未来社会に必要な革新的水素液化技術

磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発

研究開発代表者：西宮 伸幸
／ 国立研究開発法人 物質・材料研究機構　外来研究員

共同研究機関： 物質・材料研究機構、金沢大学、大島商船高等専門学校、京都大学、自然科学研究機構 核融合科学研究所、(株)前川製作所、日本イットリウム(株)、九州大学、住友重機械工業(株)、岩谷産業(株)

目的：

革新的な水素液化技術として、従来の気体冷凍に代わる「磁気冷凍」を用いた新しい冷凍システムを開発する。これによりモビリティから水素発電までの多様な水素エネルギーの普及を先導する。

研究概要：

液体水素は気体水素の1/800の体積で、大量輸送、大量供給、大量貯蔵、省スペース等の特長があり、水素エネルギーの本格的な普及には欠かすことができない。しかし、液化点が20K（-253℃）の極低温のため、液化には相応のエネルギー投入が必要であることや、ボイルオフの発生が避けられないことにより、液体水素利用コスト上昇の原因となっている。低コスト化を実現するためには、気体冷凍法では到達困難な液化効率50%以上を達成することが必須である。

本課題では、原理的に高い冷凍効率が期待できる磁気冷凍法を用い、革新的磁性材料および高効率磁気冷凍サイクルの開発により、

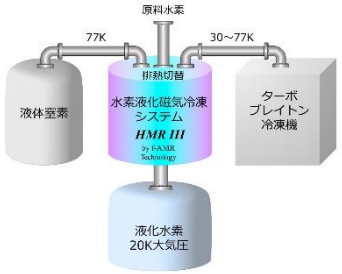
① 液化効率50%以上、液化量100kg/day以上の高効率水素液化機
② 液化水素ゼロボイルオフを目指した小型・省電力な冷凍機

を実現し、1兆円規模の液体水素市場を創出するとともに、我が国における水素基本戦略を大きく加速させる。

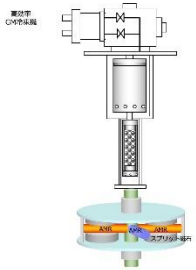
液体水素のサプライチェーン(川崎重工、岩谷産業殿資料)

水素液化機　液化水素タンカー　コンテナ　水素ステーション

	水素液化	輸送・貯蔵
課題	液化効率の向上	ボイルオフによるエネルギー損失
現状	～25%	～5%
目標	＞50%	ゼロボイルオフ化
効果	液水製造コスト10円/Nm³	エネルギー損失回収、小型・省電力冷凍機



液化効率50%以上、液化量100kg/day以上を実現する高効率水素液化機



液化水素ゼロボイルオフを目指した小型・省電力な冷凍機

Innovative Hydrogen liquefaction technologies desired in future society

Development of advanced hydrogen liquefaction system by using magnetic refrigeration technology

Project Leader : Nobuyuki Nishimiya
/ Visiting researcher, National Institute for Materials Science

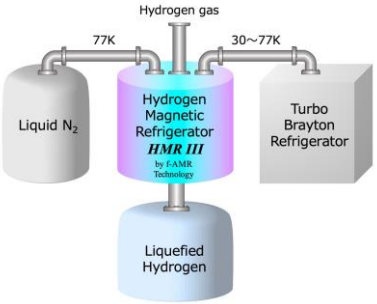
R&D Team : National Institute for Materials Science, Kanazawa University, NIT Oshima College, Kyoto University, Mayekawa MFG., Nippon Yttrium, National Institute for Fusion Science, Kyushu University, Sumitomo Heavy Industries, Iwatani Corporation

Summary :

For the supply chain of hydrogen, liquefaction cost may occupy 1/3 of total supply price, therefore, developing a high efficient hydrogen liquefier is one of the most important technology issues for incoming hydrogen society. Magnetic refrigeration using the magneto-caloric effect has potential to realize liquefaction efficiency higher than 50%, and also to be environmentally friendly and cost effective. A hybrid refrigeration cycle consisting of precooling cycle and magnetic active regenerator cycle has been proposed and estimated to achieve a liquefaction capacity of 100 kg/day with FOM = 0.5. Our new project is committed to develop ① such a high efficient hydrogen liquefier and also, ② compact and energy saving re-condensation refrigerator to realize zero boil-off in the liquid hydrogen storage.

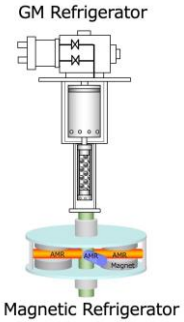
	Liquefaction	Transportation / Storage
Issues	Higher efficiency	Energy loss due to boil-off
Current	~25%	~5%
Target	>50%	Zero boil-off
Impact	Liquefaction cost ¥10/Nm^3	Compact & energy saving liquefaction system

POC 1



High efficiency Hydrogen Liquefier
FOM > 0.5, 100 Kg/day

POC 2



Zero-boil off hybrid refrigerator
compact, energy saving