

家庭用酸素吸蔵合金ヒートポンプエアコンの開発

脱フロンヒートポンプをめざして

Development of a Home Air-conditioner Employing a Heat Pump Based on Hydrogen Storage Alloy Heat Pump Free of Chlorofluorocarbons

(電気利用技術研究所 未利用エネルギーG)

従来のヒートポンプに使用されているフロンはオゾン層破壊の点で地球環境問題となっている。またヒートポンプは効率のよいシステムといわれているが省エネルギーの観点より効率向上が望まれている。今回は脱フロンシステムであり高効率になる可能性のある酸素吸蔵合金圧縮式ヒートポンプシステムについて家庭用を対象に試作、評価した。その結果、適正なシステムおよび要素機器の開発に関する知見を得ることができた。

(Electrotechnology Applications Research & Development Center, Unexploited Energy Group)

The chlorofluorocarbons used in the conventional heat pumps have been threatening the global environment by eating up the ozone layer above the atmosphere. Although the heat pump is an energy-efficient system, further improvement of the efficiency is called for from the view point of energy saving. As the first stage of the development project, the present research was centered around the elimination of the chlorofluorocarbons. A prototype of the new heat pump system with a hydraulic compressor for home use was built by employing the hydrogen storage alloy. Evaluation tests for its performance presented useful findings for the development of a practical system and component devices.

1 研究の背景

地球環境問題に関心が高まっている近年、クリーンで再生可能で様々な利用が考えられる酸素が脚光を浴びている。この酸素を吸蔵・放出する新しい素材として酸素吸蔵合金があり、合金の持つ種々のエネルギー変換・酸素貯蔵機能を利用した研究開発が幅広い分野で行われている。

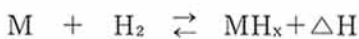
また、ヒートポンプシステムは冷暖房用エアコン等広く普及しているが、冷媒であるフロンの使用が規制され、他の代替物質の開発等が求められている。

このような背景から、既に合金メーカーにおいて開発済みである酸素吸蔵合金について、諸特性試験を実施した結果、実用性能を満足するとを確認したため、酸素吸蔵合金を利用した家庭用ヒートポンプエアコンを開発すべく、(株)高岳製作所と共同で研究を行った。

2 酸素吸蔵合金とは

酸素吸蔵合金は、酸素と反応すると金属酸素化物となり同時に熱を発生する。この反応は可逆反応であり金属酸素化物は吸熱しながら酸素と合金に分離する。反応式は次式で示される。

M : 酸素吸蔵合金
 MH_x : 酸素化物
 ΔH : 反応熱

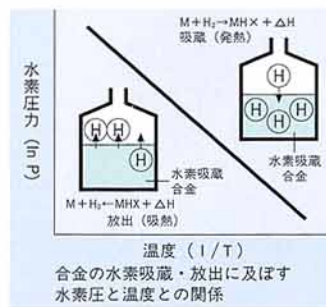


酸素吸蔵合金には、この他にも、①液体酸素に匹敵する高い酸素吸蔵密度がある。②酸素の精製機能を持つ ③反応速度が速い。などの特徴がある。

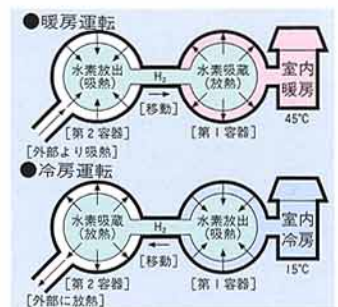
3 酸素吸蔵合金ヒートポンプの原理

酸素吸蔵合金は第1図に示すように「圧力-温度線図(P-T線図)」上の直線を境に、右上部域の温度と酸素圧力条件では酸素を吸蔵して発熱し、左下部域では酸素を放出して吸熱する特性がある。

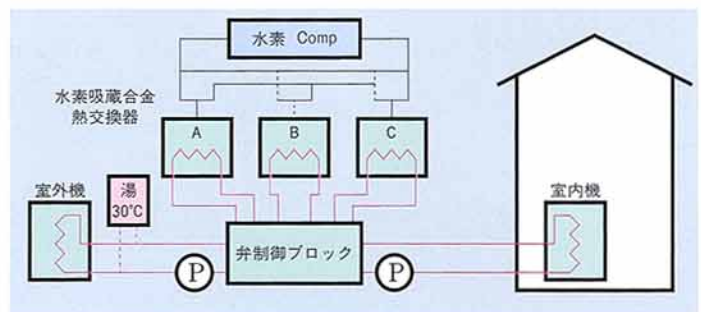
酸素吸蔵合金ヒートポンプの原理を第2図に示す。暖房運転時は、第2容器から第1容器へ酸素を移動させることにより第1容器が発熱する。これを外部に伝えることで、温熱が得られる。また、冷房運転時は第1容器から第2容器へ酸素を移動させることにより、第1容器が吸熱する。これを熱媒に伝えることで冷熱が得られる。



第1図 圧力-温度線図 (P-T線図)



第2図 酸素吸蔵合金ヒートポンプの原理



第3図 酸素吸蔵合金ヒートポンプシステムの概要

4 システムの概要

第3図に本研究で試作した圧縮式ヒートポンプシステムの構成を、第4図には外観を示す。装置はダイヤフラム式水素移動用コンプレッサ、水素吸蔵合金を封入した熱交換器、熱媒流路切替弁および室内外の放熱器によって構成されている。

熱交換器は、水素吸蔵量、発熱量、耐久性等、良好な特性を持つランタン系混合物（ミッシュメタル）とニッケルの合金（MmNi5系）を封入した。構造は図5に示すとおり中心に水素移動用パイプ、そのまわりに合金層、その外側に熱媒としての水の層がある。システム構成では、反応熱を無駄なく取り出す運転とするために3台設置した。

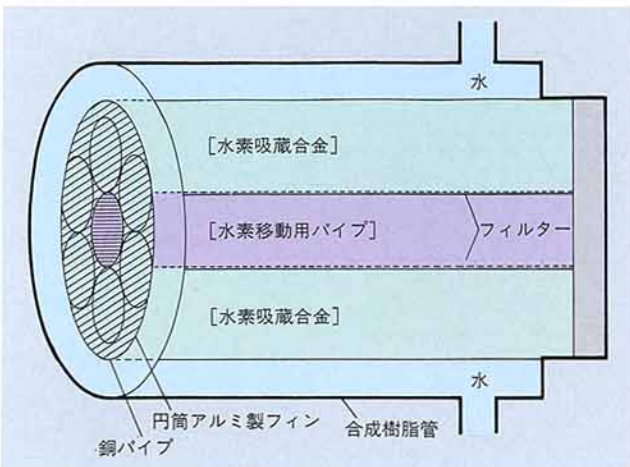
運転条件は冷房時は空気熱源（外気30℃）、暖房時は空気（外気15℃）及び温水（30℃）熱源とし、熱媒には水を使用した。

5 システムの性能

冷暖房両用水素吸蔵合金ヒートポンプシステムの出力は、3,600kcal/h(4.2kW)、成績係数(COP)2.5を目標とした。第6図は暖房時の温度特性で、最大到達温度は低温熱源を利用した場合45℃を得た。(空気熱源時35℃) サイクル切替時に一時的に温度が上昇しているが、前反応容器の顕熱のためである。



第4図 水素吸蔵合金ヒートポンプ外観



第5図 熱交換器構造

第7図は冷房時の温度特性で、到達温度19℃を得た。

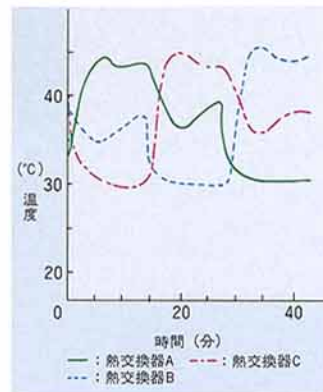
第8図は暖房時の出力特性で、最大出力は低温熱源使用時3.1kW(COP1.8)、空気熱源時1.3kW(COP0.7)、を得られた。空気熱源では水素放出特性が劣り、30℃程度の補助熱源が必要であり、顕熱回収運転をすることにより安定した出力が得られる。第9図は冷房時の出力特性で、最大出力2.8kW(COP1.6)を得られ空気熱源でも水素放出特性が良く補助熱源は不要である。

6 今後の展開

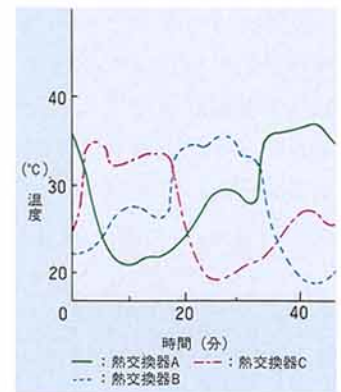
本研究では、空気熱源の冷暖房両用水素吸蔵合金ヒートポンプシステムとしてはハイレベルで、平均出力約1.8kWを得ることができたが、これらの結果はシステムの規模に対して十分とは言えない。

実用化に向け、空気熱源で冷暖房を両立させたより高効率のヒートポンプを開発するためには、冷暖房システムに最適な合金の開発、高性能水素コンプレッサの開発、熱交換器内合金層の伝熱改良等、課題があげられる。

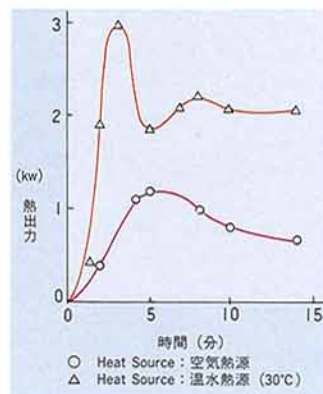
今回は一次試作であり、本研究から得られた知見より今後はこれらの問題を解決すべく、電気（または太陽）温水器を利用した熱駆動圧縮併用型ヒートポンプの開発を進める予定である。



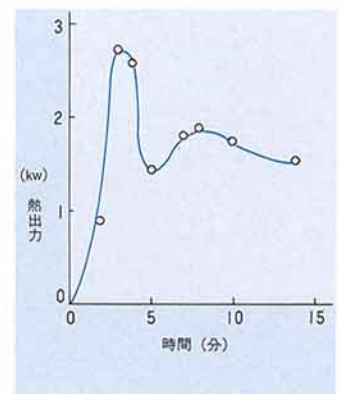
第6図 暖房時温度特性 (30℃低温熱源使用)



第7図 冷暖房時温度特性



第8図 暖房時出力特性



第9図 冷暖房時出力特性