

2011. 10. 18 | 제 92 호 |

## 강원도가 생산하는 석유 : CTL

- 김종민(원장)
- 이원학(부연구위원)
- 김승희(부연구위원)
- 이영길(선임연구위원)

강원발전연구원  
RESEARCH INSTITUTE FOR GANGWON

RIG

2011. 10. 18 | 제 92 호 |

## 강원도가 생산하는 석유 : CTL

- 김종민(원장)
- 이원학(부연구위원)
- 김승희(부연구위원)
- 이영길(선임연구위원)

석유는 석유제국주의라는 말에서 보듯 1차 세계대전 이래 오늘에 이르기까지 국제외교와 전쟁의 기축이다. 오일달러로 대변되듯 세계경제의 핵심이기도 하다. 우리나라같이 자원이 없는 교역국가의 경우, 처절한 생존의 관건이기에 석유 없는 서러움이라는 표현은 한가롭고 사치스러울 정도이다. 석유는 1차 에너지 소비의 40% 이상을 차지하며, 특히 육·해·공 수송분야에서 지존이다. 천연석유의 부족과 부존에 대처하기 위해 석탄을 석유로 바꾸는 CTL(Coal-to-Liquid)과 가스를 석유로 바꾸는 GTL(Gas-to-Liquid) 등 석유합성기술이 새롭게 주목을 받고 있다.

20세기 초 발명된 합성석유는 2차 세계대전 때 독일과 영국이 대량 생산하다가 종전 후에는 중동의 값싼 원유에 밀려 중단되었다. 지금은 저급석탄과 가스의 액화기술을 계속 발전시켜 온 남아공의 SASOL이 하루 15만 배럴의 합성석유를 생산하면서, 세계적인 수요증가에 따라 카타르, 우즈베키스탄, 나이지리아에 공장을 짓고 있다. 중국의 신화공사는 70억 달러를 투입, SASOL기술로 2016년부터 하루 8만 배럴(13,000m<sup>3</sup>)을 생산할 예정이다. 미국과 호주도 생산 준비에 나서고 있다. 우리나라는 한국에너지기술연구원이 CTL 기술을 개발, 2007년부터 소량 생산해 오면서 현재 15배럴/일 규모의 파일럿 플랜트를 짓고 있다.

10억 톤의 무연탄이 묻혀 있는 강원도 탄광지대는 청정합성석유를 생산하는 방안을 적극 검토할 필요가 크다. 무연탄의 CTL 상용화 능력은 북한, 시베리아, 알래스카, 캐나다, 몽골 등 북방의 방대한 석탄 및 가스를 이용한 합성석유의 양산과 직결되기 때문이다. 절대 부족한 액체화석에너지의 안정적 확보와 수출의 길을 열 수 있게 된다. 부가가치 높은 고품위 석유화학산업단지로의 변신도 가능해진다. 수소융합에너지 생산으로 가는 확실한 징검다리를 만들어 에너지 메카의 꿈을 이룰 수 있게 된다. 우선해야 할 일은 한국에너지기술연구원의 300배럴/일 규모의 CTL 데모 플랜트를 유치, 하루 빨리 가동에 착수하는 일이다.

## I. 새롭게 평가받는 석탄 에너지

### ■ 우리나라는 에너지 수입과 소비가 많은 나라

- 우리나라는 경제규모(세계 15위)에 비해 에너지 소비량(10위)이 많은 국가
  - 우리나라는 '10년을 기준으로 에너지의 96.2%를 해외수입에 의존하고 있으며, 특히 중동 의존도(석유의 경우 81.8%)가 큼
  - 에너지 수입은 전체 수입액 4,252억 불의 28.6%로 1,217억 불. 우리나라의 3대 수출품(반도체·자동차·휴대폰)의 수출액을 상회

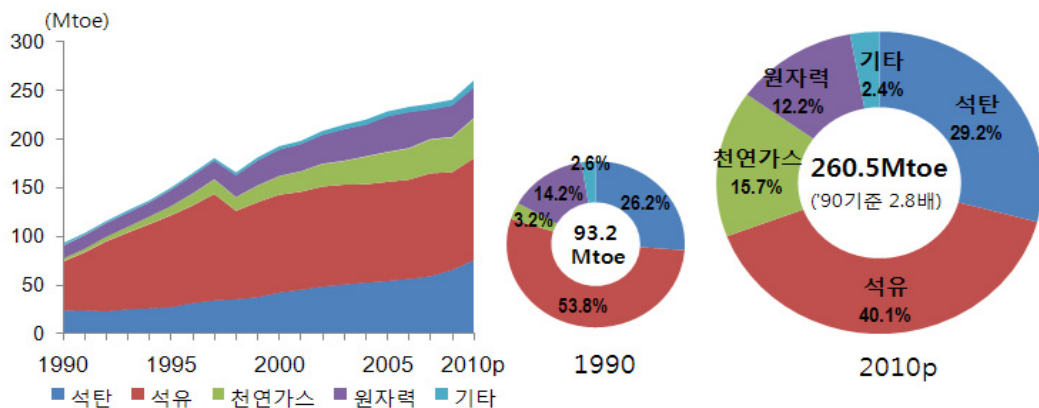
〈국내 에너지 수입 관련 주요지표(2009)〉

구분	1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	9위	10위
에너지 소비 (백만toe)	미국 2,284	중국 2,116	러시아 687	인도 621	일본 496	독일 335	캐나다 267	프랑스 266	브라질 249	한국 227
석유 소비 (백만톤)	미국 843	중국 405	일본 198	인도 149	러시아 125	사우디 122	독일 114	한국 104	브라질 104	캐나다 97

자료 : 에너지관리공단, 2011 에너지·기후변화편람

### ■ 우리나라의 에너지원별 소비동향

- '10년 1차에너지 소비량 기준으로 석유 40.1%, 석탄 29.2%, 천연가스 15.7% 순으로, 석탄과 천연가스의 비중이 증가하고, 석유의 비중이 감소. 그러나 석유의 실질 소비량은 꾸준히 증가

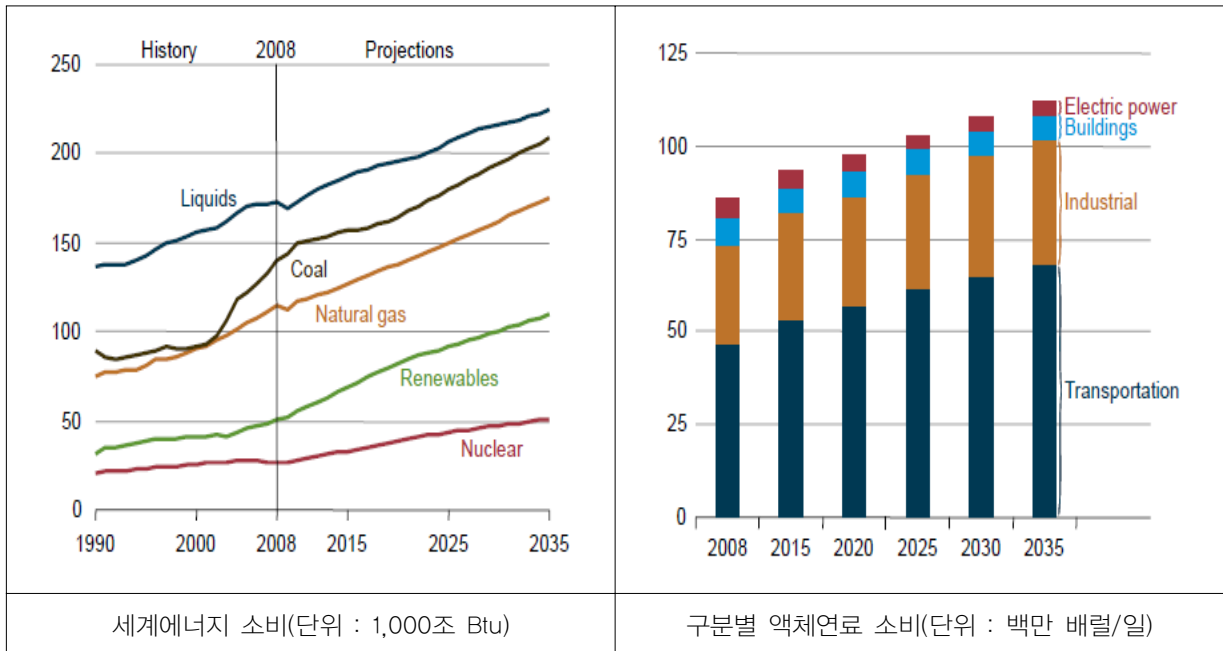


자료 : 에너지관리공단, 2011 에너지·기후변화편람

〈1차에너지 원별 소비추이 및 비중〉

■ 화석연료의 소비는 미래에도 계속될 전망

- 전 지구적으로 신재생에너지 개발을 촉진하고 있지만, 기존 화석연료 중심의 패러다임이 쉽게 바뀌지는 않을 것으로 전망되고 있음
  - 인구증가, 경제성장 등의 요인으로 기존 화석연료의 사용은 계속적으로 증가하여 총 에너지 소비의 75% 정도를 차지할 것으로 보고됨
  - 특히 수송분야에서 액체 연료의 사용이 계속적으로 증가할 것으로 전망되고 있음



자료 : International Energy Outlook 2001(U.S. Energy Information Administration, 2011)

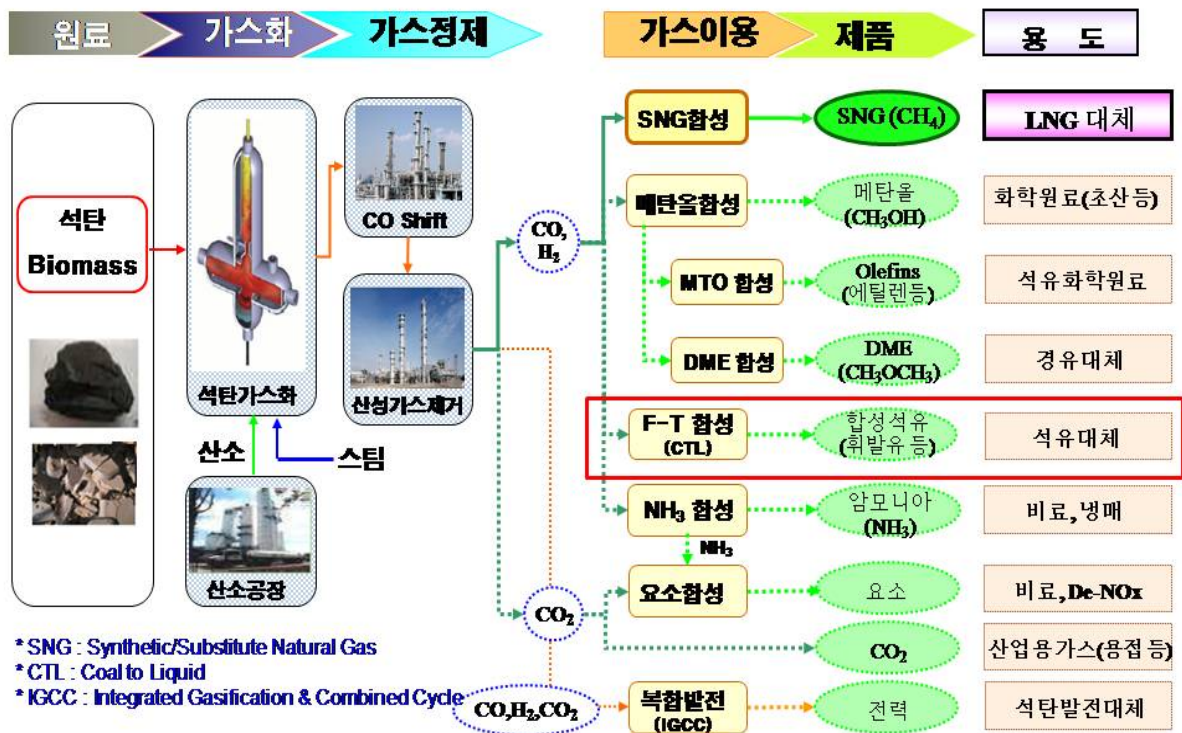
※ 원유 1,000kg은 1.075toe, 1toe=39,6832MBtu

〈전 세계 에너지 및 액체연료 소비전망〉

## II. 석탄액화(Coal-To-Liquid) 기술

### ■ 청정연료 기술

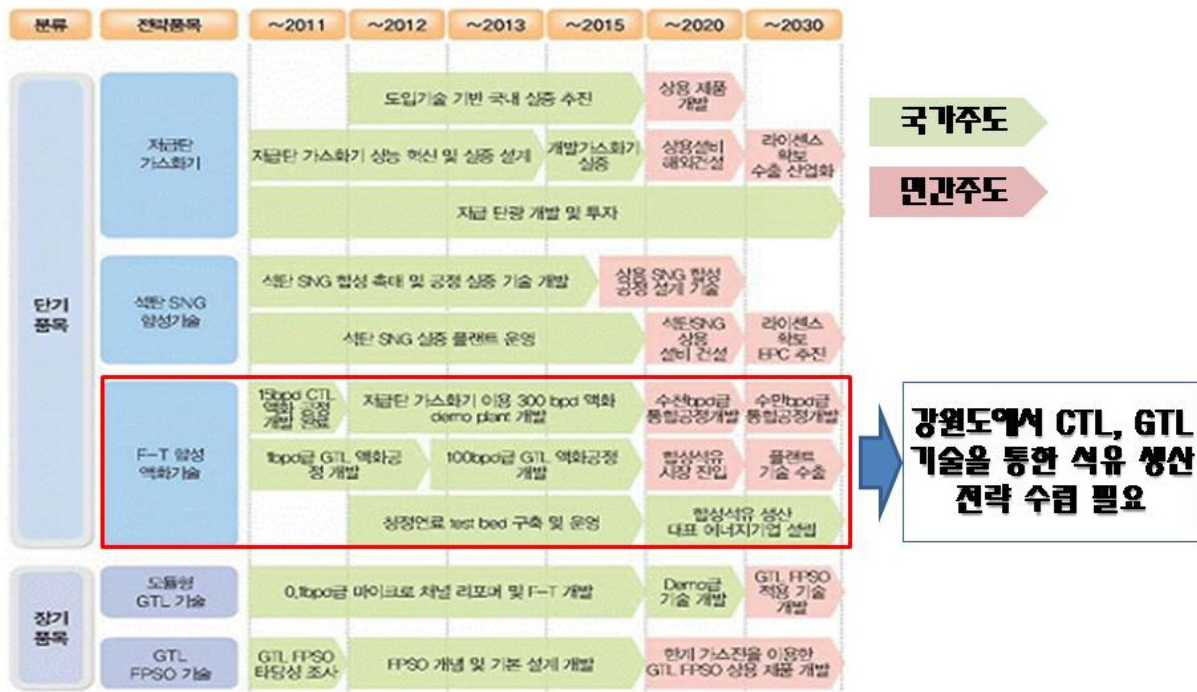
- 석유공급 부족에 대한 적극적인 대처 방안으로 재래 화석연료인 저급석탄과 천연가스를 이용해 합성석유(CTL, GTL)와 합성천연가스(SNG)를 생산하는 기술로 세계적으로 각광받고 인는 첨단 에너지 기술임
  - 이들 기술은 온실가스 및 대기오염물질의 배출을 줄인 청정연료로 향후 환경규제 강화에 대응하는 새로운 저탄소 녹색 신성장동력 산업임
- 최근 유가상승, 에너지 안보 등 다양한 국제정세와 국내의 높은 석유 의존도를 줄이기 위한 대안으로 청정연료 기술을 “그린에너지 전략로드맵”에 선정하여 적극 개발을 추진하고 있음



자료 : 강원발전연구원 포럼 발제 자료(RIST 고동준 박사, 2011)

〈석탄의 청정연료화 기술개요〉

- 국가 그린에너지 전략로드맵에서는 이들 기술을 개발하기 위해 단계별 전략을 2011년에 수립하였음
  - 강원도의 경우 석탄(CTL) 및 가스(GTL)를 활용한 합성석유 생산 분야를 “에너지자원지대”를 이루기 위한 전략산업으로 육성할 필요가 있음
  - ⇒ CTL : 폐광지역 무연탄, 동해안 항만을 통한 북방 석탄자원 수입, 북한의 석탄자원 활용
  - ⇒ GTL : 삼척 LNG 저장기지, 러시아 PNG, 석탄층 메탄가스 자원 활용



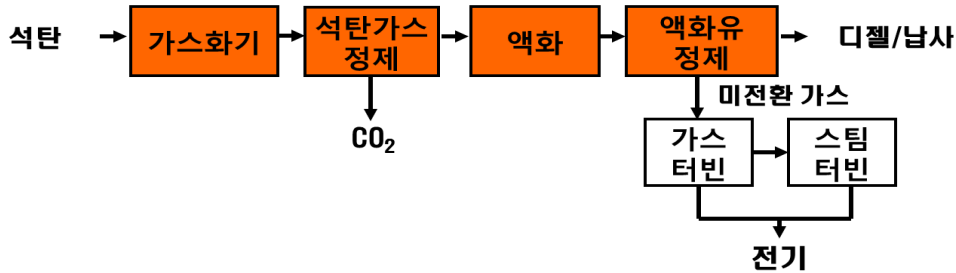
자료 : 그린에너지 전략로드맵 2011 청정연료(한국에너지기술평가원, 2011)

〈국가의 청정연료화 로드맵〉

■ 석탄액화기술

- 석탄을 액체연료인 합성석유로 전환시키는 기술로 직접액화와 간접액화 기술이 있음
  - 2차 세계대전 기간 동안 영국과 독일에서 가동. 독일의 경우 1945년 9개의 간접, 12개의 직접 액화공장을 가동하여 각각 58만 톤 및 325만 톤의 연료를 생산하여 소비의 90% 충족

- 종전 후 중동의 값싼 원유 공급으로 모든 액화공장 가동이 중단되었지만, 남아프리카공화국은 자국의 고회분 저급석탄을 활용한 간접액화기술을 지속적으로 발전시켜, 최고의 선진 기술 보유



자료 : 청정연료 Testbed 구축 및 활용사업 추진을 위한 기획보고서(한국에너지기술연구원, 2011)

<석탄을 이용한 CTL 및 전기생산 개념도>

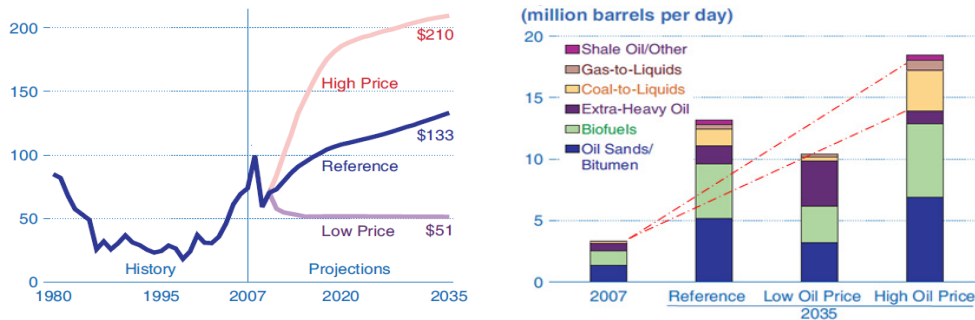
● 직접액화 기술

- 고온 및 고압에서 석탄을 용매에 녹여 비등점이 높은 기름을 만드는 기술
- 20세기 초 독일에서 개발 : 1913년 Friedrich Bergius에 의해 특허 등록
- 1927년 상용화, 영국에서 1935년 연간 15만 톤의 휘발유 생산

● 간접액화 기술(F-T 공정)

- 석탄을 물·산소와 반응시켜 수소와 일산화탄소의 혼합기체인 합성가스로 전환시키고, 합성가스를 코발트 촉매에 반응시켜 액체 탄화수소 생성
- 1925년 Franz Fischer, Helmut Pichler, Helmut Pichler 개발
- 1936년 상용화

- 석탄액화기술 시장은 2007년 21만 배럴/일 규모에서 급증하여 2035년에는 전체 비재래형 석유 시장의 23%를 차지할 것으로 전망됨



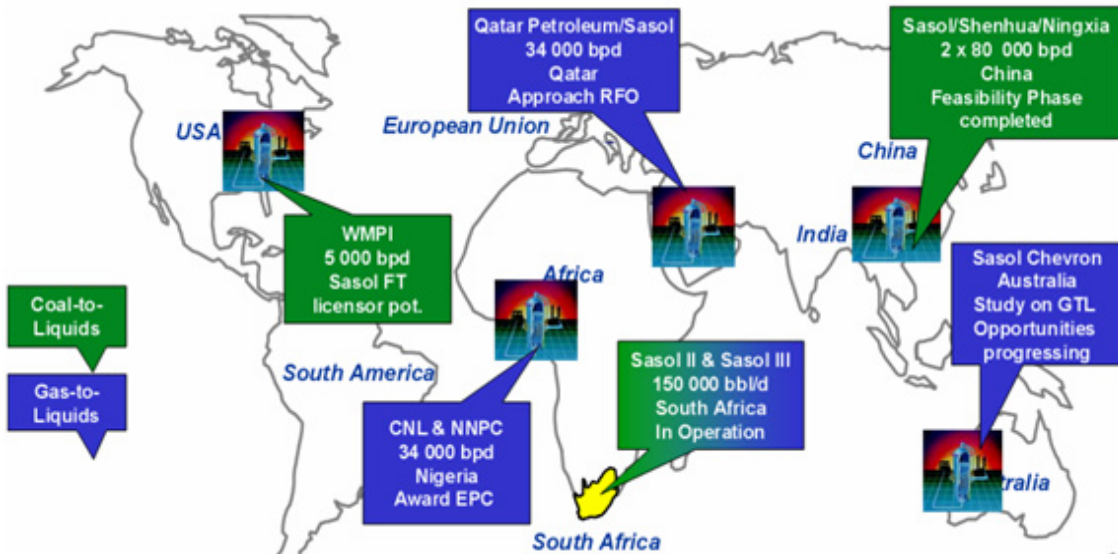
자료 : 청정연료 Testbed 구축 및 활용사업 추진을 위한 기획보고서(한국에너지기술연구원, 2011)

<유가 변동에 따른 비재래형 석유시장 규모 예측>

### Ⅲ. 합성석유 생산 기술의 국내외 동향

#### ■ 석탄과 천연가스를 활용한 합성석유 생산이 증가하고 있음

- 남아프리카공화국 SASOL, 중국 Shenhua에서 추진. 그리고 미국, 호주 등에서 계획중에 있음



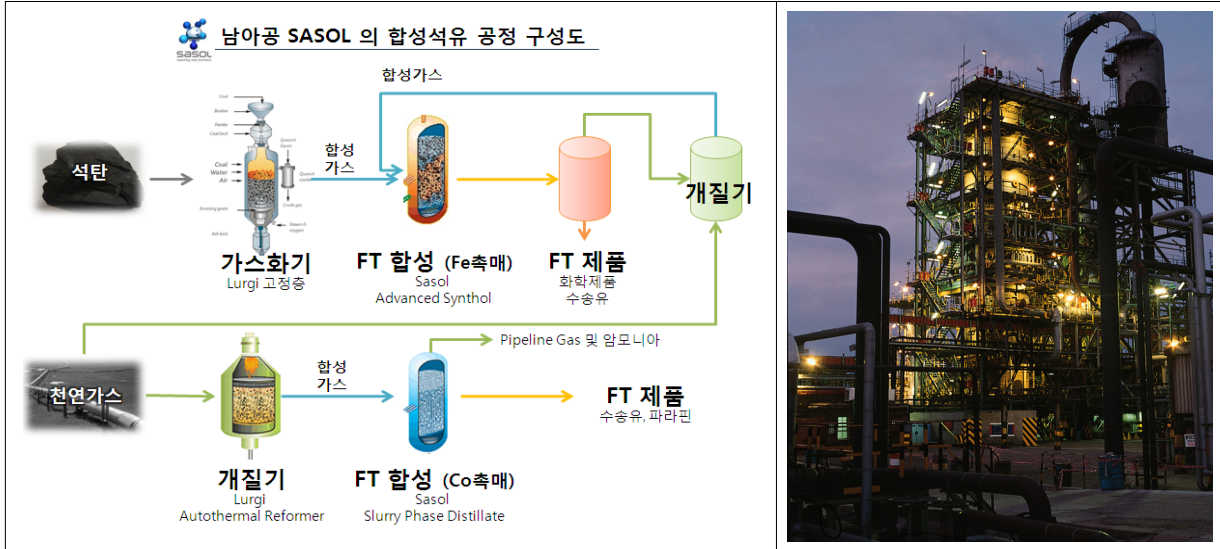
자료 : 청정연료 Testbed 구축 및 활용사업 추진을 위한 기획보고서(한국에너지기술연구원, 2011)  
 <CTL 및 GTL 기술을 이용한 전 세계 합성석유 생산 현황>

#### ■ 합성석유의 최강자 남아프리카공화국 SASOL

- 남아프리카공화국은 합성석유 분야 최고의 기술을 보유한 국가임. 2차세계 대전 이후 독일·영국 등이 값싼 중동산 석유 공급으로 합성석유 생산 중단
  - 남아공은 인종차별 정책(아파트헤이트)으로 인해 석유를 포함하여 모든 제품의 수출금지 조치를 당함. 40년이 넘는 기간 동안 남아공 석유경제를 책임진 기술이 CTL로 현재도 상당한 공급을 담당
- SASOL은 추가적으로 1995년 7,000배럴/일 규모의 공장을 시작으로 1980, 1982년에 80,000배럴/일 규모의 공장을 설립
  - 현재 총 15만 배럴/일(연간 5.5억 배럴, 국내 석유소비는 연간 8억 배럴)의 합성석유를 생산하여 전체 수요의 40%를 충당



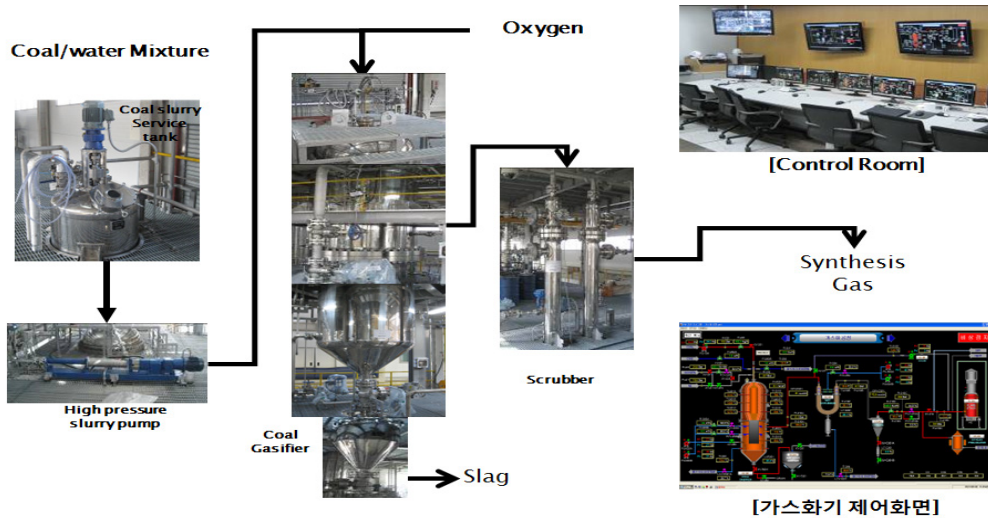
- 이들 공정을 통해 나온 부산물은 석유화학기업들이 정유공정을 통해 얻을 수 있는 양초, 페인트, 신발 소재, 니트로글리세린, 왁스 등을 생산



자료 : 청정연료 Testbed 구축 및 활용사업 추진을 위한 기획보고서(한국에너지기술연구원, 2011)  
 <남아공 SASOL사의 합성석유 공정 및 플랜트 모습>

■ 대한민국 한국에너지기술연구원 기술 현황

- 2007년부터 1배럴/일 생산가능한 CTL 플랜트를 성공적으로 운영중에 있고, 15배럴/일 생산 규모의 파일럿 CTL 플랜트를 건설중에 있음



자료 : 청정연료 Testbed 구축 및 활용사업 추진을 위한 기획보고서(한국에너지기술연구원, 2011)  
 <15배럴/일 규모의 한국에너지기술연구원 CTL 플랜트>

## IV. 강원도에서 석유를 생산하기 위한 전략

### ■ 에너지 자원의 첫걸음 “합성석유 생산”

- 강원도에서는 폐광지역 중장기 종합발전계획(안)에서, 폐광지역 에너지 자원의 지대화를 주요 비전으로 제시하고 관련 전략안을 구상중에 있음. 또한 강원발전연구원에서는 강원도 폐광지역의 에너지 자원의 지대화를 위해 기존 정책메모에서 “청정석탄산업(IGCC, CTL, SNG 등)” 육성을 제시
  - ※ 정책메모 39호 : 폐광지역의 르네상스, 첨단에너지 생산지대로의 부활
  - ※ 정책메모 58호 : 폐광지역의 부활-개념세우기와 현실화 전략
- 또한 이를 발판으로 미래 “퓨전에너지” 거점지대로 거듭나기 위한 중장기적인 발전전략을 제시하였음
  - ※ 정책메모 59호 : 퓨전에너지 그리고 에너지 종가 강원도
- 이러한 에너지 메카의 꿈을 이루기 위한 첫걸음으로 석탄에서 석유를 생산하는 CTL 기술의 상용화를 위한 300배럴/일 규모의 데모플랜트 건설을 위한 계획 수립이 필요함
  - 약 2,000억 원 정도의 비용이 소요되는 사업에서 지식경제부, 발전사, 석탄공사, 강원도, 관련기업(정유업, 플랜트 건설업 등)이 공동으로 SPC를 구성하여 추진

### ■ 합성석유(CTL) 데모플랜트 건설

- 강원발전연구원과 한국에너지기술연구원은 2011년 10월 11일 MOU를 체결하고, 석탄 활용방안에 대해 협력하기로 하였음
  - MOU의 첫 번째 사업으로 합성석유 생산을 위한 CTL 데모플랜트 건설 추진 필요
- 지식경제부-강원도-한국에너지기술연구원-관련기업이 협력하여 300배럴/일 규모의 데모플랜트를 2017년까지 완성

- 일차적으로 지역주민의 일상생활에 사용되는 에너지 일부로 활용하여, 에너지와 관련한 지역주민 인식 제고
- 2018 평창동계올림픽 수송용 연료로 공급함으로써, 대내외적으로 합성석유 기술의 상용화 기술 확보 및 플랜트 수출기반 확보

### ■ 첨단 에너지분야 대학원 대학 설립

- 폐광지역에 위치하는 대학에 합성석유를 생산하는 첨단 에너지분야 대학원 대학을 설립하여 연구개발 및 고급인력양성을 추진하여야 함
  - 1단계로 강원도-강원대학교-석탄공사가 협력하여 “소규모 연구센터”를 설립. 이때 합성석유 관련 전문가를 교원으로 활용하여 산학연 협력모델을 구축
  - 2단계로 지경부-한국에너지기술연구원이 참여하여 석탄 관련 “국가급 연구센터” 또는 “한국에너지기술연구원 분원” 형태의 연구개발 및 교육 시설 구축
  - 3단계로 화학연구원의 GTL 기술, 국가핵융합연구소의 플라즈마 가스화 기술 등 연계된 분야의 유치 및 육성을 통해 석탄 및 천연가스 활용분야의 인력양성 추진
- 이를 통해 국가의 석탄 및 천연가스 관련 에너지 분야를 선도하는 거점 R&D 벨트화를 추진하고, 관련 기술 집약 및 산업 유치
  - 합성석유연구단, 합성가스연구단, 가스하이드레이트연구단 등을 포괄하는 국가급 연구원 등의 유치를 통해 에너지 R&D지대를 구축
- 인프라를 바탕으로 핵융합에너지, 자원개발 등 첨단 에너지 및 자원개발 분야에 특성화된 대학원을 설립하여 “에너지 메카”의 꿈을 실현

### ■ 북한 및 북방 자원의 활용

- 북한에는 45억 톤의 무연탄(340조 원)과 160억 톤의 갈탄(1,007조 원)이 매장되어 있음. 또한 러시아는 1,570억 톤(18.5%, 세계 2위)의 석탄이 매장된 것으로 알려져 있음

- 또한 강원도에서 육로로 연결이 가능한 중국, 몽고 등에는 상당한 석탄이 매장된 것으로 추정됨
- 강원도가 추진하는 북한 및 북방자원 협력의 첫 사업으로 합성석유 생산을 추진할 필요가 있음
  - 육상 및 해상 운송시설의 활용을 통해 북방자원을 유입하여 고부가가치의 합성석유를 생산한다면 강원도에서 산유국의 꿈이 현실화되는 것

이 정책메모는 2011년 10월 11일 강원발전연구원과 MOU를 체결한  
한국에너지기술연구원 청정석탄센터 정헌박사·양정일박사의  
자문과 자료 제공으로 작성되었습니다.