

우주인을 방사선으로부터 보호하는 달 담요

달 여행을 할 수 있을 때 외계인은 미 항공우주국(NASA)이 가장 적게 걱정하는 부분이다. 앞으로 해결해 나가야 할 미래의 임무 중에서 몇 가지 가능성이 있는 위협 중에 우주 방사선은 가장 위험한 것으로 여겨진다. 최근에 미국 노스캐롤라이나 주립대학의 연구팀들은 우주인들을 강한 방사선으로부터 보호하고 또한 전력을 생산하고 저장할 수 있으며 우주인들의 숙소가 될 달 주둔기지를 덮을 수 있는 일종의 “담요”를 개발하였다.

이전에 달을 여행한 우주인들은 방사에 대해서는 거의 보호를 하지 않았으며 아주 짧은 시간만 노출되었다. 미 항공우주국은 2020년경에 우주인들을 다시 달에 보내려는 계획을 가지고 있으며 이때에는 우주인들을 몇 달 동안 달에 머무르게 할 예정인데, 이때 우주 방사에 의해 곤란을 겪게 될 수 있다. 달의 표면은 우주 광선과 태양 열원에 노출되어 있어 차폐물로 방사를 막는 것은 매우 어렵다. 이들 광선들이 물질에 부딪히게 되면 위험한 이차 입자들의 분무를 만들게 되고 이 입자들이 사람들의 살 속으로 침투하면 DNA를 손상시켜 암이나 다른 만성질환에 걸릴 위험을 증가시킨다.

최근에 노스캐롤라이나 주립대학의 직물 공학 프로그램을 졸업한 Michael Sieber, Ryan Boyle 및 Anne Tomasevich을 포함하여 세계의 많은 연구원들이 우주 방사를 막을 수 있는 방법을 찾기 위해 노력하고 있다. 방사선으로부터 거주자들을 보호할 수 있는 기능을 가진 달 방사 차폐물의 디자인은 산업 전문가들에 의해 검토되었으며 혁신적인 항공우주 시스템 개념 아카데미 연결(the revolutionary aerospace systems concepts academic linkage : RASC-AL) 경쟁에서 10명의 대학생 결승자 중의 한 팀으로 선정되었다.

미국 항공우주국과 국립항공우주연구소가 지원하는 RASC-AL 경기에서 대학생들은 우주인들이 달에 가게 될 때 닳치게 될 상황들에 대해 생각하고 실제적으로 달 탐험이 될 수도 있는 프로젝트들을 디자인하였다.

“우리는 단지 방사에 대해 우주인을 보호하는 것 이외에도 거주지 덮개를 개발하는데 있어 고려해야 할 많은 요인들을 가지고 있다. 이 덮개는 실제적으로 이동성 모듈에 실을 수 있게 가능한 가벼워야 하며 달에 도착하였을 때 소수의 우주인들이 쉽게 설치할 수 있어야 한다.”라고 Sieber는 말한다. “이들 장애물들은 직물(textile)을 연구하는 우리의 지식이 장점이 될 수 있게 해준다. 이 경기는 주로 항공우주 엔지니어링 학생들을 목표로 하고 있으나 우리는 직물 재료들의 특성들을 잘 알고 있기 때문에 당면하게 될 문제들에 대한 해결을 어떻게 해나갈 수 있는지에 대해 좋은 아이디어를 제공할 수 있다.”라고 프로젝트의 조인자이며 직물 엔지니어링과의 교수인 Warren Jasper는 말한다.

“달 직조 차폐물”은 방사를 구부러지게 하거나 흡수하는 방사 차폐층을 가진 경량 고분자 재료로 만들어지기 때문에 우주인들은 안전한 정도의 방사에 노출되게 해준다. 차폐물의 가장 바깥 표면은 전기를 생산할 수 있는 태양전지 층을 포함하고 흡수 재료인 방사 층에 의해 지지된다. 디자인에 사용되는 재료들의 장점은 유연하고 비표면적이 크며 이송 및 세우기가 쉽고 여러 겹의 독립적인 기능성을 가진 직조 층

으로 구성되어 만들 수 있다는 것이다.

학생들은 그들이 디자인한 달 직조 차폐물을 플로리다 코코아 비치에서 6월 1-3일에 열리게 되는 2009 RASC-AL 포럼에서 선보일 예정이다. 프로젝트는 미 항공우주국, 산업체 및 대학의 전문가들로 구성된 운영위원회에 의해 평가될 것이다.

“우리는 어느 팀이 1등을 할 지 확신할 수 없지만 그것은 우리에게 중요한 것이 아니다. 우리는 우리가 대학과정에서 배운 것을 사용하였으며 실제로 당면할 수 있는 문제에 대해 해결을 줄 수 있는 논리를 적용할 수 있었다. 정말로 재미있는 일이다.”라고 Sieber는 말한다.

(출처: <http://www.nedo.go.jp/>, May, 2009)

태양광을 액체 연료로

인공 광합성용 나노 결정 광촉매 개발 연구는 헬리오스 태양에너지 연구센터(Helios SERC: helios solar energy research center)에서 수행되고 있는 태양광으로부터 연료개발을 목표로 하는 버클리연구소의 과학프로그램이다.

액체연료 생산용 인공광합성은 운송에너지용 카본프리(carbon free) 재생 가능한 에너지의 공급 가능성을 제공한다. 그 목적은 태양 광자를 포획하여 물을 산화시킬 수 있는 촉매시스템을 단일플랫폼의 광집광 시스템으로 통합함으로써 오랜 기간에 걸쳐 지구상에서 활동해 온 녹색식물과 박테리아 프로세스와 같이 개량한 것으로, 일명 인공 잎의 개발이다. 즉, 본 연구팀은 광 흡수, 전하운송 그리고 촉매특성이 개개의 무기분자구조에 의해 제어 가능한 실리카 중의 다핵 금속 산화막 나노클러스터의 연구를 수행하고 있다. 초기의 연구에서 산화이리듐이 이러한 목적을 위해 효율적이며 충분히 빠르다는 것을 발견하였다. 그러나, 이리듐은 지구상에 풍부하게 존재하지 않는 금속이므로 대규모 사용에는 적당하지 않다. 따라서 효율적이며, 훨씬 풍부한 금속을 찾고 있다.

녹색식물은 광화학계로 불리는 단백질 복합체로 물분자의 광산화를 수행하고 있다. 망간효소는 그 중에서 촉매로서 작용한다. 광화학계III를 모델로 한 망간 기반의 유기금속복합체가 물 산화용 광촉매로서 제시되었지만, 물에 대한 용해성에 다소 문제가 있으며, 어떠한 금속복합체도 강도가 충분치 않았다.

Frei와 Jia는 물에 용해하여 바이오 모방재료보다도 훨씬 강도가 큰 순수한 무기재료 촉매를 탐색하여 중요한 산업용 촉매이며, 대단히 풍부한 재료인 산화코발트를 연구하기 시작하였다. Frei와 Jiao가 산화코발트의 마이크로 사이즈 입자를 테스트하였을 때, 이 입자가 비효율적이며 광촉매로서 동작하는데 별로 빠르지는 않다는 것을 알게 되었다. 그러나, 그 입자를 나노 사이즈로 하였을 때 그 결과는 다르게 나타났다.

“산화코발트(Co_3O_4) 나노 사이즈 결정 클러스터의 효율은 마이크로 사이즈 입자보다도 약 1,600배 이상 높았다. 또한, 산소분자의 산출 속도는 클러스터 당 약 1,140개/초이며, 이것은 지표면의 태양 광자 플럭스(평방미터당 약 1,000와트)에 상당한다”라고 Frei는 설명한다.

Frei와 Jiao는 스캐폴드(scaffold)로서 메소다공질(mesoporous) 실리카를 사용하여 “습식함침(wet impregnation)”의 기술로 실리

카의 자연적인 나노 스케줄 채널 내에서 코발트 나노결정을 성장시켰다. 최상의 결과는 길이 50나노미터, 직경 8나노미터 길이의 로드 형태(rod-shaped)의 결정이었다.

그들은 클러스터 다발을 형성하기 위하여 짧은 브리지로 상호 연결되었다. 클러스터 다발은 직경 35나노미터의 구(球) 형태로 형성되었다. 코발트 금속 자체의 촉매효율도 중요하지만 클러스터 다발의 향상된 효율과 속도에 영향을 미치는 주요 요인은 촉매의 크기라고 Frei는 말한다.

“35나노미터 클러스터 다발의 비교적 큰 내면적(여기서 촉매작용이 일어난다)이 효율 향상의 주요 요인이며, 보다 큰 클러스터 다발(직경 65나노미터)을 만들었을 때에는 내측의 면적이 감소하였기 때문에 그 효율이 줄었다고 생각한다”고 Frei는 말하였다.

Frei와 Jiao는 왜 이들의 산화 코발트 나노 결정 클러스터가 상당히 좋은 효율을 나타내는 광촉매인가에 대한 이해를 위해 더욱 많은 연구를 진행하고, 다른 금속산화막 촉매를 연구할 예정이다. 그러나, 다음 단계는 수산화반쪽반응(water oxidation half reaction)을 인공엽(artificial leaf) 형태의 시스템의 이산화탄소 삭감 단계와 통합하는 것이다.

“우리들의 산화코발트 나노 결정 클러스터의 효율, 속도 및 크기는 광화학계 II와 필적하고 있다. 산화코발트의 풍부함, 사용 중의 나노클러스터의 안정성, 적당한 전압과 온후한 pH 및 온도조건을 계산에 넣을 때 실행 가능한 통합 태양연료 변환시스템 개발을 위한 전망 있는 촉매부품을 손에 넣었다고 믿고 있다. 통합시스템은 연료생산용 인공 광합성분야에서 다음의 중요한 도전”이라고 Frei는 말하였다.

인공광합성 시나리오에 의한 태양연료에서는 막(membrane) 내부에 넣은 나노칩이 녹색 잎과 같이 동작할 것이다. 수분자(H₂O)를 분해하기 위하여 태양복사선을 사용하여 전자와 산소(O₂)를 자유롭게 한 후, 연료를 생산하기 위한 이산화탄소(CO₂)와 반응하여, 여기서 나타낸 메탄올(CH₃OH)을 생산한다.

(출처: <http://azom.com/>, April, 2009)

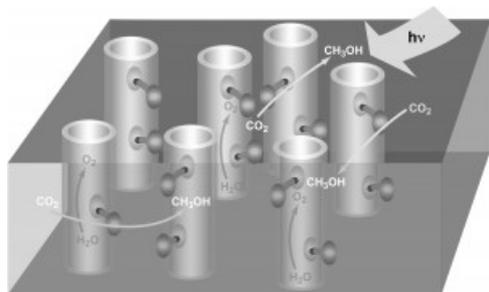


그림. 인공광합성용 나노결정 광촉매.

폴리머 태양전지 플랜트와 전력망 연계

덴마크의 연구자들은 폴리머 태양전지 플랜트를 전력망에 연결하는데 세계 최초로 성공했다. 이에 유망한 재생에너지 기술이 전력시스템에 연결되는 비율이 더욱 높아질 전망이다. 재생에너지 부문에서 세계적으로 유명한 덴마크의 리소연구소(Risø)의 태양에너지 프로그램은 기존 실리콘 태양전지를 대체할 수 있는 저렴한 폴리머 태양전지에 대해 연구해왔다. 연구 수준은 현재 덴마크 기술대학(Risø DTU)에 시연 플랜트가 만들어져 있는 단계까지 와있다.

초기부터 Risø의 폴리머 물질에 관한 태양전지에 관한 연구는 생산, 시연, 적용에 초점을 맞추었다. 그리고 실험의 일부분에서 Mekoprint A/S, Gaia Solar A/S와 같은 기업들과 협력하면서, 폴리머 태양전지가 Risø에 있는 전력망에 연결되는 성과를 얻었다.

Risø DTU의 학장인 Henrik Bindeslev는 이번 시연은 연구소와 산업이 기술개발과 신기술 적용 기반을 마련하는데 있어 어떻게 협력하는 것이 좋은가를 보여주는 훌륭한 사례라고 평가하였다.

폴리머 태양전지는 Mekoprint A/S와 협력해서 생산되었는데, Mekoprint A/S는 플렉스 프린트(flex-print)와 인쇄전자(printed electronics)의 롤투롤(roll to roll) 생산 공법의 전문기업이다.

태양전지 생산 뒤에 Risø DTU는 Gaia Solar A/S와 협력하여 태양전지를 올리는 대형 패널을 제조했다. Gaia Solar A/S는 실리콘 태양전지패널의 모듈 구축에서 전문 기업으로서, Risø의 폴리머 태양패널을 설계했다. 그 패널은 태양의 움직임을 따라다니는 트래커(tracker)에 배치되게 된다. 그리고, 발전된 전기는 중앙전력망으로 전송된다.

이미 2008년 6월에 Risø는 폴리머 태양전지를 Mekoprint A/S와 협력하여 Roskilde Festival에서 선보인 바 있다. 당시 가격은 4,500 유로/W였으나, 기술혁신을 통해 가격을 2009년 1월 22유로까지 낮추었다. 그리고, 2009년 3월 15유로/W까지 낮추었다. 2009년 말까지 가격을 4~5유로/W까지 낮출 수 있을 것으로 보고있다.

대학과 산업계의 협력은 덴마크에서 폴리머 태양전지의 산업화를 촉진하는 역할을 하고 있다. 궁극적으로 이것이 성공한다면 폴리머 태양전지가 덴마크의 획기적인 에너지 기술이 될 수 있으며, 수출로도 이어질 수 있다. 그런 목표를 갖고 폴리머 태양전지는 커다란 수출 잠재력을 지닌 또 다른 덴마크의 지속가능한 에너지 기술이 되어 가고 있다.

(출처: <http://www.sciencedaily.com/>, April, 2009)

코어/셸 구조의 나노와이어를 이용한 광전지소자

나노입자(nanoparticle), 나노로드(nanorod), 나노와이어(nanowire)와 같은 무기(inorganic) 나노구조가 광전지(photovoltaic, PV) 소자를 위한 기본 단위로 활발히 연구되고 있다. 이러한 무기 나노구조는 액상(solution) 기반의 태양전지(solar cell)에서 저가로 높은 효율을 얻을 수 있다는 것이 발표되기도 했다.

나노구조는 염료에 반응하는(dye-sensitized) 태양 전지나, 폴리머로 이루어진 태양 전지에서 전하 응집 효율을 높일 수 있다는 것이 발표되기도 했다. 그러나, 무기 물질과 유기 물질을 혼합한 구조로 만들어진 태양 전지의 경우 무기 물질로 만들어진 것에 비하여 비교적 효율이 낮고, 안정성이 떨어져서 현재 집적 소자용으로 연구되고 있지는 않다.

최근 반도체 나노와이어가 광전지 소자의 구성 단위로 활발히 연구되고 있다. 주로 실리콘 나노와이어가 많이 연구되었는데, 이 경우 실리콘의 indirect 밴드갭으로 인해 광학 효율에 한계가 있다. 따라서, 최근에는 3족-nitride 물질로 이루어진 나노와이어에 대한 관심이 증가하고 있는데, 최근 이와 관련하여 동축 구조로 이루어진 3족-nitride 나노와이어를 이용한 광전지에 대한 연구가 있어 이를 소개하고자 한다.

나노소자 분야에서 세계 최고의 논문들을 많이 발표하고 있는 Harvard University의 Charles M. Lieber 연구팀에서 발표한 이번 연구는 “Coaxial Group 3-Nitride nanowire photovoltaics”라는 제목으로 4월 21자로 Nano Letters에 발표되었다.