

오일샌드 환경문제의 新해결책으로 떠오르는 THAI 기술

캐나다 앨버타 주에는 오일샌드 원유인 Bitumen¹⁾이 1천 7백억 배럴 가량 매장되어 있다. 오일샌드 덕분에 캐나다는 석유매장량이 사우디에 이어 2위이다. 그러나 오일샌드의 무궁무진한 잠재력에도 불구하고, 일반 원유에 비해 생산 비용이 높아 외면을 받아오기도 했다. 하지만 2000년대 중반부터 유가 상승에 따른 채산성 확대로 개발이 본격화 되며, 캐나다를 비롯한 각국 에너지 기업의 오일샌드 진출이 활발히 이루어지고 있다.

오일샌드 생산은 일반 원유 보다 많은 이산화탄소를 배출하고 토양을 오염시켜 환경문제가 큰 논란거리가 된다. 예컨대 2009년 12월 코펜하겐 유엔 기후 정상회담에서 가장 큰 이슈 중 하나는 캐나다 앨버타 주 오일샌드에서 오일 채굴작업에 따른 환경오염이었다. 2010년 2월에는 세계 최대 유기농 유통기업인 Whole Foods Markets와 가정용품 판매업체인 Bed Bath & Beyond가 환경 단체 ForestEthics의 앨버타 주 오일샌드 생산 원유 구입을 보이콧하는 캠페인에 공식 서명하며 캐나다 오일샌드의 환경문제를 직접 언급하기도 하였다.

오일샌드를 친환경적으로 생산할 수 있는 청정 기술 개발에만 성공한다면 환경문제를 해결하고 기술 판매를 통해 많은 이득을 창출할 수 있기 때문에 주요 에너지 기업에서 관련 기술 개발에 많은 투자를 하고 있다. 이러한 시점에서 지금까지 개발된 CSS(Cyclic Steam Stimulation)이나 SAGD(Steam Assisted Gravity Drainage) 기술보다 탄소 배출을 50%나 줄여주는 THAI(Toe-to-Heel Air Injection) 기술이 주목받고 있다.

새로운 In-situ 연소 채굴 기술, THAI

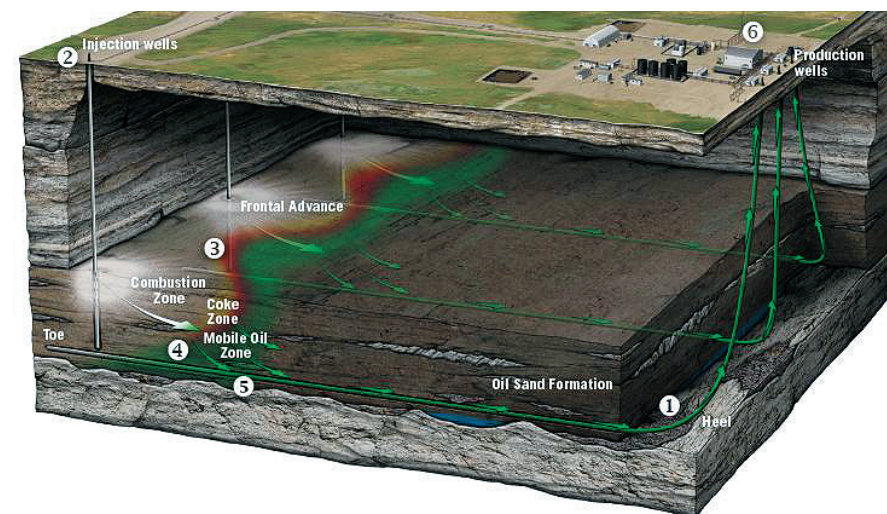
THAI 기술은 영국 University of Bath 화학과 교수인 Malcolm Greaves 박사와 캘거리에 위치한 Petroleum Recovery Institute (이하 PRI) 연구소의 Alex Tutra 박사가 1993년부터 공동 개발하였다. 1996년 PRI 회장인 Conrad Ayasse 박사가 CAPRI라는 촉매제 투여 기술을 접목한 오일 품질 향상에 성공하며 THAI 기술은 더욱 발전했다. 이후 앨버타 주정부 리서치 기관인 Alberta Research Council (이하 ARC)에 PRI가 합병되며 THAI 특허권은 ARC로 넘어갔다. 90년대 후반, ARC에서 SAGD 기술에 대한 연구가 더욱 활발히 진행되자, Conrad Ayasse 박사는 THAI 특허권을 재 취득하여 본인이 활동하던 Petrobank사로 특허권을 가져갔다. Petrobank 사로 기술

특허가 넘어간 후 본격적인 연구가 재개된 THAI 기술은 마침내 2006년 Whitesands 시범 프로젝트에 적용되었다.

THAI 기술은 수직 공기 주입 통로(Vertical Air Injection Wells)를 통해 오일 매장층에 공기를 주입한 후, 이 때 발생하는 연소로 원유를 부분 정제 시켜 수평 생산 통로(Horizontal Production Wells)를 통해 지표면으로 빼내는 기술이다. THAI 기술을 통한 원유 추출부터 생산까지의 과정은 크게 총 6단계로 구분된다.

- ① 수평 생산 통로를 석유층(Reservoir) 중심에 시추한다.
- ② 공기 주입 통로를 수평 생산 통로 끝 부분(toe)에 수직으로 시추한다. 유정보어(Wellbore) 근처 석유층을 뜨겁게 하기 위해 2~3개월 동안 스탬을 수평 생산 통로와 수직 공기 주입 통로를 통해 공급한다.
- ③ Bitumen/중유의 온도가 섭씨 600도 수준에 도달하면 수직 공기 주입 통로를 통해 공기를 주입한다. 공기가 뜨거워진 Bitumen/중유와 만나면 자연스럽게 연소 반응이 발생한다.
- ④ 수직 공기 주입 통로를 통한 공기 주입으로 시작된 연소 반응은 수평 생산 통로를 따라 수평 생산 통로의 끝 부분부터 시작 부분까지 퍼지며 석유층을 휩쓴다. 연소 반응이 발생하고 온도가 올라가면 Bitumen/중유 화합물의 점성력(액체의 끈끈한 성질)이 약해지는 등 Bitumen/중유 화합물의 부분적인 업그레이드가 발생한다.
- ⑤ 석유층에서 발생한 수증기와 연소 과정에서 발생한 가스(대부분 이산화탄소)로 인해 점성력이 약해지는 등 부분적인 업그레이드를 겪은 THAI 오일은 수평 생산 통로를 따라 수평 생산 통로의 시작 부분으로 자연스럽게 흘러간다.
- ⑥ 수평 생산 통로를 따라 지상으로까지 나온 THAI 오일은 생산 시설로 보내져 본격적인 정제 과정을 거친다.

THAI Process 조감도



(그림 : Petrobank Energy and Resources Ltd.)

1) 오일샌드에 존재하는 모래·물·점토의 혼합물로서, 검은색의 무겁고 끈적끈적한 형태의 점성질 초중질원유. 통상적인 원유는 물보다 가볍지만, Bitumen은 물과 비슷한 중량을 가진다. 이러한 Bitumen은 자연 상태에서는 시추공이나 송유관 내에서 흐르지 않기 때문에 열을 가하거나 희석제(초경질원유 혹은 경질석유제품)와 혼합해 중량과 점성도를 낮춘 후 송유관으로 수송이 가능하다는 점에서 통상적인 원유와는 다른 특징을 보인다.

환경적·운영적인 면에서 THAI 기술의 경쟁력 탁월해

환경적인 면에서 THAI 기술의 경쟁력은 높게 평가 받고 있다.

첫째, 정제 과정을 단순화하고 천연가스 사용을 줄이므로 기존 In-situ 방식에 비해 이산화탄소 배출량이 50%나 낮다. 2020년까지 이산화탄소 배출량을 2005년 수준 대비 17% 감소한다는 목표를 세워 앨버타 주 오일샌드에서의 이산화탄소 배출량 감소가 필수인 캐나다에서 THAI 기술의 50% 이산화탄소 배출량 감소는 매우 획기적이라고 할 수 있다.

둘째, 면적 사용량이 상대적으로 적어 프로젝트 이후에 오일샌드 채취 지역을 쉽게 개간할 수도 있다.

셋째, 공기 주입을 시도하므로 물과 천연가스 사용량도 최소화 하며, 프로세스 과정에서 생성된 가스를 시설 운영에 필요한 전기 발전에 사용함으로써 독립적이며 친환경적인 채굴 시설 설립이 가능하다.

운영적인 면에서도 THAI 기술은 기존 스팀 중심의 CSS²⁾나 SAGD³⁾ In-situ 방식보다 앞선 경쟁력을 자랑한다. 첫째, 기존 In-situ 방식을 사용할 경우 석유층에 남은 Bitumen 중 20~50%만 회복할 수 있지만, THAI 기술을 활용할 경우 60~80% 정도를 회복할 수 있다. 둘째, THAI 기술은 기존 방식에 비해 지형적 제약을 훨씬 적게 받는다. 일례로 SAGD 방식은 두 개의 수평 통로가 있어야 하지만, THAI는 한 개의 수평 통로만이 필요하다. 즉, THAI 기술은 좁은 지형에서도 활용할 수 있다. 또한 THAI 기술은 SAGD 방식 적용이 어려운 10 미터 이하 두께의 얇은 석유층에서도 활용이 가능하다. 셋째, THAI 기술은 배럴 당 생산비용이 10 달러 이하로 기존방식(배럴당 20~25달러)보다 적게 들며, 공사 기간도 짧다. THAI 기술을 통한 오일 채굴 생산 비용이 저렴한 이유는 오일샌드로부터 Bitumen을 완전히 녹이기 위해 대량의 천연가스로 물을 끓이기 위한 과정이 생략되기 때문이다. 또한 한 단계 업그레이드 된 오일을 추출하므로 희석 작업도 덜어준다.

THAI 기술, 서서히 상업화 단계로

2006년 앨버타 주 Whitesands 지역의 THAI 기술 적용 시범 프로젝트는 현재까지 350bopd(Barrels of Oil Per Day)를 생산하고 있다. 2010년 1분기에는 900 bopd, 2010년 중반에는 최대 1,500 bopd까지 오일이 생산될 것으로 예상된다.

2009년 하반기부터 오일 생산을 시작한 Kerrobert 프로젝트는 알버타 주 접경 지역인 사스카추완 주에 위치해있으며, 현재 2개의 유정에서 오일을 생산하고 있다. Kerrobert 프로젝트는 앞으로 총 22개의 유정에서 각각 500 bopd, 총 11,000 bopd의 오일 생산을 목표로 확장을 추진하고 있다. 또한 THAI 기술을 대규모로 상용화하는 프로젝트도 추진되고 있다. 최대 100,000 bopd 생산을 목표로 하는 앨버타 주 May River Phase 1 프로젝트는 현재 규제 심사를 받고 있다. 그 외에도 앨버타 주에서의 또 다른 프로젝트인 Dawson 프로젝트도 규제 심사가 진행 중이며, 사스카추완 주의 Sutton 프로젝트는 초기 계획 단계에 있다.

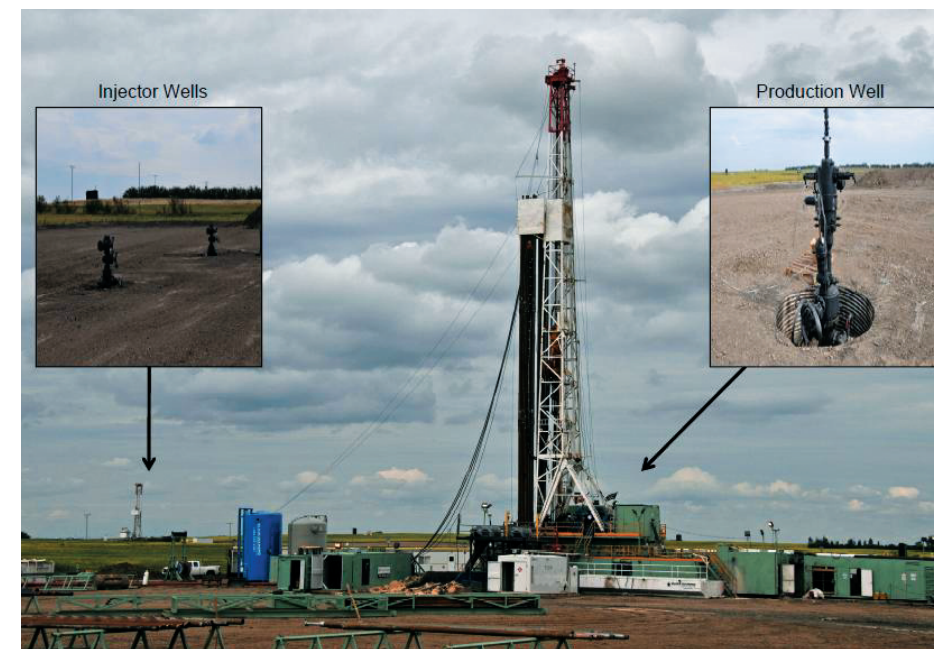
Petrobank는 조인트벤처 및 제3자와의 기술 라이선스 계약등을 통한 기술의 해외 수출을 진행하고 있다. 해외 시장에서 Petrobank사가 THAI 기술 보급을 위해 가장 활발히 두드리고 있는 지역은 남미 지역이다. 콜롬비아에서는 Petrobank 소유의 Petro-minerales를 통해 Llanos Basin 중유 생산 프로젝트에 THAI 기술을 적용할 예정이다.

최근 한국 에너지 관련 기업의 캐나다 진출이 증가하고 있다. 2009년 한국석유공사의 캐나다 Harvest Energy 인수와 성진지오텍의 2억 5,000달러 상당 플랜트 모듈 공급 계약이 대표적인 예다. 2008년에는 SAGD 관련 설비 부문에 독보적인 기술력을 보유한 신한 이엔씨가 47억 원 상당의 Suncor Mobile Crusher 프로젝트를 수주하기도 하였다. 한국 기업은 기존 방식에 적합한 플랜트 설비나 장비 공급과 함께 THAI 기술과 같은 친환경 고효율 기술에 적합한 플랜트 설비와 장비공급을 위해 현지 에너지 기술 개발 기업과의 접촉에 많은 노력을 기울여 활발해지는 캐나다 오일샌드 시장 진출에 대비해야 할 것이다. 

2) 수직관을 통해 오일샌드에 증기열을가하여 액화된 bitumen을 추출하는 방식

3) 지하에 2개의 파이프를 수평으로 박아넣고 한쪽에 투입한 증기와 부탄과 같은 용매로 오일샌드를 녹인 후 bitumen 이 다른 쪽 파이프로 흘러들도록 하고 이를 지상으로 끌어올리는 방식

Kerrobert 프로젝트 전경



(사진 : Petrobank Energy and Resources Ltd.)