

일본의 수소전략 전망과 과제

※ 이 자료는 国際環境経済研究所「『日本の水素戦略の展望と課題 — 2050年カーボンニュートラルの柱は電化・水素化』(2021.04.)」, 経済産業省資源エネルギー庁「『アンモニアが“燃料”になる?!』(2021.01.)」을 요약, 정리한 것임.

- 2050년 온실효과가스 배출을 실질 “0” 으로 하기 위해선 열 수요, 연료를 전기화·수소화하는 것이 필수적임
- 신재생에너지, 원자력 활용이 상대적으로 어려운 일본에 있어서 수소 활용가치는 높음
- 수소 단독으로는 운반이 어려워, ‘캐리어’라고 불리는 물질이 필요함
- 암모니아는 수소 캐리어로써, 또한 연료로써 직접 이용이 모두 가능하여 편의성이 높은 동시에 이미 비료로 활용되고 있기 때문에 공급을 위한 인프라가 정비돼있음
- 하지만, 암모니아는 공급량이 제한적이므로 본격적 도입에 앞서 안정적인 서플라이 체인 확보가 필요함
- 수소 도입 비용을 낮추기 위해 일본에서는 소비자에게 가까운 곳부터 수소 기술 도입을 계획하고 있지만, B2B로 대규모 수요를 발생시킨 후 B2C로 확대하는 편이 수소 제조 비용을 빠르게 낮출 가능성이 있음
- 수소 제조를 위해서 신재생 에너지 도입이 어려운 경우, 탄소 배출 목표를 달성하기 위해 원자력을 이용한 수소 제조를 고려해볼 수 있음
- 전기화·수소화를 통한 탄소 중립 사회를 실현하기 위해서는, 에너지 정책을 기존 개념으로부터 탈피하여 논의해야 함

□ 일본에 있어서 수소 전략의 의의

- 2020년 12월 공표된 정부의 성장전략회의자료에서 수소는 「발전·산업·수송 등 폭넓게 활용되는 탄소 중립 실현을 위한 핵심 기술」이라 표현되어 있음
- 육상수송이나 가정, 민생부문 및 산업에서 100℃미만 열 수요를 모두 전기화하고, 그 전력 수요의 65%를 저탄소 (대규모 수력 등 신재생에너지 및 원자력) 로 충당하면 72%정도 CO₂ 배출을 삭감할 수 있음
- 하지만, 2050년 온실효과가스 배출을 실질 “0” 으로 하기 위해서는 전기화가 어려운 고온 열 수요나 화력발전 연료, 석유화학산업이나 제철업 등의 원재료로써의 화석연료도 수소로 대체해야 함

- 더욱이, 일본에서의 신재생 에너지는 제외국에 비해 단가가 높고, 원자력 발전 이용이 매우 곤란한 것을 생각하면 수소 활용의 의의는 더욱 큼
- 현시점에서는 실증단계인 기술이 많고, 기술개발의 진전에 의해 어느 정도 비용 절감이 이뤄질지는 불투명한 점이 많아 향후 다양한 선택지가 검토될 것임

□ 수소 에너지로써의 암모니아

- 「2050년 탄소 중립 실현을 위한 그린 성장전략(이하, 그린 성장전략)」에서 「에너지 관련사업」에는, 연료 암모니아 산업과 수소 산업이 함께 거론됨
- 수소는 가볍고 밀도가 낮은 기체이므로, 운반을 위해서는 '캐리어'라 불리는 물질이 필요함
- 암모니아는 캐리어, 연료로써의 직접 이용이 모두 가능하여 편의성이 높음
- 또한, 화학비료 등의 원료로써 국제적으로 서플라이 체인이 확립돼있음
- 연료 암모니아 산업은 수소의 에너지 캐리어로써 액화수소보다도 인프라가 정비돼있어, 과도기에 한정된 것이 아닌 지속적으로 유용한 기술이 될 것임
- 암모니아는 급성 독성을 갖는 극물로 지정돼있어(독물 및 극물 단속법) 부정적인 의견도 있음
- 하지만, 발화온도가 높고 불이 번지는 속도가 느린 특징이 이어 미국에서는 가연성·폭발성 물질로 구분돼있지 않음
- 여러 수소 캐리어 중 비용 절감 전망, 기술 숙련도에 있어서 우위성을 가진 암모니아부터 이용이 확대될 가능성이 있음
- 해상 수송의 관점에서, 액체수소보다 암모니아가 기술적 난이도가 낮음
- 암모니아는 운반 후 열분해하여 탈수소 하는 방법도 있기 때문에, 수송의 관점에서 어느 쪽이 합리성이 높은 수단인지 파악해야 함
- 암모니아는 선박용 연료로써도 주목받고 있음
- 500t을 넘는 화물선이나 컨테이너선과 같은 선박에서는 암모니아 연료가 현실적이라고 함

에너지 캐리어	액화수소	MCH	암모니아	메타네이션 ¹⁾
부피 (대 상압 수소)	약 1/800	약 1/500	약 1/1300	약 1/600
액체가 되는 조건	-253°C, 상압	상온상압,	-33°C, 상압 등	-162°C, 상압
독성	무독	톨루엔은 독성 ○	독성, 무식성 ○	무독
직접 이용 가부	N.A. (화학 특성 변화 X)	현재 X	○ (석탄화력 혼소 등)	○ (도시가스 대체)
고순도화를 위한 추가 설비	X	○ (탈 수소시)		
특성 변화 등 에너지 손실	현재: 25-35% 향후: 18%	현재: 35-40% 향후: 25%	수소화: 7-18% 탈수소: 20%이하	현재: -32%
기존 인프라 활용 가부	국제 수송 X 국내 수송 ○	○ (케미컬 탱크 등)	○ (케미컬 탱크 등)	○ (LNG 탱크, 도시가스관 등)
기술적 과제 등	대형 해상 수송 기술(대형 액화기, 운반선 등) 개발 필요	에너지 손실 저감이 필요	직접 이용처 활대를 위한 기술 개발, 탈수소 시설 기술 개발 필요	제조지에서의 경쟁적인 재생에너지 유래 수소, CO ₂ 공급이 불가결

1) CO₂와 수소를 반응시켜 메탄을 제조하는 기술

- 석탄화력 발전소에 암모니아를 혼합하여 소각(혼소)하는 것으로 CO₂ 배출을 억제할 수 있음
- 암모니아 연소시 배출되는 질소산화물(NO_x)의 양은, 실증실험을 통하여 20%혼소의 경우 제어 가능하며 석탄만을 소각할 때와 같은 정도인 것으로 나타남
- 일본 내 모든 석탄화력발전소에서 암모니아를 20%혼소하면 CO₂ 배출량을 약 4,000만t 저감 가능
- 더욱이, 암모니아만을 연료로 사용하는 전소도 가능할 전망
- 전소를 도입할 경우 CO₂ 배출량은 약 2억t 저감될 것으로 시산됨
- 발전 비용 또한, 암모니아 혼소는 수소와 비교했을 때 크게 밀돌

케이스	20% 혼소	50% 혼소	전소	(참고) 1기 20% 혼소
CO2 배출 저감량 ¹⁾	약 4,000만t	약 1억t	약 2억t	약 100만t
암모니아 수요량	약 2,000만t	약 5,000만t	약 1억t	약 50만t

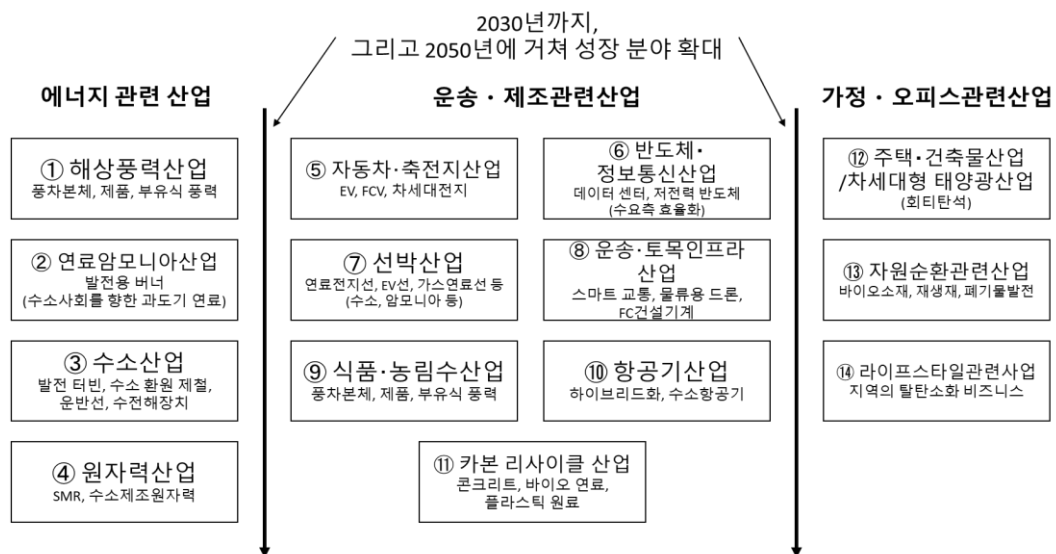
1)일본의 이산화탄소 배출량은 약 12억t, 그 중 전력부분 약 4억t

- 암모니아를 연료로써 이용한 가스터빈 발전도 가능
- 이전에는 연소효율이 과제로 있었지만, 최근 도호쿠대학(東北大学), 산업기술종합연구소(産業技術総合研究所), 도요타에너지 솔루션즈(トヨタエナジーソリューションズ), IHI 등 조직이 각자 기술개발에 착수하고 있음
- 후쿠시마현 후쿠시마재생가능에너지연구소(福島再生可能エネルギー研究所)에서는, 신재생에너지 유래 전력을 사용하여 수소로부터 암모니아를 합성하는 연구가 행해지고 있음
- 그 외, 고체산화물형연료전지(SOFC)에서 이용하는 수소를 연료 암모니아로 치환하기 위한 연구개발이 교토대학(京都大学), IHI 등에서 이뤄지고 있음
- 암모니아를 연료로 사용하기 위해서는, 암모니아를 안정적으로 확보할 필요가 있음
- 암모니아를 모든 석탄화력발전소에서 20% 혼소하기 위해서 필요한 암모니아의 양은 현재 전세계 암모니아 수출입량과 동일함
- 향후 암모니아 소비량이 증가하면 공급 부족으로 가격이 상승할 수 있어, 대책이 필요함
- 이에, 연료 암모니아의 안정적인 서플라이 체인 확보를 위해 「일반 사단법인 클린 연료 암모니아 협회(一般社団法人クリーン燃料アンモニア協会)」, 「연료 암모니아 도입 민관협의회(燃料アンモニア導入官民協議会)」가 발족됨

□ 어떻게 비용 절감을 할 것인가

- 일본에서 2017년에 발표된 수소전략에서는 2040년경까지 목표를 3단계로 구분하고 있음
- 1. 정치형 연료전지, FCV(연료전지차량)를 보급하여 수소 이용 확대 추진 (2017년~)
- 2. 수소발전, 대규모 공급 시스템 확립 (2020년대 후반~)
- 3. 전체로써 CO₂ 프리 수소 공급 시스템 확립 (2040년경)
- 초기 단계에서는 소비자에게 가까운 곳부터 수소 기술 도입을 계획하고 있음
- 수소 제조 비용을 급속히 낮추기 위해서는 B2B로 대규모 수요를 발생시킨 후 B2C로 확대하는 편이 더욱 빠를 수 있음
- 수송에 있어서, 일본에서는 가스관 유효이용을 위해 메타네이션 메탄을 우선시하고 있음
- 수요측의 기기를 그대로 활용할 수 있어 수요측의 추가 투자 억제가 가능함
- 하지만, 카본 재활용형 일지라도 메탄은 연소시 CO₂를 배출함
- 메타네이션 메탄이 CO₂를 배출하지 않는 국제표준 연료로 인정을 받을 필요가 있음

<그림> 그린 성장전략 분야별 실행계획



출전: 2050년 탄소 중립 실현을 위한 그린 성장 전략

□ 어떻게 수소를 만들 것인가

- IEA의 "The Future of Hydrogen"에 의하면 수소 생산 수단에 따라 다음과 같이 분류돼있음

Black	석탄
Grey	천연가스
Brown	갈탄
Blue	화석연료 + CCUS(탄소포집·저장·활용)에 의한 CO ₂ 배출 억제
Green	신재생 에너지 유래 전기

- 바이오매스와 원자력 전기를 사용한 수소 생산은 색 구분이 돼있지 않음
- 유럽은 최근 풍력발전을 중심으로 한 신재생에너지 도입이 추진되고 있어, 잉여분을 흡수하기 위한 수단이 필요함
- 하지만, 지역·국가에 따라 유럽과는 사정이 다를 수 있음
- 환경성이 공표한 「우리나라(일본)의 재생가능 에너지 도입 포텐셜」에서는, 현재 일본 전력 수요의 2배정도의 포텐셜이 있다고 함
- 하지만, 신재생 에너지 해역이용법에 근거하여 해상풍력발전 대상해역에 대해 상세히 분석할 시 환경성이 제시한 포텐셜의 약 2할정도에 그친다는 분석 또한 있음
- 2050년 탄소 중립을 실현하기 위한 난이도가 제외국보다 높기 때문에, 일본 나름대로의 방식을 생각해야 함
- 신재생에너지와 더불어, 제로 에미션(zero emission) 공급원인 원자력에 대해 생각해봐야 함
- 원자력 이용에 동반되는 리스크가 기후변동의 리스크인가 라는 의문에 대해 유럽, 미국보다 더욱 심각하게 고민해야 함
- 원자력은 발전 뿐 아니라, 열분해를 통해 물로부터 직접 수소를 생산 가능함

□ 탄소 중립 목표를 달성하기 위해서는 수소 기술 활용이 필수

- 내각부의 「전략적 이노베이션 창조 프로그램(SIP)」에서도 제1기(2014~18년)부터 수소를 주요 테마로 하고 있음
- 전기화·수소화를 통해 탄소 중립 사회를 실현하기 위해서는, 가스 산업으로써의 원자력 이용을 포함한 일본 에너지 정책을 기존 개념으로부터 탈피하여 논의해야 함

<원본 자료>

竹内純子「日本の水素戦略の展望と課題 — 2050年カーボンニュートラルの柱は電化・水素化」(2021.04.) <https://ieei.or.jp/2021/04/takeuchi210414/>

経済産業省資源エネルギー庁「アンモニアが“燃料”になる?！」(2021.01)

https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ammonia_01.html

https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ammonia_02.html