

HIP 法により合成した希土類窒化物の磁気冷媒としての磁気特性の評価

(阪大院工) 富岡 直人、中川 貴、荒川 貴行、西尾 祥平、山本 孝夫
 (阪大産研)新原 皓一、楠瀬 尚史、(物材機構)沼澤 健則、神谷 宏治

【緒言】

水素エネルギーは、環境負荷が小さく、水を原料に世界各地で生産可能であるため、大きな期待を集めている。水素エネルギーが普及した社会においては、液体水素が必要となると考えられる。その用途としては、輸送・貯蔵の一形態として、もしくは液体水素燃料としてなどが考えられる。液体水素の合成には、水素の冷却が必須であるが、従来用いられている気体冷媒冷凍法は低温で冷凍効率が低下するため、大きなエネルギーが必要となる。これに代わる水素冷却法の候補として、強磁性体のキュリー温度 T_C 付近における磁気熱量効果を利用する磁気冷凍法が注目されている。磁気熱量効果とは、強磁性体の磁気転移の際のエントロピー変化 ΔS を直接的に熱量変化 ΔQ に変えるものである。このため、低温でも高い冷凍効率が期待される。そこで、我々は磁気冷凍に用いる強磁性体として、希土類窒化物を研究対象とした。過去の報告から、Gd, Tb, Dy, Ho, Er の窒化物は強磁性物質であり、 T_C が窒素液化温度以下であることがわかっている。本発表では HIP 法により合成した希土類窒化物の磁化測定・比熱測定から算出した ΔS と、比熱測定から算出した磁気冷媒としての特性の直接的な評価の指標となる断熱消磁温度変化 ΔT より、希土類窒化物の水素液化用磁気冷媒としての特性を評価する。

【実験】

純度 99.9% の Gd, Tb, Dy, Ho, Er の金属を出発物質とし、大阪大学産業科学研究所の O_2 -Dr.HIP を用いて試料を合成した。焼成は、窒素雰囲気中で行い、130 MPa、1873 K で 2 時間保持した。合成した試料の X 線回折測定を行い、相同定を行った。X 線回折測定には、Rint Ultima⁺ を用いた。その後、磁化測定及び比熱測定を行った。磁化測定は、SQUID 磁化計を用いた。磁場 0 ~ 5 T、温度は 5 ~ 100 K で測定を行った。比熱測定は、物質材料研究機構の MagLab HC を用いた。TbN は印加磁場 0 および 5 T、温度 2 ~ 70 K、DyN は印加磁場 0, 1, 3, 5 T、温度 2 ~ 45 K、HoN は印加磁場 0 および 5 T、温度 2 ~ 40 K、ErN は印加磁場 0 および 5 T、温度 2 ~ 25 K で測定を行った。

【結果】

HIP 法により、希土類窒化物(GdN, TbN, DyN, HoN, ErN)を単相で合成することに成功した。TbN, DyN, HoN, ErN について、磁化測定及び比熱測定から算出した ΔS はほぼ一致した。また、希土類窒化物の ΔS の最大値は、現在水素液化用磁気冷媒として有望視されている希土類含有金属間化合物と同温度域で比較して大きな値となった。算出した ΔT は窒素液化温度以下で大きなピーク値を持った。図には、代表して DyN の 5, 3, 1 T から消磁した際の断熱消磁温度変化の温度依存性を示した。以上のことから、希土類窒化物は水素液化用磁気冷媒として、非常に有望であるといえる。

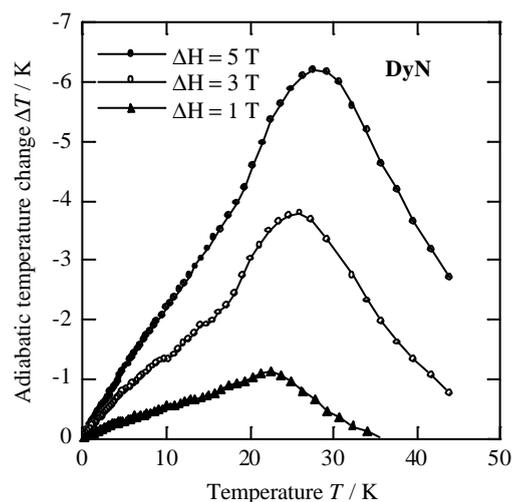


図 DyN の 5, 3, 1 T から消磁した際の断熱消磁温度変化 ΔT の温度依存性

とみおか なおと、なかがわ たかし、あらかわ たかゆき、にしお しょうへい、やまもと たかお、にいほら こういち、くすのせ たかふみ、ぬまざわ たけのり、かみや こうじ