

自立型水素吸蔵合金アクチュエータを利用した海水揚水システムに関する 研究開発 (092301012) A STUDY ON AUTONOMOUS METAL HYDRIDE ACTUATOR FOR SEAWATER EXCHANGE SYSTEM

研究代表者

宮武 誠 函館工業高等専門学校 環境都市工学科
MIYATAKE Makoto Hakodate National College of Technology Department of Civil Eng.

研究分担者

湊 賢一[†] 本村 真治^{††}

MINATO Ken-ichi[†] HONMURA Shinji^{††}

[†]函館工業高等専門学校 電気電子工学科 ^{††}函館工業高等専門学校 機械工学科

[†]Hakodate National College of Technology Department of Electrical and Electronic Eng.

^{††}Hakodate National College of Technology Department of Mechanical Eng.

研究期間 平成 21 年度～平成 22 年度

概要

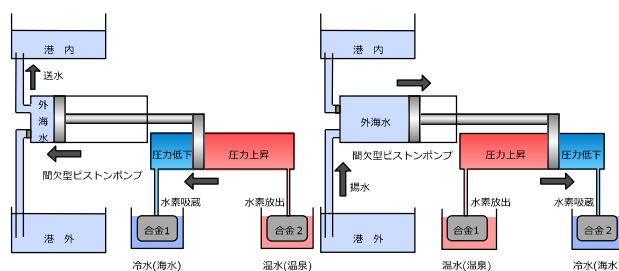
本研究は、函館港のような 100℃未満の低密度温度差エネルギーに適した高性能水素吸蔵合金を開発するとともに、A-MHA に特化した海水揚水ポンプ装置の試作実験を通じ、揚水可能な海水量を算出する計算図表を完成させた。また、構築した水質環境シミュレーションにより A-MHA 適用後における水質環境影響評価を行うことで、A-MHA のハードからソフトに至る検討を集約して総合的に検証した。最後に現地実証実験では、これまでに提案した予測・設計手法との比較を通じ、その有用性や妥当性を立証するとともに、港内流況や A-MHA に関する各種データの収集・Web による遠隔監視機能に加え、流況に応じ A-MHA による揚水出力を自動制御する双方向通信型フィールドサーバにより完全自律駆動可能な A-MHA の監視・制御ベースシステムを構築させた。

Abstract

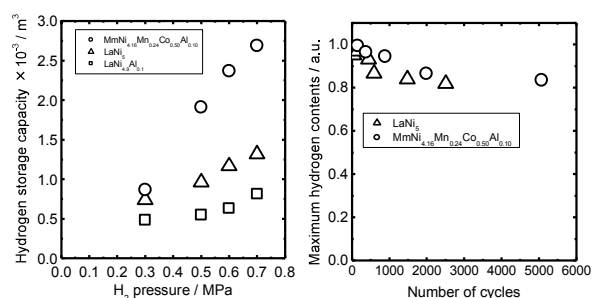
The autonomous metal hydride actuator (A-MHA), as adapted for water pumping equipment, is developed to seawater exchange in Hakodate port. The performance of metal hydride and double-acting piston pump are investigated through field experiment and numerical simulation. Setting hydrogen pressure to about 2.0MPa, desorption-absorption process works most effectively and estimate of maximum pumping discharge due to A-MHA is about 200m³/hr. The efficiency of seawater exchange with A-MHA is analyzed. The present result indicates that the most appropriate location of A-MHA is nearly at the west apron of Hakodate port.

1. まえがき

函館市では現在「国産水産・海洋都市未来構想」に際し、函館港の港奥海域を大型畜養施設として利用する構想が計画されている。しかし、港内の水質は長年に渡る造船業や水産業などにより著しく劣化しており、利用するにあたっては水質浄化を図る必要がある。これに対し函館港内には 2 箇所の温泉源があり、温水と冷水を取得しやすい環境にあることから、その温度差を利用した自立型水素吸蔵合金アクチュエータ(以後、A-MHA)を海水交換装置の動力として適用させる研究開発を行った。ここで、A-MHA とは図-1 に示すように、温度差によって水素を吸蔵・放出する水素吸蔵合金の特性を利用したアクチュエータであり、間欠型ピストンに直接連結することで海水を送水するシステムとなっている。本研究は、低温度差に適した高性能水素吸蔵合金を開発するとともに、A-MHA に特化した間欠型ピストンポンプの試作実験を通じ、揚水可能な海水量を算出する計算図表を完成させる。また、構築した水質環境シミュレーションにより A-MHA 適用後における水質環境や海水交換率を検討する。最後に現地実証実験では、これまでに提案した予測・設計手法との比較を通じ、その有用性や妥当性を立証するとともに、双方向通信型フィールドサーバにより完全自律駆動可能な A-MHA の監視・制御ベースシステムを構築する。



(a) 海水送水時 (b) 海水揚水時
図-1 A-MHA を用いた海水交換装置の概念図



(a) 水素吸放出量 (b) 耐久性性能
図-2 低温度差用金属水素吸蔵合金の性能評価

2. 研究内容及び成果

(1) 低温度差に特化した高性能水素吸蔵合金の開発

本研究で製作した $\text{MmNi}_{4.16}\text{Mn}_{0.24}\text{Co}_{0.50}\text{Al}_{0.10}$ 合金、 $\text{LaNi}_{4.8}\text{Al}_{0.2}$ 合金、 LaNi_5 合金を用いて水素吸蔵合金の吸放出量及び耐久性に関する実験を行った。図-2 は各合金の水素吸放出量及び耐久性を示す。本研究で製作した Mm ベースの合金は、 La よりも材料費が安価なことに加え、吸放出量及び耐久性が La ベースの合金よりも向上する優れた合金であることがわかる。また、別途開発した水素吸放出量に関する数値シミュレーションによって、合金の現地スケールでの水素吸放出量を推定すると、標準状態(0°C , 101.3kPa)で合金容器 1 ブロックあたり、 0.0036Nl/s 程度となる。

(2) A-MHA に特化した間欠型ピストンポンプの開発

間欠型ピストンポンプ(図-3 中の左上)は、摩擦抵抗低減を図るため、ピストンとシリンダー間に隙間を設けており、その体積効率が 80%以上になるよう設計・開発した。図-3 は水素吸放出量とピストンポンプが送水可能な海水量の関係を表す計算図表を示す。これより、A-MHA 実機システム全体で送水可能な海水量は $199\text{m}^3/\text{hr}$ 程度になる。

(3) A-MHA 適用後の港内水質環境影響予測

港内の水質環境を再現可能な水質環境モデルを構築し、(2)で得られた送水可能な海水量を用いて、A-MHA 適用後の港内における海水交換率や水質改善効果を検討した。その結果、図-4 に示すように畜養施設が設置される予定の港奥海域の水質は改善され、海水交換率も 10%以上向上することがわかった。

(4) 現地実証実験

現地実証実験は、函館港西埠頭前面海域において 1 昼夜連続して実施した。港内流況や水質、A-MHA に関する各種データの収集は双方向通信型フィールドサーバにより同期観測した。図-5 に示す A-MHA の出力は、約 1.37W で、実験時のポンプ出力 0.442W を差し引いた約 0.928W が損失動力となり、A-MHA の機械効率は約 32.3%となる。また、水素吸放出量は、合金容器 1 ブロックあたり約 0.0055Nl/s となり、前述したシミュレーション結果よりも向上させることができた。図-6 は A-MHA 適用前後での下層における溶存酸素量を示す。適用前の港内は海中の溶存酸素がゼロとなる貧酸素水塊の形成が見られるが、適用後では溶存酸素がほぼ均一となり、A-MHA によって下層での貧酸素水塊が解消されていることがわかる。

3. むすび

A-MHA に用いる合金及びポンプの開発から、港内適用後に予想される水質改善効果といった多面的な検討を行い、現地実証実験によりその妥当性や有用性を立証した。また、A-MHA は双方向通信型フィールドサーバに実装した遠隔監視機能及び揚水出力自動制御により完全自律駆動を可能とした揚水システムを実現させた。

【誌上発表リスト】

- [1] 宮武 誠, 湊 賢一, 本村真治, 松村一弘, 増田 亨, 吉江祐人, “自律駆動型水素吸蔵合金アクチュエータを利用した函館港の海水交換装置の検討”, 土木学会海洋開発論文集 (平成 22 年 6 月 24 日)
- [2] 宮武 誠, 吉江祐人, 湊 賢一, 松村一弘 “函館港の流動と水質の変動特性”, 土木学会海洋開発論文集 (印刷中: 平成 23 年 6 月 30 日)
- [3] K Minato, M Miyatake, S Honmura, K Matsumura, T Masuda, Y Yoshie, Y Goto, S Asanuma, “Synthesis of

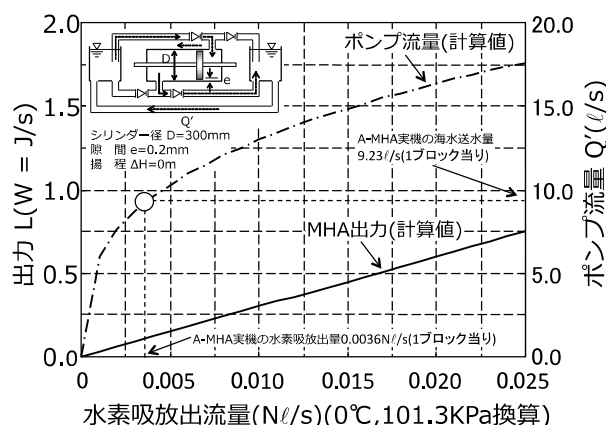


図-3 間欠型ピストンポンプによる海水送水量

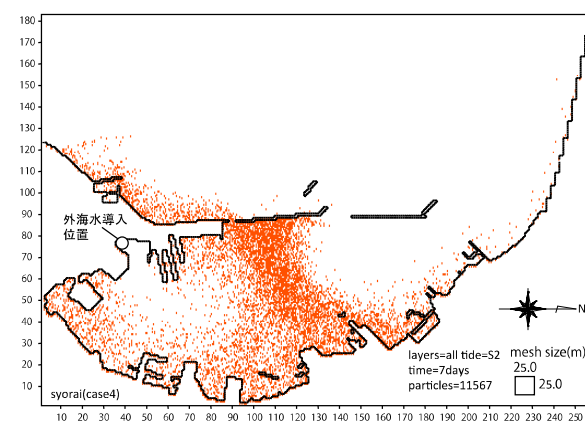


図-4 A-MHA 適用後の海水交換及び水質環境評価

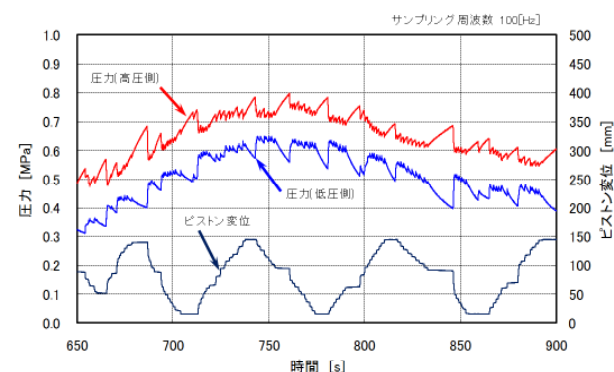


図-5 現地実証実験における A-MHA の性能評価

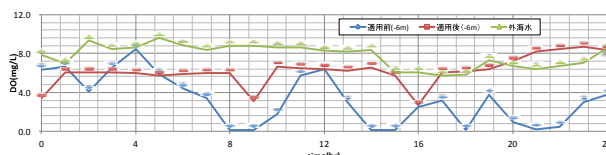


図-6 A-MHA 適用前後の溶存酸素量の変化

metal hydride alloys using autonomous metal hydride actuator for seawater exchange in Hakodate port”, Institute of Physic (IOP) Conference Series: Materials Science and Engineering (Accept in press)

【報道発表リスト】

- [1] “総務省, 情報通信分野の研究開発支援 道南から 2 件採択”, 函館新聞, 平成 21 年 4 月 24 日
- [2] “独創的研究国が支援へ”, 北海道新聞, 平成 21 年 5 月 13 日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.hakodate-ct.ac.jp/~miyatake/mm2hp/mm2hp07j.html>