

ITER/BA 成果報告会2024

核融合エネルギー実現に向けた日立製作所の技術貢献

Hitachi's industrial contribution towards achieving Fusion Energy

2025/01/30

株式会社 日立製作所 原子力ビジネスユニット
原子力事業技術センタ 核融合・加速器部

古閑康則

Contents

- 1. 日立の核融合・加速器事業
- 2. ITERおよびBA活動への貢献と成果
 - 2.1 ITER NBI
 - 2.2 ITER ダイバータ
 - 2.3 JT-60SA
 - 2.4 原型炉
- 3. まとめ

1. 日立の核融合・加速器事業

Hitachi's Nuclear Fusion and Accelerator Business

核融合

超伝導磁石、大型構造物、超高電圧電源 等

日本原子力研究所
/JT-60



提供: 量子科学技術研究開発機構

九州大学
/TRIAM-1M



超伝導磁石技術
高精度磁場解析技術

核融合科学研究所
/大型ヘリカル装置



医療用
MRI

加速器

電磁石・電源、真空機器、制御システム 等

高エネルギー加速器研究機構
/TRISTAN



理化学研究所および高輝度光科学研究センター/Spring-8



産業用
X線CT



高エネルギー加速器研究機構
/KEKB



理化学研究所
/超伝導リングサイクロトロン
セクター電磁石



ビーム解析技術
加速器システム技術

医療用
粒子線
治療装置



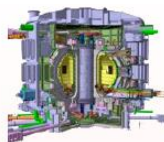
1. 日立の核融合・加速器事業

Hitachi's Nuclear Fusion and Accelerator Business

核融合

超伝導磁石、大型構造物、超高電圧電源 等

国際熱核融合炉ITER(建設中)



ITERサイト(フランス)



量子科学技術研究開発機構
/中性粒子入射装置試験施設



提供: 量子科学技術研究開発機構殿



筑波大学
/Pilot GAMMA
PDX-SC用超伝導コイル

加速器

電磁石・電源、真空機器、制御システム 等



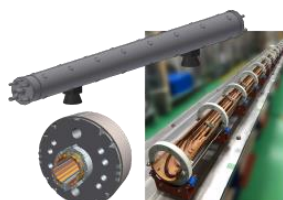
高輝度光科学研究センター
・高エネルギー加速器研究機構
/大強度陽子加速器施設



九州シンクロトロン光研究センター
/超伝導ウィグラー



高エネルギー加速器研究機構
/高効率クライストロン用MgB₂超伝導ソレノイド



高エネルギー加速器研究機構
/HL-LHC-D1磁石

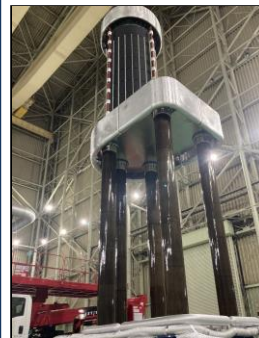
2020

**-1MV超高電圧電源の高信頼化に資する外部回路用の保護機器を
新規開発し、製作中**

提供：量子科學技術研究開發機構殿



- 1次巻線と2次巻線の間をDC-1MV絶縁しつつ、2次側の高電位上に設置される機器にAC6.6kVを供給
- 全高15.8m、質量180トン



- 地絡・短絡から絶縁変圧器を保護するLCR素子、変圧器内部構造の変更よりも合理的な外部設置
- 全高12.8m、質量22.2トン
- 製造・工場試験まで完了

2.1 (2) ITER NBI用変圧器の製作

Manufacturing of transformers for ITER NBI

2023年より、 $-200\text{kV} \times 5$ 段で構成される直流発生機用の昇圧変圧器
(各2台、全10台)と -1MV 絶縁変圧器(2台)を製作中

◆ 昇圧変圧器

- 整流器と組合せてDC- $1\text{MV} \sim -200\text{kV}$ (5段)を発生させるための変圧器
- 全高: 7.7m 、質量: 172t
- DCG1より、順次製作中



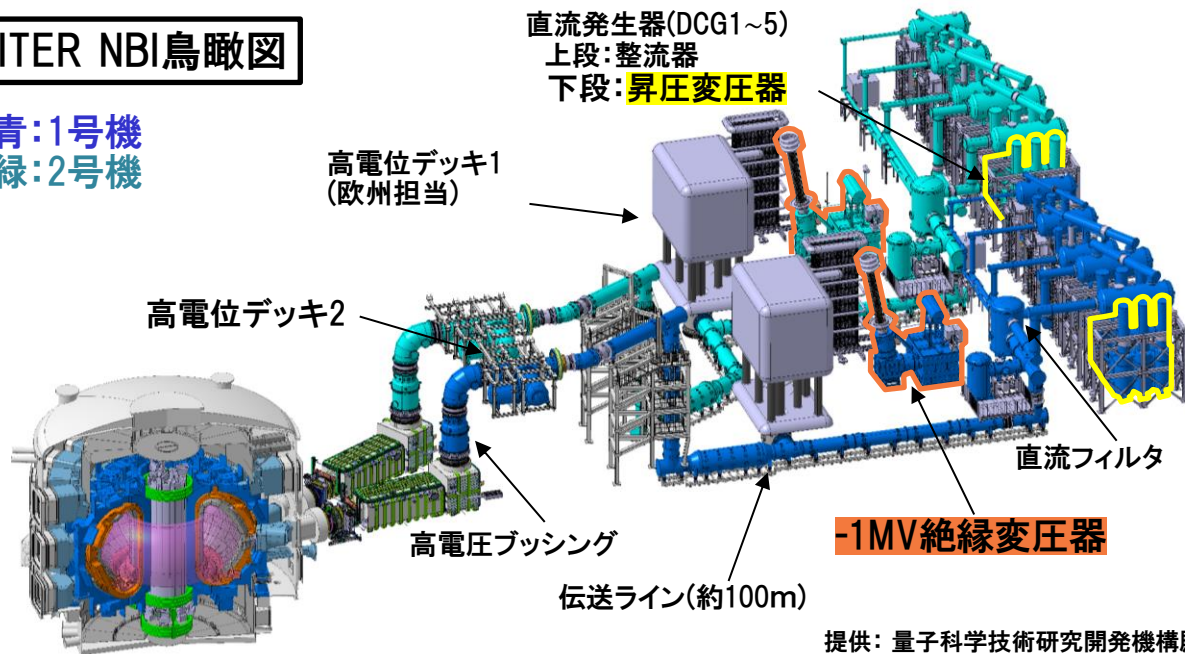
DCG1昇圧変圧器

◆ -1MV 絶縁変圧器

- NBTFと同じ仕様
- 二次側に保護機器(LCR)を接続して運用する
- 2台とも製作中

ITER NBI鳥瞰図

青: 1号機
緑: 2号機



ITERトカマク

加速器

提供: 量子科学技術研究開発機構
NBI電源

2.1 (3) ITER NBI用電源伝送ラインの変位吸収構造の開発

Development of displacement absorption structures for ITER NBI TL

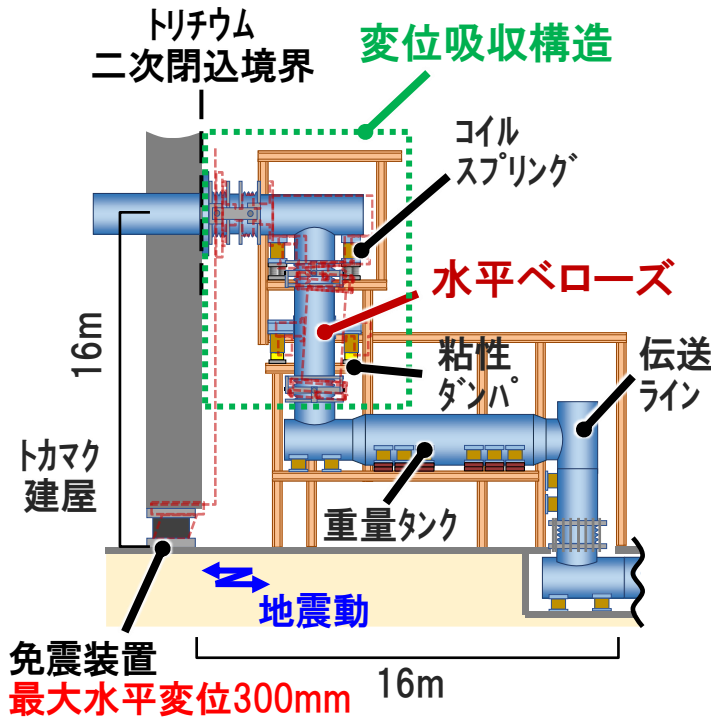
変位吸収構造の要となる水平ベローズを試作試験し、設計成立性を確認

◆ 伝送ラインの課題

- 地震時に発生するトカマク建屋との**相対変位(最大±300mm)**への対応
- トカマク建屋からのトリチウム漏洩を防止する気密性への要求
- 内部導体の可とう性の低さ

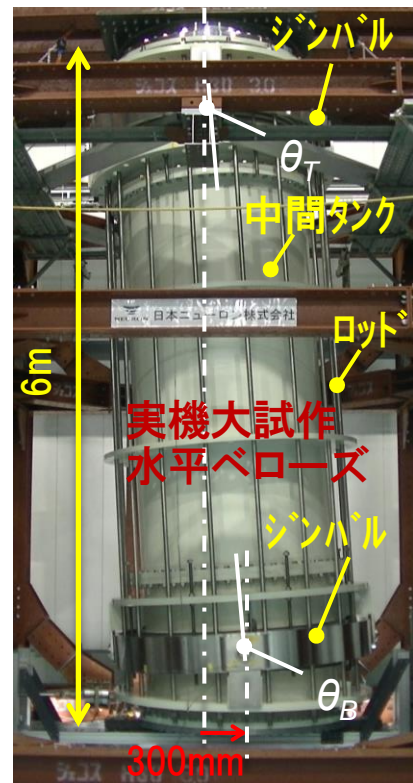
◆ 対策構造

- 重量タンクの配置変更
- **水平・鉛直ベローズによる変位吸収**
- 内部導体可とう性低に対し、水平ベローズの中間タンク長さにより変形量を確保
- 水平ベローズ中間タンクは粘性ダンパ支持で減衰付与
- 上部タンクのトカマク建屋応答はコイルスプリングで追従



The 8th QST International symposium
“Development of Prototype Bellows for ITER NBI Transmission Line”

TL: Transmission Line



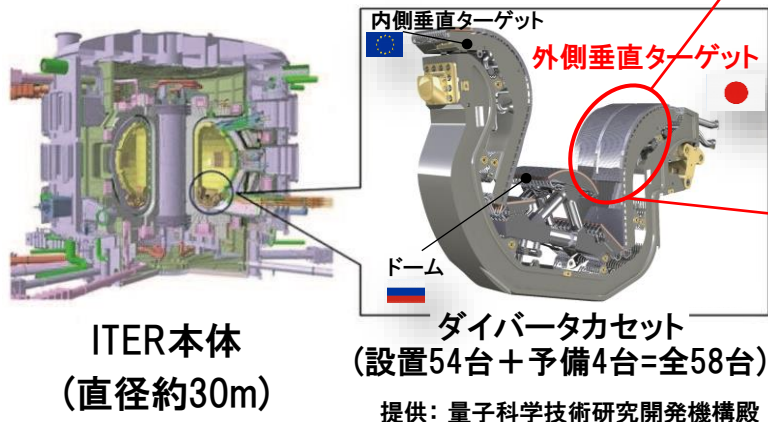
実機大試作水平ベローズ試験姿

2.2 ITER ダイバータ OVTプロトタイプ2の製作 Manufacturing of ITER Divertor Prototype 2

真空容器内で最も高い熱負荷を受けるダイバータのプロトタイプ製作

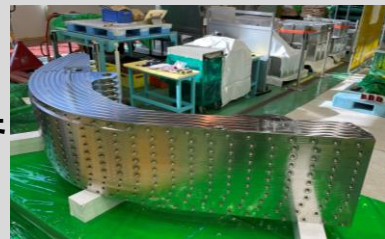
◆ 外側垂直ターゲット(OVT)

- 高耐熱($10\sim 20\text{MW}/\text{m}^2$)、高精度(表面輪郭度 $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 等)の要求
- プロトタイプ2を製作中



◆ 鋼製支持構造体(SSS)

- 高強度ステンレス(XM-19)製の厚肉溶接構造物
- 複雑形状での完全溶込溶接⇒施工法確立済
- 左側の3D加工が全完、検査中



◆ プラズマ対向ユニット(PFU)

- タングステンブロック(12mm厚×約150個)の銅合金配管へのろう付け品
- 全11本のろう付け・曲げ成形が完了



2.3 JT-60SA NBI再組立

Reassembly of JT-60SA NBI

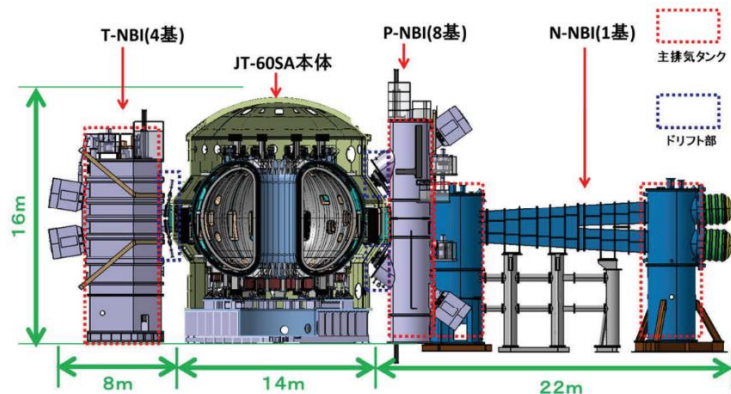
JT-60SAの増力作業としてNBI機器の再据付作業を実施中

◆ JT-60U用NBI機器を再据付

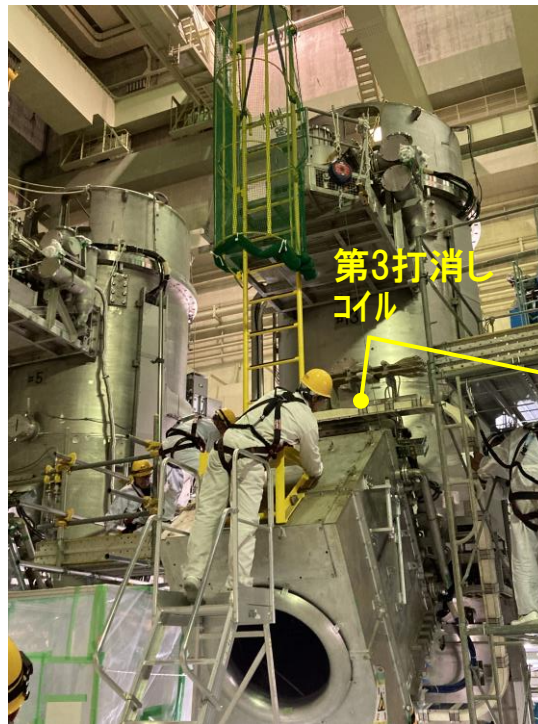
- T-NBIドリフト部×4基は据付済
- P-NBIドリフト部・主排気タンク×8基の据付中
- N-NBIドリフト部×1基は'25据付予定

◆ 第3打消しコイル製作及び据付

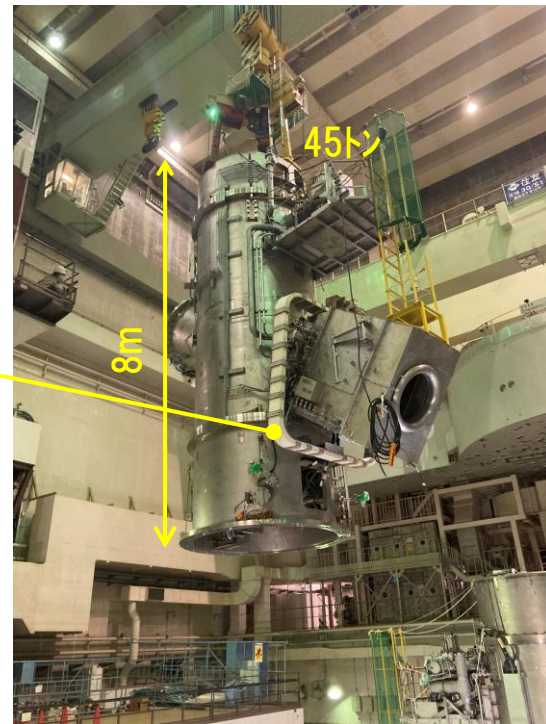
- 4台製作済、据付中



提供：量子科学技術研究開発機構



第3打消しコイル据付



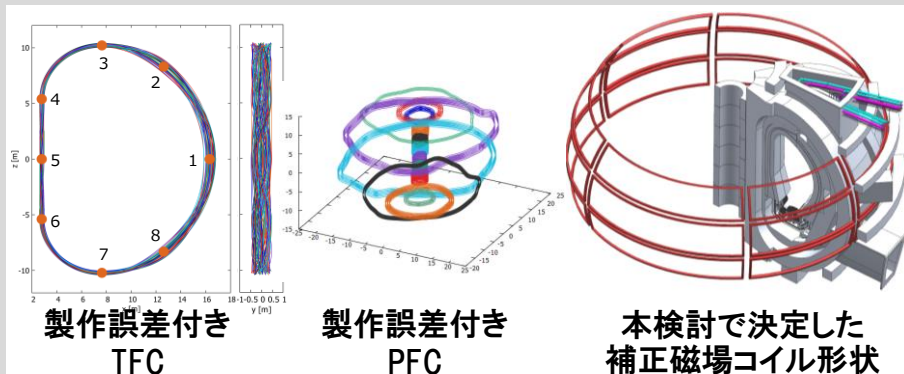
P-NBI(#13)主排気タンク吊込み

2.4 原型炉への取り組み Efforts towards JA DEMO

原型炉開発のアクションプランに沿った設計検討・要素技術開発や 試験装置製作を通じて、核融合原型炉(JA DEMO)の早期実現に貢献

◆ 補正磁場コイル

- 超伝導コイル由来の誤差磁場を評価し、補正磁場コイルを検討⇒超伝導コイルの製作精度をITERの2-4倍に緩和可能な見通しを得た



◆ BRIDGEプログラム

- 規格化・国際標準化の活動に参画

BRIDGE: 文科省の研究開発とSociety5.0との橋渡し

◆ ダイバータ

- 筑波大学プラズマ研究センター殿納
先進的ダイバータプラズマ研究装置
Pilot GAMMA PDX SC用の超伝導コイルを納入



- ダイバータ模擬プラズマ用輸送系コイルの設計検討
に着手

3. まとめ

Summary

- 1950年代から核融合・研究用加速器の国家プロジェクトに組織的に取り組み、技術を蓄積してきました
近年はITER、JT-60SAなど核融合開発の大型案件に参画しています
- ITERプロジェクトにおいて、ダイバータプロトタイプを完遂させるとともに、NBI実機を計画工程通りに製作し、ITER運転開始の目標達成に貢献していきます
- 今後も、原型炉等での技術開発を通じて、核融合エネルギーの早期実現に産業界から尽力してまいります

END



核融合エネルギー実現に向けた日立製作所の技術貢献

2025/01/30

株式会社 日立製作所 原子力ビジネスユニット
原子力事業技術センタ 核融合・加速器部

古閑康則



Hitachi Social Innovation is
POWERING GOOD