



ユニット名：超伝導・低温工学（仮称）  
Superconductivity & Cryogenics (Tentative)

# 核融合における低温・超伝導の課題

高磁場大型超伝導マグネットを高い信頼性のもとで運転するための要素技術の確立

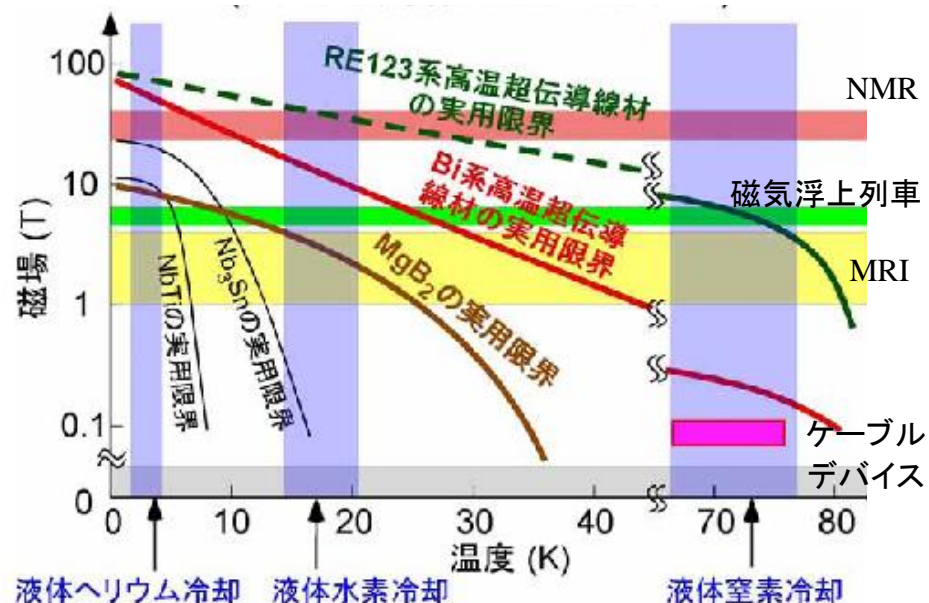
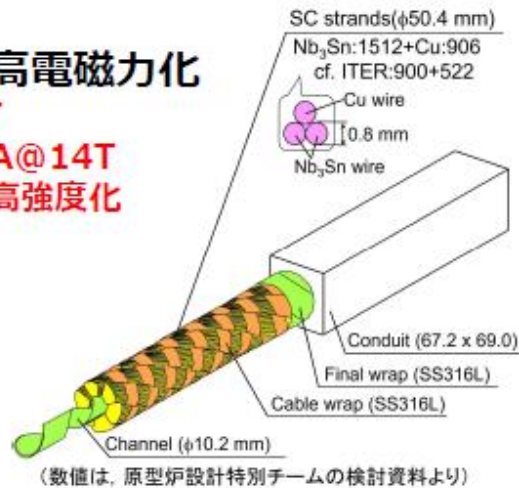
- ✓ 超伝導線を集合した導体、コイルの高い信頼性を得るための基本技術はまだ発展途上
- ✓ ITER以降の高磁場化要求を満たす新材料に期待
- ✓ 脆性材料であり基礎研究が必要
- ✓ 大型コイルの冷却方法も検討要

## 大電流化・高電磁力化

68kA@11.8T

→ 83kA@14T

✓ 高 $J_c$ 化及び高強度化

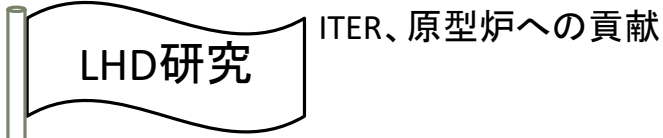




# ユニットの目指すもの

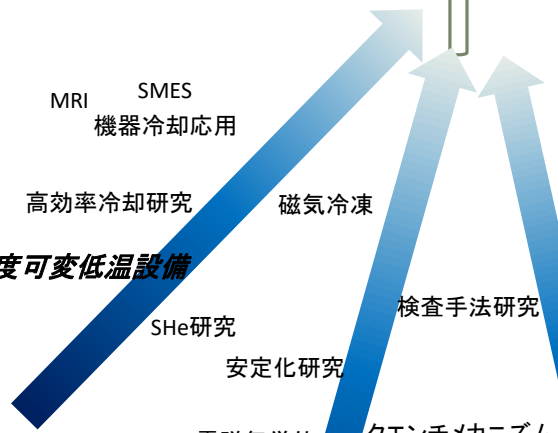


核融合発電の社会実装



LHD研究

ITER、原型炉への貢献



低温研究

MRI SMES  
機器冷却応用

高効率冷却研究 磁気冷凍

温度可変低温設備

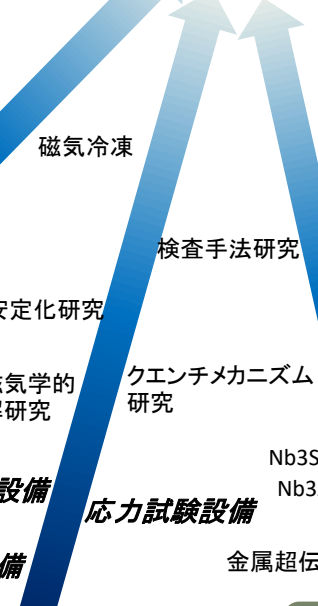
SHe研究  
安定化研究

電磁気学的  
理解研究

大口径試験設備

導体試験設備

超伝導研究



検査手法研究

クエンチメカニズム  
研究

応力試験設備

Nb3Sn  
Nb3Al

金属超伝導

材料研究

超極細線材研究

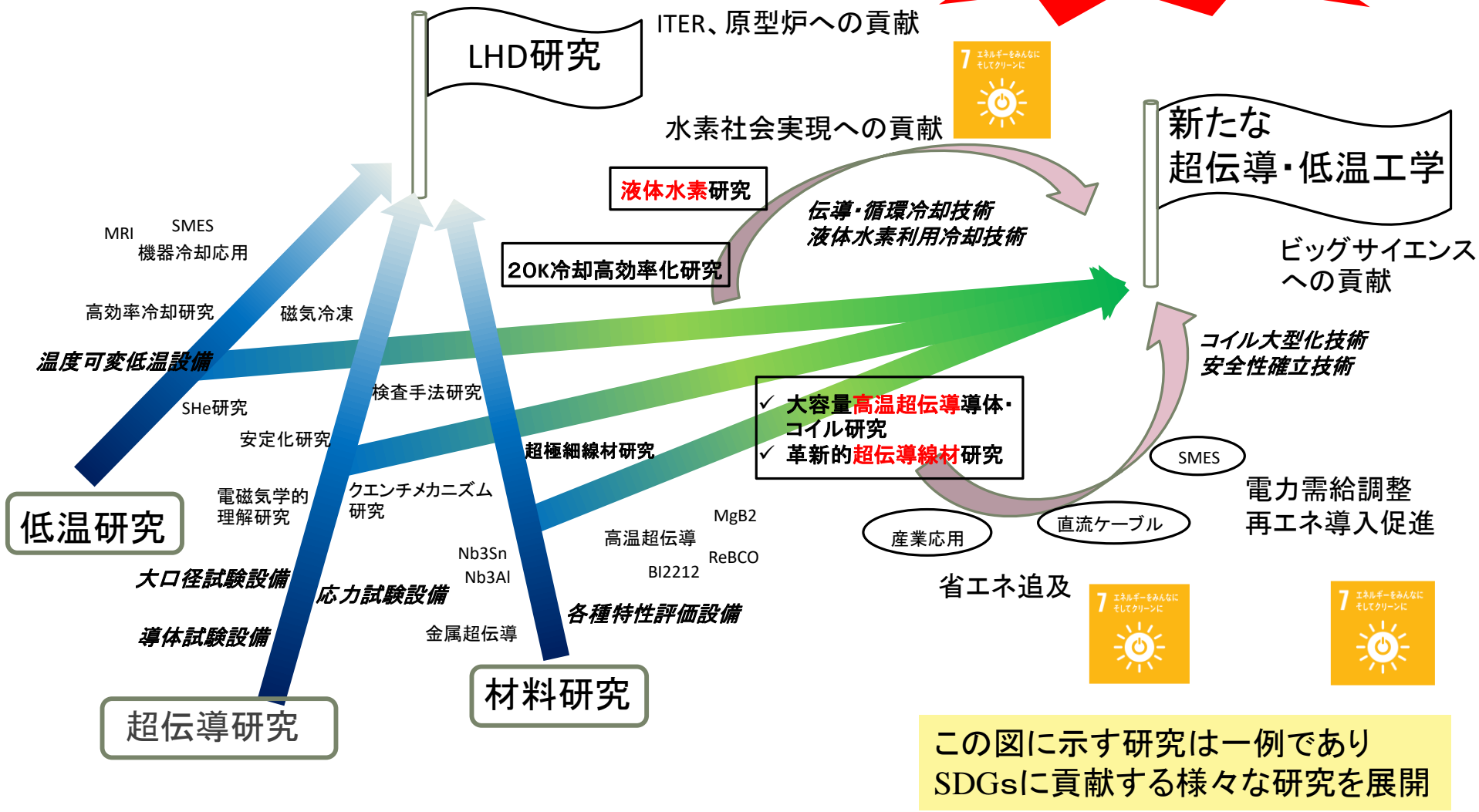
高温超伝導  
MgB2  
ReBCO  
BI2212

各種特性評価設備



# ユニットの目指すもの

## 核融合発電の社会実装





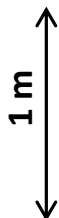
# 実績と戦略

# NIFSの代表的な超伝導評価設備

小型導体試験装置  
(-200°C (液体窒素)、  
磁場なし)



短尺導体  
1 m 試験



短尺導体 (3 m)  
試験

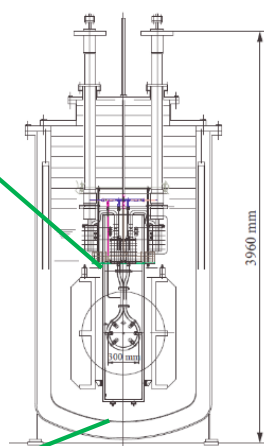


3 m

大型超伝導導体試験装置  
(温度可変、磁場 9 テスラ)



短尺導体 (2~3 m) 試験



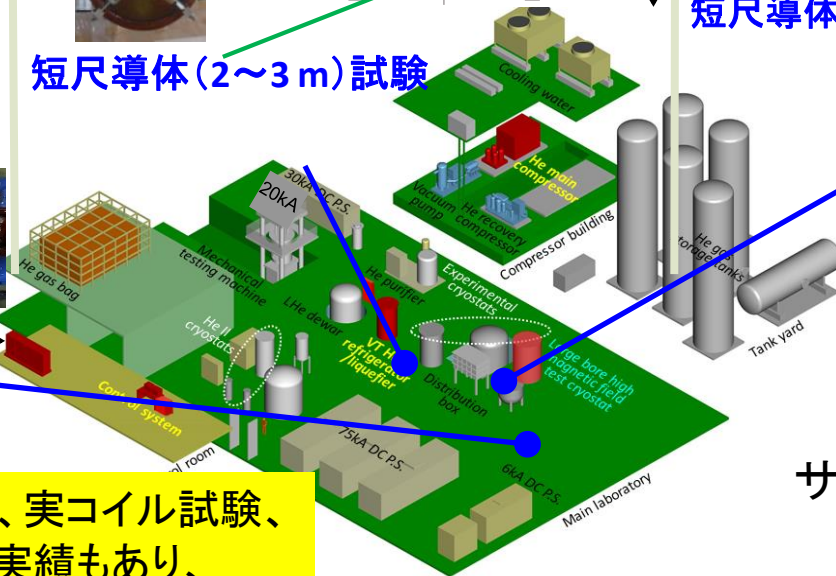
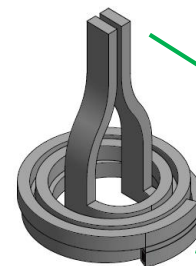
4 m

大口径高磁場導体試験装置  
(温度可変、磁場 13 テスラ)



3.3 m

短尺導体 (3~10 m) 試験



サンプル直流通電可能容量  
6,20,75 kA

ITER や JT-60SA の R&D、実コイル試験、  
実導体接続部の評価試験実績もあり、  
ITER / BA プロジェクトに多大なる貢献





# 実績と戦略

## 温度可変低温設備

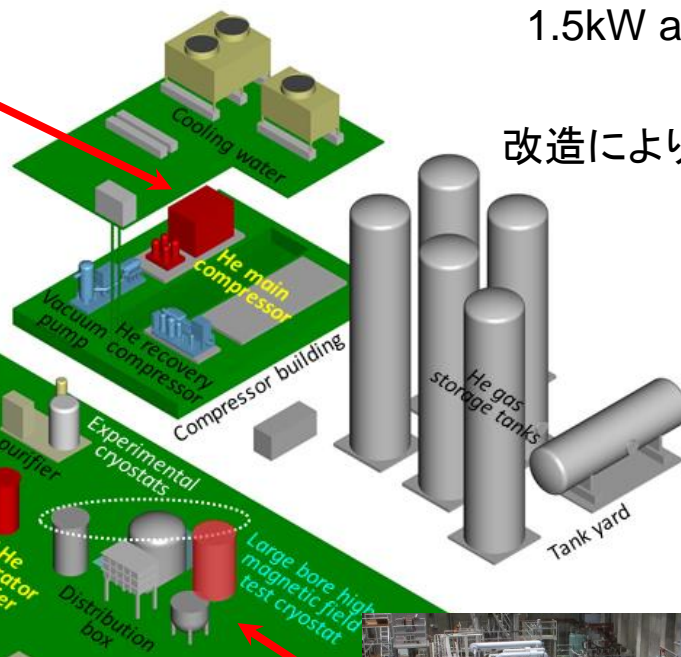
冷凍能力600W at 4.5K

ヘリウム液化能力250L/h

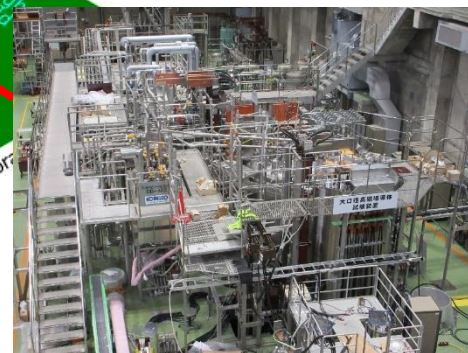
超臨界圧ヘリウム供給流量50g/s 350W at 4.55K

温度可変冷媒供給能力1.0kW at 20-30K

1.5kW at 40-50K



改造により水素液化も可能

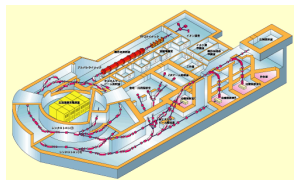


液体ヘリウム環境、液体水素環境両者を同時に持つ多彩な低温環境を実現できる独自性の高い研究拠点となり得る。



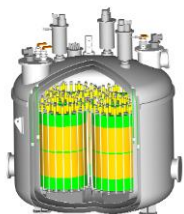
## MgB<sub>2</sub>を含めた高温超伝導マグネットの信頼性及び汎用性を高める研究を展開し、社会実装を図る。

導体開発、コイル化技術  
接続技術、劣化検出等

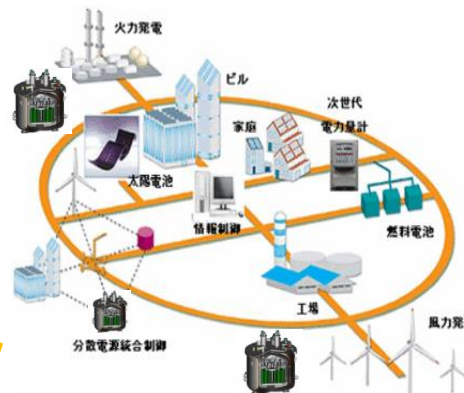


加速器マグネット  
への適用

- ・医療用
- ・核種消滅応用

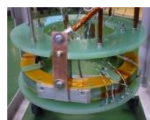


MJ級瞬低補償  
高温SMESへの  
適用



核融合炉への  
適用

再生可能エネルギーの  
発電変動補償用100MJ級  
SMESへの適用



Y系コイル



MgB<sub>2</sub>コイル

産業用マグネット  
への適用

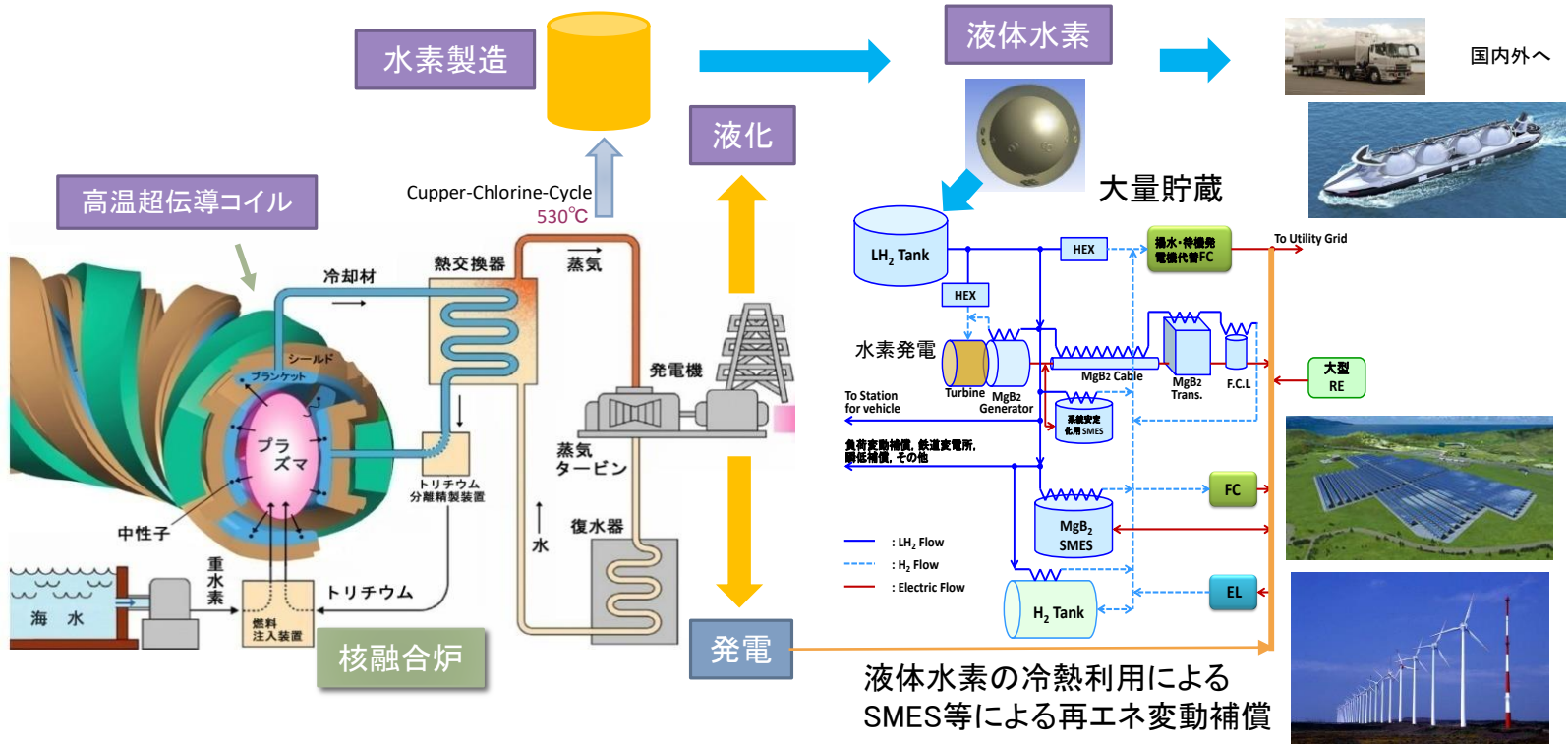
- ・誘導加熱
- ・磁気分離

電動航空機用  
超伝導推進モータへの  
応用



出典: AIRBUS社

「水素」は昨年10月に策定された第6次エネルギー基本計画にも、明確に研究開発すべきエネルギー源として明示  
 液体水素は核融合（超伝導・低温工学）と親和性が高い





液体水素研究開発のネットワークのハブ的な存在として、基礎研究から社会実装に向けた試みのゲートウェイ的な役割を担う。

研究資金獲得に向け、「超伝導の出口戦略」、「液体水素」などをキーワードとした国プロに積極的に提案、獲得し推進

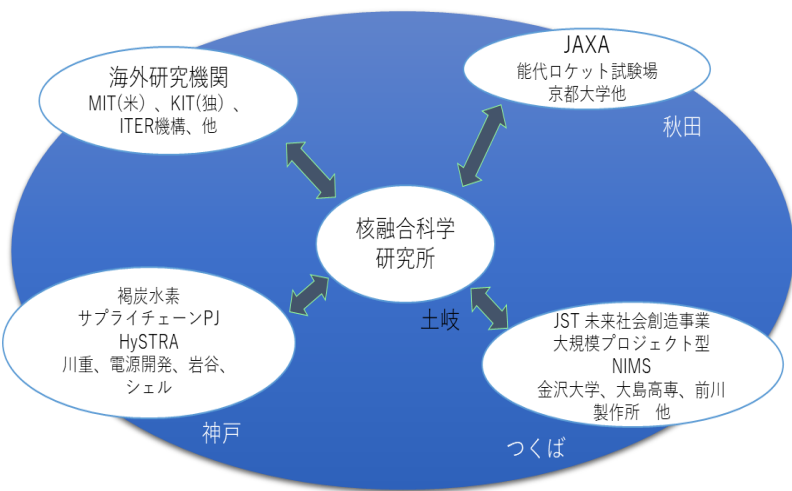
## 競争的研究資金の一例

### JST関係

- ・戦略的創造研究推進事業
- ・未来社会創造事業

### NEDO関係

- ・水素利用等先導研究開発事業
- ・脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム



# 本ユニットのアピール点

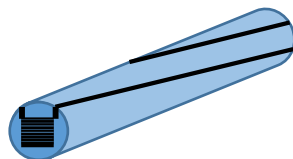
## 1) 核融合コミュニティにおける超伝導工学の拠点形成

核融合炉用高温超伝導導体・コイル評価機関としての優位性  
大容量高温超伝導導体の試作と温度可変での特性評価実績

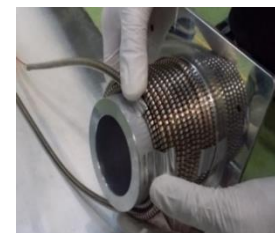
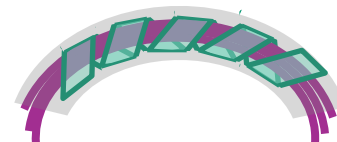
① 単純積層型  
STARS 導体



② 積層撚線型 FAIR 導体



③ 低融点金属含浸型  
WISE 導体



## 2) 超伝導・低温分野における立ち位置

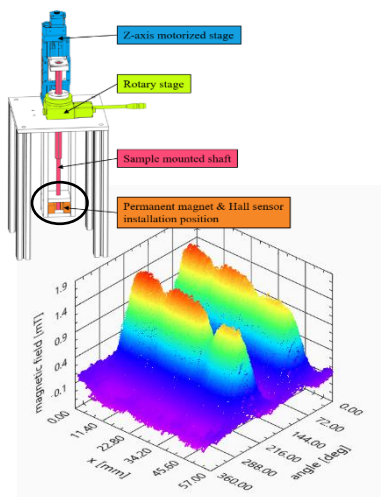
### <超伝導マグネット研究>

NIFS独自の非破壊検査手法や電流分布計測等の超高感度検出技術を用いた超伝導素線や超伝導機器の異常検出。

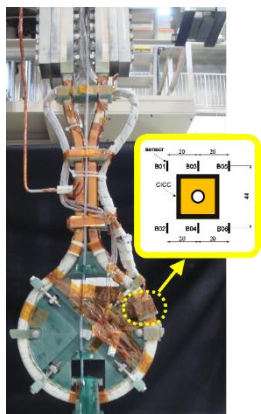
### <低温研究>

低温物理の基礎研究の基盤が整備。

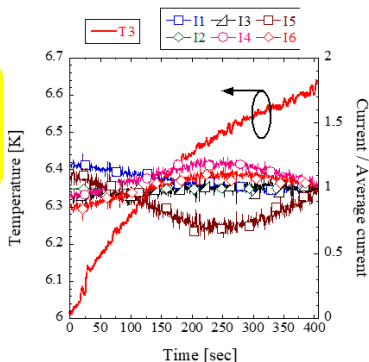
液体水素の冷熱利用や超伝導機器冷却標準化の先駆け。



欠陥の非破壊検出法



導体の電流分布計測



IEC/TC90超電導委員会の技術委員会国内WGの委員長や委員として、超伝導の国際標準化に向けた活動を牽引。

- |             |   |
|-------------|---|
| <b>WG6</b>  | <b>超電導線銅比試験方法</b>                         |
| <b>WG7</b>  | <b>Nb<sub>3</sub>Sn線I<sub>c</sub>試験方法</b> |
| <b>WG12</b> | <b>電流リード、冷却システム方法</b>                     |
| <b>WG13</b> | <b>実用超電導線</b>                             |

赤字はNIFSが委員長

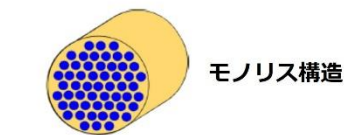
# 本ユニットのアピール点

## ＜超伝導材料研究＞

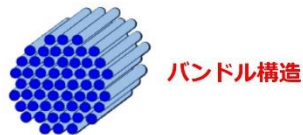
### 超伝導線材の超極細加工へのチャレンジ

これまでの極細多芯線

超極細線 (新概念)



モノリス構造



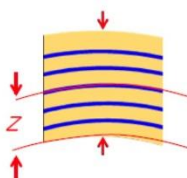
バンドル構造



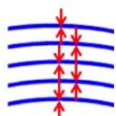
母材と一体化  
(母材に拘束)



容易にずれる



曲げの中立軸は  
線材径の中央部



曲げの中立軸は  
各フィラメント  
の中央部

- ✓ 可撓性を利用した超高次撚線(編組線)への期待。

(交流応用、量子応用、宇宙応用へ)

- ✓ **React & Winding**製法への期待。
- ✓ 均一な電流分布(偏流抑制)への期待。
- ✓ 簡易的な間接冷却方式の採用が可能。

革新的な導体設計への期待



Nb<sub>3</sub>SnやNb<sub>3</sub>Al線での超極細加工の経験や知見を基に、**MgB<sub>2</sub>**や**BSCCO**等に適用しているPowder-In-Tube (PIT)法における超極細線加工研究へ展開を検討。





# 超伝導・低温工学(仮称)ユニットのまとめ

- ✓ 核融合における低温・超伝導の課題
  - 高磁場大型超伝導マグネットの高信頼要素技術確立
- ✓ ユニットの目指すもの
  - 研究実績に「水素」も取り込み高信頼性指向の工学研究
  - 次世代の核融合工学にフィードバック
- ✓ 実績と戦略
  - これまでの超伝導・低温工学研究を、持続可能社会変革に向けた新たな研究に再構築
  - プラットフォームの活用
  - 液体水素研究のゲートウェイ的な役割
- ✓ 本ユニットのアピール点
  - 多彩な低温環境試験設備等を保有する強み
  - 豊富な試験評価実績と、革新的な線材研究

多くの方の参加をお待ちしています。