



関西学院大学
KWANSEI GAKUIN UNIVERSITY

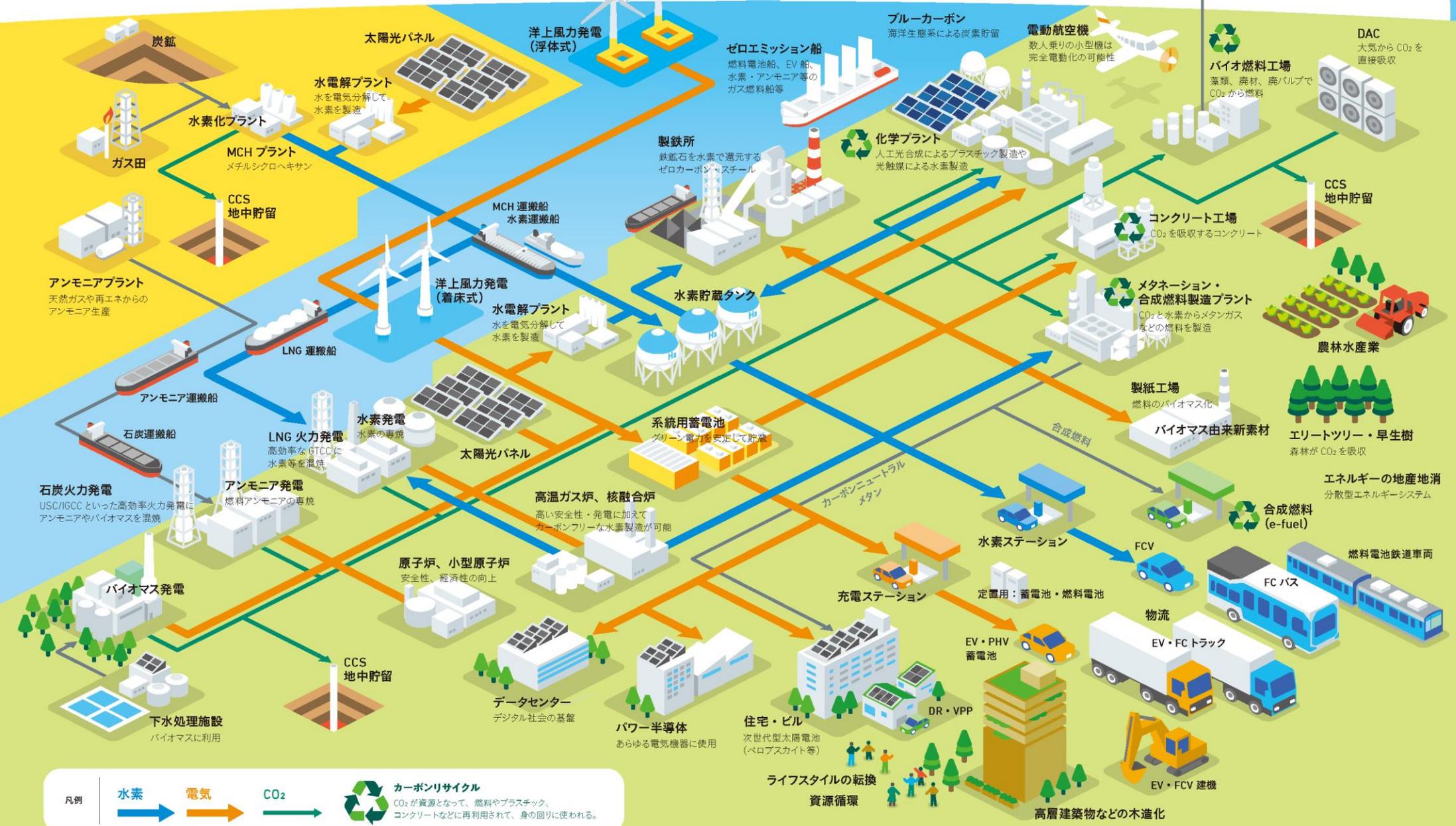
液体水素の冷熱を利活用した 超電導発電機の実用化に向けて

関西学院大学 工学部
大屋 正義

本内容の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業（JPNP14004）、助成事業（JPNP20004）の実施内容です。

カーボンニュートラルの産業イメージ

電気はすべて脱炭素化し、産業部門の電化を進める
 水素は、発電・産業・運輸など幅広く活用されるキーテクノロジー
 CO₂は回収し、カーボンリサイクルや地中貯留 (CCS) へ



凡例
 水素 (Blue arrow) → 電気 (Orange arrow) → CO₂ (Green arrow)
 ④ カーボンリサイクル
 CO₂が資源となって、燃料やプラスチック、コンクリートなどに再利用されて、身の回りに使われる。



液体水素冷却超電導発電機

1980～1990年代
低温超電導×液体ヘリウム

○線材コストが安い

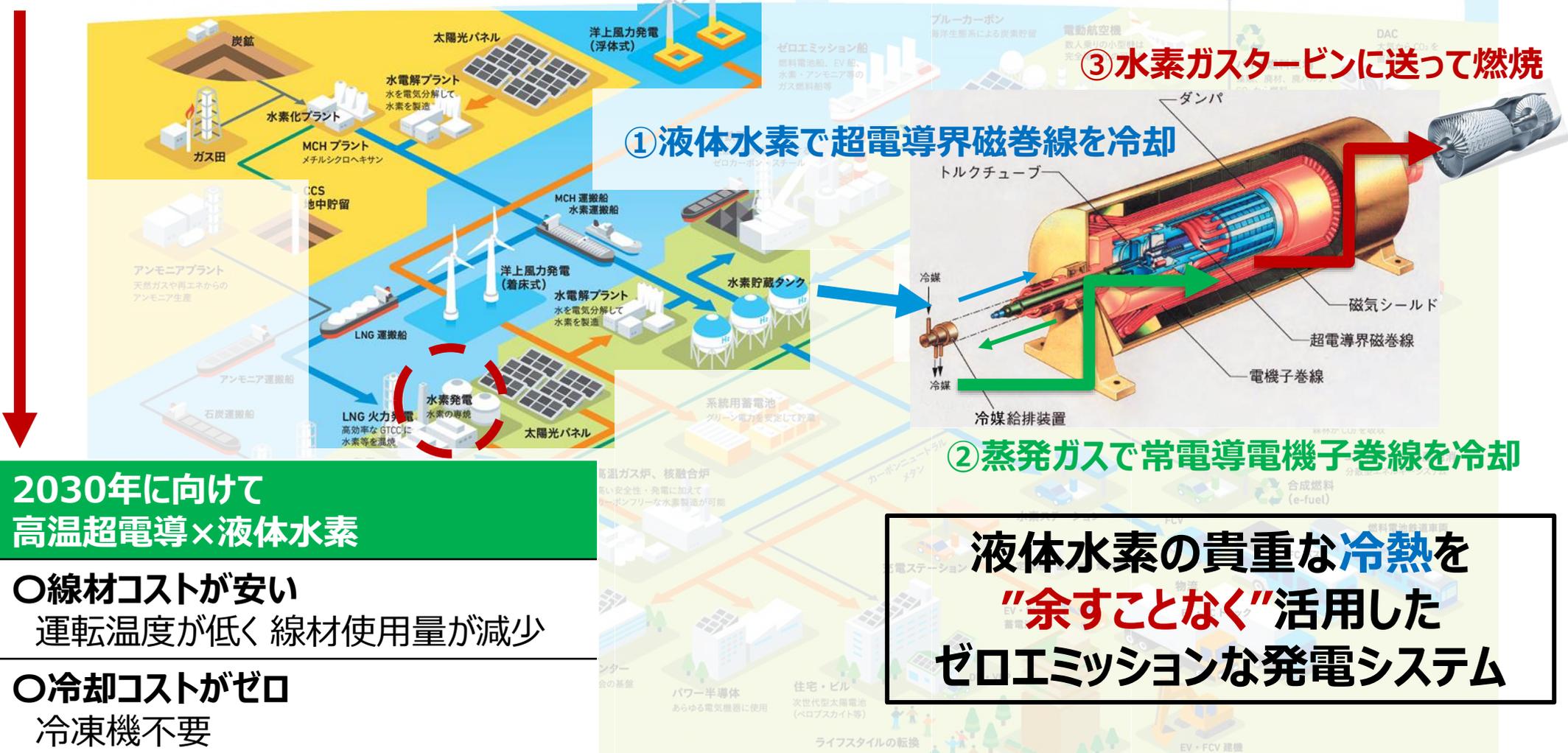
×冷却コストが高い
ヘリウム、冷凍機価格・効率

2000～2010年代
高温超電導×液体窒素

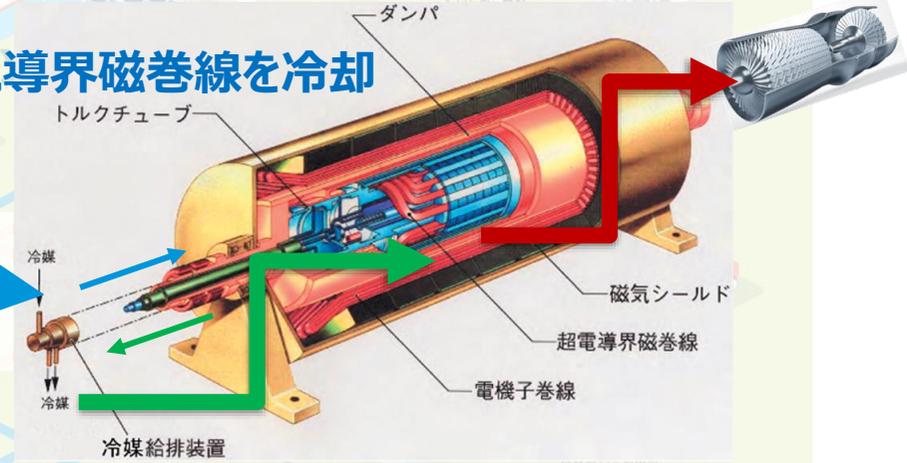
×線材コストが高い

△冷却コストが高い
冷凍機価格・効率

- 液体水素インフラとの協調
- 低インピーダンス、無効電力供給能力拡大による
系統柔軟性向上
→再生可能エネルギー導入拡大



① 液体水素で超電導界磁巻線を冷却



③ 水素ガスタービンに送って燃焼

② 蒸発ガスで常電導電機子巻線を冷却

2030年に向けて
高温超電導×液体水素

○線材コストが安い
運転温度が低く 線材使用量が減少

○冷却コストがゼロ
冷凍機不要

液体水素の貴重な冷熱を
"余すことなく"活用した
ゼロエミッションな発電システム



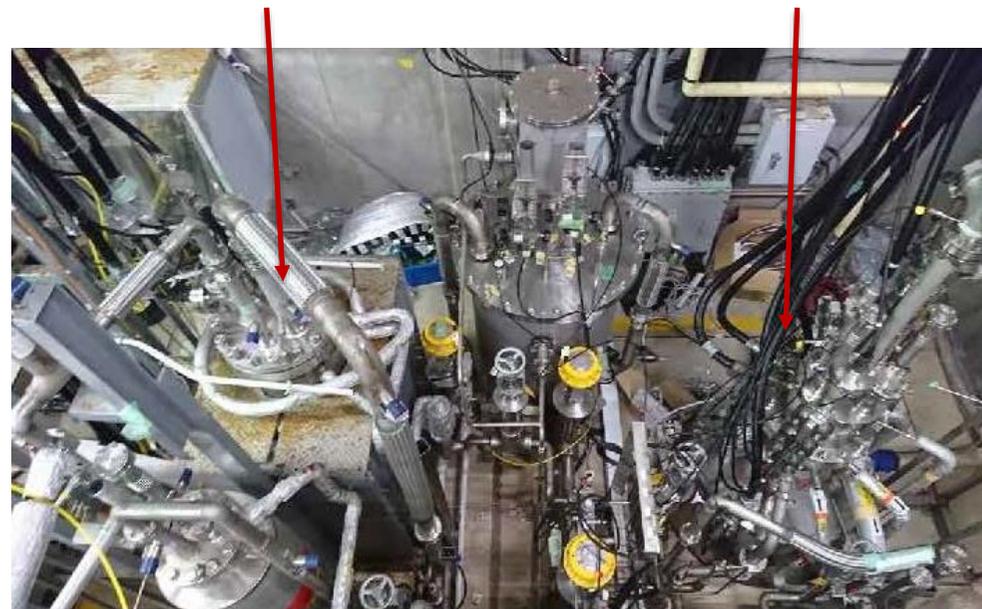
能代試験の経緯① 試験装置整備

JAXA 能代ロケット試験場



A : 液体水素試験装置
50L、ID300、~2MPa

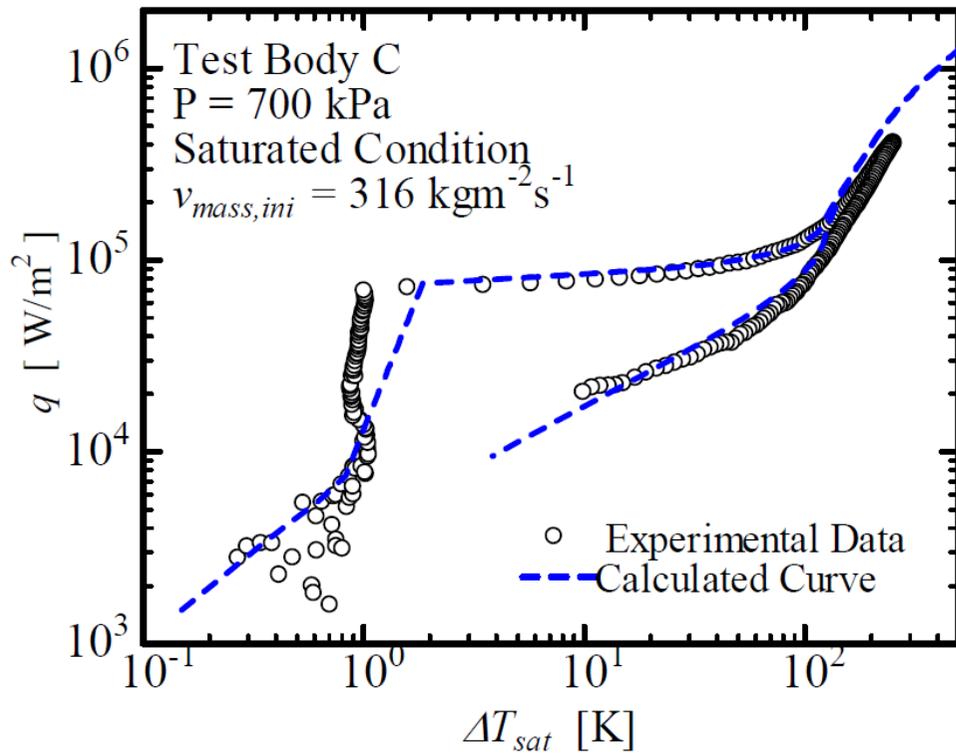
B : 超電導試験装置
外部磁場印加



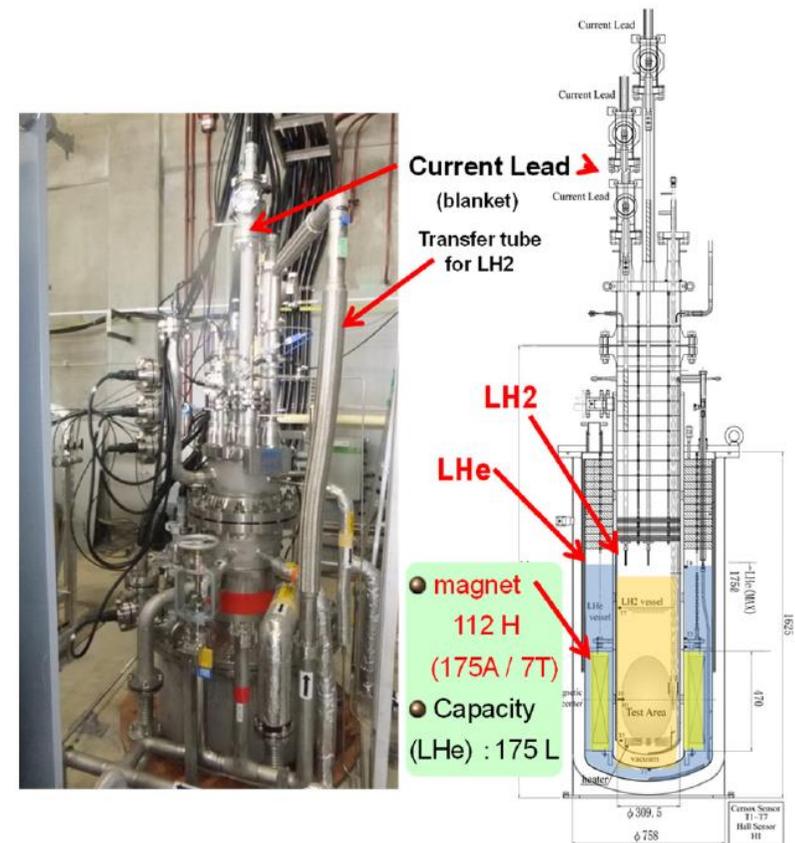


能代試験の経緯② 冷媒特性・超電導特性

1. 液体水素試験装置(A)の製作
2. プール沸騰熱伝達特性の測定
3. 強制対流熱伝達特性の測定

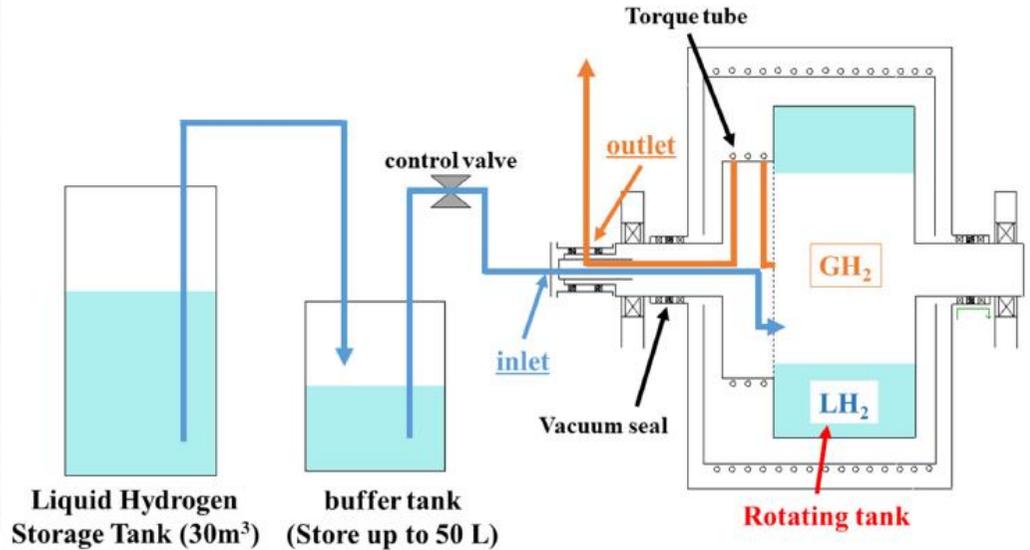


1. 超電導試験装置(B)の製作
2. 短尺超電導線材の測定
3. 超電導コイルの励磁試験





能代試験の経緯③ 回転体への液水供給技術

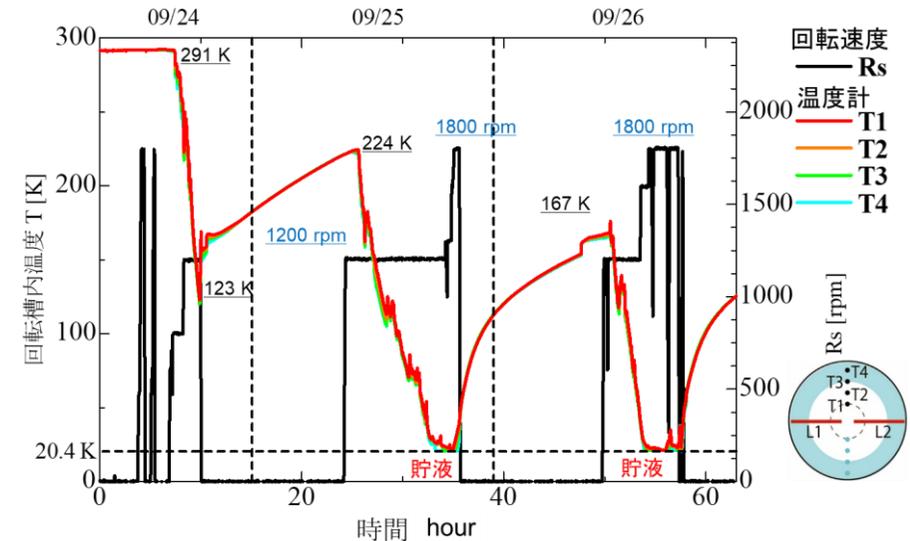


回転子への液体水素の給排技術

- 液体水素の供給 → 水素ガスの排気
- 防爆対応・安全性確保

回転低温容器への液体水素給排試験

- 液体水素を給排しながら1,800rpm回転を検証
- 水素漏洩なし、安定な液体水素給排



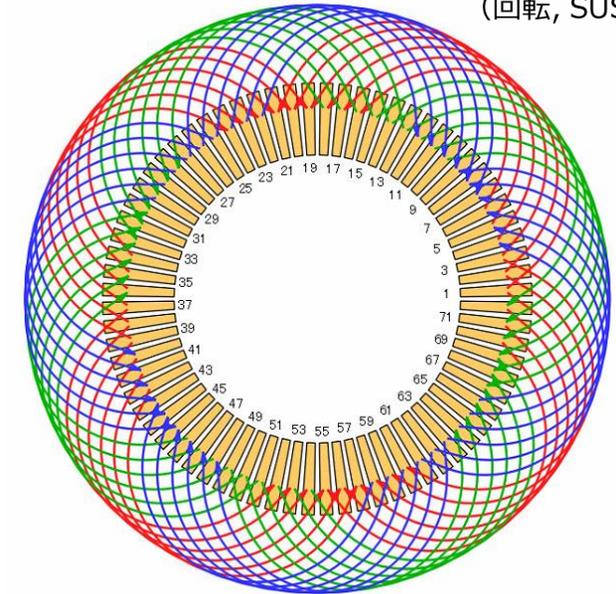
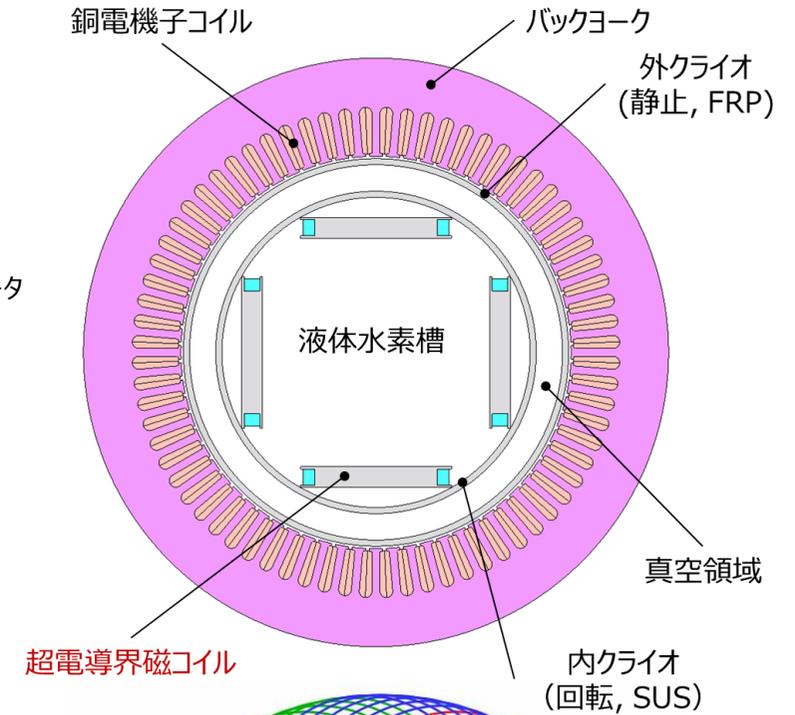
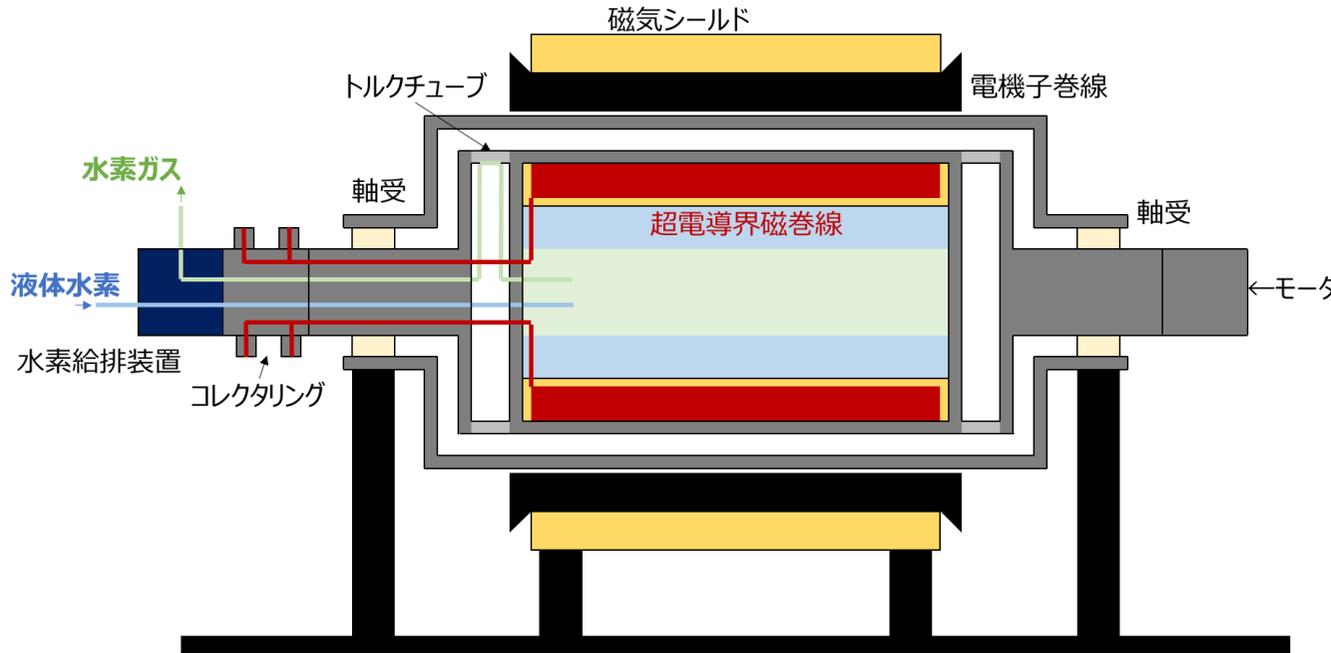


現在 NEDO先導研究 (2022~2024)

研究開発項目	中間目標	最終目標
A)高強度コイル化 技術の開発	耐2,000×g高強度化 液水冷却通電特性解明	耐8,000×g高強度化 液水供給停止時安定性解明
B)超電導発電機 システムの開発	10kW級デモ機設計完了 安全性検討完了 小型超電導軸受の試作検証完了 構想設計での熱収支評価	10kW級デモ機回転励磁技術検証完了 安全性対策完了 Φ140超電導軸受の試作検証完了 概念設計での熱収支評価と冷熱有効活用方法の検討
C)超電導発電機 の実用化検討	600MW級発電機コスト概算 系統安定度解析手法の確立 市場調査完了	600MW機概略設計完了 系統導入時要求仕様明確化 開発ロードマップ・導入シナリオ構築完了



10kW級デモ機概要



諸元	数値
出力	10 kW
回転数	1800 rpm
極数	4 極
固定子電機子巻線	銅線
回転子界磁巻線	REBCO超電導線材
使用冷媒	液体水素 (20 K)



社会実装に向けて



発電デモンストレーション

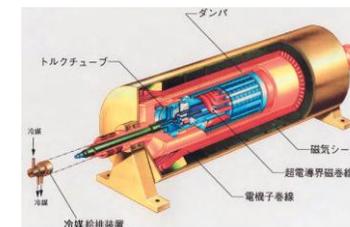
- ・高強度コイル化技術開発
- ・10kW級超電導発電機デモ検証
- ・開発ロードマップ・導入シナリオ構築



発電システム検証

+ガスタービンメーカー
+電力会社

- ・10MW級液体水素冷却発電機開発
- ・水素ガスタービン連動システム検証



社会実装プロジェクト

- ・10MW機系統実証
- ・600MW大容量機開発

大容量導体技術開発

- ・6kA級集合導体技術の開発
- ・集合導体のコイル化技術の開発

