

## 금속 수소화물을 이용한 수소공급시스템

배 상철<sup>1)</sup>, 勝田 正文<sup>2)</sup>

### Hydrogen Supplying System using Metal Hydride

Sangchul Bae, Masafumi Katsuta

**Key words** : Carbon dioxide, Metal Hydride, PCT(Pressure-Concentration-Temperature), Effective thermal conductivity, Thermal diffusion equation

**Abstract** : To find out the optimum design of hydrogen storage and supply tank using Metal Hydride (briefly MH) and to make clear the performance characteristics under various conditions are our research purpose. In order to use the low-temperature exhaust heat, LaNi<sub>4.7</sub>Al<sub>0.3</sub> which operates under the low pressure of 1 MPa is chosen, and we measure the basic properties, namely density, specific heat, PCT(Pressure-Concentration-Temperature) characteristics, and effective thermal conductivity. Then, a numerical calculation model of hydrogen storage using MH alloy is suggested and this thermal diffusion equation of model is solved by the backward difference method. This calculation results are compared with the experimental results of the systems which installed 1 kg MH alloy and, it is found out that our calculation model can well predict the experimental results. By the experimental using MH alloy, it is recognized that the hydrogen flow rate can control by the step adjustment of brine temperature.

#### Nomenclature

$c$  : hydrogen concentration, kgH<sub>2</sub>/kgMH  
 $P$  : hydrogen pressure, MPa  
 $P_e$  : reaction equilibrium pressure, MPa  
 $T$  : temperature, K  
 $W$  : reaction heat, W/m<sup>3</sup>  
 $x$  : volume fraction  
 $\alpha$  : void fraction increment ratio, 1.46  
 $\lambda_e$  : effective thermal conductivity, W/mK  
 $\lambda_e^0$  : effective thermal conductivity of MH particle bed(copper wire 0 wt.%), W/mK  
 $\lambda_s$  : thermal conductivity of copper wire, W/mK

#### 1. 서론

근년, 지구온난화를 중심으로 한 환경문제와, 에너지 소비확대에 기인한 화석연료 고갈 및 가격상승이 전 세계적인 규모의 문제로서 우려되고 있다. 따라서 종래 사용되던 화석연료를 대체할 친환경적인 에너지원의 실용화 및 보급이 최우선 연구과제로 대두되고 있다.

친환경적인 대체 에너지원으로서 유망한 수소는, 그 저장과 운송을 위해 여러 가지 방법들이 제안되고 있다. 여러 수소저장방법의 비교에서 장거리운송이나 자동차 적재 저장방법으로서는, 용기에 대한 수소 중량 비율이 비교적 큰 액체 수소·압축 수소가 유력시 되고 있다. 한편, 분산형 고정식 수소 저장이나 액체 수소의 boil-off 수소 회수 방법으로는, 안전성과 콤팩트화 가능성의 관점에서 금속 수소화물(이하 MH합금)이 적합하다고 생각된다.

본 연구는 MH합금을 이용한 수소저장·공급용 이중관식 열교환기형 용기의 성능 특성을 명확히 함으로서, 고정식 수소 저장이나 boil off 수소 회수에 관한 MH합금이용시스템의 유효성 검정을 목적으로 한다.

1) 책임 저자의 소속(일본 사가대학)  
E-mail : bae@ioes.saga-u.ac.jp  
Tel : (81952)28-8879 Fax : (81952)28-8595  
2) 저자2의 소속(일본 와세다대학)  
E-mail : katsuta@waseda.jp  
Tel : (813)5286-3251 Fax : (813)3207-3746

먼저, 사용온도·압력조건에 맞는 MH합금을 선정해서, 기초 열물성치를 측정해 수식으로 정리하였다. 그리고, MH합금을 1 kg 투입 가능한 수소 저장용 플로토 타입 용기를 제작해 수소 흡입·방출특성을 파악하는 실험을 행하였다. 동시에 MH합금 이용 수소 저장 용기의 1차원 원주좌표 수치 계산 모델을 작성해서 용기 성능 및 파라메타의 영향도 예측 계산했다. 수치계산을 이용하여 각 파라메타의 영향을 예측하기에 앞서, 플로토시험기와 동일한 형상에 관한 성능 예측 계산을 하여 그 결과를 용기 실험결과와 비교해, 계산 모델의 타당성을 확인하였다. 그 후, 본 계산 모델을 이용해서 용기직경과 MH합금 입자층 유효 열전도율을 파라메타로 한 MH합금 이용 수소 저장용기 성능 예측 계산을 하여, 용기 설계 지침을 제시하였다. 그리고 열원 매체로 사용한 브라인의 온도 조절을 통해 MH합금 이용 용기의 수소 공급량과 방출량 제어의 가능성도 확인하였다. 마지막으로 MH합금을 이용한 연료전지 발전 시스템에의 수소 공급 네트워크를 구축할 때, 모델 사회의 요구 소비 수소량의 변동에 대한 MH합금 이용 분산형 수소저장용기의 수소 공급 성능을 수치 계산하여, 그 적용 가능성을 확인하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 사용 MH합금

본 연구에서 사용할 수소 저장 용기용 MH합금의 목표 작동 조건은, 수소화(흡장) 반응이 온도 20-30 °C에서 일어나고, 동 온도 조건의 Plateau 압력이 0.1 MPa이하일 것, 탈수소화(방출) 반응이 온도 70-80 °C에서 일어나고, 동 온도 조건의 Plateau 압력이 0.13 MPa이상일 것이다. 본 연구에서는, 상기 작동 온도, Plateau 압력 조건에 가동 됨과 동시에, 활성화·안정화 처리 등의 취급이 용이한  $\text{LaNi}_{4.7}\text{Al}_{0.3}$ 을 사용 합금으로 선정하였다.

### 2.2 MH합금 기초물성 측정

먼저, 성능 예측 수치 계산에 있어 필요한 MH합금의 기초 열물성치를 파악하기 위해, 선정된  $\text{LaNi}_{4.7}\text{Al}_{0.3}$ 합금 입자층의 밀도, 비열, PCT특성 및 유효 열전도율(동선(직경 0.03 mm) 혼입에 의한 전열촉진 효과 고려)을 측정하여, PCT특성은 식 2)와 식 3)과 같이, 유효열전도율은 식 4)과 같이 정리하였다. 밀도는 일본토질공학회가 규정한 [토양 입자의 밀도 실험 방법]<sup>1)</sup>, 비열은 시차 주사 열량 측정법(DSC법), PCT특성은 진공 원점법, 유효 열전도율은 비정상법<sup>2)</sup>을 사용하여 측정했다.

### 2.3 수소 저장용 플로토 타입 실험 장치 및 MH합금 이용 용기의 상세

본 연구에서 제안한 수치 계산 모델의 타당성 검증을 위하여, MH합금을 1 kg 투입 가능한 플로

토 타입 수소 저장 용기를 작성하여 그 실험 결과와 계산 모델을 이용한 계산 결과를 비교하였다. 실험 장치를 그림 1에 표시한다. 실험 장치는 MH합금 이용 수소저장 용기, 수소 공급계, 진공계, 항온조 및 수소 유량계로 구성된다.

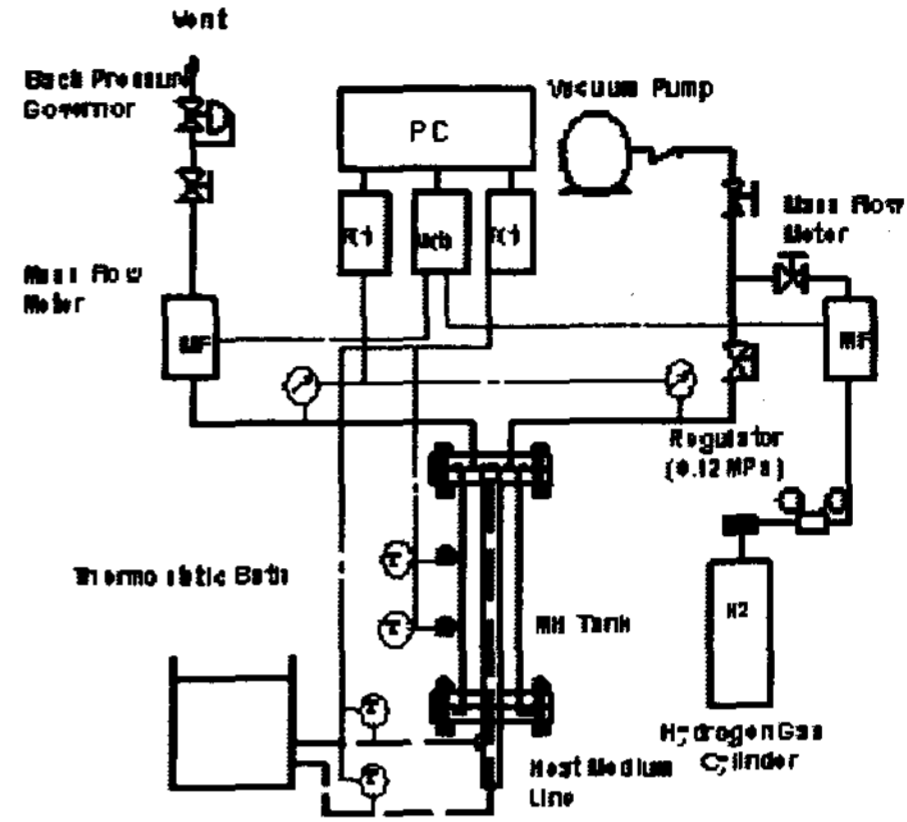


Fig. 1 Experimental System

그림 2에는 MH합금 이용 수소 저장 용기의 상세를 나타내었다. 수소 저장 용기는 이중관형 열교환기로, 내관 내에 열원매체(브라인)가 하부에서 상부로 흐르고, 내관과 외관 사이에 MH합금이 1 kg 충전 되어 있다. 외관 두께는 2 cm로 외관 두께를 제외한 용기 반경은 0.0234 m이다. 외관 벽에는 단열재를 두께 20 cm로 감아서, 외기와 열교환에 의한 열손실을 무시 가능하도록 하였다. 열원 매체인 브라인과 MH합금 입자 층과의 열평형으로부터 열교환량을 계산하였다. 수소흡장·방출시의 MH합금 이용 용기의 수소 수입량·방출량은 그림 1에 표시한 수소 질량 유량계(오차:  $\pm 1\%$  of Full Scale)로 측정하였다.

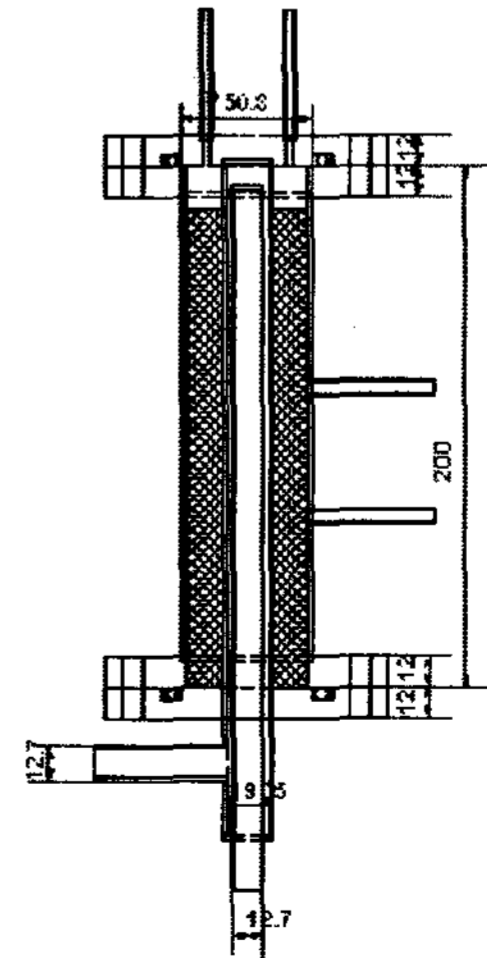


Fig. 2 Detail of Hydrogen Storage Tank

## 2.4 수치 계산모델과 방법

계산에는 1차원 원주좌표계를 그림 2의 플로토 타입 수소 저장 용기와 동일한 이중관식 열교환기 모델에 적용하였다.

계산의 가정 조건은 이하에 표기한다.

- MH합금 입자층에 있어서 수소 가스의 유동손실은 없다.
- MH합금 입자층에 있어서의 열전달은 열전도만이다.
- MH합금 입자층진 용기내의 수소 가스 온도는 일정이다.
- 열원 매체(브라인) 온도는 일정하다.
- 용기 내관 내측 벽과 열원매체인 브라인사이의 열전달은 강제열전달이다.
- 용기 중심과 용기 외관은 단열 상태이다.

계산에서는, 이상의 가정 하에, 식 1)의 열확산 방정식을 후진차분법으로 풀었다.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = k \times \nabla^2 \times \theta + \frac{W}{\rho \times c} \quad (1)$$

$$W = \left( \frac{dH_2}{dt} \right) \times \Delta H \times \rho \quad (2)$$

본 시뮬레이션에 이용한  $\text{LaNi}_{4.7}\text{Al}_{0.3}$ 의 반응 속도는, Suda가 제안한 MH합금의 수소 흡장과 방출 속도식<sup>3),4)</sup>을 기초로 저자들의 실험 데이터를 식 3), 4)과 같이 정리하였다.

수소화(흡장)

$$\frac{dc}{dt} = 1.0 \times 10^{-13} \times \exp\left(\frac{1.2027}{T}\right) \times (P - P_e)^{1.6} \quad (3)$$

탈수소화(방출)

$$-\frac{dc}{dt} = 3.0 \times 10^{-13} \times \exp\left(\frac{1.2027}{T}\right) \times (P_e - P)^{1.58} \quad (4)$$

또, MH합금 입자층 유효 열전도율은, 본 저자들의 실험결과를 기초로 식 5)와 같이 정리해 본 수치계산에 이용하였다.

$$\lambda_e = \lambda_e^0(1-x) + \frac{0.2 \times \lambda_s}{\alpha} \times x \quad (5)$$

MH합금 입자층의 밀도와 비열의 계측 결과를 표 1에 나타내었다.

Table 1 The Measurement Results of Specific heat and Density

	$\text{LaNi}_{4.7}\text{Al}_{0.3}$
Specific Heat, J/kg K	425.9
Density, g/cm <sup>3</sup>	6.78

## 3. 연구 결과 및 고찰

### 3.1 플로토기 실험 및 성능 계산 결과

#### 3.1.1 계산 모델의 타당성 확인

동일 조건(온도 20 도의 수소화 반응(흡장): 용기 내 초기압력 0.085 MPa->최종 도달압력 0.355 MPa)의 수치계산과 플로토기 실험 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 본 수치계산 결과는, 일차원 모델을 이용하고 있음에도 불구하고 플로토 타입 수소 저장 용기의 실험에서 얻은 MH합금층 온도 변화 이력과 용기 수소 방출량을 잘 예측하고 있다.

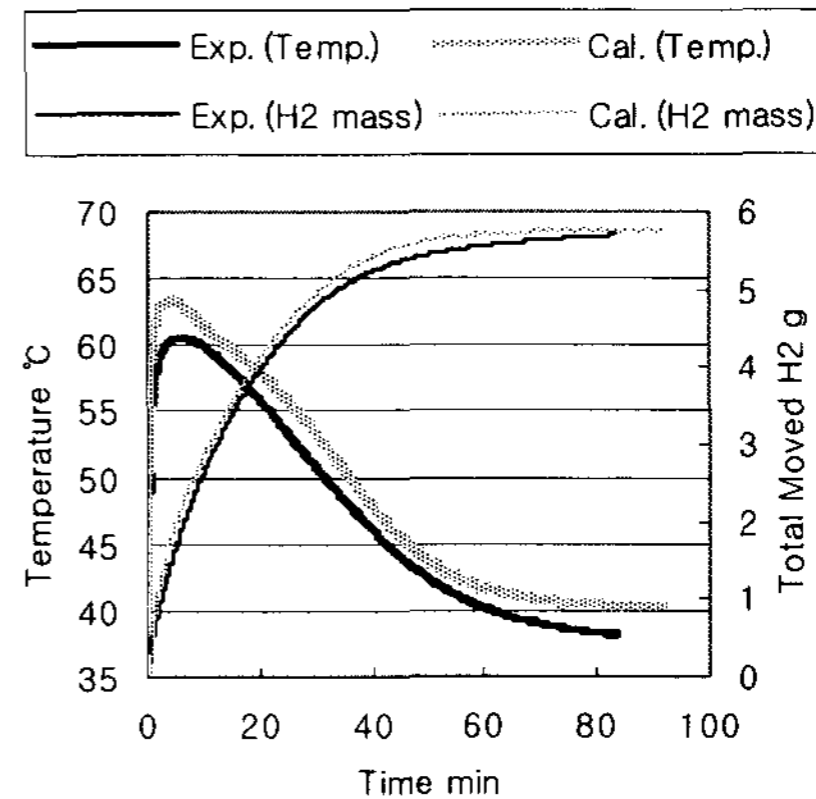


Fig. 3 Comparisons between Experimental and Calculated Results(20 °C Hydriding Reaction, Tank Pressure Change 0.085 MPa->0.355 MPa)

#### 3.1.2 MH합금 입자층 열전달 축진이 수소저장 성능에 미치는 영향(모델계산)

MH합금 입자층의 유효 열전도율 향상은 MH합금 이용 용기의 성능 향상에 가장 크게 기여한다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는, 동선(직경 0.03 mm)을 MH합금 입자층에 혼입하는 열전달 축진법의 실험 결과를 이용해서, 동선 혼입이 시스템 성능에 미치는 영향을 수치계산으로 예측했다. 그림 4에 각 동선 혼입중량 비율조건에 대해 열원 매체인 브라인 온도를 70 도에서 20 도로 변화시키는 경우, 수소화 반응 20 %, 50 %, 80

(20도 온도조건에서 LaNi<sub>4.7</sub>Al<sub>0.3</sub>합금의 최대 수소 흡장량인 1.1 wt%에 대한 백분율)종료에 걸린 시간을 수치 계산한 결과를 나타내었다. 동선 혼입에 의한 MH합금 입자층 열전달 촉진 실험에서는 유효 열전도율이 촉진되는 한편, 혼합 입자층(MH합금+동선)의 전 체적도 크게 증가하는 것을 확인하였다. 동선 혼입에 의한 혼합 입자층 전 용적 증가율은, 동선 3 wt% 혼입 조건에서 12%였고, 동선 10 wt% 혼입 조건에서 50%나 되었다. 따라서 본 예측계산은, 충전 MH합금 중량 일정(혼입 동선량 증가에 동반하여, 혼합 입자층 전 용적이 증가)과 혼합 입자층 전 용적 일정(혼입 동선량 증가에 따라, 혼입 MH합금 입자량이 감소)의 두 가지 조건에 대해서 행하였다. 우선, 그림 4에 실선으로 표시하는 충전 MH합금 입자량 일정 조건에 관한 계산 결과를 보면, 동선 혼입량의 증가와 함께 반응 종료 시간도 단축되는 것을 알 수 있다. 하지만, 수소화 반응 80% 종료 시간을 단축하는 효과는 동선 혼입량 4 wt% 조건에서 포화할 것으로 예측되었다. 그리고 그림 4의 점선으로 표시한 결과가 혼합 입자층 전 용적이 일정하다고 가정한 조건에 대한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 동선 혼입량 증가에 따른 반응 종료시간 단축 효과가 충전 MH합금 입자량 일정 조건보다 높을 것으로 예측되었다. 그러나 혼합 입자층 전 용적을 일정하게 하기 위해서는, 동선 혼입량의 증가와 함께, 용기에 충전 가능한 MH합금 입자량이 감소함으로, 혼합 입자층의 저장 가능한 수소량도 감소한다는 점을 고려하지 않으면 안 된다. 즉, 동선 3 wt% 혼입조건에서 혼합 입자층 전 수소 흡장량은 11% 감소하고, 동선 10 wt% 혼입조건에서 33%나 감소한다. 이들 결과로부터 동선과 같은 전열 촉진체를 혼입하여 MH합금이용 수소 저장 용기의 성능향상을 꾀할 경우에는 반응 종료시간, 혼합 입자층 전체 용적, 용기 내 가능 수소 저장량이란 3개의 파라메타를 고려해서 설계 지침을 제안해야 할 필요가 있다는 것을 알 수 있다.

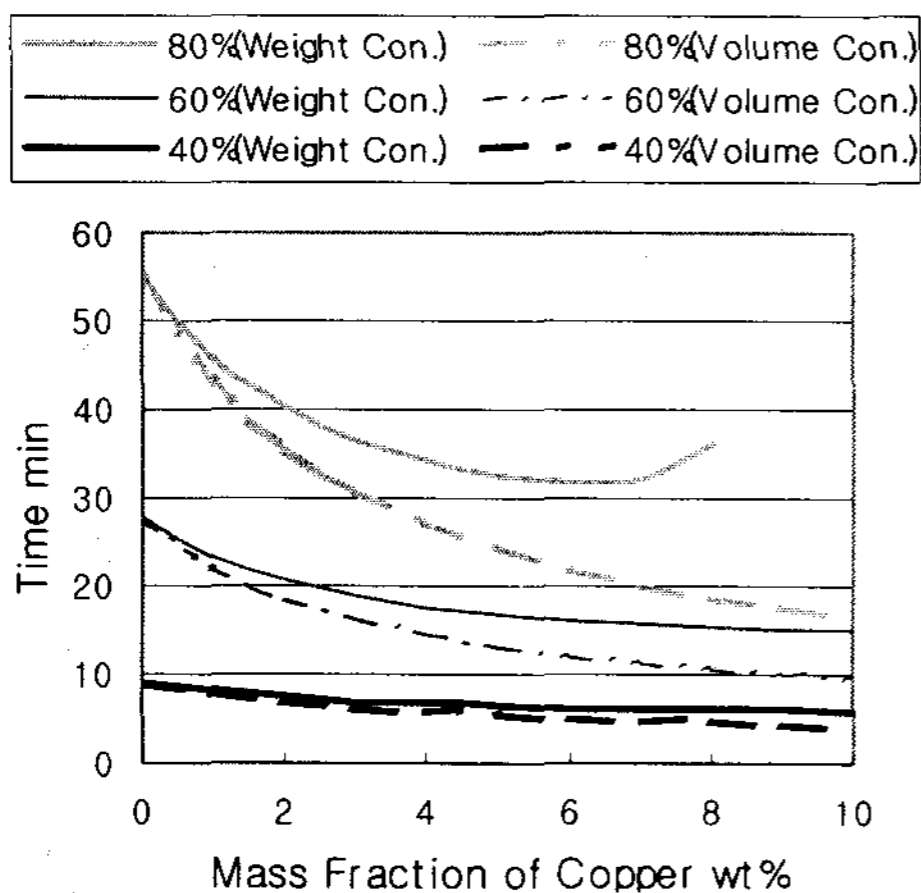


Fig. 4 Influence of Mixing Copper Wire on Hydriding Reaction Completion Time(Brine Temp. Change 70 °C → 20 °C)

### 3.2 MH합금 이용 수소 공급 시스템 성능 예측 계산

#### 3.2.1 계산 모델의 설정

수소저장 용기 반경을 0.02 m로, MH합금 입자층 내 동선 혼입량을 3 wt%로 결정해 MH합금을 이용한 연료전지 발전 시스템에의 수소공급 시스템의 성능을 예측 계산하였다.

계산의 가정 및 조건은 이하에 나타낸다.

- 1000 세대분의 전력을 연료전지로 공급한다.
- 전력소비패턴은 동경전력의 데이터<sup>5)</sup>로 산출한다.
- 연료전지의 형식은 고체고분자방식 연료전지로 결정해, 발전 효율은 45%, 종합 에너지 효율은 75%로 한다.

단, MH합금 이용 수소 저장 탱크에의 수소 공급 방법으로서, 설정 1에서는 1일 1회의 탱크로리에 의한 수소 공급을, 설정 2에서는 파이프라인에 의한 상시 일정유량 수소공급을 가정하여 수치계산을 행하였다. 상세한 설정 조건을 아래에 나타낸다.

#### 1) 설정 1: 탱크로리에 의한 수소공급

수소저장용기에의 수소공급량: 6200 Nm<sup>3</sup>/day

탱크로리 탱크 압력: 35 MPa

수소저장용기에의 수소공급압력: 1.0 MPa

#### 2) 설정 2: 파이프라인에 의한 수소공급

수소저장용기에의 수소공급량: 4.25 Nm<sup>3</sup>/min

파이프라인 압력: 0.143 MPa

#### 3.2.2 설정 1(탱크로리에 의한 수소공급)

##### ① 수소저장 용기 사양

Table 2 MH Tank(Supply, 1 time/1 day)

MH합금	LaNi <sub>4.7</sub> Al <sub>0.3</sub>
수소 저장량, Nm <sup>3</sup>	6200
합금 충전량, kg	47100
탱크 체적, m <sup>3</sup>	9.09
사용 온도 범위, °C	20-80
내압 성능, MPa	2.0
탱크 재질	SUS
열원 매체	물

본 시스템의 원활한 운용을 위해서는 최소 1000 세대의 1일 소비분의 수소를 저장 가능한 용기 용량이 필요하므로, 시스템 규모가 대규모화된다. 용기 수소저장량으로부터 계산한 장치사양은 표 2에 나타낸 것처럼, 중량은 대단히 무거우나, 점유 체적은 비교적 작다.

② 수소 충전 조건

탱크로리의 수소압력은 35 MPa로 가정해서 예측계산을 했지만, 표 2에 나타내는 수소저장용기의 상한 내압성능을 고려하여 용기에의 수소공급압력은 1 MPa로 결정하였다. 수치계산 결과는 그림 5에 나타낸다. 그림 중의 6200 Nm<sup>3</sup>의 직선은 용기의 최대수소저장량을 나타낸다. 계산결과에 따르면, 용기에의 수소공급에 걸리는 시간은, 탱크 반경 0.02 m, 동선 3 wt% 혼입 조건에서 약 10 분이고, 동선 미 혼입조건에서는 18 분일 것으로 예측되었다. 더욱이, 동선 미 혼입 조건에서, 용기반경을 플로토 모델기와 동일한 0.0234 m로 가정한 경우에는 수소공급에 약 24 분 걸린다는 계산결과를 얻었다. 이들 결과에서 알 수 있는 것처럼, 배열원등의 열원 확보만 되면 MH합금 이용 용기를 사용해도 비교적 단시간에 용기에의 수소 수입이 가능할 것으로 생각된다.

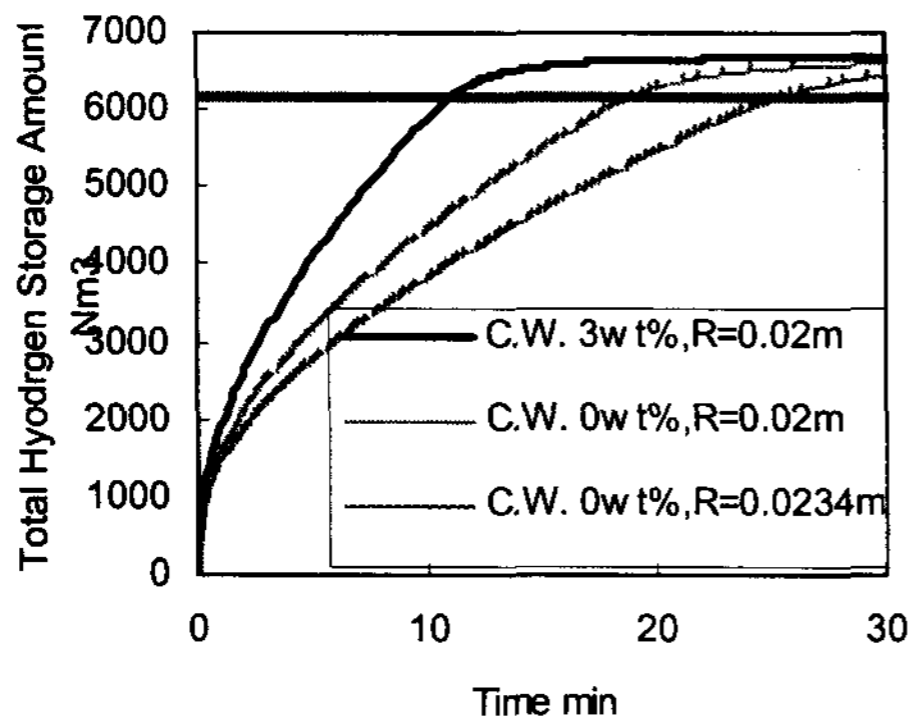


Fig. 5 Hydrogen Storage Time (Hydrogen Supply 1 time/1 day)

③ 수소 공급유량 조절

MH합금을 이용한 수소저장용기로 연료전지에 수소를 공급하는 시스템에서, 요구되는 소비 수소량 변동에 맞춰 공급 수소량을 조절하기 위해 브라인의 온도를 변화시켜 용기 방출 수소량을 계산한 결과를 그림 6에 나타내었다. 본 계산에서 가정한 방출 유량 조절 방법을 설명하면 다음과 같다. 즉, 1초마다 요구되는 소비 수소량과 용기에서 방출되는 수소량의 차를 읽어 들여, 방출되는 수소량이 작을 경우에는, 브라인 온도를 상승시켜 수소 방출을 촉진하고, 역으로 수소 방출량이 큰 경우에는 브라인 온도를 내려서 수소 방출량을 감소시키는 것이다. 이 때, 브라인의 온도 변화량은 요구와 공급 수소량의 차에 따라 변한다. 계산 결과에 따르면, 브라인 온도를 변동시킨 후 공급유량이 조절되는데 걸리는 데 걸리는 시간 지연은 약 20 초(동선 미혼입시는 약 40 초)이고, 요구되는 소비 수소량과 3% 이내의 오차로 수소를 공급 가능하였다. 따라서 하루 중 요구되는 소비 수소량을 만족시킬 수 있는 수소 공급유량제어가 브라인(열원 매체) 온도 제어로 가능하다고 판단되었다.

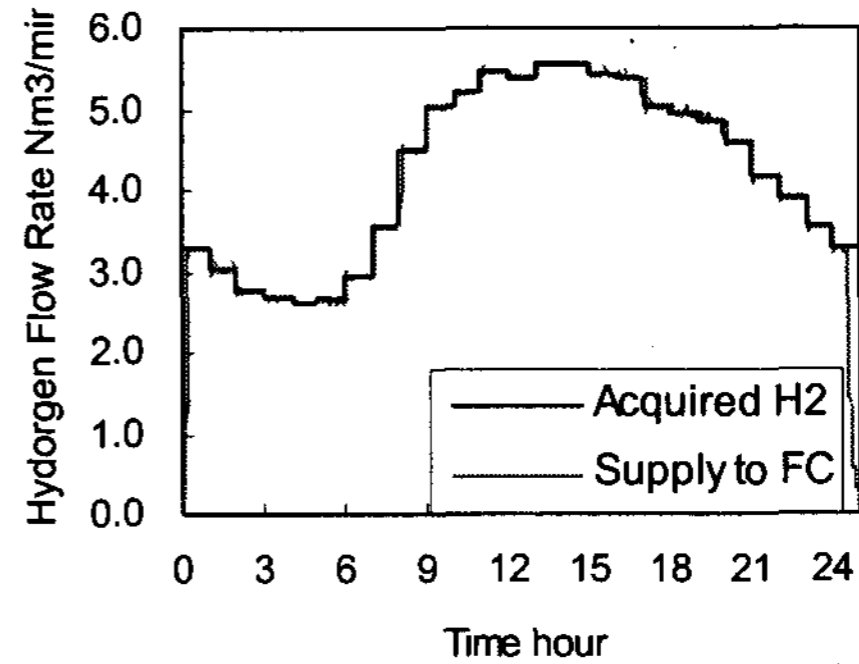


Fig. 6 Influence of Brine Temp. on Hydrogen Supplying Control(Copper Wire 3 wt%, Radius of Tank 0.002 m)

④ 용기 수소 방출 반응 지연 시간

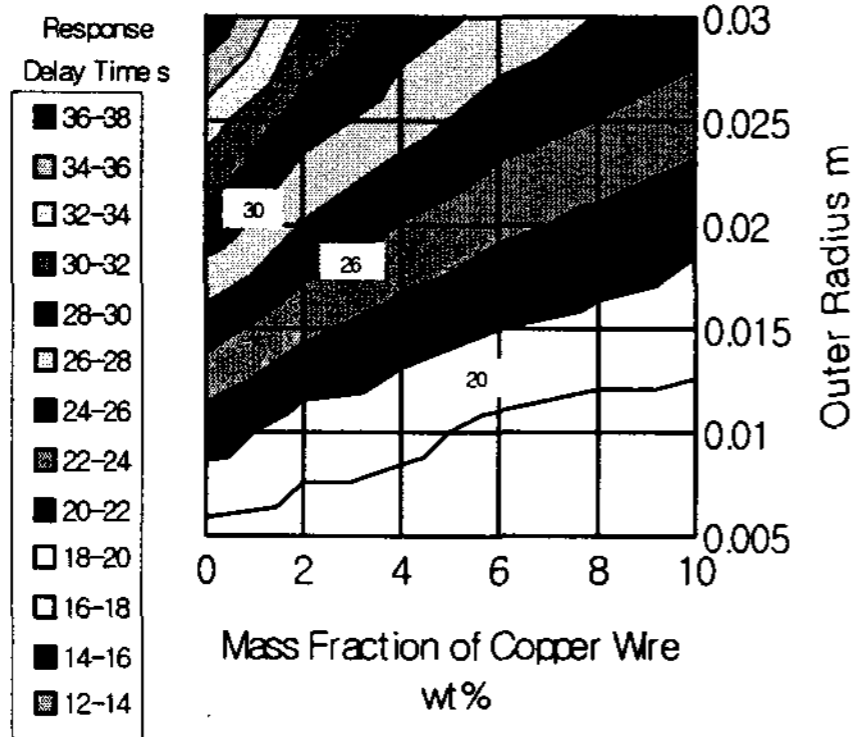
본 시스템에서는, 요구 소비 수소량 변동에 대한 수소 방출 반응 지연 시간이 중요한 용기성능 평가 기준이다. 용기 충전 MH합금량에 대한 요구 소비수소 변동량의 비율은 시스템에서 대상으로 하는 세대수(전력량)가 작을수록 크고, 용기 설계도 힘들어진다. 따라서 1000 세대와 1 세대에 있어서 소비전력의 최대변동을 에너지 소비 패턴으로부터 아래의 표 3과 같이 가정하여 동선 혼입량 및 용기의 반경의 변화가 각각의 세대 분 용기수소 방출 성능에 미치는 영향을 수치계산하였다. 단, 소비전력의 최대변동에 대해선 다음의 자료를 참조하였다. 즉, 1000 세대에 관한 계산에선 동경전력의 하루 중 공급전력량 변화<sup>5)</sup>를 참고로 하였고, 1 세대에 관한 계산에선 일본 산업기술종합연구소에 의한 일반 가정의 예측결과를 참조하였다.

Table 3 Maximum Electric Power Variations

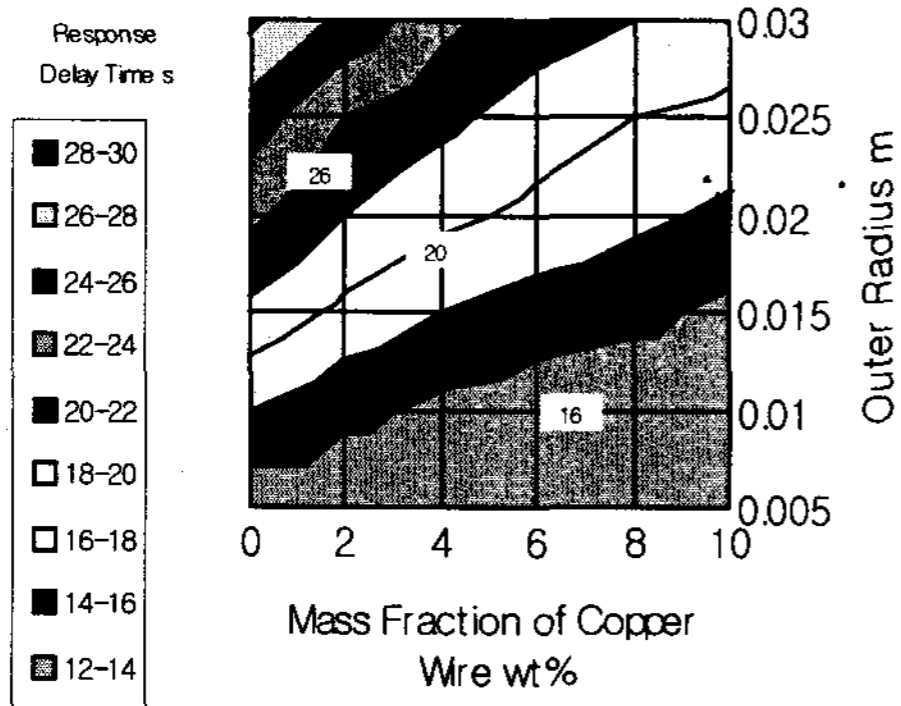
	1 세대	1000 세대
합금량, kg	47.1	47100
최대변동(전력량), kW	0.2-3.5	240-530
최대변동(수소유량), Nm <sup>3</sup> /min	0.0021-0.0037	2.5-5.5

계산 결과를 그림 7에 나타낸다. 그림 중의 각 색은 반응지연시간을 나타내며, 단위는 초이다. 그림 중에 30, 26, 20, 16초의 반응 지연시간을 나타내었다. 그림 11의 (a)와 (b)의 비교에 의해 세대 수의 증가에 따라 설계 조건이 쉬어지는 것을 알 수 있다. 반응 지연 시간 20 초를 한도로 한 경우에, 1000 세대에서는 용기 반경 0.02 m,

동선 혼입량 2 wt% 조건에서 요구 소비 수소량을 방출 가능한데 반하여, 1 세대의 경우는 용기 반경을 0.01 m까지 가늘게 해야 요구 소비 수소량을 방출 할 수 있는 것을 알 수 있었다. 또, 대규모 시스템인 경우, 요구 소비 수소량을 예측해서 수소 방출량을 제어하는 것과 같은 운전제어 방법으로도 대응 가능하다.



(a) 1 household



(b) 1000 household

Fig. 7 Influence of Tank Outer Radius and Mixing Copper Wire on Response Delay Time

### 3.2.3 설정 2(파이프라인에 의한 용기에의 수소공급)

#### ① 수소탱크 사양

본 시스템에서는 파이프라인에 의한 용기에의 수소 공급량과 연료전지가 요구하는 수소량과의 차를 완화하는 완충탱크로 MH합금 이용 용기를 사용한다고 가정하였다. 설정 1에 비해서, 용기 규모가 현저하게 소형화된다. 장치사양을 표 4에 나타낸다.

Table 4 MH Tank(Supply, all day long)

MH합금	LaNi <sub>4.7</sub> Al <sub>0.3</sub>
수소 저장량, Nm <sup>3</sup>	760
합금 충전량, kg	5700
탱크 체적, m <sup>3</sup>	1.13
사용 온도 범위, °C	20-80
내압 성능, MPa	2.0
탱크 재질	SUS
열원 매체	물

#### ② 수소의 충전조건

본 설정 2에서는, 파이프라인으로부터 상시 일정 유량의 수소를 MH합금 이용 수소 용기에 공급 받는다고 가정한다. 그림 8에 용기로부터 공급수소유량과 소비처의 요구 수소유량을 나타내었다. 설정 1과 동일하게 높은 정도로 요구된 소비 수소량을 MH합금 이용 용기로 공급 가능하다고 예측되었다. 이와 같은 결과는, 설정조건 1과 같이 수소흡입·방출이 다른 시간에 행해질 경우만이 아니라, 수소흡입과 방출이 동시에 일어나는 설정 조건 2와 같은 경우에도 수소 공급시스템으로 MH합금 이용 용기를 이용 가능하다는 것을 나타낸다.

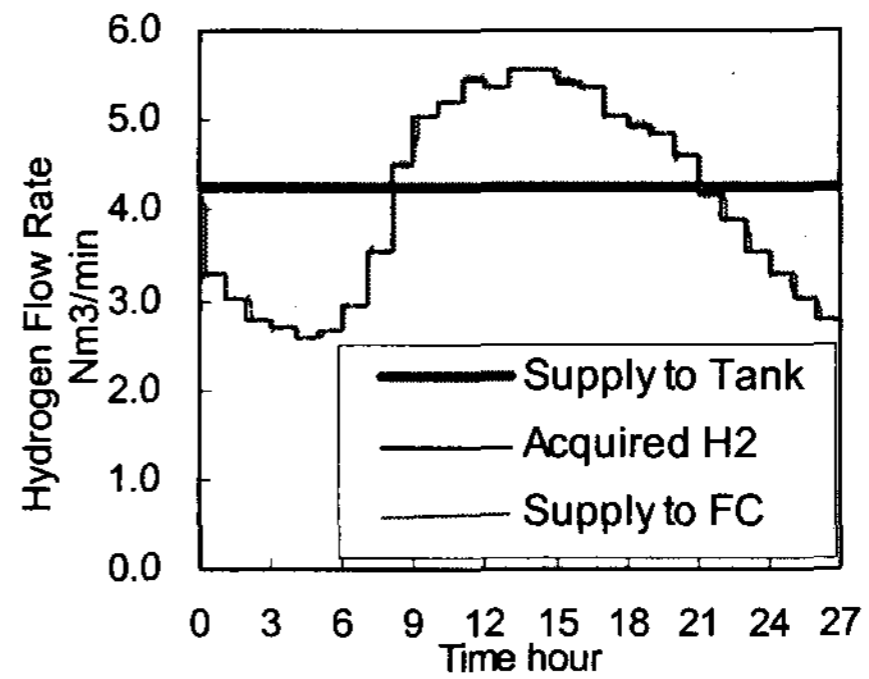


Fig. 8 Influence of Brine Temp. on Hydrogen Supplying Control(Copper Wire 3 wt%, Radius of Tank 0.02 m)

### 3.3 타 수소 저장법과의 비교

MH합금을 이용한 수소저장법이 유력한 분산형 수소저장 방법인가를 검토하기 위해, 주요한 타 저장법(압축수소, 액체수소)과 저장 성능을 비교했다. 설정 1의 6200 Nm<sup>3</sup>의 수소를 저장할 경우, 점유체적을 비교한 결과를 표 5에, 소요동력을 비교해서 표 6에 나타내었다.

표 5로부터, 동선 1.2 wt% 혼입한 MH합금이용 용기체적을 1로 가정한 경우, 압축수소는, 용기 압력에 의존하여 25에서 75 배의 용기용적이 필요한 것을 알 수 있다. 액체 수소용기는 용적이 MH합금이용 용기체적의 0.9배로 제일 작지만, 표 6에 나타내는 것처럼, 연료전지에 의한 발전량에 육박할 정도의 소요동력이 필요해, 실용적이지 않다고 생각된다. 또, MH합금이용 용기의 경우, MH합금 자신의 흡장량 진보에 따라 보다 큰 용기 체적감소가 기대될 뿐만 아니라, 열구동형이므로 배열의 재이용 가능성도 있어, 분산형 발전 시스템 대해 가장 유효한 수단이라고 생각된다.

Table 5 Volume Comparison of MH Tank with Other Hydrogen Storage Methods

	Condition	Volume, m <sup>3</sup>	Volume Ratio
MH	1.2 wt% (Cu Wire)	9.09	1
	3 wt% (Cu Wire)	3.64	0.40
	5 wt% (Cu Wire)	2.18	0.24
Compressed H <sub>2</sub> Gas	1 MPa	697	76.7
	3 MPa	232	25.5
Liquid H <sub>2</sub>	-	7.92	0.87

Table 6 Consumption Power Comparison of MH Tank with other Hydrogen Storage Method

	Real Consumption Power kWh	Theoretical Consumption Power kWh
MH	3070	2690
Compressed H <sub>2</sub> Gas	596-1190	397
Liquid H <sub>2</sub>	9180-13800	2290

#### 4. 결론

1) LaNi<sub>4.7</sub>Al<sub>0.3</sub>의 기초물성값을 파악하여 정량화하였다. 이들 값을 이용한 수치계산 모델을 세워 플로토 타입 MH합금 이용 수소저장 용기의 성능예측이 가능하였다.

2) MH합금이용 수소공급 시스템에서, 열원매체 온도를 단계적으로 조절함으로써 요구 수요에 따른 방출 수소유량제어가 가능함을 확인하였다.

3) MH합금이용 수소공급 시스템의 반응종료시간, 점유체적, 수소 흡장량의 밸런스를 고려한 설계지침을 확인하였다.

4) 연료전지에의 수소공급 모델 계산에 의해, MH합금이용 용기는 요구 소비 수소량 변화에 대응해 충분히 수소를 공급할 수 있음을 확인하였다.

#### 후 기

본 연구는 일본 환경청[本廳/早稻田 지역에서의 G수소모델 사회 구축]프로젝트의 지원으로 수행되었다.

#### References

- [1] 「흡 입자의 밀도 시험 방법」, JISA1202
- [2] 勝田正文, 裴相哲: 일본특허 2003-394250호
- [3] X.L.Wang and S. Suda, 1990, Study of the hydriding kinetics of LaNi<sub>4.7</sub>Al<sub>0.3</sub>-hydrogen system by a step-wise methods, Journal of the Less-Common Metals, Vol. 159, p.p. 109-119
- [4] X.L.Wang and S. Suda, 1990, A dehydriding kinetic study of LaNi<sub>4.7</sub>Al<sub>0.3</sub> hydride by a step wise methods, Journal of the Less Common Metals, Vol. 159, pp.83-90
- [5] 동경전력 홍보부, 2003, 수표로 보는 동경전력, 2003년도판, pp. 23