

수입 수소 발전에 대한 일본의 과제

※ 이 자료는 國際環境經濟研究所 「輸入水素発電の経済性と内外価格差への懸念」(2021.01.)을 요약, 정리한 것임.

- 일본에서 수소를 이용함에 있어 최대 과제는 비용이며, 비용 절감을 위해서는 수소 발전을 도입하여 수소 수요를 증가시키는 것이 중요함
- 일본에서는 여태까지 많은 자원·에너지를 수입해왔지만, 수소는 물리적·화학적 특성으로 인해 상당한 기술적 혁신이 있지 않는 한 수입 수소가 가격 경쟁력을 갖추기는 어려움
- 원자력·신재생에너지·LNG화력발전 등으로 구성된 저탄소 기저전력을 활용하여 전기 분해로 수소를 생산한다면 가격 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 추정됨
- 국내외 전력 가격차로 인하여, 재료산업, ICT산업 등 전력 다소비 산업은 해외로 빠져 나가게 될 수도 있으며, 이 경우 국내 서플라이 체인에 영향을 끼칠 것으로 우려됨
- 저렴한 수소 공급을 위해서는 저탄소 기저전력을 이용한 전기분해, 원자력을 이용한 수소 제조, 장래적으로는 인공 광합성 등 복수의 방식에 대해 기초 연구를 진행하여 비용 절감을 위한 길을 모색해야 함

□ 문제의식

- 일본정부는 「수소기본전략」(2017년 12월 26일 발표)을 통해 수소연료전지자동차(FCV) 도입 등을 주장함
- 일본에서 수소를 이용함에 있어서 최대 과제는 비용임
 - 비용 절감을 위해 스케일 메리트가 필요하여, 「수소를 대량 소비하기 위해 수소 발전을 도입하여, 수소 수요를 비약적으로 증가시키는 것이 중요」함
 - 수소 발전의 후보로는, 해외에서 수입한 수소에 의한 발전이 거론됨
- 일본정부의 2030년 수입 수소 비용 목표는 30엔/ Nm³(플랜트 인도 비용 기준, 현재 수소 스테이션 수소 가격의 1/3 이하), 수소 발전 비용 목표는 17엔/kWh

□ WE-NET시산으로 보는 고비용과 국내외 가격차

- NEDO(신에너지·산업기술종합개발기구)의 2015년 보고에는, 1999년에 실시한 비용 적산이 나와있음(표1)

<표1 수소 발전 비용 시산, NEDO 2015>

에너지 수지 비교

| | 항목 | 액체수소 시스템 | 메탄올 시스템 | 암모니아 시스템 |
|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|
| 조건 | 터빈 출력 (MW) | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| | 운송거리 (km) | 5,000 | 5,000 | 5,000 |
| | 수전해 효율 (%) | 90 | 85 | 86 |
| 입력 | 수력발전 에너지 | 12,477(100) | 9,041(52.7) | 16,256(98.3) |
| | 석탄 에너지 | - | 8,123(47.3) | - |
| | 유조선 연료 (C 중유) | - | - | 257(1.7) |
| | 입력 합계 | 12,477(100) | 17,163(100) | 16,531(100) |
| 손실 | 수소 제조 손실 | 986(7.9) | 1,258(7.3) | 2,100(12.8) |
| | 석탄 가스화 손실 | - | 1,044(8.1) | - |
| | 질소 제조 손실 | - | - | 334(2.0) |
| | 액화 손실 | 2,465(19.8) | - | - |
| | 합성 손실 | - | 4,019(23.4) | 2,457(14.9) |
| | 운송중 손실 | 87(0.7) | 271(1.6) | 257(1.7) |
| | 그 외 손실 | 150(1.2) | - | - |
| | 소계 | 3,688(29.6) | 6,593(38.4) | 5,176(31.3) |
| 도착 에너지 | | 8,789(70.4) | 10,570(61.6) | 11,355(68.7) |
| 개질(분해)·제련 손실 | | - | 1,781(10.4) | 2,566(15.5) |
| 수소 에너지 | | 8,789(70.4) | 8,789(51.2) | 8,789(53.2) |
| 터빈 열 손실 | | 3,515(28.2) | 3,516(20.5) | 3,515(21.3) |
| 발전 에너지(발전극) | | 5,274(42.3) | 5,274(30.7) | 5,274(31.9) |
| 소내 전력 손실 | | 570(4.5) | 1,012(5.9) | 1,487(9.0) |
| 발전 에너지(송전극) | | 4,704(37.7) | 4,262(24.8) | 3,787(22.9) |

출전: WE-NET 수소 에너지 심포지움 강연 예고집(NEDO, 1999)

WE-NET 시스템 발전 비용 비교

| | 액체 수소 | 메탄올 | 암모니아 |
|-------------|---|---|-----------------------|
| 전제조건 | <ul style="list-style-type: none"> ·수소 연료 터빈 용량 1000MW ·수력 발전 전력 가격 2엔/kWh ·운송 거리 5000km | | |
| 발전 비용 | 32.6엔/kWh | 30.8엔/kWh(CO ₂ 회수) 24.7엔/kWh(CO ₂ 비회수) | 32.9엔/kWh |
| 수소 비용 (CIF) | 32.2엔/Nm ³ | 21.9엔/Nm ³ (CO ₂ 비회수) | 27.3엔/Nm ³ |

출전: WE-NET 수소 에너지 심포지움 강연 예고집(NEDO, 1999)

<https://www.nedo.go.jp/content/100763658.pdf>

- 해외에서 2엔/kWh에 불과한 수력 발전을 이용해서, 수소를 제조·수입하여 일본에서 발전하면, 발전 비용은 31~33엔/kWh가 됨
- 수소를 수입하기 위한 방법으로는 1)액화, 2)수소를 메탄 혹은 암모니아로 합성하여 운반하는 방법이 있으나, 두 방법 모두 많은 에너지와 부대설비 비용을 필요로 함
 - 천연가스는 -162°C에서 액화되지만, 수소는 -253°C까지 냉각해야함
- 일본은 지금까지 많은 자원·에너지를 수입해왔지만, 수소는 물리적·화학적 특성으로 인해 상당한 기술적 혁신이 있지 않는 한 수입이 어려움

□ 수소 공급 비용 비교

- 일본 전력중앙연구소의 2020년 보고에 따르면, 수소의 2030년 발전소 인도 가격은 호주의 갈탄 유래 수소(CCS를 이용하여 CO₂를 지중에 저류하는 것을 상정)의 경우 40.7엔/Nm³으로, 수소 기본 전력 목표보다 상당히 높음
 - 이 중, 수소를 제조하는 비용은 10엔/Nm³이지만, 수입에 관한 비용은 20.7엔/Nm³임

- 해당 보고에 따르면, 태양광 발전·풍력 발전을 이용한 수소 제조는 더욱 비용이 높은 53엔/Nm³전후로 드러남
 - 단, 수소 제조 설비와 발전 설비의 규모 비율을 변경하면 46엔/Nm³까지 하락함(동 시산 정오표 이용)
- 해당 보고에는 저렴한 기저전력원인 원자력 발전을 사용한 경우는 나와있지 않음
 - 재생가능 에너지는 간헐적으로 공급되기 때문에, 전기분해 설비의 설비 이용률이 낮아져, 수소 이용량당 설비 비용이 크게 나타남
 - 원자력 발전을 이용하면 전기분해 설비 이용률이 매우 안정화되기 때문에, 전기분해에 의한 수소 제조시 갈탄 유래 수소와 비교해도 손색이 없을 것으로 생각됨
 - 또한, 장래적으로는 원자력을 이용한 수소 제조 방법 중 단순 전기분해보다 고온 가스로가 한층 더 경제적일 것이라 보여짐
- 혹은, 향후 일본에서 원자력·신재생에너지·LNG화력발전 등으로 구성된 저탄소 기저전력이 구축되고 그것들을 활용하여 전기분해설비를 사용한다면 가격 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 추정됨
- 갈탄 유래 수소 제조에는, 갈탄 분해에 의한 수소 제조 공정, CCS공정 등 아직 개발되지 않은 기술이 있기 때문에 전체 비용에 대해서 미지수임
 - CCS를 이용하는 경우에도 CO₂가 일정 비율 대기중에 방출되기 때문에, 막대한 양의 갈탄을 사용하는 경우에는 탄소 중립적이지 않을 수 있음

□ 국내외 가격차

- 일본 기업은 산업용 전력가격의 국내외 가격차에 의해 알루미늄 정련, 실리콘 정련 등의 공정은 해외에 의존해옴
- 천연가스 가격은 셰일가스 개발이 진행됨에 따라 국내외 가격차가 크게 벌어짐
 - 미국 등에서는 에틸렌 제조 등 화학공장이 건설되고 있으나, 일본에서 화학공장은 폐쇄되고 있음

- 일본 제철업이 지금까지 국제 경쟁에서 살아남은 이유는 기술력이 높은 것도 있지만, 국내외 석탄 가격차가 국제 경쟁력을 저해할 정도로 크지 않은 덕분임
- 표1에서 보여지듯, 일본에서 수소 발전 비용이 저하된다고 해도 동시에 해외 발전 비용이 더욱 저렴해져, 국내외 가격차가 높아질 수 있음
- 국내외 전력 가격차로 인하여, 전력 다소비 산업은 해외로 빠져나가게 될 수도 있음
- 소재 산업 뿐 아니라 ICT 또한 전력 다소비 산업으로, 전력 소비의 10%에 달함
- 발전 이외 용도로도, 예를 들면 제철업에서 수소 환원 제철을 하게 되었을 때, 수소 가격이 국내외 차이가 난다면 수소 환원 제철소는 해외에 입지하게 될 수 있음
- 이 경우, 자동차 제조 등 일본의 서플라이 체인이 큰 영향을 받게 됨

□ 결론

- 수입 수소를 이용하여 발전, 제철을 하는 것에 대하여 기초 연구를 실시하는 것에는 의의가 있음
- 경제적으로 실시 가능성이 있는가, 스케일 업을 했을 때 국내외 가격차를 극복할 수 있는가에 대해서는 신중히 파악해야 함
- 수소 공급 수단은, 해외 수입 이외에도 저탄소 기저전력을 이용한 전기분해, 원자력을 이용한 수소 제조, 장래적으로는 인공 광합성 등도 있음
- 서둘러 스케일 업을 하기 보다는 복수의 방식에 대해 기초 연구를 진행하여 비용 절감을 위한 길을 모색해야 함

<원본 자료>

杉山 大志 「輸入水素発電の経済性と内外価格差への懸念」 国際環境経済研究所(2021.01.)

<http://ieei.or.jp/2021/01/sugiyama210119/>