

水素液化で期待される磁気冷凍を、冷凍空調にも

◆水素社会へ前進する成果を発表した物質・材料研究機構（NIMS）

物質・材料研究機構（NIMS）は2022年4月、2件の水素液化に関する成果を発表した。一つは東北大学などと共同で、水素液化温度の -253°C 付近での磁場変動下で劣化しない粒状の磁性材料ホルミウムアルミニウム金属間化合物を、機械学習の適用などで最適化して開発した。二つ目は金沢大学などと共同で、超伝導磁場中に磁性体を出し入れする能動的蓄冷式磁気冷凍（AMRR）という冷凍システム技術を適用し、水素の液化に世界で初めて成功した。磁気冷凍とは、磁性体に磁界をかけていくと磁性体が発熱し（図1(1)(2)）、磁界を取り去ると温度が下がる（図1(3)(4)）、磁気熱量効果を利用した冷凍システム技術である。

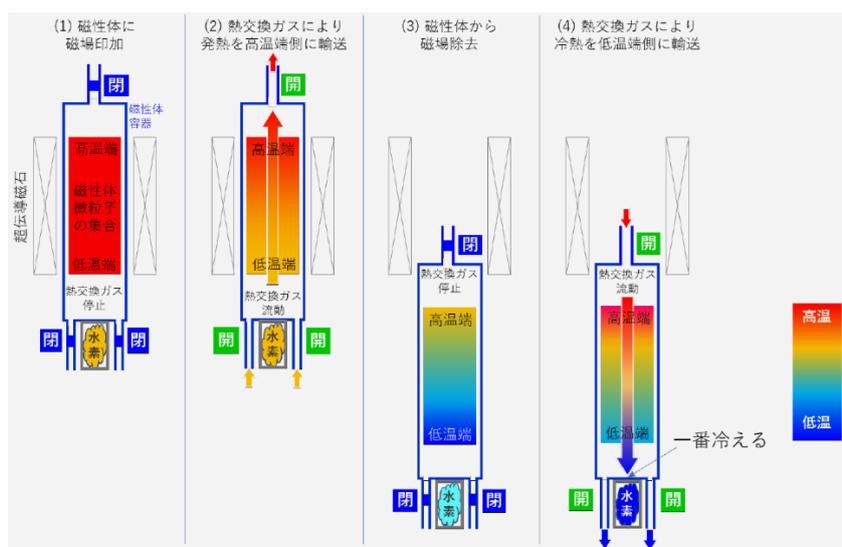


図1 開発した能動的蓄冷式磁気冷凍（AMRR）の説明（冷凍サイクルの4過程）

※能動的蓄冷式磁気冷凍：Active Magnetic Regenerative Refrigeration: AMRR
磁性体と安定的な熱交換ガスのヘリウムが磁性体容器内に充填される。熱交換ガス流路の間に水素吹込み容器が設置される。
(出所：物質・材料研究機構 プレスリリース、2022. 4. 11)

◆磁気冷凍技術は水素キャリアを液体水素にするキーとなる技術

液体水素は水素社会での水素キャリアとして利用が期待される。水素の液化により、水素の体積を1/800にして貯蔵・運搬できる。蒸気圧縮式の水素液化装置は当初、独リンデと仏エアリキッドしか製造しておらず、20年ようやく川崎重工が国産化した段階であり、水素の液化は高コストであった。

磁気冷凍は従来の蒸気圧縮式に比べ、エネルギー効率が2倍になり、さらに、圧縮用コンプレッサーが不要で装置の小型化が可能となり、製造コストも下が

る。日本の水素基本戦略には、30年に水素価格を1 Nm³当たり100円から30円にする目標があり、水素を液化するコストは1/5に下げることが求められている。

AMRR装置の利用場面は多く、タンカー輸送中に気化する水素を再液化するシステムや、少量の水素をローカルで扱うシーンなどが考えられる。基礎研究中心だったNIMSでも水素液化の開発は原理実証に留まらず、企業の参画、開発競争を促し社会実装を目指している。特に水素分野での国際競争力や知財の確保、デファクトスタンダード化も目標にするなど、水素社会への貢献を目標とする。

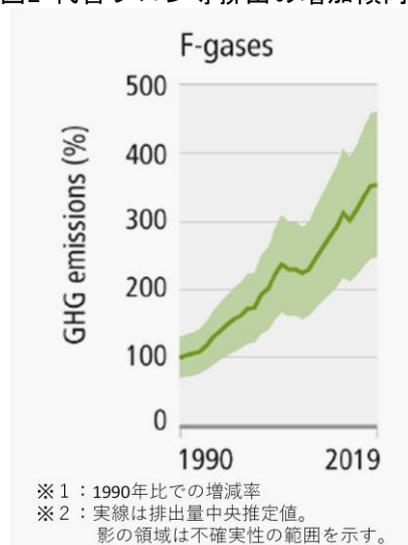
◆能動的蓄冷式磁気冷凍方式による冷凍空調の開発は温暖化対策に

磁気冷凍は冷凍空調分野で待望される技術でもある。蒸気圧縮の方式は冷凍空調で現在主流になり（表1）、世界に広がっているが、使用される温暖化ガスの代替フロン（HFC）冷媒の大気への排出増加が大きな課題である（図2）。磁気冷凍はそれを抜本的に解決できる可能性のある技術である。

表1 冷凍空調機器の方式による分類

冷凍サイクル	型 式		主な用途	主な冷媒
蒸気圧縮冷凍サイクル	容積圧縮式	往復動式	カーエアコン、冷蔵庫など	フロン類、ブタンガス等
		回転式	ルームエアコンから中大型冷凍空調など	フロン類、アンモニア等
	遠心式（ターボ）		大型冷凍空調	フロン類等
	エグゼクタ式		船舶用空調、化学工場用空調	水
吸収冷凍サイクル（水蒸気式）			空調全般	水
空気冷凍サイクル			航空機空調、冷房服など	空気
ペルチェ効果（電流効果）			小型冷蔵庫、潜水艦冷蔵庫、着るクーラーなど	なし
磁気冷凍			開発中（水素液化、冷凍空調全般）	なし

図2 代替フロン等排出の増加傾向



（経産省資料などに基づきARC作成）（出所：IPCC第6次第3作業部会報告, 2022. 4）

AMRRの手法は、磁性体の磁気熱量効果に加え、磁性体自体が蓄冷・蓄熱する機能により、冷熱を熱交換ガスの流動で取り出し、動作温度範囲を広げる方法である。温度帯別の磁性材料開発や永久磁石の小型化によるエアコンなどへの適用可能性について、ダイキン工業などが取り組んでいる。

磁気冷凍技術は磁性体材料開発に多く依存し、日本の材料開発力が活かされる分野である。水素液化だけでなく、ノンフロンの冷凍空調技術としての価値があり、さらに開発に注目が集まることを期待したい。

【新井喜博】