

태양광 발전의 신개념, 인조 나뭇잎 개발

촉매제 가격 현실화가 상용화를 위한 걸림돌로 작용

자연을 따라하자, 인조 나뭇잎

자연적으로 식물은 태양빛, 공기, 물로부터 공해 없이 자체 화학 연료인 당분을 생산한다. 여기에서 아이디어를 얻어, 자연을 모방한 다양한 종류의 인조 나뭇잎이 연구되고 있다. 한 예로, 광합성을 모티브로 하여 태양광과 물을 수소 연료로 전환하여 발생한 에너지로 차를 움직이거나 전력을 생산하는 기술이 연구되고 있는 것이다.

나노 기술을 이용한 인조 나뭇잎은 낮은 가격에 태양에너지 기술을 실현시킬 수 있을 것으로 기대되며, 향후 저가의 촉매제가 발견되면 인조 나뭇잎의 상용화는 더욱 빨라질 것으로 전망된다.

광자(光子, Photons)로부터 연료 생산

태양에너지 기술 연구는 이미 1970년대부터 시작되었다. 석유파동 후 미국의 카터 전 대통령이 대체 에너지 개발을 추진한 이후, 1998년 미국 콜로라도에 위치한 국립 재생에너지 연구소의 존 터너(John Turner)는 성냥갑 크기의 기기를 개발하였다. 이 기기는, 물에 넣고 태양빛에 노출시킬 경우 산소와 수소를 발생시키며 자연 나뭇잎보다 12배정도 효율이 높은 에너지를 발생시키는 것이 가능하였다. 그렇지만 터너의 실험은 플래티나(백금) 촉매제가 필요했기 때문에 1cm² 당 10,000달러의 가격이라는 치명적인 단점이 있었다.

귀금속은 종종 가장 좋은 촉매제이지만, 일단 공급량이 부족하며, 물을 분리시킬 때 부식 정도가 크다는 단점이 있다. 식물의 경우 광합성을 할 나뭇잎이 다시 자라나지만 터너의 기기는 단지 20시간만 사용될 수 있었던 것도 한계였다.

광합성은 녹색식물이 물과 이산화탄소의 화학 구조를 이용하여 당분을 생산하는 것과 같은 자연현상인데, 인조 나뭇잎은 광합성을 응용하여 공해 없는 에너지를 생산하는 것이 목적이다. 광합성의 가장 중요한 요소인 물을 산소와 수소로 분리하는 기술을 개발하기 위해서, 연구팀은 엽록소의 역할

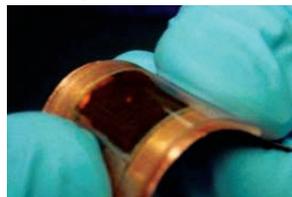
을 담당할 반도체와 에너지 저장장치(광자 연료)연구를 추진하였다.

이미 여러 실험실에서 소량의 광자 연료를 생산하는 데는 성공하였으나 대량생산과 저가 공급을 위해서는 기술 개발이 더 필요한 상태이다. 현재까지의 연구결과에 따르면 칩과 같은 장치보다는 신문과 같이 얇고 신축성이 있는 태양연료 필름이 인조 나뭇잎 개발을 위해 필요한 것으로 나타났다. 2001년에는 총 2건의 인조 나뭇잎 개발이 이루어졌으나 현재까지 29개가 개발되었다고 한다.

수성(水性) 인조 나뭇잎

노스캐롤라이나 주립 대학교(North Carolina State University)에서는 태양전지처럼 기능하는 인조 나뭇잎을 연구하고 있다. 인조 나뭇잎 태양전지 제조 기술은 기존의 기술보다 자연과 더 가까운 기술임은 물론, 비용 절감, 친환경이라는 장점이 있다. 구부릴 수 있는 이 기기에는 빛에 민감한 분자(연구진은 식물 엽록소를 사용)로 구성된 수성 젤과 탄소 나노튜브나 흑연과 같은 탄소 소재로 코팅된 전극이 사용된다. 작동 원리는 식물 분자가 광합성을 통해 포도당을 생산하는 것과 같이 빛에 민감한 분자가 태양빛을 받아 활성화되어 전력을 생산하게 되는 것이다. 기존에는 빛에 민감한 화학 합성물이 사용되었지만 이번 기술은 수성-젤 배열로 인하여 엽록소와 같은 자연에서 구할 수 있는 성분을 이용할 수 있는 것이 장점이다. 수성 광전지는 자연 나뭇잎의 성질을 가질 수 있다는 점에서 큰 잠재력을 가지고 있다.

수성 - 젤 타입의 기기



출처 : Science Daily

을 가질 수 있다는 점에서 큰 잠재력을 가지고 있다. 따라서 식물의 자체 에너지 생산 능력을 그대로 모방하고, 수성 젤과 빛에 민감한 분자를 이용한 기술을 통해 태양전지의 효율성을 더 높

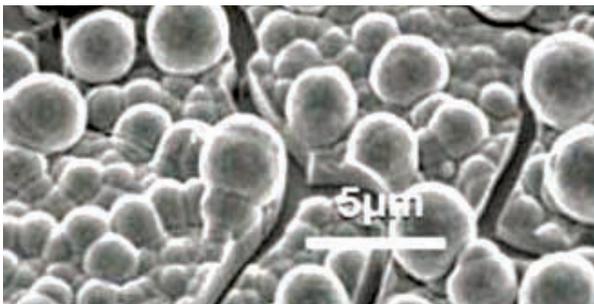
이는 것이 다음 연구 과제이다. 하지만 현재 수성-젤 타입의 기기는 상대적으로 낮은 효율성을 가지고 있어 기술의 상용화가 어려운 상태이다.

꾸준한 연구 개발 통해 상용화 가능한 촉매제 찾기

터너의 실험 이후, 태양에너지 기술 분야에서는 다양한 촉매제가 연구되고 있다. 현재 상용화된 태양전지는 가격이 비싼 실리콘 크리스탈(Silicon Crystal)을 사용하며 전해조(電解槽, Electrolyzer) 역시 귀금속인 플래티나를 사용하기 때문에 가격이 상대적으로 높다. 즉, 새롭고 대량 생산이 가능하면서도 가격이 낮은 새로운 물질을 사용하는 태양에너지 기술이 필요하게 되었다.

매사추세츠 공과대학교(MIT)의 노체라(Nocera)연구팀은 산소 생산을 위해 인(Phosphate)과 코발트를 결합한 촉매제를 선보였다. 코발트와 인은 풍부한 양, 저렴한 가격이란 장점을 가지고 있으며 연구 결과 실온에서도 충분한 반응을 보였다. 하지만 실질적인 연료인 수소 생산에 필요한 촉매제는 아직 찾지 못 하였다. 노체라 연구팀은 Sun Catalytix라는 업체를 설립해 미국 에너지부와 폴라리스 벤처 파트너스(Polaris Venture Partners)의 지원을 받아 촉매제 연구를 계속 하고 있다.

노체라 연구팀의 산소함유복합체
(Oxygen-Evolving Complex, OEC)



출처 : Chemistry World

캘리포니아 공과대학교 (Caltech, California Institute of Technology)의 루이스 박사 연구팀은 태양의 광자를 수집, 전환시키는 방법을 연구 중이다. 현재 설계중인 인조 나뭇잎에는 태양에너지 광자를 전력 에너지 전자로 변환시키는 수집기(Collector)와 전자 에너지를 이용하여 물을 산소와 수소로 나눌 전해조라는 두 가지 요소가 필요하다. 이 외에도 산소와 수소의 분리를 도울 화학물이나 금속과 같은

촉매제가 필요하다. 현재 광전지는 이미 태양 에너지로부터 전력을 생산하고 있으며 전해조도 다양한 방법으로 상용화 되어 있다. 따라서 이 두 기술을 어떻게 결합하며 가격이 낮고 효율성이 높은 태양전지를 개발하느냐가 성공 요인이다.

투명한 플라스틱 필름으로 둘러싸인 실리콘 나노와이어(Silicon Nanowires)로 만들어진 수집기는 7%의 효율성으로 빛을 전자 에너지로 전환한다. 현재 상용화된 태양전지의 최대 효율이 20%인 점과 비교하여 경쟁력이 없어 보이지만 재료 구입비가 낮아지고 대량생산이 가능해 진다면 낮은 효율성의 단점이 보완될 것으로 보인다.

자연을 모방한 새로운 기술의 발전

상기 예 이외에도 캘리포니아 대학 데이비스 캠퍼스, 중국 상하이교통대학(Shanghai Jiao Tong University)등 다수 연구 기관의 인조 나뭇잎과 광합성 연구는 계속된다. 태양전지의 가격이 낮아지고는 있지만 화석연료에 비해서 효율성과 가격 면에서 경쟁력이 낮다. 태양 에너지를 위하여 수소가 가장 좋은 선택인지 인조 나뭇잎의 실용성에 대하여서는 아직 논쟁 중에 있다.

한 예로 유기체 연구팀의 경우 액체 바이오연료 생산이 수소보다 저장과 운송이 쉽다고 주장한다. 하지만 다른 면에선 수소 가스는 유연하고 연료전지 차량 및 전력 생산을 위한 발전소 활용이 가능, 디젤 연료 생산 가능성 등 활용도가 높다는 장점을 가지고 있다.

실제 나뭇잎은 주변에서 흔히 찾아 볼 수 있는 물질을 가지고 연료를 생산한다. 물에서 수소를 효율적으로 생산할 수 있다면 우리의 에너지 수요는 햇빛으로 100% 충족될 수 있다. 하지만 이 기술이 상용화에 이르기까지는 자연의 물 분자 분리 능력은 복잡하여 모방이 힘들다는 점, 금속 촉매제는 효율성이 낮다는 단점 등의 해결해야 할 선결 과제가 있다. 인간의 발명은 자연 현상을 모방하는 데서 시작된다. 계속되는 연구 가운데 언제 실용성이 높은 촉매제를 찾느냐가 향후 인조 나뭇잎과 태양광 산업의 성패를 결정짓게 될 것이다. **K**