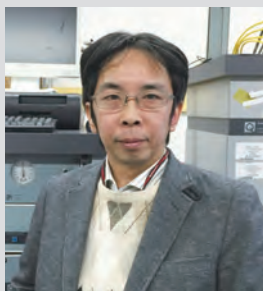


圧力で磁性材料からの吸熱・放熱を制御



藤田 麻哉

ふじた あさや
asaya-fujita@aist.go.jp

グリーン磁性材料研究センター
材料解析・開発チーム
研究チーム長
(中部センター)

2014年度に東北大より産総研に異動しました。バルク磁性材料の物性および機能開発を専門としています。現在、さまざまな相転移に伴う熱変化現象に着目し、エントロピー工学（エントロピクス）の構築を進めています。特に、自ら見出したFe系磁気熱量材料は、世界的にも実用化が有望視されており、本材料を用いた磁気冷凍実現を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

松波 大地、竹野 みか（東北大学）、竹中 康司（名古屋大学）

● 参考文献

D. Matsunami *et. al.*:
Nature Mater., 14, 73–78 (2015).

● 用語説明

* 磁気熱量効果：強磁性体（磁石など）へ磁場をかけるなど、磁性体の磁気モーメントのそろい方に変化を加えると、温度・熱変化が生じること。

** 反強磁性：隣り合う原子の磁気モーメントが反平行にそろった磁気秩序状態。

● プレス発表

2014年10月27日「圧力を使って磁性材料の吸熱・放熱を室温で制御」

磁性体の磁場による熱変化（磁気熱量効果*）を応用した磁気冷凍は、環境負荷が大きいフロン類が不要な上に高効率も予想されるため、実用化が期待されています。私たちは今回、室温で反強磁性体**への圧力印加により吸熱・放熱を制御して、冷凍につながる磁気応用技術を開発しました。さらに反強磁性に固有の性質が熱変化を増大することを発見しました。

反強磁性体の圧力熱量効果

今回用いた Mn_3GaN 金属間化合物の磁気転移温度は室温付近（17℃）にあり、この温度を境に低温相の反強磁性体から磁気消失した高温相の常磁性体に変化します。この変化は、磁気モーメントと呼ばれる原子磁石のNS極が整列した状態からランダムな状態への移り変わりで、1次相転移という急激な変化です。この際、状態の乱雑さを表すエントロピーが不連続に変化し、試料全体では潜熱と呼ばれる自発的な熱変化（水の気化熱に相当）が現れます（図1）。

反強磁性体では、隣同士の磁気モーメントが反平行に整列しているため外部には磁気が現れず、平行に整列した強磁性体（磁石材料）のように磁場により磁性を制御することができませんが、1次相転移による潜熱の発生は磁気熱量材料としては大きな魅力です。そこで磁場以外に磁性を制御する方法として、圧力に注目しました。これまで、室温付近で反強磁性体の1次相転移による圧力熱量効果を観測した

例はありませんでしたが、今回、反強磁性状態の Mn_3GaN に小型油圧機器で発生可能な100 MPa（1000気圧）程度の圧力をかけたところ常磁性体に変化し、大きな吸熱（試料1 kgあたり6 kJ）が確認されました。

また、反強磁性体の特徴である磁気構造と原子構造の不整合（フラストレーション、図2右）が生じ、これが相転移に伴う吸熱・放熱量を増幅していることを発見しました。フラストレーションは強磁性体では生じないため、反強磁性体の圧力熱量効果がフラストレーションによって増幅する現象は、今後の磁気熱量材料開発の対象を拡大させることが期待されます。

今後の予定

今後は圧力熱量効果を効果的に利用できるデバイスを構築していきます。特に、精密電子機器に隣接した用途など、磁場以外の利用が好ましい場合に対応できるように、強磁性冷凍と相補的な利用を検討していく予定です。

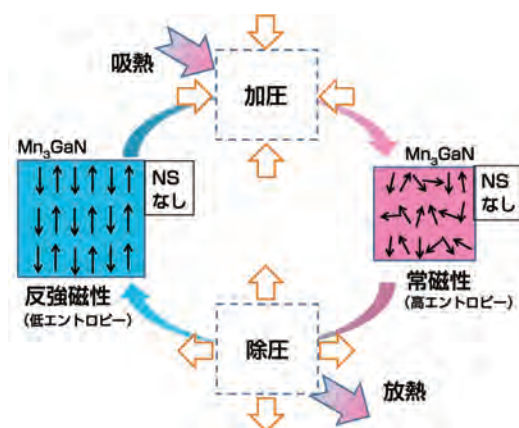


図1 磁性の圧力制御に伴う熱量効果の模式図

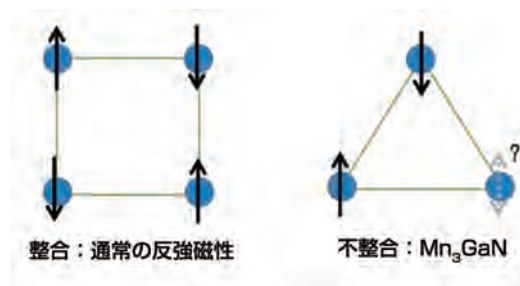


図2 原子構造と磁気構造の整合／不整合（フラストレーション）