 제어시스템	180	
	재료비	소모성 자재/기기	143	
	소계		623	
3차년도	연구장비			
	시작품	MWD 시스템 구축	450	
		MWD 제어시스템	284	
	재료비	소모성 자재/기기	200	
	소계		934	
4차년도	연구장비			
	시작품	CDR 시스템 구축	450	
		CDR 제어이스템	284	
	재료비	소모성 자재/기기	200	
	소계		934	
5차년도	연구장비			
	시작품	RSS 시스템 구축	750	
		RSS 제어시스템	350	
	재료비	소모성 자재/기기	300	
		운전비	145	
	소계		1,545	
6차년도	연구장비			
	시작품	LWD 시스템 구축	750	
		LWD 제어시스템	350	
	재료비	소모성 자재/기기	300	
		운전비	145	

	소계		1,545	
7차년도	**연구장비**			
	시작품	추진체 제어시스템	800	
	재료비	소모성 자재/기기	34	
		운전비	100	
	소계		934	

○ 2-2세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	150	300	450	450	500	500	450	20
		현물	130	255	386	386	511	511	386	18
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	208	415	623	623	1,029	1,029	623	32
		현물	57	110	166	166	220	220	166	8
	연구활동비	현금	86	174	261	261	264	264	261	11
	연구수당		23	45	68	68	75	75	68	3
3) 간접비			66	131	196	196	261	261	196	9
합 계			720	1,430	2,150	2,150	2,860	2,860	2,150	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	2	1	0	5
	인건비(백만원)	72	56	22	0	150
2차년도	투입량(인×년)	3	5	2	1	11
	인건비(백만원)	109	139	37	15	300
3차년도	투입량(인×년)	4	8	4	1	17
	인건비(백만원)	145	222	74	8	450
4차년도	투입량(인×년)	4	8	4	1	17
	인건비(백만원)	145	222	74	8	450
5차년도	투입량(인×년)	4	8	6	2	20
	인건비(백만원)	145	222	111	22	500
6차년도	투입량(인×년)	4	8	6	2	20
	인건비(백만원)	145	222	111	22	500
7차년도	투입량(인×년)	4	8	4	1	17
	인건비(백만원)	145	222	74	8	450

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비	머드펌프	50	
		머드유량계	75	
	시작품			
	재료비	소모성 자재/기기	83	
	소계		208	
2차년도	연구장비	파워미터	100	
		계측시스템	100	
	시작품	초음파 이수 유동 측정기	100	
	재료비	소모성 자재/기기	115	
	소계		415	
3차년도	연구장비			
	시작품	이수 유동 정량화기	423	
	재료비	소모성 자재/기기	200	
	소계		623	
4차년도	연구장비			
	시작품	모니터링 플랫폼	423	
	재료비	소모성 자재/기기	200	
	소계		623	
5차년도	연구장비			
	시작품	이수 모니터링 시스템	400	
		이수 순환 계장 시스템	200	
	재료비	소모성 자재/기기	300	
		운전비	129	
	소계		1,029	
6차년도	연구장비			
	시작품	이수 순환 제어시스템	500	
	재료비	소모성 자재/기기	300	
		운전비	229	
	소계		1,029	

7차년도	연구장비			
	시작품	이수 순환 모니터링/제어 시스템	400	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
		운전비	73	
	소계		623	

○ 2-3세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인 건 비	내/외부	현금	225	375	525	375	-	-	-	21
		현물	196	326	457	326	-	-	-	18
2) 직 접 비	연구장비 재료비	현금	312	520	728	520	-	-	-	29
		현물	84	141	197	141	-	-	-	8
	연구활동비	현금	131	218	305	218	-	-	-	12
	연구수당		34	56	79	56	-	-	-	3
3) 간접비			98	164	229	164	-	-	-	9
합 계			1,080	1,800	2,520	1,800	-	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	3	3	1	9
	인건비(백만원)	72	83	56	14	225
2차년도	투입량(인×년)	3	5	5	3	16
	인건비(백만원)	109	139	93	35	375
3차년도	투입량(인×년)	4	8	6	3	21
	인건비(백만원)	145	222	111	47	525
4차년도	투입량(인×년)	3	5	5	3	16
	인건비(백만원)	109	139	93	35	375
5차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비			
	시작품	파석 축출기	100	
		모레 제거기	80	
		머드혼합기	100	
	재료비	소모성 자재/기기	32	
	소계		312	
2차년도	연구장비			
	시작품	Bulk tank	150	
		Viscometer	120	
		원심분리기	150	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		520	
3차년도	연구장비			
	시작품	Inverter	200	
		Agitator	150	
		Mud gun	250	
	재료비	소모성 자재/기기	128	
	소계		728	
4차년도	연구장비			
	시작품	이수분리기	200	
		이수순환 공급시스템	200	
	재료비	소모성 자재/기기	70	
		운전비	50	
	소계		520	
5차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			

7차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			

○ 2-4세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	240	480	480	720	480	-	-	21
		현물	207	416	416	624	416	-	-	18
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	333	665	665	998	665	-	-	29
		현물	90	179	179	268	179	-	-	8
	연구활동비	현금	139	279	279	418	279	-	-	12
	연구수당		36	72	72	108	72	-	-	3
3) 간접비			105	209	209	314	209	-	-	9
합 계			1,150	2,300	2,300	3,450	2,300	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	4	2	1	9
	인건비(백만원)	72	111	37	19	240
2차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	222	74	39	480
3차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	222	74	39	480
4차년도	투입량(인×년)	6	12	6	4	28
	인건비(백만원)	217	333	111	58	720
5차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	222	74	39	480
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비			
	시작품	지상-지중 통신 모듈	233	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		333	
2차년도	연구장비			
	시작품	지상 드릴 위치 기준 장치	565	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		665	
3차년도	연구장비			
	시작품	지하 드릴 위치 추적 시스템	490	
	재료비	소모성 자재/기기	175	
	소계		665	
4차년도	연구장비			
	시작품	지중 드릴 네비게이션 시스템	700	
	재료비	소모성 자재/기기	175	
		운전비	123	
	소계		998	
5차년도	연구장비			
	시작품	지중 드릴 네비게이션 시스템 보완	165	
	재료비	소모성 자재/기기	300	
		운전비	200	
	소계		665	
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			

○ 핵심3과제 총괄표

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	900	1,800	1,920	2,700	2,040	480	360	22
		현물	600	1,195	1,278	1,795	1,356	321	243	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	1,202	2,402	2,563	3,604	2,722	641	482	30
		현물	258	513	549	771	582	138	105	6
	연구활동비	현금	521	1,045	1,115	1,569	1,185	279	209	13
	연구수당		135	270	288	405	306	72	54	3
3) 간접비			394	785	837	1,176	889	209	157	10
합 계			4,010	8,010	8,550	12,020	9,080	2,140	1,610	100

○ 3-1세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	120	240	360	360	480	480	360	22
		현물	83	160	243	243	321	321	243	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	161	321	482	482	641	641	482	30
		현물	36	69	105	105	138	138	105	6
	연구활동비	현금	69	139	209	209	279	279	209	13
	연구수당		18	36	54	54	72	72	54	3
3) 간접비			53	105	157	157	209	209	157	10
합 계			540	1,070	1,610	1,610	2,140	2,140	1,610	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	1	2	1	1	5
	인건비(백만원)	36	56	19	10	120
2차년도	투입량(인×년)	2	4	2	1	9
	인건비(백만원)	72	111	37	19	240
3차년도	투입량(인×년)	3	6	3	2	14
	인건비(백만원)	109	167	56	29	360
4차년도	투입량(인×년)	3	6	3	2	14
	인건비(백만원)	109	167	56	29	360
5차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	222	74	39	480
6차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	222	74	39	480
7차년도	투입량(인×년)	3	6	3	2	14
	인건비(백만원)	109	167	56	29	360

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비	지질/지층조사 장비	111	
	시작품			
	재료비	소모성 자재/기기	50	
	소계		161	
2차년도	연구장비			
	시작품	물리탐사 시스템 시작품	221	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		321	
3차년도	연구장비			
	시작품	평가정 시추 장비 시작품	382	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		482	
4차년도	연구장비			
	시작품	지층 시추/분석 장비 시작품	382	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		482	
5차년도	연구장비			
	시작품	지층정보 가시화 장치 시작품	391	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
		운전비	100	
	소계		641	
6차년도	연구장비			
	시작품	지층정보 특성 평가 통합시스템	391	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
		운전비	100	
	소계		641	
7차년도	연구장비			
	시작품	지층정보 특성 평가 통합시스템 개선	282	

	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	100	
	소계		482	

○ 3-2세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	180	360	360	540	360	-	-	23
		현물	119	238	238	357	238	-	-	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	240	480	480	720	480	-	-	30
		현물	51	102	102	153	102	-	-	6
	연구활동비	현금	104	209	209	314	209	-	-	13
	연구수당		27	54	54	81	54	-	-	3
3) 간접비			79	157	157	235	157	-	-	10
합 계			800	1,600	1,600	2,400	1,600	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	2	2	1	7
	인건비(백만원)	72	56	37	15	180
2차년도	투입량(인×년)	3	6	3	2	14
	인건비(백만원)	109	167	56	29	360
3차년도	투입량(인×년)	3	6	3	2	14
	인건비(백만원)	109	167	56	29	360
4차년도	투입량(인×년)	4	10	4	3	21
	인건비(백만원)	145	278	74	43	540
5차년도	투입량(인×년)	3	6	3	2	14
	인건비(백만원)	109	167	56	29	360
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비	드릴 정보 데이터베이스 웨어하우스	200	
	시작품			
	재료비	소모성 자재/기기	40	
	소계		240	
2차년도	연구장비			
	시작품	드릴 정보 관리 시스템 플랫폼	380	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		480	
3차년도	연구장비			
	시작품	드릴 정보 검색/관리 시스템	330	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	50	
	소계		480	
4차년도	연구장비			
	시작품	드릴링 정보화 관리시스템 시작품	570	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	50	
	소계		720	
5차년도	연구장비			
	시작품	드릴링 정보화 관리시스템 시작품 보완	330	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	50	
	소계		480	
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			

	시작품			
	재료비			

○ 3-3세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	240	480	480	720	480	-	-	22
		현물	160	321	321	481	321	-	-	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	321	641	641	962	641	-	-	30
		현물	69	138	138	207	138	-	-	6
	연구활동비	현금	139	279	279	418	279	-	-	13
	연구수당		36	72	72	108	72	-	-	3
3) 간접비			105	209	209	314	209	-	-	10
합 계			1,070	2,140	2,140	3,210	2,140	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	4	2	1	9
	인건비(백만원)	72	111	37	19	240
2차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	111	74	39	480
3차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	222	74	39	480
4차년도	투입량(인×년)	6	12	6	4	28
	인건비(백만원)	217	333	111	58	720
5차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	222	74	39	480
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비	다운홀 정보 데이터베이스 웨어하우스	271	
	시작품			
	재료비	소모성 자재/기기	50	
	소계		321	
2차년도	연구장비			
	시작품	다운홀 정보 관리 시스템 플랫폼	541	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		641	
3차년도	연구장비			
	시작품	다운홀 정보 가공/데이터 처리 시스템	441	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	100	
	소계		641	
4차년도	연구장비			
	시작품	다운홀 검증/평가 시작품	762	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	100	
	소계		962	
5차년도	연구장비			
	시작품	다운홀 검증/평가 시작품 보완	441	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	100	
	소계		641	
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			

○ 3-4세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	360	720	720	1,080	720	-	-	23
		현물	238	476	476	714	476	-	-	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	480	960	960	1,440	960	-	-	30
		현물	102	204	204	306	204	-	-	6
	연구활동비	현금	209	418	418	628	418	-	-	13
	연구수당		54	108	108	162	108	-	-	3
3) 간접비			157	314	314	470	314	-	-	10
합 계			1,600	3,200	3,200	4,800	3,200	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	3	6	3	2	14
	인건비(백만원)	109	167	56	29	360
2차년도	투입량(인×년)	6	12	6	4	28
	인건비(백만원)	217	333	111	58	720
3차년도	투입량(인×년)	6	12	6	4	28
	인건비(백만원)	217	333	111	58	720
4차년도	투입량(인×년)	10	16	10	6	42
	인건비(백만원)	362	444	186	88	1,080
5차년도	투입량(인×년)	6	12	6	4	28
	인건비(백만원)	217	333	111	58	720
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비	파쇄 지반 분석 장치	250	
	시작품	지반 파쇄/유동 플랫폼	180	
	재료비	소모성 자재/기기	50	
	소계		480	
2차년도	연구장비			
	시작품	지반 파쇄/유동 플랫폼	810	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
	소계		960	
3차년도	연구장비			
	시작품	지반 파쇄 시작품	610	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
		운전비	200	
	소계		960	
4차년도	연구장비			
	시작품	파쇄지반 유동 기구 시작품	1,090	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
		운전비	200	
	소계		1,440	
5차년도	연구장비			
	시작품	지반 파쇄/유동 시스템 개선	760	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	100	
	소계		960	
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			

○ 핵심4과제 총괄표

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	1,140	2,280	2,030	3,045	2,280	-	-	21
		현물	759	1,522	1,522	2,283	1,522	-	-	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	1,523	3,044	3,544	5,317	3,044	-	-	32
		현물	328	654	654	980	654	-	-	6
	연구활동비	현금	660	1,325	1,112	1,669	1,325	-	-	12
	연구수당		172	342	305	457	342	-	-	3
3) 간접비			498	993	993	1,489	993	-	-	10
합 계			5,080	10,160	10,160	15,240	10,160	-	-	100

○ 4-1세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	510	1,020	850	1,275	1,020	-	-	21
		현물	338	678	678	1,017	678	-	-	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	681	1,361	1,701	2,552	1,361	-	-	34
		현물	146	291	291	436	291	-	-	6
	연구활동비	현금	296	593	448	673	593	-	-	11
	연구수당		77	153	128	191	153	-	-	3
3) 간접비			222	444	444	666	444	-	-	10
합 계			2,270	4,540	4,540	6,810	4,540	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	4	8	6	2	20
	인건비(백만원)	145	222	111	31	510
2차년도	투입량(인×년)	8	18	10	3	39
	인건비(백만원)	290	500	186	45	1,020
3차년도	투입량(인×년)	9	12	8	3	32
	인건비(백만원)	326	333	149	42	850
4차년도	투입량(인×년)	12	18	12	8	50
	인건비(백만원)	435	500	223	118	1,275
5차년도	투입량(인×년)	8	18	10	3	39
	인건비(백만원)	290	500	186	45	1,020
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비			
	시작품	드릴비트 시제품	551	
	재료비	실험 센서류	50	
		소모성 자재/기기	80	
	소계		681	
2차년도	연구장비	실증운전 계측기	350	
	시작품	Reamer 시제품	436	
		Special drill pipe 시제품	400	
	재료비	실험 센서류	75	
		소모성 자재/기기	100	
	소계		1,361	
3차년도	연구장비			
	시작품	실대형 모형 토조	701	
		Steering system 시제품	500	
	재료비	실험 센서류	250	
		소모성 자재/기기	250	
	소계		1,701	
4차년도	연구장비			
	시작품	Walk over system 시제품	1,052	
		HDD 성능평가 장치	1,000	
	재료비	실험 센서류	250	
		소모성 자재/기기	250	
	소계		2,552	
5차년도	연구장비			
	시작품	드릴시스템 최적화 개보수	761	
	재료비	실험 센서류	250	
		소모성 자재/기기	250	
		시운전비	100	
	소계		1,361	

6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			

○ 4-2세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	210	420	420	630	420	-	-	22
		현물	142	285	285	428	285	-	-	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	281	562	562	843	562	-	-	30
		현물	62	123	123	184	123	-	-	7
	연구활동비	현금	121	244	244	366	244	-	-	13
	연구수당		32	63	63	95	63	-	-	3
3) 간접비			92	183	183	274	183	-	-	10
합 계			940	1,880	1,880	2,820	1,880	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	3	2	1	8
	인건비(백만원)	72	83	37	7	210
2차년도	투입량(인×년)	4	6	4	2	16
	인건비(백만원)	145	167	74	34	420
3차년도	투입량(인×년)	4	6	4	2	16
	인건비(백만원)	145	167	74	34	420
4차년도	투입량(인×년)	6	9	6	4	25
	인건비(백만원)	217	250	111	51	630
5차년도	투입량(인×년)	4	6	4	2	16
	인건비(백만원)	145	167	74	34	420
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비	Optic sensor logger	232	
	시작품			
	재료비	소모성 자재/기기	50	
	소계		282	
2차년도	연구장비	물리탐사 logger	200	
	시작품	물리탐사 시스템 시작품	262	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		562	
3차년도	연구장비	공간 DB 분석 소프트웨어	200	
	시작품	지층 시추/분석 장비 시작품	262	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		562	
4차년도	연구장비			
	시작품	토모그래피 모듈	400	
		LWD 시스템 시작품	343	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		843	
5차년도	연구장비			
	시작품	DB 분석 서버	312	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
		운전비	100	
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			

○ 4-3세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	240	480	400	600	480	-	-	21
		현물	160	321	321	481	321	-	-	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	321	641	801	1,202	641	-	-	34
		현물	69	138	138	207	138	-	-	6
	연구활동비	현금	139	279	211	316	279	-	-	11
	연구수당		36	72	60	90	72	-	-	3
3) 간접비			105	209	209	314	209	-	-	10
합 계			1,070	2,140	2,140	3,210	2,140	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	4	2	2	9
	인건비(백만원)	72	111	37	19	240
2차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	222	74	39	480
3차년도	투입량(인×년)	4	6	4	1	15
	인건비(백만원)	145	167	74	14	400
4차년도	투입량(인×년)	6	8	6	4	24
	인건비(백만원)	217	222	111	49	600
5차년도	투입량(인×년)	4	8	4	3	19
	인건비(백만원)	145	222	74	39	480
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비			
	시작품	노후관 파쇄유닛 시제품	171	
		Bursting Head 시제품	100	
	재료비	소모성 자재/기기	50	
	소계		321	
2차년도	연구장비			
	시작품	노후관 파쇄유닛 시제품	200	
		Bursting Head 시제품	341	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		641	
3차년도	연구장비			
	시작품	HDD 확공기 시제품	651	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
	소계		801	
4차년도	연구장비			
	시작품	실내용 pull back 실험기	552	
		실내용 pull back 실험기	500	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
	소계		1,202	
5차년도	연구장비			
	시작품	HDD grouter 모듈	200	
		HDD grouter 모듈	241	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	100	
	소계		641	
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			

	시작품			
	재료비			

○ 4-4세부

(단위: 백만원)

비 목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부	현금	180	360	360	540	360	-	-	23
		현물	119	238	238	357	238	-	-	15
2) 직접비	연구장비 재료비	현금	240	480	480	720	480	-	-	30
		현물	51	102	102	153	102	-	-	6
	연구활동비	현금	104	209	209	314	209	-	-	13
	연구수당		27	54	54	81	54	-	-	3
3) 간접비			79	157	157	235	157	-	-	10
합 계			800	1,600	1,600	2,400	1,600	-	-	100

- 인건비

구분		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원	합계
1차년도	투입량(인×년)	2	2	2	1	7
	인건비(백만원)	72	56	37	15	180
2차년도	투입량(인×년)	3	5	4	3	15
	인건비(백만원)	109	139	74	38	360
3차년도	투입량(인×년)	3	5	4	3	15
	인건비(백만원)	109	139	74	38	360
4차년도	투입량(인×년)	5	8	5	3	21
	인건비(백만원)	181	222	93	44	540
5차년도	투입량(인×년)	3	5	4	3	15
	인건비(백만원)	109	139	74	38	360
6차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0
7차년도	투입량(인×년)	0	0	0	0	0
	인건비(백만원)	0	0	0	0	0

- 연구장비/재료비

구분		품목	소요비용 (백만원)	비고
1차년도	연구장비			
	시작품	Laser hybrid 장치	190	
	재료비	소모성 자재/기기	50	
	소계		240	
2차년도	연구장비			
	시작품	MIAB 장치 시작품	380	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
	소계		480	
3차년도	연구장비			
	시작품	용접 연결부 건전도 측정기	330	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
	소계		480	
4차년도	연구장비			
	시작품	자동용접 캐리지 시작품	470	
	재료비	소모성 자재/기기	150	
		운전비	100	
	소계		720	
5차년도	연구장비			
	시작품	알고리즘 개발 서버	280	
	재료비	소모성 자재/기기	100	
		운전비	100	
	소계		480	
6차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			
7차년도	연구장비			
	시작품			
	재료비			

3.3 예산 조달 및 투입방안: 협의 필요

가. 국토교통부 중기 재정소요 및 조달방안

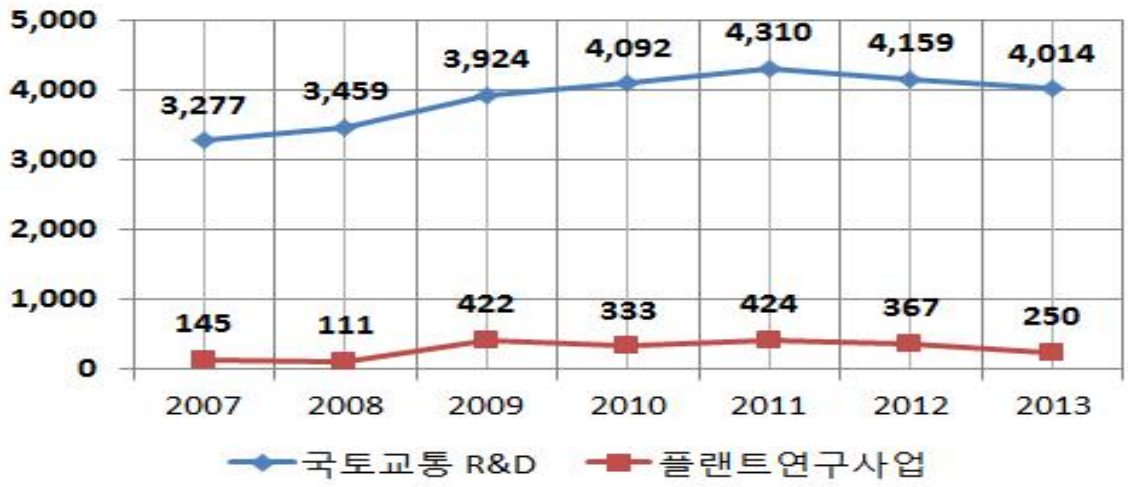
○ 본 사업기획에서 계획한 연평균 투자예산은 약 256억원 규모로, 2013년도 국토교통R&D의 약 6.4%에 해당됨

- 현재 플랜트연구사업에 계획된 드릴분야 예산과 건설기술연구사업 지반 등에 계획된 예산중 가용예산은 2017~2018년 60억원 규모로 추정됨
- 기존 사업에 편제된 가용예산을 본 드릴링 시스템 개발 사업으로 조정하여 활용하고, 신규로 연평균 1,730억원을 조달하는 방안을 제시

표 5.5 최근 7년간 플랜트분야 투자예산 2,052억원 수준(2013년 예산 250억원)

(단위 : 억원, %)

구 분		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	계
국가 R&D	예산	97,629	110,784	123,437	137,014	148,902	160,244	171,471	949,481
	증가율	-	13%	11%	11%	9%	8%	7%	-
국토교통 R&D	예산	3,277	3,459	3,924	4,092	4,310	4,159	4,014	27,235
	증가율	-	2%	13%	4%	5%	△4%	△3%	-
플랜트연구사업	예산	145	111	422	333	424	367	250	2,052
	증가율	202%	△23%	280%	△21%	27%	△13%	△32%	-



나. 시장, 재정여건에 따라 탄력적인 추진 시나리오

○ 대규모 사업단 급 과제로 계획함에 따라 재정 조달 리스크가 매우 크며, 해외 현지 시장의 여건에 따른 시장진입시기 등을 고려 필요

- 해외 동향 변화에 시장 진입 시기 조정 등 유연한 대응이 가능한 개발전략 수립

○ 기본적으로 핵심4과제(비개착 관망 시공플랫폼)는 유·가스전 탐사 및 개발에 적용되는 방향성 드릴링 시스템(핵심1과제 및 핵심2과제)과 응용 서비스(핵심3과제) 기술과 규모나 용도 측면에서 연계성이 낮아 분리하여 추진

○ 이에 재정 리스크 및 시장진입시기를 고려한 분할 추진, 단계별 추진 시나리오 등을 다음과 같이 검토함

구분	시나리오 구성	장단점, 시장진입시기 분석
1	1~3핵심 통합 추진	- 시스템/장비 개발과 이를 이용한 서비스 기술을 동시에 통합적으로 개발하는 시나리오 - 초기에 연평균 210억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 5.2% 규모로 4개 핵심과제 통합추진에 비하여 재정조달 리스크는 다소 완화되나 기 계획된 중장기 예산규모 등을 고려시 사업단급으로 추진 가능성은 낮음 - 중앙아시아, 동남아시아 등에는 현지 여건상 중소형 유전 등에 시공서비스분야 진입 가능성이 높고, 독자 장비의 현장 적용도 가능함 - 대규모 유·가스전에서 선진기업과 경쟁구도나 시장의 성장규모로 볼 때 리그 시스템의 시장 진입시기는 7년 이상 소요될 것으로 보이고, 기자재 분야는 7년 이내에 적용이 가능할 것으로 평가함
2	해외 리그 + 3핵심 결합 추진 (⇒ 1~2핵심 추진)	- 해외 리그를 도입하여 서비스 기술 개발과 병행하여 시스템/구성기자재에 대한 선행기술 습득하는 시나리오 - 초기에 연평균 130억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 3.2% 수준으로 재정조달 리스크는 해소할 수 있는 수준임 - 중기적으로 서비스시장 진출은 가능하나 시너지 축소, 시스템 및 장비 자립화 개발까지 장기 10년 이상 개발기간 소요 - 중앙아시아, 동남아시아 등에는 현지 여건상 중소형 유전 등에 시공서비스분야 진입 가능성이 높음 - 대규모 유가스전에서 선진기업과 경쟁구도나 시장의 성장규모, 개발리스크 등으로 볼 때 시공 서비스 분야 일부 분석기술 등은 7년 이내에 접목이 가능할 것으로 평가됨
3	1~2핵심(시스템, 장비) 통합 추진	- 시스템 및 장비 위주로 개발하는 시나리오 - 초기에 연평균 150억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 3.7% 수준으로 재정조달 리스크는 해소할 수 있는

		수준임 - 3핵심의 서비스 분야와 시너지 감소, 응용 서비스기술 개발까지 장기 10년 이상 개발기간이 소요됨 - 중앙아시아, 동남아시아 등에는 현지 여건상 중소형 유전 등에 독자 장비의 현장 적용도 가능함 - 대규모 유가스전에서 선진기업과 경쟁구도나 시장의 성장규모로 볼 때 리그 시스템의 시장 진입시기는 7년 이상 소요될 것으로 보이고, 기자재 분야는 7년 이내에 적용이 가능할 것으로 평가함
4	4핵심 추진 ⇒ 역량확보 (⇒ 1~3핵심 추진)	- 소규모 비개착식 관망 시공 플랫폼과 공법을 별도 연구단급으로 추진하는 시나리오 - 초기에 연평균 60억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 1.5% 수준으로 재정조달 리스크 미미함 - 자체 기반역량 확보, 향후 연계파급분야 개발 전략으로 개발 리스크가 매우 낮음 - 개발성과에 기반하여 1~3핵심을 후속 연계 추진시 장기 13년 이상 개발기간이 소요됨 - 5년 이내에 현장 적용, 6년 전후로 상용화 보급이 가능할 것으로 평가되며, 장비시스템 보다는 관망 연결시공 및 안정화공법, 고품질 관망재료 등에서 사업성이 높을 것으로 평가(중국 등 저가장비 영향)

○ 핵심1과제 추진논리 및 우선순위

구분	주요 내용	비고
추진 필요성 (시장진입시기, 산업적 가치/효과, 전후방 연계 등)	○ 시추설비의 핵심 구동시스템으로서 안전과 효율적인 시추 및 운영비용 때문에 Top Drive 회전시스템 시장은 매우 큰 성장세를 보이고 있으며, 로터리 테이블의 대안으로서 육상 및 해양플랜트 시장수요가 계속 증가하고 있음 ○ Top Drive 회전시스템은 이수순환 시스템과 동시에 개발이 진행되어야 하며, 이수순환을 위한 별도의 모듈개발이 병행되어야 함 ○ Top Drive 시스템과 이수순환 시스템은 별도의 시스템 모듈로 개별 판매를 통한 중앙아시아, 동남아시아 등의 중소형 유전 등에 시장진입 가능성이 충분함	
타겟시장 규모	○ Top Drive System 시장규모(유압식+전기식) - 14억 달러(2012년) ⇒ 18억 달러(2019년) - 2019년 까지 7.6 %(CAGR) 성장 예상 *자료 : Marketsandmarkets 보고서 ○ 주요회사 - NOV, Tesco, Cameron(미국), Aker Solutions AS(노르웨이), Bentec(독일) 등 12개 회사가 시장을 주도하고 있음	
수행주체의 역량	○ Top Drive 시스템의 요소부품 및 패키지 개발 사례가 없기 때문에 관련된 유사특허나 선행기술개발이 전무한 상황임 ○ 해양시추용 Top Drive Drilling System 기술개발 완료(국가 R&D 사업) - Top Drive 단품에 대한 설계 및 제작기술에 대한 기술 개발이며, 시장진입을 위해서는 시스템 내부를 관통하는 이수순환을 위한 별도의 모듈 및 밸브개발이 병행되어야 함. 또한 시스템 검증을 위해서는 파이프 핸들링 시스템 및 이수순환, 호이스팅 장비들과의 통합설계, 운영에 따른 설계단계에서의 문제점 파악을 통한 보완기술이 필요함	기존 개발기술의 활용 및 연계가 가능함
추진방안	○ 재정여건을 고려시 단기적으로 핵심1과제에서 기자재 국산화 개발에 중점하고, 중기적으로 핵심2과제의 방향추진 및 이수시스템을 우선 개발하는 방안과 연계 ○ (1단계, 1-3년차) 1핵심에서 개발하는 시추시스템 핵심설비인 Top Drive를 우선 추진하고 순차적으로 호이스팅 시스템, 사업관리 시스템을 개발함. 2핵심에	

<table>
<tr><td></td><td>서는 이수순환 시스템 개발을 시작으로 순차적으로 방향성 추진체 및 제어시스템, 이수순환 모니터링 및 제어시스템 개발, 3핵심의 지층정보 특성화 및 평가 사업을 1단계에서 우선 추진함으로써 전체 연구단 사업에 따른 재원조달의 리스크를 대폭 줄일 수 있음
○ (2단계, 4-6년차) 1단계가 성공적으로 수행된다면, 2단계에서는 1핵심의 붐데릭&파이프 핸들링 시스템을 개발함으로써 1단계에서 기 개발된 시스템과의 통합설계 및 플랫폼 제작과정이 필요하며, 운영 시뮬레이터 개발이 동시에 진행됨. 2핵심에서는 지중 내비게이션 개발이 진행되며, 3핵심의 다운홀 검층 기술과 설계 및 시공 관리기술 개발, 지반파쇄 공법 개발이 진행됨
○ (3단계, 7-10년차) 1, 2단계에서 개발된 각 모듈들을 시추시스템에 적용, 통합설계 및 제작을 통한 현장실증이 진행됨</td><td></td></tr>
<tr><td>소요재원 규모</td><td>○ 소규모 단기과제 우선추진
- Top Drive 시스템 개발 : 정부출연금 총55억원(4년)

○ 대규모 중장기 과제 단계별 추진방안 (2핵심 연계)
- 1단계 : 178억원(3년)
- 2단계 : 610억원(3년)
- 3단계 : 810억원(4년)</td><td>핵심2과제의 방향추진 및 이수시스템과 연계성이 큼</td></tr>
<tr><td>세부과제 우선순위</td><td><table><tr><td>1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)</td><td>4</td></tr><tr><td>1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술</td><td>2</td></tr><tr><td>1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술</td><td>1</td></tr><tr><td>1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술</td><td>3</td></tr></table></td><td></td></tr>
</table>

○ 핵심2과제 추진논리 및 우선순위

구분	주요 내용	비고
추진 필요성 (시장진입시기, 산업적 가치/효과, 전후방 연계 등)	○ 심해, 극지 등으로의 시추 환경 변화와 환경 보호라는 대명제 앞에 비전통자원, 에너지개발, 대심도 활용도, 각종 파이프라인 시공분야에 방향성 드릴링 수요 증가 ○ 현재 3~5㎞ 급 방향성 드릴링 기술과 회전 각도, 굴진 속 등에서 괄목할만한 기술적 진전이 있으며 ICT 기반의 시공기술이 첨단화 되고 있음 ○ 드릴링 기술의 핵심 기술인 방향성 추진체와 이를 제어하는 시스템의 개발은 국부 유출 방지와 국제 기술 경쟁력 제고 측면에서 시급함 ○ 본 기술은 추진시스템과 그 운용, 제어 시스템의 개발이라는 측면에서 우리나라의 많은 산업분야에 기술적 파급 효과가 큰 분야임	
타겟시장 규모	○ 방향성/수평 드릴링 시장의 성장으로 시추공 개수는 2013년 이후 5년간 약 20% 증가하여 2017년에는 가장 많은 시추공 개수를 기록할 것으로 예상 됨 ○ 이러한 트렌드는 향후 5년간(2013년~2017년) 지속될 것으로 예상되며, 이에 따라 최신 드릴링 리그 장비에 대한 요구가 증가할 것으로 전망됨 ○ 2013년 전체 드릴링 시장 규모의 약 28%를 차지한 방향성/수평 드릴링 비중은 2017년 약 31%로 성장할 것으로 판단됨 ○ 셰일가스와 같은 비전통적인 자원 개발은 방향성/수평 드릴링 시장 규모를 증가시킬 것으로 전망됨	
수행주체의 역량	○ 산업체(산) - 방향성 추진체 실증 제품의 설계, 제작 기술의 개발의 주체 - 시장 분석과 시장 진입을 주도적으로 추진하여 개발 기술의 제품화 주도 ○ 연구소(연) - 추진체 제어 알고리즘의 개발과 추진체 시스템 구성의 기본 개념 정립을 통한 설계 및 제작 지원 - 개발 제품 실증 실험에 대한 절차와 개발 성과의 실증을 위한 테스트베드 구축 및 개발 단계의 관리 등을 주도적으로 추진 ○ 대학교(학) - 선진 기술의 조사와 개발 기술에의 적용, 국제 교류 및 개발 성과의 우수성을 제고 - 알고리즘 및 시스템 성능 실증에 대한 학술적 지원	
추진방안	○ 기본방향: 재정여건을 고려시 핵심기술인 방향제어기술	

<table>
<tr><td></td><td>과 이수 순환기술은 병행 추진이 바람직하며, 이에 기반하여 핵심1과제에서 추진되는 기자재 국산화 및 테스트베드 구축과 통합하여 장기 추진

○ 1단계
- 실시간 Hybrid 타입 방향 제어시스템(RSS) 기본 설계
- 다운홀 모터 기본 설계
- 방향제어 시스템 기타 주변장치 및 시스템 integration 설계
- 방향 제어 시스템 신뢰도 검증 연구

○ 2단계
- 실시간 Hybrid 타입 방향제어 시스템(RSS) 제작 및 성능 실험
- 다운홀 모터 및 터바인 설계, 제작 검증
- 방향제어시스템 기타 주변장치 및 시스템 integration
- 인증 준비 프레임 개발

○ 3단계
- 실시간 Hybrid 타입 방향제어시스템(RSS) 현장 실증
- 방향제어 시스템 기타 주변장치 및 시스템 integration
- 인증 획득

○ 방향성 추진체와 그 제어 기술개발을 통하여 방향성 시추 시스템의 원천 기술과 역량을 확보하고 실증 시험 테스트 베드를 구축하여 실증 시험 연구 인프라와 관련 산업의 산업 생태계 구축</td><td></td></tr>
<tr><td>소요재원 규모</td><td>○ 핵심기술 중심의 과제 우선추진
- 방향제어시스템 : 정부출연금 총150억원(6년)
- 이수순환시스템 : 정부출연금 총 100억원(6년)

○ 대규모 중장기 과제 단계별 추진방안 (1핵심 연계)
- 1단계 : 178억원(3년)
- 2단계 : 610억원(3년)
- 3단계 : 810억원(4년)</td><td></td></tr>
<tr><td>세부과제 우선순위</td><td><table><tr><td>2.1 방향성 추진체 및 제어기술</td><td>1</td></tr><tr><td>2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술</td><td>1</td></tr><tr><td>2.3 이수 혼합 공급 처리시스템</td><td>2</td></tr><tr><td>2.4 지중 내비게이션시스템 기술</td><td>3</td></tr></table></td><td></td></tr>
</table>

○ 핵심3과제 추진논리 및 우선순위

구분	주요 내용	비고
추진 필요성 (시장진입시기, 산업적 가치/효과, 전후방 연계 등)	○ 방향성 대심도 시추프로젝트의 경제성은 장비의 임대 및 서비스 비용이 매우 고가이기 때문에 최적의 장비제어 및 공사정보의 원활한 공유를 통해 최소의 공기가 만족되도록 수행되어야 함 ○ 또한, 드릴링공이 안정화 될 수 있는 최적의 경로 및 케이싱 설계가 도출되어야 함. 따라서 본 연구를 통해 최적의 장비제어인자를 산출하고 5D(3D+time+cost) 정보 시각화 기술 및 증강현실의 첨단 소프트웨어 IT기술을 응용하여 사용자에게 최적의 설계를 유도하고 유용한 시공 정보를 제공 및 관리할 수 있는 시스템을 개발할 예정임 ○ 최근 셰일가스 및 CCS 사업등으로 방향성 드릴링 시장의 규모가 매우 커졌으며, 수직드릴링에 비해 방향성 드릴링의 최적화 성능관리는 경제성과 매우 밀접히 연관되기 때문에 시장성이 매우 높음 ○ 또한 전 세계적으로 5D 및 증강현실기술을 대심도 시추정보화 연구에 접목한 사례가 없어 전 세계 최초의 기술이 될 것임	
타겟시장 규모	○ 석유 및 가스개발, 셰일가스개발, 지열발전 개발, 이산화탄소 지중화 사업 등의 시장규모는 2014년 기준 약 350조 ○ 이 가운데 순수 드릴링 비용은 약 200조를 형성하고 있음. 이중 약 1%의 서비스 구축 비용이 소요된다고 가정하였을 경우 약 2조원의 시장규모가 형성 될 것으로 예상됨	
수행주체의 역량	○ 수행주체(기업)는 “MW급 지열발전 상용화 기술개발”의 국가연구개발과제를 통해 이미 수직시추에 대한 많은 경험과 데이터를 확보하고 있음 ○ 또한, 시추성능을 예측하기 위한 시스템 개발을 수행하여 원천기술을 확보하였음	
추진방안	○ 기본방향: 해외 중고리그 도입 및 개조, 해외 현장 시공 및 응용 서비스 기술 개발 ○ 특징: 초기 리그 도입비가 크며, 재원 확보시 응용 서비스 기술 개발과 시스템/장비의 선행기술 확보가 가능함 ○ 1단계: 방향성 드릴링 공 최적 설계기술 및 정보화 체계 구축 ○ 2단계: 방향성 드릴링 최적 성능 예측 및 증강현실 기반 관리 기술 개발 ○ 3단계: 현장 테스트 베드 적용 및 시스템 업데이트	
소요재원 규모	○ 소규모 단기과제 우선추진	

<table>
<tr><td></td><td>- 드릴링 설계/시공 정보화 기술: 정부출연금 총45억원(3년)

○ 해외 드릴리그 도입 및 응용 서비스 기술 개발
- 1단계 : 470억원(3년)
- 2단계 : 100억원(3년)</td><td></td></tr>
<tr><td>세부과제 우선순위</td><td><table>
<tr><td>3.1 대상부지 지층정보 특성화/평가 기술</td><td>3</td></tr>
<tr><td>3.2 드릴링 설계/시공 정보화 관리기술</td><td>1</td></tr>
<tr><td>3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술</td><td>2</td></tr>
<tr><td>3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술</td><td>4</td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

○ 핵심4과제 추진논리 및 우선순위

구분	주요 내용	비고
추진 필요성 (시장진입시기, 산업적 가치/효과, 전후방 연계 등)	- 도심지 과밀화로 인한 지하공간 개발이 가속화 되고 있으나, 기존 현행 지하매설물에 대한 정확한 위치 파악이 어려워 선진화된 지하 파이프라인 기술 적용 한계가 있음 - 특히 비개착식 관망 시공 기술의 경우 기존 개착식 공법에 비해 **경제성과 사회적 손실을 최소화할 수 있는 장점**이 있으나, 국내 적용에 어려움을 겪고 있음 - **(산업적 가치)** 비개착 시공 분야는 선진국을 중심으로 지하 매설관 시공 및 유지관리 분야에 큰 시장을 형성하고 있으며, 최근에는 극한지 자원개발 및 중국 시장 확대로 저가의 중국 장비가 시장을 점유하고 있어 더 높은 기술 경쟁력과 시장 경쟁력이 요구되는 분야임 - 국내는 중소기업 주도로 비개착 굴착 장비 제작 및 시공 시장이 형성되어 왔으나, 장비 제작 부분은 중국에밀려 경쟁력을 상실한 상태이며, 해외 장비를 도입해 통신, 전력망 설치 부분에 일부 시공 시장이 형성되어 있음 - **(시급성)** 국내 지하 매설관의 80% 이상이 30년 이상된 노후화관으로 교체 및 갱생이 시급하며, 최근에는 씽크홀, 지반함몰 등의 사회적 문제를 야기하고 있어 이에 대한 대안기술이 시급한 상황이며, 해외 시장에서의 기술 경쟁력을 확보하고 신시장을 창출하기 위해도 비개착 시공 분야의 핵심기술을 국가주도로 확보할 필요가 있음 - **(전후방연계)** 비개착 시공분야에서 확보해야할 핵심기술인 굴착 환경 조사 및 방향성 굴착 제어 분야는 1~3핵심 분야로 연계 가능한 기술로 연계파급성이 클 것으로 판단	
타겟시장 규모	○ 향 후 20-25년 동안 지하 매설관 유지보수 시장의 규모는 미국에서만 약 $500 Billion으로 예상되며, 전 세계적으로 $23 Trillion 규모의 유지보수 시장이 형성될 것으로 기대됨(Booz Allen Hamilton) ○ 미국에서는 매일 700개소의 상수관이 파손되고 있으며, 해마다 0.5% 정도의 상수관이 교체되고 있음(AWWA) ○ 국내에서는 2015년도부터 전국 90개 지자체를 대상으로 20년 이상 노후 하수관 1만 2,000㎞를 대상으로 사업비 712억원을 투자하여 정밀조사를 실시할 예정이며, 장기적으로 4만 ㎞의 노후관을 대상으로 정비사업을 벌일 예정임	
수행주체의 역량	○ (산) 기업의 경우에 장비 국산화 제작은 가능한 수준	

<table>
<tr><td></td><td>이나 구성 기자재의 40% 이상 도입에 의존하고 현장 여건을 고려한 최적 시공법은 취약
○ (연)지하 굴착 및 제어, 지반 조사 분야의 전문기관으로 해당 핵심기술을 개발하기 위한 연구인프라를 구축하고 있음</td><td></td></tr>
<tr><td>추진방안</td><td>○ 기본방향: 도심이나 단지 지하에 관망을 비개착 방식으로 시공하는 장비를 우선 개발, 핵심1과제～핵심3과제와 분리하여 별도 연구단으로 추진하고 지반 탐사기술은 타 사업 성과를 활용하는 전략으로 추진, 노후 관거 파쇄 및 비개착 공법 추가 검토
○ 1단계(2년) : 비개착 기술의 활성화를 위한 탐사 기술 및 드릴 비트, Reamer 등의 핵심 장비를 우선적으로 개발하여 원천기술 개발
○ 2단계(2년) : 방향성 굴착 제어 기술 및 시공 시스템을 구축하여 비개착 시공의 기술 경쟁력 확보, 테스트베드 적용을 통해 실증
○ 3단계(2년) : 비개착 핵심 장비와 방향성 굴착 제어 기술을 1~3핵심 과제와 연계하여 후속 과제 추진
○ 2단계에서 완성된 시공 시스템의 원천기술을 활용하여 기존 관망을 확공하거나 교체하는 시스템을 구축
○ 비개착 기술을 활용한 지하 매설관의 시공 및 유지보수 장비 및 운용기술을 패키지화하여 해외시장 진출 시도</td><td></td></tr>
<tr><td>소요재원 규모</td><td>○ 핵심기술 우선추진
- 비개착 관망 시공장비: 정부출연금 총170억원(6년)

○ 비개착 시공 플랫폼 및 관망 연결기술 개발
- 1단계 : 130억원(3년)
- 2단계 : 180억원(3년)</td><td></td></tr>
<tr><td>세부과제 우선순위</td><td><table><tr><td>4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술</td><td>1</td></tr><tr><td>4.2 지층 탐사 및 평가장비기술</td><td>4</td></tr><tr><td>4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술</td><td>3</td></tr><tr><td>4.4 비개착 관망 재료 및 연결기술</td><td>2</td></tr></table></td><td></td></tr>
</table>

□ 핵심기술 중심의 단계화 시나리오 구성

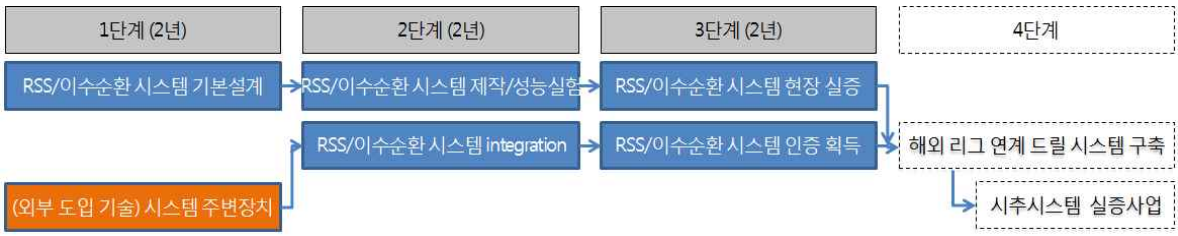
(시나리오 1안) 핵심 2과제 중 방향제어/이수순환 시스템을 연구단 규모로 우선 추진

○ 시나리오 구성 논리

- 드릴 시추시스템 핵심기술(방향제어, 이수제어) 중심의 개발 시나리오 구성
- 해외 중고리그에 개발기술 접목을 통한 시공서비스 기술 개발을 후속 추진
- 시추리그 통합 테스트베드 실증은 차기 후속 연계사업으로 추진

○ 소요재원 : 250억원(총 연구개발 기간 : 3단계 6년)

○ 연구개발 로드맵



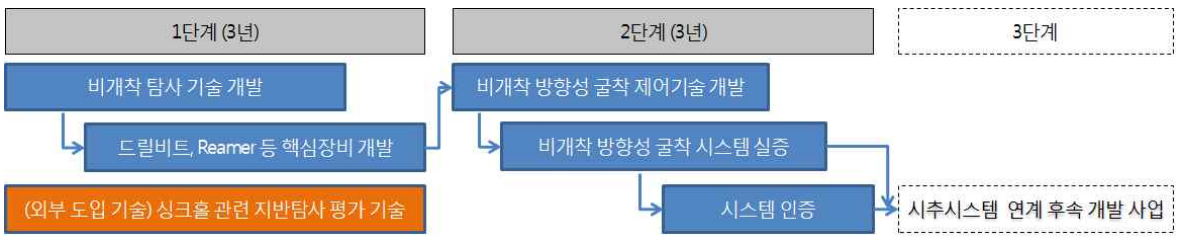
(시나리오 2안) 핵심 4과제(배개착식 관망 시공 시스템)를 연구단 규모로 분리 추진

○ 시나리오 구성 논리

- 도심, 단지, 지역 등에서 비개착 관망 시공 수요와 민원 등을 고려하여 별도 추진
- 노후 관거 비개착 시공법 등과 연계하여 통합 추진
- 지반 탐사 및 평가 기술 등은 싱크홀 관련 타 사업 추진성과를 활용(세부과제 제외)
- 연구성과 유·가스전 방향성 드릴 시스템 개발에 연계하여 후속 추진

○ 소요재원 : 290억원(총 연구개발 기간 : 2단계 6년)

○ 연구개발 로드맵



3.4 소요인력 산출 및 투입계획

가. 소요인력 산출

○ 기존 국토교통부 연구개발사업의 MY를 고려하되 단위과제는 플랜트연구사업의 과제 편제 특성을 반영

○ 연구책임자의 참여율은 30% 이상, 참여 연구원의 참여율은 20% 이상을 기준

○ 단계별, 기간별 특성을 고려하여 책임급, 선임급, 원급 인력투입을 1:3:2 기준으로 조정 투입

표 5.6 드릴시스템 개발사업 단계별 연 평균 소요인력 추정(MY)

핵심기술분야	추진과제(Project)	단기	중기	장기
1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	30	40	50
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	20	20	
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	20	20	
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	20	20	30
2. 방향제어/이수 순환시스템 기술	2.1 방향성 추진체 및 제어기술(MWD포함)	25	25	25
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	20	20	20
	2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	20	20	
	2.4 지중 내비게이션시스템 기술	20	20	20
3. 드릴링 경로 특성화 및 파쇄 자극기술	3.1 방향성 드릴링 부지특성화 및 평가기술	20	20	20
	3.2 방향성드릴링설계/시공/모니터링정보화 기술	20	20	15
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	20	20	15
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	20	20	15
4. 비개착 장거리 관망시공 플랫폼 기술	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	30	40	30
	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	20	20	15
	4.2 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	15	15	10
	4.3 비개착 관망 재료 및 연결기술	15	15	10

나. 소요인력 투입계획

○ 연차별 연구개발 이력과 노하우가 보존될 수 있도록 하며, 2단계에 시작품 제작 및 검증 등 본격적인 인력투입에 따라 참여인력을 증가

○ 대규모 통합기술과 실증분야 과제는 책임급 및 선임급 인력을 집중 투입하고, 단계 종료시기의 업무량을 고려하여 참여인력을 축소

○ 인건비 산출 기준

- 기획재정부의 2014년 학술연구용역 인건비 기준단가 준용

- 1개월을 22일로 하여 용역 참여율 50%로 산정한 것

1) 드릴링 시스템 통합설계 및 실증기술

추진과제(Project)		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	책임연구원	4	7	10	12	12	10	10
	연구원	8	15	16	18	18	18	20
	연구보조원	5	12	14	15	18	16	10
	보조원	3	8	8	9	8	7	
1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	책임연구원	2	4	6	4			
	연구원	6	8	10	8			
	연구보조원	2	6	10	6			
	보조원	3	3	4	3			
1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	책임연구원	2	4	6	4			
	연구원	6	8	10	8			
	연구보조원	2	6	10	6			
	보조원	3	3	4	3			
1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	책임연구원	1	2	6	6	6	6	6
	연구원	4	8	8	8	10	10	8
	연구보조원	2	4	6	6	6	6	6
	보조원	1	2	2	2	3	3	2
총계 (M/Y)		46	84	108	96	56	51	40

2) 드릴링 시스템 방향제어/이수순환시스템 기술

추진과제(Project)		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.1 방향성 추진체 및 제어기술	책임연구원	2	4	6	6	8	8	6
	연구원	3	6	10	10	10	10	10
	연구보조원	3	6	8	8	8	8	8
	보조원	1	2	2	2	2	2	2
2.2 이수 순환 모니터링 및 제어 기술	책임연구원	2	3	4	4	4	4	4
	연구원	2	5	8	8	8	8	8
	연구보조원	1	2	4	4	6	6	4
	보조원		1	1	1	2	2	1
2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	책임연구원	2	3	4	3			
	연구원	3	5	8	5			
	연구보조원	3	5	6	5			
	보조원	1	3	3	3			
2.4 지중 내비게이션 시스템 기술	책임연구원	2	4	4	6	4		
	연구원	4	8	8	12	8		
	연구보조원	2	4	4	6	4		
	보조원	1	3	3	4	3		
총계 (M/Y)		23	45	64	59	48	48	43

3) 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술

추진과제(Project)		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가기술	책임연구원	1	2	3	3	4	4	3
	연구원	2	4	6	6	8	8	6
	연구보조원	1	2	3	3	4	4	3
	보조원	1	1	2	2	3	3	2
3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술	책임연구원	2	3	3	4	3		
	연구원	2	6	6	10	6		
	연구보조원	2	3	3	4	3		
	보조원	1	2	2	3	2		
3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층, 평가기술	책임연구원	2	4	4	6	4		
	연구원	4	8	8	12	8		
	연구보조원	2	4	4	6	4		
	보조원	1	3	3	4	3		
3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	책임연구원	3	6	6	10	6		
	연구원	6	12	12	16	12		
	연구보조원	3	6	6	10	6		
	보조원	2	4	4	6	4		
총계 (M/Y)		21	42	47	63	52	19	14

4) 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술

추진과제(Project)		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
4.1 비개착 관망 시공 시스템 기술	책임연구원	4	8	9	12	8		
	연구원	8	18	12	18	18		
	연구보조원	6	10	8	12	10		
	보조원	2	3	3	8	3		
4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	책임연구원	2	4	4	6	4		
	연구원	3	6	6	9	6		
	연구보조원	2	4	4	6	4		
	보조원	1	2	2	4	2		
4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	책임연구원	2	4	4	6	4		
	연구원	4	8	6	8	8		
	연구보조원	2	4	4	6	4		
	보조원	1	3	1	4	3		
4.4 비개착 관망 재료 및 연결기술	책임연구원	2	3	3	5	3		
	연구원	2	5	5	8	5		
	연구보조원	2	4	4	5	4		
	보조원	1	3	3	3	3		
총계 (M/Y)		37	74	63	99	74	0	0

4. 연구시설·장비 구축 활용방안

4.1 테스트베드 구축·활용방안

가. 테스트베드 구축의 타당성

□ 테스트베드의 정의

국토교통연구개발사업 사업단과제 관리지침 제1장 총칙, 제2조(정의) 7항에 의하면, “테스트베드”라 함은 대형기술의 실용화 및 사업화를 목적으로 검증된 기술, 서비스, 장비 등을 사업협력기관과 협력하여 시범적으로 현장에 적용하는 것을 말함

○ 본 사업단에서 개발기술의 실증적 검증을 위하여 데릭과 호이스트, 유틸리티 등을 포함한 적정 규모의 드릴리그 플랫폼(drill rig platform) 위에 회전, 자동화 파이프 조작, 방향성 추진 및 이수순환, 지층 정보 모니터링 등 개발 시스템을 탑재하여 완성품으로 “다목적 방향성 드릴 시스템” 테스트베드를 설계 및 구축

○ 소재・기자재의 국산화 실현을 위해 부분적으로 파일럿(pilot) 시험이 완료된 국산 시작품을 모듈(module) 형태로 적용하여 평가할 수 있도록 구성

○ 각 모듈별로 측정 및 계측을 할 수 있는 모니터링 시스템과 저장 및 분석장치를 구비하여 Data 축적 및 평가

□ 테스트베드의 기술적 필요성

○ “다목적 방향성 드릴 시스템” 기술이 글로벌 상류시장에서 경쟁력을 가지고 보급되기 위해서는 현장에서 실증실적을 확보하는 것이 가장 중요함

* 개발형 플랜트사업은 ① 탐사・개발・생산 ② 수송 ③ 정제 ④ 공급으로 나눌 수 있는데, ① 부문을 상류(upstream), ② 부문을 중류(midstream), ③ 부문 이후는 하류(downstream)으로 구분하는데 상류부분의 부가가치가 높음

○ 사업기간 7년의 기술개발을 통하여 해외시장에서 상용급으로 경쟁력을 확보하기 위해서는 일반적으로 탐사·시공거리가 4 km (수직 2 km, 경사 2 km) 이상 확보를 하여야 함

○ 막대한 비용이 들어가는 테스트베드는 향후 프로젝트 수주를 통해 이윤을 창출이

가능한 범위 내에서 투자가 이루어져야 하며, 다방면의 기반기술이 필요한 시범적 성격을 가짐

○ 보수적인 자원개발 시장에서 시스템이나 기술의 적용 실적이나 참여 실적이 없는 경우에는 기술을 인정받기 어려우며, 실질적으로 발주처 입장에서는 대규모 투자비용이 들어가는 프로젝트에 실적과 경험이 없는 업체를 선정하기 어려움

○ 이상과 같은 배경에서 실질적인 드릴링 산업의 육성을 위한 테스트베드 구축은 기술개발과 동시에 병행하여 추진하여야 하며, 주요 논리는 다음과 같음

- 기술 개발과 이의 사업화를 위한 연구가 동시에 추진되어 각 분야의 기반 및 핵심기술을 습득하고 그 결과물을 공유함으로 시너지효과를 극대화할 수 있음
- 궁극적으로는 테스트베드 운영과 그 운영 결과를 통해 기반 및 핵심기술이 검증(실증)되고, 최적화되어 개발 완료 시점에서 순수 국내 기술만으로 바로 실 사업 진출이 가능한 사업모델을 구축할 수 있음
- 방향성 드릴 시스템은 국내에서 설계 및 제작한 경험이 전무하고 향후 탐사·개발 사업 진출 시, Track Record가 확보되지 않은 상태에서 탐사·개발 상류 시장 진출은 현실적으로 많은 어려움이 존재함
- 방향성 드릴 시스템 기술의 입증을 위해서 테스트베드를 설계 및 구축하는 과정에서 개발 기술의 성능과 완성도를 확인할 수 있으며, 이 과정을 거쳐서 여러 가지 알려지지 않았던 다양한 설계 인자들의 영향을 획득하여 운영 서비스 기술을 향상시키고 종합적인 솔루션을 확보할 수 있음

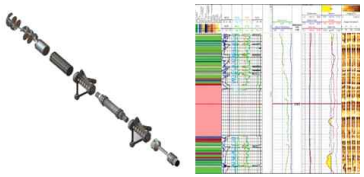
나. 테스트베드 구성 시나리오

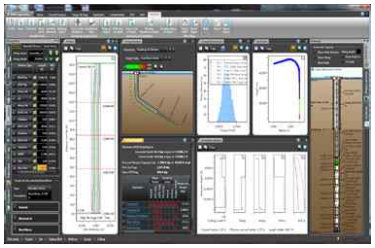
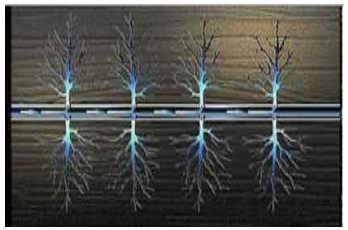
□ 테스트베드 구성 요건

○ 테스트베드는 각 핵심과제에서 개발된 기술의 실증 및 실용화가 추진되도록 하여야 하며, 테스트베드는 방향성 드릴링 시스템 자립기술 확립을 위한 실증시범시설로서 개발되는 기술의 상용급 완성도를 유도할 수 있어야 함

○ 또한 개발되는 핵심 기자재 및 설비의 국산화 기술 및 관련 기반 원천기술에 대한 현장 적용성을 검증할 수 있는 기능을 보유하여야 하고, 단순한 현장 시설이 아닌 다양한 실험이 가능한 플랫폼(platform) 설비로 구축되어야 함

표 5.7 테스트베드의 기본조건 및 구성

항목		기본조건	비고
다기능 탑재실험 리그 플랫폼		다양한 개발모듈 탑재가 가능한 플랫폼 성격의 실험설비로 기능을 보유	드릴리그 프레임에 데릭, 호이스트, 회전장치 등을 구비하고 유틸리티 등을 포함한 시스템으로서 개조를 통하여 개발기술모듈을 탑재가 가능하도록 함
드릴 경로 추진 및 제어모듈		핵심2과제에서 개발될 기술과 시스템으로서 지층 절삭 및 방향성 추진제어, 각종 센서를 탑재	실험리그 플랫폼에 파이프 스트링 선단과 체결하여 탑재되며, 제어기능은 중앙센터로 연결
이수순환 및 제어모듈		핵심2과제에서 개발될 기술로서 드릴공 내에 이수순환 및 제어를 통하여 안정적이고 효율적인 드릴링 운전	실험리그 플랫폼에 파이프 스트링을 통하여 이수를 공급, 드릴 파이프와 드릴공 간극을 통하여 회수하는 방식으로 기능 구현, 제어기능은 중앙센터로 연결
드릴링 다운홀 검층·분석모듈		핵심3과제의 기술로서 드릴링중 파이프 선단에 연결된 드릴 추진체에 탑재하는 형식과 드릴링 정지중 공내를 자율적으로 탐사할 수 있는 자동화 로봇의 검층 성능을 평가하기위하여 다양한 심도 및 형상에서의 시험 필요	자동화 탐사로봇의 경우, 심도를 점진적으로 증가시키면서 단계적으로 테스트 수행 필요 분석결과는 X-ray CT를 활용한 시추커팅의 특성화 데이터와 비교하여 정밀도 개선

드릴링 정보화기반 통합 성능관리 기술		핵심3과제의 소프트웨어기반 드릴링 성능 최적화 관리기술로서 적용시 주변의 드릴링공과의 성능비교를 통해 성능을 평가	인접지역 유사한 조건의 드릴링데이터와 관리 소프트웨어 적용 후의 성능비교 수행 (최소 Doublet 시공이 진행되는 지열발전 시추현장 적합)
지층 파쇄· 유동화 모듈		핵심3과제의 지정된 지점에서 주변의 지층에 미세 균열을 유발하는 모듈로서 지열발전, 셰일가스 개발 등의 지층 파쇄 프로젝트 현장을 섭외하여 평가	실험리그 플랫폼에 파이프 스트링 선단에 연결된 추진체를 통하여 마이크로 진동을 유발. 모듈의 성능을 평가하기 위하여 본 파쇄기술의 적용이 가능한 현장에 적용
인허가사항		해외현장 인허가사항	국가별 기존 유가스전 인허가사항을 준용
		국내현장 인허가사항	국내 인허가사항을 준용
테스트베드 부지	 	해외현장은 유가스전을 보유한 동남아 및 중앙아시아 국가를 대상	실증의 기능목적(천공, 다종의 정보취득, 평가 등)을 완벽하게 홍보·파급효과가 큼
		국내현장은 탐사·개발계획부지이나 하천 부지 등을 대상	실증의 기능목적에서 다양성이 축소됨 비개착식 관망 시공 플랫폼(HDD) 실증에 적용

□ 테스트베드 추진 시나리오

○ 테스트베드 추진방식 검토

구축방식	장단점 특징 분석	비고
(제1안) 자체 제작 및 구축	<구성> 드릴 리그 플랫폼, 방향성 추진체, 이수 혼합 공급 시스템, 파이프 핸들링 및 회전 시스템, 검층장비, 모니터링 및 정보화 관리 시스템 등의 소모성 도구(파이프, 비트 등)를 제외한 모든 시스템 자체제작 <비용> 500~600억 원 추정 <소요기간> 6년 (설계, 제작, 설치/탑재, 실험) <운용방식> 국내 기술력 및 인력 위주의 운용 주도권 확보 일부부문 국외 드릴링 엔지니어 활용 (드릴링 리스크 저감) <리스크요인> 리그 플랫폼 및 기자재에 대한 국내 설계 및 제작 기술력 부진에 따른 시행착오 발생(비용 및 기간 증가) <장단점 결론> 자체개발 장비 탑재, 순수 국내 기술력을 통한 구축으로 상용화 및 운용이 수월하고, 국내의 기술력을 크게 향상시켜 파급효과가 크나 낮은 설계 및 제작경험을 극복해야 하는 리스크가 비교적 큼	
(제2안) 중고 및 개조구축	<구성> 리그 플랫폼 및 주요 기자재를 구입하여 본 연구의 목적(드릴링 다목적화, 효율화)을 위한 개선 모듈 장착, 혹은 개조를 통한 구축 <비용> 433억 원 추정 <소요기간> 4년 6개월(개조, 설치/탑재, 실험) <운용방식> 최초 국외의 장비 제어인력 및 엔지니어 주도 운용. 운용 주도권 확보를 위한 숙련된 교육 필요 <리스크요인> 국외의 도입장비에 의지한 개선 모듈 개발로 개발 내용의 적용성 및 확장성이 결여 될 수 있음 국내 의지에 따른 상업화 전략 수행이 어려움 <장단점 결론> 장비개발의 연구개발 위험요소가 크게 저감될 수 있으나, 부분적 국산화 기술력 확보를 통한 상업화 및 운용상의 해외의존도가 지속될 것으로 사료됨	

○ 구축방식별 세부추진사항 검토

- 다음 그림은 드릴링 리그 플랫폼을 구성하는 기본 개념도에 대한 내용이며, 표는 드릴링 작업에 소요되는 모든 소요 도구, 장비, 인력을 체계화한 내용임

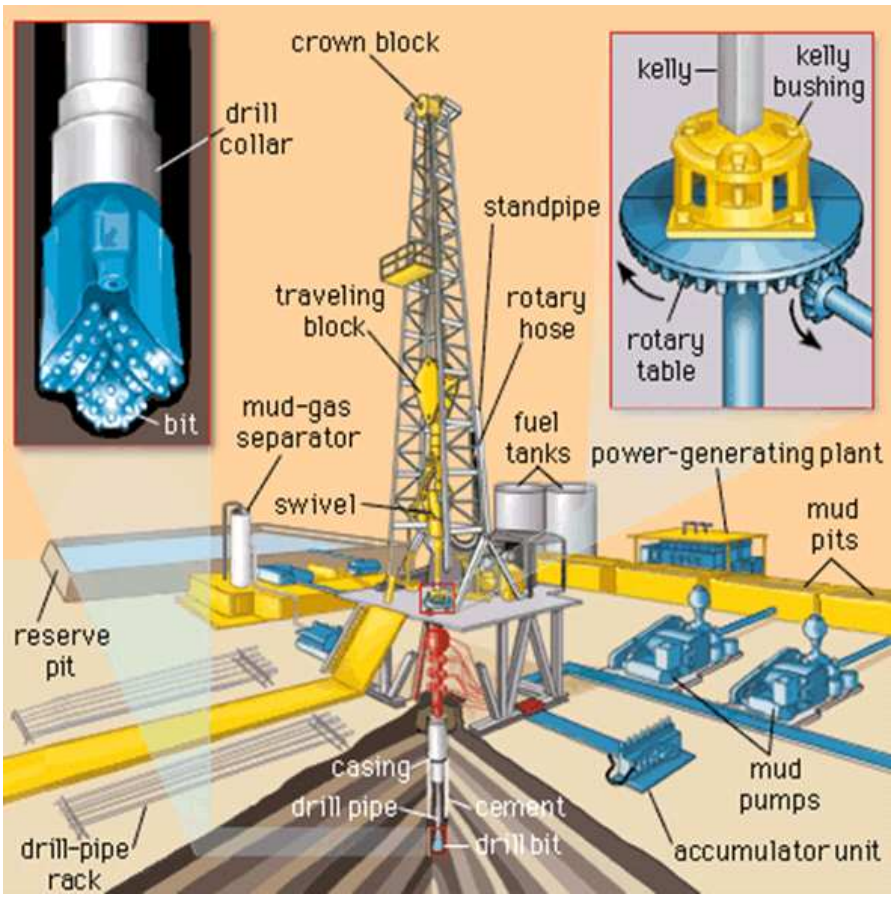


그림 5.17 Rotary Rig 구성도(Encyclopedia Britannica. Inc, 2012)

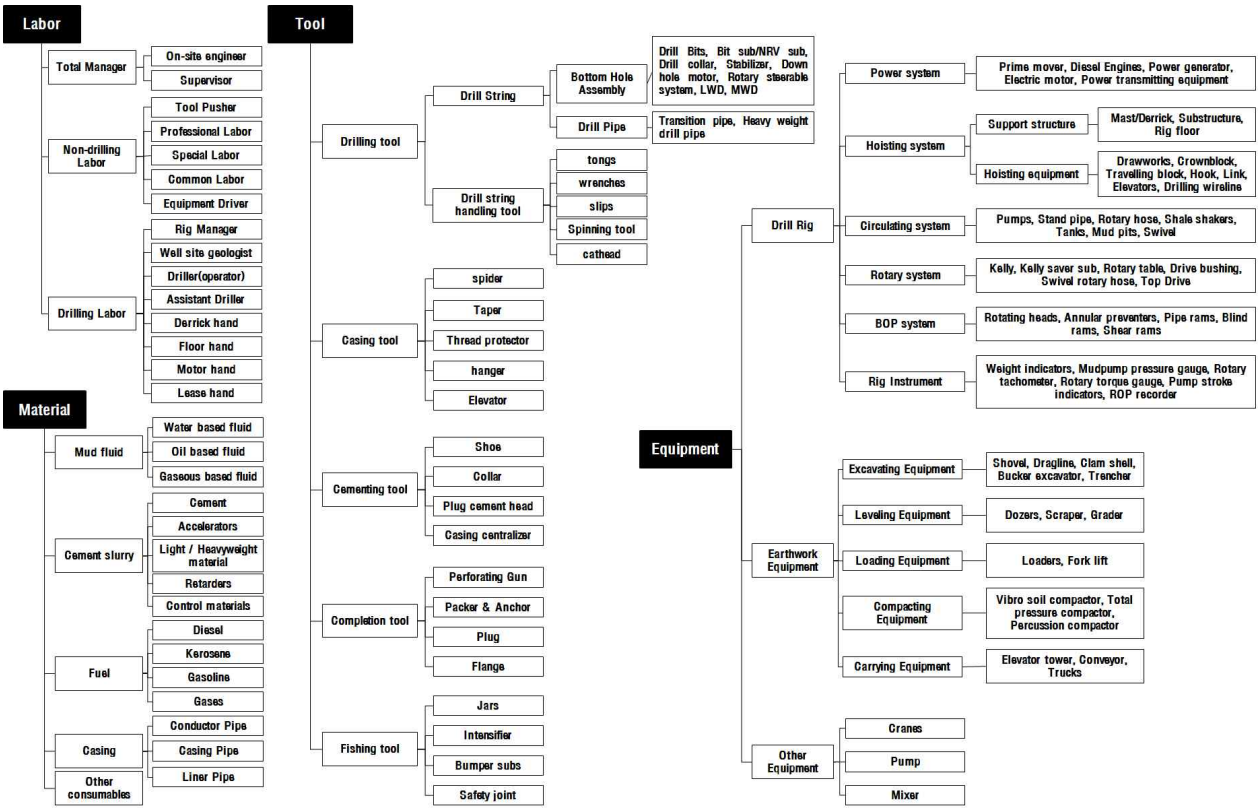


그림 5.18 드릴링 작업에 필요한 자원분류 및 체계화

- 드릴링 리그는 크게 Power system, Hoisting system, Circulating system, Rotary system, BOP system 등으로 구분되며 드릴 파이프 및 BHA와 같은 도구가 활용됨

- 드릴링에 활용되는 도구는 대부분 구매 및 렌탈 서비스로 공사가 수행되므로 데릭을 포함한 드릴링 리그 플랫폼의 자체제작 또는 중고를 활용한 개조가 수행됨

- 또한, 각 세부의 연구계획에 따른 성능개조형 세부 모듈의 구축 및 통합이 고려됨

○ 제1안: 자체 제작 및 구축방안

- 드릴링 리그의 세부 파트 중 자체 제작은 Mast +crown block, Top drive, drawworks, drilling control system(driller console) 등으로 구분 할 수 있음

- Mast는 드릴링 라인이 부담하는 하중을 모두 부담하므로 충분한 안전율을 계산하여 구조적 설계를 수행하여 제작할 예정

- 장비의 생산성 향상을 위하여 드릴 파이프의 인양 및 조립을 자동화 할 수 있는 시스템으로 업그레이드하기 위한 세부 모듈을 구축할 것임

- Drawworks, Top Drive와 같은 동력 발생 장치는 충분한 힘을 발휘할 수 있도록 마력을 설계하고, Rotary Table 방식과 Top drive 방식을 모두 고려하여 보다 효율적인 방법의 드릴링 방식을 채택할 예정임

- 검층 장비는 기존의 와이어라인 검층방식을 탈피하여 극한환경에 적용할 수 있는 자율이동형 무선 검층로봇을 개발할 것임

○ 제2안: 중고 개조 구축방안

- 중고 드릴링 리그 플랫폼을 구매하여 개조하는 방식을 위해서 본 연구의 목표인 심도 5Km에 적용할 수 있는 리그를 구매하여 장비의 생산성을 향상 시킬수 있는 모듈을 개발 및 적용할 예정임

- 특히, 드릴링 리그와 함께 드릴링 성능을 최적화 할 수 있는 시추제어인자 최적화 소프트웨어를 개발하여 적용할 것임

- 장비의 성능개선과 밀접한 부분인 동력장치 및 파이프 자동화 결합 모듈을 개발하여 업데이트 할 목표에 있음

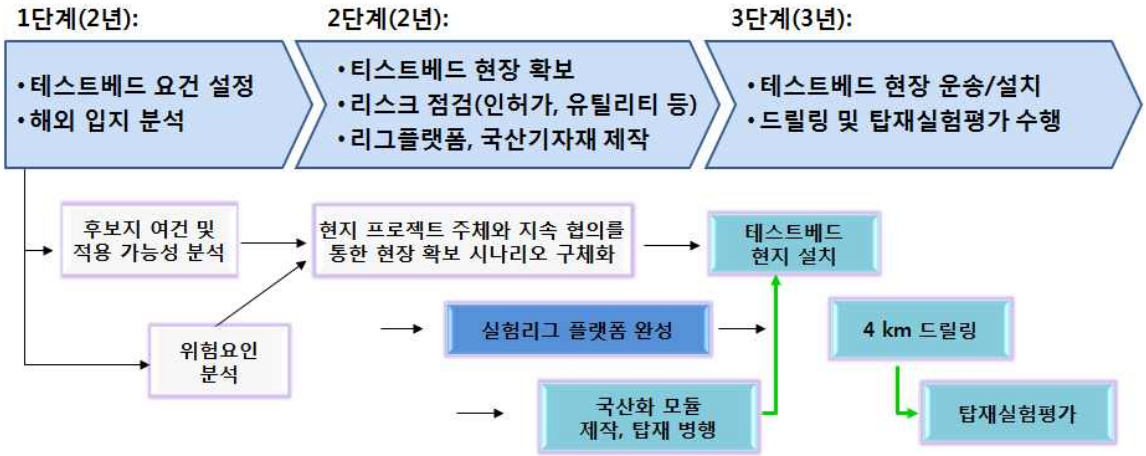
- 자동화 리그 운전이 가능한 드릴러 콘솔을 개발하여 탑재 할 계획에 있음

○ 테스트베드 추진일정

- 1~2차년도에 테스트베드 요건을 확립하고 유가스전을 보유한 동남아 및 중앙아시아 국가를 대상으로 입지 모색
- 1~2단계에 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보
- 3단계 현장 적용을 통한 자체 실험평가 수행

핵심추진일정	**● 1~4차년도: 부지확정** **● 3~4차년도: 실험리그 플랫폼 도입 및 제작 완성** **● 5~7차년도: 현장 설치 및 개발모듈 탑재실험**

○ 테스트베드 추진을 위한 단계별 고려사항



○ 테스트베드 입지를 체계적인 확보하기 위해서는 해당지역 관할기관이나 사업기관과 협력네트워크를 적극 활용

- 이는 국가간 무역협력(유·가스 수입 등)이나 기관간 양해각서(MOU) 등을 통하여 접진적인 협력관계를 모색 필요
- 공동연구개발사업, 공사, 민간기업 등이 진출한 지역의 현행 프로젝트, 인적 네트웍을 활용한 접근이 현실적임
- 동남아시아 및 중앙아시아의 경우에 실제 ODA사업 등과 연관이 많아 MOU 체결을 위한 접촉창구는 확보되어 있는 것으로 분석됨
- 테스트베드 후보지별 유관기관을 참조

다. 테스트베드 입지 시나리오

□ 해외 현장에 적용하는 방안

○ 드릴링 테스트베드(test-bed)는 국내 하천부지, 우리 정부나 국내 기업의 지분을 보유한 해외 유가스전, 유가스전을 보유한 국가에 적용을 고려할 수 있음

○ 드릴링 시스템은 자산의 이동이 가능한 설비이므로 해외 사업기간이 종료되면 국내로 반입하여 종합적인 연구시설로 운용이 가능함

○ 가능한 해외 유가스전 입지를 확보하여 종합적인 실험과 평가가 가능하도록 추진이 바람직함. 향후 신규시장 창출이 가능한 방향(저개발 산유국과 공동구축 등)으로 구축 필요

- 선진국이 선점한 자원개발 시장에서는 신규기술의 진입장벽이 높은 관계로 아직까지 시장현성이 덜 되었거나 기술력이 부족한 저개발자원부국을 대상으로 틈새시장을 발굴해야 함. 이를 위해 개발 장비의 현장운영 테스트베드는 이들 국가 중에서 선택하여 구축하는 것이 바람직함

○ 각 국의 인허가 문제, 사회적, 문화적 요소를 사전에 고려한 검토가 수행되어야 하며, 개발 연구플랫폼 적용에 대한 관리/운영적 측면에서 시행착오를 최소화하기 위한 드릴링 작업자의 사전교육을 충분히 수행하여야 함

○ 사업시작 후 지속적으로 후보지에 대한 조사 및 협의, 입지에 따른 영향인자 분석을 통하여 3단계 실증 추진을 위한 리스크 최소화가 필요함

- 테스트베드용 실험리그 플랫폼에 대한 해상 및 육상운송 방식을 고려한 사전 경로 파악, 선적 및 하역, 현장이송에 따른 문제점 분석을 병행
- 후보지별 위험도 분석 및 평가를 통한 최종 테스트 베드 지역 선정
- 현장 실증 시나리오 검토

* 유전을 보유한 국가의 기업과 공동 연구개발을 통해서 실증하는 방안 (중국 흥화 사례 - 국내 개발 기술의 시험평가)
* 해외 자원개발 업체가 진출한 지역에서 실증시험 평가: 해당국가 및 관계 기업의 승인과 유틸리티 협력 등이 필요
* 국내 기업이 자원개발관련 지분을 가진 유가스전에서 실증시험 평가: 해당국가 및 관계 기업의 승인과 유틸리티 협력 등이 필요

□ 테스트베드 후보지 검토

○ 동남아 및 중앙아의 저개발자원부국의 경우 전통 석유가스자원 뿐 아니라 셰일가스 및 석탄층가스 등 비전통자원의 매장량이 풍부한 반면, 자원개발을 위한 항구, 도로, 및 유가스 수송 파이프라인 등 자원플랜 시설등 인프라와 다목적 방향성 드릴링 시스템 등 자원개발관련 장비개발 기술력이 부족하여 독자적으로 개발이 어려운 실정임

○ 반면, 우리나라의 경우 자원이 부족한 반면, IT, 기계 및 제어와 수처리 기술 등 자원플랜트 기술이 발달 되어있는 바, 이들 국가와 국제 공동연구를 수행함으로써 우리나라의 경우 자원개발 플랜트 수출이 가능하고, 저개발자원부국의 경우 경제적 자원개발이 가능함

○ 미래석유자원 전략지역 유망성 분석 및 정보화 사업(2015. 1. 1 - 2017. 12. 3): 지질자원연구원 주도로 동남아 산유국 13개 CCOP국 (중국, 일본, 인니, 태국, 미얀마, 캄보디아, 베트남, 말레이시아, 한국, 필리핀, 동티모르) Shale gas 분리 정보화 사업추진 중이며, 태국이나 미얀마 등 동남아 국가 중 Shale gas 생산 pilot 실증 연구수행 예정

(1) 중앙아시아 지역 중소형 유가스전

○ 키르기스스탄 석유가스공사 (MOGE ; Myanmar Oil & gas Energy)

- 분지 : 키르기스스탄 Fergana 분지
- 유전명 : Maillisu 광구
- 운영사 : 키르기네프트가스사
- 특징 : 페르가나분지는 키르기스스탄에서 우즈베키스탄에 이르는 2개국에 걸쳐 위치한 석유분지로 개발된 장비를 활용성이 높아 테스트베드로 활용하기에 가장 적합한 지역임



그림 5.19 키르기스스탄 페르가나분지 내 마일리수 광구 위치도

(2) 동남아 산유국 탐사·개발 계획인 유전

○ 인도네시아 PERTAMINA(인도네시아석유공사)

- 분지 : 인도네시아 슈마트라 지역
- 유전명 : Meruap 광구
- 운영사 : Samudra Energy Ltd.
- 특징 : 인도네시아 슈마트라지역은 인도네시아에서 육상유전이 많이 존재하여 개발된 장비를 이용하여 시추서비스 사업을 진행할 수 있는 시추 시장이 커 테스트베드로 활용하기에 적합한 지역임



그림 5.20 인도네시아 메루압 필드 위치도

○ 미얀마 석유가스공사 (MOGE ; Myanmar Oil & gas Energy)

- 분지 : 미얀마 Central 분지
- 유전명 : Samaing 광구
- 운영사 : Black Dragon Energy
- 특징 : 미얀마 Central 분지는 미얀마 내에서 육상유전이 가장 만이 존재하여 석유개발과 관련된 장비의 검증/홍보를 위한 테스트베드로 가장 적합한 지역임



그림 5.21 미얀마 Samaing 광구 위치도

(3) 필리핀 지열발전 개발 계획

- ㈜넥스지오에서는 2011.10.19. - 2012.02.18.까지 필리핀지역의 지열발전 타당성 조사를 수행하고 현지 지열업체 협의를 통해 5개의 유망후보지(Biliran, Daklan, Mt. Natib, Mabini, Montelago area)를 선정하여 재평가를 수행하였음. Biliran은 시추/탐사과정 중에 있고, 모두 개발 이전단계이며 외부의 투자자를 모집중임.



그림 5.22 필리핀 지열발전 개발유망 5개 지역

- ㈜넥스지오는 EGS(Enhanced Geothermal System)방식의 고도의 지열발전 개발

기술을 2015년까지 확보하여 해당 기술력을 바탕으로 필리핀 현지업체와 합작회사를 구성하여 사업추진을 도모하고 있음

- 이를 위하여 ㈜넥스지오는 지열전문업체 FEDS와 기술협약을 추진중에 있으며, 필리핀 정부 EGS 방식을 이용한 R&D도 계획하고 있음

- 해당 프로젝트의 추진이 결정되면, 본 연구를 통해 개발된 시추장비 및 수압파쇄 기술의 적용 및 실증연구가 가능할 것으로 판단됨

□ 국내 현장에 적용하는 방안

○ 참여기관중 제작사를 중심으로 현장 적용이나 운송이나 인허가 등이 용이하나 국제적으로 인정받기에는 부족한 측면이 있음

○ 장기적인 사업여건을 고려하여 예산 차질 등 변수를 고려하여 대안으로 검토가 필요하며, 비개착식 관망 시공 플랫폼의 경우에 국내 적용을 통한 파급효과 제고가 비용대비 효과 측면에서 바람직함

○ 테스트 베드 구축 후보지 검토

* 국내 관로매설이나 지층 정보 탐사 계획이 수립된 지역
* 하천 하상이나 지열원 이용 프로젝트와 연계

라. 테스트베드 구축 소요예산 검토

○ 소요예산(1안)

- 테스트베드 구축 : 총 483억원
- 재원구성 : 국비 360억원(75%), 민간 투자 123억원(25%)

* 1핵심, 2핵심, 3핵심에서 개발한 탑재실험모듈 103억원을 포함
* 프레임, 데릭, 운영체제 등 자체 개발품의 제작 활용 증가

- 연차별 사업비

구분	계	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
합계	483	-	15	80	105	108	95	80
국비	360	-	10	60	80	80	70	60
민자	123	-	5	20	25	28	25	20

○ 소요예산(2안)

- 테스트베드 구축 : 총 433억원
- 재원구성 : 국비 320억원(75%), 민간 투자 113억원(25%)

* 1핵심, 2핵심, 3핵심에서 개발한 탑재실험모듈 73억원을 포함

- 연차별 사업비

구분	계	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
합계	433	-	-	68	95	95	95	80
국비	320	-	-	50	70	70	70	60
민자	113	-	-	18	25	25	25	20

○ 테스트베드 사업비 산정근거(개략 견적 별첨)

- **수직형 드릴 리그(중국제 중고설비) 도입 및 현장 적용사례를 분석**: 지열평가용 3 km 시추실적이 있음(넥스지오)
- 데릭 등 리그 플랫폼 개조, 현지 운송 및 설치비를 반영
- 4 km 드릴링 비용을 반영
- 개발모듈 탑재실험 비용을 반영

○ 시추 실증과제 예산(안)

(1안)

항 목	예산금액	비고
드릴리그 설계/제작	17,000,000,000원	자체 개발제작품 증가
운반비용	1,000,000,000원	동남아 지역
시 추 공	10,950,000,000원	4km시추
테스트비용	12,050,000,000원	
합 계	41,000,000,000원	

- 연구시설 장비 및 재료비

구 분	항 목	내 역	금액(천원)	비고
연구 장비	리그 설계/제작	drilling rig	17,000,000	Max. 5000m depth
	운반-설치비	장비 (해외)운반 및 설치비	1,000,000	
재료비	4km시추	Drilling Bit	400,000	
	4km시추	Drill pipe	900,000	
	4km시추	BHA	450,000	drill color, x-over, HWDP, 각종 sub 등
	4km시추	Casing	800,000	Liner 및 liner hanger 포함
	4km시추	wellhead equipment	100,000	
	4km시추	Cement(Class G)	150,000	
	4km시추	Additive material for cementing	80,000	
	4km시추	Mud Material	350,000	
	4km시추	Inspection	70,000	Casing, drill pipe, drilling tool 등
	4km시추	시추장비 운전비용	1,200,000	경유 기준
	4km시추	유류비	100,000	
	4km시추	장비사용료	200,000	크레인, 지게차, 백호 등
	4km시추	현장재료비	200,000	Spare part 및 기타 오일류
	4km시추	폐기물처리비	500,000	cutting, waste mud, 건설폐기물 등
	4km시추	Drilling tool 임대비	100,000	Drilling jar, Stabilizer, Shock tool 등
	4km시추	통관비	500,000	통관 수수료, 관세(물품구입, 임대) 등
	Test	테스트베드 조성비용	1,500,000	해외 엔지니어 현장 숙소 포함
	Test	MWD, Mud motor(임대)	1,200,000	여분 포함
	Test	LWD(임대)	1,000,000	여분 포함
	Test	용수 사용료	80,000	시추, hyreo-fracturing
	Test	현장시험비	200,000	
	Test	실내 시험,분석비	100,000	해외기관 포함
	Test	장비운반비	420,000	해상, 육상 운반(구매, 임대장비)
	Test	화약류 수입	50,000	
	Test	Wireline unit(full set) 임대	2,000,000	
	Test	Fracturing additives	200,000	
	Test	Perforation 장비 임대	500,000	
합계			31,350,000	

- 연구활동비

구 분	항 목	내 역	금액(천원)	비고
연구 활동비		국외여비(책임급)		현장교육 및 선진기술도입
		국외여비(선임급)		현장교육 및 선진기술도입
		국외여비(원급)		현장교육 및 선진기술도입
	4km시추	Supervising service	700,000	
	4km시추	Drilling service	1,600,000	
	4km시추	Mud engineer serivce	450,000	
	4km시추	Mud logging	450,000	Mud logging unit-sensor 포함
	4km시추	Cementing service	600,000	cementing 장비 포함
	4km시추	Directional drilling service	800,000	MWD-LWD-Mud motor 별도
	Test	hydro-fracturing service	3,000,000	design 및 검수 포함
	Test	Wireline service	1,500,000	밀도,공경,온도,이미지,SP,감마, 소닉 등
	Test	Coring, water sampling service	300,000	
		학회 세미나 참가비		
		프린터용지		
		전산소모품		
		인쇄/복사비		
		공공요금 및 수수료		통관세 포함
		문헌구입비		
합계			9,400,000	

- 연구과제추진비

구 분	항 목	내 역	금액(천원)	비고
연구과제 추진비		국내여비		
		사무용품		
		회의비		
		식대		
	4km시추	현장운영비	250,000	국내외 엔지니어 현장 체제비 등
합계			250,000	

(2안)

항 목	예산금액	비고
드릴리그 개조	12,000,000,000원	중국제품
운반비용	1,000,000,000원	동남아 지역
시 추 공	10,950,000,000원	4km시추
테스트비용	12,050,000,000원	
합 계	36,000,000,000원	

- 연구시설 장비 및 재료비

구 분	항 목	내 역	금액(천원)	비고
연구 장비	리그 개조	drilling rig	12,000,000	Max. 5000m depth
	운반설치비	장비 (해외)운반 및 설치비	1,000,000	
재료비	4km시추	Drilling Bit	400,000	
	4km시추	Drill pipe	900,000	
	4km시추	BHA	450,000	drill color, x-over, HWDP, 각종 sub 등
	4km시추	Casing	800,000	Liner 및 liner hanger 포함
	4km시추	wellhead equipment	100,000	
	4km시추	Cement(Class G)	150,000	
	4km시추	Additive material for cementing	80,000	
	4km시추	Mud Material	350,000	
	4km시추	Inspection	70,000	Casing, drill pipe, drilling tool 등
	4km시추	시추장비 운전비용	1,200,000	경유 기준
	4km시추	유류비	100,000	
	4km시추	장비사용료	200,000	크레인, 지게차, 백호 등
	4km시추	현장재료비	200,000	Spare part 및 기타 오일류
	4km시추	폐기물처리비	500,000	cutting, waste mud, 건설폐기물 등
	4km시추	Drilling tool 임대비	100,000	Drilling jar, Stabilizer, Shock tool 등
	4km시추	통관비	500,000	통관 수수료, 관세(물품구입, 임대) 등
	Test	테스트베드 조성비용	1,500,000	해외 엔지니어 현장 숙소 포함
	Test	MWD, Mud motor(임대)	1,200,000	여분 포함
	Test	LWD(임대)	1,000,000	여분 포함
	Test	용수 사용료	80,000	시추, hyreo-fracturing
	Test	현장시험비	200,000	
	Test	실내 시험,분석비	100,000	해외기관 포함
	Test	장비운반비	420,000	해상, 육상 운반(구매, 임대장비)
	Test	화약류 수입	50,000	
	Test	Wireline unit(full set) 임대	2,000,000	
	Test	Fracturing additives	200,000	
	Test	Perforation 장비 임대	500,000	
합계			26,350,000	

- 연구활동비

구 분	항 목	내 역	금액(천원)	비고
연구 활동비		국외여비(책임급)		현장교육 및 선진기술도입
		국외여비(선임급)		현장교육 및 선진기술도입
		국외여비(원급)		현장교육 및 선진기술도입
	4km시추	Supervising service	700,000	
	4km시추	Drilling service	1,600,000	
	4km시추	Mud engineer serivce	450,000	
	4km시추	Mud logging	450,000	Mud logging unit-sensor 포함
	4km시추	Cementing service	600,000	cementing 장비 포함
	4km시추	Directional drilling service	800,000	MWD-LWD-Mud motor 별도
	Test	hydro-fracturing service	3,000,000	design 및 검수 포함
	Test	Wireline service	1,500,000	밀도,공경,온도,이미지,SP,감마, 소닉 등
	Test	Coring, water sampling service	300,000	
		학회 세미나 참가비		
		프린터용지		
		전산소모품		
		인쇄/복사비		
		공공요금 및 수수료		통관세 포함
		문헌구입비		
합계			9,400,000	

- 연구과제추진비

구 분	항 목	내 역	금액(천원)	비고
연구과제 추진비		국내여비		
		사무용품		
		회의비		
		식대		
	4km시추	현장운영비	250,000	국내외 엔지니어 현장 체제비 등
합계			250,000	

마. 사후활용계획

○ 국내 반입을 통하여 파생기술, 원천기술, 운영기술 검증을 위한 연구시설 구축

- 경쟁기술, 선도기술 등 연구결과의 검증
- 연구과제가 종료된 후 테스트베드는 모듈별 장비개발이나 시추시스템 운영 기술 확보나 교육을 위해 활용

○ 드릴링 시스템 및 기자재, 부품 시험 및 인증 등 연구개발 클러스터의 핵심시설로 활용하여 산업 생태계 활성화

- 중소·중견기업 등 새로운 개발 제품이나 기자재를 탑재하여 성능을 평가
- 이수물질, 센서 및 운영제어시스템, 비트, 방향제어 추진체 등 개발을 위한 시험 인증체계 및 절차를 확립하여 공인사업 추진
- 해외사업 추진시 기술적 애로를 실증적으로 해소

○ 성공적인 개발사례로 성과 홍보관 운영

- 국내외 전문가, 일반인을 대상으로 성공적인 개발사례로 홍보
- 운영체험, 훈련시스템으로 활용

4.2 연구시설·장비 구축 및 활용방안

장비 번호	장비명	제작사	모델명	주요 사양	주요 용도	설치 예정 지역	단가 (백만 원)	수량	금액 (백만 원)	비고
1	응력부식균열시험기 SERT (Slow Extension Rate Test)	일신오토클레이브	SERT (Slow Extension Rate Test) - 1 ton	장비 구성 - 최대 하중 : 1 ton - 최대 온도 : 360 ℃ - 최대 압력 : 5 000 psi - 작동 전압 : 220V 단상 - 용기 용량 : 1 gallon(3.78 liter)	- 재료의 기계적 특징 중에서 고온•고압의 부식 조건하에서의 인장에 대한 특성을 측정 - 부식이 발생하는 금속 재료에 사용하고, 응력부식 균열 테스트를 통하여 고온에서의 금속 강도, 강성, 인성 및 내성 등을 파악		100	1	100	

2	내마모성 시험평가 장비 Erosion Flow Loop Test	우진 시스템	-	주요사양 - 슬러리(이수+Oil+암편) 유동 순환에 의한 파이프 재료의 마모(침식-부식)량 측정 시스템 - 슬러리 순환 시스템	- 유체 및 슬러리(이수+Oil+암편)에 의한 파이프라인 및 각종 소재의 침식에 대한 영향을 파악		200	1	200	
3	고속회류수조 High Speed Water Tunnel	광성텍	-		- 고속 유체흐름에서 각종 유체시험, 즉 마찰저항, 점성저항, 난류시험, 경계층 시험, 표면부식시험, 페인트 침식 시험 등이며 특히 유체공학해석 기초연구에 사용		150	1	150	
4	저온 챔버 만능재료시험기 Electromechanical Universal Test Systems	경성 시험기	-	장비 구성 - 최대 하중 : 30 ton(300 kN) - 온도 : (-70~50)℃ - 챔버내부 크기 : 50×50×100cm(W×D×H) - 사용전원 : 220V 3P 60Hz	- 극한환경에서의 소재의 기계적인 특성(인장강도, 압축강도)을 파악		100	1	100	

5	심해환경모사용 유체유동가시화 시스템 Flow loop System	넥스탑 (주)	-	장비구성 - 압력 베셀 상부 덮개, 기밀유지 Seal, 압력유체 발생장치, 압력유체 이송장치, 유체저장탱크와 압력, 유량, 온도측정용 계측기기 및 이들을 제어하는 제어기기로 구성 주요사양 - 상부덮개의 최대 사용 압력은 600Bar, 압력베셀 내부의 Pipe 내압 조절범위는 50~200Bar, 유체이송 속도는 내경 2인치 기준 1~3m/sec의 범위 내에서 조절이 가능하며, 유량/압력/온도 정보를 취득할 수 있음 - 심해환경모사용 초고압챔버를 활용하여 심해 6,000m 환경을 조성하고, Upper Closer에 Pipe를 장착하여 Flow Loop 최대압력 200bar의 압력유체를 발생시키고 연속적으로 이송하여 유량/압력/온도 정보를 취득 및 파이프 거동을 시험	- 심해환경모사용 초고압챔버를 활용한 해양플랜트 Subsea용 유체 이송시스템 - 심해저 수심 6,000m 환경에서 최대압력 200bar의 압력유체를 발생시키고 연속적으로 이송하는 시험 시스템		200	1	200	

6	펌프 수력 성능 Test System Pump hydraulic test loop	일진 정공	PHP001	장비구성 - 물 저장조, 펌프 입구 압력센서, 펌프 출구압력센서, 토크미터 유량계, 회전수 측정기 등으로 구성 - 펌프 용량은 30~700m3/hr	- 실환경 펌프 내구성 수명시험, Water Hammer-ring 및 비정상 운전조건의 Cavitation 발생시의 내구성 검증		293	1	293	
7	CT 장비 Dual energy Spiral CT	SIEMENS	SOMATOM Definition Flash	- Dual Enery(70, 80, 100, 120, 140 kV step) - Generator power : 200kW - Dual Detector(Stellar detector) - Isotropic resolution : 0.33mm - Cross-plane resolution : 0.30mm - Table 허용 부하 : 307kg - rotation time : 0.28s - Max scan speed : 458mm/s with Flash spiral - 관류 관찰 가능 - ADMIRE2기본탑재(Advanced modeled iterative rexonstrction), iMAR(Metal artifact removal)	- 시추코어 특성화 - 시추커팅 특성화 - 수압파쇄 메카니즘 규명 및 성능 평가 - 시추 설계 및 시공인자 산정 기술 개발		3000	1	3000	

8	유압 펌프 성능 시험 Hydro pump perfomance test bench	금아 유압	KA-08-01-02	주요사양 - 모터 : 300kW - 회전수 : 1600rpm - 통과유량 : 750lpm - 사용압력 : 300bar - 압력조정 : 비례제어밸브 - 구동축 형식 : DIN5480 W55x2x30x26x9g - 펌프 압력 제어 : 0~2A	- 고용량 펌프 테스트 장비로서, 선박엔진에서 연료 승압 및 배기밸브 작동용 오일 공급 펌프 시험장비 - 원하는 회전수에서 압력을 조정하여 토출 유량 및 압력, 맥동등을 측정		239	1	239	
9	극저온밸브시험리그 Cryogenic Valve Test Rig	㈜ 정우 이엔이	-	장비구성 - 메인전원판넬, 액체질소탱크, 기화기모듈, 저장탱크, 소형 극저온 챔버, 대형 극저온 챔버, 가스 조절기, 압력공급용 가스 집합 장치대, 극저온 이송펌프, 극저온 이송펌프 제어반, 크레인, 회전형 지그 주요사양 - Test cryojecni storage tank 6800 m3 Pressure 1.0 MPa - Pressure buil-up regulator,	- 액화 질소를 이용하여 다양한 크기(1인치~8인치)의 극저온용 밸브에 대해 실시간 압력, 온도, 유속 등을 측정함과 동시에 유량을 측정 및 기본 성능 테		630	1	630	

				Pressure bull-up vaporizer 100m3/HR - Temp. : -196℃ - Size of test valve : 1″ ~ 8″	스트 수행 가능한 장비					
10	진동측정장비 VMAS(Vibration Measurement & Analysis System	Bruel& kjaer	3160-A-042	장치구성 - Front panel, Lan-XI Module, PC Software	- 진동현상의 물리량(변위, 속도, 가속도)과 소음 현상의 물리량(압력변동)을 측정센서를 이용하여 진동/소음 신호의 시간이력 데이터와 푸리에 주파수 분석을 통한 스팩트럼 데이터를 취득		39	1	39	

11	누설/내압 시험기 Valve Leakage and Internal Press Tester	제철 에프에이	-	장치구성 - High pressure Air Compress, Tank 및 Temp. Controller, 데이터 처리 시스템, 내압 반복(진동)시험	- 밸브누설 및 내압 반복(진동)시험으로 실시간 모니터링을 통해 상태진단		63	1	63	
12	착저형 콘관입시험기 Cone Penetration Testing System	두배 시스템	DPUT-2000-3500-15M	장치구성 - MAIN SYSTEM : 1EA - Suction Device - 기울기 센서시스템 - Main Power Cable : 1EA - Rs-232 Control Cable Reel - 휴즈(250V2A)2개 - (Controller 8) 조립용 치공구 세트 주요사양 - 입력전원 : AC 380V/3상/ 60Hz - 최대내압규격 : 수심 50M 이상 - 최소직경 : 2,000mm 최대직경 : 3,500mm - 중량 : 수중 5 ton/min - 진단유효깊이 : 15M/ max	- 지반의 전단강도 측정을 위한 장비. 지표면에서 12m~15m 조사 - 수심 50m 까지 사용 가능(확장 가능). 천층구역의 해저 착저상태에서 압입동작을 통하여 지반을 시험하기 위한 장치로서 조사수심 50M 이내의 천층에서 압입최대 15M 압입시험이 가능		132	1	132	

5. 성과활용 및 실용화 방안

5.1 성과활용 및 확산계획

가. 성과 활용방안

○ 시장, 기술성, 사업성 정밀 분석을 통한 사업화 가능성 제고

- 사업계획상 **사업단 체계/추진·운영 전략(통합기술, catch phrase, 대표성과 등)**을 구체화하고 관리기준/방법을 국가R&D 가이드라인 등을 고려하여 확립
- 수행과제별 **타겟시장, 개발위치, 사업성 등**에 관한 **이해**가 요구되며, 특히 제안된 핵심기술별 **선행연구흐름과 기술수준, 심층 특허**에 대한 **조사·분석**은 **기본**적임

※ 기술·사업성: 제안기술별 타겟시장, 연관·선행기술/심층특허, 기술성(목표, 성능, 예상성과 등), 추진방법, 실용화/사업화(기술실시 등★) 등에 관한 사항

○ 수요자 중심의 개발을 통한 실용성 확보

- 국내·외 자원개발 업체를 중심으로 기술 설명회를 개최, 피드백을 통하여 시장 지향 연구성과 도출
- 개발 기술의 국제인증 획득을 통하여 실용성 및 신뢰성 확보하고 정례적인 성과 발표회를 통하여 인지도 제고

○ 인력양성 및 기술개발 결과 확산 노력

- 원천기술 분야에서 대학의 적극적인 참여를 유도함으로써 전문 인력 양성 효과 극대화
- 원천기술의 경우 관련 학회 특별세션 및 논문게재를 통해 기술 파급

○ 드릴 시스템 및 기자재, 서비스사업으로 사업화 진출

- 기술이전 및 실시계약 활성화를 통한 사업화 기반 마련
- 드릴시스템 기자재 및 부품 설계 및 제작 역량 향상을 통하여 국내 및 매출 신장
- 자체 개발 드릴시스템과 실증 데이터를 토대로 해외 유가스전 탐사·개발 서비스 시장 진출

표 5.8 세부과제별 성과 활용방안

핵심기술분야	추진과제(Project)	성과물	수요처	활용방안
1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술(산, 연)	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	<유형> 시스템, 장비 <명칭> 테스트베드, 통합설계집	<주체> 엔지니어링사, 기자재 제작사, 중공업사, 연구소 <예시> 세화(주), 싸이트로닉, 한진D&B, 대우조선해양 등	-기자재 및 시스템 국산화를 통한 수출사업화 -탐사·개발 서비스사업 진출
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	<유형> 시스템, 장비 <명칭> 붐데릭, 호이스트	<주체> 기자재 제작사, 중공업사 <예시> 협성철광, 광신기계, 세화(주), 태광중공업	-기자재 및 시스템 국산화를 통한 수출 사업화
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	<유형> 시스템, 장비 <명칭> 파이프자동화시스템, 파이프 회전장치	<주체> 기자재 제작사, 중공업사 <예시> 전진엔텍, 세화(주), 스틸플라워, 밸칸	-기자재 및 시스템 수출 사업화
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	<유형> 시스템, 공법/기법 <명칭> 운영시뮬레이터, 사업관리체계	<주체> 건설, 엔지니어링사, 기술서비스사, 연구소 <예시> 넥스지오, 세화(주), 미래인더스	-시스템 운용 및 탐사·개발 서비스 사업 진출
2. 방향제어/이수순환시스템 기술(연, 산)	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	<유형> 시스템, 장비, 공법 <명칭> 방향제어추진체, 제어기법	<주체> 엔지니어링사, 기자재 제작사, 연구소 <예시> 넥스지오, 화영(주), 협성철광, 한진D&B	-독자기술 확보 및 기자재 보급 사업화 -탐사·개발 서비스사업 진출
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	<유형> 시스템, 장비 <명칭> 모니터링시스템, 이수제어유닛	<주체> 기자재 제작사, 엔지니어링사 <예시> 이엔테크, 협성철광, 극동일렉콤, 한국에너재료	-독자기술 확보 및 기자재 보급 사업화 -탐사·개발 서비스사업 진출

	2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	<유형> 시스템, 장비 <명칭> 이수 혼합공급장비	<주체> 기자재 제작사, 엔지니어링사 <예시> 이엔테크, 극동일렉콤, ㈜하도	-기자재 및 시스템 국산화를 통한 수출 사업화
	2.4 지중 내비게이션시스템 기술	<유형> 시스템, 장비, 기법 <명칭> 내비알고리즘, 내비게이션시스템	<주체> ICT 업체, 소재업체 <예시> 미래인더스, ㈜코벨	-독자기술 확보 및 기자재 보급 사업화 -탐사·개발 서비스사업 진출
3. 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술(연, 산)	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술	<유형> 공법/기법, 장비 <명칭> 검층기법, 스캐닝장비	<주체> 엔지니어링사, 서비스업체, 연구소 <예시> 스카이에너지서비스, 넥스지오, 에너지홀딩스	-독자기술 확보 및 탐사·개발 서비스사업 진출
	3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술	<유형> 시스템, 기법 <명칭> 경로최적화기법, 모니터링시스템	<주체> 시스템업체, 서비스업체 <예시> 싸이트로닉, 한국에너재료, 에너지홀딩스	-독자기술 및 솔루션 확보를 통한 해외 수출사업화
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	<유형> 시스템, 기법 <명칭> 다운홀 원격검층 로봇, 해석기법	<주체> 서비스사, 기자재사 <예시> 골든엔지니어링, 넥스지오, ㈜하도, 밸칸, 에너지홀딩스	-독자기술 및 시스템, 솔루션 확보를 통한 해외 수출사업화
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	<유형> 시스템, 공법 <명칭> 파쇄유닛, 파쇄공법	<주체> 기자재 제작사, 엔지니어링사, 건설사 <예시> 골든엔지니어링, 넥스지오	-독자기술 및 솔루션 확보를 통한 해외 수출사업화
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술(산, 연)	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	<유형> 시스템, 장비 <명칭> 관망 시공장비, 운영시스템	<주체> 기자재 제작사, 중공업사, 서비스사 <예시> 프로몰, 비어스, 한진 D&B	-비개착 공법 시공장비 보급 -기자재 및 시스템 수출 사업화

	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	<유형> 장비, 기법 <명칭> 지층탐사장비, 진단기법	<주체> 기자재 제작사, 서비스사 <예시> ㈜하도, 밸칸	-기자재 및 시스템 국산화를 통한 수출 사업화
	4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	<유형> 장비, 공법 <명칭> 관로 확공장비, 확공법	<주체> 건설사, 엔지니어링사, 연구소 <예시> 비어스, 웰텍, 성일앤케어, 창신인터내셔날 등	-국내 도시단지의 비개착 시공 안정성 제고
	4.4 비개착 관망재료 및 연결기술	<유형> 재료, 장치, 공법 <명칭> 장수명 재료, 관연결장치, 연결공법	<주체> 기자재 제작사, 연구소, 엔지니어링사 <예시> 한특이피, 성일엔케어, 스틸플라원, 덕원이앤티, 디케이락 등	-비개착 공법 시공장비 보급 -기자재 및 시스템 수출 사업화

나. 성과 확산방안

- 본 연구를 통하여 개발된 성과(드릴리그, 핵심 기자재 및 장치, 프로그램 및 솔루션, 시공·운영서비스 기술 등)는 개별 또는 드릴리그에 통합되어 국내·외 시장에 접목이 가능한 분야임
- 성과 유형별 기술이전, 기술실시 등을 통하여 국내·외 현장적용, 실용화 및 사업화 추진
  - · 드릴 시스템 테스트베드 ⇒ 시장수요가 증가하고 있는 방향성 드릴 시스템으로 테스트베드 실증을 통한 국내·외 인지도 제고 및 홍보, 교육시설로 활용 ⇒ 해외 신규 드릴 시스템 수요, 특히 중소형 유가스전을 보유한 국가를 대상으로 적극적인 국제협력 및 마켓팅 대응
  - · 핵심기자재 및 장치 ⇒ 기가재의 경우에 해외 장벽으로는 TBT(기술무역장벽)가 있으며, 테스트베드 실증 및 국제호환규격 인증 등을 적극 추진하여 신규 드릴 시스템과 유지보수 수요에 적극적으로 대응
  - · 운영 및 훈련시뮬레이터(응용 프로그램 및 솔루션 포함) ⇒ 국내 ICT 기술과 연구개발을 통하여 축적된 알고리즘 및 실증 데이터를 이용하여 신뢰성과 사용성이 담보된 제품을 확보하고, 초기 단계에서 국내인력의 교육 및 훈련을 통한 인력양성, 중기적으로 해외 유가스전 개발사업 시장에서 점유율 확보가 가능
  - · 시공 및 운영서비스 기술 ⇒ 드릴 시스템과 통합운영 시뮬레이터, 검층기법 및 평가시스템, 지층 파쇄 및 유동성 향상 기술 등을 활용하여 해외 유가스전에서 탐사 및 개발을 위한 지층정보 파악, 분석, 평가 등에 관한 가치사슬과 타겟시장이 큼. 대규모 유가스전은 대부분 Shell, BP, Chevron, ExxonMobil, Total 등 거대 글로벌 기업에서 카르텔을 형성하고 있음. 타겟 시장 진출위해서는 동남아 및 중앙아시아 등 지에 산재에 중소형 유가스전을 보유한 국가와 국제협력, 공동연구 등을 통하여 테스트베드 실증, 공동자원 탐사 및 개발 등을 적극 추진
  - · 비개착식 관망 시공시스템 및 관망연결공법 ⇒ 국내·외 밀집된 도시단지나 개착이 용이하지 않은 극한환경의 비개착 시공분야에 적용이 가능함. 현재 장비 자체는 저가의 중국산이 시장 점유율을 높이고 있으나 신뢰성과 품질, 시공법, 관망소재 및 연결공법, 지층 안정화공법 등에 있어 기술적 차별화가 가능함. ⇒ 점증하고 있는 국내 상하수관로 비개착 시공, 노후관로 갱생 시공 등에 적용하요 실적과 경험을 축적하여 해외 시장 진출을 추진

- 개발기술을 활용하여 연관기술과 타산업으로 파급을 통한 산업의 전후방 연관 시너지를 제고하고 산업 생태계 활성화 방안으로 활용
  - · 방향설 드릴링 기술은 지하 환경오염방지, 조선해양기자재, 교육·훈련, 신기술 및 장비 검증(테스트베드 실증), 중장비 설계 및 제작 등에 연계성을 가지고 있음
  - · 세계 개발프로젝트 중·상류부분에서 요구하는 자원 탐사 및 개발, 저장, 이송 등에 관한 시공 및 운영서비스, 엔지니어링 등 전방산업에 접근이 가능하며, 국내적으로 기자재 및 시스템, ICT 솔루션, 인력양성 등 후방산업과 연계파급효과가 큼
  - · 드릴 시스템과 기자재, 서비스 가치사슬을 연계하여 국내외 산업생태계를 활성화하고 수출사업화 등 시너지 창출

5.2 사업화 방안

가. 문제점 및 장애요인 분석

○ “다목적 방향성 드릴 시스템” 기술이 글로벌 상류시장에서 경쟁력을 가지고 보급되기 위해서는 현장에서 실증실적을 확보하는 것이 가장 중요함

* 개발형 플랜트사업은 ① 탐사・개발・생산 ② 수송 ③ 정제 ④ 공급으로 나눌 수 있는데, ① 부문을 상류(upstream), ② 부문을 중류(midstream), ③ 부문 이후는 하류(downstream)으로 구분하는데 상류부분의 부가가치가 높음

○ 사업기간 7년의 기술개발을 통하여 해외시장에서 상용급으로 경쟁력을 확보하기 위해서는 일반적으로 탐사·시공거리가 4 km (수직 2 km, 경사 2 km) 이상 확보를 하여야 함

○ 막대한 비용이 들어가는 테스트베드는 향후 프로젝트 수주를 통해 이윤을 창출이 가능한 범위 내에서 투자가 이루어져야 하며, 다방면의 기반기술이 필요한 시범적 성격을 가짐

○ 보수적인 자원개발 시장에서 시스템이나 기술의 적용 실적이나 참여 실적이 없는 경우에는 기술을 인정받기 어려우며, 실질적으로 발주처 입장에서는 대규모 투자비용이 들어가는 프로젝트에 실적과 경험이 없는 업체를 선정하기 어려움

○ 이상과 같은 배경에서 실질적인 드릴링 산업의 육성을 위한 테스트베드 구축은 기술개발과 동시에 병행하여 추진하여야 하며, 주요 논리는 다음과 같음

- 기술 개발과 이의 사업화를 위한 연구가 동시에 추진되어 각 분야의 기반 및 핵심기술을 습득하고 그 결과물을 공유함으로 시너지효과를 극대화할 수 있음
- 궁극적으로는 테스트베드 운영과 그 운영 결과를 통해 기반 및 핵심기술이 검증(실증)되고, 최적화되어 개발 완료 시점에서 순수 국내 기술만으로 바로 실 사업 진출이 가능한 사업모델을 구축할 수 있음
- 방향성 드릴 시스템은 국내에서 설계 및 제작한 경험이 전무하고 향후 탐사·개발 사업 진출 시, Track Record가 확보되지 않은 상태에서 탐사·개발 상류 시장 진출은 현실적으로 많은 어려움이 존재함
- 방향성 드릴 시스템 기술의 입증을 위해서 테스트베드를 설계 및 구축하는 과정에서 개발 기술의 성능과 완성도를 확인할 수 있으며, 이 과정을 거쳐서 여러 가지 알려지지 않았던 다양한 설계 인자들의 영향을 획득하여 운영 서비스 기술을 향상시키고 종합적인 솔루션을 확보할 수 있음

나. 국내 대표기업 역량 및 국외 경쟁기업 분석

핵심기술분야	추진과제(Project)	국내 대표기업 역량				국외 경쟁기업/기관
		기업명	인력	매출	역량/기술수준	
1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술(산, 연)	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	세화(주) 한진디엔비(주)	135명 90명	742억원 189억	중/70% 중/60%	기관명 : Honeywell 규모 : 인력 132,000명, 매출 390,000억
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	엔케이 선일계전	200명 12명	2,200억 41억	중/75% 하/40%	기관명: 흥화 특징: 연간 150리그 생산능력보유
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	삼보건설기계 석진금속	25명 44명	180억 161억	중/50% 중/30%	Aker MH, NOV
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	대우조선해양(주)	13,298명	140,800억	상/80%	NOV Aker MH
2. 방향제어/이수순환시스템 기술(연, 산)	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	㈜싸이트로닉 ㈜칸	6명 300명	5억 1000억원	중/60% 중/70%	Rockwell Automation
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	㈜성일엔케어 신호산기 ㈜전진엔텍	83명 11명 82명	230억원 49억 181억	중/60% 하/30% 중/40%	기관명: Sunnda corporation 특징: 육상드릴링장비개발
	2.3 이수 혼합 공급처리시스템	강림중공업 금강	352명 70명	909억 450억	중/65% 중/50%	GN Solids Control
	2.4 지중 비게이션시스템 기술	㈜싸이트로닉	6명	5억	중/60%	Rockwell Automation
3. 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술(연, 산)	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술	(주)태영 건설 ㈜부마CE	59명 48명	81억 150억원	하/30% 중/50%	schlumberger
	3.2 방향성드릴링	한진디엔비(주)	90명	189억	중/60%	schlumberger

	설계/시공 정보화 관리기술	디케이락(주)	250명	546억원	중/55%	
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	㈜넥스지오	30명	50억원	중/35%	schlumberger
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	(주) 피디티이엔씨	8명	22억	중/40%	schlumberger
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술(산, 연)	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	㈜데스코	30명	43억원	중/70%	기관명 : Vermeer 규모 : 인원 3,000명 이상 / 60개국 대리점 특징 : 농업 및 산업장비 생산 제조 전문기업으로 1990년대부터 최근까지 비개착 시공장비 제조 분야의 핵심 기술들을 보유한 기업
	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	㈜소암컨설턴트	45명	500억원	중/75%	기관명 : Digital Control Incorporated 규모 : 미국기업, 유럽, 중국, 러시아 등 대형 비개착 시장에 진출 특징 : HDD 위치 탐지 관련 시장 점유율 50% 이상
	4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	창신인터내셔날주식회사	40명	200억원	중/75%	
	4.4 비개착 관망재료 및 연결기술	프로몰엔지니어링	20명	36억원	상/중/하 80%	기관명: TT Technologies 규모: 1.5억불 특징: Pipe bursting, ramming, HDD 등 세계 최고의 기술력 보유 Prime Drilling HDD drill rig, Aurora III

다. 사업화 전략

○ (대기업, 중소기업, 연구기관, 대학 win-win 전략) 대기업이 지닌 마케팅 역량과 연구기관 및 대학의 기술을 접목하여 중소기업의 성공적이고 안정적인 기술개발을 추진토록 하는 Value-chain 구성형 사업체계를 운영함으로써 시너지 효과를 창출함

- 기술이전 및 실시계약 활성화를 통한 사업화 기반을 마련하고 드릴 시스템 및 기자재, 서비스사업으로 사업화 진출 모색

- 원천기술 분야에서 대학의 적극적인 참여를 유도함으로써 전문 인력 양성 효과 극대화(원천기술의 경우 관련 학회 특별세션 및 논문게재를 통해 기술 파급)

- 현재 조선해상산업 중심으로 일부 기자재에 대한 개발 OEM 공급 등이 이루어지고 있으나 육상 드릴시스템의 개발을 통하여 산업 생태계 저변 확장 가능

○ (Pilot 프로젝트 수행) 핵심기술의 성과물에 대한 적용 사례(Track-record) 확보를 위하여 적용 가능한 실 프로젝트 또는 기술적으로 동등한 효과를 가지는 Pilot 프로젝트에 개발 기술을 적용할 수 있도록 관련기관(한국가스공사, 한국석유공사)과 협업체계 구축을 통한 지속적인 기술 자립화 추진 및 사업화 기반 확보

- 한국가스공사는 아프리카, 인도, 동남아, 중동 등에서 가스개발사업에 투자 중이며 캐나다 및 북극권에서 지분참여 및 개발생산 중. 한국석유공사는 24개국 59개 석유개발 프로젝트에 참여

- 해외 드릴링 시장은 철저한 경제성과 신뢰성이 중요하며, 적용실적에 대한 검증을 통하여 진출이 가능함 ⇒ 해외 테스트베드 추진

○ 1단계에는 요소 기술 및 기반을 구축하고, 2단계에는 핵심 기술을 개발하며 3단계에는 개발 기술의 검증 및 실증을 진행함

○ 방향성 추진체와 그 제어 기술개발 및 이수 순환 제어와 공급, 지중 내 비게이션 관련 원천 기술과 역량을 확보하고 실증 시험 테스트 베드를 구축하여 실증 시험 연구 인프라와 관련 산업의 생태계 구축

- 1단계 : 설계 기술 이전 및 기술실시를 통하여 국내·외 현장적용 및 실용화·사업화 추진

- 2단계 : 방향성 추진체와 제어기술의 핵심 기술(RSS, 다운홀모터) 및 이수 순환 제어와 공급 기술, 지중 내비게이션 관련 원천 기술에 대한 연구 내용을 활용하여 외부기관 제공을 목적으로 하는 인력양성 사업화 추진

- 3단계 : 확보된 실증 시험이 가능한 테스트베드와 제품 실증 연구시설 및 시험 분야 기술 활용을 통한 사업화 추진

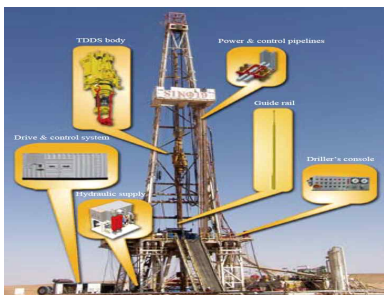
○ 실증 기술 확보를 통하여 자원 개발 장비 및 서비스 시장 경쟁력을 확보할 것이며 개발 기술의 라이센스화를 통하여 해외 비즈니스 모델 창출 기여

- 핵심 기술의 비즈니스 모델 수립을 통한 신규 시장 창조

- 개발기술을 활용한 연관 기술의 발전과 타 산업으로의 파급을 통한 산업 전후방 연관 산업 시너지 효과 제고

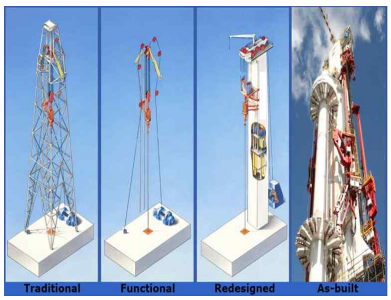
- 기술 이전 및 실시계약 활성화를 통한 사업화 기반 구축

- 자체 개발 드릴시스템과 실증 데이터를 토대로 해외 유가스전 탐사·개발 서비스 시장 진출



<1단계(1-2차)>

방향성 시추시스템 핵심 모듈



<2단계(3-4차)>

붐데릭 및 파이프 핸들링 시스템

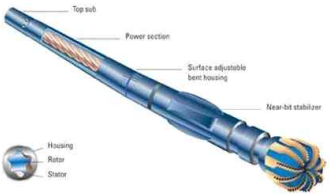
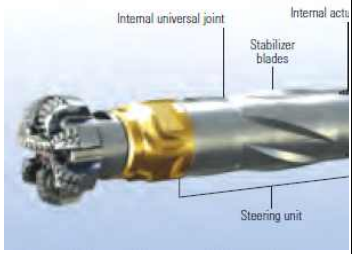
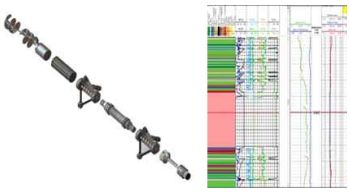
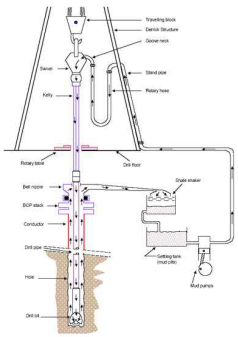
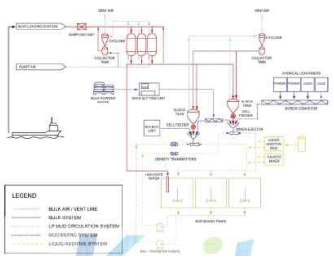
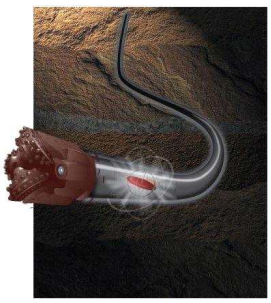
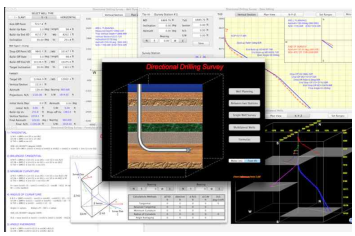


<3단계(5-7차)>

드릴링 시스템 Pilot 모듈

그림 5.23 단계별 사업화 제품

표 5.9 단계별 사업화 제품

세부과제	핵심 기술	단계	성과 연계
세부과제 1			
	다운홀 모터 기본 설계 및 제품 개념 설계	방향제어 시스템(RSS)	방향제어 시스템 및 주변장치 시스템 integration
세부과제 2			
	이수 순환 모니터링 설계	이수 순환 모니터링 장비 제작	이수 순환 제어 시스템 구축
세부과제 3			
	이수 혼합/공급 시스템 설계	시스템 요소별 장비 제작	이수 혼합/공급 처리시스템
세부과제 4			
	지중 내비게이션 설계	센서류 모듈 제작	지중 내비게이션 시스템

라. 주체별 사업화 협력방안

- 기존 시추시스템 모듈 개발 연구경험을 가진 연구기관과 실제 제작에 참여한 경험과 설계실무를 담당하고 있는 산업체, 유체유동 및 회전시스템, 구조해석 등 해석기술을 보유하고 있는 학계로 구성된 산학연 공동연구 형태로 추진체계를 구축함

- 시추시스템 통합설계는 주로 기업이 수행하지만 설계 과정에서 사용되는 소프트웨어의 활용과 시험을 통한 데이터 수집에는 대학 및 연구기관의 역할이 매우 중요함. 따라서 방향성 드릴링 시스템 통합 설계기술 개발에는 기업주도의 연구과제 진행에 대학과 연구소가 지원해주는 형태의 연계전략이 필요함

- 수압파쇄 및 X-ray CT 관련 세부기술은 국내에서 미흡한 기술이며 실증연구가 필요한 기술로서 해외 기관과 협력을 통해 개발을 추진하고 상업화 전략도 도모함.

- 증강현실 기반 능동형 드릴링 관리 시스템은 연구 목표대로 달성될 경우 국제 시장을 선도할 수 있는 최초의 첨단 기술로서 성능평가와 함께 상용화를 바로 추진할 수 있는 아이템으로 다각화된 홍보전략을 통해 상업화를 추진

- 현대중공업, 삼성중공업, 대우해양조선과 같은 해양시추선 제작기관, 그리고 석유공사 및 가스공사와 같은 관리개발기관과 협력하여 연구 성과품의 현장적용 및 상업화 전략 추진.

- 주관기관은 기존에 플랜트 기자재 제작 경험과 플랜트기자재 산업구조를 잘 이해하고 있는 업체가 참여하고 제품의 설계와 제작 기술, 실증 제품의 설계를 주도적으로 추진하여 제품화를 주도하는 개발의 주체가 됨

- 연구소 및 학교는 주관기관과의 협업으로 선진 기술의 조사와 알고리즘, 국제 학회 발표를 통한 개발 제품의 우수성을 제고하고 실증 테스트 통해 국제적으로 공인할 수 있는 제품을 제작할 수 있도록 주관기관을 지원하며 특히 연구소는 개발제품의 실증 실험을 위한 테스트 베드를 구축하고 개발 단계의 관리 등을 주도적으로 추진하여 국내외 상업화 지원

표 5.10 기술개발 주체별 상업화 협력 방안(주체별 역할)

구분	주관기관	대학 및 연구기관	아웃소싱 기관(수요업체)	전문기관	해외기관
주요내용	방향성 드릴링 시스템 통합설계	핵심모듈 구조/성능해석	시스템 제작 및 실증시험	신뢰성 확보 및 사업화 전략연구	-
	시추시스템에 대한 통합제어 및 운용기술 확보	구조강도 및 피로해석을 통한 시스템 최적설계	시뮬레이터 시스템 구축	시장진입 및 인증확보 전략	-
	신뢰성 확보 • 시제품 제작 • 기술이전 및 실시계약 활성화를 통한 사업화 기반 마련 • 테스트베드 추진	• 시스템과 이를 활용한 시공·운영 서비스 기술의 각종 분석 • 국내인력의 교육 및 훈련을 통한 인력양성	• 자원개발 업체를 중심으로 기술 피드백 시장 지향성 향상 • 기술이전 통한 실용화	• 신뢰성 확보 및 사업화 전략 연구 • 시장진입 및 인증확보 전략 • 국제인증 확보	• 해외사업화 지원 • 해외 테스트베드 실증 • 국제협력, 공동연구 등을 통하여 공동자원 탐사 및 개발–
참여가능주체	국내 대표기업 분석 내용 참조	좌동	좌동	좌동	경쟁기업 참조

마. 단계별 시장 진입 전략

○ 1단계 : 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용기술 확보

○ 2단계 : 수요자 연계를 통한 수요기업들에 기술이전 및 기술실시를 통한 사업화 진입 추진 단계

○ 3단계 : 드릴 시스템 적용 및 기자재 사업화를 위한 국내외 인증 및 개발 핵심 장비의 신뢰성 검증 확보

핵심과제	성과물	연관분야	타깃	수요시장 및 점유율
드릴 시스템 통합설계 및 실증기술	붐데릭, 호이스트, 파이프자동화시스템, 파이프 회전장치, 이수혼합공급장비	산업기계, 엔지니어링 건설, 기자재, ICT, 센서	기자재 및 시스템 국산화, 시스템 운용 및 탐사개발 서비스사업 진출	수요시장규모: 12조원 - 연간 400대 수요 - 드릴링기가격: 300억원 매출예상규모: 300억원 - 시장점유 5% - 전체 시스템의 5%
방향제어/ 이수순환 시스템 기술	운영시뮬레이터, 방향제어추진체, 이수순환 모니터링시스템, 이수제어유닛	모니터링, 진단기술, 제어기술, 엔지니어링, 기자재, ICT, 탐사개발, GPS, GIS	방향제어/이수순환 독자기술 확보 및 기자재 보급 기자재 및 시스템 국산화	수요시장규모: 12조원 - 연간 400대 수요 - 드릴링기가격: 300억원 매출예상규모: 360억원 - 시장점유 5% - 전체 시스템의 3~6%
드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극 기술	내비게이션시스템, 지층 특성화 스캐닝장비, 모니터링 정보화 시스템 드릴 시스템 다운홀 원격검층유닛, 드릴시스템을 이용한 지층 파쇄유닛	데이터 처리기술, 오일가스 서비스산업, 지반 파쇄기술	드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극 독자기술 및 솔루션 확보 해외 수출을 통한 시장선점	수요시장규모: 155억~400억 달러 매출예상규모: 5천만~1억 달러
비개착 장거리관망 시공플랫폼 기술	비개착식 관망 시공장비, 운영시스템, 천심도 지층탐사장비, 비개착식 관로 확공장비, 비개착 시공을 위한 장수명 재료, 관연결장치	건설산업 기계장비, 건설기자재, 파이프라인 갱생, 비개착관망시공	비개착 공법 시공장비 보급, 시공 안정성 제고를 통한 수출 사업화	수요시장규모: - 국내: 500~1,000억원 - 해외: 500~7,000억원 매출예상규모: 200~700억원

○ 지재권 확보전략

- 방향성 드릴링 시스템에 대한 제어, 모니터링 또는 시뮬레이션은 기구적 기술 개발 단계를 지나 발전하는 단계로서, 신규 시장 진입자의 대부분은 기구적 기술(인양, 회전, 유닛) 개발을 꾀하고 있음

- 따라서 기구적 구성이 아닌 시스템적 구성에 대한 신규 시장 진입한 경쟁사들이 아직 적기 때문에 발 빠른 기술동향 파악 및 기술개발로 인해 기술선점을 꾀할 수 있으며, 이러한 분야에 원천기술 및 특허출원이 가능함

- 주요 기술 보유국은 미국계 기업으로서, HALLIBURTON ENERGY SERVICES, Schulumberger Technology 가 있으며, 이들은 전세계 70~80 여 개국에 지사를 가지고, 다양한 기술을 보유 및 개발하고 있으며, 최근에는 특히 모니터링 기술 개발을 시도하고 있음

- 우리나라는 아직 초기 단계라 외국 진출에 대한 유효 특허가 분석되고 있지 않지만 앞으로 많은 외국 특허 진입을 시도할 것으로 예상되며, 기구적 구성이 아닌 시스템적 구성에 대한 신규 시장 진입한 경쟁자가 아직 적기 때문에 발빠른 기술 동향 파악 및 기술 개발로 기술 선점을 꾀할 수 있음

- 비개착 관망 시공 및 교체/갱생 분야와 관련한 시공 장비 분야는 다양한 경쟁사들의 참여로 인해 관련 분야 지재권의 확보가 어려운 상황임

- 비개착 시공을 위한 새로운 시스템의 구축이나 높은 기술력을 요구하는 핵심 장치 및 운용 기술들을 중심으로 기술 선점이 가능하며, 해당 기술에 대한 경제적인 파급 효과도 높음

- 따라서, 비개착 관망 시공 및 교체/갱생 분야의 핵심 부품 및 장치들을 중심으로 원천기술 및 특허를 확보하여 시장 경쟁력을 확보하고 방향성 굴착 기술을 응용한 지반 조사, 지반 보강 분야의 장비들을 새롭게 개발하여 신시장을 창출하고자 함

표 5.11 지재권 확보전략

세부기술명	확보가능 특허	등록시점
핵심1과제	방향제어 드릴링 설비에 대한 시스템 통합설계 및 제작기술	‘21년
	Pilot Test용 시추시스템 설계 및 평가 기술	‘20년
	Pilot 시추설비에 대한 현장데이터 확보 및 운용 기술	‘21년
	Derrick에 작용하는 다양한 형태의 하중분석을 통한 강도해석 기술	‘19년
	Mast 및 Platform의 구조적 변형도 및 피로 안전성 해석기술	‘20년
	Drawworks의 기어 및 Sheave의 최적형상 설계기술	‘20년
	고신뢰성 Disk Brake System의 구조 및 진동해석 기술	‘20년
	드릴 파이프의 이송을 위한 Finger Board/Pipe Rack 구조물 설계 및 제작기술	‘20년
	Automated Drilling Control System 설계	‘19년
	Top Drive 구성모듈 제어를 위한 유압 시스템 기술	‘20년
	Drill Drive System의 각 Module을 운용하기 위한 통합제어시스템 설계 기술	‘19년
	가상현실 구동에 필요한 GIS등 서버연동 및 실시간 성능구현 기술	‘20년
	훈련 및 통합운용 시뮬레이터 시스템에 대한 기본 설계 기술	‘19년
	시스템 통합 및 성능 제고를 위한 사업관리 모델 표준화 기술	‘19년
	시스템 통합을 위한 인터페이스 표준화 기술	‘20년
핵심2과제	드릴 시스템 방향제어 유닛 설계 기술	‘18년
	방향제어 알고리즘 및 내장 S/W	‘19년
	방향제어 추진체 플랫폼 및 구성 모듈	‘19년
	방향제어시스템 및 주변장치 Integration 설계 기술	‘20년
	방향제어시스템 고장진단 기법	‘20년
	이수 순환 모니터링 및 제어시스템 설계 기술	‘18년
	이수 순환 제어 알고리즘	‘19년
	이수 순환 모니터링 및 제어시스템 구성 모듈	‘19년
	이수 혼합 공급 처리 시스템 설계 기술	‘18년
	이수 혼합 공급 처리 시스템 구성 모듈	‘19년
	MWD / LWD 모듈 설계	‘18년
	최소전력 MWD / LWD 디바이스 설계	‘19년
	내재형 모듈 어플리케이션	‘20년
	MWD / LWD 통신 기술	‘21년
핵심4과제	도심지 복합지반 대응 굴착 비트	‘18년
	고성능 Hybrid 확공기(Reamer)	‘19년
	장거리 지하매설관 비개착 시공 시스템	‘20년
	수평 방향성 토모그래피 시스템	‘19년
	방향성 지중 샘플러	‘20년
	지하 매설관 내부 건전도 평가 시스템	‘20년
	비개착식 노후관 파쇄 유닛	‘20년
	매설관 교체용 HDD 리머	‘19년
	수평 방향성 그라우팅 장비 및 공법	‘20년
	고속 파이프 연결구 시공을 위한 통합제어시스템 개발	‘20년
	용접 토치 및 자동용접캐리지	‘19년
	고속 파이프 연결을 위한 신용접 기술	‘19년

6. 위험요인 및 대응방안

6.1 법·제도, 재원조달

○ 재원조달 가능성

- 연구개발사업 추진을 위한 재원 투입과 관련하여 계획된 시점과 규모에 있어서 문제 발생 가능성을 분석하기 위한 것으로 재원조달 문제로 인한 사업 추진의 지연 정도를 결과에 반영 필요

* 본 기획에서 계획한 연평균 투자예산은 약 250억원 규모로, 2013년 국토교통R&D의 약 6.4%에 해당됨

- 사업단을 구성하는 4개의 핵심과제를 기술개발 특성과 개발역량, 시장진입여건을 고려하여 용하고 분할 및 단계화 추진을 통하여 예산 리스크를 감소

구분	추진방안	장단점
시나리오1	4개 핵심 통합 추진	신규 사업단 과제 예산으로 '13년 국토교통R&D의 6.4% 규모로 재정조달 리스크가 큼
시나리오2	1~3핵심 통합 추진	초기에 연평균 210억 원 규모로 '13년 국토교통 R&D의 5.2% 규모로 시나리오1에 비하여 다소 완화됨. 기 계획된 예산 등 조정을 통하여 사업단급으로 추진이 가능한 수준으로 보임
시나리오3	해외 리그 + 3핵심 결합 추진 (⇒ 1~2핵심 추진)	초기에 연평균 130억 원 규모로 '13년 국토교통 R&D의 3.2% 수준으로 재정조달 리스크는 해소할 수 있는 수준임 중기적으로 서비스시장 진출은 가능하나 시너지 축소, 시스템 및 장비 자립화 개발까지 장기 10년 이상 개발기간 소요
시나리오4	1~2핵심 (시스템, 장비) 추진	초기에 연평균 150억 원 규모로 '13년 국토교통 R&D의 3.7% 수준으로 재정조달 리스크는 해소할 수 있는 수준임 3핵심의 서비스 분야와 시너지 감소, 장기 10년 이상 개발기간이 소요됨
시나리오5	4핵심 추진 ⇒역량확보 (⇒ 1~3핵심 추진)	초기에 연평균 60억 원 규모로 '13년 국토교통 R&D의 1.5% 수준으로 재정조달 리스크 미미함 자체 기반역량 확보, 향후 연계파급분야 개발전략으로 개발리스크가 매우 낮음 1~3핵심을 후속 연계추진시 장기 13년 이상 개발기간이 소요됨

- 상기 시나리오를 고려시 4핵심과제는 분리하여 추진하는 방안이 타당하며, 방향성 추진 및 이수시스템 등은 상호 연계 활용방안을 마련 필요

○ 법·제도 문제

- 해외자원개발 사업의 부실성으로 인한 정책적 드라이브에 대한 리스크는 국내의 관련기업의 여건변화에 따른 것이며, 해외의 경우에 지속적인 탐사·개발활동이 증가추세
- 다목적 방향성 드릴시스템과 같은 경제성을 높일 수 있는 기술의 개발로 해외자원개발에 대한 경제적인 리스크를 감소시킬 수 있다는 점이 본 과제의 긍정적인 요소임
- 해외 적용 현지의 인허가사항이 관건이며, 이는 현지에 대한 사전조사, 현지 관계기관과 공동추진 전략으로 해소 필요

* 연구사업 착수 이전에 해외건설협회나 관계기관 등을 통하여 현지의 여건과 현장조사 등을 수행하여 리스크 감소

- 자원개발에 따른 지중오염이나 지상 환경 피해를 최소화하기 위한 기술이 병행하여 개발되고 있으며 괄목할만한 성과를 보이고 있음

6.2 테스트베드 부지 확보 및 구축

○ 테스트베드 부지확보 문제

- 전 세계적으로 유가스전 탐사·개발이 증가하고 있고, 특히 중앙아시아나 동남아시아 지역은 중소형 유전이 산재한 지역으로 탐사·개발에 대한 수요가 큼
- 국내에서도 지질자원연구원을 중심으로 동남아지역 탄성파 데이터베이스 정보화 구축과 평가를 위한 실증연구를 진행중으로 해당 국가와 네트워크 확보를 통해 대응이 가능
- 국내에 구축하는 방안은 실효성이 낮음

○ 시스템 구축의 문제

- 현재 위험성이 있는 문제로 파악된 부분은 장비 구축비용, 방향성 추진기구 및 이수순환기술임
- 장비 구축비용에서 가장 비중이 큰 부분은 개발기술을 접목하여 운영할 드릴리그 플랫폼(주요 장비 및 유틸리티 포함)이나 국내 도입사례 검토를 통하여 시험완료까지 360~400억원 정도로 추산함

  * 중고 장비: 150억원 이내로 활용 (국내에서 수직형 3 km 경험, 포항 현장)
  * 운송비: 동남아지역 기준 10억원 내외
  * 4 km 드릴공: 100억원 이내
  * 각종 실험 테스트: 130억원 이내

- 핵심기술인 방향성 추진기구 및 이수순환기술은 국내 기업이 포항지구에 설치한 중고시설을 개량하여 검증 후에 테스트베드에 적용하는 방안으로 리스크 해소가 가능할 것으로 판단됨

6.3 시장 및 기술변화

○ 시장의 변화에 따른 주요 위험요인

- 향후 시장의 요구 수준과 R&D 연구 성과와의 불일치에 따른 위험이라고 할 수 있으며, 드릴시스템 및 오일&가스 시장 변화에 대한 지속적 모니터링을 통한 위험요인 최소화 방안을 마련하고자 함
- '다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업'은 7년간의 사업을 3단계로 구분하여 진행됨에 따라 목표 시장에 관하여 총 3번의 모니터링 기회를 확보할 수 있음. 각 세부과제별 특성에 맞게 연구개발 시기를 조정, 진행함으로써, 단계별 위험요인의 변화를 세부적으로 확인하고 이에 대응하는 방식으로 진행하고자 함
- '다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업'에서는 환경변화에 따른 영향이 비교적 적을 것으로 예상되는 공통 기자재 분야(드릴시스템 통합설계), 그리고 이수시스템 및 방향제어, 드릴링 경로특성화 및 파쇄기술, 비개착 관망 기술 등을 구분하여 수행함으로써 연구개발 효율성을 높이고 위험성을 최소화 하고자 함

○ 기술의 불확실성 관련 위험요인

- 연도별 TRM에 따른 기술을 확보하지 못할 경우에는 구체적인 평가시스템을 도입함으로써 이에 적극적으로 대응하고자 함
- 테스트베드 적용 전에 Prototype 검증 등을 추진하여 최종 실증단계 리스크와 비용을 줄이는 방안을 강구
- 달성 목표에 대한 성과 지표를 연도별로 구체적으로 작성함으로써 기술적 성공 가능성을 검토하고, 정상적인 기술확보가 어렵다고 판단되는 분야에 대해서는 적절한 대응 방안을 마련할 수 있도록 함
- 평가지표를 토대로 연구개발 방식을 결정하는데 기초 자료로 활용함으로써 계획된 시기에 목표하였던 기술을 반드시 확보할 수 있도록 계획하였음
- 단계별 사업을 선택하는 과정에서 평가 내용을 반영하도록 함으로써 평가 내용의 활용에 대한 실효성을 높이고자 함

6.4 과제별 위험요인 및 대응방안

표 5.12 핵심1과제 기술개발 위험요인 및 대응방안

세부과제	위험요인	대응방안
세부과제 1	• 기술개발 목표치 도달 가능성	• 국내의 기술력 수준으로 충분히 개발 가능한 기술이며, 자체개발 후 성능검증 부분은 일부 글로벌 협력 추진이 필요함 • 관련 분야 우수연구그룹 및 연구자들이 적극적으로 참여할 수 있도록 기술정보 교류회를 마련하고 다부처 및 지자체가 적극 참여할 수 있는 개발 체제 구축
	• 테스트베드 지역 확보 가능성 및 리스크 해소 문제	• 1차년도부터 시추시스템 현장실증 방안 도출을 위한 기술/운영위원회를 조직하여 운영함으로로써 국내/국외 적용방안을 검토함 • 1~2차년도에 테스트베드 요건을 확립하고 유가스전을 보유한 동남아 및 중앙아시아 국가를 대상으로 입지를 모색할 예정임. 1~2단계에 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보 예정 • 국내에서도 한국지질자원연구원을 중심으로 동남아지역 탄성파 데이터베이스 정보화 구축과 평가를 위한 실증연구를 진행중으로 해당 국가와 네트워크 확보를 통해 대응이 가능함 • 핵심기술인 방향성 추진기구 및 이수순환기술은 국내기업이 포항지구에 설치한 시설을 이용하여 검증 후에 테스트베드에 적용하는 방안으로 리스크 해소가 가능
세부과제 2	• 시장의 요구에 부응 가능성	• 단계별로 유연한 사업 운영 체계를 통하여 시장의 환경변화에 능동적으로 대응할 수 있는 시스템 마련 • 시추분야 시장동향 저널 및 분석자료를 지속적으로 수집, 분석한 후 능동적인 대응전략 수립
	• 기술확보 가능성	• 연도별 TRM 관리 및 사업에 맞는 평가시스템을 확립하고, 단계별 사업을 선택하는 과정에 적극 반영하여 기술적 성공 가능성 도모
	• R&D 수행 역량 부족	• 성공적인 R&D 수행을 위해 기술전문가들을 적극적으로 활용하여 과제 수행능력 강화 및 필요시 해외 전문기관과의 정보교류 추진
세부과제 3	• 기술의 불확실성 관련 위험요인	• 달성 목표에 대한 성과 지표를 연도별로 구체적으로 작성함으로써 기술적 성공 가능성을 검토하고, 정상적인 기술확보가 어렵다고 판단되는 분야에 대해서는 적절한 대응 방안을 마련할 수 있도록 함 • 평가지표를 토대로 연구개발 방식을 결정하는데 기초 자료로 활용함으로써 계획된 시기에 목표하였던 기술을 반드시 확보할 수 있도록 계획하였음 • 단계별 사업을 선택하는 과정에서 평가 내용을 반영하도록 함으로써 평가 내용의 활용에 대한 실효성을 높이고자 함
세부과제 4	• 시장진출 가능성/사업화 가능성	• 각 단계별 사업 수행을 통하여 다양한 환경변화에 따른 탄력적 대응력을 확보하고자 함 • 총 7년간의 사업을 3단계로 구분하여 각 세부과제별 특성에 맞게 연구개발 시기를 조정, 진행함으로써, 단계별 위험요인의 변화를 세부적으로 확인하고 이에 대응하는 방식으로 진행하고자 함 • 사업화 또는 상용화가 추진되고 있는 프로젝트에 본 연구개발 성과를 적용할 수 있도록 사전에 협의체를 구성하여 추진함

표 5.13 핵심2과제 기술개발 위험요인 및 대응방안

세부과제	위험요인	대응방안
세부과제 1 세부과제 2 세부과제 3 세부과제 4	• 본 개발 기술의 시장이 과제규모에 적합한가?	• 향후 5년간 시추공 개수는 약 20%씩 꾸준히 증가할 것으로 보이며 셰일가스와 같은 비전통적인 자원 개발이 시장 규모를 증가시킬 것이므로 방향성 시추관련 모니터링 및 제어 관련 기술 또한 당분간 상당한 시장 규모를 유지할 것임
	• 테스트베드 부지확보 및 시스템 구축은 가능한가?	• 전 세계적으로 유가스전 탐사 개발이 증가하고 있고, 특히 중앙아시아 및 동남아시아 지역에 중소형 유전이 산재한 지역으로 수요가 큼 • 장비 구축 관련하여 국내 도입 사례 검토를 통해 시험 완료 까지 360~400억원 정도로 추산되며, 국내(포항)에 설치된 지열발전 시설을 활용하여 테스트 베드로 활용하면 리스크 해소가 가능함
	• 기술 개발 후에도 충분한 활용방안을 가지고 있는가?	• 방향성 추진체와 제어시스템 및 이수 순환 모니터링 제어 시스템, 지중 내비게이션 관련 기술이전을 통한 기술료 창출 및 중소·중견기업 사업화 촉진 • 본 연구결과는 주로 해외 기업이나 유가스전에 적용되는 시스템 기술로서 예산 확보외에 신산업 창출 측면에서 지원 타당성을 확보함 • 자원개발에 따른 지중오염이나 지상 환경 피해를 최소화하기 위한 기술이 병행하여 개발되고 있으며 괄목할만한 성과를 보이고 있음 • 사업화 연구개발서비스, 시험인증 등 신규 매출이 기대됨
	• 본 기술이 개발되기 위하여 수행하는 주체의 역량이 충분한가?	• 산·학·연의 연계를 통하여 우수 기술 및 인력을 이용한다면 기술 목표치에 충분히 도달할 수 있을 것으로 판단됨 • 산업체 : 방향성 추진체 실증 제품의 설계 및 제작을 담당하며 시장분석 및 시장 진입 주도적으로 추진함 • 대학교 : 선진 기술 조사 및 개발 기술 적용을 위한 학술적인 지원을 제공함 • 연구소 : 제어 알고리즘 개발과 시스템 구성의 개본 개념 정립을 통한 설계 및 제작 지원함, 또한 테스트베드 구축 및 전체적인 개발단계를 관리함

표 5.14 핵심3과제 기술개발 위험요인 및 대응방안

세부과제	위험요인	대응방안
방향성 드릴링 부지 특성화 및 평가기술	• 지반 정보를 X-ray CT를 활용하여 분석하기 위하여 시추커팅이 필요하지만 탐사드릴링을 통한 커팅이 없는 부지의 경우 해결책은?	• 시추커팅이 없는 부지의 경우 근접지역의 시추데이터를 활용하여 신뢰적으로 구간정보를 생성할 수 있는 보간알고리즘을 개발하여 대체기술로 활용함
방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리 기술	• 드릴링 프로젝트는 불확실성을 띄는 영향인자가 다분하고, 라운드 트립과 같은 이산적으로 발생하는 공정요소가 많은데 어떻게 신뢰적으로 예측할 수 있는지?	• 드릴링 프로젝트는 성능에 영향을 미치는 여향요소가 많지만 대부분 실시간으로 정확한 인자값을 제공 받을 수 있고 가장 영향이 큰 지층정보는 X-ray CT를 활용한 평가기술로 보자 정밀한 결과를 가지고 해석할 수 있음. • 또한, 라운드 트립과 같은 경우 현장의 경험적 데이터를 정량화 하여 확률적으로 분석함으로써 발생가능 범위를 제시하여 해결할 수 있음
	• 드릴링 트러블과 같은 경우 이를 고려한 공정과 비용은 어떻게 산정할 수 있는지?	• 드릴링 공정에서 사고나 성능으로 공기가 지연되는 부분에 대해 예측성능으로 이를 환산할 경우, 프로젝트 유형별, 그리고 유사환경조건을 고려한 사례데이터를 분석하여 예비비용으로 산정될 수 있도록 반영할 수 있음
방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	• 머드용액은 혼탁하고 비중이 높은데 부력을 활용하는 메커니즘으로 이를 커버할 수 있는지?	• 머드 용액의 비중은 보통 1.5에서 2.0 정도로 이는 부력을 활용하는 데 아무런 지장이 없음. 단 머드 용액 내에 시추커팅이 존재하면 이동에 장애를 줄 수 있으나 well logging은 트립후 머드 순환을 정지한 상태에서 수행하여 시추커팅은 모두 가라앉은 상태에서 수행되어 문제가 되지 않음
	• 공경이 바뀌는 구간이나 경로가 방향성일 경우 적용가능 한지?	• 부력을 활용할 경우 수직으로 이동력 발생하기 때문에 보조적인 동력을 활용함으로써 해당 문제를 극복할 수 있음
지반 파쇄 및 유동성 향상기술	• 육안으로 구분하기 어려운 최적 균열 생성 내용을 증명하기 위한 방법론이 있는지?	• 미소진동 모니터링을 통해 균열 망의 경로를 유추할 수 있음. 또한 트레이서를 활용해서도 가능함. 그리고 균열 후 주입액의 부피등을 통해 균열망의 방향성 과 용량을 추론할 수 있음 • 또한 사전 시뮬레이션 모사 시스템이 신뢰적으로 예측가능하도록 연구개발하여 실증 테스트를 통해 타당성 있는 결과를 예측할 수 있음

표 5.15 핵심4과제 기술개발 위험요인 및 대응방안

세부과제	위험요인	대응방안
세부과제 1	• 기술개발 목표치 도달 가능성	• 국내의 유관분야 기술력으로 충분히 개발 목표치에 부합할 수 있음 • 복합지반에 대응 가능한 다양한 굴착 비트는 개발된 사례가 많이 있으나, 수평 방향성 굴착에 활용된 사례가 없는 상태이며, 이러한 부분은 본 연구를 통해 충분히 극복 가능한 부분임 • 기술개발 목표를 핵심 기술 개발을 통해 도달할 수 있도록 연구계획을 수립하였으며, 현재 시장 경쟁이 치열한 장비개발분야 보다는 WBT 기술을 통해 경쟁력을 확보할 수 있는 핵심 기술들을 도출하여 개발 계획을 수립함
	• 개발 기술의 상용화 및 국내 적용 가능성	• 비개착 굴착 분야에서 장기적으로 국내 시장성이 우수한 도심지 지하 매설관 설치 분야에 필요한 핵심기술들을 개발 목표로 설정하였으며, 향 후 시장 증대 및 기술 수요가 증가할 것으로 기대됨 • 도심지 복합지반 대응 비개착 굴착 기술, 통신, 상하수관, 전력, 자원 이송망 등 설치 시 장거리 시공이 가능하고, 공사 기간 단축 및 시공 경제성을 확보에 유효한 핵심 기술들을 개발 목표로 설정 하였으며, 국내 시장에서도 기술의 파급효과가 클 것으로 기대
	• 해외 시장 진출을 위한 기술 경쟁력 확보 가능성	• 터널, 도시철도 등 대형 굴착 공사로 인한 충분한 기술력 축적이 되어 있는 상태에서 좀 더 Micro한 수평 방향성 굴착 공법에 적용하기 위한 연구를 진행한다면 단 기간 내에 관련 분야 기술력 축적이 가능함 • 복합지반 대응 굴착 비트, 장거리 시공 가능 HDD 핵심 장비 및 운영기술, Special drill pipe 개발 및 신속 공급 장치, 굴착 중 방향 제어 기술 등은 비개착 관망 시공 분야에서도 기술력을 요하는 핵심 분야로 해당 기술력 확보를 통해 세계 시장에서도 경쟁력을 확보할 수 있음

세부과제 2	• 기술개발 목표치 도달 가능성	• 기존의 지하 매설물 건전도 평가 및 지하 공간 물리 탐사 분야는 탐사의 범위 및 신뢰도에 한계가 있음 • 본 연구에서의 기술개발 목표는 지하공간에 설치된 지하매설물이라는 특정한 대상에 한정하여 최적화된 건전도 평가 및 물리 탐사 기술을 개발하는 것으로 연구 계획을 수립하였으며, 1) 기존의 탐사 방법의 복합 적용하여 DB를 분석하는 기술과 2) 수평 방향성 굴착 방식을 탐사에 활용하는 기술을 병행하여 그 신뢰성을 높일 수 있도록 추진 계획이 수립됨 • 연구 계획에 따른 단계별 연구 추진에 따라 목표치 달성이 가능할 것으로 기대됨
	• 시장진출 / 사업화 가능성	• 지하 매설물의 효과적이고 신뢰성 있는 건전도 평가와 물리 탐사의 정확도를 높일 수 있는 기술에 대한 수요는 현재 급증하고 있음 • 최근 국내에서 이슈가 되고 있는 지반함몰이나 노후화 관망 교체 사업 등 도심지 노후화가 가속화되고 있는 국내 인프라 환경에 꼭 필요한 기술 분야로 향 후 사업화 가능성이 큰 분야임 • 지하매설관 설치를 위한 비개착 굴착 공법의 국내 적용이 가장 어려운 이유 중 하나는 기존에 지하공간에 매설되어 있는 매설관과 다양한 지장물에 피해를 중 위험성이 극복되지 못했기 때문이며, 본 기술은 비개착 굴착 분야의 국내 적용을 위해 반드시 개발되어야 할 분야임
	• 개발 기술의 중복성 여부	• 기존의 다양한 물리탐사 방법들이 개발되고 실제 현장에서 적용되고 있으며, 본 연구에서 언급한 물리탐사 장비 및 방법들은 현재도 지반 조사 분야에서 적용되고 있으나, 본 연구에서는 기존의 물리 탐사 방법을 극복하기 위해 복수의 물리탐사를 통해 수집되는 DB를 빅데이터화하여 복합 분석을 통해 비개착 시공에 최적화된 의사결정 도구를 제공하는 것을 목표로 함 • 기존의 물리탐사 방식의 약점을 극복하기 위한 대안 기술로 수평 방향성 굴착 장비를 활용한 보다 적용성이 큰 새로운 지반 탐사 기술을 개발하고자 함

세부과제 3	• 국내 시장 진출 및 사업화 가능성	• 기존의 관망을 교체, 갱생하기 위해 비개착 굴착 방식을 도입한 국내 사례는 미흡한 실정이며, 이는 1) 비개착 굴착 시공의 국내 도입 미비 및 기술력 미흡과 2) 기존 지하 매설물과의 간섭을 줄일 수 있는 신뢰성 있는 탐사 기술의 부족이 가장 큰 이유이며, 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기위해 체계적이고 구체적인 연구개발 계획을 수립하였음 • 관망 교체 및 갱생을 위한 다양한 비개착 시공 방법 중 국내에 가장 적합한 Reaming 및 Bursting 공법을 대상으로 핵심 기술을 도출하였으며, 해당 기술의 확보를 통해 국내 시장 활성화에 기여할 수 있을 것으로 기대됨 • 비개착 관망 교체 및 갱생을 위한 핵심 기술 선정에 있어, 이미 중국 등의 참여로 시장 경쟁이 치열한 장비 개발 보다는 시공의 신뢰성과 정밀도를 확보하기 위한 핵심 부품들을 중심으로 개발 계획을 수립하였으며, 선진국을 중심으로 시장 진입 장벽이 높고 기술력을 요하는 엔지니어링 기술 개발을 개발 목표로 설정하여 사업화 가능성을 높였음
	• 기술 개발 목표 달성 가능성	• 본 세부과제의 개발 목표는 기존의 관망을 교체, 갱생하기 위한 Reaming 및 Bursting 공법의 핵심 기술을 중심으로 목표 설정을 하였으며, Bursting 헤드 유닛, Reamer 개발 등의 핵심 장치 개발은 국내 기술로 달성이 가능함 • 핵심 엔지니어링 기술인 작업 중 지반 거동 평가, 장비 활용 및 운용 기술, 모니터링 기술 등은 현재까지 지반 분야 연구를 통해 축적된 국내 기술들을 활용하고 추가적인 연구를 통해 달성이 가능함
세부과제 4	• 시장진출 가능성/사업화 가능성	• 비개착 관망의 신속하고 자온 인성이 우수한 연결 기술은 장거리 자원이송망 설치 등의 분야에서 기술 수요가 높은 분야임 • 본 연구를 통해 달성하고자 하는 기술 수준은 WBT 수준으로 본 연구를 통해 개발되는 기술은 세계적인 기술 경쟁력을 확보할 것으로 기대되며, 이로 인해 파생되는 자원 이송망 및 도심지 지하 매설관 시공 분야에서 사업화 가능성이 높음

제6장 사전타당성 분석 평가

1. 기술적 타당성 분석

○ 기술적 타당성 분석은 연구개발부문의 예비타당성조사에서 가장 중요한 부문으로, 2계층 기본평가항목은 '기술개발계획의 적절성', '기술개발 성공가능성', '기존 사업과의 중복성'으로 구성되며, 예비타당성조사가 수행되는 모든 국가연구개발사업에 대하여 해당 항목들에 대한 쟁점을 도출하여 분석을 실시함(R&D 예타지침, 미래부)

○ 먼저 '기술개발계획의 적절성'은 대형 연구개발사업의 승인을 위한 사업기획의 충실성을 분석하는 항목으로서 연구개발사업에 대한 예비타당성조사를 도입한 취지와 직접 부합되는 평가항목임

- 이는 세부적으로 '기획과정의 적절성', '사업목표의 적절성', 그리고 '구성 및 내용의 적절성'을 설정함
- '기획과정의 적절성'은 기획단계의 오류로 인한 사업의 부실화를 미연에 방지하기 위해 사업계획이 합리적인 과정을 거쳐 수립되었는지를 분석하는 항목임
- '사업목표의 적절성'은 사업 추진 필요성에 대한 문제/이슈의 정의가 잘 되어 있는지와 문제/이슈의 해결과 사업목표가 잘 부합되는지를 검토하는 항목임
- '구성 및 내용의 적절성'에서는 사업목표 달성을 위하여 연구개발과제로 대변되는 세부활동들이 구체적으로 제시되고 서로 효과적, 유기적으로 연계되어 있는지를 관리가능성의 관점에서 분석함

○ '기술개발 성공가능성'에서는 불확실성을 고려한 분석을 통해 경쟁 우위로 인식되는 사업을 적절한 시기에 우선적으로 투자할 수 있도록 지원하며, 대규모 투자 시점의 적절성, 경쟁우위 기준 우선순위를 판단함

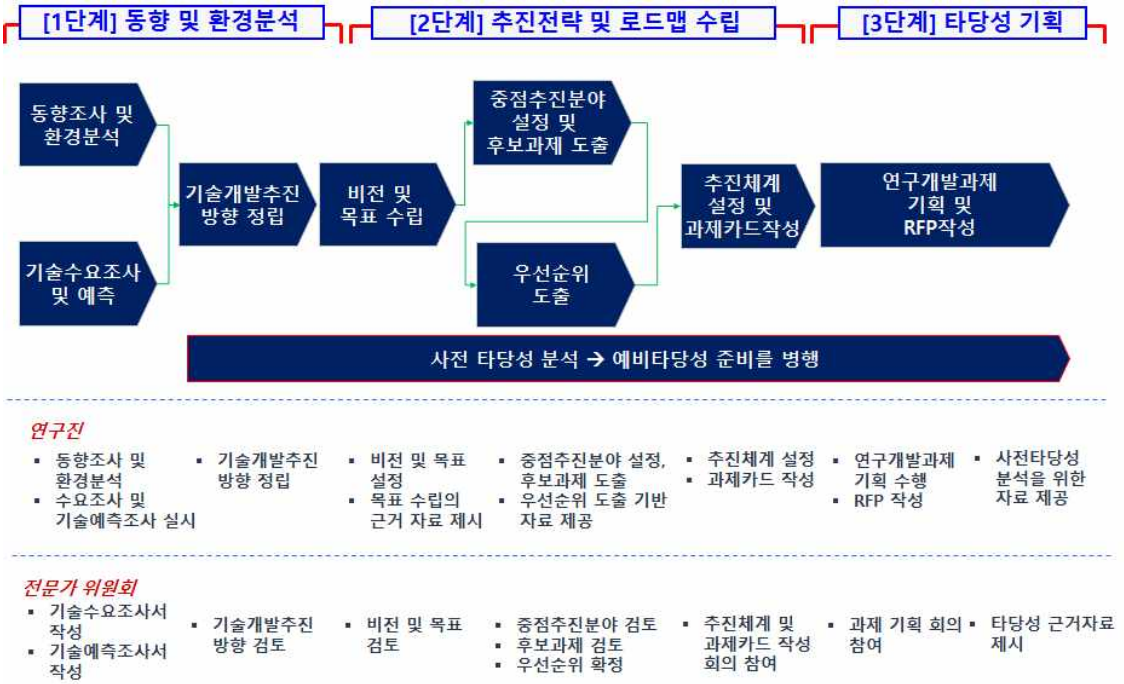
○ '기존 사업과의 중복성'에서는 특정분야에 대한 과잉투자를 지양하여 국가연구개발 포트폴리오의 균형을 적절하게 유지할 수 있도록 지원하며, 이를 통해 연구개발투자에 있어서 경쟁우위와 균형배분을 종합적으로 고려할 수 있도록 함

1.1 기술개발 계획의 적절성

가. 기획과정의 적절성

○ 동 사업은 국토교통기술 연구개발사업 시행계획에 의거하여 추진되는 건설교통연구기획사업으로 기술기획위원회 운영 및 수요예측조사를 실시하여 세부 사업계획을 수립함

○ 기획 수행기관을 선정하여 동향분석, 추진전략 및 로드맵, 타당성 분석 등의 과정을 진행함



○ 사업기획 시 참여한 전문가 풀이 한 분야 또는 기관에 치우치거나 제한적이지 않았는지 확인하였으며, 기획과정에 참여한 전문가 소속을 분석한 결과, 산학연 비율은 17:8:9 (50% : 24% : 26%)로 나타나 다소 산업계의 비율이 높음(표 6.1 참조)

- 동 사업의 특성상 연구개발이 되어 실용화되기 위해서는 산업계의 역할이 중요한 점을 고려하면 기획 과정에 참여한 전문가가 제한되지 않았다고 판단됨

나. 기술도출 과정의 적절성

○ 기업, 정책입안자, 전문가 등 다양한 이해관계자로부터 본 과제와 관련하여 필요한 기술 수요를 조사하고, 이를 통해 수집된 자료를 관련 전문가 등 관계자들의 의견 수렴을 통해 분류, 분석함

- 기술수요 Raw Data 수집 시 수요조사 대상 집단별 특성 및 조사방법 제시

○ 수요조사서 설계 및 시행(KICT 메일링 및 전문가 DB 활용)을 통하여 기술수요조사의 목적 및 특성을 정의하고, 연구개발의 목표 및 내용, 연구개발 제안 배경 및 필요성, 연구개발 동향 및 파급효과, 제안하는 기술의 시장동향 및 규모 등을 조사

표 6.1 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 자문위원

이름	소속	소속 구분	이름	소속	소속 구분
유인항	한진디앤비	산	고경완	(주)밸칸	산
장광필	현대중공업	산	김현태	한국지질자원연구원	연
윤운상	넥스지오	산	김영주	한국지질자원연구원	연
서용석	충남대학교	학	신영기	세종대학교	학
민기복	서울대학교	학	염태종	웰텐	산
신창훈	가스공사	산	남명진	세종대학교	학
이대석	석유공사	산	김진춘	한국지오텍	산
장성형	한국지질자원연구원	연	손희정	Geophysics	산
박의섭	한국지질자원연구원	연	신창수	서울대학교	학
배성호	지오제니	산	최종근	서울대학교	학
최성웅	강원대학교	학	최주형	한국조선해양기자재연구원	연
이상돈	이노이오컨설턴트	산	박정규	한국지질자원연구원	연
김동욱	인천대학교	학	강희진	한국지오텍	산
김호비	Fugro Consultants, Inc	산	장윤용	삼보건설기계(주)	산
이계영	삼성건설	산	이상태	부마CE	산
임승옥	전자부품연구원	연	강동혁	한국조선해양기자재연구원	연
김기주	비어스	산	함영복	한국기계연구원	연

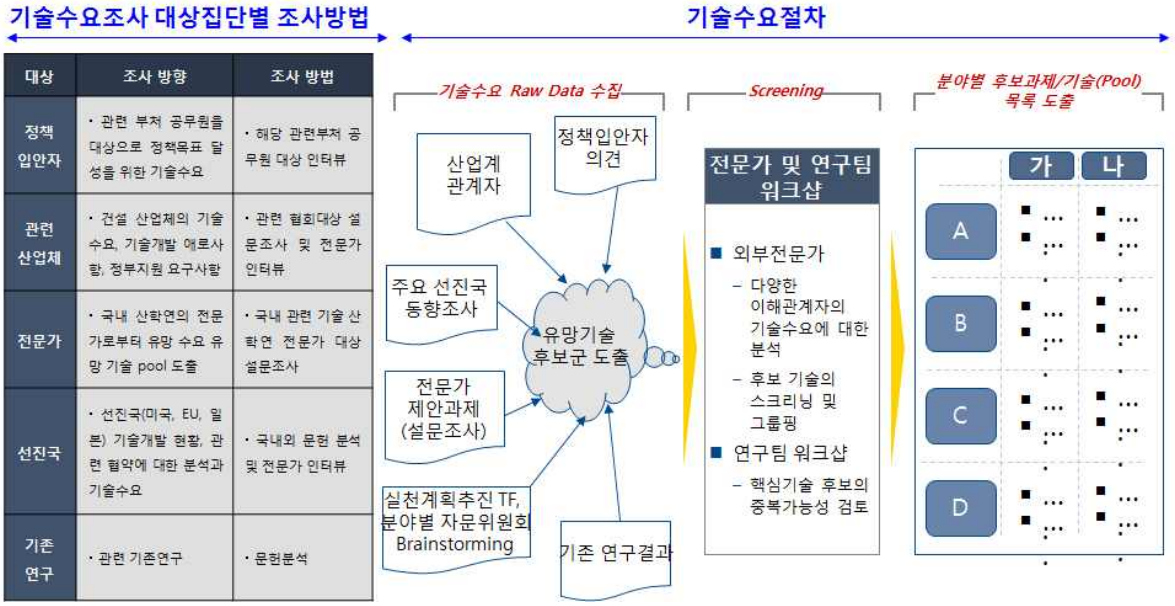


그림 6.2 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업 기술도출과정

○ 미니델파이[4] 기법을 적용하여 기술예측조사를 실시, 수요 조사한 기술의 우선순위를 결정하여 후보과제를 도출함

- 세부 주제별 전문도, 중요도, 기술적, 사회-경제적 실현시기를 설문
- 미래 경제사회적 변화, 니즈 고려 기술예측대상 주제 선정(1차 전문가 회의)
- 기술예측 패널 대상이 될 전문가 리스트를 확보
- 패널 대상 2라운드 미니델파이 조사를 거쳐 기술예측조사를 완료

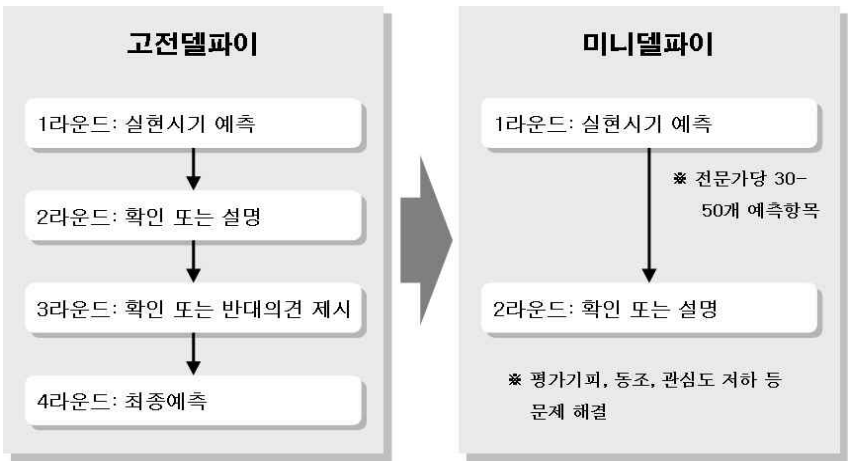


그림 6.3 미니델파이 기법

4) 기초 자료가 빈약하여 통계분에 의한 미래예측이 어려운 경우에 다수 전문가 의견을 조사, 교환, 발전시켜 미래를 예측하는 방법

다. 사업목표의 적절성

○ 동 사업의 필요성과 관련된 문제 및 이슈를 시장수요, 기술격차 해소, 기술의존 대응 등으로 정의하고 있음

- **(글로벌 드릴링 수요 증가에 대응 필요)** 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도, 각종 파이프라인 시공 분야의 방향성 드릴링 수요가 증가(특히, 방향제어가 가능한 드릴링 수요 증가율이 높음)

  * Exxon Mobil에 따르면, 비OECD국가의 에너지 수요는 2040년까지 약 65% 증가할 것으로 장기 전망(이에 따른 장비, 교체 기자재, 시공·서비스 등)
  * Douglas-Westwood(2013)는 서유럽과 아시아를 제외한 세계 전 지역에서 '17년까지 오일/가스의 생산이 지속적으로 증가할 것으로 전망함

- **(방향성 드릴링 기술 발전에 따른 격차 해소 필요)** 기존 오일·가스전 생산 증진, 비전통에너지 개발, 미개척 극지 및 동토 개발을 위한 방향성 드릴링 장비 및 기술이 첨단화

  * 현재는 3~5 km 급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진속 등에서 괄목할 만한 기술적 진전이 있었고, 최근 ICT 기반 원격시공기술이 첨단화 되고 있음
  * 실시간으로 지중 추진체의 상황을 모니터링하고, 지층의 정보에 따라 경로궤적으로 수정하여 효율적인 탐사 및 개발이 가능한 수준

- **(기술의존 및 국부유출 심화 대응 필요)** 자원에너지 탐사 및 개발, 관련 기자재 및 시스템, 국내 도시나 단지, 시설권역 내 비개착공사에 소요되는 기술과 장비를 해외 의존시 대규모 부가가치 유출이 예상됨

  * 본 기술분야의 원천 및 시스템 기술은 일부 선진기업이 독점하고 있어 자체 인프라 건설 및 자원·에너지 개발에 있어서 해외 의존이 심화되고 있음
  * (참고) 육상 드릴장비 가격 : 250억 ~ 400억원, 기자재 10억 ~ 30억원 내외
  * (참고) 드릴링 비용: 수직 1 km, 수평 1 km 에 평균 $400 - $500 million 소요
    (1개 광구에 20~50개 유정 건설)

○ 문제 및 이슈 해결을 위한 사업논리, 사업목표를 체계적으로 설정하고 있음

다목적 방향성 드릴 시스템 개발사업 기본방향 도출
◦ **국토교통부 방향성 드릴시스템 개발 연구사업의 역할 및 목적은 현장 적용이 가능한 드릴시스템 응용·실증 연구를 추진하여 독자기술을 확보하여 해외진출 및 국가경제에 기여하는 것임** * 개별 기자재/부품 보다는 **현장**에 **적용**되는 **드릴시스템**과 **운영(경로특성화, 파쇄자극 등 포함)** 등의 **통합기술 확보**에 **중점**

* 기 개발중인 해양 드릴 기자재 R&D 결과와 **연계**하여 **시너지효과**를 높이고, 미비한 분야는 타당성 검토 후 병행연구를 추진하여 보완

◦ **방향성 드릴 시스템 개발사업 추진을 위한 기본방향은 글로벌 산업 및 시장 환경, 기술적 니즈를 고려하여 ① 드릴시스템 플랫폼 국산화 설계 및 제작기술 추진, ② 드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술 추진, ③ 드릴시스템 지층경로 특성화기술 추진, ④ 비개착식 수평 드릴 시스템 기술 추진 등으로 설정**

* 투자 중점분야 : 방향성드릴시스템 및 운영, 방향제어·이수순환, 경로 특성화 및 파쇄 응용, 비개착 관망시공 플랫폼 등 국토교통부 중장기 계획에 부합되는 기술
* 투자 효율화 : 상용화를 위하여 실증사업과 사업관리 및 운영기술을 반영
* 투자 특성화 : 중소·중견기업 과제 우선 발굴 및 지원

- 비전 달성을 위한 사업목표는 1단계 단기적으로는 기술적인 전략목표에 중점을 두고 있으며, 2단계 이후부터 기술실시 등 사업화 측면을 고려하고 있음

비 전

세계적 수준의 다목적 드릴링 기술 개발을 통하여
유·가스 상류부문 장비·기자재 및 **서비스 시장 진출 교두보 마련**

목 표

<< 시공(탐사)거리 4 km급 다목적 방향성 드릴시스템 및 시공·운용기술 개발 >>

1단계('16～'17)	2단계('18～'19)	3단계('20～'22)
• 기술수준 70% • 시공(탐사)거리 2 km 기본설계	• 기술수준 80% • 시공(탐사)거리 2 km 실험 • 기술실시 8건	• 기술수준 90% • 시공(탐사)거리 4 km 실증 • 기술실시 10건

○ 또한 목표설정 근거와 레퍼런스를 제시하고 있음

- 최종목표는 실용적으로 현장에 적용되어 운용되고 있는 장비의 성능을 기준함
- 일반적으로 대부분의 비전통 유가스는 지하 1.5 km 이내에 산재하며, 방향전환을 통한 수평이동을 고려시 3~5 km 천공 능력과 운용기술이 요구됨

  * 국내 육상드릴링: 3 km **수직**드릴링, 국내 해상드릴링: 두성호 4 km 수직드릴링

- 기술수준은 제2장 환경분석-기술경쟁력 분석 결과를 토대로 현재 종합 67% 수준에서 단계별 10% 향상을 목표로 최종 90% 수준에 도달하는 것으로 설정함

○ 특히 단계별, 핵심과제별, 세부과제별 기술의 속성을 나타내는 대표적인 성능지표를 구체적으로 제시하고 있음

핵심과제	세부과제	1단계목표(2년)	2단계목표(2년)	3단계실증목표(3년)
1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	(수직+수평) 4 km 급 설계	드릴링거리 2 km 달성	드릴링거리 4 km 달성
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	Static hook load 기본설계	Static hook load 달성	Static hook load 달성
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	속도 15% 향상 설계	속도 10% 향상 달성	속도 15% 향상 달성
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	드릴링효율10%향상 기본설계	드릴링효율 5% 향상 달성	드릴링효율 10% 향상
2. 방향제어/ 이수순환시스템 기술	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	드릴링속도 및 방향전환율 10% 향상 시스템 기본설계	드릴링속도 및 방향전환율 5% 향상	드릴링속도 및 방향전환율 10% 향상
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	압력350bar/유량100m^3/h 기본설계	압력175bar/유량50m^3/h 달성	압력350bar/유량100m^3/h 달성
	2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	순환경로 8 km급 기본설계	순환경로 4 km 달성	순환경로 8 km 달성
	2.4 지중 내비게이션시스템 기술	동급 위치 정확도 기본설계	동급 위치 정확도 달성	동급 위치 정확도 달성
3.드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술	특성화 정밀도 1mm 이하	특성화 정밀도 0.5mm 이하	특성화 정밀도 0.1mm 이하
	3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술	드릴링오류비용8%미만(드릴링비용 대비)	드릴링오류비용5%미만(드릴링비용 대비)	드릴링오류비용 3%미만(드릴링비 대비)
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	가탐깊이 3km 이상	가탐깊이4km 이상 검증	가탐깊이4km 이상 실증
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	단위주입률당 파쇄 저류암 체적(SRV) 5% 증대	단위주입률당파쇄저류암 체적(SRV)10%증대	단위주입률당파쇄저류암 체적(SRV)10%증대
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	시공거리 2 km 급 설계	시공거리 2 km 급 제작	시공성능 2 km 실증
	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	지하 5m 탐사 신뢰성 90% 확보	지하 8m 탐사 신뢰성 70% 확보	지하 8m 탐사 신뢰성 90% 확보
	4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	주변 교란범위 3 m 내 설계	주변 교란범위 2 m 검증	주변 교란범위 1 m 실증
	4.4 비개착 관망 및 연결기술	심도 10m/거리 1 km 설계	심도 10m/거리 1 km 검증	심도 20m/거리 2 km 실증

다. 사업 구성 및 내용의 적절성

○ 본 사업단 과제는 사업의 문제를 해결하기 위하여 4개의 핵심과제와 이를 구성하는 14개의 세부과제를 구성함

○ 기술개발 후 선진기술 대비 85~90%, TRL 7~9단계 도달할 것으로 예상

핵심과제	세부과제	TRL	
		전	후
1. 드릴 시스템 통합설계 및 실증기술	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	6	8
	1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	7	9
	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	7	9
	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	5	8
2. 방향제어/이수순환시스템 기술	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	6	8
	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	6	8
	2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	7	9
	2.4 지중 내비게이션시스템 기술	5	8
3. 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술	6	8
	3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술	7	9
	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	7	9
	3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	6	8
4. 비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술	6	8
	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	7	8
	4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	7	9
	4.4 비개착 관망 재료 및 연결기술	7	9

○ 사업을 구성하는 핵심과제의 주요 내용은 장비, 기자재, 서비스 기술 등을 중심으로 핵심1과제에 시스템 통합 및 플랫폼, 핵심2과제에 핵심 시스템 및 요소기술, 핵심3과제에 서비스기술, 핵심4과제는 별도의 HDD 기술로 구성함

<핵심1과제의 구성과 주요내용>

- 방향성 시추(directional drilling)를 위한 시추시스템(리그플랫폼+기능모듈)의 설계·제작기술 및 유틸리티 시스템 통합설계기술

- 개방형 붐데릭(boom derrick) 설계/제작 기술

- 자동 파이프 핸들링/회전/호이스팅 시스템이 통합된 컴팩트 구조

- 시추시스템 설계, 제어 및 통합운용이 가능한 가상 시뮬레이터 운용기술

- 컴팩트 시추시스템에 대한 신뢰성 검증 및 테스트베드 구축

- 현장실증 Pilot 시스템 구축을 통한 실증데이터 및 현장운영기술 확보

<핵심2과제의 구성과 주요내용>

- 드릴시스템 방향제어 기술은 지상의 시추기술자가 실시간으로 지중의 시추방향을 제어하면서 방향성(수평) 시추를 수행할 수 있는 시스템으로 방향제어 장치와 각종 위치 및 측정센서, 소프트웨어 기술로 구성

  * 실시간으로 지상에서 시추위치를 파악할 수 있는 MWD(Measurement While Drilling), 방향제어가 가능한 RSS(Rotary Steerable System), 지층물성을 측정할 수 있는 LWD(Logging While Drilling) 등으로 구성

- 이수순환시스템은 회전하는 드릴 비트의 윤활작용 및 냉각, 시추 시 발생하는 암편 제거, 시추공 붕괴 방지, 시추공의 압력 안정화 등을 위하여 고압의 펌프로 이수를 주입, 토출 및 처리 공정이 이루어지는 시스템

  * 주요 구성장비는 이수펌프, 주입펌프, Shale shaker, Desander, Desilter, Degasser 등으로 구성됨

<핵심3과제의 구성과 주요내용>

- 드릴링 시작지점과 목표지점 사이의 경로를 최적화하여 설계하기 위하여 대상 부지의 신뢰적인 지층정보 특성화 및 평가기술을 확보하고, 경제적이고 효율적인 드릴링 및 지반 파쇄 시공이 진행되기 위한 핵심 정보화시공관리기술을 개발함

- X-ray CT를 활용한 지층정보 3차원 특성화, 증강현실기반 능동형 3차원 경로설계 및 최적 드릴링 설계/관리 정보화 기술, 통합 드릴링 성능 시각화 시뮬레이션 기술 및 유도지진을 최소화하고 생산성을 극대화 할 수 있는 지반파쇄기술로 구성

<핵심4과제의 구성과 주요내용>

- 파이프라인 시공 시 연약한 지반이나 하천, 호수 등의 시공이 어려운 지역에 적용할 수 있는 효과적인 방안으로 방향성 굴착공법

- 에너지관, 상수도관, 전력/통신구 등 장거리 수송 파이프라인의 비개착 시공에 관한 기술로 최소의 공간 확보를 통해 수송관의 설치가 가능하며, 개착방식에 비해 공기단축, 비용절감, 안정성 확보 등의 장점을 가지는 기술

- 장거리 관로 매설이 가능한 핵심 장비 개발을 포함한 시공 시스템 개발, 비개착 시공에 필요한 주변 지반 및 배관 탐사 기술, HDD를 활용한 지반오염 및 특수환경 조사 기술, 기존 관망을 보수/갱생하기 위한 관망 확공 기술 및 지반 안정성 평가 기술, 비개착 관망 재료 및 연결 기술

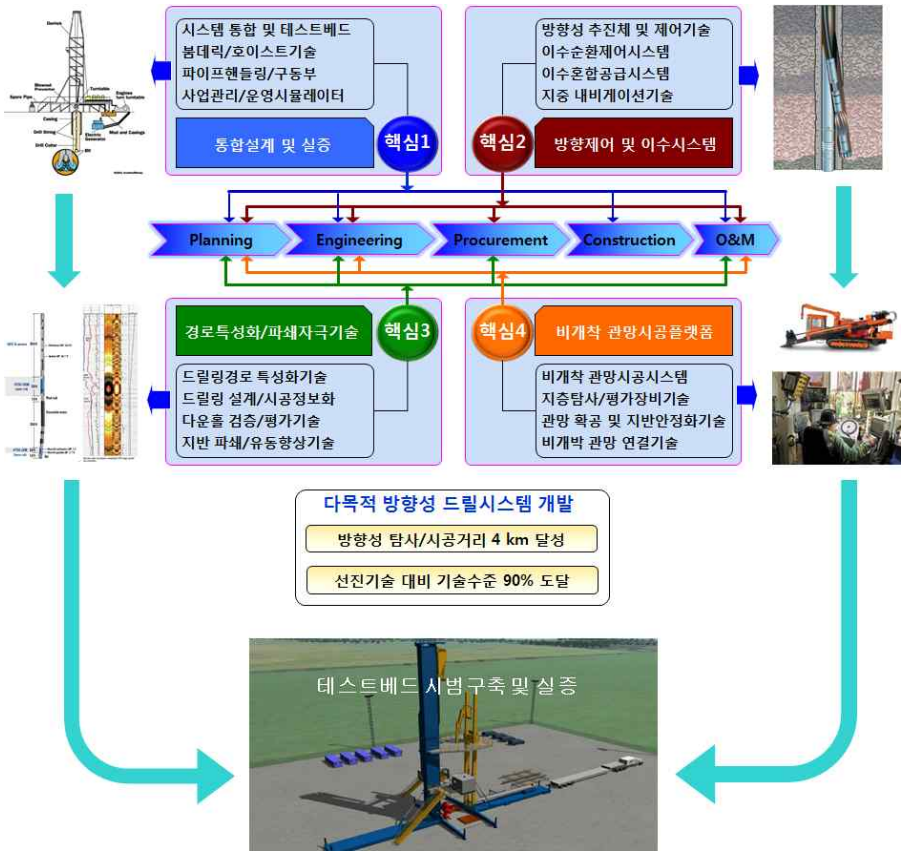
○ 사업의 문제해결과 목표달성을 위하여 핵심과제 간 연계성을 확보하고 있음

핵심1과제
- 사업단 내 핵심과제는 총 4개로 구성하며, 핵심1과제는 드릴리그 본체에 요소기술들을 통합하는 기술이며 별도의 테스트베드 실증 과제를 포함

핵심2과제
- 핵심2과제는 방향성 드릴시스템의 핵심기술로서 목표지점까지 드릴링경로를 실시간으로 제어하여 목적지까지 천공하는 기술로서 드릴마찰과 드릴공 안정성을 확보하기 위한 이수공급 및 제어시스템을 포함

핵심3과제
- 핵심3과제는 드릴시스템의 최적 경로 확보를 위한 지층 특성화 및 정보화 기술로 구성되며, 특히 드릴 장비를 이용한 지층파쇄를 통한 자원 생산 촉진기술을 포함

핵심4과제
- 핵심4과제는 소규모 차량형 비개착식 파이프라인 시공시스템으로서 상기 핵심1과제~핵심3과제와 방향성 추진 및 제어, 머드 순환기술을 소형화, 최적화 하여 수평으로 소구경 파이프라인을 연결하는 기술을 포함

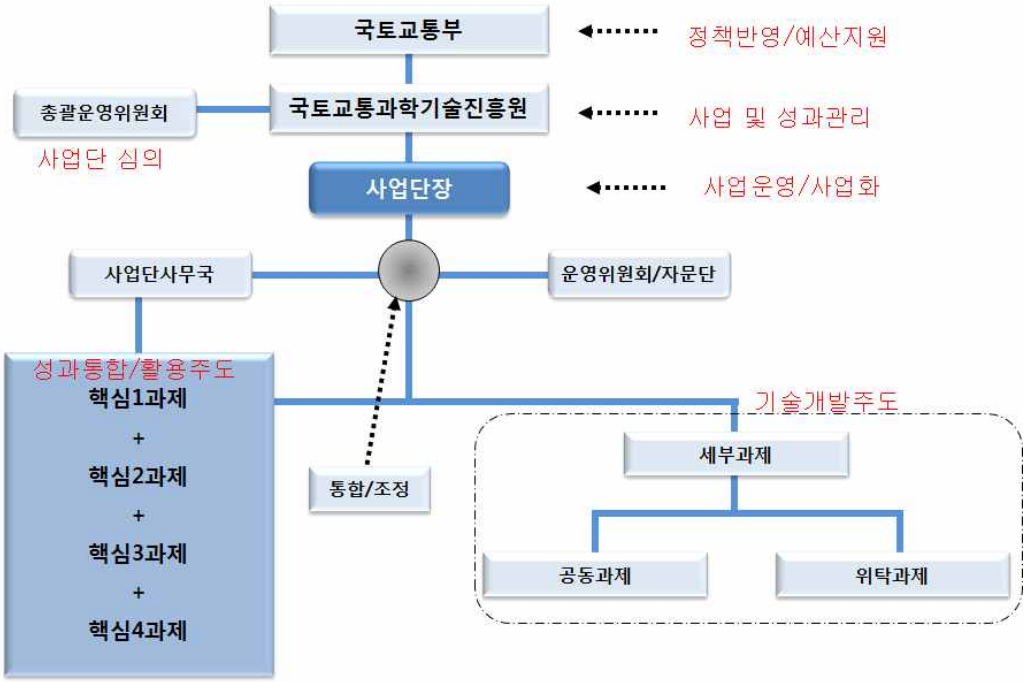


<핵심과제 간 연계성 및 주요 기술 구성>

라. 추진체계의 적절성

○ 연구개발 구성체계는 사업단 산하에 핵심과제(책임자) 및 세부과제(책임자)로 구성되며 성과통합 및 활용에 관한 역할을 수행하고 세부과제는 공동 및 위탁과제로 구성되어 실제적인 연구개발을 주도함

- 사업단장 중심의 운영위원회/자문단을 구성하고 외부 전문가 자문위원회를 구성하여 핵심과제별 역할 조정, 성과 통합이 가능하도록 진행
- 특히 위탁부분은 주관/공동기관과 긴밀한 연구정보 교류 및 성과도출을 위한 Project Team 형태로 운영



○ 동 사업은 주관부처, 연구원, 산업체, 학교 등 각 사업 참여주체의 전문성을 고려하여 역할을 분담하고 사업을 추진할 것이며, 이는 동 사업목표를 달성하기에 적절한 추진체계라고 판단됨

1.2 기술개발 성공가능성

○ 다목적 방향성 드릴시스템 개발을 위한 기술추세, 기술수준 분석을 위하여 특허, 논문, 기술동향 조사·분석을 실시하였음

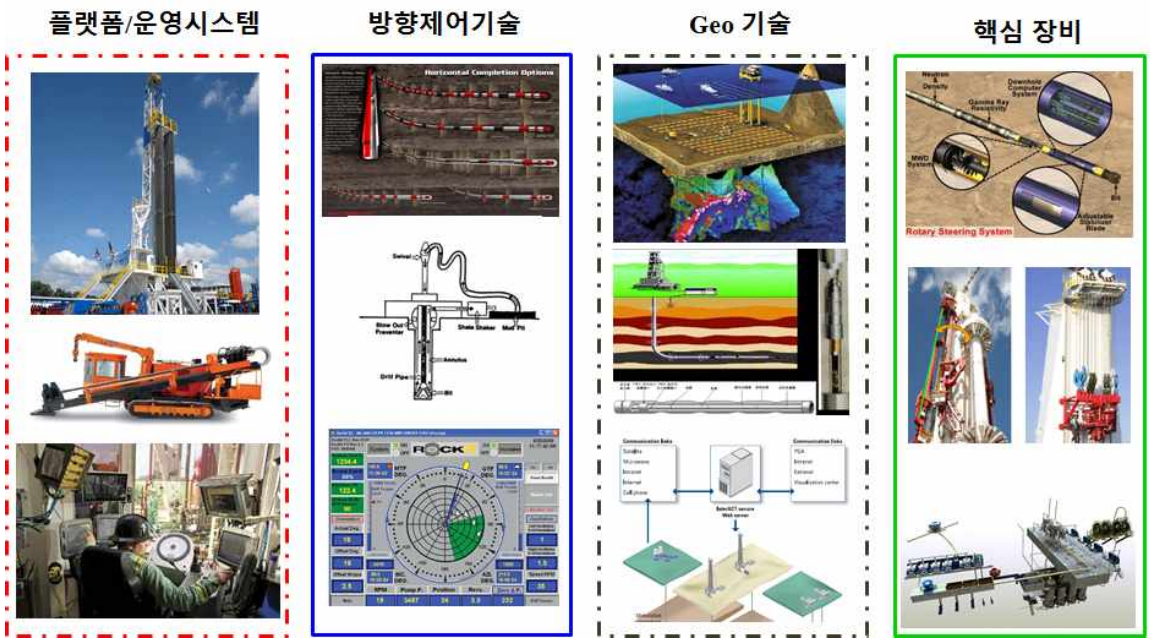
○ 불확실성을 고려한 분석을 통해 경쟁 우위로 인식되는 사업을 적절한 시기에 우선적으로 투자할 수 있도록 지원이 필요

가. 기술추세 분석

○ 제안하는 기술의 추세가 대형 연구개발투자를 위한 합리적인 근거인지 여부를 분석하기 위하여 기술동향, 특허, 논문 등을 분석함

○ 대표적인 기술추세는 드릴링 플랫폼, 운영시스템, 지반탐사기술, 핵심기자재 등으로 구분됨

- 드릴리그, 공저장비(steerable downhole assembly)나 방향제어유닛, 머드순환/핵심기자재, 통합제어운영시스템, 지중 내비게이션, 추진체 탑재형 센서 및 계측장비, 지반탐사 및 파쇄예측평가 기술 등



□ 국외

○ 세계 Oil major 사들과 XTO, EOG, Chesapeake 등 미국 내 중견 기업들의 종합적인 자료해석으로 드릴 위치 선정과 Optimized well spacing, 드릴 및 완결 공법 등 기술이 급격히 진보

○ 방향성 드릴기술은 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등 건설공사 시 교통체증이나 분진 및 소음 공해 등을 회피하기 위한 목적으로 적용이 증가하는 추세임

- 미국의 경우 비개착 건설시장의 주요 고객은 2012년 기준 통신 부문이 26.4%, 가스공급 부문이 20.8%, 상수도 부문이 15.5%, 전기 부문이 12.9%, 에너지수송 부문이 12.5%, 하수도 부문이 8.9% 및 기타 4% 정도인 것으로 보고됨

○ 미국과 캐나다에서는 실시간 방향성 시추를 용이하게 하는 코일 튜빙 시추시스템(Coil tubing drilling, CTD) 기술이 활발히 적용되어 전통적 드릴 공법보다 4배 이상의 굴진율을 얻는 등 현재 안정화 단계에 있음

○ 방향성 시추의 대표적인 응용 분야인 셰일가스 개발의 경우 미국은 채굴기술의 개발을 완료하여 경제성을 확보하면서 셰일가스 주도권을 확보

- 최근 수평정 시추 길이와 수압파쇄 구간을 증가시키는 다단계 파쇄 기술이 발달하면서 공당 시추간격은 점차 줄어들어 개발 경제성이 개선되고 있음

○ 방향성 드릴기술을 기반으로 한 셰일가스 개발을 위한 핵심기술의 확보는 향후 비전통 자원 개발의 기반이 될 것으로 비전통 석유, 타이트 가스, Coal-Bed Methane 개발 등에 활용 가능함

○ 유전 개발을 위한 시추시스템, 특히 이수 순환시스템의 경우 미국은 장비 업체 외에도 이수 운용 서비스 업체가 많음. 주요 업체로는 Drillers Mud System사, NRG Manufactory사, Fluid System사, Mud Technology사 등이 있음

○ 중국은 자국 육상 유전을 바탕으로 1990년대 중반부터 장비시장에 진출하였음. 주요 업체로는 GN Solids Control사, Zhenghou Xingyue Machinery사, Beijing Frbiz Electronics사, KOSUN-Mud tank사 등이 있음. 또한 중국은 아직까지 업체간 기술 격차도 큰 것으로 알려져 있음

○ 국내의 시추시스템 제조 산업은 NOV(구 호창기계산업)에서 NOV 시추시스템의 일부 부품을 OEM으로 생산하고 있음

○ 이수시스템의 경우 탱크와 관련된 일부 기자재를 국내 업체 선보공업, 포스코플랜텍 등에서 OEM으로 제조, 납품하고 있음

○ 대우조선해양 주관으로 이수시스템의 Dry bulk(분체 이송) 시스템 개발을 산업통상자원부의 지원으로 수행하고 있음

□ 국내

○ 우리나라의 경우 정부의 에너지개발 사업 추진과 관련하여 지난 10여 년간 국내의 공공기관 및 대기업에서 해외자원개발에 주력하고 있으나 major oil사들의 경험 및 자본력에 미치지 못하고 있으며, 국내 기술 및 인력부족 등에 의해 대부분 지분투자에 그침. 다만, 국내 공기업 및 일부기업에서 해외자원 개발권을 확보하는 실정

○ 한국광물자원공사는 남미(멕시코, 페루, 아르헨티나 등)에서 광물자원 개발에 직접투자하고 있으며 자원 조사 및 개발을 위해 기술개발 중

○ 한국가스공사는 아프리카, 인도, 동남아, 중동 등에서 가스개발사업에 투자 중이며 캐나다 및 북극권에서 지분참여 및 개발생산 중. 한국석유공사는 24개국 59개 석유개발 프로젝트에 참여하며 자체 기술력 및 사업능력을 확보하여 베트남 단독운영광구를 직접투자 중

○ 삼탄은 인도네시아에서 50,910 ha에서 14억 톤의 유연탄광을 개발 중이며 연간 24만 톤의 LPG 및 73만 배럴의 초경질원유 생산, 몽골에서 667,000 ha의 탐사권 확보 및 호주에서 석탄광 개발 등 광물자원 개발에 직접투자하는 민간기업으로 자원탐사 및 개발, 생산 단계에 있음

○ 해외자원개발에 따른 국내기업의 국제경쟁력은 자원개발 기술 및 자본 등에서 크게 뒤쳐지고 있는 실정이며, 일부 기업에서 소규모의 에너지 및 금속자원 개발에 직접투자하고 있으나 전문인력 및 기술력 부족

나. 기술수준 분석

□ 특허 및 기술동향 분석을 통한 기술수준 분석

○ 미국 등록특허를 대상으로 기술경쟁력 분석에 있어서 국가별 비교를 수행하기 위해 본 특허의 기술의 질적 수준과 함께 양적인 측면을 고려하여 평가가 가능한 지표인 기술력 지수(TS지수)를 활용하여 상위 7개 국가를 선정하여 분석대상으로 함

- DD

국가명	등록 특허 건수	family 특허 건수	피인용 횟수	시장확보 지수 (PFS)	순위	피인용도 지수 (CPP)	순위	기술력 지수 (TS)	순위
미국	826	10,499	18,067	12.71	1	21.87	3	619.25	1
캐나다	62	228	1,488	3.68	7	24.00	2	3.83	2
독일	50	380	462	7.60	5	9.24	6	0.96	5
일본	47	277	326	5.89	6	6.94	7	0.64	6
호주	43	469	736	10.91	2	17.12	4	1.31	4
영국	37	334	1,042	9.03	3	28.16	1	1.60	3
스웨덴	31	280	338	9.03	3	10.90	5	0.43	7

- HDD

국가명	등록 특허 건수	family 특허 건수	피인용 횟수	시장확보 지수 (PFS)	순위	피인용도 지수 (CPP)	순위	기술력 지수 (TS)	순위
미국	250	2,437	4,335	9.75	2	17.34	2	23.62	1
캐나다	14	61	556	4.36	7	39.70	1	3.03	2
호주	6	30	33	5.00	5	5.50	6	0.18	3
일본	4	23	24	5.75	4	6.00	5	0.13	5
노르웨이	3	31	23	10.33	1	7.70	4	0.13	5
프랑스	3	26	11	8.67	3	3.70	7	0.06	7
스웨덴	3	15	32	5.00	5	10.70	3	0.17	4

○ 기술동향 조사, 특허 및 논문 분석 등을 통하여 기술경쟁력과 격차, 핵심연구영역 등을 파악하였음

○ 종합적인 기술수준과 격차는 기술동향 분석자료를 토대로 전문가 평가를 통해 소분류별로 아래 표와 같이 도출함

표 6.12 기술수준 및 기술격차

소분류	한국		일본		미국		중국		독일		프랑스		영국	
	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차
리그플랫폼	72.8	3.5	88.0	0.9	97.7	0.5	86.2	2.0	98.7	0.2	95.0	0.6	94.0	0.6
회전	67.2	4.7	92.2	0.6	97.3	0.5	89.6	1.0	99.2	0.1	93.2	0.6	92.2	0.8
이수순환	67.4	5.0	86.8	1.4	96.7	0.5	86.4	2.0	98.5	0.2	88.8	1.0	89.8	1.0
동력	70.6	3.8	88.8	0.9	97.2	0.5	89.5	1.7	99.4	0.1	90.8	0.9	94.8	0.6
방향제어	62.2	5.6	86.2	1.4	96.6	0.8	81.8	3.3	98.7	0.2	92.2	0.8	93.2	0.7
유정제어	60.8	5.8	87.5	1.0	95.5	0.9	85.2	2.8	99.2	0.1	90.5	1.0	94.5	0.7
모니터링	70.2	3.7	87.8	1.1	96.8	0.5	85.1	2.7	99.4	0.1	92.8	0.9	93.8	0.8
시뮬레이션	65.4	3.8	90.6	0.8	95.2	0.7	86.4	2.4	98.5	0.2	93.6	0.8	92.6	0.9
지반특성	66.0	3.7	90.8	0.8	96.5	0.6	82.0	3.2	98.0	0.2	93.8	0.8	94.8	0.7
HDD유닛	66.4	4.3	90.4	0.8	97.3	0.5	79.7	3.7	99.4	0.1	93.4	0.8	95.4	0.7
운전	68.4	4.0	88.0	0.9	96.1	0.6	79.5	3.7	98.9	0.2	94.0	0.7	94.0	0.8
탐색/탐상	69.4	3.5	90.4	0.8	96.4	0.7	78.2	3.8	99.3	0.1	92.4	0.8	93.4	090

라. 기술개발 성공가능성

○ 동 사업 추진을 통해 현재 선진기술 대비 65% 수준인 기술수준은 85%까지 향상시키는 것으로 사업목표를 설정하고 있음

○ 동사업 추진 분야 글로벌 선도그룹과의 기술격차 해소를 위한 대안을 검토하였으며, 기존 연구지원 및 인프라 부족 해소를 위하여 R&D 투자확대와 장비/실험설비 구축이 최우선과제로 분석되었으며, 리그플랫폼, 동력장치, HDD 유닛 등은 산학연 중심의 R&D를 통하여 국산화가 가능한 것으로 평가됨

표 6.13 드릴시스템분야 기술격차 해소방안 (⊙ :1순위, ○ :2순위, · :3순위)

소분류	장비	인력	R&D	중기육성	기초연구	법제도	산학연
리그플랫폼	·		○				⊙
회전	○		⊙	·			
이수순환	○	·	⊙				
동력			·	○			⊙
방향제어	·	○	⊙				
유정제어	○		⊙	·			
모니터링	○		⊙	·			
시뮬레이션		○	⊙		·		
지반특성	○		⊙		·		
HDD유닛			⊙	·			○
운전	○		⊙				·
탐색/탐상	○		⊙		·		

❖ 장비: 장비/설비 구축
❖ 인력: 인력 양성
❖ R&D: R&D 투자 확대
❖ 중기육성: 중소기업 육성
❖ 기초연구: 기초 연구 지원 확대
❖ 법제도: 법제도 정비
❖ 산학연: 산학연 연계강화

표 6.14 기술개발 성공가능성 (⊙ :긍정적, ○ :중립, • :부정적)

소분류	해소방안	개발대상기술	성공 가능성
리그플랫폼	▪ 자원탐사-엔지니어링-플랜트-핵심장비-채굴-수송 등이 연계된 체계적인 R&D 구축 ▪ 시스템 통합설계 능력, 실증실적, 사업관리 및 운영 시뮬레이터 역량 확보	1.1 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)	⊙
		1.2 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	⊙
회전	▪ 대용량 회전시스템, 호이스팅, 모터 등을 국산화 개발이 필요	1.3 자동 파이프핸들링 및 회전시스템 기술	○
이수순환	▪ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템, 이수 혼합 공급 처리시스템에 관한 연구개발을 통하여 역량을 확보	2.2 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	⊙
		2.3 이수 혼합 공급 처리시스템	⊙
동력	▪ 기존 유틸리티의 메인기기는 도입하나 운영기술 중심으로 습득이 필요		○
방향제어	▪ 방향성 추진체 및 제어, 다운홀 모터 및 터빈, MWD 등을 개발하여 전체시스템에서서 검증 ▪ 국제공동 기술개발 투자 및 국제공동프로젝트 실증 경험 습득	2.1 방향성 추진체 및 제어기술	⊙
		2.4 지중 내비게이션시스템 기술	⊙
유정제어	▪ 비교적 많은현장 노하우와 데이터베이스가 필요한 분야로 지속적인 연구개발과 현장 실증을 지원		⊙
모니터링	▪ 대중소기업 공동 사업관리 인프라 구축하고, 운영 기술 및 통합관리 시뮬레이터 기술 개발	3.3 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	⊙
시뮬레이션	▪ 지층정보 해석 및 처리, 추진체 항법제어장치, 방향제어 조작기술 등을 연구개발하고 훈련시스템으로 보급활성화	1.4 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	⊙
지반특성	▪ 방향성 드릴링 부지특성화 및 평가, 설계/시공/모니터링정보화, 다운홀 검층 및 평가기술 등을 개발 ▪ 지반 파쇄 및 유동성 향상기술을 확보 ▪ 국제공동 기술개발 투자 및 국제공동프로젝트 실증 경험 습득	3.1 대상부지 지층정보 특성화 및 평가 기술	⊙

		3.2 방향성드릴링 설계/시공 정보화 관리기술	⊙
		3.4 지반 파쇄 및 유동성 향상기술	○
HDD유닛	▪ 비개착 관망 시공시스템을 국산화 하여 장비를 실증하고 보급을 위한 국가차원의 핵심 분야 공동 연구 및 인프라 구축	4.1 비개착 관망 시공시스템(장비 실증) 기술	⊙
		4.3 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	⊙
운전	▪ 비개착 공동 내 관망연결 및 확공기술 등 운영상 데이터와 노하우 축적	4.4 비개착 관망 재료 및 연결기술	⊙
탐색/탐상	▪ 천심도 지층 탐사 및 평가장비기술, 비개착 관망 확공 및 지반안정화기술을 확보	4.2 지층 탐사 및 평가장비기술	○

1.3 기존 사업과의 중복성

○ ‘다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단’의 연구목표, 연구내용 및 방법, 기대효과, 한·영 키워드 등을 토대로 NTIS(http://www.ntis.go.kr)에서 유사과제 검색을 실시하였으며, 유사과제 검색 결과, 타 부처 및 타 사업에서 기추진하거나 수행중인 유사과제가 없는 것으로 평가됨

표 6.15 유사과제 검색 개요

과제명	다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단	비고
검색범위(대상과제)	기수행과제, 2002년~2014년	
과학기술표준분류	전체선택	
부처	전체선택	
적용분야	전체선택	
27대 녹색기술 분류	전체선택	
6T 관련 기술	전체선택	
유사도	60 (NTIS 기본설정)	
검색항목	과제명, 연구목표, 연구내용, 기대효과, 키워드	

□ ‘다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단’의 세부과제로부터 검색키워드를 도출하여 NTIS(http://www.ntis.go.kr)에서 기존 과제 검색을 실시함

○ (검색키워드) 방향성 and Drill

- (세부과제 1) 스마트 드릴링 시스템 통합설계 및 실증기술
- (세부과제 2) 스마트 드릴링 시스템 방향제어 및 이수순환 기술
- (세부과제 3) 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술
- (세부과제 4) 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술

표 6.16 중복성 검토 결과후보기술에 대한 중복성 조사 및 연계·차별화 방안 모색

연구과제명	중복성 검토결과	연계방안 및 차별화 방안
석유·가스 탐사 개발 생산기술의 자립화 기술 개발	- 균열 저류층 유동해석을 비롯한 석유가스 핵심기술을 목표로함 - 해당 과제는 균열 저류층에서의 유동해석 및 생산을 예측할 수 있는 소프트웨어를 개발하고 최적화 유정제어 관련 모델링 기술을 확보하는 것이 목표로서 본 과제에서 직접 저류층을 생성하는 최적화 파쇄기술과는 근본적으로 다름	- 시스템 개발이 아니라 생산기술 개발 과제로 차별화되며, 유정제어 기술은 향후 테스트베드 실증 연구에 활용할 수 있음
CTD 시추시스템 구축 및 운전 자립화 연구	- 실시간 방향제어와 자료취득이 가능한 CTD(coiled tubing drilling) 시추 시스템을 구축하고, 방향성 시추가 가능한 CTD 기술의 자립화 및 사업화를 목표 - 차량 탑재형 CTD 기술과 붐데릭 방식의 본 기술의 드릴링 시스템은 근본적 메커니즘이 상이함	- CTD시추시스템은 데릭 기반의 시추시스템과는 시추 방식이 완전히 다르며 시스템 형태 및 구성 또한 완전히 다름 - 지질자원연구원에서 일부 수행하였으나 중단함 *CTD: coiled tube drilling
유정제어 모델링 시스템 개발	- 유정제어(well control)는 드릴링 공내 압을 최적으로 제어하여 킥(kick)현상을 방지하여 과압으로 인한 폭발을 방지하기 위한 컨트럴 시스템 개발에 대한 연구임 - 본 과제는 드릴링 리그 플랫폼개발 및 드릴링의 성능을 향상시키기 위한 관리, 그리고 지반의 효율적 파쇄 및 검층기술의 확보가 주요 과제로 연관성이 전혀 없음	- 본 연구과업에 포함되어 있지 않으나 해외 현장에서 테스트베드 추진시 지하 케이싱 시공 등에 접목하여 실증이 가능함
극지 드릴쉽용 Drawworks Drum 국산화 개발	- 해양분야 드릷쉽에 장착되는 Drawworks Drum 시제품 제작, Drum의 가공정밀도 확보 및 Reverse Groove 가공기술 개발 등을 목표로 하고 있음 - 본 연구과업에서는 육상용 비개발로 계획되어 일반 기자재로 분류하고 있음	- 개발 시스템 사양이 유사할 경우 다목적 드릴시스템의 테스트베드 기자재 품목으로 활용을 검토 필요
해양 드릴링시스템 Riser tensioning APV(Air Pressure Vessel)의 모듈	- **해양 드릴쉽**에 소요되는 Riser Tensioning Systems의 APV(Air Pressure Vessels) 모듈화 개발을 목표로 1) APV Module 설계 기술개발, 2) APV Module의 주요	- 해당사항 없음

화 기술 개발	부품 국산화 개발 등을 포함하고 있음 - 본 연구과제는 육상용으로 해당 기자재가 불필요함	
해양플랜트 드릴링 프로세선용 고기능 제어 밸브 개발	- 해양플랜트용 6인치 350bar 고차압 밸브의 설계인자 도출, 6인치 350bar 고압-대용량 제어 밸브의 설계 및 Prrototype 제작, 6인치 350bar 고압-대용량 제어 벨브의 선급승인 취득을 목표로 함 - 본 연구과제의 기자재와 거리가 있음	- BOP 등에 응용이 가능한 사양일 경우에 테스트베드 추진시 설계사양으로 반영을 검토
드릴쉽 유압 윈치 개발	- Drill ship windless 관련분야 맞춤형 교육실시, Drill ship hydraulic winch 개발이 목표임 - 본 연구과제에 적용하기에 용도가 부적함함	- 해당사항 없음
굴착용 천공 드릴 모듈	- 차량 탑재 측면에서 비개착식 관망 시공 시스템과 유사성을 보임 - 소음형 경량 천공리그 모듈의 1차 시제품 제작 및 성능 평가를 목표로 함 - 본 연구에서 추진하는 방향성 드릴 시스템과는 방향성 추진, 드릴공 확공 및 배관 연결공법 등에서 상이한 방식임	- 차량을 탑재 플랫폼으로 활용하는 비개착식 관망 시공 시스템에 일부 응용 가능성을 검토 필요 - 차량 플랫폼, 동력전달장치 등에 관한 연계활용방안을 모색
Water Hammer와 정수시스템을 활용한 에너지 절감형 친환경 드릴링 시스템 개발	- **Water Hammer**와 정수시스템을 활용한 에너지절감형 친환경 드릴링 시스템 개발, 천공지름 165mm 깊이 **150m 이상**의 성능을 갖는 친환경 고성능 Water Hammer 개발을 목표로 함 - 본 과제는 2 km 이상 방향성 드릴링 시스템으로 수직형(150 m)과 시스템 규모, 기자재 구성, 이수순환시스템 등이 근본적으로 다름	- 해당사항 없음
드릴쉽의 시추장비 및 공구 취급을 위한 실용 윈치 국산화	- Lifting lugs, Protecting cover, Wire drum, Spooling device, Fixed wire exit, Press roller assembly, Sensor roller assembly등을 설계 및 제작, 원치의 국부 제어부 설계 및 제작, 원격 제어부 설계 및 제작, 무선 제	- 해당 개발품의 사양이 고성능(감속장치 등)을 만족할 경우에 테스트베드에 국산화 대체품목으로 적용이 가능함

	어부 설계 및 제작 등이 목표임 - 본 연구에서 호이스트와 유사한 기능을 목적으로 하나 감속기능이나 하중 등이 다르며, 장비나 공구류 취급을 목적으로 하고 있어 본 연구의 고사양을 만족시키기 어려움	
Drill Riser System 기술개발	- 해양 드릴쉽의 해저까지 연결하는 파이프라인(통신라인 포함)으로 시추시스템용 Drill Riser 요소부품 및 패키지 개발, 고강도 Riser Joint 요소 부품 개발, 신뢰도 및 위험도 기반 설계, Diverter 설계 및 유동 제어 기술 개발을 목표로 함 - 본 연구과제와 무관한 기자재 및 시스템임.	- 신뢰성 평가, 라이저 소재 규격 등에 관한 연구결과는 본 과제와 직접적인 연관성은 낮으나 참고 데이터베이스로서 활용 가치가 있음
해양시추용 Drill Rig의 1,000마력 이상급 Top Drive와 Drill Bit 및 Collar의 기술개발	- 해양 드릴쉽용으로 1000마력 이상급 Top Drive 요소부품 및 패키지, Top Drive Machine 통합설계기술 및 제작을 목표로 함 - Gear Box, Swivel, Pipe Handler, Retractable dolly, Drill Bit 및 Drill Collar 개발을 목표로 함 - 약 40억원 규모가 투입된 소재부품기술개발사업 과제로서 Peformance Test 설비 중심의 사업임 - 장기적으로 육상 드릴 시스템의 Top Drive Machine 요소부품 및 패키지 개발과 유사성이 있으며, 여게 협력방안 모색이 필요	- Drilling System 분야의 장비들은 각각의 기기들과 충분한 연계성을 가지고 있으므로 국내 Drilling Equipment 과제와의 향후 기술정보 공유의 장이 있다면 더 큰 시너지 효과가 발생할 것으로 보임 - Top Drive System Performance Test Facility은 Drilling Equipment 성능평가용으로 활용 가능 - 탑드라이브 구성, 방식, 성능사양이 유사할 경우에 테스트베드 적용을 적극 추진
Top Drive Type Rig 개발	- 150HP급 Top Drive Drill Rig 의 Main Structure 설계 및 부품 국산화(Mast Assmbly, Travelling Device, Double Clamp, Power Head), 최적화된 Hydraulic control system 및 Load-Sensing 제어 기술 개발을 목표로 함(중소기업청 창업성장기술개발사업) - 기존 골조방식의 데릭구조 설계와 관련된 일부 부품 기자재를 제작하는 과제임 - 본 과제는 4 km 급 방향성 드릴링이 가능한 개방형 붐데릭 방식의 시스템을 테스트베드 제작, 실증을 목	- 테스트베드 적용시 선행과제에서 개발된 부품의 사양 적합성을 고려하여 설계에 반영이 가능할 것으로 보임 - 본 연구에 포함되지 않은 일반 유압기기류에 관한 활용도 적극 검토

	표로 하며, 선행연구에서 추진중인 부품기자재 개발은 포함하고 있지 않음	
해양플랜트용 Drilling System의 Sheave 기술개발	- 해양 플랜트 Drill String Compensator용 주강 개발, 최적 주강소재 적용(EH36 Grade급), Drill String Compensator용 주강 시제품 제작을 목표로 함 -쉬브에 소요되는 주강 소재 개발에 관한 사항으로 본 과제와 무관함	- 해당사항 없음

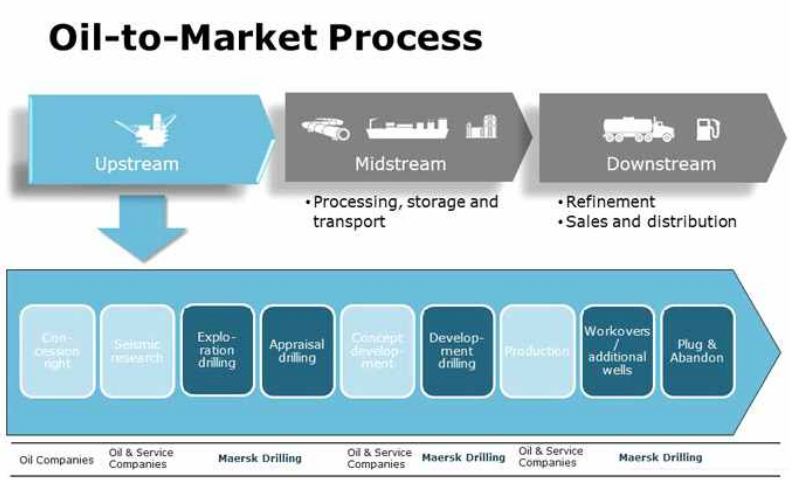
2. 정책적 타당성 분석

○ 정책적 타당성 분석은 동 사업이 국가 전략적 측면에서 가지는 의미를 판단하고 국가에서 추진 중인 정책 및 R&D 상위 계획에 대한 부합성 여부를 분석함과 동시에 사업 추진체계의 일관성, 추진력 등을 종합적으로 조사·분석하는 것이 목적임

2.1. 국가 전략적 중요성

○ 방향성 시추기술은 안보차원의 비전통 에너지·자원 확보 경쟁이 가열되고 있어 국가차원의 전략적 지원이 필요

○ 비교적 난이도와 규모가 큰 기술로서 국내 개발경험이 전무하여 초기 리스크 쉐어를 위한 국가차원의 지원이 필요



www.maerskdrilling.com

○ 각국의 에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역 간 기후환경, 법제도 등 도전적인 신시장 주도를 위한 연구개발 선도 필요

○ 육상 및 해양 플랜트 모든 분야에 있어 기자재 개발 및 국산화는 중소 기자재 업계가 주도하고 있으나, 경험 부족 및 규모의 영세성으로 인하여 성공적인 국산화 실적은 매우 저조한 실정임

○ 민간기업 중심으로 시장에 진입하고 기술개발을 해나갈 경우, 국내 해양플랜트 산업 생태계 보다는 사업성만을 고려하여 기술개발이 될 것으로 예측되고 결국 현재의 플랜트 산업의 상황과 마찬가지로 대규모 부가가치 유출이 예상됨. 따라서 사업추진 초기에는 정부주도의 리더십이 필요함

2.2. 상위계획과의 부합성

가. 사업추진근거

○ 동 사업은 국토교통부 소관 연구개발사업 운영규정 제5조(국토교통미래기술위원회 설치) 및 제20조(시행계획 수립 및 공고 등)에 근거를 두고 있는 「2013년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획」에 의하여 추진하는 사업임

○ 드릴링 방향을 제어하여 목적하는 위치에서 지반조건 및 유가스 탐사, 생산, 파이프라인 시공, 환경오염 제어 등 다양한 시공기능을 수행할 수 있는 “다목적 방향성 드릴링시스템 개발”이 목표임

나. 국정목표와의 부합성

○ 국정과제와 부합되는 기술도출 및 세부추진계획을 수립함

- (94. 환경과 조화되는 국토개발) 환경과 조화를 이루는 개발사업 추진을 유도하고, 국토·도시계획과 환경계획을 연계하여 지속가능한 국토 창조
  ⇒ 도시나 단지 등에서 관로망 교체를 위한 개착식 공사 시에 수반되는 소음과 진동, 분진, 교통체증, 지반 안정성 등 민원을 근본적으로 해결

- (8. 과학기술을 통한 창조경제 기반 조성) 과학기술의 책임과 역할을 확장하여, 신산업을 창출하고 사회 이슈를 해결하는 등 국민행복에 실질적으로 기여
  ⇒ 에너지 자원 개발을 위한 방향성 드릴링 시스템 및 기자재, 이를 이용한 서비스 산업 진출, 도시나 단지 등에서 지중 노후관의 교체 및 확관을 위한 신기술의 개발 및 적용사업 확대를 통하여 신산업 창출에 기여

○ 경제혁신 3개년 계획에 부합되는 연구주제를 도출하여 정책방향인 신산업 육성을 뒷받침할 수 있음

- (26. 융합 신산업 육성) 기계・조선・플랜트 등 주력산업의 연관서비스업 육성
  ⇒ 지반탐사, 유가스전 탐사 및 개발, 비개착식 노후관 교체 및 확관을 위한 드릴링 플랜트 장비 및 공법 등을 이용하여 연관서비스 산업 활성화

○ 박근혜정부 출범 후 과학기술과 산업이 융합하는 창조경제 실현을 뒷받침하기 위한 과학기술 역할과 방향을 정립하기 위해 제3차 과학기술기본계획('13~'17)을 수립

○ 경제부흥과 국민행복을 위한 하이 파이브(High Five) 전략 추진으로 5개 전략분야를

고도화(High)하고, 19개 분야 78개 과제 추진

- 추진전략 중 신시장 개척 지원, 미래성장 동력 확충, 과학기술 글로벌화 등에 부합하는 사업임



그림 6.8 제3차 과학기술기본계획 추진전략

- (국가 전략기술) 첨단플랜트 기술, 드릴링 기자재 기술
  ⇒ 미개척지 에너지자원 개발, 지중 노후관 비개착 공정을 적용하기 위하여 지중 드릴링 기술과 관련 장비를 개발 필요

- (4. 깨끗하고 편리한 환경 조성) 국토인프라 선진화
  ⇒ 지역 및 도시나 단지 등에서 관로망 개착 공사에 따른 환경오염(소음, 진동, 분진 등)과 교통체증 해소 및 지반 안정성 확보, 강우량 변동에 따른 하수관로 등 변경 설계 및 시공이 가능

□ 건설교통 R&D 중장기계획안(2013-2017)[5]

○ 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업은 건설교통 R&D 중장기계획 5대 목표 중 “미래 경제가치 창출”에 부합하는 사업임

○ 또한 건설교통 R&D 중장기계획의 기대효과인 해외시장 진출 및 원천기술 선진화에 부합하는 사업임

5) 건설교통 R&D 중장기계획안(‘13~’17), 국토교통부, 2012.5.24.

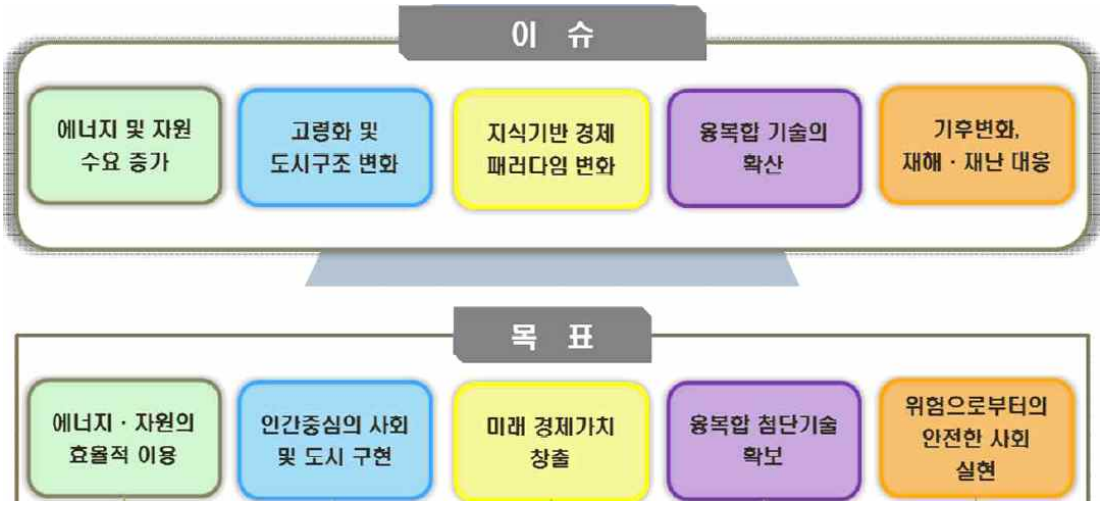


그림 6.9 건설교통 R&D 중장기계획 추진체계

□ 2013년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획

○ 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업은 2013년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획 중 건설교통연구기획사업의 일환으로 추진되는 사업으로 미래 건설교통기술발전을 선도하고, 지속적인 신성장동력 창출을 위한 미래핵심기술 등에 대한 기획이라는 목적에 부합하는 사업임

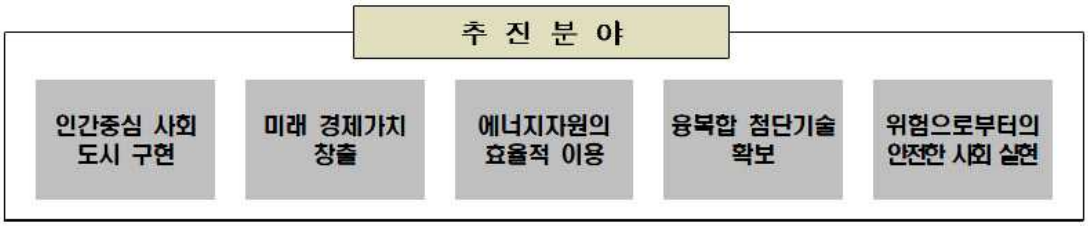


그림 6.10 건설교통연구기획사업 추진분야

□ 2014년도 국토교통기술 연구개발사업 추진계획

○ 국토교통부의 2014년도 국토교통기술 연구개발사업 중 플랜트연구사업 추진계획으로는 미개척지 공간자원 확보 기술로 비전통에너지 탐사·시추·개발·처리기술 확보가 추진목표로 포함되어 있어 다목적 방향성 드릴시스템 개발의 목표와 부합하고 있음



그림 6.11 국토교통기술 플랜트연구사업 추진계획

2.3. 사업추진의지 및 관련 기관 협조 체계

○ **(국토교통부)** 「국토교통기술 연구개발사업 시행계획」에 따라 관련 R&D 예산 배정, 사업단 체제 도입, 관련분야 전문인력 양성 사업 등을 지속적으로 추진하고 있음

* 건설기계관리법 제2조(정의 등): 건설기계의 정의
* 건설기계관리법시행령 제2조 별표1의 분류체계: 특수건설기계는 제1호부터 제25호까지의 규정 및 제27호에 따른 건설기계와 유사한 구조 및 기능을 가진 기계류로서 국토교통부장관이 따로 정하는 것

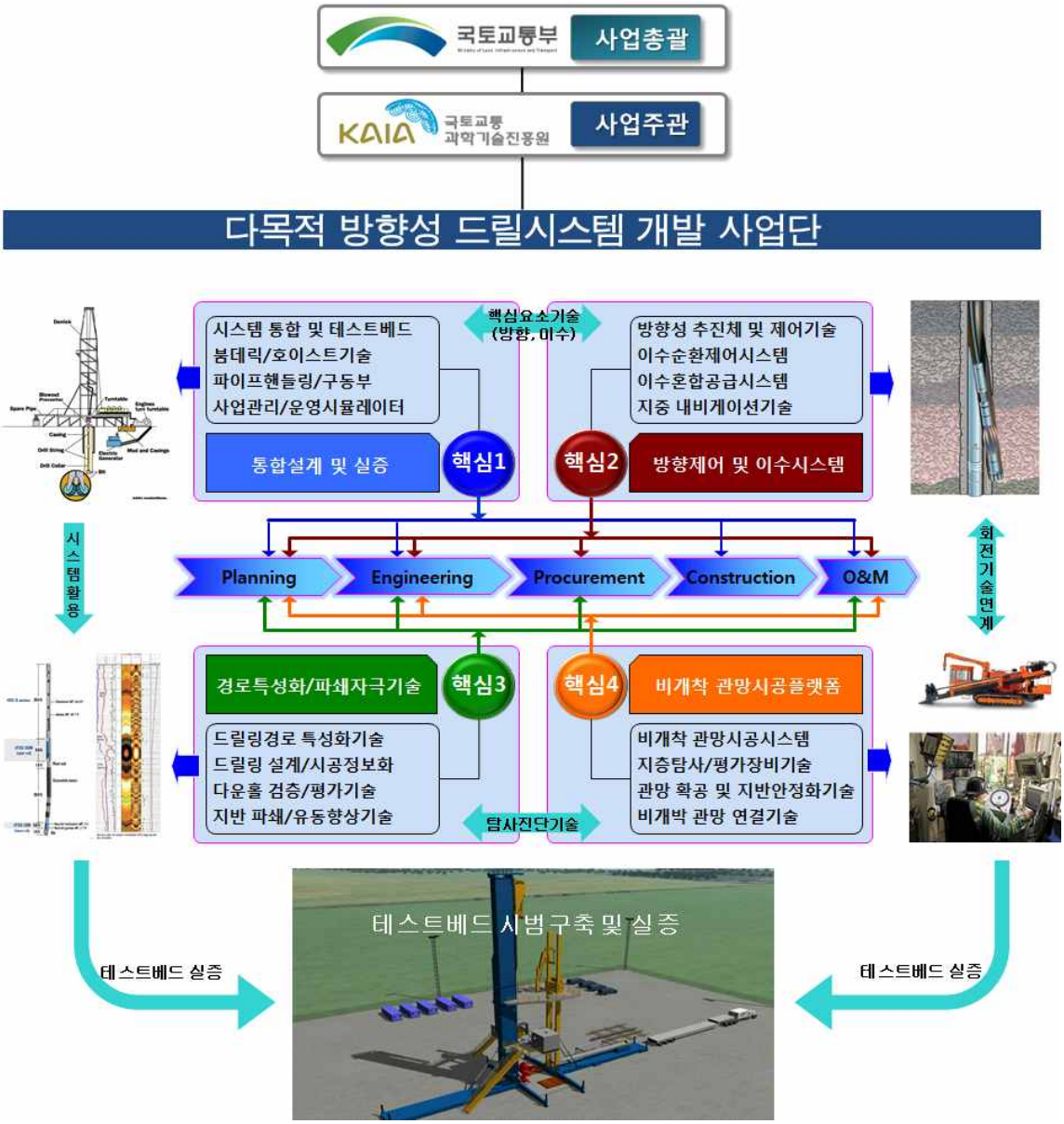
○ **(국토교통과학기술진흥원)** 국토교통부의 연구개발사업 전문기관으로서 본 과업의 관리를 담당하고 있음. 국토교통부 소관 사업 중 본 과제와 연관성이 있는 플랜트연구사업, 건설기술연구사업의 중장기 소요예산 검토 및 재원조달방안에 대한 적극적인 지원을 하고 있음

○ **(한국건설기술연구원)** 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업 기획연구는 한국건설기술연구원에서 주관하고 있으며, 연구원 내 간사단을 구성하여 연구경력 10년 이상의 박사급 전문인력을 배정하는 등 동 사업을 적극적으로 추진하고 있음

○ 관련기관 협조체계는 사업 주관부처로 국토교통부(사업관리부서: 건설인력기재과), 전담기관인 국토교통과학기술진흥원이며, 향후 사업수행기관 선정 후 사업단(단장)이 추가됨

○ 관리 주체별 역할분담

- 사업총괄(국토교통부): 본 사업의 주관부처로서 국가산업과 정책 측면에서 예산 확보 및 지원, 기술정책의 선순환을 위한 정책반영 등을 담당
- 사업관리(국토교통과학기술진흥원): 본 사업의 진행과 성과를 관리하고 사업단의 중대한 운영 및 변경사항 등에 관한 심의의결을 위한 총괄운영위원회를 구성 및 운영, 상급기관 보고 등을 담당
- 사업단/사무국(추후 선정): 사업단 내 핵심과제 관리 및 운영, 성과 통합 및 사업화 추진 등을 담당(국토교통연구개발사업 사업단관리지침 준용)


국토교통부
사업총괄
KAIA
국토교통
과학기술진흥원
사업주관
다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단
핵심요소기술
(방향, 미수)
시스템 통합 및 테스트베드
붐데릭/호이스트기술
파이프핸들링/구동부
사업관리/운영시뮬레이터
통합설계 및 실증
핵심1
핵심2
방향제어 및 이수시스템
방향성 추진체 및 제어기술
이수순환제어시스템
이수혼합공급시스템
지중 내비게이션기술
시스템 활용
회전기술연계
Planning
Engineering
Procurement
Construction
O&M
경로특성화/파쇄자극기술
핵심3
핵심4
비개착 관망시공플랫폼
드릴링경로 특성화기술
드릴링 설계/시공정보화
다운홀 검증/평가기술
지반 파쇄/유동향상기술
탐사진단기술
비개착 관망시공시스템
지층탐사/평가장비기술
관망 확공 및 지반안정화기술
비개박 관망 연결기술
테스트베드 실증
테스트베드 시범구축 및 실증
테스트베드 실증

2.4 사업추진상의 위험요인과 대응방안

가. 재원조달 가능성

□ 동 항목은 연구개발사업 추진을 위한 재원 투입과 관련하여 계획된 시점과 규모에 있어서 문제 발생 가능성을 분석하기 위한 것으로 재원조달 문제로 인한 사업 추진의 지연 정도를 결과에 반영하기 위함

○ 재원 투입이 계획된 시점과 규모에 있어서 문제가 발생할 경우, 연구개발사업의 원활한 추진이 어려울 수 있으며, 재원조달 가능성 측면에서의 위험요인 분석을 수행하여 그 결과를 제시해야 함

- 별도의 지방재원, 민간투자금 조달 없이 전체 사업비를 국고로 지원해야 하며, 연구개발비가 많이 소요되는 사업으로 연차별 적절한 규모의 재원 배분이 중요함

□ 국토교통부 건설교통 R&D 예산의 증가율을 토대로 국토교통부 R&D 예산 규모를 추정하여 동 사업의 예산규모와 비교하고 재원조달 가능성을 검토함

○ 건설교통 R&D 투자는 2000년대 중반부터 지원확대 및 급속 성장. 건설교통 R&D 예산은 '04년을 기점으로 매년 연평균 28% 증가하여 '11년도까지 총 2.1조원 투자 규모 확대

○ 동 사업의 연도별 사업비(평균 240억원)는 국토교통부 건설교통 R&D 예산의 약 6% 수준으로 분석됨

표 6.17 최근 7년간 플랜트분야 투자예산 2,052억원 수준(2013년 예산 250억원)

(단위 : 억원, %)

구 분		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	계
국가 R&D	예산	97,629	110,784	123,437	137,014	148,902	160,244	171,471	949,481
	증가율	-	13%	11%	11%	9%	8%	7%	-
국토교통 R&D	예산	3,277	3,459	3,924	4,092	4,310	4,159	4,014	27,235
	증가율	-	2%	13%	4%	5%	△4%	△3%	-
플랜트연구사업	예산	145	111	422	333	424	367	250	2,052
	증가율	202%	△23%	280%	△21%	27%	△13%	△32%	-

□ 시장, 재정여건에 따라 탄력적인 추진 시나리오를 제시하여 안정적인 추진을 계획함

○ 대규모 사업단 급 과제로 계획함에 따라 재정 조달 리스크가 매우 크며, 해외 현지 시장의 여건에 따른 시장진입시기 등을 고려 필요

○ 기본적으로 핵심4과제(비개착 관망 시공플랫폼)는 유·가스전 탐사 및 개발에 적용되는 방향성 드릴링 시스템(핵심1과제 및 핵심2과제)과 응용 서비스(핵심3과제) 기술과 규모나 용도 측면에서 연계성이 낮아 분리하여 추진

○ 이에 재정 리스크 및 시장진입시기를 고려한 분할 추진, 단계별 추진 시나리오 등을 다음과 같이 검토함

구분	시나리오 구성	장단점, 시장진입시기 분석
1	1~3핵심 통합 추진	- 시스템/장비 개발과 이를 이용한 서비스 기술을 동시에 통합적으로 개발하는 시나리오 - 초기에 연평균 210억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 5.2% 규모로 4개 핵심과제 통합추진에 비하여 재정조달 리스크는 다소 완화되나 기 계획된 중장기 예산규모 등을 고려시 사업단급으로 추진 가능성은 낮음 - 중앙아시아, 동남아시아 등에는 현지 여건상 중소형 유전 등에 시공서비스분야 진입 가능성이 높고, 독자 장비의 현장 적용도 가능함 - 대규모 유·가스전에서 선진기업과 경쟁구도나 시장의 성장규모로 볼 때 리그 시스템의 시장 진입시기는 7년 이상 소요될 것으로 보이고, 기자재 분야는 7년 이내에 적용이 가능할 것으로 평가함
2	해외 리그 + 3핵심 결합 추진 (⇒ 1~2핵심 추진)	- 해외 리그를 도입하여 서비스 기술 개발과 병행하여 시스템/구성기자재에 대한 선행기술 습득하는 시나리오 - 초기에 연평균 130억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 3.2% 수준으로 재정조달 리스크는 해소할 수 있는 수준임 - 중기적으로 서비스시장 진출은 가능하나 시너지 축소, 시스템 및 장비 자립화 개발까지 장기 10년 이상 개발기간 소요 - 중앙아시아, 동남아시아 등에는 현지 여건상 중소형 유전 등에 시공서비스분야 진입 가능성이 높음 - 대규모 유가스전에서 선진기업과 경쟁구도나 시장의 성장규모, 개발리스크 등으로 볼 때 시공 서비스 분야 일부 분석기술 등은 7년 이내에 접목이 가능할 것으로 평가됨
3	1~2핵심(시스템, 장비) 통합 추진	- 시스템 및 장비 위주로 개발하는 시나리오 - 초기에 연평균 150억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 3.7% 수준으로 재정조달 리스크는 해소할 수 있는 수준임 - 3핵심의 서비스 분야와 시너지 감소, 응용 서비스기술

		개발까지 장기 10년 이상 개발기간이 소요됨 - 중앙아시아, 동남아시아 등에는 현지 여건상 중소형 유전 등에 독자 장비의 현장 적용도 가능함 - 대규모 유가스전에서 선진기업과 경쟁구도나 시장의 성장규모로 볼 때 리그 시스템의 시장 진입시기는 7년 이상 소요될 것으로 보이고, 기자재 분야는 7년 이내에 적용이 가능할 것으로 평가함
4	4핵심 추진 ⇒ 역량확보 (⇒ 1~3핵심 추진)	- 소규모 비개착식 관망 시공 플랫폼과 공법을 별도 연구단급으로 추진하는 시나리오 - 초기에 연평균 60억 원 규모로 '13년 국토교통R&D의 1.5% 수준으로 재정조달 리스크 미미함 - 자체 기반역량 확보, 향후 연계파급분야 개발 전략으로 개발 리스크가 매우 낮음 - 개발성과에 기반하여 1~3핵심을 후속 연계 추진시 장기 13년 이상 개발기간이 소요됨 - 5년 이내에 현장 적용, 6년 전후로 상용화 보급이 가능할 것으로 평가되며, 장비시스템 보다는 관망 연결시공 및 안정화공법, 고품질 관망재료 등에서 사업성이 높을 것으로 평가(중국 등 저가장비 영향)

나. 법・제도적 위험요인

□ 해외자원개발 사업의 부실성으로 인한 정책적 드라이브에 대한 리스크

○ 지난 정부에서는 국정 핵심 과제로 해외자원개발 사업을 진행하여 에너지 공기업들의 해외 에너지 사업에 대한 확장을 독려, 약 43조원을 투입하였으나 국정감사 결과 사업 손실이 약 4000억원이 넘는 것으로 나타나, 본 과제가 실용화되기 위한 해외자원개발에 대한 정책적 드라이브가 우려됨

○ 반면, 다목적 방향성 드릴시스템과 같은 경제성을 높일 수 있는 기술의 개발로 해외 유가스 개발에 대한 경제적인 리스크를 감소시킬 수 있다는 점이 본 과제의 긍정적인 요소로 작용할 수 있음

□ 셰일가스 개발의 환경적 리스크

○ 미국 환경보호청(EPA)은 2011년 12월에 아이오와주 파빌리온의 지하수 오염이 천연가스 생산 활동과 관련되었을 가능성이 있다는 보고서를 발표하여 수압 파쇄에 의한 수질오염 리스크를 언급함

○ 텍사스대학 에너지연구소(EIUT)의 조사 연구에서는 항정의 적절한 케이싱과 시멘트 사용 문제, 오염된 물 회수와 처리방법, 폐기물 보관과 관리에 대한 규제가 아직 충분하지 않다고 언급함

○ 따라서 셰일가스 개발이 가장 활발하게 되고 있는 미국으로의 시장 진출 시 상기와 같은 환경문제로 인해 셰일가스 개발에 장애가 될 가능성이 존재함

□ 한-미 에너지협력 장관 공동성명, 한-캐나다 에너지 자원 기술협력 MOU

○ 지난 박근혜 대통령의 미국 방문 시에 셰일가스를 포함하여 에너지 분야에 대한 협력 사업을 더욱 공고히 확대한다는 공동 성명을 발표한 바가 있어, 실제로 국내 기업들이 시추 관련 고도의 기술을 확보하고 미국 셰일 시장에 진출하는데 교두보를 마련함

- 셰일가스 관련 공동 관심사에 대한 정보공유를 위해 양국 민관 전문가들이 참여하는 협력의 장을 마련
- 산업통상자원부와 미 에너지부 주관 하에 '한-미 셰일가스 전문가 워크숍' 개최(11.19일, 워싱턴 D.C.)
- 민간기업이 미국 내 셰일가스 개발을 주도하고 있기 때문에 향후 동 워크숍을 민간 주도로 개최하는 방안을 미측과 협의 추진

○ 한국에너지기술평가원과 캐나다 천연자원부는 양국간 에너지 자원 기술협력에 관한 양해각서(MOU)를 교환하기로 함

- 에너지자원의 개발, 이용 및 공급 촉진을 위해 기술개발에 대한 파트너십 강화. 협력분야는 이산화탄소 포집저장, 스마트그리드, 신재생에너지, 셰일가스 등 8개 분야

다. 테스트베드 부지 확보 및 구축 가능성

○ 테스트베드 부지확보 문제는 수요가 있는 현지 관계 기관과 업무협의, 국가간 무역협력, 기관간 양해각서(MOU) 등을 지속 추진하여 사전에 협력관계 확립

- 전 세계적으로 유가스전 탐사·개발이 증가하고 있고, 특히 중앙아시아나 동남아시아 지역은 중소형 유전이 산재한 지역으로 탐사·개발에 대한 수요가 큼
- 국내에서도 지질자원연구원을 중심으로 동남아지역 탄성파 데이터베이스 정보화 구축과 평가를 위한 실증연구를 진행중으로 해당 국가와 네트워크 확보를 통해 대응이 가능

- 국내에 구축하는 방안은 실효성이 낮음

○ 시스템 구축의 문제는 재원조달 여건을 고려시 국가연구사업으로 현재 포항에 설치되어 있는 수직형 드릴리그를 개량하여 핵심기술을 검증 가능함

- 현재 위험성이 있는 문제로 파악된 부분은 장비 구축비용, 방향성 추진기구 및 이수순환기술임

- 장비 구축비용에서 가장 비중이 큰 부분은 개발기술을 접목하여 운영할 드릴리그 플랫폼(주요 장비 및 유틸리티 포함)이나 국내 도입사례 검토를 통하여 시험완료까지 360~400억원 정도로 추산함

3. 경제적 타당성 분석

3.1. 분석 개요

○ 경제적 타당성 및 파급효과 분석은 본 사업의 기술 개발로 인한 직접적 경제 효과와 간접적 파급효과 등을 종합적으로 조사·분석하는 것을 목적으로 함

○ 본 사업 수행을 위해 발생하는 비용은 총 투입 연구비의 현재가치로 산정하고, 과제 수행 결과 발생하는 편익은 부가가치 접근법을 이용하여 산정함

○ 발생 편익은 (1)방향성 드릴 시스템의 제작/판매 부가가치, (2)유정 탐사/개발 서비스 제공 부가가치, (3)비굴착 마이크로 터널링 시스템을 이용한 국내 도심지 드릴링 서비스 제공 부가가치 등 3가지로 구분하여 분석함

- 비굴착 마이크로 터널링 시스템은 현재 미국, 중국 등 관련 분야 선진기업의 시장 선점으로 국내 기업이 후발주자로서 시장에 진입이 다소 어려울 것으로 판단되어 국내 건설시장 드릴링 서비스 제공에 따른 부가가치를 산출

○ 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업의 투입 편익, 비용은 현재가치로 환산하여 평가

$$\frac{B}{C}=\sum_{t=0}^{T}\frac{B_t}{(1+r)^t}/\sum_{t=0}^{T}\frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재연도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 현재가치화라고 함
- 편익/비용 비율(B/C ratio)은 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 1 이상이면 경제성이 있다고 판단

○ 편익/비용 분석에 큰 영향을 미치는 주요 변수들(할인율, 사업단 기여도)에 대해 민감도 분석을 수행하여 분석결과의 변동범위를 추정

구 분	주요항목	세부 내용
편익 (Benefit)	직접 편익	• 기술개발에 따른 관련 제품의 국내외 추가 시장 창출 규모 • 관련 기업 추가 매출액 • 조건부가치측정법(CVM)에 따라 WTP(지불의사)의 측정값 - 신규 제품 혹은 서비스에 대한 추가 지불금액 의향 • 기존 시설구축비 및 임대료 등을 대체/개선함에 따른 비용 절감액 • 인명피해/재해복구 등의 사회적 비용 감소 편익, 정보제공에 따른 사회적 편익증가 • 연구기반으로 인한 비용저감효과
	간접 편익	• 타 산업으로의 경제적 파급효과 - 생산유발효과, 고용유발효과, 부가가치유발효과 등
비용 (Cost)	연구개발비	• 기술개발에 소요되는 인건비, 직/간접비, 위탁연구비 등을 포함한 전체 연구비 - 인건비 : 내부 인원 투입 부분 산정 - 직접비 : 국내외 업체 외주비, 연구장비/재료 구입비, 기타 등 - 간접비 : 해당 출연연의 간접비(교과부, 국가연구개발사업 간접비 계상기준 참고)
	시설구축비	• 단지조성, 센터 구축 등 시설구축비(설계비, 감리비, 측량비 등을 포함한 전체 공사비)
	운영 및 유지보수비	• 편익을 발생시키기 위해 지속적으로 운영/유지보수가 필요한 경우에는 편익이 발생하는 기간 동안 운영비를 산정해야 함

그림 6.12 세부 편익 및 비용 항목

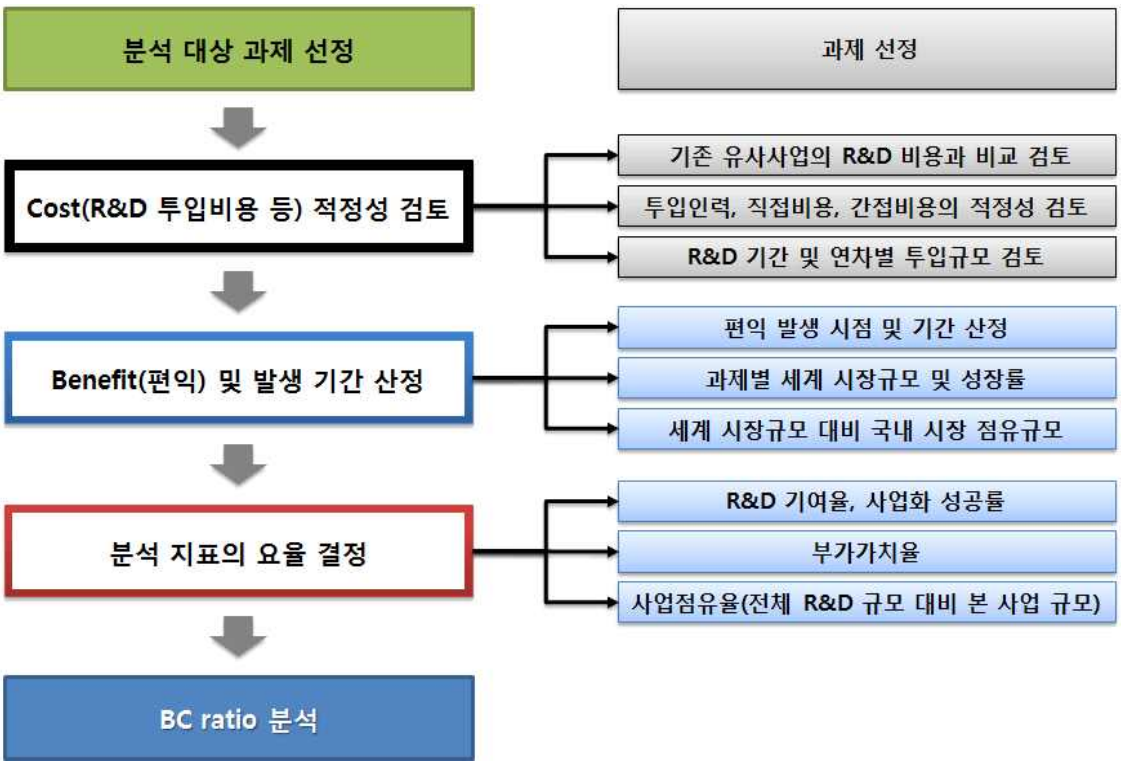


그림 6.13 경제성 분석 프로세스

○ 기획 대상 사업(다목적 방향성 드릴시스템)의 국내외 환경 및 이슈 등을 분석하여 전반적인 타당성 여부를 판단함

○ 사업단 본 과제의 수행을 위해 소요되는 총 사업비 및 사업기간 이후 발생되는 비용을 추정하여 기본 비용으로 산정함

○ 다음으로, 편익 발생시점과 편익 발생기간 등을 설정한 후, 편익유형 및 추정방법을 결정함

○ 최종적으로 편익산정을 위한 분석 지표 설정 후 경제성 분석을 실시함

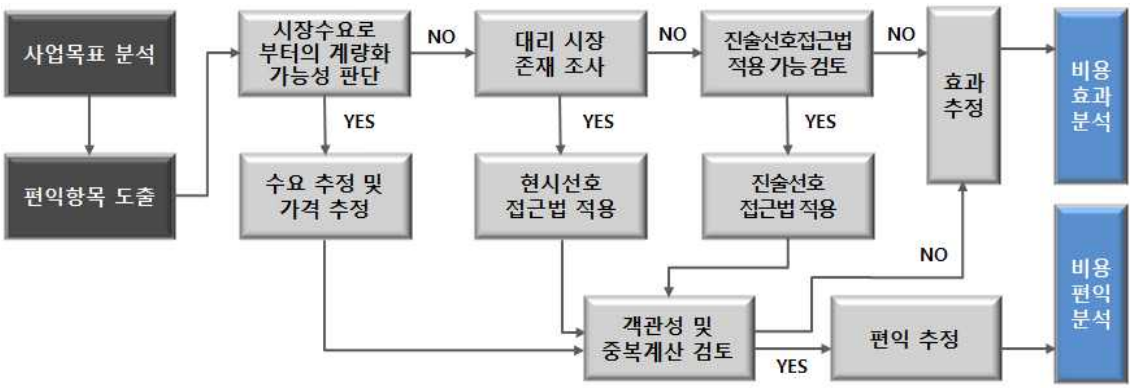


그림 6.14 경제적 타당성 분석 과정 개략도

3.2. 비용 및 편익 분석

○ 본 사업의 편익/비용 분석을 위한 총 연구 수행 기간인 2016년부터 2022년까지를 비용 투입 기간으로 가정하였으며, 특허권리기간을 고려한 2021년부터 2040년까지 총 20년을 편익 발생 기간으로 가정

○ 본 사업의 비용편익 분석을 위한 사회적 할인율은 KDI의 예비타당성 일반지침에 따라 5.5%를 적용하여 적용

○ 본 사업의 편익 추정은 실천과제별 연구목표 및 내용 등을 고려하여 '시장수요접근법'을 적용

- 일반적으로 응용·개발 단계 사업의 경우 화폐환산 및 계량화가 가능한 시장수요접근법이 적용

표 6.19 R&D사업 편익 추정방법 분류

대분류	세부분류	비고
가치창출	시장수요접근법	미래 시장 또는 수요에 의해 발생하는 부가가치 중 해당 R&D에 따른 비용을 적용
	로열티수입접근법	로열티로 인하여 발생하는 편익계산
비용감소	생산비용접근법	생산(내수, 수출)과 관련된 모든 과정에 투입되는 비용의 절감액 추정
	피해비용접근법	R&D에 따른 효과로 사회적 피해비용 절감액 추정

가. 비용 분석

□ 비용-편익 분석을 위한 비용의 추정은 사업단 총 연구비를 현재가치로 환산하여 적용

○ 연구 수행 기간은 2016년부터 2022년까지 총 7년 소요

○ 본 사업 수행에 소요되는 총 비용은 1,790억원(2014년 현가기준 1,540억원)

○ 연도별 연구비 투입계획을 2015년 기준 불변가와 현가로 정리하면 다음과 같음

표 6.20 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 과제별 연구비 편성

구분		연구개발비(정부출연금, 단위:억원)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	계
<핵심1과제> 스마트 드릴링 시스템 통합설계 및 실증기술	시스템 통합설계 및 실증기술(TB 포함)	16.8	33.6	58.8	67.2	92.4	84.0	67.2	420.0
	이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	10.5	17.5	24.5	17.5				70.0
	자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	10.5	17.5	24.5	17.5				70.0
	사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	6.5	13.0	19.5	19.5	26.0	26.0	19.5	130.0
<핵심2과제> 스마트 드릴링 시스템 방향제어 및 이수순환기술	방향성 추진체 및 제어기술(MWD 포함)	7.5	15.0	22.5	22.5	30.0	30.0	22.5	150.0
	이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	5.0	10.0	15.0	15.0	20.0	20.0	15.0	100.0
	이수 혼합 공급 처리시스템	7.5	12.5	17.5	12.5				50.0
	지중 내비게이션시스템 기술	8.0	16.0	16.0	24.0	16.0			80.0
<핵심3과제> 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술	방향성 드릴링 부지특성화 및 평가기술	4.0	8.0	12.0	12.0	16.0	16.0	12.0	80.0
	방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리기술	6.0	12.0	12.0	18.0	12.0			60.0
	방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	8.0	16.0	16.0	24.0	16.0			80.0
	지반 파쇄 및 유동성 향상기술	12.0	24.0	24.0	36.0	24.0			120.0
<핵심4과제> 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술	비개착 관망 시공시스템(장비 실증) 기술	17.0	34.0	34.0	51.0	34.0			170.0
	지층 탐사 및 평가장비기술	7.0	14.0	14.0	21.0	14.0			70.0
	비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	8.0	16.0	16.0	24.0	16.0			80.0
	비개착 관망 재료 및 연결기술	6.0	12.0	12.0	18.0	12.0			60.0
합계		137.5	271.1	338.3	399.7	328.4	176.0	136.2	1,790.0

표 6.21 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 과제별 연구비 현가 환산

구분		연구개발비(정부출연금, 단위:억원)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	계
<핵심1과제> 스마트 드릴링 시스템 통합설계 및 실증기술	시스템 통합설계 및 실증기술(TB 포함)	16.8	31.8	52.8	57.2	74.6	64.3	48.7	346.2
	이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술	10.5	16.6	22.0	14.9				64.0
	자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술	10.5	16.6	22.0	14.9				64.0
	사업관리 및 운영 시뮬레이터기술	6.5	12.3	17.5	16.6	21.0	19.9	14.1	107.9
<핵심2과제> 스마트 드릴링 시스템 방향제어 및 이수순환기술	방향성 추진체 및 제어기술(MWD 포함)	7.5	14.2	20.2	19.2	24.2	23.0	16.3	124.6
	이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술	5.0	9.5	13.5	12.8	16.1	15.3	10.9	83.1
	이수 혼합 공급 처리시스템	7.5	11.8	15.7	10.6	0.0			45.6
	지중 내비게이션시스템 기술	8.0	15.2	14.4	20.4	12.9			70.9
<핵심3과제> 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술	방향성 드릴링 부지특성화 및 평가기술	4.0	7.6	10.8	10.2	12.9	12.2	8.7	66.4
	방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화기반 관리기술	6.0	11.4	10.8	15.3	9.7			53.2
	방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술	8.0	15.2	14.4	20.4	12.9			70.9
	지반 파쇄 및 유동성 향상기술	12.0	22.7	21.6	30.7	19.4			106.4
<핵심4과제> 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술	비개착 관망 시공시스템(장비 실증) 기술	17.0	32.2	30.5	43.4	27.4			150.5
	지층 탐사 및 평가장비기술	7.0	13.3	12.6	17.9	11.3			62.1
	비개착 관망 확공 및 지반안정화기술	8.0	15.2	14.4	20.4	12.9			70.9
	비개착 관망 재료 및 연결기술	6.0	11.4	10.8	15.3	9.7			53.2
합계		140.3	257.0	304.0	340.2	265.0	134.7	98.7	1,539.9

나. 비용 - 편익 분석

○ 부가가치 창출 편익의 추정은 연구개발부문 표준지침(KISTEP)에서 제시하고 있는 시장수요접근법을 적용함

부가가치 창출 편익 = 미래시장 규모 × 사업기여율(기준선 분석) × R&D 기여율 × 사업화 성공률 × 부가가치율

○ 미래상황에 대한 글로벌 시장점유율은 매우 주관적인 전망 지표로서 편익 계산을 위한 정량화 개량을 위하여 기획팀과 외부전문가 집단의 의견조회를 통하여 결정함

○ 부가가치 유발비율은 한국은행의 산업연관표를 준용하여 적용함.

○ 연구과제 기여도는 매우 주관적인 전망 지표로서 기획팀과 전문가 의견 조회를 통하여 최종 개량치를 결정함. 다만, 연구과제 기여도는 '연구개발부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침'의 R&D 기여율과 '2014 해외거널 기술경쟁력 연구개발사업'의 국토교통 R&D 과제 최근 3년간 사업화 성공률에 기초하여 의견 조회를 진행함.

○ 원/달러 환율은 한국은행 고시 환율(2015년 2월 현재)을 준용하여 적용함.

○ 사회적 할인율은 한국개발연구원의 지침을 준용하여 적용함.

표 6.23 Drill Rig 편익 평가를 위한 개량 지표

설문사항		정량화 개량치	비고
글로벌 시장 점유율(%)		1.09	현업 전문가 설문
제조업 부가가치율(유발비율)		0.236	한국은행 산업연관표
건설업 부가가치율(유발비율)		0.324	한국은행 산업연관표
시장 점유 과제 기여도(%)		10.88	현업 전문가 설문결과 (R&D 기여율, 사업화 성공률에 기초)
	R&D 기여율	35.4%	연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2판)
	사업화 성공율	26.2%	2014 해외건설 기술경쟁력 연구개발사업 (국토교통 R&D 과제 최근 3년간 사업화 성공률)
원/달러 환율		1,026.20	한국은행 고시 환율(2015년 2월 현재)
사회적 할인율		5.5%	KDI 지침

□ 방향성 드릴 시스템의 제작/판매에 대한 편익 분석

○ 방향성 드릴 시스템의 제작/판매에 대한 비용-편익 분석을 위하여 핵심 1과제, 핵심 2과제, 핵심 3과제의 연구비 편성액 및 현가액을 다음과 같이 정리하였으며, 연차별 현가 연구비에 기초하여 비용-편익 분석을 실시함

표 6.24 Drill Rig 분야 연차별 연구비 구성

구분	연구개발비(정부출연금, 단위:억원)							
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	계
편성액	102.3	195.1	262.3	285.7	252.4	176	136.2	1,410.0
현가액	102.3	184.9	235.7	243.3	203.7	134.7	98.8	1,203.4

○

○ Douglas-Westwood의 world land drilling rig market forecast(2013)에 따르면 글로벌 방향성 드릴링 시스템 수요는 2013년에서 2017년 사이 10,072 Rig 수준에서 11,376 Rig 수준으로 1,303 Rig 수준 증가가 예상되고 있으며, 연평균 3.00% 수준 증가가 예상됨

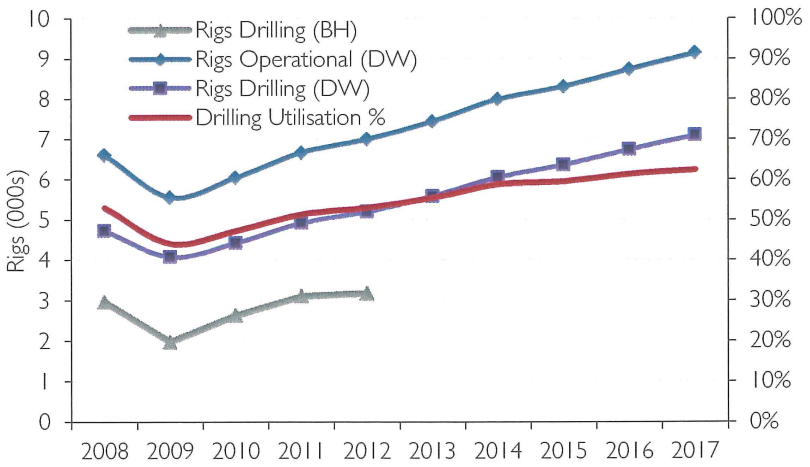


그림 6.15 글로벌 방향성 드릴링 시장 현황 및 전망
(출처: Douglas-Westwood world land drilling rig market forecast 2013)

○ 연구수행 이후 편익의 추정을 위하여 Douglas-Westwood의 연평균 Drill Rig 증가추세 3.00%를 고려하여 2021년 ~ 2040년 기간 중 Drill Rig 수요 증가량을 낙관적 관점과 비관적 관점을 기준으로 추정함

- 낙관적 기준에 의한 Drill Rig의 수요 증가는 연중 3.00%가 유지되는 수준으로

Drill Rig 시스템의 노후 등에 따른 지속적인 수요 발생을 고려한 수요 예측 결과이며, 비관적 기준에 의한 Drill Rig의 수요 증가는 2013년에서 2017년 사이의 추세가 로그형 증가 추세로 증가하는 것을 가정한 예측 결과임

표 6.25 낙관적 관점에 따른 drill Rig 수요 예측

	2018	2019	2020	~2025	~2030	~2035	~2040	합계
수요 예측(Rig수)	11717	12069	12432	14413	16710	19373	22461	
수요 증가(Rig수)				1981	2297	2663	3088	10,029

표 6.26 비관적 관점에 따른 drill Rig 수요 예측

	2018	2019	2020	~2025	~2030	~2035	~2040	합계
수요 예측(Rig수)	11251	11363	11462	11832	12088	12283	12442	
수요 증가(Rig수)				370	256	196	159	981

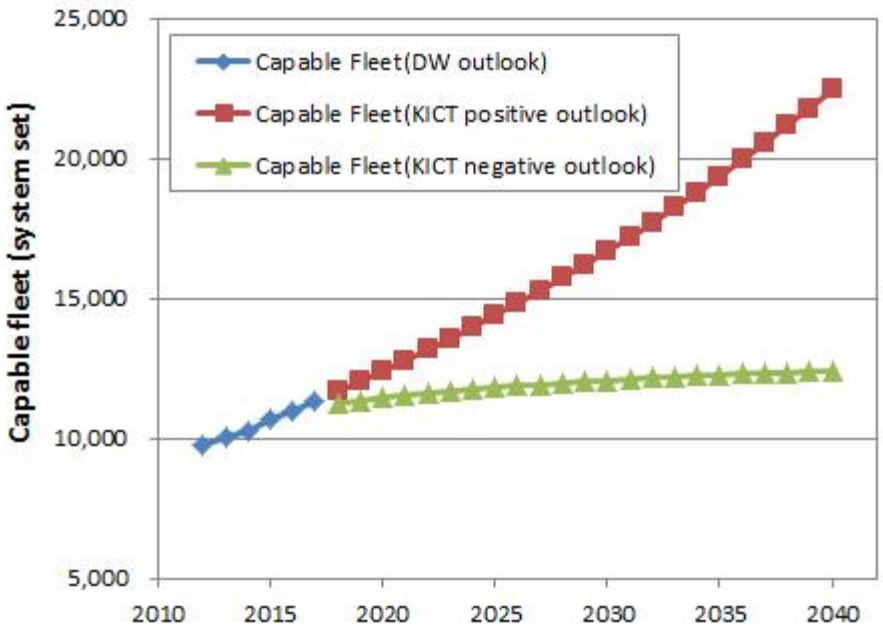


그림 6.16 글로벌 방향성 드릴링 시스템 수요 전망

○ Pickett & oilfield 등 드릴리그의 거래가 이루어지고 있는 인터넷 오픈마켓의 가격 정보에 따르면 드릴 리그는 1,500 HP ~ 3,000 HP 용량에 따라 $8,750,000 ~ $26,950,000 수준의 가격이 형성되어 있음

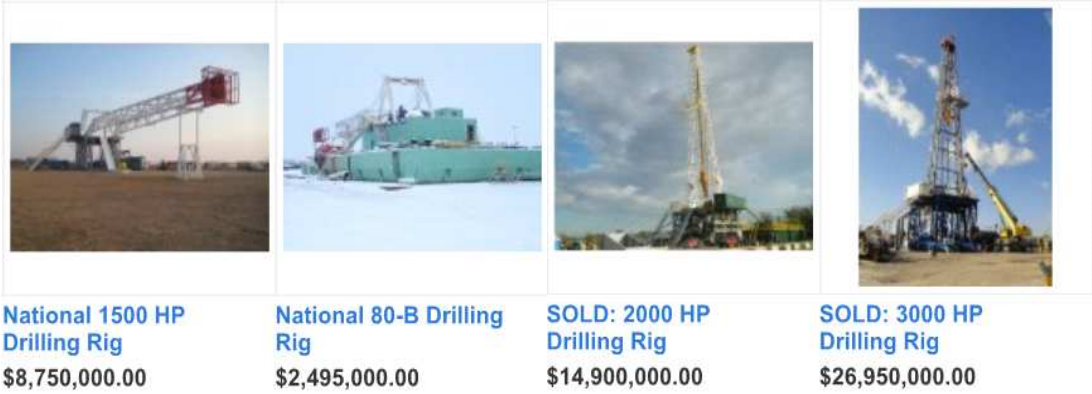


그림 6.17 드릴 리그 거래 가격 현황
(출처: pickett & oilfield, www.pickettoil.com)

○ 글로벌 시장 진출을 위한 사업단 과제의 드릴 리그 용량을 고려하여 3,000 HP 드릴 리그 가격의 원/달러 환율 1,026.20을 반영한 드릴리그 단위가격 277억원/Rig를 반영할 경우 2021년 ~ 2040년간 드릴 리그 판매 및 드릴링 시추서비스 제공 과정에 소요되는 장비, 소모품 교체에 따른 수요를 추가 반영하였음

○ 드릴 시추 리그 판매, 임대, 소모품 수요는 낙관적 관점에서 10,498억원, 비관적 관점에서 5,982억원 수준으로 평가됨

표 6.27 낙관적 관점에 따른 drill Rig 판매/임대, 소모품 시장 전망

년차	리그 시장 (억원)	장비임대/소모품 시장 (억원)	리그/임대/소모품 시장 (억원)	리그/임대/소모품 현가 (억원)	비고
2021	103,204	630,663	733,868	561,507	
2022	106,302	662,197	768,499	557,351	
2023	109,493	695,306	804,800	553,249	
2024	112,780	730,072	842,852	549,201	
2025	116,165	766,575	882,741	545,206	
2026	119,653	804,904	924,557	541,264	
2027	123,244	845,149	968,393	537,372	

2028	126,944	887,407	1,014,350	533,530	
2029	130,754	931,777	1,062,531	529,736	
2030	134,679	978,366	1,113,045	525,991	
2031	138,722	1,027,284	1,166,006	522,293	
2032	142,886	1,078,648	1,221,535	518,641	
2033	147,176	1,132,581	1,279,756	515,033	
2034	151,593	1,189,210	1,340,803	511,471	
2035	156,144	1,248,670	1,404,814	507,951	
2036	160,831	1,311,104	1,471,935	504,475	
2037	165,659	1,376,659	1,542,318	501,040	
2038	170,632	1,445,492	1,616,124	497,646	
2039	175,754	1,517,767	1,693,520	494,292	
2040	181,030	1,593,655	1,774,684	490,978	
합계	2,773,645	20,853,486	23,627,131	10,498,227	

표 28 비관적 관점에 따른 drill Rig 판매/임대, 소모품 시장 전망

년차	리그 시장 (억원)	장비임대/소모품 시장 (억원)	리그/임대/소모품 시장 (억원)	리그/임대/소모품 현가 (억원)	비고
2021	24,409	556,582	580,991	444,536	
2022	22,081	565,436	587,517	426,094	
2023	20,158	573,519	593,677	408,115	
2024	18,544	580,954	599,498	390,632	
2025	17,169	587,838	605,007	373,670	
2026	15,984	594,248	610,232	357,248	
2027	14,952	600,243	615,195	341,378	
2028	14,045	605,875	619,920	326,066	
2029	13,242	611,184	624,427	311,315	
2030	12,526	616,207	628,733	297,120	

2031	11,883	620,972	632,855	283,477	
2032	11,303	625,504	636,808	270,377	
2033	10,778	629,826	640,603	257,809	
2034	10,298	633,955	644,254	245,761	
2035	9,860	637,909	647,769	234,220	
2036	9,457	641,701	651,159	223,171	
2037	9,086	645,345	654,431	212,599	
2038	8,743	648,850	657,594	202,490	
2039	8,425	652,229	660,654	192,827	
2040	8,130	655,489	663,618	183,594	
합계	271,073	12,283,866	12,554,942	5,982,499	

○ 연구과제 수행에 따른 기대 편익은 드릴 리그 시장 수요 확대에 따른 국내기업의 시장 점유율 및 수익, 연구과제 기여도(기술개발 성공 가능성, 시장 개척율)에 따라 평가됨

○ 낙관적 관점 기준 연구과제 비용, 편익 분석 결과 연구기간 중 핵심 1과제, 핵심 2과제, 핵심 3과제의 연구개발비 현가 총액은 1,203억원으로 평가되었으며, 10,498,227억원의 글로벌 시장에서 114,863억원의 수주를 통하여 27,108억원의 부가가치 유발이 예상되며, 총 부가가치 중 연구과제 기여액이 2,950억원으로 평가되어 투자비의 2.45배의 편익이 기대됨.

표 6.29 낙관적 관점에 따른 Drill Rig 판매, 임대, 소모품 비용-편익 분석

년차	연구개발비 투입	글로벌 시장 규모 현가	국내기업 수주액	부가가치 유발액	과제기여 평가액	비고
2016	102					
2017	185					
2018	236					

2019	243					
2020	204					
2021	135	561,507	6,144	1,450	158	
2022	99	557,351	6,098	1,439	157	
2023		553,249	6,053	1,429	155	
2024		549,201	6,009	1,418	154	
2025		545,206	5,965	1,408	153	
2026		541,264	5,922	1,398	152	
2027		537,372	5,879	1,388	151	
2028		533,530	5,837	1,378	150	
2029		529,736	5,796	1,368	149	
2030		525,991	5,755	1,358	148	
2031		522,293	5,714	1,349	147	
2032		518,641	5,675	1,339	146	
2033		515,033	5,635	1,330	145	
2034		511,471	5,596	1,321	144	
2035		507,951	5,558	1,312	143	
2036		504,475	5,520	1,303	142	
2037		501,040	5,482	1,294	141	
2038		497,646	5,445	1,285	140	
2039		494,292	5,408	1,276	139	
2040		490,978	5,372	1,268	138	
합계	1,204	10,498,227	114,863	27,111	2,952	B/C=2.45

○ 비관적 관점 기준 연구과제 비용, 편익 분석 결과 연구기간 중 핵심 1과제, 핵심 2과제, 핵심 3과제의 연구개발비 현가 총액은 1,203억원으로 평가되었으며, 5,982,500억원의 글로벌 시장에서 65,456억원의 수주를 통하여 15,448억원의 부가가치 유발이 예상되며, 총 부가가치 중 연구과제 기여액이 1,681억원으로 평가되어 투자비의 1,40배의 편익이 기대됨

표 6.30 비관적 관점에 따른 Drill Rig 판매, 임대, 소모품 비용-편익 분석

년차	연구개발비 투입	글로벌 시장 규모 현가	국내기업 수주액	부가가치 유발액	과제기여 평가액	비고
2016	102					
2017	185					
2018	236					
2019	243					
2020	204					
2021	135	444,536	4,864	1,148	125	
2022	99	426,094	4,662	1,100	120	
2023		408,115	4,465	1,054	115	
2024		390,632	4,274	1,009	110	
2025		373,670	4,088	965	105	
2026		357,248	3,909	922	100	
2027		341,378	3,735	881	96	
2028		326,066	3,568	842	92	
2029		311,315	3,406	804	87	
2030		297,120	3,251	767	83	
2031		283,477	3,102	732	80	
2032		270,377	2,958	698	76	
2033		257,809	2,821	666	72	
2034		245,761	2,689	635	69	
2035		234,220	2,563	605	66	
2036		223,171	2,442	576	63	
2037		212,599	2,326	549	60	
2038		202,490	2,215	523	57	
2039		192,827	2,110	498	54	
2040		183,594	2,009	474	52	
합계	1,204	5,982,499	65,457	15,448	1,682	B/C=1.40

□ 방향성 드릴 시추 서비스 제공에 대한 비용-편익 분석

○ 방향성 드릴 시추 서비스 제공에 대한 비용-편익 분석을 위하여 핵심 1과제, 핵심 2과제, 핵심 3과제의 연구비 편성액 및 현가액을 다음과 같이 정리하였으며, 연차별 현가 연구비에 기초하여 비용-편익 분석을 실시함

표 6.31 시추 서비스 분야 연차별 연구비 구성

구분	연구개발비(정부출연금, 단위:억원)							
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	계
편성액	99.5	190.5	247.5	264.5	228	160	120	1,310
현가액	89	162	200	202	165	110	78	1,006

- Douglas-Westwood의 world land drilling rig market forecast(2013)에 따르면 글로벌 방향성 드릴링 시추 수요는 2013년에서 2017년 사이 27,875 hole 수준에서 36,874 hole 수준으로 2,000 hole/년 수준 증가가 예상되고 있으며, 연평균 5.00% 수준 증가가 예상됨

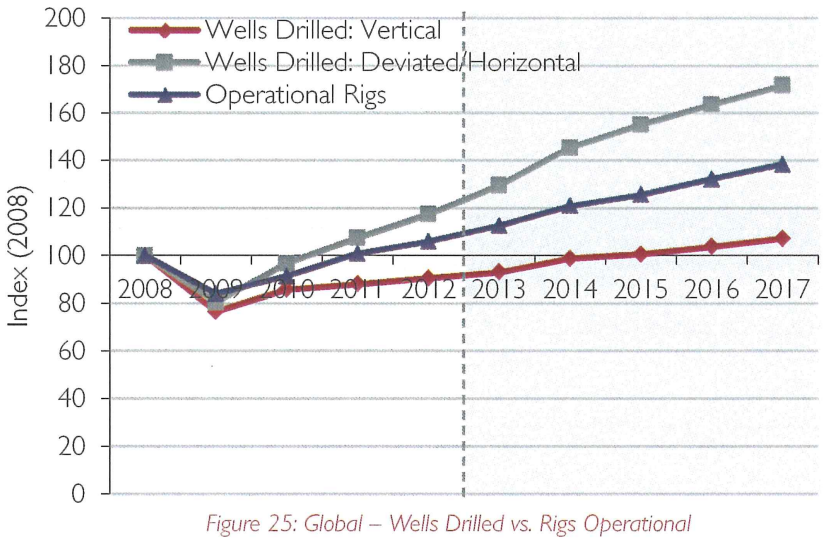


Figure 25: Global – Wells Drilled vs. Rigs Operational

그림 6.11 글로벌 드릴 시추공 증감률 (2008년 23,179홀 기준)
(출처: Douglas-Westwood world land drilling rig market forecast 2013)

○ 연구수행 이후 편익의 추정을 위하여 Douglas-Westwood의 연평균 시추 증가 추세 5.00%를 고려하여 2021년 ~ 2040년 기간 중 시추 수요 증가량을 낙관적 관점과 비관적 관점을 기준으로 추정함

- 낙관적 관점에 의한 시추 수요 증가는 연중 5.00%가 유지되는 수준으로 시추 수요가 지속적으로 증가함을 고려한 수요 예측 결과이며, 비관적 관점에 의한 시추 수요는 2013년에서 2017년 사이의 추세가 로그형 증가 추세로 증가하는 것을 가정한 예측 결과임

표 6.32 낙관적 관점에 따른 서비스 수요 예측

	2018	2019	2020	~2025	~2030	~2035	~2040	합계
수요 예측(시추 수)	38,718	40,654	42,686	247,662	316,086	403,415	514,871	1,604,092

표 6.33 비관적 관점에 따른 시추 서비스 수요 예측

	2018	2019	2020	~2025	~2030	~2035	~2040	합계
수요 예측(시추 수)	37,201	38,082	38,860	203,565	215,179	223,737	230,520	987,144

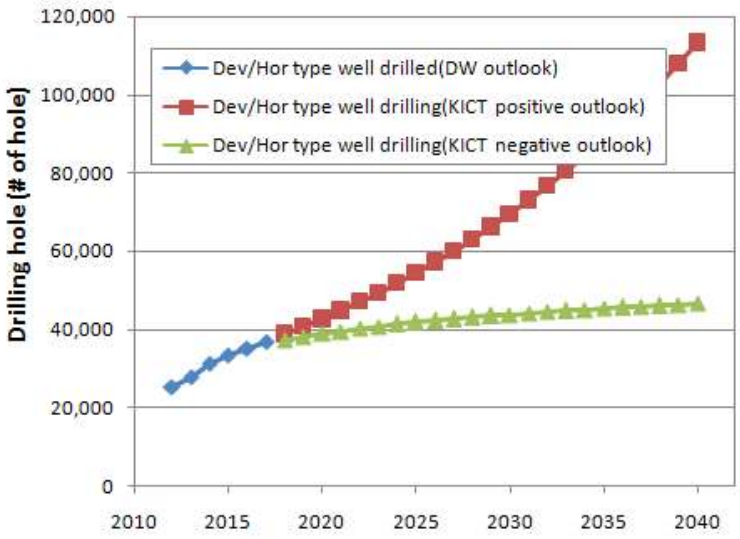


그림 6.19 글로벌 방향성 드릴링 시추 수요 전망

○ Schlumberger의 자료(shale gas revolution, 2011)를 인용한 한국석유공사의 보고서(셰일가스 개발기술의 현황 및 과제)에 따르면 시추 서비스 제공 단가는 2007년에서 2011년 사이 $2,800,000 ~ $3,000,000 수준을 유지하고 있음



그림 6.20 셰일가스 분야 시추 시장 동향 (출처: 셰일가스 개발기술의 현황 및 과제(한국석유공사), Shale gas revolution(Schlumberger2011))

○ 원/달러 환율 1,026.20을 반영한 시추 서비스 제공 단가는 29억원 수준으로 평가되며, 2021년 ~ 2040년간 시추 수요는 낙관적 관점에서 8,640,100억원, 비관적 관점에서 6,083,745억조원 수준으로 평가됨

○ 시추 서비스 시장 수요의 예상에 있어서 서비스 제공 과정에 소요되는 장비, 소모품 교체 등 하드웨어 투입비용을 제외한 순수 서비스 제공에 따른 대가를 시장 수요로 판정하였음]

표 6.34 낙관적 관점의 드릴링 시추서비스 시장 전망

년차	드릴 용역 시장규모(억원)	장비/소모품 시장규모(억원)	시공서비스 시장규모(억원)	현가(억원)	비고
2021	1,287,857	630,663	657,193	451,779	
2022	1,352,249	662,197	690,053	449,638	
2023	1,419,862	695,306	724,555	447,507	
2024	1,490,855	730,072	760,783	445,386	
2025	1,565,398	766,575	798,822	443,275	
2026	1,643,668	804,904	838,764	441,174	
2027	1,725,851	845,149	880,702	439,083	
2028	1,812,143	887,407	924,737	437,002	
2029	1,902,751	931,777	970,974	434,931	
2030	1,997,888	978,366	1,019,522	432,870	
2031	2,097,783	1,027,284	1,070,498	430,818	
2032	2,202,672	1,078,648	1,124,023	428,777	

2033	2,312,805	1,132,581	1,180,225	426,744	
2034	2,428,446	1,189,210	1,239,236	424,722	
2035	2,549,868	1,248,670	1,301,198	422,709	
2036	2,677,361	1,311,104	1,366,257	420,706	
2037	2,811,229	1,376,659	1,434,570	418,712	
2038	2,951,791	1,445,492	1,506,299	416,727	
2039	3,099,380	1,517,767	1,581,614	414,752	
2040	3,254,349	1,593,655	1,660,694	412,787	
합계	42,584,206	20,853,486	21,730,719	8,640,099	

표 6.35. 비관적 관점의 드릴링 시추 서비스 시장 전망

년차	드릴 용역 시장규모(억원)	장비/소모품 시장규모(억원)	시공서비스 시장규모(억원)	현가(억원)	비고
2021	1,136,577	556,582	579,995	443,774	
2022	1,154,657	565,436	589,221	427,330	
2023	1,171,163	573,519	597,644	410,843	
2024	1,186,347	580,954	605,393	394,473	
2025	1,200,405	587,838	612,567	378,339	
2026	1,213,493	594,248	619,246	362,525	
2027	1,225,736	600,243	625,493	347,093	
2028	1,237,236	605,875	631,362	332,085	
2029	1,248,079	611,184	636,895	317,531	
2030	1,258,336	616,207	642,129	303,450	
2031	1,268,066	620,972	647,094	289,855	
2032	1,277,322	625,504	651,817	276,749	
2033	1,286,146	629,826	656,321	264,134	
2034	1,294,579	633,955	660,624	252,005	
2035	1,302,652	637,909	664,744	240,357	
2036	1,310,396	641,701	668,695	229,181	

2037	1,317,836	645,345	672,492	218,467	
2038	1,324,996	648,850	676,145	208,203	
2039	1,331,895	652,229	679,666	198,376	
2040	1,338,552	655,489	683,063	188,974	
합계	25,084,469	12,283,866	12,800,606	6,083,744	

○ 연구과제 수행에 따른 기대 편익은 방향성 시추 시장 수요 확대에 따른 국내기업의 시장 점유율 및 수익, 연구과제 기여도에 따라 평가됨

○ 낙관적 관점 기준 연구단 과제 비용, 편익 분석 결과 연구기간 중 핵심 1과제, 핵심 2과제, 핵심 3과제의 연구개발비 현가 총액은 1,204억원으로 평가되었으며, 8,640,099억원의 글로벌 시장에서 94,532억원의 수주를 통하여 30,627억원의 부가가치 유발이 예상되며, 총 부가가치 중 연구과제 기여액이 3,333억원으로 평가되어 투자비의 2.77배의 편익이 기대됨

표 6.36 낙관적 관점 기준 시추 서비스 비용-편익 분석

년차	연구개발비 투입	글로벌 시장 규모 현가	국내기업 수주액	부가가치 유발액	과제기여 평가액	비고
2016	102					
2017	185					
2018	236					
2019	243					
2020	204					
2021	135	451,779	4,943	1,602	174	
2022	99	449,638	4,920	1,594	173	
2023		447,507	4,896	1,586	173	
2024		445,386	4,873	1,579	172	
2025		443,275	4,850	1,571	171	
2026		441,174	4,827	1,564	170	

2027		439,083	4,804	1,557	169	
2028		437,002	4,781	1,549	169	
2029		434,931	4,759	1,542	168	
2030		432,870	4,736	1,534	167	
2031		430,818	4,714	1,527	166	
2032		428,777	4,691	1,520	165	
2033		426,744	4,669	1,513	165	
2034		424,722	4,647	1,506	164	
2035		422,709	4,625	1,498	163	
2036		420,706	4,603	1,491	162	
2037		418,712	4,581	1,484	162	
2038		416,727	4,559	1,477	161	
2039		414,752	4,538	1,470	160	
2040		412,787	4,516	1,463	159	
합계	1,204	8,640,099	94,532	30,627	3,333	B/C=2.77

○ 비관적 관점 기준 연구단 과제 비용, 편익 분석 결과 연구기간 중 핵심 1과제, 핵심 2과제, 핵심 3과제의 연구개발비 현가 총액은 1,204억원으로 평가되었으며, 6,083,744억원의 글로벌 시장에서 66,561억원의 수주를 통하여 21,564억원의 부가가치 유발이 예상되며, 총 부가가치 중 연구과제 기여액이 2,346억원으로 평가되어 투자비의 1.95배의 편익이 기대됨

표 6.37 비관적 관점 기준 시추 서비스 비용-편익 분석

년차	연구개발비 투입	글로벌 시장 규모 현가	국내기업 수주액	부가가치 유발액	과제기여 평가액	비고
2016	102					
2017	185					
2018	236					

2019	243					
2020	204					
2021	135	443,774	4,855	1,573	171	
2022	99	427,330	4,675	1,515	165	
2023		410,843	4,495	1,456	158	
2024		394,473	4,316	1,398	152	
2025		378,339	4,139	1,341	146	
2026		362,525	3,966	1,285	140	
2027		347,093	3,798	1,230	134	
2028		332,085	3,633	1,177	128	
2029		317,531	3,474	1,126	122	
2030		303,450	3,320	1,076	117	
2031		289,855	3,171	1,028	112	
2032		276,749	3,028	981	107	
2033		264,134	2,890	936	102	
2034		252,005	2,757	893	97	
2035		240,357	2,630	852	93	
2036		229,181	2,508	812	88	
2037		218,467	2,390	774	84	
2038		208,203	2,278	738	80	
2039		198,376	2,170	703	77	
2040		188,974	2,068	670	73	
합계	1,204	6,083,744	66,561	21,564	2,346	B/C=1.95

□ 수평형 마이크로 드릴 서비스 제공에 대한 비용-편익 분석

○ 수평형 마이크로 드릴 서비스 제공에 대한 비용-편익 분석을 위하여 핵심 4과제의 연구비 편성액 및 현가액을 다음과 같이 정리하였으며, 연차별 현가 연구비에 기초하여 비용-편익 분석을 실시함

표 6.38 마이크로 드릴링 서비스 분야 연차별 연구비 구성

구분	연구개발비(정부출연금, 단위:억원)							
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	계
편성액	38	76	76	114	76	0	0	380
현가액	38	72	68	97	61	0	0	336

○ 서울시의 도로 및 보도 점용, 굴착공사 통계에 따르면 2010년에서 2013년 사이 차도와 보도 굴착건수는 41,761건 ~ 43,265건 수준에서 변화하였으며, 2011년을 피크로 순감소 상태임

- 이는 무분별한 점용 공사에 대한 체계적인 관리 및 사용자 복구 지도에 따른 자연 감소로 판단됨

○ 도로 및 보도 점용, 굴착 공사 현황의 추정을 위하여 서울시와 광역시권의 인구밀도비를 이용함

- 이는 도로, 보도 점용 굴착공사를 대체하기 위한 대부분의 수평형 마이크로 드릴링 서비스가 광역시권(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산)에 해당하는 주요 도시에서 발생할 것임에 기초한 가정으로 2010년 ~ 2013년 국내 마이크로 드릴링 서비스 수요는 95,668건 ~ 99,114건 수준으로 평가됨

표 6.39 서울특별시 굴착공사 현황(출처: 서울특별시 정보공개 서비스, 2014.04)

구분	2010년		2011년		2012년		2013년	
	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사	차도 공사	보도 공사
합계	**31,966**	**10,711**	**33,300**	**9,965**	**32,941**	**10,128**	**29,247**	**12,514**
전기	1,761	1,199	1,986	977	2,451	1,400	2,147	1,289
통신	1,793	788	1,745	901	1,789	1,056	1,775	3,593
도시가스	5,744	1,133	6,085	1,264	5,667	1,205	4,637	1,005

상수도	18,293	3,799	18,154	3,599	17,178	3,389	14,896	2,298
하수도	352	72	478	130	795	101	993	161
기타	4,023	3,720	4,852	3,094	5,061	2,977	4,799	4,168

표 6.40 인구집계 현황(안전행정부 2014.06)

행정기관	2014년05월					
	총인구수	세대수	세대당인구	남자인구수	여자인구수	남여비율
전국	51,218,424	20,567,959	2.49	25,621,971	25,596,453	1.00
서울특별시	10,133,734	4,189,440	2.42	4,999,497	5,134,237	0.97
부산광역시	3,521,473	1,410,558	2.50	1,742,696	1,778,777	0.98
대구광역시	2,498,632	964,444	2.59	1,243,946	1,254,686	0.99
인천광역시	2,891,615	1,126,619	2.57	1,454,165	1,437,450	1.01
광주광역시	1,473,697	567,451	2.60	730,441	743,256	0.98
대전광역시	1,535,415	589,333	2.61	768,423	766,992	1.00
울산광역시	1,160,275	435,848	2.66	597,474	562,801	1.06

○ 연구과제 종료 시점의 마이크로 드릴링 서비스 기대 수요를 평가하기 위하여 낙관적 관점과 비관적 관점의 수평형 마이크로 드릴링 서비스 수요를 추정함

- 낙관적 관점의 수평형 마이크로 드릴링 서비스 수요는 2010년에서 2013년 사이의 추세가 로그형 감소 추세로 감소하는 것을 가정한 예측 결과이며, 비관적 관점의 서비스 수요는 2010년 ~ 2013년 평균 감소율 -1.7%가 2040년까지 유지되는 조건에 대한 가정임

표 6.41 낙관적 관점 기준 마이크로 드릴링 서비스 수요 예측

	2018	2019	2020	~2025	~2030	~2035	~2040	합계
수요 예측(드릴 수)	96,374	96,267	96,170	479,645	478,077	476,882	475,915	2,199,330

표 6.42 비관적 관점 기준 마이크로 드릴링 서비스 수요 예측

	2018	2019	2020	~2025	~2030	~2035	~2040	합계
수요 예측(드릴 수)	87,607	86,079	84,576	401,253	367,444	336,484	308,133	1,671,576

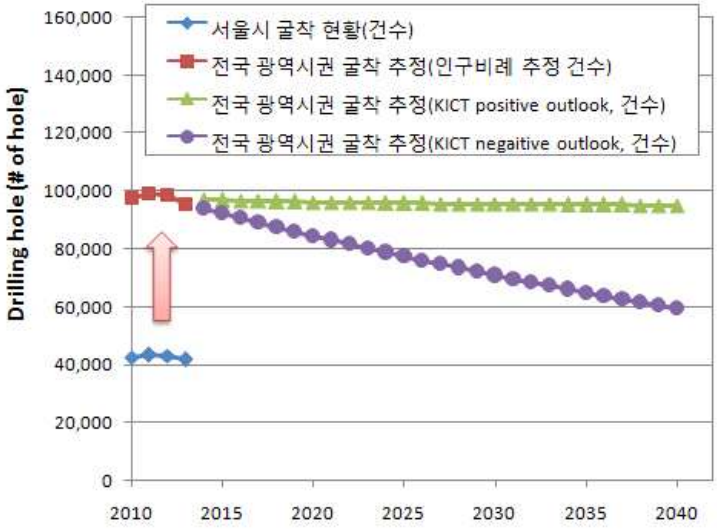


그림 6.21 국내 수평형 마이크로 드릴링 수요 전망

○ Carpenter의 방향성 굴착 장비의 규모(리그종류)에 따른 시공길이 통계 자료에 따르면 비도심지역에 비하여 도심지역에서 수평형 마이크로 드릴링 수요의 대부분이 발생하고 있으며, 드릴링 단가는 21.83 $/foot/inch로 추정됨

- 이는 국내 단가의 경우, 관련 업체 문의 결과 관경 150 mm 정도일 때 2,200,000 원/m인 것으로 파악됨

표 6.43 도심/비도심 지역에서의 평균 방향성 굴착 단가 비교표

	도심지역	비도심지역	비고
프로젝트 개수	57	6	
평균 단가($/foot/inch)	21.83	28.66	

○ Allouche 등의 분석에 따르면 미국 내 스틸 파이프의 방향성 굴착 시공은 주로 300 mm 이내에서 발생하는 것으로 조사됨

- 이는 국내 전력, 통신, 상하수도 등 마이크로 드릴링 수요 예상과도 부합됨

표 6.44 1990년대 미국에서의 재료별 직경별 방향성 굴착 시공 현황(Allouche et al. 2000)

Diameter	Pipeline product material					
	PVC	HDPE	Steel	Other	Total	%total
50-100 mm	241,428 m	891,494 m	64,573 m	4,500 m	1,201,994 m	72
150-200 mm	6,686 m	11,688 m	55,717 m	0 m	179,288 m	11
250-300 mm	457 m	7,730 m	72,042 m	0 m	80,229 m	5
> 300 mm	0 m	13,146 m	180,144 m	0 m	193,290 m	12
Total	248,572 m	1,029,253 m	372,476 m	4,500 m	1,654,800 m	-
%total	15	62	23	0.3	-	-

○ 또한 Carpenter의 방향성 굴착 장비의 규모에 따른 시공길이의 경우 평균 800 m 수준으로 평가되고 있음

- 위에서 인터뷰했던 업체에서는 평균 100 m 정도인 것으로 파악됨

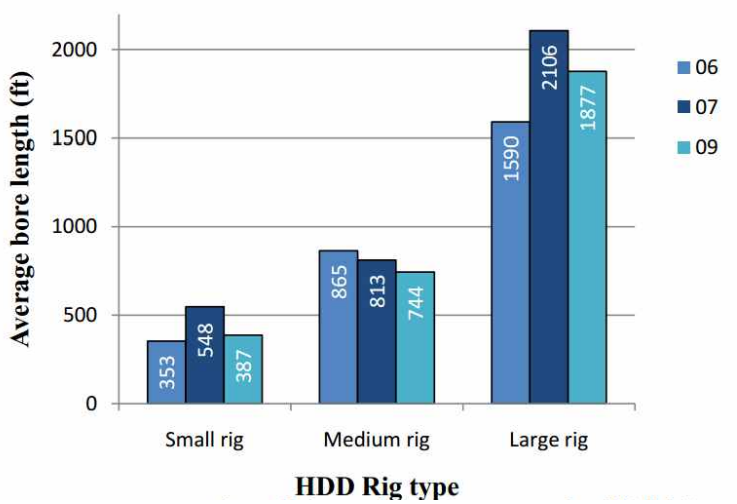


그림 6.22 방향성 굴착 장비의 규모(리그종류)에 따른 시공길이 통계 (2006, 2007, 2009년)
(출처: Carpenter 2009)

○ 이러한 국내외 통계를 이용하여 마이크로 드릴링 서비스 기대 수요 규모를 추정하였으며, 2021년 ~ 2040년 기간 동안 낙관적 관점에서 4,203,141억원의 시장이, 비관적 관점에서 3,109,290억원의 시장 수요가 기대됨

○ 이를 현가 환산하면 낙관적 관점에서 2,029,163억원, 비관적 관점에서 1,546,007억원임

표 6.45 마이크로 드릴링 서비스 시장 전망 (단위: 억원)

	2021~2025	2026~2030	2031~2035	2036~2040	합계
낙관적 관점	1,055,219	1,051,770	1,049,140	1,047,012	4,203,141
비관적 관점	882,756	808,377	740,265	677,892	3,109,290

표 6.46 마이크로 드릴링 서비스 시장 전망 현가 환산 (단위: 억원)

	2021~2025	2026~2030	2031~2035	2036~2040	합계
낙관적 관점	727,537	554,832	423,454	323,340	2,029,163
비관적 관점	609,726	427,214	299,334	209,733	1,546,007

○ 연구과제 수행에 따른 기대 편익은 방향성 마이크로 드릴링 시장 수요 확대에 따른 수익, 연구과제 기여도에 따라 평가됨

○ 낙관적 관점 기준 연구단 과제 비용, 편익 분석 결과 연구기간 중 핵심 4과제의 연구개발비 현가 총액은 380억원으로 평가되었으며, 2,029,163억원의 국내 시장에서 7,193억원의 부가가치 유발이 예상되며, 총 부가가치 중 연구과제 기여액이 783억원으로 평가되어 투자비의 2.32배의 편익이 기대됨

표 6.47 낙관적 관점 기준 마이크로 드릴링 서비스 비용-편익 분석

년차	연구개발비 투입	국내 시장규모	국내 시장규모 현가환산	국내기업 수주액	부가가치 유발액	과제기여 평가액	비고
2016	38						
2017	72						
2018	68						
2019	97						
2020	61						
2021	0	211,378	161,733	1,770	573	62	
2022	0	211,198	153,171	1,676	543	59	
2023		211,032	145,071	1,587	514	56	
2024		210,878	137,408	1,503	487	53	
2025		210,733	130,155	1,424	461	50	
2026		210,597	123,290	1,349	437	48	
2027		210,469	116,791	1,278	414	45	
2028		210,348	110,639	1,211	392	43	
2029		210,233	104,814	1,147	372	40	
2030		210,123	99,298	1,086	352	38	
2031		210,019	94,074	1,029	333	36	
2032		209,919	89,128	975	316	34	
2033		209,824	84,443	924	299	33	
2034		209,733	80,006	875	284	31	
2035		209,645	75,803	829	269	29	
2036		209,560	71,822	786	255	28	
2037		209,478	68,052	745	241	26	
2038		209,400	64,480	705	229	25	
2039		209,324	61,096	668	217	24	
2040		209,250	57,890	633	205	22	
합계	336	4,203,141	2,029,164	22,200	7,193	782	B/C=2.32

○ 비관적 관점 기준 연구단 과제 비용, 편익 분석 결과 연구기간 중 핵심 4과제의 연구개발비 현가 총액은 380억원으로 평가되었으며, 1,546,008억원의 국내 시장에서 5,481억원의 부가가치 유발이 예상되며, 총 부가가치 중 연구과제 기여액이 596억원으로 평가되어 투자비의 1.77배의 편익이 기대됨

표 6.48 비관적 관점 기준 마이크로 드릴링 서비스 비용-편익 분석

년차	연구개발비 투입	국내 시장규모	국내 시장규모 현가환산	국내기업 수주액	부가가치 유발액	과제기여 평가액	비고
2016	38						
2017	72						
2018	68						
2019	97						
2020	61						
2021	0	182,821	139,883	1,530	496	54	
2022	0	179,631	130,277	1,425	462	50	
2023		176,497	121,330	1,327	430	47	
2024		173,417	112,998	1,236	401	44	
2025		170,391	105,238	1,151	373	41	
2026		167,417	98,011	1,072	347	38	
2027		164,496	91,280	999	324	35	
2028		161,625	85,012	930	301	33	
2029		158,805	79,174	866	281	31	
2030		156,034	73,737	807	261	28	
2031		153,311	68,673	751	243	26	
2032		150,636	63,957	700	227	25	
2033		148,007	59,565	652	211	23	
2034		145,424	55,474	607	197	21	
2035		142,887	51,665	565	183	20	
2036		140,393	48,117	526	171	19	
2037		137,943	44,813	490	159	17	

2038		135,536	41,735	457	148	16	
2039		133,171	38,869	425	138	15	
2040		130,847	36,200	396	128	14	
합계	336	3,109,289	1,546,008	16,912	5,481	597	B/C=1.77

다. 종합

○ 이상과 같이 방향성 드릴 시스템의 제작/판매, 시추 서비스 제공, 수평형 마이크로 드릴 서비스 제공에 대한 비용-편익 분석을 실시하였음.

○ 낙관적 전망에 따른 비용-편익은 다음과 같이 평가되었음.

- 핵심 1, 2과제의 경우 드릴 시스템 판매, 임대, 소모품 제공 시장을 대상으로 906억원의 투입, 2,950억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 3.26으로 평가됨.
- 핵심 3과제의 경우 드릴 시추서비스 제공 시장을 대상으로 269억원의 투입, 3,333억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 12.35로 평가됨.
- 핵심 1, 2, 3과제의 경우 드릴 시스템 판매, 임대, 소모품, 시추서비스 제공 등 방향성 드릴링 전체 시장을 대상으로 1,203억원의 투입, 6,283억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 5.22로 평가됨.
- 핵심 4과제의 경우 수평형 마이크로 드릴 서비스 제공 시장을 대상으로 336억원의 투입, 783억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 2.32으로 평가됨.
- 또한 전체 사업단(핵심 1, 2, 3, 4과제)의 경우 1540억원의 투입, 7,066억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 4.59로 평가됨.

○ 비관적 전망에 따른 비용-편익은 다음과 같이 평가되었음.

- 핵심 1, 2과제의 경우 드릴 시스템 판매, 임대, 소모품 제공 시장을 대상으로 906억원의 투입, 1,681억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 1.86으로 평가됨.
- 핵심 3과제의 경우 드릴 시추서비스 제공 시장을 대상으로 269억원의 투입, 2,347억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 8,72로 평가됨.
- 핵심 1, 2, 3과제의 경우 드릴 시스템 판매, 임대, 소모품, 시추서비스 제공 등 방향성 드릴링 전체 시장을 대상으로 1,203억원의 투입, 4,028억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 3,35로 평가됨.
- 핵심 4과제의 경우 수평형 마이크로 드릴 서비스 제공 시장을 대상으로 336억원의 투입, 596억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 1.77로 평가됨.
- 또한 전체 사업단(핵심 1, 2, 3, 4과제)의 경우 1540억원의 투입, 4,624억원의 편익이 기대되어 편익/비용은 3.00으로 평가됨.

○ 이상과 같이 사업단 및 각 핵심과제별 비용, 편익 분석을 통하여 사업 타당성을 검토하였으며, 다음과 같은 시사점이 도출되었음.

- 상대적으로 시장 규모가 큰 방향성 드릴 시스템 제작, 판매, 소모품 공급, 서비스 제공 분야의 편익/비용이 3.35~5.22 수준으로 높게 평가되었음.
- 특히 시장 규모가 크고 비용 투입이 작은 방향성 드릴 서비스 제공 분야의 편익/비용은 8.72~12.35 수준으로 매우 높게 평가되었음.
- 2013~2017년 기간 동안 방향성 드릴 시스템 공급 시장은 23% 수준, 드릴링 서비스 시장은 20% 증가할 것으로 예상되고 있음. 특히 국내 기업의 시장 진출이 활발한 아시아 시장의 13% 성장, 중동/북아프리카 시장의 6% 성장이 예상되고 있어 기술개발 결과의 사업화 가능성이 높은 분야임.
- 국내 비개착 드릴링 서비스 공급을 대상으로 기술개발을 시도하고 있는 수평형 마이크로 드릴 시스템 개발 분야의 경우 상대적으로 시장 규모가 작아 편익/비용이 1.77~2.32로 낮게 평가되었음.
- 그러나 수평형 마이크로 드릴 시스템 개발 과제의 경우 국내 관로, 전선, 통신선 매설 등 국가, 지자체가 관리하는 사회 기반 시설을 대상으로 하는 기술로서 사업화가 비교적 확실한 분야임.

표 6.49 다목적 방향성 드릴 시스템 개발 사업단 과제별 비용-편익 분석 (단위: 억원)

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">구분</th><th>비용</th><th>편익</th><th colspan="3">B/C</th><th>비고</th></tr>
<tr><td rowspan="4">낙관적 전망</td><td>핵심1과제</td><td rowspan="2">드릴 시스템 판매, 임대, 소모품 제공</td><td>582</td><td rowspan="2">2,950</td><td rowspan="2">3.26</td><td rowspan="2">5.22</td><td rowspan="3">4.59</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>핵심2과제</td><td>324</td></tr>
<tr><td>핵심3과제</td><td>드릴 시추 서비스 제공</td><td>269</td><td>3,333</td><td>12.35</td></tr>
<tr><td>핵심4과제</td><td>수평형 마이크로 드릴 서비스 제공</td><td>336</td><td>783</td><td colspan="2">2.32</td></tr>
<tr><td rowspan="4">비관적 전망</td><td>핵심1과제</td><td rowspan="2">드릴 시스템 판매, 임대, 소모품 제공</td><td>582</td><td rowspan="2">1,681</td><td rowspan="2">1.86</td><td rowspan="2">3.35</td><td rowspan="3">3.00</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>핵심2과제</td><td>324</td></tr>
<tr><td>핵심3과제</td><td>드릴 시추 서비스 제공</td><td>269</td><td>2,347</td><td>8.72</td></tr>
<tr><td>핵심4과제</td><td>수평형 마이크로 드릴 서비스 제공</td><td>336</td><td>596</td><td colspan="2">1.77</td></tr>
</table>

3.3. 간접적 파급효과 분석

○ ‘다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단’은 대규모 연구 및 기자재 개발, 현지 적용 등에 대규모 비용이 소요되며, 20년 이상 장기간 연구성과의 활용이 예상되는 산업

분야로서 기술적, 경제적 타당성 평가 외에 산업 연관 효과 분석이 요구됨

○ 산업연관표를 이용하여 산업 간의 상호연관관계를 파악하고, 이를 국민경제구조의 분석, 장래의 경제예측 등에 사용하고자 하는 분석기법인 산업연관분석을 실시함

- 이는 산업연관표를 기준으로 연구개발에 따르는 타 산업의 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 수출 및 수입 유발효과, 신규 일자리 창출효과 등에 관한 것임

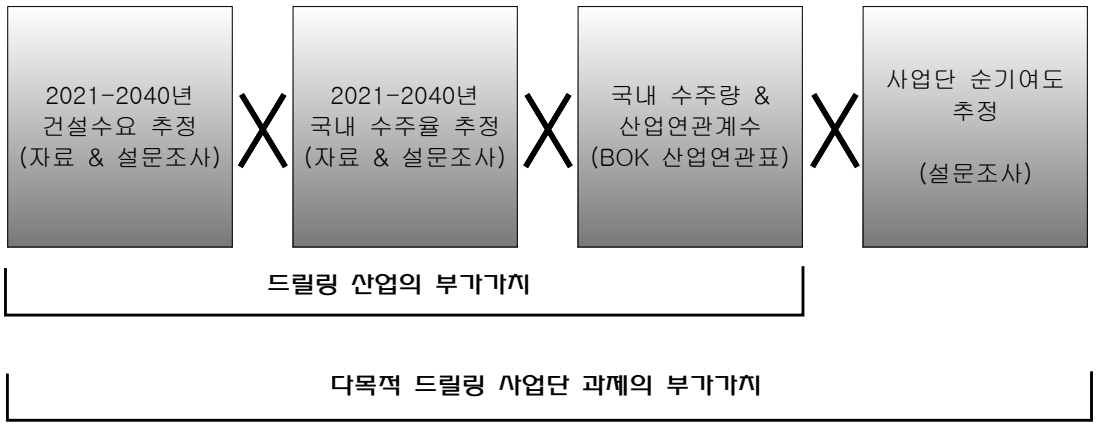


그림 6.23 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업의 간접적 파급효과 산정 방법

□ 방향성 드릴 시스템의 제작/판매에 대한 간접적 파급효과 분석

○ 방향성 드릴 시스템의 제작/판매에 따른 낙관적, 비관적 부가가치 기여액 기준 생산유발액, 취업유발 인원을 평가함

- 생산유발계수, 고용유발계수는 산업연관표의 제조업에 해당하는 수치를 차용함

표 6.50 Drill Rig 간접적 파급효과 평가를 위한 개량 지표

개량 지표	정량화 개량치	비고
제조업 생산유발계수(유발비율)	2.071	산업연관표
제조업 고용유발계수(명/10억원)	6.7	산업연관표

○ 낙관적 전망 기준 연구과제 생산유발액은 6,109억원, 취업 유발 인원은 1,976명으로 평가되었으며, 비관적 전망 기준 연구과제 생산유발액은 3,481억원, 취업 유발 인원은 1,126명으로 평가됨

표 6.51 낙관적 관점 기준 Drill Rig 판매/대여, 소모품 판매 간접 파급효과(단위: 억원, 명)

년차	글로벌 시장규모	글로벌 시장규모 현가 환산	국내기업 수주액	부가가치 기여액	생산 유발액	취업유발 인원	비고
2021	733,868	561,507	6,144	158	327	106	
2022	768,499	557,351	6,098	157	324	105	
2023	804,800	553,249	6,053	155	322	104	
2024	842,852	549,201	6,009	154	320	103	
2025	882,741	545,206	5,965	153	317	103	
2026	924,557	541,264	5,922	152	315	102	
2027	968,393	537,372	5,879	151	313	101	
2028	1,014,350	533,530	5,837	150	310	100	
2029	1,062,531	529,736	5,796	149	308	100	
2030	1,113,045	525,991	5,755	148	306	99	
2031	1,166,006	522,293	5,714	147	304	98	
2032	1,221,535	518,641	5,675	146	302	98	
2033	1,279,756	515,033	5,635	145	300	97	
2034	1,340,803	511,471	5,596	144	298	96	
2035	1,404,814	507,951	5,558	143	296	96	
2036	1,471,935	504,475	5,520	142	294	95	
2037	1,542,318	501,040	5,482	141	292	94	
2038	1,616,124	497,646	5,445	140	290	94	
2039	1,693,520	494,292	5,408	139	288	93	
2040	1,774,684	490,978	5,372	138	286	92	
합계	23,627,131	10,498,227	114,863	2,952	6,112	1,976	

표 6.52 비관적 관점 기준 Drill Rig 판매/대여, 소모품 판매 간접 파급효과(단위: 억원, 명)

년차	글로벌 시장규모	글로벌 시장규모 현가 환산	국내기업 수주액	부가가치 기여액	생산 유발액	취업유발 인원	비고
2021	24,409	16,780	918	217	49	16	
2022	22,081	14,388	787	186	42	14	
2023	20,158	12,450	681	161	36	12	
2024	18,544	10,856	594	140	32	10	
2025	17,169	9,527	521	123	28	9	
2026	15,984	8,407	460	109	24	8	
2027	14,952	7,454	408	96	22	7	
2028	14,045	6,637	363	86	19	6	
2029	13,242	5,932	324	77	17	6	
2030	12,526	5,318	291	69	15	5	
2031	11,883	4,782	262	62	14	5	
2032	11,303	4,312	236	56	13	4	
2033	10,778	3,897	213	50	11	4	
2034	10,298	3,530	193	46	10	3	
2035	9,860	3,203	175	41	9	3	
2036	9,457	2,912	159	38	8	3	
2037	9,086	2,652	145	34	8	2	
2038	8,743	2,419	132	31	7	2	
2039	8,425	2,209	121	29	6	2	
2040	8,130	2,021	111	26	6	2	
합계	271,073	129,686	7,094	1,677	376	123	

□ 방향성 드릴 시추 서비스 제공에 대한 간접적 파급효과 분석

○ 방향성 드릴 시추 서비스 제공에 따른 낙관적, 비관적 부가가치 기여액 기준 생산유발액, 취업유발 인원을 평가함

- 생산유발계수, 고용유발계수는 산업연관표의 건설업에 해당하는 수치를 차용함

표 6.53 시추 서비스 간접적 파급효과 평가를 위한 개량 지표

개량 지표	정량화 개량치	비고
건설업 생산유발계수(유발비율)	2.104	한국은행 산업연관표
건설업 고용유발계수(명/10억원)	12.1	한국은행 산업연관표

○ 낙관적 전망 기준 연구과제 생산유발액은 7,013억원, 취업 유발 인원은 4,033명으로 평가되었으며, 비관적 전망 기준 연구과제 생산유발액은 4,938억원, 취업 유발 인원은 2,840명으로 평가됨

표 6.54 낙관적 관점의 시추 서비스 간접적 파급효과 분석(단위: 억원,명)

년차	글로벌 시장규모	글로벌 시장규모 현가 환산	국내기업 수주액	부가가치 기여액	생산 유발액	취업유발 인원	비고
2021	657,193	451,779	4,943	174	367	211	
2022	690,053	449,638	4,920	173	365	210	
2023	724,555	447,507	4,896	173	363	209	
2024	760,783	445,386	4,873	172	362	208	
2025	798,822	443,275	4,850	171	360	207	
2026	838,764	441,174	4,827	170	358	206	
2027	880,702	439,083	4,804	169	356	205	
2028	924,737	437,002	4,781	169	355	204	
2029	970,974	434,931	4,759	168	353	203	
2030	1,019,522	432,870	4,736	167	351	202	
2031	1,070,498	430,818	4,714	166	350	201	
2032	1,124,023	428,777	4,691	165	348	200	
2033	1,180,225	426,744	4,669	165	346	199	

2034	1,239,236	424,722	4,647	164	345	198	
2035	1,301,198	422,709	4,625	163	343	197	
2036	1,366,257	420,706	4,603	162	341	196	
2037	1,434,570	418,712	4,581	162	340	195	
2038	1,506,299	416,727	4,559	161	338	195	
2039	1,581,614	414,752	4,538	160	337	194	
2040	1,660,694	412,787	4,516	159	335	193	
합계	21,730,719	8,640,099	94,532	3,333	7,013	4,033	

표 6.55 비관적 관점의 시추 서비스 간접적 파급효과 분석(단위: 억원,명)

년차	글로벌 시장규모	글로벌 시장규모 현가 환산	국내기업 수주액	부가가치 기여액	생산 유발액	취업유발 인원	비고
2021	579,995	443,774	4,855	171	360	207	
2022	589,221	427,330	4,675	165	347	199	
2023	597,644	410,843	4,495	158	333	192	
2024	605,393	394,473	4,316	152	320	184	
2025	612,567	378,339	4,139	146	307	177	
2026	619,246	362,525	3,966	140	294	169	
2027	625,493	347,093	3,798	134	282	162	
2028	631,362	332,085	3,633	128	270	155	
2029	636,895	317,531	3,474	122	258	148	
2030	642,129	303,450	3,320	117	246	142	
2031	647,094	289,855	3,171	112	235	135	
2032	651,817	276,749	3,028	107	225	129	
2033	656,321	264,134	2,890	102	214	123	
2034	660,624	252,005	2,757	97	205	118	
2035	664,744	240,357	2,630	93	195	112	
2036	668,695	229,181	2,508	88	186	107	

2037	672,492	218,467	2,390	84	177	102	
2038	676,145	208,203	2,278	80	169	97	
2039	679,666	198,376	2,170	77	161	93	
2040	683,063	188,974	2,068	73	153	88	
합계	12,800,606	6,083,744	66,561	2,346	4,937	2,839	

□ 수평형 마이크로 드릴 서비스 제공에 대한 간접적 파급효과 분석

○ 수평형 마이크로 드릴 서비스 제공에 따른 낙관적, 비관적 부가가치 기여액 기준 생산유발액, 취업유발 인원을 평가함

- 생산유발계수, 고용유발계수는 산업연관표의 건설업에 해당하는 수치를 차용함

표 6.56 마이크로 드릴링 서비스 편익 평가를 위한 개량 지표

개량 지표	정량화 개량치	비고
건설업 생산유발계수(유발비율)	2.104	한국은행 산업연관표
건설업 고용유발계수(명/10억원)	12.1	한국은행 산업연관표

○ 낙관적 전망 기준 연구과제 생산유발액은 1,647억원, 취업 유발 인원은 947명으로 평가되었으며, 비관적 전망 기준 연구과제 생산유발액은 1,255억원, 취업 유발 인원은 722명으로 평가됨

표 6.57 낙관적 관점 기준 마이크로 드릴링 간접적 파급효과 분석(단위: 억원, 명)

년차	국내 시장규모	국내 시장규모 현가 환산	국내기업 수주액	부가가치 기여액	생산 유발액	취업유발 인원	비고
2021	211,378	161,733	1,770	62	131	75	
2022	211,198	153,171	1,676	59	124	71	
2023	211,032	145,071	1,587	56	118	68	
2024	210,878	137,408	1,503	53	112	64	
2025	210,733	130,155	1,424	50	106	61	
2026	210,597	123,290	1,349	48	100	58	
2027	210,469	116,791	1,278	45	95	55	
2028	210,348	110,639	1,211	43	90	52	
2029	210,233	104,814	1,147	40	85	49	
2030	210,123	99,298	1,086	38	81	46	
2031	210,019	94,074	1,029	36	76	44	
2032	209,919	89,128	975	34	72	42	
2033	209,824	84,443	924	33	69	39	
2034	209,733	80,006	875	31	65	37	
2035	209,645	75,803	829	29	62	35	
2036	209,560	71,822	786	28	58	34	
2037	209,478	68,052	745	26	55	32	
2038	209,400	64,480	705	25	52	30	
2039	209,324	61,096	668	24	50	29	
2040	209,250	57,890	633	22	47	27	
합계	4,203,141	2,029,164	22,200	782	1,648	948	

표 6.58 비관적 관점 기준 마이크로 드릴링 간접적 파급효과 분석(단위: 억원, 명)

년차	국내 시장규모	국내 시장규모 현가 환산	국내기업 수주액	부가가치 기여액	생산 유발액	취업유발 인원	비고
2021	182,821	139,883	1,530	54	114	65	
2022	179,631	130,277	1,425	50	106	61	
2023	176,497	121,330	1,327	47	98	57	
2024	173,417	112,998	1,236	44	92	53	
2025	170,391	105,238	1,151	41	85	49	
2026	167,417	98,011	1,072	38	80	46	
2027	164,496	91,280	999	35	74	43	
2028	161,625	85,012	930	33	69	40	
2029	158,805	79,174	866	31	64	37	
2030	156,034	73,737	807	28	60	34	
2031	153,311	68,673	751	26	56	32	
2032	150,636	63,957	700	25	52	30	
2033	148,007	59,565	652	23	48	28	
2034	145,424	55,474	607	21	45	26	
2035	142,887	51,665	565	20	42	24	
2036	140,393	48,117	526	19	39	22	
2037	137,943	44,813	490	17	36	21	
2038	135,536	41,735	457	16	34	19	
2039	133,171	38,869	425	15	32	18	
2040	130,847	36,200	396	14	29	17	
합계	3,109,289	1,546,008	16,912	597	1,255	722	

□ 종합

○ 이상과 같이 방향성 드릴 시스템 제작/판매, 시추 서비스 제공, 수평형 마이크로 드릴 서비스 제공에 대한 간접적 파급효과(산업연관효과)를 분석하였으며, 낙관적 전망에 따른 생산유발액은 14,773억원, 취업유발인원은 6,957명으로, 비관적 전망에 따른 생산유발액은 6,568억원, 취업유발인원은 3,684명으로 평가됨

표 6.59 다목적 방향성 드릴 시스템 개발 사업단 과제별 간접적 파급효과(단위: 억원, 명)

구분			생산유발액	취업유발인원	비고
낙관적 전망	핵심1,2,3과제	드릴 시스템 판매, 대여, 소모품 공급	6,112	1,976	
		방향성 드릴 시추 서비스 제공	7,013	4,033	
		소계	13,125	6,009	
	핵심4과제	수평형 마이크로 드릴 서비스 제공	1,648	948	
	합계		14,773	6,957	
비관적 전망	핵심1,2,3과제	드릴 시스템 판매, 대여, 소모품 공급	376	123	
		방향성 드릴 시추 서비스 제공	4,937	2,839	
		소계	5,313	2,962	
	핵심4과제	수평형 마이크로 드릴 서비스 제공	1,255	722	
	합계		6,568	3,684	

4. 종합 분석

4.1. AHP 개요[6)]

□ 다기준분석의 필요성

○ 국가연구개발사업 사전타당성조사의 마지막 단계는 세부 평가항목별 타당성 분석결과를 종합하여, 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제성 및 파급효과 측면의 세 분야별로 사업추진의 타당성을 종합적으로 판단하는 것임

○ 이를 위해서는 각각의 타당성 측면의 상대적 중요도를 결정해야 하는데, 이 과정에서는 다음과 같은 어려움이 발생함

① 정량적 분석결과와 정성적 분석결과를 통합하는데 있어 어려움 발생

- 경제성 및 파급효과분석 중 경제성 분석은 비용편익분석이 이루어질 경우 그 결과가 B/C 비율, 순현재가치, 내부수익률 등 정량적으로 제시되는 반면, 파급효과 분석과 기술적, 정책적 타당성 분석에 포함되는 많은 평가항목 등은 계량화가 어려우므로 대부분 정성적 표현으로 제시됨
- 이에, 정량적 분석결과를 정성적 분석결과들과 종합하여 사업의 타당성을 어떻게 평가할 것인가는 쉽지 않은 문제임

② 정량적 분석의 경우에도 서로 상이한 척도를 갖는 평가항목을 통합하는데 어려움 발생

- 예를 들어, 어떤 공공투자사업의 B/C비율이 1.0보다 작은 0.9이지만, 2,000명이라는 매력적인 고용창출효과를 갖는 경우, 어떠한 기준으로 사업시행 또는 사업미시행이라는 최종판단을 내려야 할 것인가의 문제가 발생함

③ 평가의 일관성과 사업의 특수성을 동시에 반영해야 하는 어려움 발생

- 사전타당성조사의 대상이 되는 연구개발사업 중에는 국가전략 및 정책적 차원에서 경제성 분석 틀 안에서 계량화되지 않는 특수한 평가항목이 월등히 중요한 경우가 발생함

④ 종합평가에 참여하는 여러 평가자들의 의견을 종합하여 최종적인 결론을 도출하는 어려움 발생

- 한 사람의 평가자가 종합평가를 내릴 경우에는 그 판단의 타당성 여부만이 문제가 됨
- 그러나, 여러 사람의 의견이 종합되어야 할 경우에는, 어떻게 해야 대표성을 가진 종합판단이 될 것인가, 특히 개별 연구진들이 해당사업의 시행여부에 대해 상반된 견해를 갖는 경우에는 어떻게 최종의사결정에 도달할 것인가 등의 문제가 발생함

6) 본 사업의 종합평가를 위하여 예산편성 이전에 사업의 타당성, 사업계획의 충실성 등을 점검하는 사전타당성조사 총괄기관인 한국과학기술기획평가원에서 기존에 분석 방법으로 활용한 AHP 분석 방법을 본 사업에 맞도록 재구성하여 활용함

○ 이러한 어려움을 극복하기 위하여 일반적으로 이용하는 방법이 다기준분석(multi-criteria analysis)기법임

- 다기준분석이란, 다수의 속성들(multi-attributes)을 고려하여 다수의 목적들(multi-objectives)을 포함하는 의사결정을 최적화하는 기법으로, 대표적으로 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법이 알려져 있음

○ 이에 본 조사에서도 AHP를 이용하여 세부평가항목별 분석결과들을 종합평가함으로써 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제성 및 파급효과에 대한 각각의 사업타당성 여부를 최종적으로 판단함

□ AHP 기법의 개요

○ AHP 기법은 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며, 개별 평가기준에 대해 서로 다른 선호도를 가진 대안들을 체계적으로 평가할 수 있도록 지원하는 의사결정기법의 하나임

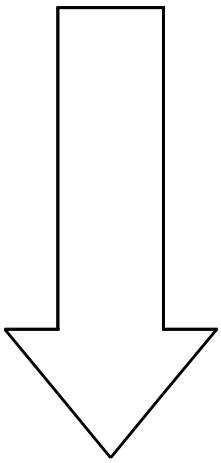
- 1970년대 초 Thomas Saaty에 의해 개발된 이후 정성적, 다기준 의사결정에 널리 활용되고 있으며, 의사결정에 고려되는 평가요소들을 동질적인 집합으로 군집화하고, 다수의 수준으로 계층화한 후, 각 수준별로 분석·종합함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 과정을 지원함

○ AHP 기법의 가장 큰 특징은 문제를 구성하는 다양한 평가요소들을 주요 요소와 세부 요소들로 나누어 계층화하고, 계층별 요소들에 대한 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 요소들의 상대적 중요도를 도출하는 데 있음

○ 이 기법은 인간의 사고와 유사한 방법으로 문제를 분해하고 구조화 한다는 점, 그리고 평가요소 사이의 상대적 중요도와 대안들의 선호도를 비율척도로 측정하여 정량적인 형태로 결과를 도출한다는 점에서 그 유용성을 인정받고 있으며, 간결한 적용절차에도 불구하고 척도선정, 가중치 산정절차, 민감도 분석 등에 사용되는 각종 기법이 실증분석과 엄밀한 수리적 검증과정을 거쳐 채택된 방법들을 활용한다는 점에서 이론적으로 높게 평가받고 있음

○ 이러한 장점 때문에, 1977년 Saaty에 의해 수행된 Sudan의 교통시스템 설계 문제를 비롯하여, 신기술선택의 문제, 병원서비스 시스템의 설계, 정치적 분쟁해결 문제 등 다양한 분야에서 활용되어 왔으며, 일반적으로 AHP 기법은 다음과 같은 절차를 거

쳐 수행됨



① 평가대상 사업의 개념화(conceptualizing)
② 평가기준과 계층구조 설정(structuring)
③ 평가기준 가중치 측정(weighting)
④ 대안간 선호도 측정(scoring)
⑤ 종합점수 산정(synthesizing)
⑥ 환류과정(feedback)
⑦ 종합판단 및 정책제언 도출(concluding)

그림 6.24 AHP 기법 수행 절차

4.2. 종합평가 결과

□ 조사대상 집단

○ AHP 기법을 적용하는 과정에서 평가자의 선정은 평가 결과에 직접적인 영향을 미치게 되므로, 평가자는 다음과 같은 두 가지 조건을 충족하는 범위에서 신중하게 선정함

① 평가자는 평가대상 사업에 대한 충분한 지식을 가진 해당분야 종사자이어야 함

- 평가자는 평가대상 사업의 목표, 목표달성을 위한 요구사항, 사업의 구체적 내용, 관련분야에 대한 지식 등을 갖추고, 그 사업이 미치는 사회경제적, 정책적 파급효과를 예측할 수 있어야 함

② 국가연구개발사업이라는 특성상 공공이익의 관점에서 사업을 평가할 수 있는 객관성을 지니고 있어야 함

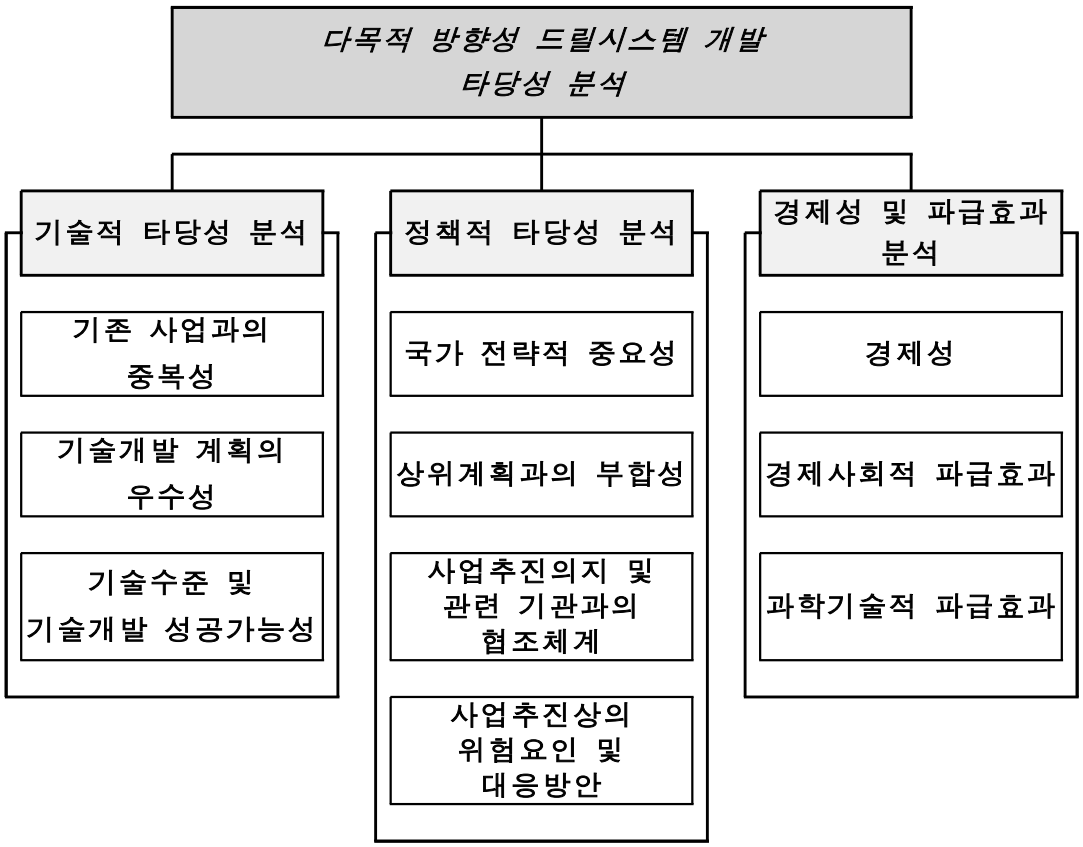
○ 따라서 본 사전타당성조사의 종합분석 평가자를 위 두 사항을 충족시키는 '관련 분야 종사자'와 '전문가'를 중심으로 AHP 분석을 실시함

- 관련 분야 종사자 : 산업체, 학교, 연구소, 공사 등 다양한 방면에서 본 분야의 관련 지식을 갖춘 대상자를 선별함
- 이 중 설문 답변 내용 중 신뢰성이 없다고 판단되는 사람은 제외하고 대안간 선호도 및 종합점수를 산정함

- 전문가 : 본 사업과 직접적인 이해관계가 없다고 판단되는 관련 분야 5년 이상 경력자를 대상으로 AHP 분석을 실시함

□ AHP 구조 및 평가항목

○ 본 AHP 분석의 최종 목표는 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제성 및 파급효과를 종합하여 사업의 시행 여부에 대한 의사결정을 도출하기 위함이며, 동 사업의 타당성 평가를 위한 AHP 계층구조와 평가항목별 평가내용, 평가기준은 다음과 같음



평가항목	평가내용	평점기준	비고
기술적 타당성 분석			
1. 기존사업과의 중복성	· 기존에 추진 중인 연구개발사업과의 중복성 여부	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 중복성이 낮을수록 사업시행 점수가 높음
2. 기술개발계획의 우수성	· 사업의 목표, 내용, 성과의 구체성 · 사업목표와 세부목표, 연구내용의 적절성 · 추진 전략 및 체계의 적절성	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 완성도가 높을수록 사업시행 점수가 높음
3. 기술수준 및 기술개발 성공가능성	· 연구개발기반 · 기술수준	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 성공가능성이 높을수록 사업시행 점수가 높음
정책적 타당성 분석			
4. 국가전략적 중요성	· 국가전략적 측면에서 사업의 필요성	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 국가전략적으로 중요할수록 사업시행 점수가 높음
5. 상위계획과의 부합성	· 상위계획 및 관련계획에의 반영여부 · 주무부처에서 추진하는 정책방향과의 일치여부	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 관련성이 높을수록 사업시행 점수가 높음
6. 사업추진의지 및 관련기관과의 협조체계	· 조직 및 기관의 사업추진의지 · 관련 기관 및 부처의 협조체계	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 사업추진 의지가 높고, 협조체계가 좋을수록 사업시행 점수가 높음
7. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안	· 사업추진에 장애가 될 수 있는 위험요인과 이에 대한 대응방안	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 위험요인이 낮고, 대응방안이 구체적일수록 사업시행 점수가 높음
경제성 및 파급효과 분석			
8. 경제성	· 비용편익분석	· B/C 비율, IRR, NPV	· B/C 비율이 높을수록 사업시행 점수가 높음
9. 경제사회적 파급효과	· 산업적 파급효과(부가가치 증대, 새로운 산업 창출) · 수출증대 및 수입대체 효과 · 고용증대효과 · 사회적 비용 절감 · 국가위상제고/안전보장	· 유발계수 · 신규 일자리 창출건수 · 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 산업적 가치, 사회적 비용 절감효과, 기타 사회적 효과가 클수록 사업시행 점수가 높음
10. 과학기술적 파급효과	· 과학기술경쟁력 향상 · 타 기술분야로의 파급효과 · 과학기술 인력양성	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 기여도가 높고, 파급효과가 클수록 사업시행 점수가 높음

□ 가중치 산정

○ 대안과 평가항목의 가중치는 평가항목 간 쌍대비교 질문에 대한 응답결과로 결정되며, 쌍대비교에는 Saaty가 제안한 9점 척도를 채택함

○ 쌍대비교를 통하여 각 평가항목별 가중치를 평가하였으며, Consistency Index=0.0967 수준으로 쌍대비교의 신뢰도를 확보하였음

표 6.60 평가 항목간 쌍대비교

	Factor 01	Factor 02	Factor 03	Factor 04	Factor 05	Factor 06	Factor 07	Factor 08	Factor 09	Factor 10
Factor 01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor 02	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Factor 03	1	1	1	2	4	4	3	1	1	1
Factor 04	1	1	0.5	1	3	4	3	1	1	1
Factor 05	1	1	0.25	0.33	1	3	1	1	1	1
Factor 06	1	0.33	0.25	0.25	0.33	1	1	1	1	1
Factor 07	1	1	0.33	0.33	1	1	1	1	2	2
Factor 08	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2
Factor 09	1	1	1	1	1	1	0.5	0.33	1	1
Factor 10	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	1	1

표 6.61 평가 항목 가중치 평가

	평가항목	가중치	비고
Factor 01	기존사업과의 중복성	0.092	
Factor 02	기술개발계획의 우수성	0.103	
Factor 03	기술수준 및 기술개발 성공가능성	0.164	
Factor 04	국가전략적 중요성	0.135	
Factor 05	상위계획과의 부합성	0.083	
Factor 06	사업추진의지 및 관련기관과의 협조체계	0.059	
Factor 07	사업추진상의 위험요인 및 대응방안	0.087	
Factor 08	경제성	0.113	
Factor 09	경제사회적 파급효과	0.081	
Factor 10	과학기술적 파급효과	0.083	

□ 평가항목별 AHP 분석 결과

○ AHP 조사 대상자들을 대상으로 모든 세부평가항목별로 핵심과제별 '사업시행' 여부에 대하여 1등급에서 5등급의 5단계로 상대평가를 실시함

○ AHP 평가 결과 핵심1과제 3.49, 핵심2과제 3.23, 핵심3과제 3.13, 핵심4과제 3.67로 평가됨

<핵심1과제> 스마트 드릴링 시스템 통합설계 및 실증기술

평가항목		평가(1~5)	가중치	종 합
기술적 타당성	기존 사업과의 중복성	5	0.092	0.460
	기술개발계획의 우수성	4	0.103	0.412
	기술수준 및 기술개발 성공 가능성	4	0.164	0.656
정책적 타당성	국가전략적 중요성	3	0.135	0.405
	상위계획과의 부합성	3	0.083	0.249
	추진의지 및 협조체계	2	0.059	0.118
	위험요인 및 대응방안	2	0.087	0.174
경제적 타당성	경제성	4	0.113	0.452
	경제사회적 파급효과	4	0.081	0.324
	과학기술적 파급효과	3	0.083	0.249
종 합				3.499

<핵심2과제> 스마트 드릴링 시스템 방향제어 및 이수순환기술

평가항목		평가(1~5)	가중치	종 합
기술적 타당성	기존 사업과의 중복성	3	0.092	0.276
	기술개발계획의 우수성	4	0.103	0.412
	기술수준 및 기술개발 성공 가능성	3	0.164	0.492
정책적 타당성	국가전략적 중요성	3	0.135	0.405
	상위계획과의 부합성	3	0.083	0.249
	추진의지 및 협조체계	2	0.059	0.118
	위험요인 및 대응방안	2	0.087	0.174
경제적 타당성	경제성	4	0.113	0.452
	경제사회적 파급효과	4	0.081	0.324
	과학기술적 파급효과	4	0.083	0.332
종 합				3.234

<핵심3과제> 드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술

평가항목		평가(1~5)	가중치	종 합
기술적 타당성	기존 사업과의 중복성	4	0.092	0.368
	기술개발계획의 우수성	4	0.103	0.412
	기술수준 및 기술개발 성공 가능성	3	0.164	0.492
정책적 타당성	국가전략적 중요성	3	0.135	0.405
	상위계획과의 부합성	3	0.083	0.249
	추진의지 및 협조체계	2	0.059	0.118
	위험요인 및 대응방안	2	0.087	0.174
경제적 타당성	경제성	3	0.113	0.339
	경제사회적 파급효과	3	0.081	0.243
	과학기술적 파급효과	4	0.083	0.332
종 합				3.132

<핵심4과제> 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술

평가항목		평가(1~5)	가중치	종 합
기술적 타당성	기존 사업과의 중복성	4	0.092	0.368
	기술개발계획의 우수성	4	0.103	0.412
	기술수준 및 기술개발 성공 가능성	4	0.164	0.656
정책적 타당성	국가전략적 중요성	3	0.135	0.405
	상위계획과의 부합성	3	0.083	0.249
	추진의지 및 협조체계	3	0.059	0.177
	위험요인 및 대응방안	3	0.087	0.261
경제적 타당성	경제성	5	0.113	0.565
	경제사회적 파급효과	4	0.081	0.324
	과학기술적 파급효과	3	0.083	0.249
종 합				3.666

5. 예비타당성조사 주요 쟁점사항

○ 예비타당성조사 추진 절차는 다음 그림과 같음

- 예비타성조사 이전에 예비검토제와 기술성 평가의 절차를 거침

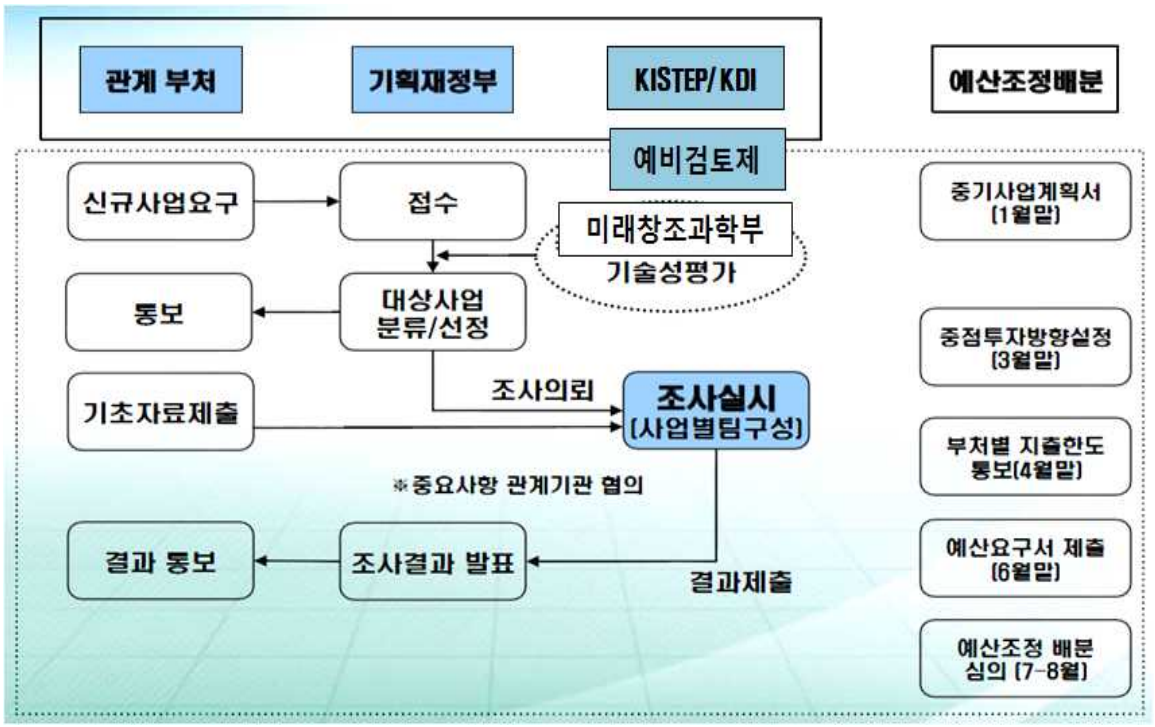


그림 6.25 예비타당성조사 추진 절차

5.1 예비검토제

가. 예비검토제 수행 목적

○ 예비검토제는 사업기획 부처 및 미래부가 신규 R&D사업에 대해 사업기획의 필수요건을 검토하여 기술성 평가 대상사업을 도출하기 위해 수행

- 대형 R&D사업 기획의 필수요건을 제시하여 부처 이해를 돕고, 자체 검토를 유도하여 부처의 사업기획력 제고
- 면밀한 검토와 기획이 선행되지 않은 R&D사업은 기술성 평가 대상사업에서 제외하여 R&D재정부담 완화와 행정비효율 방지

나. 예비검토제 검토항목 및 지표

○ 부처 자체검토결과를 바탕으로 6개 검토항목 23개 검토지표(14개 필수지표) 충족여부 평가

- (6개 항목) 신청요건, 사업기획기초자료, 사업목표, 추진관리체계, 사업내용, 중복성 검토
- 14개 필수 검토지표 100% 충족 사업을 기술성 평가 대상사업 또는 예비타당성조사 대상사업으로 선정

○ 다목적 방향성 드릴시스템 개발사업 기획연구의 각 검토지표별 충족여부를 판단한 체크리스트는 다음 표와 같음

- 예비검토제 대응을 위해 세부사업별 우선순위, 사업추진체계, 예산 산정근거 및 조달방안 등의 자료 제시가 추가적으로 필요하다고 판단됨

표 6.62 예비검토제 검토지표 충족을 위한 체크리스트

검토지표	체크리스트		
- 기획보고서 완료	○	기획보고서 제출함	기획보고서
- '과학기술기본법 시행령 제21조의3' 해당	○	해당함	
- 기술개발의 필요성 제시	○	상위계획과의 부합성 제시함	1장 2절
- 기술개발의 시급성 제시	○	사업추진의 필요성 제시함	1장 2절
- 국고를 통한 연구개발로서의 타당성 (국고지원의 적합성) 제시	○	국고지원의 적합성 제시함	1장 2절
- 사전용역 수행(부처 직접 수행 포함)	○	사업기획 추진 경위 제시함	1장 2절
- 사업관련 동향분석	○	시장동향, 기술동향 제시함	2장 1절, 2절, 3절
- 기술수요조사	○	기술수요조사 제시함	3장 1절, 2절, 3절
- 위험요인과 대응방안(지자체 협의, 특허 대응방안 등)	○	사업추진상의 위험요인 제시함	5장 6절
- 과거 기술성 평가/예타 지적사항 보완(해당사업)	-	해당없음	
- 사전 기획과정을 통한 사업목표 도출 및 설정	○	사업목표의 도출과정 제시함	4장 1절, 2절, 3절

- 최종 목표, 단계별 목표, 연도별 목표의 구체적 제시	○	세부사업별 목표 제시함	4장 2절, 3절
- 세부사업별 우선순위 도출	○	세부사업별 우선순위 도출함	3장 4절
- 세부사업별 성과지표	○	세부사업별 성과지표 제시함	4장 3절
- 사업추진체계(전체/세부사업별)	○	사업추진체계 제시함	4장 4절
- 사업수행체계 간 역할분담	○	사업수행주체별 역할분담 제시함	4장 4절, 5장5절
- 사업관리체계(성과평가, 활용계획 등)	○	사업관리계획 제시함	4장 4절, 5장 5절
- 사업 주요내용 및 세부사업의 확정	○	세부사업 확정됨	4장 3절, 5장 2절
- 총괄 사업 및 세부사업의 기술로드맵	○	기술개발 로드맵 제시함	4장 4절, 5장 2절
- 소요예산 및 조달방안(연도별/세부사업별)	○	예산 산정근거 및 조달방안 제시함	5장 3절
- 연구인력 및 연구시설·장비 추정 및 확보 방안	○	연구인력 및 시설·장비 확보계획 제시함	5장 4절
- 파급효과	○	직·간접적 파급효과 제시함	6장 3절
- '사업목적', '추진방법', '기술분야', '지원대상'에 따른 기존 사업 및 과제단위의 중복성 검토	○	중복성 검토 제시함	3장 4.3절

※ 볼드(Bold) : 필수 검토지표

5.2 기술성 평가

가. 기술성평가 목적 및 대상 선정 기준

○ (목적) 예비타당성조사 대상사업 선정

- 예비타당성조사 대상사업 선정 비율 (최근 10년간) 약 45%

○ (대상) 국가연구개발사업 중 연구단지 조성 및 연구시설·장비 구축 사업비가 총 사업비의 100분의 30미만인 사업일 경우 기술성평가 실시(과학기술기본법 시행령 제21조의 3)

○ (평가 등급) 5개 항목 15개 평가지표로 5등급(A~E) 평가

- (5개 항목) 사업의 필요성, 사업의 시급성, 기존 기술 및 사업과의 차별성, 사업계획의 구체성, 국고지원의 적합성 검토

- (15개 지표) 정책적 부합성, 사회 경제적 필요성, 기술적 필요성, 사업추진의 시의적절성, 국내사업여건의 성숙도, 사업의 혁신성, 사업의 공공성, 국고지원의 효율성, 사업목적, 지원대상, 기술분야, 추진방법의 차별성, 유사 사업과의 연계방안, 사업기획의 충실성, 사업목표의 적절성, 사업추진체계 및 전략의 적절성, 사업예산 인력 운용계획의 적절성, 사업관리계획의 적절성

○ (선정 조건) 종합등급 '보통' 이상 + E등급 無 + D등급 1개 이하

- 단, 기존기술 및 사업과의 차별성, 사업계획의 구체성 항목은 C등급 이상

나. 기술성 평가 평가지표 및 평가방법

○ 사업목적을 반영하여 공정한 평가를 수행하기 위해 기술성 평가 대상사업의 성격에 따라 연구개발사업과 연구기반 조성으로 구분하고 사업 유형을 세분화하여 사업 유형별 차별화된 평가기준 적용

- 연구개발 성격의 사업은 기초연구, 단기산업 기술개발, 중장기산업 기술개발, 공공기술개발, 지역연구개발 등 5개 유형으로 분류
- 연구기반 조성 성격의 사업은 인력양성, 성과확산, 해외협력 등 3개 유형으로 분류

○ 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단의 경우 중장기적(3년 이상) 상용화를 목표로 추진 중인 응용·개발 연구사업인 중장기 산업기술개발에 해당됨

○ 기술성 평가의 평가지표별 평가기준과 평가기준의 충족 여부에 대한 체크리스트는 다음 표와 같으며, 이 중 기술적 필요성의 인력양성, 해외협력 부분의 평가기준은 본 사업에는 해당사항이 없음

- 기술성 평가 대응을 위해 세부사업 간의 상호유기성, 사업추진체계, 예산 산정근거 등의 자료 제시가 추가적으로 필요하다고 판단됨

표 6.63 기술성 평가 평가지표 충족을 위한 체크리스트

평가지표	평가기준		체크리스트		
(1-1) 사회・경제적 기대효과	사업 공통	① 사업 관련 국내외 시장 및 산업 동향은 해당 사업과 직접적으로 연관된 분야에서 제시되고 적절히 분석되었는가?	○	시장/산업동향 제시함	2장 2절
		② 해당 사업의 유형을 고려하여 일자리 창출효과 등 사회·경제적 파급효과를 적절히 분석하여 제시하였는가?	○	간접적 파급효과 제시함	6장 3.3절
	기초연구	③ 해당 사업을 통해 자연현상의 원리규명 등 창조적 지식을 획득하거나 현재 또는 미래에 광범위한 응용이 가능한 창의적인 기술 개발이 기대되는가?	해당 없음	-	-
	단기/중장기 산업기술 개발	④ 해당 사업을 통해 신산업 창출, 시장 선점 및 확대, 산업 생태계 조성 등 관련 산업 및 시장에 미치는 파급효과가 기대되는가?	○	직/ 접적 파급효과 제시함	6장 3.3절
	공공기술 개발	⑤ 해당 사업을 통해 국민건강 증진, 재난방지 등 국민 삶의 질 및 국가위상 제고 효과가 기대되는가?	해당 없음	-	-
	지역연구 개발	⑥ 해당 사업을 통해 관련 지역의 연구개발 역량 확보, 기술개발 인프라 조성 등 지역 경제 활성화 효과가 기대되는가?	해당 없음	-	-
	인력양성	⑦ 해당 사업을 통해 우수한 전문 연구인력 양성 효과가 기대되는가?	해당 없음	-	-
	성과확산	⑧ 해당 사업을 통해 사업성과 확산에 따른 시장경제 활성화 및 기술 개발 기반조성 효과가 기대되는가?	해당 없음	-	-
	해외협력	⑨ 해당 사업을 통해 우수한 해외 연구인력의 확보, 해외협력	해당 없음	-	-

평가지표	평가기준		체크리스트		
		네트워크 구축 등 기술개발 기반조성 효과가 기대되는가?			
(1-2) 기술적 필요성	해당사업	① 정책동향과 기존 국내외 유사 사업 추진사례, 선행사업 및 시범사업 등을 분석하여 사업 추진의 타당성을 적절히 제시하였는가?	○	정책동향, 유사사업 추진사례, 타당성 제시함	1장 2절, 2장 7절, 6장 6절
		② 해당 사업 추진 시, 우수한 연구 인력 및 인프라 확보 등 기술개발 기반조성 효과가 큰가?	해당 없음	-	
(2-1) 사업추진의 시의적절성	사업공통	① 국가 중요 현안, 국제사회 의무 이행 및 타 국가연구개발 사업과의 연계 등 국내외 사업 관련 환경 변화를 고려할 때 현 시점에서 해당 사업의 추진의 시의성이 높은가?	○	국내·외 동향 및 환경 분석 결과 제시함	1장 2절, 2장 7절
(2-2) 국내 사업 여건의 성숙도	사업공통	① 현 시점의 국내기술수준, 연구인력, 인프라 등의 사업 여건이 충분히 성숙하였는가?	○	연구개발 인프라 수준 제시함	2장 4절, 2장 6절
(3-1) 사업목적/ 지원대상/ 기술분야/ 추진방법의 차별성	사업공통	① 해당 사업과 유사중복 가능성이 있는 기존 사업과의 차별성을 사업목적/지원대상/기술분야/추진방법 측면에서 제시하였는가?	○	기존 사업과의 차별성, 중복성 제시함	3장 4.3절
(3-2) 유사 사업과의 연계 및 협력방안의 타당성	사업공통	① 현재 진행 중 또는 진행 예정인 유사 사업이 있는 경우, 해당 사업과 효율적으로 연계 및 협력할 수 있는 방안을 제시하였는가?	해당 없음	-	-
		② 기 종료된 유사 사업이 있는 경우, 해당 사업 성과물의 효과적인 활용방법을 제시하였는가?	해당 없음	-	-
(4-1)	사업공통	① 기술수요조사 등 체계적 사전 절차를 통해 해당 사업이 기	○	기술수요조사, 과제 도출 절차	3장 1절, 2절, 3절

평가지표	평가기준		체크리스트		
사업기획의 충실성		획되었는가?		제시함	
	해당사업	② 과거 예타/기술성평가 대상사업이었던 경우, 당시의 지적사항을 수정·보완하였는가?	해당 없음	-	-
		③ 다부처 사업인 경우, 다부처 추진을 위한 제반 여건이 마련되었는가?	해당 없음	-	-
		④ 지역연구개발사업인 경우, 해당 지역의 연구개발 추진 당위성이 제시되고 해당 지자체와의 사전협의가 완료 되었는가?	해당 없음	-	-
		⑤ 해외협력사업인 경우, 해당 국가·기관과의 사전협의를 진행하였는가?	해당 없음	-	-
		⑥ 세부 사업내용이 이후에 결정되는 사업의 경우 전문가단 운용계획과 사업·과제 선정 기준 및 절차 등 세부 사업 내용의 확정을 위한 계획이 적절히 제시되었는가?	○	사업단, 핵심과제, 세부과제 추진전략 제시함	4장 4절, 5장 1절
(4-2) 사업목표의 적절성	사업공통	① 사업 최종목표와 세부사업별/단계별 목표 및 성과목표·지표가 명확히 제시되고 상호 유기적으로 구성되었는가?	○	과제구성, 목표, 성과지표 제시함	4장 1절, 2절, 3절
	사업공통	② 현재 기술수준 및 사업기간 중 기술발전 추세를 고려하여 사업 전체 및 세부사업별/단계별 목표 수준이 적절하게 설정되었는가?	○	기술수준, 사업별 목표수준 제시함	4장 3절, 5장 2절
(4-3) 사업추진체계 및 전략의 적절성	사업공통	① 사업추진체계 및 역할분담 방안을 적절히 제시하였는가?	○	과제구성, 과제별 추진전략 제시함	4장 4절, 5장 5절
	사업공통	② 기술개발전략, 사업관리계획, 평가계획, 성과관리계획 등 사업추진전략을 적절히 제시하였는가?	○	성과목표, 지표, 과제별 추진전략 제시함	4장 4절
	사업공통	③ 사업예산, 인력 및 시설·장비	○	재원, 인력,	5장 3절, 4절

평가지표	평가기준		체크리스트		
		의 산출근거가 명확하고 운용 계획을 적절히 제시하였는가?		연구시설・장비 구축・활용방안 제시함	

5.3 예비타당성조사

가. 예비타당성조사 개요

○ (개념 및 주요내용) 예비타당성조사는 국가재정법 제38조 및 동법 시행령 제13조의 규정에 따라 실시하는 사전적인 타당성 검증·평가

- 대규모 신규 사업에 대한 예산편성 및 기금운용계획을 수립하기 위하여 기획재정부장관 주관으로 실시함
- 예비타당성조사는 대규모 재정사업의 타당성에 대한 객관적이고 중립적인 조사를 통해 재정사업의 신규투자를 우선순위에 입각하여 투명하고 공정하게 결정하도록 함으로써 예산낭비를 방지하고 재정운영의 효율성 제고에 기여함을 목적으로 함

○ (예비타당성조사 대상) 예비타당성조사는 다음 사항 중 하나에 해당하는 신규사업에 대하여 실시

- ① 총사업비가 500억원 이상이면서 국가의 재정지원 규모가 300억원 이상인 건설사업, 정보화 사업, 국가연구개발사업
- ② 중기재정지출이 500억원 이상인 사회복지, 보건, 교육, 노동, 문화 및 관광, 환경보호, 농림해양수산, 산업·중소기업 분야의 사업

나. 예비타당성조사 주요 쟁점사항

○ 예비타당성조사 신청 시 우선 고려 사항

- 사업이 왜 대형사업으로 추진되어야 하는가? (왜 이 기술인가와는 다른 측면)
- 반드시 정부가 해야 할 일인가? (민간이 할 수 있는 영역은 아닌가?)
- 사업목표는 구체화되어 있는가? 계획의 불확실성이 최소화되어 있는가?
- 핵심분야 선정 절차 및 근거가 제시되어 있는가?
- 사업 추진이 잘 되었을 경우, 어떤 정책문제 해결 효과가 있는가? (경제성/비용효과)

○ 예비타당성조사 대상사업 제외 사유

- 사업기획이 완료되지 않은 사업
- 사업추진을 위해 필요한 부처간, 지역간 협의 등 사전 행정절차 미완료 사업

- 사업의 입지 선정 및 노선이 확정되지 않은 사업
- 기존에 추진하는 사업과 차별성이 없는 사업

○ 기획보고서 필수 포함 내용

- 세부 기획 경위
- 사업의 구체적인 목표 : 사업목표의 구체화
- 기술개발계획의 구체성 및 논리적 연결 : 세부 과제에 대한 RFP
- 사업관리 및 성과평가 계획
- 기술수요조사 및 특허, 논문 등 기술동향 조사 결과
- 사업추진의 법적 근거
- 관계 부처 및 기관과의 연계 및 협력 방안
- 재원분담 주체 및 재원 조달 방식
- 사업의 세부 과제별 비용 산정 근거 및 연차별 소요예산

○ 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업 기획연구의 예비타당성조사 신청을 위해서는 특히 기획과정의 적절성 검토가 필요하며, 연구기간과 예산의 적절성, 예산확보 가능성 등의 검토가 필요함

- 연구기간은 적절하게 설정되었는지, 예산은 물가상승률 등을 고려하여 책정되었는지, 유사사업의 예산규모를 참고하여 근거자료를 확보할 필요가 있음

○ 또한 본 사업이 대형 사업으로 추진되어야 하는 이유, 각 핵심 분야별 사업 간의 연계성이 있는지의 검토가 필요하며, 본 사업의 범위는 실증 단계까지인데 사업의 결과로 인한 실 수혜자는 어떻게 되는지 등의 대응이 필요함

- 본 사업 추진 시 민간기업 참여의 현실성이 있는지, 기업의 수요를 확인했는지, 참여의향서를 받아서 추진하고 있는지 등의 확인이 필요함

○ 예비타당성조사 심의항목은 사전타당성조사 항목과 유사하며, 본 기획연구에서는 예비타당성조사 심의 대응에는 아직 미비한 점이 있는 바, 다음과 같은 부분에서 보완이 요구됨

- 2012년도 기획재정부 예비타당성조사 운용지침과 최근 시행된 사업에 대한 예비타당성조사 결과를 분석하여 주요 쟁점사항을 도출함

표 6.64 예비타당성조사 시 주요 쟁점사항에 대한 체크리스트

주요 쟁점사항	체크리스트		
1-1. 사업을 통하여 해결하고자 하는 문제 정의 여부	○	기술의 정의, 사업의 필요성 기대효과 제시함	1장 1절, 7장
1-2. 문제해결을 위해 추진하는 사업의 최적수단 여부	○	사업 추진 배경 및 필요성 제시함	1장 2절
1-3. 제안하는 사업 추진이 지연될 경우 발생하는 문제의 심각성 정도	○	사업추진의 시급성 제시함	1장 2.1절
2-1. 사업 제안(기획) 과정	○	기획과정의 적절성 제시함	6장 1.1절
2-2. 사업의 참여자에 대한 구체화, 참여자들의 참여의사 정도(과제수요)	○	기업 참여 의향서 제시함	부록 1-4
3-1. 기술개발 산출물의 종류, 산출시점, 사업의 통제 가능성	○	주요 성과 목표/지표, 성과물 및 활용방안 제시함	4장 3절, 4절, 5장 5절
3-2. 제안하는 과제나 연구개발 활동의 사업목표 지원 프로세스	○	사업목표, 기술개발 로드맵 제시함	4장 2절, 3절
3-3. 제안된 사업이 기대하는 성과를 가져올 것이라는 확신 및 근거	○	국내외 기술추세 및 수준, 성공가능성, 리스크요인 대응 제시함	2장 6절, 5장 5절, 6장 1.2절
3-4. 성과평가(선정 포함)의 공정성, 객관성, 투명성 여부	×	추후 국토교통과학기술진흥원 진행 필요	
4-1. 제안하는 연구개발사업의 위험정도 및 수용 가능 수준 검토	○	기술개발 성공가능성 제시함	5장 6절, 6장 1.2절
4-2. 사업과 관련된 위험요인	○	사업추진상 위험요인 제시함	5장 6절
5-1. 예산규모의 적절성 및 정부지원근거	○	예산 산정근거 제시함	1장 2절, 5장 3절
5-2. 사업규모, 비용 추정의 적절성, 목표달성을 위한 적정 사업비, 기존 유사 과제 투자 규모	○	연구비에 대한 비용 분석 제시함	5장 3절
5-3. 제안된 사업비에 의해 직접 발생하는 효과 증가분	○	편익에 대한 추정 분석 제시함	6장 3절

임의공백

제7장 기대효과

1. 기술적 기대효과

○ 방향성 드릴링 시스템 실증 개발이 기초한 독자기술 확보를 통하여 글로벌 자원 탐사·개발기술 경쟁력 90% 이상 확보

- 탐사 및 시공거리 4 km급 다목적 방향성 드릴시스템 확보
- 개방형 드릴리그 플랫폼 및 이수순환 등 핵심기술 확보
- 시스템과 서비스 분야 전주기 Total Solution 역량을 확보

○ 다목적 방향성 드릴링 시스템기술의 라이센스화, 성과 홍보를 통해 해외 비즈니스 모델 창출에6 기여

- 세계 최고 수준의 독자기술을 5개 확보 및 라이센스화
- 본 사업을 통하여 7개 분야(기자재, 플랫폼, 방향제어, 이수공급, 지층파쇄, 수평굴착, 탐사·개발 서비스 등)의 비즈니스 모델을 신규로 창출

○ 향후 동토, 극지 등 미개척지 탐사·개발 프로젝트 참여를 위한 국내 기술기반과 실적을 확보

2. 경제·사회적 기대효과

○ 기술이전 24건을 달성하여 기술료 창출 및 중소·중견기업의 사업화 촉진

- 사업화 18건 이상 달성이 기대됨
- 연구개발서비스, 시험인증 등 신규 매출이 기대됨

○ 드릴링 사업분야 전문인력 양성에 기여

- 드릴링 분야 PM/PE, 연구개발인력, 솔루션 개발, 컨설팅 등
- 세부과제별 1~2개 대학교 참여를 통하여 연간 1.5명/대학을 고려시 6년간 총 150명의 석박사급 전문인력 배출이 기대

3. 과학적 기대효과

○ 연구개발 수행을 통하여 SCI/E급 우수논문 게재 및 영향력 확대를 통한 우리나라의 과학기술 위상 제고

- 드릴링분야 SCI/E급 우수논문 (72건) 이상 게재

○ 원천기술 및 독자기술 검증과 실증이 가능한 대규모 연구 인프라 확충

- 드릴링시스템분야의 테스트베드형 종합 연구시설을 확보하게 됨으로써 기초실험, 각종 기자재 실증성능 평가가 가능

○ 다학제적 융복합연구개발 성공사례로 자리매김

- 극한조건에서 작동하는 드릴 시스템은 지질, 지반, 기계, 화공, 금속, 전기전자, 정보통신 등 다조의 전공분야가 밀접하게 결합되어야만 해결할 수 있는 기술

[참고문헌]

1. 한국과학기술기획평가원, 플랜트산업 기술과 정책동향, 2010
2. 국토해양부, 국산 건설기자재 및 인력활용을 통한 외화가득율 제고방안 연구, 2009
3. KG금융지주 경영연구소, 신흥국의 도시화와 경제적 영향, 2012
4. IEA, World energy outlook, 2012
5. United States Geological Survey, Mineral commodity summaries, 2012
6. IRS 글로벌, 2013년 셰일가스보고서, 2013
7. IHS Global Insight, Global construction outlook, 2013
8. ENR, The top 250 international contractors, 2013
9. Global Water Intelligence, Global water market 2014, 2013
10. Global Water Intelligence, Desalination markets, 2010
11. IEA, World energy outlook 2012, 2013
12. IEA, World energy outlook 2013, 2013
13. BP Global, www.bp.com, BP Statistical review of world energy, 2007
14. USGS, www.usgs.gov
15. CERA, Cambridge energy research associates, 2013
16. 한국건설기술연구원, 극한지 자원이송망 기획보고서, 2012
17. Infield, Pipeline & control lines market report to 2016, 2013
18. 한국무역협회, 중소기업, 수출로 블루골드 물시장을 잡아라, Institute for international trade, Vol.12, No.41, 2093-3118, 2013
19. SAM, Water: a market of future, 2010
20. EPA, Drinking water infrastructure needs survey and assessment - Fifth report to congress, 2013
21. GWI, Global water market, 2013
22. ENR, The top 225 international global contractor, 2012
23. Asia Pacific Natural Gas & LNG, Facts global energy, 2010
24. 국민권익위원회, 송전선로 건설사업 개선방안, 2010

25. 지방행정 정책연구, 지하공동구 화재예방활동 및 진압대책에 관한 연구, 제1권 제2호, 2011
26. 서울시, 서울시 공동구 중장기 기본계획, 2013
27. KEPCO, 밀양송전선로 지중화 가능성 검토, 2013
28. 이정일, 지하공동구 화재예방활동 및 진압대책에 관한 연구, 2011
29. 쌍용건설, 국내외 지하공간 개발현황 및 전망, 2012
30. 대한건설협회, 해외건설협회 데이터베이스, 2013
31. 국토교통과학기술진흥원, 국토교통 기술수준조사 보고서, 2013
32. Offshore engineer, FPSO design, 2012
33. Schlumberger, The best of both worlds - A hybrid rotary steerable system, 2012
34. Drilling Contractor Magazine, Monobore wellbores design, 2009
35. Drilling rig review, Journal of petroleum technology, 2008
36. Total Control, Non stop driller, constant circulation system, 2013
37. Maris International, Continuous circulation drilling, 2009
38. Aker's solutions, www.akersolutions.com
39. Farhad Abdollahzadeh Bina et al., Estimating the geothermal power potential of the NW-SABALAN geothermal field, Iran, by the volumetric method, PROCEEDINGS, Thirty-Seventh Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, 2012
40. Flow Industries, http://www.flow-industries.com
41. NEXT Legacy Technologies, www.next-tech.ca
42. Air products, Enhanced unconventional oil and gas production with nitrogen fracturing, 2013
43. Selenium, Ltd., www.selenbio.com
44. Advanced Logic Technology, www.alt.lu
45. A. Zang and O. Stephansson, Stress field of the eaeth's crust, Springer, 2010
46. G. Klee, The european hot-dry-rock project in the tectonic regime of the

upper rhine graben, Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 2005
47. EGS, 수압파쇄 연구포럼, 2013
48. The source for hydraulic fracture characterization, www.slb.com, 2006
49. Rory Dunphy & David J. Fractures, Elastic moduli & stress: Geological controls on hydraulic fracture geometry in the horn river basin, Recovery - 2011 CSPG CSEG CWLS Convention, 2011
50. 한국수자원공사, 댐저수지 수면을 활용한 태양광발전시스템 설치에 관한 연구, 2010
51. 월간 전기, 수상 태양광 발전 사업화, 2012
52. 한국가스안전공사, 터보팽창형 병행 발전 정압설비 안전성확보에 관한 연구, 2013
53. KISTI, 글로벌술동향브리핑, 2009
54. Grizzly oil sand, Algar Lake SAGD Project, 2013
55. Foster Wheeler, www.fwc.com
56. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, www.vehicles.energy.gov
57. Kawasaki Heavy Industries, Ltd., Feasibility study of CO2 free hydrogen chain, 2012
58. Masaharu Sasakura et al., An activity in japan for realizing CO2-free hydrogen global supply chains, J. Chem. Eng. 8, 2014
59. Fuel Cell Today, The leading authority on fuel cells, www.fuelcelltoday.com
60. 장길수, 슈퍼그리드 개요 및 전망, 2013
61. EPRI, National energy supergrid, 2005
62. Meng Zhaoli, www.serichina.org, 2011
63. 한국과학기술원, 난분해성 산업폐수처리를 위한 습식산화용 촉매 원천기술 개발, 2007
64. 최정우, 화력발전 플랜트의 위험도 기반 설비 관리 절차 연구, 2009
65. 산업기술종합연구소, www.aist.go.jp, 로봇메카트로닉스, 2009
66. DAMOA, 노후 관로 점검 수중 로봇, www.landmark.re.kr

67. DAMOA, 일본 건설 로봇 기술의 발전과 보급, www.landmark.re.kr
68. 국토해양부, 수중건설로봇 본격 개발 착수로 심해 해양개발 앞당긴다, 2013
69. ETRI, The state of the art and R&D perspectives on haptics, 2006
70. Dos Santos et al., A collaborative virtual reality oil & gas workflow. Journal of Virtual Reality, 2012
71. Coelho et al., Use of virtual reality in process control in a mine in brazil - case study. Anais do XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality, Uberlandia, 2011
72. Tom Fiske and Dick Hill, 3D Simulation brings immersive dimension to operator training, ARC Insights, 2010
73. 차무현, 실시간 가시화 기술을 이용한 자기부상열차 품평 시스템의 개발 및 활용, 한국CAD/CAM학회 학술발표회, 2010
74. 이재경, 대형 복합건물을 대상으로 하는 소방관 팀 훈련용 시뮬레이터 개발, 한국 CAD/CAM학회 논문집, 2011
75. Jai-Kyung Lee, A design of emergency response training platform for process plants, In Proceedings of Asia Pacific Symposium on Safety, 2011
76. Trends in Robotics and Automation in Construction, www.intechopen.com
77. Geothermal Explorers LTD, Scientific and technical advisory board to the deep heat mining project, 2006
78. 민경남, 확공비트 기술동향 및 특허분석, 2013
79. 남광역경제권선도산업지원단, Systems for offshore plant
80. 한진중공업, HANJIN Heavy industries & construction vol. 53, 2013
81. 최종근, 코일튜빙 시추시스템 운영모델링 기술 개발
82. 최종근, 심해시추 및 개발 기술에 대한 연구
83. 최종근, 유정제어 모델링 시스템개발
84. 임종세, 육상 석유 심부시출 기술 동향 및 적용사례, 2010
85. 권기범, 암반 천공장비의 시장 및 기술동향
86. 김광염, 심부지열발전을 위한 시추기술의 현황과 미래, 2011

87. 지식경제부 보도자료, 국내에서 개발된 유전탐사 기술, 석유메이져 Total, Aramco와 손잡다, 2010
88. 박정규, 방향성 시추기술의 동향 및 적용 사례, 2014
89. 김창수, 방향성 시추를 위한 코일튜빙의 분포하중 및 헬리컬버클링 하중 변화, 2009
90. 김원식, 오일-가스 해양플랜트 설계 및 설치를 위한 해양탐사, 2014
91. 외교통상부 국제경제국 글로벌에너지 협력센터, 주요국의 셰일가스 개발 현황과 전망, 2012
92. 한국과학기술기획평가원, 지열에너지 활용의 국내외 동향과 발전 전략, 2011
93. 박주용, 교육용 해양플랜트 Rig 굴착 시뮬레이션 구현, 2011
94. Huisman, Worldwide lifting, drilling and subsea solutions
95. Weatherford, Whipstocks and Whipstock Mills, 2001
96. Kyle R. Fontenot, Using Casing to Drill Directional Wells, 2005
97. Edwin Felczak Ariel Torre, The Best of both Worlds - A Hybrid Rotary Steerable System, 2012
98. Kate Mantle, The Art of Controlling Wellbore Trajectory, 2013
99. Mohd Fauzi Hamid, Fundamental Of Petroleum Engineering Drilling Operations
100. Jon Ruszka, Rotary steerable driling technology matures,
101. Pressure While Drilling, www.primehorizontal.com
102. Drilling constructor, Power system upgrades can enhance performance, 1999
103. Drilling constructor, Slider:new level of effciency to directional drilling, 2004
104. Paolo Macini, Drilling rigs and technologies
105. Frank Langlo, Application of reliability centered maintenance on a drilling system, 2014
106. Amir Mokaramian, CFD simulation of turbo drill performance with asymmetric stator and rotor blades configuration, 2012
107. Jeff Tester, Oil and gas well drilling, 2011

108. Havard Devold, Oil and gas production handbook, 2006
109. Geoff Downton, New Directions in Rotary Steerable Drilling, 2000
110. Measurement While Drilling
111. David P, IODP Drilling and Coring technology, 2009
112. petro EDGE, simulator assisted - Directional, Horizontal and Multilateral Drilling, 2013
113. GS 건설, OFFSHORE, 2013
114. CATERPILLAR, Gas engine power for drilling, 2010
115. AkerSolutions, Drilling Technologies, 2013
116. KTM Energy Company, Drilling Terms and Abbreviations, 2011
117. Thomas Geehan, Drilling Mud: Monitoring and managing it,
118. Drilling and Advanced Rig technology (ART) Training simulations, www.drillingsystems.com
119. ConocoPhillips, Advanced Drilling: A Technology Focus Area for ConocoPhillips, 2006
120. American Bureau of Shipping, Classification of drilling systems, 2012
121. Mike Williams, Better Turns for Rotary Steerable Drilling, 2004
122. Lars Erikson, Automatic Well Control Simulation, 2012
123. China national petroleum corporation, Automatic vertical drilling system, 2013
124. Weatherford, At-Bit Measurement System, 2014
125. James Houseworth, Advanced Well Stimulation Technologies,
126. SIMENS, AC and DC Drives for Oil Drilling, 2006
127. 구영덕, 셰일가스 개발정보의 글로벌 동향분석, 2014
128. 윤운상, 포항지열발전소 추진형황 및 국내 적용 의욍, 2013
129. 천대성, 석유가스생산을 위한 수압파쇄기술 설계 이론과 실제, 2013
130. 한국과학기술정보연구원, 미래자원인 셰일가스 자원개발 기술동향, 2013
131. 이태엽, 다양한 시추궤도에서의 유성이수 유정제어 모델링, 2013
132. E&P, Hybrid system takes drilling in new direction, 2012

133. Offshore Operation Subgroup of the Operations & Environment Task Group Subsea drilling, Well operations and completions, 2011
134. Michael Saucier, Presented to the subcommittee on Ocean Energy exploration, 2009
135. 김영주, 비개착식 지향성 굴착공법에 관한 연구, 2008
136. Paul Bommer, A Primer of Oilwell Drilling, 2008
137. Jan Artymiuk, A new concept drilling hoisting systems rigs, 2006
138. 대우조선해양, 조선소와 해양플랜트 기자재 업체의 협력 방안, 2013
139. 산업통상자원부 보도자료, 폐시추공을 고부가가치 서비스사업으로 연결한 창조경제 모범사례, 해양플랜트 경쟁력 강화 및 생태계 구축에 기여, 2014
140. KHAN, 신 해양사업 관련 소고
141. 민준호, 해양 시추설비 안전시스템의 신뢰젓ㅇ, 가용성 및 유지보수성 분석, 2003
142. STX조선, 조선산업의 현황과 미래, 2008
143. 조선해양, 산업원천기술로드맵, 2009
144. 이예슬, 문테카를로 기법을 이용하여 다중 운용 모드를 변수로 갖는 시스템의 가용도 추산: 해양플랜트용 시추시스템의 사례연구, 2013
145. kotra, 북미 셰일가스 개발 동향 및 한국기업 진출전략, 2013
146. 장기차, 플랜트기자재 기술개발 현황, 2012
147. 김학용, 무선랜 기반 위치정보 서비스, 2006
148. 김성수, 디지털 오일필드에서 빅데이터 분석기반 IT융합 기술 동향
149. 박승희, 가스 공정 선정
150. 시추조사에 대한 노하우, 특허, 신기술, 신공법, 2006
151. 윤여중, 셰일가스 혁명이 천연가스 가격 안정화 이룬다, 2010
152. Canadian association of petroleum producers, Planning Horizontal Directional Drilling for kPipeline construction, 2004
153. Xuyang Wang, A Novel Underwater Horizontal Directional Drilling Platform Base on Coiled Tubing Technology, 2012

154. Jie Zhang, Design and Control Technology of the Directional Drilling Trajectory in Coal Mine, 2012
155. Drillling Engineering Workbook, 1995
156. Horizontal Directional Drilling
157. Diego giacca, Directional drilling
158. Stephane Menand, Drilling Technology, 2010
159. New Frontiers in Directional Drilling, 2005

임의공백

[부록] 1-1 RFP

사업단 RFP

연구개발과제명	다목적 방향성 드릴 시스템 개발 사업단
1. 연구개발 목표	
	○ 시공(탐사)거리 4 km급 다목적 방향성 드릴 시스템과 이를 활용한 시공(운영)·서비스 기술을 실증 개발 - 시공(탐사)거리 4 km급 **방향성 드릴링 시스템 개발**(테스트베드 실증) (현재) 수직형 3 km ⇒ (개발) 4 km(수직 2 km + 경사 2 km) - 방향 전환율 15°/100 ft, 시추속도 10% 개선한 **방향성 추진체 및 제어 시스템 개발** (현재) 방향전환율 10°/100 ft ⇒ (개발) 15°/100 ft - 이수 순환경로 8 km, 공급압력350 bar 및 유량 100 m^3/h 급 **이수공급 및 순환제어시스템 개발** (현재) 수직형 왕복 6 km ⇒ (개발) 8 km(수직 4 km + 경사 4 km) (현재) 이수시스템 개발사례없음 ⇒ (개발) 공급압력350 bar 및 유량 100 m^3/h 급 - 가탐 깊이 4 km 이상, SRV 10% 개선한 **경로 특성화 및 지층 파쇄 기술개발** * SRV :단위주입률당 파쇄저류 암체적 (현재) 가탐깊이 3 km ⇒ (개발) 가탐깊이 5 km (현재) 기존 방식 기준 ⇒ (개발)기존 방식 SRV 대비 10% 선 - 시공거리 2 km 급 **비개착식 관망시공시스템 개발** (현재) 개발사례 없음 ⇒ (개발) 2 km (수평)
□ **연구개발의 범위 및 정의**	○ 방향성 드릴링(directional drilling)은 지하의 목표 지점까지 의도하는 수직 또는 수평 궤적(경로)을 3차원적으로 변경하여 천공하는 기술임 * 핵심기능: 드릴링 시스템에 방향제어장비를 탑재하여 수직, 수평, 경사 방향 제어 가능 * 목적기능: ①지질·지반의 특성 파악, ②지하에 매장되어 있는 원유 및 가스의 부존 특성 평가하거나 생산을 위한 유정 개발, ③파이프라인이나 통신선 설치 등

○ 방향성 시추(시추길이(수직+수평) 4 km)를 위한 시추시스템의 설계·제작기술 및 시스템 통합설계기술, 현장운영기술로 구성

- 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템과 연계된 Boom type 데릭 및 호이스팅 시추시스템에 대한 설계/제작 기술
- 방향제어 드릴링 설비에 대한 시추과정 최적제어를 위한 가상 시뮬레이터 및 통합운영 시스템 기술
- 시추장비/기술에 대한 신뢰성 검증 및 테스트베드 구축을 통한 시추시스템 현장실증 Test

○ 드릴시스템 방향제어 기술은 지상에서 기술자가 실시간으로 지중의 추진방향을 제어하면서 방향성(수직, 수평, 경사) 드릴링을 수행할 수 있는 시스템으로 방향제어 장치와 각종 위치 및 측정센서, application 소프트웨어 기술로 구성

- 실시간으로 지상에서 시추위치를 파악할 수 있는 MWD (Measurement While Drilling), 지층 천공이 가능한 절삭 비트, 이에 동력을 제공하는 회전 모터 및 터빈, 방향제어모듈과 측정 디바이스를 탑재한 방향제어시스템
- 이러한 방향제어시스템이 안정적으로 작동할 수 있도록 이수 공급을 통한 드릴공 내 압력, 윤활기능을 담당하는 이수순환시스템을 구비하며, 고압의 펌프로 이수 주입, 토출 및 처리의 공정이 이루어지는 시스템
- 지중 내비게이션시스템은 지중 드릴 비트의 위치 및 경사각 등을 측정하여 고정밀 위치를 산정하고 경로 생성 및 추적기능을 담당하며 센서, 초소형 파워발생기, 통합모듈, 전송유닛 등으로 구성됨

○ 드릴링 시작지점과 목표지점 사이의 경로를 최적화하여 설계하기 위하여 드릴링 부지의 신뢰적인 특성화 및 평가기술을 확보하고, 경제적이고 효율적인 드릴링 및 지반 파쇄 시공이 진행되기 위한 핵심 시공관리기술을 개발함

- X-ray CT를 활용한 부지정보 특성화 및 3차원 정보화기술, 능동형 3차원 경로 및 최적 드릴링 제어인자 설계 기술, 통합 드릴링 정보 시각화 관리 기술 및 유도지진을 최소화하고 생산성을 극대화 할 수 있는 지반파쇄기술로 구성

○ 장거리 관로 매설이 가능한 핵심 장비 개발을 포함한 시공 시스템 개발, 비개착 시공에 필요한 주변 지반 및 배관 탐사 기술, HDD를

활용한 지반오염 및 특수 환경 조사 기술, 기존 관망을 보수/갱생하기 위한 관망 확공 기술 및 지반 안정성 평가 기술, 비개착 관망 재료 및 연결 기술

- 파이프라인 시공 시 연약한 지반이나 하천, 호수 등의 시공이 어려운 지역에 적용할 수 있는 효과적인 방안으로 방향성 굴착공법
- 에너지관, 상수도관, 전력/통신구 등 장거리 수송 파이프라인의 비개착 시공에 관한 기술로 최소의 공간 확보를 통해 수송관의 설치가 가능하며, 개착방식에 비해 공기단축, 비용절감, 안정성 확보 등의 장점을 가지는 기술
- 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술은 장거리 관망 시공에 필요한 장비 및 핵심 시공기술 개발을 통해 실제 현장에서의 적용성 평가를 위한 장비 실증을

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ **연구개발의 필요성**

○ **(글로벌 드릴링 수요 증가)** 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도, 각종 파이프라인 시공 분야의 방향성 드릴링 수요가 증가(특히, 방향 제어가 가능한 드릴링 수요 증가율이 높음)

* Exxon Mobil에 따르면, 비OECD국가의 에너지 수요는 2040년까지 약 65% 증가할 것으로 장기 전망(이에 따른 장비, 교체 기자재, 시공·서비스 등)
* Douglas-Westwood(2013)는 서유럽과 아시아를 제외한 세계 전 지역에서 '17년까지 오일/가스의 생산이 지속적으로 증가할 것으로 전망함

○ **(방향성 드릴링 기술 발전)** 기존 오일·가스전 생산 증진, 비전통에너지 개발, 미개척 극지 및 동토 개발을 위한 방향성(수직·수평·경사 등) 드릴링 장비 및 기술이 첨단화

* 현재는 3~5 km 급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진속 등에서 괄목할 만한 기술적 진전이 있었고, 최근 ICT 기반 원격시공기술이 첨단화 되고 있음
* 실시간으로 지중 추진체의 상황을 모니터링하고, 지층의 정보에 따라 경로궤적으로 수정하여 효율적인 탐사 및 개발이 가능한 수준

○ **(기술의존 및 국부유출 심화 대응)** 자원에너지 탐사 및 개발, 관련 기자재 및 시스템, 국내 도시나 단지, 시설권역 내 비개착공사에 소

요되는 기술과 장비를 해외 의존시 대규모 부가가치 유출이 예상됨

* 본 기술분야의 원천 및 시스템 기술은 일부 선진기업이 독점하고 있어 자체 인프라 건설 및 자원·에너지 개발에 있어서 해외 의존이 심화되고 있음
* (참고) 육상 드릴장비 가격 : 250억 ~ 400억원, 기자재 10억 ~ 30억원 내외
* (참고) 드릴링 비용: 수직 1 km, 수평 1 km 에 평균 $400 - $500 million 소요 (1개 광구에 20~50개 유정 건설)

○ **(신시장 진출을 위한 독자 기술력 확보)** 대심도 지반조건 탐사, 장거리 파이프라인 시공, 비전통 자원·에너지 탐사·개발, 지중환경오염 방지등 활용영역과 시장성이 큰 다목적 분야로 독자기술 확보 필요

* 우리나라의 경우 공공기관 및 대기업에서 해외자원개발에 주력하고 있으나 대부분 국내기술 및 인력 부족으로 지분투자에 그침
* 동 분야는 고도의 기계 시스템, 첨단센서, 위치 및 지리정보, 시공제어 및 운용기술 등 융·복합 기술로서 국가적인 파급효과가 매우 큼
* 드릴 시스템의 신뢰성과 효율성 그리고 가격이 시장에서 경쟁요소로 분석되며, 메가트렌드, 이슈 등을 종합분석 시 일본, 중국 등 후발국가의 개발사례를 벤치마킹하여 연구추진이 필요

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 방향성 드릴기술은 1980년대 이후 급속히 발전하고 있으며, Halliburton사(미국)나 Schlumberger사(독일) 등 일부 기업이 세계 시장을 주도하고 있음

- 방향성 드릴 리그 용량에 따른 시장 점유율은 2011년 기준 15,000 pounds of pullback force 급이 20%, 15,000~50,000 pounds 급이 72.4%, 50,000 pounds 급 이상이 8.6%를 점유

○ 또한 방향성 드릴기술은 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등 건설공사 시 교통체증이나 분진 및 소음 공해 등을 회피하기 위한 목적으로 적용이 증가하는 추세임

- 미국의 경우 비개착 건설시장의 주요 고객은 2012년 기준 통신 부문이 26.4%, 가스공급 부문이 20.8%, 상수도 부문이 15.5%, 전기 부문이

12.9%, 에너지수송 부문이 12.5%, 하수도 부문이 8.9% 및 기타 4% 정도인 것으로 보고됨

○ 세계 Oil major 사들과 XTO, EOG, Chesapeake 등 미국 내 중견 기업들의 종합적인 자료해석으로 드릴 위치 선정과 Optimized well spacing, 드릴 및 완결 공법 등 기술이 급격히 진보

○ 미국과 캐나다에서는 실시간 방향성 시추를 용이하게 하는 코일 튜빙 시추시스템(Coil tubing drilling, CTD) 기술이 활발히 적용되어 전통적 드릴 공법보다 4배 이상의 굴진율을 얻는 등 현재 안정화 단계에 있음

○ 방향성 시추의 대표적인 응용 분야인 셰일가스 개발의 경우 미국은 채굴 기술의 개발을 완료하여 경제성을 확보하면서 셰일가스 주도권을 확보
- 최근 수평정 시추 길이와 수압파쇄 구간을 증가시키는 다단계 파쇄 기술이 발달하면서 공당 시추간격은 점차 줄어들어 개발 경제성이 개선되고 있음

○ 방향성 드릴기술을 기반으로 한 셰일가스 개발을 위한 핵심기술의 확보는 향후 비전통 자원 개발의 기반이 될 것으로 비전통 석유, 타이트 가스, Coal-Bed Methane 개발 등에 활용 가능함

○ 유전 개발을 위한 시추시스템, 특히 이수 순환시스템의 경우 미국은 장비 업체 외에도 이수 운용 서비스 업체가 많음. 주요 업체로는 Drillers Mud System사, NRG Manufactory사, Fluid System사, Mud Technology사 등이 있음

○ 중국은 자국 육상 유전을 바탕으로 1990년대 중반부터 장비시장에 진출하였음. 주요 업체로는 GN Solids Control사, Zhenghou Xingyue Machinery사, Beijing Frbiz Electronics사, KOSUN-Mud tank사 등이 있음. 또한 중국은 아직까지 업체간 기술 격차도 큰 것으로 알려져 있음

3. 연구개발내용 및 범위

□ 핵심1과제 : 드릴시스템 통합설계 및 실증기술 개발

○ 세부1과제: 시스템 통합설계 및 실증기술(TB 포함) 개발
- 테스트베드 후보지 조사 및 테스트베드 구축사양 분석
- 테스트베드용 리그 하부 플랫폼 설계

- 테스트베드용 붐데릭 구조해석 및 강성 설계
- 테스트베드용 붐데릭 상 기능모듈 탑재 레이아웃 설계
- 방향성 드릴 시스템에 대한 Pilot Test
- 테스베드 구성모듈 현지 운송 및 설치
- 테스트베드 시운전 및 실험모듈 장착, 실증 테스트

○ 세부2과제: 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술 개발
- 붐데릭에 작용하는 다양한 고정 및 이동하중, 환경적 영향 분석
- 붐데릭의 구조적 거동 분석을 통한 기본설계
- 고성능 소재적용 및 구조적 안전성 검토를 통한 시제품 제작
- 기어의 최적 형상 설계, 가공 기술 확보 및 제작 표준화
- 호이스팅 케이블, 드럼, 기어 등 국산화 제작
- 신뢰성 높은 디스크 브레이크 설계기술

○ 세부3과제: 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템 기술 개발
- 드릴 파이프를 적재, 이동, 장착을 위한 프레임 및 기구 설계
- 기구 작동을 위한 유압 및 모터 제어 시스템 제작
- 파이프 이동 및 장착을 위한 크레인 장치 분석 및 설계
- 파이프 랙(Pipe Rack) 구조물 설계 및 제작기술
- 회전체 구조적 안정성 검토를 위한 구조강도 및 피로해석
- 회전시스템 제작 및 실하중 평기
- 자동화 제어 알고리즘 및 유닛 설계

○ 세부4과제: 사업관리 및 운영 시뮬레이터 기술
- 시뮬레이터 및 통합운영 시추시스템 요소기술 분석
- 가상 시뮬레이터 구성을 위한 기본 Framework 설계
- 훈련 및 통합운용 시뮬레이터 시스템에 대한 기본 설계
- 동적 물리모델을 연동한 애니메이션 구현
- 가상현실 구동에 필요한 서버연동 및 실시간 성능구현
- 드릴링 시공 및 운용서비스 프로젝트 사업모델 분석
- 사업 프로세스, 리스크 요인 분석
- 드릴링 시스템 사업의사결정 및 관리시스템 구축

□ 핵심2과제 : 드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술 개발

○ 세부1과제: 방향성 추진체 및 제어기술 개발
- 방향성 추진체 및 제어 플랫폼 개념 설계
- 실시간 Hybrid 타입 방향제어시스템(RSS, Rotary Steerable System) 기

본 설계(방향전환 각도 : 15°/100ft)
- 공저(다운홀) 모터, 터빈 기본설계
- 공저 모터 및 터빈 설계, 제작
- 방향제어시스템 기타 주변장치 및 시스템 Integration 설계
- 방향제어시스템 고장진단 기법
- 방향성 추진 및 제어시스템 테스트베드 실증

○ 세부2과제: 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술 개발
- 이수 특성 모델링 및 폐회로 유동특성 해석
- 이수 요구 특성별 특성별 혼합 및 제조기법
- 드릴공 내 이수 순환계통 모니터링 센서 검토
- 이수 순환계통 특성변동 시나리오별 제어기법
- 실시간 연속적인 이수순환 제어시스템 설계
- 이수 손실, 고장 진단 등 다중변수 통합방식 이수순환제어

○ 세부3과제: 이수 혼합 공급 처리시스템 개발
- 고압의 펌프로 이수 주입, 토출 및 처리 공정계통 설계
- 이수 혼합 및 분사시스템 설계
- 이수 혼합 및 분사장치 제작 및 시험평가
- 전단가공장치 및 가변형 노즐 해석
- 호퍼 및 가변형 노즐, 교반기 제작
- 이수순환시스템 제작 및 시스템 통합
- 이수펌프 현장 실증 : 압력 500bar, 유량 100m^3/h

○ 세부4과제: 지중 내비게이션시스템 기술 개발
- 지중 위치, 경사각 등 경로 정밀산정기법
- 초소형 MWD(Measurement While Drilling), LWD(Logging Ehile Drilling) 센서 설계
- 실시간 위치파악 및 통신기술 기본 설계
- 실시간 위치파악 및 통신기술 성능시험
- MWD, LWD 디바이스와 경로 연동제어모듈 검증
- 최소전력 MWD, LWD 모듈 설계 및 제작, 검증
- MWD, LWD 디바이스와 파워모듈 통합 평가
- 최소전력 MWD, LWD 어플리케이션

□ 핵심3과제 : 드릴링 경로특성화 및 파쇄기술 개발

○ 세부1과제: 방향성 드릴링 부지 특성화 및 평가기술 개발

- 최적 부지 선정을 위한 지반 드릴링 위험도 및 적합성 분석모델
- 정량적인 부지 정보화 및 특성평가를 위한 물리검층 최적화
- 드릴 코어나 드릴 커팅들의 정밀분석 기법
- 최적 부지선정의 핵심 정보 구성기술
- 대상 부지 위험도 및 적합성 평가 솔루션
- 시추커팅 X-ray CT 고속스캐닝 장비 및 분석 기술
- 테스트베드 부지 특성화 및 분석 평가 실증

○ 세부2과제: 방향성드릴링설계/시공/모니터링정보화 기반 관리기술 개발
- 드릴링 궤적 최적화 및 공벽 안정화 설계 요건 정립
- 드릴링 시스템 모니터링, 지층 데이터 정보 네트워크 설계
- AR기반 경제적 방향성 드릴링을 위한 공정최적화 관리기법
- 방향성 드릴링 사고 예측, 대응할 수 있는 정보화 설계기술
- 증강현실 기반 방향성 드릴링의 공정 경제성 분석모델
- 테스트베드 운영모듈로 탑재 및 실증평가

○ 세부3과제: 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술 개발
- 방향성 드릴링 중 다운홀의 공내 정보를 신속하고 정확하게 획득할 수 있는 모듈 개념 정립
- 자동으로 수행할 수 있는 초소형 원격 로봇형 검층장치 기본설계
- 고온 고압 극한조건에서도 운영 가능한 wire-line 검층 모듈
- 극한조건의 대심도 초기응력 상태를 측정할 수 있는 시스템
- 방향성 드릴링용 시추중 다운홀 정보획득모듈
- 드릴링공 검층용 자동화 원격로봇 제작 및 실증

○ 세부4과제: 지반 파쇄 및 유동성 향상기술 개발
- 드릴링공의 생산성 향상을 위한 대심도 수압파쇄기법 분석
- 지반 파쇄 메커니즘 규명 및 시뮬레이션
- 새로운 개념의 지반 파쇄용 미소진동기법 및 모니터링 기법
- 미소진동 및 파쇄지반의 생산 성능을 평가하는 기술
- 생산성 극대화 수압파쇄 최적설계 기술
- 지반파쇄 효율을 위한 첨가재료 및 주입유체최적설계 기술
- 지반 파쇄시 미소진동 모니터링 설계/시공/해석 시스템
- 테스트베드 적용 미소진동 및 파쇄지반 성능평가

□ 핵심4과제 : 비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술 개발

○ 세부1과제: 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술 개발

- 비개착 관망 드릴링 시공 요소 기술
- 드릴 비트를 활용한 방향 제어기법
- 장거리 비개착 시공을 위한 용량 설계(안) 마련
- 비트 조합을 통한 굴진 성능 향상기법
- 비개착 관망 시공 플랫폼 설계 및 시스템 제작
- 굴착, 방향제어, 이수 등 기능 모듈 탑재 및 제작
- 비개착 시공 플랫폼 구축 및 현장 실증을 통한 적용성 평가

○ 세부2과제: 지층 탐사 및 평가 장비 기술 개발
- 방향성 드릴 배관 안정성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사기법
- 지반오염 및 특수환경 지반에서의 토모그래피 시스템
- 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술
- 광섬유 센싱을 위한 센서 활용 요소 기술
- 지하 매설관 내부 건전도 평가를 위한 물리 탐사 기술
- 수평 드릴링 장비 헤더에 접합 가능한 Resistivity LWD 시스템
- 지중-지표간 전기비저항 토모그래피 해석 프로그램
- 수평 방향성 드릴링(HDD)을 활용한 토모그래피 시스템 실증

○ 세부3과제: 비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술 개발
- HDD를 활용한 관망 확공 메커니즘 및 절차 정립
- 리머(Reamer)를 활용한 단계별 확공 process 도출
- 착 구경에 따른 단계별 확공 프로세스 정립
- 다양한 관종에 대응 가능한 확공기(Reamer)
- ·관망 확공을 위한 Pull back 속도/용량 제어 기술
- HDD기술을 활용한 주변 지반 최적 그라우팅 공법
- 안전한 관망 확공을 위한 지반 특성 평가 기술
- 장거리 대구경 굴착 시 발생하는 지반 이완 및 수축 평가
- 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 현장 실증을 통한 성능 평가

○ 세부4과제: 비개착 관망 재료 및 연결 기술 개발
- 장거리 시공 시 장비의 회전력과 굴착력을 선단 부위에 전달할 수 있는 드릴파이프 규격 및 소재 DB 정립
- 강도 및 인성이 우수한 고성능 파이프 연결구 설계 및 제작
- 신공법을 적용한 장거리 파이프 연결장비 제작
- 신공법을 적용한 장거리 파이프 연결 장비 현장 실증
- 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼 실증과 연계한 연결성능 확인

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 연구수행 단계는 3단계로 나누며 1단계(1차 및 2차년도)에는 요소기술 및 기반 구축, 2단계(3차 및 4차년도)에는 핵심기술 개발, 3단계(5차 및 7차년도)에는 개발기술의 검증 및 실증을 통해서 드릴 시스템 독자기술을 확보

○ (1단계) 방향성 드릴 시스템에 대한 국내외 보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 드릴 시스템에 대한 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출

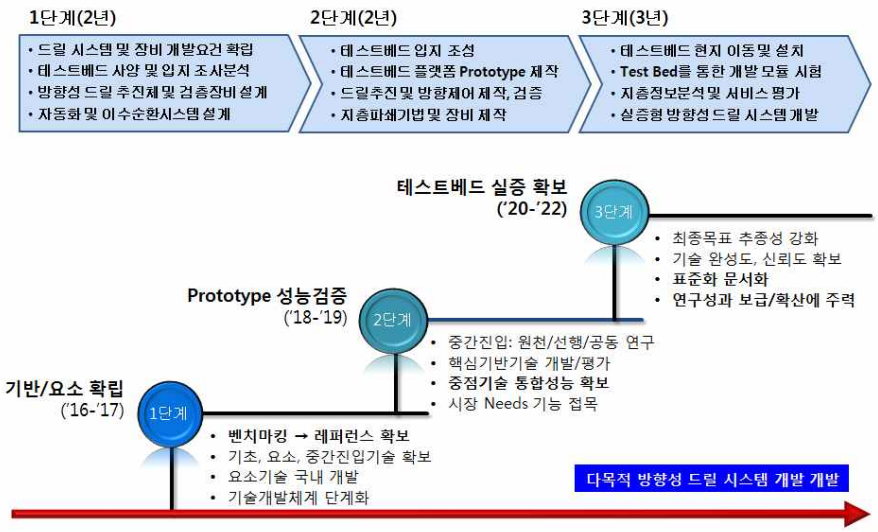
- 개발요건 확립 및 테스트베드 입지, 설계사양 개발에 중점
- 핵심기술인 드릴 추진 및 방향제어, 이수 순환 시스템 설계에 중점

○ (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보하고 이동형 붐데릭/호이스팅, 자동 파이프 핸들링/회전시스템 등에 대한 Pilot 검증 개발

- 붐데릭을 포함한 테스트베드 플랫폼, 자동화 시스템 등에 중점

○ (3단계) 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용기술 확보

- 현장 실험시나리오 및 조건 등 확립을 통해 핵심적인 실증 데이터 수집 및 분석을 통하여 설계, 제작, 시공 신뢰성 확보에 중점



○ 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함

* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도의 카르텔이 형성되어 있으며, 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 테스트베드 교류협력 필요
* 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물 [핵심1과제]

- 다목적 방향성 드릴시스템 테스트베드, 통합설계집
  - · 테스트베드 실증시스템
  - · 테스트베드 통합 설계집 및 설치지침
  - · 테스트베드 실증보고서
- 테스트베드 적용을 위한 붐데릭, 호이스트, 파이프자동화시스템, 파이프 회전장치 시제품
  - · 기자재별 설계도서(설계지침, 설계도, 제작도 등)
  - · 기자재별 시제품(테스트베드 적용)
- 방향성 드릴 시스템 운영시뮬레이터, 사업관리체계
  - · 드릴 시스템 운영 및 훈련시뮬레이터 알고리즘
  - · 드릴 시스템 통합운영 및 훈련 시뮬레이터 구동 S/W
  - · 드릴 시스템 운영 및 훈련 시뮬레이터(H/W, S/W)

[핵심2과제]

- 드릴시스템 방향제어추진체, 제어기법
  - · 드릴시스템 방향제어유닛 사양 및 설계도서
  - · 방향제어 알고리즘 및 내장 S/W
  - · 방향제어 추진체 플랫폼 및 구성모듈
- 드릴시스템 이수순환 모니터링시스템, 이수제어유닛
  - · 이수 순환계통 모니터링 네트워크 설계도서
  - · 이수 순환계통 모니터링 시스템(H/W)
  - · 이수순환 제어알고리즘 및 유닛(H/W, S/W)
- 테스트베드 적용을 위한 이수혼합공급장비 시제품

· 기자재별 설계도서(설계지침, 설계도, 제작도 등)
· 기자재별 시제품(테스트베드 적용)

- 드릴시스템 위치, 경로 설정을 위한 내비게이션시스템
· 지중 내비게이션 플랫폼, 센서모듈 설계도
· 내비게이션 플랫폼 및 구성모듈 제작
· 데이터 분석 및 추정알고리즘, 가시화 모듈

[핵심3과제]

- 지층 천공에 따른 지층 특성화 검층기법, 스캐닝장비
· 지층 데이터 수집 및 분석기법
· 지층 데이터 특성화 및 평가알고리즘
· 지층 데이터 신뢰성 확보를 위한 진단유닛
- 드릴링 경로최적화기법, 모니터링 정보화 시스템
· 지층 데이터 기반 굴진 방향(경사, 위치 등) 최적화 알고리즘
· 드릴 시스템 생성정보 통합처리 및 사용자 환경(S/W)
· 가상현실 기반 통합 데이터, 정보운영시스템(H/W)
- 드릴 시스템 다운홀 원격검층유닛, 해석기법
· 드릴시스템 천공시 실시간 지층 데이터 전송모듈(센서, 데이터 로깅 등)
설계도서
· 실시간 다운홀 데이터 처리알고리즘 및 탑재모듈
- 드릴시스템을 이용한 지층 파쇄유닛, 파쇄공법
· 방향제어 유닛을 이용한 미소지진 발생유닛 설계
· 지층 정보에 따른 미소지진 영역 최적 설계
· 미소지진 발생 유닛 및 제어모듈 제작

[핵심4과제]

- 비개착식 관망 시공장비, 운영시스템
· 비개착식 관망 시공플랫폼 설계도서
· 비개착식 관망 시공을 위한 소형 천공, 이수유닛 설계
· 비개착식 관망 시공 시스템 제작(요소모듈 탑재)
- 비개착 시공을 위한 천심도 지층탐사장비, 진단기법
· 장거리 천심도 관망경로 탐사 및 평가기법
· 천심도 경로 탐사 및 진단 장비
- 비개착식 관로 확공장비, 확공법
· 노후관 등 비개착식 지하관로 확공유닛 제작

· 확공유닛을 이용한 관로 지하관로 확공법
- 비개착 시공을 위한 장수명 재료, 관연결장치, 연결공법
· 비개착식 지하관로 시공성 확보를 위한 관망 소재
· 비개착식 지하 관 연결공법 및 장치

6. 활용방안 및 기대효과

○ 개발된 성과(드릴리그, 핵심 기자재 및 장치, 프로그램 및 솔루션, 시공·운영서비스 기술 등)는 개별 또는 드릴리그에 통합되어 국내·외 시장에 접목이 가능한 분야임

○ 성과 유형별 기술이전, 기술실시 등을 통하여 국내·외 현장적용, 실용화 및 사업화 추진
- 기술이전을 달성하여 기술료 창출 및 중소·중견기업의 사업화 촉진
- 사업화 18건 이상 달성, 연구개발서비스, 시험인증 등 신규 매출 기대됨

○ 실증기술 확보를 통하여 자원 개발장비·서비스 시장 경쟁력 90% 이상 확보
- 탐사 및 시공거리 4 km급 다목적 방향성 드릴시스템 확보
- 시스템과 서비스 분야 전주기 Total Solution 역량을 확보

○ 개발기술의 라이센스화를 통해 해외 비즈니스 모델 창출에 기여
- 세계 최고 수준의 독자기술을 5개 확보 및 라이센스화
- 본 사업을 통하여 7개 분야(기자재, 플랫폼, 방향제어, 이수공급, 지층파쇄, 수평굴착, 탐사·개발 서비스 등)의 비즈니스 모델을 신규로 창출

○ 원천기술 및 독자기술 검증과 실증이 가능한 대규모 연구 인프라 확충
- 드릴링시스템분야의 테스트베드형 종합 연구시설을 확보하게 됨로써 기초실험, 각종 기자재 실증성능 평가가 가능

○ 개발기술을 활용하여 연관기술과 타산업으로 파급을 통한 산업의 전후방 연관 시너지를 제고하고 산업 생태계 활성화 방안으로 활용

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화・가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음

- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심 1 RFP

연구개발과제명	드릴시스템 통합설계 및 실증기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 시공(탐사)거리 4 km급 다목적 방향성 드릴 시스템과 이를 활용한 시공(운영)·서비스 기술을 실증 개발 - 시공(탐사)거리 4 km급 **방향성 드릴링 시스템 개발**(테스트베드 실증) (현재) 수직형 3 km ⇒ (개발) 4 km(수직 2 km + 경사 2 km) - **드릴링 속도** 15% 향상 달성 (현재) ROP(18.8 ft/hr) ⇒ (개발) ROP(21.6 ft/hr)
□ **연구개발의 범위 및 정의**	○ 방향성 드릴링(directional drilling)은 지하의 목표 지점까지 의도하는 수직 또는 수평 궤적(경로)을 3차원적으로 변경하여 천공하는 기술임 * 핵심기능: 드릴링 시스템에 방향제어장비를 탑재하여 수직, 수평, 경사 방향 제어 가능 * 목적기능: ①지질·지반의 특성 파악, ②지하에 매장되어 있는 원유 및 가스의 부존 특성 평가하거나 생산을 위한 유정 개발, ③파이프라인이나 통신선 설치 등 ○ 방향성 시추(시추길이(수직+수평) 4 km)를 위한 시추시스템의 설계·제작기술 및 시스템 통합설계기술, 현장운영기술로 구성 - 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템과 연계된 Boom type 데릭 및 호이스팅 시추시스템에 대한 설계/제작 기술 - 방향제어 드릴링 설비에 대한 시추과정 최적제어를 위한 가상 시뮬레이터 및 통합운영 시스템 기술 - 시추장비/기술에 대한 신뢰성 검증 및 테스트베드 구축을 통한 시추시스템 현장실증 Test
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ **연구개발의 필요성**	○ **(글로벌 드릴링 수요 증가)** 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도, 각종 파이프라인 시공 분야의 방향성 드릴링 수요가 증

가(특히, 방향 제어가 가능한 드릴링 수요 증가율이 높음)

* Exxon Mobil에 따르면, 비OECD국가의 에너지 수요는 2040년까지 약 65% 증가할 것으로 장기 전망(이에 따른 장비, 교체 기자재, 시공·서비스 등)
* Douglas-Westwood(2013)는 서유럽과 아시아를 제외한 세계 전 지역에서 '17년까지 오일/가스의 생산이 지속적으로 증가할 것으로 전망함

○ **(방향성 드릴링 기술 발전)** 기존 오일·가스전 생산 증진, 비전통에너지 개발, 미개척 극지 및 동토 개발을 위한 방향성(수직·수평·경사 등) 드릴링 장비 및 기술이 첨단화

* 현재는 3~5 km 급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진속 등에서 괄목할 만한 기술적 진전이 있었고, 최근 ICT 기반 원격시공기술이 첨단화 되고 있음
* 실시간으로 지중 추진체의 상황을 모니터링하고, 지층의 정보에 따라 경로궤적으로 수정하여 효율적인 탐사 및 개발이 가능한 수준

○ **(비전통 자원·에너지의 탐사 및 개발)** 기존의 유가스전 개발방식이 아닌 비전통 자원·에너지의 탐사 및 개발, 동토지역 및 극지 등 방향성 드릴링에 대한 기술수요가 증가하고 있으며, 이러한 글로벌 상류시장에서 경쟁력을 가지기 위해서는 방향성 드릴링 리그의 개발과 현장에서의 실증실적을 확보하는 것이 매우 중요함

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 방향성 드릴기술은 1980년대 이후 급속히 발전하고 있으며, Halliburton사(미국)나 Schlumberger사(독일) 등 일부 기업이 세계 시장을 주도하고 있음

- 방향성 드릴 리그 용량에 따른 시장 점유율은 2011년 기준 15,000 pounds of pullback force 급이 20%, 15,000~50,000 pounds 급이 72.4%, 50,000 pounds 급 이상이 8.6%를 점유

○ 세계 Oil major 사들과 XTO, EOG, Chesapeake 등 미국 내 중견 기업들의 종합적인 자료해석으로 드릴 위치 선정과 Optimized well spacing, 드릴 및 완결 공법 등 기술이 급격히 진보

○ 미국과 캐나다에서는 실시간 방향성 시추를 용이하게 하는 코일 튜빙 시

추시스템(Coil tubing drilling, CTD) 기술이 활발히 적용되어 전통적 드릴 공법보다 4배 이상의 굴진율을 얻는 등 현재 안정화 단계에 있음

○ 방향성 시추의 대표적인 응용 분야인 셰일가스 개발의 경우 미국은 채굴 기술의 개발을 완료하여 경제성을 확보하면서 셰일가스 주도권을 확보
- 최근 수평정 시추 길이와 수압파쇄 구간을 증가시키는 다단계 파쇄 기술이 발달하면서 공당 시추간격은 점차 줄어들어 개발 경제성이 개선되고 있음

○ 방향성 드릴기술을 기반으로 한 셰일가스 개발을 위한 핵심기술의 확보는 향후 비전통 자원 개발의 기반이 될 것으로 비전통 석유, 타이트 가스, Coal-Bed Methane 개발 등에 활용 가능함

○ 중국은 자국 육상 유전을 바탕으로 1990년대 중반부터 장비시장에 진출하였음. 주요 업체로는 GN Solids Control사, Zhenghou Xingyue Machinery사, Beijing Frbiz Electronics사, KOSUN-Mud tank사 등이 있음. 또한 중국은 아직까지 업체간 기술 격차도 큰 것으로 알려져 있음

3. 연구개발내용 및 범위

□ 핵심1과제 : 드릴시스템 통합설계 및 실증기술 개발

○ 세부1과제: 시스템 통합설계 및 실증기술(TB 포함) 개발
- 테스트베드 후보지 조사 및 테스트베드 구축사양 분석
- 테스트베드용 리그 하부 플랫폼 설계
- 테스트베드용 붐데릭 구조해석 및 강성 설계
- 테스트베드용 붐데릭 상 기능모듈 탑재 레이아웃 설계
- 방향성 드릴 시스템에 대한 Pilot Test
- 테스베드 구성모듈 현지 운송 및 설치
- 테스트베드 시운전 및 실험모듈 장착, 실증 테스트

○ 세부2과제: 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술 개발
- 붐데릭에 작용하는 다양한 고정 및 이동하중, 환경적 영향 분석
- 붐데릭의 구조적 거동 분석을 통한 기본설계
- 고성능 소재적용 및 구조적 안전성 검토를 통한 시제품 제작
- 기어의 최적 형상 설계, 가공 기술 확보 및 제작 표준화
- 호이스팅 케이블, 드럼, 기어 등 국산화 제작

- 신뢰성 높은 디스크 브레이크 설계기술

○ 세부3과제: 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템 기술 개발
- 드릴 파이프를 적재, 이동, 장착을 위한 프레임 및 기구 설계
- 기구 작동을 위한 유압 및 모터 제어 시스템 제작
- 파이프 이동 및 장착을 위한 크레인 장치 분석 및 설계
- 파이프 랙(Pipe Rack) 구조물 설계 및 제작기술
- 회전체 구조적 안정성 검토를 위한 구조강도 및 피로해석
- 회전시스템 제작 및 실하중 평기
- 자동화 제어 알고리즘 및 유닛 설계

○ 세부4과제: 사업관리 및 운영 시뮬레이터 기술
- 시뮬레이터 및 통합운영 시추시스템 요소기술 분석
- 가상 시뮬레이터 구성을 위한 기본 Framework 설계
- 훈련 및 통합운용 시뮬레이터 시스템에 대한 기본 설계
- 동적 물리모델을 연동한 애니메이션 구현
- 가상현실 구동에 필요한 서버연동 및 실시간 성능구현
- 드릴링 시공 및 운용서비스 프로젝트 사업모델 분석
- 사업 프로세스, 리스크 요인 분석
- 드릴링 시스템 사업의사결정 및 관리시스템 구축

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 연구수행 단계는 3단계로 나누며 1단계(1차 및 2차년도)에는 요소기술 및 기반 구축, 2단계(3차 및 4차년도)에는 핵심기술 개발, 3단계(5차 및 7차년도)에는 개발기술의 검증 및 실증을 통해서 드릴 시스템 독자기술을 확보

○ (1단계) 방향성 드릴 시스템에 대한 국내외 보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 드릴 시스템에 대한 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출
- 개발요건 확립 및 테스트베드 입지, 설계사양 개발에 중점
- 핵심기술인 드릴 추진 및 방향제어, 이수 순환 시스템 설계에 중점

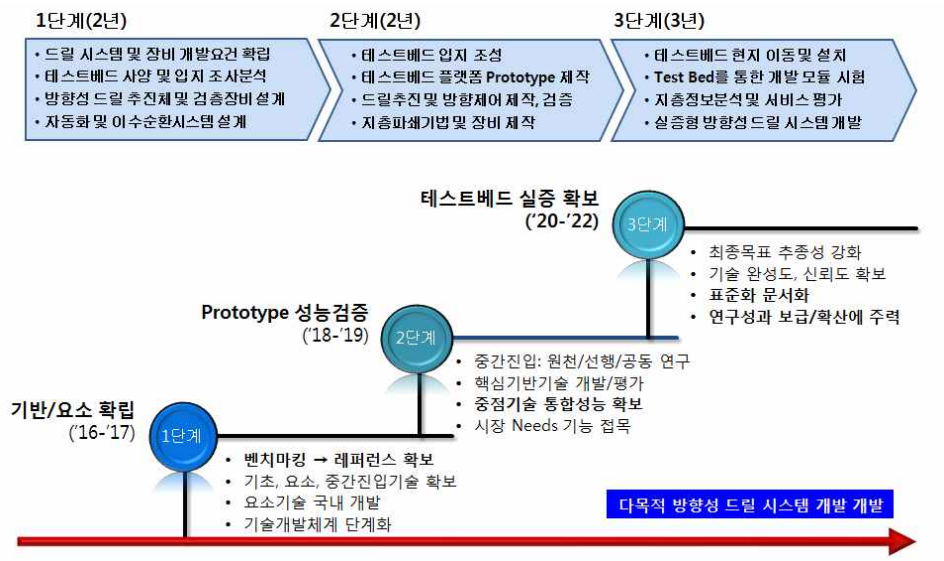
○ (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장

확보하고 이동형 붐데릭/호이스팅, 자동 파이프 핸들링/회전시스템 등에 대한 Pilot 검증 개발

- 붐데릭을 포함한 테스트베드 플랫폼, 자동화 시스템 등에 중점

○ (3단계) 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용기술 확보

- 현장 실험시나리오 및 조건 등 확립을 통해 핵심적인 실증 데이터 수집 및 분석을 통하여 설계, 제작, 시공 신뢰성 확보에 중점



○ 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함

* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도의 카르텔이 형성되어 있으며, 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 테스트베드 교류협력 필요

* 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물** [핵심1과제]

- 다목적 방향성 드릴시스템 테스트베드, 통합설계집
  - · 테스트베드 실증시스템
  - · 테스트베드 통합 설계집 및 설치지침

· 테스트베드 실증보고서

- 테스트베드 적용을 위한 붐데릭, 호이스트, 파이프자동화시스템, 파이프 회전장치 시제품
  · 기자재별 설계도서(설계지침, 설계도, 제작도 등)
  · 기자재별 시제품(테스트베드 적용)
- 방향성 드릴 시스템 운영시뮬레이터, 사업관리체계
  · 드릴 시스템 운영 및 훈련시뮬레이터 알고리즘
  · 드릴 시스템 통합운영 및 훈련 시뮬레이터 구동 S/W
  · 드릴 시스템 운영 및 훈련 시뮬레이터(H/W, S/W)

6. 활용방안 및 기대효과

○ 개발된 성과(드릴리그, 핵심 기자재 및 장치, 프로그램 및 솔루션, 시공·운영서비스 기술 등)는 개별 또는 드릴리그에 통합되어 국내·외 시장에 접목이 가능한 분야임

○ 성과 유형별 기술이전, 기술실시 등을 통하여 국내·외 현장적용, 실용화 및 사업화 추진
- 기술이전을 달성하여 기술료 창출 및 중소·중견기업의 사업화 촉진
- 사업화 18건 이상 달성, 연구개발서비스, 시험인증 등 신규 매출 기대됨

○ 실증기술 확보를 통하여 자원 개발장비·서비스 시장 경쟁력 90% 이상 확보
- 탐사 및 시공거리 4 km급 다목적 방향성 드릴시스템 확보
- 시스템과 서비스 분야 전주기 Total Solution 역량을 확보

○ 개발기술의 라이센스화를 통해 해외 비즈니스 모델 창출에 기여
- 세계 최고 수준의 독자기술을 5개 확보 및 라이센스화
- 본 사업을 통하여 7개 분야(기자재, 플랫폼, 방향제어, 이수공급, 지층파쇄, 수평굴착, 탐사·개발 서비스 등)의 비즈니스 모델을 신규로 창출

○ 원천기술 및 독자기술 검증과 실증이 가능한 대규모 연구 인프라 확충
- 드릴링시스템분야의 테스트베드형 종합 연구시설을 확보하게 됨으

로써 기초실험, 각종 기자재 실증성능 평가가 가능

○ 개발기술을 활용하여 연관기술과 타산업으로 파급을 통한 산업의 전후방 연관 시너지를 제고하고 산업 생태계 활성화 방안으로 활용

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. . (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 69,000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 4,430 백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별

화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심1 세부1

연구개발과제명	시스템 통합설계 및 실증기술(TB 포함)
1. 연구개발 목표	
	○ 방향성 시추(directional drilling)를 위한 시추시스템(리그플랫폼+기능모듈)의 설계 • 제작기술 및 유틸리티 시스템 통합설계기술 개발 - 시공(탐사)거리 4 km급 **방향성 드릴링 시스템 통합설계 및 실증기술 개발**(테스트베드 실증) (현재) TRL 6(선진국 대비 85%) 수직형 3 km ⇒ (개발) TRL 8(선진국 대비 95%) 4 km(수직 2 km + 경사 2 km) - 시추효율 10% 향상 (현재) TRL 4(선진국 대비 75%) : 10 % 미만 ⇒ (개발) TRL 8(선진국 대비 90%) : 10 % 향상 - 시추속도 15% 향상 (현재) TRL 5(선진국 대비 70%) : 15 % 미만 ⇒ (개발) TRL 8(선진국 대비 95%) : 15 % 향상
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 방향성 시추(directional drilling)를 위한 시추시스템(리그플랫폼+기능모듈)의 설계・제작기술 및 유틸리티 시스템의 통합설계기술이며, 방향제어 드릴링 설비에 대한 통합설계 및 신뢰성 검증, 방향성 시추시스템에 대한 통합제어 및 테스트베드 구축을 통한 실증데이터/운용기술로 구성 ○ 드릴링 리그 본체에 세부과제에서 개발 예정인 이동형 붐데릭 및 호이스팅 시스템, 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템과 각종 유틸리티 설비들을 통합하는 기술로서 연구단에서 개발될 분야별 요소기술들을 실증할 수 있는 핵심 플랫폼의 설계/제작임 ○ 개발된 기술을 실증할 수 있는 테스트베드의 구축을 위하여 테스트베드 요건을 확립하고 실증 후보지 입지분석과 적용 가능성 및 위험요인 분석함으로써 최종적으로 현장을 확보한 후 리그플랫폼, 국산 기자재 제작을 통한 현장 실증 수행 ○ 드릴링 리그는 크게 전력 공급 시스템, 호이스팅 시스템, 회전시스템, 이수순환 시스템, BOP 시스템 등으로 구분되며, 드릴 파이프 및 공저장비와 같은 도구가 활용됨

○ 드릴링에 활용되는 도구는 대부분 구매 및 임대 서비스로 공사가 수행되므로 데릭을 포함한 드릴링 리그 플랫폼의 자체제작 또는 중고 드릴링 리그를 활용한 개조작업이 수행되며, 각 세부과제의 연구계획에 따른 성능개조형 세부 모듈의 구축 및 통합이 요구됨

○ 테스트베드는 국내 하천부지, 우리 정부나 국내 기업의 지분을 보유한 해외 유가스전, 유가스전을 보유한 국가에 적용하는 방안이 있으며, 드릴링 시스템은 이동이 가능한 설비이므로 사업기간이 종료되면 해외에서 국내로 반입하여 종합적인 연구시설로 운용이 가능함

○ 적용이 가능한 해외 유가스전 부지를 확보하여 종합적인 장비 성능시험과 평가가 가능하도록 추진하는 것이 바람직하며, 향후 신규시장 창출이 가능한 방향(저개발 산유국과 공동구축 등)으로 구축이 필요함

○ 해외 선진국이 선점한 자원개발 시장에서는 신규기술의 진입장벽이 높은 관계로 아직까지 시장형성과 기술력이 부족한 저개발 자원부국을 대상으로 틈새시장을 발굴해야 하며, 현장운영 테스트베드를 이들 국가 중에서 선택하여 구축하는 것이 바람직함

○ 국내 현장에 적용하는 방안 : 시추리그에 대한 현장 적용, 운송이나 인허가 등이 용이하나 국제적으로 인정받기에는 부족한 측면이 있으며, 국내 관로매설이나 지층 정보 탐사 계획이 수립된 지역 또는 지열원 이용 프로젝트와 연계 가능함

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ **연구개발의 필요성**

○ 기존의 유가스전 개발방식이 아닌 비전통 자원·에너지의 탐사 및 개발, 동토지역 및 극지 등 방향성 드릴링에 대한 기술수요가 증가하고 있으며, 이러한 글로벌 상류시장에서 경쟁력을 가지기 위해서는 방향성 드릴링 리그의 개발과 현장에서의 실증실적을 확보하는 것이 매우 중요함

○ 대심도 지반조건 탐사, 장거리 파이프라인 시공, 비전통 자원·에너지 탐사·개발, 지중환경오염 방지 등 활용영역과 시장성이 큰 다목적 드릴링 분야로 독자기술 확보가 필요함

○ 기존 오일·가스전 생산 증진, 비전통에너지 개발, 미개척 극지 및 동토

개발을 위한 방향성(수직·수평·경사 등) 드릴링 장비 및 기술이 첨단화 되고 있으며, 현재는 3~5 km 급 방향성 드릴링 기술과 회전각도, 굴진 속도 등에서 괄목할 만한 기술적 진전이 있으며, 최근 ICT 기반 원격시공기술이 첨단화 되고 있음

○ 자원에너지 탐사 및 개발, 관련 기자재 및 시스템, 국내 도시나 단지, 시설권역 내 비개착 공사에 소요되는 기술과 장비를 해외 의존시 대규모 부가가치 유출이 예상됨

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 국내의 독자적인 기술로 수직드릴링은 가능하나 방향성 드릴링에 있어서 개발, 생산관련 기술은 초기 단계이며 선진국과의 기술수준과 큰 격차를 보이고 있음

○ 국내 드릴링 장비를 제작하는 업체에서는 수평드릴링 장비를 보유하고는 있으나 관로 및 전선 등을 매설하기 위한 장비이며 일정한 곡률을 따라서 드릴링을 진행하는 방향성 드릴링에 적용하기에는 부적합함

○ 지열발전을 위한 국내 고심도 드릴링의 경우 외국업체의 장비 및 기술인력에 의존하여 드릴링이 이루어지고 있어 국내 장비를 이용한 고심도 드릴링 장비 개발 및 적용이 시급함

○ 방향성 시추의 대표적인 응용 분야인 셰일가스 개발의 경우 미국은 채굴기술의 개발을 완료하여 경제성을 확보하면서 셰일가스 주도권을 확보하고 있으며, 최근 수평정 시추 길이와 수압파쇄 구간을 증가시키는 다단계 파쇄 기술이 발달하면서 공당 시추간격은 점차 줄어들어 개발 경제성이 개선되고 있음

3. 연구개발내용 및 범위

□ 핵심1과제 : 드릴시스템 통합설계 및 실증기술 개발

○ 세부1과제: 시스템 통합설계 및 실증기술(TB 포함)
- 테스트베드 후보지 조사 및 테스트베드 구축사양 분석
- 테스트베드용 리그 하부 플랫폼 설계
- 테스트베드용 붐데릭 구조해석 및 강성 설계

- 테스트베드용 붐데릭 상 기능모듈 탑재 레이아웃 설계
- 방향성 드릴 시스템에 대한 Pilot Test
- 테스베드 구성모듈 현지 운송 및 설치
- 테스트베드 시운전 및 실험모듈 장착, 실증 테스트

4. 연구개발 추진방법

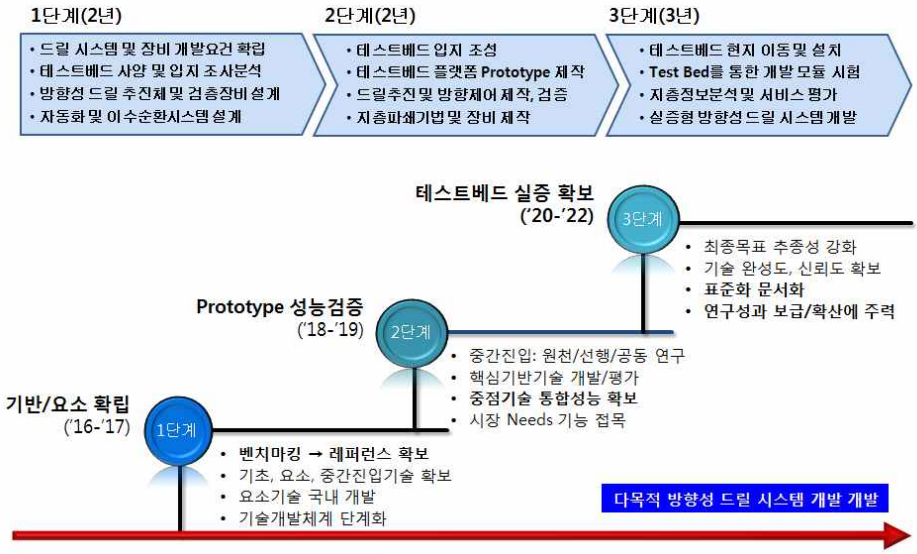
□ **추진전략**

○ 연구수행 단계는 3단계로 나누며 1단계(1차 및 2차년도)에는 요소기술 및 기반 구축, 2단계(3차 및 4차년도)에는 핵심기술 개발, 3단계(5차 및 7차년도)에는 개발기술의 검증 및 실증을 통해서 드릴 시스템 독자기술을 확보

○ (1단계) 방향성 드릴 시스템에 대한 국내외 보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 드릴 시스템에 대한 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출
- 개발요건 확립 및 테스트베드 입지, 설계사양 개발에 중점
- 핵심기술인 드릴 추진 및 방향제어, 이수 순환 시스템 설계에 중점

○ (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보하고 이동형 붐데릭/호이스팅, 자동 파이프 핸들링/회전시스템 등에 대한 Pilot 검증 개발
- 붐데릭을 포함한 테스트베드 플랫폼, 자동화 시스템 등에 중점

○ (3단계) 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용기술 확보
- 현장 실험시나리오 및 조건 등 확립을 통해 핵심적인 실증 데이터 수집 및 분석을 통하여 설계, 제작, 시공 신뢰성 확보에 중점



○ 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함

* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도의 카르텔이 형성되어 있으며, 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 테스트베드 교류협력 필요

* 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물 [핵심1-1과제]

- 다목적 방향성 드릴시스템 테스트베드, 통합설계집
  - · 테스트베드 실증시스템
  - · 테스트베드 통합 설계집 및 설치지침
  - · 테스트베드 실증보고서

6. 활용방안 및 기대효과

○ 국내 최초의 자원개발 시추용 Derrick System 설계기술 확보

○ Land Rig 시스템에 대한 원천/응용 기술 확보를 통한 Offshore & Sub-sea 분야로 응용 적용 가능

○ 경쟁력이 강화되고 있는 시점에서 기자재 기술개발 통해 핵심 기술, 설계 기술 확보를 통한 기술경쟁력 확보

○ 원천기술 및 독자기술 검증과 실증이 가능한 대규모 연구 인프라 확충
- 드릴링시스템분야의 테스트베드형 종합 연구시설을 확보하게 됨으로써 기초실험, 각종 기자재 실증성능 평가가 가능

○ 개발기술을 활용하여 연관기술과 타산업으로 파급을 통한 산업의 전후방 연관 시너지를 제고하고 산업 생태계 활성화 방안으로 활용

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 42,000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 1,680백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는

경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여

제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심1 세부2 RFP

연구개발과제명	이동형 붐데릭(Boom derrick) 및 호이스팅 기술
1. 연구개발 목표	
	○ 기존 철골구조가 아닌 이동성 및 설치 조립이 용이하고 무인자동운전이 가능한 Compact 형태의 Boom type 시추시스템에 대한 통합 설계 기술 개발 - Static hook load : TRL 9(선진국 대비 95%), 1,000,000 lbs - Drawworks :TRL 9(선진국 대비 90%), 2,000HP - Mast 높이 : TRL 9(선진국 대비 95%), 150ft
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 시추 플랫폼의 기초인 데릭(derrick)은 드릴 파이프를 포함한 시추작업을 수행하는 각종 장비들을 지지하는 구조물로서 기존 철골구조가 아닌 이동성 및 설치·조립이 용이하고 무인자동운전이 가능한 Compact 형태의 Boom type 시추시스템에 대한 설계/제작 기술임 ○ 붐데릭은 기존 철골구조의 Mast 외관을 수직형 Box 내부에 설치한 구조로서 내부에 호이스팅 시스템을 갖추게 되며 각종 장비를 Box 내부에 설치하기 때문에 시추의 효율성과 안전성이 향상됨. 붐데릭 주위에 드릴 파이프의 이동 및 설치가 가능하도록 별도의 자동 파이프 핸들링 시스템 설계가 요구됨 ○ 기존의 전통적인 데릭과 달리 호이스팅 시스템이 붐데릭 타워의 내부에 설치되며 Travelling block과 Crown block, Drawworks 및 디스크 브레이크 시스템의 설계/제작에 대한 기술개발임. 드릴링 와이어(wire)에 대한 장력 및 충격을 고려한 Sheave 설계기술이 필요함
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 중·소형 유전에 대한 드릴링 작업을 위하여 드릴링 리그의 효율성을 증대하는 구조로 기술개발이 진행중이며, 장비의 경량화, 이동성 향상, 설치·조립 및 분해의 용이성 향상이 요구됨

○ 스마트 드릴링 시스템 및 현장운영 기술에 대한 필요성이 증대하고 있으며, 이러한 스마트 드릴링 시스템 구축은 안전(Safety), 속도(Speed) 및 스마트(Smart) 개념을 접목한 드릴링 리그로서, 이동성 및 데릭의 직립에 용이하며, 기타 보조 운영 장비와 연계할 경우 무인으로 자동화가 가능한 장비임

○ 장비의 특징은 개방형 Boom 구조의 데릭과 드릴파이프 자동체결 시스템을 갖추고 있으며, 셰일오일이나 셰일가스가 부존된 지역에서 수직 시추용 BHA(bottom hole assembly)를 장착하여 수직시추를 할 수 있고, 수평 시추용 BHA를 장착하여 방향성 시추가 가능하게 할 수 있음

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 아시아 지역의 산유국을 겨냥한 Compact type의 시추리그(이동, 설치, 효율성을 고려한 콤팩트 타입)의 개발이 활발하게 진행되고 있음

○ 최근에 개발되고 있는 Boom type 데릭이 탑재된 시추시스템은 이동성 및 설치·조립이 용이하며 외부의 기타 보조 운용 장비와 연계한 무인 자동 운전을 용이하게 할 수 있도록 개발되고 있음. 또한 Dual type의 붐 데릭이 개발되고 있으며, 2개의 호이스팅 시스템을 보유함으로써 한쪽에서는 드릴링 작업을 진행하고, 반대편에서는 케이싱 등의 설치작업을 동시에 진행할 수 있어 시추작업이 매우 효율적임

○ 기존 Drawworks 및 데릭 대신에 램(ram)이라고 불리는 두 개의 유압실린더로 구성된 Ramrig 드릴링 호이스팅 시스템이 개발됨. 드릴링 정확도가 향상되었으며, 자동화된 드릴링 시스템은 유연성 있는 시추경로를 설계할 수 있으며, WOB(weight on bit)의 변화가 많지 않으며 ROP(rate of penetration)의 최적화가 가능함

3. 연구개발내용 및 범위

□ 핵심1과제 : 드릴시스템 통합설계 및 실증기술 개발

○ 세부2과제: 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술 개발
- 붐데릭에 작용하는 다양한 고정 및 이동하중, 환경적 영향 분석
- 붐데릭의 구조적 거동 분석을 통한 기본설계
- 고성능 소재적용 및 구조적 안전성 검토를 통한 시제품 제작
- 기어의 최적 형상 설계, 가공 기술 확보 및 제작 표준화
- 호이스팅 케이블, 드럼, 기어 등 국산화 제작
- 신뢰성 높은 디스크 브레이크 설계기술

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

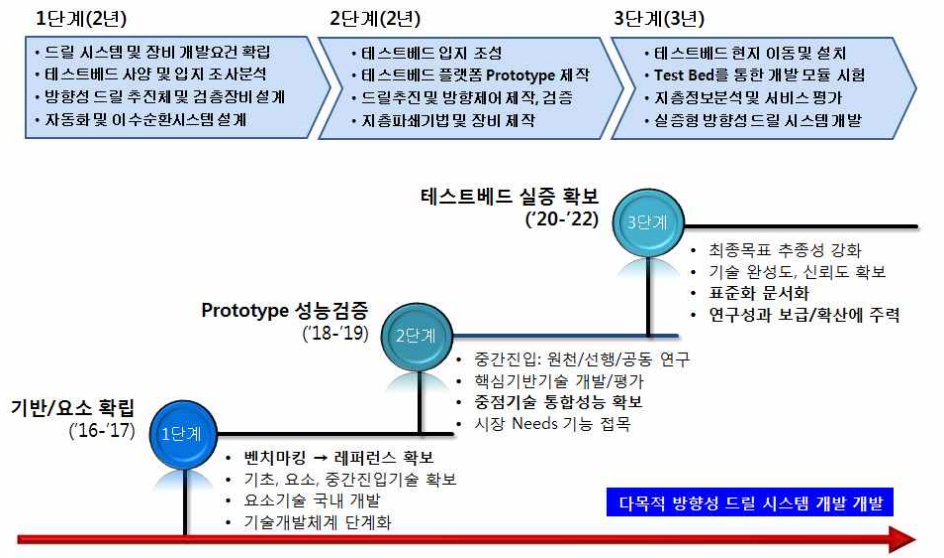
○ 연구수행 단계는 3단계로 나누며 1단계(1차 및 2차년도)에는 요소기술 및 기반 구축, 2단계(3차 및 4차년도)에는 핵심기술 개발, 3단계(5차 및 7차년도)에는 개발기술의 검증 및 실증을 통해서 드릴 시스템 독자기술을 확보

○ (1단계) 방향성 드릴 시스템에 대한 국내외 보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 드릴 시스템에 대한 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출
- 개발요건 확립 및 테스트베드 입지, 설계사양 개발에 중점
- 핵심기술인 드릴 추진 및 방향제어, 이수 순환 시스템 설계에 중점

○ (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보하고 이동형 붐데릭/호이스팅, 자동 파이프 핸들링/회전시스템 등에 대한 Pilot 검증 개발
- 붐데릭을 포함한 테스트베드 플랫폼, 자동화 시스템 등에 중점

○ (3단계) 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용기술 확보
- 현장 실험시나리오 및 조건 등 확립을 통해 핵심적인 실증 데이터

수집 및 분석을 통하여 설계, 제작, 시공 신뢰성 확보에 중점



○ 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함

* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도의 카르텔이 형성되어 있으며, 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 테스트베드 교류협력 필요

* 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물 [핵심1-2과제]

- 테스트베드 적용을 위한 붐데릭, 호이스트 시제품
  - · 기자재별 설계도서(설계지침, 설계도, 제작도 등)
  - · 기자재별 시제품(테스트베드 적용)
  - · Drawworks/Boom-type derrick

6. 활용방안 및 기대효과

○ 개발된 성과(드릴리그, 핵심 기자재 및 장치 등)는 개별 또는 드릴리그에 통합되어 국내·외 시장에 접목이 가능한 분야임

○ 성과 유형별 기술이전, 기술실시 등을 통하여 국내·외 현장적용, 실

용화 및 사업화 추진
- 기술이전을 달성하여 기술료 창출 및 중소·중견기업의 사업화 촉진
- 사업화 18건 이상 달성, 연구개발서비스, 시험인증 등 신규 매출 기대됨

○ 기자재 관련 기술 및 엔지니어링은 산업용 플랜트 등 다른 연관 산업분야로의 기술 확산이 기대되어 국내 엔지니어링 기술수준을 한 단계 성장 가능

○ 경쟁력이 강화되고 있는 시점에서 기자재 기술개발 통해 핵심 기술, 설계 기술 확보를 통한 기술경쟁력 확보

○ 기자재 기술 확보율이 높아짐에 따라 수출증대 예상

○ 핵심 기자재 및 엔지니어링 기술을 확보하여 기자재 및 엔지니어링 연관 분야의 생산 및 채용 증대 기대

○ 원천기술 및 독자기술 검증과 실증이 가능한 대규모 연구 인프라 확충
- 드릴링시스템분야의 테스트베드형 종합 연구시설을 확보하게 됨으로써 기초실험, 각종 기자재 실증성능 평가가 가능

○ 개발기술을 활용하여 연관기술과 타산업으로 파급을 통한 산업의 전후방 연관 시너지를 제고하고 산업 생태계 활성화 방안으로 활용

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 7,000백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 1,050백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화・가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제

시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심1 세부3 RFP

연구개발과제명	자동 파이프핸들링 및 회전시스템 기술
1. 연구개발 목표	
	○ 기존 파이프 핸들링 시스템에 안전, 속도 및 스마트 개념을 접목한 드릴링 리그로서 2세부과제의 결과물인 Boom type derrick에 드릴파이프 자동체결 시스템 개발 - 시추효율 10% 향상 - 시추속도 15% 향상 - Top drive : 1,000 HP/50,000 ft-lbs
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 시추 파이프 및 케이싱의 이송과 설치 작업에 자동화 시스템을 도입하여 작업자의 안전향상과 시추효율을 높이기 위한 기술임. 기존 파이프 핸들링 시스템에 안전, 속도 및 스마트 개념을 접목한 드릴링 리그로서 2세부과제의 결과물인 Boom type derrick에 드릴파이프 자동체결 시스템을 결합
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ Top drive의 내부로 이수순환이 이루어지기 때문에 Top drive 시스템의 기밀성능 유지가 중요하며, 전기식 및 유압식에 대한 성능비교를 통한 최적의 설계기술이 요구됨 ○ 시추설비의 핵심 구동시스템으로서 안전과 효율적인 시추 및 운영비용 때문에 Top Drive 회전시스템 시장은 매우 큰 성장세를 보이고 있으며, 로터리 테이블의 대안으로서 육상 및 해양플랜트 시장수요가 계속 증가하고 있음 ○ Top Drive 회전시스템은 이수순환 시스템과 동시에 개발이 진행되어야 하며, 이수순환을 위한 별도의 모듈개발이 병행되어야 함. 또한 Top Drive 시스템과 이수순환 시스템은 별도의 시스템 모듈로 개별 판매를 통한 중앙아시아, 동남아시아 등의 중소형 유전 등에 시장진입 가능성이 충분함

□ **기술동향**

○ 시추 리그에서 시추 감독자가 상주하면서 시추 작업 전체를 지휘하는 Driller's cabin과 파이프 핸들링 시스템을 포함한 시추 리그에 대한 자동화 시스템의 개발은 작업 인원의 감축, 작업자의 안전 향상 및 시추효율 향상을 통해서 시추 비용을 절감하고자 하는 것이 목적이며 지속적으로 개발이 진행되고 있음

○ 시추 리그에서 시추 감독자가 상주하면서 시추 작업 전체를 지휘하는 Driller's cabin과 Pipe handling system을 포함한 시추 리그에 대한 자동화 시스템의 개발은 작업 인원의 감축, 작업자의 안전 향상 및 시추효율 향상을 통해서 시추 비용을 절감하고자 하는 목적으로 지속적으로 진행되고 있음

3. 연구개발내용 및 범위

□ **핵심1과제 : 드릴시스템 통합설계 및 실증기술 개발**

○ 세부3과제: 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템 기술 개발
- 드릴 파이프를 적재, 이동, 장착을 위한 프레임 및 기구 설계
- 기구 작동을 위한 유압 및 모터 제어 시스템 제작
- 파이프 이동 및 장착을 위한 크레인 장치 분석 및 설계
- 파이프 랙(Pipe Rack) 구조물 설계 및 제작기술
- 회전체 구조적 안정성 검토를 위한 구조강도 및 피로해석
- 회전시스템 제작 및 실하중 평기
- 자동화 제어 알고리즘 및 유닛 설계

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 연구수행 단계는 3단계로 나누며 1단계(1차 및 2차년도)에는 요소기술 및 기반 구축, 2단계(3차 및 4차년도)에는 핵심기술 개발, 3단계(5차 및 7차년도)에는 개발기술의 검증 및 실증을 통해서 드릴 시스템 독자기술을 확보

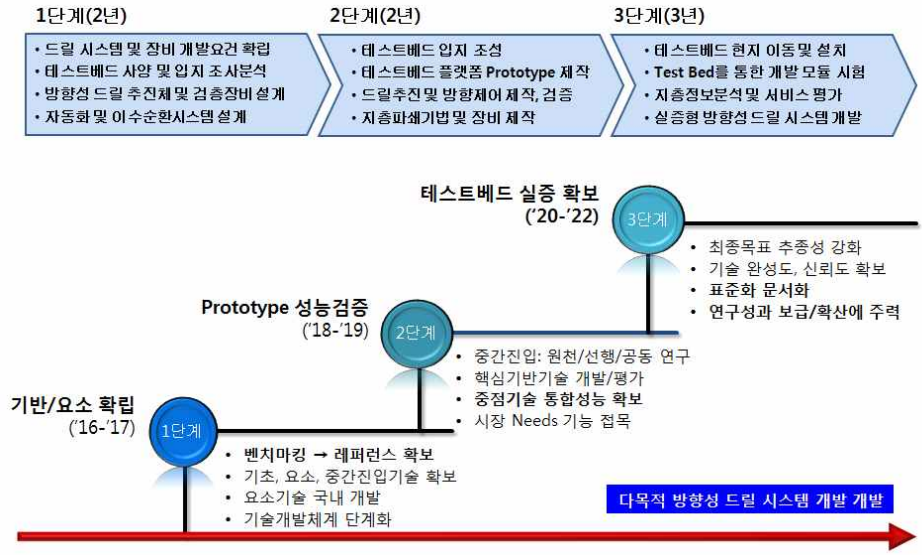
○ (1단계) 방향성 드릴 시스템에 대한 국내외 보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 드릴 시스템에 대한 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출
- 개발요건 확립 및 테스트베드 입지, 설계사양 개발에 중점
- 핵심기술인 드릴 추진 및 방향제어, 이수 순환 시스템 설계에 중점

○ (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보하고 이동형 붐데릭/호이스팅, 자동 파이프 핸들링/회전시스템 등에 대한 Pilot 검증 개발

- 붐데릭을 포함한 테스트베드 플랫폼, 자동화 시스템 등에 중점

○ (3단계) 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용기술 확보

- 현장 실험시나리오 및 조건 등 확립을 통해 핵심적인 실증 데이터 수집 및 분석을 통하여 설계, 제작, 시공 신뢰성 확보에 중점



○ 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함

* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도의 카르텔이 형성되어 있으며, 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 테스트베드 교류협력 필요
* 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물**

- 테스트베드 적용을 위한 자동 파이프 핸들링 및 회전시스템 시제품
  - · 기자재별 설계도서(설계지침, 설계도, 제작도 등)
  - · 기자재별 시제품(테스트베드 적용)

· Drill Drive System/Pipe Handling Crane
· Automated drilling control system

6. 활용방안 및 기대효과

○ 기자재 관련 기술 및 엔지니어링은 산업용 플랜트 등 다른 연관 산업분야로의 기술 확산이 기대되어 국내 엔지니어링 기술수준을 한 단계 성장 가능

○ 경쟁력이 강화되고 있는 시점에서 기자재 기술개발 통해 핵심 기술, 설계 기술 확보를 통한 기술경쟁력 확보

○ 기자재 기술 확보율이 높아짐에 따라 수출증대 예상

○ 핵심 기자재 및 엔지니어링 기술을 확보하여 기자재 및 엔지니어링 연관 분야의 생산 및 채용 증대 기대

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2019. (4년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 7,000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 1,050백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는

경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여

제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심1 세부4 RFP

연구개발과제명	사업관리 및 운영 시뮬레이터 기술
1. 연구개발 목표	
	○ 방향제어 드릴링 설비를 제어하여 설계 궤도대로 굴착을 수행하는 통합제어 및 운용기술, 방향제어 드릴링 설비 운전기술 훈련을 위한 가상 시뮬레이터 구현 기술, 제어 및 통합운용을 가능하게 하는 가상 시뮬레이터 운용기술을 개발 - 훈련 및 통합운용 시뮬레이터 개발 - 시스템 통합 및 성능제고를 위한 사업관리 모델 표준화 - 시스템 통합을 위한 인터페이스 표준화
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 방향제어 드릴링 설비를 제어하여 설계 궤도대로 굴착을 수행하는 통합제어 및 운용기술, 방향제어 드릴링 설비 운전기술 훈련을 위한 가상 시뮬레이터 구현 기술, 지질 및 용도에 따른 최적 시스템 설계, 제어 및 통합운용을 가능하게 하는 가상 시뮬레이터 운용기술 ○ 개발된 시뮬레이터를 이용하여 가상 고장을 발생시킴으로써 이를 파악할 수 있는 고장진단 알고리즘 개발 기술 ○ 세부적으로는 Plug-in 형식의 3D 실시간 시뮬레이션 구현기술, 다상 유동 포함 이수순환 시스템에 대한 실시간 시뮬레이션 기술, Drillstring dynamics에 대한 실시간 시뮬레이션 기술, 시추공정 구현용 시뮬레이터 시스템 통합기술, 훈련용 데이터 Library 구축 및 관리기술, SCADA, TCP/IP 통신기반 서버 관리기술 등으로 구성됨
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 실제 훈련이 불가능한 시추장비의 가상 시뮬레이터 기반의 운전 훈련이 필요하며, 시추용 모든 sub-system도 동일 시뮬레이션 기술로 개발하고 성능을 향상시킴으로써 핵심적이고 기본적인 simulation platform 확보가 요구됨 ○ 3D 실시간 animation, mud system, drillstring 등 요소기술을 통합하여

훈련용 시뮬레이터를 구현하는 기술이 개발되어야 훈련용 시뮬레이터 및 시추 공정 엔지니어링 용역을 제공할 수 있는 기반이 구축됨

□ 기술동향

○ 최근 컴퓨터와 IT 기술의 발달에 힘입어 실시간 통합 드릴링 운영센터의 구축이 시도되고 있음. 이는 시추 관련 각종 자료를 실시간으로 취합 및 분석함으로써 신속한 의사결정을 통하여 시추 효율을 높이는 것이 목적임. Driller's cabin은 시추작업 전체를 모니터링 할 수 있는 시스템으로 개발이 진행되고 있으며, 향후 실시간 통합 드릴링 운영센터는 Driller's cabin의 자동화와 연계되어 지속적인 발전을 이룰 것으로 예상됨

○ 실시간 공정 최적화 및 훈련 시물레이터 시장은 2015년에 약15억 달러에 달할 것으로 예상되며, 시추분야의 점유율이 가장 높은 Schlumberger 사의 Drilling service 분야 2013년 매출이 170억불로서 회사전체 매출 452억불 중 38% 비중을 차지함. 드릴링 하드웨어 대비 소프트웨어 매출 비중은 파악하기 어려우나 소프트웨어 비중이 압도적 크기를 차지할 것으로 추정함.

○ 가상 실시간 시뮬레이터는 항공, 제약 등의 산업분야에서 이미 많이 활용되고 있으며, 가상현실 훈련 시뮬레이터는 제어실과 현장 용도로 개발되고 있음. 고충실도(high fidelity) 3차원 가상현실 시뮬레이터는 젊은 인력을 유인하고 오일 및 가스 산업에 최신 기술을 적용하여 보다 실감나는 훈련 환경을 제공하고 있음

3. 연구개발내용 및 범위

□ 핵심1과제 : 드릴시스템 통합설계 및 실증기술 개발

○ 세부4과제: 사업관리 및 운영 시뮬레이터 기술
- 시뮬레이터 및 통합운영 시추시스템 요소기술 분석
- 가상 시뮬레이터 구성을 위한 기본 Framework 설계
- 훈련 및 통합운용 시뮬레이터 시스템에 대한 기본 설계
- 동적 물리모델을 연동한 애니메이션 구현
- 가상현실 구동에 필요한 서버연동 및 실시간 성능구현
- 드릴링 시공 및 운용서비스 프로젝트 사업모델 분석
- 사업 프로세스, 리스크 요인 분석
- 드릴링 시스템 사업의사결정 및 관리시스템 구축

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 연구수행 단계는 3단계로 나누며 1단계(1차 및 2차년도)에는 요소기술 및 기반 구축, 2단계(3차 및 4차년도)에는 핵심기술 개발, 3단계(5차 및 7차년도)에는 개발기술의 검증 및 실증을 통해서 드릴 시스템 독자기술을 확보

○ (1단계) 방향성 드릴 시스템에 대한 국내외 보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 드릴 시스템에 대한 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시추시스템 기본설계 도출

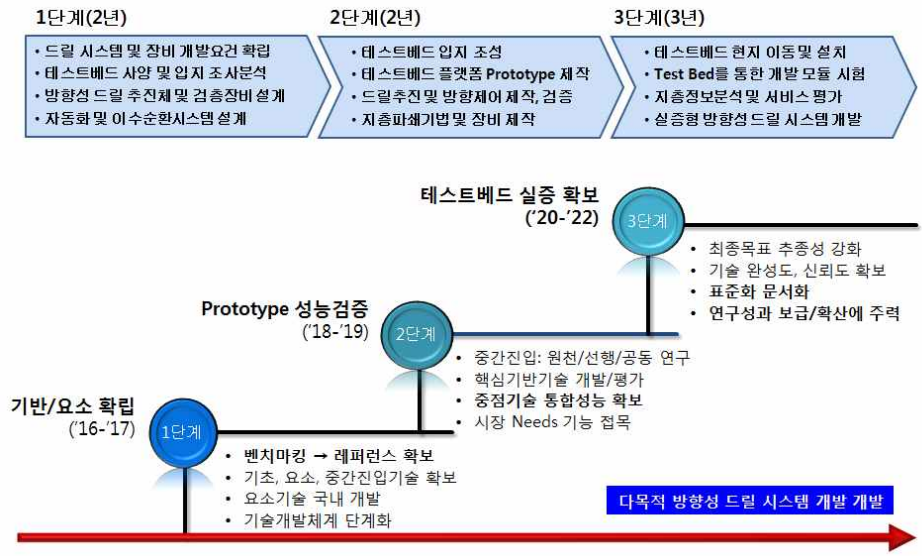
- 개발요건 확립 및 테스트베드 입지, 설계사양 개발에 중점
- 핵심기술인 드릴 추진 및 방향제어, 이수 순환 시스템 설계에 중점

○ (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보하고 이동형 붐데릭/호이스팅, 자동 파이프 핸들링/회전시스템 등에 대한 Pilot 검증 개발

- 붐데릭을 포함한 테스트베드 플랫폼, 자동화 시스템 등에 중점

○ (3단계) 드릴 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용기술 확보

- 현장 실험시나리오 및 조건 등 확립을 통해 핵심적인 실증 데이터 수집 및 분석을 통하여 설계, 제작, 시공 신뢰성 확보에 중점



○ 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함

* 대규모 유가스전은 이미 선진기업의 주도의 카르텔이 형성되어 있으며, 장기적인 관점에서 세계 각지에 산재한 중소형 유가스전을 보유한 국가와 테스트베드 교류협력 필요

* 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물**

○ 방향성 드릴 시스템 운영시뮬레이터, 사업관리체계

- 드릴 시스템 운영 및 훈련시뮬레이터 알고리즘
- 드릴 시스템 통합운영 및 훈련 시뮬레이터 구동 S/W
- 드릴 시스템 운영 및 훈련 시뮬레이터(H/W, S/W)

6. 활용방안 및 기대효과

○ 방향성 드릴링 시스템의 핵심기술인 통합 운용제어기술을 개발하는데 중요한 시뮬레이터를 국산화함으로써 현장 운용 데이터만 확보하면 국제경쟁력을 갖출 수 있는 기술입지 마련

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)

- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 13,000 백만원 이내(연구단 총 지원금)

- 1차년도 정부출연금 : 650 백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화・가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성

과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용

(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심2 RFP

연구개발과제명	드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술
1. 연구개발 목표	
	○ 방향성 드릴시스템 및 시추기술 개발을 위한 드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술 개발 - RSS 시스템(H/W, S/W 등) 개발, RSS 통신기술 개발, RSS 성능 현장실증기술 개발 - LWD 시스템의 H/W 및 S/W 개발 및 현장적용기술개발 - 이수 순환 정보 실시간 모니터링 시스템 개발 - 이수 순환 제어 시스템 개발 - 처리용량 120 m^3/h급 이수 혼합 공급 처리 시스템 핵심장비 개발 - 시스템 Integration 및 실증을 통한 내구성 향상·시스템 업그레이드
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 방향제어 시스템은 시추운영자가 지상에서 시추방향을 원하는 방향으로 제어하기 위한 기술로 핵심기술은 위치파악을 위한 공저센서기술, 지상과 공저간 자료를 전송하는 통신기술, 시추방향을 제어하는 방향제어기술 등으로 구성되며, 개발된 제품의 실제 현장적용을 위해선 현장 성능 및 운영을 위한 현장실증시험이 필수적임 ○ 시추작업 중 드릴러(driller)는 시추와 관련된 다양한 정보를 모니터링하며 작업을 감독함. 과거에는 펌프유량과 압력, 후크하중, WOP(weight on bit), ROP(rate of penetration) 같은 굴진작업 관련 내용만 관리되었으나, 최근에는 정보기술의 발달로 다양한 정보들이 모니터링 되고 있으며 이를 통해서 이수 순환이 제어되고 있음 ○ 이수 순환시스템은 시추 작업에 있어 가장 중요한 시추공의 동적인 특성을 안정화시키고 시추 비트의 진행에 따른 유활·냉각 및 암편을 제거하는 역할을 수행함. 이수 혼합·공급·처리 장치는 이수물질인 분체와 물을 혼합해 이수를 만들고 시추공으로 공급하는 장치
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	

□ 연구개발의 필요성	○ 국내의 경우 도심지하, 하천이나 강 하부 지층내 수평 및 방향성 시추의 수요가 증가됨에 따라 방향성 시추기술 확보 필요 ○ 북미지역을 중심으로 개발이 활성화되고 있는 셰일 및 치밀 가스/오일 등 비전통자원화의 국내기술로 독자적으로 개발하기 위해 방향성 시추의 핵심기술인 방향제어 기술 확보 필요 ○ 시추 정보 모니터링 및 통합 관리시스템과 연계된 시추 제어설비 구축은 시추 소요 비용의 절감 및 시추작업의 안전성확보를 위한 필수기술이며, 향후 북극 자원개발에 필요한 무인원격시추시스템 개발을 위한 전 단계 기반기술임 ○ 현재 시추시스템 개발 동향은 극한지 환경으로 이동하고 있으며, 이는 후발 주자들에게 기회가 될 수 있음. 또한 자원개발 저개발국 시장에 진출할 수 있는 기반이 될 수 있음 ○ 현재 시추시스템 개발 동향은 극한지 환경으로 이동하고 있으며, 이는 후발 주자들에게 기회가 될 수 있음. 또한 자원개발 저개발국 시장에 진출할 수 있는 기반이 될 수 있음
□ 기술동향	□ 국내외 기술동향 ○ 미국 슐럼버제이, 헤리버튼 등 메이져 석유시추 서비스 기업의 경우 비전통자원이 부존한 지질특성에 따라 포인터빗(Point-the-Bit), 푸쉬더빗(Push-the-Bit), 하이브리드(Hybrid) 방식 등을 적용하여 방향제어의 효율성을 극대화 하고 있음 ○ 그 외에 영국 엔텍 등 소규모 기업의 경우도 개발된 RSS 시스템의 사업화에 성공하여 외국기업에 서비스나 판매하고 있음 ○ 유럽의 오스트리아의 핫웰 등 중소기업 서비스 기업도 자체적인 물리검층 기술을 개발하여 아프리카, 중동 증 미국외 지역에 대해 독자적인 서비스 사업을 추진하고 있음 ○ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템은 시추 서비스 전문 기업인 Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes, Weatherford사 등에서 시추리그를 제조하는 업체에 공급하고 있음 ○ 석유 개발을 위한 시추시스템, 특히 이수 순환시스템의 경우 미국은 장비 업체 외에도 이수 운용 서비스 업체가 많음. 주요 업체로는 Drillers Mud System사, NRG Manufactory사, Fluid Systems사, Mud

Technology사 등이 있음

○ 국내에서는 현재 KAIST와 한국지질자원연구원에서 RSS 시스템 개발의 원천기술을 확보하고 시제품을 제작하여 파일럿시험 연구단계에 있으나, 현장실증을 통한 사업화를 추진한 바는 없음
○ 국내의 시추시스템 제조 산업은 NOV(구 호창기계산업)에서 NOV 시추시스템의 일부 부품을 OEM으로 생산하고 있음
○ 이수 제작을 위한 분체 이송 및 혼합 시스템은 2013년부터 국가 R&D가 수행되고 있음

3. 연구개발내용 및 범위

□ 핵심2과제 : 드릴시스템 방향제어 및 이수순환기술

○ 세부1과제: 방향성 추진체 및 제어기술
- 포인터빗(CBM 등 연약지반용), 푸쉬더빗(치밀사암층 등 강지반용), 하이브리드(셰일가스/오일층 용) 타입별 RSS 설계/제작 및 운영 소프트웨어 개발
- 지상과 RSS간 실시간 양방향 자료전송 통신기술 개발
- RSS 성능 현장실증기술 개발
- 시추병행 물리검층 시스템 개발, 측정 H/W 및 S/W 개발: 진동/압력/온도/전원 등을 고려한 측정 H/W 개발
- 시추병행 물리검층 수치모델링/자료처리 및 모형시험 기술개발
- 시추병행 물리검층 현장적용 및 자료해석

○ 세부2과제: 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술
- 시추 정보 실시간 모니터링 시스템 개발
- 실시간 시추 정보 통신 및 통합 기술
- 시추 속도 및 압력 모니터링 및 관리(제어) 기술 개발
- 원격 시추 제어설비(driller's cabin) 개발

○ 세부3과제: 이수 혼합 공급 처리시스템
- 1차 처리장치 설계 및 제작 (Shale shaker, Degasser, Desander, 관련 pump 및 Tank)
- 2차 처리 및 재공급 장치 설계 및 제작 (Centrifuge, Cleaner, Desilter, 관련 pump 및 Tank)
- 시스템 Integration(처리용량 120 m^3/h), 실증을 통한 내구성 향상 및 업그레이드

○ 세부4과제: 지중 내비게이션시스템 기술

-
-
-
-

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 본 연구는 총 3단계 (1단계: 2년, 2단계: 2년, 3단계: 3년)로 구성하여 추진할 계획을 수립하였음.

○ 1단계 연구에서는 방향성 드릴링 장비의 사양(시추 깊이 등)에 부합하는 방향성 추진체 및 제어기술, 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술, 이수 혼합·공급·처리 장치 및 지중 네비게이션시스템 기술의 각 사양을 선정하고 각 장비별로 설계를 진행함

○ 2단계 연구에서는 1단계 연구를 통해 설계된 각 장비를 제작·개발하여 시스템화 하고 기본 성능 평가를 실시함

○ 3단계 연구에서는 개발된 연구성과물(시제품 등)을 직접 실제환경의 현장에 적용하여 성능을 테스트하고, 성능이 최적화 되도록 수정/보완/재설계 등을 수행하여 최종 시제품을 출시할 계획임

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물** **[핵심2과제]**

- 방향성 추진체 및 제어기술
  - · 방향제어시스템 (RSS)
  - · 실시간 RSS 자료전송 통신 시스템
  - · RSS 성능 현장실증 매뉴얼
  - · 시추병행 물리검층 시스템
  - · 시추병행 물리검층 시스템 성능검증기술
  - · 시추병행 물리검층 현장적용 기술/매뉴얼
- 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술
  - · 시추 정보 실시간 모니터링 및 관리 시스템
  - · 원격 시추 제어설비(driller's cabin)
  - · 시추 정보 모니터링 및 관리 현장실증 메뉴얼
- 이수 혼합 공급 처리시스템

· 이수 혼합·공급·처리 요소 장치 및 통합 시스템
· 이수 혼합·공급·처리 시스템 현장실증 메뉴얼
- 지중 내비게이션시스템 기술
·
·
·

6. 활용방안 및 기대효과

○ 국내 토목 관련 육상 방향성 시추에 활용
○ 해외 셰일 및 치밀 가스/오일 등 비전통자원 개발에 활용
○ 육상 시추시스템 설계 및 국산화
○ 중소기업 주도의 방향성 시추 핵심기술 확보를 통한 국내 토목 및 자원 기술력 향상(국내 방향성 시추 토목 서비스 사업이나 해외 비전통자원개발 진출과 같은 신시장 창출)에 기여
○ 시추 핵심기술 확보를 통한 국내 토목 및 자원개발 기술력 향상
○ 중소기업이 관련 기술을 이용해 시추 시스템의 요소 부품을 설계·제작하여 국내 및 해외 기업에 납품이 가능하도록 함으로써 고부가 기술 경쟁력 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

핵심2 세부1 RFP

연구개발과제명	방향성 추진체 및 제어기술
1. 연구개발 목표	
	○ RSS 시스템(H/W, S/W 등) 개발, RSS 통신기술 개발, RSS 성능 현장 실증기술 개발 - RSS 제어각도: 16°/100ft, 방향각 성능 : ±3°/hr ○ LWD 시스템의 H/W 및 S/W 개발 및 현장적용기술개발 - LWD 시스템의 측정 성분인 자연감마선/전기비저항, 온도/압력/시추공경 측정기술 개발
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 방향제어 시스템은 시추운영자가 지상에서 시추방향을 원하는 방향으로 제어하기 위한 기술로 핵심기술은 위치파악을 위한 공저센서기술, 지상과 공저간 자료를 전송하는 통신기술, 시추방향을 제어하는 방향제어기술 등으로 구성되며, 개발된 제품의 실제 현장적용을 위해선 현장 성능 및 운영을 위한 현장실증시험이 필수적임 ○ 방향성 시추와 동시에 다양한 지층 물성을 측정하는 시추병행 물리검층(Logging While Drilling: LWD) 시스템은 연구개발에 의해 구축된 방향성 시추 장비와 함께 연결하여 시추이수의 영향이나 공벽손상이 작은 환경에서 지층물성을 측정함. LWD 시스템에서 측정한 자료는 RSS 시스템의 통신시스템을 이용하여 지상으로 전송, 모니터링하며 지층물성 측정 및 시추가궤도의 설계대로 진행되는지 실시간 평가함
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내의 경우 도심지하, 하천이나 강 하부 지층내 수평 및 방향성 시추의 수요가 증가됨에 따라 방향성 시추기술 확보 필요 ○ 북미지역을 중심으로 개발이 활성화되고 있는 셰일 및 치밀 가스/오일 등 비전통자원화의 국내기술로 독자적으로 개발하기 위해 방향성 시추의 핵심기술인 방향제어 기술 확보 필요 ○ 국내 발달된 기계, IT 및 제어 기술을 기반으로 세계 최고 수준의

방향성 시추기술 확보 가능

○ 방향성 시추에 따른 실시간 지층물성 측정은 시추진행 궤도 검증과 제어에 필수적임

○ 윈위치 물성의 실시간 측정을 이용한 정확한 저류층 평가와 이들 자료를 이용한 시추 제어는 탐사/평가/개발에 핵심적인 역할을 수행함

□ 기술동향

□ 국내외 기술동향

○ 미국 슐럼버제이, 헤리버튼 등 메이져 석유시추 서비스 기업의 경우 비전통자원이 부존한 지질특성에 따라 포인터빗(Point-the-Bit), 푸쉬더빗(Push-the-Bit), 하이브리드(Hybrid) 방식 등을 적용하여 방향제어의 효율성을 극대화 하고 있음

○ 그 외에 영국 엔텍 등 소규모 기업의 경우도 개발된 RSS 시스템의 사업화에 성공하여 외국기업에 서비스나 판매하고 있음

○ 유럽의 오스트리아의 핫웰 등 중소기업 서비스 기업도 자체적인 물리검층 기술을 개발하여 아프리카, 중동 증 미국외 지역에 대해 독자적인 서비스 사업을 추진하고 있음

○ 국내에서는 현재 KAIST와 한국지질자원연구원에서 RSS 시스템 개발의 원천기술을 확보하고 시제품을 제작하여 파일럿시험 연구단계에 있으나, 현장실증을 통한 사업화를 추진한 바는 없음

○ 국내에서는 현재 현장 측정 자료에 대한 분석/해석만 수행하고 있으며 장비개발에 대한 연구가 수행된 사례가 없음

3. 연구개발내용 및 범위

□ 세부1과제 : 방향성 추진체 및 제어기술

○ 포인터빗(CBM 등 연약지반용), 푸쉬더빗(치밀사암층 등 강지반용), 하이브리드(셰일가스/오일층 용) 타입별 RSS 설계/제작 및 운영 소프트웨어 개발

○ 지상과 RSS간 실시간 양방향 자료전송 통신기술 개발

○ RSS 성능 현장실증기술 개발(RSS 제어각도: 16°/100ft, 방향각 성능 : ±3°/hr)

○ 시추병행 물리검층 시스템 개발, 측정 H/W 및 S/W 개발: 진동/압력/온도/전원 등을 고려한 측정 H/W 개발(자연감마선, 온도/압력/시추공 크기 등), 자체메모리 저장 및 RSS 시스템과 연계한 자료취득 S/W 개발

○ 시추병행 물리검층 수치모델링/자료처리 및 모형시험 기술개발: Drill pipe를 고려한 물성측정의 수치모사/이미지 자료처리, 시추공환경 보정 등과 축소모형을 이용한 개발 시스템의 성능 검증

○ 시추병행 물리검층 현장적용 및 자료해석: 시추궤도설계에 따른 RSS 시스템의 현장 시험에 적용하고 자료해석 노하우 축적

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 본 연구는 총 3단계 (1단계: 2년, 2단계: 2년, 3단계: 3년)로 구성하여 추진할 계획을 수립하였음

○ 1단계 연구에서는 방향성 드릴링 장비의 사양(시추 깊이 등)에 부합하는 방향성 추진체 및 제어시스템의 각 사양을 선정하고 각 시스템별로 설계를 진행함

○ 2단계 연구에서는 1단계 연구를 통해 설계된 각 장비를 제작·개발하여 시스템화 하고 기본 성능 평가를 실시함

○ 3단계 연구에서는 개발된 연구성과물(시제품 등)을 직접 실제환경의 현장에 적용하여 성능을 테스트하고, 성능이 최적화 되도록 수정/보완/재설계 등을 수행하여 최종 시제품을 출시할 계획임

5. 최종성과물

□ **주요**

최종성과물 [2핵심 1세부과제]

- 방향제어시스템 (RSS)

- 실시간 RSS 자료전송 통신 시스템
- RSS 성능 현장실증 매뉴얼
- 시추병행 물리검층 시스템
- 시추병행 물리검층 시스템 성능검증기술
- 시추병행 물리검층 현장적용 기술/매뉴얼

6. 활용방안 및 기대효과

○ 국내 토목 관련 육상 방향성 시추에 활용

○ 해외 셰일 및 치밀 가스/오일 등 비전통자원 개발에 활용

○ 중소기업 주도의 방향성 시추 핵심기술 확보를 통한 국내 토목 및 자원 기술력 향상(국내 방향성 시추 토목 서비스 사업이나 해외 비전통자원개발 진출과 같은 신시장 창출)에 기여

○ 신시장 창출에 의한 용역비 절감(방향성 시추 2KM 수주 건당 약 20억) 및 청년실업문제(1건당 10명 이상 신규고용창출) 해결에 기여

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

핵심2 세부2 RFP

연구개발과제명	이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술
1. 연구개발 목표	
	○ 시추 작업 중 이수의 순환은 실시간 및 연속적으로 모니터링 되면서 시추 작업에 문제가 없는지를 계속해서 확인하여야 함. 최근에는 비용 및 시간 절감과 환경 보전에 대한 관심이 더욱 커지면서 이 부분에 대한 기술 개발이 지속적으로 진행되고 있음 - 이수 순환 정보 실시간 모니터링 시스템 개발 - 이수 순환 제어 시스템 개발
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 시추작업 중 드릴러(driller)는 시추와 관련된 다양한 정보를 모니터링하며 작업을 감독함. 과거에는 펌프유량과 압력, 후크하중, WOP(weight on bit), ROP(rate of penetration) 같은 굴진작업 관련 내용만 관리되었으나, 최근에는 정보기술의 발달로 다양한 정보들이 모니터링 되고 있으며 이를 통해서 이수 순환이 제어되고 있음 ○ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템은 이수 손실 감시 및 제어, Shale stability, 시추공 내 압력 제어, 윤활 등의 기능을 담당하는 역할을 하며 이를 위해서 필요한 데이터를 수집하기 위한 각종 센서와 데이터 수집 및 분석 장비, 분석 데이터를 수치 및 그래픽으로 나타내는 모니터링 시스템 등으로 구성됨
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 시추 정보 모니터링 및 통합 관리시스템과 연계된 시추 제어설비 구축은 시추 소요 비용의 절감 및 시추작업의 안전성확보를 위한 필수기술이며, 향후 북극 자원개발에 필요한 무인원격시추시스템 개발을 위한 전 단계 기반기술임 ○ 현재 시추시스템 개발 동향은 극한지 환경으로 이동하고 있으며, 이는 후발 주자들에게 기회가 될 수 있음. 또한 자원개발 저개발국 시장에 진출할 수 있는 기반이 될 수 있음 ○ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 개발 및 운용기술 확보는 시추 실증기술 확보를 위해서 반드시 자체 개발되어야 하는 기술임

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템은 시추 서비스 전문 기업인 Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes, Weatherford사 등에서 시추 리그를 제조하는 업체에 공급하고 있음

○ 최근에는 경제적이고 안정적인 시추를 위해서 시추 전에 이수 순환을 검토하는 이수 순환 시뮬레이션 소프트웨어도 많이 개발되고 있음. 이를 통해서 시추공에서 이수의 거동을 사전에 알아볼 수 있음

○ 국내에서는 시추 시스템 개발이나 시추작업이 진행된 사례가 거의 없기 때문에 이와 관련된 기술은 개발된 사례가 없음

○ 다만 방향성 시추를 포함한 시추에 대한 이수 연구가 일부 대학에서 진행되고 있으며, 특히 이수 순환을 기반으로 하는 방향제어기술은 한국지질자원연구원과 KAIST에서 원천기술을 개발하고 있음

3. 연구개발내용 및 범위

○ 세부2과제 : 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술

- 시추 정보 실시간 모니터링 시스템 개발
- 실시간 시추 정보 통신 및 통합 기술
- 시추 속도 및 압력 모니터링 및 관리(제어) 기술 개발
- 원격 시추 제어설비(driller's cabin) 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 본 연구는 총 3단계 (1단계: 2년, 2단계: 2년, 3단계: 3년)로 구성하여 추진할 계획을 수립하였음

○ 1단계 연구에서는 방향성 드릴링 장비의 사양(시추 깊이 등)에 부합하는 이수 순환 모니터링 및 제어시스템의 각 사양을 선정하고 각 시스템별로 설계를 진행함

○ 2단계 연구에서는 1단계 연구를 통해 설계된 각 장비를 제작·개발하여 시스템화 하고 기본 성능 평가를 실시함

○ 3단계 연구에서는 개발된 연구성과물(시제품 등)을 직접 실제환경의 현장에 적용하여 성능을 테스트하고, 성능이 최적화 되도록 수정/보완/재설계 등을

수행하여 최종 시제품을 출시할 계획임

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물 [2핵심 2세부기술]

- 시추 정보 실시간 모니터링 및 관리 시스템
- 원격 시추 제어설비(driller's cabin)
- 시추 정보 모니터링 및 관리 현장실증 메뉴얼

6. 활용방안 및 기대효과

○ 육상 시추시스템 설계 및 국산화

○ 국내 업계의 국·내외 시장 진출에 활용

○ 비개착식 방향성 시추 시스템 개발에 활용

○ 시추 핵심기술 확보를 통한 국내 토목 및 자원개발 기술력 향상

○ 중소기업이 관련 기술을 이용해 시추 시스템의 요소 부품을 설계·제작하여 국내 및 해외 기업에 납품이 가능하도록 함으로써 고부가 기술 경쟁력 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 "국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정"의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타	

핵심2 세부3 RFP

연구개발과제명	이수 혼합 공급 처리시스템
1. 연구개발 목표	
	○ 처리용량 120 m^3/h급 이수 혼합 공급 처리 시스템 핵심장비 개발 ○ 시스템 Integration 및 실증을 통한 내구성 향상·시스템 업그레이드
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 이수 순환시스템은 시추 작업에 있어 가장 중요한 시추공의 동적인 특성을 안정화시키고 시추 비트의 진행에 따른 유활·냉각 및 암편을 제거하는 역할을 수행함. 이수 혼합·공급·처리 장치는 이수물질인 분체와 물을 혼합해 이수를 만들고 시추공으로 공급하는 장치 ○ 이수 공급 장치는 제조된 이수를 이수 펌프를 이용해서 가압해서 시추 파이프를 통해서 비트로 분출시키는 역할을 수행하는 장치 ○ 이수 처리 장치는 시추공을 통해서 암편과 함께 섞여 배출된 이수에서 각종 이물질을 제거하여 다시 이수로 사용할 수 있도록 처리해주는 장치 ○ 본 세부과제의 범위는 이러한 이수 혼합·공급·처리 장치 전체 시스템을 설계·제작·일부 장치 도입 등을 통해서 전체 시스템을 구성하는 것임
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 육상 및 해양플랜트 모든 분야에서 기자재 개발은 중소 기자재 업계가 주도하고 있으나, 경험 부족 및 규모의 영세성으로 인하여 성공적인 국산화 실적은 매우 저조한 실정임 ○ 또한 최근 비전통자원 개발 확대로 시추시스템 시장이 지속적으로 확대되고 있으며, 본 기술은 핵심 기자재 기술이 취약한 국내 해양플랜트 산업에 활용 가능함 ○ 현재 시추시스템 개발 동향은 극한지 환경으로 이동하고 있으며, 이는 후발 주자들에게 기회가 될 수 있음. 또한 자원개발 저개발국 시장에 진출할 수 있는 기반이 될 수 있음
□ 기술동향 □ 국내외 기술동향	

○ 석유 개발을 위한 시추시스템, 특히 이수 순환시스템의 경우 미국은 장비 업체 외에도 이수 운용 서비스 업체가 많음. 주요 업체로는 Drillers Mud System사, NRG Manufactory사, Fluid Systems사, Mud Technology사 등이 있음

○ 중국은 자국 육상 유전을 바탕으로 1990년대 중반부터 장비시장 진출하였음. 주요 업체로는 GN Solids Control사, Zhenghou Xingyue Machinery사, Beijing Frbiz Electronics사, KOSUN-Mud tank사 등이 있음. 또한 중국은 아직까지 업체 간 기술 격차가 큰 것으로 알려져 있음

○ 최근에는 시추 파이프 연결 작업 중에도 이수순환시스템이 정지하지 않고 연속적으로 이수를 순환시켜주는 시스템. 현재 Maris와 NOV 주도로 개발이 진행 중인 이 기술은 UBD (UnderBalance Drilling), ERD (Extended Reach Drilling), HPHT (High Pressure High Temperature) 유정과 압력 제어기 특히 중요한 현장에서 많은 장점을 보이기 때문에 활발한 연구개발 및 실증 연구가 진행되고 있음

○ 이수순환시스템에 적용되고 있는 새로운 기술은 기존에는 시추 파이프 교체 작업 시 이수 순환이 일시적으로 정지되는 시스템에서 파이프 교체 시에도 이수가 계속해서 순환하는 시스템으로의 기술 개발이 진행되고 있음

○ 국내의 시추시스템 제조 산업은 NOV(구 호창기계산업)에서 NOV 시추시스템의 일부 부품을 OEM으로 생산하고 있음

○ 이수시스템의 경우 탱크와 관련된 일부 기자재를 국내 업체 선보공업, 포스코플랜텍 등에서 OEM으로 제조, 납품하고 있음

○ 이수 제작을 위한 분체 이송 및 혼합 시스템은 2013년부터 국가 R&D가 수행되고 있음

3. 연구개발내용 및 범위

□ 세부3과제 : 이수 혼합 공급 처리시스템

○ 1차 처리장치 설계 및 제작 (Shale shaker, Degasser, Desander, 관련

pump 및 Tank)

○ 2차 처리 및 재공급 장치 설계 및 제작 (Centrifuge, Cleaner, Desilter, 관련 pump 및 Tank)

○ 시스템 Integration(처리용량 120 m^3/h), 실증을 통한 내구성 향상 및 업그레이드

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 본 연구는 총 3단계 (1단계: 2년, 2단계: 2년, 3단계: 3년)로 구성하여 추진할 계획을 수립하였음.

○ 1단계 연구에서는 방향성 드릴링 장비의 사양(시추 깊이 등)에 부합하는 이수 혼합·공급·처리 장치의 각 사양을 선정하고 각 장비별로 설계를 진행함

○ 2단계 연구에서는 1단계 연구를 통해 설계된 각 장비를 제작·개발하여 시스템화 하고 기본 성능 평가를 실시함

○ 3단계 연구에서는 개발된 연구성과물(시제품 등)을 직접 실제환경의 현장에 적용하여 성능을 테스트하고, 성능이 최적화 되도록 수정/보완/재설계 등을 수행하여 최종 시제품을 출시할 계획임

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물** **[2핵심 3세부기술]**

- 이수 혼합·공급·처리 요소 장치 및 통합 시스템
- 이수 혼합·공급·처리 시스템 현장실증 메뉴얼

6. 활용방안 및 기대효과

○ 육상 시추시스템 설계 및 국산화

○ 국내 업계의 국·내외 시장 진출에 활용

○ 비개착식 방향성 시추 시스템 개발에 활용

○ 시추 핵심기술 확보를 통한 국내 토목 및 자원개발 기술력 향상

○ 중소기업이 관련 기술을 이용해 시추 시스템의 요소 부품을 설계·제작하여 국내 및 해외 기업에 납품이 가능하도록 함으로써 고부가 기술 경쟁력 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

핵심3 RFP

연구개발과제명	드릴링 설계/시공 정보화 관리 및 지반파쇄 기술
1. 연구개발 목표	
	○ 드릴링 프로젝트의 최적 설계 및 시공을 위한 정보화 및 시각화기반 관리기술을 개발하고, 드릴링공의 생산성을 극대화 시키고 미소진동을 최소화 시킬 수 있는 지반 파쇄기술을 개발 - 시추커팅의 X-ray CT 분석 및 최적화 기술 (현재) 지반 특성화 정밀도 5mm ⇒ (개발) 정밀도 0.1mm이하 - 드릴링 속도/성능을 10%이상 향상 시킬 수 있는 증강현실기반 정보시각화 관리 시스템 (현재) 드릴링 속도 향상 5% ⇒ (개발) 드릴링 속도향상 15% (현재) 가상현실기술 데이터처리속도 100% ⇒ (개발) 증강현실기술 데이터처리속도 140% - 가탐온도 150도, 깊이 5km급 내환경 검층자동화 로봇 (현재) 가탐온도 100도 ⇒ (개발) 가탐온도 150도 이상 (현재) 자동화 로봇 개발 사례 없음 ⇒ (개발) 가탐깊이 5km급 - SRV 10% 이상 개선한 최적 주입유체 시공 및 프로판트 활용기술 * SRV :단위주입률당 파쇄저류 암체적 (현재) 기존 방식 기준 ⇒ (개발)기존 방식 SRV 대비 10% 선
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 드릴링 시작지점과 목표지점 사이의 경로를 최적화하여 설계하기 위한 대상부지의 신뢰적인 지층정보 특성화 및 평가기술을 확보하고, 경제적이고 효율적인 드릴링 및 지반 파쇄 시공이 진행되기 위한 핵심 정보화기반 시각화 시공관리 기술을 개발 * 핵심기능: 설계/시공의 전단계에 걸쳐 드릴링 성능을 경제적이고 효율적으로 관리 할 수 있는 통합관리 시스템기술 * 목적기능: ①지질·지반의 특성분석 및 정보화, ②최적의 드릴링 제어인자 산출 및 효율적 공정/비용관리, ③자동화 검층로봇 기술 ③생산성 극대화 수압파쇄 기술 등 ○ X-ray CT를 활용한 지층 정보를 정밀하게 분석하여 특성화 할 수 있는 알고리즘을 개발하고 이를 3차원 GIS를 기반으로 정보화 할 수 있는 시스템 개발

○ 안정성과 경제성을 확보할 수 있는 드릴링 경로 및 설계정보를 생산하고, 이를 최적성능을 발현하여 드릴링 될 수 있도록 정보를 생산/관리 하는 통합 시각화기반 정보시스템을 개발

○ 방향성 드릴링공을 케이블 없이 자율적으로 주행하며 검층할 수 있는 완전자동화 검층로봇 개발

○ 저류층의 생산성을 극대화 하고, 미소진동을 최소화 할 수 있는 지반파쇄를 위한 최적 유체주입 기술 및 프로판트 재료개발

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ **연구개발의 필요성**

○ **(글로벌 드릴링 수요 증가)** 극한지 비전통 자원·에너지 개발, 대심도 활용도, 각종 파이프라인 시공 분야의 방향성 드릴링 수요가 증가(특히, 방향 제어가 가능한 드릴링 수요 증가율이 높음)

* Exxon Mobil에 따르면, 비OECD국가의 에너지 수요는 2040년까지 약 65% 증가할 것으로 장기 전망(이에 따른 장비, 교체 기자재, 시공·서비스 등)
* Douglas-Westwood(2013)는 서유럽과 아시아를 제외한 세계 전 지역에서 '17년까지 오일/가스의 생산이 지속적으로 증가할 것으로 전망함

○ **(드릴링 프로젝트 관리 중요성)** 드릴링 프로젝트 총 소요비용의 약 10%는 트러블 비용으로 구성되어, 최적의 설계기술과 시공관리 기술의 접목이 절실함.

* 드릴링 리그의 임대비용 및 각종 서비스 비용은 공기의 지연에 따라 엄청난 비용의 손실을 초래하므로 최적의 드릴링 성능을 보장할 수 있는 시공관리 기술 필요.
* 라운드 트립 등의 이산적으로 발생되는 불확실한 트러블 요인이 자주 발생되므로 이를 최소화하여 드릴링 할 수 있는 기술이 필요함.

○ **(자동화 검층로봇 개발 필요)** 현재의 와이어라인 방식의 검층은 케이블의 유지관리, 휴대성, 로깅 장력의 정밀제어 등에서 큰 단점을 보이고 있어 이를 개선하기 위해서는 수 km에 이르는 케이블을 제거할 수 있는 자동화 무인 검층로봇의 개발이 필요함.

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 방향성 드릴기술은 1980년대 이후 급속히 발전하고 있으며, Halliburton사(미국)나 Schlumberger사(독일) 등 일부 기업이 세계 시장을 주도하고 있음

- 방향성 드릴 리그 용량에 따른 시장 점유율은 2011년 기준 15,000 pounds of pullback force 급이 20%, 15,000~50,000 pounds 급이 72.4%, 50,000 pounds 급 이상이 8.6%를 점유

○ Halliburton, Schlumberger 등에서는 드릴링 프로젝트의 설계 및 시공관리의 중요성을 인식하여 각 단계별 정보를 산출하고 관리할 수 있는 시스템을 구축하고 있음.

○ 수압 파쇄과정에서 미소진동의 발생으로 인하여 인근 주변의 민원이 자주 발생하여 공기지연으로 막대한 손실이 발생되고 있어 이를 저감할 수 있는 cyclic injection과 같은 유체 주입기술의 개발이 추진되고 적용단계에 있음.

○ wireline logging 검층 기술은 1900년대 초반 Schulumberger에 의해 개발된 재래식 기술로서 수 km의 연장의 중량의 케이블을 유지관리 및 제어하기가 매우 어려워 호주 등지에서 wireless 방식의 검층 로봇을 개발하기 위한 노력이 진행되고 있음.

3. 연구개발내용 및 범위

□ 핵심3과제 : 드릴링 설계/시공 정보화 관리 및 지반파쇄 기술

○ 세부1과제: 대상 부지 지층정보 특성화 및 평가기술

- 방향성 드릴링 성능영향 지반 정보 정립
- X-ray CT를 활용한 지반 이미지 최적화 및 평가 기술 확보
- Octree 모델을 활용한 지하정보 정보화 방법론 개발
- X-ray CT를 활용한 지반 특성 정보화 모듈 개발
- 3차원 지반 형상 및 지반 통합 정보화 모듈 개발
- 물리탐사 정보 분석 및 특성화 기술 개발
- GIS 기반 공간정보 분석 기술 및 부지 적합성 평가 모듈 개발
- 개발 모듈 통합 및 검증
- 부지특성화 시스템 현장 적용 및 정확도 평가

○ 세부2과제: 방향성드릴링설계/시공/모니터링정보화 기반 관리기술 개발
- 설계 영향정보 및 인자 정립
- 3차원 설계 모듈 개발
- 최적 드릴링 제어 인자 생성 모듈 개발
- 방향성 드릴링 공정 및 비용관리 모듈 개발
- 증강현실 기반 정보시각화 관리 모듈 개발
- 모바일 기반 현장 정보관리 시스템 개발
- 통합 시스템 현장 적용 및 평가

○ 세부3과제: 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술 개발
- 로봇 적용 환경 분석
- 검층 로봇 기능 및 사양 도출
- 내 환경 검층 장비 및 센서 개발
- 부력을 활용한 로봇 구동 모듈 개발
- 지능형 작업계획 생성 알고리즘 개발
- 대심도 고온/고압 조건 초기응력 측정 시스템 및 해석기법 개발
- 자동화 검층로봇 탐사체 개발 및 평가
- 지능형 작업계획 생성 모듈 구축
- 개발 로봇 현장 적용 테스트 및 평가

○ 세부4과제: 지반 파쇄 및 유동성 향상기술 개발
- 지반 수압 파쇄 메커니즘 규명
- 지반 파쇄용 천공 기술 설계 및 개발
- 주입 유체 물성 및 프로판트 활용에 따른 저류층 생산성 분석
- 지반파쇄 모사 시스템 개발
- 미소진동 모니터링 기술 개발
- 지반파쇄 모사 및 최적화 설계 시스템 현장 적용

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 본 연구는 총 3단계 (1단계: 2년, 2단계: 2년, 3단계: 3년)로 구성하여 추질할 계획을 수립하였음.

○ 1단계 연구에서는 본 연구개발 목표를 달성하기 위한 세부 요소기술을 획득하고, 연구개발 목표 달성을 위한 시스템 설계, 알고리즘 개발 등을 수행하여 프레임웍을 개발하고 타당성을 검증함.

○ 2단계 연구에서는 1단계 연구에서 수행한 연구개발 프레임웍 설계내용을 바탕으로 구현을 통한 모듈 및 시스템 개발, 로봇 개발, 분석기술 개발 등을 수행하고 연구실 규모의 테스트를 수행함.

○ 3단계 연구에서는 개발된 연구성과물(시제품 등)을 직접 실제환경의 현장에 적용하여 성능을 테스트하고, 성능이 최적화 되도록 수정/보완/재설계 등을 수행하여 최종 시제품을 출시할 계획임.

○ 국내 토목 및 건설분야 IT 소프트웨어 및 로보틱스 개발업체와의 협력

* 본 연구의 경우 첨단 IT 기술이 필요하기 때문에 고도의 관련 기술력을 구비한 소프트웨어 및 로봇 전문 개발업체와의 협력 개발이 요구됨.

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물** **[핵심3과제]**

- 지층 천공에 따른 지층 특성화 검층기법, 스캐닝장비
  - · 시추커팅의 X-ray CT 분석 및 최적화 기술 (원천기술)
  - · GIS기반 3차원 지반정보 정보화 시스템
  - · 공간분석기술을 활용한 부지 적합성 평가기술
- 드릴링 경로최적화기법, 모니터링 정보화 시스템
  - · 최적 드릴링 제어인자 생성 모듈
  - · 진도관리 자동화 및 시각화 시스템
  - · 증강현실기반 정보시각화 관리 시스템 (S/W, H/W)
  - · 모바일 기반 현장 정보관리 시스템
- 드릴 시스템 다운홀 원격검층유닛, 해석기법
  - · 내환경 검층 장비 및 센서

· 부력을 활용한 로봇구동 메커니즘 기술(원천기술)
· 지능형 검층 작업계획 생성 알고리즘 개발 및 제어기술
- 드릴시스템을 이용한 지층 파쇄유닛, 파쇄공법
· 지반 수압파쇄 메커니즘 규명
· 지반파쇄 모사 시스템
· 최적 주입유체 시공 및 프로판트 활용기술

6. 활용방안 및 기대효과

○ 시추성능을 최적화 하여 능동적으로 관리 할 수 있는 정보시각화 기술은 아직 연구개발 단계로서 본 기술의 개발을 통해 국제 시장을 선도 할 수 있음.

○ 현대중공업, 삼성중공업, 대우해양조선과 같은 해양시추선 제작기관, 그리고 석유공사 및 가스공사와 같은 관리개발기관과 유기적으로 협력하여 연구 성과품의 현장적용을 통해 검증하고 상업화를 추진

○ 무선 자율 주행형 검층로봇은 전 세계의 검층시장의 구도를 획기적으로 변화 시킬 수 있는 연구내용으로서 전통적인 구조의 시장으로의 진출장벽을 허물 수 있는 기술

○ 증강현실 기술의 접목으로 기존 가상현실기술의 가장 큰 단점인 데이터 트래픽문제를 해결할 수 있으며, 이는 타 분야 그래픽 시뮬레이션 및 정보시각화 기술에 프로토타입기술로 적용될 수 있음.

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될

	수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능
8. 기 타	

핵심3 세부1 RFP

연구개발과제명	대상 부지 지층정보 특성화 및 평가기술
1. 연구개발 목표	
	○ 탐사드릴링을 통해 회수된 드릴링 커팅(cuttings)을 X-ray CT촬영을 통해 물성 및 지오메트리를 정밀 분석하여 특성화하고, 이를 3차원 GIS 기반 시스템을 통해 심도별 정보화관리가 수행될 수 있도록 하는 기술 - 시추커팅의 X-ray CT 분석 및 최적화 기술 (현재) 지반 특성화 정밀도 5mm ⇒ (개발) 정밀도 0.1mm이하
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 드릴링 프로젝트 대상 부지의 지층정보는 프로젝트의 경제성 및 기술적 타당성과 밀접히 연관되어 있어 사전 부지의 타당성 평가, 최적의 설계안 도출, 드릴링 성능의 최적화를 위하여 탐사드릴링을 통해 회수된 드릴링 커팅(cuttings)을 X-ray CT촬영을 통해 물성 및 지오메트리를 정밀 분석하여 특성화하고, 이를 심도별 정보화관리가 수행될 수 있도록 하는 기술을 개발함 * 핵심기능: X-ray CT기술기반 지층정보를 정밀하게 분석하여 특성화하고, 해당 정보를 3차원 GIS공간에 정보화 DB를 구축 및 활용할 수 있는 시스템 * 목적기능: ①지질·지반의 특성분석 및 정보화, ②3차원 지반모델 구축, ③GIS기반 지층정보 DB화 등 ○ 3차원 GIS를 기반으로 하는 데이터베이스 시스템을 구축하여, 모든 지반특성화정보를 저장하고 이를 기반으로 드릴링 최적 부지선정, 설계 및 드릴링 시공성능의 최적화를 위한 제반정보로 활용될 수 있는 기술을 구축함 ○ 3차원 지반정보 통합 데이터베이스 구축을 바탕으로 GIS기반 공간정보 분석 기술을 개발하여 부지의 적합성(경제성, 기술타당성 등)에 대한 통합 평가 시스템을 구축함
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 드릴링의 사전 부지타당성 평가는 지층정보가 매우 중요하게 반영되며, 이를 고려하여 최적의 Well Placement를 수행할 수 있음.

○ X-ray CT를 활용한 지반 정밀 특성화 기술은 드릴링 과정중에도 머드이수를 통해 회수되는 시추커팅을 실시간으로 분석하여 보다 정밀한 지층정보를 획득할 수 있는 기술로 응용될 수 있음.

○ 드릴링을 수행하기 위해 사전의 계획/설계 단계라 할 수 있는 Well Planning 단계에서 지층정보는 경제적이고 기술적으로 타당한 설계가 도출되는데 핵심적으로 활용됨.

-지층정보를 통하여 간극압을 분석하여 fracture prediction을 수행할 수 있으며, 지층의 변화를 고려한 casing을 구간별로 설계할 수 있음.

- 지층의 정보를 통해 pore-pressure 및 fracture를 예측하여 최적의 시추머드를 설계하고 이수순환 계획을 수립할 수 있음.

- Casing 파이프의 setting depth의 설정과 비트 프로그램(bit program)은 지하 암반의 특성에 의존되기 때문에 신뢰적인 지층정보의 특성화가 요구됨.

○ 드릴링의 성능은 시추제어인자(Weight on Bit, RPM, hydraulics 등)에 의하여 결정되며, 시추제어인자의 최적화를 위해서는 지반의 압밀도, 강도, 종류 등에 대한 지층정보가 핵심 변수로 적용됨.

○ Enhanced Geothermal Project(심부지열발전)기술의 경우, 수압파쇄과정에서 단층대의 유무, 이방성 등의 지층의 형상 및 물성정보는 유도지진의 최소화 및 균열네트워크의 방향성을 결정짓는 중요한 인자임.

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ X-ray CT를 활용한 3차원 이미지 컨스트럭션 및 해석 기술은 의학 및 기계재료 분야에서 활성화 되고 많은 분석 알고리즘이 개발되어 정밀도가 향상되고 있지만 건설재료 분석 기술은 이에 비해 낙후됨.

○ 최근 MIT 등에서 X-ray CT기술을 활용하여 건설재료의 공극률, 형상, 재료의 특성을 해석하기 위한 많은 기술이 개발되고 있으며, 입자 분석 크기도 보다 세밀화 되고 있음.

○ 국내에서는 건설재료를 대상으로 다양한 건설재료의 물성 및 형상을 분석하고 분석알고리즘을 구축하기 위한 노력이 진행되고 있으나 노이즈 제거 및 보다 정밀화된 분석 알고리즘의 구축이 요구됨.

○ 현재 3차원 GIS 정보화를 위한 많은 연구가 진행되고 있으나, 지반정보까지 통합하여 구축하고 이에 대한 공간해석을 바탕으로 각종 평가를 수행하는 통합 GIS기반 3차원 기반 정보화 및 해석 시스템의 개발이 요구되고 있음.

○ 부지 적합성을 평가하기 위한 기술은 정성적, 정량적 분석 기술이 많이 제시되고 있으나, VE/LCC 및 Multi-criteria 기반 평가기술과 같은 다차원의 평가기술을 바탕으로 한 확률적 종합 평가기술의 개발이 필요함.

3. 연구개발내용 및 범위

○ 세부1과제 : 대상부지 지층정보 특성화 및 평가기술

- 방향성 드릴링 성능영향 지반 정보 정립
- X-ray CT를 활용한 지반 이미지 최적화 및 평가 기술 확보
- Octree 모델을 활용한 지하정보 정보화 방법론 개발
- X-ray CT를 활용한 지반 특성 정보화 모듈 개발
- 3차원 지반 형상 및 지반 통합 정보화 모듈 개발
- 물리탐사 정보 분석 및 특성화 기술 개발
- GIS 기반 공간정보 분석 기술 및 부지 적합성 평가 모듈 개발
- 개발 모듈 통합 및 검증
- 부지특성화 시스템 현장 적용 및 정확도 평가

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 본 연구는 총 3단계 (1단계: 2년, 2단계: 2년, 3단계: 3년)로 구성하여 추진할 계획을 수립하였음.

○ 1단계 연구에서는 드릴링 수행시 필요한 지층정보(지오메트리, 물성 등)를 파악하고, X-ray CT를 통하여 분석할 수 있는 알고리즘을 개발.

○ 2단계 연구에서는 1단계 연구를 통해 특성화된 지층정보를 3차원으로 모델링할 수 있는 보간법을 개발하여 시스템화 하고 해당 정보를 GIS를 기반으로 동기화함.

○ 3단계 연구에서는 개발된 연구성과물(시제품 등)을 직접 실제환경의 현장에 적용하여 성능을 테스트하고, 성능이 최적화 되도록 수정/보완/재설계 등을 수행하여 최종 시제품을 출시할 계획임.

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물 [핵심3과제]

- 지층 천공에 따른 지층 특성화 검층기법, 스캐닝장비
  - · 시추커팅의 X-ray CT 분석 및 최적화 기술 (원천기술)
  - · GIS기반 3차원 지반정보 정보화 시스템
  - · 공간분석기술을 활용한 부지 적합성 평가기술

6. 활용방안 및 기대효과

○ GIS기반 지층정보의 3차원 정보화 기술은 최근 싱크홀 등의 사회적 이슈에 대응 할 수 있는 핵심 정보를 제공 할 수 있음.

○ X-ray CT를 활용한 고정밀 지층물성 분석기술은 타분야 의학, 생물학, 기계산업 등에도 응용될 수 있는 기술임.

○ 지층물성 자동화 분석 알고리즘은 실제 드릴링중 발생되는 커팅의 분석에 적용하여 실시간 심도별 지층정보를 획득하는데 응용될 수 있음.

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

핵심3 세부2 RFP

연구개발과제명	방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리기술
1. 연구개발 목표	
	○ 드릴링 궤적을 최적화하고 드릴링 중공벽의 무너짐을 방지하기 위한 안정화 통합 설계 기술을 확보하며, 증강현실기술 기반으로 방향성 드릴링의 공정을 최적화 하여 경제성을 확보할 수 있는 기술을 개발하며, 드릴링 중 사고를 사전에 예측하고 대응할 수 있는 정보화 설계기술을 확보 - 최적 드릴링 제어인자 생성모듈 및 정보시각화 시스템의 개발 (현재) 드릴링 성능향상 5% ⇒ (개발) 성능향상 15%
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ Well Planning 단계에 따라 GIS기반 지반정보데이터를 활용하여 최적의 머드용액 활용계획, 시멘팅 프로그램, 드릴링공 경로 및 공경 설계, 비트프로그램 등의 단계를 거쳐 최종적으로 설계공정 및 비용을 자동으로 산출하는 시스템을 구축함. ○ 드릴링 시간, 라운드 트립소요시간, 케이싱 및 시멘팅시간, 로깅시간으로 구성되는 임계경로(critical path)에 대한 최적화 시뮬레이션을 개발하고 사용자의 편의성을 고려한 모듈을 개발함. ○ 심도별 드릴링 환경을 고려하여 실시간으로 드릴링 성능을 최적화하기 위하여 인공신경망 기반 WOB(weight on bit), RPM, Hydraulic의 제어인자를 최적화 제어할 수 있는 시스템을 개발함. ○ 효율적인 시공관리 단계에 따라 설계성능(planned performance)과 현장성능(actual performance)를 비교하여 진도관리를 수행할 수 있도록 사전에 산출된 설계성능대비 현장의 성능이 비교될 수 있도록 현장의 성능을 기록하는 리포트 (ex. daily drilling report, mud report, bit record 등)를 자동으로 데이터베이스화 하여 관리할 수 있는 시스템과 진도관리 분석용 성능분석 모듈을 구축함. ○ 본 연구를 통해 개발된 모든 드릴링 프로젝트 관련 정보를 효율적으로 가시화 및 시뮬레이션을 통해 관리 될 수 있도록 3차원 설계정보, 시간정보, 비용정보, 즉 5D기술로 통합된 시각화 인터페이스를 개발하

며, 보다 몰입감과 현장감을 제공할 수 있도록 증강현실기반의 시각화 기술을 개발함.

○ 모바일 기반 현장 정보관리 시스템을 개발하여 실제 광역의 현장에서 이산적으로 위치하여 작업함으로써 협업 체제를 구축하기 어려운 단점을 극복할 수 있도록 정보의 공유가 원활하게 하고, 작업자의 생산성을 극대화 할 수 있는 기술을 개발함.

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ **연구개발의 필요성**

○ 본 기술은 드릴링 프로젝트의 성능을 최적화하여 설계하고 효율적으로 관리할 수 있는 제반기술로서 프로젝트의 비용과 공정을 경제성 있게 관리 가능.

○ 전 세계적으로 드릴링 프로젝트를 가시화하여 관리 할 수 있는 소프트웨어 시장은 아직 개발 및 상용화 단계로서 본 연구의 개발 시 세계시장을 선점

○ 모든 설계 정보를 자동으로 신뢰적으로 예측하는 시스템의 개발은 수행된 적이 없어, 전 세계 최초의 기술로서 이에 관련된 국내 기술력이 세계 최고의 기술로 부각될 수 있음.

○ 일반적으로 드릴링 프로젝트는 성능 예측이 어렵고 이를 과학적으로 발주자에게 예상 비용과 공정을 제시할 수 없어 국내 관리 기술이 전무한 상황에서 해외 드릴링 서비스 회사에 의존하고 있는 입찰, 계약, 설계, 관리에 대한 검토와 사업타당성을 면밀히 분석할 수 있을 것으로 예상.

○ 증강현실기반의 관리 기술은 육안으로 파악하기 힘든 현장의 상태를 가시적으로 관리자 및 사용자에게 필요한 모든 정보를 제공할 수 있어 생산성과 시행착오를 최소화 할 수 있을 것이며, 기존의 가상현실의 단점인 데이터 트래픽 문제를 해결할 수 있음.

○ 진도관리시스템의 개발을 통하여 현장관리자, 발주자는 실제 계획된 비용과 공정이 얼마나 목표가 달성되거나 초과되어 진행되는지 파악할 수 있어 발주자의 기대성능에 부합할 수 있는 인적자원관리, 공정관리, 리스크관리, 비용관리를 수행할 수 있음.

□ **기술동향** □ **국내외 기술동향**

○ 전 세계적으로 드릴링 서비스 기술을 선도하고 있는 Halliburton, Schulumberger 등의 회사에서도 능동적으로 프로젝트 최적화 정보를 생성하고 관리할 수 있는 통합 소프트웨어의 개발은 수행된 사례가 없음

○ 일부 드릴링 설계, 관리를 지원하기 위한 소프트웨어 및 모바일 애플리케이션은 개발되어 보급되고 있으나, 전적으로 전문가의 지식이 필요하고 사용자의 편의성이 낙후된 시스템으로 보급됨.

○ 드릴링 현장에서 생산되는 리포트 정보의 데이터베이스는 파일형태로 저장되고 있으나, 실제 현장 및 관리자는 필요한 정보를 자유롭게 검색하고 분석할 수 있는 시스템이 필요한 실정임.

○ 2D 기술을 기반으로 한 드릴링공 경로 설계 및 BHA 프로그램이 개발되어 있으나, 특히, 3차원 경로해석이 필요한 방향성 드릴링공의 경우 사용자가 공간적으로 이해하기가 어려움.

3. 연구개발내용 및 범위

○ 세부2과제 : 방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리 기술

- 설계 영향정보 및 인자 정립
- 3차원 설계 모듈 개발
- 최적 드릴링 제어 인자 생성 모듈 개발
- 방향성 드릴링 공정 및 비용관리 모듈 개발
- 증강현실 기반 정보시각화 관리 모듈 개발
- 모바일 기반 현장 정보관리 시스템 개발
- 통합 시스템 현장 적용 및 평가

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 본 연구는 총 3단계 (1단계: 2년, 2단계: 2년, 3단계: 3년)로 구성하여 추진할 계획을 수립하였음.

○ 1단계 연구에서는 드릴링 경로를 최적화하여 설계하고 드릴링 성능이 향상될 수 있는 제어인자를 산정하는 알고리즘 개발

○ 2단계 연구에서는 개발된 알고리즘을 모듈로 구현하고, 증강현실 기반 3차원 시뮬레이션 기술과 접목하여 통합 시각화 시스템을 구축함.

○ 3단계 연구에서는 개발된 연구성과물(시제품 등)을 직접 실제환경의 현장에 적용하여 성능의 향상 정도를 테스트하고, 성능이 최적화 되도록 수정/보완/재설계 등을 수행하여 최종 시제품을 출시할 계획임.

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물** **[핵심3과제]**

- 드릴링 경로최적화기법, 모니터링 정보화 시스템
  - · 최적 드릴링 제어인자 생성 모듈
  - · 진도관리 자동화 및 시각화 시스템
  - · 증강현실기반 정보시각화 관리 시스템 (S/W, H/W)
  - · 모바일 기반 현장 정보관리 시스템

6. 활용방안 및 기대효과

○ 전 세계적으로 드릴링 서비스 기술을 선도하고 있는 Halliburton, Schulumberger 등의 회사에서도 능동적으로 프로젝트 최적화 정보를 생성하고 관리할 수 있는 통합 소프트웨어의 개발은 수행된 사례가 없어 시장진출이 매우 낙관적임

○ 프로젝트 관리의 전 프로세스를 시스템을 통하여 능동적으로 해결하는 기술로서 향후 완전 자동화 시장의 태스크 플래너의 개발 시 프로토타입 기술로 활용될 수 있음.

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능
8. 기 타

핵심3 세부3 RFP

연구개발과제명	방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술
1. 연구개발 목표	
	○ 방향성 드릴링 중 다운홀의 공내 정보를 신속하고 정확하게 획득할 수 있는 모듈을 개발하고, 이를 자동으로 수행할 수 있는 원격 로봇형 검층장치를 개발함 - 내환경 검층 장비 및 센서개발 (현재) 가탐온도 100도 ⇒ (개발) 가탐온도 150도 - 부력을 활용한 로봇구동 메커니즘 기술 (현재) 검층로봇 개발 사례 없음 ⇒ (개발) 가탐깊이 5km
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 자동화 로봇검층장치를 개발하기 위하여 머드용액내의 환경에서 에너지 소모를 최소화하고 자유롭게 이동할 수 있는 부력식 로봇검층 메커니즘을 개발하고, 메모리 형식의 검층정보획득 및 이를 분석하여 사용자에게 가시적으로 정보를 제공하는 자동화 정보처리 시스템을 개발하여 통합함. ○ 고온/고압/수중의 극한 조건에서 견딜 수 있는 검층장비(sonde)를 개발하고 로봇 바디를 설계하고 개발함. ○ 고온 고압 극한조건에서도 운영 가능한 wire-line 검층 모듈을 구축하고, 극한조건의 대심도 초기응력 상태를 측정할 수 있는 시스템을 확보함
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 현재 드릴링공의 검층은 윈치(winch)와 케이블을 활용하여 검층장비를 연결하여 드릴링공의 내부를 탐사하는 방식으로서 지하 수 km에 이르는 드릴링공을 검층하는 경우 국내에 적용할 수 있는 장비가 없어 전적으로 해외에 의존하고 있음. ○ 자율탐사형 자동화 검층로봇이 개발될 경우 전 세계 년간 10조원에 달하는 검층시장을 선도할 수 있는 핵심기술이 확보될 수 있음.

○ 기존의 와이어 라인 방식의 검층기술은 케이블의 장력제어가 어려워 정확한 심도에서의 부합하는 정보를 획득하기 위해서는 고도의 엔지니어가 소요되고 특히, 방향성 드릴링공의 경우 활용이 어려운 단점이 있음.

○ 또한, 머드용액으로 케이블이 오염되어 검층후 수 km의 케이블 유지관리가 불편하고, 만약 한 부분의 케이블 내의 연결선이 파단될 경우 유지보수가 사실상 어려워 값비싼 케이블을 전면 교체해야 함.

○ 기존의 전통적인 와이어 라인방식 기술로는 독점되고 있는 세계시장의 진출이 어려워 기존기술의 단점을 획기적으로 극복할 수 있는 첨단기술이 개발됨으로써 시장을 선도하고 점유할 수 있음.

○ 와이어라인 방식의 검층장비는 케이블의 무게만 수십톤에 이르기 때문에 휴대성이 불편하나 와이어라인케이블이 제거된 본 기술은 휴대성이 용이함.

○ 고온/고압에서 적용되는 검층장비센서(sonde)는 국내에서의 기술력이 부족하고 해외에 의존되고 있는 형태로서 국산화가 가능함.

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 현재 드릴링 프로젝트의 검층은 모두 와이어라인 기반의 검층이 수행되고 있는 실정이며, 이 기술은 1900년대 초에 개발된 방식으로서 기술적 진보가 더딘 상태임.

○ 국내에서 대심도의 검층 서비스가 필요한 경우 전적으로 해외의 기술력에 의존하고 있으며, 고중량/부피의 장비를 임대하기 위하여 막대한 비용의 예산이 소요되고 있음.

○ 방향성 드릴링 공의 경우, 와이어라인 방식의 검층이 어려워 드릴링중 검층할 수 있는 MWD(measure while drilling) 및 LWD(logging while drilling) 장비를 BHA부에 조립하여 적용하나 가격이 매우 고가이며, 국내 기술력이 전무함.

○ 검층은 드릴링 총 프로젝트 비용의 5~10%를 차지하는 액티비티로서 해당 시장의 규모가 연간 10조에 육박함 (freedonia, 2010).

3. 연구개발내용 및 범위

○ 세부3과제 : 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술 개발

- 로봇 적용 환경 분석
- 검층 로봇 기능 및 사양 도출
- 내 환경 검층 장비 및 센서 개발
- 부력을 활용한 로봇 구동 모듈 개발
- 지능형 작업계획 생성 알고리즘 개발
- 대심도 고온/고압 조건 초기응력 측정 시스템 및 해석기법 개발
- 자동화 검층로봇 탐사체 개발 및 평가
- 지능형 작업계획 생성 모듈 구축
- 개발 로봇 현장 적용 테스트 및 평가

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략** ○ 본 연구는 총 3단계 (1단계: 2년, 2단계: 2년, 3단계: 3년)로 구성하여 추진할 계획을 수립하였음.

○ 1단계 연구에서는 극한 환경의 드릴링공 내에서 견딜 수 있는 내구성 바디를 설계하고 저전력 고효율의 이동 메카니즘을 설계함

○ 2단계 연구에서는 세부 개발로봇 모듈을 통합하여 자율검층 탐사체를 개발하여 실험실 규모의 테스트를 수행 및 검증함

○ 3단계 연구에서는 개발된 연구성과물(시제품 등)을 직접 실제환경의 현장에 적용하여 성능의 향상 정도를 테스트하고, 성능이 최적화 되도록 수정/보완/재설계 등을 수행하여 최종 시제품을 출시할 계획임.

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물** **[핵심3과제]**

- 드릴 시스템 다운홀 원격검층유닛, 해석기법
  - · 내환경 검층 장비 및 센서
  - · 부력을 활용한 로봇구동 메커니즘 기술(원천기술)
  - · 지능형 검층 작업계획 생성 알고리즘 개발 및 제어기술

6. 활용방안 및 기대효과

○ 와이어라인 로깅방식의 재래식 기술을 첨단 로봇기술로 대체함으로써 연간 10조에 육박하는 검층시장에 진출할 수 있는 기회를 획득함.

○ 고온/고압/수중의 극한 환경에서 저전력, 고내구성의 자동화 로봇을 개발함으로써 우주, 수중, 지중등의 무인화 로봇 기술의 응용기술로서 기술이전이 기대됨.

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

핵심3 세부4 RFP

연구개발과제명	지반 파쇄 및 유동성 향상 기술
1. 연구개발 목표	
	○ 드릴링공의 생산성을 극대화 할 수 있는 대심도 수압파쇄를 수행하기 위한 설계기술을 최적화 하고, 이를 위한 지반 파쇄 메커니즘 규명을 위한 기초연구 수행과 시뮬레이팅 기술을 개발하며, 파쇄지반의 효율을 높이기 위한 첨가재료 및 주입 유체를 최적 설계할 수 있는 기술 - 최적 주입유체 시공 및 프로판트 활용기술 개발 (현재) SRV 5% 증대 ⇒ (개발) SRV 10% 증대 및 미소진동 20% 저감
□ 연구개발의 범위 및 정의	○ 새로운 개념의 지반 파쇄용 천공기술과 지반 패쇄 시 발생하는 미소진동의 모니터링을 설계, 시공 해석하는 기술을 확보하며, 발생하는 미소진동 및 파쇄지반의 생상 성능을 평가하는 기술을 개발 ○ 새로운 주입유체기술의 개발 및 향후 균열 네트워크의 형태 및 방향을 신뢰적으로 예측하여 모사할 수 있는 기술 개발. ○ 균열을 신뢰적으로 유지할 수 있는 고효율 프로판트 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 지반 파쇄기술은 최근 이슈가 되고 있는 셰일가스 및 지열발전 등의 프로젝트에서 자원개발의 생산성을 향상시키기 위해 핵심적으로 수행되는 고급 엔지니어링 기술임. ○ 사전 타당성 검토시 핵심적으로 고려되는 부분은 경제성 검토로서 자원개발의 생산량 검토는 본기술의 사전 시뮬레이션 검토로 수행. ○ 지반 파쇄시 미소진동의 발생으로 인하여 각종 민원 및 사고가 발생할 수 있어 이를 사전에 예측하여 사전 완화(mitigation plan)를 계획하거나 저감할 수 있는 대책을 마련 ○ 지반 파쇄기술의 적용에서는 주입 유체의 물성 및 균열망의 효율적인 틈새확보를 위한 프로판트가 활용되나 국내 기술력은 낙후된 상태이

고, 주입유체의 최적 시공계획 및 모니터링 기술은 해외의 업체에 의존하고 있음.

○ 수압파쇄 기술력의 국산화를 구현하고 신뢰적인 모니터링 및 유도지진 저감기술을 확보하여 국제시장을 선도할 수 있는 기술개발이 반드시 필요함

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 현재 수압파쇄를 통한 균열네트워크의 방향 및 부피를 정확하게 예측하거나 모니터링 할 수 있는 기술적 수준은 매우 부족하고 연구개발 및 적용단계임.

○ 균열네트워크의 상태 및 방향성은 상부에서 미소진동 모니터링을 통해 예측하고 주입유체에 섞어서 주입하는 트레이서(tracer)를 통해 모니터링 하나 이는 사후 피동적으로 대처하는 기술로서, 보다 적극적으로 사전에 정확히 예측하고 사고를 방지하며 최적의 유동성 및 유량을 확보할 수 있는 기술개발이 필요함.

○ 국내 수압파쇄에 대한 엔지니어링 기술 및 장비는 낙후된 수준이며, 독일, 미국등의 일부 기관에 의해 독과점 되고 있는 시장구조임.

○ 최근, 미소진동을 최소화 하기 위한 사이클릭 인젝션(cyclic injection) 유체주입 기술이 개발되고 이에 따른 미소진동의 상태를 예측하는 시뮬레이션 소프트웨어가 개발되고 있으나 검증단계이고 실제 현장에는 테스트 형태로 적용되고 있어 국내에서 본 기술이 확보되면, 세계 시장에 수월하게 진출할 수 있는 구조적 형태가 파악됨.

3. 연구개발내용 및 범위

○ 세부3과제 : 지반 파쇄 및 유동성 향상기술 개발

- 지반 수압 파쇄 메커니즘 규명
- 지반 파쇄용 천공 기술 설계 및 개발
- 주입 유체 물성 및 프로판트 활용에 따른 저류층 생산성 분석
- 지반파쇄 모사 시스템 개발
- 미소진동 모니터링 기술 개발
- 지반파쇄 모사 및 최적화 설계 시스템 현장 적용

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 본 연구는 총 3단계 (1단계: 2년, 2단계: 2년, 3단계: 3년)로 구성하여 추진할 계획을 수립하였음.

○ 1단계 연구에서는 원천기술로서 지층의 물성과 균열네트워크의 생성과의 상관관계를 규명함.

○ 2단계 연구에서는 규명된 상관관계를 바탕으로 모사 시스템을 개발하고, 균열을 신뢰적으로 유지시킬 수 있는 프로판트 재료를 설계 및 제작

○ 3단계 연구에서는 개발된 연구성과물(시제품 등)을 직접 실제환경의 현장에 적용하여 성능의 향상 정도를 테스트하고, 성능이 최적화 되도록 수정/보완/재설계 등을 수행하여 최종 시제품을 출시할 계획임.

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물** **[핵심3과제]**

- 드릴시스템을 이용한 지층 파쇄유닛, 파쇄공법
  - · 지반 수압파쇄 메커니즘 규명
  - · 지반파쇄 모사 시스템
  - · 최적 주입유체 시공 및 프로판트 활용기술

6. 활용방안 및 기대효과

○ 최근 지열발전, 셰일가스등의 활성화에 따른 신대규모 시장의 형성으로 국내 기술력 확보를 통해 국제 시장을 선도할 수 있음.

○ 미소진동을 최소화 할 수 있는 기술을 확보함으로써 프로젝트의 민원을 최소화하여 발주자의 기대공기에 부합할 수 있고, 각종 환경적인 피해를 최소화 함.

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2022. (7년)

- 1차년도 연구개발기간 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)

- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

핵심4 RFP

연구개발과제명	비개착 장거리 관망 시공플랫폼 기술 개발
1. 연구개발 목표	

○ 시공거리 2 km급(수평) 비개착 장거리 관망 시공 시스템과 이의 효과적인 운영(Operating)을 위한 탐사 및 시공 장비 및 기술을 포함하는 플랫폼을 실증 개발

- 시공(탐사)거리 2 km급 **수평 방향성 드릴링 시스템 개발**(장비 실증)
  (현재) 1 km 미만 ⇒ (개발) 2 km(관 직경 300mm 급)
- 지층 탐사 깊이 8m 이상 **정밀 탐사 장비 및 평가 기술 개발**
  (현재) 지층탐사 깊이 5m 미만 ⇒ (개발) 8m / 신뢰성 90%
- 주변 지반 교란 범위 1m 미만 **안전한 도심지 관망 비개착 확공 기술 개발**
  (현재) 비개착 확공 활용 안됨 ⇒ (개발) 주변 지반 교란 범위 1m 이내
- 시공 거리 2 km 이상, **파이프라인 신속 연결 기술 개발**
  (현재) 1 km 미만 ⇒ (개발) 2 km(관 직경 300mm 급)

□ **연구개발의 범위 및 정의**

○ 수평 방향성 드릴링(Horizontal directional drilling)은 **지하 파이프라인을 목표하는 선형으로 대상 지점까지 정밀하게 굴착하여 시공**하는 기술임

* 핵심기능: 수평 방향성 드릴링 시스템의 방향제어 기술을 이용하여, 요구되는 심도에서 3차원 방향제어장비를 통해 지하 매설관을 안전하게 설치
* 목적기능: ①대상 구간의 지장물 위치 및 현황을 **정밀하게 탐사**, ②주변 지장물 및 구조물의 **영향을 최소화**하고 시공 중 **지반 교란을 방지**, ③**안전한 지하 매설관의 설치 및 확공** 등

○ 수평 방향성 드릴링 시스템(시공길이(수평) 2 km)를 위한 시공 플랫폼 구성 핵심 장비 설계·제작기술 및 시스템 통합설계기술, 현장운영기술로 구성

- 수평 방향성 굴착을 위한 드릴비트, 확공기, 이수장치 등 핵심 장치 개발 및 시스템 통합 설계/운영 기술
- 안전하고 정확한 방향 제어를 위한 통합 시스템 설계 및 구축 기술 및 최적제어를 위한 가상 시뮬레이터 및 통합운영 시스템 기술

- 수평 방향성 드릴링 시스템에 대한 신뢰성 검증 및 테스트베드 구축을 통한 현장실증 Test

○ 지하 파이프라인 설치에 수평 방향성 드릴 플랫폼을 활용하기 위해서는 기존 지하 시설물 및 주변 구조물에 미치는 영향을 최소화 하여야 하며, 이를 위한 안전하고 효과적인 지하 공간 탐사 기법이 우선적으로 개발되어야 함
- 기존 지하시설물의 위치와 현황을 정밀하게 탐사할 수 있는 물리 탐사 장치 개발 및 DB구축 기술
- 다양한 물리 탐사 데이터를 기반으로 방향성 굴착 설계 정수를 도출 할 수 있는 복합 분석 기술 및 소프트웨어 기술
- 방향성 굴착 장비를 지반 조사에 활용하는 HDD 활용 현장 조사 장비 및 시스템 기술

○ 기존 지하 매설관의 노후화가 급속히 진행되는 국내 기술 수요에 효과적으로 대응하는 노후화 관망의 확공 및 갱생/교체 기술 개발
- 지반의 굴착 및 기존관의 교체 과정에서 발생 가능한 다양한 지반 교란 및 주변 시설물 영향을 평가하고 예측하기 위한 지반 특성 평가 기술
- HDD를 활용한 관망 확공 핵심 장치 및 운영 기술 개발
- 도심지 관망 확공 시스템 구축 기술 및 테스트 베드 구축을 통한 현장 실증 Test

○ 수평 방향성 드릴 시공을 통한 신속한 파이프라인 설치를 위한 파이프라인 연결 장비 및 시공 기술
- 드릴 롯드(Rod) 자동 공급 시스템 개발 및 운용 기술
- 강도 및 인성이 우수한 고성능 파이프 연결구 개발
- 파이프 자동원주 용접 및 진단기술

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ **연구개발의 필요성**

○ **(도심지 지하공간 개발 확대)** 도심지 과밀화로 인한 지하공간 개발이 가속화 되고 있으나, 기존 현행 지하매설물에 대한 정확한 위치 파악이 어려워 선진화된 지하 파이프라인 기술 적용 한계(경제성과 사회적 손실을 최소화할 수 있는 비개착식 관망 시공 기술의 국내 도입에 큰 걸림돌)

* Horizontal directional drilling(HDD) 공법은 난공사 구간 파이프라인 매설을 위해 세계적으로 활발하게 활용되는 기술로 북미의

경우 1995년 기준으로 약 2,000대의 장비가 파이프라인 매설에 활용되고 있음(Kirby et al. 1997)

* 캐나다와 미국 등 북미지역에서만 년간 약 20,000,000m 구간이 HDD 공법을 활용하여 시공되고 있으며, 70% 이상이 100mm 미만의 소형관임

○ **(기술 경쟁 심화)** 극한지 자원개발 및 중국 시장 확대로 저가의 중국 장비가 시장을 점유하고 있으며, 이로 인해 중소기업 주도로 비개착 굴착 장비를 제조해 오던 국내 시장이 경색

* 미국, 유럽 등 선진국에서는 정밀도와 안정성이 높은 핵심 장치 개발과 최적화된 운영 기술을 패키지화하여 시장성을 확보
* 비개착 분야 세계 시장 경쟁력 확보를 위해서는 고도의 기술력이 요구되는 핵심 장비 분야에 대한 기술력 확보가 우선되어야 하며, 도심지 등 시공 난이도가 높은 지역에 대한 장비 운영 기술 개발이 병행되어야 함
* 향 후 급격한 수요 증가가 예상되는 도심지 구간 비개착 시공 분야에서 세계적인 시장 경쟁력을 확보하기 위해서는 도심지 라이프라인 시공에 최적화된 핵심 장비 개발 및 최적 굴착관리 시스템 개발이 시급함

○ **(노후화관 교체 시급)** 국내 지하 매설관의 80% 이상이 30년 이상된 노후화관으로 교체 및 갱생이 시급하며, 최근에는 씽크홀, 지반함몰 등의 사회적 문제를 야기하고 있어 이에 대한 대안기술이 시급

* 도시 지하공간의 안전성 문제가 최근 중요한 현안으로 대두되고 있는 현 시점에서 경제성과 안전성을 확보할 수 있는 공사구간 인접 구조물 피해 영향 예측 및 안정화 기술은 안전한 국토 활용 및 국민 삶의 질 향상에 기여하는 바가 큼
* 기존 지하 매설관을 안전하고 경제적으로 교체, 갱생하기 위한 비개착 공법은 산업적, 사회적으로 시급성이 요구되는 기술임

○ **(신시장 진출을 위한 독자 기술력 확보)** 도심지 복합지반을 대상으로 한 탐사기술, 장거리 파이프라인 시공, 노후화 관망 교체 등 활용영역과 시장성이 큰 분야로 독자기술 확보를 통해 해외 신시장 개척 및 진출에 활용

* 우리나라 지하매설물 시공은 주로 개착식 시공에 의존하고 있으며, 비개착 시공 도입을 통해 해당 분야를 선도하는 기술력을 확보할 수 있으며, 해외 시장 진출을 위한 기술 경쟁력 확보에도 기여하는 바가 클 것으로 기대

* 동 분야는 고도의 기계 시스템, 첨단센서, 위치 및 지리정보, 시공제어 및 운용기술 등 융·복합 기술로서 국가적인 파급효과가 매우 큼

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 방향성 드릴기술은 1980년대 이후 급속히 발전하고 있으며, Halliburton사(미국)나 Schlumberger사(독일) 등 일부 기업이 세계 시장을 주도하고 있음

○ 비개착식 파이프라인 시공기술의 경우 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등을 설치하는 경우 교통체증이나 소음공해 등을 피하기 위하여 1980년대 이후 급속히 발전하였으며 특히 일본, 독일, 캐나다 등의 선진국에서 세계 시장을 장악

○ 방향성 드릴기술은 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등 건설공사 시 교통체증이나 분진 및 소음 공해 등을 회피하기 위한 목적으로 적용이 증가하는 추세임

○ 미국의 경우 비개착 건설시장의 주요 고객은 2012년 기준 통신 부문이 26.4%, 가스공급 부문이 20.8%, 상수도 부문이 15.5%, 전기 부문이 12.9%, 에너지수송 부문이 12.5%, 하수도 부문이 8.9% 및 기타 4% 정도인 것으로 보고됨

○ 미국과 캐나다에서는 실시간 방향성 시추를 용이하게 하는 코일 튜빙 시추시스템(Coil tubing drilling, CTD) 기술이 활발히 적용되어 전통적 드릴 공법보다 4배 이상의 굴진율을 얻는 등 현재 안정화 단계에 있음

○ 미국의 방향성 드릴 굴착은 1970년대부터 적용되어 2000년대에 활발하게 적용되고 있으나, 대부분의 시공이 로컬 업체에서 이루어지기 때문에 천부 지반의 다목적 방향성 굴착의 시장 규모를 추정이 불가능한 실정

○ 수평 방향성 드릴링(HDD) 시장의 경우 대부분이 로컬 업체에 의한 시공이 이루어지기 때문에 국내 건설기업의 해외시장 진출이 불가능한 실정

○ 수평형 방향성 드릴링(HDD) 시장은 중국, 인도, 홍콩, 말레이시아 등 다양한 국가의 다수 제조사별 다양한 제품을 시판하고 있으나, 전체 드릴링제조사의 90% 이상이 중국에 위치하고 있으며, 시장을 선도하고 있음.

○ 대부분의 장비는 100 ~ 1,500 mm 수준의 수평방향 드릴링이 가능한 유사한 형태를 나타내고 있음.

○ 국내 지열발전 시추분야 대표기업인 한진D&B에서 수평형 방향성 드릴링 리그를 공급하고 있으나, 해외 개발 제품의 라이센싱에 의한 공급에 국한됨

○ 국내 수평 방향성 드릴링(HDD) 시장 형성이 미비한 상태

○ 서울시 수평 방향성 드릴링 시장 규모 추정을 위하여 도로 및 보도의 전력선, 통신선, 관로 등 시공 현황을 집계한 결과 서울시의 도로 및 보도 점용, 굴착공사 2010년 41,761건, 2013년 43,265건으로 2011년을 피크로 순감소 상태임

○ 굴착 후 지반의 이완(침하 유발) 또는 확공으로 인한 지반의 융기 등이 보고되고 이에 대한 수치해석적인 연구가 수행됨. 하지만 이는 표층의 변형에 대한 해석이 그치고, 깊이별로 지반이 어떻게 변화했는지에 대한 고찰이 부족함

○ 굴착 위치에서의 surveying probe sensor와 표층에서 magnetic field를 측정하여 굴착위치를 추적하는 기술에 사용되고 있지만, 주변 지반의 특성 평가 및 변화 평가에 대한 정보를 제공하지 못하고 있음(미국 L-3 Communications사의 TruTracker System은 굴착 위치정보만 제공함)

3. 연구개발내용 및 범위

□ 핵심1과제 : 비개착 관망 시공시스템(장비 실증)기술 개발

○ 세부1과제: HDD공법을 활용한 장거리 관로 매설 기술 개발
- 비개착 관망 드릴링 시공 요소 기술
- HDD 시공을 위한 설계 및 운영 기술 개발
- 장거리 굴착 대응 신속 드릴 로드(Rod) 및 이송 장치 개발
- 장거리 비개착 시공을 위한 용량 설계(안) 마련
- 비개착 관망 시공 플랫폼 설계 및 시스템 제작
- 장거리 대구경 굴착 시 발생하는 지반 이완 및 수축 평가
- 장거리용 Special drill pipe 개발
- 장거리 굴진 시 헤드의 굴진방향 측정 장치 및 시스템 개발

○ 세부2과제: 도심지 대응 혼합지반 수평 굴착 기술 개발
- 도심지 대응 복합지반용 드릴 비트 개발
- 비트 조합을 통한 굴진 성능 향상기법
- 대구경 확공기(Reamer) 개발 및 운용 기술 개발
- 방향성 굴착 제어 스티어링 시스템 개발

○ 세부3과제: 수평 방향성 드릴 시스템 개발 및 현장 실증
- 굴진 위치 평가를 위한 Walk Over 시스템 개발
- 굴착, 방향제어, 이수 등 기능 모듈 탑재 및 제작
- 비개착 시공 플랫폼 구축 및 현장 실증을 통한 적용성 평가

□ 핵심2과제 : 지층 탐사 및 평가 장비 기술 개발

○ 세부1과제: 방향성 굴착 시공을 위한 환경 평가 기술 개발
- 물리탐사를 활용한 도심지 지하공간 탐사 기술 개발
- 방향성 드릴 배관 안정성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사기법
- 지하 공간 DB 복합 분석 기법 및 소프트웨어 개발
- 광섬유 센싱을 위한 센서 활용 요소 기술
- 지하 매설관 내부 건전도 평가를 위한 물리 탐사 기술
- 확률론적 패턴인식 기법을 적용한 손상 유형별 건전도 평가 기술

○ 세부2과제: 방향성 굴착 장비를 활용한 지반조사 장비 및 평가 기술 개발
- 지반오염 및 특수환경 지반에서의 토모그래피 장비 개발
- 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술
- 수평 드릴링 장비 헤더에 접합 가능한 Resistivity LWD 시스템 개발
- 지중-지표간 전기비저항 토모그래피 해석 프로그램
- 수평 방향성 드릴링(HDD)을 활용한 토모그래피 시스템 실증

□ 핵심3과제 : 비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술 개발

○ 세부1과제: HDD를 활용한 관망 확공 기술 개발
- HDD를 활용한 관망 확공 메커니즘 정립
- 리머(Reamer)를 활용한 단계별 확공 process 도출
- 굴착 구경에 따른 단계별 확공 프로세스 정립
- 다양한 관종에 대응 가능한 확공기(Reamer) 개발
- ·관망 확공을 위한 Pull back 속도/용량 제어 기술

- HDD기술을 활용한 주변 지반 최적 그라우팅 공법
- 안전한 관망 확공을 위한 지반 특성 평가 기술

○ 세부2과제: Bursting 장비를 활용한 관망 확공 기술 개발
- 비개착식 노후관 파쇄유닛 개발
- 노후관 파쇄 메커니즘 및 유닛 설계
- 노후관 파쇄 및 확공 모니터링 시스템 개발
- 노후관 파쇄 공간의 지반 안정성 확보기술 개발

□ 핵심4과제 : 비개착 관망 재료 및 연결 기술 개발

○ 세부1과제: 강도 및 인성이 우수한 고강도 파이프 연결구 개발
- 고강도 소재를 적용한 파이프 연결구 설계 및 제조 기술 개발
- 저온인성이 우수한 소재를 적용한 파이프 연결구 설계 및 제조기술 개발
- 새로운 소재가 적용된 파이프 연결구의 성능 평가 기술 개발
- 용접부 수소거동 분석 및 수소취성 방지 기술 개발
- 강도 및 저온인성이 우수한 장거리파이프 연결구 성능 및 안전도 확보

○ 세부2과제: 파이프 자동원주 용접 및 진단 기술
- Laser hybrid, MIAB 등 고속 파이프 연결을 위한 신용접 기술 개발
- 고속 파이프 연결구 시공을 위한 통합제어시스템 개발
- 드릴링 파이프 장거리 용접에 적용이 가능한 용접공정 선정
- 이음부 설계 및 공정 최적화 기술 개발
- 강종별 WPS 선정 및 용접부 성능 확보
- 용접 토치 및 자동용접캐리지 설계/제작
- 파이프 거스 자동용접을 위한 알고리즘 개발
- 파이프 자동용접 통합 운전 시스템 설계/제작
- 품질모니터링 및 용접장치의 통합제어 시스템 설계 및 제작

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ (1단계) 안전하고 경제적인 지하공간 활용을 위해 다양한 지하매설물 설치에 적용 가능한 비개착 관망 시공 요소기술을 개발하고, 장거리 관망 시공이 가능한 플랫폼 설계(안)을 도출

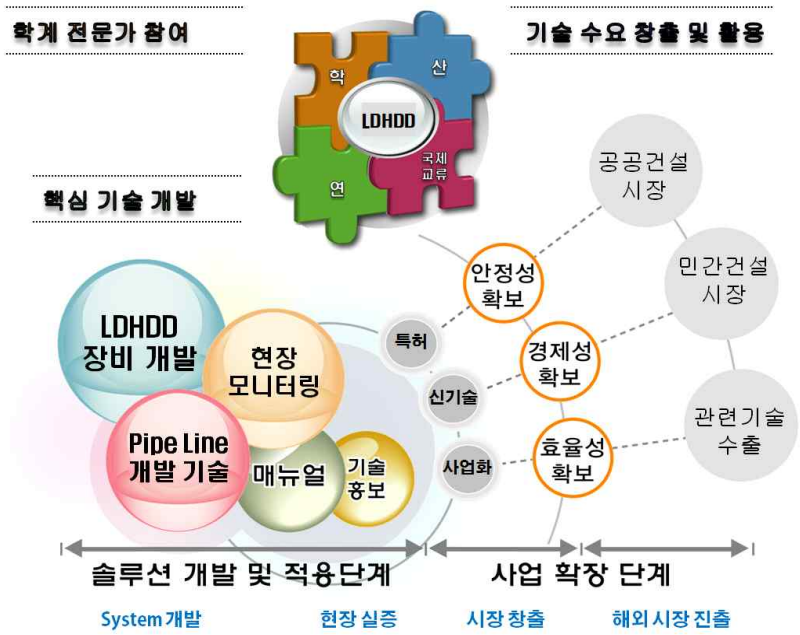
○ (2단계) WBT 수준의 원천/핵심 기술 확보를 위한 1) 최적 관망 시공 시스템 기술, 2) 센싱 및 탐사 기술, 3) 안전한 관망 보수/갱생 기술,

4) 관망 재료 및 연결 기술의 4대 핵심 분야에 대한 연구 과제를 추진

○ 4대 핵심 분야 연구를 통해 비개착 장거리 관망 시공 핵심 기술의 완성도를 높이고, 기술간 연계를 통한 플랫폼을 구축

○ (3단계) 선진기술 추격에서 탈피하여 핵심 독자기술 경쟁력 확보를 위한 비개착 시공 핵심 기술 고도화 및 다양한 지하매설물에 맞춘 최적 시공 솔루션을 도출하여 최종 플랫폼 실증을 통한 DB 구축

- 개발된 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼을 대상으로 실증과제를 추진하고, 통합 DB를 구축하여 해당 분야를 선도할 수 있는 기술 경쟁력 확보
- 법 제도 개선을 통한 국내 비개착 기술 적용 활성화 및 기업 주도의 사업화 전략을 통한 신규 시장 창출



5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물**

- 비개착식 관망 시공장비, 운영시스템
  - · 비개착식 관망 시공플랫폼 설계도서
  - · 비개착식 관망 시공을 위한 소형 천공, 이수유닛 설계
  - · 비개착식 관망 시공 시스템 제작(요소모듈 탑재)
- 비개착 시공을 위한 천심도 지층탐사장비, 진단기법

· 장거리 천심도 관망경로 탐사 및 평가기법
· 천심도 경로 탐사 및 진단 장비
- 비개착식 관로 확공장비, 확공법
· 노후관 등 비개착식 지하관로 확공유닛 제작
· 확공유닛을 이용한 관로 지하관로 확공법
- 비개착 시공을 위한 장수명 재료, 관연결장치, 연결공법
· 비개착식 지하관로 시공성 확보를 위한 관망 소재
· 비개착식 지하 관 연결공법 및 장치

6. 활용방안 및 기대효과

○ 지하 매설관 설치와 관련하여 전통적인 개착식 방식을 탈피한 친환경적이고 안전한 비개착 방식의 관망 시공 활성화
- 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출
- 가스, 전력, 통신, 상수도 등 Life line 성능 향성
- 도심지 및 해저 드릴링 관련 국내외 프로젝트 수주
- 개착 시공에 의한 교통 혼잡 등 국민 삶의 질 저하 방지

○ 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출
- 신산업 및 고용 창출 효과 발생
- 에너지 라인 난공사 구간 경제성 확보 및 공기 단축
- 지반 정수 및 변형 합리적인 예측 정확도 오차를 개선하여 지반조사 분야에 광범위하게 적용 가능

○ 국민 삶의 질 향상
- 비개착 도심지 드릴링 시공에 의한 시민 생활 편익 증대
- 육지-섬 간의 해저 드릴링 시공에 의한 도서지역 거주 주민 생활 향상
- 효과적이고 안전한 배관 운영을 통해 사회기반시설물에 대한 국민 신뢰도 향상
- 상하수 및 전력관 매설 거리 증가에 따라 사회기반시설 사각지대에 있었던 도서지역까지 혜택 확대

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2020. (5년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 0 백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제

별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심4 세부1 RFP

연구개발과제명	HDD공법을 활용한 장거리 관로 매설 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 시공거리 2 km급(수평) 비개착 장거리 관망 시공 시스템과 이의 효과적인 운영(Operating)을 위한 탐사 및 시공 장비 및 기술을 포함하는 플랫폼을 실증 개발 - 시공(탐사)거리 2 km급 **수평 방향성 드릴링 시스템 개발**(장비 실증) (현재) 1 km 미만 ⇒ (개발) 2 km(관 직경 300mm 급) - 2 Type 이상 복합구간 단일 비트 활용 기술 개발 (굴진속도 20% 향상) (현재) 지반조건별 비트 교체 ⇒ (개발) 복합지반 대응 비트 개발 - 도심지 대응형 장거리 수평 방향성 굴착 시스템 구축
□ **연구개발의 범위 및 정의**	○ 비개착(Trenchless) 공법은 전력, 통신, 상하수도관, 에너지수송관 등의 지하매설관을 설치하기 위해 지표로부터 지반을 개착하지 않고, 굴착 시공을 통해 안전하고 신속하게 파이프라인을 설치하는 기술로 정의함 ○ 파이프라인의 장거리 구간 설치가 가능하고, 다양한 지반 조건이 혼재된 도심지에서도 활용 가능한 방향성 수평 드릴링(HDD) 핵심 장치를 개발하고, 시공 플랫폼을 구축하고자 함 ○ 수평 방향성 드릴링(Horizontal directional drilling)은 **지하 파이프라인을 목표하는 선형으로 대상 지점까지 정밀하게 굴착하여 시공**하는 기술임 * 핵심기능: 수평 방향성 드릴링 시스템의 방향제어 기술을 이용하여, 요구되는 심도에서 3차원 방향제어장비를 통해 지하 매설관을 안전하게 설치 * 목적기능: ① 주변 지장물 및 구조물의 **영향을 최소화**하고 시공 중 **지반 교란을 방지**, ② 장거리 비개착 관망 시공에 적합한 시스템, ③ **안전한 지하 매설관의 설치** ○ 수평 방향성 드릴링 시스템(시공길이(수평) 2 km)를 위한 시공 플랫폼 구성 핵심 장비 설계·제작기술 및 시스템 통합설계기술, 현장운영기술로 구성

- 수평 방향성 굴착을 위한 드릴비트, 확공기, 이수장치 등 핵심 장치 개발 및 시스템 통합 설계/운영 기술
- 안전하고 정확한 방향 제어를 위한 통합 시스템 설계 및 구축 기술 및 최적제어를 위한 가상 시뮬레이터 및 통합운영 시스템 기술
- 수평 방향성 드릴링 시스템에 대한 신뢰성 검증 및 테스트베드 구축을 통한 현장실증 Test

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ **연구개발의 필요성**

○ **(도심지 지하공간 개발 확대)** 도심지 과밀화로 인한 지하공간 개발이 가속화 되고 있으나, 기존 현행 지하매설물에 대한 정확한 위치 파악이 어려워 선진화된 지하 파이프라인 기술 적용 한계(경제성과 사회적 손실을 최소화할 수 있는 비개착식 관망 시공 기술의 국내 도입에 큰 걸림돌)

* Horizontal directional drilling(HDD) 공법은 난공사 구간 파이프라인 매설을 위해 세계적으로 활발하게 활용되는 기술로 북미의 경우 1995년 기준으로 약 2,000대의 장비가 파이프라인 매설에 활용되고 있음(Kirby et al. 1997)
* 캐나다와 미국 등 북미지역에서만 년간 약 20,000,000m 구간이 HDD 공법을 활용하여 시공되고 있으며, 70% 이상이 100mm 미만의 소형관임

○ **(기술 경쟁 심화)** 극한지 자원개발 및 중국 시장 확대로 저가의 중국 장비가 시장을 점유하고 있으며, 이로 인해 중소기업 주도로 비개착 굴착 장비를 제조해 오던 국내 시장이 경색

* 미국, 유럽 등 선진국에서는 정밀도와 안정성이 높은 핵심 장치 개발과 최적화된 운영 기술을 패키지화하여 시장성을 확보
* 비개착 분야 세계 시장 경쟁력 확보를 위해서는 고도의 기술력이 요구되는 핵심 장비 분야에 대한 기술력 확보가 우선되어야 하며, 도심지 등 시공 난이도가 높은 지역에 대한 장비 운영 기술 개발이 병행되어야 함
* 향 후 급격한 수요 증가가 예상되는 도심지 구간 비개착 시공 분야에서 세계적인 시장 경쟁력을 확보하기 위해서는 도심지 라이프라인 시공에 최적화된 핵심 장비 개발 및 최적 굴착관리 시스템 개발이 시급함

○ **(신시장 진출을 위한 독자 기술력 확보)** 도심지 복합지반을 대상으로 한 탐사기술, 장거리 파이프라인 시공, 노후화 관망 교체 등 활

용영역과 시장성이 큰 분야로 독자기술 확보를 통해 해외 신시장 개척 및 진출에 활용

* 우리나라 지하매설물 시공은 주로 개착식 시공에 의존하고 있으며, 비개착 시공 도입을 통해 해당 분야를 선도하는 기술력을 확보할 수 있으며, 해외 시장 진출을 위한 기술 경쟁력 확보에도 기여하는 바가 클 것으로 기대
* 동 분야는 고도의 기계 시스템, 첨단센서, 위치 및 지리정보, 시공제어 및 운용기술 등 융·복합 기술로서 국가적인 파급효과가 매우 큼

○ 국내 라이프라인 건설은 대부분 개착식 방법에 의존하고 있으며, 이러한 방식은 높은 건설비용, 긴 공사 기간, 교통 흐름 방해, 도시 미관 및 안전 저해 등의 문제점이 있음

○ 이러한 문제점을 극복할 수 있는 비개착식 공법은 선진국을 중심으로 라이프라인 인프라 구축에 활발하게 활용되고 있으나 국내의 경우 기존 지하 매설물 및 인접 구조물 피해의 위험성과 관련 기술이 미비하여 관련 시장이 활성화 되지 못하고 있음

○ 개착식 방법을 통해 지하매설물을 설치하고 있는 국내 환경에서 보다 경제적이고 안전하게 관망 시공이 가능한 비개착식 시공 방법의 도입이 시급하며, 비개착 시공의 국내 적용성 확대를 위한 핵심 장치 및 국내 환경에 적합한 시공 플랫폼의 개발이 필요함

○ 극한지 자원개발 및 중국 시장 확대로 저가의 중국 장비가 시장을 점유하고 있으며, 이로 인해 중소기업 주도로 비개착 굴착 장비를 제조해 오던 국내 시장이 경색

○ 미국, 유럽 등 선진국에서는 정밀도와 안정성이 높은 핵심 장치 개발과 최적화된 운영 기술을 패키지화하여 시장성을 확보

○ 비개착 분야 세계 시장 경쟁력 확보를 위해서는 고도의 기술력이 요구되는 핵심 장비 분야에 대한 기술력 확보가 우선되어야 하며, 도심지 등 시공 난이도가 높은 지역에 대한 장비 운영 기술 개발이 병행되어야 함

○ 향 후 급격한 수요 증가가 예상되는 도심지 구간 비개착 시공 분야에서 세계적인 시장 경쟁력을 확보하기 위해서는 도심지 라이프라인 시공에 최적화된 핵심 장비 개발 및 최적 굴착관리 시스템 개발

이 시급함

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 방향성 드릴기술은 1980년대 이후 급속히 발전하고 있으며, Halliburton사(미국)나 Schlumberger사(독일) 등 일부 기업이 세계 시장을 주도하고 있음

○ 비개착식 파이프라인 시공기술의 경우 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등을 설치하는 경우 교통체증이나 소음공해 등을 피하기 위하여 1980년대 이후 급속히 발전하였으며 특히 일본, 독일, 캐나다 등의 선진국에서 세계 시장을 장악

○ 방향성 드릴기술은 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등 건설공사 시 교통체증이나 분진 및 소음 공해 등을 회피하기 위한 목적으로 적용이 증가하는 추세임

○ 미국의 경우 비개착 건설시장의 주요 고객은 2012년 기준 통신 부문이 26.4%, 가스공급 부문이 20.8%, 상수도 부문이 15.5%, 전기 부문이 12.9%, 에너지수송 부문이 12.5%, 하수도 부문이 8.9% 및 기타 4% 정도인 것으로 보고됨

○ 미국과 캐나다에서는 실시간 방향성 시추를 용이하게 하는 코일 튜빙 시추시스템(Coil tubing drilling, CTD) 기술이 활발히 적용되어 전통적 드릴 공법보다 4배 이상의 굴진율을 얻는 등 현재 안정화 단계에 있음

○ 미국의 방향성 드릴 굴착은 1970년대부터 적용되어 2000년대에 활발하게 적용되고 있으나, 대부분의 시공이 로컬 업체에서 이루어지기 때문에 천부 지반의 다목적 방향성 굴착의 시장 규모를 추정이 불가능한 실정

○ 수평 방향성 드릴링(HDD) 시장의 경우 대부분이 로컬 업체에 의한 시공이 이루어지기 때문에 국내 건설기업의 해외시장 진출이 불가능한 실정

○ 수평형 방향성 드릴링(HDD) 시장은 중국, 인도, 홍콩, 말레이시아 등 다양한 국가의 다수 제조사별 다양한 제품을 시판하고 있으나, 전체 드릴링제조사의 90% 이상이 중국에 위치하고 있으며, 시장을 선도하고 있음.

○ 대부분의 장비는 100 ~ 1,500 mm 수준의 수평방향 드릴링이 가능한 유

사한 형태를 나타내고 있음.

○ 국내 지열발전 시추분야 대표기업인 한진D&B에서 수평형 방향성 드릴링 리그를 공급하고 있으나, 해외 개발 제품의 라이센싱에 의한 공급에 국한됨

○ 국내 수평 방향성 드릴링(HDD) 시장 형성이 미비한 상태

○ 서울시 수평 방향성 드릴링 시장 규모 추정을 위하여 도로 및 보도의 전력선, 통신선, 관로 등 시공 현황을 집계한 결과 서울시의 도로 및 보도 점용, 굴착공사 2010년 41,761건, 2013년 43,265건으로 2011년을 피크로 순감소 상태임

○ 굴착 후 지반의 이완(침하 유발) 또는 확공으로 인한 지반의 융기 등이 보고되고 이에 대한 수치해석적인 연구가 수행됨. 하지만 이는 표층의 변형에 대한 해석이 그치고, 깊이별로 지반이 어떻게 변화했는지에 대한 고찰이 부족함

○ 굴착 위치에서의 surveying probe sensor와 표층에서 magnetic field를 측정하여 굴착위치를 추적하는 기술에 사용되고 있지만, 주변 지반의 특성 평가 및 변화 평가에 대한 정보를 제공하지 못하고 있음(미국 L-3 Communications사의 TruTracker System은 굴착 위치정보만 제공함)

3. 연구개발내용 및 범위

○ 세부1과제: HDD공법을 활용한 장거리 관로 매설 기술 개발
- 비개착 관망 드릴링 시공 요소 기술
- HDD 시공을 위한 설계 및 운영 기술 개발
- 장거리 굴착 대응 신속 드릴 로드(Rod) 및 이송 장치 개발
- 장거리 비개착 시공을 위한 용량 설계(안) 마련
- 비개착 관망 시공 플랫폼 설계 및 시스템 제작
- 장거리 대구경 굴착 시 발생하는 지반 이완 및 수축 평가
- 장거리용 Special drill pipe 개발
- 장거리 굴진 시 헤드의 굴진방향 측정 장치 및 시스템 개발

○ 세부2과제: 도심지 대응 혼합지반 수평 굴착 기술 개발
- 도심지 대응 복합지반용 드릴 비트 개발
- 비트 조합을 통한 굴진 성능 향상기법

- 대구경 확공기(Reamer) 개발 및 운용 기술 개발
- 방향성 굴착 제어 스티어링 시스템 개발

○ 세부3과제: 수평 방향성 드릴 시스템 개발 및 현장 실증
- 굴진 위치 평가를 위한 Walk Over 시스템 개발
- 굴착, 방향제어, 이수 등 기능 모듈 탑재 및 제작
- 비개착 시공 플랫폼 구축 및 현장 실증을 통한 적용성 평가

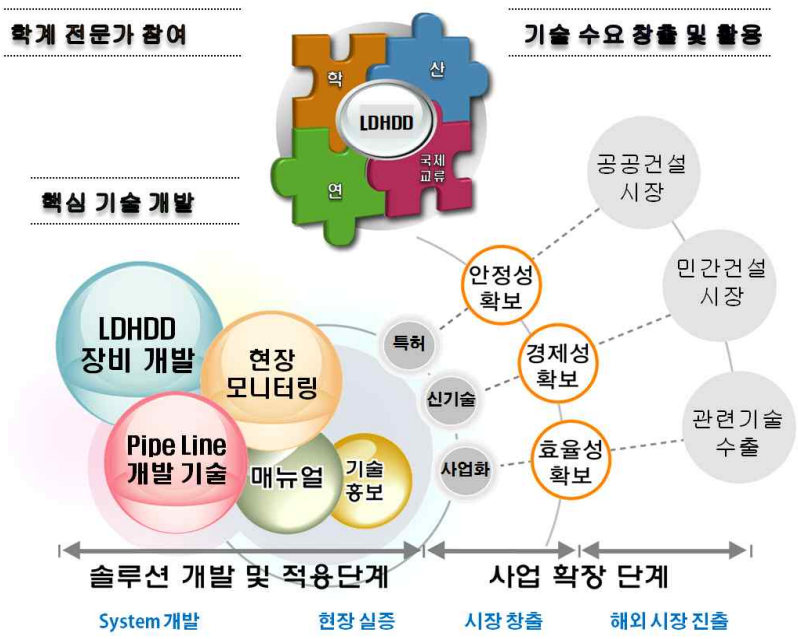
4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 기업의 기술 Needs를 반영하여 안전하고 경제적인 지하공간 활용을 위해 다양한 지하매설물 설치에 적용 가능한 비개착 관망 시공 요소 기술을 개발

○ 선진기술 추격에서 탈피하여 핵심 독자기술 경쟁력 확보를 위한 비개착 시공 핵심 기술 고도화 및 다양한 지하매설물에 맞춘 최적 시공 솔루션을 도출하여 최종 플랫폼 실증을 통한 DB 구축

○ 비개착 관망 시공 시스템의 테스트배드를 통한 실정 단계를 거쳐 현장 적용성을 확보하고 기술 사업화 추진
- 개발된 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼을 대상으로 실증과제를 추진하고, 통합 DB를 구축하여 해당 분야를 선도할 수 있는 기술 경쟁력 확보
- 법 제도 개선을 통한 국내 비개착 기술 적용 활성화 및 기업 주도의 사업화 전략을 통한 신규 시장 창출



5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물**

- 비개착식 관망 시공장비, 운영시스템
  - · 비개착식 관망 시공플랫폼 설계도서
  - · 비개착식 관망 시공을 위한 소형 천공, 이수유닛 설계
  - · 비개착식 관망 시공 시스템 제작(요소모듈 탑재)

6. 활용방안 및 기대효과

○ 지하 매설관 설치와 관련하여 전통적인 개착식 방식을 탈피한 친환경적이고 안전한 비개착 방식의 관망 시공 활성화

- 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출
- 가스, 전력, 통신, 상수도 등 Life line 성능 향성
- 도심지 및 해저 드릴링 관련 국내외 프로젝트 수주
- 개착 시공에 의한 교통 혼잡 등 국민 삶의 질 저하 방지

○ 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출

- 신산업 및 고용 창출 효과 발생
- 에너지 라인 난공사 구간 경제성 확보 및 공기 단축
- 지반 정수 및 변형 합리적인 예측 정확도 오차를 개선하여 지반조사 분야에 광범위하게 적용 가능

○ 국민 삶의 질 향상

- 비개착 도심지 드릴링 시공에 의한 시민 생활 편익 증대
- 육지-섬 간의 해저 드릴링 시공에 의한 도서지역 거주 주민 생활 향상
- 효과적이고 안전한 배관 운영을 통해 사회기반시설물에 대한 국민 신뢰도 향상
- 상하수 및 전력관 매설 거리 증가에 따라 사회기반시설 사각지대

에 있었던 도서지역까지 혜택 확대

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2020. (5년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 22,700백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 2,270백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음

- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포

함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심4 세부2 RFP

연구개발과제명	지층 탐사 및 평가 장비 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 비개착 관망 시공기술의 국내 적용을 위한 핵심 요소인 기존 관망의 건전도를 평가하고, 지하 매설물 및 지장물의 정확한 위치 정보를 획득하기 위한 핵심 기술 개발 및 수평 방향성 장비를 활용한 새로운 지반 조사 장비 및 평가 기술 개발 - 지층 탐사 깊이 8m 이상 **정밀 탐사 장비 및 평가 기술 개발** (현재) 지층탐사 깊이 5m 미만 ⇒ (개발) 8m / 신뢰성 90% - 방향성 굴착 장비 활용 지반조사 시스템 개발 (현재) 관련 기술 부재, 물리 탐사 신뢰도 낮음 ⇒ (개발) 방향성 토모그래피 시스템 개발 / 수평 방향성 지중 시료 샘플러 개발%
□ **연구개발의 범위 및 정의**	○ 다양한 매설물이 산재한 도심지 지하 공간에 대한 정확한 위치정보 및 지반 정보 획득과 비개착 시공에 필요한 설계 정수 도출을 위한 첨단 물리탐사 기법을 개발하고 신뢰성 있는 해석 프로세스를 도출하여 비개착 시공의 안정성을 확보하고자 함 ○ 지하 파이프라인 설치에 수평 방향성 드릴 플랫폼을 활용하기 위해서는 기존 지하 시설물 및 주변 구조물에 미치는 영향을 최소화 하여야 하며, 이를 위한 안전하고 효과적인 지하 공간 탐사 기법이 우선적으로 개발되어야 함 - 기존 지하시설물의 위치와 현황을 정밀하게 탐사할 수 있는 물리탐사 장치 개발 및 DB구축 기술 - 다양한 물리 탐사 데이터를 기반으로 방향성 굴착 설계 정수를 도출 할 수 있는 복합 분석 기술 및 소프트웨어 기술 - 방향성 굴착 장비를 지반 조사에 활용하는 HDD 활용 현장 조사 장비 및 시스템 기술
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ **연구개발의**	○ 도심지 라이프라인 시공에서 비개착 방법의 적용은 많은 장점을 가지

필요성	고 있으나, 기존 지하 매설물 피해에 대한 위험성으로 인해 제한적으로만 활용되고 있음 ○ 실제 현장에서 라이프라인 시공 중 발생하는 주변 매설물 파손이나 성능저하에 대해서는 시공 업체에 책임이 따르며, 발주기관에서도 공사 중 발생할 수 있는 사고 위험을 고려하여 비개착 공법의 적용을 꺼리고 있음 ○ 현재 7대 중요 지하매설관을 대상으로 위치정보와 현황정보를 수집하여 관리하고 있으나, 라이프라인의 설계 선형과 실제 매설 위치가 상이한 경우가 많아 시공에 앞서 현장 매설관과 주변 지변에 대해 정밀한 탐사를 통해 확인하는 과정이 반드시 필요함 ○ 도로, 보행로 등 주변 인프라 성능 저하를 최소화 하면서 경제적으로 라이프라인을 시공할 수 있는 비개착 공법의 적용 활성화를 위해서는 기존 지하매설물에 대한 위치 정보와 현황 정보를 정밀하게 탐지할 수 있는 기술 개발이 우선되어야 함 ○ 도심지 라이프라인의 경우 유지관리 및 보수보강의 용이성으로 인해 주요 도로를 중심으로 다양한 종류의 매설관들이 설치되어 있으며, 관의 재질, 규격, 수용물 등이 달라 물리탐사의 신뢰성을 저해하는 원인이 되고 있으며, 이러한 매설관들의 간섭 영향을 최소화 할 수 있는 효과적인 물리 탐사 프로세스의 개발이 필요함 ○ 도심지 지하공간의 개발 및 활용이 가속화됨에 따라, 복잡하게 얽힌 기존 지하공간 정보를 효과적으로 수집하여 요구되는 성능을 발현할 수 있도록 라이프라인을 설계하는 최적 선형 설계 기술 개발이 시급함 ○ 지하 공간의 과밀화와 경제적 요인으로 지하 매설물 설치 심도가 깊어지는 추세에 대응하여 기존의 물리 조사 심도의 한계를 극복할 수 있는 새로운 방식의 지중 탐사 기술 개발 수요가 증가하고 있음
□ 기술동향	**□ 국내외 기술동향** ○ 굴착 후 지반의 이완(침하 유발) 또는 확공으로 인한 지반의 융기 등이 보고되고 이에 대한 수치해석적인 연구가 수행됨. 하지만 이는 표층의 변형에 대한 해석이 그치고, 깊이별로 지반이 어떻게 변화했는지

에 대한 고찰이 부족

○ 굴착 위치에서의 surveying probe sensor와 표층에서 magnetic field를 측정하여 굴착위치를 추적하는 기술에 사용되고 있지만, 주변 지반의 특성 평가 및 변화 평가에 대한 정보를 제공하지 못하고 있음(미국 L-3 Communications사의 TruTracker System은 굴착 위치정보만 제공함).

○ 방향성 굴착은 개착 굴착과 같이 공정이 복잡하지 않아서 친환경 기술로 주목 받고 있음. 따라서, 석유 시추 또는 석탄 채굴에 많이 응용됨. 굴착 위치에서의 surveying probe sensor와 표층에서 magnetic field를 측정하여 굴착위치를 추적

○ In-situ 시험을 수행할 경우, 물질 상태 자체를 평가하기 위해서는 깊이에 따른 응력 효과를 제거해야 함. 따라서 이에 대한 보정을 하고 있는데, 이에 대한 구체적인 이론적 경험적 고찰이 필요

○ 얕은 지반에서의 응력 이완이나 다짐 등으로 인한 지반 변화를 평가하기 위해서는 콘관입시험이 효과적이고 정확함. 콘관입저항력을 측정하여 사질토의 상대밀도 변화등을 평가하고 점성토의 경우 과압밀비를 예측할 수 있음. 이 외 다른 지반 특성을 평가하기 위하여 효율적이고 표준화된 새로운 하이브리드 장비가 필요

○ 다채널 육상 탄성파 탐사의 경우 3성분(3축)측정, 해상의 경우 3성분 혹은 압력을 포함한 4성분 측정이 미래 동향임

○ 탄성파 탐사는 최근에는 4D(4D seismic) 기법이 보다 효율적인 탄화수소 생산, 이산화탄소지중저장 등을 위해 도입되고 있음

○ 4D 탄성파 탐사는 유전 등에서 탄화수소 생산에 따른 유체의 분포 변화 등을 파악하기 위해, 시간 경과 3차원 탄성파 탐사를 수행하는 것으로 유전이나 가스전에서 회수율 증대, 관리 등에 활용하고 있음

○ 해저탐사기술은 기존 음파를 이용하여 2차원, 3차원 해저 지반 탐사기술을 활용하였으나 최근에는 4D(4D seismic), 4C(4C seismic)기법이 도입되고 있음

○ 세계 메이저사들과 XTO, EOG, Chesapeake 등 미국 내 중견 기업들

의 종합적인 자료해석으로 시추위치 선정과 Optimized Well spacing, 신석유·가스 자원 시추/완결 기법들의 진전이 이루어짐

○ 미국 텍사스 바넷셰일 지역에서 활발히 활동하고 있는 EOG, Pioneer Natural Resources 등은 유정 간 수압파쇄에 의한 균열의 연결성을 증가 시키는 Combo Play 기술을 보유하고 있음

○ 지하 지질구조를 바탕으로 수치정보모델을 구조화하고, 저류층 균열메커니즘을 바탕으로 유체주입조건에 따른 예측 균열형상을 모사하며, 분석 결과에 대한 가치를 평가할 수 있는 기술로 구분됨

3. 연구개발내용 및 범위

○ 세부1과제: 방향성 굴착 시공을 위한 환경 평가 기술 개발
- 물리탐사를 활용한 도심지 지하공간 탐사 기술 개발
- 방향성 드릴 배관 안정성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사기법
- 지하 공간 DB 복합 분석 기법 및 소프트웨어 개발
- 광섬유 센싱을 위한 센서 활용 요소 기술
- 지하 매설관 내부 건전도 평가를 위한 물리 탐사 기술
- 확률론적 패턴인식 기법을 적용한 손상 유형별 건전도 평가 기술

○ 세부2과제: 방향성 굴착 장비를 활용한 지반조사 장비 및 평가 기술 개발
- 지반오염 및 특수환경 지반에서의 토모그래피 장비 개발
- 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술
- 수평 드릴링 장비 헤더에 접합 가능한 Resistivity LWD 시스템 개발
- 지중-지표간 전기비저항 토모그래피 해석 프로그램
- 수평 방향성 드릴링(HDD)을 활용한 토모그래피 시스템 실증

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 비개착 관망 시공의 국내 적용을 위한 핵심 요소인 기존 지하 매설관 및 지장물의 정확한 위치 정보 획득이 가능한 환경 평가 기술 개발

○ 연구기관 및 학계를 중심으로 물리탐사 관련 원천 기술을 확보하고 기존의 지중 매설관 데이터를 활용한 Big Data 기반 시공 환경 평가

및 설치 선형 정보 제공 시스템 구축

○ 수평 방향성 굴착 장비를 활용한 토모그래피 조사 장비 및 지중 시료 샘플링 장비를 새롭게 개발하고, 지반 조사의 신뢰성을 향상

○ 비개착 관망 시공 환경 조건별 시나리오 분석 및 현장 실증을 통해 지층 탐사 및 평가 장비의 현장 적용성 및 신뢰도를 검증

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물**

- 비개착 시공을 위한 천심도 지층탐사장비, 진단기법
  - · 장거리 천심도 관망경로 탐사 및 평가기법
  - · 천심도 경로 탐사 및 진단 장비

6. 활용방안 및 기대효과

○ 지하 매설관 설치와 관련하여 전통적인 개착식 방식을 탈피한 친환경적이고 안전한 비개착 방식의 관망 시공 활성화
- 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출
- 가스, 전력, 통신, 상수도 등 Life line 성능 향성
- 도심지 및 해저 드릴링 관련 국내외 프로젝트 수주
- 개착 시공에 의한 교통 혼잡 등 국민 삶의 질 저하 방지

○ 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출
- 신산업 및 고용 창출 효과 발생
- 에너지 라인 난공사 구간 경제성 확보 및 공기 단축
- 지반 정수 및 변형 합리적인 예측 정확도 오차를 개선하여 지반 조사 분야에 광범위하게 적용 가능

○ 국민 삶의 질 향상
- 비개착 도심지 드릴링 시공에 의한 시민 생활 편익 증대
- 육지-섬 간의 해저 드릴링 시공에 의한 도서지역 거주 주민 생활 향상
- 효과적이고 안전한 배관 운영을 통해 사회기반시설물에 대한 국민 신뢰도 향상
- 상하수 및 전력관 매설 거리 증가에 따라 사회기반시설 사각지대에 있었던 도서지역까지 혜택 확대

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2020. (5년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 9,400백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 940백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화・가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검・관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표・내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정・보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화・명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포

함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심4 세부3 RFP

연구개발과제명	비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 수평 방향성 굴착 공법과 Bursting 공법을 활용한 노후화 관망 교체/갱생 기술 개발 및 지반 안정화 기술 개발 - HDD를 활용한 관망 교체 기술 개발 - Bursting 장비를 활용한 관망 교체/갱생 기술 개발 - 주변 지반 교란 범위 1m 미만 **안전한 도심지 관망 비개착 확공 기술 개발** (현재) 비개착 확공 활용 안됨 ⇒ (개발) 주변 지반 교란 범위 1m 이내
□ **연구개발의 범위 및 정의**	○ 급속하게 증가하고 있는 노후화된 라이프라인의 경제적이고 효과적인 보수 보강을 위한 비개착 교체/갱생 핵심 장비 개발과 국내 시장 활성화를 위한 기준 정립 ○ 노후화 라이프라인 보수 보강 의사결정을 위해 관체 자체의 정밀 탐지와 주변 지반 상태 평가를 통한 건전도 진단 프로세스 개발 및 신뢰성 기반의 유지보수 기법(RCM, Reliability Centered Maintenance) 개발 ○ 기존 지하 매설관의 노후화가 급속히 진행되는 국내 기술 수요에 효과적으로 대응하는 노후화 관망의 확공 및 갱생/교체 기술 개발 - 지반의 굴착 및 기존관의 교체 과정에서 발생 가능한 다양한 지반 교란 및 주변 시설물 영향을 평가하고 예측하기 위한 지반 특성 평가 기술 - HDD를 활용한 관망 확공 핵심 장치 및 운영 기술 개발 - 도심지 관망 확공 시스템 구축 기술 및 테스트 베드 구축을 통한 현장 실증 Test
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ **연구개발의 필요성**	○ 국내 도심지에 설치된 라이프라인 중 20년을 경과한 노후관은 급속하게 증가하고 있으나, 해당 라이프라인을 교체하거나 갱생하는 비율은 낮음

○ 최근 대규모 지반침하 및 싱크홀 발생 등으로 인해 노후화 관망의 보수 보강에 대한 필요성이 대두되고 있으며, 이를 위한 예산 확충 등의 가시적인 정책 지원이 이루어지고 있음

○ 노후화 관망을 보수 보강하기 위해 국내에서는 지반을 개착하여 신규관을 매설하는 것이 일반적이며, 이러한 개착식 시공방법은 주변 교통흐름 방해, 높은 건설비용, 긴 작업 시간 등의 문제점이 있음

○ 노후화 관망의 증가에 효과적으로 대응하기 위해 경제적이고 빠른 시공이 가능한 다양한 라이프라인 갱생, 교체 기술의 개발이 시급함

○ 미국과 유럽을 중심으로 기존 관망을 교체, 갱생하기 위한 다양한 비개착 공법이 적용되고 있으며, 관련 기술 및 시장 활성화가 급속히 이루어지고 있으나 국내에서는 해당 기술의 도입 및 활용이 미비한 실정임

○ 노후화로 인한 라이프라인 성능저하가 큰 영향을 미치는 도심지에 효과적으로 적용 가능한 관망 갱생 및 교체 기술이 필요하며 작은 작업공간에서 활용이 가능한 수평 방향성 굴착, Bursting 등의 기술 개발이 우선적으로 이루어져야함

○ 도로, 보도 등 인공지반에 매설된 인프라에 대한 잦은 공사로 인한 소음, 진동, 비산먼지 등은 정온한 환경을 파괴하는 주범이 되고 있어 이를 해결할 수 있는 노후관 개량기술이 필요함.

○ 또한, 개착식 관로 공사는 도로, 보도를 점유하고 시행되기 때문에 도로통제가 불가피하여 교통체증의 주요한 원인이 되고 보행자 및 차량의 안전을 위협하는 요인이 되므로 비개착식 공법의 도입이 필요함.

○ 특히, 기존에 설치된 도심지의 하수관은 5-10년 재현빈도의 강우를 배제할 수 있는 기준으로 설계되어 구축되었으나, 최근 이상기후에 의한 집중호우의 증가로 하수관 설계 기준을 재현빈도 성능에서 시간방재 성능기준으로 변경할 예정이며 이를 위해서는 지선 또는 간선 하수관의 관경 확대가 필수적임.

○ 기존의 비개착 하수관 개량공법은 기존관 안쪽으로 신관을 형성하는 기술로 오히려 통수단면적이 감소되며, 하수관이 구조적으로 문제되지

않는 범위에서만 보수가 가능하므로 관 단면 축소, 침하, 이음부 어긋남 등의 구조적 문제로 인해 통수능이 저하된 경우에 적용할 수 있는 기술개발이 필요함.

○ 기타 지하 매설물이 얽혀 있는 지반환경과 복잡한 배수구조를 가진 국내 환경을 고려할 때 비개착 확관 시공기술의 개발이 시급함.

☐ 기술동향 ☐ 국내외 기술동향

○ 굴착 후 지반의 이완(침하 유발) 또는 확공으로 인한 지반의 융기 등이 보고되고 이에 대한 수치해석적인 연구가 수행됨. 하지만 이는 표층의 변형에 대한 해석이 그치고, 깊이별로 지반이 어떻게 변화했는지에 대한 고찰이 부족함

○ 국토 공간 내 지역이나 도시, 단지 등 지중에 거미줄처럼 매설된 관로망의 노후화에 따라 이의 교체 및 보수기술에 대한 수요가 증가하고 있으나 관련 기술은 개착식 장비 및 공법에 머무르는 수준임

○ 기존의 지중 노후관 정비사업은 도로를 굴착하여 소음, 진동, 비산먼지 등 민원과 교통체증에 따른 비용유발 비효율성이 매우 큼

○ 또한 기후변화에 따라 최근 빈번하게 발생하고 있는 집중호우와 같은 비상시에 기존의 하수관 통수용량으로는 대응이 어려운 실정

○ 유럽과 중국을 중심으로 노후화 관망 교체 및 갱생을 위해 기존 관을 파쇄하고 새로운 관으로 대체하는 Bursting, 기존 관을 밀어내고 새로운 관을 설치하는 Reamming, 관체 내부에 열경화성 수지를 도포하는 방법 등의 다양한 공법들을 활용하고 있음

3. 연구개발내용 및 범위

○ 세부1과제: HDD를 활용한 관망 확공 기술 개발
- HDD를 활용한 관망 확공 메커니즘 정립
- 리머(Reamer)를 활용한 단계별 확공 process 도출
- 굴착 구경에 따른 단계별 확공 프로세스 정립
- 다양한 관종에 대응 가능한 확공기(Reamer) 개발
- ·관망 확공을 위한 Pull back 속도/용량 제어 기술
- HDD기술을 활용한 주변 지반 최적 그라우팅 공법

- 안전한 관망 확공을 위한 지반 특성 평가 기술

○ 세부2과제: Bursting 장비를 활용한 관망 확공 기술 개발
- 비개착식 노후관 파쇄유닛 개발
- 노후관 파쇄 메커니즘 및 유닛 설계
- 노후관 파쇄 및 확공 모니터링 시스템 개발
- 노후관 파쇄 공간의 지반 안정성 확보기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 기존 노후화 관망 현황 및 유지보수 수준을 조사하여, 국내 적용성이 높고 시장 경쟁력이 확보되는 핵심 기술을 도출

○ 수평 방향성 굴착 시스템 핵심 장치 분야는 기업이 중심이 되어 연구기관의 핵심 기술 개발을 통해 상업화를 추진하고, 안전한 관망 설치 및 교체/갱생을 위한 지반 거동 분석 원천 기술은 학계의 주도적인 연구개발을 통해 해당 분야 시장 형성을 위한 환경을 조성

○ 비개착 굴착 기술의 국내 도입을 위한 법·제도적인 환경 조성을 위해 연구기관과 학계가 주축이 되어 관련 환경 분석 및 개선 방안을 도출하고, 국토부 등 관련 국가기관과의 협조를 통해 국내 신시장을 창출

○ 비개착 굴착 시장 활성화를 위한 진입 장벽을 해소하고, 산학연 컨소시엄을 통해 개발된 핵심 기술 및 플랫폼을 테스트 배드 실증을 통해 상용화 한다면 부가가치가 높은 시장 형성이 가능

○ 비개착 관망 교체/갱생 분야의 핵심 부품 및 장치들을 중심으로 원천기술 및 특허를 확보하여 시장 경쟁력을 확보하고 방향성 굴착 기술을 응용한 지반 조사, 지반 보강 분야의 장비들을 새롭게 개발하여 신시장을 창출하고자 함

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물**

- 비개착식 관로 확공장비, 확공법
  - · 노후관 등 비개착식 지하관로 확공유닛 제작
  - · 확공유닛을 이용한 관로 지하관로 확공법
- 비개착식 시공 중 지반 안정성 평기 시스템

- 수평 방향성 그라우팅 장비 및 공법

6. 활용방안 및 기대효과

○ 지하 매설관 설치와 관련하여 전통적인 개착식 방식을 탈피한 친환경적이고 안전한 비개착 방식의 관망 시공 활성화
- 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출
- 가스, 전력, 통신, 상수도 등 Life line 성능 향성
- 도심지 및 해저 드릴링 관련 국내외 프로젝트 수주
- 개착 시공에 의한 교통 혼잡 등 국민 삶의 질 저하 방지

○ 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출
- 신산업 및 고용 창출 효과 발생
- 에너지 라인 난공사 구간 경제성 확보 및 공기 단축
- 지반 정수 및 변형 합리적인 예측 정확도 오차를 개선하여 지반 조사 분야에 광범위하게 적용 가능

○ 국민 삶의 질 향상
- 비개착 도심지 드릴링 시공에 의한 시민 생활 편익 증대
- 육지-섬 간의 해저 드릴링 시공에 의한 도서지역 거주 주민 생활 향상
- 효과적이고 안전한 배관 운영을 통해 사회기반시설물에 대한 국민 신뢰도 향상
- 상하수 및 전력관 매설 거리 증가에 따라 사회기반시설 사각지대에 있었던 도서지역까지 혜택 확대

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2020. (5년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 10,700백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 1,070백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될

수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화・가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

핵심4 세부4 RFP

연구개발과제명	비개착 관망 재료 및 연결 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 시공거리 2 km급(수평) 비개착 장거리 관망 시공 시스템 구축을 위한 관망 재료 및 연결 기술 개발 - 파이프 자동 원주 용접 및 진단 시스템 개발 - 강도 및 인성이 우수한 고강도 파이프 연결구 개발 - 시공 거리 2 km 이상, **파이프라인 신속 연결 기술 개발** (현재) 1 km 미만 ⇒ (개발) 2 km(관 직경 300mm 급)
□ **연구개발의 범위 및 정의**	○ 비개착 시공의 속도를 향상하고, 관체 이음부의 건전도를 확보하여 라이프라인의 내구연수와 사용 성능 저하를 방지하기 위한 신속하고 강도 및 인성이 우수한 고강도 파이프 연결 및 진단 기술 ○ 수평 방향성 드릴 시공을 통한 신속한 파이프라인 설치를 위한 파이프라인 연결 장비 및 시공 기술 - 드릴 롯드(Rod) 자동 공급 시스템 개발 및 운용 기술 - 강도 및 인성이 우수한 고성능 파이프 연결구 개발 - 파이프 자동원주 용접 및 진단기술
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ **연구개발의 필요성**	○ 자원 탐사 및 개발을 위해서는 드릴링 파이프 장거리 용접 기술 개발이 필수 ○ 에너지 및 자원 수송용 파이프는 매우 높은 연결부 신뢰도 요구됨. ○ 파이프 거스 연결 기술은 장치, 공정, 운영 기술 등 통합적인 솔루션 개발이 요구되므로, 체계적인 기술 개발이 요구됨. ○ 파이프 연결시 선행/후행 파이프의 간극이 변화되는 경우 연결구의 성능 저하가 크게 발생함 ○ 파이프 중심의 일치정도는 연결부 강도에 크게 영향을 미치며 장거리

파이프에서는 하중의 집중정도를 결정짓는 중요한 요소임.

○ 파이프 중심을 일치시키고 균일한 간극 유지가 가능한 전용의 핸들링 장비의 개발이 필요함.

○ 장거리 파이프 연결구의 성능 확보를 위하여 용접선 자동추적 기술 필요

○ 아크광 및 열에 따른 용접선 추적 어려움

○ 작업자의 기량 및 작업환경에 따른 용접품질 편차를 제거하기 위하여 용접선 자동추적 기술 필요

□ 기술동향 □ 국내외 기술동향

○ 국내의 가스배관은 시공회사가 용접작업자를 고용하여, 2인 1조가 1일 2개 Joint 정도를 용접 함. 용접은 60°V개선을 초층과 Hot Pass를 GTAW로 원주용접하고, 나머지는 상향 SMAW로 원주 용접을 함

○ 국내 가스배관의 대부분이 공유지인 도로를 따라 매설하는 것이 일반적인데, 도로변에서 확보할 수 있는 작업공간은 폭 3~4m에 길이 50~60m로 매우 협소하여, Spread공법을 적용할 만한 작업공간을 확보하는 것이 불가능함.

○ 포스코에서 API X120 grade의 소재를 개발하고 세아제강에서 API X120 grade의 강관을 개발하였으나, 판매 실적은 전무한 실정임.

○ (주)웰텍에서 파이프 거스용접을 위한 반자동 용접장비를 개발하여 상수도용 대구경 강관의 연결 용접에 적용하였으나, 국내 프로젝트가 거의 없고 연관 기술이 확보되지 않아 현장 적용에 애로를 겪고 있음

○ (재)포항산업과학연구원에서 '미래도시형 lifeline 설계 시공 기술 개발' 과제를 통하여 레이저 비젼센서를 이용하여 FCA 용접에서 용접선 추출 및 자동 추적 기술을 적용한 파이프 거스자동용접 기초 기술을 개발하였음. 그러나 연결구의 형태가 겹치기이음이고, 후속 연구가 진행되지 못하여 실제 현장 적용은 곤란함

3. 연구개발내용 및 범위

○ 세부1과제: 강도 및 인성이 우수한 고강도 파이프 연결구 개발
- 고강도 소재를 적용한 파이프 연결구 설계 및 제조 기술 개발
- 저온인성이 우수한 소재를 적용한 파이프 연결구 설계 및 제조기술 개발
- 새로운 소재가 적용된 파이프 연결구의 성능 평가 기술 개발
- 용접부 수소거동 분석 및 수소취성 방지 기술 개발
- 강도 및 저온인성이 우수한 장거리파이프 연결구 성능 및 안전도 확보

○ 세부2과제: 파이프 자동원주 용접 및 진단 기술
- Laser hybrid, MIAB 등 고속 파이프 연결을 위한 신용접 기술 개발
- 고속 파이프 연결구 시공을 위한 통합제어시스템 개발
- 드릴링 파이프 장거리 용접에 적용이 가능한 용접공정 선정
- 이음부 설계 및 공정 최적화 기술 개발
- 강종별 WPS 선정 및 용접부 성능 확보
- 용접 토치 및 자동용접캐리지 설계/제작
- 파이프 거스 자동용접을 위한 알고리즘 개발
- 파이프 자동용접 통합 운전 시스템 설계/제작
- 품질모니터링 및 용접장치의 통합제어 시스템 설계 및 제작

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ (1단계) 안전하고 경제적인 지하공간 활용을 위해 다양한 지하매설물 설치에 적용 가능한 비개착 관망 시공 요소기술을 개발하고, 장거리 관망 시공이 가능한 플랫폼 설계(안)을 도출

○ (2단계) WBT 수준의 원천/핵심 기술 확보를 위한 1) 최적 관망 시공시스템 기술, 2) 관망 재료 및 연결 기술의 핵심 분야에 대한 연구 과제를 추진

○ 핵심 분야 연구를 통해 비개착 장거리 관망 시공 핵심 기술의 완성도를 높이고, 기술간 연계를 통한 플랫폼을 구축

○ (3단계) 선진기술 추격에서 탈피하여 핵심 독자기술 경쟁력 확보를 위한 비개착 시공 핵심 기술 고도화 및 다양한 지하매설물에 맞춘 최적 시공 솔루션을 도출하여 최종 플랫폼 실증을 통한 DB 구축
- 개발된 비개착 장거리 관망 시공 플랫폼을 대상으로 실증과제를 추진하고, 통합 DB를 구축하여 해당 분야를 선도할 수 있는 기술

경쟁력 확보
- 법 제도 개선을 통한 국내 비개착 기술 적용 활성화 및 기업 주도의 사업화 전략을 통한 신규 시장 창출

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

- 비개착 시공을 위한 장수명 재료, 관연결장치, 연결공법
  - · 비개착식 지하관로 시공성 확보를 위한 관망 소재
  - · 비개착식 지하 관 연결공법 및 장치
- 고속 파이프 연결구 시공을 위한 통합제어시스템 개발

6. 활용방안 및 기대효과

○ 지하 매설관 설치와 관련하여 전통적인 개착식 방식을 탈피한 친환경적이고 안전한 비개착 방식의 관망 시공 활성화
- 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출
- 가스, 전력, 통신, 상수도 등 Life line 성능 향성
- 도심지 및 해저 드릴링 관련 국내외 프로젝트 수주
- 개착 시공에 의한 교통 혼잡 등 국민 삶의 질 저하 방지

○ 비개착 관망 시공 분야 신규 시장 창출
- 신산업 및 고용 창출 효과 발생
- 에너지 라인 난공사 구간 경제성 확보 및 공기 단축
- 지반 정수 및 변형 합리적인 예측 정확도 오차를 개선하여 지반 조사 분야에 광범위하게 적용 가능

○ 국민 삶의 질 향상
- 비개착 도심지 드릴링 시공에 의한 시민 생활 편익 증대
- 육지-섬 간의 해저 드릴링 시공에 의한 도서지역 거주 주민 생활 향상
- 효과적이고 안전한 배관 운영을 통해 사회기반시설물에 대한 국민 신뢰도 향상
- 상하수 및 전력관 매설 거리 증가에 따라 사회기반시설 사각지대에 있었던 도서지역까지 혜택 확대

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. . ~ 2020. (5년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016. . ~ 2017. . (12개월)

○ 총 정부출연금 : 8,000백만원 이내(연구단 총 지원금)
- 1차년도 정부출연금 : 800백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화・가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검・관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표・내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정・보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화・명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포

함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
(※ www.koced.or.kr 참조)

○ 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획연구’ 최종보고서 참조

임의공백

[부록]1-2 과제카드

[과제카드]

<table>
<tr><td>과 제 명</td><td>◦ (핵심1)드릴시스템 통합설계 및 실증기술</td></tr>
<tr><td>기술의 정의</td><td>◦ 드릴리그 본체에 요소기술들을 통합하는 기술이며 별도의 테스트베드 실증 과제를 포함</td></tr>
<tr><td>연구개발목표</td><td>◦ 시추거리 4 km 달성
◦ 동급 Static hook load 달성
◦ 시추속도 30% 향상 달성
◦ 시추 성공률/효율 10% 향상</td></tr>
<tr><td>기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>(국외 동향)
◦ 미국 : 방향성 시추 기술을 이용한 셰일가스 개발 분야 주도권 확보
수평형 비개착식 드릴링 분야 통신, 가스, 상수, 전기, 에너지 등 공공 개발이 활발
◦ 캐나다 : 셰일가스 개발 사업에 본격적 참여 과정에서 방향성 시추 관련 적극적 투자가 진행
◦ 중국 : 막대한 매장량을 기반으로 방향성 시추 관련 적극적인 기술개발, 투자를 진행
(국내동향)
◦ 방향성 시추기술 관련 국내 석유공사, 가스공사 중심으로 비전통에너지 개발에 적극 참여 추진</td></tr>
<tr><td>핵심요소기술(CTE) 선정 및 TRL 목표</td><td>◦ 핵심 요소기술 후보
<table>
<tr><th>No.</th><th>CTE명</th></tr>
<tr><td>후보1</td><td>◦ 육상 방향성 시추용 1,500마력 회전시스템 국산화</td></tr>
<tr><td>후보2</td><td>◦ 방향성 드릴링용 30톤급 파이프 크레인, 핸들링 시스템 국산화</td></tr>
<tr><td>후보3</td><td>◦ 방향성 드릴링 머드시스템 핵심 기술 국산화</td></tr>
<tr><td>후보4</td><td>◦ 다목적 방향성 시추용 데릭 & 호이스팅 시스템</td></tr>
<tr><td>후보5</td><td>◦ 현장 시추설비 실시간 운전 시뮬레이터 개발</td></tr>
<tr><td>후보6</td><td>◦ 시추기 운영 parameter 측정, 검/교정 장비 개발 및
드릴시스템 운영 cooling tower 장비 국산화 → TB로 추진</td></tr>
</table>
◦ 핵심요소기술 선정
<table>
<tr><th>체크리스트</th><th>후보1</th><th>후보2</th><th>후보3</th><th>후보4</th><th>후보5</th><th>후보6</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>1. 이 기술이 사용 요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>반드시 충족</td></tr>
<tr><td>2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?</td><td>√</td><td></td><td>√</td><td>√</td><td></td><td>√</td><td rowspan="5">하나 이상 충족</td></tr>
<tr><td>3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>√</td><td></td></tr>
<tr><td>4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?</td><td>√</td><td></td><td>√</td><td></td><td>√</td><td>√</td></tr>
<tr><td>6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된</td><td>√</td><td>√</td><td></td><td>√</td><td>√</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
</table>

성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?								
핵심기술요소(CTE) 선정여부	√	√	√	√	√	√		

◦ 기술 성숙도(TRL) 단계별 목표

연구과제명	드릴시스템 통합설계 및 실증기술					유형		시스템	
프레임워크		선행단계	테스트베드 건설/운용			현장적용		실용화	
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL						
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년도
마일스톤 일정		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
CTE No.	기술명									
CTE 1	통합설계/실증기술	3	3	3	4	4	5	5	6	6
CTE 2	데릭시스템	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 3	호이스팅시스템	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 4	파이프핸들링	5	5	5	5	6	6	6	7	7
CTE 5	회전시스템	5	5	5	5	6	6	6	7	7
CTE 6	사업관리	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 7	시뮬레이터	5	5	5	5	6	6	6	7	7

주요 연구내용

◦ 시스템 통합설계/실증기술(TB 포함)
◦ 이동형 붐데릭 및 호이스팅 기술
◦ 자동 파이프핸들링 및 회전시스템기술
◦ 사업관리 및 운영 시뮬레이터기술

기술개발 필요성

◦ 기존 전통 에너지자원 가채량이 축소에 따라 비전통 에너지자원의 가격 경쟁력 확보로 방향성 드릴링 기술의 개발이 필요함
◦ 셰일가스전의 효율성 제고와 LNG화 등 경제성과 환경문제 해결을 위해서는 고효율, 친환경 탐사 및 시추 기술 개발이 필수적임

정부지원의 타당성

◦ 방향성 드릴링 기술은 국가적 에너지 안보 차원에서 접근이 필요한 사항으로 정부지원이 타당함
◦ 현재 셰일가스 등 개발을 위한 방향성 시추 등에 대한 R&D 등 검토가 전무하여 기술개발 및 시장진입의 RISK 최소화를 위하여 정부 주도의 기술개발이 필요함
◦ 글로벌 에너지, 자원개발 시장에 참여를 위하여 방향성 드릴링 기술이 필수적이나, 장기간의 전략적인 투자가 필요한 연구분야로서 국책연구사업을 통한 정부주도의 기술개발이 필요함
◦ 보수적인 플랜트 시장의 특성상 해당분야의 신뢰성있는 기술의 보유 및 건설경험 유무가 시장 진입의 중요한 요소로서 테스트베드를 통한 현장 적용 사례 확보가 필요함

기술개발 최종성과물

최종성과물	◦ 시스템 통합설계 기술, 실증 플랜트 ◦ 이동형 붐데릭 및 호이스팅 시스템 ◦ 자동 파이프핸들링 및 회전 시스템 ◦ 사업관리 및 운영 시뮬레이터
활용방안	◦ 석유공사, 가스공사 등을 중심으로 추진되고 있는 유전 개발 등 분야 진출을 위한 씨드 기술로 활용

연구개발 과제의 규모

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년도
연차별 연구비 (백만원)	정부	4,430	8,160	12,730	12,170	11,840	11,000	8,670	
	민간	1,740	3,180	4,900	4,580	4,200	3,920	3,080	

<table>
<tr><td rowspan="5"></td><td colspan="2">합 계</td><td>6,170</td><td>11,340</td><td>17,630</td><td>16,750</td><td>16,040</td><td>14,920</td><td>11,750</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="4">69,000</td><td rowspan="3">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="3">7 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="4">25,600</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="4">94,600</td></tr>
<tr><td>기대효과
및 파급효과</td><td colspan="9">◦ 다양한 지역의 에너지자원 시추·탐사기술 확보를 통해 에너지자원 자주개발 역량강화</td></tr>
</table>

[과제카드]

<table>
<tr><td>과 제 명</td><td>◦ (핵심2)방향제어/이수순환 시스템 기술</td></tr>
<tr><td>기술의 정의</td><td>◦ 방향성 드릴시스템의 핵심기술로서 목표지점까지 시추경로를 실시간으로 제어하여 목적지까지 천공하는 기술로서 드릴마찰과 드릴공 안정성을 확보하기 위한 이수공급 및 제어시스템을 포함</td></tr>
<tr><td>연구개발목표</td><td>◦ 시추속도 및 방향전환율 10% 향상 달성
◦ 공급압력350 bar/유량 100 m3/h달성
◦ 순환경로 8 km 달성
◦ 동급 위치 정확도 달성</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td>(국외 동향)
◦ 미국 : 방향성 시추 기술을 이용한 셰일가스 개발 분야 주도권 확보
수평형 비개착식 드릴링 분야 통신, 가스, 상수, 전기, 에너지 등 공공 개발이 활발
◦ 캐나다 : 셰일가스 개발 사업에 본격적 참여 과정에서 방향성 시추 관련 적극적 투자가 진행
◦ 중국 : 막대한 매장량을 기반으로 방향성 시추 관련 적극적인 기술개발, 투자를 진행
(국내동향)
◦ 방향성 시추기술 관련 국내 석유공사, 가스공사 중심으로 비전통에너지 개발에 적극 참여 추진</td></tr>
<tr><td>핵심요소기술(CTE)
선정 및 TRL 목표</td><td>◦ 핵심 요소기술 후보
<table>
<tr><th>No.</th><th>CTE명</th></tr>
<tr><td>후보1</td><td>◦ 방향성 드릴링용 2000psi급 고압유정제어/모니터링시스템 국산화</td></tr>
<tr><td>후보2</td><td>◦ 이수 혼합 공급 처리 시스템</td></tr>
<tr><td>후보3</td><td>◦ 이수 순환 모니터링 및 제어 시스템(통신기술 포함)</td></tr>
<tr><td>후보4</td><td>◦ 시추 중 좌굴, 토크, 끌림 현상 분석 및 모니터링 기술 → 모니터링에 통합</td></tr>
<tr><td>후보5</td><td>◦ 방향제어 시스템 구축 및 통신기술 → 모니터링과 조정, 방향제어기술 분리</td></tr>
<tr><td></td><td>◦</td></tr>
</table>
◦ 핵심요소기술 선정
<table>
<tr><th>체크리스트</th><th>후보1</th><th>후보2</th><th>후보3</th><th>후보4</th><th>후보5</th><th>후보6</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>1. 이 기술이 사용 요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td></td><td>반드시 충족</td></tr>
<tr><td>2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td></td><td rowspan="6">하나 이상 충족</td></tr>
<tr><td>3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가</td><td></td><td></td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td></td></tr>
<tr><td>4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?</td><td>√</td><td>√</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td></td></tr>
<tr><td>핵심기술요소(CTE) 선정여부</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
</table>

◦ 기술 성숙도(TRL) 단계별 목표

연구과제명	방향제어/이수순환 시스템 기술						유형		시스템	
프레임워크		선행단계	시제품 제작 및 시연				현장적용		제품화/실용화	
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL							
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년도
마일스톤 일정		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
CTE No.	기술명									
CTE 1	추진체 제어	3	3	3	4	4	4	5	5	6
CTE 2	이수순환 모니터링	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 3	이수순환 제어	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 4	이수순환 시스템	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 5	지중 네비게이션	3	3	3	4	4	4	5	5	6

주요 연구내용

◦ 방향성 추진체 및 제어기술 개발
◦ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술 개발
◦ 이수 혼합 공급 처리시스템 개발
◦ 지중 내비게이션시스템 기술 개발

기술개발 필요성

◦ 기존 전통 에너지자원 가채량이 축소에 따라 비전통 에너지자원의 가격 경쟁력 확보로 방향성 드릴링 기술의 개발이 필요함.
◦ 셰일가스전의 효율성 제고와 LNG화 등 경제성과 환경문제 해결을 위해서는 고효율, 친환경 탐사 및 시추 기술 개발이 필수적임.

정부지원의 타당성

◦ 방향성 드릴링 기술은 국가적 에너지 안보 차원에서 접근이 필요한 사항으로 정부지원이 타당함
◦ 현재 셰일가스 등 개발을 위한 방향성 시추 등에 대한 R&D 등 검토가 전무하여 기술개발 및 시장진입의 RISK 최소화를 위하여 정부 주도의 기술개발이 필요함.
◦ 글로벌 에너지, 자원개발 시장에 참여를 위하여 방향성 드릴링 기술이 필수적이나, 장기간의 전략적인 투자가 필요한 연구분야로서 국책연구사업을 통한 정부주도의 기술개발이 필요함
◦ 보수적인 플랜트 시장의 특성상 해당분야의 신뢰성있는 기술의 보유 및 건설경험 유무가 시장 진입의 중요한 요소로서 테스트베드를 통한 현장 적용 사례 확보가 필요함

기술개발 최종성과물

최종성과물	◦ 방향성 추진체 및 제어기술 ◦ 이수 순환 모니터링 및 제어시스템 기술 ◦ 이수 혼합 공급 처리시스템 ◦ 지중 내비게이션시스템 기술
활용방안	◦ 석유공사, 가스공사 등을 중심으로 추진되고 있는 유전 개발 등 분야 진출을 위한 씨드 기술로 활용

연구개발 과제의 규모

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년도
연차별 연구비 (백만원)	정부	2,800	5,350	7,100	7,400	6,600	5,000	3,750	
	민간	1,230	2,330	3,100	3,230	2,860	2,160	1,630	
합 계		4,030	7,680	10,200	10,630	9,460	7,160	5,380	

총 연구비 (백만원)			총 연구기간	
	정부	38,000		7 년
	민간	16,540		

		총합계	54,540		
기대효과 및 파급효과	◦ 다양한 지역의 에너지자원 시추·탐사기술 확보를 통해 에너지자원 자주개발 역량강화				

[과제카드]

<table>
<tr><td>과 제 명</td><td>◦ (핵심3)드릴링 경로 특성화 및 파쇄자극기술</td></tr>
<tr><td>기술의 정의</td><td>◦ 드릴시스템의 최적 경로 확보를 위한 지층 특성화 및 정보화 기술로 구성되며, 특히 드릴 장비를 이용한 지층파쇄를 통한 자원 생산 촉진기술을 포함</td></tr>
<tr><td>연구개발목표</td><td>◦ 시추지반 특성화 정밀도: 입자 0.1 mm 이하
◦ 방향성 드릴링 문제발생비용(troublecost) 시추비용대비 3% 미만
◦ 가탐 깊이 5 km 이상, 가탐 온도 150℃ 이상
◦ 단위주입률당 파쇄저류 암체적(SRV) 10% 증대, 미소진동20%저감</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td>(국외 동향)
◦ 미국 : 방향성 시추 기술을 이용한 셰일가스 개발 분야 주도권 확보
수평형 비개착식 드릴링 분야 통신, 가스, 상수, 전기, 에너지 등 공공 개발이 활발
◦ 캐나다 : 셰일가스 개발 사업에 본격적 참여 과정에서 방향성 시추 관련 적극적 투자가 진행
◦ 중국 : 막대한 매장량을 기반으로 방향성 시추 관련 적극적인 기술개발, 투자를 진행
◦ 전 세계적으로 수압파쇄기술에 관한 설계 및 시공기술은 주로 석유 및 가스개발 회사를 중심으로 서비스가 제공되고 있음.
◦ 신뢰적인 균열망 형성을 위한 첨가제 조성 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음.
◦ 수압파쇄에 따른 균열네트워크의 방향 및 형상 모니터링 기술 및 관련 기술을 이용한 프로젝트의 소요 비용 및 공기를 예측, 시공관리를 수행하기 위한 EVMS 개발이 진행중임.
(국내동향)
◦ 방향성 시추기술 관련 국내 석유공사, 가스공사 중심으로 비전통에너지 개발에 적극 참여 추진
◦ 국내에서는 수압파쇄 시뮬레이션 및 평가를 위한 시장이 형성되어 있지 않음
◦ 국내에서의 수압파쇄기술은 전적으로 해외의 서비스 업체에 의존하고 있음.
◦ 아시아 최초로 수행되고 있는 포항의 EGS 프로젝트의 수리자극이 2014년 수행 예정이며, 최근 국가적으로 셰일가스개발의 필요성이 제기되면서 수리자극에 관한 연구가 시작단계에 있음.</td></tr>
<tr><td>핵심요소기술(CTE)
선정 및 TRL 목표</td><td>◦ 핵심 요소기술 후보
<table>
<tr><th>No.</th><th>CTE명</th></tr>
<tr><td>후보1</td><td>◦ 수압파쇄 최적 균열망 형성을 위한 재료, 유체주입 설계기술</td></tr>
<tr><td>후보2</td><td>◦ 드릴링 궤적 최적화 및 공벽안정화 통합설계기술</td></tr>
<tr><td>후보3</td><td>◦ 생산성 극대화를 위한 수압파쇄 최적설계 기술</td></tr>
<tr><td>후보4</td><td>◦ 수압파쇄 시공관리 및 모니터링 기술</td></tr>
<tr><td>후보5</td><td>◦ Drilling parameter와 현장정보를 활용한 drill string의 failure, stuck 등의 사고방지기술
→ 공벽 안정화 포함</td></tr>
<tr><td>후보6</td><td>◦ 드릴링공 검층용 자동화 원격 로봇 개발</td></tr>
</table>
◦ 핵심요소기술 선정
<table>
<tr><th>체크리스트</th><th>후보1</th><th>후보2</th><th>후보3</th><th>후보4</th><th>후보5</th><th>후보6</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>1. 이 기술이 사용 요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>반드시 충족</td></tr>
<tr><td>2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?</td><td>√</td><td>√</td><td></td><td>√</td><td>√</td><td></td><td rowspan="3">하나 이상 충족</td></tr>
<tr><td>3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td></td><td>√</td><td>√</td></tr>
<tr><td>4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
</table>

개발시 변경된 기술인가?								
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?								
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?	√	√	√	√	√	√		
핵심기술요소(CTE) 선정여부	√	√	√	√	√	√		

◦ 기술 성숙도(TRL) 단계별 목표

연구과제명							유형		시스템	
프레임워크		선행단계	시제품 제작 및 시연				현장적용		제품화/실용화	
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL							
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년도
마일스톤 일정		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
CTE No.	기술명									
CTE 1	부지특성화	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 2	설계/시공/모니터링 관리기술	5	5	5	5	6	6	6	7	7
CTE 3	다운홀 검층/평가	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 4	지반 파쇄	5	5	5	5	6	6	6	7	7
CTE 5	지반 유동성 개선	5	5	5	5	6	6	6	7	7
CTE 6										
CTE 7										

주요 연구내용

◦ 방향성 드릴링 부지특성화 및 평가기술 개발
◦ 방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리기술 개발
◦ 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술 개발
◦ 지반 파쇄 및 유동성 향상기술 개발

기술개발 필요성

◦ 기존 전통 에너지자원 가채량이 축소에 따라 비전통 에너지자원의 가격 경쟁력 확보로 방향성 드릴링 기술의 개발이 필요함.
◦ 셰일가스전의 효율성 제고와 LNG화 등 경제성과 환경문제 해결을 위해서는 고효율, 친환경 탐사 및 시추 기술 개발이 필수적임.

정부지원의 타당성

◦ 방향성 드릴링 기술은 국가적 에너지 안보 차원에서 접근이 필요한 사항으로 정부지원이 타당함
◦ 현재 셰일가스 등 개발을 위한 방향성 시추 등에 대한 R&D 등 검토가 전무하여 기술개발 및 시장진입의 RISK 최소화를 위하여 정부 주도의 기술개발이 필요함.
◦ 글로벌 에너지, 자원개발 시장에 참여를 위하여 방향성 드릴링 기술이 필수적이나, 장기간의 전략적인 투자가 필요한 연구분야로서 국책연구사업을 통한 정부주도의 기술개발이 필요함
◦ 보수적인 플랜트 시장의 특성상 해당분야의 신뢰성있는 기술의 보유 및 건설경험 유무가 시장 진입의 중요한 요소로서 테스트베드를 통한 현장 적용 사례 확보가 필요함

기술개발 최종성과물

최종성과물	◦ 방향성 드릴링 부지특성화 및 평가기술 ◦ 방향성 드릴링 설계/시공/모니터링 정보화 기반 관리기술 ◦ 방향성 드릴링 다운홀 검층 및 평가기술 ◦ 지반 파쇄 및 유동성 향상기술

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="8">◦ 석유공사, 가스공사 등을 중심으로 추진되고 있는 유전 개발 등 분야 진출을 위한 씨드 기술로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="7">연구개발
과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td>4차년도</td><td>5차년도</td><td>6차년도</td><td>7차년도</td><td>8차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>3,000</td><td>6,000</td><td>6,400</td><td>9,000</td><td>6,800</td><td>1,600</td><td>1,200</td><td></td></tr>
<tr><td>민간</td><td>1,010</td><td>2,010</td><td>2,150</td><td>3,020</td><td>2,280</td><td>540</td><td>410</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>4,010</td><td>8,010</td><td>8,550</td><td>12,020</td><td>9,080</td><td>2,140</td><td>1,610</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="4">34,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="3">6 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="4">11,420</td><td rowspan="2"></td><td colspan="3" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="4">45,420</td></tr>
<tr><td>기대효과
및 파급효과</td><td colspan="10">◦ 다양한 지역의 에너지자원 시추·탐사기술 확보를 통해 에너지자원 자주개발 역량강화
◦</td></tr>
</table>

[과제카드]

<table>
<tr><td>과 제 명</td><td>◦ (핵심4)비개착 장거리 관망시공플랫폼 기술</td></tr>
<tr><td>기술의 정의</td><td>◦ 소규모 차량형 비개착식 파이프라인 시공시스템으로서 상기 핵심1과제~핵심3과제와 방향성 추진 및 제어, 머드 순환기술을 소형화, 최적화 하여 수평으로 소구경 파이프라인을 연결하는 기술을 포함</td></tr>
<tr><td>연구개발목표</td><td>◦ 시공거리 2 km
◦ 주변지반 교란 범위 1 m 이내 실증
◦ 관 연결거리 2 km
◦ 지하 8m 탐사 신뢰성 90%</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td>(국외 동향)
◦ 미국에서는 2008년 TransAlaska에 파이프라인 건설면허를 수여한 이후로 Alaska Natural Gas Transportation Project를 진행하고 있으며 건설 예산을 280억 달러 이상으로 책정하고 2016년에 착공하여 2020년에 완공하기 위해 이와 관련된 중소형 프로젝트를 수행하고 있음.
◦ 현장 시공효율 향상을 위해, 용착효율향상 기술 등 다양한 용접 프로세스 전처리 현장 자동화가 이루어지고 있는 반면, 파이프 자동 정렬 등 인프라 집적화에 대해서는 세계적으로도 개발 초기 단계임.
◦ 해상 파이프라인의 경우, 용접대신 기계적 결합장치를 이용하여 시공하려는 연구가 오래전부터 수행되어옴.
(국내동향)
◦
◦</td></tr>
<tr><td>핵심요소기술(CTE)
선정 및 TRL 목표</td><td>◦ 핵심 요소기술 후보
<table>
<tr><th>No.</th><th>CTE명</th></tr>
<tr><td>후보1</td><td>◦ 고성능 파이프 연결구 설계 및 제작 기술 개발</td></tr>
<tr><td>후보2</td><td>◦ HDD 공법을 활용한 장거리 관로매설기술 개발</td></tr>
<tr><td>후보3</td><td>◦ BPM 기반 지향식 수평 굴착 통합 정보 관리시스템 개발</td></tr>
<tr><td>후보4</td><td>◦ 다목적 방향성 장거리 대구경 굴착 전후 지반 특성변화 평가기술 개발</td></tr>
<tr><td>후보5</td><td>◦ 방향성 드릴 배관 안전성 확보를 위한 첨단 비파괴 검사 기술 → 재료 포함</td></tr>
<tr><td>후보6</td><td>◦ 수평 방향성 드릴링 공법을 활용한 지반 조사 기술 개발</td></tr>
</table>
◦ 핵심요소기술 선정
<table>
<tr><th>체크리스트</th><th>후보1</th><th>후보2</th><th>후보3</th><th>후보4</th><th>후보5</th><th>후보6</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>1. 이 기술이 사용 요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>반드시 충족</td></tr>
<tr><td>2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?</td><td></td><td></td><td></td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td rowspan="6">하나 이상 충족</td></tr>
<tr><td>3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td></tr>
<tr><td>6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td><td>√</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?								
핵심기술요소(CTE) 선정여부	√	√	√	√	√	√		

◦ 기술 성숙도(TRL) 단계별 목표

연구과제명							유형		시스템	
프레임워크		선행단계	시제품 제작 및 시연				현장적용		제품화/실용화	
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL							
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년도
마일스톤 일정		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
CTE No.	기술명									
CTE 1	비개착 드릴링 장비	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 2	지층탐사/평가	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 3	관망 확공	5	5	5	5	6	6	6	7	7
CTE 4	지반 안정화	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 5	관망 재료	4	4	4	5	5	5	6	6	7
CTE 6	관망 연결구	5	5	5	5	6	6	6	7	7
CTE 7										

주요 연구내용

◦ 비개착 관망 시공시스템(장비 실증) 개발
◦ 지층 탐사 및 평가 기술 개발
◦ 비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술 개발
◦ 비개착 관망 재료 및 연결 기술 개발

기술개발 필요성

◦ 비개착식 파이프라인 시공기술의 경우 도시지역에서 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 상하수도관 등을 설치하는 경우 교통체증이나 소음공해 등을 피하기 위하여 1980년대 이후 급속히 발전하였으며 특히 일본, 독일, 캐나다 등의 선진국에서 세계 시장을 장악하고 있음

정부지원의 타당성

◦ 수평형 비개착 드릴링 기술은 전력, 통신, 가스, 상하수도 등 사회 인프라 설치와 관련된 사항으로 정부 주도의 기술 개발이 타당함

기술개발 최종성과물

최종성과물	◦ 비개착 관망 시공시스템(장비 실증) ◦ 지층 탐사 및 평가 기술/장비 ◦ 비개착 관망 확공 및 지반 안정화 기술/장비 ◦ 비개착 관망 재료 및 연결 기술/장비
활용방안	◦ 도심지역 기간시설 시공 인프라 패키지로 활용 ◦ 극한지용 자원이송망 설계/건설 기술로 해외 자원이송망 프로젝트에 참여 기반/경쟁 기술로 활용

연구개발 과제의 규모

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년도
연차별 연구비 (백만원)	**정부**	3,800	7,600	7,600	11,400	7,600			
	민간	1,280	2,560	2,560	3,840	2,560			
합 계		5,080	10,160	10,160	15,240	10,160			

총 연구비 (백만원)	**정부**	38,000	총 연구기간	5 년
	민간	12,800		

		총합계	50,800		
기대효과 및 파급효과	◦ 고정밀/고효율 시공장비 개발을 통한 파이프라인 공기단축, 공사비 절감 등 경제성 측면에서 경쟁력 확보 및 파이프라인 운용설비 국산화로 수입대체 효과 기대 ◦ 동토지역 특성에 맞는 진단 및 검사방식, 신뢰성 개선을 통한 비파괴 검사 시스템 개발로 중장기적인 시장개척 모델과 국제경쟁력 확보 및 수출증대 효과 기대				

임의공백

임의공백

[부록]1-3 설문서

방향성 드릴링 연구개발 타당성 평가 설문서

(다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단 기획을 위한 설문)

안녕하십니까?

우리연구원에서는 국토교통부의 건설교통연구기획사업으로 "**다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단**" 기획과제를 수행하고 있습니다.
금 번 기획과제는 대심도 유정 개발을 위한 방향성 드릴시스템, 도심 비개착식 수평형 드릴링 시스템 등 다목적 방향성 드릴시스템 개발을 위한 것으로 플랜트 건설 분야 전문가 분들을 대상으로 연구개발 타당성 평가를 위한 설문을 실시하오니 많은 협조 부탁드립니다.
본 조사내용은 "**다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단**" 과제의 기획을 위한 중요 자료로 활용하는 것을 목적으로 하며 타 용도로는 사용하지 않을 것입니다.
현업에 바쁘신 것을 알고 있으나 플랜트 건설 분야의 국내 기술 경쟁력 제고를 위한 것임을 고려하시어 많은 참여를 부탁드립니다.

2014. . .

연 구 기 관 : 한국건설기술연구원
연구 책임자 : 황 인 주 연구위원

기본정보	이 름 :	이메일 :	전화번호 :
소속회사	회사명 :	부 서 :	담당업무 :
	직 위 :	직 급 :	
	대 기 업( ), 중견기업( ), 소 기 업( ), 정부기관( ), 협 회( ), 대 학 교( ), 기 타( )		
참여 분야	Oil&Gas( ), 정유( ), 석유화학( ), 발전( ), 수자원( ), 해양( ), 기타( )		

1. 다목적 방향성 드릴시스템 구성 요소를 자유롭게 작성해주십시오. (별첨 기술트리 참조)

핵심기술	세부기술
드릴 리그 (DD플랫폼)	
	기중기(호이스트, 동력시스템 포함)
	회전구동시스템
	드릴파이프 조작시스템
	절삭기구(비트), 파이프연결제어 등
	분출방지시스템(Blowout preventer)
	사업계획/관리/운영시뮬레이터(TB포함)
이수 순환시스템	이수 혼합, 공급, 처리 시스템
	고압 이수펌프
	이수 순환 모니터링 및 제어시스템

핵심기술	세부기술
방향제어 시스템	방향성 추진기구(요소)
	방향성 추진시스템
	탐사 센서(지층조건, 경로 등 요소)
	내비게이션시스템
수평파이프라인기술	수평파이프라인 플랫폼
	수평확공 및 지반안정화기술
	파이프라인 연결기술
지층 탐사 및 특성평가 기술	탐사 및 검층기술
	지층 특성화 해석평가기술
지중 생산성 향상기술	수압파쇄자극기술
	수리자극기술

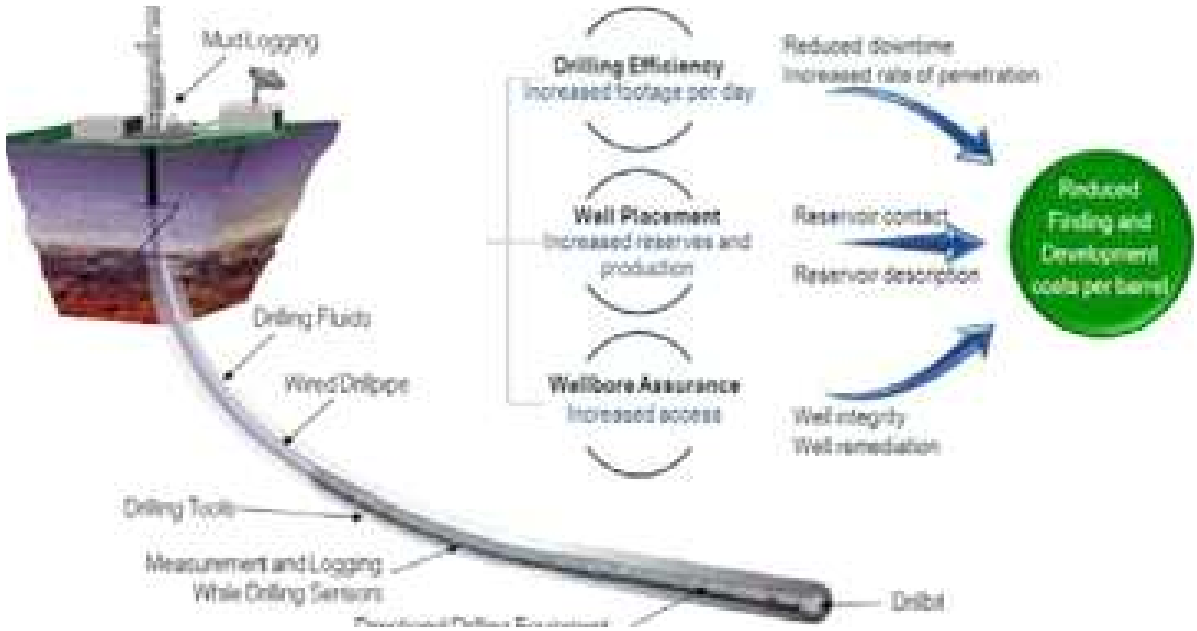


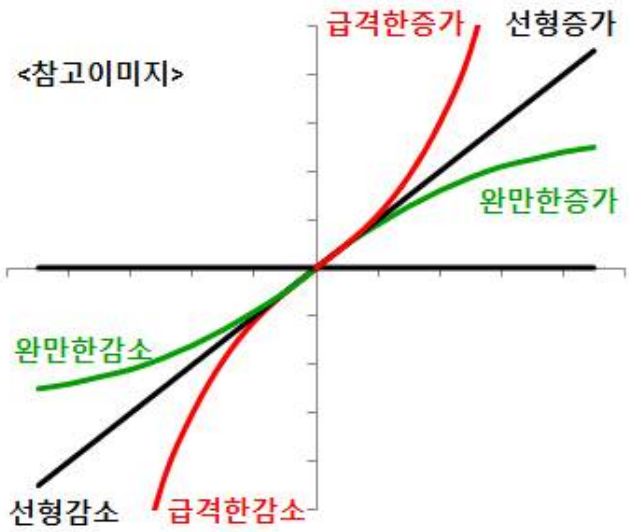
그림 34 Drilling work-flow objectives (출처: SCHLUMBERGER LTD)

1. IAE는 석유, 가스 유전의 offshore 발견 비율이 2010년 10%에서, 2020년 33% 수준으로 증가할 것을 예상하고 있습니다.

이러한 변화 경향의 평가를 위한 변화율, 변화추세에 대한 의견을 부탁드립니다.

-45%	-30%	-15%	변화없음	15%	30%	45%

급격한 감소	선형감소	완만한 감소	변화없음	완만한 증가	선형증가	급격한 증가



2. IAE는 천연가스 등 전통에너지원의 고갈에 따라 셰일가스 등 비전통 에너지원의 개발이 2008년 6%에서 2030년 24% 수준으로 증가할 것을 예상하고 있습니다.
이러한 변화 경향의 평가를 위한 변화율, 변화추세에 대한 의견을 부탁드립니다.

-30%	-20%	-10%	변화없음	10%	20%	30%

급격한 감소	선형감소	완만한 감소	변화없음	완만한 증가	선형증가	급격한 증가

3. SCHLUMBERGER LTD는 드릴시스템 시장 수요가 2010년 304억불에서 2020년 513억불 수준으로 증가할 것을 예상하고 있습니다.
   이러한 변화 경향의 평가를 위한 변화율, 변화추세에 대한 의견을 부탁드립니다.

213억불	313억불	413억불	513억불	613억불	713억불	813억불

급격한 감소	선형감소	완만한 감소	변화없음	완만한 증가	선형증가	급격한 증가

4. SCHLUMBERGER LTD는 수평식 드릴시스템 비중이 드릴시스템 시장 수요가 2010년 54%에서 매년 평균 14% 수준 증가를 예상하고 있습니다.
   이러한 변화 경향의 평가를 위한 변화율, 변화추세에 대한 의견을 부탁드립니다.

-9%	-6%	-3%	변화없음	3%	6%	9%

급격한 감소	선형감소	완만한 감소	변화없음	완만한 증가	선형증가	급격한 증가

5. 현재 글로벌 드릴링 시장에 국내 기업이 진출한 사례가 전무합니다.
   사업단 과제가 종료되는 2020년 기준 국내 기업의 글로벌 드릴링 시장 점유율에 대한 의견을 부탁드립니다.

0%	2%	4%	6%	8%	10%	기타(점유율 기입)

변화없음	완만한 증가	선형증가	급격한 증가

6. 사업단 과제가 종료되는 2020년 기준 '다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단' 과제의 수행이 글로벌 드릴링 시장 진출에 대한 직접적인 기여도 수준에 대한 의견을 부탁드립니다.

0%	5%	10%	15%	20%	25%	기타(기여율 기입)

7. 한국은행의 산업연관표에서는 국내 건설산업의 생산유발계수를 2.104로 제시하고 있으나, 해외사업을 대상으로하는 '다목적 방향성 드릴시스템'의 특성상 국내 산업생산을 유발 수준으로 적용하기에는 무리가 있습니다.

사업단 사업단 과제가 종료되는 2020년 기준 ‘다목적 방향성 드릴시스템’의 국내 생산 유발수준에 대한 의견을 부탁드립니다.

0.0%	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	기타(유발수준 기입)

8. 한국은행의 산업연관표에서는 국내 건설산업의 부가가치유발계수를 0.749로 제시하고 있으나,
해외사업을 대상으로하는 ‘다목적 방향성 드릴시스템’의 특성상 국내에서 발생하는 부가가치 유발 수준으로 적용하기에는 무리가 있습니다.
사업단 사업단 과제가 종료되는 2020년 기준 ‘다목적 방향성 드릴시스템’의 국내 부가가치 유발수준에 대한 의견을 부탁드립니다.

0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	기타(유발수준 기입)

9. 한국은행의 산업연관표에서는 국내 건설산업의 취업유발계수를 13.7로 제시하고 있으나,
해외사업을 대상으로하는 ‘다목적 방향성 드릴시스템’의 특성상 국내에서 발생하는 취업 유발 수준으로 적용하기에는 무리가 있습니다.
사업단 사업단 과제가 종료되는 2020년 기준 ‘다목적 방향성 드릴시스템’의 국내 취업 유발수준에 대한 의견을 부탁드립니다.

3	6	9	12	15	18	기타(유발수준 기입)

타당성 평가 항목 가중치 설정을 위한 설문서

가중치 평가서 작성요령

■ **작성방법**

◦ 좌측과 우측에 있는 2개의 요소를 비교하여 중간의 1을 중심으로 중요도가 큰 쪽으로 V(또는 ○)표시

평가항목	절대중요(9)	(8)	매우중요(7)	(6)	중요(5)	(4)	약간중요(3)	(2)	동등(1)	(2)	약간중요(3)	(4)	중요(5)	(6)	매우중요(7)	(8)	절대중요(9)	평가항목
정책성			V															기술성

■ **평가항목**

타당성 평가항목

기술적 타당성 분석

기술개발계획의 적절성
기획과정이 개방적이고 필요한 절차를 충족하는가, 사업목표 및 사업 추진체계는 적절한가

기술개발의 성공가능성
해당 기술을 위한 국내 기술력 및 연구기반 등이 마련되어 기술개발의 성공 가능성이 있는가

기존사업과의 중복성
기존의 원자력 관련 연구개발 사업 및 타사업과의 차별성 및 연계성을 가지고 있는가

정책적 타당성 분석

사업추진의 필요성
국가의 위상 및 신임을 높이기 위하여 국가전략적인 측면에서 중요하며 시급한 과제인가

정책의 일관성 및 추진의지
사업을 추진하기 위한 주관부처의 정책은 일관적이고 지속성을 가지고 있는가

사업 추진상의 위험요인
기술개발 및 사업 운영에 제약과 위험요인이 있는가

경제성 및 파급효과 분석

기술개발의 경제적 효과
관련 기술 개발에 따른 직접적인 경제적 효과가 발생할 가능성이 높은가

기술개발의 간접적 파급효과
기술개발에 따른 고용창출효과, 생산유발효과 등 간접적 파급효과가 있는가

상용화의 가능성
기술개발에 따른 수요가 있으며, 개발된 기술의 보급 가능성이 있는가

1. 사업 시행/ 미시행 여부 평가

다음은 「다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업」의 시행과 미시행 여부를 판단하기 위한 것입니다. **각 평가 항목별로 사업의 시행과 미시행 중 더 적절하다고 생각되는 숫자에 V표**(또는 ○)를 하여 주십시오.

평가항목		대안	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	대안
기술성	기술개발 계획의 적절	사업 시행																		사업 미시행
	기술개발의 성공가능성	사업 시행																		사업 미시행
	기존 사업과의 중복성	사업 시행																		사업 미시행
정책성	사업추진의 필요성	사업 시행																		사업 미시행
	정책의 일관성 및 추진의지	사업 시행																		사업 미시행
	사업 추진상의 위험요인	사업 시행																		사업 미시행
경제성	기술개발의 경제적 효과	사업 시행																		사업 미시행
	기술개발의 간접적 파급효과	사업 시행																		사업 미시행
	상용화의 가능성	사업 시행																		사업 미시행

2-1. 주요 평가 항목 간 비교(상위기준)

※ 두 개의 평가항목 중 중요도의 정도에 따라 해당 칸에 (√ 또는 ○)를 체크하여 주시기 바랍니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	동등	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
기술적타당성										정책적타당성
기술적타당성										경제성 및 파급효과
정책적타당성										경제성 및 파급효과

2-2. 기술적 타당성 항목 간 비교(하위기준)

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	동등	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
기술개발계획의 적절성										기술개발의 성공가능성
기술개발계획의 적절성										타사업과의 차별성 및 연계성
기술개발의 성공가능성										타사업과의 차별성 및 연계성

2-3. 정책적 타당성 항목 간 비교(하위기준)

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	동등	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
사업추진의 필요성										정책의 일관성 및 추진의지
사업추진의 필요성										사업 추진상의 위험요인
정책의 일관성 및 추진의지										사업 추진상의 위험요인

2-4. 경제성 및 파급효과 타당성 분석 항목 간 비교(하위기준)

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	동등	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
기술개발의 경제적효과										기술개발의 간접적 파급효과
기술개발의 경제적효과										상용화의 가능성
기술개발의 간접적 파급효과										상용화의 가능성

3. 응답자 인적사항

성명			
연구분야	① 대학 ② 공무원 ③ 연구소 ④ 시공 ⑤ 설계 ⑥ 공사 ⑦ 기타( )		
소속기관		직위	
경 력	① 10년 이하 ② 10년~15년 ③ 15년~20년 ④ 20년~25년 ⑤ 25년 이상		

임의공백

[부록]1-4 투자의향서

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	-.안전하고 스마트한 방향성 드릴시스템 기술 확보. -.기자재 국산화 개발 및 기술력 확보로 방향성 드릴시스템 제작의 국제경쟁력 강화. -.국산화를 통한 가격 경쟁력 유지 및 수입대체 효과. 현재 국내수입 대체(약 1,600억원) 중국, 일본 등 수출(예상시장규모 2조원 이상) -.개발과정에서 얻은 축적된 노하우와 기술력으로 고부가가치의 제품을 생산.
투자의사금액	500백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	(주)화영			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	32,531원	인력규모	100명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	187원	R&D 인력	6명
d. 회사연혁	1978년 11월 01일 설립(첨부참조)			
e. 소재 국가 및 주소	경남 밀양시 부북면 사포로 105			
f. 주요사업	선박엔진부품			
g. 주요 자회사 및 계열사	디케이엠(주)			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	스마트 이수순환 시스템 개발을 위한 이수제조 및 이수 모니터링 기술 확보와 기자재 국산화를 통한 해외진출 당사 진행 중인 항만컨테이너 모니터링 시스템 중동지역 공급과 더불어 방향성 드릴시스템 산업의 첨단 산업화를 통한 자원부국 시장 진출 시너지 창출
투자의사금액	500 백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	극동일렉콤주식회사			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	31,000백만원	인력규모	126명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	4,500백만원	R&D 인력	12명
d. 회사연혁	1992 설립 2009 2000만불 수출탑/대통령상 2011 부산시 선도기업인증 2012 중소기업청 글로벌강소기업 선정 2013 산업통상자원부 세계일류상품 인증			
e. 소재 국가 및 주소	대한민국 부산광역시 사하구 다산로 128			
f. 주요사업	선박/해양플랜트용 조명기구, 냉동컨테이너모니터링시스템, 야간감시시스템 등			
g. 주요 자회사 및 계열사	케스콤, 극동대련유한공사			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	
투자의사금액	500백만원 이상

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	(주)성일엔케어			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	23,051 백만원	인력규모	83명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	303 백만원	R&D 인력	7명
d. 회사연혁	1978.10. 성일기계공업사 창립 (부산 주례동) . 1981.10. 국내 최초 고주파 파이프 벤딩기 국산화 개발 성공. 1988.11. ㈜성일기계 로 법인전환. 1994.10. 자동차 엔진용 냉각시스템 파이프 개발 성공. 1997.06. 가스터빈 연소실용 SUPPORT CYLINDER 국산화 개발 업체 선정(한국전력공사) 2002.02. ㈜성일에스아이엠 으로 상호변경 (SIM) 2004.10. 가스터빈 연소실 SHIELD CONE 국산화 개발 업체 선정 (한국남동발전㈜) 2009.01. ㈜ 성일에스아이엠 에서 ㈜성일엔케어로 분사 (선박엔진부품 및 해양 플랜트 부품) 2010.04. 시추선 Thruster용 Receptacle 국산화 성공 및 양산 실시 2012.05. 시추선 Thruster용 Mounting Can 제작을 “BP” 에서 승인획득 2012.07. ㈜성일엔케어, ㈜성일튜브, ㈜성일터빈 으로 업체 분할			
e. 소재 국가 및 주소	국가 : 대한민국 주소 : 부산 사하구 다산로 185(다대동)			
f. 주요사업	해양플랜트 제관 및 구조물 제작, 조선, 해양 플랜트용 파이프 제작 선박 고압 연료분사 파이프 제작, 선박가스엔진용 고압 이중관 파이프 제작, 고주파 파이프 벤딩			
g. 주요 자회사 및 계열사	(주)성일터빈, (주)성일튜브, (주)성일에스아이엠			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	▪ Drillship의 건조 기술은 세계 1위 수준이나 Drilling system의 경우 세계적으로 독점하고 있는 2개 회사에 Turn-key 발주 형태로 전량 수입에 의존 ▪ 국내 기술수준은 외국 업체의 하청 수준으로 국내 산업 기반이 육성되지 못함 ▪ 이수 순환 처리 시스템 기술 확보 및 국산화를 통한 해외 시장 진출 ▪ 해외 수입에 의존하고 있는 Offshore Drillship plant 의 국산화에 따른 수입 대체(약2,000~3,000 억원)
투자의사금액	500 백만원

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	(주)전진엔텍			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	18,093 원	인력규모	82 명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	597 원	R&D 인력	9 명
d. 회사연혁	2003년 전진엔텍 설립 2004년 급속개폐장치 개발 2005년 (주)전진엔텍 법인 전환 2006년 ISO 9001 : 2000 인증 2007년 유망중소기업 지정(기업은행) 벤처기업 인증(기술보증 기금) 2008년 부산테크노 파크 파트너 기업 지정 기술 혁신형 중소기업(INNO-BIZ)인증(중소기업청) 한국생산기술연구원 파트너 기업 지정 기업부설연구소 설립(국내 유일 화공기 내장품 연구소 보유) 2009년 기업부설연구소 울산지소 개소 수출유망중소기업 지정 전략사업 선도기업 지정(부산광역시) 2010년 대통령 표창장 수상 특허스타기업 인증 2012년 ASME U, S 인증 획득 ISO 14001:2004 OHSAS 18001:21007 획득 2013년 FRI 회원 가입			
e. 소재 국가 및 주소	부산광역시 사상구 학감대로 178번길 17			
f. 주요사업	석유 화학 플랜트 (화공기 내장품), 급속 개폐 장치(Quick Opening closure)			
g. 주요 자회사 및 계열사				

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	(예시) 안전하고 스마트한 방향성 드릴시스템 기술 확보 및 기자재 국산화를 통한 해외진출 등등 방향성 드릴시스템 산업의 첨단 산업화 현재 국내 수입 대체(약 1,600억원) 중국, 일본 등 수출(시장 규모 2조원 이상)
	해양시추 드릴RISER 사업 참여
투자의사금액	500 백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	(주)스틸플라워			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	136,558백만원	인력규모	287명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	1,249백만원	R&D 인력	18명
d. 회사연혁	1999년 12월 스틸플라워 설립 2009년 10월 코스닥 상장 2011년 10월 철탑산업훈장-대통령 2012년 12월 2억불 수출탑 수상 2013년 05월 World Class 300기업지정 2013년 12월 NET(신기술 인증)취득			
e. 소재 국가 및 주소	부산광역시 해운대구 센텀서로30 KNN타워 25층			
f. 주요사업	후육강관 및 해양플랜트 기자재			
g. 주요 자회사 및 계열사	(주)해안기계산업, Vina Steelflower, (주)코리카, (주)스틸플라워이엔씨, (주)스틸소프트, (주)스틸플라워글로벌, (주)글로벌로지텍			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.

※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	드릴시스템 기술 확보 및 기자재 국산화
투자의사금액	500백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	미래인더스트리(주)			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	17,910백만원	인력규모	53명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	159백만원	R&D 인력	11명
d. 회사연혁	2012.09 미래하이윈과 합병, 미래인더스트리(주)로 사명변경 2011.12 경남 무역인상 -수출유공탑 부문대상 2010.09 대통령 표창 수상 2009.07 기업부설연구소 설립 2008.06 ISO 14001 & OHSAS 18001 획득 2007.01 국내 조선소(SHI, DSME, HHI,HSHI)협력업체 등록 2006.12 미래산업기계(주) 법인설립 2005.03 미래산업기계 설립			
e. 소재 국가 및 주소	대한민국 / 경남 함안군 칠서면 공단안길269			
f. 주요사업	조선기자재 제조			
g. 주요 자회사 및 계열사	-			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	신규 사업에 대한 투자를 통하여 사업의 다각화는 물론 기업의 역량강화 및 첨단 기술 확보, 기자재 국산화 등으로 국익을 모도 하고자 함.
투자의사금액	500 백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	(주)코밸			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	12,600,000,000원	인력규모	76 명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	500,000,000원	R&D 인력	14 명
d. 회사연혁	1993년 4월 1일 설립			
e. 소재 국가 및 주소	부산공역시 사하구 다대동 135			
f. 주요사업	원전, 육상, 조선 관련 Control valve 및 Safety valve 제조, 납품			
g. 주요 자회사 및 계열사	없음			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	(예시) 안전하고 스마트한 방향성 드릴시스템 기술 확보 및 기자재 국산화를 통한 해외진출 등등 방향성 드릴시스템 산업의 첨단 산업화 현재 국내 수입 대체(약 1,600억원) 중국, 일본 등 수출(시장 규모 2조원 이상)
	현국내 해양기자재 국산화 개발은 20%정도의 국산화율이 미비한 실적이며, 또한 주요설비의 대부분은 해외업체로부터 수입하여 적용하고 있는 현실이다. 따라서 당사는 스마트 드릴링 시스템 개발 사업에 참여하여 해양플랜트 기자재 국산화 및 기술확보로 매출증대를 통한 수익창출, 고용확대와 기술력 축적으로 해양플랜트 기자재 해외수출등 다각적인 방향 모색과 차후 해양플랜트 분야에 선두주자로 진출하기 위함.
투자의사금액	*500* 백만원 • 인건비 : 2억 • 설비 및 기자재 : 3억

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	태광중공업(주)			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	300억원	인력규모	150명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	4억원	R&D 인력	10명
d. 회사연혁	2009 태광중공업설립, 2009 기어부설연구소설립, 2013 ABS,LR,DNV인증			
e. 소재 국가 및 주소	대한민국 경상남도 창원시 마산합포구 진북면 산단1길 35			
f. 주요사업	크레인, 플랜트, 대형프레스, 조선해양기자재, 열처리, 도장,절단외			
g. 주요 자회사 및 계열사	태광메카텍(주), 태광나노텍(주), 태광포스텍(주)			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.

※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한 투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	(예시) 안전하고 스마트한 방향성 드릴시스템 기술 확보 및 기자재 국산화를 통한 해외진출 등등 방향성 드릴시스템 산업의 첨단 산업화 현재 국내 수입 대체(약 1,600억원) 중국, 일본 등 수출(시장 규모 2조원 이상)
	이수처리시스템 (desander, desilter, degaser, shale shaker)/MUD 재순환장치
투자의사금액	**650 백만원 (현금 500백만원, 현물 150백만원)**

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	(주)이엔테크			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	218 억원	인력규모	85명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	13 억원	R&D 인력	7명
d. 회사연혁	- 2002년 9월 이엔테크 설립 - 2007년 5월 우수중소기업 국무총리상 수상 - 2011년 11월 2000만불 수출탑 수상 - 2012년 5월 중소기업 발전공헌 대통령상 수상			
e. 소재 국가 및 주소	대한민국 (630-370) 경남 창원시 성산구 공단로 116(신촌동)			
f. 주요사업	- 해양플랜트 기자재 및 관련 산업 - 에어리시버 및 발전 플랜트			
g. 주요 자회사 및 계열사	-(주)현대 티엠씨 -(주)현대산기			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	차세대 방향제어 및 시추공 자극기술 연구를 통해 축적된 다단계 수압파쇄 현장 운영 기술을 기반으로 해외 셰일가스 및 유전의 시추서비스 사업에 참여할 예정임
투자의사금액	500백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	㈜골든엔지니어링			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	1,500백만원	인력규모	10명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	300백만원	R&D 인력	5명
d. 회사연혁	2010년 1월 창립			
e. 소재 국가 및 주소	서울특별시 광진구 구의강변로 30, 목림B/D 501호			
f. 주요사업	토목설계, 지반조사, 석유-가스 자원개발			
g. 주요 자회사 및 계열사	-			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	스마트 드릴링 시스템 현장실증 연구 경험을 통해 축적된 방향성 시추 현장 운영 경험을 기반으로 해외 셰일가스 및 유전의 시추서비스 사업에 참여할 예정임
투자의사금액	500백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	스카이에너지서비스(주)			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	300백만원	인력규모	7명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	30백만원	R&D 인력	5명
d. 회사연혁	2014년 2월 창립			
e. 소재 국가 및 주소	서울특별시 광진구 구의강변로 30, 목림B/D 502호			
f. 주요사업	석유-가스 자원 개발 및 컨설팅			
g. 주요 자회사 및 계열사	-			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	- 동력절감형 스마트 이수순환 시스템 중 머드 탱크 내의 Agitator 균질 머드 혼합 기술 확보 및 국산화를 통한 국내제조사의 국내 및 해외진출 - 해상 및 육상 드릴링 시장 진출 : 대우조선해양, 삼성중공업, 한국석유화학공사, 현대ENG, 삼성ENG 등 - 국내 수입 대체 : 약 600억원
투자의사금액	**500 백만원**

▪ **투자목적**
- 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
▪ **투자의사금액**
- 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	주식회사 하도			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	33,470백만원	인력규모	72명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	458백만원	R&D 인력	7명
d. 회사연혁	1972.02 설립			
e. 소재 국가 및 주소	인천시 서구 가재울로 95			
f. 주요사업	산업용 교반기			
g. 주요 자회사 및 계열사	없음			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	안전하고 스마트한 방향성 드릴시스템 기술 확보 및 기자재 국산화를 통한 해외진출을 통한 방향성 드릴시스템 산업의 첨단 산업화 현재 국내 수입 대체(약 1,600억원) 중국, 일본 등 수출(시장 규모 2조원 이상)
투자의사금액	600 백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	(주)성산암데코			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	10,409백만원	인력규모	40명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	263백만원	R&D 인력	10명
d. 회사연혁	1986.06.15. 회사설립 - 성산AMDECO 1996.01.03. 법인(주식회사)으로 전환 : ㈜성산암데코 2000.11.01. 한국 신기술대전상 수상 (국무총리) 2002.11.13. 부품.소재기술인상 수상 (국무총리) 2002.12.04. 세계일류상품 선정 2002.12.23. 100대 우수특허제품 선정 (특허청) 2005.07.29. 기술혁신형 중소기업(INNO-BIZ) 선정 2013.09.26. 창원시 올해의 최고연구팀상 선정			
e. 소재 국가 및 주소	대한민국, 경상남도 창원시 마산회원구 봉암공단 13길 7			
f. 주요사업	국가 연구 개발사업 참여 12개 과제 성공적으로 수행함 현재 동남광역경제권선도산업 R&D 사업 진행중			
g. 주요 자회사 및 계열사	㈜만텍			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	▪ 다목적 방향성 드릴시스템의 고효율 이수 순환 펌프 시스템에 적용되는 피팅 및 밸브 기술 확보 및 기자재 국산화로 관련 산업으로의 사업 분야 진출 ▪ 기존 Oil 생산과 더불어서 세일 가스 및 천연가스 개발에 대한 필요성 대두로 관련 장치인 이수 순환 펌프 시스템 기자재 분야의 시장 확대 기대
투자의사금액	500 백만원

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	디케이락(주)			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	54,580백만원	인력규모	250명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	1,133백만원	R&D 인력	14명
d. 회사연혁	• 1986.01 대광닛불 상사 설립 • 1992.01 대광닛불(주) 법인 전환 • 2004.10 벤처기업 대상수상 • 2006.12 500만불 수출의 탑 수상(한국무역협회) • 2007.01 대한민국 프런티어 경영대상 수상 (분야 - 품질경영) • 2008.11 1,000만불 수출의 탑 수상 (한국무역협회) • 2008.11 무역의 날 대통령표창 수상 • 2009.01 부품.소재 전문기업 등록(지식경제부) • 2010.01 디케이락(주)로 상호변경 • 2010.11 코스닥시장 상장(한국거래소) • 2011.09 일자리창출 우수기업인증(경남도청) • 2012.08 취업하고 싶은 기업선정(중소기업기술혁신 협회) • 2012.12 2,000만불 수출의 탑 수상(한국무역협회) • 2013.06 본점소재지 변경(현재본사)			
e. 소재 국가 및 주소	대한민국) 경상남도 김해시 주촌면 골든루트로 129번길 7			
f. 주요사업	• 계장용 피팅 & 밸브 • 조선 및 해양플랜트용 관이음 자재 및 밸브 • CNG/NGV용 밸브 • 원자력발전소용 메탈플렉시블 호스 및 밸브 • 철도차량용 관이음 자재 및 밸브			
g. 주요 자회사 및 계열사				

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	(예시) 안전하고 스마트한 방향성 드릴시스템 기술 확보 및 기자재 국산화를 통한 해외진출 등등 방향성 드릴시스템 산업의 첨단 산업화 현재 국내 수입 대체(약 1,600억원) 중국, 일본 등 수출(시장 규모 2조원 이상)
투자의사금액	500백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	㈜밸칸			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	700백만원	인력규모	5명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	30백만원	R&D 인력	3명
d. 회사연혁	2011.07.16			
e. 소재 국가 및 주소	경남 김해시 전하동 432-1번지			
f. 주요사업	콘트롤밸브, 자동화기기			
g. 주요 자회사 및 계열사				

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	드릴링 시스템에 대한 시험 방법 개발(전량 해외에서 진행하고 있음) 드릴링 시스템 시험 장비(하드웨어, 컨트롤, DAQ, S/W) 개발 환경 요소를 고려한 시험 방법 개발
투자의사금액	500 백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	엠티디아이(주)			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	1,750	인력규모	16명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	349	R&D 인력	4명
d. 회사연혁	◇ 2011년 8월 엠티디아이(주) 법인 설립 ◇ 2011년 10월 엠티디아이(주) 공장 등록 ◇ 2011년 11월 기업부설연구소 인정 ◇ 2012년 5월 창업지원사업 선정(대전테크노파크) ◇ 2013년 4월 중소기업 첫걸음과제 선정(중소기업청) ◇ 2013년 4월 엠티디아이(주) 거제 지사 설립 ◇ 2014년 6월 2014년 중소기업경영대상 수상			
e. 소재 국가 및 주소	대한민국, 대전광역시 유성구 테크노11로 46			
f. 주요사업	재료 시험기, 해양플랜트 환경 챔버, 마찰마모시험기			
g. 주요 자회사 및 계열사	엠티디아이 경남지사			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	(예시) 안전하고 스마트한 방향성 드릴시스템 기술 확보 및 기자재 국산화를 통한 해외진출 등등 방향성 드릴시스템 산업의 첨단 산업화 현재 국내 수입 대체(약 1,600억원) 중국, 일본 등 수출(시장 규모 2조원 이상)
투자의사금액	5억원 이상 백만원

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	한국 IGS			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	원	인력규모	명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	원	R&D 인력	명
d. 회사연혁	2002년 설립			
e. 소재 국가 및 주소	경남, 진주시			
f. 주요사업	NITROGEN GENERATOR			
g. 주요 자회사 및 계열사	SMC GAS SYSTEM in China			

『다목적 방향성 드릴시스템 개발사업』 투자의향서(산업체 限)

※ 본인은 앞서 제안한 기술에 대해 다음과 같은 내용으로 투자할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 의무 및 법률적으로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 파급효과를 알아보기 위한
투자 의향을 확인하는 설문임을 알려드립니다.

1. [투자정보] 투자희망(또는 제안) 기술의 연구개발목표 및 내용

구분	제안 기술명
투자목적	(예시) 안전하고 스마트한 방향성 드릴시스템 기술 확보 및 기자재 국산화를 통한 해외진출 등등 방향성 드릴시스템 산업의 첨단 산업화 현재 국내 수입 대체(약 1,600억원) 중국, 일본 등 수출(시장 규모 2조원 이상)
	개방형 Boom Derrick 및 시추 파이프 자동체결 시스템 국산화 개발
투자의사금액	1,000 백만원 (현금 700백만원, 현물 300백만원)

- **투자목적**
  - 투자희망(또는 제안) 기술의 투자목적
  ※ 기존 사업의 가치 증대 및 투자와 당사 경영전략 및 비전의 부합성 여부를 고려하여 기술
- **투자의사금액**
  - 투자희망(또는 제안) 기술에 대한 투자의사 금액

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

(단위: 백만 원)

구분	내용			
a. 회사명	㈜한특이피			
b. 기업규모(매출액, 인력)	매출액	1,7000원	인력규모	41명
c. R&D 역량	R&D 투자규모	500백만원	R&D 인력	8명
d. 회사연혁	2010년 설립 2013년 기업 부설 연구소 설립 2014년 ㈜한국특수파이프 2공장에서 ㈜한특이피로 법인 분리			
e. 소재 국가 및 주소	대한민국 (627-902) 경남 밀양시 삼량진읍 미전리 309번지			
f. 주요사업	인발강관, 기계alc 중장비 부품, 유압 및 배관			
g. 주요 자회사 및 계열사	㈜한국특수파이프, ㈜케이에스아이			