

富士電機の原子力技術

技術力で社会を「守る」に貢献します。

原子力技術への取り組み

3つのコア技術（遠隔ハンドリング、廃棄物処理、高温ガス炉）で世紀を超えるエネルギー確保への貢献

1965年に日本初の商用原子力発電所となる東海発電所(ガス炉)を建設しました。その後開発炉、燃料製造設備などの設計製作に携わり、原子燃料サイクル開発の一翼を担ってきています。3つのコア技術を活用してCO₂を出さないクリーンエネルギーである原子力の利用拡大と原子燃料サイクルの確立に日々大きく貢献しています。



<地図&納入設備表>



納入先	I. 遠隔ハンドリング	II. 放射性廃棄物処理	III. 原子炉工学
日本原子力発電株式会社(東海)	●(廃止措置など)		●
日本原子力研究開発機構(東海)	●(J-PARC)		
日本原子力研究開発機構(大洗)	●(常陽, HTTR)	●(常陽)	●(HTTR)
日本原子力研究開発機構(敦賀)	●(ふげん, もんじゅ)	●(ふげん, もんじゅ)	
日本原燃株式会社(六ヶ所)	●(搬送システムなど)		

J-PARC: The Japan Proton Accelerator Research Complex

原子力分野の主要実績経緯

1965年に日本初の東海発電所建設を初めに、新型転換炉(ふげん)、高速増殖原型炉(もんじゅ)、高温工学試験研究炉(HTTR)、MOX燃料製造設備など、これまで納入した主要原子力機器・設備について、ご紹介します。

分野		1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代
商用炉	東海発電所	建設		炉内補修設備	原子炉遠隔解体システム確証試験	【廃止措置】
開発炉	高温ガス炉			大型構造機器実証試験ループ(HENDEL) 【燃料体スタック、炉内構造物実証試験部】	高温工学試験研究炉(HTTR) HTTR使用済燃料貯蔵設備 【原子炉本体、燃料交換設備など】	実用炉開発
	高速増殖炉		実験炉「常陽」 【燃料取扱設備など】	原型炉「もんじゅ」 【燃料取扱設備・工学的安全防護設備など】		「常陽」MKⅢ 【燃料取扱設備自動化など】 実証炉開発
	新型転換炉		原型炉「ふげん」 【燃料取扱設備・工学的安全防護設備など】			
原子燃料サイクル関連 (MOX燃料製造、再処理)				MOX燃料製造設備 【ペレット研削検査設備、保管搬送設備など】	六ヶ所再処理 CA, K施設 【グローブボックス設備、セル内設備】	
放射性廃棄物処理設備			実験炉「常陽」 原型炉「ふげん」	原型炉「もんじゅ」 原型炉「ふげん」増設	実験炉「常陽」更新	廃樹脂減容安定化技術(開発)

I. 遠隔ハンドリング

特長

- 以下の新型炉プラントで、燃料取扱・貯蔵設備一式を納入。
 - 高速実験炉「常陽」
 - 高速増殖原型炉「もんじゅ」
 - 新型転換炉原型炉「ふげん」
 - 高温工学試験研究炉「HTTR」
- これらプラントの燃料取扱・貯蔵設備で、完全遠隔自動運転を実現。
- 東海発電所の廃炉に向け、原子炉本体を対象とした遠隔解体システムの実証試験を実施。
- MOX燃料製造において燃料ペレット製造(仕上加工検査)に関わる種々設備を供給可能。

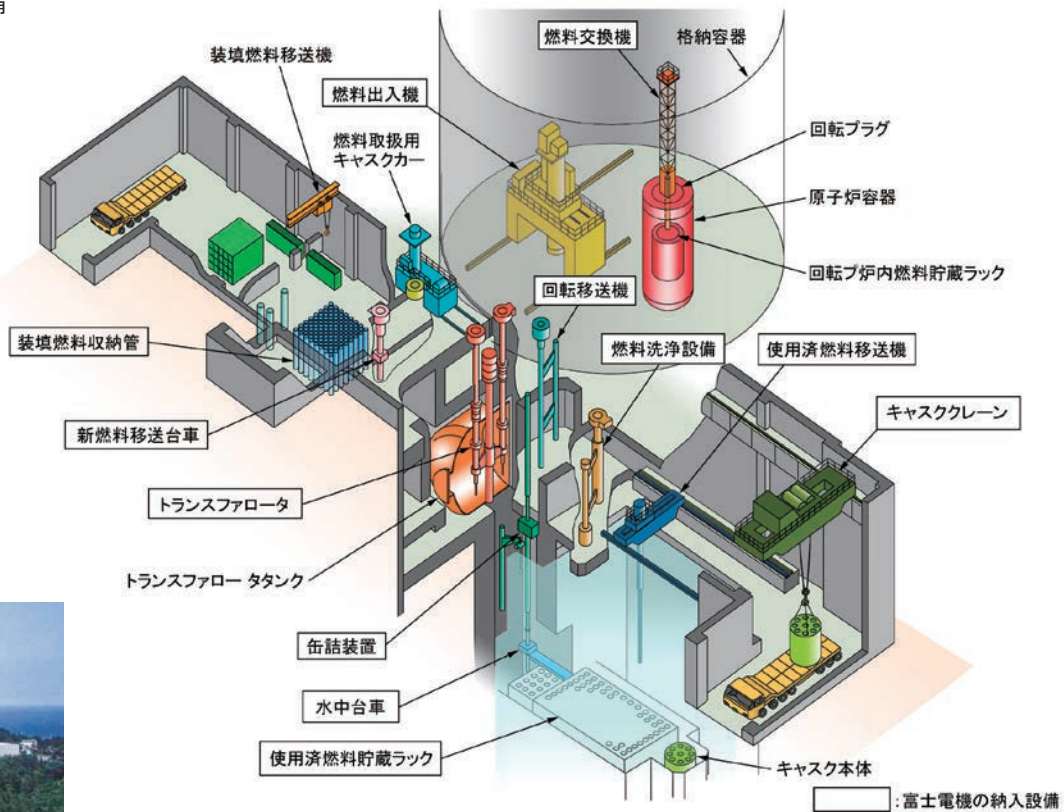
高速実験炉「常陽」

● 納入先：日本原子力研究開発機構

● 出力：140MWth (MK-Ⅲ)

● 主な納入設備：

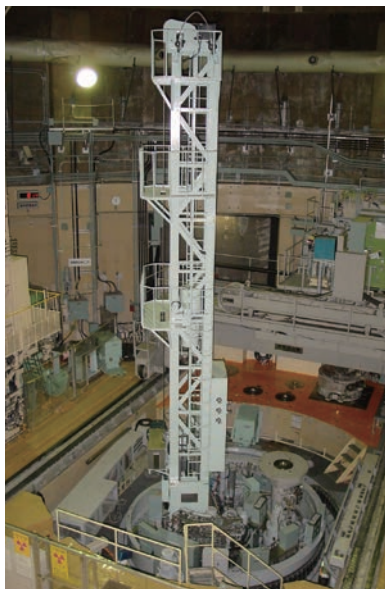
- 燃料取扱および貯蔵設備
- 使用済燃料貯蔵設備
- 放射線監視設備
- 電気・計測制御設備
- 共通保守設備
- 放射性廃棄物処理設備
- プラント制御システム



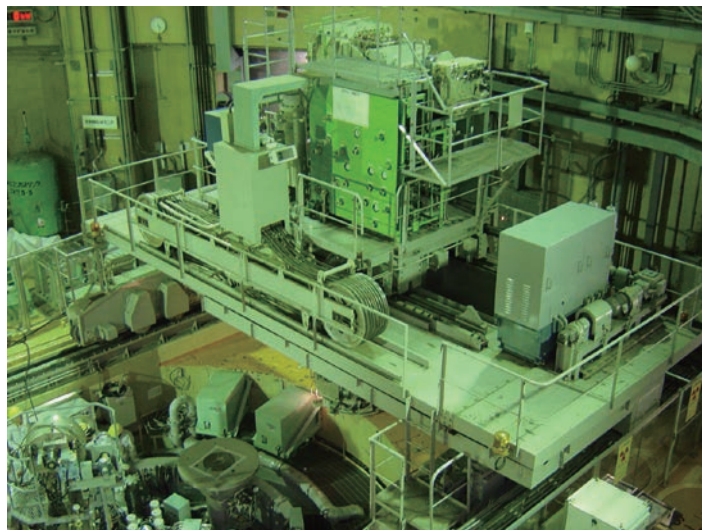
「常陽」燃料取扱設備

特長

高速炉特有の制約条件である大気遮断、高温、高放射線環境下での安全で確実な燃料取扱いが可能です。



燃料交換機



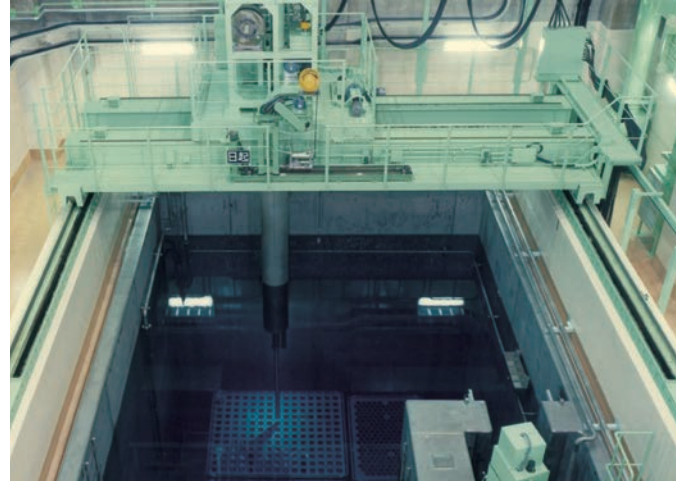
燃料出入設備

「常陽」使用済燃料貯蔵設備

特長

- 水中にある燃料の番号および方位を ITV で確認し取扱うことができます。
- 放射線管理区域外から遠隔で燃料移送の作業ができます。

水冷却池	W7.2m × L9.5m × D11m
・保有水量	640m ³
・ライニング	SUS304
燃料移送機	取扱荷重容量 350kg
水冷却浄化系 水循環ポンプ	水循環ポンプ 5.1kW × 2基
確認用ITV	水中カメラ × 3台

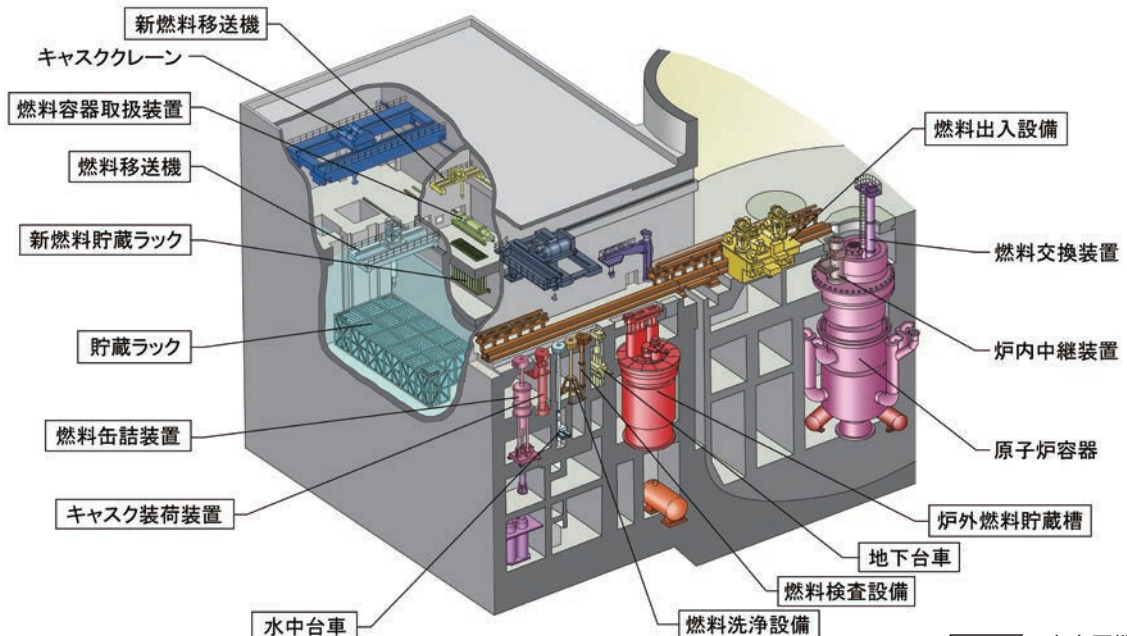
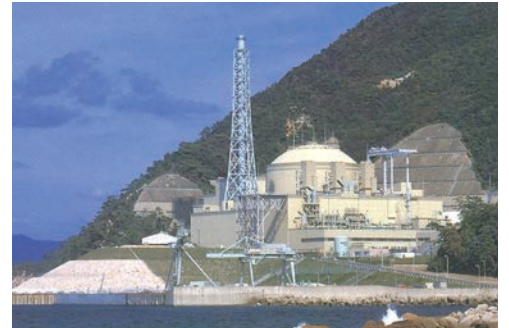


使用済燃料貯蔵設備

高速増殖原型炉「もんじゅ」

当社はもんじゅ設備の一翼を担ってきました。

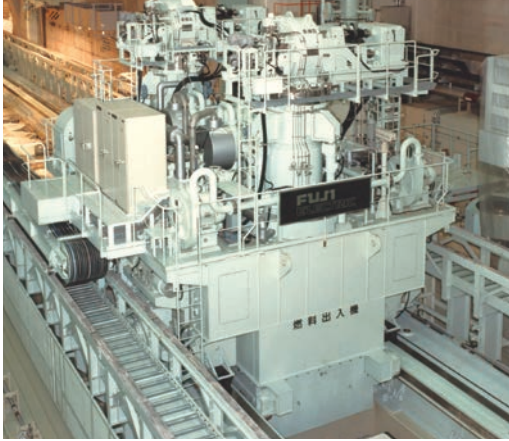
- 納入先：日本原子力研究開発機構
- 出力：280MW
- 主な納入設備：
 - 燃料取扱及び貯蔵設備
 - 放射性廃棄物処理設備
 - 共通保守設備
 - 放射線監視設備
 - 燃料取扱設備制御システム



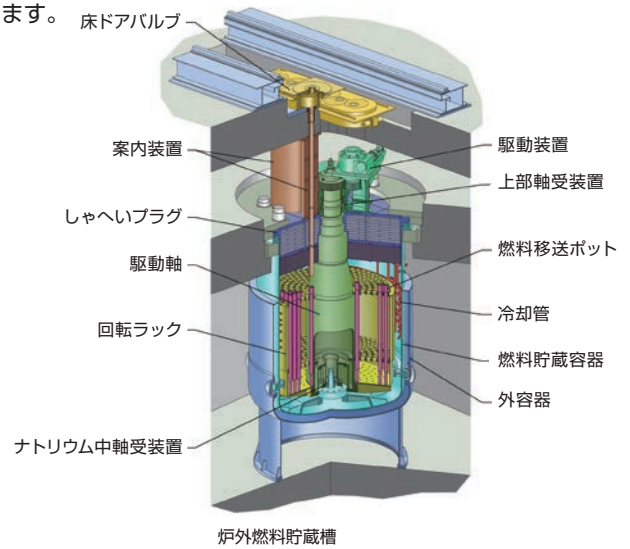
□ : 富士電機の納入設備

「もんじゅ」燃料取扱及び貯蔵設備

「もんじゅ」の燃料の取扱いと貯蔵は、遠隔操作で完全自動で行うことができます。

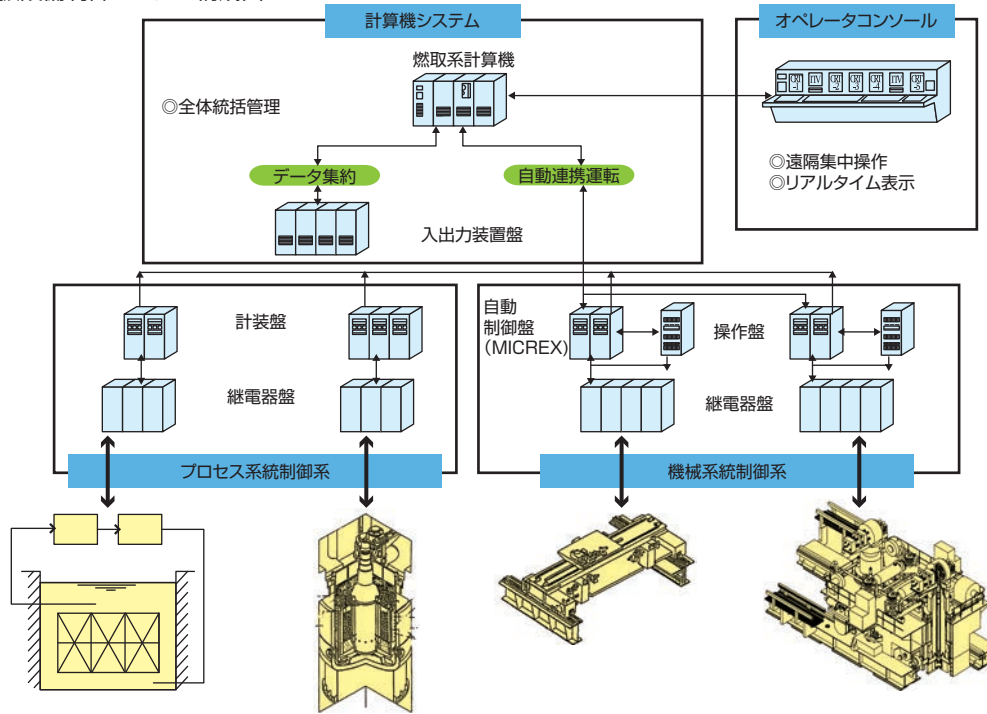


燃料出入設備



炉外燃料貯蔵槽

<もんじゅ燃料取扱設備制御システム構成図>

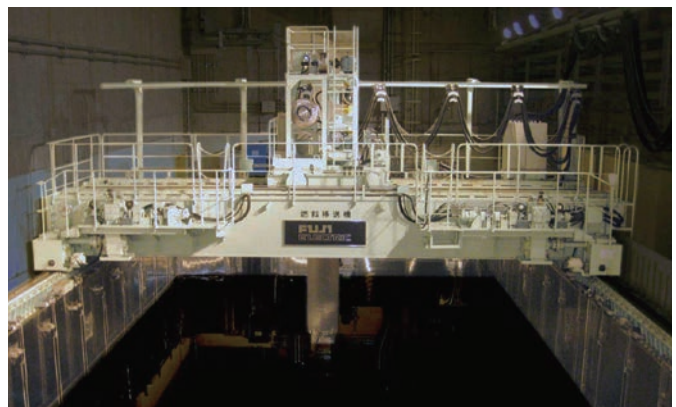


「もんじゅ」水中燃料貯蔵設備

特長

- 水中にある燃料を取扱うことができます。
- 放射線管理区域外から遠隔で燃料移送の作業ができます。

燃料移送機	取扱荷重量 450kg
燃料池	W11.5m×L23m×D14m
ライニング	SUS304

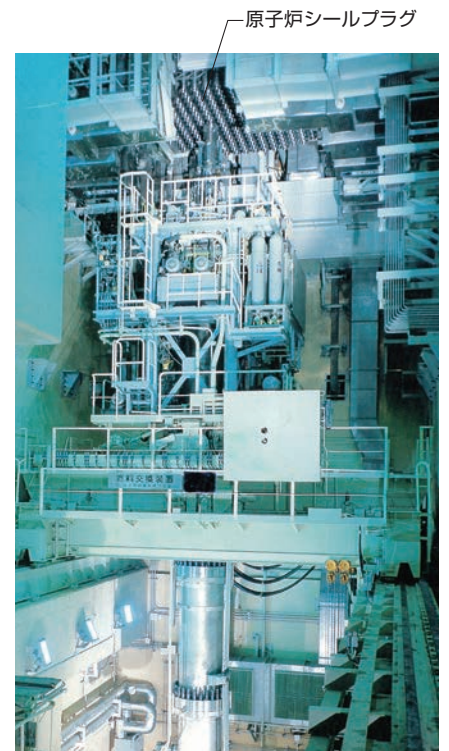
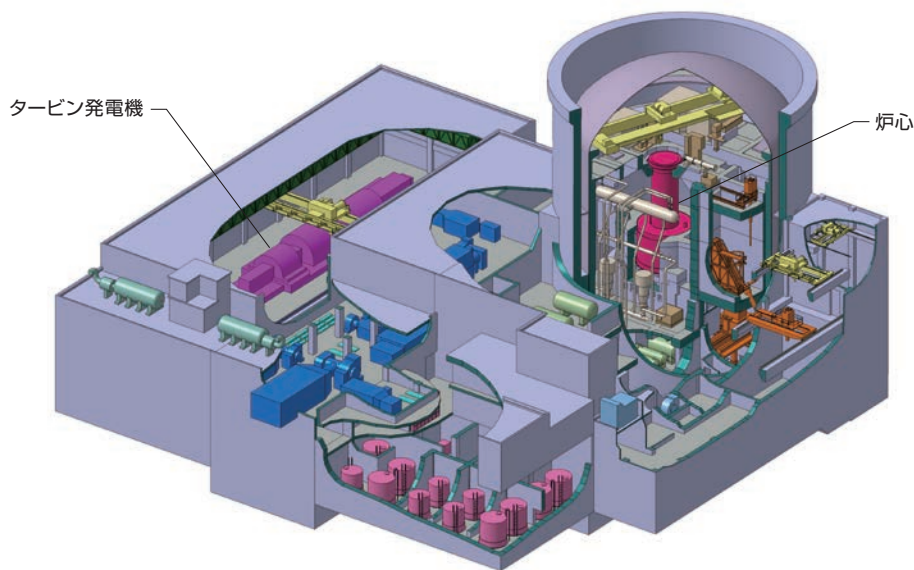


燃料移送機

新型転換炉原型炉「ふげん」*

新型転換炉原型炉「ふげん」の燃料取扱および貯蔵設備の一翼を担ってきました。

- 納入先：日本原子力研究開発機構
- 出力：165MW
- 運転開始：1979年3月
- 運転停止：2003年3月
- 主な納入設備：
 - 燃料取扱および貯蔵設備
 - 放射性廃棄物処理設備
 - 工学的安全防護設備
 - 原子炉シールプラグ
 - 放射線監視設備
 - プラント制御システム

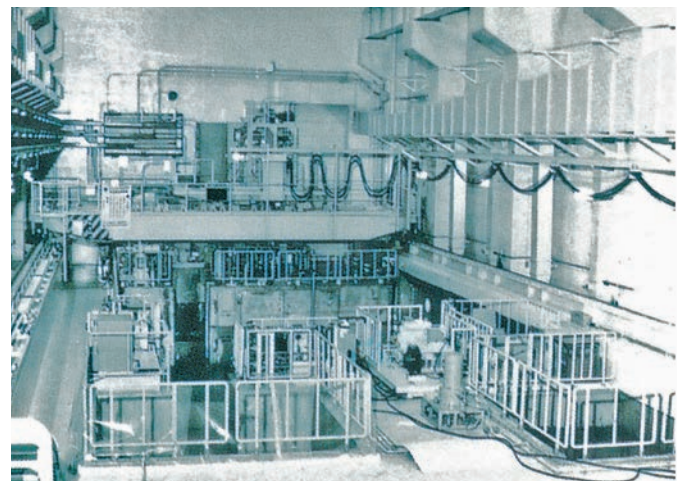


「ふげん」燃料移送設備

特長

- 燃料を使用済燃料貯蔵プールに移送する設備です。
- 中央制御室から遠隔自動で安全かつ確実に燃料取扱いの作業ができます。

走行スパン	18.2m
揚程	16.1m
吊上荷重	450kg
駆動装置	ワイヤ駆動方式
グリッパ	ソレノイド開閉式
主要材質	ステンレス鋼／炭素鋼



商用炉「東海発電所」(ガス冷却炉)

日本初の商業用発電炉である東海発電所は、1998年3月31日をもって営業運転を停止し、現在は、日本の商業用原子力発電所では初めての廃止措置工事が行われています。

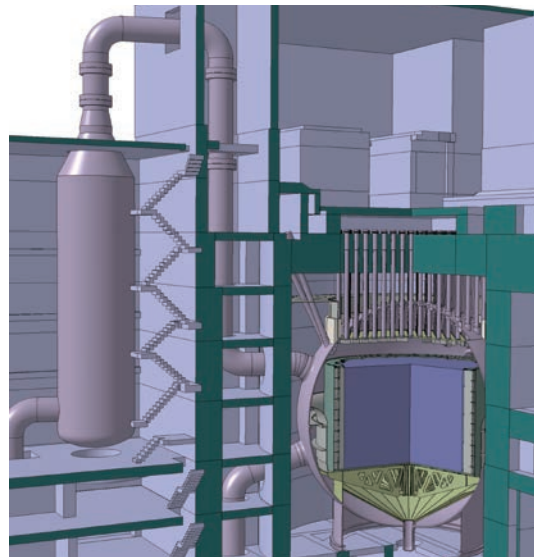
当社を中核とする*FAPIG 各社は、東海発電所の建設以来、保守、点検などの工事に一貫して携わってきました。

プラント設備全般を熟知している当社は、日本原子力発電株式会社からの委託を受け、廃止措置計画の立案作業に協力するとともに、原子炉遠隔解体技術等の技術開発を積極的に行っています。

- 納入先：日本原子力発電株式会社 ● 出力：166MW
 - 運転開始：1966年7月 ● 運転停止：1998年3月
- *FAPIG…第一原子力産業グループ (The First Atomic Power Industry Group)



東海発電所



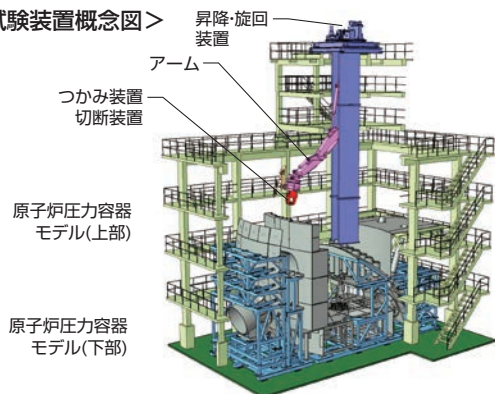
原子炉本体および1次冷却設備(3次元CADによる)

原子炉施設の遠隔解体

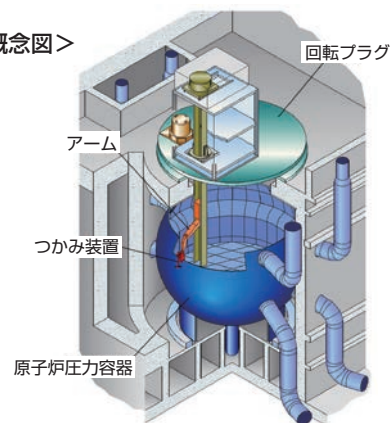
遠隔解体技術試験装置

原子炉解体試験モデルは、実機の主要な原子炉内構造物や原子炉圧力容器(直径19m)を同等の材料、同一サイズで忠実に模擬していることが特長です。

<遠隔解体技術試験装置概念図>

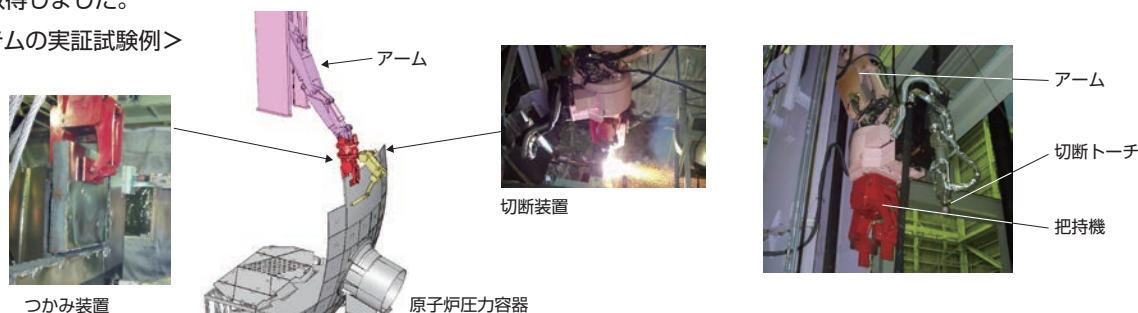


<原子炉遠隔解体概念図>



長期の運転終了後、放射線レベルが高いため人の近づけない原子炉圧力容器などを遠隔で解体処理する技術(原子炉圧力容器の切断、切断片のロボットアームによる移動、放射性物質分別など)に係わる実証試験を、国や電力殿の委託事業として行ない、実機の遠隔解体に役立つ確認データを取得しました。

<遠隔解体システムの実証試験例>



原子燃料サイクル関連

MOX燃料製造設備(MOX : Mixed Oxide)

原子炉用燃料製造設備はプルトニウムなどの放射性物質を取扱うため、飛散や漏れのないよう、嚴重に密封管理したグローブボックスに設備を収納し、1日約10万個という速さで、燃料ペレットを遠隔全自動で製造します。

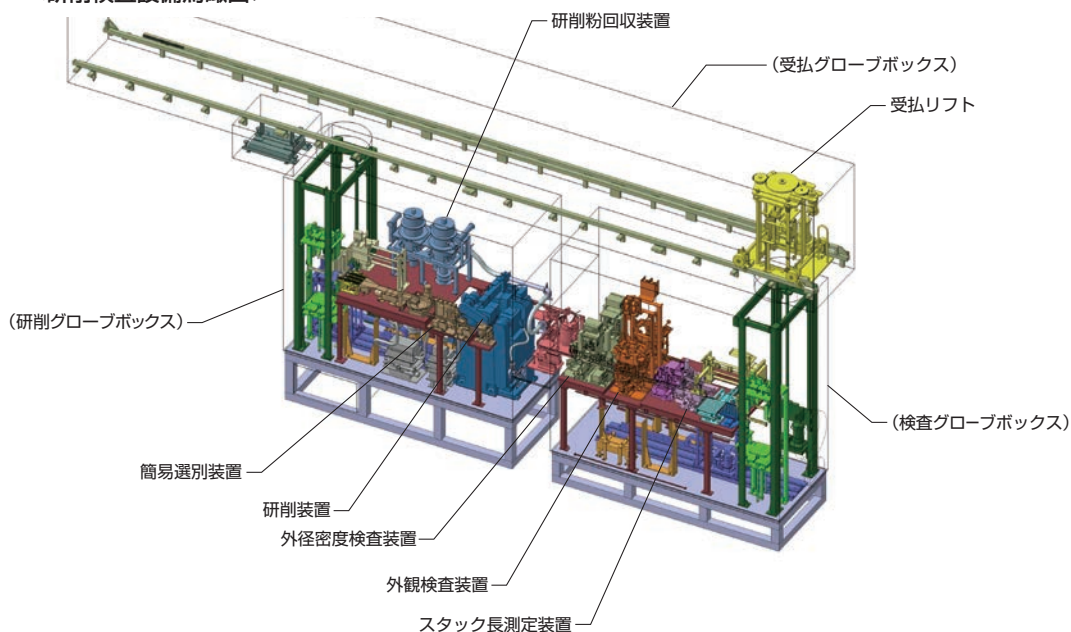
● 納入設備:

- ペレット仕上げ検査設備
 - ペレット外径密度選別設備
 - ペレット外観検査設備
 - ペレット外周研削設備
 - 研削検査設備
 - 密度抜取測定設備
- 集合体検査装置
- ウラン貯蔵庫自動保管設備

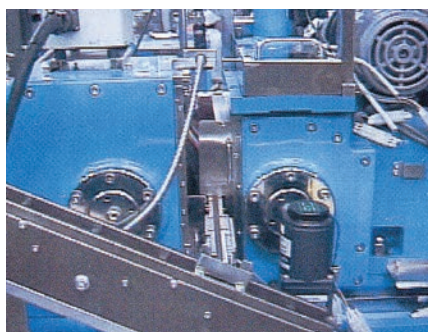
● 特長:

- 機能複合化による設備コンパクト化
- 高速処理化
- 工程内滞留(ホールドアップ)低減
- 保守(メンテナンス)が容易
- 完全遠隔自動化

<研削検査設備鳥瞰図>



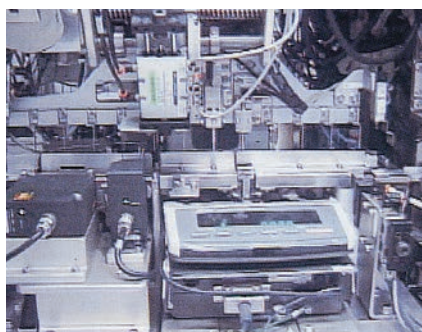
燃料ペレット製造設備 グローブボックスの概観
(日本原子力研究開発機構殿向け)



① 研削装置

主要仕様

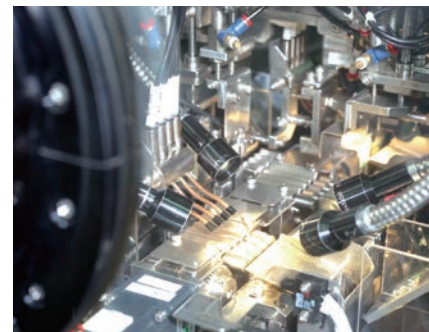
- 方式：乾式センタレスグラインダ方式
- 機能：ペレットの外周研削



② 外径密度検査装置

主要仕様

- 方式：レーザ測定器による寸法測定
電磁平衡型電子天秤による質量測定
- 機能：ペレットの寸法、質量測定および密度演算による良否判別



③ 外観検査装置

主要仕様

- 方式：三視野カメラ方式
- 機能：ペレットの端面および側面の外観検査(目視)

II. 放射性廃棄物処理

特長

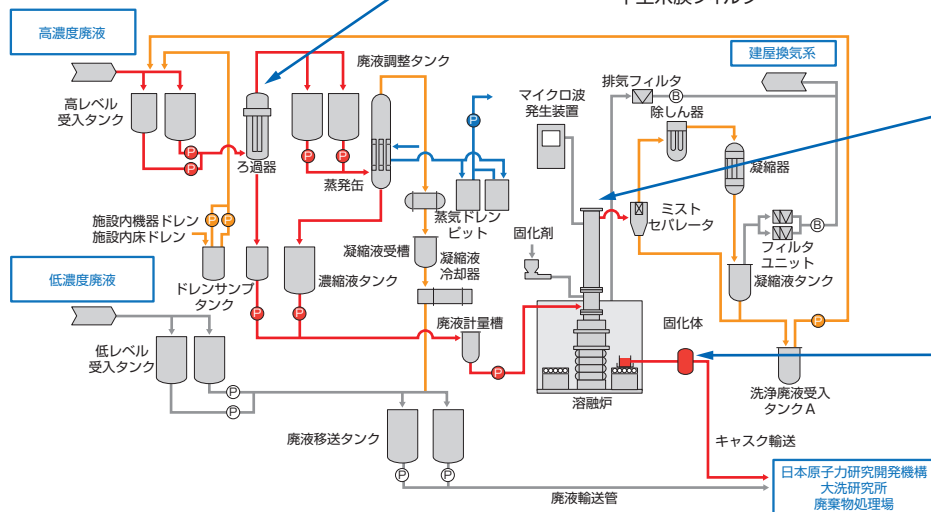
- 1 以下の新型炉プラントで、廃棄物処理設備を納入。
 - 高速実験炉「常陽」(液体廃棄物処理設備)
 - 高速原型炉「もんじゅ」(気体廃棄物処理設備, 液体廃棄物処理設備)
- 2 廃イオン交換樹脂などに対する独自の減容安定化処理技術も所有。
- 3 ニーズに応じてこれらの設備を最適エンジニアリングで提供。

高速実験炉「常陽」廃棄物処理設備

● 主要構成：

- 受入タンク
- 蒸発濃縮処理装置
- マイクロ波ガラス固化処理装置
- 廃液調整タンク
- 濃縮液タンク
- 制御装置

<廃液処理プロセス>



中空糸膜フィルタ



マイクロ波ガラス固化処理装置

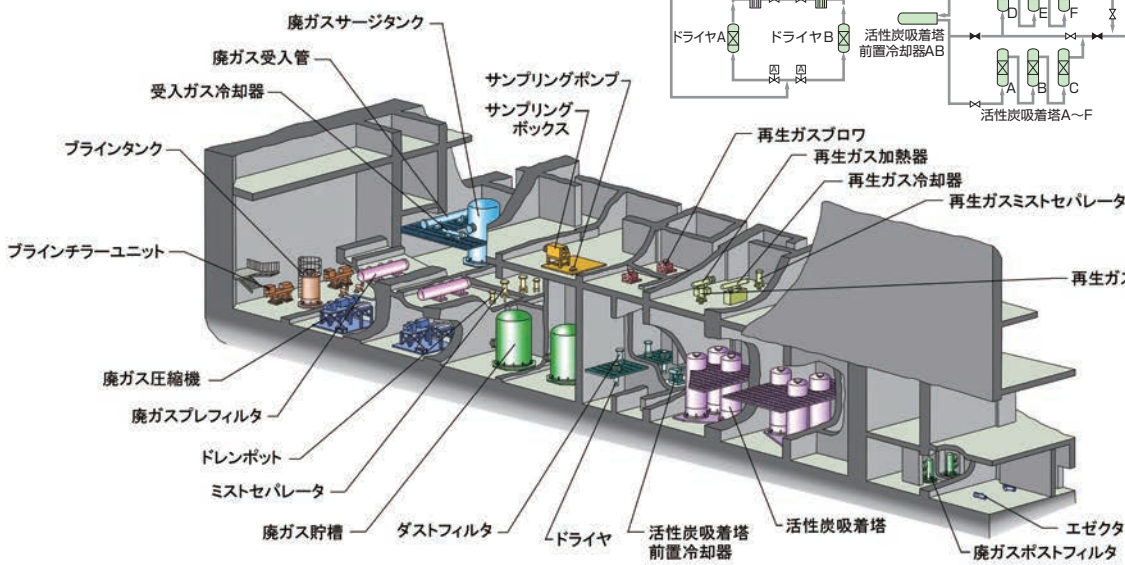
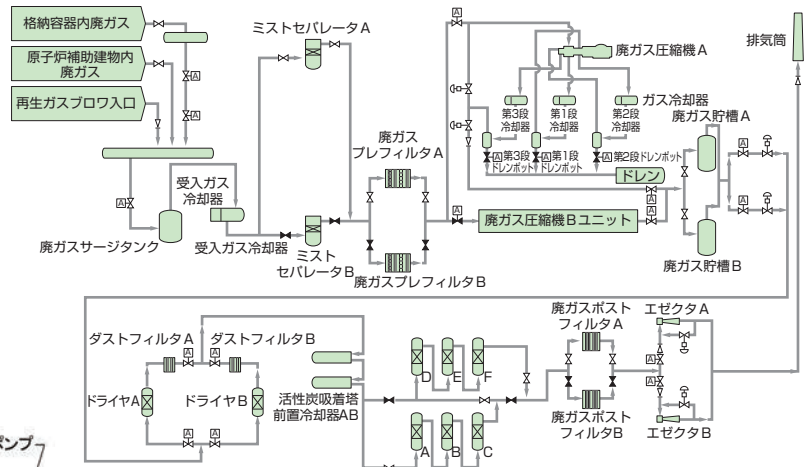


固体廃棄物処理搬送設備

「もんじゅ」気体廃棄物処理系

● 主要仕様:

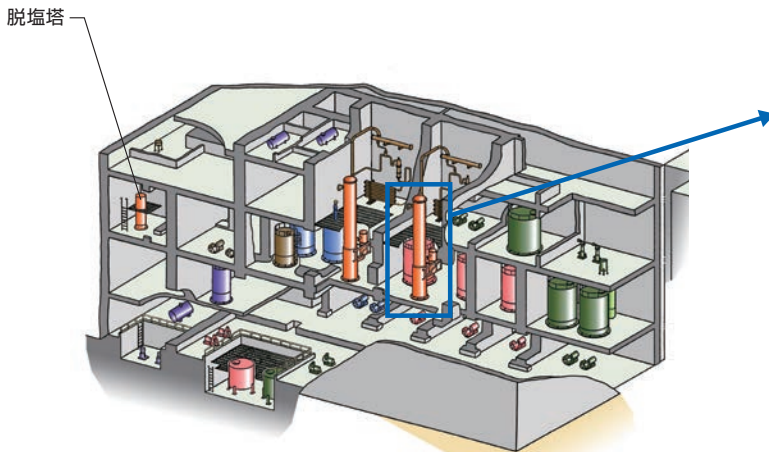
- 廃ガス処理能力
 - ・ピーク受入れ量：70Nm³/h
 - ・連続処理量：10Nm³/h
- 希ガスホールドアップ時間
 - ・キセノン：30日以上
 - ・クリプトン：40時間以上



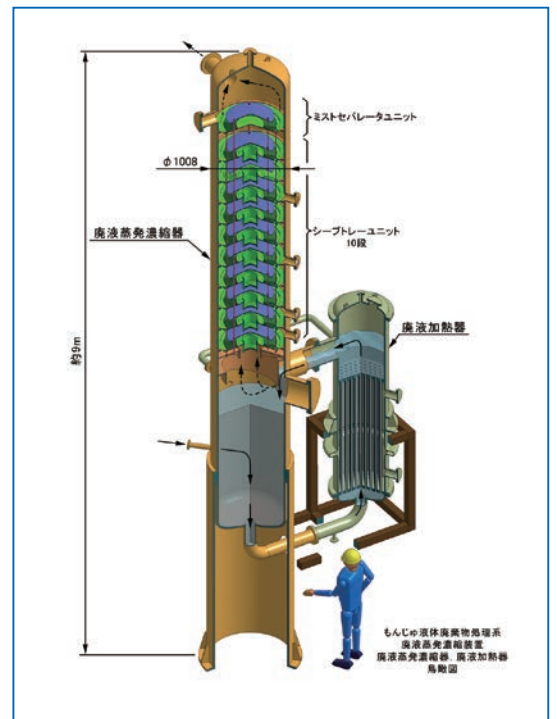
「もんじゅ」液体廃棄物処理系

● 主要仕様:

- 最大処理容量：1m³/h×2系列
- 主要構成機器
 - ・自然循環蒸発濃縮装置
 - ・脱塩塔
 - ・移送ポンプ



液体廃棄物処理系



自然循環蒸発濃縮装置

先進固化技術（ジオポリマー）“SIAL[®]”

SIAL[®]*1 は放射性廃棄物処理の分野で利用されているジオポリマーを用いた先進固化技術です。

ジオポリマーはアルミナシリカ粉末とアルカリシリカ溶液で形成される無機非晶質の縮重合体の総称で、セシウムの高い閉じ込め効果により注目されています。

特長

- セシウムや重金属の閉じ込め性が高い
- 物理的、化学的に安定
- 対象廃棄物の適用範囲が広い
- 取扱が容易（高流動性・加熱不要、固化時間の調整可能）
- 充填率が高い（廃棄体数の削減）



SIAL[®] 固化サンプル

対象廃棄物の充填率	最大 40 wt%
一軸圧縮強度	7 ~ 45 MPa
密度	1.4 ~ 1.8 g/cm ³
粘度	~ 2Pa・s

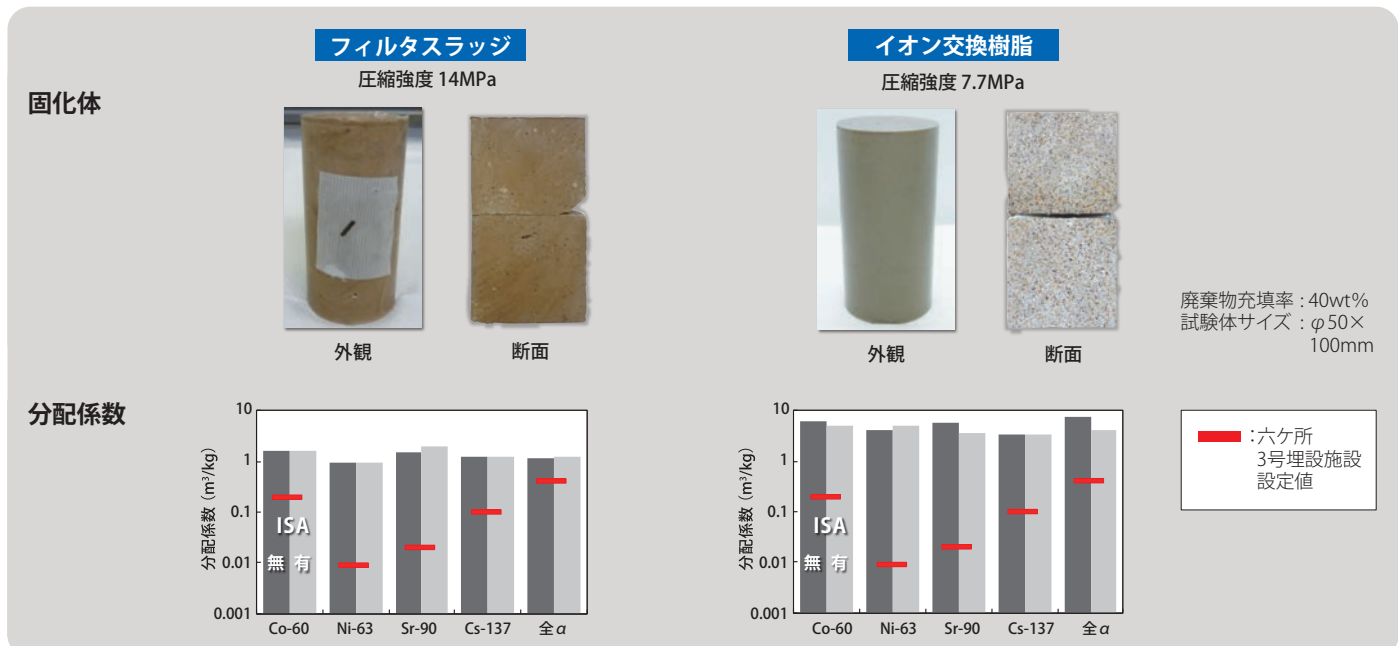


混練装置

敦賀発電所放射性廃棄物固化の実証試験*2

- ジオポリマーによる放射性廃棄物固化の実証試験を国内で初めて実施
- フィルタスラッジとイオン交換樹脂の固化体の基礎データを取得
- イソサッカリン酸 (ISA)*3 の分配係数への影響度が小さいことを確認

固化体の作製と性能



*1 SIAL[®]は Jacobs 社の登録商標です。

*2 本内容は、日本原子力発電株式会社殿委託研究成果の一部です。

*3 ろ過助剤のセルロース分解物、核種の閉じ込め性を低下させることが懸念されている。

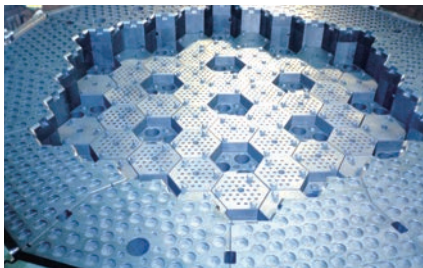
Ⅲ. 原子炉工学

特長

- 日本で初めての高温ガス炉の炉心設計，安全解析などを実施し，以下のプラントに炉内構造物、燃料取扱設備を納入。
 - 高温工学試験研究炉「HTTR」
- 未来のエネルギー源として国際的に開発されつつある核融合炉に向けて，超電導送電システムの開発に携わっています。

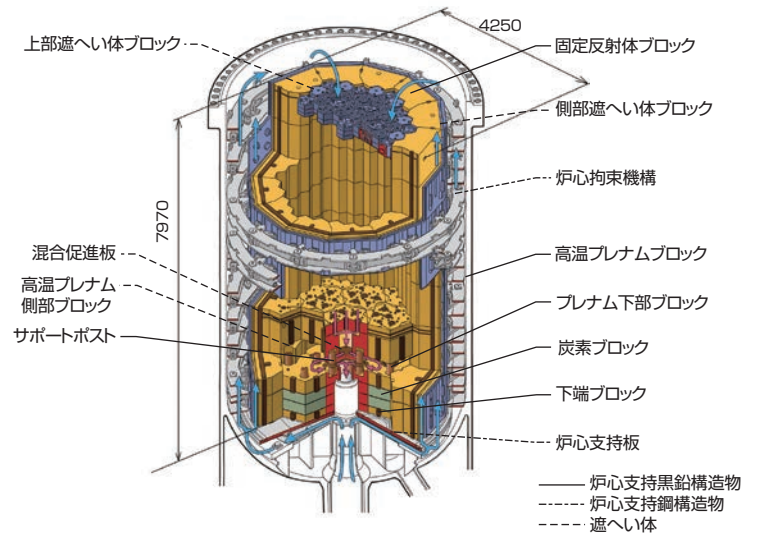
高温工学試験研究炉「HTTR」

- 納入先: 日本原子力研究開発機構
- 出力: 30MWth
- 原子炉出口ガス温度: 850℃/950℃
- 主な納入設備: 炉内構造物，燃料取扱設備
- 炉心設計，安全解析: 日本原子力研究開発機構殿に協力



炉内構造物 (炉心最上段，外側半径：4.25m)

<炉内構造物全体図>



「HTTR」燃料交換機

特長

- 燃料交換機は，燃料体の原子炉内への装荷・取出しを行い，使用済燃料貯蔵設備および新燃料貯蔵設備間の移送を行う装置です。
- 完全遠隔自動運転で一連の燃料交換を行い，燃料体ブロックを炉内所定場所へ位置決めします。

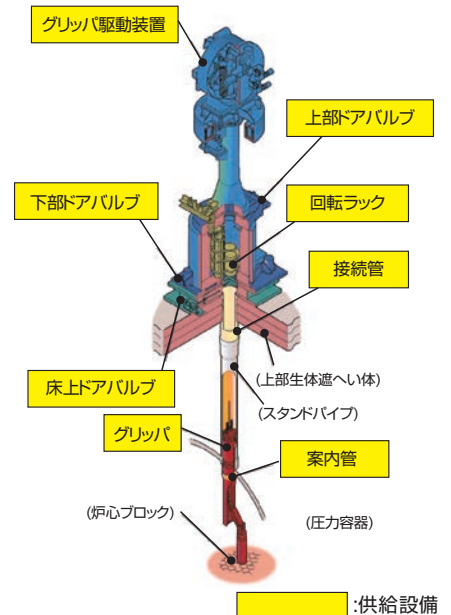
設計圧力	98kPa
設計温度	200℃
全高	11m
質量	150t
雰囲気	①外部：空気 ②内部：ヘリウムガス
取扱対象物	燃料体ブロックなど，最大約200kg



燃料交換機



燃料交換機(グリッパ)

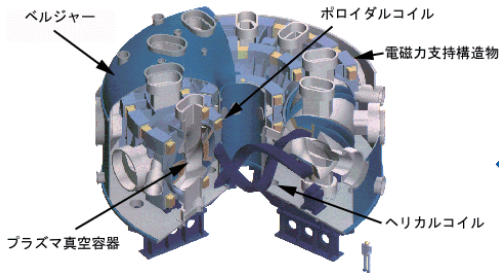


その他の取り組み

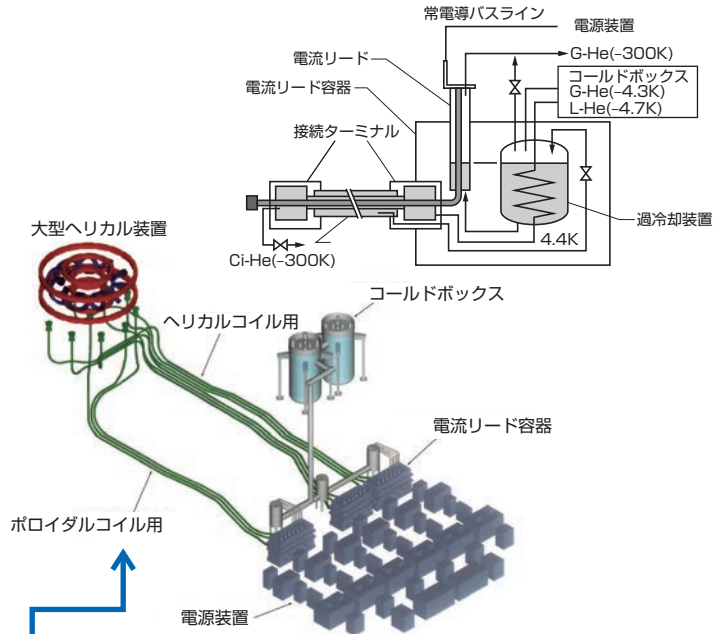
核融合，超電導の分野において大学，研究機関などからの研究開発・技術サポートほかの要求にお応えしています。

核融合関連機器

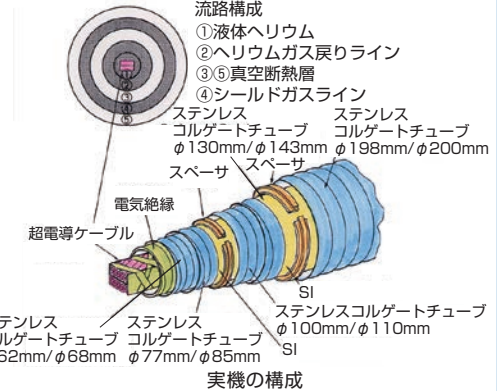
超電導送電システム(電流リード，超電導バスライン)



- ・ 系統数：9系統
- ・ 定格電流：30kA
- ・ 耐電圧：5kV at 77K(Heガス中)
- ・ 長さ：49.44m～60.84m
(総長 497m)
- ・ 最小曲げ半径：1.5m
- ・ 熱負荷：0.3W/m以下 (80K～4.2K)
3.0W/m以下 (300K～77K)



- 5重トランスファチューブを採用
- 最内管内ヘリウム温度上昇を制限
- 熱シールドの熱負荷目標以下 (<3W/m)
- 液体ヘリウムへの熱負荷ほぼ目標を満たす (≒0.3W/m)



JT-60SA向け超電導給電設備 (CTB: Coil Terminal Box)

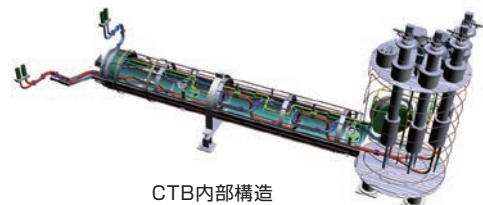
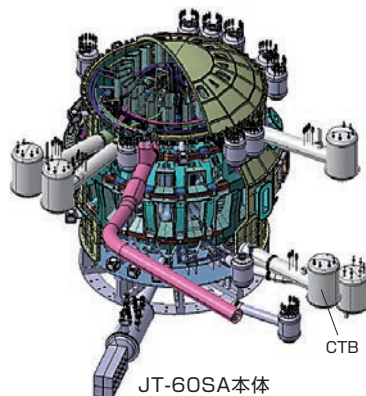
CTB主要諸元

真空容器

- ・ 材質：ステンレス
- ・ 運転時内圧：-0.1～0.02MPaG

超電導導体

- ・ 導体材質：NbTi
- ・ ジャケット材質：ステンレス
- ・ 運転温度：4K
- ・ 最大供給電流：20kA
- ・ 冷媒設計圧力：1.9MPaG



超電導電力機器

超電導変圧器(高温超電導変圧器)

1996年

国内初
高温超伝導
変圧器(Bi系)

500kVA(单相)
6.6kV/3.3kV
76A/152A

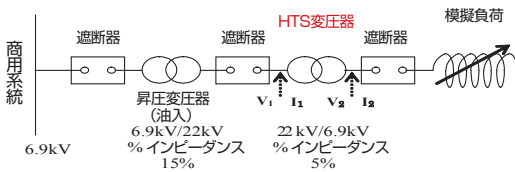


2000年

国内初の系統連系

- 短絡時電磁力対策
- 冷却システム

1000kVA(单相)
22kV/6.9kV
45A/145A



● イットリウム系変圧器の要素技術確立

- 66kV 絶縁
- 2MVA 級三相構成
- 系統連系技術
- 過冷却窒素の運用技術



2004年 (Super-ACE)

66kV級絶縁 (Bi系)

- 大電流技術
コイル: AC725A

2000kVA(单相)
66kV/6.9kV
30A/290A



産業用超電導機器



超電導回転機(イットリウム系高温超電導回転機)

品質・環境, 人材育成

品質と環境を両立させた取組みと、グローバル化に向けたASME NQA-1の構築

・ ISO9001(品質管理システム)の認証とISO14001(環境管理システム)の認証とを取得し、品質と環境を両立させた取組みと、ASME NQA-1の品質マネジメントシステムの構築を行なっています。

・ 継続的に原子力安全文化の醸成を図りながら、原子力の技術・人材を維持・向上させて、日本の原子力エネルギー、ひいては世界の原子力エネルギーの発展のために、貢献しています。さらに優れた技術力の維持と人材育成に重点的に取り組んでいます。



ISO9001



ISO14001

⚠ 安全に関するご注意

*ご使用前に、「取扱説明書」や「仕様書」などをよくお読みいただくか、当社またはお買上の販売店にご相談のうえ、正しくご使用ください。
*取扱いは当該分野の専門の技術を有する人が行ってください。

FE 富士電機株式会社

☎(044)329-2182
〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1-1

ホームページURL www.fujielectric.co.jp
ホームページURL 原子力部門 www.fujielectric.co.jp/products/nuclear/

本資料の内容は製品改良などのために変更することがありますのでご了承ください。



この環境シンボルマークは
富士電機の環境保護に対する
姿勢を表したものです。