

# 기존 가스배관 활용에 의한 수소경제 시대의 준비

김우식, 김형식

한국가스공사 연구개발원

## Preparing the hydrogen economy by using the existing natural gas pipeline

Woosik Kim, Huyngsik Kim

R&D Center, KOGAS

### 1. 서론

수소는 미래의 중요한 에너지 운반체로 예상되고 있다. 그러나 완전한 수소경제에 도달하기까지는 상당한 기술적, 경제적, 산업적 과제가 남아 있어 이를 해결하는데 많은시일이 소요될 것이다. 이 과제들에는 수소에너지 시스템의 생산, 운반, 저장, 전환 및 최종이용방안들이 모두 관계되며, 이들 인자는 서로 밀접하게 연관되어 있다. 공급과 수요가 적절히 조화되어 수소에너지시장이 개발되는 방안을 구하는 것이 필요하다.

현재에는 수소경제로 넘어가는 과정의 초기단계로서 수소생산과 수소이용을 연결하는 효과적인 실질적 방안이 있어야 한다. 수소생산과 이용 사이의 거리는 몇 센티미터에서 수천 킬로미터까지 다양하게 분포할 수 있다. 또한 많은 경우에 배관을 통한 에너지 공급이 트럭에 의한 운반보다 효과적이고 안전하다. 이 안전과 경제성 때문에 배관은 수소생산설비와 소비자를 연결하는 중요역할을 할 수 있을 것으로 예상된다. 이러한 관점에서 기존 가스배관 시스템에서 천연가스에 수소를 소량(약 3%) 첨가하여 공급하는 방안이 주목할 필요가 있다. 본 논고에서는 이에 대한 국내외 연구동향과 그 필요성에 대해서 알아보았다.

### 2. 국내외 연구동향

#### 2.1 NATURALHY 프로젝트

NATURALHY 프로젝트는 배관으로 수소를 공급하기 위해 기존의 천연가스 네트워크를 사용하는데 주안점을 두고 있다. 기본 개념은 천연가스에 수소가스를 혼합하여 사용하는 것이 수소를 운송하는 가장 경제적이고 효율적인 방안이라는 것이다. 이는 수소에 대한 수요가 아직은 낮고 천연가스와 수소를 동시에 이용할 수 있다는 점에서 가능한 것이다. 이 프로젝트는 EU 지원으로 2004년 5월에 착수되어 5년 계획으로 시행되고 있다. NATURALHY 프로젝트 참여자들은 유럽 각국의 40여개 기관들인데 네덜란드의 Gasunie Research가 중심역할을 수행하고 있다.

NATURALHY 프로젝트는 사회경제적 파급효과와 전과정 분석, 안전, 내구성, 건전성, 최종수용가, 정책결정도구, 보급, 프로젝트관리 등 모두 8개의 실무그룹(work packages, WPs)으로 구성되어 있다. 수소가스는 천연가스와 물리적 특성이 다르기 때문에 천연가스에서는 고려되지 않았던 수소취성과 같은 문제가 수소가스에서는 제기될 수 있다. WP2-WP6는 기술적인 사항을 검토하고 있는데, 특히 WP3과 WP4 (durability, integrity)는 수소 인지가가능성, 결함크기영향 등과 같은 검사요건에 대한 검토를 수행하고 있다.

이 프로젝트에서 추구하는 궁극적인 목표는 프로젝트 종료 후 초기에 3% 정도의 수소를 혼합하여 공급하는 것을 시작으로 2025년에는 25% 수소를 기존의 천연가스 배관 시스템을 활용하여 혼합 공급하는 것이다. 최종수용가에서는 수소가 혼합된 천연가스를 그대로 사용하며, 수소충전소와 같이 순수한 수소가 필요한 곳에서는 분리막을 통해 수소만 추출하여 사용하는 것이다. 전체 개념도를 그림 1에 나타내었다.

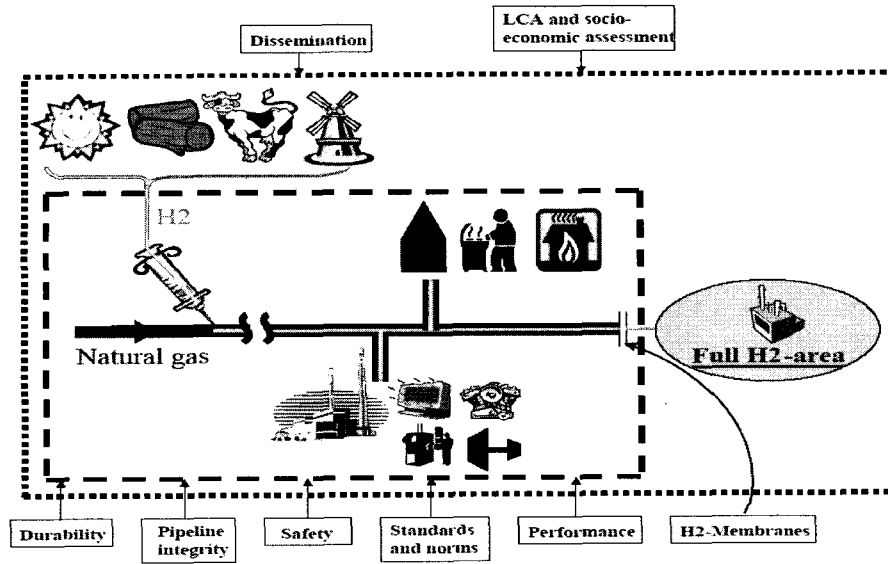


그림1. NATURALHY 프로젝트 개념도

## 2.2 VG2 프로젝트

VG2 (Vergroening van Gas: The Greening of Gas) 프로젝트는 NATURALHY 프로젝트의 개념과 방식을 네덜란드 단일국가에 적용가능성을 검토하는 프로젝트이다. 따라서 참여자들도 9개 네덜란드 국내 기관들이며 Delft University of Technology가 핵심역할을 수행하고 있다. 네덜란드는 L-Gas와 H-Gas라는 두 가지 천연가스 공급시스템을 보유하고 있다. L-Gas는 주로 가정용으로 약 20% 정도의 질소를 혼합하여 공급하고 있으며, H-Gas는 L-Gas보다 높은 열량의 천연가스로서 약간의 질소만을 포함하고 있다. 또한 H-Gas를 희석하여 L-Gas를 만드는 중간관리소들이 여러 곳에 있다. 수소가스에 의한 희석도 질소가스에 의한 희석과 같은 내용으로 고려될 수 있다.

VG2 프로젝트의 근본목적은 기존 네트워크의 활용이 새로운 네트워크 시스템을 구축하는 것보다 경제적이기 때문이다. VG2 프로젝트에서 천연가스와 수소가스의 혼합공급시스템에 대해 안전, 신뢰성, 연소특성, 수소취성과 같은 재료특성을 검토한다는 점에서 NATURALHY 프로젝트와 거의 유사하다.

## 2.3 미국 에너지부(DOE) 수소에너지 프로그램

미국 에너지부에서는 수소생산, 저장, 운송 인프라, 교육에 대해 장단기 프로그램을 진행하고 있다. 이 가운데 수소공급에 대해서 아래 6가지 항목을 과제로 선정하였다.

- 배관: 자본비용 감소, 안전, 신뢰성 및 내구성 보장
- 운반: 낮은 비용으로 수소운반이 가능한 운송수단 개발
- 압축: 기체수소 압축에 대한 신뢰성 증진, 비용감소, 에너지효율 향상
- 분석: 수소 도입기와 장기적인 관점에서 최적의 경제적 효율과 에너지 효율을 지닌 수소운반 인프라에 대한 최고의 조건을 규정
  - Off-Board 저장: 고체수소저장에 대한 비용절감과 제품개발
  - 액화: 수소액화의 비용절감과 에너지효율 향상

Suzuki 등은 DOE 보고서에서 수소와 천연가스의 혼합체에 대해 배관을 통한 공급이 트럭, 트레일러, 철도운반보다 경제적이라고 하였다. 또한 만일 천연가스에 첨가되는 수소의

비율이 30%보다 작다면 기존의 천연가스배관 시스템을 사용하는 것이 가능하다고 하였다. 아울러 새로운 배관시스템의 건설은 너무 많은 비용이 소요되기 때문에 주변기기, 센서, 제어시스템 등에서 비용절감을 위한 연구가 필요하며, 수소취성이나 누설감지문제에 대한 해결도 수행되어야 한다고 제안하였다.

2006년 12월 "Hydrogen Posture Plan"에 따르면 수소경제가 실현되는 단계를 지역공급(Localized) - 중앙공급(Centralized) - 수소전용배관 등의 순서로 분석하였는데, 이 가운데 중앙공급 개념에서 천연가스와 수소의 혼합공급방안이 검토되고 있다.

#### 2.4. 국내동향

현재 국내에서 천연가스 수증기개질 방법에 의한 수소생산 공정을 비롯하여 다양한 원료에 의한 수소제조방안은 많은 연구를 통해 확립된 기술이며, 가정용 연료전지, 운송용, 산업용 등의 수소이용분야도 연료전지 연구를 통해 활발히 수행되고 있는 상태이며, 효율적인 수소저장과 공급방안도 개발과정에 있다. 그러나 중간단계인 수소공급방안에서 배관을 통한 혼합공급에 대해서는 아직 체계적인 연구가 수행되지 못하고 있다.

천연가스 배관 시스템에 소량의 수소를 혼합공급하기 위해서는 다양한 연구가 필요하다. 혼합공급가스 혼합체는 기존 말단 수용가에서 직접 사용가능하며, 멤브레인을 통해 혼합체에서 수소를 추출하여 수소이용에 활용될 수 있어야 한다. 또한 기존 천연가스 시스템에서 천연가스에 수소를 첨가하면 순수한 천연가스와는 화학적, 물리적 특성이 달라진다. 연소특성에 대한 첨가수소의 영향은 가역화염, 가스누출, 효율, 수명, 안전 측면에서 검토되어야 하며, 수소가 배관재료에 미치는 영향도 검토, 검증되어야 한다. 또한 혼합가스에서 수소만을 분리하기 위한 저가형의 효율적인 멤브레인도 개발해야 하며, 경제 사회적으로 혼합공급에 대한 타당성 분석과 인식제고도 필요하다. 이들은 각각 별개 과제로 수행되는 것보다는 단일대형과제로서 종합하여 시행되는 것이 효과적이다. 기존 가스배관을 활용한 수소혼합공급방안에 대해서 국내여건을 감안한 경제적, 기술적 검토 및 연구가 국내에서도 체계적으로 수행되어야 한다.

### 3. 타당성 검토

가스배관을 통한 수소혼합공급은 우선 청정한 수소경제의 실현이 가능하다. 즉 아직 실질적인 수소경제에 이르기에는 수소수요가 매우 부족한 상황에서 대규모의 투자가 필요한데, 경제성 확보 측면에서 향후 30-50년간 혼합공급에 의존할 수밖에 없다. 또한 대기오염 및 온실가스 배출의 주요원인인 CO2를 저감할 수 있다. 이는 재생에너지(수력, 풍력, 태양력, 바이오 에너지 등)로부터 수소생산이 가능하며, 천연가스 개질 + CO2 격리(Sequestration)가 유일한 대안이다. 또한 CO2를 포집하기 위해서는 한 곳에서 수소를 대량 생산해야 만 하는데, 중앙플랜트에서 대량생산된 수소를 배관을 통해 공급하는 수소혼합 공급방안이 이에 적합하다. 즉, 규모의 경제 측면에서 대형 수소제조 플랜트 건설이 유리하다.

가장 중요한 인자인 천연가스와 수소 혼합공급에 의한 CO2 저감은 일반 연소기기에서 혼합가스 연소와 수소가스를 사용하는 수소연료전지 자동차에서 모두 기대할 수 있다. 국제에너지기구 보고서에 의하면 혼합가스 연소에 의한 CO2 저감 비용은 수소 25%혼합 시 CO2 격리비용을 포함하여 네덜란드 32.7\$/ton CO2, 영국 39.7\$/ ton CO2, 프랑스 43.7\$/ ton CO2 등으로 제시되었는데, 각국의 설비/공급 현황에 따라 차이를 보이고 있다. 이는 CO2 저감을 위한 타방법과 비슷한 수준이며 장기공급을 가정하면 12-23\$/ ton CO2로 저렴하다.

즉, 수소를 생산하는 비용은 CO2를 저감하는 비용과 동일하거나 낮은 수준이며, 특히 수소가스사용기기(연료전지자동차)의 고효율 및 CO2 저감 효과까지 고려하면 천연가스/수소

혼합공급의 경제성은 이론적으로 확보가 가능하다.

미래 수소경제로 가는 초기 단계에 안전하고, 효율적이며, 폭 넓게 사용할 수 있고, 조정이 용이하며, 저렴한 수소공급 방안이 있다면 이에 따른 수소수요도 창출될 수 있을 것이다. 이 방안으로 기존에 매설되어 있는 천연가스배관을 활용할 수만 있다면 가스 산업체에도 큰 이익이 될 것이다.

#### 4. 요약

수소를 천연가스와 함께 작은 양(약 3%)을 혼합하여 공급하는 것은 수소도입 초기단계에서 해결방안이 될 수 있다. 재생에너지 영역이나 이산화탄소를 없앤 상태로 천연가스에서 얻은 수소를 천연가스에 다시 첨가하는 것은 연소가스의 에너지단위당 이산화탄소의 배출을 낮출 수 있다. 첨가되는 수소의 양은 가스공급 체계의 어떤 부분에서도 문제를 발생시키지 않는 상태로 결정되어야 한다. 국내에서도 이에 대한 체계적인 연구가 필요한 상태이다.

#### 5. 참고문헌

1. Onno Florisson and Isabelle Alliat, "The NATURALHY project: the first step of the determination of the existing natural gas network for hydrogen delivery", Forum Hydrogen Pipeline Transmission of the International Pipeline Conference (2006)

2. T. Suzuki, S. Kawabata, T. Tomita, "Present status of hydrogen transport systems utilizing existing natural gas supply infrastructures in Europe and the USA", October, IEEJ, 2005

3. <http://www.gasunieresearch.nl/eng/news/Naturalhy%20project.htm>

4. <http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/mypp/pdfs/delivery.pdf>

5. <http://www.h2.re.kr>

6. <http://www.h2fc.or.kr>