

유망 환경기술의 종류 및 최근 동향



정진욱

삼성엔지니어링 기술연구소

☎ 031-260-6053

jin-wook.chung@samsung.com

〈필자약력〉

- 한양대학교 토목공학과 박사
- 미국 노스웨스턴대학교 박사후과정
- 미국 애리조나주립대학교 조교수

21세기 유망한 환경기술의 종류와 최근 동향을 살펴보는 것은 정부와 국내환경기업들이 추구해야 할 방향을 선정하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

환경산업은 더욱더 풍요로운 삶을 추구하는 인류의 욕망에 대비해 매우 빠른 속도로 성장해 왔으며 토목, 화학, 기계, 전자, 생물학 등 다양한 분야의 학제적 연구를 필요로 하는 산업이다. 유망 환경기술 대부분은 오염물질을 처리하는 기술에서 에너지 회수나 창출이 가능한 기술로 옮겨가는 추세이다. 각각의 유망 환경기술에 대한 개요와 동향을 살펴보자.

종이소모를 줄이는 기술

독일전자회사인 Siemens는 신문이나 잡지를 대체가능한 얇은 전자종이의 생산단가를 줄이고자 연구중이다. 매일 아침 배달되는 조간신문을 받아들이고 우선적으로 유명한 작가가 작성한 최근 소설을 읽기 위해 정해진 페이지를 넘기는 것은 이제 디스플레이가 장착된 전자신문으로 가능할 수 있다.

특히 이 디스플레이에는 전자를 운반하는 입자들로 가득찬 매우 작은 마이크로캡슐이 포함되어 있어 신문과 매우 유사한 질감을 나타내며 무한적으로 재이용이 가능하다. 각기 마이크로캡슐은 양성과 음성 전하가 결부된 흑백 입자들을 가지고 있어 전하들에 따라 흑백 입자들이 서로 다른 양상으로 표면에 표출하는 역할을 한다. 조만간에 이 기술은 TV 스크린이나 컴퓨터 모니터에도 이용될 가능성이 있다. 이미 이 기술은 톱크루즈가 주연한 마이너리티 리포트(Minority Report)에도 소개되었으며 Neal Stephenson의 소설 다이아몬드 시대(The Diamond Age)와 아서 클라크(Athur C. Clarke)의 스페이스 오디세이(A Space Odyssey)에서도 언급되었었다. 현재 Siemens를 비롯한 많은 회사들도 공상과학기술을 친환경적인 기술로 전환하는 노력을 하고 있다.

이산화탄소의 격리

이산화탄소(carbon dioxide)는 지구온난화(global warming)를 유발하는 주요 온실가스



(greenhouse gas)로 여겨지고 있어서 대기중에서 이들을 제거하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 미정부 에너지국 산하 에너지 정보국(Energy Information Administration: EIA)은 최근 2004년부터 2030년까지의 국제 에너지 시장 변화를 예측한 「국제 에너지 전망 2007(International Energy Outlook 2007: IEO 2007)」을 발간하였다.

「IEO 2007」은 기준시나리오(Reference case projection)를 바탕으로 세계 에너지 소비량이 2004년부터 2030년까지 57% 증가할 것으로 전망했다. 비 OECD 회원국들의 에너지 수요는 같은 기간 내에 95% 증가하고, 이에 비해 OECD 회원국들의 에너지 수요는 24% 증가할 것으로 예측하고 있다.

몇몇 전문가들은 대기로의 이산화탄소 배출을 억제하는 것은 불가능하며 가스의 다른 처분방법을 찾고자 연구 중에 있다. 그중 한 가지 방법은 이산화탄소가 대기에 도달하는 기회를 차단하기 위해 지하로 가스를 주입하는 방법이다. 다른 배출가스로부터 이산화탄소를 분리한 후 폐기된 유정(oil well)이나 지하 염수대(saline reservoirs)에 격리 저장하는 것이다. 이 격리방법은 가장 활발하게 검토 및 적용되고 있는 방안이지만 아직까지 주입가스의 지하내 안정화 여부, 장기적 영향, 분리 및 폐기를 위한 고비용은 실용화를 위해 해결해야 하는 우선과제이다. 또한 이산화 탄소를 탄산칼슘(CaCO₃)으로 고정시킨 후 해양에 폐기하여 고정화하는 방법은 고정화시킬 칼슘이 필요한 문제점이 있으며, 드라이아이스 형태로 심해에 폐기하는 방안은 아직 기술수준이 낮고 비용도 많이 소요된다.

식물을 이용한 토양복원 (Phytoremediation)

토양복원(bioremediation)은 미생물이나 식물을 이용하여 오염을 정화하는 기술이다.

이 토양복원기술은 미 환경보호국(Envronemntal Protection Agency)의 많은 오염토양정화에 사용되었다. 미생물의 성장을 이용하여 질산염이 오염된 지하수를 정화하거나 비소 섭취가능한 식물을 이용한 오염토양 정화(phytoremediation)가 대표적인 예이다. Phytoremediation은 토양으로부터 유해한 오염물질을 제거, 안정화 및 무독화시키는데 식물을 이용하는 것이며, botanical-bioremediation, green-remediation이라고도 한다. 특히 제조체나 급수가 필요없다는 장점을 지닌 토착식물이 주로 이용된다. 또 다른 과학자들은 식물의 뿌리내로 오염물질을 섭취할 수 있고 이 오염물질을 잎으로 배출할 수 있도록 유전자 변형을 연구하기도 한다.

한 예로 겨자 계열의 작물인 Arabidopsis는 비소를 집중적으로 흡수하는 E. coli 유전자 변형이 가능하여 차세대 작물들이 비소를 흡수가 가능하도록 한다. 현재까지는 고비용의 인해 비소가 오염토양에는 적용된 사례가 거의 없다.

녹색지붕(Green roof)

세계의 7개의 불가사의중 하나인 바빌론 공중정원에서 유래한 이 개념은 근대사회에 관심을 끌지 못했다. 양비를 위해 바빌론궁의 지붕, 발코니, 테라스는 정원으로 바뀌었다. 지붕정원은 열기를 흡수하고 대기내 이산화탄소를 줄이고 빗물을 유지하여 초기 강우량을 줄이고 여름철에 에어컨 사용을 줄일 수 있어 에너지 절감을 할 수 있도록 설계되었다. 도시 지역은 건물이 고층화되고 지표가 대부분 콘크리트로 피복되어 있으며 인공열을 대기중으로 방출하게 되고, 각종 오염 물질이 기후에 영향을 주게 되어 도시의 등온선은 대체로 동심원상으로 나타나고, 도심부가 주변보다 온도가 높은 고온지대가 형성되어 열섬(heat island) 현상이 발생한다.



궁극적으로 이 녹색지붕(green roof)기술은 도시에서 건물 주변의 지역적인 기후를 냉각시키며, 더운 기후일수록 냉각 효과(cooling effect)가 발휘되어 도시중양에 발생하는 열섬을 줄일 수 있다. 현재 이 녹색지붕은 펜실베이니아 주와 워싱턴 D.C.의 환경건강당국(Environmental Health Agency)에서 시험중이다.

해양에너지(Wave power)

바다는 지구표면의 약 71%를 차지하고 있으며 우리 인류의 미래가 담긴 마지막 중요자원의 보고입니다.

최근 바다에서 에너지를 확보하기 위한 노력의 일환으로 유럽과 미국 등에서는 파도를 이용한 발전설비에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다.

구체적으로 2004년에 발표된 것으로 해수면의 상하 움직임으로 발생된 기계에너지를 전기에너지로 변환해 발전기를 구동하고 전력을 생산하는 영국 맨체스터대학의 “Manchester Bobbers”를 예로 들 수 있다.

이 에너지원의 이용시 해결해야 하는 문제는 파도가 충분한 전력을 양산하기에 너무 적으며 기계에너지가 충분히 발생할 때에도 에너지 저장이 어렵다는 것이다. 현재 뉴욕시의 동쪽 강은 조수에너지를 이용하는 6개의 터빈 test bed가 가동중이며 포르투갈은 파도로부터 750킬로와트의 전력을 생산할 수 있는 펠라미스 웨이브 에너지 컨버터(Pelamis Wave Energy Converter)를 설치하여 15,000가구가 이상이 사용하기에 충분한 전력을 생산하고자 연구중이다. 파도를 부유하는 장치에 주입시켜 수직운동을 바꾸어 전력을 생산하는 설비가 실용화를 앞두고 있으며 아직까지 대형 플랜트가 만들어지지 않았으나 소형 발전 설비로서는 보급 가능성이 높을 것으로 예상된다.

해양 열에너지 전환기술

지구의 가장 큰 태양열 포집자는 바다이다. 미 에너지부(Department of Energy)에 최근 발표에 따르면 해양 열에너지는 연간 37조kW, 또는 지구상 인류 전체가 쓰는 전력량의 4,000배에 해당하는 에너지를 흡수한다. 해양 열에너지 전환기술(Ocean Thermal Energy Conversion: OTEC)은 바다의 표면과 심해사이의 20℃ 전후의 온도차를 이용하는 기술로, 표층의 온수로 암모니아, 프레온 같은 물질을 증발시킨 후 심층의 냉각수로 응축시켜 그 압력차로 터빈을 돌려 발전하는 방식이다. 궁극적으로는 OTEC는 아주 큰 잠재력을 갖고 있지만, 아직 기술의 효율성과 생산비의 감소를 필요로 한다. 미래 학자들은 OTEC가 석유 화합물의 연료로부터 수소 연료로 에너지가 전환되는 시점에 큰 역할을 할 것이라고 전망하고 있다. OTEC는 환경적으로 매우 깨끗하며 인류가 필요로 하는 모든 에너지를 제공할 수 있을 것이라는 긍정적인 면과 OTEC 발전으로 인한 주변 해수는 염분과 온도가 예상외로 변화되어 주변 생태계에 영향을 미칠 수 있는 부정적인 측면 모두를 가지고 있다.

태양에너지의 고효율 저장기술

태양에너지를 이용한 발전에는 태양열발전과 태양광발전을 들 수 있는데, 태양열발전은 태양이 복사하는 열에너지를 흡수하여 열기관과 발전기를 움직여서 발전하는 방식이고, 태양광발전은 태양광을 받으면 직접 전기를 발생하는 반도체소자, 즉 태양전지를 이용하는 방식이다. 태양열 집열부는 이미 에너지 회사와 개인주택에서 성공적으로 사용되고 있으나 거울과 파라볼릭(parabolic) 접시를 사용하여 태양에너지의 고효율 전환에 있어서 한계점과 저장의 한계점을 가지고 있다. 요즘 저장기술의 발전



으로 더욱 저렴한 가격으로 전기를 공급할 수 있을 것으로 기대하며 2007년 7월 미국의 Pacific Gas and Electric Company (PG&E)사가 캘리포니아 주의 모자브 사막(Mojave Desert)에 총 533메가와트의 태양열 발전소를 구축·운영하는 계획을 발표하였다. 또한 이 기술은 발전소 설치의 심미적인 거부를 줄일 수 있는 추가적인 효과도 있을 것으로 기대하고 있다.

수소연료전지 기술

최근까지 수소연료전지의 사용은 화석연료의 대용으로 부각되고 있다. 수소연료전지는 수소와 산소의 결합에 의해 작용하여 전기를 발생하는 것이며 수소는 연소시켜도 산소와 결합하여 다시 물로 환원되므로 배기 가스로 인한 환경오염이 없기 때문에 수소 가스의 제조·저장·사용의 각 단계에서 새로운 기술이 개발되고 있다. 특히 연료전지의 가장 큰 문제는 수소의 공급이다. 물이나 알콜과 같은 분자는 수소를 추출하여 연료전지에 공급하기 위해 변환되어야 하며 이 변환은 또 다른 에너지원에 의해 이루어진다. 현재까지 노트북에 전원을 공급할 수 있는 소형 연료전지장치가 개발되었고 물만을 배출하는 청정자동차의 발전을 앞당길 것으로 예상된다.

담수화(Desalination)기술

유엔(United Nations)의 최근 보고에 따르면 2025년에는 78억 인구의 38퍼센트가, 2050년에는 94억 인구의 42퍼센트가 물 부족으로 고통을 겪을 것으로 전망된다. 담수화 기술은 앞으로 수요가 더욱 늘어날 것으로 예상되며 현재 기술개발이 활발히 진행되고 있다. 염수나 산업체 방류수 및 해수 등 고농도수의 담수화에 대한 현재 기술의 대부분은 막 또는 열교환기를 이용한 기술이며, 역삼투막법에 의

한 담수화는 현재 실용화되고 있지만 회수율 저하로 미회수되는 부분은 에너지 측면이나 경제성 측면에서 큰 손실을 초래하고 있다. 그러므로 회수율을 향상시키기 위한 막재료의 선정, 막구조의 최적화, 초고압에 견디는 모듈의 개발과 고압펌프에 소비되는 에너지를 회수하기 위한 에너지회수 설비의 개발이 필요한 상태이다. 최근 예일대학에서는 최근 정삼투압 해수담수화라는 기술을 개발 중이다. 우리나라도 다단증발법 담수화 분야에서 세계 시장 점유율 40%로 1위를 지키고 있지만 좀 더 효율적이고 저비용의 담수화 기술에 관한 연구는 꾸준히 해야 할 필요가 있다.

열 분해 (thermo-depolymerization)기술

탄소 함유 폐기물은 수백년동안 자연상태에서 오일로 변환될 수 있다. 충분한 열(>260℃)과 압력(>600 lb/in²)은 일반 탄소폐기물을 석유화를 가속화시킬 수 있으며 이 과정은 화석연료를 만드는 지구의 레시피이다. 유기성 폐기물내 유기성 슬러리의 분자구조가 우선적으로 분해되고 그 후 압력을 떨어뜨리고 가열과 증류를 한다. 이 과정은 천연가스와 미정제 석유가 포함된 부산물을 만든다. 유기성 폐기물의 입도, 열분해로 공급시스템과 열원접속방식 차이에 따른 다양한 방법이 있다. 생성된 미정제 석유는 보일러용 연료나 디젤 대체품으로 이용할 수 있다. 한편 이 열분해법으로 생성된 석유는 수분 함량이 높아 실제 추출된 석유와는 혼합되지 않는 것이 특징이다. Changing World Technologies (CWT)는 유기성 폐기물을 미정제 석유로 전환할 수 있는 기술을 지닌 환경회사이며 하루에 200톤의 유기성 폐기물을 이용하여 500배럴의 석유를 양산한다. 이 기술은 미국을 포함한 유럽에서 그 효율을 높이기 위한 연구들이 진행 중이다.