

福島第一原子力発電所4号機使用済燃料プールからの 燃料取り出しの取り組み状況について

平成26年3月6日
東京電力株式会社

1. 使用済燃料プールからの燃料取り出しの概要

- (1) 概要
- (2) 使用済燃料保管状況
- (3) 工程

2. 4号機の進捗状況

- (1) 原子炉建屋上部ガレキ撤去作業
- (2) 燃料取り出し用カバー・燃料取扱設備設置工事
- (3) 使用済燃料プール内がれき撤去作業
- (4) 許認可取得
- (5) 主な設備概要
- (6) 安全評価
- (7) 燃料取り出し作業
- (8) 課題への取り組み状況

3. 関連施設の状況

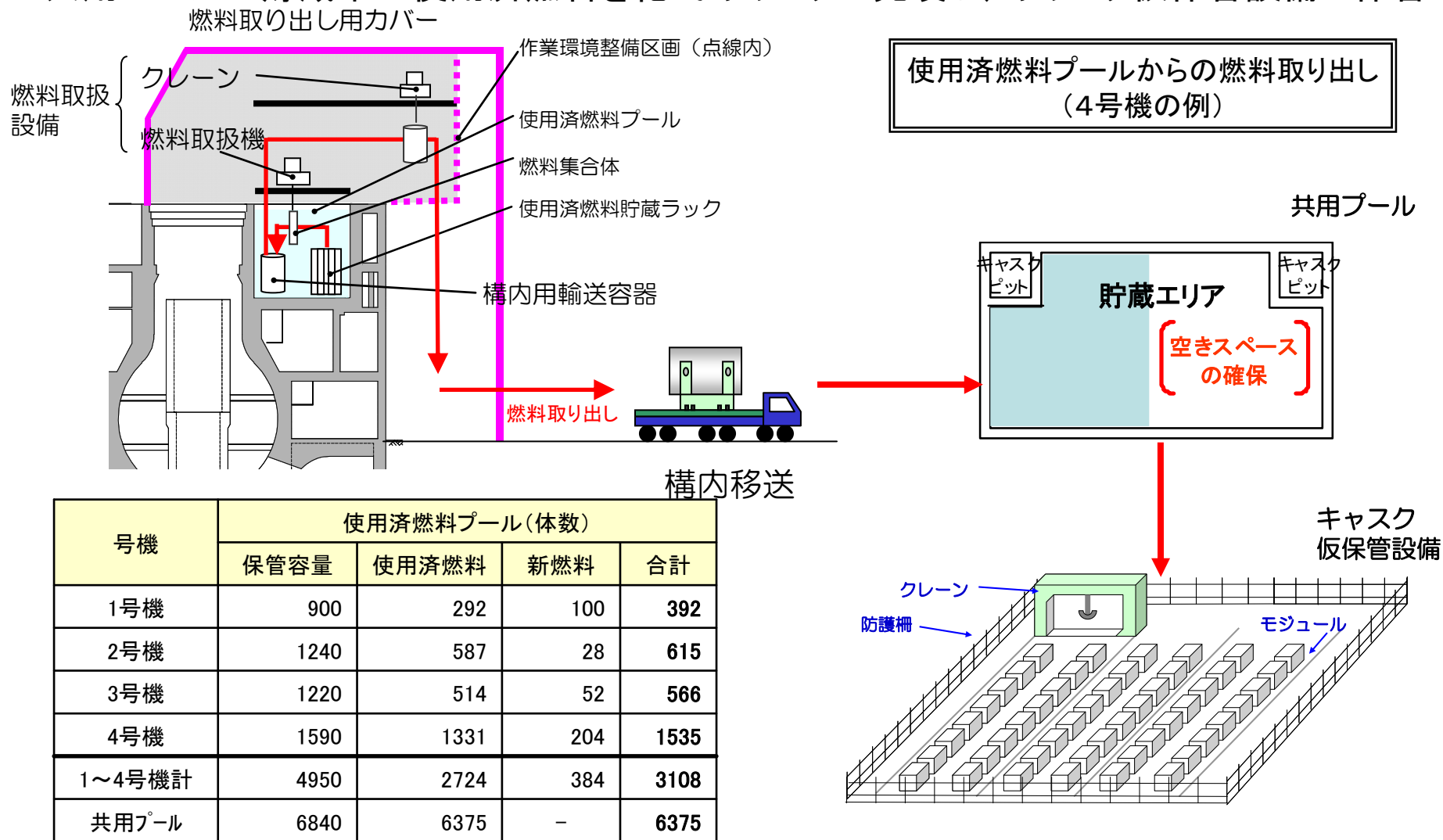
- (1) 共用プール
- (2) キャスク仮保管設備

4. まとめ

1. 使用済燃料プールからの燃料取り出しの概要

(1) 概要 (全体像)

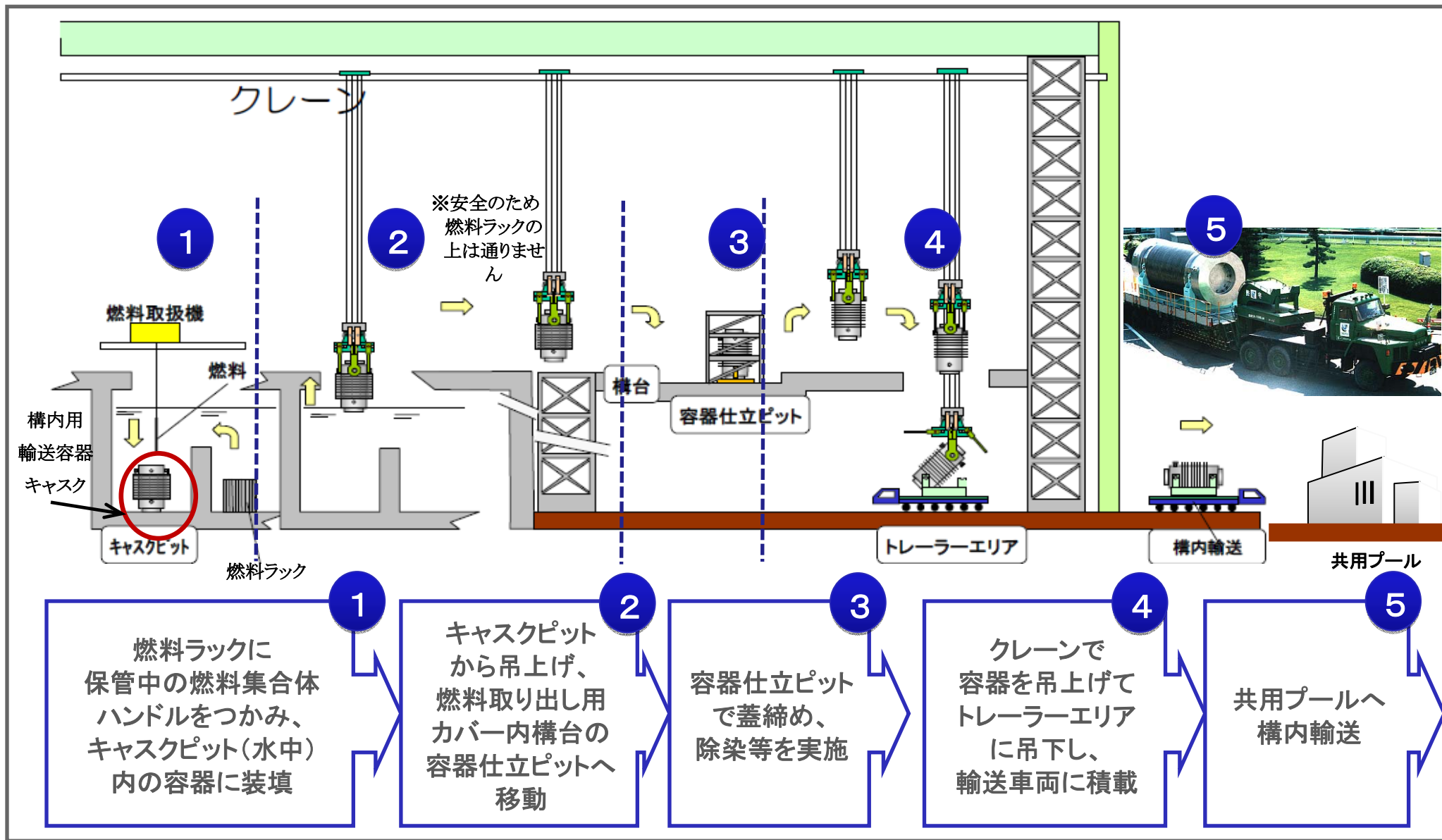
- 1～4号機使用済燃料プールの燃料を共用プールへ移送。
- 共用プールに貯蔵中の使用済燃料を乾式キャスクに充填し、キャスク仮保管設備で保管・管理。



※震災時の貯蔵体数

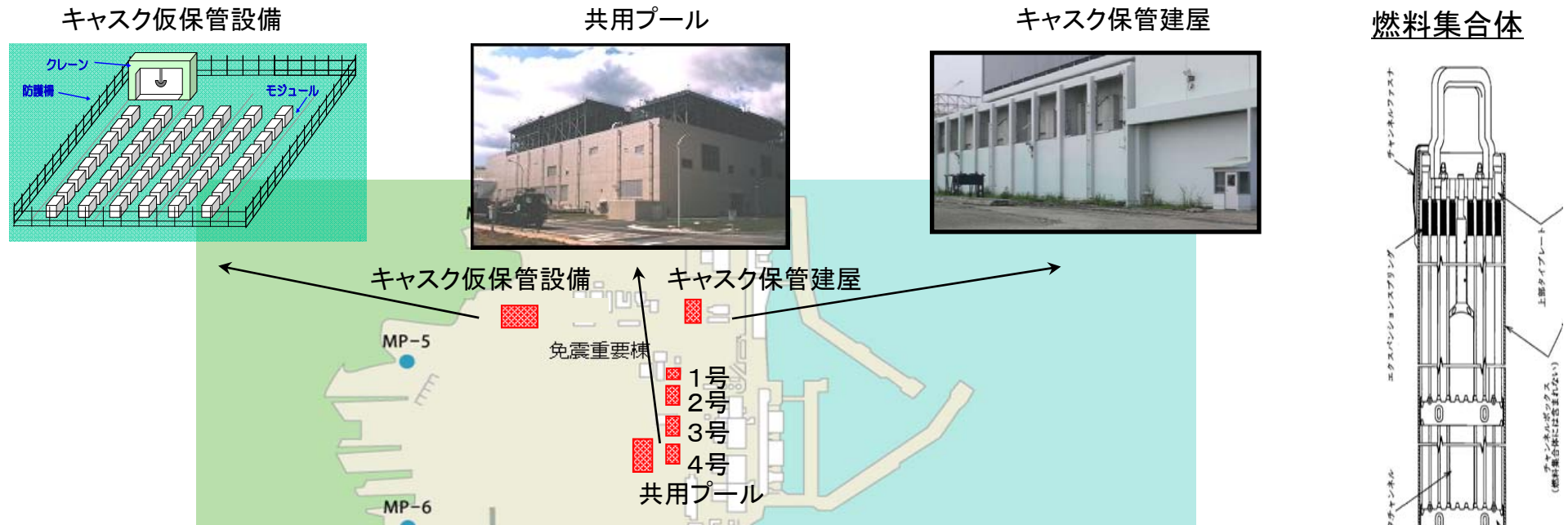
1. 使用済燃料プールからの燃料取り出しの概要

(1) 概要 (作業工程)



1. 使用済燃料プールからの燃料取り出しの概要

(2) 使用済燃料保管状況



(2014.2.26作業終了時点)

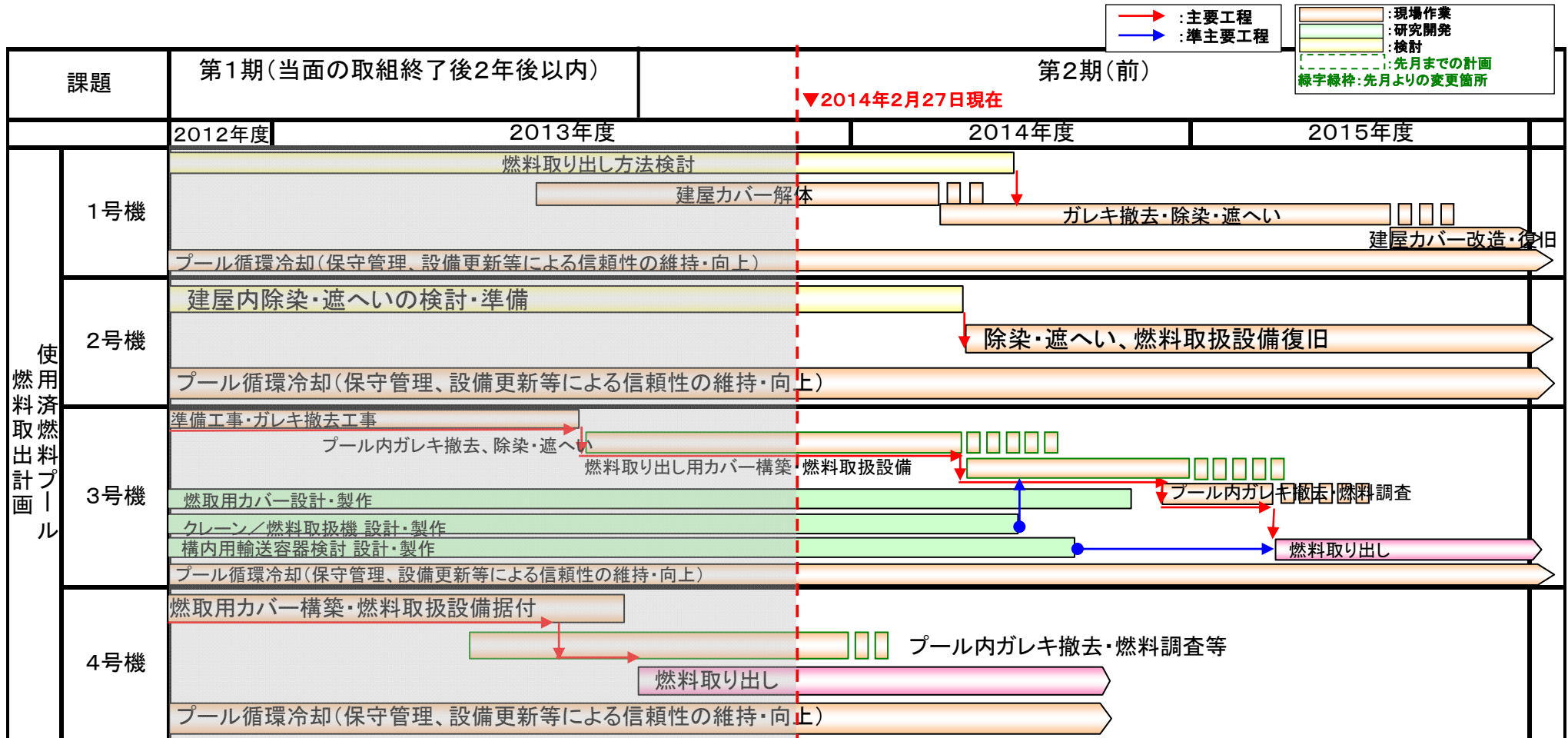
保管場所	保管体数(体)			取出し率	(参考)	
	新燃料	使用済燃料	合計		H23.3.11時点	キャスク基数
1号機	100	292	392	0.0%	392	—
2号機	28	587	615	0.0%	615	—
3号機	52	514	566	0.0%	566	—
4号機	180	957	1137	25.9%	1535	—
キャスク保管建屋	0	0	0	100.0%	408	0
合計	360	2350	2710	22.9%	3516	

保管場所	保管体数(体)			保管率	(参考)	
	新燃料	使用済燃料	合計		保管容量	キャスク基数
キャスク仮保管設備	0	1343	1343	45.8%	2930	27(容量:50)
共用プール	24	5814	5838	85.4%	6840	—

重量(kg) (チャンネルボックス含)	約300
全長(m)	約4.5
燃料体幅(m)	約0.14

1. 使用済燃料プールからの燃料取り出しの概要

(3) 工程 (中長期ロードマップ)



1. 使用済燃料プールからの燃料取り出しの概要

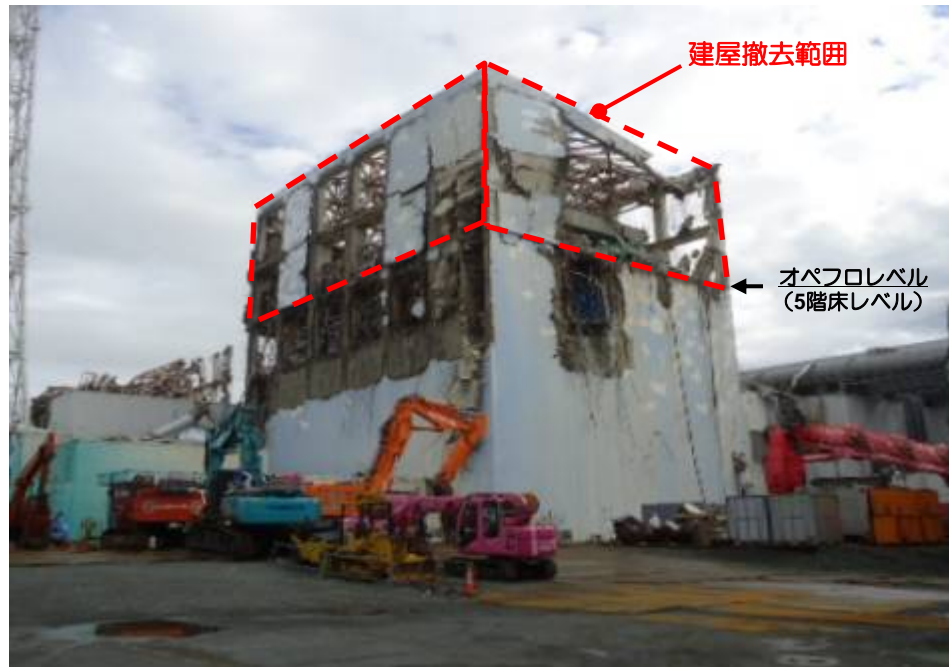
(3) 工程

年度	2011年度	2012年度					2013年度					2014年度		
主な工程		4号機ガレキ撤去完了▽					4号機燃料取り出し開始(11/18) ☆					燃料取り出し完了 ☆		
4号機	準備工事・ガレキ撤去													
	5階の機器撤去													
地盤改良・基礎工事														
燃料取り出し用カバー構築														
FHM・クレーン据付・試験														
プール内ガレキ撤去・燃料調査等														
燃料取り出し														

2. 4号機の進捗状況

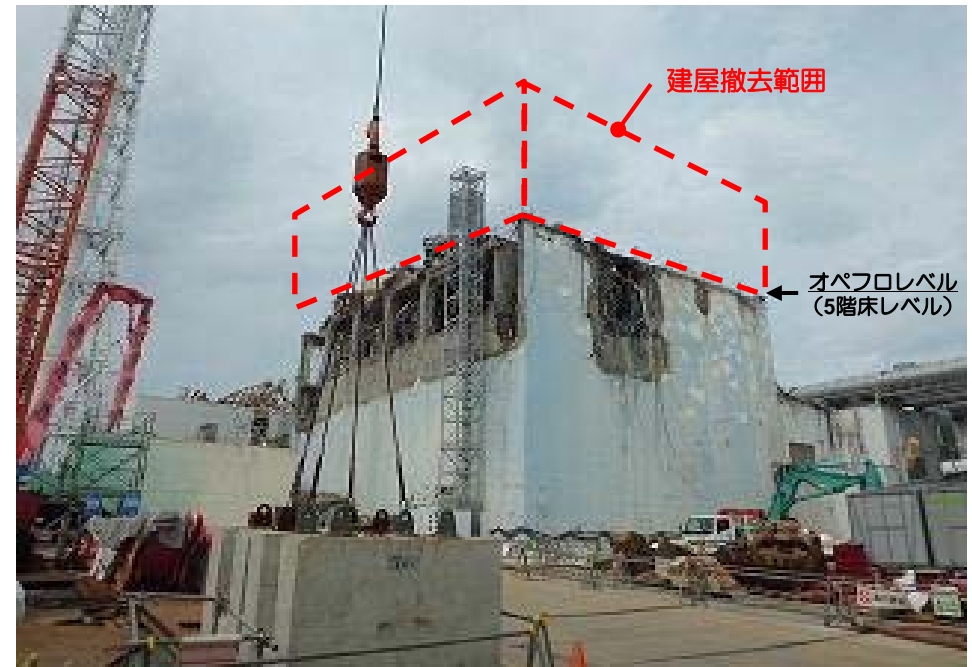
(1) 原子炉建屋上部ガレキ撤去作業

- 使用済燃料プール内の燃料の取り出しに先立ち、原子炉建屋上部のガレキ撤去を2011/9/21から開始。
- 瓦礫の撤去は、2012年12月に完了。



建屋瓦礫 撤去工事 着手前 [南西面]

撮影日：平成 23年 9月22日



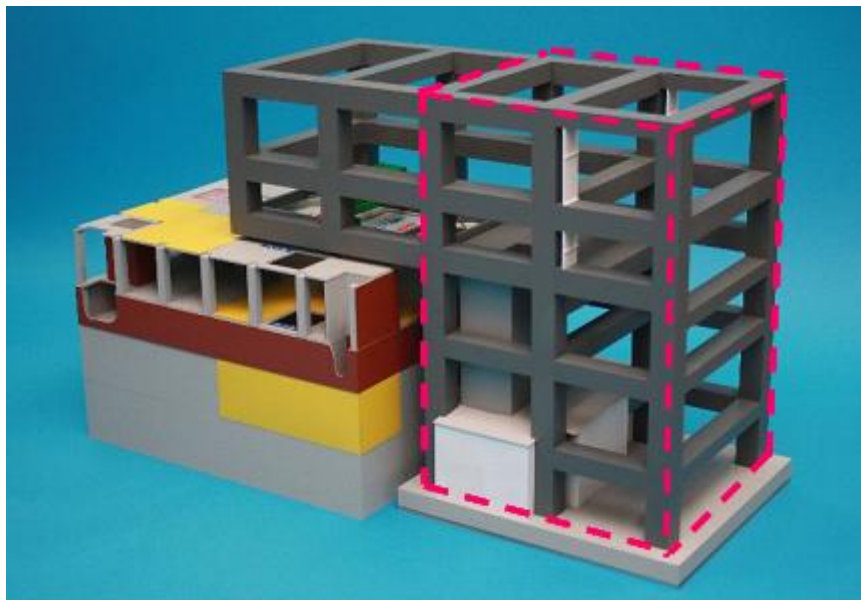
建屋瓦礫 撤去工事 完了後 [南西面]

撮影日：平成 24年 7月 5日

2. 4号機の進捗状況

(2) 燃料取り出し用カバー・燃料取扱設備設置工事

- 燃料取り出し用カバーを、燃料取扱設備の支持、燃料取り出し作業環境の整備及び燃料取り出し作業に伴い発生する放射性物質の飛散・拡散抑制を目的に設置。
- 工事は2012/4/17着手。



燃料取り出し用カバー完成イメージ



(撮影日：平成25年4月10日)

第5節部分鉄骨建方終了

2. 4号機の進捗状況

(2) 燃料取り出し用カバー・燃料取扱設備設置工事

- 燃料取り出し用カバーの設置工事は、平成25年11月12日、原子力規制委員会より使用前検査終了証を受領し、完了。
- 燃料取り出し用カバー内には、燃料を輸送するキャスク(鋼製容器)等を吊るためのクレーン等を設置。



(撮影日:平成25年7月20日)

燃料取り出し用カバー



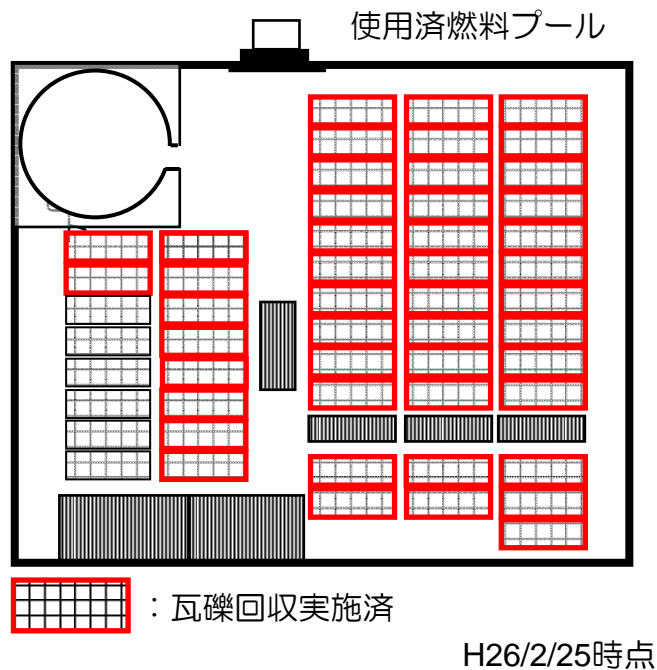
(撮影日:平成25年9月19日)

燃料取り出し用カバー内部／燃料取扱設備

2. 4号機の進捗状況

(3) 使用済燃料プール内がれき撤去作業

- 使用済燃料プールには爆発によりがれき等が落下しており、燃料を取り出すために燃料上部に堆積したがれき等の撤去作業を実施中。
- がれき撤去作業は平成25年8月27日開始。大物がれきの撤去は概ね完了し、小片がれき・砂礫等の撤去は平成26年3月頃完了予定。



- がれき撤去・吸引回収済
: 47ラック(全53ラック中)
- 進捗率: 約89%



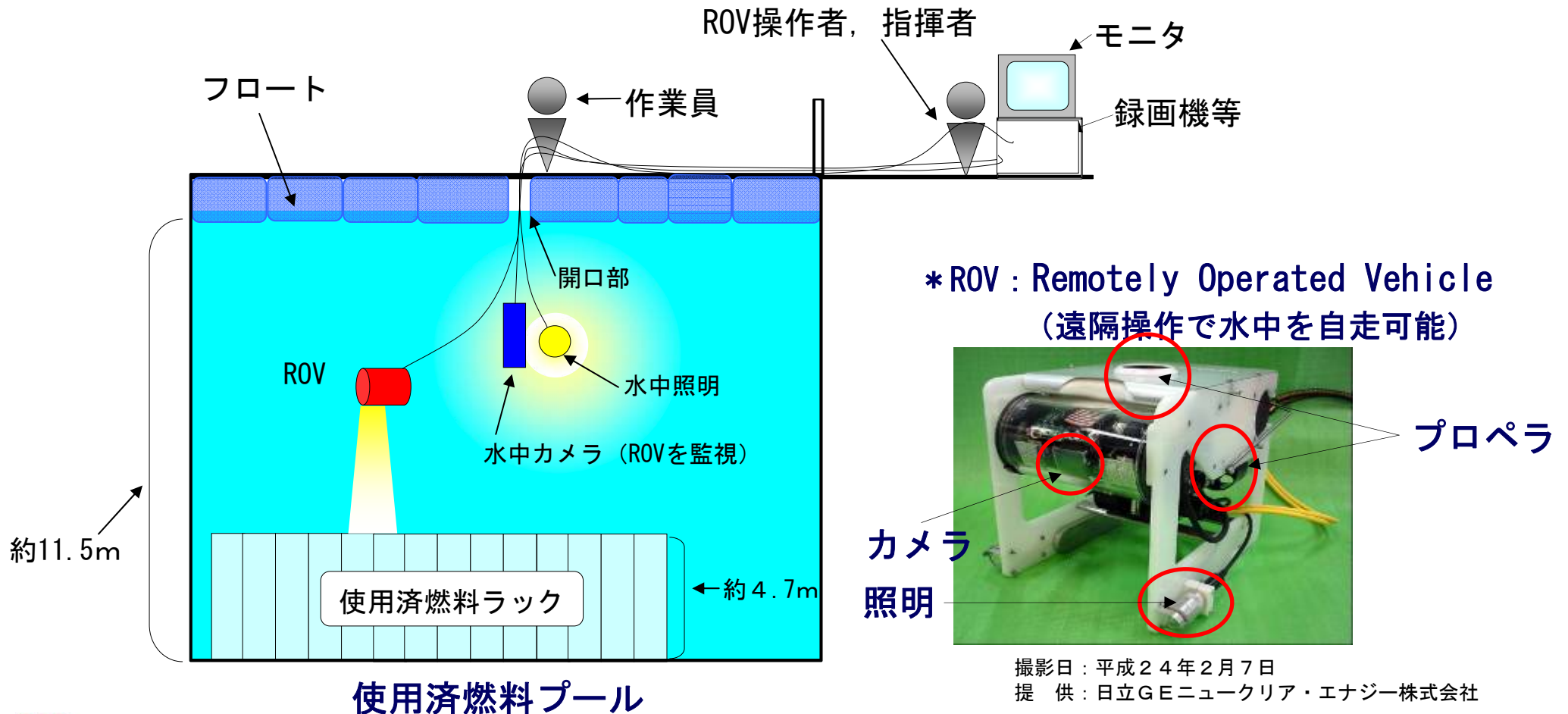
(撮影日:平成25年10月2日)

落下がれき撤去作業の状況

2. 4号機の進捗状況




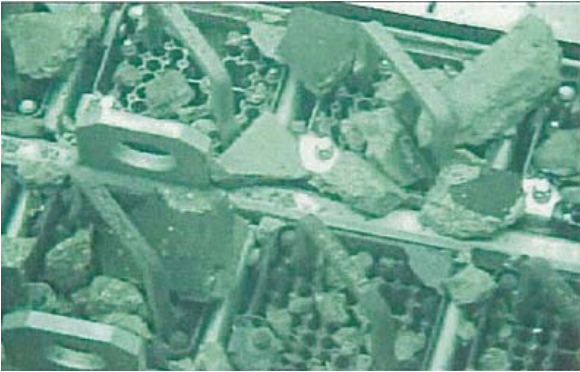
(3) 使用済燃料プール内がれき撤去作業 【参考1】

- 使用済燃料プール内のガレキの散乱状況を確認することを目的に調査を実施。
- 使用済燃料プール上を覆っているフロート養生の開口部からROVを使用済燃料プール内に投入し、オペレーティングフロア上で操作を実施。



2. 4号機の進捗状況

(3) 使用済燃料プール内がれき撤去作業 【参考2】

デッキプレート	作業台車用階段
 <p data-bbox="423 742 866 786">10000×600×50 (200kg)</p>	 <p data-bbox="1397 719 1861 764">2000×600×1000 (200kg)</p>
足場板	小片ガレキ
 <p data-bbox="448 1329 844 1374">1500×50×200 (10kg)</p>	 <p data-bbox="1391 1329 1843 1374">150×150×150程度以下</p>

※ 寸法および重さについては全て概算値となります。

(単位:mm)

2. 4号機の進捗状況

(3) 使用済燃料プール内がれき撤去作業 【参考3】



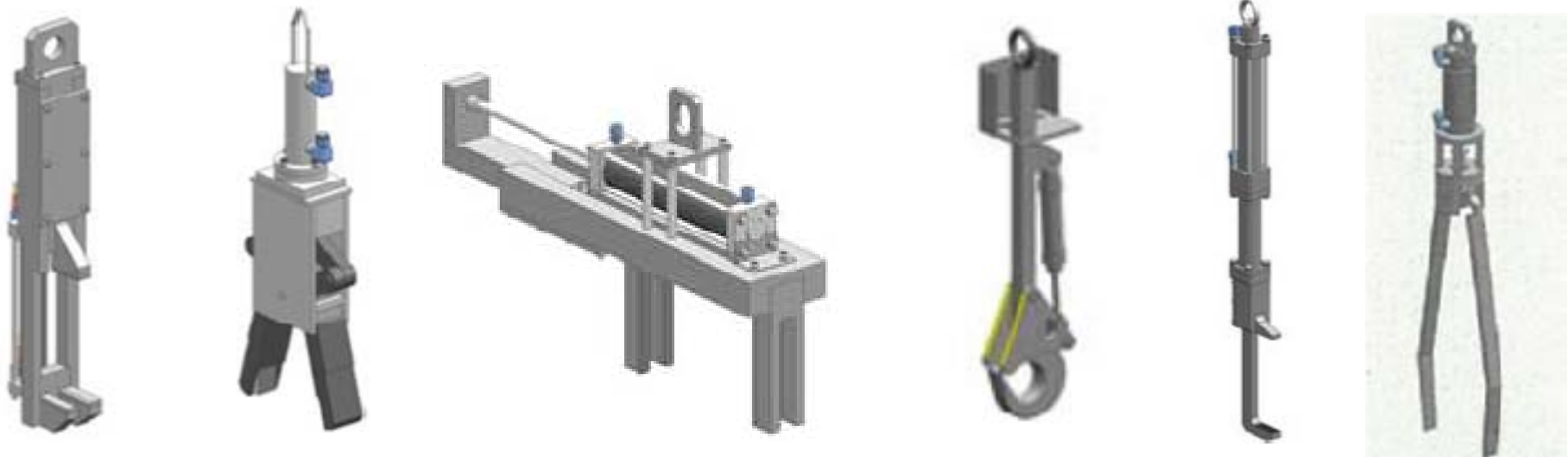
水浄化装置



フィルター



吸引回収装置(小片ガレキ回収用)



主ながれき撤去用治具(全21種類)

2. 4号機の進捗状況

(3) 使用済燃料プール内がれき撤去作業 【参考4】

- 落下がれき(大物)撤去後のプール内の状況
(小片がれきについては一部のみ撤去)



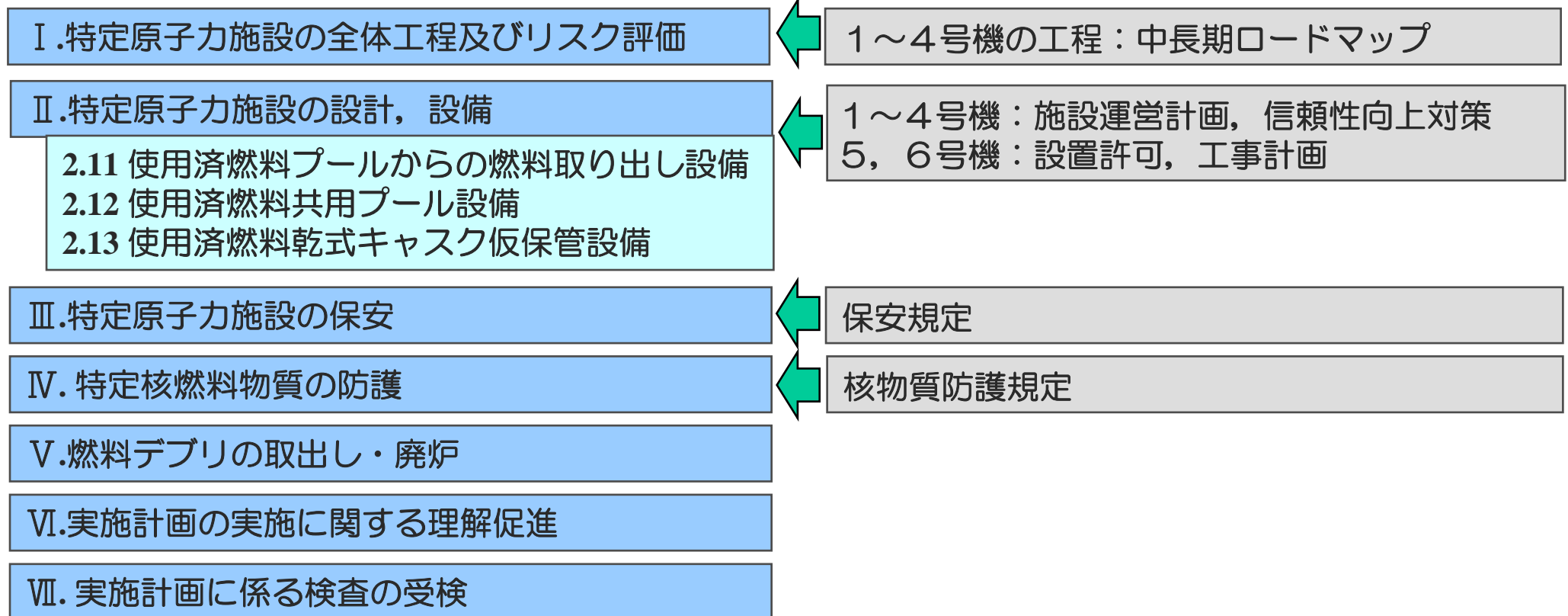
(撮影日:平成25年11月5日)

2. 4号機の進捗状況 (4) 許認可取得

- 原子力規制委員会から法律に基づき提示された「措置を講ずべき事項」に基づき「実施計画」を作成
- 当社が以前に提出している「施設運営計画」、「信頼性向上対策に係る実施計画」、「保安規定」、「核物質防護規定」等を適切に反映

「実施計画」の構成

「実施計画」の元となる文書



2. 4号機の進捗状況

(4) 許認可取得 【参考】

<燃料取り出しに係わる許認可対応の主な時系列>

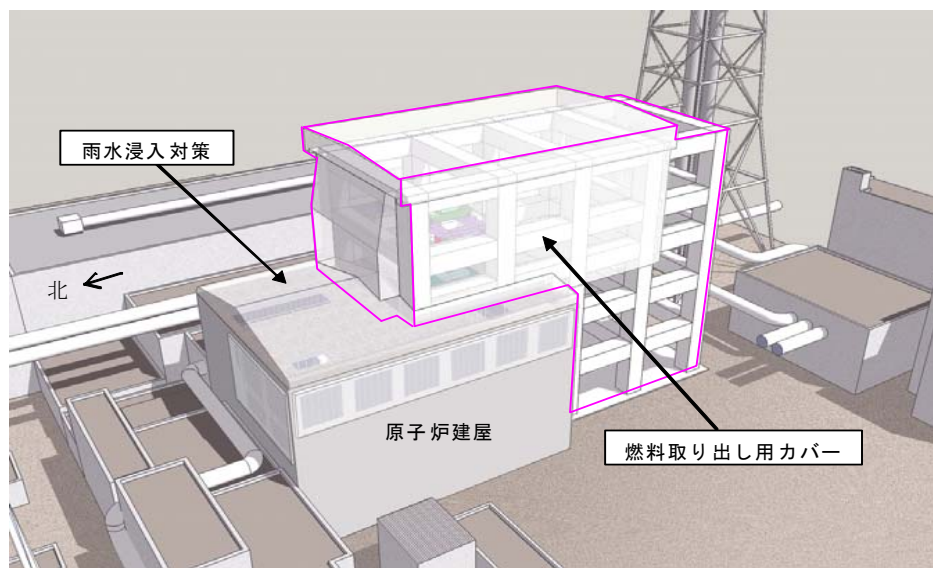
2012/12/7	原子力規制委員会に「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」を提出
2013/2/21	第4回 特定原子力施設監視・評価検討会
2013/3/1	第5回 特定原子力施設監視・評価検討会
2013/4/12	第8回 特定原子力施設監視・評価検討会
2013/8/14	「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」認可
2013/8/30	「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」燃料取扱い等について変更認可申請
2013/9/6	原子力規制委員会に「使用前検査申請書」を提出（検査：10/16～31）
2013/10/30	「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」燃料取扱い等の認可 第15回 特定原子力施設監視・評価検討会
2013/11/12	使用前検査の終了証を受領

2. 4号機の進捗状況

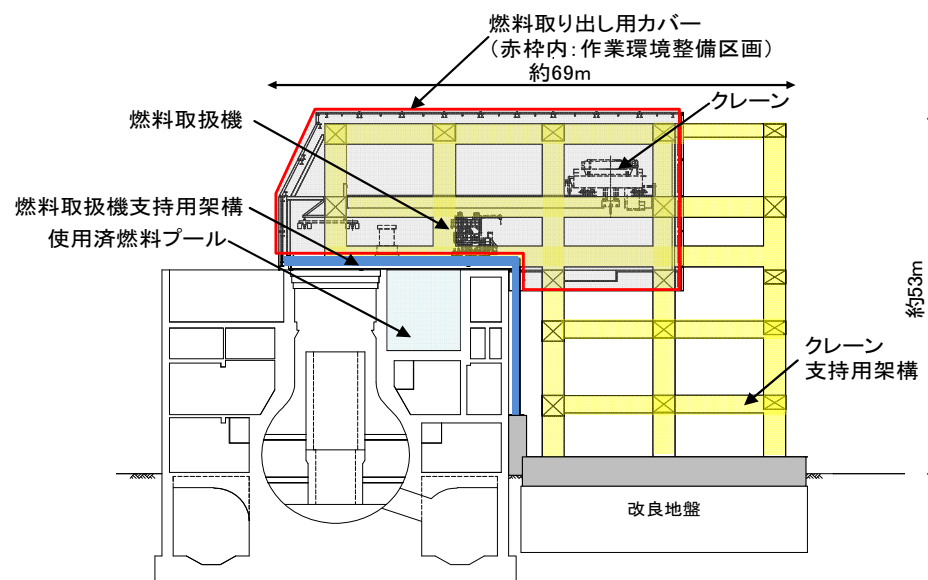
(5) 主な設備概要 ①燃料取り出し用カバー

17

- 使用済燃料プールからの燃料取り出し用カバーを、燃料取扱設備の支持、燃料取り出し作業環境の整備及び燃料取り出し作業に伴い発生する放射性物質の飛散・拡散抑制を目的に設置。



燃料取り出し用カバーのイメージ



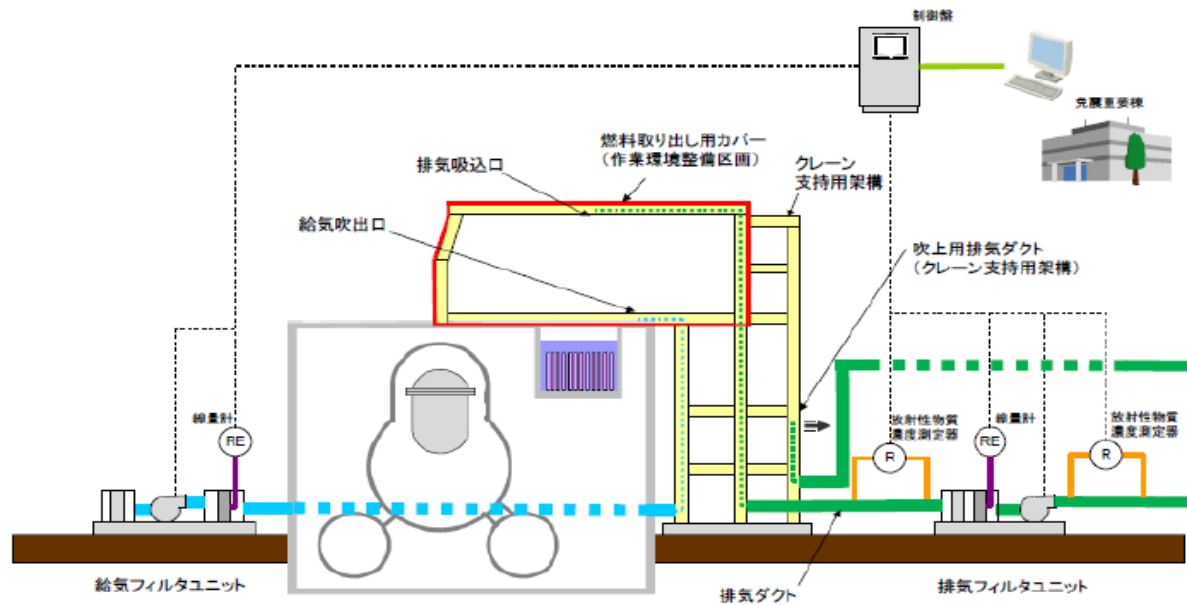
4号機燃料取り出し用カバーの概要

(本図は、概要を示すイメージであり、実際の構造物と異なる場合があります。)

2. 4号機の進捗状況

(5) 主な設備概要 ②換気設備

- 燃料取り出し用カバーに換気設備を設け、排気はフィルタを通じて大気へ放出することにより、作業時の放射性物質の飛散・拡散抑制を実施。



フィルタ性能

総合効率: 97% (粒径 $0.3 \mu\text{m}$) 以上※

※フィルタ単体性能:
99.97% (粒径 $0.15 \mu\text{m}$) 以上
JIS-Z4812-1995

燃料取り出し用カバー換気設備概略図

(本図は、概要を示すイメージであり、実際の構造物と異なる場合があります。)

2. 4号機の進捗状況

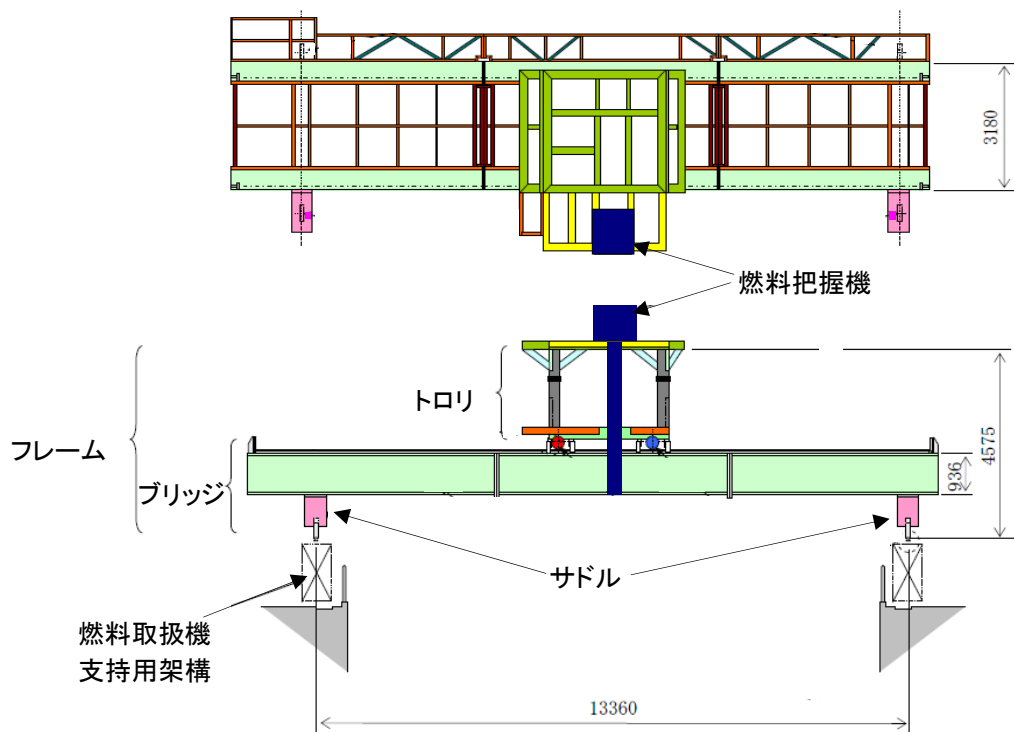
(5) 主な設備概要 ③燃料取扱機 (FHM)

- 使用済燃料プール内燃料の取扱い時に使用する設備
- 既存のFHMとほぼ同等の安全機能(落下防止対策)、構造強度・耐震性を有する設計・構造

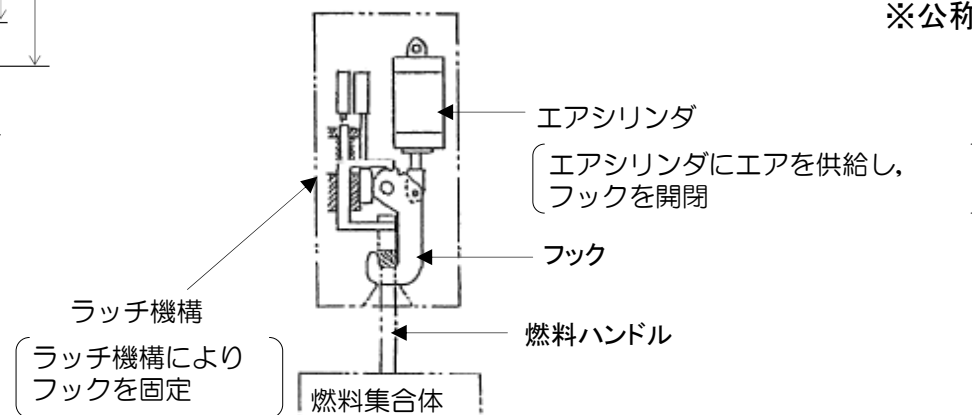
燃料取扱機 主な仕様

項目		数値等
総重量(t)	燃料取扱機	59
容量(kg)	燃料把握機	450(×1台)
主要寸法(mm) ※	走行レール間距離	13360
	ブリッジ幅	3180
	高さ	4575
個数		1

※公称値



燃料取扱機 概要図



燃料把持機構 概要図

2. 4号機の進捗状況

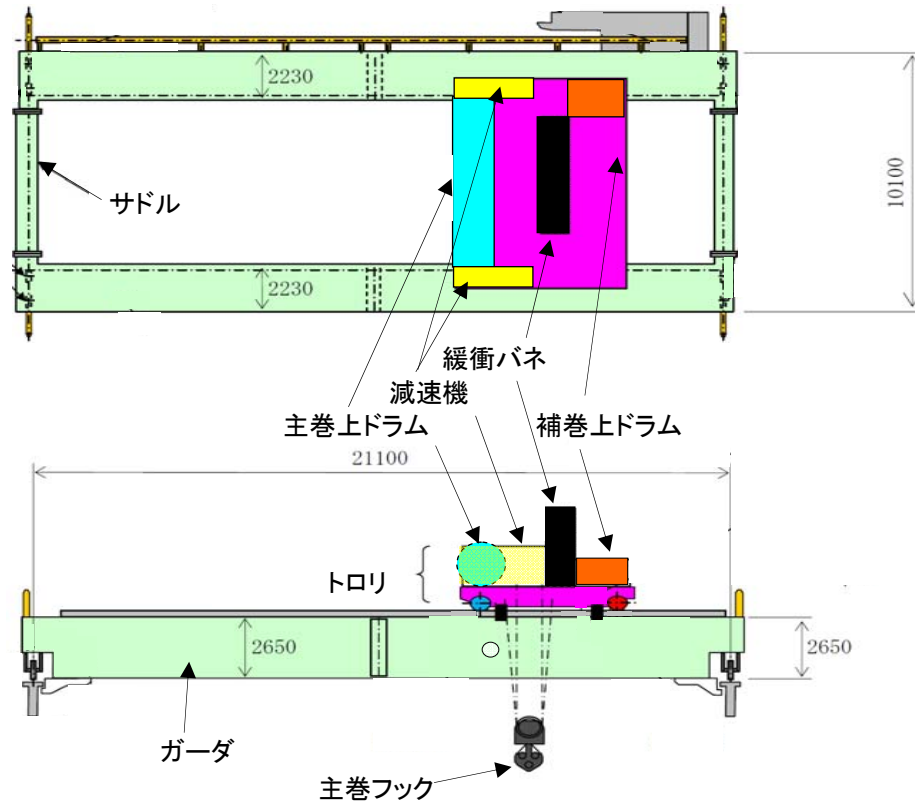
(5) 主な設備概要 ④クレーン

- 使用済燃料を収納する構内用輸送容器の取扱い時に使用する設備
- 既存の天井クレーンとほぼ同等の安全機能(落下防止対策)、構造強度・耐震性を有する設計・構造

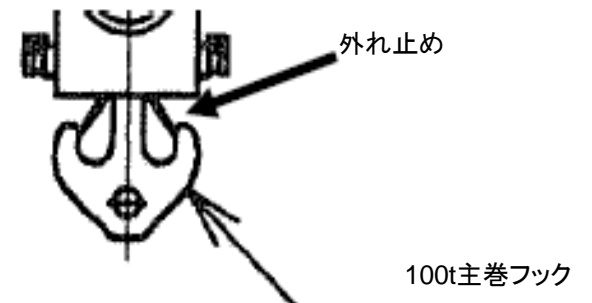
クレーン 主な仕様

項目	数値等	
総重量 (t)	クレーン	273
容量 (t)	主巻	100 (×1台)
	補巻	5 (×1台)
主要寸法 (mm)※	走行レール間距離	21100
	クレーン本体ガーダ距離	10100
個数	1	

※公称値



クレーン 概要図

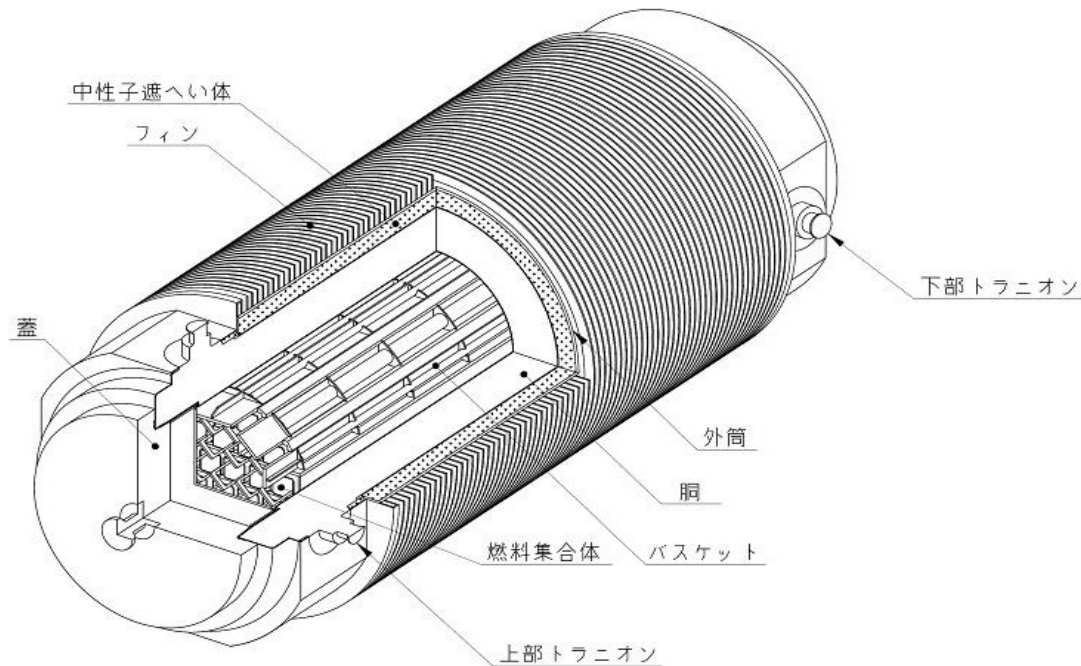


主巻フック部 概要図

2. 4号機の進捗状況

(5) 主な設備概要 ⑤構内用輸送容器

- 構内輸送には既存のNFT-22B型容器(2基)を使用
- NFT-22B型容器は、事業所外における使用済燃料輸送用に設計された容器であり、核燃料輸送物設計承認書を取得
- 除熱、密封、遮へい、臨界防止と、これらに必要な構造強度を有する設計



構内用輸送容器 概要図

構内用輸送容器 主な仕様

項目	数値等
重量(t) (燃料を含む)	約91
全長(m)	約5.5
外径(m)	約2.1
収納体数(体)	22以下
基数(基)	2

2. 4号機の進捗状況

(6) 安全評価

● 燃料集合体落下

(安全評価審査指針を参考に、今回取り扱う冷却が進んだ燃料を仮に落下させた場合、燃料取り出し用カバー及び換気設備が無い条件においても、周辺公衆に対し著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを、以下の評価により確認。)

- 燃料取り出し作業中に燃料集合体1体が落下するものと仮定
- 燃料集合体の落下による破損体数: 2. 3体(設置許可申請書と同様)
- 冷却期間: 365日(実際の冷却期間は約1100日)
- 大気中へ放出される核分裂生成物は地上放出

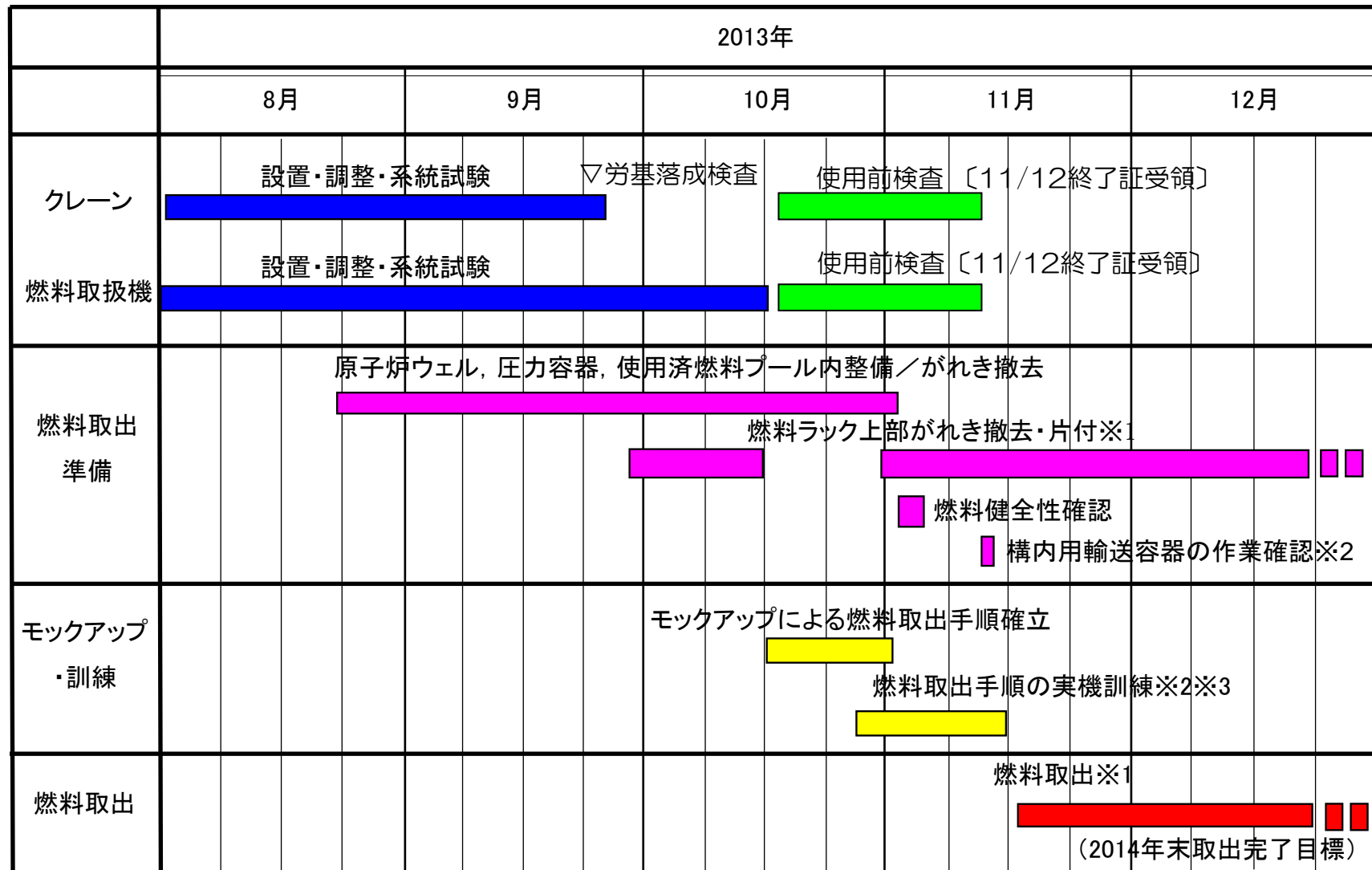
● キャスク落下

(キャスクの取扱い中、何らかの原因でキャスクを落下させた場合、燃料取り出し用カバー及び換気設備が無い条件においても、周辺公衆に対し著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを、以下の評価により確認。)

- キャスク吊り降ろし作業中にキャスクが落下するものと仮定
- キャスクの落下による破損体数: 22体
- 冷却期間: 820日(容器設計に同じ)
- 大気中へ放出される核分裂生成物は地上放出

燃料集合体落下時の敷地境界線量	$7.8 \times 10^{-4} \text{mSv}$	(参考)既存設置許可申請書 $6.8 \times 10^{-2} \text{mSv}$
キャスク落下時の敷地境界線量	$5.3 \times 10^{-3} \text{mSv}$	—

2. 4号機の進捗状況 (7) 燃料取り出し作業 ①工程



※1: 燃料取り出し作業は昼間, がれき撤去作業は夜間行う

※2: 合わせて避難訓練を実施

※3: 新規の作業員に対して, その都度実施していく

2. 4号機の進捗状況

(7) 燃料取り出し作業 ②社内外事前レビュー

- ・4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し作業に先立ち、がれきの影響および通常のプラントとの作業環境の違い等、燃料取り出しにおける潜在リスクに対する準備状況について、社内の原子力安全監視室のレビューに加え、社外専門家であるIEG(国際エキスパートグループ)や原子力改革監視委員会のレイク・バレット氏にもレビューをいただいた。
- ・いただいたコメントについては、対応状況を説明しご理解いただいた。

主なコメント	対応状況
作業開始公表前に手順やリスク評価について社内外のレビュー結果を踏まえた計画となっているか確認し、適切な責任者が承認するといった必要なプロセスを踏むこと。	<ul style="list-style-type: none"> ・作業手順やリスク評価は社内外のレビューを受け、指摘されたコメントについては、手順への反映、作業員への展開など、燃料取り出しを実施するにあたって必要なものすべてについて対応したことを確認。 ・経営層による承認プロセスが完了。
第三者レビューも含めて、これまで何に取り組み、これから何に取り組み予定なのか情報発信すること。 作業開始後は、作業プロセスを可能な限りビジュアル化して透明性を持って情報発信すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・今回のレビュー結果の公表に加え、今後の取り組み状況については、原子力安全改革プランの下に設立された社内ソーシャル・コミュニケーション室の確認や社外のご意見を踏まえ、分かりやすく透明性を持った情報発信に努めて参りたい。
モックアップ・トレーニングや(核分裂生成物を含まない)新燃料を優先的に取り出すことによる作業習熟を図るべき。	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料・キャスク取扱いの実機を用いた訓練、確認に加えて、がれきによるチャンネルボックス固着時の対応などもメーカー工場や実機でのモックアップやトレーニングを事前に実施していることを説明し、ご理解いただいた。 ・また、1基目の新燃料輸送終了時に、作業上の問題がないかレビューを実施し、改善事項があれば手順等に反映することとしている。
全面マスクの着用は作業員のストレスとなり生産性を低下させる可能性があることから、不必要な着用は避けるべき。	<ul style="list-style-type: none"> ・所全体として全面マスク着用省略可能エリアの拡大に向け取り組んでいる。 ・4号機燃料取り出し作業については、軽装備(半面マスク)での作業を行うこととしている。ただし、作業内容(キャスク洗浄作業など)に応じて全面マスクを使用する場合もある。
ALARA(As Low As Reasonably Achievable)の精神に則った作業を実施すること。 * ALARA: 合理的に実行可能な限り低く	<ul style="list-style-type: none"> ・ALARAの精神に則り、通常作業時においては、給気フィルタ設置やプール水の継続的浄化により合理的に達成できる範囲で線量が低くなるよう、また、異常時は警報や一斉放送により即時退避できるよう過剰被ばく防止に努める。

2. 4号機の進捗状況

(7) 燃料取り出し作業 【参考】リスクと安全対策 (1 / 2)

＜共通事項＞事象発生時は作業を中断し、免震重要棟復旧班長に連絡を行う。

No.	項目	安全対策	発生時の対応	備考
1	燃料の落下	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動Ssで落下しないような耐震設計 ・燃料把握機のワイヤーを二重化 ・電源断時、動力（空気）源喪失時に燃料を保持する構造 ・さらに燃料を吊っている状態では機械的にフックを開けない構造 ・作業手順書の整備、作業員への教育周知 ・有資格者による燃料取扱機操作 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業員は直ちに避難 ・エリアモニタ等により状況を確認し、線量率を測定した後、当該燃料の状況を水中カメラによって確認し、未臨界等を確保し安全に保管できる措置を行う 	
2	キャスクの落下	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動Ssで落下しないような耐震設計 ・吊りワイヤーの二重化 ・電源断時にキャスクを保持するブレーキ構造 ・フックに外れ止めを設置 ・クレーンと吊具、吊具とキャスクの取付の二重化 ・クレーン、吊具の使用前点検 ・取付後の取付状態の確認、外れ止めの設置 ・作業手順書の整備、作業員への教育周知 ・有資格者によるクレーン操作 ・キャスク吊上げ高さが高い位置における落下時に備えた作業員の待避 ・キャスク落下時に備えた緊急対応手順および資機材の整備 ・キャスク吊り下ろし位置への緩衝材の設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業員は直ちに避難 ・監視カメラによるキャスクの状態の確認、線量率の測定 ・キャスクの周囲に遮へいを設置、周囲の線量を下げる ・キャスク状態を確認後、キャスクを回収 	
3	使用済燃料プール冷却系の停止、漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ・予備ポンプの設置 ・電源の多重化・多様化 (所内ディーゼル発電機、専用ディーゼル発電機) ・非常用可搬注水設備を配備（非常用電動ポンプ、消防車等） ・漏えい検知器の設置、および流出防止の堰を設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料プールの水位、水温の確認 ・予備ポンプの起動 ・受電元の切り替え ・非常用注水設備からの注水を実施 ・トラブルの原因究明を行い、点検・交換等の対応を行う 	冷却系が停止した場合でも崩壊熱の低下により、対応に十分な時間的余裕がある
4	使用済燃料プールからの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ・水位監視 ・使用済燃料プールは基準地震動Ssに対して十分な裕度を確保 ・非常用注水ライン等注水ラインを設置 ・非常用可搬設備を準備済 (非常用電動ポンプ、消防車等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料プールの水位、水温の確認 ・使用済燃料プールへの注水 ・漏えい箇所の隔離、ポンプ停止 ・漏えい箇所を特定の上、止水処置を実施 	キャスク等の重量物は使用済燃料プール上を移動しない手順とし、かつクレーンのインターロックで移動可能範囲を制限している
5	燃料の取扱い時の燃料の異常の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料取扱中の異常を荷重計により確認する ・過荷重を検知した場合には、上昇を阻止するインターロックを設置 ・燃料の吊上げに支障が無いことを確認するため、水中カメラを用いて事前にハンドル形状を確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料取扱中に燃料の漏えい等が懸念された場合、エリアモニタ等により状況を確認し、線量率を測定した後、当該燃料の状況を水中カメラによって確認し、燃料ラックへの再着座など未臨界を担保し安定的に保管する措置を取る。 	燃料はチャンネルボックスによって囲われており、ガレキとの接触があっても、直接燃料被覆管に影響を与えることはない

2. 4号機の進捗状況

(7) 燃料取り出し作業 【参考】リスクと安全対策 (2/2)

No.	項目	安全対策	発生時の対応	備考
6	漏えい等を確認した燃料の取扱い	<ul style="list-style-type: none"> 海水環境を模擬した腐食試験などにより震災による燃料の健全性への影響発生は低いことを確認済み 震災時のガレキ落下による燃料健全性への影響が無いことを専用の治具により確認済み 	<ul style="list-style-type: none"> 震災前から存在する漏えいが確認された燃料については、燃料輸送にあたって必要な安全解析を行い、実施計画にて安全性を規制委員会に確認頂いた後、キャスクを用いて輸送を行う 震災前より大きく変形している燃料や、漏えい等が万が一新たに確認された場合は詳細な変形形状の調査を行った上で、臨界防止などの措置を講じた上で輸送する 	漏えい等が確認された燃料は震災前から各号機以下の数保管されている 1号機：70体 2号機：3体 3号機：4体 4号機：3体
7	燃料（キャスク）取扱中の地震発生	<p>【燃料取扱機の安全対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ssで落下しないような耐震設計 燃料把握機のワイヤーを二重化 電源断時、動力（空気）源喪失時に燃料を保持する構造 さらに燃料を吊っている状態では機械的にフックを開けない構造 <p>【クレーンの安全対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ssで落下しないような耐震設計 吊りワイヤーの二重化 電源断時にキャスクを保持するブレーキ構造 フックに外れ止めを設置 	<ul style="list-style-type: none"> 地震発生時、作業を一旦停止し収まるのを待つ 強い地震を感じた場合は、地震収束後、燃料・キャスクを安全な場所に置く。その後、現場から即座に待避 津波の可能性について一斉放送などで確認 その状況に応じてオペフロに待機 	
8	燃料取扱中の燃料取扱機の故障 キャスク運搬中のクレーンの故障	<ul style="list-style-type: none"> 既設プラントと同等の設計・製作・検査を実施 日常点検/月例点検/年次点検の実施 有資格者による運転 予備品の確保 	<ul style="list-style-type: none"> 状況を確認し故障箇所を特定するとともに、吊り荷を安定な場所に置く 	
9	キャスク運搬中のトレーラーの事故、故障	<ul style="list-style-type: none"> キャスク運搬前のトレーラーへのキャスク固定状態の確認 トレーラーの徐行運転 キャスク運搬経路の関係者以外の立入規制、見張り人の配置 トレーラーの使用前点検の実施 	<ul style="list-style-type: none"> キャスク運搬を止めて、キャスクの状態（外観、線量率）を確認、状態に応じた必要な措置を講じる キャスク運搬を止めて、トレーラーの修理を行う 油漏れの場合には拡大を防止する 	
10	カバー内の換気空調系停止	<ul style="list-style-type: none"> 予備機の自動起動 電源の多重化 ダストモニタの設置による雰囲気監視 異常時の警報の発報 	<ul style="list-style-type: none"> 予備機の起動 受電元の切り替え 換気空調系停止の原因究明を行い、点検・交換等の対応を行う 	
11	エリアモニタの上昇	<p>【燃料取扱作業における被ばく低減対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 燃料を水中から引き上げ過ぎないようにインターロックの設置 水中カメラにより燃料の吊上げ状態を監視 燃料の吊上げ座標の監視 <p>【その他】</p> <ul style="list-style-type: none"> エリアモニタによる雰囲気線量の監視・警報 個人線量計の携帯 給気設備への高性能粒子フィルタの設置 	<ul style="list-style-type: none"> エリアモニタの警報が発報した際は、直ちに現場から待避する 	
12	使用済燃料プールへの作業員の落下	<ul style="list-style-type: none"> 安全帯の着用 作業監視員の配置 	<ul style="list-style-type: none"> 浮き輪をプールに投げ込み、落下者を救出 入退域管理もしくは免震棟へ搬送、除染、異常の有無の確認などを実施 	
13	燃料取扱中の作業員の体調不良・ケガ	<ul style="list-style-type: none"> 作業前のTBM-KYによる体調および作業上のポイント確認 熱中症対策の実施（夏季） ローカル空調の配備 作業時間の管理 	<ul style="list-style-type: none"> 復旧班長への連絡 救急医療室への連絡 体調不良者（けが人）の搬送 	
14	火災	<ul style="list-style-type: none"> 建屋カバーに不燃材料を使用 ケーブル類は難燃性のものを使用 消火器の設置 消火用水の取り口の複数設置および放水用の消防ホースの整備 二方向避難（南側/北側）ルートの設置 オペフロ全体を監視できるようなウェブカメラの設置 原則として火気作業の禁止 	<ul style="list-style-type: none"> 消火器による初期消火、自衛消防隊の定期的な訓練の実施 作業員の待避 迅速な通報連絡の徹底 モニタリングポストの値など監視モニタの確認と情報提供 	

2. 4号機の進捗状況

(7) 燃料取り出し作業 ③作業手順レビュー

- ・4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し作業では、使用済燃料の取り出しに先だって、新燃料22体の取り出しを行い、手順の確認を行った。
- ・その結果は以下のとおりであり、燃料取り出し作業にかかる各手順については特段問題なかったものの、作業を実施する上で、改善点が見いだされた。引き続き、安全を最優先に燃料取り出し作業を進めていく。

作業手順レビュー結果	対応事項
<p><作業手順> 各手順は手順書に基づき実施された。燃料取出作業にあたって、各手順は特段問題なかったものの、作業環境の観点から以下の作業改善を実施することにした。</p>	<p>—</p>
<p><作業環境></p> <ul style="list-style-type: none"> ・キャスクピットでの燃料装填時に燃料内の砂塵が拡散し、作業を妨げるものではなかったものの、水中の視認性の低下が確認された。 ・キャスク蓋フランジ上にある砂塵を取り除くために、ホースからの流水による除去を行ったが、砂塵が舞うことで、蓋設置に時間を要した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・仮設のポンプを用いて、キャスクピット内の水を吸引し、フィルタを通してプール内に戻すことにより、キャスクピット内の視認性に改善が見られた。今後も視認性が低下した場合には、同様の対応を行う。 ・フランジ上の砂塵をポンプによって吸引し、フィルタを通して、プール内に戻すこととし、砂塵が舞うことを防止する。
<p><放射線管理> 燃料取り出し作業にかかる作業員の被ばく線量は、想定雰囲気線量(0.2mSv/h)に比較し、低く管理されていた。</p> <ul style="list-style-type: none"> —FHM取り扱い時 : 最大0.25mSv(0.07mSv/h,作業時間4h) —キャスク取り扱い時: 最大0.30mSv(0.07mSv/h,作業時間4.5h) 	<ul style="list-style-type: none"> ・引き続き、ALARA(As Low As Reasonably Achievable)の精神に則り、引き続き線量低減に努めていく。 <p>* ALARA: 合理的に実行可能な限り低く</p>

2. 4号機の進捗状況 (7) 燃料取り出し作業 【参考1】 キャスク取扱い作業



構内用輸送容器の吊り上げ (1)



構内用輸送容器の吊り上げ (2)



プールへの着水 (1)



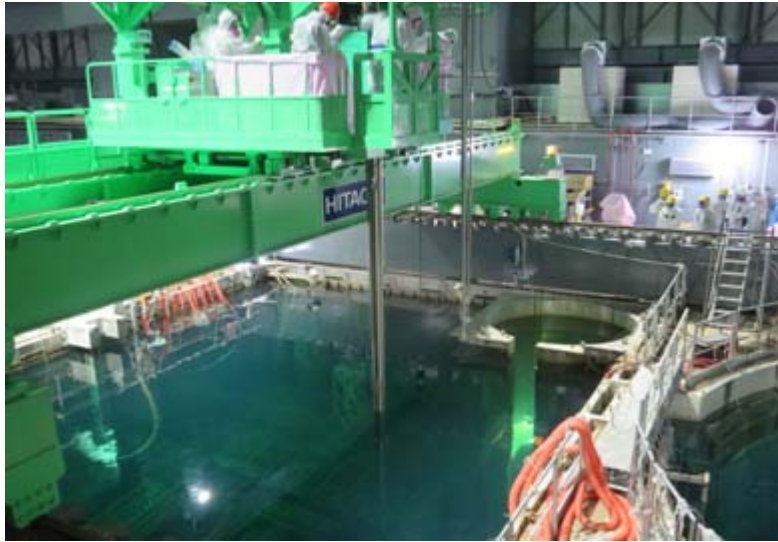
プールへの着水 (2)



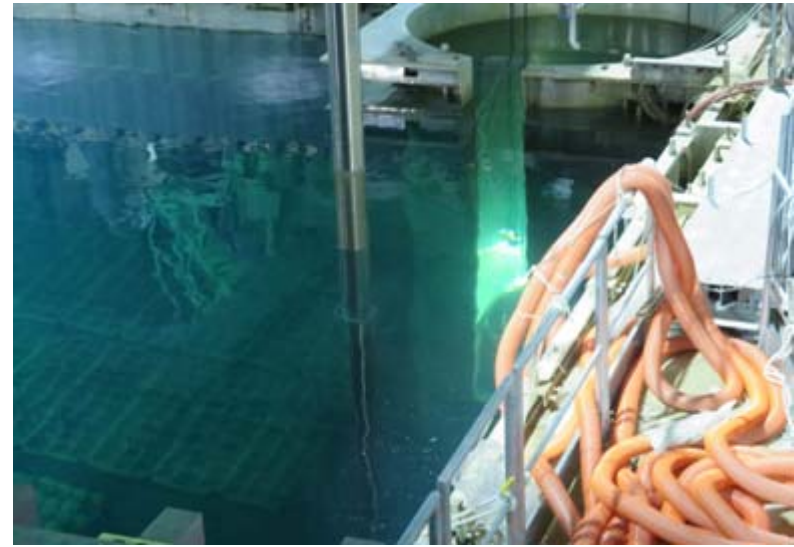
プールへの着水 (3)

撮影日：平成25年11月18日 提供：東京電力株式会社

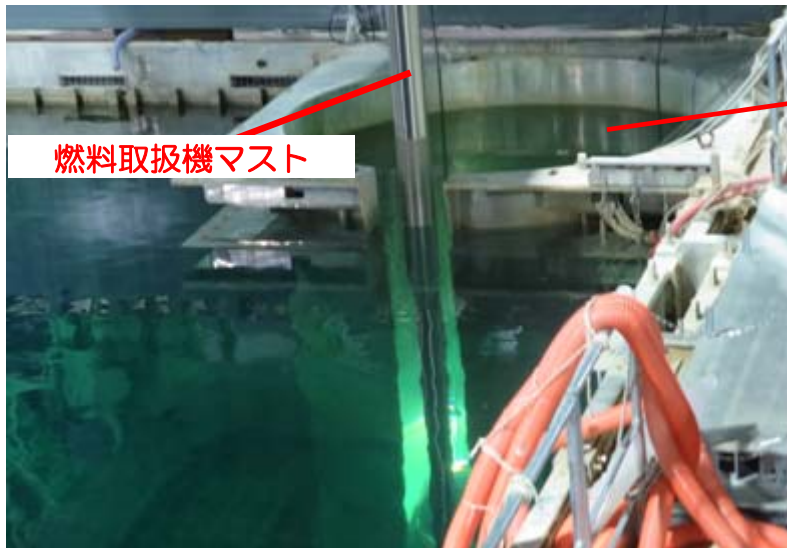
2. 4号機の進捗状況 (7) 燃料取り出し作業 【参考2】 燃料取扱い作業



燃料取り出し作業（1）



燃料取り出し作業（2）



燃料取扱機マスト

構内用輸送容器を入
れているピット

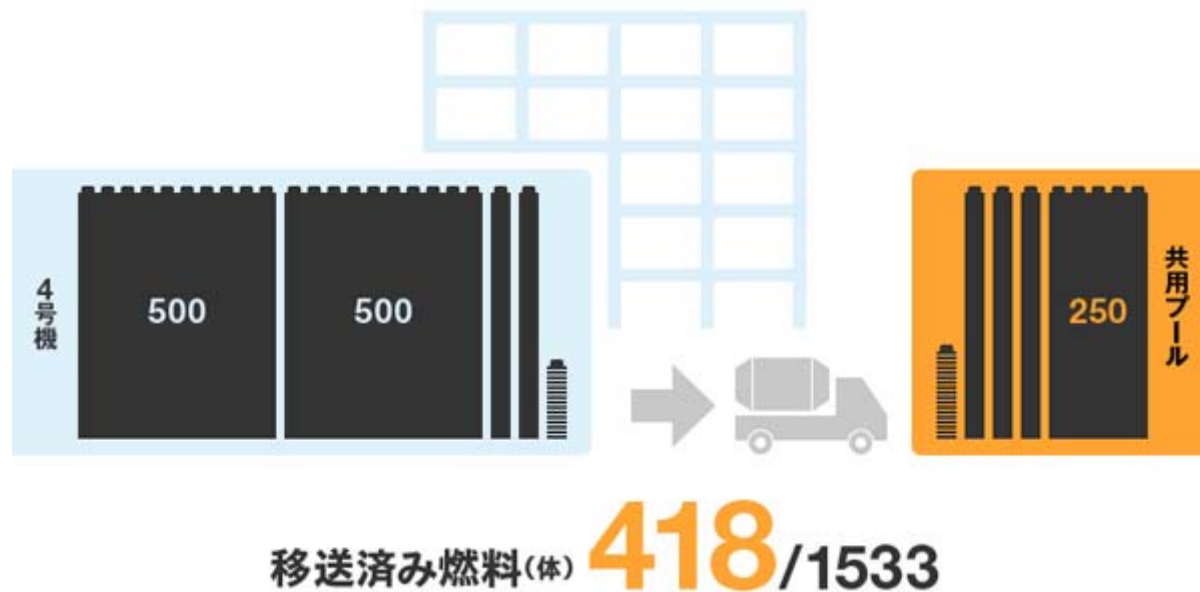
燃料取り出し作業（3）

撮影日：平成25年11月18日 提供：東京電力株式会社

2. 4号機の進捗状況

(7) 燃料取り出し作業 ④進捗状況

- 福島第一原子力発電所4号機からの燃料取り出し作業は、平成25年11月18日に開始。これまでのところ作業は順調に進捗。
- 引き続き、燃料取り出し作業を安全かつ着実に進め、平成26年末頃の完了を目指す。
- 以下の課題に取り組む中。
 - －震災前から存在する3体の漏えい燃料・変形燃料の移送方法の確立
 - －作業者の被ばく低減対策



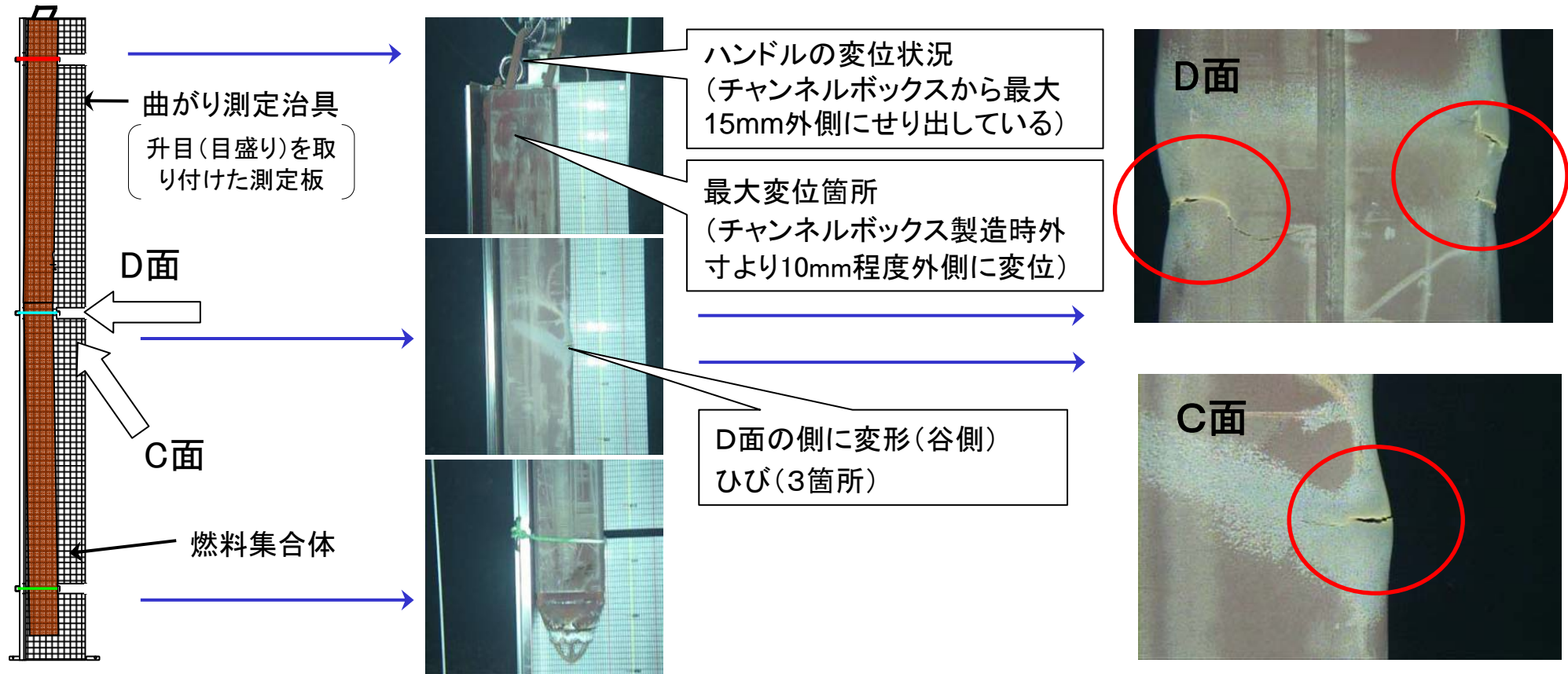
- ・移送燃料の種類(使用済燃料:396体／1331体、新燃料:22体／202体)
- ・カスクの輸送回数 19回

平成26年3月3日現在

2. 4号機の進捗状況

(8) 課題への取り組み状況（曲がり燃料調査）

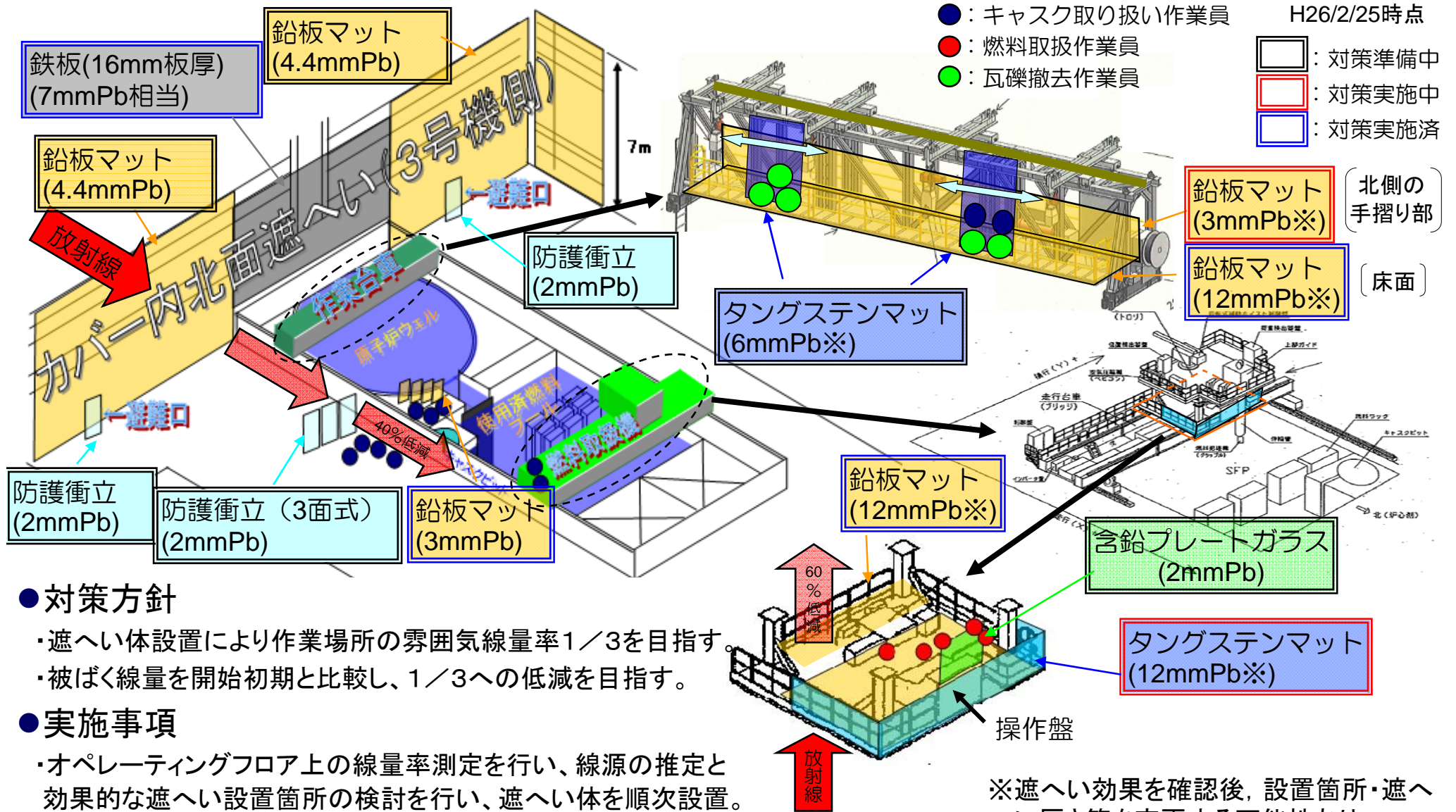
- 4号機使用済燃料プールには、昭和57年、取り扱い時に誤ってハンドル／チャンネルボックスを変形させてしまった燃料集合体1体を保管中※。
- 当該燃料の取り扱い性を確認するため、変形量等の詳細調査を行った結果、既存の構内用輸送容器へ収納可能であることの見通しを得た。現在、詳細な確認、検討を行っており、今後、許認可等の必要な対応を行った上で、当該燃料を共用プールへ移送予定。



※事象発生時の状況、当時の調査概要はニューシア(原子力施設情報公開ライブラリー)に公開済み(報告書番号1982-東京-T003)

2. 4号機の進捗状況

(8) 課題への取り組み状況 (被ばく低減対策①)



● 対策方針

- ・遮へい体設置により作業場所の雰囲気線量率1/3を目指す。
- ・被ばく線量を開始初期と比較し、1/3への低減を目指す。

● 実施事項

- ・オペレーティングフロア上の線量率測定を行い、線源の推定と効果的な遮へい設置箇所の検討を行い、遮へい体を順次設置。
- ・燃料取り出し作業を分析し、被ばく線量の多い作業を改善。

※遮へい効果を確認後、設置箇所・遮へい厚さ等を変更する可能性あり

2. 4号機の進捗状況

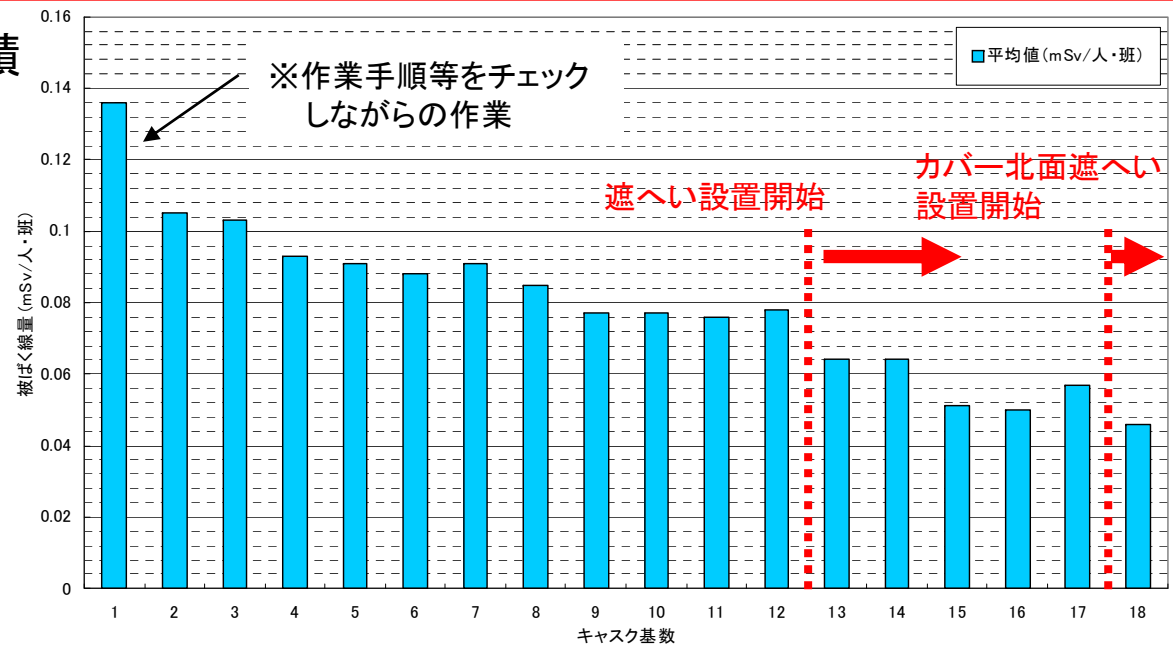
(8) 課題への取り組み状況（被ばく低減対策②）

● 燃料取扱機運転作業の被ばく線量実績

（キャスク基当たりの平均被ばく線量）

- ・燃料取り出し開始初期の平均被ばく線量
（2～5キャスク目の平均）：約0.098mSv/人・班
- ・遮へい設置以降の平均被ばく線量
（13～18キャスク目の平均）：約0.055mSv/人・班

⇒ 約44%低減

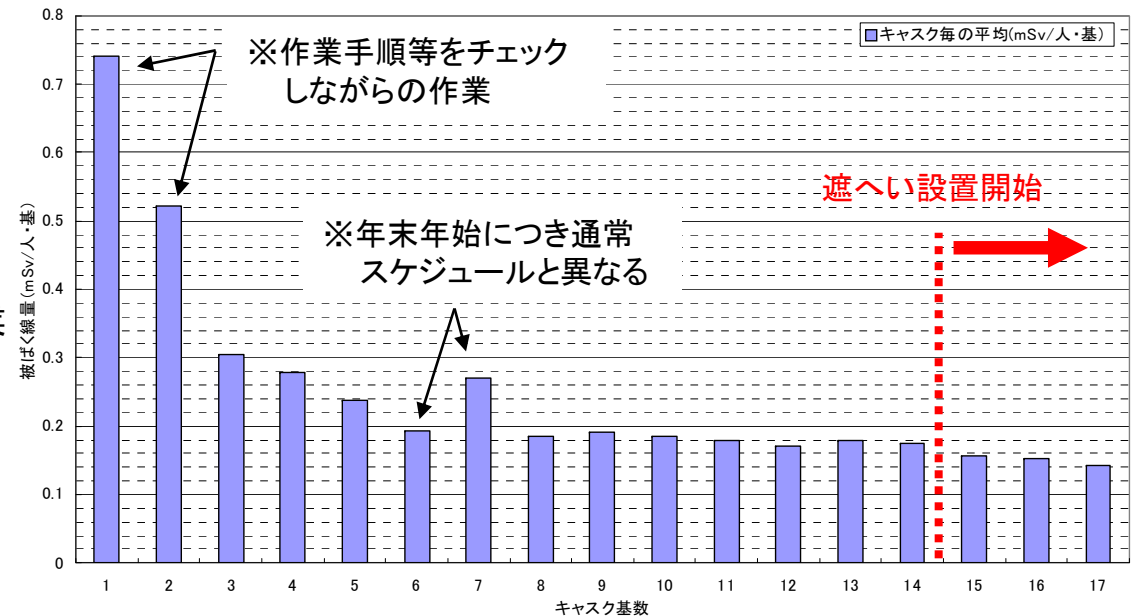


● キャスク取扱作業の被ばく線量実績

（キャスク基当たりの平均被ばく線量）

- ・燃料取り出し開始初期の平均被ばく線量
（3～5キャスク目の平均）：約0.28mSv/人・基
- ・遮へい設置以降の平均被ばく線量
（15～17キャスク目の平均）：約0.15mSv/人・基
- ※キャスク当たりの1日毎の平均被ばく線量を作業日数分合算した値を元に算定。

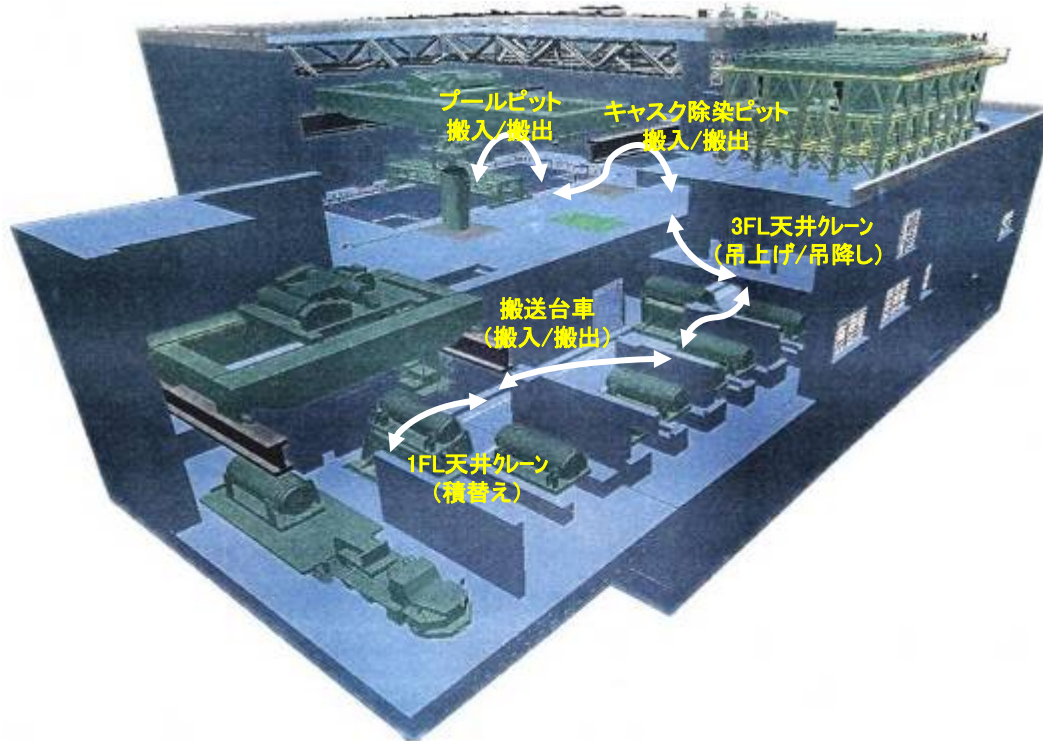
⇒ 約46%低減



3. 関連施設の状況

(1) 共用プール ①施設概要

- 共用プールは1F構内の既存施設で、1～6号機の使用済燃料プールで一定期間冷却された使用済燃料を貯蔵中(震災時、容量6840体に対し約93%貯蔵)。
- 今回、1～4号機使用済燃料プールの燃料を共用プールへ移送し貯蔵する計画。このため、1～4号機からの燃料受入にあたり、共用プールの空きスペース確保に向けて、震災前から共用プールに貯蔵中の使用済燃料を順次搬出中。



鳥瞰図



使用済燃料プール

3. 関連施設の状況

(2) 共用プール ②主要設備の復旧状況

- 東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波による電源喪失のため、一時的に冷却機能が喪失したものの、主要設備の早期復旧により共用プールは安定的に冷却されており、H24年12月には燃料の取り扱いが可能となっている。

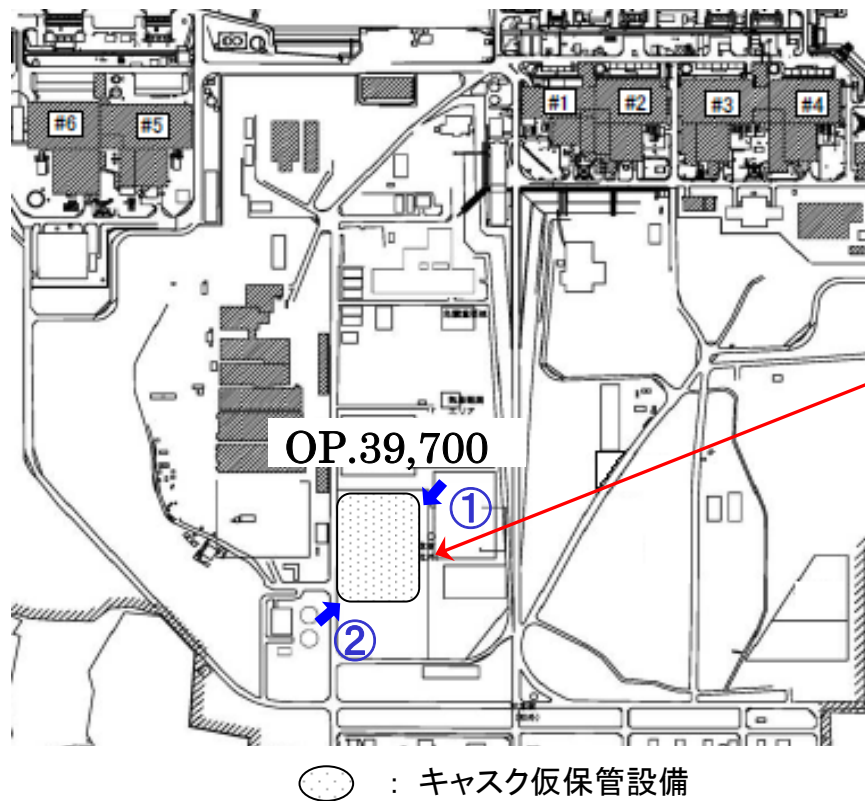
主要設備	震災後の状況	復旧状況及び今後の予定
電源設備	<ul style="list-style-type: none"> ・東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波により、共用プール建屋の地下1Fに設置された電源設備が70～120cm程度浸水したため、電源喪失 	<ul style="list-style-type: none"> ・H23年3月に仮設電源を設置し、電源供給を開始（H25年8月末迄に電源復旧完了） ・非常用電源については1F5, 6DGに加えてH24年3月より共用プール内非常用DG 4Bからも受電が可能
冷却浄化系	<ul style="list-style-type: none"> ・電源喪失に伴い停止し、一時的に共用プール水温は73℃程度まで上昇 ・浄化設備は排水先である集中廃棄物処理建屋が別用途に用いられたため、使用不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・H23年3月に冷却設備1系統を復旧し、水温は概ね15～35℃程度を維持 ・浄化設備はH25年10月末に2系統運用を実施
補給水系	<ul style="list-style-type: none"> ・電源喪失に伴い停止 ・補給水貯蔵槽への補給ラインは補給元の集中廃棄物処理建屋が別用途に用いられたため、使用不可（給水車で補給を実施） 	<ul style="list-style-type: none"> ・H23年3月に補給水ポンプを1台復旧（H25年3月迄に全2台復旧） ・補給水貯蔵槽への補給ラインはH24年3月に復旧
補機冷却系	<ul style="list-style-type: none"> ・電源喪失に伴い停止 	<ul style="list-style-type: none"> ・H23年3月に補機冷却ポンプを1台復旧（H25年7月迄に全3台復旧） ・エアフィンクーラはH25年7月迄に全12台復旧
燃料取扱装置	<ul style="list-style-type: none"> ・電源喪失に伴い停止 	<ul style="list-style-type: none"> ・H24年9月に復旧
天井クレーン	<ul style="list-style-type: none"> ・電源喪失に伴い停止 ・震災の影響により、一部軽微な損傷あり 	<ul style="list-style-type: none"> ・H24年2月に復旧

3. 関連施設の状況

(2) キャスク仮保管設備 ①施設概要

- 使用済燃料プールの燃料を共用プールに搬送するために必要な空き容量を共用プールに確保。
- 共用プールに貯蔵中の燃料を乾式キャスクに充填し、発電所外へ搬出するまでの期間、適切に保管・管理できるキャスク仮保管設備を設置。

キャスク仮保管設備(グラウンド内東側)



①着工前

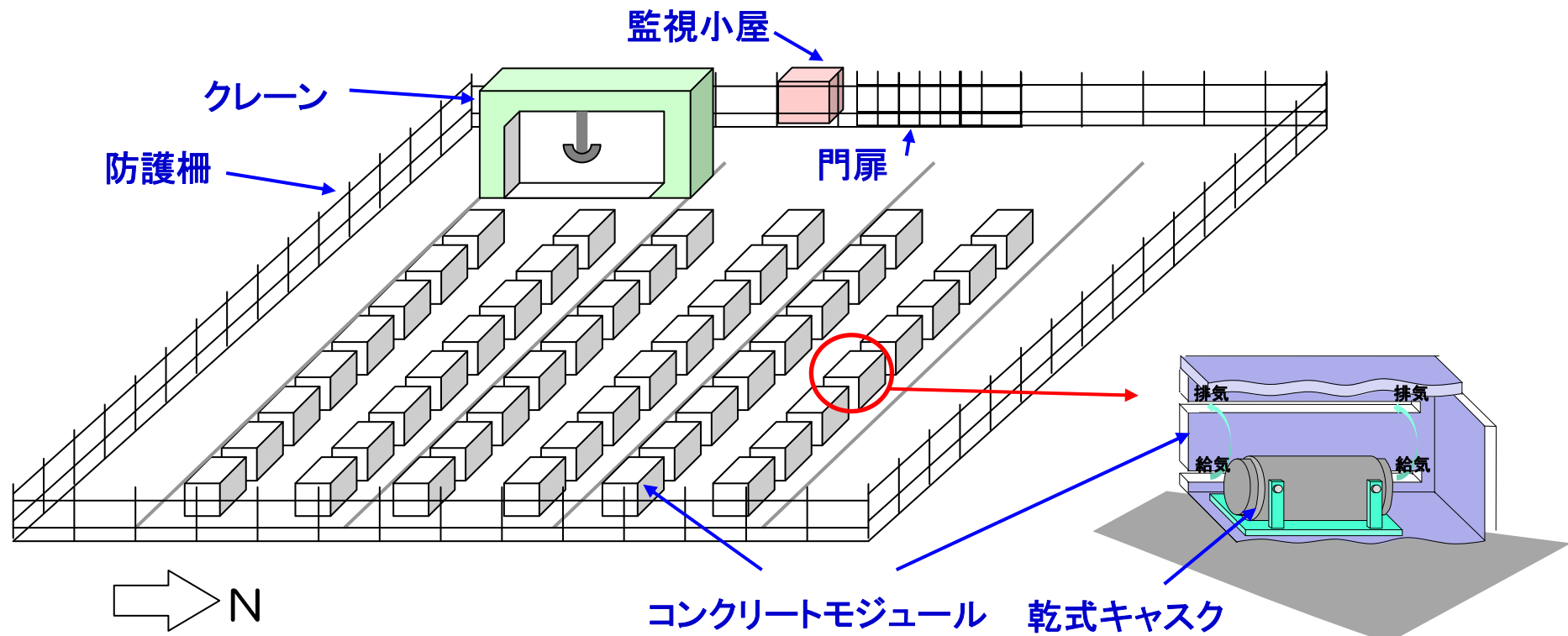


②工事の状況
(2013/1/31)

3. 関連施設の状況

(2) キャスク仮保管設備 ①施設概要

- 容量: 50基 (将来増設15基分のスペース確保)
- 特徴: キャスク1基毎をコンクリートモジュールで覆うモジュール方式
基礎構造は地盤改良を行いその上に基礎版を敷設
既存キャスク保管庫と同様支持架台を設け、固定ボルトにより固定支持
R/B天クレと同等の安全機能(ワイヤ二重吊り等)を有する門型クレーンを設置

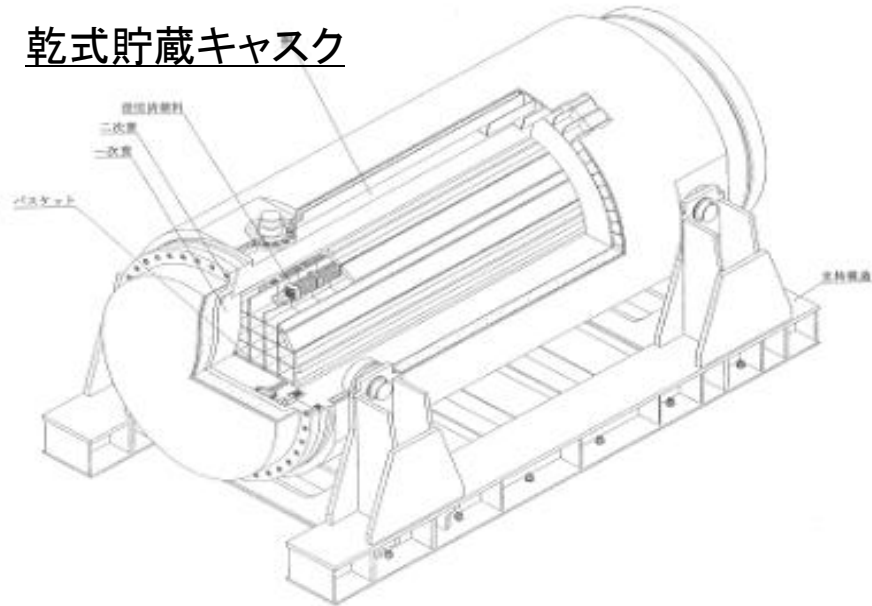


3. 関連施設の状況

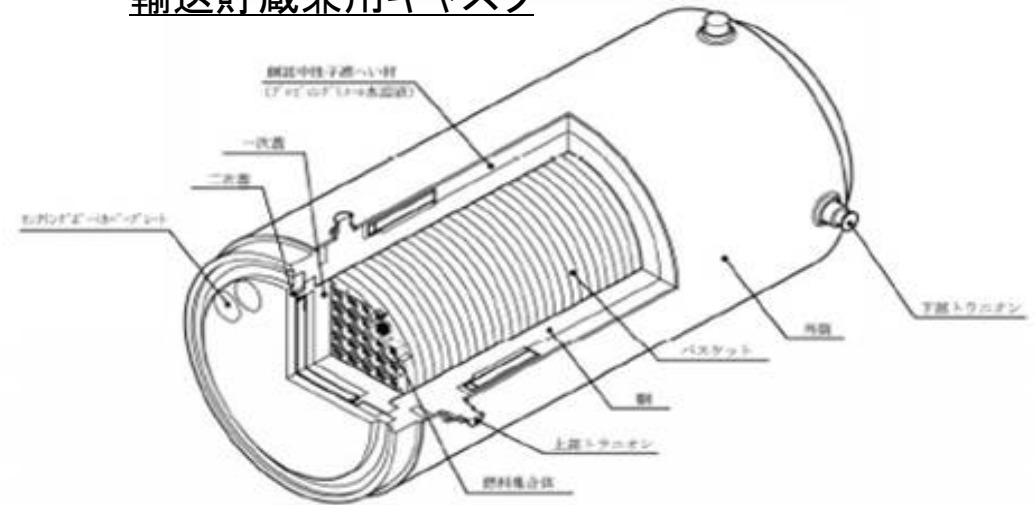
(2) キャスク仮保管設備 ②乾式キャスク

- 共用プールからキャスク仮保管設備への運搬・保管に使用する乾式キャスクは「乾式貯蔵キャスク」と「輸送貯蔵兼用キャスク」の2種類

乾式貯蔵キャスク



輸送貯蔵兼用キャスク



項目	乾式貯蔵キャスク (中型)	乾式貯蔵キャスク (大型)
重量(t) (燃料を含む)	約96	約115
全長(m)	約5.6	約5.6
外径(m)	約2.2	約2.4
収納体数(体)	37	52
基数(基)	12	8

項目	輸送貯蔵兼用 キャスクA※	輸送貯蔵兼用 キャスクB
重量(t) (燃料を含む)	約119	約119
全長(m)	約5.4	約5.3
外径(m)	約2.5	約2.5
収納体数(体)	69	69
基数(基)	30(A,B合計)	

※キャスクAは認可未取得

4. まとめ

- ▶ 4号機では、原子炉建屋使用済燃料プールに保管されている約1,500体の燃料を取り出すため、様々な工事・準備、必要な許認可取得等を行い、2013年11月、燃料取り出しの準備が完了。
 - ・原子炉建屋上部のガレキ撤去（2011/9/21～2012/12）
 - ・カバー／クレーン等の設置（2012/4/17～2013/11/12）
 - ・使用済燃料プール内のガレキ撤去（2013/8/27～2014/3（予定））
 - ・許認可取得（2012/12/7～2013/11/12）
 - ・作業手順書の整備、作業員の教育・訓練
 - ・共用プールの空き容量確保（共用プールの復旧、キャスク仮保管設備の設置、乾式キャスクによる使用済燃料移送）、構内道路整備 等
- ▶ 2013年11月18日、燃料取り出しを開始。引き続き、燃料取り出し作業を安全かつ着実に作業を進め、2014年末頃の完了を目指す。
- ▶ 震災前から存在する3体の漏えい燃料・変形燃料の移送方法の確立、作業者の被ばく低減対策に取り組み中。
- ▶ 取り出した使用済燃料は、当面、敷地内の共用プールに保管し、再処理・保管方法については2020年度頃に決定。