

# Growth Opportunities in Green Hydrogen Production, Hydrogen Fuel Cells, and Power-to-X-to-Power

## 그린 수소 생산, 수소 연료전지, Power-to-X-to-Power의 성장 기회

Frost & Sullivan

### Contents

I. 호주 뉴사우스웨일즈 대학 .....	381
II. 일본 동경공업대학 .....	382
III. 미국 Sunhydrogen Inc. ....	383
IV. 영국 런던 퀸메리 대학 .....	383
V. 싱가포르 난양공대 .....	384
VI. 독일 Siemens Gas & Power .....	385
VII. 한국 포항공대 .....	386
VIII. 폴란드 IFJ PAN .....	386

**호주 뉴사우스웨일즈 대학**  
 수소 자동차 확대에 기여하는  
 비용 효율적이고 지속가능한 수소 생산

### 도전

수소 연료 산업에서 전기화학적 물분해는 가장 유망한 접근법으로 여겨져 왔다. 하지만 상용화 관점에서 백금이나 루테튬 같은 고가의 금속 소재는 경제적 압력이 심하다.

철이나 니켈기 산화물 같은 저비용의 전이 금속 Transition metal 은 알칼리 용액에서 산소 발생 반응 Oxygen Evolution Reaction, OER을 위한 촉매로 여겨져 왔다. 하지만 수소 발생 반응 Hydrogen Evolution Reaction, HER에는 일반적으로 부적합하다.

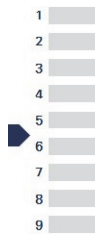
### 대학 개요

뉴사우스웨일즈 대학 University of New South Wales은 수소 생산, 이용, 저장 분야의 연구개발에서 세계를 선도하고 있다. 첨단 제조, 전력 변환, 연료전지 기술, 재활용, 전자공학 등에 두각을 보인다.

연구자들은 수소 발생 반응에서 탄소상 백금(Pt/C) 촉매보다 니켈철산화물을 가진 나노물질 촉매가 훨씬 더 효율적이라는 것을 발견했다.

### 기술 성숙도

연구자는 실험실에서 수소를 만드는 경제적이고 지속가능한 방법을 성공적으로 실증하였다. 연구자는 야누스 니켈-철 나노 입자가 전통적인 방법에 비해 훨씬 높은 수소 발생 반응을 보인다는 것을 발견하였다. 물리 및 전기화학적 특성화 방법을 결합하여 니켈-철 나노 입자가 매우 뛰어난 물리적, 전기화학적 안정성을 갖고 있음을 알아냈다.



### 편의 및 향후 추진 사항

연구자는 나노 입자 촉매가 뛰어난 산소 발생 반응을 보인다는 것을 발견했다. 높은 산소 발생 반응으로 인해 Whole-cell water splitting에 적합하다. 촉매 최고 효율은 83.7%로 보고됐다.

### 산업 분야의 기회 및 활용

물에서 산소와 수소를 분리하는 촉매로 철과 니켈 등 저가의 금속이 사용되었다. 화학 반응은 빠르고, 에너지 소비도 낮았다. 또

### Article Information

이 보고서는 Frost & Sullivan이 2020년 8월 발간한 "Growth Opportunities in Green Hydrogen Production, Hydrogen Fuel Cells, and Power-to-X-to-Power"를 Frost & Sullivan의 허가를 받아 한국전력공사가 번역 및 게재합니다. Frost & Sullivan과 한국전력공사는 원문 또는 한국어판의 저작권을 보유합니다. 한국전력공사와 Frost & Sullivan는 본 원고에 포함된 내용 또는 번역의 정확성을 보장하지 않습니다.

한 철과 니켈은 지구에 흔한 금속으로, 희귀 금속을 낮은 가격에 대체할 수 있어 생산 및 건설 비용을 모두 줄일 수 있다. 이 기술을 이용해 수소 자동차 및 수소 충전소의 개발이 빨라질 수 있다.

수소 자동차



수소 충전소



**지리적 기회**

최근 수소는 천연가스를 이용해 생산된다. 수소 생산 비용은 경제적 요인, 가스 가격, 자본 지출 등의 영향을 받는다. 비용 효과적인 수소 생산 방법에 대한 관심이 증가하고 있는데, 일본, 한국, 중국, 인도 같은 천연가스 수입국에서 특히 더하다. 이 기술은 종래에 이 지역에 큰 영향을 미칠 것이다.

**분석 의견**

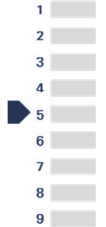
이 기술은 수소 전기 자동차를 위한 수소 충전소에 채택될 수 있다. 수 시간이 걸리는 리튬이온 전기 자동차와 달리 수소 충전은 몇 분만에 끝난다. Frost & Sullivan은 이 기술이 수소 생산 산업을 변하게 만들 것이며, 전세계에 저비용 솔루션을 제공할 것으로 믿는다.

적 구조 같은 모든 종류의 현상을 연구하고, 다양한 문제를 해결하기 위한 첨단 해법을 개발하고 있다.

연구자는 태양광을 이용하여 수소를 얻는 물분자 분해를 위해 금속산화물 나노시트 Nanosheet로 구성된 하이브리드 물질과 광흡수 분자를 개발하였다.

**기술 성숙도**

실험실에서 나노 규모의 금속산화물 시트와 루테튬 염료 분자로 구성된 새로운 광촉매를 실증하였다. 금속산화물 시트는 물분해 과정에서 반응하며, 염료반응형 광촉매는 수소 생산 효율을 높이기 위해 사용된다. 하지만 상용화에 꼭 필요한 장기 내구성과 효율을 개선하기 위해 하이브리드 광촉매의 최적화에 관한 연구가 필요하다.



**편익 및 향후 추진 사항**

연구자는 태양광을 비춘 염료반응형 광촉매의 수소 발생 능력이 뛰어남을 발견하였다. 물과 태양광이 관여하는 자연 현상을 재현하기 위해 인공 광합성 시설을 건설할 계획이다. 이 기술을 통해 유연하고 신뢰성이 있는 수소 생산이 가능할 것이다.

**산업 분야의 기회 및 활용**

신물질은 매우 넓은 표면적을 가진 니오브산 칼슘 Calcium niobate 나노시트 사이에 수소를 생산하기 위한 백금 나노클러스터를 삽입 Intercalation하여 만든다. 태양광을 흡수하는 루테튬 염료가 나노시트와 합쳐져 태양광을 이용한 수소 생산이 가능해진다. 나노시트의 넓은 표면적과 구조적 유연성을 통해 염료 흡착과 수소 생산 지점의 밀도를 개선하여 높은 수소 전환 효율을 달성한다. 이런 혁신적 해결책을 통해 수소 생산을 상당량 늘릴 수 있다.

수소 생산



**지리적 기회**

전 세계적으로 산업용 수소의 공급이 가장 큰 사업 분야다. 지난 10년간 수소 수요가 증가하면서 결과적으로 수소 생산이 이산화탄소 배출과 연계되어졌다. 동경공업대학의 기술은 수소 생산에 태양광을 이용하므로 수소 생산 과정에 이산화탄소 배출이 전혀 없다. 이 혁신 기술은 지속가능한 기술로서 많은 지역에서 높은 영향력을 끼칠 것이다.

**분석 의견**

이 기술은 수소 생산에 태양광을 사용하여 에너지를 절약함과 동시에 환경친화적이다. 그린 수소라서 제로 배출을 달성하기도 한다. 또한 수소는 배터리나 양수발전에 비해 높은 저장 용량을 가져 에너지 저장 해법으로 사용할 수 있다. Frost & Sullivan은 이 기술이 혁신적 수소 생산 방법으로, 그린 수소 사회를 달성하는 데 도움이 될 것이라 믿는다.

||

일본 동경공업대학

나노물질과 광흡수 분자를 이용한 수소 생산

**도전**

석탄 고갈과 환경 문제로 인해 청정 에너지 생산법에 대한 관심이 늘어나는 가운데 광촉매 물분해법이 떠오르고 있다. 이 방법은 태양 에너지를 이용해 물 분자를 분해하고 수소를 얻는다.

염료반응형 광촉매를 이용한 물분해 공정에서 높은 효율의 수소 발생 반응을 달성해야 한다.

**대학 개요**

동경공업대학 Tokyo Institute of Technology은 분자와 원자의 미시



## 미국 Sunhydrogen Inc.

태양광과 물을 이용한 그린 수소 생산

### 도전

최근 수소는 대부분 정유, 암모니아 생산, 철강 산업 등에서 생산되고 있으며, 생산 자체에 화석연료, 천연가스 등을 연료로 사용하다 보니 상당량의 이산화탄소를 대기 중으로 배출하고 있다.

전통적인 수소 생산 방법은 높은 비용이 요구되는데, 주로 전기분해 공정에 대한 투자비와 운영을 위한 전력 구매 비용에 기인한다.

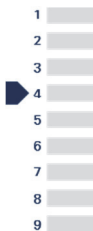
### 기업 개요

Hypersolar는 태양광과 물을 이용한 재생 수소 생산에 기술적 돌파구를 개발한 기업이다. 2020년 6월 SunHydrogen로 기업명을 변경하였다.

SunHydrogen은 물에서 수소를 분리하는 환경친화적 재생 수소를 생산하기 위해, 태양광을 효율적으로 사용하는 광합성을 흉내 낸 저비용 나노 입자를 이용하여 전기분해를 최적화했다.

### 기술 성숙도

시장에서 구할 수 있는 태양전지 및 비결정 실리콘 셀 어레이가 있는 패널에 물이 채워진다. 이를 이용해 안전하게 산소와 수소를 생산할 수 있다. 560 시간의 수소 생산을 달성하였다. 또한 2020년 6월 실험실 규모의 패널 설계를 생산 가능한 형태로 개선하는데 성공하였다. 현재 실증을 위해 100개의 수소 생산 설비를 제작 중이다.



### 협력 및 향후 추진 사항

2020년 3월 Cascadia Energy Technologies와 그린 수소를 중점으로 그린 에너지 생산에 협력하기 위한 양해각서를 서명하였다.

2020년 4월에는 향후 시범 플랜트 및 프로젝트에서 엔지니어링 지원을 받기 위해 국제적인 엔지니어링 회사, Fluor와 기술지원 협약을 체결하였다.

### 산업 분야의 기회 및 활용

이 기술은 분산화된 수소 생산에 재생 에너지를 사용함으로써 탄소 배출은 물론 수소 생산과 공급 비용을 낮출 수 있다. SunHydrogen은 수소 생산을 위해 시장에서 구할 수 있는 저가의 태양전지를 사용하며, 생산된 수소를 이용하여 연료전지를 구동한다. 이 해법은 수소 생산과 연료전지 발전 등 두 개의 산업 분야에 유용하다.

### 수소 생산



### 연료전지 발전



### 지리적 기회

전세계적으로 수소에 대한 요구가 증가하면서 SunHydrogen은 재생 수소를 생산하는 저비용 방법을 개발하였다. 이 기술은 재생 전력과 연료전지 자동차를 위한 수소의 분산 생산을 가능케 한다. 이 기술은 전세계적으로 영향을 미칠 것이다.

### 분석 의견

SunHydrogen은 나노 물질, 촉매를 이용한 자율식 나노 태양전지 셀을 이용하여 물을 산소와 수소로 분리한다. 나노 태양전지 셀은 보호층 안에 어레이 형태로 캡슐에 쌓여 있다. 이 기술은 저가의 롤투롤 전착 공정 Roll-to-roll Electrodecomposition Process를 통해 생산할 수 있다. 현존 기술에 비해 3배 이상 효율적이다. Frost & Sullivan은 이 기술이 이산화탄소 배출 없이 효율적으로 수소를 생산할 수 있는 돌파구를 제시한다고 믿는다.

## IV

### 영국 런던 퀸메리 대학

경제적인 연료전지를 위한 그래핀 기반 촉매

### 산업 수요를 해결할 수 있는 능력

높은 내부식성과 전도도 및 표면적을 가진 그래핀은 시장에서 구할 수 있는 촉매보다 훨씬 연료전지에 적합한 물질이다.

비결정 탄소 기반 촉매에 비해 그래핀은 효과적인 내구성과 유연성을 제공하여, 운영 사이클을 늘릴 수 있다.

그래핀 기반의 촉매는 시장에서 구할 수 있는 물질에 비해 여러 번의 운영 사이클 동안 운영 능력의 저하가 30% 줄어들음을 보여줬다.

### 대학 및 기술 개요

퀸메리 대학 Queen Mary University of London과 University College London 대학의 연구팀은 One-pot 합성 Synthesis 기술을 이용하여 백금 나노 물질이 들어간 그래핀 기반 촉매를 합성하는 새로운 기

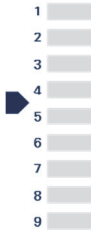
술을 개발하였다.

연구팀은 실제 운영되는 연료전지를 수 개월 동안 이용할 필요 없이 단기간에 여러 번의 운영사이클로 촉매의 스트레스를 측정할 수 있는 가속 스트레스 시험 *Accelerated Stress Test*을 통해 촉매 내구성을 검증하였다.

### 기술 성숙도

연구팀은 실험실에서 그래핀 기반 촉매의 운영 및 상업적 가능성을 결정하기 위해 가속 스트레스 시험을 수행하고 변수를 도출하였다.

연구팀에 따르면 새로운 기술이 확대 가능하며, 연료전지의 상업적 개발에 적용할 수 있다고 한다.



### 도전

백금이 연료전지 촉매의 일차적인 물질이다. 하지만 높은 원가는 백금 기반 수소 연료전지의 대규모 상업화를 가로막아 왔다. 따라서 비용을 줄이기 위해 백금 나노 물질을 경제적인 탄소 기반 물질과 합친 촉매가 개발 중이다. 하지만 저가 물질의 낮은 내구성으로 인해 결국 연료전지의 수명이 줄어든다.

### 산업 분야의 기회 및 활용

연구팀이 개발한 그래핀 기반 촉매는 에너지 분야에서 상업화가 가능한 수소 연료전지의 개발을 가능케하는 목적을 가지고 있다. 자동차, 재생에너지 발전 등에 우선 활용될 수 있다.

수소 연료전지



### 지리적 기회

이 기술을 통해 상업화가 가능한 수소 연료전지의 개발이 가능하여 전세계적으로 인지도 향상을 목격할 수 있다. 에너지 효율과 운영의 유연성을 확보하는 동시에 전세계적인 재생에너지 수요가 그 이유이다.

### 분석 의견

그래핀 기반 촉매는 상업적으로 가능성을 가진 수소 연료전지의 개발을 가능케할 능력을 가지고 있어 에너지 전환에 불을 붙일 수 있을 것이다.

Frost & Sullivan은 이 기술은 촉매 개발과 연료전지 생산 측면에서 에너지 산업의 벤치마킹 사례를 정의할 것으로 믿는다. 또한 수소 선도 경제의 구축을 도울 능력은 향후 활용성과 채택 가능성 측면에서 이 기술에 상당한 잠재력을 제공할 것이다.

## V 싱가포르 난양공대

### 전기분해를 위한 비용효과적 촉매

#### 산업 수요를 해결할 수 있는 능력

스피넬 산화물 *Spinel Oxide*는 안정적이고 풍부한 값싼 전이금속으로 구성되어 있어 고가의 귀금속 산화물을 사용하지 않는 동시에 에너지 손실을 피할 수 있는 적절한 선택지다.

스피넬 산화물을 통해 전기분해 과정의 낮은 산소 발생 반응을 개선하여, 전기분해 공정의 낮은 에너지 소비 및 높은 에너지 전환률을 달성할 수 있다.

낮은 비용과 전환 효율 개선을 통해 경제적인 수소 연료 생산이 가능하다.

#### 대학 개요

난양공대 *Nanyang Technological University* 연구자는 저가의 안정적인 스피넬 산화물 작업을 해결하였으며, 전기분해 수소 생산을 위한 촉매를 선택하기 위해 기계학습을 활용하였다.

기계학습에 기초하여 연구자는 300개 이상의 스피넬 산화물 평가를 통해 촉매 효율 등 핵심 요인을 도출해 냈다.

알루미늄과 망간으로 구성된 새로운 스피넬 산화물이 가장 높은 촉매 활성성을 보였다.

### 기술 성숙도

연구팀은 실험실에서 촉매의 성능과 개발 공정을 시험하고 검증하였다.

연구팀은 나아가 멤브레인 기술을 융합하는 방법을 개발 중으로, 장기적인 수소 생산이 가능한 시스템에 스피넬 산화물을 적용하는 목표를 가지고 있다.



### 도전

전기분해 공정과 관련된 1차적인 문제는 물분해 공정의 화학적 반응으로 인해 발생하는 에너지 손실이다. 에너지 손실은 수소 추출 비용을 높인다.

높은 비용, 희귀성, 낮은 내구성으로 인해 귀금속은 대규모 상업화에 부적합하다.

### 산업 분야의 기회 및 활용

연구팀은 스피넬 산화물 촉매를 통해 전기분해를 이용한 수소 생산을 상업적으로 가능케하고 운영 측면에서 효율을 확보한다는 목표를 가져왔다. 추출된 수소는 자동차 연료부터 재생 에너지 발전까지 다양한 활용 분야를 가지고 있다.

수소 생산



지리적 기회

지속가능하고 에너지 효율적인 연료에 대한 수요에 힘입어 늘어나는 탄소 중립성에 대한 관심으로 인해 이 기술에 대한 전세계적 관심이 일어날 것이다.

분석 의견

스피넬 산화물 촉매는 비용 경제와 운영 능력을 보장하는 동시에 수소 생산에 상당한 잠재력을 가질 것이다.

Frost & Sullivan은 이 기술의 개발을 대형 기업이 수소 견인 경제의 융합에 힘을 더할 기회로 보고 있다. 또한 스피넬 산화물은 다양한 가치 사슬 참여자에게 효율적이고 경제적인 전기분해 시스템의 대규모 개발을 통해 그들의 제품 포트폴리오를 확대할 수 있는 여지를 제공한다.

German Aerospace Center 및 4개 대학의 컨소시엄이 프로젝트에 참여 중이다.

프로젝트는 전기분해를 이용한 그린 수소 프로젝트와 Siemens의 SGT-400 가스터빈에 100% 수소로 구성된 연료를 공급하여 12 MW의 에너지를 생산하는 열병합발전 현대화로 구성되어 있다.

기술 성숙도

프로젝트에서는 컨소시엄 내 기술 및 운영 전문가의 협력을 실증한다.

개별적 기술의 성숙도는 높지만, 아직 기반 프로젝트가 실증 단계에 머물러 있는 까닭에 전체적인 복합적 효능은 상업적 환경에서 검증되어야 한다.

도전과 편익

높은 수소 생산 비용과 함께 성공적인 시스템 융합에 필요한 기술적 개선 및 정확성 확보를 위한 프로젝트의 증가로 인해 시스템의 상업적 가능성은 아직 불확실하다.

프로젝트는 높은 에너지 효율과 에너지 공급 확보를 보장하는 동시에 수소 기반 경제의 채택을 유인하게 될 것이다.

산업 분야의 기회 및 활용

HYFLEXPOWER 프로젝트의 목표는 열병합발전을 이용한 발전, 에너지 저장, 열에너지 등을 위해 수소 연료 생산이 가능한 복합적 체계를 개발하는 것이다.

수소 연료 생산



전력 및 열에너지 생산



지리적 기회

일단 프로젝트를 통해 효능이 검증된다면 이 기술이 전통적 에너지 생산과 연료 체계를 파괴할 수 있는 잠재력이 있어 전세계적인 영향을 끼치게 될 것이다.

분석 의견

프로젝트는 수소의 물리적 및 화학적 특성을 활용하여 에너지가 풍부한 환경을 제공하고, EU의 Sustainable Development Goal (SDG)을 확대할 수 있게 할 것이다.

Frost & Sullivan은 이 프로젝트가 수소 기반 경제를 구축하는데 있어 더 많은 기술적 개선을 위한 사례가 될 것으로 믿는다. 프로젝트의 성공적인 운영을 통해 에너지 생산, 저장 및 연료로서 수소가 보여주는 상당한 잠재력을 검증할 것이다.



산업 수요를 해결할 수 있는 능력

프로젝트의 목표는 재생 에너지를 이용하여 저장 가능한 수소를 생산하는 것이다. 나아가 수소를 가스터빈 발전과 열병합발전소의 열에너지 공급을 위해 천연가스망을 통하여 공급할 수 있다.

프로젝트는 재생 에너지와 효율적인 에너지 공급을 위한 수소 기반 시스템을 개발하고 검증하는 기반이 될 것이다. 또한 기술은 간헐적 재생 에너지의 효율적 저장을 가능케하여 전통적 연료를 사용하는 기존 시스템에 비해 경쟁 우위를 가질 것이다.

기업 개요

EU는 Horizon 2020에 따라 HYFLEXPOWER 프로젝트를 착수하였다. Siemens Gas & Power, Engie Solutions, Arttic, Centrax,

## VII 한국 포항공대

### 연료전지 내구성을 위한 텅스텐 촉매

#### 도전

지속적으로 운영되는 발전용 연료전지에 비해, 자동차용 연료전지는 간헐적으로 사용되기 때문에 연료전지의 운전이 정지된 후 음극이 산소에 노출되게 된다. 연료전지 전극의 일시적인 산소 노출은 산소 환원 반응 Oxidation Reduction Reaction, ORR을 야기해 연료전지의 수명에 부정적 영향을 미치는 것은 물론, 장기적으로 연료전지 자동차의 성능에도 나쁜 영향을 끼친다.

포항공대 연구자는 수소 산화를 늘리고 선택적으로 산소 환원 반응을 억제하여 위 문제를 완화할 수 있는 촉매를 개발하였다.

#### 대학 개요

포항공대는 한국에 있는 사립대학이다. 한국에 설립된 최초의 과학 및 기술 분야 연구전문 대학이기도 하다.

포항공대 연구팀은 백금과 수소 텅스텐 브론즈를 결합하여 연료전지의 부식 문제를 해결한 백금 기반 촉매를 개발하였다.

#### 기술 성숙도

연구팀은 주변 환경에 따라 선택적으로 물질 전도도를 바꿀 수 있는 금속 부도체 상전이 Metal-insulator transition의 이용에 초점을 맞췄다.

연구팀은 실험실에서 성공적으로 이 방법을 실증함으로써 수소전기자동차에 사용되는 연료전지의 내구성을 늘릴 수 있는 기술의 높은 잠재력을 보여줬다.



#### 편의 및 향후 추진 사항

개발된 촉매는 전통적으로 사용되는 탄소상 백금 촉매에 비해 2배의 내구성을 보였다.

#### 산업 분야의 기회 및 활용

기술 채택의 확대를 위해 수소전기자동차는 우선 내연기관을 이용하는 자동차 및 배터리 기반의 전기자동차와 경쟁해야 한다. 수소전기자동차가 맞닥뜨린 도전 중 하나가 연료전지의 내구성과 신뢰성이다. 개발된 촉매는 수소전기자동차의 앞길을 닦아주는 것은 물론 보급에도 긍정적 영향을 미칠 것으로 기대된다.

수소전기자동차



#### 지리적 기회

한국을 선두로 아시아-태평양 지역에서 우선 채택될 것이다. 아시아-태평양 지역에서의 성공적인 상업화 이후 전세계적으로 채택될 듯하다.

#### 분석 의견

연구팀은 자동차 분야의 연료전지 내구성을 획기적으로 개선하였으며, 향후 수소전기자동차의 확산에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

## VIII 폴란드 IFJ PAN

### 효율적·비용효과적인 직접에탄올 연료전지를 위한 텅스텐 촉매

#### 도전

메탄올이나 수소에 비해 에탄올은 매우 낮은 독성을 가지고 있어 저장과 수송에 아무런 위험이 없고, 바이오매스를 이용해 쉽게 만들 수 있다. 하지만 현재 사용되는 직접에탄올 연료전지 Direct-Ethanol Fuel Cell, DEFC의 효율이 매우 낮고, 반응 부산물로 나오는 이산화탄소는 촉매 작용을 떨어뜨려 반응도를 낮추는 문제가 있다.

IFJ PAN 연구자들은 백금/루테튬/산화주석/탄소의 삼중구조로 이루어진 촉매를 개발하였다. 촉매는 직접에탄올 연료전지의 양극 물질로 사용되며, 훨씬 효율이 높은 직접에탄올 연료전지의 제작을 가능케할 잠재력을 가지고 있다.

#### 기관 개요

Henryk Niewodniczaoski Institute of Nuclear Physics로도 알려져 있는 폴란드 IFJ PAN은 폴란드 과학아카데미 Polish Academy of Sciences의 가장 큰 연구소다. IFJ PAN은 입자물리와 천체물리부터 환경생물학까지 넓은 범위의 연구개발을 수행하고 있다.

연구자들은 백금 기반의 촉매를 개발하였는데, 더욱 효율적이고 깨끗하며 값 싼 연료전지의 개발을 선도할 것으로 기대된다.

## 기술 성숙도

연구자들은 촉매 개발에 백금, 루테튬, 산화주석을 이용하였다. 나아가 연구원은 분자간 상호작용을 이용하였으며, 재료들의 물리적 접촉을 확보하기 위해 합성 나노 입자를 넣었다.

실험실 조건에서 촉매의 기능성을 시연했으며, 전기화학적 성질과 관련된 연구를 수행했다. 또한 백금, 루테튬, 산화주석의 나노 입자로 구성된 촉매가 직접에탄올 연료전지의 양극에 적용 가능성을 입증했다.



## 편의

실험실 조건에서 촉매는 거의 96%에 이르는 전기화학적으로 활성화된 표면적을 보여, 다른 촉매의 12%에 비해 훨씬 높은 수치를 나타냈다.

## 산업 분야의 기회 및 활용

직접에탄올 연료전지 촉매 분야의 기술적 발전은 연료전지 시스템의 효율 및 내구성에 긍정적 영향을 끼치는 것은 물론 운영 비용도 줄일 것으로 기대된다. 또한 이 기술은 향후 에탄올을 연료로 채택하는 데 크게 기여할 것으로 기대된다.

직접에탄올 연료전지 제작사



## 지리적 기회

우선 폴란드를 선두로 유럽에서 채택될 것이다. 나아가 성공적인 상업화 후 다수의 지역에서 채택될 듯하다.

## 분석 의견

개발된 촉매는 직접에탄올 연료전지의 보급 확대에 기여할 것으로 기대된다. 하지만 직접에탄올 연료전지가 상업적인 성공을 거두기 위해서는 연구개발이 더 필요하다. 대규모 보급을 가로막는 문제점 중 하나는 비싼 가격의 백금이다. 따라서 현재 주요 도전은 비용 효과적이며 비슷한 특성을 가진 백금 대체재를 찾는 것이다.

## Reference

- [1] Frost & Sullivan, "Growth Opportunities in Green Hydrogen Production, Hydrogen Fuel Cells, and Power-to-X-to-Power," Frost & Sullivan, D961-TV, Aug. 2020.