

국내 수소 수요현황 파악을 통한 원자력 수소의 공급 용량 예측 안

임미숙*, 방진환*, 오전근*, 윤영식*[†]

*SK(주) 기술원 CRD 연구소

Suggestion of nuclear hydrogen supply by analyzing status of domestic hydrogen demand

Mee-Sook Lim*, Jin-Hwan Bang*, Jeon-Keun Oh*, Young-Seek Yoon*[†]

*Corporate R&D Center, SK Institute of Technology, SK Corporation
140-1 Wonchon-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-712, KOREA

ABSTRACT

Hydrogen is used as a chemical feedstock in several important industrial processes, including oil refineries and petro-chemical production. But, nowadays hydrogen is focused as energy carrier on the rising of problems such as exhaustion of fossil fuel and environmental pollution. Thermochemical hydrogen production by nuclear energy has potential to efficiently produce large quantities of hydrogen without producing greenhouse gases, and research of nuclear hydrogen, therefore, has been worked with goal to demonstrate commercial production in 2020. The oil refineries and petro-chemical plant are very large, centralized producers and users of industrial hydrogen, and high-potential early market for hydrogen produced by nuclear energy. Therefore, it is essential to investigate and analyze for state of domestic hydrogen market focused on industrial users. Hydrogen market of petro-chemical industry as demand site was investigated and worked for demand forecast of hydrogen in 2020. Also we suggested possible supply plans of nuclear hydrogen considered regional characteristics and then it can be provided basis for determination of optimal capacity of nuclear hydrogen plant in 2020.

주요기술용어 : Hydrogen demand(수소 수요), Fuel cell vehicle(연료전지자동차), Refinery process(정유공정), Nuclear hydrogen(원자력 수소), Hydrogen demand forecast (수소 수요 예측)

1. 서 론

수소는 현재 화학 공정용 가스로 대부분 사용되고 있지만 21세기 화석연료 고갈과 환경 문제가 대두되면서 새로운 에너지 매체로 주목받고 있다. 따라서 다음 세기 에너지 주역으로 수소

[†]Corresponding author : yslyoon@skcorp.com

의 제조, 저장, 이용 등 다양한 분야에서 활발한 연구가 진행되고 있으며, 몇 가지 분야에서는 실용화에 접근하고 있다. 하지만, 아직 그 용도가 한정되어 있고 경제성이 확보되지 않아 “닭과 달걀”의 딜레마가 수소 경제 시대 진입에 가장 큰 걸림돌로 작용한다.

이러한 문제로 인해 수소 연료전지 자동차 및 전원으로 이용하고자 하는 노력이 계속되고 있지만 공급 인프라의 본격적인 보급시기가 불분명하므로 수소 대량 생산 시스템을 개발한다 하더라도 어디에 공급할 것인가가 중요한 이슈가 된다.

현재 수소 생산 기술은 천연가스를 포함한 화석연료 개질에 의한 수소 생산이 상용화 되어 있는 기술이며, 국내 정유 공장에서도 나프타 개질에 의해 수소를 생산하고 있다. 수소를 차세대 에너지원으로 이용하기 위해 역시 개발 초기단계에서 천연가스를 이용한 소규모 수소 스테이션 및 가정, 상업용으로 이용하기 위한 소형 연료전지에 대한 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 하지만 화석연료는 석유자원 고갈 및 환경 문제 등을 고려할 때 장기적으로 이용 가능한 기술로 보기 어렵다. 이러한 이유로 화석연료에 의존하지 않고 수소를 대량 생산할 수 있는 방법으로 원자력에 의한 수소 생산이 주목을 받으면서 미국, 일본, 프랑스 등의 선진국을 중심으로 국제 협력을 통해 이에 대한 활발한 연구 활동이 진행 중이다.

원자력을 이용한 수소는 천연가스 개질의 소규모 On-site형 수소 스테이션과 달리 대규모의 Off-site 형태로 건설되므로 대규모 원자력 수소의 안정적인 소비처 발굴이 기술 개발과 함께 이루어져야 한다. 이러한 맥락에서 가장 큰 소비처가 정유 및 석유화학 업체들이다. 현재 석유화학 산업에서 수소는 대량 소비되고 있으며, 주로 에너지원인 석유제품에 첨가되어 친환경적인 제품을 생산하는 용도로 사용되고 있다. 따라서 대량 생산되는 원자력 수소의 안정적인 공급방식은 기존의 인프라를 이용하여 수송용 에너지에 수소 첨가를 통한 간접적인 이용방식에서 수소 자동차 및 발전용 전원에 직접 이용되는 방식으로서의 점

진적 전환이 요구되며, 간접 이용 방식도 공해와 에너지 수입량 감축이라는 궁극적인 목표 달성에 기여한다. 이러한 이유에서 국내 정유사를 중심으로 자가 생산 및 소비되거나 석유화학단지를 중심으로 유통되고 있는 수소 수요 현황 및 이용실태를 조사하고, 원자력 수소의 공급 시점인 2020년의 석유화학 산업에 있어서의 수소 시장 규모 및 새로운 에너지 분야의 수소 수요 규모 파악이 필수적이다.

본 연구에서는 원자력 수소의 안정적인 소비처 발굴을 위해 기존의 수소 인프라가 형성되어 있는 정유 및 석유화학회사를 중심으로 국내 수소 소비 현황을 파악하고 원자력 수소의 생산시점인 2020년 수소 수요를 예측하여 원자력 수소의 수요처별 공급 가능 안을 제시함으로써 적정 용량을 산출하는 근거로 활용할 수 있도록 하고자 한다.

2. 수소 수요 현황

2.1 수소 생산 및 수요 공정

전 세계적으로 생산되는 수소의 가장 큰 수요처가 정유 및 석유화학공정이다. 대부분의 정유회사는 원유의 처리 및 석유제품의 생산에 있어서 많은 양의 수소 수요를 충족하기 위해 자체 수소 제조 플랜트를 보유하고 있다. 또한 여러 가지 석유화학 공정에서 생성되는 부생수소를 회수하여 정제 후 다시 공정에 이용하는 방식으로 수소 공급이 이루어지고 있으며, 내부적으로 생산되는 수소로 부족하여 외부에서 도입하여 활용하고 있는 실정이다.

국내 정유사의 경우 주로 나프타 개질 방식으로 수소를 생산하고 있으며, 중질유 분해 및 탈황, 경질유 탈황공정에 대부분의 수소를 소비하고 있다. 정유 및 석유화학 공정에 있어서 대표적인 공정한 수소 소모량을 Table 1에 나타내었다.

수소는 화석연료, 물, 바이오매스 등 다양한 원료로부터 얻을 수 있지만 현재 가장 널리 사용되는 방법은 잘 알려진 천연가스 개질법이다. 미국의 경우 이 방법에 의한 수소 생산이 77%를 차

Table 1 Typical refinery hydrogen consumption data

Process unit	SCF/bbl
Distillate hydrotreating	40 - 60
Naphtha -Straight run	350 - 400
-Heavy FCC gasoline	40 - 60
Kerosene- Straight run	100 - 200
Gas oil - Straight run	400 - 500
- Thermally cracked	300 - 400
- FCC	
Heavy fraction hydrotreating	
Vacuum distillates	250 - 400
Atmospheric residue	500 - 1,000
Vacuum residue	1,000 - 1,300
Hydrocracking	
Vacuum distillates	
- Max naphtha	1,800 - 2,400
- Max distillates	1,000 - 1,800
Vacuum residue	1,000 - 1,300
Isomerization	
Lube isodewaxing	50 - 60

지하지만²⁾ 국내의 경우 석유화학 업체를 중심으로 하고 있다. Table 2는 석유화학 산업을 중심으로 한 수소 생산 방법 및 순도를 나타내고 있다.

2.2 국내 수소 수급 현황

2.2.1 5대 정유사 수소 수급 현황

국내 정유사는 정유공정에 대부분의 고순도 수소(99.9 % 이상)를 사용하고 있으며, 기타 석유화학 제품 생산 공정 및 연료 등에 고순도 및 저순도 수소(70 ~ 90 % 이상)를 자가 생산 및 소비 형태로 사용하고 있다. 2005년 11월 현재 A사의 수소 사용량은 193 천톤/년으로써 중질유 분해, 중질유 탈황, 경질유 탈황에 각각 34 %, 42 %, 7 %가 이용되고 기타 석유화학 제품 생산에 일부 소비되고 있다. 타 정유사의 사용량은 각 공정별 시설 용량으로부터 A사의 수소 사용량과 비교하거나 정유 및 석유화학 공정별 표준 사용량을 가정하여 예측하였다. Table 3에는 2004년 말 기준의 국내 각 정유사별 정유공정에 대한 고순도 수소 사용량을 나타내었다.

Table 2 Hydrogen production method and purity in petrochemicals

공급원	개요	순도(%)
수소 Plant	천연가스, refinery gas, LPG, Naphtha, 감압잔사유, coke를 원료로 사용	99.9+
Catalytic reforming (Platforming)	고옥탄 휘발유 배합제 혹은 BTX 생산 부산물로 발생	88-92
수소회수 및 정제	수소화 탈황, 분해공정 purge stream, Fuel gas stream	99.9+
외부수소	Ethylene 공장, 화학공장(조선) 부생 수소, 가성소다 업체 및 스티렌모노머 업체 부생 수소	99.9+

표에서 보는 바와 같이 A사 및 C사가 국내 정유공정 전체 수소 사용량의 80 %에 가까운 수소를 사용하고 있고 총 수요량이 473.9 천톤/년이다. 2004년 기준으로 국내 5대 정유사에서 공정용으로 사용하는 고순도 수소의 양을 합하면 약 640 천톤/년이었다³⁾. 우리나라 휘발유의 황 함량 규제는 지난 1996년 1,000 ppm에서 2002년에는 130 ppm으로 7배 이상 강화됐으며 2006년부터 서울 및 수도권 지역에 대해 1996년 대비 약 20배 강화된 50 ppm를 적용하고 있다. 경유 또한 지난 91년 4,000 ppm 수준이었던 황 함량 규제치가 지난해 430 ppm으로 강화된데 이어 2006년에는 30 ppm으로 무려 1백배 이상 강화되는 기준을 적용

Table 3 Demand of domestic refinery hydrogen (2004) (Unit : 10³ × ton/yr)

	중질유 분해	중질유 탈황	경질유 탈황	합계
A사	63.2	86.3	30.5	180.0
B사	0.0	0.0	43.8	43.8
C사	84.2	82.2	20.0	186.4
D사	0.0	0.0	15.7	15.7
E사	32.3	0.0	15.7	48.0
합계	182.0	163.6	127.2	473.9

국내 수소 수요현황 파악을 통한 원자력 수소의 공급 용량 예측 안

Table 4 Demand of hydrogen in petro-chemical companies (Unit : $10^3 \times \text{ton/yr}$)^{4,5)}

	생산용량	외부판매	자가소비
SK 석유화학부분	-	-	33.4
현대 석유화학	11.8	-	11.8
LG 석유화학	38.8	0.6	38.2
호남 석유화학	19.7	-	19.7
YNCC	41.2	0.5	40.7
한화 석유화학	12.6	1.7	10.9
대한 유화	12.6	-	12.6
삼성종합화학	15.9	1.4	14.5
태광산업	8.3	6.2	2.1
이수화학	8.0	0.3	7.7
ALKOS	32.9	32.9	-
BASF	2.1	-	2.1
계	203.9	43.6	193.7

Table 5 Demand of hydrogen in other companies (Unit : $10^3 \times \text{ton/yr}$)^{4,5)}

	생산용량	외부판매	자가소비
삼성BP	19.1	19.1	-
삼성정밀화학	2.8	0.7	-
효성T&C	4.9	4.9	-
카프로락탐	27.7	-	27.7
KP Chemical	4.2	-	-
LG화학	22.9	0.3	22.6
금호미쓰이화학	1.5	-	1.5
포스코	1.4	0.1	1.3
한솔케미언스	1.7	0.3	1.4
백광산업	1.0	0.3	0.7
동진세미컴	0.3	0.2	0.1
SD글로벌	1.7	1.7	-
계	89.2	27.6	55.3

하고 있으며, 선진국의 품질기준이 급격히 강화되는 추세를 감안하여 정부에서는 2010년 무황 연료(10 ppm이하)의 도입 시기를 EU와 동일한 시기(2009년)로 정할 것을 검토 중이다.

이상에서와 같이 정유 업계는 오는 2009년 이후 휘발유와 경유의 황 함량 기준이 10 ppm선에 이를 것으로 보고 있어 탈황공정용 수소 사용량은 더욱 많아질 전망이다. SK에서도 최근 탈황시설을 강화하여 경질유 탈황을 위해 2004년 저순도 수소로 운전되던 공정을 2005년 고순도 수소로 대체하여 규제 강화에 대비하고 있다.

2.2.2 석유화학업체 수소 수급 현황

국내 5대 정유사를 제외한 수소 수급 상황은 울산, 여천, 대산 석유화학 단지를 중심으로 사용되고 있다. 수소 수급 현황 자료는 이미 보고된 통계자료^{4,5)}, SK 자체 보유 자료, 수소 관련업체 문의 등을 통해 작성하였다.

정유사 이외에 석유화학회사를 중심으로 대량의 수소가 사용되고 있는데 이 역시 자가 생산 및 소비 형태를 취하고 있다. 따라서 정확한 생산 및

소비량의 파악은 어렵다. 또한 울산, 여천, 대산 등 각 지역의 석유화학 단지 내에서 수소유통업체를 중심으로 유통되고 있는데 일부 회사에서는 생산되는 수소 혼합물을 유통업체에 공급하고 정제 후 다시 공급받는 형태를 취하고 있다. Table 4는 대표적인 석유화학업체의 수소생산용량과 외부 판매량을 나타낸다. 외부판매량은 유통업체 및 인근 석유화학 업체에 공급되는 양을 나타내며, 일부 외부업체에서는 자체 생산으로 부족한 양을 도입하는 것으로 파악되었다.

SK 경우 정유 이외에 석유화학 부분에 사용되는 양을 정유공정과 구분하기 위해 타 석유화학업체와 함께 나타내었다. ALKOS는 국내 최대 규모의 수소 플랜트를 보유하고 있는 수소 유통업체로서 대부분의 수소를 파이프라인을 통해 BASF에 공급하는 것으로 파악되었으므로, 석유화학 업체에서 사용되는 양으로 분류하였다.

석유화학 업체에서는 주로 나프타 분해를 통한 석유화학 제품을 생산하는 공정에서 95%이상의 고순도의 수소가 다량 발생하고 이 수소는 제품 생산에 필요한 수첨 공정에 다시 사용된다. 또한

Table 6 Status of domestic hydrogen demand (2004)

소비분야	소비량 (천톤/년)	비중 (%)	자가소비비중 (%)	유통비중 (%)
정유부분	480.7	62	100	0
석유화학	242.9	31	95	5
기타	55.3	7	67	33
합계	778.9	100	91	9

생성되는 수소를 공정에 사용하고 남은 여분의 수소는 외부에 일부 판매하고 나머지는 연료로 사용하여 수소 balance를 맞추고 있다.

다음 Table 5는 나머지 업체에 대한 수소 생산 용량 및 소비량을 나타낸다. 삼성 BP화학은 생산 용량의 전부를 울산 지역 인근 업체에 전량 공급하고 있으며, 각 업체 마다 생산 경제성을 고려하여 수소 플랜트를 통한 자체 생산 및 소비하거나 자체 생산 없이 외부에서 도입하여 사용하는 경우도 있는 것으로 파악되었다. SD 글로벌은 2005년 9월부터 상업생산을 시작하여 99.9999%의 초고순도 수소를 생산하고 있으며, 카트리지를 이용하여 인근 수요처에 공급하고 있다.

포스코는 56% 정도의 수소를 포함한 COG가스로부터 수소를 얻는데 포항과 광양의 양을 합쳐 19.7만톤/년의 대규모 양이다. 하지만 COG 가스 대부분 그대로 연료로 사용하고 있으며, 소량의 COG가스를 PSA를 통해 정제 후 자체 공정에 사용하거나 외부에 일부 유통하고 있다. 아래 표에서

는 PSA를 통해 정제 후 사용되는 고순도 수소의 양만을 고려하였고, 저순도의 수소를 포함하면 기 보고한 바와 같이 약 97만톤/년을 상회할 것이다³⁾.

2.2.3. 국내 총 수소 소비 현황

앞서 조사된 각 업체 별 수소 수요량을 중심으로 Table 6에서는 분야별 국내 수소 소비현황을 정리하였다. 정유부분은 국내 5대 정유사의 정유 공정에서 사용되는 고순도 수소 총 사용량만을 나타내었다. SK에서는 수소의 부족분을 삼성 BP와 유통업체인 덕양을 통해 공급받는데 연간 7천톤 규모이며 이 양을 정유부분 수소 소비량에 포함하였다. 위 표에서는 자가 소비 기준으로 소비량이 나타나 있는데 울산지역 일부 업체에서는 유통업체(덕양)를 통해 수소를 공급받아 사용하고 있다. 이 양이 16.9천톤/년 정도이며, 석유화학부분의 소비량으로 고려하였다. 그 결과 국내 수소 소비는 정유 및 석유화학 업체에서 90% 이상이 사용되며, 정유부분에서는 100%, 석유화학 업체에서는 95% 이상 자가 생산 및 소비 형태를 취하고 있다.

3. 수소 수요 예측

3.1 2020년 수소 수요 예측

원자력 수소의 대량 수요처가 될 수 있는 수소 연료전지 자동차 및 수소 에너지에 대한 인프라

Table 7 Forecast of domestic hydrogen demand (Unit : 10³ × ton/yr) ^{6,7)}

	2012년	2020년	2030년	2040년
Industry	1,024	1,161	-	-
수송용	10 (25 %)	643 (50.1 %)	1,706 (51.6 %)	4,136 (54.8 %)
가정용 (1 kW)	5 (12.5 %)	190 (14.8 %)	474 (14.3 %)	833 (11.0 %)
상업용 (5 - 10 kW)	5 (12.5 %)	211 (16.5 %)	533 (16.1 %)	1,249 (16.6 %)
발전용 (250 kW, 10 MW)	20 (50 %)	240 (18.7 %)	592 (17.9 %)	1,325 (17.5 %)
에너지 부분 합계	40	1,285	3,305	7,543

* ()안은 에너지 부분 분야별 수소 점유율, 2020년 이후 에너지 부분 수소 사용분만 고려

국내 수소 수요현황 파악을 통한 원자력 수소의 공급 용량 예측 안

의 본격적인 보급시기의 예측이 곤란하므로 원자력 수소의 생산 시점인 2020년 생산된 수소의 안정적인 수요처 발굴이 중요하다. 이러한 관점에서 원자력 수소의 1차적인 수요처는 기존 인프라가 잘 갖추어져 있는 정유 및 석유화학 산업이 될 수 있으며, 2020년 국내 고순도 수소 수요예측을 통해 원자력 수소의 공급 가능 안을 제시해 보았다.

정유공장의 수소 수요는 석유제품의 품질향상을 위해 사용되며 점차 강화되고 있는 환경규제에 따른 시설증가와 함께 수소 사용량도 늘어난다. 따라서 SK의 탈황시설증가 계획 및 타사의 신설예정인 시설 등에 관한 자료를 기본으로 자연 성장률을 가정하고 공정별 수소 소모량을 예측하였다. 중질유 분해 및 탈황에서 2010년까지 연 1%, 2020년까지 연 0.5% 성장을 가정하였으며, 경질유 탈황에서는 심도탈황에 따라 2004년 대비 2010년까지 35%, 2015년까지 45%, 2020년까지 50% 성장을 가정하였다. 이러한 성장률로 2004년 정유공정에서 776.9 천톤/년의 수소 소모가 2020년 1,161 천톤/년으로 늘어날 것으로 예측되었다.

수소 소비량의 가장 주목할 만한 사항은 2012년부터 국가적인 차원의 수소 경제구현을 위한 정책으로 에너지로써의 수소 사용이 시작되고 2020년까지 소비량이 대폭 증가할 것으로 예상된다⁵⁾. 가장 큰 비중을 차지하는 부분은 수송용으로써 2012년 연료전지차량의 초기 보급을 시작으로 수소에너지 부분에서 25%를 차지하며 2020년 50%에 이를 전망이다. 보급 목표에 따르면 2020년까지는 시장 형성기로서 분야별 수소 에너지 점유율은 수송용 50%와 가정용, 상업용, 발전용 부분에 고르게 이용되며, 수소 경제 진입기인 2040년까지 수송 부분의 점유율이 55% 정도까지 상승할 계획이다. 각 분야별 점유율은 2020년부터 거의 비슷한 수준으로 유지 되지만 전체 에너지 소비에 대한 수소 에너지 기여율은 2020년 3%에서 2040년 15%까지 상승할 전망이다.

현재 사용되고 있는 산업부분의 수소 량과 에너지 부분 사용량을 함께 고려하면 2020년 국내 수소 시장 점유율은 산업부분이 47%로 여전히 가장 많고, 수송용 26%, 발전용 10% 가정 및 상업용이 각각 8%와 9%를 차지할 것으로 예상된다.

Table 8 Assumption of demand forecast in nuclear hydrogen

구분		2020년	2030년	2040년	
Case 2 가정	가동 FCV 대수 (대)	1,947,000	5,164,000	12,519,000	
	총 자동차 등록대수	22,141,000 ¹⁾	26,989,755 ²⁾	229,813,481 ³⁾	
	국내 총 FCV 점유율(%)	9	19	42	
	지역별 FCV 대수(대) ⁵⁾	울산 (2.4 %) ⁴⁾	46,723	123,936	300,456
		부산 (6.3 %)	122,661	325,332	788,697
광주 (2.8 %)		54,516	144,592	350,532	
Case 3 가정	수송부분 원자력수소 점유율(%)	20	30	40	
⁹⁾ Case 4 가정	총 수소 에너지 중 원자력 비중(%)	1	5	15	

¹⁾ 석유수요전망위원회 (2004)

²⁾ 연 2% 성장 가정

³⁾ 연 1% 성장가정, 수소사업단 기획보고서

⁴⁾ 지역별 자동차 등록현황 참조(통계청, 2005년 7월)

⁵⁾ 현재 자동차 점유율과 동일하다고 가정

⁶⁾ 수소산업화 방안(2005. 2) 및 수소경제 마스터플랜 수립공청회(2005. 9)

3.2 원자력 수소 수요량

현재 개발 및 건설 중인 기존의 천연가스 개질에 의한 소규모 수소 플랜트(20 - 30 Nm³/hr)와 달리 원자력 수소는 대규모 중앙 공급형으로 건설됨으로써 주변 공급처의 수소 수급 상황에 영향을 받을 것으로 판단된다.

원자력 수소의 궁극적인 목표는 석유자원의 고갈과 환경적인 문제에 대처하기 위해 수소를 에너지로 공급하고자 하는 것이다. 그러나 수소 연료전지 자동차 및 수소에너지 공급 인프라의 본격적인 보급시기가 명확하지 않음으로써 원자력 수소의 초기 보급은 기존 인프라가 갖추어져 있는 석유화학산업에 공급하여 수송용 석유에너지를 친환경 석유제품으로 전환하는 용도로 공급 후 수소를 직접 에너지로 이용하는 단계적인 전략이 요구된다.

따라서 2020년부터 원자력 수소의 수요량을 지역적인 사항을 고려하여 몇 가지 case별로 정리하였다. 원자력 수소 플랜트는 안전 규제 법규 및 민원 등의 복합적 문제가 발생할 가능성이 큰 만큼 현재 원자력 발전소 지역에 건설되는 것을 가정하고 그 인근 지역을 원자력 수소 공급처로 고려하였다. 우선, case 1에서는 현재 석유화학공장에 적용되는 경우로써 원자력 발전소 인근 지역인 SK 정유 공장에 적용하는 경우이다. 현재 정유공장의 기존 수소플랜트를 그대로 유지하는 것으로 가정하고 2020년 SK 정유 공장의 공정 증설 및 고도화 비율에 따른 수소 부족분을 기준으로 하였으며, SK 정유 공장의 경우 2020년 35천톤/년의 수소가 부족할 것으로 예상된다.

Case 2~Case 4는 국내 수소 연료전지 보급 목표에 따라 원자력 수소의 점유율을 가정하고 지역적인 사항을 고려하여 에너지 부분 사용량을 예측하였다.

Case 2의 경우 2020년 원자력 수소 플랜트가 건설되고 현재의 원자력 발전소 인근 광역시의 FCV에 100 %공급하는 것을 가정하였다. 고리, 월성, 영광 원자력 발전소 인근 광역시인 부산, 울산, 광주 지역에 보급되는 FCV 100 %를 모두 원

Table 9 Required amount of nuclear hydrogen by case study (Unit : 10³ × ton/yr)

Case	년도	2012	2020	2030	2040
		1. 기존 Infra (SK수소 부족분)	9.9	35	-
2. FCV 공급	부산 (6.3 %)		40.5	107.4	260.3
	울산 (2.4 %)		15.4	40.9	99.2
	광주 (2.8 %)		18.0	47.7	115.7
3. FCV 원자력 수소 점유율 기준		-	128	511	1,653
4. 총 에너지 점유율 기준		-	12.9	165	1,131

* ()안은 현재 자동차 점유율

Table 10. Capacity of nuclear hydrogen based on hydrogen demand

Case		2020년 (300 MW)	2030년 (600 MW)	2040년 (600 MW)
Case 1	월성	2기	1기	2기
	고리	-	2기	5기
Case 2	영광	-	1기	2기
Case 3		5기	9기	27기
Case 4		1기	3기	19기

* 용량은 thermal 기준

자력 수소로 충당한다고 가정하고 국내 FCV 점유율과 각 연도별 자동차 예상 등록대수를 예측하여 필요한 수소량을 계산하였으며 수소량 계산에 사용한 가정은 Table 8과 같다.

표에 나타난 바와 같이 연도별 FCV 보급대수에서 지역별 점유율을 적용하여 가동 예상되는 지역별 FCV 보급대수를 결정하고 FCV 한 대당 0.33 ton/yr의 수소 소요량⁶⁾을 가정하여 요구되는 수소량을 계산하였다. Case 2의 경우에서처럼 원자력 수소를 보급할 경우 전체 FCV의 12 %를 충당하는 양이다.

따라서 Case 3에서는 지역적인 사항을 고려하지 않고 연도별로 수송부분의 원자력 수소 점유율을 고려하여 필요 수소량을 계산하였으며,

Case 4는 수송부분을 포함하여 총 수소에너지 제조원으로써 원자력 수소 점유율을 가정하여 수소 필요량을 계산하였다. 계산된 수소 필요량은 Table 9에 나타내었다.

각 Case별로 계산된 원자력 수소 필요량을 기준으로 필요한 원자력 수소 플랜트 수를 산정하였다. Case 1과 Case 2를 동시에 고려하여 2020년에는 기존 수소 인프라가 갖추어져 있는 울산지역에만 공급한다고 가정하고 SK 정유 공장 수소 부족분과 울산지역 FCV 공급시 연간 50천톤의 수소가 요구된다. 원자력 수소 플랜트의 용량은 초기 건설시기인 2020년에는 300 MWth(30천톤/년 H₂)을 기준으로 2030년과 2040년에는 600 MWth(60천톤/년 H₂)을 기준으로 하였다. Table 10은 위의 각 Case 별 수소 필요량에 따라 원자력 수소 플랜트의 용량 및 그 수를 나타내었다. 보는 바와 같이 초기 건설시기인 2020년 case별로 300 MWth급 1 ~ 5기에 해당하는 원자력 수소 플랜트가 요구되며 기존의 수소 인프라를 이용한 원자력 수소의 공급을 가정할 경우 300 MWth급 2기 혹은 600 MWth급 1기에 해당되는 용량으로 산출되었다.

5 결 론

- 1) 국내외적으로 친환경적인 에너지 사용 경향과 환경규제로 인해 수소 소모량이 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 국내의 경우 대부분이 자가 생산 및 자가 소비 형태를 취하고 있다.
- 2) 국내 수소 소비는 정유 및 석유화학 산업에서 90 %이상을 차지하며, 2004년 779천톤/년 정도의 수소 소비가 2020년에는 1,160천톤/년으로 증가할 것으로 예상된다.
- 3) 2010년 이후에는 수소 연료전지 기술 개발과 함께 수소 및 발전 부분의 수소 사용량이 증가할 것이며, 2020년 전체 수소 소비량은 2,445천톤/년으로 늘어나고 기존 석유화학 사용량은 47 %, 수송용 및 발전용 수소가 각각 26 %, 10 %, 상업용 및 가정용이 각각 9 %, 8 %를 차지할 것으로 예상된다.
- 4) 원자력 수소의 안정적인 공급을 위해서는 기존의 수소 인프라가 형성되어 있는 석유 에너지

에 수소 첨가를 통한 친환경적인 제품 생산에 사용하는 간접적인 방식에서 수소 자동차 및 발전용에 공급하는 것과 같은 직접적인 방식으로의 점진적 전환이 요구된다.

- 5) 원자력 수소의 생산 시점인 2020년경 수소 수요 예측을 통해 원자력 수소의 공급안을 제시하였으며, 몇 가지 case study를 통해 지역적인 사항을 고려하여 제시한 case 2가 가장 현실적인 공급안으로 판단된다. 이 경우는 기존 인프라가 갖추어져 있는 울산지역의 수소공급을 가정하였을 경우이며, 2020년 50천톤/년의 수소수요가 예상되며, 300 MWth급 2기에 해당되는 용량으로 산출되었다.

후 기

본 논문은 과학기술부에서 시행한 “원자력 수소 생산기술 개발 및 실증사업”의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) PERP (Process Evaluation Research Planning) Report, "Hydrogen production in refineries", CHEM SYSTEMS, USA, 1993, pp. 34.
- 2) Edward. Gobina, "Hydrogen as a chemical constituent and as an energy source", Business Opportunity Report, Business Communication Companies Inc, USA, 2003, pp. 2-5.
- 3) 김봉진, 김종욱, 최상진, “국내 수소 생산, 소비 및 유통 현황”, 한국수소 및 신에너지학회 논문집, Vol.16, No. 4, 2005, pp. 391-399.
- 4) 심규성, 김종원, 김정덕, 황갑진, “국내 부생 수소 현황과 수소 유통 인프라”, 한국수소에너지학회 논문집, Vol. 13, No. 3, 2002, pp. 70-78.
- 5) 이락순, “국내 수소 시장 현황”, 우리나라의 수소경제 수요와 전망 워크숍, 원자력수소사업 추진단, 2003.
- 6) 수소 연료전지 사업단 기획 보고서, "수소경제 지행 국가 Vision 및 보급목표 달성을 위한 실행 방안, 산업자원부, 2004, pp. 27-34.