(뒷면) (옆면)

2012
연구기획
-F02

오일샌드플랜트 모듈화기술 기획 최종보고서

2013

한국건설교통기술평가원

국토해양부

Land Transport and Maritime
R&D Report

건설교통연구기획사업 기획보고서

R&D /
2012-연구기획-F02

# 오일샌드플랜트 모듈화기술 기획 최종보고서

2013. 2. 19.


주관연구기관 / 성진이엔티주식회사
공동연구기관 / (주)포스코건설
(재)포항산업과학연구원


국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 “오일샌드플랜트 모듈화기술 기획” 최종보고서(안)입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

# 제 출 문

국토해양부장관 (한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "오일샌드플랜트 모듈화기술 기획"과제의 최종보고서(안)으로 제출합니다.

2013. 2. 19.


주관연구기관명 : 성진이앤티주식회사
주관연구책임자 : 신흥식 상무
연 구 원 : 권태하 이사
연 구 원 : 이유진 과장
연 구 원 : 이재민 대리

공동연구기관명 : (주)포스코건설
공동연구책임자 : 남성현 Director
연 구 원 : 노상훈 Sr. Manager
연 구 원 : 곽승호 Manager
연 구 원 : 우현기 Associate

공동연구기관명 : (재)포항산업과학연구원
공동연구책임자 : 박찬희 Prin. Researcher
연 구 원 : 여경윤 Sr. Researcher
연 구 원 : 김진국 Sr. Researcher

# 보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>2012-연구기획-F02</td><td>해 당 단 계<br>연 구 기 간</td><td>2012.03.13.<br>~2012.10.31</td><td>단 계 구 분</td><td>(1단계)/<br>(1단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">중점국가연구개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">플랜트기술고도화사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">오일샌드플랜트 모듈화기술 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">신 흥 식</td><td>해당단계<br>참 여<br>연구원수</td><td>총 : 11명<br>내부 : 11명<br>외부 : 0명</td><td>해당단계<br>연 구 비</td><td>정부 : 95,000천원<br>기업 : 천원<br>계 : 95,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간<br>참 여<br>연구원수</td><td>총 : 11명<br>내부 : 11명<br>외부 : 0명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 95,000천원<br>기업 : 천원<br>계 : 95,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및<br>소 속 부 서 명</td><td colspan="2">기술연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">성진이앤티주식회사</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td rowspan="4">공 동 연 구</td><td colspan="5">연구기관명: (주)포스코건설 연구책임자: 남성현</td></tr>
<tr><td colspan="5">연구기관명: 포항산업과학연구원 연구책임자: 박찬희</td></tr>
<tr><td colspan="5">연구기관명: 연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="5">연구기관명: 연구책임자:</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명: 연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td>213</td></tr>
<tr><td colspan="6">본 연구는 최근 빠른 속도로 성장하고 있는 오일샌드플랜트 시장에 진입하기 위한 모듈화기술 개발에 관한 것으로서 모듈화율과 현지인증율 향상과 공기단축, 가지재의 국산화, 경제성확보를 위한 연구 목표 및 비전을 수립하고 이를 수행하기 위한 연구체계 및 연구 과제 R&D 기획을 수행하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색인어<br>(각 5개<br>이상)</td><td>한글</td><td colspan="4">오일샌드, 플랜트, 모듈, 모듈러설계, 모듈운반</td></tr>
<tr><td>영어</td><td colspan="4">Oil Sands, Plant, Module, Modular Design, Module Logistics</td></tr>
</table>

# 목 차

[요약문]

1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
1절. 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
1. 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
2. 세부과제별 기술정의 ····· 11
2절. 기술분류 및 내용 ····· 12
1. 기술분류 ····· 12
2. 세부과제별 주요내용 ····· 13

2장. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 18
1절. 국내외 정책동향 ····· 18
1. 국내 정책 동향 ····· 18
2. 국외 정책 동향 ····· 23
2절. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 26
1. 국내 시장현황 및 전망 ····· 26
2. 국외 시장현황 및 전망 ····· 28
3절. 기술동향분석 ····· 46
1. 기술분류 및 정의 ····· 46
2. 특허동향분석 ····· 75
3. 논문동향분석 ····· 86
4. 전문가설문조사 ····· 89
4절. 연구개발 인프라 분석 ····· 101
1. 연구 인력 인프라 ····· 101
2. 연구 기자재 인프라 ····· 102
5절. 핵심기술 도출 ····· 104
1. 핵심기술 도출방법 ····· 104
2. 요소기술 및 핵심기술 도출 ····· 105
6절. 종합분석 ····· 114
1. 국내외 정책 및 시장분석 ····· 114
2. 기술개발동향 및 인프라 분석 ····· 115

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 118
1절. 비전 및 목표설정 ····· 118
2절. 기술개발에 따른 미래상 ····· 120
1. 현황 및 미래상 ····· 120
2. 세부과제별 미래상 ····· 121
3절. 연구개발과제 구성 ····· 125
4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 136
1. 1세부과제 주요내용 및 추진전략 ····· 136
2. 2세부과제 주요내용 및 추진전략 ····· 142
5절. 세부과제간 연계관계 ····· 148
6절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 149
1. 연구개발과제 TRM ····· 149
2. 최종성과물 및 성과지표 ····· 151
3. 연차별 성과지표 검증방안 ····· 159
7절. 성과의 활용방안 ····· 160
8절. 연구수행체계 제안 ····· 161
1. 연구수행체계 제안 ····· 161
2. 연구단 운영전략 ····· 162

4장. 사전타당성 검토 ····· 164
1절. 정책적 타당성 ····· 164
2절. 기술적 타당성 ····· 181
3절. 경제적 타당성 ····· 187
4절. 기술개발 필요성 ····· 194
5절. 정부지원 타당성 ····· 196
6절. 종합평가 및 결론 ····· 199

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ····· 203
1절. 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 203
2절. 소요예산 산정 ····· 206
1. 예산 산정방법 ····· 206
2. 전체사업 소요예산 ····· 207
3. 세부과제별 소요예산 ····· 208

6장. 과제 제안요구서 ····· 210
1절. 과제 제안요구서 (RFP) ····· 210
2절. 평가기준설정 ····· 215

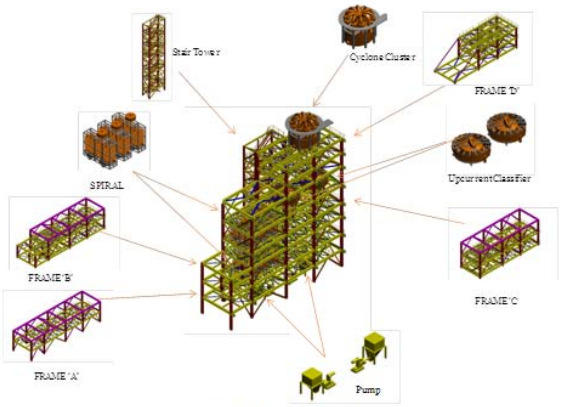
참고문헌 ····· 216

# 요 약 문

## Ⅰ. 기술의 정의 및 필요성

### □ 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술

**플랜트 구조물을 단위 부품화 하여 현장 운송과 조립을 용이하게 함으로써 전체 공사기간을 단축하고 공사비를 절감할 수 있는 기술임**




모듈화 설계 예

Module 운송

### □ 필요성

- 현재 세계오일샌드 시장은 지속적으로 발전하고 있으며, 2017년이 되면 현재 시장 규모의 2배 이상으로 성장하면서 본격적으로 시장이 확대될 것으로 전망되고 있음. 이에 발맞추어 중국과 일본 또한 국가적 차원에서 미국과 캐나다의 오일 메이져 회사와의 협업을 통해 광구 개발 사업과 오일 채굴 사업을 추진 중에 있음. 반면 우리나라는 아직 초기 진입단계로서 여러 가지 법적, 제도적, 환경적 어려움을 겪고 있는 실정이기 때문에 국가적 차원에서의 지원과 기술개발이 필요함
- 캐나다 오일샌드 발주처는 캐나다 내 높은 현장인건비로 국내 건설사와 플랜트의 모듈화 사업을 추진 중으로 국내 기업의 캐나다 오일샌드사업 진출이 초기진입단계이나, 관련 기술의 미보유로 Sub-contracting, 상세설계와 단순제작 수준이며 시공분야(C)에서는 경쟁력이 있으나 엔지니어링(E) 및 일부 기자재(P) 분야의 경쟁력이 부족하고, 기자재 및 핵심 인력의 해외 의존도가 높은 편임
- 민간 사업 참여 시 기술이 아닌 단순 저가 생산만을 추진하여 몇 년 후 후발 저임금 국가와의 차별화 요소를 갖지 못함. 시장진입 초기단계부터 캐나다 발주처에는 공사비 절감과 공사기간 단축 등의 경쟁력을 확보하고 후발 저임금 노동력 국가와 차별화할 수 있는 고유 기술의 개발이 필요하며 국가 주도의 R&D로 추진이 필요함
- 국내 제작되는 오일샌드 플랜트 모듈은 장거리 육상운상이 되어 육상운송

에 최적화된 모듈기술과 고성능 소재 적용, 현장 급속시공 등의 기술로 차별화 고유기술화가 가능함

- 오일샌드플랜트 모듈에 사용되는 소재는 대부분 발주처에서 공급하는 것으로 되어있으며, 일부에 한해서 계약자가 공급하는 것으로 되어있기 때문에 국산 자재의 인증이 이루어지지 않아 자재의 국산화율이 매우 낮은 현황임. 따라서 자재국산화를 통해 외화가득율을 높일 수 있도록 기술개발이 요구됨.

## 2. 국내외 동향 및 환경분석

### □ 국내외 정책 및 시장 분석

- 캐나다 정부는 1980년대부터 석유산업 국유화 정책을 철폐하고 외자도입을 통한 석유자원 개발을 추진하고, 앨버타 주정부는 오일샌드 프로젝트의 투자설비 비용이 회수될 때까지 주정부에 대한 로열티 납부를 조정하는 등의 조치를 통해 국내외 기업의 오일샌드 사업 참여를 유도하고 있음
- 캐나다 앨버타주 Athabasca, Cold Lake, Peace River 등지 120여개 곳에서 오일샌드 프로젝트가 활발히 진행 중에 있으며, 그중 약 60여 개소에서는 이미 오일샌드를 생산하고 있는 중임. 나머지 60개소 중 3곳은 현재 플랜트 공사중에 있으며, 나머지 57곳은 프로젝트 개발을 준비 중에 있음
- 중국과 일본은 1970년대부터 국가적 차원에서 미국과 캐나다의 오일 메이져 회사와의 협업을 통해 광구 개발 사업과 오일샌드플랜트 건설 및 오일샌드 채굴사업을 진행하여 왔으며, 세계 오일 가격 상승의 영향으로 오일샌드플랜트 분야는 발전가능성이 가장 큰 시장으로 성장함에 따라 참여기업의 수를 더 증가시켜 사업을 더욱 확대할 것으로 전망됨
- 베네수엘라의 차베스 정권은 석유산업에 대한 국유화를 단행하면서 외국계 특히 미국계 석유회사를 거의 축출하는 상황이었으나 2005년 새로운 에너지 정책을 통해 중국, 일본 등의 기업들과 오리노코 오일샌드 프로젝트 개발을 시도하고 있음
- 반면 우리나라는 아직 초기 진입단계이고, 오일샌드플랜트에 대한 국내 원천기술은 타 플랜트 분야보다 선진국대비 상대적으로 취약한 편이기 때문에 여러 가지 법적, 제도적, 환경적 어려움을 겪고 있는 실정임
- 국내 최초로 오일샌드플랜트용 모듈을 제작하여 캐나다 현지로 운송한 실적을 보유한 성진지오텍 등의 국내기업들은 3차원 가상제작 시뮬레이션 기술을 이용하여 오일샌드플랜트 모듈의 제작성을 평가한 바 있지만, 아직 오일샌드플랜트에 최적화된 기술이 개발되지 않았으며 이로 인해 전체 오일샌드플랜트에 대한 모듈화에는 한계가 있는 실정임

- 캐나다 앨버타주 지역의 오일샌드 생산방식별로 보면 오일샌드는 노천채굴방식이 857천bpd로 53%, 지하회수방식과 1차회수방식에 의한 생산이 756천bpd로 47%를 차지하고 있음. 앞으로 2015년에 지하회수방식에 의한 비투멘 생산 비중이 노천채굴 방식에 의한 비투멘 생산 비중을 추월할 전망이기 때문에 지하회수방식의 건설 계획이 큰 비중을 차지함

□ 기술개발 동향 및 인프라 분석

- 캐나다 앨버타는 동토 지역으로 건설가능 기간이 제한적이고 현지 건설인력 확보가 쉽지 않을 뿐만 아니라 현장공사비가 고가이기 때문에 현장공사비를 최소화할 수 있는 모듈기술이 요구되고 있음. 특히, 건설공기의 단축은 조기 오일생산으로 이어져 발주자가 빠른 투자효과를 볼 수 있기 때문에, 모듈러 기술에 대한 관심도가 매우 높음
- 오일샌드플랜트는 캐나다 북부 앨버타주의 낮은 기온지역에 위치하므로 저온 인성이 요구되는 고성능강을 사용하여 플랜트의 수명을 연장하려고 하는 기술개발이 진행되고 있음. 또한, 각 공정별로 요구되는 소재의 성능에 맞춰 공정별 플랜트의 수명을 늘릴 수 있는 연구가 진행되고 있음. 일예로 하이드로 파이프라인은 온수, 모래, 비튜멘의 혼합물이 고온 상태로 통과하기 때문에 파이프의 부식 및 마모 진행속도가 매우 빨라 짧은 교체수명(6개월~12개월)을 가지고 있으나 최근 내마모성이 2배 이상으로 강한 고성능소재를 사용하여 구조물의 life-cycle을 개선하는 사례가 증가하고 있는 추세임
- 기존 플랜트의 모듈러공사는 해상/해안에 위치하고 있어 육상이동 거리가 짧아 대형 모듈 시공이 가능하였지만, 오일샌드플랜트는 육지의 외지에 위치하고 있어 운반 거리가 1000km이상으로 길고 기존 도로망을 이용하기 때문에 운반할 수 있는 모듈크기에 제약을 받음. 따라서 모듈크기의 제약을 개선할 수 있고 육상운송에 특화된 모듈기술 개발이 요구됨
- 오일샌드플랜트 건설기술 동향은 Stick-build → Alberta Size 대형 모듈(7.2m × 7.2m) → 육상/철도 운송용 모듈(4.0m × 4.0m 이하)로 발전되고 있는 추세이며, 모듈의 설계 또한 현장별 맞춤설계에서 일일생산량별 표준모듈 설계를 적용하고 있는 추세임. 예를 들면, 3천 배럴용 표준모듈, 7천 배럴용 표준모듈 설계를 한 후 1만 배럴용 플랜트가 필요할 경우 3천 배럴용 + 7천 배럴용 표준모듈로 1만 배럴용 플랜트 건설.
- 오일샌드 채굴방법에는 광상이 지표부근(통상 75m 이내)에 있으면 노천채굴(Mining) 후 열수처리(hot water processing)하는 방법에 의해 회수되며, 광상이 심부에 있으면 굴착을 한 후 파이프를 통해 스팀을 주입하여 지하에서 회수하는 지하수회수법(In-situ method)이 사용됨. 종전에는 노천채굴에 의한 생산이 주를 이루었으나, 최근 환경 및 효율적인 생산을 위하여 SAGD와 같은 지하회수법으로 기술이 발전되고 있는 추세임

## 3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

### □ 비전 및 목표

| | |
|---|---|
| VISION | 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발 |
| MISSION | 오일샌드플랜트 분야의 설계/제작/시공 기술의 국산화 및 신성장 동력 창출에 기여 |
| R&D GOAL | ▪ 모듈화율 80%가 가능한 오일샌드 플랜트 설계 기술의 국산화<br>▪ 표준 모듈을 통한 현장공사기간 30% 단축<br>▪ 소재, 설계, 제작 관련 캐나다 인증 획득 (인증율 90% 이상)<br>▪ 자재국산화 70%를 통한 외화가득률 증진<br>▪ 설계, 제작, 시공기술 향상을 통한 가격 경쟁력 증진: 100%(현지) → 70% |
| STRATEGY | 한국형 표준모듈 설계기술 |
| | ▪ 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발<br>▪ 오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발<br>▪ 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발<br>▪ 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 |
| | 표준모듈 제작/시공기술 및 Pilot Test |
| | ▪ 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 개발 및 인증<br>▪ 현장 공기단축 시공기술 및 모듈관리기술 개발<br>▪ 오일샌드플랜트 모듈시스템 유지관리기술<br>▪ 모듈러 오일샌드플랜트 Pilot Test |

### □ 세부과제별 중점 목표

**1세부과제 — 오일샌드플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발**

- 한국형 표준모듈을 통한 플랜트 모듈화 설계율 80% 향상
- 자재 국산화율 100% 한국형 고유모듈 개발을 통한 국제 경쟁력 향상
- 발주자 요구에 맞는 표준모듈 조합을 솔루션 개발을 통한 EPC 경쟁력 향상
- 극한 환경 대응 특화소재 이용기술 개발 및 인증을 통한 자재국산화율 70% 향상 및 인증율 90% 달성
- 모듈 연결 표준화에 따른 시공속도 30% 향상
- Logistics 연구를 통한 해외 수출 경로의 다양화 및 활성화

**2세부과제 — 오일샌드플랜트 모듈 제작/시공기술 개발 및 Pilot Test**

- 변형예측 제작정밀도 향상 기술개발에 따른 제작시간 및 오차율 감소
- 효율적 시공관리시스템 구축을 통한 시공성 향상
- 오일샌드플랜트 건전성 평가기술 및 손상 탐색기술을 통한 유지관리의 효율화 및 플랜트 수명 연장
- 모듈 assembly 급속시공기술 개발을 통한 공기 단축
- 테스트베드 후보지 선정 및 현장적용을 통한 검증

## □ 연구개발과제 구성

◦ 연구개발추진체계: 세부과제 (2EA), activity (8EA)

| 구분 | | 과제명 |
|---|---|---|
| 연구단 총괄 | | 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발 |
| 1 세부과제 | | 오일샌드 플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발 |
| | 1-1 activity | 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발 |
| | 1-2 activity | 오일샌드 플랜트 모듈화율 향상 기술 개발 |
| | 1-3 activity | 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 |
| | 1-4 activity | 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증 |
| 2 세부과제 | | 오일샌드 플랜트 모듈 제작/시공 기술 개발 및 Pilot Test |
| | 2-1 activity | 오일샌드 플랜트 모듈의 표준 제작상세 개발 및 인증 |
| | 2-2 activity | 현지 공기단축 시공기술 및 모듈 현장관리기술 개발 |
| | 2-3 activity | 오일샌드 플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술 |
| | 2-4 activity | 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test |

## □ 세부과제별 주요내용

| 1 세부과제 | 오일샌드 플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발 |
|---|---|

■ **오일샌드플랜트 모듈 설계 및 제작기술 개발에 따른 기술의 국산화, 모듈화율 수준 및 현지 인증율 향상**

✔ **오일샌드플랜트 한국형 표준모듈 기술 개발**

- 한국형 표준모듈이란 해상 및 현지 육상운송 여건 등을 고려하여 국내에서 설계되고 제작한 최적화, 표준화된 모듈을 말함.
- 모듈 설계의 지배적 인자는 육상 운송에 대한 지리적, 제도적 제약 사항 범위 안에서 제작되고 운반되어야 한다는 것임. 최적화되고 표준화된 모듈의 설계가 매우 중요함.
- 오일샌드플랜트의 구성은 생산되는 Oil의 성분에 따라 달라지기 때문에 오일샌드플랜트 모듈은 요구되는 특성에 맞도록 플랜트의 구성을 표준화할 수 있도록 대표성을 가져야하며, 최적설계를 통해 제작되어야 함.
- 플랜트의 모듈은 파이프랙과 같이 운송크기만큼 쉽게 분할할 수 있는 모듈과 보일러와 같이 쉽게 분할되지 않는 모듈로 구분할 수 있음. 파이프랙과 같은 모듈은 자재의 대부분을 국산화할 수 있는 여지가 많기 때문에 국산자재 100%인 한국형 고유 모듈을 개발 목표로함.
- 쉽게 분할되지 않는 모듈의 경우, 생산설비의 효율, 공정, 확장성 등을 고려하여 표준화할 수 있는 모듈에 대한 연구가 수행되어야 함

예) Kearl Project 운송 모듈

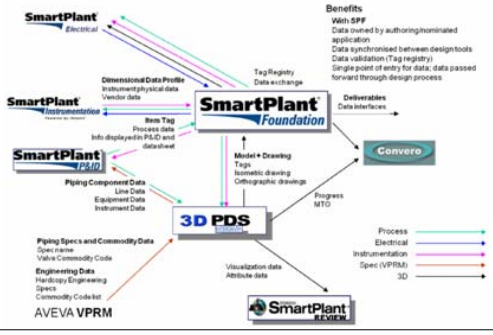
<국산자재 100%, 국내 제작 운송 모듈 >

✔ 오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발

- 오일샌드플랜트의 모듈화율은 운송가능한 모듈의 크기에 따라 달라지게 됨. 예를 들면, 물-기름 분리장치의 크기가 운송할 수 있는 모듈보다 크다면 모듈로 제작할 수 없게 됨. 즉, 물-기름 분리장치와 같은 기능형 설비의 크기와 용량에 따라 모듈 제작 여부가 결정됨.
- 따라서, 크기로 인하여 모듈 제작이 불가능하여 현장에서 제작하여야만 하는 기능형 설비에 대하여 다수의 모듈로 분할할 수 있는 기술이 개발되어야 함. 또한, 공정분석을 통해 크기를 줄일 수 있는 설비에 대한 연구를 수행하여 표준화된 모듈로 제작하여 모듈화율을 증진시켜야 함.
- 모듈 제작이 불가능할 경우, 현장에서 제작하는 pre-assembly unit에 대하여 국산 자재를 최대한 활용할 수 있도록 설계에 반영하여야 함.

✔ 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발

- 오일샌드플랜트의 위치, 적용조건, 용량 등에 따른 표준모듈 조합설계를 위해 구성요소별, 조건별 플랜트의 공정 및 구조 표준화 설계연구와 개발된 표준모듈을 조합한 플랜트 설계기술.
- 캐나다 현지의 다양한 현장조건 (기온, 수자원 등)에 대응하여 매 프로젝트 마다 전체 시스템에 대한 설계를 수행하고, 운송과 시공을 위한 모듈화 과정을 거쳐야 함.
- 다양한 현장조건의 조합에 대한 표준모듈을 사전에 개발하여 공사 발주 시 표준모듈의 조합을 통해 손쉽고 빠르게 플랜트를 설계할 수 있는 솔수션을 개발한다면 국내 EPC사의 경쟁력이 크게 배가될 수 있음.

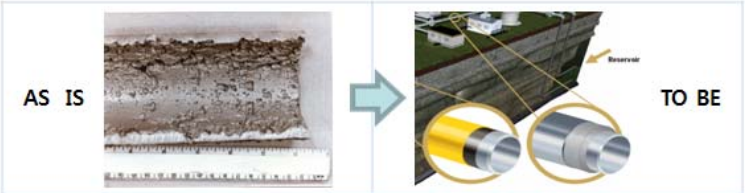



As is: 프로젝트별 대응 상세설계
(Engineering→Detail Engineering→Construction)

To be:
사전 개발된 표준모듈의 조합을 통한 플랜트 설계 및 시공
(Engineering→Construction)

✔ 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증

- 오일샌드플랜트는 매우 기온이 낮은 지역에 위치하고, 오일샌드 생산 시 고온, 고압 하에 많은 부식유발 인자를 다루어야하는 등 매우 가혹한 조건하에 있음.
- 오일샌드플랜트에 적용되는 강재 및 용접재료는 CSA, CRN, CWB 등 캐나다 표준 규격의 인증을 받아야 함.
- 국내에서 모듈제작 시 국산소재 적용율이 높지 않음
- 국내에서 제작되는 모듈에 국산소재 적용 100%를 목표로 기존 구조, 설비 및 시설의 고성능화 및 국산소재 적용을 위한 이용기술 개발 및 국외 인증.
- 기존 시설물의 고성능화를 통해 오일샌드플랜트의 수명을 향상시킬 수 있는 소재가 이용될 수 있도록 이용기술을 개발하여 국산소재 적용율 향상.

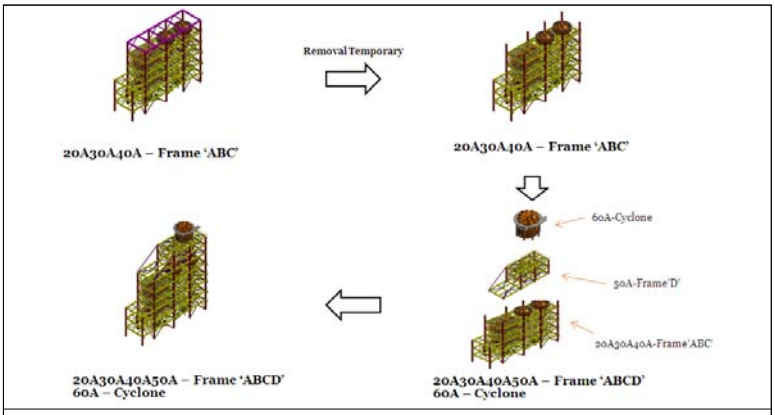



| 2 세부과제 | 오일샌드 플랜트 모듈 제작/시공 기술 개발 및 Pilot Test |
|---|---|

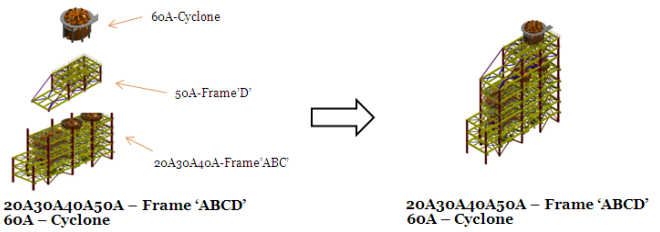
■ 오일샌드플랜트 공기단축을 위한 급속시공기술 및 EPC에 기초한 비즈니스모델에 따른 국가 영향력 향상과 체계적 오일샌드플랜트 시공 프로젝트 수행

✔ 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 개발 및 인증

- 오일샌드플랜트 구조물은 여러 방향으로 뻗어나가는 다양한 구조부재와 이들의 조합으로 구성되어 복잡한 기하제원을 가지고 있음. 따라서 제작단계에서 누적된 용접 등에 의한 열변형은 인접 모듈과의 연결 조립시 문제를 유발하게 됨.
- 이러한 문제를 해결하기 위해 기존에는 복잡한 플랜트 구조물 전체를 제작장에서 일식으로 제작한 후 운반이 가능한 크기로 잘라내서 운반하고 현장에서 재조립하는 과정을 거치고 있음. 이 또한 공정이 복잡하여 많은 시간과 비용이 요구되고 있음.
- ·초기 설계단계에서 제작 시 발생할 수 있는 변형오차를 미리 고려하여 모듈을 구성함으로써 기존의 '(1) 시스템 제작 → (2) 절단 및 이음부 생성 → (3) 현장운송 → (4) 현장조립' 제작단계를 보다 단순화하여 '(1) 모듈제작 → (2) 현장운송 → (3) 현장조립'으로 할 수 있는 제작상세 기술 및 사전 인증




As is

| (1) 시스템 제작 → (2) 절단 및 이음부 생성 → (3) 현장운송 → (4) 현장조립 |
|---|
|  |
| To be<br>(1) 모듈 제작 → (2) 현장운송 → (3) 현장조립 |

✔ **현장 공기단축 시공기술 및 모듈 관리기술 개발**

- 캐나다 오일샌드플랜트는 북부 알버타 지역에 위치하여 동토지역, 추운 작업 환경, 외지공사 등으로 인해 현장공사 노무비가 매우 높음 (공장제작 노무비 대비 약 3배)
- 현장작업을 최소화하기 위해 모듈화 공사를 실시하여 공장제작을 늘리고 있으나 국내 제작 시 육상운송 크기 제약으로 모듈이 보다 작게 제작되어 운반 후 현장 (또는 캐나다 제작장)에서 재조립 후 가설되어 현장작업의 개선 시 경쟁력 확보 가능
- 현장에서 작업되는 공사기간을 최소화하기 위해 기초공사, 현장설치 및 시공을 최소화할 수 있는 건설기술
- 한국형 모듈을 급속 정밀 가설할 수 있는 최적시공 기술 개발
- 캐나다에 운송된 모듈 및 별도로 운반된 부품(shiploose 부품)이 최적의 시공순서로 시공될 수 있도록 모듈 및 부품의 자재이력관리 및 시공관리하는 시스템 개발

<현장 시공>

<모듈 공사>

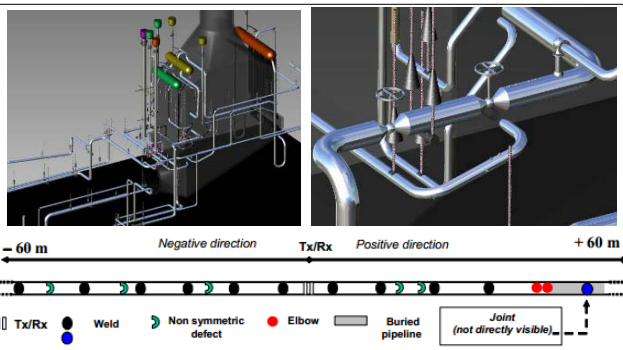
<동절기 Megae dome 내 공사>

| As Is | To Be |
|---|---|
| 플랜트구조 현장 시공 | 모듈 급속 시공 |
| 현장타설 콘크리트말뚝기초 | 고강도 강관파일기초 |
| 동절기 공사 불가 | Mega dome 내 동절기 공사 |
| 도면/수작업 모듈이력관리 | RFID/3D도면 PDA 모듈이력관리 |

✔ **오일샌드플랜트 모듈시스템 유지관리기술**

- 오일샌드플랜트 생산 및 정제 설비는 외부로는 저온, 내부로는 침식, 부식 환경 등에 매우 열악한 환경에 놓인 구조물로 빈번한 유지관리가 요구되고 있음.
- 손상이 발생하는 부분을 찾기 위해 육안 관측을 하거나 손상이 예상되는 부분에 비파괴 검사를 실시하여 손상을 계측하고 보수를 실시함. 그러나 예상하지 못한 부분이거나 육안관측이 어려운 부분에서의 문제점을 찾기에는 한계가 있음.
- 오일샌드플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술은 국부 손상 계측에 기반한 유지관리 시스템을 개선하여 전체 시스템에 대한 손상정도를 우선 평가하고 이로부터 손상영역을 감지하고 국부 손상을 계측하도록하여 플랜트 모듈 시스템의 정확한 건전도 평가 및 유지관리가 가능하도록 하는 기술임.

As is
육안 검측 또는 비파괴검사(자기, X-ray, 초음파 등)에
의한 국부 손상 계측




To be
전체 시스템에 대한 손상 계측을 거쳐 국부 손상 계측

✔ 모듈러 오일샌드플랜트 Pilot Test

- 오일샌드플랜트 모듈화기술 개발을 통해 나온 성과물인 표준모듈을 현지 공사 현장에 적용하여 모듈에 대한 성능 및 시공성에 대한 입증이 필요함
- 캐나다 오일샌드플랜트 실제 공사가 실시되고 있고 또 개발한 표준모듈을 적용 가능한 후보지에 대한 조사/분석이 필요함
- 또한 feasibility study의 일환으로 TELOS에 대한 가능성 검토 및 평가가 요구되며, 현장적용시 발생한 문제점 등에 대한 피드백이 필요함

## □ 연구개발과제 TRM

## □ 기대효과 및 활용방안

### 경제적 측면

- 오일샌드플랜트 모듈: 30% 저렴한 공사 비용 제공
- 중장기적 에너지원 확보 및 국제 건설 인프라 창출 및 경기 부양
- 독자기술 확보에 따른 경제적 편익은 1조원 이상 가능

### 기술적 측면

- 모듈화율 80% 달성에 따른 기술 노하우를 통해 선진국과의 기술격차를 좁힐 수 있음
- IT 및 GPS 기술력과의 융합을 통한 통합관리시스템 구축을 통한 세계 최고수준의 기술 확보
- 학술적성과, 지적재산권 성과, 인증, 정책 반영 등 기술개발에 따른 과학기술적 파급효과 극대화

### 사회적 측면

- 국내 인력의 캐나다 지역 진출기회 확대 및 외교영역 확대
- 국가차원의 브랜드 기술확보 및 선진국과의 경쟁기술 확보를 통한 해외 건설 수주 확대
- 오일샌드 프로젝트 참여를 통한 직간접적 10만개 이상의 일자리 창출 효과 발생

## 4. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

### □ 인력투입계획

| 소요인력(명) | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 연구단 총계 | 70 | 133 | 191 | 201 | 162 | 757 |
| 1세부 | 70 | 90 | 121 | 94 | 58 | 433 |
| 1-1 activity | 22 | 27 | 31 | 23 | 17 | 120 |
| 1-2 activity | 24 | 25 | 31 | 18 | 7 | 105 |
| 1-3 activity | 24 | 24 | 31 | 24 | 17 | 120 |
| 1-4 activity | | 14 | 28 | 29 | 17 | 88 |
| 2세부 | | 43 | 70 | 107 | 104 | 324 |
| 2-1 activity | | 15 | 29 | 30 | 18 | 92 |
| 2-2 activity | | 16 | 29 | 28 | 23 | 96 |
| 2-3 activity | | 12 | 12 | 20 | 20 | 64 |
| 2-4 activity | | | | 29 | 43 | 72 |

### □ 소요예산 산정

(단위:억원)

| | 1차년도 | | | 2차년도 | | | 3차년도 | | | 4차년도 | | | 5차년도 | | | 합계 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 |
| 연구단 | 20 | 13.2 | 33.2 | 39.0 | 25.7 | 64.7 | 56.0 | 36.9 | 92.9 | 58 | 38.2 | 96.2 | 47 | 31 | 78 | 220.0 | 145.0 | 365 |
| 1세부과제 | 20 | 13.2 | 33.2 | 26.0 | 17.2 | 43.2 | 35.0 | 23.1 | 58.1 | 27 | 17.8 | 44.8 | 17 | 11.2 | 28.2 | 125 | 82.5 | 207.5 |
| 1-1 activity | 6.0 | 4.0 | 10.0 | 8.0 | 5.4 | 13.4 | 9.0 | 6.0 | 15 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 35 | 23.5 | 58.5 |
| 1-2 activity | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 9.0 | 5.9 | 14.9 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 2.0 | 1.3 | 3.3 | 30 | 19.6 | 49.6 |
| 1-3 activity | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 9.0 | 5.9 | 14.9 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 35 | 23 | 58 |
| 1-4 activity | | | | 4.0 | 2.6 | 6.6 | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 25 | 16.4 | 41.4 |
| 2세부과제 | | | | 13.0 | 8.5 | 21.5 | 21.0 | 13.8 | 34.8 | 31 | 20.4 | 51.4 | 30 | 19.8 | 49.8 | 95 | 62.5 | 157.5 |
| 2-1 activity | | | | 4.0 | 2.6 | 6.6 | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 25 | 16.5 | 41.5 |
| 2-2 activity | | | | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 9.0 | 5.9 | 14.9 | 9.0 | 5.8 | 14.8 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 30 | 19.6 | 49.6 |
| 2-3 activity | | | | 4.0 | 2.6 | 6.6 | 4.0 | 2.6 | 6.6 | 6.0 | 4.0 | 10 | 6.0 | 4.0 | 10 | 20 | 13.2 | 33.2 |
| 2-4 activity | | | | | | | | | | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 12 | 7.9 | 19.9 | 20 | 13.2 | 33.2 |

# 1장. 기술의 정의 및 필요성

## 1절. 기술의 정의

### 1. 기술의 정의 및 필요성

□ 정의

(1) 오일샌드플랜트의 정의

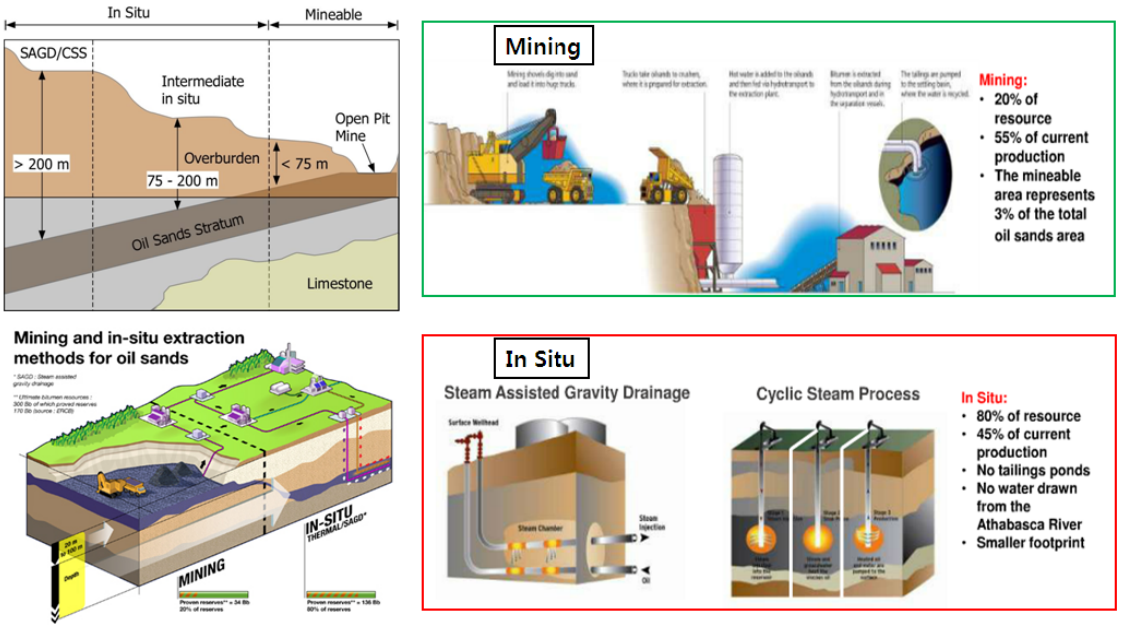
- 오일샌드(Tar Sands, Bituminous Sands)란 역청(瀝靑)이 섞인 유사(油砂) 사암 성분의 점토 또는 모래로서 아스팔트에 사용되는 무겁고 끈적끈적한 검은색 점성질 원유인 비투멘(Bitumen)이 10% 이상 함유되어 있음. 보통 원유는 물보다 가볍지만, 이 비투멘은 물과 비중이 비슷한 초중질 원유임

[그림 1.1] 오일샌드와 비투멘

- 오일샌드플랜트는 오일샌드로부터 비투멘을 분리하고 정제하여 원유를 생산하는 일련의 설비를 갖춘 시설로써 오일샌드플랜트에서 원유를 생산하는 프로세스는 다음과 같이 크게 5단계로 구분됨. 오일샌드플랜트를 구성하는 내부 설비들은 채굴방식에 따라 달라지며, 최근에는 개질과 관련된 시설을 생략하여 생산된 비투멘을 개질시설을 갖춘 곳에 판매하거나 점성을 낮춰 파이프로 운송하는 경우가 많이 있음.
  (a) 채굴단계 (Mining, In-situ)
  (b) 분리시설로의 이송 (Pipeline 또는 Hydrotransport pipeline)
  (c) 분리 (Separation)
  (d) 개질 (Upgrading)
  (e) 저장 및 운송 (Storage tank and transportation)

(2) 채굴 방식에 따른 오일샌드플랜트 구성 설비

- 오일샌드 채굴방식은 노천채굴(Mining)과 지하회수법(In-situ, Steam-Assisted Gravity Drainage(SAGD) 또는 Cyclic Steam Stimulation (CSS) 등)으로 나뉘는데 노천채굴은 지표면 75m 이내에 묻혀있는 오일샌드를 석탄 캐듯이 파내어 지상설비에서 비투멘을 분리한 후 개질과정을 거치는 방법임. 이에 반해 지하회수법은 깊은 땅속에 있는 것을 채굴하는 방식으로 땅속에 파이프를 박아 증기를 집어넣은 후 열을 통해 오일샌드 덩어리에서 비튜멘을 분리한 후 지상으로 끌어 올리는 방법임



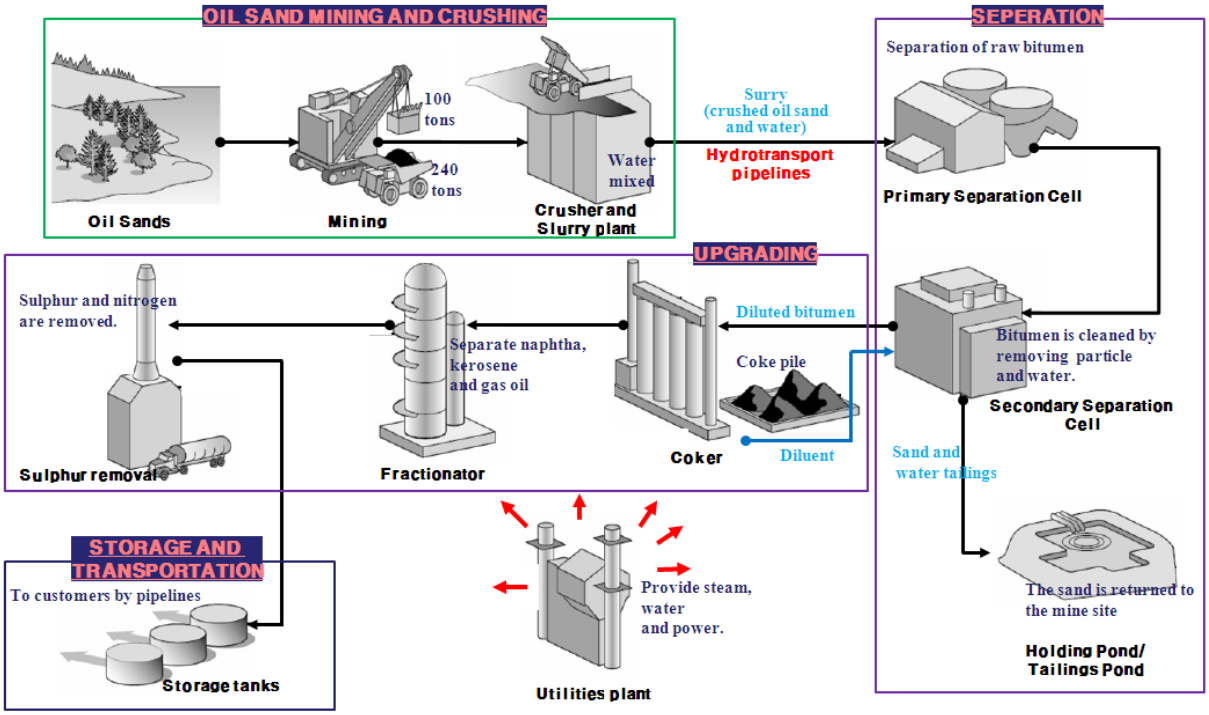

[그림 1.2] 오일샌드 채굴방식

- 노천채굴 방식 오일샌드플랜트의 주요 구성요소는 그림 1.3과 같이, Crusher & Slurry Plant, Hydrotransport pipeline, Primary Separation Cell, Secondary Separation Cell, Tailings Ponds, Upgrading 시설, 저장탱크로 구성됨
  (a) Crusher & Slurry Plant: 대형 트럭에 오일샌드를 싣고 와 Hopper에 직접 투입 후 파쇄하고 뜨거운 물과 가성소다를 섞어 Slurry 상태로 만듬
  (b) Hydrotransport Pipeline: Slurry를 Primary Separation Cell(PSC)로 이동시키는 관
  (c) Primary Separation Cell: 오일샌드 Slurry를 여러 개의 층으로 분리시켜 Bitumen Froth를 1차 생산하는 시설

(d) Secondary Separation Cell: Primary Separation Cell에서 Bitumen, Clay, Water가 함께 존재하는 중간층을 받아 Bitumen Froth를 2차 생산하는 시설

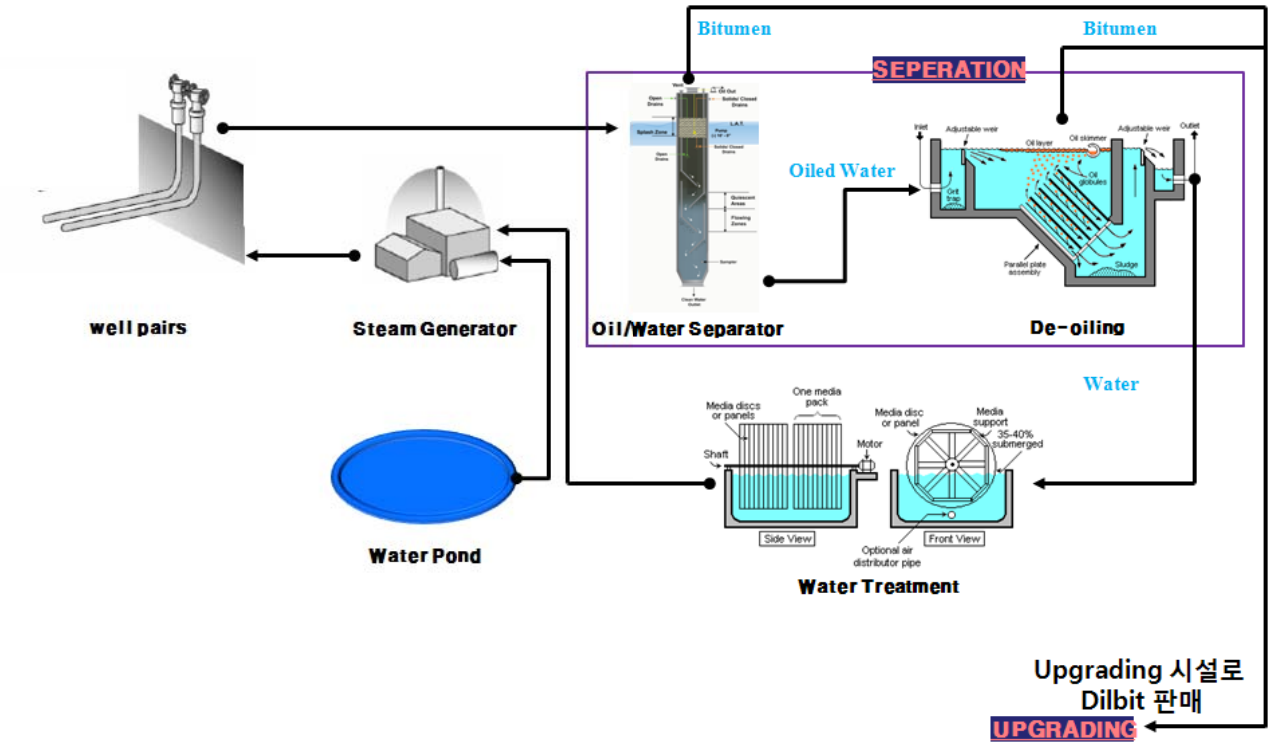
(e) Tailings Ponds: Bitumen을 추출하고 난 후 모래, 진흙, 물과 같은 찌꺼기를 모아 분리하고 원 재료로 복원하는 시설

(f) Upgrading Facilities: Bitumen의 Carbon을 제거하고 Hydrogen을 첨가하여 Bitumen을 Hydrocarbon Products로 정제하는 시설




[그림 1.3] 노천채굴에 의한 원유생산 프로세스 및 플랜트 설비

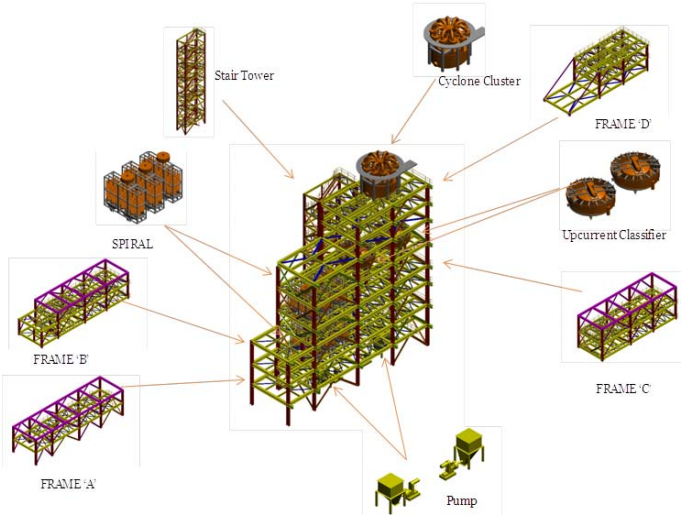
- 지하회수법(In-situ)의 경우 그림 1.4와 같이 노천채굴보다는 생산량이 작아 Upgrading 시설을 함께 보유하고 있지 않고, Well Pad, Steam Generator 등의 시설이 추가로 요구됨
  (a) Well Pad: Bitumen을 채굴하기 위해 설치한 여러 개의 Well이 위치한 장소
  (b) Steam Generator: 물을 끓여 Injection Well 쪽으로 Steam을 보내는 시설




[그림 1.4] 지하회수법에 의한 원유생산 프로세스 및 플랜트 설비

(3) 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술이란?

- 플랜트 구조물을 해상 및 육상 운송에 적합한 크기의 단위로 모듈화 하여 현장 운송과 조립을 용이하게 함으로써 전체 공사기간을 단축하고 공사비를 절감할 수 있는 기술임




[그림 1.5] 모듈러 오일샌드플랜트 설계 예

[그림 1.6] 모듈화 운송 예

[그림 1.7] 모듈화 기술이 적용된 캐나다 오일샌드플랜트, Kearl Project

- 모듈화 대상구조물은 대형 저장탱크를 제외한 대부분의 플랜트 시설을 포함하며 단위 부품화된 대표적인 모듈로는 Piperack modules, Process piping modules, Equipment tray modules, Motor control centre (MCC) buildings, Equipment modules, Stair tower and other structural modules 이 있음. 다음 표 1.1은 오일샌드플랜트의 모듈구성 상세를 예로 보여주고 있음

[표 1.1] 오일샌드플랜트 모듈구성 예시

| Modules | 24'×24'×120' | 12'×12'×80' |
|---|---|---|
| Major Pipe Racks | 12 | 62 |
| Minor Pipe Racks | 23 | 46 |
| Piping Modules | 9 | 24 |
| Equipment Modules | 46 | 105 |
| Total Modules è | 90 | 237 |
| Alberta Size Module | – | 19 |
| Electrical Cable Tray Modules | 10 | 14 |
| TOTAL | 100* | 270 |

* Excludes Electrical MCC, Control Room and Stair Module

- 오일샌드플랜트에 대한 모듈화를 하기 위해서는 우선적으로 FEED단계에서 모듈로 시공할지 여부에 대한 검토가 필요함. 모듈로 제작할 경우, transport envelop을 고려하여 플랜트 젠체에 대한 layout을 설정하는 Basic 설계를 하게 되는데, 이 때 플랜트를 구성하고 있는 각각의 생산공정과 효율도 함께 고려됨. 각각의 세부 생산공정은 License를 갖고 있는 기관이 모듈화에 대한 기본설계를 한 후 하도 기관에서 모듈에 대한

상세설계와 제작을 수행함. 국내에서 상세설계를 한 예로서는 Kearl 프로젝트에서 성진지오텍과 성진이앤티가 총 600개의 모듈 중 187개를 설계, 제작한 경험을 가지고 있음

□ 필요성

- 전 세계 유가의 상승으로 상대적으로 개발 비용이 높았던 오일샌드가 경쟁력을 갖기 시작함 → 오일 메이저를 중심으로 많은 개발 프로젝트가 발주됨 → 캐나다 내수시장의 포화상태 → 인건비 상승 → 현지공사를 최소화하는 모듈화 공법에 대한 관심 증가 → VCI, Exxon, Husky, Suncor와 같은 오일사들이 국내업체와 제휴 추진 중 → Oil&Gas 분야 타 플랜트 대비 시장 진입 용이
- 현재 BlackGold, Rush Lake, Kearl등 실제 프로젝트와 병행하여 모듈화 기술을 확보하기 적절한 시점 → 모듈화 기술 실증 및 Track Record 확보 가능 → 오일샌드플랜트 표준모델 시스템 및 상세설계 기술 / 극한환경 대응용 고인성, 내마모성, 내부식성 소재 개발기술 / 소성변형을 고려한 정밀제작기술 / 효율적인 오일샌드플랜트 운영 및 시공관리 시스템 / 급속시공기술 개발이 필요함

- 현재 세계 오일샌드 시장은 지속적으로 발전하고 있으며, 2017년이 되면 현재 시장 규모의 2배 이상으로 성장하면서 본격적으로 시장이 확대될 것으로 전망되고 있음. 이에 발맞추어 중국과 일본 또한 국가적 차원에서 미국과 캐나다의 오일 메이져 회사와의 협업을 통해 광구 개발 사업과 오일 채굴 사업을 추진 중에 있음. 반면 우리나라는 아직 초기 진입단계로서 여러 가지 법적, 제도적, 환경적 어려움을 겪고 있는 실정이기 때문에 국가적 차원에서의 지원과 기술개발이 필요함
- 세계 오일샌드의 약 81%의 매장량을 보유하고 있는 캐나다 앨버타는 동토지역으로 건설가능 기간이 제한적이고 현지 건설인력 확보가 쉽지 않기 때문에 현장에서의 공사를 최소화하는 것이 요구됨. 특히 건설공기의 단축은 조기 오일생산으로 이어져 발주자가 빠른 투자효과를 볼 수 있기 때문에, 특히 모듈러기술(설계-제작-설치)에 대한 관심도가 매우 높음
- 국내기업의 오일샌드플랜트 진입실적을 살펴보면, 성진지오텍(SGT)과 성진이앤티(SE&T)가 최초로 캐나다 앨버타주 Kearl 프로젝트에 참여하여 오일샌드플랜트 모듈 일부에 대한 상세설계와 플랜트 모듈을 제작하여 납품한 사례가 있음

[표 1.2] Kearl 프로젝트 성진지오텍/성진이앤티 수주 현황

| Area | FEED | Det. Eng | | Fabrication | | Installation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| OPP (Ore Preparation Plant) | AMEC | KRUPP | | KRUPP | SGT | KRUPP |
| Extraction/Tank Farm | AMEC | SE&T | | CB&I | SGT | CB&I |
| Froth | AMEC | AMEC | SE&T | Kiewit | SGT | Kiewit |
| Utilities | AMEC | AMEC | SE&T | PCL | SGT | PCL |
| Infrastructure | AMEC | Fluor Daniel | | Fluor Daniel | | Fluor Daniel |

SE&T: 성진이앤티, SGT: 성진지오텍

- 국내 기업의 캐나다 오일샌드사업 진출이 초기진입단계이기는 하나, 관련 기술의 미보유로 Sub-contracting, 상세설계와 단순제작 수준임. 따라서 국내 고유의 오일샌드플랜트의 표준모듈, 정밀 제작기술과 프로젝트 플래닝 관련 기술의 확보가 필요하며, 이를 위한 상세 기술기획이 요구됨
- 국내 기업의 보유 역량을 살펴보면, 시공분야(C)에서는 경쟁력이 있으나 엔지니어링(E) 및 일부 기자재(P) 분야의 경쟁력이 부족하고, 기자재 및 핵심 인력의 해외 의존도가 높은 편임
  - 주요 핵심 설계 분야 및 기자재 공급에서 많은 부분을 선진국에 의존하게 되어 수주확대에도 불구하고 수주금액 대비 외화가득률은 약 30%로 매우 낮은 상황임 (선진국의 외화가득률: 약 45%)
  - 국가차원에서 플랜트산업의 지원체계는 수주경쟁력 제고에 초점이 맞춰져 있을 뿐 핵심 기자재 시험 및 공인인증 등 상용화에 필요한 인프라는 매우 미흡한 실정임
  - 무엇보다도 가장 시급한 문제는 플랜트의 핵심 설계 분야는 국내보유 기술의 부족으로 대부분 선진국에 의존하고 있는 실정임. 이로 인하여 설계 변경이나 시공중 발생한 문제에 신속히 대처하지 못하는 경우가 많음
- 캐나다와 같은 극한환경에 대응할 수 있는 소재에 고인성, 내마모성, 내부식성 등의 기능을 부여함과 동시에 인증을 받음으로써 오일샌드플랜트의 유지보수 비용을 최소화하고 내구수명을 연장시키는 기술 개발이 필요함
- 국내에서 오일샌드플랜트 모듈을 제작할 때의 기온과 캐나다 같은 극지에서 설치할 때의 기온차로 인하여 모듈 프레임에서 소성변형이 발생하고 이로 인하여 모듈 설치상의 어려움이 발생함. 따라서, 모듈의 소성변형을 고려한 정밀제작기술 개발이 필요함
- 현재 오일샌드플랜트 시공은 도면위주로 운송업체에 의해 관리되어 ship loose item 추적이 불가능한데, 이러한 운영체제를 효율적으로 관리할 수

있는 시스템 구축이 필요하며 한국제작모듈, 현지제작모듈, 현지 pre-assembly 자재 등에 대한 관리 및 시공 sequence를 고려한 시공관리 시스템이 필요함

- 하나의 모듈에는 상당히 많은 connection point가 있기 때문에 조립에 많은 어려움이 있음. 이러한 단점을 보완하고 공사기간 단축 및 공사비 절감을 도모할 수 있는 급속시공기술 개발이 필요함
- 캐나다의 한 오일샌드 프로젝트의 중앙공정시설 프로세스 모듈(7.5m (width) x 7.3m (height) x 30.2m (length))에 사용되는 자재는 아래 표 1.3과 같다. 자재의 대부분은 발주처에서 공급하는 것으로 되어있으며, 일부에 한해서 계약자가 공급하는 것으로 되어 있음. 그 일부 계약자 공급가능 항목에 대해 국산 자재를 공급하려 하여도 캐나다에서의 인증이 이루어지지 않아 자재의 국산화율이 매우 낮은 현황임. 따라서 자재국산화를 통해 외화가득율을 높일 수 있는 기술개발이 요구됨

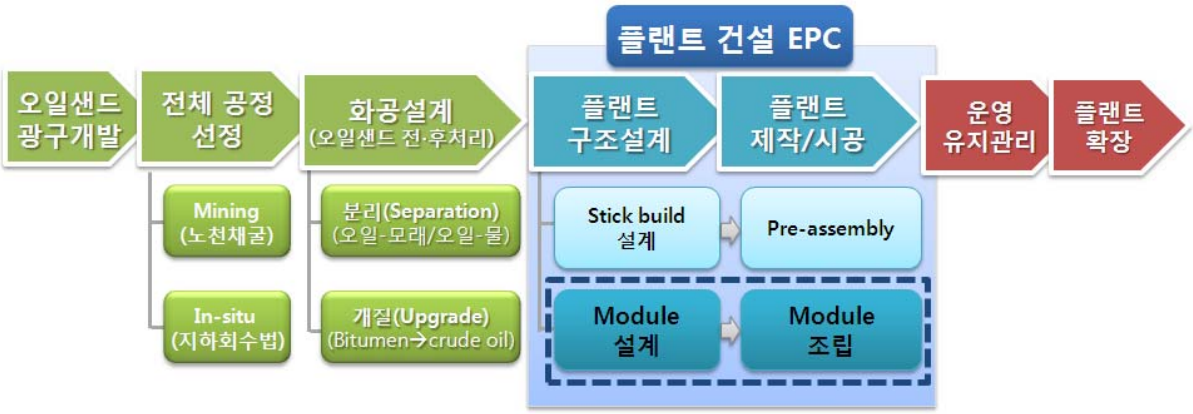
[표 1.3] 중앙공정시설 프로세스 모듈에 사용되는 자재

| Material Description | 공급자 | Material Description | 공급자 |
|---|---|---|---|
| **Fabricated Steel** | | Tagged Mechanical Equipment | 발주처 |
| Structural Members | 발주처 | **Aboveground Piping** | |
| Grating Clips/Fasteners (Hilti DX type) | 발주처 | C.S. Pipe, Fittings, Flanges (2” & smaller) S | 발주처 |
| Checker Plate | 발주처 | Alloy Pipe, Fittings, Flanges (2” & smaller) S | 발주처 |
| Grating | 발주처 | Special Pipe, Fittings, Flanges (2” & smaller) S | 발주처 |
| Ladders and Platforms (not supplied by equip. mfg.) | 발주처 | C.S. Pipe, Fittings, Flanges (2 ½” & larger) S | 발주처 |
| Monorails | 발주처 | Alloy Piping, Fittings, Flanges (2 ½” & larger) S | 발주처 |
| Stairs and Handrails, including Treads | 발주처 | Special Pipe, Fittings, Flanges (2 ½ “ & larger) S | 발주처 |
| High Strength Bolts, Nuts, Washers | 발주처 | Miscellaneous Pipe Materials (i.e. sockolets for small bore pipe not indicated on ISOs) C | 계약자 |
| Common Machined Bolts, Nuts, Washers | 발주처 | **Aboveground Assembly Material & Specialty Items** | |
| **Miscellaneous Stock** | | Flanged Valves S | 발주처 |
| Shapes, Plate and Bar | 계약자 | Butt-Weld Valves S | 발주처 |
| Shim Materials | 계약자 | Nuts / Bolts / Permanent Gaskets S | 발주처 |
| **Miscellaneous Building Materials** | | Blinds / Spacers S | 발주처 |
| Screws and Washers only | 발주처 | Strainers & Steam Traps S | 발주처 |
| 24ga and 26ga Flashing Material - Flat Stock Only | 발주처 | Expansion Joints S | 발주처 |
| Gutters and Downspouts | 발주처 | Spring Hangers, Hanger Rods S | 발주처 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Metal Siding & Roofing** | | Shoes, Guides, Clamps S | 발주처 |
| Coil Doors (Type C) S | 발주처 | Pipe Supports S | 발주처 |
| Personnel Doors (Type A) S | 발주처 | Unistrut for Pipe Supports C | 계약자 |
| Type D Doors C | 계약자 | Slide Plates S | 발주처 |
| Girts and Purlins S | 발주처 | Sample Coolers S | 발주처 |
| Wall Panels (Sandwich) S | 발주처 | Thermal Expansion Bottles S | 발주처 |
| Roof Panels (Sandwich) S | 발주처 | Tagged Specialty Items S | 발주처 |
| Sound Attenuation Panels C | 계약자 | **Hydrotest Materials** | **계약자** |
| **HVAC** | | **Electrical Bulk Material** | |
| Heating Equipment S | 발주처 | Conduit C | 계약자 |
| Radiators S | 발주처 | Conduit Fittings C | 계약자 |
| Ventilators S | 발주처 | Raceway / Channel Tray & Fittings (including "C" and "HSS") C | 계약자 |
| Fans S | 발주처 | Cable Tray ≥ 6” S | 발주처 |
| Filters S | 발주처 | Cable Tray Fittings ≥ 6” S | 발주처 |
| Refrigeration Units S | 발주처 | Fire & Environmental Seals for Penetrations C | 계약자 |
| HVAC Duct Work C | 계약자 | 600v Power & Control Wire & Cable | 발주처 |
| Louvers S | 발주처 | Control Cable S | 발주처 |
| Instrumentation and Controls S | 발주처 | HV termination kit S | 발주처 |
| **Instrument / Control Systems Engineered Items** | | HV splice kits S | 발주처 |
| Control Valves / Globe S | 발주처 | Teck/ Tray Connectors (Suncor supply as per BOM only) S/C | 발주처/ 계약자 |
| Pressure Relief Valves S | 발주처 | Lighting Fixtures S | 발주처 |
| Rotameters FG 3" S | 발주처 | Lamps S | 발주처 |
| Level Transmitters, Radar S | 발주처 | Control Stations, Push Button S | 발주처 |
| Pressure Transmitters S | 발주처 | Electrical Heat Tracing S | 발주처 |
| Temperature Transmitter S | 발주처 | Strut Materials C | 계약자 |
| Pressure Diff Transmitter S | 발주처 | Support Materials C | 계약자 |
| Electronic Indicators (FI, LI, PI, TI) S | 발주처 | Misc. Assembly Material C | 계약자 |
| Multi channel Temp Transmitter S | 발주처 | Grounding Materials S | 발주처 |
| Pressure Regulator S | 발주처 | Electronic Instrument Cable S | 발주처 |
| Safety Relief Valves S | 발주처 | 25kV - Conductor S<br>- Poles S<br>- Hardware S<br>- Crossarms S | 발주처 |
| On/Off Valves & Actuators S | 발주처 | 144kV - Conductor S<br>- Poles S<br>- Hardware S<br>- Crossarms S | 발주처 |
| MOVs S | 발주처 | 260kV - OPW S<br>- Conductor S<br>- Tubular Stl Towers S<br>- Lattice Stl Towers S<br>- Insulators S<br>- Hardware S | 발주처 |
| Temperature Gauges S | 발주처 | Lighting PBs/Disc Switches/Power | 발주처 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Rec S | |
| Pressure Gauges S | 발주처 | Socket Outlets S | 발주처 |
| Level Gauges S | 발주처 | Lightning Protection (Substation) | 발주처 |
| Alarm & S/D Devices S | 발주처 | Electrical Consumables C | 계약자 |
| Flow Meters S | 발주처 | **Instrument / Control Systems Bulk Material** | |
| Flow Elements S | 발주처 | Conduit C | 계약자 |
| Instrument Enclosures S | 발주처 | Conduit Fittings C | 계약자 |
| Analyzers, NOX, CEM, DAS S | 발주처 | Tubing C | 계약자 |
| Specialties : Horn/Beacon S | 발주처 | Tube Fittings C | 계약자 |
| **Piping** | | Strut Materials C | 계약자 |
| Paint C | 계약자 | Support Materials C | 계약자 |
| Insulation C | 계약자 | Misc. Assembly Material C | 계약자 |
| Cladding C | 계약자 | Valves C | 계약자 |
| Coating C | 계약자 | Double block & Bleed Valves C | 계약자 |
| Wrapping C | 계약자 | Instrument Enclosures S | 발주처 |
| **Equipment** | | Instrument Junction Boxes S | 발주처 |
| Paint (touch up) C | 계약자 | Instrument Supports C | 계약자 |
| Insulation C | 계약자 | Instrument Supports C | 계약자 |
| **Steel** | | Raceway / Channel Tray & Fittings | 계약자 |
| Paint S | 발주처 | Tubing Bundles C | 계약자 |
| Paint (touch up) C | 계약자 | Pipe and Fittings (Downstream of Piping Root Valve) C | 계약자 |
| Fireproofing - Shop installed C | 계약자 | Instrument Manifolds S | 발주처 |
| Cathodic Protection S | 발주처 | Tracing S | 발주처 |
| | | Instrument Cable S | 발주처 |

## 2. 세부과제별 기술정의




[그림 1.8] 기획연구과제의 범위 정의

- 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 연구과제의 범위는, 오일샌드광구개발에서 플랜트 확장까지 이어지는 전체 사업 프로세스 중 플랜트건설 EPC 와 관련된 모듈화 기술을 대상으로 함
- 과제에 대한 구성은 '모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발'이라는 주제하에 건설EPC와 비즈니스모델 관점에서 기술을 분류하였음. 제1세부과제는 Engineering, Procurement, Module manufacturing 관점에서 요구되는 기술로 구성하였으며, 제2세부과제는 현지 건설과 사업화관점에서 요구되는 기술로 구성하였음. 그 구성에 따른 세부과제별 제목은 아래와 같음
- 본과제: 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발
  - 1세부과제: 오일샌드플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발
  - 2세부과제: 오일샌드플랜트 모듈 제작/시공 기술 개발 및 Pilot Test

## 2절. 기술분류 및 내용

### 1. 기술분류

연구개발 기술은 2개의 세부과제와 8개의 activity로 분류함

| 구분 | | | 과제명 |
|---|---|---|---|
| 연구단 총괄 | | | 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발 |
| | 1 세부과제 | | 오일샌드 플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발 |
| | | 1-1 activity | 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발 |
| | | 1-2 activity | 오일샌드 플랜트 모듈화율 향상 기술 개발 |
| | | 1-3 activity | 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 |
| | | 1-4 activity | 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증 |
| | 2 세부과제 | | 오일샌드 플랜트 모듈 제작/시공 기술 개발 및 Pilot Test |
| | | 2-1 activity | 오일샌드 플랜트 모듈의 표준 제작상세 개발 및 인증 |
| | | 2-2 activity | 현지 공기단축 시공기술 및 모듈 현장관리기술 개발 |
| | | 2-3 activity | 오일샌드 플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술 |
| | | 2-4 activity | 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test |

## 2. 세부과제별 주요내용

| 1 세부과제 | 오일샌드 플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발 |
|---|---|

■ 오일샌드플랜트 모듈 설계 및 제작기술 개발에 따른 기술의 국산화, 모듈화율 수준 및 현지 인증율 향상

✔ 오일샌드플랜트 한국형 표준모듈 기술 개발

- 한국형 표준모듈이란 해상 및 현지 육상운송 여건 등을 고려하여 국내에서 설계되고 제작한 최적화, 표준화된 모듈을 말함.
- 모듈 설계의 지배적 인자는 육상 운송에 대한 지리적, 제도적 제약 사항 범위 안에서 제작되고 운반되어야 한다는 것임. 최적화되고 표준화된 모듈의 설계가 매우 중요함.
- 오일샌드플랜트의 구성은 생산되는 Oil의 성분에 따라 달라지기 때문에 오일샌드플랜트 모듈은 요구되는 특성에 맞도록 플랜트의 구성을 표준화할 수 있도록 대표성을 가져야하며, 최적설계를 통해 제작되어야 함.
- 플랜트의 모듈은 파이프랙과 같이 운송크기만큼 쉽게 분할할 수 있는 모듈과 보일러와 같이 쉽게 분할되지 않는 모듈로 구분할 수 있음. 파이프랙과 같은 모듈은 자재의 대부분을 국산화할 수 있는 여지가 많기 때문에 국산자재 100%인 한국형 고유 모듈을 개발 목표로함.
- 쉽게 분할되지 않는 모듈의 경우, 생산설비의 효율, 공정, 확장성 등을 고려하여 표준화할 수 있는 모듈에 대한 연구가 수행되어야 함

예) Kearl Project 운송 모듈

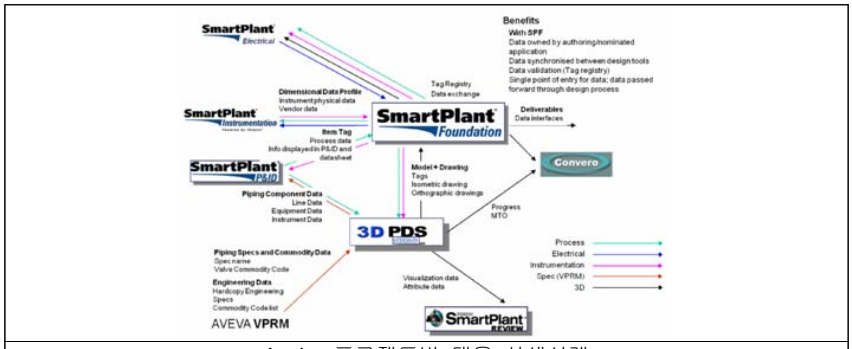
<국산자재 100%, 국내 제작 운송 모듈 >

✔ 오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발

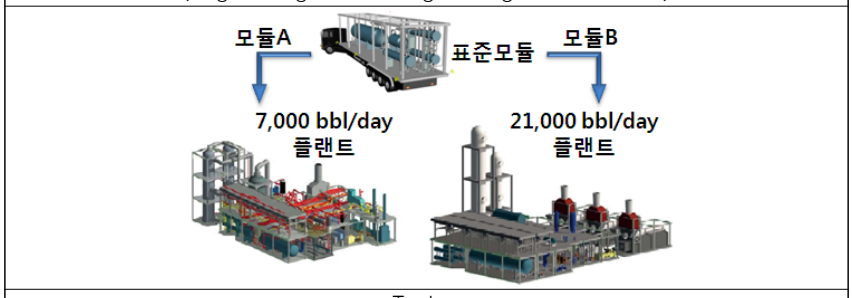
- 오일샌드플랜트의 모듈화율은 운송가능한 모듈의 크기에 따라 달라지게 됨. 예를 들면, 물-기름 분리장치의 크기가 운송할 수 있는 모듈보다 크다면 모듈로 제작할 수 없게 됨. 즉, 물-기름 분리장치와 같은 기능형 설비의 크기와 용량에 따라 모듈 제작 여부가 결정됨.
- 따라서, 크기로 인하여 모듈 제작이 불가능하여 현장에서 제작하여야만 하는 기능형 설비에 대하여 다수의 모듈로 분할할 수 있는 기술이 개발되어야 함. 또한, 공정분석을 통해 크기를 줄일 수 있는 설비에 대한 연구를 수행하여 표준화된 모듈로 제작하여 모듈화율을 증진시켜야 함.
- 모듈 제작이 불가능할 경우, 현장에서 제작하는 pre-assembly unit에 대하여 국산 자재를 최대한 활용할 수 있도록 설계에 반영하여야 함.

✔ 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발

- 오일샌드플랜트의 위치, 적용조건, 용량 등에 따른 표준모듈 조합설계를 위해 구성요소별, 조건별 플랜트의 공정 및 구조 표준화 설계연구와 개발된 표준모듈을 조합한 플랜트 설계기술.
- 캐나다 현지의 다양한 현장조건 (기온, 수자원 등)에 대응하여 매 프로젝트 마다 전체 시스템에 대한 설계를 수행하고, 운송과 시공을 위한 모듈화 과정을 거쳐야 함.
- 다양한 현장조건의 조합에 대한 표준모듈을 사전에 개발하여 공사 발주 시 표준모듈의 조합을 통해 손쉽고 빠르게 플랜트를 설계할 수 있는 솔수션을 개발한다면 국내 EPC사의 경쟁력이 크게 배가될 수 있음.



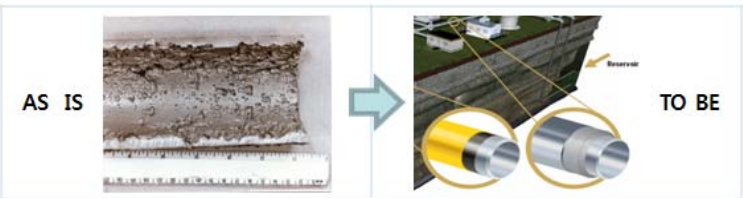

As is: 프로젝트별 대응 상세설계
(Engineering→Detail Engineering→Construction)




To be:
사전 개발된 표준모듈의 조합을 통한 플랜트 설계 및 시공
(Engineering→Construction)

✔ 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증

- 오일샌드플랜트는 매우 기온이 낮은 지역에 위치하고, 오일샌드 생산 시 고온, 고압 하에 많은 부식유발 인자를 다루어야하는 등 매우 가혹한 조건하에 있음.
- 오일샌드플랜트에 적용되는 강재 및 용접재료는 CSA, CRN, CWB 등 캐나다 표준 규격의 인증을 받아야 함.
- 국내에서 모듈제작 시 국산소재 적용율이 높지 않음
- 국내에서 제작되는 모듈에 국산소재 적용 100%를 목표로 기존 구조, 설비 및 시설의 고성능화 및 국산소재 적용을 위한 이용기술 개발 및 국외 인증.
- 기존 시설물의 고성능화를 통해 오일샌드플랜트의 수명을 향상시킬 수 있는 소재가 이용될 수 있도록 이용기술을 개발하여 국산소재 적용율 향상.

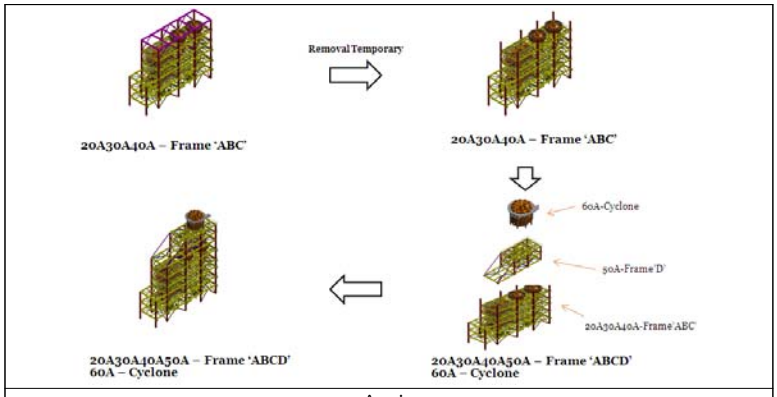


| 2 세부과제 | 오일샌드 플랜트 모듈 제작/시공 기술 개발 및 Pilot Test |
|---|---|

■ 오일샌드플랜트 공기단축을 위한 급속시공기술 및 EPC에 기초한 비즈니스모델에 따른 국가 영향력 향상과 체계적 오일샌드플랜트 시공 프로젝트 수행

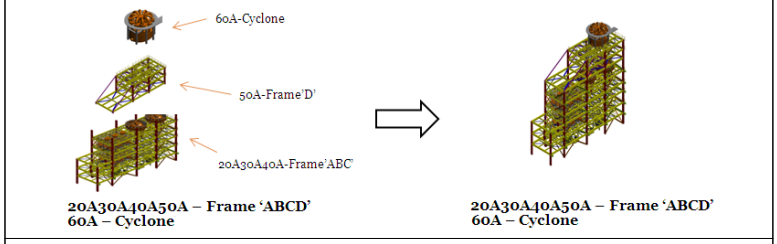
✔ 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 개발 및 인증

- 오일샌드플랜트 구조물은 여러 방향으로 뻗어나가는 다양한 구조부재와 이들의 조합으로 구성되어 복잡한 기하제원을 가지고 있음. 따라서 제작단계에서 누적된 용접 등에 의한 열변형은 인접 모듈과의 연결 조립시 문제를 유발하게 됨.
- 이러한 문제를 해결하기 위해 기존에는 복잡한 플랜트 구조물 전체를 제작장에서 일식으로 제작한 후 운반이 가능한 크기로 잘라내서 운반하고 현장에서 재조립하는 과정을 거치고 있음. 이 또한 공정이 복잡하여 많은 시간과 비용이 요구되고 있음.
- ·초기 설계단계에서 제작 시 발생할 수 있는 변형오차를 미리 고려하여 모듈을 구성함으로써 기존의 '(1) 시스템 제작 → (2) 절단 및 이음부 생성 → (3) 현장운송 → (4) 현장조립' 제작단계를 보다 단순화하여 '(1) 모듈제작 → (2) 현장운송 → (3) 현장조립'으로 할 수 있는 제작상세 기술 및 사전 인증




As is

(1) 시스템 제작 → (2) 절단 및 이음부 생성 → (3) 현장운송 → (4) 현장조립




To be

(1) 모듈 제작 → (2) 현장운송 → (3) 현장조립

✔ 현장 공기단축 시공기술 및 모듈 관리기술 개발

- 캐나다 오일샌드플랜트는 북부 알버타 지역에 위치하여 동토지역, 추운 작업 환경, 외지공사 등으로 인해 현장공사 노무비가 매우 높음 (공장제작 노무비 대비 약 3배)
- 현장작업을 최소화하기 위해 모듈화 공사를 실시하여 공장제작을 늘리고 있으나 국내 제작 시 육상운송 크기 제약으로 모듈이 보다 작게 제작되어 운반 후 현장 (또는 캐나다 제작장)에서 재조립 후 가설되어 현장작업의 개선 시 경쟁력 확보 가능
- 현장에서 작업되는 공사기간을 최소화하기 위해 기초공사, 현장설치 및 시공을 최소화할 수 있는 건설기술
- 한국형 모듈을 급속 정밀 가설할 수 있는 최적시공 기술 개발
- 캐나다에 운송된 모듈 및 별도로 운반된 부품(shiploose 부품)이 최적의 시공순서로 시공될 수

있도록 모듈 및 부품의 자재이력관리 및 시공관리하는 시스템 개발

<현장 시공>

<모듈 공사>

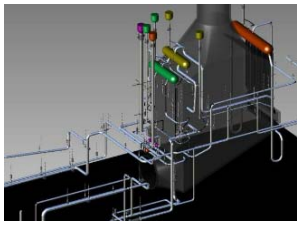
<동절기 Megae dome 내 공사>

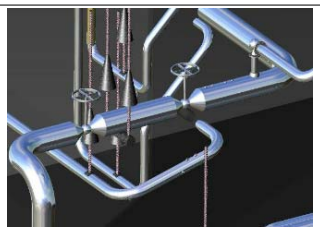
| As Is | To Be |
|---|---|
| 플랜트구조 현장 시공 | 모듈 급속 시공 |
| 현장타설 콘크리트말뚝기초 | 고강도 강관파일기초 |
| 동절기 공사 불가 | Mega dome 내 동절기 공사 |
| 도면/수작업 모듈이력관리 | RFID/3D도면 PDA 모듈이력관리 |

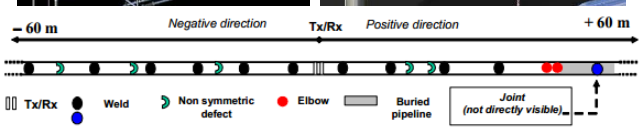
✔ **오일샌드플랜트 모듈시스템 유지관리기술**

- 오일샌드플랜트 생산 및 정제 설비는 외부로는 저온, 내부로는 침식, 부식 환경 등에 매우 열악한 환경에 놓인 구조물로 빈번한 유지관리가 요구되고 있음.
- 손상이 발생하는 부분을 찾기 위해 육안 관측을 하거나 손상이 예상되는 부분에 비파괴 검사를 실시하여 손상을 계측하고 보수를 실시함. 그러나 예상하지 못한 부분이거나 육안관측이 어려운 부분에서의 문제점을 찾기에는 한계가 있음.
- 오일샌드플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술은 국부 손상 계측에 기반한 유지관리 시스템을 개선하여 전체 시스템에 대한 손상정도를 우선 평가하고 이로부터 손상영역을 감지하고 국부 손상을 계측하도록하여 플랜트 모듈 시스템의 정확한 건전도 평가 및 유지관리가 가능하도록 하는 기술임.

As is
육안 검측 또는 비파괴검사(자기, X-ray, 초음파 등)에 의한 국부 손상 계측








To be
전체 시스템에 대한 손상 계측을 거쳐 국부 손상 계측

✔ 모듈러 오일샌드플랜트 Pilot Test

- 오일샌드플랜트 모듈화기술 개발을 통해 나온 성과물인 표준모듈을 현지 공사 현장에 적용하여 모듈에 대한 성능 및 시공성에 대한 입증이 필요함
- 캐나다 오일샌드플랜트 실제 공사가 실시되고 있고 또 개발한 표준모듈을 적용 가능한 후보지에 대한 조사/분석이 필요함
- 또한 feasibility study의 일환으로 TELOS에 대한 가능성 검토 및 평가가 요구되며, 현장적용시 발생한 문제점 등에 대한 피드백이 필요함

| AS IS | TO BE |
|---|---|
| | |
| • 기술실증 없음<br>• Track record 미비 | • 기술 실증을 통한 track record 확보 |

# 2장. 국내외 동향 및 환경분석

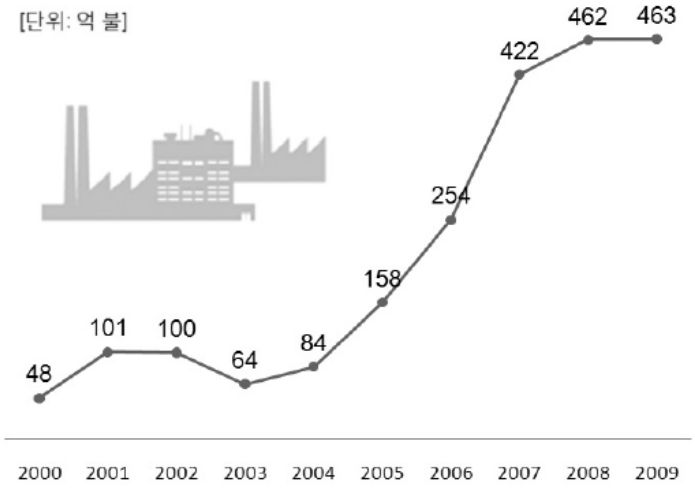
## 1절. 국내외 정책동향

### 1. 국내 정책 동향

- 오일샌드는 세계 오일가격 상승의 영향으로 현재 발전가능성이 가장 큰 시장으로 성장하였지만, 우리나라는 아직 초기 진입단계이고, 여러 가지 법적, 제도적, 환경적 어려움을 겪고 있는 실정이기 때문에 국가적 차원에서의 지원과 기술개발이 요구됨
- 최근 우리 정부에서는 플랜트 수출 확대 및 경쟁력 향상을 위한 여러 가지 제도를 제시하여 국내 기업의 해외 플랜트 시장 진출에 도움을 주려 노려하고 있음

(1) 국내 정책동향 개요

◦ 국내 기업의 플랜트수주액은 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 이러한 성장을 인정하여 정부에서는 2010년에 플랜트산업을 “차세대수출전략산업”으로 지정함 (지식경제부 보도참고자료, 2010)




[그림 2.1] 국내 기업들의 해외플랜트 수주액 추이

◦ 정부는 2030년까지 오일과 가스의 자주개발률을 40% 달성하겠다고 계획하고 해외 에너지자원 확보를 위해 노력중임. 또한 2020년까지 석유와 광물 등의 자원 개발기술을 선진국 수준으로 향상시키기 위해 총 7700억원을 투입하여 에너지자원 확보를 위해 민간과 함께 광구개발 등에 적극 나설 계획임 (지식경제부 ‘11.12 제10차 해외자원개발 CEO 포럼)

- 2011년 국가과학기술위원회에는 2020년 그린에너지산업 5대 강국 실현을 위한 에너지기술개발계획의 일환으로 4대 분야(신재생에너지, 전력/원자력, 효율향상/온실가스감축, 에너지·자원개발)에 대하여 기술개발 집중투자 (R&D 투자 2배 이상)를 하도록 의결하였음. 오일샌드와 같은 비전통자원은 에너지·자원개발분야에 해당되며, 해외생산·운영 프로젝트 참여를 확대할 방침임
- 플랜트수출사업 즉 플랜트EPC (Engineering, Procurement and Construction) 사업 중 Oil&Gas분야의 국내 원천기술은 석유화학, 발전/환경, 담수, 해양 플랜트 분야보다 선진국대비 상대적으로 취약한 편임. 지난 50년 동안 세계플랜트 시장의 81%는 선진 5개국 (미국, 중국, 프랑스, 일본, 스페인)이 점유하고 있었으며, 이들 모두 초기 기술력 확보차원에서 정책적으로 국가의 지원이 있었음

[표 2.1] 분야별 선진국 대비 기술수준(%, 선진국=100)

| 구 분 | 엔지니어링(E) | | | 기자재(P) | 시공/관리(C) |
|---|---|---|---|---|---|
| | 원천기술 | 기본설계 | 상세설계 | | |
| 정유/석유화학 | 55 | 80 | 95 | 70 | 98 |
| Oil&Gas | 40 | 50 | 80 | 50 | 90 |
| 발전/환경 | 60 | 70 | 95 | 75 | 95 |
| 담수 | 65 | 75 | 95 | 85 | 98 |
| 해양 | 75 | 85 | 98 | 80 | 98 |
| (종 합) | (50) | (60) | (90) | (65) | (95) |

- 현재 지식경제부(기계항공시스템과 플랜트팀)와 국토해양부(해외건설과)가 소규모의 플랜트EPC 전문 지원 부서를 보유하고 있지만, 플랜트EPC 사업은 기술-경영-자본이 복합적으로 결합되어 이루어지는 사업이므로 어느 한 부처의 지원만으로는 통합적인 지원책을 마련할 수 있는 특징을 가지고 있고, 그 결과 대부분의 국내 플랜트EPC기업은 국가기관과의 실질적인 협력관계가 거의 없는 가운데 독자적으로 해외플랜트EPC사업을 수행하고 있음
- 오일샌드가 포함되는 Oil&Gas플랜트 분야는 세계 오일 가격 상승의 영향으로 현재 발전가능성이 가장 큰 시장으로 성장하였으며, 이에 발맞추어 중국과 일본 또한 국가적 차원에서 미국과 캐나다의 오일 메이져 회사와의 협업을 통해 광구 개발 사업과 오일 채굴 사업을 추진 중에 있음. 반면 우리나라는 아직 초기 진입단계로서 여러 가지 법적, 제도적, 환경적 어려움을 겪고 있는 실정이기 때문에 국가적 차원에서의 지원과 기술개발이 요구됨
- 오일샌드플랜트 건설사업 가치사슬 측면에서 바라볼 때 한 기업이 투자하여 사업화하는 것은 거의 불가능하기 때문에 국가적 차원에서의 지원과

육성이 필요함

- 기술 개발을 비롯한 상업적 운영 노하우를 확보하는데 약 5년 이상의 장기간이 소요되며, 투자자본을 회수하기 위해서는 더 많은 시간이 소요됨
- 유가변경에 따른 경제성 확보에 커다란 불확실성이 있음
- 개발에 Risk가 따름. 즉, 인프라 측면에서 설비 및 파이프라인 확보에 대한 risk가 있으며, 경제적 측면에서 자본지출 및 인건비 증가 (예, 건설인력, 엔지니어 등의 인력시장 공급부족), 운영비 증가 등의 risk가 있으며, 환경적 측면에서 환경 및 생태계 파괴, 수자원 부족과 오염, 온실가스 배출 등 환경오염 유발에 대한 risk가 발생함

◦ 오일샌드플랜트 시장은 타 Oil&Gas 플랜트 시장에 비하여 시장진입장벽이 상대적으로 낮은 편임. 한국석유공사 블랙골드 오일샌드 개발사업의 사례에서 보듯이 광구 확보와 더불어 플랜트 건설 기술 확보만 되면 EPC 시장진출이 바로 가능함. 플랜트EPC사업은 자금마련-설계-기자재조달-현지시공의 업무를 일관되게 수행하는 종합서비스 업무로서 최소 400명 이상의 전문인력이 필요함. 현재 국내기업중 이정도의 인력을 보유하면서 해외로부터 플랜트EPC업무를 수주할 수 있는 기업은 대기업군에 속하는 10개 이내의 기업임

◦ 오일샌드 사업은 국외 대형 오일사의 독점 사업으로 주를 이루고 있어 국내 기업의 진입이 쉽지 않았으나, 최근 오일샌드 개발 사업이 급속히 증가함에 따라 캐나다 자국내에서 모든 생산을 소화하기에는 포화상태에 이르렀으며, 또한 인력난으로 노무비가 급증함에 따라 국외 참여의 장벽이 낮아짐. 그러나 현재 국내 기술수준이 낮아 상세설계나 제작과 같은 제한적 참여만이 가능한 상황이며, 모듈러기술 또한 유틸리티와 같은 부속시설의 제작에만 제한되어 있음. 따라서, 빠른 시간내에 기술력을 확보하여 오일샌드플랜트 모듈화기술에 주도적 역할을 할 수 있도록 하여야 함

◦ 오일샌드플랜트와 같은 대형 프로젝트 사업은 관련 기업들과 연구기관들이 함께 참여하여 설계단계부터 제작, 운반, 시공, 운영을 고려한 시스템적인 모듈러 기술을 개발할 필요가 있음. 이를 위해서는 정부 연구단에 각 기업의 전문가들을 집약하여 기술개발을 하여야 하며, 또 실제 설계, 제작, 시공 등의 현장여건에 부합되는 기술을 개발하여 해외 현장에 바로 투입될 수 있도록 국가차원의 지원이 필요함

◦ 원천기술을 기반으로 기획-개발형 플랜트건설사업 진출을 지원하기 위해서는 핵심적인 Value Chain(License, FEED, 사업기획 등) 확보가 필요함

- 해외시장 진입을 위한 EPC 필수기술(공정, 설계, FEED패키지 등) 확보
- 플랜트 value chain에 직접 관련되고 목표 달성에 영향이 큰 핵심기

술 선정 (파급효과와 전략적 중요도, 기초/원천기술에의 접근성과 개발 가능성 등)

(2) 정책적 대책 마련

(가) '플랜트 수출 확대 및 경쟁력 제고 방안' 수립·시행 (기획재정부, 외교통상부, 지식경제부, 국토해양부, 금융위원회, 중소기업청, 2009.07.23)

① 단기 수출확대 대책

- 플랜트 수주확대를 위한 금융 지원 강화
  - 하반기 수주가능 프로젝트(330억불) 중 일시적 국제금융경색으로 공급자 금융이 필요한 82억불(10.6조원)에 대해 지원
  - 기업의 수주관련 자금조달 비용 부담 완화 추진
- 플랜트 수주 마케팅 및 해외진출 지원 강화
  - 시장조사, 정보제공, 상담, 마케팅 등 시장개척 단계별 지원 강화
  - 공기업 동반진출, 공적원조자금 활용 등 효율적 시장접근전략 추진
- 외화가득률 제고 노력 강화
  - 수출시 구매자가 요구하는 납품실적을 기자재업체가 쌓을 수 있도록 국산 기자재의 국내 수요기반을 확대
  - 국내업체의 해외플랜트 수주시 국산 기자재 활용을 촉진하기 위한 인센티브 제공 및 수출확대 기반 조성

② 중장기 경쟁력 제고 대책

- 전략적 R&D 추진
  - 2~3년내에 보완이 가능하고 시장성이 높은 핵심기술 선정 및 집중 지원 (~'13년, 715억원, R&D예산)
  - 중장기 R&D의 경우 전문성과 효율성 확보 차원에서 에너지·산업용 플랜트 분야로 나누어 기술개발 추진(~'19년, 8,065억원, R&D예산)
    → '19년까지 선진국 수준(약 90% 수준)으로 Catch-Up
- 기술기반 확충 및 상용화 추진
  - 개발된 기술이 시장에서 조기에 상용화·사업화 및 수출될 수 있도록 시험, 인증, 공정설계 등 기술기반 확충 추진
- 플랜트 전문인력 양성 및 현장 공급 확대
  - 인건비 격차, 현지고용규정 등으로 기능인력은 해외의존이 불가피한 점을 감안, 우리업계가 필요로 하는 고급전문인력 위주로 공급기반 강화

[표 2.2] 플랜트 전문인력 수요 및 공급계획

| '09년~'12년 전문인력수요 | 연평균 인력수요 | PM 및 MOT과정 | 플랜트학과 신설 | 현장전문가 교육 | 퇴직자 등 활용 |
|---|---|---|---|---|---|
| 10,000명 | 2,500명 | 200명 | 200명 | 2,000명 | 100명 |

- 제도적 인프라 정비
  - 정책지원의 효율성 제고를 위해 지원조직을 정비하고, 우리기업의 기술경쟁력 제고 및 사업능력 강화를 위한 제도개선 추진

(나) '제2차 에너지기술개발계획(안)' 수립(국가과학기술위원회, 2011.11.17)

① 전략1 : 에너지기술의 신성장동력화 가속화

- 성과창출형 R&D 프로그램 강화
  - '에너지산업선도 기술개발사업' 본격 추진
  - 온실가스 감축을 위한 에너지 효율향상 기술개발 강화
  - 에너지 융복합기술개발 확대
  - 범부처 공동 에너지 R&D 강화
- 혁신적 에너지 기초·원천기술 조기 확보
  - 에너지 분야 기초·원천 연구의 전략적 확대
  - '에너지 미래기술 프로젝트' 추진
  - 자원개발 원천기술 확보 전략 본격 추진
  - 출연연 및 민간의 원천기술개발 역량 강화
- 핵심 부품·소재 및 장비산업의 경쟁력 강화
  - 에너지 부품·소재 및 장비기술개발 마스터플랜 수립
  - 그린에너지 핵심 부품·소재 및 장비의 국산화율 제고
  - 해외 부품·소재기술 확보 추진

② 전략2 : 공생발전 R&D 생태계 조성

- 대·중소기업 동반성장 가속화
  - 대·중소기업간 R&D 역할 분담 및 상생협력 확대
  - 2020년까지 중소·중견 에너지스타기업 50개 육성
- 광역권별 특화된 에너지기술 및 산업 육성
  - 권역별로 특화된 에너지기술 네트워크 구축
  - 지역 특성을 고려한 에너지기술개발 및 산업 육성 추진
  - 지방에너지기업의 기술개발역량 강화
- 복지형 에너지 R&D 추진
  - '저소득층용 에너지 다소비기기'의 효율향상 R&D 추진
  - 고령화 사회에 대응한 에너지기술개발 추진
  - 복지형 에너지기기 생산 중소기업의 R&D 지원

③ 전략3 : 에너지 R&D 시스템 선진화

- 전략적 R&D 기획 기반 강화
  - '에너지기술개발 포트폴리오시스템' 구축
  - 에너지기술통계 및 동향분석 체계 조성
- 기획의 전략성·연계성 강화

- 중장기 에너지 R&D전략 로드맵 수립
- 전문가 중심의 책임기회 확대
- 에너지정책과 R&D 기획의 연계성 강화

◦ 성과중심 평가 및 환류 강화

- 에너지 R&D의 사업성 평가 강화
- 4대 에너지 분야별 R&D 성과분석 및 환류시스템 마련
- R&D 성과 확산 및 홍보 강화

④ 전략4 : 에너지기술 산업화 인프라 구축

◦ 산업맞춤형 글로벌 인력 양성

- 미래 에너지산업을 선도할 핵심 인재 양성 추진
- 국제인력교류 확대를 통한 글로벌 인재양성 추진
- 에너지산업 실무인력 양성의 저변 확대
- 체계적인 에너지 인력양성 지원기반 강화

◦ 전략적 국제협력 강화

- 양자간 에너지기술협력의 전략적 추진
- 에너지분야 국제무대에서의 글로벌 리더십 강화
- 국제협력동향 분석 및 해외거점 구축

◦ 기술실증 및 사업화 촉진

- 실증사업 확대를 통한 사업화 제고
- 에너지기술의 표준화·인증 확대를 통한 글로벌 경쟁력 확보
- 중소기업 기술이전 및 사업화 지원 확대

## 2. 국외 정책 동향

| |
|---|
| ▪ 캐나다 정부는 1980년대부터 석유산업 국유화 정책을 철폐하고 외자도입을 통한 석유자원 개발을 추진하고, 앨버타 주정부는 오일샌드 프로젝트의 투자설비 비용이 회수될 때까지 주정부에 대한 로열티 납부를 조정하는 등의 조치를 통해 활발한 국내외 석유기업의 오일샌드 사업 참여를 유도하고 있음<br>▪ 베네수엘라의 차베스 정권은 석유산업에 대한 국유화를 단행하면서 외국계 특히 미국계 석유회사를 거의 축출하는 상황이었으나 2005년 새로운 에너지 정책을 통해 중국, 일본 등의 기업들과 오리노코 오일샌드 프로젝트 개발을 시도하고 있음 |

### (1) 캐나다 정책동향

◦ 캐나다 정부는 70년대에 석유산업 국유화 정책을 추진하였으나, 1980년대 들어 이를 철폐하고 외자도입을 통한 석유자원 개발을 추진하면서 국

내외 석유기업의 오일샌드 사업 참여가 활발해짐

- 캐나다의 자원개발은 헌법에 의해 주정부 관할로 돼 있으며, 오일샌드가 소재하고 있는 앨버타주 주정부에서 오일샌드 개발과 관련된 각종 정책 및 법규제정 등의 역할을 수행하고 있음
  - 오일샌드의 광업권은 앨버타주 공사(Provincial Crown)이 97%를 소유하고 있으며, 나머지 3%는 연방공사, Hudson Bay Company, 국영 철도회사 등이 분할해 소요하고 있음
  - 오일샌드의 개발은 앨버타주 에너지부가 개발용지를 민간에 유상대여(Lease) 후 생산수입에 대해 일정비율의 로열티를 받는 조건으로 개발하고 있음
  - 1996년부터 로열티 방식을 도입해 개발 및 생산을 활성화하고 있으며, 오일개발의 경우 통상적으로 투자비 회수되기까지 많은 시간이 소요됨을 감안해 탄력적으로 로열티제도 운영
- 앨버타 주정부는 오일샌드 개발을 활성화하기 위해 개질시설(Upgraders), 정유설비, 석유화학 프로젝트에 대한 투자에 대해 투자설비 비용이 회수될 때까지 주정부에 대한 로열티 납부를 조정하는 등의 조치를 통해 오일샌드의 부가가치 개발에 최우선 순위를 부여하고 있음
- 또한 앨버타 주정부는 2004년 6월부터 5년간에 걸쳐 약 2억캐나다달러 규모의 IETP(Innovative Energy Technologies Programs)라는 프로그램을 통해 신기술 또는 혁신적인 기술을 사용해 오일샌드를 친환경적으로 개발하거나 생산량을 증가시키는 각종 시범 프로젝트에 대해 로열티 조정을 통해 기술혁신을 장려하였음
  - IETP 프로젝트로 선정될 경우, 프로젝트 비용의 최대 30%, 1000만 캐나다달러까지 로열티 조정을 받을 수 있음
- 한편 앨버타 주정부는 인프라 제약으로 인해 오일샌드 개발에 지장이 초래되지 않도록 Wood Buffalo 지방정부 및 업계와 함께 개발지역의 도로·주택·기타 서비스 등 인프라 확충 대책마련 중에 있으며, 이에 대한 재원으로 2005년 에너지 수입 증대로 발생한 예산흑자 중 8억 캐나다달러를 2006년도 인프라 투자사업에 추가 충당하기로 결정한 바 있음

(2) 베네수엘라 정책동향

- 베네수엘라의 에너지 정책은 1999년 말 차베스 정권이 등장하면서 베네수엘라 국영석유회사(PDVSA: Petroleum of Venezuela)의 자치권을 축소시키고 석유산업에 대한 국유화를 단행하면서 외국계 특히 미국계 석유회사가 이에 반발하면서 거의 축출되는 상황임
  - 2001년 차베스 정권은 새로운 탄화수소법(Hydrocarbons Law)을 제정

하여 자원국유화의 일환으로 기존 혹은 새로운 석유관련 개발프로젝트에 PDVSA와 합작 사업을 유도하고 민간 기업이 지불하는 세금과 로열티를 1～17%에서 20～30%로 높였음

- 2007년 더욱 강화된 석유산업에 대한 국유화 조치는 오일샌드의 개발의 상류부분(upstream sector)에서 민간투자를 최대 40%로 제한하면서 PDVSA가 반드시 60% 이상의 투자지분을 가지도록 만들었음

◦ 세계 5위의 원유수출국인 베네수엘라는 수출의 75～80%, 정부 재정수입의 50%, 그리고 국가 GDP의 1/3을 차지하기 때문에 베네수엘라 경제의 토대이며, 국제유가의 변동에 따라 정권의 향배가 의존하는 석유 의존적 정치 및 경제를 가지고 있는 상당히 불완전한 국가이며 정부임

- 차베스 정권의 사회주의적 개혁을 위해 오일샌드의 개발은 필수적으로 2005년 차베스 정권은 새로운 에너지 정책(Oil Sowing Plan/Plan Siembra Petrolera: 2005~2030)을 통해 오일샌드의 개발을 포함한 6개의 구체적인 프로젝트를 발표하였음
- 이에 따라 오리노코 프로젝트에 적극적으로 가입하려는 중국을 포함한 외국계 석유회사들(Italy's Eni SpA, Petrovietnam, Japanese companies including Itochu Corp and Marubeni Corp)이 베네수엘라와의 협상을 시도하고 있고 일부는 개발에 참여하고 있음

(3) 중국 정책동향

◦ 중국정부는 원유수요 증가에 따른 원유도입선 다변화를 위해 중질원유를 포함해 오일샌드 사업에 적극적 관심을 표명하였고, 국영석유회사인 중국석유공사(CNPC)는 1994년부터 North Alberta 프로젝트에 참여하고 있으며, 2006년 11월 앨버타 주정부와 공동으로 베이징에서 'World Heavy Oil Conference'를 개최함

(4) 일본 정책동향

◦ 일본무역진흥회(JETRO)는 2006년 1월 앨버타 주정부 등을 방문하여 오일샌드 현황을 조사하였고, 일본정부는 오일샌드 사업진출에 관심을 표명하면서 2006년 9월 오일샌드로부터 경질 석유제품을 효율적으로 생산할 수 있는 기술을 연구하기 위해 2007년 회계연도에 24억엔을 배정함

## 2절. 국내외 시장현황 및 전망

### 1. 국내 시장현황 및 전망

▪ 오일샌드플랜트용 모듈을 제작하여 캐나다 현지로 운송한 실적을 보유한 성진지오텍 등의 국내 플랜트 설계·제작·시공 기업들은 3차원 가상제작 시뮬레이션 기술을 이용하여 오일샌드플랜트 모듈의 제작성을 평가한 바 있지만, 아직 오일샌드플랜트에 최적화된 기술이 개발되지 않았으며 이로 인해 전체 시스템에 대한 모듈화에는 한계가 있는 실정임

◦ 국내의 경우, 한국석유공사가 미국 Newmont사가 보유한 캐나다 앨버타주 소재 2.5억 배럴 규모의 블랙골드(Blackgold) 오일샌드 광구지분 100%를 2.7억 달러에 매입함으로서 오일샌드 시장에 진출함. 이는 우리나라 연간 소비량인 7억 배럴의 약 30% 수준에 해당하는 매장량으로 하루 3.5만 배럴의 원유를 25년간 생산할 계획임

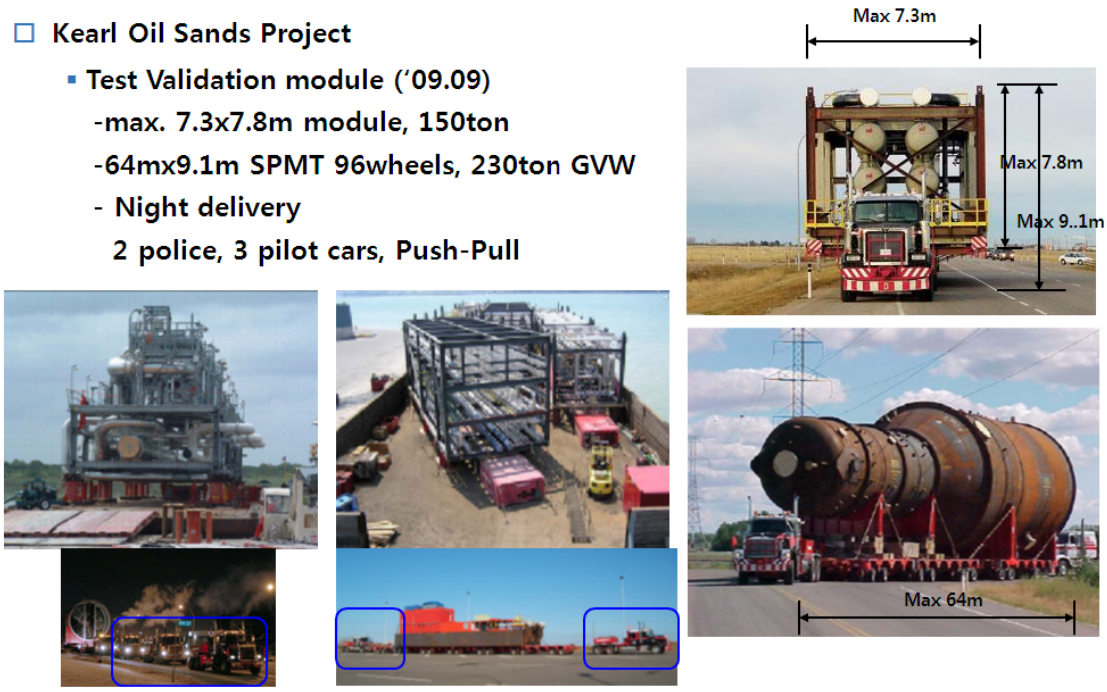
[표 2.3] 블랙골드 광산 생산계획

| 구 분 | 내 용 | | | McDaniel* |
|---|---|---|---|---|
| | 최 소 | 평 균 | 최 대 | |
| 회수율 (%) | 45 | 52 | 60 | 52 |
| 가채매장량 (백만배럴) | 188.4 | 215.9 | 247.7 | 304.8 |
| 최대생산량 (b/d) | 25,000 | 30,000 | 35,000 | 35,000 |
| 생산기간 | 2010 ~ 2034 (25년) | | | |

주: McDaniel社는 Newmont社의 기술 자문회사

◦ 한편, 성진지오텍은 2008년 Exxon Mobil사로부터 Kearl Oil Sand Project에 모듈 상세설계 (성진E&T)와 모듈제작 200여기를 2억5천만불에 수주함으로써 관련 시장에 처음으로 진입하였음. 또한, 국내 최초로 오일샌드플랜트용 모듈을 제작하여 해상 및 육상을 통해 캐나다 현지로 운송한 실적을 보유함 (2010~2011)

◦ 최근 석유공사와 가스공사는 베네수엘라의 오리노코 벨트 및 마리스칼 수크레 가스전에 양국 간 공동연구를 통해 베네수엘라의 오일샌드 개발 사업에 국내의 점진적 참여를 모색하고 있음. 베네수엘라 에너지·석유부 장관겸 PDVSA 사장인 라파엘 라미레스(Rafael Ramirez)는 베네수엘라를 방문한 KOTRA 사장에게 한국의 제조업 진출을 부탁하고 특히 정보통신 분야는 세계적인 수준이기 때문에 양국이 자원과 기술 분야에서 협력할 의도를 비침




[그림 2.2] 성진지오텍의 Kearl 오일샌드 프로젝트 모듈제작

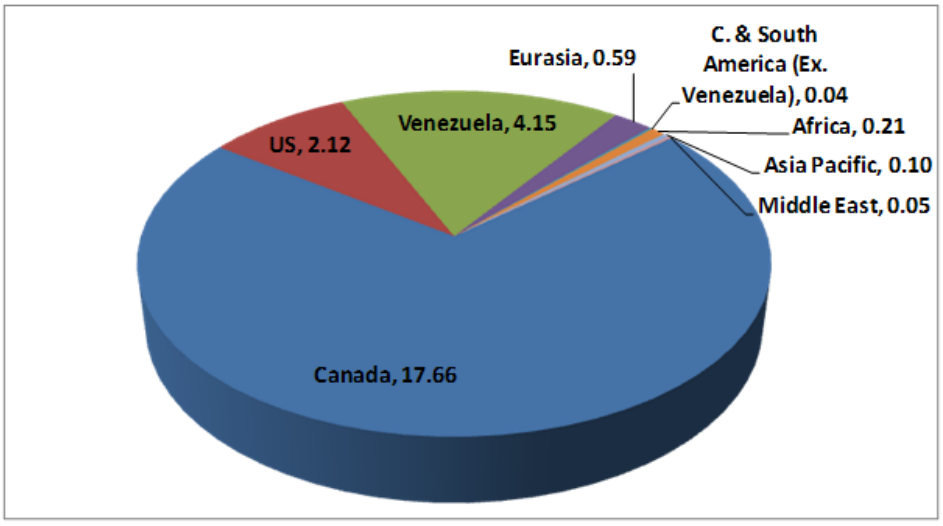
- 국내 플랜트 설계 · 제작 · 시공 기업들은 플랜트 모듈화 기술을 기반으로 3차원 가상제작 시뮬레이션 기술을 보유하고 있으며, 이를 이용하여 오일샌드플랜트 모듈의 제작성을 평가한 바 있음. 그러나 오일샌드플랜트에 최적화된 기술이 개발되지 않았으며 이로 인해 전체 시스템에 대한 모듈화에는 한계가 있는 실정임
- 최근 캐나다 정부가 자국 내의 정제시설 부족(부족분: 2010년 31만b/d → 2020년 120만b/d)을 해결하기 위하여 한국기업의 투자를 적극 요청하고 있는 만큼 광구확보 뿐만 아니라 여타 석유 · 화학분야의 진출 가능성도 큼

## 2. 국외 시장현황 및 전망

- 오일샌드 산업의 전체 시장은 2011년에 249억불이었고, 2021년에는 약 789억불(CAGR 12.2%)에 달할 것으로 예측됨
- 캐나다 앨버타주 Athabasca, Cold Lake, Peace River 등지 120여개 곳에서 오일샌드 프로젝트가 활발히 진행 중에 있으며, 그 중 약 60여 개소에서는 이미 오일샌드를 생산하고 있는 중임. 나머지 60개소 중 3곳은 현재 플랜트 공사중에 있으며, 나머지 57곳은 프로젝트 개발을 준비 중에 있음
- 캐나다 앨버타주 지역의 오일샌드 생산방식별로 보면 오일샌드는 노천채굴방식이 857천b/d로 53%, 지하회수방식과 1차 회수방식에 의한 생산이 756천b/d로 47%를 차지하고 있음. 앞으로 2015년에 지하회수방식에 의한 비투멘 생산 비중이 노천채굴 방식에 의한 비투멘 생산 비중을 추월할 전망임

### (1) 전세계 시장현황 및 전망

- 현재 오일샌드 산업에 대한 개발 및 투자의 대부분은 캐나다에서 이루어지고 있음. 캐나다 외에는 베네수엘라, 미국, 콩고, 나이지리아, 러시아, 마다가스카르를 포함한 지역에 오일샌드가 매장되어 있지만 이러한 국가들의 대부분은 추출이 용이하고 보다 경질의 오일을 이미 개발하고 있어 현재 대부분의 자본이 전통적인 오일 추출에 쓰여지고 있음. 현재 오일샌드 시장은 캐나다가 전 세계의 약 76%를 차지하고 있고, 나머지 24%를 다른 나라들이 차지하고 있음

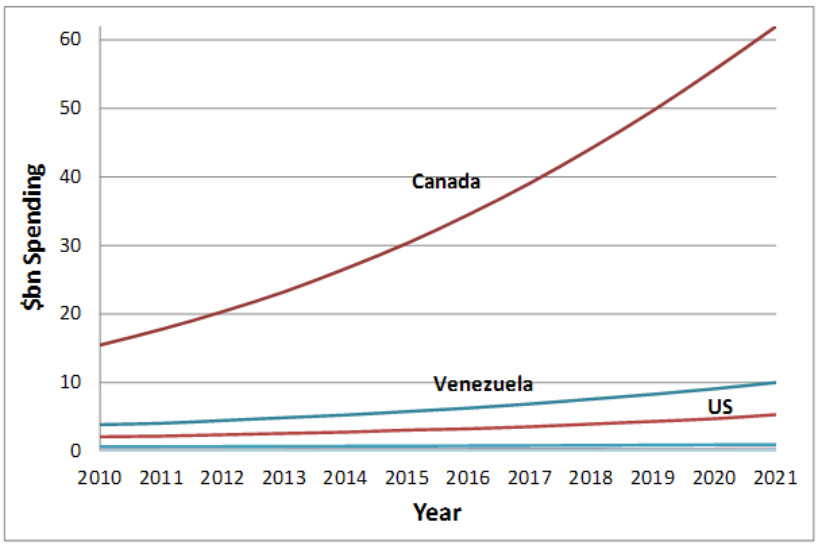



[그림 2.4] 세계 오일샌드 주요국가 시장 가치 (2011년, 십억불), Visiongain 2011

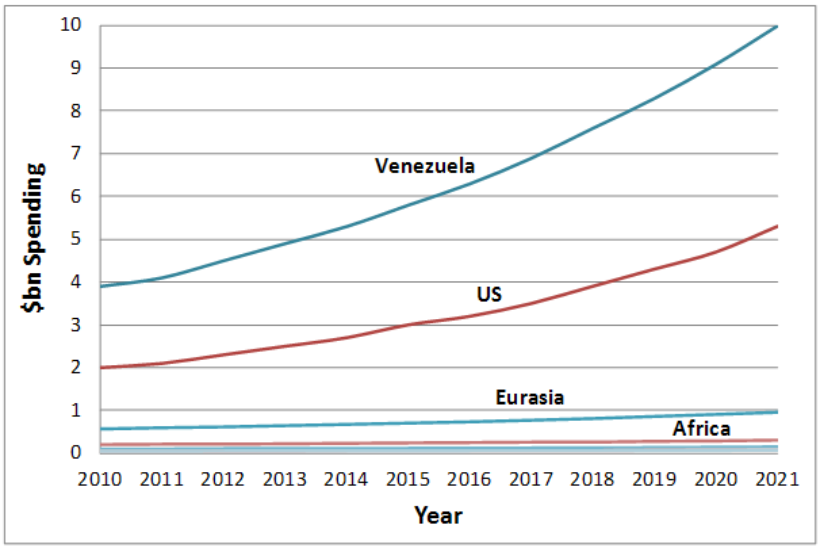
- 오일샌드 산업의 전체 시장은 2011년에 249억불이었고, 최근 빠른 성장 속도를 감안하면 오일샌드 시장은 2016년에 452억불(CAGR(연평균성장율) 12.7%, 2011~2016), 2021년에는 약 789억불(CAGR 11.8%, 2016~2021)에 달할 것으로 예측됨. 2011~2021 기간 동안의 연평균성장율은 12.2%가 될 것임

[표 2.4] 오일샌드 주요 국가 시장 예측 (2011~2021), Visiongain(2011)

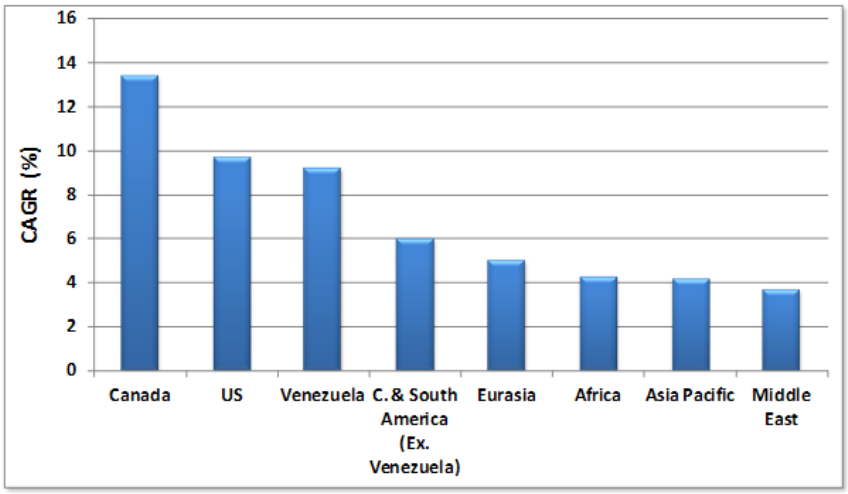
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Canada | | | | | | | | | | | | |
| Spending ($bn) | 15.4 | 17.7 | 20.3 | 23.2 | 26.6 | 30.3 | 34.5 | 39.1 | 44.2 | 49.7 | 55.7 | 62.0 |
| AGR (%) | | 14.7 | 14.8 | 14.6 | 14.4 | 14.1 | 13.7 | 13.3 | 13.0 | 12.5 | 12.2 | 11.2 |
| Venezuela | | | | | | | | | | | | |
| Spending ($bn) | 3.9 | 4.1 | 4.5 | 4.9 | 5.3 | 5.8 | 6.3 | 6.9 | 7.6 | 8.3 | 9.1 | 10.0 |
| AGR (%) | | 7.5 | 7.9 | 8.4 | 8.7 | 9.2 | 9.3 | 9.7 | 9.8 | 9.9 | 9.5 | 9.6 |
| US | | | | | | | | | | | | |
| Spending ($bn) | 2.0 | 2.1 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 3.0 | 3.2 | 3.5 | 3.9 | 4.3 | 4.7 | 5.3 |
| AGR (%) | | 8.0 | 8.5 | 8.6 | 8.8 | 9.0 | 9.2 | 9.4 | 9.6 | 10.5 | 10.9 | 12.4 |
| Eurasia | | | | | | | | | | | | |
| Spending ($bn) | 0.56 | 0.59 | 0.61 | 0.64 | 0.67 | 0.70 | 0.73 | 0.77 | 0.81 | 0.86 | 0.91 | 0.96 |
| AGR (%) | | 4.5 | 4.3 | 4.4 | 4.5 | 4.6 | 4.8 | 5.1 | 5.7 | 5.6 | 5.8 | 6.0 |
| Africa | | | | | | | | | | | | |
| Spending ($bn) | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 0.28 | 0.29 | 0.31 |
| AGR (%) | | 3.1 | 3.6 | 3.8 | 3.7 | 3.0 | 3.8 | 4.0 | 3.7 | 4.5 | 6.0 | 7.0 |
| Asia Pacific | | | | | | | | | | | | |
| Spending ($bn) | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.16 |
| AGR (%) | | 3.0 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.7 | 4.0 | 4.5 | 4.6 | 4.8 | 4.8 | 4.9 |
| Middle East | | | | | | | | | | | | |
| Spending ($bn) | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| AGR (%) | | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 3.2 | 3.1 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| C. & South America | | | | | | | | | | | | |
| Spending ($bn) | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.08 |
| AGR (%) | | 6.9 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| Global Market | | | | | | | | | | | | |
| Spending ($bn) | 22.2 | 24.9 | 28.1 | 31.7 | 35.7 | 40.2 | 45.2 | 50.8 | 57.0 | 63.7 | 71.1 | 78.9 |
| AGR (%) | | 12.4 | 12.7 | 12.7 | 12.7 | 12.7 | 12.5 | 12.3 | 12.1 | 11.8 | 11.6 | 11.0 |




[그림 2.5] 오일샌드 주요 국가 시장 예측 (2011~2021), Visiongain(2011))




[그림 2.6] 오일샌드 주요 국가 시장 예측 (2011~2021, 캐나다 제외), Visiongain(2011)

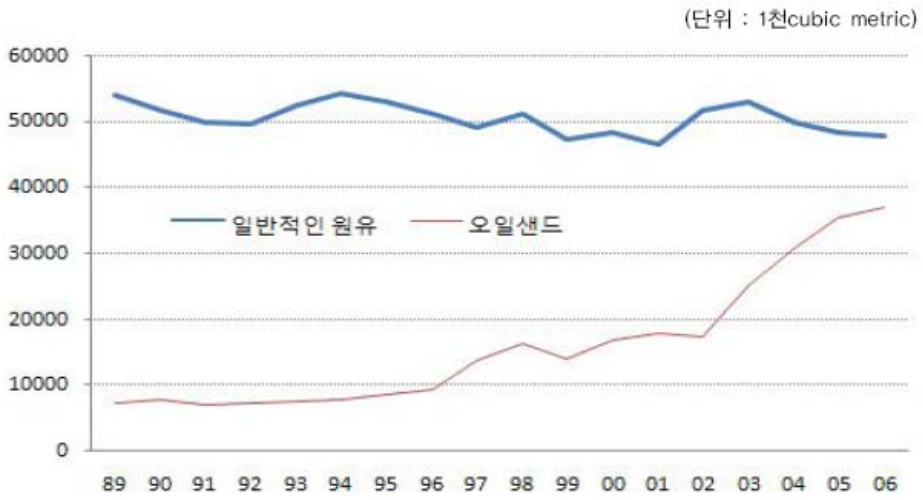



[그림 2.7] 세계 오일샌드 시장 연평균 성장률 (2011~2021), Visiongain (2011)

### (2) 캐나다 시장현황 및 전망

가. 캐나다 오일샌드 시장

- 캐나다는 지금까지 세계 최대 오일샌드 생산국으로 오일 회수율 10%를 가정했을 때 캐나다 Athabasca 오일샌드 지역에서 추출가능한 오일의 양은 1710억 배럴에 달함
- 2003년 이후 국제유가가 배럴당 30달러를 넘어서자 세계 메이져 석유기업들은 안정적인 석유공급을 위해 캐나다 오일샌드에 대한 투자를 지속적으로 증가시키고 있음

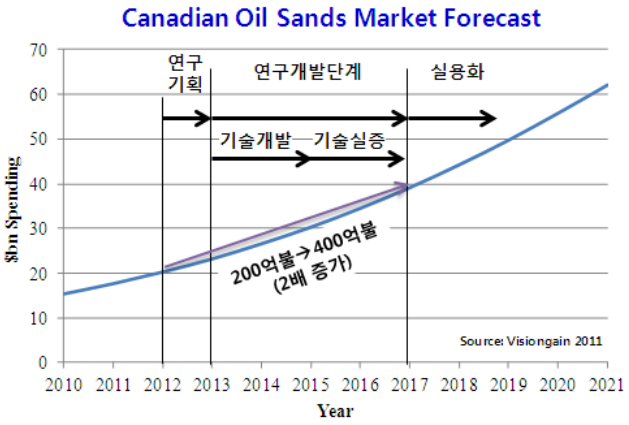



[그림 2.8] 캐나다 원유생산 현황, 캐나다 통계청(2007)

- 캐나다 오일샌드 시장은 2011년에 177억불이고, 2016년 345억불, 2021년 620억불로 증가될 것으로 예측됨(2011~2021 CAGR 13.4%). 2011~2016 5년 동안 14.3%의 연평균 성장률은 2016~2021년 기간동안 12.4%로 떨어질 것으로 전망됨

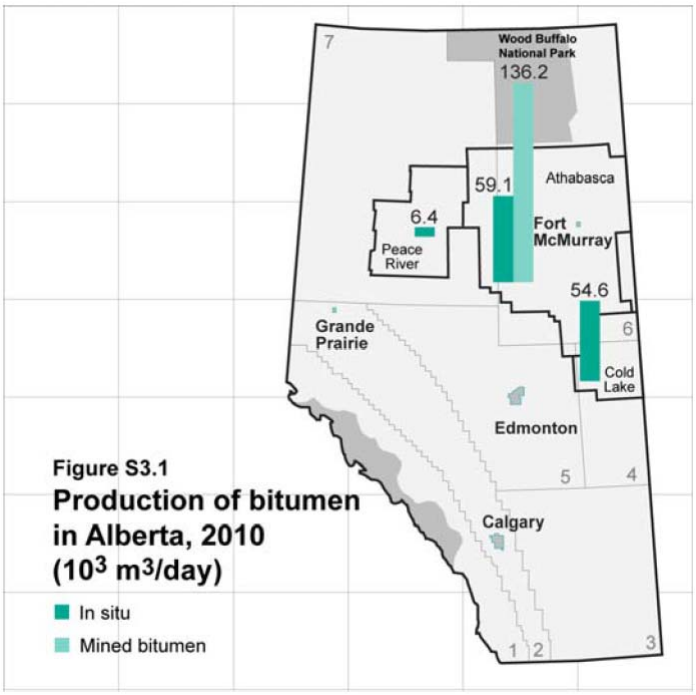
**오일샌드 플랜트 투자 규모 (2010년 기준)**

| 구분 | 생산량 (배럴/일) | EPC 예상금액(억불) |
|---|---|---|
| Mining 플랜트 | 1,040,000 | 1,047 |
| In-situ(SAGD) 플랜트 | 717,000 | 722 |




[그림 2.9] 캐나다 오일샌드 시장전망, Visiongain 2011

- 오일샌드플랜트 건설시장은 2010년을 기준으로 총 투자계획이 1,750억불(약 200조원)으로 추정되며, 본 연구개발단계가 종료되는 2017년에는 현재 시장규모의 2배로 성장하여 년 400억불 규모가 될 것으로 전망됨
- SAGD 플랜트(1만~3만배럴/하루)는 1플랜트 당 총공사비가 $5억~$15억(5.6 ~16.8조원) 수준이며 이 중 모듈 공사비는 약 40%인 2.2~6.7조원* 수준임 (자재, 인건비, 운임포함). 광산채굴을 실시하는 마이닝플랜트의 모듈 공사비는 SAGD플랜트의 약 10배인 22~67조원 수준임.
- 오일샌드 개발은 앨버타 주와 캐나다 전체의 경제성장에 긍정적 영향을 주고 있는 반면, 주택가격 상승, 자본비용 증가, 이산화탄소 방출, 천연가스 및 물 사용의 증가, 개발로 인해 해당 지역의 숙련인력 부족, 환경오염의 증가 등과 같은 다양한 문제가 대두되고 있음

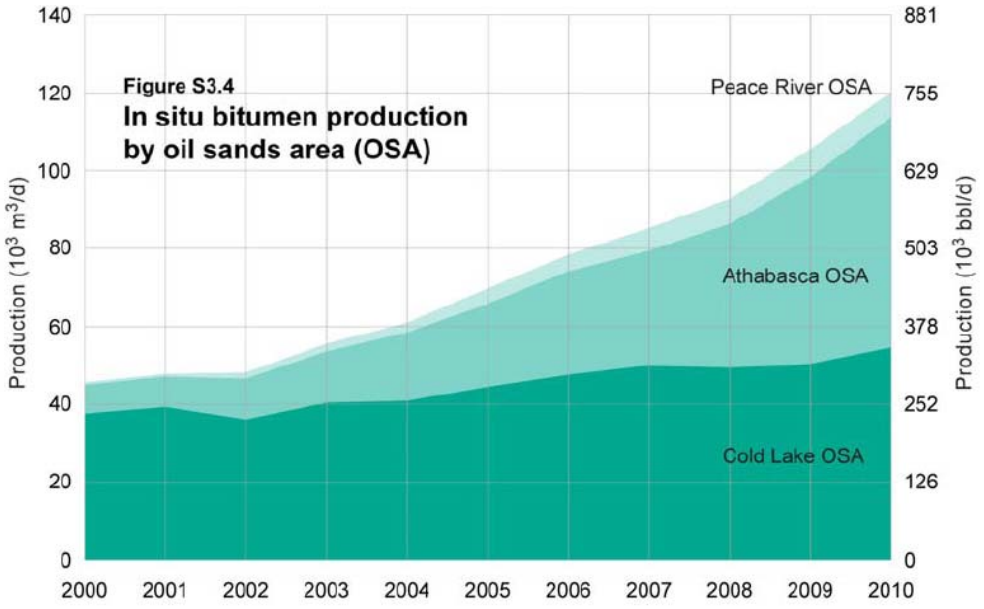



[그림 2.10] 2010년도 앨버타주 비투멘 생산량, ERCB ST98-2011

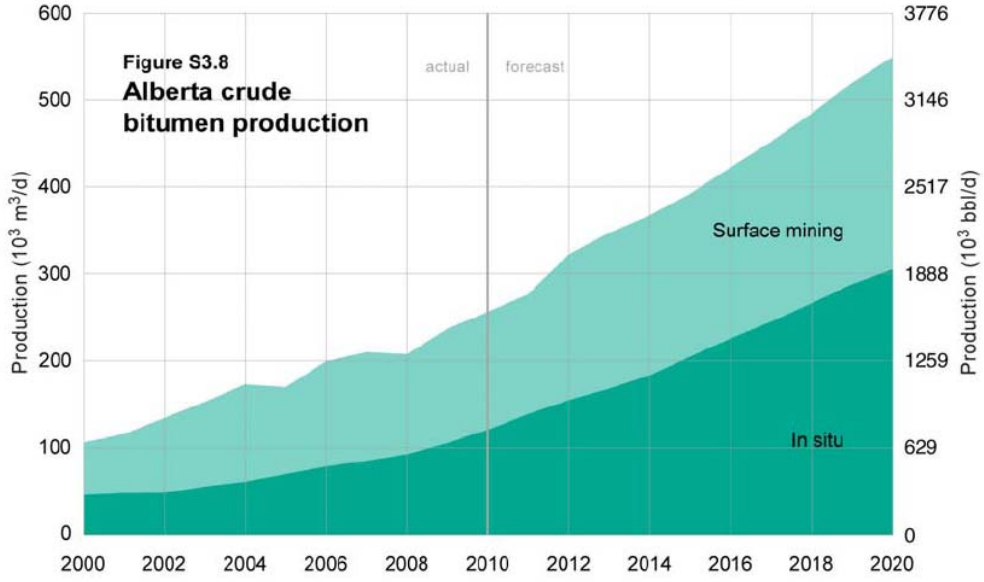
- 캐나다 앨버타주 지역의 2010년도 총 오일샌드 생산량은 약 1,613천b/d로 2009년도 1,490천b/d와 비교하여 123천b/d가 증가하였음. 이중 92천b/d가 지하회수방식, 31천b/d가 노천채굴방식이었음. 지역별로는 아사바스카가 1,229천b/d로 76.2%, 콜드레이크는 344천b/d로 21.3%, 피스리버는 40천b/d로 2.5%를 차지하고 있음. 오일샌드의 생산방식별로 보면 오일샌드는 노천채굴방식이 857천b/d로 53%, 지하회수방식과 1차회수방식에 의한 생산이 756천b/d로 47%를 차지하고 있음. 앞으로는 지하회수방식을 통한 오일샌드 생산량이 크게 증가하여 노천채굴방식을 통한 생산량과 동일

한 수준이 될 전망임

- 지하회수방식에 의한 비투멘 생산은 아사바스카 지역의 점유율이 계속 증가하여 49%를 차지하며, 콜드레이크 지역과 피스리버 지역이 각각 45%와 5.3%를 차지하고 있음




[그림 2.11] 오일샌드 부존지역별 지하회수 생산량, ERCB ST98-2011



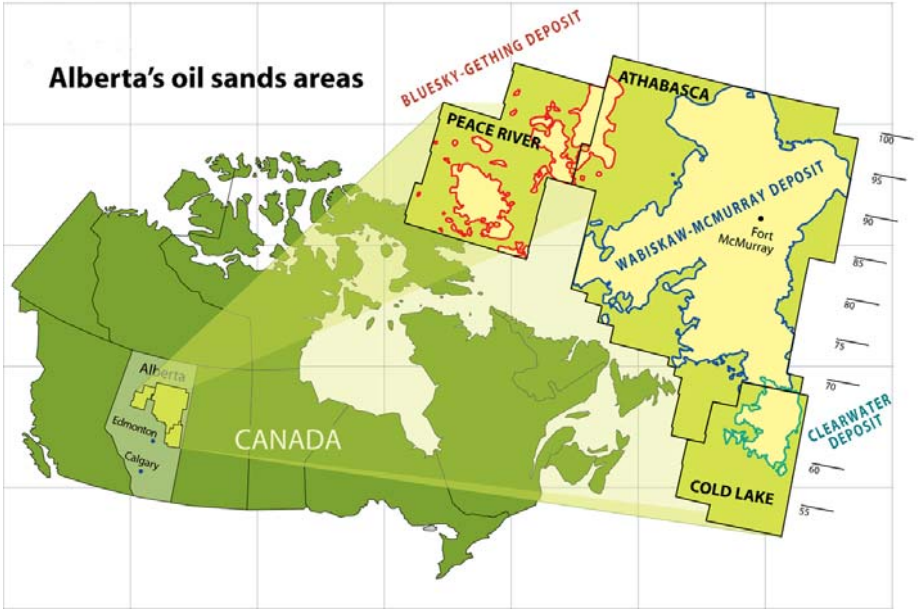

[그림 2.12] 추출방식에 따른 앨버타주 비투멘 생산 예측, ERCB ST98-2011

- ERCB(Energy Resources Conservation Board)는 앨버타 주의 2020년 노천 채굴 방식에 의한 비투멘 생산은 1542천b/d에 달할 것으로 전망하고 있고

이는 45%에 해당하는 것으로 2010년의 53%에서 8% 감소된 점유율임. 또한 2020년 지하회수방식에 의한 비투멘 생산은 1918천b/d로 전망되고 이는 55%에 해당되는 비중임. ERCB는 2015년에 지하회수방식에 의한 비투멘 생산 비중이 노천채굴 방식에 의한 비투멘 생산 비중을 추월할 것으로 전망함

## 나. 캐나다 오일샌드 부존지역 및 매장량

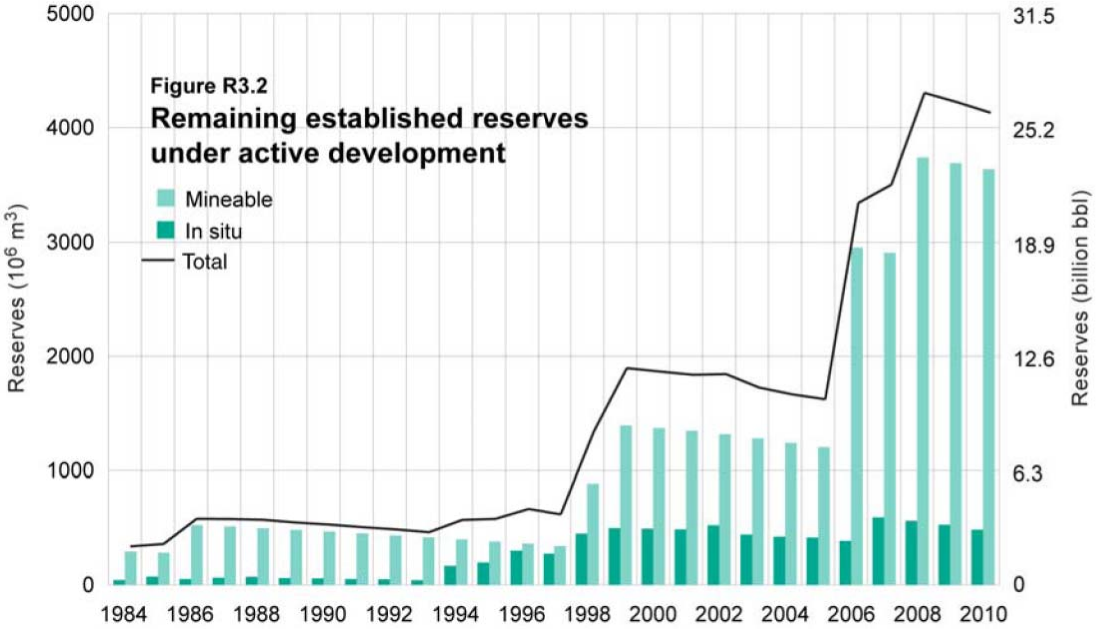
- 캐나다 앨버타주와 사스카치안주에는 막대한 양의 중질유가 매장되어있음. 특히 앨버타주의 아사바스카(Athabasca)지역, 콜드레이크(Cold Lake)지역 및 피스리버(Peace River)지역(Carbonate Triangle)이 대표적인 오앨샌드 매장지역이며 대부분 사암 및 탄산염암의 퇴적층이 부존하고 있음
- 캐나다의 앨버타주 ERCB(Energy Resources Conservation Board)는 3대 부존지역(Triangle Area)을 포함한 알버타주 전체 비투멘 원시매장량을 1.8조 배럴로 추정하고 있음. 이중 2010년 말 기준 궁극가채매장량은 1,768억 배럴이며, 오일샌드를 상업적으로 생산한 1967년 이후 누적생산량은 75억배럴이고, 잔여가채매장량은 1,693억 배럴임
- 개발되어 생산중인 지역내의 잔여가채매장량은 260억 배럴인데, 최근 고유가의 영향으로 오일샌드 개발이 급증하였으며, 특히 지하회수방식의 매장량이 급증하여 전체 비투멘 가채매장량의 80%를 차지하고 있음




[그림 2.13] 앨버타주 오일샌드 지역

[표 2.5] 앨버타주의 오일샌드 매장량(2010년말 기준, 십억배럴), ERCB ST98-2011

| 회수방법 | 원시 매장량 | 가채확인 매장량 | 누적 생산량 | 잔여가채 매장량 | 개발중인 잔여가채매장량 |
|---|---|---|---|---|---|
| 노천채굴 | 130.9 | 38.7 | 4.8 | 33.9 | 22.9 |
| 지하회수 | 1,673 | 138.1 | 2.7 | 135.4 | 3.1 |
| 합 계 | 1,804 | 176.8 | 7.5 | 169.3 | 26.0 |

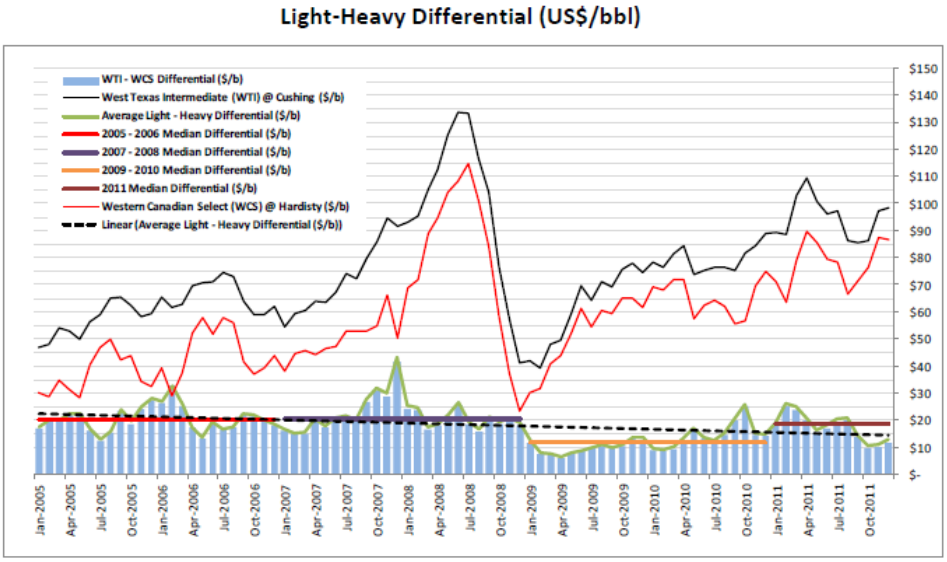



[그림 2.14] 앨버타주의 개발중인 오일샌드 잔여가채매장량, ERCB ST98-2011

- 앨버타주의 대규모 오일샌드 매장량은 3대 부존지역 내 사암층과 석회암층에 배태되어 있음. 이 지역에는 15개 오일샌드 광산이 존재하며, 그 면적은 14만$km^2$임
- 각 지역별로는 아바스카 지역 1조 4,854억 배럴, 콜드레이크 지역 1,831억배럴 및 피스리버 지역 1,357억 배럴 등 총 1조 8,042억 배럴이 부존하고, 전 지역을 포함하면 2.5조 배럴 이상임. 만약 캐나다 오일샌드 전체를 회수, 정제할 수 있다면 이는 앞으로 100년간 전 세계 석유 수요를 충족할 수 있는 양임
- 그러나 현재의 상업적 회수기술로 접근이 가능한 매장량은 총 원시매장량의 43%인 7,360억 배럴로 추정됨. 또한 현재 상업적 회수기술을 적용할 수 있는 잔여 확인가채매장량은 약 1,768억 배럴임
- 현재 개발되고 있는 지역 내 노천채굴 지역의 경우, 원시매장량은 438억 배럴이며, 이중 277억 배럴이 가채매장량임. 2010년 12월 31일 기준 약 48억 배럴을 생산하여 잔여가채매장량은 229억 배럴임. 지하회수 지역의

경우, 원시매장량은 570억 배럴이며, 이중 57억 배럴이 가채매장량임. 2010년 말 기준 약 27억 배럴을 생산하여 잔여가채매장량은 30.4억 배럴임

- 오일샌드 플랜트의 경제성은 국제유가(WTI)와 오일샌드 등에서 생산되는 비투멘개질유(WCS)의 차이 (discount율)과 민감함. 과거의 평균 가격차이는 $10 수준이나 최근에는 그 차이가 크게 증가하고 있음. 오일샌드의 경제성은 국제유가 자체의 영향보다도 디스카운트율이 크게 영향을 주고 있음. 디스카운트율은 유가(서부텍사스유, WTI) 대비의 가격을 의미하며 여기에는 오일샌드의 초기투자비용(탐사, 생산, 건설비용 등)과 비투멘 생산과 개질(upgrade), 운송(pipeline 등)의 운용비용이 포함된 가격임. 따라서, 오일샌드의 경제성은 디스카운트율의 감소를 위해 초기투자비(CAPEX)의 감소에 민감하며 이중, 공사비의 감소를 위해 모듈러 기술이 중요함. 생산 최근의 디스카운트율의 급증 이유 중 하나는, 증가하는 수요 대비 부족한 라인파이프 인프라이며 (Keystone XL 등), 미국 동부 지역 외의 수요처 다변화와 개질(upgrade) 역량 부족 등이 지적됨.



Source: EIA, Cenovus, CERI

[그림 2.15] 유가(WTI) 대 비투멘개질유(WCS) 가격변동, CERI 2012

[표 2.6] 앨버타주의 오일샌드 지역의 매장량(2010년말 기준), ERCB ST98-2011

| 오일 샌드 지역 | 지층 | | 원시매장량 (십억 배럴) | 평균 두께 (m) | 평균 비투멘포화도 (mass/volume) | 평균 공극률 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Atha-basca | Grand Rapids | | 54.6 | 9.6 | 6.5/57 | 30 |
| | Wabiskaw/ McMurray | 노천 | 131.1 | 25.9 | 10.1/76 | 28 |
| | | 지하 | 828.4 | 13.1 | 10.2/73 | 29 |
| | Nisku | | 65.0 | 8.0 | 5.7/63 | 21 |
| | Grosmont | | 406.2 | 23.8 | 6.6/79 | 20 |
| | 소계 | | 1,485.4 | | | |
| Cold Lake | Upper Grand Rapids | | 33.8 | 4.8 | 9.0/65 | 28 |
| | Lower Grand Rapids | | 63.0 | 7.8 | 9.2/65 | 30 |
| | Clearwater | | 59.3 | 11.8 | 8.9/59 | 31 |
| | Wabiskaw/McMurray | | 27.0 | 5.1 | 8.1/62 | 28 |
| | 소계 | | 183.1 | | | |
| Peace River | Bluesky/Gething | | 69.0 | 6.1 | 8.1/68 | 26 |
| | Belloy | | 1.8 | 8.0 | 7.8/64 | 27 |
| | Debolt | | 49.1 | 25.3 | 5.1/66 | 18 |
| | Shunda | | 15.8 | 14.0 | 5.3/52 | 23 |
| | 소계 | | 135.7 | | | |
| 합계 | | | 1,804.2 | In-situ:>1.5m, Mining:>3m (cut-off initial volume) | | |

[표 2.7] 앨버타주의 오일샌드 개발지역내 지하회수 오일샌드 매장량
(2010년 12월 31일 기준, 백만배럴), ERCB ST98-2011

| 개발방법 | 원시 매장량 | 회수율 (%) | 가채 매장량 | 누적 생산량 | 잔여가채 매장량 |
|---|---|---|---|---|---|
| 피스리버 지역 | | | | | |
| Thermal commercial | 351 | 40 | 140 | 68 | 72 |
| Primary recovery | 1,012 | 10 | 101 | 64 | 37 |
| 소계 | 1,363 | | 242 | 132 | 110 |
| 아사바스카 지역 | | | | | |
| Thermal commercial | 1,975 | 50 | 988 | 428 | 560 |
| Primary recovery | 6,459 | 5 | 323 | 142 | 181 |
| Enhanced recovery | (1,819) | 10 | 182 | 100 | 82 |
| 소계 | 8,434 | | 1,492 | 670 | 823 |
| 콜드레이크 지역 | | | | | |
| Thermal commercial (CSS) | 7,634 | 25 | 1,908 | 1,331 | 577 |
| Thermal commercial (SAGD) | 213 | 50 | 106 | 12 | 94 |
| Primary recovery | 39,388 | 5 | 1,970 | 531 | 1,440 |
| 소계 | 47,234 | | 3,984 | 1,874 | 2,111 |
| 합 계 | 57,032 | | 5,719 | 2,676 | 3,043 |

[표 2.8] 앨버타주의 오일샌드 개발지역내 노천채굴 오일샌드 매장량
(2010년 12월 31일 기준), ERCB ST98-2011

| 개발회사 | 프로젝트 면적 (ha) | 원시 매장량 | 가채 매장량 | 누적 생산량 | 잔여가채 매장량 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (백만배럴) | | | |
| CNRL Horizon | 28,482 | 5,250 | 3,380 | 63 | 3,317 |
| Fort Hills | 18,976 | 4,400 | 2,291 | 0 | 2,291 |
| Imperial/Exxon Kearl | 19,674 | 8,334 | 5,489 | 0 | 5,489 |
| Shell Albian Sands | 13,581 | 4,230 | 2,637 | 397 | 2,241 |
| Shell Jackpine | 7,958 | 2,272 | 1,397 | 13 | 1,385 |
| Suncor | 19,155 | 6,232 | 4,324 | 1,781 | 2,543 |
| Syncrude | 44,037 | 13,036 | 8,221 | 2,581 | 5,640 |
| 합 계 | 151,863 | 43,753 | 27,740 | 4,834 | 22,906 |

다. 캐나다 오일샌드 프로젝트

- 캐나다 앨버타주 Athabasca, Cold Lake, Peace River 등지 120여개 곳에서 오일샌드 프로젝트가 활발히 진행 중에 있으며, 그중 약 60여 개소에

서는 이미 오일샌드를 생산하고 있는 중임. 나머지 60개소 중 3곳은 현재 플랜트 공사중에 있으며, 나머지 57곳은 프로젝트 개발을 준비 중에 있음. (Visiongain, 2011)

[표 2.9] 캐나다 Athabasca 오일샌드 지역에서의 오일샌드 프로젝트, 앨버타주 제공

| Operator | Project Name | Project Type | Status |
|---|---|---|---|
| Imperial Oil | Kearl | Mining | Under Construction |
| Husky | Sunrise | Thermal | Under Construction |
| Statoil | Leismer | Thermal | Under Construction |
| Total | Joslyn | Thermal | Not Producing |
| CNRL | Horizon | Mining | Producing |
| Shell | Jackpine Mine | Mining | Producing |
| Shell | Muskeg River Mine | Mining | Producing |
| Suncore | Oil Sands | Mining | Producing |
| Syncrude | Syncrude Mine | Mining | Producing |
| CNRL | Brintnell | In Situ | Producing |
| CNRL | South Brintnell | Primary | Producing |
| CNRL | Wabaska North | Primary | Producing |
| Husky | McMullen Primary Heavy Oil | Primary | Producing |
| Cenovus | Christina Lake | In Situ | Producing |
| Cenovus | Foster Creek | In Situ | Producing |
| Connacher | Algar | In Situ | Producing |
| Connacher | Great Divide | In Situ | Producing |
| ConocoPhillips | Surmont | In Situ | Producing |
| JACOS | Hanging Stoen | In Situ | Producing |
| Meg Energy | Christina Lake Regional | In Situ | Producing |
| Nexen | Long Lake | In Situ | Producing |
| Suncor | Mackey River | In Situ | Producing |
| Suncor | Suncor Firebag | In Situ | Producing |
| Shell | Pierre River | Mining | Proposed |
| Suncore | Fort Hills | Mining | Proposed |
| Suncore | Voyageur South | Mining | Proposed |
| Total | Joslyn Mine | Mining | Proposed |
| Cenovus | Kirby West | Primary | Proposed |
| Cenovus | Pelican Lake III | Primary | Proposed |
| CNRL | Cherpeta | Primary | Proposed |
| Husky | Amadou | Primary | Proposed |
| Alberta Oil Sands | Clearwater | In Situ | Proposed |
| Athabasca Oil Sands | Mackey River | In Situ | Proposed |
| BlackPearl Resources | Blackrod | In Situ | Proposed |
| Cenovus | Borealis | In Situ | Proposed |
| Cenovus | Narrow Lake | In Situ | Proposed |
| CNRL | Kirby | In Situ | Proposed |
| Enerplus | Kirby | In Situ | Proposed |
| E-T Energy | Polar Creek | In Situ | Proposed |
| Excelsior | Hanging Stoen | In Situ | Proposed |
| Grizzly Oil Sands | Algar Lake | In Situ | Proposed |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Harvest Energy | Black Gold | In Situ | Proposed |
| Husky | McMullen In Situ Conduction Pilot | In Situ | Proposed |
| Husky | McMullen In Situ Pilot | In Situ | Proposed |
| Ivanhoe Energy | Tamarack | In Situ | Proposed |
| Petrobank | May River | In Situ | Proposed |
| Southern Pacific | Mackey | In Situ | Proposed |
| Statoil | Corner | In Situ | Proposed |
| Suncor | Lewis | In Situ | Proposed |
| Suncor | Meadow Creek | In Situ | Proposed |
| Sunshine Oilsands | Harper | In Situ | Proposed |
| Sunshine Oilsands | West Ells | In Situ | Proposed |
| Value Creation | Terre de Grace Pilot | In Situ | Proposed |
| | Tristar | In Situ | Proposed |

[표 2.10] 캐나다 Cold Lake 오일샌드 지역에서의 오일샌드 프로젝트, 앨버타주 제공

| Operator | Project Name | Project Type | Status |
|---|---|---|---|
| Baytex | Irish Derwent | Primary | Not Producing |
| Devon | Mann Lake | Primary | Not Producing |
| Koch | Reita Lake | Thermal | Not Producing |
| Baytex | Man Lake East | Primary | Producing |
| Baytex | Reita Lake III | Primary | Producing |
| Bonavista Petroleum | Frog Lake | Primary | Producing |
| Bonavista Petroleum | Lindbergh Lewis | Primary | Producing |
| Bonavista Petroleum | Passage Elk | Primary | Producing |
| Bonavista Petroleum | Swimming | Primary | Producing |
| CNRL | Ashmont | Primary | Producing |
| CNRL | Beartrap | Primary | Producing |
| CNRL | East Fishing Lake | Primary | Producing |
| CNRL | Edward Lake | Primary | Producing |
| CNRL | Elizabeth | Primary | Producing |
| CNRL | Elk Point | Primary | Producing |
| CNRL | Fishing Lake | Primary | Producing |
| CNRL | Fort Kent | Primary | Producing |
| CNRL | Frog Lake | Primary | Producing |
| CNRL | John Lake | Primary | Producing |
| CNRL | Lindbergh North | Primary | Producing |
| CNRL | Lindbergh Primary | Primary | Producing |
| CNRL | Marwayne | Primary | Producing |
| CNRL | Moosehills | Primary | Producing |
| CNRL | North Murphy Lindbergh | Primary | Producing |
| CNRL | Ranger Cold Lake | Primary | Producing |
| CNRL | Reita Lake II | Primary | Producing |
| CNRL | Seibert Lake | Primary | Producing |
| CNRL | South Lindbergh | Primary | Producing |
| CNRL | West Marwayne | Primary | Producing |
| Doven | East Tulabi John Lake | Primary | Producing |
| Doven | Iron River | Primary | Producing |
| Doven | Manatokan | Primary | Producing |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Doven | Mann North | Primary | Producing |
| Doven | Tulabi/John Lake | Primary | Producing |
| Harvest Operations | Lindbergh South | Primary | Producing |
| Pearl E&P Canada | John Lake | Primary | Producing |
| CNRL | Bumt Lake | In Situ | Producing |
| CNRL | Elk Point Crown Agreement | In Situ | Producing |
| CNRL | Lindbergh Crown Agreement | In Situ | Producing |
| CNRL | Primrose | In Situ | Producing |
| CNRL | Wolf Lake Crown Agreement | In Situ | Producing |
| Pengrowth | Lindbergh | In Situ | Producing |
| Shell | Orion | In Situ | Producing |
| Husky | Tucker | In Situ | Producing |
| Imperial Oil | Cold Lake | In Situ | Producing |
| Imperial Oil | Clearwater Pilot | Experimental | Proposed |
| R.I.I North America | Manatokan Strip | Experimental | Proposed |
| Bellatrix Exploration | Lindbergh | Primary | Proposed |
| CNRL | Wolf Lake | Primary | Proposed |
| Husky | Frog Lake | Primary | Proposed |
| Rife Resources | Lindbergh | Primary | Proposed |
| Husky | Caribou Lake | In Situ | Proposed |
| Koch | Gemini | In Situ | Proposed |
| OSUM | Tajga | In Situ | Proposed |

[표 2.11] 캐나다 Peace River 오일샌드 지역에서의 오일샌드 프로젝트, 앨버타주 제공

| Operator | Project Name | Project Type | Status |
|---|---|---|---|
| Shell | Seal Northern Cadotte Block II | Primary | Not Producing |
| Baytex | West Harmon Valley Bluesky | Primary | Producing |
| Husky | Cadotte Heavy Oil | Primary | Producing |
| Koch | Seal South | Primary | Producing |
| Murphy Oil | Murphy Seal | Primary | Producing |
| Murphy Oil | Peace River | Primary | Producing |
| Penn West Petroleum | Dawson Seal | Primary | Producing |
| Penn West Petroleum | Seal Caddote | Primary | Producing |
| Penn West Petroleum | Seal Harmon Valley South | Primary | Producing |
| Penn West Petroleum | Seal Nortgh | Primary | Producing |
| Prosper Petroleum | Reno | Primary | Producing |
| Shell | Chipmunk | Primary | Producing |
| Shell | Chipmunk II | Primary | Producing |
| Shell | Peace River (Pads 42 & 43) | Primary | Producing |
| Shell | Seal Northern Cadotte Block | Primary | Producing |
| Shell | Seal Peace River Block | Primary | Producing |
| Shell | Seal I | Primary | Producing |
| North Peace Energy | Red Earth CSS Pilot | In Situ | Producing |
| Shell | Peace River | In Situ | Producing |
| Shell | PRC 32 &33 | In Situ | Producing |
| Shell | SR 2000 | In Situ | Producing |
| Baytex | Seal Bluesky | Primary | Producing |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Shell | Peace River (F) | Primary | Proposed |
| Shell | Peace River (G) | Primary | Proposed |
| Andora | Swan Lake | In Situ | Proposed |
| Northern Alberta Oil | Swan Lake | In Situ | Proposed |
| Penn West Petroleum | Seal CSS Pilot | In Situ | Proposed |
| Petrobank | Dawson | In Situ | Proposed |
| Shell | Carmon Creek | In Situ | Proposed |

[표 2.12] 캐나다 소재 개질(Upgrading) 시설, 앨버타주 제공

| Operator | Project Name | Status |
|---|---|---|
| CNRL | Horizon | Operating |
| Nexen | Long Lake | Operating |
| Shell | Scotford | Operating |
| Suncor | Base & Mellenium | Operating |
| Suncor | Strathcona Refinery | Operating |
| Syncrude | Mildred Lake | Operating |
| BA Energy | Heartland | Proposed |
| North West Upgrading | Sturgeon | Proposed |
| Suncor | Fort Hills Sturgeon | Proposed |
| Suncor | Voyageur | Proposed |
| Value Creation | Terra de Grace | Proposed |
| Value Creation | Tristar | Proposed |

[표 2.13] 캐나다 오일샌드 프로젝트 단계별 생산 용량 (2010), 오일샌드개발그룹 제공

| Project Status | Production Capacity (bbl/d) |
|---|---|
| In Operation | 1,890,500 |
| Under Construction | 607,300 |
| With Regulatory Approval | 1,705,500 |
| Under Regulatory Review | 1,426,455 |
| Announced | 2,889,000 |

- 캐나다 오일샌드 플랜트 규모는 일반적으로 채굴방법에 따라 구분됨. 최근 가장 대표적인 In-situ 플랜트(SAGD 공법)의 경우 1만~5만배럴/일을 생산하는 규모의 플랜트로 설계되고 있다. 일례로 석유공사의 블랙골드는 3만배럴/일을 최종 목표로 하며 1단계로 1만배럴/일급 플랜트로 생산 중에 있음. 중질유(Heavy oil)의 경우는 3천~1만 배럴/일급으로 설계가 되고 있으며 마이닝공법의 경우는 10만~20만 배럴/일급의 플랜트 규모를 갖음
- 최근의 플랜트 설계 동향을 보면 플랜트의 규모를 표준화하여 표준설계 후 설계반복(Copy plant)을 하는 경향이 있음. 일례로 A사의 경우 중질유

의 경우, 3천, 8천, 1만배럴/일 급 플랜트로 표준화하여 상호 조합설계를 하고 있으며 B사의 경우 오일샌드 플랜트에 대해 1만, 2만, 4만배럴/일 급으로 표준화하여 조합설계하고 있음.

- 플랜트의 규모 선정은 광구별 생산량과 생산기간과의 각 사별 경제성과 회사전략에 따라 결정됨. 예로 3만배럴/일을 SAGD로 생산하기 위해 최소 9만배럴/일의 물을 사용하고 처리해야하는 시설이 필요하며 광구의 매장량을 10년간 운영할 수 있다면 1만배럴/일급은 작은 플랜트 규모 및 인력으로 20~30년간 운영할 수 있으므로 각사별, 유가환경별 전략이 반영되고 있음. 최근의 기술동향은 유가의 탄력적 반영과 안정적 플랜트 유지를 위해 1만, 2만배럴/일 급이 많이 적용되고 있는 실정임.

### (3) 베네수엘라 시장현황 및 전망

- 두 번째 최대 오일샌드 생산국은 베네수엘라임. 2009년 10월, USGS(미국 지질조사국)는 베네수엘라 오리노코 오일샌드 지역의 오일 회수율이 5130억 배럴로 추산된다고 발표하여 세계 최대 오일샌드 매장지가 되었음.
- 미국에 대한 정치적 반대와 북미 석유 회사들의 베네수엘라 투자 제한에 의해 이 지역의 성장률은 제약을 받고 있고, 새로운 석유 산지 개발 및 오래된 석유 산지의 유지관리가 거의 진행되지 않아 최근까지 베네수엘라의 석유 산업은 감소 추세에 있음.
- 차베스 대통령은 베네수엘라의 석유 산업 부활을 위해 북아메리카 회사의 최소한 개입을 전제로 한 다양한 국가 및 석유 회사의 투자를 환영하고 있지만, 방대한 양의 오일샌드가 베네수엘라에 매립되어 있지만 보다 생산이 쉬운 전통원유의 생산이 지속되는 한 오일샌드에 대한 투자는 크지 않을 것임
- 베네수엘라 오일샌드에 대한 투자는 2011년에 42억불이고, 2016년에 63억불(CAGR 8.7%)로 증가되고 2021년에는 100억불(CAGR 9.7%)에 도달할 것으로 예측됨(2011~2021기간 CAGR 9.2%)

### (4) 미국 시장현황 및 전망

- 세 번째 최대 오일샌드 생산국은 미국임. 미국은 알래스카와 유타에 특정 오일샌드 매장지를 보유하고 있고, Gulf States 남부의 개질(Upgrading) 시설들이 캐나다 오일 산업에 의해 가치 사슬의 중요한 역할을 할 것으로 간주되고 있음
- 미국의 오일샌드 시장은 2011년에 21억불이고, 2016년에 32억불(CAGR 8.8%)로 증가되고 2021년에는 53억불(CAGR 10.6%)에 도달할 것임

(2011~2021기간 CAGR 9.7%)

- 그러나, 미국 오일샌드 시장은 환경문제에 기인한 오일샌드 개발에 대한 큰 대중적 반대와 지역사회의 반대 때문에 축소될 가능성이 있음

### (5) 중국 시장현황 및 전망

- 중국해양석유(CNOOC)는 2005년 4월 캐나다 오일샌드 회사인 MEG Energy의 지분 16.7%를 1.22억 달러에 인수하였고 2010년까지 중질원유 생산량을 현재 20만b/d에서 50만b/d로 증대하기 위하여 증설을 추진함
- 중국석유화공(Sinopec)은 2005년 6월 Synenco社와 합작회사를 설립하고 (지분40%) Northern Light 프로젝트에 참여함
- CNPC International(CNPC 자회사)은 앨버타 북부지역의 오일샌드 광구 (11개 광구, 확보매장량 20억배럴) 및 Gateway Project (지분 88%)에 참여함
- SinoCanada Petroleum(Sinopec의 현지법인)은 Northern Light Project (지분 40%, 매장량 16.7억배럴)에 참여하여 100천b/d규모로 생산을 계획하고 있음
- CNOOC(China National Offshore Oil Corporation)는 MEG Energy의 주식 16.69%를 2005년에 인수하여 Christina Lake Regional Project(확보매장량 10억배럴)에서 210천 b/d와 Surmont Project(확보매장량 5.5억 배럴)에서 50천b/d를 생산할 계획임

### (6) 일본 시장현황 및 전망

- 일본기업들은 1970년대부터 오일샌드 사업에 참여하고 있으며 향후 참여기업 수 증가 및 사업 확대가 전망됨
- JAPEX는 1978년 합작회사를 설립하여 PetroCanada, Nexen, Imperial Oil 등과 생산실험에 참여하며 사업을 시작함
- Mitsubishi는 1992년 Syncrude Project 지분의 5% 취득함
- JACOS(JAPEX 86%, JAPEX 자회사 2%, INPEX 5%, Mistui 4%, 기타 3%가 참여하여 설립한 회사)는 Hangingstone Project(매장량 20억 배럴, 지분 86%)에서 8~9천b/d를 생산중임
- Mocal Energy(Mitsubishi 자회사)는 Syncrude Joint Venture(매장량 49억 배럴, 지분 5%)에서 304천b/d를 생산중임
- INPEX Energy(일본 석유개발회사)는 Joslyn Project(매장량 80억 배럴, 지분 10%)에서 227천b/d를 생산할 계획임

| |
|---|
| ◦ 캐나다 오일샌드 플랜트는 In-situ 플랜트가 증가 추세이며 Open mining 플랜트는 신규 건설보다는 확장 위주로 진행됨. 따라서, In-situ 플랜트와 Mining 확장 시 요구되고 실용화될 수 있는 기술의 도출이 필요함. 각 설비에 맞는 모듈러기술 개발로 전체 플랜트의 모듈화율 향상이 필요함. 또한 예로, Mining의 업그레이드(원유 정제) 기술은 기존 플랜트에 기 존재하므로 신규로 설치가 불필요함. |

# 3절. 기술동향 분석

## 1. 기술분류 및 정의

### □ 기술동향 조사 및 방법

- 오일샌드 플랜트의 최신 기술동향은 다음의 방법을 통해 조사함
  - 특허맵 분석 (전문기관 R&D특허센터)
  - 논문동향 분석 (전문기관 R&D특허센터)
  - 캐나다 발주처, 전문가 심층 인터뷰 조사
    : 주요 오일사, 관련 FEED사
  - 캐나다 오일샌드 플랜트 현장 및 제작장 견학 조사
    : 현장방문 4개소, 오일샌드플랜트 모듈 제작장(캐나다) 1개소
  - 국내 EPC사, 학/연 전문가 인터뷰 조사
  - 전문가 대상 설문 및 기술수요 조사
- 대상 전문가는 다음의 분야를 대상으로 함

**분야별 국내외 전문가 대상 설문**
- **발주(오일사), 설계, 제작, 시공**
- **법무, 제도 등**
- **공정, 배관, 구조, 공사, 운송 (운송루트별 요소기술 분석)**

→ **분야별 요소기술 도출**
**현지 부합 기술 도출**

- 캐나다 현장 방문은 다음과 같음

**현장 조사**
- **운영 중, 건설 중인 오일샌드 플랜트 현장 조사**
  Alberta, Saskatchewan주 5개소
- **캐나다 모듈 제작장 현장조사**
  1개소 (Edmonton)

→ **현장의 Needs 확인**
**현장요소기술 도출**

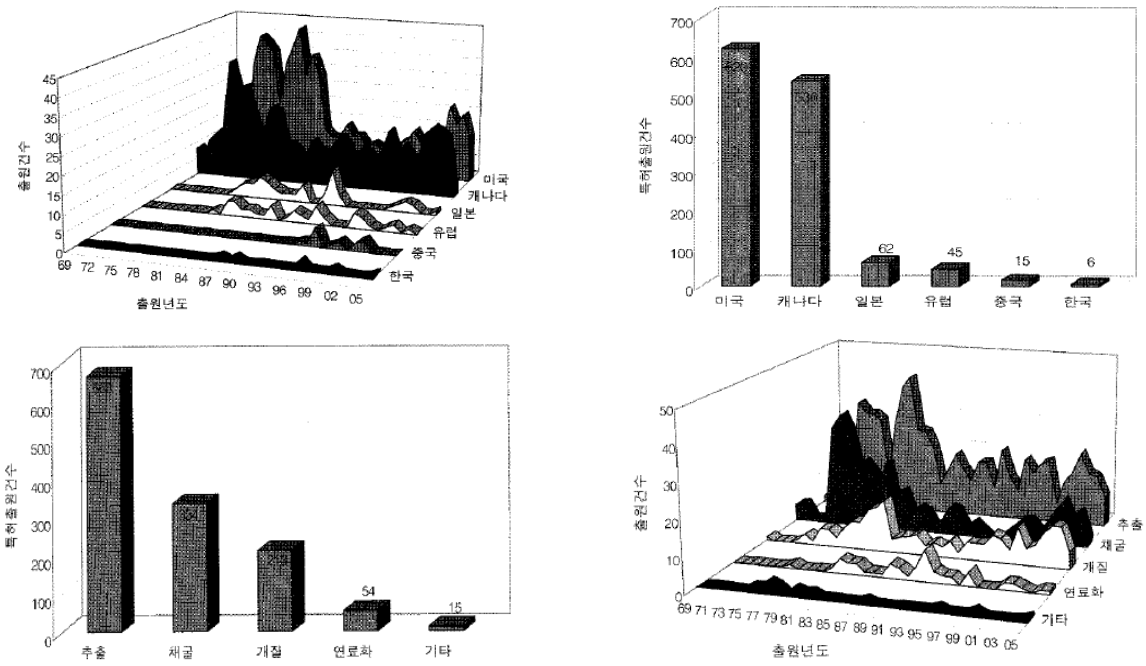
### □ 기술 분류

- 오일샌드 관련하여 최근 관심을 받고있는 분야로는 (1) 플랜트의 모듈화 설계 및 제작, 운반, 시공, (2) 비투멘의 운송, (3) 오일샌드의 채굴, (4) 에너지 효율화 및 환경문제 해결 등이 있음

### (1) 기술동향 개요

- 오일샌드 관련 기술특허는 북미 중심으로 출원되고 있으며 주로 1970, 80

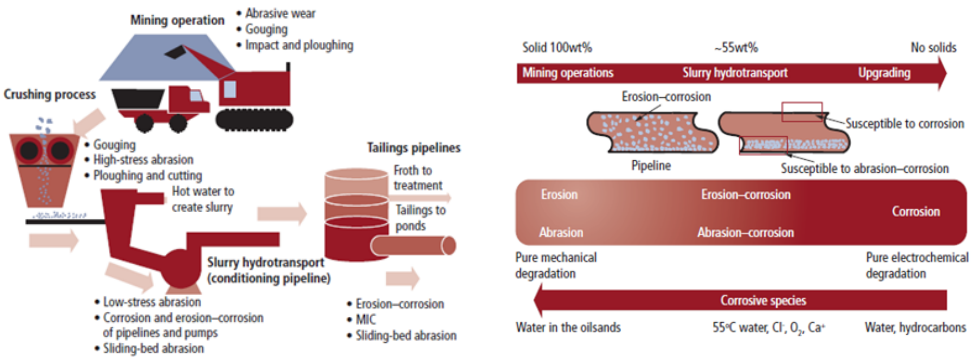
년대 출원되었으며 2000년대부터 출원건수가 다시 증가하고 있는 동향을 보임. 주로 메이저오일사가 관련 특허를 보유하고 있으며 한국은 총 6건으로 미국의 1% 이하의 매우 저조한 수준임. 기술별 특허동향은 추출과 채굴 기술 중심으로 출원되고 있으며 최근에는 개질(Upgrading) 관련 기술의 출원이 증가하고 있는 추세임




[그림 2.15] 국가별 오일샌드 기술특허출원 동향 (자원재활용저널 2009)

- 캐나다 앨버타는 동토 지역으로 건설가능 기간이 제한적이고 현지 건설인력 확보가 쉽지 않기 때문에 현장에서의 공사를 최소화하는 것이 요구됨. 특히, 건설공기의 단축은 조기 오일생산으로 이어져 발주자가 빠른 투자효과를 볼 수 있기 때문에, 모듈러기술(설계-제작-설치)에 대한 관심도가 매우 높음
- 오일샌드플랜트는 캐나다 북부 앨버타주의 낮은 기온지역에 위치하므로 사용되는 강재는 고인성강 (저온인성 확보 강)이 요구되며, 각 공정별로 요구되는 소재의 성능이 다름. 오일샌드플랜트의 하이드로파이프라인은 온수, 모래, 비투멘의 혼합물이 고온으로 통과하여 파이프라인의 부식 및 마모 진행속도가 빨라 짧은 교체수명 (6개월~36개월)과 파이프라인 점검을 위한 인원이 필요하였으나 최근 고성능소재를 사용하여 구조물의 life-cycle을 개선하는 사례가 증가하고 있는 추세임. 다음은 각 공정별 요구되는 소재의 특성을 나타내고 있으며 각 공정의 요구에 부합되는 고성능소재의 적용시 구조물의 life-cyle 동안 파이프라인의 교체로 인해 플랜트를 정지시키는 일을 없애는 장수명 life-cycle 구조를 설계 운영하

고 있음




| Equipment | Applications | Conditions | Materials | Surface Engineering |
|---|---|---|---|---|
| Blade cutting edges | Roadways and material collection | Abrasive wear | High-grade steel | PTAW WC/Ni overlays |
| Crusher tooth | Break up mined material | High-stress abrasion, indentation, gouging | CrC overlays, cast iron | PTAW WC/Ni overlays |
| Hydrotransport screens | Separate and remove big rocks | Corrosion, erosion–corrosion | CrC overlays | PTAW WC/WC/Ni overlays |
| Tailings pipelines | Transportation of tailings | Corrosion, erosion–corrosion | Hardened carbon steel, CWIs | Martensitic stainless steel |
| Centrifugal pumps | Pumping of slurry and tailings | Low-stress abrasion, erosion–corrosion | CWIs, CrC | WC-based sprayed coatings |
| Elbows, joints, valves | Transportation of slurry and tailings | Corrosion, erosion–corrosion | Hardened carbon steel, CWIs | Martensitic stainless steel, application of WC/Ni, WC/stainless steel PTAW overlays |

*CrC = chromium carbide; CWIs = chromium white irons; Ni = nickel; PTAW = plasma transfer arc welding; WC = tungsten carbide.*

[그림 2.16] 오일샌드플랜트 공정별 강재 요구성능

- 기존 플랜트의 모듈러공사는 해상/해안에 위치하고 있어 육상이동 거리가 짧아 대형 모듈블록 시공이 가능하였지만, 오일샌드플랜트는 육지의 외지에 위치하고 있어 운반 거리가 길고 (Kearl 프로젝트 육상 운반거리 1715km) 기존 도로망을 이용하므로 운반할 수 있는 모듈크기에 제약을 받음. 또한, 기존 도로의 개선(곡선부-교차로 개선), 유틸리티(전신주 개선, 표지판, 신호등), 도로 포장, 교량 통과 특수해석, 교량 개선 등의 이동시뮬레이션을 미리 고려해야 하고 각 통과 지역의 법규준수 및 승인을 받아야 하기 때문에 모듈러 시공의 가장 큰 제약 원인이 되고 있음

<해안 플랜트 모듈운송> <오일샌드플랜트 모듈 운송>

[그림 2.17] 해안 플랜트 모듈과 오일샌드 모듈 이동 사례

- 오일샌드 플랜트 건설 기술의 발전 동향은 현장시공인 Stick-build에서

공장제작-모듈운송 후 조립의 Modular 설계/ 건설로 발전됨.

: 캐나다 내 높은 인건비, 저온 공사환경에 따른 현장 품질 생산성 저하 등으로 모듈러 건설로 전환 (캐나다 내 공장 대 현장 노무비는 1:3 수준임)

- 모듈의 동향은 기존 Alberta 크기에서 한국형 크기로 변화 중

: 캐나다 내에서 통용되는 모듈은 7.3x7.3x36m (일명 Alberta size 모듈임)로 캐나다 내에서 제작 시 운송에 문제가 없으나 국내에서 제작 시 운송크기의 제약으로 (Kearl 프로젝트 시 Montana주 DOT 통과 불가) 북미에서 운송이 가능한 작은 크기의 모듈로 설계 및 제작 필요

- Pre-Assembly vs. Modular; Knock-down vs. Modular

일반적으로 모듈러공법은 조립식(pre-assembly) 공법과 표준모듈 공법을 포괄하는 용어로 통용되고 있음. Pre-assembly공법은 현장조건에 맞게 설계한 구조물을 공장에서 제작 및 운반할 수 있게 자르는 개념이라면 표준모듈공법은 표준화된 모듈을 최대한 조합하여 시스템을 구성하는 공법으로 구분됨. 예를 들면, 8,000배럴 플랜트 설계 시 Pre-assembly는 처음부터 8000에 적합한 시설을 설계하는 반면 모듈설계는 기존에 표준화되어 있는 3,000+5,000 표준모듈을 조합하는 설계를 함.

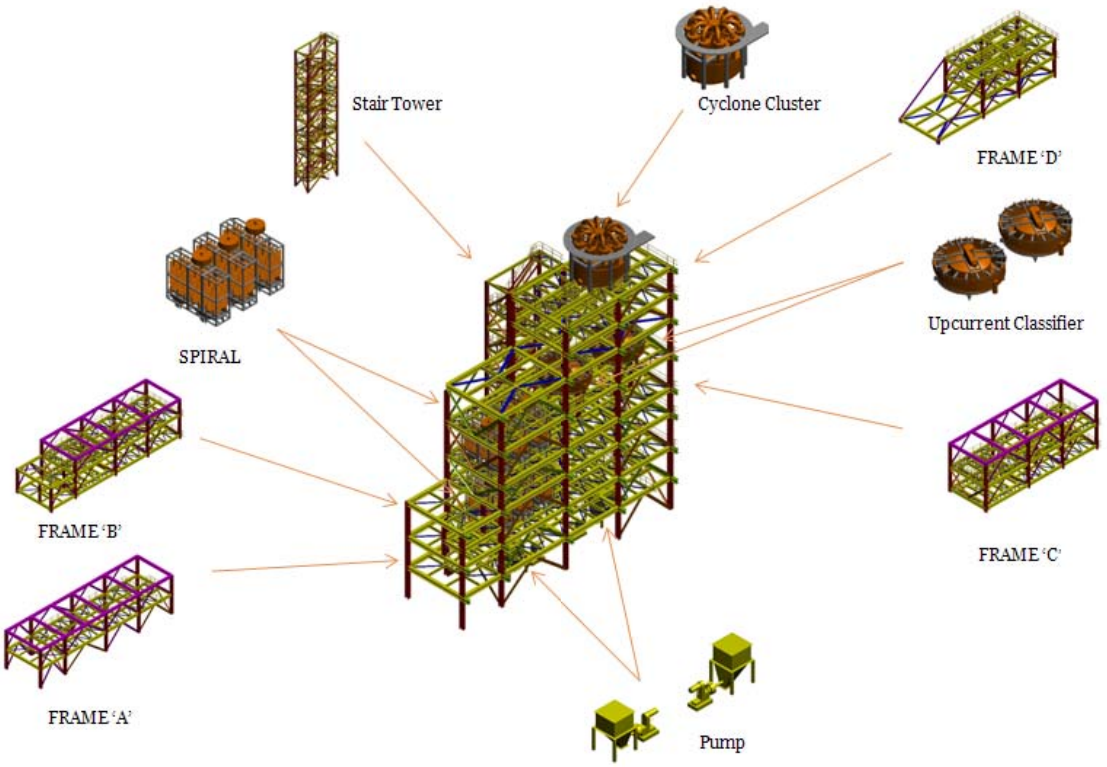
모듈러 설계 및 건설은 플랜트를 구성하는 설비 및 구조를 운반 가능한 크기로 설계 및 제작하여 현장에서 가설하는 공법이며 Knock-down 건설법은 플랜트의 구성 설비 및 구조를 부품/부재단위로 분해하여 현장에 운반 후 현장에서 건설하는 것으로 부품/부재 단위로 관리하는 것 외에는 Stick-build(현장시공)에 가까워 모듈러 기술과는 차이가 있음

[표 2.14] Kearl Project 모듈제작 (성진지오텍)

| FEEP | Area | Number of Module | | | | | | | | | | | | Total | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SM | | PH | | EB | | OS | | PR | | ST | | Sub | | Grand | |
| | | 5/9 | 6/4 | 5/9 | 6/4 | 5/9 | 6/4 | 5/9 | 6/4 | 5/9 | 6/4 | 5/9 | 6/4 | 5/9 | 6/4 | 5/9 | 6/4 |
| Krupp | Mining | | | | | 7 | 7 | | | | | | | 7 | 7 | 8 | 8 |
| | Hydrotransport | | | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | | |
| HCBI | Extraction | | | 23 | 2 | 6 | 5 | | 1 | | | 2 | 2 | 31 | 10 | 31 | 16 |
| | Tailing | | | | 2 | | | | | | | | | | 2 | | |
| | Tank Farm | | | | 3 | | 1 | | | | | | | | 4 | | |
| Kiewit | Froth | | | 37 | 22 | 4 | 2 | 48 | 74 | | | 10 | 10 | 99 | 108 | 99 | 111 |
| | Tank Farm | | 1 | | | | | | | | 2 | | | | 3 | | |
| PCL | Utilities | | | 1 | 1 | 4 | 5 | 15 | 15 | | | 5 | 5 | 25 | 26 | 25 | 26 |
| TBD | Site Wide | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 36 | 37 |
| | Extraction | | | 1 | 2 | | | | | | | | | 1 | 2 | | |
| | Hydrotransport | | | 10 | 10 | 7 | 7 | | | | | | | 17 | 17 | | |
| | Tailing | | | | | 17 | 17 | | | | | | | 17 | 17 | | |
| Total | | 1 | 2 | 73 | 43 | 45 | 44 | 63 | 90 | 0 | 2 | 17 | 17 | 199 | 198 | 199 | 198 |

TBD Site Wide 의 Module 은 TVM 임.

- 표준모듈의 장점은 표준화되어 있어 제작 시 발생 가능한 오차가 최소화되며 제작라인의 자동화가 가능함. 반면 최적설계가 아닐 수 있는데 최근의 타산업의 기술동향을 살펴보면, 표준모듈의 효율적인 구성으로 최적설계에 부합하는 설비 구축이 가능하다는 것을 확인할 수 있음 (국토부 모듈러교량 기술개발 및 실용화, 2011). 최근의 산업별 기술동향은 Stick-build → 조립식공법 → 모듈러공법으로 발전되고 있는 추세임. 모듈은 다시 Alberta 크기 모듈에서 국내 제작/운송 크기로 기술이 발전되고 잇는 현황임.




[그림 2.18] 모듈화 설계의 예 (성진이앤티)

## (2) 오일샌드 생산 방법

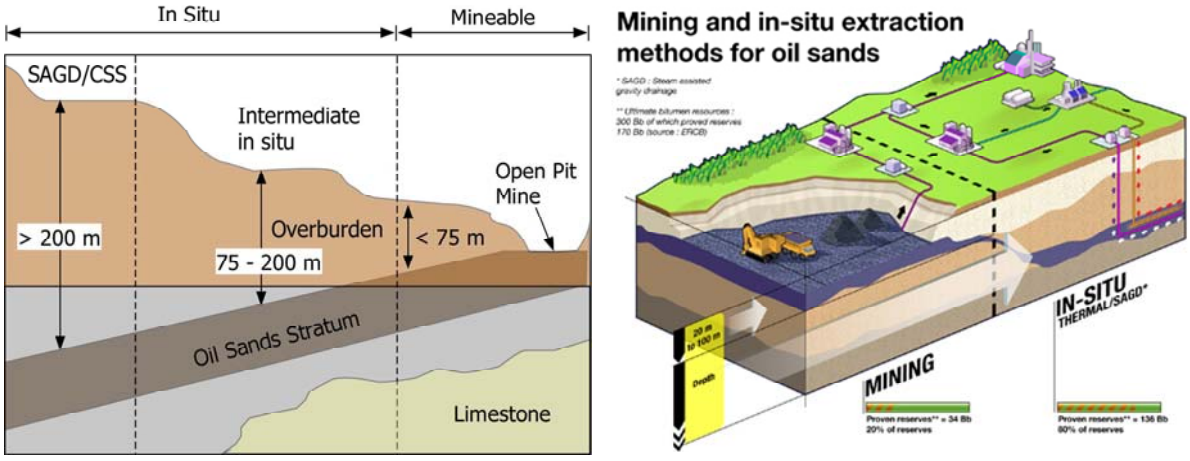
- 오일샌드는 1875년 캐나다 지질조사국의 과학자들이 아사바스카 오일샌드에 대한 생산을 생각하기 시작한 이래, 1967년 최초의 상업적 생산(Suncor 전신인 Great Canadian Oil Sands, 노천채굴)이 개시되었고 1978년 대규모 생산(Syncrude 컨소시엄, 노천채굴)이 시작됨
- 오일샌드 채굴방법에는 광상이 지표부근(통상 75m 이내)에 있으면 비투멘은 노천채굴 후 열수처리(hot water processing)하는 방법에 의해 회수되며, 광상이 심부에 있으면 수직 또는 수평정을 굴착, 스팀 등을 주입하

여 지하에서 회수하는 지하수회수법(In-situ method)이 사용됨. 현재 노천 채굴법은 아사바스카에서, 지하회수법은 아사바스카, 콜드레이크 및 피스리버 지역에서 주로 사용되고 있음

- 종전에는 노천채굴에 의한 생산이 주를 이루었으나, 최근 환경 및 효율적인 생산을 위하여 다양한 지하회수법이 적용되고 있음. 캐나다에서는 주로 비용과 환경문제를 동시에 고려한 환경친화적 기술 연구개발에 초점이 맞추어져 있고, 중점적으로 개발되는 기술로는 지하에서 오일을 직접 회수하는 지하회수기술과 역청을 일반경질유로 바꾸는 개질기술이 주류를 이룸

[표 2.15] 오일샌드 채굴기술 비교

| 구분 | 노천채굴 | 지하수 회수 |
|---|---|---|
| 심도 | · 75m 상부 | · 75m 하부 |
| 장점 | · 개발비용이 저렴하며 역청회수율이 양호 (회수율 95% 이상) | · 지하에서 역청을 회수하는 관계로 잔사 및 수처리 등과 같은 환경비용이 절감 |
| 단점 | · 폐수 및 폐기물 처리 등 환경문제 대두로 비용 증가 | · 개발비용이 많이 들며 역청 회수율이 낮음 (회수율 약 50% 내외) |
| 최근동향 | · 선진국의 경우 관련기술 개발이 이미 완성된 상태이며, 부존지층의 심부화와 환경문제의 대두로 관련기술 개발 연구가 줄고 있음 | · 고유가의 대두로 심부의 오일샌드 개발을 위해 파일럿 단계의 기술을 산업화하려는 추세가 주류를 이룸 |




[그림 2.19] 부존심도에 따른 채굴기법

가. 노천채굴법 (Mining)

- 노천채굴법의 과정은 표토제거→채굴→트럭수송→분쇄→비투멘 분리→2

차 추출(미세 점토, 물 제거)→개질(Upgrading)→제품완성(분리, 탈황)의 순서임

- 노천채굴법에서 경제성을 좌우하는 것은 표토제거로서 일반적으로 75m이상이 되면 경제성이 없으며, 앨버타주의 경우에도 40m 이내인 경우에 노천채굴방식을 채택함
- 최근 노천채굴방식에서는 쇼벨(shovel)과 트럭이 주로 사용되며, 분쇄한 오일샌드에 뜨거운 물을 첨가시킨 다음에 파이프라인을 이용한 수 수송(hydro- transport)을 통해 추출공장으로 이송시킴. 추출공장 분리 기구에서 오일샌드로부터 비투멘이 추출되면 폐석은 처리장으로 보내지고 물은 재활용 됨

<채굴> <분쇄> <비투멘 분리>

[그림 2.20] 노천채굴방식

- 1배럴의 원유를 만들어 내기 위해 평균적으로 약 2톤의 오일샌드를 채굴, 수송, 처리해야 하는데, 오일샌드로부터 90%이상의 비투멘이 회수될 수 있음

[표 2.16] 비투멘 제품별 특징

| 유형 | WTI | SCO | Bitumen Blend | 비투멘 |
|---|---|---|---|---|
| API gravity | 40 | 29~36 | 21 | 8~10 |
| 점도(cP) | 5 | 3 | 325 | 1,000,000 |
| 황함량(%) | < 0.5 | < 0.5 | 2~4 | 2~4 |
| 가격(WTI%) | 100 | 90~100 | 60~80 | 50~60 |

- 앨버타주에서 노천채굴방식으로 생산되는 비투멘의 대부분은 개질과정을 거쳐 일반 경질유 수준의 품질을 가지는 인공합성원유(Synthetic crude oil; SCO)로 만들어져 판매되거나 정제됨. 반면 지하회수방식으로 회수된 비투멘의 경우 경질유와 혼합된 상태인 비투멘 블렌드(bitumen blend)로 판매됨

나. 지하회수법 (In-situ recovery process)

- 비투멘은 가열하거나 또는 묽게 하지 않으면 시추공을 따라 생산될 수 없음. 오늘날 대부분의 주요 상업적인 지하회수법에 의한 프로젝트는 비투멘에 열을 가하고 묽게 하기 위하여 고온고압의 증기를 사용함
- 서로 다른 저류층 환경하에서 사용되는 주요 지하회수방법은 윤회스팀자극법(cyclic steam stimulation; CSS), 증기배유공법(steam-assisted gravity drainage; SAGD), 상온생산법(cold production)이 있음

[표 2.17] 지하회수 방식의 적용조건 비교, 에너지산업진출협의회·석유공사(2007)

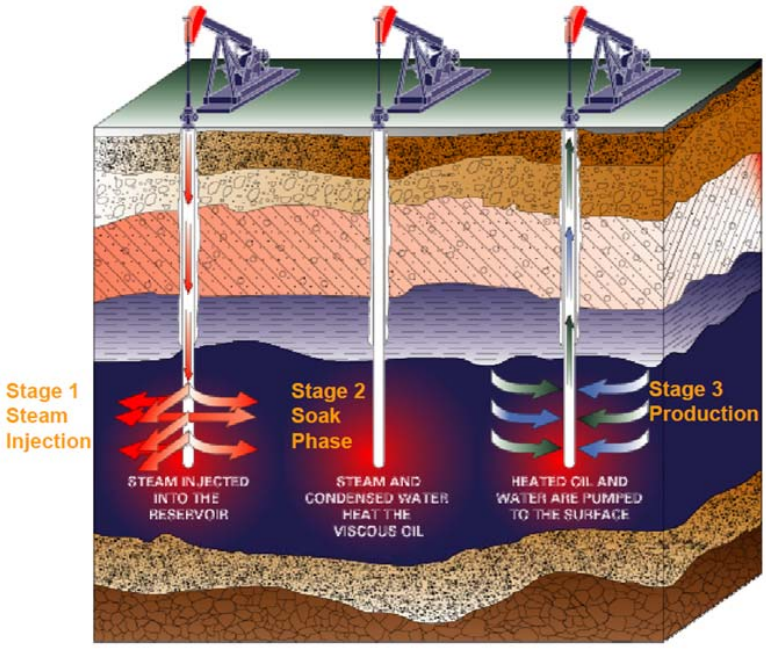
| 구분 | CSS | SAGD | Cold Production |
|---|---|---|---|
| 투과도 (D) | > 1 | > 5 | > 2 |
| 순층후 (Net Pay, m) | 10 | 20 | 3 |
| 오일 포화도 (wt%) | 9 | 12 | 9 |
| 점성도 (cp) | Bitumen (>100,000) | Bitumen (>100,000) | Heavy Oil (10,000) |
| 저류층 심도 | moderate | shallow | moderate |
| 가스 오일비 (GOR) | High | Low | High |
| Thief zone tolerance | <5m | little | little |
| 생산량 ($m^2$/d/well) | 10 | 100 | 10 |
| 누적 스팀 오일비율 (CSOR) | 4 | 3~4 | - |
| 회수율 | 20~25% | 40~50% | 5~15% |
| 적용가능 지역 | Cold Lake Peace River | Athabaska Cold Lake Peace River | Cold Lake Peace River |

- SAGD공법의 회수율이 가장 좋은 것으로 알려졌으나 상대적으로 개발환경이 좋아야 하기 때문에 아사바스카 지역과 피스리버 지역 일부에 적용되고 있음
- 최근 용매제법(vapor extraction process; VAPEX), 연소공법(toe to heel air injection , THAI), 용제SAGD 등 새로운 방법들이 계속 연구 개

발되고 있음

① 윤회스팀자극법(cyclic steam stimulation; CSS),

- 고압의 스팀(300~340℃)이 수 주일에 걸쳐 오일샌드 층에 주입되면 열이 비투멘을 부드럽게 하고, 수증기는 비투멘이 모래입자로부터 묽게하여 분리되는 것을 도와줌. 또한 압력이 통로와 균열(channels and cracks)을 만들어 비투멘이 시추공을 따라 흐르게 함. 지류층의 일부분이 완전히 포화되었을 때 스팀은 꺼지고 저류층은 몇 주일 동안 젖은 상태로 둠
- 다음 생산단계에서는 비투멘이 흐르거나 또는 펌프질을 하여 동일한 시추공을 통해 지표로 올라오고 생산율이 떨어지면 또 다른 싸이클의 스팀주입이 시작됨. 이 처리과정은 흡입배출(huff-and-puff) 회수라고도 하는데 수직정에만 적용됨
- 증기와 원유의 비는 3~6:1이며 회수율은 일반적으로 25%이하임
- 콜드레이크 지역의 Imperial Oil의 경우 수직정을 사용하며 피스리버 지역의 Shell의 경우 수평정을 사용함

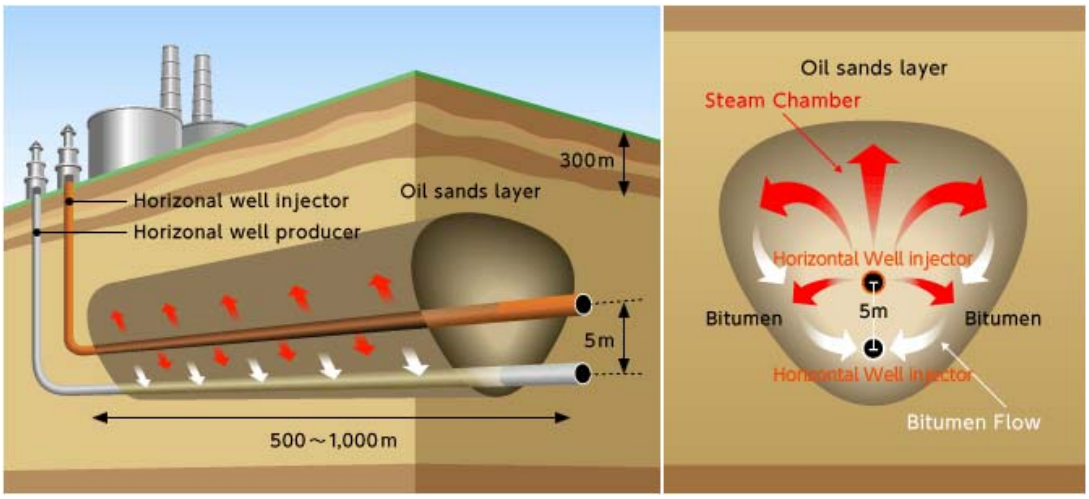



[그림 2.21] 윤회스팀자극법 (CSS)

② 증기배유공법(steam-assisted gravity drainage; SAGD)

- 하나의 오일샌드 층으로 아래위로 한 쌍의 수평을 굴착하고, 상부에 있는 시추공으로 고공고압의 증기를 계속 주입하여 증기가 오일샌드 층에 열을 가함에 따라 비투멘은 묽게 되어 아래에 있는 시추공으로 배수됨. 다음 생산단계에서 자연적인 흐름이나 펌프를 통해 비투멘을 지표로 생산함

- 증기와 원유의 비는 2~4:1이며 회수율은 Dover Pilot의 경우 70% 이내임
- SAGD공법에서는 한 쌍의 수평정을 사용하며, 층후가 두껍고 깨끗한 오일 샌드 저류층에 적용됨. 상부 수평정내 고온고압의 증기 영향으로 유동성을 가지는 비투멘이 중력에 의하여 하부로 흘러 생산정을 통하여 생산되는 방식이므로 저류층의 수직유체투과율에 민감함



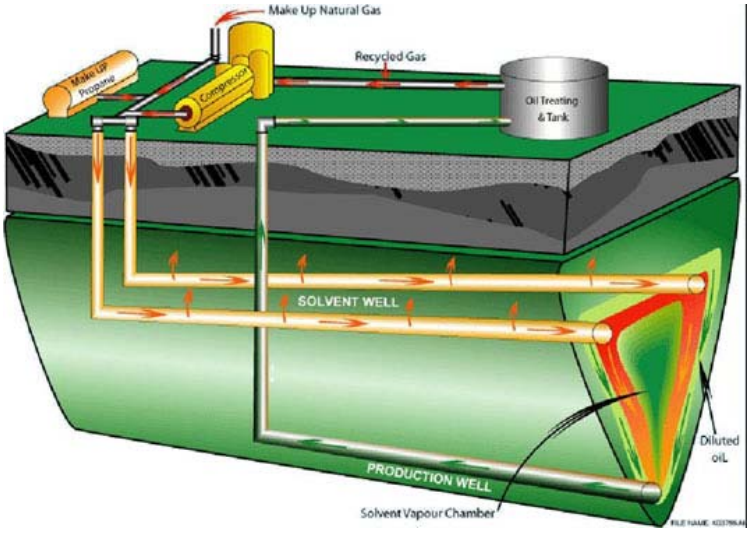

[그림 2.22] 증기배유공법 (SAGD)

③ 상온생산법(cold production)

- 상온생산법의 대표적인 방법은 캐나다 콜드레이크에서 시작한 CHOPS(cold heavy oil production with sand) 프로젝트로서 고온고압의 증기를 사용하지 않고 오일과 모래를 동시에 생산하는 기술임. 회수율은 5~15% 임
- 이 방법은 비투멘이 아닌 중질유에 적용되는 기술로 베네수엘라의 초중질유에도 많이 적용됨
- 엄청나게 생산되는 모래 처리와 미고결지층의 붕괴에 따른 생산정 개보수 운영비용이 많이 드는 것으로 알려짐. 현재 상온생산법을 적용하는 프로젝트의 경우 모래생산 비율의 문제점을 해결할 수 있는 기술개발에 초점을 두고 있음.
- 아사바스카 지역의 와바스카(Wabasca)와 피스리버 지역에서는 수평정을 사용하여 역청을 생산하는데 이 방법의 경우 콜드레이크의 CHOPS 기법과 비교했을 때, 수평정 시추에 따른 비용이 많이 들어감에도 불구하고 모래가 덜 생산되기 때문에 운영비가 적게 드는 것으로 밝혀짐. 그 이유는 역청 점성도가 콜드레이크 지역보다 낮아 모래가 역청으로부터 잘 분리되어 덜 생산되기 때문임. 따라서 이 기술은 역청의 기초물성을 잘 측정하여 적용하는 방법을 달리함으로써 생산효율을 높일 수 있는 기술로 인식됨

④ 용매제법(vapor extraction process; VAPEX)

- 기술적으로 SAGD 방법과 유사하나 SAGD에서는 증기를 주입하는 반해 VAPEX는 용제(에탄 혹은 프로판)를 오일샌드 층에 주입하여 용해에 의해 오일을 회수함.
- 적은 주입압력과 온도로 상대적으로 큰 에너지 효율성을 가지며, 에멀젼(emulsion)을 다룰 필요가 없음. 또한 대상층에 피해를 주는 점토 부풀림 현상이 없으며 SAGD 공법에 비해 자본비용이 75%만 들어감. 하지만 분자 확산(molecular diffusion)에 의하여 용해가 일어나므로 회수속도가 SAGD 공법에 비해 매우 느림
- Devon Canada 회사는 지방 및 연방정부와 컨소시엄을 구축하여 VAPEX 회수기술을 개발하여 현장에 적용하는 노력을 하고 있음. 이 실험 현장은 아사바스카 오일샌드 지역의 Fort McMurray 근처에 있으며, 실험장소에서 용매제법에 의한 역청회수를 위한 다양한 실험연구가 진행되고 있음. 이 방법에서는 용매제의 농도와 온도에 따라 역청 회수효율에 관한 기술 개발이 주로 수행됨
- 60% 이상의 높은 회수율을 가지고 있으며 저 에너지 소비와 현지개질이 가능하다는 장점을 가짐. 또한 보일러 주입수의 처리가 불필요하며 GHG의 방출 또한 소량임. 그러나 아직 파일럿 테스트 단계여서 단기간에 상업화 되기는 쉽지 않을 것으로 보임

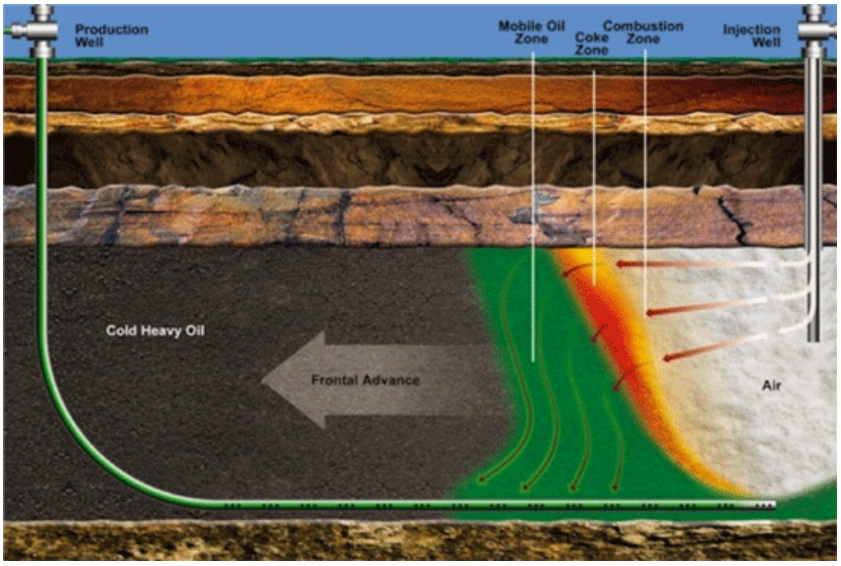



[그림 2.23] 용매제법 (VAPEX)

⑤ 연소공법(toe to heel air injection , THAI)

- SAGD 방식과 유사하나 주입정과 생산정을 원거리에 위치시켜, 주입정으로 주입한 공기에 의해 비투멘과 연소시켜 비투멘의 점성을 낮춘 후 중력과 바람을 이용하여 생산정에 비투멘이 흐르도록 하여 생산하는 방법임.

- 80%의 높은 회수율과 고열에 의해 비투멘의 부분적 개질효과가 있으며 스팀대신 공기를 주입하여 경제성을 향상시킬 수 있다는 장점이 있음. 또한 물 사용을 적게하여 환경에 미치는 영향을 최소화하고 매우 다양한 저류층 조건 하에서 적용하여 환경에 미치는 영향을 최소화하고 매우 다양한 저류층 조건하에서 적용할 수 있음
- 1970년대와 1980년대에 수직정을 이용하여 중질유나 오일샌드 회수에 적용하고자 시도되었으나 성공하지 못하였음. 가장 큰 이유는 저류층에서 불길의 방향을 조절할 수 없었거나 시추공 하단의 시설이 파괴되어 많은 양을 회수할 수 없었기 때문임
- 2004년 Orion Oil Canada는 앨버타주 Conklin 근처의 Whitesand 오일샌드 리스에 THAI 공법을 시험였고 2006년 Petrobank 필드에서도 파일럿 사업을 수행하였음

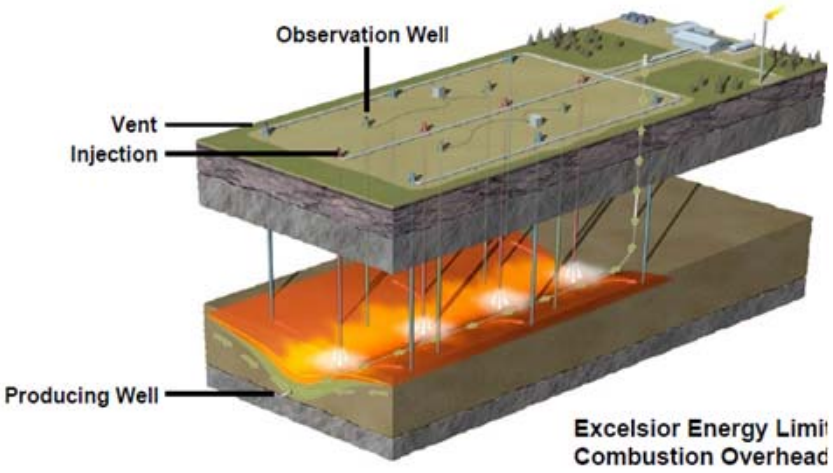



[그림 2.24] 연소공법 (THAI)

⑥ 용제SAGD 공법

- 스팀과 용제의 장점을 결합하여 비투멘을 추출하는 공법으로 최근 연구결과 SAGD 공법에 비해 에너지 및 물의 사용량이 낮고 기존의 회수율을 개선할 수 있는 것으로 나타남
- 스팀에 의한 점도 저하 및 용제에 의한 용해의 혼합효과로 에너지 소비를 줄이면서 회수효율을 제고시킬 수 있는 대체 방법으로 주목받고 있음
- Suncore는 Firebag사업과 관련하여 나프타를 용제로 하여 현장시험을 하고 있으며, Petro-Canada는 MacKay River 사업과 관련하여 파일럿 실험을 계획하고 있음. EnCanada는 SAP(solvent aided process)의 이름으로 Selnac 파일럿 사업을 수행하였으며 Christina Lake에서 현장시험을 하

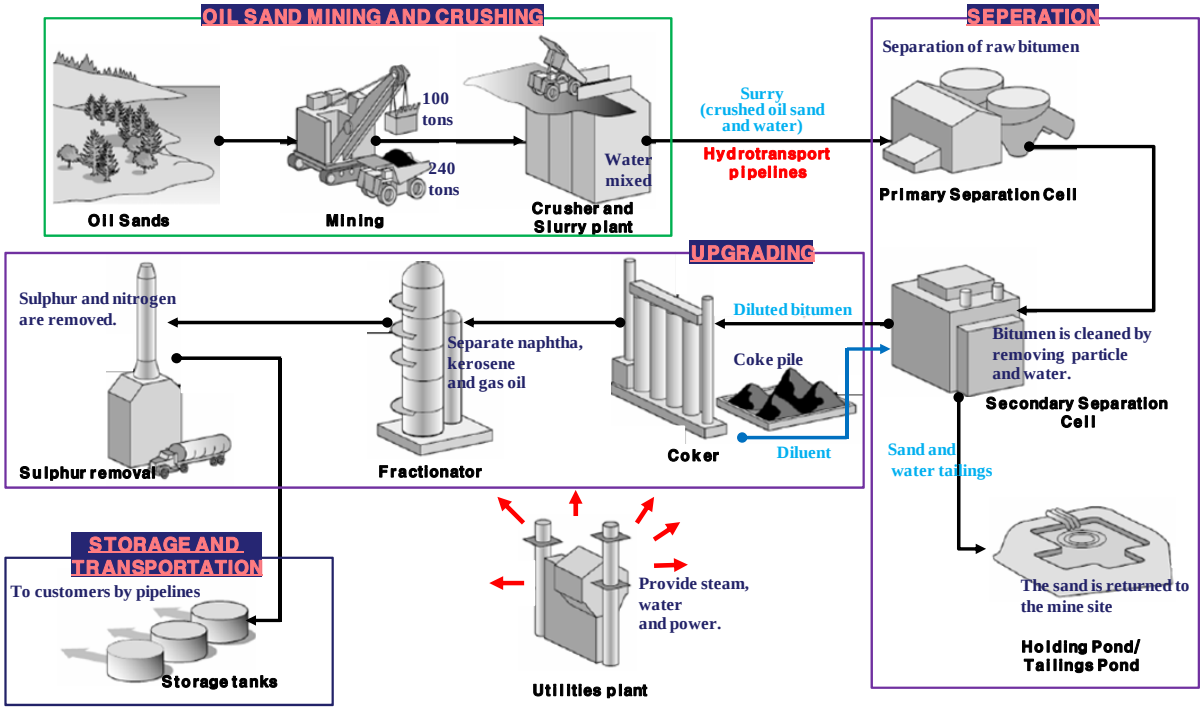
고 있음




[그림 2.25] 용제 SAGD 공법

## (2) 오일샌드플랜트 구성

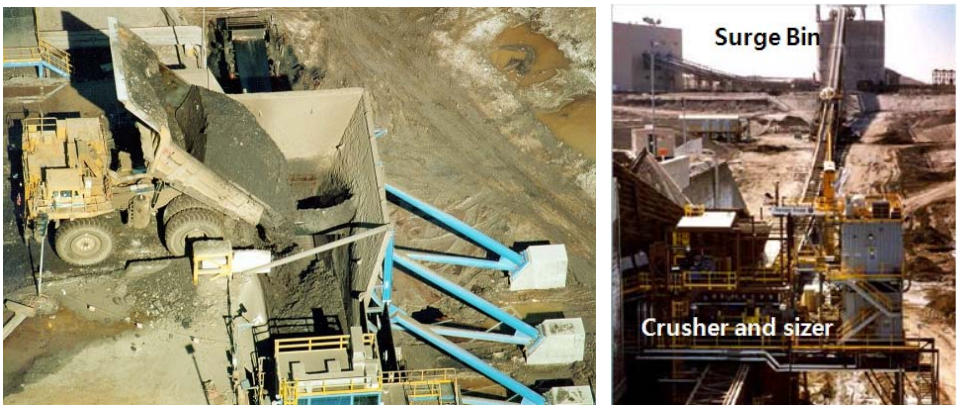
- 노천채굴법(Mining)에 의한 오일샌드플랜트는 그림 2.19와 같은 과정으로 오일샌드를 처리하고 다음과 같은 시설로 구성되어 있음




[그림 2.26] Mining공법에 의한 오일샌드 처리과정

(a) Ore Preparation Plant (OPP): 대형 트럭에 오일샌드를 싣고 와 Crushing Plant 상부 Hopper에 직접 투입 후 1차 파쇄. 파쇄된 Ore는

Conveyer를 통해 Surge Bin에 옮겨진 후 Rotary Breaker를 통해 2차 파쇄되며 크기가 너무 큰 것들은 다시 Crusher로 보내짐. Rotary Breaker를 통과한 ore는 뜨거운 물(약 80C)과 가성소다(caustic soda)를 썩어 Slurry상태로 만든 후, Hydrotransport (HP) pipeline을 통해 Primary Separation Cell(PSC)로 옮겨짐

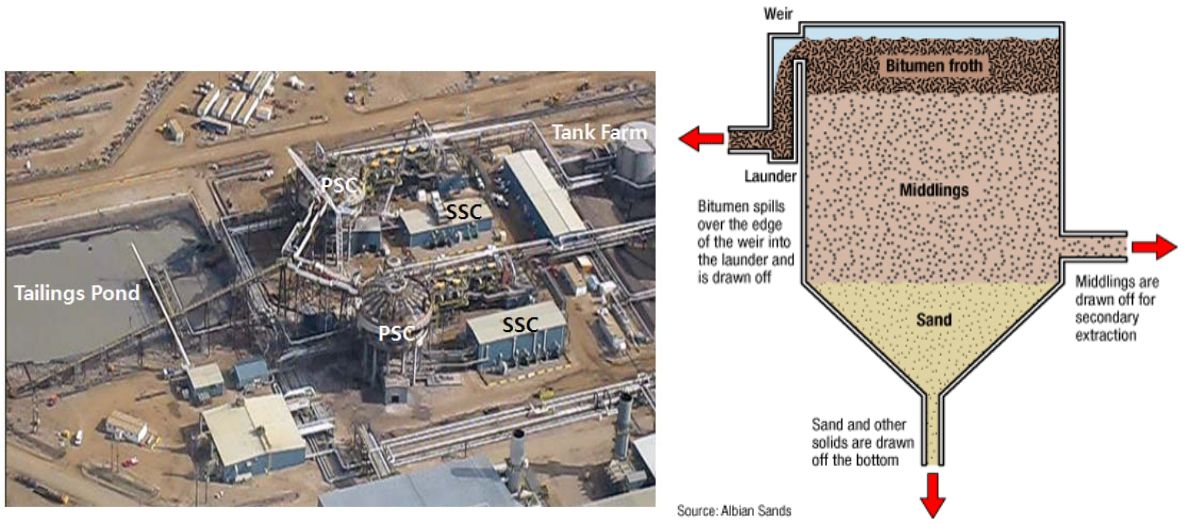



[그림 2.27] Ore Preparation Plant (OPP)

(b) Hydrotransport Pipeline (HP): Slurry를 Primary Separation Cell로 이동시키는 관. 초기 HP Pipeline은 Steel Pipe로 만들어졌으나, Slurry로 인해 내부의 마모가 심하게 발생하여 6개월마다 수리 또는 교체를 해야 했음. 현재는 고무 또는 고무+우레탄으로 Pipe 내부를 보강하여 손상을 방지하는 형태의 Pipe가 사용되며, 그 수명은 약 2~3년 정도 임

[그림 2.28] Hydrotransport Pipeline (HP)

(c) Primary Separation Cell (Vessel): 오일샌드 Slurry를 여러 개의 층으로 분리시키는 곳으로 약 20분 정도의 시간이 소요됨. Bitumen froth가 떠오른 상부층은 Upgrading 시설로, Bitumen, Clay, Water가 함께 존재하는 중간층은 Secondary Separation Cell(SSC)로, 모래가 가라앉아 있는 하부층은 Tailings Pond로 각각 보내짐



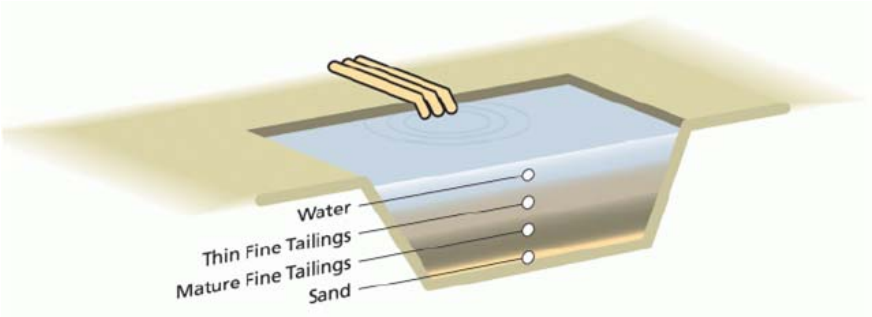

[그림 2.29] Primary Separation Cell (Vessel)

[그림 2.30] Secondary Separation Cell (Vessel)

(d) Secondary Separation Cell: Scroll Centrifuge와 Disk Centrifuge를 이용하여 Bitumen을 추출. PSC에서 분리된 중간층에 Naphtha를 추가함으로써 Bitumen froth의 점성이 약화되어 보다 더 쉽게 분리됨. 그 후 Disk centrifuge를 회전시키면 중간에 bitumen froth가 중간층에 남고 물과 clay는 바깥으로 빠져 나가게 됨. 모아진 Bitumen froth는 Solvent (Diluent)와 섞여져 Upgrading 단계로 이동

(e) Tailings Ponds: Bitumen을 추출하고 난 후 모래, 진흙, 물과 같은 찌꺼기는 tailings Pond로 보내짐. 가장 무거운 모래가 맨 아래층에 쌓이게 되며, 그 위로 Mature Fine Tailings (MFT), Thin Fine Tailings (TFT), 그리고 맨 위에 물층으로 분리됨. MFT는 주로 Fine Clay Particle로 구성이 되는데 이를 복원하기 위해서는 오랜 시간이 걸려 보다 큰 Pond가 필요함. MFT를 빨리 복원시키는 방법을 강구하는 것이 현재의 가장 큰 관심사이고, 이를 위해서 모래와 석고 등을 사용한

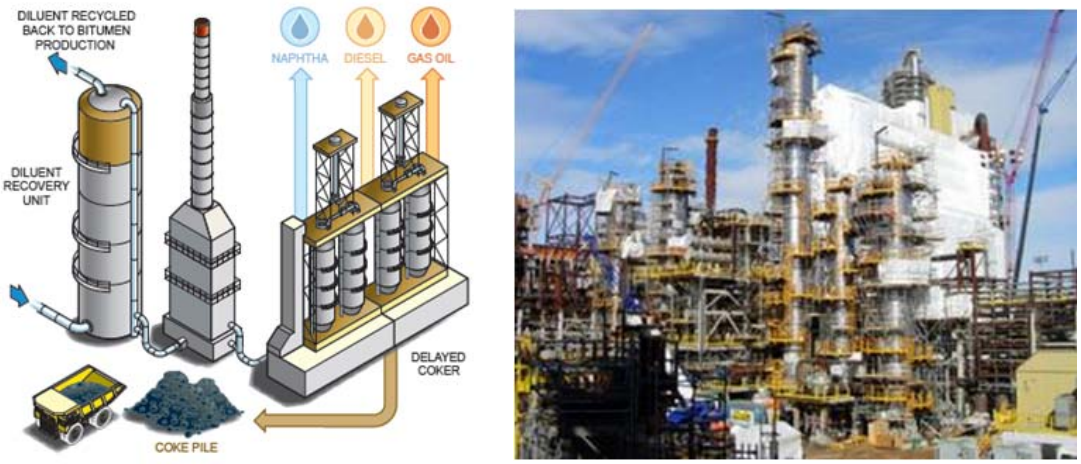
Consolidating Tailings (CT) Technology가 현재 많이 사용됨



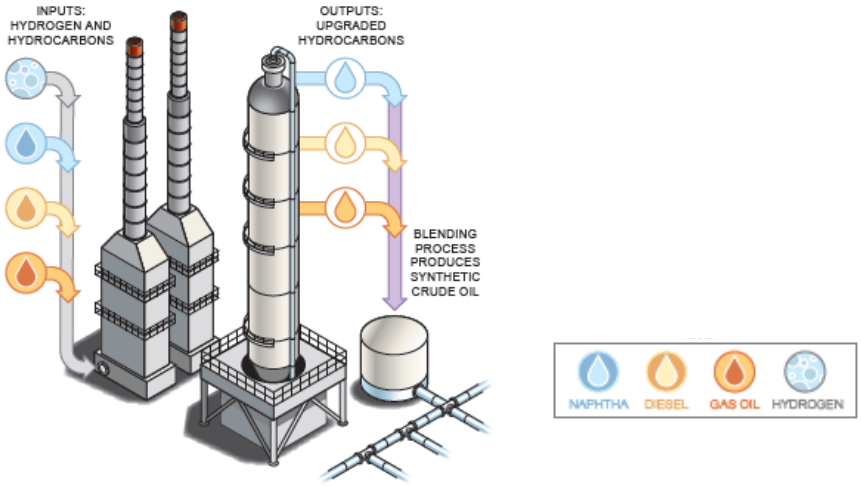

[그림 2.31] Tailings Ponds

(f) Primary Upgrading (PUG): Upgrading이란 Bitumen의 Carbon을 제거하면서 Hydrogen을 첨가하는 정제과정으로 밀도와 점성을 일반 경질원유와 유사하게 바꾸는 처리과정임(Carbon Rejection). 이 과정에서 Bitumen은 Hydrocarbon products로 변화됨. Naphtha를 Bitumen에 첨가하여 Diluent를 분리하여 Raw Bitumen을 추출하고, Raw Bitumen을 Coker속에서 가열시켜 Kerosene, Naphtha, Gas Oil을 분리시키며, 그 잔여물은 2차 Upgrading Plant로 옮겨짐. 이 과정에서 부산물로 Coke가 생성되지만, Naphtha 함유량이 매우 높음

(g) Secondary Upgrading (SUG): Hydrogen을 추가하여 Hydrocarbon Products를 안정화시키는 작업이 이루어짐. Hydrocarbon Molecules로부터 Sulphur, Nitrogen 등의 불순물을 제거함. 생산된 석유제품(Synthetic Crude Oil (SCO)) Naptha, Diesel, Gas Oil 등은 혼합되어 운송됨.




[그림 2.32] 1차 개질 (Primary Upgrading)



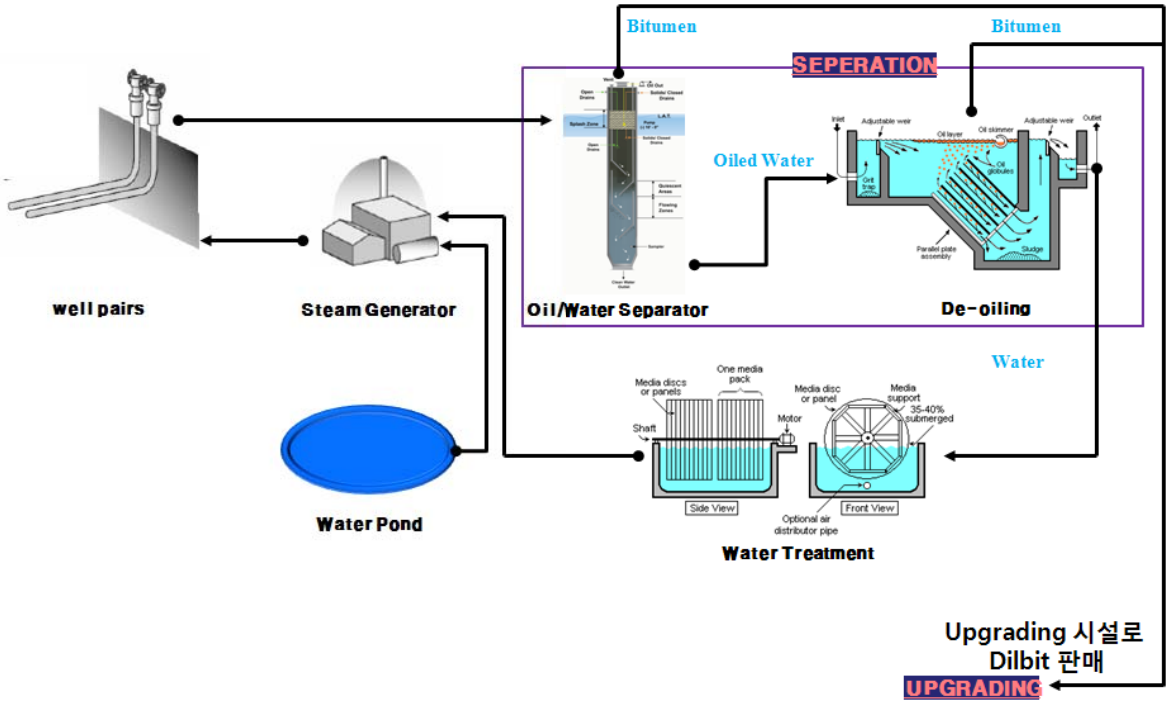

[그림 2.33] 2차 개질 (Secondary Upgrading)

◦ 또한, 노천채굴법(Mining)에 의한 오일샌드플랜트의 시설은 다음과 같은 주요 설비로 구성되어 있음

- Material Handling Equipment (Ore Preparation Plant(OPP))
  - Crushing Plant - Crusher Dump hopper, Crusher Apron Feeder, Double Roll Crusher
  - Surge Feed Belt Conveyors and Slurry Prep Feed Conveyors
  - Surge Facility
  - Slurry Preparation Plant
- Separation Cell (Sep Cell)
- Column Flotation Cells
- Cyclopacks
- Tanks
- Pumpboxes
- Process Fired Heaters
- Gas Turbine Generator Packages
- Heat Recovery Steam Generators
- Steam Boilers
- Gas Turbine Fuel Conditioning Equipment
- Water Treatment Plant
- Pressure Vessels
- Shell and Tube Heat Exchangers
- Plate and Frame Heat Exchangers
- Cooling Tower
- Flare Stack
- Instrument / Utility Air Compressor Package
- Liquid Ring Vacuum Pumps and Compressors

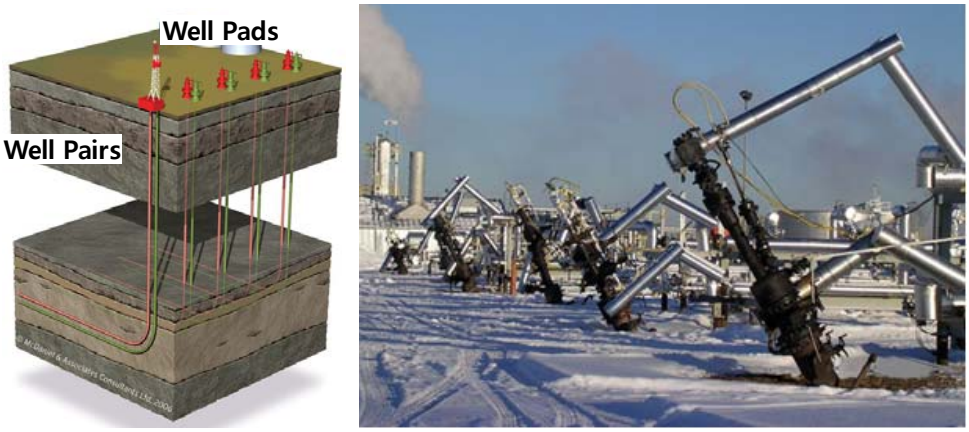
- Vapour Recovery Unit (VRU) Chiller
- Centrifugal Slurry and Froth Pumps
- API Centrifugal Pumps
- General Purpose (Non-API) Centrifugal Pumps
  - Vertically Suspended Pumps
  - Submersible Pumps
  - Vertical Sump Pumps
- Progressive Cavity Pumps
- Gear Reducers
- Electric Motors
- Shaft Couplings and Power Transmission Equipment
  - Pump Couplings
- Other Transmission Equipment
- Mixers and Agitators
- Rake Mechanisms for Thickener
- Water Barges
- Cranes and Monorails

◦ 지하회수법(In-situ)에 의한 오일샌드플랜트는 그림 2.27과 같은 처리과정으로 구성되어 있음. 노천채굴보다는 생산량이 작아 Upgrading 시설을 함께 보유하고 있지 않고, Well Pad, Steam Generator 등의 시설이 추가로 요구됨



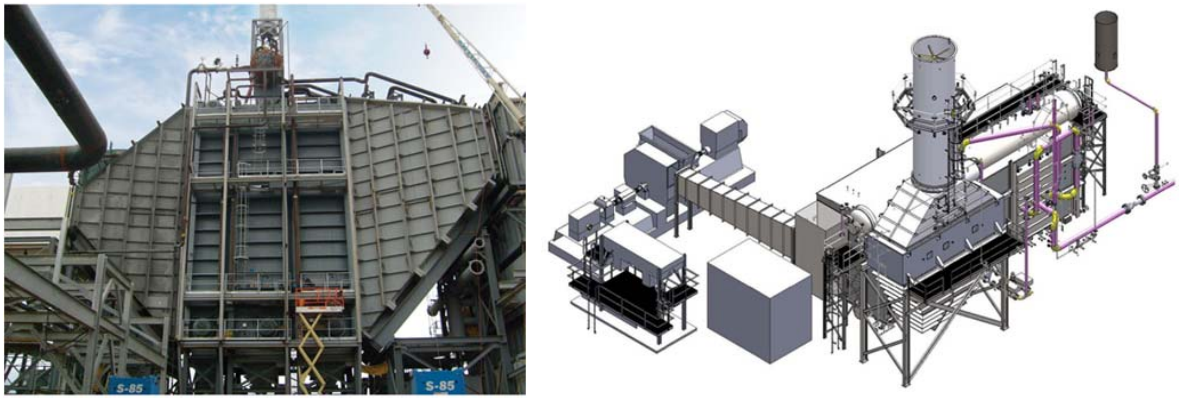

[그림 2.34] 지하회수법(In-situ)에 의한 오일샌드 처리시설 및 과정

(a) Well Pad/Well Pairs: In-situ방식의 경우 땅속의 Bitumen을 채굴하기 위하여 여러 개의 Well을 설치하는데, 이러한 Well이 설치되는 장소를 Well Pad라고 함. SAGD 공법의 경우 2개의 Well (Injection & Production)이 한 쌍으로 이용되기 때문에 이를 Well Pair라고 칭함




[그림 2.35] Well Pad/Well Pairs

(b) Steam Generator: Steam Generator는 물을 끓여 In-situ방식의 Injection Well 쪽으로 Steam을 보내는 장치. 사용자의 요구수준에 따라 용량 및 압력이 결정됨. 물을 Steam으로 전환시켰을 때 Moisture Particle의 Size를 최소화시키는 것이 핵심 기술임. 또한 전력 사용량이 매우 커서 Nuclear로 대체하는 연구가 진행되고 있음



[그림 2.36] Steam Generator

- 또한, 지하회수법(In-situ)에 의한 오일샌드플랜트의 시설은 다음과 같은 주요 설비로 구성되어 있음
  - Well Pad Manifolds
  - Free-Water Knockout Drums (FWKO)

- Desalter
- Diluent Recovery Unit (DRU)
- Induced Gas Flotation (IGF)
- Oil Removal Filters (ORF)
- Tanks
- Pumpboxes
- Process Fired Heaters
- Gas Turbine Generator Packages
- Heat Recovery Steam Generators
- Steam Boilers
- Gas Turbine Fuel Conditioning Equipment
- Water Treatment Plant
- Gas Treatment Plant
- Pressure Vessels
- Shell and Tube Heat Exchangers
- Plate and Frame Heat Exchangers
- Cooling Tower
- Flare Stack
- Instrument / Utility Air Compressor Package
- Gear Reducers
- Electric Motors
- Shaft Couplings and Power Transmission Equipment
- Other Transmission Equipment
- Rake Mechanisms for Thickener
-

소결

- In-situ 플랜트의 구성은 생산설비(CFF: Central Field Facilities), 처리설비 (CPF: Central Process Facilities)로 구분되며 시설 내 비투멘 업그레이드(정제) 설비는 없음, 일일 처리량이 3000~30000배럴 수준으로 자체 시설 내 정제 설비 운영은 경제적으로 합리적이지 않으며 인근의 별도의 Upgrade 플랜트에서 다수의 시설에서 오는 비투멘 및 오일을 정제하므로 이는 오일샌드만의 정제 기술이 아니며, In-situ 플랜트의 critical path가 아님. 다만, 일일 처리량이 많은 (150,000급) mining플랜트는 시설 내 업그레이드 설비 자체 운영 중임
- In-situ 플랜트의 공정(CPF의 공정) 중 주요 Process는 물의 처리와 스팀의 생성이며 오일/물/샌드 분리는 상대적으로 쉽게 또는 부분적으로 수행하는 공정임. 반면, Mining 플랜트의 경우 분리공정이 중요하며 특히 환경적 이슈인 Tailings pond 안정화 기술이 주요 기술임

### (4) 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술

- 오일샌드플랜트 건설을 위한 플랜트 엔지니어링은 다음의 내용으로 구성됨. 플랜트건설을 위하여 필요한 기술에 대한 큰 분류를 보면, 설계 팩키지, 제작 팩키지, 모듈 팩키지로 구성되어 있으며, 그 외의 분류로 파이프, 전기, 구조상세 등을 포함하고 있음. 아래 표 2.18은 오일샌드플랜트 모듈설계를 위하여 계획한 엔지니어링을 나열한 것임

[표 2.18] 오일샌드플랜트 엔지니어링

| 구분 | 설명 |
|---|---|
| Engineering Work Package (EWP) | -Off loading, Cranage and jacking<br>-Visual inspection of equipment on receiving and report of Overage, Shortage and Damage(OS&D) when necessary<br>-Transportation, onsite storage and handling of equipment and materials in contractor's module yard<br>-Storage and preservation of equipment and material from the time they are received until the modules are loaded for transport<br>-Removal of temporary supports, bracings, tie-downs, clips and like materials provided for protection during shipping to module yard and storage if these material obstracts module assembly<br>-Installation of fall arrest systems<br>-Installation of temporary shipping supports, tie down etc. for module transport<br>-Carry out all activities for Onsite Storage of Equipment in accordance with Equipment Protection during Transit and Storage at site(FB-A-5673) |
| Fabrication Work Package (FWP) | -Supply, detail, fabrication & delivery of all fabricated structural steel including fasteners<br>-All process and pipe rack modules, stick-built and other off module miscellaneous steel that will be shipped to the selected Module Assembly Yard or to site<br>-All associated connection design, shop fabrication and erection drawings<br>-Painting of handrails, toe plates, ladders, ladder cages and safety gates |
| Module Work Package (MWP) | (Mechanical Scope)<br>-Installation and setting of all Suncor supplied equipment. Exchangers 94E-1055E/F/G/H/I/J are shipped loose so this equipment can be ignored for the purposes of this EOI<br>-Supply and installation of equipment insulation, where equipment is not insulated.<br>(Civil/Structural Scope)<br>-Welding and fabrication of all structural steel<br>-Receive, unload, stock pile and verify fabricated structural steel<br>-Maintain a material control system for tracking every |

| | |
|---|---|
| | piece of structural steel received<br>-Assembly of all structural steel components and grating, handrail, ladders, etc<br>-Supply and installation of all temporary supports and tie-downs required for stability of Structural module, equipment and pipes (including their components) during module lifting & transportation in accordance with FB03-PEG-PN-018 "Design, Supply and Installation of Module Transportation Steel". For pipe 8" diameter or greater supports will be free issued. For pipe less than 8" the assembler will be responsible to design, supply and install supports. Note that although FB03-PEG-PN-018 was written for the FB3 project, it is applicable for the FB4 project<br>-Supply and installation of all material required for temporary enclosure at surfaces meant for future additions as per drawings in respective EWP's<br>-Supply and installation of all sealing materials (wood, polyethylene, etc) for door openings<br>-Touch up paint where required<br>-Provide clear unobstructed access beneath/around modules for loading and transportation of modules by Transportation Contractor<br>-Supply and installation of fall arrest system to facilitate installation of roof cladding wherever required<br>-Fireproofing scope (if any) is not included.<br>(Electrical/EHT Scope)<br>-Installation of cable tray & supports<br>-Installation of grounding<br>-Installation of lighting & supports<br>-Installation of on power including, JB's, control stations, conduit, receptacles, etc<br>-Installation of electrical heat tracing<br>(Piping Scope)<br>-Assembly and welding of all piping<br>-Installation of pipe supports<br>-Pressure testing and NDE of pipe<br>-Supply and installation of insulation<br>-Installation of valves and other components<br>-Support and secure pipes and all accessories within module against transportation forces<br>(Instrument and Control(I&C) Scope)<br>-Installation of inline Instruments where applicable and all offline instruments<br>-Installation of instrument supports<br>-Installation of instrumentation tubing and wiring<br>-Installation of Fire and Gas detection system<br>-Installation and termination of junction boxes.<br>(Other Scope)<br>-Receive and store all Owner furnished material and equipment<br>-Supply balance of material required to complete the work<br>-Preparation for transportation (in special for any |

| | |
|---|---|
| | material or component that need to be shipped loose and installed at site)<br>-Material scope of supply: all other materials and consumables not specified called out in the Bill of Materials (BOMs) shall be provided by the Contractor<br>-Furnish clear access under / around modules to Transportation Contractor for sae transportation of modules |
| General Layout | -Module layout drawing |
| P&ID | -Piping & Instrumentation Diagram inlet separation produced water cooler |
| LDT | -Line Designation Table |
| Piping Isometrics | -Piping Isometrics |
| Vessel Drawings | -Vessel Drawings |
| Structural Steel Details | -Structural Steel Details (Plans and Details)<br>-Detailed Design |
| Electrical & Instrumentation Details | -Instrument installation details typical wiring hook-UPS<br>-Inlet cooling area module instrumentation assembly<br>-Wiring diagram inlet feed cooler area lighting termination box |
| Datasheets | -Instrument specification |
| BOM | -Bill of Material |
| Specifications & Standards | -모듈별 specifications & standards 정의 |

- 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술은 오일샌드플랜트 건설의 시공비 절감, 공기 단축을 위한 기술로써 환경적/제도적 제약 배제, 현지 노동력 부족에 관계없는 플랜트 설비 제작, 고품질 유지, 동일 형상 설비의 반복 생산, 기상조건의 제약없는 일정 진행 등의 장점을 가지고 있음
- 캐나다 앨버타 지역 밖에서의 오일샌드플랜트 모듈제작은 다음 4가지 이유로 고려됨. (1) 비용(인건비, 간접비), (2) 생산성, (3) 일정, (4) 품질. 이때 여러 제작장에서 오일샌드플랜트 공사 현장으로의 모듈운반은 함께 고려됨

[표 2.19] 모듈제작 고려사항

| 구분 | 상세 |
|---|---|
| 비용 | Estimated Total Cost Module A |
| | Estimated Total Cost Module B |
| | Estimated Cost Transportation Module B |
| | Overall shop labour rate (all in) |
| | Welder labour rate (average) |
| | Pipefitter labour rate (average) |
| | Electrician labour rate (average) |
| | Instrument Technician rate (average) |

| | |
|---|---|
| 생산성 | Estimated total manhours Module A |
| | Estimated Welder manhours Module A |
| | Estimated Pipefitter manhours Module A |
| | Estimated Electrician manhours Module A |
| | Estimated Instrument Technician manhours Module A |
| | Estimated total manhours Module B |
| | Estimated Welder manhours Module B |
| | Estimated Pipefitter manhours Module B |
| | Estimated Electrician manhours Module B |
| | Estimated Instrument Technician manhours Module B |
| | Average Daily diameter inches welds per welder |
| 일정 | Time to complete Module A |
| | Time to complete Module B |
| | Time for transportation Module A |
| 품질 | Diameter inches rework / total diameter inches |

- 캐나다 오일샌드 프로젝트의 한 예를 통해 살펴보면, 플랜트 모듈화를 위한 분야로, 기계, 토목, 전기, 파이핑, 전기 등으로 구분되어 있으며, 그 규모에 따라 캐나다 현지제작용 모듈과 운송의 영향을 고려한 모듈로 나눠져 있음. 이는 운송 등의 영향이 모듈화에 큰 영향을 미치는 인자이기 때문에 이에 따른 오일샌드플랜트 전체 설계 및 시공 방법이 달라지기 때문임. 향후 기술적으로 해결해야 할 부분에 대한 일례를 살펴보면 아래와 같음

  - Module ‘A’는 중앙 공정 시설의 프로세스 모듈임. 앨버타 적합 제원을 갖는 모듈로 7.5m (width) x 7.3m (height) x 30.2m (length)임. 여기에는 Exchangers, Drain drum 등을 포함하고 있음. 제원이 비교적 크기 때문에 앨버타 외 지역에서의 운반은 용이하지 않음
  - Module ‘B’는 Well Pad의 파이프랙 모듈이며, 제원은 4m(width)x4m(height)x16.5m(length)로, 철도나 트럭, 해상운반 모두에 적합함.

[표 2.20] Module ‘A’의 Specifications and Standards

| 구분 | Specifications and Standards |
|---|---|
| Mechanical | -(FB-C-5609)ASME SECTION VIII, DIV. 1 - PRESSURE VESSELS<br>(1) Design, materials, fabrication, inspection, testing<br>(2) Alloy cladding |
| | -(FB-A-5671)MECHANICAL EQUIPMENT FIELD INSTALLATION REQUIREMENTS |

| | |
|---|---|
| | (1) Mobilization for equipment for installation<br>(2) Equipment receiving, handling, storage, etc<br>(3) Loading, placing, erection, levelling, alignment and securing<br>(4) Removal of temporary supports<br>(5) Equipment maintenance prior to turnover |
| | -(FB-A-5673)EQUIPMENT PROTECTION DURING TRANSIT AND STORAGE AT JOBSITE<br>(1) Preparation for shipment<br>(2) Recommended Rust Preventives<br>(3) Special Rust Preventives<br>(4) Alternate Rust Preventives |
| | -(FB03-TDA-125)PIPE CLASSES CA0 AND CA1<br>(1) CA0 - Hydrochloric acid application for indoor service<br>(2) CA1 - Hydrochloric acid application for outdoor service |
| | -(03-00035-07.15.1-7)MECHANICAL STANDARD DETAILS & DRAWINGS LIST<br>(1) Minimum spacing between edges of welds<br>(2) Pressure vessels bolt hole orientation<br>(3) Pressure vessel tolerance |
| Civil/Structural | -(FB-M-5301)DESIGN OF STEEL STRUCTURES<br>(1) Materials, design, fabrication and erection<br>(2) Bolted connection, welded connection |
| | -(FB-M-5302)FABRICATION AND DELIVERY OF STEEL STRUCTURES<br>(1) Materials, detailing, connections, fabrication<br>(2) Coating and galvanizing<br>(3) Qualifications and procedures of welding |
| | -(FB03-TDA-171)MINIMUM SECTION THICKNESS OF STRUCTURAL CONSTRUCTION FOR HOT ROLLED SECTION<br>(1) Thickness for corrosion |
| | -(03-00035-07.15.1-4)CIVIL STANDARD DETAILS & DRAWINGS LIST<br>(1) Steel piles and cap plates<br>(2) Concrete paving and slab |
| | -(03-00035-07.15.1-5)STRUCTURAL STANDARD DETAILS & DRAWINGS LIST<br>(1) Structural steel - splice and connections<br>(2) Structural steel - fireproofing |
| Electrical | -(FB-P-5506)General Electrical Installation<br>-(FB-P-5571)Packaged Equipment Electrical Requirements<br>-(FB-PE7-GP06)Testing of MI and SR EHT cables<br>-(03-00035-07.15.1-1)ELECTRICAL STANDARD DETAILS & DRAWINGS LIST |
| Piping | -(FB-L-5202)PIPING MATERIAL SPECIFICATIONS<br>-(FB-L-5203)VALVE SPECIFICATIONS<br>-(FB-L-5204)PIPING FABRICATION AND INSTALLATION<br>-(FB-L-5205)PIPING PRESSURE TESTS<br>-(FB-L-5208)THERMAL INSULATION OF PIPING, VESSELS, AND EQUIPMENT<br>-(FB-L-5210)PIPE SUPPORTS<br>-(FB-L-5213)POSITIVE MATERIAL IDENTIFICATION<br>-(FB-L-5214)STANDARD FOR PAINTING<br>-(FB-L-5215)CHEMICAL CLEANING OF PIPING SYSTEMS<br>-(FB-L-5217)SHOP AND FIELD WELDING REQUIREMENTS |
| I&C | -(FB-J-5404)INSTRUMENT INSTALLATION |

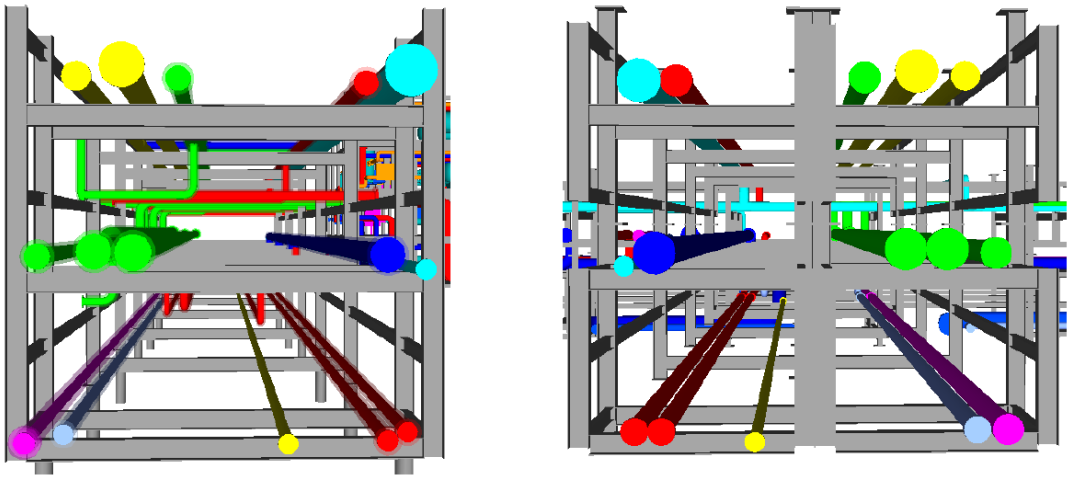
| | |
|---|---|
| | -(FB-P-5575)POWER, CONTROL & INSTRUMENT CABLES<br>-(OS MPG STD-0405)STANDARD FOR INSTRUMENT, INSPECTION, CALIBRATION AND TEST PROCEDURES<br>-(03-00035-07.15.1-2)I & C STANDARD DETAILS & DRAWINGS LIST |
| Electrical heat trace (EHT) | -(250 FB-P-5511)Electrical Heat Tracing<br>-(03-00035-07.15.1-3)EHT STANDARD DETAILS & DRAWINGS LIST |
| General | -(FB03-PEG-PN-018)DESIGN SUPPLY AND INSTALLATION OF MODULE TRANSPORTATION STEEL |

[표 2.21] Module 'B'의 Specifications and Standards

| 구분 | Specifications and Standards |
|---|---|
| Mechanical | -N/A |
| Civil/Structural | -(FB-M-5300)CIVIL/STRUCTURAL DESIGN CRITERIA<br>(1) Design loads, structural design, steel<br>(2) Civil design |
| | -(FB-M-5301)DESIGN OF STEEL STRUCTURES<br>(1) Materials, design, fabrication and erection<br>(2) Bolted connection, welded connection |
| | -(FB-M-5302)FABRICATION AND DELIVERY OF STEEL STRUCT.<br>(1) Materials, detailing, connections, fabrication<br>(3) Qualifications and procedures of welding<br>(2) Coating and galvanizing |
| | -(FB-M-5303)ERECTION OF STEEL STRUCTURES<br>(1) Material handling and erection preparations<br>(2) Field coating and inspection |
| | -(FB-PE2-GP02)GUIDELINE FOR STRUCTURAL STEEL CONNECTIONS DESIGN<br>(1) Connection development<br>(2) Connection design |
| | -(FB03-PEG-PN018)DESIGN, SUPPLY AND INSTALLATION OF MODULE TRANSPORTATION STEEL<br>(1) Transportation steel<br>(2) Temporary steel |
| | -(FB-A-5673)EQUIPMENT PROTECTION DURING TRANSIT AND STORAGE AT JOBSITE<br>(1) Preparation for shipment<br>(2) Recommended Rust Preventives<br>(3) Special Rust Preventives<br>(4) Alternate Rust Preventives |
| | -(DD00-M-114-1/DD00-M-114-2)ENGINEERING STANDARD DETAILS . ERECTION FALL PROTECTION |
| | -(DD100-M-1-1/DD100-M-1-2)ENGINEERING STANDARD DETAILS . STRUCTURAL STEEL GENERAL NOTES |
| | -(DD100-M-2-1/DD100-M-2-2)ENGINEERING STANDARD DETAILS . STRUCTURAL STEEL BASE PLATES |
| | -(DD100-M-6-1)ENGINEERING STANDARD DETAILS . STRUCTURAL STEEL STAIRS |
| | -(DD100-M-7-1)ENGINEERING STANDARD DETAILS . STRUCTURAL STEEL HANDRAIL AND GUARDRAIL |

| | |
|---|---|
| | -(DD100-M-8-1)ENGINEERING STANDARD DETAILS . STRUCTURAL STEEL LADDERS |
| | -(DD100-M-11-1)ENGINEERING STANDARD DETAILS . STRUCTURAL STEEL VERTICAL VESSEL PLATFORMS |
| Electrical | -(FB-P-5506)GENERAL ELECTRICAL INSTALLATION<br>-(FB-P-5507)SURGE PROTECTION DESIGN<br>-(FB-P-5571)PACKAGED EQUIPMENT ELECTRICAL REQUIREMENTS |
| Piping | -(FB-L-5202)PIPING MATERIAL SPECIFICATIONS<br>-(FB-L-5203)VALVES<br>-(FB-L-5204)PIPING FABRICATION AND INSTALLATION<br>-(FB-L-5205)PIPING PRESSURE TESTS<br>-(FB-L-5208)THERMAL INSULATION OF PIPING, VESSELS, AND EQUIPMENT<br>-(FB-L-5210)PIPE SUPPORTS<br>-(FB-L-5213)POSITIVE MATERIAL IDENTIFICATION<br>-(FB-L-5214)PAINTING<br>-(FB-L-5215)CHEMICAL CLEANING OF PIPING SYSTEMS<br>-(FB-L-5217)SHOP AND FIELD WELDING REQUIREMENTS<br>-(FB-A-5673)EQUIPMENT PROTECTION DURING TRANSIT AND STORAGE<br>-(FB-PB1-GP01-F09)FIREBAG MODULE SIZE & TRANSPORTATION GUIDELINE<br>-(SUNCOR STANDARD 0114)ENGINEERING DELIVERABLES AND AS-BUILDING REQUIREMENTS<br>-(FB-PE6-TN001)ORIENTATION OF PIPE SEAMS ON WELDED PIPE AT MODULE EDGES |
| I&C | -(03-00035D-7.15.1-IND-3)PROJECT LIST OF TECHNICAL STANDARDS<br>-(03-00035D-7.15.1-IND-2)LIST OF STANDARD DETAILS AND DRAWINGS |
| Electrical heat trace (EHT) | -(FB-P-5511)ELECTRICAL HEAT TRACING<br>-(DD100-P-2001-1)ENGINEERING STANDARD DETAILS - EHT<br>-(DD100-P-2001-2)ENGINEERING STANDARD DETAILS - EHT<br>-(DD100-P-2031-1)ENGINEERING STANDARD DETAILS - EHT |
| General | -(STD-0114)PROJECT DELIVERABLES AND AS-BUILT<br>-(FB-A-5673)EQUIPMENT PROTECTION DURING TRANSIT AND STORAGE AT JOBSITE<br>-(FB-PE5-GP03)MECHANICAL EQUIPMENT . LONG TERM STORAGE PROCEDURE |

- 전형적인 오일샌드플랜트 모듈은 다음과 같음
  - Piperack modules
  - Process piping modules
  - Equipment tray modules
  - Motor control centre (MCC) buildings
  - Equipment modules
  - Stair tower and other structural modules



(a) 24′ × 24′ × 120′ 모듈 (b) 24′ × 24′ × 120′ 모듈

[그림 2.37] 전형적인 Piperack 모듈

소결

- 캐나다 발주처의 핵심 요구사항은 건설공기 단축, 건설비용 감소 및 품질 확보임. 그 중, 현장 건설공기/비용의 단축이 핵심 이슈로 모듈러 건설을 요구함.
- 오일샌드 플랜트 건설기술의 발전 동향은 현장시공 --> 모듈러 건설
- 기존 모듈러 기술과의 차이는 장거리 육상운송이 되어 운반제약에 따른 설계 및 건설이 달라지는 것으로 Alberta 크기 모듈 --> 국내제작-운송크기 모듈로 가는 기술임

[표 2.22] 대표 모듈 종류 및 크기 예

| Module Description | Module Shipping Size (m) | | |
|---|---|---|---|
| | Width | Length | Height |
| Piperack Module | 2.5 | 18.0/24.5/26.0/30.0/35.0 | 6.0 |
| | 4.6 | 35.5 | 6.0 |
| | 4.6 | 24.0/30.0/36.0 | 7.2 |
| | 6.3 | 34.0 | 1.8 |
| | 6.6 | 33.0/36.0 | 6.8 |
| Electrical Cable Tray Module | 3.0 | 36.0 | 4.0 |
| Tank Farm Sleeper Rack | 4.6 | 18.0/24.0/26.0 | 1.2/2.4 |
| Process Piping Module | 2.5 | 36.0 | 2.5 |
| | 6.0 | 20.0/26.0 | 3.5 |
| | 6.6 | 36.0 | 6.8 |
| Process Equipment Module | 3.0 | 18.0 | 3.0 |
| | 3.7 | 18.0 | 6.5 |
| | 3.8 | 16.0 | 5.5 |
| | 5.0 | 12.5 | 6.0 |
| | 5.0 | 14.0 | 7.2 |
| | 6.0 | 16.0/22.0 | 6.0 |
| | 6.0 | 14.0 | 6.5 |
| | 6.3 | 18.0/18.3/25.0 | 6.5 |
| | 6.3 | 25.0 | 6.0/5.2 |
| | 6.5 | 11.5/30.0 | 6.5 |
| | 7.0 | 15.0 | 6.5 |
| Electrical Equipment Module | 6.0 | 20.3 | 4.5/4.8/6.5 |

## 2. 특허동향분석

- 1990년대 초반 해상플랜트 모듈기술 개발이 시작되어 지금까지 전체 플랜트 모듈기술의 68%를 차지하고 있고, 그 이후 1990년대 중반부터 육상플랜트 모듈기술 개발이 이루어져  전체 플랜트 모듈기술의 32%를 차지하고 있음. 최근 고유가 시대에 접어들면서 2000년대 후반부터 오일샌드플랜트 모듈기술 개발이 이루어지고 있고, 전체 플랜트 모듈기술 특허의 1%를 차지하고 있음
- 전체 플랜트 모듈화기술 분야의 특허는 미국에서의 출원이 전체 분석대상 국가 출원규모의 절반 이상을 차지하고 있고, 한국, 중국, 일본, 유럽 및 캐나다의 외국인 점유율 중 미국 국적 출원인에 의한 특허출원 비율이 모두 50% 이상으로 나타나 미국인이 전 세계 플랜트 모듈화기술 특허활동을 주도하고 있음
- 플랜트 모듈 분야의 기술과제 및 해결수단에 관련한 특허들의 경우, 오일샌드 플랜트 모듈화 기술의 핵심기술인 급속 시공 기술이 대부분이었으며 2000년대 중반 이후로 갈수록 공기 단축 및 조립 용이성 향상을 이루고자 하는 해당 기술 분야에 대한 특허 활동이 활발함
- 공기 단축 과제를 해결하기 위한 주요 해결수단으로 급속시공, 운송 및 조립을 고려한 모듈화에 더욱 집중인 개발이 이루어지고 있음
- 오일샌드 플랜트 모듈화 기술 분야에서 장수명 및 신뢰성 향상을 위한 기술은 공백기술로 나타나기 때문에 기술 선점이 가능한 유망 기술임

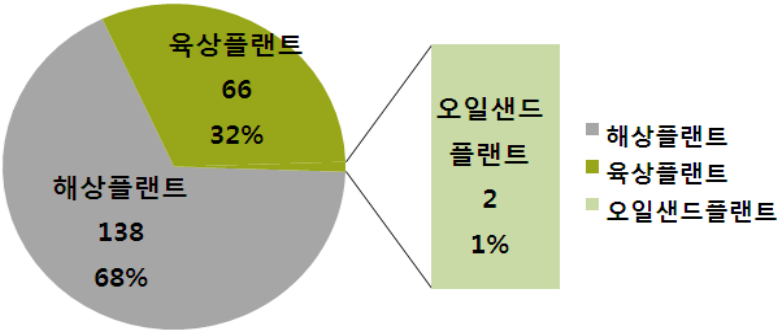
### □ 특허동향분석 개요

- 본 분석에서는 오일샌드 플랜트 모듈화 기술에 대하여 1992년 01월 부터 2012년 07월까지 출원공개 및 등록된 캐나다, 중국, 유럽, 일본, 한국, 미국특허를 분석대상으로 하였음
- 본 분석에서는 전체 플랜트모듈 분야를 해상플랜트 모듈, 육상플랜트 모듈 및 오일샌드플랜트 모듈로 나누어 분석함
- 특허기술동향에서는 조사대상국인 한국, 일본, 중국 유럽, 캐나다 및 미국에서의 주요시장국 기술개발 활동현황, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계 파악 및 등록특허에서 나타나는 피인용지수, 시장력지수, 인용지수, 비특허문헌 인용지수 등의 분석을 통한 국가간 기술경쟁력 현황 분석 등을 통해 국가별 동향을 분석함
- 또한, 상위 Top10의 다출원인 도출을 통하여 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 주요 시장국을 분석하고, 주요 경쟁자들의 시장확보력 및 기술력, 주

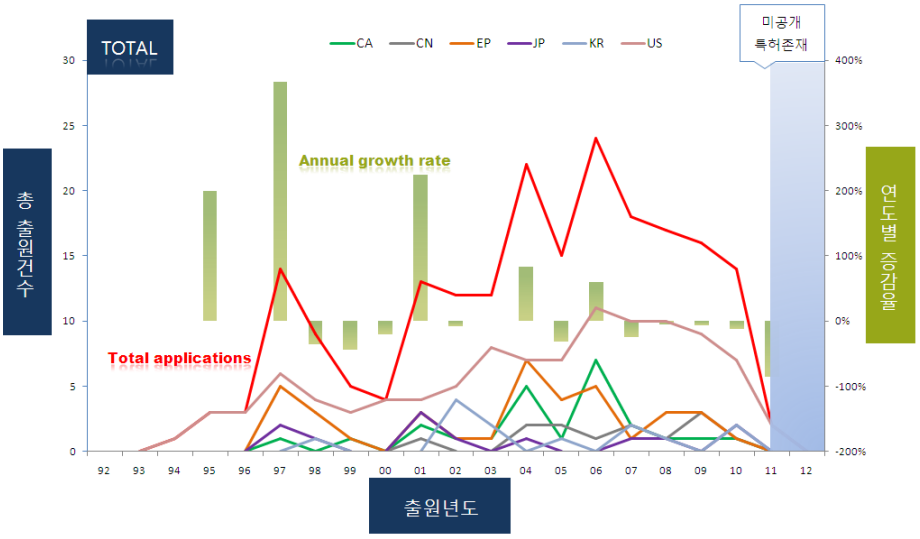
력기술분야에 대한 파악을 통하여 경쟁자 동향을 분석함

[표 2.23] 검색 DB 및 검색범위

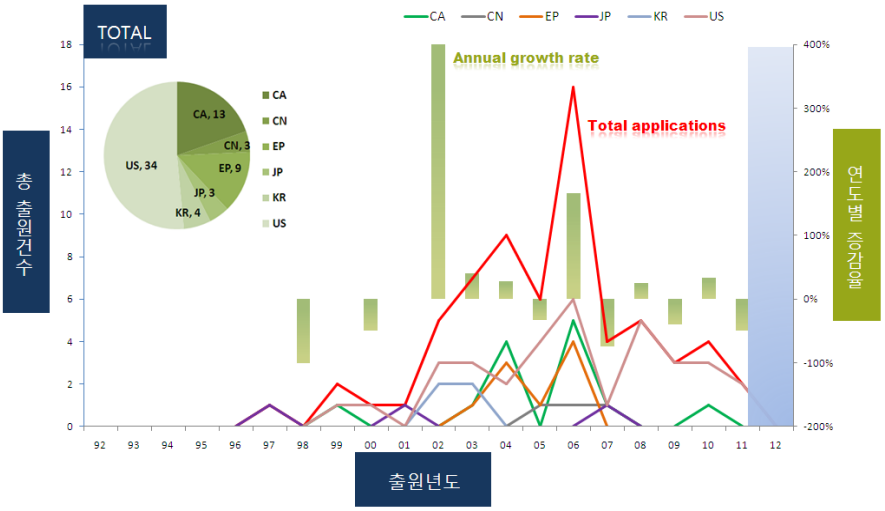
| 자료 구분 | 국가 | 검색 DB | 분석구간 | 검색범위 |
|---|---|---|---|---|
| 공개·등록특허 (공개·등록일 기준) | 캐나다 | Thomson Innovation DB | 1992년 01월 ~ 2012년 07월 | 특허공개 및 등록 전체문서 |
| | 중국 | | | 특허공개 및 등록 전체문서 |
| | 유럽 | | | 특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서 |
| | 일본 | | | EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서 |
| | 한국 | | | 특허공개 및 등록 전체문서 |
| | 미국 | | | 특허공개 및 등록 전체문서 |




[그림 2.39] 주요 플랜트모듈별 특허동향



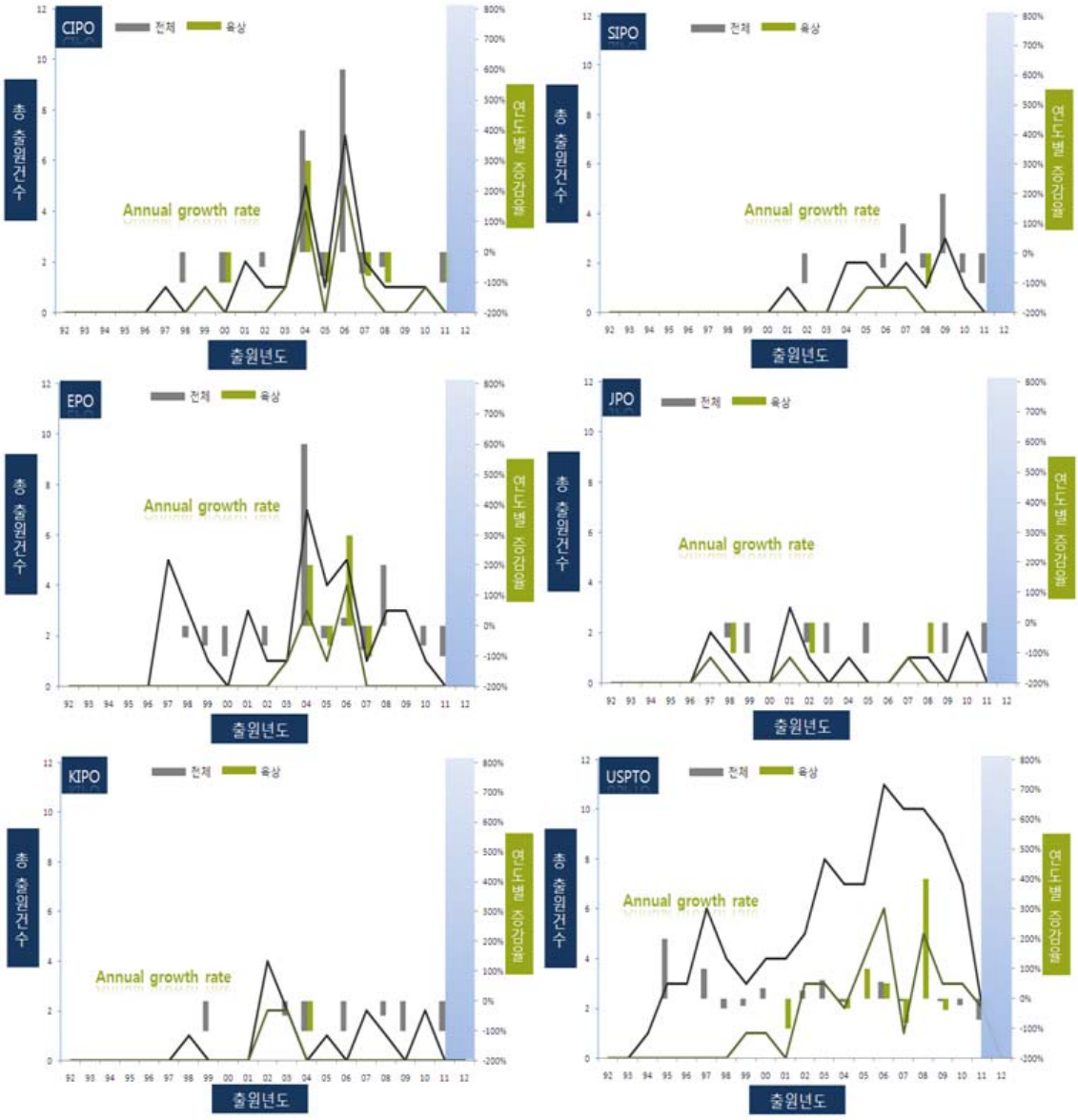

[그림 2.40] 전체 연도별 특허 동향(전체 플랜트)




[그림 2.41] 전체 연도별 특허 동향(육상용 플랜트)

## □ 주요 시장국 연도별 특허 활동현황

- 전체 시장국의 주요 플랜트별 특허 동향을 살펴보면, 전체 유효특허 중 해상용 플랜트 모듈화 기술이 가장 많이 차지하고 육상용 플랜트 모듈화 기술, 오일샌드용 플랜트 모듈화 기술 순으로 높은 비율을 차지함
- 오일샌드 플랜트 모듈화 기술은 전체 플랜트 중 적은 비율을 차지하기 때문에 오일샌드 플랜트 모듈화 기술에 대한 특허 장벽은 낮은 것으로 보임
- 전체 플랜트 모듈 기술을 분석한 전체 시장국의 특허동향을 살펴보면, 분석 초기구간인 1992년부터 지속적인 증가세에 있다가 1990년대 말 금융위기로 인해 1997년도에 잠시 주춤하여 하락률을 보였으며 별다른 성과를 거두지 못하였음. 2000년대부터 급속히 성장을 시작하였는데, 2000년대 초기에 잠시 주춤하였으나 2004년과 2006년 두 차례에 걸쳐 급격히 증가함. 이는 2000년대에 들어서면서 국제유가는 본격적인 상승세를 보였으며, 2005년에 들어서도 유가는 지속적으로 높은 수준을 유지하고 있기 때문임. 이후 2006년을 최고점으로 최근 저조한 성장률은 글로벌 금융위기 이후 국내외 경기회복세가 다소 둔화되어 출원활동이 저조한 것으로 사료됨
- 1990년대 초반에는 해양용 플랜트 모듈화 기술, 1990년대 중반 이후에는 육상용 플랜트 모듈화 기술의 출원이 시작되었으며 오일샌드용 플랜트 모듈화 기술은 2010년에 출원되었음
- 육상용 플랜트(육상, 오일샌드) 모듈 기술을 분석한 전체 시장국의 특허 동향을 살펴보면, 분석 초기구간인 1998년에 증가세에 있다가 증가와 감소를 반복하다 2006년도에 최고점을 나타냄. 이는 2000년대 중반 최대 해외수주 시장인 중동에 고유가에 따른 풍부한 오일머니에 힘입어 오일 생성을 위한 플랜트 산업의 진출확대가 막대한 영향을 미친 것으로 나타남




[그림 2.42] 국가별 특허 동향

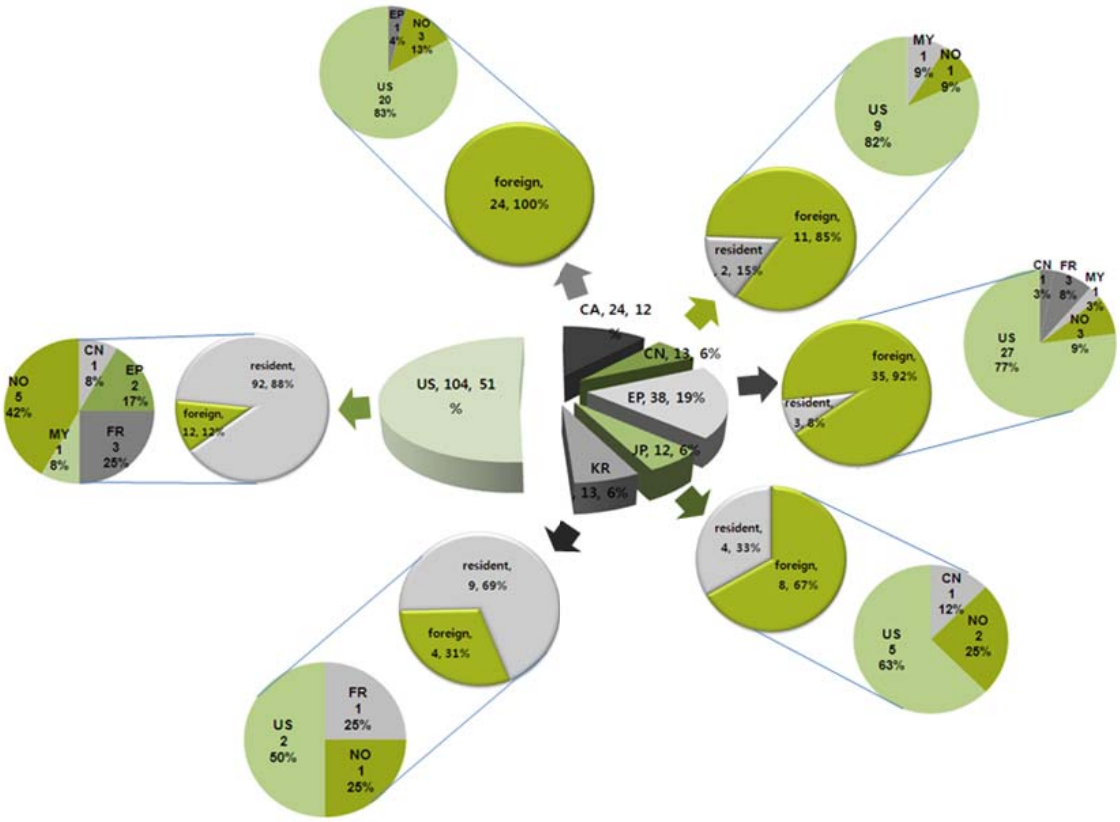
- 최근 국제유가의 급등으로 인한 화석 연류의 대안으로 오일샌드와 같은 기술 트렌드가 대두되고 있는바, 그에 따른 채산성 확보로 인해 오일샌드 플랜트 모듈화 기술에 대한 연구 활동이 지속적으로 진행될 것이라 예상되며 오일샌드 플랜트 모듈화 기술에 적합한 특허는 2건에 불과하여 오일샌드 플랜트 모듈화 기술은 기술 선점이 유망한 분야로 판단됨
- 플랜트 모듈화기술 분야의 국가별·출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 캐나다 특허의 경우, 전체 플랜트 모듈화 기술은 특허출원활동을 시작으로 증가와 감소를 반복하다 2004년, 2006년 두 차례 큰 폭의 성장세를 보임. 이는 2004년부터 시작된 국제유가 상승과 함께 시작된 캐나다 오일샌드 채굴성의 중요도가 높아지며 상승된 것으로 추측되며 최근 해당분야의 관심이 고조되는 가운데 신 성장 동력을 가진 국가로서 기술력 제공할 수

있는 잠재적인 가능성을 가지고 있음

- 미국의 전체 플랜트 모듈화 기술은 1993년부터 1997년까지 증가하다 1997년부터 1999년까지 다소 감소하였으나 1999년부터 증가하는 추세이며 2007을 정점으로 최근 감소하는 추세이나 이는 미국 투자은행 리먼 브라더스의 붕괴로 인해 2008년 9월 시작된 세계경제 위기가 3년이 지난 최근 유럽 국가들의 국가재정붕괴로까지 확산되어 전체적인 출원활동에도 영향을 미쳤을 것이라 추측됨. 또한, 미국의 육상용 플랜트 모듈화 기술은 전체 플랜트보다 5년 늦은 1998년부터 출원되기 시작하여 2006년을 정점으로 감소하는 듯하나 2008년에 다시 증가하다 감소하는 추세임.

□ 주요 시장국 내·외국인 특허출원현황

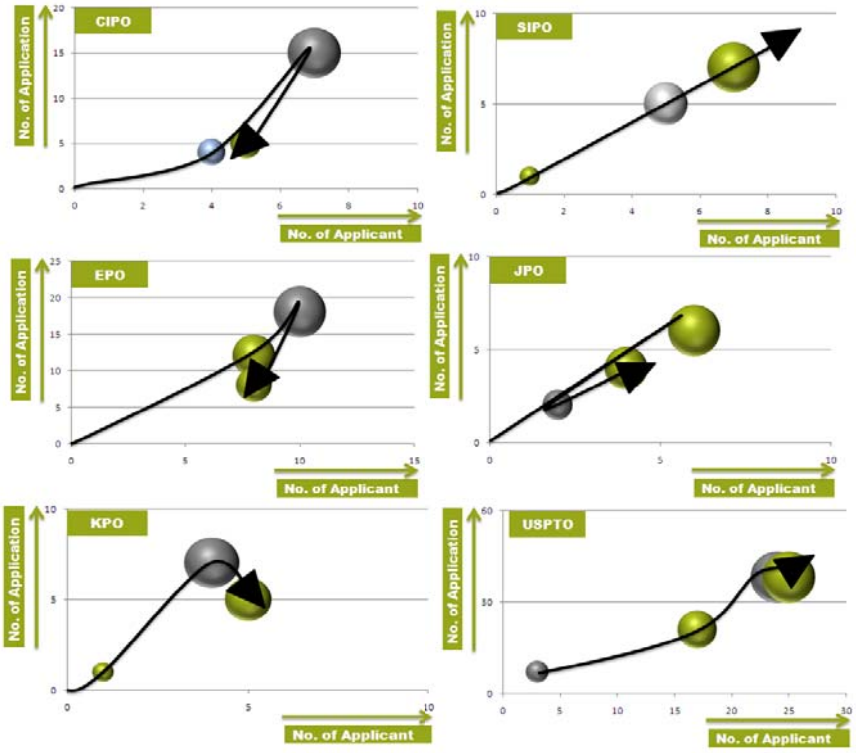
- 플랜트 모듈화 기술 개발 분야의 국가별/출원인 국적별 특허 동향을 살펴보면, 미국의 출원이 전체 분석 대상 국가 출원규모의 절반 이상을 차지하는 것으로 나타나며, 미국에 이어 유럽, 캐나다, 중국과 한국, 일본 순으로 시장 점유율을 보임
- 또한 주요시장국의 내·외국인 특허점유율을 살펴보면, 캐나다의 외국인 점유율은 100%를 나타내며, 내국인의 특허 출원은 나타나지 않음
- 중국의 경우, 외국인의 비율이 85%로 나타나는 것으로 보아 캐나다와 마찬가지로 내국인의 출원에 비해 내국인 출원이 지배적인 것으로 나타남. 또한 중국에 출원한 외국인의 국적은 미국인이 압도적인 비율을 보임
- 유럽의 경우, 캐나다, 중국과 마찬가지로 외국인의 비율이 92%로 압도적으로 높으며, 유럽에 출원한 외국인의 국적 또한 미국인이 압도적인 비율을 보임
- 일본의 경우, 내국인과 외국인 비율은 33%, 67%로 외국인의 비율이 내국인의 비율보다 높으며 일본에 출원한 외국인의 국적 또한 미국인이 가장 높은 비율을 보임
- 한국의 경우, 내국인과 외국인 비율이 69%, 31%로 내국인이 더 높은 비율을 보임
- 미국의 경우, 내국인의 비율이 88%로 압도적으로 높으며 이는 미국이 전체 분석대상 국가 출원규모의 50% 이상을 차지하는 가운데 각 주요 시장국에서도 미국 출원인의 활동이 두드러짐을 보임으로 해당분야의 연구개발이 대부분 미국시장과 출원인에 의해서 주도되는 것으로 판단됨
- 전체적인 내외국인 특허동향을 분석하면, 미국, 한국을 제외한 캐나다, 중국, 유럽, 일본의 외국인 출원비율은 내국인 출원비율에 비해 압도적인 비중을 차지하며 각 나라에 출원한 외국인의 국적 또한 미국인이 가장 높은 비율을 나타내는 것으로 분석됨




[그림 2.43] 주요시장 내·외국인 특허 점유율

## □ 기술시장 성장단계 파악

- 아래 기술시장 성장단계 그래프는 오일샌드 플랜트 모듈화 기술 관련 분야의 해당 국가의 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있음
- 각 구간은 1구간(1992년~1996년), 2구간(1997년~2001년), 3구간(2002년~2006년), 4구간(2007년~2012년)으로 나누었음. 특허 출원건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 오일샌드 플랜트 모듈 기술의 발전정도를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델임
- 오일샌드 플랜트 모듈화 기술 분야는 1구간(1992년~1996년)에는 미국을 제외한 캐나다, 중국, 유럽, 일본, 한국은 출원이 이루어지지 않고 있으며, 2구간(1997년~2001년)부터 출원이 시작됨 2구간(1997년~2001년)에서 3구간(2002년~2006년)으로 넘어가면서 일본을 제외한 캐나다, 중국, 유럽, 한국, 미국은 출원 건수와 출원인 수가 계속 증가하는 발전기 단계에 있음




[그림 2.44] 오일샌드플랜트 모듈화 기술시장 성장단계

- 4구간(2006년~2012년)으로 넘어가면서 캐나다와 유럽은 출원 건수와 출원인 수가 줄어드는 양상을 보였으나, 중국과 일본, 미국은 출원 건수와 출원인 수가 증가하는 양상을 보였음.
- 또한, 한국은 3구간(2002년~2006년)에서 4구간(2007년~2012년)으로 넘어가면서 출원건수는 감소하나 출원인수는 증가하는 양상을 보임

## □ 주요 기술 경쟁자 동향

- 오일샌드 플랜트 모듈 기술 분야의 주요출원인 TOP10을 추출한 결과, ANADARKO PETROLEUM CORP가 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이

어 미국의 NAT OILWELL CARCO LP 및 KHACHATURIAN 등이 이 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남

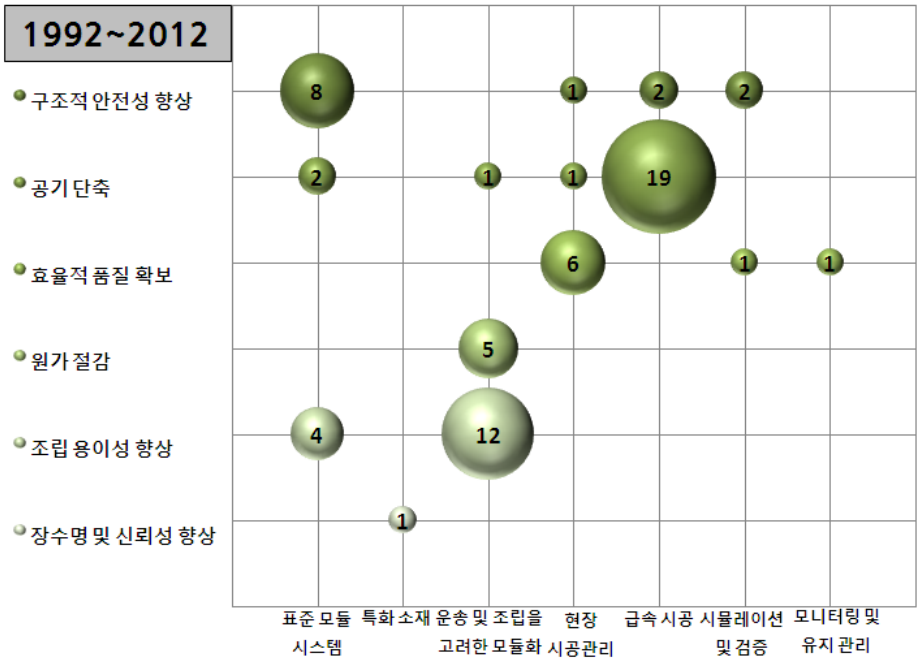
[표 2.24] 기술특허 경쟁자 동향

| 분석항목 / 출원인 | 출원인 국적 | 주요 IP시장국(건수,%) | | | | | | IP시장국 종합 | 3극 패밀리수(건) | 특허출원 증가율(최근 5년) | 미국특허로 본 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 캐나다 | 중국 | 유럽 | 일본 | 한국 | 미국 | | | | 시장확보지수 | 피인용지수 |
| | | CA | CN | EP | JP | KR | US | | | | | |
| ANADARKO PETROLEUM CORP | 미국 | 6<br>23% | 0<br>0% | 6<br>23% | 0<br>0% | 0<br>0% | 14<br>54% | 미국 | 0 | 0% | 상 | 하 |
| NAT OILWELL VARCO LP | 미국 | 5<br>29% | 1<br>6% | 5<br>29% | 0<br>0% | 0<br>0% | 6<br>35% | 미국 | 0 | 367% | 하 | 하 |
| KHACHATURIAN | 미국 | 0<br>0% | 0<br>0% | 3<br>21% | 0<br>0% | 0<br>0% | 11<br>79% | 미국/유럽/한국 | 11 | 0% | 상 | 상 |
| DEEPWATER MARINE TECHNOLOGY LLC | 미국 | 0<br>0% | 1<br>13% | 2<br>25% | 1<br>13% | 2<br>25% | 2<br>25% | 미국 | 3 | -100% | 상 | 하 |
| ASPEN AEROGELS INC | 미국 | 1<br>14% | 1<br>14% | 1<br>14% | 1<br>14% | 1<br>14% | 2<br>29% | 미국 | 6 | -83% | 상 | 하 |
| EXXONMOBIL RES & ENG CO | 미국 | 1<br>17% | 1<br>17% | 1<br>17% | 1<br>17% | 0<br>0% | 2<br>33% | 미국 | 5 | 0% | 하 | 하 |
| KEYSTONE ENGINEERING INC | 미국 | 1<br>17% | 0<br>0% | 0<br>0% | 0<br>0% | 0<br>0% | 5<br>83% | 미국 | 0 | -50% | 상 | 하 |
| MARITIME HYDRAULICS AS | 유럽 | 1<br>17% | 0<br>0% | 2<br>33% | 1<br>17% | 1<br>17% | 1<br>17% | 유럽 | 5 | 0% | 상 | 상 |
| ABB LUMMUS GLOBAL INC | 미국 | 1<br>25% | 1<br>25% | 0<br>0% | 0<br>0% | 0<br>0% | 2<br>50% | 미국 | 4 | -100% | 상 | 상 |
| AKER KVAERNER MH AS | 유럽 | 0<br>0% | 0<br>0% | 0<br>0% | 1<br>25% | 2<br>50% | 1<br>25% | 한국 | 2 | -100% | 상 | 상 |

- 특히, 주요출원인 TOP10 중 미국 국적의 출원인이 8명으로 나타나 오일샌드 플랜트 모듈화 기술 분야에서 미국이 두각을 나타내는 것으로 분석됨
- 이들 주요출원인들의 주요 시장국과 최근 연구활동 및 기술력, 주력 기술 분야의 파악을 위하여, 주요 시장국별 출원건수, 3국 패밀리수(미국, 일본, 유럽 공동 출원 특허수), 최근 5년간의 특허출원 증가율 및 시장확보지수, 피인용지수를 비교 분석하였음. 그 결과, 미국 국적의 출원인들이 기술 개발을 선도하고 있으며, 대부분의 주요출원인들은 미국 시장을 중심으로 특허활동이 활발한 것으로 나타나며 또한, 주요 IP시장국 및 출원인 국적도 미국으로 나타남
- 최근 5년의 출원 증가율을 살펴보면, NAT OILWELL社가 최근 367%의 성장률을 보이며 활발한 출원활동을 보이고 있음
- 미국 등록특허를 기준으로 시장확보지수 및 피인용지수를 살펴보면, 시장확보지수는 대다수의 경쟁사들이 평균보다 높은 것으로 나타났으며 피인용지수는 TOP10 중 4개 회사가 평균보다 높은 것으로 나타남

□ 특허 심층 분석 (OS-Matrix 분석)

- 본 절에서는 심층 분석 분야의 유효 주요 특허들에서 중요한 이슈로 다루고 있는 당면 과제들과 이를 해결하기 위해 채택된 해결수단과의 상관관계를 도식화하여 살펴보기로 함
- 그림 2.45는 해결수단 및 해결 과제를 기준으로 세부기술의 집중도 및 공백영역 등을 버블 그래프로 나타내어 해당 시장의 관심도를 나타낸 것임. 버블그래프에서 가로축은 해결 수단을, 세로축은 해결 과제를 나타낸 것임

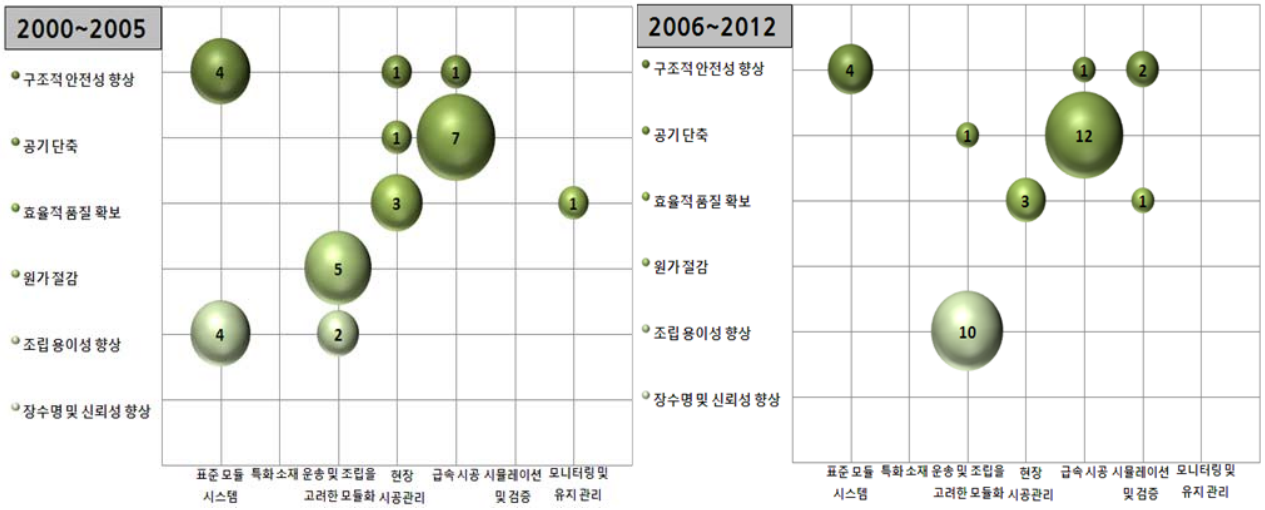



[그림 2.45] 오일샌드플랜트 모듈화 기술 OS-Matrix 분석

- 오일샌드 플랜트 모듈화 기술은 해결하고자 하는 과제 측면에서 크게 구조적 안전성 향상, 공기 단축, 효율적 품질 확보, 원가 절감, 조립 용이성 향상, 장수명 및 신뢰성 향상으로 나눌 수 있음
- 이러한 각 해결과제를 해결하기 위한 해결수단으로는, 표준모듈 시스템, 특화 소재, 운송 및 조립을 고려한 모듈화, 현장시공관리, 급속 시공, 시뮬레이션 및 검증, 모니터링 및 유지 관리 기술 등이 도입되고 있는 것으로 나타남
- 오일샌드 플랜트 모듈화 기술은 해결하고자 하는 과제 측면에서 구조적 안전성 향상 13건, 공기 단축 23건, 효율적 품질 확보 8건, 원가 절감 5건, 조립 용이성 향상 16건, 장수명 및 신뢰성 향상 1건으로 주로 공기 단축 기술에 많은 특허가 출원됨을 관찰할 수 있으며, 장수명 및 신뢰성 향상 기술의 경우 관련 특허건수가 상대적으로 미약하여 고집적도 기술

분야에서 아직까지 다양한 해결수단의 개발이나 접근이 이루어지고 있지는 않은 것으로 나타남

- 또한, 해결수단 측면에서는 표준모듈 시스템 14건, 특화 소재 1건, 운송 및 조립을 고려한 모듈화 18건, 현장 시공관리 8건, 급속 시공 21건, 시뮬레이션 및 검증 3건, 모니터링 및 유지관리 3건 등으로 상술한 일곱 가지 해결수단을 주로 적용하고 있음을 관찰할 수 있음
- 종합분석 결과, 과제별로는 공기 단축, 조립 용이성 향상, 구조적 안전성 향상, 효율적 품질 확보 순으로 연구 개발이 집중되며, 수단별로는 급속 시공, 운송 및 조립을 고려한 모듈화, 표준 모듈 시스템, 현장 시공 관리 순으로 연구 개발이 집중됨

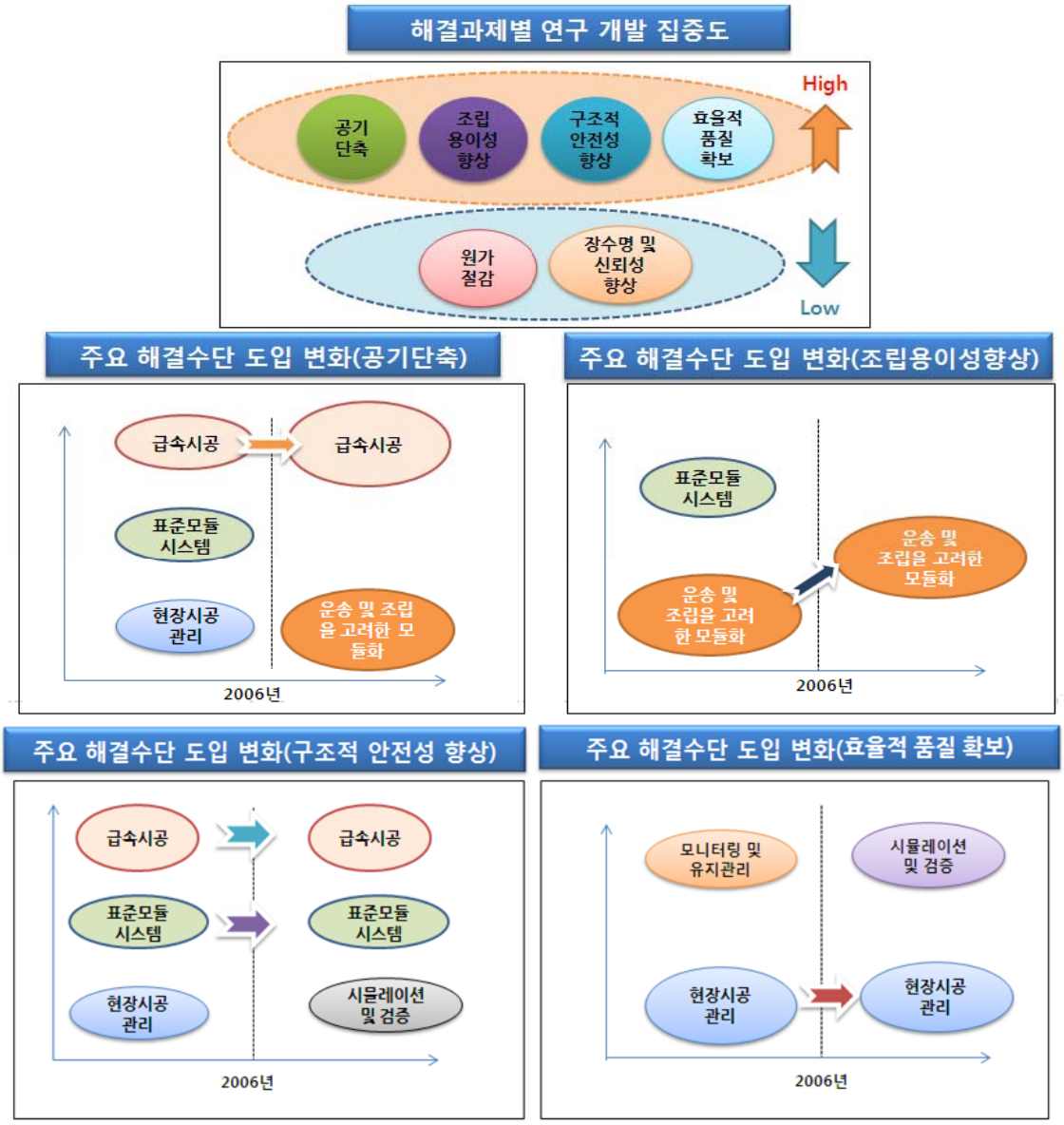



[그림 2.46] 오일샌드플랜트 모듈화 기술 구간별 OS-Matrix 분석

- 육상용 플랜트 모듈화 기술을 구간별로 목적 및 수단으로 분류한 결과, 1구간(2000~2005년), 2구간(2006~2012년)으로 구간으로 나누었음 1구간(2000~2005년)은 공기단축을 위한 급속시공, 원가 절감을 위한 운송 및 조립을 고려한 모듈화, 구조적 안전성 향상을 위한 표준 모듈 시스템, 조립 용이성 향상을 위한 표준 모듈 시스템, 효율적 품질 확보를 위한 현장 시공관리 순으로 연구 개발이 집중되었음. 2구간(2006~2012년)은 공기단축을 위한 급속시공, 조립 용이성 향상을 위한 운송 및 조립을 고려한 모듈화, 구조적 안전성 향상을 위한 표준 모듈 시스템, 효율적 품질 확보를 위한 현장 시공관리, 구조적 안전성 향상을 위한 시뮬레이션 및 검증 순으로 연구 개발이 집중되었음
- 해당 분야의 기술과제 및 해결수단에 관련한 특허들의 경우, 오일샌드 플랜트 모듈화 기술의 핵심기술인 급속 시공 기술이 대부분이었으며 1구간에서 2구간으로 갈수록 공기 단축 및 조립 용이성 향상을 이루고자 하는 해당 기술 분야에 대한 국내 및 국내의 특허 활동이 활발한 것으로 보이

며 해당 기술분야에 대한 국내 출원인의 적극적인 특허활동 뿐 아니라 관련기술의 특허분쟁에 대비해야 할 것으로 사료됨

- 또한, 오일샌드 플랜트 모듈화 기술 분야에서 장수명 및 신뢰성 향상을 위한 기술은 공백기술로 나타나기 때문에 기술 선점이 가능한 유망 기술로 보여짐
- 오일샌드 플랜트 모듈화 기술에서 해결 과제별 연구 개발 집중도를 살펴보면, 공기단축, 조립 용이성 향상, 구조적 안전성 향상, 효율적 품질 확보 순으로 연구 개발의 집중도는 높은 편이며, 원가 절감, 장수명 및 신뢰성 향상 순으로 연구 개발의 집중도는 낮은 편임




[그림 2.47] 오일샌드플랜트 모듈화 기술 해결과제별 연구개발 집중도

- 공기 단축 과제를 해결하기 위한 주요 해결수단은 급속시공에 더욱 집중

적으로 개발이 이루어지고 있으며, 최근  분석구간에 운송 및 조립을 고려한 모듈화가 새롭게 추가되었음. 또한, 구조적 안전성 향상 및 효율적 품질 확보를 해결하기 위한 주요 해결수단은 최근 분석구간에 시뮬레이션 및 검증이 새롭게 추가되었음

## 3. 논문동향분석

- 전체 플랜트 모듈 관련 논문 중 해상플랜트 모듈 관련 논문은 82%를 차지하여 대다수를 이루고 있고, 육상플랜트 모듈기술 논문은 전체 플랜트 모듈기술의 18%를 차지하고 있음.
- 오일샌드플랜트 EPC 관련 논문은 고성능 소재 이용기술 관련 논문 1건이고, 오일샌드 플랜트 모듈화 기술에 대한 논문 활동은 전무한 것으로 나타남.

### □ 논문동향분석 개요

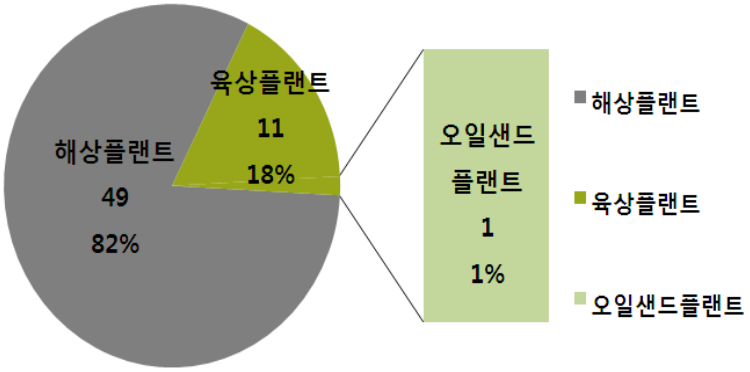
- ◦ 본 분석에서는 NDSL 검색 DB를 사용하여 ~2012년까지 발행되어진 논문을 대상으로 분석함
- ◦ 본 분석에서는 전체 플랜트모듈 분야를 해상플랜트 모듈, 육상플랜트 모듈 및 오일샌드플랜트 모듈로 나누어 분석하고, 논문건수의 증감, 발행국가의 분포 등에 대하여 파악함

[표 2.25] 검색 DB 및 검색범위

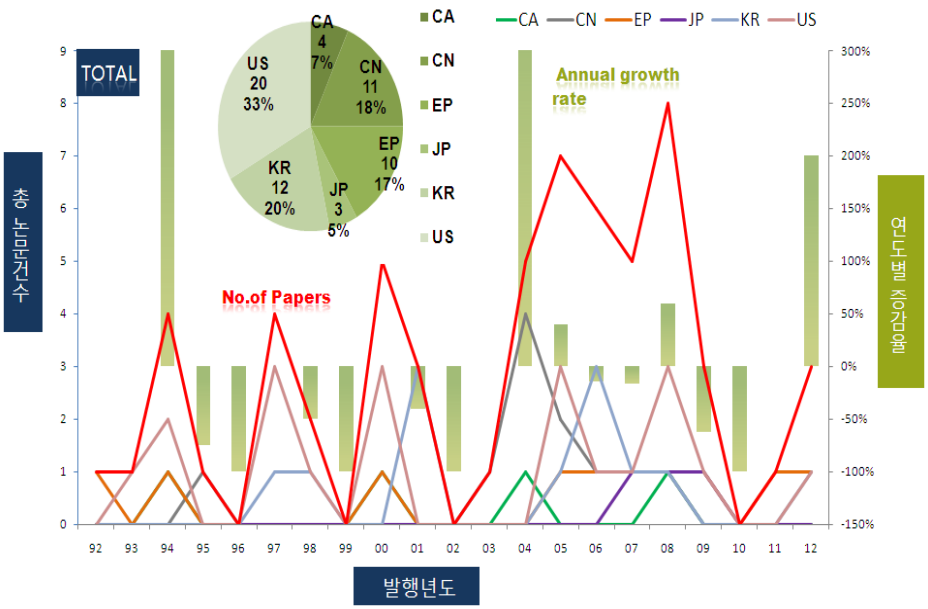
| 자료 구분 | 국가 | 검색 DB | 분석구간 | 검색범위 |
|---|---|---|---|---|
| 공개논문 | 전 국가 | NDSL | ~ 현재<br>(2012년07월06) | 논문 전체 |

### □ 주요 시장국 연도별 논문 활동현황

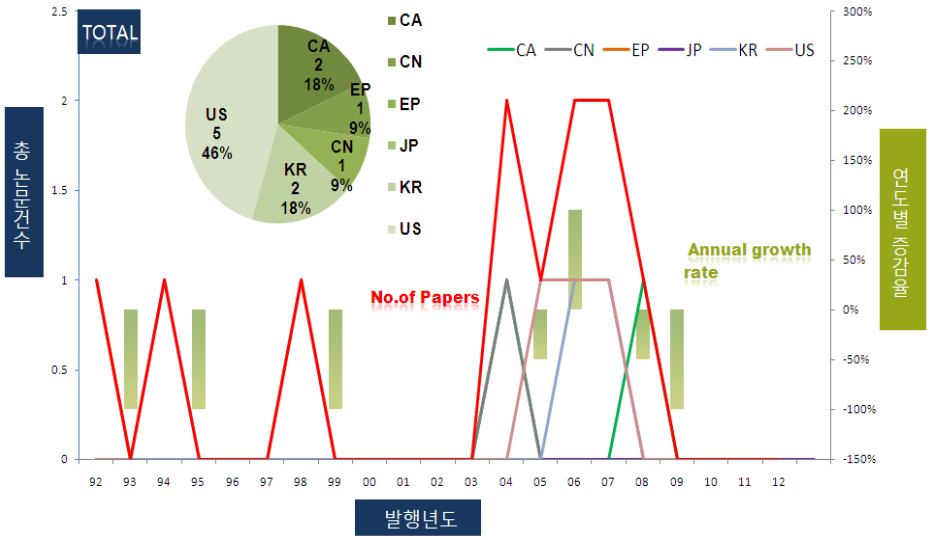
- ◦ 전체 시장국의 주요 플랜트별 논문 동향을 살펴보면, 전체 유효특허 중 해상용 플랜트 모듈화 기술은 82%, 육상용 플랜트 모듈화 기술은 18%를 차지함
- ◦ 오일샌드플랜트 EPC 관련 논문은 총 1건으로 오일샌드 슬러리 강관의 부식 저항성능 향상에 대한 것으로 고성능 소재 이용기술 관련 논문임. 오일샌드 플랜트 모듈화 기술에 대한 논문 활동은 전무한 것으로 나타남.




[그림 2.48] 주요 플랜트모듈별 논문동향

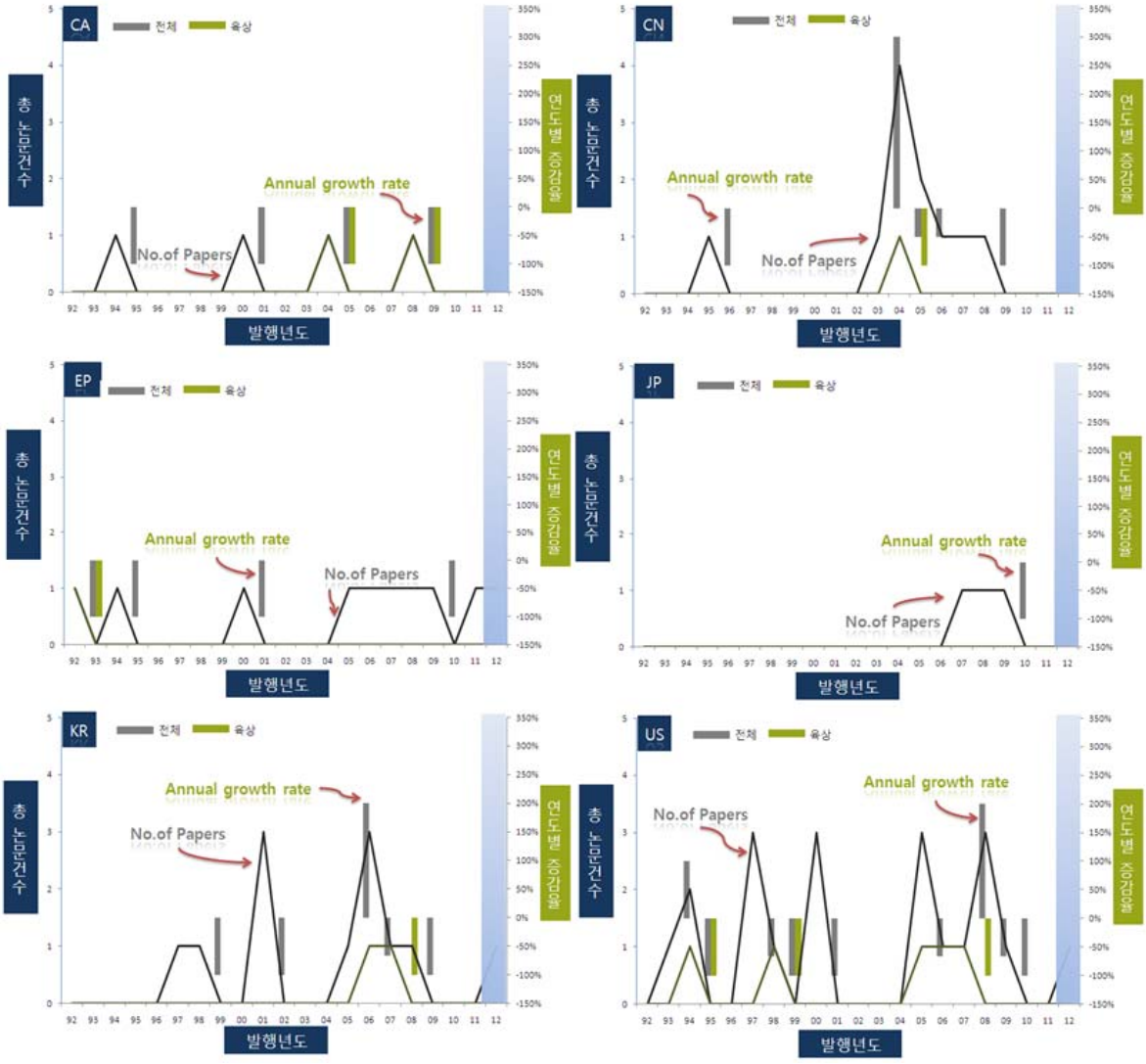



[그림 2.49] 전체 연도별 논문 동향 (전체 플랜트)




[그림 2.50] 전체 연도별 논문 동향 (육상 플랜트)

- 전체 연도별 논문동향을 살펴보면, 오일샌드용 플랜트 모듈화 분야의 육상용 플랜트 모듈화 기술 분야에 관한 연구는 해상용 플랜트 모듈화 기술 분야에 비해 많지 않으며 1990년대부터 최근까지 아주 미미한 육상용 플랜트의 연구 활동이 파악되는 실정임. 또한, 2009년 이후 오일샌드용 플랜트 모듈화 분야의 육상용 플랜트에 관한 논문 활동이 보이지 않음
- 해상용 플랜트 모듈화 기술, 육상용 플랜트 모듈화 기술, 오일샌드 플랜트 모듈화 기술 순으로 특허출원이 이루어진 특허동향과 달리 전체 연도별 논문동향에서는 해상용 플랜트 모듈화 기술(1993년)과 육상용 플랜트 모듈화 기술(1992년)이 비슷한 시기에 발행되었으며 오일샌드용 플랜트 모듈화 기술(2007년)은 2000년대 후반에 연구개발이 진행됨
- 전체 연도별 논문동향을 살펴보면, 1992년부터 논문발행건수는 증가와 감소를 반복하였으며, 캐나다와 유럽은 논문발행이 미미하여 특별한 특징이 보이지 않음




[그림 2.51] 국가별 논문 동향

- 중국을 살펴보면 해상용 플랜트는 1994년에 연구개발이 진행되었으나 잠시 주춤하다가 2004년에 정점을 이룬 후 다시 감소추세이고 육상용 플랜트는 2004년 논문연구가 진행되다 현재는 논문이 발표되지 않음
- 일본의 경우 해상용 플랜트 모듈화 기술 관련 연구 개발은 2007년부터 발행되기 시작하다 2009년에 감소하였으며 육상용 플랜트관련 논문은 전무함
- 한국은 1997년부터 해상용 플랜트 모듈화 기술관련 연구가 진행되기 시작하였으며, 증가와 감소가 반복됨. 또한, 육상용 플랜트 모듈화 기술은 2006년부터 연구가 진행되었으며 해상용 플랜트 모듈에 이어 육상용 플랜트 모듈이 진행되었다는 점은 특허와 비슷한 추세를 나타냄
- 미국은 1993년부터 해상용 플랜트 모듈화 기술 관련 연구가 진행되기 시작하였고, 이어 1994년부터 육상용 플랜트 모듈화 기술 관련 연구가 진행되었으며 이후 증가와 감소를 반복함. 또한, 육상용 플랜트 연구개발이 1994년부터 진행된 것으로 보아 다른 나라보다 비교적 일찍 플랜트 모듈화 기술 연구가 이루어진 것으로 사료됨

## 4. 전문가 설문 결과

### (1) 설문 개요

- 플랜트 관련 산학연 전문가 대상 이메일 및 방문 설문조사
  응답자 구성 산:학:연 = 27:2:12 (총 42건, 미확인 1건)
- 주요 조사내용
  - 오일샌드플랜트 모듈화 관련 해외사업 수주시 요구역량/진입장벽/장애요인 파악
  - 국내업체의 선진국 대비 오일샌드플랜트 모듈화 기술격차 파악
  - 오일샌드플랜트 모듈화 관련 기술개발이 필요한 분야 파악
  - 오일샌드플랜트 모듈화 관련 신기술적용/시장활성화 방안 도출
  - 국가 R&D 성과물의 실용화 연계 방안 도출
  - 기술개발과제 수요 조사
- 조사결과 및 시사점
  - 국내 기업의 해외 오일샌드플랜트 모듈화 관련 사업 진출을 위해서는 해외사업 수주시 요구되는 역량이 높고 진입장벽이 상대적으로 낮은 '시공 분야', '제작/운송 분야', '모듈/구조설계 분야'에 대한 기술개발이 우선적으로 필요함
  - 위와 같은 기술개발과 아울러 'FEED (설계) 역량 향상', '신기술의 발주처 인증제도 구축', '모듈 제작 경험 축적' 등에 대한 노력도 병행 되어야 함
  - 국내업체의 선진국 대비 기술격차는 전반적으로 선진국과 대등한 수준

으로 조사되었음. 다만, ‘FEED (설계) 분야’와 ‘모듈 공정설계 분야’는 여타 기술분야에 비해 여전히 기술격차가 존재하고 있음

- ‘신형식 모듈개발 분야’, ‘운송을 고려한 모듈 최적 설계 분야’, ‘모듈 공정설계 분야’는 여타 기술분야에 비해 기술개발이 시급한 것으로 조사됨
- 오일샌드플랜트 모듈화 관련 신기술의 현장 적용을 위해서는 ‘해외 발주처 대상 인증제도의 마련’과 아울러 ‘해외 현장 시공 경험의 축적’이 요구됨
- 오일샌드플랜트 모듈화 관련 시장의 활성화를 위해서는 ‘오일 메이져 회사와의 협업을 통한 광구 개발’과 ‘오일샌드플랜트 모듈화 관련 기술 개발 사업의 체계적/지속적 예산 지원 및 육성’, ‘기술 분야별 전문가 풀의 구성 및 운영’이 필요한 것으로 조사됨
- 오일샌드플랜트 모듈화 관련 R&D 성과물이 실용화 되기 위해서는 ‘연구계획 시 기술개발 목표와 적용대상을 구체화’하고 ‘실용화, 사업화를 위한 정부지원의 확대’가 필요한 것으로 조사됨

### (2) 조사 결과

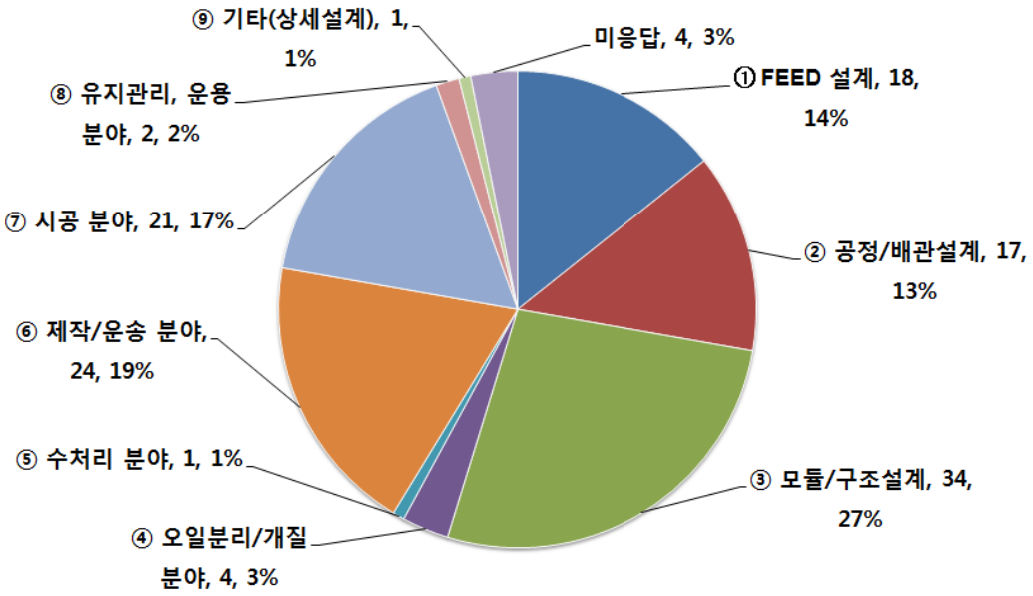
□ 해외사업 수주시 요구역량/진입장벽/장애요인

◦ 해외사업 수주시 요구되는 역량 분야로는 ‘모듈/구조설계 분야’(34건, 27.0%)에 대한 응답이 가장 많으며, 다음으로 ‘제작/운송 분야’(24건, 19.0%), ‘시공 분야’(21건, 16.7%), ‘FEED 설계 분야’(18건, 14.3%) 등의 순으로 응답수가 많음

[표 2.26] 해외사업 수주시 요구되는 역량 분야

| 기술분야 | 응답수 | % |
|---|---|---|
| ① FEED 설계 | 18 | 14.3% |
| ② 공정/배관설계 | 17 | 13.5% |
| **③ 모듈/구조설계** | **34** | **27.0%** |
| ④ 오일분리/개질 분야 | 4 | 3.2% |
| ⑤ 수처리 분야 | 1 | 0.8% |
| **⑥ 제작/운송 분야** | **24** | **19.0%** |
| **⑦ 시공 분야** | **21** | **16.7%** |
| ⑧ 유지관리, 운용 분야 | 2 | 1.6% |
| ⑨ 기 타(상세설계) | 1 | 0.8% |
| 미응답 | 4 | 3.2% |
| 계 | 126 | 100.0% |

* n=42, 복수응답



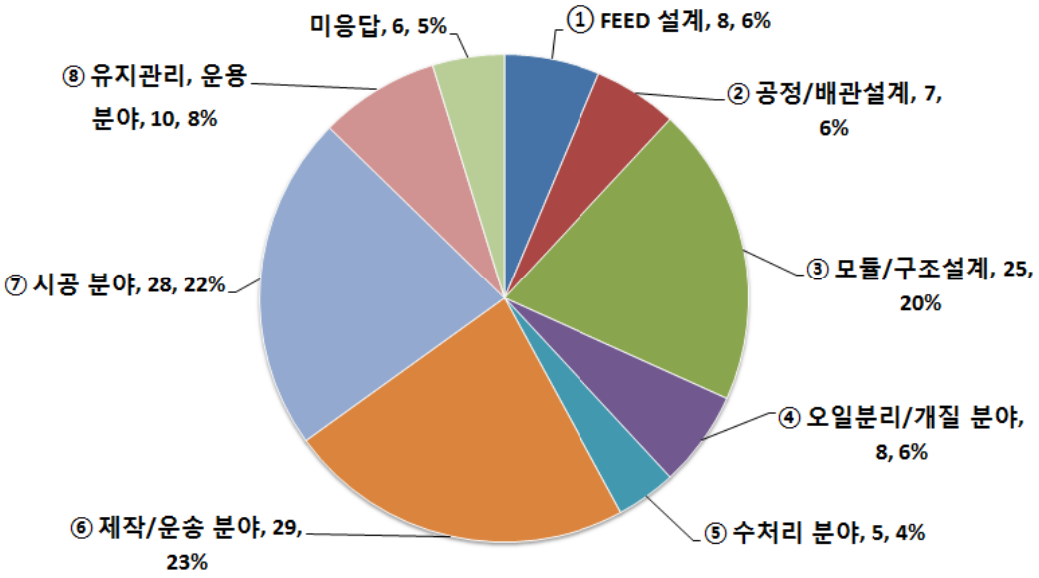

[그림 2.52] 해외사업 수주시 요구되는 역량 분야

- 해외사업 수주시 진입장벽이 낮은 분야로는 '제작/운송 분야'(29건, 23.0%)에 대한 응답이 가장 많으며, 다음으로 '시공 분야'(28건, 22.2%), '모듈/구조설계 분야'(25건, 19.8%), '유지관리, 운용 분야'(10건, 7.9%) 등의 순으로 응답수가 많음

[표 2.27] 해외사업 수주시 진입장벽이 낮은 분야

| 기술분야 | 응답수 | % |
|---|---|---|
| ① FEED 설계 | 8 | 6.3% |
| ② 공정/배관설계 | 7 | 5.6% |
| **③ 모듈/구조설계** | **25** | **19.8%** |
| ④ 오일분리/개질 분야 | 8 | 6.3% |
| ⑤ 수처리 분야 | 5 | 4.0% |
| **⑥ 제작/운송 분야** | **29** | **23.0%** |
| **⑦ 시공 분야** | **28** | **22.2%** |
| ⑧ 유지관리, 운용 분야 | 10 | 7.9% |
| 미응답 | 6 | 4.8% |
| 계 | 126 | 100.0% |

* n=42, 복수응답




[그림 2.53] 해외사업 수주시 진입장벽이 낮은 분야

- 해외사업 수주시 요구역량 분야와 진입장벽이 낮은 분야에 대한 교차 분석 결과 '시공 분야'(15건, 11.9%), '제작/운송 분야'와 '모듈/구조설계 분야'(각 13건, 10.3%) 등의 순으로 응답수가 많음
- 따라서, 국내 기업의 해외 오일샌드 플랜트 모듈화 관련 사업 진출을 위해서는 요구되는 역량이 높고 진입장벽이 낮은 분야 즉, '시공 분야', '제작/운송 분야', '모듈/구조설계 분야'에 대한 기술개발이 필요함

[표 2.28] 해외사업 수주시 요구역량-진입장벽

(응답수, %)

| 진입장벽 낮은 분야 / 요구역량 분야 | ① FEED 설계 | ② 공정/배관 설계 | **③ 모듈/구조 설계** | ④ 오일분리/개질 분야 | ⑤ 수처리 분야 | **⑥ 제작/운송 분야** | **⑦ 시공 분야** | ⑧ 유지관리, 운용 분야 | 미응답 | 계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ① FEED 설계 | 2 | 3 | 8 | 1 | | 4 | | | | 18 (14.3%) |
| ② 공정/배관설계 | 3 | 1 | 4 | 2 | | 3 | 4 | | | 17 (13.5%) |
| **③ 모듈/구조설계** | 3 | 1 | **13 (10.3%)** | 3 | 2 | 6 | 3 | 2 | 1 | **34 (27.0%)** |
| ④ 오일분리/개질 분야 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 4 (3.2%) |
| ⑤ 수처리 분야 | | | | | | | 1 | | | 1 (0.8%) |
| **⑥ 제작/운송 분야** | | 1 | | 1 | | **13 (10.3%)** | 3 | 5 | 1 | **24 (19.0%)** |
| **⑦ 시공 분야** | | 1 | | | 2 | 1 | **15 (11.9%)** | 1 | 1 | **21 (16.7%)** |
| ⑧ 유지관리, 운용 분야 | | | | 1 | | | | 1 | | 2 (1.6%) |
| ⑨ 기타 (상세설계) | | | | | | | | | 1 | 1 (0.8%) |
| 미응답 | | | | | | 1 | 1 | | 2 | 4 (3.2%) |
| 계 | 8 (6.3%) | 7 (5.6%) | **25 (19.8%)** | 8 (6.3%) | 5 (4.0%) | **29 (23.0%)** | **28 (22.2%)** | 10 (7.9%) | 6 (4.8%) | 126 |

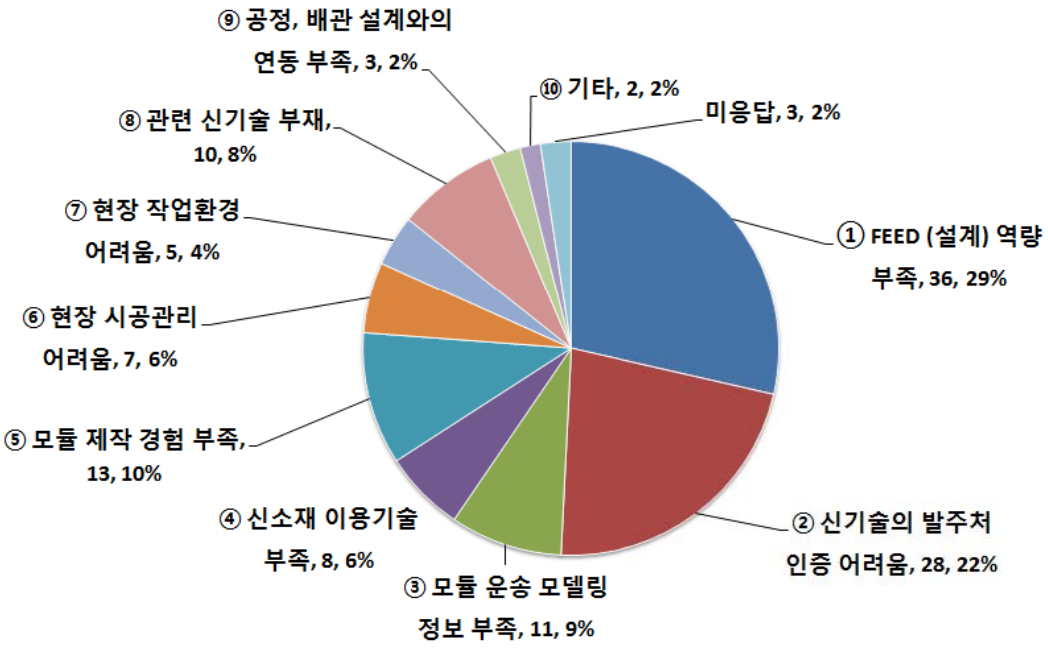
* n=42, 복수응답

- 해외사업 수주시 장애요인으로는 ‘FEED (설계) 역량 부족’(36건, 28.6%)에 대한 응답이 가장 많으며, 다음으로 ‘신기술의 발주처 인증 어려움’(28건, 22.2%), ‘모듈 제작 경험 부족’(13건, 10.3%), ‘모듈 운송 모델링 정보 부족’(11건, 8.7%) 등의 순으로 응답수가 많음
- 따라서, 국내 기업의 해외 오일샌드 플랜트 모듈화 관련 사업 수주를 위해서는 ‘FEED (설계) 역량 향상’과 아울러 ‘신기술의 발주처 인증 제도 구축’, ‘모듈 제작 경험 축적’ 등의 노력이 필요함

[표 2.29] 해외사업 수주시 장애요인

| 장애요인 | 응답수 | % |
|---|---|---|
| ① FEED (설계) 역량 부족 | 36 | 28.6% |
| ② 신기술의 발주처 인증 어려움 | 28 | 22.2% |
| ③ 모듈 운송 모델링 정보 부족 | 11 | 8.7% |
| ④ 신소재 이용기술 부족 | 8 | 6.3% |
| ⑤ 모듈 제작 경험 부족 | 13 | 10.3% |
| ⑥ 현장 시공관리 어려움 | 7 | 5.6% |
| ⑦ 현장 작업환경 어려움 | 5 | 4.0% |
| ⑧ 관련 신기술 부재 | 10 | 7.9% |
| ⑨ 공정, 배관 설계와의 연동 부족 | 3 | 2.4% |
| ⑩ 기 타 | 2 | 1.6% |
| 미응답 | 3 | 2.4% |
| 계 | 126 | 100.0% |

* n=42, 복수응답
* 기타 : 공정과 Module Size 설계 연동 부족, 사업자체에 대한 경험부족




[그림 2.54] 해외사업 수주시 장애요인

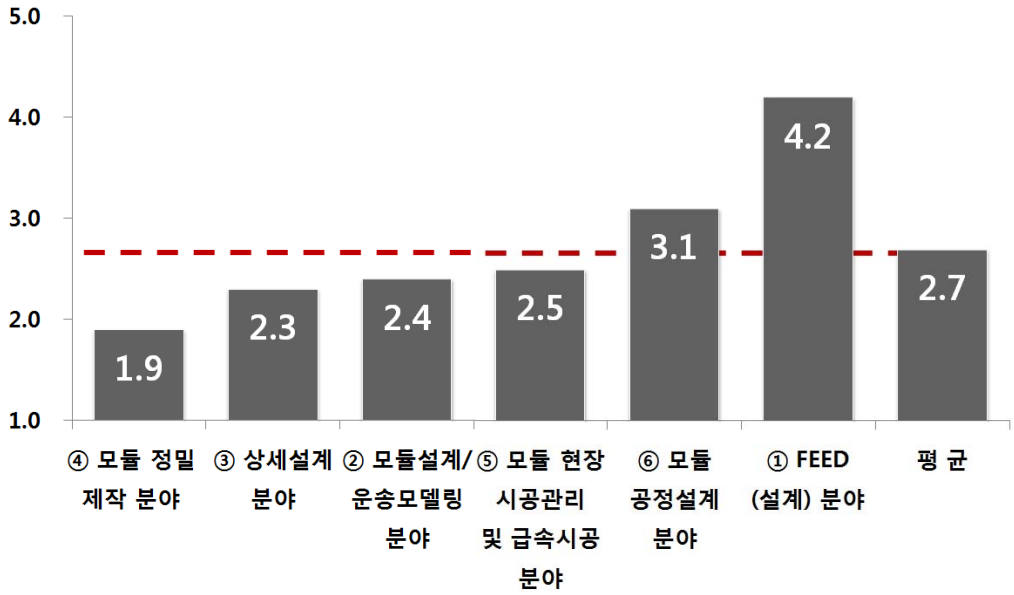
## □ 선진국 대비 기술격차

- 국내업체의 선진국 대비 오일샌드플랜트 모듈화 기술수준은 'FEED (설계) 분야'(4.2)의 기술격차가 가장 크고 다음으로 '모듈 공정설계 분야'(3.1)의 기술격차가 전체 평균보다 높은 것으로 조사됨

[표 2.30] 선진국 대비 기술격차

| 기술분야 | 기술격차 | 문항별 응답수 |
|---|---|---|
| ① FEED (설계) 분야 | 4.2 | 41 |
| ② 모듈설계/운송모델링 분야 | 2.4 | 40 |
| ③ 상세설계분야 | 2.3 | 41 |
| ④ 모듈 정밀 제작 분야 | 1.9 | 40 |
| ⑤ 모듈 현장 시공관리 및 급속시공 분야 | 2.5 | 41 |
| ⑥ 모듈 공정설계 분야 | 3.1 | 40 |
| ⑦ 기 타 (3D 레이저 스캐닝 적용에 의한 정밀 제작 및 시공) | 5.0 | 1 |
| 평 균 | 2.7 | 40.5 |

* n=42, 응답자 평균, 1. 기술격차 낮음, 3. 기술격차 중간, 5. 기술격차 높음
* ⑦ 기타(n=1) 응답은 평균치 산출에서 제외




* n=42, 응답자 평균, 1. 기술격차 낮음, 3. 기술격차 중간, 5. 기술격차 높음

[그림 2.55] 선진국 대비 기술격차

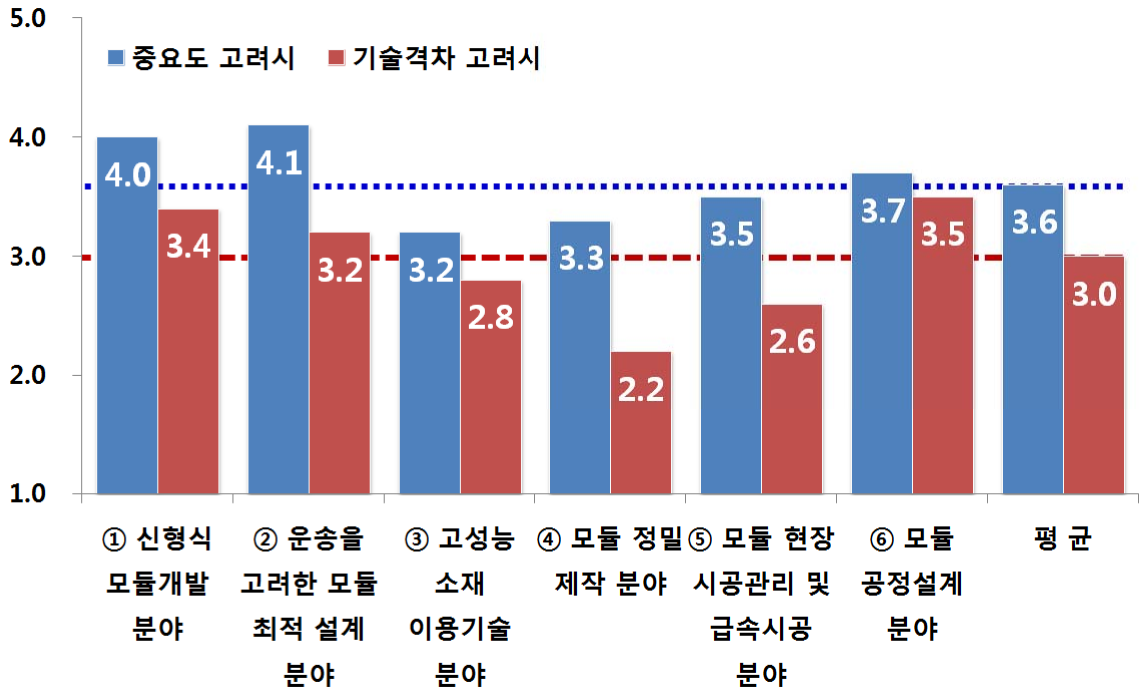
## □ 기술개발 필요 분야

- 오일샌드플랜트 모듈화 관련 기술개발이 필요한 분야로는 ‘신형식 모듈개발 분야’(중요도 4.0, 기술격차 3.4), ‘운송을 고려한 모듈 체적 설계 분야’(중요도 4.1, 기술격차 3.2), ‘모듈 공정설계 분야’(중요도 3.7, 기술격차 3.5)에 대한 수요가 가장 큼

[표 2.31] 기술개발 필요 분야

| 기술분야 | 요인 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 중요도 고려시 | | 기술격차 고려시 | |
| | 평균 | 응답수 | 평균 | 응답수 |
| **① 신형식 모듈개발 분야** | **4.0** | 40 | **3.4** | 39 |
| **② 운송을 고려한 모듈 최적 설계 분야** | **4.1** | 41 | **3.2** | 39 |
| ③ 고성능 소재 이용기술 분야 | 3.2 | 40 | 2.8 | 39 |
| ④ 모듈 정밀 제작 분야 | 3.3 | 41 | 2.2 | 40 |
| ⑤ 모듈 현장 시공관리 및 급속시공 분야 | 3.5 | 41 | 2.6 | 40 |
| **⑥ 모듈 공정설계 분야** | **3.7** | 40 | **3.5** | 39 |
| 평 균 | 3.6 | 40.5 | 3.0 | 39.3 |

* n=42, 응답자 평균
* 중요도 고려시 : 1. 약간 중요, 3. 보통 중요, 5. 매우 중요
* 기술격차 고려시 : 1. 기술격차 낮음, 3. 기술격차 중간, 5. 기술격차 높음




[그림 2.56] 기술개발 필요 분야

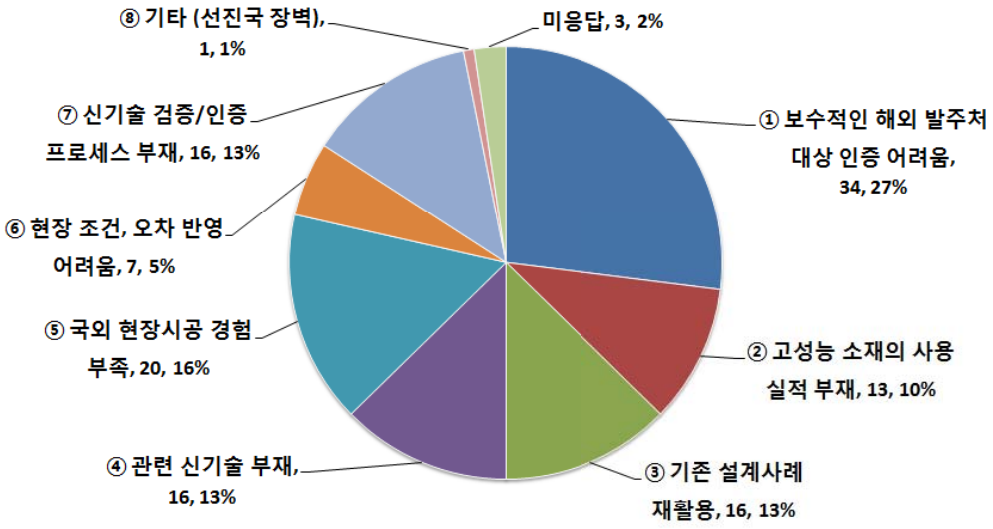
## □ 신기술적용의 저해요인 및 시장 활성화 방안

- 오일샌드플랜트 모듈화 관련 신기술 적용의 저해요인으로는 '보수적인 해외 발주처 대상 인증 어려움'(34건, 27.0%)에 대한 응답이 가장 많으며, 다음으로 '국외 현장시공 경험 부족'(20건, 15.9%) 등의 순으로 응답수가 많음

[표 2.32] 신기술적용 저해요인

| 저해요인 | 응답수 | % |
|---|---|---|
| **① 보수적인 해외 발주처 대상 인증 어려움** | **34** | **27.0%** |
| ② 고성능 소재의 사용 실적 부재 | 13 | 10.3% |
| ③ 기존 설계사례 재활용 | 16 | 12.7% |
| ④ 관련 신기술 부재 | 16 | 12.7% |
| **⑤ 국외 현장시공 경험 부족** | **20** | **15.9%** |
| ⑥ 현장 조건, 오차 반영 어려움 | 7 | 5.6% |
| ⑦ 신기술 검증/인증 프로세스 부재 | 16 | 12.7% |
| ⑧ 기타 (선진국 장벽) | 1 | 0.8% |
| 미응답 | 3 | 2.4% |
| 계 | 126 | 100.0% |

* n=42, 응답자 평균



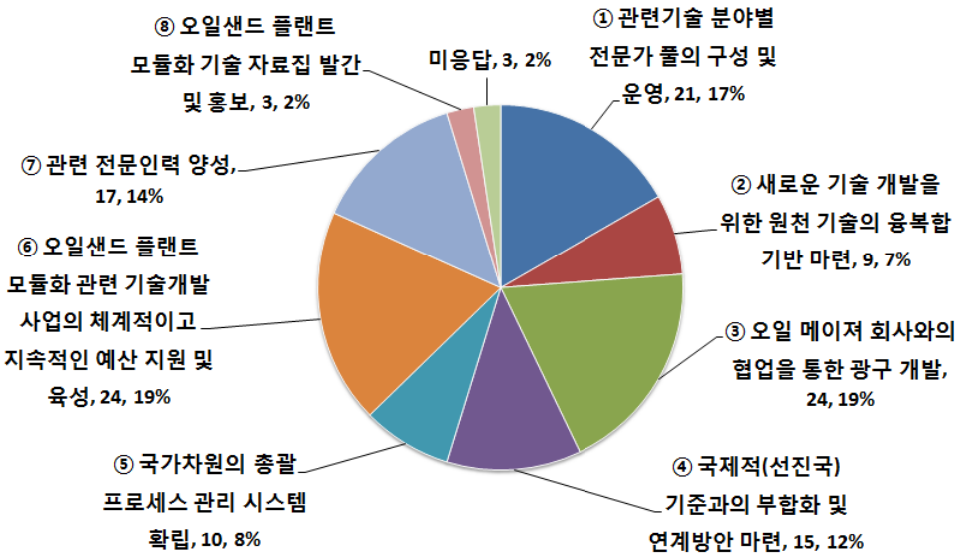

[그림 2.57] 신기술적용 저해요인

- 오일샌드플랜트 모듈화 관련 시장활성화 방안으로는 '오일 메이져 회사와의 협업을 통한 광구 개발'과 '오일샌드 플랜트 모듈화 관련 기술개발 사업의 체계적이고 지속적인 예산 지원 및 육성'(각 24건, 19.0%)에 대한 응답이 가장 많으며, 다음으로 '관련기술 분야별 전문가 풀의 구성 및 운영'(21건, 16.7%) 등의 순으로 응답수가 많음

[표 2.33] 시장활성화 방안

| 시장활성화 방안 | 응답수 | % |
|---|---|---|
| **① 관련기술 분야별 전문가 풀의 구성 및 운영** | **21** | **16.7%** |
| ② 새로운 기술 개발을 위한 원천 기술의 융복합 기반 마련 | 9 | 7.1% |
| **③ 오일 메이져 회사와의 협업을 통한 광구 개발** | **24** | **19.0%** |
| ④ 국제적(선진국) 기준과의 부합화 및 연계방안 마련 | 15 | 11.9% |
| ⑤ 국가차원의 총괄 프로세스 관리 시스템 확립 | 10 | 7.9% |
| **⑥ 오일샌드 플랜트 모듈화 관련 기술개발 사업의 체계적이고 지속적인 예산 지원 및 육성** | **24** | **19.0%** |
| ⑦ 관련 전문인력 양성 | 17 | 13.5% |
| ⑧ 오일샌드 플랜트 모듈화 기술 자료집 발간 및 홍보 | 3 | 2.4% |
| 미응답 | 3 | 2.4% |
| 계 | 126 | 100.0% |

* n=42, 복수응답




[그림 2.58] 시장활성화 방안

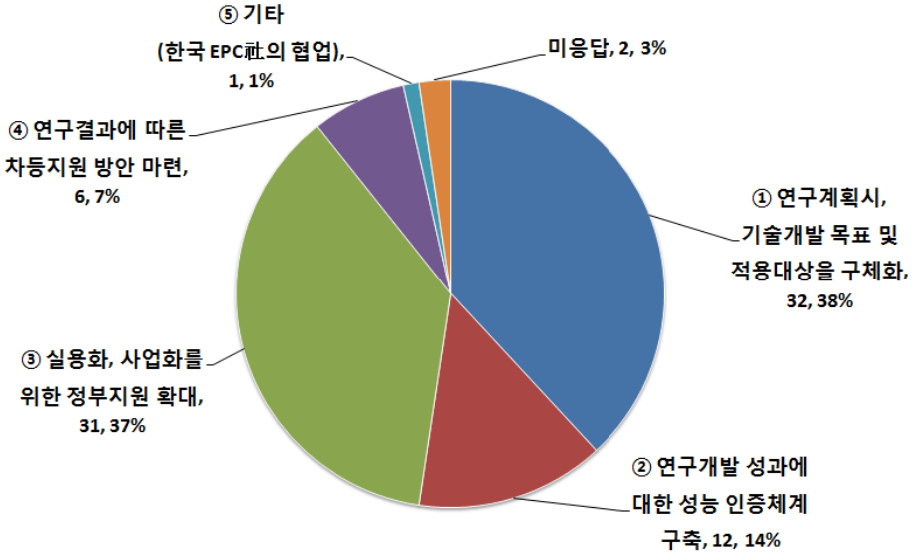
## □ 국가 R&D 성과물의 실용화 연계를 위한 개선사항

- 국가 R&D 성과물의 실용화 연계를 위한 개선사항으로는 '연구계획시, 기술개발 목표 및 적용대상을 구체화'(32건, 38.1%)에 대한 응답이 가장 많으며, 다음으로 '실용화, 사업화를 위한 정부지원 확대'(31건, 36.9%) 등의 순으로 응답수가 많음

[표 2.34] 국가 R&D 성과물 실용화 연계를 위한 개선사항

| 개선사항 | 응답수 | % |
|---|---|---|
| **① 연구계획시, 기술개발 목표 및 적용대상을 구체화** | **32** | **38.1%** |
| ② 연구개발 성과에 대한 성능 인증체계 구축 | 12 | 14.3% |
| **③ 실용화, 사업화를 위한 정부지원 확대** | **31** | **36.9%** |
| ④ 연구결과에 따른 차등지원 방안 마련 | 6 | 7.1% |
| ⑤ 기타 (한국 EPC社의 협업) | 1 | 1.2% |
| 미응답 | 2 | 2.4% |
| 계 | 84 | 100.0% |

* n=42, 복수응답




[그림 2.59] 국가 R&D 성과물 실용화 연계를 위한 개선사항

## □ 기술개발과제 수요 조사

◦ 수요 조사결과 다음의 요소기술이 도출되어 기술 Pool에 반영함. 이 중, 기획연구의 범위에 해당되지 않는 공정개발 기술 분야는 제외함.

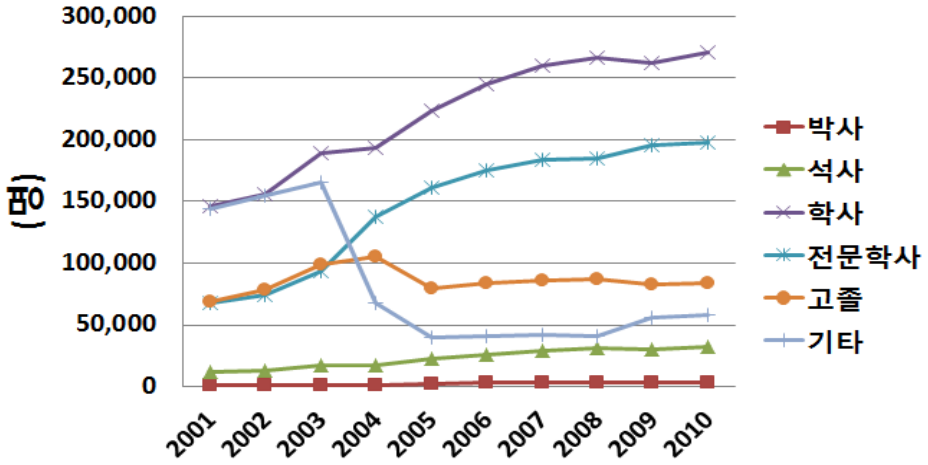
[표 2.35] 기술개발과제 수요 조사 결과

| 구분 | 중점추진분야 | 기술명 |
|---|---|---|
| 1 | 정밀 제작 | 정밀제작 및 정밀시공 문제 해결을 위한 3D 레이저 스캔 방식의 치수정보관리 기술 |
| 2 | 모듈 제작/운송 | 제작 및 운송 문제 해결을 위한 플랫폼 방식의 정밀제작 기술 |
| 3 | 유지보수 | 오일샌드 설비 장수명화를 위한 Erosion 실시간 구간 감시 시스템 |
| 4 | 모듈/구조설계 | 운송 문제 해결을 위한 Container Size 방식의 Module 설계.제작기술 |
| 5 | 모듈/구조설계 | 운송 및 확장성을 고려한 공정기술 |
| 6 | 모듈/구조설계 | 인증 문제 해결을 위한 모형 방식의 Test Bed 기술 |

## 4절. 연구개발 인프라 분석

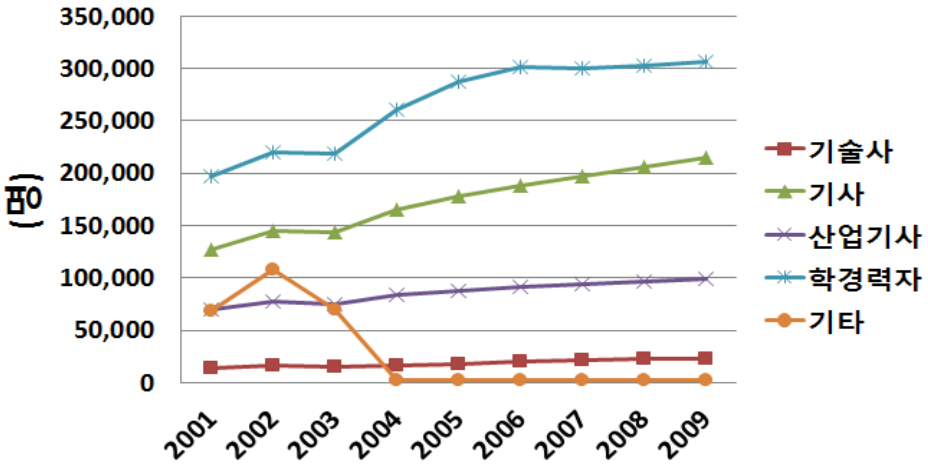
### 1. 연구 인력 인프라

- 토목, 건축, 기계, 화공 등을 포함한 플랜트건설 연구인력 인프라에 대해 조사함




[그림 2.60] 학위별 인력 동향

- 전체적으로 학사 및 전문학사에 대한 인력 공급이 전체 공급인력에서 큰 비중을 차지하고 있으며, 박사 및 석사에 대한 인력 공급 또한 꾸준히 증가하는 추세이며, 기술 자격에 대한 증가 또한 꾸준히 증가함



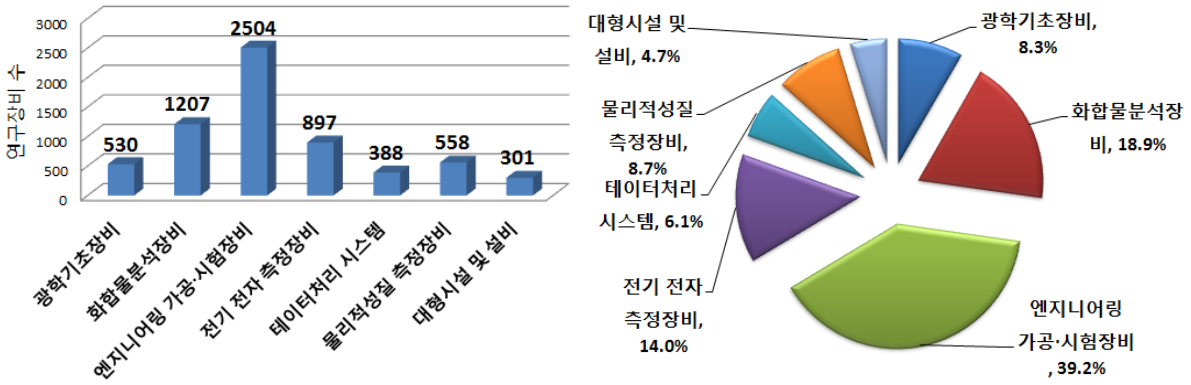

[그림 2.61] 기술 자격별 인력 동향

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

## 2. 연구 기자재 인프라

### □ 자재 인프라 현황

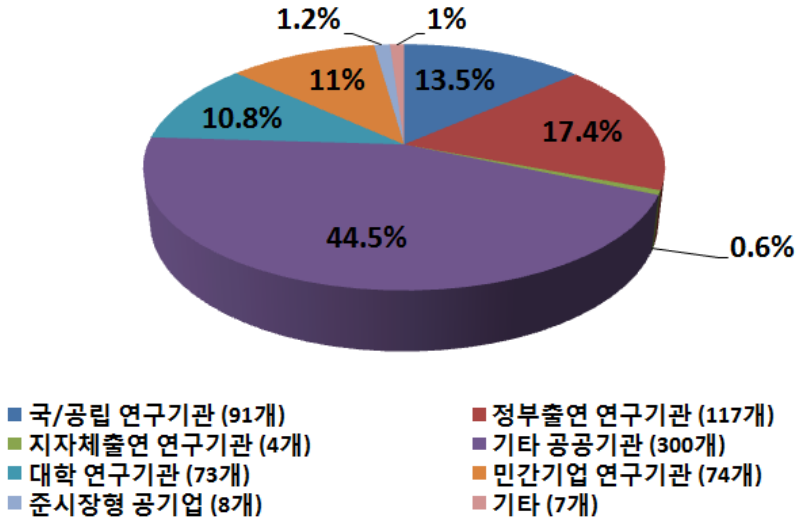
- 연구 기자재는 다양한 분야에서 사용될 수 있는 측면이 강하므로, 기술 분야별로 분류하기에는 한계가 있으며, 산업별로 용도에 따라 분류하였음. 엔지니어링 가공시험장비 (39.2%), 화학물 분석 장비(18.9%)가 가장 높게 나타남




[그림 2.62] 국내 관련 분야 연구 장비 현황

### □ 연구 실험시설 현황

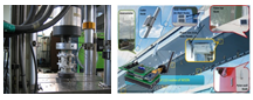
- 국내 플랜트건설관련 연구 실험시설을 NFEC(국가연구시설장비진흥센터)를 통해, “건설”이라는 검색어를 통해, 대형, 중형, 소형 등의 실험시설을 파악함
- 총 674개의 플랜트건설 관련 연구 실험시설이 검색되었으며, 기관 구성은 다음 그림과 같음




[그림 2.63] 국내 연구 실험 시설 현황 (국가연구시설장비징흥센터)

◦ 아래는 주요 연구 센터 및 주요 기능을 정리하였음

[표 2.36] 국내 주요 연구 센터 및 주요 기능

| 연구 센터명 | 활용 목적 | 연구 센터명 | 활용 목적 |
|---|---|---|---|
| 도로교통연구원(도로공사) | • 51개시험실<br>• 173종437품목시험기기등<br>• 국내 교통환경 조건 하에서 건설된 실물 현장 도로시험 시설 | 첨단건설재료실험센터(계명대) | • 건설 신재료 및 고성능 재료 개발<br>• 공유연구환경을 통한 혁신적인 연구 수행 |
| 포항산업과학연구원 | • 건설 신재료 및 고성능 재료 개발<br>• 실규모 시험 검증이 가능한 다수의 실험 장비 보유 | 건설기술연구원 | • 다수의 건설 관련 연구 기자재 보유<br>• 산·학·연간 공동 활용 |
| 대우건설기술연구원 | • 건설산업의 기술경쟁력 향상<br>• 사회기반시설의 신기술 개발 | 지진 방재 연구센터(부산대) | • 세계적 수준의 지진연구소 설립<br>• 지진자료 도서관 운영<br>• 국제적 연구 협력 활성화 |
| KAIST 스마트구조연구센터  | • 스마트 센싱/재료 관련 장비 보유<br>• 국내외 관련 전문가 그룹 네트워크 | 철도기술연구원 | • 궤도/노반/구조 분야 관련 대형 연구 기자재 보유<br>• 철도시설물 안전성 평가/대책 연구 |

## 3. 시사점

◦ 토목, 건축, 기계 등의 분야를 모두 포함하는 플랜트건설 분야의 국내외 석·박사 연구 인력은 꾸준히 증가하는 추세이며, 대학 및 연구소 중심으로 인력 인프라가 형성되어 있어 관련 분야의 연구 역량은 충분하지만 플랜트 시장에 즉시 투입될 수 있는 플랜트 전문인력은 절대적으로 부족한 실정임

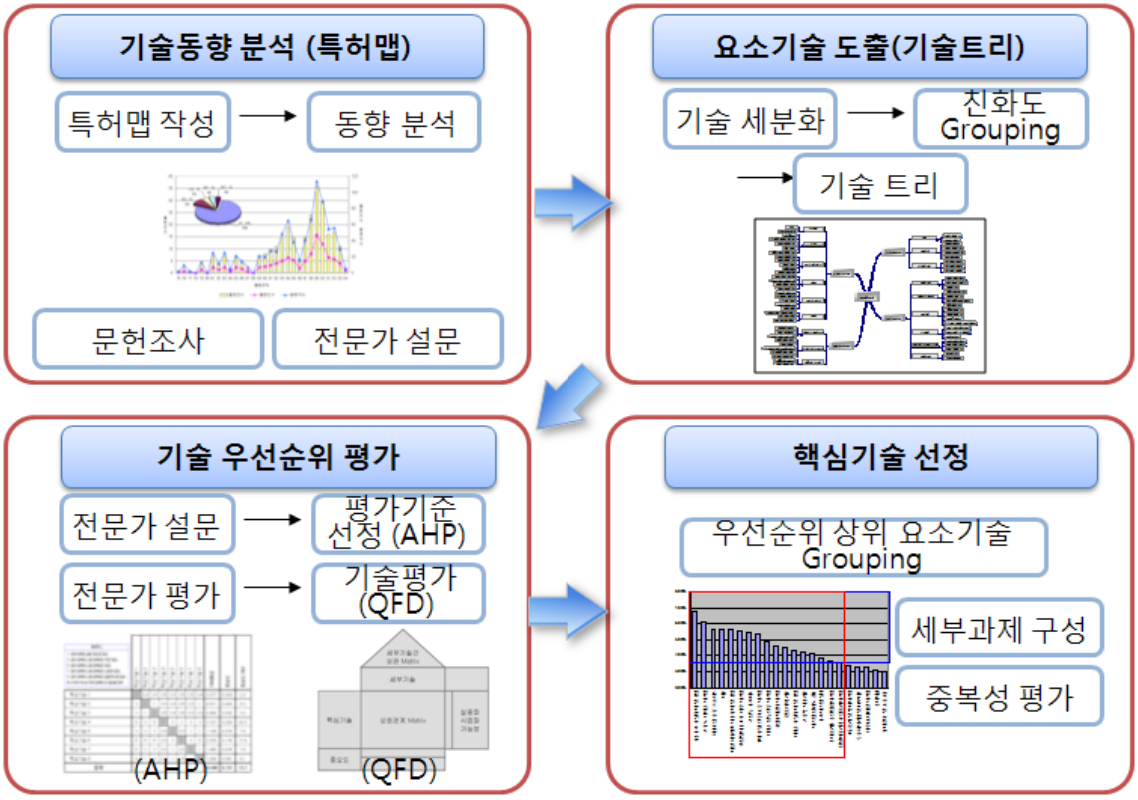
◦ 토목, 건축, 기계 분야의 기 보유 유경험 인력을 플랜트시장에 투입하기 위해 플랜트 시스템 교육이 필요하고, 국내외 관련 기업, 연구소, 대학 등의 다학제간 전문가 공동 연구 및 융합이 필요한 것으로 사료됨

◦ 국가 연구시설장비진흥센터(NFEC)를 통한 국내 플랜트건설 관련 연구실험은 총 674개의 연구 실험시설이 파악되었으며, 이를 활용한 연구시설 및 장비는 대부분 국내에서 활용 가능한 것으로 사료됨

## 5절. 핵심기술 도출

### 1. 핵심기술 도출방법

- 특허맵 분석, 논문 동향분석, 문헌조사, 전문가 인터뷰, 설문조사, 현장 방문 조사 등을 통해 도출된 기술의 동향은 기술의 세분화를 통해 세부 요소기술로 구분되며 다시 친화도법을 적용하여 유사기술군으로 기술트리에서 요소기술로 분류됨
- 도출된 요소기술은 전문가 자문 (특히, 캐나다 발주처, 전문가의 요구성능)에 의해 평가기준을 AHP기법을 이용하여 도출하였으며 요소기술을 QFD방법을 이용하여 평가하여 핵심 요소기술 군을 도출함
- 우선순위 상위 요소기술을 대상으로 재 Grouping 하여 중복성을 평가하고 세부과제 구성 시나리오를 작성함




- 구성 시나리오별 세부과제 적합성을 평가하여 최종 세부과제를 구성함
  - 평가기준은 세부과제 내 독립성, 활용성, 사업 Supply chain 구성, 세부과제간 연계성 등임

- 도출된 요소기술을 Grouping 하여 세부과제 시나리오 구성
- 구성 시나리오별 세부과제 적합성 평가
  → 세부과제내 독립성, 활용성, Supply chain 구성, 세부과제간 연계성

| 시나리오 | 1세부 | 2세부 | 3세부 | 4세부 |
|---|---|---|---|---|
| 건설단계 | 설계 | 제작 | 시공 | |
| 공법 | Mining | In-situ | | |
| 대상공사 | 파이프랙 | 설비/스키드 | 건물/탱크 | 기초 |
| 수행주최 | 연구소 | 건설사 | 학계 | |
| 위치/지역 | 알버타 | 사스캇츠완 | | |
| 운송방법 | 철도 | 트럭 | SPMT | |
| 건설 지역 | 국내 | 캐나다 | | |
| : | : | : | : | : |

<세부 과제 구성 시나리오>

**세부과제 내 독립성**

각 세부내에서 독자적 연구개발 가능

**세부과제 내 활용성**

각 세부내에서 연구성과의 활용과 기업 연구비 매칭이 가능

**세부과제 내 Supply chain 구성**

각 세부내에서 연구개발-활용이 될 수 있는 수행 Supply chain 구성

## 2. 요소기술 및 핵심기술 도출

### □ 요소기술 선정

- 캐나다 발주처의 요구기술 조사, 문헌상의 기술조사, 전문가 설문조사, 특허맵 및 논문 기술조사 등의 방법을 통해 도출된 오일샌드 플랜트 모듈화 관련 요소기술은 다음과 같음.

[표 2.37] 오일샌드 플랜트 모듈화 관련 요소기술

| 구분 | 요소기술 |
|---|---|
| 설계 | 표준 설계 (표준모듈 설계)<br>국내 제작 표준모듈 개발<br>소형 모듈 기술<br>운반 최적 모듈개발<br>기존 설비의 모듈화<br>대형설비의 모듈화<br>탱크구조의 모듈화<br>모듈 연결기술<br>부재 연결기술<br>파이프 연결기술<br>모듈 확장/연장기술<br>연결 표준화 기술<br>모듈 운송 최적화 기술<br>모듈 운송 모델링 |

| | |
|---|---|
| | 운송 중 모듈 설계 기술<br>가설부재 최소화 기술<br>가설부재 재활용/재사용 기술 |
| 소재 | 내구성 소재 이용기술<br>고성능소재 설계기술<br>장수명 소재 이용기술<br>국산 소재 인증 및 대체기술<br>저온인성강 이용기술<br>고성능강 적용 설계 사례 |
| 제작 | 표준 제작상세 개발<br>표준 상세 현지 인증<br>현장조립도 정밀도 향상기술<br>온도편차 고려한 제작 기술 |
| 시공 | 극지 시공성 향상 기술<br>모듈시공관리 기술<br>모듈 이력관리 기술<br>자재 이력관리 기술<br>강관-모듈 급속 연결기술<br>고강도 강관 시공 및 이용기술<br>모듈 급속시공 기술<br>표준모듈 시공프로세스 개발 |
| 유지관리 | 구조물 유지관리 기술<br>파이프 건정성 평가 기술 (전체계 탐색)<br>파이프 건정성 평가 기술 (NDT 활용)<br>파이프/설비 손상 탐색기술 (전체계 탐색)<br>파이프/설비 손상 탐색기술 (NDT 활용) |

□ 핵심기술 선정

- 오일샌드 플랜트 전문가 (캐나다 발주처, FEED사 전문가 중심)들의 VOC와 요구성능을 기반으로 다음의 평가기준을 수립함
  - 기술개발 성공가능성 (실용화)
  - 원천기술(국제특허화) 가능성
  - 공사비 절감
  - 공사기간 단축
  - 성공기술의 조기 시장 활용(캐나다 내)
  - 발주처의 매력도
  - 캐나다 내 기술적용의 난이도 (장애요인)
  - 국산화 가능성
  - 활용효과

  의 요구성능을 평가기준으로 함

◦ 계층분석 (Analytic hierarchy process, AHP) 방법론에 의한 요소기술 평가기준의 가중치 설정

- 분석 결과 원천기술(국제특허화) 및 실용화 가능성 정성지표와 공사비/공사기간 단축의 기술적 지표 등이 선정됨.

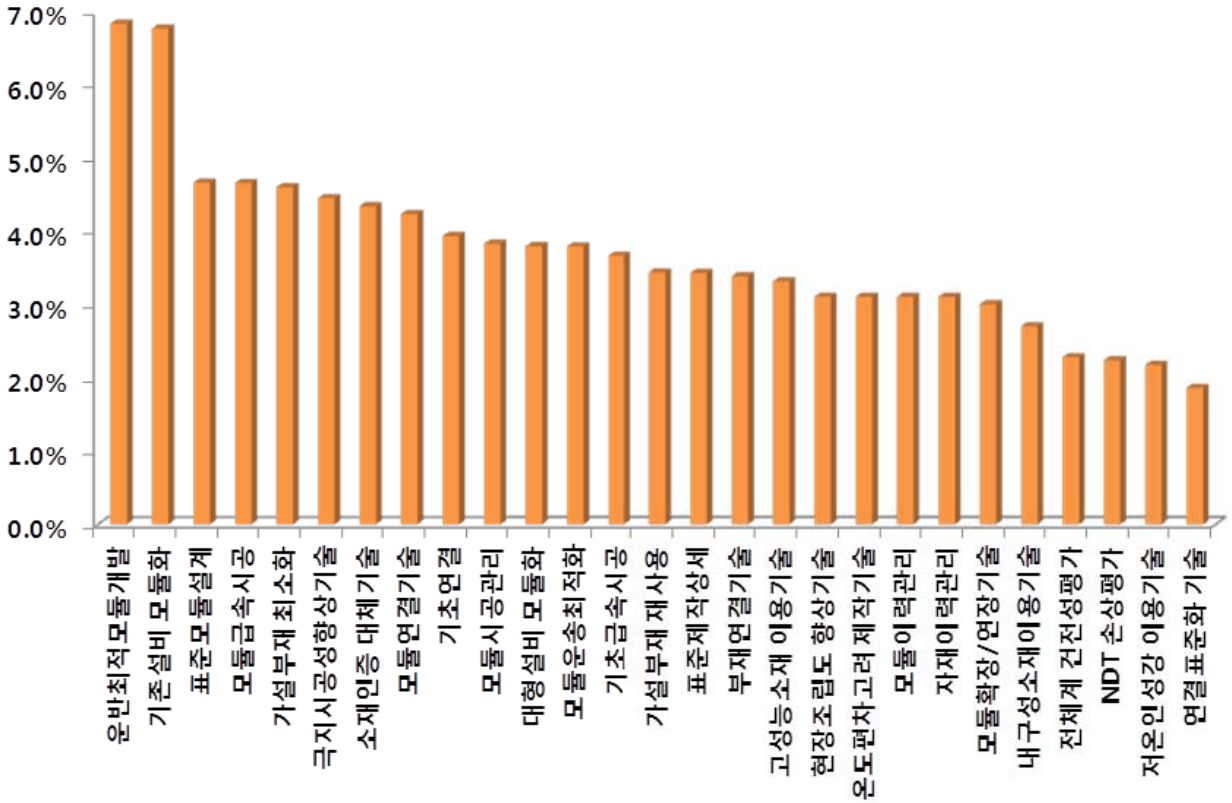
| 요구특성 / 요구특성 | 기술개발 성공가능성 (실용화) | 원천기술 (국제특허화) 가능성 | 공사비 절감 | 공기단축 | 성공기술 조기 시장활용 | 발주처 매력도 | 캐나다 적용 난이도 | 국산화 가능성 | | 활용효과 | 기하평균 | 가중치 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 기술개발 성공가능성 (실용화) | 1.0 | 1.0 | 3.0 | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 5.0 | 5.0 | | 5.0 | 2.18 | 16.7% |
| 원천기술(국제특허화) 가능성 | 1.0 | 1.0 | 5.0 | 5.0 | 7.0 | 5.0 | 7.0 | 7.0 | | 7.0 | 4.06 | 31.1% |
| 공사비 절감 | 0.3 | 0.2 | 1.0 | 1.0 | 5.0 | 3.0 | 7.0 | 7.0 | | 7.0 | 1.91 | 14.6% |
| 공기단축 | 0.3 | 0.2 | 1.0 | 1.0 | 5.0 | 3.0 | 7.0 | 7.0 | | 7.0 | 1.91 | 14.6% |
| 성공기술 조기 시장활용 | 1.0 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 1.0 | 0.1 | 1.0 | 1.0 | | 3.0 | 0.51 | 3.9% |
| 발주처 매력도 | 1.0 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 7.0 | 1.0 | 5.0 | 3.0 | | 7.0 | 1.36 | 10.4% |
| 캐나다 적용 난이도 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1.0 | 0.2 | 1.0 | 0.3 | | 0.2 | 0.27 | 2.1% |
| 국산화 가능성 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1.0 | 0.3 | 5.0 | 1.0 | | 5.0 | 0.55 | 4.2% |
| 활용효과 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 3.7 | 0.2 | | 1.0 | 0.30 | 2.3% |
| | | | | | | | | | | | 13.1 | |

| | | |
|---|---|---|
| 일대일 비교치 | 1 | 양쪽의 항목이 동일한 정도로 중요 |
| | 3 | 좌측항목이 상측항목보다 "약간 중요" |
| | 5 | 좌측항목이 상측항목보다 "중요" |
| | 7 | 좌측항목이 상측항목보다 "아주 중요" |
| | 9 | 좌측항목이 상측항목보다 "절대적으로 중요" |

◦ 품질기능전개 (Quality Function Deployment, QFD) 방법론에 의한 요소기술 평가결과는 다음과 같음.

-품질특성의 평가는 다수 관련 전문가들의 평가에 대한 중위수(mode)를 선정함

| 품질특성 / 고객요구 | 설계 | | | | | | | | | | | 소재 | | | | 제작 | | | 시공 | | | | | | | 유지관리 | | 가중치 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 표준모듈설계 | 운반최적모듈개발 | 기존설비모듈화 | 대형설비모듈화 | 모듈확장/연장기술 | 모듈연결기술 | 부재연결기술 | 연결표준화기술 | 모듈운송최적화 | 가설부재최소화 | 가설부재재사용 | 내구성소재이용기술 | 고성능소재이용기술 | 저온인성강이용기술 | 소재인증대체기술 | 표준제작상세 | 현장조립도향상기술 | 온도편차고려제작기술 | 극지시공성향상기술 | 모듈시공관리 | 모듈이력관리 | 자재이력관리 | 기초급속시공 | 기초연결 | 모듈급속시공 | 전체계 건전성평가 | NDT 손상평가 | |
| 기술개발 성공가능성(실용화) | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 1 | 9 | 3 | 3 | 3 | 16.70 |
| 원천기술(국제특허화) 가능성 | 1 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 1 | 1 | 3 | 3 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 31.07 |
| 공사비 절감 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 1 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 | 3 | 14.63 |
| 공기단축 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 3 | 9 | 9 | 1 | 3 | 9 | 1 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 14.63 |
| 성공기술 조기 시장활용 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 1 | 1 | 3.92 |
| 발주처 매력도 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 10.43 |
| 캐나다 적용 난이도 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2.07 |
| 국산화 가능성 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4.23 |
| 활용효과 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 9 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 | 1 | 2.31 |
| | 564 | 826 | 818 | 459 | 363 | 512 | 409 | 225 | 458 | 556 | 416 | 327 | 401 | 263 | 525 | 415 | 375 | 375 | 538 | 463 | 375 | 375 | 443 | 475 | 563 | 275 | 271 | |
| | 4.7% | 6.8% | 6.8% | 3.8% | 3.0% | 4.2% | 3.4% | 1.9% | 3.8% | 4.6% | 3.4% | 2.7% | 3.3% | 2.2% | 4.3% | 3.4% | 3.1% | 3.1% | 4.5% | 3.8% | 3.1% | 3.1% | 3.7% | 3.9% | 4.7% | 2.3% | 2.2% | |
| | 3 | 1 | 2 | 11 | 22 | 8 | 16 | 27 | 12 | 5 | 14 | 23 | 17 | 26 | 7 | 15 | 18 | 18 | 6 | 10 | 18 | 18 | 13 | 9 | 4 | 24 | 25 | |


7.0%
6.0%
5.0%
4.0%
3.0%
2.0%
1.0%
0.0%
운반최적모듈개발
기존설비 모듈화
표준모듈설계
모듈급속시공
가설부재 최소화
극지시공성향상기술
소재인증 대체기술
모듈연결기술
기초연결
모듈시공관리
대형설비 모듈화
모듈운송최적화
기초급속시공
가설부재 재사용
표준제작상세
부재연결기술
고성능소재 이용기술
현장조립도 향상기술
온도편차고려제작기술
모듈이력관리
자재이력관리
모듈확장/연장기술
내구성소재이용기술
전체계 건전성평가
NDT 손상평가
저온인성강 이용기술
연결표준화 기술

□ 세부과제 구성

◦ 도출된 핵심기술을 재그룹핑하여 다양한 세부과제 시나리오를 구성 후 구성 시나리오별 세부과제 적합성 평가

◦ 시나리오 평가기준은 다음과 같음

- 세부과제 내 독립성 : 각 세부내에서 독자적으로 연구개발 가능
- 세부과제 내 활용성 : 각 세부내에서 연구성과의 활용과 기업 연구비 매칭 및 기술료 환수가 가능
- 세부과제 내 Supply chain 구성 : 각 세부내에서 연구개발 활용이 가능한 사업 Supply chain이 구성 가능
- 세부과제 간 연계성 : 각 세부과제간 기술 및 성과의 연계가 용이

◦ 시나리오 구성 사례는 다음과 같음

| | 시나리오 | 1세부 | 2세부 | 3세부 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 건설단계 | 설계 | 제작 | 시공 | -영역별 업무구분 용이, 각각의 Supply chain 구성 가능 |
| 2 | 대상구조 | 파이프랙 | 설비구조 | 건물/탱크 | -기술개발의 관점에서 유리, 사용자의 구분 모호<br>-최근 복합모듈 실시로 영역 불명확 |
| 3 | 모듈화율 | 기존 모듈화 구조 | 모듈화 제한구조 | 현장설치구조 | -기술적으로 구분 유리, 사용자 구분 모호 |
| 4 | 수행주최 | 산업계 | 학계 | 연구소 | -기술적 구분이 모호, 세부과제 내 Supply chain 구성 어려움 |
| 5 | 플랜트 위치 | 알버타 | 사스캇츠원 | | -표준설계 구분에 적합 |
| 6 | 플랜트 종류 | SAGD 플랜트 | 마이닝 플랜트 | | -각 설비에 국한된 제한된 연구 가능 |
| 7 | 모듈 운송방법 | 철도 | 트럭 | SPMT | -정량적 성능지표화 부분으로 각각의 기술은 단계적 발전기술 |
| 8 | 건설 지역 | 국내 | 캐나다 | | -국내 모듈설계, 제작과 캐나다 재조립/시공으로 구분 가능 |

| 평가 (세부과제 내) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 시나리오 | 독립성 | 활용성 | Supply Chain구성 | 연계성 (세부과제 간) | 종합 | 비고 |
| 1 | 건설단계 | 9 | 9 | 3 | 9 | 30 | 선택 |
| 2 | 대상구조 | 9 | 1 | 3 | 3 | 16 | |
| 3 | 모듈화율 | 9 | 3 | 3 | 3 | 18 | |
| 4 | 수행주최 | 1 | 1 | 1 | 9 | 12 | |
| 5 | 플랜트 위치 | 1 | 3 | 3 | 1 | 8 | |
| 6 | 플랜트 공정 종류 | | 3 | 9 | 3 | 15 | |
| 7 | 모듈 운송방법 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 | |
| 8 | 건설 지역 | 9 | 3 | 9 | 9 | 30 | 선택 |

◦ 시나리오의 평가결과 각 세부과제는 설계-제작/제작 시공 단계로 구분함과 동시에 국내 수행과 캐나다 수행을 동시에 고려하여 2개의 세부과제로 구분하고 해당 요소기술을 QFD에서 도출된 우선순위에 의해 그룹핑함.

| | |
|---|---|
| 1세부 과제 | - 국내에서 수행되는 모듈 설계, 모듈 제작과 관련된 기술 개발 |
| 2세부 과제 | - 캐나다에서 수행되는 모듈의 재조립, 현장시공 및 유지관리 기술개발<br>- 1,2세부과제의 성과의 통합 Pilot test |

◦ QFD 결과로부터 도출된 상위 요소기술을 각 세부과제의 대표 Activity로 구분하고, 유관 요소기술을 Activity에 그룹핑함.

◦ 세부과제의 구성 Activity와 도출된 요소기술의 연계 관계는 다음과 같음

| 세부과제 기술 | Activity 기술 | | Activity 내 요소기술 | |
|---|---|---|---|---|
| 1세부 모듈러 오일샌드 플랜트 설계기술 개발 | 운반최적모듈개발 | 6.8% | 모듈연결기술 | 4.2% |
| | | | 모듈운송최적화 | 3.8% |
| | | | 부재연결기술 | 3.4% |
| | | | 기초연결 | 3.9% |
| | 기존설비 모듈화 | 6.8% | 가설부재 최소화 | 4.6% |
| | | | 대형설비 모듈화 | 3.8% |
| | | | 가설부재 재사용 | 3.4% |
| | 표준모듈설계 | 4.7% | 모듈확장/연장기술 | 3.0% |
| | | | 연결표준화 기술 | 1.9% |
| | 소재인증 대체기술 | 4.3% | 고성능소재 이용기술 | 3.3% |
| | | | 내구성소재이용기술 | 2.7% |
| | | | 저온인성강 이용기술 | 2.2% |
| 2세부 오일샌드 플랜트 제작/시공 기술개발 및 Pilot Test | 표준제작상세 | 3.4% | 현장조립도 향상기술 | 3.1% |
| | | | 온도편차고려 제작기술 | 3.1% |
| | | | 내구성소재이용기술 | 2.7% |
| | 모듈급속시공 | 4.7% | 극지시공성향상기술 | 4.5% |
| | | | 모듈시공관리 | 3.8% |
| | | | 기초급속시공 | 3.7% |
| | | | 모듈이력관리 | 3.1% |
| | | | 자재이력관리 | 3.1% |
| | 전체계 건전성평가 | 2.3% | NDT 손상평가 | 2.2% |
| | Pilot Test | - | | |

QFD 평가결과

| | |
|---|---|
| 운반최적모듈개발 | 6.8% |
| 기존설비 모듈화 | 6.8% |
| 표준모듈설계 | 4.7% |
| 모듈급속시공 | 4.7% |
| 가설부재 최소화 | 4.6% |
| 극지시공성향상기술 | 4.5% |
| 소재인증 대체기술 | 4.3% |
| 모듈연결기술 | 4.2% |
| 기초연결 | 3.9% |
| 모듈시공관리 | 3.8% |
| 대형설비 모듈화 | 3.8% |
| 모듈운송최적화 | 3.8% |
| 기초급속시공 | 3.7% |
| 가설부재 재사용 | 3.4% |
| 표준제작상세 | 3.4% |
| 부재연결기술 | 3.4% |
| 고성능소재 이용기술 | 3.3% |
| 현장조립도 향상기술 | 3.1% |
| 온도편차고려 제작기술 | 3.1% |
| 모듈이력관리 | 3.1% |
| 자재이력관리 | 3.1% |
| 모듈확장/연장기술 | 3.0% |
| 내구성소재이용기술 | 2.7% |
| 전체계 건전성평가 | 2.3% |
| NDT 손상평가 | 2.2% |
| 저온인성강 이용기술 | 2.2% |
| 연결표준화 기술 | 1.9% |

◦ 최종적으로 도출된 세부과제 및 Activity명을 재정의함. 도출된 과제 구성은 다음과 같음.

| 구분 | | 과제명 |
|---|---|---|
| 연구단 총괄 | | 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발 |
| 1 세부과제 | | 오일샌드 플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발 |
| | 1-1 activity | 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발 |
| | 1-2 activity | 오일샌드 플랜트 모듈화율 향상 기술 개발 |
| | 1-3 activity | 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 |
| | 1-4 activity | 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증 |
| 2 세부과제 | | 오일샌드 플랜트 모듈 제작/시공 기술 개발 및 Pilot Test |
| | 2-1 activity | 오일샌드 플랜트 모듈의 표준 제작상세 개발 및 인증 |
| | 2-2 activity | 현지 공기단축 시공기술 및 모듈 현장관리기술 개발 |
| | 2-3 activity | 오일샌드 플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술 |
| | 2-4 activity | 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test |

## 6절. 종합분석

### 1. 국내외 정책 및 시장 분석

- 오일샌드가 포함되는 Oil&Gas플랜트 분야는 세계 오일 가격 상승의 영향으로 현재 발전가능성이 가장 큰 시장으로 성장하였으며, 이에 발맞추어 중국과 일본 또한 국가적 차원에서 미국과 캐나다의 오일 메이져 회사와의 협업을 통해 광구 개발 사업과 오일 채굴 사업을 추진 중에 있음
- 반면 우리나라는 아직 초기 진입단계이고, 플랜트EPC 사업 중 Oil&Gas 분야의 국내 원천기술은 석유화학, 발전/환경, 담수, 해양 플랜트 분야보다 선진국대비 상대적으로 취약한 편이므로 여러 가지 법적, 제도적, 환경적 어려움을 겪고 있는 실정이기 때문에 국가적 차원에서의 지원과 기술개발이 요구됨
- 캐나다 정부는 1980년대부터 석유산업 국유화 정책을 철폐하고 외자도입을 통한 석유자원 개발을 추진하고, 앨버타 주정부는 오일샌드 프로젝트의 투자설비 비용이 회수될 때까지 주정부에 대한 로열티 납부를 조정하는 등의 조치를 통해 활발한 국내외 석유기업의 오일샌드 사업 참여를 유도하고 있음
- 베네수엘라의 차베스 정권은 석유산업에 대한 국유화를 단행하면서 외국계 특히 미국계 석유회사를 거의 축출하는 상황이었으나 2005년 새로운 에너지 정책을 통해 중국, 일본 등의 기업들과 오리노코 오일샌드 프로젝트 개발을 시도하고 있음
- 국내 최초로 오일샌드플랜트용 모듈을 제작하여 캐나다 현지로 운송한 실적을 보유한 성진지오텍 등의 국내 플랜트 설계·제작·시공 기업들은 3차원 가상제작 시뮬레이션 기술을 이용하여 오일샌드플랜트 모듈의 제작성을 평가한 바 있지만, 아직 오일샌드플랜트에 최적화된 기술이 개발되지 않았으며 이로 인해 전체 시스템에 대한 모듈화에는 한계가 있는 실정임
- 2003년 이후 국제유가가 배럴당 30달러를 넘어서자 세계 메이져 석유기업들은 안정적인 석유공급을 위해 오일샌드 시장의 76%를 차지하고 있는 캐나다 오일샌드에 대한 투자를 지속적으로 증가시키고 있음
- 오일샌드 산업의 전체 시장은 2011년에 249억불이었고, 2021년에는 약 789억불(CAGR 12.2%, 2011~2021)에 달할 것으로 예측됨
- 캐나다 앨버타주 Athabasca, Cold Lake, Peace River 등지 120여개 곳에서 오일샌드 프로젝트가 활발히 진행 중에 있으며, 그중 약 60여 개소에서는 이미 오일샌드를 생산하고 있는 중임. 나머지 60개소 중 3곳은 현재 플랜트 공사중에 있으며, 나머지 57곳은 프로젝트 개발을 준비 중에 있

음. (Visiongain, 2011)

- 오일샌드 개발은 앨버타주와 캐나다 전체의 경제성장에 긍정적 영향을 고 있는 반면, 주택가격 상승, 자본비용 증가, 이산화탄소 방출, 천연가스 및 물 사용의 증가, 개발로 인해 해당 지역의 숙련인력 부족, 환경오염의 증가 등과 같은 다양한 문제가 대두되고 있어 이의 해결을 위한 연구개발 역시 필요함
- 캐나다 앨버타주 지역의 오일샌드 생산방식별로 보면 오일샌드는 노천채굴방식이 857천b/d로 53%, 지하회수방식과 1차회수방식에 의한 생산이 756천b/d로 47%를 차지하고 있음. 앞으로 2015년에 지하회수방식에 의한 비투멘 생산 비중이 노천채굴 방식에 의한 비투멘 생산 비중을 추월할 전망임
- 두 번째 최대 오일샌드 생산국인 베네수엘라의 경우, 방대한 양의 오일샌드가 베네수엘라에 매립되어 있지만 보다 생산이 쉬운 전통원유의 생산이 지속되는 한 오일샌드에 대한 투자는 크지 않을 것임
- 세 번째 최대 오일샌드 생산국인 미국은 알래스카와 유타에 특정 오일샌드 매장지를 보유하고 있고, Gulf States 남부의 개질 시설들이 캐나다 오일 산업에 중요한 역할을 할 것으로 간주되고 있음
- 중국 및 일본 기업들은 1970년대부터 오일샌드 사업에 참여하고 있으며 향후 참여기업 수 증가 및 사업 확대가 전망됨

## 2. 기술개발 동향 및 인프라 분석

- 오일샌드 관련하여 최근 관심을 받고있는 분야로는 (1) 플랜트의 모듈화 설계 및 제작, 운반, 시공, (2) 비투멘의 운송, (3) 오일샌드의 채굴, (4) $CO_2$ 처리 및 에너지 효율화 등이 있음
- 오일샌드 관련 기술특허는 북미 중심으로 출원되고 있으며 주로 1970, 80년대 출원되었으며 2000년대부터 출원건수가 다시 증가하고 있는 동향을 보임. 주로 메이저오일사가 관련 특허를 보유하고 있으며 한국은 총 6건으로 미국의 1% 이하의 매우 저조한 수준임. 오일샌드플랜트 모듈화기술 개발을 통한 보유 특허의 확대가 필요함
- 캐나다 앨버타는 동토 지역으로 건설가능 기간이 제한적이고 현지 건설인력 확보가 쉽지 않기 때문에 현장에서의 공사를 최소화하는 것이 요구됨. 특히, 건설공기의 단축은 조기 오일생산으로 이어져 발주자가 빠른 투자효과를 볼 수 있기 때문에, 모듈러기술(설계-제작-설치)에 대한 관심도가 매우 높음. 따라서, 내구수명 향상 모듈러기술 및 급속시공에 대한 연구개발이 필요함
- 오일샌드플랜트는 캐나다 북부 앨버타주의 낮은 기온지역에 위치하므로

사용되는 강재는 고인성강 (저온인성 확보 강)이 요구되며, 각 공정별로 요구되는 소재의 성능이 다름. 오일샌드플랜트의 하이드로파이프라인은 온수, 모래, 비튜멘의 혼합물이 고온으로 통과하여 파이프라인의 부식 및 마모 진행속도가 빨라 짧은 교체수명 (6개월~36개월)과 파이프라인 점검을 위한 인원이 필요하였음. 고인성, 내마모성, 내부식성 등의 고성능소재를 사용하여 구조물의 life-cycle 개선을 위한 연구 개발이 필요함

- 기존 플랜트의 모듈러공사는 해상/해안에 위치하고 있어 육상이동 거리가 짧아 대형 모듈블록 시공이 가능하였지만, 오일샌드플랜트는 육지의 외지에 위치하고 있어 운반 거리가 길고 기존 도로망을 이용하므로 운반할 수 있는 모듈크기에 제약을 받음. 또한, 기존 도로의 개선(곡선부-교차로 개선), 유틸리티(전신주 개선, 표지판, 신호등), 도로 포장, 교량 통과 특수해석, 교량 개선 등의 이동시뮬레이션을 미리 고려해야 하고 각 통과 지역의 법규준수 및 승인을 받아야 하기 때문에 모듈러 시공의 가장 큰 제약 원인이 되고 있음. 따라서, 효율적인 운영체제 및 시공관리 시스템 구축이 필요함
- 일반적으로 모듈러공법은 조립식(pre-assembly) 공법과 표준모듈 공법을 포괄하는 용어로 통용되고 있음. Pre-assembly공법은 현장조건에 맞게 설계한 구조물을 공장에서 제작 및 운반할 수 있게 자르는 개념이라면 표준모듈공법은 표준화된 모듈을 최대한 조합하여 시스템을 구성하는 공법으로 구분됨. 표준모듈의 장점은 표준화되어 있어 제작 시 발생 가능한 오차가 최소화되며 제작라인의 자동화가 가능함. 최근의 산업별 기술동향은 Stick-build → 조립식공법 → 모듈러공법으로 발전되고 있는 추세임
- 특허동향을 살펴보면, 1990년대 초반 해상플랜트 모듈기술 개발이 시작되어 지금까지 전체 플랜트 모듈기술의 68%를 차지하고 있고, 그 이후 1990년대 중반부터 육상플랜트 모듈기술 개발이 이루어져  전체 플랜트 모듈기술의 32%를 차지하고 있음. 최근 고유가 시대에 접어들면서 2000년대 후반부터 오일샌드플랜트 모듈기술 개발이 이루어지고 있고, 전체 플랜트 모듈기술 특허의 1%를 차지하고 있음
- 전체 플랜트 모듈화기술 분야의 특허는 미국에서의 출원이 전체 분석대상 국가 출원규모의 절반 이상을 차지하고 있고, 한국, 중국, 일본, 유럽 및 캐나다의 외국인 점유율 중 미국 국적 출원인에 의한 특허출원 비율이 모두 50% 이상으로 나타나 미국인이 전 세계 플랜트 모듈화기술 특허활동을 주도하고 있음
- 플랜트 모듈 분야의 기술과제 및 해결수단에 관련한 특허들의 경우, 오일샌드 플랜트 모듈화 기술의 핵심기술인 급속 시공 기술이 대부분이었으며 2000년대 중반 이후로 갈수록 공기 단축 및 조립 용이성 향상을 이루고자

하는 해당 기술 분야에 대한 특허 활동이 활발함

- 공기 단축 과제를 해결하기 위한 주요 해결수단으로 급속시공, 운송 및 조립을 고려한 모듈화에 더욱 집중인 개발이 이루어지고 있음
- 오일샌드 플랜트 모듈화 기술 분야에서 장수명 및 신뢰성 향상을 위한 기술은 공백기술로 나타나기 때문에 기술 선점이 가능한 유망 기술임
- 논문동향을 살펴보면, 전체 플랜트 모듈 관련 논문 중 해상플랜트 모듈 관련 논문은 82%를 차지하여 대다수를 이루고 있고, 육상플랜트 모듈기술 논문은 전체 플랜트 모듈기술의 12%를 차지하고 있음. 오일샌드 플랜트 모듈 관련 논문은 전체 플랜트 모듈기술 특허의 1%를 차지하고 있음
- 토목, 건축, 기계 등의 분야를 모두 포함하는 플랜트건설 분야의 국내외 석·박사 연구 인력은 꾸준히 증가하는 추세이며, 대학 및 연구소 중심으로 인력 인프라가 형성되어 있어 관련 분야의 연구 역량은 충분하지만 플랜트 시장에 즉시 투입될 수 있는 플랜트 전문인력은 절대적으로 부족한 실정임
- 토목, 건축, 기계 분야의 기 보유 유경험 인력을 플랜트시장에 투입하기 위해 플랜트 시스템 교육이 필요하고, 국내외 관련 기업, 연구소, 대학 등의 다학제간 전문가 공동 연구 및 융합이 필요한 것으로 사료됨
- 국내 플랜트건설 관련 연구실험은 총 674개의 연구 실험시설이 파악되었으며, 이를 활용한 연구시설 및 장비는 대부분 국내에서 활용 가능한 것으로 사료됨

# 3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

## 1절. 비전 및 목표

□ SWOT 분석

- 국내외 환경 및 역량을 고려한 SWOT분석을 통해 다음의 기술개발 전략을 수립함

| | 기회 | 위기 |
|---|---|---|
| | • 캐나다 발주처와 EPC 추진 중 EPC 진입장벽 낮음<br>• 정부 광구개발 사업운영 등 정책적 지원<br>• 안전성 중시로 고성능소재 필요<br>• 신기술 적용 시 개선여지 有 | • 중국 등 저가생산성 Follower<br>• 지경부와의 R&D 업무 구분<br>• 기존 설계/사례 재활용으로 신기술 적용의지 약함<br>• 현지 제도 및 인증 복잡 |
| **강점**<br>• 국내 모듈 기술 전문성 보유<br>: 상세설계, 제작, 운송<br>• 고성능 소재 이용기술 보유<br>• 모듈 국내 제작으로 국산소재 사용 가능 | • EPC 사업 수주 연계 기술<br>• 육상운송에 특화된 모듈화 기술 개발<br>• 국산/고성능소재 이용 개선 기술 도출<br>• 고성능소재 적용으로 안전성, 장수명 확보 | • 저가생산성 Follower 차별화 고유기술 개발<br>• 건설기술(EPC)의 R&D 기획<br>• 현지제도, 기준 반영 연구기획 |
| **약점**<br>• FEED 역량 부족<br>• 극한지 모듈 시공 경험 부족<br>• 채굴/공정분야 선진국과 기술격차 큼<br>• 현지제도, 법규 등 정보 부족 | • 사업참여로 설계역량 확보<br>• 현지 제도, 법규, 규격 등 조사<br>• 시공관리 기술 기획 반영<br>• 건설기술 중심의 기획<br>• 현지참여로 현지제도, 기준 반영 연구기획 | • 화공/공정은 후속 연구/지경부 연구<br>• 신기술 개선효과 객관적 검증 및 홍보<br>• 캐나다 제도의 이해 |

**SWOT 분석으로 도출된 주요 전략**

- 캐나다 시장의 차별화와 저가 생산 후발국가와의 차별화를 위한 모듈러 고유기술의 개발 (육상운송 특화 모듈 기술)
- 외국기술의 의존도를 낮추어 소재~설계~제작~시공의 전 과정에서의 기술자립 및 국산화로 외화가득률 향상
- 건설기술 중심의 R&D 기획을 통해 캐나다 시장의 경쟁력을 조기에 확보하고 빠른 핵심기술 확보와 실용화 실시 (화공, 공정 기술은 후속 연구)

◦ 국내외 동향 조사 및 환경 분석, 기술수요·예측조사를 바탕으로 오일샌드 플랜트분야 고유기술을 확보하고 국제적인 경쟁력을 갖추기 위해 다음과 비전 및 목표를 설정하였음

| | | |
|---|---|---|
| VISION | 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발 | |
| MISSION | 오일샌드플랜트 분야의 설계/제작/시공 기술의 국산화 및 신성장 동력 창출에 기여 | |
| R&D GOAL | ▪ 모듈화율 80%가 가능한 오일샌드 플랜트 설계 기술의 국산화<br>▪ 표준 모듈을 통한 현장공사기간 30% 단축<br>▪ 소재, 설계, 제작 관련 캐나다 인증 획득 (인증율 90% 이상)<br>▪ 자재국산화 70%를 통한 외화가득률 증진<br>▪ 설계, 제작, 시공기술 향상을 통한 가격 경쟁력 증진: 100%(현지) → 70% | |
| STRATEGY | 한국형 표준모듈 설계기술 | ▪ 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발<br>▪ 오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발<br>▪ 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발<br>▪ 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 |
| | 표준모듈 제작/시공기술 및 Pilot Test | ▪ 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 개발 및 인증<br>▪ 현장 공기단축 시공기술 및 모듈관리기술 개발<br>▪ 오일샌드플랜트 모듈시스템 유지관리기술<br>▪ 모듈러 오일샌드플랜트 Pilot Test |

[그림 3.1] 통합 비전 및 목표

| 1세부과제 | 오일샌드플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발 |
|---|---|
| • 한국형 표준모듈을 통한 플랜트 모듈화 설계율 80% 향상<br>• 자재 국산화율 100% 한국형 고유모듈 개발을 통한 국제 경쟁력 향상<br>• 발주자 요구에 맞는 표준모듈 조합을 솔루션 개발을 통한 EPC 경쟁력 향상<br>• 극한 환경 대응 특화소재 이용기술 개발 및 인증을 통한 자재국산화율 70% 향상 및 인증율 90% 달성<br>• 모듈 연결 표준화에 따른 시공속도 30% 향상<br>• Logistics 연구를 통한 해외 수출 경로의 다양화 및 활성화 | |

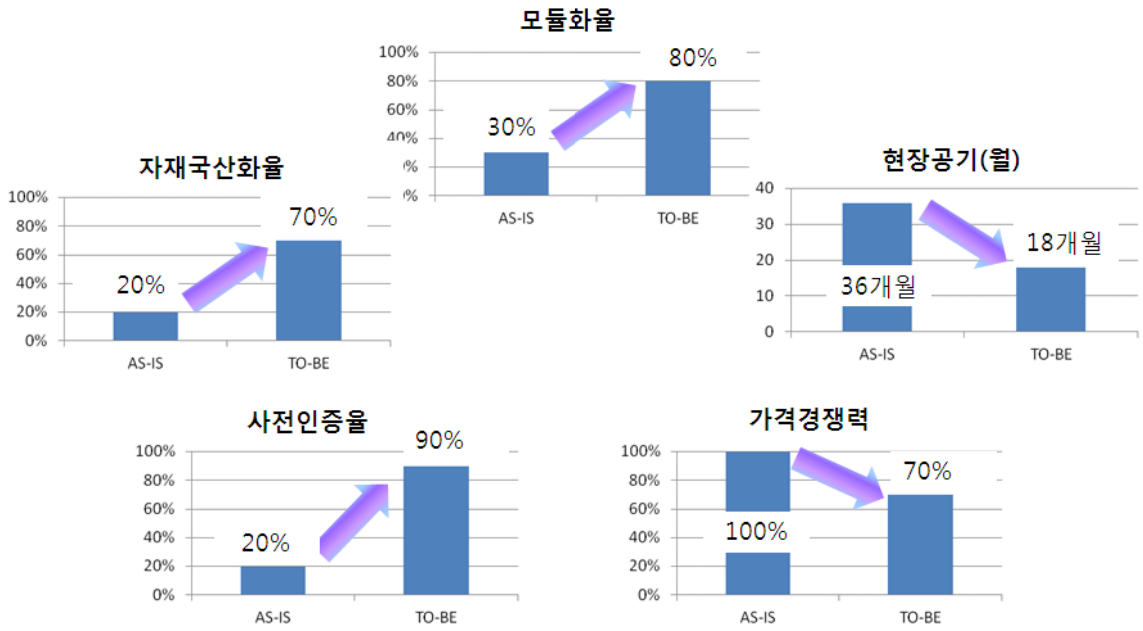
| 2세부과제 | 오일샌드플랜트 모듈 제작/시공기술 개발 및 Pilot Test |
|---|---|
| • 변형예측 제작정밀도 향상 기술개발에 따른 제작시간 및 오차율 감소<br>• 효율적 시공관리시스템 구축을 통한 시공성 향상<br>• 오일샌드플랜트 건전성 평가기술 및 손상 탐색기술을 통한 유지관리의 효율화 및 플랜트 수명 연장<br>• 모듈 assembly 급속시공기술 개발을 통한 공기 단축<br>• 테스트베드 후보지 선정 및 현장적용을 통한 검증 | |

[그림 3.2] 중점분야별 세부목표

## 2절. 기술개발에 따른 미래상

### 1. 현황 및 미래상

- “모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술”은 설계, 제작, 시공에 대한 기술을 자립화함으로서 그동안 의존해 왔던 외국기술과 대등하거나 우위를 선점하여 극한지 건설분야를 선도하고 기술집양형 고부가가치를 창조하여 지속 가능한 성장 동력 기반을 확립시킬 것으로 예상됨
- 본 연구를 통하여 오일샌드플랜트 모듈화율은 현 30%에서 80%수준으로, 자재국산화율(국산소재적용율)은 20%에서 70%으로, 사전인증율은 20%에서 90%으로 끌어 올림과 동시에 공기는 2배 빠르게, 공사비는 30% 더 싸게 할 수 있을 것으로 판단됨

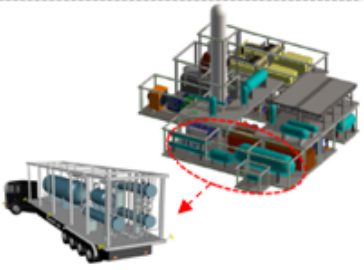


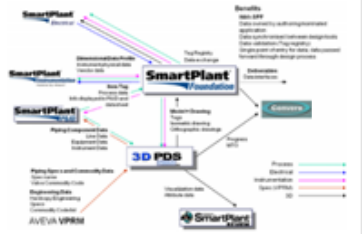
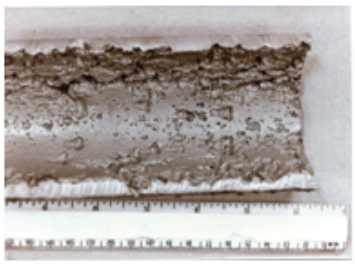
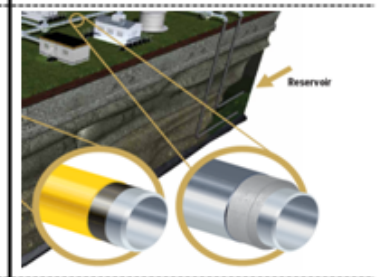

**오일샌드분야 기술확보 : 외국기술 의존 → 기술자립/우위**

**수주금액 대비 외화 가득률 : 30%(現국내수준) → 45%(선진국수준)**

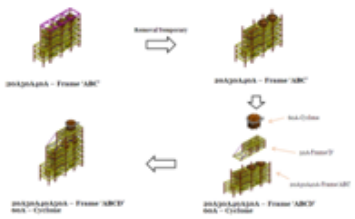
## 2. 세부과제별 미래상

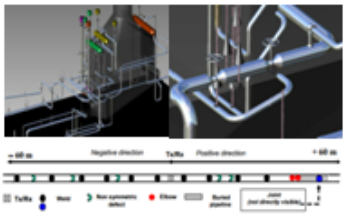
### □ 1세부과제: 오일샌드플랜트 모듈 설계 및 제작기술 개발

| 구분 | 오일샌드플랜트 한국형 표준모듈 기술 개발 |
|---|---|
| 1-1 activity: 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발 | **AS-IS** / **TO-BE**<br>**목표**<br>AS-IS: ▪ 현지제작 대비 공사기간: 100%<br>▪ 국내제작 모듈 운송비: 100%<br>TO-BE: ▪ 현지제작 대비 공사기간: 50%<br>▪ 국내제작 모듈 운송비: 60%<br> <br>  <br>**연구 내용**<br>• 육상운반용 한국형 표준모듈 개발<br>• 시공성 향상을 위한 현장 모듈연결 표준화 기술 개발<br>• 자재 국산화율 100% 한국형 고유모듈 개발<br>**배경 및 전략**<br>• 국내 모듈 기술은 파이프랙과 같은 단순구조에 설계에서 벗어나 주요 생산 설비들에 대한 모듈 설계 역량확보가 필요하며, 더 경쟁력이 있는 특화된 형태의 한국형 표준모듈 설계역량을 확보하여야 함.<br>• 또한, 자재 국산화율 100% 가능한 한국형 고유 모듈에 대한 기술 개발을 통해 국제경쟁력에서 우위를 선점할 수 있는 전략이 요구됨 |
| 1-2 activity: 오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발 | **AS-IS** / **TO-BE**<br>**목표**<br>AS-IS: ▪ 오일샌드플랜트 모듈화율: 30%<br>▪ 자재 국산화율: 20%<br>TO-BE: ▪ 오일샌드플랜트 모듈화율: 80%<br>▪ 자재 국산화율: 70%<br> <br> <br>**연구 내용**<br>• 육상 및 해상 운송을 고려한 logistics 연구<br>• 기능형 설비 모듈 분할 설계 및 제작기술 개발<br>• 재사용이 가능한 운송중 지지구조재 개발<br>**배경 및 전략**<br>• 국내 기술에 의한 오일샌드플랜트 모듈화율은 30%정도로 선진국(70% 이상)의 절반에도 미치지 못하고 있는 실정이기 때문에 오일샌드 플랜트의 모듈화율을 향상시킬 수 있는 연구 개발이 요구됨.<br>• 모듈설계의 지배적 요소인 운송 검토를 통해 모듈의 크기를 정하고 기능형 설비에 대한 모듈화율 향상방안을 검토하고, 불가능할 경우 Pre-assembly unit에 대한 국산 자재 활용 방안 검토가 요구됨 |

| 구분 | 오일샌드플랜트 모듈 설계 및 제작기술 개발 |
|---|---|
| 1-3 activity: 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 | **AS-IS** / **TO-BE**<br>**목표**<br>▪ 프로젝트별 Engineering, Detail Engineering 거침<br>▪ 프로젝트별 개별 모듈화<br>▪ 현장 조건별 표준화 모듈 구성<br>▪ 표준 모듈을 이용한 오일샌드 플랜트 설계<br>  <br> <br><br>**연구 내용**<br>• 현장 조건 별 오일샌드플랜트 모듈 표준화 기술 개발<br>• 표준모듈 조합을 통한 오일샌드플랜트 표준설계 기술 개발<br>**배경 및 전략**<br>• 캐나다 현지의 다양한 현장조건에 대응하여 매번 전체 시스템에 대한 설계를 수행하고, 운송과 시공을 위한 모듈화 과정을 거쳐야 함.<br>• 다양한 현장조건의 조합에 대한 표준모듈을 사전 개발, 공사 발주 시 표준 모듈의 조합을 통해 손쉽고 빠르게 플랜트를 설계할 수 있는 솔수션을 개발한다면 국내 EPC사의 경쟁력이 크게 배가될 수 있음. |
| 1-4 activity: 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증 | **AS-IS** / **TO-BE**<br>**목표**<br>▪ 국산소재 적용율 20%<br>▪ 고성능소재 인증율 20%<br>▪ 소재강도(인장강도 400, 490MPa)<br>▪ 국산소재 적용율 70%<br>▪ 고성능소재 인증율 90%<br>▪ 소재강도 (인장강도 600MPa)<br>  <br>  <br><br>**연구 내용**<br>· 저온인성, 내마모성, 내부식성 고성능 소재 이용기술 개발<br>· 고성능 소재를 이용한 오일샌드플랜트 설계안 개발<br>· 오일샌드플랜트 고성능 소재 적용 경제성 및 효과분석<br>· 오일샌드플랜트용 고성능 소재 인증<br>**배경 및 전략**<br>• 국내 제작 캐나다 오일샌드 플랜트 모듈에 국산 소재가 현지 인증이 않되어 적용율이 낮고 저강도강 중심의 구조로 설계됨<br>• 고성능소재의 적용으로 경재력을 확보하고 국내 제작 모듈에 국산 소재 100% 적용을 위한 소재이용기술 개발과 관련 고성능 소재의 캐나다 인증 실시 |

□ 2세부과제: 오일샌드플랜트 모듈 현장시공기술 개발 및 Pilot Test

| 구분 | 오일샌드플랜트 모듈 현장시공기술 개발 및 Pilot Test |
|---|---|
| 2-1 activity: 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 개발 및 인증 | **AS-IS** / **TO-BE**<br>**목표**<br>▪ 현장에 모듈의 재 조립시 오차를 최소화하기 위해 전체를 조립 후 절단하여 모듈을 제작<br>▪ 초기 설계단계부터 변형오차 예측하고 이를 고려하여 모듈 제작상세를 결정<br>  <br> <br>**연구내용**<br>• 복잡한 기하형상을 고려한 제작단계 변형예측기술 개발<br>• 제작오차 크기에 따른 구조성능평가 및 모듈표준 및 제작상세 개발<br>• 표준모듈의 제작성 및 구조성능평가<br>• 표준모듈 제작상세 인증<br>**배경 및 전략**<br>• 오일샌드 플랜트 구조물은 여러 방향으로 뻗어나가는 다양한 구조부재와 이들의 조합으로 구성되어 제작단계에서 누적된 용접 등에 의한 열변형은 인접 모듈과의 연결 조립시 문제를 유발하게 됨.<br>• 사전에 이러한 변형을 고려하여 제작상세를 결정함으로써 제작단계와 공기를 단축하여 경제성 확보. |
| 2-2 activity: 현지 공기 단축 시공기술 및 모듈관리기술 개발 | **AS-IS** / **TO-BE**<br>**목표**<br>▪ 현장 시공<br>▪ 현장타설 말뚝기초<br>▪ 동절기 공사 아려움(-15℃)<br>▪ 도면/수작업 모듈 이력관리<br>▪ 모듈 급속 시공<br>▪ 고강도 강관기초<br>▪ 메가돔 내 동절기 공사 (-40℃)<br>▪ RFID/D도면 PDA 모듈이력관리<br> <br>현장 시공<br> <br>메가돔 건설 + 모듈 급속시공<br>**연구내용**<br>· 오일샌드플랜트 모듈 최적시공기술 개발<br>· 오일샌드플랜트 현장급속시공 구조기술 개발<br>· 오일샌드플랜트 공기단축 기초기술 개발<br>· 동절기 현장공사용 임시천막구조(메가돔) 기술 개발<br>· 오일샌드플랜트 모듈관리시스템 및 동절기 시공관리 기술 개발<br>**배경 및 전략**<br>• 나다 오일샌드 플랜트는 북부 알버타 지역에 위치하여 동토지역, 추운 작업 환경, 외지공사 등으로 인해 현장공사 노무비가 매우 높음 (공장제작 노무비 대비 약 3배)<br>• 현장 높은 노무비로 인해 현장에서의 작업을 최소화하는 건설기술과 시공프로세스를 고려한 효율적인 모듈/자재 이력관리 및 현장시공관리 기술 개발 |

| 구분 | 오일샌드플랜트 모듈 현장시공기술 개발 및 Pilot Test |
|---|---|
| 2-3 activity:<br>오일샌드플랜트<br>모듈시스템<br>유지관리 기술 | **AS-IS** / **TO-BE**<br>**목표**<br>AS-IS: ▪ 오일샌드 플랜트의 국부 손상계측<br>▪ 파이프의 잔여 두께 계측<br>TO-BE: ▪ 오일샌드 플랜트 모듈 시스템 전체 시스템 손상계측 → 국부손상 계측 및 손상도 평가<br> <br>  <br>**연구 내용**<br>• 오일샌드플랜트 모듈시스템의 건전성 평가기술 개발<br>• 오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상구역 탐색기술 개발<br>**배경 및 전략**<br>• 오일샌드 플랜트 생산 및 정제 설비는 외부로는 저온, 내부로는 침식, 부식 환경 등에 매우 열악한 환경에 놓인 구조물로 빈번한 유지관리가 요구되고 있음.<br>• 유지관리가 어려운 환경에서 전체 시스템을 포괄적으로 관리하면서 유지관리 플랜을 제공할 수 있는 솔루션을 구축. |
| 2-4 activity:<br>모듈러<br>오일샌드플랜트<br>Pilot Test | **AS-IS** / **TO-BE**<br>**목표**<br>AS-IS: ▪ 모듈 기술실증 없음<br>▪ Track record 미비<br>TO-BE: ▪ 실크기 기술 실증을 통한 track record 확보<br>- 없음<br> <br>Validation 모듈 시험시공<br>**연구 내용**<br>· 오일샌드 플랜트 표준모듈에 대한 실증 성능 검증<br>· 오일샌드 플랜트 표준모듈 feasibility 설계 및 시공성 검증<br>· 오일샌드 플랜트 모듈 Pilot Test<br>· 오일샌드 플랜트 모듈 경제성 분석 및 홍보자료 개발<br>**배경 및 전략**<br>• 캐나다 현장에 Test bed 에 대한 어려움으로 단계별 Pilot 시험전략 수립<br>•개발된 모듈기술은 실크기 대형 성능평가와 제작성, 시공성 등을 평가하여 그 타당성, 객관적 효과의 검증과 관련 Feedback 및 Risk를 반영하여야함.<br>•개발된 기술은 캐나다에 적용을 하기위해 현장적용 실적 (Track record)의 확보가 필요 |

## 3절. 연구개발과제 구성

- 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발 과제는 “오일샌드플랜트 모듈 설계 및 제작기술 개발”, “오일샌드플랜트 모듈 현장시공기술 개발 및 Pilot Test”의 2개 세부과제로 구분하여, 총 8개의 activity로 구성함

[표 3.1] 연구개발 과제 구성

| 구분 | | 과제명 |
|---|---|---|
| 연구단 총괄 | | 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발 |
| 1 세부과제 | | 오일샌드 플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발 |
| | 1-1 activity | 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발 |
| | 1-2 activity | 오일샌드 플랜트 모듈화율 향상 기술 개발 |
| | 1-3 activity | 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 |
| | 1-4 activity | 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증 |
| 2 세부과제 | | 오일샌드 플랜트 모듈 제작/시공 기술 개발 및 Pilot Test |
| | 2-1 activity | 오일샌드 플랜트 모듈의 표준 제작상세 개발 및 인증 |
| | 2-2 activity | 현지 공기단축 시공기술 및 모듈 현장관리기술 개발 |
| | 2-3 activity | 오일샌드 플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술 |
| | 2-4 activity | 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test |

[그림 3.2] 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술개발 과제구성

## □ 세부과제별 주요내용

## 1세부: 오일샌드플랜트 한국형 표준모듈 기술 개발

| 1-1 | 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발 |
|---|---|
| □ 개요 | • 한국형 표준모듈이란 해상 및 현지 육상운송 여건 등을 고려하여 국내에서 설계되고 제작한 최적화, 표준화된 모듈을 말함. 모듈 설계의 지배적 인자는 육상 운송에 대한 지리적, 제도적 제약 사항 범위 안에서 제작되고 운반되어야 한다는 것임. 특히 1000km 이상을 육상으로 운송하여야 하기 때문에 최적화되고 표준화된 모듈의 설계가 매우 중요함. 오일샌드플랜트의 구성은 생산되는 Oil의 성분 즉, Sour유무, 염수유무, Gas유무, Sulphur유무 등에 따라 달라지기 때문에 오일샌드플랜트 모듈은 요구되는 특성에 맞도록 플랜트의 구성을 표준화할 수 있도록 대표성을 가져야하며, 최적설계를 통해 제작되어야 함.<br>• 플랜트의 모듈은 파이프랙과 같이 운송크기만큼 쉽게 분할할 수 있는 모듈과 보일러와 같이 쉽게 분할되지 않는 모듈로 구분할 수 있음. 파이프랙과 같은 모듈은 자재의 대부분을 국산화할 수 있는 여지가 많기 때문에 국산자재 100%인 한국형 고유 모듈을 개발 목표로 하여 선진 기술에 대한 의존도를 줄이고 외화가득률을 극대화 할 수 있는 연구로 수행되어야 함. 쉽게 분할되지 않는 모듈의 경우, 생산설비의 효율, 공정, 확장성 등을 고려하여 표준화할 수 있는 모듈에 대한 연구가 수행되어야 함<br> <br>예) Kearl Project 운송 모듈<br> <br><국산자재 100%, 국내 제작 운송 모듈 > |
| □ 배경 | • 국제 유가 상승으로 캐나다 오일샌드플랜트 건설계획이 확대됨에 따라 내수시장은 이미 포화상태이며, 지리적여건(동토)과 인건비 상승 등으로 한국을 비롯한 아시아 국가들에게 프로젝트 참여를 유도하고 있는 상황이다. 특히, 현지에서의 공사기간을 단축하고, 높은 인건비를 줄일 수 있는 플랜트 모듈화 기술 개발에 박차를 가하고 있음.<br>• 현재 국내 모듈은 파이프랙, Control Building, Stair House 등과 같은 단순구조에 대한 설계에 초점이 맞춰져 있어 플랜트 전체를 설계할 수 있는 기술개발이 요구됨. 즉, 경험이 부족한 주요 생산 설비들에 대한 모듈 설계 역량확보가 필요하며, 이미 경험이 있는 파이프랙의 경우 보다 더 경쟁력이 있는 특화된 형태의 한국형 모듈을 설계할 수 있도록 역량을 확보하여야 함.<br>• 또한, 현재 제작되는 대부분의 모듈은 순수 국산 기자재 또는 국산 소재만으로 생산된 제품이 없음. 이는 캐나다 인증, 자재 공급, 기자재 인증율 등에 대하여 해결하지 못한 부분도 있지만, 외국 설계 방법의 모방에만 초점을 두고 있기 때문에 국산 기자재 및 소재를 대체할 수 있도록 기술 개발을 소홀히 해 온 부분도 있음. 따라서 자재 국산화율 100% 가능한 한국형 고유 모듈에 대한 개발 또한 요구됨. |
| □ 연구개발 내용 | • 육상운반용 한국형 표준모듈 개발 (분할이 쉬운 모듈)[1)]<br>• 육상운반용 한국형 표준모듈 개발 (분할이 어려운 모듈)[2)]<br>• 시공성 향상을 위한 현장 모듈연결 표준화 기술 개발<br>• 자재 국산화율 100% 한국형 고유모듈 개발 |

| | |
|---|---|
| □ 연구개발 목표 | |

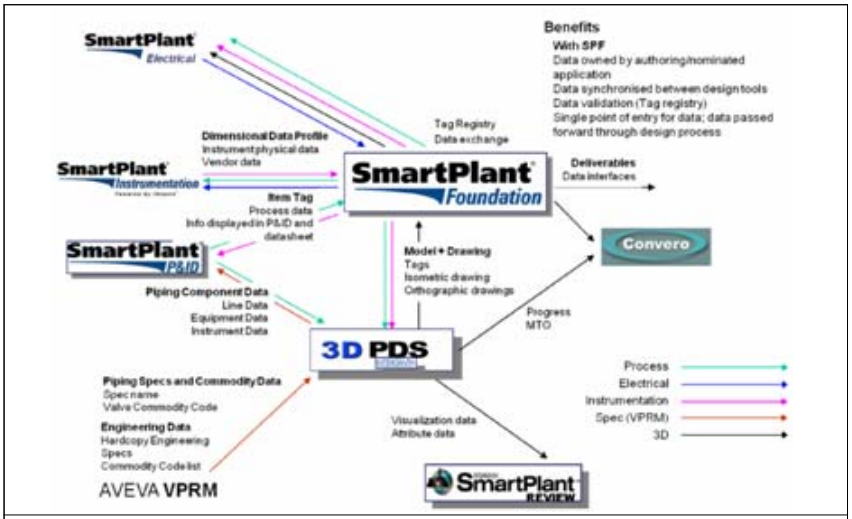
| 세부기술 (activity) | 성능지표 (단위) | 기술개발 수준 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 국내 | 선진 | 목표 |
| 한국형 표준모듈 개발 | 현지 제작 대비 공사기간 (%) | 70 | 100 | 50 |
| | 국내제작 모듈 운송비 (%) | 100 | - | 60 |

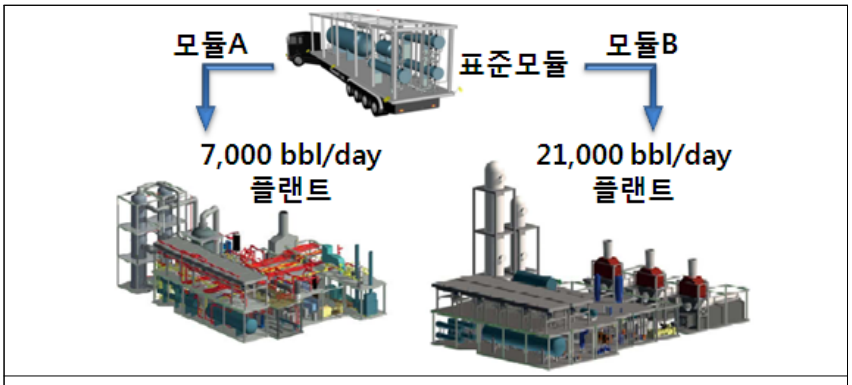
| | |
|---|---|
| □ 목표성과물 | • 용량별/공정별 한국형 표준모듈 2개 이상<br>• 자재 국산화율 100% 한국형 고유 모듈 1개 이상<br>• 현장 조립 최소화 이음 및 Ship loose item 최소화 기술 관련 특허 5건 이상 |
| □ 기대효과 | • 선진 외국 기술과 대등한 수준의 한국형 표준모듈을 통한 기술자립화 확보<br>• 자재 국산화율 100% 한국형 모듈을 통한 외화가득율 증진<br>• Ship loose item 최소화, 이음부 관련 특허 등으로 통한 원천기술 확보<br>• 한국형 모듈에 대한 Track record 확보를 통한 북미지역 진출 교두보 마련 |

| 1-2 | 오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발 |
|---|---|
| □ 개요 | • 오일샌드플랜트의 모듈화율은 운송가능한 모듈의 크기에 따라 달라지게 됨. 예를 들면, 물-기름 분리장치의 크기가 운송할 수 있는 모듈보다 크다면 모듈로 제작할 수 없게 됨. 즉, 물-기름 분리장치와 같은 기능형 설비의 크기와 용량에 따라 모듈 제작 여부가 결정됨.<br>• 따라서, 크기로 인하여 모듈 제작이 불가능하여 현장에서 제작하여야만 하는 기능형 설비에 대하여 다수의 모듈로 분할할 수 있는 기술이 개발되어야 함. 또한, 공정분석을 통해 크기를 줄일 수 있는 설비에 대한 연구를 수행하여 표준화된 모듈로 제작하여 모듈화율을 증진시켜야 함.<br>• 모듈 제작이 불가능할 경우, 현장에서 제작하는 pre-assembly unit에 대하여 국산 자재를 최대한 활용할 수 있도록 설계에 반영하여야 함.<br> <br> |
| □ 배경 | • 현재 국내 기술에 의한 오일샌드플랜트 모듈화율은 30%정도의 수준으로 선진국(70% 이상)의 절반에도 미치지 못하고 있는 실정이기 때문에 오일샌드플랜트의 모듈화율을 향상시킬 수 있는 연구 개발이 요구됨.<br>• 오일샌드플랜트의 구성은 채굴설비, 분리시설, 개질시설, 저장 및 수송 시설 등으로 구성되어 있으며, 분리, 개질 및 저장 시설과 같은 기능형 모듈은 내부에 구성되는 설비의 크기와 용량에 따라 모듈화 가능 여부가 결정됨<br>• 모듈의 크기는 해상 및 육상 운송 조건 등을 고려하여 정해야 하며, 그 조건에 따라 기능형 설비들의 모듈화 여부가 정해지기 때문에 운송 조건별 관련 규정, 법규, 지리·환경적 여건 등을 검토하여 운송 루트 및 크기를 결정하여야 함 |

1) 파이프랙과 같이 쉽게 분할하여 모듈로 제작할 수 있는 모듈을 말함
2) 설비가 포함된 모듈과 같이 설비의 효율, 유지관리를 고려한 배치, 모듈의 안전성 등 다양한 인자를 고려하여 제작하여야 하는 모듈을 말함

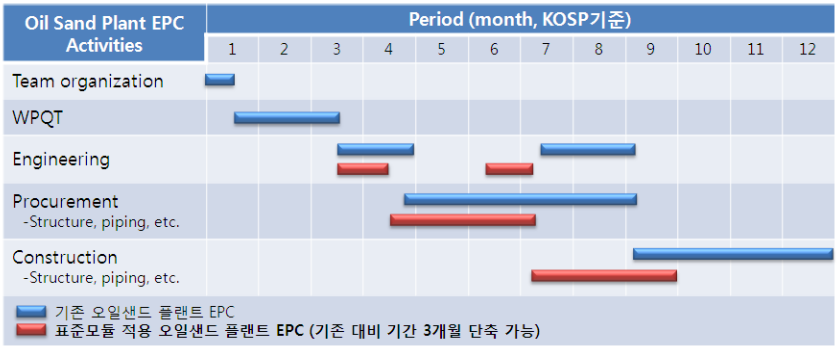
| | |
|---|---|
| | • 즉, 운송에 대한 검토를 통해 모듈의 크기를 정하고 기능형 설비에 대한 모듈화 가능 여부를 검토한 후 모듈화 가능 여부를 정하여야 함. 모듈화가 불가능할 경우 현지에서 모듈제작이 가능한지 여부를 검토하여 플랜트 모듈화율을 최대화할 필요가 있음 |
| □ 연구개발 내용 | • 육상 및 해상 운송을 고려한 logistics 연구<br>• 기능형 설비 모듈 분할 설계 및 제작기술 개발<br>• 재사용이 가능한 운송중 지지구조재 개발 |
| □ 연구개발 목표 | <table><tr><td rowspan="2">세부기술<br>(activity)</td><td rowspan="2">성능지표 (단위)</td><td colspan="3">기술개발 수준</td></tr><tr><td>국내</td><td>선진</td><td>목표</td></tr><tr><td rowspan="2">오일샌드플랜트<br>모듈화율<br>향상기술 개발</td><td>오일샌드플랜트 모듈화율 (%)</td><td>30</td><td>70</td><td>80</td></tr><tr><td>자재국산화율 (%)</td><td>20</td><td>0</td><td>70</td></tr></table> |
| □ 목표성과물 | • Logistics 경로 검토에 따른 관련 법, 제도, 규정, 제약 조건 등에 대한 자료<br>• 기능형 설비 모듈 분할 설계 및 제작기술<br>• pre-assembly unit 설계 도서 |
| □ 기대효과 | • Logistics 연구를 통한 해외 수출 경로의 다양화 및 활성화<br>• 모듈화율 향상 기술에 따른 해외 수주 확대<br>• 자재 국산화율 향상에 따른 외화가득률 증진 |

| 1-3 | 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 |
|---|---|
| □ 개요 | • 오일샌드플랜트의 위치, 적용조건, 용량 등에 따른 표준모듈 조합설계를 위해 구성요소별, 조건별 플랜트의 공정 및 구조 표준화 설계연구와 개발된 표준모듈을 조합한 플랜트 설계기술<br>  <br><br>As is: 프로젝트별 대응 상세설계<br>(Engineering→Detail Engineering→Construction) |




To be:
사전 개발된 표준모듈의 조합을 통한 플랜트 설계 및 시공
(Engineering→Construction)

• 표준화된 오일샌드플랜트 모듈을 이용함으로써 엔지니어링 및 시공프로세스 단축가능

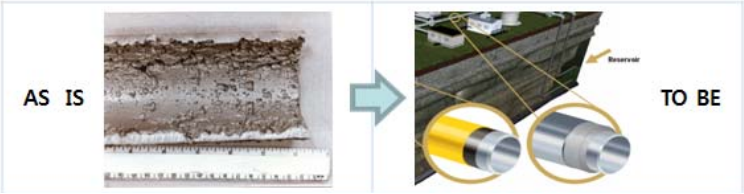



| | |
|---|---|
| □ 배경 | • 캐나다 현지의 다양한 현장조건 (기온, 수자원 등)에 대응하여 매 프로젝트 마다 전체 시스템에 대한 설계를 수행하고, 운송과 시공을 위한 모듈화 과정을 거쳐야 함.<br>• 다양한 현장조건의 조합에 대한 표준모듈을 사전에 개발하여 공사 발주 시 표준모듈의 조합을 통해 손쉽고 빠르게 플랜트를 설계할 수 있는 솔수션을 개발한다면 국내 EPC사의 경쟁력이 크게 배가될 수 있음. |
| □ 연구개발 내용 | • 현장 조건 별 오일샌드플랜트 모듈 표준화 기술개발<br>• 표준모듈 조합을 통한 오일샌드플랜트 표준설계 기술개발 |
| □ 연구개발 목표 | |

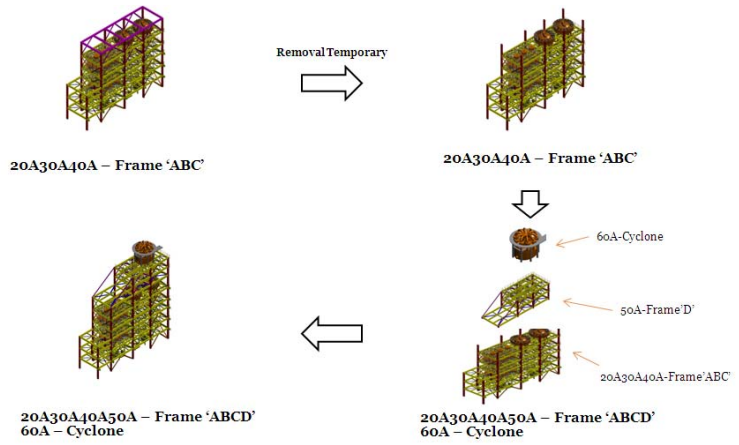
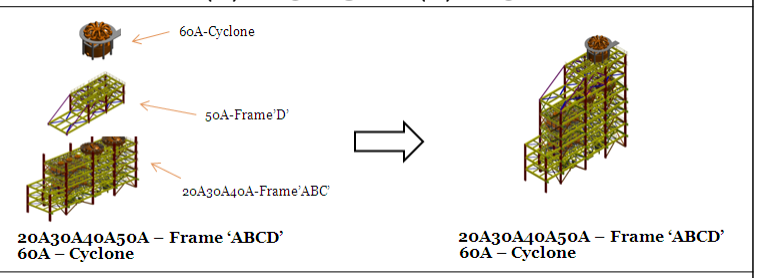
| 세부기술 (activity) | 성능지표 (단위) | 기술개발 수준 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 국내 | 선진 | 목표 |
| 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 | 오일샌드플랜트 표준모듈 | - | 용량별 | 용량/현장조건별 |
| | 표준모듈 조합 오일샌드플랜트 표준 설계 (bbl/day) | - | 2종 (7000/21000) | 3종 |

| | |
|---|---|
| □ 목표성과물 | • 현장 조건 별 오일샌드플랜트 표준모듈<br>• 오일샌드플랜트 표준모듈의 조합으로 구성되는 플랜트 표준 설계 |

| | |
|---|---|
| □ 기대효과 | • 오일샌드플랜트 EPC 사업기간 단축<br>• 오일샌드플랜트 국내 EPC 관련 기업체의 수주 경쟁력 향상 |

| 1-4 | 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증 |
|---|---|
| □ 개요 | • 국내에서 제작되는 모듈에 국산소재 적용 100%를 목표로 기존 구조, 설비 및 시설의 고성능화 및 국산소재 적용을 위한 이용기술 개발 및 국외 인증<br>• 기존 시설물의 고성능화를 통해 오일샌드플랜트의 수명을 향상시킬 수 있는 소재가 이용될 수 있도록 이용기술을 개발하여 국산소재 적용율 향상<br>  |
| □ 배경 | • 오일샌드플랜트는 매우 기온이 낮은 지역에 위치하고, 오일샌드 생산 시 고온, 고압 하에 많은 부식유발 인자를 다루어야하는 등 매우 가혹한 조건하에 있음<br>• 현재 적용되는 오일샌드플랜트 설계기술은 주로 일반성능의 소재를 대상으로 함<br>• 오일샌드플랜트에 적용되는 강재 및 용접재료는 CSA, CRN, CWB 등 캐나다 표준 규격의 인증을 받아야 함<br>• 국내에서 모듈제작 시 국산소재 적용율이 높지 않음 |
| □ 연구개발 내용 | • 오일샌드플랜트용 소재개발을 위한 요구성능 및 인증프로세스 정립<br>• 저온인성, 내마모성, 내부식성 고성능 소재 이용기술 개발<br>• 고성능 소재를 이용한 오일샌드플랜트 설계안 개발<br>• 오일샌드플랜트 고성능 소재 적용 경제성 및 효과분석<br>• 오일샌드플랜트용 고성능 소재 인증 |
| □ 연구개발 목표 | 세부기술 (activity) / 성능지표 (단위) / 기술개발 수준: 국내 / 선진 / 목표<br>오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 — 소재 인증율 (%): 20 / 80 / 90<br>자재 국산화율 (%): 20 / 55 / 70<br>교체주기 (년): 15 / 20 / 30<br>소재강도(인장강도 MPa): 400 / 490 / 600 |
| □ 목표성과물 | • 오일샌드플랜트용 소재 인증 실적 보고서<br>• 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 및 성능 평가 보고서<br>• 오일샌드플랜트용 고성능 소재를 이용한 대안 설계안 및 지침서<br>• 오일샌드플랜트용 고성능 소재 적용효과 분석결과 및 홍보자료 |
| □ 기대효과 | • 고인성, 내마모성, 내부식성 등 극한환경 대응 소재의 개발을 통한 오일샌드플랜트의 유지보수 비용 최소화 및 내구수명 연장<br>• 고성능 소재 이용기술 정립 및 대안설계 모듈 적용을 통한 국내업체 경쟁력 향상<br>• 오일샌드플랜트 관련 소재 국산화 및 국산핵심부품에 대한 캐나다 인증을 통한 국산소재 점유율 향상 |

## 2세부: 오일샌드플랜트 모듈 제작/시공기술 개발 및 Pilot Test

| 2-1 | 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 개발 및 인증 |
|---|---|
| □ 개요 | • 초기 설계단계에서 제작 시 발생할 수 있는 변형오차를 미리 고려하여 모듈을 구성함으로써 기존의 '(1) 시스템 제작 → (2) 절단 및 이음부 생성 → (3) 현장운송 → (4) 현장조립' 제작단계를 보다 단순화하여 '(1) 모듈제작 → (2) 현장운송 → (3) 현장조립'으로 할 수 있는 제작상세 기술 및 사전 인증<br>  <br><br>As is<br>(1) 시스템 제작 → (2) 절단 및 이음부 생성<br>→ (3) 현장운송 → (4) 현장조립<br>  <br><br>To be<br>(1) 모듈 제작 → (2) 현장운송 → (3) 현장조립 |
| □ 배경 | • 오일샌드플랜트 구조물은 여러 방향으로 뻗어나가는 다양한 구조부재와 이들의 조합으로 구성되어 복잡한 기하제원을 가지고 있음. 따라서 제작단계에서 누적된 용접 등에 의한 열변형은 인접 모듈과의 연결 조립시 문제를 유발하게 됨.<br>• 이러한 문제를 해결하기 위해 기존에는 복잡한 플랜트 구조물 전체를 제작장에서 일식으로 제작한 후 운반이 가능한 크기로 잘라내서 운반하고 현장에서 재조립하는 과정을 거치고 있음. 이 또한 공정이 복잡하여 많은 시간과 비용이 요구되고 있음. |
| □ 연구개발 내용 | • 복잡한 기하형상을 고려하여 제작단계에서 발생하는 변형예측 기술 개발<br>• 제작오차 크기에 따른 구조성능 평가 및 이를 고려한 표준모듈 및 제작상세 개발<br>• 표준모듈의 제작성 및 구조성능 평가<br>• 표준모듈 제작상세 인증 |

| | |
|---|---|
| □ 연구개발 목표 | |

| 세부기술 (activity) | 성능지표 (단위) | 기술개발 수준 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 국내 | 선진 | 목표 |
| 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작 상세 개발 및 인증 | 변형량 예측을 고려한 표준제작 모듈크기(m) | 30m | 30m | 15m |
| | 표준모듈 제작시간 감소 비율 (전체계 구성 후 절단하는 방식대비, %) | 100 | 100 | 50 |
| | 현장 조립오차율 (전체계 구성 후 절단하는 방식대비, %) | 100 | 100 | 100 |
| | 표준모듈 인증율 | 0 | 0 | 80 |

| | |
|---|---|
| □ 목표성과물 | • 복잡한 기하형상을 고려한 제작단계에서 변형예측 프로그램<br>• 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작상세<br>• 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작성 및 구조성능 검증 보고서<br>• 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 인증 |
| □ 기대효과 | • 오일샌드플랜트 모듈의 제작시간 단축 및 제작비용 절감<br>• 오일샌드플랜트 국내 EPC 관련 기업체의 수주 경쟁력 향상 |

| 2-2 | 현장 공기단축 시공기술 및 모듈 관리기술 개발 |
|---|---|
| □ 개요 | • 현장에서 작업되는 공사기간을 최소화하기 위해 기초공사, 현장설치 및 시공을 최소화할 수 있는 건설기술<br>• 한국형 모듈을 급속 정밀 가설할 수 있는 최적시공 기술 개발<br>• 캐나다에 운송된 모듈 및 별도로 운반된 부품(shiploose 부품)이 최적의 시공순서로 시공될 수 있도록 모듈 및 부품의 자재이력관리 및 시공관리하는 시스템 개발 |

<현장 시공>

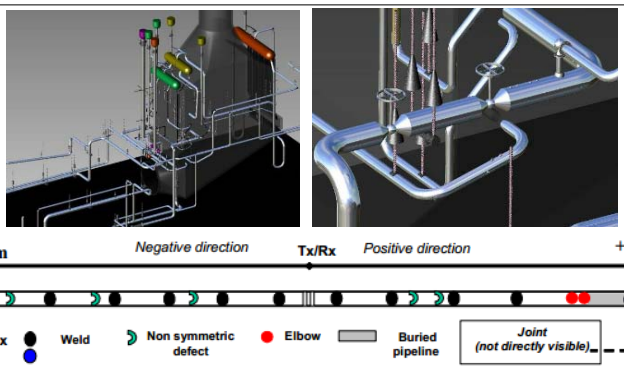
<모듈 공사>

<동절기 Megae dome 내 공사>

| As Is | To Be |
|---|---|
| 플랜트구조 현장 시공 | 모듈 급속 시공 |
| 현장타설 콘크리트말뚝기초 | 고강도 강관파일기초 |
| 동절기 공사 불가 | Mega dome 내 동절기 공사 |
| 도면/수작업 모듈이력관리 | RFID/3D도면 PDA 모듈이력관리 |

| | |
|---|---|
| □ 배경 | • 캐나다 오일샌드플랜트는 북부 알버타 지역에 위치하여 동토지역, 추운 작업 환경, 외지공사 등으로 인해 현장공사 노무비가 매우 높음 (공장제작 노무비 대비 약 3배)<br>• 현장작업을 최소화하기 위해 모듈화 공사를 실시하여 공장제작을 늘리고 있으나 국내 제작 시 육상운송 크기 제약으로 모듈이 보다 작게 제작되어 운반 후 현장 (또는 캐나다 제작장)에서 |

<table>
<tr><td></td><td>재조립 후 가설되어 현장작업의 개선 시 경쟁력 확보 가능<br>• 현장작업 기간 단축은 직접적으로 공사비의 절감이 가능하며 총공사기간의 단축은 빠른 오일 회수로 조기 투자비 회수가 가능하여 공사기간의 단축은 매우 중요함<br>• 배로 수송된 모듈을 육상운반, 현장 설치의 일련의 과정을 최적의 시공순서에 맞추어 관리하는 것은 공사기간 단축에 중요하며 실제 현장에서 이에 대한 애로사항이 많음<br>• 동절기에 현장작업이 가능하도록 임시구조의 설치와 이를 활용한 시공이 가능함<br>• 개발된 모듈을 현장에서 최적, 최단기간에 설치할 수 있는 시공프로세스를 개발하여 모듈의 기중점(lifting point)을 고려한 최적 시공프로세스가 필요하고 동절기 시공관리 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>□ 연구개발 내용</td><td>• 오일샌드플랜트 모듈 최적시공기술 개발<br>• 오일샌드플랜트 현장급속시공 구조기술 개발<br>• 오일샌드플랜트 공기단축 기초기술 개발<br>• 동절기 현장공사용 임시천막구조(메가돔) 기술 개발<br>• 오일샌드플랜트 모듈관리시스템 및 동절기 시공관리 기술 개발</td></tr>
<tr><td>□ 연구개발 목표</td><td><table>
<tr><td rowspan="2">세부기술<br>(activity)</td><td rowspan="2">성능지표 (단위)</td><td colspan="3">기술개발 수준</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>선진</td><td>목표</td></tr>
<tr><td rowspan="3">현장공기단축 시 공기술 및 모듈 관리기술 개발</td><td>현장공사기간</td><td>100%</td><td>100%</td><td>70%</td></tr>
<tr><td>모듈/자재 이력관리</td><td>수작업</td><td>RFID/ 도면</td><td>RFID/ 3D도면</td></tr>
<tr><td>동절기 공사온도</td><td>-</td><td>-15도</td><td>-40도</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>□ 목표성과물</td><td>• 오일샌드플랜트용 모듈 최적시공지침<br>• 현장공사용 임시천막구조(메가돔) 제품<br>• RFID-3D모델 기반 모듈/자재 이력관리시스템 및 시공관리시스템</td></tr>
<tr><td>□ 기대효과</td><td>• 국내 제작 오일샌드플랜트 모듈에 특화된 최적의 최단기간의 건설기술 개발을 통해 캐나다 발주처에 국내 제작의 경쟁력 확보와 동절기 공사의 시공오차 모듈/시공관리 구축으로 플랜트 건설시의 안전공사(캐나다 HSE-Health, Safety, Environment)에 대한 신뢰도 향상<br>• 오일샌드플랜트 현장 공사기간 단축은 현장노무비 감소로 공사비 절감을 총공사비의 절감은 빠른 오일 회수로 인해 조기 투자비 회수가 가능하여 발주처에 큰 장점이 있는 매력요소임</td></tr>
</table>

| 2-3 | 오일샌드플랜트 모듈시스템 유지관리기술 |
|---|---|
| □ 개요 | • 오일샌드플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술은 국부 손상 계측에 기반한 유지관리 시스템을 개선하여 전체 시스템에 대한 손상정도를 우선 평가하고 이로부터 손상영역을 감지하고 국부 손상을 계측하도록하여 플랜트 모듈 시스템의 정확한 건전도 평가 및 유지관리가 가능하도록 하는 기술임.<br> <br>As is<br>육안 검측 또는 비파괴검사(자기, X-ray, 초음파 등)에 의한 국부 손상 계측<br>  <br><br>To be<br>전체 시스템에 대한 손상 계측을 거쳐 국부 손상 계측 |
| □ 배경 | • 오일샌드플랜트 생산 및 정제 설비는 외부로는 저온, 내부로는 침식, 부식 환경 등에 매우 열악한 환경에 놓인 구조물로 빈번한 유지관리가 요구되고 있음.<br>• 손상이 발생하는 부분을 찾기 위해 육안 관측을 하거나 손상이 예상되는 부분에 비파괴 검사를 실시하여 손상을 계측하고 보수를 실시함. 그러나 예상하지 못한 부분이거나 육안관측이 어려운 부분에서의 문제점을 찾기에는 한계가 있음. |
| □ 연구개발 내용 | • 오일샌드플랜트 모듈시스템의 건전성 평가기술 개발<br>• 오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상구역 탐색기술 개발 |
| □ 연구개발 목표 | |

| 세부기술 (activity) | 성능지표 (단위) | 기술개발 수준 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 국내 | 선진 | 목표 |
| 오일샌드플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술 | 오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상 구역 탐색범위 | 국부 | 국부 | 전체계 |
| | 오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상 구역 탐색방법 | 육안 | NDT | NDT |
| | 오일샌드플랜트 모듈시스템의 건전성 평가대상 | - | 국부 | 전체계 |

| | |
|---|---|
| □ 목표성과물 | • 오일샌드플랜트 모듈시스템의 건전성 평가기술<br>• 오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상구역 탐색기술 |
| □ 기대효과 | • 오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상평가 시간 단축<br>• 오일샌드플랜트 모듈시스템의 효율적인 유지관리 및 수명연장 |

<table>
<tr><th>2-4</th><th>모듈러 오일샌드플랜트 Pilot Test</th></tr>
<tr><td>□ 개요</td><td>• 개발된 모듈기술에 대한 실증 성능시험 및 track record 확보</td></tr>
<tr><td>□ 배경</td><td>• 개발된 모듈기술은 실크기 대형 성능평가와 제작성, 시공성 등을 평가하여 그 타당성, 객관적 효과의 검증과 관련 Feedback 및 Risk를 반영하여야함.<br>• 개발된 기술은 캐나다에 적용을 하기위해 현장적용 실적 (Track record)의 확보가 필요</td></tr>
<tr><td>□ 연구개발 내용</td><td>• 오일샌드플랜트 표준모듈에 대한 실증 성능 검증<br>• 오일샌드플랜트 표준모듈 feasibility 설계 및 시공성 검증<br>• 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test*)<br>• 오일샌드플랜트 모듈 경제성 분석 및 홍보자료 개발</td></tr>
<tr><td>□ 연구개발 목표</td><td><table>
<tr><th rowspan="2">세부기술<br>(activity)</th><th rowspan="2">성능지표 (단위)</th><th colspan="3">기술개발 수준</th></tr>
<tr><th>국내</th><th>선진</th><th>목표</th></tr>
<tr><td rowspan="3">모듈러 오일샌드 플랜트 Pilot test</td><td>Pilot 평가 크기 (실크기 대비)</td><td>-</td><td>-</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Pilot 수행</td><td>-</td><td>-</td><td>1건</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>□ 목표성과물</td><td>• 오일샌드플랜트용 모듈 실증 성능검증 데이터 및 경제성분석 데이터<br>• 오일샌드플랜트용 모듈 시공지침 및 시공성 검증 데이터<br>• 오일샌드플랜트용 모듈 Pilot 시험</td></tr>
<tr><td>□ 기대효과</td><td>• 오일샌드플랜트용 모듈에 대한 실크기 실증시험과 모듈의 현장적용 기록(Track record)을 확보하여 캐나다 현지 설계반영</td></tr>
</table>

※ *) Pilot test는 오일샌드플랜트의 특성 상 캐나다에 위치하여 과제기간 내 설계 반영과 현장적용의 Test bed가 쉽지 않으므로 다음의 단계별 대응 전략을 수립하여 실시함

1) 캐나다 오일샌드플랜트에 Test Bed 수행
2) 국내 유사 현장에 시험적용
3) 실크기 모듈에 대한 성능평가
: 모듈의 제작, 운반, 시공 및 구조성능 평가를 포함

# 4절. 세부과제별 주요 내용 및 추진 전략

## 1. 1세부과제 주요내용 및 추진전략

### 가. 연구개발 목표

| 세부과제의 개념 | 오일샌드플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발 |
|---|---|
| 세부과제의 범위 | ■ 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발<br>- 육상운반용 분할이 용이한 한국형 표준모듈 개발<br>- 분할이 어려운 한국형 표준모듈 개발<br>- 국산 자재 100% 한국형 고유 모듈 개발<br>- 시공성 향상을 위한 모듈연결 표준화 기술 개발<br>- 한국형 표준모듈에 대한 Pilot Test<br><br>■ 오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발<br>- 해상/육상 운송을 고려한 logistics 연구<br>- 기능형 설비 모듈 분할 기술 개발<br>- 재사용이 가능한 운송 중 지지구조재 개발<br>- 기능형 설비 모듈에 대한 Pilot Test<br><br>■ 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발<br>- 오일샌드플랜트 구성요소에 대한 기능/기술 상세 분석<br>- 오일샌드플랜트 표준화 방안 수립<br>- 생산 설비별 표준모듈(안) 구성<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈 도출 및 설계 시뮬레이션<br>- 표준모듈 조합 오일샌드플랜트 표준설계<br>- Mock-Up 제작 및 Field Test<br><br>■ 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발<br>- 오일샌드플랜트용 소재개발을 위한 요구성능 및 인증프로세스 정립<br>- 저온인성, 내마모성, 내부식성 고성능 소재 이용기술 개발<br>- 고성능 소재를 이용한 오일샌드플랜트 설계안 개발<br>- 오일샌드플랜트 고성능 소재 적용 경제성 및 효과분석<br>- 오일샌드플랜트용 고성능 소재 캐나다 인증 |
| 기술개발목표 | ■ 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발<br>- 현지 제작 대비 공사기간 50% 감소 (100% ➡ 50%)<br>- 국내 제작 모듈 운송비 40% 절감 (100% ➡ 60%)<br><br>■ 오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발<br>- 오일샌드플랜트 모듈화율 50% 향상 (30% ➡ 80%)<br>- 자재 국산화율 50% 향상 (20% ➡ 70%)<br><br>■ 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발<br>- 용량별 현장조건별 대응 가능한 오일샌드플랜트 표준모듈 개발<br>- 표준모듈 조합 오일샌드플랜트 표준설계 3종 이상<br><br>■ 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발<br>- 오일샌드플랜트용 소재 이용기술개발 및 인증율 90% 획득 (20% ➡ 90%)<br>- 오일샌드플랜트 자재 국산화율 향상 (20% ➡ 70%)<br>- 극한환경 대응 life time 및 교체주기 30년 이상 (50% 향상) |

| | |
|---|---|
| | - 적용 소재 강도 인장강도 (400/490MPa ➡ 600MPa) |
| 기대효과 | ● 기술적 기대효과<br>- 선진 외국 기술과 대등한 수준의 한국형 표준모듈을 통한 기술자립화 확보<br>- Ship loose item 최소화, 이음부 관련 특허 등으로 통한 원천기술 확보<br>- 고인성, 내마모성, 내부식성 등 극한환경 대응 소재의 개발을 통한 오일샌드플랜트의 유지보수비용 최소화 및 내구수명 연장<br>- 고성능 소재 이용기술 정립 및 대안설계 모듈 적용을 통한 국내업체 경쟁력 향상<br>● 정책적 기대효과<br>- 경로별 운송 모델 개발을 통한 해외 수출 경로의 다양화 및 관련 법, 제도에 대한 유동적 대응을 통한 수출 활성화<br>- 정부정책과 부합되는 비전통자원 플랜트에 대한 원천기술 확보를 통한 국가 위상의 재고<br>- 국가 차원의 선진국과의 경쟁 기술을 확보를 통한 해외 모듈 수주를 확대 하며, 또한 국산 자재를 해외 프로젝트에 적용 하여 내수 증진에 기여<br>- 제작기술을 이용한 핵심기술 개발을 통해 국가 경쟁력 강화<br>- 오일샌드플랜트 국내 EPC 관련 기업체의 수주 경쟁력 향상<br>- 한국형 모듈에 대한 Track record 확보를 통한 북미지역 진출 교두보 마련<br>- 오일샌드플랜트 관련 소재 국산화 및 국산핵심부품에 대한 캐나다 인증을 통한 국산소재 점유율 향상<br>● 경제적 기대효과<br>- 오일샌드플랜트 한국형 표준설계에 따른 각 모듈별 최적화 및 이를 통한 경제성이 향상된 모듈기술 보급<br>- 자재 국산화율 100% 한국형 모듈을 통한 외화가득율 증진<br>- 모듈화율 향상 기술에 따른 해외 수주 확대<br>- 수출 경로 확보를 위한 투자자본 감소<br>- 모듈 공사기간의 주요인자인 제작오차 최소화로 인하여 간접비, 설치비 등의 절감이 가능하며 추가적으로 공기단축 효과 발생<br>- 오일샌드플랜트 EPC 사업기간 단축 |
| 주요성과물 | ■ <u>육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발</u><br>- 용량별/공정별 한국형 표준모듈 2개 이상<br>- 자재 국산화율 100% 한국형 고유 모듈 1개 이상<br>- 현장 조립 최소화 이음 및 Ship Loose Item 최소화 기술 관련 특허 5건 이상<br><br>■ <u>오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발</u><br>- Logistics 경로 검토에 따른 관련 법, 제도, 규정, 제약 조건 등에 대한 자료<br>- 기능형 설비 모듈 분할 설계 및 제작기술<br>- Pre-assembly unit 설계 도서<br><br>■ <u>오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발</u><br>- 현장 조건 별 오일샌드플랜트 표준모듈<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈의 조합으로 구성되는 플랜트 표준 설계<br><br>■ <u>오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발</u><br>- 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술<br>- 오일샌드플랜트용 고성능소재 캐나다 인증<br>- 오일샌드플랜트용 소재 적용효과 분석결과 및 홍보자료 |

## 나. 연구개발 주요 내용

### (1) 1-1 activity: 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발

| | | |
|---|---|---|
| activity 범위 | | 육상 및 해상 운송을 고려한 한국형 오일샌드플랜트 모듈에 대한<br>최적화/표준화 설계 및 제작 기술 개발 |
| 기술개발 목표 | | - 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발을 통한 공기단축 및 운송비 절감<br>- 자재 국산화율 100%가 가능한 한국형 고유 모듈 개발 |
| 연차별 과제 연구 내용 | 1차년도 | ■ **육상운반용 분할이 용이한 한국형 표준모듈 개발**<br>- 분할이 용이한 모듈에 대한 최적화/표준화 컨셉 개발<br>- 모듈 프레임 연결 기술에 대한 조사 및 분석<br>- 현장 조립 최소화할 수 있는 연결 기술의 개발 및 특허 출원<br>- Ship loose item (별도 운반용 자재) 최소화 기술 개발 |
| | 2차년도 | ■ **육상운반용 분할이 용이한 한국형 표준모듈 개발**<br>- 모듈 부재 구조성능시험 및 결과분석<br>- 모듈 프레임 Mock-up 테스트<br>■ **분할이 어려운 한국형 표준모듈 개발**<br>- 분할이 어려운 모듈에 대한 기술 조사 및 분석<br>- 설비별 크기, 성능 등에 대한 분석 및 설비 분할 가능 여부 분석<br>- 분할이 어려운 모듈에 대한 최적화/표준화 컨셉 개발 |
| | 3차년도 | ■ **분할이 어려운 한국형 표준모듈 개발**<br>- 분할 설비에 대한 연결기술 개발<br>- 기능성 설비 모듈 Mock-up 테스트 및 결과 분석<br>■ **국산 자재 100% 한국형 고유 모듈 개발**<br>- 한국형 고유 모듈 컨셉 개발<br>■ **시공성 향상을 위한 모듈연결 표준화 기술 개발**<br>- 모듈간 연결 기술에 대한 조사 및 분석<br>- 모듈 연결기술에 대한 표준화 컨셉 개발 및 특허 출원 |
| | 4차년도 | ■ **국산 자재 100% 한국형 고유 모듈 개발**<br>- 한국형 고유 모듈 최적화/표준화 기술 개발<br>■ **시공성 향상을 위한 모듈연결 표준화 기술 개발**<br>- 모듈 연결기술에 대한 구조성능시험 및 검증 |
| | 5차년도 | ■ **한국형 표준모듈에 대한 Pilot Test**<br>- 구성 모듈에 대한 파일럿 테스트 방안 구축<br>- Pilot Test 적용 및 피드백 |
| 기대효과 | | ◦ <u>기술적 기대효과</u><br>- 한국형 표준모듈 설계기술 확보를 통한 선진 외국과의 대등한 경쟁 역량 강화<br>- 자재 국산화율 100% 한국형 고유 모듈 개발을 통한 국제경쟁력 우위 선점<br>◦ <u>정책적 기대효과</u><br>- 정부계획과 부합되는 비전통자원의 플랜트에 대한 원천기술 확보 및 국제경쟁력 강화에 따른 국가 위상의 재고<br>◦ <u>경제적 기대효과</u><br>- 한국형 표준모듈 기술 개발에 따른 인력 양성 및 기술 선점에 따른 선진기술 의존도 감소<br>- 국산 자재 100% 고유기술 확보에 따른 외화가득율 향상 기여 |
| 최종성과물 | | - 용량별/공정별 한국형 표준모듈<br>- 자재 국산화율 100% 한국형 고유 모듈<br>- 현장 조립 최소화 이음 및 ship loose item 최소화 기술관련 특허<br>- 모듈간의 연결 표준화 기술 및 관련 특허<br>- 오일샌드플랜트 pilot test 결과 보고서 |
| 활용방안 | | ◆ 오일샌드플랜트 표준모듈 개발을 통해 선진 외국과 대등한 기술의 확산<br>◆ 해외 프로젝트 수주 및 참여를 통한 한국형 표준모듈을 적용 |

## (2) 1-2 activity: 오일샌드플랜트 모듈화율 향상기술 개발

| | | |
|---|---|---|
| activity 범위 | | 경로별 운송 모델 분석을 통한 모듈의 크기의 선정 및<br>모듈 제작이 불가능한 기능형 설비에 대한 모듈화율 향상기술 개발 |
| 기술개발 목표 | | - Pre-assembly unit을 모듈화하는 기술 개발을 통한 모듈화율 향상<br>- 모듈과 Pre-assembly unit에 국산 자재 적용 확대를 통한 자재 국산화율 향상 |
| 연차별 과제 연구 내용 | 1차년도 | ■ 해상/육상 운송을 고려한 logistics 연구<br>- 국내에서 운송 가능한 경로에 대한 조사 및 분석<br>- 운송 관련국 및 운송 경로 지역에 대한 법, 제도, 환경적 분석<br>- 운송방법 (해상, 육상, 철도 등) 및 경로별 경제성 분석 |
| | 2차년도 | ■ 기능형 설비 모듈 분할 기술 개발<br>- 모듈화가 어려운 기능형 설비 및 Pre-assembly unit에 대한 기술 조사 및 분석<br>- 설비 분할 제작시 요구되는 성능 분석 및 제작성 평가<br>- 설비 연결 기술 컨셉 개발 |
| | 3차년도 | ■ 기능형 설비 모듈 분할 기술 개발<br>- 설비 연결기술 성능 평가 시험 및 검증<br>- 분할 설비에 대한 제작성 평가 및 Mock-up 시험<br>■ 재사용이 가능한 운송 중 지지구조재 개발<br>- 모듈 지지구조재에 대한 특허 분석 |
| | 4차년도 | ■ 재사용이 가능한 운송 중 지지구조재 개발<br>- 모듈 지지구조재에 대한 컨셉 개발 및 특허 출원<br>- 모듈 지지구조재에 구조성능시험 및 결과분석<br>- 주요 모듈에 대한 지지구조재 적용 시뮬레이션 분석 |
| | 5차년도 | ■ 기능형 설비 모듈에 대한 Pilot Test<br>- 구성 모듈에 대한 파일럿 테스트 방안 구축<br>- Pilot Test 적용 및 피드백 |
| 기대효과 | | ◦ <u>기술적 기대효과</u><br>- 기능형 설비에 대한 모듈화 기술을 통한 기술선진화<br>- 지지구조재 개발에 따른 기술 선점 및 타 모듈화 플랜트 기술 확장<br>◦ <u>정책적 기대효과</u><br>- 선진 기술과 차별되는 모듈화 기술 개발을 통한 국제 경쟁력 향상에 따른 국가위상의 재고<br>◦ <u>경제적 기대효과</u><br>- 모듈화율 향상에 따른 해외 모듈 수주의 확대<br>- 국산 자재 대체율 향상에 따른 외화가득율 향상 |
| 최종성과물 | | - Logistics 연구 개발에 따른 관련 법, 제도, 규정, 제약조건 등에 대한 자료<br>- 기능형 설비 모듈 분할 설계 및 제작 기술<br>- Pre-assembly unit에 대한 설계 도서 |
| 활용방안 | | ◆ 오일샌드플랜트의 모듈화율 향상에 따른 모듈 수주 규모의 확대<br>◆ 지지구조재 개발에 따른 타 플랜트 분야로의 기술 확장 |

## (3) 1-3 activity: 오일샌드플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발

| | | |
|---|---|---|
| activity 범위 | | 오일샌드플랜트의 위치, 적용조건, 용량 등에 따른 표준모듈 개발<br>표준모듈 조합설계를 위해 구성요소별, 조건별 플랜트의 공정 및 구조 표준화<br>설계연구와 개발된 표준모듈을 조합한 플랜트 설계기술 |
| 기술개발 목표 | | - 다양한 현장 조건과 용량 확장이 대응이 가능한 표준모듈 개발<br>- 표준모듈의 조합 오일샌드플랜트 표준설계<br>- 오일샌드플랜트 EPC 프로세스 및 기간 30% 단축 |
| 연차별 과제 연구 내용 | 1차년도 | ■ **오일샌드플랜트 구성요소에 대한 기능/기술 상세분석**<br>- 현장조건 분류 및 이에 따른 요구사항 분석<br>- 오일샌드의 채굴, 처리, 이송 단계별 프로세스 분석<br>- 플랜트 각 요소별 상세설계 분석 및 요구사항 정립<br>■ **오일샌드플랜트 표준화 방안 수립**<br>- 플랜트 구성 요소의 기능별, 요구사항 등에 따른 분류<br>- 플랜트 구성 요소의 상세화 또는 그룹핑을 통한 모듈 표준화 방안 수립 |
| | 2차년도 | ■ **Primary separation 표준모듈(안) 구성**<br>- 오일샌드와 스팀(물)을 분리기에 대한 모듈 구성<br>- 모듈에 대한 시뮬레이션 및 표준화(안) 도출<br>■ **Produced water / Boiler feed water 처리 표준모듈(안) 구성**<br>- 오일샌드 생산용 물 처리기에 대한 모듈 구성<br>- 스팀생산 보일러 투입 용 물 처리기에 대한 모듈 구성<br>- 모듈에 대한 시뮬레이션 및 표준화(안) 도출<br>■ **Steam generation 표준모듈(안) 구성**<br>- 스팀 생산기에 대한 모듈 구성<br>- 모듈에 대한 시뮬레이션 및 표준화(안) 도출 |
| | 3차년도 | ■ **오일샌드플랜트 표준모듈 도출**<br>- Primary separation 표준모듈<br>- Produced water / Boiler feed water 처리 표준모듈<br>- Steam generation 표준모듈<br>■ **표준모듈 조합 오일샌드플랜트 설계 시뮬레이션**<br>- 각 표준모듈의 조합 시뮬레이션 및 튜닝<br>- 표준모듈 조합 설계(안) 도출 |
| | 4차년도 | ■ **표준모듈 조합 오일샌드플랜트 표준설계**<br>- 현장조건 분류 오일샌드플랜트 표준설계<br>- 용량변화를 고려한 오일샌드플랜트 표준설계 |
| | 5차년도 | ■ Pilot Test<br>- 부분 모델 Mock-up 제작 및 field test |
| 기대효과 | | ◦ <u>기술적 기대효과</u><br>- 현장조건에 따른 오일샌드플랜트 표준모듈기술 및 이를 이용한 플랜트 표준설계 기술 확보<br>◦ <u>정책적 기대효과</u><br>- 국가 차원의 선진국과의 경쟁 기술을 확보를 통한 해외 모듈 수주를 확대 하며, 또한 국산 자재를 해외 프로젝트에 적용 하여 내수 증진에 기여<br>◦ <u>경제적 기대효과</u><br>- EPC 프로세스에서 Engineering, Detail Engineering, Procurement, Construction 단계로 구성된 프로세스를 효과적으로 구성함으로써 사업기간 단축 및 비용 절감 가능 |
| 최종성과물 | | - 다양한 현장 조건과 용량 확장이 대응이 가능한 표준모듈<br>- 표준모듈의 조합 오일샌드플랜트 표준설계 |
| 활용방안 | | ◆ 오일샌드플랜트에 표준모듈 및 표준모듈 조합으로 구성된 플랜트 수출 (EPC)<br>◆ 오일샌드플랜트 이외에 타 플랜트로의 기술확대 및 적용 |

## (4) 1-4 activity: 오일샌드플랜트용 고성능소재 이용기술 개발 및 현지인증

| | | |
|---|---|---|
| activity 범위 | | ・국산소재 적용 100%를 목표로 기존 구조, 설비 및 시설의 고성능화 및 국산소재 적용을 위한 이용기술 개발 및 국외 인증<br>・기존 시설물의 고성능화를 통해 오일샌드플랜트의 수명을 향상시킬 수 있는 소재가 이용될 수 있도록 이용기술을 개발하여 국산소재 적용율 향상 |
| 기술개발 목표 | | - 오일샌드플랜트 고성능 소재 적용 및 인증율 90% 획득 (20% ➡ 90%)<br>- 오일샌드플랜트 적용 자재에 대한 국산화율 향상 (20% ➡ 70%)<br>- 고성능 소재를 통한 극한환경 대응 life time 및 교체주기 50% 이상 향상 (30년)<br>- 적용 소재 인장강도 (400/490 ➡ 600MPa) |
| 연차별과제연구내용 | 1차년도 | ■ 관련 내용 없음 |
| | 2차년도 | ■ 오일샌드플랜트 소재 고성능화 요구성능 도출<br>- 고인성, 내부식성, 내마모성 강재 고성능화 요구 조사<br>■ 국산 고성능소재의 인증프로세스 정립 |
| | 3차년도 | ■ 고성능소재 이용기술 개발<br>- 고성능 소재 적용 구조 이용기술 (용접 등) 정립<br>- 이용기술 개발<br>■ 오일샌드플랜트용 고성능소재 인증용 성능평가 데이터 구축<br>- 저온인성, 강도, 연성, 부식성, 내마모성 등 |
| | 4차년도 | ■ 고성능 소재를 이용한 pilot test 설계안 개발<br>■ 소재 현지 인증신청 및 평가 |
| | 5차년도 | ■ 고성능 소재를 이용기술 pilot test<br>■ 고성능 소재 적용효과 분석 및 홍보자료 개발<br>■ 고성능 소재에 대한 인증심사 대응 및 획득 |
| 기대효과 | | ◦ <u>기술적 기대효과</u><br>- 극한환경 대응 소재의 고인성, 내마모성, 내부식성 등 기능부여를 통한 유지보수비용 최소화 및 내구수명 연장<br>◦ <u>정책적 기대효과</u><br>- 고성능 소재 이용기술 정립 및 모듈 적용을 통한 국내업체 경쟁력 향상<br>◦ <u>경제적 기대효과</u><br>- 오일샌드플랜트 관련 소재 국산화 및 국산핵심부품에 대한 캐나다 인증 |
| 최종성과물 | | - 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 및 성능 평가 보고서<br>- 오일샌드플랜트용 고성능 소재를 이용한 대안 설계안 제시<br>- 오일샌드플랜트용 고성능 소재 적용효과 분석결과 및 홍보자료 |
| 활용방안 | | ▪ 오일샌드플랜트 모듈 고성능소재 적용으로 소재 국산화율 증가<br>▪ 오일샌드플랜트 모듈 적용 유지보수 및 교체주기 연장<br>▪ 오일샌드플랜트 내 다양한 파이프에 적용하여 내구수명 연장 |

## 2. 2세부과제 주요내용 및 추진전략

### 가. 연구개발 목표

| 세부과제의 개념 | 오일샌드플랜트 모듈 제작/시공기술 개발 및 Pilot Test |
|---|---|
| 세부과제의 범위 | ■ <u>오일샌드플랜트 표준모듈의 제작상세 개발 및 인증</u><br>- 오일샌드플랜트 모듈 작용 하중 분석<br>- 복잡한 기하형상을 고려하여 제작단계에서 발생하는 변형예측 기술 개발<br>- 오일샌드플랜트 모듈 변형 고려 제작상세 개발<br>- 오일샌드플랜트 제작상세 가이드라인 및 인증<br><br>■ <u>현장 공기단축 시공기술 및 모듈 관리기술 개발</u><br>- 오일샌드플랜트 모듈 최적시공기술 개발<br>- 오일샌드플랜트 현장급속시공 구조기술 개발<br>- 오일샌드플랜트 공기단축 기초기술 개발<br>- 동절기 현장공사용 임시천막구조(메가돔) 기술 개발<br>- 오일샌드플랜트 모듈관리시스템 및 동절기 시공관리 기술 개발<br><br>■ <u>오일샌드플랜트 모듈시스템 유지관리기술</u><br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템 손상요인 분석<br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템 건전성 평가기준 구축<br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템 손상구역 탐색기술 개발<br>- 건전성평가 및 수명예측<br>- 오일샌드플랜트 유지관리 지침 개발<br><br>■ <u>모듈러 오일샌드플랜트 Pilot Test</u><br>- 오일샌드플랜트 표준모듈에 대한 실증 성능 검증 및 피드백<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈 feasibility 설계 및 시공성 검증<br>- 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test<br>- 오일샌드플랜트 모듈 경제성 분석 및 홍보자료 개발 |
| 기술개발목표 | ■ <u>오일샌드플랜트 표준모듈의 제작상세 개발 및 인증</u><br>- 오일샌드플랜트 표준모듈 제작기간 20% 단축<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 및 인증<br><br>■ <u>현장 공기단축 시공기술 및 모듈 관리기술 개발</u><br>- 현장공사기간 30% 감소<br>- RFID, 3D도면 기반 모듈시공프로세스 고려한 모듈/자재이력관리<br>- 동절기 외부-40도 작업환경에서 공사가능<br><br>■ <u>오일샌드플랜트 모듈시스템 유지관리기술</u><br>- 유지관리기간 단축 및 비용 절감 (주기적인 점검 ➡ 상시 모니터링)<br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템 손상구역탐색 및 건전성 평가<br><br>■ <u>모듈러 오일샌드플랜트 Pilot Test</u><br>- Pilot 시험체 실구조의 100% 크기<br>- Pilot 검증 수행 (제작, 운반, 시공, 구조성능 포함) |
| 기대효과 | ● 기술적 기대효과<br>- 복잡한 플랜트 구조물에 대한 제작변형 예측기술 확보<br>- 제작기술의 정밀화에 따른 모듈설치 공기단축 및 교체수명 연장 효과 발생<br>- 모듈별 구조적 특성을 고려한 시공프로세스 개발을 통한 세계 최고 수준의 기술적 우위 확보 |

| | |
|---|---|
| | - 설계, 제작, 운송, 적재 등과 연계된 시공관리에 대한 total solution 제공<br>- 복잡한 모듈시스템에 대한 손상구역 탐색기술 확보를 통한 극한지 구조물에 대한 모니터니링 시스템 구축<br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템에 대한 건전성 평가기술 확보 및 체계적인 유지관리 방안 구축<br>- 오일샌드플랜트 모듈 적용을 통한 기술적 우위 확보<br>● 정책적 기대효과<br>- 제작기술을 이용한 핵심기술 개발을 통해 국가 경쟁력 강화<br>- 통합관리시스템 구축을 통해 오일샌드플랜트 및 그 외 관련된 사회간접기반 시설물과의 연계 가능<br>- 오일샌드플랜트 모듈 적용을 통한 국가적 위상 우위 선점<br>- 캐나다를 비롯한 북미시장 진출을 위한 교두보 마련<br><br>● 경제적 기대효과<br>- 모듈 공사기간의 주요인자인 제작오차 최소화로 인하여 간접비, 설치비 등의 절감이 가능하며 추가적으로 공기단축 효과 발생<br>- 효율적 시공관리를 통한 공기단축 및 자재 분실율 최소화<br>- 효율적 유지관리를 통한 유지관리기간 단축 및 비용절감<br>- 30% 저렴한 한국형 표준모듈의 제공을 통한 경제성 확보 |
| 주요성과물 | ■ 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작상세 개발 및 인증<br>- 복잡한 기하형상을 고려한 제작단계에서 변형예측 프로그램<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작상세<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작성 및 구조성능 검증 보고서<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 인증<br><br>■ 현장 공기단축 시공기술 및 모듈 관리기술 개발<br>- 오일샌드플랜트용 모듈 최적시공지침<br>- 현장공사용 임시천막구조(메가돔) 제품<br>- RFID-3D모델 기반 모듈/자재 이력관리시스템 및 시공관리시스템<br><br>■ 오일샌드플랜트 모듈시스템 유지관리기술<br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템의 건전성 평가기술<br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상구역 탐색기술<br><br>■ 모듈러 오일샌드플랜트 Pilot Test<br>- 오일샌드플랜트용 모듈 실증 성능검증 데이터 및 경제성분석 데이터<br>- 오일샌드플랜트용 모듈 시공지침 및 시공성 검증 데이터<br>- 오일샌드플랜트용 모듈 Pilot 시험 |

## 나. 연구개발 주요 내용

### (1) 2-1 activity: 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작상세 개발 및 인증

| | | |
|---|---|---|
| activity 범위 | | 초기 설계단계에서 제작 시 발생할 수 있는 변형오차를 미리 고려하여 모듈을 구성함으로써 기존의 '(1) 시스템 제작 → (2) 절단 및 이음부 생성 → (3) 현장운송 → (4) 현장조립' 제작단계를 보다 단순화하여 '(1) 모듈제작 → (2) 현장운송 → (3) 현장조립'으로 할 수 있는 제작상세 기술 및 사전 인증 |
| 기술개발 목표 | | - 복잡한 기하형상을 고려한 제작단계에서 변형예측 프로그램<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작상세 개발<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 인증<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈 제작기간 20% 단축 |
| 연차별 과제 연구 내용 | 1차년도 | |
| | 2차년도 | ■ **오일샌드플랜트 모듈 작용 하중 분석**<br>- 제작단계 열변형 등 하중 분석<br>- 운반단계(해상, 육상, lift 등), 설치단계(온도변화 등) 등 추가하중 분석<br>■ **복잡한 기하형상을 고려하여 제작단계에서 발생하는 변형예측 기술 개발**<br>- 작용하중에 따른 플랜트 모듈에 변형형상 시뮬레이션<br>- 각 단계별 변형 감소방안 도출 |
| | 3차년도 | ■ **오일샌드플랜트 모듈의 변형 고려 제작상세(안) 도출**<br>- 제작상세(안) 적용 플랜트 시스템 구성 및 시뮬레이션<br>- 제작상세에 대한 제작성 평가<br>■ **오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 도출**<br>- 제작상세 개선 및 표준 제작상서 도출<br>- 표준 제작상세에 대한 구조성능 검증 |
| | 4차년도 | ■ **오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 가이드라인**<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 가이드라인 작성 및 전문가 자문<br>■ **오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 인증**<br>- 국내외 학술발표, 논문게재 등을 통한 객관화 자료 구축<br>- 현지 PE 인증 추진 |
| | 5차년도 | ■ Pilot Test<br>- 부분 모델 Mock-up 제작 및 field test |
| 기대효과 | | ◦ <u>기술적 기대효과</u><br>- 복잡한 플랜트 구조물에 대한 제작변형 예측기술 확보<br>- 제작기술의 정밀화에 따른 모듈설치 공기단축 및 교체수명 연장 효과 발생<br>◦ <u>정책적 기대효과</u><br>- 제작기술을 이용한 핵심기술 개발을 통해 국가 경쟁력 강화<br>◦ <u>경제적 기대효과</u><br>- 모듈 공사기간의 주요인자인 제작오차 최소화로 인하여 간접비, 설치비 등의 절감이 가능하며 추가적으로 공기단축 효과 발생 |
| 최종성과물 | | - 복잡한 기하형상을 고려한 제작단계에서 변형예측 프로그램<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작상세<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈의 제작성 및 구조성능 검증 보고서<br>- 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 인증 |
| 활용방안 | | ◆ 오일샌드플랜트 모듈의 제작시간 단축 및 제작비용 절감<br>◆ 오일샌드플랜트 국내 EPC 관련 기업체의 수주 경쟁력 향상 |

## (2) 2-2 activity: 현지 공기 단축을 위한 급속시공기술 개발

| | | |
|---|---|---|
| activity 범위 | | 현장 작업 공사기간 최소화를 위한 기초공사, 현장설치 및 시공 최소화기술<br>・한국형 표준모듈을 급속 정밀 가설할 수 있는 최적시공 기술 개발<br>・캐나다에 운송된 모듈 및 별도로 운반된 부품(shiploose 부품)이 최적의 시공순서로 조립될 수 있도록 모듈 및 부품의 자재이력관리 및 시공관리하는 시스템 개발 |
| 기술개발 목표 | | - 현장공사기간 100-->70% (30% 감소)<br>- 모듈/자재 이력관리 수작업-->RFID+3D도면 (시공프로세스 고려)<br>- 동절기 공사가능 온도 (-15도--> -40도) |
| 연차별 과제 연구 내용 | 1차년도 | |
| | 2차년도 | ■ **공기단축을 위한 모듈 assembly 급속시공기술 개발**<br>- 개발 모듈 컨셉 이용 최적 급속시공 프로세스 개발<br>- 모듈 급속 시공에 따른 세부 플랜트별 구조적 거동 특성 연구<br>- 모듈별 구조적 특성을 고려한 시공프로세스 개발 (모듈별 중심 위치 변동에 따른 lifting 관리 및 설치 오차 최소화 방안 등)<br>■ **국내외 현장 시공관리시스템 조사**<br>- 자재이력관리 및 현장 시공관리시스템의 현황 조사 및 분석<br>- 3D모델 data base화 기술 개발 |
| | 3차년도 | ■ **공기단축을 위한 모듈 assembly 급속시공기술 개발**<br>- 모듈 설치시 시공계측에 따른 거동 특성 연구 및 시공성 향상 기술 개발<br>■ **Mega Dome 경량화 및 설치/해체 용이 구조 개발**<br>- 고강도 소재 적용, 급속설치/해체가 가능한 초대형 돔 구조안 도출<br>- 주요 구성 부재에 대한 성능 평가 시험<br>■ **국내외 현장 시공관리시스템 조사**<br>- 자재이력관리 및 현장 시공관리시스템의 현황 조사 및 분석<br>- 3D모델 data base화 기술 개발<br>■ **기초 급속시공 기술 개발**<br>- 고강도 기초파일 현장 급속 설치 기술 개발<br>- 모듈 기둥-고강도 기초파일 급속 연결 기술 개발 |
| | 4차년도 | ■ **Mega Dome 구조 Mock-up 구조성능 평가**<br>- 고성능 소재 활용 Mega Dome 주요부재 및 연결부 구조성능 평가<br>- Mega Dome 구조의 Mock-up 제작, 제작/시공성 평가, 구조성능 평가<br>■ **기초 급속시공 기술 개발**<br>- 모듈 기둥-고강도 기초파일 일체거동 설계<br>- 고강도 강관파일 항타영향도 분석 및 시공기술 개발<br>■ **현장 시공관리시스템 비교/분석**<br>- 3D 모델 data base 기술과 PDA/스카트폰 접목 방안 개발<br>- ship loose item 추적 기술 개발<br>- 자재이력관리를 포함한 현장 시공관리시스템 개발 |
| | 5차년도 | ■ **오일샌드플랜트 모듈 파일럿 테스트**<br>- 파일럿테스트 및 피드백 |
| 기대효과 | | ◦ <u>기술적 기대효과</u><br>- 모듈별 구조적 특성을 고려한 시공프로세스 개발을 통한 세계 최고 수준의 기술적 우위 확보<br>- 설계, 제작, 운송, 적재 등과 연계된 시공관리에 대한 total solution 제공<br>◦ <u>정책적 기대효과</u><br>- 통합관리시스템 구축을 통해 오일샌드플랜트 및 그 외 관련된 사회간접기반 시설물과의 연계 가능<br>◦ <u>경제적 기대효과</u><br>- 효율적 시공관리를 통한 공기단축 및 자재 분실율 최소화 |
| 최종성과물 | | - 오일샌드플랜트용 모듈 최적시공지침<br>・현장공사용 임시천막구조(메가돔) 제품<br>・RFID-3D모델 기반 모듈/자재 이력관리시스템 및 시공관리시스템 |
| 활용방안 | | ◆ 현장 시공관리시스템의 기술경쟁력 향상<br>◆ 공사비 절감 및 총공사기간 단축으로 조기 투자비 회수<br>◆ 자재이력관리시스템을 통한 모듈 운송 및 적재시의 분실 방지 |

## (3) 2-3 activity: 오일샌드플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술

| | | |
|---|---|---|
| activity 범위 | | 전체 시스템에 대한 손상도를 평가하고 이로부터 손상영역을 감지하고 국부 손상을 계측하도록하여 플랜트 모듈 시스템의 정확한 건전도 평가 및 유지관리가 가능하도록 하는 기술 |
| 기술개발 목표 | | - 오일샌드플랜트 모듈시스템의 건전성 평가<br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상구역 탐색<br>- 유지관리기간 단축 및 비용 절감 (주기적인 점검 → 상시 모니터링) |
| 연차별 과제 연구 내용 | 1차년도 | |
| | 2차년도 | ■ **오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상요인 분석**<br>- 오일샌드플랜트 모듈의 손상 요인 인자 조사<br>- 손상에 유형 분류 및 평가방안 구축<br>■ **오일샌드플랜트 모듈시스템의 건전성 평가기준 구축**<br>- 오일샌드플랜트 모듈의 수명 분석<br>- 모듈의 건전성 기준 분류안 도출 |
| | 3차년도 | ■ **오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상구역 탐색기술 개발**<br>- 손상구역 탐색을 위한 모듈시스템 시뮬레이션 모델링<br>- 부분 손상 적용 모듈시스템 시뮬레이션 및 특성 분석<br>■ **건전성 평가 및 수명예측**<br>- 손상도 분석 및 수명예측<br>- 수명예측기반 유지보수기간 결정 |
| | 4차년도 | ■ **오일샌드플랜트 유지관리 지침**<br>- 손상 유형 분석 및 대응 매뉴얼 구축 |
| | 5차년도 | ■ Pilot Test<br>- 부분 모델 Mock-up에 대한 field test |
| 기대효과 | | ◦ <u>기술적 기대효과</u><br>- 복잡한 모듈시스템에 대한 손상구역 탐색기술 확보를 통한 극한지 구조물에 대한 모니터니링 시스템 구축<br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템에 대한 건전성 평가기술 확보 및 체계적인 유지관리 방안 구축<br>◦ <u>정책적 기대효과</u><br>- 통합관리시스템 구축을 통해 오일샌드플랜트 및 그 외 관련된 사회간접기반 시설물과의 연계 가능<br>◦ <u>경제적 기대효과</u><br>- 효율적 유지관리를 통한 유지관리기간 단축 및 비용절감 |
| 최종성과물 | | - 오일샌드플랜트 모듈시스템의 건전성 평가기술<br>- 오일샌드플랜트 모듈시스템의 손상구역 탐색기술 |
| 활용방안 | | ◆ 오일샌드플랜트 발주기관에 EPC외에 유지관리 패키지 솔루션 제공을 통한 국내 업체의 경쟁력 향상<br>◆ 타 플랜트 구조 확대적용 |

## (4) 2-4 activity: 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test

| | | |
|---|---|---|
| activity 범위 | | 개발된 모듈기술에 대한 실증 성능시험 및 track record 확보 |
| 기술개발 목표 | | - 오일샌드플랜트 모듈 Pilot을 위한 전략수립<br>- 실규모크기의 Pilot Test 검증 및 피드백 수행<br>- Pilot Test |
| 연차별 과제 연구 내용 | 1차년도 | 없음 |
| | 2차년도 | 없음 |
| | 3차년도 | 없음 |
| | 4차년도 | ■ Pilot Test 전략 수립<br>-1) 캐나다 오일샌드플랜트에 Test Bed 수행<br>2) 국내 유사 현장에 시험적용<br>3) 실크기 모듈에 대한 성능평가<br>: 모듈의 제작, 운반, 시공 및 구조성능 평가를 포함<br>■ Pilot 타당성 연구 (feasibility study)<br>- TELOS에 대한 가능성 검토, 후보지별 위험도 분석 및 평가<br>(Technology and system, Economic, Legal, Operational, Schedule) |
| | 5차년도 | ■ Pilot Test<br>- 실규모 Pilot test 수행<br>- 경제성 분석 및 피드백 |
| 기대효과 | | ◦ <u>기술적 기대효과</u><br>- 오일샌드플랜트 모듈 적용을 통한 기술적 우위 확보<br>◦ <u>정책적 기대효과</u><br>- 오일샌드플랜트 모듈 적용을 통한 국가적 위상 우위 선점<br>- 캐나다를 비롯한 북미시장 진출을 위한 교두보 마련<br>◦ <u>경제적 기대효과</u><br>- 30% 저렴한 한국형 표준모듈의 제공을 통한 경제성 확보 |
| 최종성과물 | | - 오일샌드플랜트용 모듈 실증 성능검증 데이터 및 경제성분석 데이터<br>- 오일샌드플랜트용 모듈 시공지침 및 시공성 검증 데이터<br>- 오일샌드플랜트용 모듈 Pilot 시험 |
| 활용방안 | | ◆ 오일샌드플랜트용 모듈에 대한 실크기 실증시험과 모듈의 현장적용 기록(Track record)을 확보하여 캐나다 현지 설계반영<br>◆ Track record 확보를 통한 오일샌드 자원개발사업에 참여할 수 있는 기반 제공<br>◆ 국가 건설경기 부양시킬 수 있는 효과 발생 |

## 5절. 세부과제간 연계관계

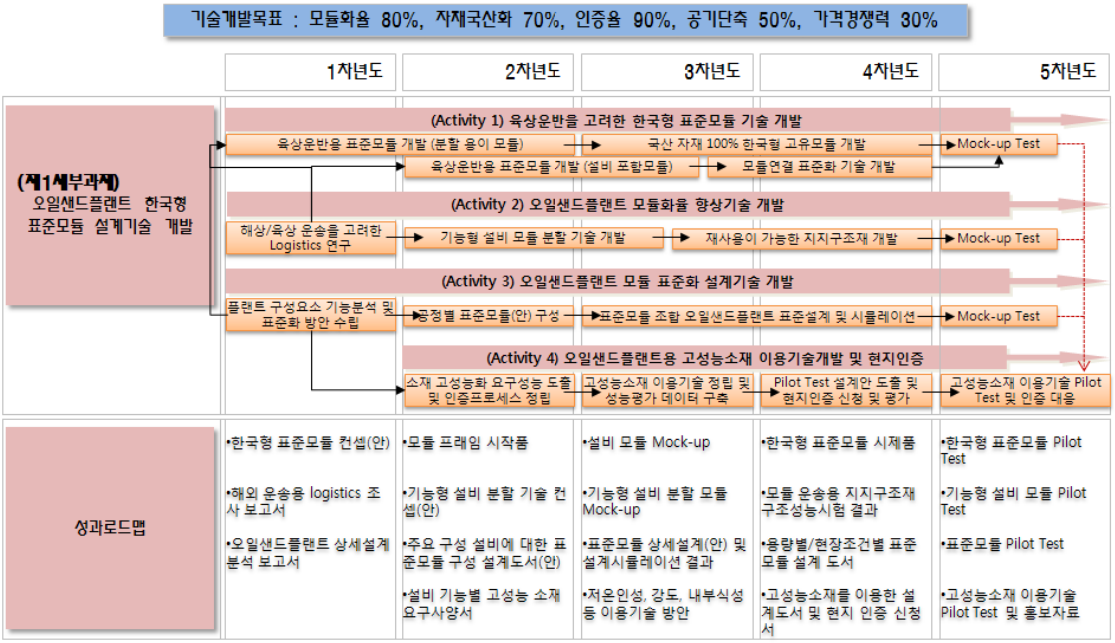
- 1 세부과제는 오일샌드플랜트 한국형 표준모듈에 대한 개발을 함으로써 오일샌드플랜트 모듈화율을 현재 30%수준에서 80%수준까지 높이고, 국산자재 100% 한국형 고유모듈을 개발함으로써 자재국산화율을 20%에서 70% 수준까지 높이고자 함
- 2 세부과제는 오일샌드플랜트 표준모듈 제작 및 시공과 표준모듈 Pilot Test에 관한 내용으로 표준모듈의 제작정밀도를 높이고 시공성을 향상 시켜 공기를 단축시킬 수 있는 기술을 개발하여 국가 경쟁력을 극대화하고자 함. 또한 표준모듈에 대한 Pilot Test를 통해 Track Record를 확보하여, 북미시장 진출의 교두보 역할을 하고자 함.

[그림 3.3] 세부과제간 연계관계

- 전체 과제는 한국형 표준모듈에 대한 EPC(Engineering, Procurement, Construction)와 Pilot Test 연계 형태로 구성되어 있음. 제1세부과제는 Engineering, Procurement 관점에서의 설계기술에 관한 것이며, 제2세부과제는 Construction, Pilot Test 관점에서의 제작 및 시공기술에 관한 것으로 구성됨

# 6절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

## 1. 연구개발과제 TRM




| 1세부 연구과제 성과목표 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 특허출원/등록건수 | 6 | 7 | 4 | 3 | 3 |
| 사업화/제품화 건수 | - | - | - | 4 | 1 |
| 기술실시계약 건수 | - | - | - | - | - |
| 현장적용에 따른 비용절감 건수 | - | - | - | - | 3 |
| 국내외 학술지 게재논문 건수 | - | 3 | 10 | 10 | 4 |
| 시작품 제작 (프로토타입, 단순 시험체 제외) | - | 3 | 1 | 1 | - |
| 홍보 | - | - | 3 | 3 | 6 |

기술개발목표 : 모듈화율 80%, 자재국산화 70%, 인증율 90%, 공기단축 50%, 가격경쟁력 30%

| | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 |
|---|---|---|---|---|---|
| **(제2세부과제)** 오일샌드플랜트 모듈 제작/시공기술 개발 및 Pilot Test | | (Activity 1) 오일샌드플랜트 표준모듈 제작상세 개발 및 인증<br>기하형상을 고려한 변형예측 기술 개발 → 변형을 고려한 제작상세 도출 → 제작상세 가이드 제시 및 인증 → Mock-up Test<br>(Activity 2) 현지 공기 단축을 위한 급속시공기술 개발<br>급속시공기술 개발 → Mega Dome 이용기술 개발 → 기초 연결 급속시공 개발 → Mock-up Test<br>(Activity 3) 오일샌드플랜트 모듈시스템 유지관리기술<br>손상요인분석 및 건전성 평가 기준 구축 → 손상구역 탐색기술 및 수명예측 기술 개발 → 유지관리지침 개발 → Mock-up Test<br>(Activity 4) 오일샌드플랜트 표준모델 테스트베드 구축<br>Pilot Test 전략수립 및 타당성 분석 → Pilot Test | | | |
| 성과로드맵 | | •변형예측 시뮬레이션 기법<br>•급속시공 프로세스<br>•모듈 건성성 평가기준 | •표준모듈 제작상세<br>•설치/해체 용이 Mega dome<br>•기초 급속시공기술<br>•손상구역 탐색기술 | •표준모듈 제작상세 가이드라인<br>•제작상세 인증<br>•현장 시공관리시스템<br>•플랜트 모듈 유지관리지침<br>•Pilot test 타당성 | •Pilot test<br>•Pilot test<br>•Pilot test<br>•Pilot test |

| 2세부 연구과제 성과목표 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 특허출원/등록건수 | | | | | |
| | - | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 사업화/제품화 건수 | - | - | - | 3 | - |
| 기술실시계약 건수 | - | - | - | - | 3 |
| 현장적용에 따른 비용절감 건수 | - | - | - | - | 4 |
| 국내외 학술지 게재논문 건수 | - | - | 1 | 1 | 1 |
| 시작품 제작 (프로토타입, 단순 시험체 제외) | - | - | 3 | - | - |
| 홍보 | - | - | 2 | 3 | 6 |

## 2. 최종성과물 및 성과지표

- 각 세부 과제별 연구목표에 해당되는 최종성과물 및 검증방법에 대하여 나타냄

| | 연구목표 | 최종성과물 | 검증방법 |
|---|---|---|---|
| 제 1 세부과제: 오일샌드 플랜트 모듈 설계 및 제작기술 개발 | 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발 | 한국형 모듈 | - 최종적으로 제작된 한국형 모듈 설계 및 제작도서 확인을 통해 국산자재 100% 사용 여부 확인을 통해 검증 |
| | 오일샌드 플랜트 모듈화율 향상 기술 개발 | 모듈화율 향상 기술 | - 기존 해외사 설계 사례 (Exxon Mobile, Suncor, Husky 등)와 비교하여 모듈화율 향상 정도 분석을 통해 검증 (현재 30% → 본 연구과제 80%) |
| | 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 | 표준 모듈 및 플랜트 설계 표준 | - 오일샌드 플랜트 표준모듈 및 표준모듈 조합으로 구성된 플랜트 설계도서안 작성 여부를 통해 검증 |
| | 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증 | 장수명 특화소재 이용 기술 | - 오일샌드 플랜트 관련 설비, 파이프, 구조물 등에 요구되는 성능에 부합되는 소재 검토 및 국산소재 대체 및 현지 인증 방안 등을 통해 검증<br>- 현지 인증은 절차와 시간 상 상당기간이 소요되는 경우도 있기 때문에 인증 제안/진행 건수로 검증 |
| 제 2 세부과제: 오일샌드 플랜트 모듈 현장시공 기술 및 Pilot Test | 오일샌드 플랜트 모듈의 표준 제작상세 개발 및 인증 | 표준모듈 제작상세 | - 오일샌드 표준 모듈의 Mock-up 제작을 통해 제작시간 단축효과 검증<br>- 제작상세 학술발표, 논문게재를 통한 검증 |
| | 현지 공기단축 시공기술 및 모듈 현장관리기술 개발 | 급속시공기술 | - 오일샌드 표준 모듈의 Mock-up 제작, 육상운송 및 조립의 파일럿 테스트를 통한 검증 |
| | 오일샌드 플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술 | 유지관리기술 | - 실규모 부분 Mock-up에 대한 field test |
| | 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test | Pilot Test를 통한 track record | - Pilot test를 통한 성능 검증 |

## 가. 1세부과제

| activity | 성과목표 | 성과지표 | 측정방법 | 단위 | 목표치 | 목표치 설정근거 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-1 activity: 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발 | 학술적 성과 | 학술지 게재 논문건수 | 국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함) | 건 | 6 | 기술적 가치 인정 필요 |
| | 지식 재산권 | 특허출원/등록건수 | 특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서 | 건 | 7 | 기술선점을 통한 사업화 기반 확보 |
| | 기술이전/거래 | 기술이전건수 | 사업화를 위한 기술이전건수 | 건 | - | 기술적용 기업 확보필요 |
| | 연구성과 확산노력 | 연구개발 관련홍보 | 홍보건수 | 건 | 4 | 기술력 홍보 필요 |
| | 현장적용효과 | 현장적용건수 | 현장적용건수 | 건 | 1 | 실용화 목표 달성 기준설정 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 시제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 상용제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 기획/계획수립 | 기술동향 조사 | 기술동향 조사 | 건 | 1 | 해외기술동향 조사분석 필요 |
| | 지침/매뉴얼 | 설계/제작지침건수 | 설계/제작지침건수 | 건 | 2 | 표준환된 설계/제작 기술확보를 위한 지침 필요 |
| | 경제적 효과 | 매출증대 | 매출증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 수출액 증대 | 수출액 증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 해외수주건수 | 해외수주건수 | 건수 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 인력양성 | 인력양성 배출 | 인력양성 배출 | 명 | 4 | 관련분야에 대한 대학원생 인력양성 |
| | 인력양성 | 기술연수/교육 | 기술연수/교육 | 명 | 1 | 관련분야 기술확보를 위한 교육 필요 |
| | 기술성능 목표달성 | 모듈화율 | 모듈화율 | % | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 인증 | 캐나다 사전인증 | 캐나다 사전인증 | % | - | 설계반영 및 구조물 적용을 위해 현지 제품인증 필요 |
| | 기술선진화 | 자재국산화 | 자재국산화 | % | 2 | 해외프로젝트에 자재공급 확대 필요 |
| | 효율성 | 공기단축 효과 | 기존공법 대비 공사기간 비교 | % | 1 | 목표달성 여부 판단 |
| | 비용절감효과 | 공사비 절감효과 | 경제성 분석 | % | 1 | 사업화 가능성 타진 |
| 1-2 activity: 오일샌드 플랜트 모듈화율 향상 기술 개발 | 학술적 성과 | 학술지 게재 논문건수 | 국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함) | 건 | 6 | 기술적 가치 인정 필요 |
| | 지식 재산권 | 특허출원/등록건수 | 특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서 | 건 | 7 | 기술선점을 통한 사업화 기반 확보 |
| | 기술이전/거래 | 기술이전건수 | 사업화를 위한 기술이전건수 | 건 | - | 기술적용 기업 확보필요 |
| | 연구성과 확산노력 | 연구개발 관련홍보 | 홍보건수 | 건 | 4 | 기술력 홍보 필요 |
| | 현장적용효과 | 현장적용건수 | 현장적용건수 | 건 | 1 | 실용화 목표 달성 기준설정 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 시제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 상용제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 기획/계획수립 | 기술동향 조사 | 기술동향 조사 | 건 | 1 | 해외기술동향 조사분석 필요 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 지침/매뉴얼 | 설계/제작지침건수 | 설계/제작지침건수 | 건 | 2 | 표준환된 설계/제작 기술확보를 위한 지침 필요 |
| | 경제적 효과 | 매출증대 | 매출증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 수출액 증대 | 수출액 증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 해외수주건수 | 해외수주건수 | 건수 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 인력양성 | 인력양성 배출 | 인력양성 배출 | 명 | 4 | 관련분야에 대한 대학원생 인력양성 |
| | 인력양성 | 기술연수/교육 | 기술연수/교육 | 명 | 1 | 관련분야 기술확보를 위한 교육 필요 |
| | 기술성능 목표달성 | 모듈화율 | 모듈화율 | % | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 인증 | 캐나다 사전인증 | 캐나다 사전인증 | % | - | 설계반영 및 구조물 적용을 위해 현지 제품인증 필요 |
| | 기술선진화 | 자재국산화 | 자재국산화 | % | 2 | 해외프로젝트에 자재공급 확대 필요 |
| | 효율성 | 공기단축 효과 | 기존공법 대비 공사기간 비교 | % | 1 | 목표달성 여부 판단 |
| | 비용절감효과 | 공사비 절감효과 | 경제성 분석 | % | 1 | 사업화 가능성 타진 |
| 1-3 activity: 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 | 학술적 성과 | 학술지 게재 논문건수 | 국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함) | 건 | 6 | 기술적 가치 인정 필요 |
| | 지식 재산권 | 특허출원/등록건수 | 특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서 | 건 | 7 | 기술선점을 통한 사업화 기반 확보 |
| | 기술이전/거래 | 기술이전건수 | 사업화를 위한 기술이전건수 | 건 | - | 기술적용 기업 확보필요 |
| | 연구성과 확산노력 | 연구개발 관련홍보 | 홍보건수 | 건 | 4 | 기술력 홍보 필요 |
| | 현장적용효과 | 현장적용건수 | 현장적용건수 | 건 | 1 | 실용화 목표 달성 기준설정 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 시제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 상용제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 기획/계획수립 | 기술동향 조사 | 기술동향 조사 | 건 | 1 | 해외기술동향 조사분석 필요 |
| | 지침/매뉴얼 | 설계/제작지침건수 | 설계/제작지침건수 | 건 | 2 | 표준환된 설계/제작 기술확보를 위한 지침 필요 |
| | 경제적 효과 | 매출증대 | 매출증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 수출액 증대 | 수출액 증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 해외수주건수 | 해외수주건수 | 건수 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 인력양성 | 인력양성 배출 | 인력양성 배출 | 명 | 4 | 관련분야에 대한 대학원생 인력양성 |
| | 인력양성 | 기술연수/교육 | 기술연수/교육 | 명 | 1 | 관련분야 기술확보를 위한 교육 필요 |
| | 기술성능 목표달성 | 모듈화율 | 모듈화율 | % | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 인증 | 캐나다 사전인증 | 캐나다 사전인증 | % | - | 설계반영 및 구조물 적용을 위해 현지 제품인증 필요 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 기술선진화 | 자재국산화 | 자재국산화 | % | 2 | 해외프로젝트에 자재공급 확대 필요 |
| | 효율성 | 공기단축 효과 | 기존공법 대비 공사기간 비교 | % | 1 | 목표달성 여부 판단 |
| | 비용절감효과 | 공사비 절감효과 | 경제성 분석 | % | 1 | 사업화 가능성 타진 |
| 1-4 activity: 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증 | 학술적 성과 | 학술지 게재 논문건수 | 국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함) | 건 | 3 | 기술적 가치 인정 필요 |
| | 지식 재산권 | 특허출원/등록건수 | 특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서 | 건 | 2 | 기술선점을 통한 사업화 기반 확보 |
| | 기술이전/거래 | 기술이전건수 | 사업화를 위한 기술이전건수 | 건 | 1 | 기술적용 기업 확보필요 |
| | 연구성과 확산노력 | 연구개발 관련홍보 | 홍보건수 | 건 | - | 기술력 홍보 필요 |
| | 현장적용효과 | 현장적용건수 | 현장적용건수 | 건 | - | 실용화 목표 달성 기준설정 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 시제품 제작 | 건 | 2 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 상용제품 제작 | 건 | 2 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 기획/계획수립 | 기술동향 조사 | 기술동향 조사 | 건 | 2 | 해외기술동향 조사분석 필요 |
| | 지침/매뉴얼 | 설계/제작지침건수 | 설계/제작지침건수 | 건 | - | 표준환된 설계/제작 기술확보를 위한 지침 필요 |
| | 경제적 효과 | 매출증대 | 매출증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 수출액 증대 | 수출액 증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 해외수주건수 | 해외수주건수 | 건수 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 인력양성 | 인력양성 배출 | 인력양성 배출 | 명 | - | 관련분야에 대한 대학원생 인력양성 |
| | 인력양성 | 기술연수/교육 | 기술연수/교육 | 명 | - | 관련분야 기술확보를 위한 교육 필요 |
| | 기술성능 목표달성 | 모듈화율 | 모듈화율 | % | - | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 인증 | 캐나다 사전인증 | 캐나다 사전인증 | % | - | 설계반영 및 구조물 적용을 위해 현지 제품인증 필요 |
| | 기술선진화 | 자재국산화 | 자재국산화 | % | - | 해외프로젝트에 자재공급 확대 필요 |
| | 효율성 | 공기단축 효과 | 기존공법 대비 공사기간 비교 | % | - | 목표달성 여부 판단 |
| | 비용절감효과 | 공사비 절감효과 | 경제성 분석 | % | - | 사업화 가능성 타진 |

## 나. 2세부과제

| activity | 성과목표 | 성과지표 | 측정방법 | 단위 | 목표치 | 목표치 설정근거 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2-1 activity: 오일샌드 플랜트 모듈의 표준 제작상세 개발 및 인증 | 학술적 성과 | 학술지 게재 논문건수 | 국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함) | 건 | 3 | 기술적 가치 인정 필요 |
| | 지식 재산권 | 특허출원/등록건수 | 특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서 | 건 | 3 | 기술선점을 통한 사업화 기반 확보 |
| | 기술이전/거래 | 기술이전건수 | 사업화를 위한 기술이전건수 | 건 | 1 | 기술적용 기업 확보필요 |
| | 연구성과 확산노력 | 연구개발 관련홍보 | 홍보건수 | 건 | 3 | 기술력 홍보 필요 |
| | 현장적용효과 | 현장적용건수 | 현장적용건수 | 건 | 1 | 실용화 목표 달성 기준설정 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 시제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 상용제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 기획/계획수립 | 기술동향 조사 | 기술동향 조사 | 건 | 1 | 해외기술동향 조사분석 필요 |
| | 지침/매뉴얼 | 시공지침건수 | 시공지침건수 | 건 | 1 | 시공 기술확보를 위한 지침 필요 |
| | 경제적 효과 | 매출증대 | 매출증대 | 억원 | 500 | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 수출액 증대 | 수출액 증대 | 억원 | 500 | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 해외수주건수 | 해외수주건수 | 건수 | 1 | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 인력양성 | 인력양성 배출 | 인력양성 배출 | 명 | 2 | 관련분야에 대한 대학원생 인력양성 |
| | 인력양성 | 기술연수/교육 | 기술연수/교육 | 명 | - | 관련분야 기술확보를 위한 교육 필요 |
| | 기술성능 목표달성 | 모듈화율 | 모듈화율 | % | - | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 인증 | 캐나다 사전인증 | 캐나다 사전인증 | % | 1 | 설계반영 및 구조물 적용을 위해 현지 제품인증 필요 |
| | 기술선진화 | 자재국산화 | 자재국산화 | % | - | 해외프로젝트에 자재공급 확대 필요 |
| | 효율성 | 공기단축 효과 | 기존공법 대비 공사기간 비교 | % | - | 목표달성 여부 판단 |
| | 비용절감효과 | 공사비 절감효과 | 경제성 분석 | % | 1 | 사업화 가능성 타진 |
| 2-2 activity: 현지 공기단축 시공기술 및 모듈 현장관리기술 개발 | 학술적 성과 | 학술지 게재 논문건수 | 국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함) | 건 | - | 기술적 가치 인정 필요 |
| | 지식 재산권 | 특허출원/등록건수 | 특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서 | 건 | - | 기술선점을 통한 사업화 기반 확보 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 기술이전/거래 | 기술이전건수 | 사업화를 위한 기술이전건수 | 건 | 1 | 기술적용 기업 확보필요 |
| | 연구성과 확산노력 | 연구개발 관련홍보 | 홍보건수 | 건 | 4 | 기술력 홍보 필요 |
| | 현장적용효과 | 현장적용건수 | 현장적용건수 | 건 | 1 | 실용화 목표 달성 기준설정 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 시제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 상용제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 기획/계획수립 | 기술동향 조사 | 기술동향 조사 | 건 | 1 | 해외기술동향 조사분석 필요 |
| | 지침/매뉴얼 | 시공지침건수 | 시공지침건수 | 건 | 1 | 시공 기술확보를 위한 지침 필요 |
| | 경제적 효과 | 매출증대 | 매출증대 | 억원 | 300 | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 수출액 증대 | 수출액 증대 | 억원 | 300 | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 해외수주건수 | 해외수주건수 | 건수 | 1 | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 인력양성 | 인력양성 배출 | 인력양성 배출 | 명 | 2 | 관련분야에 대한 대학원생 인력양성 |
| | 인력양성 | 기술연수/교육 | 기술연수/교육 | 명 | 1 | 관련분야 기술확보를 위한 교육 필요 |
| | 기술성능 목표달성 | 모듈화율 | 모듈화율 | % | - | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 인증 | 캐나다 사전인증 | 캐나다 사전인증 | % | - | 설계반영 및 구조물 적용을 위해 현지 제품인증 필요 |
| | 기술선진화 | 자재국산화 | 자재국산화 | % | - | 해외프로젝트에 자재공급 확대 필요 |
| | 효율성 | 공기단축 효과 | 기존공법 대비 공사기간 비교 | % | - | 목표달성 여부 판단 |
| | 비용절감효과 | 공사비 절감효과 | 경제성 분석 | % | 1 | 사업화 가능성 타진 |
| 2-3 activity: 오일샌드 플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술 | 학술적 성과 | 학술지 게재 논문건수 | 국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함) | 건 | - | 기술적 가치 인정 필요 |
| | 지식 재산권 | 특허출원/등록건수 | 특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서 | 건 | - | 기술선점을 통한 사업화 기반 확보 |
| | 기술이전/거래 | 기술이전건수 | 사업화를 위한 기술이전건수 | 건 | 1 | 기술적용 기업 확보필요 |
| | 연구성과 확산노력 | 연구개발 관련홍보 | 홍보건수 | 건 | 4 | 기술력 홍보 필요 |
| | 현장적용효과 | 현장적용건수 | 현장적용건수 | 건 | 1 | 실용화 목표 달성 기준설정 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 시제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 상용제품 제작 | 건 | 1 | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 기획/계획수립 | 기술동향 조사 | 기술동향 조사 | 건 | 1 | 해외기술동향 조사분석 필요 |
| | 지침/매뉴얼 | 시공지침건수 | 시공지침건수 | 건 | 1 | 시공 기술확보를 위한 지침 필요 |
| | 경제적 효과 | 매출증대 | 매출증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 수출액 증대 | 수출액 증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 해외수주건수 | 해외수주건수 | 건수 | 1 | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 인력양성 | 인력양성 배출 | 인력양성 배출 | 명 | 2 | 관련분야에 대한 대학원생 인력양성 |
| | 인력양성 | 기술연수/교육 | 기술연수/교육 | 명 | 1 | 관련분야 기술확보를 위한 교육 필요 |
| | 기술성능 목표달성 | 모듈화율 | 모듈화율 | % | - | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 인증 | 캐나다 사전인증 | 캐나다 사전인증 | % | - | 설계반영 및 구조물 적용을 위해 현지 제품인증 필요 |
| | 기술선진화 | 자재국산화 | 자재국산화 | % | - | 해외프로젝트에 자재공급 확대 필요 |
| | 효율성 | 공기단축 효과 | 기존공법 대비 공사기간 비교 | % | - | 목표달성 여부 판단 |
| | 비용절감효과 | 공사비 절감효과 | 경제성 분석 | % | - | 사업화 가능성 타진 |
| 2-4 activity: 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test | 학술적 성과 | 학술지 게재 논문건수 | 국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함) | 건 | - | 기술적 가치 인정 필요 |
| | 지식 재산권 | 특허출원/등록건수 | 특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서 | 건 | - | 기술선점을 통한 사업화 기반 확보 |
| | 기술이전/거래 | 기술이전건수 | 사업화를 위한 기술이전건수 | 건 | - | 기술적용 기업 확보필요 |
| | 연구성과 확산노력 | 연구개발 관련홍보 | 홍보건수 | 건 | - | 기술력 홍보 필요 |
| | 현장적용효과 | 현장적용건수 | 현장적용건수 | 건 | 1 | 실용화 목표 달성 기준설정 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 시제품 제작 | 건 | - | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 사업화 | 소재 및 부품개발 건수 | 상용제품 제작 | 건 | - | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 기획/계획수립 | 기술동향 조사 | 기술동향 조사 | 건 | 1 | 해외기술동향 조사분석 필요 |
| | 지침/매뉴얼 | 설계/제작지침건수 | 설계/제작지침건수 | 건 | - | 표준환된 설계/제작 기술확보를 위한 지침 필요 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 경제적 효과 | 매출증대 | 매출증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 수출액 증대 | 수출액 증대 | 억원 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 수출입 효과 | 해외수주건수 | 해외수주건수 | 건수 | - | 개발기술의 사업화 연계 |
| | 인력양성 | 인력양성 배출 | 인력양성 배출 | 명 | - | 관련분야에 대한 대학원생 인력양성 |
| | 인력양성 | 기술연수/교육 | 기술연수/교육 | 명 | - | 관련분야 기술확보를 위한 교육 필요 |
| | 기술성능 목표달성 | 모듈화율 | 모듈화율 | % | - | 사업화 성능 만족도 검토 필요 |
| | 인증 | 캐나다 사전인증 | 캐나다 사전인증 | % | - | 설계반영 및 구조물 적용을 위해 현지 제품인증 필요 |
| | 기술선진화 | 자재국산화 | 자재국산화 | % | - | 해외프로젝트에 자재공급 확대 필요 |
| | 효율성 | 공기단축 효과 | 기존공법 대비 공사기간 비교 | % | - | 목표달성 여부 판단 |
| | 비용절감효과 | 공사비 절감효과 | 경제성 분석 | % | 1 | 사업화 가능성 타진 |

## 3. 연차별 성과지표 검증방안

### 가. 1세부과제

| 주요 성과지표 | 목표 성과건수 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 |
| 특허출원/등록건수 | 6 | 7 | 4 | 3 | 3 |
| 사업화/제품화 건수 | - | - | - | 4 | 1 |
| 기술실시계약 건수 | - | - | - | - | - |
| 현장적용에 따른 비용절감 건수 | - | - | - | - | 3 |
| 국내외 학술지 게재논문 건수 | - | 3 | 10 | 10 | 4 |
| 시작품 제작 건수 (프로토타입, 단순시험체 제외) | - | 3 | 1 | 1 | - |
| 홍보 | - | - | 3 | 3 | 6 |

### 나. 2세부과제

| 주요 성과지표 | 목표 성과건수 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 |
| 특허출원/등록건수 | - | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 사업화/제품화 건수 | - | - | - | 3 | - |
| 기술실시계약 건수 | - | - | - | - | 3 |
| 현장적용에 따른 비용절감 건수 | - | - | - | - | 4 |
| 국내외 학술지 게재논문 건수 | - | - | 1 | 1 | 1 |
| 시작품 제작 건수 (프로토타입, 단순시험체 제외) | - | - | 3 | - | - |
| 홍보 | - | - | 2 | 3 | 6 |

# 7절. 성과의 활용방안

| | 공동과제 | 목표성과물 | 기술수요처 | 활용 방안 |
|---|---|---|---|---|
| 제 1 세부과제 : 오일샌드 플랜트 모듈 설계 및 제작기술 개발 | 1-1 activity: 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발 | 한국형 모듈 | 전문건설업체<br>건설사<br>설계사 | - 오일샌드 플랜트 표준모듈 개발을 통해 선진 외국과 대등한 기술의 확산<br>- 해외 프로젝트 수주 및 참여를 통한 한국형 표준모듈을 적용 |
| | 1-2 activity: 오일샌드 플랜트 모듈화율 향상 기술 개발 | 모듈화율 향상 기술 | 전문건설업체<br>건설사<br>설계사 | - 오일샌드플랜트의 모듈화율 향상에 따른 모듈 수주 규모의 확대<br>- 지지구조재 개발에 따른 타 플랜트 분야로의 기술 확장 |
| | 1-3 activity: 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 | 표준 모듈 및 플랜트 설계 표준 | 전문건설업체<br>건설사<br>설계사 | - 오일샌드 플랜트에 표준모듈 및 표준모듈 조합으로 구성된 플랜트 수출 (EPC)<br>- 오일샌드 플랜트 이외에 타 플랜트로의 기술확대 및 적용 |
| | 1-4 activity: 오일샌드플랜트용 고성능 소재 이용기술 개발 및 현지인증 | 장수명 특화소재 이용 기술 | 전문건설업체<br>건설사<br>설계사<br>제조사 | - 오일샌드플랜트 모듈 적용 유지보수 및 교체주기 연장에 활용<br>- 오일샌드플랜트 내 다양한 파이프에 적용하여 내구수명 연장에 활용 |
| 제 2 세부과제 : 오일샌드 플랜트 모듈 현장시공 기술 및 Pilot Test | 2-1 activity: 오일샌드 플랜트 모듈의 표준 제작상세 개발 및 인증 | 표준모듈 제작상세 | 전문건설업체<br>건설사<br>설계사<br>제조사 | - 오일샌드 플랜트 모듈의 제작시간 단축 및 제작비용 절감<br>- 오일샌드 플랜트 국내 EPC 관련 기업체의 수주 경쟁력 향상 |
| | 2-2 activity: 현지 공기단축 시공기술 및 모듈 현장관리기술 개발 | 급속시공기술 | 전문건설업체<br>건설사<br>설계사 | - 오일샌드플랜트 현지 모듈제작용 Mega Dome에 기술 적용 및 확산에 활용<br>- 타 플랜트 현장에서의 Mega Dome 이용 기술의 응용 적용에 활용 |
| | 2-3 activity: 오일샌드 플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술 | 유지관리기술 | 전문건설업체<br>건설사<br>설계사 | - 오일샌드 플랜트 발주기관에 EPC외에 유지관리 패키지 솔루션 제공을 통한 국내 업체의 경쟁력 향상<br>- 타 플랜트 구조 확대적용 |
| | 2-4 activity: 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test | Pilot Test를 통한 track record | 전문건설업체<br>건설사<br>설계사 | - Track record 확보를 통한 오일샌드 자원개발 사업에 참여할 수 있는 기반 제공<br>- 국가 건설경기를 부양시킬 수 있는 효과 발생 |

# 8절. 연구수행체계 제안

## 1. 연구수행체계 제안

[그림 3.4] 연구단 연구수행체계

- 연구단 추진체계는 오일샌드플랜트 모듈화 기술개발을 하고 그 성과를 현지인증과 Pilot Test, Track Record 확보가 이루어질 수 있도록 Value Chain 전체를 포함하는 추진체계를 구성
- 오일샌드플랜트 모듈화 설계 경험 보유기업이 주관기관으로 참여 추진
- 연구개발 추진방향은 세부과제별 핵심가치를 구현하기 위하여 핵심기술에 전문화된 설계 및 시공사와 연구소간의 연계 체제를 구축함과 동시에 오일샌드플랜트 모듈러 설계, 제작, 운반 실적이 있는 기업의 참여로 효율적인 연구업무 분담과 협력수행 체계를 확립함
- 각각의 세부주관기관과 협동기관들의 기술개발 역량을 극대화, 최적화하기 위하여 가용 기술수준, 추가 확보 가능한 기술수준, 타 핵심과제 연관성, 국제공동연구 등을 고려하여 기술개발 로드맵의 우선순위를 탄력적으로 운영하여 전술적 핵심기술을 실현함
- 연구단의 총괄운영 및 지원, 홍보를 위한 사무국을 구성하고 연구단 운영관련 중요사항 심의를 위한 운영위원회를 구성
- 또한 기술적 측면의 완성도와 상용화/사업화 측면의 완성도를 동시

에 구현하기 위한 수요자인 국가·공공기관·건설시장의 요구수준과 수요를 반복적으로 feedback할 수 있는 관·산·학·연의 관련 전문가 자문단을 구성. 전문가 자문단 활용방안은 다음과 같음

| | |
|---|---|
| 1. 전문성 활용 | • 오일샌드 플랜트 EPC 분야별 전문가<br>: FEED, 상세설계/제작/운반, 시공/현장관리, 모듈화시스템, 신소재 |
| 2. 사업성 평가 | • 오일샌드 플랜트 모듈 EPC 경험자<br>: 모듈 상세설계/제작, 모듈 운반, In-situ 실경험자<br>• 해외 전문가<br>: 발주처, 설계사의 해외 전문가 활용<br>• 시장동향, 해외 인증/제도 조사, 현장 적용성 평가 |
| 3. 객관성 확보 | • 캐나다 현지 전문가<br>• 제3기관 평가 |
| 4. Open Innovation | • 확정된 전문가들 외에도 필요에 따라 개방형 전문가 활용<br>: 융합기술, 신규 기술의 반영 |

[그림 3.5] 전문가 자문단 활용방안

- 첨단기술 활용 및 다학제적 융합이 요구되는 핵심기술을 개발과 캐나다 현지의 전문성을 활용하기 위하여 해외 선진기술 학·연구기관과 전문연구기관의 공동연구 또는 네트워크를 활용하여 선진기술에 대한 지속적 벤치마킹을 실시하여 국내·해외 해당 기술보유 기관과 협력 또는 공동개발 방향으로 추진

## 2. 연구단 운영전략

### (1) 성과위주의 연구추진 체계를 통한 연구주체의 책임감/연구열 고취

- 최종목표 달성에 필수적인 핵심요인들에 대해서 성공 여부를 측정하고 통합적인 성과관리를 위해 인력/예산 등 자원 투입부터 성과물 도출 과정, 산출물, 최종성과까지 이르는 연구단의 전반적인 활동에 걸친 성과지표(KPI)를 설정하고 이를 통해 성과 평가
- 연구단 단계(중간)평가를 통한 인센티브제 및 패널티제 적극 활용
  - 인센티브, 가점 부여 및 평가결과에 따른 과제조정 또는 책임자

교체 요구

- 연차별 성과목표 설정을 통해 계획 대비 목표 달성 정도를 파악하는 자료로 활용하고 평가는 매년 1회 실시하는 것을 원칙으로 하나, 특수한 상황의 경우 1년에 2회 평가도 가능하도록 함용하고 미흡한 부분을 보완, 개선하는데 활용함

(2) 참여 연구진 간 유기적인 협력체계 구축

- 정기적 내부 기술 교류를 통한 상호 정보 교환 및 보완
- 과제 간 정기적 기술 교류를 통한 공감대, 일체감 조성
  - 정기 워크샵, 세미나 수행

(3) 산·학·연 연계 전략

- 산·학·연이 잘 융합할 수 있도록 유도할 수 있도록 역량 중심의 선발이 중요하며, 세부과제 추진주체 선정에 있어 각 과제의 특성에 맞는 인력 배치
- 산·학·연 각각의 특성에 맞는 독자적 연구 분야를 설정하고, 연구단을 중심으로 각각의 연구 성과를 유기적으로 통합하여 연구효율을 극대화
- 산업계 전문 인력의 적극적인 연구 참여 유도를 위한 인센티브 추진

(4) 목표달성 수준에 대한 평가를 통한 과제 관리 체계 구축

- 세부과제 구성 및 진도 점검 등의 권한과 연구자간 네트워크 구축을 위하여 연구단장의 권한을 강화 하고, 연구단의 정기 및 특별회계감사 수행하여 예산 집행 및 배분의 적정성 등에 대한 검증절차 확립
- 과제별 예산 규모에 따른 과제별 성과를 고려한 예산 배정 및 과제 진행 기간 조정을 통한 우수한 과제 지원을 고려함

# 4장. 사전타당성 검토

## 1절. 정책적 타당성

### 가. 분석목적 및 방법

□ 분석목적

- 정책적 타당성 분석은 국가 전략·정책적 중요성, 국가의 과학기술 상위 및 관련 R&D 계획과의 부합성, 연구개발 추진상 위험요인 및 대응체계 등을 사업의 특수성을 반영하여 분석

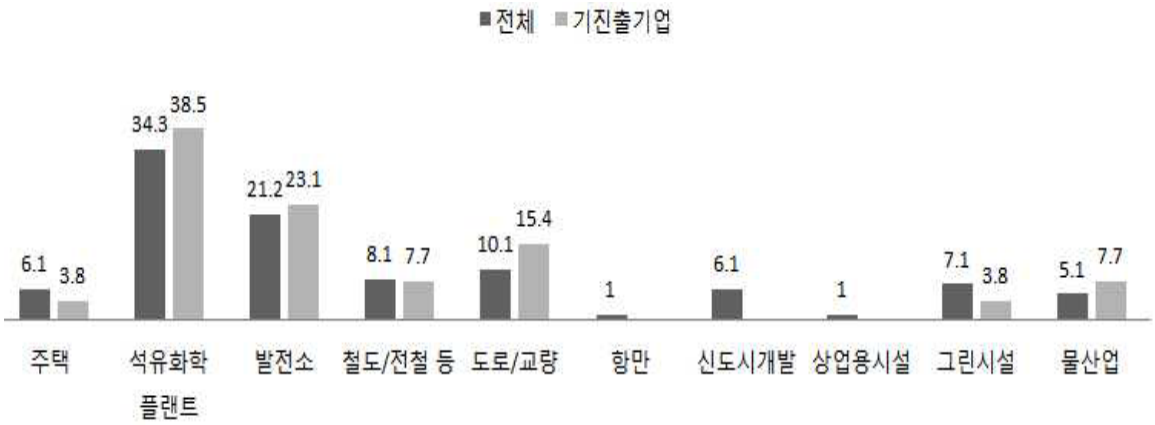
□ 분석 항목 및 방법

- 국가 전략·정책적 중요성
  - 건설산업 내 신성장동력 분야로서 오일샌드플랜트의 중요성
  - 에너지 외교정책적 측면에서 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발의 중요성
  - 국가 정책적(국토해양부) 추진의 당위성
- 국가 과학기술 상위 및 관련 R&D 계획과의 부합성
  - 제2차 에너지기술개발계획('11~'20) 연관성
  - 건설교통 R&D 중장기계획('13~'17) 연관성
  - 자원개발기술 전략로드맵 연관성
- 연구개발 추진상 위험요인 및 대응체계
  - 위협요인 및 대응방안 도출의 체계성
  - 연구단 추진체계 구성의 적절성
  - 연구단 및 세부과제별 선정·평가 기준의 적절성

### 나. 분석내용

□ 국가 전략·정책적 중요성

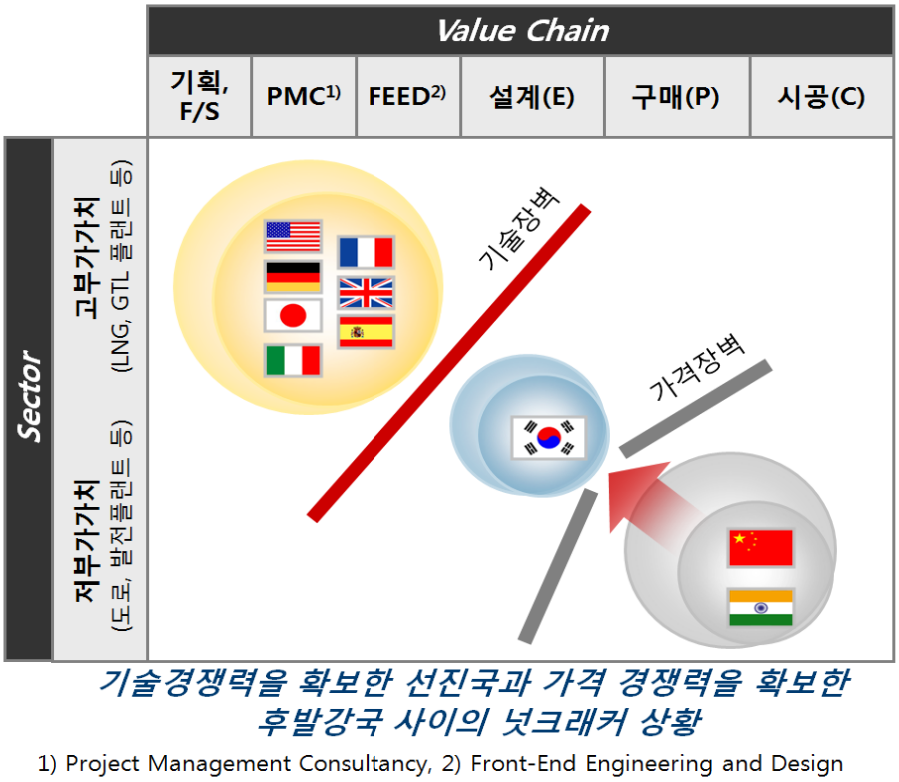
- (건설산업 내 신성장동력 분야로서의 중요성) 건설산업의 신성장동력 분야로서 비 전통 에너지 건설 분야인 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 대한 필요성이 증대되고 있음
  - 한국건설산업연구원에서 시공능력 400위내 CEO를 대상으로 실시한 해외시장 진출 관련 인식도 조사 결과 석유화학 플랜트는 건설산업 내에서도 해외수출이 가장 유망한 상품으로 꼽히고 있음




* 자료 : 해외시장 진출 관련 인식도 조사-시공능력 400위내 CEO 설문조사, 한국건설산업연구원, 2011.

[그림 4.1] 해외수출 유망상품

– 오일샌드플랜트는 LNG, GTL 플랜트 등과 함께 고부가가치 산업으로 이미 기술경쟁력을 확보한 선진국과 가격 경쟁력을 확보한 후발강국 사이의 경쟁에 직면해 있어 국가역량 집중을 통한 전략산업화가 시급한 상황임




* 자료 : 엔지니어링 산업 고도화 전략 수립 연구, 한국엔지니어링협회, 2010.

[그림 4.2] 플랜트산업의 글로벌 경쟁구도

◦ (에너지 외교정책적 측면에서의 중요성) 에너지 외교정책적 측면에서 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 대한 필요성이 증대되고 있음

- 오일샌드는 막대한 개발비용으로 경제성이 없었지만 국제 유가상승에 따른 수익성 개선으로 최근 집중투자가 이루어지고 있음
- 2010년 지식경제부는 세계 최대 오일샌드 매장지역인 캐나다 앨버타주와 MOU를 체결한 바 있으며, 이에따라 유·가스 등 전통자원 탐사·생산에 한국기업의 참여확대가 예상됨[3)]
- 양측은 MOU를 통해 인력 교류, 회의 개최, 유·가스 등 전통자원의 탐사·생산·R&D에 대한 한국기업의 참여 확대, 신재생에너지 분야 협력기회 검토 등에 대해 합의함
- GS건설은 캐나다 앨버타주 블랙골드 광구에서 오일샌드플랜트(공사금액 3,600억원)를 공사 중에 있으며, GS건설 뿐만 아니라 다른 대형 건설사들도 북미 지역 비전통 에너지 관련 플랜트 수주에 적극적인 상황임
- 북미지역(캐나다)의 비전통 에너지 개발 추진은 관련 분야의 수주 가능성을 높여주는 등 한국 건설 회사에게 기회가 될것으로 전망됨[4)]

| Project | Company | Expansion (Phase) | Expanded Capacity | Commission Date |
|---|---|---|---|---|
| Milledium | Suncor | 180,000 | 501,000 | 2012 |
| Firebag | Suncor | 272,000 (4 Phase) | 367,000 | 2012-2019 |
| Long Lake | Nexen, OPTI | 216,000 (3 Phase) | 288,000 | 2012-2018 |
| Jakpine | Shell, Chevron, Marathon Oil | 200,000 (2 Phase) | 355,000 | 2012-2014 |
| Christina Lake | MEG Energy | 185,000 (4 Phase) | 210,000 | 2013-2020 |
| Christina Lake | Cenovus, Conoco Philips | 240,000 (6 Phase) | 258,000 | 2013-2017 |
| Foster Creek | Cenovus, Conoco Philips | 90,000 (3 Phase) | 210,000 | 2014-2017 |
| Jakfish | Devon | 35,000 (3 Phase) | 105,000 | 2015 |
| Surmont | Conoco Philips, Total E&P | 83,000 (2 phase) | 110,000 | 2015 |
| Mildred Lake/Aurora | Syncrude | 200,000 (2 Phase) | 407,000 | 2016-2018 |

자료: Government of Alberta, Oil Sands Developers Group, HMC투자증권

[그림 4.3] 캐나다 오일샌드 사업계획

- 특히, 오일샌드 매장지인 캐나다 앨버타는 동토지역으로 건설가능 기

3) 한국에너지, 2010.11.15.
4) Industry Report, HMC투자증권, 2012.04.17.

간이 제한적이고 현지 건설인력 확보가 어렵고, 건설공기 단축은 조기 오일생산으로 이어져 발주자가 빠른 투자효과를 볼 수 있기 때문에 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발에 필요성이 증가함

- (국가 정책적 추진의 당위성) 오일샌드는 국제유가 상승의 영향으로 비전통 석유자원 중 발전가능성이 가장 큰 시장으로 성장하였지만, 우리나라는 아직 해외시장 진입 초기단계이고 여러 가지 법/제도/환경적 어려움을 겪고 있는 실정이기 때문에 해외 자원개발 정책과 연계한 국가적 차원에서의 지원과 기술개발이 필요함
  - 민간은 단기적 수익창출을 위해 응용연구에 집중하게 되므로 정부는 민간이 부담을 느끼는 핵심기술 개발을 장기적으로 지원할 필요가 있음[5)]
  - 본 기획연구의 수요설문조사 결과에서도, 오일샌드플랜트 모듈화 관련 신기술의 현장 적용을 위해서는 '해외 발주처 대상 인증제도의 마련'과 아울러 '해외 현장 시공 경험의 축적'이 요구됨
  - 특히, 오일샌드플랜트 모듈화 관련 시장의 활성화를 위해서는 '오일 메이져 회사와의 협업을 통한 광구 개발'과 '오일샌드플랜트 모듈화 관련 기술개발 사업의 체계적/지속적 예산 지원 및 육성', '기술 분야별 전문가 풀의 구성 및 운영'이 필요한 것으로 조사되었으며 이러한 영역은 민간이 주도하여 추진하기에 한계가 존재함
- (국토해양부 R&D 추진의 당위성) 플랜트 관련 정부 R&D 사업은 국토해양부와 지식경제부에 의해 추진되어 중복가능성의 문제가 제기[6)]되고 있으나, 오일샌드플랜트 사업은 value chain 상 EPC 사업에 해당하며 EPC사업은 국토해양부 주도 R&D 영역에 해당함
  - 플랜트 관련 정부 R&D 사업은 주로 국토해양부와 지식경제부에 의해 추진되고 있으며, 국토해양부는 LNG 플랜트 및 해수담수화(역삼투압 방식) 플랜트 분야의 사업을 진행하고 있으며 친환경 에너지 플랜트 분야의 사업을 계획하고 있고, 지식경제부에서는 최근 친환경 에너지 플랜트 부분을 중심으로 사업들을 추진하고 있음
  - 플랜트 관련 정부R&D사업 주관부처를 단일화하거나 국토해양부는 해양, 담수 부분, 지식경제부는 발전, 신재생에너지 부분 등으로 역할을 명확히 분담하여 중복방지 및 연계가 필요함[7)]

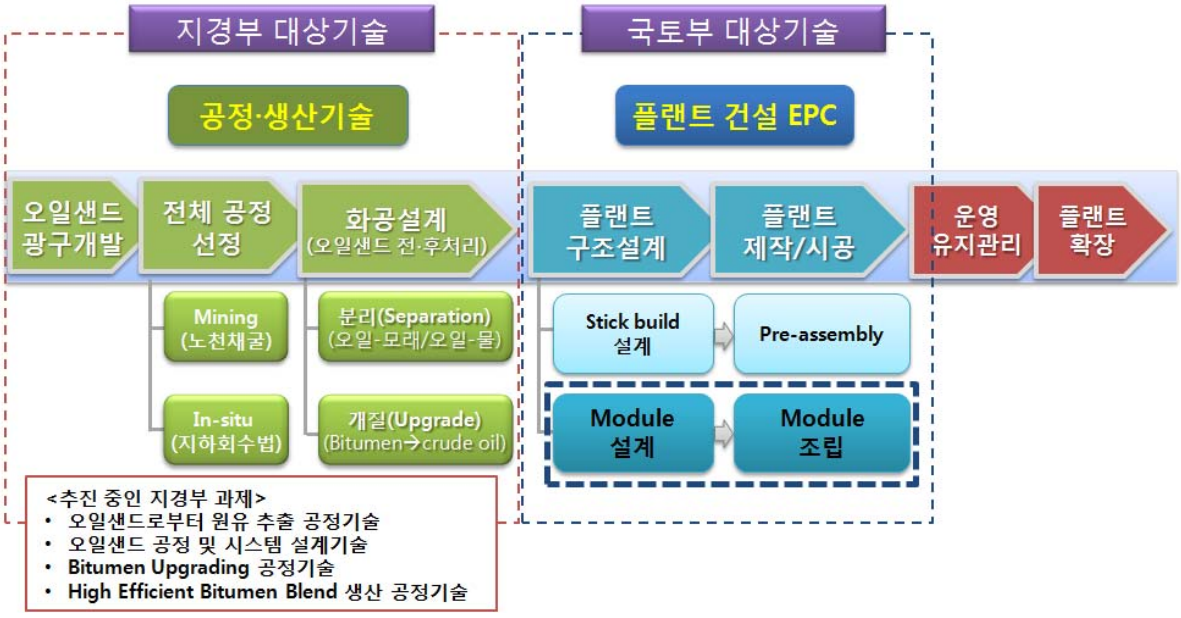
5) 플랜트산업 기술과 정책동향, KISTEP, 2010.03.
6) 플랜트산업 기술과 정책동향, KISTEP, 2010.03.
7) 플랜트산업 기술과 정책동향, KISTEP, 2010.03.

[표 4.1] 플랜트 관련 정부 R&D 사업

| 관련부처 | 관련사업명 | 담당 플랜트 기술 분야 | 비고<br>(예산) |
|---|---|---|---|
| 국토해양부 | 플랜트기술<br>고도화사업 | • 천연가스 액화 플랜트 및 해수담수화(역삼투) 플랜트 핵심공정, 기본설계, 실증 플랜트 건설 및 기자재 개발 | 332.5억<br>('10년) |
| 지식경제부 | Eco-Ener플랜트<br>경쟁력확보사업 | • 미래유망 친환경 고효율 에너지 플랜트 원천기술, 기자재 개발 및 인증기반 구축<br>• 해수담수화(정삼투) 플랜트, 이산화탄소액화플랜트, GTH 플랜트, 수소액화플랜트 | 55억<br>('10년) |
| 지식경제부 | 신재생에너지<br>기술개발사업 | • 석탄가스화복합발전(IGCC) 플랜트 가스화 공정 종합설계 및 테스트베드 구축 | 43억원<br>('09년) |
| 지식경제부 | 에너지자원기술<br>개발지원사업 | • NGH 저장·운송 및 이용기술<br>• BTL 합성원유생산·이용기술<br>• 목질계 바이오매스 연료화 기술 | 12억('08년)<br>4억('08년)<br>2.8억('08년) |
| 환경부 | 차세대핵심환경<br>기술개발사업 | • PET재생플랜트 등의 폐기물 활용 소규모 실증 플랜트 개발 | 연<br>10억이내 |

* IGCC: Integrated Gasification Combined Cycle, NGH: Natural Gas Hydrate, PET: Polyethylene Terephthalate
* 자료 : 플랜트산업 기술과 정책동향, KISTEP, 2010.03.

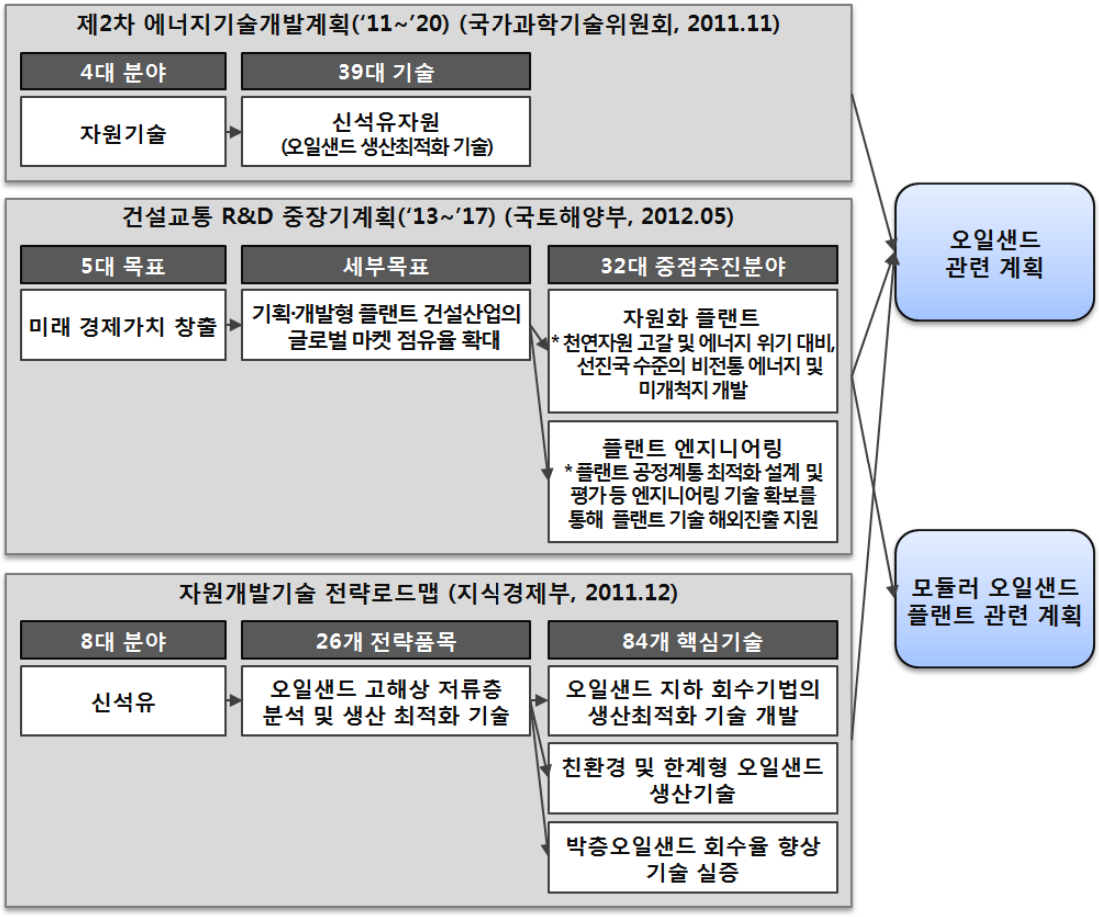
- 따라서, 본 기획연구에서는 다음과 같이 오일샌드플랜트 사업의 value chain을 도출하고 도출된 value chain 상에서 국토해양부와 지식경제부의 R&D 역할을 분담하여 중복성을 방지하고 연계성을 제시하였음
- 본 사업범위는 오일샌드 광구개발에서부터 플랜트 확장에 이어지는 전체 오일샌드 플랜트 프로세스 중 오일샌드 플랜트 구조설계 및 제작/시공까지의 플랜트 건설 EPC와 관련된 모듈화 기술개발임
- 오일샌드 사업은 다양한 사업모델이 존재(광구사업, 추출사업, 개질을 통한 판매사업, EPC, 전사업 등)하며, 단기에 공통적으로 사업을 활성화할 수 있는 것은 플랜트 EPC사업이며, 이는 국토해양부 주관이 적합함




[그림 4.4] 오일샌드플랜트 사업의 value chain

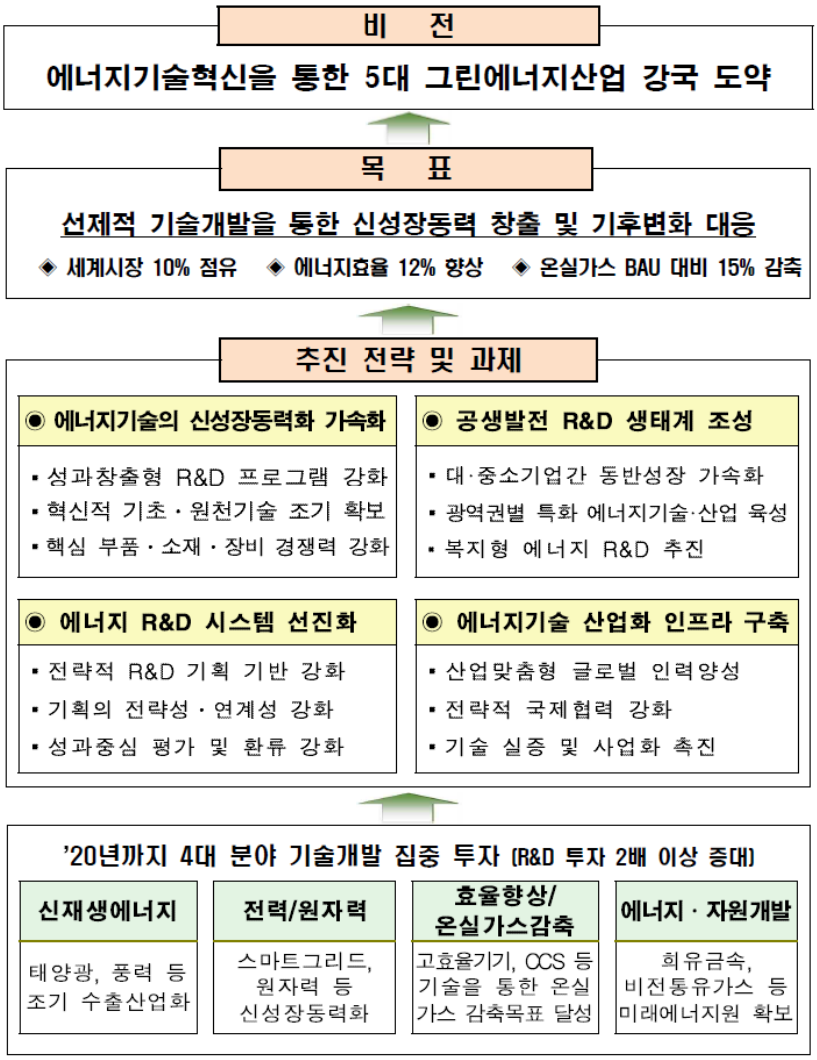
□ 국가 과학기술 상위 및 관련 R&D 계획과의 부합성

- 오일샌드 관련 국가 과학기술 상위 및 관련 R&D 계획은 「제2차 에너지기술개발계획」, 「건설교통 R&D 중장기계획」, 「자원개발기술 전략로드맵」이 있으며, 이중 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발과 직접 연관성이 있는 계획은 국토해양부의 「건설교통 R&D 중장기계획('13~'17)」임




[그림 4.5]오일샌드 및 모듈러 오일샌드플랜트 관련 상위 계획

- (제2차 에너지기술개발계획) 국가과학기술위원회는 「제2차 에너지기술개발계획('11~'20)」을 심의·의결(2011.11.17.)하였으며, 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술은 동 계획상 4대 분야(자원기술)-39대 기술(신석유자원)-단기품목(오일샌드 생산최적화기술)과 연관성이 있음




[그림 4.6] 제2차 에너지기술개발계획의 비전 및 목표

- 에너지기술개발계획은 글로벌'Green Race'에 대응하여 에너지기술 및 산업의 국제경쟁력 확보를 위해 「에너지법」제11조에 근거하여 매 5년마다 수립되는 범부처[8] 법정계획임
- 「제2차 에너지기술개발계획」은 '에너지기술혁신을 통한 5대 그린에너지산업 강국 도약'이라는 비전을 설정하고, '선제적 기술개발을 통한 신성장동력창출 및 기후변화대응(세계시장 10% 점유, 에너지효율 12% 향상, 온실가스 BAU 대비 15% 감축)'이라는 목표를 설정하였음
- 「제2차 에너지기술개발계획」에서는 '중점추진 에너지기술 분야'(4대 분야 39대 기술을 설정하였으며, 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술은 동 계획상 4대 분야(자원기술) 39대 기술(신석유자원) 중 단기품목(오일샌드 생산최적화기술)에 해당함

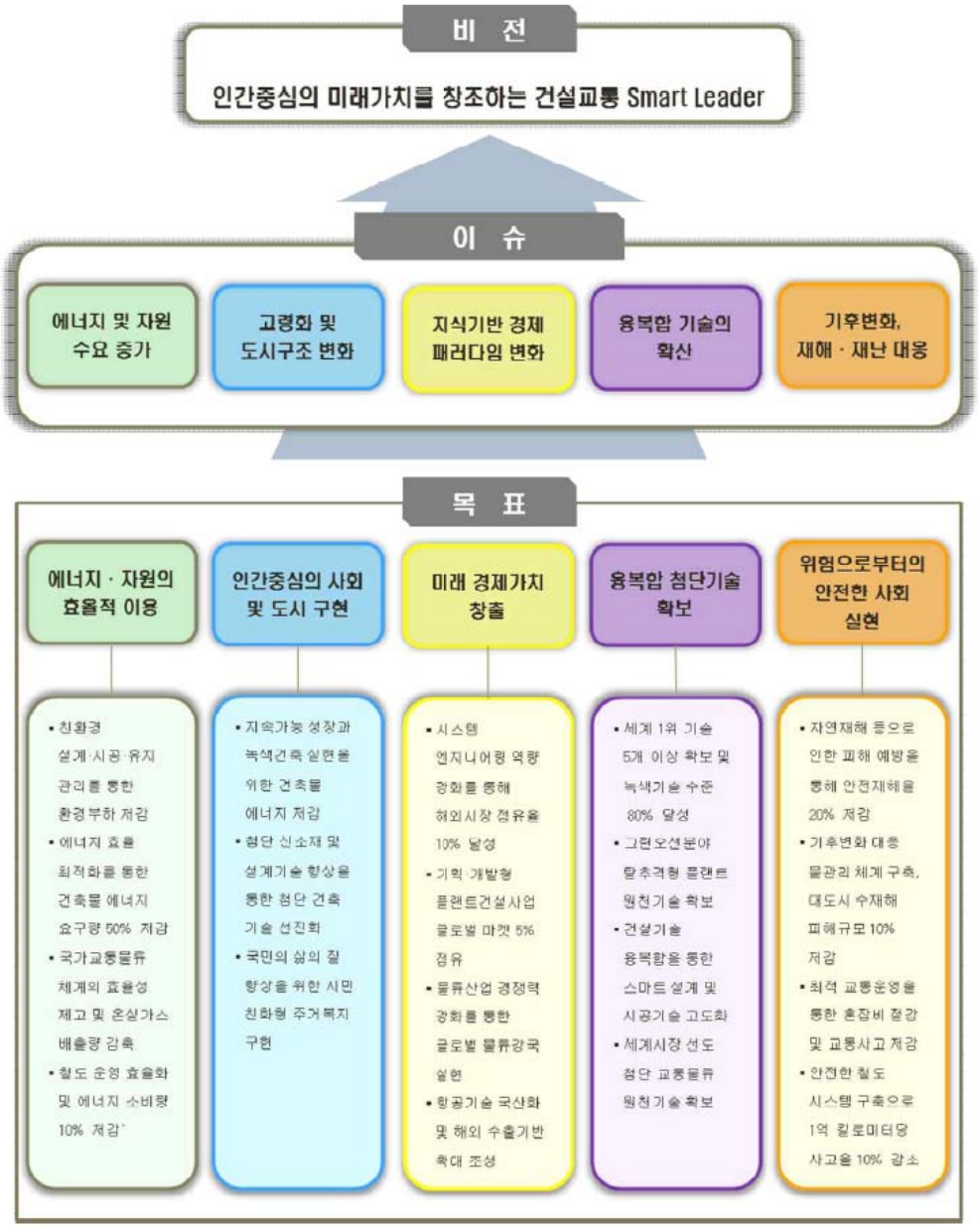
8) 기획재정부, 교육과학기술부, 농림수산식품부, 지식경제부, 환경부, 고용노동부, 국토해양부, 농촌진흥청, 산림청, 중소기업청(7부 3청)

[표 4.2] 제2차 에너지기술개발계획 상 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술

| 중점추진 에너지기술 분야(4대 분야 39대 기술) | |
|---|---|
| 4대 분야 | 39대 기술 |
| 신재생에너지(8) | 태양광, 풍력, 연료전지, 바이오, IGCC, 해양에너지, 지열, 폐기물 |
| 전력/원자력(4) | 원자력, 초전도, 스마트그리드, 청정화력발전 |
| 에너지효율향상 및 온실가스감축(19) | 그린카, 에너지 절약형 건물, 히트펌프, 청정연료, CCS, 에너지 저장, 고효율 신광원, 석유화학공정 및 혁신제철기술, 차세대 건조기, 고효율 염색 공정, 미활용 에너지, 가전기기, 고효율 정보화 기기, 전동기, 열교환기, 유체기기, 에너지 소재, 연소기기, 소형열병합 |
| **자원기술**(8) | 금속(회유금속)광물, 비금속/에너지광물, 광물자원탐사, 광물자원개발, **신석유자원**[1], 신가스자원, 일반석유가스, 석유가스탐사 |

1) 신석유자원 : (단기품목) **오일샌드 생산최적화 기술**, 초중질유 회수효율 증진기술, 오일셰일 근원암 특성분석기술 / (장기품목) 없음

- (건설교통 R&D 중장기계획) 국가과학기술위원회는 국토해양부「건설교통 R&D 중장기계획('13~'17)」을 심의·의결(2012.5.24.)하였으며, 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술은 동 계획상 5대 목표(미래 경제가치 창출)-세부목표(기획·개발형 플랜트 건설산업의 글로벌 마켓 점유율 확대)-32대 중점추진분야(자원화 플랜트, 플랜트 엔지니어링)와 연관성이 있음
  - 건설교통 R&D 중장기계획은 '12년 마무리되는 제1차 중장기계획에 이어 건설교통 분야의 미래 신성장동력을 발굴하고, 과학기술 발달을 촉진하기 위해 매 5년마다 수립되는 국토해양부 R&D 계획임
  - 「건설교통 R&D 중장기계획('13~'17)」은 '인간중심의 미래가치를 창조하는 건설교통 Smart Leader'이라는 비전을 설정하고, 비전 달성을 위한 5대 목표 및 32대 중점추진분야를 도출함




[그림 4.7] 건설교통 R&D 중장기계획('13~'17)의 비전 및 목표

– 「건설교통 R&D 중장기계획('13~'17)」상에서 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술은 동 계획상 5대 목표(미래 경제가치 창출)의 세부목표(기획·개발형 플랜트 건설산업의 글로벌 마켓 점유율 확대)와 32대 중점추진분야(자원화 플랜트, 플랜트 엔지니어링)에 해당함

[표 4.3] 건설교통 R&D 중장기계획('13~'17) 상 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술

| 5대 목표 | 32대 중점추진분야 |
|---|---|
| 지구온난화에 대비한 에너지·자원의 효율적 이용 | 첨단건설재료, 프로세스 효율화, 친환경 도로 |
| | 수자원 확보를 위한 융합 및 평가기술, 범국가적 물공급망 신뢰도 향상 |
| | 최적 교통운영, 물류시설·장비 고도화 |
| | 철도 시스템 성능 및 수송력 향상, 항행 시스템, 공항 시스템 |
| 인간중심 사회 및 도시 구현 | 고효율 장수명 시공 및 유지관리 |
| | 지속 가능한 도시 인프라, 녹색건축 재료 및 설계 |
| **미래 경제가치 창출** | 지능형 시설물 |
| | **자원화 플랜트[1], 플랜트 엔지니어링[2]**, 플랜트 기반구조 |
| | 지속가능 물류체계, 항공기 시스템 |
| | 철도운영 효율화 및 유지보수비 절감, 친환경 철도기술 및 에너지 효율 향상 |
| | 건설교통 R&D 사업화 촉진, 건설교통 R&D 인프라 구축, 건설교통 R&D 정책 및 자유공모, 권역별 거점 연구센터 구축 |
| 융복합 첨단기술 확보 | 첨단 미래도시 운영 시스템, 신공정 플랜트, 인간중심 교통수단 |
| 위험으로부터 안전하고 편안한 사회 실현 | SOC 재난 및 안전관리, 생명기반 하천유역 관리, 안전한 교통환경, 철도 안전성 향상 |

1) 자원화 플랜트 : 천연자원 고갈 및 에너지 위기 대비, 선진국 수준의 비전통 에너지 및 미개척지 개발(자원화 플랜트 글로벌 마켓 진입기반 마련)
2) 플랜트 엔지니어링 : 플랜트 공정계통 최적화 설계 및 평가 등 엔지니어링 기술 확보를 통해 플랜트 기술 해외진출 지원

- (자원개발기술 전략로드맵) 지식경제부는 「제4차 해외자원개발 기본계획('10~'19)」[9]의 후속조치로 「자원개발기술 전략로드맵」을 수립·발표(2011.12.)하였으며, 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술은 동 계획상 8대 분야(신석유)-26개 전략품목(오일샌드 고해상 저류층 분석 및 생산 최적화 기술)-84개 핵심기술(오일샌드 지하 회수기법의 생산최적화 기술 개발, 친환경 및 한계형 오일샌드 생산기술, 박층오일샌드 회수율 향상 기술 실증)과 연관성이 있음[10]

9) 해외자원개발기본계획은 해외자원개발사업법에 따라 매 3년마다 10년 단위로 수립되는 해외자원개발에 관한 장기적이고 종합적인 기본계획으로 「제4차 해외자원개발 기본계획」(2010.12.)은 희토류·리튬을 신전략광종으로 선정하고 자주개발률 목표치를 설정함
10) 지식경제부「자원개발기술 전략로드맵」관련 상세 내용은 첨부 자료 참조

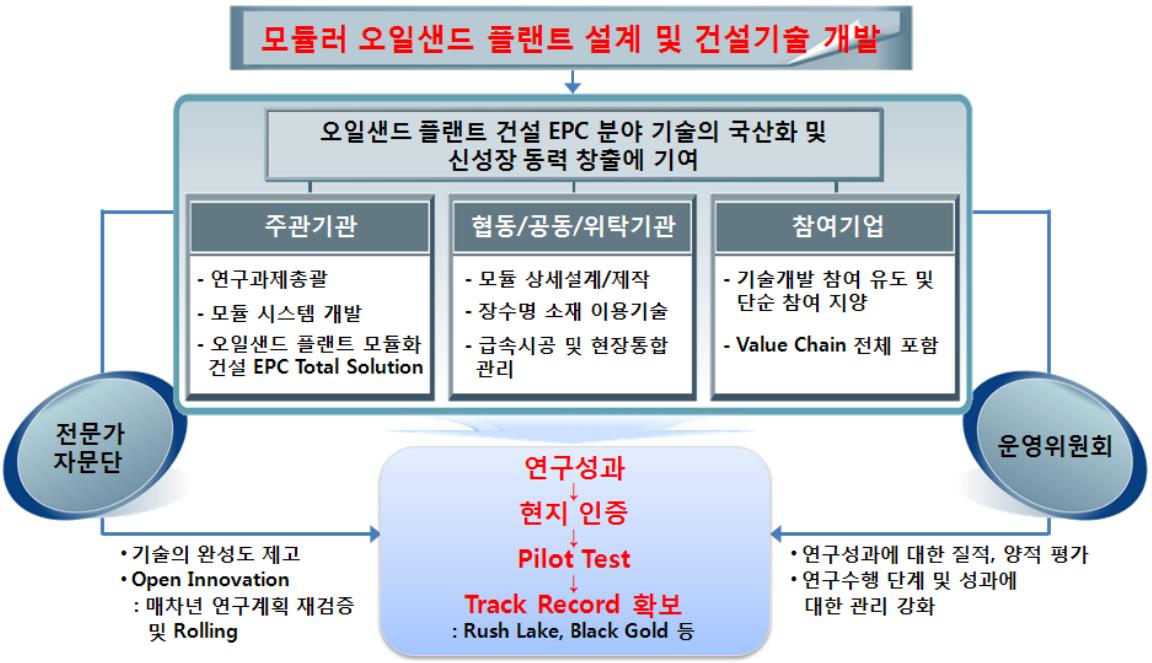
## □ 연구개발 추진상 위험요인 및 대응체계

- (위협 요인 및 대응방안 도출의 체계성) SWOT 분석을 통한 내부적 약점과 외부적 위협 요인을 도출하였으며, 이를 바탕으로 대응방안을 체계적으로 도출함

[표 4.4] SWOT분석을 통한 위험요인 대응방안

| 내부환경 / 외부환경 | Strength | Weakness |
|---|---|---|
| | •국내 모듈 기술 전문성 보유<br>: 상세설계, 제작, 운송, 건설<br>•고성능 소재 이용기술 보유<br>•모듈 국내 제작으로 국산소재 사용 가능 | •FEED 역량, 경쟁력 부족<br>: 기자재, 핵심인력 해외의존<br>•극한지 모듈 시공 경험 부족<br>•재굴/공정분야 선진국가 기술격차 큼<br>•현지제도, 법규 등 정보 부족 |
| Opportunity<br>•캐나다 발주처와 EPC 추진 중<br>•EPC 진입장벽 낮음<br>•정부 광구개발 사업운영 등 정책적 지원<br>•국내제작 시 국산소재 적용 유리<br>•신기술 적용 개선여지 有 | ▸EPC 사업 수주 연계 건설기술 개발<br>▸육상운송에 특화된 모듈화 기술 개발<br>▸국산/고성능소재 이용 개선 기술 도출<br>S-O | ▸사업참여자/경험자 공동연구<br>▸현지제도, 법규, 규격 등 조사<br>▸시공관리 기술개발<br>▸현지인증 반영<br>W-O |
| Threat<br>•중국 등 저가생산성 Follower<br>•오일메이저社 중심의 프로젝트 발주<br>•기존 설계/사례 재활용으로 신기술 적용의지 약함<br>•현지 제도 및 인증 복잡 | ▸저가생산성 Follower 차별화 고유기술 개발<br>▸건설기술(EPC)의 R&D 기술개발<br>▸현지제도, 기준 반영 연구<br>S-T | ▸화공/공정은 후속연구(지경부 연구)<br>▸신기술 개선효과 객관적 검증 및 홍보<br>▸캐나다 제도의 이해<br>W-T |

- (연구단 추진체계 구성의 적절성) 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술을 개발하고 그 성과를 현지인증과 Pilot Test, Track Record 확보가 이루어질 수 있도록 Value Chain 전체를 포함하는 추진체계를 구성함




[그림 4.8] 연구단 연구수행체계

- 오일샌드플랜트 모듈화 설계 경험 보유기업이 주관기관으로 참여 추진
- 연구개발 추진방향은 세부과제별 핵심가치를 구현하기 위하여 핵심기술에 전문화된 설계 및 시공사와 연구소간의 연계 체제를 구축함과 동시에 오일샌드플랜트 모듈러 설계, 제작, 운반 실적이 있는 기업의 참여로 효율적인 연구업무 분담과 협력수행 체계를 확립함
- 각각의 세부주관기관과 협동기관들의 기술개발 역량을 극대화, 최적화하기 위하여 가용 기술수준, 추가 확보 가능한 기술수준, 타 핵심과제 연관성, 국제공동연구 등을 고려하여 기술개발 로드맵의 우선순위를 탄력적으로 운영하여 전술적 핵심기술을 실현함
- 연구단의 총괄운영 및 지원, 홍보를 위한 사무국을 구성하고 연구단 운영관련 중요사항 심의를 위한 운영위원회를 구성
- 또한 기술적 측면의 완성도와 상용화/사업화 측면의 완성도를 동시에 구현하기 위한 수요자인 국가·공공기관·건설시장의 요구수준과 수요를 반복적으로 feedback할 수 있는 관·산·학·연의 관련 전문가 자문단을 구성. 전문가 자문단 활용방안은 다음과 같음

| | |
|---|---|
| 1. 전문성 활용 | • 오일샌드 플랜트 EPC 분야별 전문가<br>: FEED, 상세설계/제작/운반, 시공/현장관리, 모듈화시스템, 신소재 |
| 2. 사업성 평가 | • 오일샌드 플랜트 모듈 EPC 경험자<br>: 모듈 상세설계/제작, 모듈 운반, In-situ 실경험자<br>• 해외 전문가<br>: ExxonMobil, VCI, AMEC의 해외 전문가 활용<br>• 시장동향, 해외 인증/제도 조사, 현장 적용성 평가 |
| 3. 객관성 확보 | • 단계별 정량적 다중 평가<br>: QFD, AHD, 상호교차평가, 기술 Gap평가 등 정량적 우선순위 평가 |
| 4. Open Innovation | • 확정된 전문가들 외에도 필요에 따라 개방형 전문가 활용<br>: 정보의 개방, 최신 정보 반영 - 모듈 운반 등 |

[그림 4.9] 전문가 자문단 활용방안

– 첨단기술 활용 및 다학제적 융합이 요구되는 핵심기술을 개발하기 위하여 해외 선진기술 학·연구기관과 전문연구기관의 네트워크를 활용하여 선진기술에 대한 지속적 벤치마킹을 실시하여 국내·해외 해당 기술 보유 기관과 협력 또는 공동개발 방향으로 추진

◦ (연구단 및 세부과제별 선정·평가기준의 적절성) 연구단 및 세부과제별 선정·평가 기준 제시와 각 세부과제별 특성에 맞게 평가항목별 가중치를 부여하여 연구단의 전반적인 활동에 걸친 적절한 선정·평가기준을 제시함

– 연차별 성과목표 설정을 통해 계획 대비 목표 달성 정도를 파악하는 자료로 활용하고 미흡한 부분을 보완, 개선하는데 활용함

– 평가는 매년 1회 실시하는 것을 원칙으로 하나, 특수한 상황의 경우 1년에 2회 평가도 가능하도록 함

– 자체 평가를 수행하여 추진일정 대비 목표치 달성이 미흡한 과제의 경우, 평가위원회를 구성하여 조치계획을 수립하고 조치하도록 함

[표 4.5] 연구단 선정평가 기준

| 기준항목 | | 세부항목 |
|---|---|---|
| 연구개발목표(15점) | | • 최종목표 및 연차별 달성목표의 명확성·타당성(5점)<br>• 성과목표·지표 설정의 명확성 및 적절성(10점) |
| 연구개발내용(25점) | | • 연구단과제 연구목표와의 부합성(5점)<br>• 총괄과제 및 세부과제 연구개발내용과의 상호연계성(5점)<br>• 연구개발내용의 실현가능성(10점)<br>• 연구개발내용의 차별성 및 창의성(5점) |
| 추진전략 및 계획(20점) | | • 연구추진전략·체계의 구체성 및 타당성(5점)<br>• 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)<br>• 연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)<br>• 국제공동연구 또는 전문가 활용계획의 적정성 및 타당성(5점) |
| 연구성과물 활용 계획의 구체성 및 달성가능성(25점) | | • 연구성과물 활용방안의 구체성 및 적절성(10점)<br>• 연구성과물의 실용화(법·제도화 등) 가능성(10점)<br>• 연구성과물의 기대성과(정책적, 사회·경제적 파급효과 등)(5점) |
| 연구진 구성의 전문성(15점) | | • 연구책임자 전문성 및 해당분야 실적(10점)<br>• 연구진 전문성 및 구성의 적정성(5점) |
| 기타 | 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 |

* 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

## 다. 종합분석(정책적 타당성)

### □ 국가 전략·정책적 중요성

- 석유화학 플랜트는 건설산업 내에서도 해외수출 유망상품으로 꼽히고 있으며 특히 오일샌드플랜트는 고부가가치 산업으로 넛크래커 상황에 직면해 있어 국가역량 집중을 통한 전략산업화가 시급
- 국제유가 상승으로 비전통 석유자원(오일샌드) 개발의 경제성 확보, 세계 최대 오일샌드 매장지역인 캐나다 앨버타주와 MOU 체결, 국내 업체의 해외진출 기반 마련, 척박한 현지 공사 환경 등 에너지 외교 정책적 측면에서 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발 필요
- 오일샌드플랜트는 해외시장 진입 초기단계이고 여러 가지 법/제도/환경적 어려움이 존재하므로 정부주도의 R&D 추진 필요
- 특히, 오일샌드플랜트 사업의 value chain 상 EPC사업에 해당하며 EPC사업은 국토해양부 주도 R&D 영역임

### □ 국가 과학기술 상위 및 관련 R&D 계획과의 부합성

- 오일샌드 관련 국가 과학기술 상위 계획인 제2차 에너지기술개발계획('11~'20)의 신석유자원인 오일샌드 생산최적화 기술과 연관성이 있음
- 모듈러 오일샌드플랜트 관련 국토해양부의 상위 R&D 계획인 건설교통 R&D 중장기계획('13~'17)의 자원화 플랜트, 플랜트 엔지니어링 기술과 직접적 연관성이 있음
- 오일샌드 관련 지식경제부의 상위 R&D 계획인 자원개발기술 전략로드맵의 오일샌드 지하 회수기법의 생산최적화 기술, 친환경 및 한계형 오일샌드 생산기술, 박층오일샌드 회수율 향상 기술 등과 간접접 연관성이 있음

### □ 연구개발 추진상 위험요인 및 대응체계

- SWOT 분석을 통하여 내부 약점과 외부 위협 요인을 도출하였으며, 이를 바탕으로 대응방안을 체계적으로 도출함
- 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술을 개발하고 그 성과를 현지인증과 Pilot Test, Track Record 확보가 이뤄질 수 있도록 Value Chain 전체를 포함하는 추진체계를 적절히 구성함

- 주관기관, 협동/공동/위탁기관, 참여기업, 전문가 자문단, 운영위원회의 기능과 역할을 명확히 제시함
- 연구단 및 세부과제별 선정·평가 기준을 제시하고 각 세부과제별 특성에 맞게 평가항목별 가중치를 부여하여 연구단의 전반적인 활동에 걸친 적절한 선정·평가기준을 제시함

## 2절. 기술적타당성

### 가. 분석목적 및 방법

□ 분석목적

- 기술적 타당성 분석은 기존 연구개발 사업과의 중복성, 기술개발계획의 우수성, 보유기술 수준 및 성공 가능성 등을 사업의 특수성을 반영하여 분석

□ 분석 항목 및 방법

- 기존 연구개발 사업과의 중복성
  - 모듈러 관련 선행 국가 R&D 과제 활용 가능성
  - 플랜트 관련 선행 국가 R&D 과제 활용 가능성
- 기술개발계획의 우수성
  - 세부과제 및 activity 도출 및 구성의 적절성
- 보유기술 수준 및 성공 가능성
  - 국내 보유 기술수준조사
  - 인력, 시설 및 장비 보유 기관 협업 체계 구성

### 나. 분석내용

□ 기존 연구개발 사업과의 중복성

- (모듈러 관련 선행 국가 R&D 과제) 모듈러교량 기술개발 및 실용화(국토해양부, 포항산업과학연구원)
  - (연구목표) World First 모듈러교량 개발 및 상용화
  - (연구내용) 강재 모듈러교량 기술 개발
    프리캐스트 모듈러교량 기술 개발
- (플랜트 관련 선행 국가 R&D 과제) LNG플랜트(국토해양부, 한국가스공사)
  - (연구목표) 해외 LNG플랜트 시장에 진입할 수 있는 EPC 필수기술 개발을 위한 LNG 액화 신공정, 상용 액화플랜트 설계 독자기술 개발, 해양플랜트 설계기술 확보를 위한 LNG-FPSO 엔지니어링 자립
  - (연구내용) LNG플랜트 시스템 엔지니어링 기술개발
    대용량 LNG플랜트 설계·건설기술 개발
    LNG-FPSO 공정 응용기술 개발
    LNG-FPSO 플랜트 설계기술 개발

[표 4.6] 유사 선행 국가 R&D 과제 현황

| 분야 | 과제명 | 연구기관 | 연구기간 | 연구비 (백만원) |
|---|---|---|---|---|
| 모듈러 | 모듈러교량 기술개발 및 실용화(연구단) | 포항산업과학연구원 | 2010.8~2015.6 (4년10개월) | 10,284 |
| 플랜트, 에너지 | LNG플랜트(사업단) | 한국가스공사 | 2008.6~2016.6 (8년) | 112,700 |

- (모듈러/플랜트 관련 선행 국가 R&D 과제 활용 가능성) 이상과 같이 진행 중인 R&D 성과물은 각각 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발에 있어 중복성이 없는 것으로 확인되었으며, 다음과 같은 항목들에서 활용이 가능할 것으로 분석됨

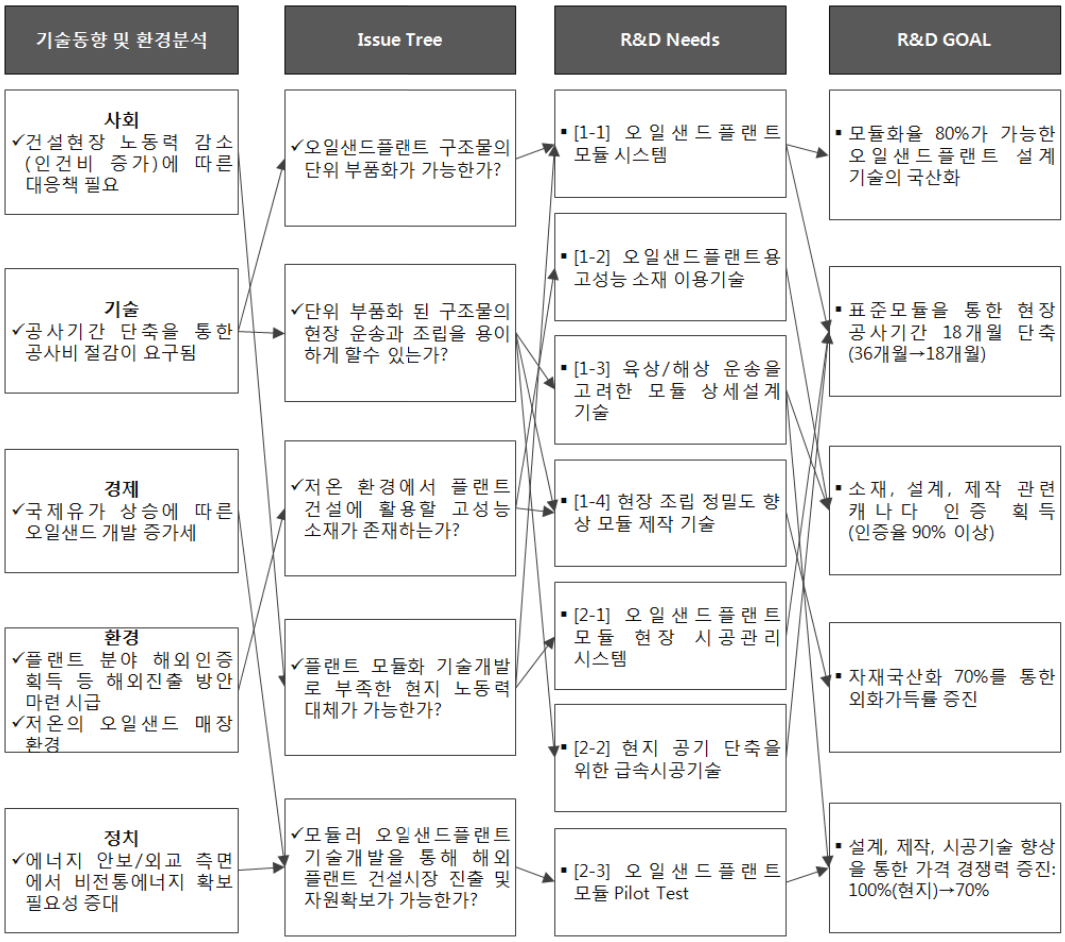
[표 4.7] 유사 선행 국가 R&D 과제 활용가능성 검토

| 연구과제 | 주요내용 | 활용 분야 및 방안 | 활용 가능성 |
|---|---|---|---|
| 모듈러교량 기술개발 및 실용화 | 강 모듈러교량 기술개발 | • 육상운반을 고려한 한국형 표준모듈 기술 개발<br>: connection 아이디어 benchmark<br>• 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발<br>: 모듈의 표준 설계 컨셉 benchmark | 높음 |
| | 프리캐스트 모듈러교량 기술개발 | • 해당사항 없음 | 낮음 |
| LNG플랜트 | LNG플랜트 시스템 엔지니어링 기술개발 | • 해당사항 없음 | 낮음 |
| | LNG 플랜트 핵심 기반기술 개발 | • 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발<br>: 플랜트 표준 설계 구축 시 benchmark | 높음 |
| | 고효율 LNG 플랜트 공정 기술 개발 | • 해당사항 없음 | 낮음 |
| | 대용량 LNG 플랜트 설계 및 건설기술 개발 | • 오일샌드 플랜트 모듈화율 향상기술 개발<br>: 대형 구조물의 설계기술 분석을 통한 모듈화율 향상방안 도출<br>• 현장공기단축 시공기술 및 모듈 관리기술<br>: 플랜트 건설기술 benchmark | 높음 |
| | LNG-FPSO 공정 응용기술 개발 | • 해당사항 없음 | 낮음 |
| | LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발 | • 해당사항 없음 | 낮음 |

* 활용 가능성은 (높음, 보통, 낮음) 중 택1
* 자료 : 모듈러교량 기술개발 및 실용화 연구기획, 국토해양부, 2009.9.
가스플랜트 사업단 상세 기획(제1핵심과제), 고등기술연구원, 2008.04.
가스플랜트 사업단 상세 기획(제2핵심과제), 고등기술연구원, 2008.04.(국토해양전자정보관 홈페이지)
가스플랜트 사업단 상세 기획(제3핵심과제), 고등기술연구원, 2008.04.(국토해양전자정보관 홈페이지)
LNG-FPSO 기획연구 보고서, 한국가스공사, 2010.04.
* 2008년 LNG플랜트 사업추진을 위하여 1개 총괄과제와 3개 핵심과제로 시작하였으며, 2011년 LNG-FPSO 사업추진을 위하여 2개 핵심과제를 추가하여 현재 1개 총괄과제와 5개 핵심과제로 구성되어 있음

## □ 기술개발계획의 우수성

- (세부과제 및 activity 도출 및 구성의 적절성) 국내외 정책/시장/기술 동향 분석, 연구개발 인프라, 기술수요설문조사 등을 통하여 도출된 Issue Tree 분석을 통하여 연구개발 목표와 세부과제 및 activity를 도출함




[그림 4.10] 본 과제의 Issue Tree

## □ 보유기술 수준 및 성공 가능성

- (국내 보유기술 수준) 국내업체의 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설 기술 분야 선진국대비 기술수준은 전반적으로 선진국과 대등한 수준으로 조사되었음. 다만, 'FEED (설계) 분야'와 '모듈 공정설계 분야'는 여타 기술분야에 비해 여전히 기술격차가 존재하고 있어 이 분야에 대한 기술 자립화가 시급한 것으로 판단됨[11)]
  - 국내업체의 선진국 대비 오일샌드플랜트 모듈화 기술격차는 중간에서 낮음쪽에 조금더 가까운 2.7

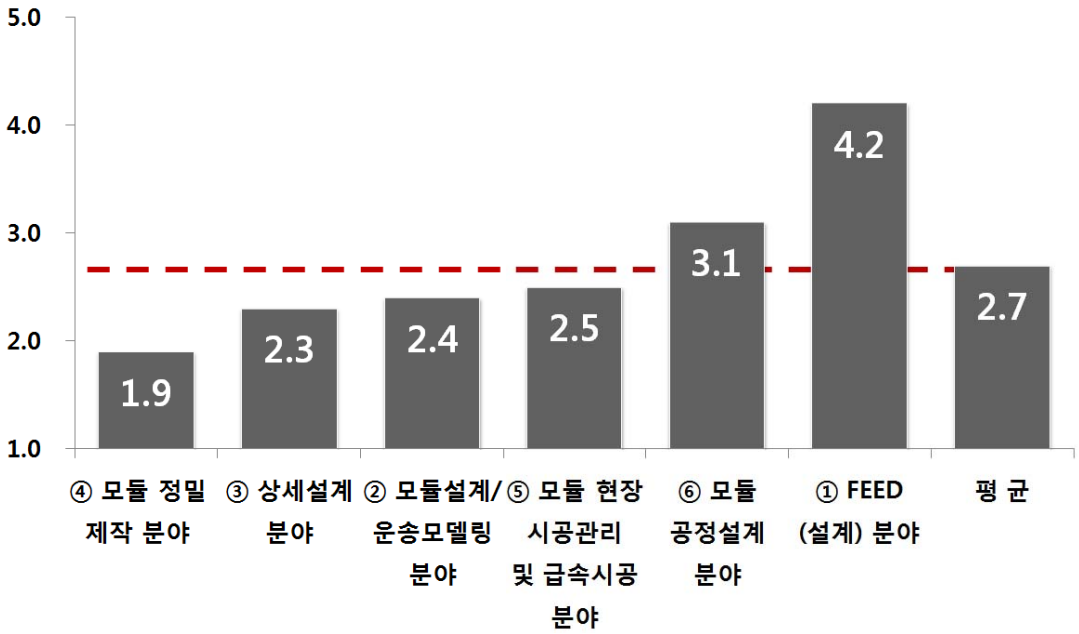
11) 본 기획연구의 기술수요설문조사 결과, 2012.08.

– 국내업체의 선진국 대비 오일샌드플랜트 모듈화 기술수준은 ‘FEED (설계) 분야’(4.2)의 기술격차가 가장 크고 다음으로 ‘모듈 공정설계 분야’(3.1)의 기술격차가 전체 평균보다 높은 것으로 조사됨

[표 4.8] 선진국 대비 기술격차

| 기술분야 | 기술격차 | 문항별 응답수 |
|---|---|---|
| **① FEED (설계) 분야** | **4.2** | 41 |
| ② 모듈설계/운송모델링 분야 | 2.4 | 40 |
| ③ 상세설계분야 | 2.3 | 41 |
| ④ 모듈 정밀 제작 분야 | 1.9 | 40 |
| ⑤ 모듈 현장 시공관리 및 급속시공 분야 | 2.5 | 41 |
| **⑥ 모듈 공정설계 분야** | **3.1** | 40 |
| ⑦ 기 타 (3D 레이저 스캐닝 적용에 의한 정밀 제작 및 시공) | 5.0 | 1 |
| 평 균 | 2.7 | 40.5 |

* n=42, 응답자 평균, 1. 기술격차 낮음, 3. 기술격차 중간, 5. 기술격차 높음
* ⑦ 기타(n=1) 응답은 평균치 산출에서 제외




* n=42, 응답자 평균, 1. 기술격차 낮음, 3. 기술격차 중간, 5. 기술격차 높음

[그림 4.11] 선진국 대비 기술격차

◦ (인력, 시설 및 장비 보유 기관 협업 체계 구성) 국내 연구인력, 연구기자재 인프라에 대한 조사 실시를 통하여, 본 연구단 연구 수행시 활용 방안을 적절히 제시하였음

– 토목, 건축, 기계 등의 분야를 모두 포함하는 플랜트건설 분야의 국내

외 석·박사 연구 인력은 꾸준히 증가하는 추세이며, 대학 및 연구소 중심으로 인력 인프라가 형성되어 있어 관련 분야의 연구 역량은 충분하지만 플랜트 시장에 즉시 투입될 수 있는 플랜트 전문인력은 절대적으로 부족한 실정임

- 토목, 건축, 기계 분야의 기 보유 유경험 인력을 플랜트시장에 투입하기 위해 플랜트 시스템 교육이 필요하고, 국내외 관련 기업, 연구소, 대학 등의 다학제간 전문가 공동 연구 및 융합이 필요한 것으로 사료됨
- 국가 연구시설장비진흥센터(NFEC)를 통한 국내 플랜트건설 관련 연구실험은 총 674개의 연구 실험시설이 파악되었으며, 이를 활용한 연구시설 및 장비는 대부분 국내에서 활용 가능한 것으로 사료됨

## 다. 종합분석(기술적 타당성)

### □ 기존 연구개발 사업과의 중복성

- 모듈러교량 기술개발 및 실용화 연구단 과제와의 세부과제 단위에서의 검토를 통해 중복성을 검토하고 구체적 활용 분야와 활용 가능성을 적절히 제시하였음
- 해수담수화플랜트사업단과 LNG플랜트사업단 과제와의 세부과제 및 activity 단위에서의 면밀한 검토를 통해 중복성을 검토하고 구체적 활용 분야와 활용 가능성을 적절히 제시하였음

### □ 기술개발계획의 우수성

- 국내외 정책/시장/기술 동향 분석, 연구개발 인프라, 기술수요설문조사 등을 통하여 도출된 Issue Tree 분석을 통하여 연구개발 목표와 세부과제 및 activity를 합리적으로 도출하였음

### □ 보유기술 수준 및 성공 가능성

- 기술수요설문조사를 통하여 상세 기술 분야별로 선진국대비 기술수준을 조사하였으며, 기술 자립화가 시급한 부분을 적절히 도출 하였음
- 국내 연구인력, 연구기자재 인프라 현황에 대한 조사 실시를 통하여, 본 연구단 연구 수행시 활용 방안을 적절히 제시하였음

## 3절. 경제적 타당성

### 가. 분석목적 및 방법

□ 분석목적

- 경제적 타당성 분석은 R&D 투자의 경제적 효과, 사회적(간접적) 파급효과, 과학기술적 파급효과 등을 사업의 특수성을 반영하여 분석

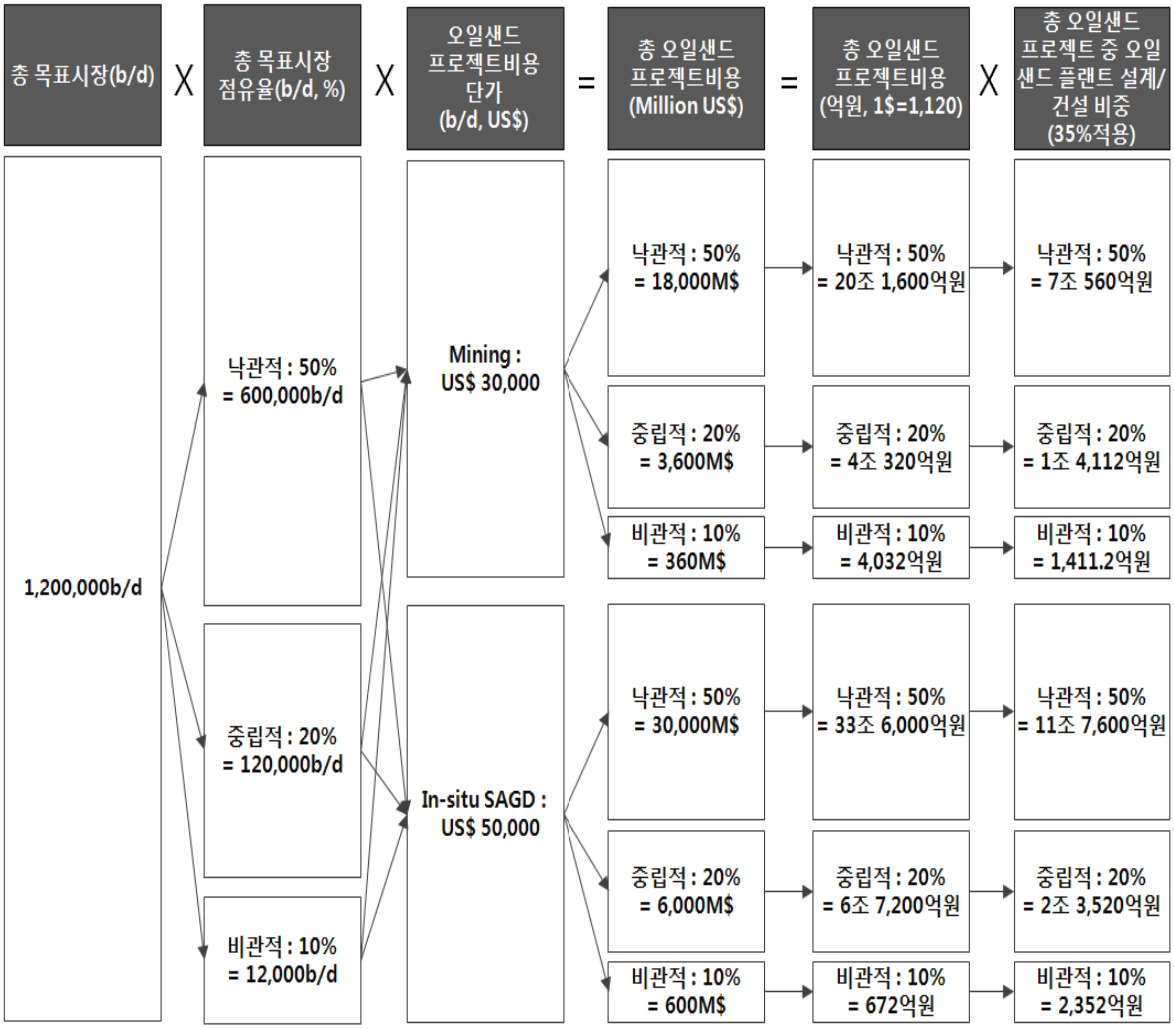
□ 분석 항목 및 방법

- R&D 투자의 경제적 효과
  - 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 따른 목표시장 규모 설정
  - 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 따른 직접적 기대효과
- 사회적(간접적) 파급효과
  - 국내 플랜트 기잔재 업체의 경쟁력 향상
  - 안정적 에너지원 확보 기반 마련
  - 국가R&D사업 추진 범부처 협력모델 제시
  - 산학연 협력 인프라 구축
- 과학기술적 파급효과
  - 모듈러 기술의 특징 및 타 산업에의 파급효과

### 나. 분석내용

□ R&D 투자의 경제적 효과

- (오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발에 따른 목표시장 규모 설정) 오일샌드플랜트 시장 규모와 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 따른 세계시장 점유목표(시나리오)를 구체적으로 제시함




* 총 목표시장 선정 근거 : 기획연구 중간보고서 25p 참조, 최근 캐나다 정부가 자국 내의 정제시설 부족(부족분 : 2010년 31만b/d→2020년 120만b/d)을 해결하기 위하여 한국기업의 투자를 적극 요청 중 2020년 시장만을 대상으로 함
* 오일샌드프로젝트 비용 단가 기준 근거 : RIST 제출자료
* 총 오일샌드 프로젝트 중 오일샌드 플랜트 설계/건설 비중 산정 근거 : 일반적으로 국내 플랜트 업체가 수주하는 프로젝트 중 '설계/시운전 : 건설공사비 : 기자재 = 10~15% : 25% : 60~65%' 비중 중 '설계/시운전+건설공사비 = 35%' 적용(자료 : 플랜트산업 전망과 국내 플랜트 기자재업체의 경쟁력 분석, 하나금융경영연구소, 2008.9.)

[그림 4.12] 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 따른 목표시장 규모 설정

- (기술개발에 따른 직접적 기대효과) 연구개발 목표별, 세부 과제별 연구개발 성공에 따른 공사비 절감, 현장공기단축, 유지관리비 절감 효과를 제시함

[표 4.9] 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 R&D 투자의 경제적 효과

<table>
<tr><th colspan="2">R&D GOAL</th><th>R&D 투자의 경제적 효과</th></tr>
<tr><td colspan="2">1세부: 오일샌드플랜트 고유 모듈 및 설계기술 개발<br>2세부: 오일샌드플랜트 모듈 제작/시공기술 개발 및 Pilot Test</td><td rowspan="6">• SAGD 플랜트(1만~3만배럴/하루)는 1플랜트 당 총공사비가 $5억~$15억 (5.6~16.8조원) 수준이며 이 중 모듈 공사비는 약 40%인 2.2~6.7조원* 수준임(자재, 인건비, 운임포함).<br>• 광산채굴을 실시하는 마이닝플랜트의 모듈 공사비는 SAGD플랜트의 약 10배인 22~67조원 수준임.<br><br>→ 연구목표 달성을 통해 국내 EPC 기업체가 가격 경쟁력 향상과 공기단축이 가능하다면, SAGD의 경우 2.2~6.7조원, 마이닝의 경우 22~67조원 규모의 수주가 가능해짐</td></tr>
<tr><td rowspan="5">연구목표</td><td>모듈화율 80%가 가능한 오일샌드플랜트 설계 기술의 국산화</td></tr>
<tr><td>표준모듈을 통한 현장공사기간 18개월 단축(36개월→18개월)</td></tr>
<tr><td>소재, 설계, 제작 관련 캐나다 인증 획득(인증율 90% 이상)</td></tr>
<tr><td>자재국산화 70%를 통한 외화가득률 증진</td></tr>
<tr><td>설계, 제작, 시공기술 향상을 통한 가격 경쟁력 증진: 100%(현지)→70%</td></tr>
</table>

### □ 사회적(간접적) 파급효과

- (국내 플랜트 기자재 업체 경쟁력 향상) 모듈 국내제작 시 국산소재 사용 가능 등 국내 플랜트 기자재 산업의 발전에 기여할 것으로 전망됨
  - 국내 플랜트 업체가 수주하는 프로젝트 수주액의 60~65%가 기자재 부문이 차지하고 있는 등 기자재 부문의 영향력이 크게 나타나고 있지만 석유화학, 발전, Oil&Gas 플랜트에서의 국산 기자재 사용률은 15~25%에 불과한 실정임
  - 한편, 플랜트 기자재는 주요 플랜트 업체의 협력업체로 등록이 되어야만 수출이 쉬운 형태이고, 품목별로 고도의 기술력과 납품실적을 요구하기 때문에 진입장벽이 비교적 높은 산업 분야임[12)]
  - 따라서, 오일샌드 플랜트 모듈의 국내 제작을 통해 국산 기자재 사용률을 향상시키는 등 전반적으로 국내 플랜트 기자재 산업의 발전에 기여할 수 있을것으로 전망됨

12) 플랜트산업 전망과 국내 플랜트 기자재업체의 경쟁력 분석, 하나금융경영연구소, 2008.9.

- (안정적 에너지확보 기반 마련) 국가적 에너지 확보 전략과 연계하여 오일샌드 플랜트 건설 분야에 적극 진출함으로써 안정적 에너지확보를 위한 기반 마련이 가능함
  - 석유자원의 생산피크 또는 고갈 문제에 관한 논란이 일면서 전통석유(conventional oil)에 대한 대안으로 오일샌드와 초중질유 등 비전통(non-conventional oil) 자원의 개발에 대한 관심이 크게 증가하고 있는 시점임[13)]
  - 따라서, 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술의 개발을 통하여 해외 오일샌드 개발사업에 적극 참여가 가능하며 국가적으로는 안정적 에너지원을 확보하는 계기를 마련할 것임
  - 특히, 오일샌드가 가장 많이 매장된 캐나다는 국제 정세적으로 중동지역보다 안정되어 있고, 미국이라는 안정적인 시장을 확보하고 있어 정치적으로나 경제적으로 기존의 전통석유(conventional oil)에너지원 지역 보다는 유리한 입지 조건임
- (국가R&D사업 추진 범부처 협력 성공 모델 제시) 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발사업의 추진을 통하여 그간 중복성 문제가 제기되어 온 플랜트 관련 정부 R&D 사업에 대한 역할 분담과 협력 사례의 제시가 가능함
  - 플랜트 관련 정부R&D사업은 주관부처를 단일화하거나 국토해양부는 해양, 담수 부분, 지식경제부는 발전, 신재생에너지 부분 등으로 역할을 명확히 분담하여 중복방지 및 연계가 필요하다는 지적이 제기되어 왔음[14)]
  - 본 연구 추진을 통하여 오일샌드 사업의 value chain 상에서 국토해양부와 지식경제부의 R&D 역할을 분담하여 중복성을 방지하고 연계성을 확보하는 등 국가R&D사업 추진 범부처 협력모델 제시가 가능함
- (산학연 협력 인프라 구축) 연구단 구성 측면에서 핵심기술별로 전문화된 설계 및 시공사와 연구소간의 연계 체제를 구축함과 동시에 오일샌드플랜트 모듈러 설계, 제작, 운반 실적이 있는 기업의 참여로 산학연 협력 인프라를 구축함

### □ 과학기술적 파급효과

- (모듈러 기술의 특징 및 타 산업에의 파급효과) 모듈러 기술은 거의 모든 산업에 걸쳐 적용 가능한 기술로 본 연구개발을 통해 추진된 성과물은 건축, 플랜트, 발전소, 조선, 군사 등의 산업분야에 활용이 가능함
  - 모듈러 기술은 레고와 같이 표준화된 최소의 부재로 다양한 폭원과 지

13) 신고유가 대응전략 연구, 에너지경제연구원, 2008.11.
14) 플랜트산업 기술과 정책동향, KISTEP, 2010.03.

간으로 확장 조립이 가능한 구조로 공장자동생산 및 대량 생산이 가능하며 부분 교체가 가능하고 모듈의 교체로 부가기능을 부여하거나 성능의 업그레이드가 가능한 시스템 기술로 고내구성의 장수명 최소 유지관리 현장작업 최소화가 가능한 기술임

- 모듈러 기술은 여러 산업분야에서 이미 오래전부터 적용되어 오던 기술로 현장별 개별 설계/생산에서 표준화-자동화-모듈화로 발전함

[표 4.10] 모듈러 기술의 특징 및 효과

| 특징 | 효과 |
|---|---|
| 경제성(자동생산, 맞품형 제품의 표준화 생산) | 생산성 향상, 인건비 감소 |
| 노령화에 따른 숙련된 현장 기술자의 감소 | 숙련된 기술자 수의 감소와 신규인력의 경험부족에 대비한 안정된 생산 |
| 안정된 성과물 품질 | 안정된 공장 환경에서 검증된 자동생산으로 성과물의 품질관리 우수 |
| 현장 공사 기간의 단축 | 공장제작과 현장작업을 동시 진행, 현장조건에 의한 영향을 최소화 |
| 설계의 유용성, 확장성 | 표준화된 모듈의 맞춤형 확장으로 용이한 확장설계가 가능 |
| 공급망(Supply Chain)의 개선 | 산업의 단계별 공급체계별 개선 효과(발주, 설계, 제작, 시공, 관리 전단계에 걸친 효과) |
| 모듈의 부가와 제거를 통한 시스템의 기능 변화 | 성능개선을 위해 시스템 전체의 교체가 아닌 부분교체 시스템으로 소유자 및 사용자의 경제적 이득 극대화 |

- 본 연구개발을 통해 추진된 성과물은 기계, 군사, 발전소, 자동차, 건축, 가구, 조선 등의 산업분야에 적용이 가능함

[표 4.11] 모듈러 오일샌트 플랜트 설계 및 건설기술 적용가능 분야

| 산업 | 적용가능 분야 |
|---|---|
| 건축 | • 표준화된 공장제작 모듈을 사용자의 요구에 맞게 조합 적용<br>• 모듈을 구성하는 부재도 표준화(스틸하우스 등)<br>• 기능성 모듈(화장실 모듈, 연구실 모듈 등) |
| 플랜트 | • 복잡한 현장시공(관공사 등)을 공장 선제작과 BIM을 이용한 상세설계 모듈러 기술 적용<br>• 전문 건설인력의 감소로 현장작업의 최소화에 따른 모듈러기술을 1970년대부터 적용중<br>• 대블록의 공장제작 모듈의 표준화 |
| 발전소 | • 기본설계에 추가로 모듈을 부착하여 맞춤형 발전설비를 설계 제작<br>• 개선된 성능/부가 기능의 요구시 기본설계(Base design)는 고치지 않고 주변 모듈의 교체로 전체 시스템의 업그레이드 가능 |
| 조선 | • 조선은 각 선박마다 성능 및 기능에 차이가 있어 표준화가 용이하지 않으나 표준화된 소부재를 공장에서 모듈로 제작하여 다양한 선박을 구성하는 기본 구조로 제작<br>• 선체의 모듈러 제작으로 안전한 공장제작으로 품질을 향상시키고 드라이독에서의 고공작업, 현장작업 대비 고품질, 안정적 품질 그리고 작업자의 안전성 확보 |
| 군사 | • 전차의 장갑이 모듈러 설계로 미래 성능이 개선된 고성능 장갑의 개발시 장갑만의 용이한 교체가 가능<br>• 전함의 lego식 모듈 교체로 전함의 성능과 외관 조정<br>• 미래의 설비(통신, 무기, 레이더 등)를 모듈이 교체로 upgrade 가능 |

## 다. 종합분석(경제적 타당성)

### □ R&D 투자의 경제적 효과

- ◦ 오일샌드플랜트 시장규모와 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 따른 세계시장 점유목표(시나리오)를 구체적으로 제시함
- ◦ 연구개발 목표별, 세부 과제별 연구개발 성공에 따른 공사비 절감, 현장공기단축, 유지관리비 절감 효과를 명확히 제시함

### □ 사회적(간접적) 파급효과

- ◦ 오일샌드 플랜트 모듈의 국내 제작을 통해 국산 기자재 사용률 향상 등 전반적으로 어려움을 겪고 있는 국내 플랜트 기자재 산업의 발전에 기여할 것으로 전망됨
- ◦ 정치, 경제적으로 안정된 캐나다 지역 에너지 사업 진출로 국가적 차원에서 안정적 에너지원 확보를 위한 기반이 마련될 것으로 전망됨

- 본 연구 추진을 통해 중복성 문제가 지적 되어온 플랜트 관련 정부 R&D사업에 대한 범부처(국토부, 지경부 등) 협력 성공 모델의 제시가 가능함
- 연구단 구성 측면에서 핵심기술별로 전문화된 설계 및 시공사와 연구소간의 연계 체제를 구축함과 동시에 오일샌드플랜트 모듈러 설계, 제작, 운반 실적이 있는 기업의 참여로 산학연 협력 인프라 구축이 가능함

□ 과학기술적 파급효과

- 모듈러 기술은 거의 모든 산업분야에 걸쳐 적용 가능한 기술로 본 연구개발을 통해 추진된 성과물은 건축, 플랜트, 발전소, 조선, 군사 등 총 5개 산업분야에서 활용이 가능함

## 4절. 기술개발 필요성

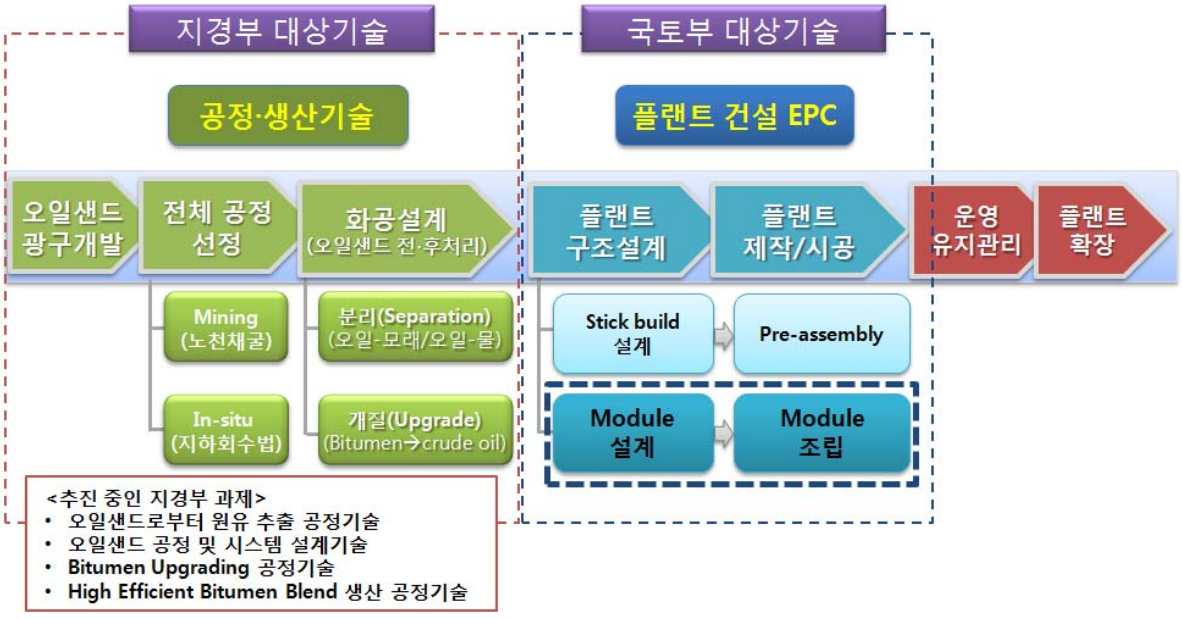
- 오일샌드 관련 기술특허는 북미 중심으로 출원되고 있으며 주로 1970, 80년대 출원되었으며 2000년대부터 출원건수가 다시 증가하고 있는 동향을 보임. 주로 메이저오일사가 관련 특허를 보유하고 있으며 한국은 총 6건으로 미국의 1% 이하의 매우 저조한 수준임. 오일샌드플랜트 모듈화기술 개발을 통한 보유 특허의 확대가 필요함
- 캐나다 앨버타는 동토 지역으로 건설가능 기간이 제한적이고 현지 건설인력 확보가 쉽지 않기 때문에 현장에서의 공사를 최소화하는 것이 요구됨. 특히, 건설공기의 단축은 조기 오일생산으로 이어져 발주자가 빠른 투자효과를 볼 수 있기 때문에, 모듈러기술(설계-제작-설치)에 대한 관심도가 매우 높음. 따라서, 내구수명 향상 모듈러기술 및 급속시공에 대한 연구개발이 필요함
- 오일샌드플랜트는 캐나다 북부 앨버타주의 낮은 기온지역에 위치하므로 사용되는 강재는 고인성강 (저온인성 확보 강)이 요구되며, 각 공정별로 요구되는 소재의 성능이 다름. 오일샌드플랜트의 하이드로 파이프라인은 온수, 모래, 비튜멘의 혼합물이 고온으로 통과하여 파이프라인의 부식 및 마모 진행속도가 빨라 짧은 교체수명 (6개월~36개월)과 파이프라인 점검을 위한 인원이 필요하였음. 고인성, 내마모성, 내부식성 등의 고성능소재를 사용하여 구조물의 life-cycle 개선을 위한 연구 개발이 필요함
- 기존 플랜트의 모듈러공사는 해상/해안에 위치하고 있어 육상이동거리가 짧아 대형 모듈블록 시공이 가능하였지만, 오일샌드플랜트는 육지의 외지에 위치하고 있어 운반 거리가 길고 기존 도로망을 이용하므로 운반할 수 있는 모듈크기에 제약을 받음. 또한, 기존 도로의 개선(곡선부-교차로 개선), 유틸리티(전신주 개선, 표지판, 신호등), 도로 포장, 교량 통과 특수해석, 교량 개선 등의 이동시뮬레이션을 미리 고려해야 하고 각 통과 지역의 법규준수 및 승인을 받아야 하기 때문에 모듈러 시공의 가장 큰 제약 원인이 되고 있음. 따라서, 효율적인 운영체제 및 시공관리 시스템 구축이 필요함
- 일반적으로 모듈러공법은 조립식(pre-assembly) 공법과 표준모듈 공법을 포괄하는 용어로 통용되고 있음. Pre-assembly공법은 현장조건에 맞게 설계한 구조물을 공장에서 제작 및 운반할 수 있게 자르는 개념이라면 표준모듈공법은 표준화된 모듈을 최대한 조합하여 시스템을 구성하는 공법으로 구분됨. 표준모듈의 장점은 표준화되어 있어 제작 시 발생 가능한 오차가 최소화되며 제작라인의 자동화가 가

능함. 최근의 산업별 기술동향은 Stick-build → 조립식공법 → 모듈러공법으로 발전되고 있는 추세임

- 플랜트 모듈화 기술 특허동향을 살펴보면, 초반에는 해상플랜트 모듈기술 개발이 시작되어 지금까지 전체 플랜트 모듈기술의 65%를 차지하고 있고, 그 이후 육상플랜트 모듈기술 개발이 이루어져 전체 플랜트 모듈기술의 35%를 차지하고 있음. 최근 고유가 시대에 접어들면서 2000년대 후반부터 오일샌드플랜트 모듈기술 특허가 출원되고 있고, 전체 플랜트 모듈기술 특허의 4%를 차지하고 있어 매우 저조한 상황임
- 전체 플랜트 모듈화기술 분야의 특허는 미국에서의 출원이 전체 분석대상 국가 출원규모의 절반 이상을 차지하고 있고, 한국, 중국, 일본, 유럽 및 캐나다의 외국인 점유율 중 미국 국적 출원인에 의한 특허출원 비율이 모두 70% 이상으로 나타나 미국인이 전 세계 플랜트 모듈화기술 특허활동을 주도하고 있음
- 오일샌드플랜트 모듈관련 논문은 다소 늦게 발행되기 시작하여 전체 플랜트 모듈관련 논문의 14%를 차지함. 전체 플랜트 모듈분야 연도별 논문동향을 살펴보면, 1990년대 플랜트모듈화 분야에 대한 논문이 많지 않았으나 2004년과 2011년에 최고치를 나타낸 것으로 보아, 2003년도 시점으로 급격한 성장을 한 것으로 보여짐. 또한, 2007년 이후 잠시 감소세를 보이다가 2000년대 후반 유가상승으로 인해 논문 발행수가 다시 증가하기 시작함
- 오일샌드플랜트 모듈화 기술의 현 수준은 운송비 최소화를 위한 설계 최적화 수준으로 캐나다 발주처에서 국내 관련사와 건설사업 참여를 희망하고 있음. 이는 국내 모듈설계, 모듈 제작 기술의 경험과 기술수준을 보유하고 있어 가능한 일이나 향후 국내사의 캐나다 사업 성공 시점이되면 보다 저가의 생산력을 확보할 수 있는 중국, 동남아로 시장이 이전할 수 있으므로 지금의 경험으로 시장 진입단계에서 관련 기술개발을 통해 해외 시장경쟁력을 확보하여 중국, 동남아 등의 저가 생산력과 차별화할 수 있는 고유기술의 확보가 필요함

## 5절. 정부지원 타당성

- 오일샌드 사업은 다양한 사업모델이 존재 함 (광구사업, 추출사업, 개질을 통한 판매사업, EPC, 전사업 등). 단기에 공통적으로 사업을 활성화할 수 있는 것은 플랜트 EPC사업이며, 이는 국토부 주관이 적합함. EPC와 연관되는 다양한 핵심기술들을 민간기업이 독자적으로 확보하기에는 한계가 있음
- 본 사업범위는 오일샌드 광구개발에서부터 플랜트 확장에 이어지는 전체 오일샌드 플랜트 프로세스 중 오일샌드 플랜트 구조설계 및 제작/시공까지의 플랜트 건설 EPC와 관련된 모듈화 기술개발임
- 기존의 (또는 계획의) 오일샌드 관련 과제는 탐사, 추출, 생산과 같은 자원개발기술에 초점을 맞춘 지식경제부 성격의 과제임 (원유 추출 공정기술, 오일샌드 공정 및 시스템 설계기술, 비투멘 업그레이드 공정기술, 고효율 비투멘 블렌드 생산 공정기술 등). 본 과제는 플랜트 건설 수주 산업에 대한 것으로써 성과물을 통해 국내 건설사의 플랜트 수주경쟁력 역량 확보와 북미시장 진출의 교두보 마련을 위한 기반 제공이 목적임




- 플랜트EPC사업은 발주가 원하는 상품이 생산될 수 있도록 특정 공장을 세워주는 일로 자금마련-설계-기자재조달-현지시공의 업무를 일관되게 수행하는 종합서비스 업무로서 최소 400명 이상의 전문인력

이 필요하기 때문에 국토부 지원을 통해 EPC 전반에 걸친 경쟁력 있는 Value Chain 육성이 필요함. EPC 기술력 확보를 통한 오일샌드플랜트 건설사업 진출을 교두보로 북미 건설시장 진입이 가능함

- 수출에 있어서 외화가득률을 제고하는 것은 국내 부품소재업이나 국내기술 의존율을 높이는 것이며, 추가적으로 다양한 부가가치를 높일수 있기 때문에 중요하게 고려되는 문제임. 국내기업간의 과도한 해외경쟁은 수주액 자체를 낮게하여 외화가득액을 감소시키는 요인으로 작용함
- 외화가득률 부진의 원인 중 하나는 외국기자재에 대한 의존이 크기 때문임. 현재 플랜트 사업용 기자재 조달에서 해외기자재의존률은 45%에 달하고 있음. 산업경재정보 제475호에 의하면 해외 플랜트 수주 전망에 따른 기자재 수요는 현재 53% 정도이며, 2015년에는 63% 정도로 상승할 것으로 예상하고 있음. 따라서 빠른 기술 개발과 인증을 통해 기자재에 대한 국산화율을 높여 외화가득률을 높일 필요가 있음
- 지식경제부 '플랜트 수출확대 및 경쟁력 제고방안(2009)'에 따르면 플랜트수출사업 즉 플랜트EPC사업 중 Oil&Gas분야의 국내 원천기술은 타 플랜트 분야보다 선진국대비 상대적으로 취약한 것으로 집계되었음. 지난 50년 동안 세계플랜트 시장의 81%는 선진 5개국 (미국, 중국, 프랑스, 일본, 스페인)이 점유하고 있었으며, 이들은 모두 기술력을 주 무기로 하여 시장을 장악한 점에 비춰볼 때 국토부차원에서의 지원과 육성을 통해 선진국과 대등한 관련기술을 시급히 개발할 필요가 있음
- 국토부 주도의 기술개발을 통해 국산 플랜트기자재 구매 촉진시킬 수 있음
  - 해외 Vendor List 등록 지원: 수출용 플랜트기자재는 개발만 되면 팔수 있는 것이 아니라 발주처의 Vendor List에 등재되어야 함. 따라서 해외플랜트산업용 기자재 국산화를 위해서 해외플랜트 발주처에 Vendor로 등록되는 국내 기자재기업을 늘리는 일이 중요함
  - 공기업에 의한 국산기자재 상용화 협력: 공기업이 국산화에 이어 상용화에 까지 협력하는 방안은 민간 기자재 기업으로 하여금 기술개발에 대한 부담을 덜고 국립연구소를 통한 기술개발 인력 충당환경까지 조성한 것으로 향후 고부가 가치 기자재의 국산화 성

공모델이 될 수 있음.

- 플랜트 EPC기업을 활용한 구매조건부 기자재 국산화: 국내 기자재 기업들은 현재 자체적인 국제 경쟁력을 가지고 있지 못하기 때문에 플랜트EPC기업은 플랜트기자재 수출의 교두보 역할을 함으로써 국내 기자재 제조 기업이 수출실적을 쌓도록 하는 방안임

◦ 국내 플랜트는 자체 기술 개발보다는 외국으로부터 도입되는 기술 용역을 소화시키는 수준이며, 주 관심의 대상은 외국으로부터의 기술/설계사항을 도입하는 수준임

◦ 오일샌드는 육상 플랜트로 해양 또는 해안 플랜트와 달리 육상 운송이 설계의 주요 인자이며 캐나다 자국 내에서의 생산대비 경쟁력을 확보할 수 있음

◦ 모듈러 설계-제작으로 설계기술, 제작기술, 건설기술의 품질 향상과 공기 단축이 가능하며 건설 분야가 주가되어  엔지니어링, 컨설팅, 금융 등 다양한 지식서비스와의 융합을 통해 우리나라 경제 발전에 주도적 역할을 할 중요한 산업이며 이러한 지식서비스 산업의 연계성을 강화하기 위한 정책 개발도 함께 고려 필요

◦ 오일샌드플랜트 건설사업 가치사슬(Value Chain) 측면에서 바라볼 때 아래 내용과 같이 정부 미지원시 여러 가지 risk가 발생 하기 때문에 정부차원의 Value Chain을 구성하여 단기간의 집중투자를 통한 기술개발 유도가 필요

- 기술 개발을 비롯한 상업적 운영 노하우를 확보하는데 약 5년 이상의 장기간이 소요되며, 투자자본의 회수하기 위해서는 더 많은 시간이 소요됨
- 민간 대기업의 단독수행이 불가능하여 기술 난이도, 대규모 예산 투입에 따른 위험 부담 등 민간 투자의욕이 극히 저조함.
- 유가변경에 따른 경제성 확보에 커다란 불확실성이 있음
- 개발에 Risk가 따름. 즉, 인프라 측면에서 설비 및 파이프라인 확보에 대한 risk가 있으며, 경제적 측면에서 자본지출 및 인건비 증가 (예, 건설인력, 엔지니어 등의 인력시장 공급부족), 운영비 증가 등의 risk가 있으며, 환경적 측면에서 환경 및 생태계 파괴, 수자원 부족과 오염, 온실가스 배출 등 환경오염 유발에 대한 risk가 발생함

## 6절. 종합평가 및 결론

본 연구기획연구에 대한 사전타당성을 검토한 결과에 대한 종합평가 및 결론을 요약하면 다음과 같다.

### 1. 정책적 타당성

정책적 타당성 분석 요약

| 분석항목 | 분석방법 | 분석결과 | Research Question |
|---|---|---|---|
| 국가 전략·정책적 중요성 | 건설산업 내 신성장동력 분야로서 오일샌드플랜트의 중요성 | • 석유화학 플랜트는 건설산업 내에서도 해외수출 유망상품으로 꼽히고 있으며 특히 오일샌드플랜트는 고부가가치 산업으로 넛크래커 상황에 직면해 있어 국가역량 집중을 통한 전략산업화가 시급 | ☞ 왜 오일샌드 플랜트인가? |
| | 에너지 외교정책적 측면에서 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발의 중요성 | • 국제유가 상승으로 비전통 석유자원(오일샌드) 개발의 경제성 확보, 세계 최대 오일샌드 매장지역인 캐나다 앨버타주와 MOU 체결, 국내 업체의 해외진출 기반 마련, 척박한 현지 공사 환경 등 에너지 외교정책적 측면에서 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발 필요 | ☞ 왜 모듈러 오일샌드플랜트인가? |
| | 국가 정책적(국토해양부) 추진의 당위성 | • 오일샌드플랜트는 해외시장 진입 초기단계이고 여러 가지 법/제도/환경적 어려움이 존재하므로 정부주도의 R&D 추진 필요<br>• 특히, 오일샌드플랜트 사업의 value chain 상 EPC사업에 해당하며 EPC사업은 국토해양부 주도 R&D 영역임 | ☞ 왜 정부(국토해양부) 주도인가? (지식경제부와의 차별화) |
| 국가 과학기술 상위 및 관련 R&D 계획과의 부합성 | 제2차 에너지기술개발계획('11~'20) 연관성 | • 오일샌드 관련 국가 과학기술 상위 계획으로 동 계획의 신석유자원인 오일샌드 생산최적화 기술과 연관성이 있음 | ☞ 관련 국가 상위계획과 부합하는가? |
| | 건설교통 R&D 중장기계획('13~'17) 연관성 | • 모듈러 오일샌드플랜트 관련 국토해양부의 상위 R&D 계획으로 동 계획의 자원화 플랜트, 플랜트 엔지니어링 기술과 직접적 연관성이 있음 | ☞ 국토해양부 국가 R&D 사업에 부합하는가? (지식경제부와의 차별화) |
| | 자원개발기술 전략로드맵 연관성 | • 오일샌드 관련 지식경제부의 상위 R&D 계획으로 동 계획의 오일샌드 지하 회수기법의 생산최적화 기술, 친환경 및 한계형 오일샌드 생산기술, 박층 오일샌드 회수율 향상 기술 등과 간접접 연관성이 있음 | ☞ 국토해양부 국가 R&D 사업에 부합하는가? (지식경제부와의 차별화) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 연구개발 추진상 위험요인 및 대응체계 | 위협요인 및 대응방안 도출의 체계성 | • SWOT 분석을 통하여 내부 약점과 외부 위협 요인을 도출하였으며, 이를 바탕으로 대응방안을 체계적으로 도출함 | ☞ 연구개발 추진 상 위험 요인을 체계적으로 파악하고 적절한 대응방안을 수립하였는가? |
| | 연구단 추진체계 구성의 적절성 | • 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술을 개발하고 그 성과를 현지인증과 Pilot Test, Track Record 확보가 이뤄질 수 있도록 Value Chain 전체를 포함하는 추진체계를 적절히 구성함<br>• 주관기관, 협동/공동/위탁기관, 참여기업, 전문가 자문단, 운영위원회의 기능과 역할을 명확히 제시함 | ☞ 사업 특성에 맞게 수행체계를 구성하였는가?<br>☞ 수행 주체별 임무와 역할을 명확히 제시하였는가? |
| | 연구단 및 세부과제별 선정·평가 기준의 적절성 | • 연구단 및 세부과제별 선정·평가 기준을 제시하고 각 세부과제별 특성에 맞게 평가항목별 가중치를 부여하여 연구단의 전반적인 활동에 걸친 적절한 선정·평가기준을 제시함 | ☞ 연구단 및 세부과제별 특성에 맞게 선정·평가 기준을 명확히 제시하였는가? |

## 2. 기술적 타당성

기술적 타당성 분석 요약

| 분석항목 | 분석방법 | 분석결과 | Research Question |
|---|---|---|---|
| 기존 연구개발 사업과의 중복성 | 모듈러 관련 선행 국가 R&D 과제 활용 가능성 | • 모듈러교량 기술개발 및 실용화 연구단 과제와의 세부과제 단위에서의 검토를 통해 중복성을 검토하고 구체적 활용 분야와 활용 가능성을 적절히 제시하였음 | ☞ 모듈러 관련 선행 국가 R&D 사업의 중복성과 활용 가능성을 적절히 검토하였는가? |
| | 플랜트 관련 선행 국가 R&D 과제 활용 가능성 | • LNG플랜트사업단 과제와의 세부과제 및 activity 단위에서의 면밀한 검토를 통해 중복성을 검토하고 구체적 활용 분야와 활용 가능성을 적절히 제시하였음 | ☞ 플랜트 관련 선행 국가 R&D 사업의 중복성과 활용 가능성을 적절히 검토하였는가? |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 기술개발 계획의 우수성 | 세부과제 및 activity 도출 및 구성의 적절성 | • 국내외 정책/시장/기술 동향 분석, 연구개발 인프라, 기술수요설문조사 등을 통하여 도출된 Issue Tree 분석을 통하여 연구개발 목표와 세부과제 및 activity를 합리적으로 도출하였음 | ☞ 세부과제 및 activity는 합리적 절차를 거쳐서 도출되었는가? |
| 보유기술 수준 및 성공 가능성 | 국내 보유 기술수준조사 | • 기술수요설문조사를 통하여 상세 기술 분야별로 선진국대비 기술수준을 조사하였으며, 기술 자립화가 시급한 부분을 적절히 도출 하였음 | ☞ 보유 기술수준을 파악하기 위하여 전문가 대상 조사를 실시하였는가? |
| | 인력, 시설 및 장비 보유기관 협업 체계 | • 국내 연구인력, 연구기자재 인프라 현황에 대한 조사 실시를 통하여, 본 연구단 연구 수행시 활용 방안을 적절히 제시하였음 | ☞ 연구 추진의 협업체계 구성을 위하여 인력, 시설 및 장비 등 보유기관에 대한 조사를 상세하게 실시하였는가? |

## 3. 경제적 타당성

경제적 타당성 분석 요약

| 분석항목 | 분석방법 | 분석결과 | Research Question |
|---|---|---|---|
| R&D 투자의 경제적 효과 | 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 따른 목표시장 규모 설정 | • 오일샌드플랜트 시장규모와 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 따른 세계시장 점유목표(시나리오)를 구체적으로 제시함 | ☞ 신뢰성 있는 자료를 활용하여 목표시장 설정하고 점유목표를 제시하였는가? |
| | 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발에 따른 직접적 기대효과 | • 연구개발 목표별, 세부 과제별 연구개발 성공에 따른 공사비 절감, 현장공기단축, 유지관리비 절감 효과를 명확히 제시함 | ☞ 신뢰성 있는 자료를 활용하여 연구 목표 및 세부 내용별 R&D 투자 기대효과를 제시하였는가? |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 사회적(간접적) 파급효과 | 국내 플랜트 기자재 업체의 경쟁력 향상 | • 오일샌드 플랜트 모듈의 국내 제작을 통해 국산 기자재 사용률 향상 등 전반적으로 어려움을 겪고 있는 국내 플랜트 기자재 산업의 발전에 기여할 것으로 전망됨 | ☞ 경제/산업적 측면에서의 파급효과는 무엇인가? |
| | 안정적 에너지원 확보 기반 마련 | • 정치, 경제적으로 안정된 캐나다 지역 에너지 사업 진출로 국가적 차원에서 안정적 에너지원 확보를 위한 기반이 마련될 것으로 전망됨 | ☞ 정치적 측면에서의 파급효과는 무엇인가? |
| | 국가R&D사업 추진 범부처 협력 모델 제시 | • 본 연구 추진을 통해 중복성 문제가 지적 되어 온 플랜트 관련 정부R&D사업에 대한 범부처(국토부, 지경부 등) 협력 성공 모델의 제시가 가능함 | ☞ 국가R&D사업 추진 측면에서의 파급효과는 무엇인가? |
| | 산학연 협력 인프라 구축 | • 연구단 구성 측면에서 핵심기술별로 전문화된 설계 및 시공사와 연구소간의 연계 체제를 구축함과 동시에 오일샌드플랜트 모듈러 설계, 제작, 운반 실적이 있는 기업의 참여로 산학연 협력 인프라 구축이 가능함 | ☞ R&D 인프라 구축 측면에서의 파급효과는 무었인가? |
| 과학기술적 파급효과 | 모듈러 기술의 특징 및 타 산업에의 파급효과 | • 모듈러 기술은 거의 모든 산업분야에 걸쳐 적용 가능한 기술로 본 연구개발을 통해 추진된 성과물은 건축, 플랜트, 발전소, 조선, 군사 등 총 5개 산업분야에서 활용이 가능함 | ☞ 본 연구성과물이 적용 가능한 산업과 분야는 무엇인가? |

## 4. 국토해양부 추진 당위성

- “모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발” 연구는 지식경제부에서 추진하는 추출기술, 화공기술, 공정기술 등과 무관한 과제로 오일샌드 플랜트의 공사비 절감과 공사기간 단축을 위한 모듈화 설계, 제작, 시공 관련 건설기술로 국토해양부 소관 분야의 연구내용임.
- 오일샌드 플랜트의 모듈러 기술은 캐나다 발주처에서 요구하는 핵심기술로 선진기술과의 격차가 좁고 고유기술로의 발전이 가능한 분야로 해외 신사업 건설시장의 진출과 연구기간 내에 시장의 확대가 가능한 사업, 기술 분야임 (오일메이저사의 추출기술, 공정기술 등은 개발 이후 데모플랜트로 운영하여 장기간의 실증이 필요한 반면 모듈러기술은 연구기간 내에 Pilot test만으로도 실증이 가능함)

# 5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

## 1절. 연구일정에 따른 인력계획

■ 국토해양부 연구단급 연구과제를 벤치마킹하여 유사한 특성을 갖는 연구과제의 MM 조사

■ 모듈러 오일샌드플랜트 설계 및 건설기술 개발 연구과제는 해외인증과 해외시장을 대상으로 기술개발을 하는 것이기 때문에 인력투입율을 기존 대비 20% 할증시킴

■ 기존 연구단급 과제 내 activity 인력투입현황

- 초장대교량사업단 2핵심연구과제
  - (a) 고강도/고내식 강선 연구개발: 평균 20명/년
  - (b) 고강도 강재 및 이용기술 개발: 평균 25명/년
  - (c) 사장교케이블 시스템 및 이용기술 개발: 평균 27명/년
  - (d) 케이블 성능인증 시스템 구축: 평균 7명/년
- 모듈러교량 기술개발 및 실용화 연구단
  - (a) 강재 모듈러 상부구조 시스템 개발: 평균 23명/년
  - (b) 모듈러교량 통합 정보화 시스템 개발: 평균 10명/년

■ 기존 연구단급 과제 내 activity 인력투입현황

■ 연구 프로세스는 다음의 순서로 이루어지며 이를 감안하여 연차별 연구인력을 배분

(a) 개념설계안 도출

(b) 프로토타입 설계 또는 요소기술 평가

(c) Pilot(시작품) 평가 또는 Mock-up 평가

(d) Demo(시제품) 평가 및 전체 시스템에 대한 현장적용성 평가

■ activity별 년평균 예상 소요인력(명)

| 구분 | 과제명 | 기존 연구단 유사과제<br>(업무특성의 상관도, %) | 년평균<br>소요인력(명) |
|---|---|---|---|
| 연구단 총계 | 모듈러 오일샌드 플랜트 설계 및 건설기술 개발 | | 151명/년<br>(총 757명) |
| 1세부 | 오일샌드플랜트 한국형 표준모듈 설계기술 개발 | | 87명/년<br>(총 433명) |
| 1-1 activity (5년) | 육상운반 최적 모듈 기술 개발 | -강재 모듈러 상부구조 시스템 개발(40%)<br>-사장교케이블 시스템 및 이용기술 개발(40%) | 24명/년<br>(=(23*0.4+27*0.4)*1.2) |
| 1-2 activity (4년) | 오일샌드 플랜트 모듈화율 향상기술 개발 | -강재 모듈러 상부구조 시스템 개발(30%)<br>-사장교케이블 시스템 및 이용기술 개발(40%) | 21명/년<br>(=(23*0.3+27*0.4)*1.2) |
| 1-3 activity (4년) | 오일샌드 플랜트 모듈 표준화 설계기술 개발 | -강재 모듈러 상부구조 시스템 개발(40%)<br>-사장교케이블 시스템 및 이용기술 개발(40%) | 24명/년<br>(=(23*0.4+27*0.4)*1.2) |
| 1-4 activity (4년) | 고성능 소재이용기술 및 현지인증 | -고강도/고내식 강선 연구개발(40%)<br>-고강도 강재 및 이용기술 개발(40%) | 22명/년<br>(=(20*0.4+20*0.4)*1.2) |
| 2세부 | 오일샌드플랜트 모듈 제작/시공기술 개발 및 Pilot Test | | 65명/년<br>(총 324명) |
| 2-1 activity (4년) | 오일샌드 플랜트 표준 모듈의 제작상세 개발 및 인증 | -강재 모듈러 상부구조 시스템 개발 (50%)<br>-고강도 강재 및 이용기술 개발(30%) | 23명/년<br>(=(23*0.5+25*0.3)*1.2) |
| 2-2 activity (4년) | 현장 공기단축 시공기술 및 모듈관리기술 개발 | -강재 모듈러 상부구조 시스템 개발(40%)<br>-사장교케이블 시스템 및 이용기술 개발(30%)<br>-모듈러교량 통합 정보화 시스템 개발 (30%) | 24명/년<br>(=(23*0.4+27*0.3+10*0.3)*1.2) |
| 2-3 activity (4년) | 오일샌드 플랜트 모듈 시스템의 유지관리기술 | -사장교케이블 시스템 및 이용기술 개발(30%)<br>-모듈러교량 통합 정보화 시스템 개발 (50%) | 16명/년<br>(=(27*0.3+10*0.5)*1.2) |
| 2-4 activity (3년) | 오일샌드플랜트 모듈 Pilot Test | -사장교케이블 시스템 및 이용기술 개발(40%)<br>-강재 모듈러 상부구조 시스템 개발(40%) | 24<br>(=(27*0.4+23*0.4)*1.2) |

■ activity별 년차별 예상 소요인력(명)

| 소요인력(명) | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 연구단 총계 | 70 | 133 | 191 | 201 | 162 | 757 |
| 1세부 | 70 | 90 | 121 | 94 | 58 | 433 |
| 1-1 activity | 22 | 27 | 31 | 23 | 17 | 120 |
| 1-2 activity | 24 | 25 | 31 | 18 | 7 | 105 |
| 1-3 activity | 24 | 24 | 31 | 24 | 17 | 120 |
| 1-4 activity | | 14 | 28 | 29 | 17 | 88 |
| 2세부 | | 43 | 70 | 107 | 104 | 324 |
| 2-1 activity | | 15 | 29 | 30 | 18 | 92 |
| 2-2 activity | | 16 | 29 | 28 | 23 | 96 |
| 2-3 activity | | 12 | 12 | 20 | 20 | 64 |
| 2-4 activity | | | | 29 | 43 | 72 |

## 2절. 소요예산 산정

### 1. 예산 산정방법

- ■ 연구비는 크게 인건비, 직접비, 간접비로 구성
- ■ 기존 연구단급 과제 내 참여연구원들의 평균 참여율은 약 30%수준으로 평균 3개월(M/M)수준임
- ■ 1M/M당 인건비는 600만원으로 적용 (2008년도 초장대교량사업단 상세기획 시 500만원으로 산정. 물가상승을 고려하여 600만원으로 가정)
- ■ 국토해양부 연구과제에서 연구비 중 인건비가 차지하는 비중은 30~40%수준임. 전체 연구비에서 인건비가 차지하는 비중을 37%로 가정하여 전체 연구비 산정
- ■ 간접비는 (인건비+직접비)의 15%를 일괄적용
- ■ 연구과제에 다양한 중소기업이 참여할 수 있도록 기업부담금은 중소기업 매칭(75%:25%)이 적합하나, 사업의 특성상 높은 수준의 현물투자가 요구되기 때문에 기업부담금 매칭수준을 40%로 설정하였음
- ■ activity별 년차별 예상 소요 M/M

| 소요 M/M | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 연구단 총계 | 210 | 399 | 573 | 603 | 474 | 2,259 |
| 1세부 | 210 | 270 | 363 | 282 | 162 | 1,287 |
| 1-1 activity | 66 | 81 | 93 | 69 | 48 | 357 |
| 1-2 activity | 72 | 75 | 93 | 54 | 18 | 312 |
| 1-3 activity | 72 | 72 | 93 | 72 | 48 | 357 |
| 1-4 activity | | 42 | 84 | 87 | 48 | 261 |
| 2세부 | | 129 | 210 | 321 | 312 | 972 |
| 2-1 activity | | 45 | 87 | 90 | 54 | 276 |
| 2-2 activity | | 48 | 87 | 84 | 69 | 288 |
| 2-3 activity | | 36 | 36 | 60 | 60 | 192 |
| 2-4 activity | | | | 87 | 129 | 216 |

## 2. 전체사업 소요예산

(단위:억원)

| | 1차년도 | | | 2차년도 | | | 3차년도 | | | 4차년도 | | | 5차년도 | | | 합계 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 | 정부 | 민간 | 합계 |
| 연구단 | 20 | 13.2 | 33.2 | 39.0 | 25.7 | 64.7 | 56.0 | 36.9 | 92.9 | 58 | 38.2 | 96.2 | 47 | 31 | 78 | 220.0 | 145.0 | 365 |
| 1세부과제 | 20 | 13.2 | 33.2 | 26.0 | 17.2 | 43.2 | 35.0 | 23.1 | 58.1 | 27 | 17.8 | 44.8 | 17 | 11.2 | 28.2 | 125 | 82.5 | 207.5 |
| 1-1 (activity) | 6.0 | 4.0 | 10.0 | 8.0 | 5.4 | 13.4 | 9.0 | 6.0 | 15 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 35 | 23.5 | 58.5 |
| 1-2 (activity) | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 9.0 | 5.9 | 14.9 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 2.0 | 1.3 | 3.3 | 30 | 19.6 | 49.6 |
| 1-3 (activity) | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 9.0 | 5.9 | 14.9 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 35 | 23 | 58 |
| 1-4 (activity) | | | | 4.0 | 2.6 | 6.6 | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 25 | 16.4 | 41.4 |
| 2세부과제 | | | | 13.0 | 8.5 | 21.5 | 21.0 | 13.8 | 34.8 | 31 | 20.4 | 51.4 | 30 | 19.8 | 49.8 | 95 | 62.5 | 157.5 |
| 2-1 (activity) | | | | 4.0 | 2.6 | 6.6 | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 25 | 16.5 | 41.5 |
| 2-2 (activity) | | | | 5.0 | 3.3 | 8.3 | 9.0 | 5.9 | 14.9 | 9.0 | 5.8 | 14.8 | 7.0 | 4.6 | 11.6 | 30 | 19.6 | 49.6 |
| 2-3 (activity) | | | | 4.0 | 2.6 | 6.6 | 4.0 | 2.6 | 6.6 | 6.0 | 4.0 | 10 | 6.0 | 4.0 | 10 | 20 | 13.2 | 33.2 |
| 2-4 (activity) | | | | | | | | | | 8.0 | 5.3 | 13.3 | 12 | 7.9 | 19.9 | 20 | 13.2 | 33.2 |

## 3. 세부과제별 소요예산

### 가. 오일샌드플랜트 모듈화기술 연구단 총괄소요예산

(단위: 백만원)

| 비 목 | | | 1차 년도 | 2차 년도 | 3차 년도 | 4차 년도 | 5차 년도 | 합계 | 구성비 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) 인건비 | 내/외부 인건비 | | 1,195 | 2,329 | 3,344 | 3,463 | 2,808 | 13,139 | 36.0% |
| 2) 직접비 | 연구장비 재료비 | 연구기자재 및 시설비 | 268 | 518 | 743 | 771 | 624 | 2,924 | 8.0% |
| | | 시작품 제작비 | 581 | 1,132 | 1,626 | 1,684 | 1,365 | 6,388 | 17.5% |
| | | 재료비 | 432 | 841 | 1,208 | 1,251 | 1,014 | 4,746 | 13.0% |
| | 연구활동비 | 여비 | 133 | 259 | 372 | 385 | 312 | 1,461 | 4.0% |
| | | 수용비 및 수수료 | 66 | 129 | 186 | 192 | 156 | 729 | 2.0% |
| | | 기술정보 활동비 | 116 | 226 | 325 | 337 | 273 | 1,277 | 3.5% |
| | 연구수당 | | 100 | 194 | 279 | 289 | 234 | 1,096 | 3.0% |
| 3) 간접비 | | | 429 | 842 | 1,207 | 1,248 | 1,014 | 4,740 | 13.0% |
| 합 계 | | | 3,320 | 6,470 | 9,290 | 9,620 | 7,800 | 36,500 | 100.0% |

### 나. 1세부과제 소요예산

(단위: 백만원)

| 비 목 | | | 1차 년도 | 2차 년도 | 3차 년도 | 4차 년도 | 5차 년도 | 합계 | 구성비 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) 인건비 | 내/외부 인건비 | | 1,162 | 1,512 | 2,034 | 1,568 | 987 | 7,263 | 35.0% |
| 2) 직접비 | 연구장비 재료비 | 연구기자재 및 시설비 | 166 | 216 | 291 | 224 | 141 | 1,038 | 5.0% |
| | | 시작품 제작비 | 730 | 950 | 1,278 | 986 | 620 | 4,564 | 22.0% |
| | | 재료비 | 498 | 648 | 872 | 672 | 423 | 3,113 | 15.0% |
| | 연구활동비 | 여비 | 33 | 43 | 58 | 45 | 28 | 207 | 1.0% |
| | | 수용비 및 수수료 | 66 | 86 | 116 | 90 | 56 | 414 | 2.0% |
| | | 기술정보 활동비 | 133 | 173 | 232 | 179 | 113 | 830 | 4.0% |
| | 연구수당 | | 100 | 130 | 174 | 134 | 85 | 623 | 3.0% |
| 3) 간접비 | | | 432 | 562 | 755 | 582 | 367 | 2,698 | 13.0% |
| 합 계 | | | 3,320 | 4,320 | 5,810 | 4,480 | 2,820 | 20,750 | 100.0% |

## 다. 2세부과제 소요예산

(단위: 백만원)

| 비 목 | | | 1차 년도 | 2차 년도 | 3차 년도 | 4차 년도 | 5차 년도 | 합계 | 구성비 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) 인건비 | 내/외부 인건비 | | | 817 | 1,310 | 1,895 | 1,821 | 5,843 | 37.1% |
| 2) 직접비 | 연구장비 재료비 | 연구기자재 및 시설비 | | 302 | 452 | 547 | 483 | 1,784 | 11.3% |
| | | 시작품 제작비 | | 182 | 348 | 698 | 745 | 1,973 | 12.5% |
| | | 재료비 | | 193 | 336 | 579 | 591 | 1,699 | 10.8% |
| | 연구활동비 | 여비 | | 216 | 314 | 340 | 284 | 1,154 | 7.3% |
| | | 수용비 및 수수료 | | 43 | 70 | 102 | 100 | 315 | 2.0% |
| | | 기술정보 활동비 | | 53 | 93 | 158 | 160 | 464 | 2.9% |
| | 연구수당 | | | 64 | 105 | 155 | 149 | 473 | 3.0% |
| 3) 간접비 | | | | 280 | 452 | 666 | 647 | 2,045 | 13.0% |
| 합 계 | | | | 2,150 | 3,480 | 5,140 | 4,980 | 15,750 | 100.0% |