

R&D/  
2012  
연구기  
획G01

# Land Transport and Maritime R&D Report

극한지  
자원이  
송망  
설계  
및  
시공  
자동  
화  
기술  
기획

2012

**한국건설교통기술평가원**  
(건고덕 17p)

5 cm

3cm

(견고덱 25p)

건설교통연구기획사업 최종보고서

3cm

0.5cm

R&amp;D / 2012-연구기획-G01

2.5cm

9cm

(견고덱31p)

5cm

## 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획

(0.1 cm)

2012. 10. 31.

0.15cm

(견고덱15p)

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

협동연구기관 / 포항산업과학연구원

위탁연구기관 / (주)날리지웍스

(견고덱 15.5p)

(백색바탕)

국 토 해 양 부

**한국건설교통기술평가원**

(견고덱 20p)

## 제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 "극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획"과제의 최종  
보고서로 제출합니다.

2012. 10. 31.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원

주관연구책임자 : 이장근 수석연구원

연구원 : 김영석 연구위원

연구원 : 배규진 선임연구위원

연구원 : 황인주 연구위원

연구원 : 김태형 연구위원

연구원 : 장춘만 연구위원

연구원 : 백용 연구위원

연구원 : 최창호 연구위원

연구원 : 신현섭 수석연구원

연구원 : 강재모 전임연구원

연구원 : 홍승서 수석연구원

연구원 : 박근보 수석연구원

연구원 : 김기주 수석연구원

협동연구기관명 : 포항산업과학연구원

협동연구책임자 : 조우연 책임연구원

연구원 : 김기석 책임연구원

연구원 : 조광일 책임연구원

연구원 : 이재익 책임연구원

연구원 : 안동욱 책임연구원

위탁연구기관명 : (주)날리지웍스

위탁연구책임자 : 류형근 본부장

연구원 : 구민정 책임컨설턴트

연구원 : 박창현 전임컨설턴트

## 보 고 서 요 약 서

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    |                                                                |                                |               |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------------------|
| 과제고유번호                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2012-연구<br>기획-G01                  | 해 당 단 계<br>연 구 기 간                                             | 6개월                            | 단 계 구 분       | 1차/1차                                     |
| 연 구 사 업 명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 사 업 명                              | 건설교통연구기획사업                                                     |                                |               |                                           |
| 연 구 과 제 명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 세부과제명                              | 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획                                     |                                |               |                                           |
| 연 구 책 임 자                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 이 장 근                              | 해당단계<br>참 여<br>연구원수                                            | 총 : 18명<br>내부 : 17명<br>외부 : 1명 | 해당단계<br>연 구 비 | 정부 : 70,000천원<br>기업 : 0천원<br>계 : 70,000천원 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    | 총연구기간<br>참 여<br>연구원수                                           | 총 : 18명<br>내부 : 17명<br>외부 : 1명 | 총연구비          | 정부 : 70,000천원<br>기업 : 0천원<br>계 : 70,000천원 |
| 연구기관명 및<br>소 속 부 서 명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 한국건설기술연구원<br>Geo-인프라연구실            |                                                                | 참여기업명                          |               |                                           |
| 협 동 연 구                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 연구기관명 : 포항산업과학연구원    연구책임자 : 조 우 연 |                                                                |                                |               |                                           |
| 위 탁 연 구                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 연구기관명 : (주)날리지웍스    연구책임자 : 류 형 근  |                                                                |                                |               |                                           |
| 요약                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                                |                                | 보고서면수         | 216                                       |
| <p>- “극한지 자원이송망 설계 및 시공 자동화 기술”과 관련한 핵심기술을 도출하기 위하여 총 4단계로 기획연구를 수행함.</p> <p>1)기술개발 동향 수요조사 실시, 2)기술개발 전략 수립 및 연구내용 설정, 3)연구개발과제 기획, 4)핵심기술 도출 및 타당성 분석</p> <p>- 그 결과, 기술로드맵과 RFP를 도출하였으며, 도출된 핵심 기술은 다음과 같음.</p> <p>1)극한지 자원이송망 기반구조물 설계 및 평가기술, 2)극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발, 3)극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발, 4)자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발</p> |                                    |                                                                |                                |               |                                           |
| 색 인 어<br>(각 5개 이상)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 한 글                                | 극한환경, 에너지, 자원, 이송망, 건설                                         |                                |               |                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 영 어                                | Extreme environment, Energy, Resource, Pipe line, Construction |                                |               |                                           |

---

## 요 약 문

---

### I. 제 목

극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획

### II. 기술의 정의 및 필요성

#### ■ 기술의 정의

본 연구에서는 시베리아 및 북극권의 육상지역을 대상(온도조건:  $-40\sim 20^{\circ}\text{C}$ )으로 하는 에너지·자원 이송망 설계 및 시공자동화 기술 관련 핵심개발 과제 도출 기획연구이다.

#### ■ 연구개발의 필요성

##### (1) 기술적 측면

국내에는 영구동토를 포함한 극한지를 대상(온도조건:  $-40\sim 20^{\circ}\text{C}$ )으로 장거리 자원이송망(2,000km급)에 대한 설계 기술과 경험이 전무하여 급변하는 극한지 자원개발 사업에 국제경쟁력 확보를 위해서는 열유동 특성을 고려한 자원이송망과 동토지반 대상 기반구조물 설계 및 평가, 극지 환경( $-40^{\circ}\text{C}$ 이하)에 대응 가능한 고변형능(조관후 인장/압축 변형능 1.5% 이상)의 파이프 및 현장 고속 접합기술 개발, 지능형 유지관리 시스템 개발 및 비즈니스 모델 개발 등을 통한 통합 엔지니어링 체인 구축이 필요하다.

##### (2) 경제·산업적 측면

동토를 대상으로 자원개발에 국가적인 투자(시베리아 에너지 라인 건설: 2조 4천억원, 캐나다 BlackGold 광구 사업: 1,000억 달러)가 진행 중에 있으며, 극한지 자원이송망 건설 비용은 약 30억원/km가 소요되어 소재-설계-가설의 일괄 프로젝트 수주 시 수십에서 수백억 달러의 매출액 확보가 가능하다.

### (3) 사회·문화적 측면

2011년도 “과학기술기본계획”에 따르면 7대 집중육성 R&D 분야에서 “국가주도기술 핵심역량 확보”분야는 투자규모가 가장 크며, 본 연구와 연계성이 높은 건설기술혁신사업과 극한지 에너지 및 자원이용 기술 개발이 포함되어 있으며 2011년 개최된 G20 정상회의에서 한·러 양국 정상회담을 통한 러시아 유·가스전 및 광물자원 개발 협력 강화와 천연가스 한국공급에 따른 장거리 자원이송에 대한 필요성이 증대하고 있다.

## III. 국내외 동향 및 환경 분석

최근 교토의정서 등 전 세계적인 지구 온난화 방지를 위한 온실가스(GHG ; Green House Gases) 배출 억제 및 각종 국제적인 환경규제의 강화에도 불구하고 기간산업의 화석연료 의존도가 높아 국운을 걸고 사력을 다해 화석연료의 확보에 전력하고 있는 것이 국제적인 추세이다. 국내 에너지의 97%를 수입에 의존하고 있으며 수입에너지의 83%를 화석연료가 차지하고 있다.

이러한 시대적 배경을 바탕으로 정부에서는 100대 국정과제 중 “에너지 자주 개발을 제고”를 선정하여 에너지 안보 강화를 위한 정책적 지원을 강화하였다. 그러나 비교적 에너지·자원 확보가 용이했던 육상의 화석연료가 고갈됨에 따라 대체 확보를 위한 장소가 그동안 관심을 두지 않았던 극한지로 이동하고 있다.

한편 전 세계 미 발견 석유·가스 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장(약 4,120억 boe)되어 있으며, 고유가 및 탐사·시추기술 발달과 맞물려 상업적 개발이 활발하다. 특히, 기존 에너지자원 고갈 및 고유가 지속으로 비전통 석유생산(Oil sand, Shale gas/oil), 신규 매장지(극한지)의 메가 프로젝트 증가하고 있다. 극한지 에너지 개발의 경제성 확보를 위해서는 수송인프라 건설비용의 최소화가 필요하다.

극한지 에너지 자원 수송을 위한 파이프라인 설계 및 시공은 TAPS(Trans Alaska Pipeline Sytem) 및 Sakhalin II Pipeline 등의 사례가 있으나 당시의 기술적 한계를 극복하기 위한 연구가 현재까지도 계속되고 있다. 향후 진출할 극한지는 더욱 혹독한 건설환경이 예상되지만 국내에서는 극한지 자원이송망 설계 및 시공 경험이 전무한 상황이며 관련기술 개발에 대한 투자가 미미하다. 향후 극한지 신공간에서 에너지자원 개발수요 증가가 예상되고 있는 상황에서 세계 시장을 해외 소수의 회사가 독점하고 있어 독자개발을 통하여 시장진입 기반 마련이 필요하다.

이상과 같이 극한지 에너지자원 개발 및 건설 시장을 선점하기 위해서는 국내 환경과 상이한 극한지 대상 건설기술 개발이 필수적이다. 또한, 급변하는 국제 자원개발 시장에서 경쟁력 확보를 위해서는 반드시 수송인프라 구조물(자원이송망)의 안전성과 건설비용

(유지관리비용 포함)의 최소화가 절대적이다.

#### IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

##### ■ 연구개발과제 구성

| 핵심과제                             | 연구목표                                                    |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술 개발    | 극한지 온도조건(-40~20℃)을 반영한 2,000 km급 자원이송망 설계·평가 기술 확보      |
| 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발      | 극한지용(-40℃이하) 고변형능(조관후 인장/압축 1.5%이상) 파이프 및 현장 고속 접합기술 개발 |
| 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프 라인 시공 기법 개발 | 위험인자 극복형 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향 평가 기법 개발                |
| 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발            | 극한환경(-40℃, 2,000km급) 자원이송망 성능유지를 위한 유지관리 시스템 개발         |

##### ■ 추진전략

연구수행 단계는 4단계로 나누며, 1단계(1차년도)에는 요소기술 조사, 2단계(2차 및 3차년도)에는 핵심기술 개발, 3단계(4차년도)에는 개발 기술검증 및 실용화, 4단계(5차년도)에는 핵심기술이전 및 사업화를 통해서 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술을 확보하고자 한다. 개발기술의 실용화를 위하여 극한환경 재현 인프라를 활용한 실증적 연구를 수행하고, 나아가 극한지 파일럿 테스트를 통한 현장 적용성을 검토하여 극한지 자원이송망 비즈니스 모델을 도출하였다.

## V. 사전 타당성 검토

정책적 타당성 분석에서는, 1. 기술개발투자의 시의성 및 시급성 2. 국토부 주도의 개발 및 지원 필요성 3. 상위계획과의 부합성 4. 정부 미지원시 문제점을 중점으로 분석하였다. 에너지 안보 이슈로 인한 정부의 정책과 외교적 노력을 통해, 극한지 에너지 개발사업 기반을 마련하였고, 근 미래에 사업추진이 예상되는 상황에서 관련 기술을 개발하는 것은 시의적절한 것으로 판단된다. 본 연구 활동은 장기적인 국가 신성장 동력 확보 및 에너지 안보 강화 등 공공의 성격을 지니며, 단기적으로 기술개발과 민간참여가 어려워 국가 주도로 기술개발을 추진하는 것이 타당해 보인다. 또한, 본 연구는 정부의 100대 국정과제의 에너지 안보 강화를 위한 정책, 과학기술기본계획의 건설기술혁신사업과 극한지 에너지 및 자원이용 기술 개발 등의 정부정책 목표 달성을 지원하고 있다.

기술적 타당성 분석에서는, 1. 기술개발 계획의 적절성 2. 기술수준 및 성공가능성 3. 기존 사업과의 중복성을 중점적으로 분석하였다. 본 사업은 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단되며 추진조직의 구성에 대해 상세하게 기술하였으며, 세부과제별로 기대 성과물과 활용계획, 성과평가를 위한 성과지표를 제시하고 있다. 기술수준 및 성공가능성의 경우 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인프라 분석을 통해 분석이 이루어 졌으며, 선진국대비 인프라가 부족하여 정부의 적극적인 사업추진이 없다면, 연구성과 도출이 다소 어려울 것으로 판단된다.

경제적 타당성 분석에서는, 1. 경제적 효과 2. 예산적정성을 중점적으로 검토하였다. 본 연구는 극한지 자원이송망 관련 기술을 개발하여, 미래에 발생할 것으로 예상되는 해외 극한지 자원 개발 사업에 참여할 수 있는 기반을 마련할 것으로 예측된다. 연구단의 소요 예산(총 5년 연구기간)은 정부출연금인 225억원, 민간부담금이 70억원 수준이며, 세부적인 소요예산에 대해서는 연구 추진단계에서 보다 구체화될 수 있을 것으로 판단된다.

# **목 차**

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>1장. 기술의 정의 및 필요성</b>     | <b>1</b>  |
| 1절. 기술의 정의 및 필요성            | 1         |
| 1. 기술의 정의 및 필요성             | 1         |
| 2. 기술의 범위                   | 6         |
| 2절. 기술분류 및 내용               | 10        |
| 1. 기술분류                     | 10        |
| 2. 기술내용                     | 12        |
| <b>2장. 국내외 동향 및 환경분석</b>    | <b>14</b> |
| 1절. 국내외 정책동향                | 14        |
| 1. 국내 정책동향                  | 14        |
| 2. 국외 정책동향                  | 17        |
| 2절. 국내외 시장현황 및 전망           | 21        |
| 1. 국내 시장현황 및 전망             | 21        |
| 2. 국외 시장현황 및 전망             | 23        |
| 3절. 기술동향 분석                 | 37        |
| 1. 기술분류 및 정의                | 37        |
| 2. 특허동향분석                   | 37        |
| 3. 논문동향분석                   | 48        |
| 4. 기술수요 및 예측 수준 조사          | 68        |
| 4절. 인프라 분석                  | 76        |
| 1. 개요                       | 76        |
| 2. 국내 연구 인프라 현황             | 76        |
| 3. 국외 연구 인프라 현황             | 80        |
| 5절. 종합분석                    | 87        |
| 1. 국내외 정책 및 시장분석            | 87        |
| 2. 기술개발 동향 및 인프라 분석         | 89        |
| 3. 핵심과제 도출                  | 92        |
| <b>3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략</b> | <b>96</b> |
| 1절. 비전 및 목표                 | 96        |

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 1. 비전 및 목표 .....                                 | 96  |
| 2. 설정근거 .....                                    | 97  |
| 3. 단계별 목표 .....                                  | 102 |
| 2절. 기술개발에 따른 미래상 .....                           | 104 |
| 1. 현황 및 미래상 .....                                | 104 |
| 2. 기술개발 전략 및 효과 .....                            | 107 |
| 3절. 연구개발과제 구성 .....                              | 116 |
| 4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 .....                      | 117 |
| 1. 1세부과제 : 극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술 개발 .....   | 117 |
| 2. 2세부과제 : 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발 .....     | 124 |
| 3. 3세부과제 : 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발 ..... | 129 |
| 4. 4세부과제 : 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발 .....           | 135 |
| 5절. 과제 간 연계관계 .....                              | 140 |
| 6절. 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 .....                | 141 |
| 7절. 성과의 활용방안 .....                               | 142 |
| 8절. 연구수행체계 제안 .....                              | 144 |
| 1. 연구추진체계 정립 .....                               | 144 |
| 2. 추진조직 .....                                    | 144 |
| 3. 추진체계 .....                                    | 145 |
| 4장. 사전타당성 검토 .....                               | 147 |
| 1절. 정책적 타당성 .....                                | 147 |
| 1. 국가전략적 중요성 .....                               | 147 |
| 2절. 기술적 타당성 .....                                | 149 |
| 1. 기술개발 계획의 적절성 .....                            | 149 |
| 2. 기술수준 및 성공가능성 .....                            | 155 |
| 3. 기존 사업과의 중복성 .....                             | 156 |
| 3절. 경제적 타당성 .....                                | 160 |
| 1. 경제성 분석 .....                                  | 160 |
| 4절. 기술개발 필요성 .....                               | 164 |
| 1. 극한지 자원이송망 기반 구조물 설계 및 평가 기술개발 .....           | 164 |
| 2. 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발 .....             | 164 |
| 3. 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발 .....         | 165 |
| 4. 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발 .....                   | 165 |

|                                          |         |
|------------------------------------------|---------|
| 5절 정부지원 타당성 .....                        | 167     |
| 1. 극한지 자원이송망 기반 구조물 설계 및 평가 기술개발 .....   | 167     |
| 2. 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발 .....     | 167     |
| 3. 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발 ..... | 168     |
| 4. 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발 .....           | 168     |
| 5. 정부 미지원시 문제점 .....                     | 169     |
| 6절. 타당성 검토 종합 .....                      | 170     |
| 1. 정책적 타당성 .....                         | 170     |
| 2. 기술적 타당성 .....                         | 170     |
| 3. 경제적 타당성 .....                         | 171     |
| 4. 기술개발 필요성 .....                        | 171     |
| 5. 정부지원 타당성 .....                        | 172     |
| <br>5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정 .....           | <br>173 |
| 1절. 연구일정에 따른 인력계획 .....                  | 173     |
| 1. 전체사업 인력투입계획 .....                     | 173     |
| 2. 세부과제별 인력투입계획 .....                    | 174     |
| 2절. 소요예산 산정 .....                        | 178     |
| 1. 예산 산정방법 .....                         | 178     |
| 2. 전체사업 소요예산 .....                       | 178     |
| 3. 세부과제별 소요예산 .....                      | 180     |
| 3절. 연구단 소요예산 적정성 검토 .....                | 182     |
| 1. 소요예산 개요 .....                         | 182     |
| 2. 연구비 검토 결과 .....                       | 183     |
| 3. 예산의 적정성 검토결과 .....                    | 188     |
| <br>6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 .....      | <br>190 |
| 1절. 과제 제안요구서(RFP) .....                  | 190     |
| 2절. 평가기준 설정 .....                        | 207     |
| 1. 평가항목 .....                            | 207     |
| 2. 가점 및 감점 기준 .....                      | 210     |
| <br>7장. 참고문헌 .....                       | <br>215 |

# 그림 목 차

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 그림 1.1 극한지 자원이송망 개발 대상지역 .....                                 | 1  |
| 그림 1.2 극한지 자원의 이송과정 개요도 .....                                  | 2  |
| 그림 1.3 자원 이송망 비즈니스 모델 개요도 .....                                | 3  |
| 그림 1.4 극한지 자원 이송망 설계 및 시공관련 핵심 기술 관계도 .....                    | 4  |
| 그림 1.5 기술수요조사를 위한 자문위원 구성 .....                                | 10 |
| 그림 1.6 극한지 자원 이송망 관련 핵심기술 개념도 .....                            | 12 |
| 그림 2.1 유가의 변동추이 및 에너지 수입추이 및 2009년 에너지자원<br>주요정책 방향(지경부) ..... | 14 |
| 그림 2.2 지경부 석유가스분야 전략 로드맵 .....                                 | 15 |
| 그림 2.3 Alaska Natural Gas Transportation Project .....         | 17 |
| 그림 2.4 러시아 통합가스시스템(UGSS) .....                                 | 18 |
| 그림 2.5 동시베리아 자원이송망 건설 계획(한국가스공사, 1997) .....                   | 19 |
| 그림 2.6 러시아 천연가스 도입 노선도 .....                                   | 22 |
| 그림 2.7 우미악(Umiak) 광구 위치도 .....                                 | 23 |
| 그림 2.8 북극지역 석유·가스 개발 현황(USGS) .....                            | 23 |
| 그림 2.9 북극 지역 미개발 가스(Gas) 매장량 분포도(Gautier et al., 2009) .....   | 24 |
| 그림 2.10 북극 지역 미개발 오일(Oil) 매장량 분포도(Gautier et al., 2009) .....  | 25 |
| 그림 2.11 권역별 천연가스 자원 분포도 .....                                  | 26 |
| 그림 2.12 국가별 Oil Sand 매장량 .....                                 | 27 |
| 그림 2.13 캐나다 북극지역 석유·가스 매장지역 .....                              | 27 |
| 그림 2.14 노드스트림 가스 파이프라인 노선도 .....                               | 29 |
| 그림 2.15 블루스트림과 사우스스트림 가스 파이프라인 노선도 .....                       | 30 |
| 그림 2.16 S-K-V 파이프라인 가스 파이프라인 노선도 .....                         | 31 |
| 그림 2.17 나부코 가스 파이프라인 노선도 .....                                 | 32 |
| 그림 2.18 화이트스트림 가스 파이프라인 노선도 .....                              | 33 |
| 그림 2.19 알래스카 횡단 송유관 .....                                      | 34 |
| 그림 2.20 거리 및 용량별 에너지 수송방법 .....                                | 35 |
| 그림 2.21 세계 천연가스 생산량 및 국제교역량 추이 .....                           | 36 |
| 그림 2.22 전체 연도별 동향 .....                                        | 39 |
| 그림 2.23 주요시장국 내·외국인 특허출원현황 .....                               | 40 |
| 그림 2.24 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황 .....                           | 41 |
| 그림 2.25 기술별 연도별 출원동향 .....                                     | 42 |

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 그림 2.26 기술별 분포 .....                                        | 43 |
| 그림 2.27 기술성장 단계 모식도 .....                                   | 44 |
| 그림 2.28 국가별 기술성장 단계 .....                                   | 44 |
| 그림 2.29 논문 분석 프로세스 .....                                    | 48 |
| 그림 2.30 극한지 자원이송망 관련 논문 분포 .....                            | 50 |
| 그림 2.31 연도별 논문 발표 추이 .....                                  | 50 |
| 그림 2.32 국가별 논문 발표 현황 .....                                  | 51 |
| 그림 2.33 국가별 주제별 논문발표 현황 .....                               | 51 |
| 그림 2.34 기술분야별 논문 동향 .....                                   | 52 |
| 그림 2.35 연도별 에너지 분야 관련 논문 추이 .....                           | 53 |
| 그림 2.36 국가별 논문 추이 .....                                     | 55 |
| 그림 2.37 기술분야별 논문 동향 .....                                   | 56 |
| 그림 2.38 연도별 자원이송망 소재 분야 관련 논문 추이 .....                      | 56 |
| 그림 2.39 국가별 논문 추이 .....                                     | 59 |
| 그림 2.40 기술분야별 논문 동향 .....                                   | 60 |
| 그림 2.41 연도별 자원이송망 시공자동화 분야 관련 논문 추이 .....                   | 60 |
| 그림 2.42 국가별 논문 추이 .....                                     | 63 |
| 그림 2.43 기술분야별 논문 동향 .....                                   | 64 |
| 그림 2.44 연도별 자원이송망 유지관리 분야 관련 논문 추이 .....                    | 64 |
| 그림 2.45 국가별 논문 추이 .....                                     | 67 |
| 그림 2.46 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술분야 포트폴리오 분석결과 74             |    |
| 그림 2.47 한국해양과학기술원 대형 빙해 수조 .....                            | 76 |
| 그림 2.48 극한 공학 실험실 개요도 .....                                 | 77 |
| 그림 2.49 열전도 시험기 .....                                       | 78 |
| 그림 2.50 부동수분 측정기 .....                                      | 78 |
| 그림 2.51 초음파 시험기 .....                                       | 78 |
| 그림 2.52 TRRL 동상 시험기 .....                                   | 79 |
| 그림 2.53 동토의 압축강도 시험기 .....                                  | 79 |
| 그림 2.54 미 육군공병단 한지공학연구소(CREEL) FERF 시설 .....                | 80 |
| 그림 2.55 알래스카 송유관 현장 실물 실험(UAF) .....                        | 81 |
| 그림 2.56 Golder Associates Inc의 송유관 안정성 평가 (알래스카 앵커리지) ..... | 82 |
| 그림 2.57 실험용 냉동챔버 .....                                      | 82 |
| 그림 2.58 저온챔버내 시료준비실과 극저온냉동챔버내 삼축압축실과 결빙실험 .....             | 82 |
| 그림 2.59 가즈프롬의 동상에 대한 말뚝기초의 안정성 평가 현장 시험 .....               | 83 |
| 그림 2.60 야쿠츠크 건설 연구소 지하 냉동 시험실 .....                         | 83 |

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 그림 2.61 열 사이편의 현장 적용성 평가 시험 .....                     | 84  |
| 그림 2.62 NMR 시험기 .....                                 | 85  |
| 그림 2.63 동상시험기 .....                                   | 85  |
| 그림 2.64 Temperature bath(EYELA NCB-3100) .....        | 85  |
| 그림 2.65 Cryospheric Environment Simulator (CES) ..... | 86  |
| 그림 2.66 기획과제의 이슈 트리(Issue Tree) .....                 | 94  |
| 그림 3.1 극한지 자원이송망 기획 세부과제간 연관성 .....                   | 140 |
| 그림 4.1 최근 한국-러시아 및 알래스카-아시아 자원이송망 이슈 .....            | 147 |
| 그림 4.2 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획과제의 비전 .....         | 150 |
| 그림 4.3 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술의 목표 TRM .....          | 151 |
| 그림 4.4 기획과제의 이슈 트리(Issue Tree) .....                  | 151 |
| 그림 4.5 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술의 기술 TRM .....          | 154 |
| 그림 5.1 세부과제별 연구개발비 .....                              | 183 |
| 그림 5.2 연구단 비목별 예산 구성비 .....                           | 183 |
| 그림 5.3 1세부과제 연차별 소요예산 구성 .....                        | 184 |
| 그림 5.4 1세부과제 비목별 소요예산 구성비 .....                       | 184 |
| 그림 5.5 2세부과제 연차별 소요예산 구성 .....                        | 185 |
| 그림 5.6 2세부과제 비목별 소요예산 구성비 .....                       | 185 |
| 그림 5.7 3세부과제 연차별 소요예산 구성 .....                        | 186 |
| 그림 5.8 3세부과제 비목별 소요예산 구성비 .....                       | 186 |
| 그림 5.9 4세부과제 연차별 소요예산 구성 .....                        | 187 |
| 그림 5.10 4세부과제 비목별 소요예산 구성비 .....                      | 187 |

## 표 목 차

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 표 2.1 권역별 천연가스 개발 현황(출처 : IHS) .....                  | 25 |
| 표 2.2 노드스트림 프로젝트 개요 .....                             | 28 |
| 표 2.3 블루스트림 프로젝트 개요 .....                             | 29 |
| 표 2.4 사우스스트림 프로젝트 개요 .....                            | 30 |
| 표 2.5 S-K-V 파이프라인 프로젝트 개요 .....                       | 31 |
| 표 2.6 나부코 프로젝트 개요 .....                               | 32 |
| 표 2.7 화이트스트림 프로젝트 개요 .....                            | 33 |
| 표 2.8 세계 천연가스 생산량 및 국제교역량 추이 .....                    | 36 |
| 표 2.9 분석대상 특허 .....                                   | 38 |
| 표 2.10 기술별 국가별 출원건수 .....                             | 43 |
| 표 2.11 경쟁자 Landscape .....                            | 46 |
| 표 2.12 기술별 논문 검색식 .....                               | 49 |
| 표 2.13 기관별 논문 발표 추이 .....                             | 53 |
| 표 2.14 각 기술별 주요 피인용 논문 정보 .....                       | 54 |
| 표 2.15 기관별 논문 발표 추이 .....                             | 57 |
| 표 2.16 각 기술별 주요 피인용 논문 정보 .....                       | 58 |
| 표 2.17 기관별 논문 발표 추이 .....                             | 61 |
| 표 2.18 각 기술별 주요 피인용 논문 정보 .....                       | 62 |
| 표 2.19 기관별 논문 발표 추이 .....                             | 65 |
| 표 2.20 각 기술별 주요 피인용 논문 정보 .....                       | 66 |
| 표 2.21 기술수요조사를 통한 기술아이템 도출 .....                      | 68 |
| 표 2.22 기술예측조사 결과 .....                                | 69 |
| 표 2.23 기술수준조사 결과 .....                                | 71 |
| 표 2.24 기술중요도 평가 결과 .....                              | 72 |
| 표 2.25 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술분야 Matching Sheet ..... | 75 |
| 표 2.26 한국해양과학기술원 보유 시험시설 현황 .....                     | 77 |
| 표 2.27 실험실 사양 및 조절기 온도규정 범위 .....                     | 78 |
| 표 2.28 한국건설기술연구원 보유 시험시설 현황 .....                     | 79 |
| 표 2.29 미국 한지공학 연구소 보유 시험시설 현황 .....                   | 80 |
| 표 2.30 저온과학연구소 보유 동결챔버 시설 .....                       | 84 |
| 표 2.31 설빙방재실험동 시설 현황 .....                            | 86 |

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 표 3.1 라인파이프용 소재 및 이용기술 개발 현황 .....        | 100 |
| 표 3.2 극동·시베리아지역 주요 파이프라인 건설계획 .....       | 126 |
| 표 3.3 건설교통기술평가원의 과제추진체계 분류 .....          | 144 |
| 표 4.1 러시아 파이프라인 시장규모 .....                | 160 |
| 표 4.2 국내 기업의 러시아 극한지 자원이송망시장 점유율 설정 ..... | 161 |
| 표 4.3 국내 기업의 러시아 극한지 자원이송망시장 점유율 설정 ..... | 162 |

# 1장. 기술의 정의 및 필요성

## 1절. 기술의 정의 및 필요성

### 1. 기술의 정의 및 필요성

#### 가. 기술의 정의

- 극한지 자원이송 기술 : 극한환경의 미개척지에서 에너지·자원 이송망 건설을 위한 입지·경로, 관로망 설계 시공, 극한환경 대응 재료, 기반구조, 유지관리 등 안정화된 자원이송기술.
- 극한지 : 본 연구에서의 극한지는 에너지 개발사업의 중심이 되는 시베리아 및 북극권의 육상지역을 대상으로 하며  $-20^{\circ}\text{C}$  이하의 온도조건을 고려함.

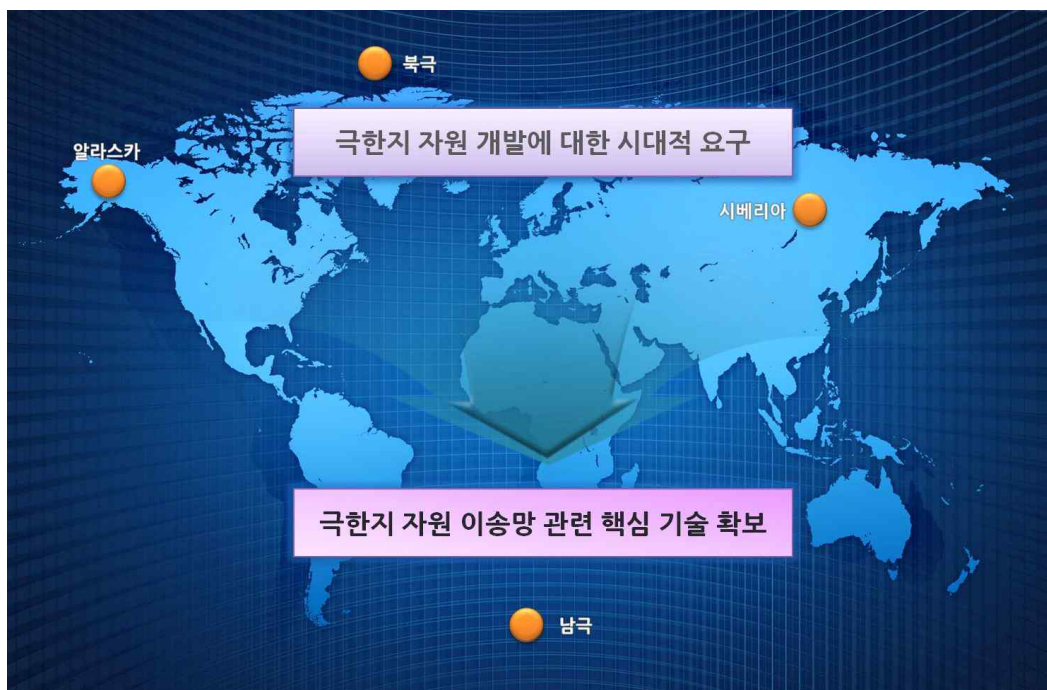


그림 1.1 극한지 자원이송망 개발 대상지역

- 에너지·자원 : 본 기획에서는 이송대상 에너지·자원을 비전통 석유와 천연가스로 선정함. 선정 근거는 화석연료 고갈과 신고유가 시대를 맞아 전세계 자원량의 22%가 극한지에 매장되어 있는 비전통 석유생산에 관심이 집중되

는 동향분석에 기인함.

- 미국의 지질조사국에 의하면 극한지에 속하는 북극권에 석유 900억배럴, 천연가스 1,670Tcf, NGL 440억배럴이 매장되어 있는 것으로 추정되며 88.4%가 러시아권에 집중.

○ 자원이송망 : 자원이송망은 자원을 생산지에서 대상지까지 공급하기 위한 관로 설비 및 기타 부대시설을 통칭하며, 본 연구에서는 석유(Oil) 또는 천연가스(Natural Gas)를 이송하기 위한 관망 및 시설물로 그 대상을 한정함.

○ 자원이송 : 최상의 안전성과 신뢰성 확보를 통해 가동율 100%를 유지할 수 있는 이송망 설계 및 시공과 유지관리 기술이 핵심임.



그림 1.2 극한지 자원의 이송과정 개요도

○ 자원이송망 건설 분야 : 수주, 설계, 시공, 유지관리의 4개 분야로 나뉨 (그림 1.3 참조).

○ 자원이송망 건설 수주 및 시공 : 국내 업체가 기 진출한 분야로 국내 기술이 집중됨.

○ 자원이송망 건설 설계 및 유지관리 : 장기적인 기술 축적 및 노하우가 필요한 분야로 관련 기술 및 실적은 전무함.

○ 핵심기술 도출 및 관계 정립 : 최적의 자원이송망 설계 및 시공 자동화 시스템 구축을 위한 핵심기술을 도출하였으며(그림 1.4 참조), 각 핵심기술간 관계를 정립함.



그림 1.3 자원 이송망 비즈니스 모델 개요도

- 극한지 건설 : 극한지 지반 조건은 일반 지반과 달리 열적거동을 고려하여 설계 및 시공이 진행되어야 하며, 영구동토 및 계절동토 지역에서의 건설 기술 (Amderlamd 등, 2004).
- 극한지 플랜트 토목 : 자원이송망 건설과 관련한 플랜트 토목 분야의 핵심 기술을 지칭.
- 극한지 자원이송망 설계 기술 : 대상 자원의 종류, 흐름해석, 관망 설계, 지지구조물 건설 등에 필요한 최적 설계 기술.
- 극한지 파이프라인 시공 기술 : 파이프라인의 내구성능을 향상시킬 수 있는 이음부 시공 기술.
- 극한 환경 대응재료 : 극한온도에서 요구되는 성능을 발휘할 수 있는 이송망 재료관련 핵심 기술.
- 극한환경 자원이송망 성능 유지관리 : 자원이송망 계측 및 안정성 확보와 관련한 평가 기술.



그림 1.4 극한지 자원 이송망 설계 및 시공관련 핵심 기술 관계도

#### 나. 기술의 필요성

- 에너지 자원 확보를 위한 국가 경쟁 심화 : 최근 전 세계적으로 에너지 소비량이 급증하고, 기존에 개발된 에너지 자원의 고갈이 심화되면서 자원 확보를 위한 강대국간 경쟁이 치열함.
  - 중국의 경제발전으로 인한 에너지 자원 수급 불균등이 심화 및 에너지 수급비용 증대.
  - 기존 개발된 자원의 고갈화로 인한 극한 환경의 미개척 지역 자원개발 프로젝트 증가 및 관련 기술 수요 증대.
  - 에너지가 국가경쟁력의 중요한 요소 : 자원 보유 및 생산국의 에너지를 매개로 정치적 영향력을 행사하는 경향이 심화.
  - 에너지 개발의 다원화 현상 : 기존의 단일국가 또는 단일 기업의 자원 개발 방식에서 탈피하여 다국 간 또는 다기업 간 협력을 통한 대형프로젝트가 증가되는 추세며, 이때 기술적 우위는 협상 및 자원 배분에서 중요한 요소.
- 국가 차원의 에너지 수급 대책 마련 : 한·러 양국 정상회담을 통한 시베리아(혹한지, 극지) 유·가스전 및 광물자원 개발을 위하여 노력하고 있음.
  - 2015년부터 30년간 러시아로부터 750만톤의 천연가스를 공급받기로 합의.
  - 2011년 개최된 G20 정상회의 : 한·러 양국 정상회담을 통한 러시아 유·가스전 및 광물자원 개발 협력 강화를 재확인.
  - 천연가스 한국공급 및 러시아 전력망 현대화 분야 협력강화와 같은 국가

적 차원의 극한지를 대상으로 건설사업 활성화가 예상.

- 극한지 자원 개발 관련 핵심기술 수요 증대 : 국가적 차원의 관련 기술 확보 시급함.
  - 자원개발관련 미래시장은 동토를 포함한 극한지를 대상으로 급격한 성장이 예상.
  - 신규 매장지(극한지)의 메가 프로젝트 증가.
  - 캐나다 Oil Sand 원유추출과 한국-러시아 간 유·가스전 및 광물자원 개발 사업착수 예정.
  - 기술 및 사업 협상을 위한 국가적 차원의 관련 기술 확보가 시급.
- 극한지 자원 개발과 관련한 핵심기술 확보 시급 : 극한지를 대상으로 한 자원이송망은 수천 미터에 달하며, 시장규모가 커서 관련 기술을 통한 미래 가치 창출이 기대됨.
  - 장거리 이송을 위한 에너지 절약형 최적설계 및 시공.
  - 극한환경 대응형 재료 및 집합기술.
  - 파이프라인 부식방지(방식)을 통한 신뢰성 높은 시공.
  - 안정성 확보를 위한 요소부품의 성능평가와 유지관리.
- 국민의 삶의 질 향상 : 안정적인 에너지 자원의 확보와 자원이송과 관련한 기술 발전을 통한 에너지 공급 비용 절감이 필요함.
  - 지속적이고 안정적인 에너지 자원의 확보는 국내 산업의 안정적인 성장의 토대.
  - 적극적인 자원 확보와 기술개발은 에너지 자원 채취 및 공급 비용 감소에 기여할 수 있으며, 이는 국민의 삶의 질 향상에 직접적인 영향.
  - 특히, 극한지 자원개발과 관련하여 기술력을 확보한 후 대형 자원개발 프로젝트에 참여한다면 국가적인 경쟁이 치열한 자원 확보전에서 우위 확보.
- 높은 국내 건설업체의 기술 수준과 자부심 : 중동 원유개발 경험을 통한 플랜트 건설 기술 및 노하우를 축적하고 있음.
  - 중동 원유개발 경험을 통해 미개척 건설 시장에 대응하는 적응력과 기술력이 확보된 상태.
  - 지금까지 경험하지 못한 극한건설환경과 극한지 건설기술의 부재는 국내 건설업체의 약점.
  - 해당 기술의 부재는 미개척 건설 시장과 미래 에너지 자원 확보에 걸림돌

로 작용.

- 국내의 극한지 자원이송망 건설 기술은 걸음마 단계로 판단되며 극한지를 대상으로 한 체계적인 자원이송망 설계 시공 기술에 대한 집중적인 연구가 시급.

## 2. 기술의 범위

### 가. 극한지 자원이송망 설계 분야 기술

- 극한지 자원이송망 설계 : 플랜트 건설시 FEED (Front-End Engineering and Design) 기술은 고부가가치 기술 분야로서 해외의 일부 선진 엔지니어링사가 독점하고 있음. 미국 DOE는 플랜트 요소기술을 모듈화하고, 모듈화된 요소기술에 대해 전산모듈을 개발하여 이를 FEED 설계 소프트웨어(S/W)와 연동하여 차세대 설계 프로그램을 개발 중에 있으며, 이를 위해 컴퓨터 모델링, 가상 모사기술, 시스템분석 및 통합기술을 플랜트 핵심기술로 선정함. 또한 극한지를 보유하고 있는 국가에서는 동결융해가 발생하는 활동층을 포함한 영구동토를 대상으로 자원이송망 건설에 필요한 기술을 보유하고 있음.
- 국내기술수준 : 극한환경의 자원이송 시에는 이송유체의 온도변화에 따른 유동특성이 상온조건과는 다를 뿐만 아니라 자원이송용 운용설비의 안정성 확보를 위한 최적설계 및 운용설비의 개발/타당성 검토가 국내에서는 전무한 실정임. 극한환경조건(-40~20℃)에서는 대상구조물을 지지하는 동토지반을 대상으로 자원이송망 지지구조물에 대한 해석이 필요하지만, 국내에는 극한환경 부재로 인해 동토지반을 대상으로 한 구조물 설계기술이 전무한 실정임.
- 핵심기술 범위 선정 : 기술범위 선정에 고려되어야 할 사항은 극한의 환경조건, 안정성확보, 신뢰성 높은 설계 등이 있으며, 핵심 기술의 범위는 다음과 같이 설정하였음.
  - 극한지용 에너지 절약형 장거리 자원이송망 토털 설계시스템과 시장점유율이 높은 핵심운영설비 확보.
  - 환경외력(극한의 온도, 지진 등)을 고려한 자원이송망 기반구조 설계 및 평가 기술.
  - 독과점 설계시장 관로 확보를 위한 Vendor list 등재 가능한 제품 및 기술 개발과 개발기술의 비즈니스 모델 개발로 실용화 중심의 연구 수행.

## 나. 극한환경 대응 소재 개발 분야 기술

- 극한환경 대응 라인파이프 소재 개발 : Onshore 파이프라인 총 건설비용 중 재료비와 설치비가 각각 50%, 24% 정도를 차지하고 있음. 파이프라인 재료비의 상당 부분을 라인파이프가 차지하고 있고, 파이프 가설의 핵심은 라인파이프의 현장 접합이므로, 건설비용의 절감을 위해서는 극한환경에 적합한 라인파이프 소재 개발과 더불어 파이프의 현장 접합기술의 개발이 절대적으로 중요함. 기술수준이 미미한 국내 업체가 극한환경의 자원이송망 사업에 참여할 수 있는 기반을 구축하기 위하여, 라인파이프의 제작, 현장 접합, 설계 적용 및 성능 평가 기술을 소재분야의 핵심기술로 선정함.
- 국내 기술수준 : 라인파이프용 강판 기술의 경우 Stress based design용 라인파이프는 국내 기업에서 X65/X70/X80 상용화를 완료하였으나, Strain based design용은 X80/X100 Pilot 소재를 실험실 수준에서 개발함. 라인파이프의 설계 및 성능평가 분야에서는 상온 환경조건에 국한된 파이프라인 설계 기술(Canadian Standard Association, 2011; Mohitpour 등, 2007)과 라인파이프 압축 및 인장 변형성능 평가 경험을 보유하고 있으나, 극한환경( $-20^{\circ}\text{C}$  이하)에 적용한 사례는 전무함.
- 핵심기술 범위 선정 : 극한환경에 대한 내구성이 요구되는 자원 이송망 관련 파이프 및 현장 접합기술, 극한 환경에 대응하기 위한 핵심 기술, WBT(Word Best Technology) 기술 확보 등을 고려하여 기술 범위를 다음과 같이 선정하였음.
  - 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작 기술 개발.
  - 고속/고변형능 파이프 현장 접합기술 개발.
  - 극한지 온도조건을 고려한 파이프 접합부 성능평가.
  - 개발 파이프 접합부의 설계 적용 기술 개발.

## 다. 극한지 자원이송망 시공 및 평가 분야 기술

- 극한지 파이프라인 시공 적합성 확보를 위한 시공지침 개발 : 극한지에서 에너지·자원의 안정적 이송을 위해 제반 환경제약을 극복할 수 있는 파이프라인 성능 향상 기술 확보가 요구됨. 또한 극한지에서의 재해평가, 환경영향성 평가 및 대책 매뉴얼에 대한 지침이 필요함.  $-20^{\circ}\text{C}$  이하의 극한지에서 내구성능 20% 향상시킬 수 있는 시공 기술 및 건설운영에 관한 매뉴얼 개발을 목

표로 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축, 파이프라인 부식 방지 및 평가, 환경영향성 평가 기술을 핵심기술로 설정함.

- 국내 기술수준: 파이프라인의 내구성능을 향상 시킬 수 있는 방식 기술은 희생양극법에 주로 의존하고 있으나 극한지에서 적용 가능한 지속적인 모니터링 및 방식 기술 개발에 대한 연구는 미비한 실정임. 극한 환경에서 적용 가능한 지속적인 모니터링, 가압에 의한 방식 (i.e. Impressed Current Cathodic Protection: ICCP) 및 이음부 코팅기술에 대한 연구가 절대적으로 필요함. 또한 국내에서는 극한 환경 내 자원이송망의 구조적, 재료적 안정성 평가와 함께 환경영향성 평가를 수행하기 위한 평가기술 개발이 전무한 실정이며 이에 대한 지침개발 및 정립이 요구됨. 극한 환경에서의 구조물 시공 시 발생 가능한 재해 대책 매뉴얼에 대한 개발이 필요함.
- 핵심기술 범위 선정 : 파이프라인의 지속적인 부식/방식 및 코팅 기술, 생산성 향상을 위한 시공관리 체계 구축 기술, 극한지 환경위해성 평가 등에 대해 다음과 같은 기술 범위를 설정하였음.
  - 극한지 파이프라인의 내구성 향상을 위한 지속적인 부식 모니터링 및 ICCP 기반 방식기술.
  - 위험인자 극복형 파이프라인의 코팅재료 개발 및 이음부 세라믹 코팅 기술 개발.
  - 극한지 시공 여건 분석 자료를 바탕으로 시공성 향상을 위한 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축.
  - 사전환경성검토 및 사후환경영향조사를 포괄하는 환경위해성 평가 매뉴얼 확보.
  - 극한지의 재해영향성 평가 및 이에 대한 사고발생 대응 시스템 구축.

#### 라. 극한지 지능형 유지관리 분야 기술

- 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발 : 극한지 자원이송망은 극한의 온도 및 압력이라는 환경적 이유와 이송망의 수명이 자원 생산의 시작부터 끝까지 성능의 변화 없이 유지되어야 한다는 점에서 짧은 주기 점검이 불가능하고 인력 투입에 의한 검사도 한계가 있어 신뢰도가 높은 검출자료와 이에 근거한 이상유무의 판단 그리고 보수여부 및 그 정도를 정확하게 예측하고 수행하여야 함. 이에 극한지 자원이송망에 대해 신뢰도가 높은 진단기술, 이를 구현할 시스템 모듈 그리고 엔지니어링 기술 획득의 기반이 되는 지능형 유지

관리시스템 개발을 핵심기술로 선정함.

- 국내기술수준 : 초전도 현상 규명 및 실현을 목적으로 한 소규모 극한환경 유지관리시스템이 실험실 규모로 설치된 예는 있으나 재료의 거동 진단, 온난화에 기인하는 지반 변형이 구조물에 미치는 영향, 극한환경에서 자원이송망 시공 검사 및 통합 시뮬레이터 등의 유지관리기술 그리고 극한환경에서도 신뢰성을 확보한 시스템 분야는 국내에서 연구된 바가 전혀 없음.
- 핵심기술범위 선정 : 극한환경에 필요한 계측 및 진단, 안정성 확보, 자원이송망 제어 등과 관련한 핵심 기술의 범위를 다음과 같이 설정하였음.
  - 시공 및 유지관리 리스크 인자 사전도출 및 시공성 향상 기술 확보를 위한 유지관리 시뮬레이터 기술 개발.
  - 극한지 최저온도 (-40℃) 센서기술, 탐지기술 개발로 자원이송망 시공품질 향상을 위한 유지관리 평가 기술 개발.
  - 극한지 자원이송망 효율적 생애주기 향상을 위한 장거리 (2,000km급) 자원이송망 통합 유지관리 평가 기술 개발.

## 2절. 기술분류 및 내용

### 1. 기술분류

#### 가. 기술분류를 위한 기술수요조사

- 기술수요조사 : 핵심기술범위 선정에 따라 극한지 자원이송망과 관련한 핵심 기술에 대한 수요조사를 실시함.
- 기술수요조사 방법론 : 기술수요조사는 내부연구진 및 외부 전문가위원회(그림 1.5)에 이메일을 발송하여 회수하는 방식으로 진행하였으며, 총 30개의 기술아이템을 도출하였음. 도출된 아이টে에 관해서는 크게 설계/소재/시공 및 평가/유지관리 분야로 분류하고 기술중요도조사를 통해 중요도평가를 수행하였음.
- 기술수요조사를 통해 도출된 30개 기술아이템, 기술예측조사, 기술수준조사(중요도평가 및 포트폴리오 분석)는 제2장 3절 기술수요 및 예측수준조사를 참조함.



그림 1.5 기술수요조사를 위한 자문위원 구성

## 나. 기술분류

| -대분류-                       | -중분류-                  | -소분류-                                        |
|-----------------------------|------------------------|----------------------------------------------|
| 극한지<br>자원이송망<br>건설 기술<br>개발 | 자원이송망<br>설계 기술         | 최적설계를 위한 배관망 수치평가 기술                         |
|                             |                        | 최적설계기법에 의한 파이프라인 최적 설계 DB구축기술                |
|                             |                        | 에너지 절약형 네트워크 최적화 기술                          |
|                             |                        | 핵심설비 제품 제작 및 성능평가 기술                         |
|                             |                        | 자원이송망-기반구조물 통합 거동 시뮬레이팅 기술                   |
|                             |                        | 관망, 배관, 운영설비, 기반구조물의 설계 기준 정립                |
|                             |                        | 자원 이송망 부지 조사 및 평가 기술                         |
|                             |                        | 극한지 기반 구조물 설계 및 평가 기술                        |
|                             |                        | 동토지반 기초 설계 정수 도출 기술                          |
|                             |                        | 동토지반의 열수리역학적 특성을 고려한 기초 설계 기술                |
|                             | 자원이송망<br>소재 개발         | 극한지용 파이프 및 접합부의 소재 기술                        |
|                             |                        | 극한지용 파이프 조관 및 접합 기술                          |
|                             |                        | 극한지용 파이프의 현장 접합 기술                           |
|                             |                        | 극한지용 파이프의 구조 성능평가 기술                         |
|                             |                        | 극한지용 파이프 접합부의 성능평가 기술                        |
|                             |                        | 극한지용 파이프의 설계 적용 기술                           |
|                             |                        | 극한지용 파이프의 상세 수치해석 기술                         |
|                             | 자원이송망<br>시공 및 평가<br>기술 | 극한지 파이프라인 부식/방식 및 코팅 기술                      |
|                             |                        | 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축                         |
|                             |                        | 극한지 사전환경성검토 및 사후환경영향조사 프로세스구성 및 매뉴얼화 기술      |
|                             |                        | 재해영향성 평가 및 사고발생 대응시스템 기술                     |
|                             | 유지관리 기술                | 유지관리 시뮬레이터 기술                                |
|                             |                        | 자원이송망 시공품질 향상을 위한 유지관리 평가 기술 개발              |
|                             |                        | 자원이송망 생애주기 향상을 위한 장거리 자원이송망 통합 유지관리 평가 기술 개발 |

## 2. 기술내용



그림 1.6 극한지 자원 이송망 관련 핵심기술 개념도

- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술개발을 위해서는 극한지 자원 이송망 관련 관망, 배관, 기초구조물, 소재의 역학적 거동을 고려한 설계 기술 및 시장점유율이 높은 핵심운영설비와 소재 개발이 필요하며 극한지에서 건설 효율성을 높이기 위한 시공관리 및 환경영향 평가 기술이 핵심기술임.
- 또한, 자원이송망의 장기적인 안전성 감시 및 진단에 필요한 유지관리 시스템 구축을 통해 최종적으로 완전한 엔지니어링 체인(설계/시공/유지관리)을 구축함.

| 중분류              | 기술내용                                                                                                                                                                                           |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 자원이송망 설계 기술      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 자원이송망의 안전한 설계를 위한 핵심 기술</li> <li>- 극한지 자원이송망 유동 최적 설계 DB구축</li> <li>- 극한지 자원이송망 기반구조물의 설계 및 평가기술</li> <li>- 자원이송망-기반구조물 거동예측 및 평가 프로세스</li> </ul> |
| 자원이송망 소재 개발      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작 기술 개발</li> <li>- 고속/고변형능 파이프 현장 접합기술 개발</li> <li>- 극한지 온도조건 고려 파이프 접합부 성능평가</li> <li>- 개발 파이프 접합부의 설계 적용 기술 개발</li> </ul>       |
| 자원이송망 시공 및 평가 기술 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 ICCP형 부식/방식 및 코팅 기술</li> <li>- 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축</li> <li>- 극한지 환경에서의 환경영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼</li> </ul>                                |
| 계측 및 평가 기술       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 시뮬레이터 기술</li> <li>- 자원이송망 시공품질 향상을 위한 평가 기술</li> <li>- 자원이송망 생애주기 향상을 위한 장거리 자원이송망 통합 유지관리 평가 기술</li> </ul>                                        |

## 2장. 국내외 동향 및 환경분석

### 1절. 국내외 정책동향

#### 1. 국내 정책동향

##### 가. 정부정책동향

- 에너지 자주 개발을 제고 : 정부에서는 100대 국정과제 중 “에너지 자주 개발을 제고”를 선정하여 에너지 안보 강화를 위한 정책적 지원을 강화함.



그림 2.1 유가의 변동추이 및 에너지 수입추이 및  
2009년 에너지자원 주요정책방향(지경부)

- 국가 R&D 기술동향 : 자원 고갈 및 고유가 지속에 따라 극한지/심해저 개발 및 에너지 개발 수요 증대됨에 따라 극한지 생산 및 수송설계 기술을 주목함.
  - 국토해양부에서는 2012년 국토교통 연구기획사업을 통해 “극한지 자원이 송망 설계 및 시공자동화 기술” 기획연구를 추진하여 핵심기술 선정 및 우선과제를 도출.
  - 지경부, 자원개발기술 전략로드맵(2011.12) : 2020년까지 자원개발 분야의 핵심기술 개발 중에서 “극한지 유·가스전 개발기술” 등 확보에 주력.



그림 2.2 지경부 석유가스분야 전략 로드맵

## 나. 국가 간 정책동향

- 정부 차원의 시베리아 가스와 석유 도입을 위한 러시아와의 협상 추진 : 1996년부터 시베리아 가스와 석유 도입을 위해 적극적으로 러시아와 협상을 추진하는 등 시베리아 에너지 도입을 위한 매우 구체적이고 가시적인 계획을 추진해 옴.
  - 1999년 김대중 대통령이 러시아를 방문하여 이르쿠츠크 가스전 개발사업을 한·러·중 3자 구도로 추진 합의.
  - 2004년 노무현 대통령이 다시 러시아를 방문, 정상회담을 통해 한·러 양국 간 가스분야 협정 체결 확인.
- 동시베리아 송유관 개발을 위한 공동연구 착수 : 동시베리아 송유관 개발을 위해 러시아와 공동으로 공동연구 수행함.
  - 2003년 8월 동시베리아 송유관을 위하여 공동연구를 착수.
  - 산업자원부가 중심이 되어 2004년 7월 송유관 건설참여를 위한 조사활동 전개.
  - 동시베리아 송유관 조사협의회 구성.
  - 현재 우리나라는 러시아 기술부족으로 생산할 수 없는 송유관 건설자재 및 시설을 공급.
- 동시베리아 송유관 제 1단계 공사에 참여 : 타이쉴트-스코블디노 구간(2,269km)에 송유관 조사위원회를 구성하여 건설자금조달 참여와 강관·후판 등 송유관 건설자재의 수출, 석유 선적항 건설 및 송유관 지선공사에 적극적

으로 참여.

- 정부는 2006년 7월 착수, 2008년 완공된 동시베리아 송유관 제 1단계 공사를 수행.
- 공사 참여에 대한 보상으로 2015년부터 30년간 러시아로부터 750만톤의 천연가스를 공급받기로 합의된 상황.

○ 러시아 야쿠츠크 PNG 사업, 이르쿠츠크 PNG사업 등을 추진 : 2005년 이전부터 정부 주도로 에너지 개발사업을 추진함.

- 러시아 정부가 자국 내에서 에너지 자원 개발 및 도입 사업을 하려는 외국 정부 및 기업들에 대해 에너지 부문과 경제개발 투자를 포괄하는 협력을 제안.
- 2008년 9월 한-러 정상회담에 의해 양국 간 에너지 협력 사업을 더욱 구체화시킬 수 있는 기반 조성.
- 자재 국산화율 제고를 위한 플랜트 산업 육성을 위해 2010년 3월 대책을 수립.
- 중소 플랜트 업체의 신흥시장 진출 기반 마련 및 현지 정보 제공을 위해 중동 두바이, 인도 뉴델리, 중남미 상파울로 등 운영 중인 플랜트산업 지원센터를 러시아 및 구소련 지역까지 확대하는 방안을 추진 중.

○ 러시아 천연가스 국내 도입 : 2008년 9월 한·러 정상회담을 통해 2015년부터 30년 동안 연간 750만 톤을 공급하기로 합의함.

- 총사업비는 가스도입 비용 900억 달러, 가스화학플랜트 단지 건설비용 90억 달러, 파이프라인 건설비용 30억 달러로 총 1,020억 달러.

○ 이명박 대통령의 러시아 방문 : 취임하던 해에 러시아를 방문하여 드미트리 메드베데프 러시아 대통령과 정상회담에서 양국 관계를 ‘전략적 협력 동반자 관계’로 격상시키면서 양국 관계를 미래지향적으로 발전시키겠다는 의지를 피력함.

- 정상회담 이후 고위급 인사 교류나 차관급 전략 대화 등 정례 협력 채널을 활발히 가동.
- 2009년 2월 푸틴 총리의 최측근인 이고르 세친 부총리가 정/관계 인사를 대거 이끌고 한국을 방문.
- 2009년 8월에는 이윤호 지식경제부 전 장관이 모스크바를 방문, 러시아 측과 8개항의 “에너지 협력 액션 플랜”을 채택하고 에너지/자원 부문에 대한 포괄적 협력 의지를 재확인.

- 러시아 측은 동시베리아 가스전 개발, 서 캄차카 해상 유전 개발사업 등에서 우리에게 우호적 태도.
- G20 정상회의 : 2011년 개최된 G20 정상회의에서 한 · 러 양국 정상회담을 통한 러시아 유·가스전 및 광물자원 개발 협력 강화를 재확인함.
  - 천연가스 한국공급 및 러시아 전력망 현대화 분야 협력강화와 같은 국가적 차원의 동토지역을 대상으로 건설사업 활성화가 예상.
- 2012년 블라디보스토크 아시아태평양경제협력체(APEC)회의 : 현재 한국과 러시아는 수교 20주년을 맞아 각종 교류가 활발히 진행되고 있으며, 우리 기업들은 APEC 회의의 각종 건설 사업에 주요 계약자로 참여함.

## 2. 국외 정책동향

### 가. 미국

- 미국 Alaska Pipe line : 2008년 Trans-Alaska에 파이프라인 건설면허 수여 후 다양한 중소형 프로젝트 수행 중임.
  - 건설예산 280억 달러 이상의 Alaska Natural Gas Transportation Project 진행.
  - 2016년 착공을 목표로 중소형 프로젝트를 수행 중.

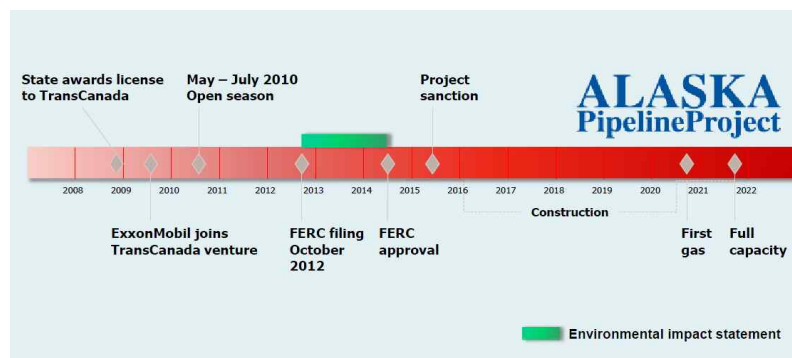


그림 2.3 Alaska Natural Gas Transportation Project

### 나. 러시아

- 시베리아 자원 확보에 대한 세계 주요 국가들의 관심 증대 : 세계적인 자원 확보에 대한 필요성이 대두되면서 국가적 차원의 자원 확보전이 벌어지고 있

음.

- 러시아 동토지역 에너지개발이 점차 구체화됨에 따라 구미 국가 및 동북아 주요국들이 에너지 자원 개발 및 도입에 참여하기 위한 노력.
- 독일, 프랑스, 이탈리아, 영국, 중국, 일본 등 상당수 국가들은 이미 러시아 천연가스를 도입 중.
- 동토지역 자원 개발에 직접 참여하여 자원이송망 및 플랜트 기지를 구축하고 에너지 자원을 확보한 국가 다수.



자료 : 가즈프롬 홈페이지(<http://www.gazprom.com/production/transportation>)

그림 2.4 러시아 통합가스시스템 (UGSS)

- 러시아 자국민의 삶의 질 향상 : 개발이 미흡한 동시베리아 및 극동지역 자국민의 전력 및 난방부족 문제를 해결하고 국토의 균형 잡힌 발전을 도모함.
  - 가스화 사업 추진을 통한 자국민의 전력 및 난방 부족 문제 해결.
  - 대규모 석유/가스 수출기지 건설을 통한 경제적 부가가치 창출.
  - 정유시설단지 건설을 통한 석유제품 부족문제 해결.
- 동시베리아 및 극동지역 개발 : 동시베리아 및 극동지역은 러시아에서도 비교적 개발이 미흡한 지역으로 정치적, 경제적인 이유로 활발한 개발사업이 추진될 예정임(한국가스공사, 2005).
  - 석유수출 시장 다변화 및 동시베리아 및 극동지역 경제개발.
  - 지역 경제 개발 및 발전을 위한 기초 인프라(Infra) 구축.
  - 자원 확보를 위한 신규 석유매장지 발견 및 개발 계획 수립.
  - 에너지 자원 탐사/개발/생산을 통한 석유/가스 생산기지 건설.
  - 자원이송망 구축 : 동시베리아-태평양 송유관 노선, UGSS 통합 전력망

등.

- TSR의 한반도 확장/연결 사업.

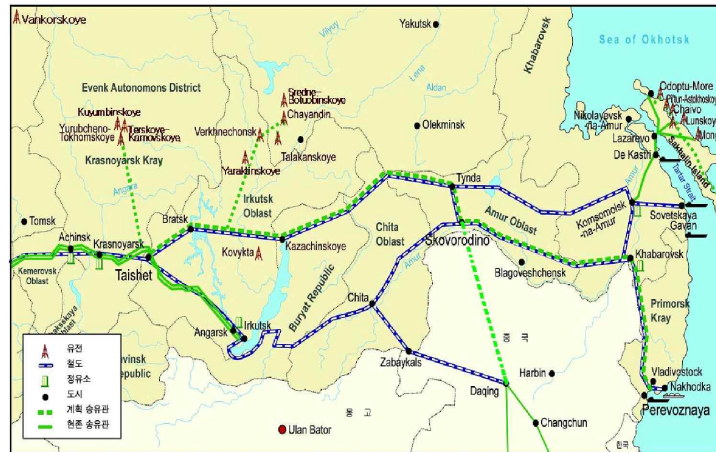


그림 2.5 동시베리아 자원이송망 건설 계획(한국가스공사, 1997)

- 러시아 지역 자치 발전 위원회 구성 : 2007년 11월 정부 차원의 극동지역 발전 계획 수립을 위한 위원회를 구성하고 각종 프로그램을 발표함(윤성학, 2008).

- 극동 자바이칼 경제사회 개발 프로그램 : 에너지 자원 기간시설에 55억 달러, 운송 인프라 건설에 88억 달러 투자.
- 교통 장기전략 2020.
- 에너지자원의 통합공급 시스템 구축 프로그램.

- 가스 생산 장기 계획 수립 : 동시베리아 및 극동지역에서 2030년까지 연간 생산량 2,000억 $m^3$ 의 가스 생산을 목표로 하는 개발 계획을 승인함.

## 다. 유럽연합(EU)

- 유럽연합의 북극 정책(EU Arctic Policy) 구상 : 유럽연합(EU)의 유럽집행위원회는 2008년 에너지자원, 어업, 새 항로(shipping routes) 등의 부분에서 유럽연합의 정치적 목표와 이해관계를 제시하고자 함.

- "유럽연합과 북극지역(The European Union and the Arctic Region)"이라는 제목의 보고서를 채택.
- 유럽연합의 북극 정책(EU Arctic Policy)을 향한 첫 걸음으로, 유럽연합의 통합 해양정책(Integrated Maritime Policy)을 구상하고 실행하기 위해 필요한 발판 마련.

- 독일은 러시아 가스의 판매 인프라 확대 : 독일 E.ON은 러시아 Gazprom과 가스 채굴 및 에너지 자원 생산 등에 대한 공동 프로젝트를 지속적으로 추진 함.
  - 가스 채굴 및 에너지 자원 생산, 발트해를 경유하는 Nord Stream 건설, 러시아 가스의 독일 판매 인프라 확대, 가스 발전 플랜트 건설 등 공동 프로젝트를 지속적으로 추진 중.
- 프랑스는 러시아 천연가스 추가 도입 추진에 합의 : 2031년까지 연간 2.5bcm의 천연가스 추가 도입 합의함.
  - 프랑스는 1989년 이후 유전 및 가스 개발사업에 진출하여 2007년 러시아 대규모 가스매장지인 Shtokman 가스전 개발사업에 참여.
  - 2031년까지 연간 2.5bcm의 천연가스를 Nord Stream을 통해 추가로 도입 하는데 합의.

#### 라. 아시아

- 중국은 러시아의 천연가스 공급을 추진 : 2006년 국영기업인 CNPC사가 러시아 Gazprom과 공동으로 2020년까지 중국 서부노선을 통해 연간 38bcm, 동부 노선을 통해 연간 30bcm을 공급하기로 함.
- 일본은 극동 가스전 개발에 관한 새로운 국가 방침을 정함 : 일본 정부는 수상의 신 방침에 따라 러시아 이루크츠크주의 천연가스 자원개발계획에 관하여 러시아 측과 본격적인 정부 간 협의에 들어가기로 결정함(1997.7).
  - 일본 정부의 계획에 의하면, 총액 100억달러를 투입하여 가스전을 개발하고, 러시아-몽고-중국-한국-일본에 이르는 천연가스 파이프라인을 건설하는 대형민간사업을 추진할 계획을 수립.
  - 개발대상은 이루크츠크시 북방 400km에 위치한 코비친스코에 가스전으로서, 천연가스의 매장량은 8,500억 m<sup>3</sup>(약 6억2천만톤)으로 추정.

## 2절. 국내외 시장현황 및 전망

### 1. 국내 시장현황 및 전망

#### 가. 국내 에너지 소비 현황

- 국내 에너지의 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 에너지 확보에 대한 필요성이 대두됨.
  - 국내 에너지의 97%를 수입에 의존하고 있으며 수입에너지의 83%를 화석연료가 차지.
  - 도쿄의정서 등 전 세계적인 지구 온난화 방지를 위한 온실가스(GHG ; Green House Gases) 배출 억제 및 각종 국제적인 환경규제의 강화에도 불구하고 기간산업의 화석연료에 높은 의존도.
- 세계적으로 에너지자원 수급을 위한 경쟁이 심화되고 있으며, 동북아시아의 에너지 소비 증가량이 가장 많음.
  - 동북아시아 3개국(한국, 일본, 중국)의 최근 10년간 수요 증가량은 34.6%에 달하여 자원 수급을 위한 경쟁이 치열(Tussing, 1998).
  - 중국의 경제발전과 함께 세계 2위의 에너지 소비 국가가 됨에 따라 국내 에너지 자원 수급이 어려운 환경이 조성(IEA, 1996 ; Paik, 1995).

#### 나. 에너지·자원 개발사업 전망

- 2004년 이후 플랜트 건설 산업의 빠른 성장 추세 : 중동지역에 대한 수주 실적이 가장 큼.
  - 2006년 기준으로 중동지역에 대한 수주 실적이 35%의 비율을 차지하고 있고 아시아 지역은 14% 정도이며, 이중 러시아 지역의 경우 사할린 1광구 개발 및 타타르스탄 정유 플랜트 등 2005년 대비 52%의 증가율.
  - 러시아 지역의 에너지 개발사업이 본격화될 경우 플랜트 건설에 대한 수요는 계속적으로 증가할 것으로 예상.



그림 2.6 러시아 천연가스 도입 노선도

- 러시아로부터 연간 100억<sup>m</sup>³(LNG 730만 톤, 전체 가스 수입의 약 30%)의 천연가스를 도입 예정임.
  - 러시아로부터 도입이 예상되는 천연가스량은 연간 100억<sup>m</sup>³로 추정되며, 연간 수입 금액은 약 50억 달러.
  - PNG 가격이 중동산 LPG 가격보다 약 30% 정도 저렴한 것을 감안한다면, 중동산 LNG를 전량 도입하는 것보다 PNG 도입의 경제적 효과는 연간 약 14억 달러가 발생.
  - 약 30년 정도 이용하게 되면 320억 달러의 경제적 파급효과가 가능(2008년 6월 현재 국제 에너지 시세 기준: 윤성학, 2008).
- 러시아 천연가스 도입과 연계한 패키지형 사업으로 극동지역에 투자 : 약 90억 달러 투자 규모의 LNG 플랜트, 가스 화학 플랜트 등을 공동으로 건설하고 운영하는 사업에 합의함.
  - 생산된 LNG와 가스 화학제품인 PE (Polyethylene)와 PP(Polypropylene) 등은 아·태 지역으로 수출할 계획.
- 우미악(Umiak) 가스전 참여 : 캐나다 MGM Energy사의 우미악(Umiak) 가스전 지분 20%를 매입기로 결정함에 따라 북극권 진출의 교두보를 마련함.
  - 가스공사는 2011년 캐나다 MGM사가 보유한 북극권 우미악(Umiak) 가스전 지분 20%를 매입하기로 결정함.
  - 우미악(Umiak) 광구는 캐나다 이누빅市에서 북서쪽으로 약 115km 떨어진 북극권(북위 69도) 매켄지 델타 지역에 위치함.
  - 우미악(Umiak) 광구의 발견 잠재 자원량은 347bcf(LNG환산 약 729만톤)로 우리나라는 약 69Bcf(LNG환산 약 145만톤)의 가스를 확보하게 될 전망.

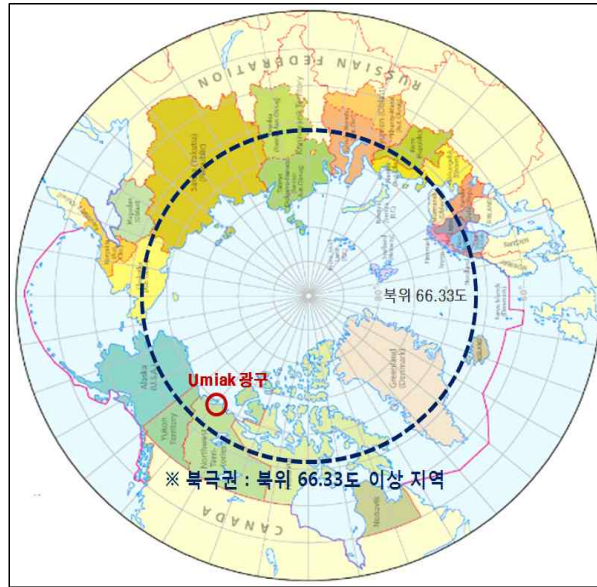
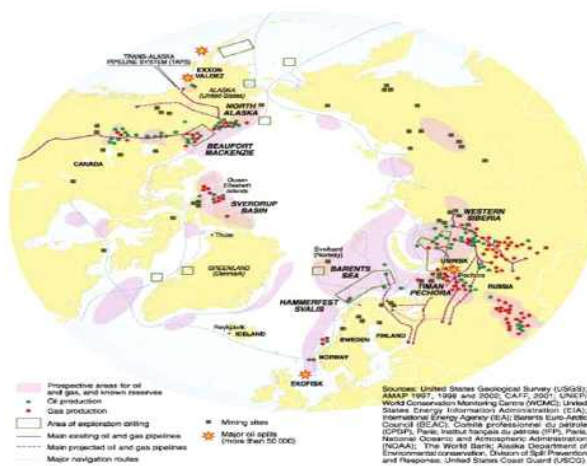


그림 2.7 우미악(Umiak) 광구 위치도

## 2. 국외 시장현황 및 전망

### 가. 에너지·자원 시장현황

- 미 발견 자원량의 22%가 극한지에 매장 : 전 세계 미 발견 석유·가스 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장(약 4,120억 boe)되어 있으며, 고유가 및 탐사·시추기술 발달과 맞물려 상업적 개발이 활발함.



자료: USGS 홈페이지 ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov))

그림 2.8 북극지역 석유·가스 개발 현황 (USGS)

- 세계 플랜트 시장은 높은 성장률을 보이고 있음 : 2003년 이후 세계 플랜트 시장의 높은 성장을 보이고 있으며, 특히 러시아 권역의 플랜트 건설 시장이 높은 성장을 기록하고 있음.
  - 세계 플랜트 시장은 2003년 이후 연평균 6%의 높은 성장을 보이고 있음.
  - 2006년 기준 지역별 시장규모 비율은 북미 31%, 중동 11%이고, 아시아 지역은 18%를 차지.
  - 1999년부터 2008년 까지 지난 10년 동안 러시아 권역 플랜트 건설 시장은 연평균 29.4%로 주요 권역 가운데 가장 높은 성장을 기록하고 있으며 2019년까지 연평균 9.5%의 증가세를 보일 것으로 예상(Global Insight DB).
  
- 북극권의 해저 및 극동 러시아 지역 에너지 자원 개발 : 최근 에너지원 고갈에 따른 개발사업 추진 증가 추세임.
  - 북극권의 해저 및 극동 러시아 지역에 매장된 천연가스와 석유자원은 80년대 전후로 발견.
  - 극한의 기후조건, 거친 파도, 유빙 등의 주변 환경의 제약으로 개발 대상에서 제외.
  - 최근 에너지원 고갈로 인하여 경제성이 확보됨에 따라 개발사업이 진행 또는 계획되고 있는 실정.

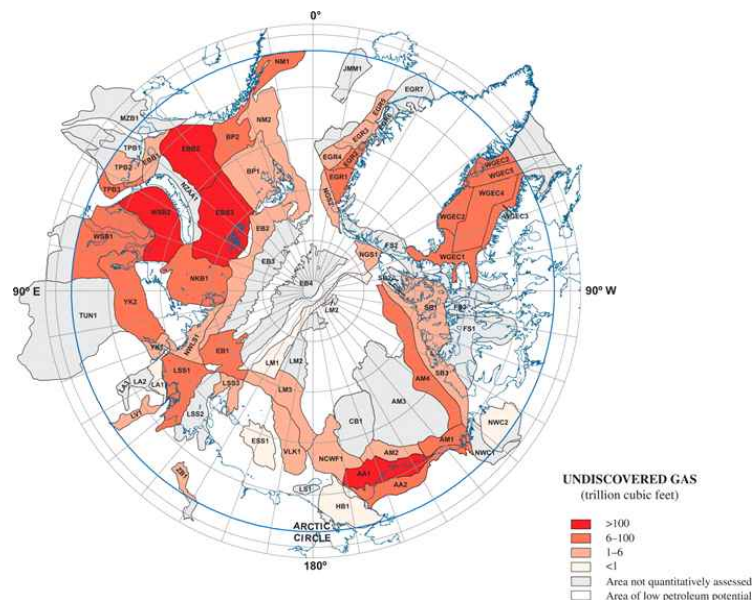


그림 2.9 북극 지역 미개발 가스(Gas) 매장량 분포도(Gautier et al., 2009)

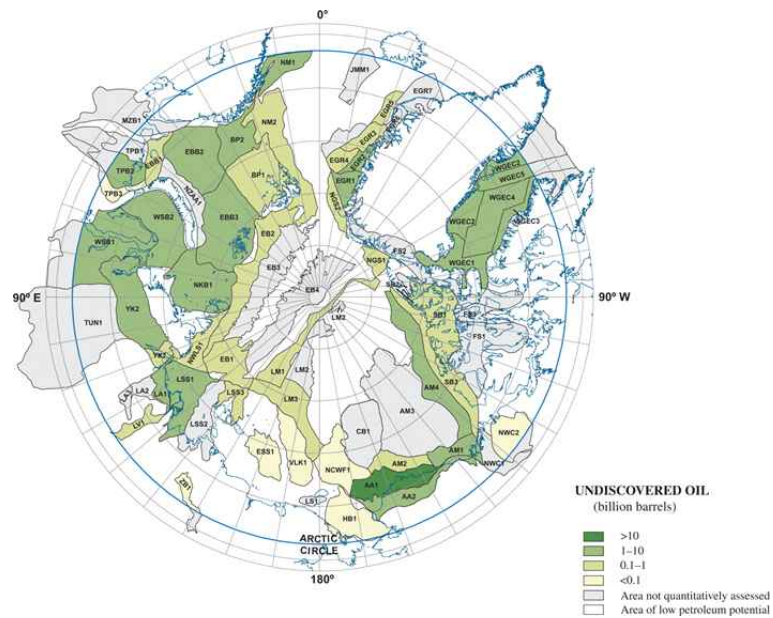


그림 2.10 북극 지역 미개발 오일(Oil) 매장량 분포도(Gautier et al., 2009)

○ 북극권에는 석유 900억배럴, 천연가스 1,670Tcf, NGL 440억배럴이 매장되어 있는 것으로 추정됨(美지질조사국) : 전 세계 미 발견 자원량 중 석유 13%, 천연가스 30%에 해당함.

- NGL(Natural Gas Liquids) : 콘덴세이트, 천연가솔린 및 LPG.
- 이 중 러시아권, 미국권, 캐나다권, 노르웨이권, 그린란드권의 5개 권역으로 나누어 개발이 진행.

표 2.1 권역별 천연가스 개발 현황(출처 : IHS)

| 순위 | 권역명  | 유·가스전수               | 자원량(백만배럴) | 비율(%) |
|----|------|----------------------|-----------|-------|
| 1  | 러시아  | 254                  | 289,554   | 88.4  |
| 2  | 미국   | 63                   | 29,524    | 9.0   |
| 3  | 캐나다  | 85                   | 6,234     | 1.9   |
| 4  | 노르웨이 | 32                   | 2,385     | 0.7   |
| 5  | 그린란드 | 현재 탐사사업 진행 중으로 발견 없음 |           |       |
| 합계 | -    | 434                  | 327,697   | 100   |

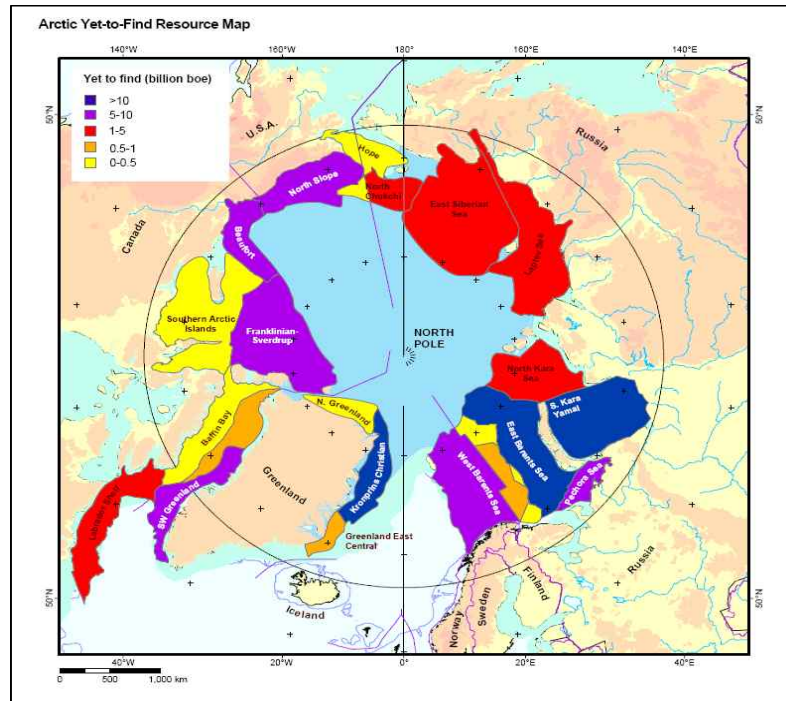


그림 2.11 권역별 천연가스 자원 분포도

## 나. 주요국가별 시장동향

### (1) 미국/캐나다

- 미국의 자원개발 프로젝트 현황(Prudhoe Bay유전) : 북미 알래스카 지역의 최대 원유 매장지로 TAPS건설과 함께 개발함.
  - Alaska North Slope지역 내 중소규모 유전들의 개발이 가능.
  - 총연장 1,300km.
- 캐나다 Oil Sand의 경제성 확보 및 개발 추진 : 원유가격 증가와 세계적인 자원 고갈 추세에 따라 생산가격이 비싼 Oil Sand 개발사업을 추진함.
  - 캐나다 Oil sand의 총 매장량은 1,730억 배럴로 추정.
  - 오일샌드에서 원유를 추출하는 공정의 사업성은 서부 텍사스유(WTI) 가격 기준으로 배럴당 50달러 이상일 경우 사업성이 보장.
  - 최대매장 지역인 캐나다 Alberta주는 2020년까지 총 1,000억 달러를 추가 투자를 계획하고 있으며, 캐나다 원유 수출은 미국 및 시장 확대 (중국, 인도 등 아시아 시장)를 위해 정제 시설과 송유관 건설이 시급히 요구.

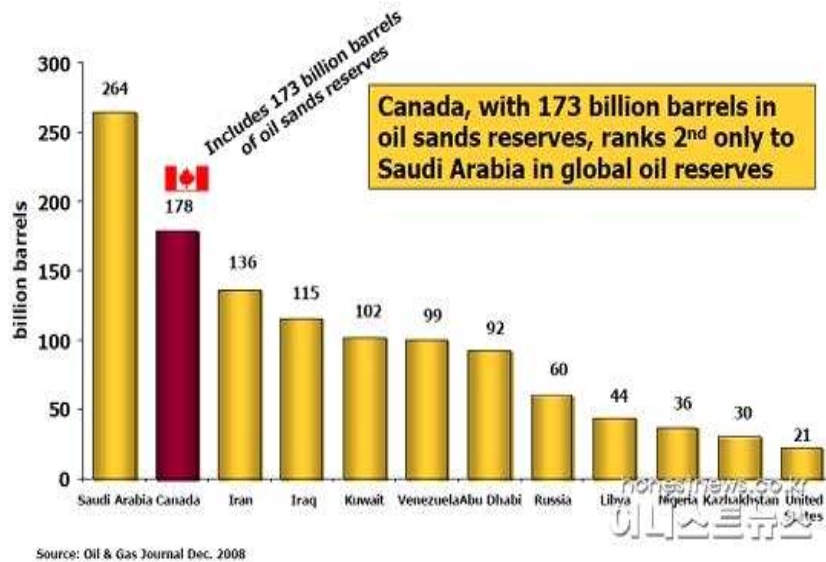


그림 2.12 국가별 Oil sand 매장량

- 캐나다 Alberta주 BlackGold 광구 개발 : 캐나다의 Alberta주에서 극한지의 Oil Sand를 추출하기 위한 공사가 진행되고 있으며, 이는 대표적인 비전통적인 방식 자원 개발 사례임.
  - 공사금액은 3억1000만 캐나다달러, 공사기간 총 26개월의 국내 업체 참여 개발 사업(한국석유공사 발주, GS건설 수행).
  - 총 원유 매장량 2억5천만배럴 규모로 2014년부터 15년간 하루 3만 배럴 생산예정이며, 2020년까지 총 1,000억 달러를 추가 투자할 계획.

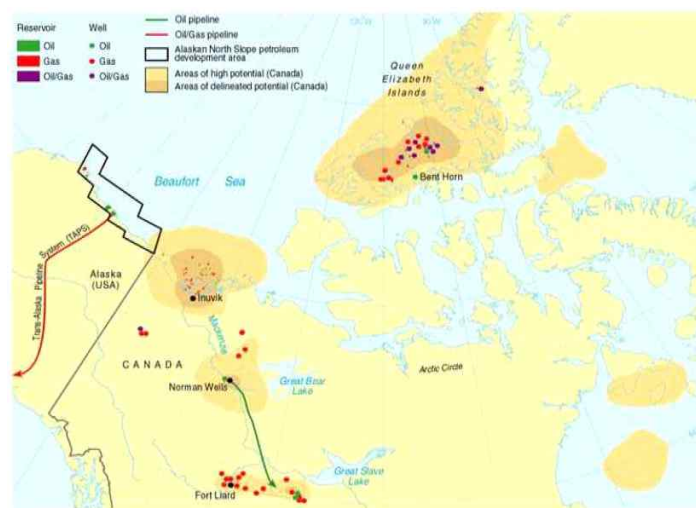


그림 2.13 캐나다 북극지역 석유·가스 매장지역

- 캐나다 자원이송망 프로젝트(Mackenzie Gas Project) : Mackenzie의 가스전 3공을 개발하여 앨버타주 북부지역으로 연결하는 1,196km 파이프라인 건설

예정임.

(2) 러시아

- 자원 대국 러시아 : 러시아는 확인 매장량 기준으로 천연가스 세계 1위, 석유 세계 7위의 자원 부국이며, 국가 에너지 전략 2020을 수립, 세계 에너지 시장에서 위상확대 정책을 추진하고 있음.
- 미개척지인 동시베리아 자원 개발 확대 : 동시베리아 및 극동지역의 자원 개발계획 수립 및 투자를 확대함.
  - 러시아 극동지역은 원유 매장량 132억 톤의 16%, 천연가스 매장량 48조 입방미터의 22%를 차지하지만, 현재 극동 일부지역(사할린, 이르쿠츠크 등)에서만 생산이 이루어지고, 전체적인 경제가 낙후된 상태.
  - 동시베리아 동토지역 석유매장량은 19억 톤으로 러시아 전체의 17.4%, 가스 매장량은 7.5조m<sup>3</sup>으로 러시아 전체의 15.7%로 추산.
  - 동시베리아 및 극동지역 개발계획의 중점 사업으로 에너지자원 탐사·개발·생산을 통한 석유·가스 생산 플랜트 기지 건설, 에너지 수송망 구축, TSR의 한반도 확장·연결사업, 발전시설 증대사업, 가스화 사업 등이 추진 중.
- 노드스트림(Nord Stream) 프로젝트: 러시아의 Vyborg를 출발하여 발틱해의 해저를 통과, 독일 서북단의 Greifswald(그라이프스발트)에 직접 도달하는 가스 파이프라인으로서 러시아와 독일의 합작 프로젝트임.
  - 독일, 영국, 프랑스, 네덜란드, 덴마크가 주요 수요국.
  - 25년간 매년 550억 M<sup>3</sup>의 가스를 서유럽에 공급하는 것을 목표.
  - 러시아가 유럽에 공급하는 가스의 1/3에 해당하는 막대한 분량.

표 2.2 노드스트림 프로젝트 개요

|        |                                                                                                   |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 참여 업체  | 가즈프롬(51%), BASF SE/Wintershall Holding AG(20%), E.ON Ruhrgas AG(20%), N.V.Nederlandse Gasunie(9%) |
| 구간     | 러시아 - 발틱해 - 독일                                                                                    |
| 길이     | 1,220km (직경 1,153mm), 2개 노선                                                                       |
| 착공     | 1단계(2010년), 2단계(2011년)                                                                            |
| 완공     | 1단계(2011년), 2단계(2012년)                                                                            |
| 연간수송능력 | 총 550억m <sup>3</sup> (노선 당 275억m <sup>3</sup> )                                                   |
| 총공사비   | 74억 유로                                                                                            |
| 가스 공급원 | 유즈노-루스크오예(Yuzhno-Russkoye) 가스전, 야말 반도, Ob-Taz 만, Shtokmanovskoye 가스전 등                            |

자료: Nord Stream 홈페이지(<http://www.nord-stream.com/en>)



그림 2.14 노드스트림 가스 파이프라인 노선도

- 블루스트림 2(Blue Stream 2) 프로젝트 : 이미 완공되어 가동 중인 블루스트림 가스 파이프라인의 확장사업임.
  - 중동 및 이스라엘 등으로 가스를 운반하는 루트이며 현재 사업성 검토를 진행 중.

표 2.3 블루스트림 프로젝트 개요

|          |                                                            |
|----------|------------------------------------------------------------|
| 해상 구간 운영 | Blue Stream Pipeline B.V.                                  |
| 육상 구간 운영 | 가즈프롬(러시아 육상 구간), BOTAS(터키 육상 구간)                           |
| 구간       | 러시아 - 터키 Samsun(해상구간) - 터키 Ankara(육상구간)                    |
| 길이       | 1,213km(러시아 육상: 373km, 해상: 396km, 터키 육상: 444km)            |
| 착공       | 2002년                                                      |
| 완공       | 2005년 11월(블루스트림), 미정 (블루스트림 2)                             |
| 연간 수송능력  | 160억 m <sup>3</sup> (2010년), * 기존 80억 m <sup>3</sup> 에서 증설 |
| 총공사비     | 32억 US\$                                                   |
| 가스공급원    | 러시아 Izobilnoye 가스플랜트                                       |

자료: 가즈프롬 홈페이지(<http://www.gazprom.com>)

- 사우스스트림(South Stream) 프로젝트: 유럽의 에너지공급 안정성 확보 및 러시아의 가스 공급경로 다변화를 위해 추진 중인 프로젝트임.
  - 해상 구간은 러시아의 Beregovaya에서부터 흑해를 경유하여 불가리아 Varna까지 총 900 km, 불가리아 측의 육상 구간은 북쪽 및 남쪽의 두개 경로로 분기.
  - 북서부 지선: 러시아-불가리아-세르비아-슬로베니아-오스트리아-중부유럽
  - 남서부 지선: 러시아-불가리아-그리스-이탈리

표 2.4 사우스스트림 프로젝트 개요

|         |                                       |
|---------|---------------------------------------|
| 참여 업체   | 러시아 가즈프롬, 이태리 ENI                     |
| 구 간     | Beregovaya(러시아) - 흑해 해저 - Varna(불가리아) |
| 길 이     | 900km                                 |
| 착 공     | 2010년                                 |
| 완 공     | 2015년                                 |
| 총공사비    | 200억 달러                               |
| 연간 수송능력 | 30억 m <sup>3</sup>                    |
| 가스공급원   | 러시아                                   |

자료: 사우스스트림 홈페이지(<http://south-stream.info>)



자료: <http://www.gazprom.com>

그림 2.15 블루스트림과 사우스스트림 가스 파이프라인 노선도

- 사할린-하바로프스크-블라디보스토크(S-K-V) 프로젝트: Sakhalin - Khabarovsk - Vladivostok (S-K-V) 파이프라인 프로젝트는 사할린 가스를 하바로프스크를 거쳐 블라디보스토크까지 운반하는 가스관 건설사업으로 동부 가스프로그램의 일환임.
- 총 연장 1,830km로서 하바로프스크-블라디보스토크 구간은 2011년 완공. 사할린-콤소몰스크-하바로프스크 구간의 1단계 공사도 함께 진행될 예정.
  - Yakutia- Khabarovsk-Vladivostok 파이프라인과 하바로프스크에서 연결된 예정.
  - 연간 수송능력은 1단계에 80억m<sup>3</sup>에서 향후 300~365억으로 확대될 것이며, 이중 80억m<sup>3</sup>는 사할린에서 공급.

표 2.5 S-K-V 파이프라인 프로젝트 개요

|         |                                                           |
|---------|-----------------------------------------------------------|
| 시행자     | 가즈프롬(운영권자 : Gazprom Invest Vostok)                        |
| 구 간     | 1차: 사할린 - 하바로프스크 - 블라디보스토크<br>2차: 야쿠치야 - 하바로프스크 - 블라디보스토크 |
| 길 이     | 1,830km                                                   |
| 착 공     | 2009년 6월                                                  |
| 완 공     | 2011년 3/4분기                                               |
| 총 공사비   | 210억~250억 달러                                              |
| 연간 수송능력 | 80억m <sup>3</sup> (향후 300~365억m <sup>3</sup> 로 확대)        |
| 가스공급원   | 사할린 III 가스전                                               |

자료: 가즈프롬 홈페이지(<http://www.gazprom.com>)



그림 2.16 S-K-V 파이프라인 가스 파이프라인 노선도

### (3) 유럽연합(EU)

○ 유럽 내 파이프라인을 통한 국가 간 연결 프로젝트가 일반화 : 기존의 단일 국영기업에 의한 개발 및 소유 형태에서 다국 간 기업 합작을 통한 국가 간에 이송망을 공유하는 추세로 변화함(에너지경제연구원, 1997).

- 다국 간 파이프라인 프로젝트의 특징은 정부의 직접 개입을 배제한 민간 기업 주도로 수송량에 비례해 지분과 투자액을 할당하며, 운영은 합작으로 설립된 운영회사가 담당.

○ 나부코 프로젝트 : 터키에서 출발하여 불가리아, 루마니아, 헝가리 등 동구권 국가를 경유하여 오스트리아에서 도달하는 가스 파이프라인 프로젝트로서 오

스트리아를 통해 중부 및 서부 유럽으로 가스를 운송하는 프로젝트임.

표 2.6 나부코 프로젝트 개요

|         |                                                                                            |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 참가 업체   | OMV(오스트리아), MOL(헝가리), BEH EAD(불가리아), TRANSGAZ(루마니아), BOTAS(터키), RWE(독일)이 각각 16.67%씩의 지분 보유 |
| 구간      | 터키-불가리아-루마니아-헝가리-오스트리아                                                                     |
| 총길이     | 3,300km                                                                                    |
| 착공 시기   | 2011년                                                                                      |
| 가동개시 시기 | 2014년(* 2013년 1단계 완공, 2015년 2단계 완공)                                                        |
| 총공사비    | 79억 유로                                                                                     |
| 연간 수송능력 | 310억㎥                                                                                      |
| 가스 공급원  | 중앙아시아(카자흐스탄, 투르크메니스탄, 아제르바이잔)                                                              |

자료: Nabucco 프로젝트 홈페이지(<http://www.nabucco-pipeline.com>)



자료: Nabucco 프로젝트 홈페이지(<http://www.nabucco-pipeline.com>)

그림 2.17 나부코 가스 파이프라인 노선도

- 화이트스트림 프로젝트 : 카스피 해 연안의 가스를 루마니아, 우크라이나, 중부유럽 및 동유럽국가로 수송하기 위해 제안된 파이프라인 프로젝트로서 “Georgia-Ukraine-EU Gas Pipeline”이라 명함.
  - 화이트스트림은 단계적으로 건설될 예정이며, 최종적으로 2개 노선으로 구성하여 루마니아, 우크라이나의 기존 파이프라인에 연결.
  - 그루지야-루마니아 노선 : 2개의 흑해 해저 병행노선, 1100km.
  - 그루지야-우크라이나 노선 : 2개의 흑해 해저 병행노선, 620km.

표 2.7 화이트스트림 프로젝트 개요

|         |                                                |
|---------|------------------------------------------------|
| 참여 업체   | 그루지야, 우크라이나, EU(현재 전략적 투자자 모집 중)               |
| 구간      | 아제르바이잔 - 그루지야 - 루마니아, 우크라이나(흑해 경유)             |
| 길이      | 1,100km(그루지야-루마니아 구간),<br>620km(그루지야-우크라이나 구간) |
| 완공      | 1단계 : 2015년                                    |
| 총공사비    | 미정                                             |
| 연간 수송능력 | 80억㎥ (향후 320억㎥로 확대 예정)                         |
| 가스공급원   | 아제르바이잔                                         |

자료: <http://www.gueu-whitestream.com>



그림 2.18 화이트스트림 가스 파이프라인 노선도

#### (4) 아시아

○ 중국은 자국의 가스매장량이 최소 38조CM에서 최대 93조CM으로 추정 : 주요 가스공급원은 중부지역의 섬서-감숙-닝시아지역, 사천성 동부지역, 신강 위구르 자치구(타림) 및 북서 청해성의 Sebei지역 등 임.

- Changqing Petroleum Exploration Bureau가 개발 중인 Shaanxi성 북서지역의 가스전은 확인매장량이 8.12조cf으로 발전용원료, 원자재로의 이용이 적합.
- 북경, Xian, Yinchuan지역 등에 대한 공급을 위한 pipeline건설 및 가스정 화공장을 건설 중.
- 향후 5년 동안 2억 달러를 투자하여 Sichuan성 남서쪽에 위치한 Datianchi

지역(확인매장량 351bcm)의 가스를 개발할 계획.

- 아시아개발은행은 중국의 석유·가스개발을 위한 1.3억불의 loan과 함께 두 개의 기술보조금 대출(총 \$930,000)을 승인.

#### 다. 자원이송망 시장전망

- 극한지의 자원 이송망은 주로 파이프라인을 통해 수송 : 극한지에서의 석유, 가스의 수송은 주로 파이프라인을 통하여 이루어지고 있음.
- Trans-Alaska Oil Pipeline System : 1974년부터 1977년까지 건설되었으며, 80억 달러의 예산이 소요.
- 야말반도 및 티만-페초라 지역 자원 이송망 : 러시아 북극지역의 최대 가스, 석유 매장지역으로 대형 매장지 개발과 함께 파이프라인 건설이 병행.



그림 2.19 알래스카 횡단 송유관

- 극한지 에너지 개발의 경제성 확보 : 수송인프라 건설비용의 최소화가 필요함.
- 기존 에너지자원 고갈 및 고유가 지속으로 비전통 석유생산(Oil sand, Shale gas/oil), 신규 매장지(극한지, 심해저)의 메가 프로젝트 증가.
- 에너지 수송은 수송거리 약 2,000km 이하 중단거리 구간에서 대용량 에너지 수송에 가장 적합한 방법.

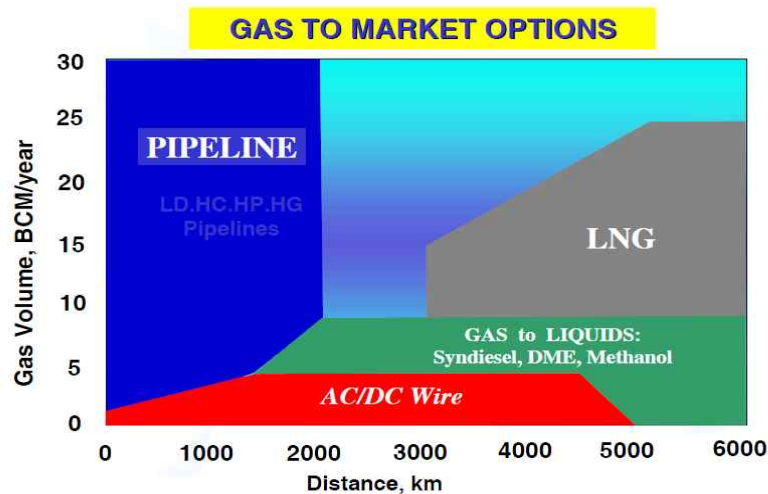


그림 2.20 거리 및 용량별 에너지 수송방법

- 극한지 에너지 자원 수송 시장의 전망 : 극한지 에너지 자원 수송을 위한 파이프라인 건설의 여러 사례가 있으나, 관련 기술에 대한 시장의 수요(needs)는 증가하는 추세임.
  - 극한지 에너지 자원 수송을 위한 파이프라인 설계 및 시공은 TAPS (Trans Alaska Pipeline Sytem) 및 Sakhalin II Pipeline 등의 사례.
  - 선행 시공사례의 시행착오를 경험하면서 당시의 기술적 한계를 극복하기 위한 연구가 현재까지도 계속.
  - 앞으로 개발될 극한지는 더욱 혹독한 건설환경이 예상.
  
- 국경 간 석유와 가스 거래의 급격한 증가 추세 : 국제 교역량은 생산량보다 높은 증가세를 보이고 있음.
  - 석유의 경우 대부분 유조선을 통해 수송되고 수송 방식별 물량에 대한 정확한 자료 수집이 어려워 이송망을 통한 석유 거래 규모 파악은 불가능.
  - 천연가스는 파이프라인과 LNG 등 2가지 방식으로만 수송되므로 자료 수집이 용이.
  - 천연가스 국제 교역량은 2000년 536BCM에서 2008년에 814BCM으로 연평균 5.6%씩 증가.
  - 국제 교역량은 생산량보다 높은 증가세를 보임에 따라, 총생산량 대비 교역량의 비율은 2000년 21.8%에서 2008년 26.5%로 증가.

표 2.8 세계 천연가스 생산량 및 국제교역량 추이

(단위: 십억 m<sup>3</sup>)

| 구분 \ 연도 | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 연평균<br>증가율 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 생산량     | 2,412 | 2,477 | 2,519 | 2,615 | 2,694 | 2,778 | 2,876 | 2,945 | 3,066 | 3.0%       |
| 교역량     | 파이프라인 | 389   | 411   | 431   | 455   | 502   | 537   | 550   | 587   | 5.3%       |
|         | LNG   | 137   | 143   | 150   | 169   | 178   | 189   | 211   | 227   | 6.5%       |
|         | (소계)  | 526   | 554   | 581   | 624   | 680   | 721   | 776   | 814   | 5.6%       |
|         | 비율    | 21.8% | 22.4% | 23.1% | 23.8% | 25.2% | 26.0% | 26.0% | 26.5% | 4.7%p      |

자료: BP, BP Statistical Review of World Energy, 각호



그림 2.21 세계 천연가스 생산량 및 국제교역량 추이

- 극한지 에너지자원 개발 및 건설 시장을 선점하기 위해서는 국내 환경과 상이한 극한지 대상 건설기술 개발이 필수적임.
  - 급변하는 국제 자원개발 시장에서 경쟁력 확보를 위해서는 반드시 수송인프라 구조물(자원이송망)의 안전성과 건설비용(유지관리비용 포함)의 최소화 필요.

### 3절. 기술동향 분석

#### 1. 기술분류 및 정의

- 극한지 자원이송망 설계 기술은 관망 및 배관 설계, 자원이송망-기반구조물 설계, 입지·경로 결정을 포함한 고부가가치 기술 분야임.
- 극한환경 대응 라인파이프 소재 개발은 자원이송망 건설 재료비의 상당 부분을 차지하는 파이프의 제작, 현장 접합, 성능 평가 및 설계 적용 기술임.
- 자원 이송망 시공 및 평가 기술은  $-20^{\circ}\text{C}$  이하의 극한지에서 공기 단축 및 내구 성능 향상을 확보할 수 있는 시공 기술을 포함한 시공 지침 및 건설운영 평가 기술임.
- 자원이송망 지능형 유지관리 시스템은 신뢰도가 높은 진단기술, 이를 구현할 시스템 모듈 그리고 엔지니어링 기술 획득의 기반이 되는 지능형 유지관리시스템 개발이 핵심기술임.

#### 2. 특허동향분석

- 특허로드맵은 극한지 개발 관련 기술동향을 특허정보를 통해 파악함으로써 우리나라의 기술 수준, 국제 기술 동향 등을 파악하여 본 기획연구 개발 과제 수행에 도움이 되고자 함.
- 특허동향 분석의 범위 : 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술에 대한 특허 동향 분석을 위해 핵심기술인 자원이송망 설계기술, 자원이송망 소재개발, 현장 시공자동화 기술, 유지관리 기술을 중심으로 관련 키워드를 도출하여 분석에 활용함.
- 한국, 미국, 일본 및 유럽특허는 출원일 기준으로 분석하였으나, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있으므로 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2년 자료는 유효하지 않다고 판단하고 정량분석 대상특허는 2010년까지로 한정함.

표 2.9 분석대상 특허

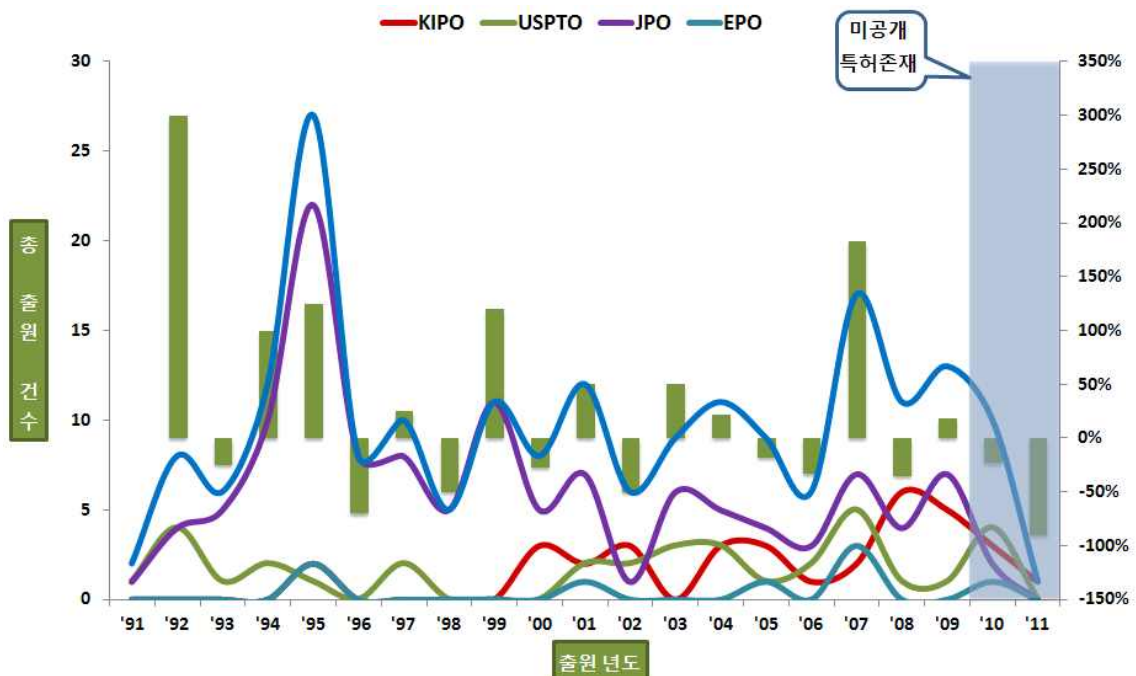
| 자료 구분               | 국 가 | 전체분석구간    |
|---------------------|-----|-----------|
| 공개/등록특허<br>(출원일 기준) | 한국  | ~ 2010. 5 |
|                     | 일본  | ~ 2010. 5 |
|                     | 유럽  | ~ 2010. 5 |
|                     | 미국  | ~ 2010. 5 |

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - ~2010(출원년도)

- 본 분석에서는 양적인 통계를 의미하는 정량분석을 기준으로하며, 특허를 출원연도별, 국가별, 기술별 및 출원인별로 분류하여 각 부문별 특허건수, 증가율 등으로 구분하여 분석을 수행함.
- 본 분석을 통해 기술시장의 성장단계를 파악하고 경쟁국의 기술 전망을 분석하여 특허관점에서의 기술수준과 기술격차를 판단하고자 하였음.

## 가. 주요시장국 기술개발 활동현황

### (1) 주요시장국 연도별 특허동향



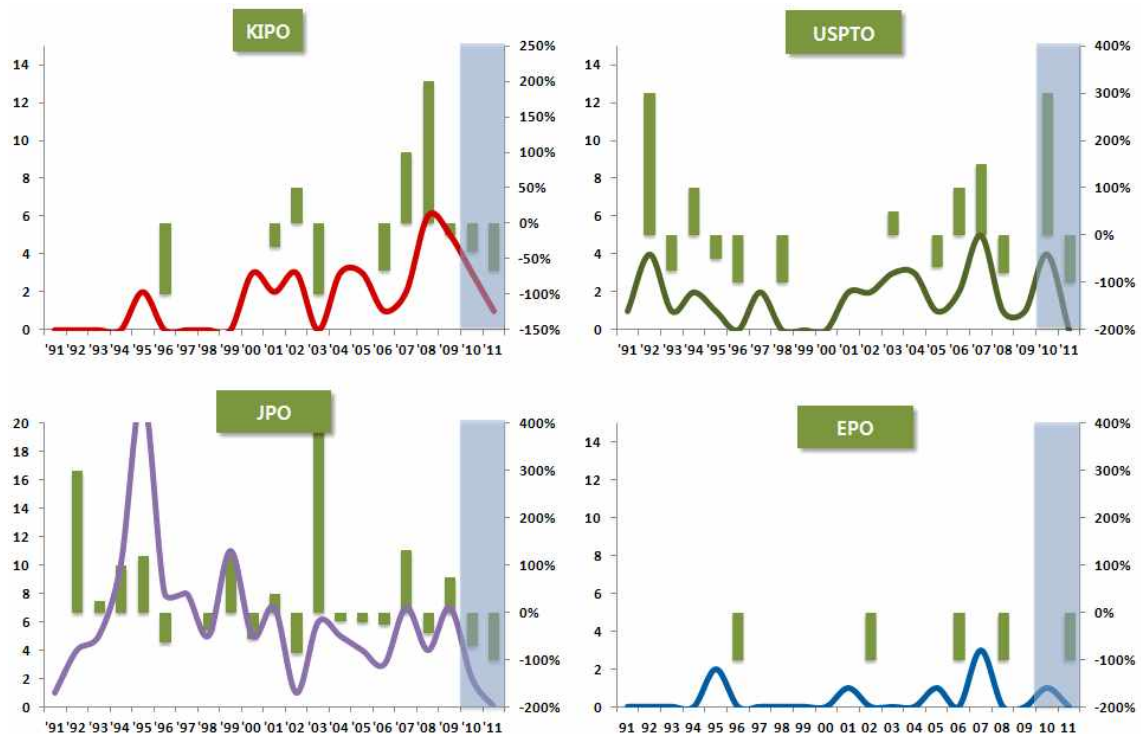


그림 2.22 전체 연도별 동향

- 『극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술』 분야의 국가별 연도별 출원 동향을 살펴보면, 전체적으로 1993년인 1990년대 중반과 2005년인 2000년대 중반에 비교적 큰 증가추이를 보이고 있음.
- 이는 해양플랜트 기술발전에 영향을 받아 알래스카, 시베리아, 북극 등에 원유, 천연가스 채취기술이 함께 발전한 것으로 보고 있음.
- 국가별 동향을 살펴보면, 일본(JPO)의 출원이 비교적 두드러진 것을 알 수 있는데 이러한 동향은 일본의 1990년대 중반의 경우 가스회사인 TOKYO GAS와 철강기업인 NIPPON STEEL 등의 기업이 다수 출원한 것이 원인이며, 2000년대 중반에 NIPPON STEEL사 및 SHIMIZU CORP사가 지속적으로 특허출원한 것이 원인인 것으로 조사됨.
- 한국(KIPO)의 경우 2000년 이후 지속적 증가 추이를 보이고 있는데 포스코사의 출원이 두드러진것으로 조사됨.
- 반면에 미국(USPTO)과 유럽(EPO)의 경우 큰 증감이 없는 것으로 조사됨.

(2) 주요시장국 내·외국인 특허출원 현황

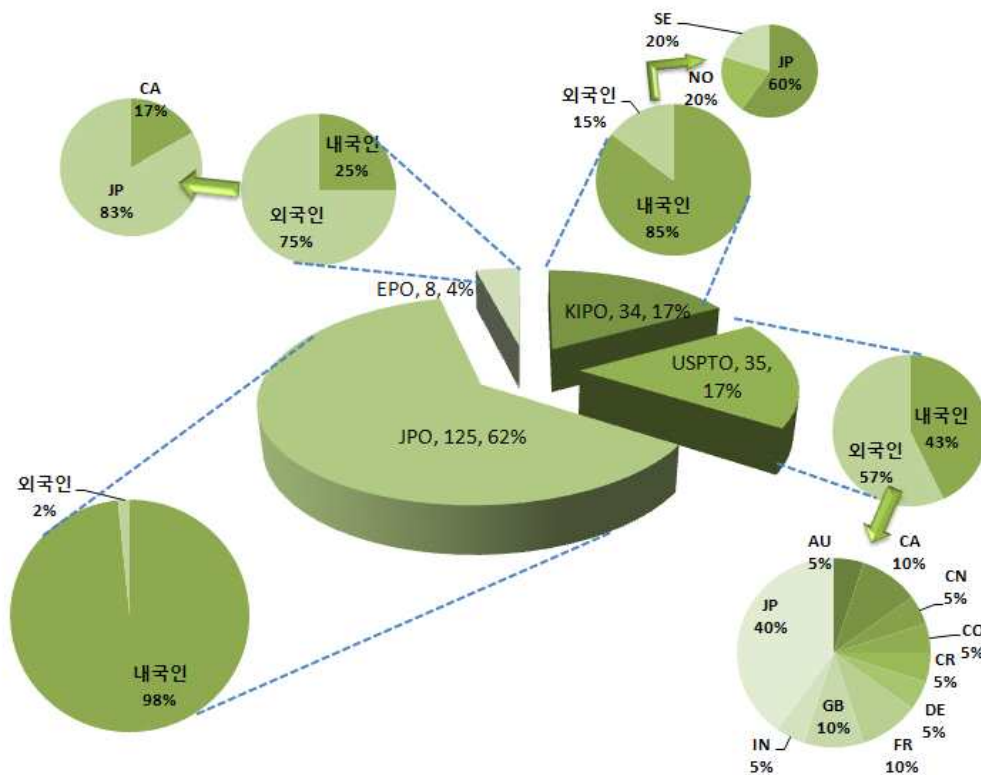


그림 2.23 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

- 『극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술』 분야의 주요시장국 내·외국인 특허출원현황을 살펴보면, 일본이 전체의 62%인 125건을 출원하여 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 조사되었으며, 대부분이 내국인의 특허출원이 주를 이루고 있는 것으로 조사됨.
- 이러한 이유는 일본이 자국 특허출원에 활발한 일본만의 특성도 있지만, 일본 내 극지, 영구동토 지역 등에서의 시공기법, 자원채취 기술 및 파이프라인의 물질특성 연구 등 기술수준이 높아 경쟁기업의 진입이 어려운 것도 원인인 것으로 판단됨.

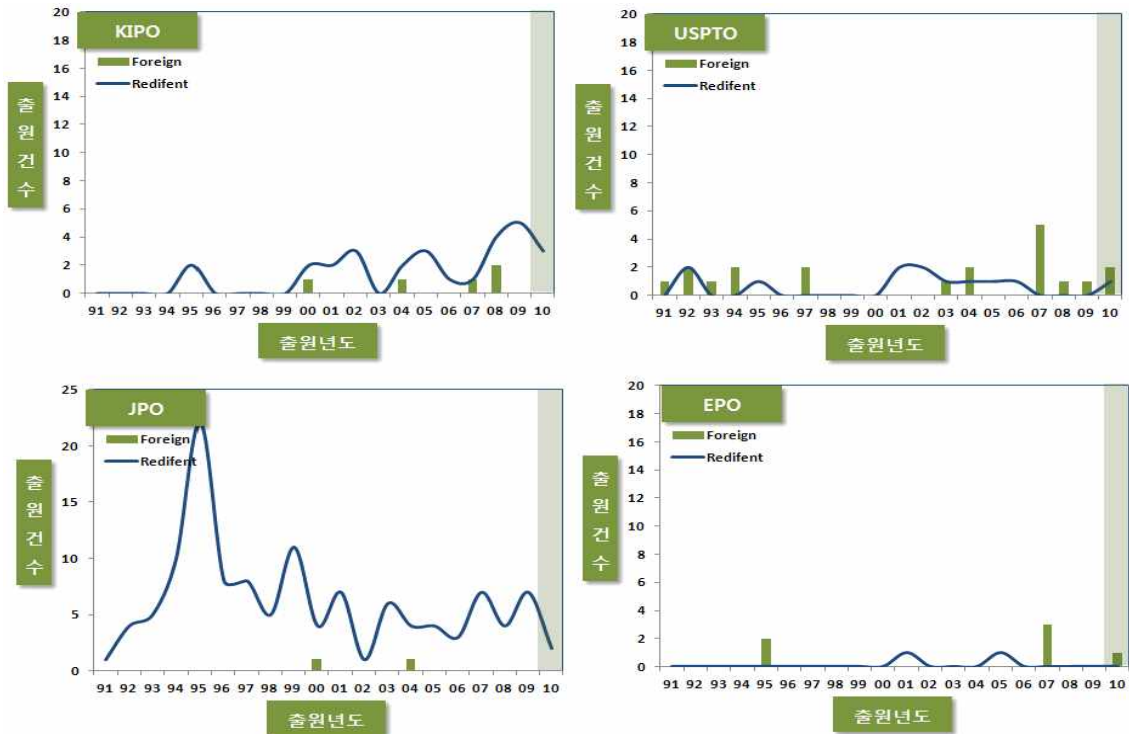


그림 2.24 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

- 한국의 경우 34건의 특허가 조사되었으며, 85%가 내국인에 의한 출원으로 조사됨.
- 한국도 일본과 마찬가지로 자국내에 활발한 특허출원활동을 보이는 특성이 있으며, 또한 시장이 비교적 작아 해외기업의 진입이 저조한 것도 원인인 것으로 판단됨.
- 반면 미국의 경우 외국인의 비중이 57%로 비교적 높게 나타나고 있으며, 이러한 이유는 미국특허규모도 비교적 클 뿐만 아니라 관련 기술분야에 있어서 미국시장의 규모가 상대적으로 큰 것이 이유인 것으로 판단됨.

### (3) 세부 기술별 동향

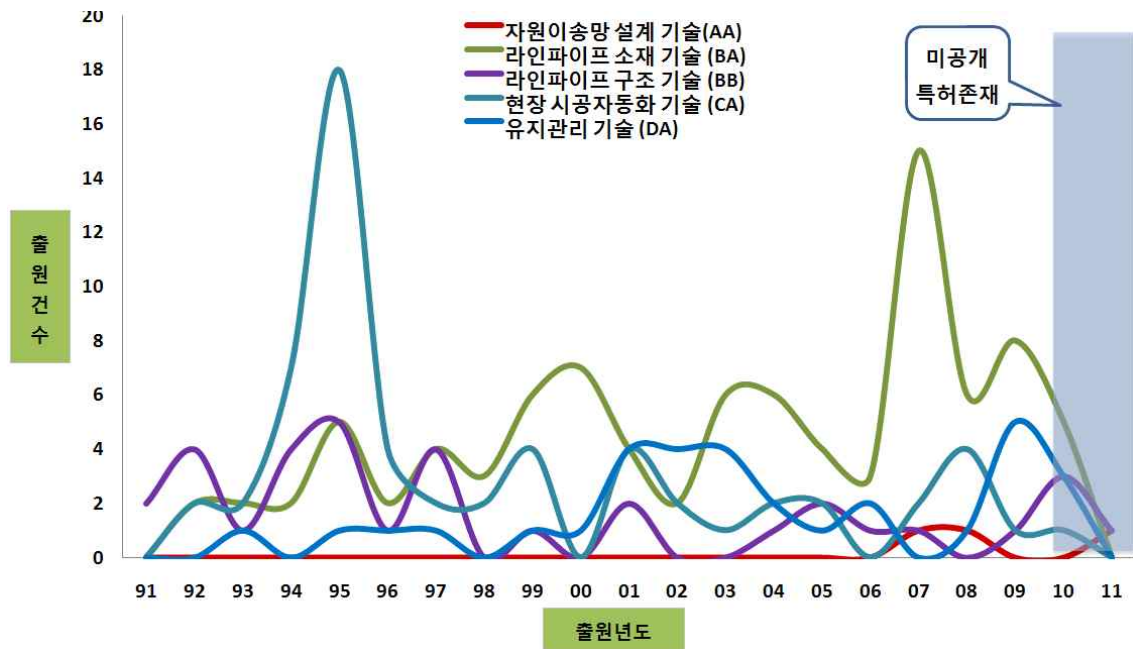


그림 2.25 기술별 년도별 출원동향

- 『극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술』 분야의 년도별/세부기술별 동향을 살펴보면, 1994년~1996년 사이의 현장시공 자동화 기술의 급격한 출원증가와 2007년의 라인파이프 소재기술의 급격한 증가추이를 볼수 있음.
- 먼저 1994년~1996년 구간에서의 현장시공 자동화 기술의 출원 건을 살펴보면 대부분 일본 TOKYO GAS사의 동토지역 연속벽 시공기술 및 SHIMIZU사의 동토 지하구조물 관련 기술의 출원건이 다수를 보이고 있는 것으로 조사되었으며, 2007년의 경우 일본의 NIPPON STEEL사, SHIMIZU사 및 한국의 포스코가 저온 고강도 파이프 기술과 저온 가스저장을 위한 파이프 기술 등에 관한 특허를 다수 출원한 결과로 조사됨.
- 『극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술』에서 기술분야별 출원동향을 살펴보면, 먼저 라인파이프의 소재 및 구조에 관한 기술이 전체의 57%(126건)으로 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 조사됨.
- 반면 자원이송망 설계 기술의 경우 1%(3건)으로 가장 낮은 수치를 보이고 있음.

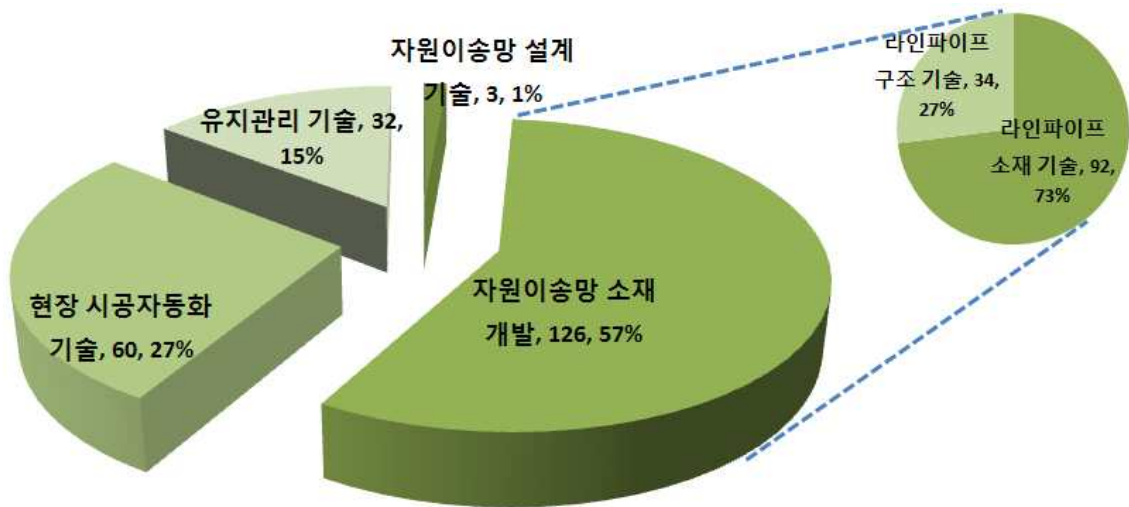


그림 2.26 기술별 분포

- 이러한 이유는 먼저 설계기술의 경우 대부분의 대형 건설사 또는 중공업 등의 기업 노하우에 해당하여 공개하지 않는 것도 있지만, 소재 및 구조기술과는 달리 권리확보도 곤란하고 확보된 권리에 대해서도 권리행사가 어렵다는 이유가 큰 것으로 판단됨.

표 2.10 기술별 국가별 출원건수

| 중분류           | 소분류              | KIPO | USPTO | JPO | EPO | 총합계 |
|---------------|------------------|------|-------|-----|-----|-----|
| 자원이송망 설계 기술   | 자원이송망 설계 기술 (AA) | 2    | 0     | 1   | 0   | 3   |
| 자원이송망 소재 개발   | 라인파이프 소재 기술 (BA) | 16   | 7     | 60  | 5   | 88  |
|               | 라인파이프 구조 기술 (BB) | 2    | 10    | 14  | 3   | 29  |
| 현장 시공 및 평가 기술 | 현장 시공 기술 (CA)    | 8    | 3     | 46  | 0   | 57  |
| 유지관리 기술       | 유지관리 기술 (DA)     | 6    | 15    | 4   | 0   | 25  |
| 총합계           |                  | 34   | 35    | 125 | 8   | 202 |

## 나. 기술시장 성장단계 파악



그림 2.27 기술성장 단계 모식도

- 『극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 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(1991년~1995년), 2구간(1996년~1999년), 3구간(2000년~2003년), 4구간(2004년~2007년), 5구간(2008년~2011년)으로 나누었음.

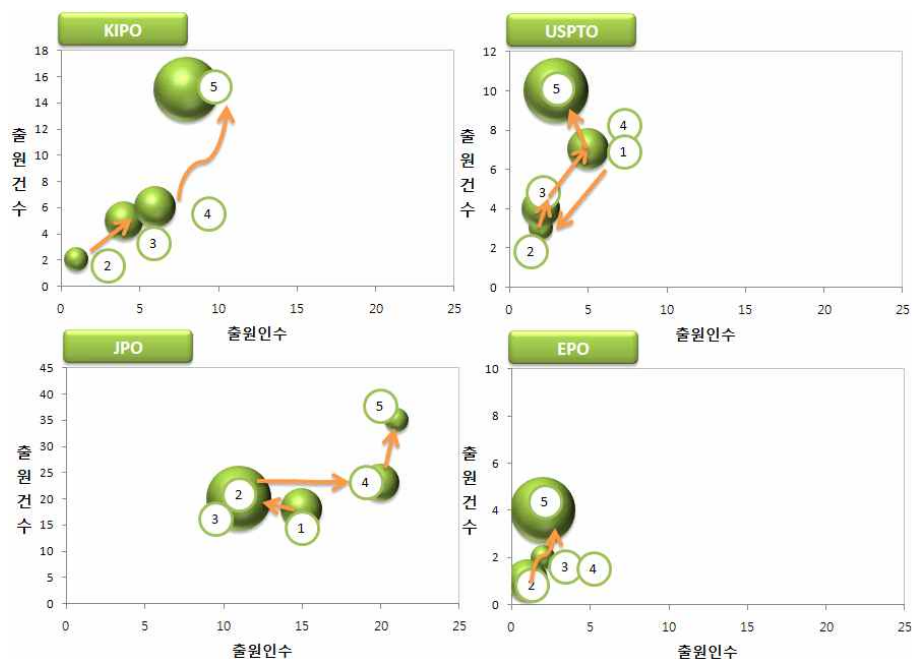


그림 2.28 국가별 기술성장 단계

- 한국(KIPO) 포트폴리오로 나타낸 한국특허의 기술위치는 1구간(1991년~1995년)에서 4구간(2004년~2007년)까지는 큰 증가를 보이고 있지 않으나 4구간(2004년~2007년)에서 5구간(2008년~2011년)으로 접어들면서 큰 출원증가 현상으로 보이고 있는 것으로 조사됨.
- 미국(USPTO) 포트폴리오로 나타낸 미국특허의 기술위치는 1구간(1991년~1995년)에서 2구간(1996년~1999년)으로 출원건수 및 출원인의 감소추이를 보이다가 3구간(2000년~2003년)에서 5구간(2008년~2011년)으로 가면서 출원증가 추이를 보이고 있음. 다만 출원인의 증가는 감소하는 것으로 조사됨.
- 일본(JPO) 포트폴리오로 나타낸 일본특허의 기술위치는 2구간(1996년~1999년), 3구간(2000년~2003년)에서 비교적 다수의 출원이 있는 것으로 조사되었으며, 4구간(2004년~2007년), 5구간(2008년~2011년)으로 가면서 출원인 및 출원건수 모두 소수 증가하는 것으로 조사됨.
- 유럽(EPO) 포트폴리오로 나타낸 유럽특허의 경우 모집단의 규모가 비교적 적은 관계로 동향상의 큰 의미는 없는 것으로 판단됨.

## 다. 경쟁자 Landscape

- 『극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술』 과제의 주요출원인을 추출한 결과, 상위 출원인의 대부분이 일본기업으로 조사됨. 가장 많은 특허를 출원한 Key Player는 일본의 SHIMIZU사가 18건으로 관련기술분야에서 가장 많은 지재권을 보유하고 있는 것으로 조사됨.
- 다음으로 NIPPON STEEL사 17건의 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며, NIPPON STEEL사의 경우 일본외에 한국, 미국 및 유럽에도 다수의 패밀리권을 보유하고 있어 가장 강력한 경쟁기업으로 판단됨.
- NIPPON STEEL사의 경우 저온 강성 파이프 기술을 주력기술로 하고 있는 것으로 조사되었는데 한국의 포스코 또한 관련기술의 특허를 다수 출원한 것으로 조사됨. 다만 차이가 있다면, 포스코의 경우 관련특허를 1995년 출원한 건이 있으며, NIPPON STEEL사의 경우 2005년 부터 관련 특허를 출원하여 포스코가 NIPPON STEEL사에 비해 비교적 이른 시기에 권리확보에 노력한 것을 알 수 있음.

표 2.11 경쟁자 Landscape

| 출원인            | 분석항목 | 출원인<br>국적 | KR | US | JP | EP | IP시장국<br>종합 | 주력기술분야     |
|----------------|------|-----------|----|----|----|----|-------------|------------|
| SHIMIZU CORP   |      | 일본        | -  | -  | 18 | -  | 일본          | 영구동토 시공법   |
| NIPPON STEEL   |      | 일본        | 2  | 3  | 9  | 3  | 다국적         | 저온 강성 파이프  |
| TOKYO GAS      |      | 일본        | -  | -  | 10 | -  | 일본          | 저온 가스 저장   |
| 포스코            |      | 한국        | 7  | -  | -  | -  | 한국          | 저온 강성 강판   |
| OSAKA GAS      |      | 일본        | -  | -  | 6  | -  | 일본          | 저온 가스 저장   |
| SUMITOMO       |      | 일본        | -  | -  | 6  | -  | 일본          | 단열 관       |
| KAWASAKI STEEL |      | 일본        | -  | -  | 5  | -  | 일본          | 저온 강성 강판   |
| SEIKEN         |      | 일본        | -  | -  | 5  | -  | 일본          | 영구동토 시공법   |
| TAISEI CORP    |      | 일본        | -  | -  | 5  | -  | 일본          | 영구동토 시공법   |
| 삼성중공업          |      | 한국        | 4  | -  | -  | -  | 한국          | 부유식 해양 구조물 |
| 한국건설기술연구원      |      | 한국        | 1  | -  | -  | -  | 한국          | 영구동토 시공법   |

- 반면에 NIPPON STEEL사의 경우 해외 패밀리를 다수 보유하고 있으나 포스코의 경우 국내에만 출원하여 해외시장 진출에 있어서 NIPPON STEEL사에 비해 경쟁력이 낮은 것으로 판단됨.
- 최다 출원인인 SHIMIZU사의 경우 영구동토 시공기법에 관한 특허를 1994년에 출원하여 비교적 이른 시기에 권리확보에 노력한 것으로 조사되었으나, 일본내에만 출원한 것으로 해외시장 진출시 권리행사가 다소 어려울 것으로 판단됨.
- TOKYO GAS 및 OSAKA GAS사의 경우 영구동토 지역에서의 저온 가스 저장 기술에 관한 특허를 다수 출원한 것으로 조사되었으나 SHIMIZU사와 마찬가지로 일본국내에만 출원한 것으로 조사됨.
- 그 외에도 다수의 일본기업들이 『극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술』과 관련된 주요한 기술을 보유하고 있는 것으로 조사되었으나 NIPPON STEEL사를 제외하고는 모두 자국내에만 권리행사를 하고 있는 것으로 조사됨.
- 삼성중공업의 경우 부유식 해양 구조물, 한국건설기술연구원의 경우 영구동토 시공법에 관한 특허를 출원한 것으로 조사되었으나 일본기업과 마찬가지로 모두 해외 패밀리가 없는 것으로 조사됨.

### 3. 논문동향 분석

- 논문동향조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발 동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임.
- 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 논문 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름.

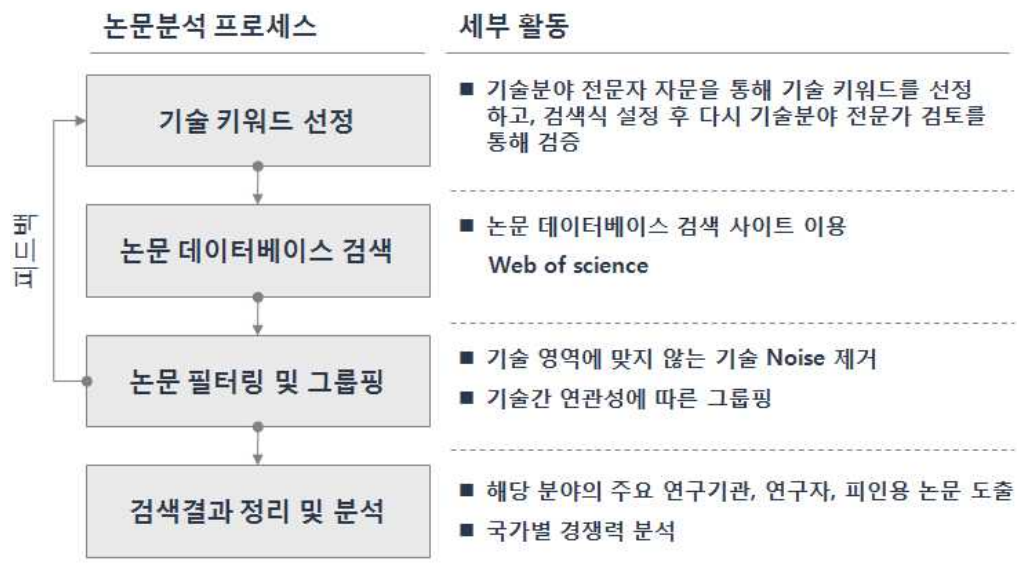


그림 2.29 논문 분석 프로세스

표 2.12 기술별 논문 검색식

| 분류             | 검색식                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 자원이송망<br>설계 기술 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• TITLE(pipeline) and (design or analysis) and evaluat* and (heav* or settlement)</li> <li>• TITLE(pipeline) and TITLE-ABS-KEY(equipment or pump or valve or launcher or receiver)</li> <li>• TITLE(pipeline) and (design or analysis) and (manual or guideline or LRFD)</li> <li>• TITLE(pipeline) and (Insar or satellite) and (network or design)</li> <li>• TITLE(pipeline) and (foundation or geotechnical) and (design or analysis) and (manual or guideline)</li> <li>• TITLE(pipeline) and foundation and (design or analysis) and (settlement or seismic or earthquake)</li> </ul> |
| 자원이송망<br>소재 개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• *pipe and (steel or plate) and high and (deform* or toughness or strength) and (low w/2 temperature)</li> <li>• *pipe and (form* or manufactur*) and (seam* or girth) and high and (low w/2 temperature)</li> <li>• TITLE(pipe) and TITLE-ABS-KEY(test or cwpt or sent or ctod) and steel and (linepipe or pipeline))</li> <li>• TITLE(pipe) and TITLE-ABS-KEY((design or analysis) and (heav* or settlement or seismic or earthquake or buckling or joint or connection or weld* ) and (linepipe or pipeline))</li> </ul>                                                                |
| 현장 시공<br>기술    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (welding automation) and ("gusset welding" or "obital welding" or "process") and ("linepipe" or pipe*) and ("welding Imperfection" or "misalignment" or "residual stress" or "fatigue")</li> <li>• (teleoperated or remoted) and (pipe or pipeline) and (pipe* w/2 installation) or ("automated system" or "robotic pipelaying") and (pipe w/2 installation)</li> <li>• (gps OR gis) AND (integrat* OR simulat*) AND (pipeline W/2 installation)</li> <li>• automated W/2 construction W/2 manual</li> </ul>                                                                              |
| 유지관리<br>기술     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• TITLE(utility) AND ((oil OR gas) OR (subsea OR pole OR (cold W/2 district))) AND (system OR tech*)</li> <li>• (TITLE(SCADA) and ((subsea or pole or cold district) or (oil or gas))) or (TITLE(integ*) and (subsea or pole or cold district))</li> <li>• TITLE(engineering OR db) AND (subsea OR pole OR (cold W/2 district))</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                  |

#### 가. 주요시장국 논문 동향

○ 극한지 자원이송망 관련 1991년 이후 발표된 논문은 총 8,581건임.

- 분야별로는 자원이송망 설계 관련 4,039건, 자원이송망 소재개발 관련 2,193건, 현장 시공자동화 기술 관련 75건, 유지관리 기술 관련 2,224건으로 나타남.

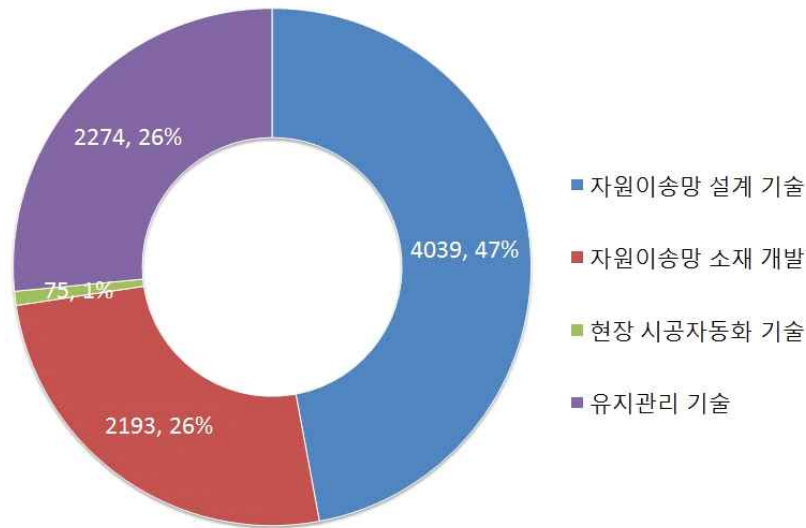


그림 2.30 극한지 자원이송망 관련 논문 분포

- 연도별 논문발표추세를 보면, 1991년 77건에서 2010년 1,014건으로 지속적으로 증가하여 연간 약 40편 정도 논문이 증가하는 높은 성장세를 나타냄.
- 1991년부터 2000년대까지는 완만한 증가세였으나, 2001년부터 높은 성장률을 나타내 연구활동이 활발해지고 있음을 확인 함.
  - 기술분야별로는 자원이송망 설계 기술 관련 논문이 연간 약 23편 정도 증가 추세를 나타내었음.

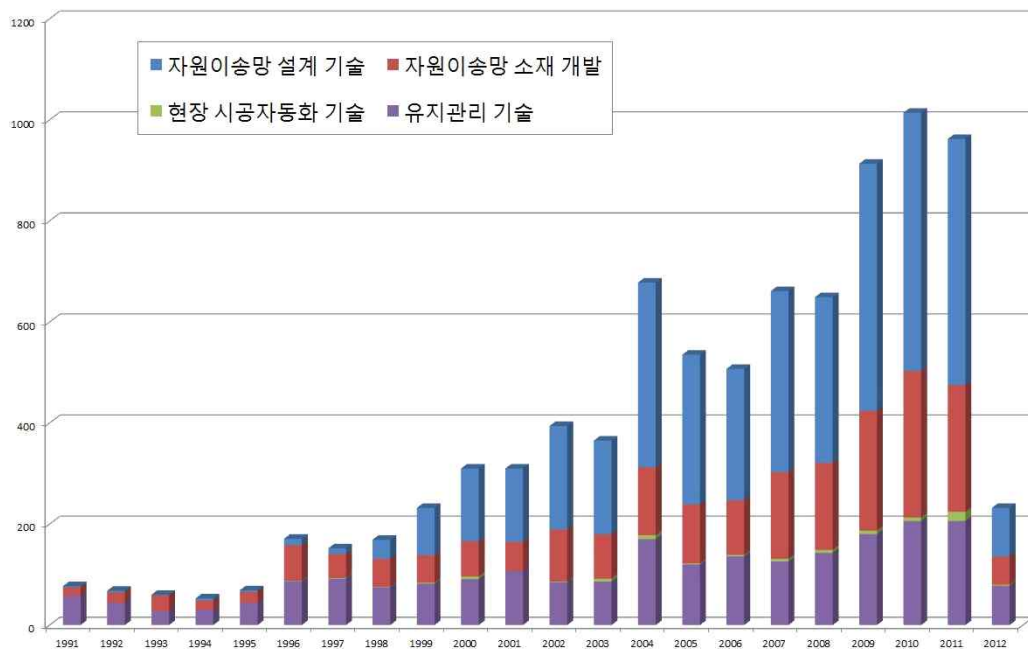


그림 2.31 연도별 논문 발표 추이

- 국가별 논문발표 현황을 분석한 결과, 극한지 자원이송망 관련 논문을 가장

많이 발표한 국가는 미국이고, 그 다음으로 중국, 영국, 캐나다, 일본 순으로 나타났으며, 한국은 8위를 기록.

- 미국은 특히 자원구조망-기반구조물 관련 논문이 많았으며, 일본은 라인과 이프 개발 관련 논문의 비중이 높은 것으로 나타남.

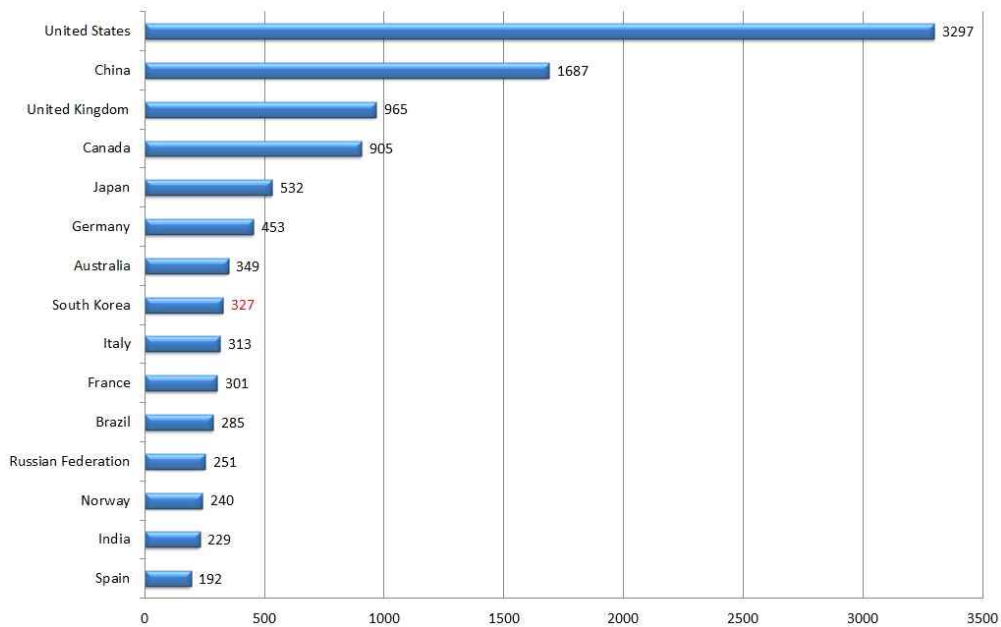


그림 2.32 국가별 논문 발표 현황

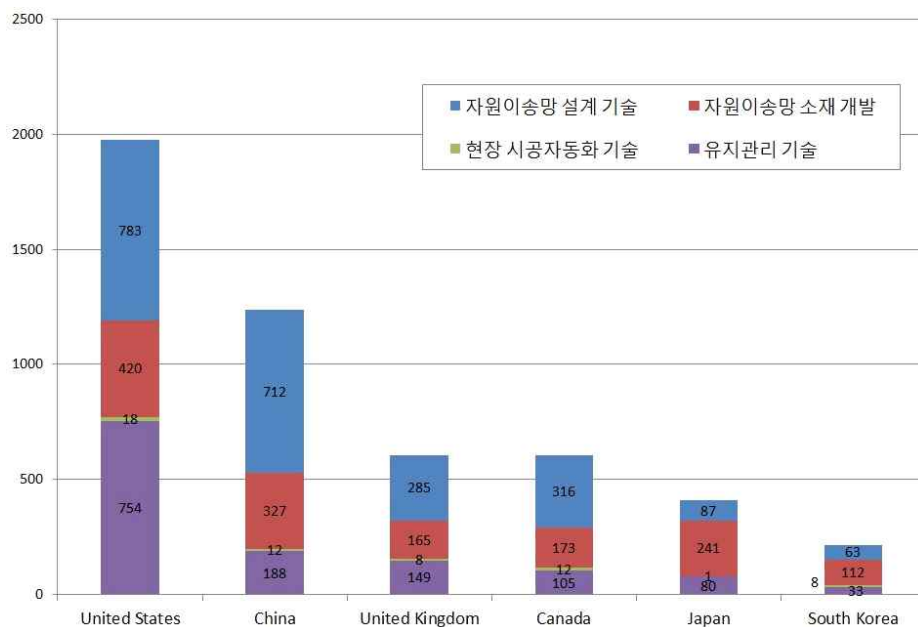


그림 2.33 국가별 주제별 논문발표 현황

## 나. 기술분야별 논문발표 현황

### (1) 극한지 자원이송망 설계 기술 분야

#### (가) 세부기술분야별 동향

- 극한지 자원이송망 운영설비 기술 관련 논문이 전체의 44%(1896편)를 차지하여 중요 관심 분야임을 알 수 있음.
- 그 다음으로 논문 발표가 활발한 분야는 설계기준 관련기술로서 38%(1640편)를 차지하였고, 가장 적은 분야는 최적 부지조사 및 평가기술(2%, 75건)로 나타남.

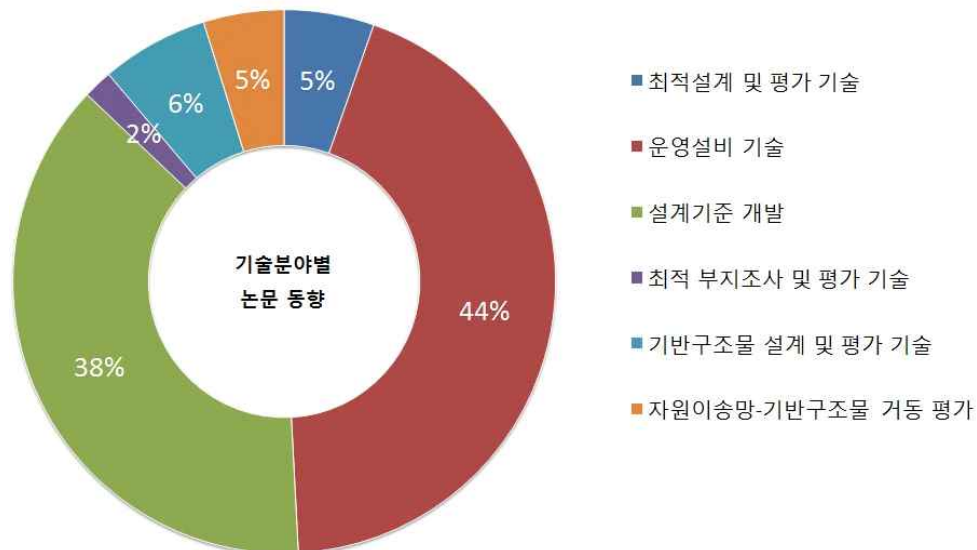


그림 2.34 기술분야별 논문 동향

#### (나) 연도별 논문발표 현황

- 1991년 이후 총 4328편의 논문이 발표되었고, 연간 23편 정도 논문 편수가 증가하는 추세를 나타내었음.
- 2009년경부터 에너지 분야에 대한 관심이 높아지면서 논문 발표 편수가 급격히 증가함.

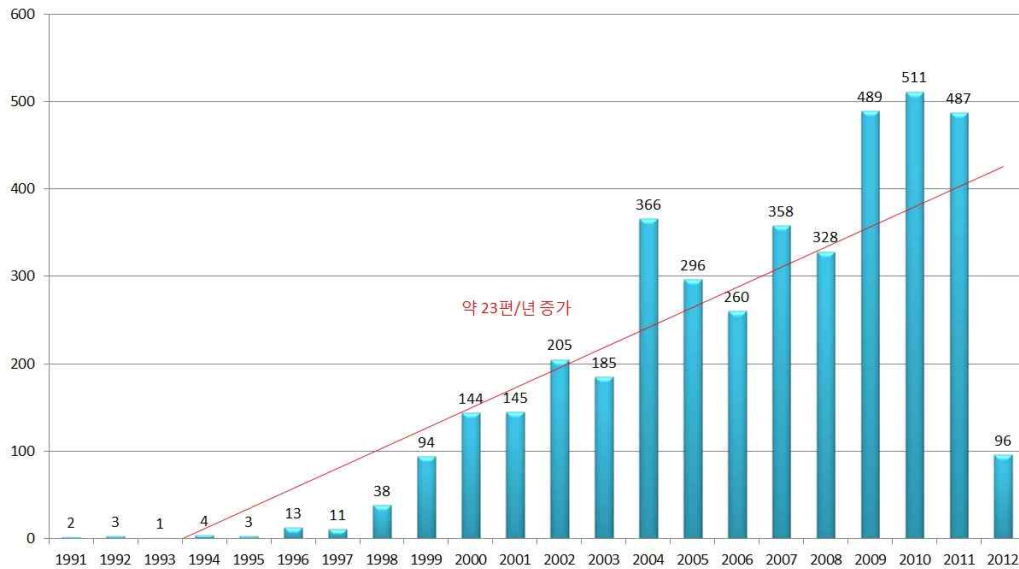


그림 2.35 연도별 에너지 분야 관련 논문 추이

(다) 주요 연구기관 및 연구자 현황

- China university of Petroleum의 논문 발표 건수가 56건으로서 가장 높게 나타났으며, 주요 연구자로는 Zhou J., Wang X. 등 중국인이 많은 것으로 나타남.
  - 관련 논문 총 편수가 4328건임을 고려할 때 최고 편수는 약 1% 정도의 미미한 수준이므로 소수의 기관 및 연구자에게 기술이 집중되어 있다고 평가하기 어려움.

표 2.13 기관별 논문 발표 추이

| 연구기관                            |    | 연구자                    |    |
|---------------------------------|----|------------------------|----|
| 기관명                             | 건수 | 연구자명(국가)               | 건수 |
| China University of Petroleum   | 56 | Zhou J.<br>(캐나다)       | 44 |
| Tianjin University              | 37 | Wang X.<br>(중국)        | 25 |
| Southwest Petroleum University  | 30 | Zhang H.<br>(중국)       | 23 |
| Det Norske Veritas              | 25 | Benjamin A.C.<br>(브라질) | 21 |
| Dalian University of Technology | 24 | Li X.<br>(중국)          | 21 |

(라) 주요 피인용 논문 정보

- 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문의 피인용도 횟수는 497회에 달하는 것으로 나타남.
- 각 세부기술별 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 주로 원천기술을 주제로 다룬 논문임.

표 2.14 각 기술별 주요 피인용 논문 정보

| 분야                                     | 제목                                                                                                  | 저널명                                                      | 저자                                                                                                                           | 연도   | 피인용<br>횟수 |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|
| 최적<br>설계<br>및<br>평가                    | The odyssey of marine pharmaceuticals: a current pipeline perspective                               | Trends in Pharmacological Sciences                       | Mayer A.M.S., Glaser K.B., Cuevas C., Jacobs R.S., Kem W., Little R.D., McIntosh J.M., Newman D.J., Potts B.C., Shuster D.E. | 2010 | 46        |
| 운영<br>설비                               | Isothermal start-up of pipeline transporting waxy crude oil                                         | Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics                 | Chang C., Nguyen Q.D., Ronningsen H.P.                                                                                       | 1999 | 56        |
| 설계<br>기준                               | The CCPN data model for NMR spectroscopy: Development of a software pipeline                        | Proteins: Structure, Function and Genetics               | Vranken W.F., Boucher W., Stevens T.J., Fogh R.H., Pajon A., Llinas M., Ulrich E.L., Markley J.L., Ionides J., Laue E.D.     | 2005 | 291       |
| 최적<br>부지                               | A robust approach for automatic detection and segmentation of cracks in underground pipeline images | Image and Vision Computing                               | Iyer S., Sinha S.K.                                                                                                          | 2005 | 27        |
| 기반<br>구조<br>물                          | Estimating the effects of tunneling on existing pipelines                                           | Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering | Vorster T.E.B., Klar A., Soga K., Mair R.J.                                                                                  | 2005 | 26        |
| 자원<br>이송<br>망 -<br>기반<br>구조<br>물<br>거동 | Feasibility of using impedance-based damage assessment for pipeline structures                      | Earthquake Engineering and Structural Dynamics           | Park G., Cudney H.H., Inman D.J.                                                                                             | 2001 | 86        |

(마) 국가 경쟁력 순위

- 가장 많은 논문을 발표한 국가는 미국으로 나타났으며, 다음으로는 중국, 캐나다, 영국 순으로 나타남. 한국은 12번째로 많은 논문을 발표한 국가로 나타남.
  - 앞서 나타낸 주요 연구기관 및 주요 연구자의 분석결과와 비교해 볼 때, 미국의 경우 소수의 연구기관과 연구자에 기술이 집중되지 않고 넓은 기술 저변을 가지고 있는 것으로 판단됨.

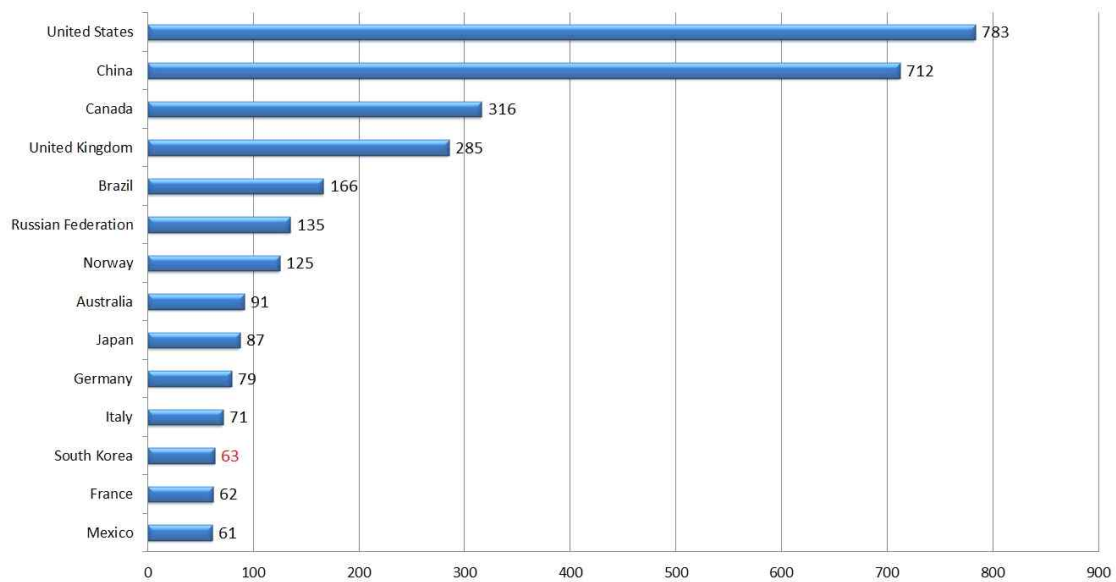


그림 2.36 국가별 논문 추이

(바) 분석결과

- 운영설비 기술과 설계기준 개발 관련 분야에 기술력이 집중되어 있으며, 최근 논문 발표 편수가 급증하여 관심이 집중되는 분야인 것으로 판단됨.
- 한국은 논문 발표 편수로 12위를 차지하여 향후 지속적인 연구개발이 요구됨.

(2) 극한환경 자원이송망 소재 분야

(가) 세부기술분야별 동향

- 소재 기술 관련 논문이 전체의 48%(1061편)를 차지하여 중요 관심 분야임을 알 수 있음.

- 그 다음으로 논문 발표가 활발한 분야는 설계/해석 관련기술로서 29%(635편)를 차지하였고, 가장 적은 분야는 조관 관련기술(6%, 128건)로 나타남.

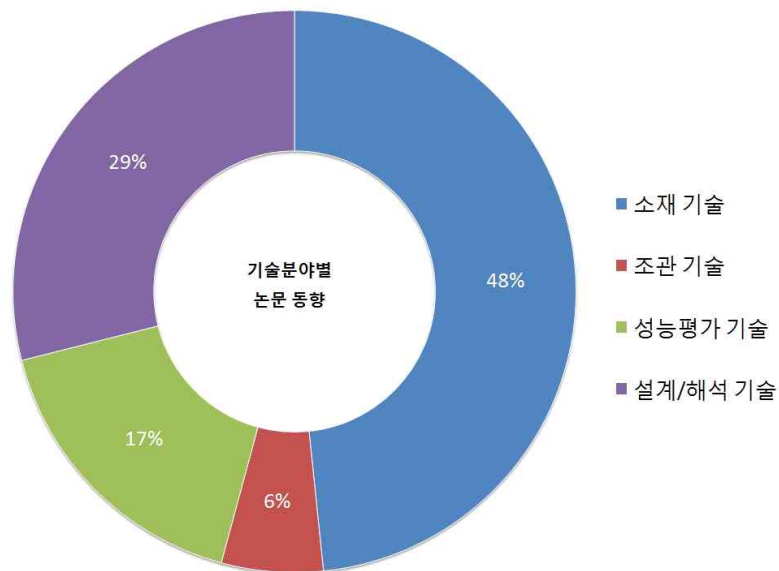


그림 2.37 기술분야별 논문 동향

#### (나) 연도별 논문발표 현황

- 1991년 이후 총 2194편의 논문이 발표되었고, 연간 10건정도 논문 편수가 증가하는 추세를 나타내었음.
- 2009년경부터 에너지 분야에 대한 관심이 높아지면서 논문 발표 편수가 급격히 증가함.

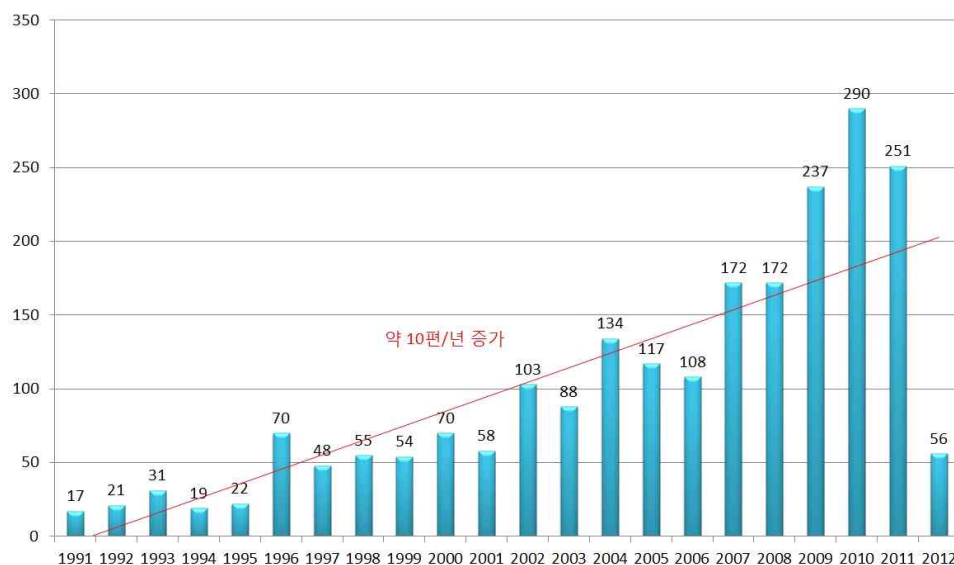


그림 2.38 연도별 자원이송망 소재 분야 관련 논문 추이

(다) 주요 연구기관 및 연구자 현황

- POSTECH(한국)의 논문 발표 건수가 28건으로서 가장 높게 나타났으며, 주요 연구자로는 Terada, Asahi등 일본인이 많은 것으로 나타남.
  - 관련 논문 총 편수가 2194건임을 고려할 때 최고 편수는 약 1% 정도의 미미한 수준이므로 소수의 기관 및 연구자에게 기술이 집중되어 있다고 평가하기 어려움.

표 2.15 기관별 논문 발표 추이

| 연구기관                    |    | 연구자               |    |
|-------------------------|----|-------------------|----|
| 기관명                     | 건수 | 연구자명<br>(국가)      | 건수 |
| POSTECH                 | 28 | Terada Y.<br>(일본) | 36 |
| University of Alberta   | 26 | Asahi H.<br>(일본)  | 29 |
| Osaka University        | 25 | Lee S.<br>(한국)    | 29 |
| Northeastern University | 24 | Hara T.<br>(일본)   | 28 |
| Kimitsu Works           | 19 | Zhou J.<br>(캐나다)  | 24 |

(라) 주요 피인용 논문 정보

- 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문의 피인용도 횟수는 497회에 달하는 것으로 나타남.
  - 각 세부기술별 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 주로 원천기술을 주제로 다룬 논문임.

표 2.16 각 기술별 주요 피인용 논문 정보

| 분야 | 제목                                                                                                                 | 저널명                                                  | 저자                                                                           | 연도   | 피인용<br>횟수 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|
| 소재 | Mechanics of carbon nanotubes                                                                                      | Applied Mechanics Reviews                            | Qian D., Wagner G.J., Liu W.K., Yu M.-F., Ruoff R.S.                         | 2002 | 497       |
| 조관 | The emergence of life from iron monosulphide bubbles at a submarine hydrothermal redox and pH front                | Journal of the Geological Society                    | Russell M.J., Hall A.J.                                                      | 1997 | 219       |
| 평가 | Evaluation of limit load data for cracked pipe bends under opening bending and comparisons with existing solutions | International Journal of Pressure Vessels and Piping | Yahiaoui K., Moreton D.N., Moffat D.G.                                       | 2002 | 37        |
| 설계 | MFL signals and artificial neural networks applied to detection and classification of pipe weld defects            | NDT and E International                              | Carvalho A.A., Rebello J.M.A., Sagrilo L.V.S., Camerini C.S., Miranda I.V.J. | 2006 | 37        |

(마) 국가 경쟁력 순위

- 가장 많은 논문을 발표한 국가는 미국으로 나타났으며, 다음으로는 중국, 일본, 캐나다 순으로 나타남. 한국은 7번째로 많은 논문을 발표한 국가로 나타남.
  - 앞서 나타낸 주요 연구기관 및 주요 연구자의 분석결과와 비교해 볼 때, 미국의 경우 소수의 연구기관과 연구자에 기술이 집중되지 않고 넓은 기술 저변을 가지고 있는 것으로 판단됨.

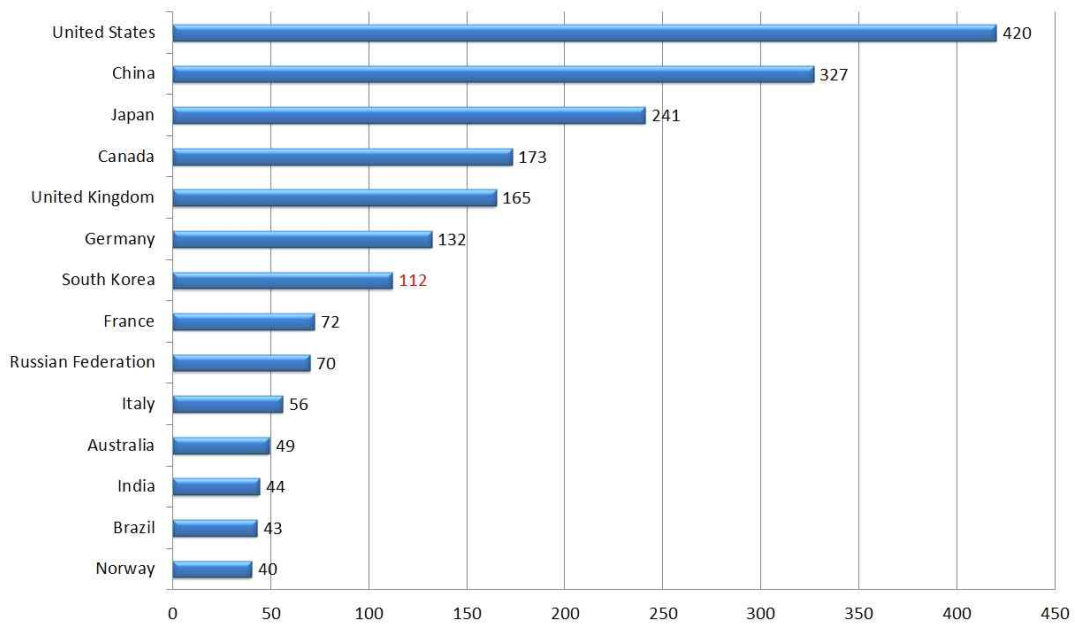


그림 2.39 국가별 논문 추이

#### (바) 정성적 분석결과

- 최다 논문을 발표한 기관은 한국의 POSTECH으로 나타나 국내의 기술수준이 상당히 높은 것으로 평가됨.
- 반면, 한국의 논문 발표 수는 가장 논문을 많이 발표한 미국에 비해 25% 수준에 미치지 않고, 주요 피인용논문은 해외 기관의 원천기술 분야인 것으로 나타나 향후 국내 기반 기술력 향상에 연구력을 집중해야할 것으로 판단됨.

### (3) 자원이송망 시공 기술 분야

#### (가) 세부기술분야별 동향

- 용접자동화 기술 관련 논문이 전체의 63%(47편)를 차지하여 중요 관심 분야임을 알 수 있음.
  - 그 다음으로 논문 발표가 활발한 분야는 GIS/GPS 기반 시공자동화 관련 기술로서 21%(16편)를 차지하였고 나머지 두 분야는 각각 8%(6편)의 논문이 발표되었음.

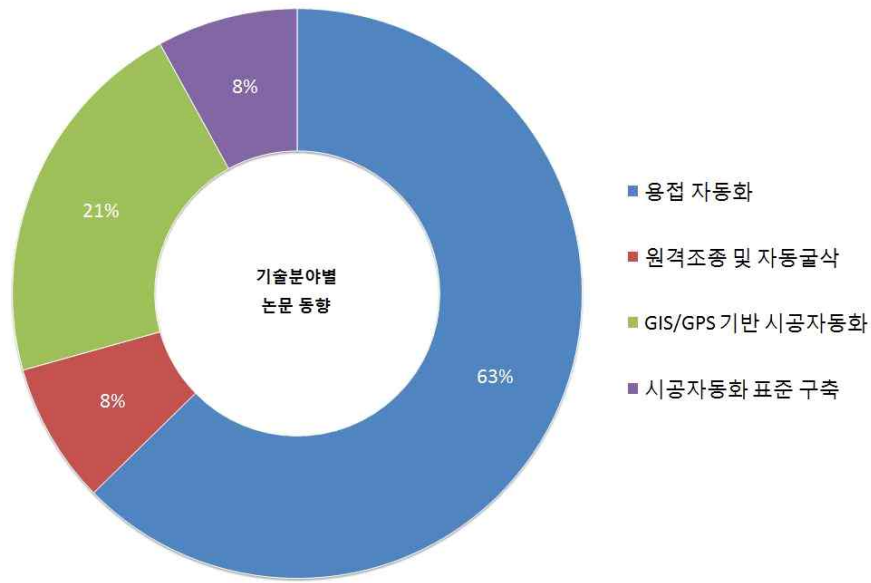


그림 2.40 기술분야별 논문 동향

(나) 연도별 논문발표 현황

- 시공자동화 분야는 1996년 이후에 논문이 발표되기 시작하여 연간 약 0.5건 정도 논문 편수가 증가하는 추세를 나타내었음.
- 2011년에는 에너지 분야에 대한 관심이 높아지면서 논문 발표 편수가 급격히 증가함.

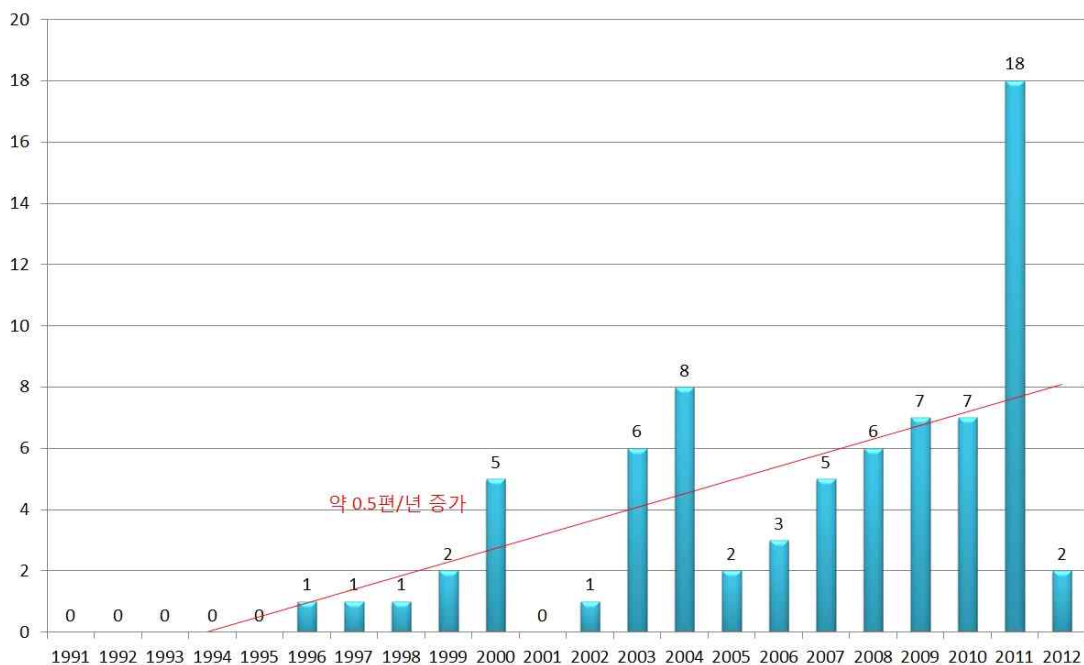


그림 2.41 연도별 자원이송망 시공자동화 분야 관련 논문 추이

(다) 주요 연구기관 및 연구자 현황

- Harbin Institute of Technology의 논문 발표 건수가 3건으로서 가장 높게 나타났으며, 주요 연구자로는 Bernold L.E.로서 5편의 논문을 발표하였음.
  - 아직까지 활발한 연구가 진행되지 않아 소수의 논문만이 발표되었으며 특정 기관 및 연구자에게 기술이 집중되어 있다고 평가하기 어려움.

표 2.17 기관별 논문 발표 추이

| 연구기관                           |    | 연구자                     |    |
|--------------------------------|----|-------------------------|----|
| 기관명                            | 건수 | 연구자명<br>(국가)            | 건수 |
| Harbin Institute of Technology | 3  | Bernold L.E.<br>(미국)    | 5  |
| Dept. of Civil Engrg.          | 2  | Pal S.K.<br>(인도)        | 3  |
| Indian Institute of Technology | 2  | Bouchard P.J.<br>(영국)   | 2  |
| NC State University            | 2  | Dong Z.<br>(중국)         | 2  |
| Open University                | 2  | Hosseinzadeh F.<br>(영국) | 2  |

(라) 주요 피인용 논문 정보

- 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문의 피인용도 횟수는 133회에 달하는 것으로 나타남.
  - 각 세부기술별 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 주로 원천기술을 주제로 다룬 논문임.

표 2.18 각 기술별 주요 피인용 논문 정보

| 분야          | 제목                                                                                                          | 저널명                                                                                                      | 저자                                      | 연도   | 피인용<br>횟수 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------|-----------|
| 용접          | Residual stress measurement by successive extension of a slot: The crack compliance method                  | Applied Mechanics Reviews                                                                                | Prime M.B.                              | 1999 | 133       |
| 원격조정 / 자동굴삭 | Technology for holding and jointing device of the PVC pipe manipulator                                      | Shenyang Jianzhu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Shenyang Jianzhu University (Natural Science) | Li B., Lin R., Bernold L.E., Zou C.     | 2007 | 2         |
| GIS /GPS    | The "morning glory" Project: A Papua New Guinea-Queensland Australia undersea freshwater pipeline           | Journal of Coastal Research                                                                              | Finkl C.W., Cathcart R.B.               | 2011 | 1         |
| 표준구축        | Validation of protein-based alignment in 3D quantitative structure-activity relationships with CoMFA models | European Journal of Medicinal Chemistry                                                                  | Golbraikh A., Bernard P., Chretien J.R. | 2000 | 28        |

(마) 국가 경쟁력 순위

- 가장 많은 논문을 발표한 국가는 미국으로 나타났으며, 다음으로는 중국, 한국 및 영국 순으로 나타남.
  - 앞서 나타낸 주요 연구기관 및 주요 연구자의 분석결과와 비교해 볼 때, 미국의 기관 및 연구자에 주요 기술이 집중된 것으로 판단됨.

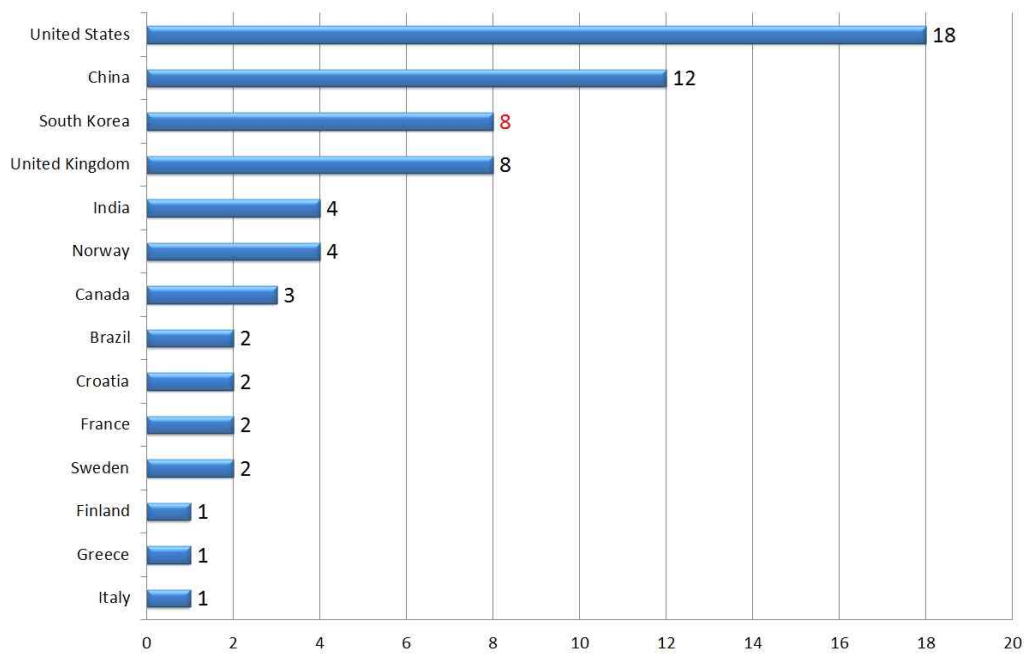


그림 2.42 국가별 논문 추이

#### (바) 분석결과

- 타 기술 분야에 비해 용접자동화 및 원격조종굴삭 분야의 논문 편수는 상당히 낮고 특히 용접자동화 외의 세부 기술분야의 논문 발표 건수는 현재까지 미미하였으나 최근 급격하게 논문 편수가 증가한 것으로 나타나, 향후 연구개발이 활발히 이루어질 것으로 예상됨.
- 현재까지는 특정 국가나 연구기관에 기술력이 집중되지 않은 것으로 나타나 연구개발을 통한 기술 선점이 필요할 것으로 판단됨.

#### (4) 자원이송망 유지관리 기술 분야

##### (가) 세부기술분야별 동향

- 자원이송 시스템 관련 논문이 전체의 71%(1621편)를 차지하여 중요 관심 분야임을 알 수 있음.
  - SCADA 모듈 관련 기술과 구조시스템 및 운영 DB 시스템 관련 기술은 각각 14%(310편) 및 15%(350편)으로서 비슷한 비율을 나타냄.

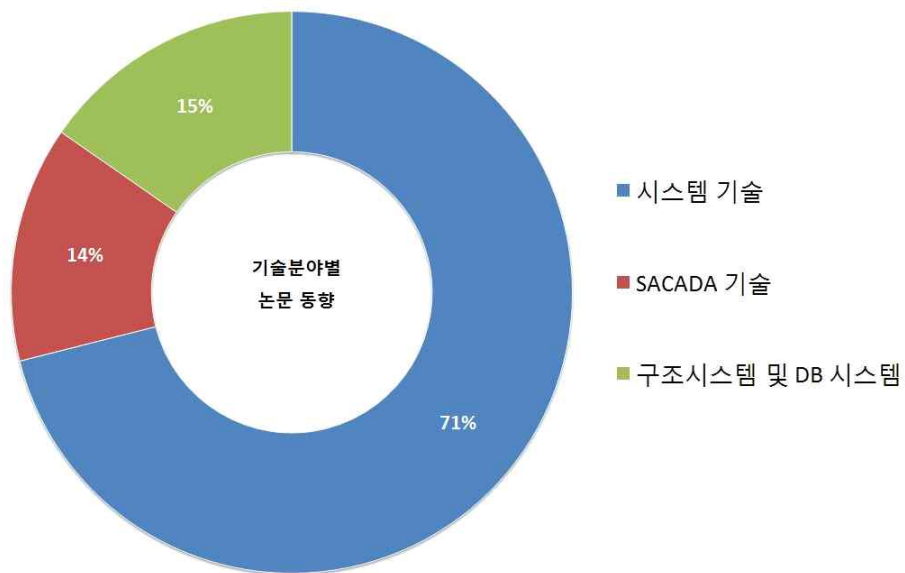


그림 2.43 기술분야별 논문 동향

#### (나) 연도별 논문발표 현황

- 1991년 이후 총 2281편의 논문이 발표되었고, 연간 7건 정도 논문 편수가 증가하는 추세를 나타내었음.
- 2009년경부터 에너지 분야에 대한 관심이 높아지면서 논문 발표 편수가 급격히 증가함.



그림 2.44 연도별 자원이송망 유지관리 분야 관련 논문 추이

(다) 주요 연구기관 및 연구자 현황

- Harbin Institute of Technology의 논문 발표 건수가 30건으로서 가장 높게 나타났으며, 주요 연구자로는 Li Z., Chen Z. 등 중국인이 많은 것으로 나타남.
  - 관련 논문 총 편수가 2280건임을 고려할 때 최고 편수는 약 1% 정도의 미미한 수준이므로 소수의 기관 및 연구자에게 기술이 집중되어 있다고 평가하기 어려움.

표 2.19 기관별 논문 발표 추이

| 연구기관                                          |    | 연구자              |    |
|-----------------------------------------------|----|------------------|----|
| 기관명                                           | 건수 | 연구자명<br>(국가)     | 건수 |
| Harbin Institute of Technology                | 30 | Li Z.<br>(중국)    | 32 |
| University of California                      | 24 | Chen Z.<br>(중국)  | 17 |
| Electric Power Research Institute             | 15 | Zhu Q.<br>(중국)   | 15 |
| University of Alberta                         | 11 | Zhang Y.<br>(중국) | 12 |
| Huazhong University of Science and Technology | 10 | Li J.<br>(중국)    | 11 |

(라) 주요 피인용 논문 정보

- 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문의 피인용도 횟수는 432회에 달하는 것으로 나타남.
  - 각 세부기술별 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 주로 원천기술을 주제로 다룬 논문임.

표 2.20 각 기술별 주요 피인용 논문 정보

| 분야             | 제목                                                                                                                                      | 저널명                                           | 저자                                                       | 연도   | 피인용<br>횟수 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------|-----------|
| 시스템            | Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility                        | Future Generation Computer Systems            | Buyya R., Yeo C.S., Venugopal S., Broberg J., Brandic I. | 2009 | 432       |
| SA<br>CA<br>DA | An integrative neuroanatomical perspective on some subcortical substrates of adaptive responding with emphasis on the nucleus accumbens | Neuroscience and Biobehavioral Reviews        | Zahm D.S.                                                | 2000 | 249       |
| DB             | Sonochemistry: Science and engineering                                                                                                  | Industrial and Engineering Chemistry Research | Thompson L.H., Doraiswamy L.K.                           | 1999 | 379       |

(마) 국가 경쟁력 순위

- 가장 많은 논문을 발표한 국가는 미국으로 나타났으며, 다음으로는 중국, 영국, 캐나다 순으로 나타남. 한국은 12번째로 많은 논문을 발표한 국가로 나타남.
  - 앞서 나타낸 주요 연구기관 및 주요 연구자의 분석결과와 비교해 볼 때, 미국의 경우 소수의 연구기관과 연구자에 기술이 집중되지 않고 넓은 기술 저변을 가지고 있는 것으로 판단됨.

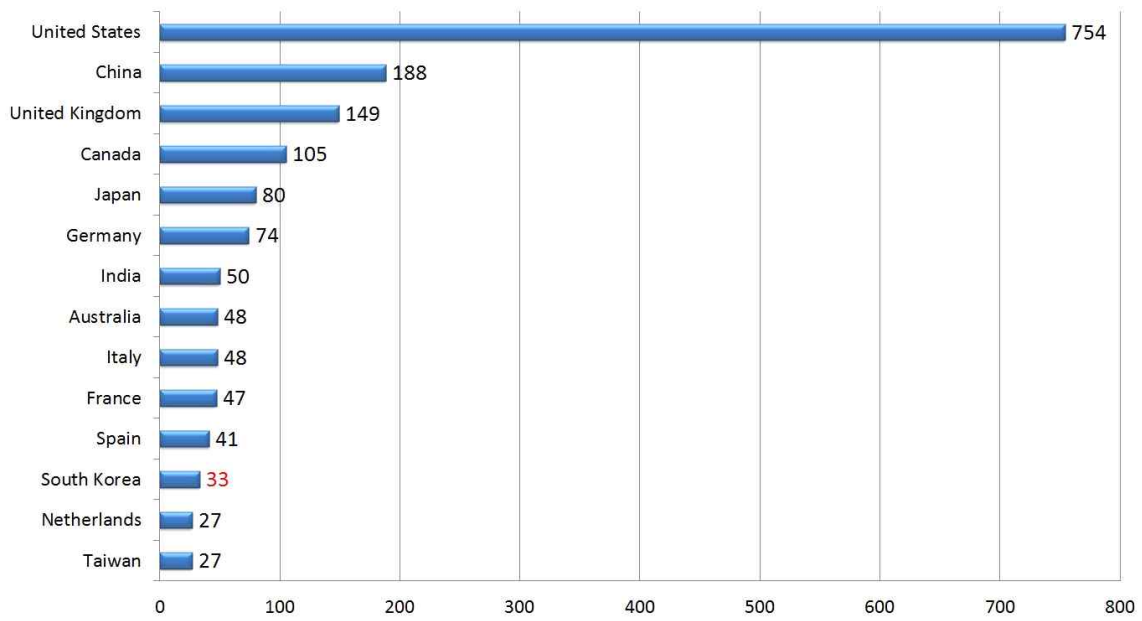


그림 2.45 국가별 논문 추이

(바) 분석결과

- 시스템 기술 관련 연구가 가장 많이 진행된 것으로 나타남.
- 논문 편수를 보면 미국에 가장 많은 기술력이 집중된 것으로 나타났으나, 주요 발표기관 및 저자를 살펴보면 중국의 기술 추격 속도가 빠른 것으로 판단됨.
- 한국은 12위에 그쳐 관련 기술의 연구 개발이 시급한 상황인 것으로 판단됨.

## 4. 기술 수요 및 예측 수준조사

### 가. 기술수요조사

#### (1) 개요

○ 과제 기획 범위 내에서 기술수요조사를 통해 기술아이템을 도출함.

- 기술수요조사는 내부 연구진 및 외부 전문가위원회에 수요조사서를 e-mail로 발송하여 회수하는 방식으로 수행함.
- 내부 연구진 및 외부 전문가위원회를 대상으로 한 기술수요조사를 통해 30개의 기술아이템을 도출받았으며, 도출된 분야별 기술아이템은 다음과 같음.

표 2.21 기술수요조사를 통한 기술아이템 도출

| 연번 | 기술아이템                                                     |
|----|-----------------------------------------------------------|
| 1  | 시스템 안전성 문제 해결을 위한 수격방지 밀폐형 수중펌프                           |
| 2  | 극한지자원이송문제해결을위한파이프컨베이어방식의 원료이송기술                           |
| 3  | IT기반 차세대 FEED설계 기술                                        |
| 4  | 지진 시 피해 저감을 위한 자원수송망의 내진설계기술 개발                           |
| 5  | 극한지 자원이송망의 부등침하 문제 해결을 위한 특수 말뚝 설계 기술                     |
| 6  | 동토지반 안정화를 위한 Thermal Pile의 최적 설계 기술 개발                    |
| 7  | 극한지 콘크리트 적용을 위한 내한콘크리트 개발                                 |
| 8  | 자원이송망 최적 부지조사 평가 및 기술 개발                                  |
| 9  | 압력식 양방향 소구경파이프를 이용한 융해기 인발 및 동절기 압축력 저항 공법 기술 개발 및 적용     |
| 10 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 소재 기술                   |
| 11 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 소재 설계 및 평가 기술           |
| 12 | 극한지 특수하중 대응 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프 해석 기술        |
| 13 | 대응 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프용 상세 해석 및 설계 기술        |
| 14 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 조관 기술                   |
| 15 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 구조 및 제작 성능평가 기술         |
| 16 | X100(항복강도 690MPa급) 및 X120(항복강도 828MPa급)의 고강도 라인파이프의 소재 기술 |
| 17 | 내 Sour X100(항복강도 690MPa급) 라인파이프의 소재 기술                    |
| 18 | 파이프라인 단열성능 향상기술                                           |
| 19 | 영하 20oC 이하 이송망 고효율 Field 용접 자동화 기술                        |
| 20 | 고속Field용접자동화를위한용접품질제어기술                                   |
| 21 | 극한환경현장자동화용접부품질개선및성능향상기술                                   |
| 22 | 극한환경에서의 시공을 위한 원격조종 파이프라인 설치 시공법                          |
| 23 | 시공자동화시스템 구축을 위한 가상시공시뮬레이터 개발 기술                           |
| 24 | 원격조종 파이프라인 포지셔닝 기술개발                                      |
| 25 | 극한환경 시설 및 장비 유지관리를 위한 USN 기반 스마트 모니터링 기술                  |
| 26 | 실시간 동적 시뮬레이터를 이용한 가스 이송계통 고장 감지 및 진단 기술                   |
| 27 | 운전비용 저감 및 공급 안정화를 위한 이송망 설비 최적운전 기술                       |
| 28 | 자원이송망의 safety standard 충족을 위한 지능형 유지관리 시스템 기술 개발          |
| 29 | 극한지 자원 이송 파이프라인의 지능형 유지관리를 위한 실시간 모니터링 방식의 계측관리 기술        |
| 30 | 안정적 자원이송을 위한 Pipeline Integrity Management System 개발      |

## 나. 기술예측조사<sup>1)</sup>

### (1) 개요

○ 기술수요조사를 통해 확보한 기술아이템에 대해 내부연구진 및 외부 전문가 위원회를 대상으로 기술예측조사를 수행함.

- 기술예측조사 항목은 국내외 기술적 실현시기와 사회/경제적 실현시기를 조사하고, 조사 결과를 통해 추후 과제기획을 위한 기초자료로 활용함.

### (2) 기술예측조사 결과 분석

○ 국내외 기술적 실현시기를 비교한 결과 기술아이템의 기술적 실현시기는 국내보다 해외가 빠른 것으로 나타남.

- 전반적으로 국내 기술적 실현시기가 해외 기술적 실현시기보다 늦게 나타난 것은 국내 기술수준이 해외에 비하여 상대적으로 낮은 것을 의미하며 국내 관련 기술력 확보를 위하여 적극적 투자가 필요함을 시사하는 것임.

표 2.22 기술예측조사 결과

| 연번 | 예측기술명                                                 | 기술적 실현시기 |    | 사회/경제적 실현시기 |    |
|----|-------------------------------------------------------|----------|----|-------------|----|
|    |                                                       | 세계       | 국내 | 세계          | 국내 |
| 1  | 시스템 안전성 문제 해결을 위한 수격방지 밀폐형 수중펌프                       | 15       | 19 | 18          | 22 |
| 2  | 극한지 자원이송 문제 해결을 위한 파이프 컨베이어 방식의 원료이송 기술               | 17       | 19 | 19          | 23 |
| 3  | IT 기반 차세대 FEED 설계 기술                                  | 18       | 19 | 18          | 20 |
| 4  | 지진 시 피해 저감을 위한 자원수송망의 내진설계기술 개발                       | 16       | 20 | 18          | 22 |
| 5  | 극한지 자원이송망의 부등침하 문제 해결을 위한 특수 말뚝 설계 기술                 | 15       | 19 | 18          | 20 |
| 6  | 동토지반 안정화를 위한 Thermal Pile의 최적 설계기술 개발                 | 15       | 18 | 17          | 20 |
| 7  | 극한지 콘크리트 적용을 위한 내한콘크리트 개발                             | 15       | 19 | 17          | 22 |
| 8  | 자원이송망 최적 부지조사 평가 및 기술 개발                              | 15       | 18 | 18          | 20 |
| 9  | 압력식 양방향 소구경파이프를 이용한 용해기 인발 및 동절기 압축력 저항 공법 기술 개발 및 적용 | 16       | 18 | 18          | 20 |
| 10 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 소재 기술               | 11       | 15 | 13          | 17 |
| 11 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 소재 설계 및 평가 기술       | 11       | 15 | 14          | 19 |
| 12 | 극한지 특수하중 대응 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프 해석 기술    | 11       | 15 | 14          | 18 |

1) 기술예측조사는 기술수요조사를 통해 도출된 30개 기술아이템을 대상으로 수행하였으나 이후 기획평가위원회 검토를 통해 기술아이템을 추가/제외/재구성하였음

| 연번 | 예측기술명                                                        | 기술적<br>실현시기 |    | 사회/경제적<br>실현시기 |    |
|----|--------------------------------------------------------------|-------------|----|----------------|----|
|    |                                                              | 세계          | 국내 | 세계             | 국내 |
| 13 | 대응 고인성/고변형능 X80(항복강도 550 Mpa급)<br>라인파이프용 상세 해석 및 설계 기술       | 12          | 15 | 14             | 18 |
| 14 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 조관기술                    | 12          | 15 | 13             | 20 |
| 15 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 구조 및 제작 성능 평가 기술        | 12          | 16 | 15             | 19 |
| 16 | X100(항복강도 690MPa급) 및 X120(항복강도<br>828MPa급)의 고강도 라인파이프의 소재 기술 | 14          | 17 | 16             | 20 |
| 17 | 내 Sour X100(항복강도 690MPa급) 라인파이프의<br>소재 기술                    | 15          | 17 | 20             | 22 |
| 18 | 파이프라인 단열성능 향상기술                                              | 14          | 17 | 18             | 20 |
| 19 | 영하 20도 이하 이송망 고효율 Field 용접 자동화<br>기술                         | 15          | 18 | 18             | 20 |
| 20 | 고속 Field 용접 자동화를 위한 용접품질 제어 기술                               | 15          | 18 | 18             | 20 |
| 21 | 극한환경 현장 자동화 용접부 품질 개선 및<br>성능향상 기술                           | 15          | 18 | 19             | 20 |
| 22 | 극한환경에서의 시공을 위한 원격조종 파이프라인<br>설치 시공법                          | 15          | 17 | 20             | 22 |
| 23 | 시공자동화시스템 구축을 위한 가상시공시뮬레이터<br>개발 기술                           | 15          | 17 | 19             | 20 |
| 24 | 원격조종 파이프라인 포지셔닝 기술개발                                         | 16          | 20 | 20             | 25 |
| 25 | 극한환경 시설 및 장비 유지관리를 위한 USN 기반<br>스마트 모니터링 기술                  | 15          | 17 | 18             | 19 |
| 26 | 실시간 동적 시뮬레이터를 이용한 가스 이송계통<br>고장 감지 및 진단 기술                   | 16          | 19 | 19             | 22 |
| 27 | 운전비용 저감 및 공급 안정화를 위한 이송망 설비<br>최적운전 기술                       | 17          | 20 | 20             | 25 |
| 28 | 자원이송망의 safety standard 충족을 위한 지능형<br>유지관리 시스템 기술개발           | 15          | 18 | 20             | 20 |
| 29 | 극한지 자원 이송 파이프라인의 지능형 유지관리를<br>위한 실시간 모니터링 방식의 계측관리 기술        | 15          | 18 | 19             | 20 |
| 30 | 안정적 자원이송을 위한 Pipeline Integrity<br>Management System 개발      | 15          | 18 | 20             | 20 |

#### 다. 기술수준조사<sup>2)</sup>

##### (1) 기술수준조사 결과 분석

- 개별 기술개발아이템의 기술수준분석 결과는 기술예측조사에서 분석한 기술의 기술적/사회경제적 실현시기와 기술개발 아이템 관련 기술/시장/정책 동향 조사 및 환경분석 결과와 더불어 기술개발 필요성 및 기술개발 우선순위 판단에 기초자료로 활용하였음.

2) 기술수준조사는 기술수요조사를 통해 도출된 30개 기술아이템을 대상으로 수행하였으나 이후 기획평가위원회 검토를 통해 기술아이템을 추가/제외/재구성하였음

표 2.23 기술수준조사 결과

| 연번 | 제안기술명                                                        | 최고기술<br>보유국 | 우리나라<br>기술수준(%) | 기술격차<br>(년) | 기술격차<br>추세 |
|----|--------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|-------------|------------|
| 1  | 시스템 안전성 문제 해결을 위한 수격방지<br>밀폐형 수중펌프                           | 미국          | 67.1%           | 4.86        | 3.14       |
| 2  | 극한지 자원이송 문제 해결을 위한 파이프<br>컨베이어 방식의 원료이송 기술                   | 미국          | 63.6%           | 5.29        | 3.50       |
| 3  | IT 기반 차세대 FEED 설계 기술                                         | 미국          | 69.0%           | 4.84        | 3.58       |
| 4  | 지진 시 피해 저감을 위한 자원이송망의<br>내진설계기술 개발                           | 미국          | 65.6%           | 4.83        | 3.21       |
| 5  | 극한지 자원이송망의 부등침하 문제 해결을<br>위한 특수 말뚝 설계 기술                     | 미국          | 69.2%           | 4.46        | 3.04       |
| 6  | 동토지반 안정화를 위한 Thermal Pile의 최적<br>설계기술 개발                     | 미국          | 64.8%           | 4.24        | 3.24       |
| 7  | 극한지 콘크리트 적용을 위한 내한콘크리트<br>개발                                 | 미국          | 72.9%           | 3.67        | 2.81       |
| 8  | 자원이송망 최적 부지조사 평가 및 기술<br>개발                                  | 미국          | 69.0%           | 4.52        | 3.33       |
| 9  | 압력식 양방향 소구경파이프를 이용한 용해기<br>인발 및 동절기 압축력 저항 공법 기술 개발<br>및 적용  | 미국          | 75.2%           | 3.46        | 3.04       |
| 10 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 소재 기술                   | 일본          | 80.0%           | 4.05        | 2.79       |
| 11 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 소재 설계 및 평가 기술           | 일본          | 76.3%           | 3.80        | 2.80       |
| 12 | 극한지 특수하중 대응 고인성/고변형능<br>X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프 해석<br>기술     | 미국          | 76.3%           | 3.79        | 3.11       |
| 13 | 대응 고인성/고변형능 X80(항복강도 550<br>Mpa급) 라인파이프용 상세 해석 및 설계<br>기술    | 미국          | 73.3%           | 4.05        | 3.45       |
| 14 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 조판기술                    | 일본          | 79.3%           | 3.89        | 3.16       |
| 15 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 구조 및 제작 성능 평가 기술        | 미국          | 76.1%           | 3.83        | 2.79       |
| 16 | X100(항복강도 690MPa급) 및 X120(항복강도<br>828MPa급)의 고강도 라인파이프의 소재 기술 | 일본          | 74.4%           | 5.00        | 3.22       |
| 17 | 내 Sour X100(항복강도 690MPa급)<br>라인파이프의 소재 기술                    | 일본          | 78.6%           | 4.63        | 3.21       |
| 18 | 파이프라인 단열성능 향상기술                                              | 미국          | 72.5%           | 2.83        | 2.90       |
| 19 | 영하 20도 이하 이송망 고효율 Field 용접<br>자동화 기술                         | 미국          | 64.5%           | 3.86        | 3.00       |
| 20 | 고속 Field 용접 자동화를 위한 용접품질 제어<br>기술                            | 미국          | 66.6%           | 4.05        | 3.11       |
| 21 | 극한환경 현장 자동화 용접부 품질 개선 및<br>성능향상 기술                           | 미국          | 65.5%           | 4.00        | 3.00       |
| 22 | 극한환경에서의 시공을 위한 원격조종<br>파이프라인 설치 시공법                          | 미국          | 57.9%           | 4.43        | 3.14       |
| 23 | 시공자동화시스템 구축을 위한<br>가상시공시뮬레이터 개발 기술                           | 미국          | 63.0%           | 4.05        | 2.90       |
| 24 | 원격조종 파이프라인 포지셔닝 기술개발                                         | 미국          | 57.4%           | 4.68        | 3.24       |

| 연번 | 제안기술명                                                | 최고기술<br>보유국 | 우리나라<br>기술수준(%) | 기술격차<br>(년) | 기술격차<br>추세 |
|----|------------------------------------------------------|-------------|-----------------|-------------|------------|
| 25 | 극한환경 시설 및 장비 유지관리를 위한 USN 기반 스마트 모니터링 기술             | 미국          | 72.9%           | 3.50        | 3.07       |
| 26 | 실시간 동적 시뮬레이터를 이용한 가스 이송계통 고장 감지 및 진단 기술              | 미국          | 65.8%           | 4.33        | 3.17       |
| 27 | 운전비용 저감 및 공급 안정화를 위한 이송망 설비 최적운전 기술                  | 미국          | 64.1%           | 5.00        | 3.09       |
| 28 | 자원이송망의 safety standard 충족을 위한 지능형 유지관리 시스템 기술개발      | 미국          | 66.7%           | 4.00        | 3.17       |
| 29 | 극한지 자원 이송 파이프라인의 지능형 유지관리를 위한 실시간 모니터링 방식의 계측관리 기술   | 미국          | 64.2%           | 4.25        | 3.08       |
| 30 | 안정적 자원이송을 위한 Pipeline Integrity Management System 개발 | 미국          | 66.5%           | 3.92        | 3.31       |

## (2) 기술의 중요도조사 결과

○ 개별 기술개발아이템의 기술 중요도분석은 외부 전문가위원회 대상 중요도를 조사하였으며, 기술 중요도는 기술수준과 결합하여 기술아이템의 포트폴리오 분석 및 기술아이템 선정 시 참고자료로 활용함.

- 기술중요도는 기술개발 시급성, 본 기획범위 및 내용과의 핵심성, 경제적 사회적 기대효과 등을 5점 척도로 평가하고 평가점수의 평균값으로 설정하였음.

표 2.24 기술중요도 평가 결과

| 연번 | 제안기술명                                                | 기술개발<br>시급성 | 기술<br>핵심성 | 경제사회적<br>기대효과 | 평균<br>(기술의<br>중요도) |
|----|------------------------------------------------------|-------------|-----------|---------------|--------------------|
| 1  | 시스템 안전성 문제 해결을 위한 수격방지 밀폐형 수중펌프                      | 3.21        | 3.42      | 3.00          | 3.21               |
| 2  | 극한지 자원이송 문제 해결을 위한 파이프 컨베이어 방식의 원료이송 기술              | 3.36        | 3.43      | 3.21          | 3.33               |
| 3  | IT 기반 차세대 FEED 설계 기술                                 | 3.95        | 3.63      | 3.79          | 3.79               |
| 4  | 지진 시 피해 저감을 위한 자원수송망의 내진설계기술 개발                      | 3.64        | 3.48      | 3.40          | 3.51               |
| 5  | 극한지 자원이송망의 부등침하 문제 해결을 위한 특수 말뚝 설계 기술                | 3.81        | 3.74      | 3.56          | 3.70               |
| 6  | 동토지반 안정화를 위한 Thermal Pile의 최적 설계기술 개발                | 3.82        | 3.91      | 3.73          | 3.82               |
| 7  | 극한지 콘크리트 적용을 위한 내한콘크리트 개발                            | 3.67        | 3.44      | 3.44          | 3.52               |
| 8  | 자원이송망 최적 부지조사 평가 및 기술 개발                             | 3.57        | 3.29      | 3.48          | 3.45               |
| 9  | 압력식 양방향 소구경파일을 이용한 용해기 인발 및 동절기 압축력 저항 공법 기술 개발 및 적용 | 4.14        | 3.90      | 3.93          | 3.99               |

| 연번 | 제안기술명                                                        | 기술개발<br>시급성 | 기술<br>핵심성 | 경제사회적<br>기대효과 | 평균<br>(기술의<br>중요도) |
|----|--------------------------------------------------------------|-------------|-----------|---------------|--------------------|
| 10 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 소재 기술                   | 4.37        | 4.47      | 4.53          | 4.46               |
| 11 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 소재 설계 및 평가 기술           | 3.80        | 4.05      | 4.35          | 4.07               |
| 12 | 극한지 특수하중 대응 고인성/고변형능<br>X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프 해석 기술        | 4.37        | 4.16      | 4.00          | 4.18               |
| 13 | 대응 고인성/고변형능 X80(항복강도 550 Mpa급)<br>라인파이프용 상세 해석 및 설계 기술       | 3.95        | 4.00      | 3.50          | 3.82               |
| 14 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 조관기술                    | 4.05        | 3.84      | 3.79          | 3.89               |
| 15 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급)<br>라인파이프의 구조 및 제작 성능 평가 기술        | 4.32        | 4.21      | 4.00          | 4.18               |
| 16 | X100(항복강도 690MPa급) 및 X120(항복강도<br>828MPa급)의 고강도 라인파이프의 소재 기술 | 3.17        | 3.89      | 3.72          | 3.59               |
| 17 | 내 Sour X100(항복강도 690MPa급)<br>라인파이프의 소재 기술                    | 3.26        | 3.21      | 3.68          | 3.38               |
| 18 | 파이프라인 단열성능 향상기술                                              | 4.08        | 3.67      | 3.50          | 3.75               |
| 19 | 영하 20도 이하 이송망 고효율 Field 용접<br>자동화 기술                         | 3.76        | 4.00      | 3.95          | 3.90               |
| 20 | 고속 Field 용접 자동화를 위한 용접품질 제어<br>기술                            | 4.00        | 4.24      | 3.95          | 4.06               |
| 21 | 극한환경 현장 자동화 용접부 품질 개선 및<br>성능향상 기술                           | 3.95        | 4.18      | 3.68          | 3.94               |
| 22 | 극한환경에서의 시공을 위한 원격조종<br>파이프라인 설치 시공법                          | 4.00        | 4.00      | 3.65          | 3.88               |
| 23 | 시공자동화시스템 구축을 위한<br>가상시공시뮬레이터 개발 기술                           | 3.81        | 3.90      | 3.67          | 3.79               |
| 24 | 원격조종 파이프라인 포지셔닝 기술개발                                         | 3.58        | 3.89      | 3.74          | 3.74               |
| 25 | 극한환경 시설 및 장비 유지관리를 위한 USN<br>기반 스마트 모니터링 기술                  | 3.29        | 3.50      | 3.43          | 3.41               |
| 26 | 실시간 동적 시뮬레이터를 이용한 가스<br>이송계통 고장 감지 및 진단 기술                   | 3.33        | 3.58      | 3.17          | 3.36               |
| 27 | 운전비용 저감 및 공급 안정화를 위한 이송망<br>설비 최적운전 기술                       | 3.36        | 3.55      | 3.27          | 3.39               |
| 28 | 자원이송망의 safety standard 충족을 위한<br>지능형 유지관리 시스템 기술개발           | 3.08        | 3.50      | 3.25          | 3.28               |
| 29 | 극한지 자원 이송 파이프라인의 지능형<br>유지관리를 위한 실시간 모니터링 방식의<br>계측관리 기술     | 3.75        | 3.75      | 3.58          | 3.69               |
| 30 | 안정적 자원이송을 위한 Pipeline Integrity<br>Management System 개발      | 3.38        | 3.46      | 3.31          | 3.38               |

### (3) 기술의 중요도-기술수준 포트폴리오 분석

#### ○ 개요

- R&D프로젝트의 전략적 방향설정 및 성과극대화의 도구로서, R&D프로젝트 전체를 시장성, 기술성, 전략성 등 다양한 관점에서 분석하고 전체프로젝트의 가치가 극대화될 수 있도록 유망프로젝트에 자원을 배분하는 관리도구<sup>3)</sup>임.
- 본 장에서 활용하는 기술수준-기술중요도 포트폴리오는 Booz-Allen & Hamilton의 R&D 포트폴리오를 차용한 것임.

#### ○ 4분면별 전략은 다음과 같음

- Bet: 해당되는 기술에 대한 투자/육성을 통해 포지션을 유지하는 것이 요구되는 영역
- Cash In: 해당되는 기술은 현금화(기술이전, 판매)가 요구되는 영역
- Draw: 연구개발 재원의 확보여부에 따라 해당되는 기술에 대해 적극적 투자를 통해 Bet 영역으로 이동을 검토해야하는 영역
- Fold: 기술개발의 포기를 고려해야 되는 영역

#### ○ 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술분야 포트폴리오 분석결과 는 다음과 같음.

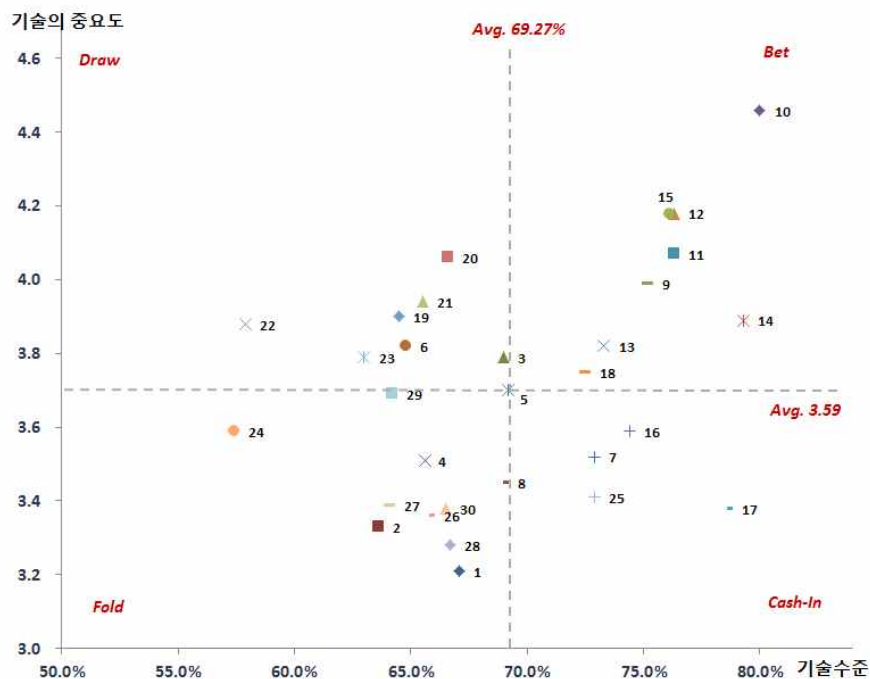


그림 2.46 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술분야  
포트폴리오 분석결과

3) R&D Strategy And Organisation(Vittorio Chiesa), ADL 제3세대 R&D

표 2.25 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술분야 Matching Sheet

| 연번 | 제안기술명                                                     |
|----|-----------------------------------------------------------|
| 1  | 시스템 안전성 문제 해결을 위한 수격방지 밀폐형 수중펌프                           |
| 2  | 극한지 자원이송 문제 해결을 위한 파이프 컨베이어 방식의 원료이송 기술                   |
| 3  | IT 기반 차세대 FEED 설계 기술                                      |
| 4  | 지진 시 피해 저감을 위한 자원수송망의 내진설계기술 개발                           |
| 5  | 극한지 자원이송망의 부동침하 문제 해결을 위한 특수 말뚝 설계 기술                     |
| 6  | 동토지반 안정화를 위한 Thermal Pile의 최적 설계기술 개발                     |
| 7  | 극한지 콘크리트 적용을 위한 내한콘크리트 개발                                 |
| 8  | 자원이송망 최적 부지조사 평가 및 기술 개발                                  |
| 9  | 압력식 양방향 소구경과일을 이용한 용해기 인발 및 동절기 압축력 저항 공법 기술 개발 및 적용      |
| 10 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 소재 기술                   |
| 11 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 소재 설계 및 평가 기술           |
| 12 | 극한지 특수하중 대응 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프 해석 기술        |
| 13 | 대응 고인성/고변형능 X80(항복강도 550 Mpa급) 라인파이프용 상세 해석 및 설계 기술       |
| 14 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 조관기술                    |
| 15 | 고인성/고변형능 X80(항복강도 550MPa급) 라인파이프의 구조 및 제작 성능 평가 기술        |
| 16 | X100(항복강도 690MPa급) 및 X120(항복강도 828MPa급)의 고강도 라인파이프의 소재 기술 |
| 17 | 내 Sour X100(항복강도 690MPa급) 라인파이프의 소재 기술                    |
| 18 | 파이프라인 단열성능 향상기술                                           |
| 19 | 영하 20도 이하 이송망 고효율 Field 용접 자동화 기술                         |
| 20 | 고속 Field 용접 자동화를 위한 용접품질 제어 기술                            |
| 21 | 극한환경 현장 자동화 용접부 품질 개선 및 성능향상 기술                           |
| 22 | 극한환경에서의 시공을 위한 원격조종 파이프라인 설치 시공법                          |
| 23 | 시공자동화시스템 구축을 위한 가상시공시뮬레이터 개발 기술                           |
| 24 | 원격조종 파이프라인 포지셔닝 기술개발                                      |
| 25 | 극한환경 시설 및 장비 유지관리를 위한 USN 기반 스마트 모니터링 기술                  |
| 26 | 실시간 동적 시뮬레이터를 이용한 가스 이송계통 고장 감지 및 진단 기술                   |
| 27 | 운전비용 저감 및 공급 안정화를 위한 이송망 설비 최적운전 기술                       |
| 28 | 자원이송망의 safety standard 충족을 위한 지능형 유지관리 시스템 기술개발           |
| 29 | 극한지 자원 이송 파이프라인의 지능형 유지관리를 위한 실시간 모니터링 방식의 계측관리 기술        |
| 30 | 안정적 자원이송을 위한 Pipeline Integrity Management System 개발      |

 으로 표기된 기술개발 아이템은 포트폴리오에서 Bet 영역에 위치하는 기술임

 으로 표기된 기술개발 아이템은 포트폴리오에서 Draw 영역에 위치하는 기술임

## 4절. 인프라 분석

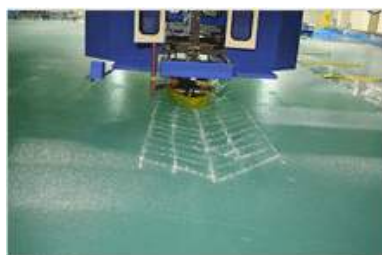
### 1. 개요

- 국내 극한지 자원 이송망 기술 수요에 대응하기 위한 관련 연구 인프라의 국내외 현황을 조사함.
- 국내 연구 인프라의 현황을 파악하고 해외 선진 연구시설의 사례를 수집하여 국제적인 경향을 파악하고, 향후 기술 수요에 대응하기 위해 필요한 연구 인프라를 확인함.

### 2. 국내 연구 인프라 현황

#### 가. 한국해양과학기술원(Korea Institute of Ocean Science & Technology, KIOST)

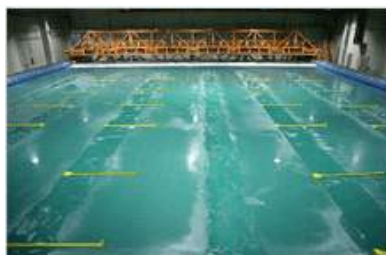
- 한국해양과학기술원 : 해상 선박의 빙해에서의 거동 실험을 위한 대덕분원 연구 부지에 빙해 수조 시설을 2009년부터 보유하고 있음.
- 빙해 수조의 주요 제원
  - 42×32×2.5m(L×W×D) 규모의 빙해를 재현할 수 있는 대형 수조와 -50°C까지 온도를 낮출 수 있는 극저온 콜드룸 2실을 구비.



빙모형시험 : Pre-sawn ice



극저온 콜드룸



빙해수조 내부



쇄빙선 실험역 빙성능 계측

그림 2.47 한국해양과학기술원 대형 빙해 수조

○ 빙해 수조의 주요 시험 항목

- 빙수조 모형시험, 극저온 기자재 저온성능 시험, 실 해역 실선 빙 성능 및 빙상정보 계측, 해양구조물 Ice management 시험 및 빙하중 계측 등.
- 국제적으로 최대 규모의 빙해 수조, 40m 이상 규모의 바닷물을 한 번에 얼리는 실험이 가능하여 빙 해역에서 필요한 조선기술 개발을 위한 시험 시설.

○ 극한지역 구조물이나 자원 이송망 관련 실험에 적용하기는 어려운 실험환경임.

표 2.26 한국해양과학기술원 보유 시험시설 현황

| 이름       | 사이즈                   | 제원                 | 용도                          |
|----------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|
| 대형 빙해 수조 | 42×32×2.5m<br>(L×W×D) | -50°C 까지<br>온도 콘트롤 | 빙수조 모형시험, 극저온 기자재 저온성능 시험 등 |

나. 한국건설기술연구원(Korea Institute of Construction & Technology, KICT)

○ 한국건설기술연구원 : 극한지 건설과 관련하여 최고의 실험 인프라를 갖추고 있는 기관, 극한공학실험실 구축을 통해 대형냉동챔버 설비와 정밀냉동챔버 시설을 확보하고 있음.

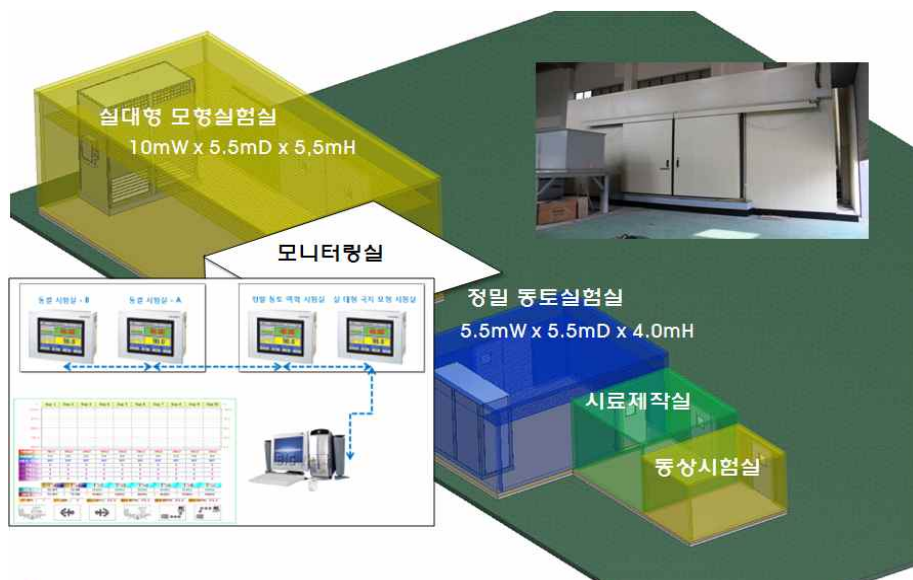


그림 2.48 극한 공학 실험실 개요도

표 2.27 실험실 사양 및 조절기 온도규정 범위

|                |         |                                                          |
|----------------|---------|----------------------------------------------------------|
| 정밀동토역학<br>시험실  | 온도 제어범위 | -50 ~ 50℃ (온도 분포 : $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ )           |
|                | 온도 상승시간 | -50℃ ▶ 25℃ 50min 이내 ( $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) |
|                | 온도 하강시간 | 25℃ ▶ -50℃ 75min 이내 ( $1.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) |
| 실대형극저모형<br>시험실 | 온도 제어범위 | -30 ~ 50℃ (온도 분포 : $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ )           |
|                | 온도 상승시간 | -30℃ ▶ 25℃ 37min 이내 ( $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) |
|                | 온도 하강시간 | 25℃ ▶ -30℃ 55min 이내 ( $1.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) |
| 동결 시험실-A       | 온도 제어범위 | -20 ~ 50℃ (온도 분포 : $\pm 1^{\circ}\text{C}$ )             |
|                | 온도 상승시간 | -20℃ ▶ 25℃ 30min 이내 ( $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) |
|                | 온도 하강시간 | 25℃ ▶ -20℃ 45min 이내 ( $1.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) |
| 동결 시험실-B       | 온도 제어범위 | -20 ~ 50℃ (온도 분포 : $\pm 1^{\circ}\text{C}$ )             |
|                | 온도 상승시간 | -20℃ ▶ 25℃ 30min 이내 ( $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) |
|                | 온도 하강시간 | 25℃ ▶ -20℃ 45min 이내 ( $1.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) |

○ 극한지 건설과 관련하여 다양한 시험장비들을 보유하고 있으며, 관련 노하우 (Know-How)도 축적되어 있는 상태.

- 열전도시험기, 부동수분측정기, 초음파시험기, 동토의 압축강도시험기, 동토의 직접전단강도 시험기, TRRL 동상시험기 등 보유.



그림 2.49 열전도 시험기



그림 2.50 부동수분 측정기



(a) Sing Around unit와 AC-M2형 cell



(b) Oscilloscope와 Time Counter

그림 2.51 초음파 시험기



그림 2.52 TRRL 동상 시험기      그림 2.53 동토의 압축강도 시험기

표 2.28 한국건설기술연구원 보유 시험시설 현황

| 이름                 | 사이즈                                     | 제원                                         | 용도                                                    |
|--------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 열전도시험기             | 25×25×10cm<br>(L×W×D)                   | QTM식 열전도측정                                 | 건설재료의 열전도율 측정,<br>동토의 온도변화에 따른 열<br>전도율 측정            |
| 부동수분<br>측정기        | 10cm(프루브)                               | 흙의 유전율 측정을<br>통한 부동수분 산출                   | 흙시료의 부동수분 측정, 동<br>토의 온도변화에 따른 부동<br>수분 측정            |
| 초음파시험기             | 3cm(Dia)                                | -50℃ ~ 80℃<br>사용가능, 1/1000℃의<br>온도조절 가능    | Sing around 초음파시험기,<br>동토의 비파괴 강도측정 시<br>험            |
| TRRL동상<br>시험기      | 15×11cm<br>(H×Dia)<br>9개 공시체<br>동시 실험가능 | -10℃까지 실험가능,<br>공급되는 물 온도<br>상온 유지가능       | 동토의 동상량 측정, 물공급<br>을 통한 동토의 동상량 측정<br>및 동상성 판정        |
| 동토의<br>일축강도<br>시험기 | 다양한 사이즈<br>시편 활용가능                      | -20℃까지 온도조절,<br>초당 200개 자료수집<br>가능         | 동토의 일축압축강도 및 인<br>장강도 측정, 최대 -20℃까<br>지 온도별 동토의 강도 측정 |
| 동토의<br>전단강도<br>시험기 | 30×30×20cm<br>(L×W×D)                   | 영하온도조건에서<br>사용가능, 높은<br>강도의 공시체<br>전단시험 가능 | 동토의 직접전단강도 시험,<br>동토의 강도특성 파악                         |

### 3. 국외 연구 인프라 현황

#### 가. 미국/캐나다

(1) 미국 한지공학 연구소(Cold Region Research & Engineering Laboratory, CRREL)

○ 미국 한지공학 연구소 : 극한지 환경을 모사할 수 있는 대형 실험시설이 잘 구축.

▪ 세계 최대 규모의 동상 영향 연구 시설과 많은 수의 동결 룸을 이용하여 극한지 구조물에 대한 다양한 연구를 지원.

○ 한지공학 연구소에서 보유하고 있는 동결 룸은 24개 정도이며, 하나의 동결룸의 크기는 25ft(W)×45m~12.5m(L), 최대 -30℃까지 온도 저하가 가능.

○ FERF(Frost Effect Research Facility) : 동상 영향을 연구하기 위한 29,000ft<sup>2</sup> 규모의 시설물, 극한지 환경을 구풀 스케일로 구현하여 현장 거동을 분석.

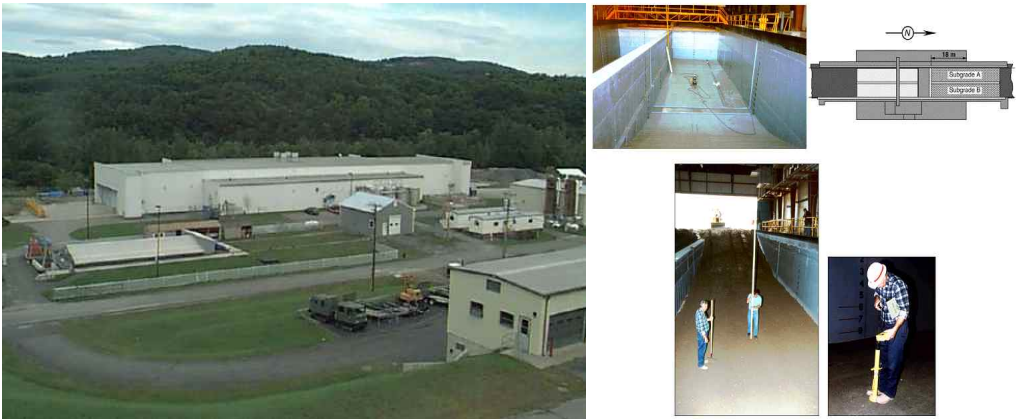


그림 2.54 미 육군공병단 한지공학연구소(CRREL) FERF 시설

표 2.29 미국 한지공학 연구소 보유 시험시설 현황

| 이름   | 사이즈                   | 제원                                                   | 용도                                       |
|------|-----------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| FERF | 29,000ft <sup>2</sup> | 총 24개 동결룸 구비, 최대 -25℃ 온도 저하 가능 18개, -30℃ 온도 저하 가능 6개 | 도로포장, 기초의 동결융해 환경을 풀 스케일로 구현하여 현장 거동을 분석 |

(2) 페어뱅크 대학 동토연구소 (Institute of Northern Engineering, INE)

- 페어뱅크 대학 : 극한지 건설 전문가 양성을 위해 별도의 기관 (Institute of Northern Engineering, INE)을 운영, 미국 내 동토거동에 관한 지반조사 및 구조물 안정성 해석과 안정화 공법 등에 관련한 다수의 연구 실적 보유.
- 냉동챔버 : 길이 2m, 너비 2m, 높이 2m의 룸(Room)을 총 4개실 보유.
- 알래스카 현장에서 실제 송유관을 지반에 설치하고, 기후 변화에 따른 송유관의 변위를 확인하는 현장 실물 실험을 수행.
- 자원이송망의 거동에 대한 종합적인 연구 수행 : 매설관 자체의 지반 거동, 주변 지반의 동상량 및 동상압 측정, 기후 변화에 따른 계절동토층의 깊이 변화 등을 연구.



그림 2.55 알래스카 송유관 현장 실물 실험(UAF)

(3) Golder Associates Inc

- Golder Associates Inc : 알래스카 앵커리지에 위치한 송유관 관련 건설회사, 기존에 설치된 송유관의 안정성을 판단하기 위해 일정 구간을 대상으로 수평 및 수직 변위를 장기적으로 계측하는 현장 시험을 실시.
- 파이프라인 기초 거동 확인 실험 : 파이프라인 하부 지지대에서 지반 변위로 인해 상부의 파이프라인에 작용하는 응력 데이터를 수집하여 파이프라인의 안정성을 판단하는 실험을 실시.



그림 2.56 Golder Associates Inc의 송유관 안정성 평가 (알래스카 앵커리지)

#### (4) 캐나다 알버타대학 (University of Alberta)

- 알버타 대학 : 총 6개의 실로 구성된 실험용 냉동챔버 보유. 저온챔버( $0^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ )와 극저온챔버( $-20^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ )로 구성.



그림 2.57 실험용 냉동챔버



그림 2.58 저온챔버내 시료준비실과 극저온냉동챔버내 삼축압축실험과 결빙실험

## 나. 러시아

### (1) GAZPROM

- GAZPROM : 러시아 국영 천연가스 회사, 천연가스 매장량이 가장 많은 러시아의 자원 환경으로 인해 영구동토 지역인 시베리아 전역에서 천연가스 파이프라인 공사를 진행.
- 천연가스파이프라인 현장 시험 : 공사 현장의 지반 특성을 확인하고 자원 이송망 기초의 동상량 및 동상압 측정을 위한 현장 시험 시설을 구축하고 열적 변화에 따른 지반 거동을 확인하는 시험을 실시.

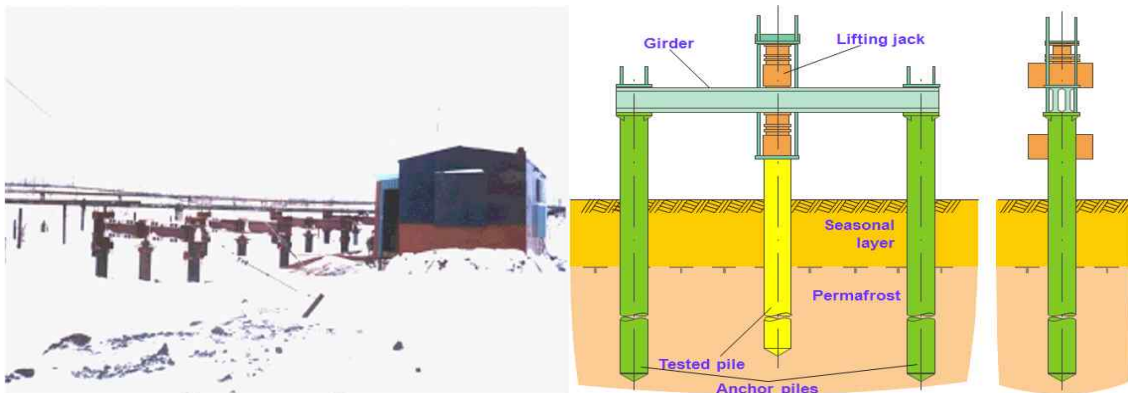


그림 2.59 가즈프롬의 동상에 대한 말뚝기초의 안정성 평가 현장 시험

### (2) 야쿠츠크 건설연구소

- 야쿠츠크 건설 연구소 : 세계에서 가장 추운 도시인 러시아 사하공화국의 국책 연구소로 동토지역 건설에 대한 선진화된 노하우를 보유.



그림 2.60 야쿠츠크 건설 연구소 지하 냉동 시험실

- 야쿠츠크 건설 연구소는 건설과 관련한 다양한 분야에 대한 연구를 수행하고 있으며, 연구소 지하에는 천연 냉동 실험실이 구축되어 있음.
- 극한지 건설과 관련된 다양한 현장 시험이 수행 : 동토지역 구조물의 안정성 검토를 위한 현장 적용성 시험, 매설관 기초 지반 거동 분석, 열 사이편의 현장 적용성 평가 시험 등 수행.



그림 2.61 열 사이편의 현장 적용성 평가 시험

## 나. 일본

### (1) 일본 홋카이도 저온과학 연구소

- 홋카이도 저온과학 연구소의 저온연구센터 : 동결챔버 시스템 구축
  - 연구목적과 대상에 맞춰진 각종 저온상태의 실험시설이 20개가 있어 각종 극한지 관련 실내실험 수행이 가능함.

표 2.30 저온과학연구소 보유 동결챔버 시설

| 시설명칭      | 용도                   | 온도성능      |
|-----------|----------------------|-----------|
| 설빙 해석실    | 극지용 저온실험·시료 성형 및 보존  | -20℃      |
| X선 해석실    | 저온시료에 대한 X선 해석       | -20℃      |
| 온도가변 실험실  | 온도 가변 실험             | +5 ~ -20℃ |
| 저온 조정실(1) | 시료 보존 등              | +5℃ ~ 상온  |
| 저온 조정실(2) | 시료 보존 등              | +5℃ ~ 상온  |
| 저온 실험실(1) | 설빙·해빙 시료의 준비·해석      | -15℃이하    |
| 저온 실험실(2) | 식물 육성 실험             | -5℃ ~ 상온  |
| 저온 실험실(3) | 식물 육성 실험             | -5℃ ~ 상온  |
| 저온 실험실(4) | 동토관련 온도 가변 실험        | -20℃ ~ 상온 |
| 저온 실험실(5) | 동토관련 온도 가변 실험(2실 분할) | -10℃ ~ 상온 |

○ 저온과학연구소 실험시설 현황

- 흙의 부동수분을 측정할 수 있는 NMR 시험기, 실내 동상시험기, 북해도 Tomakomai 현장에 위치한 5m×5m 규모의 현장 동상시험장치, 정밀저온 항온수조, QTM 열전도측정장비, JGS 동상률 측정장치 등의 실험 설비를 구축.



그림 2.62 NMR 시험기

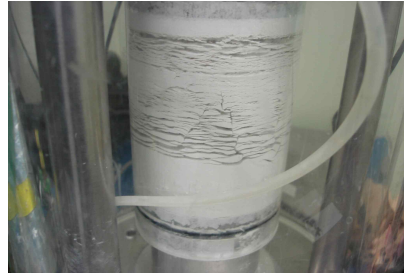


그림 2.63 동상시험기



그림 2.64 Temperature bath(EYELA NCB-3100)

(2) 일본 방재과학기술연구소(NIED) 설빙방재 실험동

○ 설빙방재 실험동 : 극지지역권에 일어나는 여러 가지 자연, 기상현상을 실험실 레벨로 재현할 수 있는 세계 최대 규모의 시설

- 자연 상태에 가깝게 모사한 결정형의 눈을 내리게 하는 장치, 바람을 일으키는 풍동장치, 태양광을 모사할 수 있는 일사조절장치, 습도 조절장치를 갖춘 것으로서는 세계 유일한 실험시설.

○ 눈보라에 의한 건물 영향 및 적설 메커니즘을 규명, 눈사태 원인 규명 및 방지대책을 연구, 도로 결빙에 따른 주행 안정성 및 용설 시스템 개발, 건축물 주변 적설 피해 연구 등을 수행.

○ 적설에 대한 환경을 모사하고 이에 대한 거동 파악이나 방지 대책을 수립하기 위한 실험 시설이 국내에는 전무하다는 측면에서 참고할 만한 실험 시설.

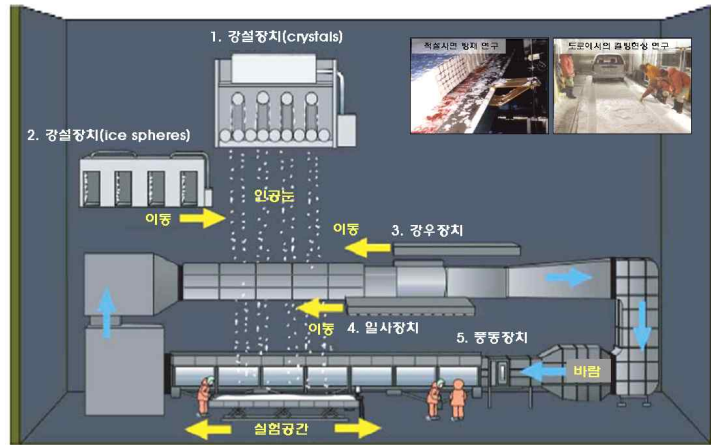


그림 2.65 Cryospheric Environment Simulator (CES)

표 2.31 설빙방재실험동 시설 현황

| 시설              | 제원 및 용도                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 강설장치(A)         | <p>Snowfall intensity : 0 - 1mm/h(water equiv.)<br/>           Crystal type : dendrites etc.(size 0.5 - 5mm)<br/>           Area : 3m × 5m</p>  |
| 강설장치(B)         | <p>Snowfall intensity : 0 - 5mm/h(water equiv.)<br/>           Crystal type : sphere(diameter 0.025mm)<br/>           Area : 3m × 5m</p>                                                                                            |
| 강우장치            | <p>Rainfall intensity : 0 - 2mm/h<br/>           Area : 3m × 5m</p>                                                                                                                                                                 |
| Solar Simulator | <p>Solar radiation : 0 - 1000W/m<sup>2</sup><br/>           Area : 3m × 5m</p>                                                                  |
| Snow Table      | <p>Size : 3m × 5m<br/>           Inclination : 0 - 45°</p>                                                                                                                                                                          |
| Wind Tunnel     | <p>Wind speed : 0 - 20m/s</p>                                                                                                                                                                                                       |

## 5절. 종합분석

### 1. 국내외 정책 및 시장분석

#### 가. 국내외 정책분석

- 러시아 에너지 자원 개발을 위한 한-러 정부의 협력이 지속되고 있음.
  - 1996년부터 시베리아 가스 및 석유도입을 위하여 정부차원에서 러시아와 협상을 추진.
  - 2003년 동시베리아 송유관을 위하여 러시아와 공동연구를 착수하여 러시아 기술부족으로 생산할 수 없는 송유관 건설자재 및 시설을 공급.
  - 2006년부터 2008년까지 동시베리아 송유관 제1단계 공사를 수행하고, 2015년부터 30년간 러시아로부터 750만톤의 천연가스를 공급 예정.
  - 한-러 정상회담을 비롯하여 고위급 인사 활발한 교류.
- 정부는 에너지 자주 개발을 제고를 100대 국정과제로 선정하여 에너지 안보 강화를 위한 정책적 지원을 강화하고 있음.
- 정부에서는 극한지/심해저 개발 관련 R&D를 추진하고 있음.
  - 국토해양부에서는 2012년 연구기획사업을 통해 “극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술”기획연구를 추진.
  - 지경부의 자원개발기술 전략로드맵(2011)에서는 2020년까지 자원개발 분야 핵심기술 개발 중 “극한지 유·가스전 개발기술” 확보에 주력.
- 러시아는 개발이 미흡한 동시베리아 및 극동지역의 전력 및 난방문제를 해결하기 위해 개발사업을 활발히 추진 중임.
  - 러시아 지역 자치 발전 위원회를 구성하고 각종 개발 프로그램을 추진.
  - 러시아 가스 생산 장기계획을 수립.
- 미국은 Trans-Alaska에 파이프라인 건설면허 수여 후 다양한 중소형 프로젝트 수행 중임.
- 유럽연합의 유럽집행위원회는 2008년 에너지자원, 어업, 새항로 등의 부분에서 유럽연합의 정치적목표와 이해관계를 제시하는 북극 정책(EU Arctic Policy) 구상함.

- 러시아 시베리아 자원 확보에 대한 필요성이 대두되면서 전 세계적으로 국가적 차원의 자원 확보전이 벌어지고 있음.
  - 러시아 동토지역 에너지개발이 점차 구체화됨에 따라 구미 국가 및 동북아 주요국들이 에너지 자원 개발 및 도입에 참여하기 위한 노력.
  - 독일, 프랑스, 이탈리아, 영국, 중국, 일본 등 상당수 국가들은 이미 러시아 천연가스를 도입 중.
  - 러시에 동토지역 자원 개발에 직접 참여하여 자원이송망 및 플랜트 기지를 구축하고 에너지 자원을 확보한 국가 다수.

## 나. 국내외 시장분석

- 러시아로부터 연간 100억<sup>m</sup>(LNG 730만 톤, 전체 가스 수입의 약 30%)의 천연가스를 도입 예정이며, PNG의 가격이 중동산 LPG가격보다 저렴한 점을 감안하면 중동산 LNG도입 시보다 연간 약 14억달러의 비용절감이 예상됨.
  - 러시아로부터 도입이 예상되는 천연가스량은 연간 100억<sup>m</sup>로 추정되며, 연간 수입 금액은 약 50억 달러로 중동산 LPG 가격보다 약 30% 정도 저렴.
  - 약 30년 정도 이용하게 되면 320억 달러의 경제적 파급효과가 가능(2008년 6월 현재 국제 에너지 시세 기준임)(윤성학, 2008).
- 국내는 극한지 환경이 존재하지 않으므로, 극한지 자원이송망 관련 시장이 형성되기는 어려움.
- 미 발견 자원량의 22%가 극한지에 매장되어 있으며, 고유가 및 탐사 시추기술 발달과 더불어 개발이 활발히 진행됨.
  - Alaska North Slope지역 내 중소규모 유전들의 개발이 예상.
  - 캐나다의 Mackenzie가스전을 개발하여 앨버타주 북부지역으로 연결하는 파이프라인이 건설예정.
  - 유럽에서는 나부코 프로젝트, 화이트스트림 프로젝트 등 파이프라인 프로젝트가 계획 중.
- 러시아에서는 신규 파이프라인 프로젝트 및 기존 파이프라인 확장 프로젝트가 추진중임.
- 2003년 이후 세계 플랜트 시장의 높은 성장을 보이고 있으며, 특히 러시아 권

역의 플랜트 건설 시장이 높은 성장을 기록하고 있음.

- 세계 플랜트 시장은 2003년 이후 연평균 6%의 높은 성장.
- 2006년 기준 지역별 시장규모 비율은 북미 31%, 중동 11%이고, 아시아 지역은 18%를 차지.
- 1999년부터 2008년 까지 지난 10년 동안 러시아 권역 플랜트 건설 시장은 연평균 29.4%로 주요 권역 가운데 가장 높은 성장을 기록하고 있으며 2019년까지 연평균 9.5%의 증가세를 보일 것으로 예상(Global Insight DB).

## 2. 기술개발 동향 및 인프라 분석

### 가. 기술수준 판단

- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술분야의 특허출원은 1990년대 중반과 2000년대 중반에 비교적 큰 증가추이를 보이고 있음.
- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 관련 특허출원은 일본에서 빈번하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.
  - 가장 많은 특허를 출원한 Key Player는 NIPPON STEEL사 이며 한국에서는 포스코사의 출원이 두드러진 것으로 조사.
- 특허관점에서 본 연구과제의 기술 수준은 80%수준으로 세계시장에서 경쟁력을 가지고 있는 것으로 평가됨.

| 상대수준(대상 과제 전체) |     |     |       |
|----------------|-----|-----|-------|
| 100%           | 80% | 60% | 50%미만 |

※ 본 기술 격차 판단 근거는 해당 과제 내 기술분류 개별 기술의 정의 및 범위를 기준으로 검색된 유효데이터 및 심층 분석에서 사용된 유사특허와의 개연성이 높은 특허를 기준으로 판단한 것이므로, 기술의 범위 및 분석 목표에 따라 그 결과가 다르게 나올 수 있음.

| 판단기준  |         | 최상위 기술을 100%라고 했을 때 상대적인 기술수준                         |          |
|-------|---------|-------------------------------------------------------|----------|
| 판단 항목 |         | 상세내용                                                  | 판단 결과    |
| 기술 수준 | 100% 수준 | 연구개발 대상기술은 <b>세계시장에서 독보적인 기술</b>                      |          |
|       | 80% 수준  | 연구개발 대상기술은 세계시장에서 경쟁력을 가지고 <b>국내시장에서 독보적인 기술</b>      | BA       |
|       | 60% 수준  | 연구개발 대상기술은 세계시장에서는 일반적인 기술이나 <b>국내시장에서 경쟁력을 가진 기술</b> | BB       |
|       | 50% 미만  | 연구개발 대상기술은 <b>국내외시장에서 이미 범용적으로 상용화된 기술</b>            | AA/CA/DA |

※ 자원이송망 설계 기술 (AA), 라인파이프 소재 기술 (BA), 라인파이프 구조 기술 (BB), 현장 시공자동화 기술 (CA), 유지관리 기술 (DA).

- 특허관점에서 기술격차를 분석한 결과 현재 최고수준의 기술에 도달하는 데에는 2~4년 정도가 소요될 것으로 판단됨.

| 기술격차(대상 과제 전체) |      |      |       |
|----------------|------|------|-------|
| 0~1년           | 1~2년 | 2~4년 | 4년 이상 |

※ 본 기술 격차 판단 근거는 해당 과제 내 기술분류 개별 기술의 정의 및 범위를 기준으로 검색된 유효데이터 및 심층 분석에서 사용된 유사특허와의 개연성이 높은 특허를 기준으로 판단한 것이므로, 기술의 범위 및 분석 목표에 따라 그 결과가 다르게 나올 수 있음.

- 논문분석 결과 극한지 자원이송망 설계기술 관련 논문이 전체의 47%를 차지하여 주요관심 분야인 것으로 조사되었고, 이어 자원이송망 소재 개발과 유지관리기술이 각 26%, 현장 시공자동화 기술이 1%를 차지하고 있음.
- 연도별로 2001년 이후 높은 성장률을 보여 연구활동이 활발히 진행되고 있는 것으로 분석됨.
- 극한지 자원이송망 관련 논문발표 현황을 분석한 결과, 미국, 중국, 영국, 캐나다, 일본 순으로 나타났으며 한국은 8위를 기록함.
  - 미국은 특히 자원구조망-기반구조물 관련 논문이 많았으며, 일본은 라인파이프 개발 관련 논문의 높은 비중.
- 세부기술별 분석 결과는 다음과 같음.
  - 극한지 자원이송망 설계기술 분야에서는 운영설비 기술과 설계기준 개발분

야 연구가 활발히 이루어 지고 있으며, 한국의 논문발표건수는 12위 수준.

- 극한환경 자원이송망 소재 분야에서는 한국의 POSTECH에서 가장 많은 논문을 발표한 것으로 조사되었으나, 주요 피인용 논문은 해외 기관의 원천기술 분야인 것으로 나타나 향후 국내 기반 기술력 향상에 연구력을 집중해야 할 것으로 판단.
- 자원이송망 시공자동화 기술 분야는 타 기술분야에 비해 논문발표 건수가 상당히 낮으나, 최근 급격하게 증가추세를 보이고 있어, 향후 연구개발이 활발히 이루어질 것으로 예상되며, 특정 국가나 기관에 기술력이 집중되지 않아, 연구개발을 통한 기술 선점이 필요할 것으로 판단.
- 자원이송망 유지관리 기술 분야는 자원이송 시스템 관련 논문이 전체의 71%를 차지하고 있으며, 미국에 가장 많은 기술력이 집중된 것으로 나타났으나, 중국의 기술추격 속도가 빠른 것으로 분석되었으며, 한국은 12위 수준인 것으로 조사.

#### 나. 인프라 수준판단

- 알래스카나 러시아 등지에서는 동토지역에 대한 건설이 활발히 진행되어 전 세계적으로 현장을 Test Bed로 한 연구가 활발하게 진행되고 있음.
- 극한지 자원이송망 기술 개발을 위한 Test Bed의 국내 부재 : 우리나라는 영구동토 지역이 없는 기후적인 요인으로 인해 동토에 대한 연구가 선진국에 비해 뒤쳐져 있으며, 동토와 관련한 Test Bed를 국내에서 구할 수 없음.
- 극한지 건설 기술의 경쟁력을 높이기 위해서는 해당 환경을 모사할 수 있는 실험 인프라의 구축이 중요하며, 이와 함께 남극, 알래스카, 시베리아와 같은 극한 환경에서 실시될 구조물 설계, 시공, 유지관리 전반에 걸친 안정성을 확보하는 연구도 병행해야 함.

### 3. 핵심과제 도출

#### 가. 개요

- 핵심과제 도출 프로세스는 다음과 같음
  - 국내외 기술, 시장, 정책, 인프라 동향 분석 결과를 바탕으로 SWOT분석 및 이슈트리 작성을 통해 기술개발 추진방향성을 도출.
  - 추진방향성에 부합하는 비전 목표 및 중점추진분야를 도출하고 기술수요조사를 통해 확보한 기술아이템들의 우선순위 결과에 따라 핵심과제 후보군을 도출.
  - 과제기획 평가위원회의 검토를 통해 핵심과제를 최종적으로 확정하고 과제별 상세기획을 수행.
- 핵심과제 도출
  - 동향분석 및 기술수요/예측/수준조사를 통해 4개 핵심과제 30개 기술아이템을 도출.
  - 과제기획 평가위원회의 검토 결과에 따라 도출된 4개 핵심과제 30개 기술아이템의 추가 삭제 및 재구성을 통해 총 4개 핵심과제 16개의 구성기술을 도출.

#### 나. 기술개발 추진방향성 도출

- 국내외 기술, 시장, 정책 동향 분석 결과를 바탕으로 기회요인과 위협요인을 도출하고, 국내 기술 인프라·기술 인력 현황 분석 결과와 기술예측결과를 바탕으로 강점과 약점을 도출하여 SWOT 분석을 통해 Keyword를 도출함.
  - Keyword의 영향요인에 대한 가중치는 기획위원 및 외부인의 설문조사를 바탕으로 작성.
- 본 기획연구와 관련하여 거시환경분석 방법인 STEEP(Society, Technology, Economics, Ecology, Politics) 분석을 수행하고 도출된 키워드를 기반으로 이슈트리 작성을 수행하고 기술개발 추진방향성을 도출함.

| 강점 (Strength)                                                                                                                                                                | 약점 (Weakness)                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원개발 사업에 국내 기업 인지도 상승</li> <li>- 세계최고 수준의 이송망 소재</li> <li>- 플랜트 시공분야 경쟁력 강화</li> <li>- IT 융합 첨단 기술 확보</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- FEED 기술, 운용설비, 시스템 설계 기술 관련 Soft 원천기술 취약</li> <li>- 극한지 자원이송망 관련 전문가 부족</li> <li>- 선진 외국업체의 카르텔 시장 높은 장벽</li> <li>- 자원이송망 운영, 유지관리 경험이 전무</li> </ul> |
| 기회 (Opportunity)                                                                                                                                                             | 위협 (Threat)                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 자원개발에 대한 세계적인 Needs 증가</li> <li>- 자원확보의 필요성과 중요성에 대한 국가적, 국민적인 이해도 증대</li> <li>- 각국 정부의 에너지 안보 강화에 따른 에너지개발 대형 사업 추진</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 자원이송망 설계·시공분야의 글로벌 경쟁 심화</li> <li>- 해외 선진국들의 관련산업에 대한 정책적 지원 강화</li> <li>- 후발 사업 주자들과의 기술 격차 감소</li> </ul>                                        |

- 사회적 중요성
  - 건설분야의 새로운 부가가치 창출 필요
  - 자원이송망 건설 관련 신성장 동력 산업으로의 진입
  - 해외 건설시장 규모 확대 및 극한지 지역 해외건설 진출 활발
  - 극한조건에서의 대형구조물 시공으로 선진 국가 인프라 구축
  - 대형 토목공사 추진에 따른 일자리 창출
- 기술적 중요성
  - WBT (World Best Technology) 확보를 위한 신기술 개발
  - 국책사업에 따른 신뢰성과 안정성 확보
  - 핵심부품의 국산화
  - 극한환경 건설에 따른 자동화시공으로 품질 향상
- 경제적 중요성
  - 건설시장 규모 확대에 따른 국제 경쟁우위 기술력 확보
  - 다양한 구조형식에 대한 공사비 절감 공법 개발
  - 엔지니어링 체인(설계/시공/유지관리/수주) 완성을 통한 시장 진입 확대
- 생태학적 중요성
  - 극지환경을 고려한 환경 피해 최소화 공법 (기술적 중요성에 포함)
  - 에너지원 유출에 대한 감시 진단 조기 대응 방안 (기술적 중요성에 포함)
- 정책적 중요성
  - 에너지 안보 강화
  - 플랜트 고도화를 통한 건설 경기 부양
  - 통일 이후 북한의 한지개발 필요

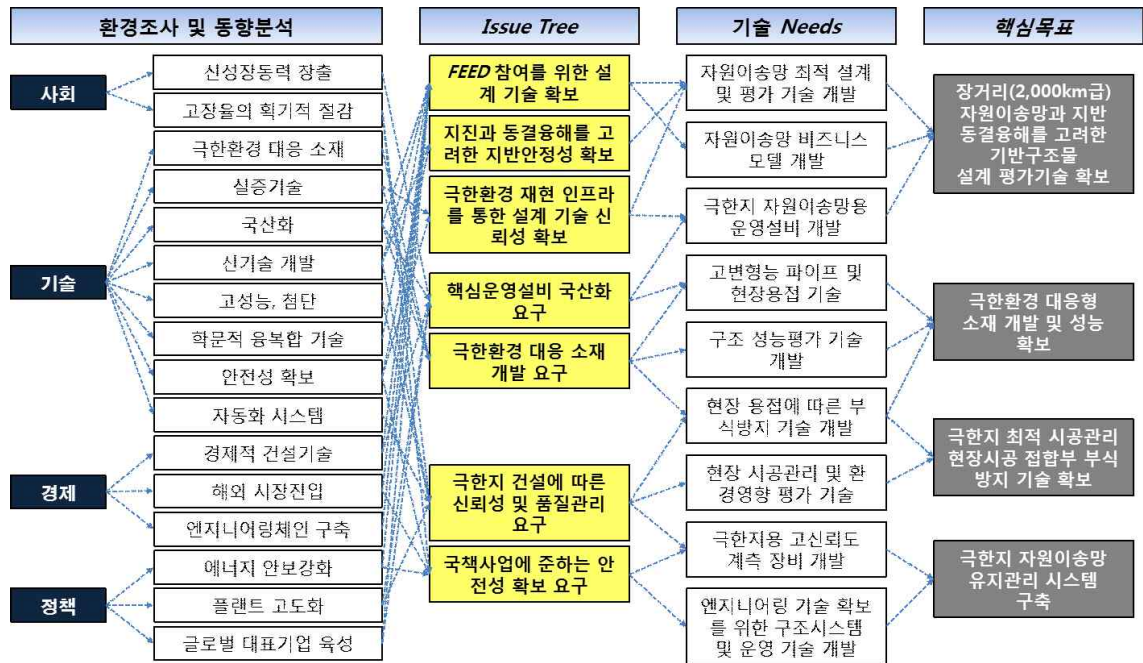


그림 2.66 기획과제의 이슈 트리(Issue Tree)

- 관련 기술 전문가를 통해 기술수요조사를 수행하였으며 기술변화 및 기술주기를 고려하여 후보군을 도출함.
- 중장기적인 미래에 건설분야의 사회·문화적 니즈를 분석하고 STEEP 분석 및 SWOT 분석을 통해 도출된 Keyword 및 중장기 이슈를 바탕으로 기술니즈를 고려하여 핵심과제를 선정함.

## 다. 기존 기술(연구)과의 차별성

| 핵심기술 구분                                        | 핵심기술 개발 목표                                              | 선두국가<br>벤치마킹기업                                  | 기존기술과의 차별성                                                                                                        |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 극한지<br>자원이송망<br>기반구조물<br>설계 및 평가<br>기술         | - 효율적인 자원이<br>송망 유동흐름을<br>고려한 최적설계<br>로 운전에너지<br>15% 절감 | 미국/중국<br>China<br>University<br>of<br>Petroleum | - 극한지 적용 배관 설계기술 확립                                                                                               |
|                                                | - 최적 부지조사 기<br>법 및 이송망 기<br>반구조물 설계 기<br>술 자립화          |                                                 | - 극한 환경조건에 따른 운전 안정성 확보                                                                                           |
|                                                | - 기반구조물 설계정<br>수 신뢰성 확보를<br>통한 세계 수준의<br>설계 기준 정립       |                                                 | - 극한지 자원이송망 저온 고압의 핵심기자재<br>국산화 기술 확보                                                                             |
| 극한지용<br>고변형능<br>파이프 및<br>현장 접합<br>기술 개발        | - 고변형능 파이프<br>및 현장 고속 접<br>합 기술                         | 일본<br>Nippon<br>Steel                           | - 플랜트 FEED 설계시스템 구축                                                                                               |
|                                                | - 극한지용 파이프<br>접합부 성능 평가<br>및 설계 적용 기<br>술               |                                                 | - 생애주기 25년 확보 기반구조물 설계시공<br>시스템 구축                                                                                |
| 극한지<br>환경영향을<br>고려한 최적<br>파이프라인<br>시공 기법<br>개발 | - 극한지 파이프라인<br>성능 개선 시<br>공 기술                          | 일본<br>Nippon<br>Steel                           | - 극한지온도조건(-40~20℃) 지반 평가 기<br>법 마련                                                                                |
|                                                | - 극한지 파이프라인<br>시공관리 체계<br>구축                            |                                                 | - 극한지 지반거동 예측 프로그램 개발                                                                                             |
|                                                | - 극한지 파이프라인<br>의 건설운영 평<br>가 기술                         |                                                 | - 극한지 지반평가 실내실험 인프라 구축                                                                                            |
| 극한지<br>자원이송망<br>지능형<br>유지관리<br>시스템<br>기술       | - 시공품질 및 생애<br>주기 향상을 위한<br>유지관리 시스템<br>평가 기술           | 중국<br>Harbin<br>Institute<br>of<br>Technology   | - 기존 라인파이프에 극한지(-40℃이하)의<br>특수성을 고려한 고변형능(조관후 압축/인<br>장 변형능 1.5%이상)의 파이프 및 현장<br>고속 접합기술 개발로 극한지 파이프라인<br>기반기술 확보 |
|                                                | - 시공·유지관리 시<br>물레이터 개발 및<br>지능형 유지관리<br>평가가술            |                                                 | - 극한지 온도조건을 고려한 파이프 접합부<br>의 성능평가 기술 확보                                                                           |
|                                                |                                                         |                                                 | - 개발 파이프 접합부의 설계적용 및 상세<br>해석 기술 확보                                                                               |
|                                                |                                                         |                                                 | - 극한지 파이프라인의 지속적인 관찰이 가<br>능한 부식 모니터링 시스템 구축 및 가압<br>전류형인 ICCP 방식 기술 개발                                           |
|                                                |                                                         |                                                 | - 코팅재료 개발을 통한 방수, 내기성이 뛰<br>어난 파이프라인의 용접부 세라믹 코팅<br>기술 개발                                                         |
|                                                |                                                         |                                                 | - 극한지 파이프라인 시공사례 분석                                                                                               |
|                                                |                                                         |                                                 | - 시공관리를 위한 비용, 일정, 품질 관리<br>체계 개발                                                                                 |
|                                                |                                                         |                                                 | - 시공 관리 체계 시물레이션을 통한 기술<br>검증 및 평가                                                                                |
|                                                |                                                         |                                                 | - 환경영향성 검토 및 환경조사 프로세스<br>매뉴얼 구축                                                                                  |
|                                                |                                                         |                                                 | - 자원이송망 및 기반구조물 신뢰도 확보                                                                                            |
|                                                |                                                         |                                                 | - 기존 계측시스템(-20℃)을 능가하는 극한<br>지 최저온도 (-40℃)사용에 적합한 계측<br>시스템의 개발 및 개선                                              |
|                                                |                                                         |                                                 | - 자원이송망 및 기반구조물 시공성 향상, 시<br>공품질 확보, 생애주기 향상 DB기술 확보                                                              |
|                                                |                                                         |                                                 | - 기존 기술은 단거리 운영 DB로 극한지<br>자원 이송망 설계-시공-운영 전반의 운영<br>DB를 기초로 엔지니어링 체인 마련하여<br>2000km급 장거리 자원이송망 유지관리<br>기술확보      |

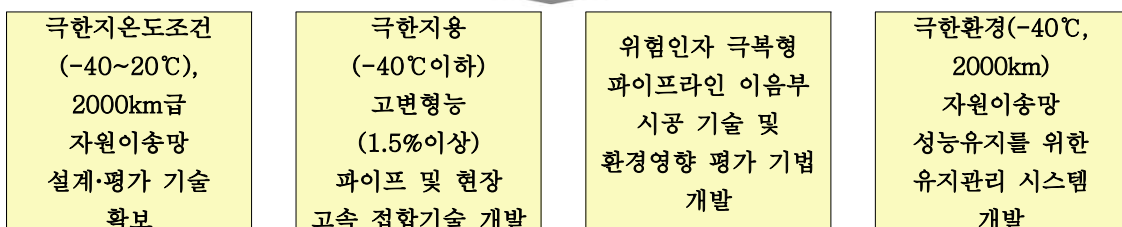
### 3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

#### 1절. 비전 및 목표

##### 1. 비전 및 목표

- 극한지 자원이송망 건설과 같은 미개척 건설 시장 선점에 필요한 건설 기술 개발에 초점을 맞추고, 범국가적 사업인 미래 에너지 자원 개발을 위한 동토 지역 내에 극한환경 건설기술 실용화를 비전으로 제시함.
- 세계 최고수준의 극한지 자원이송망 건설 시스템 개발을 최종목표로 설정하고 극한지 자원이송망 관련 관망, 배관, 기초구조물, 소재를 포함한 설계 기술 및 운영설비와 소재 개발 및 극한지에서 건설 효율성을 높이기 위한 환경영향을 고려한 시공관리 및 현장 용접 접합부 안정화 기술로 구성함. 또한 자원이송망의 장기적인 안전성 감시 및 진단에 필요한 지능형 유지관리 시스템 구축을 수행하여 최종적으로 자원이송망 건설 엔지니어링 체인(설계/시공/유지관리)을 구축하는 긴밀한 체계를 형성함. 이에 따른 전략적 목표는 다음과 같음.
  - 극한지온도조건(-40~20℃), 2000km급 자원이송망(육상) 설계·평가 기술 확보.
  - 극한지용(-40℃이하) 고변형능(1.5%이상) 파이프 및 현장 고속 접합기술 개발.
  - 위험인자 극복형 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향평가 기법개발.
  - 극한환경(-40℃, 2000km급) 자원이송망 성능유지를 위한 유지관리 시스템 개발.

| 비전: 극한지 건설시장 선점과 미래 에너지 자원 확보 |
|-------------------------------|
| 세계 최고 수준의 극한지 자원이송망 건설 시스템 개발 |



## 2. 설정근거

### 가. 비전 설정 근거

- 고유가 시대 타계를 위한 에너지 자원 확보의 필요성을 절감하고 있는 정부는 지식경제부 제2차관을 팀장으로 하는 에너지자원 위기대응 TF 발족식(2011. 12. 19.)을 거행하고 석유, 가스, 전력, 석탄 등 에너지자원 전반에 걸친 수급상황을 점검함.
- 지속적인 에너지자원 확보를 위하여, 한·러 양국 정상회담을 통한 시베리아(혹한지, 극지) 유·가스전 및 광물자원 개발을 위하여 노력하고 있음.
  - 2015년부터 30년간 러시아로부터 750만톤의 천연가스를 공급받기로 합의된 상황.
  - 2011년 개최된 G20 정상회의에서 한·러 양국 정상회담을 통한 러시아 유·가스전 및 광물자원 개발 협력 강화를 재확인 하였고 천연가스 한국공급 및 러시아 전력망 현대화 분야 협력강화와 같은 국가적 차원의 극한지를 대상으로 건설사업 활성화가 예상.
- 또한, 기존 에너지자원 고갈 및 고유가 지속으로 비전통 석유생산(Oil sand, Shale gas/oil)과 신규 매장지(극한지)의 메가 프로젝트가 증가하고 있음. 예를 들어, 캐나다에서는 지속적인 투자를 통해 Oil Sand 원유추출사업과 같은 대형 국책사업을 진행할 것으로 예상됨.
  - 전세계 미발견 석유·가스 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 대상으로 한 극한지에 매장(약 4,120억 boe)되어 있으며, 고유가 및 탐사·시추기술 발달과 맞물려 상업적 개발이 활발.
  - 캐나다 Alberta주 BlackGold 광구(극한지 Oil Sand 원유추출)에서는 공사금액은 3억1000만 캐나다달러, 총 26개월의 공사기간을 거쳐 오는 2012년에 준공 예정임(한국석유공사 발주, GS건설 수행). 총원유 매장량 2억5천만배럴 규모로서, 2014년부터 15년간 하루 3만배럴 규모로 생산예정이며, 캐나다 Alberta주는 2020년까지 총 1,000억 달러를 추가 투자할 계획.
- 향후 자원개발관련 시장은 동토를 포함한 극한지를 대상으로 급격한 성장이 예상되고 있음. 따라서 캐나다 Oil Sand 원유추출과 한국-러시아 간 유·가스전 및 광물자원 개발 사업에서 기술 및 사업력 협상을 위해서 국가적 차원의 관련 기술 확보가 시급함.

- 극한지를 대상으로 한 자원이송망은 수 천 미터에 달하는 장거리 이송을 위한 최적 루트 선정에 의한 에너지 절약형 최적설계 및 시공, 극한환경 대응형 재료 및 접합기술, 현장 시공자동화를 통한 급속시공, 안정성 확보를 위한 요소부품의 성능평가와 유지관리가 필요함.
- 부가가치가 큰 극한지 자원이송망용 운영설비의 해외전문업체 독점공급에 대처하기 위하여 이송망 유체이송 및 제어에 가장 중요한 운영설비인 밸브의 자체설계 및 개발능력이 요구됨.
- 중동 원유개발에 따른 자원이송망 건설에 대한 국내 건설업체의 기술 수준과 자부심은 높음. 그러나 지금까지 경험하지 못한 극한건설환경과 극한지 건설 기술의 부재는 다가오는 미개척 건설 시장과 미래 에너지를 확보하는데 걸림돌로 작용할 수 있음. 현 시점에서 국내의 극한지 자원이송망 건설 기술은 걸음마 단계로 판단되며 극한지를 대상으로 한 체계적인 자원이송망 설계 시공 기술에 대한 집중적인 연구가 시급함.
- 극한지 에너지 자원 수송을 위한 파이프라인 설계 및 시공은 TAPS(Trans Alaska Pipeline Sytem) 및 Sakhalin II Pipeline 등의 사례가 있으나 당시의 기술적 한계를 극복하기 위한 연구가 현재까지도 계속되고 있음. 향후 진출할 극한지는 더욱 혹독한 건설환경이 예상되지만 국내에서는 극한지 자원이송망 설계 및 시공 경험이 전무한 상황이며 관련기술 개발에 대한 투자가 미미함.
- 이상과 같은 대내외적인 환경변화 대응 및 지속적인 에너지자원 확보를 위하여, 본 연구(사업)에서는 극한지 미개척 건설 시장 선점을 통한 미래 에너지 자원 확보라는 비전을 제시하고 있음.

## 나. 목표 설정 근거

- 급변하는 국제 자원개발 시장에서 경쟁력 확보를 위해서는 수송인프라 구조물(자원이송망)의 안전성과 건설비용(유지관리비용 포함)의 최소화가 필요함. 국내에서는 극한지를 대상으로 한 자원이송망 건설에 대한 경험이 미미하여 세계 최고 수준의 극한지 자원이송망 설계 시스템 및 핵심운영설비 개발을 통해 국제 자원개발 시장을 선점할 수 있는 발판을 마련하고자 함.
- 극한지온도조건(-40~20℃), 2000km급 자원이송망(육상) 설계·평가 기술 확보.

- 최근 국제적으로 관심이 높은 극한지 자원개발에서 2,000km급 자원이송의 경우 일반적으로 파이프라인을 이용하고 있으며, 자원이송망 건설비용은 약 30억원/km가 소요되고 있음.
- 극한환경의 자원이송 시에는 이송유체의 온도변화에 따른 유동특성이 상온조건과는 다를 뿐만 아니라 자원이송용 운용설비의 안정성 확보를 위한 최적설계 및 운용설비의 개발/타당성 검토가 국내에서는 전무한 실정임.
- 또한, 국내에서는 극한지 자원이송망 건설에서 주요 핵심 설계분야 및 기자재 공급을 선진국에 의존하고 있어 실질적으로 극한지 자원이송망 설계 기술은 전무한 실정임.
- 극한온도조건(-40~20℃)에서는 대상구조물을 지지하는 동토지반을 대상으로 자원이송망 지지구조물에 대한 해석이 필요하지만, 국내에는 극한환경 부재로 인해 동토지반을 대상으로 한 구조물 설계기술이 전무한 실정임.
- 플랜트 건설시 FEED (Front-End Engineering and Design) 기술은 고부가가치 기술 분야로서 해외의 일부 선진 엔지니어링사가 독점하고 있음. 예를 들면, 미국 DOE는 플랜트 요소기술을 모듈화하고, 모듈화된 요소기술에 대해 전산모듈을 개발하여 이를 FEED 설계 소프트웨어(S/W)와 연동하여 차세대 설계 프로그램을 개발 중에 있으며, 이를 위해 컴퓨터 모델링, 가상 모사기술, 시스템분석 및 통합기술을 플랜트 핵심기술로 선정함.
- 국내에서는 극한지를 대상으로 2,000km 이상의 자원이송망 FEED 기술, 특히 설계 및 평가 기술은 특허분석을 토대로 선진국 대비 기술격차 2~4년으로 확인됨.
- 따라서, 향후 자원이송망 건설시장 선점을 위해서는 극한온도조건(-40~20℃)을 고려한 장거리(2,000km급) 자원이송망 설계 및 평가 기술을 확보할 필요가 있음.

○ 극한지용(-40℃ 이하) 고변형능(1.5%이상) 파이프 및 현장 고속 접합기술 개발.

- Stress based design용 라인파이프 강재는 일본과 유럽 제철소에서 90년도 말에 소재개발을 완료하고, 2002년에 JFE는 Trans Canada에 시험적용하였으며, X120급은 Exxon-Mobil과 NSC가 2003년에 공동개발하여 2004년에 알래스카에 시범라인을 건설하였음. Stress based design용 강재의 경우에는 2006년 사할린 프로젝트에서 X65급이 적용되었고, 현재 진행중인 알래스카 가스파이프라인 프로젝트에 X80 및 X100이 적용될 예정임.
- Strain-based design용 라인파이프의 경우 국내에서 X80(항복응력 550MPa급) 및 X100(항복강도 690MPa급) Pilot 소재가 개발되었으나 아

직 상용화 단계에 이르지 않는다는 점. 극한지용 파이프라인 요구성능에 부합하는 고변형능 파이프의 제작, 현장 접합, 성능평가, 설계 적용 기술 개발을 통해 극한지용 자원이송망 건설의 기반 기술을 확보할 필요가 있음.

- 파이프라인의 합리화 설계 경향에 의해, 소재의 강도는 꾸준히 증가 추세에 있는 반면, 용접부의 성능은 소재의 강도 증가 경향을 추종하지 못하여, 원천적인 미래기술이 확보될 때까지, 극한지 현장시공으로 용접부 성능과 설계수명 확보가 용이한 구조성능 개선 기술이 개발될 필요가 있음.
- 고장력 강재 용접부의 성능향상 기술은 고부가가치 기술로서, 고장력 강재의 적극적인 활용 보증이 가능하며, 토목기술의 비약적인 발달로 이어질 수 있는 타산업 기술과급효과가 큰 기술로서, 일본/미국 등도 아직 기술 구현 및 현장 적용이 이루어지지 못한 기술임.
- 결론적으로 극저온 환경( $-40^{\circ}\text{C}$  이하)에 대응 가능한 조관후 1.5% 이상의 변형능이 확보된 파이프, 현장접합, 성능평가, 설계적용 기술을 개발해야 함.

표 3.1 라인파이프용 소재 및 이용기술 개발 현황

| API                      | X65 | X70 | X80 | X100 | X120 |
|--------------------------|-----|-----|-----|------|------|
| Stress based design      | ●   | ●   | ●   | ■    | ▲    |
| Sour service             | ●   | ▲   |     |      |      |
| Strain based design      |     |     | ▲   | ▲    |      |
| ●양산품, ■강관평가, ▲Pilot 소재개발 |     |     |     |      |      |

○ 위험인자 극복형 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향 평가 기법 개발.

- 극한지에서 에너지·자원의 안정적 이송을 위해서는 기후, 작업여건 등 제반 환경제약을 극복할 수 있는 설치 및 유지관리기술 확보가 관건임.
- 파이프라인의 부식은 파이프라인의 내구성능 저하의 가장 큰 원인으로 현재까지 개발된 기술을 통해서도 부식이 발생한 후 응급방식, 또는 희생양극법에 의한 방식기술이 적용되어 왔으나 극한지에서는 상용화 되지 못하고 있으며 지속적인 모니터링 기술이 부족한 실정임.
- 특히, 파이프라인의 용접부는 부식에 가장 취약한 지점으로서 방수, 내기성이 뛰어난 코팅 재료의 개발과 함께 새로운 코팅 기술 개발이 요구됨.
- 극한지 파이프라인의 내구성능을 20% 향상시킬 수 있는 파이프라인의 가압전류형 ICCP 방식기법 및 용접부 코팅 처리기술 개발이 필요.
- 극한지 파이프라인 시공 사례 분석을 통해 비용, 일정, 품질 관리 체계 개

발

- 극한지에서의 건설상의 어려움을 고려한 재해평가, 대책 매뉴얼 및 환경 영향성에 대한 지침 필요.

○ 극한환경(-40℃, 2000km급) 자원이송망 성능유지를 위한 유지관리 시스템 개발.

- 극한지의 경우 안전사고시 인명과 재산상의 큰 피해를 입게 되고 극한지 온도범위에서 장기간 구조물이 노출될 경우 구조적 결함·손상 및 외력에 의해 사용성이 떨어져 구조물의 이용에 불편이 초래될 수 있으므로 시공·공용중의 모든 경우를 고려할 수 있는 구조물 유지관리 모니터링 시스템 이 반드시 필요함.
- 극한지 건설의 경우 작업능률과 숙련공 부족, 취약한 기후 등으로 인한 생산성 및 안정성이 저하되고 있으며 이에 대한 구조물 유지관리 모니터링 시스템 기술을 통해 개선이 필요함.
- 극한지에서도 극한지 최저온도(-40℃)를 만족하여 정상적인 운전이 가능한 계측시스템 개발과 이를 통한 고 신뢰성 제어시스템 구축하여 시공중 자원이송망 및 기반구조물의 신뢰도 확보해야 함.
- 생산지의 채굴이 완료될 때까지 자원 이송망의 운전이 가능해야 하고 빈번한 주기점검이 어려운 극한지의 환경을 고려한 극한지 자원 이송망의 life cycle 확보가 필요함.
- 자원 이송망 변형 발생 시 피해를 최소화 할 수 있는 IT 기반 실시간 경보시스템을 확보 및 지능형 유지관리시스템 평가 기술을 확보하여 변형 발생 시 피해를 최소화함.
- 상기 조건들을 모두 만족하는 극한지 자원이송망의 지능형 유지관리시스템 개발을 통해 세계 최고 수준의 설계기술 및 엔지니어링 능력 확보하고자 함.

### 3. 단계별 목표

|                                                         | 1단계(2013-2014)                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2단계(2014-2016)                                                                                                                                                                                                                                              | 3단계(2016-2017)                                                                                                                                                           | 최종목표물<br>(성과물)                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 극한지<br>자원<br>이송망<br>기반<br>구조물<br>설계 및<br>평가<br>기술<br>개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 자원이송망 설계(안) 및 운영설비 고찰</li> <li>이송망 운전조건에 따른 유동특성의 수치평가</li> <li>파이프라인 형상 최적설계 및 밸브 모델 개발</li> <li>자원이송망 최적부지 평가 기법 도출</li> <li>기반구조물 설계정수 도출을 위한 실내실험 계획 수립</li> <li>극한지 자원이송망 최적설계 도서</li> <li>핵심 기자재 기반 Vendor list 구축</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>주요 운영설비 운전조건 결정 및 실물 밸브 개발</li> <li>극한온도 변화 대응 파이프라인 성능평가</li> <li>파이프라인 최적설계 DB구축 및 에너지 절약형 파이프라인 네트워크 최적화</li> <li>냉동챔버를 활용 실험을 통한 설계 검증</li> <li>자원이송망-기반 구조물 설계기법 및 S/W 개발</li> <li>플랜트 FEED 설계 기반 구축</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pilot Test를 통한 성능검증</li> <li>기자재 실증시험 및 국제공인 인증시스템 구축</li> </ul>                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>42"급 극한지 이송망용 밸브(누설량 max. 0.3 mm<sup>3</sup>/s)</li> <li>자원이송망 통합 설계기준 (선진국 수준 신뢰성 확보 및 안전성 30% 향상)</li> <li>파이프라인 네트워크 최적 설계 (안) 및 평가 시스템</li> <li>자원이송망-기반 구조물 상호거동 예측 프로그램 (설계 효율성 30% 향상)</li> <li>FEED 설계시스템 (국내 FEED 설계 기술 확보)</li> </ul> |
| 극한지<br>용<br>고변형<br>능<br>파이프<br>및 현장<br>접합<br>기술<br>개발   | <ul style="list-style-type: none"> <li>고정밀 파이프 접합부 컨셉 및 사양 개발</li> <li>고속 현장 접합 프로세스 개발</li> <li>개발 파이프 접합부 평가계획 수립</li> <li>개발 파이프 접합부 구조성능 해석 모듈 개발</li> <li>고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 시제품 개발</li> </ul>                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>고속 현장 접합 장치 시제품 제작</li> <li>현장 조건별 프로세스 및 최적화 기술 개발</li> <li>파이프 접합부의 구조성능 평가</li> <li>극한지 파이프 접합부 설계/해석 기법 개발</li> <li>고정밀 파이프 접합부 품질 관리 기술 개발</li> </ul>                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>파이프 접합부 제작지침 개발 및 Pilot Test 반영</li> <li>고속 현장 접합 매뉴얼 개발</li> <li>극한지용 파이프 성능평가 매뉴얼 작성</li> <li>극한지용 파이프 통합 설계적용 지침 작성</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지용(-40℃) 고변형능(1.5%이상) 파이프 및 접합부 시제품</li> <li>고속 현장 접합 장치 시제품</li> <li>극한지용 파이프 접합부 성능평가 매뉴얼</li> <li>파이프 접합부 구조해석 프로그램</li> <li>극한지용 파이프 접합부 제작 지침 및 설계 적용 지침</li> <li>극한지용 파이프 현장 접합 매뉴얼</li> </ul>                                          |

|                                                              | 1단계(2013-2014)                                                                                                                                                   | 2단계(2014-2016)                                                                                                                                                                                        | 3단계(2016-2017)                                                                                                                                                                                                                         | 최종목표물<br>(성과물)                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 극한지<br>환경영<br>향을<br>고려한<br>최적<br>파이프<br>라인<br>시공<br>기법<br>개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 파이프라인 시공 사례 분석</li> <li>시공방법, 시공장비, 절차 등 정형화</li> <li>극한환경 내 파이프라인의 재료적 특성 분석</li> <li>극한지 시공 환경 및 사후환경 조사</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>시공관리를 위한 비용, 일정, 품질 관리 체계 개발</li> <li>극한지에서의 파이프라인 부식 방지기술 (ICCP 형 Box) 개발</li> <li>파이프라인 용접부 세라믹 코팅 기법 개발</li> <li>건설재료의 유해가능성 분석 및 시공 적합성, 타당성 조사</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>시공 관리 체계 시물레이션을 통한 기술 검증 및 평가</li> <li>극한지 파이프라인 시공 절차서 및 기준 정립</li> <li>파이프라인 시공에서의 재료적 변이에 대한 정량적 지침 제작</li> <li>사전환경성검토 및 사후환경 영향조사 수행 프로세스 구성</li> <li>재해영향성 평가 및 사고발생 대응 시스템 구축</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한환경에서의 시공 일반의 개념 설계집</li> <li>극한지 파이프라인 부식/방식 및 코팅 기술 개발 (파이프라인의 내구성능 20% 향상)</li> <li>극한지 시공관리 모델 및 기법 구축</li> <li>환경영향성 평가 매뉴얼</li> <li>극한지 범용 시공 관리 체계 개발, 사용자 매뉴얼, 유지관리표준 개발</li> </ul> |
| 자원<br>이송망<br>지능형<br>유지<br>관리<br>시스템<br>개발                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>시물레이터 구성요소 분석</li> <li>극한지 지반, 기반구조물 및 이송배관 특수성 분석</li> <li>극한지 자원 이송망 품질관리 기술수준 정립</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>유지관리 시물레이터 요소기술 개발</li> <li>감시 및 진단시스템 요소기술 개발</li> <li>극한지 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 module 개발</li> </ul>                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>유지관리 시물레이터 개발</li> <li>자원이송망 시공품질 향상을 위한 유지관리 평가 기술 개발</li> <li>자원이송망 생애주기 향상을 위한 장거리 자원이송망 통합 유지관리 평가 기술 개발</li> <li>지능형 유지관리시스템 개발</li> </ul>                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한환경(-40℃, 2000km) 자원이송망 성능유지를 위한 유지관리 시스템 개발</li> </ul>                                                                                                                                     |

## 2절. 기술개발에 따른 미래상

### 1. 현황 및 미래상

| AS-IS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | TO-BE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>• <b>현재 기술수준</b><br/> <u>극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술 개발</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 극한지 파이프라인-기반구조물 설계 기준 미흡</li> <li>- 주요 극한지 파이프라인 운영설비 국산화 미흡</li> <li>- 극한환경의 제약조건(광역, 저노동, 극한 온도 등)을 고려한 부지조사 기법 및 평가 기술 부재</li> <li>- 설계 기술의 신뢰성 평가 미흡</li> <li>- FEED 설계는 해외 선진엔지니어링사에 위탁, 라이선스 공정에 의지하여 국내 독자적인 엔지니어링 기술 전무</li> </ul> <p><u>극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합기술 개발</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stress based design용 라인파이프의 경우, 국내 포스코에서 X65/X70/X80 상용</li> </ul> | <p>• <b>기술개발 완료 후</b><br/> <u>극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술 개발</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 최적설계 DB확보</li> <li>- 에너지 절약형 파이프라인 네트워크 최적화 기술 확보 : 10% 에너지 절약</li> <li>- 42"급 대형 밸브 (누설량 max. 0.3 mm<sup>3</sup>/s) 개발</li> <li>- 광역적 부지 조사 및 평가 기법 개발을 통한 공기 10% 단축</li> <li>- 냉동챔버를 활용한 실증적 연구로 설계 신뢰성 확보</li> <li>- EPC 운영모델 고도화를 통한 산업구조의 고도화 기여 : 수익성이 낮은 조달, 시공(ePC)사업에서 탈피하여 엔지니어링 및 사업관리 중심 (EPc, PM+EPc)의 고도화</li> </ul> <p><u>극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합기술 개발</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지용(-40℃ 이하) 고변형능(1.5%이상) 파이프 및 현장 고속 접합기술 보유</li> </ul> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>화 완료</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strain based design용의 경우 X80/X100 Pilot 소재개발</li> <li>- 상온 환경조건에 국한된 파이프라인 설계 기술 보유(Canadian Standard Association, 2011; Mohitpour 등, 2007)</li> <li>- 고비용 저효율 파이프라인 설계</li> </ul>                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지에서 발생할 수 있는 용기, 침강 등의 대변형 유발 환경조건에 대응한 파이프 접합부의 합리적 설계적용 및 정밀 구조해석 기술 확보 : 해외 선진 기술 수준 대비 100%</li> <li>- 극한지용 파이프 및 현장 접합부의 압축 및 인장 변형성능, 방식 성능, 저주기 피로성능평가 프로세스 구축</li> </ul>                                                                                                                                                                 |
| <p><u>극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극저온 상태에서의 내부식성 재료 기술 부재</li> <li>- 파이프라인 지속적인 부식 모니터링 기술 미비 및 기존의 응급방식법 사용으로는 부식 예방의 어려움</li> <li>- 용접부의 부식 취약성으로 인해 내구성능 저하 발생</li> <li>- 극한지에서의 시공에 따른 구조적·재료적 안정성 평가 지침 부족</li> <li>- 극한지 파이프라인 시공에 따른 환경 영향성 검토 전무</li> </ul> | <p><u>극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인의 내구성능 20% 향상 시킬 수 있는 지속적인 관찰이 가능한 부식 모니터링 시스템 구축 및 ICCP형의 안정적 방식기술 개발</li> <li>- 코팅재료 개발을 통한 방수, 내기성이 뛰어난 파이프라인의 용접부 세라믹 코팅 기술 개발</li> <li>- 시공 관리 체계 시뮬레이션을 통한 기술 검증 및 평가</li> <li>- 파이프라인 시공에 대한 사전·사후 환경영향성조사 프로세싱 개발</li> <li>- 극한환경 내 재해영향성 평가와 사고발생 대응 시스템 구축으로 시공 안정성 확보</li> </ul> |
| <p><u>자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 자원이송망 계측시스템 구축 전무</li> <li>- 극한지 온도 및 압력변화로 인한 지반침하, 이송배관 변형 예측 전무</li> <li>- 극한지 자원 이송배관 운영경험 전무로 설계 및 엔지니어링 기술 축적 부족</li> </ul>                                                                                                       | <p><u>자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기반구조물 설계 및 평가 기술 개발에서 확보될 극한지 시공여건 분석자료를 바탕으로 지반, 기초구조물 및 이송배관 핵심 계측·진단기술 개발</li> <li>- 개발된 계측·진단기술을 바탕으로 기초 구조물 및 이송배관 안전성 및 신뢰성 확보 기술 개발</li> <li>- IT기반 자동화 계측 및 실시간 자동 정보 시스템을 통합한 운영관리시스템 구축을 통해 설계 및 엔지니어링 기술 축적</li> </ul>                                                                              |

- **현재수준의 기술적 파급효과**

- 자원이송망 건설 비용: 30억원/km
- 우리나라의 세계 플랜트 시장 점유율은 2006년 기준으로 2% 미만이며, 석유화학 및 해양플랜트 분야에 편중되어 있고 중동지역의 지역적 편중 현상 심화
- 해외 선진업체와 국내업체의 엔지니어링 업무 비중을 살펴보면, 선진 엔지니어링 업체는 고부가가치 FEED설계의 공사에 많이 참여하지만, 국내 업체는 시공위주의 공정관리와 비용, 공사원가관리를 중심으로 수행

- **경제적 효과**

- 설계 기술 확보를 통한 건설비용 10% 획득
- 핵심운영설비(밸브) 국산화율 80% 확보
- 오일, 가스 플랜트시장은 약 800억 달러 규모까지 확대될 것으로 예상되며, 플랜트 FEED설계 기술을 통한 설계 용역의 수요시장 창출효과

## 2. 기술개발 전략 및 효과

### 가. 주요 내용

| 개념    | 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 배경    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (기술) 국내에는 동토를 대상으로 장거리 자원이송망(2,000km급)에 대한 설계 기술과 경험이 전무하여 급변하는 극한지 자원개발 사업에 국제경쟁력 확보를 위해서는 열유동 특성을 고려한 자원이송망과 극한온도조건(-40~20℃)을 반영한 동토지반 대상 기반구조물 설계 및 평가, 항복강도 550MPa급의 극한지용 고변형능 라인파이프 및 구조성능 개선기술 개발, 극한지 환경영향을 고려한 시공관리 및 접합부 안정화 기술 개발, 스마트 유지관리 시스템, 비즈니스 모델 개발을 통한 통합 엔지니어링 체인 구축이 필요</li> <li>• (정책) 2011년도 “과학기술기본계획”에 따르면 7대 집중육성 R&amp;D 분야에서 “국가주도기술 핵심역량 확보”분야는 투자규모가 가장 크며, 본 연구와 연계성이 높은 건설기술혁신사업과 극한지 에너지 및 자원이용 기술 개발이 포함되어 있으며 2011년 개최된 G20 정상회의에서 한·러 양국 정상회담을 통한 러시아 유·가스전 및 광물자원 개발 협력 강화와 천연가스 한국공급에 따른 장거리 자원이송에 대한 필요성이 증대</li> <li>• (산업/시장) 동토를 대상으로 자원개발에 국가적인 투자(시베리아 에너지 라인 건설: 2조 4천억원, 캐나다 BlackGold 광구 사업: 1,000억 달러)가 진행 중에 있으며, 극한지 자원이송망 건설 비용은 약 30억 원/km가 소요되어 소재-설계-가설의 일괄 프로젝트 수주 시 수십에서 수백억 달러의 매출액 확보 가능</li> </ul> |
| 목표    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자원이송망 최적 설계 기준 개발로 운전에너지 10% 절감 및 고기밀(max. 0.3 mm<sup>3</sup>/s) 밸브 개발</li> <li>• 극한지용(-40℃ 이하) 고변형능(1.5%이상) 파이프 및 현장 고속 접합기술 개발</li> <li>• 위험인자 극복형 라인파이프 이음부 시공 기술 및 환경영향 평가 기법 개발</li> <li>• 극한환경(-40℃, 2000km) 자원이송망 성능유지를 위한 유지관리 시스템 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 주요 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술 개발</li> <li>• 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발</li> <li>• 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향 평가 기법 개발</li> <li>• 극한환경 지능형 유지관리 시스템 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## 나. 연차별 목표 및 내용

| 연 차  | 연구목표                              | 중점기술개발내용                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | 극한지 자원이송망 설계 기반 연구                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원이송망 피해 사례 및 핵심 기술 조사</li> <li>- 극한지 자원이송망 설계 핵심 항목 도출</li> <li>- 최적 설계를 위한 배관망 수치평가</li> <li>- 핵심설비의 용량 및 중간기지 선정(안) 도출</li> <li>- 핵심운영설비(밸브) 설계 기술개발</li> <li>- 파이프라인-기반구조물 최적 형상(안) 도출</li> <li>- 시장선도형 핵심 기자재의 시장선도형 핵심 기자재 기반 Vendor list 구축</li> </ul> |
|      | 극한지용 파이프 사양 및 현장 접합 프로세스 컨셉 개발    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지용 파이프 접합부 사양 개발</li> <li>- 고속 현장 접합 프로세스 컨셉 개발</li> <li>- 파이프 접합부 성능평가 기법 분석</li> <li>- 극한지 라인파이프 관련 설계기준 분석</li> </ul>                                                                                                                                    |
|      | 극한지 자원이송망 시공 프로세스 규명 및 시공환경 검토    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 관련 국제기준 및 시방서 분석</li> <li>- 시공기준, 절차, 방법, 시공장비 사양 등 규명</li> <li>- 사용환경 및 요구조건 정의</li> </ul>                                                                                                                                                         |
|      | 유지관리시스템 기초연구                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지관리 시뮬레이터 알고리즘 개발</li> <li>- 예측 및 진단시스템 극한환경 설계(안) 도출</li> <li>- 자원이송망 변형 및 부식방지 설계(안) 도출</li> </ul>                                                                                                                                                         |
| 2차년도 | 극한지 자원이송망 설계 기법 정립 및 운영설비 개발 (I)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 요구조건 대응 운영설비 용량 및 중간기지 선정 방안 정립</li> <li>- 온도, 수요량에 따른 배관압력 및 내부유동특성의 수치 평가</li> <li>- 파이프라인 형상 최적설계 및 밸브 모델 개발</li> <li>- 환경외력(지진과 온도)에 따른 지반 거동 특성 분석</li> <li>- 자원이송망-기반구조물 상호거동 분석 이론식 및 프로세스 정립</li> <li>- 플랜트 기자재 성능 / 신뢰성 시험 설비의 인프라 구축</li> </ul>     |
|      | 극한지용 파이프 접합부의 시작품 개발 및 수치해석 모듈 개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파이프 접합부 1차 시작품(소구경) 개발</li> <li>- 고속 현장 접합 장치 기본 설계</li> <li>- 개발 파이프 접합부의 성능평가 계획 수립</li> <li>- 파이프 접합부의 수치해석 모듈 개발</li> </ul>                                                                                                                               |
|      | 극한지 파이프라인 코팅 기술 개발 및 시공 기술 분석     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 이중부식방지를 위한 용접부 세라믹 코팅 기법 개발</li> <li>- 극한지 파이프라인 시공 개념 도출</li> <li>- 극한환경 내 건설재료에 따른 유해가능성 시험 수행 및 평가분석</li> </ul>                                                                                                                                  |
|      | 유지관리시스템 요소기술 개발                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공계획 시뮬레이터 알고리즘 개발</li> <li>- 감시 및 진단시스템 구축 요소기술 개발</li> <li>- 자원이송망 용접부 품질관리 및 균열/부식 검출 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                     |

| 연 차  | 연구목표                                    | 중점기술개발내용                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3차년도 | 극한지 자원이송망 설계 기법 정립 및 운영설비 개발 (II)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 운영설비 운전조건 결정</li> <li>- 운영설비(밸브) 실물 시제품 제작 및 평가 I</li> <li>- 극한온도 변화 및 유량변동을 고려한 자원이송망 시뮬레이션 평가</li> <li>- 자원이송망-기반구조물 안정성 평가 실험형 실험</li> <li>- 기반구조물 설계정수 신뢰성 검토</li> <li>- 플랜트 경쟁력 확보를 위한 핵심 FEED 설계 기술 조사</li> <li>- 해외 FEED 설계 S/W 기술조사 및 D/B 구축</li> </ul> |
|      | 고속 현장 접합 장치 시제품 개발 및 파이프 접합부의 성능평가      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파이프 접합부 2차 시제품(대구경) 개발</li> <li>- 고속 현장 접합 장치 시제품 제작</li> <li>- 파이프 접합부의 1차(소구경) 성능평가</li> <li>- 극한지 파이프의 접합부 설계/해석 기법 개발</li> </ul>                                                                                                                               |
|      | 극한지 파이프라인 부식/방식기술 적용 및 성능평가             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인에 적용가능한 Portable ICCP BOX 개발 및 적용</li> <li>- 극한지 시공관리 모델 및 기법 선정</li> <li>- 건설재료의 시공 적합성 및 타당성 조사를 위한 모사환경 평가</li> </ul>                                                                                                                                  |
|      | 지능형 유지관리시스템 모듈 개발                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 준공 시뮬레이터 알고리즘 개발</li> <li>- 극한지 최저온도에서 사용가능한 동토지반의 변형 계측 모듈 개발</li> <li>- 극한지 최저온도에서 사용가능한 지지 구조물 변형 계측 모듈 개발</li> </ul>                                                                                                                                           |
| 4차년도 | 자원이송망 최적설계 DB구축 및 네트워크 최적 설계(안) 마련      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 운영설비(밸브) 실물 시제품 제작 및 평가 II</li> <li>- 최적설계기법에 의한 파이프라인 최적설계 DB 구축 및 에너지절약형 네트워크 최적화 기술 개발</li> <li>- 유체특성, 배관사양 등을 고려한 장거리배관 경제성 평가방안 개발</li> <li>- 기반구조물 유형별 최적 설계 방안 제시</li> <li>- 실험형 모형실험 결과를 활용한 설계 프로그램 신뢰성 검토</li> <li>- 파일럿 테스트 실행 및 검증</li> </ul>         |
|      | 극한지용 파이프 접합부 성능 평가                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고정밀 파이프 접합부 품질 관리 기술 개발</li> <li>- 고속 현장 접합 장치 제작성능 평가 및 개선</li> <li>- 파이프 접합부의 2차(대구경) 성능평가</li> <li>- 극한지용 파이프 접합부의 ECA</li> </ul>                                                                                                                               |
|      | 극한지 파이프라인 부식/방식 및 코팅 기술 검증 및 시공 프로세스 구성 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파이프라인 부식방식기법 시공 타당성 평가</li> <li>- 시공 관리 체계 구축</li> <li>- 사전환경성검토 및 사후환경 영향조사 수행 프로세스 구성</li> </ul>                                                                                                                                                                 |
|      | 연구동토-계절동토 경계부 지능형 유지관리시스템 개발            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지관리 시뮬레이터 시제품 개발</li> <li>- 영구동토-계절동토 경계부 자원이송망 변형 감시를 위한 계측 기술 개발</li> <li>- IT 기반통합 자동화 계측시스템, 계측관리 프로그램 개발 및 자동 경보 시스템 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                        |

| 연 차  | 연구목표                                  | 중점기술개발내용                                                                                                                                                                                                                                    |
|------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5차년도 | 자원이송망 통합 설계 기술 개발                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 운영설비 운전조건/용량/중간기지 위치 선정을 고려한 파이프라인 설계기준 제시</li> <li>- 극한지용 밸브 Pilot Test</li> <li>- 기반구조물 통합 설계 기준 제시</li> <li>- 자원이송망-기반구조물 통합 거동 시뮬레이터 개발</li> <li>- FEED 설계 기반 구축을 위한 플랜트 핵심 공정 해석기술</li> </ul> |
|      | 극한지용 파이프의 제작/설계 지침 개발 및 Pilot Test 반영 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파이프 접합부 제작지침 개발 및 Pilot Test 반영</li> <li>- 고속 현장 접합 매뉴얼 개발</li> <li>- 극한지용 파이프 성능평가 매뉴얼 작성</li> <li>- 극한지용 파이프 통합 설계적용 지침 작성</li> </ul>                                                            |
|      | 파이프라인 시공 지침 개발                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 자원이송망 시공 가이드라인 정립</li> <li>- 극한지 범용 시공 관리 체계 개발, 사용자 매뉴얼, 유지관리표준</li> <li>- 극한지 사전환경성검토 및 사후환경 영향조사 매뉴얼화</li> <li>- 재해영향성 평가 및 사고발생 대응 시스템 구축</li> </ul>                                       |
|      | 지능형 유지관리시스템 개발                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장거리 시뮬레이터 운영 매뉴얼 작성</li> <li>- 자원이송망 운용중 변형 감시를 위한 계측 평가 기술 개발</li> <li>- 사용자 중심 통합 유지관리시스템 매뉴얼 작성</li> </ul>                                                                                      |

## 다. 기대효과

### (1) 주요 예상성과(outcome) 및 활용방안

<1차, 2차 예상 산출물>

| 구 분                                            |                                                      | 특허 | 논문 | 공법 | 표준 | 시작품 | 장치 | SW |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----|----|----|----|-----|----|----|
| 극한지<br>자원이송망<br>기반구조물<br>설계 및<br>평가 기술<br>개발   | 극한지 자원이송망 최적 설계 및<br>운영설비 설치위치 및 용량선정                | ○  | ○  |    | ○  | ○   |    | ○  |
|                                                | 극한지 자원이송망 운영설비 개<br>발                                | ○  | ○  |    |    | ○   |    |    |
|                                                | 극한지 자원이송망 기반구조물<br>설계 및 평가 기술                        | ○  | ○  | ○  | ○  |     |    | ○  |
|                                                | 자원이송망-기반구조물 거동 예<br>측 및 평가 프로세스 개발                   |    | ○  |    | ○  |     |    |    |
|                                                | 극한지 자원이송망 선정을 위한<br>부지평가 기술                          | ○  | ○  |    |    | ○   |    |    |
| 극한지용<br>고변형능<br>파이프 및<br>현장<br>접합기술<br>개발      | 고변형능 파이프 및 고정밀 접합<br>부 제작 기술 개발                      | ○  | ○  |    |    | ○   |    |    |
|                                                | 고속/고변형능 파이프 현장 접합<br>기술 개발                           | ○  | ○  | ○  |    | ○   | ○  |    |
|                                                | 극한지 온도조건 고려 파이프 접<br>합부 성능평가                         |    | ○  |    | ○  |     |    |    |
|                                                | 개발 파이프 접합부의 설계 적용<br>기술 개발                           |    | ○  |    | ○  |     |    | ○  |
| 극한지<br>환경영향을<br>고려한 최적<br>파이프라인<br>시공 기법<br>개발 | 파이프라인 용접부 부식방식 및<br>코팅 기술 개발                         | ○  | ○  | ○  | ○  |     | ○  |    |
|                                                | 극한지 파이프라인 시공관리 체<br>계 구축                             |    | ○  | ○  | ○  |     |    |    |
|                                                | 극한지 환경에서의 환경 영향성<br>검토 및 환경조사 프로세스 메뉴<br>얼           |    | ○  | ○  | ○  |     |    |    |
| 자원이송망<br>지능형<br>유지관리<br>시스템 개발                 | 유지관리 시뮬레이터 기술 개발                                     | ○  | ○  |    |    | ○   |    | ○  |
|                                                | 자원이송망 시공품질 향상을 위<br>한 유지관리 평가 기술 개발                  |    | ○  |    |    | ○   | ○  | ○  |
|                                                | 자원이송망 생애주기 향상을 위<br>한 장거리 자원이송망 통합 유지<br>관리 평가 기술 개발 | ○  | ○  |    |    | ○   |    | ○  |

<OUTCOME 예상 산출물>

| 구 분                                            |                                              | OUTCOME                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 극한지<br>자원이송망<br>기반구조물<br>설계 및<br>평가 기술         | 극한지 자원이송망 토털 설계 및 운영설비 기술 개발                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 통과 배관 설계기술 확보로 해외사업 초기 비용 대폭절감</li> <li>- 국산 설계기술 확보로 국산핵심부품 활용 극대화 가능</li> <li>- 배관운영 유지관리 기술의 국산화 개발에 필요한 기반기술 제공</li> </ul>                                                   |
|                                                | 극한지 기반구조물 설계 및 평가 기술 개발                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 기반구조물 설계시공 기술자립</li> <li>- 설계시공기술 자립화를 통한 건설비용 절감</li> <li>- 자원이송망 수명 증대로 유지보수비용 절감</li> <li>- 동결토의 영향을 받는 지반구조물 설계프로그램 개발과 기술력 축적</li> <li>- 극한지 구조물의 설계와 안정성 검토에 활용</li> </ul> |
|                                                | 자원이송망-기반구조물 거동 예측 및 평가 프로세스 개발               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동토지역 자원이송망의 내진 설계 가이드라인</li> </ul>                                                                                                                                                   |
|                                                | 극한지 자원이송망 선정을 위한 부지평가 기술                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적의 부지선정으로 인한 설계 및 시공비용 절감</li> <li>- 극한지 지반조사 및 강도평가용 장비개발 기술 축적으로 향후 극한지 구조물 건설 등에 활용</li> <li>- 극지 및 동토지역 관련 지반조사기술 능력 향상</li> </ul>                                              |
| 극한지용<br>고변형능<br>파이프 및<br>현장<br>접합기술<br>개발      | 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작 기술 개발                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작 기술 확보를 통한 원천 기술 확보</li> </ul>                                                                                                                                  |
|                                                | 고속/고변형능 파이프 현장 접합 기술 개발                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고속/고변형능 파이프의 현장 접합 프로세스 및 장치 개발을 통한 파이프 시공 효율 향상</li> </ul>                                                                                                                          |
|                                                | 극한지 온도조건 고려 파이프 접합부 성능평가                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 온도조건을 고려한 파이프 접합부의 성능검증을 통한 기술신뢰도 확보</li> </ul>                                                                                                                                  |
|                                                | 개발 파이프 접합부의 설계 적용 기술 개발                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지용 파이프 및 접합부의 해석/설계/평가 기술 자립으로 인한 기술경쟁력 향상</li> </ul>                                                                                                                              |
| 극한지<br>환경영향을<br>고려한 최적<br>파이프라인<br>시공 기법<br>개발 | 파이프라인 용접부 부식방식 및 코팅 기술 개발                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지에 적합한 재료 시공 기술 개발로 기술경쟁력 향상</li> </ul>                                                                                                                                            |
|                                                | 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 시공사례 분석</li> <li>- 시공관리 체계 구축을 통한 공기 단축</li> </ul>                                                                                                                         |
|                                                | 극한지 환경에서의 환경 영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 환경영향성평가 프로세스 구성을 통한 환경보호</li> <li>- 사고발생 대응시스템 구축으로 시공 안정성 확보</li> </ul>                                                                                                             |
| 자원이송망<br>지능형<br>유지관리<br>시스템 개발                 | 유지관리 시뮬레이터 기술 개발                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 및 유지관리 리스크 인자 사전 도출 및 시공성 향상 기술 확보</li> <li>- 유지관리 시뮬레이션을 통한 효율적 LCA (Life Cycle Assessment) 및 failure tracing 기술 확보</li> </ul>                                                   |
|                                                | 자원이송망 시공품질 향상을 위한 유지관리 평가 기술 개발              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 유지관리 센서기술 및 탐지기술 확보</li> <li>- 극한지 최저온도(-40℃)사용 가능 계측 및 제어 시스템의 신뢰도 확보</li> <li>- 극한지 시공중 자원이송망 및 기반구조물 신뢰도 확보</li> </ul>                                                        |
|                                                | 자원이송망 생애주기 향상을 위한 장거리 자원이송망 통합 유지관리 평가 기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장거리(2000km) 극한지 자원 이송망 건전성 평가를 위한 LCA 기술 확보</li> <li>- 유지관리 엔지니어링 기술 기반 마련</li> <li>- 극한지 통합 유지관리시스템의 신뢰도 확보</li> </ul>                                                              |

## (2) 경제적 측면

- 해외 극한지 자원 개발 사업에 참여할 수 있는 기반을 제공하여 국내의 중장기적인 에너지원 확보가 가능하며, 이로 인한 새로운 개념의 건설 인프라 창출로 국가 건설경기 부양효과.
- 영구동토를 포함한 극한지 건설기술 진출을 통한 외화 획득 가능(시베리아 에너지 라인 건설: 2조 4천억원, 캐나다 BlackGold 광구 사업: 1,000억 달러).
  - 극한지 자원이송망 건설 비용은 약 30억원/km가 소요되어 소재-설계-가설의 일괄 프로젝트 수주 시 수십에서 수백억 달러의 매출액 확보 가능.
  - 극한지 자원이송망 건설 비용 중 소재비용이 약 40%, 엔지니어링 비용이 약 10%, 시공비용이 20%를 차지하므로 각 기술분야별 프로젝트 분리 참여의 경우에도 막대한 외화 획득 가능.
- 극한지 자원이송망 최적화 설계 기술로 자원이송 에너지 비용 10% 절감 및 핵심부품 해외 수출 가능.
- 극한지 자원이송망 하부구조 지지성능 향상으로 유지관리 비용 20%절감 효과.
  - 이송망의 예방적 보수/보강을 위한 통합계측관리시스템을 구축함으로써 유지관리비용의 최소화 가능.
  - 사전 조사 및 위험시기를 예상하여 즉각 조치가 가능함에 따라 인적 및 물적피해 최소화가 기대.
- 해양플랜트의 경우 전체 발주금액 대비 해상생산플랜트가 27%, 해저생산플랜트가 31%, 동력공급을 위한 URF에 33% 나머지 9%가 제어시스템에 소요되는 현실에 비추어 볼 때 극한지도 비슷한 경향을 나타낼 것으로 판단되며, 여기에 해상생산플랜트에 탑재되는 운영시스템과 유지관리시스템까지 더하면 20%이상이 운영·제어시스템에 소요될 것으로 추정.
- 건설 제어·자동화 장비산업의 시장규모는 노동력과 고령화 추세와 맞물려 2006년 국토해양부 보고자료에 따르면 5년 단위로 평균 50% 증가가 예상되며 IT 건설기술의 경우 국내건설시장 규모가 약 80조 원임을 감안할 때 약 0.4%인 3200억 원 정도의 IT융합건설기술시장규모를 가지고 있는 것으로 예측된다. 또한 구조물 모니터링 기술시장은 2010년 건설투자에서 유지관리 분

야의 비중이 선진국과 비슷한 30% 내외를 차지할 것으로 추정.

### (3) 기술적 측면

- 극한지 자원이송망 건설 관련 핵심 기술 확보로 국제 경쟁력 강화.
- 극한지 지반 특성을 반영한 기반구조물 설계 및 지지성능을 확보할 수 있는 핵심 기술의 제공으로 극한지 건설 기술 시장 개척을 위한 기술 노하우 축적.
- 극한지용 파이프의 제작, 현장접합, 성능평가, 설계적용 관련 기술 개발을 통해 극한지용 에너지 수송망 기술을 확보함으로써 일차적으로는 해외 파이프 라인 프로젝트에 참여할 수 있는 기술적 기반을 다질 수 있고, 이와 더불어 해양플랜트, 해상용 파이프라인 등 타 유관 산업 분야에 응용 가능함.
- 국외의 첨단계측기(GPS 및 광센서 등) 기술과 선진국을 압도하는 국내의 IT 기술력이 융합한 극한지 자원이송망 통합계측관리시스템의 구성을 통해 기술적 우위 확보.
- 극한지 건설기술의 기술선도 및 기술집약적 고부가가치 기술 개발 체계 정립, 지속 가능한 성장 동력 기반 확립.
- 세계적으로 극소수 oil major사에 의해 운영되는 oil & gas 관련 설비는 고부가가치를 잠재한 매력적인 시장으로 신뢰성 확보를 통한 원천기술 확보.

### (4) 사회적 측면

- 극한지 자원이송망 건설기술 확보로 러시아 극동지역 진출 기회 증대, 러시아와의 외교영역 확대, 에너지 수입 고비용 절감과 에너지 안보 강화.
- 세계적 수준의 극한지 건설 관련 기술 개발로 다양한 실증연구 가능 및 국가 위상 제고.
- 극한지용 자원이송망 건설은 직접적으로 18,000개 간접적으로 26,000개의 일자리 창출 효과(Alaska Natural Gas Pipeline).
  - 천연 가스 개발 프로젝트의 경우 십억달러 당 21,888개의 일자리가 창출되

어 사회·경제에 미치는 영향이 막대.

- 지능형 유지관리 시스템 기술 개발은 산업의 균형발전 및 사회적 과급효과가 막대하고 공공적인 제어관리 시스템의 구축을 통해 이송망 구조물 및 이외 관련된 사회간접기반 시설물의 총괄적인 유지관리계측이 가능.
- 극한지용 파이프라인 설계 및 평가 기술은 심해, 혹서지 등 극한 환경용 파이프라인 설계기술로 확장시킬 수 있으며, 환경영향을 고려한 최적설계를 통해 CO<sub>2</sub> 배출 및 환경파괴를 최소화.

### 3절. 연구개발과제 구성

| 구분 |              | 과제명                                          |
|----|--------------|----------------------------------------------|
|    | <b>1세부과제</b> | <b>극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술 개발</b>         |
|    | 1구성기술        | 자원이송망 최적 설계 및 평가 기술 개발                       |
|    | 2구성기술        | 극한지 자원이송망용 운영설비 개발                           |
|    | 3구성기술        | 극한지 자원이송망 설계기준 개발                            |
|    | 4구성기술        | 자원이송망 최적 부지조사 및 평가 기술 개발                     |
|    | 5구성기술        | 기반구조물 설계 및 평가 기술 개발                          |
|    | 6구성기술        | 자원이송망-기반구조물 거동 예측 및 평가 프로세스 개발               |
|    | <b>2세부과제</b> | <b>극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발</b>           |
|    | 1구성기술        | 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작 기술 개발                  |
|    | 2구성기술        | 고속/고변형능 파이프 현장 접합기술 개발                       |
|    | 3구성기술        | 극한지 온도조건 고려 파이프 접합부 성능평가                     |
|    | 4구성기술        | 개발 파이프 접합부의 설계 적용기술 개발                       |
|    | <b>3세부과제</b> | <b>극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발</b>       |
|    | 1구성기술        | 극한지 파이프라인 용접부 부식/방식 및 코팅 기술                  |
|    | 2구성기술        | 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축                         |
|    | 3구성기술        | 극한지 환경에서의 환경 영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼          |
|    | <b>4세부과제</b> | <b>자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발</b>                 |
|    | 1구성기술        | 유지관리 시뮬레이터 개발                                |
|    | 2구성기술        | 자원이송망 시공품질 향상을 위한 유지관리 평가 기술 개발              |
|    | 3구성기술        | 자원이송망 생애주기 향상을 위한 장거리 자원이송망 통합 유지관리 평가 기술 개발 |

## 4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

### 1. 1세부과제 : 극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술 개발

#### 가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제의 개념  | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 자원이송에 필요한 에너지 절약형 운영설비 및 최적관망 설계와 동토지반 대상 기반구조물 설계 및 평가 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                     |
| 세부과제의 범위  | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한 온도에서 유체흐름 최적화에 필요한 극한지 파이프라인 설계 및 운영설비와 극한온도조건(-40~20℃)을 반영한 동토지반 대상 기초구조물을 포함한 통합 설계 방안 제시</li> </ul>                                                                                                                                                                                        |
| 목표        | <ul style="list-style-type: none"> <li>효율적인 자원이송망 유동흐름을 고려한 최적설계로 운전에너지 10% 절감</li> <li>42"급 극한지 이송망 밸브(누설량 max. 0.3 mm<sup>3</sup>/s) 개발</li> <li>동결융해 피해저감형 자원이송망 기반구조물 설계 기술 자립화</li> <li>기반구조물 설계정수 신뢰성 확보를 통한 세계 수준의 설계 기준 정립</li> </ul>                                                                                           |
| 연구내용      | <ul style="list-style-type: none"> <li>자원이송망 최적설계 및 평가기술 개발</li> <li>극한지 자원이송망용 운영설비 개발</li> <li>극한지 자원이송망 설계기준 개발</li> <li>자원이송망 최적 부지조사 및 평가 기술 개발</li> <li>기반구조물 설계 및 평가 기술 개발</li> <li>자원이송망-기반구조물 거동 예측 및 평가 프로세스 개발</li> </ul>                                                                                                    |
| 기술적 위험요인  | <ul style="list-style-type: none"> <li>국내 극한지 파이프라인 설계기술 부재로 관련 기술 기준 부재</li> <li>현장 적용평가의 어려움으로 인한 기술 타당성 확보가 어려움</li> <li>국내에는 동토를 대상으로 장거리 자원이송망(2,000km급)에 대한 설계 기술과 경험이 전무하여 신뢰성 확보에 어려움이 예상</li> </ul>                                                                                                                            |
| 연구개발 추진전략 | <ul style="list-style-type: none"> <li>설계기술로 설계업체, 출연연구기관, 정부관련기관, 대학, 자원이송망 관련업체 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시</li> <li>관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입·기술자문을 적극적으로 추진</li> <li>대형 냉동챔버를 활용한 실험실 모형실험으로 설계 평가 및 신뢰성 확보</li> <li>다분야 융합연구를 통한 다차원적인 계획 및 실험 등 다차원적인 기술축적 및 전문인을 양성하여 기술 개발</li> </ul> |

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>기대효과 및<br/>파급효과</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 극한지용 자원이송망-기반구조물 설계기술 개발을 통해 일차적으로는 해외 자원이송망 프로젝트에 참여할 수 있는 기술적 기반 마련</li> <li>■ 동토를 대상으로 국가적 차원의 자원개발 사업에서 극한지 자원이송망 설계 비용은 약 10%가 소요되어 소재-설계-가설의 일괄 프로젝트 수주 시 수십에서 수백억 달러의 매출액 확보 가능(시베리아 에너지 라인 건설: 2조 4천억원, 캐나다 BlackGold 광구 사업: 1,000억 달러)</li> <li>■ 극한지 자원이송망 최적화 설계 기술로 자원이송 에너지 비용 15% 절감 및 핵심운영설비 해외 수출 가능</li> <li>■ 설계 기술 확보를 통한 엔지니어링 체인(수주-설계-시공-유지관리) 구축으로 극한지 대형 자원개발 사업 참여 기회 증대 및 국가 신성장 동력 창출 효과</li> <li>■ 극한지 파이프라인 통합설계기술을 일반 파이프라인 설계기술에 응용가능</li> <li>■ 파이프라인 운용설비 국산화로 수입대체 효과 기대</li> </ul> |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 나. 연차별 목표 및 내용

| 연 차  | 연구목표                           | 중점기술개발내용                                                                                                                                                                                                             |
|------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | 극한지 자원이송망 설계 기반연구              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 운영설비 현황 및 특성 조사</li> <li>- 극한지 배관망 설계 요소 선정</li> <li>- 수치최적화를 통한 극한지 배관망 기초 설계 및 최적설계 기초 연구</li> <li>- 파이프라인 형상(직관, 곡관, 합류관, 경사관) 에 따른 내부유동장 수치평가기법 연구</li> </ul> |
|      | 극한지 자원이송망 운영설비 기반연구            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 압축기, 정압기, 메타링 설비 등의 용량 및 최적 중간기지 위치선정 기반 연구</li> <li>- 주요 운영설비 운전조건 결정 기반 연구</li> <li>- 핵심운영설비(밸브) 설계기술 개발</li> </ul>                                                       |
|      | 극한지 자원이송망 최적 부지평가 기법 정립        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적의 자원이송망 구조물 부지선정을 위한 극한지 영구동토 분류기법 평가</li> <li>- 극한지 영구동토 지반조사 평가기법 기반연구</li> <li>- 극한지 자원이송망 선정을 위한 광역탐사기법 연구</li> <li>- 현장 온도계측을 통한 극한지 동결 및 융해깊이 평가</li> </ul>         |
|      | 자원이송망-기반구조물 거동 예측 및 평가 기법 도출   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이송망 지진 피해 사례 조사 및 피해 방지 대책 조사</li> <li>- 이송망 내진 설계 기준 조사</li> <li>- 고상식 이송망의 내진 해석 사례 조사</li> <li>- 지중매설식 이송망의 내진 해석 사례 조사</li> </ul>                                       |
|      | 기반구조물 형식 도출 및 설계 기반 연구         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 자원별 이송망 기반구조물 형식 조사</li> <li>- 극한지 지반조건에 따른 기초-구조물 상관 관계 분석</li> <li>- 기존의 동결이론에 대한 정리 및 분석</li> <li>- 미시적 관점에서의 동결토의 THM(열·수리·역학적) 현상에 대한 동결 이론의 제시</li> </ul>         |
| 2차년도 | 극한지 자원이송망 설계 기반연구              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도, 수요량에 따른 배관압력 및 내부유동장 수치시뮬레이션 평가</li> <li>- 극한온도 변화 및 유량변동을 고려한 수격(water hammer)현상 제거 설계기술 개발</li> <li>- 수치 최적화를 적용한 배관망 설계기술 개발</li> </ul>                              |
|      | 극한지 자원이송망 운영설비 기반연구            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 계절별 온도 변화에 따른 운영설비의 운전조건 조사 및 현상 분석</li> <li>- 운영설비(밸브)의 모델 설계, 제작 및 성능평가</li> <li>- 극한지 자원이송망용 실물 밸브 실험장치 설계 및 제작</li> </ul>                                               |
|      | 극한지 자원이송망 선정을 위한 최적 부지평가 기법 연구 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지용 지반조사 장비 제작 및 극한환경 성능평가</li> <li>- FASST 모델을 이용한 극한지 지표면 온도변화에 따른 동토정수 예측기법 개발</li> </ul>                                                                               |
|      | 지진에 따른 자원이송망-기반구조물-지반 증폭특성 규명  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동토의 온도별 설계 동적곡선 제시</li> <li>- 동토지역의 계절별 지반 내 온도변화에 따른 지반증폭특성 분석</li> </ul>                                                                                                  |
|      | 기반구조물 설계 기법 정립                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지반 열적특성 분석 및 열분포에 따른 기반구조물 설계 정수 도출</li> <li>- 동결지반의 THM(열·수리·역학적) 현상에 관한 이론식의 정립과 수식화</li> </ul>                                                                           |

| 연 차  | 연구목표                                                | 중점기술개발내용                                                                                                                                                                                                                      |
|------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3차년도 | 극한지 자원이송망 최적 설계기술 개발                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 외기온도변화에 따른 내부 유동장 특성 조사 및 분석기법 개발</li> <li>- 극한온도 변화 및 유량변동을 고려한 자원이송망 설계방법 개발</li> <li>- 파이프라인 유동성 평가를 통한 안정성 연구</li> </ul>                                                         |
|      | 극한지 자원이송망 운영설비 개발                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 운영설비의 운전조건 결정기법 개발</li> <li>- 운영설비(밸브)의 실물크기 시제품 설계 및 제작</li> <li>- 국제규격에 부합하는 측정장비에 의한 밸브 성능평가 방법 개발 및 기준 정립</li> </ul>                                                          |
|      | 극한지 기반구조물 동상 안정화 기법 연구                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동토지반 동상 및 융해피해 저감기법 정립</li> <li>- pipeline 보온 및 기초지반 보강용 단열기법 연구</li> </ul>                                                                                                          |
|      | 고상식 자원이송망 VSM(vertical support member)의 내진 설계 기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- VSM(vertical support member)과 지반의 상호작용이 고려된 동적 해석을 통한 응답특성 분석</li> <li>- 계절적 온도변화의 영향성 검토</li> </ul>                                                                                 |
|      | 자원이송망 실내 모형실험 및 거동평가 I                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원이송망의 동결 및 융해 작용을 받는 실내 모형체 제작</li> <li>- 모니터링 시스템의 구축 및 모형실험 수행</li> <li>- 지지구조물 설계 지침 I</li> </ul>                                                                                |
| 4차년도 | 극한지 자원이송망 최적 설계기술 개발                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적설계기법에 의한 파이프라인 최적설계 DB구축</li> <li>- 에너지 절약을 위한 파이프라인 네트워크 최적화 기술 개발</li> <li>- 극한지 자원이송망 유체특성, 배관사양 등을 고려한 장거리배관 경제성 평가방안 개발</li> </ul>                                            |
|      | 극한지 자원이송망 운영설비 개발                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 운영설비(밸브) 보완 및 최종 실물 시제품 설계 및 평가</li> <li>- 밸브 설계 프로그램 작성</li> <li>- 운영설비 운전조건 결정 DB구축 및 매뉴얼 작성</li> </ul>                                                                            |
|      | 극한지 자원이송망 선정을 위한 최적 부지평가 기법 개발                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 영구동토 분류에 따른 동결영향평가 및 부지 선정 기준 정립</li> <li>- 극한지 지반조건에 따른 동토지반기술 정보 D/B</li> <li>- 동토지반 동상 및 융해 평가 표준화</li> </ul>                                                                 |
|      | 지중매설식 자원이송망의 내진 안전성 평가                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단층 운동에 따른 지중매설식 자원이송망 응답 특성 분석</li> <li>- 지중매설식 자원이송망의 fragility curve 제시</li> </ul>                                                                                                 |
|      | 자원이송망 실내 모형실험 및 거동평가 II                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실험대형 모형실험을 통한 성능평가</li> <li>- 하부 구조물의 물리-역학적 거동 해석 기술 개발</li> <li>- 동결지반에 대한 THM 역학적 구성모델의 개발</li> <li>- 실내모형 실험에 대한 수치 해석적 검증</li> <li>- 매설 단면과 뒷채움재의 종류에 따른 최적 설계 방안 제시</li> </ul> |

| 연 차  | 연구목표                           | 중점기술개발내용                                                                                                                                                                             |
|------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5차년도 | 극한지 자원이송망 통합 설계기술 개발           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한온도 특성 및 이송관 형상을 고려한 극한지 자원이송망 설계기준 제시</li> <li>- 운영설비 용량</li> <li>- 중간기지 위치 선정을 고려한 자원이송망 통합 설계기준 제시</li> </ul>                           |
|      | 극한지 자원이송망 운영설비 평가              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지용 밸브 Pilot Test</li> <li>- 극한지용 밸브 보온 특성 평가</li> </ul>                                                                                   |
|      | 극한지 자원이송망 최적 프로그램 개발 및 보수방안 개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 안전운전을 위한 자원이송망 최적 운영 프로그램 개발</li> <li>- 가상 자원이송망 설계를 위한 시뮬레이터 개발 II</li> </ul>                                                          |
|      | 기반구조물 설계 기준 개발 및 현장 적용성 검토     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기반구조물 현장 적용성 평가 및 검증</li> <li>- 기반구조물 설계 지침 II</li> <li>- 자원이송망에 최적화된 통합 설계 기법 개발</li> <li>- VSM과 지중매설식 자원이송망에 대한 내진 설계 가이드라인 제시</li> </ul> |
|      | 자원이송망-기반구조물 거동 예측 프로그램 개발      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지반거동 예측 프로그램 개발</li> <li>- 개발 프로그램의 비교 분석 및 검증</li> </ul>                                                                                   |

## 다. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

### (1) 연구개발 필요성

- 자원이송망에 의한 에너지 수송은 수송거리 약 2,000km 이하 중단거리 구간에서 대용량 에너지 수송에 가장 적합한 방법으로 알려져 있음.
- 극한지 기반구조물은 국내와 상이한 환경적 영향(극한의 외기온도, 지반 동결 융해, 지반온도, 지진활동 등)으로 인한 특수 설계 기술이 필요하지만 국내에서는 이러한 극한 환경의 부재로 기술 수요가 미미하여 국내 극한지 자원이송망 기반구조물 설계 기술은 걸음마 단계임.
- 향후 극한지 에너지자원 개발수요 증가가 예상되고 있는 상황에서 세계 시장을 해외 소수의 회사가 독점하고 있어 독자개발을 통하여 시장진입 기반 마련이 필요함.

### (2) 정부지원 필요성

- 국토해양부에서 발간한 “2010년 국토해양 R&D 발전전략”에 명시된 미래핵심 건설교통분야 11개 중점육성 사업에서 건설기술혁신과 플랜트고도화 사업은 본 연구와 직접적인 연계를 갖고 있음.
- 극한지 자원이송망 설계 및 평가 기술 개발은 국내 극한지 부재로 인한 민간 기업의 시급한 참여가 어려우며, 단기적 이익보다는 극한지 플랜트 사업 추진에 따른 국가 미래 신성장동력 및 에너지 안보 강화와 같은 공공성이 큰 중장기적 기반기술로서 학계나 민간 기업이 주도하기 어려움. 따라서 기업주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 필요함.
- 극한지용 자원이송망 설계 및 평가 기술은 국내 생산 극한지용 핵심부품과 시공 기술을 해외시장에 진출시키기 위한 기반 기술이며, 정부 주도의 연구개발을 통한 설계 기준을 정립하여 관련 민간산업에서 활용하는 방안이 타당함.

라. 최종성과물 및 성과지표

| 과제                                        | 성과목표                                | 성과지표                                                   | 측정방법                                   | 단위 | 목표치 | 목표치 설정근거                                      |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|----|-----|-----------------------------------------------|
| 극한지 이송망<br>이송망 기반<br>구조물 설계 및<br>평가 기술 개발 | 극한지 이송망<br>최적설계<br>기술 개발            | 최적설계<br>DB구축                                           | DB구축 여부                                | 건  | 1   | 작동유체의 고효율<br>수송을 위한 이송망<br>최적설계 기술 필요         |
|                                           |                                     | 설계기준 제시                                                | 설계기준제시<br>여부                           | 건  | 1   |                                               |
|                                           | 극한지 이송망<br>운영설비 개발                  | 42"급 이송관용<br>밸브<br>(누설량max. 0.3<br>mm <sup>3</sup> /s) | BS 6364                                | 건  | 1   | 이송망의 유체이송 및<br>제어의 핵심부품인<br>펌프 및 밸브개발이<br>필요  |
|                                           |                                     | 운영설비 용량<br>- 중간기지 위치<br>선정 설계기준<br>제시                  | 설계기준제시<br>여부                           | 건  | 1   | 운영설비 용량-<br>중간기지 위치선정<br>기준 필요                |
|                                           | 기반구조물<br>설계 기준                      | 기반구조물 설계<br>기준 제시                                      | 설계기준제시<br>여부                           | 건  | 1   | 기반구조물 설계 기준<br>필요                             |
|                                           | 동토지반 안정화<br>공법 제시                   | 동결융해<br>피해저감 기술<br>제시                                  | 지반안정화 공법<br>설계 기술 개발<br>여부             | 건  | 1   | 동결융해 피해저감<br>기술 필요                            |
|                                           | 자원이송망-기반<br>구조물 거동<br>예측 프로그램<br>개발 | 동결융해에 따른<br>자원이송망 거동<br>예측 모델 제시                       | 자원이송망-기반<br>구조물 거동<br>분석 프로그램<br>개발 여부 | 건  | 1   | 자원이송망-기반구조물<br>통합 해석 필요                       |
|                                           | 설계 기술<br>현장적용                       | 현장적용을 통한<br>설계 기술 검증                                   | 현장 Pilot Test<br>여부                    | 건  | 1   | 현장적용을 통한<br>개발기술 실증                           |
|                                           | 학술적 성과                              | 학술지 게재<br>건수                                           | 학술지 게재<br>여부                           | 건  | 27  | 기초 원천기술 확보를<br>위한 학술적 연구 필요                   |
|                                           |                                     | 학술대회 발표<br>건수                                          | 학술 발표 여부                               | 건  | 21  | 국내 자원이송망 설계<br>기술 국제적 홍보 및<br>해외기관의 신뢰성<br>검토 |
|                                           | 지적재산권                               | 특허 출원 건수                                               | 특허출원여부                                 | 건  | 12  | 기초 원천기술 확보<br>근거                              |
|                                           |                                     | 특허 등록 건수                                               | 특허등록여부                                 | 건  | 6   |                                               |
|                                           |                                     | 프로그램 등록                                                | 프로그램등록<br>여부                           | 건  | 2   |                                               |

## 2. 세부과제 : 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발

### 가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제의 개념    | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지용 파이프라인 요구성능에 부합하는 파이프 및 접합부의 제작, 현장 접합, 성능평가, 설계 적용 기술 개발을 통해 극한지용 자원이송망 건설의 기반 기술 구축</li> </ul>                                                                                                                                                                                  |
| 세부과제의 범위    | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지용 고변형능 파이프 및 접합부의 제작, 현장 접합, 성능 평가, 설계 적용 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                         |
| 목표          | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지용(-40℃ 이하) 고변형능(조관후 인장/압축 1.5% 이상) 파이프 및 현장 고속 접합기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                  |
| 연구내용        | <ul style="list-style-type: none"> <li>고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작 기술 개발</li> <li>고속/고변형능 파이프 현장 접합기술 개발</li> <li>극한지 온도조건 고려 파이프 접합부 성능평가</li> <li>개발 파이프 접합부의 설계 적용기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                              |
| 기술적 위험요인    | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지용 파이프라인의 국내기업의 소재 공급, 설계, 시공 사례 부재</li> <li>극한지용 파이프라인 건설은 극동러시아, 알래스카 등 외국에 소재하고 있어, 관련 자료의 확보가 어렵고, 시장 진입 높은 장벽</li> <li>기술개발을 위하여 국내 제강사, 강관사, 설계사, 건설사의 유기적인 협조 체계가 필요하지만, 강관사의 경우 영세하여 소극적인 기술개발</li> <li>국내의 극한지용 라인파이프 설계 및 해석 경험이 전무</li> </ul>                            |
| 연구개발 추진전략   | <ul style="list-style-type: none"> <li>관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입·기술자문을 적극적으로 추진</li> <li>국내 파이프라인 관련 전문가 및 기관과의 유기적인 협조 및 참여 추진</li> <li>극한지 유사환경 또는 해외 극한지에서의 Pilot Test를 추진하여 개발기술의 적용 및 검증</li> <li>관련 설계기준 분석 및 극한환경 대응 파이프라인 관련 문헌 분석을 통한 이슈 도출</li> <li>해외 전문 기업 또는 기관과의 협력 체계 구축</li> </ul> |
| 기대효과 및 파급효과 | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지용 고변형능 파이프의 제작, 현장 접합, 설계, 평가 기술 확보</li> <li>해외 극한지 파이프라인 프로젝트에 소재 공급 또는 건설에 참여</li> <li>고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 확보를 통한 기술 경쟁력 향상</li> <li>극한지용 파이프라인 해석/설계/평가 기술 자립으로 인한 기술경쟁력 향상</li> </ul>                                                                                          |

## 나. 연차별 목표 및 내용

| 연 차  | 연구목표                            | 중점기술개발내용                                                                      |
|------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | 극한지용 파이프 접합부 사양 개발              | - 기존 파이프 접합부 기능 분석<br>- 극한지용 파이프 및 접합부 사양 개발                                  |
|      | 고속 현장 접합 프로세스 컨셉 개발             | - 기존 현장 접합 프로세스 기술 분석<br>- 고속 현장 접합 프로세스 컨셉 도출                                |
|      | 파이프 접합부 성능평가 기법 분석              | - 파이프 접합부 성능평가 해외사례 벤치마킹<br>- 파이프 접합부 성능평가 방향 설정                              |
|      | 극한지 라인파이프 관련 설계기준 분석            | - 설계기준 비교 및 분석 : CSA Z662 등<br>- 설계조건 및 하중, criteria 분석                       |
| 2차년도 | 파이프 접합부 1차 시작품(소구경) 개발          | - 고변형능 파이프용 소재/제작방법 선정<br>- 파이프 접합부 1차 시작품 제작                                 |
|      | 고속 현장 접합 장치 기본 설계               | - 고속 현장 접합 장치 개념 설계<br>- 고속 현장 접합 장치 설계 도면 작성                                 |
|      | 개발 파이프 접합부의 성능평가 계획 수립          | - 파이프 접합부의 소재 성능 평가<br>- 파이프 접합부의 구조성능 평가 계획 수립<br>- 파이프 접합부의 구조성능 평가용 시험체 설계 |
|      | 파이프 접합부의 수치해석 모듈 개발             | - 파이프 접합부 인장/압축 수치해석 모듈 개발<br>- 파이프 접합부의 인장/압축 변형능 수치해석                       |
| 3차년도 | 파이프 접합부 2차 시작품(대구경) 개발          | - 파이프 조관 및 가공 방법 개선<br>- 파이프 접합부 2차 시작품 제작                                    |
|      | 고속 현장 접합 장치 시작품 제작              | - 고속 현장 접합 장치용 소재/업체 선정<br>- 고속 현장 접합 장치 시제품 제작<br>- 고속 현장 접합 장치 시제품의 시조작     |
|      | 파이프 접합부의 1차(소구경) 성능평가           | - 파이프 접합부 1차 시험체 제작<br>- 파이프 bending/bursting/sealing 성능평가                    |
|      | 극한지 파이프의 접합부 설계/해석 기법 개발        | - 극한지 대변형 조건 대응 해석 기법 개발<br>- 극한지 대변형 조건 대응 설계 기법 개발                          |
| 4차년도 | 고정밀 파이프 접합부 품질 관리 기술 개발         | - 파이프 소재 및 조관 품질 기준 작성<br>- 파이프 접합부 제작 품질 관리 기준 작성                            |
|      | 고속 현장 접합 장치 제작성능 평가 및 개선        | - 현장 조건별 파이프 접합 장치 제작 성능평가<br>- 현장 조건별 파이프 접합 프로세스 최적화                        |
|      | 파이프 접합부의 2차(대구경) 성능평가           | - 파이프 접합부의 2차 시험체 제작<br>- 접합부 bending/bursting/sealing 성능평가                   |
|      | 극한지용 파이프 접합부의 ECA               | - 허용 손상 크기 산정 프로세스 개발<br>- 파이프 접합부의 변형성능 평가 프로세스 개발                           |
| 5차년도 | 파이프 접합부 제작지침 개발 및 Pilot Test 반영 | - 극한지용 파이프 접합부 제작 지침 작성<br>- 파이프 접합부의 Pilot Test 선정/설계 반영                     |
|      | 고속 현장 접합 매뉴얼 개발                 | - 극한지용 파이프 고속 현장 접합 매뉴얼 작성                                                    |
|      | 극한지용 파이프 성능평가 매뉴얼 작성            | - 접합부 bending/bursting/sealing 성능평가 매뉴얼 작성                                    |
|      | 극한지용 파이프 통합 설계적용 지침 작성          | - 파이프 접합부 변형능, 평가 지침 작성                                                       |

## 다. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

### (1) 연구개발 필요성

- 지진대나 불연속 동토지역에 건설되는 파이프라인은 지반의 이동에 의해 파이프의 변형이 발생되므로, 저온에서 파이프 길이방향의 압축 또는 인장시 변형에 견딜수 있는 고변형성능의 파이프 및 현장 접합 기술 개발이 요구됨.
- 극한지 파이프 접합부의 성능 평가 및 설계 적용 기술은 극한지 에너지 자원 수송망 건설에 근간이 되는 기술로서, 현재 국내 기술 수준은 평상의 환경조건 범위에만 국한되어 있어 향후 극한지 에너지 자원 수송망 프로젝트에 대응할 수 있는 능력이 전무하므로, 관련 시장의 선발 기술과의 격차를 줄이기 위해서는 국내의 독자적인 파이프 접합부의 성능 평가 및 설계 적용 기술을 개발하여 극한지용 소재의 적용성 검증 및 시공기술을 뒷받침하여야 함.
- 러시아 정부는 이미 ‘러시아 에너지 전략 2020’에서 러시아 석유산업 발전의 전략적 목표를 달성하기 위한 가장 시급한 과제가 석유 및 석유제품의 수출 효율성 증대를 위한 운송 인프라 확충과 원유 수출루트 다변화에 있다고 판단하였음.

표 3.2 극동·시베리아지역 주요 파이프라인 건설계획

|          |                                                                        |
|----------|------------------------------------------------------------------------|
| 극동 지역    | - 사할린 유전·가스전에서 하바로프스크지방의 타타르 해협을 통과, 데카스트리로 연결되는 연간 1,250만톤 규모의 송유관 건설 |
|          | - 사할린-2 프로젝트와 관련하여 사할린의 남북을 연결하는 송유<br>- 가스관 및 프리모르스크 환적시설 건설          |
| 동시베리아 지역 | - 에벤키 자치관구 내 유루브체노-토홈스코예 유전과 탈라칸·베르흐네춘스크 유전을 앙가르스크 송유관망과 연결하는 지선망 건설   |
|          | - 동시베리아에서 태평양연안을 잇는 송유관 및 중국의 다칭으로 분기되는 지선 부설                          |

※ 자료 : 러시아 에너지 전략 2020

- 극한지의 가스채굴 및 수송에는 저온환경에서 소재의 저온 요구성능과 고속/고정밀 현장 접합기술이 요구되며, 가스 수송 파이프 라인은 대구경의 경향에 있으므로 생산성 향상을 위한 급속시공이 필요함.

## (2) 정부지원 필요성

- Alaska Pipeline Project(Larry Persily, 2011)와 같이 극한지 자원활용을 위한 프로젝트가 현재 진행되고 있을 뿐만 아니라 EU에서는 에너지 자원 확보를 위한 다양한 수송망 구축 계획을 수립하고 있어, 이상의 프로젝트에 대응하기 위해 향후 5년 이내에 관련 기술을 구축하여야 하며, 특히 극한지용 파이프라인 성능 평가 및 설계 적용 기술은 국내에 전무하여 선진 기술과의 격차를 해소하기 위해서는 연구력의 집중과 3~4년 이상의 시간이 소요되므로 시급한 연구과제 추진이 필요함.
- 최근 우리 정부는 5억달러 규모의 한·중동 플랜트 펀드가 하반기 조성시키는 것을 비롯해 글로벌 인프라펀드 집행에도 박차를 가하고 중국 물산업을 공략하기 위한 '차이나위터펀드'도 조성중에 있음. 특히 정부는 건설사들의 해외건설 진출을 돕는 전담금융기구 설치도 검토하고 있으며 건설사들의 해외건설공사 수주를 위한 금융동원 능력을 높임으로써 수주 경쟁력 강화를 측면에서 지원하겠다는 방침을 가지고 있음.
- 극한지용 고변형능 파이프 및 접합부 제작기술 개발은 국내 생산 극한지용 소재 및 시공 기술을 해외시장에 진출시키기 위한 기반 기술로서 정부 주도의 연구개발을 우선 수행하여 기술 자립력을 획득한 후 관련 민간산업으로의 기술이전을 통해 기술 수출이 진행되어야 함.

라. 최종성과물 및 성과지표

| 과제                     | 성과목표                     | 성과지표                         | 측정방법                                               | 단위 | 목표치 | 목표치 설정근거                                                   |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|----|-----|------------------------------------------------------------|
| 극한지용 파이프 및 현장 접합 기술 개발 | 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작 기술 | 극한지용 파이프 및 접합부 시작품           | 조관후 -40℃ 보증 인장/압축 변형능 1.5% 이상                      | 종  | 1   | 극한환경에 견딜 수 있는 파이프 및 접합부의 성능확보                              |
|                        |                          | 극한지용 파이프 접합부 제작지침            | 소재성능평가 결과, WPS/PQR 포함 제작 가이드                       | 종  | 1   | 파이프의 조관, 접합부의 제작 가이드 제시                                    |
|                        | 고속/고변형능 파이프 현장 접합기술      | 극한지용 파이프 현장 접합 장치 시작품        | 고속/고변형능 파이프 현장 접합 프로세스 및 장치 시작품                    | 종  | 1   | 고속/고변형능 파이프 현장 접합 기술 확보                                    |
|                        |                          | 극한지용 파이프의 현장 접합 매뉴얼          | 고속/고변형능 파이프 현장접합 기술 매뉴얼                            | 종  | 1   | 극한지 파이프 현장 접합을 위한 개발 장비의 운전 가이드                            |
|                        | 극한지 온도조건 고려 파이프 접합부 성능평가 | 파이프 접합부 구조 성능평가 보고서          | 파이프 접합부의 bending, bursting, sealing 성능평가 시험 보고서    | 종  | 3   | 극한지 파이프 및 접합부의 bending, bursting, sealing 성능평가 시험 수행 결과 보고 |
|                        |                          | 파이프 접합부 성능평가 시험 매뉴얼          | 파이프 접합부의 bending, bursting, sealing 성능평가 시험 시험 매뉴얼 | 종  | 3   | 파이프 접합부의 bending, bursting, sealing 성능평가를 위한 표준화된 시험 방법 제시 |
|                        | 개발 파이프 접합부의 설계 적용기술      | 극한지용 파이프 접합부의 극한 상태 설계 적용 지침 | 설계 적용 지침 작성 여부                                     | 건  | 1   | 극한지용 설계 적용 지침 필요                                           |
|                        |                          | 파이프 접합부의 변형성능 평가 프로세스        | 평가/해석 프로세스 개발 여부                                   | 건  | 1   | 극한 상태 설계 대응 변형성능 평가/해석 기술 필요                               |
|                        | 학술적 성과                   | 학술지 게재 건수                    | 학술지 게재 여부                                          | 건  | 12  | 기초 원천기술 확보를 위한 학술적 연구 필요                                   |
|                        |                          | 학술대회 발표 건수                   | 학술 발표 여부                                           | 건  | 6   | 국내 자원이송망 설계 기술 국제적 홍보 및 해외기관의 신뢰성 검토                       |
|                        | 지적재산권                    | 특허 출원 건수                     | 특허출원여부                                             | 건  | 9   | 기초 원천기술 확보 근거                                              |
|                        |                          | 특허 등록 건수                     | 특허등록여부                                             | 건  | 4   |                                                            |
|                        |                          | 프로그램 등록                      | 프로그램등록 여부                                          | 건  | 1   |                                                            |

### 3. 3세부과제 : 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발

#### 가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제의 개념    | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지에서 환경영향을 고려한 파이프라인의 내구성능을 향상 시킬 수 있는 시공 기술을 포함한 시공 지침 및 건설운영 평가 기술로 정의함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 세부과제의 범위    | <ul style="list-style-type: none"> <li>본 세부과제는 극한지 최적의 파이프라인 시공 기법 개발 및 시공관리 체계 구축을 하여 자원이송망의 구조적, 재료적 안정성 평가 및 환경영향성 평가 기술 포함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 목표          | <ul style="list-style-type: none"> <li>위험인자 극복형 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향 평가 기법 개발 (내구성능 20% 향상)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 연구내용        | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 파이프라인 부식/방식 및 코팅 기술 개발</li> <li>극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축</li> <li>극한지 환경에서의 환경영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                            |
| 기술적 위험요인    | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 환경에 대한 경험 미흡으로 기후, 작업여건 등 제반 한계요인을 극복할 수 있는 설치 및 시공기술이 필요</li> <li>현지의 지리 및 위치 정보 호환성에 있어서 장애요인으로 부각가능</li> <li>극한지에서 짧은 일조시간, 낮은 온도, 열악한 현장 등의 작업 시간 제약이 크며 기존 장비에 대한 시공 생산성 제고의 어려움</li> <li>파이프라인 시스템의 시공에 따른 재료의 변형을 검토할 수 있는 환경 확보 미흡</li> <li>개발상황과 실제의 현장상황의 차이점으로 인한 개발 시행착오</li> <li>파이프라인 가설환경을 극복하기 위한 최적화된 시공방안의 제시가 필요함</li> </ul>        |
| 연구개발 추진전략   | <ul style="list-style-type: none"> <li>자원 이송망 시공 관련 중공업사 및 건설사, 정부출연 연구기관, 대학 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시</li> <li>관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입 · 기술자문을 적극적으로 추진</li> <li>대형 냉동챔버를 활용한 극한환경 재현 실험실 모형실험으로 방식기술 및 코팅 기술의 평가 및 신뢰성 확보 (5m 시험 파이프 제작 및 ICCP Box 적용 및 부식정도에 따른 Intermittent ICCP 사용성 검토 )</li> </ul>                                           |
| 기대효과 및 파급효과 | <ul style="list-style-type: none"> <li>공기단축, 공사비 절감 등 경제성 측면에서 경쟁력 확보</li> <li>영구동토를 포함한 극한지 자원이송망 건설시장 진출을 부가가치 창출               <ul style="list-style-type: none"> <li>* 시베리아 에너지라인: 2조 4천억원으로 추정</li> <li>* 소재비용이 약 40%, 엔지니어링 비용이 약 10%, 시공비용이 20%를 점유</li> </ul> </li> <li>선진업체와 경제적 시공기술 경쟁력 확보를 통하여 해외 극한지 파이프라인 프로젝트 건설에 참여</li> <li>육상용만이 아닌 접근이 용이하지 않은 해양에너지산업으로의 응용(Riser)</li> </ul> |

## 나. 연차별 목표 및 내용

| 연 차  | 연구목표                                | 중점기술개발내용                                                                                                                                                                                 |
|------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | 극한지 파이프라인 용접부 부식/방식 및 코팅 기술 개발      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한환경 용접품질 영향인자 도출을 위한 문헌조사 / Code 분석</li> <li>- 극한환경 내 시공 및 양생 기술 문헌조사</li> <li>- 극한환경 내 파이프라인의 재료적 특성 분석</li> <li>- 파이프라인의 부식 유형 분석</li> </ul> |
|      | 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 시공 관련 국제기준 및 지방서 분석</li> <li>- 해외 시공사례를 통한 적용기술 분석</li> <li>- 시공방법, 시공장비, 절차 등 정형화</li> <li>- 시공사동화기법 및 장비 적합성 분석</li> </ul>                |
|      | 극한지 환경에서의 환경 영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 시공 환경 및 사후환경 조사</li> <li>- 극한지 내 구조물 시공에 따른 환경 영향성 문헌 조사</li> </ul>                                                                         |
| 2차년도 | 극한지 파이프라인 용접부 부식/방식 및 코팅 기술 개발      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지에서의 용접에 따른 부식 시험 평가</li> <li>- 극한지 파이프라인 이중부식방지를 위한 용접부 세라믹 코팅 방식 개발 (MgO계 시멘트 개발)</li> <li>- 극한환경의 파이프라인 재료적 변이 시험 및 평가</li> </ul>          |
|      | 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 시공 기술 조사</li> <li>- 기존 시공기술과 극한지 시공기술 비교 분석</li> </ul>                                                                                      |
|      | 극한지 환경에서의 환경 영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 시공 시 재해 조사</li> <li>- 극한환경 내 건설재료에 따른 유해가능성 시험 수행 및 평가분석</li> </ul>                                                                   |
| 3차년도 | 극한지 파이프라인 용접부 부식/방식 및 코팅 기술 개발      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인에 적용가능한 ICCP BOX 적용 및 평가</li> <li>- 모듈간 데이터 인터페이스 검증 실시</li> </ul>                                                                     |
|      | 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한 환경을 고려한 시공 공기 단축모델 수립</li> <li>- 극한지 환경에 따른 공사비용 예측 모델 도출</li> <li>- 극한지 시공 관리 기술을 통한 균일 품질 유지 방안 도출</li> </ul>                              |
|      | 극한지 환경에서의 환경 영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파이프라인 건설재료의 선택 및 환경위해성 평가</li> <li>- 건설재료의 시공 적합성 및 타당성 조사를 위한 모사환경 평가</li> </ul>                                                               |

| 연 차  | 연구목표                                | 중점기술개발내용                                                                                                                                                                              |
|------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4차년도 | 극한지 파이프라인 용접부 부식/방식 및 코팅 기술 개발      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이중부식방지 기술의 극한지 적합성 평가</li> <li>- 재료적 호환성 및 시공 타당성 평가</li> <li>- 현장 시범적용 및 성능 실증 (5m 시험 파이프 제작 및 세라믹 용접/Intermittent형 ICCP Box 적용)</li> </ul> |
|      | 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 시공 일정, 비용, 품질 통합관리 시스템 개발</li> <li>- 통합 관리 시스템 검증을 위한 시범 시스템 구축</li> </ul>                                                               |
|      | 극한지 환경에서의 환경 영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사전환경성검토 및 사후환경 영향조사 수행 프로세스 구성</li> </ul>                                                                                                    |
| 5차년도 | 극한지 파이프라인 용접부 부식/방식 및 코팅 기술 개발      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 방식 시공 절차서 및 기준 정립</li> <li>- 설계 및 제작표준 호환성 평가</li> </ul>                                                                           |
|      | 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 시공 관리 통합 시스템 적용성 평가</li> <li>- 시스템 개선사항 도출 및 운영관리 표준 작성</li> </ul>                                                                 |
|      | 극한지 환경에서의 환경 영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장 운용상 유지관리 문제점 피드백</li> <li>- 극한지 사전환경성검토 및 사후환경 영향조사 매뉴얼화</li> <li>- 재해영향성 평가 및 사고발생 대응 시스템 구축</li> </ul>                                  |

## 다. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

### (1) 연구개발 필요성

- 기존 석유소비 증가 및 자원고갈에 따라 가격이 급격히 상승하고 있음에 따라 극지, 동토, 격오지 등 미개척지 에너지자원 개발수요가 증가하고 있음.
- 극한지에서 에너지·자원의 안정적 이송을 위해서는 기후, 작업여건 등 제반 환경제약을 극복할 수 있는 설치 및 유리관리기술 확보가 관건임.
- 파이프라인의 부식은 파이프라인의 내구성능 저하의 가장 큰 원인으로써 현재까지 개발된 기술을 통해서는 부식이 발생한 후 응급방식이 가능할 뿐 자체적인 방식 적용 기술이 상용화 되지 못하고 있으며 지속적인 모니터링 기술이 부족한 실정임.
- 특히, 파이프라인의 용접부는 부식에 가장 취약한 지점으로서 방수, 내기성이 뛰어난 코팅 재료의 개발과 함께 새로운 코팅 기술 개발이 요구됨.
- 국내 시공환경과의 차이로 인한 구조적·재료적 평가 지침 작성이 시급하며 환경영향 평가가 국내외적으로 관심이 집중되어 있어 이에 대한 환경 위해성 평가 기준 및 환경영향조사 매뉴얼화가 요구됨.
- 향후 극한지 에너지자원 개발수요 증가가 예상되고 있는 상황에서 세계 시장을 해외 소수의 회사가 독점하고 있어 독자개발을 통하여 시장진입 기반 마련이 필요함.

### (2) 정부지원 필요성

- 각국의 에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역간 기후환경, 법제도 등 민간 기업이 접근하기 어려운 리스크 요인을 고려하여 정부주도의 연구개발이 필요.
- 국영 및 민간기업에서 오일샌드 광구 확보 및 현장시공분야에 접근하고 있으나 광구별 적합한 개발시스템 및 건설기술의 뒷받침이 부족한 실정.
  - 한국석유공사에서 해외자주개발원유 확보차원에서 1999년부터 오일샌드

광구개발사업 참여 중.

- 제반 기술적 제약은 향후 5년 내 개선될 것으로 전망되며, 이를 기반으로 남미 등지의 오일샌드 개발이 2020까지 본격적으로 진행될 것으로 전망.
- 이에 따라 국내기업에서도 선도그룹을 형성하기 위한 노력을 경주하고 있으나 사업의 리스크가 큰 편이어서 정부차원의 예산투입이 필요.
  - 관련시장 확대시기를 향후 5년으로 볼 때 현시점이 투자의 적으로 판단됨.

라. 최종성과물 및 성과지표

| 과제                              | 성과목표                                | 성과지표                         | 측정방법               | 단위 | 목표치 | 목표치 설정근거                         |
|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------|----|-----|----------------------------------|
| 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발 | 극한지 파이프라인 부식/방식 및 코팅 기술             | 파이프라인 재료적 시공지침 작성            | 시공지침 작성 여부         | 건  | 1   | 극한지 시공지침 필요                      |
|                                 |                                     | 파이프라인 이중방식방지 기술              | 성능평가/실증 모사환경 실험    | 건  | 1   | 연결부 부식 방지기술 필요                   |
|                                 |                                     | 파이프라인 용접부 세라믹 코팅 기술          | 성능평가/실증 모사환경 실험    | 건  | 1   | 연결부 부식 방지기술 필요                   |
|                                 |                                     | 재료적 호환성 및 시공 타당성 평가          | 성능평가/실증 모사환경 실험    | 건  | 1   | 시공 재료의 호환성 검토                    |
|                                 | 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축                | 극한지 파이프라인 시공 사례 분석           | 사례집 작성 여부          | 건  | 1   | 극한지 시공에 요구되는 일반사항 제시             |
|                                 |                                     | 시공관리를 위한 비용, 일정, 품질 관리 체계 개발 | 시공관리모델개발 여부        | 건  | 1   | 극한지 시공을 위한 관리 체계 필요              |
|                                 |                                     | 시공 관리 체계 시뮬레이션 기술 검증 및 평가    | 기술 검증 평가 여부        | 건  | 1   | 관리 체계의 검증 및 범용화                  |
|                                 | 극한지 환경에서의 환경 영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼 | 환경영향성 평가 매뉴얼                 | 환경영향성 평가 매뉴얼 작성 여부 | 건  | 1   | 극한지 파이프라인 시공 운용에 필요              |
|                                 |                                     | 재해영향성 평가 및 사고발생 대응 시스템 구축    | 사고발생 대응 시스템 구축     | 건  | 1   | 극한지 시공 안전성 확보를 위해 필요             |
|                                 | 학술적 성과                              | 학술지 게재 건수                    | 학술지 게재 여부          | 건  | 14  | 기초 원천기술 확보를 위한 학술적 연구 필요         |
|                                 |                                     | 학술대회 발표 건수                   | 학술 발표 여부           | 건  | 8   | 자원이송망 자동화시공 기술 국제적 홍보 및 학술가치의 검증 |
|                                 | 지적재산권                               | 특허 출원 건수                     | 특허출원여부             | 건  | 4   | 기초 원천기술 확보 근거                    |
|                                 |                                     | 특허 등록 건수                     | 특허등록여부             | 건  | 2   |                                  |

#### 4. 4세부과제 : 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발

##### 가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세부과제의<br>개념    | <ul style="list-style-type: none"> <li>시뮬레이터, 감시, 진단, 유지관리 시스템 요소 기술로 극한지 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발 및 극한지 자원이송망 평가 기술</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                  |
| 세부과제의<br>범위    | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 자원이송망 시뮬레이터, 감시, 진단 시스템 기술 및 유지관리 평가 기술</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 목표             | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 최저온도(-40℃)사용 가능 계측 및 제어시스템의 신뢰도 확보</li> <li>극한지 시공중 자원이송망 및 기반구조물 신뢰도 확보</li> <li>극한지 자원 이송망 건전성 평가를 위한 LCA 기술 확보</li> <li>사고 발생 시 피해의 최소화</li> <li>장거리(2000km) 사용 가능 지능형 유지관리시스템 평가 기술 개발</li> </ul>                                                                                              |
| 연구내용           | <ul style="list-style-type: none"> <li>유지관리 시뮬레이터 개발</li> <li>자원이송망 시공품질 향상을 위한 유지관리 평가 기술 개발</li> <li>자원이송망 생애주기 향상을 위한 장거리 자원이송망 통합 유지관리 평가 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                |
| 기술적<br>위험요인    | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 자원이송망 계측시스템 구축경험 전무하여 자원이송망 안정성 확보에 어려움이 예상</li> <li>극한지 온도 및 압력 변화로 인한 지반침하, 이송배관 변형 예측 부족 및 외력에 의한 구조물 모니터링 시스템 부재로 에너지 수송 가동을 감소 예상</li> <li>극한지 자원 이송배관 운영 경험 전무로 설계 및 엔지니어링 기술 축적 부족으로 인한 신뢰성 확보에 어려움이 예상</li> </ul>                                                                          |
| 연구개발<br>추진전략   | <ul style="list-style-type: none"> <li>센싱기술, 안전도 및 모니터링 기술로 설계·제조업체, 출연연구기관, 대학, 자원이송망 관련 업체 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시</li> <li>관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입·기술자문을 적극적으로 추진</li> <li>대형 냉동챔버를 활용한 센서 평가 시험으로 장비 신뢰성 확보</li> <li>다분야 융합연구를 통한 다차원적인 계획 및 실험 등 다차원적인 기술축적 및 전문인을 양성하여 기술 개발</li> </ul> |
| 기대효과 및<br>파급효과 | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 자원이송망 비파괴 검사장비 및 상태진단 센서 기술로 유지관리 시스템 핵심부품 해외 수출 가능</li> <li>이송망의 예방적 보수/보강을 위한 통합계측관리시스템을 개발함으로써 유지관리비용의 최소화</li> <li>사전 조사 및 위험시기를 예상하여 즉각 조치가 가능함에 따라 인적 및 물적피해 최소화</li> </ul>                                                                                                                  |

## 나. 연차별 목표 및 내용

| 연 차  | 연구목표                                                              | 중점기술개발내용                                                                                                                                                  |
|------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | 시공계획 모듈 알고리즘 개발                                                   | - 시공계획에 따른 품질요건 정의 모듈 개발<br>- 시공 리스크 인자 도출 및 시공성 향상 기법 연구                                                                                                 |
|      | 계측 및 진단시스템 극한환경 설계(안) 도출                                          | - 극한지 지반 및 기반구조물 계측 항목 및 구성 설계(안) 작성                                                                                                                      |
|      | 자원이송망 변형 및 부식방지 설계(안) 도출                                          | - 극한지 자원이송시스템 utility 특수성 연구<br>- 구조물 및 이송배관 변형 및 부식 방지 설계(안) 작성                                                                                          |
| 2차년도 | 준공 모듈 알고리즘 개발                                                     | - 준공 도면을 토대로 적용된 각종 계측치 관리 가능한 시뮬레이터 개발<br>- 모의 운영 및 훈련을 통한 시공품질 확보 기술 도출                                                                                 |
|      | 극한지 최저온도에서 사용가능한 지반 변형 계측 요소기술 개발                                 | - 극한지 지반 변형 및 안전시스템 요소기술 개발                                                                                                                               |
|      | 극한지 최저온도에서 사용가능한 지지 구조물 변형 계측 요소기술 개발 및 용접부 품질관리 및 균열/부식 검출 기술 개발 | - 동토지반 변형 시나리오별 지지구조물 건전성 해석/평가 요소기술 개발<br>- 구조물 변형 및 부식 감지시스템 연구<br>- 극한지에서 사용 가능한 비파괴 검사장비 개발<br>- FSM(Field Signature Method) 기반 용접부 균열/부식 자동 검출 기술 개발 |
| 3차년도 | 계측연동 모듈 알고리즘 개발                                                   | - 시뮬레이터 구성 요소 도출 및 적용 알고리즘 개발                                                                                                                             |
|      | 극한지 최저온도에서 사용가능한 변형 계측 모듈 개발                                      | - 지표 및 지중의 침하 감시 기술 개발<br>- 대규모 융해침하 등에 의한 시나리오 별 배관망 응력해석 결과 분석                                                                                          |
|      | 극한지 최저온도에서 사용가능한 지지 구조물 변형 계측 모듈 개발                               | - 지지 구조물의 파이프 안전 감시 기술 개발<br>- 극한지 전용 배관 구조물 상태진단 센서(Smart Slipper)의 설계 및 개발                                                                              |
| 4차년도 | 유지관리 시뮬레이터 시작품 개발                                                 | - 유지관리 주요 기능별 모듈 개발 및 데이터베이스 관리 기술<br>- 자원이송망 관련 각종 계측결과치 연계 시뮬레이션 기술                                                                                     |
|      | 영구동토-계절동토 경계부 자원이송망 변형 감시를 위한 계측 기술 개발                            | - 지반 및 구조물의 영구동토-계절동토 경계부 감시 기술 개발<br>- 영구동토-계절동토 경계부 파이프 감시 기술 개발                                                                                        |
|      | IT 기반통합 자동화 계측시스템, 계측관리 프로그램 개발 및 자동 경보 시스템 기술 개발                 | - 각 계측항목별 극한지 온도 범위에서 동작 가능한 자동화 계측 시스템 및 자동 경보시스템 기술 개발<br>- 극한지 온도 및 습도 등 환경적 요인에 대한 Smart Slipper의 성능 평가                                               |
| 5차년도 | 유지관리 시뮬레이터 운영 매뉴얼 개발                                              | - 계측정보 연동 시뮬레이션 모듈 개발 및 성능 분석 기술<br>- 유지관리 운영 매뉴얼 작성                                                                                                      |
|      | 자원이송망 운용중 변형 감시를 위한 계측 평가 기술 개발                                   | - 구조물의 3축 변형 감시 평가 기술 개발 및 파이프 선형 감시 평가 기술 개발<br>- 부재 응력 변화 추이 감시 평가 기술 개발<br>- Smart slipper 무인 항공촬영을 통한 배관 이송망 실시간 감시시스템 검증                             |
|      | 극한지 장거리 지능형 유지관리시스템 개발                                            | - 사용자 중심 통합 유지관리시스템 매뉴얼 작성                                                                                                                                |

## 다. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

### (1) 연구개발 필요성

- 극한지의 경우 안전사고시 인명과 재산상의 큰 피해를 입게 되고 구조적 결함·손상 및 외력에 의해 사용성이 떨어져 구조물의 이용에 불편이 초래될 수 있으며, 지반 및 구조물의 시공 및 공용시 안전 및 유지관리 또한 인력에 의한 관리로는 한계에 직면해 있으므로 시공·공용중의 모든 경우를 고려할 수 있는 지반 및 구조물 유지관리 모니터링 시스템이 반드시 필요함.
- 극한지 특성상 환경변화에 민감한 모니터링 및 센서의 활용이 극히 제한되며 지형적 요인으로 진단 및 검사자의 상시적 접근이 불가능하므로, 유지 및 보수 없이 최소 수년간 안정적인 작동이 가능한 극한지-맞춤형 진단장비의 구현이 절실함.
- 극한지 건설의 경우 작업능률과 숙련공 부족, 취약한 기후 등으로 인한 생산성 및 안정성이 저하되고 있으며 이에 대한 극한지 지능형 유지관리시스템 기술을 통해 개선이 필요함.
- 극한지 구조물의 경우, 지반의 장기·단기 침하 및 이동 등으로 인해 자원이송망의 구조적 신뢰성 확보와 재료 변화에 따른 수선주기 교체 및 안정성 확보 차원에서 별도의 막대한 유지관리 비용이드나 본 연구에서 제안하는 지능형 모니터링 시스템을 개발함으로써 유지관리비용의 최소화 가능하며 사전 조사 및 위험시기를 예상하여 즉각 조치가 가능함에 따라 인적 및 물적피해 최소화 할 수 있음. 또한 보다 안정하고 신뢰성 있는 극한지 자원이송망 유지에 많은 도움이 될 것이며 이는 건설예산 절감 및 유지관리 비용 절감, 기술지원, 등 경제적 파급효과가 막대할 것으로 판단됨.

### (2) 정부지원 필요성

- 소수의 oil major사에 의해 결정되는 시장의 특성 상 기술개발에 필요한 투자 금액과 실증에 천문학적인 금액이 요구되어 일개 기업의 차원에서 접근은 risk가 커서 접근이 불가능하므로 기술개발과 개발된 기술을 수출하기 위한 정책 대안의 마련이 동시에 진행되어야 함.

- 건설산업에서도 전주기적사업관리와 아울러 건설정보의 통합 관리와 흐름을 원활하게 하기 위한 정보화 인프라 구축의 필요성이 인식되어 건설 e-construction 체계 구축, 건설산업의 건설정보화 촉진 등 건설기술 진흥 계획(제3차 건설기술진흥기본계획, 2004; 제4차 건설기술진흥기본계획, 2009)에 의하여 건설정보화에 대해 국가적 차원에서 시행되고 있으므로 이에 대한 니즈를 반영할 필요가 있으며 본 연구와 건설기술 진흥 계획은 직접적인 연계를 갖고 있음.
  
- 본 연구는 광범위한 극한지 자원이송망의 지능형 감시·진단·관리기술에 관한 것으로, 기술 개발을 위한 소요연구비가 막대함에 따라 자금력이 부족한 중소기업(또는 벤처기업)에서 단독으로 기술을 개발하기 어려움이 있음. 이로 인해 동 기술에 대한 국내 기술력이 보유중에 있음에도 불구하고, 연구비에 대한 부담으로 인해 해외 장비의 임차 등이 주로 이루어지고 있음. 따라서 첨단기술에 대한 기술 수요가 증가하고 있는 추세로 볼 때 원천기술의 확보 및 제품개발을 위한 연구비 지원이 절실함.

라. 최종성과물 및 성과지표

| 과제                                        | 성과목표                                     | 성과지표                                         | 측정방법                                  | 단위 | 목표치 | 목표치 설정근거                                      |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|----|-----|-----------------------------------------------|
| 자원<br>이송망<br>지능형<br>유지<br>관리<br>시스템<br>개발 | 유지관리<br>시뮬레이터 개발                         | 유지관리 최적화<br>기술 제시                            | 사전 유지관리<br>시뮬레이션<br>실행 및 검증           | 건  | 1   | 최적화된 유지관리<br>절차 및 기준 필요                       |
|                                           | 자원이송망<br>시공품질 향상을<br>위한 유지관리<br>평가 기술 개발 | 자원이송망 및<br>통토지반 및<br>기반 구조물<br>모니터링 기술<br>제시 | 감시 및 진단<br>요소 시스템<br>개발 여부            | 건  | 1   | 관망 및 기반 구조물<br>진단에 대한 기준 필요                   |
|                                           | 생애주기 향상을<br>위한<br>유지관리시스템<br>평가 기술 개발    | 자원이송망<br>유지관리 평가<br>기술 제시                    | 유지관리<br>시스템 개발<br>여부                  | 건  | 1   | 통합 운영시스템 기준<br>필요                             |
|                                           | 극한지 자원<br>이송망 지능형<br>유지관리시스템<br>개발       | 자동화 계측 및<br>경보 시스템                           | 극한지 자원<br>이송망 지능형<br>유지관리시스템<br>개발 여부 | 건  | 1   | 자원이송망-기반구조물<br>통합 시스템 구축 필요                   |
|                                           | 실증실험 및 보완                                | pilot test를<br>통한 기술 검증                      | -40℃ 챔버<br>테스트 여부                     | 건  | 1   | 현장적용온도를 통한<br>개발기술 실증                         |
|                                           | 학술적 성과                                   | 학술지 게재<br>건수                                 | 학술지 게재<br>여부                          | 건  | 7   | 기초 원천기술 확보를<br>위한 학술적 연구 필요                   |
|                                           |                                          | 학술대회 발표<br>건수                                | 학술 발표 여부                              | 건  | 3   | 국내 자원이송망 설계<br>기술 국제적 홍보 및<br>해외기관의 신뢰성<br>검토 |
|                                           | 지적재산권                                    | 특허 출원 건수                                     | 특허출원여부                                | 건  | 2   | 기초 원천기술 확보<br>근거                              |
|                                           |                                          | 특허 등록 건수                                     | 특허등록여부                                | 건  | 1   |                                               |
|                                           |                                          | 프로그램 등록                                      | 프로그램<br>등록여부                          | 건  | 3   |                                               |

## 5절. 과제 간 연계관계

- 1세부 및 2세부는 극한지 자원이송망 관련 관망, 배관, 기초구조물, 소재를 포함한 설계 기술 및 운영설비와 소재 개발로 구성되며 3세부는 극한지에서 건설 효율성을 높이기 위한 환경영향을 고려한 시공관리 및 현장 용접 접합부 안정화 기술로 구성되어 있어 1세부, 2세부, 그리고 3세부과제는 설계와 시공을 포괄적으로 연계하여 구성됨.
- 4세부는 자원이송망의 장기적인 안전성 감시 및 진단에 필요한 지능형 유지관리 시스템 구축을 중점적으로 수행하고 있으므로 최종적으로 1세부, 2세부, 3세부, 그리고 4세부를 통해 완전한 엔지니어링 체인(설계/시공/유지관리)을 구축하는 긴밀한 체계를 형성함.
- 추진 과제중 1세부과제는 설계 기준 통합과 최종 개발성과물의 실용화를 위한 Pilot Test를 계획하고 추진 및 관리하도록 함.

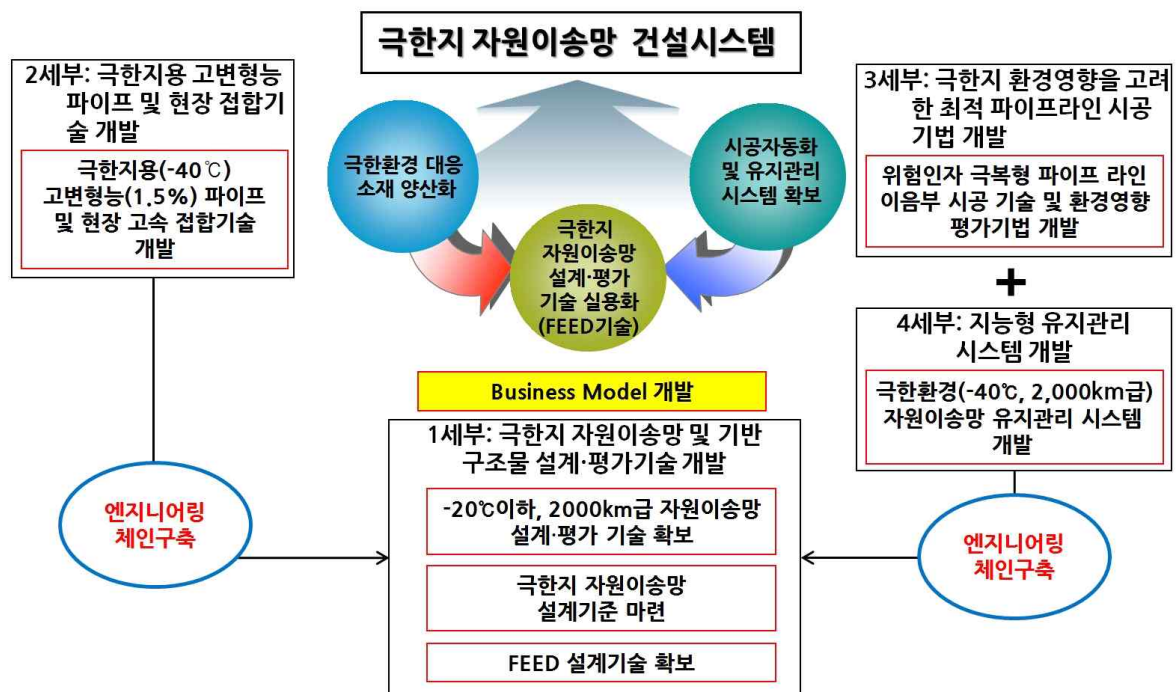


그림. 3.1 극한지 자원이송망 기획 세부과제간 연관성

## 6절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

| 세부과제  | 1차년도                                                                                                                                                     | 2차년도                                                                                                                                                              | 3차년도                                                                                                                                                                             | 4차년도                                                                                                                                                                  | 5차년도                                                                                                                                                 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1세부과제 | 극한지 자원이송망 기반 구조물 설계 및 평가 기술 개발                                                                                                                           |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                      |
|       | 자원이송망 설계 기반연구<br>(주요 설계 항목 및 요구 성능 도출)                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한온도 유량변동을 고려한 설계기술</li> <li>운영설비 성능개선 및 시작품 제작</li> <li>기반구조물 설계정수 도출</li> <li>자원이송망-기반구조물 응답해석</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>실대형 모형 실험을 통한 신뢰성 분석</li> <li>시뮬레이터 개발</li> </ul>                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>파이프라인 네트워크 최적화 기술</li> </ul>                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>자원이송망 통합 설계 (관망, 배관, 소재, 기초구조물)</li> <li>기준 정립</li> <li>Pilot Test 추진</li> </ul>                              |
| 2세부과제 | 극한지용 고변형 라인파이프 및 구조성능 개선기술 개발                                                                                                                            |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                      |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>고정밀 파이프 접합부 컨셉/사양/프로세스</li> <li>접합부 평가계획 수립 / 구조해석모델</li> </ul>                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>고정밀 파이프 접합부 프로세스 및 시작품</li> <li>접합부 인장/압축 변형능 평가 기술 개발</li> </ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작기술 보완</li> <li>고속 접합 장치 및 현장 접합부 평가 기술</li> <li>파이프 접합부 sealing/bursting/변형 성능 평가 기술</li> <li>상세 해석 기술 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>고정밀 파이프 접합부 품질 관리 기술</li> <li>라인파이프 ECA</li> </ul>                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 파이프 Pilot Test 공급</li> <li>극한지 파이프 고속 현장 접합 매뉴얼 작성</li> <li>성능평가 및 통합설계 매뉴얼 작성</li> </ul>                 |
| 3세부과제 | 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발                                                                                                                          |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                      |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 라인파이프 재료특성 및 시공기술 기초자료 분석</li> <li>시공시공환경/사후환경 조사</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>이중부식방지기술</li> <li>공기단축모델/공사비용예측모델</li> <li>시공재해조사</li> </ul>                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Portable Intermittent CP Box 적용</li> <li>시공 통합관리 시스템 개발</li> <li>환경위해성평가</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>시공 타당성 평가</li> <li>시공 사전/사후 환경영향 조사 프로세스 구성</li> </ul>                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>극한지 범용 시공관리 체계 개발</li> </ul>                                                                                  |
| 4세부과제 | 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                       | 구조물 안정성 확보                                                                                                                                           |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>이송배관 운영시스템 계측 및 진단시스템 기초 연구 (시뮬레이터, 운영, 계측 항목 및 구성 설계)</li> </ul>                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>시뮬레이터 알고리즘</li> <li>유지관리 Module 개발</li> </ul>                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>시뮬레이터 개발 및 유지관리 시스템 개발</li> </ul>                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>시스템 검증 및 성능보완</li> </ul>                                                                                                       |                                                                                                                                                      |
| 최종성과물 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원이송망 설계 기준 조사 및 분석보고서</li> <li>- 라인파이프 설계(안)</li> <li>- 극한환경 시공 개념 설계집</li> <li>- 유지관리시스템 기준 조사 보고서</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵심 운영설비 시작품 설계</li> <li>- 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 시작품</li> <li>- 용접부 코팅 MgO계 시멘트 개발</li> <li>- 감시 및 진단 요소기술 시작품 설계</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵심운영설비 시작품 및 성능평가 보고서</li> <li>- 고속현장접합 시작품</li> <li>- ICCP box 시작품</li> <li>- 운영시스템 모듈 개발</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원이송망 최적설계 DB구축 및 거동예측 시뮬레이터</li> <li>- 고변형능 파이프 및 접합부 성능평가 보고서</li> <li>- ICCP box 성능평가 보고서</li> <li>- 시뮬레이터 시작품</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 통합 설계 및 평가 가이드</li> <li>- 현장 접합 매뉴얼</li> <li>- 극한지 범용 시공관리 체계 개발</li> <li>- 유지관리 시스템 검증 및 운영 매뉴얼</li> </ul> |

## 7절. 성과의 활용방안

| 세부과제                                      | 목표성과물                                | 기술수요처                                         | 실용화 방안                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 극한지<br>자원이송망<br>기반구조물<br>설계 및 평가<br>기술 개발 | 국내외 학술지 게재 및 학<br>술 발표               | 학교, 연구소, 기업<br>체 등                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 분야별 전문가(학계, 기<br/>업체, 관련기관)의 참여<br/>를 통한 실용성 확보</li> <li>· 향후 극한지 자원이송<br/>망 설계 시 활용</li> </ul>                                   |
|                                           | 특허출원                                 | 기업체, 연구소                                      |                                                                                                                                                                            |
|                                           | 해외논문 분석                              | 학교, 연구소, 기업<br>체 등                            |                                                                                                                                                                            |
|                                           | 자원이송망-기반구조물 거<br>동분석<br>프로그램 개발      | 기업체 및 연구소                                     |                                                                                                                                                                            |
|                                           | 연구보고서<br>(설계 기준 포함)                  | 국토해양부, 지자<br>체, 기업체, 연구소,<br>학교 등             |                                                                                                                                                                            |
| 극한지용<br>고변형능 파이프<br>및<br>현장 접합 기술         | 고변형능 파이프 및 고정밀<br>접합부 시제품 및 제작<br>지침 | 제강사, 조관사, 시<br>공사, 발주사, 연구<br>소, 학계 등         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Pilot Test 추진을 통<br/>한 성능검증</li> <li>· 개발 제품의 실프로젝<br/>트 공급</li> <li>· 분야별 전문가(학계, 기<br/>업체, 관련기관)의 참여<br/>를 통한 실용성 확보</li> </ul> |
|                                           | 고속 현장 접합 장치<br>시제품 및 매뉴얼             | 조관사, 시공사, 설<br>계사, 발주사, 연구<br>소, 학계 등         |                                                                                                                                                                            |
|                                           | 라인파이프 구조 성능평가<br>보고서 및 매뉴얼           | 제강사, 조관사, 시<br>공사, 설계사, 발주<br>사, 연구소, 학계<br>등 |                                                                                                                                                                            |
|                                           | 파이프 및 접합부 설계<br>적용 지침                | 조관사, 시공사, 설<br>계사, 발주사, 연구<br>소, 학계 등         |                                                                                                                                                                            |
|                                           | 파이프 접합부 수치해석<br>프로그램                 | 조관사, 시공사, 설<br>계사, 연구소, 학계                    |                                                                                                                                                                            |

| 세부과제                                        | 목표성과물                        | 기술수요처                             | 실용화 방안                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 극한지<br>환경영향을<br>고려한 최적<br>파이프라인 시공<br>기법 개발 | 파이프라인 부식/방식 및<br>코팅 기술 개발    | 건설사, 엔지니어링<br>사, 중소기업자재업체         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 개발 제품의 실프로젝트 공급</li> <li>· 유사, 관련산업 프로젝트에 우선 적용</li> </ul>                                                                                                                                               |
|                                             | 시공 관리 체계 시뮬레이션               | 엔지니어링사, 중공<br>업사, 중소 기자재<br>업체    |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 극한지 파이프라인 시공지<br>침           | 조관사, 시공사                          |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 극한지 파이프라인<br>시공사례 분석집        | 조관사, 시공사                          |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 환경영향성 평가 매뉴얼                 | 시공사, 발주사,<br>연구소, 학계 등            |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 재해영향성 평가 및 사고발생<br>대응 시스템 구축 | 조관사, 시공사,<br>발주사                  |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 국내외 학술지 게재 및 학<br>술 발표       | 조관사, 시공사,<br>발주사, 연구소, 학<br>계 등   |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 자원이송망<br>지능형 유지관리<br>시스템 기술<br>개발           | 국내외 학술지 게재 및 학<br>술 발표       | 학교, 연구소, 기업<br>체 등                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 분야별 전문가(학계, 기<br/>업체, 관련기관)의 참여<br/>활성화를 통한 극한환<br/>경 대응 유지관리시스<br/>템 확보</li> <li>· 북극권(러시아, 중국,<br/>북미 등)과 같은 극한<br/>지 건설시장 개척에<br/>유지관리 시스템 활용</li> <li>· 향후 모든 자원이송망<br/>유지관리 시스템에 활<br/>용</li> </ul> |
|                                             | 특허출원                         | 기업체                               |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 해외논문 분석                      | 학교, 연구소, 등                        |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 유지관리 시뮬레이터 개발                | 국토해양부, 지자<br>체, 기업체, 연구소<br>등     |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 시공품질향상 유지관리 평<br>가 기술 개발     | 국토해양부, 지자<br>체, 기업체, 연구소<br>등     |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 생애주기향상 유지관리 평<br>가 기술 개발     | 국토해양부, 지자<br>체, 기업체, 연구소<br>등     |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 자원이송망 상태진단 센서<br>개발          | 기업체 및 연구소                         |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | 자원이송망 지능형 유지관<br>리 시스템 기술    | 국토해양부, 지자<br>체, 기업체, 연구소,<br>학교 등 |                                                                                                                                                                                                                                                   |

## 8절. 연구수행체계 제안

### 1. 연구추진체계 정립

- 사업단의 경우, 대형 목적형 사업 추진을 위한 구성인데 반하여 “극한지 자원 이송망 설계 및 시공자동화 기술”은 건설산업의 기반이 되는 핵심요소기술 개발 및 유기적 연계를 통한 패키지화된 기술의 성격으로 목적성 사업단보다는 “연구단 수준”의 구성이 적합한 것으로 판단.

표 3.3 건설교통기술평가원의 과제추진체계 분류

|      |                                                                                   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 사업단  | 기술별 총괄시스템의 개발과 연구개발결과의 시범 적용(Test Bed)을 포함하는 과제로서 정부출연금 300억원 이상, 5년 이상의 연구기간이 소요 |
| 연구단  | 단위·요소기술의 유기적 연계를 통하여 패키지화된 기술을 개발하는 과제로서 정부출연금 50억원 이상, 3~5년의 연구기간이 소요            |
| 일반과제 | 단위·요소기술을 개발하는 과제 또는 정책과제로서 정부출연금 50억원 이내로서, 3년 이내 연구기간이 소요                        |

### 2. 추진조직

- “극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술개발 연구단”은 기초·원천기술, 실용화 기술, 관리정책의 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산, 학, 관과 유연한 관계를 유지하고 객관적관리가 가능한 연구기관 및 총괄 연구책임자 필요.
- 원천성격의 기술은 이론정립, 실험 등의 위주로 기술정립이 필요하므로 학교 또는 연구기관에서 주도하도록 추진.
- 실용화 기술은 현장적용 가능기술로 생산현장 또는 시공현장을 보유한 기업에서 주도하도록 추진.
- 추진 과제중 1개의 과제는 연구단 개발성과물의 실용화를 위한 Pilot Test를 계획하고 추진계획 및 관리가 가능한 적정규모의 연구기관 및 기업체로 구성하도록 함.

- 전체 연구조직은 산, 학, 연이 연계되어 상호보완 및 지원이 이루어지도록 구성.

### 3. 추진체계

#### 가. 성과위주의 연구 추진체계

- 연구추진시 주관 및 협동, 위탁기관 및 참여기업은 모두 성과물이 발생되고  
이의 활용이 이루어지도록 연구추진체계를 구성.
- 연구계획시부터 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표를 제안·유도하고 연구  
진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고, 주기적인 관리시행.
- 성과물의 실용화를 우선하여 기술실시 대상기업을 명확히 결정하고, 대상기술  
이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계 수립.

#### 나. 종합적인 과제 관리체계

- 세부적인 기술개발을 진행하면서 “극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기  
술개발” 연구단을 총괄조정하고 외부여건을 반영하여 각 세부과제를 통합적  
으로 운영 및 성과물 통합활용 등을 효과적으로 적용하는 역할 수행 필요.
- 추후 전체 예산규모에 따라 과제별 성과를 고려한 예산배정 및 과제진행 기  
간조정을 통한 우수한 과제지원을 고려함.
- 상호 정보를 공유하고, 상호활용, 기술지원이 가능한 체계를 수립함.



## 4장. 사전타당성 검토

### 1절. 정책적 타당성

#### 1. 국가전략적 중요성

##### 가. 기술개발투자의 시의성, 시급성(‘13년)

- 정부는 러시아 정부와 에너지 협력 사업에 적극적으로 참여하여 극한지 자원 시장진출을 위한 기반은 마련되었으나, 극한지 자원이송망 건설 기술수준은 미흡한 상황으로 시장진출을 위한 기술개발이 시급히 이루어져야 할 것으로 보임.
- 정부는 1996년부터 시베리아 가스와 석유 도입을 위해 적극적으로 러시아와 협상을 벌여왔으며, 2006년 7월에는 동시베리아 송유관 공사를 위해 건설자금조달, 송유관 건설자재 수출, 석유 선적항 건설 및 송유관 지선공사에 적극 참여하였음.
- 이러한 정부의 노력으로 2015년부터 30년간 러시아로부터 750만톤의 천연가스를 공급받기로 합의된 상황임.

##### “한-러 가스관, 북한 빼고” 中 파격 제안

중앙일보 | 2014.03.22 09:00 / 수정 2014.03.22 09:34

중국이 북한 변수 때문에 속도를 내지 못하고 있는 러시아-북한-한국 가스관 연결 사업의 대체 노선으로 러시아-중국 산둥(山東)-한국 서해 노선을 제안했다. 중국석유천연가스(CNPC) 장제민(張建敏) 회장은 지난달 16일 베이징에서 한국석유공사 강경원 사장을 만나 러시아 천연가스 도입 사업과 관련해 중국을 경유해 서해를 지나는 해저 노선 방안을 타진한 것으로 22일 확인됐다.

중앙일보 JTRC가 단독으로 입수한 두 사람 간 회의록에 따르면 CNPC 장 회장은 “산둥반도 웨이하이(威海)에서 한국으로 해저 가스관을 부설해 러시아산 가스를 공급받는 것이 북한을 경유하는 방식보다 안전적이고 경제적인 것으로 생각된다”고 말했다. 이 제안은 외교 통신후보와 지식경제부 등 관련 부처에 전달된 것으로 알려졌다. 러시아 천연가스 도입의 한국 측 사업 파트너인 한국가스공사도 CNPC 측과 접촉하고 타당성 검토에 들어갔다. 웨이하이에서 백령도까지는 174㎞이며, 서울까지는 380㎞다. 현재 논의 중인 러시아-북한-한국 가스관의 경우 북한 통과 거리가 700㎞에 이른다.



그림 4.1 최근 한국-러시아 및 알래스카-아시아 자원이송망 이슈

- 향후 국제적으로 극한지 에너지 개발 사업이 활발히 진행될 것으로 예상됨에

##### 알래스카-亞 잇는 천연가스 파이프라인 건설될듯 BP·엑슨모빌·코노코필립스 등 참여할 듯

일렉시언 | 2014.03.22 14:53

[이데일리 민재용 기자] 미국 알래스카 주 정부와 브리티시 페트롤리엄(BP), 엑슨모빌, 코노코필립스 등 정유 3사가 알래스카와 아시아 지역을 연결하는 천연가스 운송용 파이프라인 건설에 합의할 전망이다. 파이프라인(FT)가 21일(현지시간) 보도됐다.

| ▶ 참여 본 뉴스                                                                                                                                                                                                           | 추천뉴스 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* 대만꽃사슴육러산 무렵자 된 시연</li> <li>* 수원명 관 문 국제관광자원화 소년·열매나 예쁘</li> <li>* 호교사 너무 책사하단 이유로보아문</li> <li>* 애플은 감스를 지참고, 삼성은 감스를 따랐다</li> <li>* 진동권 "관악을 (여론조각, 이경희 숙한 계파의,</li> </ul> |      |

소식통에 따르면 알래스카 주 정부는 이들 3사와 알래스카와 아시아를 연결하는 약 400억달러 규모의 천연가스 파이프라인 건설 프로젝트에 다음 주 중 합의할 전망이다.

선 파넬 알래스카 주지사도 합의 가능성을 묻는 질문에 “조심스럽게 낙관하고 있다”고 답했다.

그동안 알래스카 천연가스는 배를 이용해서 다른 지역으로 이송돼 왔다. 이에 따라 배가 정박할 수 없는 지역의 천연가스는 아직 개발되지 못한 상태다.

알래스카 노스슬로프 지역에는 약 35조 입방미터의 천연가스가 매장돼 있다. 이는 미국 전체 천연가스 매장량의 8분의 1에 해당하는 규모다.

선 파넬 주지사는 “매장된 천연가스 개발 속도가 그동안 너무 느려 주정부는 경제적 손실을 보고 있다”며 “천연가스 개발에 더 속도를 내겠다”고 밝혔다.

따라 국내 건설회사가 자원이송망, 부대시설, 공공시설물 등의 공사를 수주할 수 있는 기술력을 시급히 확보하여야 할 것으로 보임.

- Alaska Pipeline Project와 같이 극한지 자원활용을 위한 프로젝트가 현재 진행되고 있을 뿐만 아니라 EU에서는 에너지 자원 확보를 위한 다양한 이송망 구축 계획을 수립하고 있음.
- 이상의 프로젝트에 대응하기 위해 향후 5년 이내에 관련 기술을 구축하여야 하며, 특히 극한지용 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술은 국내에 전무하여 선진 기술과의 격차를 해소하기 위해서는 연구력의 집중과 3~4년 이상의 시간이 소요되므로 시급한 연구과제 추진이 필요함.

#### 나. 상위계획과의 부합성

- 정부는 100대 국정과제에 “에너지 자주 개발을 제고”를 선정하고 에너지 안보 강화를 위한 정책적인 지원을 강화하였으며, 본 연구개발 사업을 통해 극한지로부터 안정적인 자원 확보가 가능해져 정부의 에너지 안보 강화 정책을 지원할 수 있을 것으로 분석됨.
  - 2011년 개최된 G20 정상회의에서 한·러 양국 정상회담을 통한 러시아 유·가스전 및 광물자원 개발 협력 강화와 천연가스 한국공급 및 러시아 전력망 현대화 분야 협력강화와 같은 국가적 차원의 동토지역을 대상으로 건설사업 활성화가 예상됨.
  - 정부는 건설사들의 해외 건설 진출을 돕는 전담금융기구 설치도 검토하고 있으며 건설사들의 해외건설공사 수주를 위한 금융동원 능력을 높임으로써 수주 경쟁력 강화를 측면에서 지원하겠다는 방침을 가지고 있음.
- 2011년도 “과학기술기본계획”에 따르면 7대 집중육성 R&D 분야에서 “국가주도기술 핵심역량 확보”분야는 투자규모가 가장 크며, 본 연구와 연계성이 높은 건설기술혁신사업과 극한지 에너지 및 자원이용 기술 개발이 포함되어 있어 본 연구개발 사업은 상위계획에 부합하는 것으로 분석됨.
  - 극한지 자원개발을 위한 건설 사업은 중동 건설 붐과 같은 제2의 해외건설사업 부흥기를 유발할 수 있을 것으로 예상되므로, 2012년도 “정부연구개발 투자의 기본방향”에 포함된 성장동력형 도전적 R&D투자에 부합됨.
  - 10대 기술분야 중 에너지·자원분야에 “자원개발 및 탐사기술 분야 R&D 투자 활성화”와 본 연구의 부합성이 높음.

## 2절. 기술적 타당성

### 1. 기술개발 계획의 적절성

#### 가. 사업목표와 내용의 구체성

- 본 연구단의 비전으로 제시하고 있는 ‘극한지 미개척 건설 시장 선점과 미래 에너지 자원 확보’ 달성을 위해 본 연구단의 사업목표 ‘세계최고 수준의 극한지 자원이송망 건설 시스템 개발’은 적절하게 구성된 것으로 분석됨.
  - 기존 에너지 자원 고갈에 따른 신규 매장지(극한지)의 메가 프로젝트가 증가하고 있으며, 정부에서는 지속적인 에너지 자원 확보를 위한 국가적 차원의 노력을 기울이는 등 극한지 에너지 자원 확보의 중요성이 증대되고 있는 상황임.
  - 국내의 극한지를 대상으로 하는 장거리 자원이송망 건설 주요 핵심 기술(설계, 평가 등)은 미확보 상태로, 세계 극한지 자원이송망 건설 시장 진출을 위해서는 세계 최고수준의 기술확보가 필요함.
    - 극한지 자원 이송망 건설을 위한 기반 기술(파이프라인 시공 기술, 고강도 소재 기술, 용접 기술 등)은 세계적인 수준이나 극한지 적용을 위한 기술 수준은 미흡한 상황임.
- 본 연구단의 사업목표 달성을 위한 세부목표치를 정량적이고 구체적으로 설정하였으며 세부 목표치에 대한 근거를 설정하여 사업목표 달성에 대한 측정이 가능하도록 제시된 것으로 분석됨.
  - 1세부과제에서는 극한지 자원 이송망 건설을 위한 기반 기술(설계 및 평가 기술)의 극한지 조건 충족(극한지온도조건(-40~20℃), 장거리(2,000km급))을 위한 기술 확보를 목표로 하고 있음.
    - 극한지에서 일반적으로 이용되는 자원이송망의 거리는 2,000km에 달하고 있으나, 국내에는 극한환경(-40℃)에서 동결융해에 민감한 동토지반을 대상으로 한 구조물 설계기술이 전무한 실정임.
  - 2세부과제에서는 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발을 목표로 설정함.
    - 극한지용 파이프 요구성능에 부합하는 고변형용 파이프 제작, 고속/고정밀 현장 접합, 파이프 접합부의 성능평가, 파이프 및 접합부의 설계 적용 기술 개발을 목표로 설정함.
  - 3세부과제에서는 세계적인 수준의 국내 보유 파이프라인 시공 기술의 극

한지 환경 적용을 위한 위험인자 극복형 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향 평가 기법 개발을 목표로 하고 있음.

- 극한지에서 내구성능을 향상시킬 수 있는 시공 기술 개발과 함께 안정성 평가, 재해평가, 환경 영향성 평가를 수행하기 위한 건설운영에 관한 매뉴얼 개발을 목표로 설정함.
- 4세부과제에서는 극한환경(-40℃, 2000km) 자원이송망 성능유지를 위한 유지관리 시스템 확보를 통해 세계최고 수준의 설계기술 및 엔지니어링 능력을 확보하고자 함.
- 극한지 및 장거리 자원이송망에 적합한 시뮬레이터 및 센서시스템 성능을 개선하고, 개발된 시뮬레이터와 센서 시스템을 이용한 자원이송망 및 기반구조물 시공성 향상, 시공품질 확보, 생애주기 향상을 목표로 설정함.

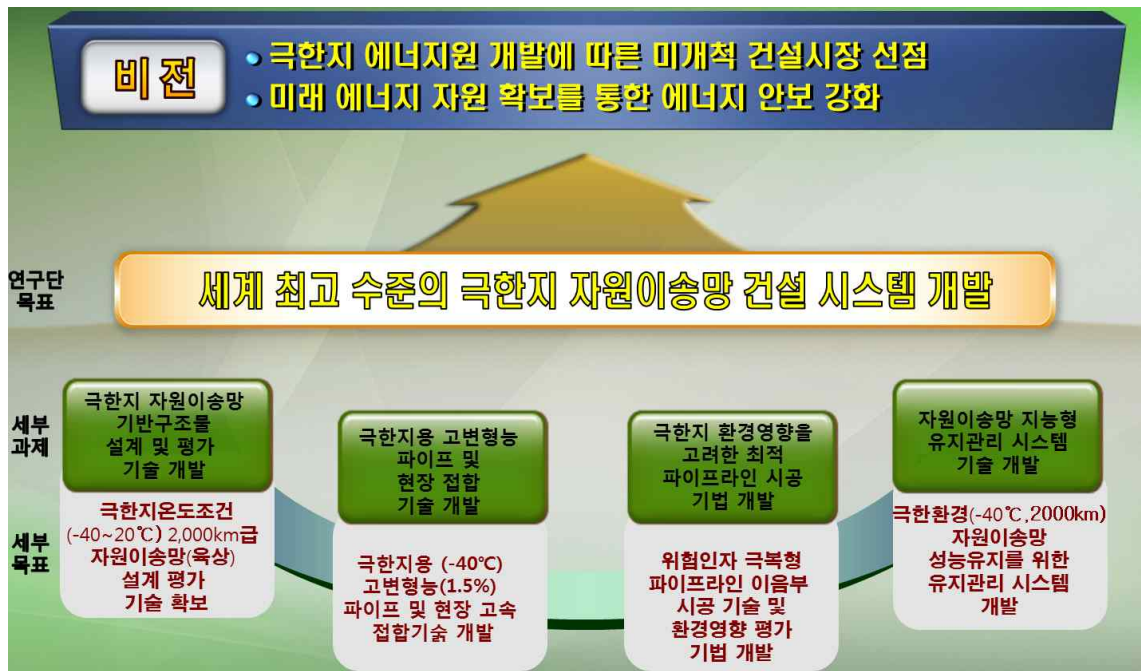


그림 4.2 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획과제의 비전

○ 세부목표는 단계별로 구분하였고, 구체적으로 제시한 것으로 분석됨.

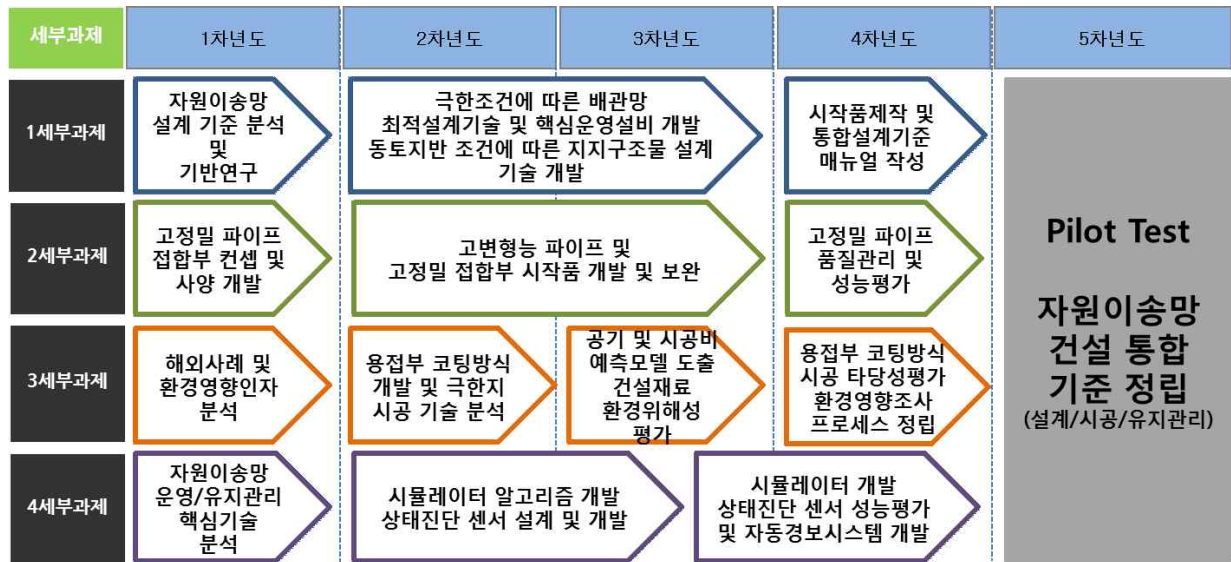


그림 4.3 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술의 목표 TRM

○ 세부목표는 정책/경제/기술 동향 분석 및 논문/특허 분석, 인프라 분석을 통해 도출된 시사점에 기초하고 있으며, 그 과정에서 이슈트리라는 논리적 구조 모형을 사용하여, 목표 설정 체계 및 근거가 논리적이고 타당성이 있는 것으로 분석됨.

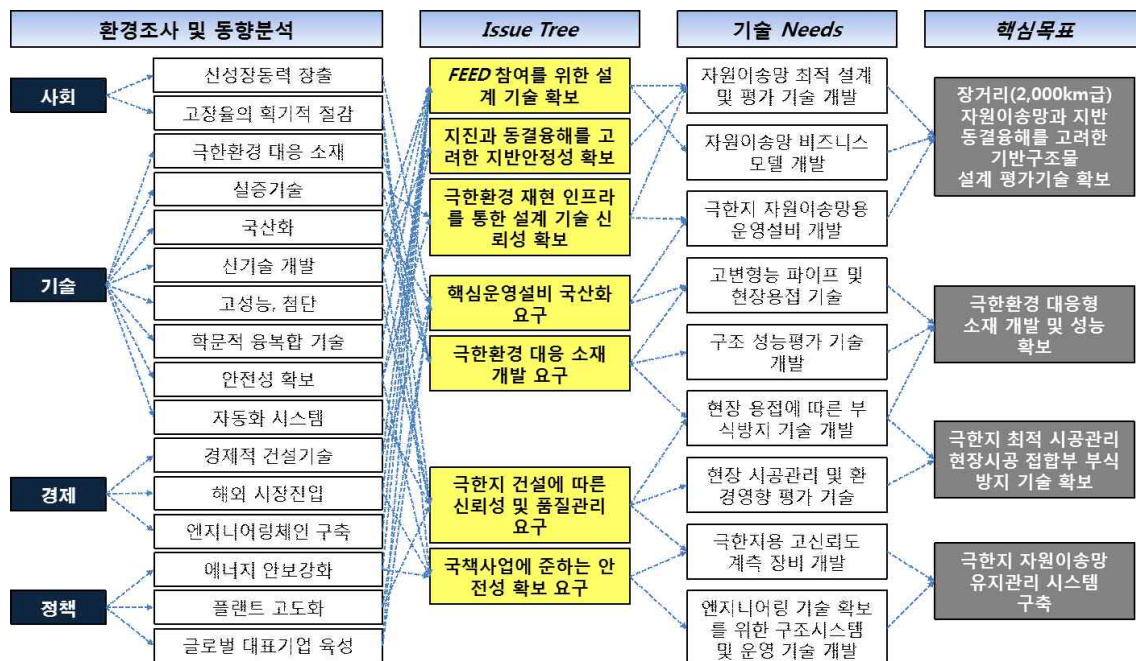


그림 4.4 기획과제의 이슈 트리(Issue Tree)

- 자원이송망의 경우 국가적 차원에서 지원되는 사업으로 일반적으로 적용하는 안전율 이상, 최저 고장율 보장과 같은 신뢰성과 안전성을 확보한 설계 및 평가 기술 개발이 필요함.
- 해외에서는 시베리아 에너지개발 사업, 캐나다 오일샌드 개발 사업과 같은 대형 국책사업이 진행 중에 있으며, 한국석유공사에서는 캐나다 오일샌드 사업에 2009년부터 참여하고 있음.
- 경제동향 분석 결과 자원이송망 설계 기술은 해외 국책기관이나 Oil Major사에서 진행하고 있으며, Vendor List에 등재되지 않을 경우 사업참여가 제한되는 상태로, 자원이송망 건설 참여를 위해서는 Vendor List 등재를 목표로 비즈니스 모델 개발을 추진함.
- 해외 시장동향 분석결과, 시베리아 에너지 라인 건설에 2조 4천억원, 캐나다 BlackGold 광구 사업에 2020년까지 1,000억 달러 투자가 예상됨.
- 특허 분석 결과, 우리나라의 특허 출원은 최근 급증하고 있는 경향을 보이며, 선진국 대비 소재분야만이 80%의 기술수준에 머물고 있으며, 2~4년의 기술격차가 벌어져 있는 것으로 조사되었음.
- 논문 분석 결과, 극한지 자원이송망 관련 기술은 2000년 이후 에너지에 대한 중요성이 대두되면서 급부상한 기술로서 선진 기술 추격 및 기술 선점을 위해 설계, 소재, 시공, 유지관리 등 관련 분야 전반에 연구력이 투입될 수 있도록 함.

## 나. 사업추진전략의 적절성

### (1) 사업추진체계 및 절차의 적절성

○ 본 사업은 4개의 세부과제로 구성되어 있으며, 단위·요소 기술의 유기적 연계를 통하여 패키지화된 기술을 개발하는 과제로 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨.

- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획 검토위원회에서 선정된 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가분야, 극한환경 대응 소재 개발분야, 시공자동화 기술분야, 지능형 유지관리 시스템 개발분야와 같은 4개의 세부과제로 구성됨.
- 본 사업의 연구비(정부출연금 기준)는 약 225억원으로 건설교통기술평가원의 연구수행 형태 구분 중 정부출연금 기준의 연구단 연구수행 형태구분에 만족함.

- 본 사업을 구성하고 있는 4개의 세부과제 및 16개 구성기술은 동향분석에 기반하여 도출된 과제를 전문가위원회의 검토 및 기획평가위원회의 검토 절차를 거쳐 최종적으로 선정되었으며, 각 분야의 전문가 의견을 반영하여 적절하게 도출된 것으로 보임.

## (2) 성과평가 및 관리체계의 적절성

- 예상성과물과 기술수요처 및 실용화방안을 제시하고 있어, 향후 본 연구단의 기술개발 성과물을 필요로 하는 현장 및 수요처에 개발기술을 적용 시 이를 고려할 수 있을 것으로 판단됨.
  - 본 연구단 사업을 통해 발생하는 성과물에 대해 세부과제 수준으로 제시를 하였으며, 각 성과물의 수요처 및 실용화 방안에 대해 제안하여, 향후 연구개발이 완료된 후, 연구로만 그치는 것이 아니라, 각 기술수요처에 활용 가능한 방안을 제시하고 있음.
  - 본 연구단에서 연구성과물의 적용 타겟으로 내세우고 있는 극한지 자원이 송망 건설 프로젝트들이 구체화되어 추진됨에 따라, 개발 기술의 활용가능성은 매우 높아 보임.
  - 다만, 실용화 방안이 매크로하게 제시되어 있으므로, 개발 기술의 사업화 성공률을 높이기 위해서 본 과제 추진 시 실용화를 위한 보다 구체적이고 상세한 Activity에 대한 방안 제시가 필요할 것으로 보임.
- 세부과제별로 성과목표를 제시하였고, 목표달성여부를 판단하기 위한 성과지표, 목표치, 목표치 설정근거, 성과지표 측정방법 등을 제시하고 있어 성과 달성여부에 대한 판단근거로 활용할 수 있음.
  - 다만, 일부 기술적 성과의 경우 양적 성과에 대한 목표치 위주로 제시하고 있어 기술 성능의 향상 수준에 대한 성과평가 지표 제시가 필요할 것으로 보임.

## 다. 기술개발로드맵의 우수성

### (1) 연구개발계획의 완성도

- 본 연구단의 기술개발로드맵은 세부과제 수준에서 연도별 요소기술의 성과물이 구체적으로 제시되어 있어, 연구개발계획의 완성도 측면에서 적절한 것으로

로 분석됨.

- 세부과제 수준에서 연도별 요소기술의 성과물은 단계별 세부목표와 연차별 성과물을 토대로 작성이 되어 있어서, 적절하게 구성되어 있는 것으로 보임.

○ 본 연구단의 기술개발로드맵은 국내외 동향 및 환경 분석 결과를 반영하여 도출된 세부과제를 대상으로 하고 있으므로, 기술적/경제적 측면의 분석결과를 반영한 기술개발로드맵으로 보임.

- 각 세부과제를 도출하기 위하여 국내외 경제/기술 동향 및 인프라 분석 및 선행사업 분석을 통하여 비전 및 목표를 도출하였고 비전 및 목표 달성을 위하여 연구개발과제를 도출하였음.
- 연구개발과제 도출 시 국가연구개발사업 및 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 검토를 수행하였으며, 최종 도출된 과제를 바탕으로 기술개발로드맵을 작성하였음.

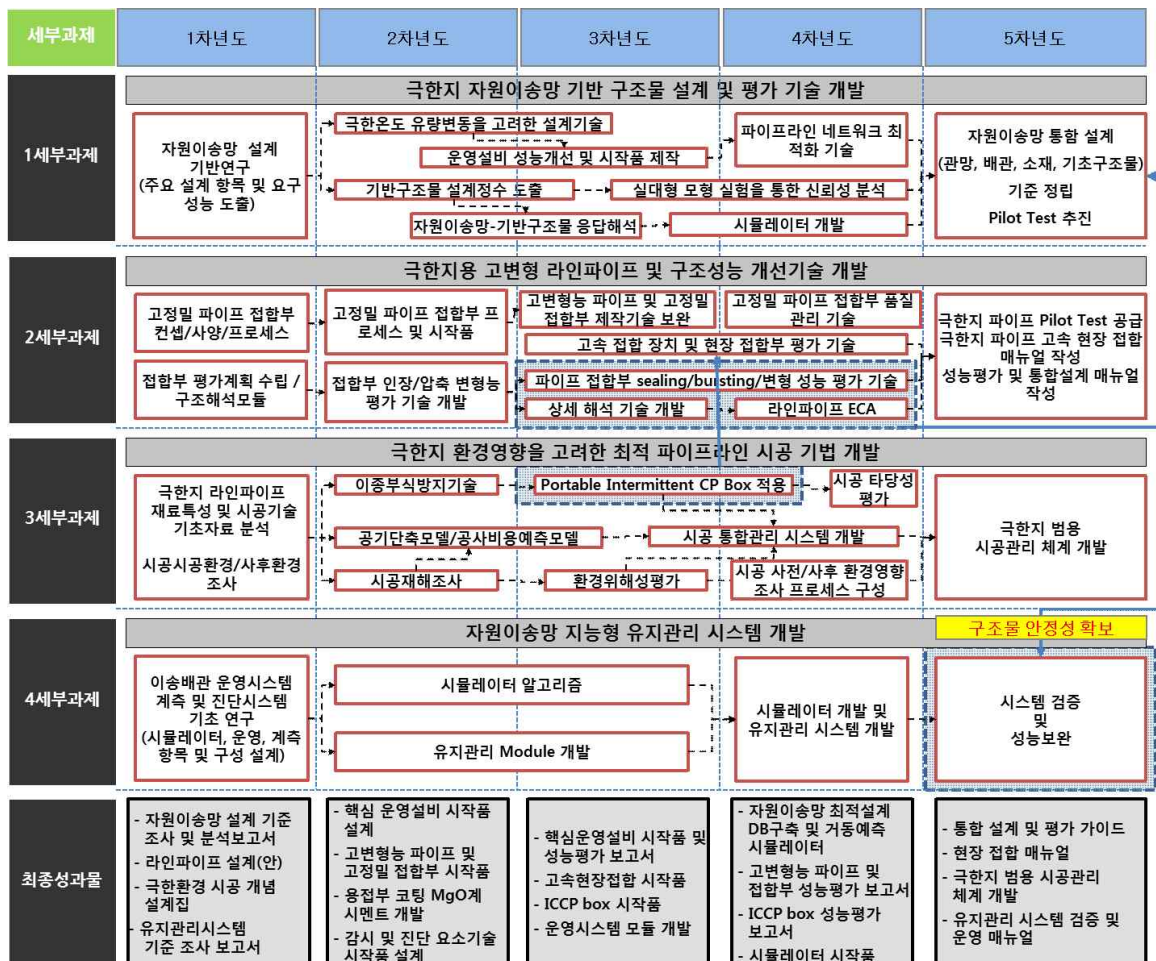


그림 4.5 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술의 기술 TRM

- 본 연구단의 기술개발로드맵은 세부과제별로 요소기술간 선후관계가 명확하게 제시되어, 기술로드맵을 통해 본 연구단에서 추진하고자 하는 과제가 체계적으로 구성되어 있음을 확인할 수 있음.
- 기술개발로드맵 작성 시, 세부과제별로 요소기술의 성과물을 제시하고, 후행 기술 개발 시 선행 기술의 성과물 활용 등 요소기술간의 연계관계를 도식화하여, 요소기술간 선후관계의 파악 및 세부과제의 연계관계도 파악이 용이하도록 기술로드맵이 작성되었음.

## 2. 기술수준 및 성공가능성

### 가. 기술수준 및 역량분석

#### (1) 보유기술수준 및 기술개발의 기대수준

- 자원이송망 설계 및 시공자동화 분야의 선진국 대비 국내 기술수준을 파악하기 위해, 특허/논문 분석 및 기술동향분석을 수행하고 이를 기초로 국내 전문가를 대상으로 기술수준조사 결과, 전체적으로 약 69%수준으로 조사되었음.
- 전문가를 대상으로 수행하는 기술수준조사는 전문가의 주관적인 평가로 이루어지는 만큼 객관성에 문제가 있을 수 있으나, 본 연구단의 기술수준조사는 관련 특허/논문 분석 및 기술동향 분석 결과를 조사대상전문가에게 발표를 한 후 조사를 수행하였기에, 객관성문제를 보완하여 기술수준조사를 수행한 것으로 판단됨.
- 자원이송망 설계 및 시공자동화 관련 분야의 기술수준은 선진국 대비 소재분야만이 80%수준인 것으로 조사되었으며, 이는 국내기업(POSCO)의 활발한 소재개발에 기인함.
- 극한지 자원이송망 구축을 위해 반드시 필요한 기술이나, 현재 기술 수준이 낮은 만큼 기술개발의 실패 위험도 높아, 민간 기업체에서는 추진하기 어려운 측면이 있으며, 정부주도의 기술개발이 요구됨.
- 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술은 특허분석 결과에 따르면 선진국과의 기술격차가 최소 2-4년으로 네트워크를 지닌 자원이송망 구축을 위해서는 정부의 적극적인 투자로 집중력 있게 연구개발을 수행하여, 단기간 내에 선진국 수준으로 기술수준을 끌어올리는 것이 필요할 것으로 보임.

#### (2) 기술개발 역량 및 잠재력

- 기술개발을 위한 기술 구축정도, 연구 시설 및 설비, 기술 투자지원 등에 대하여 국내와 선진국과의 인프라 수준을 비교 분석하였으며, 분석결과 사업추진을 위한 핵심인프라는 갖추고 있으나, 직접적인 현장적용 실험과 연구에 연계할 수 있는 파일럿 테스트 성격의 실험인프라는 부족하여 정부차원에서 해외 극한지 진출대상국과 협의를 통한 현장 실험 인프라 지원이 필요할 것으로 보임.
- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화에 대한 경험은 전무하나, 일반 혹서지 자원이송망 건설 경험은 풍부하여, 향후 극한지를 대상으로 한 자원이송망 건설기술에 집중적인 투자가 이루어진다면 단기간에 상당한 기술수준에 오를 수 있는 잠재력이 존재할 것으로 보임.
- 한국건설기술연구원은 실험용 냉동챔버 등을 보유하고 있어 사업 추진을 위한 핵심 인프라는 갖춰진 상태이나, 직접적인 현장적용 실험과 연구에 연계할 수 있는 파일럿 테스트 성격의 실험 인프라는 부족한 실정임.
- 본 연구단 수행 과제 관련 기술개발이 국내에 전무한 상태이기 때문에, 기술이전 및 거래가 빈약한 상태이나, 국내의 극한지 자원개발 사업 대형 프로젝트 참여가 계획 중으로 기술이전 및 거래, 국제기술협력기반 마련이 필요할 것으로 보임.
- 본 연구단에서 추진하는 과제는 공공의 성격이거나, 민간에서 적극적으로 투자하기 어려운 사업이나, 주요 기술수요처가 민간인만큼 초기 사업 추진은 공공에서 추진하되, 민간에서도 사업참여 및 기술투자가 이루어질 것으로 보임.

### 3. 기존 사업과의 중복성

#### 가. 기존 사업과의 중복성

##### (1) 기존 사업과의 중복성

- 본 연구단에서 추진하는 과제는 기획과정과 평가위원회 검토를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하였으며, 기존연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화한 것으로 분석됨.
- 본 연구에 대한 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음.
- 기획과정에서 전문가 워크숍을 추진하여, 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 착수보고 및평가위원회 검토시 제기된 중복과제에 대해 면밀

한 검토를 하였음.

- 기획과정을 통해 제기된 기존 유사연구 및 이에 대한 연계, 활용, 차별화 전략은 다음과 같음.

| 연구과제명                                        | 검토결과                                                                                                   | 연계 방안 및 차별화 방안                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 남극과학기지건설에<br>관한 조사연구                         | <b>[유사한 점]</b> 극한환경 조건인 남극 세종기지의 온도 데이터를 수집하여 정리하였으며, 현장의 온도조건 확인은 극한지 연구에 있어 기본적인 조사 항목임.             | 극한지 온도 및 강수량 등 기후조건에 대한 데이터 수집 및 분석 활용가능함.<br>본 연구는 대상지반을 동토지반, 특히 영구동토층을 대상으로 인간의 건설 활동으로 인해 발생하는 지반 교란에 따른 열평형의 파괴로 발생하는 연약지반 보강 공법이라는 측면에서 타 사업과 차별화됨.<br>남극 세종기지 건설연도가 1988년이며, 건설을 위한 조사연구가 1987년도에 수행되어 최근 연구경향 및 기술 수준과는 거리가 있음.                 |
|                                              | <b>[차이 점]</b> 남극 세종기지건설을 위해 사전 조사 및 건설계획 수립과 관련한 연구이며, 주로 세종기지 구조물인 콘테이너식 구조물 시공과 관련한 내용으로 본 과제와는 무관함. |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                              | <b>[벤치마킹 할 점]</b> 현장 지반온도 측정 장비                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 동토지역 기초구조물의<br>최적설계, 시공기<br>법 개발연구           | <b>[유사한 점]</b> 동토의 융해압밀, 기초 구조물의 설계, 시공 방법, 동상과 동결깊이 등 동토지역 지반의 열적 거동과 관련한 분야에 대한 연구                   | 동토지반 연구 방법론(동상 방지재료 개발, 융해압밀, 인공동결공법, 동상 및 동결깊이, 말뚝기초 등) 활용가능함.<br>본 연구에서는 동토지역 기반구조물 건설과 관련한 다양한 분야에 대한 연구를 지양하고 세계수준에 부합하는 핵심기술을 선정하여 연구역량 집중을 통해 선진국과의 기술격차 완화에 중점을 두고자 함.<br>동결토의 거동을 이해하기 위한 기초적인 이론들이 잘 정립되어 있으며, 접근방식과 프로세스는 본 연구과제에서 벤치마킹하고자 함. |
|                                              | <b>[차이 점]</b> 동토지역 기초 구조물의 안정화에 관한 해외 사례 및 선행 기술들에 대한 조사를 중점적으로 수행                                     |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                              | <b>[벤치마킹 할 점]</b> 동토지역 기초 구조물 건설과 관련한 다양한 분야에 대한 선행연구                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 페비닐 골재를 활용<br>한 도로포장 동상방<br>지에 관한 실용화 연<br>구 | <b>[유사한 점]</b> 도로 동상방지층을 대체할 동상방지재료로써 페비닐 골재를 활용하는 연구임.                                                | 본 연구에서는 동상방지층 대체 재료 개발에서 벗어나 자원이송망-기반구조물 상호거동 분석을 이용한 최적 설계 개발로 기존연구와 차별                                                                                                                                                                                |
|                                              | <b>[차이점]</b> 동상방지층용 재료 개발을 위해 페비닐골재를 활용하는 과제임.                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                              | <b>[벤치마킹 할 점]</b> 해당사항 없음                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                         |

| 연구과제명                              | 검토결과                                                                                                                                      | 연계 방안 및 차별화 방안                                                                                                                                           |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H2S 함유 오일/가스 수송용 X-80급 소재 제조 기술 개발 | <b>[유사한 점]</b> 라인파이프 소재의 강도 등급, API X80                                                                                                   | 기존 과제에서 개발된 강재를 이용하여, 극한환경에 적합한 고변형능 파이프 및 접합부 개발에 활용 가능함                                                                                                |
|                                    | <b>[차이 점]</b> 기존 과제는 내 Sour-용 강재 개발이 목표이나, 2세부 과제에서는 기존 강재를 활용한 극한지 X80 라인파이프의 조관/구조성능평가/설계적용 기술 개발이 연구 목표임                               |                                                                                                                                                          |
|                                    | <b>[벤치마킹 할 점]</b> API X80 소재 생산 및 소재성능 평가 기술                                                                                              |                                                                                                                                                          |
| API X80급 Linepipe 용 SA 용접재료개발 및 지원 | <b>[유사한 점]</b> 라인파이프 용접재료의 강도 등급, API X80                                                                                                 | 기존 과제에서 개발된 용접재료를 극한지용 파이프 제작에 활용 가능함                                                                                                                    |
|                                    | <b>[차이 점]</b> 기존 과제는 일반적인 X80 파이프의 Seam 용접재료의 국산화가 목표였으나, 2세부과제에서는 기존 용접재료를 활용하여 girth 용접을 포함한 극한지 X80 라인파이프의 조관/구조성능평가/설계적용 기술개발이 연구 목표임 |                                                                                                                                                          |
|                                    | <b>[벤치마킹 할 점]</b> X80 용접재료 개발 및 용접부 소재성능 평가 기술                                                                                            |                                                                                                                                                          |
| 미래도시조화형 친환경 Lifeline 설계 시공기술 개발    | <b>[유사한 점]</b> 파이프의 용접 자동화 기술                                                                                                             | 기존과제는 용접 Infra가 잘 갖추어진 작업환경(Shop)에서 수행되는 새로운 용접 Process 개발이 목적이며, 당 과제에서는, 작업 Infra의 확보가 매우 제한적인, 극한환경에서의 고속/고정밀 현장 접합 기술 확보를 목적으로 함. 기존 연구성과를 참고할 수 있음. |
|                                    | <b>[차이 점]</b> 기존 과제는 우리나라 기후 도시 환경에서 상하수도용 파이프의 설계/Shop제작/시공되는 파이프가 대상이나, 당 과제에서는 극지의 극한환경에서 원유나 가스 수송용 라인파이프의 설계/현장제작/시공 기술 개발이 연구 대상임.  |                                                                                                                                                          |
|                                    | <b>[벤치마킹 할 점]</b> 파이프의 용접자동화 기술 개발시의 문제점                                                                                                  |                                                                                                                                                          |

| 연구과제명                                      | 검토결과                                                                                                                                                                                                       | 연계 방안 및 차별화 방안                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 파이프 진원도 보정<br>internal Line-up<br>Clamp 개발 | <b>[유사한 점]</b> 파이프의 용접 자동화                                                                                                                                                                                 | 기존과제는 외산장비의 기능을 국산화로 구현한 독창성이 부족한 추적기술로, 현장 접합을 고려하지 않은 Shop에서의 제조기술을 대상으로 하고 있음. 당과제는 극한환경에서의 접합부 품질을 고려한 현장 접합 기술 개발을 목적으로 함.<br>기존 연구에서 보고된 문제점을 참고하여 극한환경에서의 현장 접합 기술 개발에 활용 가능함.                                                                      |
|                                            | <b>[차이 점]</b> 기존 과제는 설비가 잘 갖추어진 Shop에서의 용접기술이나, 2세부과제에서는 극한환경에서 용접 자동화 기술 개발이 연구 목표임                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                            | <b>[벤치마킹 할 점]</b> 파이프의 용접 자동화시의 문제점                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 대구경 후육 파이프<br>SAW Seam 용접 자동화              | <b>[유사한 점]</b> 파이프의 용접 자동화                                                                                                                                                                                 | 기존과제는 Shop에서 수행되는, 아래보기 용접만을 고려한 제한적 작업형태를 고려한 용접기술로, 과도한 입열에 대한 현장에서의 교정기술은 포함되어 있지 않음. 당 과제에서는 극한지등의 현장상황을 고려한 접합 기술 확보를 목적으로 함.<br>기존 연구에서 보고된 문제점을 참고하여 극한환경에서의 현장 접합 기술 개발에 활용 가능함.                                                                   |
|                                            | <b>[차이 점]</b> 기존 과제는 Shop에서의 아래보기 용접기술이나, 2세부과제에서는 극한환경에서 전자세 용접 자동화 기술 개발이 연구 목표임                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                            | <b>[벤치마킹 할 점]</b> 파이프의 SAW Seam 용접 자동화시의 문제점                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 시베리아 동토지역<br>진출을 위한 미래건설기술 개발              | <b>[유사한 점]</b> 극한지 온도조건을 고려한 파이프라인 시공 방안 마련                                                                                                                                                                | 기존 과제에서 수행한 극한지 지반의 열적 특성 분석을 위해 수행된 실험(열전도, 조음파, 부동수분 실험)들의 유효성을 검토·보완하여 극한지 지반 거동을 예측하기 위한 효과적인 방안을 제시하는데 활용.<br>극한지 지반 거동을 예측하기 위한 평가 방법은 선행 연구에 더해 추가적인 연구가 필요한 분야이며, 이에 더해 실제 현장에서 효과적으로 활용할 수 있는 최적 설계 및 평가 기술, 지반 및 구조물 거동 예측 및 평가 프로세스 등을 개발할 예정임. |
|                                            | <b>[차이 점]</b> 기존 과제는 극한지 파이프라인의 매설 시 온도 조건에 따른 매설관의 거동에 대한 기본적인 연구를 수행하였으나, 극한지 파이프라인 거동을 이해하기 위해서는 보다 심화된 연구가 필요하며, 지반의 안정화 방안, 거동 예측 및 평가 방법, 조사 및 설계 기술 등에 대한 연구는 기존 과제에서 수행되지 않은 분야로 해당 분야에 대한 연구가 필요한 |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                            | <b>[벤치마킹 할 점]</b> 극한지 지반 거동을 이해하기 위한 열적 특성 분석 기술                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                            |

### 3절. 경제적 타당성

#### 1. 경제성 분석

##### 가. 극한지 자원이송망 관련 시장 분석

○ 본 연구의 기술개발에 의한 편익은 미래 시장규모 추정이 가능한 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 증대이므로 시장접근법을 사용함.

$$\text{편익} = \text{시장규모(현재가치(원))} \times \text{시장점유율(\%)} \times \text{기술기여도(\%)} \times \text{R\&D기여도(\%)} \times \text{기술개발성공률(\%)} \times \text{부가가치율(\%)}$$

○ 본 과제의 개발 기술이 적용가능한 시장으로 국가간 협력을 통해 시장 진출 가능성이 높은 러시아의 극한지 자원이송망 시장을 고려하였음.

▪ 러시아의 자원이송망 시장은 본 과제 기술개발 완료 후 시장 적용이 예상되는 2018년 17.8조원에서 2027년 33.2조원까지 성장할 것으로 예상됨.

※ 러시아 자원이송망 시장규모는 'BMI Russia Infrastructure Report Q3 2012' 자료의 Oil and Gas Pipeline Infrastructure 시장전망치를 기반으로 추정함.

※ 2018~2021년의 시장규모는 BMI자료 전망치를 적용함.

※ 2022~2027년의 시장규모는 2013~2021년간 BMI자료의 Oil and Gas Pipeline Infrastructure 연평균 시장성장률 추이를 기반으로 2022~2027년간 시장성장률을 추정하여 산정함(2013년 시장성장률은 15.9%에서 2021년 8.3%로 감소하였으며, 8년간 성장률의 연평균 감소율을 적용하여 2022년~2027년간 시장성장률을 추정).

표 4.1 러시아 파이프라인 시장규모

| 연도                  | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 | 2026년 | 2027년 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 러시아 파이프라인 시장규모 (조원) | 17.82 | 19.58 | 21.23 | 22.99 | 24.75 | 26.49 | 28.21 | 29.90 | 31.55 | 33.15 |
| 파이프라인 시장성장률 (%)     | 9.9   | 8.4   | 8.3   | 7.6   | 7.0   | 6.5   | 6.0   | 5.5   | 5.1   | 4.7   |

※ 자료 출처 : BMI Russia Infrastructure Report Q3 2012, KWs연구진 분석

※ 환율은 1\$ = 1,100원 적용

- 본 기술개발을 통한 연도별 러시아 극한지 파이프라인 시장의 국내기업 점유율은 산업연구원에서 산정한 국내 기업의 전세계 플랜트 시장 점유율과 동일하게 성장하는 것으로 설정함.
- 산업연구원에서 전망한 국내 기업의 플랜트 시장 점유율은 2010년 6%에서 2015년 9%까지 증대될 것으로 전망하였으며, 2027년까지 2010~2015년간 점유율의 연평균증가율과 동일하게 증가하는 것으로 가정함.

표 4.2 국내 기업의 러시아 극한지 자원이송망시장 점유율 설정

| 연도                           | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 | 2026년 | 2027년 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 국내기업의 플랜트시장 점유율(%)           | 11.0  | 11.7  | 12.5  | 13.4  | 14.3  | 15.3  | 16.3  | 17.4  | 18.6  | 19.9  |
| 국내기업의 러시아 극한지 자원이송망시장 점유율(%) | 11.0  | 11.7  | 12.5  | 13.4  | 14.3  | 15.3  | 16.3  | 17.4  | 18.6  | 19.9  |

※ 자료 출처 : 한국 EPC기업의 현재와 미래, GS건설 이우찬 상무 발표자료(산업연구원 플랜트 시장 자료 기반)

- 기술기여도는 제품/공법 중에서 기술이 차지하는 비중을 의미하며, 본 경제성 분석에서는 선행연구 사례를 참조하여 경제적 가치를 보수적으로 산정하는 관점에서 25%를 적용함.<sup>4)</sup>
- R&D기여도는 본 연구과제를 통해 달성된 기술의 개선 비중을 의미하며, 본 경제성분석에서는 선행연구 사례를 참조하여 경제적 가치를 보수적으로 산정하는 관점에서 10.9%를 적용함.<sup>5)</sup>
- 부가가치비중은 한국은행의 2009년 산업연관표를 기준으로 토목 및 특수건설 분야의 부가가치 비중 38.98%를 적용함.

4) 기술가치 평가과정에서 기술기여도 적용방법은 전문가의 주관적 판단에 의하거나 관행적으로 적용하는 방법이 있음. 전문가 판단법의 일종인 AHP를 적용하여 기술기여도를 산정한 이영찬(2006)의 연구에서는 사업가치 구성요소를 기술자산, 시장자산, 인적자산으로 구분하고 이중 기술자산의 상대적 중요도(기술기여도)를 29.7%로 산출한바 있음. 기술기여도를 일률적으로 적용하는 방법은 일반적으로 33%나 25%를 적용함. 본 분석에서는 25%적용함

5) KISTEP에서 작성된 “09 R&D분야 예비타당성 조사 수행을 위한 지침연구”의 R&D사업의 효과분석 사례에서는 R&D기여도를 10.9% 혹은 30.6%로 적용하였음. 본 분석에서는 10.9% 적용함

○ 기술개발성공률은 개발기술이 사업화가 되어, 실질적으로 매출이 발생될 확률을 의미하며, 2010년 산업기술연구회 등에 대한 국정감사 시 공개된 정부 연구개발(R&D)사업 성과의 사업화 성공률 30.0%를 준용하여 적용함.

○ 할인율은 10년 만기 국고채 금리인 3.01%(2012년 10월 25일 기준)를 적용함<sup>6)</sup>

| 경제적<br>파급효과                 | 2018년   | 2019년   | 2020년   | 2021년   | 2022년   | 2023년  | 2024년   | 2025년   | 2026년   | 2027년   |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 러시아<br>파이프라인<br>시장규모(억원)    | 178,200 | 195,800 | 212,300 | 229,900 | 247,468 | 26,898 | 282,097 | 298,978 | 315,471 | 331,511 |
| 러시아시장<br>점유율(%)             | 11.0    | 11.7    | 12.5    | 13.4    | 14.3    | 15.3   | 16.3    | 17.4    | 18.6    | 19.9    |
| 기술기여도<br>(%)                | 25.0    | 25.0    | 25.0    | 25.0    | 25.0    | 25.0   | 25.0    | 25.0    | 25.0    | 25.0    |
| R&D기여도<br>(%)               | 10.9    | 10.9    | 10.9    | 10.9    | 10.9    | 10.9   | 10.9    | 10.9    | 10.9    | 10.9    |
| 기술개발<br>성공률(%)              | 30.0    | 30.0    | 30.0    | 30.0    | 30.0    | 30.0   | 30.0    | 30.0    | 30.0    | 30.0    |
| 부가가치율<br>(%)                | 39.0    | 39.0    | 39.0    | 39.0    | 39.0    | 39.0   | 39.0    | 39.0    | 39.0    | 39.0    |
| 러시아시장<br>매출발생편익<br>현재가치(억원) | 52.3    | 59.3    | 66.7    | 75.2    | 83.8    | 93.2   | 102.7   | 112.8   | 123.5   | 134.8   |

#### 나. 극한지 자원이송망 연구개발사업 투입 예산 분석

○ 극한지 자원이송망 연구개발사업은 2013년부터 2017년까지 5개년 동안 총 294.6억원의 예산이 소요될 계획이며, 이를 2012년 기준 현재가치로 환산할 경우 268.3억원임.

표 4.3 국내 기업의 러시아 극한지 자원이송망시장 점유율 설정

| 연도                          | 2013년 | 2014년 | 2015년 | 2016년 | 2017년 | 총계    |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 극한지 자원이송망 연구개발<br>투입예산(억원)  | 33.7  | 61.9  | 725.8 | 69.6  | 56.5  | 294.6 |
| 연구개발 투입예산 2012년<br>현재가치(억원) | 32.7  | 58.4  | 66.6  | 61.8  | 48.7  | 268.3 |

6) 한국경제신문 2012. 10. 25, 마켓인사이트

#### 다. 극한지 자원이송망 연구개발사업의 비용-편익 분석

- 본 기술개발을 통해 2018~2027년간 러시아 파이프라인 시장 추가 매출 창출 편익의 현재가치는 904.2억원으로 본 연구개발에 투입되는 연구개발 예산의 현재가치 268.3억원을 고려한 B/C ratio는 3.37로 경제성이 있는 것으로 분석됨.

- $B/C \text{ ratio} = 904.2 / 268.3 = 3.37$

- B/C ratio 3.37은 러시아 시장 진출만을 고려하였을 때의 결과이며, 추후 캐나다, 알래스카 등의 시장 진출이 이루어진다면 본 기술개발에 따른 편익은 보다 커질 것으로 전망됨.

## 4절. 기술개발 필요성

### 1. 극한지 자원이송망 기반 구조물 설계 및 평가 기술개발

- 극한지 에너지자원 개발수요 증가가 예상되고 있는 상황에서 세계 시장을 해외 소수의 회사가 독점하고 있어 독자개발을 통하여 시장진입 기반 마련이 필요함.
- 극한지 기반구조물은 국내와 상이한 환경적 영향(극한의 외기온도, 지반 동결 융해, 지반온도, 지진활동 등)으로 인한 특수 설계 기술이 필요하지만 국내에서는 이러한 극한 환경의 부재로 기술 수요가 미미하여 국내 극한지 자원이송망 기반구조물 설계 기술은 걸음마 단계임.

### 2. 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발

- 지진대나 불연속 동토지역에 건설되는 파이프라인은 지반의 이동에 의해 파이프의 변형이 발생되므로, 저온에서 파이프 길이방향의 압축 또는 인장시 변형에 견딜수 있는 고변형 성능의 파이프 및 접합부가 요구됨.
- 극한지용 파이프라인 성능평가 및 설계적용 기술은 극한지 에너지 자원 수송망 건설에 근간이 되는 기술로서, 현재 국내 기술 수준은 평상의 환경조건 범위에만 국한되어 있어 향후 극한지 에너지 자원 수송망 프로젝트에 대응할 수 있는 능력이 전무하므로, 관련 시장의 선발 기술과의 격차를 줄이기 위해서는 국내의 독자적인 극한지용 파이프라인의 설계 및 평가 기술을 개발하여 극한지용 파이프의 적용성 검증 및 시공기술을 뒷받침하여야 함.
- 극한지의 가스채굴 및 수송에는 저온환경에서 소재의 저온 요구성능과 고도의 현장 접합 기술이 요구되며, 가스 수송 파이프 라인是大구경의 경향에 있으므로 생산성 향상을 위한 현장 급속 시공이 필요함.

### 3. 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발

- 기존 석유소비 증가 및 자원고갈에 따라 가격이 급격히 상승하고 있음에 따라 극지, 동토, 격오지 등 미개척지 에너지자원 개발수요가 증가하고 있음.
- 이러한 극한지에서 신공간 창출 및 에너지·자원의 안정적 이송을 위해서는 환경제약조건을 극복할 수 있는 이송망 설치 및 시공기술 확보가 관건임.
- 극한지 현장 작업자의 환경의존도가 높아 일정한 품질획득에 어렵고, 작업자의 현지 노동법 적용 등은 시공기간과 건설비용 증가, 품질저하(운용중 사고로 인한 작업인력 현지 법률상의 문제)로 이어져, 생산성 저하로 이어지고 있음.
- 극한 환경에서의 시공성 및 생산성 확보를 위한 안정성 평가, 재해평가, 환경영향성 평가를 수행하기 위한 매뉴얼 및 지침 개발이 요구됨.
- 향후 극한지 에너지자원 개발수요 증가가 예상되고 있는 상황에서 세계 시장을 해외 소수의 회사가 독점하고 있어 독자개발을 통하여 시장진입 기반 마련이 필요함.

### 4. 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발

- 극한지의 경우 안전사고시 인명과 재산상의 큰 피해를 입게 되고 구조적 결함·손상 및 외력에 의해 사용성이 떨어져 구조물의 이용에 불편이 초래될 수 있으며, 지반 및 구조물의 시공 및 공용시 안전 및 유지관리 또한 인력에 의한 관리로는 한계에 직면해 있으므로 시공·공용중의 모든 경우를 고려할 수 있는 지반 및 구조물 유지관리 모니터링 시스템이 반드시 필요함.
- 극한지 특성상 환경변화에 민감한 모니터링 및 센서의 활용이 극히 제한되며 지형적 요인으로 진단 및 검사자의 상시적 접근이 불가능하므로, 유지 및 보수 없이 최소 수년간 안정적인 작동이 가능한 극한지-맞춤형 진단장비의 구현이 절실함.
- 극한지 건설의 경우 작업능률과 숙련공 부족, 취약한 기후 등으로 인한 생산성 및 안정성이 저하되고 있으며 이에 대한 극한지 지능형 유지관리시스템

기술을 통해 개선이 필요함.

- 극한지 구조물의 경우, 지반의 장기·단기 침하 및 이동 등으로 인해 자원이송망의 구조적 신뢰성 확보와 재료 변화에 따른 수선주기 교체 및 안정성 확보 차원에서 별도의 막대한 유지관리 비용이든나 본 연구에서 제안하는 지능형 모니터링 시스템을 개발함으로써 유지관리비용의 최소화 가능하며 사전 조사 및 위험시기를 예상하여 즉각 조치가 가능함에 따라 인적 및 물적피해 최소화 할 수 있음. 또한 보다 안정하고 신뢰성 있는 극한지 자원이송망 유지에 많은 도움이 될 것이며 이는 건설예산 절감 및 유지관리 비용 절감, 기술지원, 등 경제적 파급효과가 막대할 것으로 판단됨.

## 5절 정부지원 타당성

### 1. 극한지 자원이송망 기반 구조물 설계 및 평가 기술개발

- 국토해양부에서 발간한 “2010년 국토해양 R&D 발전전략”에 명시된 미래핵심 건설교통분야 11개 중점육성 사업과 연계성이 높음.
  - 건설기술혁신과 플랜트고도화 사업은 건설교통분야 11개 중점육성 사업으로 선정되어 있으며, 본 연구에서 개발된 기술의 실용화를 통해 향후 국토해양 R&D 목표 “글로벌 대표기업 육성”에도 직접적으로 기여할 수 있음.
  - 극한지 자원이송망 건설기술 개발은 국내 극한지 부재로 인한 민간기업의 시급한 참여가 어려움.
  - 단기적 이익보다는 극한지 플랜트 사업 추진에 따른 국가 미래 신성장동력 및 에너지 안보 강화와 같은 공공성이 큰 중장기적 기반기술로서 기업 주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 타당함.
  - 극한지용 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술은 국내 생산 극한지용 소재 및 시공 기술을 해외시장에 진출시키기 위한 기반 기술로서 정부 주도의 연구개발을 우선 수행하여 기술 자립력을 획득한 후 관련 민간산업으로의 기술이전을 통해 기술 수출이 진행되어야 함.

### 2. 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발

- Alaska Pipeline Project(Larry Persily, 2011)와 같이 극한지 자원활용을 위한 프로젝트가 현재 진행되고 있을 뿐만 아니라 EU에서는 에너지 자원 확보를 위한 다양한 수송망 구축 계획을 수립하고 있어, 이상의 프로젝트에 대응하기 위해 향후 5년 이내에 관련 기술을 구축하여야 하며, 특히 극한지용 파이프 및 현장 접합 기술은 국내에 전무하여 선진 기술과의 격차를 해소하기 위해서는 연구력의 집중과 3~4년 이상의 시간이 소요되므로 시급한 연구과제 추진이 필요함.
- 최근 우리 정부는 5억달러 규모의 한·중동 플랜트 펀드가 하반기 조성시키는 것을 비롯해 글로벌 인프라펀드 집행에도 박차를 가하고 중국 물산업을 공략하기 위한 ‘차이나워터펀드’도 조성중에 있음.
- 특히 정부는 건설사들의 해외 건설 진출을 돕는 전담금융기구 설치도 검토하

고 있으며 건설사들의 해외건설공사 수주를 위한 금융동원 능력을 높임으로써 수주 경쟁력 강화를 측면에서 지원하겠다는 방침을 가지고 있음.

### 3. 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발

- 각국의 에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역간 기후환경, 법제도 등 민간 기업이 접근하기 어려운 리스크 요인을 고려하여 정부주도의 연구개발이 필요함.
- 국영 및 민간기업에서 오일샌드 광구 확보 및 현장시공분야에 접근하고 있으나 광구별 적합한 개발시스템 및 건설기술의 뒷받침이 부족한 실정임.
  - 한국석유공사에서 해외자주개발원유 확보차원에서 1999년부터 오일샌드 광구개발사업 참여 중임.
- 제반 기술적 제약은 향후 5년 내 개선될 것으로 전망되며, 이를 기반으로 러시아 에너지자원 개발이 2020까지 본격적으로 진행될 것으로 전망함.
- 이에 따라 국내기업에서도 선도그룹을 형성하기 위한 노력을 경주하고 있으나 사업의 리스크가 큰 편이어서 정부차원의 예산투입이 필요함.
  - 관련시장 확대시기를 향후 5년으로 볼 때 현시점이 투자의 적으로 판단됨.

### 4. 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발

- 소수의 oil major사에 의해 결정되는 시장의 특성 상 기술개발에 필요한 투자 금액과 실증에 천문학적인 금액이 요구되어 일개 기업의 차원에서 접근은 risk가 커서 접근이 불가능하므로 기술개발과 개발된 기술을 수출하기 위한 정책 대안의 마련이 동시에 진행되어야 함.
- 건설산업에서도 전주기적사업관리와 아울러 건설정보의 통합 관리와 흐름을 원활하게 하기 위한 정보화 인프라 구축의 필요성이 인식되어 건설 e-construction 체계 구축, 건설산업의 건설정보화 촉진 등 건설기술 진흥 계획(제3차 건설기술진흥기본계획, 2004; 제4차 건설기술진흥기본계획, 2009)에 의하여 건설정보화에 대해 국가적 차원에서 시행되고 있으므로 이에 대한 니즈를 반영할 필요가 있으며 본 연구와 건설기술 진흥 계획은 직접적인 연계를 갖고 있음.

- 본 연구는 광범위한 극한지 자원이송망의 지능형 감시·진단·관리기술에 관한 것으로, 기술 개발을 위한 소요연구비가 막대함에 따라 자금력이 부족한 중소기업(또는 벤처기업)에서 단독으로 기술을 개발하기 어려움이 있음. 이로 인해 동 기술에 대한 국내 기술력이 보유중에 있음에도 불구하고, 연구비에 대한 부담으로 인해 해외 장비의 임차 등이 주로 이루어지고 있음. 따라서 첨단기술에 대한 기술 수요가 증가하고 있는 추세로 볼 때 원천기술의 확보 및 제품개발을 위한 연구비 지원이 절실함.

## 5. 정부 미지원시 문제점

- 신고유가 시대를 맞이하여 국제적으로 중장기적 극한지 에너지 개발 사업이 확대될 것으로 예상되는 시점에서 극한지 자원이송망 건설기술의 부재는 선진국 기술 의존도 증대에 따른 외화낭비, 대형 사업 참여 제한, 기술 종속에 따른 민간기업 고충 증대와 같은 문제가 발생함.
  - 착수예정인 한국-러시아 간 PNG(pipeline natural gas) 프로젝트에서 관계국 간의 기술협의를 자체기술 보유 여부는 기술협약이나 사업협상에서 매우 다른 상황에 처할 것임.
  - 한랭지 및 장거리 가스배관 설계 및 시공관련 선진기술이 확보되지 않을 경우 가스배관 프로젝트에 사용될 배관 및 기자재 조달도 해외기업의 몫이 될 것 가능성이 큼.
- 극한지용 자원 이송망 설계 및 평가 기술은 소재 및 시공기술을 활용하기 위한 공공기술의 성격이 강하므로 민간 주도의 기술개발 시 기술 독점 및 기술개발 속도 저하 등의 문제가 발생할 수 있음.

## 6절. 타당성 검토 종합

### 1. 정책적 타당성

- 정책적 타당성 분석에서 주요 쟁점은 1. 기술개발투자의 시의성 및 시급성 2. 상위계획과의 부합성이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음.
  - 에너지 안보 이슈로 인한 정부의 정책과 외교적 노력을 통해, 극한지 에너지 개발 사업 기반을 마련하였고, 근미래에 사업추진이 예상되는 상황에서 현재 상황에서 관련 기술을 개발하는 것은 시의적절해 보임.
  - 본 연구는 정부의 100대 국정과제의 에너지 안보 강화를 위한 정책, 과학 기술기본계획의 건설기술혁신사업과 극한지 에너지 및 자원이용 기술 개발 등의 정부정책 목표 달성을 지원하고 있음.

### 2. 기술적 타당성

- 기술적 타당성 분석에서 주요 쟁점은 1. 기술개발 계획의 적절성 2. 기술수준 및 성공가능성 3. 기존 사업과의 중복성이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음.
  - 본 연구의 사업목표 내용과 세부목표는 정량적이고 구체적이고 사업추진 전략이 적절하게 도출되었으며, 기술개발 로드맵이 완성도 있게 작성되었음.
    - 본 연구단의 총괄 사업목표는 정량적으로 구체화되어 있으며, 세부목표와 달성을 통해 총괄목표 달성이 이루어 질 수 있도록 구성되어 있음.
    - 본 사업은 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단되며 추진조직의 구성에 대해 상세하게 기술하였으며, 세부과제별로 기대 성과물과 활용계획, 성과평가를 위한 성과지표를 제시하였음.
    - 기술개발로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 상세히 작성되었고 세부과제에서 구성기술간 선후관계가 명확하게 드러나도록 작성됨.
  - 기술수준 및 성공가능성의 경우 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인프라 분석을 통해 분석이 이루어 졌으며, 선진국대비 인프라가 부족하여, 정부의 적극적인 사업추진이 없다면, 연구성과 도출이 다소 어려울 것으로 보임.
    - 보유기술수준, 기술개발 역량 및 잠재력 등을 동향분석 및 기술수준조

사를 통해 수행하였으며 국내와 선진국 수준을 비교분석 하였음.

- 기존사업과의 중복성의 경우 각 세부과제별로 유사과제를 검토하고, 연계 방안 및 차별화 방안을 제시함.

### 3. 경제적 타당성

○ 경제적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 기술개발에 따른 편익 산정 2. 비용-편익 분석이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음.

- 본 연구를 통해 기술 개발을 통해 러시아 극한지 자원이송망 시장에서 추가 매출발생이 예상되며, 본 개발 기술이 기여하는 부분만을 분리하여 현재가치로 산정한 결과 약 904.2억원의 매출 편익이 발생하는 것으로 분석됨.
  - 러시아의 자원이송망 시장전망은 2018년 17.8조원에서 2027년 33.2조원까지 확대될 것으로 예상되며, 산업연구원에서 전망한 국내 플랜트 시장점유율과 동일하게 시장을 점유한다고 가정하면, 2018년 11.0%에서 2027년 19.9%까지 점유율을 확대할 수 있을 것으로 예상됨.
  - 본 기술개발을 통한 기여도만을 분리하기 위하여 기술기여도, R&D기여도, 부가가치 비중, 기술개발 성공률을 고려하였을 때, 본 기술개발을 통한 10년간의 편익 총계(2018년~2027년)는 904.2억원임.
- 본 연구개발에 투입되는 연구개발 예산의 현재가치는 268.3억원이며, 투입 연구개발비를 비용으로 고려하였을 때, 본 연구개발 사업에 따른 B/C ratio는 3.37로 경제성이 있는 것으로 분석됨.
  - 본 비용-편익 분석은 시장진출 가능성이 높은 러시아 시장만을 고려한 수치이며, 캐나다 및 알래스카 등의 극한지 자원이송망 시장 진출이 이루어질 경우 B/C ratio는 보다 커질것으로 전망됨.

### 4. 기술개발 필요성

○ 세부과제별 기술개발 필요성에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음.

- 1세부과제는 극한지 에너지 자원 개발수요 증가가 예상되는 가운데, 국내에서는 극한환경 부재로 기술수요가 미미하여, 극한지 자원이송망 기반구조물 설계 기술이 선진국 대비 미흡한 수준임.
- 2세부과제는 극한지 에너지 자원 수송망 건설에 근간이 되는 기술이며, 현재 국내 기술은 평상의 환경조건 범위만 대응가능하여, 극한지용 파이프 및 현장 접합 기술 개발을 통해 극한지 소재의 적용성 검증 및 시공기술을 뒷받침하여야 함.

- 3세부과제는 극한지 작업환경에 따른 품질 저하, 작업시간의 제약, 시공 생산성 제고의 어려움을 극복하기 위해 공기 단축과 내구성능 향상을 위한 시공 기술 개발과 함께 건설운영에 관한 매뉴얼 개발이 요구됨.

## 5. 정부지원 타당성

- 정부지원 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 정부지원 필요성 2. 정부미지원 시 문제점이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음.
  - 본연구개발기술은 공공성이 큰 중장기적 기반기술이며, 해외 시장에 대응하기 위해서는 5년 이내에 집중적인 연구개발이 요구되며, 많은 기술개발 투자금액이 소요될 예정이어서 민간에서 추진하기 어려우며, 정부에서 집중적으로 개발할 필요가 있음
  - 정부에서 지원하지 않을 경우, 미흡한 국내 극한지 자원이송망 건설기술수준으로 민간 추진 시 기술개발속도 저하가 예상되며, 민간에서도 참여하지 않을 경우 선진국 기술의존도 증대, 외화낭비, 대형사업 참여 제한, 기술종속 등이 예상됨

## 6. 연구개발 추진상 위험요인 및 대응방안

- 본 과제는 최종적으로 설계/소재/시공 및 평가/유지관리가 연계된 건설 엔지니어링 체인 구축과 개발 기술의 현장 적용에 중점을 두고 있음. 그러나 과제별 분리발주를 통한 연구단 구성의 경우, 개별과제의 성공가능성은 높을 것으로 판단되지만 최종적으로 엔지니어링 체인 구축과 현장 적용에는 문제가 있을 것으로 예상됨.
- 추진 과제중 1개의 과제는 연구단 개발성과물의 실용화를 위한 실증하우스를 계획하고 기업체에서 주관하되 실증하우스 구축 추진계획 및 관리가 가능한 적정규모의 기업으로 구성하고 과제별 연계성을 관리하여 최종적으로는 엔지니어링 체인 구축과 현장 적용이 가능하도록 이끄는 연구단 컨소시엄 형태가 적절하다고 판단됨.

## 5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

### 1절. 연구일정에 따른 인력계획

#### 1. 전체사업 인력투입계획

##### 가. 연차별 투입 연구인력

전체 소요인력

(단위 : 명)

| 분류    | 1차년  | 2차년  | 3차년  | 4차년  | 5차년  | 합계    |
|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 총괄    | 14.2 | 30.9 | 40.4 | 39.0 | 28.4 | 152.9 |
| 1세부과제 | 4.6  | 9.7  | 18.0 | 18.0 | 9.0  | 59.3  |
| 2세부과제 | 3.8  | 8.9  | 9.2  | 8.9  | 8.4  | 39.2  |
| 3세부과제 | 4.0  | 8.2  | 8.2  | 8.2  | 8.2  | 36.8  |
| 4세부과제 | 1.8  | 4.1  | 5.0  | 3.9  | 2.8  | 17.6  |

##### 나. 상세 투입연구인력

| 분류    | 총 개발인력(명) |      |      |      |      |       | 비고 |
|-------|-----------|------|------|------|------|-------|----|
|       | 1차년도      | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계     |    |
| 책임연구원 | 6.1       | 9.6  | 10.3 | 10.1 | 10.3 | 46.4  |    |
| 연구원   | 6.7       | 10.5 | 9.5  | 9.3  | 9.3  | 45.3  |    |
| 연구보조원 | 1.2       | 9.9  | 14.7 | 13.7 | 8.5  | 48.0  |    |
| 보조원   | 0.2       | 0.9  | 5.9  | 5.9  | 0.3  | 13.2  |    |
| 합계    | 14.2      | 30.9 | 40.4 | 39   | 28.4 | 152.9 |    |

## 2. 세부과제별 인력투입계획

### 가. 1세부과제 : 극한지 자원이송망 기반구조물 설계 및 평가 기술 개발

| 분류            |       | 총 개발인력(명) |      |      |      |      |      | 비고 |
|---------------|-------|-----------|------|------|------|------|------|----|
|               |       | 1차년도      | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계    |    |
| 계             | 책임연구원 | 2.0       | 2.7  | 3.0  | 3.0  | 3.0  | 13.7 |    |
|               | 연구원   | 2.6       | 4.0  | 3.0  | 3.0  | 3.0  | 15.6 |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 3.0  | 7.0  | 7.0  | 3.0  | 20.0 |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 5.0  | 5.0  | 0.0  | 10.0 |    |
|               | 합계    | 4.6       | 9.7  | 18.0 | 18.0 | 9.0  | 59.3 |    |
| 1<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.5       | 1.0  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 3.0  |    |
|               | 연구원   | 0.5       | 1.0  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 3.0  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.5  | 0.5  | 0.0  | 1.0  |    |
|               | 합계    | 1.0       | 2.5  | 2.0  | 2.0  | 1.5  | 9.0  |    |
| 2<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.3  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.1  |    |
|               | 연구원   | 0.5       | 0.6  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.6  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.5  | 0.5  | 0.0  | 1.0  |    |
|               | 합계    | 0.8       | 1.4  | 2.0  | 2.0  | 1.5  | 7.7  |    |
| 3<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.3  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.1  |    |
|               | 연구원   | 0.4       | 0.6  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.5  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 0.5  | 1.5  | 1.5  | 0.5  | 4.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 1.0  | 1.0  | 0.0  | 2.0  |    |
|               | 합계    | 0.7       | 1.4  | 3.5  | 3.5  | 1.5  | 10.6 |    |
| 4<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.3  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.1  |    |
|               | 연구원   | 0.4       | 0.6  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.5  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 0.5  | 1.5  | 1.5  | 0.5  | 4.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 1.0  | 1.0  | 0.0  | 2.0  |    |
|               | 합계    | 0.7       | 1.4  | 3.5  | 3.5  | 1.5  | 10.6 |    |
| 5<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.3  |    |
|               | 연구원   | 0.4       | 0.6  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.5  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 0.5  | 1.5  | 1.5  | 0.5  | 4.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 1.0  | 1.0  | 0.0  | 2.0  |    |
|               | 합계    | 0.7       | 1.6  | 3.5  | 3.5  | 1.5  | 10.8 |    |
| 6<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.3  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.1  |    |
|               | 연구원   | 0.4       | 0.6  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.5  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 0.5  | 1.5  | 1.5  | 0.5  | 4.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 1.0  | 1.0  | 0.0  | 2.0  |    |
|               | 합계    | 0.7       | 1.4  | 3.5  | 3.5  | 1.5  | 10.6 |    |

나. 2세부과제 : 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발

| 분류            |       | 총 개발인력(명) |      |      |      |      |      | 비고 |
|---------------|-------|-----------|------|------|------|------|------|----|
|               |       | 1차년도      | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계    |    |
| 계             | 책임연구원 | 1.2       | 2.8  | 2.8  | 2.8  | 2.8  | 12.4 |    |
|               | 연구원   | 1.2       | 2.8  | 2.8  | 2.8  | 2.8  | 12.4 |    |
|               | 연구보조원 | 1.2       | 2.4  | 2.7  | 2.4  | 2.5  | 11.2 |    |
|               | 보조원   | 0.2       | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.3  | 3.2  |    |
|               | 합계    | 3.8       | 8.9  | 9.2  | 8.9  | 8.4  | 39.2 |    |
| 1<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 연구원   | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 연구보조원 | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 보조원   | 0.2       | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.0  | 2.0  |    |
|               | 합계    | 1.1       | 2.7  | 2.7  | 2.7  | 2.1  | 11.3 |    |
| 2<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 연구원   | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 연구보조원 | 0.3       | 0.3  | 0.6  | 0.3  | 0.4  | 1.9  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.3  | 0.3  | 0.3  | 0.3  | 1.2  |    |
|               | 합계    | 0.9       | 2.0  | 2.3  | 2.0  | 2.1  | 9.3  |    |
| 3<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 연구원   | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 연구보조원 | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
|               | 합계    | 0.9       | 2.1  | 2.1  | 2.1  | 2.1  | 9.3  |    |
| 4<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 연구원   | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 연구보조원 | 0.3       | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 3.1  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
|               | 합계    | 0.9       | 2.1  | 2.1  | 2.1  | 2.1  | 9.3  |    |

다. 3세부과제 : 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발

| 분류            |       | 총 개발인력(명) |      |      |      |      |      | 비고 |
|---------------|-------|-----------|------|------|------|------|------|----|
|               |       | 1차년도      | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계    |    |
| 계             | 책임연구원 | 2.0       | 3.0  | 3.0  | 3.0  | 3.0  | 14   |    |
|               | 연구원   | 2.0       | 2.2  | 2.2  | 2.2  | 2.2  | 10.8 |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 3.0  | 3.0  | 3.0  | 3.0  | 12.0 |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
|               | 합계    | 4.0       | 8.2  | 8.2  | 8.2  | 8.2  | 36.8 |    |
| 1<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 1.0       | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 5.0  |    |
|               | 연구원   | 1.0       | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 5.0  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 4.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
|               | 합계    | 2.0       | 3.0  | 3.0  | 3.0  | 3.0  | 14.0 |    |
| 2<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.5       | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 4.5  |    |
|               | 연구원   | 0.5       | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 2.9  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 4.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
|               | 합계    | 1.0       | 2.6  | 2.6  | 2.6  | 2.6  | 11.4 |    |
| 3<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.5       | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 4.5  |    |
|               | 연구원   | 0.5       | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 2.9  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 4.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
|               | 합계    | 1.0       | 2.6  | 2.6  | 2.6  | 2.6  | 11.4 |    |

라. 4세부과제 : 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발

| 분류            |       | 총 개발인력(명) |      |      |      |      |      | 비고 |
|---------------|-------|-----------|------|------|------|------|------|----|
|               |       | 1차년도      | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계    |    |
| 계             | 책임연구원 | 0.9       | 1.1  | 1.5  | 1.3  | 1.5  | 6.3  |    |
|               | 연구원   | 0.9       | 1.5  | 1.5  | 1.3  | 1.3  | 6.5  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 1.5  | 2.0  | 1.3  | 0.0  | 4.8  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
|               | 합계    | 1.8       | 4.1  | 5.0  | 3.9  | 2.8  | 17.6 |    |
| 1<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.5  | 0.5  | 0.3  | 0.5  | 2.1  |    |
|               | 연구원   | 0.3       | 0.5  | 0.5  | 0.3  | 0.5  | 2.1  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 0.5  | 0.5  | 0.3  | 0.0  | 1.3  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
|               | 합계    | 0.6       | 1.5  | 1.5  | 0.9  | 1.0  | 5.5  |    |
| 2<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.3  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.1  |    |
|               | 연구원   | 0.3       | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.3  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 0.5  | 1.0  | 0.5  | 0.0  | 2.0  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
|               | 합계    | 0.6       | 1.3  | 2.0  | 1.5  | 1.0  | 6.4  |    |
| 3<br>구성<br>기술 | 책임연구원 | 0.3       | 0.3  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.1  |    |
|               | 연구원   | 0.3       | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.3  | 2.1  |    |
|               | 연구보조원 | 0.0       | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.0  | 1.5  |    |
|               | 보조원   | 0.0       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.5  |    |
|               | 합계    | 0.6       | 1.3  | 1.5  | 1.5  | 0.8  | 5.7  |    |

## 2절. 소요예산 산정

### 1. 예산 산정방법

- 세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하고, 이를 토대로 중점추진분야의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모를 확정함.
- 인건비는 ‘2012년 학술연구용역 인건비기준단가’를 기준으로 작성.
- 항목별 예산은 ‘국토해양부소관 연구개발사업 운영규정’의 ‘별표 2 연구개발비비목별 계상기준’을 작성기준으로 활용.

### 2. 전체사업 소요예산

- 본 연구개발과제의 최종목표 달성을 위해 필요로 하는 세부과제 연구개발내용을 수행하기 위해 소요되는 연구개발예산을 추정하여 전체 연구개발기간 내에서 연도별로 제시하고 기업체 참여가 가능한 과제의 경우 예상 기업부담금을 제시.

#### 가. 총괄 소요예산

(단위 : 천원)

| 분류        | 1차년       |         | 2차년       |           | 3차년       |           | 4차년       |           | 5차년(max)  |           | 합계         |           |
|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
|           | 정부        | 민간      | 정부        | 민간        | 정부        | 민간        | 정부        | 민간        | 정부        | 민간        | 정부         | 민간        |
| 총괄        | 2,500,000 | 870,000 | 4,675,000 | 1,518,000 | 5,608,000 | 1,675,000 | 5,375,000 | 1,588,000 | 4,342,000 | 1,311,000 | 22,500,000 | 6,962,000 |
| 1세부<br>과제 | 800,000   | 200,000 | 1,500,000 | 300,000   | 2,200,000 | 400,000   | 2,200,000 | 400,000   | 1,400,000 | 300,000   | 8,100,000  | 1,600,000 |
| 2세부<br>과제 | 700,000   | 300,000 | 1,325,000 | 568,000   | 1,458,000 | 625,000   | 1,325,000 | 568,000   | 1,192,000 | 511,000   | 6,000,000  | 2,572,000 |
| 3세부<br>과제 | 700,000   | 320,000 | 1,250,000 | 500,000   | 1,250,000 | 500,000   | 1,250,000 | 500,000   | 1,250,000 | 400,000   | 5,700,000  | 2,220,000 |
| 4세부<br>과제 | 300,000   | 50,000  | 600,000   | 150,000   | 700,000   | 150,000   | 600,000   | 120,000   | 500,000   | 10,000    | 2,700,000  | 570,000   |

## 나. 예산 항목별 소요예산

(1) 인건비는 '2012년 학술연구용역 인건비기준단가'를 기준으로 작성

(2) 항목별 예산은 '국토해양부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표 2 연구개발비 비목별 계상기준'을 작성기준으로 활용

(단위 : 천원)

| 예산<br>항목                 | 세부<br>항목  | 구분         |           |           |           |           |           | 소계         | 비율<br>(%) |
|--------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
|                          |           | 단가<br>(연봉) | 1차<br>년도  | 2차<br>년도  | 3차<br>년도  | 4차<br>년도  | 5차<br>년도  |            |           |
| 인건비                      | 책임<br>연구원 | 69,981     | 426,887   | 671,819   | 720,806   | 706,809   | 720,806   | 3,247,126  | 10.0      |
|                          | 연구원       | 53,661     | 359,532   | 563,442   | 509,781   | 499,049   | 499,049   | 2,430,851  | 11.3      |
|                          | 연구<br>보조원 | 35,870     | 43,044    | 355,113   | 527,289   | 491,419   | 304,895   | 1,721,760  | 6.0       |
|                          | 보조원       | 26,904     | 5,381     | 24,215    | 158,735   | 158,735   | 8,072     | 355,138    | 1.9       |
| 소계                       |           |            | 834,843   | 1,614,589 | 1,916,610 | 1,856,012 | 1,532,821 | 7,754,875  | 30.9      |
| 직접비                      | 연구장비/재료비  |            | 826,482   | 1,510,000 | 1,873,992 | 1,720,283 | 1,370,243 | 7,301,000  | 36.4      |
|                          | 연구활동비     |            | 356,347   | 635,859   | 729,055   | 734,868   | 561,855   | 3,017,984  | 14.1      |
|                          | 연구수당      |            | 137,449   | 254,444   | 313,234   | 302,729   | 239,973   | 1,247,829  | 5.0       |
| 소계                       |           |            | 1,320,278 | 2,400,303 | 2,916,281 | 2,757,880 | 2,172,071 | 11,566,815 | 55.6      |
| 간접비                      |           |            | 344,878   | 660,108   | 775,108   | 761,108   | 637,108   | 3,178,310  | 13.5      |
| 합계                       |           |            | 2,500,000 | 4,675,000 | 5,607,999 | 5,375,000 | 4,342,000 | 22,500,000 | 100.0     |
| *인건비=소요인력(ManPower) × 단가 |           |            |           |           |           |           |           |            |           |

### 3. 세부과제별 소요예산

#### 가. 1세부과제

(단위 : 천원)

| 예산<br>항목 | 세부<br>항목  | 구분         |          |           |           |           |           | 소계        | 비율<br>(%) |
|----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|          |           | 단가<br>(연봉) | 1차<br>년도 | 2차<br>년도  | 3차<br>년도  | 4차<br>년도  | 5차<br>년도  |           |           |
| 인건비      | 책임<br>연구원 | 69,981     | 139,962  | 188,949   | 209,943   | 209,943   | 209,943   | 958,740   | 11.8      |
|          | 연구원       | 53,661     | 139,519  | 214,644   | 160,983   | 160,983   | 160,983   | 837,112   | 10.3      |
|          | 연구<br>보조원 | 35,870     | 0        | 107,610   | 251,090   | 251,090   | 107,610   | 717,400   | 8.9       |
|          | 보조원       | 26,904     | 0        | 0         | 134,520   | 134,520   | 0         | 269,040   | 3.3       |
| 소계       |           |            | 279,481  | 511,203   | 756,536   | 756,536   | 478,536   | 2,782,291 | 34.3      |
| 직접비      | 연구장비/재료비  |            | 258,223  | 500,000   | 733,992   | 700,000   | 450,000   | 2,642,215 | 32.6      |
|          | 연구활동비     |            | 100,000  | 176,557   | 248,165   | 282,157   | 175,757   | 982,636   | 12.1      |
|          | 연구수당      |            | 55,896   | 102,241   | 151,307   | 151,307   | 95,707    | 556,458   | 6.9       |
| 소계       |           |            | 414,119  | 778,798   | 1,133,464 | 1,133,464 | 721,464   | 4,181,308 | 51.6      |
| 간접비      |           |            | 106,400  | 210,000   | 310,000   | 310,000   | 200,000   | 1,136,400 | 14.0      |
| 합계       |           |            | 800,000  | 1,500,000 | 2,200,000 | 2,200,000 | 1,400,000 | 8,100,000 | 100.0     |

#### 나. 2세부과제

(단위 : 천원)

| 예산<br>항목 | 세부<br>항목  | 구분         |          |           |           |           |           | 소계        | 비율<br>(%) |
|----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|          |           | 단가<br>(연봉) | 1차<br>년도 | 2차<br>년도  | 3차<br>년도  | 4차<br>년도  | 5차<br>년도  |           |           |
| 인건비      | 책임<br>연구원 | 69,981     | 83,980   | 195,948   | 195,948   | 195,948   | 195,948   | 867,772   | 14.5      |
|          | 연구원       | 53,661     | 64,396   | 150,252   | 150,252   | 150,252   | 150,252   | 665,404   | 11.1      |
|          | 연구<br>보조원 | 35,870     | 43,044   | 86,088    | 96,849    | 86,088    | 89,675    | 401,744   | 6.7       |
|          | 보조원       | 26,904     | 5,381    | 24,215    | 24,215    | 24,215    | 8,072     | 86,098    | 1.4       |
| 소계       |           |            | 196,801  | 456,503   | 467,264   | 456,503   | 443,947   | 2,021,018 | 33.7      |
| 직접비      | 연구장비/재료비  |            | 285,000  | 440,000   | 540,000   | 440,000   | 380,000   | 2,085,000 | 34.8      |
|          | 연구활동비     |            | 112,880  | 220,562   | 242,263   | 220,562   | 160,747   | 957,014   | 16.0      |
|          | 연구수당      |            | 9,841    | 22,827    | 23,365    | 22,827    | 22,198    | 101,058   | 1.7       |
| 소계       |           |            | 407,721  | 683,389   | 805,628   | 683,389   | 562,945   | 3,143,072 | 52.4      |
| 간접비      |           |            | 95,478   | 185,108   | 185,108   | 185,108   | 185,108   | 835,910   | 13.9      |
| 합계       |           |            | 700,000  | 1,325,000 | 1,458,000 | 1,325,000 | 1,192,000 | 6,000,000 | 100.0     |

### 다. 3세부과제

(단위 : 천원)

| 예산<br>항목 | 세부<br>항목  | 구분         |          |           |           |           |           | 소계        | 비율<br>(%) |
|----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|          |           | 단가<br>(연봉) | 1차<br>년도 | 2차<br>년도  | 3차<br>년도  | 4차<br>년도  | 5차<br>년도  |           |           |
| 인건비      | 책임<br>연구원 | 69,981     | 139,962  | 209,943   | 209,943   | 209,943   | 209,943   | 979,734   | 17.2      |
|          | 연구원       | 53,661     | 107,322  | 118,054   | 118,054   | 118,054   | 118,054   | 579,539   | 10.2      |
|          | 연구<br>보조원 | 35,870     | 0        | 107,610   | 107,610   | 107,610   | 107,610   | 430,440   | 7.6       |
|          | 보조원       | 26,904     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0.0       |
| 소계       |           |            | 247,284  | 435,607   | 435,607   | 435,607   | 435,607   | 1,989,713 | 34.9      |
| 직접비      | 연구장비/재료비  |            | 203,259  | 400,000   | 400,000   | 400,000   | 400,000   | 1,803,259 | 31.6      |
|          | 연구활동비     |            | 100,000  | 147,271   | 147,271   | 147,271   | 147,271   | 689,084   | 12.1      |
|          | 연구수당      |            | 49,457   | 87,121    | 87,121    | 87,121    | 87,121    | 397,943   | 7.0       |
| 소계       |           |            | 352,716  | 634,392   | 634,392   | 634,392   | 634,392   | 2,890,288 | 50.7      |
| 간접비      |           |            | 100,000  | 180,000   | 180,000   | 180,000   | 180,000   | 820,000   | 14.4      |
| 합계       |           |            | 700,000  | 1,250,000 | 1,250,000 | 1,250,000 | 1,250,000 | 5,700,000 | 100.0     |

### 라. 4세부과제

(단위 : 천원)

| 예산<br>항목 | 세부<br>항목  | 구분         |          |          |          |          |          | 소계        | 비율<br>(%) |
|----------|-----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
|          |           | 단가<br>(연봉) | 1차<br>년도 | 2차<br>년도 | 3차<br>년도 | 4차<br>년도 | 5차<br>년도 |           |           |
| 인건비      | 책임<br>연구원 | 69,981     | 62,983   | 76,979   | 104,972  | 90,975   | 104,972  | 440,880   | 16.3      |
|          | 연구원       | 53,661     | 48,295   | 80,492   | 80,492   | 69,759   | 69,759   | 348,797   | 12.9      |
|          | 연구<br>보조원 | 35,870     | 0        | 53,805   | 71,740   | 46,631   | 0        | 172,176   | 6.4       |
|          | 보조원       | 26,904     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0.0       |
| 소계       |           |            | 111,278  | 211,276  | 257,203  | 207,366  | 174,731  | 961,853   | 35.6      |
| 직접비      | 연구장비/재료비  |            | 80,000   | 170,000  | 200,000  | 180,283  | 140,243  | 770,526   | 28.5      |
|          | 연구활동비     |            | 43,467   | 91,469   | 91,356   | 84,878   | 78,080   | 389,250   | 14.4      |
|          | 연구수당      |            | 22,256   | 42,255   | 51,441   | 41,473   | 34,946   | 192,371   | 7.1       |
| 소계       |           |            | 145,723  | 303,724  | 342,797  | 306,634  | 253,269  | 1,352,147 | 50.1      |
| 간접비      |           |            | 43,000   | 85,000   | 100,000  | 86,000   | 72,000   | 386,000   | 14.3      |
| 합계       |           |            | 300,000  | 600,000  | 700,000  | 600,000  | 500,000  | 2,700,000 | 100.0     |

### 3절. 연구단 소요예산 적정성 검토

#### 1. 소요예산 개요

##### 가. 총괄예산

(단위 : 천 원)

|    | 1차년도      | 2차년도      | 3차년도      | 4차년도      | 5차년도      | 계          |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 정부 | 2,500,000 | 4,675,000 | 5,608,000 | 5,375,000 | 4,342,000 | 22,500,000 |
| 민간 | 870,000   | 1,518,000 | 1,675,000 | 1,588,000 | 1,311,000 | 6,962,000  |
| 계  | 3,370,000 | 6,193,000 | 7,283,000 | 6,963,000 | 5,653,000 | 29,462,000 |

##### 나. 세부과제별 예산

(단위 : 천 원)

|           | 1차년도    |         | 2차년도      |         | 3차년도      |         | 4차년도      |         | 5차년도      |         | 합계        |           |
|-----------|---------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|
|           | 정부      | 민간      | 정부        | 민간      | 정부        | 민간      | 정부        | 민간      | 정부        | 민간      | 정부        | 민간        |
| 1세부<br>과제 | 800,000 | 200,000 | 1,500,000 | 300,000 | 2,200,000 | 400,000 | 2,200,000 | 400,000 | 1,400,000 | 300,000 | 8,100,000 | 1,600,000 |
| 2세부<br>과제 | 700,000 | 300,000 | 1,325,000 | 568,000 | 1,458,000 | 625,000 | 1,325,000 | 568,000 | 1,192,000 | 511,000 | 6,000,000 | 2,572,000 |
| 3세부<br>과제 | 700,000 | 320,000 | 1,250,000 | 500,000 | 1,250,000 | 500,000 | 1,250,000 | 500,000 | 1,250,000 | 400,000 | 5,700,000 | 2,220,000 |
| 4세부<br>과제 | 300,000 | 50,000  | 600,000   | 150,000 | 700,000   | 150,000 | 600,000   | 120,000 | 500,000   | 100,000 | 2,700,000 | 570,000   |

##### 다. 연차별 투입 연구인력 (세부과제별)

|       | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계    |
|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 1세부과제 | 4.6  | 9.7  | 18.0 | 18.0 | 9.0  | 59.3  |
| 2세부과제 | 3.8  | 8.9  | 9.2  | 8.9  | 8.4  | 39.2  |
| 3세부과제 | 4.0  | 8.2  | 8.2  | 8.2  | 8.2  | 36.8  |
| 4세부과제 | 1.8  | 4.1  | 5.0  | 3.9  | 2.8  | 17.6  |
| 합계    | 14.2 | 30.9 | 40.4 | 39   | 28.4 | 152.9 |

## 2. 연구비 검토 결과

### 가. 총괄예산

#### (1) 비목별 예산 구성비

- 전체 연구개발비 중, 정부출연금인 225억원, 민간부담금이 약 70억원 수준으로 정부출연금이 약 76%수준임.
- 세부과제별로 연구개발비(민간부담금 포함)는 1세부과제가 97억원, 2세부과제가 86억원, 3세부과제가 79억원, 4세부과제가 33억원으로 편성됨.
- 전체 연구기간 중 인건비가 약 35%, 직접비가 약 51%, 간접비가 약 14%로 편성됨.

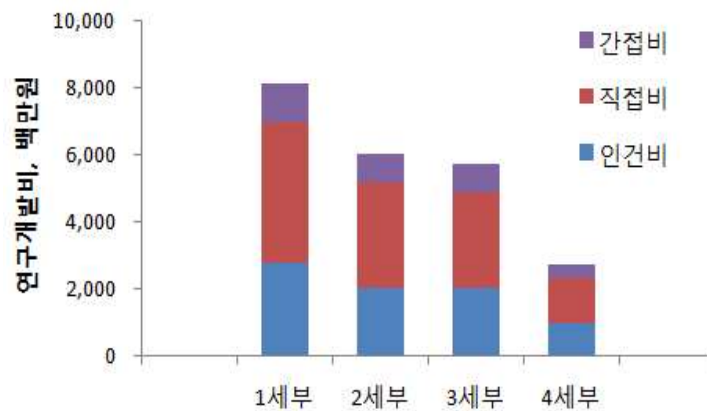


그림 5.1 세부과제별 연구개발비

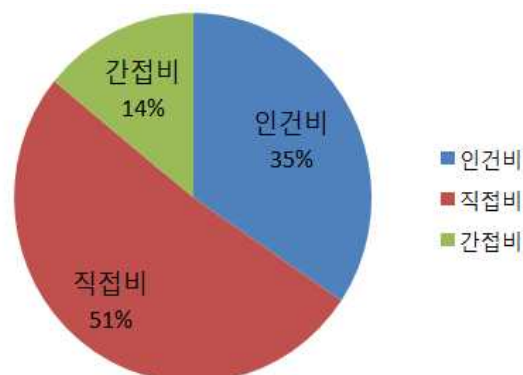


그림 5.2 연구단 비목별 예산 구성비

## 나. 1세부과제 예산

### (1) 연차별 소요예산 구성

- 전체 연구개발비 중, 정부출연금인 81억원, 민간부담금이 16억원 수준으로 정부출연금이 약 83%수준임.
- 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상되는 3차년도, 4차년도의 예산 비중이 높게 책정되어 있음.

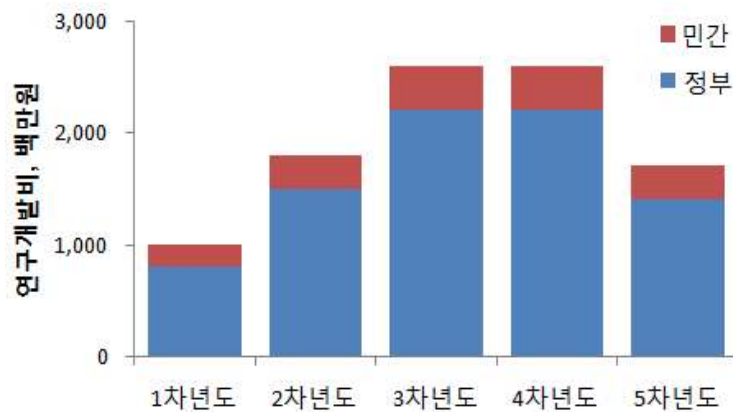


그림 5.3 1세부과제 연차별 소요예산 구성

### (2) 비목별 예산 구성비

- 전체 연구기간 중 인건비가 약 34%, 직접비가 약 52%, 간접비가 약 14%로 편성됨.

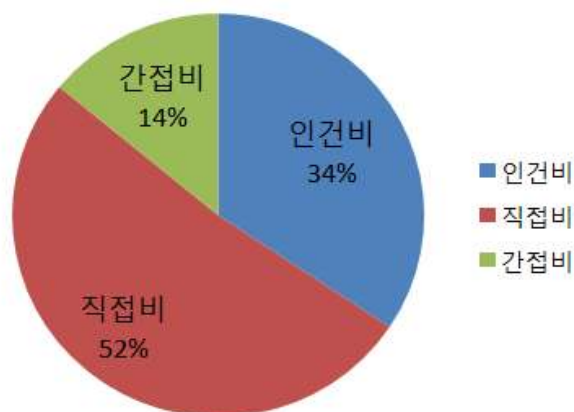


그림 5.4 1세부과제 비목별 소요예산 구성비

## 다. 2세부과제 예산

### (1) 연차별 소요예산 구성

- 전체 연구개발비 중, 정부출연금인 60억원, 민간부담금이 약 26억원 수준으로 정부출연금이 약 70%수준임.
- 극한지 대상 소재의 양산화를 목표로 하고 있으므로, 민간부담금이 30%로 책정되어 있으며, 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상되는 2차년도부터 예산이 높게 편성되어 있음.

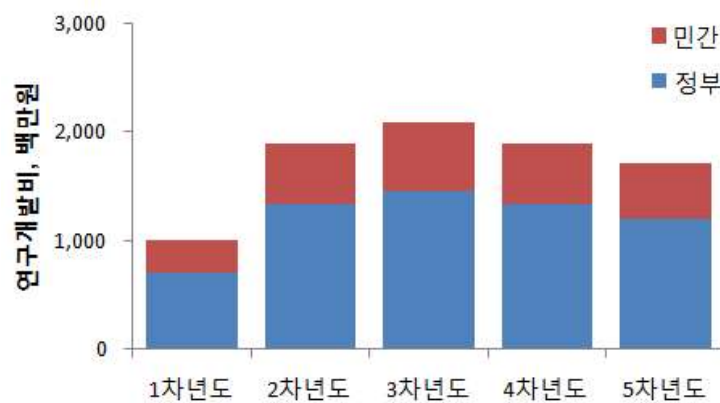


그림 5.5 2세부과제 연차별 소요예산 구성

### (2) 비목별 예산 구성비

- 전체 연구기간 중 인건비가 약 34%, 직접비가 약 52%, 간접비가 약 14%로 편성됨.

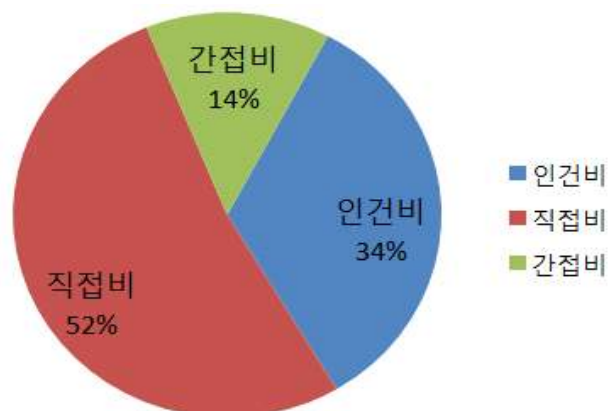


그림 5.6 2세부과제 비목별 소요예산 구성비

## 라. 3세부과제 예산

### (1) 연차별 소요예산 구성

- 전체 연구개발비 중, 정부출연금인 57억원, 민간부담금이 22억원 수준으로 정부출연금이 약 72%수준임.
- 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상되는 2차년도부터 예산이 높게 책정되어 있음.

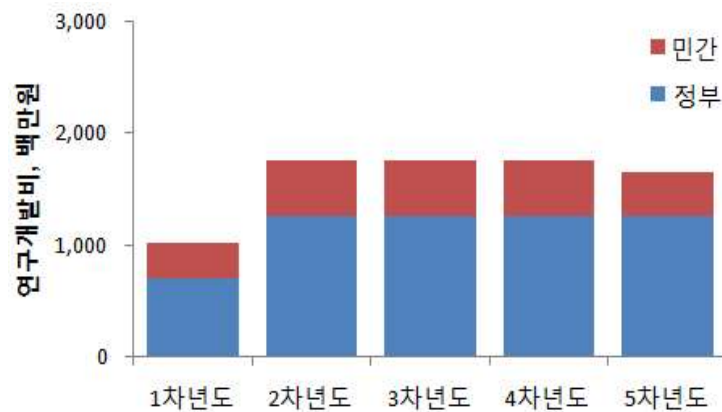


그림 5.7 3세부과제 연차별 소요예산 구성

### (2) 비목별 예산 구성비

- 전체 연구기간 중 인건비가 약 35%, 직접비가 약 51%, 간접비가 약 14%로 편성됨.

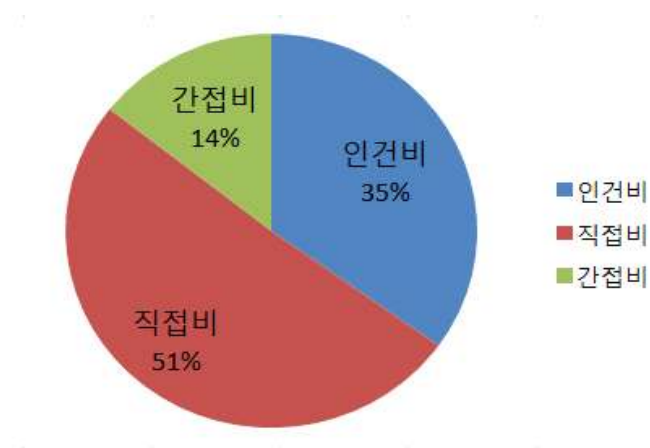


그림 5.8 3세부과제 비목별 소요예산 구성비

#### 마. 4세부과제 예산

##### (1) 연차별 소요예산 구성

- 전체 연구개발비 중, 정부출연금인 27억원, 민간부담금이 약 6억원 수준으로 정부출연금이 약 83%수준임.
- 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상되는 3차년도 예산이 높게 책정되어 있음.

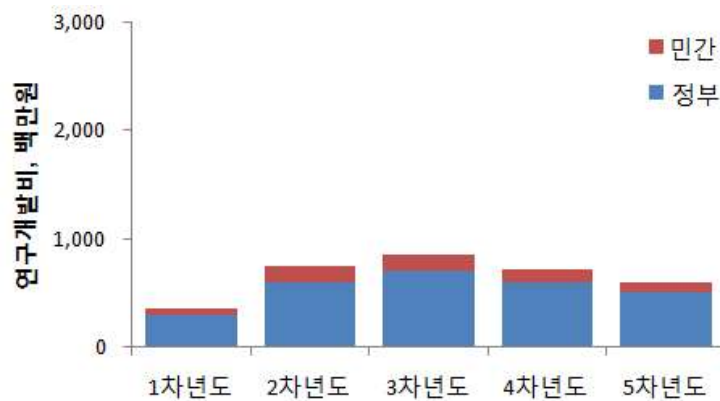


그림 5.9 4세부과제 연차별 소요예산 구성

##### (2) 비목별 예산 구성비

- 전체 연구기간 중 인건비가 약 36%, 직접비가 약 50%, 간접비가 약 14%로 편성됨.

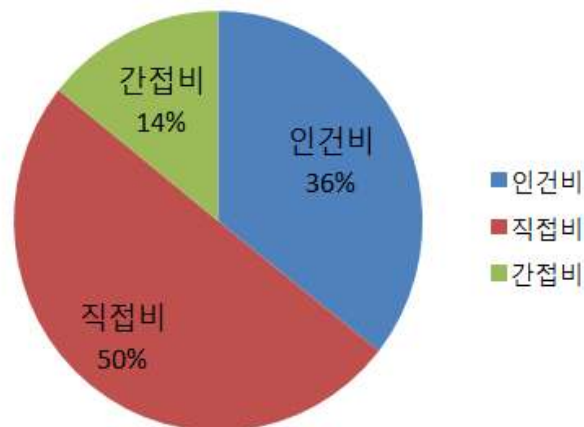


그림 5.10 4세부과제 비목별 소요예산 구성비

### 3. 예산의 적정성 검토결과

#### 가. 종합 검토결과

##### (1) 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

- 세부과제별 기획위원회를 구성, 최소연구 단위인 공동과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 분석하고 상향식 방법으로 예산을 산출하여, 체계적으로 예산계획이 수립된 것으로 보임.
  - 인건비는 ‘2011년 학술연구용역 인건비기준단가’를 기준으로 작성함.
  - 각 공동과제별 특성을 고려하여 민간기업의 참여가능성을 예측하고 이를 바탕으로 정부출연금과 기업부담금을 구분함.
  - 정부출연금 및 기업부담금의 배분비율은 ‘국토해양부소관 연구개발사업 운영규정’의 ‘별표1 중앙행정기관 및 참여기업의 연구개발비 출연·부담 기준’을 작성기준으로 활용함.
  - 항목별 예산은 ‘국토해양부소관 연구개발사업 운영규정’의 ‘별표 2 연구개발비 비목별 계상기준’을 작성기준으로 활용함.

- 연구단의 소요예산은 정부출연금이 225억원, 민간부담금이 약 70억원 수준이며, 세부적인 소요예산에 대해서는 연구 추진단계에서 보다 구체화될 수 있을 것으로 판단됨.

##### (2) 과제별 예산 작성 및 배분의 합리성

- 각 세부과제의 구성기술별 정부지원 및 민간 예산을 연차별로 구분하고, 인건비, 직접비, 간접비를 세부적으로 구분하여 제시하여 각 연구에 소요되는 예산이 비교적 명확하게 제시된 것으로 분석됨.
  - 인건비는 연구원을 4단계로 구분하여 참여율을 고려하여 산정함.
  - 직접비는 연구장비, 재료비, 연구활동비, 연구수당으로 구분하여 산정함.

- 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상되는 3차년도, 4차년도의 인력 및 예산의 비중이 높게 책정되어 있음.

##### (3) 인력 투입 및 확보계획의 적절성

- 5년간 연구단 총 소요 연구인력은 약 153명으로 세부과제별, 공동과제별 투입

연구인력을 연구일정에 맞추어 제시하고 있음.

- 연구인력의 확보계획에 대해서는 구체적으로 제시되고 있지는 않으나, 사업의 장기화 요인으로 인력부족을 꼽고 있으며, 산업체 및 연구기관의 연구인력을 투입하겠다는 대안은 가지고 있어, 향후 연구추진 단계에서 이를 보다 구체화 될 수 있을 것으로 보임.

## 6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

### 1절. 과제 제안요구서(RFP)

| 연구단명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1. 연구개발 목표                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 세계 최고 수준의 극한지 자원이송망 건설 시스템 개발 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 극한지온도조건(-40~20℃)을 반영한 2,000km급 자원이송망 설계·평가 기술 확보</li> <li>■ 극한지용(-40℃ 이하) 고변형능(1.5%이상) 파이프 및 현장 고속 집합기술 개발</li> <li>■ 위험인자 극복형 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향평가 기법개발</li> <li>■ 극한환경(-40℃, 2000km) 자원이송망 성능유지를 위한 유지관리 시스템 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                               |
| <p>□연구개발의 필요성</p> <p>○ 국내 환경 측면의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부에서는 100대 국정과제 중 “에너지 자주 개발을 제고”를 선정하여 에너지 안보 강화를 위한 정책적 지원을 강화</li> <li>- 2008년 9월 한·러 정상회담을 통해 2015년부터 30년 동안 연간 750만 톤을 공급하기로 합의</li> <li>- 극한지를 대상으로 한 자원이송망은 수 천미터에 달하는 장거리 이송을 위한 에너지 절약형 최적설계 및 시공, 극한환경 대응형 재료 및 집합기술, 현장 시공자동화를 통한 급속시공, 안정성 확보를 위한 요소부품의 성능평가와 유지관리가 필요</li> <li>- 국내에서는 극한지 자원이송망 설계 및 시공 경험이 전무한 상황이며 관련기술 개발에 대한 투자가 미미</li> <li>- 국내의 극한지 자원이송망 건설 기술은 결음마 단계로 판단되며 극한지를 대상으로 한 체계적인 자원이송망 설계 시공 기술에 대한 집중적인 연구가 시급</li> </ul> <p>○ 국외 환경 측면의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비교적 에너지·자원 확보가 용이했던 육상의 화석연료가 고갈됨에 따라 대체 확보를 위한 장소가 육지에서 그동안 관심을 두지 않았던 극한지 자원개발 정책 추진</li> <li>- 전 세계 미 발견 석유·가스 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장(약 4,120억 boe)되어 있으며, 고유가 및 탐사·시추기술 발달과 맞물려 상업적 개발이 활발</li> <li>- 알래스카나 러시아 등지에서는 동토지역에 대한 건설이 활발히</li> </ul> |                               |

|                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     | <p>진행되어 전 세계적으로 현장을 Test Bed로 한 연구가 활발하게 진행</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국은 알래스카, 일본은 홋카이도, 유럽은 지리적으로 인접한 극지를 보유하고 있어 극한지 자원개발 및 자원이송망 건설관련 기술 개발이 지속적으로 진행되고 있어 연구개발 핵심과제의 기술 수준을 비교해 본 결과 기술격차는 2~4년으로 판단 (특허출원일 기준)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>□ 기술동향</p>                                       | <p>○ 국내기술동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내에서는 극한지 자원이송망 건설에서 주요 핵심 설계분야 및 기자재 공급을 선진국에 의존하고 있어 실질적으로 극한지 자원이송망 설계 기술은 전무한 실정</li> <li>- 상온 환경조건에 국한된 파이프라인 설계 기술 보유</li> <li>- 국내에서는 극한지 자원이송망 건설에서 용접 및 방식에 관한 기술은 전무한 실정</li> <li>- IT 융합 건설기술의 개발을 위한 각 요소기술의 기술수준은 약 84% 수준으로 IT융합 건설기술의 개발을 통하여 건설산업의 고도화가 가능할 것으로 판단되나 극한지 건설 및 설계경험은 전무</li> </ul> <p>○ 국외기술동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선진국에서는 플랜트 요소기술을 모듈화하고, 모듈화된 요소기술에 대해 전산모듈을 개발하여 이를 FEED 설계 소프트웨어(S/W)와 연동하여 차세대 설계 프로그램을 개발</li> <li>- 선진국에서는 극한지 및 심해저를 포함한 대부분의 지역에 적용 가능한 파이프라인 설계 및 가설 기술 보유</li> <li>- 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 수행</li> <li>- 가상현실은 이용한 건설프로그램 개발의 경우, PC기반 3D 플랜트 공사 모델 구축(1983년, 미국 벡텔사), Plantspace Integration Series (1990년대 초반, Jacobus사)로 발전</li> </ul> |
| <p><b>3 연구개발내용</b></p>                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>1세부과제 : 극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술 개발</b></p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                     | <p>○ 개념</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 자원이송에 필요한 에너지 절약형 운영설비 및 최적 관망 설계와 극한온도조건(-40~20℃)을 반영한 동토지반 대상 자원이송망 건설 설계 및 평가 기술 개발</li> </ul> <p>○ 내용</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원이송망 최적설계 및 평가기술 개발</li> <li>- 극한지 자원이송망용 운영설비 개발</li> <li>- 극한지 자원이송망 설계기준 개발</li> <li>- 자원이송망 최적 부지조사 및 평가 기술 개발</li> <li>- 자원이송망 건설 최적 설계 및 평가 기술 개발</li> <li>- 자원이송망-기반구조물 거동 예측 및 평가 프로세스 개발</li> </ul>                                                                                                                                                 |
| <p><b>2세부과제 : 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합 기술 개발</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개념 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지용 파이프라인 요구성능에 부합하는 라인파이프개발, 조관, 성능 평가 및 개선, 설계 적용 검토를 통해 극한지용 자원이송망 건설의 기반 기술 구축</li> </ul> </li> <li>○ 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작 기술 개발</li> <li>- 고속/고변형능 파이프 현장 접합기술 개발</li> <li>- 극한지 온도조건 고려 파이프 접합부 성능평가</li> <li>- 개발 파이프 접합부의 설계 적용기술 개발</li> </ul> </li> </ul> |
| <p><b>3세부과제 : 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개념 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지에서 내구성능 향상, 시공 생산성을 확보할 수 있는 시공기술을 포함한 시공 지침 및 건설운영 평가 기술로 정의함</li> </ul> </li> <li>○ 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 용접부 부식/방식 및 코팅 기술 개발</li> <li>- 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축</li> <li>- 극한지 환경에서의 환경영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼</li> </ul> </li> </ul>                                          |
| <p><b>4세부과제 : 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개념 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시뮬레이터, 감시, 진단 시스템 요소 기술로 극한지 자원이송망 유지관리 시스템 개발 및 극한지 자원이송망 평가 기술</li> </ul> </li> <li>○ 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지관리 시뮬레이터 개발</li> <li>- 자원이송망 시공품질 향상을 위한 유지관리 평가 기술 개발</li> <li>- 자원이송망 생애주기 향상을 위한 장거리 자원이송망 통합 유지관리 평가 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>                                       |

#### 4. 연구개발 추진방법

- ☐ 추진전략
- “극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술개발 연구단”은 기초·원천 기술, 실용화 기술, 관리정책의 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산, 학, 관과 유연한 관계를 유지하고 객관적관리가 가능한 연구기관 및 총괄 연구책임자 필요.
  - 원천성격의 기술은 이론정립, 실험 등의 위주로 기술정립이 필요하므로 학교 또는 연구기관에서 주도하도록 추진.
  - 실용화 기술은 현장적용 가능기술로 생산현장 또는 시공현장을 보유한 기업에서 주도하도록 추진
  - 추진 과제중 1개의 과제는 연구단 개발성과물의 실용화를 위한 실증하우스를 계획하고 기업체에서 주관하되 실증하우스 구축 추진계획 및 관리가 가능한 적정규모의 기업으로 구성하고 과제별 연계성을 관리하여 최종적으로는 엔지니어링 체인 구축과 현장 적용이 가능하도록 이끄는 연구단 컨소시엄 형태 고려
  - 전체 연구조직은 산, 학, 연이 연계되어 상호보완 및 지원이 이루어지도록 구성
- ☐ 추진체계
- 연구추진시 주관 및 협동, 위탁기관 및 참여기업은 모두 성과물이 발생되고 이의 활용이 이루어지도록 연구추진체계를 구성
  - 연구계획시부터 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표를 제안·유도하고 연구 진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고, 주기적인 관리시행
  - 성과물의 실용화를 우선하여 기술실시 대상기업을 명확히 결정하고, 대상기술이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계 수립
  - 세부적인 기술개발을 진행하면서 “극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술개발” 연구단을 총괄조정하고 외부여건을 반영하여 각 세부과제를 통합적으로 운영 및 성과물 통합활용 등을 효과적으로 적용하는 역할 수행 필요.
  - 추후 전체 예산규모에 따라 과제별 성과를 고려한 예산배정 및 과제진행 기간조정을 통한 우수한 과제지원을 고려함
  - 상호 정보를 공유하고, 상호활용, 기술지원이 가능한 체계를 수립함.

#### 5. 최종성과물

- ☐ 주요 최종성과물
- ☐ 1세부과제
- 국외 자원이송망 설계 기준 조사 및 분석보고서
  - 핵심 운영설비 시작품 및 성능평가 보고서
  - 극한조건을 고려한 자원이송망 설계기법 개발 및 S/W 구축
  - 자원이송망-기반구조물 거동예측 시뮬레이터
  - 자원이송망-기반구조물 통합 설계 및 평가 가이드
  - 논문 27건, 학술 21건, 특허출원(등록) 12건(6건), 프로그램등록 2건
- ☐ 2세부과제
- 극한지용 고변형능 파이프 시작품 제작

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한지용 고정밀 접합부 및 고속현장 접합 장치 시제품 제작</li> <li>○ 극한지용 파이프 및 접합부 성능평가 보고서/매뉴얼</li> <li>○ 논문 12건, 학술발표 6건, 특허출원(등록) 9건(4건), 프로그램등록 1건</li> </ul> <p><b>□ 3세부과제</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한지 시공일반의 개념 사례집</li> <li>○ 시공 관리 체계 시물레이션을 통한 기술 검증 및 평가</li> <li>○ 파이프라인 부식/방식 기술 개발</li> <li>○ 파이프라인 시공 가이드라인</li> <li>○ 재해영향성 평가 및 사고발생 대응 시스템 구축</li> <li>○ 환경영향성 평가 매뉴얼</li> <li>○ 논문 14건, 학술발표 8건, 특허출원(등록) 4건(2건)</li> </ul> <p><b>□ 4세부과제</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유지관리시스템 기준 조사 보고서</li> <li>○ 유지관리시스템 모듈 개발 및 시제품</li> <li>○ 유지관리시스템 매뉴얼</li> <li>○ 논문 7건, 학술발표 3건, 특허출원(등록) 2건(1건), 프로그램 등록 3건</li> </ul> |
| <p><b>6. 연구기간 및 소요예산</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총 연구기간 : 2013년 8월~2018년 7월(5년)</li> <li>○ 연구비 예산 : 295억원(정부출연금 : 225억원)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>7. 기 타</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 반영하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으며, 세부내용 변경시에는 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함</li> <li>○ 개발기술의 성능을 극한환경 재현 실험실에서 검증하여 보완</li> <li>○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구 보고서를 참조하여 작성</li> <li>○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| 1 세부과제명                            | 극한지 자원이송망 기반구조물 설계 및 평가 기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표                         | <p>극한지온도조건(-40~20℃)을 반영한 2,000km급 자원이송망 설계·평가 기술 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자원이송망 최적설계 및 평가기술 개발로 운전에너지 10% 절감</li> <li>○ 42" 급 메탈-메탈접속 (최대누설량 0.3 mm<sup>3</sup>/s) 초저온 밸브 개발</li> <li>○ 동결융해 피해저감형 자원이송망 기반구조물 설계 기술 자립화</li> <li>○ 기반구조물 설계정수 신뢰성 확보를 통한 세계 수준의 설계 기준 정립</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최근 국제적으로 관심이 높은 극한지 자원개발(시베리아 에너지 라인 건설: 2조 4천억원, 캐나다 BlackGold 광구 사업: 1,000억 달러)에서 2,000km이상 자원이송의 경우 일반적으로 파이프라인을 이용하고 있으며 자원이송망 건설 비용은 약 30억원/km가 소요되고 있음</li> <li>○ 러시아 등 극한지 자원이송망 건설에 국내 업체가 시공은 참여하고 있으나, 부가가치가 큰 이송망 설계기술 및 운영설비를 제공하는 국내기업은 없는 실정임.</li> <li>○ 극한지배관망 이송거리 당 설치수요가 가장 많고, 배관망 유동유체 제어의 핵심운영설비인 밸브의 국산화는 경제성 및 운영의 안정성 측면에서 가장 고부가가치 운영설비 임.</li> <li>○ 극한온도조건(-40~20℃)에서 자원이송망 건설은 라인파이프 설계, 운영 및 평가기술, 라인파이프를 지지하는 동토지반을 대상으로 한 기반구조물에 대한 해석이 필요하지만 국내에는 극한환경 부재로 인해 극한지 자원이송망 설계기술이 전무한 실정임</li> </ul> |
| <input type="checkbox"/> 기술동향      | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내에서는 극한지 자원이송망 건설에서 주요 핵심 설계분야 및 기자재 공급을 선진국에 의존하고 있어 실질적으로 극한지 자원이송망 설계 기술은 전무한 실정임.</li> <li>○ 국내에서는 24" 급 이하의 저온밸브만을 설계, 제작하고 있으며, 극한지온도조건에서 안정성 및 보온기술 개발이 필요함.</li> <li>○ 국내에서는 극한지 부재로 동토지반의 열적거동을 반영한 지반구조물 설계기술이 전무하며, 특히 동토지반의 동결융해에 따른 거동분석 및 평가기술과 이를 반영한 자원이송망 최적 건설공법(지중매설식과 고상식)을 선정할 수 있는 프로세스 개발이 필요함.</li> <li>○ 또한, 극한지 자원이송망 건설에서 지진을 포함한 자연재해를 극복 가능하도록 설계에 필요한 정수를 도출하고 안전성을 확보할 수 있는 설</li> </ul>                                                                                                          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>계기술 정립이 필요함.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 선진국에서는 플랜트 요소기술을 모듈화하고, 모듈화된 요소기술에 대해 전산모듈을 개발하여 이를 FEED 설계 소프트웨어(S/W)와 연동하여 차세대 설계 프로그램을 개발 중에 있으며, 이를 위해 컴퓨터 모델링, 가사모사기술, 시스템분석 및 통합기술을 플랜트 핵심기술로 선정</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <h3>3. 연구개발 내용</h3>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자원이송망 최적설계 및 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유체특성, 위치환경, 지반특성, 배관사양 등을 고려한 장거리배관 경제성 평가 방안 수립 및 가동율 100%유지 대응방안 제시</li> <li>- 외부환경 및 수요량 변화에 따른 배관 압력 및 내부유동장 특성의 수치해석평가 연구</li> <li>- 압축기, 정압기, 메타링 설비 등의 용량 및 최적 중간기지 위치 선정</li> <li>- 주요 운영설비 운전조건 결정</li> </ul> </li> <li>○ 극한지 자원이송망용 운영설비 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 운영설비별 자원이송망 최적 적용 및 제어방안 개발</li> <li>- 이송망 유체이동 및 제어용 밸브 설계, 제작 및 성능평가 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 자원이송망 최적 부지조사 및 평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원이송망 광역적 부지조사 기법 개발</li> <li>- 동토지반 동상 및 융해 평가 표준화</li> <li>- 동토지반 기술 정보 DB구축</li> </ul> </li> <li>○ 기반구조물 설계 및 평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원이송망 최적 건설 공법 선정을 위한 프로세스 개발</li> <li>- 동토지반의 열수리역학적(THM) 특성을 고려한 기초 설계 프로그램 개발</li> <li>- 동토지반 기초 설계 정수 도출 및 동결융해 피해저감 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 자원이송망-기반구조물 거동 예측 및 평가 프로세스 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파이프라인-기반구조물 최적 형상(안) 도출</li> <li>- 지진에 따른 동토지반의 특성 분석</li> <li>- 지진에 따른 자원이송망-기반구조물 거동 분석 및 최적 설계 기법 정립</li> </ul> </li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <h3>4. 연구개발 추진방법</h3>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <input type="checkbox"/> 추진전략                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 설계기술로 설계업체, 출연연구기관, 정부관련기관, 대학, 자원이송망 관련 업체 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시</li> <li>○ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입·기술자문을 적극적으로 추진</li> <li>○ 대형 냉동챔버를 활용한 극한환경 재현 실험대형 모형실험으로 설계 평가 및 신뢰성 확보</li> </ul> |
| <input type="checkbox"/> 추진체계                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산·학·연 연계 조직 구성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 출연연구기관, 정부기관, 대학, 관련 업체 등과 유기적인 협력 체계 구축</li> </ul> </li> <li>○ 세부과제간 연구 연계성을 고려한 협조체계 구축</li> <li>○ 해외 주요 기관 및 전문가와 협력 추진 및 국내와 관련기관 네트워크</li> </ul>                               |

| 5. 최종성과물                         | 극한지 자원이송망 토털 설계 기준 및 평가시스템 구축                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div>□ 주요</div> <div>최종성과물</div> | <div>&lt;관련 연구의 연차별 성과물&gt;</div> <div>○ 1차년도</div> <div>- 국외 자원이송망 설계 기준 조사 및 분석보고서</div> <div>- 논문게제: 2건</div> <div>- 학술발표: 3건</div> <div>- 특허출원: 2건</div> <div>○ 2차년도</div> <div>- 핵심 운영설비(밸브) 시작품 제작</div> <div>- 극한지 자원이송망 최적설계 도서</div> <div>- 논문게제: 4건</div> <div>- 학술발표: 3건</div> <div>- 특허출원: 2건</div> <div>○ 3차년도</div> <div>- 핵심 운영설비(밸브) 시작품 제작 / 성능평가 보고서</div> <div>- 극한조건을 고려한 자원이송망 설계기법 개발 및 S/W 구축</div> <div>- 열수리역학적 거동해석 프로그램</div> <div>- 기반구조물 최적형상 도면</div> <div>- 거동 및 예측 해석결과 보고서</div> <div>- 논문게제: 8건</div> <div>- 학술발표: 5건</div> <div>- 특허출원: 3건</div> <div>- 특허등록: 1건</div> <div>- 프로그램등록: 1건</div> <div>○ 4차년도</div> <div>- 자원이송망 최적설계 DB 구축 및 네트워크 최적설계 S/W</div> <div>- 자원이송망-기반구조물 거동예측 시뮬레이터</div> <div>- 논문게제: 8건</div> <div>- 학술발표: 5건</div> <div>- 특허출원: 3건</div> <div>- 특허등록: 3건</div> <div>- 프로그램등록: 1건</div> <div>○ 5차년도</div> <div>- 운영설비 및 자원이송 관망 통합 설계 및 평가 가이드</div> <div>- 기반구조물 설계 및 평가 가이드</div> <div>- 논문게제: 5건</div> <div>- 학술발표: 5건</div> <div>- 특허출원: 2건</div> <div>- 특허등록: 2건</div> |
| 6. 연구기간 및 지원예산                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|               |                                                                                                                                                                                                |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| □ 전 체         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총 연구기간 : 2013년 8월 ~2018년 07월(5년)</li> <li>○ 연구비 예산 : 97억원(정부출연금 : 81억원)</li> </ul>                                                                    |
| <b>7. 기 타</b> |                                                                                                                                                                                                |
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발기술의 성능을 극한환경 재현 실험실에서 검증하여 보완</li> <li>○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획 연구 보고서를 참조하여 작성</li> <li>○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성</li> </ul> |

| 2 세부과제명                                                                                                                                                     | 극한지용 고변형능 파이프 및 현장 접합기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표                                                                                                                                                  | <p>극한지(-40℃ 이하)용 고변형능(1.5%이상) 파이프 및 현장 고속 접합기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극지 환경(영하 40℃ 이하)에 대응 가능한 조관후 1.5% 이상의 변형능이 확보된 파이프 및 현장 고속 접합기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| □ 연구개발의 필요성                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존 에너지자원 고갈 및 고유가 지속으로 비전통 석유생산(Oil sand, Shale gas/oil), 신규 매장지 (극한지, 심해저)의 메가 프로젝트 증가하고 있음. 극한지 에너지 개발의 경제성 확보를 위해서는 수송인프라 건설비용의 최소화가 필요함. Onshore 파이프라인 총 건설비용 중 재료비와 설치비가 각각 50%, 24% 정도를 차지하고 있음. 파이프라인 재료비의 상당 부분을 라인파이프가 차지하고 있고, 파이프 가설의 핵심은 라인파이프의 현장 접합이므로, 건설비용의 절감을 위해서는 극한환경에 적합한 라인파이프 소재 개발과 더불어 파이프의 현장 접합 기술의 개발이 절대적으로 중요함.</li> <li>○ 국내 업체가 극한환경(영하 20도 이하)의 자원이송망 사업에 참여하기 위해서는 라인파이프 소재의 생산, 제작, 설치, 설계 및 성능평가 기술 확보가 필수적이지만, 국내의 경우, 일반용 라인파이프 소재는 상용화 하였으나, 극한지용 고변형능의 라인파이프 소재의 기술개발 수준은 매우 미미함.</li> <li>○ 파이프라인의 설치는 단위 라인파이프를 현장에서 거스 용접으로 접합하고 있으나, 극한지 파이프라인의 현장 용접은 매우 열악한 자연환경에서 비용이 높고, 효율이 낮으며, 접합부의 성능을 확보하기가 어려우므로 이를 극복할 수 있는 고속의 고효율 현장 접합 기술의 개발이 필수적임.</li> </ul> |
| □ 기술동향                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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.</li> <li>○ Stress based design용 라인파이프의 경우, 국내 포스코에서 X65/X70/X80 상용화 완료하였으나, Strain based design용의 경우 X80/X100 Pilot 소재 개발한 수준임</li> <li>○ 상온 환경조건에 국한된 파이프라인 설계 기술 보유</li> <li>○ 일본의 NEDO는 고장력강재의 적극적 활용을 위한 대책과제로서, 용접부 성능향상과 피로성능이 향상된 원천 기술이 개발되어 현장 적용이 예상됨.</li> <li>○ 제작인프라가 확보된 Shop에서의 상온대응 용접부 구조성능보증 기술은 일부 확보</li> <li>○ 파이프라인 압축 및 인장 변형성능 평가 기술 보유</li> </ul>                                                                                                                                                 |
| 3. 연구개발 내용                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 제작 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고정밀 파이프 접합부 컨셉 및 사양 개발</li> </ul> </li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고정밀 파이프 접합부 제작기술 개발</li> <li>- 고변형능 파이프 및 고정밀 파이프 접합부 시작품 개발</li> <li>- 고정밀 파이프 접합부 품질 관리 기술 개발</li> <li>○ 고속/고변형능 파이프 현장 접합기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고속 현장 접합 프로세스 개발</li> <li>- 현장조건 별 프로세스 최적화 기술 개발</li> <li>- 고속 현장 접합 장치 개발</li> <li>- 현장 접합부 평가기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 극한지 온도조건 고려 파이프 접합부 성능평가               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발 파이프 접합부 sealing capacity 평가</li> <li>- 개발 파이프 접합부 bursting capacity 평가</li> <li>- 개발 파이프 접합부 휨압축 변형능 평가</li> </ul> </li> <li>○ 개발 파이프 접합부의 설계 적용기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발 파이프 접합부 구조해석모듈 개발</li> <li>- 극한지 파이프 접합부의 인장/압축 변형능(strain capacity) 평가 기술 개발</li> <li>- 상시 및 특수 하중조건 대응 극한지 파이프의 접합부 상세 해석 기술 개발</li> <li>- 극한지용 파이프 접합부의 ECA (Engineering critical assessment)</li> </ul> </li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>4. 연구개발 추진방법</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <input type="checkbox"/> 추진전략                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 설계 엔지니어링 업체, 파이프 조관 업체, 장치 제작업체, 출연연구기관, 정부관련기관, 대학 등과 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시</li> <li>○ 연구 개발 초기 단계에서부터 중장기적으로 개발 기술의 사업화를 고려한 기술 개발 전략 수립</li> </ul>                                                                                                                                                       |
| <input type="checkbox"/> 추진체계                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산학연 연계 조직 구성           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계 엔지니어링 업체, 파이프 조관 업체, 장치 제작업체, 출연연구기관, 정부관련기관, 대학 등과 유기적인 협력 체계 구축</li> </ul> </li> <li>○ 세부과제간 연구 연계성을 고려한 협조체계 구축</li> <li>○ 국내외 관련기관 네트워크 활용 전문 수집 시스템 구축</li> <li>○ 전문위원회 및 자문위원 등의 인적 인프라 활용</li> <li>○ 관련부처 및 업계간 유기적 협조체계 구축을 통한 의견 수렴 및 교류</li> </ul> |
| <b>5. 최종성과물</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>극한지(-40℃이하)용 고변형능(1.5%이상) 파이프 및 현장 고속 접합기술</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <input type="checkbox"/> 주요 최종성과물                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>&lt;관련 연구의 연차별 성과물&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고정밀 파이프 접합 컨셉 및 접합부 사양</li> <li>- 고속 현장 접합 프로세스 컨셉</li> </ul> </li> <li>○ 2차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고변형능 파이프 및 고정밀 접합부 시작품 제작</li> <li>- 논문게제: 2건</li> </ul> </li> </ul>                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 학술발표: 1건</li> <li>- 특허출원: 2건</li> <li>○ 3차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고속 현장 접합 장치 시작품</li> <li>- 논문게제: 3건</li> <li>- 학술발표: 2건</li> <li>- 특허출원: 6건</li> </ul> </li> <li>○ 4차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발 고변형능 파이프 및 접합부 성능평가 보고서</li> <li>- 논문게제: 4건</li> <li>- 학술발표: 2건</li> <li>- 특허출원: 1건</li> <li>- 특허등록: 2건</li> <li>- 프로그램등록: 1건</li> </ul> </li> <li>○ 5차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지용 파이프 접합부의 제작지침</li> <li>- 극한지용 파이프 접합부의 설계적용 지침</li> <li>- 극한지용 파이프 접합부의 성능평가 매뉴얼</li> <li>- 극한지용 파이프의 현장 접합 매뉴얼</li> <li>- 논문게제: 3건</li> <li>- 학술발표: 1건</li> <li>- 특허등록: 2건</li> </ul> </li> </ul> |                                                                                                                           |
| <b>6. 연구기간 및 지원예산</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |
| <input type="checkbox"/> 전 체                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총 연구기간 : 2013년 8월~2018년 7월(5년)</li> <li>○ 연구비 예산 : 85억원(정부출연금 : 60억원)</li> </ul> |
| <b>7. 기 타</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획 연구 보고서를 참조하여 작성</li> <li>○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                           |

| 3 세부과제명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p><b>위험인자 극복형 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향평가 기법개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한지 파이프라인의 지속적인 관찰이 가능한 부식 모니터링 시스템 구축 및 자가 방식 기술 개발 (내구성능 20% 향상)</li> <li>○ 코팅 재료 개발을 통한 방수, 내기성이 뛰어난 파이프라인의 용접부 세라믹 코팅 기술 개발</li> <li>○ 극한환경에서의 기존의 자원이송망 시공기술의 한계를 극복하여 공기 단축 15%를 달성할 수 있는 시공 및 건설운영에 관한 매뉴얼 개발</li> <li>○ 극한지 환경에서의 시공전후 환경영향성 검토 및 환경조사 프로세스 구성의 매뉴얼 정립</li> </ul>                                                       |
| <b>2. 연구개발 필요성 및 기술동향</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한지에서 에너지·자원의 안정적 이송을 위해서는 기후, 작업여건 등 제반 환경제약을 극복할 수 있는 설치 및 유지관리기술 확보가 관건임.</li> <li>○ 이에 극한지 파이프라인의 내구성능을 20% 향상시킬 수 있는 파이프라인 방식 기법 및 용접부 코팅 기술 개발이 필요</li> <li>○ 또한 파이프라인의 시공관리 체계 구축을 통한 극한지 파이프라인의 시공 공기 단축이 요구됨</li> <li>○ 극한지에서의 건설상의 어려움을 고려한 재해평가, 대책매뉴얼 및 환경영향성에 대한 지침 필요</li> </ul>                                                                                                       |
| <input type="checkbox"/> 기술동향                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내에서는 극한지 자원 이송망 건설과 관련된 기술이 전무한 실정이며 특히 극한지 자원 이송망과 같은 프로젝트는 전세계적으로 소수의 업체만 수행함</li> <li>○ 파이프라인의 부식은 파이프라인의 내구성능 저하의 가장 큰 원인으로 현재까지 개발된 기술을 통해서는 부식이 발생한 후 응급방식 또는 희생양극형 방식기술이 존재하나 극한지에서의 적용성 미확보 상태이며 지속적인 모니터링 기술이 부족한 실정임.</li> <li>○ 선진국에서는 극한지 및 심해저를 포함한 대부분의 지역에 적용가능한 파이프라인 설계 및 가설 기술 보유</li> <li>○ 극한지에서의 재해평가, 대책 매뉴얼 및 환경 영향성에 대한 지침이 전무한 실정이며 시공 사례 분석을 통한 관리 체계 개발이 요구됨.</li> </ul> |
| <b>3. 연구개발 내용</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 파이프라인 용접부 부식/방식 및 코팅 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지에서의 용접에 따른 이중부식방지를 위한 기술개발</li> <li>- MgO계 시멘트 개발을 통한 파이프라인 세라믹 코팅 처리 기술개발</li> <li>- 지속적인 부식 모니터링 및 자가 방식 기술을 포함한 Intermittent형 ICCP BOX 기술 개발</li> <li>- 극한환경에 따르는 파이프라인 시공에서의 재료적 변이에 대한 정량적 지침제작 및 극복기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 극한지 파이프라인 시공관리 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 시공 사례 분석</li> <li>- 시공관리를 위한 비용, 일정, 품질 관리 체계 개발</li> <li>- 시공 관리 체계 시뮬레이션을 통한 기술 검증 및 평가</li> </ul> </li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한지 환경에서의 환경영향성 검토 및 환경조사 프로세스 메뉴얼</li> <li>- 사전환경성검토 및 사후환경영향조사 프로세스구성 및 메뉴얼화</li> <li>- 극한환경 및 기후변화에 따른 건설재료의 환경위해성 평가</li> <li>- 재해영향성 평가와 사고발생 대응 시스템 구축</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>4. 연구개발 추진방법</b>                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <input type="checkbox"/> 추진전략                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자원 이송망 시공 관련 중공업사 및 건설사, 정부출연연구기관, 대학 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시</li> <li>○ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입·기술자문을 적극적으로 추진</li> <li>○ 대형 냉동챔버를 활용한 극한환경 재현 실험대형 모형실험으로 설계 평가 및 신뢰성 확보</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <input type="checkbox"/> 추진체계                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산·학·연 연계 조직 구성             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 출연연구기관, 정부기관, 대학, 관련 업체 등과 유기적인 협력 체계 구축</li> </ul> </li> <li>○ 세부과제간 연구 연계성을 고려한 협조체계 구축</li> <li>○ 해외 주요 기관 및 전문가와 협력 추진 및 국내와 관련기관 네트워크 활용 전문 수집 시스템 구축</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>5. 최종성과물</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>극한환경에서의 자원이송망 시공을 위한 시공지침 및 환경메뉴얼</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <input type="checkbox"/> 주요 최종성과물                                                                                                                                                                                | <p>&lt;관련 연구의 연차별 성과물&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1차년도             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한환경에서의 시공일반의 개념 설계집</li> <li>- 학술발표: 1건</li> </ul> </li> <li>○ 2차년도             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한지 파이프라인 환경을 고려한 시공지침 모듈, 용접부 코팅 MgO계 시멘트 개발</li> <li>- 논문게제: 2건</li> <li>- 학술발표: 2건</li> <li>- 특허출원: 2건</li> </ul> </li> <li>○ 3차년도             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ICCP Box 시제품 제작, 환경영향성 평가 메뉴얼</li> <li>- 논문게제: 4건</li> <li>- 학술발표: 2건</li> <li>- 특허출원: 1건</li> </ul> </li> <li>○ 4차년도             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 관리 체계 구축, Intermittent형 ICCP Box의 극한환경 적용성</li> </ul> </li> </ul> |

|                                                                                                                                                     |                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 검토 보고서<br>- 논문게제: 6건<br>- 학술발표: 2건<br>- 특허출원: 1건<br>- 특허등록: 1건<br>○ 5차년도<br>- 극한지 범용 시공 관리 체계 개발, 사용자 매뉴얼<br>- 논문게제: 2건<br>- 학술발표: 1건<br>- 특허등록: 1건 |                                                                   |
| <b>6. 연구기간 및 지원예산</b>                                                                                                                               |                                                                   |
| <input type="checkbox"/> 전 체                                                                                                                        | ○ 총 연구기간 : 2013년 8월~2018년 7월(5년)<br>○ 연구비 예산 : 79억원(정부출연금 : 57억원) |
| <b>7. 기 타</b>                                                                                                                                       |                                                                   |
| ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획 연구 보고서를 참조하여 작성<br>○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성                                                         |                                                                   |

| 4 세부과제명            | 자원이송망 지능형 유지관리 시스템 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표         | <p>극한환경(-40℃, 2000km) 자원이송망 성능유지를 위한 유지관리 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한지 최저온도(-40℃)사용 가능 계측 및 제어시스템의 신뢰도 확보</li> <li>○ 극한지 시공중 자원이송망 및 기반구조물 신뢰도 확보</li> <li>○ 극한지 자원 이송망 건전성 평가를 위한 LCA 기술 확보</li> <li>○ 장거리(2000km) 사용 가능 지능형 유지관리시스템 평가 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| □ 연구개발의 필요성        | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계적으로 극소수 oil major사에 의해 운영되는 oil &amp; gas 이송망 유지관리시스템은 고 부가가치 엔지니어링 기술 개발의 원천기술로 고 부가가치를 잠재한 매력적인 시장이지만 이송망의 수명이 자원 생산 시작부터 종료 시까지 유지되어야 한다는 점과 극한지라는 환경의 시장 진입을 위해서는 자원이송망의 신뢰도를 확보할 수 있는 기술과 관련 계측 모듈 개발을 위한 체계적인 연구 수행이 필요. 또한 국내 각종 플랜트 pipeline의 진단 및 유지관리를 위한 자체 기술을 도입, 활용되고 있으나, 극한지 건설의 경험은 전무한 실정이며 oil &amp; gas등 플랜트 pipeline의 진단 및 유지관리를 위한 자체 기술은 개발되어 널리 활용되고 있으나, 구조물의 건전성에 대한 진단 및 유지관리 기술은 미흡한 실정임.</li> <li>○ 플랜트산업의 IT활용 융합기술 및 한계극복 융합기술의 개발을 통한 IT융합 플랜트산업 경쟁력 극대화 필요</li> <li>○ 극한지 지역의 온도 변화에 의해 융기 및 침하가 대규모로 발생함에 따라 자원 이송 파이프의 변형 발생이 불가피함</li> <li>○ 기존 계측기술은 동작 온도 범위가 한정되어 있으며 극한지 자원이송망의 경우 취약한 기후에 의한 작업 능률 및 생산성 저하로 인한 수동 계측기술의 적용이 한계가 있음</li> <li>○ 그러나 자원 유입의 특성 상 극한지를 통과하는 이송배관망의 건설이 필수적이나 이에 대한 연구나 경험이 전무한 국내실정에 비추어 엔지니어링 기술확보의 원천이 되는 유지관리시스템에 대한 체계적인 연구 수행이 필요</li> </ul> |
| □ 기술동향             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 IT 기술은 눈부신 발전으로 인해 일부 IT기술과 건설기술의 접목에 대한 시도가 시작되고 있는데, 센서를 이용한 유지관리의 합리화 및 정보화에 관한 연구를 수행 중에 있음. IT 융합 건설기술의 개발을 위한 각 요소기술의 기술수준은 약84% 수준으로 IT융합 건설기술의 개발을 통하여 건설산업의 고도화가 가능할 것으로 판단되나 극한지 건설 및 유지관리 (특히, 플랜트 구조물) 적용은 전무한 실정임</li> <li>○ 국외 IT 융합 건설기술 관련 기술동향은 인텔리전트 빌딩건설기술, 가상현실을 활용한 건설프로그램 개발 등이 진행되고 있는데 인텔리전트 빌딩의 경우, 선진 각국에서는 국제 정보네트워크가 형성된 지능형 스마트 오피스빌딩이 일반화 되어있음. 또한 가상현실은 이용한 건설프로그램 개발의 경우, PC기반 3D 플랜트 공사 모델 구축(1983년, 미국 벡텔사), Plantspace Integration Series (1990년대 초반, Jacobus사)로 발전, 현재는 Bentley Systems사에 흡수되어 Bentley Schedule</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Simulator 등의 제품으로 상용화 되고 있으나 극한지 IT 융합 건설기술은 전무하며, 토목시설물의 건전성 평가 목적은 아닌 것으로 판단됨</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한지 계측기술의 경우 해외 계측기 판매사에서 극한지에 계측기 설치 등의 사례가 있으나 실적이 저조함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |
| <b>3. 연구개발 내용</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유지관리 시뮬레이터 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공계획(as-planned) 모듈 알고리즘 개발</li> <li>- 준공(as-built) 모듈 알고리즘 개발</li> <li>- 계측연동 모듈 알고리즘 개발</li> <li>- 유지관리(operation and maintenance) 시뮬레이터 개발</li> </ul> </li> <li>○ 자원이송망 시공품질 향상을 위한 유지관리 평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원이송망 용접부 품질관리 및 균열/부식 검출 기술 개발</li> <li>- 극한지 최저온도에서 사용가능한 변형 계측 기술 개발</li> <li>- 극한지 최저온도에서 사용가능한 지지 구조물 변형 계측 기술 개발</li> <li>- 영구동토-계절동토 경계부 자원이송망 변형 감시를 위한 계측 기술 개발</li> <li>- IT 기반통합 자동화 계측시스템, 계측관리 프로그램 개발 및 자동 정보 시스템 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 자원이송망 생애주기 향상을 위한 장거리 자원이송망 통합 유지관리 평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원이송망 운용중 변형 감시를 위한 계측 평가 기술 개발</li> </ul> </li> </ul> |                                                                                                                                                                                                         |
| <b>4. 연구개발 추진방법</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |
| <div> <input type="checkbox"/> 추진전략 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시</li> <li>○ 국내·외 대학교 및 연구소 네트워크를 형성하여 기존 연구결과 획득 및 향후 연구동향 분석을 통해 국내에서는 연구가 미미한 극한지 유지관리 시스템 구축</li> </ul> </div> <div> <input type="checkbox"/> 추진체계 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입·기술자문을 적극적으로 추진</li> <li>○ 대형 냉동챔버를 활용한 계측기 평가 시험으로 장비 신뢰성 확보</li> </ul> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                         |
| <b>5. 최종성과물</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>극한환경(-40℃, 2000km) 자원이송망 성능유지를 위한 유지관리 시스템 개발</b>                                                                                                                                                    |
| <input type="checkbox"/> 주요 최종성과물                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>&lt;관련 연구의 연차별 성과물&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지관리시스템 기준 조사 보고서</li> <li>- 시공계획(as-planned) 시뮬레이터 알고리즘 개발</li> </ul> </li> </ul> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 논문게제: 1건</li> <li>○ 2차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 감시 및 진단시스템 요소기술 시작품 설계도서</li> <li>- 준공(as-built) 시뮬레이터 알고리즘 개발</li> </ul> </li> <li>- 논문게제: 1건</li> <li>- 학술발표: 1건</li> <li>- 프로그램 등록: 1건</li> <li>○ 3차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 운영시스템 모듈 개발 및 시작품</li> <li>- 유지관리(operation and maintenance) 시뮬레이터 알고리즘 개발</li> </ul> </li> <li>- 논문게제: 2건</li> <li>- 학술발표: 1건</li> <li>- 특허출원: 2건</li> <li>○ 4차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영구동토-계절동토 경계부 운영시스템</li> <li>- 효율적 유지관리시스템 운영을 위한 시뮬레이터 구성 모듈, 데이터베이스 및 UI를 통한 유지관리 시뮬레이터 시작품</li> </ul> </li> <li>- 논문게제: 2건</li> <li>- 학술발표: 1건</li> <li>- 프로그램등록: 1건</li> <li>○ 5차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 감시평가기술방안, 운영시스템 매뉴얼</li> <li>- 시뮬레이터 적용을 통한 시스템 검증 및 운영 매뉴얼</li> </ul> </li> <li>- 논문게제: 1건</li> <li>- 특허등록: 1건</li> <li>- 프로그램 등록: 1건</li> </ul> |                                                                                                                           |
| <b>6. 연구기간 및 지원예산</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                           |
| □ 전 체                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총 연구기간 : 2013년 8월~2018년 7월(5년)</li> <li>○ 연구비 예산 : 32억원(정부출연금 : 27억원)</li> </ul> |
| <b>7. 기 타</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획 연구 보고서를 참조하여 작성</li> <li>○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                           |

## 2절. 평가기준 설정

### 1. 평가항목

| 기준항목                           | 세 부 항 목                          |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 연구개발목표<br>(10점)                | 최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점)     |
|                                | 성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)           |
| 연구개발내용<br>(20점)                | RFP와의 적합성(5점)                    |
|                                | 과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)   |
|                                | 연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)          |
|                                | 연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)          |
| 추진전략 및 계획<br>(20점)             | 연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점)         |
|                                | 연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)           |
|                                | 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)         |
|                                | 연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)         |
| 개발기술의 실용성<br>및 경제성<br>(40점)    | 개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)             |
|                                | 활용방안의 적절성 및 구체성(10점)             |
|                                | 개발기술의 실용성 및 사업성(10점)             |
|                                | 개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점) |
| 연구책임자의 전문<br>성 및 관리능력<br>(10점) | 연구전문성 및 해당분야 실적(5점)              |
|                                | 연구과제 관리 및 운영 능력(5점)              |

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

|        |                                                         |
|--------|---------------------------------------------------------|
| 부합성 평가 | 평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치 |
| 중복성 평가 | 평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치      |

## 가. 연구개발 목표

- 극한환경 (-20℃ 이하 육상, 2000km급)에서 적용가능한 자원이송망 건설시스템 개발이라는 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종목표를 설정하여 제시.
- 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토해양부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시.

## 나. 연구개발 내용

- 극한지 자원이송망 건설시스템 개발과 실현을 위한 체계적이고 실천적인 과제 구성이 필요함.
- 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가.
- '극한지 자원이송망 건설시스템 개발'을 위한 '극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술', '극한환경 대응 라인라이프 개발', '자원 이송망 용접자동화 및 원격조종 굴삭시공법 개발' 및 '자원이송망 지능형 유지관리 시스템 기술' 등과 같이 체계적인 과제구성여부 평가.
- 최종목표 달성을 위한 각 과제간 연계 여부 및 과제간 개발사항의 중복 여부 및 차별성, 적정성 평가.

## 다. 추진전략 및 계획

- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발계획서에 필히 제시하며 이를 통해 향후 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용.
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한 함.
- 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성

격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단.

- 극한지 자원이송망 건설시스템 개발의 성공적 수행을 위한 산, 학, 연의 기관구성, 적정성 및 연계성. 개발기술의 검증(극한환경)을 통한 신뢰성 향상.
- 과제의 단계별 추진사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안 수립 여부.
- 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비의 적정하게 편성 여부

#### **라. 개발기술의 실용성 및 경제성**

- 기관선정의 우선순위는 개발기술의 제품화에 따른 시장점유율 및 부가가치 확대, 세계최고 수준의 기술경쟁력 확보 등으로 개발기술의 실용성 및 경제성에 초점을 두어 선정함.
- 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상정도, 기술선도국 대비 예상 수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부
- 연구기관 또는 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 및 사업화 방안이 성과 지표의 구체적 항목으로 제시 여부
- 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부
- 개발기술의 경제적 기대성과로서 투자 및 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시 여부

#### **마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력**

- 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음.
- 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제내에서 진

행되는 과제 관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함.

- 연구책임자는 국토해양부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함.

## 2. 가점 및 감점 기준

### 가. 연구수행 형태에 따른 가점

#### (1안) 일반적인 기준

- 대기업이 주관연구기관으로서
  - 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점
  - 중소기업이 참여하는 경우 : 2점
- 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점
- 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점

#### (2안) 연구단 수정 기준

##### 1) 일반과제의 경우

- 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점
- 대기업이 주관연구기관인 경우 : 1점
- 기업 이외의 기관이 주관연구기관이며
  - 중소기업/참여기업이 1/2이상인 경우 : 2점

- 중소기업이 과제에 참여한 경우 : 1점

(단, 참여기업은 과제를 직접 수행하는 기관으로서 위탁기관 및 단순 참여 기업은 제외한다.)

## 2) 연구단 과제의 경우

### ○ 산,학,연이 모두 참여하며

- 세부 주관연구기관으로 산,학,연이 각각 구성된 경우 : 2점
- 세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우 : 1점

### ○ 산,학 또는 산,연으로 구성되며

- 중소기업이 세부 주관연구기관의 1/3 이상인 경우 : 2점
- 중소기업이 세부 주관연구기관으로 구성된 경우 : 1점

## 나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

- 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)
  - 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점
  - 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

## 다. 추적평가결과에 따른 가점

- 국토해양부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

#### 라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점

- 현재 개정 작업중에 있는 「국토해양부소관 연구개발사업 관리지침」이 신청서 접수전에 완료될 경우에 한하여 반영하되, 이 경우 가점 및 감점기준은 별도 공지 예정

\* 『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정('11.3.28)』 제7조 4항 1호 및 [별표 1의3] 관련

#### 마. 기타

- 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입 여부)
- 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점
- 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점
- 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점
- 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점

## I. 연구개발 가능성 평가

| 평 가 항 목                                  |                                                                                       | 점수(○표시)  |    |    |    |    |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|----|----|----|----|
|                                          |                                                                                       | 아주<br>우수 | 우수 | 보통 | 미흡 | 불량 |
| 가) 연구개발의<br>필요성(10)                      | ①연구개발 대상기술의 중요성 및 필요성                                                                 | 5        | 4  | 3  | 2  | 1  |
|                                          | ②국토해양 R&D정책과 연구내용과의 장기적 연계성                                                           | 5        | 4  | 3  | 2  | 1  |
| 나) 연구개발의<br>목표 및<br>내용(30)               | ①최종·연차별 목표 및 분야별 목표와의 적합성,<br>명확성, 창의성                                                | 10       | 8  | 6  | 4  | 2  |
|                                          | ②성과목표 및 성과지표 설정의 명확성 및 타당성                                                            | 10       | 8  | 6  | 4  | 2  |
|                                          | ③RFP와의 적합성<br>※자유공모과제의 경우 “연구개발내용의 완성도 및<br>실행가능성”평가항목의 배점을 10점 기준으로<br>변경(동 평가항목 삭제) | 5        | 4  | 3  | 2  | 1  |
|                                          | ④연구개발내용의 완성도 및 실현가능성                                                                  | 5        | 4  | 3  | 2  | 1  |
| 다) 연구개발추진전<br>략·체계 및 연<br>구수행 방법<br>(20) | ①추진전략 및 연차별 추진체계의 합리성                                                                 | 10       | 8  | 6  | 4  | 2  |
|                                          | ②연구수행방법의 적합성                                                                          | 10       | 8  | 6  | 4  | 2  |
| 라) 연구성과 활용<br>가능성(10)                    | ①활용방안의 적절성 및 구체성                                                                      | 10       | 8  | 6  | 4  | 2  |
|                                          | ②개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)                                                          | 10       | 8  | 6  | 4  | 2  |
| 마) 연구수행<br>능력(10)                        | ①연구책임자의 연구수행·관리능력 및 관련분야<br>연구경험                                                      | 5        | 4  | 3  | 2  | 1  |
|                                          | ②참여연구인력의 적정성 및 전문성                                                                    | 5        | 4  | 3  | 2  | 1  |
| 바) 연구시설 확보<br>및 연구개발비<br>계상의 합리성<br>(10) | ①연구장비·시설 확보 및 활용의 적합성                                                                 | 5        | 4  | 3  | 2  | 1  |
|                                          | ②연구개발비 계상·집행 및 개발기간의 합리성                                                              | 5        | 4  | 3  | 2  | 1  |
| 평 가 점 수                                  |                                                                                       | 점        |    |    |    |    |

### 별표 3. 가점 및 감점 기준

| 가감점 구분                                            | 내 용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구수행<br>형태에 따른<br>가점                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대기업이 주관연구기관으로서 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점</li> <li>- 중소기업이 참여하는 경우 : 2점</li> </ul> </li> <li>○ 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점</li> <li>○ 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 총 연구비에<br>대한<br>연구신청기<br>관의 연구비<br>부담비율에<br>따른 가점 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총 연구비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여 (단, 경쟁응모인 경우에 한함) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신청기관 중 연구비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점</li> <li>- 그 외 기관은 최대 연구비(현금) 부담비율을 기준으로 연구비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여</li> </ul> </li> </ul> $\cdot \text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 현금 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 현금 부담비율}}$                                                                                                                                                                                                                                    |
| 연구개발과<br>제의<br>최종평가결<br>과 등에<br>따른<br>가·감점        | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발과제의 최종평가 결과, 최우수등급(상대평가지 최상위 10%, 절대평가지 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 2점 가점</li> <li>○ 연구개발과제의 최종평가결과 최하위등급(상대평가지 최하위 10%, 절대평가지 만점의 60% 미만)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종 평가 후(연구개발참여제한에 해당되는 경우에는 참여제한 기간 만료 후) 2년간 2점 감점</li> <li>○ 연구개발과제의 최종평가결과 하위등급(상대평가지 차하위 20%, 절대평가지 만점의 70% 미만)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정 평가점수의 1점 감점</li> </ul>                                                                                                                                                              |
| 추적평가결<br>과에 따른<br>가감점                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종전에 수행한 연구개발과제의 추적평가결과에 따라 다음의 기준을 적용하여 가감점 부여 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 추적평가 결과 만점의 90% 이상인 연구개발과제의 주관연구책임자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 추적평가 후 3년간 가점 2점</li> <li>- 추적평가 결과 만점의 80% 이상 90% 미만인 연구개발과제의 주관연구책임자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 추적평가 후 3년간 가점 1점</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 기 타                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 가점 1점</li> <li>○ 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15이상)실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 가점 1점</li> <li>○ 연구개발과제 선정 후 협약포기경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 3년간 3점 감점</li> <li>○ 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 5년간 3점 감점</li> <li>○ 기술 혹은 연구개발 아이템 제안자의 제안의견이 채택된 경우, 1년 내에 해당 연구자가 연구책임자로 신규과제 신청 시 가점 2점</li> <li>○ 최근 2년 이내에 국토해양부장관으로부터 녹색인증 및 확인을 받은 실적이 있는 연구자 및 연구기관이 관련녹색기술로 신규과제 신청 시 가점 1점</li> <li>○ 최근 3년 이내에 보안과제를 수행한 실적이 있는 연구자가 신규과제 연구책임자로 신청 시 가점 1점</li> <li>○ 최근 3년 이내에 조기성공 실적이 있는 연구자가 신규과제 연구책임자로 신청 시 가점 0.5점</li> </ul> |

## 7장. 참고문헌

1. Canadian Standards Association, “Oil and gas pipeline systems”, CSA Z662, 2011.
2. British Petroleum, “Statistical Review of World Energy”, BP.2009.
3. D L Gautier et al., “Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic”, Vol. 324, No.5931, pp.1175~1179, Science, 2009.
4. Gazprom, 가즈프롬 홈페이지, <http://www.gazprom.com/production/transportation>.
5. IEA(International Energy Agency), “Organization for Economic Cooperation and Development”, Asia Gas Study, IEA, 1996.
6. IHS, [www.ihs.com](http://www.ihs.com).
7. Landmark, 국토해양지식정보센터, <http://www.landmark.re.kr>.
8. Larry Persily, “Alaska gas update”, State senate Resources Committee, 2011.
9. M. Mohitpour et al., “Pipeline Design & Construction”, A Practical Approach Third Edition, 2007.
10. Nabucco Gas Pipeline International GmbH, 나부코 파이프라인 프로젝트 홈페이지, <http://nabucco-pipeline.com>.
11. Nord Stream, 노드스트림 프로젝트 홈페이지, <http://nord-stream.com/en>.
12. O. B. Amundslund et al., “Frozen Ground Engineering Second Edition”, pp.137~217, ASCE, 2004 .
13. Paik, Keun Wook, “*Gas and Oil in Northeast Asia, Policies, Projects, and Prospects*”, The Royal Institute of International Affairs, Energy and Environmental Programme, 1995.
14. South Stream, 사우스스트림 홈페이지, <http://south-stream.info>.
15. Tussing, Arlon R. and Samuel A. Van Vactor, “South Korea’s Thirst for Gas”, Financial Times Energy Economist, March, 1998.
16. USGS, <http://usgs.gov>.
17. Web of Science, <http://apps.isiknowledge.com>.
18. White Stream Pipeline Company, <http://www.gueu-whitestream.com>.
19. 송우현, 서동한, 유장용, “라인파이프 강재의 개발동향 및 용접성”, 대한용접/접합학회지 제27권, 제1호, 2009.
20. 윤성학, “러시아 극동지역 개발과 한국의 접근 전략, 동북아 메가 개발프로젝트와 한국의 선택”, (사)좋은정책포럼, 고려대학교 평화연구소, 2008.
21. 에너지경제연구원, “동북아 천연가스 파이프라인의 경제성 분석 및 역내국가간 협력

- 방안에 관한 연구”, pp.31~38, 한국가스공사 보고서, 1997.
22. 지식경제부, “2009년 에너지자원 주요정책방향”, 지식경제부, 2009.
23. 한국가스공사, “동북아 천연가스 파이프라인의 경제성 분석 및 역내국가간 협력방안에 관한 연구”, 1997.
24. 한국가스공사, “對러시아 천연가스사업 추진 계획”, 한국가스공사 보고서, 2005.
25. 한국석유공사, “캐나다 오일샌드 생산시설 건설”, 한국석유공사 보도자료, 2010.

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)389-6452  
한국건설기술연구원 TEL 031)910-0556

2012-연구기획-G01

극한지 자원 이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획

■ 발행일 / 2012. 10. 31.

■ 발행처 / 한국건설기술연구원

경기도 고양시 일산구 대화동 2311번지, TEL : 031-9100-114

■ 인쇄처 / 카피코