

수소, 어디까지 알고 있니?



알림말

본 수소만화는,
수소경제가 대한민국을 에너지 빈국에서 에너지 생산국으로 거듭나는
계기가 되도록 사내 직원 교육용으로 출발하였고,
창원대 LINC+사업단장님의 도움으로 서포터즈를 운영하면서
대학생(국민 포함)들의 눈높이를 기준으로
보다 쉽게 수소를 접하도록 문답형식으로 작성되었습니다.
보시는 분들의 시각에 따라 단편적이고 단순하게 느낄 수도 있겠지만
학생들이 시간을 내어 수소가 왜 중요하고 어떻게 생산해서 활용하는지에 대해
최대한 논리적으로 접근하였고 학생들 각자가 수소경제가 무엇인가를 이해하였다는데
자체만으로도 감사하게 생각합니다.
개인적으로 제가 사내용으로 제작한 1, 2권을 본 학생들의 지적 사항
(경상도 사투리와 딸과의 대화방식)이 보편적이지 않다는 것도 알게 되었습니다.
다음 중급편에는 많은 도움이 될 것 같습니다.
수전해나 충전소 등에 대한 유튜브/애니메이션까지 제작하지 못한 아쉬움과
서포터즈와의 소중했던 시간은 수소 중급편과 다음 기회에 완성하고자 합니다.
서포터즈를 지원해주신 창원대 산업협력단과 정대운교수님
그리고 이엠솔루션 강삼수회장님에게 감사의 말씀을 전합니다.
어설프게 시작하였으나 끝까지 최선을 다해주신 서포터즈에게도 다시 한 번 감사하다고
말씀 드리고 싶습니다.

2019. 12.
그냥 수소인 김영식 올림

보이지 않는 것에 대한 믿음, 그 시작을 알리며...

“낙망은 청년의 죽음이요. 청년이 죽으면 민족이 죽는다.

우리 중에 인물이 없는 것은 인물이 되려고 마음먹고 힘쓰는 사람이 없는 까닭이다.”

도산 안창호 선생의 말처럼 세상을 바꾸기 위해서는 대단한 것을 계획하는 것보다 필요한 무언가를 살피는 것부터 시작되어야 한다는 이야기입니다.

최초 이 만화는 그냥 수소인 김영식 본부장님이 가진

수소에 대한 지식을 나누고자 시작되었으며, 그 시작을 가볍게 여기지 않은
이엠코리아의 강삼수 회장님과 창원대학교 LINC+ 사업단의 박경훈 단장님의 지원으로
프로젝트형 대학생 서포터즈가 창단되었고 그 시작입니다.

미흡한 시작이었지만 일반인들에게 어렵게만 느껴지는 수소에너지에 대한 정보를
최대한 많이 담으면서도 쉽게 이해할 수 있도록 만들기 위해 고민하였습니다.

보이지 않지만, 꼭 찾아야만 하는 사막 위 오아시스처럼

미래 수소경제사회에 대한 우리의 자세는

그 무엇보다 소통과 공감대를 통한 보이지 않는 것에 대한 믿음을 갖는 것입니다.

이번 만화가 그 믿음을 향한 작은 발걸음이 되길 기원합니다.

마지막으로 바쁜 학사일정에도 즐거운 마음으로 임해준 창원대학교 LINC+사업단
중소기업 서포터즈 학생 10인(책임: 정대운, 참여: 권태한, 구연제, 한상엽, 박성범,
이재욱, 박수정, 안주희, 전희진, 최지율, 전민규)에게 감사의 마음을 전합니다.

2019. 12.

창원대학교 LINC+ 사업단 중소기업 서포터즈 책임교수

창원대학교 토목환경공융합공학부 주임교수

창원대학교 폐자원에너지화특성화대학원 사업단장

창원대학교 수소에너지특성화대학원 추진위원장

정대운 올림

차례

캐릭터 프로필

1. 수소란?

1.1 수소의 정의	.....	p 2
1.2 수소경제란?	.....	p 5
1.3 수소의 장·단점	.....	p 10
1.4 수소의 안전성	.....	p 13

2. 수소의 생산과 보관

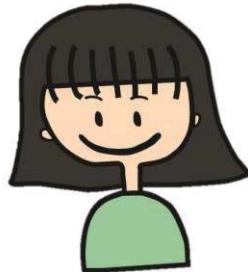
2.1 수소의 생산	.....	p 16
2.2 수소의 저장	.....	p 23
2.3 수소의 수송	.....	p 25

3. 수소의 활용

3.1 수소도시	.....	p 28
3.2 수소차	.....	p 29
3.3 수소충전소	.....	p 31
3.4 수소산업의 미래	.....	p 43

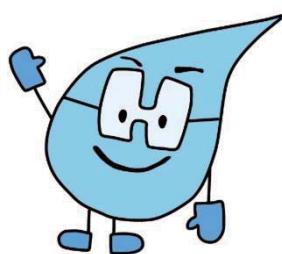
부록

캐릭터 프로필



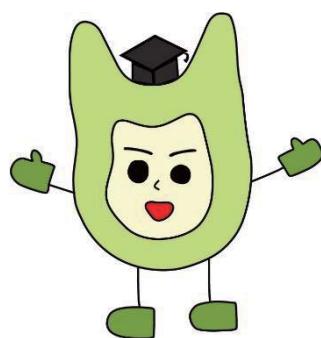
수경

수소과학고등학교 1학년 학생
수소에 관심이 많으며
궁금한 것을 참지 못하는 성격이다.



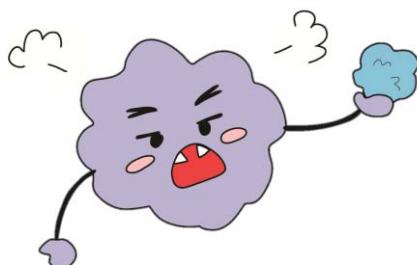
방우리

수소 연구소 연구원
항상 긍정적이며 알려주는 것에
보람을 느끼는 긍정 사나이이다.



제임스

수소 연구소 연구소장
수소 업에 종사하는 것에
굉장한 자부심을 느낀다.



팡이

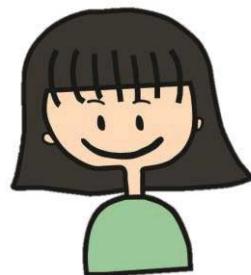
수소 연구소 연구원
현실적인 성격으로
누구보다 수소경제를 생각한다.

1. 수소란? Hydrogen

#수소 #수소경제 #장단점 #안전성

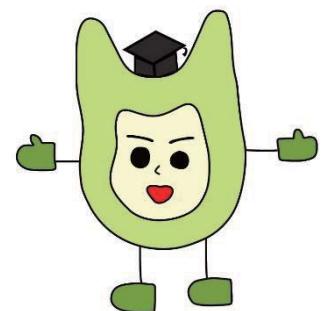


1.1 수소의 정의

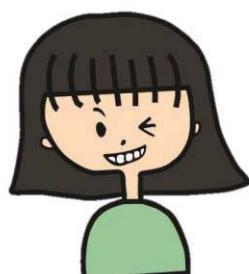
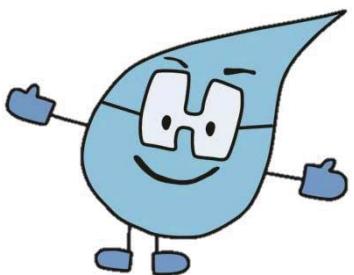


안녕하세요, 저는 수소과학고등학교
1학년 수경이라고 합니다!

반가워,
나는 수소연구소 연구소장 제임스라고 해.
궁금한 것은 뭐든지 물어봐~

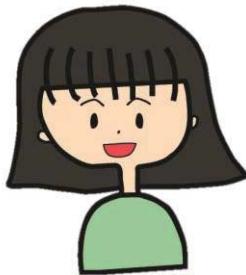


나도 만나서 반가워!
연구소장님과 함께 수소에 대해 알려줄
연구원 방우리야.



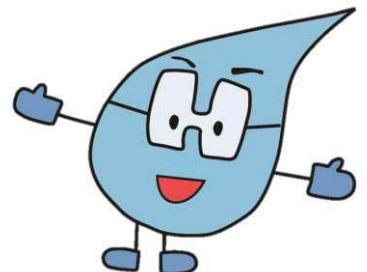
잘 부탁 드려요!
수소에 대한 관심이 많아서
조사하러 직접 찾아오게 됐어요!

1.1 수소의 정의



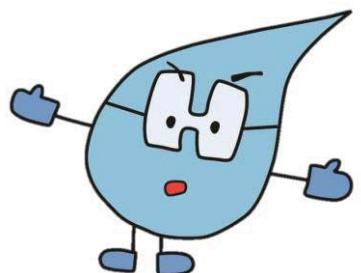
먼저 수소는 어떤 것인지 알려주실 수 있나요?

쉽게 정의하자면,
수소는 냄새도 없고 색깔도 없고
제일 가볍고 지구의 물에서
쉽게 얻을 수 있는 에너지야.

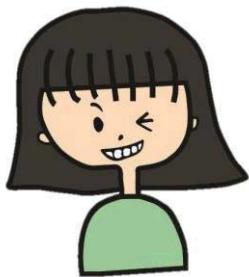


이렇게 쉽게 얻을 수 있는 수소를
1801년이 되어서야 물을 전기 분해해서
사용하기 시작했어.

수소연구 초창기에는,
유럽에서 식량난을 극복하기 위해
 $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ 이라는
수소의 화학결합을 비료로 쓰기도 했지.

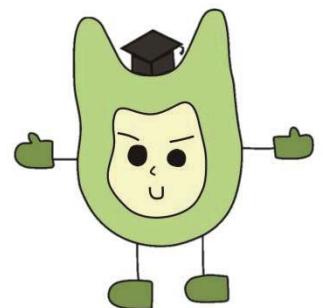


1.1 수소의 정의

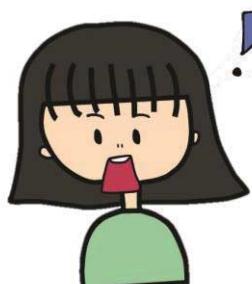


그럼 수소는 어디에 사용되나요?

“
4가지로 정리해서 알려줄게!
”

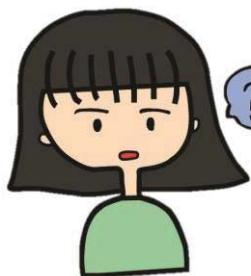


1. 연료 전지를 통해서 가정, 건물, 공장에서 전기 활용
2. 앞서 말한 수소 차처럼 충전기를 통한 모든 수송수단
3. 질소와의 화학결합을 통한 비료 개발
4. 그 외에도 여러 화학공정, 열병합발전에 사용 가능

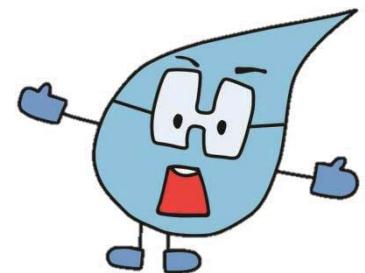


우와! 사용할 수 있는 곳들이
매우 다양하네요!

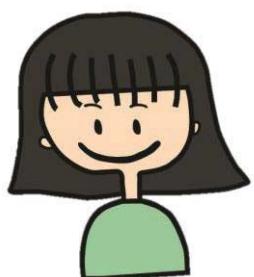
1.2 수소경제란?



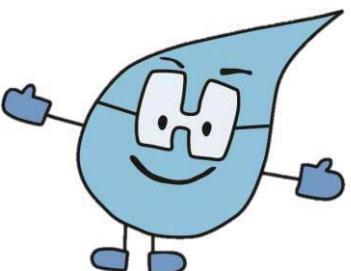
음, 그런데요!
공부하다가 ‘수소경제’라는 단어를 봤는데,
이게 에너지랑 무슨 상관이에요?



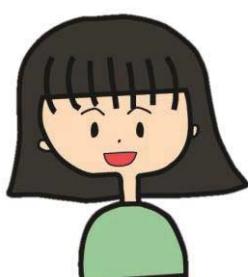
들어 봐!
국가와 국민의 안전을 보장하는
‘안보’가 기반이 되어야 경제가 형성되는데
이 ‘수소경제’ 속에 에너지가 들어 있어.



그러면 하나하나 설명해 주실 수 있나요?



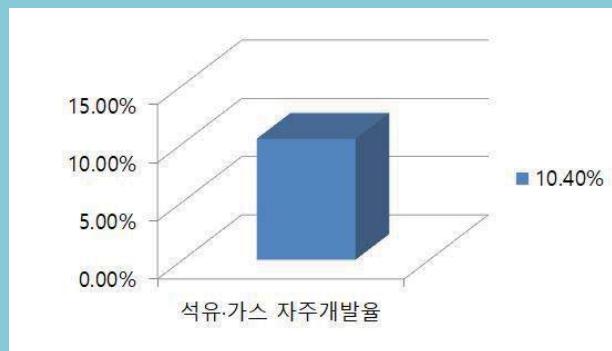
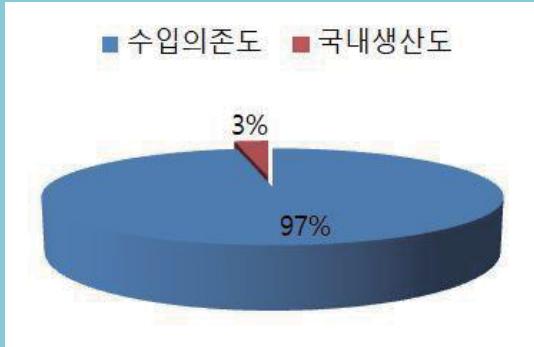
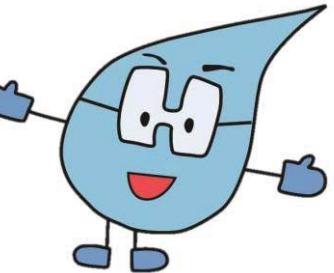
당연하지~
안보에 있어서 중요한 첫 번째는 식량이야!
국가 아래 국민이 살기 위해
필수적인 요소가 식량인데,
그걸 위해서 자급자족할 농업 기반을
쌓아두는 것이 국가가 할 일이지.



와, 식량이 그렇게나 중요하다니!
그 다음은 뭐예요?

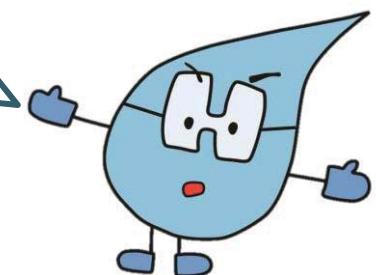
1.2 수소경제란?

다음은 에너지야!
세상에는 원자력, 수소, 석유 등
많은 에너지가 존재해.

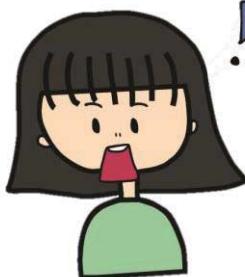


우리나라는 그림과 같이 에너지의 97%를 수입하기 때문에
수입 의존도가 매우 높은 편이야.
이렇게 수입 의존도가 높으면,
해외에서 가격을 올려도 우리는 살 수 밖에 없어.
에너지가 없으면 휴대폰 충전도, 여름에 에어컨을 켤 수도,
겨울에 난방기를 틀 수도 없기 때문이지.

그래서 안보의 세 번째로 국방이 있는 거야.
국방은 우리나라를 지키기 위해서도 필요한데,
앞서 말했던 식량과 에너지가 부족하면
살기 위해 전쟁을 일으켜서라도
빼앗으려고 할거야.

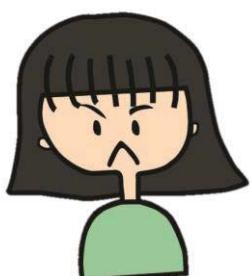
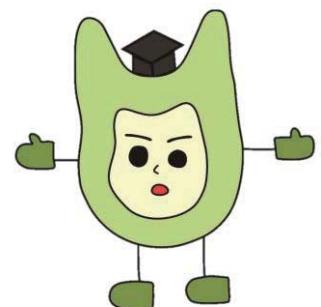


1.2 수소경제란?



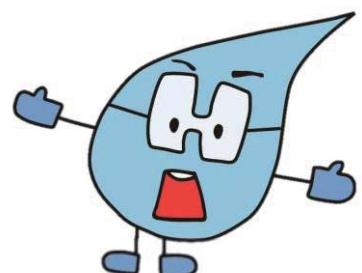
네? 그럼 국내에서도
에너지를 생산해야 하지 않아요?

그래서 정부에서는 신재생 에너지를
2030년까지 20%로 끌어올리겠다고 했어.
조금씩 해외 에너지의존도를 줄이겠다는 거지.
그려려면, 거기서 얻어지는 전기에너지를
활용할 방법을 찾아야 해!
지금까지는 배터리에 저장해서 사용을 했어.

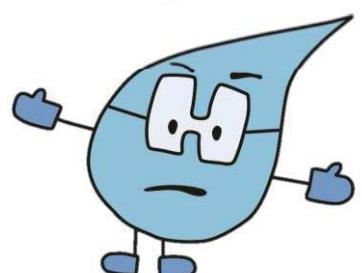


근데 배터리는 오래 놔두면
방전된다고 하던데요?

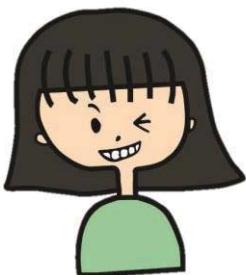
맞아, 현재 기술로는
배터리의 저장기간도 얼마 안 되고,
위의 설명처럼 사용하기는 어려운 실정이야.



또 바람이 안 불고 흐리면
풍력이나 태양광을 이용할 수가 없지.
수력/파력 등도 있는데 잘 언급을 안 하긴 해.

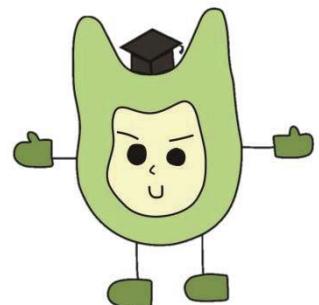


1.2 수소경제란?



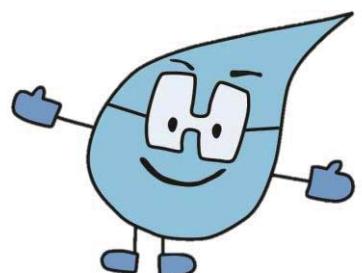
오! 그래서 수소를 활용하는 거구나! 맞죠?

“
맞아! 이제 수소 활용 사례를 알려줄게!
”



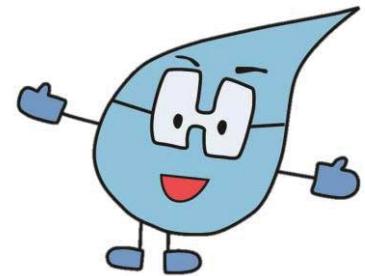
1. 이산화탄소를 섞어서 메탄으로 만들어
열 병합 발전연료나 버스연료/보일러 등에 사용
2. 수소 차에 충전
3. 메탄올로 만들어 사용
4. 연료전지를 이용하여 가정/빌딩/공장 전기로 이용
5. 트럭/선박/기차/지게차/버스에너지로 사용
6. 질소를 섞어 암모니아로 해서 비료로 사용

그 밖에도 다양한 활용도가 연구 중일 정도로
활용도가 엄청 많아!

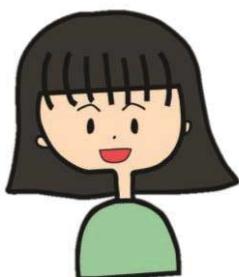
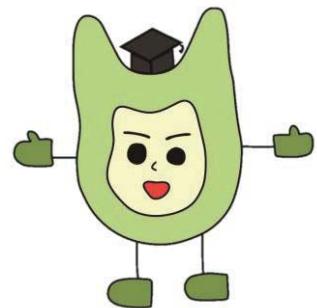


1.2 수소경제란?

마지막으로 정리하자면,
수소경제란 현재의 에너지원(화석연료)을
기반으로 되어 있던 경제구조를
위의 방식들을 이용해
수소 중심으로 바꾸자는 거야.

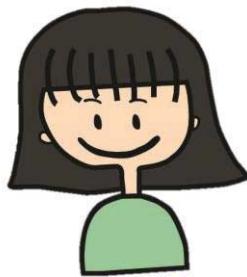


유럽에서는 독일이 가장 앞서 있고,
미국은 캘리포니아를 시범도시로 운영하고 있어.
노르웨이와 중국, 일본, 호주와 같은 나라들도
우리나라처럼 시작하고 있지.



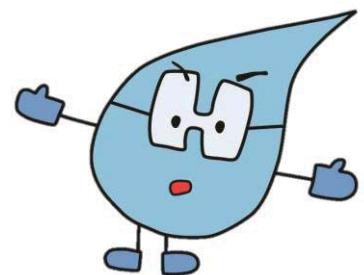
앞에서 말한 재생에너지의 부족한 점들을
보완해줄 수 있겠네요!
우리나라도 다른 선진국처럼
기술을 개발하고 인프라가 구축되어서
수소경제가 실현되었으면 좋겠어요.

1.3 수소의 장·단점



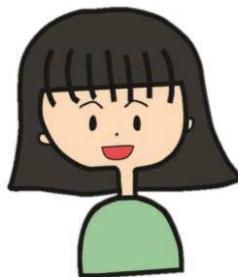
수소는 어떤 장점이 있나요?

“ 크게 세 가지로 나누어서 이야기 할 수 있어! ”



1. 현재 에너지는 화석연료를 사용하는데, 이건 중동 등 특정 지역에서만 생산되는 독점 에너지야. 하지만 수소의 물은 지구에서 육지와의 비율이 약 70%로 엄청 많아. 물은 많고 어느 나라나 공평하게 있으니 에너지의 독점 없이 평등한 세상이 된다는 거지.
2. 수소에너지는 화석연료 기반에서 발생되는 이산화탄소/지구온난화 등 환경오염을 방지할 수 있어
3. 수소 전기차는 수소 1kg으로 100km 주행할 수 있고, 100km 주행을 기준으로 수소 전기차는 8000원이고 경유와 휘발유는 약 13,333원, 17,241원이니까 수소 전기차가 경제적이야. (2019년 현대 소나타 기준-정부공인 표준연비 및 등급표 참조)

1.3 수소의 장·단점



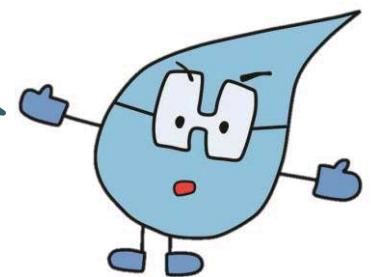
아! 화석연료의 대체에너지로
수소를 사용하면 되겠구나!



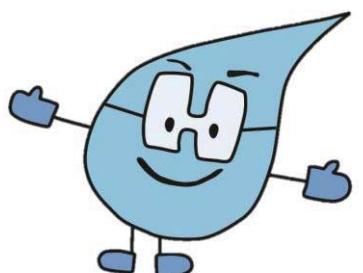
우리나라에서
수소를 사용하는데 있어 단점도 있잖아!
그것도 알려줘야지!

맞아! 대표적인 단점으로는 이 4가지가 있어.

1. 현 수소산업 기술력 부족
2. 가격 경쟁력 미확보
3. 수소산업 국민 인식 부족
4. 정부 Control tower 부재

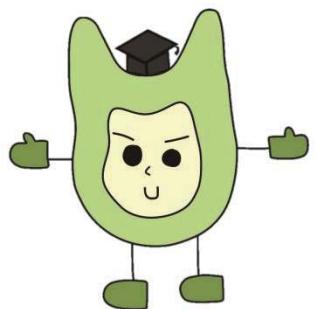


하지만 이러한 단점들을 해결하기 위해
정부는 여러 방법으로 노력 중에 있지.



1.3 수소의 장·단점

“
내가 자세히 설명해줄게!
”



1. 기술력부문에서 수소를 활용한 연료전지나 BESS는 강점이 있으나 수소생산부문이나 수소충전소를 구축하는 장비는 아직 선진국과 차이는 나지만 지금 실증단계 중이고, 2~3년 내에 충분히 극복하려고 준비 중이야.

- 1).수소생산 : 친환경 수소 양산기술, 설비 확보(2023)
- 2) 단기 유통체제 확립 → 장기 고효율 저장, 운송(액화)
- 3) 수송용, 가정용, 발전용 수소 이용체계 조성
→ 수소 차, 버스, 열차, 선박을 포함한 충전 Infra 구축
- 4) 가정,건물용 연료전지 보급 확대와 수소발전소 확산

2. 가격 경쟁력은 내수가 활성화되어야 대량생산도 되고 기업들도 투자가 되는데 대기업이 하기엔 시장규모가 너무 적고 수출로 연결시켜야 하는데 이 문제는 기술력 확보하면서 대안을 찾아가야 해

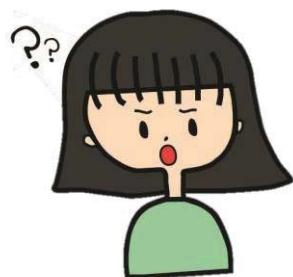
3. 국민인식 부족은 홍보부문인데 다른 나라 사례를 들면 독일은 수소 차의 ‘캉구’를 주민들이 2년 동안 돌아가며 운행을 하면서 주민들 스스로 안전하다고 홍보를 할 정도이고 남아공은 소년 때부터 수소의 안정성을 인식 심어줄 정도로 적극적이지.

4. 정부 Control Tower는 수소경제 관련법안이 통과되면 자동적으로 해결 돼!
다만 아쉬운 점을 말하자면, 법안과 상관없이 산업통상자원부에서 보다 적극적으로 관련기관과의 업무교류를 통해, 강력히 추진하였으면 하는 바램이야!

*수소경제 관련법안: 「수소경제 활성화 로드맵」, 수소경제 활성화 법안, 산업통상자원부(www.motie.go.kr)

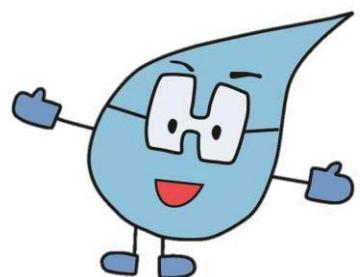
• 수소경제법안(이원욱 의원 대표발의, '18.4), 수소경제활성화법안(이채익 의원 대표발의, '18.5),
• 수소산업 육성을 위한 특별법안(김규환 의원 대표발의, '18.8), 수소산업 육성법안(윤영석 의원 대표발의, '18.11)

1.4 수소의 안전성



그럼 수소가 안전하다고 할 수 있나요?

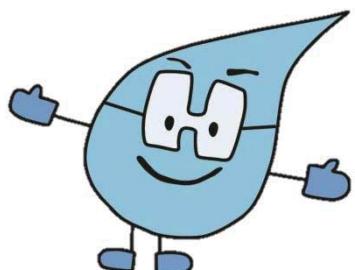
아래의 표를 보면 수소가
매우 안전하다는 것을 알 수 있어!



구분	H2	도시가스	LPG	휘발유
폭발성	1	1.03	1.22	1.44

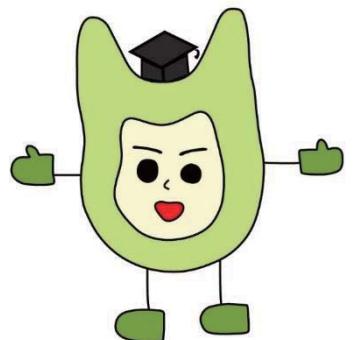
* 미국화학공학회

수소가 안전하다는 것을 더 자세히 알려줄게!
자연상태의 수소는 약 99.98%의 경수소와
나머지 0.02%의 중수소로 구성 되어 있어.
이 때 경수소는 폭발할 위험성이 낮지만
중수소는 높아.



1.4 수소의 안전성

즉 엄청난 에너지를 필요로 하는
증수소는 자연상태로 존재하기 힘들고,
만약 증수소가 존재하더라도,
폭발력을 내려면 1억도 이상의 엄청난 온도와
수천 기압의 압력이 필요해.
그래서 수소는 일상생활 중 터질 위험성이 낮아!



그렇기 때문에 우리가 알고 있는 것보다
수소 전기차는 되게 안전해.

수소전기차와 휘발유차의 폭발 실험



〈수소전기차〉



〈휘발유차〉

3초 후



1분 후

출처 에타비스타 · 신영증권

2. 수소의 생산과 보관

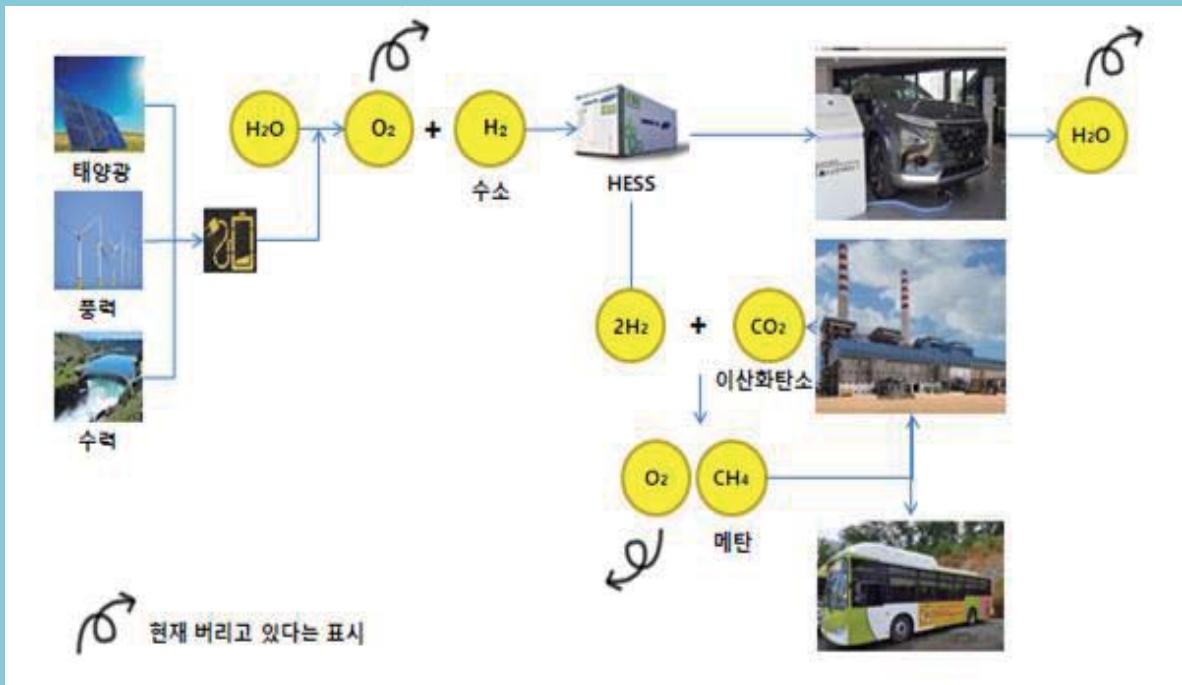
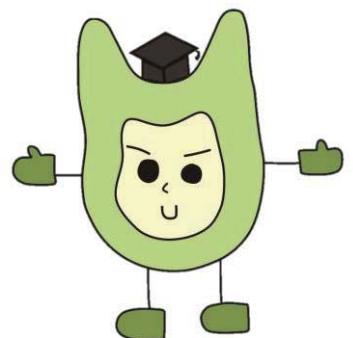
Hydrogen Production and Storage

#생산 #저장 #수송



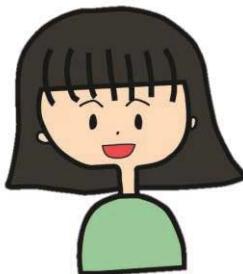
2.1 수소의 생산

“그럼 이제 수소에너지 생산과 보관을
그림으로 가르쳐줄게.”



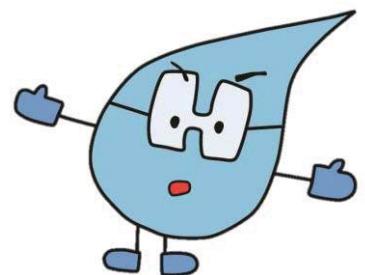
1. 공장에서 나온 이산화탄소 + 수소 = 메탄 → CNG버스 연료로 사용(CNG : Compressed Natural Gas)
2. 화석 차량의 연료인 가솔린 or 경유에서 나오는 이산화탄소를 수소로 바꿔서 수소 차
3. 수소 보관 후 필요시 전기로 사용

2.1 수소의 생산



수소의 이동이나 상태를 알 수 있네요.
수소 공급의 종류도 말씀해주실 수 있나요?

“ ”
수소공급의 종류에는



1. 부생수소

- 나프타 분해 공정에서 부가적으로 나오는 수소

2. 추출수소

- 천연가스를 개질해서 수소 생산

3. 수전해

- 물을 전기분해해서 수소를 추출

4. 바이오가스

- 바이오가스 안의 수소를 생산하는 미생물을 이용

5. 액화수소수입

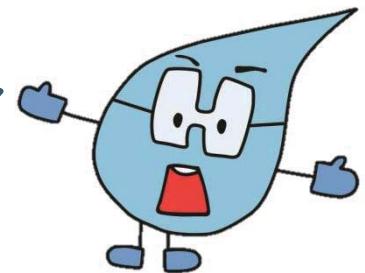
- 액화 수소를 외국에서 수입

2.1 수소의 생산_수전해 수소

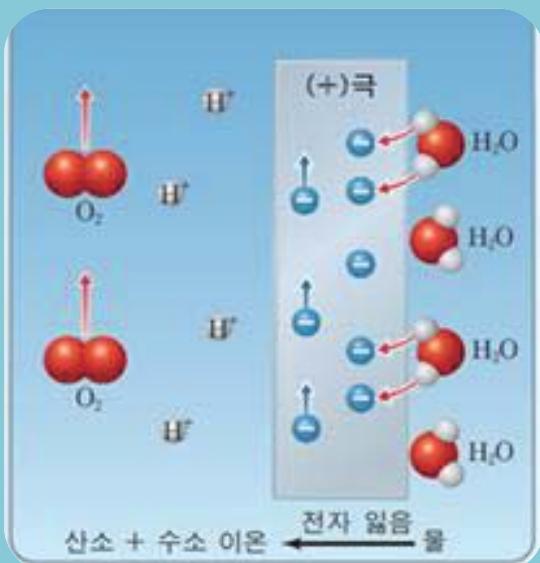
먼저 수전해를 자세히 설명해줄게.

물로만 전기분해를 하면
전기저항이 커서 전력비가 많이 들어.

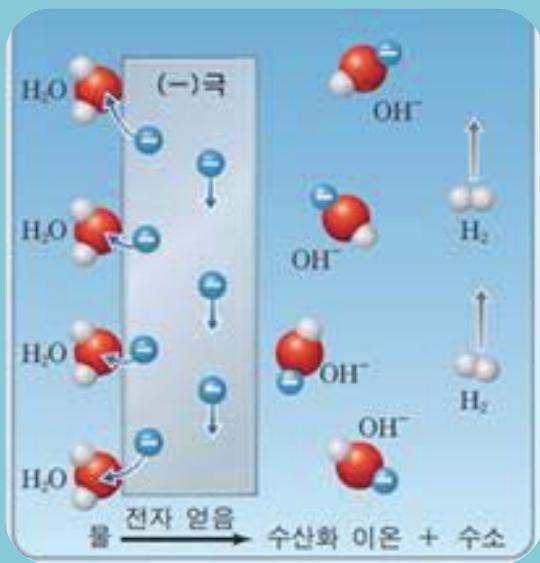
그래서 알칼리 *KOH를 넣어서
전기저항을 낮추어서 전력비를 줄이는 거야.
이것을 알칼리 수전해라고 해!



✓ 양극 반응

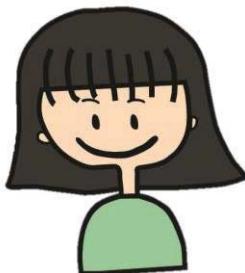


✓ 음극 반응



*KOH: 수산화칼륨, 전기저항을 낮추는 역할

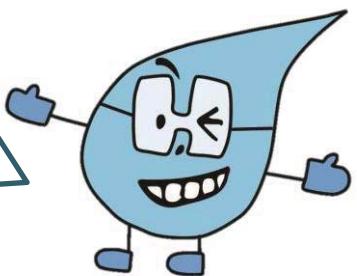
2.1 수소의 생산_수전해 수소



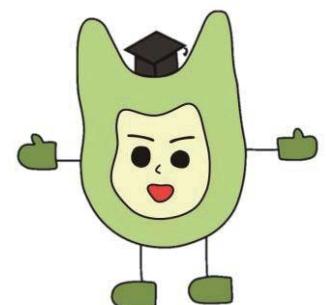
그러면 수전해를 국내에서
생산 중인 기업도 있나요?

한 가지 예를 들어줄게.

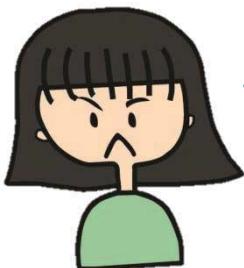
이건 2019년 1월 울산수소경제 로드맵에
이엠솔루션 회사가 출품한 수전해 장치야.



그 회사를 방문하면
수소가 발생되는 것을 직접 볼 수가 있어.

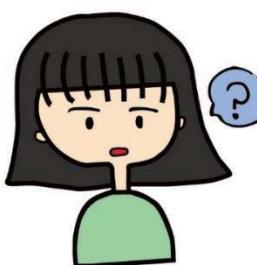
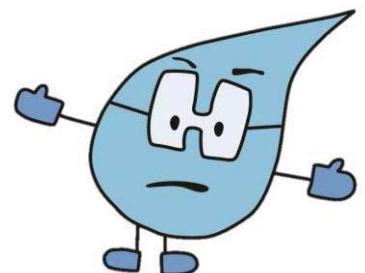


2.1 수소의 생산_수전해 수소



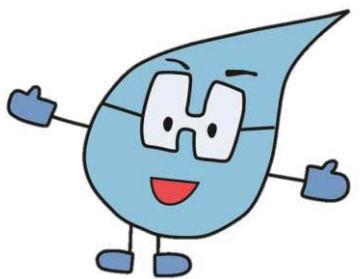
음.. 그런데 궁금한 게 있어요.
물을 전기분해 해서 수소를 만든다고 하셨는데
그럼 또 전기가 필요한 거 아닌가요?

물론 우리가 쓰는 전기의 대부분이
화석 연료에서 생산되는 건 맞아.
하지만 앞으로 재생에너지를 이용해
전기를 대체하려고 해.

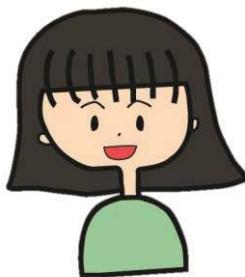


화석연료로 만들어지는 전기를
사용해도 되는데
왜 재생에너지로 대체 하려고 하는 거죠?

재생에너지는 방전으로
보관기간이 짧아서 버려지고 있는데
이 버려지는 재생에너지를 사용하면
화석연료로 만든 전기를 사용할 때 보다
경제적이야.

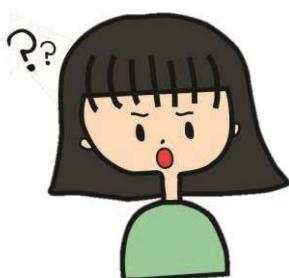
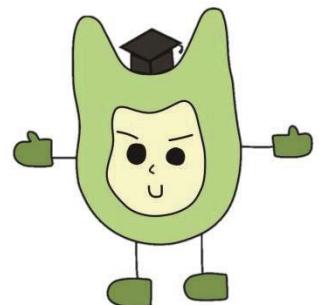


2.1 수소의 생산_추출 수소



추출 수소 방식에 대해서도
구체적으로 말해주세요!

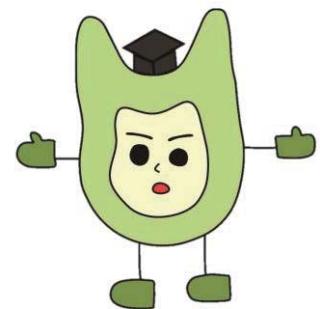
추출수소방식은 천연가스를 개질시키거나
석탄을 고온에서 가스화시켜
수소를 추출하는 방법이야.
대량생산이 가능하고 생산 단가가
상대적으로 저렴해 전 세계적으로 가장 많이
쓰이고 있어. 수전해보다 경제적이지만,
CO₂ 발생*으로 친환경적이지 못해
***CO₂ 발생량: 8.6kgCO₂/1kg H₂**



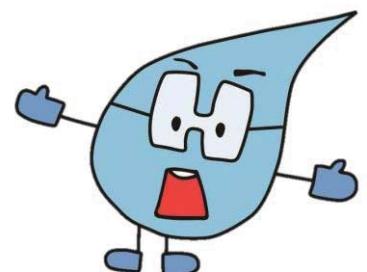
추출 수소 기술은
국내에서 활발히 개발되고 있나요?

2.1 수소의 생산_추출 수소

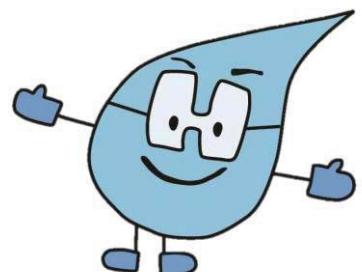
아직 국내에서는
J&K Heater에서 실증 단계이고,
외국계 기업들은
국내기업들과 협업하고 있어.
그래서 2020년에 추출 수소의
기술 인증이 될 예정이야.



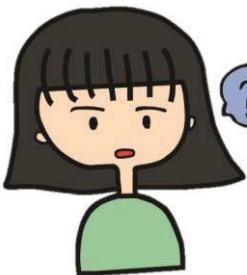
맞아. 결론은 국내 수소 활성화와
앞서나가는 나라가 되기 위해서는
정부가 제도적으로 기업을 뒷받침 해줘야 해.



정부에서는
국산화 비율이 30% 이상인 기업에
가점을 부여하는 방식 등도 검토하고 있어.
덕분에 수요가 늘어나고
경쟁력을 가질 수 있지.

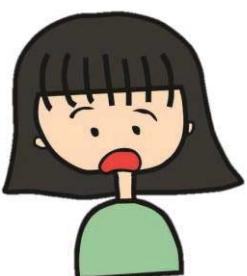
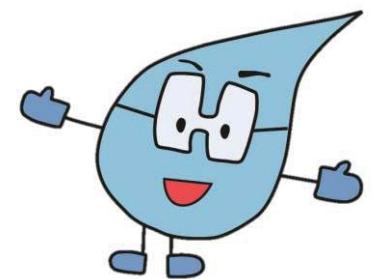


2.2 수소의 저장



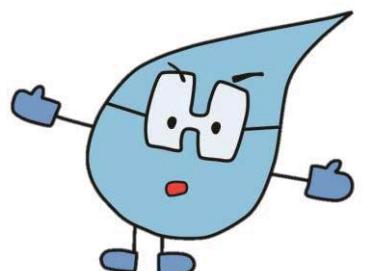
수소는 어떻게 저장해요?

수소를 저장하는 방법은 단순해.
기체를 압축시켜서
액화 또는 액상 시키거나 고체로
저장할 수 있어.



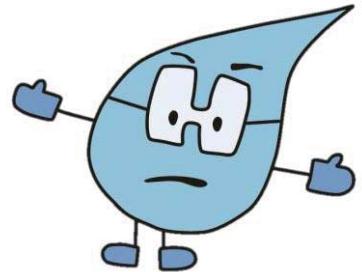
그러면 수소를 저장하는 장치는 무엇인가요?

수소의 저장 장치로는 HESS가 있어!
HESS (Hydrogen Energy Storage
System)는 발전기에서 생성된 전기에너지를
수소로 저장하는 시스템이야!



2.2 수소의 저장

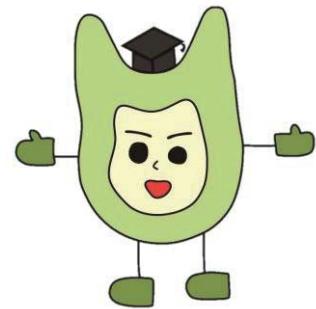
비교를 위해 설명하자면,
우리가 흔히 아는 배터리인 BESS
(Battery Energy Storage System)는
발전기에서 생성된 전기 에너지를
그대로 배터리에 저장하는 시스템이야.



	BESS 배터리 에너지 저장장치	HESS 수소 에너지 저장장치
사용 여부	즉시 사용 가능	단계를 거쳐 사용
보관	보관하기 힘듦	보관 하기 비교적 쉬움
공간 차지	많이 차지함	비교적 작게 차지함
시설 비용	돈이 많이 듦	돈이 비교적 적게 듦

2.3 수소의 수송

“저장된 수소를 수송하는 방식도 알려줄게.”

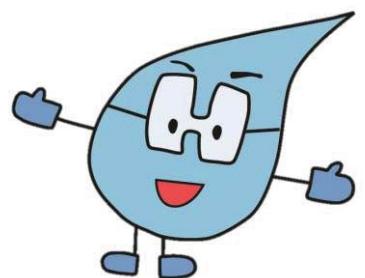


1. T/T(기체로 수송)
2. 액화 수송
3. Pipe Line

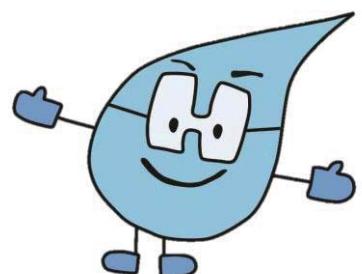


잠깐! 연구소장님 말씀하신 것처럼
수소의 수송방식에는 여러 방법이 있지만
우리나라는 T/T 방식 이외에는 쉽지 않아.

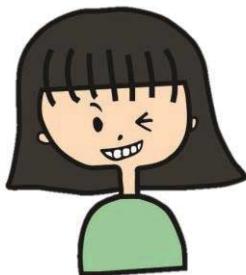
괜찮아! 현재 용기로는 운송비가 많이 들지만,
2019년 말에는 대용량 고압 용기가
출시가 되기 때문에 운송비가
절반으로 줄어들 거야.



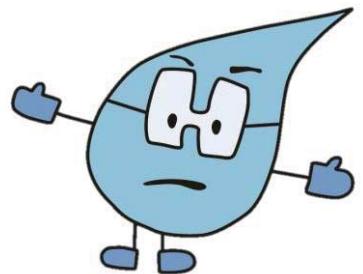
그리고 향후에는 액화수소 생산공장
2022년도까지 구축할 예정이야.



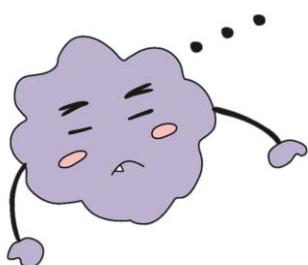
2.3 수소의 수송



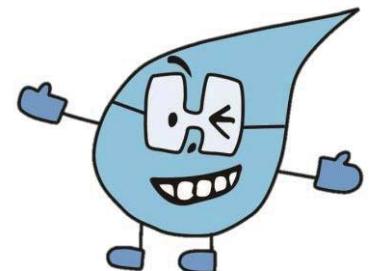
우와, 빨리 용기가 나왔으면 좋겠네요!



용기가 없는 건 아냐.
다른 나라에서 수입을 하고 있고
우리나라 자체적으로도
태광후지킨, 엔케이, 두산중공업 등에서
올해 안에 실증을 할 거야!



우리나라에서 실증을 해도
해외 기술을 쓸 수도 있잖아?



그래서 이엠솔루션도
국내 기술 활용을 가점제로 두자고
정부에 적극 건의하고 있어.
그렇게 해서 시행된다면 우리나라는
개발과 사용 모두 적극적으로 일어날 거야.
Win-win 인거지!

3. 수소 활용

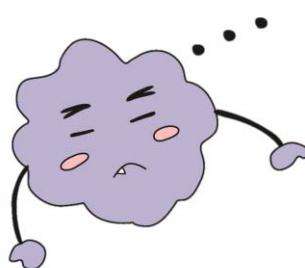
- 충전소

Utilizing hydrogen

#수소도시 #수소차 #수소충전소 #수소산업의 미래

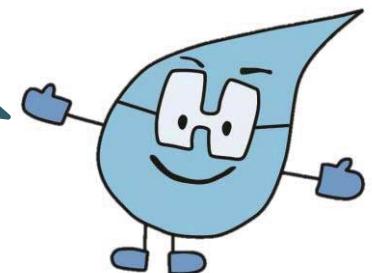


3.1 수소도시



수소활용의 대표적인 예로
수소도시와 수소차를 들 수 있다구!

먼저 수소 도시는
수소에너지를 기반으로 하는
에너지 자립 도시를 말하는 거야.

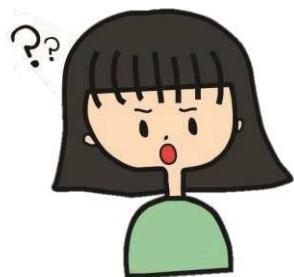


*기본적인 도시 형태



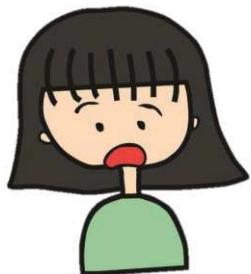
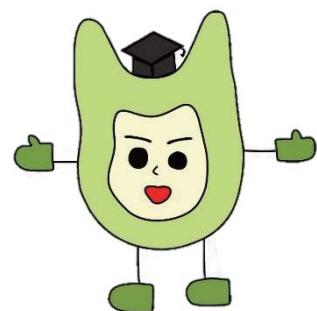
(출처: 이엠솔루션)

3.2 수소차



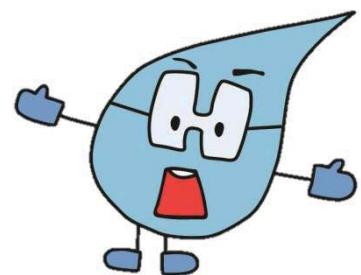
그럼 수소차는 뭐예요?

수소차는 수소와 공기 중의 산소를
직접 반응시켜 전기를 생산하는
연료전지를 이용하는 차량이야.
그래서 친환경적이기 때문에
미래산업에 꼭 필요하단다.

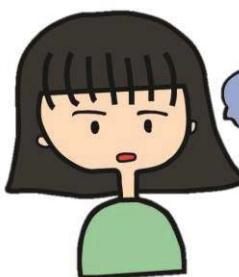


근데 저희 아빠가 수소 차는
너무 비싸서 구매하기 힘들다고 하던데요?

그래서 정부/지자체에서 수소차를 구매하는
개인에게 3천만 원 이상 지원 해주고 있어.
그리고 수소충전소 한 기당 15억 정도를
지원을 해주고 있고, 충전소의 운영비 지원도
긍정적으로 검토 중이야.



3.2 수소차



요즘 거리에 파란색 번호판을 단 차들이
많던데 그 차들은 뭐예요?

그건 친환경 자동차야.

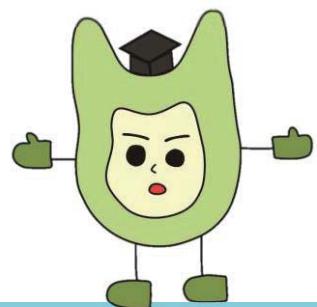
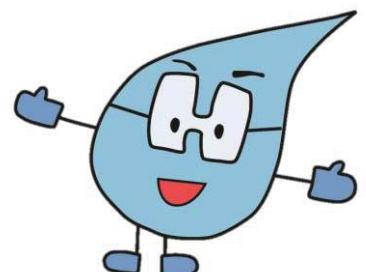
친환경 자동차에는 전기차와 수소차가 있어.

전기차는 고전압 배터리에서 전기에너지를

전기모터로 공급하여

구동력을 발생시키는 차량이야.

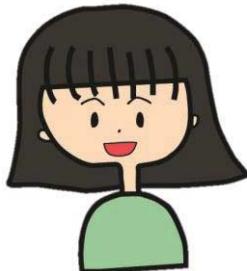
전기차와 수소차는 장단점이 달라.



“ 그럼 그건 내가 표로 알려줄게.”

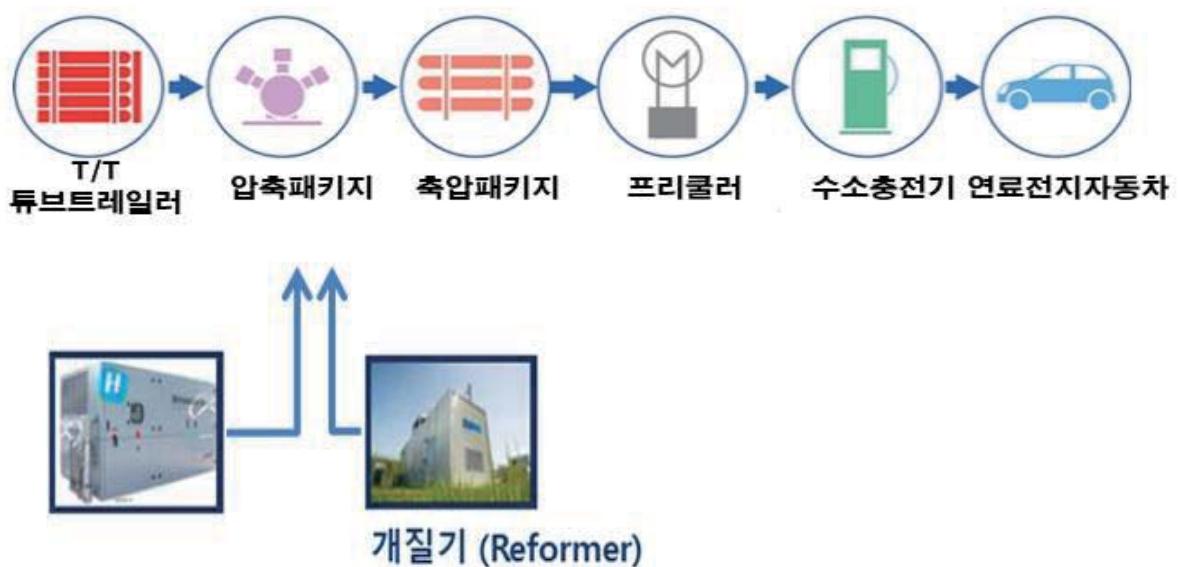
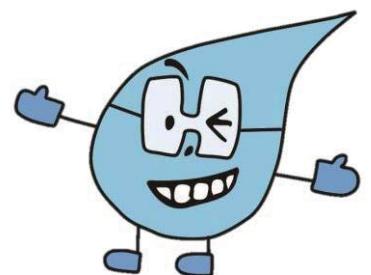
	전기차	수소차
		
	(출처: 현대자동차 공식 홈페이지)	
장점	저렴한 충전비용	긴 주행거리, 짧은 충전시간
단점	짧은 주행거리, 긴 충전시간	충전소부족

3.3 수소충전소



차를 사용하려면 충전소도 필요하겠네요?
그러면 수소차에 필요한 충전소에 대해
가르쳐주세요!

먼저 수소 충전소의 운영방식과 기본 구조와
요구 사양에 대해 설명해줄게!



3.3 수소충전소

항 목	요구사항
수소 순도	▪ SAE J2719 혹은 ISO 14687-2 만족할 것
충전 프로토콜	▪ SAE J2601 을 만족할 것
최고 충전 압력	▪ 탱크 충전 압력은 87.5MPa를 넘지 않을 것
최고 충전 온도	▪ 탱크 내부 온도는 85°C를 넘지 않을 것
충전 수소 온도	▪ 충전 수소 온도는 -20°C ~ -40°C 로 냉각할 것 ▪ 충전 수소 온도는 -40°C로 냉각하는 것을 추천함
충전 시간	[통신 충전] ▪ 수소 충전 시간은 3분 이내가 바람직하나, 5분 이내도 허용함(5kg기준) [비통신 충전] ▪ 비통신 충전은 SAE J2601의 루업 테이블을 만족할 것 ▪ SAE J2601을 만족하지 않는 HRS에서 비통신 충전을 절대 하지 말 것

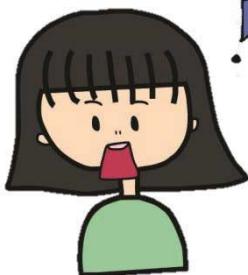
※ SAE (Society of Automotive Engineers) 미국자동차기술협회의 표준규정.

*Hydrogen Fuel Quality for Fuel Cell Vehicles : J2719

*Hydrogen fuel — Product specification : ISO 14687 – 2

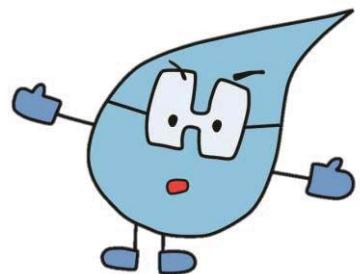
*Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles : J2601

3.3 수소충전소



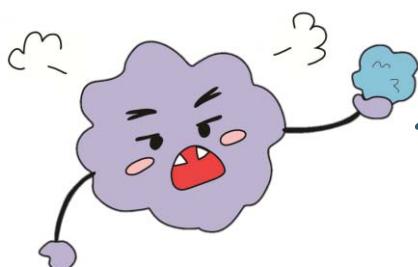
앞에서 다양한 공급방식도 설명해주셨는데,
공급방식에 따라 충전소도 달라지는 건가요?

공급방식에 따라
On-site/Off-site 충전소가 있어.
Off-site는 외부에서 공급되는 방식인데,
앞서 2.3에서 설명했던
수소 수송방식은 Off-site에 해당된다.



Off-site (T/T)=>
외부 사용 (운송)

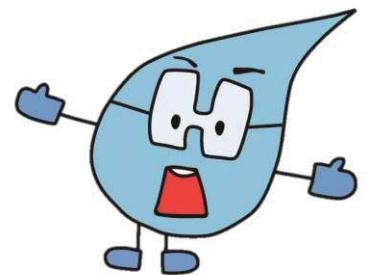
On-site (수전해 및 개질)
현장 사용 (자체생산)



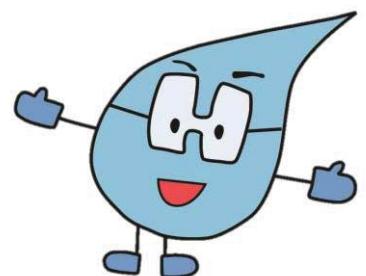
방 연구원!
On-Site 방식은 초기투자비가 비싸고,
Off-Site 방식을 쓰면 운반비가 높은데
그럼 어떤 걸 선택해야 하는 거야?!

3.3 수소충전소

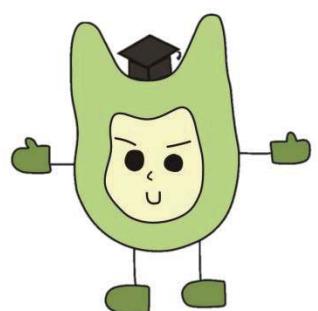
On-site 같은 경우,
인구가 밀집되어 수소차의 이용성이 높아
접근성이 많이 필요할 때 설치하면 되는 거야!



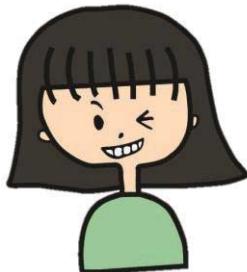
그와 반대로 Off-site 방식은
수소 차의 이용성이 낮은 지역에서는
자체 공급한 곳에서 저장하여
운반하면 되는 거야!



즉, 초기투자비를 설치할 만큼
가치가 있으면 On-site,
수송으로 더욱 이익이 된다면
Off-site 방식을 쓰는 거야.

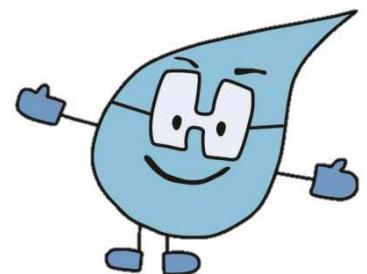


3.3 수소충전소



아~ 그렇게 나뉘는구나!

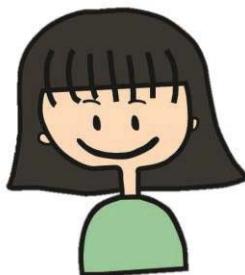
아! 그리고 충전방식에 따라서도
종류를 3가지로 나눌 수 있어.



1. 융합 충전소 : CNG, LPG 또는 기존 주유취급소와 제조식
수소자동차 충전소를 하나의 사업소 내에 설치·운영
2. 복합 충전소 : CNG, LPG 또는 기존 주유소와 저장식 또는 다른
에너지원 형태의 충전소를 하나의 사업소 내에 설치·운영
3. 패키지형 충전소 : 수소 충전소의 충전 설비(충전기 제외 가능)를
패키지로 묶어서 충전하는 시스템

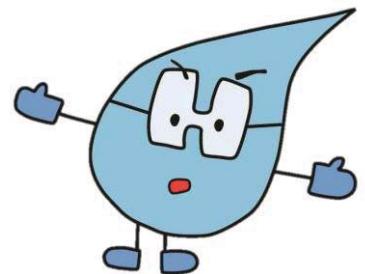
*CNG : Compressed Natural Gas

3.3 수소충전소

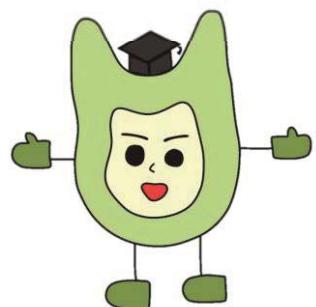


충전소에도 많은 과정이 필요하군요~

그리고 수소충전소의 점유율은
52%가 EMS, 40%가 효성이야.
하지만 아직 대부분의 주요 부품들이 수입이라
국산화의 노력이 필요해.
(2018년 기준)



“
전국적으로 충전소 점유율이 높은
이엠솔루션(EMS)의 충전소 기술을 설명해줄게
”

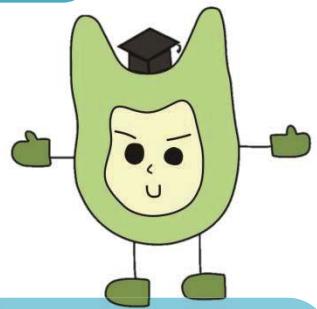


1. 국내 최초/유일 수소(연료전지)차 동시충전 실시
2. 국내 최초 버스충전 실증완료. (강원 강릉, 평창)
3. 국내 최초/유일 수전해를 이용한 충전소 구축(대구)
4. 국내 최다 충전소 구축
5. 국내 최초/유일 연속 충전 20대/hr 실증 (성주 충전소)
6. 국내 최초/유일 국제 규격인 SAE J2601-1을 현대자동차로부터 인정받음

*국내업체 중 유일하고 AL, NEL은 해외에서 인정받음
(2018년 기준)

3.3 수소충전소

“ 국내 충전소 구축현황에 대해서 알아보자! ”

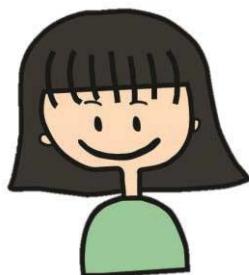


*국내 수소충전소 구축 현황 2019.09.30 기준

구축사	구축중	운영	진행중 (구축사 선정중)	총 합계
AL	4			4
EMS	6	4	1	11
J&K	3			3
NEL	10			10
NK		1		1
SK건설		1		1
광신	4	6		10
발맥스	1			1
범한	2			2
효성	7	9		16
미정	4	1	12	17
총 합계	41	22	13	76

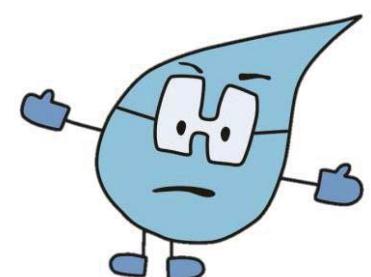
출처 이엠솔루션 이엠코리아블로그

3.3 수소충전소

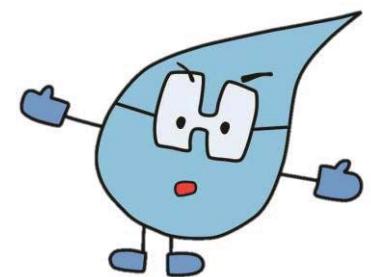


그런데 주유소에 비해서
수소충전소 수가 많이 적네요?

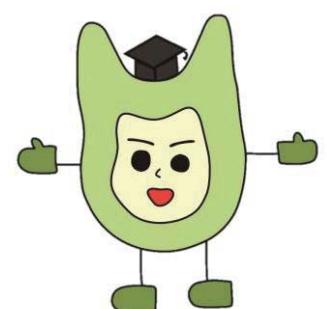
왜냐하면 아직 수소충전소의
인프라구축에 어려움이 있어.



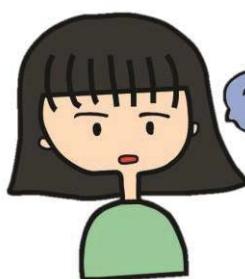
수소공급, 압축, 저장, 운송 등의
기술력/인력이 부족하고,
초기라서 해외 의존율이 높아.
수소 폭탄으로 인해 수소에 대한
국민들의 인식이 좋지 않은 것도 사실이야.
국제 표준도 검사기준, 장비 등
해결해야 할 숙제들이 좀 남아 있어.



정부 지원 없이
신 산업에 투자하겠다는 기업이 없어서
정부 지원을 확대하고 있어!

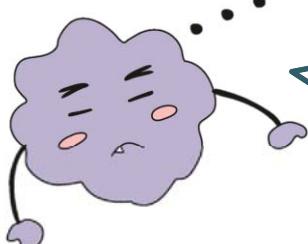
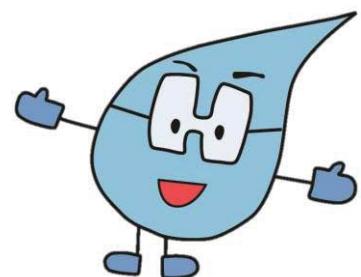


3.3 수소충전소

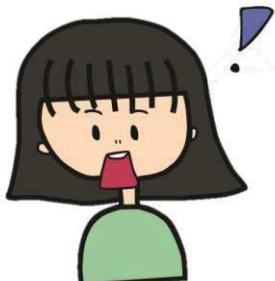


그러면 국내에서 충전소를 만드는데
문제는 없나요?

충전소는 냉동기, 충전기, 압축기가
필수적인 요소인데,
현재 냉동기 부문은 국내에서 구입이 가능하고
충전기는 개발이 완료되어 TEST 대기 중이고
압축기는 2020년 국산화 30%를 목표로 하고 있어.

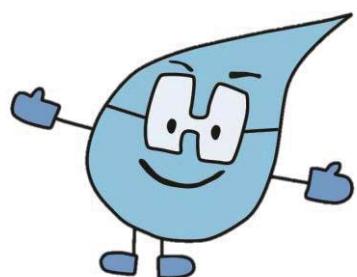


현 시점에서 문제는 압축기야.
왜냐하면 유럽에서 수입하기 때문에
A/S를 하는데 10시간이나 소모되거든!



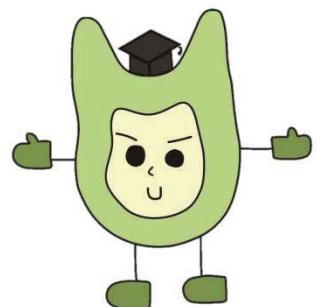
A/S 시간이 오래 걸리면 큰일이잖아요!

그렇지, 그래서 국산화를 위해서 노력하고 있고
특히 정부와 지자체는 신제품 개발과 실증,
더불어 자체적으로 A/S 문제를 해결하기 위해
A/S 인력을 위한 인수인계에 힘쓰고 있어.

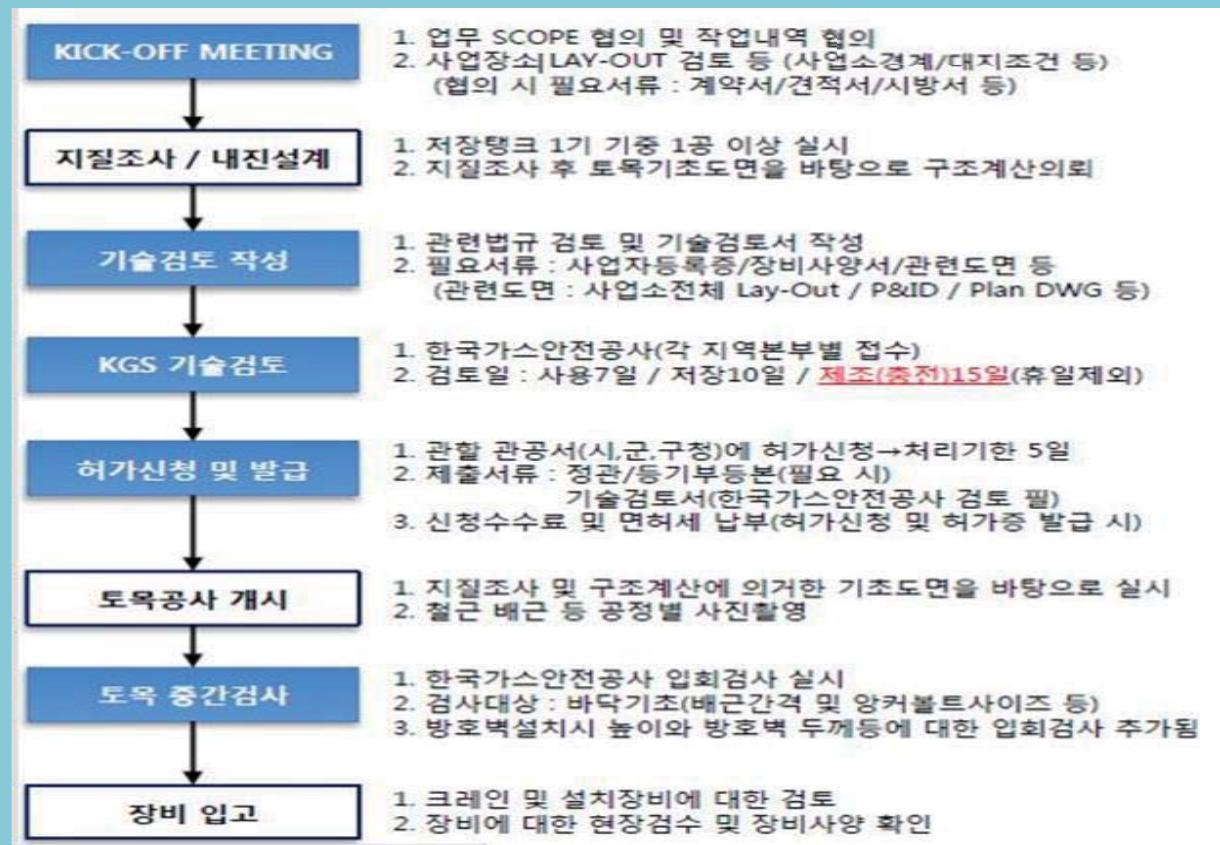
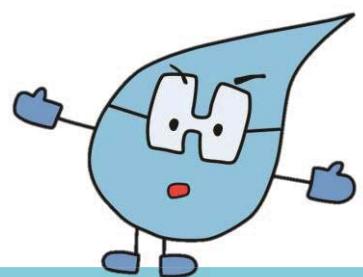


3.3 수소충전소

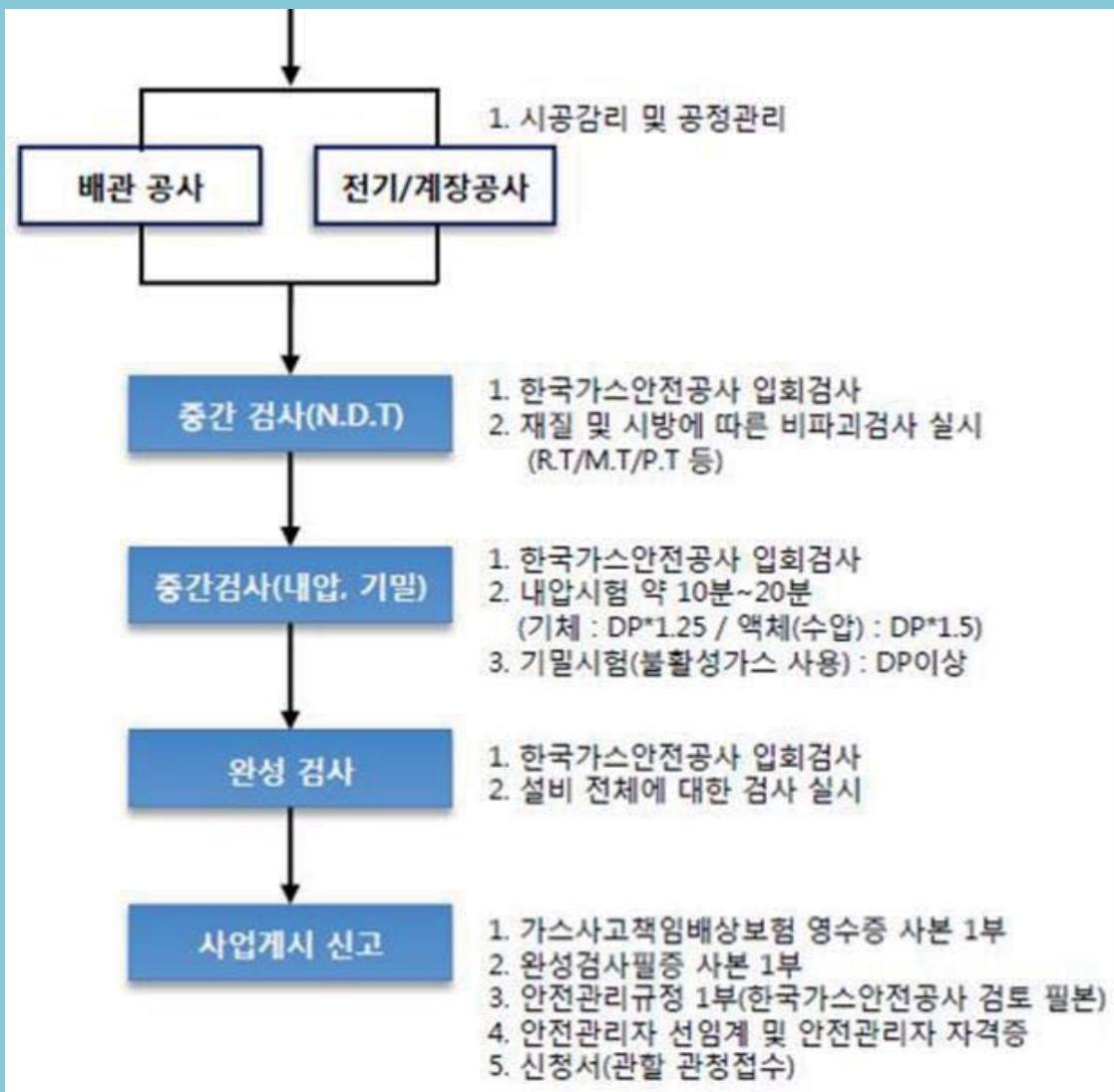
국산화가 되어야
신속한 A/S가 가능한 건 맞지만
더 중요한 것은 해외에서
수출규제 품목으로 지정 시 대용방안이 없어.
따라서 압축기 말고도 밸브나 원소재 또한
수입에 의존하는 것도 바꿔어야 해.



“
충전소를 구축하는 절차도 알려줄게.”

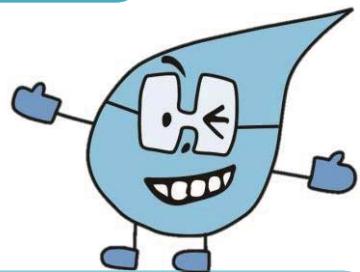


3.3 수소충전소



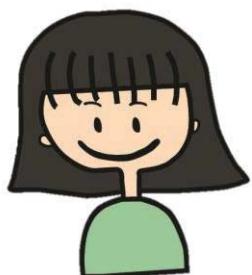
3.3 수소충전소

“
국산화의 현황은 표로 보여줄게.”



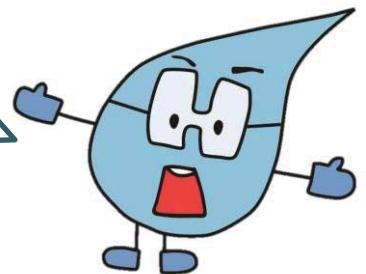
	압축기	저장용기	Pre-cooler	디스펜서
타입	IONIC PISTON DIAPHRAM	Type I, II, III, IV	냉매, 실리콘오일	35/70MPa dual 70MPa single
세계 제작사	Linde, Hofer, Hydro-pac, Haskel	FIBA, Faber JSW	린데, 마이콤	LINDE, NEL, Air product 다츠노, 토키코
세계수준 (개발/완료 /상용화)	상용 ¹⁾	상용 ²⁾	상용	개발 중/ 상용 (90%)
국내 제작사	GTC (신뢰Test) 광신기계 (50kg/h개발)	두산 Ty I -NK(40MPa) TyIII - NK(T/T) 태광후지킨	두산	광신기계 효성 EMS(개발중)

3.4 수소산업의 미래



그럼 수소산업에는 자동차 말고
무엇이 있나요?

먼저 Forklift와 드론이 급성장하고
기차와 선박도 수소연료로 대체될 거야.
또한 더 나아가 수소연료를 사용한
플라잉카라는 것도 있어.



*Forklift (플러그 파워, 미국의 지게차 시장)
-총 18,000여대 보급 (총 60만대 중 3%)
-플러그 파워 : 아마존, 월마트 12억 달러 투자
*Forklift (일본, 도요다)
-수소 연료전지 지게차 개발 및 실증 중

출처 Toyota Forklifts Blog

*Hydrogen Drone

-액화수소 및 기체수소용 드론 개발진행 중
-최대 5시간 운영가능 (액화기준)



출처 SKYCORP의 e-Drone Zero

3.4 수소산업의 미래



*Hydrogen Train (Alstom Transfort, 독일)

- 2015년 5월 Hydrogenics와 계약

- 최대 주행거리 : 800Km

- TUV 인증 및 철도청 승인 완료

- Alstom이 수소 infra에 투자

- 최대 140Km/h의 속도로 시험 운행 (체코)

출처 IRJ Pro

*Hydrogen powered Ship

(수소연료전지 선박)

- maritime fuel cell projects 12개
진행



출처 CNN



출처 Embraer

*Flying Car

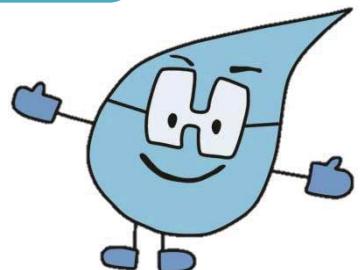
- 수소전기차 기술을 이용함

- 주행거리가 길고 효율이 좋은
수소연료전지를 이용함

- 도심 항공 모빌리티 산업으로 성장

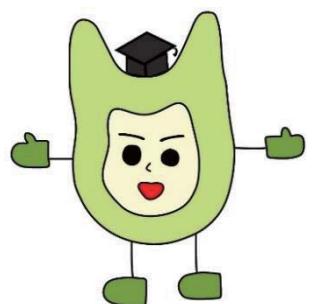
3.4 수소산업의 미래

이런 수소산업기술 활용에 앞서서
국가적으로 준비해야 할 것이 많아!



- 수소경제법
- 수소부품을 시험할 수 있는 시험설비
- 충전소부품과 설비를 시험하는 실증센터
- 안전관련 표준화와 제도 보완
- 수소차와 전기차로 인한 기존의 자동차산업의 생산기반이 줄어 실업자가 늘어나므로 그에 대한 대책
- 신산업(수소드론, 수소기차, 선박)에 대한 규제개선
- 수전해나 개질기 등 수소제조시설에 대한 지원
- 수소 관련 전문 인력의 양성

참고로 세계에서 3번째로 설치된
국내 실증센터가 영월에 있는데
그 사업을 '이엠솔루션' 기업이 했어.
2019년 말에 수소부품 전주기 실증센터가
대전에 생기는데
이를 '이엠솔루션'에서 수주하려고
노력하고 있단다!



부록

Supplement

#수소 경제 로드맵 #용어해설
#구축 시 주의사항 #해외사례



부록 - 수소 경제 로드맵

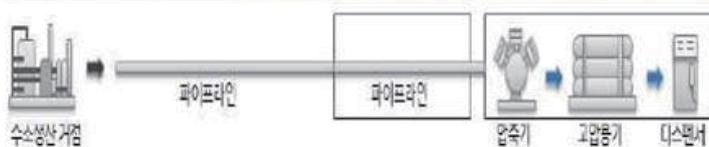
1 수소차 및 수소충전소 보급목표(누적)

		'25년 年 생산량 10만대 달성 (상업적 양산 개시)		
구 분		2018	2022	2040
수 소 차	전체	1.8천대 (0.9천대)	8.1만대 (6.7만대)	620만대 (290만대)
	승용차	1.8천대 (0.9천대)	7.9만대 (6.5만대)	590만대 (275만대)
	택시			12만대 (8만대)
	버스	2대 (전체)	2천대 (전체)	6만대 (4만대)
	트럭			12만대 (3만대)
수소충전소		14개소	310개소	1,200개소

* () : 내수

< 수소충전소 유형 및 설치비용 >

❶ 수소 파이프라인 연결형 (3개 도시 기준 구축망 활용, 200km)



◆ 약 27억원 소요

- ▶ 설비 구축비용 : 18억원
- ▶ 현장 공사비용 : 9억원

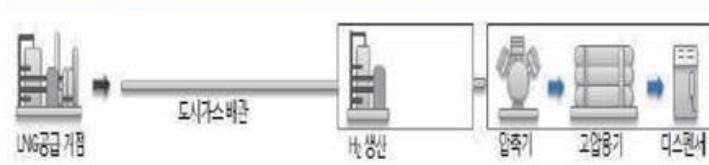
❷ 수소가스 운반형 (튜브트레일러 활용)



◆ 약 26억원 소요

- ▶ 설비 구축비용 : 17억원
- ▶ 현장 공사비용 : 9억원

❸ 도시가스 추출형 (추출기 설치)



◆ 약 56억원 소요

- ▶ 추출기 구축비용 : 22억원
- ▶ 설비 구축비용 : 21억원
- ▶ 현장 공사비용 : 13억원

부록

용어해설 – 충전기

수소자동차의 수소연료 탱크에 고압의 수소를 연료의 공급온도범위에서 정해진 압력상승 속도로, 자동차 연료탱크의 SoC(State of Charge)의 95~100% 즉, 40.2g/liter의 밀도로 수소연료를 공급하는 장치



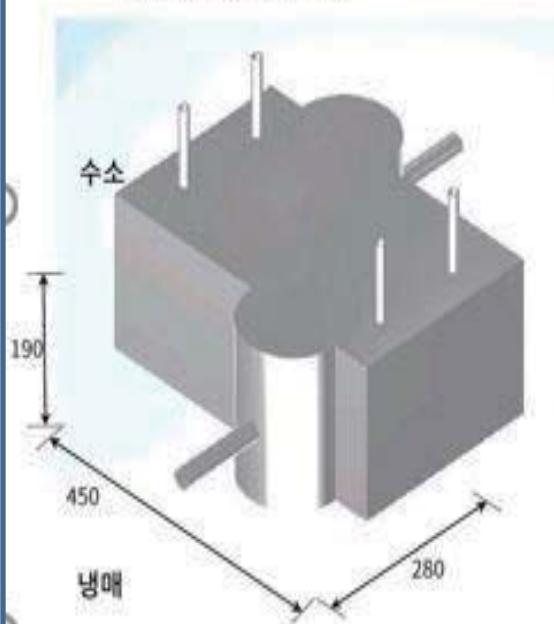
부록

용어해설 – 프리쿨러(Precooler)

수소가스를 급속 냉각하기 위해 고안된 디자인으로 고상의 열전도체에 냉매가 온도를 낮춤

* 최근 기능 향상된 모델 추가개발 중 (두산 중공업 제작)

[개발 Model-II 형상]



[납품 실적]

1. 현대모비스 충주
수소 충전소 Pre-Cooler용
2. 도로공사 안성 휴게소(하행)
수소 충전소 Pre-Cooler용

부록

용어 해설 – P2G

P2G는 Power To Gas의 줄임말로 전력을 연료로 전환시킨다는 뜻이다. 에너지 신산업에 있어 기후변화(대응), 에너지안보, 수요관리의 3가지 현안을 해결하기 위하여 노력하고 있으며 특히 아낀 전기를 거래할 수 있는 수요관리시장이 개설되면서 전력의 효율적 관리가 가능하게 되고 있다.

이렇게 해서 아낀 전력, 재생에너지로부터의 잉여전력, 부하변동성이라는 측면에서 정부는 대용량 ESS의 조기 정착을 위해 노력하고 있고 에너지 저장방식에 있어 P2P(POWER TO POWER) 즉, 전력을 전력(배터리)으로 저장하고 필요할 때 사용하는 방식에 치중하고 있다.

여기에는 LG나 삼성이 BESS부문에 있어서 국제적인 경쟁력을 가지고 있는 점도 주목할 만하다.

그리고 우리는 한가지 사실에 주목해야 할 필요가 있다.

독일, 덴마크, 네덜란드, 영국 등 유럽 및 미국에서는 P2P가 아닌 P2G에 초점을 맞추고 기술개발과 적용을 서두르고 있다는 사실이다.

실제적으로 독일의 P2G 회사는 수익도 창출하고 있고 우리나라로 장기간, 대용량, 고밀도 에너지 저장이 쉽고 장거리운송에 유리하기 때문에 정부도 에너지산업의 국제 경쟁력을 가지기 위해서는 P2G의 조기 도입을 추진할 때라고 생각한다.

P2G의 핵심은 수소를 만드는 것이고 알칼리인, PEM, 개질방식 등이 있다.

부록

충전소 구축 시 주의사항

한국자동차환경협회에서

수소충전소 활성화를 위해 2018년부터

민간이 수소충전소를 구축하는 경우,

50%를 지원해주는 사업으로

3월에 사업설명회를 개최하여

사업신청서를 접수를 받았다.

작성하는 것은

충전소 구축사들의 도움을 받으면 되지만

신청해서 지원을 받는 것보다

사업타당성이 있는지를 보려면

운영 계획과 운영 비용이 중요하다.

충전시설 운영에서

아래의 2가지는 감안 해야 한다.

1. 운영계획

2. 운영비용 및 절감방안

1. 정량적 평가

1.1 일반현황 및 연혁(회사명/연혁/조직 등)

1.2 경영상태 및 신인도(기업신용평가/신인도)

1.3 재무현황(2018년 재무재표)

2. 제안개요

2.1 제안목적

2.2 사업방향

2.3 타 충전소와의 차별성

3. 사업추진계획

4. 충전소 구성의 적합성

4.1 충전소 구성의 적합성

4.2 부지확보의 명확성

4.3 부지 선정의 적정성

4.4 설치면적 및 구성

4.5 충전소 설비의 구성

4.6 구축 계획 및 일정

4.7 충전소 구축 시기 적정성

5. 충전시설 운영

5.1 운영계획

5.2 수소연료 조달 계획

5.3 민간개방 방안

5.4 운영비용 및 절감방안

5.5 운영실적 관리

5.6 안전관리 계획

5.7 충전시설 확장계획

5.8 모니터링 시스템 운영계획

부록

해외 사례

수소부문에 있어 가장 선진화된 독일을 사례로 우리가 나아가야 할 방향 추측 가능

○ 'NOW GmbH (국가수소에너지 및 연료전지기술기구)

독일연방정부소속으로 국가혁신 및 실증사업. 수소차와 연료전지. 충전소보급사업을 하는 곳으로 H2KOREA와 HYNET이 섞인 형태이다.

○ NIP(2016-2026)국가혁신프로그램을 10년간 20조사업을 하고

있으며 경제성 목적보다는 **기후변화에 따른 정책이** 최우선으로 하고 있다.

○ 수소공급방식은 아직 TT가 대부분이고 2600원/kg이고 수전해로 공급하게 되면 공급가는 13000~15000원정도이고 판매가는 13000원 정도

○ 정부에서는 5:5비율로 구입할 것을 권장하고 있으며 수송용 기압은 200bar로 한국과 비슷하다.

○ 연료전지기술기구 기준으로는 하루에 1000대충전을 목표로 해야 한다고 하는데 현재는 차가 없기에 알맞은 시대가 오면 증축 예정이다.

○ 현재 충전소는 71기, 2025년까지 400기 목표 향후는 액화, LOHC, PIPELINE이 될 것이다.

○ 전체적으로는 한국과 EU가 비슷한데 한국이 속력을 내고 있다.

○ 베를린에 있는 복합충전소를 보았는데 *이격거리 제한이 거의 없다는 것은 한국처럼 규제법이 아니라서 그냥 설치하는 부분이 이점이 크다.

*이격거리

송전과 배전 선로에서 두 개의 도체 사이, 한 개의 도체와 지지물 같은 기타 구조물 사이,
도체와 대지 사이의 거리. 안정성을 보장하기 위하여 띄워 놓는 거리



전기전자제어공학부 권태한

공대생임에도 불구하고, 서포터즈를 하기 전에는 수소에너지에 단편적인 개념만 알고 있었습니다. 하지만 이번 기회를 통해 수소 에너지가 하나의 경제로 이루어지는 과정과 기업과 정부의 노력을 알 수 있었습니다. 가벼운 교내 활동이라고 생각하고 지원했는데, 에너지 지식과 값진 경험을 얻고 갈 수 있는 기회였습니다. 부족한 모습을 많이 보여드렸는데, 이런 기회를 주신 LINC 사업단과 김영식 본부장님에게 감사의 인사를 전하고 싶습니다.



토목환경화공융합공학부 이재욱

평소 수소에 대해 깊이 알지 못했으나 이번에 서포터즈를 하면서 수소에너지 분야의 전문 지식을 배웠고 수소 산업을 위한 기업과 정부의 노력을 알 수 있었습니다. 그리고 다양한 학과 사람들과의 협력을 통해 성과를 이루게 되어 기쁘고 이번 경험이 저에겐 한층 더 성장 할 수 있는 계기가 되었습니다.



#



토목환경화공융합공학부 박성범

서포터즈 활동을 하면서 수소라는 단순한 구조의 원자가 우리의 미래를 바꿀 수 있을 기대를 갖게 되었고 경제가 발전하는데 있어서 중소기업이 중요한 역할을 한다는 것을 깨닫게 되었습니다. 그리고 수소 관련 업계에 종사하시는 이엠솔루션 본부장님으로부터 수소에 관한 지식 뿐만 아니라 회사에 대한 현실적인 조언을 들을 수 있어서 뜻 깊은 시간들이었습니다.



산업시스템공학과 한상엽

중소기업 서포터즈를 하면서 수소분야에 대해 전문성과 지식을 쌓게 되었고 또한 팀 프로젝트를 통한 역할 수행의 중요성과 프로젝트 관리에 대해 깨닫게 되는 좋은 경험이 되었습니다. 덕분에 서포터즈의 활동에 만족스러우면서도 조금 더 좋은 결과를 가져오지 못한 것 같아 아쉽습니다.



기계공학과 전민규

수소라는 것은 그냥 화학시간에 배우는 원소 중 하나라고만 생각했습니다. 하지만 이번 활동을 통해서 수소라는 것은 사람들의 삶을 더욱 윤택하게 만들어줄 수 있는 것이라고 느꼈습니다. 수소에 더욱 친근하게 다가갈 수 있었고 수소경제에 대해 알 수 있었던 시간들이 매우 유익했습니다.



문화테크노학과 박수정

처음에 수소를 주제로 만화를 제작한다고 했을 때는 수소에 대해 알지 못해 어렵게 생각했었는데, 책 디자인이나 만화에 나오는 캐릭터를 직접 제작해보면서 수소에 한층 가까워질 수 있었던 시간이었습니다. 책 편집은 처음이어서 서툰 부분이 많았지만 다양한 학과의 팀원들과 본부장님, 교수님의 도움으로 책을 완성할 수 있게 되어서 정말 보람 있는 시간이었습니다! 좋은 경험을 할 수 있게 해주신 링크 사업단에게도 감사드립니다.



문화테크노학과 안주희

직접 캐릭터를 창작하고 책을 펴내는 것은 학교에서 느끼던 것과는 또 다른 배움의 시간이 되었습니다. 처음 고민해본 ‘가독성’을 위한 디자인부터 만화 속 대화의 자연스러움, 이해하기 쉬운 설명 등 책 구석구석 서포터즈 팀원들의 고민과 노력이 베여있습니다. 값진 피드백과 진심 어린 조언 주신 본부장님, 나아갈 방향을 잡을 수 있도록 도와주신 교수님, 넘치는 서포트 해주신 링크 사업단, 고생한 팀원들 모두 감사합니다!





국제무역학과 구연제

좋은 기회로 중소기업 서포터즈에 참여하게 되었습니다.
짧다면 짧고 길다면 긴 시간 동안 좋은 경험이 되었습니다.
평소 접해보지 못했던 분야에 대한 지식도 알게 되었고,
서로 힘을 합쳐서 책자를 발간하는 과정에서
많은 것들을 배우고 느꼈습니다.
다들 너무 감사했고 앞으로 좋은 일만 가득하시길 바랍니다!



정보통신공학과 전희진

서포터즈 활동을 통해서 좋은 사람들과 함께 큰 프로젝트에
참여하게 되어 영광이었고, 행복한 시간이었습니다.
또한, 이번 프로젝트를 진행하면서 수소에 대해 관심을
가지고 다양한 지식을 얻는 계기가 되었으며,
이 만화를 통해 많은 사람들이 수소를 어려워하지 않고
쉽게 접근할 수 있었으면 좋겠습니다.



사회학과 최지율

10월부터 꾸준히 만나 프로젝트를 완성한 10명의 팀원과
본부장님, 교수님 모두 감사 드립니다. 이번 프로젝트를
하면서 좋은 분들을 만나 부지런히 배우고 경험했던 소중한
시간이었습니다. 마지막으로 이 책은 모두의 수고로움이
담겨있으며 유익하게 봐주셨으면 좋겠습니다. 감사합니다.

LINC+사업단 박경훈



수소에 대한 전문적인 지식을 쉽고 편하게 일반인들에게 알려주는 책인 것 같습니다.

우리 학생들의 적극적이고 활발한 활동에 크게 감동했고 높은 완성도의 결과물에 한 번 더 감동했습니다.

중소기업 서포터즈들에게 칭찬의 박수를 보냅니다.

LINC+사업단 백승필



수소와 관련된 어느 책보다도 쉽고 재미있게 구성이 되어 있어 책으로 펴내도 될 듯합니다.

그리고 우리 학생들의 글 솜씨와 디자인 능력, 편집실력에 또 한번 놀랐습니다.

LINC+사업단 문미경



수소와 관련된 정보를 일반인들도 쉽게 이해할 수 있도록 일러와 만화형식의 표현이 돋보입니다.

특히 우리지역을 대표하는 대체 에너지로 관련산업의 홍보 및 확장에 큰 기여를 할 수 있을 듯 합니다.

잘 짜여진 구성을 따라 읽다 보니 수소의 중요성을 금방 알 수 있도록 만들어진 책인 것 같습니다.

LINC+사업단 배진희



다양한 학과의 학생들이 협력하여 활동을 하는 프로젝트라 걱정이 앞섰었는데 활동 기간 내내 적극적이고 열정적으로 활동하는 모습에 큰 감명을 받았습니다.

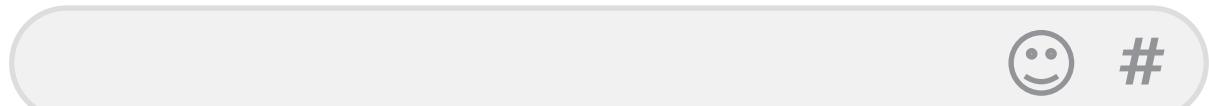
결과물에 대한 만족도도 크고 차년도 활동도 기대하게 되네요.





이엠솔루션(주) 대표

창원대학교 중소기업 서포터즈가 학과공부로 바쁨에도
불구하고 수소에 대해 관심을 가지고 만화책을
도와준 것에 대해 진심으로 감사 드립니다.
또한 LINC+단장님과 정교수님에게도 감사말씀 드립니다.





본 결과물은 교육부와 한국연구재단, 창원대학교의 재원으로 지원 받아
수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업의 활동결과입니다.



수소, 어디까지 알고 있니?

지은이 김영식

창원대학교 LINC+사업단

총괄 정대운

글 권태한 이재욱 박성범 전민규 한상엽

디자인 구연제 박수정 안주희 전희진 최지율

편집 박수정 안주희

발행처 이엠솔루션(주)

주소 창원시 성산구 웅남로 767 (남산동)

Tel (055)239-9000 Fax (055) 239-9010

홈페이지 <http://www.yesems.co.kr>

수소 블로그 <https://blog.naver.com/ky33079>

E-mail ems2016@yesems.co.kr

yskim@yesems.co.kr