

Hello!

처음 만나는 수소



Contents

Prologue | 만화

세상을 바꾸는 히어로, 수소의 정체를 밝혀라!

03

Intro | 수소 신상명세서

수소, 넌 누구니?

10

Chapter 1 | Clean 청정성

수소는 탄소중립의 해결사

11

오염 없이 전기 만드는 수소의 비밀

12

Chapter 2 | Accessible 접근성

수소를 만드는 비밀 레시피

13

재생에너지로 만드는 깨끗한 수소, 수전해!

14

에너지가 필요한 어디에든 수소가 간다!

15

Chapter 3 | Versatile 다재다능함

다재다능한 수소, 버려지는 전기를 담다

16

전기, 버리지 말고 수소에 저장

17

문제 해결의 열쇠, 수소

18

다재다능한 수소전기차, 더 빠르게, 더 멀리 나아간다

19

굴착기부터 버너까지, 팔방미인 수소

20

Chapter 4 | Safe 안전성

수소, 안전을 더하다

21

Chapter 5 | Fair 공정성

에너지 안보 지킴이, 수소

22

Outro | 수소가 만들어 나갈 오늘과 내일

계속 성장하는 글로벌 수소 시장

23

글로벌 수소 프론티어, 우리나라의 수소 기업

24

내가 사는 이곳, 수소로 움직인다

25

우리 동네도 수소도시?

26

수소가 바꾸는 우리 동네

27

로봇·AI·수소 미래도시, 새만금

29

Epilogue | 한눈에 보는 수소

한눈에 보는 수소

30

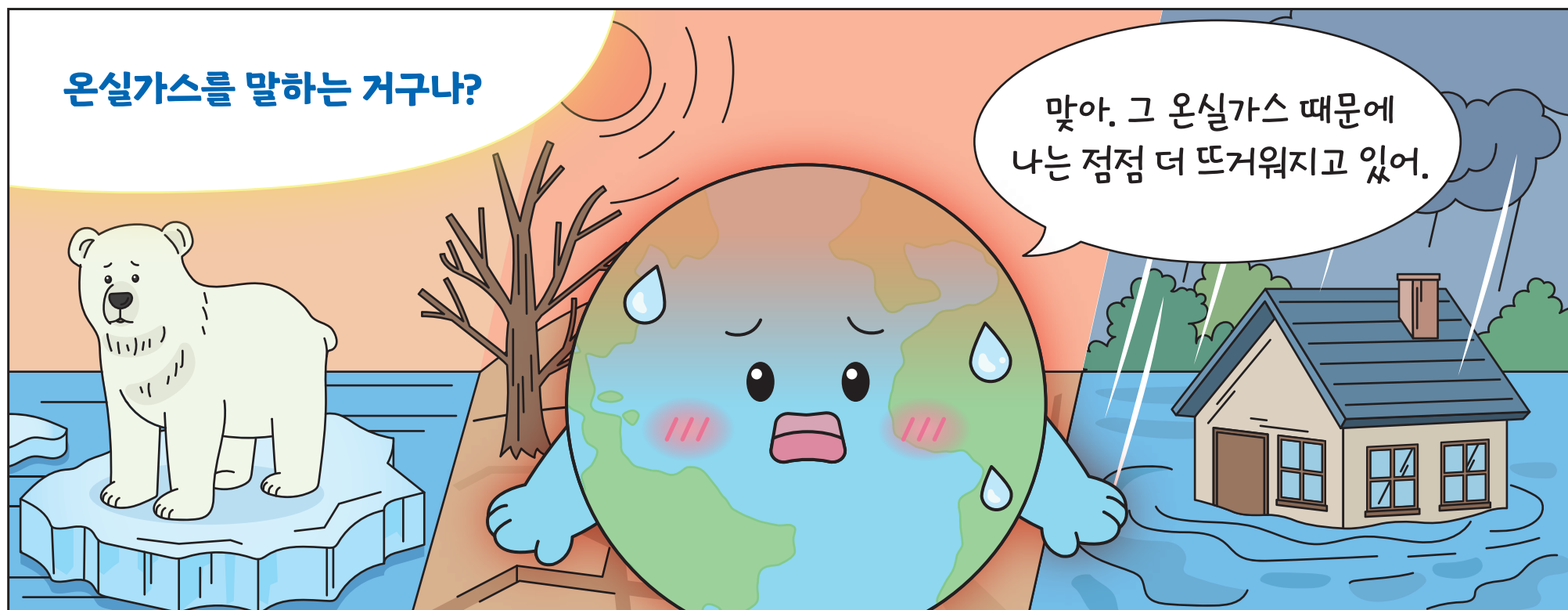
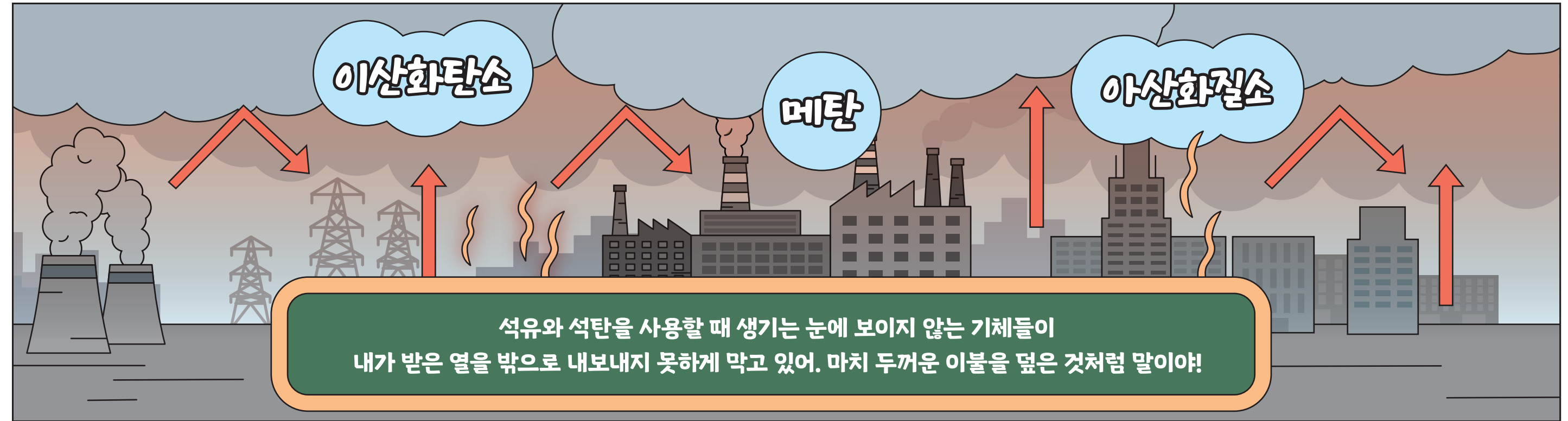
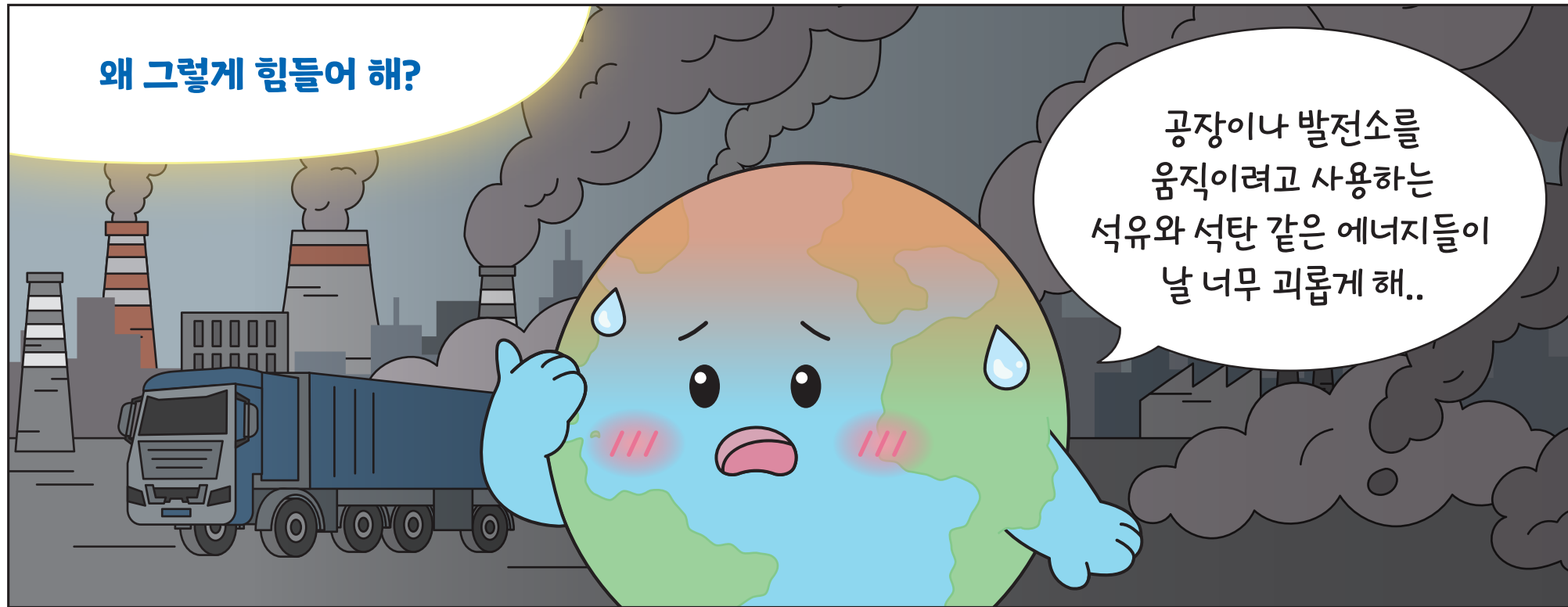
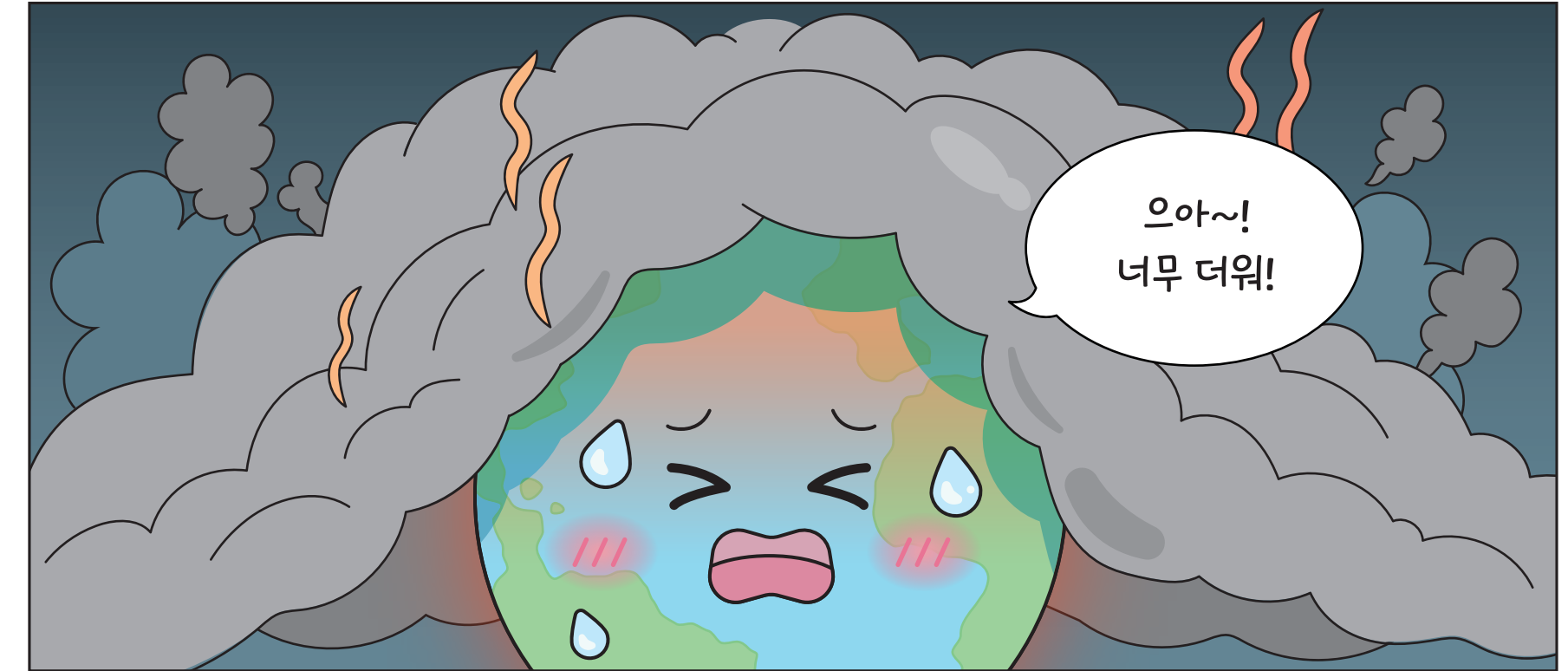
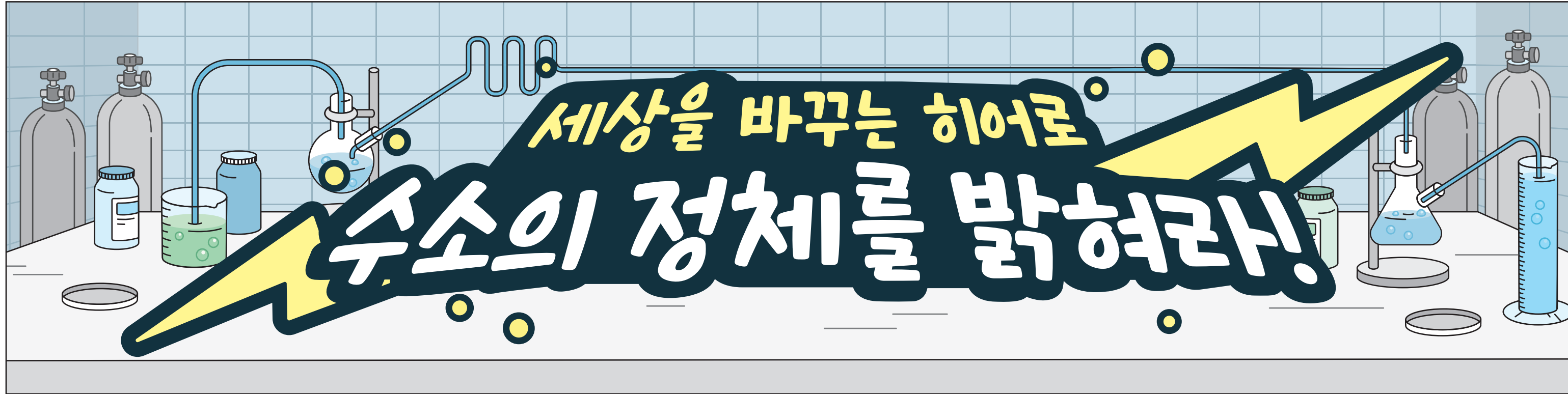
궁금해요! 수소 Q&A

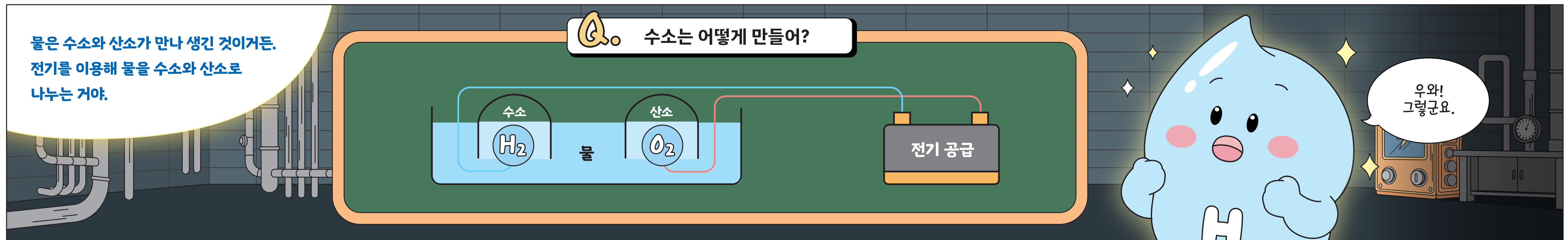
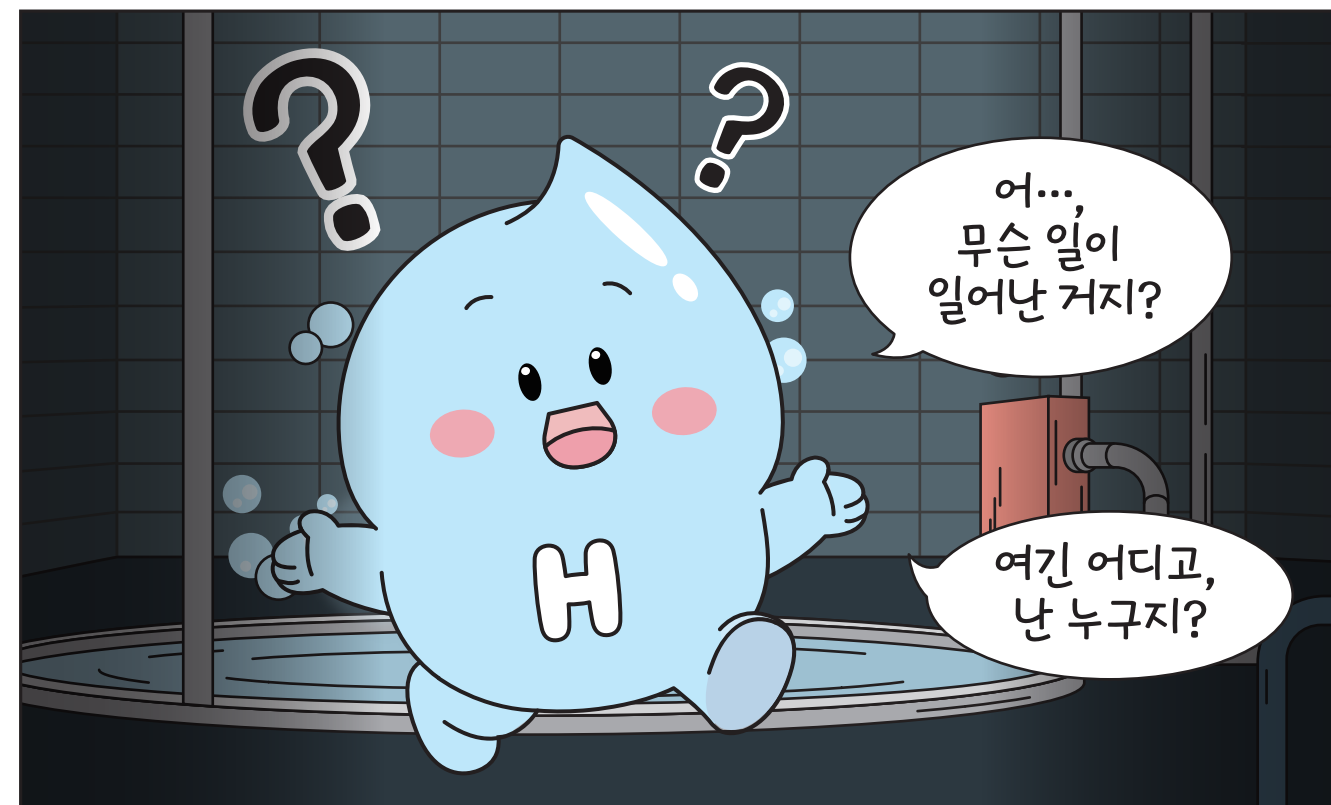
31

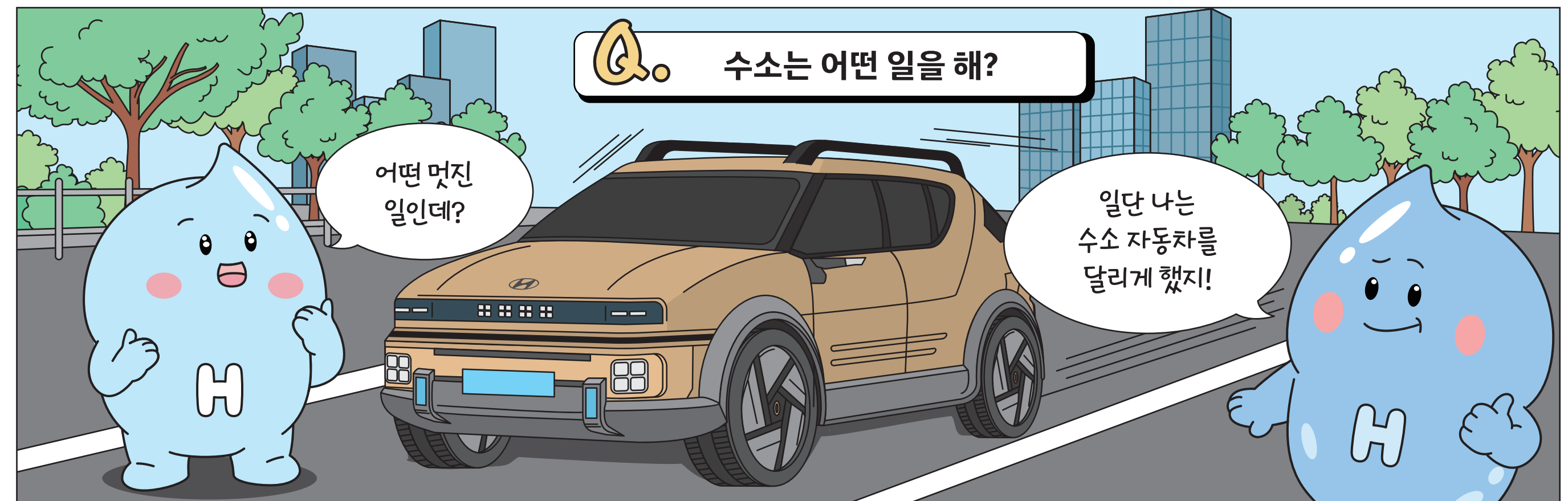
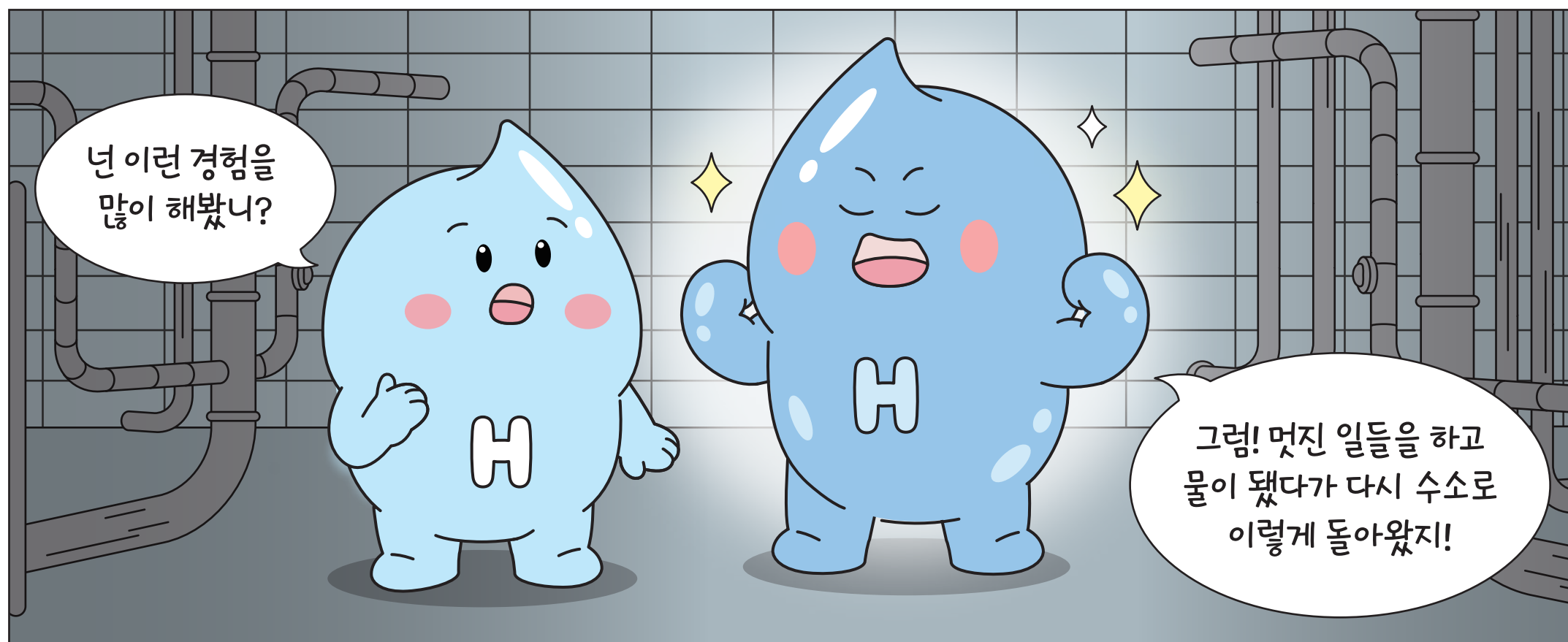
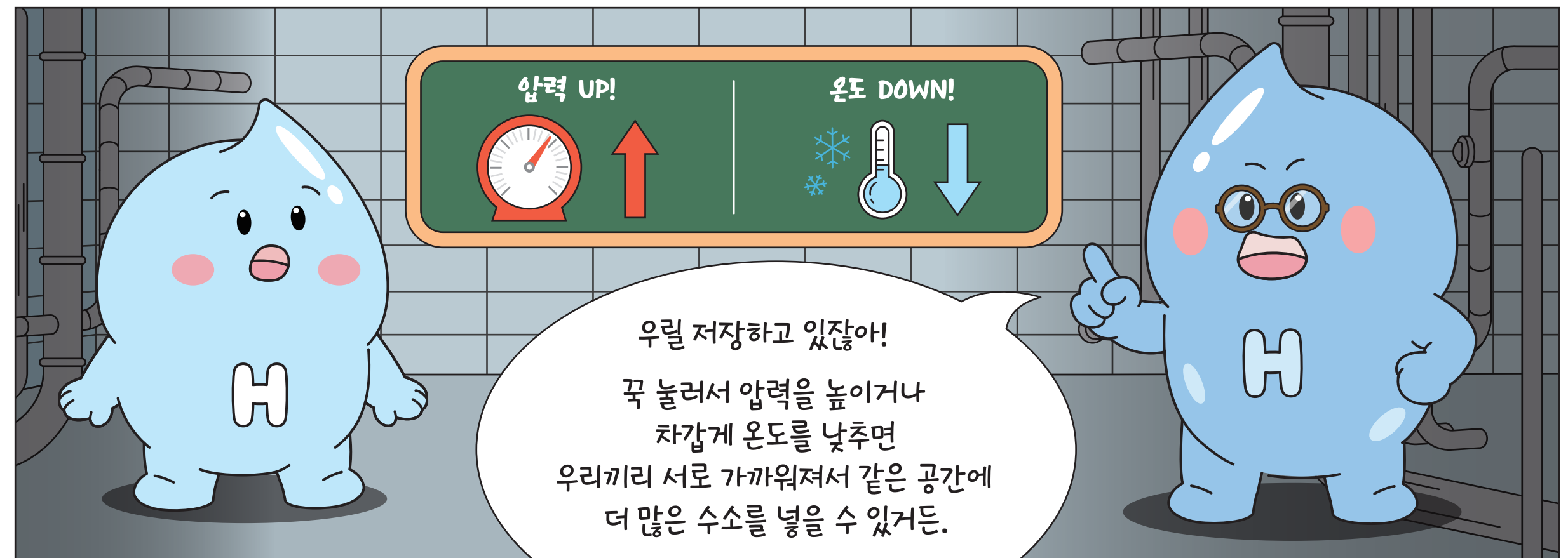
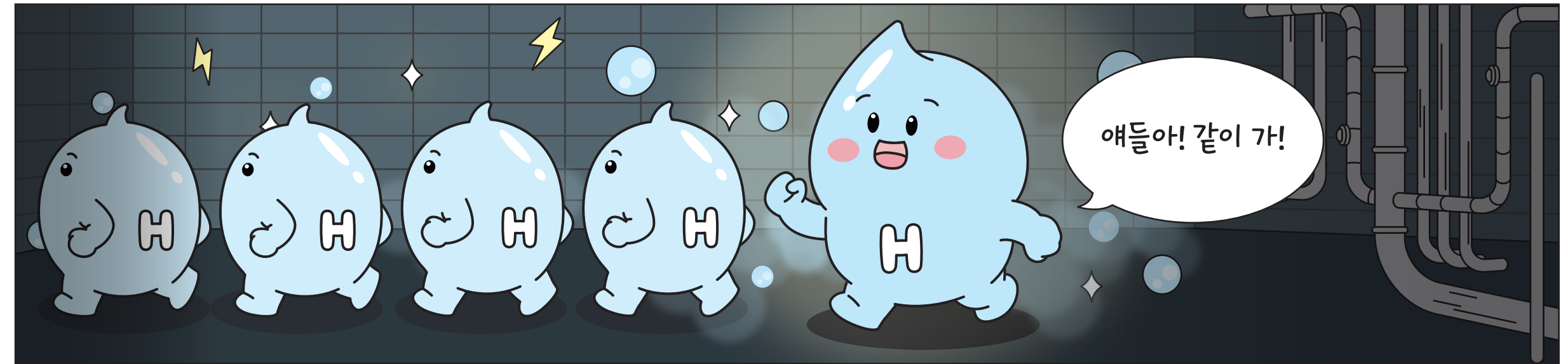
Appendix | 현대자동차그룹(HMG) 수소 헤리티지 및 HTWO 주요 사업 소개

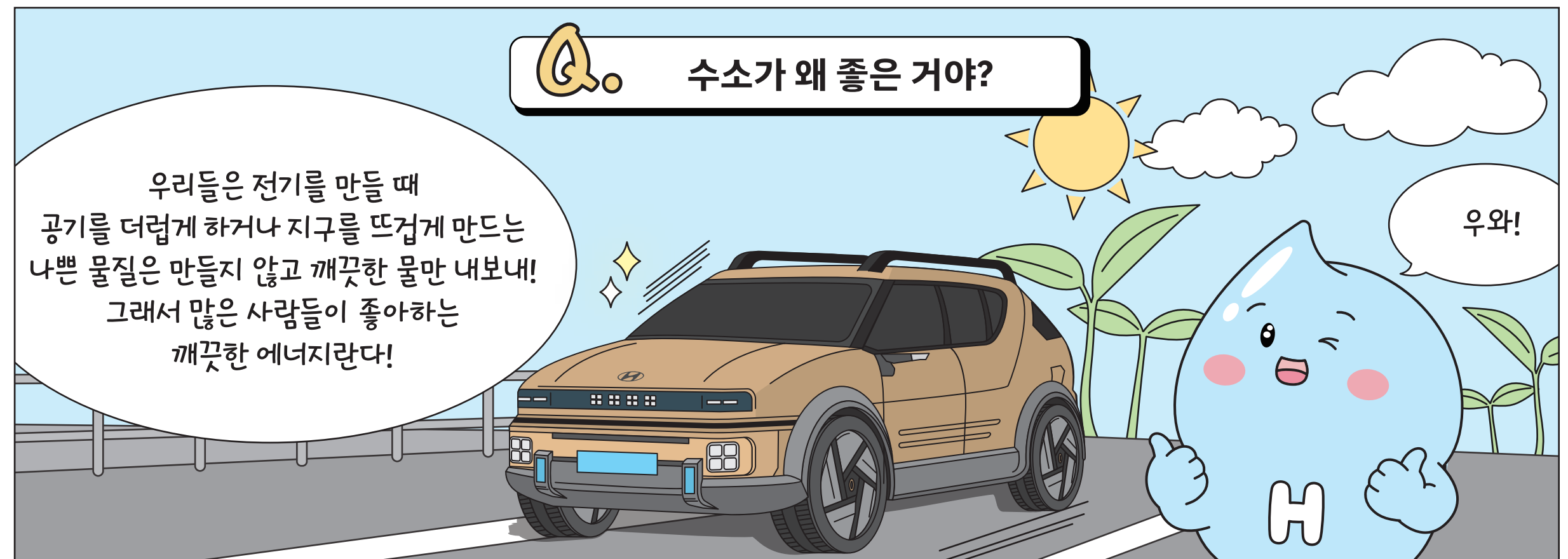
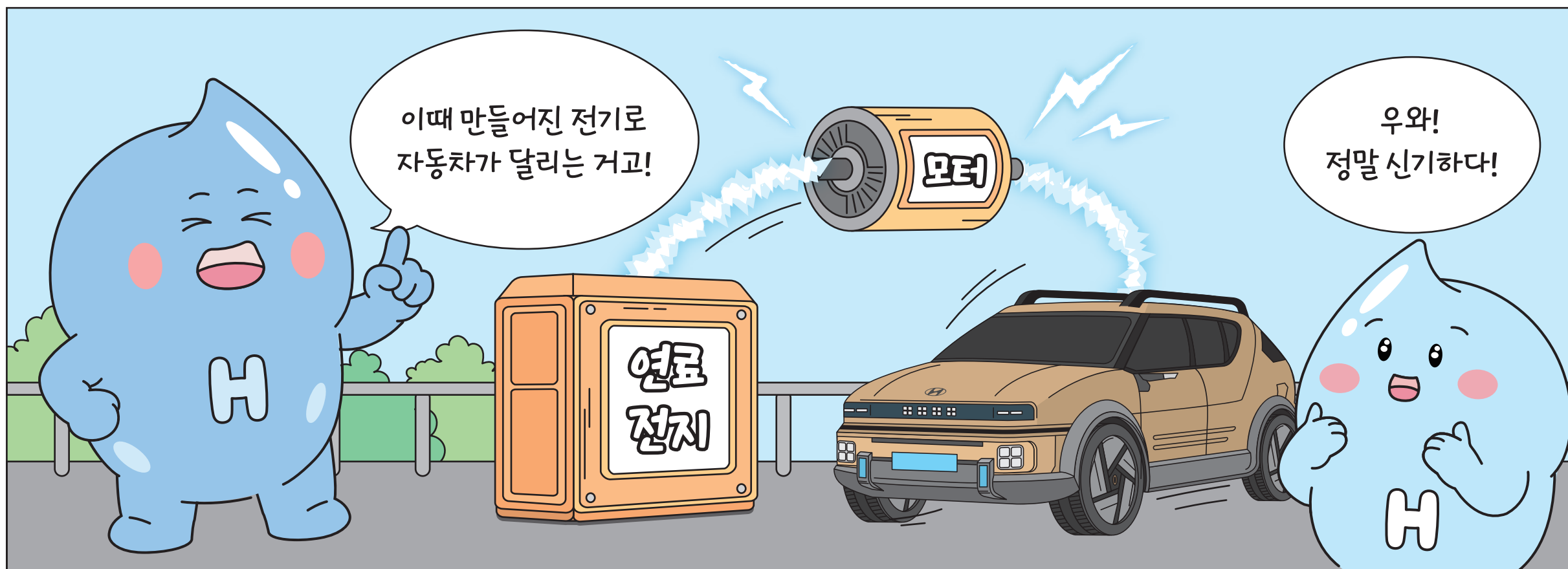
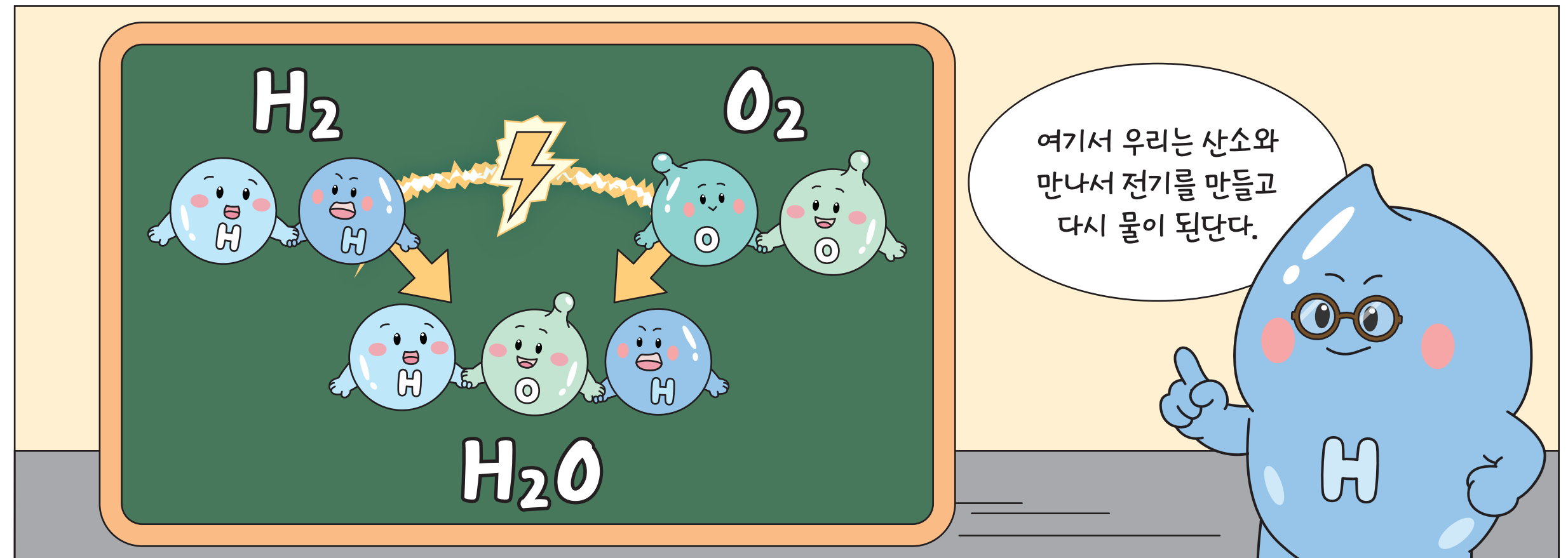
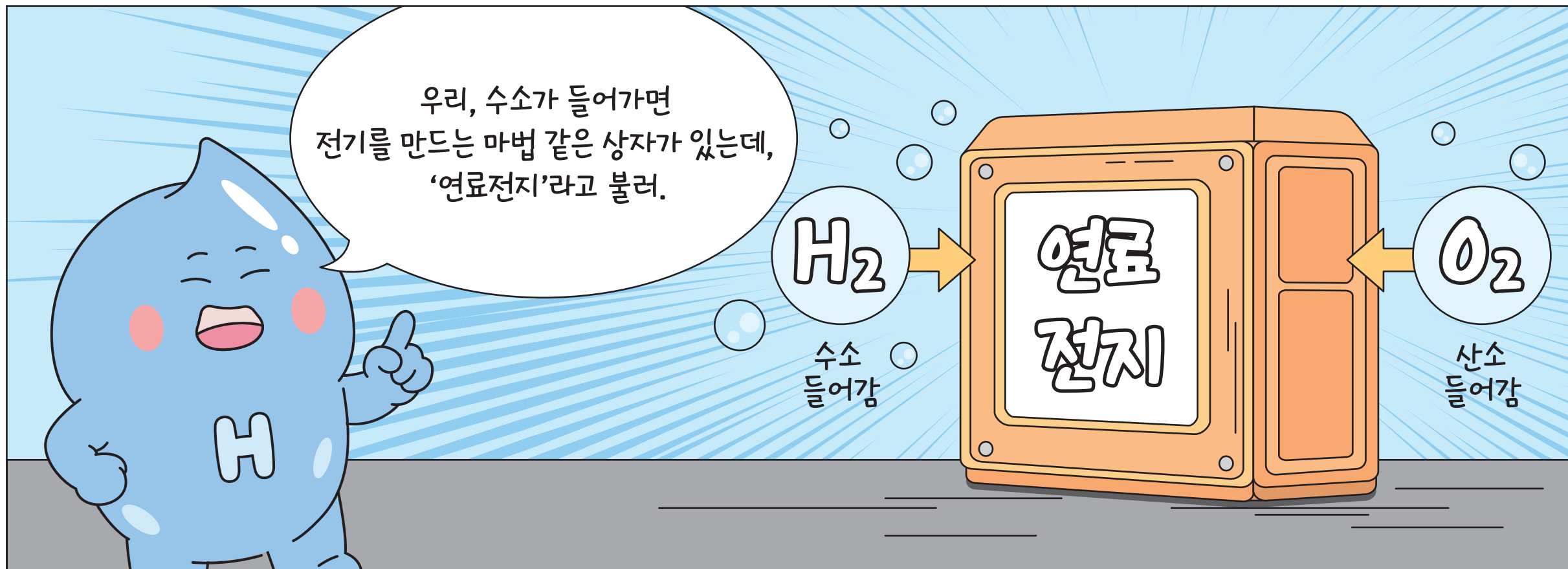
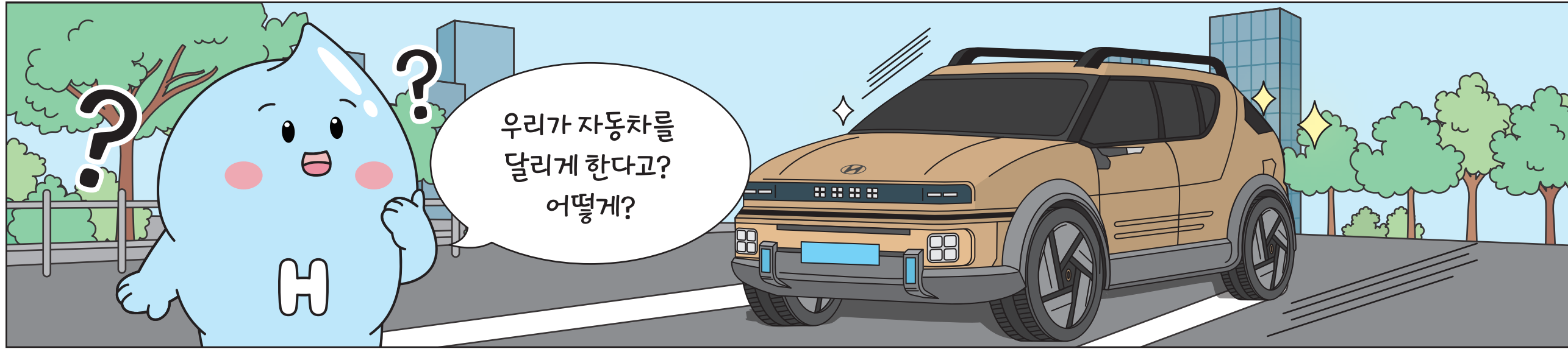
현대자동차그룹(HMG) 수소 헤리티지 및 HTWO 주요 사업 소개

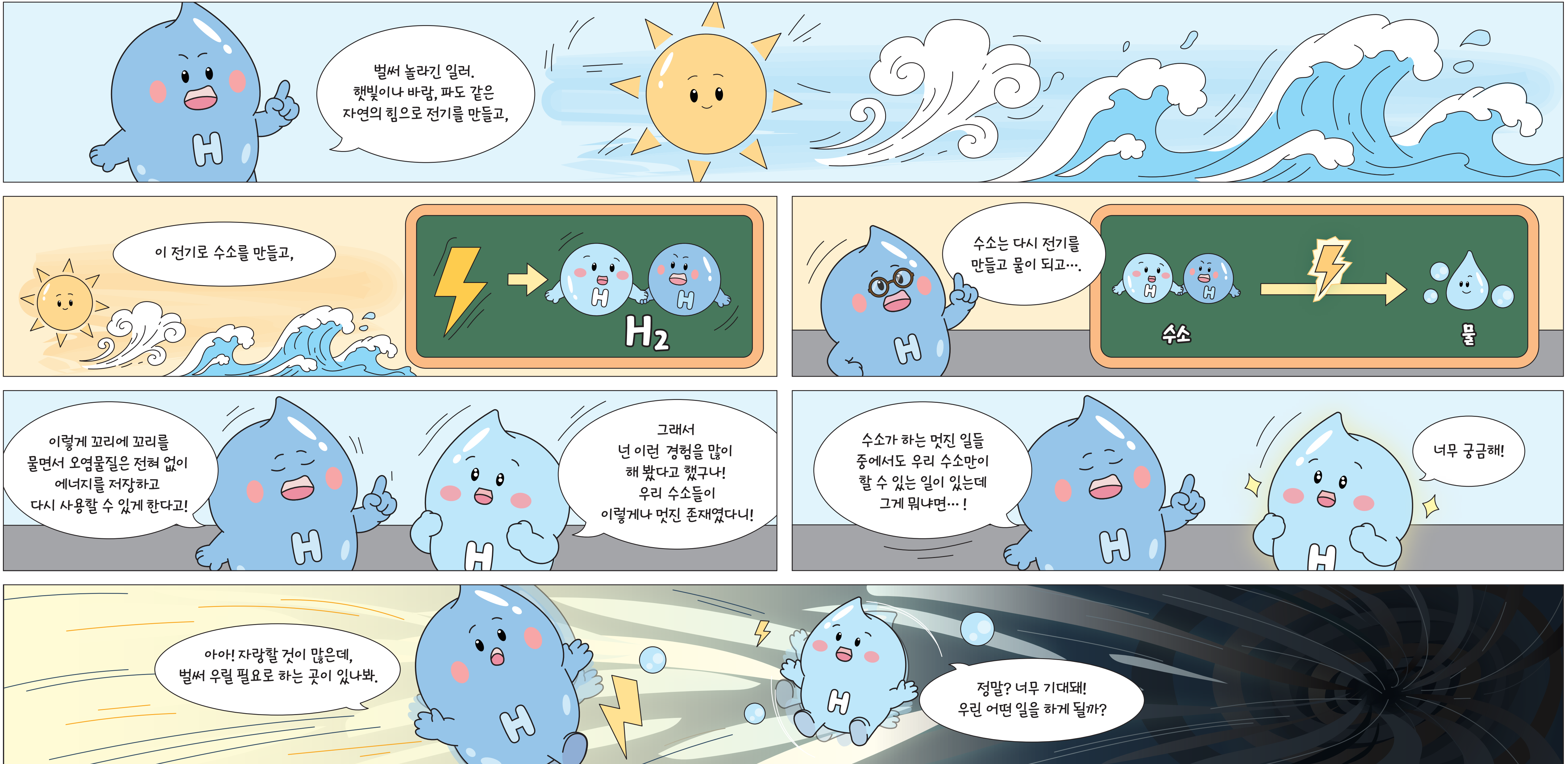
34

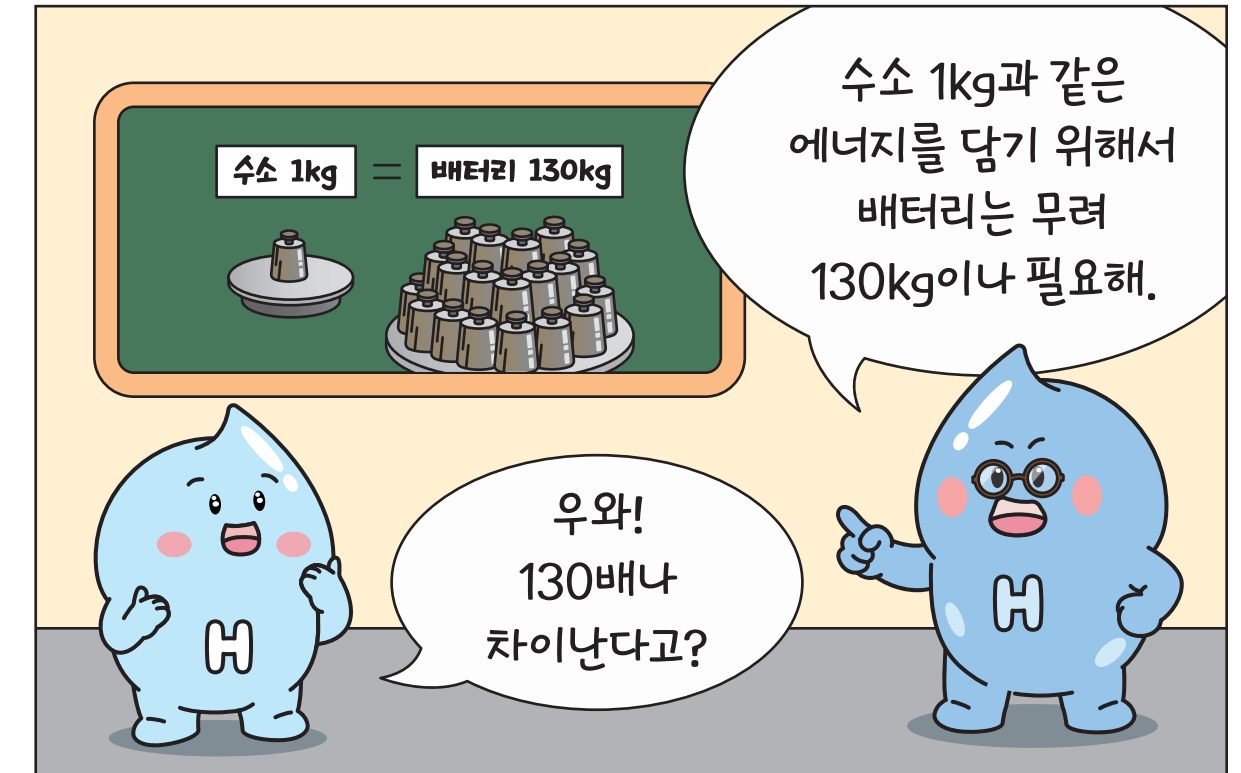


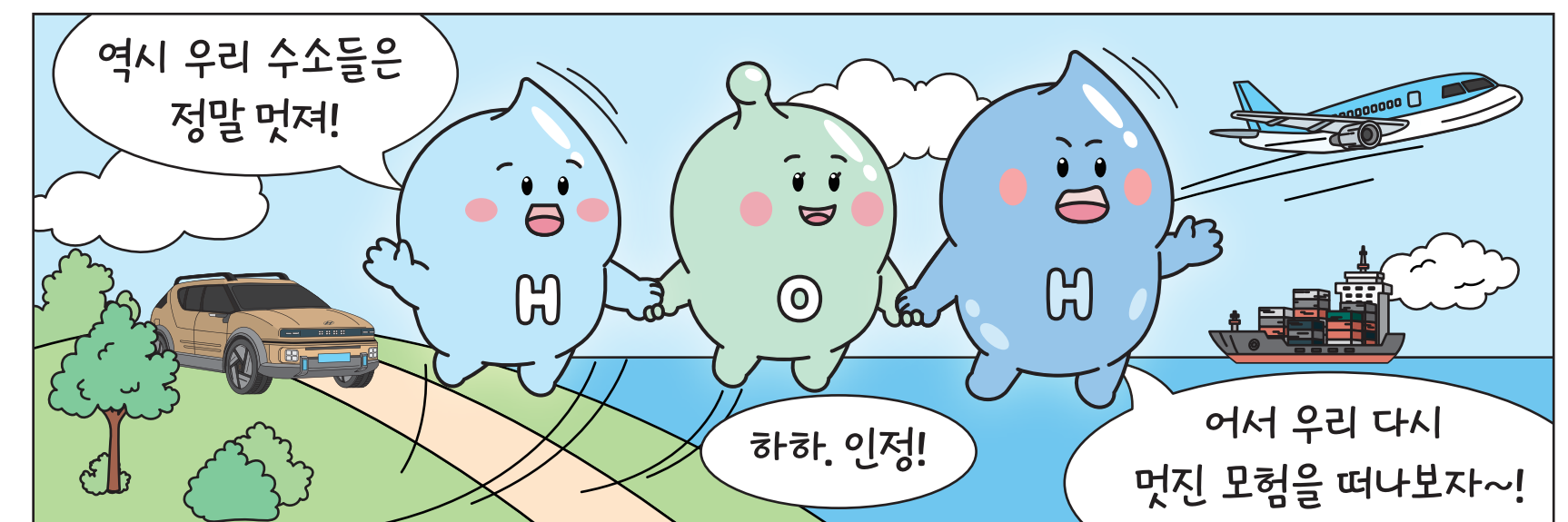
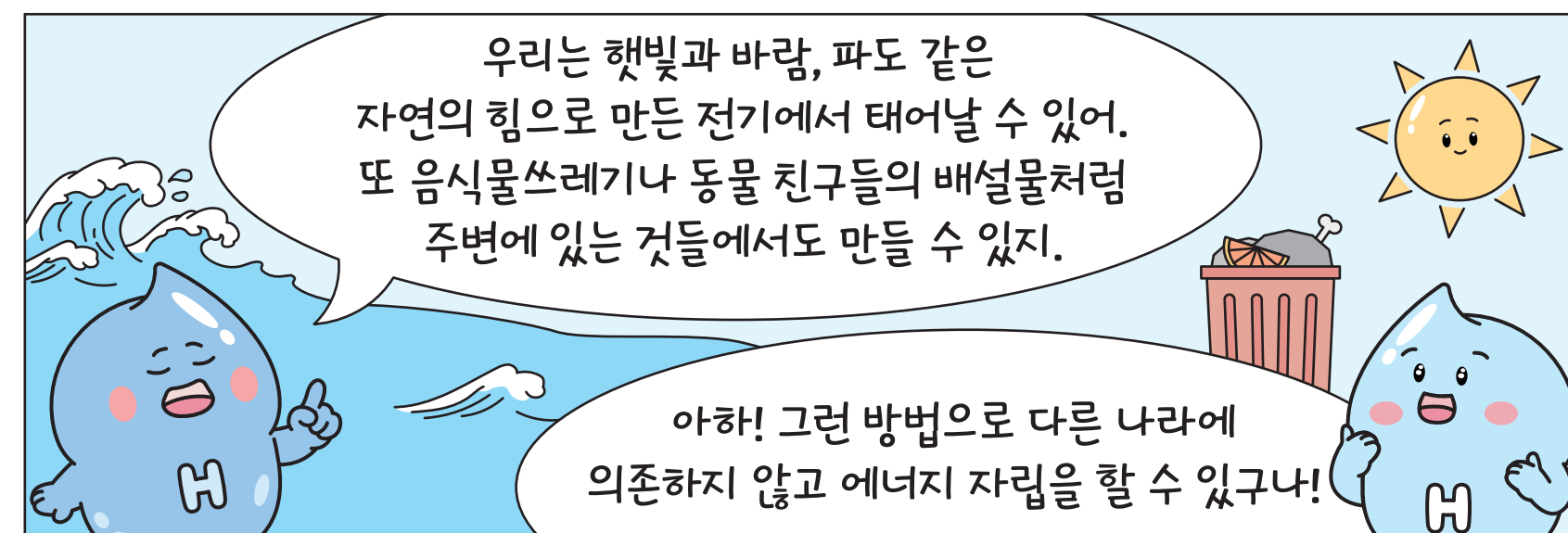
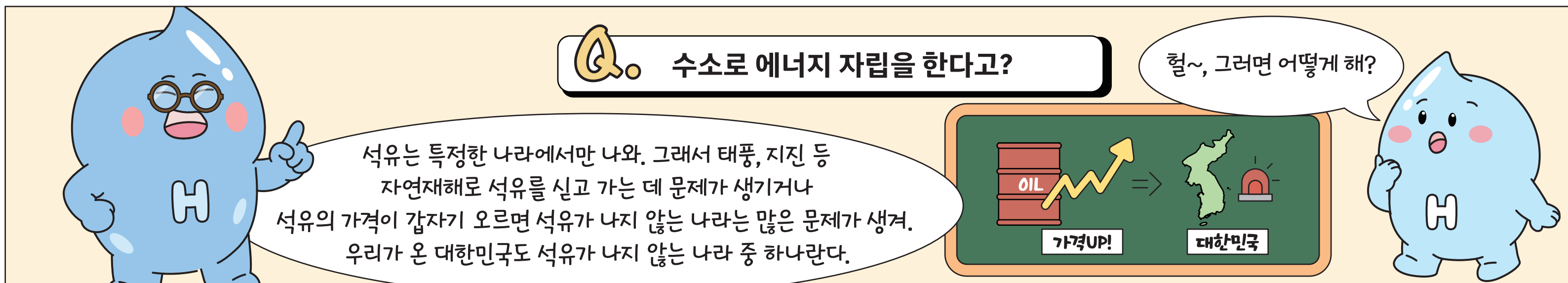












수소, 넌 누구니?

수소 자기소개서



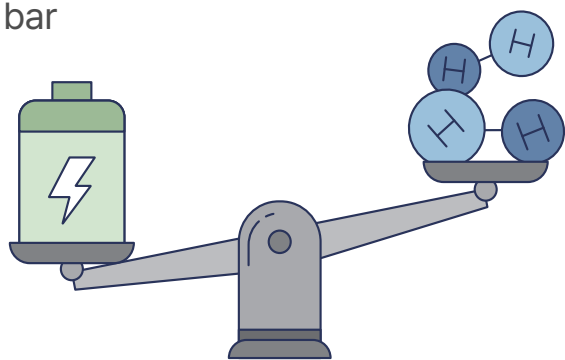
이름	수소(Hydrogen)	성향	• 가벼워서 빨리 퍼질 뿐만 아니라 독성이 없어서 안전함
특징	• 원소기호 1번! 원소를 줄지어 세워놓은 주기율표에서 당당히 맨 앞을 차지한 대장 • 세상에서 제일 가벼운 원소면서도, 우주 질량의 75%를 구성하는 가장 풍부한 원소 • 땅속에 있거나 물이나 암모니아, 메탄(메테인), 석유 같은 화합물은 물론 단백질과 지방, 탄수화물 같은 생명체를 구성하는 물질에도 많음	성격	• 혼자보다 여럿이 함께 있는 것을 좋아함 • 친한 친구인 산소와 만나면 물(H ₂ O)이 됨
		장점	• 에너지를 만들면서 오염물질이 나오지 않음 • 가볍지만 많은 에너지를 담을 수 있음 • 물이나 쓰레기 등 다양한 원료로 만들 수 있음
		나의 포부	• 지구온난화 문제 해결 • 대한민국의 에너지 자립 이루기

우주에서 가장 많고 가장 가벼운 원소

안녕? 나는 우주가 만들어질 때 가장 먼저 만들어진 원소인 수소야. 우주 질량의 75%나 차지할 만큼 가장 많은 원소지. 하지만 날 많이 만나본 적은 없지? 나는 공기보다 14배나 가벼워. 그래서 대기 중에 있을 땐 위로 빠르게 올라가고, 우주로 탈출하기도 해. 그렇기 때문에 지구 대기에는 수소가 거의 남아 있지 않아. 그리고 나는 매우 낮은 온도에서 액체가 될 수 있기 때문에, 우리가 생활하는 환경에서는 대부분 기체 상태로 존재한단다. 이런 특성 덕분에 날 눈으로 보기는 어려웠을 거야. 하지만 나는 여러 곳에 존재하고, 지구의 여러 문제를 해결할 수 있단다.

동일 에너지량을 담기 위한
수소와 배터리의 무게·부피 비교 (33.3kWh 기준)

*1kg H₂ in 700 bar



구분	수소	배터리
무게	1kg	130kg
부피	24L	56L

혼자보다 여럿이 좋아

우리 수소는 MBTI 검사를 하면 ‘E’ 100%가 나올거야. 완전 외향적인 성격이거든! 쉽게 전자를 내어주거나 가져가는 성질 때문에 지구 환경에서 혼자 있는 경우가 드물거든. 물(H₂O)이나 암모니아(NH₃), 메탄(메테인·CH₄)과 같이 다른 원자와 결합해 다양한 물질로 존재하고 있단다. 그래서 나는 물은 물론 다양한 물질에서, 심지어 쓰레기로도 만들 수 있어.

물만 나오는 깨끗한 에너지

석유나 석탄, 가스 같은 화석연료를 태우면 지구온난화의 주범인 이산화탄소는 물론 환경에 해로운 배기가스가 나오잖아. 하지만 나는 에너지(전기)를 만들 때 물만 나와. 반대로, 재생에너지로 물을 분해해서 내가 만들어질 때도 마찬가지로. 오염물질이나 탄소 배출이 거의 없는 셈이지!

가볍지만 강력한 에너지

우리 수소들은 가볍지만 많은 에너지를 담을 수 있어. 수소 1kg과 같은 양의 에너지를 담기 위해서는 130kg이나 되는 무거운 배터리가 필요하다는 사실, 몰랐지? 우리는 화석연료보다 효율도 훨씬 높아. 화석연료의 경우 전기를 만들기 위해 먼저 태워 열에너지를 만들고, 열에너지로 터빈을 돌려 전기를 만들어야 해. 하지만 우리 수소들은 화학반응을 이용해 전기를 바로 만들기 때문에 효율이 높고 더 강력한 거야.

수소는 탄소중립의 해결사

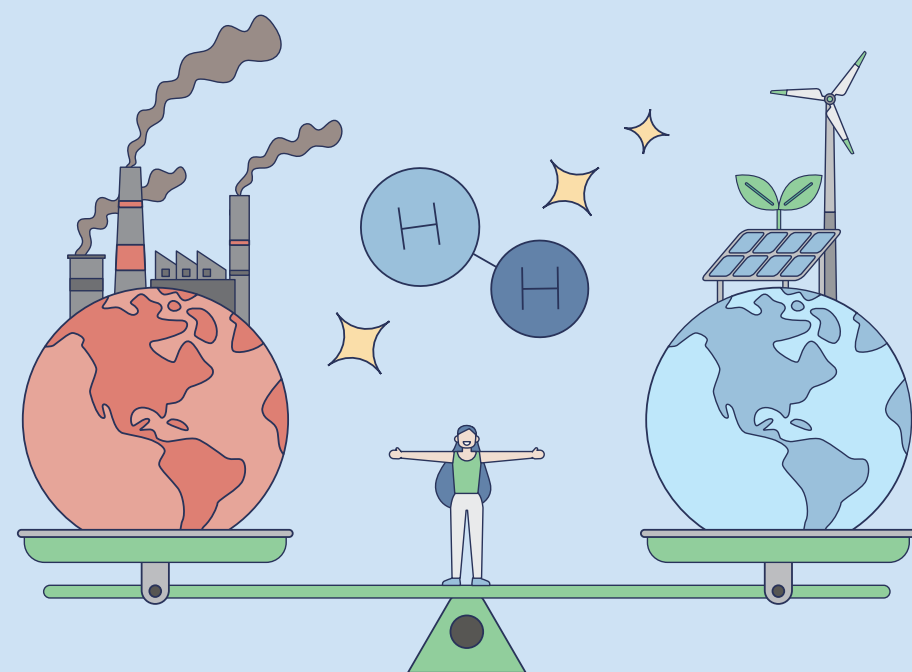
전 세계는 지구온난화를 막기 위해 탄소중립 달성에 힘쓰고 있어요. 탄소중립이란 이산화탄소와 같은 온실가스의 배출량을 최대한 줄이고, 남은 배출량은 흡수하거나 제거해 실질적인 온실가스 배출을 '0'으로 만드는 것을 말해요. 우리나라도 2050년까지 탄소중립을 이루는 것을 목표로 하고 있답니다. 이러한 탄소중립을 실현하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대되는 것, 바로 수소예요.



물과 재생에너지로 만드는 수전해 수소

수전해는 물을 전기로 쪼개서 수소를 만드는 방법이에요.

이때 쓰는 전기를 태양광이나 풍력 같은 재생에너지로 만들면, 수소를 만드는 과정에서 탄소 배출을 크게 줄일 수 있어요. 그리고 이렇게 만든 수소를 나중에 전기로 만들어 쓸 때도 탄소가 나오지 않아요. 즉, 수소는 '만들 때'와 '쓸 때' 둘 다 탄소 배출을 최소화할 수 있는 에너지예요.



수소가 안내하는 탄소중립으로 가는 길

우리나라는 2021년 10월에 '2050 탄소중립 시나리오'를 발표했어요.

탄소중립 시나리오는 2050년까지 탄소중립을 이루기 위해 앞으로 무엇을 해야 하는지, 또 언제까지 어떤 것을 얼마나 할 것인지 목표를 정해 놓은 거예요. 여기서 수소는 발전 및 수송 부문을 비롯해서 철강, 석유화학, 시멘트, 반도체 등 다양한 산업 부문에서 탄소중립이 가능하도록 만들기 위해 꼭 필요한 해결사라고 할 수 있어요.

아래 그림을 보면 해결사라고 불릴만 하지요? 또 탄소중립 시나리오에서는 **2050년에 생산하는 수소의 최소 93%에서 최대 100%를 탄소 배출이 없는 수전해로 생산할 계획**입니다.

각 부문에서의 수소의 활용



오염 없이 전기 만드는 수소의 비밀

수소를 이용해서도 전기를 만들 수 있다는 사실, 알고 있었나요?
 전기를 만들고 나면 깨끗한 물만 남는 수소.
 오염 없이 수소로 전기를 만드는 ‘수소연료전지’에 대해 알아보까요?



수소연료전지, 이름은 전지지만 ‘발전기’

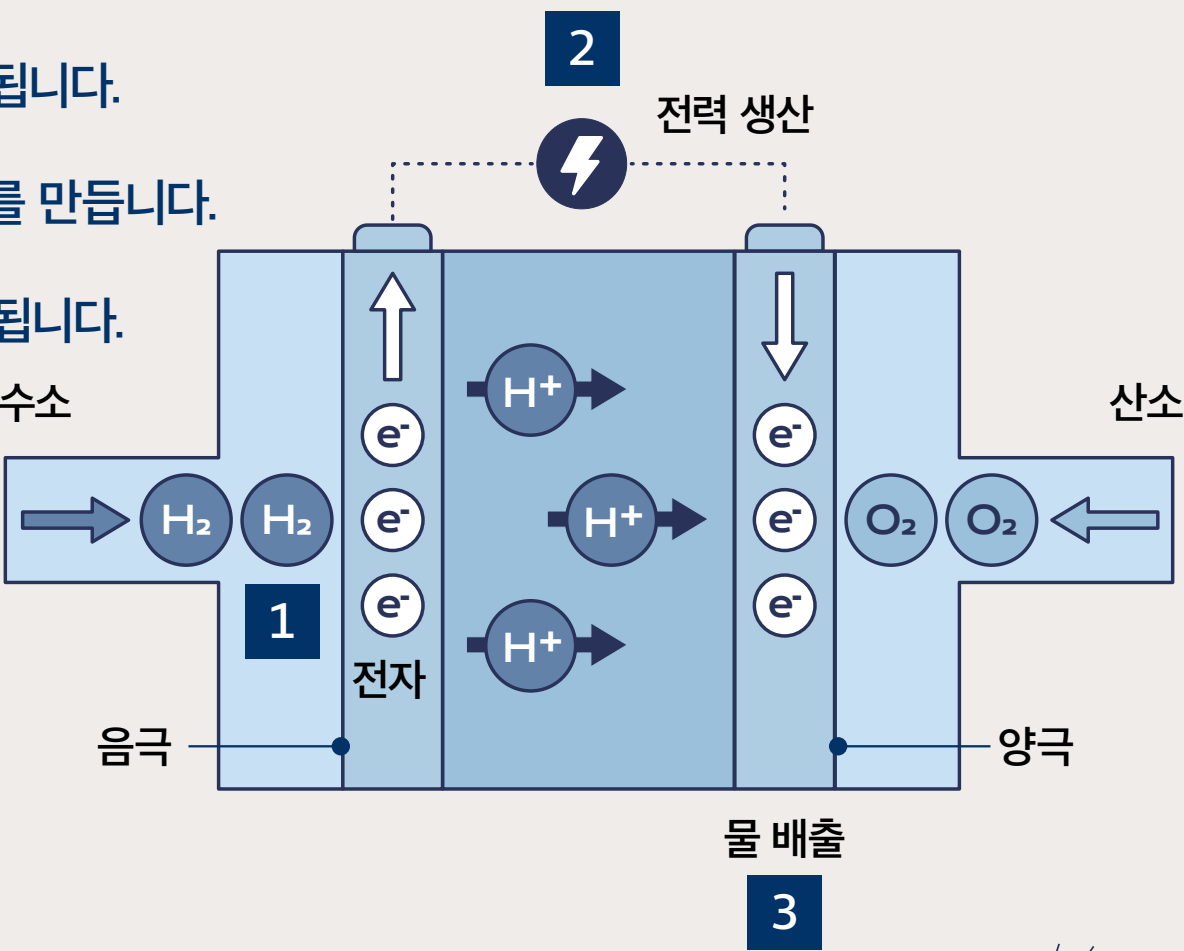
수소연료전지는 이름만 보면 전기를 저장하고 있는 전지(배터리)라고 생각할 수 있어요. 하지만 정확하게는 전기를 직접 만드는 발전기랍니다. 수소연료전지는 연료를 태워서 전기를 만드는 화력발전소와는 다르게, 수소의 화학 반응을 통해 전기를 만들어요. 많은 물질 중에 왜 하필 수소를 사용하는 걸까요?

전자를 잘 주고 받는 수소, 전기 생산에 최적!

수소연료전지는 한쪽에는 수소를, 다른 한쪽에는 공기 중의 산소를 넣어서 전기를 만드는 장치예요. 수소를 사용하는 이유는, 수소가 전자를 아주 쉽게 내놓기 때문이에요. 수소가 전자를 내놓으면, 반대편에 있는 산소가 그 전자를 강하게 끌어당겨서 전자가 전선을 따라 이동하게 돼요. 이 전자의 흐름이 바로 전기예요. 전자를 내준 수소는 산소를 만나 물이 되고요. 그래서 수소연료전지에서 전기를 만들 때는 오염물질이 아니라 물만 나와요. 앞서 수소를 만드는 수전해 과정에서는 전기로 물을 분해해 수소와 산소를 얻는다고 했죠? 수소연료전지는 그 반대 반응을 이용하는 거예요.

연료전지에서 수소가 전기를 만드는 과정

- 1 수소(H₂)가 음극(-)에서 수소이온(H⁺)과 전자(e⁻)로 분리됩니다.
- 2 분리된 전자(e⁻)는 음극(-)에서 양극(+)으로 흐르며 전기를 만듭니다.
- 3 수소이온(H⁺)과 전자(e⁻)는 산소(O₂)와 만나 물(H₂O)이 됩니다.



수소연료전지, 세상을 움직인다



수소연료전지는 오늘날 다양한 기계 장치의 중심이 돼 세상을 움직이고 있어요. 가장 잘 알려진 것은 바로 **수소전기차**! 화석연료의 힘으로 움직이던 기존 엔진 대신에 엔진형 연료전지시스템으로 달리고 있지요. 승용차와 버스, 더 커다란 **트럭과 트램, 기차**까지도 연료전지시스템으로 구동할 수 있답니다.

수소연료전지는 **건물에서 사용하는 전기를 자체적으로 생산하는 발전기 역할**도 하고 있어요. 건물에서 자체적으로 전기 에너지를 만들면, 멀리 떨어진 발전소에 문제가 생겨 전기 에너지가 끊기거나 부족해지더라도 안정적으로 전기를 사용할 수 있어요. 각 가정이나 아파트 단지는 물론 병원이나 공장처럼 안정적인 전기공급이 특히 중요한 곳에서도 활약하고 있답니다.

수소를 만드는 비밀 레시피

수소는 지구상에 다양한 형태로 존재해요.
그래서 만드는 재료도, 방법도 무척 다양하지요.
언제 어디서든 기술만 있다면 수소를 얻을 수 있답니다.
그럼 수소를 무엇으로 어떻게 만들 수 있을지 대표적인 비밀 레시피 네 가지를 살짝 들여다볼까요?

화석연료 기반

수소는 석탄이나 천연가스를 재료로 생산할 수 있어요. 현재 전 세계 수소는 대부분 이 방법으로 만들어지고 있어요. 천연가스를 높은 압력에서 뜨거운 수증기와 반응시키거나, 석탄을 비슷한 환경에서 가스 형태로 만들면 수소가 만들어져요. 또, 원유를 정제하는 과정에서 수소가 부산물로 같이 나오기도 하고요. 화석연료를 사용하면 비교적 저렴하게 수소를 생산할 수 있지만, 그 과정에서 이산화탄소가 배출된다는 문제가 있어요. 이렇게 화석연료로 만들어지는 수소를 **그레이 수소**라 불러요. 그레이 수소의 탄소 배출 문제를 해결하기 위해 함께 배출되는 탄소를 모아서(포집) 다른 곳에 저장 또는 활용해서 탄소 배출을 줄이는 방법(CCUS)도 있어요. 이처럼 탄소 배출을 크게 줄인 수소를 **블루 수소**라고 해요.



수전해(물 전기분해)

그레이블루 수소보다 더 깨끗하게 수소를 만드는 방법은 없을지 궁금하다면, 수전해 기술에 주목해 주세요. 지구 위에서 수소가 가장 많은 곳은 어디일까요? 바로 물 속이에요. 물 분자(H_2O) 하나에는 수소 원자(H) 2개와 산소 원자(O) 하나가 들어있거든요. 거기다 수소를 포함한 다른 분자들과는 다르게, 물은 엄청나게 많은 양이 지구 표면에 존재하죠. 수전해를 하기 위해서는, 물에 전기가 잘 흐를 수 있도록 도와주는 전해질이라는 물질을 넣고, 전기를 흘려보내 줘요. 그러면 붙어있던 수소와 산소 원자가 서로 떨어져 지게 돼요. 이때, 태양광이나 풍력 같은 재생에너지로 만든 전기를 사용한다면 탄소 배출이 거의 없는 **그린 수소**를 만들 수 있답니다. 비슷하게, 탄소 배출이 적은 원자력 발전소에서 만든 전기로 수전해를 해 만든 수소는 **핑크 수소**라고 하죠.



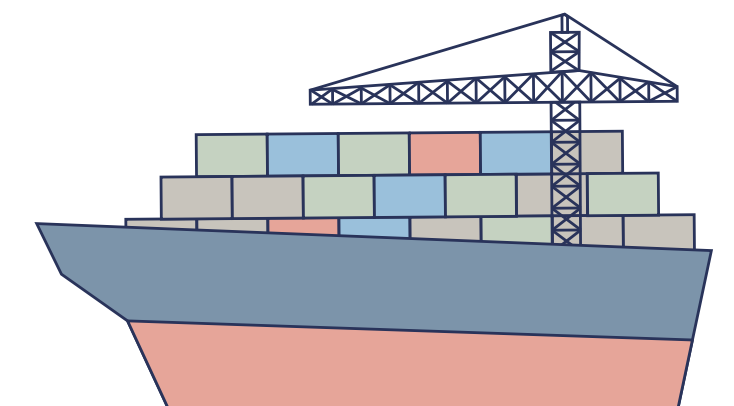
유기성 폐기물 기반(W2H)

음식물 쓰레기, 가축 분뇨, 하수 슬러지... 이름만 봐도 고약한 냄새가 난다고요? 하지만 이러한 유기성 폐기물은 우리 삶에 유익한 여러 형태로 다시 태어날 수 있어요. 그중 하나가 바로 수소예요. 유기성 폐기물을 방치하면 미생물들이 그 폐기물을 먹어치우며 바이오가스가 만들어지는데, 여기에는 탄소 원자(C) 1개에 수소 원자(H)가 4개나 붙어 있는 메탄(메테인· CH_4)이 많이 들어 있어요. 이 메탄을 쪼개면 수소를 추출할 수 있어요. 이렇게 바이오가스에서 수소를 추출하는 방법이 유기성 폐기물 기반 수소 생산입니다. 쓰레기로 시작해서, 그 끝이 수소가 된다니 신기하지요?



암모니아 기반

암모니아(NH_3)는 질소 원자(N) 1개와 수소 원자(H) 3개가 결합해 있어요. 그래서 암모니아를 쪼개면 수소를 만들 수 있는데, 이러한 방법을 '암모니아 크래킹'이라 불러요. 그런데, 수전해나 유기성 폐기물 등을 통해서도 수소를 만들 수 있는데 왜 암모니아를 또 활용하는 것일까요? 그건 바로 수소를 저장하고 운반하는 데 암모니아가 유용하기 때문이에요. 왜냐하면 수소는 액체 형태로 만들려면 $-253^{\circ}C$ 의 매우 낮은 온도가 필요하지만, 암모니아는 그보다 훨씬 높은 약 $-33^{\circ}C$ 에서도 액체 상태가 되기 때문에 보관과 운반이 기체 상태의 수소보다 훨씬 쉽지요. 그래서 암모니아는 수소를 저장하고 운반하는 '수소 운반체' 역할도 해요. 이렇게 암모니아 형태로 수소를 운반하고, 이후 필요한 곳에서 암모니아를 이용해 수소를 추출해 사용할 수 있어 많은 주목을 받고 있답니다.



재생에너지로 만드는 깨끗한 수소, 수전해!



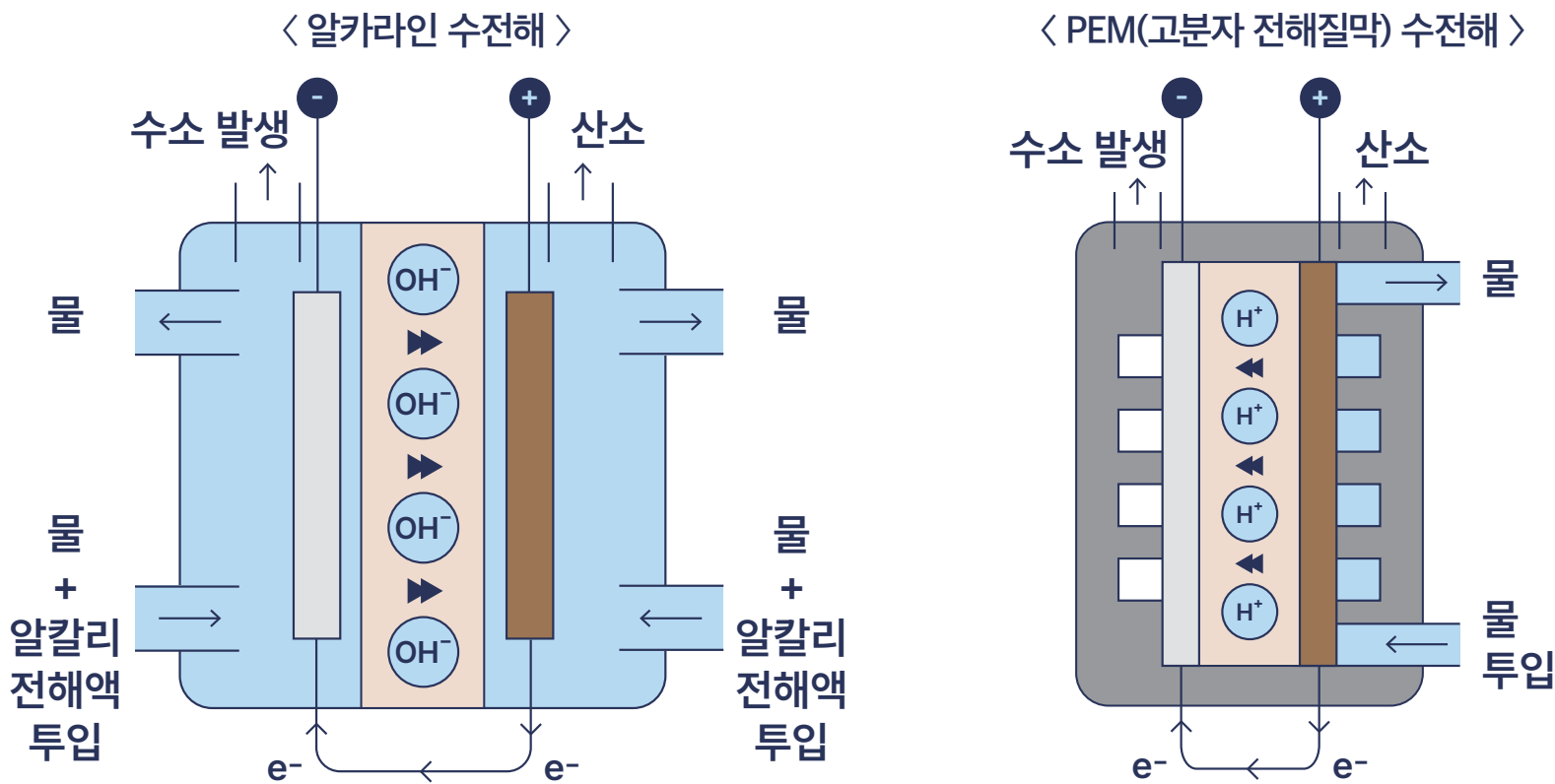
청정에너지 세상에 어울리는 최고의 수전해 레시피는?



앞서 설명한 것처럼, 수전해 기술은 물 분자에 전기를 가해 수소와 산소로 분리하는 거예요. 수전해가 수소 레시피 중 가장 주목받는 이유는, 태양광이나 풍력 같은 재생에너지로 만든 전기를 사용했을 때 이산화탄소 배출이 거의 없이 깨끗한 수소를 만들 수 있기 때문이에요.

실제로 수전해에는 다양한 방법이 있어요. 여러 방법 중 가장 대표적인 방법은 ‘알카라인 수전해’와 ‘고분자 전해질막(PEM) 수전해’예요. 알카라인 방식은 생산 비용이 비교적 낮다는 장점이 있지만, 설비 크기가 커서 많은 공간을 차지해요. 반면, PEM은 알카라인보다는 조금 더 가격이 높지만, 더 높은 순도의 고품질 수소를 만들기에 적합해요. 특히, PEM은 날씨에 따라 발전량이 크게 변하는 태양광이나 풍력 발전에 대응해 그때그때 수소의 생산량을 유연하게 잘 바꿀 수 있어요.

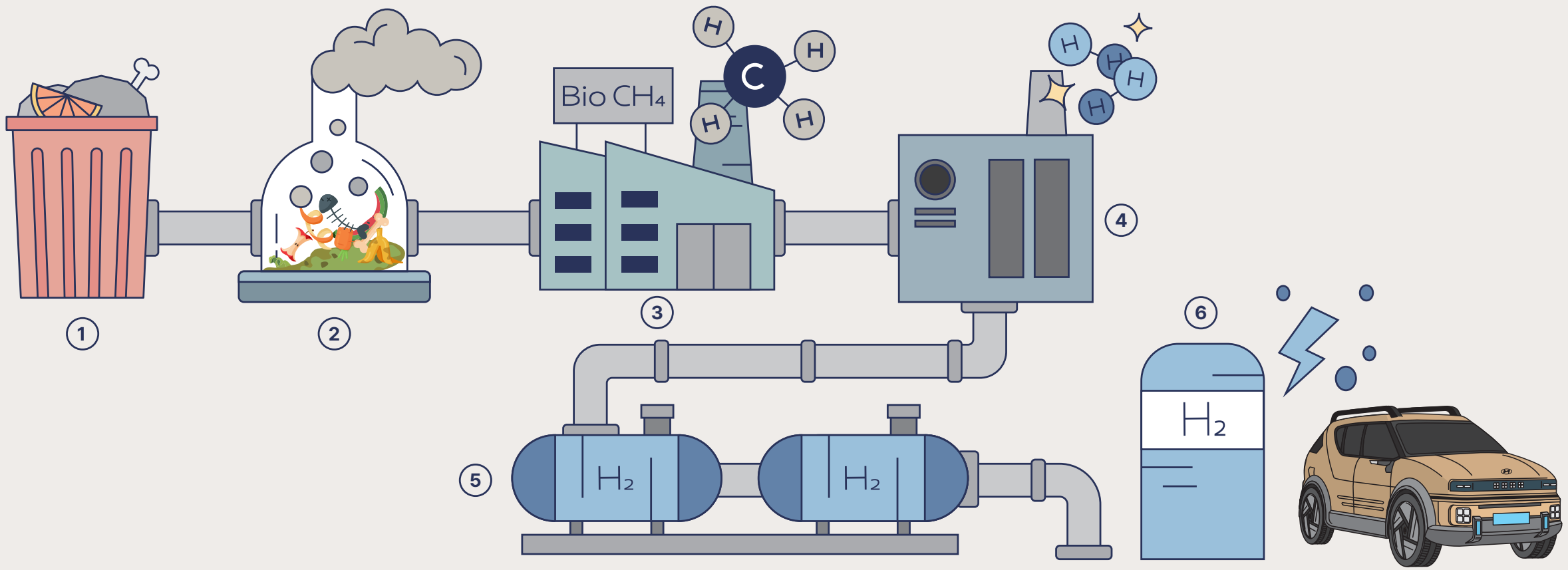
PEM 수전해가 탄소중립 시대에 주목받는 이유랍니다!



버려지는 폐기물이 수소로, 자원순환형 수소 생산(W2H, Waste to Hydrogen)

수소를 만드는 특별한 레시피! 바로 폐기물에서 나오는 바이오가스를 활용하는 것입니다. 실제로 우리나라에서도 이러한 방법으로 수소를 만들고 있다는 사실, 알고 있었나요? 청주에는 ‘청주 자원순환 수소충전소’가 있어요. 일반적으로 도시가스나 열원으로 활용되던 폐기물 기반 바이오가스에서 수소를 추출해, 청주와 인근 도시를 달리는 여러 수소전기버스와 트럭, 승용차에 연료를 공급하는 것이지요. 대표적인 수소전기차인 ‘넥쏘’를 약 100대 충전할 수 있는 양의 수소(500kg)가 매일 이 곳에서 만들어지고 있고, 생산량도 점차 늘어날 거라고 해요. 그렇다면 어떻게 유기성 폐기물을 활용해서 수소가 만들어지는지, 그 과정을 자세히 들여다볼까요?

1단계: 폐기물 수집 배출된 쓰레기들 가운데, 쉽게 상하는 유기성 폐기물만 따로 수집해요.	2단계: 바이오가스 포집 유기성 폐기물이 부패하면서 메탄(메테인·CH ₄)과 이산화탄소(CO ₂) 등이 섞인 바이오가스가 나와요.	3단계: 메탄가스 농축 바이오가스에서 불순물을 거르고, 95% 순도의 메탄가스만 남겨요.
4단계: 수소 추출 아주 높은 온도의 수증기가 있는 환경에서, 메탄 분자를 쪼개 수소를 얻어내요.	5단계: 수소 저장 순수한 수소를 얻기 위해 불순물을 없애주고, 최종적으로는 기체 형태로 저장해요.	6단계: 사용 그리고 우리가 타는 수소전기차에 공급 완료!



에너지가 필요한 어디에든 수소가 간다!

수소는 다양한 변신을 통해 저장하고 또 이동시켜서 수소가 필요한 곳 어디로든 전달할 수 있어요. 매우 가볍지만 보통의 환경에서는 기체 상태라서 부피가 크기 때문에 꼭 변신을 해야만 한답니다. 수소가 어떻게 바뀌어서 저장되거나 운반되는지, 수소의 변신을 만나볼까요?



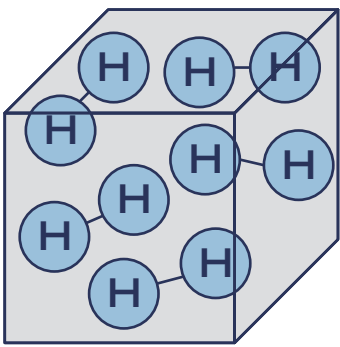
사진 출처: 강원특별자치도청

특명! 전국 방방곡곡 수소를 배달하라

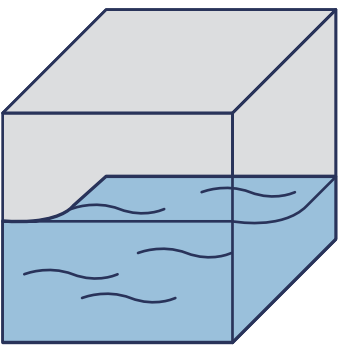
수소를 잘 저장했다면, 이제 필요한 곳으로 수소를 배달해야 해요. 다양한 변신으로 부피를 줄인 수소는 트럭으로 전국 곳곳에 배달하기 쉬워요. 배를 이용하면 나라에서 나라로도 운반할 수 있지요. 수소를 많이 사용하는 지역에서는 도시가스처럼 파이프를 통해 수소를 직접 보내기도 해요. 전기의 경우에는 별도의 송전망을 만들고, 집과 건물의 전선망을 송전망에 연결하는 등 여러 단계를 거쳐 전달하고 있어요. 이런 설비들을 갖추기 위해서는 많은 돈과 시간이 필요하지만 수소는 배나 트럭, 파이프를 이용해 직접 운반할 수 있어요. 그렇기 때문에 송전망이 없거나 부족한 지역에도 경제적이고 효율적으로 에너지를 배달한다는 장점이 있답니다.

처음 만나는 수소

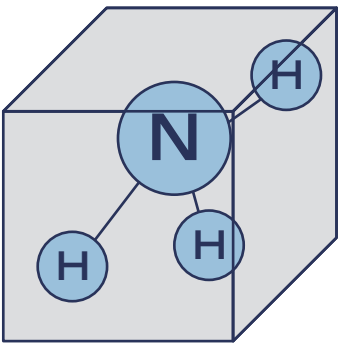
수소를 변신시켜 운반하는 다양한 방법 *기체 상태(상온·1기압 기준) = 0.0899 kg/m³



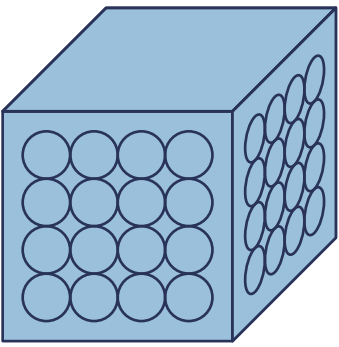
꼭꼭 눌러담기
수소 기체를 큰 압력으로 눌러 부피를 줄이는 방법이에요. 현재 ‘넥쏘’와 같은 수소전기차의 연료를 저장할 때 사용하고 있어요.
42kg/m³



액체로 변신
수소를 -253℃로 차갑게 만들면 액체로 변신해요. 온도를 낮추는 것이 어렵지만 부피를 크게 줄일 수 있어서 아주 많은 양을 저장하거나 먼거리로 운송할 때 사용돼요.
71kg/m³



다른 물질로 변신
수소는 원래 다른 물질과 함께 있는 것을 좋아하는 만큼 암모니아나 액상 유기 화합물 (LOHC)*의 형태로 바뀌어서 저장하거나 운송하는 방법이에요. 국제 수소 무역의 약 85%가 암모니아로 이뤄질 것으로 전망되고 있어요.
121kg/m³



고체 친구에게 붙이기
마그네슘, 타이타늄과 같은 고체에 수소를 붙이거나 화학적으로 결합시키는 방법이에요. 필요할 때 열이나 압력을 가하면 수소가 다시 나오지요. 같은 부피일 때 가장 많은 에너지를 저장할 수 있고 안전성이 높은 방법이에요.
최대 150kg/m³

*액상 유기 화합물(LOHC, Liquid Organic Hydrogen Carrier) : 수소를 액체 유기 화합물에 담아, 액체상태로 쉽게 저장하고 운반할 수 있게 만든 물질

수소를 땅속에 저장한다고?



수소는 보통 저장소를 지어 저장 용기에 담아 보관해요. 그런데 수소를 저장하는 특별한 방법도 개발되고 있어요. 바로 땅속에 보관하는 것이랍니다. 천연가스가 기체상태로, 지하수가 액체 상태로 땅속에 매장되어 있는 것처럼 말이에요. 석유나 가스, 지하수 같은 지하 자원을 캐고 남은 공간이나 소금층 사이에 생긴 동굴, 견고한 암석층을 뚫어서 만든 공간에 기체 그대로는 물론 다양한 형태로 변신시킨 수소를 저장할 수 있지요. 이렇게 수소를 땅속에 저장하면 공간을 효율적으로 활용할 수 있어요.

다재다능한 수소, 버려지는 전기를 담다

지금까지 우리는 다양한 재료로 만들어지고, 여러 방식으로 저장하고 운송할 수 있으며, 에너지를 만드는 수소에 대해 알아봤어요.
그런데 수소의 매력은 여기서 끝이 아니랍니다. 예상치 못한 곳에서 멋진 활약을 펼치는 다재다능한 수소를 만날 차례!
먼저 ‘아깝게 버려지는 전기를 모으는 수소를 만나볼까요? 전기는 왜 버려지는 걸까요? 그리고 수소는 어떻게 버려지는 전기를 담을 수 있는 걸까요?



낮과 밤, 산업용 전기 요금이 달라진 이유

2026년 4월 16일, 산업용 전기 요금이 낮에는 싸지고 밤에는 비싸졌어요.

새로운 요금제를 적용하기 전에는 낮의 전기 요금이 밤보다 더 높았지요. 낮에 전기를 가장 많이 사용하기 때문에 가격을 비싸게 받았던 거예요. 그런데 갑자기 낮의 전기요금이 더 싸진 이유는 뭘까요? 그건 바로 낮에 전기를 만드는 태양광 발전이 많이 보급 되었기 때문이지요. 그래서 낮 동안 남아서 버려지는 전기를 더 많이 이용하게 만들려고 전기요금이 낮아졌답니다.

왜 전기가 버려지는 걸까?

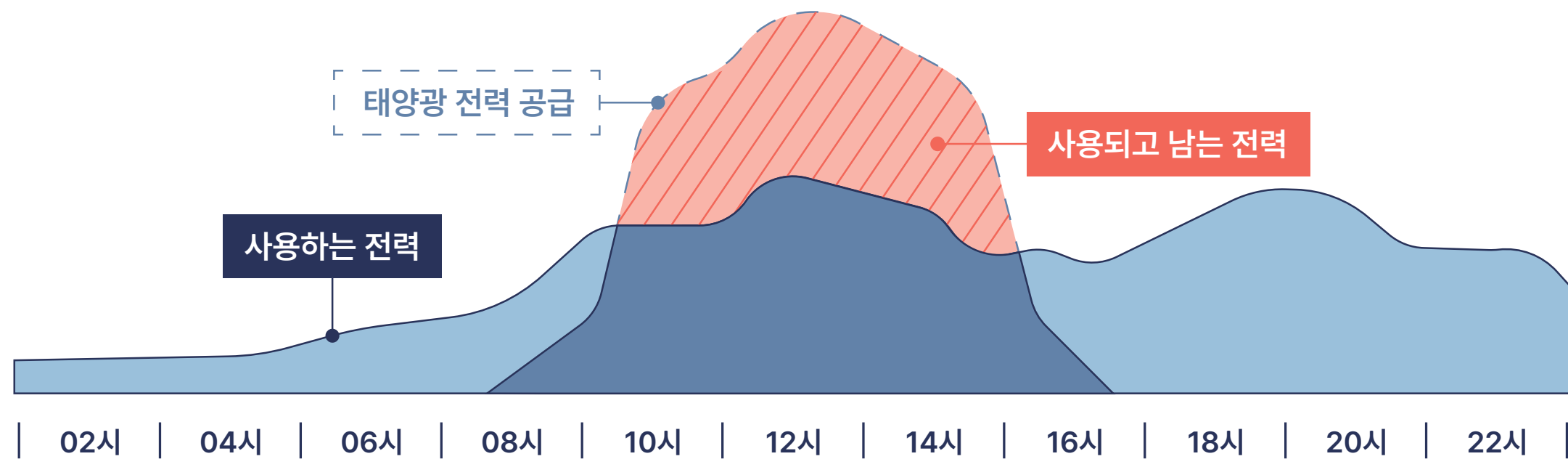
2025년 상반기 기준, 전국의 총 재생에너지 출력제한량*이 72.3GWh에 달했어요. 이는 원전(1GW급) 3기가 24시간 동안 생산하는 전력량에 해당하며, 대한민국 인구의 약 35%가 가정에서 하루에 쓰는 양이죠. (박지혜 의원실, 2025)

전기가 버려지는 이유는 바로 햇빛이나 바람 같은 재생에너지로 만드는 전기의 양이 늘어났기 때문이에요. 재생에너지는 상황에 따라 만들 수 있는 전기의 양이 크게 달라요. 날씨가 흐려서 햇빛이 부족할 때나 밤에는 태양광 발전을 할 수 없어요.

바람이 불지 않으면 풍력 발전이 불가능하지요. 반대로 조건이 좋을 때는 필요한 양보다 더 많은 전기가 만들어져 버리게 되는 거예요. 더 많이 만들면 더 많이 주면 안되냐고요? 송전망으로 보낼 수 있는 전기의 용량이 정해져있기 때문에 그럴 수 없어요. 버려지는 아까운 전기, 저장해뒀다가 쓸 순 없을까요? 만약 버려지는 전기를 바로 사용하거나 저장할 수 있다면 그만큼 발전소나 전기 생산 시설을 덜 만들어도 되기 때문에 오염을 줄이고 환경을 지킬 수 있어요.

*재생에너지로 생산한 전기가 사용량보다 많으면 일부 발전을 줄이거나 생산을 멈춰야 해요. 이때 줄이거나 생산하지 못한 전기의 양을 ‘출력제한량’이라고 해요.

버려지는 전기가 생기는 이유



전기, 버리지 말고 수소에 저장



어떻게 수소에 전기를 저장하나요?

생산되고 남은 전기를 버리지 않고
저장할 수 있는 방법은 두 가지가 있어요.

바로 **배터리에 충전해 두거나 남은 전기로 수소를 만드는 것**이지요. 그러나 배터리에 많은 양의 전기를 오랫동안 저장하기에는 한계가 있어요. 스마트폰을 생각해 봅시다. 스마트폰 속 작은 배터리도 충전하기 위해서는 꽤 긴 시간이 필요해요. 또 스마트폰이 사용할 적은 양의 전기를 충전하는 배터리지만 무게가 상당히 나가요. 보통 스마트폰 무게의 약 30%를 배터리가 차지하고 있지요. 게다가 사용하지 않고 그대로 두어도 배터리에 충전되어 있던 전기 에너지가 점점 줄어들기도 해요.

만약 충전해야 하는 전기의 양이 크게 늘어나면
어떻게 될까요?

당연히 배터리가 매우 커져야 해요. 그러면 충전에 긴 시간이 걸리게 돼요. 큰 배터리를 만들기 위해서는 비용도 많이 들지요. 반면 수소는 남은 전기로 바로 만들 수 있어요. 또 배터리에 비해 훨씬 적은 공간에 많은 에너지를 오랫동안 저장할 수 있지요. 에너지가 필요한 다른 지역으로의 이동도 무거운 배터리에 비해 훨씬 쉽답니다.

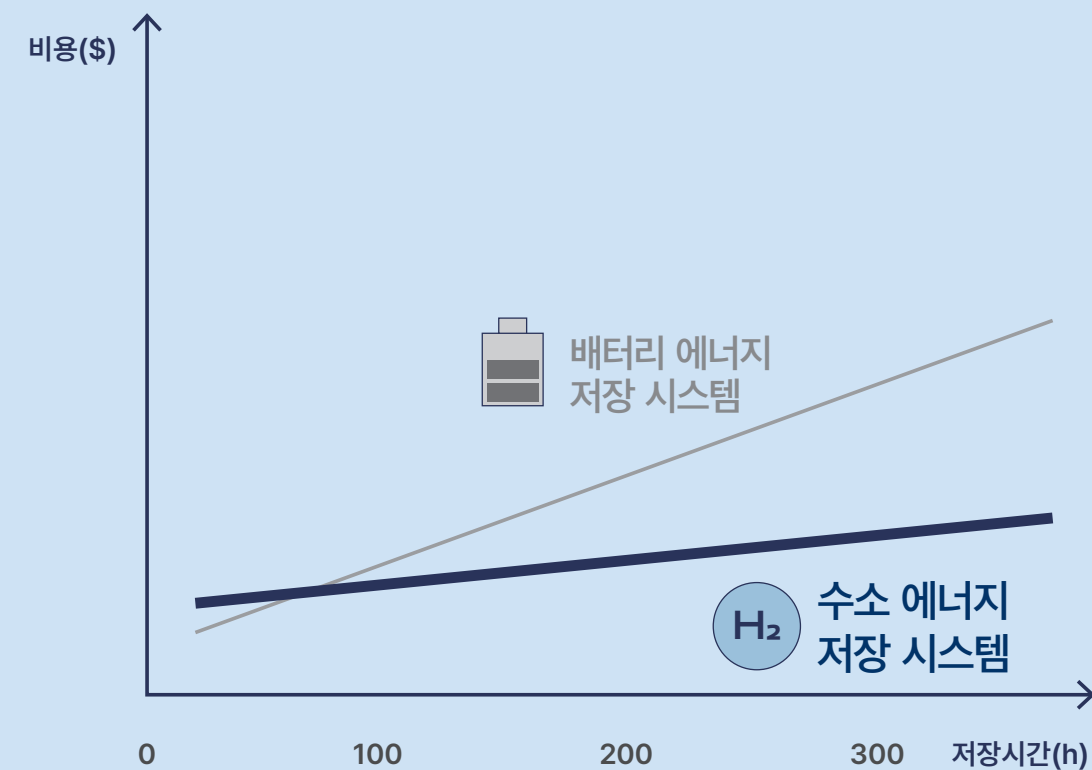
에너지 생산-소비의 틈을 채우는 수소

수소는 많은 양의 에너지를 오랫동안 저장할 수 있어, 전기를 만드는 양과 사용하는 양의 차이를 채워 주는 중요한 역할을 해요.

태양광과 풍력은 날씨와 계절에 따라 발전량이 달라 전기가 남거나 부족할 수 있는데, 이때 남는 전기로 수소를 만들어 저장해 두면 필요할 때 연료전지로 다시 전기를 생산할 수 있습니다. 예를 들어 여름에 남는 태양광 전기로 수소를 만들어 두었다가, 햇빛이 약한 겨울에 전기로 바꿔 사용할 수 있어요. 이렇게 앞으로 재생에너지 사용이 늘어날수록 전기를 보관하는 기술은 더욱 중요해져요. 특히 수소 에너지저장시스템(H-ESS)는 많은 에너지를 장기간 저장할 수 있어 재생에너지를 안정적으로 활용하는 데 중요한 기술로 주목 받고 있습니다. 또한 H-ESS는 수소전기차와 여러 산업 현장의 연료로도 활용할 수 있어 현재와 미래의 핵심 기술이에요.

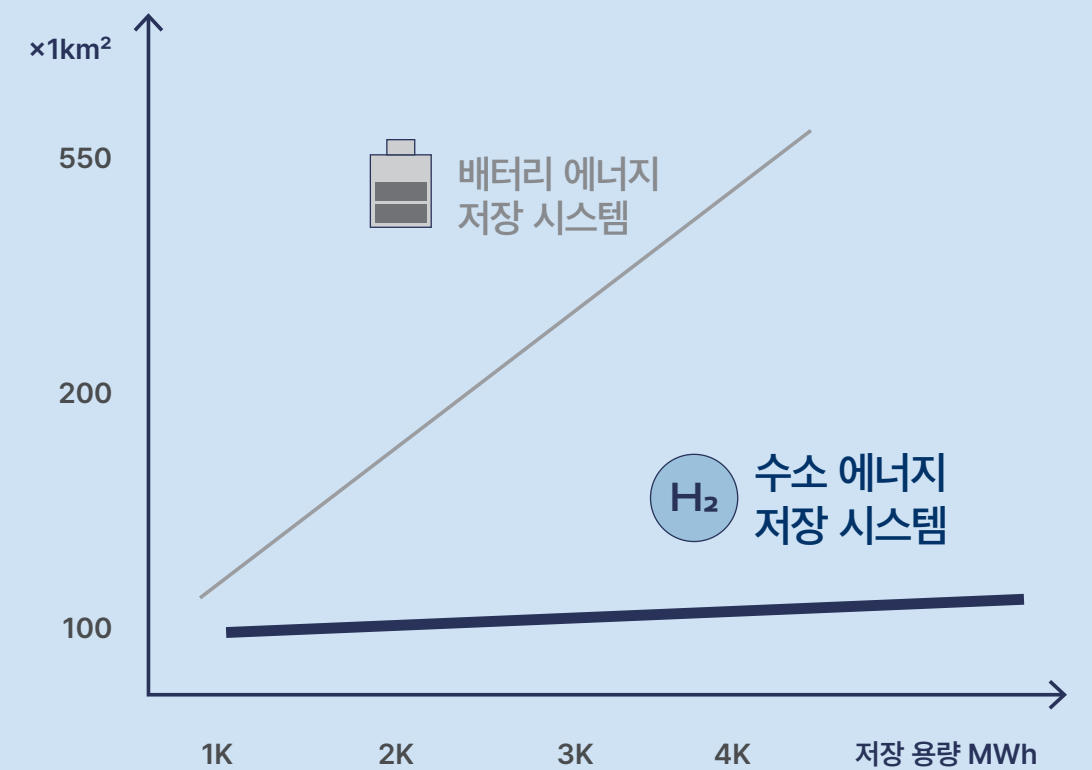
수소 에너지저장시스템(H-ESS)의 경제성 분석

저장 시간-비용 비교



출처: 한국과학기술연구원-한국수소연합 (2026)

저장 용량 대비 면적 비교



출처: US DoE (2023)
*US Department of Energy(DoE) 미국 에너지부

문제 해결의 열쇠, 수소

수소는 전기에너지를 사용하는 것이 어려운 제철, 해운, 항공 등의 분야에서 탄소를 줄이는 결정적인 열쇠 역할을 하고 있어요. 이런 분야에서는 수소만이 문제를 해결할 수 있답니다. 다양한 분야에서 다재다능하게 탄소를 줄여줄 수소를 만나볼까요?

원료로 활약하는 수소 (산업 부문에서의 탈탄소)

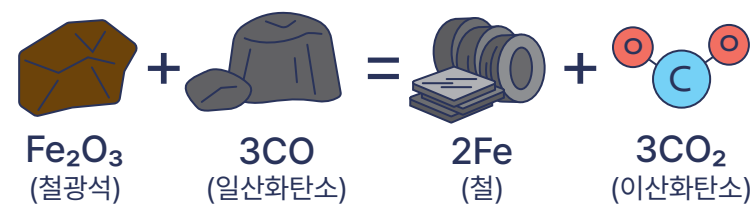
철은 공기 중의 산소와 만나 산화하는 성질을 가지고 있어요.
철로 만들어진 물건들에 녹이 스는 이유죠.

자연에 존재하는 철광석도 이와 같아요. 그래서 제철소에서는 뜨거운 용광로 속에 철광석과 탄소를 넣어 산소를 없애고 있는데, 이 과정에서 지구온난화의 주범인 이산화탄소가 발생해요. 하지만 **탄소 대신 수소를 이용하면 수소가 철광석의 산소를 빼앗아 결합해서 물만 생긴답니다.** 철강 산업은 많은 에너지와 높은 열이 필요한 대표적인 산업이라, 수소를 활용하면 산업 부문의 탄소 배출을 줄이는 데 큰 도움이 된답니다. 수소는 철강뿐 아니라 시멘트, 화학, 비료 등을 만드는 과정에서도 화석연료를 대신해 높은 열을 만들거나 원료로 사용될 수 있어요. 앞으로 수소는 다양한 산업을 더욱 깨끗하게 만드는 중요한 에너지가 될 것으로 기대되고 있답니다. 실제로 우리나라를 비롯한 세계 여러 나라의 철강 기업들은 수소를 활용해 탄소 배출을 줄이는 수소 기반 공정으로 전환하기 위해 다양한 노력을 하고 있답니다.

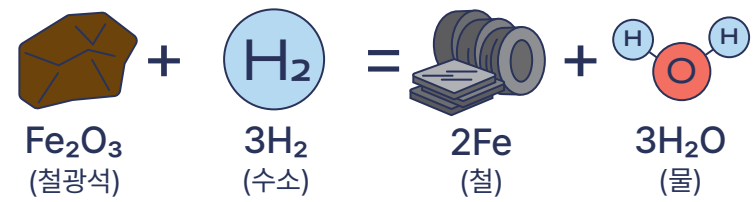
연료로 활약하는 수소 (수송 부문에서의 탈탄소)

전 세계로 화물을 실어 나르는 대형 선박이나 많은 승객을 태우고 장거리를 비행하는 항공기는 운행하면서 많은 온실가스를 배출하고 있기 때문에 탈탄소 기술이 필요한 부문이라고 할 수 있답니다. 하지만 자동차처럼 배터리만으로 움직이기는 쉽지 않답니다. 오랜 시간 동안 많은 에너지를 사용해야 하기 때문에 배터리를 쓰면 크기와 무게가 지나치게 커지기 때문이에요. 충전에 긴 시간이 걸리는 점도 큰 어려움이고요. 이 문제를 해결할 열쇠로 주목받는 것도 바로 '수소'예요. 수소는 연료를 빠르게 충전할 수 있고, 무게에 비해 많은 에너지를 저장할 수 있어서 버스·트럭·항공기·선박·철도 차량처럼 긴 시간 동안 운행해야 하는 이동 수단에 적합하답니다.

기존 환원 공정



수소환원제철



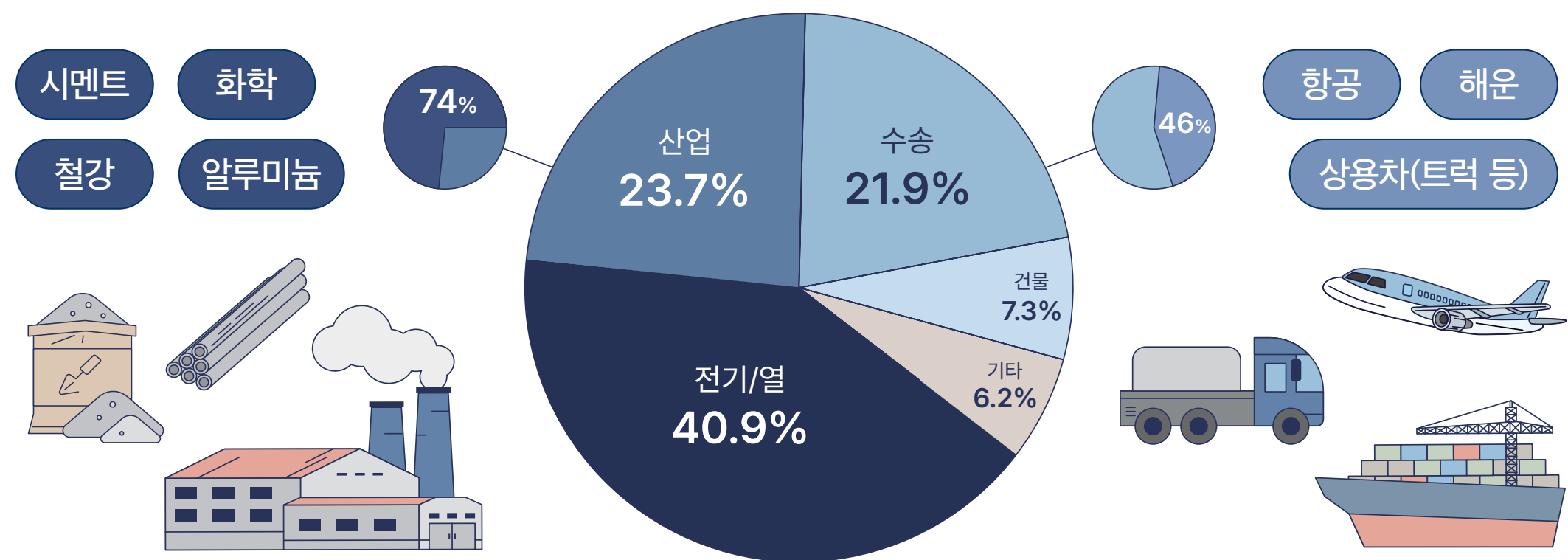
전 세계 온실가스, 수소로 줄여요

이처럼 화석연료 대신 전기를 사용하는 것만으로는 해결할 수 없는 문제를 수소가 풀 수 있어요.

탄소를 원료로 사용하는 제철·화학·시멘트 산업과 무거운 배터리를 이용할 수 없는 항공·해운 부문에서는 약 115억 톤의 온실가스가 배출돼요. 그리고 자동차와 화물차 등이 다니는 도로교통 부문에서도 1년 동안 약 60억 톤이 넘는 이산화탄소가 발생한답니다. 수소는 이러한 여러 부문에서 탄소 배출을 줄이는 중요한 해결책으로 주목받고 있어요.(IEA, 2025)

부문별 탄소배출 비중

총 배출량 381.5억 tCO₂(2024년 기준)



출처: IEA (2025)
*International Energy Agency(IEA) 국제에너지기구

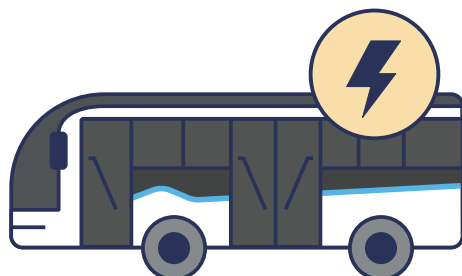
다재다능한 수소전기차, 더 빠르게, 더 멀리 나아간다

이미 수소는 우리 가까이에서 다재다능함을 뽐내고 있어요. 바로 ‘수소전기차’로 말이에요!
수많은 수소전기차들이 멋진 능력을 바탕으로 도로를 달리고 있지요.
더 빠르게, 더 멀리, 더 많이 싣고 달리는 수소전기차의 매력을 만나봅시다.

더 빠르게 충전하고 더 멀리 달린다

전기차는 배터리에 전기를 충전해 달리는 차를 말해요. 수소전기차는 수소를 충전해서 연료전지로 전기를 만들고, 이 전기로 달리는 차예요. 전기차와 수소전기차는 둘 다 이산화탄소와 배기가스가 없는 친환경 자동차지만 각각 다른 매력이 있어서 사용자가 원하는 특성에 따라 선택할 수 있어요. 수소전기차만의 매력이 뭐냐구요? 수소전기차는 전기차에 비해 아주 빠르게 충전할 수 있어요. **수소전기차 ‘넥쏘’의 경우 5분이면 수소를 가득 채울 수 있지요.** 전기차의 배터리 충전시간보다 최소 10배 이상 빨라요. 또 전기차에 비해 더 멀리 주행할 수 있는 것도 장점이예요. 승용차 뿐만 아니라 먼 거리를 이동해야 하는 버스나 트럭에서는 이러한 장점이 더욱 빛을 발하죠. **덩치가 큰 버스도, 수소전기버스는 20분이면 충전에 충분한 시간입니다.**

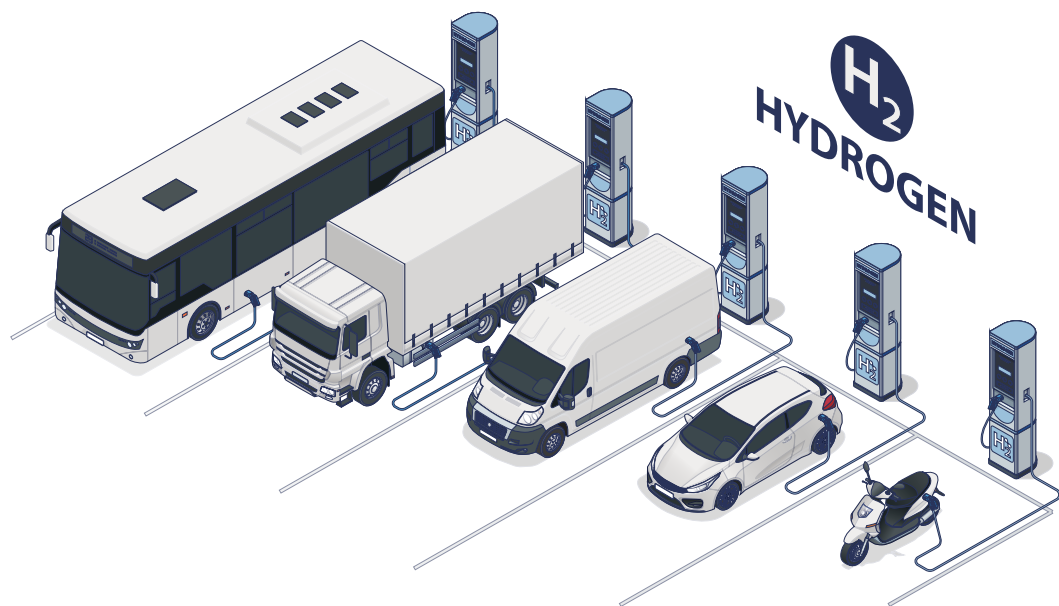
수소전기버스와 전기버스의 충전시간과 주행거리 비교

	수소전기버스 (현대 유니버스 수소전기버스)	전기버스 (타사)
		
충전시간	약 20분	약 192분
주행거리	약 960km	약 502km

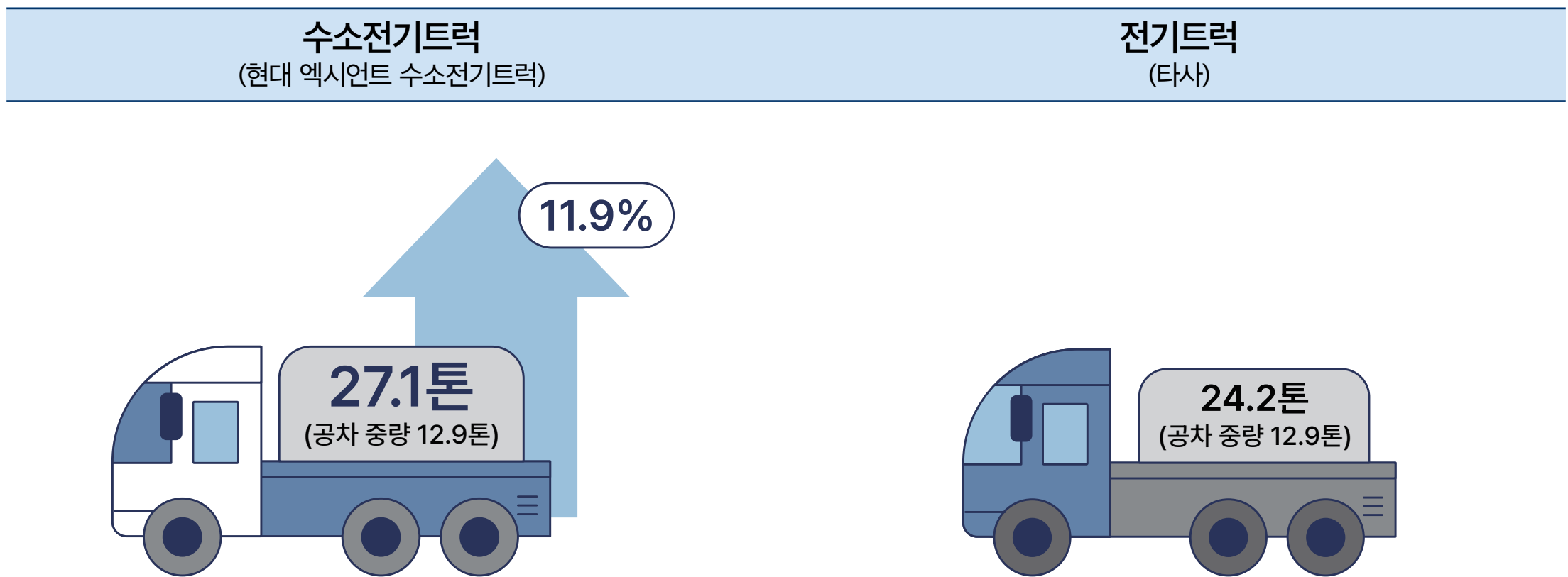
더 많이 싣고 달린다

크고 무거운 화물차를 움직이기 위해서는
승용차보다 훨씬 많은 양의 에너지가 필요해요.

그래서 전기 화물차는 더 크고 무거운 배터리가 필요하지요.
반면 수소 화물차는 에너지를 저장하는 시스템이 상대적으로
가볍기 때문에 전기차보다 더 많은 화물을 옮길 수 있어요.
40톤 트럭의 경우 수소전기트럭은 전기트럭에 비해 짐을 3톤
이나 더 싣고 달릴 수 있습니다.



수소전기트럭과 전기트럭의 화물 적재량 차이



굴착기부터 버너까지, 팔방미인 수소

앞서 본 것과 같이 수소는 다양하게 활용할 수 있어요. 그런데 사실 우리가 잘 알고 있는 자동차, 트럭 등을 비롯한 이동수단 뿐만 아니라 더 많은 곳에서 활약을 펼치고 있는데요. 그렇다면 실제로 어떻게 활약하고 있는지 알아볼까요?

수소연료전지시스템

수소의 화학 반응을 통해 전기를 만드는 수소연료전지는 자동차뿐 아니라 발전기, 굴착기, 지게차, 트랙터 등 여러 산업·농업 현장에서 활용되고 있어요.



발전기



굴착기



지게차



농업용 트랙터



군용 차량



AGV(무인 운반 차량)



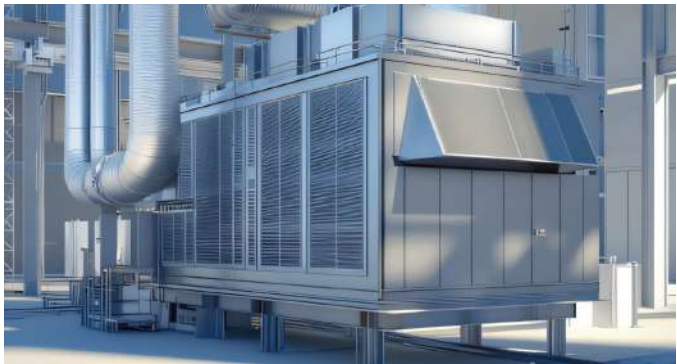
선박

수소버너

수소버너는 수소와 공기를 함께 태워 높은 열을 만드는 장치예요. 도장 오븐, 공조기, 보일러 등 높은 열이 필요한 산업 현장에서 큰 역할을 하고 있습니다.



도장 오븐 자동차 도장막을 균일하고 신속하게 건조 및 경화



공조기 바깥 공기를 빠르게 가열해 실내로 공급



보일러 고온 배기가스로 수관의 물을 가열하여 사업장 곳곳에 공급

아폴로 11호에 실린 수소연료전지

최초로 달 착륙에 성공한 아폴로 11호에는 3대의 수소연료전지가 탑재됐어요. 수소연료전지는 우주선 내 무수히 많은 기기를 작동시킬 전기를 만들고, 발전 과정에서 생긴 물로 우주비행사들의 목을 축여 주었지요. 우주에서는 다른 에너지원보다 수소 연료전지가 특히 더 활약하고 있어요. 필요에 따라 전기와 물을 만들거나 반대로 전기와 물을 이용해 수소와 산소를 만들 수 있기 때문이랍니다. 앞으로 달이나 화성에 우주기지를 만들어 인류가 거주하게 된다면 수소연료전지의 역할은 더 커질 거예요.

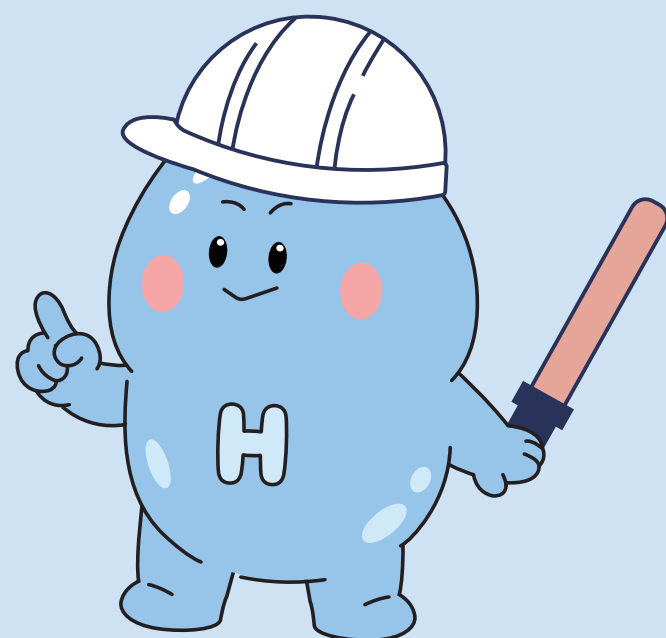


아폴로 11호의 연료전지
출처: 미국항공우주박물관

Chapter 4 | Safe 안전성

수소, 안전을 더하다

수소를 다루는 기술에는 안전을 지키기 위한 과학적인 비법들이 촘촘히 숨어 있어요.
수소가 어떻게 안전하게 우리 곁에 있을 수 있는지 알아볼까요?



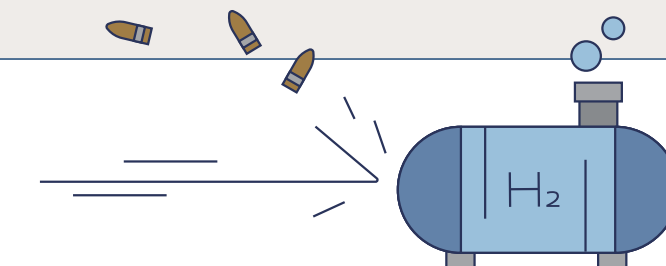
가벼워서 더 안전한 기체, 수소

수소는 무색, 무취, 무독성의 기체예요.

색도, 냄새도, 독성도 없지요. 여기에 더해 수소는 지구에 있는 물질 중 가장 가벼운 원소예요. 1기압 상온 상태에서 수소 기체의 밀도는 0.0899kg/m³로, 공기보다 14배나 가볍지요. 그래서 만약 수소가 새어 나온다면 하더라도 공기 중으로 순식간에 날아올라 흩어져 버려요. 마치 풍선이 하늘로 떠오르는 것처럼요. 반면 우리가 자동차에 넣는 휘발유나 가정에서 쓰는 LPG 가스는 공기보다 무거워서 새어 나오면 바닥에 가라앉아 오래 머물러요. 한곳에 오래 머무는 기체일수록 불이 붙을 위험이 크기 때문에, 오히려 빨리 흩어지고 날아가버리는 수소가 더 안전하다고 볼 수 있답니다.



총알이 뚫어도 폭발 없이 안전하게, 수소탱크



수소전기차나 수소 저장 시설에는 수소를 담는 튼튼한 탱크가 있어요.

이 탱크는 탄소섬유 여러 겹을 감아 만들어서 웬만한 충격에는 끄떡없어요. 실제로 자동차 회사들은 수소 탱크에 총을 쏘거나, 불에 태우거나, 자동차 사고처럼 강하게 충돌시키는 실험을 거쳐 안전성을 확인한 뒤에야 제품으로 만들어요. 이렇게 꼼꼼한 검증을 거치기 때문에, 수소는 믿고 사용할 수 있는 청정에너지랍니다.

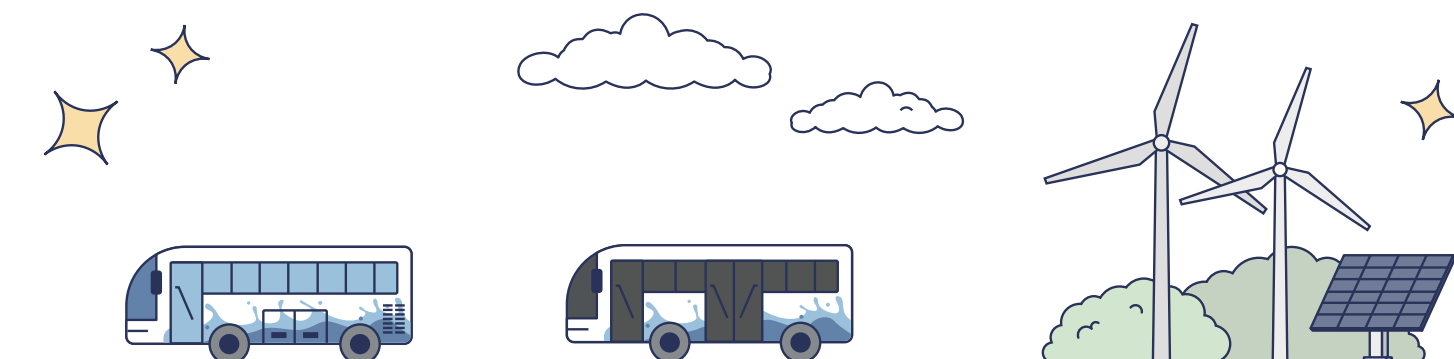
수소가 안전한 이유는 무엇일까요?

수소는 우리가 많이 사용하는 가솔린, LPG, 메탄(메테인)보다 안전해요.

가솔린은 자동차 같은 교통 수단의 연료로 주로 이용해요. LPG는 캠핑장에서 많이 볼 수 있는 가스통에 담겨 있는 연료를 말하지요. 메탄은 각 가정에 공급되는 도시가스예요. 한국산업안전공단과 미국화학공학회이 주요 에너지의 종합 위험도를 분석한 결과, 수소의 위험성을 1로 볼 때 가솔린이 1.44, LPG가 1.22, 메탄이 1.03으로 수소가 다른 에너지보다 안전하다고 평가됐답니다. 수소, 안심하고 사용할 수 있겠죠?

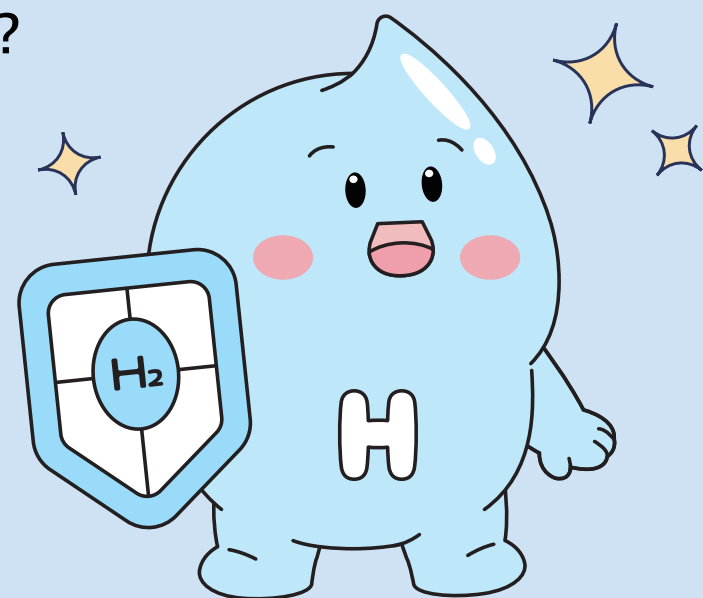
우리나라는 수소를 안전하게 사용하기 위해 세계 최초로 2020년 2월 ‘수소법’을 만들었어요.

우리나라는 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」을 통해 수소를 안전하게 생산하고, 저장하고, 운반하며 사용할 수 있도록 관리하고 있어요. 수소 충전소와 저장시설은 엄격한 안전 기준을 충족해야 하며, 정기적인 점검과 관리도 이루어져요. 이렇게 수소는 우리 모두가 안심하고 사용할 수 있도록 국가가 안전을 위한 제도를 마련하고 있답니다.



에너지 안보 지킴이, 수소

우리나라는 현재 에너지에 있어서는 다른 나라에 크게 의존하고 있어요.
도대체 왜 그런 걸까요? 또 어떻게 수소로 에너지 자립을 할 수 있는 걸까요?



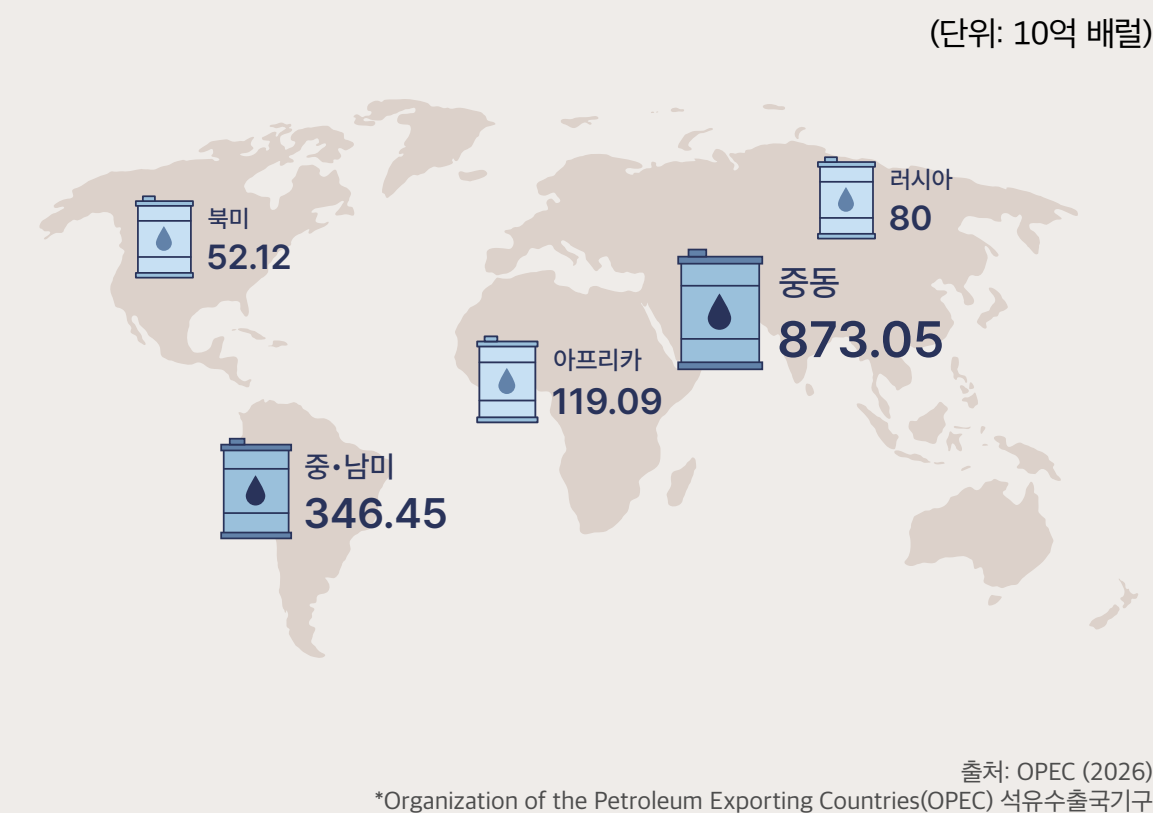
우리가 매일 쓰는 에너지, 다 수입해온다고?

우리나라가 다른 나라 에너지에 의존적인 이유는 에너지로 사용할 수 있는 자원인 석유나 석탄, 가스 등이 거의 나지 않는 나라이기 때문이에요. 우리가 사용하는 에너지 자원의 94%는 다 수입해오는 것이라고 이해하면 쉬워요. (에너지경제연구원, 2024)

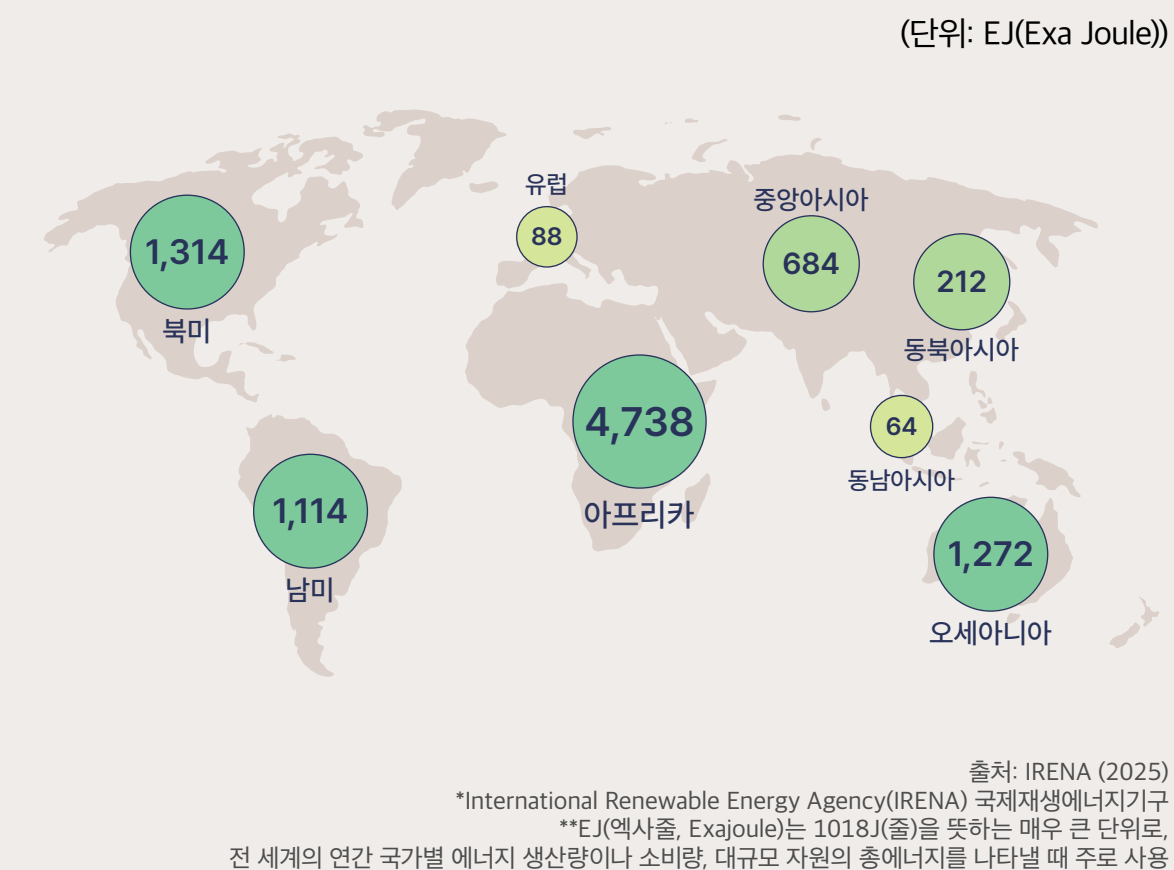
게다가 에너지 자원이 많이 묻혀 있는 에너지 부자 나라는 매우 한정적이에요. 석유를 예를 들면 주로 중동, 중·남미, 러시아에 매장되어 있지요. 그래서 이들 나라에 분쟁이 일어나거나 혹은 별문제가 없어도 자국의 이익을 위해 에너지 자원의 수출을 줄이면 우리나라의 산업과 경제는 큰 타격을 입게 된답니다.



글로벌 석유 매장량 분포



2050 대륙별 그린 수소 생산 잠재력



수소, 에너지 자립과 공급망을 지켜라!

에너지 안보란 국가가 필요한 에너지를 안정적이고 지속적으로 확보할 수 있는 능력을 의미해요.

우리나라는 에너지 자원을 다양한 나라로부터 안정적으로 수입할 수 있도록 외교적인 노력을 기울이고 있지요. 그런데 에너지 자원을 생산하는 국가가 여러가지 이유로 자국의 에너지 자원의 수출을 끊어버리면 어떻게 될까요?

맞아요. 우리나라는 물론 전 세계 다양한 국가의 에너지 안보에 심각한 문제가 돼요. 에너지를 안정적으로 확보하기 어려워지기 때문이에요. 이러한 위험을 줄이기 위해 에너지 자립과 함께 공급망을 다양하게 만드는 것이 필요해요. 한 국가나 한 가지 에너지원에만 의존하지 않고, 공급 경로를 다양하게 하여 문제가 생겼을 때 에너지를 더욱 안정적으로 공급할 수 있도록 하는 것이지요. 이 때 해결의 주인공이 바로 재생에너지와 수소랍니다. 재생에너지는 햇빛과 바람 등 자연의 힘으로 에너지를 만드는 것을 말해요. 지역마다 일부 차이는 있지만, 햇빛과 바람은 모든 지역에 있지요.

그래서 특정 지역에서만 얻을 수 있는 석유, 석탄, 가스 등 화석 연료와는 달리 보편적인 에너지라고 불린답니다.

수소도 마찬가지예요. 수소는 물은 물론 폐기물 같은 다양한 재료로 만들 수 있어요. 기술만 있다면 어디서나 만들수 있지요. 위 지도처럼 말이에요. 특히 수소는 저장과 운송이 편리해서 다른 나라로부터 에너지 공급이 불가한 상황에서도 국가와 산업을 유지해주는 에너지 안보 지킴이로 주목받고 있어요.

최근 에너지 분야에선 지역에서 생산한 에너지를 지역 내에서 소비하는 ‘지산지소(地產地消)’라는 개념이 주목받고 있어요.

이렇게 되면 에너지를 멀리 보낼 필요가 없어서 효율적이죠. 지역에 국한되지 않고 전기를 얻을 수 있는 수소는 지산지소를 이룰 중요한 자원으로 손꼽히고 있어요. 이렇듯 수소는 국가, 나아가 지역의 에너지 자립을 돕고, 공급망을 더욱 다양하고 튼튼하게 만드는 에너지랍니다.

Outro | 수소가 만들어 나갈 오늘과 내일

계속 성장하는 글로벌 수소 시장

수소는 전 세계의 관심 속에서 꾸준히 성장하고 있어요.

이미 수소에 대해 많은 것을 알게 된 우리는 왜 이렇게 수소가 성장하고 있는지 이해할 수 있을 거예요.

미래에는 수소가 얼마나 더 많이 필요하고, 또 얼마나 큰 시장으로 성장하게 될까요?

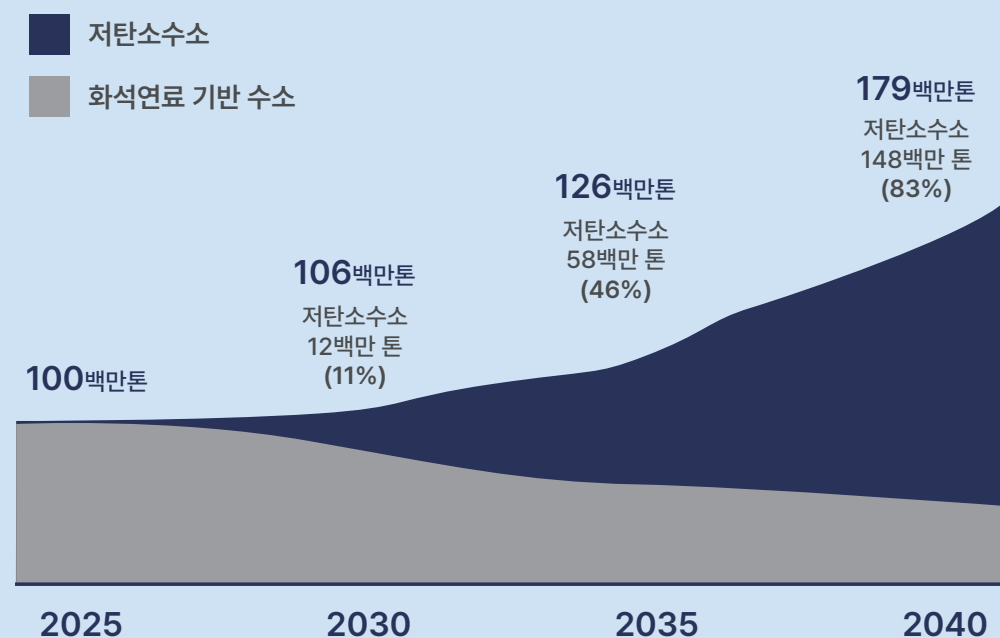
2040년, 수소는 2배, 청정수소는 148배

탄소중립을 이루기 위해 전 세계는 수소를 점점 더 많이 필요로 할 거예요. 2040년에는 수소가 지금보다 2배 더 필요할 것으로 예상돼요.

특히 청정수소(그린수소·블루수소처럼 탄소 배출이 적은 수소)는 지금보다 148배 더 많이 사용될 것으로 보이며, 전체 수소의 83%를 차지할 것으로 보여요. (BNEF, 2026)

넷제로 달성을 위한 글로벌 수소 수요 전망

출처: BNEF (2026)



주요 국가·권역별 수소 활용 계획



미국

미국은 풍부한 천연가스와 잘 갖춰진 에너지 인프라를 바탕으로, 저탄소 수소와 저탄소 암모니아를 생산하고 있어요. 생산과정에서 나오는 이산화탄소를 모아 저장하거나, 다시 활용해 탄소 배출을 줄이고 있답니다. 이렇게 만들어진 저탄소 수소와 암모니아는 정유, 비료, 화학, 철강 등 여러 산업의 탄소 배출을 줄이는데 활용되고 있어요. (미 의회, 2022)



유럽

한국처럼 에너지 수입 의존도가 높은 유럽은, 수소 전환에 이른 관심을 갖고 다양한 정책과 법을 통해 그린 수소 사용을 늘리고 있어요. 특히, 대형 트럭, 항공과 같은 수송 부문과 정유 등 산업 부문을 중심으로 그린 수소 활용을 확대하기 위해 노력하고 있답니다. (유럽연합, 2023)



인도

인도는 풍부한 재생에너지를 바탕으로, 가격 경쟁력이 높은 그린 수소와 그린 암모니아를 생산하여 세계 시장에 수출하려고 해요. 특히, 그린 암모니아는 비료생산과 발전에 활용할 수 있어, 다양한 관련 산업에서 새로운 성장 기회를 만들려고 해요. (신재생에너지부, 2023)



일본

에너지 자원이 부족한 일본은, 발전과 철강·화학·정유처럼 암모니아와 수소 사용이 큰 부문을 중심으로 대규모 수소 시장을 만들고 있어요. 그리고 대량의 수소를 안정적으로 공급받기 위해 해외 여러 국가와 투자 및 협력을 확대하며 글로벌 수소 공급망을 구축하고 있어요. 예를 들어, 2022년에는 일본-인도 청정에너지 파트너십(CEP)을 체결한 이후, 수소-암모니아 공급망 협력을 추진하며 해외 수소 도입 기반을 넓혀가고 있어요. (경제산업성, 2023 개정)



중국

풍부한 재생에너지를 바탕으로 저렴한 그린 수소를 생산할 수 있는 중국은 수소 산업에 적극적으로 나서고 있어요. 시범 도시들에서 수소전기차를 적극 도입해 수소 사용을 늘리고 있으며, 차츰 다양한 산업으로 확대할 예정이에요. (중국정부망, 2026)



중동
(사우디/UAE/오만)

기존 화석연료 생산과 수출이 주력 산업이었던 중동은 청정에너지 시대를 대비해 새로운 산업을 키우는 게 중요한 과제가 되었어요. 이를 위해 풍부한 일조량에 기반한 태양광으로 전기를 만들고, 이를 이용해 생산한 그린 수소를 해외에 적극 수출하려고 해요. (사우디 국가 이니셔티브, 2021 / UAE 인프라에너지부, 2023 / 오만 Hydrom, 2024)



칠레

세계적인 구리·리튬 생산국인 칠레는, 풍부한 태양광과 풍력을 활용해 저렴한 그린 수소를 생산하려고 해요. 이를 바탕으로 광산에서 사용하는 차량과 장비의 탄소 배출을 줄이고, 장기적으로 그린 수소를 새로운 수출 산업으로 키우려고 한답니다. (에너지부, 2024 개정)



캐나다

국토가 넓고 겨울이 매우 추운 캐나다는 장거리 화물 운송 분야에서 수소 활용을 확대하고 있어요. 일반적으로 전기차는 추운 날씨에 배터리 효율이 영향을 받아 주행거리가 줄어들 수 있어요. 그래서 캐나다는 추운 지역에서도 장거리를 안정적으로 운행할 수 있고, 빠르게 연료를 충전할 수 있는 수소전기차를 활용하는데 관심이 높답니다. (천연자원부, 2020)



호주

태양광·풍력과 같은 재생에너지가 풍부한 호주는, 이러한 장점을 살려 그린 수소 생산에 집중하고 있어요. 또한 지금까지는 철광석을 주로 수출했다면, 앞으로는 그린 수소를 이용해 철광석을 환원철로 가공한 뒤 수출하는 산업을 육성하려고 해요. 이를 통해 더 높은 부가가치를 창출하고자 한답니다. (기후변화에너지환경수자원부, 2024)

Outro | 수소가 만들어 나갈 오늘과 내일

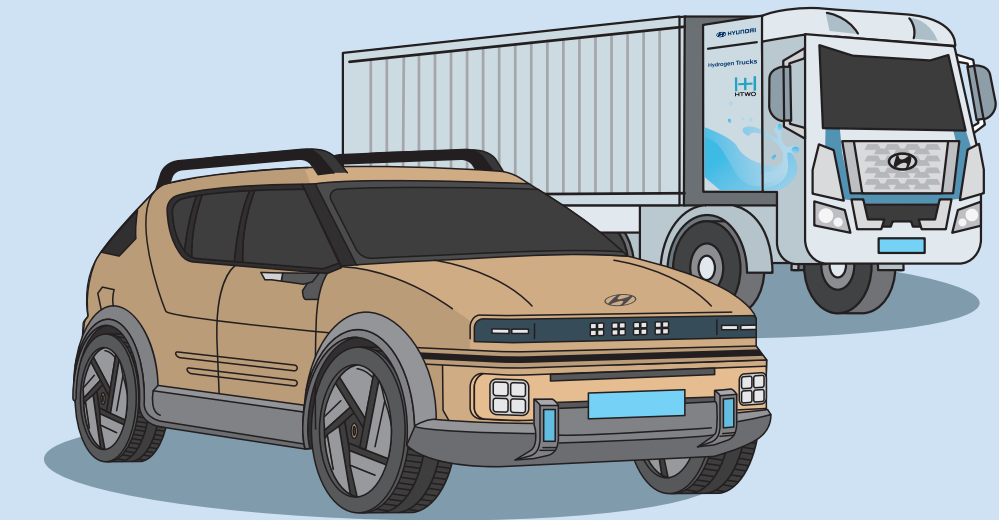
글로벌 수소 프론티어, 우리나라의 수소 기업

수소는 이미 우리 생활 곳곳에서 존재감을 뽐내고 있어요.
특히 우리나라는 수소 관련 일부 분야에서 세계 최고 수준의 기술을 가지고 있습니다.
또 세계 어떤 나라보다 많은 수소전기차가 달리고 있는 나라기도 해요.
우리나라의 수소 산업을 조금 더 자세히 들여다 볼까요?

수소전기차 선도 국가, 대한민국

우리나라는 세계에서 손꼽히는 수소전기차 기술을 보유한 나라
이며, 수소전기차 시장을 이끄는 나라 중 하나예요.

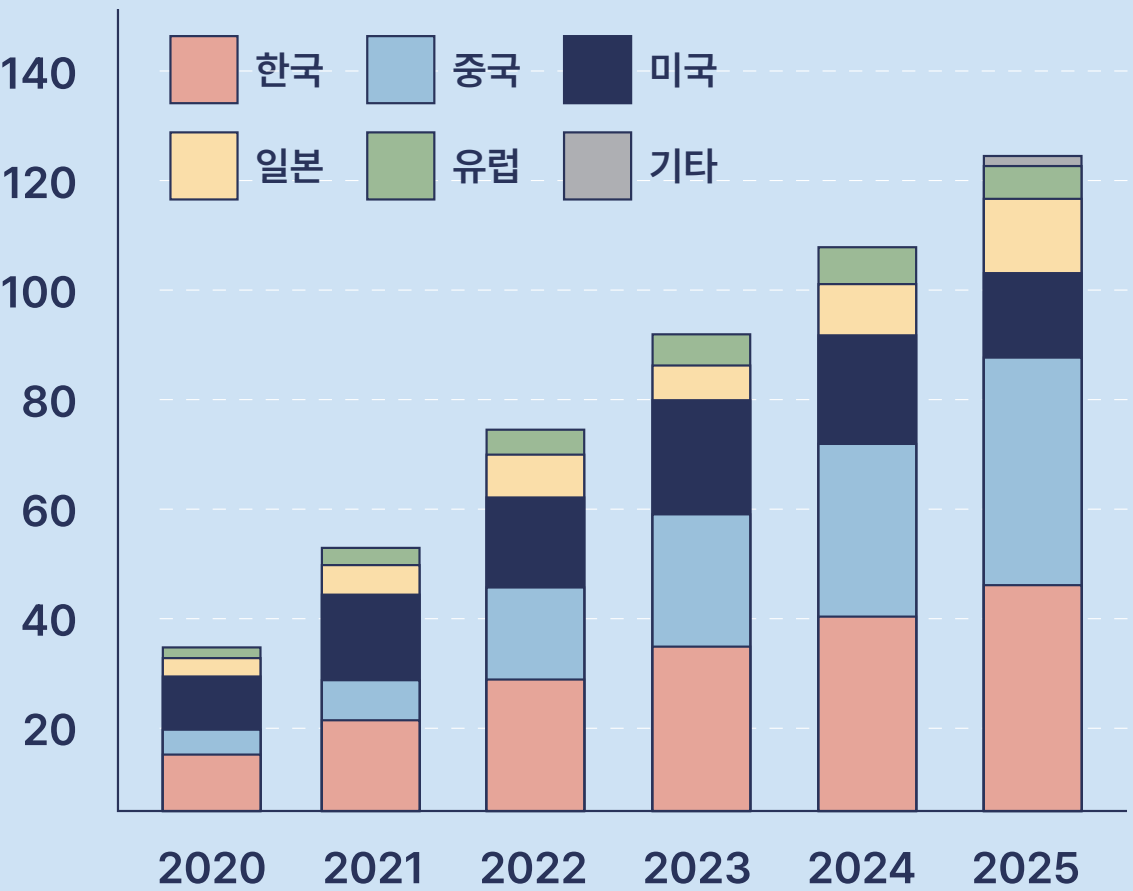
수소전기차를 직접 개발하고 생산할 뿐 아니라, 수소충전소를
꾸준히 늘리며 누구나 편리하게 이용할 수 있는 환경을 만들어 가고
있습니다. 수소전기버스와 트럭을 중심으로 빠르게 보급하고 있는
중국과 함께 우리나라도 세계적인 경쟁력을 갖추며 수소전기차
산업을 선도하고 있어요.



처음 만나는 수소

국가별 수소전기차 현황(2025년 기준)

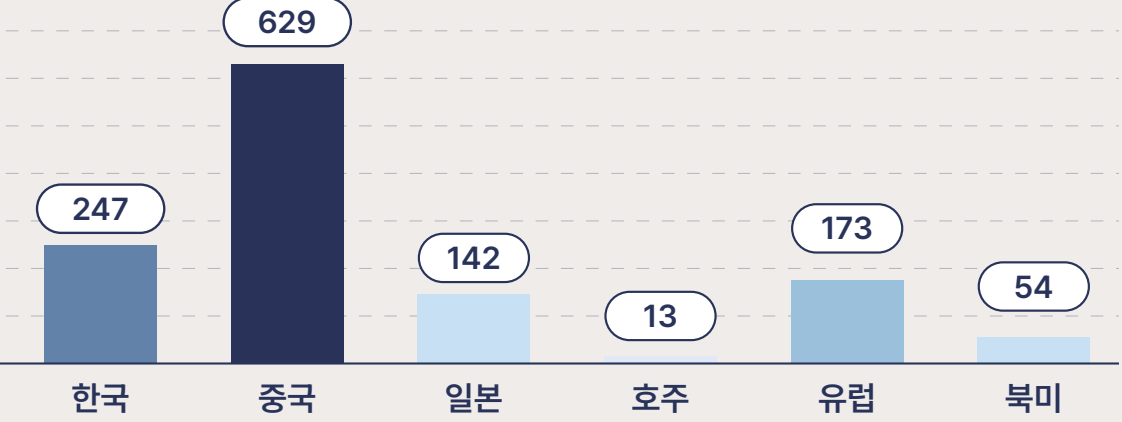
(단위: 1,000대)



출처 : IEA (2026)

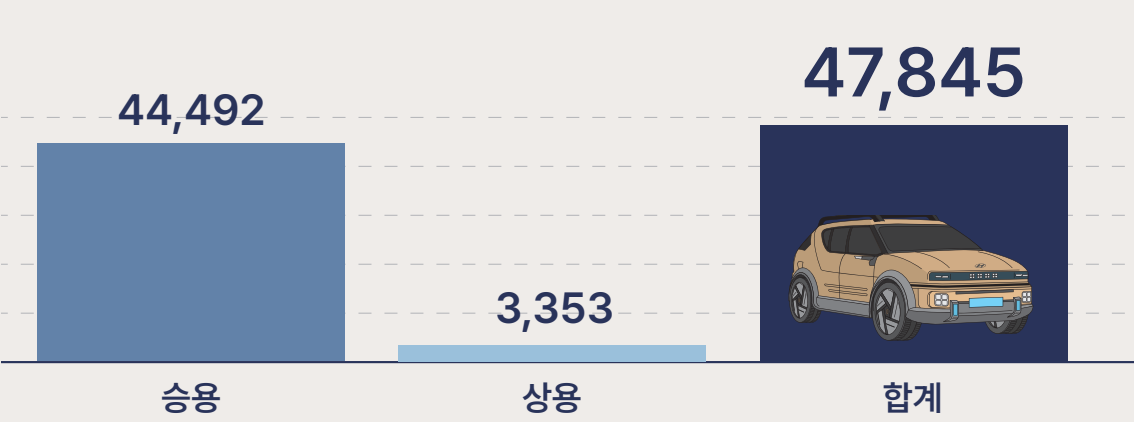
수소 충전소 현황(2026년 기준)

(단위: 개소)



국내 수소전기차 보급 현황(2026년 기준)

(단위: 대)



출처: 한국-무공해차누리집 (2026) / 중국-중국수소연맹 (2026) / 일본-차세대자동차진흥센터 (2026)
/ 호주-CSIRO(2025) / 유럽-HRS availability map (2026) / 북미-Alternative Data Center(2026)

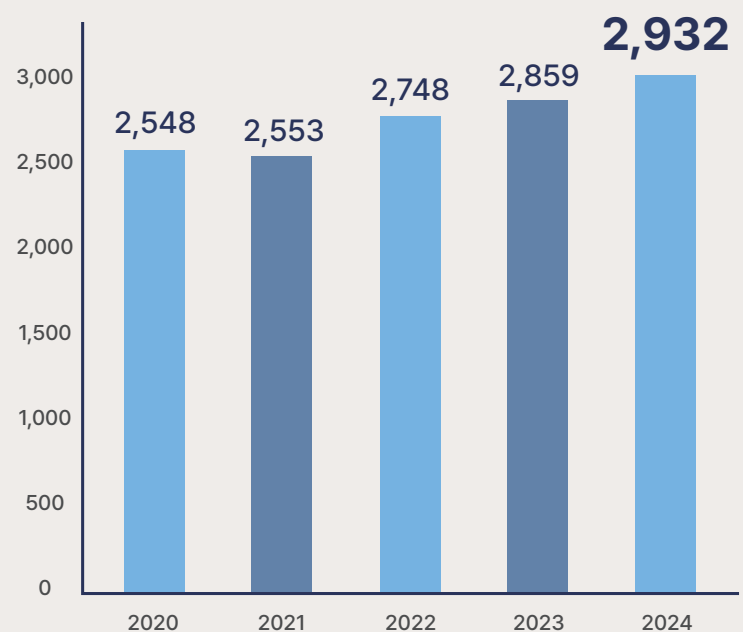
*The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation(CSIRO) 호주 연방과학산업연구기구

우리나라의 수소 산업 현황

우리나라에는 이미 수소를 만드는 회사와 저장·운반하는 회사 등 약 3,000개의 수소 관련 기업이 있어요. 이곳에서 일하는 사람도 3만
6,000명이 넘지요. (기후에너지환경부·한국수소연합, 2024년 기준) 2040년까지 수소생태계가 우리 사회 속에 자리잡으면 약 42만 개의
새로운 일자리가 생기고, 해마다 43조 원 가량의 경제적 가치를 만들어낼 것으로 전망되고 있어요. (정부 수소경제활성화 로드맵, 2019)

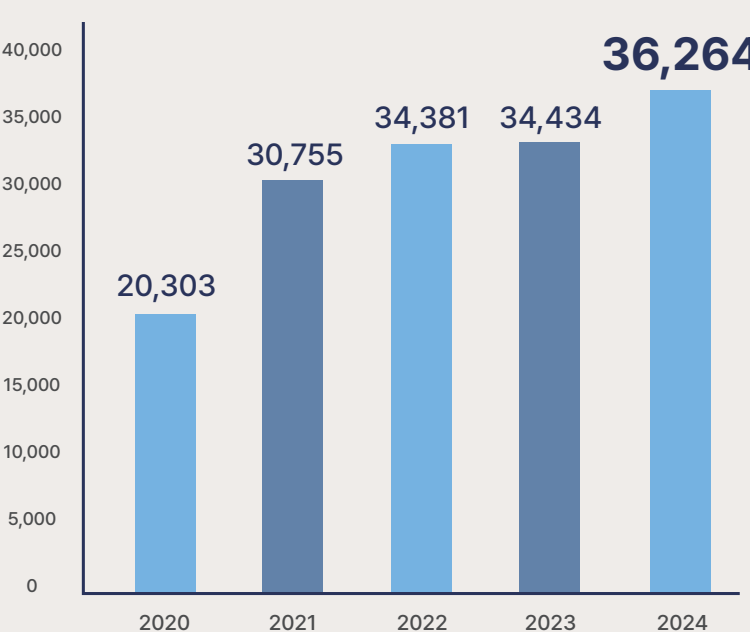
국내 수소 사업체 수

(단위: 개)



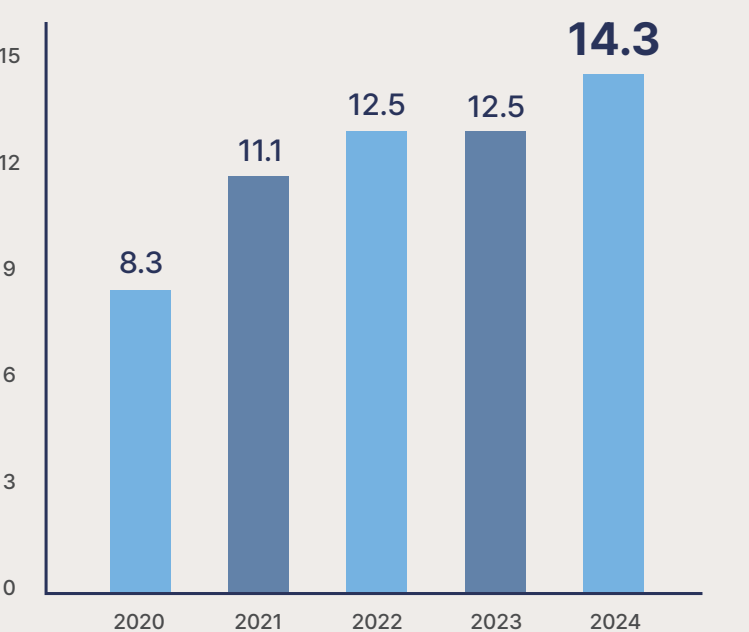
국내 수소 사업체 종사자 수

(단위: 명)



국내 수소 산업 매출액

(단위: 조 원)



출처 : 한국수소연합(2025)

Outro | 수소가 만들어 나갈 오늘과 내일

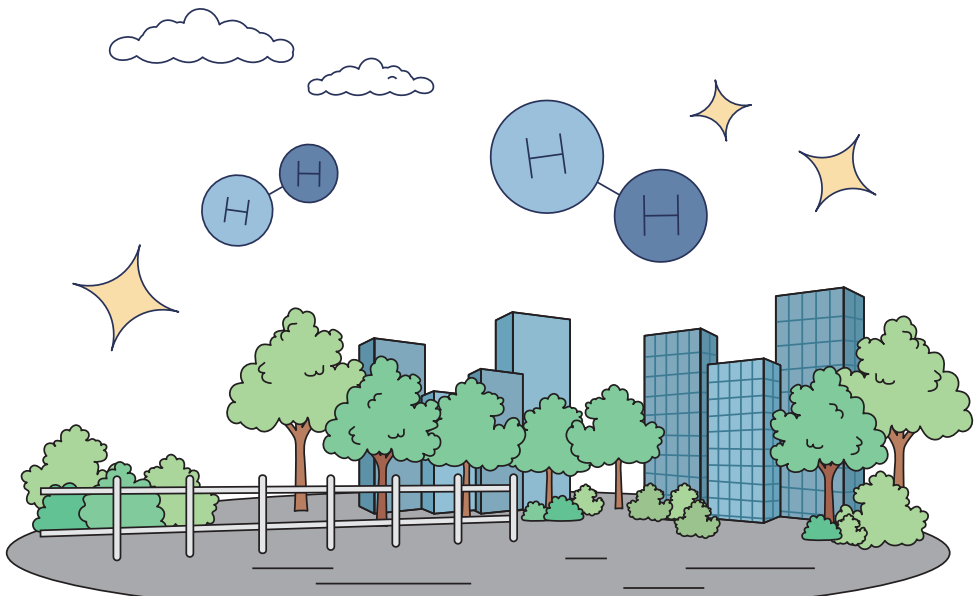
내가 사는 이곳, 수소로 움직인다

수소로 움직이는 도시가 있어요. 주거, 교통, 산업 등 도시의 각 분야에서 필요한 에너지로 수소를 이용하는 도시, 바로 ‘수소도시’랍니다. 수소도시로 함께 여행을 떠나 볼까요?

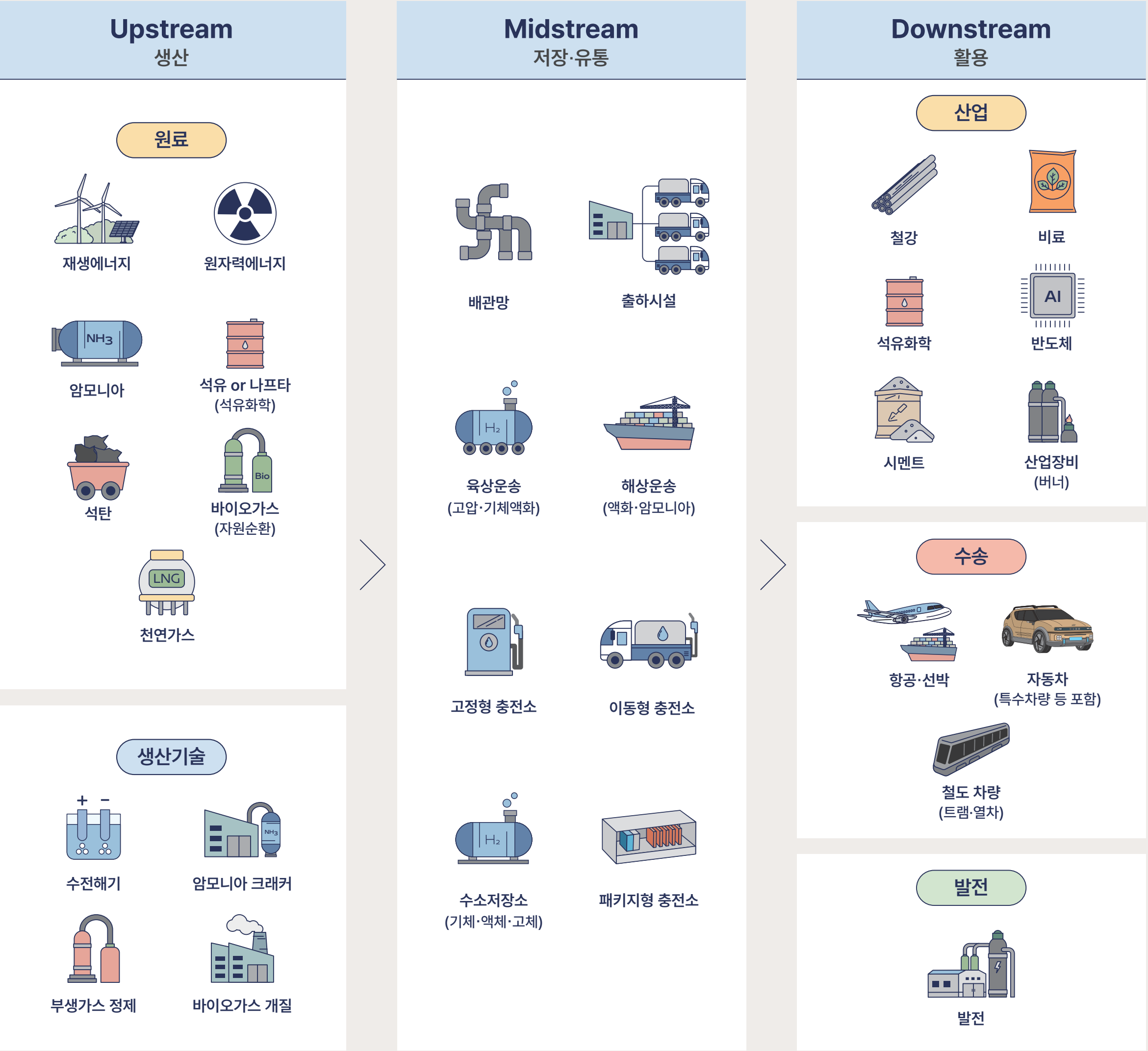
수소 생태계가 살아 있는 수소도시

수소도시는 말 그대로 수소로 움직이는 도시를 말해요.

도시 안에 수소의 탄생부터 활용까지 서로 연결된 ‘수소 생태계’가 구축되어 있습니다. 수소 생태계는 수소를 만들고, 저장하거나, 필요한 곳으로 운송하고, 직접 활용하는 모든 과정이 마치 자연의 생태계처럼 촘촘하게 연결된 것을 말해요. **도시 안에서 수소를 만들어 저장하고, 필요한 곳으로 보내 전기와 열을 생산해요.** 수소전기버스와 수소청소차가 도로를 달리고, 건물에는 수소연료 전지가 설치돼 전기를 직접 만들죠. 집과 학교, 병원에서는 수소로 만든 전기와 난방을 사용할 수 있고, 수소충전소에서는 자동차와 버스에 연료를 공급한답니다. 이처럼 수소 생태계 속 각 시설들이 서로 긴밀하게 연결돼 있어야 살아있는 시스템으로서 잘 작동할 수 있어요.



수소의 생산부터 활용까지, 수소 밸류체인



Outro | 수소가 만들어 나갈 오늘과 내일

우리 동네도 수소도시?

우리나라 방방곡곡에 수소도시가 생기고 있어요.

수소도시로의 변화는 단순히 에너지원이 수소로 바뀌는 것이 아닙니다. 탄소 경제에서 수소 경제로 산업체계가 완전히 변화하면서 탄소중립을 달성하고, 지역 경제를 활성화하며, 새로운 일자리를 만드는 것을 의미하지요. 각 도시들은 지역마다 특색에 맞게 다양한 형태의 수소도시로 변신하고 있어요. 산업이 발달한 도시는 이와 연계해 수소를 이용하고, 도시 재생 사업이 필요한 지역은 수소를 바탕으로 주거 환경과 교통 인프라를 새롭게 구축하는 거예요. 풍력이나 태양광 같은 재생에너지의 생산이 많은 곳은 이를 이용해 그린 수소를 만들어 활용하고 있답니다.

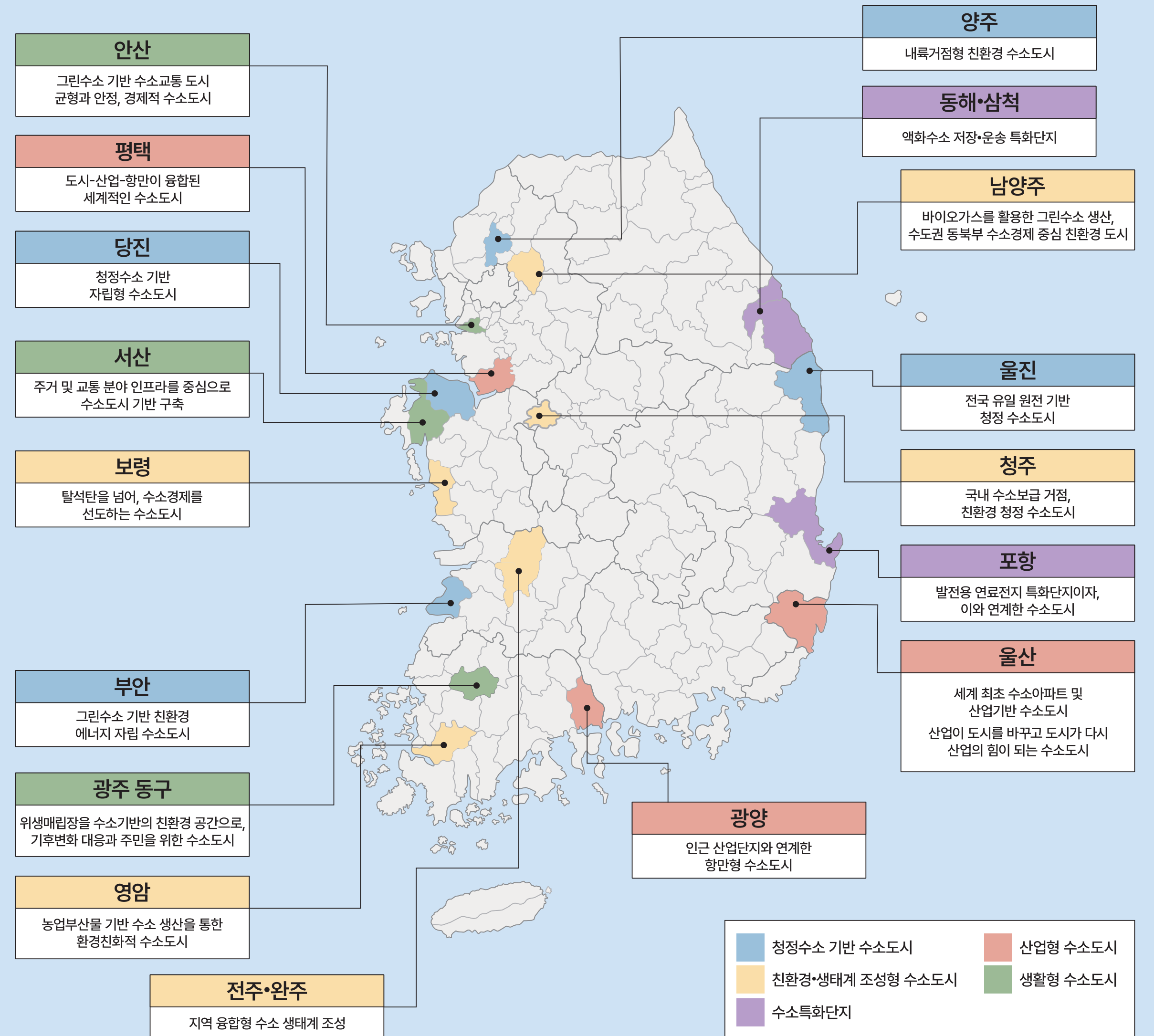
혹시 우리 동네도 수소도시로 변하고 있을까요?

어느 지역에 어떤 수소도시가 만들어지는지 지도에서 함께 찾아 볼까요?

기업들이 함께 만드는 수소산업의 중심지, 수소특화단지

일반 수소도시와 다르게 기업과 연구기관이 중심이 되어 수소산업을 발전시키는 지역이 있어요.

그 곳을 바로 수소특화단지라고 합니다. 이곳은 수소를 생산하고, 저장·운반하며 활용하는 수소 밸류체인과 연관된 기업 및 연구소가 한데 모인 일종의 첨단 산업단지입니다. 기업들이 서로 손을 잡고 새로운 기술을 개발하며 시장을 키워가는 핵심 기지인 셈이죠. 현재 강원 동해·삼척 그리고 경북 포항이 특화단지로 지정되어 있으며, 각 지역의 강점을 살려 맞춤형 수소 산업을 무력무력 키워가고 있어요.



Outro | 수소가 만들어 나갈 오늘과 내일

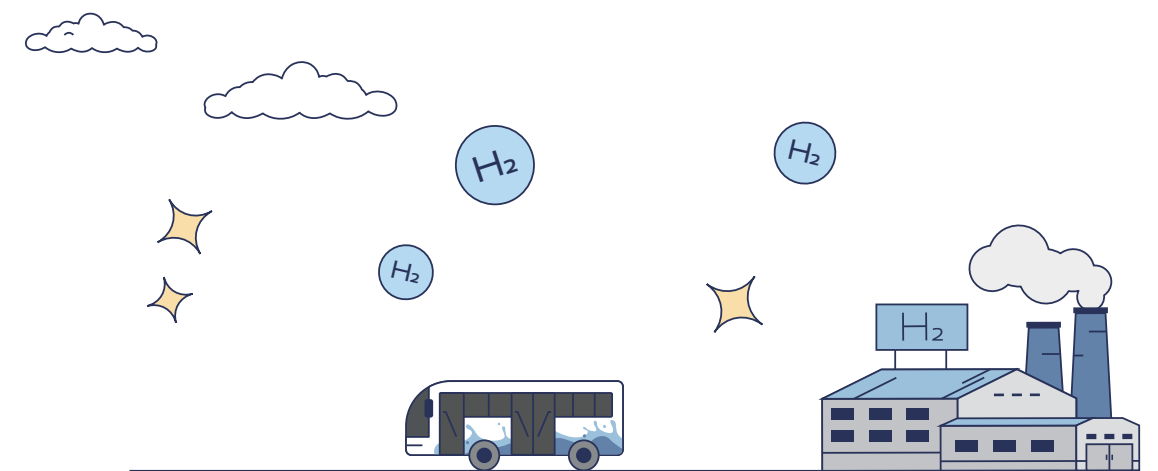
수소가 바꾸는 우리 동네

국토교통부에서 공식적으로 지정한 수소도시와 함께, 지역 특성에 맞게 수소 사회를 만들어 가는 곳들도 있어요.
인천, 새만금, 제주 등이 있지요. 각 도시와 지역에서 어떻게 수소를 활용하는지, 자세히 알아볼까요?

생활·교통형 수소도시, 전북특별자치도

전북특별자치도는 완주와 전주를 중심으로 수소 생태계가 구축되고 있어요.

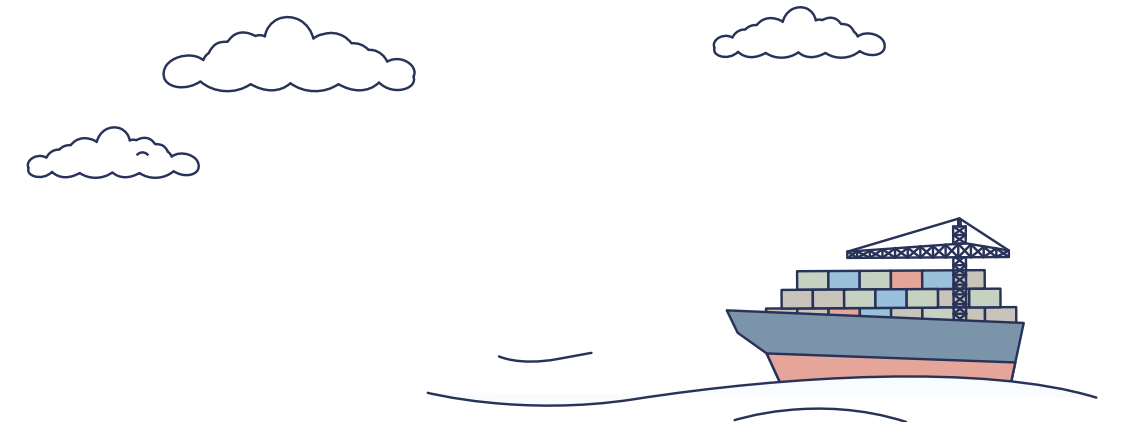
2019년 정부의 ‘수소경제 활성화 로드맵’에 발맞춰 수소산업 육성 기본계획을 수립한 후 다양한 사업을 추진해왔습니다.
현재 도 내 곳곳에 수소전기버스와 수소청소차가 도입되어 운영 중에 있어요. 또한 완주를 중심으로 **수소특화 국가산업단지**를 조성 중이며
현대자동차그룹의 새만금 로봇·AI·수소 미래도시 구축 투자에도 함께할 계획입니다.



항만형 수소도시, 평택

평택은 평택항과 산업단지를 연계해서 수소의 생산·운송·활용이 한 곳에서 이뤄져요.

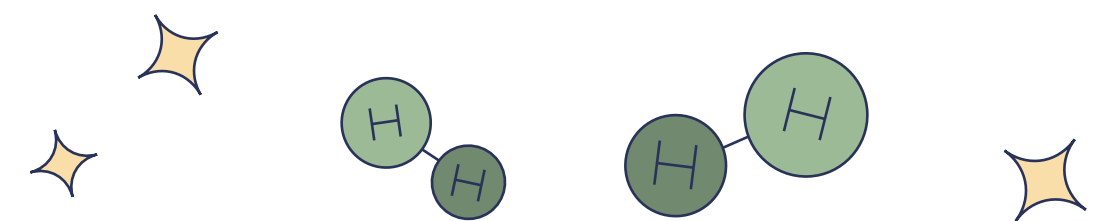
지난 2022년 국토교통부 수소도시 시범사업 대상지로 선정된 이후에 수소 인프라 조성 사업을 추진해왔는데요.
평택항 인근에서 생산한 수소를 경제자유구역 내 항만과 주거, 산업을 연결하는 도시형 에너지 모델 조성에 힘쓰고 있어요.
중심 목표는 총 15km 규모의 수소 배관망을 조성해 수소생산기지에서 수소교통복합기지, 자동차 클러스터, 수소도시지원센터까지 안정적으로 공급하는 **‘도심형 수소공급 인프라’** 완성이에요.



청정수소 기반 에너지 전환 최적의 환경, 제주도

제주도는 풍력·태양광으로 수소를 직접 생산해요.

풍부한 재생에너지를 바탕으로 생산한 그린 수소로 교통·발전·산업에 활용하는 **그린 수소 글로벌 허브**를 조성하는 것이 목표입니다.
현재 그린 수소 생산·실증시설을 단계적으로 확대하고, 수소전기버스·수소전기차 등에 공급해 실제 수요를 늘리기 위해 노력하고 있어요.
그에 더해 제주도는 풍부한 재생에너지와, 이에 기반한 수소를 바탕으로 하여 ‘에너지 대전환을 통한 제주 2035 탄소중립 비전’을 선포하며 적극적으로 그 노력을 지속하고 있어요.



수소가 바꾸는 우리 동네

국토교통부에서 공식적으로 지정한 수소도시와 함께, 지역 특성에 맞게 수소 사회를 만들어 가는 곳들도 있어요. 인천, 새만금, 제주 등이 있지요. 각 도시와 지역에서 어떻게 수소를 활용하는지, 자세히 알아볼까요?

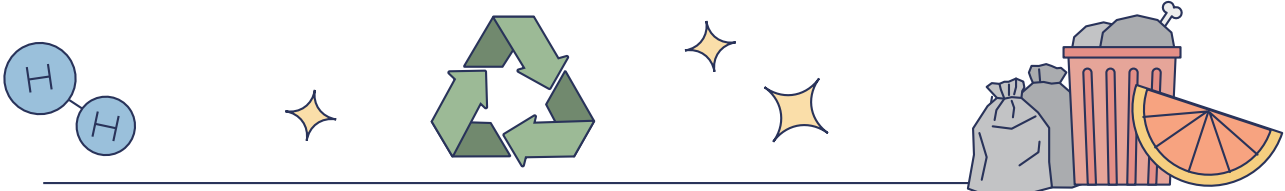
내륙형 자원순환 수소도시, 청주

청주는 지역에서 발생한 폐기물·하수 등에서 얻은 바이오가스를 수소로 전환해요.

2025년에 국토교통부가 주관하는 ‘2026 수소도시 조성사업’에 선정되어 총 400억 원을 투입해 지역 내 수소 인프라를 확대할 계획이에요.

또 2026년에는 현대자동차그룹과 함께 **자원순환형 수소 생산시설(HTWO ENERGY 청주)**을 구축해 순환형 수소 생태계를 조성하고 청정수소 생산 확대에 나설 예정입니다.

이를 통해 충북은 ‘국토의 중심’이라는 입지를 바탕으로 수소 물류·유통의 핵심 허브로 도약하고, 수소 인프라 관리와 모빌리티 확산, 친환경 교통체계 전환 등을 추진해 탄소중립 실현과 지역경제 활성화에 기여할 계획이에요.



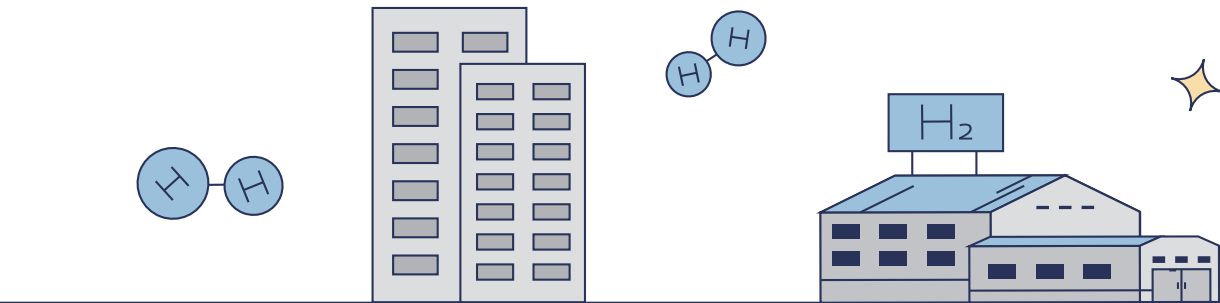
국내 최대 수소도시, 울산

울산은 우리나라 수소 생산량의 약 50%를 차지하는 국내 최대 수소도시예요. (울산광역시, 2026)

2009년 국내 최초의 수소전기차 충전소가 만들어진 곳인 울산은 현재 수소전기차가 약 4,000대 가까이 도로 위를 달리고 있고, 총 16개의 수소충전소가 운영 중입니다.

울산에는 자동차, 조선, 석유화학 등 다양한 산업이 모여있는 산업단지가 있어요. 여기서 수소를 만들고, 사용하는 산업 중심의 수소도시랍니다. 물론 산업단지에서 만든 수소는 도심으로도 연결되어 있어요.

수소로 전기를 만드는 수소발전소와 발전소에서 생긴 열로 난방을 하는 탄소중립형 수소아파트도 있어요. 수소 사회, 울산을 보니 정말 실감이 나죠?



항만과 공항을 품은 도시, 인천

인천은 항만과 공항 인프라를 바탕으로 수소의 생산·저장·운송·활용을 연결하며 수소 사회로 성장하고 있어요.

세계에서도 손꼽히는 초대형 액화수소 생산시설(연간 3만톤)과 이를 활용한 충전 인프라를 갖춘 인천은 수소전기차 보급을 늘리며 수소 모빌리티 시대를 이끌고 있습니다.

또한 항만과 공항을 활용해 수소를 안정적으로 공급하고, 물류와 산업 현장에도 수소 활용을 확대하고 있습니다.

생산부터 저장·운송·활용까지 이어지는 수소 생태계를 바탕으로 인천은 수도권 수소경제의 중심지로 성장하고 있습니다.



Outro | 수소가 만들어 나갈 오늘과 내일

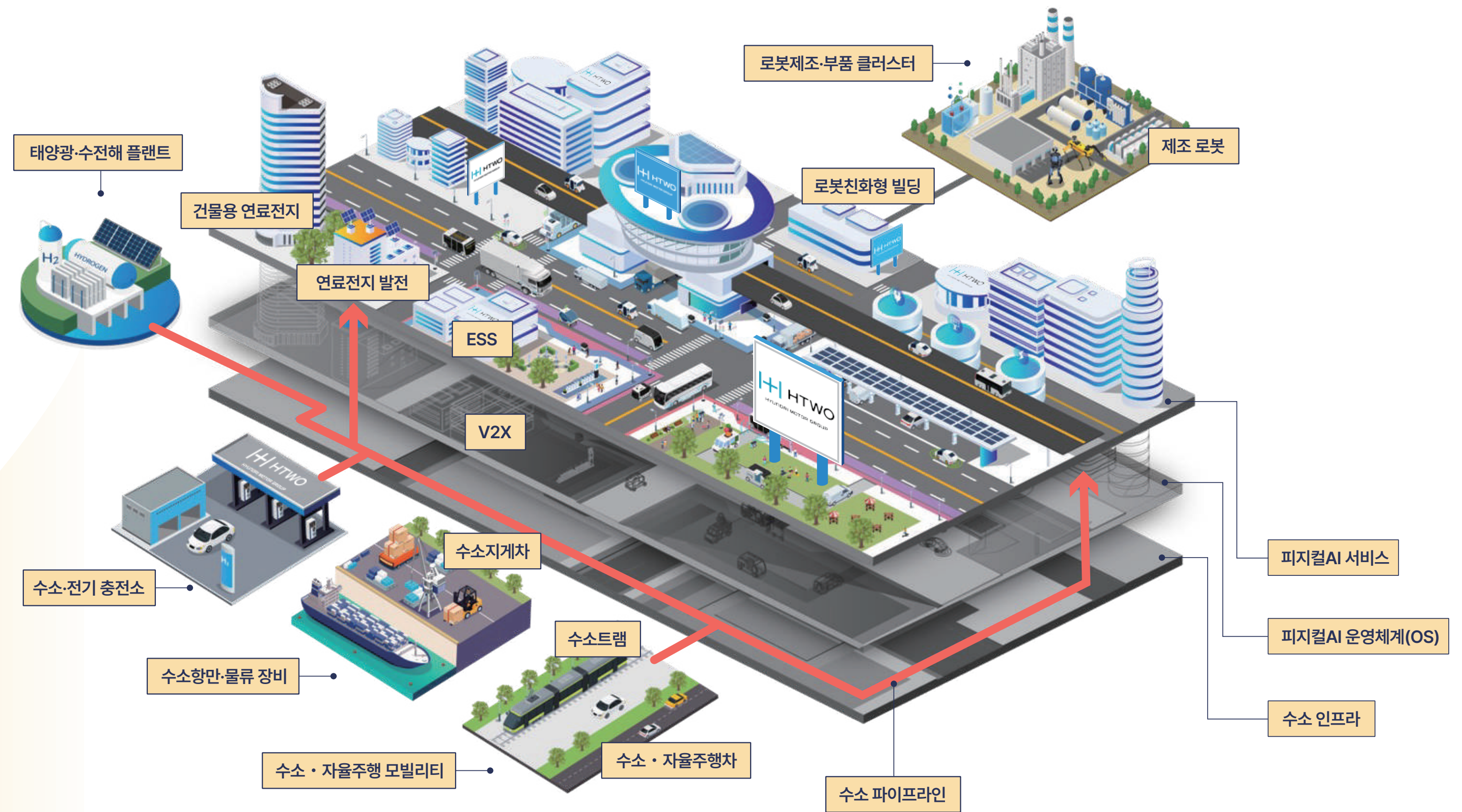
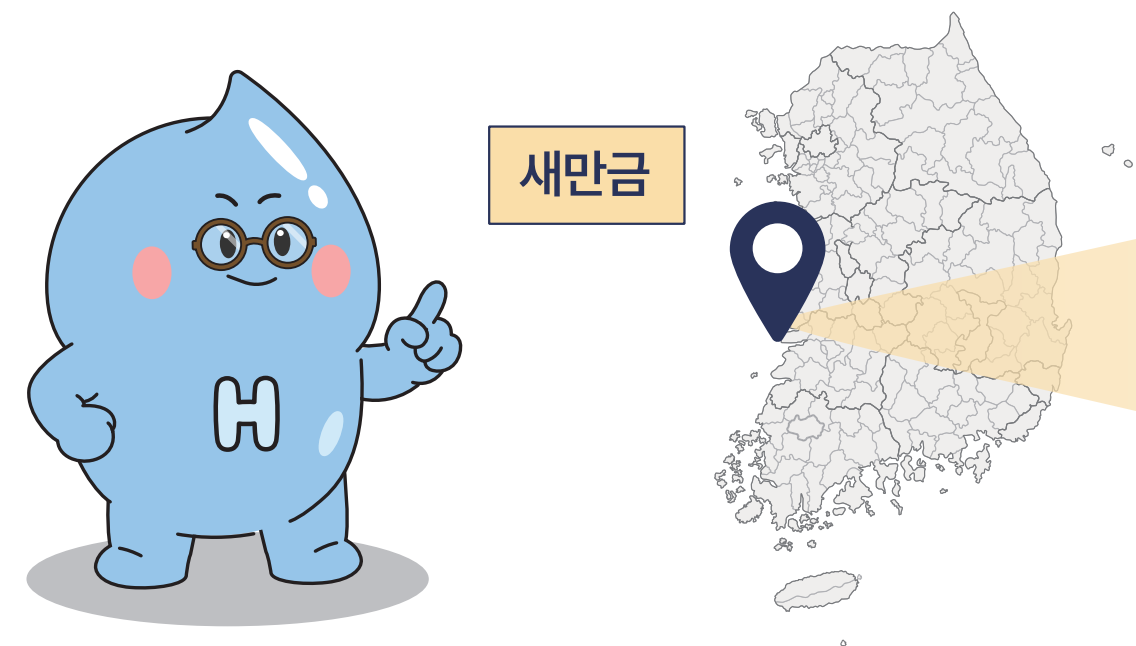
로봇·AI·수소 미래도시, 새만금

전북특별자치도 새만금에는 정부와 지방자치단체, 현대자동차그룹이 함께 미래 로봇·AI·수소도시를 만들고 있어요. 단순히 수소를 생산하는 것에 그치지 않고 미래 산업 곳곳으로 이어지는 새로운 첨단산업 생태계를 만드는 것이 목표예요.

새만금은 에너지와 산업이 동시에 자리할 수 있는 지역으로, 오랫동안 우리나라의 미래 성장 거점으로 주목받아 왔어요. 정부는 새만금이 보유하고 있는 자원을 기반으로 지역 균형 발전은 물론 재생에너지와 첨단산업, 그린 수소가 함께 성장하는 세계적인 미래 도시로 만들기 위한 비전을 꾸준히 추진하고 있습니다.

이러한 비전에 맞춰 지방자치단체와 현대자동차그룹도 적극적으로 새만금 발전에 힘을 보태고 있어요. 현재 새만금은 넓은 부지와 풍부한 태양광·풍력 자원을 활용해 그린 수소를 생산하고 미래 첨단산업에 활용하는 도시를 만드는 대규모 사업이 진행되고 있어요. 이는 정부와 지자체 그리고 민간 기업이 함께 구축하는 친환경 프로젝트로 큰 의미를 지니고 있죠.

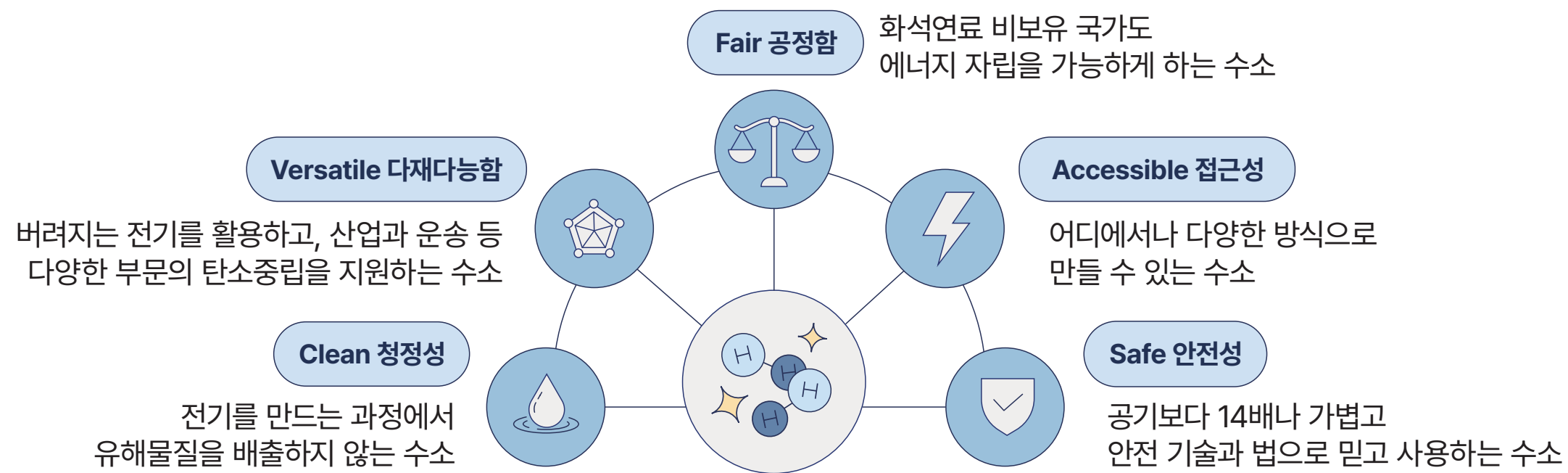
어떤 사업인지 조금 살펴볼까요? 새만금에서 재생에너지로 생산된 수소는 AI 데이터센터와 로봇 제조 공장, 수소 충전소, 항만·물류 등 다양한 미래 산업을 움직이는 동력으로 활약할 예정이에요. 단순히 지역에서 수소를 만드는 것을 넘어 재생에너지와 수소, 첨단산업이 하나로 연결되는 미래 산업 생태계를 만드는 것이 목표랍니다. 정말 멋지죠? 또한 이러한 변화는 해외 화석연료 의존도를 줄이고, 우리나라의 에너지 자립과 공급망 안정성을 높이는 데에도 중요한 역할을 할 것으로 기대되고 있어요. 대한민국을 대표하는 청정에너지와 미래 산업의 중심 도시, 새만금! 앞으로 어떤 모습으로 발전해 나갈지 함께 지켜봐 주세요.



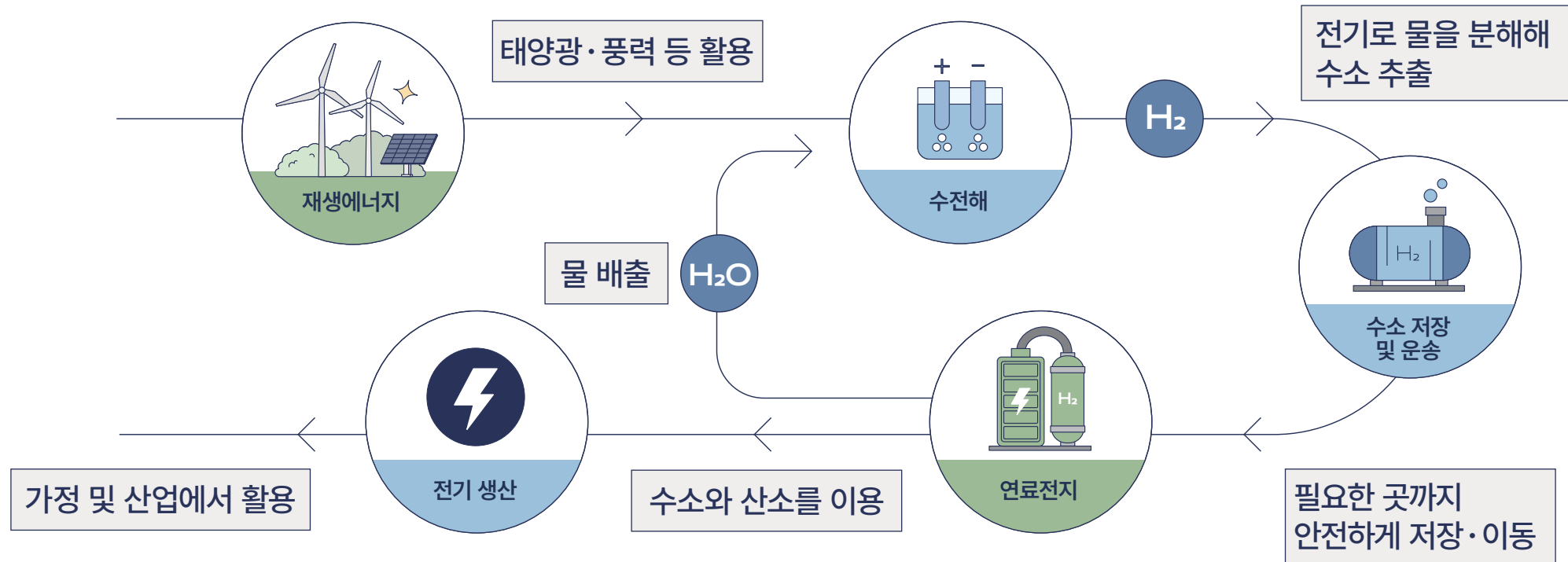
한눈에 보는 수소



왜 수소여야만 할까?



돌고도는 그린 수소 순환

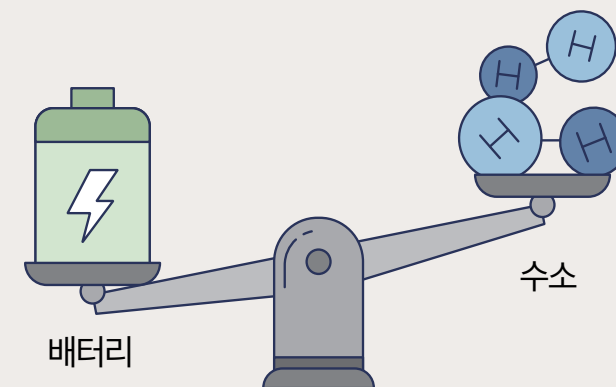


현재와 미래의 중요한 에너지원 수소

수소가 현재와 미래의 중요한 에너지원으로 주목 받는 가장 큰 이유는 많은 에너지를 저장하고 필요한 곳에서 효율적으로 경제성 있게 사용할 수 있기 때문이에요.

동일 에너지를 담기 위한 수소 & 배터리의 무게·부피 비교 (33.3kWh 기준)

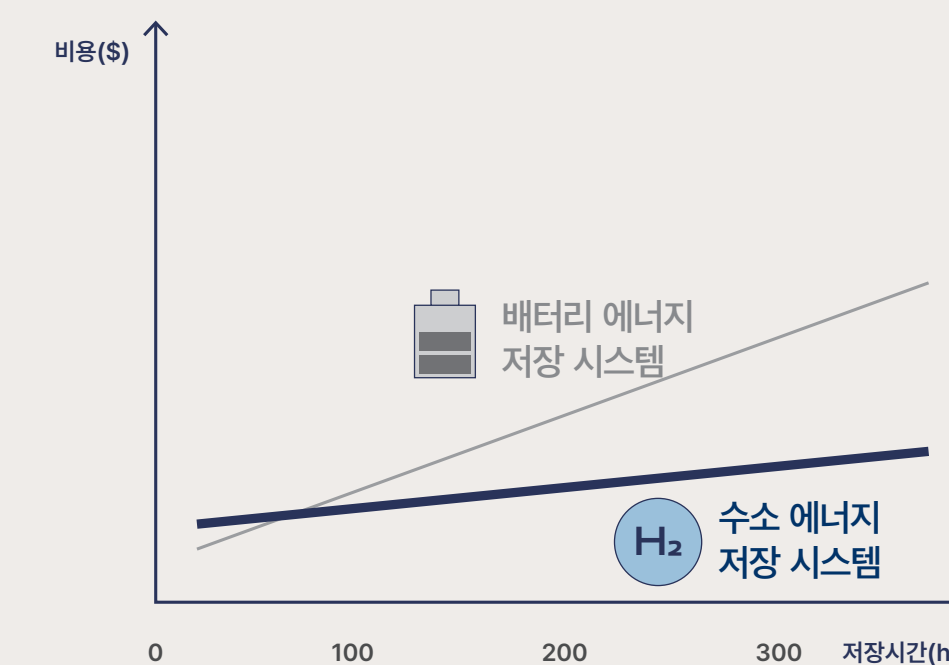
*1kg H₂ in 700 bar



구분	수소	배터리
무게	1kg	130kg
부피	24L	56L

수소 에너지저장시스템(H-ESS)의 경제성 분석 저장 시간&비용 비교

출처: 한국과학기술연구원·한국수소연합 (2026)



수소전기차의 특별한 매력

수소전기차는 충전 시간이 짧고 주행거리가 길어 편리하게 이용할 수 있어요.
또한 달리는 동안 배출가스 대신 물만 내보내는 친환경 자동차랍니다.

	수소전기차 (넥쏘)	수소전기버스 (현대 유니버스 수소전기버스)
충전시간	약 5분	약 20분
주행거리	약 720km	약 960km

궁금해요! 수소 Q&A



Q1. 우주에는 왜 그렇게 수소가 많나요?

빅뱅으로 우주가 만들어질 때, 가장 먼저 태어난 원소가 바로 수소였기 때문이에요.

수소는 양성자 단 1개와 전자 1개로 이루어진 가장 단순한 구조의 원소인데 초기 우주에는 많은 에너지들로 인해 복잡한 원소는 결합할 수가 없었어요. 그래서 다른 원소보다 훨씬 쉽게 만들어질 수 있었답니다. 이후 수많은 수소와 다양한 물질이 중력에 의해 모여 별과 은하를 만들었고, 지금도 태양을 비롯한 대부분의 별은 수소를 핵융합해 빛과 열을 만들어 내고 있어요. 오늘날에도 우주 질량의 약 75%는 수소가 차지하고 있어요. 산소나 탄소, 철처럼 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 무거운 원소들은 겨우 전체 우주에서 1%도 되지 않는답니다.

Q3. 수소는 위험하지 않나요?

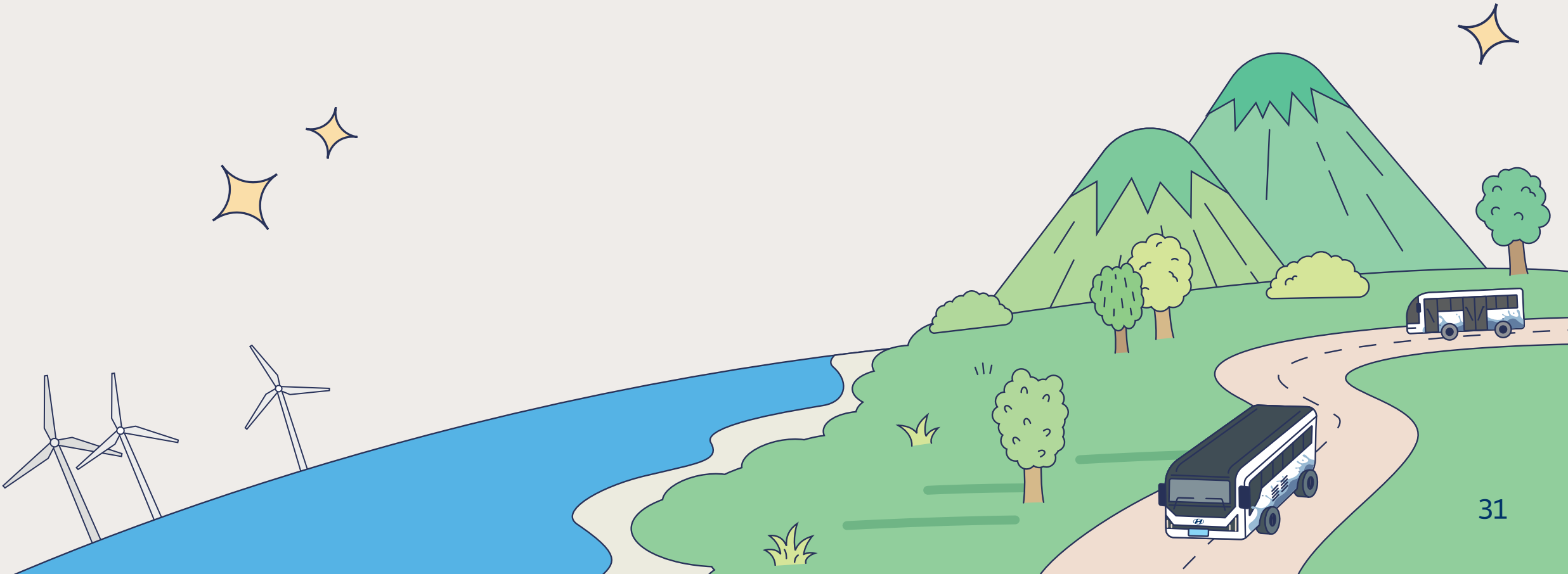
수소가 위험하다는 생각은 오해예요.

수소는 색도 냄새도 독성도 없어요. 수소가 스스로 불이 붙기 시작하는 자연발화온도는 585℃로, 휘발유(247℃)보다 2배 이상 높아서 자연적으로 폭발할 가능성도 매우 낮아요. 또한 우주에서 가장 가벼운 원소(공기 대비 14배 가벼움)기 때문에 누출이 되더라도 공기 중으로 빠르게 확산되어서 질식이나 중독의 위험도 거의 없지요. 수소가 위험하다는 오해를 받는 것은 아마 수소폭탄 때문일 거예요. 하지만 수소폭탄에 사용되는 수소는 인위적으로 구조를 변화시킨 것으로, 일반적인 연료에 사용되는 자연 상태의 수소와는 완전히 다르답니다.

Q2. 수소는 어디에나 있다는데, 왜 ‘생산’해야 하나요?

수소는 수소끼리 있는 것보다 다른 원소와 여럿이 있는 것을 좋아해요.

이런 성질 때문에 수소는 ‘반응성이 높다’고 이야기하지요. 그래서 수소는 단독으로 존재하기보다 물(H₂O), 암모니아(NH₃), 메탄(메테인·CH₄) 등 다른 원자와 결합된 형태로 있어요. 그렇기 때문에, 수소를 사용하기 위해서는 수소를 분리·추출하는 과정이 필요해요. 그래서 수소를 분리·추출하는 과정을 통상 ‘수소를 생산한다’라고 표현해요. 수소는 대표적으로 물의 전기분해를 통해 생산할 수 있으며, 석탄·석유·천연가스 등 화석연료는 물론, 음식물 쓰레기·하수 슬러지가축 분뇨와 같은 유기성 폐기물 등 다양한 자원을 통해서 생산할 수 있답니다. 수소는 석유나 천연가스와 같이 특정 지역에만 매장되어 있는 자원이 아니기 때문에, 기술만 갖추고 있다면 어디서나 생산이 가능해요.



궁금해요! 수소 Q&A

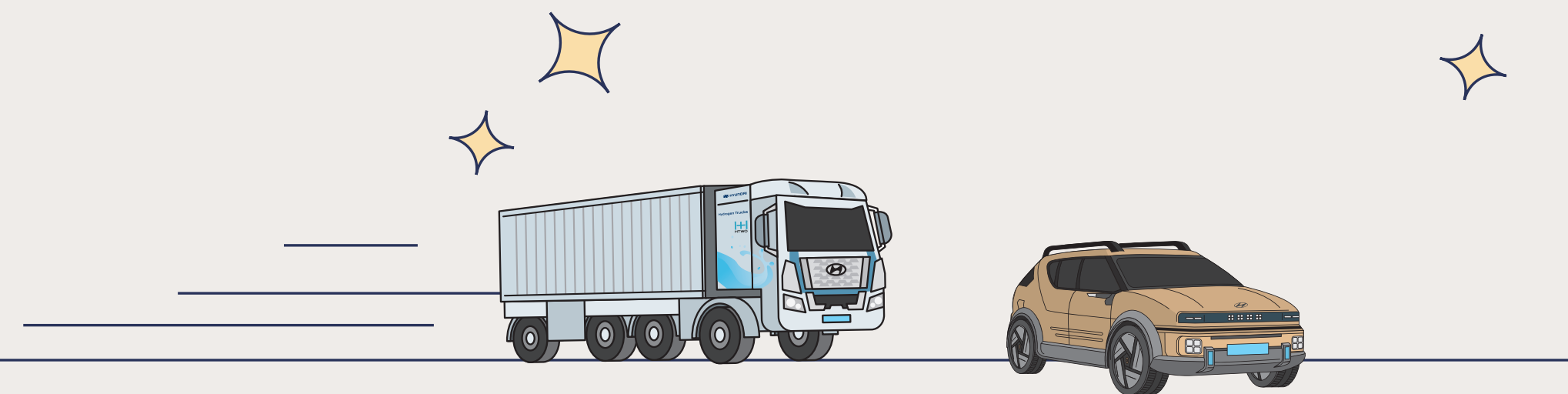
Q4. 수소전기차와 전기차의 가장 큰 차이점은 뭔가요?

흔히 ‘수소차’로 부르지만 정식 명칭은 ‘수소전기차’로, 수소차 또한 궁극적으로는 전기로 움직여요.

수소전기차와 전기차는 똑같이 전기로 움직이지만, 전기를 생산하는 방식이 다르지요. 전기차는 밖에서 생산된 전기에너지를 차량 내부에 있는 배터리에 저장해서 사용해요. 반면 수소전기차는 연료탱크에 저장한 수소를 활용해, 차량 내부에 있는 연료전지로 전기를 자체적으로 생산하며 달리죠.

즉, 전기차는 전기에너지를 외부에서 공급받아 배터리를 충전하여 주행하며, 수소전기차는 수소충전소에서 고압(승용차 기준 700bar) 기체 상태의 수소를 빠른 속도로 주입 받아 자체적으로 전기에너지를 만들어 주행해요. 이러한 차이로 인해 수소전기차와 전기차는 각각 다른 특징을 가지고 있어요. 전기차는 가능한 많은 전기에너지를 저장하기 위해 크고 무거운 고전압 배터리가 탑재되고, 이로 인해 차체의 중량이 늘어나게 돼요. 배터리 충전에 긴 시간이 소요되지만, 수소에 비해 더 많은 충전 인프라가 있어서 편리하지요.

수소전기차는 가볍고 에너지 밀도가 높은 수소를 싣고 달려요. 특히 수소는 동일 질량 기준 에너지 밀도가 리튬이온 배터리 대비 133배나 높아서 한 번 충전으로 전기차보다 더 먼 거리의 운행이 가능하며, 차체 또한 가벼워서 그만큼 더 많은 화물을 적재하거나 승객을 태울 수 있어요.



Q5. 나도 수소 전문가가 되고 싶어요! 수소와 관련된 직업은 어떤 것이 있나요?

수소 관련 직업은 생산, 저장·운송, 활용 등 전 과정에 걸쳐 다양한 일자리가 있어요.

그 중 대표적인 몇 가지를 소개해 줄게요. 먼저 수소에너지연구원과 같은 연구개발자는 수소를 만들고 저장하고 활용하는 모든 과정에서 더욱 효율적인 방법을 찾는 일을 해요. 수소 관련 엔지니어는 수소 생산 공정이나 시설, 저장 및 운송, 활용에 필요한 인프라를 설계하거나 만들어요. 또 수소연료전지 시스템, 수소전기차 등 수소를 활용하는 다양한 것들을 설계하거나 만들기도 하지요.

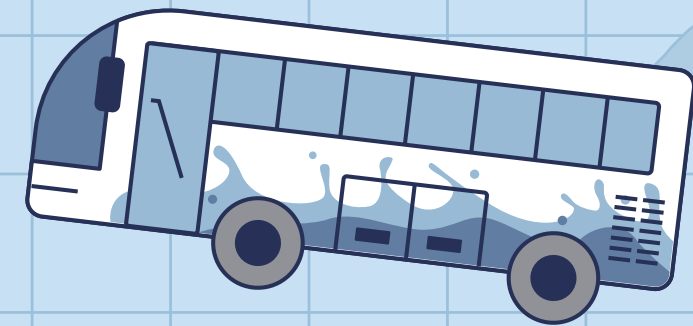
안전관리자는 수소 관련 시설의 안전을 책임지는 일을, 시험 분석·품질 기술자는 수소 관련 장치의 내구성, 안전성 등을 테스트하고 품질을 관리해요.

마지막으로는 수소 산업이 나아갈 방향을 기획하거나 수소 관련 기업을 경영하는 직업, 수소 관련 사업을 영업하는 직업도 있어요. 이렇게 관련 직업이 무척 다양하기 때문에 지금 당장 어떤 전공을 가져야만 수소와 관련된 일을 할 수 있는 것은 아니에요. 수소에 대해 꾸준한 관심을 가지고 자신의 흥미를 찾아가다 보면 수소와 관련된 직업을 가질 수 있을 거예요.



Appendix

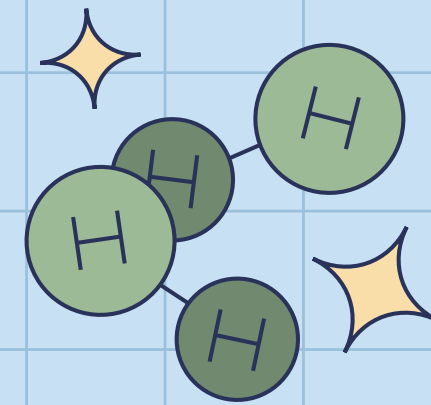
현대자동차그룹(HMG)
수소 헤리티지 및
HTWO 주요 사업 소개



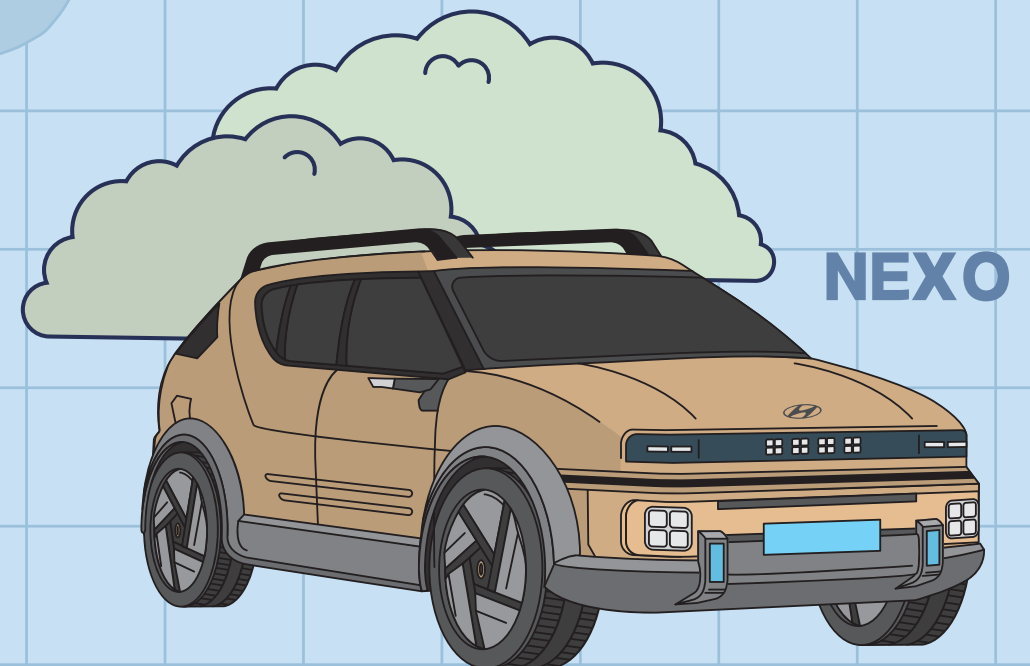
UNIVERSE Fuel Cell



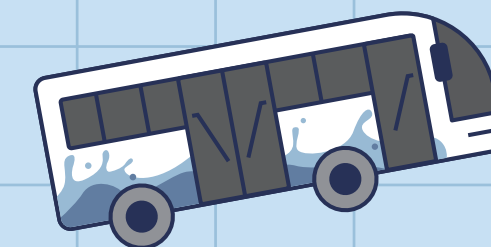
XCIENT Fuel Cell



Green
Hydrogen



NEXO



ELEC CITY Fuel Cell

수소 산업을 이끌어 온 30여 년의 발자취

현대자동차그룹은 30여 년에 걸쳐 수소 기술 혁신의 최전선을 지켜왔습니다.
1998년 수소연료전지 연구 개발을 시작으로 수소연료전지 승용차와 대형 상용차를 세계 최초로 양산하는 등 수많은 이정표를 세웠습니다. 2018년 출시된 넥소는 글로벌 4만 대 이상 판매하며 수소전기승용차 부문 전세계 최고 판매 기록을 달성하였으며, 2022년 수소충전소 운영 시작, 2023년 국내 최초 수소전기트램 제작 등 수소 산업에 대한 비전을 바탕으로 꾸준한 성과를 만들어 내고 있습니다.

1998  연료전지시스템 개발 착수 현대자동차	2000  FCEV 프로토타입 개발 현대자동차	2013  세계 최초 양산형 수소전기차 투싼 ix35 Fuel Cell 출시 현대자동차	2018  현대차 최초 수소전기차 전용 모델 넥소 출시 현대자동차		
2019  세계 최초 수소전기 시내버스 일렉시티 Fuel Cell 출시 현대자동차	2020  세계 최초 양산형 수소전기트럭 엑시언트 Fuel Cell 출시 현대자동차	2021  수소 출하센터 내 튜브트레일러 운행 개시 현대글로벌비스	2022  고성능 FCEV 콘셉트카 N비전74 공개 현대자동차	2023  엑시언트 Fuel Cell 트랙터 출시 미국 현대자동차	2023  세계 최초 수소전기 고속버스 유니버스 Fuel Cell 출시 국내 현대자동차
2023  국내 최초 수소전기트램 제작 현대로템		2024  FCEV 콘셉트카 이니시움 공개 현대자동차	2025  2세대 수소전기차 전용 모델 디 올 뉴 넥소 출시 현대자동차	2025  더 뉴 엑시언트 Fuel Cell 트랙터 출시 미국 현대자동차	

생산부터 활용까지, HTWO의 수소밸류체인

HTWO는 수소의 생산·저장·운송·활용의 모든 단계에서 고객의 다양한 요구를 충족하는 솔루션을 제공합니다.
현대자동차그룹은 수소사업 밸류체인 전반에 걸친 그룹사들의 역량을 모아 모빌리티 기업을 넘어 글로벌 에너지 전환 리더로서 자리매김하고 있습니다.

UPSTREAM (생산)	MIDSTREAM (저장·운송·충전)	DOWNSTREAM (활용)
   	 	  
수전해	튜브 트레일러 고정형 수소충전소	연료전지시스템 상용차 (트럭·버스·카캐리어 등)
유기성 폐기물 분해 (Waste-to-Hydrogen)	암모니아 (저장·운송) 이동형 수소충전소	발전기 승용차 (NEXO)
수소 추출기	액화수소 (저장·운송) 패키지형 수소충전소	파워팩 철도 차량 (트램·열차)
고체수소 (저장)	L2G 충전 (Liquid to Gas)	저탄소강판 중장비 (지게차·건설 장비 등)
	수소 버너	수소 버너 군용 차량 (경전술차량)
	항공	선박·항만 장비

자료 출처 및 참고 사이트

국내 자료

국토교통부 보도자료 (2026). “우리 지역에 맞는 수소도시, 기준과 지원은?” (2026.2.8 배포)
국토교통부·환경부 (2026). '수소전기차 및 충전소 보급 현황', 무공해차 통합누리집.
기후에너지환경부·한국수소연합 (2024). 2024년 수소산업실태조사 보고서.
기후에너지환경부·한국수소연합 (2025). 2025년 수소산업실태조사 보고서.
대한민국 정부 (2020). 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」(법률 제16942호).
동아사이언스 (2026). '가장 가벼운 원소가 이끄는 가장 담대한 여정, 수소의 시대', 과학동아 8월호.
박지혜 의원실·산업통상자원부 (2025). 전국 재생에너지 출력제어량 현황 자료.
에너지경제연구원 (2024). 에너지수급통계.
울산광역시청 홈페이지. https://www.ulsan.go.kr/u/rep/main.ulsan (2026.8.6. 접속 확인).
전북특별자치도청 홈페이지. https://www.jeonbuk.go.kr/index.jeonbuk# (2026.8.6. 접속 확인).
정부관계부처합동 (2019). 수소경제 활성화 로드맵.
제주특별자치도청 홈페이지. https://www.jeju.go.kr/index.htm (2026.8.6. 접속 확인).
청주시청 홈페이지. https://intro.cheongju.go.kr/ (2026.8.6. 접속 확인).
평택도시공사 홈페이지. https://www.puc.or.kr/index.do (2026.8.6. 접속 확인).
평택시 대표포털 홈페이지. https://www.pyeongtaek.go.kr/main.do (2026.8.6. 접속 확인).
KTV 국민방송 (2026). '새만금 로봇·수소·AI시티 투자협약식'. https://youtu.be/lwbHdeFGCFI (2026.8.6. 접속 확인).
한국철강협회 철강사이버홍보관 홈페이지. https://steelpr.kosa.or.kr/ (2026.8.6 접속 확인).

해외 자료

일본 경제산업성 (METI) (2023). <i>Basic Hydrogen Strategy</i> .
중국정부망 (2026). <i>国民经济和社会发展第十五个五年规划(중화인민공화국 국민경제와 사회 발전 제15차 5개년 계획(2026~2030년))</i> .
中国氢能联盟(China Hydrogen Alliance) (2026). https://pc.h2cn.org.cn/ (2026.8.6. 접속 확인).
BloombergNEF (BNEF) (2026). <i>New Energy Outlook 2026</i> .
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) (2025). https://www.csiro.au/en/ (2026.8.6. 접속 확인).
DCCEEW (2024). <i>National Hydrogen Strategy 2024</i> .
Estrategia Nacional de Hidrogeno Verde (2020). <i>National Green Hydrogen Strategy</i> .
European Union (2023). <i>Renewable Energy Directive III (RED III)</i> .
Hydrom (2024). <i>Oman Green Hydrogen Strategy 2024</i> .
IEA (2025). <i>Global Energy Review 2025 (CO₂ Emissions section)</i> .
IEA (2025). <i>Global Hydrogen Review 2025</i> .
IEA (2026). <i>Global EV Outlook 2026</i> .
IEA, Paris Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) (2026). <i>Annual Statistical Bulletin 2026</i> .
IEA(2026). <i>Global Hydrogen Review 2026</i> .
International Energy Agency (IEA) (2024). <i>Global Hydrogen Review 2024</i> .
Japan Next Generation Vehicle Promotion Center (NeV) (2026). https://www.cev-pc.or.jp/english/ (2026.8.6. 접속 확인).
Ministry of Energy and Infrastructure in UAE (2023). <i>National Hydrogen Strategy 2050</i> .
Ministry of New and Renewable Energy (MNRE) (2023). <i>National Green Hydrogen Mission</i> .
Natural Resources Canada (2020). <i>Hydrogen Strategy for Canada: Seizing the Opportunities for Hydrogen</i> .
OPEC, Vienna International Renewable Energy Agency (IRENA) (2025). <i>World Energy Transitions Outlook 2025</i> .
PricewaterhouseCoopers (PwC) (2023). <i>The Green Hydrogen Economy – Predicted Development of Tomorrow</i> .
Saudi Ministry of Energy (2021). <i>National Hydrogen Initiative</i> .
Smithsonian National Air and Space Museum (2026). <i>Fuel Cell, Apollo</i> .
U.S. Congress (2022). <i>IRA (Inflation Reduction Act)</i> .
U.S. Department of Energy (2023). <i>Comparison of Energy Storage and Arbitrage Options for Nuclear Power</i>
U.S. Department of Energy (2026). <i>Alternative Fuels Data Center (AFDC)</i> . https://afdc.energy.gov/ (2026.8.6. 접속 확인).