

# 열화학적 복합전환 공정

상용화를 위한 단위공정별 이슈

| 이시훈, 동향정보분석팀



미래선도기술 이슈분석보고서는 혁신형 중소기업 정보분석 지원사업의 일환으로 작성된 보고서로서, 유망 기술에 대한 이슈분석을 통해 국내 기업들이 자사에 적합한 사업아이템 발굴 기회를 극대화 하는데 목적이 있다. 이슈 분석 대상은 글로벌 동향 브리핑(GTB) 사업에서 축적한 약 10년간의 글로벌 모니터링 정보를 키워드 빈도분석 후 수요 조사를 통해 정하였다. 또한 국내외 연구개발동향, 산업동향 및 기술/실용화/과급효과 등의 측면에서의 이슈제기 및 분석을 해당분야 전문가와 공동으로 수행함으로써 수요자 중심의 보고서가 되도록 노력하였다.

## 2006 미래선도기술 이슈분석보고서

• 나노셀룰로오즈 보강 복합재료	• 광촉매 박막제조기술
• 차세대 하드디스크 HAMR	• 산업용 무선 필드버스
• 멀티페로익스(Multiferroics)	• P2P 네트워크
• 탄소나노튜브	• 센서네트워크 기술
• 휴대용 연료전지	• 온라인 게임
• 칩내장형 임베디드 기술	• 임베디드 기술
• 유전자 치료	• 심진 부동산소수점 연산기
• 열화학적 복합전환 공정	• 게임산업
• 자기 냉장고	• 나노소재를 이용한 전자소자
• 유기 반도체 태양전지	• 유기반도체(Organic Semiconductors)
• 충전기기용 나노절연재료	• 공기오염센서
• 무선 통신망간의 간섭	• 위성항법시스템 시험장(GATE)
• 이동통신-무선랜 통합망의 보안	• 위성항법시스템 소프트웨어 수신기
• 해외선진국 반도체장비 기술동향	• 광촉매의 성능 및 응용 기술 현황
• 동유럽의 VoIP 사업현황	• 해외 선진국의 DMB/DAB 기술동향
• 지능형 자동차에 사용되는 텔레매틱스 기술동향	• 신약개발을 위한 RNAi 제품 현황
• 주요 선진국의 냉동·공조 기술 현황	• 해외 선진국의 위성항법 시스템 기술 동향
• 영상진단기기 및 초음파영상진단기기 제품 현황	• 최근의 게임시장 동향
• 해외 주요국의 디지털 전자제품 동향	• 해외 주요국의 디지털 전자제품 동향

# Contents

<b>1</b>	<b>서론</b>	
	열화학적 복합 전환 공정 이란?	05
	이슈 분석의 필요성	08
<b>2</b>	<b>열화학적 전환 공정의 동향</b>	
	국내외 연구개발 동향	11
	주요 특허 분석	14
	국내외 산업 동향	15
	열화학적 복합 전환 공정의 국산화 개발 동향 및 가능성	18
<b>3</b>	<b>단위 공정별 기술적 이슈</b>	
	복합 공정 개발에 대한 사회/경제적 수요	21
	복합 공정의 상용화를 위한 기술 과제	23
	복합 발전 분야의 현황 및 기술 과제	25
	<b>참고 문헌</b>	27

# 서론

## 1

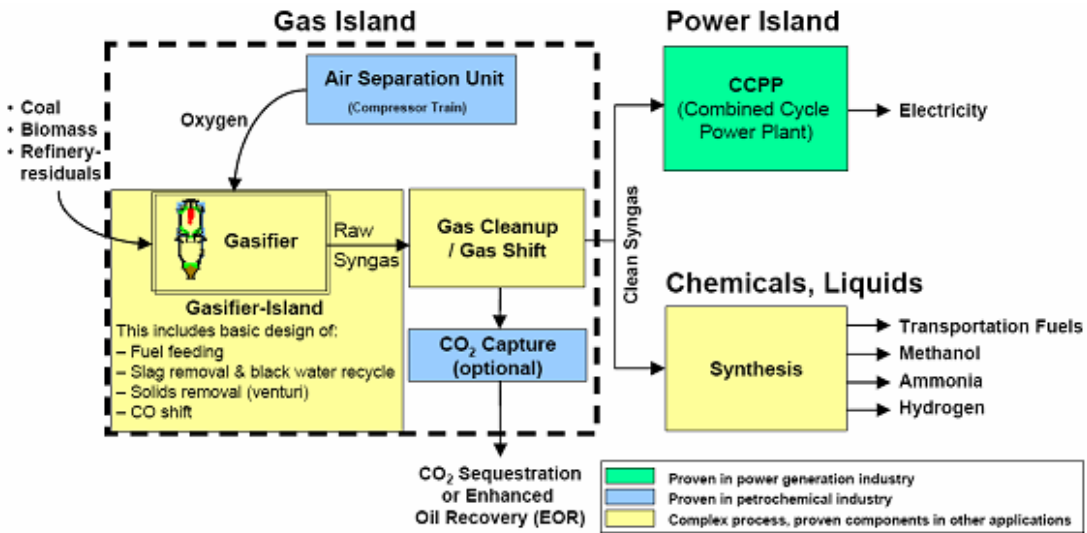
| 열화학적 복합 전환 공정 이란?

| 이슈 분석의 필요성

# 1 서론

## | 열화학적 복합 전환 공정이란?

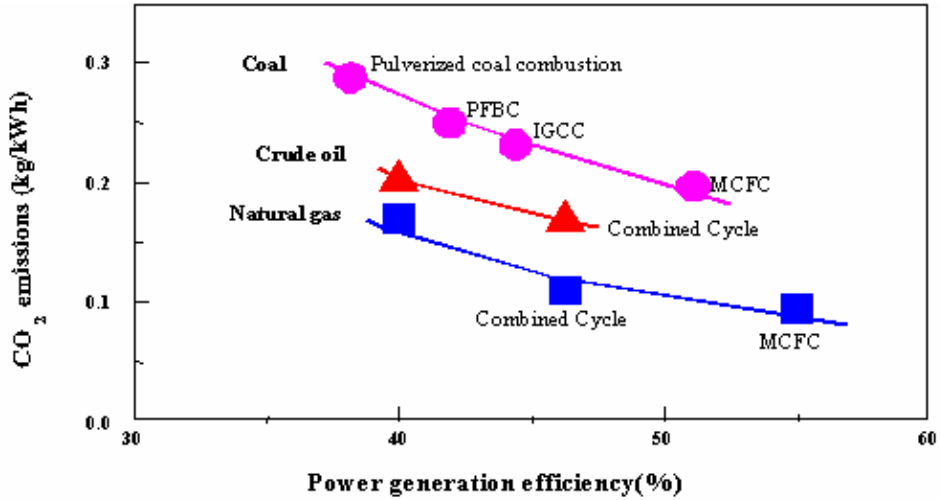
- 대다수의 사람들은 지금까지 인류가 사용해온 화석연료를 기반으로 하는 에너지 소비 형태는 궁극적으로 환경에 대한 오염을 일으키지 않으면서 지속적으로 이용할 수 있는 태양력, 풍력 등의 재생에너지와 청정한 2차 에너지로의 가치가 높은 수소 에너지로 재편될 것으로 인식함.
  - 많은 국가에서 각국의 실정에 맞는 차세대 에너지 자원을 개발하고 있으나 기존의 에너지 소비 구조를 변화시킬 정도로 이용되기 위해서는 아직 해결해야 할 과제들이 남아있기 때문에 기존의 에너지 자원을 보다 청정하게 이용하는 기술 개발이 필요하게 됨.
  - 세계 각국의 에너지 소비를 대부분 책임지고 있는 화석연료들의 연소 시스템은 환경 문제를 야기시키는 SOx, NOx 등을 포함하여 지구 온난화를 일으키는 이산화탄소 등의 온실가스 대부분을 발생시키고 있어 이의 해결이 시급한 과제로 떠오르고 있음.
  
- 기존의 연소 공정을 대체할 수 있는 가장 유력한 공정은 석탄, 중질잔사유 등의 화석연료들과 바이오매스, 폐기물 등의 재생에너지 자원들을 이용하여 수소, 일산화탄소 등의 합성가스를 만드는 열분해, 가스화 등의 열화학적 전환 공정임.
  - 열화학적 전환 공정에서는 탄화수소 물질이 가지고 있는 열량의 대부분을 화학에너지(chemical energy)로 전환시킴으로서 가스의 정제 과정에서 필연적으로 이루어지는 온도저감이 적기 때문에 전체공정의 효율감소가 적음.
  - 연소에 의해서 생성되는 대부분의 가스는 이용가치가 적고 지구온난화를 일으키는 CO2로서 발열량이 거의 없기 때문에 급속세정을 하게 되면 가스내의 현열이 거의 없어지게 되어 에너지의 손실이 커지는 단점이 있음.
  - 열화학적 전환 반응에 따른 가스내의 주요 생성물은 CO와 수소로서 전력 생산, 화학물질 원료, 연료전지 등에 이용될 수 있으며 특히 가스 정제 과정이 이루어지는 급속 냉각이 이루어져도 물질 자체의 화학에너지가 그대로 유지되기 때문에 가스터빈, 연료전지 등을 통해서 에너지를 재회수함.
  
- 열화학적 복합 전환 공정은 현재 개발되고 있는 가스화 복합발전 공정에 Fisher-Tropsch 공정이 결합되어 전기, 합성 석유, 메탄올, 수소 등을 생산할 수 있는 차세대 복합 공정임
  - 열화학적 전환 공정에서의 유황성분은 많은 양이 황화수소(H2S)가스로 전환되어 발생되기 때문에 정유공정에서 50년 이상 사용되어 오고 있는 Claus공정을 통하여 황화수소가스로부터 원소 유황이나 황산을 생산해낼 수 있어 연소 공정보다 열화학적 전환 공정이 유리한 것으로 인식됨.
  - 열화학적 전환 공정에서는 시료내의 유황성분을 공해물질인 SOx로 발생시키는 대신 판매할 수 있는 제품으로 추출해내게 되기 때문에 시료에 유황성분이 많을수록 연소처리 공정에 비해 더욱 경제적으로 유리하게 됨.
  - 1,300oC 이상의 고온을 사용하는 열화학적 전환 공정에서는 원료내의 무기물질이 용융 슬лак으로 배출되어 환경문제가 없는 건자재로 활용이 되기 때문에 중금속 성분 등의 불순물이 많은 연료를 이용하는 경우에도 연소보다는 열화학적 전환 기술이 유리함.



[그림 1] 열화학적 복합 전환 공정

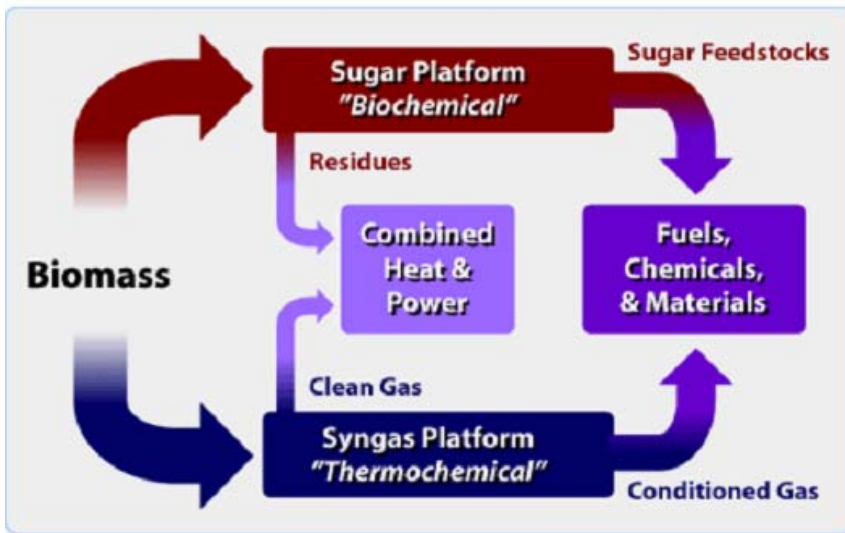
자료 출처: Randy H. Zwiern, Gasification: Journey to Commercialize, 2006  
Gasification Technologies Conference, Washington D.C., USA, 2006

- 열화학적 전환 공정의 최대 장점은 복합발전 방식을 포함하여 연료전지, 수소 엔진 등을 이용하여 최대 60%까지의 고효율을 달성하는 것이 가능하기 때문에 에너지 문제와 지구온난화 및 공해문제를 동시에 해결할 수 있음(그림 2참조).
  - 전력 생산의 많은 부분을 책임지고 있는 석탄의 미분탄 연소 발전은 최근 부각되고 있는 환경문제와 CO2 문제 등에 효과적으로 대처하기 어려우나 열화학적 전환을 이용한 복합발전 기술은 기존기술 대비 15-25%의 CO2, SOx를 95% 이상, NOx를 90% 이상 저감할 수 있을 것으로 예상됨.
- 또한 열화학적 복합 전환 공정의 탄화수소 연료물질 중에서도 바이오매스, 폐기물 등의 재생에너지 자원들은 환경 친화성 및 지속 가능성 때문에 더 높은 관심을 얻고 있음.
  - 전통적인 석유화학공업이 유발하는 환경오염의 문제는 심각한 수준이며 이를 해결하기 위한 책임과 비용 부담이 날로 커지고 있어, 이를 극복하기 위한 대안으로 'Green feedstock' 즉 환경친화적 화학공업 원료인 바이오매스 자원의 개발에 주력하고 있으며 이의 일환으로 열화학적 전환 공정도 널리 개발되고 있음(그림 3).



[그림 2] 발전기술별 발전효율과 CO<sub>2</sub> 저감 효과

자료 출처: 이창근 외, '석탄가스화 복합기술', 한국에너지기술연구원, 2005



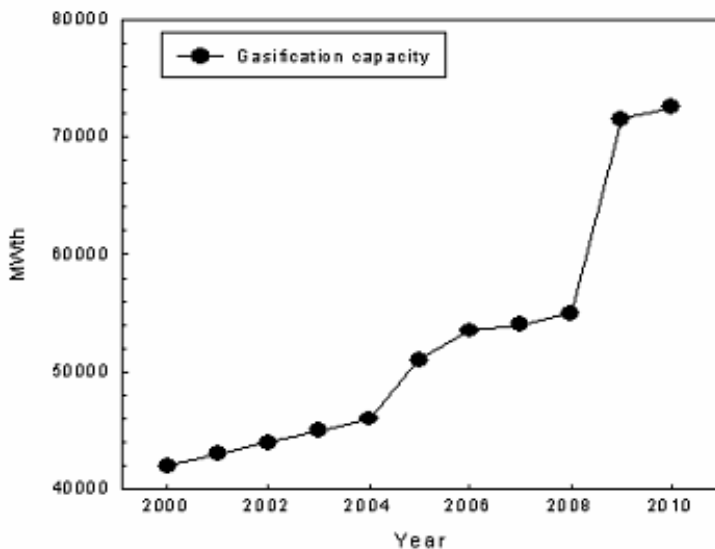
[그림 3] 바이오매스 전환공정 개념도

자료 출처: <http://www.nrel.gov/biomass/biorefinery.html>

# 1 서론

## | 이슈 분석의 필요성

- 열화학적 복합 전환 공정은 석탄, 바이오매스, 폐기물, 중질 잔사유 등의 탄화수소계 물질들을 청정에너지 자원으로 전환하여 동시에 전력, 화학물질, 연료유 등의 다양한 제품들을 생산하도록 하는 공정으로서 대부분의 에너지 자원을 수입하는 국내의 경우에는 많은 문제들을 해결할 수 있는 기회를 제공해 줄 것으로 예상됨.
  - 특히 열화학적 전환 공정의 탄화수소계 물질로서 그 가치를 높게 인정받고 있는 바이오매스와 폐기물은 국내에서 자급자족할 수 있는 에너지 자원들이기 때문에 외국의 원유에 대한 의존도를 감소시킬 수 있기 때문에 국내에 매우 필요한 공정이라 할 수 있음.
  - 열화학적 전환 공정에서 가장 중요한 공정인 가스화 공정은 전력, 수소, 합성석유 생산 등의 이용에 의해서 세계 각국에서 최근 활발하게 개발이 진행되고 있어(그림 4 참조) 외국의 기술에 종속당하지 않으며 국내의 상황에 적합한 공정을 개발하기 위해서는 관련된 문제들에 대한 이슈 분석이 필요함.
- 국내에서의 열화학적 전환 공정 연구는 1980년대의 가스화 연구에서부터 시작되었으며 IGCC(석탄가스화 복합 발전) 연구를 계기로 단위 공정별 연구가 활기를 띄었으나 상용화 모델로의 개발이 이루어지지 않았으나 최근 가스화 공정을 포함한 열화학적 전환 공정에 대한 관심이 증가하고 있음.



[그림 4] 2000년부터 2010년까지의 가스화 플랜트 용량

자료 출처: 한국에너지기술연구원, '가스화 복합 발전', 대전, 한국 (2006)



- 가스 정제 공정의 최적화 및 온실가스 처리의 우수성 등의 환경 요인들과 가스화기와 액화 공정의 결합을 통한 합성석유 생산 기술 등의 기술적 요인들에 의해서 다시 관심이 증가하고 있으나 열화학적 복합 전환 공정의 최신 기술들 및 관련된 기술적 과제, 경제적 과제 등에 대한 이슈 분석은 본격적으로 이루어지지 않은 상태임.
- 수소 경제의 급격한 부상에 따라 열화학적 전환 공정에 대한 관심이 더욱 증가하고 있으나 다양한 공정들이 융합되어야 하기 때문에 널리 이용하기 위해서는 극복해야 할 과제들이 많이 남아 있어 이에 대한 분석이 필요함.

## 열화학적 전환 공정의 동향

# 2

| 국내외 연구개발 동향

| 주요 특허 분석

| 국내외 산업 동향

| 열화학적 복합 전환 공정의 국산화 개발 동향 및 가능성

## 2 열화학적 전환 공정의 동향

### | 국내외 연구개발 동향

#### 가. 국내외 연구개발 동향 및 전망

- 1970년대 두 차례의 석유파동 이후 외국 에너지 자원에 대한 의존 심화, 에너지 개발과 낮은 수준의 이용 기술로 인한 어려움, 지구온실효과와 오존층 파괴 등의 환경문제들을 해결하기 위하여 석탄, 폐기물, 바이오매스 등의 탄화수소계 물질들을 가스 자원으로 전환하려는 노력을 지속적으로 진행해 옴.
  - 1988년부터 한전과 정부 주도로 IGCC 기술개발 사업이 착수되었으며, 대체에너지기술 개발사업( '92.2 ~ '95.8) 및 선도기술개발 1, 2 단계사업( '94.1~'99.12)을 통하여 IGCC의 기반 기술을 확보한 상태임.
  - 1990년대 초에 이루어진 가스화 연구는 대부분 실험실 규모에서 시작하여 최근 3-5톤/일의 pilot 단계까지 이루어졌으나 아직 실용화를 위한 규모면에서는 선진 회사들에 비해 열세에 있으나 2000년대에 넘어와서 상용급 가스화 플랜트의 평가 기술 및 일부 설계 기술을 확보한 것으로 알려짐.
  - 각 요소 공정들에 대한 설계 및 운전분야에서는 국내수준이 선진외국에 비해 열세이나, 공정과 단위장치들의 전산해석 분야에서는 외국수준에 근접한 상태이나 융합 공정의 운전기술, 연료전지 연계 기술 등의 융합 기술 개발은 일부 연구기관에서만 이루어지고 있음.
- 열화학적 복합전환 공정의 핵심인 전환 반응기(가스화기, 열분해기 등등)등의 개발은 20년 이상 지속되어 왔으며, 실험실 규모에서부터 벤치 규모(BSU)까지 이루어진 상태임.
  - 가장 널리 개발되고 있는 가스화 반응기는 다양한 형태의 가스화기가 개발되어 사용 대상탄에 대한 DB 구축 및 PDU급 이상의 석탄과 heavy residual oil 사용 가스화기 설계 능력의 확보가 되었으나 장기간의 연속 운전을 통한 가스화기의 안정성, 상용화 등에 있어서는 만족할만한 자료를 확보하지 못함.
  - 열화학적 복합 전환기의 개발 전망은 밝은 편이나 선진외국의 연구자금 규모를 고려할 때 full scale 연구를 진행을 할 수 없는 실정으로 현실에 맞는 현실적 범위에서 열화학적 복합 전환 기술의 국내실용화를 위해서 '외국기술과 국내개선/독창기술 접합을 통한 한국형 열화학적 복합 전환 설비 구현', '열화학적 복합 전환 공정의 요소 기술 별 독자기술 개발', '한국형설비에 기여 및 기술의 spin-off 적용사례 발굴(예: water plasma nozzle 개발을 통한 가스화기 고효율화/소형화)' 등으로 향후 이루어질 것으로 예상됨.
- 열화학적 전환 기술의 핵심 기술인 석탄 가스화 복합 발전(IGCC) 기술은 미국, 독일, 네델란드 일본이 각국의 정부지원에 힘입어 (미국 50%, 유럽 10%, 일본 90%) 차세대 환경친화적 발전기술로서 상용화 바로 전(前) 단계인 실증 플랜트의 설계/건설/운전 단계에 이르렀음.
  - 석탄의 경우는 300MW급 4기(미국 2기, 네델란드, 스페인 각각 1기)의 실증 플랜트가 건설 및 운전되어 600MW급의 건설을 위한 핵심 자료들이 확보되어 있는 상태이며 바이오매스, 폐기물 등의 재생에너지 자원들의 열화학적 전환 공정 개발은 10ton/day 급의 소규모부터 수십 메가와트 규모까지 개발이 이루어짐.

- 일본은 국가적으로 '83년부터 수조원을 지원하여 2톤/일급 설비로부터 ' 97년에 200톤/일급 IGCC 시험플랜트에 대한 가동을 마쳤고, 외국기술 도입과 함께 자체기술의 축적을 추진하고 있음.
- 중국은 300MW급 석탄 IGCC 플랜트를 계획 중에 있으며, 20여기 이상의 열화학적 복합 전환 공정 개발 계획을 발표한 상태이며 호주는 '99년 10월에 독일 DMT로부터 270만 호주 달러(21.6억원)를 들여 10기압까지 가압된 상태에서 석탄을 가스화 하는 분류층 건식 top-feeding 가스화기를 운영하고 있음
- GT 복합발전기술을 제공하는 회사로는 GE, Westinghouse, ABB, Siemens, 미쓰비시중공업 등으로 약 50%의 이상의 열효율을 얻을 수 있는 H-급 복합발전기를 개발하였음.
  - GE는 GE7H를 2004년말부터 상용화하고 있으며 알스톰사도 최근 설치되는 대부분의 복합 발전 시스템에 열효율 및 가스 정제 능력이 향상된 새로운 가스 터빈 시스템을 이용하고 있으며 효율 향상을 위하여 가혹한 조건에서 작동할 수 있는 터빈재료기술, 터빈 냉각기술, 터빈 제작기술 등을 핵심기술로 상정하여 개발하고 있음.
  - 국내에서는 스팀터빈이 제작되고 있으나, 대용량 복합발전기에 적용될 수 있는 가스터빈 기술은 전혀 확보되지 못하고 있는 실정으로, 현재 5MW급 가스터빈 국산화를 위한 연구개발사업이 진행 중임.

#### 나. 국내외 기술 비교

- 현재, 국내의 열화학적 복합 전환 공정의 개발 단계를 선진 외국과 비교할 때, 선진외국에 비해서는 전반적인 기술수준과 설비의 규모면에서 열세이나, 아시아지역내로 한정하면 일본 외에는 호주, 중국, 대만과는 동등하거나 우위에 있는 상태임(표 1참조).
- 가스화기술 : 선진기술국은 상용화 플랜트와 동급의 슬랙 생산 및 플랜트 운전기술을 확보하였으며, 프로세스 및 단위장치 전산해석 분야에서는 국내에서도 동등 또는 우위 능력을 확보함. 대형플랜트 설계 및 운전경험에서는 아직 국내가 열세임.
- 고온탈황기술 : 선진기술국과 동등 또는 우위의 탈황제 제조기술을 확보하였으나, 대용량 생산 경험이 아직 없음. 탈황시스템은 규모의 차이가 있으나 국내외 모두 연구단계에 있어 대등한 경쟁이 가능한 분야임.
- 고온집진기술 : BSU급 정치 운전 및 역세정기술에서 동등 수준의 운전경험을 확보함. 고온탈황기술과 마찬가지로 국내외 모두 연구단계이나 플랜트의 규모에서 열세임.

[표 1] 국내 석탄가스화(IGCC 연구)와 해외기술과의 차이점

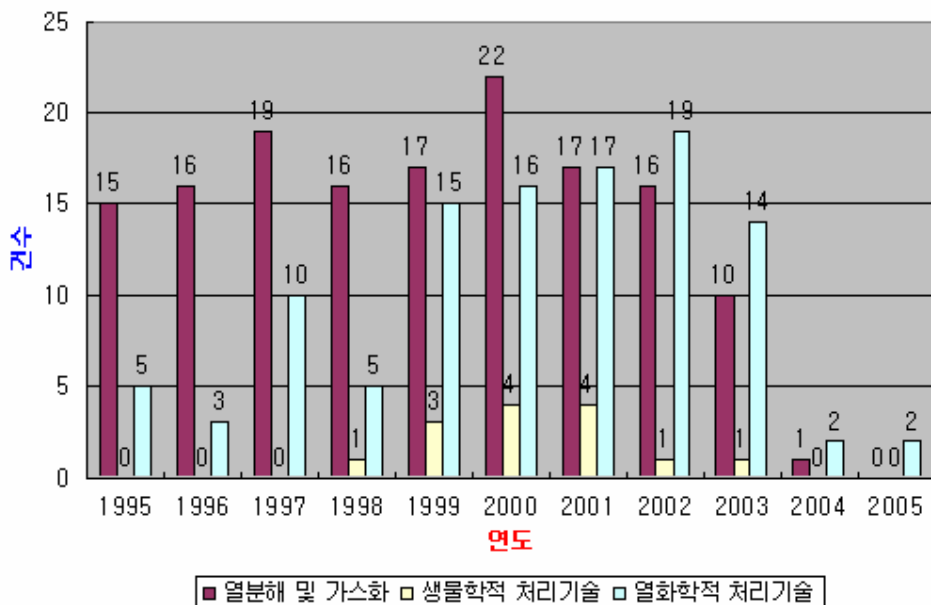
	핵심기술	국내 기술개발의 독창성
열화학적 전환 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 연속적인 슬래깅(slagging) 운전</li> <li>. 석탄 가스 냉각기 설계</li> <li>. 파울링(fouling) 방지설비 설계, 운전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 기존 외국의 가스화기술과 차별화되는 1단 선회식 가스화기 사용 (특허 등록)</li> <li>. 1300℃ 정도의 고온과 25기압 이상의 고압 상태에서 주성분이 폭발성이 강한 석탄가스의 냉각 기술</li> <li>. 석탄가스 내에 소량 포함된 flyslag의 관로 부착 방지 독자기술 개발 (특허 출원)</li> </ul>
가스정제 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 고온 집진설비 설계 및 세라믹 필터 제조</li> <li>. 고온고압 탈황, 세정시스템 운전</li> <li>. 고온 탈황시스템 설계 및 탈황제 제조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 400 ~ 600℃ 정도 고온에서의 집진 필터 배치 및 배열 기술</li> <li>. 국내고유의 고온탈황제 recipe 개발 (특허 출원)</li> </ul>
복합발전 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 저발열량가스(Low BTU gas) 연소 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 천연가스의 발열량보다 1/4 ~ 1/10 정도의 저발열량 가스의 연소 기술</li> </ul>
시스템 연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 공기분리 시스템과 전체 시스템 연계</li> <li>. 최적 질소 / 스팀 가스화기 순환시스템 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 최적 질소 순환 IGCC시스템 구성 (특허 등록)</li> <li>. NOx 저감용 증기분사 가스터빈 시스템 (특허 등록)</li> </ul>

자료 출처: 한국에너지기술연구원, '석탄가스화 복합기술', 에너지관리공단, 한국 (2005)

## 2 열화학적 전환 공정의 동향

### | 주요 특허 분석

- 열화학적 전환 공정 중에서 가장 많은 개발이 이루어진 분야는 석탄가스화 분야로서, 특히 합성가스 제조를 위한 관련 특허는 173건으로 미국에서 114건, 유럽에서 46건 출원되었음.
  - 미국의 경우 1970년대 중.후반, 유럽의 경우 1980년대 중반에 많이 출원되었으며 국가별 연도에 따른 석탄 가스화에서 얻어진 합성가스 생산 공정에 관한 특허 출원 건수를 나타냈으며 총 63건중 Shell과 Texaco관련사가 42건으로 주요출원인 중에서도 67%를 차지함.
- 열화학적 전환 공정을 통해서 얻어지는 합성가스를 이용한 발전 기술에 대한 특허는 가스 엔진, 연료전지 및 복합발전 등의 등록 및 출원이 최근까지 이루어지고 있음.
  - 국가별로는 일본(153개), 미국(129개), 유럽(54개)의 순으로 나타났으며 열화학적 전환 플랜트, 가스 정제 설비, 복합 발전 터빈, 고체 산화물 연료전지 기술 등의 모든 요소 기술들을 개발하고 있는 GE(2004년 이전에 Texaco사가 등록한 가스화 관련 특허 포함)사의 특허가 가장 많음.
  - 국내에서 이루어진 열화학적 전환 기술에 대한 특허는 가스화 및 열분해에 관련된 특허가 가장 많으며 바이오매스의 에너지 이용 및 처리 기술인 생물학적 처리 기술도 2000년대에 많이 이루어졌으나 대용량의 에너지 이용 기술에 대한 특허는 대부분 가스화 분야에 집중되어 이루어짐(그림 5 참조)



[그림 5] 국내에서 이루어진 열화학적 전환 기술 특허

자료 출처: 이시훈, “바이오매스 이용 기술 제안서”. 한국에너지기술연구원, 2006

## 2 열화학적 전환 공정의 동향

### | 국내외 산업 동향

#### 가. 국내외 산업 동향 및 전망

- 열화학적 복합 전환 공정에 대한 국내외의 관심은 유가가 상승함에 따라서 지속적으로 증가하고 있는 상황으로 특히 석탄 가스화를 이용한 합성 석유 생산 공정을 남아프리카 공화국에서 상용화한 사솔(SASOL)사는 전세계에서 다양한 유틸리티 회사들과 합작 또는 지분 참여의 형태로 새로운 형태의 열화학적 복합 전환 공정을 개발하고 있는 실정임.
- 열화학적 복합 전환 공정의 하나인 IGCC 공정은 2003년부터 한국전력의 주도로 설치할 계획이었으나 2005년, 2007년으로 계속 지연되다가 올해 300MW급 IGCC 플랜트 건설 및 운영을 위한 기획이 다시 진행되고 있음.
  - 산자부에서는 미국의 FutureGen-600MW급의 석탄 가스화 복합 발전 공정으로 수소 생산 공정과 이산화탄소 저장 공정이 연계된 차세대 청정 발전 공정- 프로젝트에 참여하여 최신 기술 개발에 동참하기로 함.
  - 또한 2005년 대체에너지법을 대신한 신재생에너지법에 포함되어 있는 신재생에너지의 발전할당제 도입으로 인하여 바이오매스, 폐기물 등의 재생에너지 자원들을 이용한 열화학적 전환 공정에 대한 일반 기업들의 관심도 고조되고 있는 상태임.
- 1990년대에 폐기물 처리 기술의 일환으로 고온 열분해 및 가스화 전환 공정에 관심을 잠시 가졌던 국내 중공업 업체들도 다시 기술 개발 및 해외 기술 도입을 고려하고 있는 실정임.
  - 다이옥신 등의 문제로 인하여 폐기물의 단순 소각이 금지되기 때문에 고온 조건에서 바이오매스, 폐기물들을 용융 가스화하여 처리하는 기술에 대한 관심은 매우 높은 편으로 현재 3종류의 용융 가스화기가 국내 중공업 업체들을 통해서 국내에 보급되고 있는 실정임.
- 고온고압 가스화기, 열교환기 등 열화학적 복합 전환 공정에서 요구되는 고가의 설비에 대한 설계와 제작 분야에서는 상용급 실적을 가진 국내 중공업 업체들이 없는 상태이나, 관련설비의 생산제작 기술은 국내업체들의 능력이 일본이나 미국에 뒤지지 않고 있어 기본설계와 검증능력에 대한 추가 투자를 통해서 선진 외국사를 따라 갈 수 있을 것으로 예상됨.
  - 선진각국이 많은 자금을 '80년대 초반부터 열화학적 전환 공정에 투입하고도 상용화가 지연되었던 이유는, 기술적으로는 각 기술을 시스템으로 연결시키는데 따른 어려움과 고체 시료를 용융상태에서 처리 취급함에 따른 열교환지수 등 운전 자료의 부족이 원인으로 나타났음.
  - 경제적으로는 LNG발전과 기존 미분연소발전에 비해 건설비가 높았던 점이 상용화를 가로막는 장애가 되었음.
  - 그러나 열화학적 전환 공정의 건설비가 낮아지고 미분탄 연소 공정에 의해 발생하는 이산화탄소 처리 비용이 증가됨에 따라서 점차 경제성을 가지게 되었으며, 특히 고유가의 지속으로 인해 합성 석유 생산 공정에 대한 수요가 미국, 중국 등에서 크게 증가하고 있는 상태임.

- 열화학적 복합 전환 공정 기술의 선진국인 미국, 유럽 및 일본은 우리나라에 비해 풍부한 열화학적 복합 전환 공정과 관련된 연구/개발 경험을 가지고 있고 실증용 플랜트에서 최대 75% 가량의 availability를 보여주고 있으나 상용화를 위해서는 기술적 장애들을 해결해야 함.
  - 석탄가스화기와 가스 냉각기간의 fly-slag 에 의한 문제
  - 고온 집진 장치 내 세라믹 캔들 필터의 파손 문제
  - 고온 탈황공정의 상업적 규모의 운전 신뢰성 문제
  - 석탄가스 연소 시 가스터빈의 연소 불안정성 및 맥동 문제
  - IGCC 시스템 공정 연계에 따른 문제

#### 나. 산업적 응용분야 및 파급효과

- 열화학적 복합 전환 공정은 매우 규모가 큰 복합플랜트의 성격을 지니므로, 공정에 사용된 각종 요소 기술을 활용하여 사업이 가능한 국내 산업체로는 한국전력, 대형 정유회사 및 민자 발전/열병합 사업자 등과 같은 소수의 대형 기업체들로 국한됨.
  - 요소 기술의 파생분야인 폐기물, biomass 가스화 및 가스화/연료전지 연계시스템과 같은 중소형 에너지/환경 설비의 개발이 향후 이루어진다면 국내 중공업 및 환경 전문 기업들의 열화학적 복합 전환 공정 시장의 참여도 예상됨.
  - 열화학적 복합 전환 공정이 전력 및 합성 석유 등의 생산 제품들을 90% 이상의 효율로서 상업 운전을 할 수 있는 기술수준에 도달하기 위해서는 각 요소기술들을 보유한 회사들의 기술 개발이 더욱 필요한 상태이다.
  - 특히 가스 정제 기술중에서 최근 문제가 많이 되고 있는 이산화탄소 처리를 위해서는 실증화된 기술을 보유한 회사가 나와야 할 필요가 있음.
  - 석탄을 이용하는 열화학적 전환 공정과는 달리 중질 잔사유를 연료로 사용하는 전환 공정은 현재의 기술수준으로도 90% 가량의 효율을 보여주기 때문에, 정유공장의 열화학적 복합 전환 플랜트로의 적용은 쉽게 이루어질 것으로 예상됨.
- 반응기, 복합발전, F-T 공정, 연료전지 등의 다양한 공저이 결합되는 열화학적 복합 전환 공정 기술은 다음과 같이 다양한 보급 가능 영역을 확보하고 있으며, 잠재적으로 다음과 같은 분야에 보급될 수 있을 것임(참고문헌 2).



[표 2] 요소 기술들의 미래 보급가능 영역 및 보급잠재력

요소기술	미래 보급가능 영역	국내시장동향 및 보급 잠재력
가스화 기술	중유, 하수슬러지 및 오리멸전 가스화 설비	향후 환경문제 강화로 점차적으로 대체원료 사용이 증가될 전망
	COM, CWM 공급계통	석탄/물 슬러리 제조계통 및 연소로 응용을 통한 상품화 가능
	하수슬러지등 저급시료의 용융로	2001년부터 매립 금지되는 하수 슬러지의 용융 연소로 상용화 추진 중
	선회식 용융 보일러	국내에서는 10기압 이상의 고압 설비가 국산화 되어 있지 않음
	가스화/연료전지(IGFC)	50-70% 고효율 발전기술로 2005-2020 년에 상용화 예정
탈황기술	가압유동층연소(PFBC) 연료전지(MCFC)	차세대 발전기술인 PFBC, MCFC 에도 건식 탈황기술은 필수적임
	암모니아 및 메탄올 제조 공정	탈황 후 정제 가스를 응용한 판매 가능한 화학 부산물 생산 가능
	유동층 촉매 반응기	정유업체 및 촉매회사의 기술도입에 의한 로얄티가 수백억에서 수천억 규모
집진기술	산업 및 사업용 보일러	석탄보일러 집진설비 응용시 연간 1000억 규모의 보급 잠재량 예측 됨.
	소각로 배가스 처리계통	전국 소각로 설비의 배가스 처리시설 연간 100억 시장규모로 추정 됨.
시스템 설계 및 해석 기술	보일러, 복합발전소, 열병합설비 설계/해석	국내 에너지, 환경, 중공업업체에서 외국 엔지니어링 업체에 지불하는 기술료 및 외국에서 구입하는 설계 소프트웨어의 수입대체 효과 기대
	소각로 폐열회수 설비 관련 설계/해석	
	가스터빈 발전소 모니터링 시스템 및 진단 계통	한국전력 보유 가스터빈 발전소의 성능향상을 통한 연간 수십억의 연료비 절감효과 기대

자료 출처: 이창근외, "석탄가스화 복합기술", 한국에너지기술연구원, 2005

## 2 열화학적 전환 공정의 동향

### | 열화학적 복합 전화 공정의 국산화 개발 동향 및 가능성

- 열화학적 전환 공정은 탄화수소 물질들을 이용하면서도 환경 친화적 이용이 가능하다는 장점으로 인해, 최근 들어 차세대 이용 기술로 부각되고 있으며 종래에는 노후된 발전소의 repowering의 강력한 대안으로 국내에서도 평가되고 있음.
  - 오리멸전, 중질잔사유, biomass 및 폐기물 등의 대체연료들도 폭넓게 이용할 수 있기 때문에 에너지 자원이 적은 우리나라의 실정에 매우 적합함.
  - 열화학적 복합 전환 공정 기술의 핵심에 해당하는 석탄가스화 기술은 미국과 일본, 유럽의 상용화 추세로 보아, 향후 21세기 석탄에너지 이용기술의 큰 축이 될 것임.
  - 에너지기술을 전적으로 해외에 의존할 수 없으므로, 국내 가용한 자원을 최대한으로 활용하는 기술개발이 필요한 시점이며 관련 기반기술의 축적을 위해서 국산화 기술 개발이 더욱 필요함.
- 국내에서도 이러한 열화학적 복합 전환 공정 기술의 중요성 및 미래 수요를 일찍이 예측하여, 1990년대를 전후로 본격적인 기술 개발 시작되어 한국형 플랜트의 개발을 위한 요소 및 시스템 기술들이 국내 기술진들에 의해 이루어짐.
  - 차세대 복합 전환 공정의 핵심 기술인 액화 공정, 수소 생산 및 연료전지 발전 공정 등의 응용 공정에 대한 연구가 미비하며, 가스 터빈 등의 발전 기술 등도 추가적인 개발이 필요한 상황임.
  - 국내에 풍부한 유일한 탄화수소계 자원인 무연탄은 열화학적 복합 전환 공정에 유리하지 않기 때문에 다양한 탄화수소 물질들을 동시에 이용할 수 있는 기술을 독자적으로 개발해야 하는 어려움이 있음.
  - 이와 같은 문제들을 해결하고 지속적으로 연구/개발이 이루어지면 독자적인 발전소 설계 및 엔지니어링을 기술을 확보할 수 있으며 국제경쟁력을 갖춘 고부가가치의 상품 창조가 가능할 것임.
- 국내에서 이루어지는 열화학적 복합 전환 공정의 석탄가스화 기술개발 목표는 수백MW급의 상용화 설비를 목표로 하나 선진국과 경쟁하기에는 투자 규모가 작기 때문에 국내에 적합한 형태로 진행되어야 함.
  - 국내에서 이용할 수 있는 탄화수소 물질들을 이용하여 전체 공정을 실증하는 방향으로 연구개발이 진행되어야 하며 미국과 유럽 등지에서 겪었던 운전상의 문제점들이 국내에서 재발되지 않도록 선진 기관들의 운전 및 설비의 특성 자료를 이용해야 하며 향후 국내에 건설될 때에 이용될 핵심 설비와 부품을 국산화해야 함.
  - 열화학적 복합 전환 공정의 독자적인 모델을 개발하기 위해서는 1. 국내 투자규모, 기술 수준 및 향후 국내 보급환경에 적합한 규모의 실증 설비 개발 추진, 2. 국내업체의 제작/건설기술 등 산학연의 기반기술을 활용할 수 있는 추진체계 구성, 3. 기술개발의 효율성 제고 등이 필요함.

- 열화학적 복합 전환 공정을 선진국 수준으로 조기 진입시키기 위해서는 산업계, 연구계, 정부 기관 등으로 구성된 국가 콘소시움을 구성하여 민간기업 및 연구기관의 보유 시설, 장비 및 인력을 공동 활용하는 것이 필요함.
- 국내 중공업 업체의 강점인 module화 설계.제작 능력과 IT 기술을 접목한 설계기술 개발, 상용화 플랜트 설계.운전기술력 확보를 위한 실증공정 연구, 50-100 톤/일급 플랜트 건설을 통한 실증 연구 추진, 기술개발 기반확보를 위한 기술전문 인력 pool 구축 등의 이루어함.

## 단위 공정별 기술적 이슈

### 3

- |복합 공정 개발에 대한 사회/경제적 수요
- |복합 공정의 상용화를 위한 기술 과제
- |복합 발전 분야의 현황 및 기술 과제

### 3 단위 공정별 기술적 이슈

#### | 복합 공정 개발에 대한 사회/경제적 수요

- 우리나라는 에너지원의 97%를 수입에 의존하고, 전체 전력 생산량의 60% 가량을 석유, 석탄 등의 화석에너지 자원들에 의존하고 있어 치솟는 원유값에 따라 가솔린, 디젤 등의 액체 에너지원의 가격이 상승하여 기업체 및 개인들에 큰 부담으로 작용하고 있음.
  - 열화학적 복합 전환 공정을 통하여 전기, 합성 석유, 메탄올, 수소 등을 생산하는 기술에 대한 수요도 점차 증가하고 있는 상태로서 상대적으로 풍부하게 이용할 수 있는 탄화수소계 자원들을 활용하여 에너지 문제와 환경문제를 동시에 해결하는 기술은 반드시 필요함.
  - 환경과 에너지 문제가 점차 심각해지고 일반인들의 인식도가 높아지는 상황에서는 현재와 같이 연소보일러 방식의 석탄에너지 활용은 점차 환경문제가 적은 가스화를 비롯한 열화학적 전환 공정으로 변화될 것임.
  
- 에너지 분야는 사회 구성원들의 이해와 정책이 큰 영향을 끼치는 분야임과 동시에 각국의 상황에 따라서 큰 차이를 나타내기 때문에 얼마나 경제성 있고 안정성 있게 공정을 구성하는가가 실용화를 결정하는 가장 중요한 요인이 됨.
  - 현재 국내의 열화학적 복합 전환 공정 기술은 대형 플랜트에 대한 경험이 부족한 실정이지만, 각 단위 장치 또는 단위 시스템에 대한 운전경험 및 설계능력은 선진국에 비하여 떨어지지 않는 상황이므로 부족한 기술에 대한 기술 개발 수요가 있음.
  - 또한 바이오매스와 폐기물의 열화학적 전환 기술들은 소형 설비들에 대한 지역 사회의 수요가 발생하고 있는 상태이나 재생에너지 자원들은 수집 비용이 많이 들기 때문에 이를 해결하기 위한 법률적 지원과 세금 혜택, 지원금 등의 사회 구성원들의 합의가 필요함.
  
- 사회가 발전함에 따라서 원자력 발전 등에 대한 사회 구성원들의 거부감 증가로 인해 향후 국내의 에너지 수급이 큰 어려움에 직면하고 있음.
  - 황산화물, 질소 산화물, 분진 등의 문제에 따른 기존의 미분탄 발전 방식에 대한 우려와 체르노빌 사태와 같은 치유할 수 없는 사고에 대한 두려움으로 인한 원자력에 대한 거부감은 새로운 발전소의 건설을 거의 어렵게 함.
  - 이에 따라서 환경오염물질의 배출이 적고 기존의 미분탄 발전 방식에 비해 최대 15-20%의 효율이 높은 새로운 에너지 이용 기술에 대한 호감임 점차 증가하고 있으나 아직까지는 기존의 발전소에 비해 공정의 신뢰도가 낮고 건설비가 15% 정도 고가인 단점을 해결해야 함.
  
- 선진국에서는 석탄과 중질잔사유 에너지를 적용하는 경우, 전력가격의 인센티브 또는 세금 혜택을 발전 회사 또는 유틸리티 회사들에 주고 있으나 국내에서는 도입이 되지 않고 있음(표 3참조).
  - 새로운 신재생에너지법이 발표되었으나 아직 외국과 같은 정부차원의 인센티브(예: 합성가스 가격, 전기가격, 건설비, 운전비)가 없는 현실에서 수천억원의 투자비에 대한 안정된 수익구조 확보가 매우 어려운 현실임.
  - 열화학적 복합전환 공정은 300메가와트급 이상의 대형 규모를 갖추어야 경제성 확보가 유리하기 때문에 국내 보급을 위해서 필요한 인센티브 등을 위해서는 사회 구성원들간의 합의가 필요함.
  - 2005년부터 새롭게 발효된 신재생에너지법에 의하면, 바이오매스, 폐기물 등을 열화학적 복합 전환 공정의 연료로 이용할 경우에는 인센티브 혜택을 받을 수 있으며 교토 협약에 의해서 탄소세가 부과될 경우에는 추가적인 이익을 얻을 수 있음.

[표 3] 미국의 가스화 지원 법안

◆ Section 3117 (Credit for Investment in Qualifying Advanced CCT)
<ul style="list-style-type: none"> <li>. 신석탄발전기술 사용한 설비투자비의 10% 만큼 세금감면</li> <li>. 2002년 1월 1일부터 2011년 12월 31일까지 적용</li> </ul>
◆ Section 3118 (Credit for Production from Qualifying Advanced CCT)
<ul style="list-style-type: none"> <li>. 석탄이용발전량(kWh)과 생산된 연료/화학원료의 kWh 환산량을 합한 후, 설비 효율에 따라 인센티브 보조</li> <li>. 최초운전 시점으로부터 10년간 지원</li> </ul>
◆ Section 5000 (Clean Coal Power Initiative Act of 2001)
<ul style="list-style-type: none"> <li>. 향후 10년간 매년 2억불을 석탄신발전기술의 실증프로젝트에 투입, 이중 80%를 가스화기반 프로젝트에 사용</li> <li>. 2002년-2011년 기간 동안 지원</li> </ul>

자료 출처: 한국에너지기술연구원, '석탄가스화 복합기술', 에너지관리공단, 한국 (2005)

- 석탄을 새로운 열화학적 복합 전환 공정으로 사용하는데 대한 세계지원은 미국이 가장 적극적으로 2001년 7월에 제정된 'SAFE (Securing America Future Energy) Act of 2001'과 2002년 4월에 제정된 'Energy Policy Act of 2002'에 자세한 인센티브 지원방안이 명시되어 있음(표 3 참조).
- 신석탄 발전기술 (Clean Coal Technology) 도입 활성화를 위한 기술방향과 인센티브 내용이 명기되었고, 인센티브 금액을 산정하는 방식은 [발전량(kWh)+연료/화학원료로 생산된 양을 3,413 Btu당으로 환산한 양] x \$0.001-0.014 x 적용% 임.

### 3 단위 공정별 기술적 이슈

#### | 복합 공정의 상용화를 위한 기술 과제

- 열화학적 복합 전환 공정은 다양한 단위 공정들이 결합된 융합 시스템으로 탄화수소계 물질의 공급 시스템, 열화학적 전환이 일어나는 전환기, 합성가스 정제를 위한 정제 시스템, 가스터빈, 스팀터빈 등으로 이루어진 발전 시스템, 메탄올, 합성 석유 등을 생산하는 F-T 공정을 포함한 응용 시스템, 기타 보조 설비 등으로 나누어지기 때문에 각각의 단위 공정별 기술 과제를 비롯하여 복합 공정 운영에 따른 시스템 구성, 최적화 등의 기술 과제를 해결해야 함.
  - 물질 공급 시스템: 다양한 최종 생산 제품(전기, 수소, 메탄올, 합성 디젤 등) 생산을 최적화하는 원료 물질 공급 시스템 개발(건식, 습식 등), 재생에너지 자원(RPF, 폐목재칩, 톱밥 등)과 전통적인 화석에너지 자원인 석탄, 중질잔사유 등의 혼합 공급 시스템 개발
  - 열화학적 전환기: 합성가스 제조공정기술의 신뢰도 향상, 고온정제 시스템 연계 공정 신뢰도 향상기술 개발, 화학원료 제조 등 합성가스를 활용한 기술개발 위한 안정적 가스 생산 기반 구축, 전환 반응기 및 관련 설비들의 고효율화
  - 발전 및 액화 시스템: 합성가스 사용 소형 발전시스템 기술개발, 국내외 기술에 기반한 실증급 플랜트 설계 능력 제고, 설비 및 부품들의 국산화율 제고를 위한 기술개발 및 실증적용 pilot 설비 운용
  - 대형 플랜트 개발: 열화학적 복합 전환 공정 1호기 연계 부품 국산화율 제고 기술개발, 개발 설비/부품 및 개발공정과 연계한 pilot 실증, 50-100톤/일급 석탄 IGCC 플랜트 건설 추진 및 화학원료/수소제조 기술개발과 연계, 가스화/고온정제 설비 및 부품 수출산업화 추진
  
- 열화학적 복합 전환 공정의 상용화를 위해서는 다양한 플랜트에서의 운전 조건 조사보다는 단일 플랜트에서의 연속 운전 자료를 포함한 탄화수소 물질들의 전처리 및 공급설비의 실증플랜트의 설계, 제작이 이루어져야 함.
  - 실험연구, 버너 및 전환 반응기 scale up 설계 및 실증 연구, 슬랙 연소 배출 기술, 내화재 선정 및 시공기술 연구 등이 시스템 개발 연구에 추가되어 이루어져야 함.
  - 열화학적 복합 전환 공정의 전산모사를 통한 100톤/일급 가스화 응용 적용 모사 기술 개발, 100톤/일급 석탄 가스화 응용시스템의 3차원 설계 및 Virtual Program 개발 등을 통한 scale-up을 위한 데이터베이스 구축을 해야 함.
  
- 열화학적 복합 전환 공정의 핵심 이용 기술인 발전, 수소 이용 기술, 액화 등을 상용화하기 위해서는 석탄액화 공정과 융합하여 이용할 수 있는 복합발전 최적 매칭 기술 확보, 향상된 연소안정성 및 저NOx 연소가 가능한 가스터빈 시스템 개발 등이 필수적으로 이루어져야 함.
  - 액화 및 수소 생산을 위하여 합성가스 내의 일산화탄소의 해결을 위하여 수성가스 전환 반응기의 결합, 연소 안정성 확보를 위한 연소기 및 연소실 설계 기술 개발 등이 필요함.
  - 발전 블록과의 통합을 위한 연소 특성 제어 및 모니터링 기술, 가스 조성 변화에 대한 난류 연소특성 변화 규명, CO 및 SynGas의 희박-예혼합-난류화염의 특성 조사 및 버너 개조가 이루어져야 함.



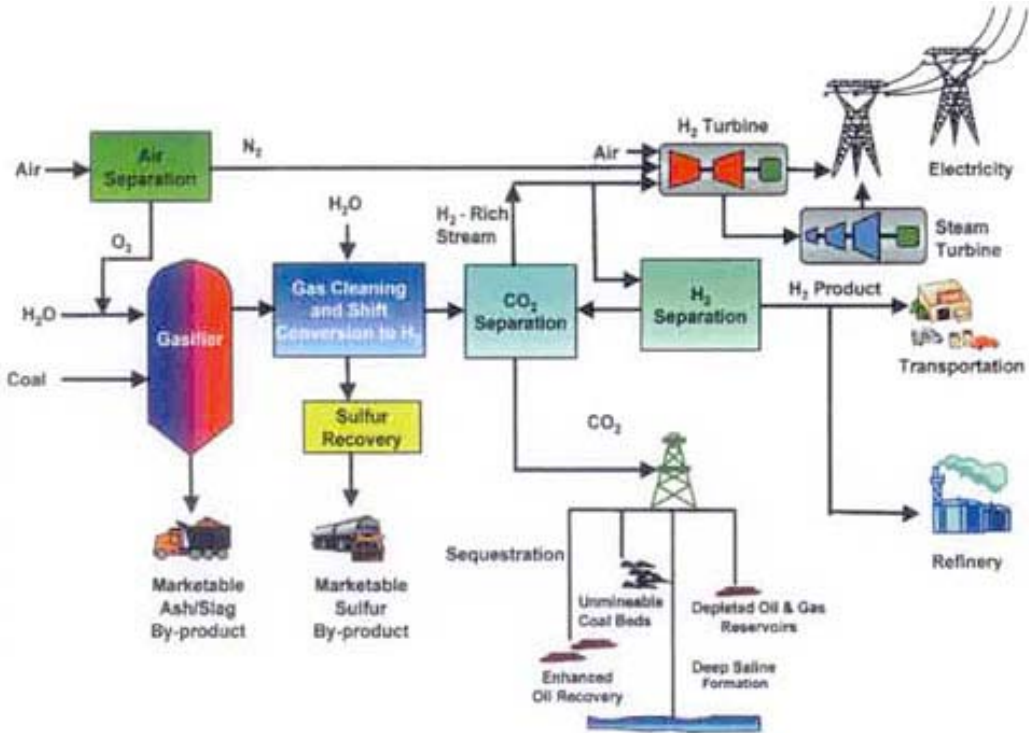
- 열화학적 복합 전환 공정에서 효율을 향상시키는 차세대 기술로 인식되고 있는 연료전지 이용 분야는 아직 상용화를 위해서 해결해야 할 과제들이 많이 남아 있는 상태임.
  - 발전 분야에서의 응용이 가장 유력한 고체 산화물 연료전지(SOFC)는 아직 수백 킬로와트 정도의 스택 개발만이 이루어졌기 때문에 IG-FC용 SOFC 발전시스템 기술 개발 및 평가, SOFC 발전시스템 구성 및 주변기기 (BOP) 기반기술 개발, 발전시스템 운전 및 특성 평가 등이 필요함.
  - 특히 대형 스택 개발을 위하여 튜브형 스택 설계제작 기술개발 및 핵심 요소기술 개발, 튜브관 및 스택 모듈 제조기술 개발, 스택-연료시스템 연계기술 개발 등의 과제들이 해결되어야 함.
  - 또한 상용화를 위해서 대용량 SOFC 발전시스템 개발 및 운전 평가, 전체 시스템 제어기술 개발, SOFC 요소기술의 대형화 및 기계화 기술 개발, 대용량 스택 제조공정 확립, 스택 제작의 기계화, 스택 장수명 및 신뢰성 기술 확보 등을 해결해야 함.
  
- 탄화수소 물질들의 전환을 통해 생산된 가스 물질들에는 반응하지 못한 탄소 물질들과 회재들이 포함되어 있으며 일부의 오염 물질들도 포함되어 있기 때문에 효율을 저해하지 않는 공정 개발이 필수적으로 이루어져야 함.
  - 고온 집진 공정 개발을 위하여 필터 표면의 균일 분진층 형성을 위한 vessel 내부 유동 최적화 기술 개발, 입자상물질 제거장치의 scale-up을 위한 Filter cluster 모듈화 기술 개발, 열피로에 강한 세라믹 소재 및 금속필터 개발 등이 이루어져야 함.
  - 열화학적 복합 전환 공정으로의 적용을 위해서 직접 연계 블록 제작, 장시간 연계 운전을 통한 실험 데이터 획득, 전력, 수소, 합성 석유 등의 다양한 최종 생산품들을 위한 공정 최적화 등이 필요함.
  - 환경 오염 물질들의 제어를 위해 고온건식 탈황제 성능향상 기술, 고심도/무공해 정제용 흡수제 개발, 합성가스 순도 실증을 위한 통합공정 운용 및 설계기술, 무공해 정제용 흡수제/축매 개발, 고온/고압 수은 제거용 흡착제 개발 등이 이루어져야 함.



### 3 단위 공정별 기술적 이슈

#### 복합 발전 분야의 현황 및 기술 과제

- 열화학적 복합 전환 공정들 중에서 가장 관심이 집중되고 있는 공정은 석탄을 합성가스로 전환하여 전력과 수소를 동시에 생산하는 공정으로서 미국의 FutureGen 프로젝트를 포함하여 대형 프로젝트가 앞 다투어 계획 또는 진행되고 있음(참고문헌 6)
- 2000년대 들어서면서, 2020년에 상용화를 목적으로한 미래 에너지 플랜트 개발 목표를 나타내는 Vision 21 프로그램이 미국 DOE에서 제시되었으며 수소 이용과 이산화탄소 처리를 포함하여 새롭게 FutureGen 프로그램으로 전환되어 실시되고 있음.
- Futuregen 프로그램은 석탄과 다양한 원료를 동시에 가스화하여 다양한 부가가치 있는 에너지원(전력, 화학원료 및 수소 등)을 얻는 플랜트 개발을 목표로 함.
- Futuregen과 비슷한 기술개발이 일본에서도 정부와 민간 회사들의 연합체를 통해 진행되고 있으며 최근에는 연료전지 시스템과의 연계 프로젝트인 EAGLE 프로젝트가 진행되고 있음.
- 미국, 일본과 마찬가지로 유럽도 친환경 발전 기술-네델란드의 부게넘 플랜트, 스페인 Elcogas의 가스화 플랜트 등-에 관심을 기울이고 있음.



[그림 6] CO2 회수 공정을 포함한 석탄으로부터 수소 및 전력 병산 시스템의 공정도(FutureGen)

자료 출처: Futuregen Alliance, www.futurealliance.org

- 열화학적 복합 전환 공정에서의 발전 블록에서 가장 중요한 분야는 가스/스팀 터빈을 이용한 전력 생산으로서 GE, 알스톰 등의 대형 회사들이 전세계의 대부분의 플랜트의 발전 블록 시스템을 독점하고 있는 상태임.
- System Matching & 효율: 열화학적 복합 발전과 천연가스 복합발전에 이용되는 연료 조성이 크게 차이가 나기 때문에 합성가스 조성 및 유량에 대한 터빈 매칭 기술이 필수적으로 이용되어야 함.
- 연소안정성: 복합 발전 공정에서 발생할 수 있는 가장 중대한 문제점은 연소불안정성에 기인하는 가스터빈의 진동과 이에 따른 터빈의 날개 손상으로 인한 터빈 교체로서 고효율 저NOx 연소를 구현하기 위하여 사용되는 희박예혼합 연소기술에 따른 압력 민감도가 높아져 발생하는 것으로 보고됨.
- 연소 안정성을 확보하기 위하여 기존의 가스터빈 연소시스템에서 이용되는 연소실의 개조, 연소기의 형상 개선이 필요함.
- 저공해연소: 복합발전의 커다란 장점은 희박예혼합연소를 실시하므로 고효율 청정연소가 가능하다는 점이나 연소 불안정성을 높이는 요인이 되기 때문에 전체 공정의 효율을 고려할 필요가 있으며 연료의 변화, 최종 생산품의 비율 변화 등을 위한 최적화된 제어 시스템이 필요함.
- 내구성: 복합발전에서는 합성가스에 포함된 미세분진에 의해서 터빈의 마모가 발생하여 전체 공정의 안전을 해치는 요인이 되기 때문에 터빈 재질의 개선, 터빈 블레이드 개선 등이 이루어져야 함.
- ASPEN을 이용한 열화학적 복합 발전 기술의 타당성 조사 결과에 의하면 열화학적 복합 전환 공정에서 복합 발전 블록이 규모가 커질수록 전력 생산 단가가 낮아지는 것으로 되어 있으나 국내의 경우에 전력보다는 합성 석유 시장에서 더 높은 수익을 얻을 수가 있기 때문에 국내의 경제 상황에 맞는 규모의 발전 블록을 고려해야 함.

## 참고문헌

1. Randy H. Zwiern, “Gasification: Journey to Commercialize”, 2006 Gasification Technologies Conference , Washington D.C., USA, 2006, pp.1-13
2. 이 창근 외, “석탄가스화 복합기술”, 한국에너지기술연구원, 2005
3. NREL, 'Biorefinery concept', <http://www.nrel.gov/biomass/biorefinery.html>
4. 이 시훈외, “가스화 복합 발전”, 한국에너지기술연구원, 2006
5. 이 시훈, “바이오매스 이용 기술 제안서”, 한국에너지기술연구원, 2006
6. Futuregen Alliance, [www.futurealliance.org](http://www.futurealliance.org)

## 저자소개

▶이 시 훈

- 공학 박사
- 현, 한국에너지기술연구원 선임연구원

▶한국과학기술정보연구원 동향정보분석팀