

推薬液化エネルギーを低減する磁気冷凍技術の研究開発について



物質・材料研究機構、ispace、住友商事、高砂熱学工業

【本研究の目的】

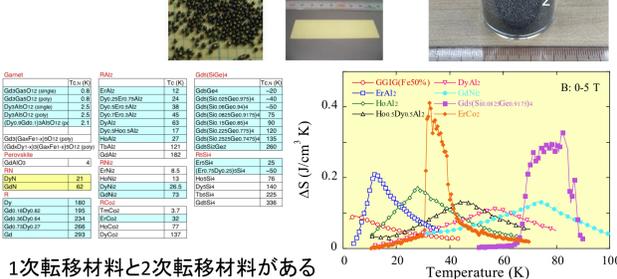
1. 地上の水素エネルギー社会の実現に向けた、液体水素の製造・貯蔵に必要なエネルギーの低減。また、月面推薬生成プラントの実現に向けて、月面での液体水素と液体酸素の製造に必要な液化エネルギーの低減。
2. 一般にガスの液化には気体の圧縮膨張を利用した気体式冷凍機が用いられ、液化効率の上限は25%程度。これに対し磁気冷凍の理論効率率は50%を超え、同量の液化ガスの生成に必要な消費電力をおよそ半減することが期待される。
3. 磁気冷凍機の小型・軽量・効率化に取り組み、地上での小型磁気冷凍機の事業化検討及び月面推薬生成プラント適用への実現性検討。

【研究内容】

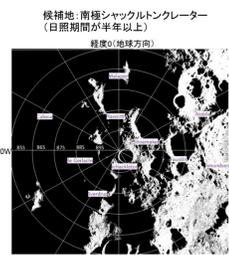
1. 小型磁石システムの検討
2. 磁気冷凍機概念設計
 - 月面での磁気冷凍による液体水素・液体酸素製造の成立性確認。
 - 月面推薬生成プラントを想定した磁気冷凍機概念設計

【磁気作業物質】

20種類以上の磁性候補から選定
ガーネット、金属間化合物(2次転移物質)、1次転移物質
形状 球状、薄板状

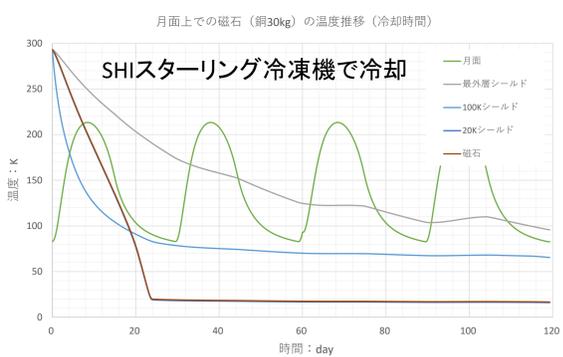
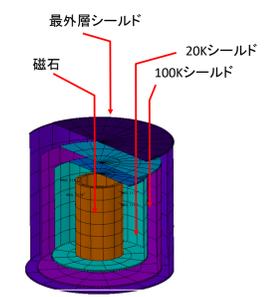


【液化システム月面設置場所と運転条件】



1. 月面離着陸船とホッパーのエンジン用に燃料・酸化剤としてLOX/LH₂
2. 有人圧ローバがFCの燃料・酸化剤としてGOX/GH₂

【月面での熱解析】



消費電力90 Wの冷凍機で30 kgの磁石を月面上の最も安全側の場所においても、24日で20 Kまで冷却可能

【超伝導マグネット小型化検討】

Design parameter

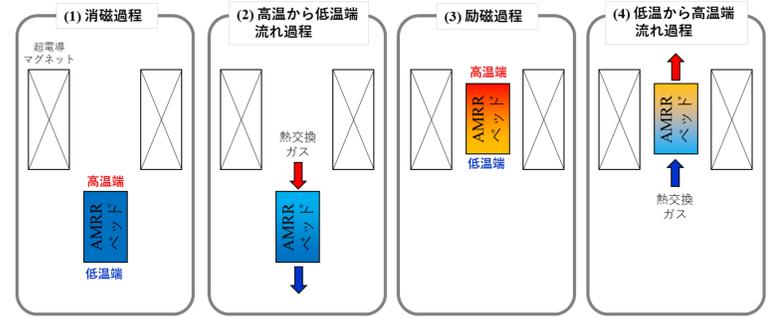
電圧	±5 V
電流	100 A
電流安定度	0.05 %
積算電流	0.01 - 1 Asec
コイルインダクタンス	5 H
受電(整流)電圧	40-50 V
受電(整流)電流	18 A
PC用電源	DC16V, 0.6 A (10W)

電源の小型軽量化に成功

体積、重量とも従来比1/6を達成
210(W) × 297(D) × 88(H) 4.9 kg

高精度なドロップ方式ではなく、軽量のスイッチング方式を採用

【能動的蓄冷式磁気冷凍(AMR)の原理】



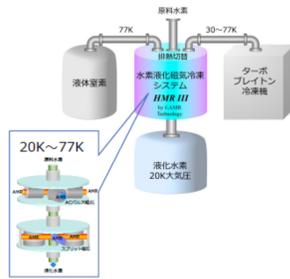
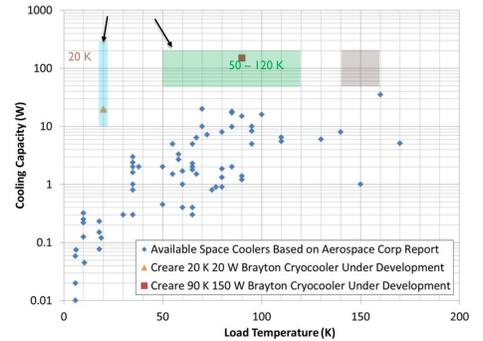
【推薬液化システム建設スケジュールと設置条件】

液化量の目標

- レゴリスから水と推薬を抽出・生成
- ① 水生成量: 75トン
- ② 推薬生成量: 57.6トン
 - a) 液体酸素49.3トン
 - b) 液体水素8.3トン

項目	磁気冷凍設計条件
水素液化量	10 ton/year = 27.4 kg/day
電力	200 kW
質量	300 kg
排熱温度	40K / 50K

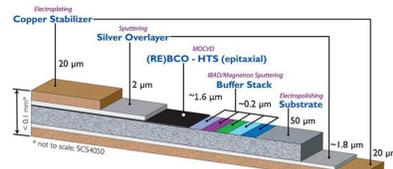
冷凍能力の目標



超伝導マグネットが月面で20 Kまで冷却が可能であることを確認する必要がある

【超伝導マグネットの選定】

	臨界温度	運転温度	永久電流スイッチ	メリットや特徴	デメリット	価格	重量
NbTi	9.5 K	4K	確立されている	安価、成形容易	4Kが必要	20円/m	軽量
Nb3Sn	16 K	10 K (4T実績有)		極細線がNIMSで開発されつつある		200円/m	
MgB2	39 K	10 K	確立されている	安定化剤をCuからAlに変更、軽量可	臨界磁場は2T程度		
Bi2223	30 K以下	未確立		Tc高い、比較的安価、ある程度の高温運転可	異方性高い、線材が太い、電源が大型化		
REBCO	90 K	50 K以下	未確立	高温運転可、線材が細い	高価、Non insulationでは励消磁に長時間	1万円/m	重い



REBCOとNbTiで検討

【まとめ】

1. 小型磁石システムの材料を検討し、REBCOとNbTiを選定
2. 月面磁気冷凍のマグネットに対する熱解析を実施し成立性を確認
3. 磁気冷凍概念設計の一つとして超伝導マグネット用電源の小型化を確認

