

A-MHA による海水交換装置の開発と現地実証実験

Development and Field Experiment on Seawater Exchange by A-MHA

函館工業高等専門学校

○学生会員

阿部翔太 (Shota Abe)

函館工業高等専門学校

正会員

宮武 誠 (Makoto Miyatake)

函館工業高等専門学校

非会員

湊 賢一 (Ken-ichi Minato)

1. はじめに

函館市は現在、旧函館ドック跡地に国・大学・道・民間などの学術研究機関が集積した複合的な研究施設として「函館国際水産・海洋総合研究センター」¹⁾を整備し、港湾機能と一体となった大型畜養施設として、水産・海洋研究ゾーンを設ける構想が計画されている。しかし、長年に渡る造船業や水産業等により函館港内の水質は著しく劣化しているため、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箇所の温泉源があることから、温水と冷水を取得しやすい環境にある。

本研究では、温水と冷水の温度差によって動力を生み出す自律駆動型水素吸蔵合金アクチュエータ²⁾ (Autonomous Metal Hydride Actuator: 以後、A-MHA) を函館港の海水交換促進装置の動力として将来利用するにあたり、函館港の温度差条件に適した合金を開発するとともに、その合金を用いたA-MHAによる送水可能な海水量を推定する。また、函館港内における送水実験を通じ、A-MHA適用後の港内の流動と水質に関する変動特性を把握することで、A-MHAの有用性を立証するものである。

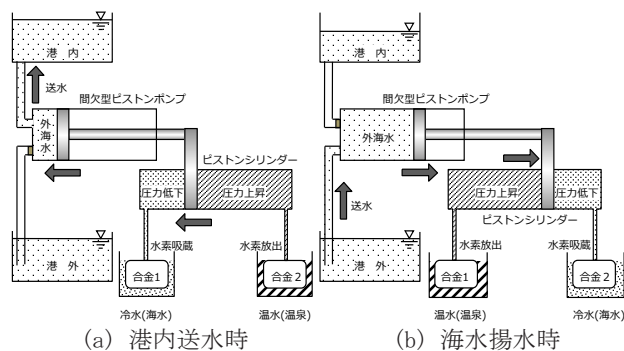
2. A-MHA による海水交換装置の開発

2. 1 A-MHA による海水交換装置の概要

図-1は本研究で考案しているA-MHAによる海水交換装置の概念図を示す。合金を入れた2つの容器を高温槽と低温槽で交互に交換することにより、合金容器内は高温側で水素が放出されて圧力が上昇し、低温側では水素吸蔵により圧力が低下する。この圧力差がピストンシリンダーに伝達され、ピストンは往復運動を繰り返す。ピストンは間欠型ピストンポンプに直接連結することで、外海水を送水する機構になっている。また、恒温槽における合金容器の交換は、この動力の一部を使用して駆動するため、自律的に連続稼働が可能である。

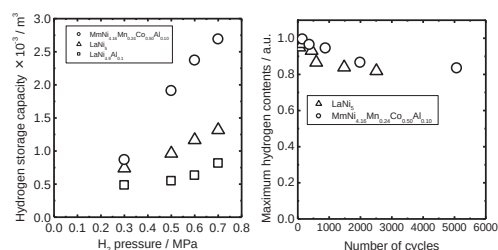
2. 2 水素吸蔵合金の組成に関する検討

水素吸蔵合金は、安定な水素化物を形成しやすい発熱型金属A(Ti, Zr, La, Mn等)と水素との親和力を持たない吸熱型金属B(Ni, Fe, Co, Mn等)から構成される合金であり、AB₅型、AB₂型、AB型、A₂B型、固溶体型に組成分類されている。一般に実海域で想定される100℃未満の温度差域ではLaNi₅合金が用いられる。しかし、高価な材料であることから、第三の添加金属を加えることにより、より安価でかつ水素吸放出量及び耐久面での性能向上を図る検討を行った。本研究で製作した合金はMmNi_{4.16}Mn_{0.24}Co_{0.50}Al_{0.10}合金、LaNi_{4.8}Al_{0.2}合金、LaNi₅合金の3種類であり、各合金の水素吸放出量及び耐久性を図-2に示す。図中(a)



(a) 港内送水時 (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

図-2 水素吸蔵合金性能評価

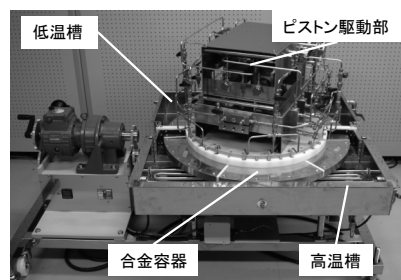


写真-1 A-MHA装置外観

において、いずれの合金も水素吸放出量は、初期に封入する平衡水素圧に比例して増加する。Mmベースの合金は、Laベースの合金と比較して、水素吸放出量が大きくなることが分かる。また、合金を高温槽と低温槽に入れ吸放出させた状態を1サイクルとして、各合金の耐久性を検討した図中(b)では、サイクル数の増加に伴い、Laベースの合金では劣化が著しいが、Mmベースの合金はLaベースの合金ほどの劣化は見られない。

吸放出量及び耐久性の両面から、Mmベースの合金はLaベースに比べて優れているため、A-MHAに封入する水素吸蔵合金にはMmNi_{4.16}Mn_{0.24}Co_{0.50}Al_{0.10}合金を採用した。

2. 3 間欠型ピストンポンプによる海水送水量の推定

函館港に設置したA-MHA装置の外観を写真-1に示す。

このA-MHA 実機には円柱状に6ブロックの合金容器が搭載されており、その中には計1.5kgの $\text{MmNi}_{4.16}\text{Mn}_{0.24}\text{Co}_{0.50}\text{Al}_{0.10}$ 合金を封入している。この円盤形合金容器は回転し、高温槽と低温槽を交互に潜りぬけることで水素吸放出を繰り返し、その上部にあるシリンダーピストンを駆動させる。実証実験で想定される初期平衡水素圧2.0MPa、函館港内の温泉水温70℃（高温槽）、海水温18℃（低温槽）の条件のもと、実機から吸放出される水素流量を過去に構築した数値解析²⁾により推定した結果、A-MHA 実機の合金容器1ブロックから吸放出される水素流量は、標準状態（0℃, 101.3kPa 換算）で0.0036 Nl/s 程度となる。

図-3は、シリンダーピストンの移動速度50 mm/s 、シリンダー径300 mm の場合に、送水可能な海水量を試算した結果²⁾を示す。但し、この値は、揚程及び配管径で生じる全ての水頭損失、動力伝達系の機械損失等を考慮していない。前述したA-MHA 実機の水素吸放出量が全て送水による海水の運動エネルギーに変換された場合、送水可能な海水量は図中から、合金容器1ブロックあたり9.23 l/s となり、6ブロックを有するA-MHA 実機システム全体に換算すると最大200 m^3/hr 程度の送水が可能になる。

3. A-MHA による海水送水に関する現地実証実験

図-4に現地実証実験における測定項目及び位置を示す。実証実験は前出の写真-1に示すA-MHA 実機を用いて、KP0表層地点（T.P. -1.0 m ）から海水を揚水し、St-0aの底層地点（T.P. -5.0 m ）に送水する工程を1昼夜連続で観測した。その際、周辺海域に与える影響を把握するため、水位、流速、流動、水質等を図中のように観測した。なお、A-MHAは稼働前後における周辺海域の水質変動特性を把握するために12時間で稼働停止させた。図-5はA-MHA装置の性能評価を示す。A-MHAの出力は1ブロック最大で最大30W、平均して1.37Wとなり、図中におけるポンプの出力0.442Wを差し引いた平均0.928Wが機械的損失となる。この結果、A-MHAの機械効率率は32.3%程度となる。また、A-MHAからの水素吸放出量は1ブロックあたり0.0055 Nl/s となり、前出した数値解析の推定値より大きくなるが、揚程や管の摩擦等によって実際の海水送水量は、推定値の約1/7である最大30 m^3/hr 程度まで減少した。図-6はA-MHA適用前後における底層の溶存酸素量を比較したものを示す。A-MHA適用前の現地観測結果と比較して、A-MHA適用後は適用前に見られた溶存酸素量の低下による貧酸素水塊の形成が解消している。また、A-MHA稼働停止以降も溶存酸素量を均一にすることができ、推定値の1/7の送水流量でかつ12時間の稼働にも関わらず、十分な水質改善効果があることが分かる。

4. 結論

本研究で得られた主要な結論は以下のとおりである。

- (1) $\text{MmNi}_{4.16}\text{Mn}_{0.24}\text{Co}_{0.50}\text{Al}_{0.10}$ 合金はLaベースの合金よりも材料費が安価なことに加え、水素吸放出量及び耐久性能が優れている合金であることを見出した。
- (2)A-MHAにおける水素吸放出量は、1ブロックあたり0.0055 Nl/s となり、数値解析による推定値より大きくな

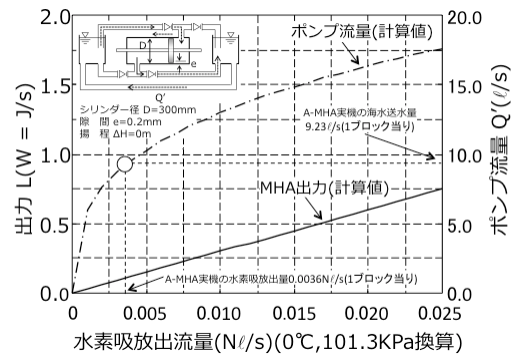


図-3 間欠型ピストンポンプの移動速度と送水量の関係

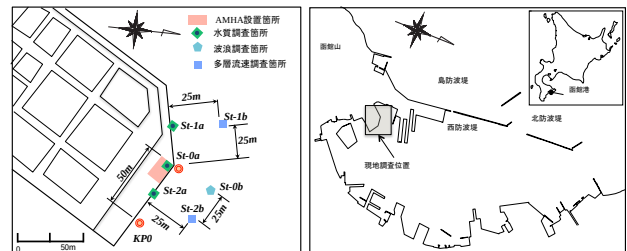


図-4 現地実証実験詳細図

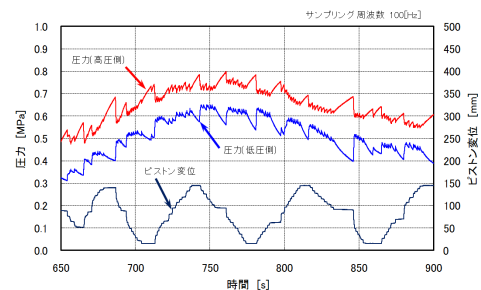


図-5 A-MHA 装置の性能評価

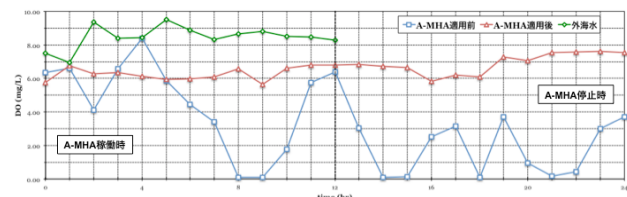


図-6 A-MHA 適用前後における底層の溶存酸素量の比較

るが、実際の海水送水量は揚程や管の摩擦等により、推定値の約1/7である最大30 m^3/hr 程度まで減少した。

(3)A-MHA適用後は適用前に見られた溶存酸素量の低下による貧酸素水塊の形成が解消している。また、A-MHA稼働停止以降も溶存酸素量を均一にすることができ、推定値の1/7の送水流量でかつ12時間の稼働にも関わらず、十分な水質改善効果があることが分かる。

参考文献

- 1) 函館市：国際水産・海洋総合研究センターの整備に向けた提案書Ⅱ，pp.10-17，2006
- 2) 宮武誠，湊賢一，本村貞治，松村一弘，増田享，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，海洋開発論文集 vol.26[2010] pp81-86