



# 알기 쉬운 수소이야기





## 수소는 무엇인가요?

원소 번호 1번으로 우주 질량의 약 75%를 차지하고 있으며, 우주 원소의 88%를 차지할 만큼 우주에서 흔히 발견할 수 있는 물질입니다. 수소는 원자 중 가장 단순한 구조로 이루어져 있고 냄새, 맛, 색도 가지고 있지 않습니다.

### 수소의 특징

2019년 1월 수소경제로드맵, 산업부 자료

- 원자번호 1번인 수소는 우주질량의 75%를 차지할 정도로 풍부
- 기술적 난이도는 높지만, 지역적 편중이 없는 보편적 에너지원, 장기간·대용량 저장(Energy-carrier), 산소와 화학반응으로 열·전기 생산 후, 부산물도 물(H<sub>2</sub>O)밖에 없어 환경친화적(CO<sub>2</sub> free)

### 연료가스의 물리적·화학적 특성

수소보다 LPG가 폭발 위험성이 높음

특성	LPG	도시가스	수소	비교
분자식	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	• 수소 원자 번호 1번
분자량	44g, 58g	16g	2g	• 수소는 가장 가벼운 연료가스
상대비중	1.5~2	0.55	0.0689	• 공기 비중 = 1로 계산 • 공기 분자량 29g
폭발(연소) 범위	1.8~9.5%	5~15%	4~75%	• 하한이 낮을수록 위험함
비점	-42.1 ~ -0.5℃	-162℃	-252.6℃	
누출 시 특성	체류	위로 확산	위로 확산 (大)	• 공기보다 가벼울수록 확산속도 빠름
폭발 위험도	높음	조금 낮음	낮음	• 공기보다 무거울수록 폭발 위험성이 높음

## 수소는 안전한가요?

수소 자체는 산업 전반에 걸쳐 수십 년간 사용해 온 가스로서 다른 에너지와 같이 안전관리 노후가 충분히 축적된 안전한 에너지입니다. 특히, 수소전기차에 들어가는 수소저장용기는 에펠탑(7300톤) 무게도 견딜 수 있는 수준으로 무려 17개의 안전성 시험을 실시하고 있습니다. 또한 수소는 가장 가벼운 기체로 공기 중에서 빠르게 확산되기 때문에 점화 및 폭발 등의 조건을 만족시키기 어렵습니다. 전문가의 연구 결과에서 따르면 우리가 흔히 사용하는 도시가스보다 안전하다고 평가하고 있습니다.

## 수소와 수소폭탄은 다른가요?

수소차의 연료로 사용되는 수소가스는 수소폭탄에 사용되는 중수소·삼중수소와는 전혀 다른 일반적인 수소가스일 뿐입니다. 일반적인 수소는 핵에 양성자 1개로 이루어져 있으나, 중수소나 삼중수소는 핵에 양성자 1개와 중성자 1개 또는 2개를 더 갖고 있습니다. 그리고 일반적으로 자연 상태에서는 수소가 중수소·삼중수소가 될 수 없습니다.

수소폭탄의 폭발원리는 우라늄 핵폭발에 의해 촉진되며 이때 높은 압력과 1억도 이상의 온도가 올라가서 중수소나 삼중수소를 충격해 핵융합 반응을 일으키게 하는 것입니다. 그러나 수소전기차의 연료 전기 운전 온도는 60~80도 정도에 불과하며 사용되는 연료는 순수한 수소가스입니다. 수소폭탄과는 전혀 관계가 없습니다. 만약, 수소전기차에 이용되는 수소가 수소폭탄이 된다면 우리나라는 엄청난 핵폭탄 보유국(?)이라는 것인데 말이 안 되겠죠. 부정적인 생각으로 생긴 오해입니다.





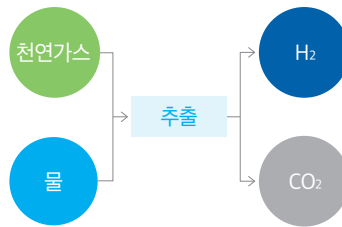
## 수소는 어떤 방식으로 생산되나요?

수소는 석유와 같이 채굴 가능한 1차 에너지가 아닌 에너지 캐리어 (energy-carrier)입니다. 갈탄, 석유, 천연가스 등 1차 에너지와 태양광, 풍력 등 재생에너지로부터 생산해야 합니다. 수소 생산방식은 세 가지로 구분할 수 있습니다.

- 추출(개질) 수소** : 천연가스(메탄), LPG, 갈탄 등을 고온/고압에서 분해
- 부생수소** : 석유화학이나 제철공장의 공정 중에 부산물로 발생
- 수전해 수소** : 물을 전기분해하면 수소와 산소가 발생

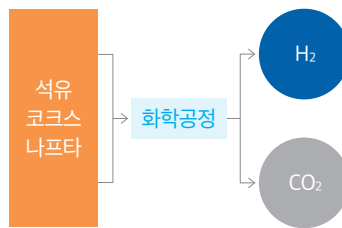
### 추출(개질)

- 기존 에너지 활용 가능
- CO<sub>2</sub> 발생



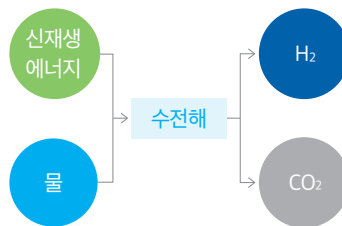
### 부생수소

- 현재 가장 저렴한 방법
- 분리·정제로 생산



### 수전해

- 탄소 제로 수소 생산 방법
- 현재는 고비용



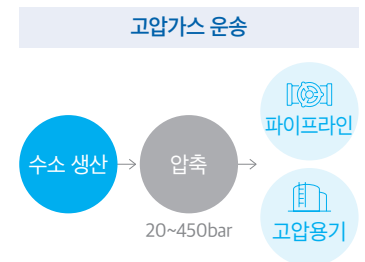
## 수소는 어떻게 저장되나요?

수소는 기체나 액체 형태로 저장할 수 있고, 다른 화합물로도 변환하여 저장할 수 있습니다. 가장 대표적인 방식은 다음과 같습니다.

- 기체 저장/운송** : 기체 수소를 압축하여 고압용기에 저장
- 액체 저장/운송** : 수소를 영하 온도(-253℃)로 냉각하여 액화상태로 저장
- 화합물 저장/운송** : 메탄, 암모니아(액상), MCH(액상) 등 형태로 변환 또는 금속 등에 저장

### 기체

- 튜브트레일러, 파이프라인 등으로 운송
- 파이프라인은 초기 투자비가 들지만 수소 운송비용이 가장 저렴



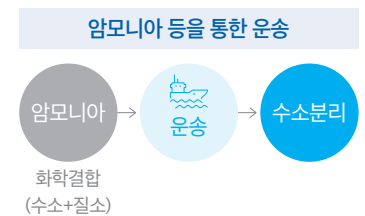
### 액체

- 투자비용 높음
- 대량 저장이 가능하고, 높은 저장 효율성



### 화합물

- 유조선/유조차 활용
- 상온/상압 운송 가능



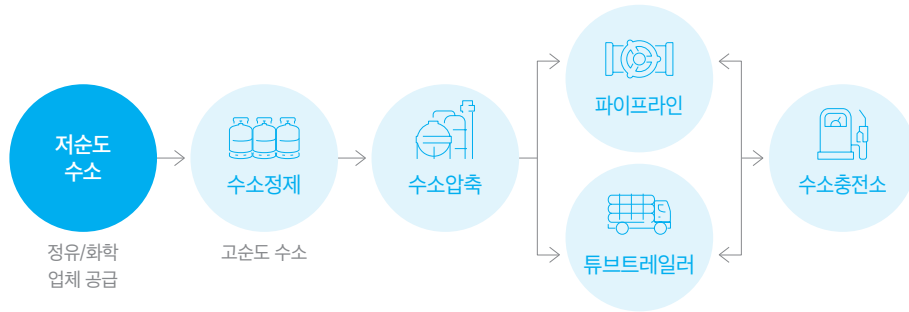


### 수소는 어떻게 운송되나요?

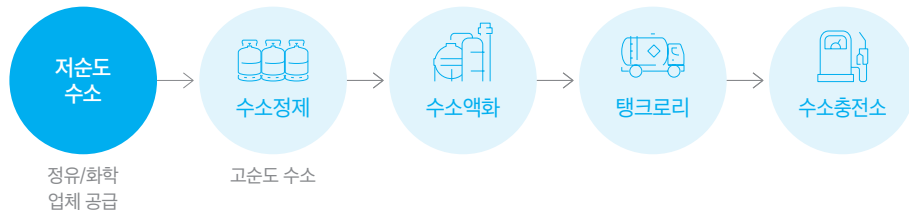
대부분 수소는 기체로 존재하기 때문에 기체 상태의 수소를 압축하여 운송하는 방식이 일반적입니다. 현재의 운송비용을 절감하기 위해서는 400기압 이상 압축을 통한 저장용량 향상 및 트레일러 경량화 등 운송 방식 효율화가 필요하며, 향후에는 주요 수요처를 중심으로 파이프라인\*을 구축하고, 장기적으로는 고밀도/대용량 운송이 가능한 액화 수송이 필요합니다.

\* 현재 울산 내 공장 등 일부 지역에 수소 공급 파이프라인이 설치되어 있으며 향후 지역 전체 및 전국적으로 확대 예상(2019년 1월, 수소경제 로드맵 발표, 울산시)

#### 기체 운송



#### 액체 운송



### 수소에너지란 어떤 에너지 인가요?

수소에너지는 대규모 저장·운송이 용이한 2차 에너지로 물을 전기분해하여 얻을 수 있습니다. 이러한 특징을 활용하면 재생에너지의 잉여 전력을 통해 수소를 생산·저장하였다가 소비지로 운송하여 연료전지를 통해 발전시킬 수 있습니다. 이를 통해 재생에너지가 가지는 한계를 극복하고 보다 안정적이고 효율적으로 전력을 활용할 수 있습니다. 즉 재생에너지 확대에 수소 에너지의 '에너지 캐리어' 역할이 필수적인 것입니다.

### 화석연료를 사용하는 수소를 왜 미래 청정에너지라고 하나요?

궁극적으로 물을 전기분해하는 수소 생산 방식(수전해)을 이용하면 온실가스 발생이 전혀 없습니다. 그러나 현재 수전해 방식은 수소 생산 비용이 상대적으로 비싸기 때문에, 부생수소나 수증기 추출법을 주로 사용하고 있습니다. 향후 효율이 개선된 수전해 기술을 적용하여 신재생 에너지나 저렴한 심야 전기를 이용해 수소를 생산하는 방식이 확대 적용될 것입니다. 이렇게 되면 수소 생산에서 발생하는 온실가스를 크게 줄일 수 있을 것으로 예측됩니다.





### 수소에너지는 어느 분야에 활용되나요?

수소는 그동안 석유화학, 반도체, 정유, 식품, 항공 및 우주 등 산업 전반에 걸쳐 다양하게 사용되어 왔습니다. 현재는 **운송수단을 위한 모빌리티 부분과 전력생산을 위한 발전원 부분에서 전 세계적으로 개발 및 보급이 이루어지고** 있습니다.

### 수소차는 내연기관에 비해 어떤 이점이 있나요?

수소는 화석연료에 비해 분자 구조가 간단하고 기존 연소 기술보다 더 효율적입니다. 내연기관은 매연, 질소산화물 등 요즘 지구 온난화에 주범이 되는 온실가스를 배출하는데 비해 **수소차는 순수 물만 배출** 합니다. 또한 수소차는 **내연기관보다 조용하고 구조가 단순해 유지 비용이 절감**됩니다. 수소를 연료로 하는 자동차는 화석연료로 구동되는 내연기관 차보다 더 오래 지속 가능할 것을 보입니다.



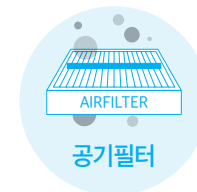
### 수소에너지가 왜 각광받고 있나요?

수소에너지는 화석 연료와 달리 고갈될 걱정도 없고 지역적 편중도 없습니다. 또한 수소에너지는 **친환경 에너지이기 때문에 화석에너지 체제의 한계를 극복하고 지구 온난화 문제를 해결하기 위한 대체 에너지원인 태양광, 풍력, 수력, 지열, 조력보다 에너지 밀도가 높습니다.** 특히 수소는 전기에너지를 이용하여 물로부터 얻을 수 있으며, **연소 또는 전기생산 시 다시 물로 되돌아가는 차세대 미래 청정 연료의 특성이** 있어 주요 산업의 에너지원으로 각광받고 있습니다.

### 수소에너지를 사용하면 공기가 정화되나요?

수소전기차는 수소와 산소를 전기화학 반응시켜 얻은 전기로 구동되는 차량입니다. 연료전지의 내구 성능 확보를 위해 공기 중 먼지와 CO 등 화학물질을 제거한 후 연료전지에 공급됩니다. 이를 통해 공기 중 먼지나 화학물질은 3단계 공기정화 시스템을 통해 정화됩니다.(초미세먼지 99% 이상 제거)

- 먼지 및 화학물질을 포집하는 공기필터에서 초미세먼지 97% 이상 제거(일반차량 공기필터와 비슷한 주기로 교체)
- 막 가습기(가습막을 통한 건조공기 가습)의 표면에서 초미세먼지를 추가로 제거
- 연료전지 스택 내부 미세기공 구조의 탄소섬유 종이로 된 기체확산층에서 제거



먼지 및 화학물질 포집  
초미세먼지 97% 이상 제거  
(초미세먼지 : 2.5 $\mu$ g 이하)



가습막을 통한 건조공기 가습  
막 표면에서 초미세먼지 제거  
(막 표면적 : 7.9m<sup>2</sup>, 막 길이 : 1.4km)



전극막에 수소/공기 공급  
미세기공층에서 초미세먼지 제거  
(미세기공층 크기 : 0.1 $\mu$ g 이하)

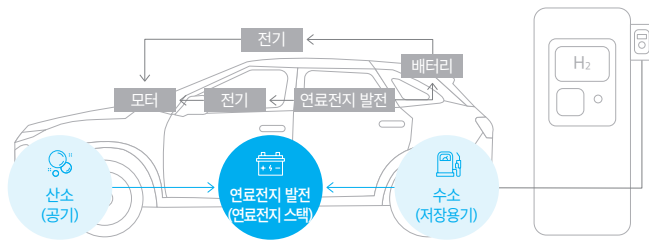




### 수소전기차는 무엇인가요?

수소전기차는 수소와 산소가 연료전지에서 반응하여 전기를 생산하고, 생산된 전기를 이용해 구동되는 자동차입니다.

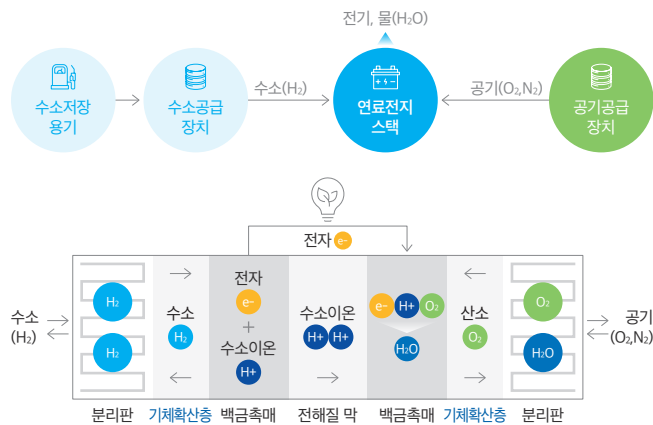
- 저장용기** : 충전소에서 충전한 수소를 자동차 내에 저장하는 용기
- 연료전지 스택** : 수소와 산소의 전기화학반응으로 전기생산
- 배터리** : 연료전지를 보조해주는 역할(~1kWh), 발전된 전기의 저장 및 보조전원의 역할. 보조전원만으로도 주행 가능
- 모터** : 생산된 전기를 이용하여 자동차 바퀴를 구동



### 연료전지는 무엇인가요?

연료전지는 산소와 수소의 전기화학반응을 이용해 연료의 화학적 에너지를 전기와 열에너지로 변환시키는 에너지 전환 장치입니다. 두 개의 전극과 그 사이에 수소이온을 전달하는 전해질로 이루어져 있으며 연료극에 수소를, 공기극에 산소를 주입하는데 이때 주입된 수소는 수소 이온과 전자로 분리됩니다.

### 수소차 연료전지 스택 내 전기발생 원리



### 수소 경제란 무엇인가요?

수소경제는 수소를 중요한 에너지원의 하나로 사용하고 국가경제, 사회 전반, 국민생활 등에 근본적인 변화를 초래하여, **경제성장과 친환경 에너지의 원천이 되는 경제사회**를 말합니다. 수소는 새로운 성장동력으로 미래경제의 핵심이자, 친환경 에너지 혁명을 일으킬 원동력이 될 것입니다.

	탄소경제	수소경제
에너지 패러다임	탄소자원(석유, 석탄, 가스 등) 중심	탈탄소화 수소 중심
	수입 의존(95%)	국내 생산으로 에너지 자립 기여
에너지 공급	대규모 투자가 필요한 중앙집중형 에너지 수급	소규모 투자로 가능한 분산형 에너지 수급
	입지적 제약이 크고 주민 수용성이 낮음	입지적 제약이 적고 주민 수용성이 높음
경쟁 양상	자원개발 및 에너지 확보 경쟁	기술경쟁력 확보 및 규모의 경제 경쟁
환경성	온실가스, 대기오염물질 배출 * Co2, NOx, SOx 등	온실가스 배출이 적어 친환경적 * 부산물 = 물(H2O)





### 수소충전소는 어떤 방식들이 있나요?

수소충전소는 수소 공급방식(자체 수소 생산 여부)에 따라 두 가지로 분류됩니다. 현재 국내에 구축된 수소충전소는 대부분 튜브트레일러 방식이며, 향후 구축될 대용량 수소버스 충전소는 On-site 방식이 적용될 예정입니다.

- off-site 방식** : 외부로부터 수소 공급(파이프라인, 튜브트레일러)
- on-site 방식** : 자체적으로 수소 생산(천연가스 개질, 수전해)

#### off-site 수소 충전소

외부로부터 수소 공급



#### on-site 수소 충전소

자체적으로 수소 생산



### 수소연료탱크에 수소가 누출되면 어떻게 되나요?

수소연료탱크에는 누출 센서, 밸브 차단 등 안전장치가 존재하며, 낙하, 파열, 화염 등 다양한 항목에서 엄격한 평가를 통해 안전성 검증을 받습니다. 그리고 수소는 공기 중 농도가 4~75%의 범위에서 폭발하는데, 수소연료탱크에서 수소가 누출되는 경우 순간 수소 농도가 75%를 넘고 공기보다 14배 정도 가벼워서 빠르게 확산됩니다. 결과적으로 수소 농도가 4% 이하로 떨어지므로 폭발 상황은 발생하지 않습니다. 그렇다고 해서 수소가 절대적으로 안전하지는 않습니다. 화석연료를 사용하는 때에도 문제가 발생했듯이 수소도 마찬가지입니다. 확실한 사실은 수소를 안전하게 관리할 수 있는 기술은 이미 충분히 가지고 있다는 겁니다.

### 수소충전소에서 수소가 누출되면 어떻게 되나요?

수소충전소 시스템은 수소 누출을 안전한 방식으로 처리하도록 설계되어 있습니다. 수소충전소 내 수소가 누출되더라도 원활하게 배출할 수 있는 환기구가 설치되어 있으며, 가스누출 경보장치를 통해 수소의 폭발 농도가 형성되기 전에 경보를 울려주어 누출을 사전에 차단하도록 설계되어 있습니다.





## 수소충전소는 안전한가요?

수소충전소는 ① 주요설비·부품에 대한 검사 및 인증 ② 3중 안전장치 설치 ③ 안전관리자 상주 및 안전거리 확보 등을 통해 안전하게 관리하고 있습니다.



### ① 주요설비·부품에 대한 검사 및 인증을 통한 안전성 검증

충전소 주요설비인 고압압력용기 및 안전밸브는 「고압가스 안전관리법」에 따라 제조공장 심사 및 제품검사를 실시하고, 주요 밸브 3종은 의무 인증을 통해 안정성을 검증합니다.



### ② 3중 안전장치 설치를 통한 안전성 확보

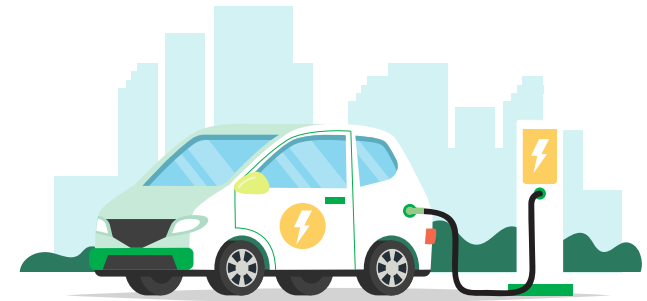
가스누출검지경보장치, 화염감지기, 온도/압력센서 및 인터록 등 3중 안전장치로 수소 충전소의 안전을 유지합니다.



### ③ 안전관리자 상주, 주택 등 보호시설과의 안전거리 확보 등 안전기준 준수

안전관리자를 충전소에 상주시키고, 주택 등 보호시설·사업소 경계·도로와의 충분한 안전거리 확보 등을 통해 충전소 입지로 인한 주변의 안전을 확보합니다.

※ 우리나라의 경우 국회 부지 내에 수소충전소가 설치되어 있고, 프랑스의 경우 에펠탑 주변, 일본 또한 도쿄타워 옆과 건물 밀집 지역에 수소충전소가 위치해 있어 국제적으로도 수소충전소의 안전성은 입증된 것으로 볼 수 있습니다.



## 수소 충전 시 주의할 점은 무엇인가요?

수소가 가연성이므로 수소충전소도 일반 주유소와 마찬가지로 **담배와 같은 점화원은 절대 삼가야** 하고, 일반 주유소와 달리 수소충전소에서 사용하는 전기설비 중 위험 장소 안에 있는 전기설비는 방폭의 성능을 갖도록 규정되어 있어 수소충전기 주변에서는 원칙적으로 방폭 성능이 없는 휴대폰 사용이 금지됩니다.

이 책자는 '수소에너지+수소경제 30문 30답', '수소충전소안전 바로알기 50문 50답'의 내용을 발췌하여 제작되었습니다.