

# 水素用磁気冷凍サイクルの研究 ~ 高温領域シミュレーション ~

Research of magnetic refrigeration cycle for hydrogen liquefaction ~ Simulation from room temperature range~

<sup>A</sup> 阪大院工, <sup>B</sup> 物材機構, <sup>C</sup> Wisconsin 大学 卯瀧高久<sup>A</sup>, 中川貴<sup>A</sup>, 山本孝夫<sup>A</sup>, 神谷宏治<sup>B</sup>, 沼澤健則<sup>B</sup>, K.L. Engelbrecht<sup>C</sup>

Takahisa Utaki<sup>A</sup>, Takashi Nakagawa<sup>A</sup>, Takao Yamamoto<sup>A</sup>, Koji Kamiya<sup>B</sup>, Takenori Numazawa<sup>B</sup>, K.L. Engelbrecht<sup>C</sup>

<sup>A</sup> Graduate School of Engineering, Osaka University, <sup>B</sup> National Institute for Material Science, <sup>C</sup> University of Wisconsin

E-mail : [t-utaki@mit.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:t-utaki@mit.eng.osaka-u.ac.jp)

## 1. はじめに

来るべき水素エネルギー社会の実現において、水素液化の効率化は重要な技術課題の一つである。その中で、従来の気体冷凍法にかわる新たな高効率水素液化技術として磁気冷凍法に期待が寄せられている[1]。現在、冷却温度が広範囲に及ぶ場合、能動的蓄冷型（AMR）磁気冷凍機が有望視され、磁性材料、システムの開発が進みつつある[2]。本研究では、水素液化 AMR 磁気冷凍機の最適設計のために必要な数値シミュレーションを Wisconsin 大学で開発されたコードを基に行った[3]。室温（300 K）から AMR 磁気冷凍機によって水素を冷却していく過程を想定した数値シミュレーションにより得られた AMR 磁気冷凍機の性能を報告する。

## 2. シミュレーション構成

今回は、水素液化の予冷として AMR 磁気冷凍機で、300 K から 22 K まで冷却していく過程を計算した。対象とした磁気冷凍機のプロトタイプを Fig.1 に示す。磁気冷凍機では作業流体として気体より液体のほうが望ましく、高温段ではエチレングリコールと水の混合流体、中間段では液体プロパンを用い、低温段では水素を直接流すモデルを採用した。数値シミュレーションに入力したシステムの初期設定値を Table.1 に示す。磁性体は理想磁性材料を用いることとし、300-22 K まで 7 段階に分けて冷却する系を想定した。各段における温度範囲と流体を Table.2 に示す。また、オルソパラ変換は、冷却過程で触媒によって連続的に行われ即座に変換されると想定した。この場合、オルソパラ変換熱は水素の付加的熱量のように振舞うと考えられるので、変換熱を比熱に加えて計算した。

## 3. 結果

今回対象とした 300 - 22 K の範囲において、オルソパラ変換熱による冷凍負荷は冷凍容量の 13 % を占めることがわかった。初期段階におけるシミュレーションにおいて、0.1 t/day の AMR 磁気冷凍機は高いカルノー効率を示唆する結果が得られた。各ステージの温度範囲や流量などを最適化することで、さらに高い効率を示す可能性がある。最終的に、1.2 t/day 規模のシミュレーションを実施し、既存の液化機と比較検討したい。最適化された 0.1 t/day の数値シミュレーションにおけるより詳細な結果については講演にて報告する。

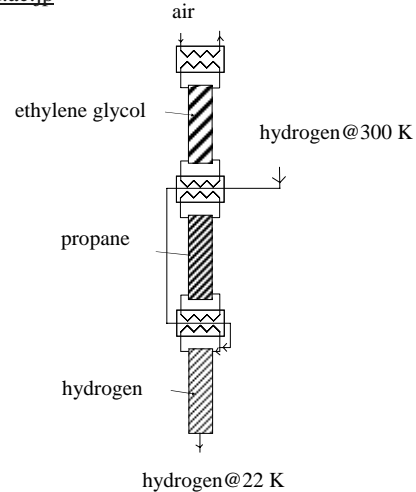


Fig.1 Schematic of hydrogen magnetic refrigerator

Table.1 Input parameters in this work

Parameter	Value	Parameter	Value
heat rejection temperature	300 K	number of beds	6
load temperature	22 K	period	0.2 sec (5 Hz)
production	0.1 t/day	sphere size for packing	0.2 mm
maximum applied field	5 Tesla	heat transfer fluid	varies

Table.2 Temperature range and working fluid at each stage

Stage	Temperature range [K]	Working fluid
1	22-40	hydrogen
2	40-65	hydrogen
3	65-100	hydrogen
4	100 - 144.3	propane
5	144.3 - 188.6	propane
6	188.6 - 233	propane
7	233 - 300	ethylene glycol/water

## 謝辞

本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託により、水素安全利用基盤技術開発において、財団法人エネルギー総合工学研究所との共同研究により実施されたものである。

## 参考文献

- [1] 神谷宏治他, 第 72 回春季低温工学・超伝導学会講演概要集, pp.30
- [2] 高縁貴章他, 第 70 回春季低温工学・超伝導学会講演概要集, pp.29
- [3] K.L. Engelbrecht, Master thesis, University of Wisconsin, 2004