

# 8. 自律駆動型窓開閉装置用水素吸蔵合金アクチュエータの開発

ものづくり技術支援グループ<sup>○</sup>松村 一弘

(株)三徳 林 宏樹

道総研工業試験場 鈴木 慎一

東光電機工業(株) 小林 弘幸

苫小牧工業高等専門学校 須田 孝徳

北海道大学大学院工学研究院 濱田 靖弘

## 1. はじめに

水素吸蔵合金アクチュエータ(以下、MHアクチュエータ)は流体アクチュエータに分類され、作動媒体となる水素ガスの増減に、冷却や加熱によって水素を可逆的に吸蔵・放出する水素吸蔵合金(以下、合金)を用いている。すなわち、熱エネルギーを物理的運動に変換する熱駆動型であり、これが電源に依存する既存のアクチュエータ(電動モータや空気圧シリンダ等)との決定的な差と言える。この特徴を生かすことで、周囲のわずかな温度変化を駆動力として使えるので、電源供給を受けられない場所や受けにくい機構に応用できる。その様な応用として、農業用ハウスや建屋の室温制御、そして冷気を取り込む氷冷房等の換気窓開閉装置の可能性を検証するために、MHアクチュエータを試作し恒温槽内で動作実験を行った。

## 2. 試作水素吸蔵合金の特性

合金が水素を吸蔵する過程を示したのが図1である。加圧された気体の水素は、合金の表面で吸着した後、原子状水素に瞬時に解離し、原子状水素が合金内に侵入する。侵入した水素原子は、その量が多くなるとそれぞれ結晶格子内の安定した位置に落ち着き動きが鈍くなり、この状態になると合金内に蓄えられた内部エネルギーが外部に放出され熱を発生し、その後安定化して金属水素化物となる。この熱を奪うこと、つまり、合金を冷やせば水素を吸蔵させられ、加熱すれば水素を放出する。この合金は組成によって、図2に示すように温度に対する吸蔵や放出する圧力を変えることができる。例えばLaNiでは、大気圧(図2では0.1MPa)で9℃以上になると水素を放出し、9℃以下で水素を吸蔵する。試作MHアクチュエータ用に図3に示す特性の3種類の希土類-ニッケル系の合金を試作した。

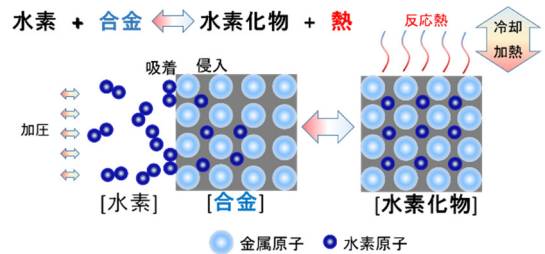


図1 合金の水素吸蔵・放出モデル

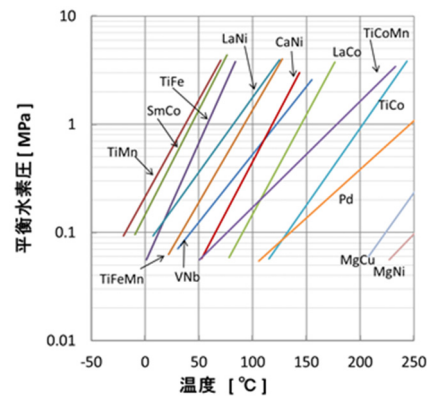


図2 組成の異なる合金の圧力-温度特性例  
(水素吸蔵合金のおはなし改訂版,日本規格協会,2003, p46.の図をもとに作成)

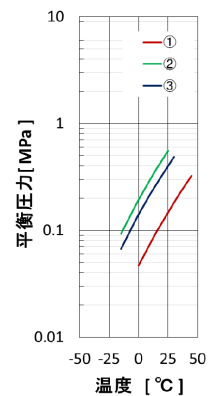


図3 試作合金の特性

## 3. 水素吸蔵合金アクチュエータの試作

試作したMHアクチュエータのモデルを図4に示す。合金は容器に入っており、容器が冷えるとシリンダ内の水素が吸蔵され(図4右)、圧力が低下しロッドが引き込まれる。逆に、容器が暖かくなるとシリンダ内に水素が放出され(図4左)ロッドが押し出される。試作合金では図3から、ロッドが0.15MPaで押し出されるなら、そのときの温度は合金①が25℃、合金②

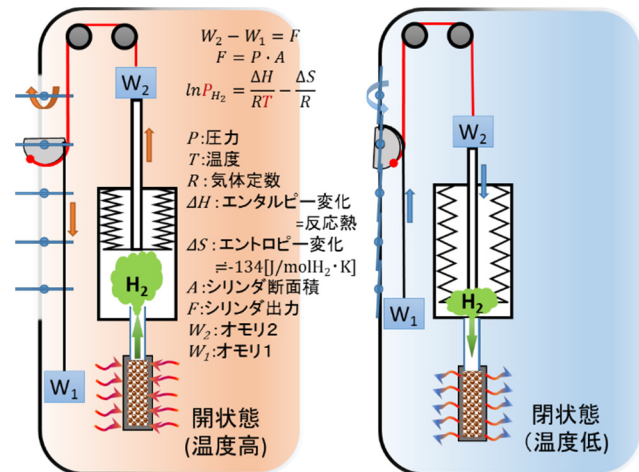


図4 試作MHアクチュエータ原理

が $-5^{\circ}\text{C}$ 、合金③が $3^{\circ}\text{C}$ である。

試作した MH アクチュエータの主構成は金属ベローズシリンダ、合金容器、過度な温度上昇による圧力抑制用のレギュレータを含む配管で、外観を図 5 に示す。設計最大出力は合金組成で異なるが合金温度変化が $5\sim 3^{\circ}\text{C}$ で約 450N、ロッド変位 100mm である。

#### 4. 動作実験

実験には道総研工業試験場の恒温恒湿槽(エスベック製 PL-4KP)を使用した。試作した MH アクチュエータを図 6 に示す様に、恒温槽内に実験負荷を加えられる架台とともに設置した。所定の負荷(162.6N、287.4N)を与えた後、試験対象合金の温度-圧力特性に合わせて恒温槽内の温度を変化させた。このときの合金温度変化や圧力、ロッド変位を各センサで計測した。

計測値と動作予測値をロッド変位に対する合金温度と圧力の相関関係で整理した。その例として、計測値と予測値の変化を見やすくするために、圧力の目盛間隔を大きくし、合金①(図 3)の負荷 162.6N を図 7、負荷 287.4N を図 8 に示す。合金温度と圧力は、計測値と予測値で概ね合致し、合金特性からのアクチュエータ出力推定も適切であったと考えられる。そして、負荷によって動作温度が異なることは、開口対象の可動負荷にバネなどを取り付ければ、同一合金でアクチュエータの動作する温度帯の微調整や、温度変化に対する開口量の制御も可能と考えられる。



図 5 試作 MH アクチュエータ外観

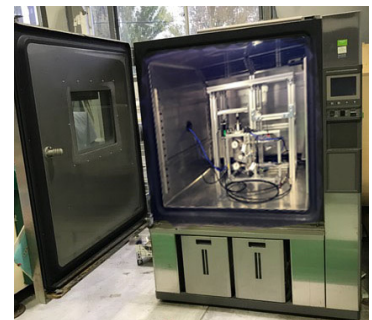


図 6 恒温槽設置状況

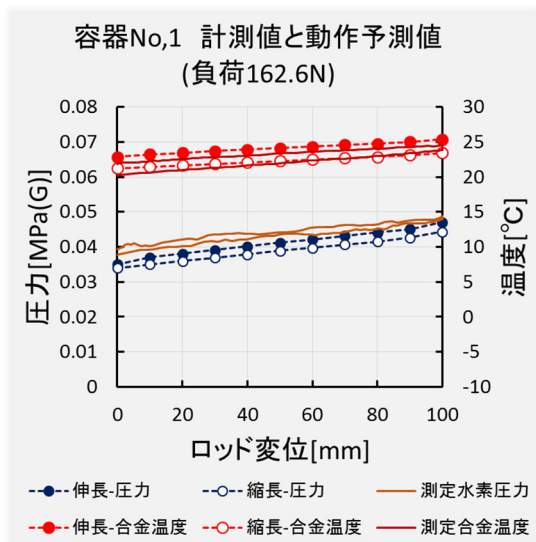


図 7 合金①の結果例(負荷 162.6N)

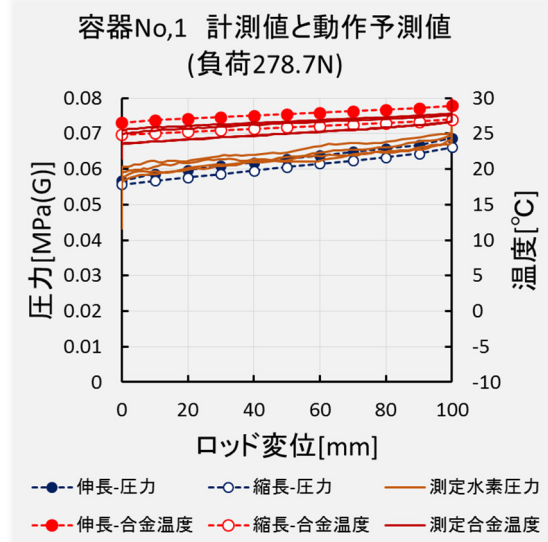


図 8 合金①の結果例(負荷 278.7N)

#### 5. まとめ

周囲のわずかな温度変化を駆動力に変えられる MH アクチュエータを試作し、その動作を恒温槽内で実証し、出力推定の妥当性も見出し基本設計方法を確認できた。なお、試作した MH アクチュエータは合金③を取り付け、昨年末から開閉機構に取り付けフィールド実験中である。

本件の遂行にあたり、実験及びデータ解析で Y2m の吉田晋氏、金属ベローズシリンダ試作で日本バルカー工業(株)、合金容器試作でケーアイシー(株)のご協力を得た。また、本開発は北海道の平成 28 年度先進的エネルギー関連技術開発支援事業の一部で実施した。関係各位に深く感謝する。