

7. 水素吸蔵合金アクチュエータを用いた ビニルハウス側面開閉装置の開発

ものづくり技術支援グループ ○松村 一弘、 東光電機工業(株) ○吉田 晋、 小林 弘幸
越浦パイプ(株) 小池 一也、 道総研工業試験場 鈴木 慎一
(株)Will-E 根本 英希、 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

農業従事者の高齢化と人手不足は深刻で労働負荷軽減は急務である。北海道内では 87 千棟の農業用ビニルハウスがあり、その約 9 割が内部温度調節のために側面などに換気窓が設置されている。人力で複数棟の窓を開閉すると数時間費やすこともあり、電源が無い場所では電動化は容易に望めない。一方、電源に依存しない水素吸蔵合金アクチュエータ(以下、MH アクチュエータ) は僅かな温度変化を機械的動作に変換できる。温度変化で動作するのでセンサ機能も兼ね備え駆動力も得られる利点があり、MH アクチュエータがハウス内温度変化で換気口開閉装置の駆動源となる可能性を既に検証している。この MH アクチュエータを用いたビニルハウス側面窓開閉装置を試作し動作評価を行った。

2. MHアクチュエータの特徴

MH アクチュエータは空気圧や油圧と同じ流体アクチュエータに分類される。作動媒体となる水素ガスの増減に、図 1 に示す様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、図 2 に示す様に増減する水素をピストンシリンダに導けば MH アクチュエータが構成できる。熱エネルギーを物理的運動に変換する熱駆動型であり、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、周囲の僅かな温度変化によって駆動するので、電力供給を受けられない場所や電力に依存したくない機構に応用できる。

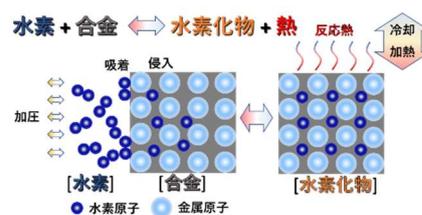


図1 合金の水素吸蔵・放出モデル

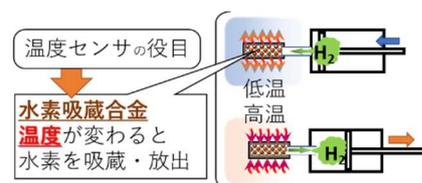


図2 MHアクチュエータ構成例

3. 側面開閉装置の試作

試作した側面窓の開閉装置の構想モデルを図 3 に示す。合金は容器に入っており、ハウス内の温度が高くなると容器の合金が暖まり、シリンダ内に水素が放出され(図 3 右)、圧力が上昇しロッドが押し出されることでシート巻き取りローラは回転しながら上方に移動する。図には示していないが、ロッド変位を動滑車機構で約 4 倍に増幅させ、側面窓のシートを 1m 巻き取り開口させることができる。逆にハウス内の温度が低くなると容器が冷えて合金にシリンダ内の水素が吸蔵され(図 3 左)、圧力が低下しロッドが引き込まれ、シート巻き取りローラは逆回転しながら下方に移動し、ハウス側面を閉じる。

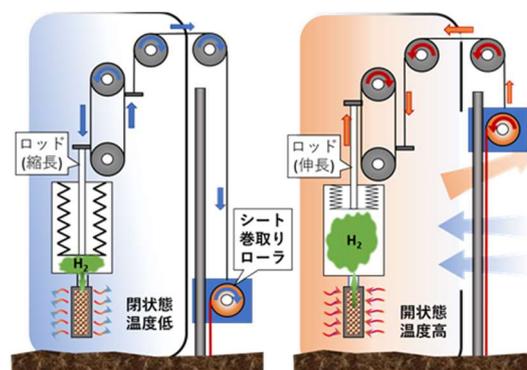


図3 構想モデル

MH アクチュエータは図 4 に示す様に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主に構成されている。設計出力は合金温度が 0℃から 3℃に変化すると 680N、ロッド変位 300mm である。

試作した装置は、札幌市東区の東光電機工業(株)札幌支店に設置した。

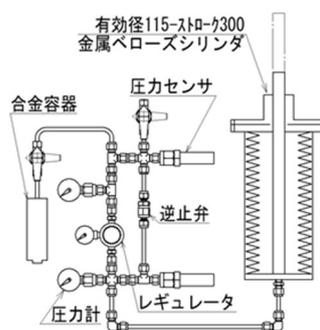


図 4 MH アクチュエータ構成展開図

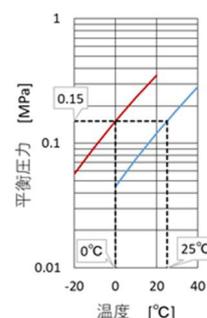


図 5 合金の特性

4. 側面開閉実験

実験としては農作物栽培時期が望ましいが、事業実施期間に合わせて 2 月中旬に行った。これに対応するため、ビニルハウス温度が 0℃付近で側面窓を開閉させるために、側面窓開き始め温度が 0℃となる図 5 の赤線で示す特性の合金を製作使用した(仮にビニルハウス側面の温度が 25℃であれば、青線で示す特性の合金が想定される)。しかし、実験期間の気温が例年より高く、想定していたハウス内温度が 0℃以下にならなかった。このため、合金容器のみ恒温槽に入れ加温・冷却した模擬的実験とした。

実験方法は、恒温槽の温度を-20℃程度から徐々に上昇させ、10℃程度になったら徐々に下降していき-20℃程度まで戻す操作を、概ね 150~180 分間で 1 サイクルとした。そのときの恒温槽温度、合金容器表面温度、合金温度、水素圧、ロッド変位、側面窓開口高さについて経時データを計測した。計測結果の一例として図 7 を示す。この図から、恒温槽温度の上昇に伴い、合金容器表面温度と合金温度は重なる様に上昇している。また、その合金温度が上昇していくと水素圧も上昇し、図の



図 6 開閉装置とビニルハウスの状況

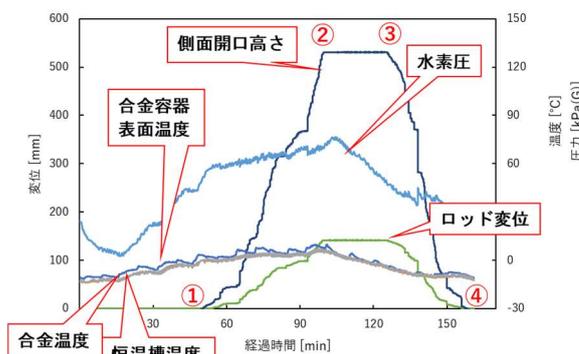


図 7 計測結果例

①の時点でロッド変位と側面窓開口高さが同時に増加し始め、上端(図の②)まで到達する(側面窓全開状態)。その後、恒温槽温度を下降させると装置は逆に動作を行い、下端(④)まで到達する(側面窓全閉状態)。この様な実験を 10 サイクル実施し、同様な計測結果を得たことから、恒温槽の温度変化に伴い、本装置が側面窓の開閉動作を自動的に行うことが確認された。

5. まとめ

環境温度を恒温槽で強制的に模擬した実験となったが、温度の変化に応じて側面窓が自動的に開閉することを実証することができた。現在、夏季にビニルハウスの室温変化による側面窓の開閉動作追従性などの実験を実施するために、準備中である。これで得られたデータの解析結果から改良案を検討し、本装置における実用性の向上を目指してゆく。

データ解析で北大工の金内遥一朗氏と山田稔氏のご協力を得た。また、本開発はノーステック財団の平成 30 年度札幌型環境・エネルギー技術開発支援事業で実施した。関係各位に深く感謝する。