

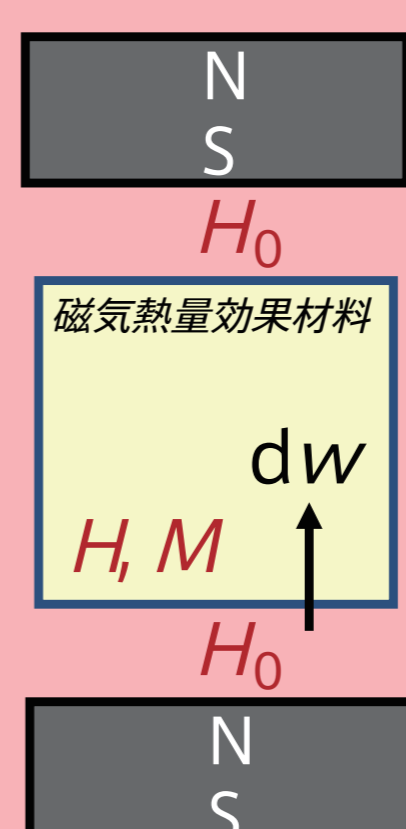
磁気冷凍・ヒートポンプシステム研究の背景

現在、冷凍・冷蔵および家庭空調において一般的に広く用いられている冷凍空調システムは、気液相変化を利用した蒸気圧縮式冷凍システムです。蒸気圧縮式冷凍機には、クロロフルオロカーボン (CFC) やハイドロフルオロカーボン (HFC) などの代替フロン等3ガス (F-Gas) が用いられており、これらの回収率は3割程度と低く、その大部分が大気中に放出されています。

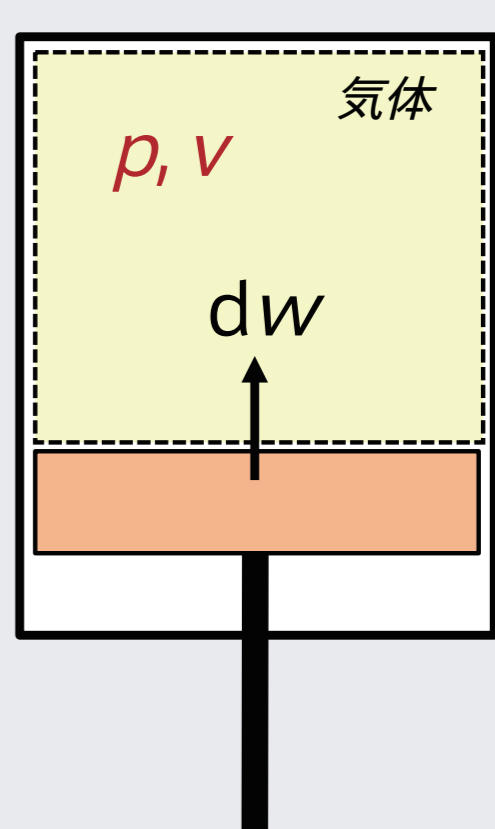
今後は地球温暖化を防止するため、現在のフロン系冷媒を用いた冷凍装置に代わる新しい技術を開発することが急務であるとされており、ノンフロン型冷凍機に対する期待は大きくなっています。ノンフロン型冷凍機には、吸収式、ペルチェ式、スターリングサイクルなどがあります。磁気式は蒸気圧縮式冷凍と違い、磁性体が冷媒の働きをするため、フロン類を使用する必要がなく、地球温暖化に寄与する諸問題を根本的に解決できる可能性があります。さらに、他の冷凍方式に比べ理論的に高効率であること、作業物質が固体であるため小型軽量化が可能であること、圧縮機が不要であるため騒音や振動を低減できることなど、実用化することができればメリットが大きいとされています。

因子	磁気冷凍方式	気体圧縮式冷凍方式
力、エネルギー	磁場 H_0	圧力 p
作用	磁化 M	比体積 v
外部仕事 (閉じた系)	$dw = -\mu_0 H_0 dM$	$dw = -p dv$
工業仕事 (開いた系)	$dw = -\mu_0 M dH_0$	$dw = -v dp$

概念図



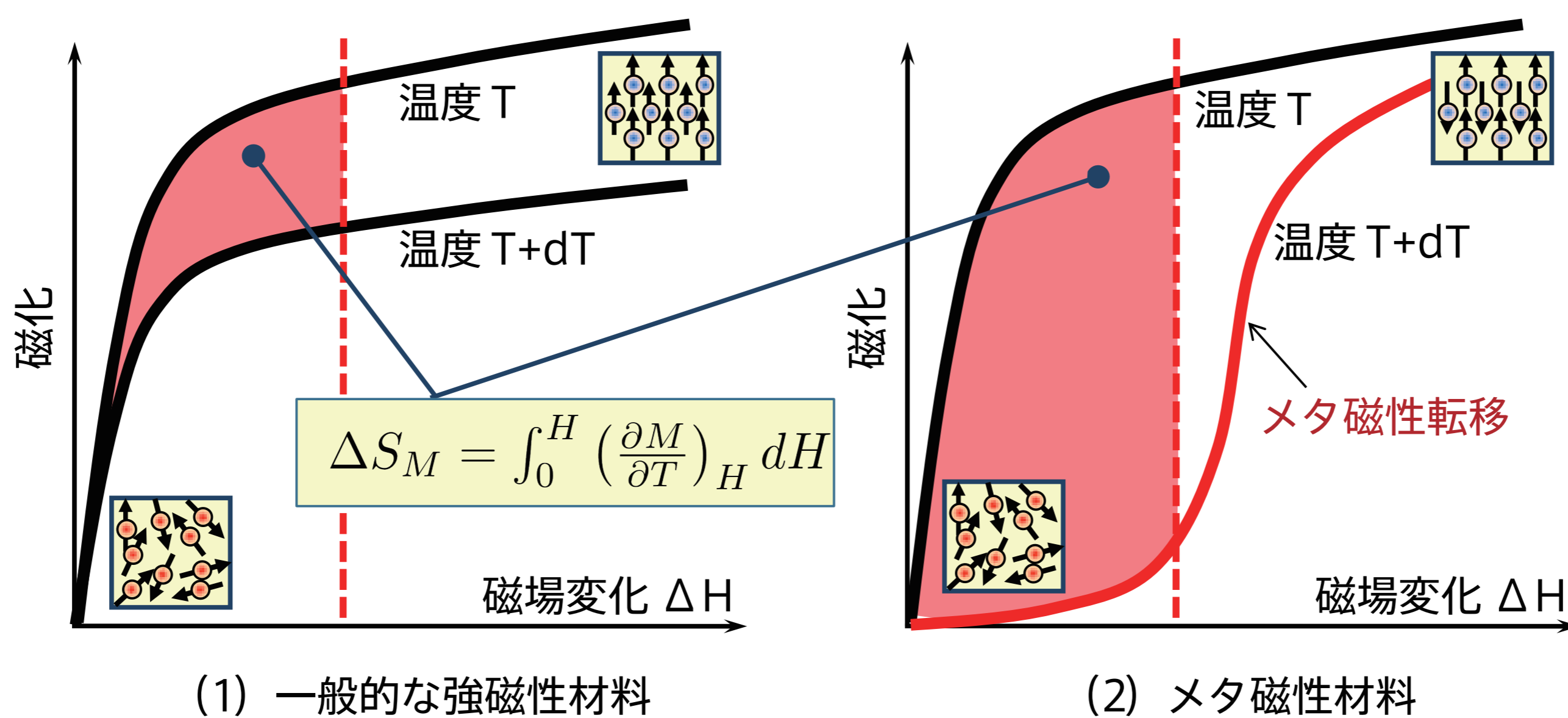
概念図



磁気冷凍法と気体圧縮法とのアナロジー

磁気冷凍・ヒートポンプの原理と磁気熱量効果 (Magnetocaloric Effect; MCE)

磁性体結晶中の電子が原子核の周りを運動するとき、一様な磁場中で受ける力のモーメントを磁気モーメントと呼びます。このような磁性体に磁場を加えると、磁気モーメントは規則的に整列し、磁場を取り去ると磁気モーメントの方向は不規則になります。このときのエントロピー変化を、磁気系のエントロピー変化と呼びます。このような磁性材料に断熱的に磁場を加えると、磁気系のエントロピーが減少し、減少分のエネルギーは系の温度が上昇として現れます。反対に、断熱的に磁場を取り去ると、磁気モーメントは不規則になり磁気系のエントロピーが増加するため、系の温度が下がります。この様にして、磁場変化に伴うエントロピー変化により磁性体の温度が変化する現象を、磁気熱量効果 (Magnetocaloric Effect; MCE) と呼び、このような効果を発現する材料を磁気熱量効果材料 (Magnetocaloric Material; MCM) と呼びます。



磁気熱量効果の大きさ