

階層構造磁気蓄熱再生器を持つ

磁気ヒートポンプの開発

川南 剛 明治大学 工学部 准教授

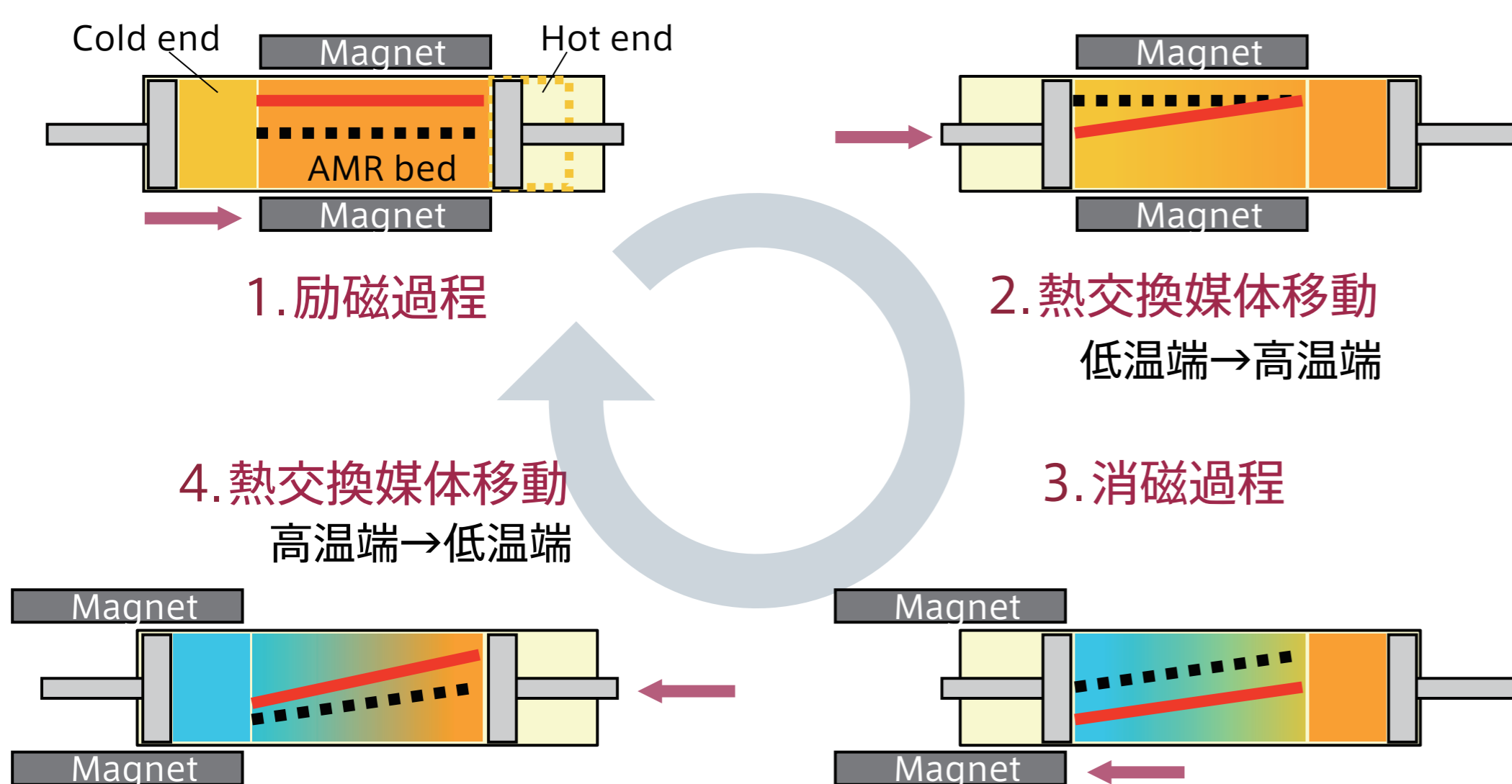
実用化に向けた長期的目標および展望

1. 数kW級磁気ヒートポンプの実現
2. Mn(マンガン)系磁気熱量効果材料を用いた階層構造AMRの確立

磁気蓄熱再生サイクル (AMRサイクル) の4行程

AMR : Active Magnetic Regenerator

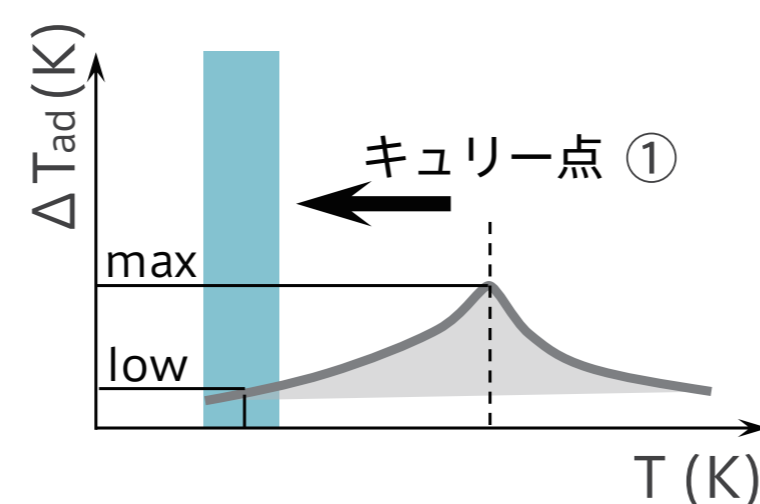
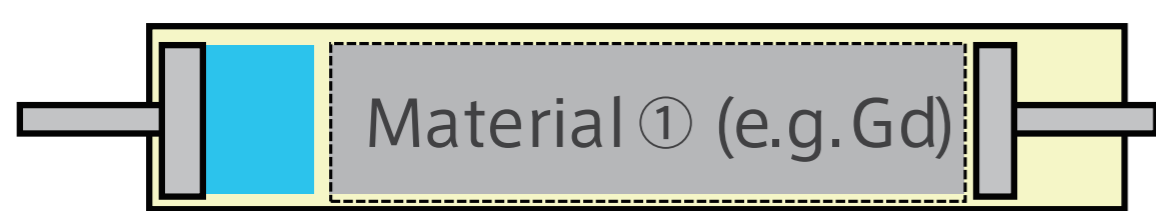
磁気作業物質が吸熱・発熱と蓄熱・再生器の役割を同時に担う



階層構造磁気蓄熱再生器 (Layered AMR)

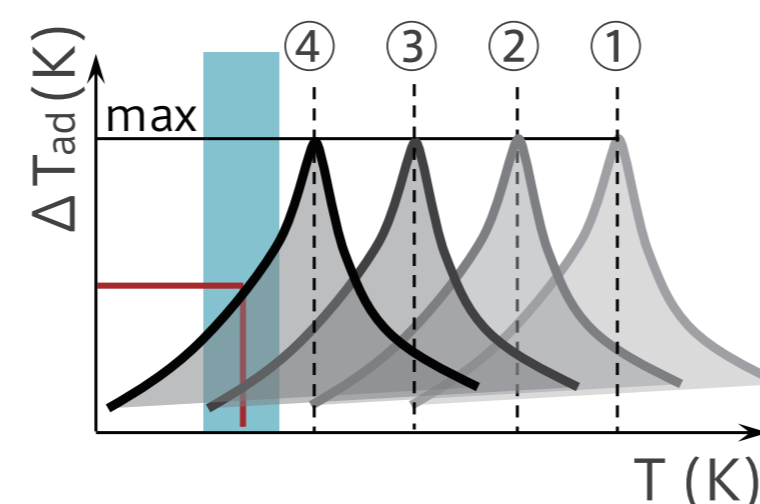
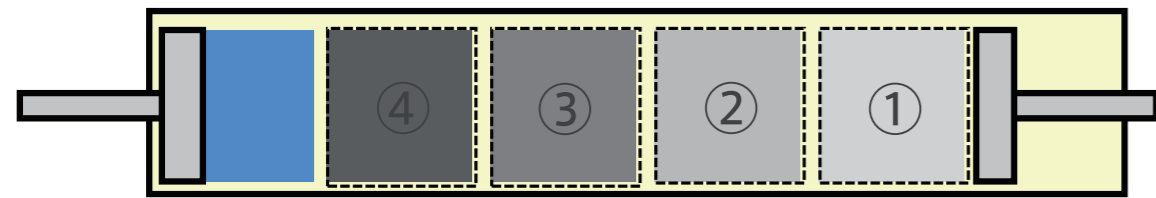
これまでの単一層AMR

温度差の拡大に伴いAMRの性能低下を招く



階層構造AMR

温度帯に応じた適切な材料を配置する



階層構造 AMRの研究課題

- キュリー点をコントロールした磁気熱量効果材料の開発
- AMR 特性の予測手法の確立

金属粉末造形装置によるAMRの成形

金属3Dプリンタを利用して、磁気熱量効果材料粉末から、高伝熱特性・低圧力損失特性を有するAMRの造形にトライしている。

	H1	H2	H3	M1	M2	M3	球充填
細孔径 [mm]	1.00	1.30	1.50	—	—	—	0.60
空隙率	0.62	0.593	0.789	0.350	0.420	0.423	0.260
比表面積 [m ² /g]	0.063	0.066	0.103	0.109	0.098	0.169	0.00128
比表面積 [m ² /m ³]	488.1	515.5	800.5	847.5	761.3	1317.9	10.13



作製した金属多孔質体 (AMR構造の原型)

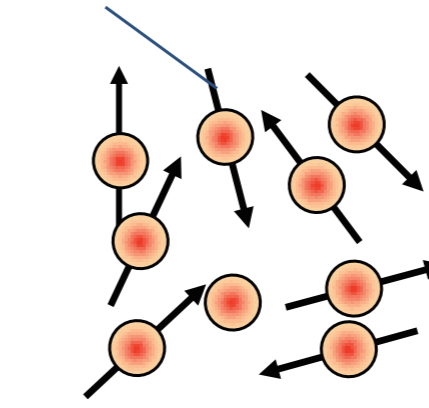
磁気冷凍・ヒートポンプの原理と特徴

■ 原理：磁性体の磁気熱量効果を利用

③システムの最適化

磁気モーメント
Magnetic moment

② 材料開発

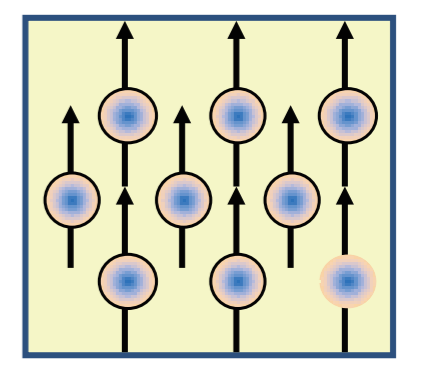


磁気熱量効果材料 (磁性材料)
Magnetocaloric material

消磁
Demagnetization

① 熱移動の促進と制御

系の温度上昇
ΔS
系の温度低下



励磁
Magnetization

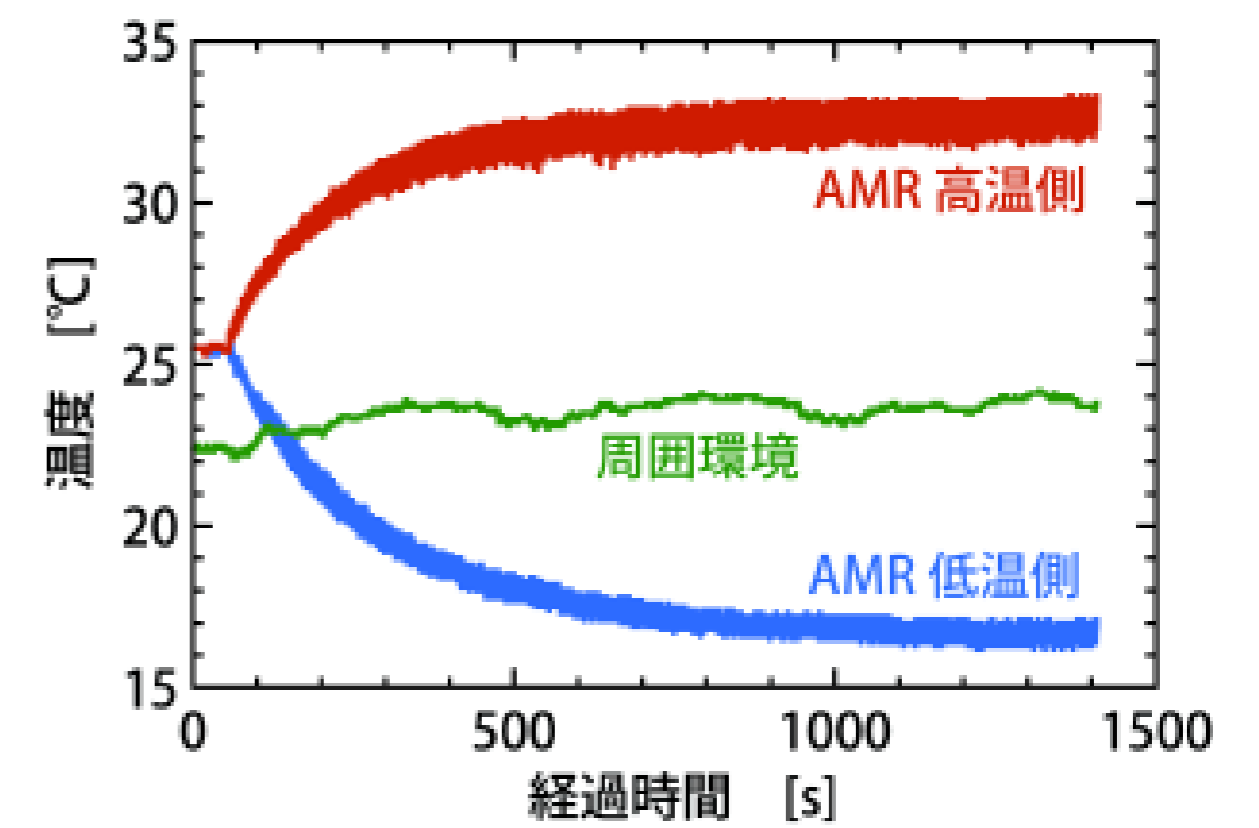
- 特徴：
- ノンフロン – ガス冷媒の使用・排出なし
 - 理論効率が低い – 消費電力が少なくCO₂削減に貢献
 - 低騒音・低振動 – 特殊環境への用途へ展開

磁気作業物質 (Magnetocaloric Material) の開発

(MnFeRu)₂PSiで磁気熱量効果を示すことを明らかにし、組成比をコントロールすることにより、-40~75℃の温度範囲をカバーする焼結材料の開発に成功した。

新材料の特性

材料	キュリー点 [°C]
A	18.5
B	21.5
C	25.7
D	27.9
E	30.1



新材料で構成したAMRの特性 (5種類の材料による階層構造)

共同実施機関および技術的な問合せ先

- 研究全体について
明治大学・川南 剛 ✉ kawanami@meiji.ac.jp
- Mn系磁気熱量効果材料の開発について
九州大学・和田 裕文 ✉ wada@phys.kyushu-u.ac.jp
- Mn系磁気熱量効果材料のAMR造形について
大電(株)・大西 孝之 ✉ oonishi@dyden.co.jp
- 磁気ヒートポンプシステムの設計について
東京工業大学・岡村 哲至 ✉ tokamura@es.titech.ac.jp
- 磁石・磁気回路開発について
中部電力(株)・平野 直樹 ✉ Hirano.Naoki@chuden.co.jp
- 磁気ヒートポンプシステムの設計について
サンデンAT(株)・裴 相哲 ✉ sangchul.bae.ul@g-sanden.com
- 磁石・磁気回路開発について
(公財) 鉄道総合技術研究所・脇 耕一郎 ✉ waki@rtri.or.jp