

**未来社会創造事業（大規模プロジェクト型）
平成30年度新規研究開発課題**

磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発

**物質・材料研究機構
エグゼクティブアドバイザー
西宮 伸幸**

液体水素

- 気体水素の1/800の体積
- 大量輸送、大量供給、大量貯蔵、省スペース、超高純度の特長
- 高効率電力貯蔵や送電の冷媒としても有効

液体水素供給の課題

- 水素基本戦略（2030年における水素消費量30万t、コスト30円/Nm³）の実現には、液体水素のサプライチェーンにおける**2つの研究開発課題**の解決が必須

液体水素の
サプライチェーン



川崎重工殿
岩谷産業殿資料

課題
現状
達成目標
効果

液化効率の向上
～25%
> 50%
液水製造コスト10円/Nm³

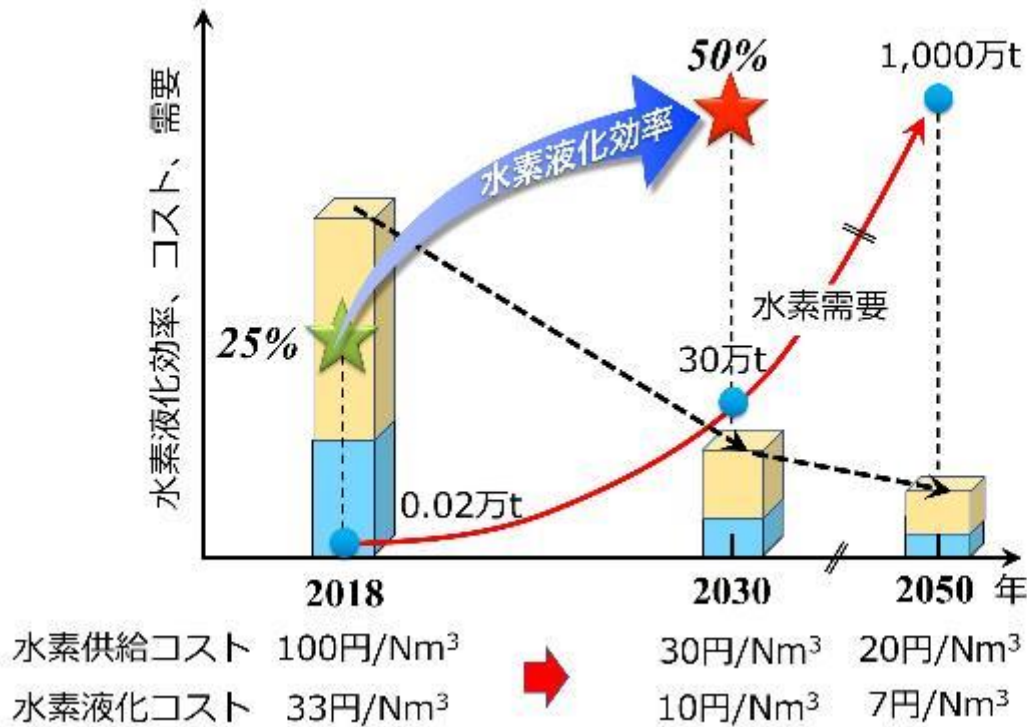
ボイルオフによるエネルギー損失
～5%
ゼロボイルオフ化
エネルギー損失回収、小型・省電力冷凍機

**水素液化効率の向上
POC1**

**ボイルオフ水素エネルギーの回収
POC2**

水素液化効率の向上

- 現状の水素供給コスト100円/Nm³において液体水素の製造コストは約3割
- 2030年の達成目標30円/Nm³では、液化コスト10円/Nm³以下が必須
- 液化コスト低減（20円）には、**50%以上**の液化効率達成が必須
- **高い液化効率と大きな液化量の両立が必要**



○既存技術（気体圧縮装置）には理論限界あり。

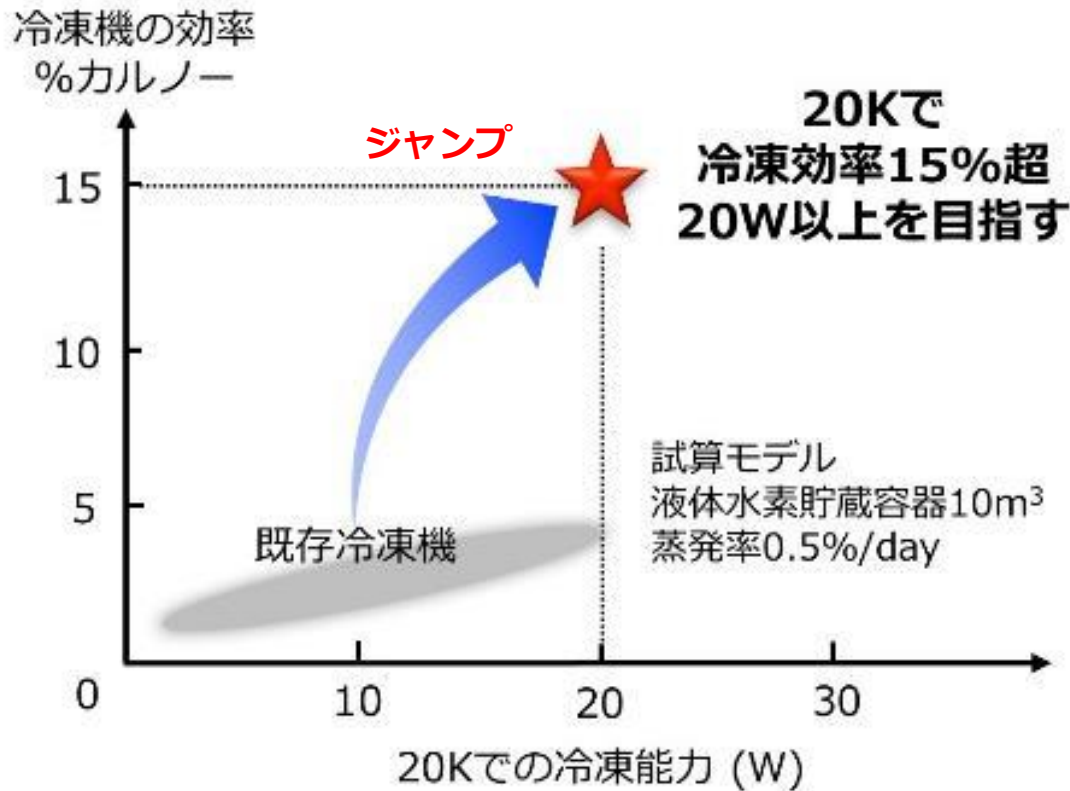
・気体圧縮装置は全て海外企業由来（リンデ社（独）、エアリキッド社（仏））


水素社会到来を見据え、国産技術により必要な水素を供給する必要あり。

➡ POC1：液化効率50%以上で液化量100kg/day以上の両立

ボイルオフ水素エネルギーの回収

- 輸送・貯蔵過程で液体水素の蒸発は避けられない
- 高い液化効率が達成されても、ボイルオフの発生により液体水素の利点がスポイル
- 既存の冷凍機効率では、**ボイルオフの有効な回収**ができていない (**5%の損失**)
- 水素ステーションや車載応用には、**冷凍効率15%以上**の再凝縮冷凍機が必要

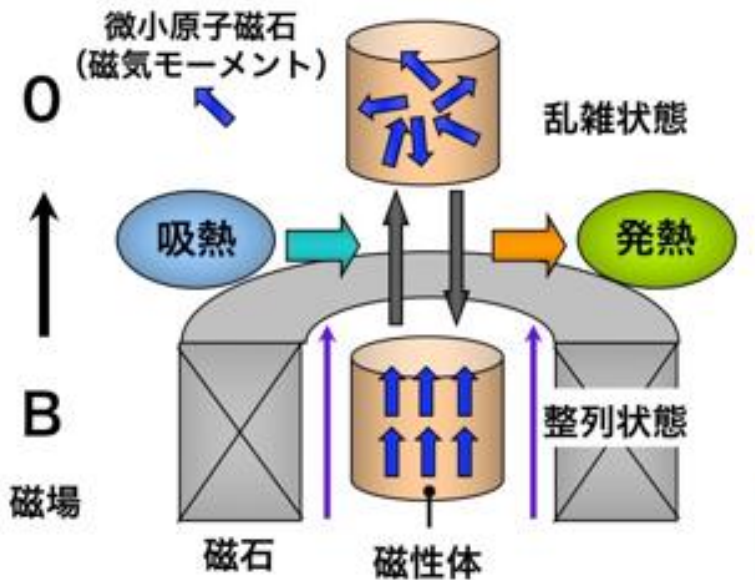


 POC2 : 液化水素ゼロボイルオフを目指した小型・省電力化

- 実用化されている水素液化技術は気体冷凍のみ、
- 気体冷凍（既存技術）での最大の問題は、圧縮機とジュールトムソン膨張の非効率性
 - 液化効率50%を越えることは困難

磁気冷凍は圧縮機が不要で原理的に高効率(液化効率70%)

磁気冷凍の原理



磁気冷凍の現状：実験室レベル

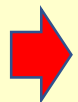
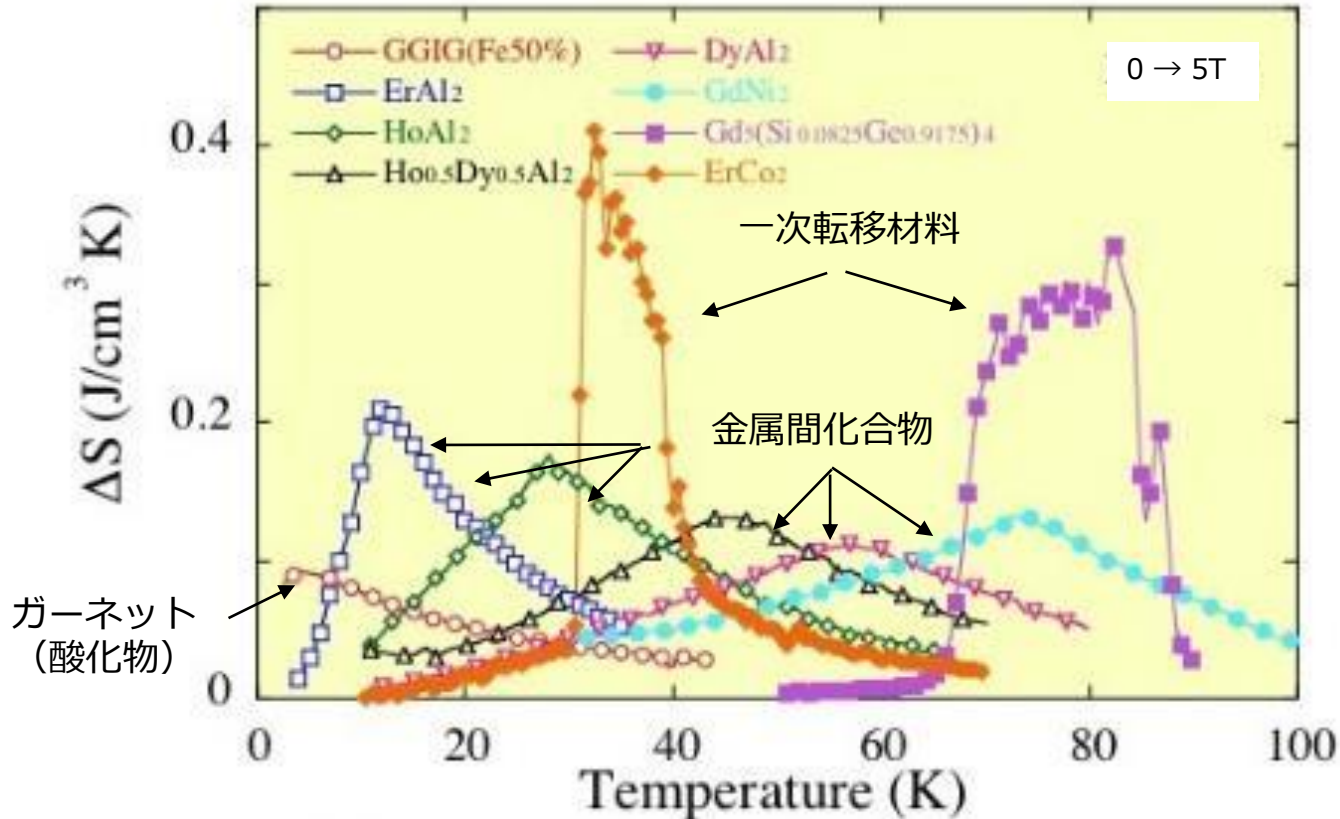


**材料開発とシステム開発で
現状からジャンプ**

磁石のなかを磁性体が入り出ると、磁気モーメントが乱雑状態と整列状態のエントロピー差の吸熱（冷却）が起こる

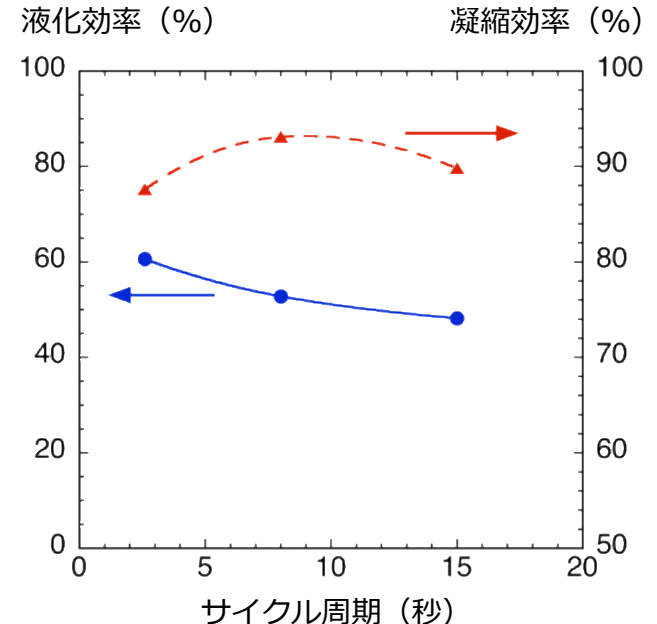
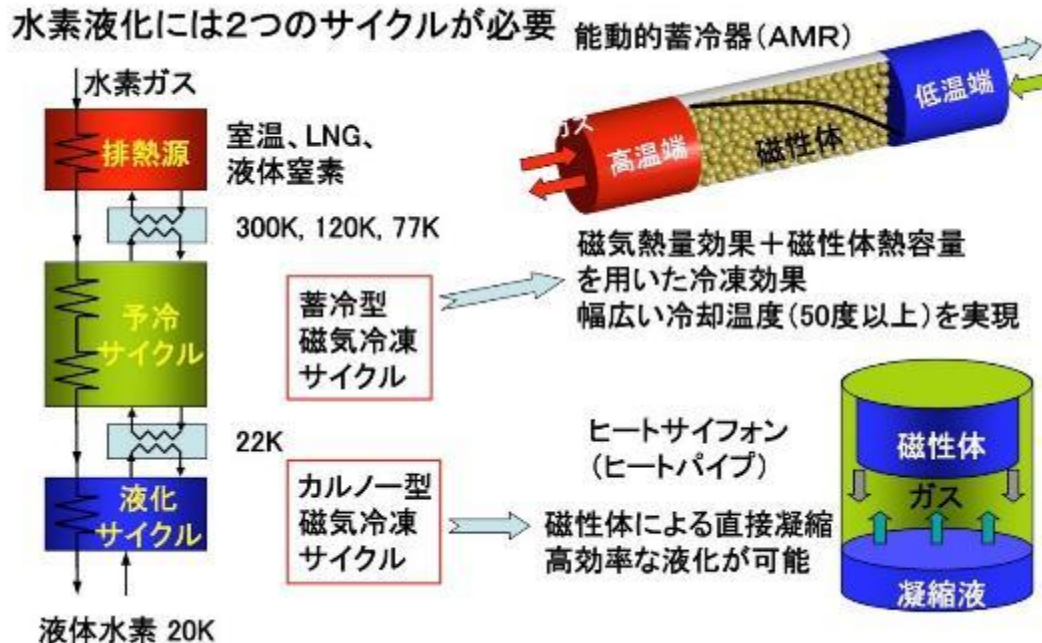
20種類以上の磁性材料を試作

エントロピー変化 (ΔS) \propto 磁気熱量効果



**液体窒素の温度(77K)から水素の液化温度(20K)までを
効率よく冷却する高性能材料群の開発を加速**

- 磁気冷凍サイクルの基礎研究を実施（NIMSと金沢大）
- 予冷用蓄冷型（=AMR）サイクルの動作を実証（世界初）
 - 発生温度22K~34K（磁場1.8Tの場合）
- 駆動式カルノー型サイクルによる水素の液化に成功（世界初）
 - 液化用磁気冷凍効率の高いポテンシャルを実証
 - 水素液化効率40%、液化能力30W@20K（5.8kg/day）

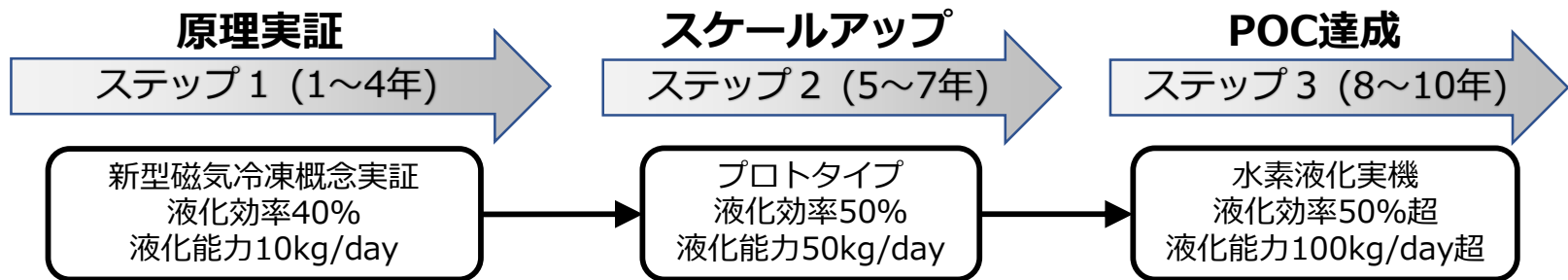


**要素技術を冷凍システムとしての実証はこれから
（予冷と液化のサイクルの組み合わせが必要）**

磁気冷凍、極低温冷凍機、材料製造、物性評価、水素脆性研究に実績のある オールジャパンの体制

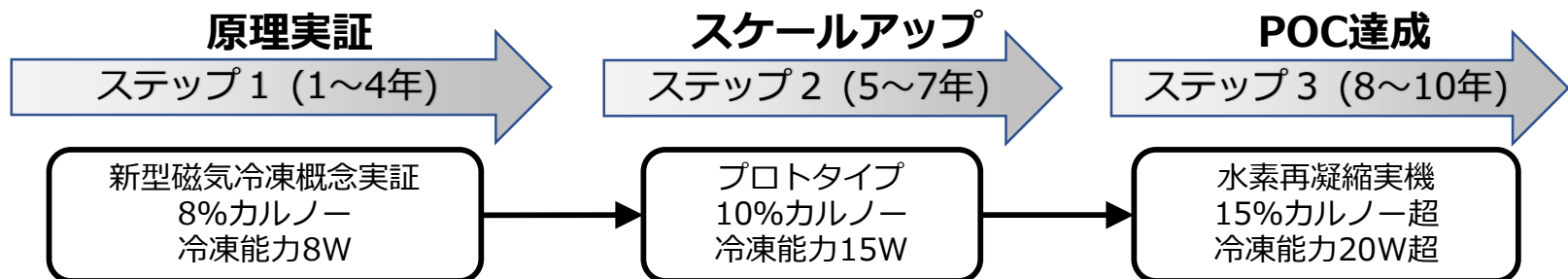
NIMS、日本イットリウム、前川製作所、金沢大、大島高専（参画機関）
九州大学、京都大学、産総研、中部電力、東芝、岩谷産業、住友重機械（連携・協力機関）

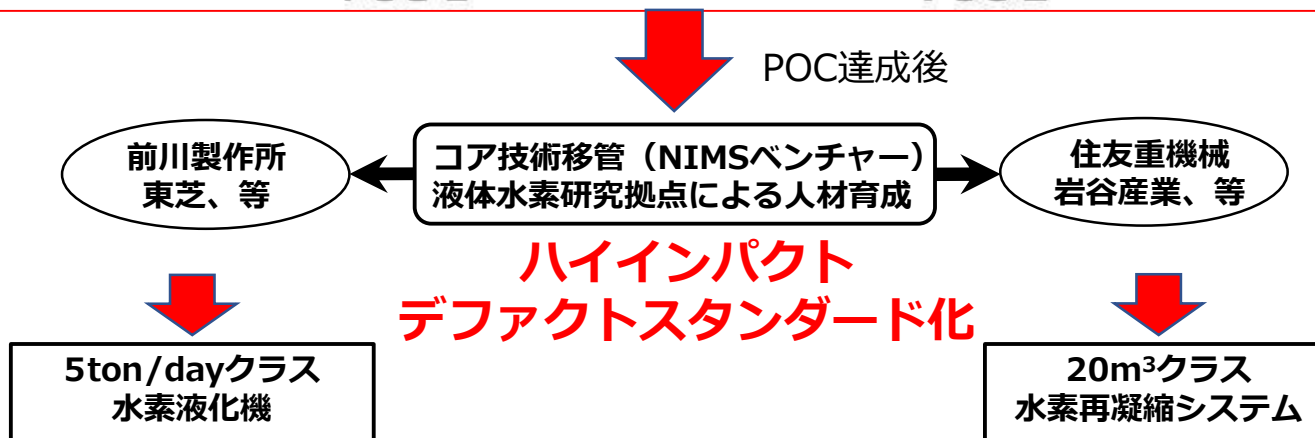
**POC1：液化効率50%以上、液化量100kg/day以上を実現する中・大型高効率水素液化機
高液化効率と大冷凍能力とを両立させる水素液化コア技術の確立**



POC2：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

磁気冷凍機と小型GM冷凍機を組み合わせ、小型・省電力な再凝縮冷凍システムを開発





国内展開

国内消費18万ton (2030)
100台超の水素液化機市場

車載応用
水素ステーション900箇所以上

国内展開

国際展開

既存水素液化プラントの効率向上
磁気冷凍技術・材料技術の国際標準化
国際競争力強化
バーゲニングパワー化

液体水素デリバリー
産業用機器 (フォークリフト)

国際展開