세계 에너지기술개발 월간동향 (4月)

2013. 4

KIER 한국에너지기술연구원
KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH

목 차

I. 미주 ····· 1

◇ 美, 신재생에너지 의무구매 제도에 대한 재고 ····· 1
◇ 미국 전기자동차 현황 ····· 2
◇ MIT 연구진, 효모 대사의 미토콘드리아 내 발현으로 이소부탄올 생산성 향상 ····· 3
◇ 加, 코캄 캐나다 토론토에 500KW급 에너지저장장치 공급 ····· 4
◇ Lawrence Livemore National Laboratory, 메탄을 포집하는 새로운 물질 발견 ····· 5

II. 유럽 ····· 6

◇ EU 집행위, 2차 NER300 프로젝트 시행 발표 ····· 6
◇ EU, EU프로젝트 RELACS 과제 종료 ····· 7
◇ 프랑스, 2020년까지 바이오가스 개발에 20억 유로 투입 ····· 8
◇ 프랑스, Boron nitride nanotube membrane을 이용한 Giant 염분차 발전 ····· 9
◇ 네델란드, 정전기 전극을 사용한 Capacitative - Reverse electrodiaysis (CRED) 염분차 발전 ····· 10
◇ EU-US, 에너지스타 제도 갱신 ····· 11
◇ 덴마크, 국내 최대규모의 태양열 구역난방플랜트 착공 ····· 12

III. 아시아 ····· 14

◇ 한국에너지기술연구원, 하이브리드석탄 제조 기술 개발 ····· 14
◇ 인도/인도네시아, 바이오매스 에너지정책 및 전략 ····· 15
◇ 중국, CCS 기술혁신체계 ····· 16

◇ 중국, 저탄소 녹색에너지인 DME연료의 차량적용 시범사업 ···· 17
◇ 중국, 저탄소 녹색에너지인 DME연료의 생산성 확대에 치중 ·· 18
◇ 말레이시아, 바이오가스 생산과 이용에 관한 예비조사 ····· 19
◇ 말레이시아, PETRONAS, 고농도 CO2의 천연가스 개발기술에 주력 ····· 20

Ⅳ. 기타 ····· 21

◇ IEA, 느린 에너지 청정화로 지구온난화 방지 효과 제한적 ···· 21
◇ ISO TC 265 - CCS Standards ····· 22

Ⅴ. 해외출장보고서 ····· 23

◇ 日 Furukawa Battery社, 마그네슘-공기 전지 기술 개발 ····· 23
◇ 獨, 2013 International PEM Electrolysis workshop ····· 24
◇ 日, Hitachi, DMFC 연료전지의 저가 공기극 N 촉매 개발 ····· 25
◇ Toshiba, Hybrid형 축전지 개발 ····· 26
◇ 유럽 주요 국가 ····· 27
◇ PETRONAS(말레이시아)/고농도 CO2의 천연가스 개발기술에 주력 ····· 28
◇ 프랑스, 자동차 보너스-맬러스 제도 ····· 29
◇ 中, 863계획 및 973계획으로 국가차원에서 체계적인 SOFC기술 개발 추진 ····· 30
◇ 지열시스템의 스케일 방지제의 선택 ····· 31
◇ 이탈리아 M&G 그룹, 목질계 에탄올 상용 데모 플랜트 ····· 32
◇ 연료전지 기술동향 (FCSE2012) ····· 33
◇ 미국의 주행거리확장형 전기자동차 기술개발 동향 ····· 34
◇ Ziegler-Natta 촉매전망 ····· 36
◇ 日, 연료전지 개발 정책 ····· 37
◇ 독일, University of Stuttgart, Institute for Photovoltaics ····· 38

◇ 독일, Institute for Solar Energy Research Hamelin ····· 39
◇ IEA/ECBCS Annex 54 Micro-Generation 학회 ····· 40
◇ 스페인, Edibon사, VPP 시뮬레이터 납품 업체 ····· 41
◇ MicroGen III International Conference ····· 42
◇ IEA, ECBCS Annex 54, Micro Generation ····· 43
◇ 日 미우라-스미토모, 건물용 5 kW 급 SOFC 개발 ····· 44
◇ 오스트리아, 태양열 발전 플랜트 공정 해석 프로그램 교육 ····· 45
◇ 부유식 해상 풍력발전을 위한 수직축 풍력발전시스템 개발 ··· 46
◇ 엔진 및 차량 폐열 회수 기술 ····· 47

Ⅰ 미주

□ 美, 신재생에너지 의무구매 제도에 대한 재고

- energy.mofat.go.kr, 2013. 04. 05 -

○ (현황) 미국 일부 주에서 전력요금 인상, 시장원리 훼손 등의 이유로 신재생에너지 의무구매제도(Renewable Energy Mandates)의 완화 또는 폐지를 고려하고 있음

- 신재생에너지 의무구매제도는 최근 수년간 미국의 태양광 및 풍력설비의 급격한 확장에 크게 기여함

- 그러나 신재생에너지 의무구매제도 반대론자들은 이러한 제도가 1) 전기요금 인상을 유발해 소비자에게 세금을 증가하는 것과 같은 효과가 있고 2) 정부가 자원배분에 개입하여 자유 시장원리 훼손 한다는 논거를 주장하며 제도를 비판함

- 이러한 비판과 관련하여 전력회사에 신재생에너지 구매를 강제하는 제도를 운영 중인 미국 29개 주에서는 제도를 완화하려는 움직임이 있음

○ (시사점) 우리나라는 2012년부터 발전차액지원제도(Feed-in Tariff)를 신재생에너지 공급의무화제도(Renewable Portfolio Standard)로 전환하였음. 그러나 작년 한 해, 발전사 6곳이 비태양광 분야에서 의무공급량을 달성하지 못하였고 130억원에 육박하는 과징금을 부과받음. 비태양광의 경우 초기 투자비가 높고 건설기간이 오래 걸리므로 FIT제도를 재도입하여 RPS제도와 병행할 필요가 있음

□ 미국 전기자동차 현황

- Bloomberg; 2013. 04. 09 -

○ (현황) 고유가 및 온실가스 감축에서 기인된 친환경 자동차 기술 개발이 진행되고 있으며, 국내에서도 보급 증대 정책이 진행되고 있는 전기자동차의 미국 현황을 살펴보고자 함

- 친환경 자동차(대체연료, Hybrid, Electric vehicle, Plug-in hybrid, fuel cell, ...)는 동력원별로 다양하지만 배터리 전기차로 수렴하는 경향 예측. 연료전지 및 배터리 전기차(풍력기반)가 효율이 가장 좋음. 전기자동차는 배터리의 코스트 다운 및 성능향상, 전기동력 부품의 저가격화, 충전인프라 구축에 대한 기술발전이 요구됨

- 2015년까지 1백만대의 전기차 보급이 당초 목표였으며, 현재까지 전기차 보급과 관련하여 50억달러를 지출하였으나 87,000대의 EV(Plug-in 포함)만 판매됨. 막대한 재정 지원을 받은 전기차 업체의 미비한 기술력 및 배터리 팩의 결함이 있기도 했지만, 주 원인은 배터리 가격에 의한 높은 차량가격임. 2015년까지 현재의 배터리 가격의 반으로, 2022년까지 1/4이하로 가격이 내려야 함

- California zero-emission vehicle program을 통해 2014년형 모델부터 6개 메이저사에 6만대씩 재충전형 차량 보급 할당함. 전기, Plug-in, 연료전지차 포함하여 2015년 140만대 보급예상. 제조사는 정책 및 재정적 인센티브 없이는 따르지 않으려함. 나아가서, 최근 급격히 성장하고 있는 미래 전기자동차 흐름에서 미국이 중국에 뒤쳐질 것을 우려하고 있음

○ (시사점) 현재 미국 전기자동차 기술개발 및 보급에 있어서 일부 문제가 있었으나 이것은 특정 기업의 문제가 크며, 향후 전기자동차에 대한 전망은 밝은 편임. 지속적인 배터리 연구개발 및 정책 지원은 계속될 것으로 예상됨

□ MIT 연구진, 효모 대사의 미토콘드리아 내 발현으로 이소부탄올 생산성 향상

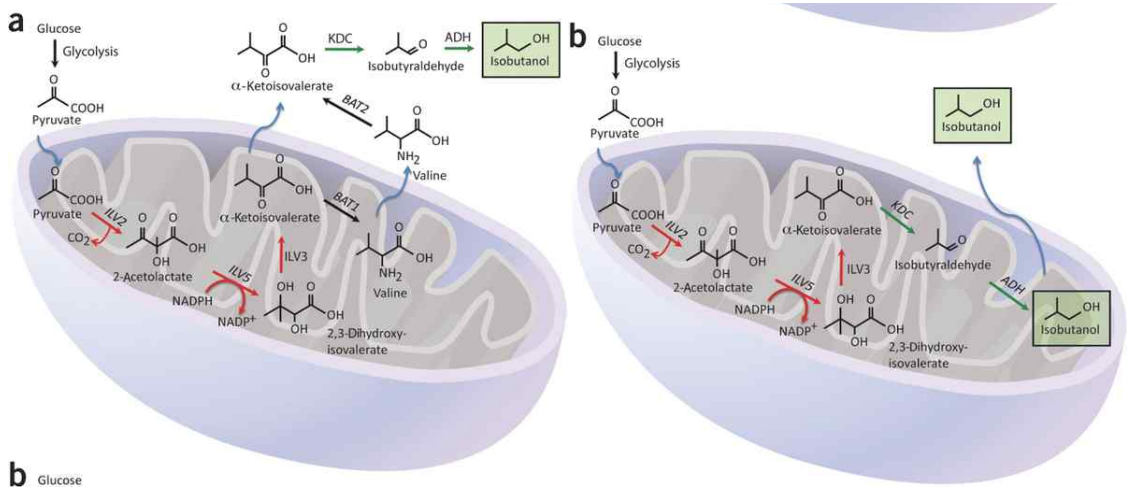
- Nature Biochemistry, 2013. 02. 18 -

○ (현황) 미 MIT와 Whitehead 연구소 연구진은 효모에서 이소부탄올 합성을 세포 내에 있는 미토콘드리아에서 이루어지게 함으로써, 생산성을 획기적으로 증진시키는 방법을 Nature Biochemistry 지에 발표

○ 이는 미토콘드리아 내 환경이 세포질 내부와 다른 점에 착안한 것으로 기질의 농축, 대사 중간체 격리, 적절한 반응 분위기 유지를 통하여 생산성을 2.6배 이상 향상시킬 수 있었다고 함

○ (시사점) 부탄올은 석유와 유사한 물성과 에너지밀도를 가지고 있어 에탄올 이후의 바이오연료로 검토되고 있으나, 세포 독성 및 낮은 생산성 등으로 아직까지 상업화에 성공하지 못하고 있는 상황임. 바이오부탄올의 실제 적용을 위하여 우수한 균주 개발이 선행되어야 함

○ 최적 균주 개발을 위하여 MIT 연구진의 사례처럼 기존의 전통적인 방법에서 벗어난 혁신적인 접근이 요구되며 이를 위하여 다양한 분야 간의 협업이 필수적임



효모 내 이소부탄올 합성 대사

□ 加, 코캄 캐나다 토론토에 500KW급 에너지저장장치 공급

- ecamion.com, 2013. 04. 01 -

○ (현황) 캐나다 토론토는 'Urban CES' 프로젝트를 통해 토론토의 낡은 전력 인프라와 증가하는 에너지 수요에 대응하기 위해 에너지저장장치(Community Energy Storage, CES)를 도심에 도입하는 사업을 진행

- 토론토 컨소시움(eCAMION, 토론토 하이드로, 토론토 대학, 다우코캄 등)은 우리나라 이차전지전문 벤처기업 코캄의 리튬폴리머 배터리(Superior Lithium Polymer Battery, SLPB)를 사용해 제작한 에너지저장장치를 도입

- 이번에 설치되는 CES는 총 48개의 배터리 모듈로 구성되어 있는 250kWh/500KW급 에너지저장장치로써 한 가정에 한 달 이상 전력을 공급할 수 있음

- 도심에 설치된 코캄의 에너지저장장치를 통해 커뮤니티 센터, 소규모 공장 및 주택 단지에 안정적이고 고품질의 전력을 제공할 예정

○ (시사점) 토론토 프로젝트는 낙후된 전력 시스템의 교체가 아닌 에너지저장장치를 활용한 전력 품질 개선 및 공급 관리를 보여주는 우수한 사례임. CES는 스마트그리드 프로젝트와 연계하여 전력 품질 개선, 첨두 부하 절감 등의 용도로도 사용될 수 있음

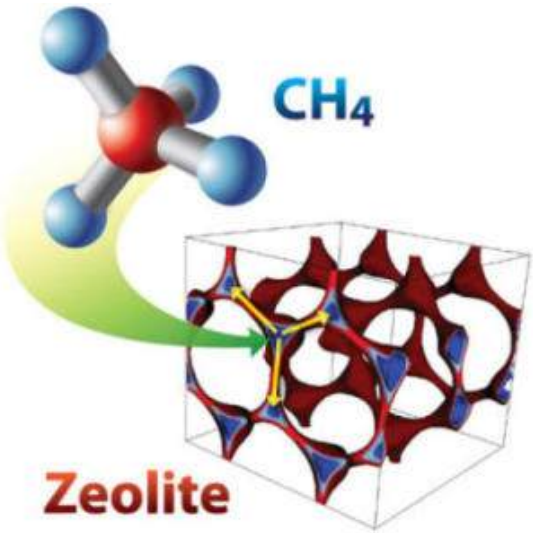
□ Lawrence Livemore National Laboratory, 메탄을 포집하는 새로운 물질 발견

- ScienceDaily, 2013. 04. 16 -

○ (현황) 메탄은 지구온난화의 주요 물질인 동시에 천연가스 또는 매립지에서 발생되는 청정연료이다. 또한 가스나 기름을 채굴할 때 누출되기도 하고 극지방의 얼음이 녹으면서 그 아래에 갇혀 있던 매탄이 배출되기도 한다. 따라서 지구온난화를 줄이는 동시에 귀중한 청정연료의 손실을 방지하기 위하여 메탄을 포집할 필요가 있다.

○ Lawrence Livemore National Laboratory와 UC Berkeley 연구진들은 두 종류의 다른 물질(액상의 용매와 나노 기공의 제오라이트)을 이용하여 메탄을 효과적으로 포집할 수 있는 물질에 대한 컴퓨터 가상 실험을 수행하였다.

○ 메탄은 완전히 비극성이며 대부분의 물질과 약하게 작용을 하여 다양한 종류의 용매와 다공성 고체에 물리 또는 화학적으로 포집될 수 있다.



○ 연구팀에서는 100,000개 이상의 제오라이트에 대하여 구조를 조사하여 SBN이라 명명한 유망한 물질을 선정하였고 ZON, FER로 명명된 제오라이트 또한 희박 농도의 메탄이 발생되는 석탄 광산에 적용이 가능하다는 것을 밝혔다.

Ⅱ 유럽

□ EU 집행위, 2차 NER300 프로젝트 시행 발표

- 유럽연합, 2013. 04. 09 -

○ (현황) EU 집행위는 2차 NER300 프로젝트 시행을 발표하고 향후 3개월 동안 동 프로젝트 관심 기업에 참가신청 접수를 받을 예정

※ NER300: NER300은 유럽배출권거래시스템(ETS)의 신규가입자에 대비한 예비할당기금(NER, New Entrants Reserve)으로, 3억 개의 탄소배출권 판매를 통해 재정지원을 받음. 이 프로젝트는 EU의 저탄소 및 신재생에너지 실증 프로젝트에 대한 주요 투자프로그램이며, 유럽투자은행(EIB)의 지원을 받아 EU집행위가 주관함. 지난 2011년 시행된 1차 프로젝트에서는 12억 유로의 기금이 16개국 23개 프로젝트에 지원됨. 2차 프로젝트는 1억 개 배출권의 거래를 통해 얻어진 수입으로 재정지원이 될 예정이며, 사용가능한 자금의 정확한 금액은 판매시점의 탄소가격에 따라 결정될 방침임

- NER300 프로젝트는 환경적으로 안전한 CCS 기술과 혁신적 신재생에너지 기술에 대한 상업성 평가를 위한 자금지원 프로그램으로, 기후변화 대응과 녹색성장 및 에너지 분야의 일자리 창출에 박차를 가하기 위한 EU의 핵심전략임

- 집행위 기후변화담당관 Connie Hedegaard는 2차 NER300 프로젝트 시행 발표에 대해 “오늘 NER300 프로젝트의 시행으로, EU는 기후변화 대응을 위한 필요기술 개발사업에 대한 강력한 지원을 지속할 수 있게 됐다. 지난 1차 프로젝트 시행의 압도적인 호응은 참가자들이 저탄소 전환에 대한 열정을 갖고 있음을 보여주었다. 이번 2차 프로젝트는 모든 CCS와 혁신적 신재생에너지사업을 대상으로 1차 프로젝트에서는 제공되지 않았던 부분까지 자금을 지원할 것이다. 우리는 2018년 이내에 전 분야에 걸친 저탄소 프로젝트들의 운영을 착수할 수 있기를 희망한다.”라고 언급

○ (시사점) 기후변화 대응을 위한 기술 개발에 지원이 확대됨으로 인하여 신재생에너지, CCS 사업 등 저탄소 에너지기술 관련 프로젝트 추진이 가속될 것. 관련 업계의 지속적인 관심과 기술개발 필요

□ EU, EU프로젝트 RELACS 과제 종료

- Solar thermal world, 2013. 04. 11 -

○ (현황) 유럽위원회프로그램인 IEE(Intelligent Energy Europe)의 지원으로 2010년 4월부터 3년간 진행된 RELACS(REnewabLe energy for tourist ACcommodation buildingS)프로젝트가 종료

RELACS
Renewable Energy
for Tourist Accommodation Buildings

- 호텔, 캠프지역, 유스호스텔 등 관광숙박지의 에너지효율을 개선하고 재생에너지기술과 연계를 위한 지원 프로젝트
- 오스트리아, 불가리아, 독일, 그리스, 헝가리, 이태리, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 영국 등이 프로젝트에 참가하여, 200여개의 숙박시설이 프로젝트에 참여
- 참여자들은 월간 에너지수요를 기록하고 25%수준의 에너지소비절감을 위한 노력을 하여야 하며, 10곳의 에너지컨설턴트로부터 지원을 받을 수 있음
- 에너지절감우승자는 온수용 태양열집열기, 발전용 20kW급 PV 등을 설치하고 다양한 에너지효율수단을 통하여 38%의 에너지소비절감을 달성한 그리스 Sonia Village Hotels로 선정
- 태양열을 주로 설치한 국가는 오스트리아, 불가리아, 그리스, 헝가리, 포르투갈 등이었으며 집열기 설치면적은 2~40㎡
- 숙박시설의 년중 에너지수요는 여름철에 최대를 보여 태양에너지 시스템은 매우 효과적인 에너지절감수단으로 확인

○ (시사점) 유럽의 경우, 식품가공(Solar Foods), 맥주생산(Solar-Brew), 산업공정(So Pro), 숙박(RELACS) 등과 같이 에너지 소비분야별로 태양열 등 재생에너지를 유럽전체에 걸쳐 적용하는 프로젝트가 다수 진행되어 왔으며, 이와 같이 유사한 적용대상에 대한 기술경험과 우수한 사례를 공유하는 실증프로젝트는 국내에서도 벤치마킹할 수 있는 본보기라 사료됨

□ 프랑스, 2020년까지 바이오가스 개발에 20억 유로 투입

- ENDS Europe, 2013. 04. 03 -

○ (현황) 프랑스 환경·농업부(Ministry of Environment and Agriculture)는 3.29(금) 2020년까지 바이오가스에 의한 전력 및 열 생산량을 2010년 대비 4배까지 증가시킬 계획이라고 밝힘

- 이에 따르면 2020년 바이오가스에 의한 전력 및 가스 생산량은 각각 625MW 및 55kote에 달할 것으로 전망되며, 농업부 장관 델핀 바토(Delphine Batho)는 동 사업을 위하여 약 20억 유로를 투입할 방침이라고 전함

- 한 델핀 바토 장관은 현재 250개에 달하는 바이오가스 시설(biogas facilities)을 2020년까지 1,500개로 증가시킬 계획이라고 밝혔으며, 이에 따라 2,000개 이상의 일자리가 창출될 것으로 기대되고 있음

- 한편 기존 법에 따르면 전력 및 가스 생산업체는 바이오가스, 또는 신재생에너지 중 한 가지 사업만 운영할 수 있었으나 지난 2월 법이 개정됨에 따라 바이오가스와 신재생에너지 모두를 이용할 수 있게 되었으며, 관련 기업은 각각에 대하여 독립된 보조금을 지급받을 수 있음

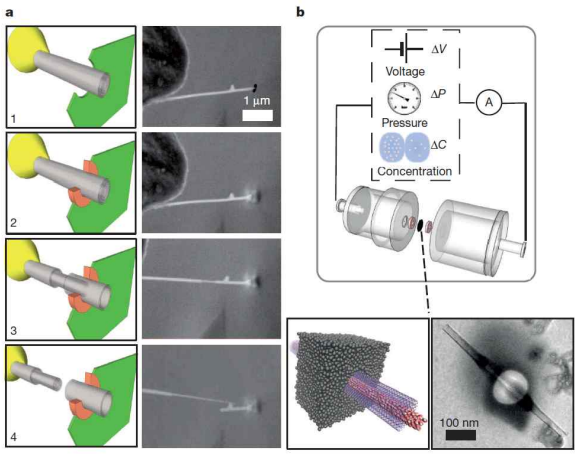
- 또한 금번 발표된 계획은 바이오가스 설비 건설을 위한 행정 승인절차를 간소화하였으며, 프랑스 정부는 조만간 지난 2012년 10월 개최된 환경컨퍼런스 논의를 바탕으로 바이오가스 및 재생에너지 개발을 위한 더 광범위한 계획을 발표할 예정

○ (시사점) 바이오가스 개발에 대한 지원이 점점 확대되어가는 추세임. 국내에서도 국내의 실정에 맞는 바이오연료 개발 진행을 비롯하여 바이오에너지 보급 활성화를 위한 전략제시가 필요함

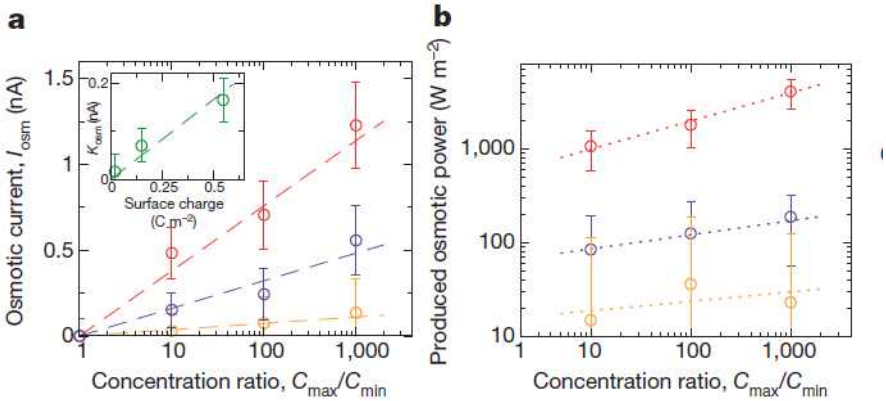
□ 프랑스, Boron nitride nanotube membrane을 이용한 Giant 염분차 발전

- Nature. 2013 -

○ (현황) 염분차 발전은 미래 청정 신재생에너지원으로 환경적, 지리적 영향이 적을 뿐만 아니라, 바닷물/강물 이용 시 2 TW, 전세계 소비전력의 13%를 차지



- University Lyon대학의 Lyderic Bocquet는 Boron nitride nanotube membrane (BNNT)을 이용한 Nanopore device 제작. Radius ~ 15-40 nm and length ~ 1 μm.
- Silicone nitride membrane에 FIB으로 홀을 만들어 nanomanipulation을 통해 BNNT를 직접 삽입
- BNNT 분리막 사이로 KCl의 농도차를 바탕으로 Diffusio-osmosis로 인해 전략발생



- 생성된 전략은 농도차 증가함에 따라 4 kW/m2이고, 표면의 전하량은 pH의 조절에 의해 최대 1000배까지 증가할 수 있음

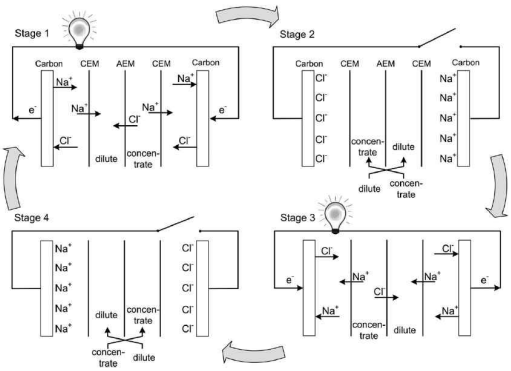
○ (시사점) 기존 분리막을 바탕으로 염분차 발전인 RED는 1.2 W/m2, PRO의 경우는 4 W/m2로, 새로운 분리막 및 시스템 개발을 통해 발전량을 향상 시킬 수 있어, 빠른 기술개발 및 대응이 절실함

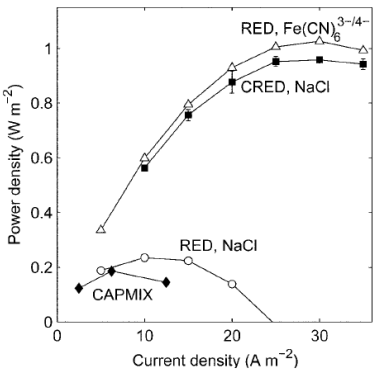
□ 네델란드, 정전기 전극을 사용한 Capacitative - Reverse electrodiaysis (CRED) 염분차 발전

- Energy & Environmental Science, 2013 -

○ (현황) 염분차 발전에서 친환경적, 고출력 시스템 개발이 중요함

- CRED는 기존 금속 전극 및 Redox 물질을 사용하지 않고, CAPMIX처럼 activated carbon (AC)을 전극으로 사용함
- 음/양이온 교환막을 통해 선택적으로 투과된 전하의 이동 방향에 따라 전압이 발생되어 Na+/Cl-각 양쪽의 AC 표면에 흡착함과 동시에 전기를 생산하게 됨
- 이후, 전하의 이동 방향을 흐름 방향을 조절함으로써 일정 사이클로 반복적으로 수행하게 됨





○ (시사점) CRED의 가장 큰 장점은 이온흡착면적을 증가시킴으로써 전력출력량을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라, Redox couple agent를 사용하지 않기 때문에 친환경적임

□ EU-US, 에너지스타 제도 갱신

- EIATRACK, 2013. 03. 29 -

○ (현황) 사무용기기에 적용되는 기존의 EU-US 에너지스타(Energy Star) 협력 만료 이후 EU는 미국과 동 제도 협력에 재합의

- EU는 지난 2012년 11월 동 제도를 채택하여 2013년 2월 20일부터 시행하고 있으며, 이는 협약 갱신 후 5년 동안 그 효력이 지속

※ 에너지스타 제도는 1992년 미 환경보호청(Environmental Pritectuib Agency, EPA)이 에너지 절약 제품을 소비자에게 장려하기 위하여 처음 시행하였으며, EU는 미국과 체결한 협약을 통해 사무기기 품목에 대해서만 동 제도를 적용, 에너지 효율 목표 및 일반 사양에 등에 대하여 미국과 EU에서 동시 인정되는 상호 인식 표준

- 에너지스타는 의무적 사항이 아닌 기업의 자발적 프로그램으로써 동 제도에 가입한 사무용기기 제조업체는 시장에 판매되는 제품의 90% 이상에 대하여 최소한의 에너지효율 요구사항을 충족하여야 함

- 또한 모든 출력제품(printing products)은 카트리지 및 페이지 출력 등에 관련된 제품성능을 비롯하여 제품 재활용 정보 등을 제시해야 함

- 한편 금번 이루어진 EU와 미국 간 에너지스타 재갱신으로 인하여 2020년까지 약 3천6백만 톤에 이르는 이산화탄소가 감축될 것으로 전망되고 있음

○ (시사점) 국내에서도 에너지 효율화 개선 및 관련 시장 확대, 효율화 기술 수출 증을 위하여 에너지 효율화 기술에 지원이 필요할 것임. 또한 효율화 선진국들과의 공동 협력체계 구축도 고려되어져야 할 것임

□ 덴마크, 국내 최대규모의 태양열 구역난방플랜트 착공

- Solar thermal world, 2013. 04. 10 -

○ (현황) 덴마크의 Dronninglund라는 지역에 국내 최대규모의 태양열집열기 단지와 태양열 구역난방플랜트를 위한 공사 착공

- 태양열집열기 설치면적은 35,000㎡ 예정이며, 공정의 가장 마지막 단계에서 설치할 계획

- 장기간 태양열 저장을 위하여 60,000㎥ 규모의 피트형 계간축열(Seasonal pit heat storage) 적용

- 년간 태양열생산량은 약 15,000MWh로 추정되며 1,350 수용가 열수요의 40%정도를 태양열로 공급계획, 최종목적은 안정된 공급열에너지 가격을 위하여 구역난방열수요의 100%를 재생열로 공급하는 것

- 열네트워크에서 요구하는 년평균온도는 75℃. 여름철에는 태양열로 충분히 온도를 만족시키며, 겨울철에는 온도가 낮아 계간축열조에 보내져 2MW급 바이오연료로 구동되는 흡수식냉동기와 연결되며, 열네트워크 온도는 15℃까지 낮아질 수 있어 30~40℃수준의 겨울철 태양열도 유용한 자원으로 활용

- 계간축열조는 상부만 단열, 누수방지위해 Plastic foil사용하여 비용은 35EUR/㎥

- 태양열집열기는 대규모 태양열시스템에 주로 적용되는 12.5㎡집열면적의 평판형집열기(ARCON Solar). 배관과 기초를 포함한 집열기 구축비용은 155EUR/㎡

- 총프로젝트비용은 14.5백만EUR, 열생산단가는 58EUR/MWh, 정부지원금은 2.1백만EUR

- 현재까지 덴마크에 태양열구역열공급을 위해 설치된 태양열집열기면적은 280,000㎡이며, 416,000㎡의 추가건설계획이 있으며, 이중 300,000㎡은 2013년에 설치될 예정

○ (시사점) 유럽의 경우 대규모 태양열시스템 설치를 통하여 건설비용과 열비용단가를 낮추기 위한 사업이 지속적으로 추진되고 있으며, 이러한 기술이 상용화되기까지는 15년이상 장기간에 걸친 태양열실증모니터링사업(Solarthermie2000, Solarthermie2000 plus)을 통한 설계, 설치, 문제점개선 및 운영기술에 대한 기술축적이 기반이 되었음. 국내에서도 태양열운영기술에 대한 장기적인 연구개발투자가 이루어져야 유럽과 같은 세계최고수준의 태양열기술에 도달할 수 있을 것으로 사료됨

Ⅲ 아시아

□ 한국에너지기술연구원, 하이브리드석탄 제조 기술 개발

- http://www.kier.re.kr, 2013. 04. 18 -

○ (현황) 미분탄 발전소에서는 필수적으로 해결해야 하는 2가지 현안을 가지고 있다. 그 중 첫 번째는 전세계 석탄 매장량의 반을 차지하는 저급탄을 고급탄인 역청탄과 불가피하게 혼합해서 연소하여야 하는 문제점이며, 두 번째는 신재생에너지 의무할당제와 탄소배출권 거래제와 같은 이산화탄소 감축을 위한 제도들에 대응해야 하는 발전소의 부담이다. 이에 한국의 KIER(Korea Institute of Energy Research)는 이와 같은 문제점을 친환경적이고 쉽게 해결할 수 있는 방법인 하이브리드석탄을 개발하였다

[하이브리드 석탄의 개념도]

○ (시사점) 기존 화력발전소를 그대로 이용하면서 발전소의 2대 현안을 친환경적이고 쉽게 해결할 수 있는 방법인 하이브리드 석탄은 천연 탄소/휘발분 메트릭스와 바이오매스로부터 유래된 인공 탄소/휘발분 메트릭스의 복합체이다. 저급탄을 사탕수수로부터 유래된 바이오 액체를 함침하여 고품위화 하기 때문에 발전소의 2대 현안인 이산화탄소 문제와 저급탄 문제를 동시에 쉽게 해결할 수 있게 되는 것이다

□ 인도/인도네시아, 바이오매스 에너지정책 및 전략

- Biomass energy policies and strategies, 2013. 04. 16 -

○ (현황) 열대지방의 풍부한 바이오매스 자원으로 온실가스를 감축하는 인도, 인도네시아의 바이오매스 에너지정책 및 전략 분석

- 온실가스감축을 위한 각국의 노력이 지속되고 있는 가운데, 국내에서도 정부 주도로 다양한 대응방안이 실천중임

- 특히 온실가스를 삭감하기 위해 연료로 바이오매스를 사용하는 방안을 기후변화 정부 간 협의회(IPCCC)도 인정하고 있음

- 이러한 바이오매스는 농업 또는 임산물의 잔류물을 이용할 수 있지만, 하수슬러지 또는 조류도 이용 가능함

- 농업 또는 임산물을 바이오매스로 이용해서 바이오연료로 전환시키는 과정에서는 목질계의 리그노셀룰로오스가 분해하지 않아 당화효율이 저하되는 단점이 있음

- 바이오매스를 에너지로 사용하는 방안으로 연료로 직접 사용하는 방안 외에 가스연료, 전기생산 및 수송용 연료가 포함됨. 특히 가스화에 의한 전기생산은 농촌지역의 전기화산업과 병행해서 분산된 전력화를 계획함

- 양국 모두 가스화와 전기생산에 비해 바이오매스를 수송연료로 전환시키는 실적이 기술과 자본 때문에 상당히 미진함

- 에너지공급을 다변화하는 이런 정책을 인도가 보다 급진적으로 실천하고, 인도네시아는 점진적으로 실천하는 중임

○ (시사점) 국내에서 가장 풍부한 농업 잔재물인 볏짚을 바이오매스로 이용하는 방안이 필요하며, 바이오디젤을 생산하기 위해 폐식용유를 사용하는 각종기술 개발 및 보급이 필요함

□ 중국, CCS 기술혁신체계

- CCS technological innovation system in China structure, 2013. 04. 04 -

○ (현황) EU집행위는 2009년 6월 EU회원국의 지원을 받아 6천만 유로 규모의 자금을 2009년부터 2013년까지 중국을 비롯한 개도국의 CCS사업에 투자하겠다는 계획을 발표함. 이는 석탄 화력발전이 전체 에너지의 70%를 점유하는 중국과의 기술협력이 post-Kyoto체제에 있어서 선진국과 개발도상국의 대표적인 협력 사례가 될 것임

- CCS 전개에 있어서 세계 제일의 CO2 배출자인 중국의 역할이 기대되지만 세계적으로 CCS 개발에 반대여론도 많은데, 제일 큰 문제는 CCS가 주로 석탄을 연료로 사용하는 측에 무임승차를 허용하게 만든다는 것이고, 또한 CCS가 아직은 미완성의 기술이고 전개비용과 장기적인 신뢰성이 불확실하다는 것임

- CCS 시범사업을 전개하는 초기에 돌입하는 중국에서 조차도 이를 계속 추진할 것이냐에 대하여는 다방면에 걸쳐 반대하는 목소리가 큰 상황임. 따라서 장래 CCS 전개에 대한 기술, 성능, 안전 등에 대한 불확실성 때문에 정책입안자들의 CCS에 대한 한층 더 구체적인 증거와 이해가 필요함

- 중국이 현재 시행하는 10개의 제한된 숫자의 시범사업은 저비용으로 중국이 직면한 여러 장애물에 종지부를 찍는 방법이 될 것이고, 중국이 국제사회에 CCS전개를 신중히 진행하고 있다는 신호를 보내는 의미가 있음. 이점이 중국의 CCS전개에 보다 철저한 개혁이 필요한 이유임

○ (시사점) 지금까지는 기술적인 연구만 해 왔으나 상용화를 위해서는 국민적 동의와 투자가 이루어지고 관련 법제도도 정비되어야 할 것임

□ 중국, 저탄소 녹색에너지인 DME연료의 차량적용 시범사업

- ITM Power; 2013. 04. 22 -

○ (현황) 중국은 2013년 현재, 중국 상해의 DME 도시버스 운영을 목표로 시범사업을 확대하고 있으며, DME 연료의 생산 증가와 더불어 2010년부터 자동차 배출가스를 더욱 줄여 EURO 6을 만족하기 위한 연구를 수행 중

- 최근 세계적으로 고유가 상황이 지속되고 있는 가운데, 중국에서는 강화되고 있는 자동차 CO2규제와 유해 배출가스 규제에 대응하고, 장기적으로는 화석연료 고갈에 따른 새로운 저탄소 녹색에너지를 개발하여 차량에 사용하기위한 노력이 적극적으로 추진되고 있음

- 디젤차량은 가솔린차량에 비해 효율이 높고 이산화탄소 배출량이 적은 장점이 있으나, PM 등 대기오염물질이 다량으로 배출되는 문제가 있기 때문에 이를 해결할 수 있는 저탄소 녹색에너지원으로, 이산화탄소 배출량이 적고 매연을 거의 배출하지 않는 DME와 같은 디젤 대체연료의 차량 적용 시범사업을 상해에서 수행중임

- 한편 아시아를 중심으로 DME 생산량 증가와 더불어 향후 디젤차량의 5%는 DME 차로 전환될 것으로 전망됨

○ (시사점) 현재 아시아를 중심으로 디젤자동차의 환경문제를 해결할 수 있는 방안 중 하나로 대체연료자동차를 대안으로 인식하고, 적극적인 연구개발 및 인프라 구축을 위한 다양한 노력이 진행되고 있음. 경제성은 있으나 시장에 진입하기 위해서는 기술적인 장벽이 존재하지만, 지속적인 연구개발 및 정책지원이 뒷받침 된다면 빠른 시일 내에 실현 가능할 것으로 예상됨

□ 중국, 저탄소 녹색에너지인 DME연료의 생산성 확대에 치중

- ITM Power; 2013. 04. 22 -

○ (현황) 중국은 2013년 현재, 중국의 내몽골 지역에 묻혀있는 막대한 석탄을 가지고 DME로 제조하여 차량용 및 일반 연소용 연료로 사용하기 위하여 생산량을 늘리고 있음

- DME는 다양한 원료를 통하여 제조할 수 있고, 최근에 직접 합성 제조기술이 개발됨에 따라 경제성이 타 연료보다 우수하여 동남아를 중심으로 생산량이 증대되고 있음

- 분석자료에 의하면 DME연료의 생산량이 증가하면 LPG와 비슷한 수준의 연료가격으로 제조가 가능할 것으로 예상되므로 국내 석유계연료의 많은 양을 새로운 녹색에너지인 DME로 대체할 수 있을 것으로 전망되며, 국제 원유가의 상승으로 인하여 높은 가격 경쟁력을 가질 것으로 전망되고 있음

- 중국은 DME가 현재 약 1,000만톤 이상이 생산되고 있고 연간 DME 생산량이 약 1,000만톤 씩 증설될 예정이어서 차량 및 일반 연소용 연료로써의 보급이 활발히 추진되고 있음. 중국에서 생산 판매되고 있는 DME 가격 동향을 보면 중국의 화북, 화동, 화남 시장 모두에서 톤당 가격이 LPG보다 10%정도 저렴한 것으로 보도되고 있음

○ (시사점) 현재 중국, 인도네시아, 사우디 등의 아시아를 중심으로 청정하면서 경제성 있는 DME의 생산량을 증대할 계획으로 생산설비를 확대하고 있음. 경제성은 있으나 시장에 진입하기 위해서는 이용기술개발도 함께 이루어져야하며, 이를 통해 빠른 시일 내에 실현 가능할 것으로 예상됨

□ 말레이시아, 바이오가스 생산과 이용에 관한 예비조사

- Feasibility study of biogas production and utilization as a source of RE in Malaysia, 2013. 04. 18 -

○ (현황) 말레이시아는 세계 팜유물량의 42%를 공급하고, 인도네시아와 함께 전세계 팜유생산에 87%를 차지함. 팜유나무 열매에서 추출된 팜유원액은 바이오디젤 연료 및 식품용 가공유로 사용되는 바이오매스이며, 팜유부산물은 팜유발전소에 연료로 사용되어 열병합발전이 가능함

- 팜유산업은 말레이시아인 50만 명의 일자리를 제공하는 국부의 상징임. 팜나무열매에서 추출되는 바이오에너지 자원인 팜유원액은 3,740kg/ha 생산되어 다른 바이오에너지 작물보다 훨씬 많이 대량 생산됨

- 팜유공장배출수를 혐기성 발효하여 생성된 바이오가스 중에 함유된 이산화탄소를 제거하여 메탄가스 순도가 높은 고품질 바이오가스 생산과 바이오가스를 에너지 전환 할 때에 연소로 인하여 발생된 배기가스에 함유된 이산화탄소를 제거하여 대기오염을 방지하기 위한 바이오가스 정제기술 개선은 온실가스 감축에 크게 기대됨

- 팜유원액 1톤을 가공하는 과정에서 발생되는 팜 열매 껍질(PKS:palm kernel shell)은 0.05 톤이 배출되는데 연료화 이용 보다는 팜유공장 배출수 및 팜유부산물과 함께 혐기성발효처리로서 바이오에너지를 생산하여 온실가스 배출을 감축하는 게 바람직함

○ (시사점) 바이오가스 생산을 위한 원료가 부족한 국내여건을 고려하여 원천기술을 수출하는 전략으로 R&D전략을 수립해야 함

□ 말레이시아, PETRONAS, 고농도 CO2의 천연가스 개발기술에 주력

- Int'l Petroleum Technol. Conference, 2013. 03. 26 -

○ (현황) 말레이시아의 국영석유회사 PETRONAS는 동남아시아 일대에 산포하고 있는 다수의 유전 및 가스전을 개발, 생산하고 있으며 아직 경제성이 떨어진다고 평가되는 고농도 CO2가 포함되는 가스전의 개발에 본격적으로 나서려고 함

- 통상의 가스전에는 CO2가 10% 이하로 포함되어 있으나 다수의 동남아 가스전에는 20~60% 수준의 고농도 CO2가 함유되어 있음

- 기술적으로 CO2를 분리, 정제하는 방법이 제시되어야 할 것이나 현재는 압축을 통해 CO2를 분리, 10% 수준으로 낮춰 판매, 이용하고 있음. 이들 가스전 개발에 많은 투자를 계획중

○ (시사점) CO2 농도 3%이하가 통상으로 판매되는 가스임을 고려하면 천연가스로부터 고농도 CO2를 제거하는 기술을 개발하여 1% 이하의 양질 천연가스로 판매할 수 있도록 해야 함

- 기술을 개발할 경우 시장창출에 크게 기여할 수 있으며 특화된 플랜트, 엔지니어링 산업에서 자리를 차지할 수 있을 것으로 기대됨

Ⅳ 기타

□ IEA, 느린 에너지 청정화로 지구온난화 방지 효과 제한적

- PlanetArk, 2013. 04. 18 -

○ (현황) 전 세계적으로 전력 생산은 여전히 석탄의존도가 높고 각국의 정부는 청정에너지 이용에 대한 투자를 증대시키지 못하고 있어서 지구온도 상승을 2℃이내로 한정할려는 목표가 점점 어려워지고 있다고 IEA의 전문가는 발표하였다

○ 20여 년간 세계의 지도자들이 청정에너지의 보급을 위하여 많은 모임과 약속을 하고 신재생에너지에 대한 장려를 해왔지만 오늘날의 에너지 생산 방식은 크게 변화되지 않았다. IEA의 보고서에 따르면 석탄화력 발전은 2000년부터 2010년 사이에 45% 증가하여 비화석 연료의 증가율 25%를 훨씬 상회하고 있다

○ 미국의 쉐일가스 기술 개발로 천연가스의 사용이 급격히 증가하고 있지만 유럽에서는 여전히 석탄 사용이 증가하고 있다

○ (시사점) 화석연료의 사용과 함께 이산화탄소 포집 기술이 개바로디고 있지만 아직 상용 공정이 운전되고 있지는 못하고 있다. IEA에서는 이산화탄소 포집 기술이 지구온난화 억제에 역할으로 하며 2050년 경에는 63%의 석탄화력 발전소에 이 기술이 적용될 것으로 예상하고 있지만 현재 약 13개의 데모급 공정이 진행되고 있다. 향후 배출권 거래가 더욱 강화될 필요가 있지만 현재 악화된 경제상황으로 인하여 배출권 가격이 극히 낮은 수준으로 유지되기 때문에 현실적인 어려움에 봉착한 상태이다

□ ISO TC 265 - CCS Standards

- IEA-GHG, 2013. 04. 11 -

○ (현황) IEA-GHG – CCS 표준화 (ISO TC 265)

- 참CCS 표준화를 위한 ISO TC 265: 현재 16개 참여국, 10개 참관국, 6개 연락기관으로 구성되어 활동 중임

- ISO TC 265 2차 미팅은 AENOR 주관하여 2월에 마드리드에서 열렸으며, 업무 영역을 정의하고 5개(포집-일본, 수송-독일, 저장-캐나다와 일본, 정량화와 검증-중국과 프랑스, 공통핵심 이슈-프랑스와 중국) 그룹으로 동의함

- 미국이 주도하고 있는 bi-national 표준화인 Canadian standard on Geological Storage of Carbon Dioxide(CSA Z741)이 저장그룹에 유용한 정보를 제공하기로 함

- IEA-GHG는 연락기관으로 활동 중이며, 다음 회의는 6개월 정도 이후에 북경에서 열릴 예정임

○ (시사점) 현재 한국에너지기술연구원은 지경부 과제의 일환으로 “CCS기술 상용화를 위한 표준/인증 성능평가기술 및 통합평가모듈 개발” 기술개발을 수행 중에 있으며, CCS 표준화를 위한 국제사회의 ISO TC 265의 추진 내용을 주시하고 있으며 참여 방안을 모색 중에 있음

Ⅴ 해외출장보고서

□ 日 Furukawa Battery社, 마그네슘-공기 전지 기술 개발

- Battery Japan 2013, 2013.03.01 -

○ (현황) 일본 Furukawa Battery社는 일본 도쿄 Big sight에서 열린 Battery Japan 2013 Expo에서 재해시의 비상용 전원으로 활용할 수 있는 마그네슘-공기 전지 기술을 선보였음

- 전지의 실제 구조는 음극에 마그네슘 전극, 전해액으로는 식염수, 양극은 탄소 분말을 기본으로 하는 소재를 채용해 마그네슘과 공기 중의 산소로부터 전기를 얻을 수 있음

- 충전이 안되는 1차전지이지만 전해액을 넣지 않으면 장기보존도 가능해, 재해시의 비상용 전원으로 사용하는 것을 검토하고 있는 것으로 알려져 있으며, 전동 3륜 bike에 탑재하여 실제 시현 가능성을 보여주었음

○ (시사점) 현재 KIER 내에서 Li, Zn 등을 기반으로 하는 메탈-공기 이차전지 기술을 연구하고 있음

- 메탈-공기 전지 기술은 기존 상용화된 전지 대비 고에너지밀도 실현이 가능한 최대의 장점을 지니나, 충전 및 가역성에 있어 제한적인 기술로 이차전지화에 있어 어려움이 있음

- 보고된 마그네슘-공기 전지 역시 일차전지로 충전이 안되는 단점이 있으나, 비상 및 군수용의 특수 목적을 갖는 전지시스템으로는 가능성이 있는 기술로, 일차전지형 메탈-공기 전지 기술에 대한 지속적인 기술 추적 및 연구동향 파악이 필요할 것으로 판단됨

□ 獨, 2013 International PEM Electrolysis workshop

○ (현황) 본 회의는 EU의 Framework 프로그램의 일환으로 진행 된 수전해 과제인 NEXPEL의 과제 종료 즈음하여 개최된 수전해 관련 국제 학회임

- 최근 재생에너지와의 연계 등으로 크게 주목받고 있는 수전해 분야에서 주요 구성품과 셀의 성능 및 내구성에 관한 논의가 이루어졌음

- 과제에 참여한 많은 국가의 전문가들과 고분자막 타입의 수전해 시스템을 상용화한 대표적인 기업들인 Proton OnSite, Hydrogenics, ITM Power, CETH2 등이 모두 참가하여 연구개발 진행 상황을 발표

- NEXPEL은 재생에너지와 연계하여 75% 효율, 40,000시간 수명, 5,000 Euro/Nm3h-1의 수소 제조비용의 수전해 시스템을 개발하는 것이 목표

- 2010년 1월부터 2012년 12월까지 SINTEF에서 주관하였고 총 예산은 3,353,549 Euro였음

- 후속 과제로 NOVEL이 2012년 9월부터 시작되어 2016년 8월까지 진행 될 예정인데 총 예산은 5,743,445 Euro이며 프라운호퍼, CEA, Johnson Matthey 등 여러 기관에서 참여

○ (시사점) 고분자 타입 수전해 관련해서 깊이 있는 발표들이 오고 간 의미 있는 학회였고 향후에도 지속적으로 개최될 예정이어서 재생에너지 및 연료전지 연계한 통합 시스템 연구에 많은 도움이 될 것으로 예상

- 당 팀에서 관심을 가지고 있는 DRFC(Discrete Regenerative Fuel Cell)이나 URFC(Unitized Regenerative Fuel Cell)에도 수전해 기술이 적용되어야 하므로 계속적인 참가가 필요할 것으로 판단됨

□ 日, Hitachi, DMFC 연료전지의 저가 공기극 N 촉매 개발

- 2012年10月11日 日経BP社 Tech-On!, 2012. 10. 11 -
http://eco.nikkeibp.co.jp/article/news/20121011/115140/
http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2012/10/1010.html

○ (현황) 직접메탄올 연료전지(DMFC)는 수소를 연료로 사용하는 연료전지와는 달리 수소 제조 장치가 필요없어 소형화가 가능하며, 재해 발생시와 실외 사용을 위한 소형 휴대용 전원에 적합함

- DMFC는 메탄올을 연료로 사용하고 이의 산화반응으로 발전한다. 전극은 공기중의 산소를 환원반응시키는 공기극과 메탄올을 산화반응시키는 연료극을 사용하여 메탄올의 산화반응을 일으킨다.

- 전극에는 백금과 백금 합금 촉매가 사용된다. 그러나 전지의 가격에서 차지하는 비율이 높고 산화반응에서 생성된 일산화탄소가 공기극의 백금에 흡착하여 발전 성능을 낮추는 문제가 있다.

- Hitachi사는 메탄올을 직접 공급하는 타입인 DMFC의 가격을 대폭 저감한 전극을 개발하였다. 재료와 시스템의 연구 개발을 추진하여 고가의 백금을 사용하지 않는 전극을 개발하였다. 기존의 전지 가격을 약 45% 낮출 수 있게 되었다.

- 공기극에는 탄소에 질소를 첨가(도핑)하여 질소 도핑 카본 촉매, 연료극에는 팔라듐-루테늄 합금 촉매를 적용하였다. Hitachi사는 연구를 계속하여 개발한 전극의 상품화를 진행하고 있다.

○ (시사점) 현재 연료전지 사용화에 저극적으로 필요한 가격 저감을 위하여 촉매의 가격을 저감하는 신촉매 기술 개발이 절실히 필요함

- 이를 위한 연구자들의 노력과 개발 지원이 절실히 필요한 것으로 판단됨

□ Toshiba, Hybrid형 축전지 개발

- 2013 Battery Expo, 2013.2.28 -

○ (현황) Toshiba, NEC 등은 종래의 특수 주문품이 아닌 양산품으로 가격을 3분의 1정도로 낮춘 기업용 축전지를 지속적으로 개발하고 있음

- Toshiba에서 개발된 축전지는 기존의 납축전지와 리튬이온전지를 조합시킨 하이브리드형 축전지로 리튬이온전지로 주간이나 밤 전력수요 변동에 세밀하게 대응할 수 있으며, 재료가격이 저렴한 납축전지로 비상시 등에 전력을 장시간 공급하는 방식을 택함

- 특히 기업용 축전지는 유지관리가 쉬우며 전력 수요 피크시에 전력을 공급함으로써 전기요금을 경감시킬 수 있는 장점도 있음

○ (시사점) 전기자동차 및 스마트 그리드용 중대형 에너지 저장체로 리튬이온전지가 부각되고 있는 시점에서, 리튬이온전지를 다른 저장체와 하이브리드화 하는 방안도 고려해 볼 필요가 있음

□ 유럽 주요 국가

○ (현황) 산업 공정에서는 공정에 소요되는 열을 열교환네트워크(Heat Exchange Network)로 구성하는 것이 일반적임. 이 때 공정 온도 분포와 요구 열량을 고려한 최적 설계로부터 기존의 공정을 개선하는 작업을 Process Integration이라고 함

- PI는 엑서지 소비를 최소화하는 방안으로 공정에서의 물질 교환, 전력 생산, 엑서지 생성 등도 고려하는 Multi-objective 최적화로 적용 범위가 확장 됨

- 적용 범위에 있어서도 공장이라는 공간에서 벗어나 지역 에너지 네트워크에 해당되는 광범위 최적화 연구도 진행되고 있음.

- 광범위 에너지 네트워크 설계를 함에 있어 계절의 변화에 따른 영향도, 온실 가스 영향도 등도 고려된 최적 네트워크 설계가 Pinch Analysis를 통해 이루어지며, 이는 향후 에너지 네트워크 설계에 있어 에너지의 교환량 뿐만 아니라 시스템의 시간변화, 사회적/환경적 요인 등도 포함된 최적 설계가 진행되어야 함을 나타냄

□ PETRONAS(말레이시아)/고농도 CO2의 천연가스 개발기술에 주력

- 2013.03.26., Int'l Petroleum Technol. Conference -

○ (현황) 말레이시아의 국영석유회사 PETRONAS는 동남아시아 일대에 산포하고 있는 다수의 유전 및 가스전을 개발, 생산하고 있으며 아직 경제성이 떨어진다고 평가되는 고농도 CO_2가 포함되는 가스전의 개발에 본격적으로 나서려고 함

- 통상의 가스전에는 CO_2가 10% 이하로 포함되어 있으나 다수의 동남아 가스전에는 20~60% 수준의 고농도 CO_2가 함유되어있음

- 기술적으로 CO_2를 분리, 정제하는 방법이 제시되어야 할 것이나 현재는 압축을 통해 CO_2를 분리, 10% 수준으로 낮춰 판매, 이용하고 있음. 이들 가스전 개발에 많은 투자를 계획중

○ (시사점) CO_2 농도 3%이하가 통상으로 판매되는 가스임을 고려하면 천연가스로부터 고농도 CO_2를 제거하는 기술을 개발하여 1% 이하의 양질 천연가스로 판매할 수 있도록 해야 함

- 기술을 개발할 경우 시장창출에 크게 기여할 수 있으며 특화된 플랜트, 엔지니어링 산업에서 자리를 차지할 수 있을 것으로 기대됨

□ 프랑스, 자동차 보너스-맬러스 제도

- 주 OECD 대한민국 대표부 조희송 참사관(환경부 파견) -

○ (현황) 보너스-맬러스제도는 CO_2 배출량이 낮은(연비가 좋은) 친환경차의 보급을 확대하고, CO_2 배출량이 높은(연비가 나쁜) 대형 자동차의 구매를 낮추기 위하여 2008년 1월부터 프랑스가 도입한 제도로서 저CO_2 자동차의 구입시에는 정부에서 보조금(보너스)을 부여하고, 고CO_2 자동차의 구입시에는 반대로 부과금(맬러스)를 부과하는 제도를 말함

- 프랑스에서는 동 제도의 도입에 따라 저CO_2차의 보급이 크게 확대되었음

- 자동차의 CO_2 배출량은 자동차제작사의 친환경기술의 개발로 지속적으로 개선이 되고 있고, 자동차 판매 실적에 따라 세수가 변화하기 때문에 프랑스 정부에서는 세수를 고려하여 부여 기준을 변경하고 있음 (2013년 기준과 금액은 그림과 같음)

○ (시사점) 국내에서도 에너지 절약과 온실가스저감을 위하여 조속한 도입이 요망됨

보너스-맬러스 기준

BAREME BONUS-MALUS 2013	
EMISSIONS CO2 (g/km)	BONUS-MALUS
20 et - (électriques)	-7 000 €
21 à 50	-5 000 €
51-60	-4 500 €
Hybrides (-110 g/km)	-4 000 €
61-90	-550 €
91-105	-200 €
106-135	0 €
136-140	100 €
141-145	300 €
145-150	400 €
151-155	1 000 €
156-175	1 500 €
176-180	2 000 €
181-185	2 600 €
185-190	3 000 €
191-200	5 000 €
201 et plus	6 000 €

□ 中, 863계획 및 973계획으로 국가차원에서 체계적인 SOFC기술 개발 추진

- 2013 일본 SOFC 연구회, 2013. 1.24 -

○ (현황) 중국에서는 2001도부터 고체 산화물 연료전지(SOFC) 기술 개발을 본격적으로 수행

- 863계획에서는 국가 하이테크 연구발전계획이라는 목표하에 2001-2005, 5kW급 스택 개발, 2006년-2010년, 2kW급 시스템 개발을 추진

- 2011년-2015년, SOFC 시스템 개발이라는 목표하에, 대련연구소는 관형 스택 개발, 닝보연구소는 평판형 스택 개발, 상해세라믹연구소는 중저온 평판형 스택기술을 개발을 수행 중

- 또한 973계획(2012-2016)에서는 국가 중점 기초연구발전계획하에 SOFC기초 연구를 대학을 중심으로 진행. 전해질 연구는 상해세라믹연구소 등에서, 공기극 연구는 중국과기대 및 하일빈공대, 연료극은 중국과학원 물리연구소에서 연구를 수행중

- 일체화 SOFC의 내구성 연구, 시스템 시뮬레이션, 시스템 구조 연구 수행

- 국가 SOFC 개발 계획 조직을 위해 고문으로 세계적으로 유명한 미국 Singhal 박사, Minh 박사를 스카웃하여 활용

○ (시사점) 중국은 매우 체계적으로 대규모로 SOFC 국가 연구개발을 수행하고 있으며, 이러한 계획을 기획하고 조직하기 위해 세계 유명 과학자 스카웃 활용

- 우리나라도 체계적인 연구 수행이 시급한 실정이며, 우선 기획을 통해 기술 개발 분야를 선정하고, 기초연구와 개발연구로 나누어 기술 개발을 추진하는 것이 바람직함

□ 지열시스템의 스케일 방지제의 선택

- CORROSION 2013, 2013.03.18 -

○ (현황) 증기발생장치 소금투여장치에서 발생하는 스케일을 방지하기 위한 막을 증착하는데 실리카계열의 화학적 방지제 사용

- 실리카와 금속을 동시증착하여 Barium Sulfate 스케일 생성을 권고
- 실증시험은 고압, 고온방법을 추천

○ (시사점) 지열분야에 적용되는 장치의 스케일은 장비의 수명을 단축시키는 매우 중요한 요소로 상기 화학적 방법을 사용하여 수명 연장에 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단됨.

□ 이탈리아 M&G 그룹, 목질계 에탄올 상용 데모 플랜트

- 2013. 3. 27, D. Chiaranmonti -

○ (현황) 2012년말 이탈리아 M&G 그룹의 주도하에 Crescentino 시에 연산 4만톤 규모의 목질계 에탄올 생산 상용 데모 플랜트 준공. 목질계 원료로부터 당 및 에탄올 생산 목표가는 각각 $0.22/kg과 $0.4/L임

- 동 플랜트는 EU의 CO_2 감축 지침에 대응하기 위한 노력의 일환으로 2007년부터 시작되었으며 총 22백억원의 R&D 투자가 되었음

○ (시사점) 국내에서도 수송 부문에서 CO_2 감축을 위해 2017년부터 에탄올 의무 혼합하는 정책을 추진중이므로 목질계 에탄올 생산 공정 개발을 위한 R&D 투자가 확대되어야 할 것임

- 이와 같은 국내외 현황을 고려할 때 KIER에서도 목질계 에탄올 관련 핵심 기술에 대한 R&D 지원 확대 필요

□ 연료전지 기술동향 (FCSE2012)

○ (현황) 수소 연료전지기술에 대한 국제적인 동향 파악

- 연료전지 기술의 개발 동향이 PEFC에서 SOFC 및 다양한 응용분야로 확대
- 틈새시장은 이미 미국에서 연료전지 지게차 분야는 장악
- 국방 분야 관심 증가
- 경제성 확보를 위한 다양한 비즈니스 모델 개발 중

○ 국내 관련 정책에 대한 비교

- 연료전지 핵심분야인 수송 부문에서 아직 경제성 확보 못함

○ (시사점) 우리연구원의 경우 기존 수소 연료전지기술에 대하여 개발기술의 전략적 포트폴리오 점검 및 보유기술의 경쟁력 분석 필요

- DOE의 Annual merit review와 같이 현재 연구원의 개발 기술의 기술적 목표를 재 점검하고, 수소 및 연료전지분야 개발기술의 경제성측면에 대한 고려도 필요

□ 미국의 주행거리확장형 전기자동차 기술개발 동향

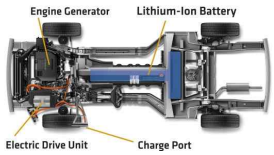
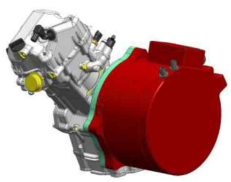
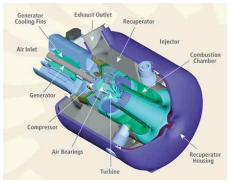
○ (현황) 미국은 전기자동차에 있어서 순수 전기자동차보다는 플러그인하이브리드자동차 위주로 개발이 진행되었음

- 최근 시장에 출시되어 호평을 받았던 GM Volt도 주행거리 연장형 전기자동차(EREV)로 발표하였으나, 아래 표에서 보는 것처럼 Range Extender로 1.4L 엔진이 사용되어 EREV라기보다는 PHEV에 가깝다고 할 수 있음

- 이외에도 Polaris사에서는 단기통엔진을 이용한 Range Extender 연구를 진행하고 있으며, 경량/소형으로 개발하고 있음

- 그리고 Capston Turbine사에서는 마이크로터빈을 전기자동차에 적용하려는 연구도 진행되고 있는 데, 고속으로 운전되기 때문에 출력밀도는 높지만 효율이 낮은 단점이 있음

<미국의 주행거리 확장형 전기자동차 기술개발 현황>

제작사	온보드제너레이터 (Or Range Extender)	비고
GM (Volt) (www.gm.com)	. Engine : 1.4L 4 cylinder ICE . Electric Power : 54 kW . Weight : engine 95 kg, 125 kg with oil, coolant, radiator, generator	
Polaris (www.polaris.com)	. Engine : One-cylinder 325 cc ICE . Electric POWER : 22 kW . Weight : 38 kg	
Capstone Turbine Corporation (www.microturbine.com)	. Engine : Radial Gas Turbine with high speed generator . Electric Power : 30 ~ 65 kW . Weight : 91 ~ 135 kg	

○ (시사점) 국내에서도 전기자동차 보급을 확대하기 위하여 보조금 지원 및 충전소 설치 지원 등을 통해 보급 확대를 추진하고 있음

- 하지만 전기자동차 보급에 가장 큰 걸림돌은 전기자동차의 가격, 충전시간과 더불어 1회충전주행거리가 매우 짧다는 것임
- 특히 차량 냉난방에 따른 전기자동차의 1회충전주행거리에 대한 실험결과로, 냉방의 경우는 34 ~ 46 %, 난방의 경우는 46 ~ 68 %로 크게 줄어들게 됨
- 따라서 국내에서도 순수 전기자동차 보다는 소형 Range Extender를 장착한 주행거리확장형 전기자동차 보급이 필요함

□ Ziegler-Natta 촉매전망

- Ziegler-Natta catalysis: 50 years after the Nobel Prize 2013년 3월호 MRSBulletin -

○ (현황) 1963년, Karl Ziegler 와 Giulio Natta 는 고분자 합성기술에 대한 탁월한 연구결과로 인해 노벨 화학상을 수상함

- Ziegler-Natta 촉매는 alkene의 중합체 생산에 사용되는 물질로서, 타이타늄 화합물과 유기금속 화합물을 기반으로 반응 목적에 따라 여러 금속들을 치환하여 사용되어져 왔음

- 간단히 배위 중합을 시킬 수 있는 촉매로서, Karl Ziegler 교수에 의해 에틸렌을 배위 중합하여 LDPE가 기존의 높은 압력과 온도 조건에서 벗어나 온화한 반응 분위기에서 얻어졌고, Giulio Natta 교수에 의해 프로필렌을 배위중합하여 polypropylene (PP) 이 생산되었음

- 즉, high density, high melt index polymer 의 핵심 개발 역할을 수행할 수 있었으며, 구조적으로 배열된 새로운 고분자 물질들을 성공적으로 합성하게 되었음

○ (시사점) Ziegler-Natta 촉매는 PP, PE, PVC, PS 등의 범용 수지의 생산에 적용되고 있으며, 이는 전체 열가소성 플라스틱의 90% 수준에 달함

- 최근 중국을 비롯하여 인도, 동유럽, 러시아 쪽으로 시장이 점차 확대되고 있는 추세이며 그 전망이 밝은 분야이며, Natta 교수에 의해 PP가 개발된지 50년이 지나 많은 기술이 발달되고 있지만, 앞으로 신촉매와 신공정에 대한 수요는 점차 더 들어 날 것으로 전망됨

□ 日, 연료전지 개발 정책

- 2013년 2월 28일, FC Expo 2013 -

○ (현황) 연료전지 자동차의 상용화를 위한 스택 시스템의 가격 저감과 수소 저장 시스템의 소형화에 주력함

- 연료전지 자동차의 보급을 위하여 수소 공급 인프라 및 기술 실증 연구 수행중
- 가정용 연료전지 상용화를 위한 개질 기술 확보와 보급 사업을 활발히 추진중임

○ (시사점) 국내 연료전지 관련 연구개발이 많이 위축되어 있으며, 가정용 연료전지 및 연료전지 자동차에 대한 보급 노력 및 실적이 미미함

- 연료전지의 요소 기술에 대한 고성능화 소형화와 가격 저감에 대한 연구 개발이 필요함

□ 독일, University of Stuttgart, Institute for Photovoltaics

- 2013년 3월, SiliconPV 2013 -

○ (현황) 22.0% 효율을 갖는 Laser doped back contact solar cell을 발표

- 기존의 back contact solar cell은 전면에 전극이 존재하지 않아 반사 손실이 없어서 효율이 높은 장점이 있지만 여러 장의 마스크를 사용하여 태양전지를 제작하기 때문에 단가가 높은 단점이 있으나 laser를 이용하면 금속배선 공정만 마스크를 적용하기 때문에 기존 공정 대비 단가를 낮출 수 있음

- B emitter를 laser로 도핑하고 $POCl_3$ 열확산 공정으로 FSF 형성, PSG로 BSF 형성한 것이 기존 기술과의 차이점임

- Contact 면적과 BSF 도핑량을 줄이고 Al_2O_3를 적용하여 전극의 저항을 줄여 Voc 향상과 FF 향상을 가져옴

□ 독일, Institute for Solar Energy Research Hamelin

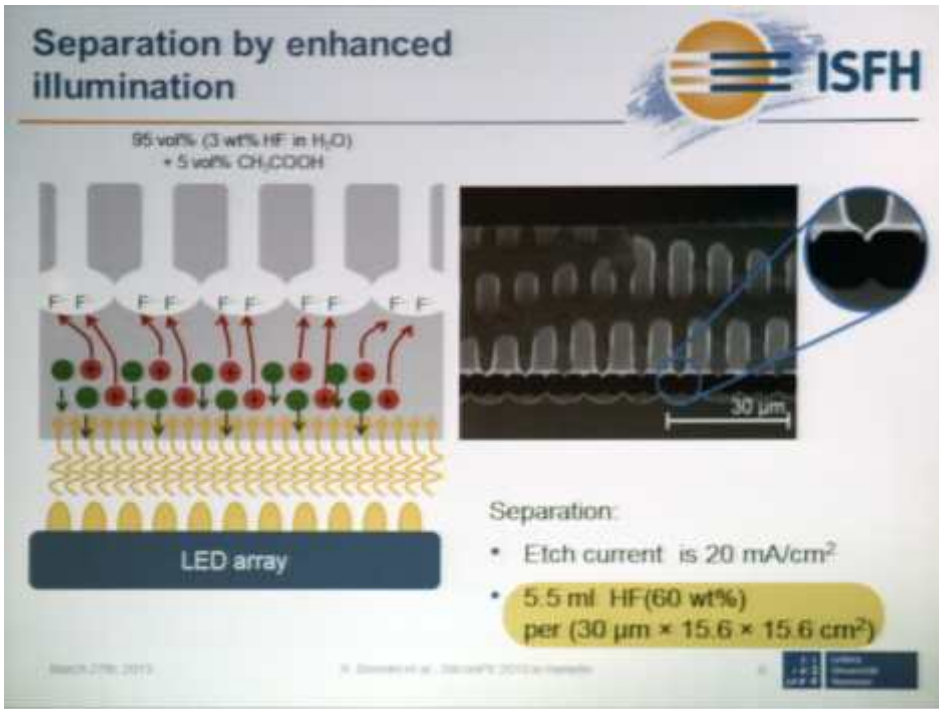
- 2013년 3월, SiliconPV 2013 -

○ (현황) LED램프를 이용하여 부분적으로 에칭하여 두께 20-30um급 박형 웨이퍼 형성

- 빛의 세기에 따라 에칭속도가 달라져 웨이퍼의 두께를 조절할 수 있음

- 셀 크기 3.92cm2에서 13.1%의 효율 달성

- 기존 기술과의 차별성 : 기존 기판기술은 웨이퍼를 물리적으로 절삭하여 제작하는 기술이나 웨이퍼에 에피택셜 성장을 통해 제작하여 분리하였으나 이 기술은 기존의 두꺼운 실리콘 웨이퍼에서 여러 장의 기판을 제작할 수 있음



□ IEA/ECBCS Annex 54 Micro-Generation 학회

○ (현황) IEA/ECBCS Annex 54 Micro-Generation 기술은 재작년 일본 후쿠시마 원전 사고와 한국 정전 사고 대응하는 세계적으로 연구 보급 활성화가 예측되는 기술임

- 이 기술의 모델 개발, 성능 평가 그리고 보급 기술 확보를 위한 전 세계적인 전문가들의 모임이 3 일간 개최되었고 연구원 주요 사업 주제 도출을 위한 사전 사후 전문가 네트워크 모임이 수행됐음

○ (시사점) 최근 국가 정책으로 대형 전원 공급 기술 대안으로 다수의 소형 전원 냉온열 복합 생산 기술의 활용성이 크게 제기되고 있음

- BIPVT Trigneration 기술과 IT 기술과의 융합화를 통합 새로운 BM 이 유럽 선진 에너지 IT 업체를 통해서 소개되고 있음

- Delahuse 대학과 DANTHERMPower 등에서 제안하는 Energyskin 기술, 에너지생산형 건물 커뮤니티 기술과 당 효율부에서 준비 기획 중인 융합형 연구원 주요 사업 후보로 준비될 수 있을 것으로 사료됨

- 이 통합화 최적화 기술 개발로 향후 2018년 동계 올림픽 MG 단지 개발의 핵심 기반 기술 확보가 가능함

- 아울러, 본 기술 정책 주도국인 영국과 독일의 분산에너지 네트워크 기술 기술 현황과 RPS RHO 정책 정보등이 전문가 회의를 통해서 확보됨

□ 스페인, Edibon사, VPP 시뮬레이터 납품 업체

- Edibon(www.edibon.com), 2013.04.11~12 -

○ (현황) **Edibon사**는 스페인 마드리드에 위치한 신재생에너지 및 VPP(Virtual Power Plant) 시뮬레이터를 자체 제작하여 전세계로 납품하는 업체임

- 주된 생산품은 히트펌프를 비롯한 태양광발전설비, 태양열시스템, 풍력발전, 연료전지 등 신재생에너지설비 전반에 걸쳐 생산하고 있으며, 요소 부품을 구입하여 자체 기술을 바탕으로 새로운 시스템을 설계/제작 및 성능평가를 통한 신뢰성을 확보하여 전세계에 교육 및 실습용으로 납품하고 있음

- 또한 자사 제품에 대한 기술 지원 및 홍보를 매주마다 웹 기반으로 전세계에 제공하고 있었음

○ (시사점) Edibon사의 경우 전직원의 50% 가량이 엔지니어이며, 제작한 물품에 대하여 유능한 엔지니어들에 의해 신뢰성에 대한 평가 및 납품 후 기술지원을 통한 사후관리가 철저히 이뤄지고 있음

- 이러한 노력으로 인해 위 기업은 전세계적으로 신뢰받고 있었으며, 이러한 Edibon사의 조직적이고 체계적인 경영방침은 기업체가 성장할 수 있는 기반이 될 수 있으며, 국내에서도 벤치마킹할 필요성이 있음

- 다만, 제품의 성능을 보다 개선시킬 수 있는 기술력의 보완이 요구되며, 이러한 부분에 있어서는 우리 기관과 좋은 협력 관계를 체결할 필요성이 있다고 사료됨

□ MicroGen III International Conference

- Microgen III (http://www.microgen3.eu/), 2013.04.15~17 -

○ (현황) 올해로 3회째를 맞이하는 MicroGen III 국제 학회는 이태리 나폴리에 위치한 Castel dell'Ovo에서 개최됨

- 전세계의 Micro-generation 기술 개발 현황 및 연구 진행 상황, 적용 사례 등을 발표하였으며, 우리나라에서도 KIER를 포함하여 3개 정도의 연구 수행에 대한 발표를 함

- 학회의장인 Sergio Sibillo의 진행으로 중국의 상하의 대학의 Ruzhu Wang 교수의 초청 발표를 시작으로 총 220여편의 논문이 발표되었다. 논문의 주제는 7개의 세션으로 구분되었으며 그 내용은 Microgeneratioin 기술의 정의, 현황, 요소 기술 개발, 모델링 개발, 실증 적용 및 성능 평가 등 다양하게 다루었음

- 우리 기관에서는 한국-캐나다-미국이 공동으로 개발하고 있는 연구에 대하여 논문을 발표하였다. 학회 둘째날 오후에는 Industry day 프로그램을 통한 산업체의 Micro generation 기술 개발 현황을 발표하였으며, 총 3일에 걸쳐 학술발표회가 이뤄졌음

○ (시사점) 2011년 일본 원전사고와 같은 대단위 발전설비의 현안을 대체할 수 있는 Micro Generation 기술 개발에 대한 전세계의 높은 관심을 이번 학회를 통하여 확인할 수 있었으며, 특히 일본의 경우 대학교와 가스공사가 협력 하에 Micro Generation 기술 개발에 높은 관심을 보이고 있으며, 도쿄가스, 오사카가스 등 메이저 기관의 참여가 두드러지게 나타나고 있었음

- 이는 일본에서의 Macro 설비 대비 Micro 설비로 변화하는 미래에너지 개발에 대한 기대를 반영하고 있으며, 특히 천연가스를 이용한 열-전기 복합 생산 기술에 많은 관심과 노력을 기울이고 있었음

□ IEA, ECBCS Annex 54, Micro Generation

- IEA Annex 54(www.iea-annex54.org), 2013.04.18~19 -

○ (현황) IEA/ECBCS Annex54 “Integration of Micro-Generation and Related Energy Technologies in Buildings"는 세계 13개국 30여개 기관에서 참여하고 있으며, 기존의 Macro generation 기술 대비 단위건물 또는 커뮤니티 규모의 Micro generation 기술을 체계적으로 개발하기 위한 전문가 그룹임

- 우리 연구원에서는 2011년부터 정식 참여를 해 오고 있으며, 이번 미팅에서는 Subtask A, B, C 보고서 제출 및 발표를 수행함

○ (시사점) IEA ECBCS Annex 54에 한국 대표로 참여함으로써 전 세계에서 연구수행중인 Micro generation 기술에 대한 자료 확보 및 전문가 그룹 네트워크를 형성할 수 있었음

- 이번 IEA Annex 54 미팅에서는 한국-캐나다-미국이 공동으로 연구한 내용에 대한 보고서를 제출하였으며, 2014년 종료되는 Annex 54 활동의 후속 사업으로써 건물통합형 Micro generation 기술 개발에 대한 Annex 전문가 그룹에 주도적으로 참여하여 활동할 수 있는 기반을 마련함

□ 日 미우라-스미토모, 건물용 5 kW 급 SOFC 개발

- 2013.2.28, Fuel Cell Expo -

○ (현황) 미우라 공업과 스미토모 정밀공업은 건물용 5 kW 급 고체산화물 연료전지(SOFC)를 공동 개발

- 주요 스펙: 발전량 4.2 kW, 발전 효율 48%, 복합 효율 90%, 크기 50×100×150 cm

- 건물의 전력 사용 데이터 조사를 통해 5kW 급이 적합하다고 판단, 향후 수요에 따라 대용량의 시스템도 개발할 계획

- '15년 출시 예정으로 집합주택, 음식점, 온천, 복지시설, 병원 등 전기와 온수를 많이 이용하는 건물을 주요 시장으로 선정

※ 미우라 공업은 연료가스·폐열 이용기술, 장치 제조기술, 제품의 패키지화 기술 보유, 스미토모 정밀공업은 SOFC기술, 열교환기 기술 등에서 노하우를 보유하고 있음

○ **(시사점)** 5~10 kW 급 SOFC는 집합 건물 등의 폭넓은 수요처를 가지고 있음. 1 kW 미만의 가정용 또는 수백 kW 급 대용량 발전용 SOFC 뿐만 아니라, 경제성이 우수한 건물용 SOFC의 상용화를 위한 연구·개발 확대 필요

□ 오스트리아, 태양열 발전 플랜트 공정 해석 프로그램 교육

- 2013. 04. 17. IPSEpro Program Training 교육 -

○ (현황) 태양열 발전소의 타당성 조사나 사업기획과 같이 간단한 시뮬레이션이 필요한 경우에는 미국 NREL의 SAM(System Adivisory Model)과 미국 Sandia Lab의 SOLERGY가 널리 사용되지만 적용 능력이나 범위에 한계가 있음

- 기존의 화력 발전에 많이 사용되는 Thermoflex, Gatecycle, Steam Pro, IPSEpro 등의 프로그램 중에서도 태양열 발전소에 대한 공정 해석을 위한 다양한 시뮬레이션 기능을 지원하는 것이 있음

○ IPSEpro는 오스트리아 그라츠 대학 출신의 Dr. Perz 중심으로 만들어진 창업회사의 제품으로, IPSEpro 개발자에 따르면, 타 경쟁사 프로그램과 달리 IPSEpro는 지속적인 프로그램 개발을 진행하고 있음

- 실제로 다양한 적용 범위에 대한 Library가 있을 뿐만 아니라 지금도 낙농업이나 바이오매스 플랜트 시뮬레이션에 대한 프로그램 개발을 진행 중임

- IPSEpro는 현재 태양열 발전을 연구하는 기관 중에 호주의 CSIRO, 미국의 NREL 등에서 사용하는 것으로 알려지고 있음

○ (시사점) 태양 에너지 자체가 지속적으로 변하는 속성을 반영하기 위한 부분부하 운전에 대한 기능과 태양열 발전의 특성인 집광 시스템을 구성 유닛으로 수정 및 개발한다면, IPSEpro를 통해 태양열 발전 플랜트의 정확한 성능 예측이 가능할 것으로 판단됨

- IPSEpro에서 제공하는 뛰어난 확장성을 활용하면, 비단 태양열 발전소뿐만 아니라 다양한 플랜트 공정, 화학 반응 공정, 신재생 에너지 시스템 등에 적용 가능할 것임

□ 부유식 해상 풍력발전을 위한 수직축 풍력발전시스템 개발

○ (현황) 최근 연안의 어업권이나 조망권에 의한 제한, 또는 충분한 풍력자원의 활용을 위해 해안에서 멀리 이격되어 수심이 깊어지는 곳에 설치되어 운전 될 수 있는 부유식(floating type)의 해상 풍력발전시스템 개발이 진행되고 있음

- 그러나, 기존의 수평형 풍력발전시스템(HAWT)는 대부분의 무거운 부품이 타워 상단부의 낫셀에 위치하여 자연스럽게 풍력발전시스템의 무게중심이 높아지므로 동적 안정성이 불안전할 수 있는 구조임

- 따라서, 최근에는 과거 육상풍력시스템의 경우에는 대형화에 실패하여 소형 규모의 풍력발전시스템에 국한되었던, 수직형 풍력발전시스템(VAWT)이 부유식 대형 해상 풍력발전시스템에 적용되어 다양한 모형실험 및 해석이 이루어지고 있음

- 수직형 풍력발전시스템은 주요 무거운 구성부품이 해수면위의 platform에 위치하여, 상대적으로 무게중심이 수평축 보다 낮게 위치하며, 대형화에 따른 윈드쉬어 등의 영향이 적고, 축대칭의 구조로서 당연히 모든 방향의 바람(순간 방향 전환 돌풍에도)에도 회전토크를 얻을 수 있는 구조로서, 부유식 해상 풍ㄹ겨발전시스템에 적용하기에 큰 정점을 갖는 구조임

○ (시사점) 부유식 해상 풍력발전시스템을 위한 수직축 풍력발전시스템의 개발 착수 필요

- 우리나라도 수심이 깊은 동해안과 제주도 일원의 충분한 풍력자원을 활용하기 위해서는 우선 소형의 수직축 다리우스(Darrieus type) 풍력발전시스템과 수직축 풍력발전시스템의 개발 착수필요

□ 엔진 및 차량 폐열 회수 기술

- 2013.04.24, SAE 학회 참석 -

○ (현황) 약 40~60%의 에너지가 엔진 및 차량에서 버려지고 있음

- 이를 재사용하기 위하여 엔진의 구동력 또는 보조장치를 구동하는 전기에너지를 생산하기 위한 연구가 진행 중에 있음
- 폐열회수 기술로는 배기열을 이용하는 Rankin cycle, Mechanical turbocompound, electric turbocompound, 열전소자 등이 널리 알려져 있음
- 경제성과 효율을 고려하였을 때 Rankin cycle, Mechanical electric turbocompound, turbocompound, 열전소자의 순서를 가짐
- 가장 효과적인 방법인 Rankin cycle을 이용하는 경우에도 대형엔진에서는 3~5%의 연비향상이 나타나고, 중.소형 엔진에서는 2%정도의 연비향상이 나타남
- 국내에서도 Rankin cycle을 이용한 배열회수 시스템 개발을 국책과제로 진행 중에 있으며, 효율이 9%정도로 알려져 있음

○ (시사점) 비교적 낮은 온도의 냉각수와 고온의 배기가스를 효과적으로 이용하여 버려지는 에너지를 최소로 하는 시스템 기술 개발이 지속적으로 요구되고 있음