

## 수소경제 활성화를 위한 에너지 밸런스 구축방안



1. 개요
  2. 국내 수소 생산 현황
  3. 수소 통계 관련 고려사항
  4. 에너지밸런스에 수소에너지 반영을 위한 시사점
  5. 결론
- 부록1. 국내 수소 생산 기술 현황
- 부록2. 수소 소비 분야 분류





2021년 7월(비정기)  
www.keei.re.kr

## 에너지 이슈 페이퍼

Energy  
Issue Paper



※ 본 이슈 페이퍼는 2020년도 에너지경제연구원 에너지정보통계센터 출연사업(「수소  
부문 에너지 통계 작성을 위한 기반연구」)의 연구내용에 기초하여 작성되었습니다.

발행인 김현재

|      |     |                      |              |
|------|-----|----------------------|--------------|
| 집필진  | 박상규 | skpark@keei.re.kr    | 052-714-2022 |
| 편집위원 | 소진영 | jyso@keei.re.kr      | 052-714-2166 |
|      | 이호무 | hmlee@keei.re.kr     | 052-714-2279 |
|      | 양의석 | esyang@keei.re.kr    | 052-714-2244 |
|      | 김재경 | fisherkjk@keei.re.kr | 052-714-2173 |
|      | 김기환 | kkihwan@keei.re.kr   | 052-714-2064 |
|      | 김태환 | tkim@keei.re.kr      | 052-714-2289 |
|      | 김종우 | kimjw@keei.re.kr     | 052-714-2175 |
|      | 안지영 | jyan@keei.re.kr      | 052-714-2270 |
|      | 김민규 | minkyu247@keei.re.kr | 052-714-2079 |

디자인·인쇄 효민디앤피 051-807-5100

본 간행물에 포함된 주요 내용은 연구진 또는 집필자의 개인 견해로서  
에너지경제연구원의 공식 견해가 아님을 밝혀둡니다.

## 요약



### ▶ 탄소중립 및 에너지 신산업 정책지원을 위한 수소에너지통계의 집계 및 수소에너지의 에너지 밸런스 산업이 시급함

- 수소경제의 확대 및 진흥을 위해 시기별 추진전략과 적절한 목표수립의 기반 강화를 위해 수소에너지 통계구축과 이를 전체 에너지 흐름의 관점에서 확인할 수 있는 에너지밸런스 산업이 필요함
- 현재 국내 생산량의 대부분은 산업공정에서 도출된 부생수소이며 향후 탄소중립으로 인한 그린수소 공급이 확대될 경우 주로 수전해 기술을 활용한 수소가 보급될 것으로 전망됨
- 수소의 경우 생산부터 소비까지의 전주기에 걸쳐 복잡한 가치사슬과 상이한 공정으로 인해 일관된 수소에너지 공급통계 집계 어려움이 있음

### ▶ 신뢰도 높은 통계를 적시성 있게 공급하기 위해 수소통계 관련 거버넌스 구축, 표준 수립 등이 필요하며 에너지밸런스에 조속한 편입을 통해 수소의 에너지 흐름을 도출할 수 있음

- 수소관련 법·제도의 명시화를 통한 수소에너지통계 거버넌스 구축과 조사항목 등 표준화된 조사체계 구축, 석유, 가스 등 같은 공급통계 집계 시스템 구축이 필요함
- 수소의 기술적 특성(순도, 비에너지용 수소 수급, 추정방법 구축, 원(source)별 수소 구분, 유통손실, 제품처리, 국제무역 등)을 고려한 수소 활용 조사가 필요함

### ▶ 수소에너지통계체계 선도를 통해 전세계 표준을 구축할 수 있음

- 현재 대부분 국가에서 수소에너지통계를 위한 고려가 이루어지고 있지 않으며, 공급통계집계 및 에너지밸런스 반영의 선도적 운영을 통해 전세계 표준 선도가 가능함
- 에너지로서의 수소에너지통계집계 및 에너지밸런스 운영을 통해 수소의 에너지흐름을 파악한다면 수소경제활성화의 정책기반으로 활용할 수 있을 것임

# 01 개요



## ▶ 정부는 ‘수소경제 활성화 로드맵’(19.01.17)과 ‘제3차 에너지기본계획’(19.06.04) 등을 통해 에너지전환 과정에서 수소의 생산과 소비가 크게 증가할 것을 전망함

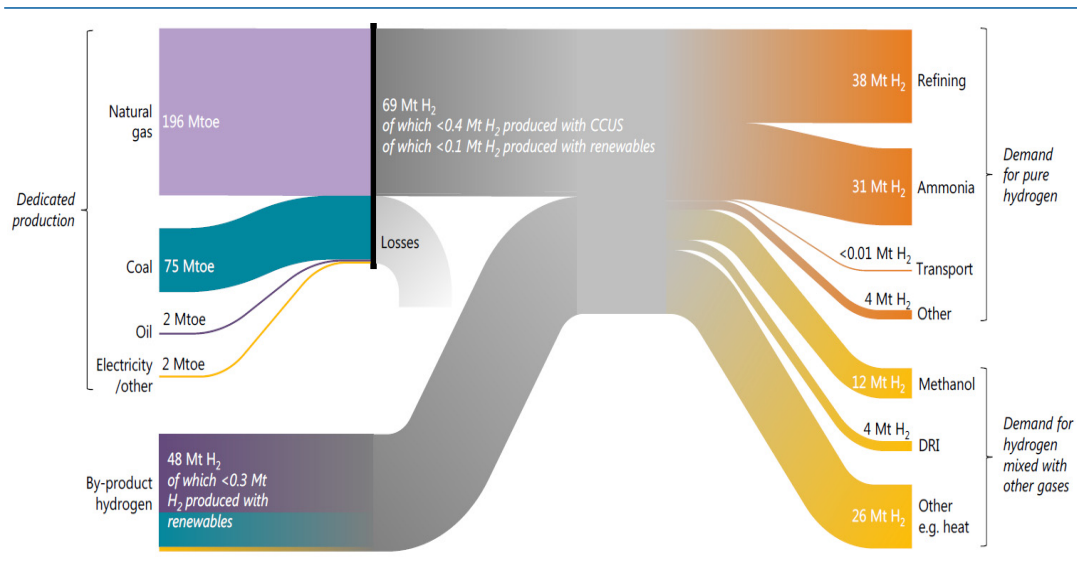
- 탄소중립의 일환으로 청정에너지의 운반체(Carrier)로써 전기와 수소의 역할이 강조되고 있으며, 관련 기술 개발 및 산업 육성을 위한 정책적 지원이 구체화 되고 있음
  - 친환경 에너지로의 전환, 에너지원 다각화 등의 차원에서 수소에너지에 대한 관심이 전 세계로 확대되고 있으며, 수소에너지의 수요 증가, 수소차·연료전지 중심의 시장 성장이 예상됨
  - 한국 정부는 수소경제 로드맵과 3차 에기본을 통해 신산업 육성의 일환으로 수소 산업생태계를 구축할 것을 천명하였으며, 빠른 시일 내에 수소생태계가 구축·성장할 것으로 전망함
  - 선진국은 수소시장 선점을 위한 정책을 수립하고 있으며, 한국 정부 또한 이에 발맞추어 ‘친환경 에너지’인 수소 사용 확대를 통한 탈탄소화에 기여하고, 에너지 자립도를 높이고자 함
  - 수송부문에서 발생하는 내연기관의 미세먼지에 대한 대책으로 제시되는 친환경차 보급 확대에 수소차도 포함되어 환경효과 또한 기대할 수 있음
  - 수소산업의 하류생태계인 수소차와 연료전지는 우리나라에서 경쟁력을 갖고 있는 분야이며, 이를 중심으로 수소경제 선도국가로 도약하기 위한 기반을 조성 중에 있음
- 정부는 2022년까지 수소경제 준비기, 2030년까지 수소경제 확산기, 2040년까지 수소경제 선도기로 구분하고 시기별 추진전략과 목표를 수립하여 중장기적인 정책 추진을 계획함
  - 한국은 에너지 자립도 향상과 화석에너지에 대한 의존도를 낮추며, 미래 에너지산업을 육성하기 위하여 수소경제로드맵을 발표하여 수소산업생태계 조성 중에 있음
  - 시기별 추진전략과 적절한 목표수립의 기반 강화를 위해 수소에너지 통계구축과 이를 전체 에너지 흐름의 관점에서 확인할 수 있는 에너지밸런스 산입이 중요함

## ▶ 수소의 에너지원으로서의 역할이 확대되고 있지만, 이에 대한 흐름(생산, 전환, 저장, 수송, 최종이용 등)을 정확하게 파악할 수 있는 수소 수급통계 구축은 지연되고 있음

- 현재 공신력 있는 수소의 생산·소비 통계는 대부분 국가에서 작성되고 있지 않음<sup>1)</sup>
- 대부분의 수소는 생산현장에서 소비되거나, 파이프라인으로 연결된 기업 간 거래를 통해 유통되기 때문에 파악 가능한 유통량이 적음
  - 수소의 생산원과 생산방식은 다양하고, 사용 분야와 활용기술 또한 복잡한 가치사슬을 보인다는 점에서 통계 작성의 장애요인으로 작용함

1) Isao Abe, 2009, *Energy carriers and Conversion Systems - Vol. 1 - Statistics on Hydrogen Production and Consumption*

[그림 1] 현행 수소에너지 가치사슬(Value Chain)



자료: IEA, June 2019. The Future of Hydrogen - Seizing today's opportunities.

### ▶ 수소경제 확대를 위해 수소 공급통계 작성체제 정비 및 국가 에너지 밸런스 상 수소의 반영을 위해 수소통계 시스템의 고도화가 필요함

- 국가 차원에서의 생산-유통-저장-활용 전주기의 수소 공급 흐름을 도출하기 위해 물질특성에 기초한 수소 공급체계를 구축하고, 에너지 밸런스에 반영하여 에너지원으로써의 위상을 정립할 필요가 있음
- 2021년 기준, 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률(약칭 수소법)상 수소 공급통계 작성 거버넌스 구축 중에 있음
  - 현재 수소수급통계에 관련하여 한국가스공사, 수소안전통계에 대하여 한국가스안전공사 그리고 산업전반에 대한 통계를 수소융합얼라이언스에서 수집 중에 있음
  - 다만, 수소관련 통계를 구축하기 위한 조사통계 기법, 수소 가치사슬 전주기상 수집의 어려움 등의 문제점으로 정합성 있는 통계를 공개하고 있지 않음
- 국가에너지통계종합정보시스템(KESIS)에 “수소”는 아직 에너지원이나 에너지저장 수단으로서 집계 되지 않고 있음<sup>2)</sup>
  - 수소는 에너지 저장 및 운송 수단(Energy Carrier)임과 동시에 재생에너지를 통한 수전해로 국내 생산에너지(Primary Energy)로 취급될 수 있으며 개정에너지 밸런스 상에 이를 반영하기 위한 준비가 되어있음<sup>3)</sup>
  - 에너지 운반체로서의 중요성이 높아지고, 관련 산업도 빠른 성장세를 보이기에 에너지 활용 관점에서 조속히 수소의 생산·소비에 대한 국가통계 작성기반을 구축하여 탄소중립 및 관련 정책 목표를 달성해야 함

2) 김수일, 이보혜(2019). 국제기준에 부합하는 개정에너지밸런스 구축(3차). 산업통상자원부

3) 반드시 국내생산 에너지가 아니라도 일차에너지에 포함될 수 있음(e.g. 원자력)

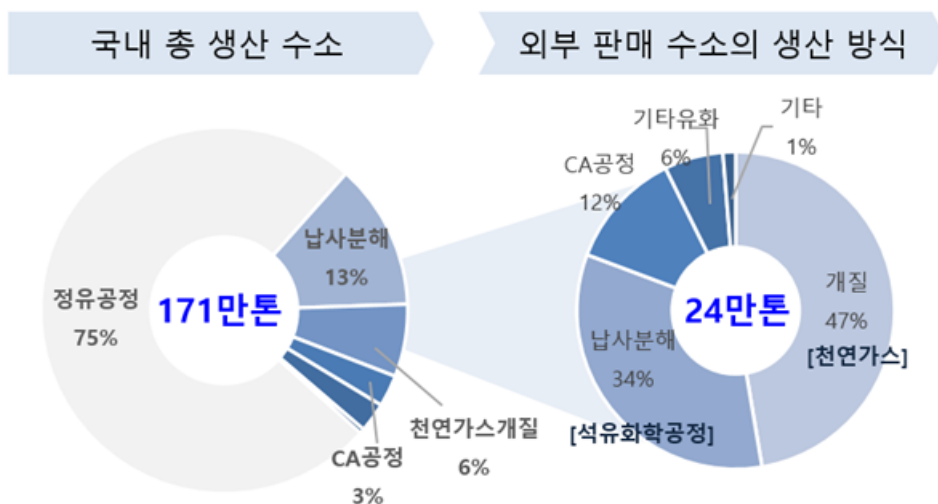
## 02 국내 수소 생산 현황



### ▶ 국내에서 생산되는 수소생산 총량은 약 171만 톤으로 추산됨('18년 기준)

- 생산되는 수소는 대부분 원료로 자체 공정에 재투입되고 있으며, 외부 판매량은 14%(24만 톤)에 불과함
- 국내 수소 생산의 75%가 정유공정에서 이루어지나 대부분 자체 소비되어 유통량은 미미함
- 전체 외부 판매량의 약 47%가 천연가스개질<sup>4)</sup>을 통해 생산되고 있으며, 석유화학 공장은 자체 공정에 재투입되는 부분 이외에 남는 양을 유통하고 있으며, 이는 전체 유통량의 약 34%를 차지하고 있음
- 이 외 가성소다를 생산하는 CA(Chlor-Alkali, 클로르-알칼리)공정에서 12%, 기타 유화제품 생산에서 부가적으로 생산되는 수소가 6%가량을 차지하고 있음

[그림 2] 국내 수소 유통 현황



자료: 한국에너지공단 (2018), 『신/재생에너지백서』, p. 207-219, 저자 재가공

- 전기분해, 열화학분해, 생물학적 분해, 광화학적 분해를 통한 수소 생산은 전환부문에 포함(신·재생 에너지를 통한 수소의 직접 생산, 전력을 통한 생산)되어 있음

4) 고온 스팀 개질(SMR; Steam Methane Reformer)로 수소추출만을 위한 공정임(상세 내용은 부록 수록)

&lt;표 1&gt; 수소생산기술의 분류

| 구분       | 방법       | 원료             | 에너지원          | 기술수준 |
|----------|----------|----------------|---------------|------|
| 화석연료 이용  | 수증기 개질   | 천연가스, LPG, 나프타 | 열             | 상용   |
|          | 이산화탄소 개질 | 천연가스           | 열             | -    |
|          | 부분산화     | 중질유, 석탄        | 열             | 상용   |
|          | 지열개질     | 천연가스, LPG, 나프타 | 열             | 상용   |
|          | 직접분해     | 천연가스           | 열             | 상용   |
| 비화석연료 이용 | 전기분해     | 물              | 전기            | 상용   |
|          | 열화학분해    | 물              | 고온열(원자력, 태양열) | 연구 중 |
|          | 생물학적 분해  | 물, 바이오매스       | 열, 미생물        | 연구 중 |
|          | 광화학적분해   | 물              | 태양광           | 연구 중 |

자료: 한국에너지공단 (2018), 『신/재생에너지백서』, p. 209

▶ 부생수소 및 개질수소 설비 현황은 다음과 같으며, 이 중 외부 유통되는 수소량은 전체 생산용량의 약 11% 가량임(2019년 기준)

- 약 84%의 수소가 자가소비분으로 사용되고, 현재 설비용량 수준에서 추가 외부판매 가능량은 전체 용량의 약 3%(86,000Nm<sup>3</sup>/hr)정도임

&lt;표 2&gt; 지역별 수소 수급 용량(2019년)

(단위: Nm<sup>3</sup>/hr)

| 지역 | 총 용량      | 자가소비      | 잉여 합계   | 현재 외부판매 | 추가 외부판매 가능량 |
|----|-----------|-----------|---------|---------|-------------|
| 여수 | 864,500   | 754,000   | 110,500 | 102,500 | 8,000       |
| 울산 | 1,258,200 | 1,144,000 | 114,200 | 109,200 | 5,000       |
| 대산 | 267,000   | 149,500   | 117,500 | 51,500  | 0           |
| 기타 | 150,100   | 73,400    | 76,700  | 3,800   | 72,900      |
| 총계 | 2,539,800 | 2,120,900 | 418,900 | 267,000 | 85,900      |

자료: 저자 작성

- 실제 생산량이 집계되는 일부 정유 및 석유화학 업체의 수소 생산량과 매칭 해보았을 때 통계 집계 사이의 오차가 상당히 발생함<sup>5)</sup>
  - 추정결과 설비 평균 가동일 300일, 일평균 가동시간 24시간을 가정할 때 작게는 3%, 크게는 30% 가량 설비생산용량과 생산량의 오차가 발생함을 확인함<sup>6)</sup>
  - 따라서 정유 및 석유화학 업체에서 부생되는 수소의 생산량을 추정하기 위해서는 각 업체의 공정 흐름도를 파악하여 정밀한 예측이 필요할 것으로 판단됨

5) 해당 결과는 비공개 자료를 포함하기에 본 고에서는 분석 결과만 제시함

6) 전문가 자문에 의해 일반적인 정유 및 석유화학 공장의 평균 가동일과 일평균 가동시간 도출

- 현재 국내 수소 생산은 BTX, NCC 등 정유 및 석유화학 공정에서 생산, 클로르-알칼리 공정에서 생산되는 부생수소가 있고, 수소생산목적의 스팀개질(Steam Methane Reformer)에서 생산되고 있으며, 자세한 내용은 부록에 수록함(부록1. 국내 수소 생산기술 현황)
  - 향후 수전해 기술의 발전과 수소생산비용(Levelized Cost of Hydrogen)의 하락으로 전력을 활용한 수소생산이 증가할 것으로 전망됨
  - 또한 원자력의 고온 고압을 이용한 수소생산 또한 가능성 있는 수소생산기술 중 하나로 고려되고 있음
- 국내 수소 소비는 비에너지 원료용, 연료용, 발전용, 수송용으로 활용될 것으로 전망하며 이에 대한 상세한 내용도 부록에 수록함(부록2. 수소 소비 분야 분류 참고)

## 03 수소 통계 관련 고려사항



### ▶ 수소에너지 통계를 위한 거버넌스 구축을 위해 법·제도의 개선이 필요하며, 수급 수집체계 구축이 필요함

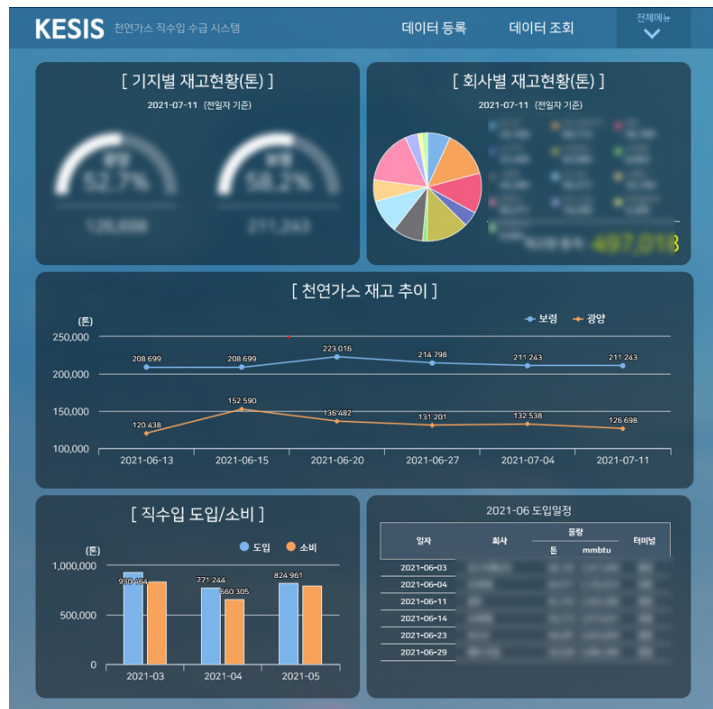
- 수소법의 제5장(수소경제 이행을 위한 기반 조성)의 제28조(수소산업 관련 통계의 작성)에 따르면 산업통상자원부장관은 수소산업 육성을 위하여 수소산업에 관한 통계를 작성하여 관리할 수 있다고 명시함
  - 시행규칙에 따르면 ①수소 수급 현황에 관한 사항, ②국내외 수소산업의 동향 및 전망에 관한 사항, ③수소연료공급시설의 현황에 관한 사항, ④수소산업 관련 사업체의 경영 및 인력 등의 현황에 관한 사항, ⑤수소산업 관련 시설의 안전관리에 관한 사항, ⑥그밖에 수소산업 육성에 필요하다고 산업통상자원부장관이 인정하는 사항을 매년 조사함
  - 또한 수소관련통계의 작성 및 관리업무에 대하여 「에너지이용합리화법」에 따른 한국에너지공단, 법에 따라 지정받은 수소산업진흥전담기관, 「통계법」에 따라 지정된 통계작성지정기관으로 지정되어있음
- 현재 수소에너지 통계를 위한 거버넌스는 앞서 언급한 바와 같이 수급(한국가스공사), 안전(한국가스안전공사), 산업(수소융합얼라이언스)으로 구분되어 통계 수집이 진행되고 있음
  - 다만, 수소에너지 통계와 관련하여 통계 수집은 복잡한 가치사슬로 인해 단일화된 집계가 어려운 문제점을 가지고 있음
  - 특히, 수소의 순도문제, 비에너지용 수소의 포함, 원별 수소의 구분, 유통손실의 반영, 유통량의 차대 불일치 등의 문제점을 가지고 있음
  - 이를 위해 각 기관 및 이해관계자들 간 협의체를 구성하여 복잡한 가치사슬을 일관성 있게 통계에 반영할 수 있는 조사 항목을 우선적으로 구축해야 함
  - 수소에너지 통계 수집에 대한 법적 근거는 마련되어 있으나, 통계의 작성 및 관리업무에 대하여 현재 거버넌스가 정립되어 있지 않아, 이를 명시적으로 구체화해야 하며, 정확한 에너지 흐름 추적을 위해 다른 에너지원과 종합적으로 검토할 수 있어야 함
- 지속가능한 조사체계 구축을 위해 천연가스직수입수급시스템이나 국내석유정보시스템(PEDSIS), 에너지다소비사업장신고와 같은 보고 시스템 구축이 필요함
  - 에너지경제연구원은 천연가스 수급상황을 수집하기 위해 천연가스 직수입수급시스템을 운영하여 직수입 업체로부터 M-1<sup>7)</sup>의 수급량을 수집하고, 가스공사(M-1)와 도시가스협회(M-2)로부터 수급

7) 전월의 경우 M-1, 전전월의 경우 M-2

량을 수집함

- 이와 동시에 무역협회로부터 받은 수입량을 종합적으로 검토하여 오차를 최소화 하여 천연가스의 수입부터 소비까지의 흐름을 통계로 정리하고 있음
- 규격화된 스프레드시트를 주기별로 업로드하면 자동으로 재고, 도입계획, 수급 소비 등이 정리되어 분산된 천연가스 직도입통계를 관리하고 있음

[그림 3] KESIS 천연가스 직수입 수급 시스템 개요



자료: KESIS 천연가스 직수입 수급시스템(kesis.net)

- 석유의 경우에도 PEDSIS를 통해 정유기업이 매달 원유수입, 제품수출입, 국내소비, 석유수급, 유통 정보 등의 정보를 직접 보고하고, 이를 통해 월간통계를 생성하며 검증절차를 통해 석유 및 석유 제품의 수입부터 소비까지의 흐름을 통계로 정리하고 있음
- 수소 관련 통계의 월별 수급통계의 작성과 안정적 통계 공급을 위해 수소 또한 수급수집시스템을 운영하고, 지속가능한 조사체계를 구축해야 함

▶ 수소를 에너지원으로 통계에 반영하기 위해 다음의 사항에 대한 충분한 고려를 바탕으로 정의되어야 함

- 수소의 정의(순도 등)에 대한 고려사항
- 비에너지용 수소 포함 여부
- 추정을 통한 수소 생산량의 도출
- 원별 수소의 구분

- 유통손실의 반영여부
- 에너지 제품의 분류
- 국제무역의 처리

▶ 수소의 순도는 기체의 혼합 비중에 따라 혼합가스(Synthetic gas, 수소 약 50% 포함)와 같이 다양한 물리적 순도를 가질 수 있으며, 파생물질 또한 유통될 수 있음

- 수소를 “에너지원”으로 사용할 수 있는 상태(ISO/TC 197)는 일반적으로 연료전지 전기자동차용 수소<sup>8)</sup>를 기준으로 함
- 기체에 대한 수소에너지 포함 여부와 암모니아, 메탄올, LOHC 등 수소캐리어로서의 파생제품에 대한 수소에너지 포함 여부 혹은 분리식별 여부를 정의해야 함

▶ 비에너지 원료용 사용(정유, 석유화학 등), 암모니아 제조용(비료 등), 향후 탄소중립 달성을 위한 철강분야 수소환원제철 등에 사용한 비에너지용 수소 사용량을 집계할 필요가 있음

- 거래된 수소 이외 자체 생산·소비된 수소 집계 여부 또한 고려대상이며, 석유화학·정유사의 동일 계열사 내의 이동량과 정유사 내에서 재투입(Feed-in)되는 소비량도 파악해야 정확한 수소에너지 통계 집계가 가능함
  - 다만, 해당 물량을 전부 조사하기 위해 업체별 공정이 상이하여 표준화된 조사법을 구축하기 어려우며, 정확도가 떨어지고, 비용이 많이 투입되는 한계점이 있음

▶ 부생수소의 경우 투입된 물량 및 에너지에 따라 수소생산량의 추정이 가능함

- 앞서 살펴본 바와 같이 부생수소의 경우 투입된 연료/비연료용 에너지에 따라 산출량을 대략적으로 산출할 수 있음
- 조사를 대체하거나 보완하기 위해 수소생산과 관련된 연료(전기, 석탄, 가스 등)/비연료(경질납사, 중질납사 등)의 투입량을 정확하게 구분하여 산출해야 함

▶ 그린수소, 그레이수소 등 수소의 생산원으로부터 탄소배출여부를 구별할 필요가 있으며, 이는 탄소통계의 기반이 될 것임

- 최종소비단에서는 전기에너지처럼 다양한 생산원의 수소가 혼합되어 쓰일 것이기 때문에 생산 부문에서 생산원에 대한 분류가 필요함

▶ 수소는 휘발성이 가장 높은 기체이고, 보관성이 어렵기 때문에 유통손실과 보관손실에 대한 조사와 추정도 함께 작성되어야 정확한 에너지 흐름을 예측할 수 있을 것으로 판단됨

8) 수소연료지표(Hydrogen Fuel Index)의 수소 순도는 99.97%이고 이산화탄소 2ppm, 일산화탄소 0.2%, 암모니아 0.1%, 모든 할로겐 화합물 0.005ppm 이하 등의 순도를 유지(ISO/DIS 14687-2)

- 현재 전기는 송전손실로 인한 유통손실을 반영하고 있으며<sup>9)</sup>, 가스, 열에너지 또한 자가소비 및 손실량을 에너지통계에 반영하고 있음
- 모든 에너지원은 유통과 보관과정에서 손실이 발생하며, 이를 현재 밸런스 상에서 손실로 처리하고 있음
- 수소 또한 마찬가지로 유통손실과 보관손실에 대한 조사가 이루어져야 정확한 에너지 흐름 및 거시적 에너지 효율을 측정할 수 있음

▶ **에너지 제품의 분류[일차(primary) 혹은 이차(전환, secondary)]에 대한 정확한 분류를 통해 출처와 흐름을 정확하게 파악할 수 있을 것임**

- 국내생산의 경우 현재 국내무연탄, 천연가스, 원유, 신·재생에너지가 있으며, 직접생산, 혹은 수전해·개질을 통한 전환에 따라 수소를 국내생산분과 전환부문의 수소생산으로 구별해 작성해야 함

▶ **국제무역을 통해 수입되는 수소, 국제병커링(수소, 암모니아 선박 등)에 대한 통계를 취득하여 에너지밸런스의 왜곡을 피해야 함**

9) 김수일, 이보혜. (2020). 국제기준에 부합하는 개정에너지밸런스 구축(4차). 산업통상자원부

## 04 에너지밸런스에 수소에너지 반영을 위한 시사점

### ▶ 현재 개정에너지밸런스 상 수소관련 에너지는 [기타전환, 기타에너지원]에 반영되어 있음(<표 3>)

- 확장에너지밸런스(연간)에서 [기타전환, 기타에너지원]에 반영되어 있으며, 이는 대부분 개질수소를 기반으로 한 연료전지의 열병합 발전에 투입된 연료량임<sup>10)</sup>
- 현재 투입열량도 작고, 자가소비 이외의 비에너지용 수소의 사용비중이 낮기 때문에 문제가 없지만, 개정에너지밸런스에 에너지용 수소만을 추가하는 것은 에너지 효율의 왜곡을 불러올 수 있기 때문에 비에너지용 수소도 함께 반영해야 함<sup>11)</sup>

<표 3> 개정에너지밸런스 형태 요약

|                                                                                              | 석탄 <sup>1</sup> | 석유 <sup>2</sup> | 가스 <sup>3</sup> | 전기/열 <sup>4</sup> | 신재생/폐기물 <sup>5</sup> | 합계 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|----|
| 국내생산                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 수출입(수입, 수출)                                                                                  |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 국제병커링(국제해운병커링, 국제항공병커링)                                                                      |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 재고변화                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 일차에너지공급                                                                                      |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 제품이동                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 통계요차                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 일차에너지소비                                                                                      |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 전환공정                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 발전전용(사업, 자가), 열병합(사업, 자가), 열전용(사업, 자가)                                                       |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 화학반응열                                                                                        |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 코크스로                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 고로                                                                                           |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 연탄제조                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 석유정제                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 석유화학                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 가스제조                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 석탄합성가스제조                                                                                     |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| <b>기타전환</b>                                                                                  |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 에너지산업자체소비(석탄광업, 원유및천연가스채굴, 발전및열생산, 양수투입, 코크스로, 고로, 연탄제조, 석유정제, 가스제조, 석탄합성가스제조, <b>기타전환</b> ) |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 손실                                                                                           |                 |                 |                 |                   |                      |    |

10) 김수일, 이보혜. (2020). 국제기준에 부합하는 개정에너지밸런스 구축(4차), 산업통상자원부

11) 같은 이유로 밸런스 상 비에너지용 석유제품을 포함하고 있음

|                                                                                                              | 석탄 <sup>1</sup> | 석유 <sup>2</sup> | 가스 <sup>3</sup> | 전기/열 <sup>4</sup> | 신재생/폐기물 <sup>5</sup> | 합계 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|----|
| 최종소비                                                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 최종에너지소비                                                                                                      |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 산업                                                                                                           |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 농림어업(농림업, 어업), 광업(석탄광업제외), 제조업(식품및담배, 섬유및가죽, 목재및나무제품, 제지및인쇄, 화학및석유화학, 비금속광물, 철강, 비철금속, 기계류, 수송장비, 기타제조), 건설업 |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 수송(철도, 도로, 국내해운, 국내항공)                                                                                       |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 가정/상업/공공                                                                                                     |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 최종비에너지소비(산업및에너지, 수송, 가정, 상업, 공공, 메모: 석유화학원료)                                                                 |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 전기생산(발전전용(사업, 자가), 열병합(사업, 자가), 기타발전)                                                                        |                 |                 |                 |                   |                      |    |
| 열생산(열병합(사업, 자가), 열전용(사업, 자가), 기타열생산)                                                                         |                 |                 |                 |                   |                      |    |

1. 석탄: 국내무연탄, 수입무연탄, 원료탄, 기타유연탄, 아역청탄, 갈탄, 토탄, 고형연료, 코크스, 콜타르, 코크스로가스, 고로가스, 기타석탄가스
  2. 석유: 원유, 정제원료, 첨가물, 기타탄화수소, 정제가스, 프로판, 부탄, 휘발유, 항공휘발유, 휘발유형항공유, 등유형항공유, 등유, 경유, BA, BB, BC, 납사, 용제, 윤활유, 아스팔트, 파라핀왁스, 석유코크, 기타석유제품
  3. 가스: 천연가스, 도시가스
  4. 전력/열: 원자력, 전기, 열
  5. 신재생 및 폐기물: 고형바이오매스, 바이오가스, 매립지가스, 바이오휘발유, 바이오경유, 기타바이오연료, 목탄, 수력, 지열, 태양광, 태양열, 해양, 풍력, 기타에너지자원, 산업폐기물, 도시폐기물(재생), 도시폐기물(비재생)
- 자료: 저자 작성

## ▶ 개정에너지 밸런스에 수소에너지통계를 반영하기 위해서는 다음과 같이 처리할 수 있음(<표 4>)

<표 4> 개정에너지밸런스 수소통계 반영 구조

|             | 석유         | 가스    | 수소      | 전기     | 열    |
|-------------|------------|-------|---------|--------|------|
| 국내생산        |            |       | 수전해(+)  |        |      |
| 수입          |            |       | 수입(+)   |        |      |
| 전환공정        |            |       |         |        |      |
| 발전          |            |       | 수소투입(-) | 전력(+)  |      |
| 열병합         |            |       | 수소투입(-) | 전력(+)  | 열(+) |
| 열전용         |            |       | 수소투입(-) |        | 열(+) |
| 석유정제        | 부생, 재투입(±) |       | 부생(+)   |        |      |
| 석유화학        |            |       | 부생(+)   |        |      |
| 수소제조        |            | 가스(-) | 개질(+)   |        |      |
| 에너지산업자체소비   |            |       |         |        |      |
| 석유정제_자체소비   |            |       | 원료투입(-) |        |      |
| 수소제조_자체소비   |            |       |         | 수전해(-) |      |
| 최종에너지소비     |            |       |         |        |      |
| 수송          |            |       |         |        |      |
| 육상          |            |       | 수소 (+)  |        |      |
| 최종비에너지소비    |            |       |         |        |      |
| 비에너지_산업및에너지 |            |       | 부생(+)   |        |      |

자료: 박상규 (2020). 수소부문 에너지 통계 작성을 위한 기반연구

- (국내생산) 물을 전기분해하여 수소를 생산할 경우, 물은 에너지원이 아니므로 이때 생산된 수소는 전환공정이 아닌 국내생산(+)으로 취급하고, 사용된 전기는 에너지산업자체소비 중 수소제조\_자체 소비에서 소비된 것으로 처리

- (수입) 해외 유입된 수소를 수입으로 포함
- (석유정제) 정유과정에서 부산물로 생산되는 수소는 원유 및 정제원료가 투입되어 휘발유, 경유 등과 같은 석유제품이 생산될 때 부생되는 것이기 때문에 전환공정 부문의 석유정제에서 생산(+)되는 것으로 표시
- (석유화학) 기초유분 등을 생산하는 석유화학 공정 중에 생산되는 수소는 전환공정 중 석유화학에 생산(+)된 것으로 산정
- (수소제조) 천연가스와 수증기를 원료로 투입하여 수소를 생산하는 개질 공정으로, 이때 생산되는 수소는 (+)로, 투입되는 천연가스는 (-)로 표시
  - 수소제조는 현재 개정 에너지밸런스에는 없는 항목이나, 개질 공정의 통계 수집 현황과 안정성을 검토하여 반영할 예정으로 현재 진행중에 있음
- (발전·열병합·열전용) 개질된 수소를 연료로 발전하는 연료전지는 투입된 수소는 (-)로 생산된 전기나 열은 (+)로 투입과 산출을 표시
- (석유정제·자체소비) 석유정제 과정에서 생산된 수소가 탈황공정, 분해공정 등 석유정제 공정에 대부분 재사용 되는 양을 표시(-)
- (육상) 수소 자동차에서 사용되는 수소의 양(+)
  - 추후 자동차 이외에 해상 및 항공 분야에서도 수소를 연료로 사용할 경우 해당 항목에도 수소 소비량을 집계해야 함
  - 수소를 연료 사용하는 운송수단이 국경을 출입하게 되면 국제빙커링 부분에도 이를 반영해야 함
  - 수소 충전소로의 수소 공급 방식(on-site, off-site)에 따라, 충전소에 공급되는 수소의 생성 과정을 밸런스에 반영해야 함
- (비에너지·산업및에너지) 산업공정에서 원료용으로 사용되는 수소의 양(+). 유통 혹은 자가소비되는 수소는 대부분 석유화학업에서 원료용으로 사용되나, 반도체 공장 등 석유화학이 아닌 업종에서도 소비되는 만큼 업종별 소비량을 파악하여 반영해야함

## 05 결론



### ▶ 본고에서는 현재 국내 수급되는 수소에너지 통계 집계를 위한 고려사항을 제시함

- 수소는 다양한 분야에서 쓰이며, 특성 요소별로 나누어 보면 기존 에너지원과 유사한 특성을 가지는 면이 있으나, 기존 수집하던 에너지원들과는 전혀 다른 특성을 보이고 있음
  - 수소는 석유, 가스, 전력으로부터 생산되며 각각의 특성을 고루 반영하고 있음
  - 비에너지용으로 상당부분 활용되고, 공정 내 재투입된다는 점에서 석유제품의 특성을 일부 가지며, 기체형태로 존재한다는 점에서 가스제품과 유통, 소비가 밀접한 관련이 있고, 에너지 캐리어로서 역할을 한다는 점과 보관이 어렵고, 다양한 원(source)으로부터 생산된다는 점에서 전력의 특성을 가지고 있음
  - 복잡한 가치사슬(value chain)이 수소에너지 통계의 집계를 어렵게 하며 이를 반영하여 밸런스에 산입할 수 있는 기반연구가 필요함
- 국내 수소수급통계와 관련하여 집계를 시도하고 있으나 현재 미흡한 수준이고, 앞서 고려할 점에 제시한 문제점이 있음
  - 현재 수소경제의 태동기에서는 수소 수급 관련된 공급 정책을 수립하기 위해 주로 공급측면에 대하여 우선적으로 통계를 집계해야 함<sup>12)</sup>
  - 수소통계협의체를 구성하여 각 출처별 공정을 정확하게 파악하고, 에너지원에 반영하기 위한 구체적인 필요항목을 포함하여 조사를 수행해야 함

### ▶ 향후 탄소중립사회로의 이행을 위한 기반을 마련하기 위해 정확한 수소에너지 통계의 집계가 필요하며, 이는 수소경제로드맵과 탄소중립로드맵의 기초자료로 활용될 것임

- IEA는 아직 수소통계 집계방안에 대해 고려하고 있지 않으며, 전 세계 어느 국가도 수소통계에 대한 구체적인 수집결과를 도출하지 못함
  - 네덜란드가 최근 구체적으로 수소통계를 집계하기 위한 관련 고려사항을 제시하여 수소통계 수집의 가능성을 제시함<sup>13)</sup>
  - 대한민국의 시장선도를 위해 수소통계 집계에 대한 연구가 빠른 시일 내에 이루어져야 할 것이며, 이를 통해 수소통계 구축의 세계 표준을 수립할 수 있을 것임

12) 수소에너지의 말단 소비는 주로 수송(육상, 해상, 항공), 발전용(수소연료전지)에서 발생할 것이며 이는 추후 고려해야 함

13) TNO. (2020). The Dutch hydrogen balance, and the current and future representation of hydrogen in the energy statistics

- 에너지로서의 상류(생산)부터 하류(소비)까지의 수소의 흐름을 정확하게 파악하여 선도적으로 통계 집계방안을 마련한다면 효과적인 탄소중립사회로의 이행을 위한 초석이 될 것임

## 부록



### 부록 1. 국내 수소 생산 기술 현황

- ▶ 수소 통계 집계를 위해 국내 수소 생산 기술과 그 현황을 검토할 필요가 있으며, 앞서 언급했듯이 복잡한 가치사슬을 가지고 있기 때문에 이에 대한 조사가 필요함
- ▶ 정유 및 석유화학 공정에서 산출되는 수소는 공정의 부산물에서 PSA를 통해 고순도의 수소를 추출함<sup>14)</sup>
  - BTX(Benzene, Toluene, Xylene)<sup>15)</sup> 또는 휘발유 제조공정에서의 부가적인 수소생산, NCC(Naphtha Cracking Center) 공정의 에틸렌(Ethylene), 프로필렌(Propylene) 등 올레핀(Olefin) 제조 시 부생되는 수소생산이 있음<sup>16)</sup>
  - BTX 또는 휘발유 제조공정에서의 수소 생산은 대개 C5~C11 유분을 사용하고, BTX 생산을 위한 공정에선 주로 C6~C9 까지의 유분을 원료로 함([그림 4])
    - 휘발유 생산공정의 경우는 대개 조업목적이 휘발유 유분 최대화이기 때문에 원료납사 조성에 관계없이 일정 옥탄가를 갖는 접촉개질유(Reformate)를 생산하며, BTX 제조공정에서는 BTX 수율을 최대화 하며, 이 과정에서 수소가 부가적으로 생산됨
    - 개질공정의 수소 생산에 대한 수율<sup>17)</sup>은 대략 3~4%로 확인되며, 정유공장이나 석유화학공장에서의 개질공정에서의 투입되는 HSR<sup>18)</sup>처리량을 알 수 있다면, 부가하여 생산되는 수소 생산량을 추정 할 수 있음(<표 5>)

14) 압력순환흡착(PSA, Pressure Swing Absorbtion)공정은 기체상태의 물질을 흡착물질이 들어있는 두 개 이상의 탱크에서 번갈아가며 순환시키며 원하는 기체의 순도를 올리는 공정임

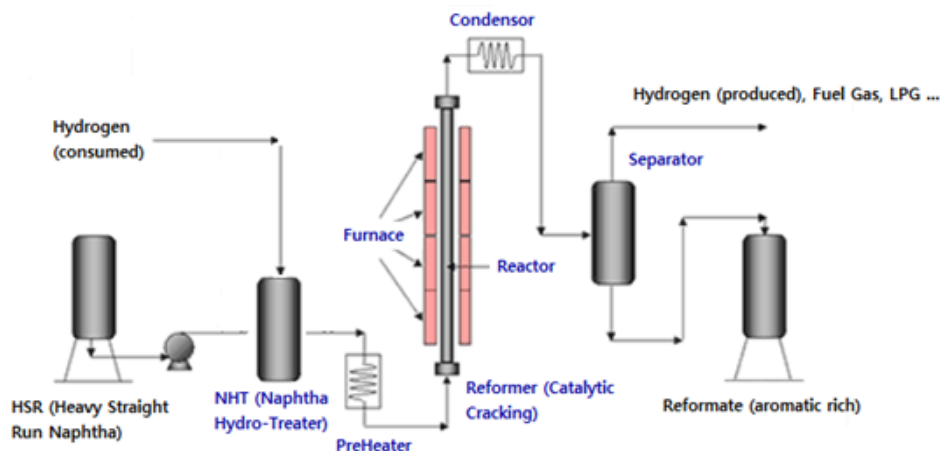
15) 벤젠, 톨루엔, 자일렌은 에틸렌 공장의 생산물로 건설, 가전, 섬유산업의 원재료로 활용되는 고부가가치 제품임

16) 정유공정에는 부생되는 물량보다 탈황, 분해공정에서 더 많은 물량의 수소가 필요하기 때문에 가스개질을 추가하거나 수소를 공급 받는 경우가 일반적임

17) 수율이란 총 산출된 물량에서 수소의 산출 비중을 의미함

18) 중질납사(Heavy Straight Run Naphtha), 개질기(Reformer)를 거쳐 휘발유 제조나 방향족 공정의 원료를 산출함

[그림 4] HSR 개질공정(Reforming Process) 중 수소생산



자료: 정유사 A 내부자료

&lt;표 5&gt; 개질공정(Reforming Process)의 물질수지(Material Balance)비율

| Mass Balance                        | Unit  | Reformer 1 | Reformer 2 |
|-------------------------------------|-------|------------|------------|
| NHT Feed HSR ①                      | Kg/hr | 251,226    | 211,322    |
| NHT H <sub>2</sub> Make up ②        | Kg/hr | 403        | 148        |
| Net Gas Produced ③                  | Kg/hr | 28,459     | 21,874     |
| Wt.% of H <sub>2</sub> in Net Gas ④ | Wt.%  | 30.00 %    | 34.00 %    |
| H <sub>2</sub> Produced (③*④) ⑤     | Kg/hr | 8,537.7    | 7,437.16   |
| Reformate                           | Kg/hr | 198,570    | 193,851    |
| H <sub>2</sub> (Total, ⑤-②) ⑥       | Kg/hr | 8,134.7    | 7289.16    |
| Yield of H <sub>2</sub> (⑥/①)       | Wt.%  | 3.24 %     | 3.45 %     |

자료: 정유사 내부자료

- NCC(Naptha Cracking Center)<sup>19)</sup> 공정은 원유에서 분리된 경질납사(Light Straight Run Naphtha, LSR)를 열분해하여 에틸렌, 프로필렌 등의 올레핀 화합물을 제조함([그림 5])
  - 생산공정 관점에서 NCC에서의 실제 운영데이터를 통해 수소 관련 물질수지 및 수소 생산을 위한 생산수율을 알 수 있으며, 투입되는 LSR 물량을 통해 대략적인 수소생산량을 추정이 가능함
  - <표 6>은 시간당 230톤의 LSR(Light Straight Run Naphtha)을 처리하는 실제 운영되고 있는 NCC의 물질수지를 보여주고 있음
  - NCC공정의 수소 생산에 대한 수율은 대략 1~2%로 확인할 수 있으며 NCC에 투입되는 LSR 처리량을 통해 추가하여 생산되는 수소 생산량을 추정할 수 있음

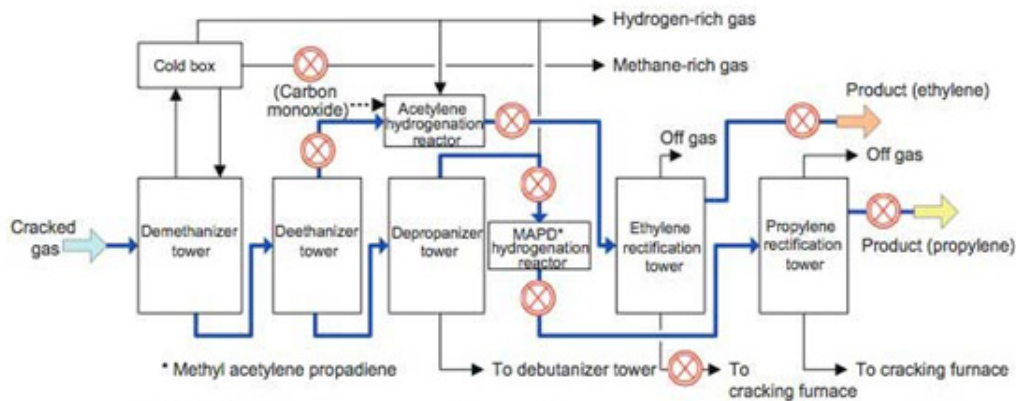
19) NCC공정은 LSR을 열분해하여 에틸렌(Ethylene), 프로필렌(Propylene) 등 석유화학 기초유분 생산이 목적이고 수소는 부생 제품임

&lt;표 6&gt; NCC (Naphtha Cracking Center) 물질수지 (Material Balance)

| Mass Balance           | Unit  | A NCC Unit |
|------------------------|-------|------------|
| Feed LSR ①             | Kg/hr | 229,170    |
| Raw H2+Methane(C1) ②   | Kg/hr | 7,600      |
| H2 Purified ③          | Kg/hr | 3,000      |
| Methane(C1) Returned ④ | Kg/hr | 4,600      |
| Yield of H2 (③/①)      | Wt. % | 1.31 %     |

자료: 석유화학공장 내부자료

[그림 5] NCC(Naptha Cracking Center)공정에서 회수/정제 공정



자료: yokogawa社 기술문서(www.yokogawa.com)

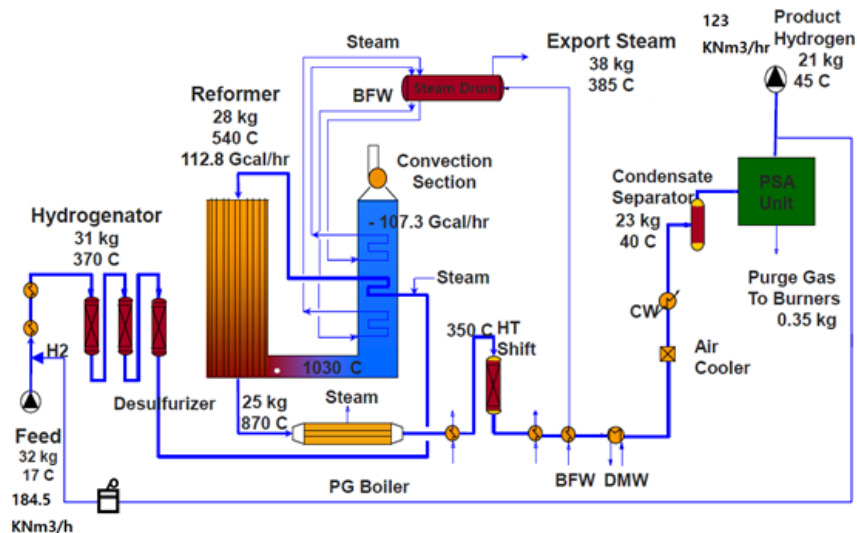
### ▶ 천연가스(LNG) 수증기 개질 공정(Steam Methane Reforming; SMR)은 고온고압의 스팀과 촉매<sup>20)</sup>를 이용해 가스상태의 화석연료를 개질함([그림 6])

- 천연가스(LNG) 포함 탄화수소를 이용하여 대량으로 수소를 생산하는 방법을 수증기 개질공정 (Steam Methane Reforming, SMR)이라 함
- LNG를 피드로 공급하여 수소를 생산하는 실제 정유/화학공장의 물질수지를 살펴보면, 약 184.5 KNm<sup>3</sup>/hr의 LNG가 투입되어, 123 KNm<sup>3</sup>/hr의 수소가 생산되고 있음<sup>21)</sup>
- LNG 개질 수소생산에 대한 실제 수율은 대략 65~70%로 확인되며, 정유공장이나 석유화학공장에서 LNG 개질 수소생산 공정의 투입물량을 알 수 있다면 수소 생산량을 추정 가능함

20) NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO, NiO/MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

21) LNG(천연가스) 의 피드 조성(Components)는 C1 89.33, C2 6.50, C3 2.69, C4 1.25, C5 0.04, 기타 0.19 (단위: mol%); S (Sulfur, 황) 1.7 wtppm N (Nitrogen, 질소) 1.19 wtppm mol%는 분자의 개수 비중을 의미함

[그림 6] LNG 개질 수소생산 공정도와 물질수지

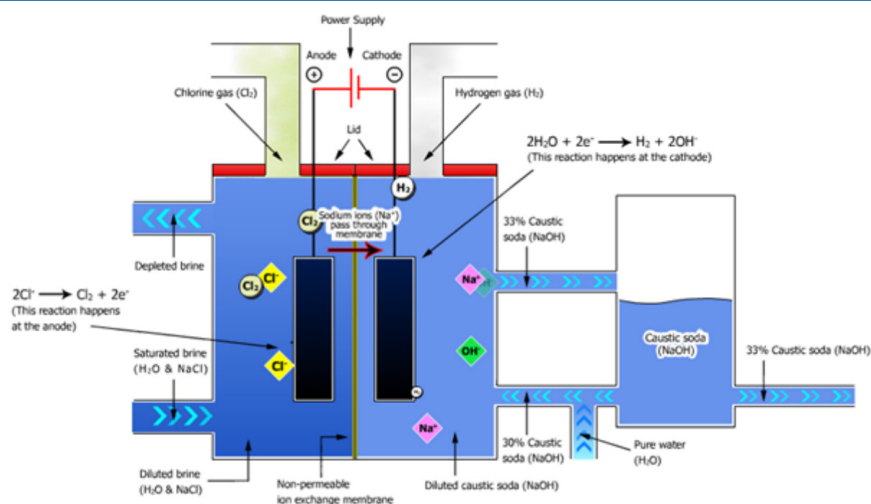


자료: 정유/석유화학공장 LNG 개질 수소생산공장 운전데이터

▶ 가성소다 생산을 위한 CA(Chlor-Alkali) 공정은 소금물의 전기분해를 통해 무기화학 물질(염소, 수소, 수산화칼륨, 수산화나트륨)을 생산함([그림 7])

- CA 공정은 에너지 집약적 생산방식으로 분해과정에서 전기를 이용하며, 수전해와 마찬가지로 고순도의 수소가 생산됨
- CA 공정에 의해 나오는 수소 다른 기체보다 밀도가 낮기 때문에 상방치환법에 의해 쉽게 분리되며, 국내 수소판매량의 약 12%를 차지함

[그림 7] 멤브레인법에 기반한 CA 시스템 기본 구성



자료: 박인기, 이창현. (2015). 클로알칼리 멤브레인법과 전망. 멤브레인 Vol. 25, No. 3 p. 205

- 미국 기준 CA 공정기술별 염소 1톤을 생산하기 위한 투입전력량은 수은법 3.7MWh, 격막법 2.9MWh, 멤브레인법 2.5MWh임<sup>22)</sup>
- 즉, CA 공정에서 수소 1kg가 부산되어 나오는데 투입되는 전력량은 수은법, 격막법, 멤브레인법에 따라 각각 약 132.1kWh, 103.5kWh, 89.3kWh 임
- CA 공정에 투입되는 전력량과 공정을 수집할 수 있다면, 대략적인 수소 생산량이 추정 가능함

## 부록2. 수소 소비 분야 분류

- ▶ 수소 소비측면에서의 통계분류는 크게 원료용(비에너지), 연료용, 수송용으로 분류할 수 있음
- ▶ (원료용, 비에너지) 현재 정유공정(탈황, 분해 등), 비료 생산(암모니아의 원료), 반도체 생산 등에서 많이 사용되고 있음
  - 기존 산업현장에서 사용되고 있는 수소 통계는 업종별/용도별 사용량 파악이 필요함
    - 정부가 향후 수소경제의 활성화를 위한 지원제도를 설계함에 있어, 대상 물량을 정확하게 파악해야 향후 정교한 수소 보급 예측을 수행할 수 있음
    - 만약 수소연료전지 발전이나 수소차에 사용되는 수소에 보조금이나 세제지원을 시행한다면 산업용 수소물량이 발전이나 수송용에 사용된 수소로 둔갑하여 부정으로 수소관련 보조금이나 세제지원을 수령할 수 있음
    - 수소경제가 완숙기에 접어들어 발전과 수송용 수소에 대한 과세제도를 설계할 경우에는 산업용 수소가 발전/수송용 수소로 불법전용될 가능성도 있기 때문에 비에너지용 수소에 대한 정확한 파악 필요
- ▶ (연료용) 산업에서 고온 열원을 확보하기 위한 수소에너지의 직접연소로 수소가 활용될 가능성이 높음
  - 현재 고온·고압의 열원을 생성하기 위해 전통연료(석탄, 가스 등)를 활용하고 있지만, 탄소중립 시행에 따라 고온·고압의 열원을 생성하기 위해 수소를 활용할 가능성이 높음
    - 산업부문에서 연료용으로 활용된 수소는 흐름 추적 후 최종소비에서 부문별로 직접 연소된 수소의 열량을 에너지통계에 포함할 수 있음
- ▶ (발전용) 분산전원의 보급 확대에 따라 연료전지가 늘어나거나 가스·수소 혼소터빈발전 혹은 순수수소 터빈발전이 보급될 예정임
  - 현재 연료전지발전은 앞단에 개질장치를 설치해 수소를 직접 연료로 사용하는 외부개질형 연료전지

22) 박인기, 이창현. (2015). 클로알칼리 멤브레인법과 전망. 멤브레인 Vol. 25, No. 3 p. 206

- 발전 시스템과 천연가스, 액화석유가스, 메탄올 등 탄화수소 형태의 원료를 직접 연료전지 시스템에 투입하여 수소를 생산하고, 이를 통해 발전을 하는 내부개질형 연료전지발전 시스템으로 분류됨
- 특히 국내에 보급된 연료전지 스택은 고체산화물 연료전지(SOFC, Solid Oxide Fuel Cell)나 용융 탄산염 연료전지(MCFC, Molten Carbonate Fuel Cell)등 내부개질형 연료전지가 주류임
  - 내부개질형 연료전지시스템에서는 수소의 생산량을 측정하기 어려우나 연료의 투입량을 통해 발전에 사용된 수소의 양을 계산할 수 있음
- 수소연료전지 발전에 사용된 수소의 통계작성은 외부개질형 연료전지발전에서 사용된 수소와 내부개질형 연료전지 발전기별 사용된 천연가스(조사를 통한 통계작성)와 내부 생성 수소(계산 물량 혹은 발전기 내 계측/측정을 통한 계산)를 모두 통계로 작성해야할 필요가 있음

▶ (수송용) 현재 관용 및 자가용 수소차, 향후 육상수송, 해상수송, 항공수송까지 확대 예상되며, 보급망과 운송수단에 따라 수소 소비량 집계에 영향을 줄 것으로 판단됨

- 말단의 수소 활용을 위한 공급망은 off-site<sup>23)</sup> 방식과 on-site<sup>24)</sup> 방식으로 나뉘어 공급될 것으로 전망됨
  - 수송용 수소는 튜브트레일러, 수소배관망, LOHC(Liquid Organic Hydrogen Carrier, 액체유기수소 저장)<sup>25)</sup>, 암모니아 방식으로 수소충전소에 공급하는 off-site 보급방식이 있음
  - 천연가스(LNG/CNG), 액화석유가스(LPG), 나프타 및 등유 등의 석유/석유제품을 수소충전소에 이송 후 현장에서 직접 수소생산하거나 수전해를 통해 수소를 현장에서 생산하는 on-site 보급방식이 있음
  - 수전해방식 수소생산으로 수요처에 on-site로 보급할 경우 전기를 태양광, 풍력 등 재생에너지로 공급한다면, 탄소중립을 달성할 수 있기에 이에 많은 기대를 하고 있음
- 따라서 수송용 수소의 소비에 대한 통계작성 시, on-site·off-site 기술방식에 대한 구분이 필요함

23) Off-site는 생산지에서 수소 생산 후 튜브트레일러나 배관을 통해 이송하여 활용하는 방식을 의미함

24) On-site는 수요지(충전소 등)에서 바로 생산하여 활용하는 것을 의미함

25) 톨루엔 등 방향족 유기물질에 수소를 결합하여 수소 보관의 용이성을 높인 유기화합물 매개체





에너지 이슈 페이퍼  
Energy Issue Paper



에너지경제연구원  
Korea Energy Economics Institute

<http://www.keei.re.kr>

44543 울산광역시 중구 종가로 405-11