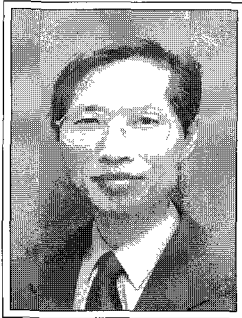




# 원자력을 이용한 수소 에너지 생산

박윤재

한국원자력연구소 원자력교육원 전문교육팀 교수



## 배경

국제 유가가 배럴당 30달러를 넘었다고 아우성치던 것이 불과 서너달 전인데 이제 50달러대에서 내려올 기미를 보이지 않고 있다. 유가 50달러대의 뉴스가 연일 보도되어 이제 어느 정도 둔감해진 시점이지만 그로 인한 경제적 후폭풍을 어떻게 감당할 수 있을지 걱정이 앞선다.

우리 나라는 에너지 빈국으로 사용 에너지의 97%를 외국에서 수입

하면서도 에너지 소비량이 세계 10위이고 석유 소비량은 세계 6위이며 유가 1달러 상승시 경상 수지 흑자가 7억5000만불 감소하고 경제성장률은 0.1%가 감소하는 등 에너지 위기에 극히 취약한 구조를 가지고 있다.

산업의 발전과 인구 증가 등으로 에너지 수요가 지속적으로 증가하여 수십년 내에 화석 연료가 고갈될 전망이다. 전 세계적으로 에너지 수급에 대한 불안감이 고조되고 있다.

북미 등의 석유 고갈이 멀지 않았고 석유 매장량의 65%를 차지하는 중동 석유를 둘러싼 긴장이 고조되고 있어 석유 자원을 확보하기 위한 분쟁과 갈등이 심화되고 있다.

이미 석유를 둘러싼 강대국간의 경쟁이 가시화되어 미국이 중동이나 중앙아시아에 진출을 모색하는 등 에너지 자원 확보를 위한 전쟁 발생 가능성이 점점증하고 있다.

화석 연료 사용으로 대기중의 이

산화탄소 농도가 산업 혁명 이전에는 280ppm 정도였으나 2100년에는 산업 혁명 이전보다 2배 정도 증가될 전망이다. 대기 온도도 1990년 대비 2℃ 상승하고 해수면도 50cm 상승될 전망이다.

이에 따라 규제도 강화되어 1997년에는 교토의정서가 구체화되어 선진국은 온실 가스 배출량을 2008년부터 2012년 사이에 1990년 수준의 5.2%까지 감축하도록 요구하고 있다.

지금까지 살펴본 바와 같이 고유가 추세는 당분간 지속될 것으로 예측되고 화석 연료의 고갈이 멀지 않았으며 화석 연료의 사용에 대한 규제도 점점 강화되어 우리 나라도 에너지 확보 대책이 시급하다.

에너지 문제는 국가의 생존과 직결되고 대체 에너지 개발은 선택 사항이 아니고 필수 사항이다. 지금까지 대체 에너지 개발을 위하여 전 세계적으로 각고의 노력을 기울이

〈표 1〉 주요 에너지원의 가채년수

|      |     |      |      |
|------|-----|------|------|
| 에너지원 | 석유  | 천연가스 | 석탄   |
| 가채년수 | 40년 | 60년  | 204년 |

〈표 2〉 대륙별 석유 가채년수

|      |       |       |     |       |     |
|------|-------|-------|-----|-------|-----|
| 대륙   | 북미    | 아시아   | 유럽  | 아프리카  | 중동  |
| 가채년수 | 10.3년 | 13.7년 | 17년 | 27.3년 | 92년 |

고 있으나 가장 주목을 받고 있는 대체 에너지는 수소 에너지이므로 수소 에너지의 생산 및 활용 방안에 대해 고찰하고자 한다.

**수소의 생산 방법**

수소는 공기중에서 연소시 극소량의 질소산화물(NOx)을 제외하고는 공해 물질을 방출하지 않으며 기체나 액체 상태, 탄소 나노 튜브, 수소 저장 합금 등의 다양한 형태로 저장이 가능하고 일반 연료는 물론 자동차, 비행기, 연료 전지 등 거의 모든 분야에 이용할 수 있는 에너지 문제와 환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 유일한 대안이다.

수소의 생산 방법에는 물의 전기 분해법, 화석 연료의 개질, 생물학적 방법, 열화학적 방법 등 다양한 방법이 있다.

현재 공업용으로 사용되는 수소는 대부분 화석 연료의 개질법을 이용하여 생산하고 있고 나머지 극소량은 물의 전기 분해나 가성 소다 제조시 부산물로 생산되는 수소를 이용하고 있다.

**1. 태양 및 풍력 에너지 이용**

태양력 및 풍력으로 생산한 전력을 이용하여 물을 전기 분해하여 수소를 전기 분해하는 방법이다.

**2. 광촉매 이용**

물 + 햇빛 + 광촉매 = 수소라는 원리를 이용하여 수소를 생산하는 방법이다. 즉 광촉매를 물에 넣어 햇빛을 쬐면, 광촉매 안에서 전자들이 요동을 치면서 전기 에너지가 발생하는데 이때 생긴 전기 에너지가 물을 수소와 산소로 분해한다.

가장 널리 알려진 광촉매는 이산화티탄(TiO<sub>2</sub>)이며 지금 현재는 수소 분해 효율이 매우 낮다.

광촉매에 사용되는 햇빛은 태양광의 4%에 불과한 자외선인데 50~60%를 차지하는 풍부한 가시광선을 이용하려는 노력을 기울이고 있다.

일본 연구팀은 반도체인 인듐탄타레이트에 니켈을 섞은 광촉매 물질 0.5g을 250ml의 물에 넣은 다음 가시광선을 쬐어 1시간당 0.35cc의 수소를 얻어냈다. 포항공대 이재성 교수는 가시광선에서 이

런 성과는 큰 기술의 진전이라고 말했다.

이와 같이 효율이 높은 광촉매를 찾아내고 빛의 흡수 영역을 확대하여 수소 분해 효율을 높이기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

**3. 미생물의 이용**

시아노 박테리아, 퍼플 박테리아 등의 미생물은 태양 에너지 중 특정 파장의 빛을 흡수하여 물과 유기물로부터 수소를 발생한다. 즉 미생물의 광합성 작용에 의하여 수소를 발생하는 방법이다.

**4. 화석 연료의 증기개질법**

화석 연료를 열분해하여 수소를 생산하는 방법이다. 즉 LNG · LPG 등의 탄화수소를 800~1000℃인 고온의 수증기와 함께 니켈 촉매에서 반응시켜 수소를 생산하는 방법이다. 오늘날 사용되는 공업용 수소는 대부분 이 방법에 의해 생산된다.

**5. 열화학적 방법**

원자력을 이용한 수소 제조 방법이다. 고온가스냉각로나 초고온가스로에서 발생하는 열을 이용하여 화학적 방법으로 수소를 생산하는 방법인데 일본이나 중국에서는 이미 실험로를 건설하여 운전중인 사실상 입증된 기술이다.

**세계의 수소 에너지  
기술 개발 동향**

수소 에너지 기술 개발의 중요성을 국제 사회에서 인식하고 각국에서 정부와 공공 기관이 개발 자금을 부담하여 적극적으로 개발을 지원하고 있다.

**1. 미국**

1960년대에 이미 우주선의 연료로 수소를 사용하였다. 부시 대통령이 2003년 국정 연설에서 수소 에너지 개발에 향후 5년 동안 17억 달러를 투자할 것을 약속하였다.

2020년까지 연료 전지 자동차를 상용화하고 2040년까지 모든 자동차의 연료를 수소로 대체할 계획으로 활발하게 연구 개발을 추진하고 있다.

**2. 일본**

일본 정부는 1998년 뉴 선샤인 프로그램을 시작하였다. 이 프로그램에 수소 에너지 연구 개발 계획인 WE-NET(World Energy Network)가 포함되어 WE-NET를 중심으로 수소 관련 국책 사업을 수행하고 있다.

1993년부터 2020년까지 25억 달러를 투자할 계획이며 앞으로 3년 이내에 자동차 및 가정용 연료 전지를 실용화하고 2010년부터 수소 시장을 상업화할 야심찬 계획을

**<표 3> 수소 제조 방법별 제조 단가**

| 제조 방법           | 제조 단가     |
|-----------------|-----------|
| 물의 전기 분해        | 20~24불/GJ |
| 태양력             | 40불/GJ    |
| 풍력              | 20/GJ     |
| 원자력 열화학법        | 10~12불/GJ |
| 원자력 천연 가스 증기개질법 | 5~7불/GJ   |
| 천연 가스 증기개질법     | 6~8불/GJ   |

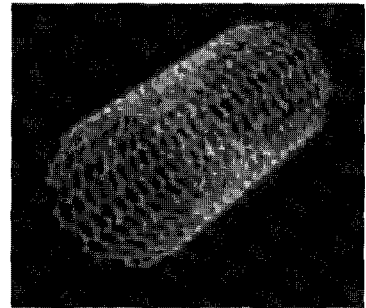
주) 우리 정부에서는 원유가가 배럴당 33달러를 초과시 원자력을 이용한 수소 제조가 경제성이 있다고 판단함.

가지고 있다.

**3. 우리 나라**

우리 나라는 1970년대부터 기초 연구를 시작하였다. 2000년부터 고효율 수소제조사업단이 발족되어 수소 생산 기술 개발에 착수하였다.

올해부터 2016년까지 약 3조원의 예산을 수소 에너지 개발에 투입할 예정이며 과학기술부는 금년부터 2019년까지 총9861억원을 투입하여 초고온가스로를 개발하여 2020년부터 연간 330만톤의 수소를 생산할 계획이다.



**<그림 1> 탄소 나노 튜브**

로 비용이 증대되는 문제점이 있다.

**1. 수소 저장 합금**

1960년대에 네덜란드의 필립사가 개발한 란탄-니켈계 합금이 최초의 수소 저장 합금이다. 수소 저장 합금이란 수소와 화학적으로 반응시켜 금속의 표면에 수소를 흡착시킨 합금이다.

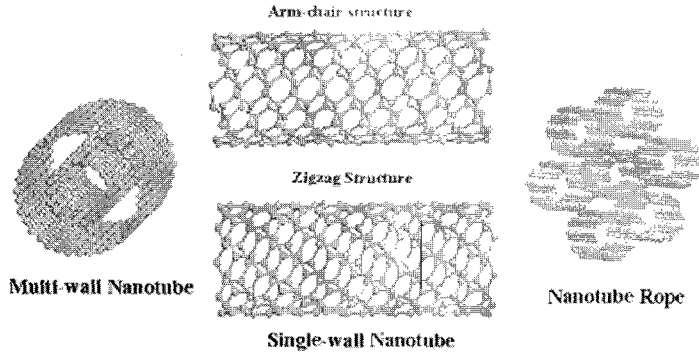
온도를 낮추거나 압력을 높여주면 수소를 흡수하고 온도를 올려주거나 압력을 낮춰주면 수소를 방출한다.

100g의 합금을 380℃, 3기압 이상의 수소 가스에 접촉시키면 수소 가스를 80리터나 흡수하고 이 온도

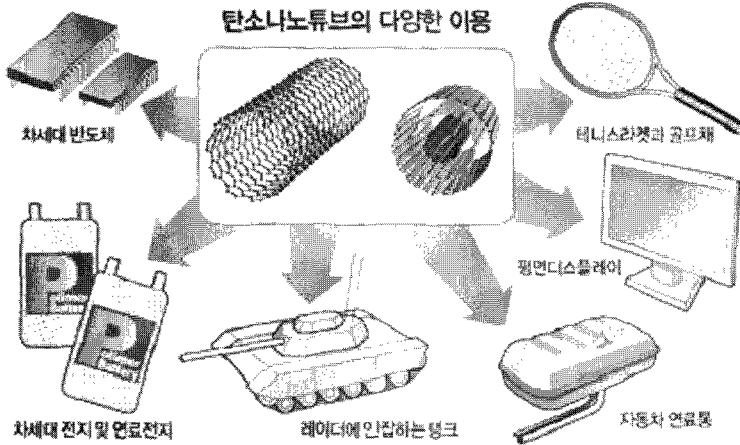
**수소의 저장 기술**

현재 공업용으로 사용되는 수소는 기체 상태로 가압하여 탱크나 봄베에 넣어 저장한다. 150~200kg/cm<sup>2</sup>의 고압으로 저장하기 때문에 안전성 문제가 있다

상압의 수소를 -253℃의 극저온으로 냉각시키면 체적을 1/800로 축소시킬수있다. 수소 1kg 액화시 10~14kw의 전력을 사용해야 하므



〈그림 2〉 탄소 나노 튜브의 종류



〈그림 3〉 탄소 나노 튜브의 다양한 이용

를 그대로 유지하면 언제까지도 저장 가능하다. 필요시에 온도를 올리거나 압력을 낮추면 다시 수소를 방출한다. 이 방법을 수소 엔진의 연료 탱크에 사용하기 위해 연구중에 있다.

## 2. 탄소 나노 튜브

탄소 나노 튜브는 1991년 일본의 이지마 박사가 최초로 발견하였다.

6개의 탄소 원자가 결합하여 6각형의 벌집 모양을 형성하는 속이 빈 튜브의 형상이다.

튜브의 직경은 수~수십 나노미터(1Nm=10억분의 1m)이며 가볍고, 전기 전도도가 좋고, 강도는 철강의 100배나 된다.

말린 형상에 따라 전기적 도체(Armchair 구조)가 되기도 하고 반도체(ZigZag 구조)가 되기도 하

며 단벽, 다중벽, 다발형으로도 분류된다.

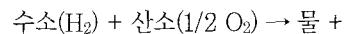
튜브의 직경에 따라 수십 wt% 이상의 수소 저장 가능하고 수소 저장 합금보다 저장 능력이 월등히 뛰어나며 기존의 저장 방법에 비해 안전하고, 가벼우며, 저장 비용이 적다.

탄소 나노 튜브를 2차 전지 및 연료 전지에 사용하면 수소 저장 합금보다 무게를 줄일 수 있고 충전 효율을 크게 높일 수 있다.

꿈의 소재로 각광 받는 탄소 나노 튜브가 이제 연구실을 넘어 실생활에 널리 이용되고 있다. 탄소 나노 튜브 테니스 라켓은 가볍고, 견고하며, 탄성도 뛰어나 강한 스매싱이 가능하고 골프채, 스키 보드에도 사용될 전망이다. 전투기에 탄소 나노 튜브 페인트를 바르면 레이더를 피할 수 있는 전투기를 제작할 수 있고, 미군은 2년 전부터 탄소 나노 튜브를 이용하여 5~7인치 소형 디스플레이를 제작하고 있다.

## 연료 전지

연료 전지는 연소 과정 없이 화학적 에너지를 전기적 에너지로 변환시키는 설비이다. 즉 수소와 산소를 화학적으로 결합시켜 전기를 발생시키는데 물의 전기 분해의 역반응이다.





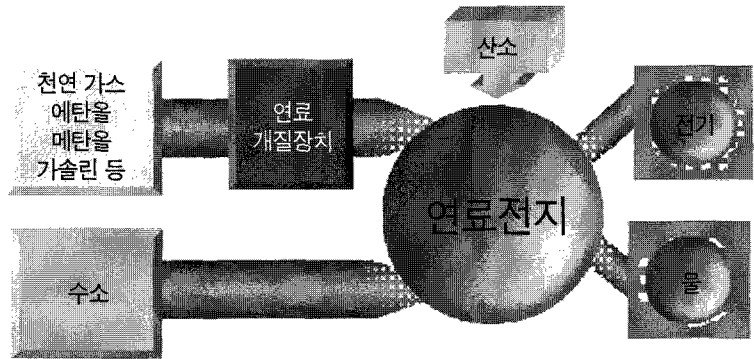
전기

이때 사용되는 산소는 공기중에서 얻고 수소는 외부에서 공급한다.

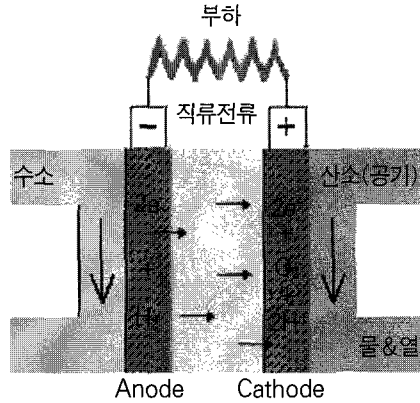
연료 전지의 특징을 살펴보면 소음이 거의 없으며 질소산화물, 황산화물 등의 공해 물질이 거의 발생되지 않아 친환경적이다. 단 화석 연료에서 수소를 추출시 이산화탄소 등이 발생한다.

화력 발전소의 효율이 35% 정도 이나 연료 전지의 효율은 50% 정도로 효율이 높다. 연료 전지 자동차는 가솔린 차량에 비해 3배 이상 효율이 높다.

석유·가스·전력 등의 에너지를 사용하는 분야이면 어디든 도입이 가능하여 다양한 분야에 적용이 가능하다. 휴대폰, 노트북 PC·주택·자동차·항공기·우주선 등에 적용이 가능하다.



<그림 4> 연료 전지를 이용한 수소 발생의 원리



<그림 5> 연료 전지의 기본 개념

1. 연료 전지의 기본 개념

수소는 연료극(Anode)으로 공급되고 산소는 공기극(Cathode)으로 공급된다. 연료극에 공급된 수소는 전극 촉매에서 수소 이온(H+)과 전자(e-)로 분리되고 수소 이온은 전해질을 통과하여 공기극으로 이동한다.

전자는 외부 도선을 통해 공기극으로 이동하여 공기극에서 산소와 만나 물을 생성하고 열도 발생하는데 이때 전자의 흐름에 의해 직류 전류가 발생된다.

2. 연료 전지의 종류<표 4>

3. 연료 전지의 개발 전망

최근 10년간 연료 전지에 관한 국내 특허 출원 현황을 보면 고분자 전해질이 258건으로 가장 많고 응용 탄산염이 77건, 고체 산화물형이 22건, 인산형이 11건, 알칼리형이 2건으로 고분자 전해질형에 가장 많은 관심을 보이고 있다.

가. 국내 연료 전지 개발 현황

미국·유럽 등 선진국에서 화석 연료 자동차의 배기 가스를 엄격히

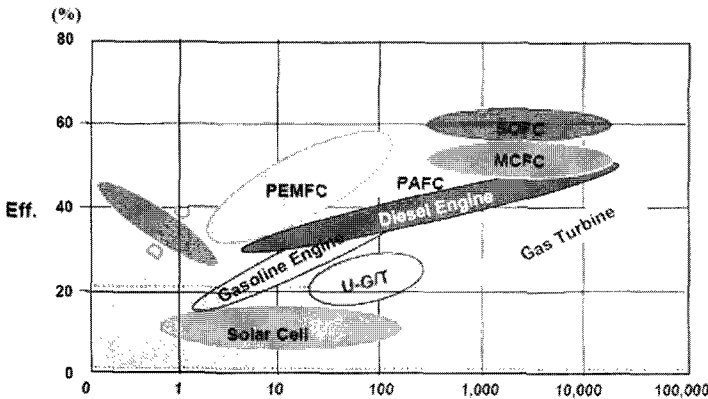
규제하여 무공해 자동차의 개발을 요구하고 있다.

특히 세계에서 가장 까다로운 배기 가스 규제를 하는 미국 캘리포니아주는 배기 가스 규제안을 확정했는데 이 규제에 따르면 2003년식 모델부터 캘리포니아주에 판매하는 차량의 10%를 무공해 자동차로 판매하도록 요구하고 있다. 이를 만족시키지 못하면 벌금을 내게 되고 기술력에서 2류 업체로 전락하게 될 것이다.

따라서 국내 업체들도 연료 전지

〈표 4〉 연료 전지의 종류

| 종류            | 전해질                                 | 촉매 | 운전 온도    | 특징  |
|---------------|-------------------------------------|----|----------|---|
| 고분자 전해질(PEFC) | 고체 고분자막 (Membrane)                  | 백금 | 25~100℃  | <ul style="list-style-type: none"> <li>상온에서 동작</li> <li>출력 밀도가 커서 소형화 가능</li> <li>전해질 유출이 없어 자동차용으로 가장 적합</li> </ul>                    |
| 인산형(PAFC)     | 인산(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) | 백금 | 150~200℃ | <ul style="list-style-type: none"> <li>효율이 40~50%</li> <li>발열 반응이므로 반응열 이용시 효율을 70~80%까지 올릴 수 있다.</li> </ul>                            |
| 용융 탄산염(MCFC)  | 용융 탄산염                              | 니켈 | 600~700℃ | <ul style="list-style-type: none"> <li>운전 온도 약 650℃</li> <li>이 열을 이용하여 화석 연료의 개질이 가능</li> <li>30% 이상의 비용 절감</li> </ul>                  |
| 고체 산화물(SOFC)  | 고체 산화물                              | 백금 | 100℃     | <ul style="list-style-type: none"> <li>효율이 가장 높다</li> <li>높은 운전 온도를 이용하여 화석 연료의 개질이 가능</li> <li>높은 온도에 견딜 수 있는 금속 재료 개발이 요구됨</li> </ul> |
| 알칼리형(AFC)     | 수산화칼륨                               | 백금 | 80~90℃   | <ul style="list-style-type: none"> <li>연료로 순수 수소를 사용</li> <li>산화제로 순수 산소를 사용</li> </ul>   |



〈그림 6〉 연료 전지의 효율

자동차 개발에 사활을 건 노력을 기울이고 있다. 특히 현대-기아 자동차는 미 에너지성에서 주관하는 연료 전지 자동차 시범 운행 사업 시행자로 선정되어 개발 비용의 50%를 지원 받아 앞으로 5년간 30여대를 생산하여 시범 운행할 계획이고 당장 금년 11월부터 미국에서 연료

전지 자동차를 시범 운행할 예정이다.

나. 세계의 연료 전지 자동차 개발 현황

연료 전지 자동차를 개발하지 않고는 자동차 업계에서 살아남을 수 없기 때문에 GM과 도요타 등 자동차 업계에서 선두를 달리는 업체들

이 앞다투어 수많은 인력과 자금이 이 분야에 투입하고 있다.

2005년부터 2010년 사이에 전 세계적으로 5~10만대의 연료 전지 자동차가 보급될 전망이고 2030년대에는 매년 5000만대 정도가 생산되어 세계 수요의 10%를 차지할 것으로 예측된다.

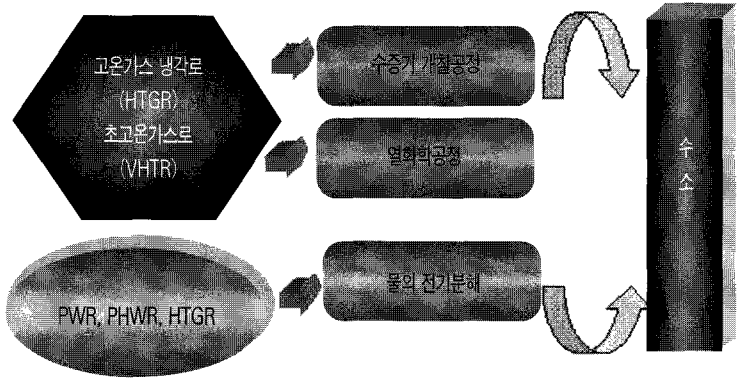
도요타는 2002년부터 연료 전지 자동차 개발을 시작하였으며 현재 최고 속도 153km/hr, 수소 1회 충전 주행 거리가 249km인 FCHV를 소량 시험 생산하고 있다.

혼다는 350기압의 수소를 1회 충전하여 350km를 주행하고 최고 속도 150km/hr인 FCX를 개발하여 2002년 7월 캘리포니아주에서 판매 인가를 받았다.

GM은 최고 속도 169km/hr, 수소 1회 충전 주행 거리가 249km인 하이와이어를 2002년 발표하였으

〈표 5〉 국내 연료 전지 개발 현황

| 연구 기관                 | 내용                   | 비고       |
|-----------------------|----------------------|----------|
| LG-Caltex 정유 에너지기술연구소 | 50KW급 인산형 연료 전지      | 1998년 개발 |
| 한국전력 삼성중공업            | 25KW급 고분자 전해질형 연료 전지 | 1998년 개발 |
| 현대자동차                 | 고분자 전해질형 연료 전지 개발    | 진행중      |



〈그림 7〉 원자력을 이용한 수소 생산 방법

며 2010년부터 일반인에게 시판할 계획이다.

을 전기 분해하여 수소를 생산할 수도 있다.

**원자력을 이용한 수소 생산**

원자력을 이용한 수소 생산 방법은 고온가스냉각로(HTGR : High temperature gas cooled reactor)나 초고온가스( VHTR : Very high temperature reactor)에 의하여 발생된 열을 이용하여 수증기 개질 공정이나 열화학 공정을 통해 수소를 생산하는 방법과 기존의 원자력발전소, 즉 가압경수로나 가압중수로 또는 고온가스냉각로에서 생산된 전력으로 물

**1. 고온가스냉각로**

감속재는 흑연이며, 냉각재로는 헬륨 가스를 사용하는 원자로이며, 냉각재 출구 온도는 700~950℃로 올릴 수 있다. 여기서는 고온열과 저온열을 모두 이용할 수 있고 전기도 생산할 수 있다.

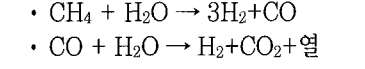
즉 고온열을 이용하여 화석 연료를 개질하거나 열화학적 방법에 의해 수소를 생산할 수 있고 나머지 열을 이용하여 전력 생산이나 공업 용에 사용할 수 있어 가압경수로 대비 2배 정도의 고효율을 달성할 수

있다.

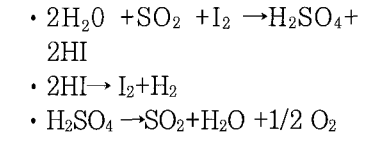
**가. 수소 생산 공정**

수소 생산 방법에는 천연 가스와 수증기의 반응을 이용한 수증기 개질법과 황산과 요드화수소를 이용한 열화학적 방법이 있다.

수증기 개질법은 천연 가스 중의 메탄을 고온의 수증기와 함께 니켈 촉매에서 반응시켜 수소를 생산하는 방법이다.



열화학적 방법은 I-S공정이라고도 하며 황산과 요드화수소를 사용하는 Iodine - Sulfur Cycle을 통하여 수소를 생산하는 방법인데 아직 실험실에서 연구 단계이다.



**나. 고온가스냉각로의 핵연료**

Triso 핵연료라고도 하며 연료핵(Kernel)이라고 하는 직경 수백 나노미터의  $UO_2$  미세구에 열분해탄소(PyC: Pyrolystic Carbon) 및 탄화 규소 등으로 코팅한 핵연료이다. 4중으로 피복한 핵연료이므로 방사능 누설이 극히 적으며 핵연료 재처리가 어렵다는 특징이 있다.

**다. 노형의 분류**

① Prismatic Core  
미국과 일본에서 개발한 원자로형이며 Block Type 핵연료를 벌집

〈표 6〉 고온가스냉각로의 종류

| 국명  | 원자로명     | 출력(MWt) | 현황                          | 비고                   |
|-----|----------|---------|-----------------------------|----------------------|
| 미국  | GT-MHR   | 600     | 2010년 입계 예정                 |                      |
|     | MPBR     | 250     | 연구 단계                       |                      |
| 일본  | HTTR     | 30      | • 1998년 첫 입계<br>• 2001년 전출력 | • 수소 생산 연구로<br>• 운전중 |
|     | HTTR 300 | 600     | 2008년까지 개발 예정               |                      |
| 중국  | HTR-10   | 10      | 2000년 첫 입계                  | 운전중                  |
| 남아공 | PBMR     | 302     | 연구 단계                       |                      |

모양으로 배열해 쌓아 올려서 노심을 구성한다.

냉각재로 사용하는 헬륨 가스를 40~60기압으로 가압하는데 입구 온도는 250~400℃이며 출구 온도는 750~950℃이다. 냉각재인 헬륨 가스를 증기발생기로 보내 증기를 발생시킨다.

② Pebble Bed 노심(자갈밭 노심)

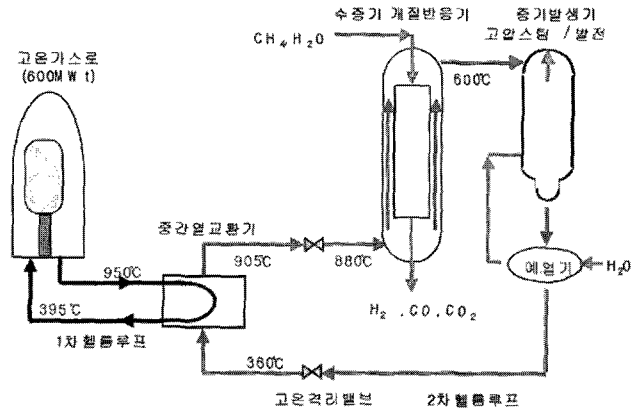
독일에서 개발하였으며 흑연재 원통에 구상 핵연료를 채워서 노심을 구성한다. 구상 핵연료의 직경은 6cm이며 구상 핵연료의 수는 10만~100만개이다.

구상 핵연료를 노심 상부에서 주입하며 연소된 핵연료를 노심 하부에서 꺼낸다. 이 원자로형의 특징은 핵연료의 교환을 위해 원자로를 정지할 필요가 없다는 점이다.

라. 고온가스냉각로의 안정성

노심은 중성자 감속재인 흑연과 고밀도 탄소와 탄화 규소로 피복한 4중 피복 핵연료로 구성되어 열충격에 강하고 안정성이 높다. 따라서 헬륨 가스 냉각재의 공급을 15분간 중단시켜도 노심이나 핵연료에 아무 이상이 없다.

경수로의 경우 원자로 냉각재 상실 사고(LOCA)시 2분 이내에 핵연료 피복관의 온도가 1650℃로 상승하여 피복관이 손상되는데, 고온가스냉각로의 경우 흑연이 열을 흡수하므로 1시간 이상 경과해야 피복재의 온도가 1650℃에 도달한다.



〈그림 8〉 고온가스냉각로의 구성도

흑연 노심에 손상을 주는 온도는 2200℃인데 냉각재 공급 중단 후 10시간이 경과해도 이 온도에 도달하지 않는다. 즉 고온가스냉각로는 안정성이 높고 안전 여유가 충분한 원자로이다.

2. 초고온가스

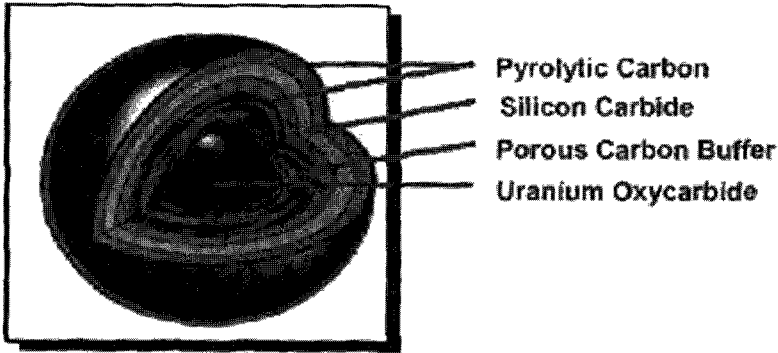
고온가스냉각로와 유사하지만 출구 온도가 1000℃이상으로 높다. 원리를 살펴보면 열교환기에서 물을 900℃ 정도로 가열하고 여기에

요오드와 황산을 첨가하면 물이 수소와 산소로 분해되며 이때 사용되는 요오드와 황산은 계속 재사용이 가능하다.

초고온가스의 구성도에 나타난 것처럼 이 설비에서 수소 생산은 가능하나 전력 생산은 불가능하므로 헬륨 가스를 이용하여 전력을 생산하기 위한 가스 터빈을 추가로 설치하여 전력을 생산하기 위한 연구도 진행되고 있다.

우리 나라도 미국·일본·프랑스





O.D.: 0.8 ~ 0.9 mm

〈그림 9〉 Triso 핵연료

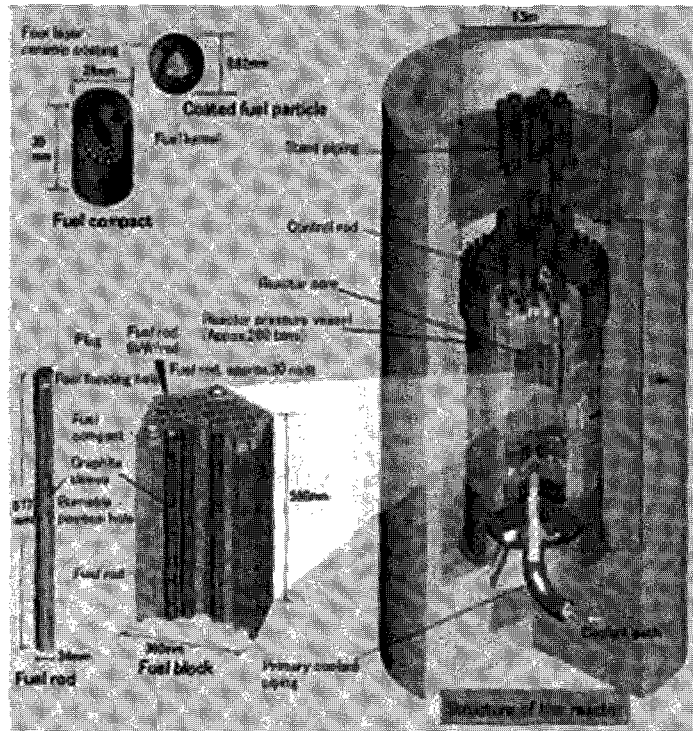
등과 함께 초고온가스로의 공동 개발에 참여하여 금년부터 2014년까지 6억7000만 달러의 연구비를 투입할 예정이며, 매년 560만~1120만 달러의 부담금을 지급할 계획이다.

**결론**

화석 연료의 시대가 지나고 새로운 에너지 시스템으로 전환이 이루어질 경우 수소 에너지의 생산 기술은 필연적으로 요구되는 기술이다.

앞에서 살펴본 바와 같이 수소는 연료로 사용할 경우에 연소시 극소량의 NOx 발생을 제외하고는 이산화탄소와 같은 온실 효과를 초래하는 유해 가스의 발생이 없을 뿐만 아니라 SOx, 분진 등의 대기 오염 물질의 방출이 없다.

또한 수소는 가스나 액체로서 쉽게 수송할 수 있으며 고압 가스, 액체수소, 수소 저장 합금, 탄소 나노

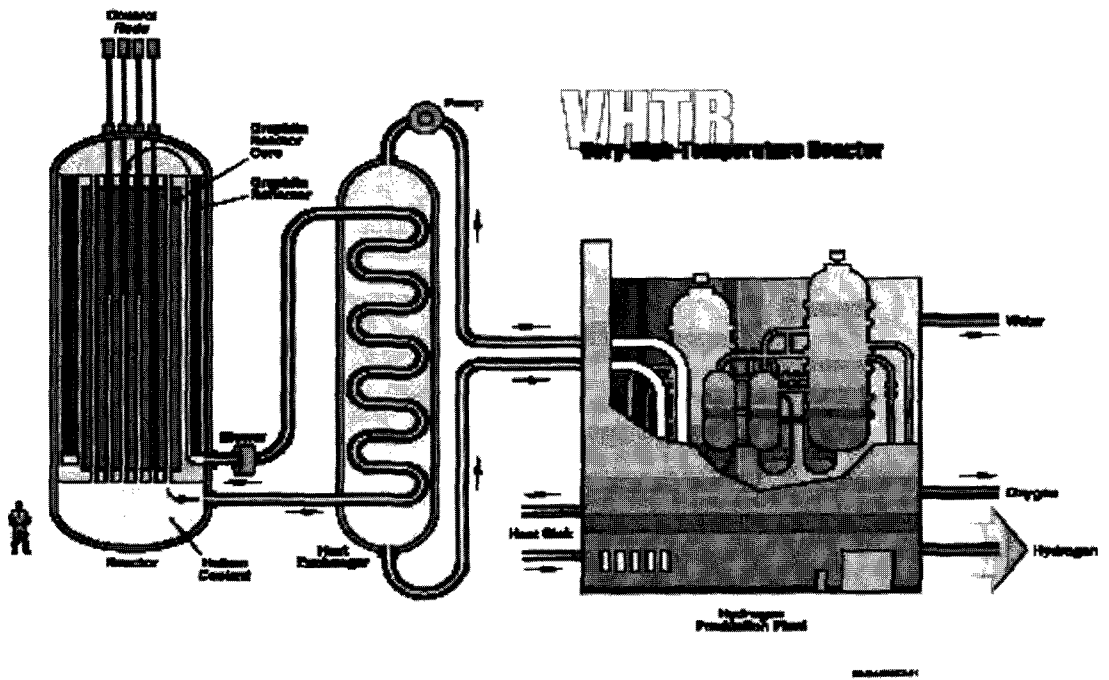


〈그림 10〉 Prismatic Core

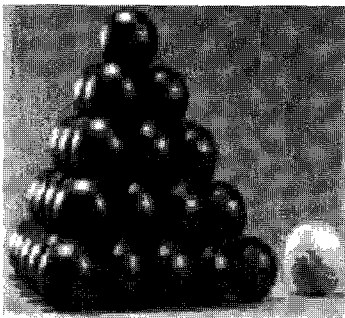
튜브 등의 다양한 형태로의 저장 이용이하고 일반 연료, 수소 자동차, 수소 비행기, 연료 전지 등 현재의 에너지시스템에서 사용되는 거의

모든 분야에 이용할 수 있다.

따라서 에너지 문제와 환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 유일한 대안은 수소 에너지 기술의 개발이다.



〈그림 12〉 초고온가스로의 구성도



〈그림 11〉 구상핵연료

수소 에너지가 미래의 에너지로 자리잡기 위해서는 많은 장애가 있다. 우선, 제조, 저장, 수송 및 이용 기술에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 한다.

두 번째, 우리 나라에 가장 적합한 분야에 집중해서 연구 및 투자가

이루어져야 한다. 현재 LNG를 이용하여 수소를 생산하고 있으나 미래에는 가격이 상승하여 경제성이 떨어질 것으로 예측된다.

반면 고온가스냉각로나 초고온가스로 등 원자력을 이용하여 수소 에너지를 생산하면 기존 경수로에 비해 2배 정도의 고효율을 유지하며 수소를 생산할 수 있기 때문에 원자력을 이용한 수소 에너지 기술 개발에 총력을 기울여야 한다.

원자력을 이용한 수소 에너지 기술 개발에 성공하면 전력을 생산하며 동시에 수소를 생산할 수 있으며 우리나라의 에너지 공급 체계를 에너지 수입국으로부터 에너지 수출

국으로 전환시킬 수 있는 계기를 마련할 수 있을 것이다.

마지막으로 정부의 지속적인 지원이 있어야 한다. 우리 정부에서는 원자력을 이용한 수소 에너지 기술 개발의 중요성을 인식하고 금년부터 2019년까지 9861억원을 투입하여 초고온가스를 개발하려는 계획을 가지고 있어 다행스럽게 생각한다.

수소 에너지 기술 개발은 국가의 생존과 직결된 중차대한 사업임을 인식하고 정부와 관련 연구 기관이 협조 체제를 구축하여 일관성 있게 추진하여야 할 것으로 사료된다.

☞