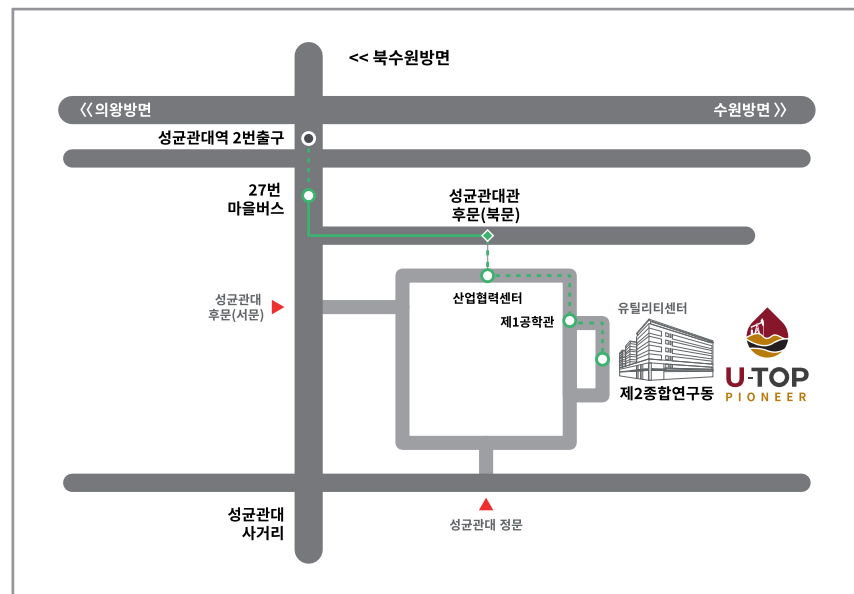
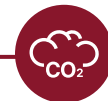


U-TOP

비전통오일 생산플랜트
건설 핵심기술 개발사업단



비전통오일 생산플랜트 건설 핵심기술 개발사업단(U-TOP PIONEER)

(16419) 경기도 수원시 장안구 서부로 2066,
성균관대학교 자연과학캠퍼스 제2종합연구동 C동 4층 83454호
Tel 031-290-7587 E-mail utoppioneer@gmail.com
Homepage www.utop.kr
지하철 1호선 성균관대역 하차 2번출구 도보 15분
버 스 27-1(화서역 방면), 27(수원여대회차장 방면)





기술고도화와 친환경적 플랜트
운영기술 개발을 위한
비전통오일 생산플랜트

비전통오일 생산플랜트 건설 핵심기술 개발사업단(U-TOP PIONEER)은 국토교통부의 지원을 받아 2022년 4월 출범했습니다.

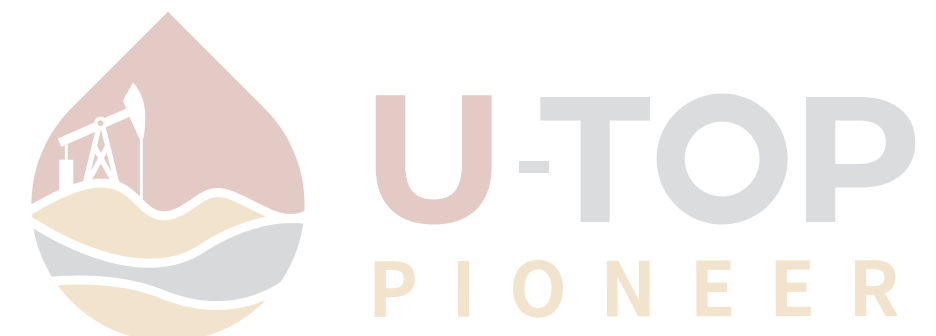
비전통오일은 향후 기존 석유를 대체할 수 있는 잠재력으로 인해 국제 석유시장에서 미치는 파급력이 매우 높을 것으로 전망되나, 생산비용, 환경문제 등 해결과제가 남아 있습니다.

따라서 본 사업단은 해외 플랜트 수주 증대 및 다양성 확보를 통해 해외지역 진출 공종 편중 현상을 해소하고, 핵심 기술 수준 제고를 통한 기술력 향상 및 중점 분야별 기술 수준 실증을 통해 해외 진출 기회를 마련하고자 합니다.

U-TOP PIONEER의 성공적인 운영으로 대한민국이 비전통오일 생산기술의 수출국이 될 수 있도록 앞으로도 지속적인 관심과 성원을 부탁드립니다.

감사합니다.

성균관대학교
비전통오일 생산플랜트 건설 핵심기술 개발사업단장

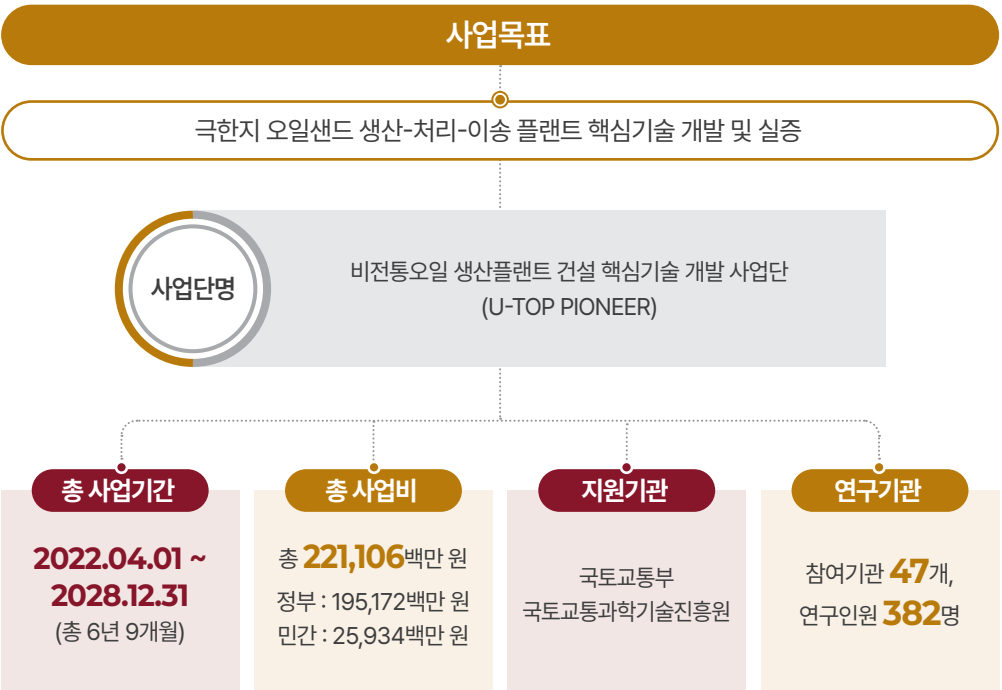


사업단 소개

Business Group Introduction



사업단 개요



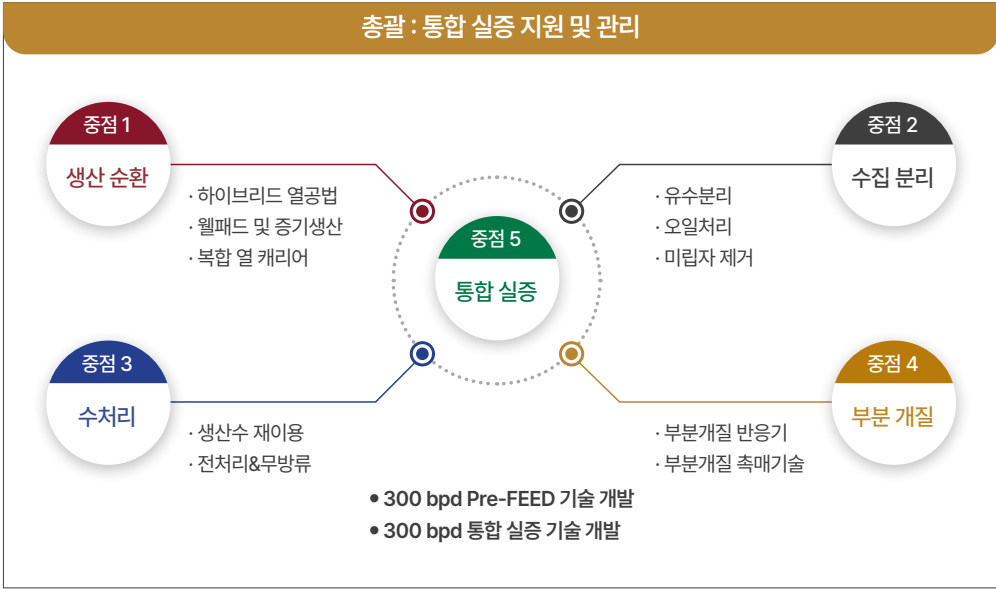
사업단 참여기관



조직도



세부 핵심 기술 구성



비전통오일, WHY?

Unconventional Oil



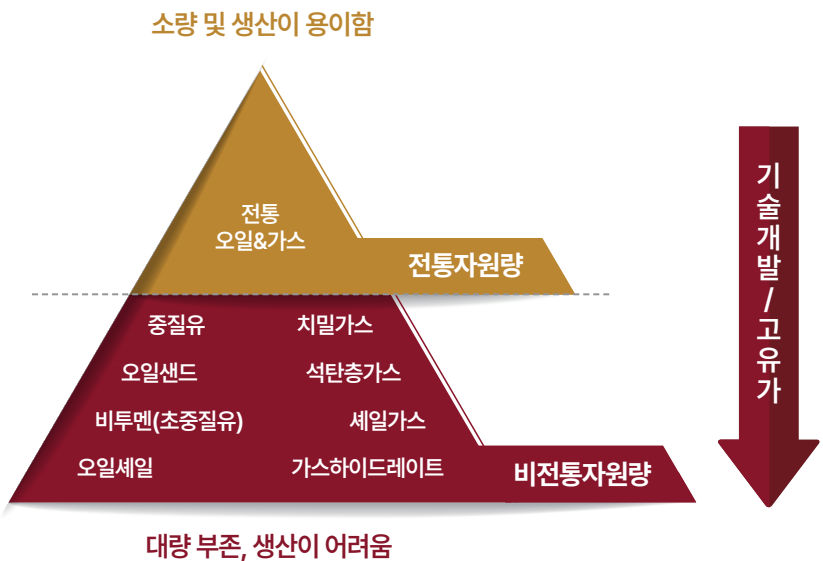
비전통오일이란?

비전통오일(unconventional oil)은 전통적인 석유시추법과는 다른 방식으로 추출해낸 오일입니다.
대표적으로 오일샌드, 초중질유, 타이트오일, 셰일오일, 오일셰일등이 비전통오일에 해당됩니다.



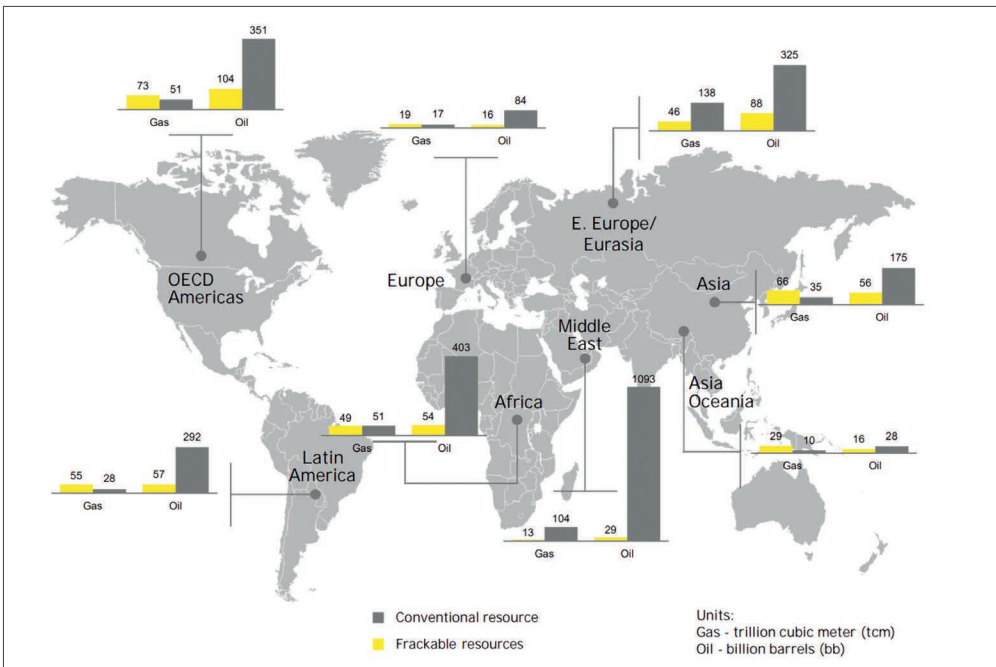
현재 **캐나다(오일샌드)**, **베네수엘라(초중질유)**, **미국(셰일 및 치밀가스/오일)**에서 상업적 생산이 이뤄지고 있지만, 오일샌드나 초중질유의 경우 점성도가 커서 저류층 내에서 유동성에 문제가 있고, 셰일가스나 치밀가스의 경우 저류층압 자체가 치밀해 투수율이 낮아 생산에 문제가 되는 경우가 많습니다.

비전통오일의 생산가치



비전통오일은 자원이 아직 풍부하며, 종류도 다양하지만 **생산기술의 한계로 전통오일에 비해 생산비용이 높은 편입니다.**

비전통자원의 종류와 특성



[출처 : Ernst & Young (2017)]

전통오일은 1950년대부터 약 70년간 생산되어 왔으며, 기술과 산업의 발달로 인하여 **전통오일자원의 고갈속도가 가속화** 되고 있습니다.

비전통오일은 개발 및 생산비용이 높아 저유가 시기엔 개발하지 못하던 석유자원이었습니다.
하지만, 현재 **지속되는 고유가와 기술의 개발로 고갈되어가고 있는 전통석유자원의 생산량을 보조할 수 있는 자원으로** 부상하고 있습니다.

비전통자원

- 비전통오일**
오일샌드, 초중질유, 치밀오일, 셰일오일, 오일셰일
- 비전통 가스**
석탄층메탄가스, 치밀가스, 셰일가스, 가스하이드레이트

비전통자원의 지질학적 위치

- 근원암(셰일층)**
셰일오일, 셰일가스 매장
- 치밀저류층**
치밀오일, 치밀가스 매장

전통자원의 구분

- 수반가스**
오일과 가스 동시 존재
- 비수반가스**
가스만 존재

사업배경 및 비전

Business background and Vision



전통오일 Vs 비전통오일

이름에서도 알 수 있듯이, 전통오일은 현재 가장 많이 쓰이는 오일의 생산법이고, 비전통오일은 상대적으로 새로운 오일의 생산법입니다.



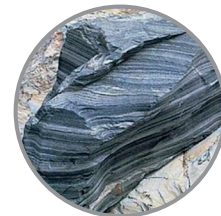
석유 (전통오일)



초중질유



오일샌드



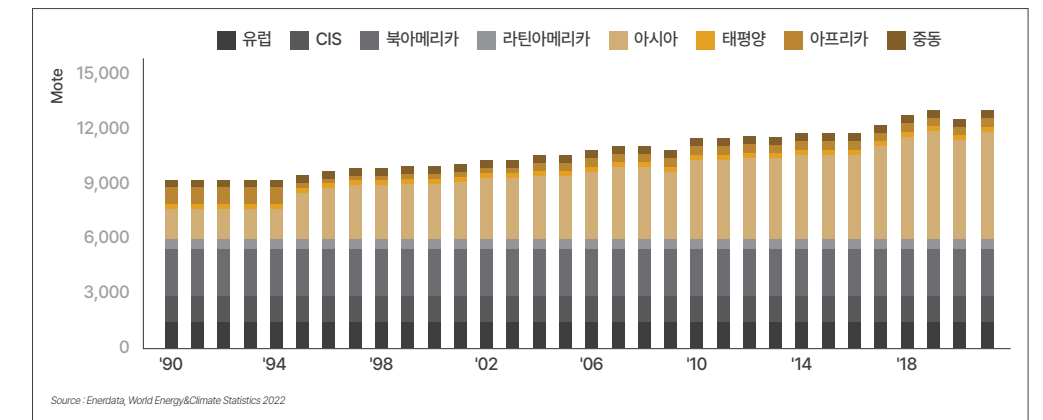
셰일

전통오일의 경우 이미 액체 상태인 흐르는 오일을 시추해내는 방식을 쓰고,
비전통오일의 경우 오일샌드처럼 흐르지 못하는 형태이거나 가스의 투수율이 낮은 지형에 있는 곳의 가스를 분리하여 생산하는 방식을 씁니다.

전통오일에 비해 비전통오일은 **고점성도와 저류층의 저투수율**로 인해 점도를 낮추기위해 열을 주입하는 열주입법이나 투수율을 증가시키기 위한 수압파쇄법을 쓰게 됩니다.

비전통오일의 기대가치

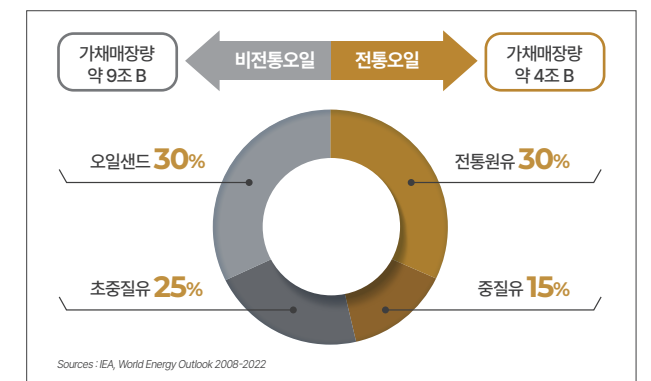
▶ 산업화/도시화/인구증가에 따른 세계 에너지 소비량 증가



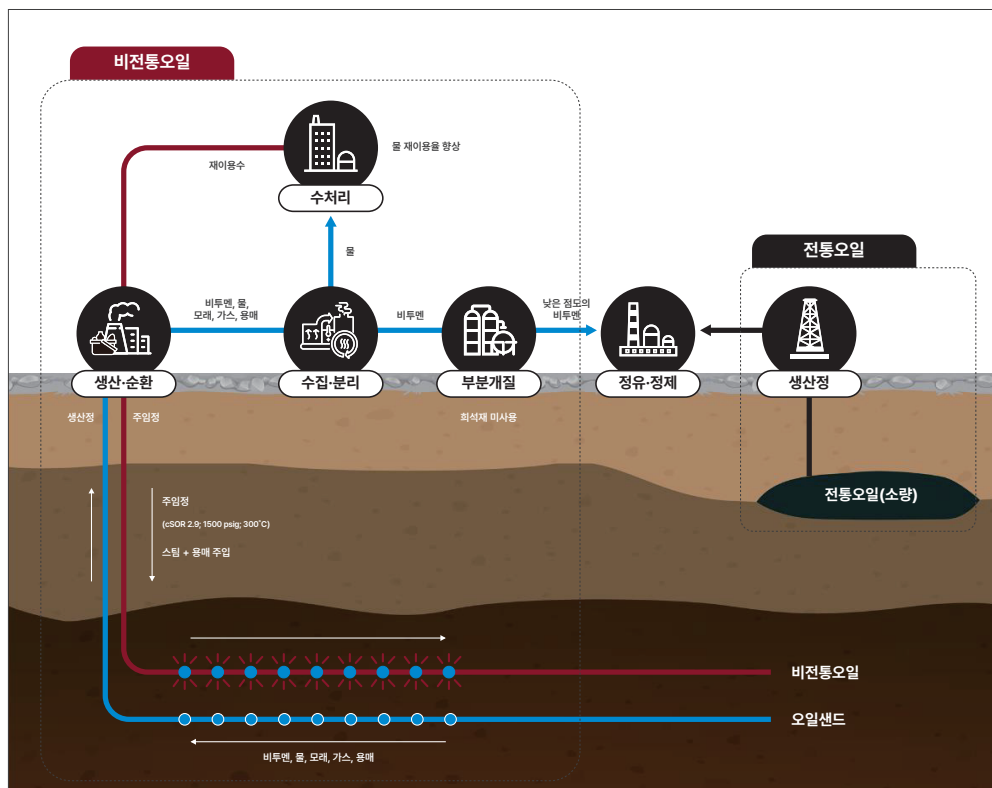
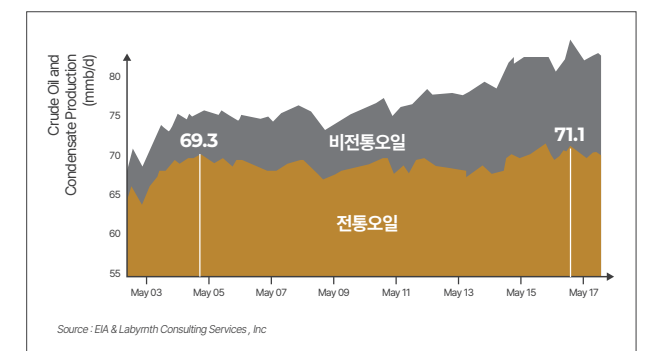
1990년도부터 2018년도까지 전세계적으로 산업화, 도시화, 인구증가로 인하여 에너지 소비량은 꾸준히 증가하여 왔습니다. 전통오일은 1950년대부터 약 70년간 생산되어 왔으며, 증가하는 에너지 소비량 때문에 **전통오일자원의 고갈속도가 가속화**되고 있습니다.

비전통오일은 개발 및 생산비용이 높아 저유가 시기엔 개발하지 못하던 석유자원이었습니다. 하지만, 현재 **지속되는 고유가와 기술의 개발로 고갈되어가고 있는 전통석유자원의 생산량을 보조할 수 있는 자원**으로 부상하고 있습니다.

▶ 가체매장량: 전통오일 < 비전통오일 (약 2배 이상)



▶ 비전통오일의 차세대 에너지원으로서 시장 점유율 확대



사업배경 및 비전

Business background and Vision



비전통오일의 향후전망

» 유가 불확실성 증대 및 비전통오일 역할 증대



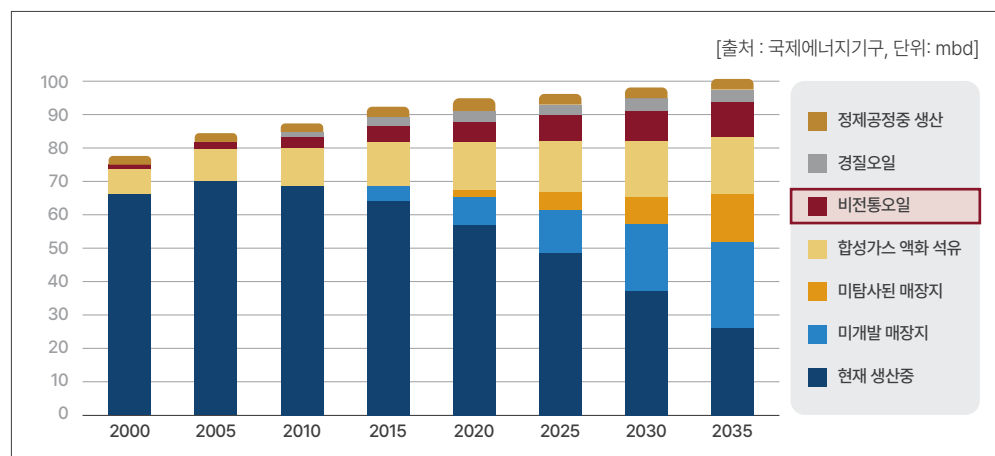
미국

전통오일의 공급 감소 및
비전통유 채굴을 통한 유가 안정 도모

대한민국

- 원유 도입국 다변화 추진
- 그러나 여전히 높은 **중동 의존성 (73.5% 중동 수입_2018)**
- '제5차 해외자원개발기본계획'을 통한 캐나다 오일샌드사업 추진중

» 원유별 세계 오일 공급 전망

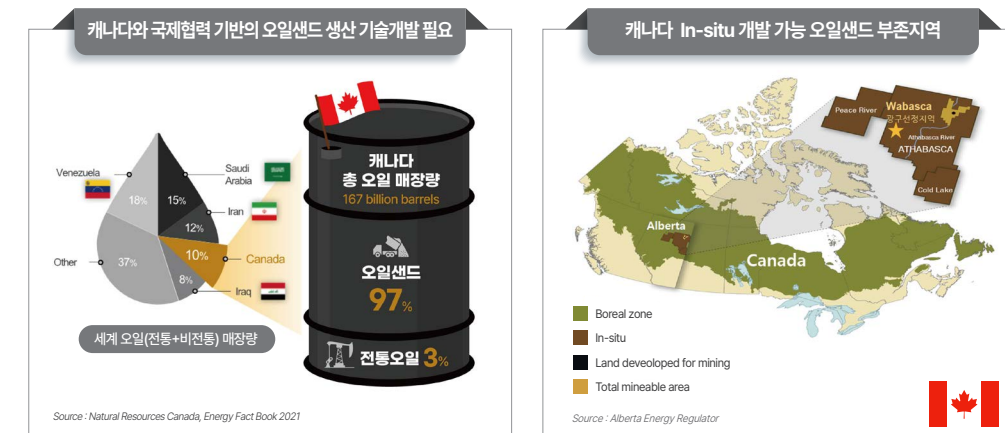


전통오일 공급
연평균 **2.0%**

비전통오일 공급
연평균 **2.3%**

비전통 오일 생산단가 현재 **배럴당 \$51** 수준 » 기술개발로 생산단가 **절감** 가능

국제 협력 기반 비전통오일 생산



비전통오일은 캐나다와 베네수엘라에 가장 많이 매장되어있다고 알려져 있습니다.

캐나다의 오일샌드 매장량은 전 세계 매장량의 71.6%에 달하며, 베네수엘라의 초중질유는 전 세계 매장량의 97.9%에 달합니다. 베네수엘라정부는 개발을 제한하고 있어, 접근이 불가능 하지만, 오일샌드 개발이 개방된 캐나다와는 국제협력이 가능합니다.

따라서, U-TOP PIONEER는 캐나다와의 국제협력을 통해 오일샌드 생산기술을 개발하고자 합니다.

기존 (As-Is)



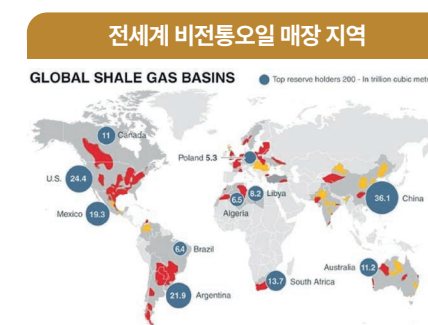
해외 플랜트 80% 중동 및 아시아

하류 중심



정제, 석유화학, 발전

필요 (To-Be)



미국, 캐나다 등 수주 필요

중상류로 다변화



생산, 처리, 운송

사업배경 및 비전

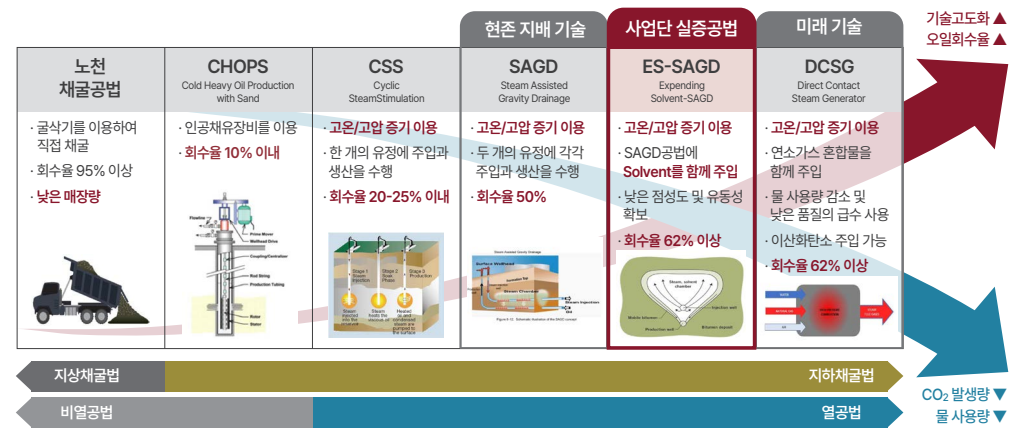
Business background and Vision



원천기술 확보 필요성

비전통오일은 2000년도 이후 생산되기 시작했으며, 전통오일의 생산법에 비해 비용이 많이 들고 **화학약품과 물의 사용으로 환경오염의 원인이 되기도 합니다**. 전통오일자원이 고갈됨에 따라 비전통오일의 시장의 확대는 불가피해 보이며, **오일시장의 주도권이 전통오일 수출 주도국인 중동국과 러시아에서 미국, 캐나다, 중국, 유럽 등 비전통오일 보유국으로 이동할 것으로 전망됩니다**.

» 오일샌드 생산 기술의 발전



사업단 연구개발 추진노리

사업추진 필요성	사업 기술개발 내용	수행효과
- 상류부문 설계역량 저조 · 상류부문 개념·기본설계 등 핵심역량 강화 필요 - 플랜트 건설 수주 감소 · 해외건설 침체 지속 및 상류부문 기술확보 필요 · 오일분야 플랜트 산업 활성화 필요 - 진출지역·공중 편중현상 개선 시급 · 해외 플랜트 80% 중동 및 아시아 지역 위주 - 오일생산에 탄소 배출 및 환경규제 강화 - 현지 진입장벽 (기술력, 규제, 시험·인증절차) 존재	- 고부가가치 영역인 비전통오일 개념·기본설계 기술 확보 - 상류부문 핵심역량 강화를 통한 해외 오일분야 플랜트 수주 증대 - 원천기술 확보를 통한 전세계 비전통오일 매장 지역(미국, 캐나다)으로 진출지역 확대 - 저탄소 공법 (ES-SAGD) 사용 및 공정 효율증대를 통한 환경적 기여 - 현지화 시험·인증(통합·실증)을 통한 상용화 기반마련	기술력 동등 수준 도달 (21년 70% > 28년 90%) 국산화율 80% 달성 환경영향 스팀사용량 17% 탄소배출 27% 저감 생산유발 약 8,500억 원 고용유발 약 2,000명 해외진출 매출 20% 증대

기술개발 기대 효과



'22 사업단 운영 결과

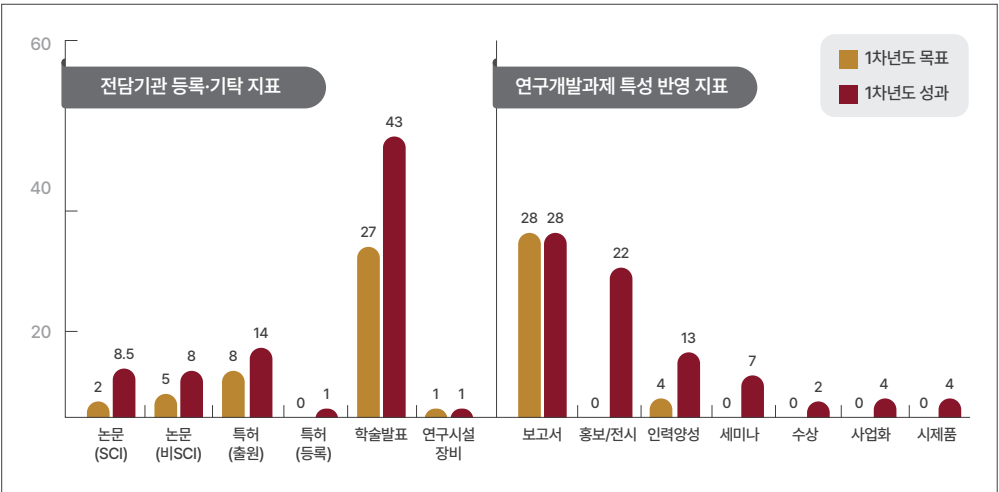


사업배경 및 비전

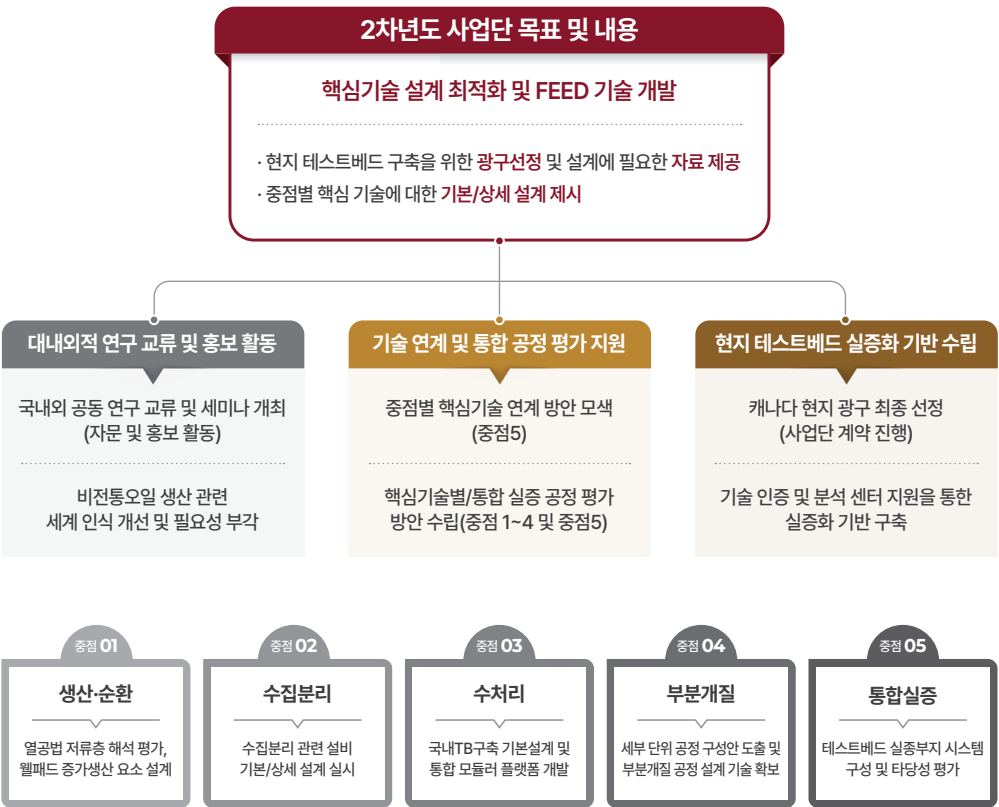
Business background and Vision



'22 정량적 연구성과 > 1차년도 정량적 목표 대비 연구성과 초과 달성



'23 목표 및 내용



총 괄 비전통오일 생산플랜트 건설 핵심기술 개발 및 실증 지원

중점 01 비전통오일 친환경·고수율 회수 및 순환시스템 기술 개발

중점 02 오일 함유 다상 혼합물질 수집 및 분리설비 기술 개발

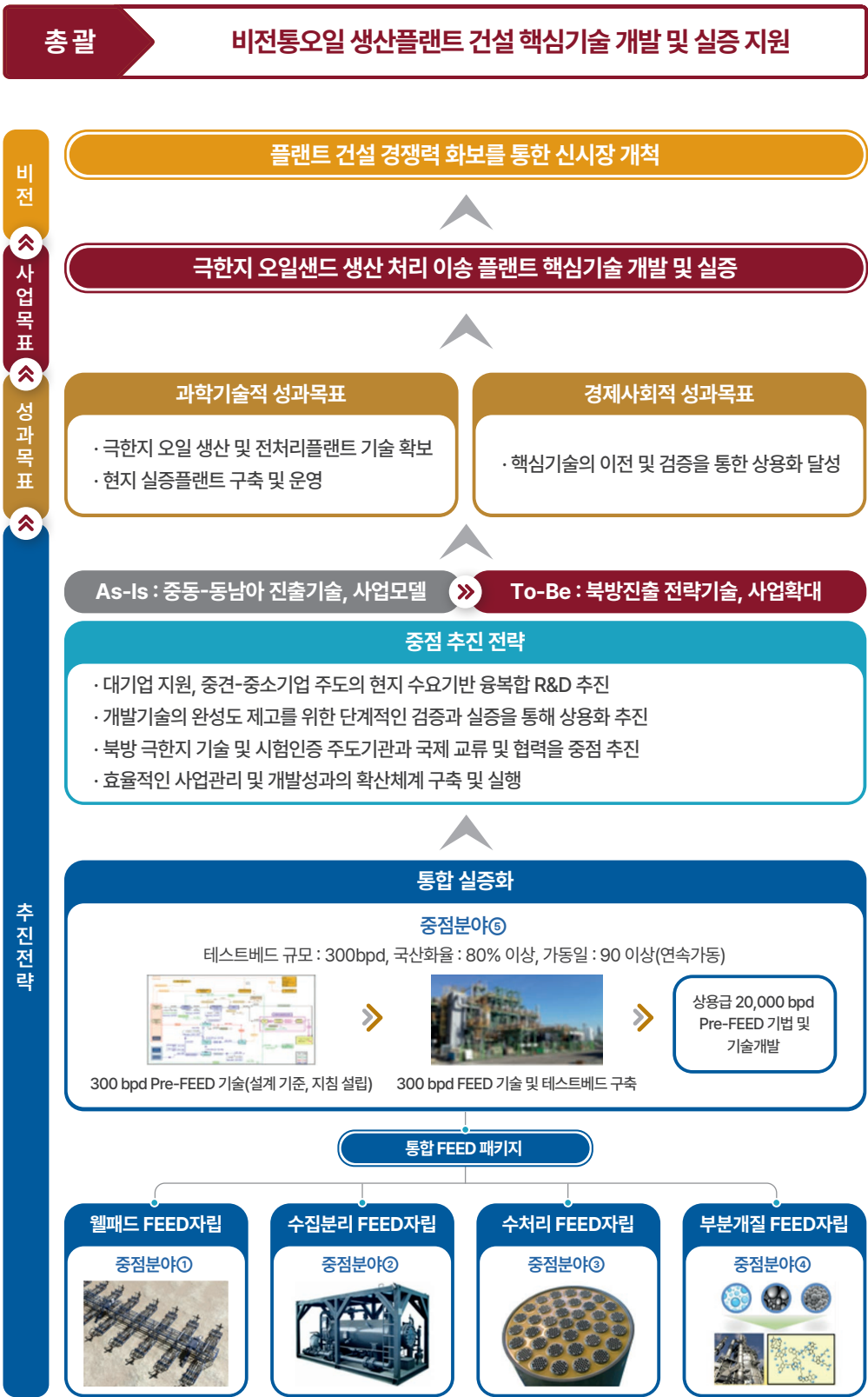
중점 03 생산수 계통의 오일제거 및 수처리 복합공정 설비기술 개발

중점 04 비전통오일 장거리 수송용 부분개질 기술 개발

중점 05 오일 생산플랜트의 패키지화 설계 및 통합실증 기술 개발

연구 과제명

연구비전 및
추진전략



사업단 로드맵



중점 1 (생산순환)



비전

중점 1

오일샌드 회수 기술 자립화를 통해
비전통오일 생산플랜트 상류 부분 진출 기반 확보에 기여

연구목표

온실가스 배출저감 및 비전통오일 회수율 증진을 위한
친환경·고수율 열공법 및 유동·순환 설비 자립기술 실증 개발

친환경 하이브리드 열공법 및
운영 제어기술 개발

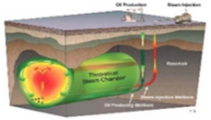
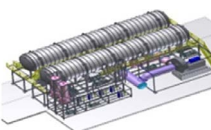
웰패드 시스템 생산유체
회수·분리기술 개발

고효율 모듈형 증기 생산 및
유동적 지하주입 설비기술 개발

통합 모듈형-웰패드 열캐리어
가압 스테이션 기술 개발

최종 성과목표

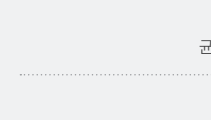
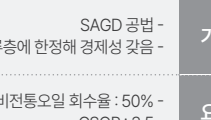
하이브리드 열공법	주입·유동성 향상	회수·그룹분리 기술	웰패드 시스템 통합
대표성능			
CSOR 2.9 이하 회수율 62% 이상	Qs = 100% Qg = 95%	미터링 : 3상, AER 17 그룹분리 : API 23	B.P 8,400 bpd/pad 수명 15년 이상
· 열공법 · 지하회수 설계/운영지침 · 비투맨 회수증대 · 증기량 감소, 에너지 절감	· 증기생산 통합계통 · 복합 열캐리어 설계집 · 효율적 운전 · 시스템 안정성	· 테스트 분리유닛 · 그룹분리장치 구조형식 · 비투맨 유동성 증대 · 수율, 에너지 효율 증가	· 모듈화 웰패드 FEED · 구조수명 설계집 · 웰 및 기능장치 탑재 · 수명·비용 최적화
타겟시장			
기술사, 엔지니어링사 (엔지니어링)	기술사, 엔지니어링사 (엔지니어링)	기술사, 엔지니어링사 (엔지니어링)	기술사, 엔지니어링사 (엔지니어링)

구성기술1	열공법 및 운영 제어 기술 개발	구성기술2	웰패드 및 수집·분리 기술 개발
	· 하이브리드 열공법 · ES-SAGD 최적화		· 웰패드 모듈 구조 설계·제작 · 생산유체 그룹분리장치 · 생산관 단열/유동
구성기술3	모듈형 증기 생산 및 주입 기술 개발	구성기술4	모듈형 복합열캐리어 기술 개발
	· 고품질 증기생산 · 생산가스 주입스테이션		· 복합열캐리어 설계·제작 · 연소기 모델링·제어 · 연소기 연료계통 제작

추진전략 및 방향



연구활동 및 성과

1단계	2단계
· 열공법 저류층 모델링 및 해석 평가 · 웰패드 개념 및 기능 설계 · 웰패드/증기생산 요소 설계	· ES-SAGD 회수율 평가 및 운영지침 마련 · 증기생산/웰패드 탑재설비 · 웰패드 통합설계 검증
	
1,2차년도	3,4차년도
· 중점1 설비 실시 설계 지원 · 상용급 핵심설비 사양서	· 운전/적합성 평가 피드백 · 핵심설비 · 생산가용도 평가 · 열공법/웰패드 실증 보고 · 설계 및 제작 도서
	
5차년도	6,7차년도

AS-IS TO-BE

AS-IS (기존기술)		TO-BE (개발기술)	
구성기술1	열공법 및 운영 제어 기술 개발	기술수준	요구성능
SAGD 공법 - 균질 저류층에 한정해 경제성 있음 - 비전통오일 회수율 : 50% - CSOR : 3.5 -		· ES-SAGD 공법 · 균질+불균질 저류층의 경제성 확보 가능 · 오일 회수율 극대화 및 CO2 배출량 저감	· 비전통오일 회수율 : 62% 이상 · CSOR : 2.9 이하
구성기술2	웰패드/수집분리 기술	기술수준	요구성능
원격지 기능 설비 분산 시공 - 웰패드 시스템 마모·부식성, 생산관 열손실 - 국내 기업의 장치 성능(온도, 시추압력) 충족 어려움 -		· 웰패드 시스템을 위한 모듈화 집중 설치 구조 · 고순도 증기 발생 및 고온·고압 증기 생산기술 · 생산관 열손실 방지 기술	· 1개 웰패드 8,400bpd/pad 유량 처리 가능 · 100% 모듈화 웰패드 시스템 및 인젝션 설비 개발
구성기술3	증기생산 및 주입기술	기술수준	요구성능
고온·고압의 고순도 증기 생산, 공급(SAGD) - API 610, 품질/순도 95% -		· 생산촉진 가스를 주입부(가압관)로 가압·공급(ES-SAGD)	· API 610, 품질/순도 100%, 공급온도 314°C
구성기술4	복합 열캐리어 기술	기술수준	요구성능
에너지 소비량 저감 및 회수율 증진 필요 - 기술수준 75%, TRL 4 - 복합열캐리어 연소기 기하율 -, 가열온도 300°C -		· 낮은 품질 급수 직접 분사로 효율성 향상	· 기술수준 95%, TRL 8 · 복합열캐리어 연소기 기하율 95%, 가열온도 300°C

중점 2 (수집분리)



비전

중점 2

오일샌드 수집 및 분리 핵심기술 개발을 통한
비전통 오일 생산 플랜트 건설 경쟁력 확보

연구목표

01

수집·분리 핵심 설비 설계·제작·모듈화 및 성능 평가

02

핵심 설비 모듈 테스트베드 시운전·연속운전을 통한 공정최적화

03

상용급 비전통오일 생산플랜트 기본설계 기술 개발

최종 성과목표

최종목표

오일샌드 다상 혼합물질의 수집 및 분리 설비 기술개발

구성기술 1



- 3상 유수분리기, 슬러지 이송 펌프 설계·제작, 모듈화
- 분리 효율 97% 확보
- 다상혼합물 수집·분리 기술 개발



구성기술 2

Desalter

(HSG중공업/엘츠이엔비/기온이엔에스)

- 탈염 설비 설계·제작, 모듈화
- 전기적 탈염 시스템 제어로직 개발
- 탈염 후 잔여 염 함유량 5 PTB 이내 확보



구성기술 3

Desander

(에이치엔티/고동기술연구소)

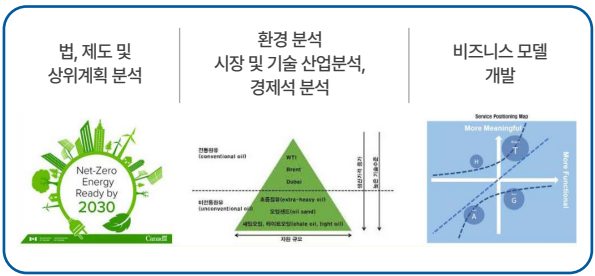
- 모래 등 미립자 제거기술 개발
- 미립자 제거기 설계·제작, 모듈화
- 모래 등 이물질 분리 효율 97% 확보 (primary desander)



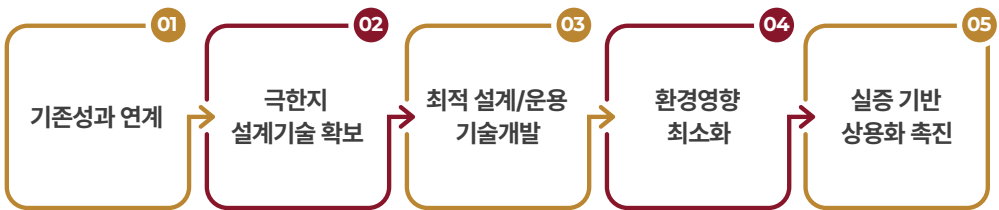
환경분석

환경 및 시장분석
(리코컨설팅)

- 수집 및 분리 설비 기술 환경영향 분석
- 에너지 및 탄소배출량 저감 방안 도출



추진전략 및 방향



연구활동 및 성과

1,2차년도	3,4차년도	5차년도	6,7차년도
· 선행기술 조사 및 분석 · 분리성능 연구 모델 확립 · 수집·분리 핵심설비 설계	· 설계 인자분석 및 DB구축 · 핵심설비 상세설계 및 제작 · 성능평가 및 표준인증 수행	· 핵심설비 최적설계안 제시 · 실증 테스트 전략 수립 · 시운전 절차서/매뉴얼 작성	· 실증 시운전 및 운영성 평가 · 연속 운전 및 설비 개선 · 통합 실증 운영 최적화

AS-IS TO-BE

AS-IS (기존기술)		TO-BE (개발기술)	
구성기술1	다상 혼합물질 수집 및 분리설비 기술개발	기술수준	· 외산기술 적용 및 분리설비 수입 의존 · 중동 및 아시아 지역 위주 진출지역 편중으로 극저온 환경 고려 설계역량 부족
		기술수준	· 3상 유수분리 설계 완전 기술 확보 및 처리 시간 단축 · 물 재이용을 증가 및 에너지 비용 저감 · 극한지 환경에서의 고정성 비투먼 이송 펌프 개발
		요구성능	· 3상 유수분리기 : 분리효율 97% 이상 · 이송 펌프 : 토출량 840 BPD · 이송 펌프 : TDH 152 m · 이송 펌프 : 최저 작동온도 -45 °C
구성기술2	오일 처리 기술개발	기술수준	· 플랜트 설비 부식 방지 및 오일 품질 향상을 위한 염 제거기술 · 현지 최저 기온환경(-45°C)에서 사용 가능한 염제거 기술 국내 미보유 상태
		기술수준	· 극한지 환경 고려 탈염설비 제어로직 운영 기술 개발 · 현지 오일샌드 생산 환경에 적용 가능한 정전기적 유착 방식 탈염 설비 기술 개발
		요구성능	· 탈염 설비 : 오일 중 염 함유량 < 5 PTB · 탈염 설비 : 오일 중 물 함유량 < 0.1% · 탈염 설비 : Drain수 중 오일 함유량 < 100 ppm
구성기술3	미립자 제거 기술개발	기술수준	· 대형 설비로 부피가 크고 이동 및 설치 어려움 · 극저온 환경에서의 미립자 분리 효율 저하
		기술수준	· 컴팩트한 모듈 시스템 구성으로 이동 및 설치 용이성 확보 · 현지 극저온 환경조건 및 오일샌드 플랜트에 적합한 미립자 제거 설비 개발
		요구성능	· 모래 등 이물질 분리효율 97% 이상(Primary desander) · 모래 등 이물질 분리효율 92% 이상(In-line desander)

중점 3 (수처리)



비전

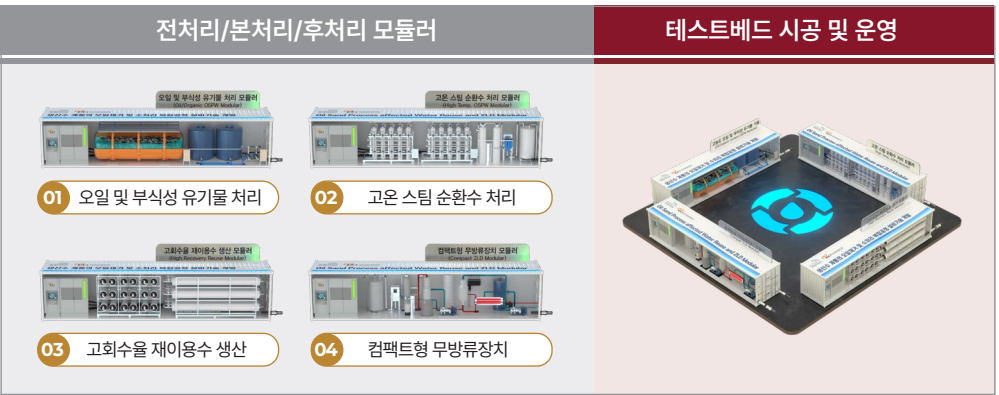
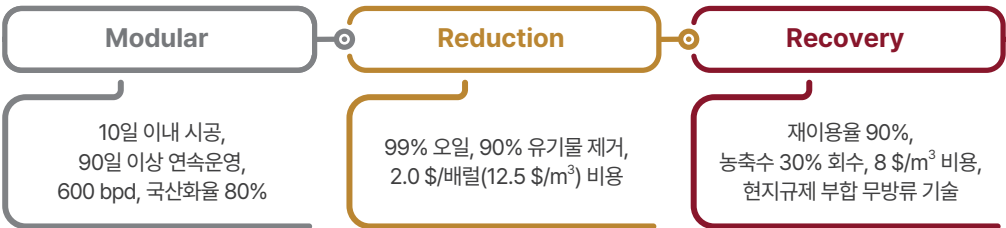
중점 3

차세대 비전통자원 생산수 재이용 및 무방류 기술 개발, 해외 TB 실증을 통해 미래시장을 선도하는 강소형 글로벌 리더로 성장

연구목표

현장 환경 및 현지 규제에 부합한 국산소재활용 고효율 생산수 재이용 및 무방류기술 자립

최종 성과목표



성과목표	01 모듈러 통합시공/운영	02 오일제거 유도가스부상	03 고온 생산수 대응 전극 및 분리막	04 고회수율 재이용 및 무방류
대표성능	10일 이내 시공 90일 운영 (운영중지 0%) · 모듈화, 현장규제 부합 · 설계(20,000 bpd) ▶ 시뮬레이션/최적화 ▶ 비대면 원격지원	오일 제거 90% · Bitumen API 고려 · 오일제거 ▶ 후속공정 영향최소화 ▶ 비대면 원격지원	유기물 90% 제거 오일농도 1ppm · 고온 생산수 · 부식성 막오염저감 ▶ 생산성 향상 ▶ 무약품(친환경성)	재이용률 90% 농축수 30% 회수 · 저비용(8 \$/m3) · 고회수율, 무방류 구현 ▶ 효율적 운전 ▶ 시스템 안전성
수혜자 (타겟시장)	기술사, 엔지니어링사 (엔지니어링)	기술사, 제작사 (엔지니어링, 제작조달)	기술사, 엔지니어링사 (엔지니어링)	기술사, 제작사 (엔지니어링, 제작조달)
기술분류 (RFP 기준)	구성기술 1	구성기술 2-1	구성기술 2-2	구성기술 3

추진전략 및 방향



연구활동 및 성과

1,2차년도(설계 및 개발)	3,4차년도(국내 T/B)	5차년도(해외 협력)	6,7차년도(해외 T/B)
· 해외 생산수 조건 DB 구축 · 국내 실증 부지 현장조사 · 모듈러 기본 설계 · 공정 시뮬레이션 모델	· 국내 실증 T/B 구축 및 평가 · 모듈러 상세 설계 · 소재 및 장치 국산화 · 통합공정 시뮬레이션 모델	· 사업단 연계 해외 T/B 확보 · 해외 T/B 현지조사 · 현지 맞춤형 모듈러 개선 · 국내 T/B 운영 DB확보	· 해외 T/B 시공 및 운영 · 혼합현실 적용 원격지원 · 사업단 공유 플랫폼 개발 · 20,000 bpd FEED 확보

AS-IS TO-BE

AS-IS (기존기술)	TO-BE (개발기술)
구성기술1 비전통오일 맞춤형 수처리 통합공정 시공 및 운영관리 기술	기술수준 · 3상 유수분리 설계 원천 기술 확보 및 처리 시간 단축 · 각 단위공정별 모듈러 및 이동/원터치 조합 설계기술 반영한 수처리 통합공정 모듈러 개발 · 혼합현실 기반 비대면 통합 모니터링 및 운영/유지관리(진단) 시스템 개발 · 국내 테스트베드 활용 성능보고서 확보 및 검증 완료된 모듈러를 통해 해외 실증 · 원격지 트러블 슈팅 발생시 신속대응 가능
요구성능 · 시공기간 30일 이내 · 가동 중지율 15일 이내 · 상용급 FEED 패키지 기술개발 사례 없음 · 고온의 스팀용수, 저온의 외부환경온도 등 극한지 환경조건사업 경험 미비	요구성능 · 시공기간 10일 이내 · 90일 이상 무중단 연속운전 · 상용급 FEED 패키지 기술개발 사례 없음 · 고온의 스팀용수, 저온의 외부환경온도 등 극한지 환경조건사업 경험 미비
구성기술2 수집분리 공정 처리수 수질변동 대응 전전처리/전처리 기술	기술수준 · 현장 혼합가스유도를 통한 IGF 최적화기술 확보 · 막오염 방지를 위한 부식성 유기물 저감 · 세라믹 분리막 모듈화/국산화 기술 확보 및 실증
요구성능 · 유기물 제거효율 85% 이상 · 유류 성분 제거효율 90% 이상 · 전처리 비용 3.0\$/배럴 이상 · 공정기술 국산화율 30% 이하	요구성능 · 유기물 제거효율 90% 이상 · 유류 성분 제거효율 99% 이상 · 전처리 비용 2.0\$/배럴 이하 · 공정기술 국산화율 80% 이상 달성
구성기술3 고품질 재이용수 생산을 위한 고회수율 본처리/후처리 기술	기술수준 · 환경 규제로 인해 친환경적 기술 요구 (해외 선도기업 GE 등 특허분쟁) · 외산 의존도 높은 이온교환수지 적용
요구성능 · 물 재이용율 85% 이하 · 농축수 회수율 20% 이하 · 공정기술 국산화율 30% 이하	요구성능 · 물 재이용율 95% 이상 · 농축수 회수율 30% 이상 · 공정기술 국산화율 80% 이상 달성

중점 4 (분리개질)



비전

중점 4

장거리 이송용 합성원유를 생산하는 오일샌드 부분개질 기술 실증을 통한 비전통오일 상류 부분 진출의 기반 확보

연구목표

연구 사업 목표

고점성의 비전통오일로부터 고가의 희석제를 사용하지 않고 장거리 파이프라인 이송용 합성원유를 생산하는 부분개질 기술 개발 및 실증
1단계 → 부분개질 촉매 및 공정 설계 기술 개발 2단계 → 실증 설비 성능 평가 및 최적화

세부 목표

- 구성기술 1 파이프라인 이송용 합성원유 생산을 위한 부분개질 촉매 기술 개발
- 구성기술 2 비전통오일의 열공법 생산 공정(ES-SAGD)과 연계된 부분개질 반응기/공정 기술 개발

최종 성과목표

PUB Process

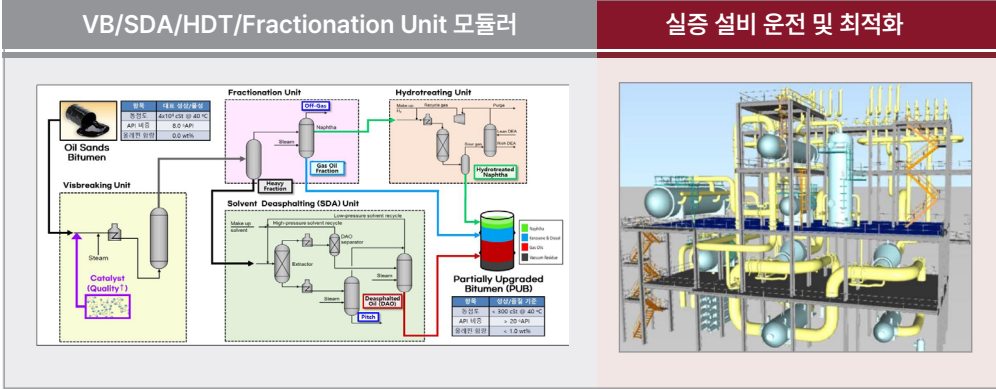
동점도 300 cSt, 비중 20 °API
30,000 \$/BPD 비용

Catalyst

물 기반 Bimetal Oxide 계열
촉매 코크 저감율 40 %

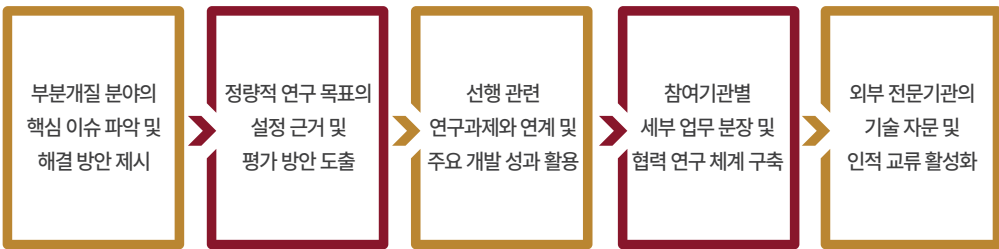
Modular

60일 이상 실증 설비 운전 가능
20 BPD 모듈러



성과목표	01 물 기반의 부분개질 촉매 설계 및 양산 기술	02 실증 규모의 부분개질 공정 설계 및 최적화 기술
대표성능	5kg/일 생산 규모 코크 저감율 40% 이상 ·수첨분해 수준의 성능 확보 ·상용 규모의 촉매 생산 기술 ▶ 잔사유 전환율 향상 효과 ▶ 물 기반의 이중 금속 촉매	20배럴/일 투입 규모 동점도 300 cSt 이하 ·단위 구성 설비의 모듈화 ·설계 (20,000 배럴/일) ▶ 후속공정 영향최소화 ▶ 비대면 원격지원
수혜자 (타겟시장)	촉매 개발/생산 회사 (촉매 설계, 촉매 생산 등)	건설 회사, 엔지니어링 회사 (제작 조달, 엔지니어링 등)
기술분류 (RFP 기준)	구성기술 1	구성기술 2

추진전략 및 방향



연구활동 및 성과

1,2차년도	3,4차년도	5차년도	6,7차년도
·부분개질 특성 파악 테스트 ·부분개질 실증 공정 기본 설계 ·물 기반 부분개질 촉매 개발	·부분개질 실증 공정 상세 설계 ·실증 구성 설비 발주 및 제작 ·부분개질 촉매 생산 기술 개발	·실증 설비 이송 및 현장 설치 ·실증 설비 시운전 및 수정/보완 ·촉매의 현장 적용 테스트	·실증 설비 연속 운전 및 최적화 ·촉매 평가 및 양산 기술 개발 ·상용 공정의 설계 자료 도출

AS-IS TO-BE

AS-IS (기존기술)

구성기술1 물 기반의 부분개질 촉매 설계 및 양산 기술

기술수준: Asphaltenes molecule (< 20 nm) Full Upgrading, Middle distillates, Light distillates, Unsupported MoS₂ single-layer (< 10 nm)

요구성능: 고압의 수소를 사용함, Full Upgrading (완전개질 기술), Fuel 생산을 목표로 함

구성기술2 실증 규모의 부분개질 공정 설계 및 최적화 기술

기술수준: SAGD, Diluted Bitumen (DIBit), CDU, VDU, Coker, HDS, Liquid Products, Cokes Sulfur

요구성능: 희석제를 30 vol% 함유한 DIBit 생산, 대규모 (> 10만 BPD) 완전개질 공정, 희석제 구입비 및 투자/운전 비용 증가

TO-BE (개발기술)

구성기술1 물 기반의 부분개질 촉매 설계 및 양산 기술

기술수준: 물 기반 촉매, 부분개질 반응기, 물 기반 촉매로 도출 기술, 물 기반 촉매, 물 기반 촉매

요구성능: 물을 사용함, Partial Upgrading (부분개질 기술), 유동성만 강화하여 추후 타깃 생성물 생산 공정 활용 가능

구성기술2 실증 규모의 부분개질 공정 설계 및 최적화 기술

기술수준: SAGD, Sour SCO, Partial Upgrader, CDU, HDS, Liquid Products, Sulfur

요구성능: 350 cSt, 19 oAPI의 PUB 생산, 소규모 (< 3만 BPD) 부분개질 공정, 저렴한 투자 비용 (< 3만 US\$/BPD)

중점 5 (통합실증)



비전

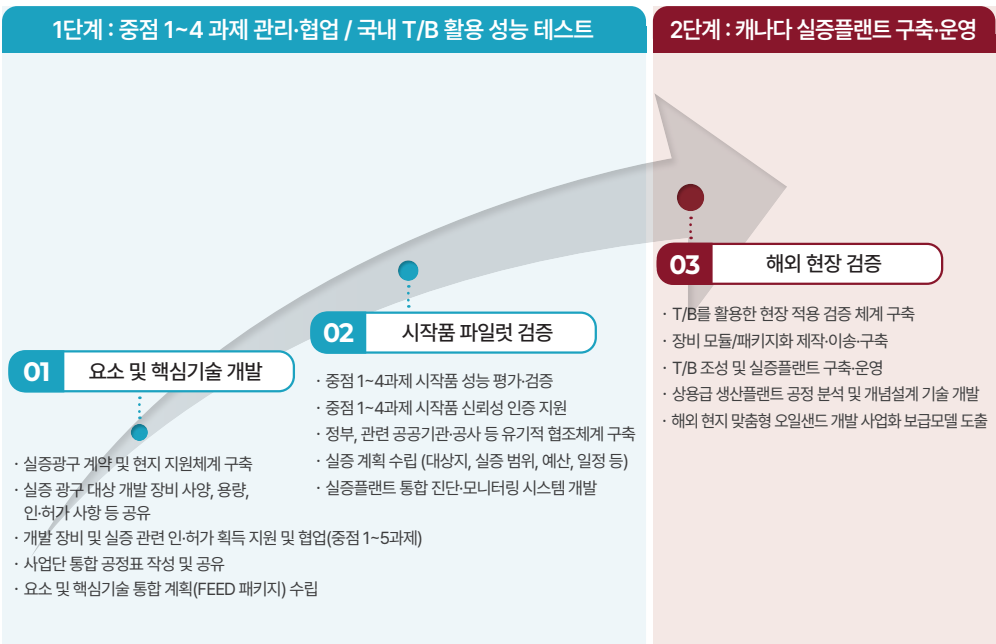
연구목표

최종 성과목표

추진전략 및 방향

연구활동 및 성과

AS-IS TO-BE



AS-IS (기존기술)		TO-BE (개발기술)	
구성기술1	오일 생산 플랜트의 Pre-FEED 기술 개발	기술수준	상용급(20,000배럴/일) 비전통오일 생산플랜트 FEED & 상세설계 기술 확보
비전통오일 생산플랜트 일부 구성 장비에 대한 설계 기술 보유		요구성능	- Pre-FEED 설계 기술 - FEED 패키지 설계 기술
구성기술2	오일 생산 플랜트의 통합 실증 기술 개발	기술수준	파일럿 규모 비전통오일 생산플랜트 구축·운영기술 확보 및 사업화 기반 마련
비전통오일 생산플랜트 구축·운영 경험 부족		요구성능	- 300배럴/일 오일 생산 - 생산플랜트 90일 운전

용어정리



	용어	설명
중점1	비전통오일 (Unconventional oil)	전통적인 석유시추법과는 다른 방식으로 추출하는 오일로서, 오일샌드, 초중질유, 타이트오일, 오일세일 등이 해당
	오일 산업 중·상류 부문	오일 산업에서 상류(upstream)는 원유의 개발탐사 및 생산을 담당하고, 중류(midstream)는 원유를 수송하여 가공, 정제하는 부문
	배럴 (Barrel)	원유 및 기타 석유 제품의 양에 대한 척도 (1배럴 = 42갤런 = 약 159L) (즉, BPD, bbl/d, bd, b/d는 하루 동안 생산/소비하는 원유의 양)
	비튜멘 (Bitumen) / 역청	천연적으로 얻을 수 있는 탄화수소류 또는 그 비금속 유도체 등의 혼합물을 총칭하는 것으로서, 원유나 아스팔트, 피치, 석탄 등을 의미
	SAGD (Steam assisted gravity drainage)	두 개의 시추정(주입정, 생산정)을 통하여 스팀을 주입한 후 스팀 챔버를 생산하여 중력효과에 의해 비전통오일을 생산하는 방식
	ES-SAGD (Expanding solvent-SAGD)	스팀과 탄화수소 용매를 혼합하여 주입한 후 스팀 챔버를 생성하여 중력효과에 의해 비전통오일을 생산하는 방식 (SAGD 기존 설비의 활용이 가능하며, 스팀의 사용 및 이산화탄소 발생 감축 가능)
	하이브리드 열공법	솔벤트 등 다양한 물질을 스팀과 혼합 주입하여 생산 효율을 높이는 공법 (저류층 불균질성을 고려한 생산 효율 향상을 위한 시추공의 배열구조 및 열손실층 보완 등 다양한 기법 포함)
	CSS (Cyclic steam stimulation)	하나의 시추정으로 스팀을 주입(약 2개월)하고 약 2주간의 Soak 기간을 갖은 후에 비전통오일을 생산하는 방식 (SAGD 공법에 비해 비교적 심도가 깊은 곳에 적용 가능하며, 원유의 최종 회수율은 약 25% 내외)
	Vapex (Vapor extraction)	스팀은 활용하지 않고 탄화수소 용매만으로 비전통오일을 생산하는 공법 (탄화수소 용매의 확산을 이용한 방법으로 스팀을 활용할 때보다 진행 속도가 1/1000 이상 느려져 생산성 낮음)
	SOR (Steam-oil ratio)	주입되는 스팀의 양을 생산되는 오일의 양으로 나눈 지표 (값이 작을수록 적은 스팀의 양으로 많은 양의 오일 생산)
	CSOR (Cumulative steam-oil ratio)	주입된 누적 스팀의 양을 누적 오일 생산량으로 나눈 지표
	주입물질	지하 저류층에 부존하는 오일이나 가스를 지상으로 추출하기 위하여 지하에 주입하는 증기, 물, 생산가스 등을 지칭
	웰헤드 (Wellhead)	지하 저류층의 오일이나 가스의 추출을 조절, 모니터링하기 위한 시추정 표면의 구성 요소. 또한 지하 저류층의 상승 압력에 의한 오일, 가스, 스팀 등이 유정 밖으로 분출되는 것을 방지하도록 구성
	웰패드 (Well pad)	지하 저류층과 중앙공정설비의 중간에 위치하여 웰헤드를 통해 주입정과 생산정을 연결하고, 시험분리기/그룹분리기 등을 집적화한 설비

중점1	생산유체	스팀이나 물, 생산가스가 지하 저류층을 지나면서 비튜멘, 모래 등과 혼합되어 지상으로 분출하는 혼합물
	시험분리기 (Test separator)	지상으로 분출되는 혼합물에서 기체, 액체, 고체 등의 유량이나 성분 시험을 용이하게 하는 장치
	그룹분리기 (Group separator)	생산 유체 혼합물에서 액상과 기상 그룹으로 대별하여 분리하고 침전물을 1차 배출하는 장치
	VIT (Vacuum insulated tubing)	진공단열관이라고도 하며, 내관(inner tube)과 외관(outer tube) 사이를 진공으로 유지하여 단열성능을 향상시킨 생산관
	CPF (Central process facility)	비전통오일 생산에 필요한 증기생산, 가압설비, 유수분리장치, 오일제거, 수처리, 증발, 유틸리티 등을 일정한 구역에 통합 배치
	복합 열캐리어 (Hybrid heat carrier)	스팀과 천연가스 등을 혼합하여 생성된 혼합연소가스를 저류층에 전달하여 기능을 가진 설비
중점2	3상 유수분리기 (FWKO, free water knock-out)	밀도차와 중력 침강 방식을 이용하여 혼합물 (오일, 가스, 물, 기타 불순물)을 분리하는 장치로 수평 방식과 수직 방식으로 구분
	모래제거기 (Desander)	밀도가 다른 유체 혹은 고체를 원심력과 중력 방식을 이용하여 분리하는 장치로 철, 화학, 세라믹 등 다양한 작동유체 및 입자 처리 가능
	탈염설비 (Desalter/oil treater)	원유속에 남아있는 염성분을 제거하는 설비(전기 흡착방식을 이용하여 오일내 물을 응집하고, 오일과 물의 밀도차이를 이용하여 분리)
	슬러지 펌프 (Slurry pump)	오일 함유 혼합물을 이송하기 위한 펌프로 고점성 유체를 이송하기 위해 터보형, 용적형, 특수형 등이 많이 사용되며 내마모성이 확보된 펌프
	PTB (Pounds per thousand barrels)	1,000 배럴당 오일 내에 포함되어 있는 염 성분 혹은 혼합물 함유량(파운드)을 나타내는 척도
	TDH (Total dynamic head)	펌프의 성능지표 중 하나로 펌프가 유체를 밀어내는 힘을 길이 단위(m)로 제시한 척도
	전산유체역학 (CFD, computational fluid dynamics)	컴퓨터 시뮬레이션과 같은 수치해석을 이용하여 유체의 거동(움직임)을 예측하고 모사하는 학문
중점3	가동 중지율	전체 시스템 가동 (연속 운전) 시간 대비 시스템 가동이 중단된 시간 비율 (즉, 가동 중지율 0%는 중단 없는 연속 운전 의미)
	오일샌드 공정 영향수 (OSPW, oil sands process- affected water)	채굴된 오일샌드에서 비튜멘을 분리하기 위해 부식성 온수 추출 과정을 거치며 생성된 물 (용해된 무기/유기 화합물의 복합 혼합 부산물 형태)
	ZLD (Zero liquid discharge)	폐수배출시설에서 배출되는 폐수를 방지사설을 거쳐 처리하고 순환/재이용 등의 방법으로 폐수를 방류하지 않는 시설 (폐수 무방류 설비)
	IGF (Induced gas flotation)	오일이나 고형물과 같은 부유물질을 미세 기포를 주입하여 상부 물질을 제거하는 수처리 기술

용어정리



중점3	CCRO (Closed circuit reverse osmosis)	삼투 이상의 압력을 가하여 염을 제거하는 역삼투 공정에서 회수율 증대를 위해 폐수환 방식으로 운전하는 기술
	CDI (Capacitive deionization)	전기 이중층 형성의 원리를 바탕으로 다공성 탄소 전극에 낮은 전압을 인가하여 흡/탈착을 통해 이온 성분을 제거하는 축전식 탈염 기술
	MCDI (Membrane CDI)	염수의 탈염 성능을 극대화하기 위해 이온교환막을 결합한 축전식 탈염 기술
중점4	부분개질 (Partial upgrading)	오일샌드로 대표되는 고점성의 비전통오일로부터 파이프라인 수송이 가능한 수준의 품질과 성상을 가진 합성원유를 생산하는 개질 기술
	수율(Yield) / 전환율(Conversion)	비튜멘 투입량에 대한 PUB의 중량 비율 / 비튜멘 중에 포함된 잔사유 성분(524 oC+)이 Visbreaking 과정을 통하여 전환(감소)한 중량 비율
	PUB (Partially upgraded bitumen)	부분개질 과정을 거쳐서 점도(< 350 cSt 이하)가 감소하고 밀도(19 °API 이상)가 증가된 오일샌드 비튜멘 (oil sands bitumen)
	아스팔텐 (Asphaltene)	오일샌드 비튜멘을 비롯한 중질유분에 포함된 성분 중에서 1,000 이상의 분자량을 가진 가장 중질 성분으로서 주로 중축합된 방향족 고리식 포화 탄화수소로 구성 (대부분의 이중 원자(황, 질소, 산소)와 금속 성분 포함)
	SDA (Solvent deasphalting)	פור판, 부탄, 펜탄 등의 탄화수소 계열의 용매를 이용하여 중질유분에 포함된 가장 중질 성분인 아스팔텐 성분을 분리하는 물리적 공정
	DAO (Deasphalted oil)	SDA 과정을 거쳐서 성분인 아스팔텐 성분이 분리된 생성물
	PDU (Process development unit)	Pilot 또는 실증 공정에 대한 설계 기본 개념 증명, 공정 경제성, 기술적 타당성 등을 확인하기 위하여 설치되는 실험 설비
	VB (Viisbreaking)	중질유분의 점도를 감소시키는 것을 목적으로 400~450°C 온도 범위에서 온화한 조건으로 중질질유분을 열분해하는 공정
	DilBit (Diluent-bitumen)	점성이 높은 오일샌드 비튜멘을 파이프 라인으로 수송하기 위하여 희석제(diluent)를 25~30 vol%의 비율로 혼합하여 점도를 낮추고 밀도를 높인 혼합물
	SynBit (Synthetic crude oil-bitumen)	점성이 높은 오일샌드 비튜멘을 파이프라인으로 수송하기 위하여 합성원유(synthetic crude oil)를 40~50 vol%의 비율로 혼합하여 점도를 낮추고 밀도를 높인 혼합물
	SynDilBit (Synthetic crude oil-diluent -bitumen)	점성이 높은 오일샌드 비튜멘을 파이프라인으로 수송하기 위하여 합성원유(synthetic crude oil)와 희석제(diluent)를 30~40 vol%의 비율로 혼합하여 점도를 낮추고 밀도를 높인 혼합물
	HDT (Hydrotreating)	80~120 기압, 350~400°C 범위의 조건에서 수소를 이용하여 중질유분에 포함된 황, 질소, 산소, 중금속 등의 불순물 성분이나 아스팔텐 성분을 저감하는 공정
	API 비중 (American petroleum institute gravity)	미국석유회회(API)에서 정한 비중으로 일반적인 비중(specific gravity)과 API 비중으로 구분 (즉, 일반적인 비중이 1.0인 물의 API 비중은 10.0 °API이고, 오일샌드 비튜멘의 API 비중은 8.0~9.0 °API 범위)

중점4	동점도 (Kinematic viscosity)	점성 유체의 점도를 동일 상태(온도, 압력)의 밀도로 나눈 값으로서, 보통 CGS 단위계의 Stokes(St : 1 cm ² /s)를 단위로 사용
	SIMDIS 분석 (Simulated distillation analysis)	보통 물리적인 증류를 통하여 측정되는 원유 및 석유화학 성분의 진비점 분포(true boiling point distribution)를 가스 크로마토그래피(gas chromatography)를 적용한 모사 방식을 이용하여 간접적으로 비점 분포를 분석하는 방법
중점5	Pre-FEED (Pre-front end engineering design)	타당성 조사를 포함한 개념설계를 의미(이후 FEED와 연계)
	개념설계 (Scheme design)	프로젝트의 초기 계획 수립과 주어진 환경조건에 맞춰 플랜트의 기초적인 개념을 설정하고, 기술적 리스크 분석 수행을 통해서 경제적 타당성 등을 검토하는 설계
	FEED (Front-end engineering design)	EPC 계약 전에 공사의 기본 토대를 마련하는 기본설계를 의미(플랜트 엔지니어링 절차는 개념설계-기본설계-상세설계-구매-시공- 시운전-유지보수의 단계로 진행)
	상세설계 (Detailed design)	연구 개발 과정에서 기본 설계 검토 이후 시제품 제작 여부를 결정하는 기술 설계
	EPC (Engineering, procurement & construction)	사전에 수행한 FEED 단계에 이어서 진행되는 단계로 상세설계-조달-시공을 의미
	뒤채움 (Backfill)	구조물의 시공 완료 후에 다짐/고르기하는 작업 (암거는 기초 저면부터 암거 상단면 또는 노상 저면까지 뒷채움, 교대 및 옹벽은 구조물의 기초 저면부터 노상저면까지의 뒷채움 진행)
	공정 설명도 (Process description)	원료에서 제품 완성에 이르기까지 공정 전체에 대하여 알기 쉽게 도해하여 표시
	설계기본자료 (BEDD, basic engineering design data)	기본설계 및 상세설계를 위해 제공하는 기초자료(설계기본수치)를 의미 (규정, 적용 가능한 규격, 코드, 표준 등 포함)
	공정 흐름도 (PFD, process flow diagram)	제품이 완성되는 과정을 이해하기 쉽도록 제품의 생산과정 및 흐름에 대해 간략하게 도식화한 것
	상세 공정 흐름도 (P&ID, piping and instrument diagram)	플랜트의 파이프와 기계들의 연결, 프로세스의 흐름과 제어의 관계를 도식화한 것 (현장의 엔지니어와 운전관리자가 프로세스에 대해 더 잘 이해할 수 있도록 도와주고, 기계가 어떻게 연결되어 있는지 정보 제공)
	공정 안전 보고서 (HAZOP (hazards and operability) report)	유해, 위험물질을 제조, 취급, 저장, 설비를 보유한 사업장의 중대산업 사고를 예방하기 위해 공정안전자료, 공정위험성 평가서 등을 사업주가 작성하여 정기적으로 고용노동부 장관에게 제출하는 법적 제도
	CSA (Canadian standards association)	캐나다 내 모든 주에서 전기기구, 전기기계, 전선류, 전기부품 및 석유 또는 가스연소기구와 관련된 제품에 대해 안정시험(인증)을 받도록 규제
	CWB (Canadian welding bureau)	구조물 용접에 관련된 회사의 인증 및 등록 기관으로, 2년마다 재평가를 거쳐 인증 필요
	CRN (Canadian registration number)	압력용기 또는 피팅의 설계를 위해 캐나다의 각 주 또는 영토에서 발행한 번호 (캐나다의 법률, 규칙 및 규정에 따라 정부의 안전 당국에 의해 시행)

U-TOP PIONEER



[BACKGROUND - White Color] 배경이 흰색일 경우 본항의 로고를 사용한다.

Full form

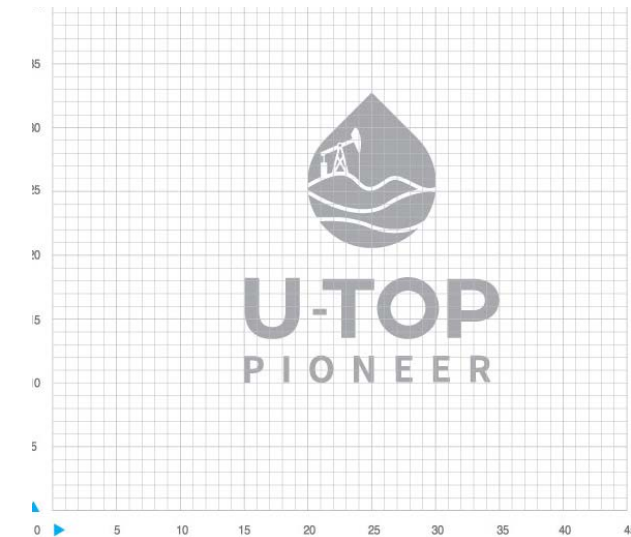
Untraditional Oil Production Plant with an Innovative Construction Technology and Enhanced Engineering Research

Concept

모래산의 이미지와 오일의 이미지를 형태화하여 심볼화하고, 모래에서 오일을 추출해 내는 방식의 비전통오일기술을 직접적으로 표현하여 아이덴티티화하였습니다.

심볼과 로고에 사용된 붉은 적갈색은 원동력, 혁명, 활력의 의미를 가지고 있으며 모래와 오일을 나타낼 수 있는 갈색과 검정색을 함께 사용하였습니다.

Grid



Main Color



C=30 M=100 Y=80 K30



C=0 M=40 Y=100 K=30



C=0 M=0 Y=0 K=100

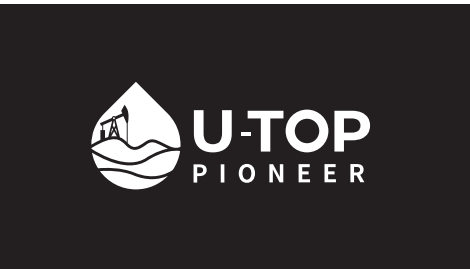
Main Color

- 배경이 주색상일 경우 본항의 로고를 사용한다.



Black Color

- 배경이 검은색일 경우 본항의 로고를 사용한다.



중점별 참여기관

중점 1



중점 2



중점 3



중점 4



중점 5

