

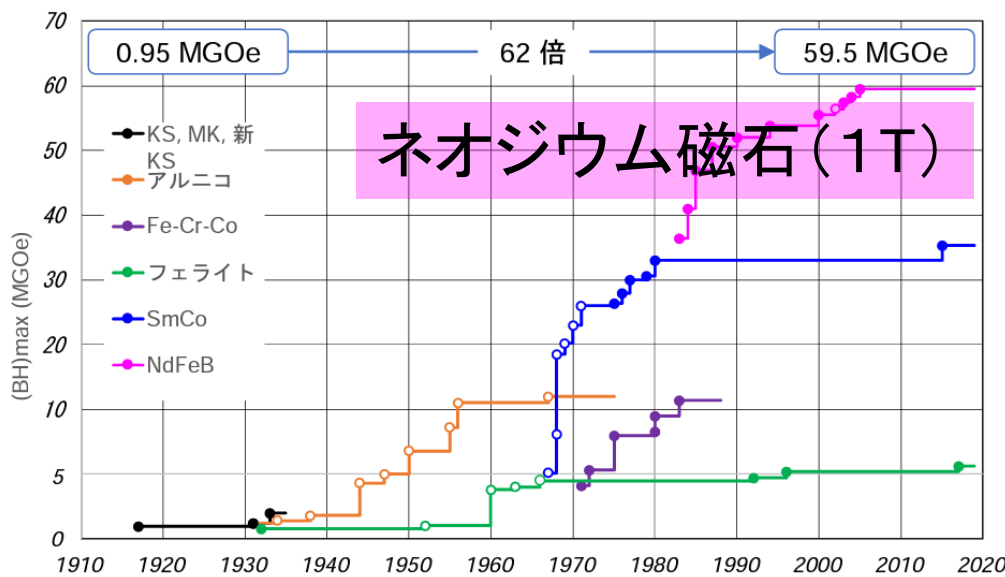
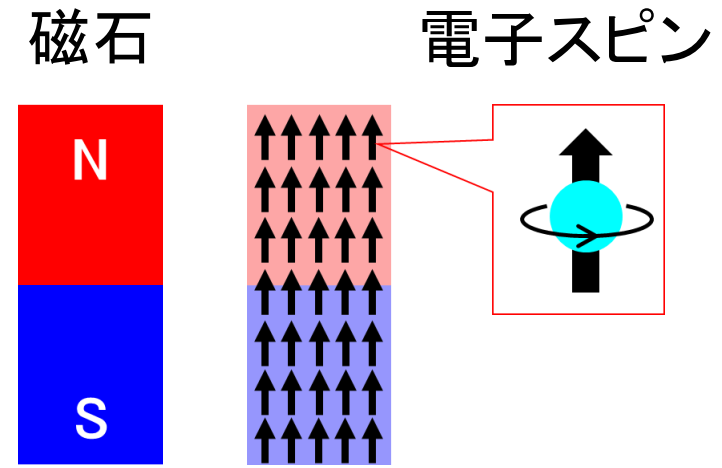
パルス強磁場を使った物性計測と制御

異分野基礎科学研究所

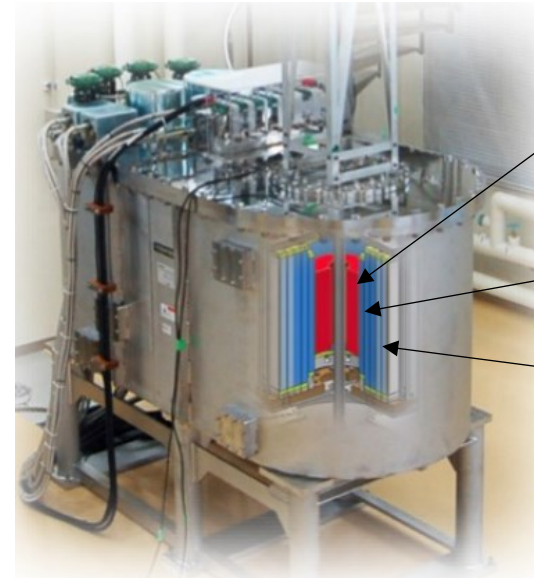
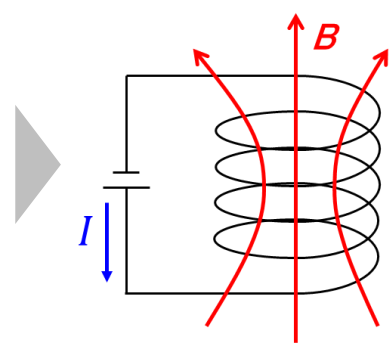
木原 工

“強い磁場”の作り方

磁石の起源: 磁石の発見は紀元前にまで遡りますが、そのメカニズムが解明されたのは量子力学が登場した1920年代と比較的最近です。磁石の起源は、“スピン”と呼ばれる物質中の電子の自転の性質です。強い磁石(磁場)は、MRIや電気自動車、リニアモーターカーなどの性能向上に役立ちます。



東北大金研の超伝導磁石(25T)



パルス強磁場

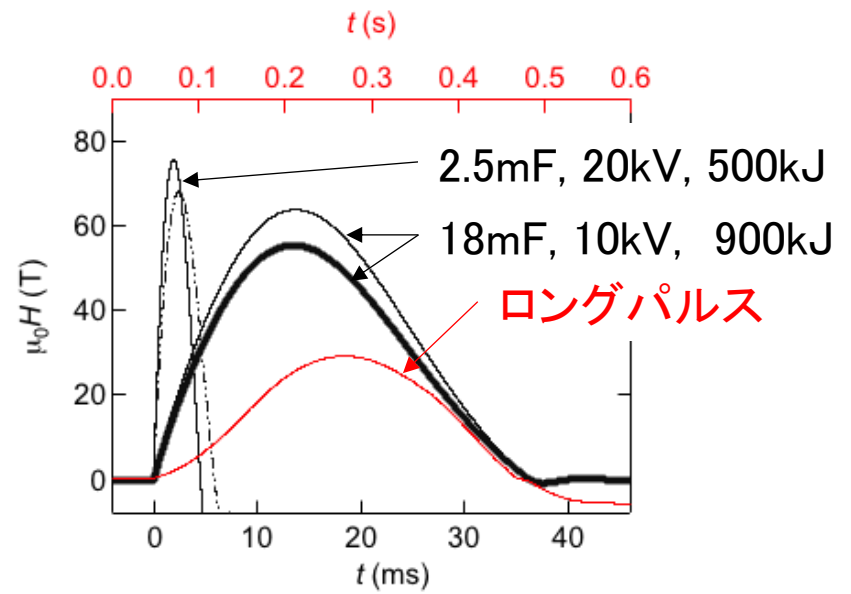
永久磁石百年史 福田方勝

* 1 T(テスラ) = 10000 G(ガウス)

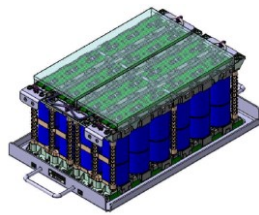
パルス強磁場発生装置の開発

パルス磁場法: コンデンサー(C)に溜めた電気を瞬間的にコイル(L)に投入することで巨大な磁場を発生する手法です。通常は、巨大なコンデンサーバンクと高電圧(~10 kV)を用いるため、専門の強磁場施設で扱われます。我々は、スーパーキャパシタを用いて、通常の10倍の磁場発生時間を持つパルス強磁場発生装置を岡山大学に作製しました。

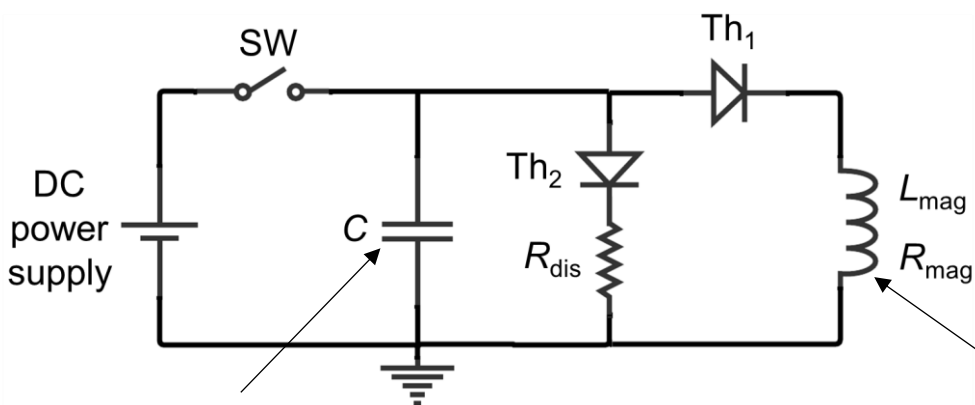
東大物性研のパルス磁場



日本ケミコン社製 (DFX)
C = 3150 F
V = 2.8 V



10.1F, 800V
 $E = \frac{1}{2} CV^2 \approx 3.2 \text{ (MJ)}$

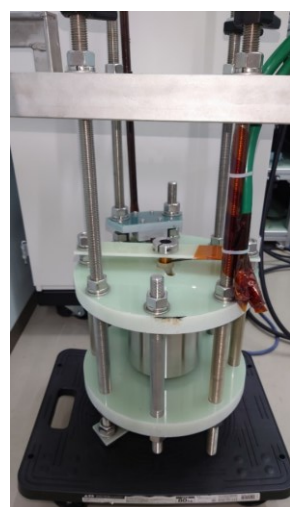


$$I_0 = V_0 \sqrt{C/L}$$

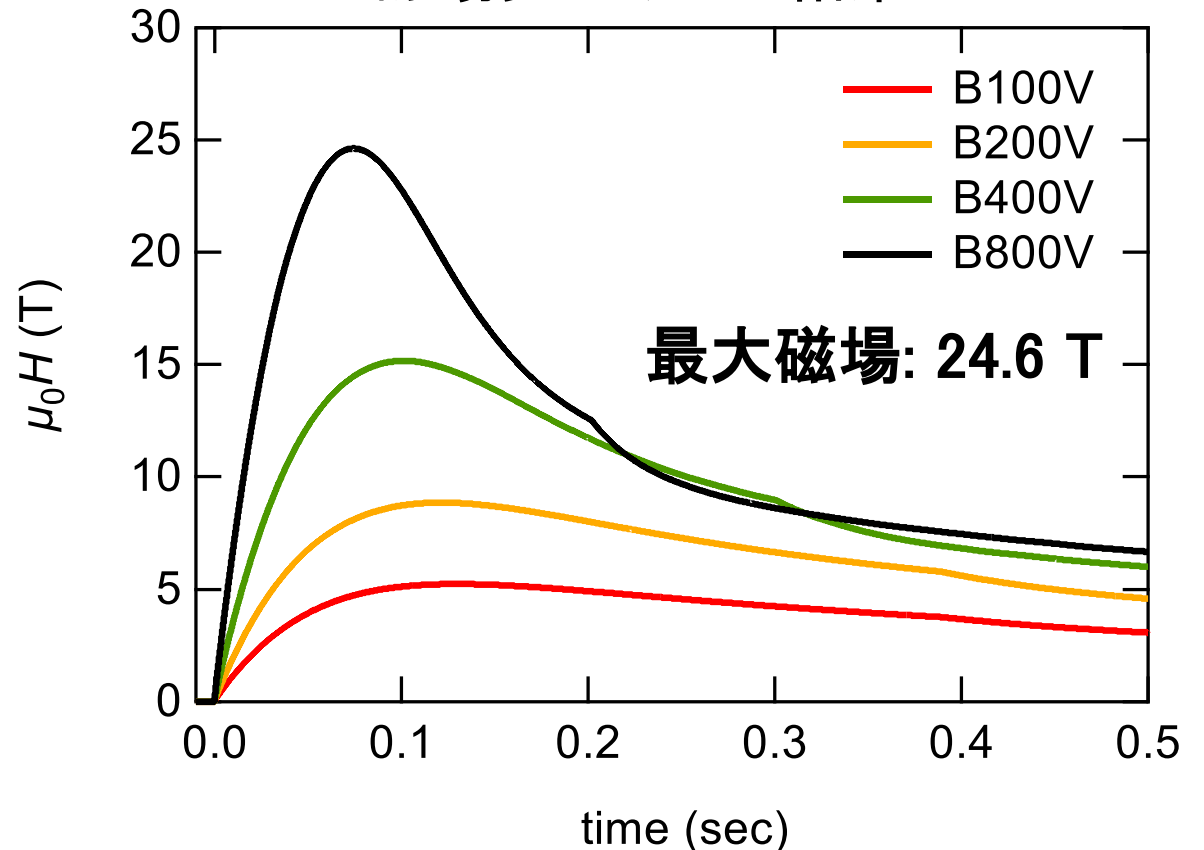
$$\tau = \pi \sqrt{LC}$$

作製したコンデンサーバンク

コイル (プロトタイプ)



磁場発生テスト結果

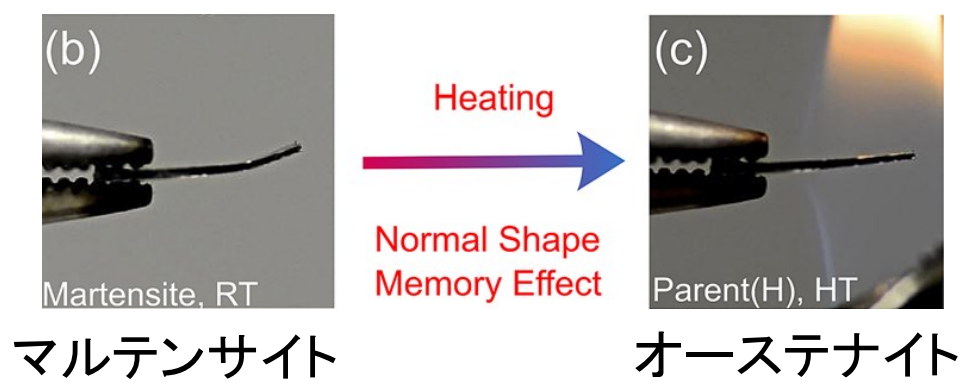


OKAYAMA UNIVERSITY

パルス強磁場で出来ること

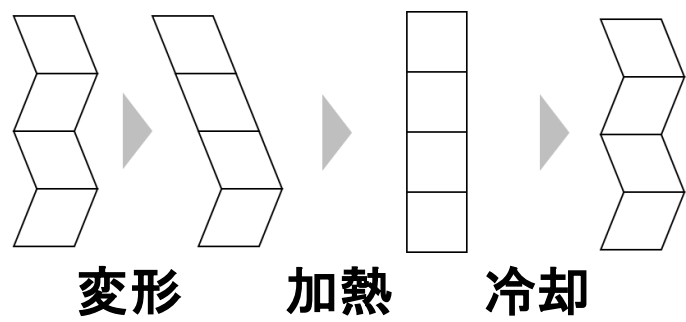
物質の結晶構造を制御: メタ磁性形状記憶効果

通常の形状記憶効果

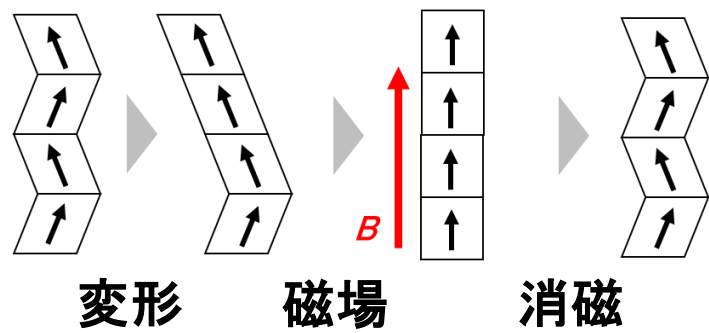


マルテンサイト

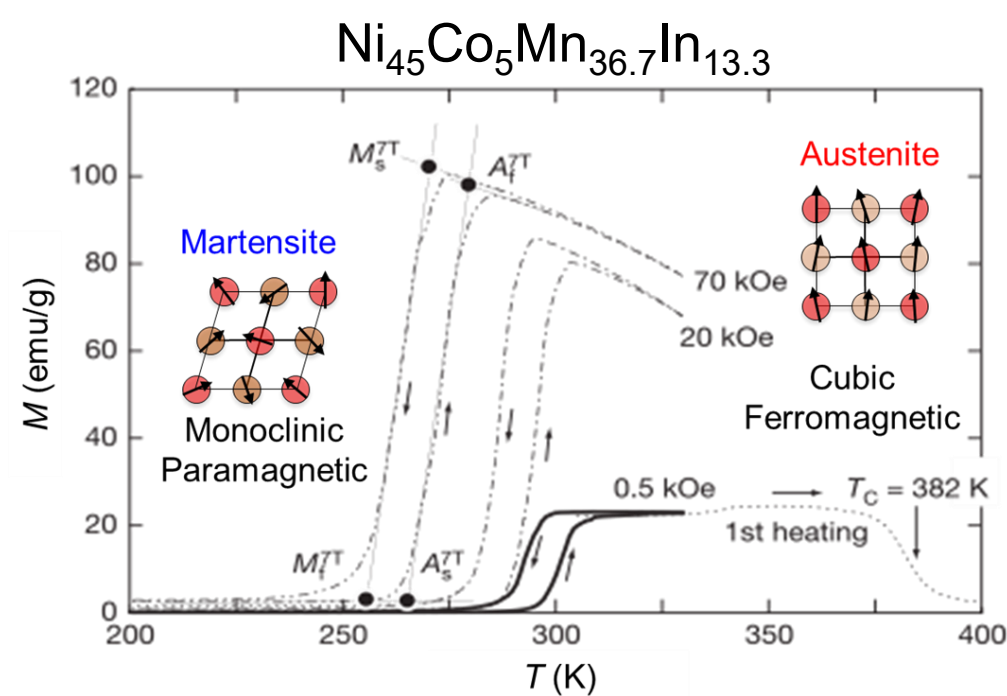
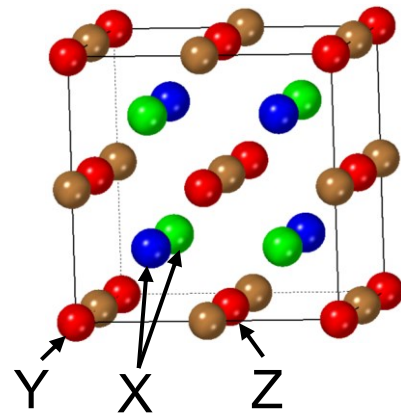
オーステナイト



メタ磁性形状記憶効果

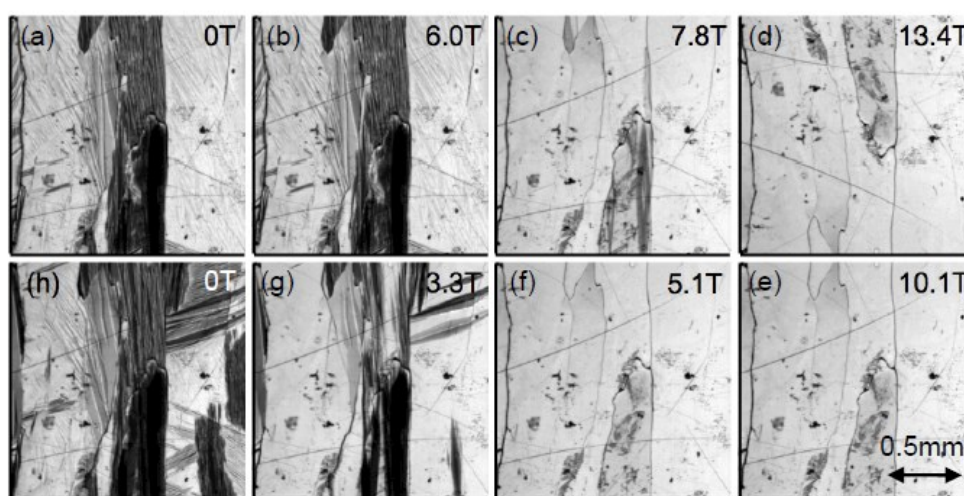


ホイスラー合金($X_{50}Y_{25}Z_{25}$)

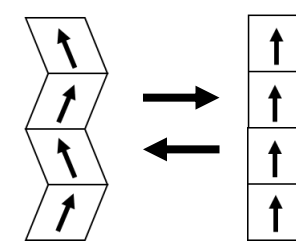


Kainuma et al., Nature 439, 957 (2006)

パルス強磁場イメージング

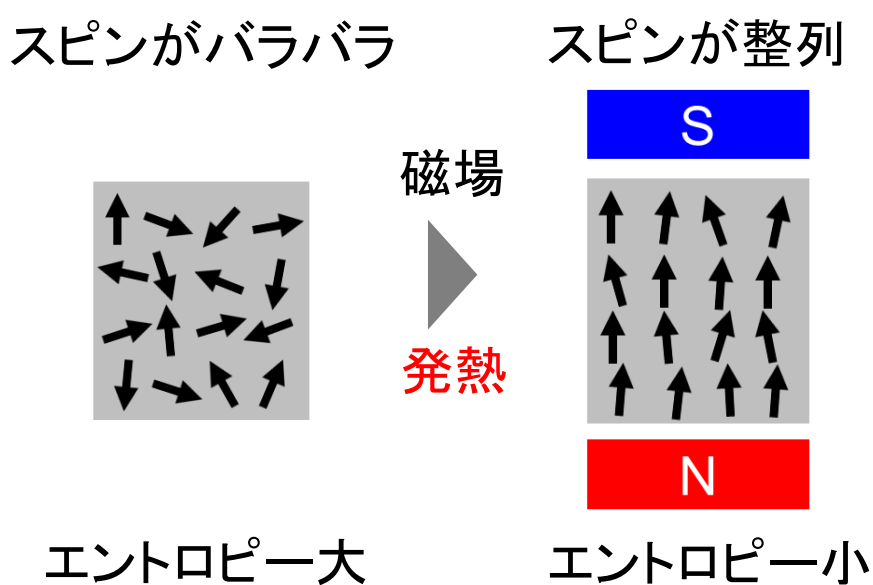


パルス磁場で結晶構造をコントロールしている様子をハイスピードカメラで撮影することに成功

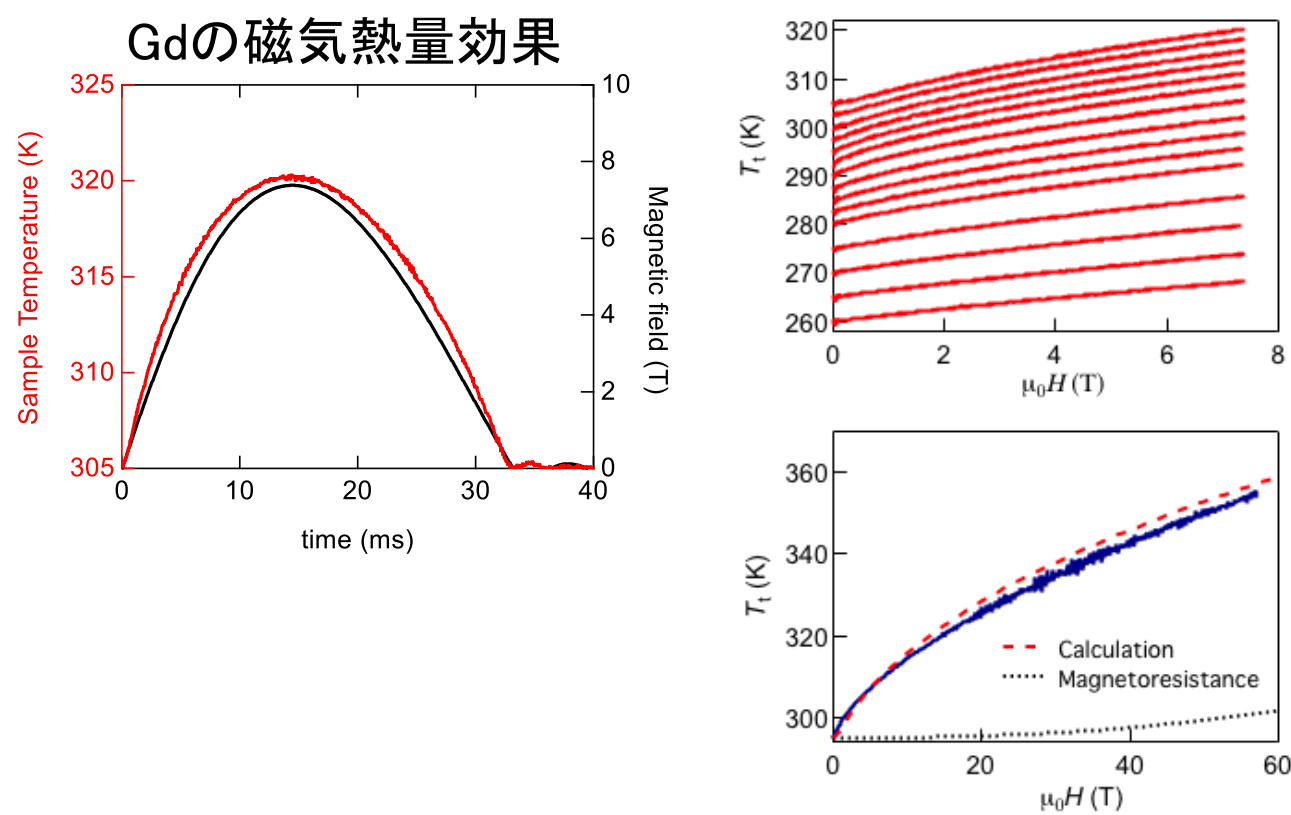


物質の温度を制御: 巨大磁気熱量効果

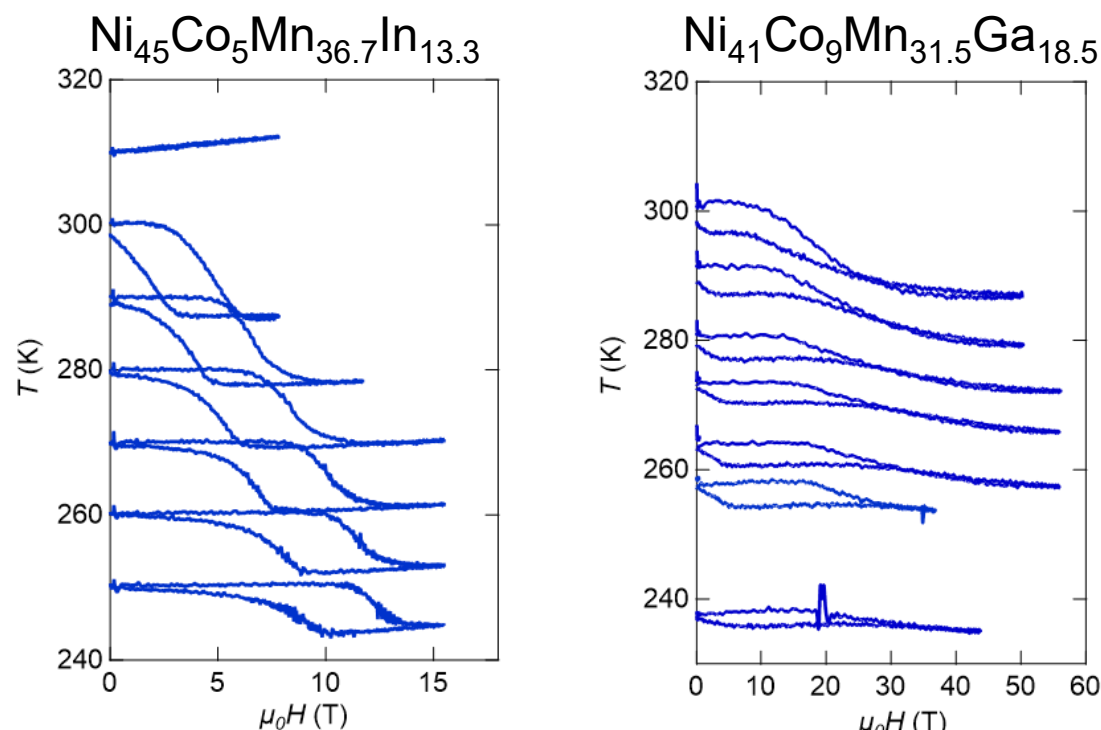
磁気熱量効果: 物質に磁場を加えると物質が自発的に発熱(または吸熱)します。これは磁気熱量効果と呼ばれ、物質の内部自由度の乱雑さの指標である“エントロピー”の磁場変化を反映しています。



パルス磁場の素早い磁場挿引を用いると、磁気熱量効果を断熱磁化(消磁)過程における試料温度変化として直接観測することができます。



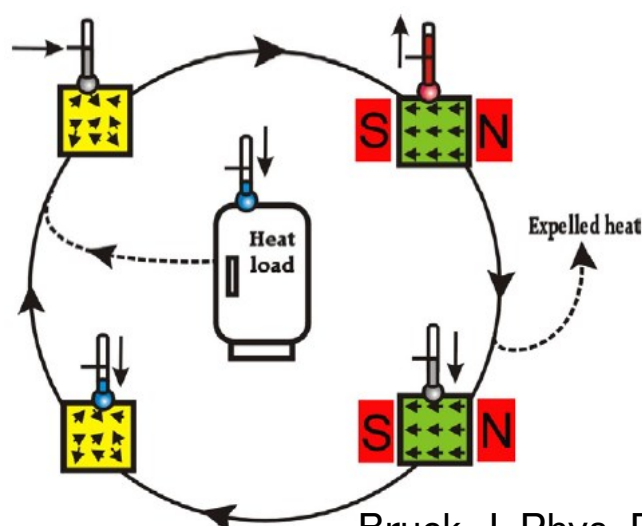
ホイスラー合金の磁気熱量効果



TK, PRB 90, 214409 (2014)

TK, PRM 5, 034416 (2021)

磁気熱量効果を使った“磁気冷凍”は、ガスの圧縮・膨張を用いた従来の気体冷凍に代わる次世代の冷凍技術として注目を集めています。



Bruck J. Phys. D: Appl. Phys., (2005)