



Dounreay
Decommissioning excellence



日本語仮訳版
本資料は、「もんじゅ」廃止措置評価専門家会合事務局にて暫定和訳したものです。正確な内容につきましては、原文（英文）をご参照ください。

「もんじゅ」廃止措置評価専門家会合

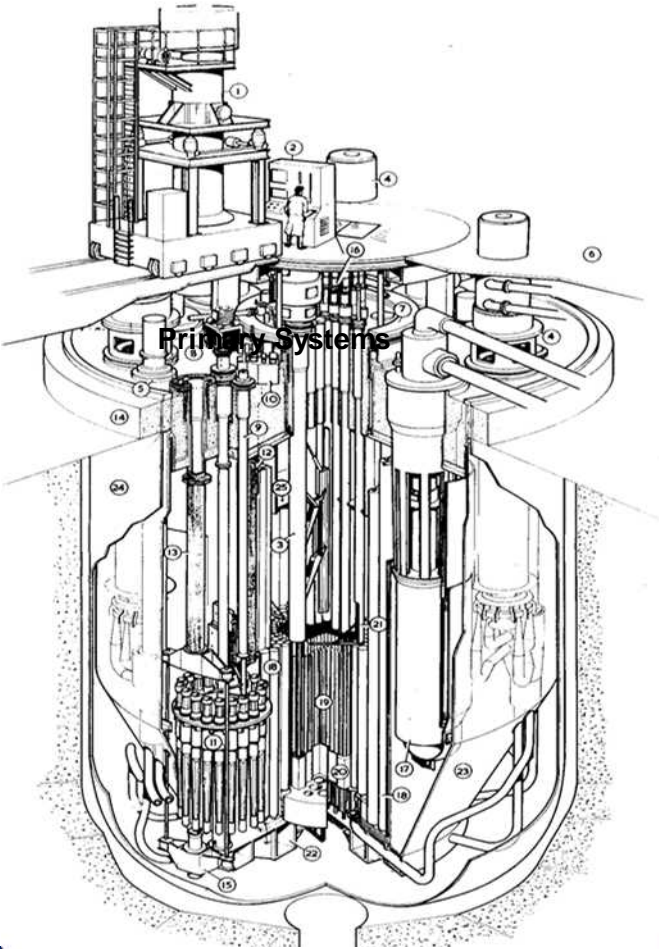
2018年3月6日

スティーブ ベキット
最高原子力責任者
DSRL

PFR廃止措置、ドーンレイ

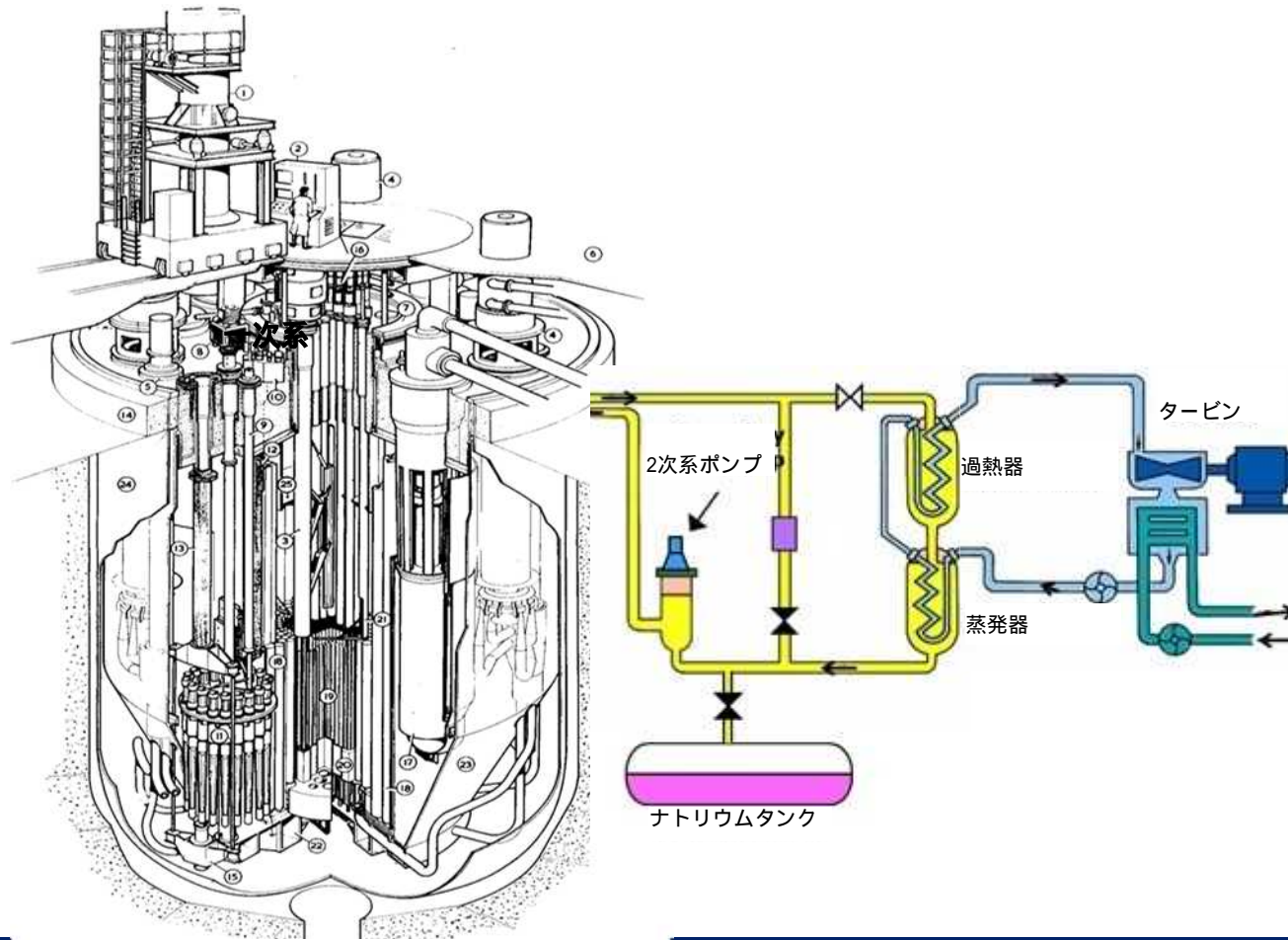


廃止措置の相乗効果



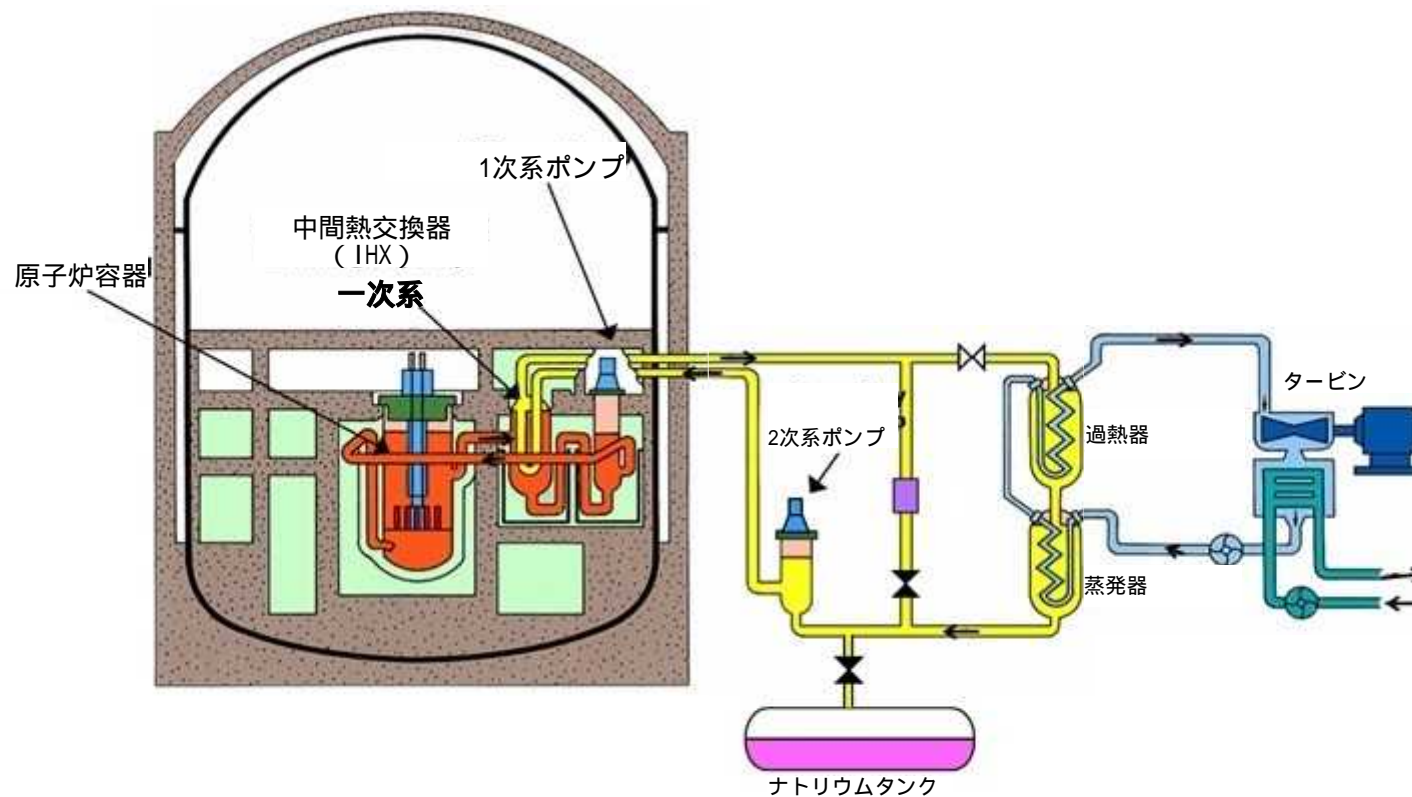
PFRの断面図

廃止措置の相乗効果



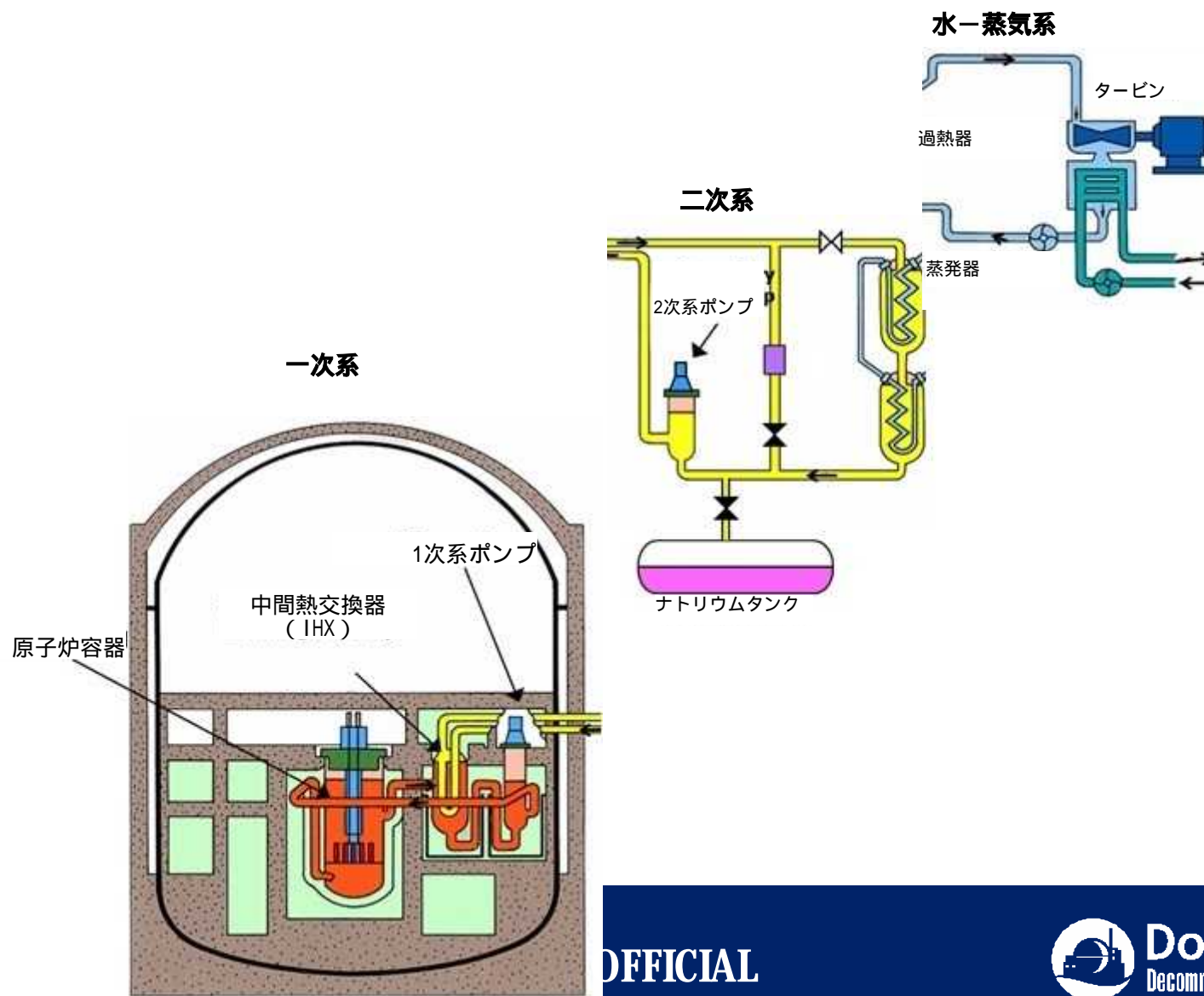
PFRの断面図

廃止措置の相乗効果



「もんじゅ」の冷却系の概要

廃止措置の相乗効果



PFRの情報

- 運転期間1974～1994年
- 熱出力600 MW、電気出力250 MW
- 1977年に定格出力運転達成
- 9250 GWhを発電
- 最大燃焼度 23%
- 20年以上冷却された後の、炉内の線量率は500 Sv/時
- 170 トンの中レベル放射性廃棄物
- 4200 トンの低レベル放射性廃棄物
- 22,000 トンの一般及び放射性廃棄物として管理しない廃棄物
- 1500 トンのナトリウムを原子炉設備から除去、処理
 - 冷却材中にCs-137が1 kBq/g、H-3が2 kBq/g
 - NOAHプロセスで冷却材を処理し、溶液を海に放出
 - 78体の燃料要素と51体の径方向ブランケット燃料要素を1994～1996年に取出し
- 燃料要素の標準洗浄方法は蒸気洗浄



燃料取出し

使用済燃料取出し



(建設時の炉心組立て状況)

燃料取出し

使用済燃料取出し



燃料取出し

使用済燃料取出し



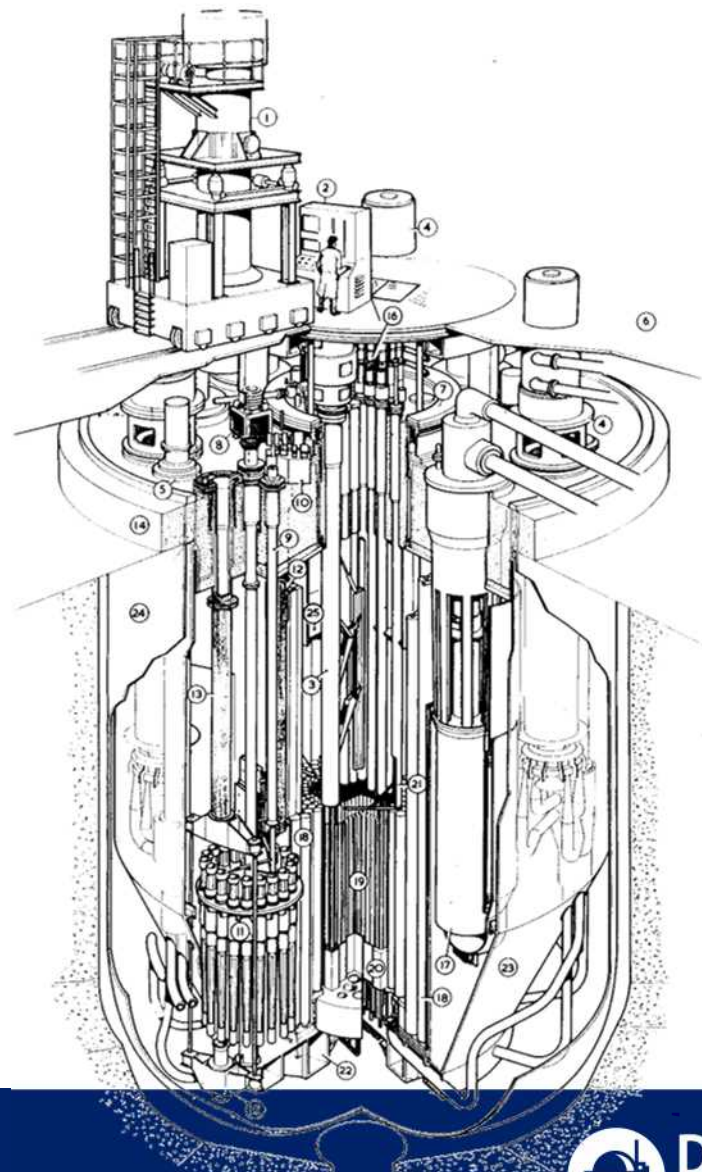
燃料取出し

使用済燃料取出し



ナトリウム処理

抜取りポンプ
ビッカーズプラグと置き換え



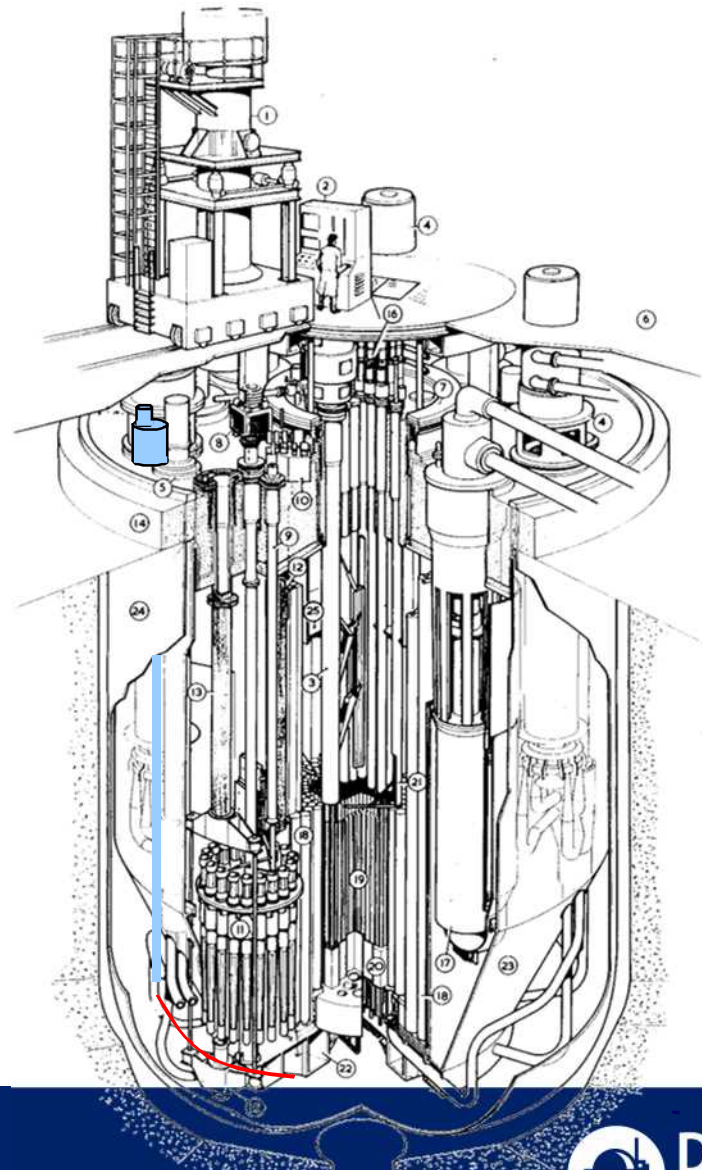
ナトリウム処理

抜取りポンプ
ビッカーズプラグと置き



ナトリウム処理

抜取りポンプ
ビッカーズプラグと置き換え



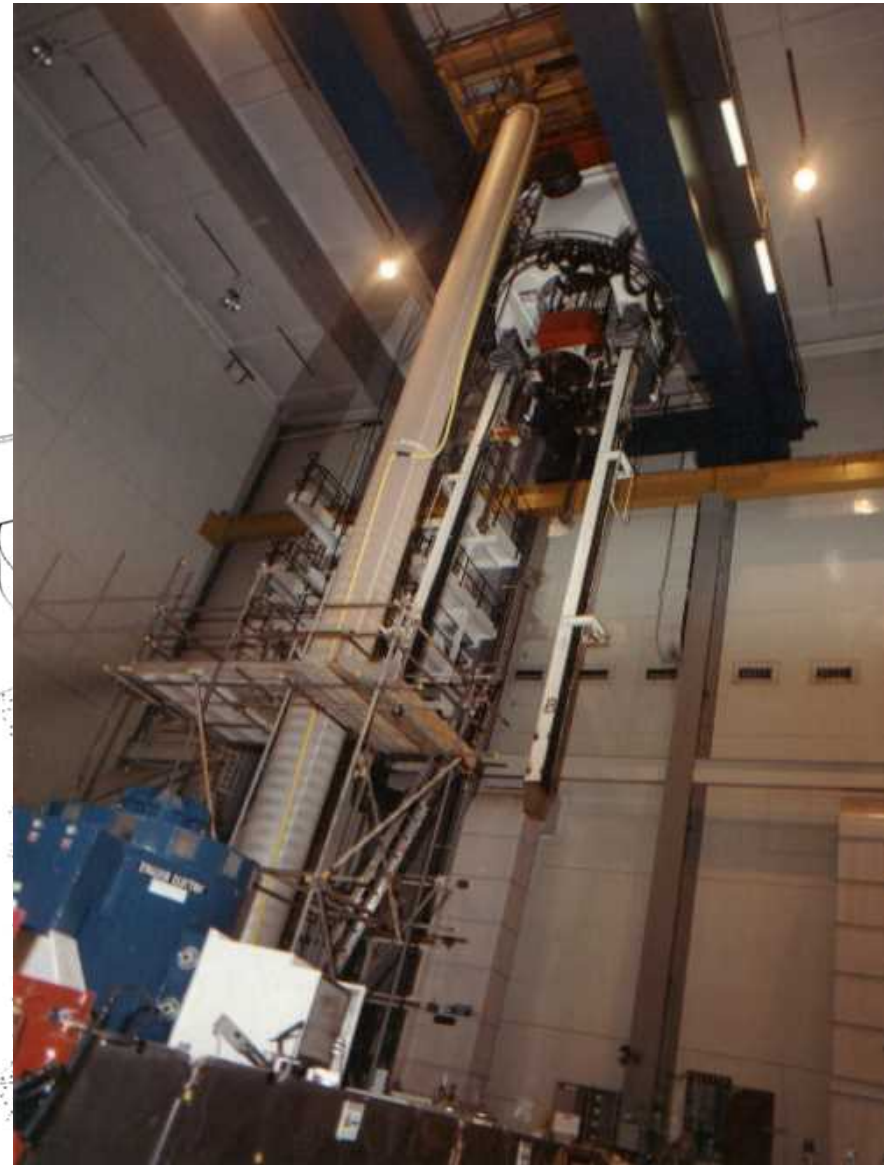
ナトリウム処理

抜き取りポンプ

ビッカーズプラグと置き換え

電気ヒーター

原子炉移送ポート・
ローターに設置



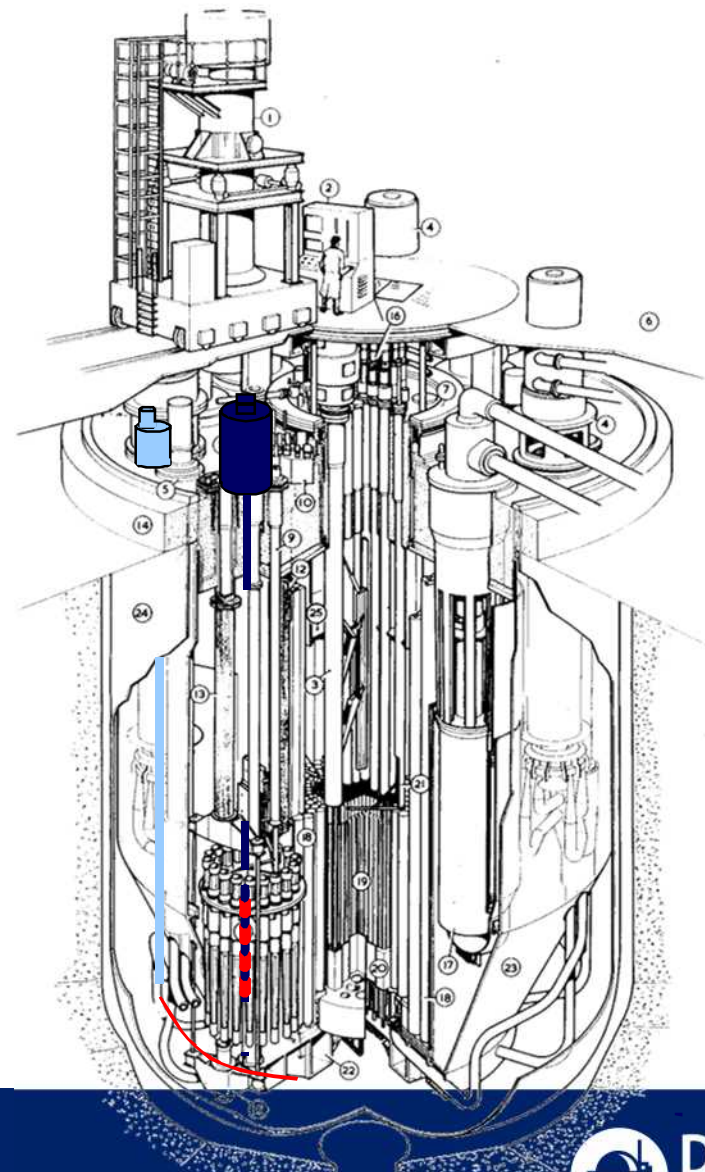
ナトリウム処理

抜き取りポンプ

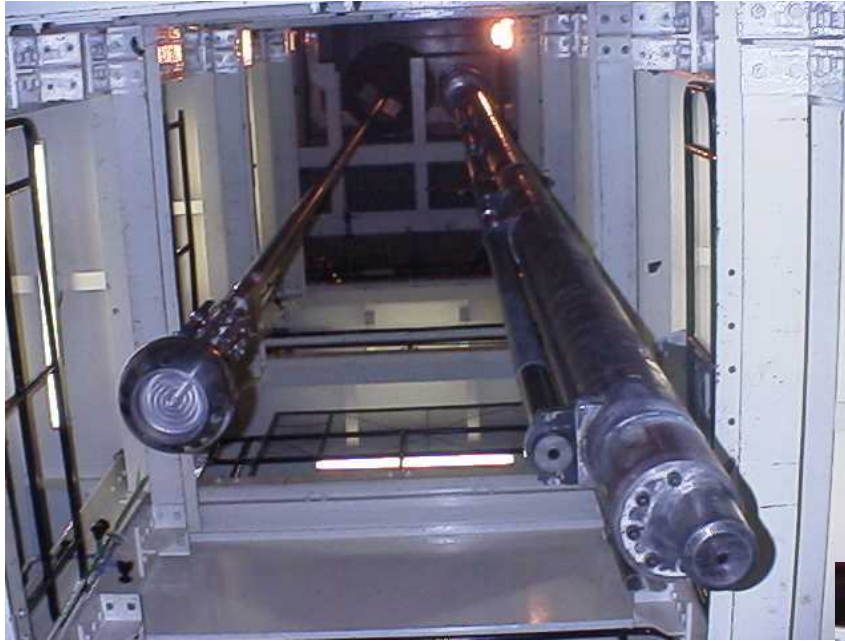
ビッカーズプラグと置き換え

電気ヒーター

原子炉移送ポート・
ローターに設置

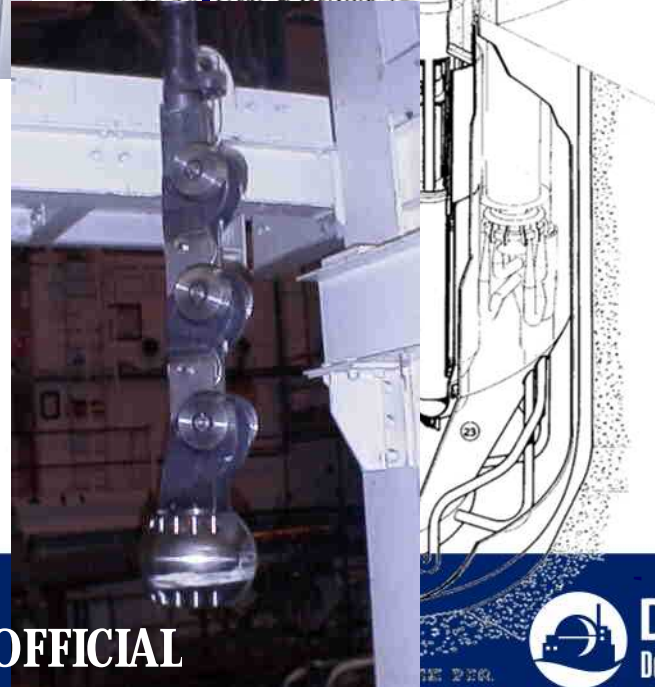
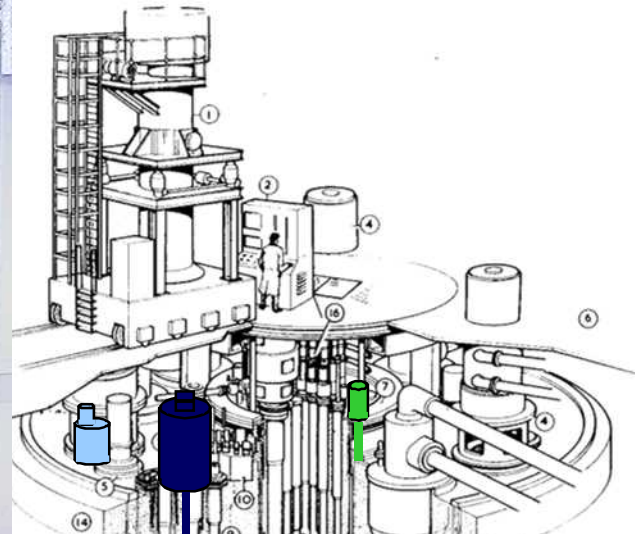


ナトリウム処理



穿孔機

中性子遮蔽体と交換



ナトリウム処理

抜取りポンプ

ビッカーズプラグと置き換え

電気ヒーター

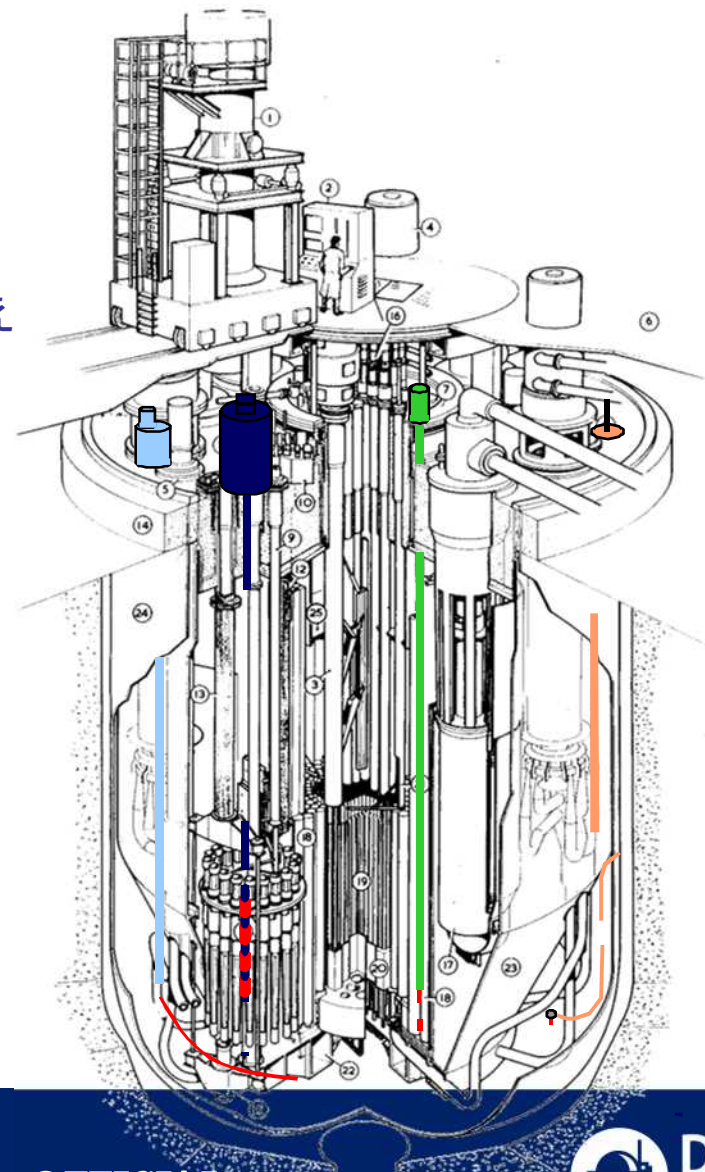
原子炉移送ポート・
ローターに設置

穿孔機

中性子遮蔽体と交換

配管穿孔機

下部1次系ナトリウムポ
ンプ弁の下に



NOAHプロセスの経験

- ナトリウムが1500トンであることから連続的な処理作業が必要
- タンキー方式の処理装置としてAREVA社のシステムを購入
- タービンが設置されていた場所にプラントを設置
 - Cs-137低減に必要なセシウム除去プラントに隣接
 - 作業を支援するためアルカリ金属分析施設を建設

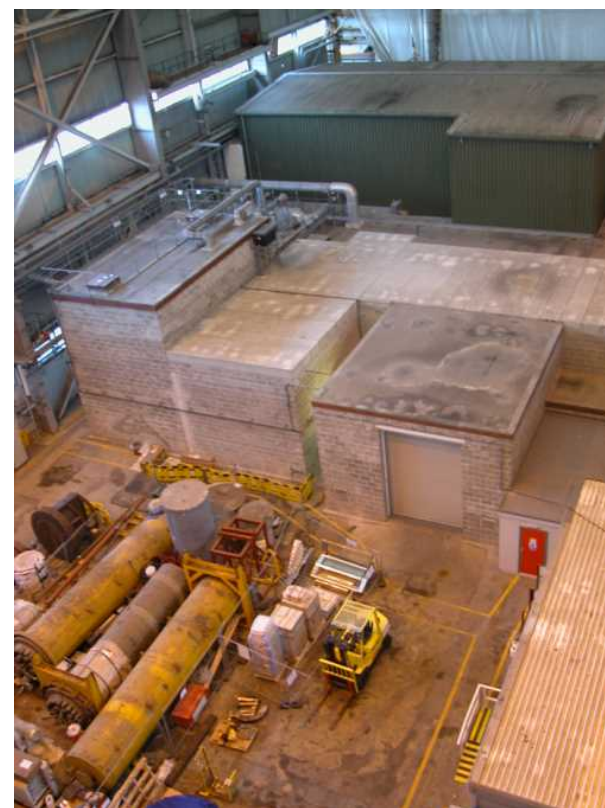
NOAHプロセスの経験

- ナトリウムが1500トンであることから連続的な処理作業が必要
- タンキー方式の処理装置としてAREVA社のシステムを購入
- タービンが設置されていた場所にプラントを設置
 - Cs-137低減に必要なセシウム除去プラントに隣接
 - 作業



NOAHプロセスの経験

- ナトリウムが1500トンであることから連続的な処理作業が必要
- タンキー方式の処理装置としてAREVA社のシステムを購入
- タービンが設置されていた場所にプラントを設置
 - Cs-137低減に必要なセシウム除去プラントに隣接
 - 作業を支援するためアルカリ金属分析施設を建設



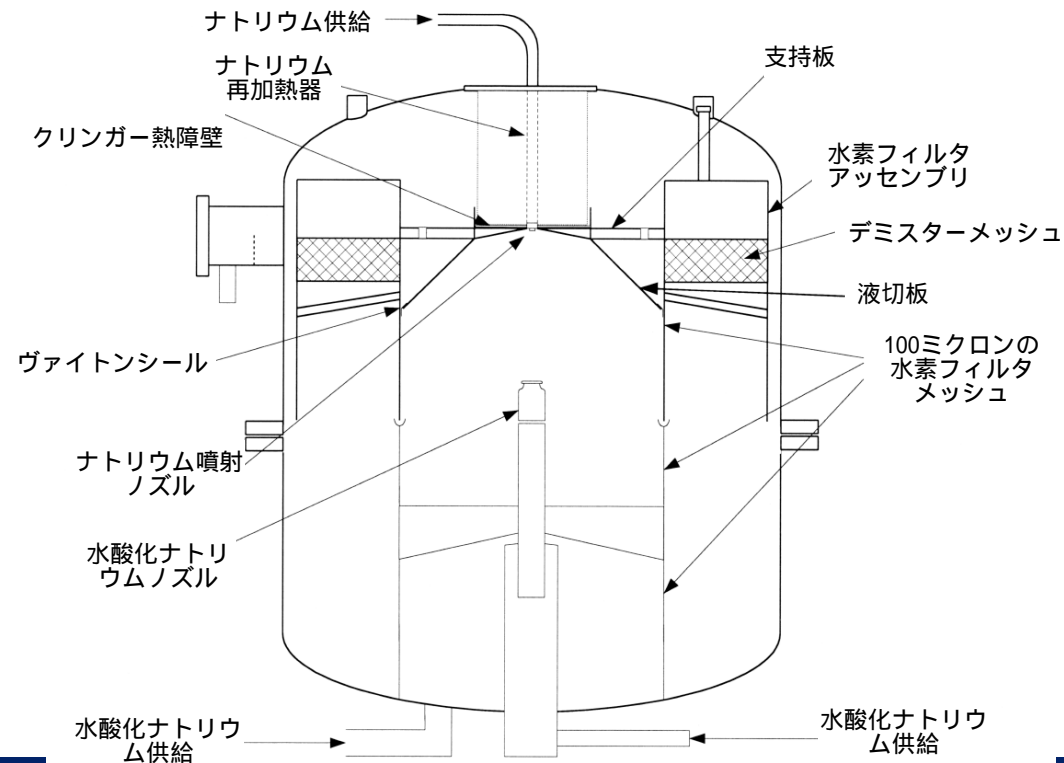
NOAHプロセスの経験

水に対する高温溶融ナトリウムの対向噴射（3 トン・ナトリウム/日）
不活性ガス中で熱と水素を管理
苛性生成物を塩酸で中和
セシウムをCs処理イオン交換樹脂で除去
低減された食塩溶液を海へ放出するように指示する



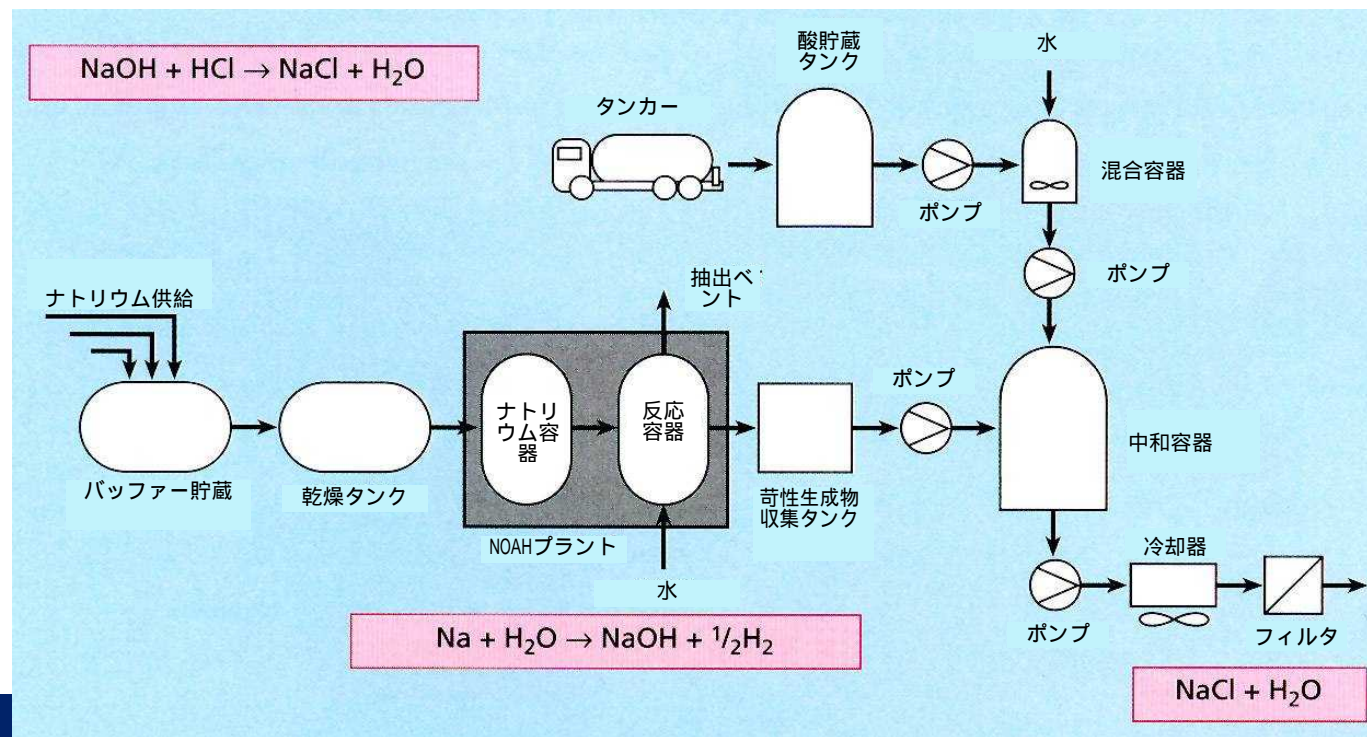
NOAHプロセスの経験

水に対する高温熔融ナトリウムの対向噴射 (3 トン・ナトリウム/日)
不活性ガス中で熱と水素を管理
苛性生成物を塩酸で中和
セシウムをCs処理イオン交換樹脂で除去
低減された食塩溶液を海へ放出するように指示する



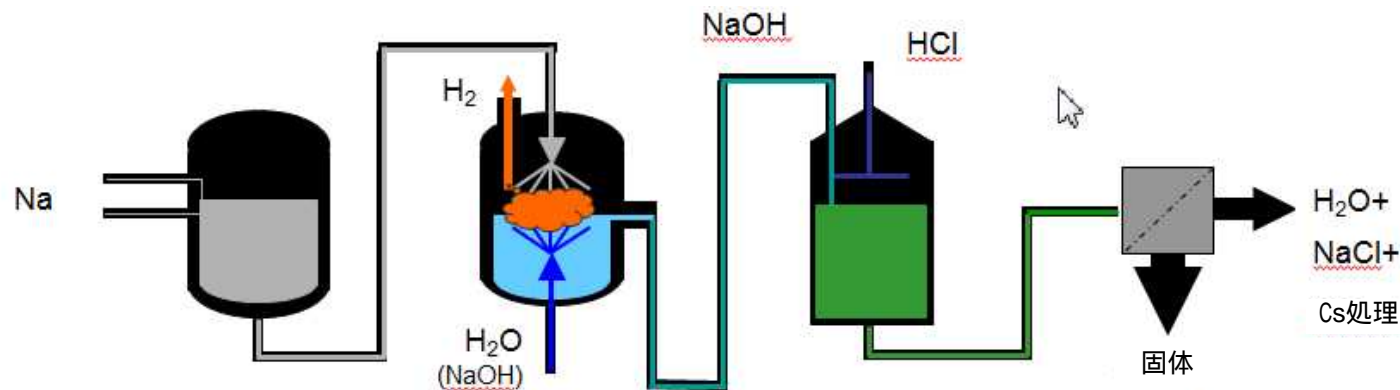
NOAHプロセスの経験

水に対する高温溶融ナトリウムの対向噴射 (3 トン・ナトリウム/日)
不活性ガス中で熱と水素を管理
苛性生成物を塩酸で中和
セシウムをCs処理イオン交換樹脂で除去
低減された食塩溶液を海へ放出するように指示する



WVNプロセスの概要

- **NOAHプロセス（水酸化ナトリウム）**
 - ナトリウムを350°Cに加熱
 - 加圧されたナトリウムの圧送と拡散
 - ナトリウム/水酸化ナトリウム反応
 - 水酸化ナトリウムと水素の分離
- **中和系統（塩化ナトリウム）**
 - 水酸化ナトリウム/塩酸中和
 - ろ過、サンプリング、放出



ドーンレイでのWVNの歴史

- **WVNプロセスの実験研究で次のことが実証された：**
 - WVNプロセスは付着したナトリウムに適切である。
 - WVNプロセスは接近不能区域にあるナトリウム堆積物を必ずしも反応させない。
 - 炉容器底部に残留したナトリウムを処理する際、WVNプロセスで次のことが生じる：
 - 激しい反応の期間
 - 圧力過渡
 - 温度過渡
- **以下のための作業が必要：**
 - プロセスのスケールアップ
 - 実際のプラントへの適用性の実証
 - 炉容器底部に残留したナトリウムのWVN処理中の圧力過渡と温度過渡の定量化

ナトリウム処理作業のスケジュール

サイト外ー完了

- 少量のナトリウム (5 kg)
- から
- 大量のナトリウム (1000 kg)

ナトリウムタンク群ー完了

- 大型タンク (内部構造物なし)
- ナトリウムの浄化 (トリチウム含有)
- ナトリウムの量、100 ~ 300 kg

2次系ナトリウム系統ー完了

- 直径の大きな配管網
- 複雑な形状
- ナトリウムの浄化 (トリチウム含有)
- ナトリウムの量、100 ~ 200 kg

汚染されたダンプタンクー完了

- 大型タンク (内部構造物なし)
- ナトリウムの浄化 (トリチウム含有)
- ナトリウムの量、2 ~ 8トン

炉容器ー未完

- 非常に大型の容器
- 複雑な内部形状
- 汚染されたナトリウム
- ナトリウム量、推定15トン

PFR原子炉容器処理－炉容器底部に残留したNaの除去

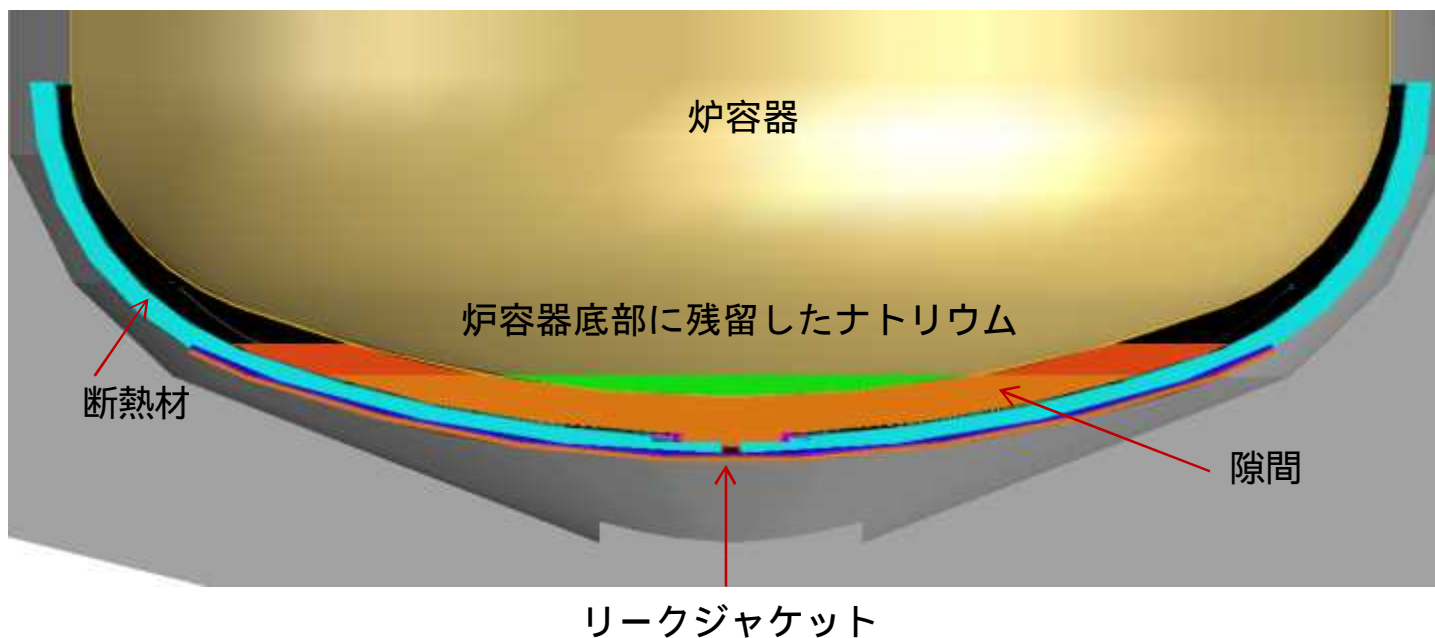
- モデル化によると、原子炉容器の安全なWVNは157 kgが上限である。1.2トンが炉容器底部に残留していると推定される。
- 既存のポンプ設計に基づく新たな炉容器底部用ポンプが製造されている
- 原子炉容器下部構造から挿入され、原子炉容器底部に配置されたヒーター群により炉容器底部に残留したナトリウムの的確な加熱が実現
- ヒーターが試作、試験、製造、納入されている
- 2018年、ヒーターの設置が進行中
- 回収されたナトリウムを新たなタンクに収集して貯蔵
- 回収されたナトリウムをアルカリ金属処理施設で処理



炉容器底部に残留したナトリウムの除去

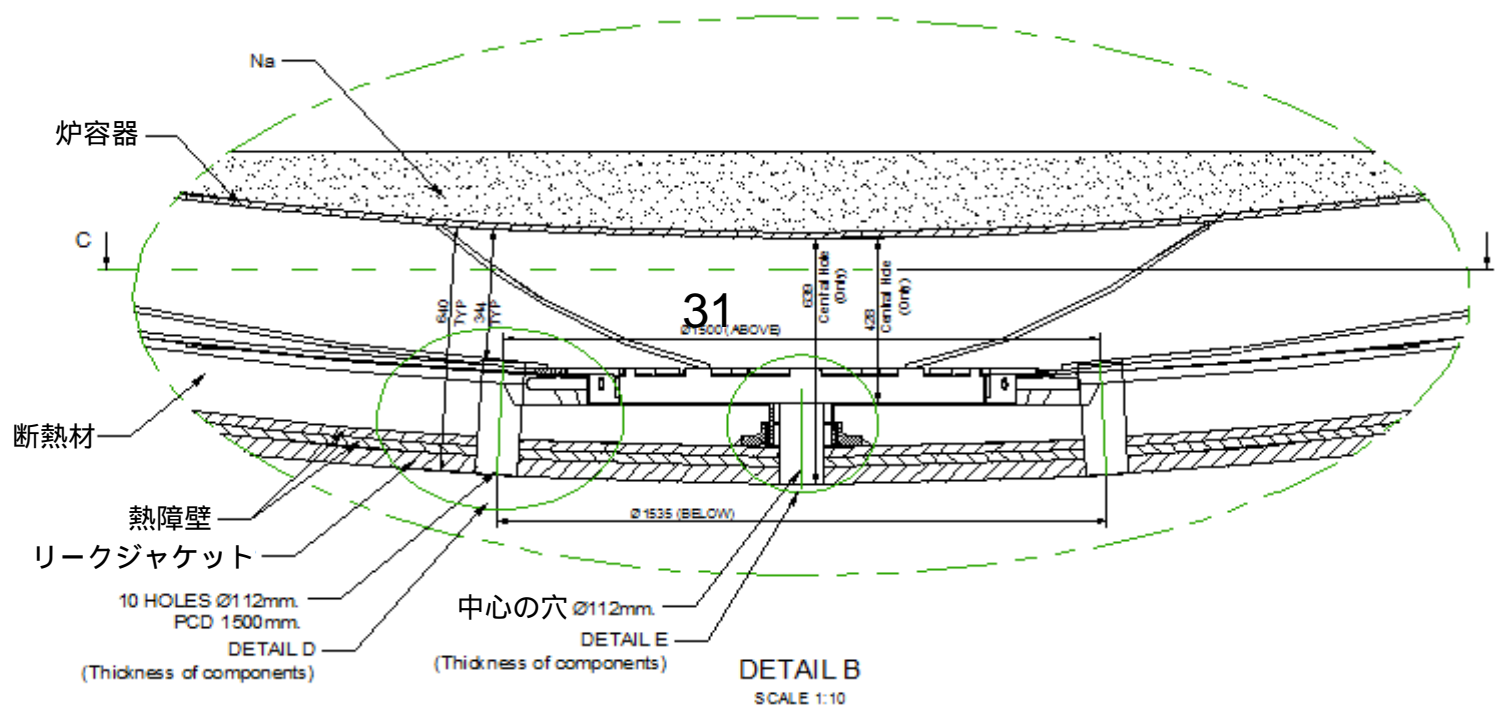
PFRの原子炉容器の底部にナトリウム（1,200 kg）が残留している。対策として、ナトリウムを溶融し、ポンプでなるべく多くのナトリウムを除去する。ナトリウムを保管タンクに移動させ、ナトリウム処分施設に移送する。

原子炉内に残留している量を安全面で容認できるレベル（バルクNa 157 kgと推定）まで減少させるため、十分なナトリウムを除去する必要がある



第1.1段階：炉容器底部に残留したナトリウムの除去

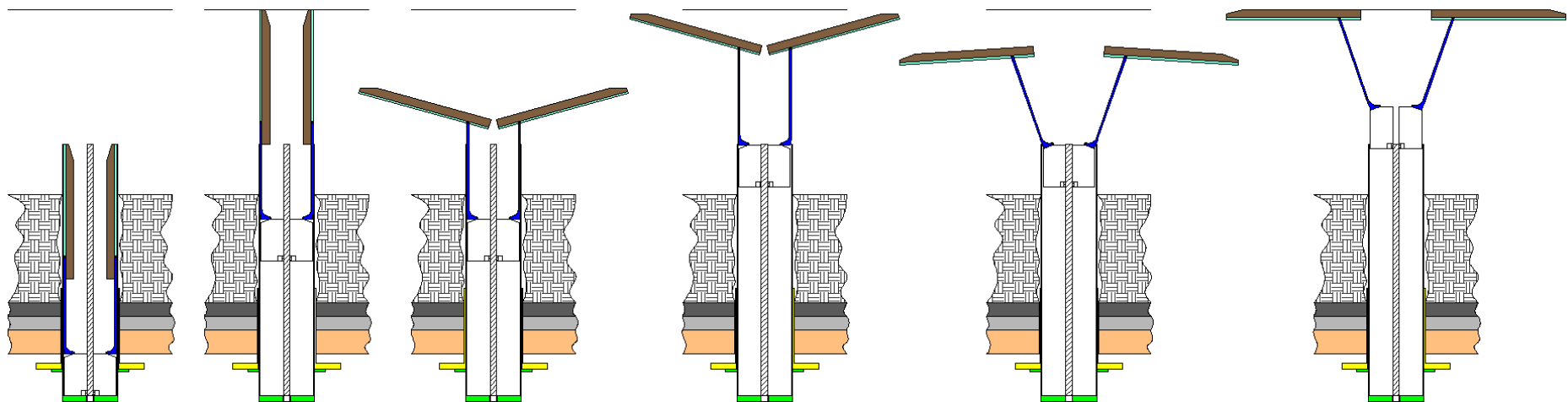
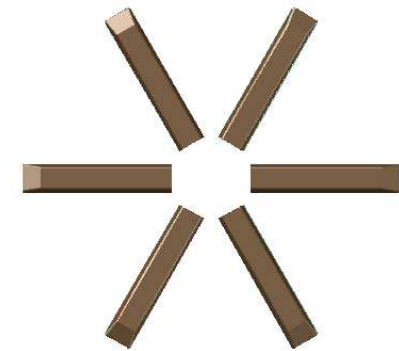
炉容器の下に発熱体を配置できるよう、炉容器下部構造からリークジャケットまで穴を開ける必要がある



第1.1段階：炉容器底部に残留したナトリウムの除去

ヒーターは、リークジャケットと断熱材に開けられた穴を通して配置され、炉容器の底部に設置されるよう試作、設計された装置である。花びら状に開き、炉容器底部全体を十分に覆う。これにより、熱がヒーターから炉容器壁を経由して炉容器底部に残留したナトリウムまで効率的に伝わる。

11個のヒーターが配置され、合計270 kW近くの電気エネルギーが供給される。



PFRの現状

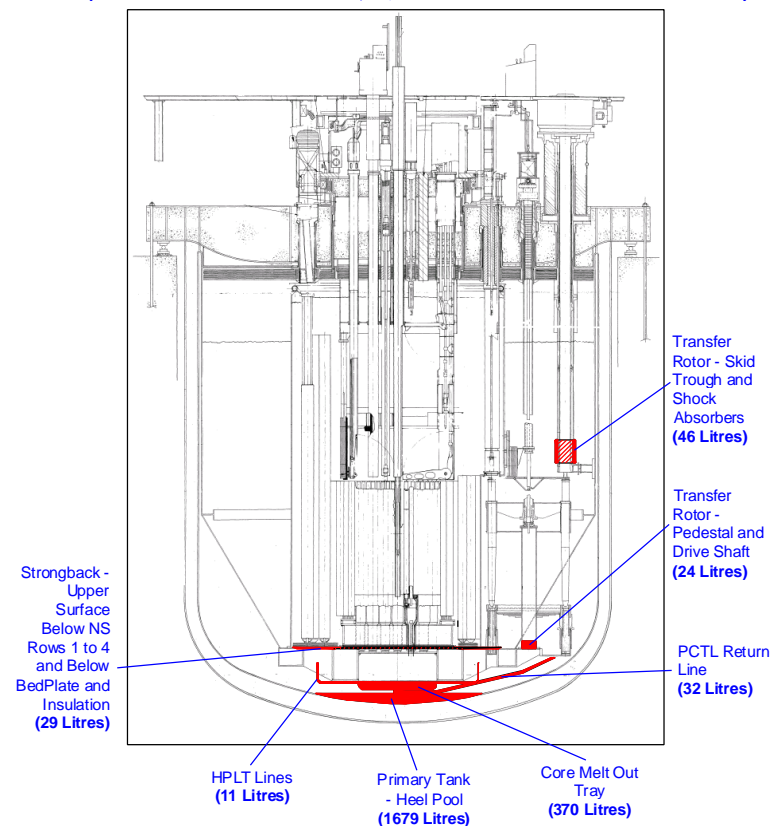
蒸気系統と2次系統が除去、浄化、処分された

1次系のナトリウムは抜き取られたが、底部に残留しているナトリウムが深すぎて、その状態でWVN法を適用すると、安全を確保できない

追加の炉容器底部に残留したナトリウムの除去が進行中

概して、WVNは圧力変動を伴わない安定化技術として推奨

単一領域でのナトリウム残留量
(HPLTラインを除き、残留量は20リットル以上)



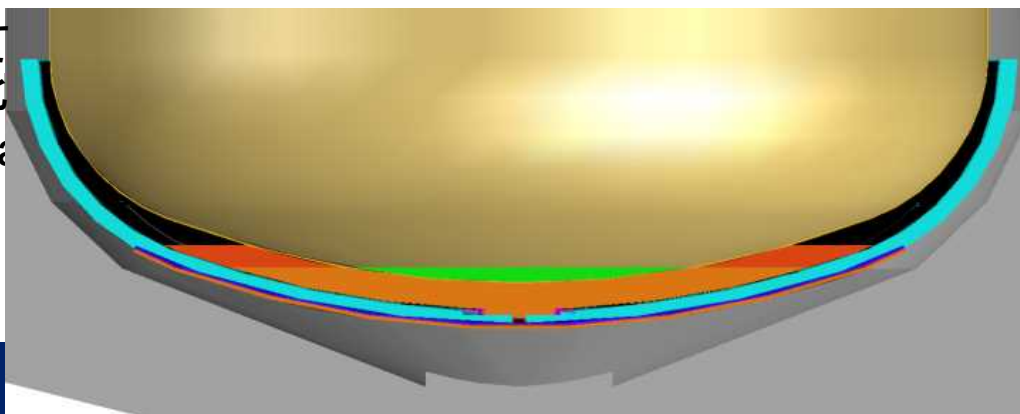
PFRの現状

蒸気系統と2次系統が除去、浄化、処分された

1次系のナトリウムは抜き取られたが、底部に残留しているナトリウムが深すぎて、その状態でWVN法を適用すると、安全を確保できない

追加の炉容器底部に残留したナトリウムの除去が進行中

概して
安定化



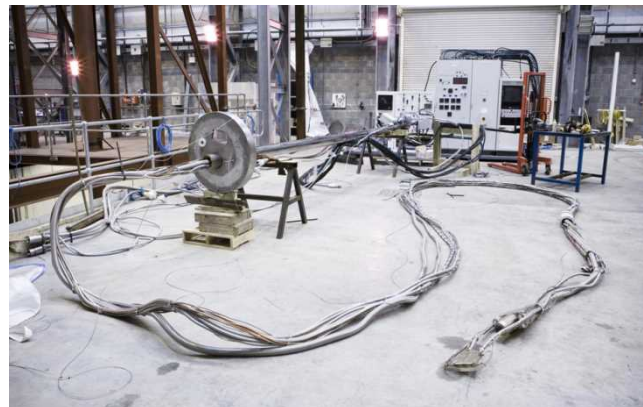
PFRの現状

蒸気系統と2次系統が除去、浄化、処分された

1次系のナトリウムは抜き取られたが、底部に残留しているナトリウムが深すぎて、その状態でWVN法を適用すると、安全を確保できない

追加の炉容器底部に残留したナトリウムの除去が進行中

概して、WVNは圧力変動を伴わない安定化技術として推奨



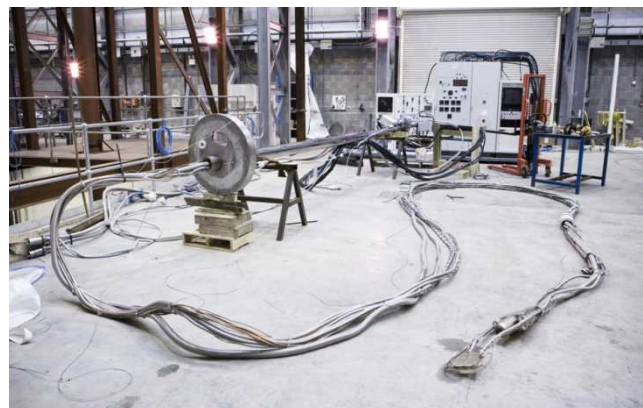
PFRの現状

蒸気系統と2次系統が除去、浄化、処分された

1次系のナトリウムは抜き取られたが、底部に残留しているナトリウムが深すぎて、その状態でWVN法を適用すると、安全を確保できない

追加の炉容器底部に残留したナトリウムの除去が進行中

概して、WVNは圧力変動を伴わない安定化技術として推奨



推奨されるナトリウム処理技術

1 水蒸気窒素法（WVN）

- ナトリウム除去後に適用（原子炉容器、2次系統、IFC・タンク群）
 - 薄い膜状のものには非常に効果的
 - 毛細管、ブランクエンド部などのホールドアップ

2 過熱蒸気法（SHS）

- ナトリウム処理のため新施設に配置

3 従来蒸気法

- 除染容器内で使用
 - 廃棄場にあるナトリウムで汚染された設備の洗浄
 - ILWSRFからの疑わしい設備を2次洗浄

4 その他

- プロセスを促進
 - WVN後に設備を空気雰囲気に戻す

PFRの課題

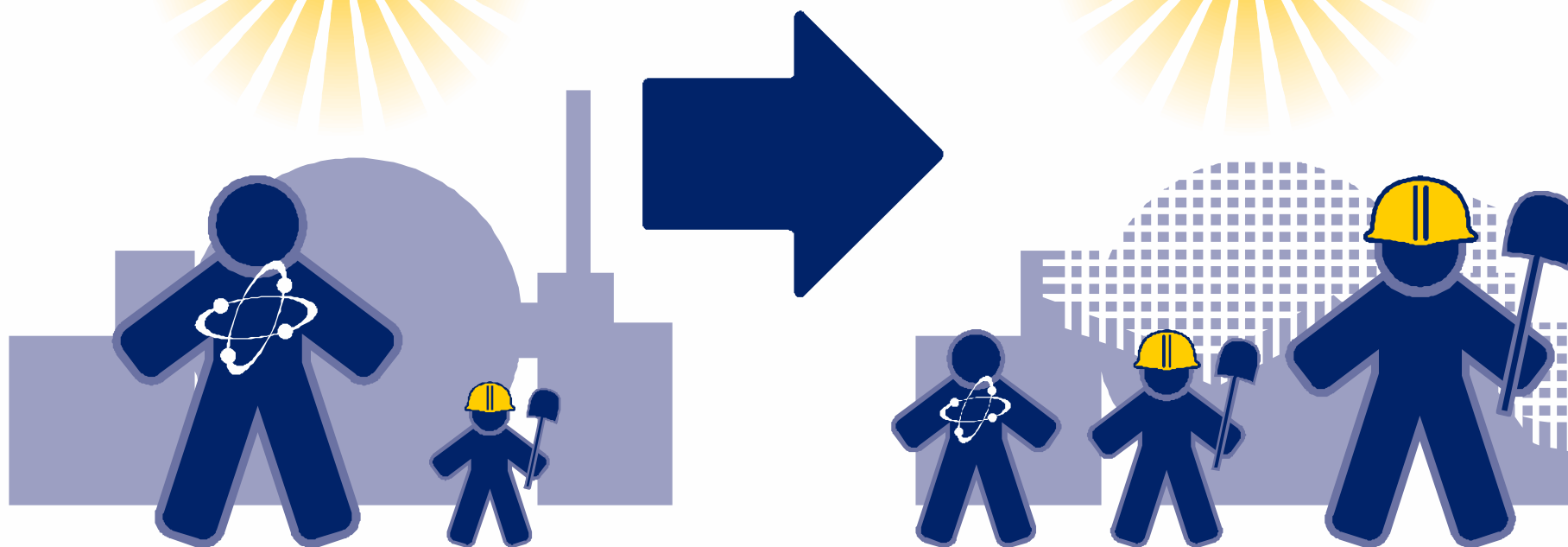
- **残留ナトリウムの処理：**
 - 原子炉容器から底部に残留したナトリウムを除去
 - 原子炉容器の残留ナトリウムを処理
 - 残りの設備の残留ナトリウムを処理
- **原子炉容器を解体**
 - 補助施設を設計、建設（ILWSRF、工具、輸送容器）
 - 容器と内容物を撤去、パッケージ化（中レベル放射性廃棄物、トリチウムを含む低レベル放射性廃棄物、低レベル放射性廃棄物）
- **残りの設備と構造物を解体**
 - PCTL、AGB、原子炉建屋、タンク場
 - IFC（燃料局による燃料取出し後）
- **残りのナトリウムを処理**
 - ナトリウム処理施設を設計、建設
 - ナトリウムを処理
- **構造物から基礎にいたるまで解体**

遠隔カメラ検査—DFR

作業員の移行

運転面で優秀

廃止措置面で優秀



ドーンレイ廃止措置

- 広大な複合原子力施設一式を解体
- SHEQ成果の継続的向上
- 古いプラントは廃止措置向けに設計されておらず、記録が不完全で、廃止措置の変更が続いている
- しっかりとしたプロセスと「保守的な意思決定」に対する要件
- 作業員の移行
- 利害関係者とのコミュニケーション



サイト/プロジェクトの組織構成

- 適切な人員による適切な構成
- 説明責任を単一に
- 可能な限りフラットに
- 人員を計画/作業範囲により調整
- 明確な責任系統
- 「プロジェクトに」合わせたスタッフ
- スタッフと契約職員の混在
- 新たな廃止措置職員を運転組織に配置



ご質問は？