

제4차 한·미 나노포럼 : 지속가능 나노기술-에너지

나노기술로 화석연료 고갈 · 지구온난화 해결한다

글 | 이조원 _ 테라급나노소재개발사업단장 jwlee@nanotech.re.kr

유엔 산하 정부간기후변화위원회(IPCC)는 최근 지구온난화로 인한 대재앙을 막는데 인류에게 주어진 시간은 8년뿐(2015년)이라는 충격적인 내용의 보고서를 발표했다. 보고서에 따르면 20세기에 걸쳐 지구 평균온도는 0.74℃ 상승했는데, 2100년이 되면 최대 6.4℃ 더 올라 북극에서도 여름철에는 얼음을 더 이상 볼 수 없을 뿐만 아니라 해수면도 59cm 상승해 대부분의 남태평양 섬과 저지대가 바닷물에 잠긴다는 것이다.

인류 절체절명의 과제, 에너지 · 환경 문제 해법

이를 입증하듯 지난 26년간 그린랜드 빙하의 16%가 감소했고, 아프리카 케냐에 있는 킬리만자로 산의 정상에 덮여있던 만년설과 빙하도 지난 80년간 82%나 감소했다. 보고서는 지구온난화의 책임이 90% 인간에게 있다고 보았다. 노벨 물리학 수상자인 스티븐 추 박사는 이대로 방치하면 향후 150년 이내에 6천500만 년 전 공룡이 멸종했던 것처럼 대부분의 생물이 사멸할 것이라고 경고했다.

2005년 현재 지구온난화의 주범인 이산화탄소는 한해에 205억 톤이 배출되고 있는데 2030년에는 437억 톤이 배출될 것이라 한다. 그 외 지구온난화 강도가 이산화탄소보다 20배나 큰 메탄가스, 300배나 큰 이산화질소, 또한 과불화탄소(PFC), 염화불화탄소(CFC) 등의 배출도 경계해야 할 온실가스들이다. 이들은 인간이 사용하는 에너지원의 80~85%를 차지하는 화석연료를 사용하면서 배출된 것임은 말할 필요도 없다. 인간에 의한 산림 훼손도 심각하여 매년 미국의 뉴욕주 크기의 땅에서(1천300만 헥타르) 산림이 사라지고 있다.

20세기 동안 전세계 인구는 4배나 증가하여 오늘날 65억 명에

이르렀고, 에너지 수요는 16배 증가하여 현재 연간 약 13조 와트가 되었다. 현재의 에너지산업 규모는 연 3조 달러에 달하며 세계 최대 산업으로 성장했다. 인류의 하루 평균 에너지 소비량을 석유로 환산하면 2억 배럴에 해당되는데 그 중 약 8천만 배럴이 석유이고 나머지는 석탄과 천연가스 등이다. 인구가 급증하는 가운데 현재의 에너지 소비 패턴이 변화되지 않으면 에너지 수요는 향후 30년내에 두 배, 50년 이후에는 4배 늘어난다. 하지만 이미 상당량의 화석연료가 소진된 상태다. 석유는 40년, 천연가스 60년, 석탄은 230년 정도 쓸 수 있는 양이 남아있을 뿐이다. 수 억 년간 자연이 만든 화석연료를 불과 200년 안에 인간이 소진한 것이다.

산소 없이는 인간이 단 몇 분도 살 수 없듯이 에너지 없이는 산업사회가 단 몇 분도 유지될 수 없다. 고갈 위험에 처해 있는 석유 에너지 자원을 대신할 수 있는 대체 에너지 개발과 화석 연료로 초래된 지구 온난화 문제를 동시에 해결하기 위한 치유책은 우리 후손들과 인류의 지속적인 성장을 위해 우리에게 맡겨진 절체절명의 과제다. 그러나 소량으로도 엄청난 에너지를 제공해 주는 석유와 같은 효율적인 연료를 대체하기란 쉽지 않다. 나아가, 화석연료에 의존하는 현재의 에너지 시스템을 대체하기 위해서는 새로운 대체 연료를 인류가 사는 어느 곳에서든지 적재적소에 공급하고 이용할 수 있도록 하는 새로운 청정에너지 시스템을 구축해야만 하는 과제도 해결해야만 한다.

불행중 다행으로 지구상에는 태양에너지(12만5천조 와트/연), 수력에너지(0.5조 와트/연), 지열 에너지(12조 와트/연), 조력에너지(2조 와트/연), 풍력에너지(2~4조 와트/연), 핵에너지 등 활용할 수 있는 엄청난 에너지가 있다. 현재도 전 세계 에너지의 약 15%가 이

러한 대체에너지로 공급되고 있다. 그러나 이러한 자원들을 에너지로 전환하고, 분배하고, 저장하는 기술력이 아직도 부족하다. 가장 시급히 해결해야 할 과제 중 하나는 공급원에서 수요처로 운송하는 도중 많은 에너지를 잃는 문제다. 우리는 인류가 겪고 있는 에너지 고갈문제와 환경문제를 동시에 해결해야 하는 새로운 혁명이 필요한 세대에 살고 있다.

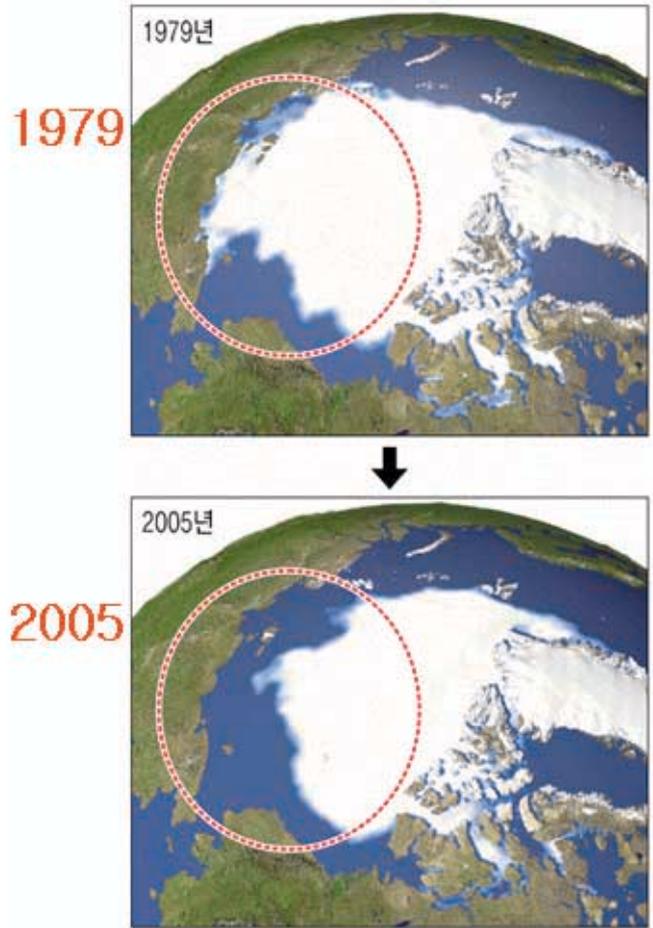
LED, 수소저장용기, 태양전지 등에 나노 적용

지금 우리는 나노기술을 통해 원자 및 분자 수준까지 물질의 특성을 알 수 있고 제어까지 할 수 있는 시대에 살고 있다. 우리는 나노기술을 활용해 지금까지 꿈꿔왔던 기능을 지닌 신소재를 창출하고 나아가 매우 높은 효율과 안정성을 지닌 촉매와 분리정제 기능이 탁월한 나노분리막 등을 만들어냄으로써, 새로운 에너지 자원의 창출에도 기여하게 되었다. 게다가, 나노기술이 화석연료 에너지의 효율성과 경제적 가치, 그리고 친환경성을 극대화시킴으로써 에너지 고갈 문제를 해결하고 동시에 환경문제를 해결할 수 있는 혁명을 이끌어가고 있다.

나노기술을 이용한 에너지 분야 연구는 안전하고, 재생가능하며 경제적 가치를 부여하는 방향으로 이루어지고 있다. 특히 나노기술을 이용한 LED는 적은 에너지로 더 큰 조명효과를 보여 2027년까지 기존 제품보다 50% 이상의 에너지 소비를 줄일 것이며, 이로 인해 1년에 5억 배럴의 석유를 절약할 것으로 추산된다.

자동차를 포함한 수송부문은 수소연료를 안전하게 저장할 수 있는 저장용기를 개발해야 하는데 용기의 재질이 문제가 되고 있다. 나노기술은 이에 대한 해결책을 제시하고 있다. 현재 금속수소화합물, 화학수소화합물 그리고 탄소나노튜브(CNT)를 포함한 탄소재료 등 나노기술을 활용한 고체 수소저장물질이 안전하고 단순하여 저장 매체로 선호되고 있다. 그러나 불행히도 지난 수년간 CNT를 포함한 수소저장 용량이 큰 새로운 나노물질들이 개발되었으나 이를 이용한 저장시스템 개발은 아직 요원하다. 이외에 나노기술을 통해 정유 부문의 촉매를 개선한다거나 가볍고 강한 소재를 개발함으로써 연료 효율을 개선시키는 문제도 해결할 수 있을 것이다.

태양에너지 문제도 관심분야다. 태양은 약 12만5천조 와트/연의 에너지를 지구에 공급하고 있는데, 이 태양에너지를 100% 활용한다면 전세계 인구가 27년간 사용할 수 있는 에너지를 하루에 생산할 수 있으며, 1년간 사용하는 에너지는 1시간이면 생산한다는 뜻이다. 햇빛이야말로 가장 풍부한 자원이며 무엇보다도 전세계에



NASA가 공개한 북극 빙하 지역의 인공위성 사진(출처 : AP연합(2005년 9월 30일))

걸쳐 공평하게 분포되어있어 화석연료와는 달리 부익부 빈익빈이 없다는 장점도 있다. 특히 무공해 청정에너지이기 때문에 환경 문제를 해결할 수 있는 유일한 대안이 될 수 있다. 그럼에도 태양전지는 화석연료에 비해 가격 경쟁력이 떨어지는 문제가 큰 해결과제다.

나노기술은 태양빛을 받는 표면적을 크게 하거나 변환효율을 높이는데 활용되고 있으며, 현재 광합성을 모사한 분자 클러스터, 반도체 나노구조와 금속을 결합한 광촉매 및 연료, 그리고 양자점 및 양자선 나노구조 반도체 응용 태양전지 등이 연구되고 있다. 나노기술로 만든 태양전지 직물이 빌딩이나 다리 등에 적용될 수 있다면, 전체 에너지 판도는 완전히 변할 것이다. 버스나 트럭의 지붕에 장착되면 물을 전기분해하여 수소를 생성시킬 수 있어 수소연료전지의 수소 공급원이 될 수 있다.

에너지 문제 해결을 위한 '제4차 한·미나노포럼' 열려

한·미나노포럼은 2002년 제5차 한·미 과기공동위원회 합의에 따라 매년 나노과학기술 분야의 주요 토막을 정해 그 분야의 대표적인 석학들의 연구 성과를 교류하고, 장래가 촉망되는 젊은 과학자들이 서로 정보를 교류하는 장이다. 이 포럼은 한국의 과학기술부와 미국의 과학재단(NSF)이 재정 지원을 하고 있으며 지난 4월26~27일 하와이에서 제4회 포럼이 개최되었다. 이 행사는 나노기술연구협의회 및 과학기술정보연구원과 미국의 카네기멜론대가 주관하였으며, 나노연구협의회 수석부회장인 이조원 박사(테라급 나노소자사업단장)와 카네기멜론대의 전명식 교수가 공동 조직위원장을 맡았다. 또한 하와이 한국총영사관, 한·미과학기술협력센터 및 나노산업연구조합도 후원했다.

이번 포럼의 주제는 '지속가능한 나노기술-에너지'로 최근 큰 이슈로 부각되고 있는 연료전지, 태양전지, 2차전지, 수소저장기술 등과 같은 에너지 문제를 나노기술을 통해 해결하고자 하는 연구의 동향과 최근의 연구 성과 발표에 초점을 맞추었다. 양국을 대표하여 NSF의 프로그램 매니저인 제임스 루드 박사와 에너지기술연구원의 김종원 박사가 각각 기조강연을 했다.

한편 세부기술주제에서는 미국측에서 에너지부(DOE)의 수니타 사트야파 박사가 '미 에너지부의 국가적 수소저장 프로젝트'에 대해, 그리고 MIT의 첸 교수가 열전소재를 이용하여 20% 이상 자동차의 연비효율을 높이는 기술에 대해 발표하는 등 12명의 석학들이 연구 성과를 발표했다.

한국측에서는 고려대학교의 김동환 교수가 '태양전지를 위한 나노구조'를, 서울대 오승모 교수가 리튬 2차전지의 나노재료 적용 등에 관해 발표하는 등 해당분야의 주요 연구자 9명이 연구 성과를 발표했다. 또한, 펜실베이니아 대학의 마이클 자니 교수 등 미국측 5명과 한국기계연구원의 유상석 박사 등 한국측 5명의 신진과학자들도 최신 연구 성과를 발표했다.

전체적으로 왜 미국의 실리콘 밸리가 이제는 솔라 밸리로 불리는지를 확인시켜 주듯 태양전지에 대한 뜨거운 열기를 느끼었고, 수소경제를 대표하는 수소연료전지는 기술적으로 해결해야 할 문제가 많다는 것을 이번 포럼을 통해 알 수 있었다.

포럼의 둘째 날에는 나노에너지와 관련하여 양국 정부차원의 분야별 전략적 협력방안 모색 및 정책적 건의사항을 도출했다. 건의사항의 골자는 "에너지 문제는 전세계적인 문제로, 나노기술을 통해 화석연료 고갈 및 지구온난화 문제를 해결할 수 있기 때문에 양



제4차 한·미나노포럼 참가자들

국은 나노에너지분야 연구를 촉진해야 하며 양국간의 협력을 강화해야한다"는 것이었다.

꿈에 도전하는 과학자들 '나노맨'

현재 인류가 직면한 에너지 고갈과 온난화 문제는 인류 탄생 이래 최대의 재앙으로 다가오고 있어 과학자들의 논쟁의 대상이거나 사회·경제·정치적 문제로까지 확대되었다. 과연 절체절명의 위기에 빠진 지구를 누가 구할 수 있을까? 창조적 사고와 끝없는 도전으로 1%의 가능성을 99%의 현실로 만들기 위해 필사적으로 노력하는 자일 것이다. 그것이 의사, 경제학자, 연예인, 법관, 스포츠 스타 혹은 정치가일까? 절대 아니다.

노벨상 수상자인 폴 크루첸은 지구 온난화방지를 위한 기상천외한 아이디어들을 제안했다. 바닷물에 철을 투기함으로써 플랑크톤의 성장을 촉진시켜 대기로부터 이산화탄소를 흡수하는 방안, 태양 광선을 반사시키는 인공 화산재 배출, 성층권에 차양막을 형성시키는 태양 우산, 대기로부터 이산화탄소를 흡수하는 인공 나무 조성 등이다. 나노기술을 활용하면 이러한 기상천외한 방법보다 더 공상만화 같은 방법을 현실화시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이러한 꿈에 도전하는 과학자들, 그들이 바로 '나노맨'이다. ㉓



글쓴이는 한양대 금속공학과 졸업 후 펜실베이니아 주립대에서 석사 및 박사학위를 받았다. 국방과학 연구소 연구원, 카네기멜론대 자기 기록 연구소 연구원, 삼성종합기술원 신소재 연구실장, 삼성종합기술원 나노테크노팀 프로젝트 매니저 등을 지냈다.