

# MI Focus

---

## 미래 에너지 자원의 게임체인저로 주목받는 천연수소

### 목 차

- 수소의 특징과 종류
- 에너지 자원으로써의 장점과 단점
- 천연수소, 게임체인저 에너지원으로써의 가능성
- 천연수소 개발에 뛰어들고 있는 국가/기업

[참고자료1] 한국석유공사 천연수소 담당자 인터뷰

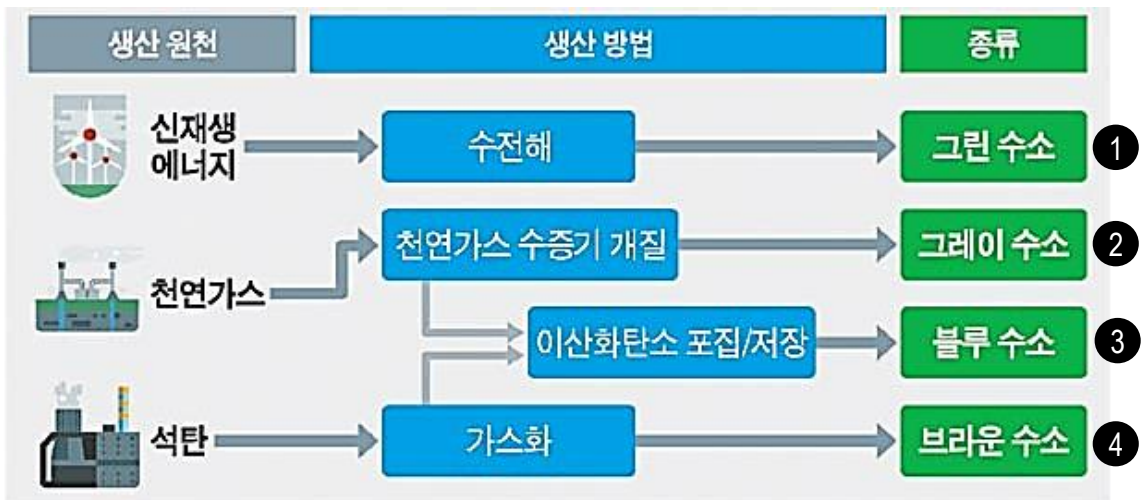
## 수소의 특징과 종류

### ■ 수소(水素, Hydrogen)는 원소 주기율표의 첫 번째 원소(원소기호 H)이다.

- 수소(Hydrogen)는 라틴어 Hydro(물)와 접미사 gen(만들다)이 합쳐져 만들어졌다.
- 우주의 75%를 구성(질량 기준)하는 가장 흔한 원소이며, 실온에서는 기체상태의 분자( $H_2$ )로 존재한다.
- 급격히 불에 타는 과민성 연료이며, 연소시 무색의 불꽃을 보이고, 산소와 반응하여 물 분자를 형성한다
- 기체 상태의 수소를 액화시키기 위해서는 초저온냉각(끓는점  $-252.87^{\circ}C$ )이 요구된다.

### ■ 수소는 이름이 많다.

- 수소는 생산 원천과 생산 방법 따라 그린 수소, 그레이 수소, 블루 수소, 브라운 수소 등으로 불린다.



#### ① 그린 수소

- 태양광, 풍력 등의 재생에너지로 생산된 전기를 이용해 물( $H_2O$ )을 전기 분해하여 제조
- 탄소 배출이 전혀 없어 친환경적이지만, 현재는 생산비용이 높고, 대량의 담수가 필요하여 생산시설을 구축할 수 있는 지역도 제한적

#### ② 그레이 수소

- 석유화학과 제철 산업 공정에서 부산물로 발생하는 수소, 천연가스(메탄이 주성분,  $CH_4$ )를 고온·고압 상태에서 수증기와 반응시켜 제조하는 수소 등을 총칭
- 생산비용은 낮지만, 제조과정에서 대량의 이산화탄소가 발생하기 때문에 친환경적이지 않음.  
→ 천연가스로 1kg의 수소를 생산할 때 배출되는 이산화탄소는 약 10kg

#### ③ 블루 수소

- 그레이 수소와 동일하게 천연가스를 사용해 제조하지만, 공정에서 발생하는 이산화탄소를 포집
- 이산화탄소 배출량이 약 60% 절감되어, 그레이 수소에 비해 친환경적이며, 기술적 성숙도도 높기때문에, 현재로서는 가장 현실적인 수소 생산 방식이라고 평가

#### ④ 브라운 수소

- 갈탄을 고온·고압 상태에서 가스화하여 제조
- 생산비용은 낮지만 수소 제조 방식 중 가장 많은 양의 이산화탄소를 배출

※ 그 외에도 역청탄을 사용하여 제조하는 수소는 블랙 수소라고 부르며, 원자력 발전으로 만든 에너지를 사용하여 제조하는 수소는 핑크 수소라고 부름.

## 에너지 자원으로써의 장점과 단점

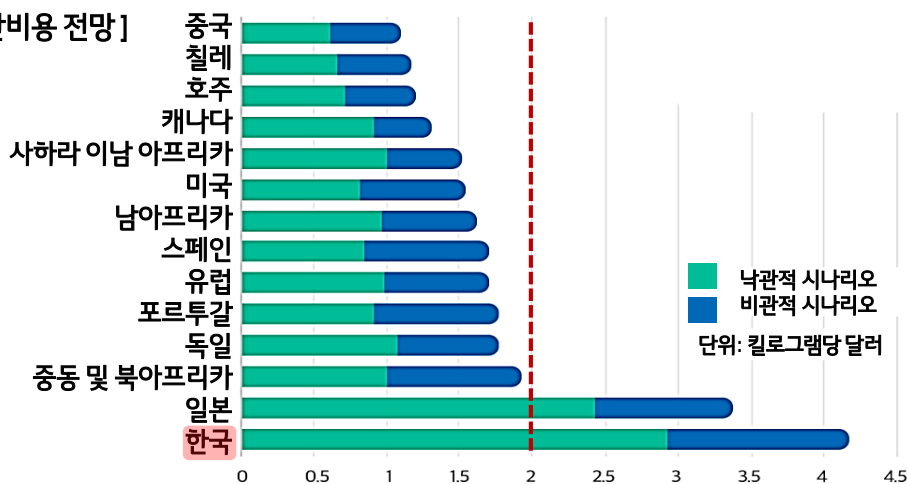
### ■ 수소는 친환경적이며, 효율적인 에너지원이다.

- 수소는 연료로 사용시 온실가스 등의 유해부산물 배출이 거의 없고, 물과 열만 배출하기 때문에 발전/수송(자동차, 선박, 항공)/산업공정 등 다양한 분야에서 활용할 수 있다.
- 수소는 질량당 에너지 밀도가 최대 142 MJ/kg으로, 천연가스의 3배, 휘발유의 4배에 달한다.  
: 1kg의 수소가 같은 양의 천연가스나, 휘발유보다 훨씬 더 많은 에너지를 생산한다.

### ■ 수소는 생산비용이 높고, 운송이 어렵다.

- 수소는 공기보다 14배 가볍기 때문에 대부분 우주로 유출되고, 그나마 지구에 남아있는 수소는 단독 원소가 아닌 '물' 형태로 존재하기 때문에, 인공적으로 제조해야 한다.
- 제조 과정에서 많은 양의 에너지가 소요되는데, 특히 그린 수소의 경우 현재 생산비용이 킬로그램당 2~12달러 수준\*이며, 각국은 이것을 2050년까지 2달러 이하로 낮춰 경제성을 확보한다는 계획이나, 한국/일본 등 일부 국가는 목표 달성이 어려울 것으로 전망되고 있다.(국제재생에너지기구)
- \* 재생에너지를 이용해 제조하는 그린 수소의 경우, 국가별 자연환경(일조량, 지형, 풍속 등)에 따라 투입 에너지의 단가가 달라지기 때문에, 생산비용의 차이가 큼.

[ 2050년 국가별 그린 수소 생산비용 전망 ]



- 수소는 운송/저장이 매우 어려워 대규모 투자비가 발생한다.

구분	방법
근거리 운송	수소가스를 고압으로 압축하여 배관을 통해 공급하거나, 튜브(전용 카트리지) 트레일러로 운송하는 방식
원거리 운송	① 액화수소: 기체 상태의 수소를 -253℃까지 낮춰 액화시킨 후 탱크가 설치된 운반선을 통해 운송하는 방식, 냉각에 많은 에너지 비용 발생 ② 암모니아 운송/크래킹: 수소를 액화 암모니아 형태로 변환해 운반 후, 수요지 인근 크래킹 플랜트에서 수소로 재분해하여 공급하는 방식 → 액화 수소 대비 상대적으로 고온에서 운송할 수 있고, 기존의 암모니아 저장/운송 인프라를 그대로 활용 가능한 이점이 있어 가장 현실적인 원거리 운송법으로 평가



## ■ 천연수소\*, 게임체인저 에너지원으로써의 가능성

\* 화이트 수소 또는 골드 수소로 불리며, 인공적인 생산이 아닌, 기존 화석연료처럼 자연 상태 그대로 채굴

### ■ 수소에 대한 기존의 모든 상식을 뒤엎는 천연수소가 등장하였다.

- 기존에는 수소가 공기보다 가볍고, 활동성이 높아 단독 원소 상태로 지구상에 존재하기 어렵다는 것이 정설이었는데, 이것을 뒤집는 사건이 아프리카에서 발생하였다.  
: 1987년, 서아프리카 말리의 한 작은 마을에서 100미터 깊이의 우물을 파는 작업이 한창이었다. 땅을 파 내려가던 중 시추공에서 정체를 알 수 없는 무색의 가스가 새어 나왔고, 때마침 근처에서 담배를 피고 있던 인부의 담뱃불에 불이 붙으며 폭발로 이어졌다.
- 2007년 석유가스업체 페트로마(現 하이드로마)가 LNG 매장 가능성을 보고 이 지역을 탐사하기 시작하였다. 하지만, 예상과 달리 땅 밑에 98% 순도의 수소가 매장되어 있는 것을 발견하였다.  
: 이후 페트로마는 24개의 시추공을 뚫어 500만톤의 천연수소가 땅 밑에 매장되어 있다는 사실을 확인하였고, 7년간 천연수소 발전을 통해 마을에 전기를 공급하였다.

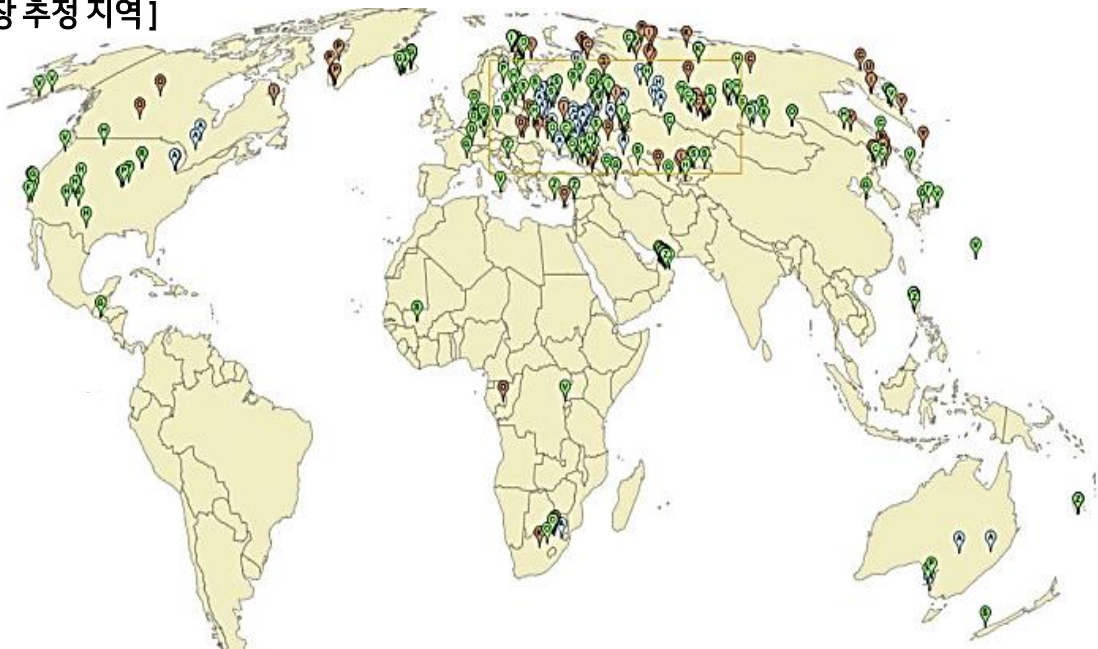


### ■ '22.10월, 미국 지질조사국(USGS)\*이 지구에 약 5조톤의 천연수소 매장 가능성을 발표하였다.

\* 미국 내무부 산하의 연구기관이며, 지형/지질/천연 자원 등의 탐사 분야에서 전세계 최고 권위 보유

- 현재 글로벌 수소 사용량이 약 1억톤 수준인 것을 감안할 때, 천연수소 매장량의 10%만 사용해도 전세계가 약 5천년을 사용할 수 있다는 계산이 나온다.

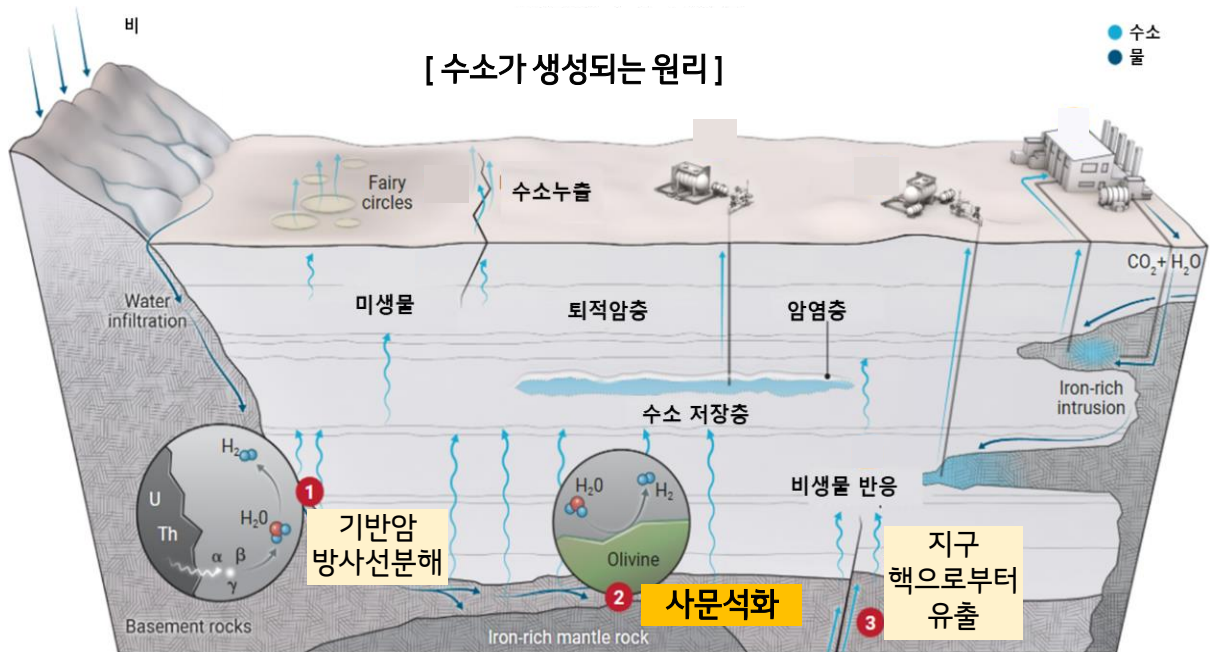
#### [ 천연수소 매장 추정 지역 ]





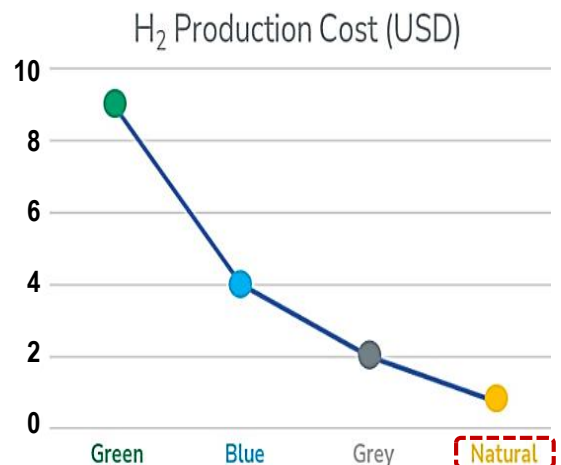
## ■ 천연수소는 기존 화석연료와는 다르게 무한한 에너지원일 가능성이 높다.

- 석유, 천연가스 등의 화석연료는 과거 지구에 서식했던 동식물의 사체가 퇴적되어 만들어진다. 이러한 변화 과정에 수백만년의 시간이 필요하기 때문에, 화석연료를 유한한 자원으로 보는 것이다.
- 반면, 천연수소는 지구의 지질 활동에 의해서 생성되며, 화석연료에 비해 매우 짧은 시간 내 생성된다. 한마디로 말해 충전이 빠르게 진행\*되기 때문에 무한하게 사용할 수 있다는 의미다.  
\* 전세기 연간 수소 수요량의 약 30%가 자연적으로 보충됨.
- 수소가 생성되는 원리는 다양하지만, 그 중 사문석화(serpentinization)\*라는 과정을 통해 천연수소의 80%가 생성된다고 알려져 있다.  
\* 지구 깊은 곳에서, 마그네슘과 철을 포함한 암석(주로 감람석)이 물과 반응하여 사문암으로 변하는 과정



## ■ 천연수소는 생산이 쉽고 싸다.

- 천연수소가 에너지 산업의 게임체인저로 부상하고 있는 가장 큰 이유는, 기존의 그린 수소/블루 수소/그레이 수소 등에 비해 가격경쟁력이 월등하기 때문이다.
- 천연수소는 지하에서 직접 채굴하므로, 복잡한 제조 과정이 필요 없어, 킬로그램당 1달러 미만의 비용으로 생산할 수 있을 것으로 예상된다.  
※ 페트로마는 말리에서 천연수소를 킬로그램당 0.5달러의 비용으로 생산
- 인공 수소 중 가격경쟁력이 가장 우수한 그레이 수소의 생산비용이 킬로그램당 2달러 수준인 것을 감안하면, 천연수소가 압도적으로 저렴한 것을 알 수 있다.



## 천연수소 개발에 뛰어들고 있는 국가/기업

### ■ 주요 국가와 기업들이 천연수소 개발을 서두르고 있다.

- '23.9월 美에너지부(DOE)는 천연수소 탐사 및 연구에 대해 2천만 달러를 지원한다고 발표하였다.  
: ARPA-E 프로그램\*을 통해 기업/국립연구소/대학 등이 추진중인 16개 프로젝트에 자금 지원  
\* ARPA-E(Advanced Research Projects Agency-Energy): 혁신적이고 에너지 기술 개발을 지원하는 프로그램
- '23.12월 마크롱 대통령도 '프랑스 2030' 행사에서 천연수소 개발에 대규모 자금을 지원하겠다고 발표하였다.  
: 약 582억 달러 규모의 프랑스 2030 프로그램을 통해 연구자금을 지원할 계획이며, '26년까지 친환경 수소 개발을 위해 40억 유로를 추가지원 하겠다고 선언 ※ 프랑스는 '22년 자원채굴법에 수소를 추가, 4개 기업이 천연수소 탐사 허가를 신청하였음.

### [ 천연수소 탐사/개발 선도업체 ]

회사명	현황
 호주 증권거래소에 상장된 천연수소, 헬륨 탐사/개발 기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nemaha Project(미국 캔자스주*, 탐사면적 약 52,000 에이커) : 프로젝트를 100% 소유, 운영 중이며, 10개 이상의 장소에서 수소/헬륨 매장 확인 * 암모니아(NH<sub>3</sub>) 제조업체(미국 암모니아의 총생산량의 35% 캔자스 주에서 생산), 메탄올 생산업체, 화학공장 등 천연수소에 대한 잠재 고객 밀집</li> <li>- Geneva Project(미국 네브라스카주) : Natural Hydrogen Energy 와 공동 개발 중이며, 16% 지분 보유</li> </ul>  
 미국 콜로라도주 덴버에 위치한 천연수소 탐사/개발 스타트업 ('21년 설립)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설립 후 3년 만에 글로벌 선도기업*들로 부터 약 5천억 달러 수준의 투자금 모집 * Breakthrough Energy(빌 게이츠 설립), 아마존, 유나이티드 항공, 미쓰비시중공업 등</li> <li>- AI 기술 기반으로 위성/레이저 라이다 이미징, 머신러닝 분석 기법을 활용하여 천연수소 탐사/개발</li> <li>- '24.10월, 수소가 풍부한 지질층에 대한 매핑기술을 가진 Xcalibur Smart Mapping社와 독점적 파트너십을 체결</li> </ul>
 캐나다 증권거래소에 상장된 천연수소, 핵심광물 탐사/개발 기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rider Natural Hydrogen Project(캐나다 서스캐처원주, 탐사면적 약 3,356km<sup>2</sup>) : 탐사면적 규모로 캐나다 최대 규모의 천연수소 개발 프로젝트이며, 탐사중인 일부 광구에서 고농도 수소 매장 확인</li> </ul> 

## Writer's Notes

‘수소경제’라는 용어가 있습니다. 수소를 국가 경제 및 사회 전반의 주요 에너지원으로 활용하는 경제 시스템을 의미합니다. 사업화가 더디게 진행되고 있어 쉽게 체감할 수는 없지만, 글로벌 주요 국가와 기업들은 청정에너지원인 수소를 주요 에너지원으로 도입하기 위해 로드맵을 구체화하고 있습니다.

한국도 '18년 수소 에너지를 『혁신성장을 위한 3대 전략투자 분야』로 선정하고, '20.2월 세계 최초로 수소경제법 제정, '20.7월 수소경제위원회를 도입하는 등 제반 환경을 구축하고 있습니다.

천연수소가 에너지원으로 주목받기 시작한 것은 최근이지만, 매장량이 무한하고, 생산비용이 저렴하다는 장점이 있어, 미래 에너지원으로써 게임체인저가 될 가능성이 존재합니다.

현재 국내에서는 석유공사를 중심으로 천연수소 매장가능성에 대해 검토하는 단계이지만, 글로벌 선도기업들은 이미 탐사와 시추를 본격화하고 있기 때문에, 수소경제 사회로의 전환 가능성을 염두에 두고 업계 동향을 예의주시할 필요가 있어 보입니다.

## [참고자료1] 한국석유공사 천연수소 담당자 인터뷰

**Q. 한국 석유공사에서 천연수소 관련하여 어떠한 활동들을 하고 있는가?**

- A. E&P/에너지사업본부 산하의 글로벌기술센터 기술전략팀에서 천연수소 탐사를 담당하고 있음.  
아직은 사업화 가능성을 분석하고 평가하는 조사팀 수준의 조직만 있다.  
(기술전략팀 인원은 총 10명, 그 중 2명이 천연수소 분야를 전담하고 있음.)

**Q. 국내에도 천연수소가 매장되어 있을 가능성이 있는가? 있다면 얼마나 많은 양이, 어디에 있는가?**

- A. 문헌 및 데이터 자료상으로는 우리나라에도 천연수소가 매장되어 있을 수 있다고 판단하고 있다.  
석유공사가 가지고 있는 석유탐사 기술을 기반으로 국내 자연수소 매장지 탐사를 전국적으로 확대할 계획이다.(석유공사는 '23.4월 자연수소 탐침장치를 개발하여 특허 출원)  
민원 발생때문에, 기존에 시추공이 뚫려 있는 장소\*부터 우선적으로 탐사 중이고,  
\* 석유공사가 시추공을 소유하고 있지 않아서, 측정시 소유주들에게 협조를 받아 진행  
일부 장소에서는 토양에 장치를 삽입하여 지하에서 올라오는 수소 기체를 측정하고 있다.  
천연수소는 석유나 가스에 비해 부피가 매우 크다. 해외 사례를 보면 추출을 해도 지속적으로 충전되기 때문에, 매장량을 평가하는 명확한 기준이 아직은 국내에 없다.

**Q. 천연수소와 관련하여 관심을 보이고 있는 국내 기업이 있는가?**

- A. 회사 이름은 말해주기 어렵지만, 몇 개 기업에서 문의가 온 적은 있다.  
현재는 우리도 너무 초기 조사 단계라서 협업할 수 있는 부분이 상당히 제한적인 상황이다.  
※ 국내 학계에도 수소 전문가들이 없는 상황이라 직접 하나씩 조사하고 연구 중  
향후, 연구가 어느정도 수준까지 올라오면 기업들과 협업할 수 있는 부분을 발굴할 계획이다.

**Q. 석유공사 외에도 천연수소를 연구하는 기관이 있는가?**

- A. 탐사는 한국석유공사가 진행하고 있고, 연구는 한국지질자원연구원\*이 담당하고 있는 것으로 파악하고 있다.  
향후 천연수소를 도입하는 경우 유통은 가스공사가 담당할 것 같다. \* 국내 유일의 지질 자원 분야 정부출연 연구기관



## 【 주요 출처 】

(2023, Sep.7). U.S. Department of Energy Announces \$20 Million to Explore Potential of Geologic Hydrogen. *Advanced Research Projects Agency*.

<https://arpa-e.energy.gov/news-and-media/press-releases/us-department-energy-announces-20-million-explore-potential-geologic>

(2024, Apr.23). 2030년 세계 수소생산량 1100만톤...그린수소가 70% 차지. *가스신문*.

<https://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=108984>

(2024, May.6). NREL natural hydrogen exploration project wins federal funding. *Hydrogen Fuel News*.

[https://www.krikt.re.kr/bbs/BBSMSTR\\_000000000732/view.do;jsessionid=CF1758CB74E0D14D13FA8A84313501AA?nttlId=B00000104095Pu1oH5&mno=sub06\\_03\\_03\\_03](https://www.krikt.re.kr/bbs/BBSMSTR_000000000732/view.do;jsessionid=CF1758CB74E0D14D13FA8A84313501AA?nttlId=B00000104095Pu1oH5&mno=sub06_03_03_03)

(2024, May.23). 제2의 천연 에너지 ‘골드수소’를 캐낸다면. *한국화학연구원*.

[https://www.krikt.re.kr/bbs/BBSMSTR\\_000000000732/view.do;jsessionid=CF1758CB74E0D14D13FA8A84313501AA?nttlId=B00000104095Pu1oH5&mno=sub06\\_03\\_03\\_03](https://www.krikt.re.kr/bbs/BBSMSTR_000000000732/view.do;jsessionid=CF1758CB74E0D14D13FA8A84313501AA?nttlId=B00000104095Pu1oH5&mno=sub06_03_03_03)

(2024, Jun.29). 천연수소 10%만 추출해도 수천년 소비량...미국이 뛰어들었다. *한겨레*.

[https://www.hani.co.kr/arti/science/science\\_general/1108122.html](https://www.hani.co.kr/arti/science/science_general/1108122.html)

(2024, Jun.6). Billionaires are Betting on Natural Hydrogen: Why Should You Care?. *Equities Club*.

<https://articles.equitiesclub.com/p/billionaires-betting-on-natural-hydrogen>

CARLO CAPPELLANI SENIOR GEOSCIENTIST. NATURAL HYDROGEN: PROMISING OPPORTUNITIES FOR EXPLORATION & PRODUCTION. *Hydrogen portal*.

<https://hydrogen-portal.com/natural-hydrogen-promising-opportunities-for-exploration-production/>

HyTerra Limited 홈페이지. <https://hyterra.com/>

Max Power Mining Corp 홈페이지. <https://www.maxpowermining.com/about/>