

세계 에너지기술개발 월간동향 (8月)

2013. 8

□ **목 차** □

- I. 미주 1
 - ◇ 美, 차세대 바이오연료 프로젝트 지원 1
 - ◇ 멕시코, 국영 에너지산업 민간개방 2
 - ◇ 미국 Connecticut의 Microgrid Pilot Program 3
 - ◇ 美, 전기화학적 해수담수화 4
 - ◇ 美, University of Delaware, 신재생에너지 저장을 위한 CO2의 CO로의 전기화학적 전환용 bismuth계 촉매 개발 5
 - ◇ 美, Southern Company's Flagship Project: 582 MW IGCC 6
 - ◇ 미 Hawaii Bioenergy, 알래스카 항공과 바이오연료 구매 계약 체결 7

- II. 유럽 8
 - ◇ 유럽투자은행, 재생에너지 및 에너지효율성 지원 강화 8
 - ◇ 독일, 에너지부문 연구·개발 자금지원 7년간 77% 상승 9
 - ◇ EU, 유럽 해상풍력 산업 및 정책 동향 10
 - ◇ 和, Wetsus Academy Centre : CO2 직접 이용 전력생산 기술 11

- III. 아시아 12
 - ◇ 中, 태양광발전 보조금 지급방식 변경 12
 - ◇ 태국, 2021년까지 재생에너지 발전비중 25%로 확대 13
 - ◇ 日, 미사와흙 대용량축전지 제안! 신축주택은 도입비용 불필요 14
 - ◇ 일본, 차세대 석탄화력발전용 가스터빈 청정연소기술 개발 15

IV. 기타 16

- ◇ 수소저장을 위한 대체물질-암모니아 및 연관물질 16
- ◇ 전 세계 나노튜브 관련 연구 현황 17
- ◇ 세라믹-금속간 이종접합 18
- ◇ 호주, 그래핀을 이용한 슈퍼캐패시터 개발 19
- ◇ 뉴질랜드 LanzaTech과 인도 Advanced Bio-Energy 센터, CO2 이용 바이오연료 생산 기술 개발 착수 20

V. 해외출장보고서 21

- ◇ 신재생에너지 분야를 포함한 에너지 효율 향상 21
- ◇ 일본, 염분차 발전관련 기술 22
- ◇ ESCO 2013 개최 23
- ◇ IRENA(국제신재생에너지기구), REMAP 2030 작성 24
- ◇ 영국, Bath大學, 새로운 촉매를 이용한 아민 유기화합물 합성방안 연구를 통한 효율개선 26
- ◇ 일본 도쿄가스, ICCMR11 발표 27
- ◇ 유럽, CARENA & DEMCAMER 28

□ 美, 차세대 바이오연료 프로젝트 지원

- R&D Magazine Webcast, 2013. 07. 16 -

- (현황) 미국 에너지부(Department of Energy, DOE)는 차세대 바이오연료의 도입을 가속화하고, 바이오매스를 이용해 휘발류, 디젤 및 제트유의 생산 비용을 절감할 수 있는 4개의 프로젝트 지원을 결정
 - 2017년까지 갤런당 3달러 수준의 가격 경쟁력을 가진 바이오연료 생산을 위한 차세대 제품개발에 집중
 - 4개 연구 프로젝트들은 바이오연료의 보급 가속화를 위해 생산비용 절감, 성능 개선, 비식용 공급원료와 연료 변환 기술 개발에 주력할 계획

수행기관	수행내용
Ceramatec (최대 3.3백만 달러)	전기화학 탈산화 공정(Electrochemical Deoxygenation Process)을 활용하여 바이오연료에서 산소를 분리하는 경제적인 공정 개발
오크릿지 국립연구소 (최대 2.1백만 달러)	미생물 전기분해 공정을 이용하여 바이오 오일에 포함된 물에서 수소를 분리할 계획
오클라호마 대학교 (최대 4백만 달러)	열분해(Thermal Fractionation) 및 초임계 용매추출(Supercritical Solvent Extraction) 공정 개발
Virent (최대 4백만 달러)	리그노셀룰로오스계 바이오매스(Lignocellulosic Biomass)의 탄소를 바이오포밍(BioForming) 기술을 이용하여 효율적이고 혁신적인 분리 공정 개발

- (시사점) 우리 연구원은 비식용원료를 기반으로 바이오연료 생산 상용화 핵심기술 개발에 집중하고 있음. 경제성 확보가 가능한 수송용 바이오연료 기술 개발을 위한 원천기술 확보가 필요

□ 멕시코, 국영 에너지산업 민간개방

- New york times, 2013. 08. 12 -

- (현황) 멕시코 정부는 국영기업이 독점해 온 에너지 시장을 75년 만에 민간 기업과 외국인 투자자들에게 개방하기로 결정
 - 1938년 이래 멕시코 국영기업인 페멕스(Pemex)가 독점해온 석유·가스 개발에 민간 투자를 허용해 경쟁력을 높이겠다는 내용의 헌법 개정안을 발표
 - 민간 기업이 원유 정제·수송·탄화수소 및 석유 저장에 참여할 수 있게 허용하고 이윤의 일부를 투자에 참여하는 민간 기업과 공유하지만, 석유·가스 생산 권한은 국가 독점으로 남겨둠
 - 엑손모빌, 로열더치셸 등 글로벌 에너지 대기업들은 더 과감한 개방을 요구하고 있으나 멕시코 정부는 과도한 에너지시장 개방에 대한 대중적 불만 형성을 우려
 - 멕시코 정부는 이번 개혁 조치로 30만개의 일자리가 창출되고 시장 개방에 따른 투자 확대에 국내총생산(GDP)이 2% 상승할 것으로 추정
- (시사점) 우리나라 기업들이 우위를 선점하고 있는 정유공장 신설 프로젝트, 해상플랫폼 및 시추, 원유수송선 등의 분야에서 멕시코 시장진출이 가능할 것으로 판단됨

□ 미국 Connecticut의 Microgrid Pilot Program

- Earth Techling / Worldwatch Institute, 2013. 08. 16 -

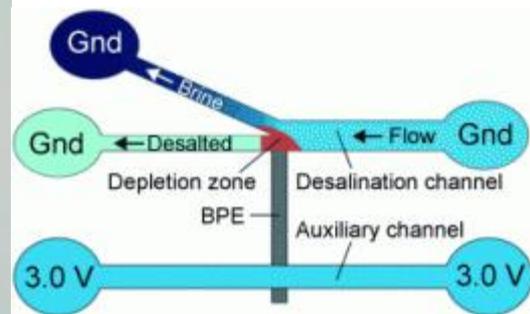
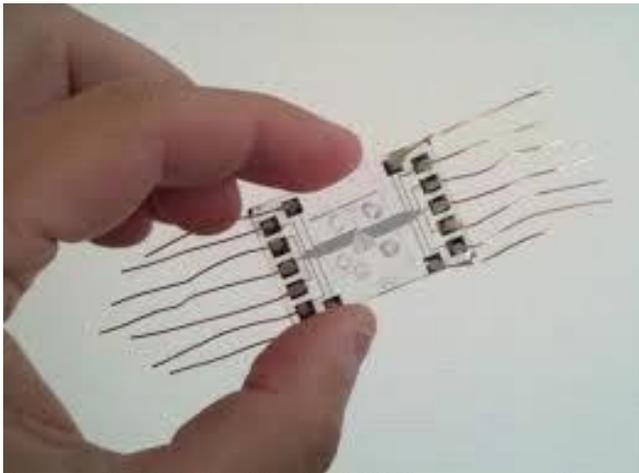
- (현황) 7월 24일 미국 Connecticut 주 정부 관계자는 악천후가 발생하리라 예상되는 기간 동안 전력망의 탄력성과 안정성을 보장할 수 있는 Microgrid Pilot Program에 대한 계획을 발표함. 2012년 10월 허리케인이 Connecticut을 휩쓸 후 추진력을 얻었으며 미국 내 마이크로그리드 관련 명시적 정책을 만드는 첫 번째 주 임. 관련하여 지난해 말, Microgrid Pilot Program에 참여하기 위해 1800만 달러가 도시, 대학, 병원 등에 투자되었으며 응용 프로그램도 개발됨. 본 프로그램에서는 50 kW ~ 5 MW 급 화석연료, 배터리, 신재생에너지 발전기가 포함되어 있으며 2013년 말 완성을 목표로 하고 향후 2년 동안 1000만 달러를 투자할 계획을 지님
- (시사점) 현재 미국에서는 마이크로그리드 기술을 농촌, 군사, 통신기지 뿐만 아니라 주 정책으로까지 확대하여 대규모로 끊임없는 투자를 하고 있으며 이를 통해 전세계 마이크로그리드 시장을 선도하고 있음. 이에 반해 아직 우리나라의 산업 및 정책은 시장을 선도하기에는 아직 부족한 부분이 많이 있으며 필요성조차 인식하지 못한 상태임. 이를 극복하기 위하여 출연연 및 정부기관이 협력하여 지속적인 기술개발과 끊임없는 투자가 필요할 것으로 사료됨

<http://www.earthtechling.com/2013/08/microgrids-get-big-test-in-connecticut/>

□ 美, 전기화학적 해수담수화

- Knust et al., (2013) Angewandte Chemie, 52, 8107-8110 -

- (현황) 미국 텍사스대와 독일의 마르부르크대학 연구진은 해수에 전기장을 형성하여 담수화할 수 있는 기술을 개발
 - 멤브레인을 사용하지 않고 전기화학적으로 해수중의 염을 분리하는 마이크로 채널방식을 사용
 - 2개 경로가 존재하는 마이크로채널에 인가되는 전기장의 세기가 이온의 중화반응에 의해 변화되는 것을 이용하여 해수중의 염을 분리하는 기술
 - 이 기술은 기존 담수화 기술에 비해 간단한 공정으로 에너지 소비가 적을 것으로 예상됨
 - 현재는 염제거율이 25%정도이며 1분에 약 40리터의 담수를 생산할 수 있는 수준으로 상용화를 위해 노력 중



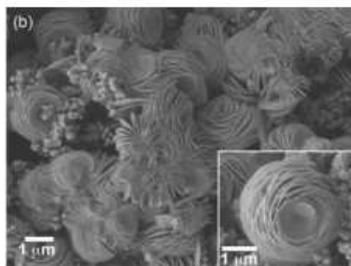
<마이크로채널을 이용한 담수화 과정>

- (시사점) 현재 해수 또는 염을 이용하는 모든 공정에서 멤브레인에 대한 의존도가 높아 한계점이 많은 상황으로 이를 극복하기 위한 새로운 아이디어가 절실함

□ 美, University of Delaware, 신재생에너지 저장을 위한 CO₂의 CO로의 전기화학적 전환용 bismuth계 촉매 개발

- Green Car Congress, 2013. 06. 23 -

- (현황) 태양광을 비롯한 신재생에너지원으로부터 전기를 생산하는 시스템의 이용 효율을 높이기 위해서는 생산된 전기 에너지를 저장하는 시스템의 개발이 필수적임. 전기 에너지를 이용하여 이산화탄소를 일산화탄소로 전환하는 방안이 신재생에너지의 저장 방안으로 주목을 받고 있음 (일산화탄소로부터 범용 화학물질 및 연료를 생산할 수 있음)
- University of Delaware의 Rosenthal 교수 연구팀에서는 이산화탄소의 일산화탄소로의 전기화학적 전환에 필요한 저가의 Bi계 촉매를 최근 개발하였음 (Journal of the American Chemical Society, 2013, 135 (24) p.8798)
- 개발된 촉매는 ionic liquid와 혼합하여 0.2V 이하의 overpotential 조건에서 사용이 가능하며 95%에 가까운 Faradaic efficiency를 보이는 것으로 확인되었음
- (시사점) 신재생에너지를 이용하여 이산화탄소의 전환을 통하여 범용 화학물질이나 연료를 생산하기 위한 공정 개발에 필요한 요소 기술을 확보하였다고 판단됨



Bi계 촉매가 증착된
glassy carbon 전극 표면

□ 美, Southern Company' s Flagship Project: 582 MW IGCC

- Tamar Hallerman (GHG Monitor), 2013. 08. 02 -

- (현황) 미국 남부발전의 연소전 CCS 설비인 582 MW IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) 총비용이 최대 4.7 billion USD로 발표되었으며, Kemper county IGCC plant가 2014년 5월에 일정대로 설치되기 위해 남부발전 주주들이 450백만 USD를 흡수하기로 결정함
 - DOE로부터 270백만 USD 지원을 받아 수행 중인 Kemper IGCC+CCS 설비는 CCS 설비가 설치되어 운전되는 미국 내 최대 규모의 발전 설비가 될 전망이다. 남부는 배출되는 CO2 중 65% 정도(3.5백만 톤)를 포집 및 수송(Denbury Resource's existing Green Pipeline)하여 Houston 페오일/가스전에 EOR (Enhanced Oil Recovery)로 활용할 계획임
- (시사점) IGCC 플랜트와 연계되는 연소전 CCS 설비의 경우, 위 경우와 같이 초기 예상된 비용과 비교하여 크게는 두 배 이상의 투자비 차이가 발생하고 있기 때문에, 향후 IGCC+CCS 설비 실증을 위해서는 다각도의 초기 투자비 예측이 필요할 것으로 판단됨

□ 미 Hawaii Bioenergy, 알래스카 항공과 바이오연료 구매 계약 체결

- Green Car Congress, 2013. 07. 25 -

- (현황) 알래스카 항공과 Hawaii Bioenergy(HBE)는 최근 바이오 항공유 구매 협약을 체결함. 바이오연료 생산에 사용되는 원료는 목질계 바이오매스가 예상되며 HBE는 이 외에도 다양한 에너지 작물에 대한 처리기술에 대하여 연구를 수행 중임
- 알래스카 항공은 Hawaii Bioenergy와 계약을 체결한 두 번째 고객이자, 첫 번째 항공사임. 종전 Hawaii 전력은 신재생 전력 생산을 위하여 Hawaii Bioenergy와 천만 갤런/년의 연료 구매에 대한 계약을 발표하였음
- 2011년 알래스카 항공과 호라이즌 항공은 미 국내선 항공사로는 최초로 혼합 바이오연료를 사용하여 여객기 비행을 성공적으로 수행한 바 있음
- (시사점) 배터리로 운행 가능한 light vehicle과 달리 항공 부문은 액체 연료에 의존할 수밖에 없어 바이오연료의 주요 활용 분야로 주목받고 있음
- 다양한 바이오매스로부터 고밀도 액체 연료를 생산하는 기술들이 개발되고 있으며, 이미 선진국의 경우 시험 비행에 성공한 상태임. 에너지 안보 측면에서 경제성이 낮더라도 동 분야에 대한 지속적인 연구 지원이 필요함

II 유럽

□ 유럽투자은행, 재생에너지 및 에너지효율성 지원 강화

- 유럽투자은행; 2013. 07. 24 -

- (현황) 유럽투자은행 (European Investment Bank, EIB)은 재생에너지, 에너지 효율성, 에너지 그리드 투자를 위한 지원을 강화하기 위해 새로운 규정을 도입
 - 유럽투자은행은 지난 10개월간 에너지 대출 기준에 EU 에너지 및 기후정책과 현 투자 동향을 반영하기 위해 종합적인 검토를 시행
 - 유럽투자은행은 해당 검토 후 에너지 효율성, 재생에너지, 에너지 네트워크, 관련 연구 및 혁신에 주력할 예정이다. 해당 부문은 향후 몇 년간 가장 큰 폭의 투자를 요할 것으로 전망됨
 - 신규 에너지 대출 기준에는 에너지 효율성 사업을 위한 간소화된 대출 지침이 포함됨. 이를 통해 국가 에너지 효율성 사업 공동투자가 개선되고, 제로 에너지 건물에 대한 지원이 늘어날 것으로 보임
 - 유럽투자은행의 Mihai Tanasescu 부사장은 "신규 대출 기준의 채택은 EU의 정책을 지원하는 에너지 투자에 대한 유럽투자은행의 노력을 나타내며, 현재 에너지 부문이 직면하고 있는 긴급한 투자 요구를 반영한다. 에너지 효율, 신재생에너지, 에너지 네트워크와 같은 에너지 프로젝트에 용자 우선 순위를 두는 것은 에너지와 기후변화에 있어 목표를 달성하고 유럽 전역에서 지역의 일자리를 창출하는데 도움을 줄 것이다." 라고 언급함
- (시사점) 신재생에너지, 에너지효율, 에너지 네트워크에 대한 유럽의 투자가 가속화됨에 따라 다수의 외국기업들과 현지기업들의 진출이 가속화 될 것임. 따라서 우리 기업도 시장선점을 위한 기술개발 및 전략마련을 고려해야 할 것임

□ 독일, 에너지부문 연구·개발 자금지원 7년간 77% 상승

- bloomberg; 2013. 07. 31 -

- (현황) 독일 정부가 에너지 관련 기술의 연구·개발에 지원한 자금이 2012년까지 7년 동안 77% 가하였으며, 이 중 재생에너지와 에너지효율 관련 연구에 대한 지원이 가장 큰 비중을 차지하였다고 독일 경제기술부가 밝힘
 - 2012년 한 해 동안 정부가 에너지 관련 기술의 연구·개발에 지원한 금액이 7억800만 유로에 달하며 이는 2006년 3억9,900만 유로와 비교해 77% 증가한 수준임
 - 독일 정부가 원전 폐지정책을 추진하는 가운데 재생에너지 및 에너지효율 관련 프로젝트에 지원한 금액이 2012년 한 해 5억 유로로 가장 큰 비중을 차지하였으며, 지원 대상에는 해상 풍력발전소음 축소, 건물 에너지효율 제고, 전력저장장치 등과 관련된 기술개발 프로젝트가 포함되었음
 - 한편 원자력 융합 관련 연구에 1억 3,300만 유로, 원자로 안전성 및 사용 후 핵연료 처리 관련 연구에 7,500만 유로가 지원되었음
 - 경제기술부는 에너지 관련 신기술에 대한 연구·개발이 정부가 추진하는 에너지 전환 정책의 성공적 이행을 위해 중요하다고 밝힘
 - 메르켈 정부는 2011년 후쿠시마 원전사고 이후 2022년까지 원전의 단계적 폐지와 2050년까지 재생에너지의 비중을 80%까지 확대하는 것을 주요 목표로 하는 에너지전환 정책을 추진해오고 있음
- (시사점) 각국의 원전 폐지정책 등으로 신재생에너지 및 에너지효율분야의 투자가 더 늘어나고 에너지 비중이 늘어날 것으로 전망됨. 이에 따라 신재생에너지&에너지 효율분야의 경제성 제고를 위한 기술개발이 필요할 것임

□ EU, 유럽 해상풍력 산업 및 정책 동향

- www.renewableenergyworld.com 16 July 2013 -

- (현황) 유럽 풍력 에너지협회(EWEA)에 의하면 2013년 중반에 유럽에 설치된 해상풍력발전은 작년에 두 배가 됨. 상반기 동안에 277개의 풍력터빈이 1 GW 이상의 용량을 갖고 계통에 연계 되었는데 이 풍력터빈들은 영국, 벨기에, 독일 등 7개의 풍력단지에 설치 됨

또한 2013년 6월까지 유럽의 해상 풍력터빈은 총 1939개이며, 약 6GW의 용량을 갖고 있음. 이들 터빈들은 유럽내의 10개국에 있는 58개의 풍력발전단지에서 완전히 계통에 연결되어 있으며 평균 출력 용량은 3.8MW 임

그러나 해상 풍력발전단지에 대한 재정적인 면은 2012년 이후 하향 됨. EWEA에 따르면 지원되는 프로젝트가 단지 한 개(독일의 288MW Butendiek)로 감소하였으며, 올해에는 재정 마감에 이르렀다고 언급함



- (시사점) 규제에 대한 불확실성이 수요 감소로 이어지고 있는데 이를 해결하는 것이 유럽 해상풍력 시장의 주요 당면 과제임

□ 和, Wetsus Academy Centre : CO₂ 직접 이용 전력생산 기술

- Dr. Bert Hamelers et al. (Env. Sci. Tec. Letters), 2013. 07. 23 -

- (현황) 네덜란드 Wetsus Academy 센터의 Bert Hamelers 박사와 연구팀은 Environmental Science & Technology Letters에 2013년 7월 23일 CO₂로부터 직접 전기 생산이 가능한 기술을 개발하였다는 논문을 게재함
 - 이 기술은 물 또는 다른 액체와 CO₂를 이용하고 추가적인 공정을 거치면, 전류를 발생시키는 전자들의 흐름을 생성시킬 수 있음
 - 세계적으로 전력 생산을 통해 대략 연간 12 billion 톤의 CO₂가 배출되고, 가정/상업 난방으로 대략 연간 11 billion 톤의 CO₂가 발생됨. 발전소, 산업, 가정에서 발생된 CO₂를 모두 포집하여 본 기술을 적용하는 경우, 대략 연간 1,579 billion Watt의 추가적인 전기 생산이 가능하며, 이는 Hoover 댐에서 연간 생산되는 양의 400배에 해당함
 - 본 기술은 현재의 CO₂ 지중 저장과 비교하여 가격 경쟁력이 있고, 추가적으로 전력생산이 가능함
- (시사점) 현재 CCS 기술은 포집된 CO₂를 파이프라인 또는 선박을 이용하여 저장 사이트로 수송하여 저장하게 되며, 경제성 차원에서 CO₂-EOR (Enhanced Oil Recovery) 정도의 project가 추진되고 있는 실정으로, 위와 같은 새로운 기술개발을 통해 CCS 기술의 경제성이 더 확보될 수 있을 것으로 판단됨

Ⅲ 아시아

□ 中, 태양광발전 보조금 지급방식 변경

- renewableenergy.or.kr, 08. 16 -

- (현황) 중국 재정부의 태양광발전 보조금 지급방식을 실제로 생산된 발전량에 따라 지급할 계획
 - 현재 중국은 2009년 시행된 'Golden Sun 시범 프로젝트'를 통해 태양광발전사업자에게 건설비용의 50~70%의 보조금을 직접 지급하여왔음
 - 하지만, 건설 및 발전 유무에 대한 확인 조사가 제대로 시행되지 않아, 보조금 수령 후 태양광발전 프로젝트를 중단하거나, 가동을 하지 않는 사태가 발생함
 - 따라서, 중국 재정부는 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 태양광발전의 발전량에 따라 분기별로 보조금을 지급할 계획을 밝힘
 - 보조금 기준은 태양광발전 도매 및 소매가격, 발전비용 등을 종합적으로 고려하여 산정할 계획임
- * 중국 태양광 업계는 대체적으로 보조금이 kWh당 0.42위안이 될 것으로 전망하고 있음
- (시사점) 발전량에 근거하여 보조금을 지급하기 때문에 편법을 통한 불법 보조금 수령이 줄어들 전망이며, 이를 통해 실질적인 태양광발전 투자자들에게 혜택이 돌아갈 전망
 - 하지만, 새로운 보조금 지급 기준이 기존 보조금을 상쇄할 수준으로 책정되어야 하며, 높게 책정시 중국 태양광발전 보급량의 증가 추세는 지속될 전망임

□ 태국, 2021년까지 재생에너지 발전비중 25%로 확대

- EIA, 07. 27. -

○ (현황) 태국 정부는 높은 해외 에너지 의존도를 낮추고, 에너지 안보를 강화하기 위해 재생에너지 발전 비중을 2021년까지 25%로 확대할 계획임

* 2011년 기준 태국의 해외 에너지 의존도는 93%임

- 목표달성을 위해 기존 목표인 9.2GW를 상향조정하여, 2021년까지 총 13.9GW의 재생에너지 발전설비를 구축할 계획임

- 특히, 바이오매스가 4.8GW, 바이오가스가 3.6GW로 바이오에너지가 중심축을 담당할 예정이며, 태양에너지는 3GW, 풍력은 1.8GW를 설치할 예정임

- 태양광의 경우, 2GW에서 3GW로 1GW가 상향되었으며 지붕형 200MW, 지상형 800MW가 2014년까지 신규로 설치될 전망

* 최대 지원금(발전차액지원금) : 지붕형 \$0.22/kW, 지상형 \$0.31/kW

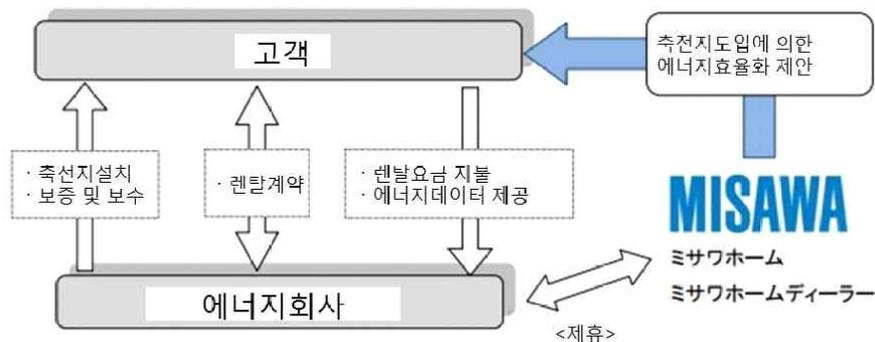
○ (시사점) 태국 정부의 적극적인 재생에너지 투자에 따라 바이오에너지와 태양광을 중심으로 대폭적인 재생에너지 수요가 발생됨

- 따라서, 자국내 경쟁력있는 업체가 부족한 상황에서 샤프 등 국외 기업들의 태국 시장 진출을 위한 경쟁이 심화될 것이며, 현재 샤프(일), Symbior Solar Siam(홍), phoenix Solar(독), Phono Solar(중) 등이 이미 수십MW급 태양광 발전소 건설 사업에 참여 중으로 이미 진출 중인 기업들이 향후 시장 선점에서 유리한 위치를 점할 것으로 전망됨

□ 日, 미사와홈 대용량축전지 제안! 신축주택은 도입비용 불필요

- Smart Japan, 2013. 08. 06 -

- (현황) 일본 미사와홈은 재해 및 정전대책뿐만 아니라 전기요금 삭감에도 도움이 되는 대용량축전지를 제안했다. 도입비용의 경우 축전지 렌탈서비스업자와 제휴해서 신축주택용 대용량 축전지를 제안했다



[그림] 축전지렌탈서비스 (제공:미사와홈)

축전용량 5.53 kWh의 리튬축전지로 신축주택에 설치하는 경우 초기비용이 전혀 들지 않는다. 10년 렌탈 계약을 맺는 것으로 축전지 이용이 가능한 것이다. 비용은 월정액 4900엔(세금별도, 동경의 경우에만 2900엔)이며, 10년간 총 지불금액은 약 62만엔이다. 현재 5 kWh 축전지를 도입할 경우보다 저렴한 가격이다. 게다가 보증성능을 만족하지 못할 경우 축전지 일부를 교환해주는 서비스도 포함된다.

- (시사점) 전력수급안정화라는 사회문제해결을 위한 적정기술 개발 차원에서 기존의 축전지기술을 활용한 가정용 축전지 개발이 필요하며, 일본 사례와 같이 가정용축전지 보급을 위한 노력이 필요함

<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1308/06/news032.html>

□ 일본, 차세대 석탄화력발전용 가스터빈 청정연소기술 개발

- KISTI 미리안 (<http://mirian.kisti.re.kr/>), 2013. 08. 01 -

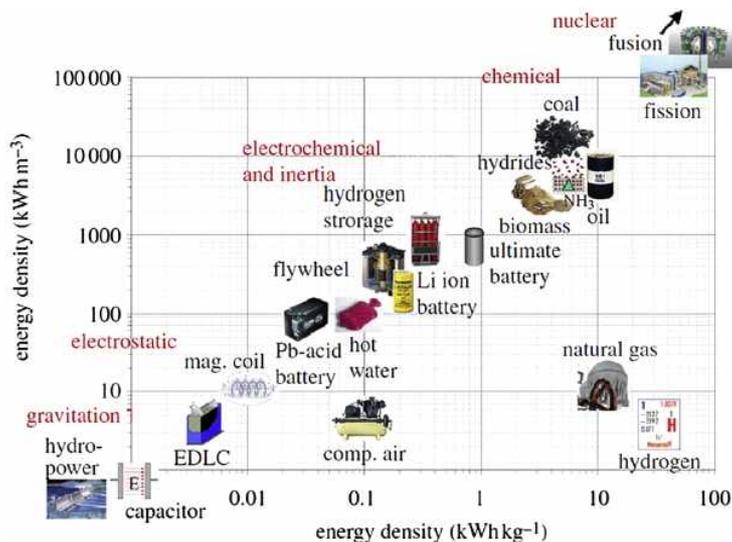
- (현황) 일본 신에너지 산업기술 종합개발기구(NEDO)와 히타치제작소는 석탄가스화복합발전 파일럿 플랜트에서 차세대 석탄화력발전용으로 개발 중인 탄소 포집 및 저장기능을 갖춘 석탄가스화복합발전(CCS-IGCC, Carbon dioxide Capture and Storage Intergrated coal Gasification Combined Cycle)용 가스터빈을 이용하여 희석제를 사용하지 않고 NO_x의 배출량을 10 ppm 미만으로 저감시킬 수 있는 새로운 기술을 개발함
 - CCS-IGCC는 이산화탄소배출량을 절감할 수 있는 차세대 화력발전 기술이나 가스화한 석탄을 연소하는 과정에서 다량의 NO_x가 발생하는 문제점이 있음
 - 이를 해결하기 위해 현재까지는 희석제를 사용하여 NO_x 배출을 억제하였지만 이는 발전효율이 저하되는 문제점이 있음
 - NEDO와 히타치가 이번에 개발한 청정연소기술은 다공 동축 공기분사 버너(Multi Hole Co-Axial Jet Burner)를 사용하여 억제제를 사용하지 않고 환경규제를 만족하는 기술로 수소를 포함한 연료를 안정적으로 연소하면서 NO_x의 배출량은 저감할 수 있음
- (시사점) CCS-IGCC 플랜트의 실용화를 앞두고 고효율 발전을 실현하고, 동시에 NO_x의 배출을 기준치 이하로 할 수 있다는 것을 보여준 최초의 사례임

IV 기타

□ 수소저장을 위한 대체물질-암모니아 및 연관물질

- Int. J. Hydrogen Energy 37 (2012) 1482 -

- (현황) 수송용 연료전지를 위한 대체 수소저장기술로서 ammonia (NH₃) 및 ammonia borane (NH₃BH₃), urea (CO(NH₂)₂) 등 암모니아 관련 화학물질 이용 기술이 개발중임
 - 자동차에서 이산화탄소(현재 전체 배출량의 약 23%) 배출을 “zero”로 만들기 위한 carbon-free 연료로서의 수소 및 연료전지 개발이 필수적이나, 고압수소 탱크는 에너지 밀도면에서 아직 불리하며 수소화물 기술도 현실적인 목표에 아직 도달하지 못함
 - 암모니아는 유일하게 화석연료의 에너지밀도에 버금가는 carbon-free 연료로서 화학적 반응에 의해 수소를 발생시키는 저장재로서 제안됨



- (시사점)
 - 자동차용 연료전지기술의 상용화는 수소저장기술과 맞물려 있으며, 저장밀도가 높고 수소의 이송체로서 암모니아의 이용가능성에 관련 연구자들의 관심이 높아지고 있음

□ 전 세계 나노튜브 관련 연구 현황

- (현황) 나노튜브는 1990년대 초반 발견된 것을 시작으로 20여년간 활발히 연구되어오고 있으며, 2000년대 후반부터 탄소나노튜브의 상업성에 회의를 가진 연구자들이 그래핀 형태의 탄소 연구에 상당수 옮겨가는 상황이 발생하였다. 그러나, 그래핀 역시 대면적 합성, 무결함 합성, 전사 등의 어려운 문제가 산재함에 따라 그 응용이 쉽지 않다는 의견이 대다수이다. 국내와는 달리 유럽, 미국 등에서는 수십년간 탄소나노튜브의 합성 및 물성 제어에 관한 연구를 꾸준히 진행하고 있으며, 최근 탄소나노튜브의 가격이 크게 떨어짐에 따라, 기존 탄소섬유와 비교할 수 있는 정도의 가격으로 각종 고분자와의 복합체 형성에 따른 전도성 소재의 합성이 최근까지 가장 많이 쓰이는 응용 분야라고 하겠다. 그럼에도 불구하고, 최근 SK 이노베이션 등의 일부 기업에서는 CNT의 새로운 응용 분야 개척을 위한 동향 조사에 착수한 것으로 알려지고 있다
- (시사점) 탄소나노 탄소 소재의 개발 및 응용을 목표로 하는 KIER의 연구에 비하여, 세계 여러 나라의 연구자들은 주로 학술적인 면에서의 연구를 진행하고 있으며, 본 연구원에서 진행되고 있는 연구에 비하여 좀 더 심도 있는 chirality control 및 in situ 합성 메커니즘 연구 등을 진행하고 있으며, 이러한 내용은 해외의 분석 장비 상황이 국내에 비하여 훨씬 용이하다는 것을 의미한다
- (KIER 대응방향) KIER에서 나노 탄소 분야의 학문적 연구를 위한 장기 프로젝트의 지원이 어려운만큼, 국내 또는 해외 대학과의 협력 과제 진행을 통하여 원천 기술 개발(외부 기관)-대량 생산 및 응용 연구(KIER)등이 효과적이라고 판단됨

□ 세라믹-금속간 이종접합

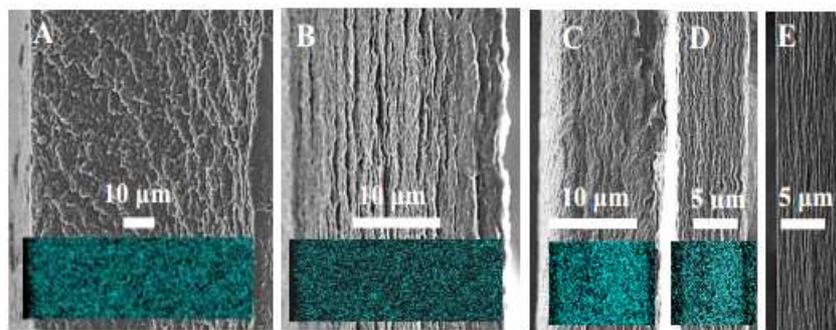
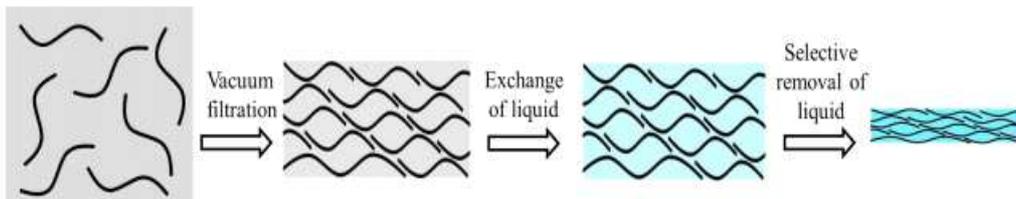
- Brazing & Soldering Tech News, 2013. 07 -

- (현황) 선진세라믹의 높은 열적가용성과 고강도, 내부식성 등 많은 우수한 특징들을 활용하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히, 제조방식의 한계로 인한 크기제한이 있으며 이를 극복하기 위해서는 동종간접합과 이종간접합의 필요성이 부각되고 있다. 또한, 에너지재료로 활용되기 위하여 전극과 절연의 기능을 동시에 부여하기 위한 접합연구가 활발히 이루어지고 있다
- Ag-Cu-Ti필러금속을 이용한 C/C 복합체와 Ni합금 brazing: 높은 고강도와 열저항성을 지니는 탄소/탄소 복합체를 여러종류의 금속에 접합함. Fe기반의 TB-2720은 $\text{Fe}_{20}\text{Cr}_{42}\text{Ni}_{12}(\text{Si}+\text{P})$ 로서 잔류응력의 이완과 열팽창계수의 차이를 극복하기 위하여 Ni 또는 Cu 포일의 계면을 넣어줌. 진공로가 사용되었으며 Ag-Cu-Ti필러 금속은 830°C 에서 Fe기반 필러금속은 1070°C 에서 brazing함. C/C compo./Cu foil/Inconel 600, C/C compo./Cu foil/Hastelloy C-276을 Ag-Cu-Ti 금속필러를 이용하여 제작함
- 연료전지내의 금속과 세라믹의 밀봉: Glaslot Nr.87 (Ba-Ca silicate glass-ceramic composition modified with zinc)은 독일에서 개발되었으며 녹는점 400°C 을 가짐. SOFC(solid-oxide fuel cells)제작을 위하여 YSZ세라믹 판의 크롬강 부분을 밀봉하는데 사용함. Nd:YAG 레이저를 이용하여 glass solder를 녹여서 $200\ \mu\text{m}$ 금속-세라믹 간극의 hermetic seal을 형성함. 헬륨 가스 leakage 측정을 통하여 $10^{-8}\ \text{Pa m}^3/\text{s}$ 의 완벽한 밀폐를 인증함
- (시사점) 고강도 구조재료와 항공금속재료의 접합을 통하여 뛰어난 중량을 줄이고 내열기능과 고강도를 얻을 수 있다. SOFC의 밀봉을 통하여 고집적, 고효율의 연료전지 생산이 가능하여 경제적 가치를 높일 수 있다

□ 호주, 그래핀을 이용한 슈퍼캐패시터 개발

- Yang et al., (2013) Science, 341, 534-537 -

- (현황) 호주의 Monash대학 연구진이 그래핀을 이용한 슈퍼캐패시터를 개발하는데 성공
 - 기존 슈퍼캐패시터에 사용되는 다공성 탄소는 낮은 에너지 저장 밀도와 짧은 수명으로 한계가 존재
 - 기존의 슈퍼캐패시터 보다 12배 이상의 에너지 저장 밀도를 가지는 그래핀을 이용한 새로운 슈퍼캐패시터 제조 (60 Wh/l)
 - 그래핀을 이용하여 슈퍼캐패시터를 만드는 과정은 기존의 종이제조공정과 유사한 간단한 공정을 사용하기 때문에 상업적으로 이용 가능하다는 평가를 받고 있음
 - 연구를 통해 그래핀이 에너지 저장, 휴대용 전자기구 등에 폭넓게 활용될 수 있는 새로운 가능성을 보여줌



<그래핀 슈퍼캐패시터 제조 과정>

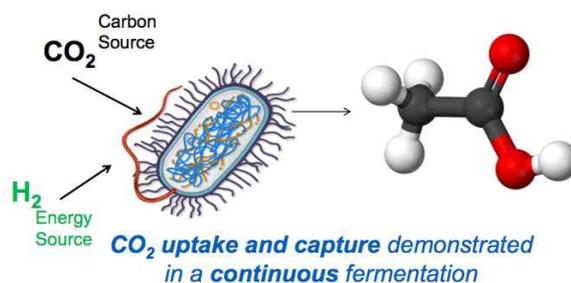
- (시사점) 그래핀을 이용한 에너지 저장 장치에 관한 연구에 보다 신속한 대응이 필요함

□ 뉴질랜드 LanzaTech과 인도 Advanced Bio-Energy 센터, CO2 이용 바이오연료 생산 기술 개발 착수

- Green Car Congress, 2013. 08. 16 -

- (현황) 뉴질랜드 LanzaTech과 인도 Advanced Bio-Energy 센터는 산업 배출 CO2를 이용하여 저탄소 연료를 생산하는 생물공정 개발에 착수하였다고 발표
- 이 공정은 CO2의 생물학적 가스 발효를 통하여 아세트산을 생산하고, 이를 다시 미세조류로 전환하여 지질을 생산하는 방식임 (아래 그림 참조)
- 뉴질랜드 LanzaTech은 이미 말레이시아의 Petronas와 공동으로 CO2 이용 고분자 생산 공정 개발을 시작한 바 있음. 인도 Advanced Bio-Energy 센터는 인도 국영 석유회사인 Indian Oil Corporation과 Department for Biotechnology의 합작 벤처회사임
- (시사점) 폐가스의 생물학적 전환 공정은 공정상의 탄소흔적이 적고, 버려지는 폐자원을 이용한다는 장점이 있어 최근 전세계적으로 많은 연구개발이 이루어지고 있음
- 한편, 전통적인 생물학적 공정과 달리 기체를 영양원으로 사용한다는 점에서 생물공학과 전통적인 공학 기술의 융합 연구가 필요함

CO2 to Acetic Acid Fermentation LanzaTech



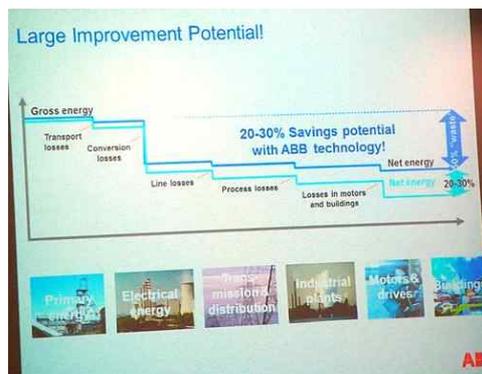
Stage of Development:	Lab Scale
Target Industries:	Polymers (Plastics)
Projected Market:	\$5.5 - 7B (~ 11MMT)

CO2이용 초산 생산 기술 (LanzaTech)

□ 신재생에너지 분야를 포함한 에너지 효율 향상

- ABB-

- (현황) ABB에서는 에너지 생산에서 사용자까지 전달 과정을 포함한 모든 에너지 사용분야에 대해 에너지 효율 향상을 위한 기술개발 등에 대해 연구하고 있음
 - 에너지 생산에서 사용자까지는 1)에너지 수송손실, 2)변환손실, 3) 전력 라인 손실, 4)공정 손실, 5)전력 사용 손실(모터, 건물...)으로 구분함
 - 현재 총 에너지 손실은 60 %로 보고 있으며, ABB는 이러한 손실을 20~30 %p 줄이기 위한 기술 개발을 하고 있음



- 특히 신재생에너지의 경우 생산지와 수요지가 시간적 및 지역적으로 일치하고 있지 않음
 - 송전 손실에 대해서는 AC방식보다는 효율이 높은 DC 송전 방식으로 연구하고 있음
- (시사점) 국내에서도 ABB등 외국 선진 업체에서 연구 개발하고 2는 여러 에너지 효율 향상 방법에 대해 분석을 할 필요가 있으며, 단독 설비에 대한 효율 향상과 더불어 신재생을 포함한 에너지 생산과 분배에 있어서의 효율 개선 방안을 연구해야 됨

□ 일본, 염분차 발전관련 기술

- 서일본신문, 2013. 2. 27. -

- (현황) 일본 교와기덴공업(물처리설비 제조업체)이 해수와 담수의 염분차 농도를 이용한 '압력지연삼투(PRO)발전'의 고도화 실험장치를 4월 나가카티현 토기츠죠의 자사공장에 도입한다고 보도
 - * 압력지연삼투(PRO)발전: 염분농도가 높은 쪽으로 물이 이동하는 현상을 이용하여, 염분을 통과시키지 않는 특수한 막(분리막)을 사용하여 해수와 담수를 한 곳에 모아둔 물탱크를 분리하고, 담수가 해수쪽으로 흘러가는 힘을 이용하여 발전터빈을 회전(발전비용 1kW/h당 9~26엔으로 태양광발전(40엔)보다 저렴)
 - 이전에 교와기덴은 2009년 후쿠오카시 해수담수화센터에서 2010년 7월부터 약 2년간 동안 농축해수와 하수처리수를 이용하여 실증실험을 실시하였음
 - 실증실험 결과 드러난 가장 큰 문제점은 발전효율로서, 발전출력 4~8kW에서 펌프 등에 사용되는 자가소비전력을 제외할 경우 실제 사용가능한 전력량이 제로에 가까웠다는 점임
 - 이번 실험에서 해수와 담수를 구분하는 분리막의 고도화를 위해 하수처리수에 잔재하는 기름과 중금속 등을 흡착하는 특수섬유를 도입, 분리막에 이물질이 끼는 것을 방지
 - 실험결과를 토대로 내년말에는 후쿠오카시 발전설비를 신설하고 타 시설에 전력 공급을 시작할 방침
-
- (시사점) 현재 염분차발전의 상용화에 큰 장벽이 되고 있는 이물질 스케일링, 분리막 효율, 압력에 의한 막의 파손 등의 기술적인 문제와 막의 교체에 따른 막의 비용, 낮은 발전효율 등의 경제적인 문제에 대한 해결을 위한 지속적인 연구들이 진행되고 있음

□ ESCO 2013 개최

- France ; Marseille, 2013.07.08 -

- (현황) ESOC(European on Organic Chemistry)는 유기물 합성 및 활용에 대해 2년마다 개최하는 유럽에서 가장 큰 학회로 전 세계 연구자들이 참여하고 있음
 - 2013년도 18th ESOC(European on Organic Chemistry) 개최
 - 화학 및 화공분야의 연구자들이 모여 연구결과 발표

- (시사점) 국내의 경우 기존의 이산화탄소 포집 흡수제 연구개발의 경우 공학을 바탕으로 한 연구가 주를 이루고 있으나, 외국의 경우 화학과 같은 기초학문을 근간으로 한 연구개발이 진행되고 있고, 우리도 자연과학분야와 공학분야가 공동으로 연구할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있음
 - 또한 신규 흡수제의 경우 새로운 합성방안을 도입하여 효율을 개선하고자 하는 노력이 이루어지고 있음

□ IRENA(국제신재생에너지기구), REMAP 2030 작성

- Dolf Gielen, Director of IRENA, 2013. 06.17. -

- (현황) REMAP은 IRENA(국제신재생에너지기구)에서 야심차게 준비하고 있는 Global Renewable Energy Roadmap 2030 보고서의 약어
 - REMAP보고서는 Global TIAM 모형과 엑셀 기반 모형을 통하여 장기 신재생 로드맵¹⁾을 제시
 - REMAP보고서 작성을 위한 분석에 IRENA가 별도의 예산을 지원하는 것은 아니며, ETSAP 회원국의 자발적인 협조에 의하여 진행
 - IRENA는 공통적으로 적용되어야 할 가정들과 결과물 제시 형태를 정의하고, 국가별로 이에 따른 분석결과를 발표
 - IRENA에서 REMAP 작성작업을 총괄 지휘하고 있는 Gielen 박사(Director of IRENA Innovation and Technology Centre)는 7월부터 REMAP 2030의 한국파트에 대한 분석에 착수할 계획이며, 이에 관한 요청메일을 외교부로 송부할 예정이라고 함
- (시사점) 향후 REMAP 보고서 작성과 같은 글로벌 분석업무에 적극적인 참여를 통하여 에너지시스템 분석 역량을 제고하고, 연구원의 위상을 높이기 위한 노력이 필요할 것으로 판단됨

1) 신재생 공급곡선에 대한 분석, 연도별 신재생에너지 보급 전망 등을 포함

<참고. 국가별 분석 책임자 및 진행현황>

Country coordinators



Country	Responsible IRENA analyst	DRAFT report	Country focal point
Australia	Dolf Gielen	completed	completed
Brazil	Asami Miketa		
Canada	New REMAP analyst		
China	Dolf Gielen	completed	
Denmark	New REMAP analyst		
France	Ruud Kempener	completed	in progress
Germany	Ruud Kempener	completed	in progress
India	Asami Miketa	completed	completed
Indonesia	Masaomi Koyama		
Italy	Ruud Kempener	completed	completed
Japan	Masaomi Koyama	completed	
Malaysia	Masaomi Koyama		
Mexico	Asami Miketa	in progress	completed
Morocco	New REMAP analyst		completed
Nigeria	Asami Miketa	completed	
Russia	Dolf Gielen	completed	
Saudi Arabia	Masaomi Koyama	in progress	completed
South Africa	Asami Miketa	in progress	
South Korea	New REMAP analyst		
Tonga	New REMAP analyst	in progress	completed
Turkey	Ruud Kempener	completed	
United Arab Emirates	Dolf Gielen		in progress
United Kingdom	Ruud Kempener	completed	completed
United States	Ruud Kempener	completed	in progress

 completed
 in progress

□ 영국, Bath大學, 새로운 촉매를 이용한 아민 유기화합물 합성 방안 연구를 통한 효율개선

- France ; Marseille, 2013.07.08 -

- (현황) 기존의 알카놀아민 흡수제의 경우 암모니아수와 에틸렌옥사이드를 이용한 발열반응을 통해 합성하였다. 이 때 합성된 아민 유기화합물은 온도에 따른 분별 증류를 통해 정제하였으며, 수율이 낮았음
 - Bath 대학의 발표자료에 의하면 Cp_2ZrCl_2 와 헵탄을 이용하여 새로운 아민 유기화합물을 합성하는데 성공하였으며, 이러한 기술은 기존 기술을 대체할 수 있는 신기술이지만 아직은 기초연단계에 머무르고 있음
- (시사점) 새로운 유기합성법에 의한 고효율 CO_2 흡수제 개발의 신기술로 인식되고 있음
 - 우리원의 경우 현재 수계 및 비수계 이산화탄소 포집 흡수제를 연구하고 있고 이러한 외국 기술 및 동향을 분석하여 점목함으로서 연구개발 시너지 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대됨

□ 일본 도쿄가스, ICCMR11 발표

- ICCMR11, 2013. 7. 10. -

- (현황) 도쿄가스에서는 팔라듐계 치밀분리막을 이용한 분리막리포머 개발을 위하여 NGK Spark Plug Co.와 협력을 통하여 기존 금속실링법의 내구성 문제를 해결한 새로운 튜브형 분리막모듈을 개발하였으며, 550도에서 운전한 결과 6900시간 동안 99.99% 수소농도를 유지한 모듈을 개발함
- (시사점) 팔라듐계 치밀분리막의 파일럿 플랜트에 적용으로 실용화 가능성이 높은 데이터 확보
 - 우리 연구원의 경우 평판형 분리막 개발로 수소투과도 및 선택도 수준은 세계 최고를 확보함
 - 현재 진행 중인 550°C 이상 고온 분리막 개발 및 이를 적용하여 천연가스 리포밍 반응기에 적용하여 반응/분리 동시 공정을 완성할 경우 세계 경쟁력 확보는 물론 시장 선점이 가능할 것으로 판단함

27th International Conference on Catalysis in Membrane Reactors, Paris, July 2nd - 7th 2013

Improvement in the durability for Hydrogen Production Module Based On Membrane On Catalyst

M. Kubota¹*, M. Ito¹, Y. Takagi¹, H. Hikosaka¹, H. Tanaka¹, H. Kawase¹, H. Yakabe¹, T. Kume², M. Shiraki², Y. Ikeda²

¹ NGK Spark Plug Co., Ltd., 2808 Inawaka, Komaki Shi, Aichi 485-8520, Japan
² Tokyo Gas Co., Ltd., 2-7-7 Sashiro-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, Kanagawa 230-0245, Japan

(*): First author, m.kubota@ngk.co.jp (**): Corresponding author, y.ikeda@tokyogas.co.jp

Keywords: Membrane on catalyst, membrane reformer, hydrogen production, long-term stability

1. Introduction

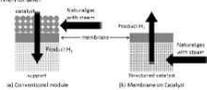
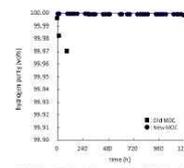
A membrane reformer system is simpler and more efficient than conventional hydrogen production systems. We developed a new type of hydrogen production and separation module which termed MOC (Membrane On Catalyst). The schematic structure of MOC module is shown in Fig. 1 by comparison with a conventional membrane. The conventional module consists of reforming catalyst and hydrogen separation membrane on a porous support (as shown in Fig. 1(a)). Hydrogen produced from reforming of methane and steam in the catalyst layer permeates the membrane and passes through the porous support. On the other hand, MOC module consists of hydrogen separation membrane on porous support which has catalytic activity and requires no separate catalyst layer (as shown in Fig. 1(b)). Therefore, MOC module has a potential of making membrane reformer systems more compact. Furthermore, manufacturing cost can be significantly reduced because well-established mass production technology can be applied and because the amount of expensive novel metals, i.e. Pd and Ag, can be reduced by plating technology of thin membrane.

In previous works [1, 2], the hydrogen permeation and reforming properties in various conditions and the durability of the MOC module were investigated. However, obtained hydrogen purity rapidly decreased with time during reforming examination. We investigated why this happened, and came up with three causes. One is generation of Kirkendall void because of attaching Fe particles on the membrane. Next is de-lamination of the membrane from the barrier layer due to lack of adhesion. Last is leakage of joint part. This is attributed to loose joint fitting, and main

cause of leakage. This is because the mechanical strength of the porous support was not enough to tighten the nut sufficiently.

To improve this main cause of joint part leakage, the fabrication process was changed from extrusion molding to press molding. This enables the support to have both a porous part for gas permeation and a dense part for joint part. Furthermore, the pore size in the porous ceramic layer was enlarged so that the membrane layer could be adhesive to the ceramic layer. The MOC module fabricated by press molding and with larger pore size is called New MOC while the original module is called Old MOC.

In the present work, we reported about the examination of the long-term stability for the New MOC module. The durability drastically improved in New MOC owing to dense part and enhanced adhesion of the membrane. New MOC produced hydrogen with purity over 99.998 vol% for more than 1000 hours while Old MOC did over 99.99 vol% for only a few hours, as shown in Fig. 2.

2. Experimental

The New MOC module was fabricated as follows. NiO and NiO₂ (8 molar % Co, stabilized ZrO₂) powders with weight ratio of 20: 80 for the porous part, and EY32 powders for the dense part were formed into a support tube by press molding method. The support tube was sintered at 1400 °C for an hour in air. The slurry of EY32 with pore former was dip-coated on the external surface of the support tube and was fired at 1250 ~ 1300 °C for an hour in air to form a barrier layer. The barrier layer is about 50 μm in thickness and prevents interdiffusion of Pd alloy membrane and Ni catalyst in the porous part. The hydrogen permeation membrane was formed by electroless plating of Pd and by electroplating of Ag, and then sintered at 750 °C for 12 hours in nitrogen. The thickness of PdAg membrane was about 10 μm. The support tube was heated at 500 °C for 3 hours in hydrogen to reduce NiO in the porous part into Ni. Finally, the dense part in the support tube was connected with a stainless steel pipe. The size of the New MOC module was 10 mm in outside diameter and 300 mm in length as shown in Fig. 3. The effective membrane area is ca. 90 cm².

To prevent the Kirkendall void generating, three procedures were carried out before the long-term reforming test as follows. Firstly, we immersed the module in acid to remove metal contaminants such as Fe and Ni on the membrane. Secondly we covered the module with alumina continuous film to protect against Fe particles. Finally, we coated the inner surface of the reactor vessel of stainless with blocking layer to suppress formation of Fe particles. As a result, it was highly unlikely that Fe particles reacted with PdAg membrane during reforming test.



3. Results and discussion

The reforming test was carried out under the conditions indicated in Table 1. Fig. 4 shows the long-term stability in reforming test with the New MOC module. The hydrogen purity with the New MOC module was maintained above 99.99 vol% and no degradation of hydrogen purity for 6000 hours was observed. In addition, the hydrogen production flux and methane conversion were stable for 6000 hours. It is suggested that protection against attaching Fe particles is greatly effective for improving long-term stability.

4. Conclusions

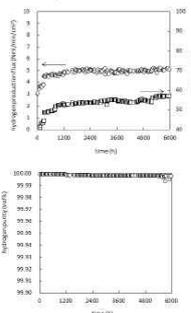
No degradation of hydrogen purity and hydrogen production properties in New MOC for 6000 hours was observed. It was revealed that the protection against attaching Fe particles on the membrane during reforming test was greatly effective for durability. The future works are to

036

27th International Conference on Catalysis in Membrane Reactors, Paris, July 2nd - 7th 2013

Table 1. Reforming test condition

Conditions	Reforming test
Temperature (°C)	350
Pressure (MPa)	0.8
Inlet gas flow (Nm ³ /min)	0.5
SV ratio (l)	0.5



5. Acknowledgements

This work was supported by the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO). The authors acknowledge their financial and technical supports.

6. References

[1] T. Nishi et al., Reforming Performance of Hydrogen Production Module Based On Membrane On Catalyst, ICCM89 (2009).
 [2] H. Tanaka et al., Reforming Performance And Durability Of A Hydrogen Production Module Based On Membrane On Catalyst, ICCMR10 (2011).

□ 유럽, CARENA & DEMCAMER

○ (현황) CARENA & DEMCAMER

- CARENA C1-C4 안정책을 위하여 새로운 소재를 활용한 분리막반응기개발에 관한 프로젝트로 European Community에서 지원함
 - 2011년 6월부터 48개월간 진행되는 프로젝트로 네덜란드 ECN과 노르웨이 SINTEF가 주축이 되어 19개 산학연으로 구성된 대규모 분리막반응기 개발 프로젝트임
 - DEMCAMER는 나노촉매와 분리막소재 개발을 목적으로 CARENA와 동일하게 European Community에서 지원하는 프로젝트로 2011년 6월부터 48개월 동안 진행됨
 - EU 10개국으로부터 17개 기관의 산학연으로 구성되었으며 Autothermal Reforming (ATR), Fischer-Tropsch Synthesis (FTS), Water Gas Shift (WGS), Oxidative Coupling of Methane (OCM) 분리막 반응기 개발을 목적으로 함
- (시사점) 분리막 및 분리막을 이용한 분리막반응기 개발에 대한 선진국의 지속적인 연구개발은 화공 공정에서 분리막반응기의 위치를 보여주며, 이 분야에 대한 지속적인 연구개발 투자가 필요함을 시사함