

核融合科学研究所のイノベーション拠点化設備

2026年5月1日 フュージョン分野におけるイノベーション拠点からの説明会

イノベーション拠点化設備

	名称	概要
1	超伝導技術の評価装置の整備	小型で高性能な核融合炉の実現に欠かせない「高温超伝導体」の研究を進めるため、強い電磁力による超伝導性能の低下や絶縁物の破損といった、発電炉設計に向けた重要な課題に対応できる研究環境を整える。NIFSは、Commonwealth Fusion Systemsを生んだMITとの共同研究の実績もあり、この設備整備によってスタートアップなどとの共同研究がさらに広がることが期待。
2	先進炉材料研究開発設備	核融合炉内で使用される材料が中性子によって受ける損傷等を評価するため、中性子照射環境を通常の実験室で模擬できる研究開発システムを導入する。これにより、発電実証に役立つ材料照射研究開発を早期に進められるほか、原子炉などを使った中性子照射実験に比べて実験のハードルが大きく下がり、研究の加速につながる。
3	スーパーコンピュータ (QSTと共同)	ITERやJT-60SA等から得られたフュージョン装置に関するビッグデータとスパコン（AI解析、理論シミュレーション）を活用し、プラズマの高精度予測・解析研究を実施する。
4	負イオン源中性粒子ビーム整備	高効率なプラズマ加熱に必要な「中性粒子ビーム入射装置」を開発するための設備を整備する。負イオンを効率よく中性化できる光中性化セルの実用化によって、エネルギー効率を大きく高めることができる。
5	計測器開発プラットフォーム	フュージョン炉の環境で使う計測機器を開発するために必要な、超高温プラズマ発生装置の基本設計と、その研究環境の整備を行う。
6	多価イオン実験装置	プラズマの温度を下げる原因となり得る重元素の多価イオンの性質を明らかにするため、多価イオンを高精度で研究できる設備を整備する。これにより、プラズマ中の多価イオンに関わる量子プロセスに関する正確なデータベースを構築し、プラズマ中の不純物の挙動や制御に役立てる。

1. 超伝導技術の評価装置の整備 (1/2)

NIFS 大型超伝導試験設備

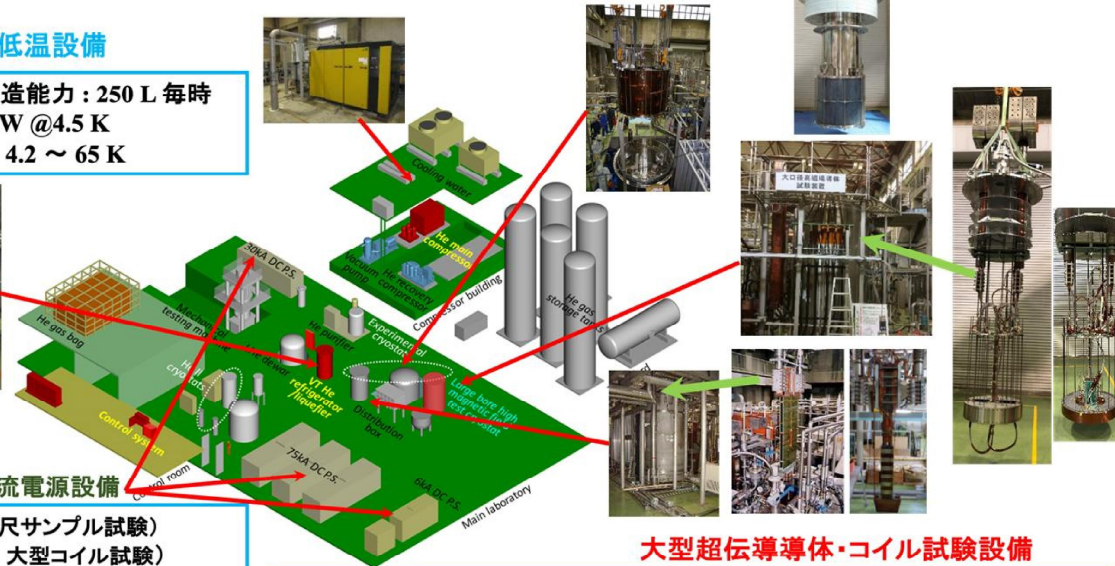
温度可変低温設備

液体ヘリウム製造能力: 250 L 毎時
冷凍能力: 600 W @4.5 K
温度制御範囲: 4.2 ~ 65 K



大電流直流電源設備

- 25 kA × 3 (短尺サンプル試験)
(25 kA × 2: 大型コイル試験)
- 10 kA × 2 (短尺サンプル試験)
- 6 kA (短尺サンプル・小型コイル試験)
(任意の通電電流波形可能)
- 2.4 kA, 1 kA, 0.5 kA

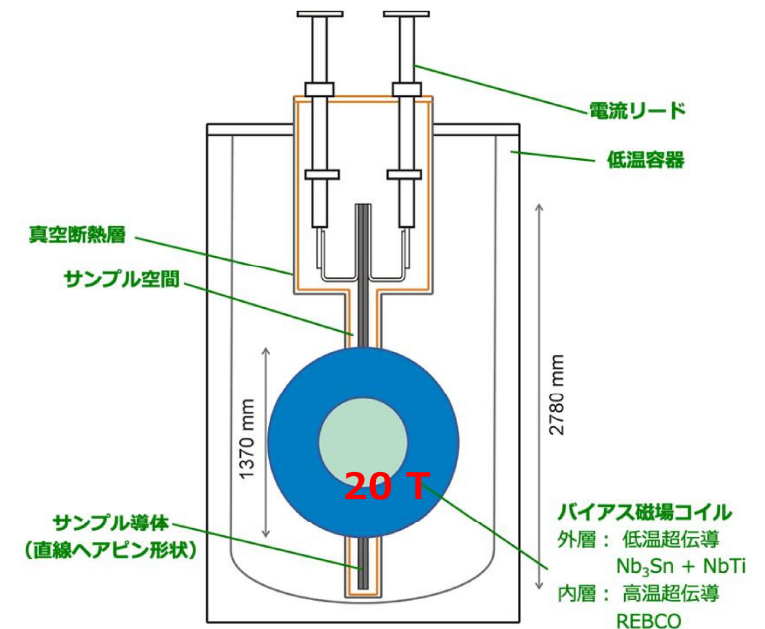


大型超伝導導体・コイル試験設備

大型導体試験装置: JT-60SA 導体(多数)、ITER TF導体接続部(全11本)、
HF社高温超伝導導体、他
大口径高磁場導体試験装置: MIT 高温超伝導導体、HF社高温超伝導導体、他
強制冷却導体試験装置: JT-60SA CS モデルコイル、CS1 実機モジュールコイル

NIFS 新設(計画)

「超高磁場大型超伝導導体試験装置」



- ❖ 1990年代, LHDに用いた低温超伝導導体や, 民間SMES導体の開発・試験
- ❖ 2000年代以降は, JT-60SAトカマク装置用の超伝導導体開発試験やITER TFコイル超伝導導体の接続部試験, JT-60SA CSモデルコイル, CS1実機モジュールコイルの試験
- ❖ 近年は, 大型高温超伝導導体の試験, NIFS開発の導体(3種類), 民間企業が開発している導体の試験
- ❖ 今後は, さらに多くの研究機関や民間企業の導体試験を受け入れる計画

1. 超伝導技術の評価装置の整備 (2/2)

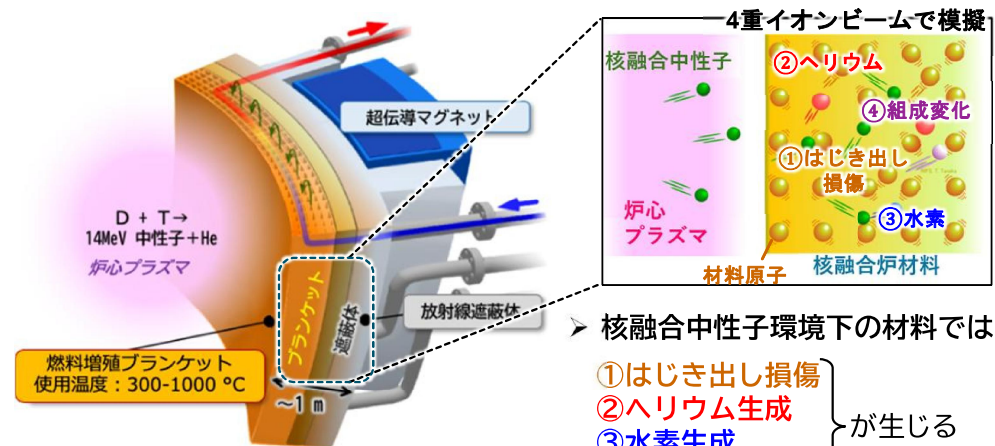
国	日本			スイス	中国	韓国
研究機関	NIFS			EPFL-SPC	ASIPP	KFE
装置名称	大型超伝導導体試験装置 “NIFS-90”	大口径高磁場超伝導導体試験装置 “NIFS-13”	超高磁場大型超伝導導体試験装置 “NIFS-20s”	“SULTAN”	“Super-X”	“SUCCEX”
試験体形状	直線形状 コイル形状 (小型導体)	コイル形状	直線形状	直線形状	直線形状 コイル形状	直線形状 コイル形状
バイアス磁場	9 T (設計) < 8.5 T (運用)	13 T (設計) < 9 T (現状)	20 T (目標)	10.5 T	16.5 T	15.5 T
サンプル電流	45 kA (定常) 75 kA (短時間)	25 kA (定常) 50 kA (短時間)	25 kA (定常) 50 kA (短時間) 120 kA (短時間 : 将来オプション)	100 kA (短時間)	100 kA (定常)	24 kA (定常)
サンプル温度	4.2-65 K	4.2-65 K	4.2-65 K	4.5-50 K		
稼働状況	稼働中	稼働中	2028 ~	稼働中	2027 ~	未定

利用方法：産学共同研究等

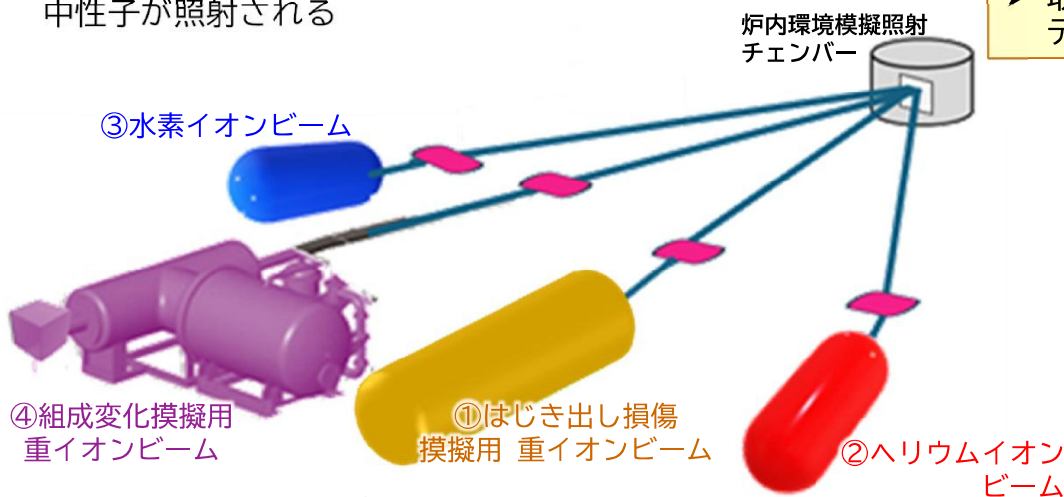
使用料金の例

- ❖ 8 T 中型導体試験装置（上の表には示してありません）
 - 1本のサンプルに対して2回の冷却試験を行った場合，約300万円
- ❖ 9 T 大型超伝導導体試験装置，13 T 大口径高磁場導体試験装置，20 T 超高磁場大型超伝導導体試験装置
 - 1本のサンプルに対して2回の冷却試験を行った場合，約3,000万円

2. 先進炉材料研究開発設備（1/2）



全ての炉内材料・機器に
中性子が照射される



多重イオンビーム照射施設

(4MV、3MVタンデム加速器、2MVシングル加速器x2（計画）)

- **構造・耐熱材料**：材料が硬く・もろくなる（耐衝撃特性の低下）、膨れる 等
 - 機能材料**：電気・光学特性の変化 等 水素同位体透過・保持挙動の変化 等
 - 社会実装に際し、材料・機器の寿命、システム運用を決める主要因
 - ➔ 候補材料の炉内中性子照射環境における特性変化をイオンビーム照射で模擬することにより迅速に評価・比較し、核融合炉設計・材料選択に反映
 - + より長寿命・高性能の新規材料開発を最大限加速
- (原子炉・大強度中性子源による中性子照射実験との比較は必須)

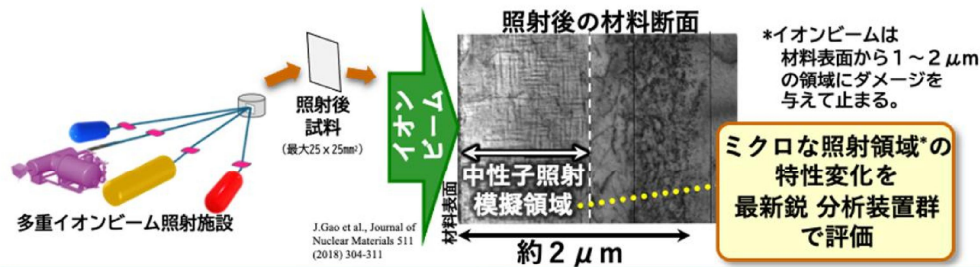
- 中性子照射効果を4重イオンビームで模擬する他に例のない照射施設
- 核融合炉で5年間に受ける最大損傷量(100 dpa)に約50時間で到達
- 取得データのAI解析による研究加速（照射インフォマティクスの構築、データの秘匿化）

多重イオンビーム照射施設 仕様一覧

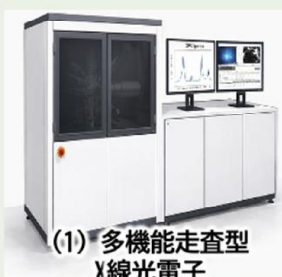
ビームエネルギー (粒子種)	①はじき出し損傷: ~10 MeV (Fe, Si) ②ヘリウム生成: 2 MeV (He) ③水素生成: 2 MeV (H) ④組成変化: 数 MeV (Al, Mg)
ビーム径	~ 25 mmφ
ビーム飛程	~ 1 μm
照射量	2 dpa/1時間（約1000倍の加速試験に相当）

- ❖ 2028年度中に稼働予定
- ❖ 共同研究契約による利用, 有償利用

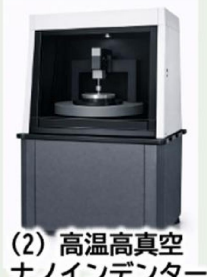
2. 先進炉材料研究開発設備 (2/2)



表面から1μm以内の化学状態、高温強度、熱伝導をワンストップ評価



(1) 多機能走査型
X線光電子
分光分析装置
(XPS、AES、REELS)
(元素・組成分布、
化学結合・電子状態)



(2) 高温高真空
ナノインデント
(3) スモールパンチ
試験システム
(変形・破壊応力、
硬さ、弾性率)



(4) サーモリフレクタンス
熱物性測定装置
(薄膜・微小粒子・
微小構造の熱伝導)

図はイメージ。特定の装置を示すものではありません。

フュージョンマテリアル複合評価基盤

今回の
整備

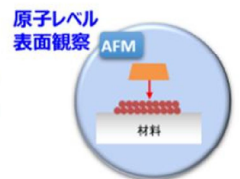
ナノレベル材料微細構造分析



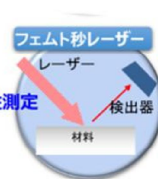
先進ナノ加工
Laser PFIB
Helios 5
Laser Hydra



ナノ構造解析
S/TEM
Talos F200X G2
(S)TEM



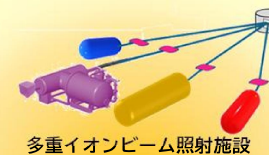
原子レベル
表面観察
AFM



フェムト秒レーザー
レーザー
検出器
光物性測定

2025年度に整備された“フュージョンエネルギー・ナノプラットフォーム”と連携

- イオンビーム照射に伴う変化を複合的に評価するためのミクロ領域分析装置群を新規導入
- 組成・化学状態、機械特性、熱物性の迅速な連成評価



多重イオンビーム照射施設



フュージョンマテリアル
複合評価基盤

フュージョンイノベーション拠点として整備

大学・研究所研究者
+ 企業研究者・技術者

企業研究者・技術者

大学・研究所研究者

- 耐照射性材料の研究開発の他、
多重イオンビーム照射施設
◆各種元素打ち込みによる表面改質、材料性能向上、新規機能発現等

複合評価基盤

- ◆各種試作材料の初期特性評価、環境試験後の材料分析
- ◆他分野 次世代材料・デバイス研究等

3. スーパーコンピュータ プラズマシミュレータ「双星」(QST, NIFS)

- ・ 想定用途：実験装置の設計、プラズマの性能予測、運転シナリオの策定、材料開発等
- ・ 利用可能時期 サブシステムA, B, Cは稼働中、性能増強サブシステムは2026年度中に導入予定
- ・ 利用方法・制度（検討中）：共同研究契約による利用、有償利用（成果公開型、成果非公開型）

システム	サブシステムA	サブシステムB	サブシステムC	性能増強サブシステム（2026年度中導入予定）
ノード数	360	70	48	64
CPUまたはAPU	Intel Xeon 6980P	AMD Instinct MI300A	Intel Xeon Platinum 6544Y	Intel Xeon 6980P
ノードあたりのCPUまたはAPU数	2	4	2	2
理論演算性能	5.89 PF	34.32 PF	0.17 PF	1.04 PF
メモリ容量	270 TiB	35 TiB	72 TiB	48 TiB
メモリ	MCR-8800 MRDIMM	HBM3	DDR5-5200	DDR5-6400

4. 負イオン源中性粒子ビーム整備

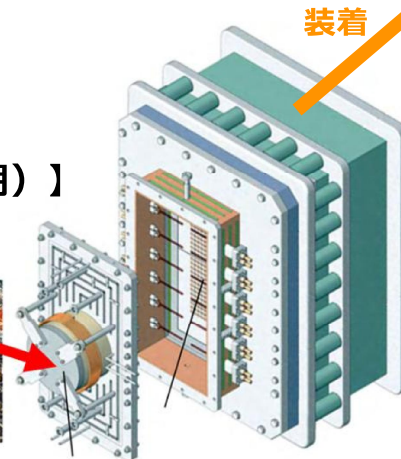
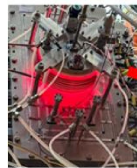
- ❖ **~100keV / 50A ビームのNBI研究・試験が可能**
- ❖ **大電力の正・負イオン源の研究・試験が可能**
- ❖ **大型真空容器利用が可能 (10^{-6} Pa)**

【ビームライン設備】

- 中性粒子用ビームダンプ：受熱定格：3.4 MW
- 正イオン用ビームダンプ：受熱定格：1.1 MW
- 負イオン用ビームダンプ：受熱定格：1.1 MW
- イオンビーム偏向磁石：250 keV 軽水素対応
- 中性化セル（5 m）： 入口 35 cm×150 cm
出口 35 cm×100 cm
- 真空排気系
 - ✓ クライオポンプ：360 m³/s 1台
 - ✓ ターボ分子ポンプ：3460 L/s 2台

【電源設備（ビームパルス：10秒/2分周期）】

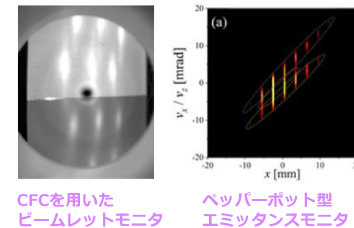
- 高周波電源：120 kW, 1 MHz
- フィラメント電源：12 V, 10 kA
- アーク電源：120 V, 8 kA
- バイアス電源：10 V, 1.5 kA
- 引出電源：-15 kV, 100 A
- 電子抑制電源：-3 kV, 5 A
- 加速電源：-/+90 kV, 50 A
(極性反転可能, 最低出力電圧 30 kV)



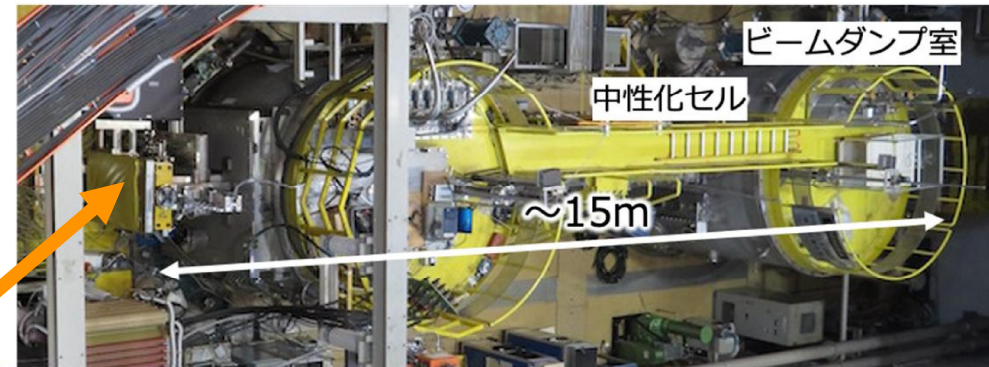
**直流/高周波 ハイブリッド放電型
研究開発用 負イオン源 (~100 keV / 数A)**

<ビーム計測器>

- ❖ 十字カロリメータ（2か所, 全体ビーム用）
- ❖ CFCを用いたビームレットモニタ
- ❖ 高速ビームレットモニタ（ファラデーカップアレイ）
- ❖ （焼付型）ペッパーポット型エミッタンスメータ
- ❖ 高速エミッタンスメータ [設計中]
- ❖ ビーム放射分光法
- ❖ イメージングビーム放射分光法（ビーム形状）



CFCを用いた
ビームレットモニタ ペッパーポット型
エミッタンスモニタ



利用方法（稼働中）：

- ・プラットフォーム利用
- ・受託研究
- ・産学共同研究等

ありがとうございました。

装置利用に関する問い合わせ先

研究支援課 sangaku-j@nifs.ac.jp

核融合科学研究所との産学連携に関する情報

<https://www.nifs.ac.jp/renkei/>

