

## 일본의 탈탄소화에서의 전화 및 수소 에너지의 역할

※ 이 자료는 「( 続 ) 日本は「脱炭素社会」をどう目指していくのか? - 電化と水素エネルギーの重要性 - 」(2020년 12월 22일)를 요약, 정리한 것임

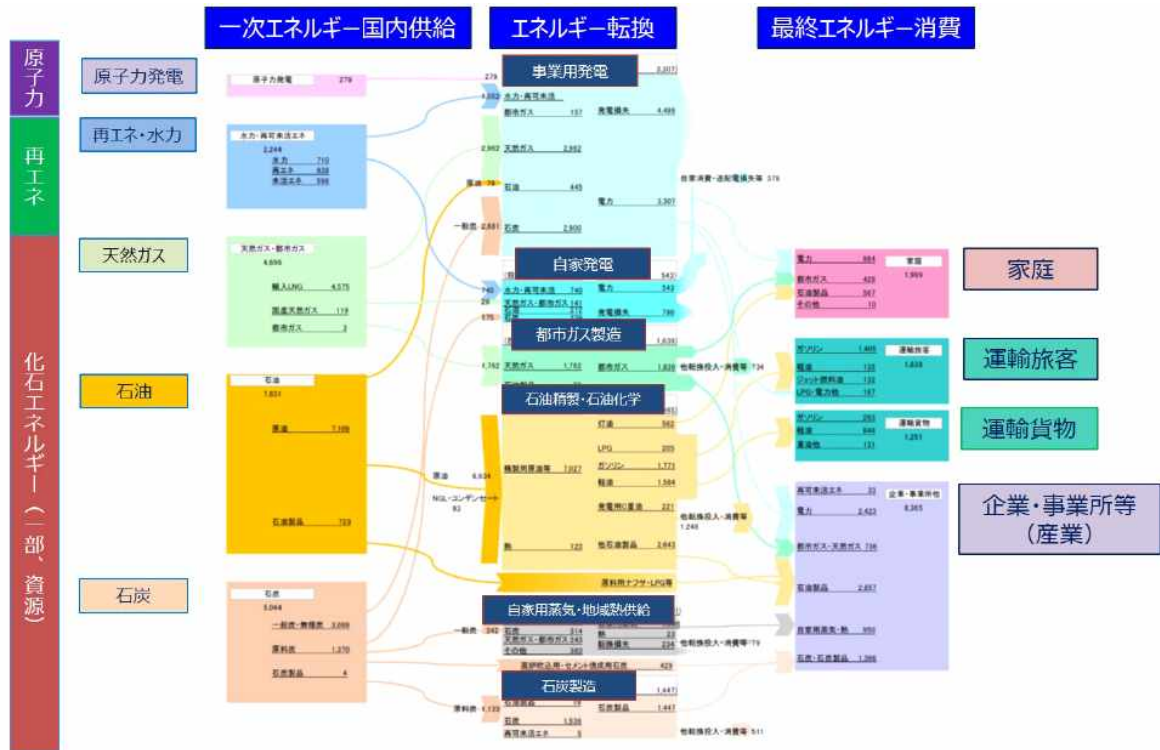
- 일본 스가 총리는 2020년 10월에 「2050년도까지 탈탄소사회의 실현을 목표로 할 것」을 소신표명연설에서 선언
  - 이 선언은 국내에서는 약간 갑작스럽게 받아들여졌으나, 일본 국민 및 산업을 향한 적절한 시그널로서도 받아들일 수 있음
- 이 선언이 계기가 되어 일본에서는 탈탄소사회를 구축하기 위한 구체적인 방안의 검토가 가속되고 있음
  - 이러한 검토 가운데 탈탄소를 향한 수소 에너지의 도입과 전화(電化)의 추진의 중요성이 급속히 주목되고 있음
- 그러나, 이 선언으로 인하여 Carbon Pricing<sup>1)</sup>의 도입 및 원자력의 취급 문제 관련 방침의 결정이 이제 뒤로 미룰 수 없는 문제가 됨
  - 또한, 새롭게 검토가 필요하게 된 문제로서 CO<sub>2</sub>(이산화탄소)의 흡수원 문제가 존재하는데, CO<sub>2</sub>의 귀중한 흡수원인 산림자원의 과학적·정량적 파악과 그 배양을 진행시키는 것이 필요함

### □ 일본의 에너지 수급 구조

- 일본의 에너지 흐름은 도표1을 참조
- 에너지원(1차 에너지)은 화석에너지, 원자력에너지, 수력을 포함한 재생가능에너지로 구성되어 있으며, 이 중 CO<sub>2</sub>를 배출하지 않는 에너지는 후자의 2가지임
- 이러한 1차 에너지의 일부는 전력, 도시가스, 휘발유 등의 석유제품 등 2차 에너지로 전환되어 소비됨
- 현재, 일본은 1차 에너지의 약 90%를 CO<sub>2</sub>의 배출이 따르는 화석에너지에 의존하고 있으며, 그 화석에너지는 전기나 가스, 그리고 석유제품으로 전환되고, 각 부문에서 소비가 되면서 그 전환 및 소비 단계에서 CO<sub>2</sub>를 배출함
- 일본의 에너지 시스템을 탈탄소화하기 위해서는 에너지공급에서 화석에너지에 대한 의존을 기본적으로 제로(0)로 만들어야 함

1) 탄소 배출량에 가격을 매기는 것

〈도표 1 : 일본의 에너지 균형의 흐름 (2017년도)〉

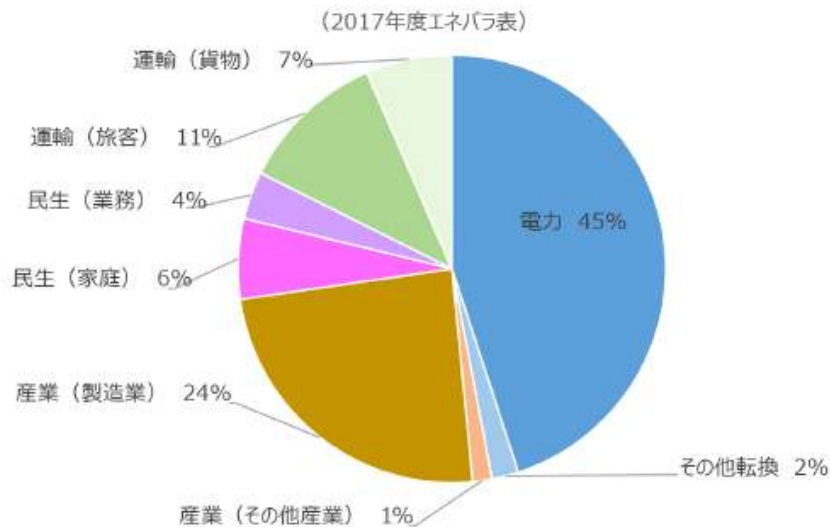


(注1)本フロー図は、我が国のエネルギーフローの概要を示すものであり、細かいフローについては表現されていない。  
 (注2)「石油」は、原油、NGL・コンデンセートのほか、石油製品を含む。  
 (注3)「石炭」は、一般炭・無煙炭、原料炭のほか、石炭製品を含む。  
 出典:資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

\*왼쪽 열 : 원자력(보라색), 재생 에너지(녹색), 화석 에너지(빨간색), 위부터 아래로  
 위쪽 행 : 1차 에너지 국내공급, 에너지 전환, 최종 에너지 소비, 왼쪽에서 오른쪽으로

- 일본 화석연료소비의 45%는 발전부문에 소비되고 있으며(도표 2 참조), 이 때문에 전기에너지를 얻는 방법의 구성에 대한 방안이 검토가 되고 있으나, 실제로 전력으로서 소비되는 에너지의 비율은 전체의 27%에 그치고 있음
- 일본은 현재 1차 에너지의 90%를 화석에너지에 의존하고 있으며, 이 화석에너지의 거의 전량이 CO2의 발생원이 됨
- 공급된 1차 에너지 중 43%가 발전용의 에너지원이 되나, 발전용의 에너지로서 투입된 에너지 중에서 전력에너지로 이용되는 것은 발전효율을 관계로 그 중 약 40% 정도이며, 그것이 전력으로서 산업, 운수, 민생 등 각 수요부문에 최종적으로 소비됨
- 이 결과, 에너지의 소비측면에서 보면 일본에서 전력으로 소비되는 에너지는 27%이며, 나머지 73%는 열에너지로서 소비됨. 또한, 이 열 에너지의 열원의 대부분은 화석에너지의 연료에 의한 것임

〈도표 2 : 화석 에너지의 소비내역 (2017년도)〉



\* 전력 45%, 운수(화물) 7%, 운수(요객) 11%, 민생(업무) 4%, 민생(가정) 6%, 산업(제조업) 24%, 산업(기타 산업) 1%, 기타 전환 2%

- 즉, 일본의 에너지 시스템의 탈탄소화를 가능하게하기 위해서는, 에너지 공급에서 차지하는 화석에너지에 대한 의존을 대폭 줄일 필요가 있음
- 그러기 위해서는, 현재의 에너지 수요구조를 대폭 바꿀 필요가 있음
- 에너지의 용도에 따라서 필요가 되는 에너지의 종류는 당연히 상이하기 때문에, 에너지의 공급 측면만 보고 탈탄소화의 방안을 생각하면 되는 것이 아님
- 따라서, 이하에서는 에너지의 수요형태별로 탈탄소화의 방안을 검토하려고 함

## □ 전력 에너지의 탈탄소화

- 전력에너지 형태로 에너지를 소비하는 분야의 탈탄소화는 간단히 말하면 전원(電源)의 탈탄소화에 의해 가능해짐
- 이를 실현시키는 것은 쉽지 않으나, 그 방안으로 안전이 확인된 원자력발전소에서 발전된 전력 및 국내에 부존(賦存)하는, 경제성이 있는 재생 에너지 전력을 최대한 도입하는 것을 들 수 있음
- 더불어, 발전 연료로 해외에서 생산된 저렴한 재생 에너지나 CO2 프리 에너지를 수소에너지의 형태로 도입하는 것도 하나의 방법임

- 수소 에너지의 도입이 필요한 이유는 다음과 같음
- CO2를 배출하지 않는 에너지원 중, 원자력은 향후 원전의 신설과 개축을 할 수 없는 한, 2050년도에는 대부분의 원전설비가 수명이 다하기 때문에 발전능력이 대폭 감소됨
- 또한, 국내에 부존하는 재생 에너지는 양적으로도 질적으로도 한계가 있으며, 경제성을 확보하면서 필요한 에너지량을 확보할 수 있는 상황에는 있지 않음
- 따라서 일본은 전원의 탈탄소화를 위해 국외에서 대량의 CO2 프리 에너지를 가능한 만큼 경제적으로 입수하는 것이 필요한 상황
- 이러한 상황에서 일본이 CO2 프리 에너지를 대량 및 경제적으로 도입하기 위해서는, 해외의 재생에너지가 풍부한 지역이나 CO2 프리 에너지가 생산 가능한 지역에서 저렴한 수소에너지를 생산하여 그것을 일본으로 대량 수송하는 것이 유력한 선택지가 됨

## □ 열에너지를 소비하는 분야의 탈탄소화

- 열에너지는 산업 부문에서 48%, 운수 부문에서 32%, 민생 부문에서 18%가 소비되고 있음
- 이 중, 운수부문에서는 전기자동차로의 대체, 민생부문에서는 에어컨 등의 도입으로 탈탄소화의 방향이 보이고 있음
- 한편, 열에너지 소비의 48%를 차지하는 산업부문 중에서 동 부문의 에너지 소비의 약 95%를 차지하는 제조업 분야에서는 그 많은 열원에 화석 에너지가 사용되고 있음
- 더불어, 제조업 중 철강업에서의 원료탄, 석유화학공업에서 나프타(naphtha)의 이용 등 단순한 열원 이외의 용도로서 소비되는 화석에너지 이용이 존재하며, 이러한 용도로 인한 CO2 배출이 존재함
- 철강, 화학, 시멘트 산업의 탈탄소화의 방책
- 철강업에서는 지금까지의 고로(高炉) 프로세스에서 수소환원제철<sup>2)</sup>로 전환함으로써 기술적인 탈탄소화를 도모할 가능성이 존재
- 화학산업에서는 화석에너지인 나프타를 원료로 하는 제품의 생산체계에서, CO2나 폐기 플라스틱에서의 탄소원을 이용한 화학 재이용 기술을 이용한 제조법으로의 전환 등으로 기술적인 탈탄소화를 도모할 수 있음

2) 석탄 대신 수소를 이용하여 철을 만드는 방법

- 또한, 시멘트산업에서는 시멘트원료를 석회석(石灰石) 이외로 하는 것이 굉장히 어렵기 때문에, 배출되는 CO<sub>2</sub>를 CCS(Carbon Capture and Storage)<sup>3)</sup>로 제거하거나 CO<sub>2</sub>를 고정화하여 재이용하는 것 등이 탈탄소화의 방책으로 여겨지고 있음
- 산업부문 전반에 있어서의 열에너지 소비의 탈탄소화 방책
  - 산업부문에서 화석에너지를 열원으로 이용하는 설비기기에 관해서는, 요구되는 열의 온도나 그 제어성, 열원의 화학적 성질과의 관계에 문제가 없으면, 기술적으로는 연료기기의 연료로서 수소에너지를 도입, 전기로(電氣炉) 및 전기보일러 등의 전력에너지를 열원으로 이용하는 설비기기를 연료기기로 대체하는 방법을 생각할 수 있음
  - 예를 들면, 화학산업의 분야에서도 화석에너지를 열원으로 사용하는 설비기기에 대해서는 그 열원을 전력에너지로 전환하는 기술개발이 진행되고 있으며, 일부에서는 그러한 제품도 이미 제안되고 있음
  - 또한 산업 부문에서는 대량의 미이용 배열(排熱)이 있고, 이러한 미이용 배열은 기술적으로는 히트펌프의 도입으로 유효하게 이용할 수 있으며, 이로 인하여 일본의 CO<sub>2</sub> 배출량을 10% 정도 삭감할 수 있을 것으로 기대
  - 원래 전기에너지의 비용이 화석에너지보다 높기 때문에, 열원으로서의 화석에너지가 사용되어 왔으나, 전기에너지는 그 자체가 CO<sub>2</sub>를 배출하지 않고 높은 에너지 이용효율이 기대되는 에너지이므로 앞으로는 전력에너지로의 전환이 진행될 가능성

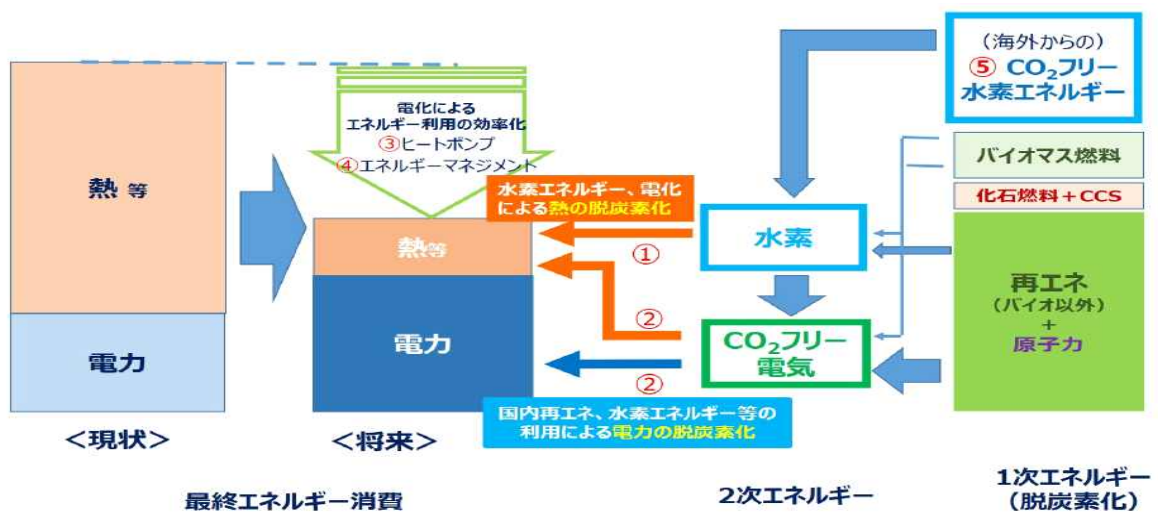
## □ 에너지시스템의 탈탄소화에 있어서의 전력과 수소에너지의 중요성

- 일본 에너지 시스템의 탈탄소화의 방책은 도표 3과 같이 정리할 수 있음
- 먼저, 산업분야에서 필요한 고온열원이나 대형제조설비의 열원 등의 탈탄소화는 가스 또는 액체로의 연료이용이 가능한 수소에너지가 맡게 될 것으로 예상되고, 또한 철강업에서의 수소환원제철로의 전환 등에는 대량의 수소가 필요하게 됨으로, 수소에너지는 산업분야의 탈탄소화에 큰 역할을 다할 것으로 예상 (도표3 ① 참조)
- 산업 분야에서는 전화(電化)가 진행되고 전기에너지의 역할이 증가할 것으로 예상되며, 그것은 산업에서 이용되는 열원의 전력에너지로의 대체라는 형태로 이루어질 것으로 예상 (도표3 ② 참조)

3) 화석연료 사용으로 배출되는 이산화탄소를 대기로부터 분리하는 기술

- 또한, 히트펌프 기술에 의한 배열의 유효 이용은 에너지이용의 대폭적인 효율화를 가능하게 하며, 이 히트펌프의 이용에는 전력에너지가 필요하게 됨(도표3 ③ 참조)
- 더군다나, 에너지 시스템의 전화에 의해 IoT의 적용에 의한 에너지관리가 가능하게 되고, 에너지 시스템 전체의 에너지이용 효율을 개선할 수 있게 될 것으로 예상(도표5 ④ 참조)
- 이러한 전력에너지의 탈탄소화에 큰 역할을 하는 것은 해외에서 CO2 프리 수소에너지로 발전된 CO2 프리 전력이며, 이와 같은 형태로 전력 에너지와 수소 에너지는 탈탄소화 사회의 구축에 큰 역할을 다할 것으로 기대(도표3 ⑤ 참조)

〈도표 3 : 에너지 시스템의 탈탄소화 시나리오〉



- \*①: 수소에너지에 의한 열의 탈탄소화  
②: 전화(電化)에 의한 열의 탈탄소화  
③: 히트펌프 기술에 의한 에너지이용의 효율화  
④: 에너지관리에 의한 에너지이용의 효율화  
⑤: 해외에서의 CO2 프리 수소 에너지 공급

### 〈워본 자료〉

塩沢 文郎「（続）日本は「脱炭素社会」をどう目指していくのか？－電化と水素エネルギーの重要性－」国際環境経済研究所(2020.12.22.) <http://ieei.or.jp/2020/12/exp1201222/>