



특집

미래의 청정에너지 수소에너지

수소에너지는 친환경에너지이며 미래 대체에너지로 많은 연구들이 활성화 되고있다. 선진 몇몇 나라들은 이미 상용화 단계까지 마친 상태이며 가격조정과 같은 현실적인 대안을 준비하고 있다. 우리에게 아직 친숙하지 않은 단어이지만 그 가능성과 응용분야에 대해 설명하고자 한다.

◆ 수소란?

수소는 가장 단순한 요소이며, 지구표면에 가장 많은 양을 차지하고 있는 요소이기도 하다. 수소 원자는 1개의 양성자와 1개의 전자로 이루어져 있으며 지구상에서 가장 풍부한 요소이다. 그 간단함과 풍부함에도 불구하고 수소는 자연스럽게 가스로 생성되지 않고, 다른 요소와 결합을 한다. 주로 물과 유기적인 혼합물(H₂O)에서 발견된다.

또한 수소는 현재 우리가 사용하는 연료 대부분인 가솔린 천연가스 메타놀과 프로판 같은 것을 구성하는 “탄화수소”의 유기적인 혼합물로 발견된다. 그리고 연료로 태워지거나 전기로 바뀔

때, 산소와 결합하여 물을 이루게 된다.

수소는 여러 가지 화석연료(석탄, 석유, 천연가스)와 다양한 화학적 매개물(암모니아, 메탄올)과 생물자원, 생물가스와 쓰레기등과 같은 여러 종류의 물질로부터 생산된다. 또한 전기 분해에 의해 생산될 수 있으며 전기는 수소와 산소를 분리해내기 위해 사용한다.

◆ 수소에너지의 특징

수소에너지는 미래의 청정에너지원의 가운데 하나로서, 수소가 미래의 궁극적인 대체 에너지원 또는 에너지매체로 꼽히고 있는 것은 현재의 화석연료나 원자력등이 따를 수 없는 장점을 갖



수소에너지의 장점

- 연료로 사용할 경우 연소시에도 극소량의 NO_x를 제외하고는 공해물질이 생기지 않는 청정에너지로, 직접 연소에 의한 연료로서 또는 연료전지 등의 연료로서 사용이 간편하다.
- 수소는 가스나 액체로서 쉽게 수송할 수 있으며, 고압가스, 액체수소, 금속수소화물 또는 수소흡장합금 등의 다양한 형태로 저장이 용이하다.
- 수소는 궁극적으로는 무한정인 물을 원료로 하여 제조할 수 있으며, 사용후에는 다시 물로 재순환이 이루어진다.
- 수소는 산업용의 기초 소재로부터 일반 연료, 수소자동차, 수소비행기, 연료전지 등 현재의 에너지 시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 이용될 수 있다.

고 있기 때문이다. 또한 수소는 연소시 극소량의 질소(NO_x)가 생성되는 것을 제외하고는 공해물질이 배출되지 않으며, 직접 연소를 위한 연료 또는 연료전지 등의 연료로 사용이 간편하다. 하지만 수소는 자연에서 발견될 때에는 물 또는 석유처럼 항상 다른 원소와 결합된 형태로 나타나기 때문에 에너지를 투입해 순수 수소형태로 바꾸어 주어야 한다.

수소에너지는 무한정인 물을 원료로 해 제조할 수 있으며 가스

나 액체로 쉽게 저장 수송할 수 있는 장점이 있다. 게다가 산업용 기초소재에서부터 일반연료, 자동차, 비행기, 연료전지 등 현재의 에너지시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 응용돼 미래의 에너지시스템에 가장 적합한 에너지원으로 평가, 인류 궁극의 연료로 지목되고 있다.

수소는 공기중의 산소와 결합하면서 1g당 28,680cal의 열을 발생시키고, 공기 중 연소시 온도는 2300℃까지 올라간다. 연소온도는 3000℃까지 올라가며 공기중에서 자연발화온도는 585℃로 메탄이나 프로판보다도 높다. 수소는 이렇듯 높은 에너지를 가지고 있으며, 순수한 수소를 태우는 엔진은 거의 오염도 일으키지 않는다.

수소에너지는 전기와 마찬가지로 에너지담체 또는 2차에너지로 구분된다. 전기에너지와의 다른점은 대량 저장이 용이하다는 것이며, 전기에너지도 배터리로 저장할 수 있으나 단위 무게당 에너지 저장량이 적다는 약점이 있다.

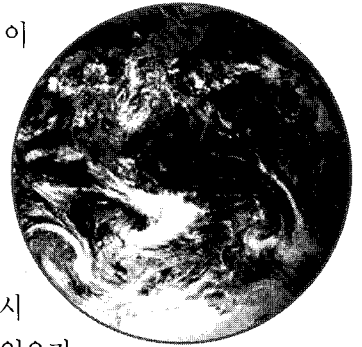
◆ 수소에너지 개발의 필요성

국가의 에너지 공급 정책은 에너지 수요와 환경보전 문제 뿐만 아니라 세계 시장에서의 경쟁력을 고려하여야 한다. 수소와 같은 국내 조달 가능에너지의 사용은 국가 경쟁력 및 에너지 안보에도 직결되는 시대가 도래될 것으로 예상된다.

또 지구 온난화 가속화로 앞으로 10년내에 온실가스를 배출하지 않는 에너지

원의 사용 요구가 거세질 것으로 예상되는데, 이에 대한 해결책은 국내에서 공급 가능한 깨끗하고도 재생 가능한 에너지 자원을 찾는 일이며, 수소가 하나의 해답이다.

수소는 분산전원용 연료전지에 공급하여 전기를 생산하면 첨두 부하비용을 줄일 수 있고, 저장매체로서 재생에너지의 사용을 촉진시킬 수 있다. 특히 수소는 사용시 대기 오염을 일으키지 않으며, 수소 제조시에 이산화탄소의 배출을 최소화하거나 회수할 수 있는 청정 에너지원이다.



◆ 수소에너지 개발 시작

1973년 말의 석유 위기 이래 각국에서 대체연료에 대한 연구가 활성화되면서 활발히 전개되고 있는 탈 석유기술 개발에는 수소에너지 개발도 포함되었다. 특히 최근에는 환경보호에 기여할 수 있는 청정연료라는 점에서 주목을 받고 있다.

현재 세계의 수소 소비량은 수백 억^m에 달하지만 대부분 화학공업부문의 원료적인 것으로 쓰이며, 그 제조기술이 물을 원료로 해서 값싸게 대량생산할 단계에 아직 이르지 못하고 있어 열원으로서의 이용도는 아주 낮은 편이다. 따라서 각국은 제조기술 개발에 노력하고 있는데, 현재 연구되고 있는 주된

방법으로는 우선 원자력발전의 전력으로 물을 전기분해하는 방법이 있지만 효율이 나쁘고 핵연료를 쓴다는 난점이 있다.

이에 미국, 일본, 독일 등 선진 각국에서는 지난 70년대 말부터 수소의 제조, 저장, 이용 등 분야별 연구 개발에 힘을 쏟고 있다.

우리나라의 경우는 한국에너지기술연구소에서 차세대 대체에너지 기술개발사업의 하나로 수소에너지기술을 상용화 단계로 끌어올리기 위

수소의 연소와 폭발

수소는 연소하기 쉬운 기체이며, 공기 또는 산소와 혼합된 경우에는 넓은 농도 범위에서 가연성 혼합물을 만든다. 특히, 혼합 상태에서의 저장은 폭발위험을 안고 있는 것이다.

수소의 발화온도는 섭씨 571도 탄화수소보다는 높으나 발화에너지가 작아 정전기에 의해서도 발화되기 쉽다. 수소의 발화에너지는 수소농도에 따라 차이가 있기는 하지만 아세틸렌이나 에틸렌보다 2/3 또는 1/5 수준에 불과하다.

또한 최소 점화에너지가 작고, 소염 거리가 작아 취급에 주의를 기울여야 하는 위험성을 가지고 있다. 하지만, 공기보다 가볍고 확산이 빨라 밀폐된 공간만 아니면 누설되는 경우에도 폭발의 위험은 없다.



외국의 주요 연구동향

▷ 미국

- 1990년 '수소연구개발법안' 통과, 5년 계획으로 수소에너지 시대 대비한 요소기술 개발
- 1996년 '미래 수소법안' 통과, 수소의 생산, 저장, 이용 등에 관한 연구개발을 추진
- 1996~2001년까지 1억 6000만 달러 투자
- 2025년까지 전체에너지의 10%를 공급, 원유 의존도를 50% 수준으로 낮출 계획

▷일본

- 1993~2020까지 28년간 24억\$ 투자계획, 현재 1단계를 마치고 2단계 연구개발 계획 실시

▷독일

- 개별적 프로젝트 도입 목적 뚜렷 : 뮌헨공항 차량 수소화 프로젝트 성공, 1998년부터 공항 내 수소자동차 운행 개시
- 1997년도 2,500만 DM ~ 3,100만 DM 투자

한 기초연구 강화에 힘을 쏟고 있다.

연구소의 경우 열화학법에 의한 수소제조 등 관련 기초연구를 수행한데 이어, 현재 고분자 전해질에 의한 물의 전기분해 기술, 고성능 니켈-하이드라이드(Ni-MH)전지용 전극활물질 소재개발과 관련한 연구를 진행중이다.

연구소는 2000년까지 수소의 제조 저장 수송 이용등에 관한 기반기술을 확보, 2005년까지 실용화 기술개발, 그리고 2010년까지는 상용화 기술개발을 마친다는 계획을 갖고 연구에 매진하고 있다.

우리의 수소에너지 기술개발 수준은 선진국의 20%선에 머물고 있지만 선진국 역시 아직은 개발초기 단계인 만큼 앞으로 투자가 뒤따른다면 빠른 시일내에 기술격차를 줄일 수 있게 될것으로 판단된다.

한국에너지기술연구소는 국내 유일한 에너지 관련 전문연구기관으로서, 지속적으로 수소에너지 관련 연구를 수행하고 있으며, 열화학법에 의한 수소제조기술, PV시스템을 이용한 수소제조기술, SPE에 의한 수소제조기술, 저가의 청정연료 제조기술, 금속수소화물을 이용한 열수송 기술의 등의 연구가 수행되었거나 진행중에 있다.

◆ 수소에너지 나아갈 방향 - 수소에너지기술의 개발

수소가 우리 주변에 무한한 물과 공기 중에 있고 수소를 산화시켜 얻을 수 있는

수소의 저장

현재 수소는 압축된 가스 또는 극저온의 상태의 액체로서 탱크에 보관되며, 탱크는 트럭으로 수송이 가능하고, 압축 가스는 가스관을 통해 50마일 미만의 거리는 이동이 가능하다. 수소를 고체상태로 보관하는 것이 보다 안전하며 가스 또는 액체로 보관하는 것 보다 효율적 일 수 있다. 이러한 기술은 수소 저장 운반 차량에 중요한 요소로 작용한다.

지 이용을 위해서는 제조, 저장, 이용 등 각 분야에서 경제적 관점에서의 이점을 갖추어야 하므로 현재의 기술 단계로 볼 때, 기존 에너지 체계를 대신하기에는 다소 시일이 걸릴 것으로 보인다.

뿐만 아니라 선진국과 기술격차도 커 기존의 개발기술을 우선적으로 받아들이기도 어려운 형편이다. 따라서 각 분야의 요소기술을 파악하고, 현재의 연구단계를 평가하여 중점 개발분야를 선정하여 단계적으로 연구개발을 추진함으로써 산업체 전반의 기술개발 능력을 확충해야 한다.

연구개발 방법으로는 지금까지 개발된 기술들을 이용하여 수소의 제조, 저장 및 이용기술을 망라하는 각 분야의 세부기술에 대하여 검토하고, 이를 종합하는 수소에너지시스템을 구성하여 각 분야의 요소기술을 단계적으로 개발하는 것이 효율적인 기술개발 방법이라고 할 수 있다.

수소의 분리 방법

여러 종의 물질을 결합시키고 원자로의 열을 이용해서 여러 단계의 화학반응을 일으켜 최종적으로 물을 수소와 산소로 분리시키는 열화학사이클법이 연구되고 있지만 설비 투자가 많은 것이 단점이다.

또 다른 방법으로는 어떤 물질에 물을 작용시키고 태양빛을 쬐어 광화학반응을 일으키거나, 물 속의 반도체에 태양빛을 쬐어 물을 직접 분해하는 등 태양에너지의 이용방법도 연구되고 있다. 이 밖에 방사선을 써서 물의 분자를 분단하는 방법, 물을 원자로나 태양로에서 3,000℃의 고온으로 분해하는 방법, 고온의 수증기를 용융로 안에서 전기분해하는 방법 등도 있다.

에너지이고, 이용 후 다시 물로 재순환되는 에너지로 화석자원의 유한성과 환경적 측면을 고려할 때, 미래에너지로 각광받을 꿈의 에너지원이다.

하지만, 수소는 우리 주위의 자연상태에서 존재하는 형태로서는 열을 뽑아 낼 수가 없다. 수소에너

◆ 수소에너지의 이용

수소는 연료로 사용할 경우에 연소시 극소량의 NOx 발생을 제외하고는 공해물질이 생성되지 않으며, 직접 연소에 의한 연료로서 연료전지 등의 연료로서 사용이 간편하다.

또 고압가스, 액체수소, 금속수소화물 또는 수소흡장합금 등의 다양한 형태로 저장이 용이하고 가스나 액체로서 쉽게 수송할 수 있다. 뿐만 아니라, 무한정인 물을



원료로 제조할 수 있고, 사용후에는 다시 물로 재순환이 가능하다는 장점이 있다.

산업용의 기초 소재로부터 일반 연료, 수소자동차, 수소비행기, 연료전지 등 현재의 에너지 시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 이용될 수 있는 에너지 원으로 평가되고 있다.

수소 연료전지

수소를 연료화하는 장치, 즉 전기에너지나 열에너지로 바꿔주는 게 연료전지이다.

우주왕복선에서는 수소연료전지로 전기를 생산하고 부산물인 물을 승무원의 식수로 사용한다.

최근 논의되고 있는 수소에너지는 일산화탄소가 없는 순수 수소를 말하며 주된 사용방식은 연소가 아닌 연료전지이다. 최근에는 세계각국에서 엄청난 규모의 예산을 투입, 수소 연료전지 상용화에 나서고 있다.

수소 자동차

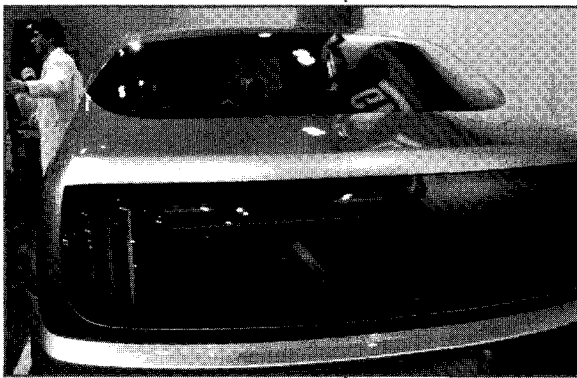
수소를 엔진에서 연소시키는 이 방식은 배기가스의 청정도가 높은 것으로 알려져있다. 아직 시험차 단계이긴 하지만 도로를 달릴 수 있을 정도로 실용성이나 안정성도 높아지고 있다.

연료인 수소도 물의 전기분해로 만드는 재생 가능한 에너지원이기 때문에 양이 풍부해 실용화의 기대를 모으고 있다. 지구 온난화의 주범으로 자리잡고 있는 탄화수소계 물질대신, 탄소원자를 포함하지 않는 수소에 관한 중요성이 나날이 고조되고 있다.

하지만 수소 연료 저장장치가 불안정해 당분간 소량의 수소와 연료전지가 결합된 상태로 운행될 것으로 보인다. 즉, 수소와 연료전지가 결합된 상태에서 수소저장 탱크만으로 운행되다가 물 자체분해 시스템을 갖춘 자동

차가 개발 될 것으로 전망된다.

저장방법과 안전성이 확보된 후에는 물로만으로도 움직이는자동차가 나올 것이다.



◆ 수소에너지의 전망

수소에너지 관련 기술들은 장차 화석연료의 시대가 지나고 새로운 에너지시스템으로의 전환이 이루어질 경우 필연적으로 요청되는 기술이다. 수소에너지 산업의 성장 잠재력은 무한하나 앞으로 얼마만큼 화석에너지 시대가 지속할 것인지에 따라, 지구의 환경공해의 심각성과 그 진전 정도에 따라 시급성이 결정될 문제이다.

특히 화석연료 사용에 따른 지구온난화를 비롯 최근 이어지는 고유가 행진 및 중동지역의 정치적 불안 등의 문제가 구체화되면서 대체에너지를 근간으로 하는 수소에너지 체계로 전환될 수 있다. 하지만 아직까지 화석연료의 가격이 수소에너지 얻어내는 방법 보다는 훨씬 저렴함으로 수소에너지의 이용은 쉽지 않을 것으로 예상된다.

앞으로 수소에너지 시스템 기술을 포함하는 각 분야의 요소기술 산업의 성장 전망은 상당히 밝은 것으로 평가되고 있다. 여러 나라에서 대체전원으로부터 수소를 제조, 저장하여 연료전지나 수소보일러, 수소자동차에의 이용, 적용연구를 수행하거나, 추진하고 있다. 이는 수소가 미래의 에너지시스템으로 중요하게 자리잡고 있음을 보여주는 것이다.

최근 여러 연구를 통해 수소에너지 기술이 실현 가능한 것으로 입증됐다. 앞으로의 과제는 이를 실용화를 위한 가격경쟁력을 갖추는 것이다. 앞으로 수소를 적용한 연료전지가 자동차뿐만 아니라 산업용 시설에 적용될 것으로 예상, 연료전지의 소재 및 부품을 국산화하는 원천기술 개발이 필요하다.

수소 관련기술은 기계, 금속, 화학, 화공 다방면으로 이용 범위가 매우 넓다. 투자시 인력, 시설을 확보하기는 어렵지 않으나, 장기간이 소요되는 기술분야로 체계적, 장기적 안목의 투자, 일관성 있는 정책이 필요하다.

수소를 얻는 방법

물을 전기분해를 하거나 휘발유 등 화석연료와 메탄 등을 통해서 얻을 수가 있는데, 현재 생산되는 산업용 수소의 90%는 화석연료에서 추출하고 있다.

전기분해하는 방법은 순도가 높아 질 좋은 수소를 얻을 수 있지만 생산단가가 높아 현재는 많은 양이 생산되고 있지 않지만 기술개발 등이 이뤄질 경우 상당량의 수소를 물에서 추출할 수 있을 것으로 예상된다.

