

수소에너지 시스템

Hydrogen Energy System

김 중 필*
Jong Pil Kim

1. 서 론

오늘날의 공업문명을 지탱하고 추진하는 원동력은 석탄, 석유를 비롯한 화석연료, 화석에너지이다. 특히 2차대전 이후 1950~1960년대에 중동을 중심으로 하는 신유전의 잇따른 발견과 채유기술의 진보는 값싼 석유의 대량공급이 가능해져 세계적으로 경제규모의 확대가 이루어졌고 그 결과 에너지소비 증대가 일층 가속되었다. 우리나라도 1962년 이래로 이와 같은 세계적 추세를 지레로 경제개발계획을 성공적으로 수행하여 고도의 경제성장을 이룩한 것은 주지의 사실이다.

석유를 비롯한 모든 화석연료의 기원을 거슬러 올라가면 먼 태고시대의 식물이 광합성작용으로 태양에너지를 고정, 축적한데서 유래된다는 것을 알 수 있으며 이 태양에너지의 변신이 오랜 세월에 걸쳐 지질층에 매장되어 온 바로 태양에너지의 귀중한 유산이며 한번 쓰면 소모되어 재생이 불가능한 지하자원이다. 따라서 오늘날과 같은 엄청난 템포로 에너지 소비가 증가하면 이 태고 때의 태양에너지의 유산이 차례로 탕진되어 결국은 자원의 고갈을 모면할 수 없게 될 것이다. 그뿐만 아니라 화석 에너지 소비과정에서 각종 공해가 격화되어 심각한 환경오염을 초래한다. 이리하여

오늘날의 석유문명은 자원과 환경의 양면에서 중대한 위기에 봉착해 있으며 석유문명의 기반자체가 흔들리고 있다고 해도 과언이 아니다.

이와같은 위기를 슬기롭게 극복해 나가자면 우선 단기적으로는 에너지의 낭비를 막고 에너지의 효율을 높여 에너지를 절감할 수 있는 기술을 연구개발하여 이를 적시적소에 활용하는데 주력하는 한편 장기적으로 보다 기본적인 대책으로는 자원적으로 고갈될 염려가 없고 공해를 발생하지 않는 갱신성에너지를 바탕으로 궁극적으로는 석유를 비롯한 화석에너지의 의존에서 벗어나는 새로운 에너지시스템을 개발하여 이를 우리사회, 우리생활에 정착시켜야 할 것이다.

이러한 관점에서 앞으로 우리 인류의 이상적 에너지로서 촉망되고 있는 것이 바로 수소에너지이다. 수소는 연소하면 산소와 화합해서 물이 됨으로 공해가 없고 이 지구상에 거의 무진장으로 존재하는 물을 분해해서 만들어진다.

수소에너지의 사상은 근본적으로 재생가능(renewable)이란 개념위에 서있다. 다시 말하면 물에서 만들어 이용하고 다시 물로 되돌아간다는 recycle하다는 개념이 기본인 것이다. 따라서 태양에너지 등을 이용해서 물을 분해하는 기술에 의하여 만들어진 연료가 수소에

* 정회원, 건설기술연구원, 설비연구실장

너지인 것이다.

인류의 문명을 20세기 가까이까지 오랜 세월에 걸쳐 지탱해온 화석연료의 연장상에 있으면서도 자원을 초월하고 벗어난 인공에너지가 바로 수소 연료인 것이다.

수소에너지의 특징은 아래와 같이 요약될 수 있다.

1) ecological 하다는 점

물에서 생성되어 다시 물로 되돌아가는 수소에너지는 원래 식물의 광합성기능의 일부에 의거한 것으로서 생태적으로 건전하기는 이 이상의 에너지가 없다.

2) energetic 하다는 점

모든 연료중에서 단위무게당의 칼로리는 월등하게 높고 또 단위 시간이 발생하는 에너지 즉 발생마력은 다른 어떤 연료도 미치지 못한다. 그러므로 로켓을 발사하는 연료로서 사용되고 있으며 장래의 초음속제트기나 초항공기 등등의 중추적 연료로 지목된다.

3) economical 하다는 점

현재의 경제는 석유경제라고도 일컫는다. 더욱 폭넓게 말한다면 화석연료의 경제이다. 따라서 석유위기가 닥쳐왔었으며 앞으로도 일어날 가능성이 있는 것이다. 자원은 편재되어 있고 그리고 인류는 국가군에 분리되어 존재한다. 자원에 크게 의존하고 있는 한 진정한 평화에 입각한 건전한 경제는 바랄 수가 없다. 수소로 석유를 치환한 경제시스템은 기술적으로는 가능하다. 자원을 탐욕스럽게 싼값으로 사들여 한때는 번영하더라도 머지않아 자손에게 그에 대한 계산서가 돌아오게 된다. 21세기를 하나의 이정표로 삼아 수소 경제의 시대를 지향해 나가야 할 것으로 믿는다.

한편 원자력발전의 추진은 폐기물 등의 방사능의 관리란 값비싼 외상의 계산서를 후세에 남기는 꼴이 되는 까닭에 석유대체의 에너지로서는 한계가 있음을 알 수 있으며, 자원적으로 재생가능한 에너지를 계속해서 사용하면 나감으로 말미암은 지표권의 오염(dust dome)의 공포, 오존층에 생기기 시작한 균열, 탄산가스의 온실효과, 지구를 침식하는 산성비등)

에는 한도가 있으므로 이면에서도 수소에너지를 지향은 어쩔 수 없게 되는 일이 아닐까?

본 논설에서는 수소에너지 시스템의 기초단계로서 아래와 같이 크게 수소의 성질, 에너지 변환과 수소, 수소를 사용하는 첨단기술, 3가지 항목으로 구분하여 서술하고자 한다.

2. 수소의 성질

일반 대중에게는 수소라는 말에서 받는 느낌으로서 가장 많기로는 “작고도 가벼운 분자”라는 것, 다음에 어느 연령층 이상의 사람들에게는 “수소폭탄”, 또 좀 노령인 사람들에게는 “폭발하기 쉬운 기체”라고 한다.

수소분자는 2개의 양자(proton)를 핵으로 하여 조성되어 있다. 이 두개의 핵은 스핀(spín, 자전하로서 생기는 자기능률)을 가지고 있는데 이 스핀의 방향이 서로 평행인 것과 반평행인 것과의 두가지 종류의 수소분자가 존재하게 되는 것이다.

그림 1 에는 이들 두 종류의 수소분자를 표시하고 있는데 스핀끼리가 평행인 것을 오르토(ortho), 반평행인 것을 파라(para)라는 접두어를 붙혀 두가지를 구별한다.

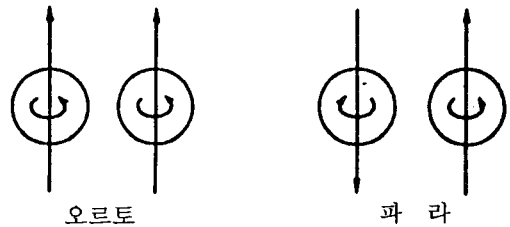


그림 1. 오르토수소와 파라수소(핵스핀이 평행인가 반평행인가로 결정된다)

오르토수소에 있어서는 두 개의 핵의 자기능률이 평행이므로 자기적인 상호작용으로 항상 보다 안정하고 에너지상태가 낮은 상태로 이행하려는 경향이 있다. 따라서 파라수소가 보다 안정하며 일반적으로 수소라고 하면 원칙적으로 파라수소를 지칭한다. 그러나 수소를 제조할 때에 고온으로 이뤄지는 것이 많아

열에너지 때문에 제조한 수소의 몇 할 가량은 오르토의 상태로 되어 있다.

수소는 영하 253°C(20 K)에서 액체가 되는데 만약 수송이나 저장을 액체로 할 때는 오르토수소가 파라수소로 자연히 변해가기 때문에 에너지(열)가 방출되고 그로 인하여 액체의 기화가 진척되어 액화저장의 능률이 나빠진다. 표 1은 파라수소에 관한 물성치의 일람표이다. 이표중의 특성에 관해서 특히 중요한 것에 한하여 응용적 견지에서 관찰해보고자 한다.

표 1. 수소성질의 일람표(수치는 파라수소에 관한 것임)

물 성	수 치
분 자 량	2.016
비점 (1 atm)	20.268 K
기체밀도(표준상태)	83.763g/m ³
액체밀도(표준비점)	0.0708g/cm ³
임계압력	12.8 atm
임계온도	33.19 K
임계점밀도	0.0314g/cm ³
증 발 열	445.59J/g
용 해 열	58.23J/g
승 화 열	507.39J/g
정압비열(표준상태)	14.89 J/g-K
비열비(표준상태)	1.383 (Cp/Cv)
정압비열(표준비점, 액체)	9.69J/g-K
3 중점압력	0.0695atm
3 중점온도	13.803 K
음속(표준상태)	1.294m/s
압축계수(표준상태)	1.0006
자동인화온도(표준상태)	858 K
공중의 연소속도(표준상태)	2.7m/s
화염의 온도	2.323 K
HHV (고칼로리치)	141.86kJ/g
LHV (저칼로리치)	119.93kJ/g
폭발한계(공기중)	18.3-65H ₂ Vol.%
폭발한계(산소중)	15-90H ₂ Vol.%
가연한계(공기중)	4-75H ₂ Vol.%
가연한계(산소중)	4-96H ₂ Vol.%
최소점화에너지(공기중)	0.02mJ

분자량은 모든 자연계에 존재하는 분자중에서 최소이다. 가장 단순한 분자이며 H로서는 은하계우주에서 가장 풍부하게 존재한다. H를 1.00 이라고 하면 He는 0.063, O는 0.0006, C는 0.0004, N는 0.00013이란 H에 비해서 동떨어지게 소량이다. 또 수소는 지표권에서 단독으로 자연에 존재하는 것은 드물어 대부분이 물로서 존재하고 그 다음은 화석연료나 바이오매스 속에 화합물로서 포함돼 있다.

비점은 20 K 가량이고 이 이하의 낮은 비점인 것은 헬륨뿐이다. 헬륨에 비해서 수소는 풍부하고 값이싸기 때문에 초전도체의 임계온도가 액체수소의 온도인 20 K 이상이 되면 전력시스템과 수소시스템의 고도의 협조가 가능해진다. 즉, 전력저장을 저항이 없는 초전도 코일로 하거나 송전을 줄손실이 없는 초전도 선(cable)을 이용하면 전력시스템의 고도화가 가능하다. 그러기 위한 냉각제(coolant)로서 액체수소를 사용하면 프로세스의 도중에서 기화한 수소를 전력의 일부를 써서 재액화할 수 있고 또 케이블에서 기화한 수소는 그대로 연료로서 터미널에서 꺼내서 이용할 수 있다. 특히 공기저항이 작은 성층권 혹은 전혀 저항이 없는 우주공간에서는 형상이 크더라도 가벼운 것이 본질적으로 중요하므로 수소는 최량의 연료인 것이다.

비열은 큰 값을 나타내며 표준상태에서 14.9 J/g·K 이므로 공기의 14 배 이상이 된다. 이것은 분자가 작고 그 열운동이 자유활발한 것이 원인이다. 이와같이 큰 비열때문에 큰 터빈발전기의 냉각은 수소기체를 사용하는 것이 가장 효과적이며 미국서는 1950 년이래 제작된 10 만kW 이상의 발전기에는 모두 수소냉각이 설비돼 있다.

에너지로서의 이용에 직접 필요한 물성치가 표 1 의 하부 10 줄에 기재되어 있다.

자동인화온도는 858 K, 섭씨로는 585 도이며 예상한 것보다 높은 편이다. 수소자동차를 디젤엔진으로 작동시킬 때에는 피스톤을 압축해서 고온으로 할 필요가 있는데 이 온도로 하자면 높은 기술이 필요하다. 한편 최소 점화에너지는 극히 작고 메탄가스의 15 분의 1

로 된다. 따라서 전기착화가 용이하다. 엔진의 경우는 반대로 이것이 너무 지나치게 용이하다는 면도 있는 것이다. 또 정전기가 석유제품의 범람과 더불어 그 마찰로 일어나기 쉽게 되어있어 우리들의 주변에 언제나 발생하는 상황이 되어 있는데 그 방전에 의한 수소착화의 안전면도 큰 과제인 것이다.

연소속도는 표준상태에서 매초 2.7m라는 빠른 속도이다. 그때문에 수소발생원 혹은 봄베 등의 저장원 등으로 수소의 발생속도, 분출속도가 충분하지 않으면 화염이 발생원이나 봄베속으로 역류해서 폭발할 때가 있다.

불꽃의 온도는 2323 K(2,050 °C)로 대단히 높다. 칼로리는 그다지 크지않다. 그러나 발생열은 온도가 높고 질이 좋은것을 방출한다.

또 수소의 불꽃으로 물질을 처리하면 환원염이라고 하여 불순물을 환원하여 정화하는 기능을 가지므로 석유나 천연가스와 같이 불꽃이 물질을 산화해서 오염하는 것과는 반대로 대단히 깨끗한 불꽃인 것이다. 이때문에 반도체 제조 등에 이용된다.

폭발한계와 가연한계가 모든 기체연료 중에서는 최고급의 넓은 범위이다. 이것은 수소의 용의 안전면에서 충분히 주의하지 않으면 안될 일이지만 현재는 수소센서(sensor, 감지기)의 극히 성능이 우수한 것이 시판되고 있으며 이들 센서와 자동화한 안전장치의 시스템이 수소에너지 시스템 보급면에 있어서의 관건이라고 할 수 있을 것이다.

3. 에너지 변환과 수소

물리나 화학의 현상에서 분류되는 에너지는 대별하면 5종류가 된다.

1) 역학에너지 : 운동하고 있는 물체나 상대적으로 높은 위치에 있는 물체 등이 일할 수 있는 능력을 갖는 것을 말한다.

2) 전기에너지 : 전자에너지라고도 하고 전류가 하는 일, 정전기나 자기가 할 수 있는 일의 능력을 지칭한다.

3) 화학에너지 : 연료 등 화학반응에 의하여

일을 방출할 수 있는 이치인데 이것은 연료가 화학에너지를 가지고 있기 때문이다. 수소는 가장 대표적인 화학에너지의 매체이다.

4) 광에너지 : 양자에너지라는 표현도 있으며 지표권에 부단히 내리 쪼이고 있는 큰 에너지원이다.

5) 열에너지 : 우주의 가장 낮은 온도는 영하 273 °C(0° K)정도인데 그 이상의 온도인 것은 반드시 이 최저온도에 이동하려고 하여 일을 하는 능력을 잠재적으로 갖고 있는 꼴이 된다. 2종류의 온도의 열원은 이와같이 해서 일을 할 수 있는 능력을 지니고 있으며 열에너지를 갖는다고 표현된다.

그런데 이들 5종의 에너지는 자연계에서도 시시각각으로 서로 변환되어 가고 있으며 표 2는 이들 에너지의 상관관계를 일람표로 나타낸 것이다.

수소가 화학에너지를 갖는 것은 명백하다. 또 열로 변하는 것은 알려져 있으며 금속수소화의 현상으로 가열에 의하여 금속수소화물에서 수소가 발생 방출될 때에는 압력을 갖는다는 것도 알려져 있다. 즉 역학에너지에도 관여한다. 또 전기분해, 물의 광분해 등을 통하여 전기에너지나 광에너지에도 깊은 관계를 갖는다.

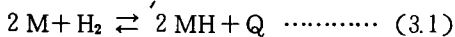
우선 표 2의 좌측 위의 것부터 그 변환에 관해서 수소가 큰 역할을 하는 현상이나 방책에 대해서 고찰하고자 한다.

역학에너지 → 화학에너지에 금속수소화라고 써 있다. 실은 5종의 에너지끼리의 변환중에서 역학에너지와 화학에너지의 변환이 가장 까다롭고 자연계에는 드물다.

그러나 이것을 수소를 매체로 하면 가능하다. 이는 그림 2에 표시돼 있다. 당초 금속 M와 수소가스 H₂ 넣은 용기를 나란히 놓고 이 두개의 용기사이의 밸브를 열어주면 수소는 M속으로 흡장된다. 이때 역학에너지로 압축기를 작동하여 수소가스의 압력을 높이면 그에 응하여 금속의 수소화물 MH_x의 수소화의 정도를 계량하는 x가 커지게 된다.

표 2. 에너지변환의 수단일람

변환후 \ 변환전	역학에너지	전기에너지	화학에너지	광에너지	열에너지
역학에너지	단일기계 유체변속기 프라이휠	발전기 마찰전기 압전기	기계화학역 효과 금속수소화	트리포루 미네스스	마찰 충돌 금속수소화
전기에너지	모터 리니어모터	컨버터 인버터 마이크로파 발전	전기분해 전기화학반 응	엘렉트로 루미네스스 방전레이저	줄(Joule) 펠티에(Peltier)열 마이크로파흡수
화학에너지	기계화학효과 폭발 초팽창 금속수소화	일차전지 이차전지 농도차발전	화학반응	화학루미네 스스 화학레이저	연소 희석열 금속수소화
광에너지	광압 광자로켓	광전효과 태양전지	광화학반응 광전극반응	형광 인광 메이저	광흡수 놀보르나젠
열에너지	열기관 대류 형상기억합금 금속수소화	제벡크효과 열전자방사 알카리금속 열전소자	열화학반응 증류 금속수소화	온도방사	히트펌프 히트파이프 금속수소화



이것은 M과 H와의 결합화학에너지량이 증가하여 결국 역학에너지가 화학에너지로 되어 저장되고 있는 것을 나타낸다.

식 3.1에서의 발열 Q는 반응열의 일종인데 이것은 표의 역학에너지 → 열에너지의 란에 기재돼 있는 금속수소화에 의한 에너지변환이다.

전기에너지 → 화학에너지의 란에는 전기분해가 있다. 이중에서 물을 전기분해하면 가장 이상적인 수소에너지생성이 된다. 이것의 역은 화학에너지 → 전기에너지의 란에 있는 2차전지의 일종인 연료전지인 것이다.

화학에너지 → 역학에너지의 란에도 금속수소화가 등장한다. 이것은 그림 2에서 압축기 대신 가압기를 가져와서 수소의 압력을 감소시키거나 진공으로 하면 금속수소화물 MHx

의 x가 점차 작아져 마침내 영이 된다. 즉 역학에너지로 화학에너지를 작게 하고있는 것이다.

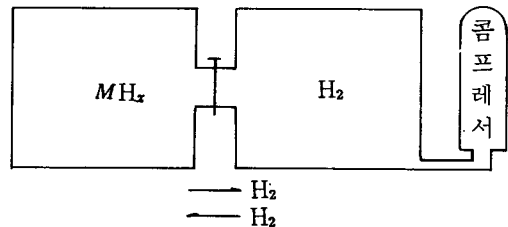
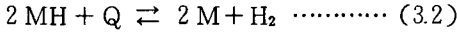


그림 2. 역학에너지와 화학에너지의 변환

광에너지 → 화학에너지의 란에는 광화학반응이나 광전극법 등을 들고 있다. 이 역반응 즉 화학에너지 → 광에너지의 변환을 예를 들어 광전극법의 역반응으로 가능한가 하는 질문도 있을 법하다. 물론 원리적으로는 가능

하지만 높은 광자밀도(밝은 빛)를 얻는 것은 어려운 것이다.

광에너지 → 역학에너지의 란의 금속수소화는 이 역의 란에서 설명한 것의 역의 현상이다. 즉 그림 2에서



라는 간단한 반응을 가정하면 금속수소화물에 열을 투입해서 수소를 발생시킬 때 이 수소의 압력으로 거꾸로 압축기 등을 구동할 수 있는 꼴이 된다. 이것은 로보트의 액류에이터나 저온의 발열이나 태양열을 사용한 발동기의 동력원에도 응용할 수 있다.

마지막으로 열에너지끼리의 변환의 란에도 금속수소화라고 기재돼 있다. 이것은 최근 갑자기 중요시돼 온 금속수소화를 사용한 히트펌프의 원리를 나타낸다. 이상 에너지 변환을 개관하므로써 수소가 차지하는 비중이 얼마나 큰가를 실감할 수 있다.

4. 수소를 사용하는 첨단기술

4.1 금속수소화사이클을 이용한 난방기기

금속의 수소화가 일어날 때의 반응열의 발생을 이용하여 난방기를 만들어 보고자 하는 시도는 이미 1975년경부터 있었으며, 초기 난방기의 아이디어는 그림 3에 나타나 있다.

이 그림에 대해서 우선 원리를 살펴보자.

공장의 배수, 가정의 온배수 혹은 태양열집열기로 비교적 낮은 온도의 온수밖에 얻을 수 없는 경우 등 이들의 저온의 열원을 우선 수소를 흡장한 상태의 합금 M₂에 넣어준다. 그러면 M₂ 속의 수소가 탈장, 방출된다.

이 수소가 제 2의 수소흡장합금 M₁에 흡장되도록 한다. 이것은 M₁과 M₂와의 수소흡장특성이 달라서 M₂는 저온에서만 수소를 대량으로 흡장하고 M₁은 반대로 고온에서만 수소를 많이 흡장하는 성질을 가지고 있는 까닭이다. M₁이 이와 같이 해서 M₂에서의 수소를 흡장하면 거기서 반응열이 발생하며 그 열로 물을 가열하여 고온으로 만들어 난방용 라

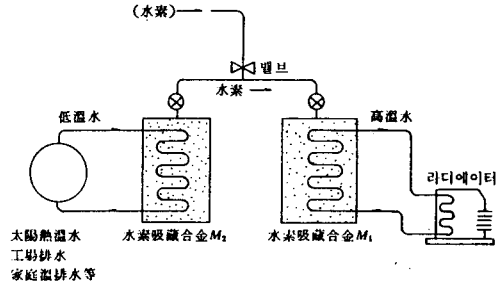


그림 3. 금속수소화사이클을 이용한 난방시스템

디에이터로 보내는 것이다.

이 시스템은 여름의 냉방은 필요치 않으나 겨울을 추위가 혹심하고 또한 공장 등에서 많은 공장배수가 외기온도보다 높은 온도로 얻어지지만 그대로는 공장 등의 난방에 쓸 수 없을 정도의 낮은 온도에 경우에 지극히 유효하다.

4.2 금속수소화사이클에 의한 열저장

무릇 열의 장기저장법은 인류의 탄생이래의 소원이었었다고 말할 수 있겠다. 듀어의 마법병의 발명이전에도 여러가지 시도가 있었지만 열을 그 온도를 내리지 않고서는 반나절 동안도 저장할 수 없었다. 듀어병을 사용해도 100℃의 더운물은 하루가 지나면 90℃로 식어버린다. 이것은 열역학에서 말하는 엔트로피증대의 원리에 의한 것이며 불가피하다.

그러나 그림 2에 표시한 바와 같은 금속수소화사이클을 고찰해보자. 열을 1년 또는 2년 동안에 걸쳐 장기간 저장할 수 있음을 알 수 있다. 즉 식(3.1)의 반응에 있어서 우선 지금 저장해두고자 하는 열 Q를 사용하여 금속수소화물의 어떤 용기에서 수소를 탈장하고 (식 3.1에서 우변에서 좌변으로의 반응) 이것을 다른 용기에 저장해 둔다.

그림 2에서 설명한다면 좌측과 우측의 용기에 M과 H₂를 각각 따로 수용해서 밸브를 닫아 두는 것이다. 금속도 수소도 물질이므로 용기속에 넣어두면 얼마든지 오랜 기간 저장할 수가 있다. 그리고 열이 필요해지면 밸브

를 열어 수소를 금속속으로 충전하여 열을 발생시킨다(식 3.1에서 좌측에서 우측으로의 반응).

4.3 슈퍼히트펌프

금속수소화사이클을 응용한 난방기기는 프론가스를 사용한 현재의 타이프에 대체되는 것은 시간문제라고 할 수 있는데 그 난방기기의 원리를 고찰해 두고자 한다.

여름에 더우면 물을 뿌리고 뿌려진 물이 증발할 때 증발열을 탈취하여 냉각하므로써 주위를 서늘하게 하는 것이다. 또 거꾸로 수증기가 액화할 때는 응고열을 방출하여 더워진다. 태풍이 불어올 때 젖은 공기로 인하여 기온이 상승하는 것의 원리이다.

이것이 프론가스라면 예를 들어 프론 21의 경우 영하 20℃에서 50℃에 해당하며 증발열이 각각 이들 온도에서 kg당 61kcal에서 51kcal가 되어 저온에서 액화응고시키면 열을 방출해서 난방용으로, 고온에서 증발기화시키면 열을 흡수하여 냉방용으로 된다. 이 기화, 액화의 온도를 전력을 사용하여 압축기 등을 작동시켜 조절하고 있는 것이다.

한편 금속수소화물의 경우도 원리적으로는 동일하지만 금속과 수소와의 화합물의 상의 전이를 사용하고 있으므로 물, 프론, 암모니아 등 단일유체의 상전이와는 달리 장점도 단점도 있다. 장점으로는 소음이 적고(원칙적으로 압축기는 불필요), 소형화(금속의 종류에 의함)하고 또한 에너지를 절약한다는 것이다.

그림 4에는 (a)와 (b)로 냉, 난방의 도안을 설명하고, (c)에는 슈퍼히트펌프의 원리를 그렸다. 우선 냉방은 실내가 고온, 실외가 저온이라고 가정한다. 실외가 저온이라고 하여도 여름에 30℃정도가 된다. 이 30℃가량의 열(그림에서는 외부 냉기로 표시돼 있음)로 M_2 라는 금속을 30℃가량으로 하면 M_2 의 특성으로서 M_1 의 합금내부의 수소를 흡수해 버린다. 그러면 M_1 의 합금은 냉각되므로 이 냉기를 냉방용으로 해서 작업실이나 거실을 냉방하는 것이다.

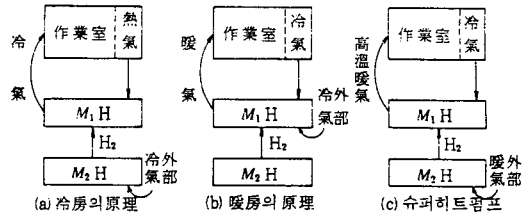


그림 4. 금속수소화사이클에 의한 공기조절장치와 슈퍼히트펌프의 원리도

그림 4 (b)는 실내외의 온도차만을 이용한 난방의 원리도이다. 외기는 예컨대 10℃가량이고 실내는 6℃가량이라고 한다. 10℃가량의 외기의 열에너지를 합금 M_1 에 넣어주면 M_1 의 성질로서 이것이 더욱더 많은 수소를 흡수하게 된다. 이 수소는 M_2 의 금속수소화물에서 흡수하는 것이다. 그러면 M_1 과 수소와의 반응으로 반응열이 방출되어 이것이 난방용이 된다.

마지막으로 외기와 실내의 온도를 지극히 크게 잡거나 혹은 영하 50℃라는 저온이 필요하거나 할때에 이것을 금속수소화사이클을 이용해서 얻을 수 없겠는가 하는 문제를 고찰해 보기로 한다. 이와같은 장치를 슈퍼히트펌프라고 한다.

그림의 (c)는 가장 간단한 슈퍼히트펌프의 원리이다. 폐열을 이용하여 금속수소화물 M_2 (정확하게는 M_2H)에서 수소를 방출케 하여 그 압력으로 강제로 M_1 에 충전해서 이때의 반응열로 한층 더 높은 고온으로 만든다. 냉방할 때에도 동일한 것을 하는데 다만 거꾸로 수소를 흡수하는 단계를 2단, 3단으로 거듭 되풀이해 나가는 것이다.

4.4 연료전지

연료전지는 요컨대 발전기이지만 운동부분이 없으며 또 고온의 열을 발생하지 않기 때문에 에너지변환(화학에너지 → 전기에너지)을 할때 엔트로피의 발생도 거의 없는 탁월한 발전법이다.

미국에서는 제미니나 아폴로 계획의 우주선 전원용으로 개발된 것을 계기로 스페이스 서

틀(space shuttle)에도 이용되어 Pratt & Whitney사 Life System사, United Technology사 등 다채로운 기업이 에너지성, NASA, 국립연구소(Argonne 등)와 협력하여 개발을 추진하고 있다.

연료전지의 난점은 촉매전극에 약간의 백금과 같은 고가인 귀금속이 꼭 필요하다는 점인데 이런 난점의 기술적 극복이 중요하다. 또 대량의 안정된 가격으로 수소가 공급될 수 있는 시스템의 확립도 불가결하다.

그림 5는 연료전지의 이용형태를 도표로 나타낸 것이며 장차 분산형 발전시스템으로써 가정의 전력공급용으로도 유효하게 사용될 전망이다.

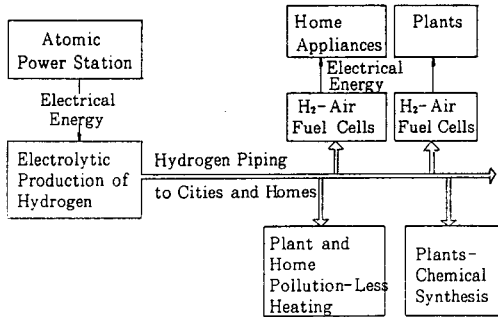


그림 5. 수소연료전지의 흐름도

5. 결 론

수소를 에너지 매체로 하여 시스템적으로 이용하기 위하여 다음과 같은 사항이 예상된다. 첫째로 물에서 수소를 만드는 방법인데 어떠한 에너지를 사용해야 하는냐 하는 문제이다. 화석연료나 원자력으로는 깨끗한 에너지

시스템이라는 본래의 목적에 어긋난다. 그래서 태양에너지를 이용하는 것이 원칙이라고 생각한다.

둘째로 수소의 수송과 저장의 방법인데, 파이프라인이나 고압용배와 같은 종래의 방법을 극복하는 혁신적인 금속수소화물법이 중요하다고 생각된다. 철·티탄합금, 란탄·니켈합금, 마그네슘·니켈합금 등은 합금체적의 1000배 가까운 수소를 흡장할 수 있는 특성을 가지고 있다.

셋째로 수소에너지가 석유에 대체되기 위해서는 에너지를 수소로 변경하므로써 석유로는 불가능했던 것이 가능해질 수 있는 이용법을 개발하는 일이다.

넷째로는 수소를 2차에너지로 사용함으로써 전력계통과의 협조체제가 확립되어 에너지원, 에너지매체, 에너지이용의 협조적이며 유기적인 시스템이 가능해질 것으로 생각된다. 전력이 남아돌 때는 물분해로 수소를 만들어 저축하고 전력이 부족할 때는 연료전지를 사용하여 전력으로 바꾼다.

참 고 문 헌

1. 김길환, "수소에너지", 21세기문화사, 1988.
2. J. O'M. BOCKRIS, "Energy options", Halsted Press and London: Taylor & Francis, 1980.
3. W. BALTHASAR, "Hydrogen Production and technology: today, tomorrow and beyond", Int. J. Hydrogen Energy Vol. 9, No. 8, pp. 649~668, 1984.