

## 中長期ロードマップこれまでの進捗の現状及び今後の主要課題

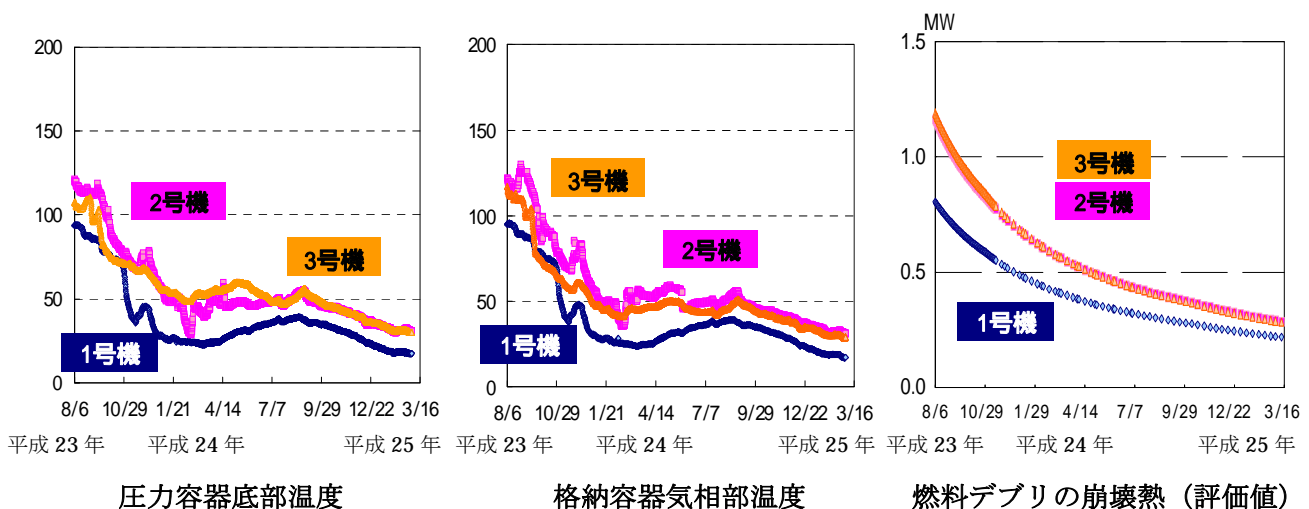
## 1. 原子炉の冷却

## 【進捗の現状】

## (1) 原子炉冷温停止状態の継続監視

- 1～3号機の原子炉は、ロードマップ制定時より、原子炉压力容器底部温度等は低温安定、原子炉建屋からの放出量は大幅に抑制。現在も注水冷却を継続することにより安定状態を維持と評価（原子炉压力容器底部温度等：約15～35℃）。
  - 2号機压力容器温度計が故障したことを受けて、監視装置の信頼性向上を目的に、故障時には交換が可能な代替の温度計を1台追加設置し、監視温度計として使用中。
  - 格納容器内の燃料デブリが冷却されていることの監視を補完することを目的に、1、2号機の原子炉格納容器内部調査を行い、格納容器雰囲気温度が既設の温度計とほぼ同様の値を示していたことから既設温度計の信頼性を確認。このことから、これまでの監視パラメータとも合わせて冷温停止状態が維持されていると認識。また、格納容器底部からの水位（1号機：約+280cm、2号機：約+60cm）が確保されていることについても確認。3号機については、当該作業エリアの線量が高いことから除染や遮へい等の環境改善を実施した上で同様の調査を実施することを検討。
- ・ 1号機、2号機の格納容器内部調査を実施（目標時期：1号機2012年9月）  
温度、水位、線量等を把握。（1号機：2012年10月、2号機：2012年1、3月）
  - ・ 2号機に压力容器代替温度計を設置（目標時期：2012年8月）  
設置完了し、保安規定で定める監視温度計として使用中（設置完了：2012年10月、監視温度計として使用開始：2012年11月）。

## 1～3号機压力容器底部温度、格納容器気相部温度の確認



(2) 循環冷却設備の信頼性向上

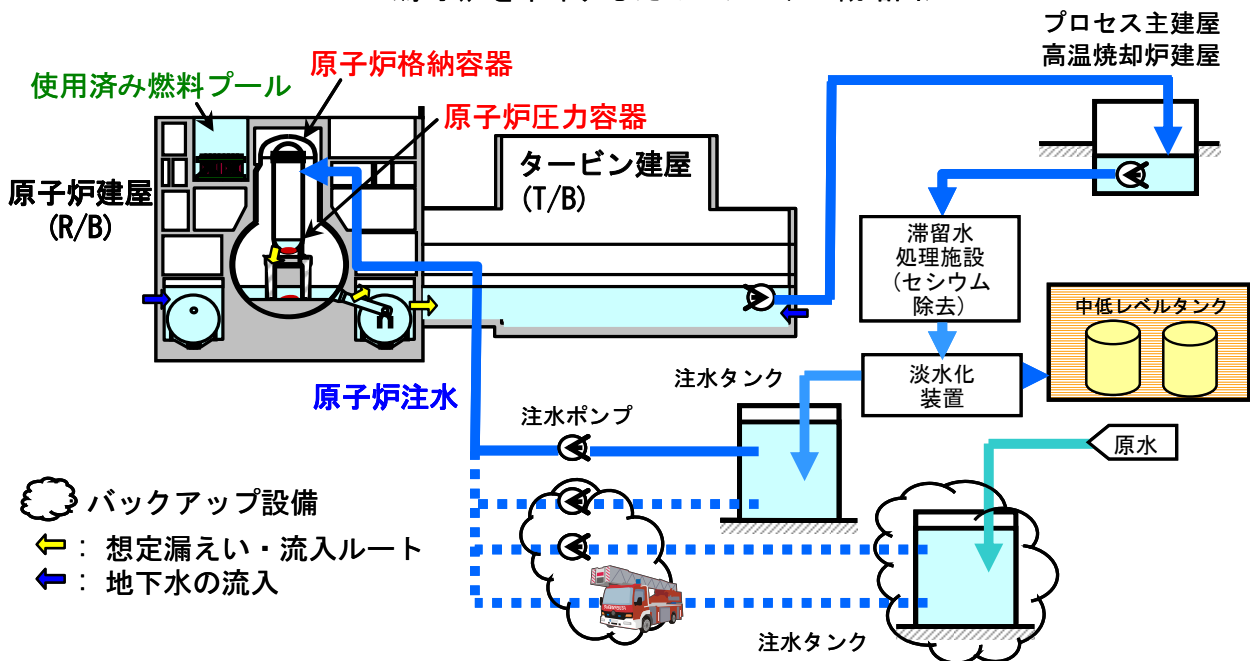
- 原子炉への注水冷却設備については、タービン建屋から取水し常用高台注水ポンプ（3台）からの注水ラインにより1～3号機に注水している。このバックアップとして、タンクやポンプの確保、注水ラインの多重化及び複数の母線からの電源確保等を実施し、信頼性向上を図った。
- 循環冷却設備からの水漏れ等の対策として、原子炉への注水ラインを水漏れ等に強いポリエチレン（PE管）に交換し、漏水リスクを低減。今後、水源をバッファタンクから復水貯蔵タンクにすることで、更なるリスク低減（耐震性向上等）を図る。

- ・ 注水ラインのポリエチレン管（PE管）化完了（2012年2月）
- ・ 水源の復水貯蔵タンク（CST）への変更（目標時期：2012年12月）  
当初3号機CSTタンクを水源とする予定であったが、更なる信頼性向上のため、1、2号機のCSTタンクも水源に追加。また、目標を2013年6月へ変更。

【今後の主要課題】

- 3号機格納容器内部調査の実施（建屋内の除染や遮へい等の環境改善が必要）
- 信頼性向上策（水源変更、監視計器の健全性確保等）の継続

<原子炉を冷却するためのシステム概略図>



## 2. 滞留水処理

### 【進捗の現状】

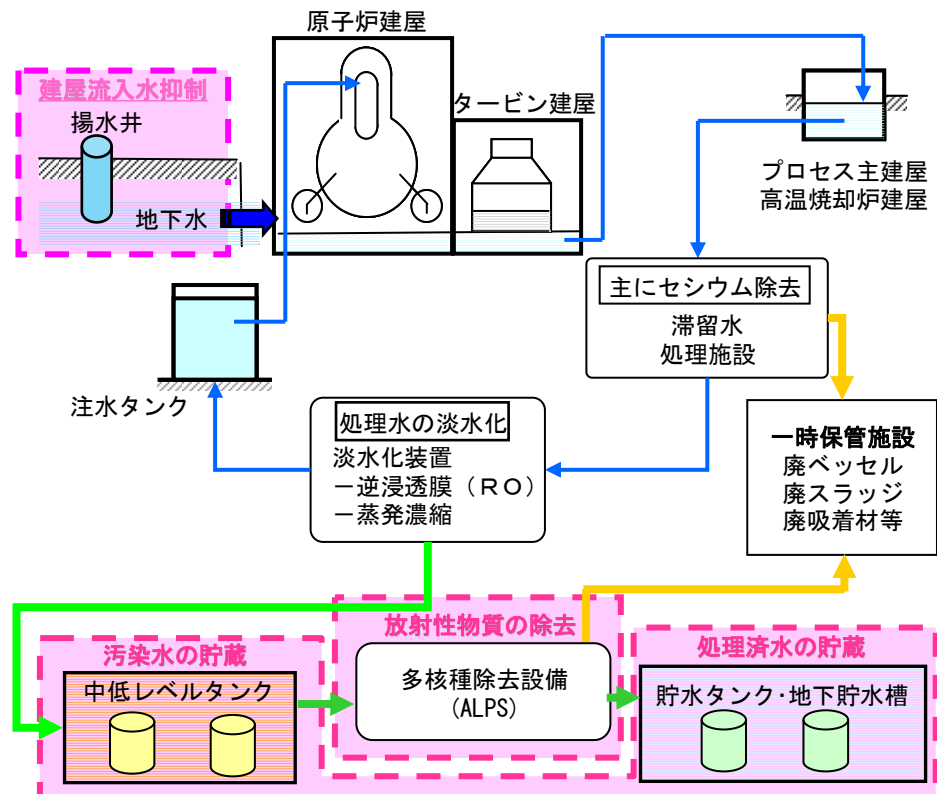
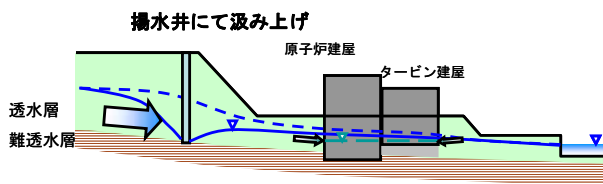
#### (1) 滞留水の速やかな処理

- 地下水流入により増え続ける滞留水は、セシウム等を除去した上で、原子炉の冷却に用いるとともに、余剰水はタンクに貯蔵。
- 建屋への地下水流入抑制対策として、サブドレン復旧や地下水バイパス（建屋山側で地下水を揚水し、その経路を変更して海にバイパスすること）に向けた準備を実施中。地下水バイパスについて、パイロット揚水井を用いた実証試験を行い、揚水量及び地下水の放射性物質が周辺の海域・河川と比較しても十分に低い値であることを確認。2013年3月に揚水・移送設備の一部が設置完了する予定。その後、関係者のご理解を得て、順次稼動を開始する予定。

#### ・サブドレン復旧（目標時期：2013年度以降）

タービン建屋等の周辺ピットにて浄化試験を実施したが、ピット内の水位を建屋滞留水の水位より下げることができず、ピット内に付着した放射性物質の除去が困難なため浄化未完了。復旧方法を検討し、順次復旧を実施。

#### 地下水バイパス 側面図（イメージ）



<滞留水処理の全体概要図>

## (2) 滞留水処理施設の信頼性向上

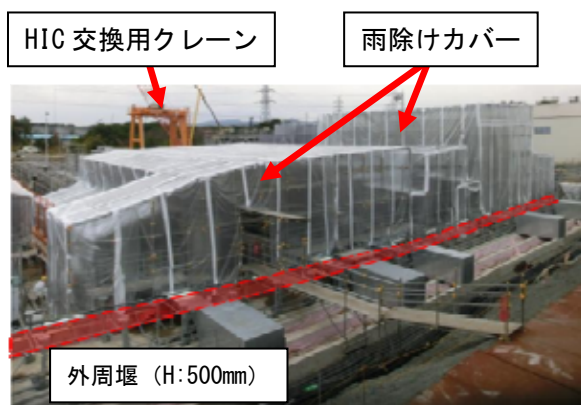
- タービン建屋等に滞留した滞留水の処理施設について、運転開始当初の様々なトラブルを踏まえた設備改善、処理装置の多重化による信頼性向上を実施。また、水移送ラインの耐圧ホース使用箇所についてポリエチレン (PE 管) 化を実施した。
- 処理水に含まれる放射性物質 (トリチウムを除く) を除去することにより一層低く管理する多核種除去設備について、設備の設置を完了。現在、更なる安全性の向上に向けた対策を検討・実施しており、今後、放射性物質を含む水を用いたホット試験を実施予定。
- 地下水流入により発生する余剰水を貯蔵するため、タンクの増設を継続。滞留水量に応じて必要な貯蔵容量を順次確保しており、現在約 32 万 m<sup>3</sup> のタンクを設置済。引き続き必要となるタンク容量を確認しながら、追加増設を進める計画。
- 滞留水の処理にあたっては、地下水流入対策、水処理施設の安定稼働、汚染水管理のための陸上施設等の更なる設置方策の検討を行い、これを踏まえた対策を実施することとしており、汚染水の海への安易な放出は行わない方針。

- ・多核種除去設備 (ALPS) の導入 (目標時期: 2012 年 9 月)  
当初計画より工程が延伸しているが、安全性を向上させるため追加対策を実施中。
- ・タンクの増設  
貯蔵容量約 32 万 m<sup>3</sup> を設置済み (貯蔵量約 27 万 m<sup>3</sup>)。 (3/5 現在)

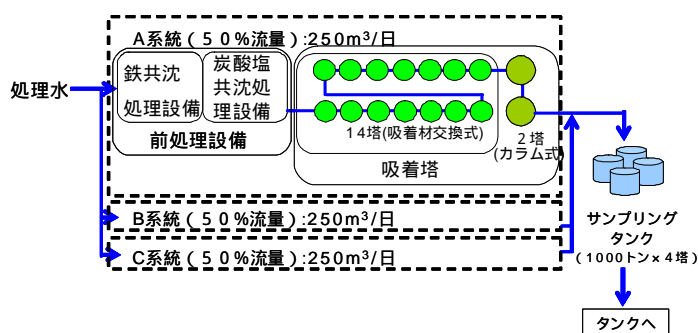
### 【今後の主要課題】

- サブドレンの早期復旧と地下水バイパスの稼働・安定運転
- 多核種除去設備の早期稼働、安定運転
- 2015 年中頃までに最大 70 万 m<sup>3</sup> の貯蔵量が必要となり得ることを踏まえて、タンク設置場所の調査、計画策定、工事を確実に実施

### 多核種除去設備の設置



<多核種除去設備設置状況>



<システム概念図>

### 3. 放射線量低減及び汚染拡大防止

#### 【進捗の現状】

#### (1) 放射性廃棄物管理及び敷地境界の放射線量低減に向けた計画

○現時点において、原子炉建屋からの放射性物質の放出による発電所敷地境界における被ばく線量は最大でも 0.03mSv/年と評価しており、新たな放出については抑制されている状態であると評価。

○原子炉建屋から放出される放射性物質及び一時保管中の固体廃棄物等による敷地境界の実効線量を 1mSv/年とすることを目的に、ガレキの覆土式一時保管施設設置、2号機ブローアウトパネル開口部の閉止等の対策を実施し、敷地境界線量低減を達成する見込みであることを確認。今後もモニタリングを継続し、放射性物質の更なる放出抑制策の検討を継続。

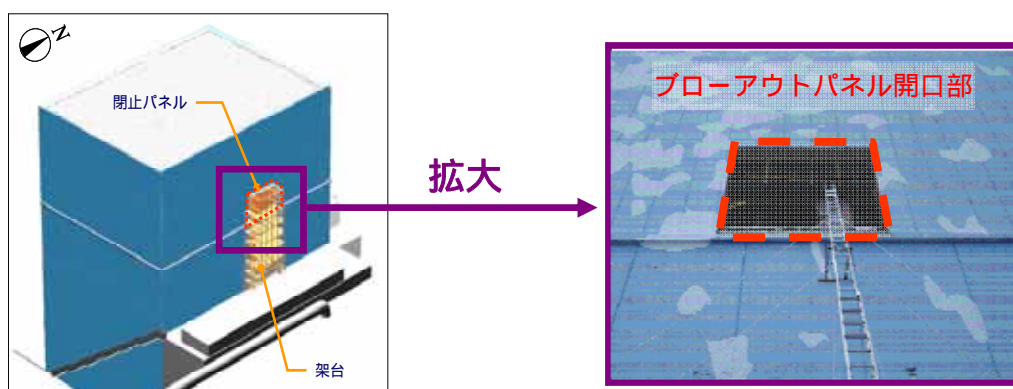
- ・ 敷地境界の線量低減（目標時期：2013年3月）  
ガレキや伐採木の覆土、ガレキの移動等を進め、おおむね計画通りに進捗。
- ・ 2号機原子炉建屋ブローアウトパネル開口部の閉止（目標時期：2013年3月）  
2012年11月より足場組み等の作業を開始。計画通り作業が進捗。

#### (2) 敷地内除染計画

○作業員の被ばく線量低減、作業性向上を目的に敷地内除染等を実施中。免震重要棟の執務エリアの非管理区域化を実現するとともに、通勤バス乗降場、正門警備員が常駐するエリアについても除染等により線量低減を実施。今後も、構内・構外車両駐車場やその他のエリアについても除染を実施し、作業員の被ばくをより一層低減。

- ・ 敷地内除染の実施  
除染を計画的に行う中長期の実施方針を策定（2012年10月）。  
作業員が常時立ち入る免震重要棟執務エリアの非管理区域化実現（2012年5月）。

#### 2号機原子炉建屋ブローアウトパネル開口部の閉止



### (3) 海洋汚染拡大防止計画

- これまでに、建屋内の滞留水の一部がピット等を通じて海洋へ流出した事象が発生したことから、ピット等の閉塞、港湾内へのシルトフェンスや海洋循環型浄化装置の設置等、様々な対策を実施。また、建屋内の滞留水の水位を地下水の水位より低く管理することにより、地下水への流出（逆流）を抑制しており、今後もこれを継続。
- 万一汚染水が地下水に漏洩した場合の海洋汚染拡大防止を目的とした1～4号機の既設護岸の前面への遮水壁の設置工事を実施中。工事は2011年10月に着手、2012年4月に本格着工し、予定通り進捗。
- 2012年5月に5, 6号機側にシルトフェンスを設置し、同年5月までに1～4号機の取水路前面エリアの海底土を、同年7月までに5, 6号機の取水路前面エリアの海底土を固化土により被覆。
- 港湾付近の海水中の放射性物質濃度を継続的にモニタリングしており、1～4号機取水路前面エリアの一部を除き告示限度未満であることを確認。告示限度未満となっていない箇所については、放射能濃度の低減に向けて社外研究機関等の協力も得ながら検討を継続。

- ・遮水壁の設置（目標時期：2014年度半ば）

2012年4月より本格施工に着手。計画通り作業が進捗。

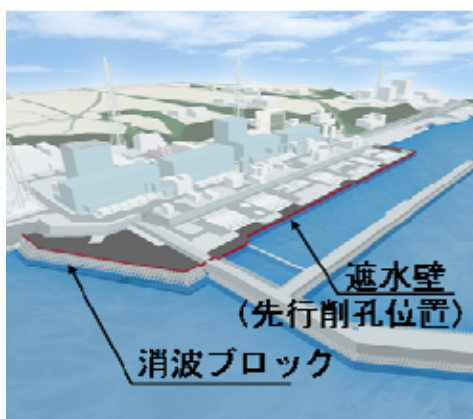
- ・港湾内海水中の放射性物質濃度の低減（目標時期：2012年9月）

1～4号機取水路前面開渠内の海水は告示限度未満を未達成。セシウム（Cs）、ストロンチウム（Sr）の浄化方法等について検討を継続。

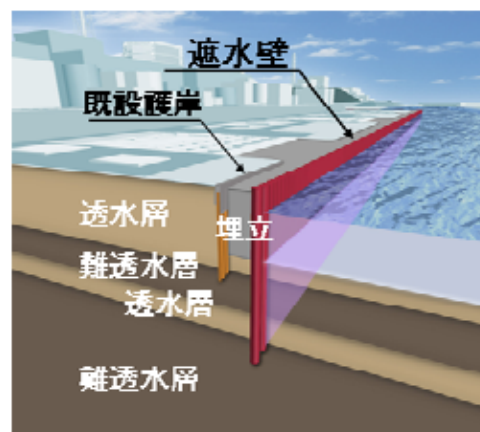
#### 【今後の主要課題】

- 港湾内海水の放射性物質濃度の抑制に向けた技術検討・対策を実施
- 廃炉に向けた作業に伴い発生する廃棄物を踏まえた、敷地境界における実効線量の抑制

#### 遮水壁のイメージ図



全景図



断面図

#### 4. 使用済燃料プールからの燃料取り出し計画

##### 【進捗の現状】

(1) 燃料取り出しに向けた建屋上部ガレキ撤去、カバー設置工事等

- 1～4号機使用済燃料プールは、循環冷却を継続し、安定状態を維持と評価。
- 1～4号機使用済燃料プール水の塩分除去が概ね完了し塩分による腐食の抑制が達成されたものと評価。
- 使用済燃料プールの安定状態を維持するため、循環冷却システムの保守・管理、プール水のサンプリングによる塩分濃度等の定期的な確認を実施中。
- 第1期の主要目標である4号機使用済燃料プール内の燃料取り出し開始（2013年12月までに開始）に向けて燃料取り出し用カバーの設置工事を実施中。
- 4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し開始は中長期ロードマップからの1ヶ月前倒し（2013年11月）、取り出し完了の1年前倒し（2014年末頃）を目指す。

##### ・ 4号機燃料取り出しに向けた主要工事

建屋上部ガレキ撤去完了（2012年12月）。鉄骨建て方工事開始（2013年1月）

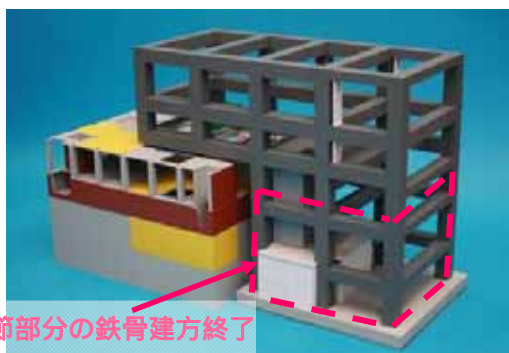
##### ・ 3号機燃料取り出しに向けた主要工事

ガレキ撤去作業中に、不安定な鉄骨が燃料プール内に滑落（滑落：9/22、撤去：12/20）。プール上部の鉄骨トラスガレキの撤去完了（2/6）

##### ・ 4号機使用済燃料プール内新燃料（未照射燃料）の健全性調査

新燃料を試験的に取り出し、健全性調査を実施。燃料棒の腐食等の兆候は確認されず、材料腐食が燃料取り出しに大きな影響は与えないと評価（2012年8月）。

#### 4号機燃料取り出し用カバー設置工事



第2節部分の鉄骨建方終了

カバー完成イメージ



第2節部分鉄骨建方終了（2/28）

## (2) 共用プール補修、乾式キャスク仮保管設備の設置等

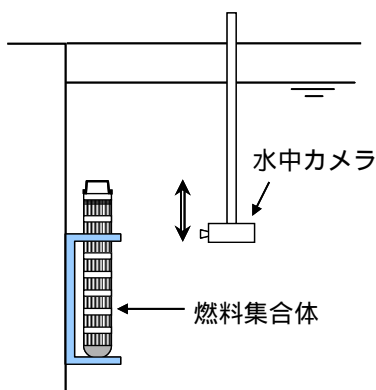
- 使用済燃料プールから取り出した燃料を保管するため、共用プールを復旧し、移動予定の燃料及び燃料ラックの点検を実施し、健全であることを確認。
- 共用プールの空き容量を確保するため、共用プール内燃料を移動する乾式キャスク仮保管設備を設置中。準備ができ次第、乾式キャスクの搬入を開始予定。

- ・共用プールの復旧、燃料・燃料ラックの点検（目標時期：2012年末頃）  
概ね復旧完了（2012年11月）。共用プール内燃料の移動にあたり、燃料・燃料ラックの点検を実施し、健全性を確認（2013年1月）。
- ・乾式キャスク仮保管設備の設置（目標時期：2012年末頃）  
基礎工事、コンクリートモジュール設置工事等を継続実施中。当初計画より遅れはあるものの、4号機の燃料取り出しに影響のない範囲。

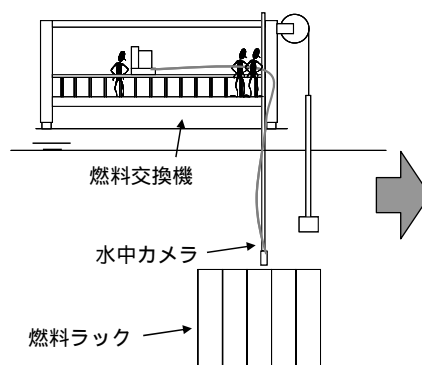
### 【今後の主要課題】

- カバー工事の高所作業等における事故や想定外のトラブルの発生。
- 現場の線量が高く原子炉建屋の損傷が激しい3号機のカバー工事は、無人重機による遠隔作業の難度が高い。特にオペフロの線量低減対策やプール内の大型ガレキ撤去作業の不確定要素が大きい。
- 1、2号機の燃料取り出しに向けた具体的な計画の検討、立案

### 共用プールにおける燃料及び燃料ラック点検



使用済燃料外観点検イメージ



燃料ラック点検イメージ



福島第一共用プール（震災前）の例



## 5. 燃料デブリ取り出し

### 【進捗の現状】

#### (1) 建屋内アクセスのための遠隔除染技術・工法の開発等

- 今後の燃料デブリ取り出しのためには、作業員が原子炉建屋に立入る必要があるが、建屋内は線量が高いため、作業環境を改善するための遠隔除染装置の開発や、遮へい等を含め総合的に被ばく量を低減するための検討を実施中。
- 1～3号機原子炉建屋1階等の汚染状況や除染技術を整理したうえで、遠隔除染装置を開発中。福島第二で実証試験を行っており、実機への適用性を確認しているところ。今後福島第一の実機に適用予定。

#### ・遠隔除染技術開発，総合的線量低減計画の策定（確立目標：2014年3月）

1階フロアを対象とした遠隔除染装置を開発。今後の福島第一の現場適用を目指す予定。

建屋内線量マップの作成、除染/遮へい/機器撤去等を含めた作業計画立案中。

### 開発中の遠隔除染装置



高圧水洗浄  
除染装置



ドライアイスブラスト  
除染装置



ブラスト・吸引回収  
除染装置

## (2) 格納容器漏えい箇所特定・補修、内部調査、等

- 燃料デブリ取り出しには遮へい等の観点から格納容器を冠水することを想定しているが、現状の格納容器は事故の際に損傷した可能性があり、水を溜める水密性がないことから、補修・止水のための現場調査や装置開発を実施。現場調査結果や国内外から募集した技術を活用し、装置の仕様検討や設計を実施中。
- 格納容器内の燃料デブリの分布状況等を把握するため、格納容器内部のデータを取得するための調査を実施。これらの情報を基に装置開発を実施中。

### ・格納容器漏えい箇所の調査・補修に向けた現場調査・技術開発

格納容器内部調査、原子炉建屋内三角コーナー及びトラス室の調査を実施。  
漏えい箇所特定、補修（止水）のための装置を開発中。  
装置開発を支援する技術について、遠隔技術タスクフォースにて公募を開始。

## (3) 炉内状況把握・解析

- 炉内の燃料デブリ等の状況を把握するための、解析コードの高度化等の研究開発について、国内外の叡智等も活用し取り組みを実施中。

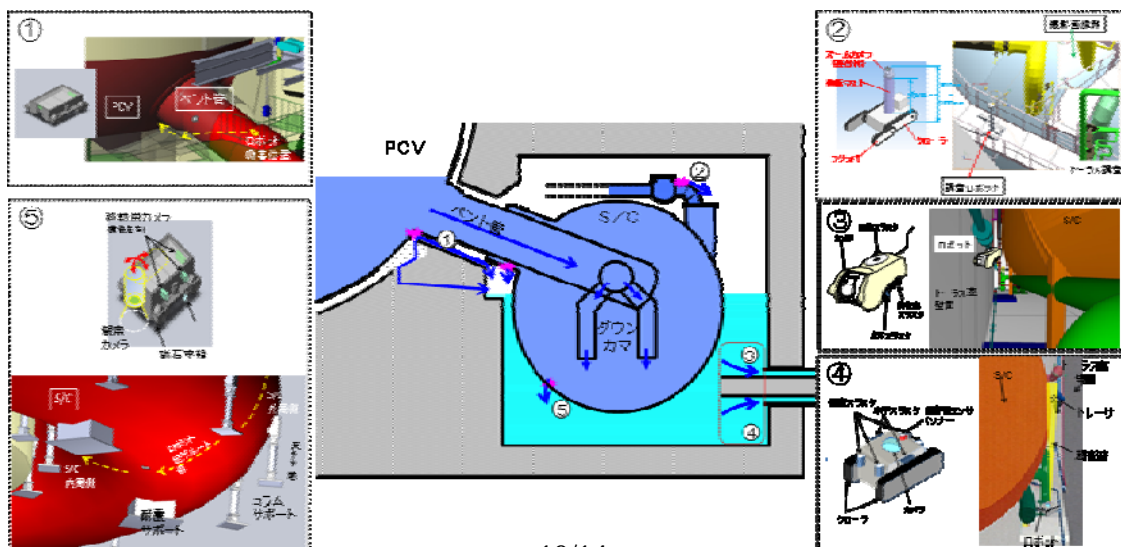
## (4) 燃料デブリ性状把握・処理準備

- 燃料デブリ取り出し時の安全性を確保し、特性に応じた取り出し治具を準備するため、燃料デブリの物性値の整理等を実施中。
- 燃料デブリ取り出し後の保管・処理方法等について、検討中。

### 【今後の主要課題】

- 号機毎に損傷や汚染状況が異なることから、号機毎の燃料デブリ取り出し計画を作成し、技術開発課題を抽出して対応を図る
- 2012年度の実績を受け、新たに判明した課題等を2013年度の計画に反映
- 遠隔操作機器・装置の開発や実証、運転員訓練等に活用する研究拠点構想に掲げる「実規模モックアップ・センター」の早期整備

### 格納容器下部漏えい調査装置（イメージ）



## 6. 放射性廃棄物処理・処分に向けた計画

### 【進捗の現状】

#### (1) 放射性廃棄物の適切な管理

○放射性廃棄物による放射線量の低減のため、保管エリアを確保の上、放射性廃棄物を適切に保管するための対策を実施。ガレキ等については、放射線量率や材質によって可能な限り分別し保管するとともに、覆土式一時保管施設への搬入を進めている。伐採木については枝葉と幹を分別・保管しているが、枝葉については、減容化および管理徹底のため、新たに設置した一時保管槽に搬入を開始。

#### ・ガレキ等の管理計画の策定（目標時期：2013年3月）

今後の廃棄物発生量や放射能レベルに応じ、エリアを確保し適切に保管・管理していくための中長期的な計画を検討中。2013年3月までに管理計画を作成し、順次計画を具体化していく。

#### ・固体廃棄物管理

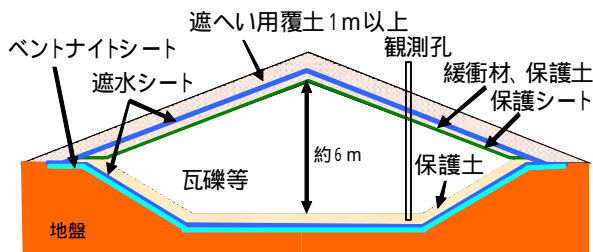
ガレキの覆土式一時保管施設（1、2槽）の設置工事中（2013年3月竣工予定）。

伐採木一時保管槽の設置工事中（2013年3月竣工予定）。

滞留水処理により発生した水処理二次廃棄物を適切に保管中。

使用済保護衣等を減容する雑固体廃棄物焼却設備の建設準備工事等を実施中。

### ガレキの覆土式一時保管施設

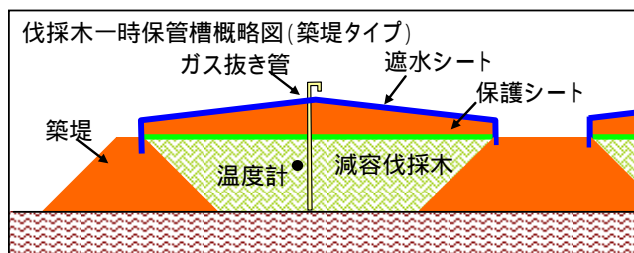


イメージ図

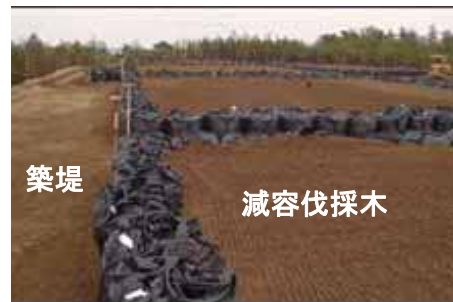


ガレキの受入れ状況  
(2槽目：2/26撮影)

### 伐採木一時保管槽



イメージ図



伐採木搬入状況  
(2/19撮影)

## (2) 放射性廃棄物処理・処分に向けた研究開発

- 事故後の廃棄物は、従来の廃棄物と異なる特徴（核種組成、塩分含有等）を持つことから、安全な放射性廃棄物処理・処分の見通しを得るため、JAEA（日本原子力研究開発機構）等と協力し、廃棄物の性状把握等の研究開発を実施。
- ガレキ、伐採木、滞留水及び処理水等の試料について、分析手法が確立されている核種の分析等を実施。引き続き国内外研究機関等の協力を得ながら検討を継続。

### ・水処理二次廃棄物の性状調査等（目標時期：特性試験 2014年3月）

模擬廃棄物を用いた特性試験を実施中。

滞留水及び処理水試料について、分析手法が確立されている32核種について分析（2012年8月）。分析結果を基に二次廃棄物に含まれる放射能濃度を評価中。並行してガレキ・伐採木について、試料を採取し分析を実施中。

### ・処理・処分に係る研究開発計画の策定（目標時期：2013年3月）

日本原子力学会に特別委員会が設置され検討。2013年3月までに計画案を作成し、海外関係機関からも意見を求める予定。

## 【今後の主要課題】

- 今後も増加する放射性廃棄物の適切かつ効率的な処理・保管
- 安全な処理・処分の見通しを得るために必要となる廃棄物の性状把握・物量評価等の実施
- 様々な分析ニーズに対応できる研究拠点構想に掲げる「放射性物質の分析のための施設」の早期整備

## 今後の主要課題（廃棄物の性状把握・物量評価）

### 性状把握・物量評価

・ガレキ・スラッジなど従来の廃棄物と性状が異なる。  
・各技術開発に資する基本情報を把握する。

#### <アウトプット>

- ・核種別の放射能濃度
- ・物理化学的特性 等

#### 従来廃棄物との相違点例

- ・主要核種：Co-60、C-14など。  
今回：Cs-137、Sr-90など
- ・海水が混入し、Na及びCl濃度が高い。  
処理・処分に対する影響評価が必要
- ・スラッジなどの化学組成が不明なものも存在。  
分析により同定が必要

## 7. 要員確保・作業安全確保に向けた計画

### 【進捗の現状】

#### (1) 要員確保／安全確保

- 当面の作業において、要員の不足は生じない見込みである。長期的には高線量の原子炉建屋内の作業や燃料デブリの取り出しなどの作業もあり、必要となる技術・人材を念頭において、計画的な要員の育成・確保を進めていく。
- 長期に亘る廃止措置等に向けた作業をやり遂げるためには、作業員の皆さまにとって「安心して働きやすい職場」に整備していくことが重要との認識のもと、作業員の皆さまへのアンケート調査や元請企業の皆さまとの情報共有を定期的に行い、作業環境や労働条件の改善に努めている。今後も、アンケート等により現場のニーズを把握しながら継続的に作業環境の改善や適切な労働条件の確保に努めていく。

#### ・要員管理

今後の中長期作業を考慮しつつ、法令上の制限である 100mSv/5 年を守るために、75mSv を超える社員の配置転換を平成 23 年 10 月より開始。

#### ・適切な労働条件の確保

・「就労実態に関するアンケート」の結果を踏まえ、以下の取組を実施中。

✓ 厚生労働省による講習会

✓ 適切な労働条件を確保するための元請会社の取組の調査

#### ・熱中症発生防止

熱中症予防対策の開始時期を早めると共に、炎天下作業となる時間帯の作業制限や通気性の良いカバーオール等の導入等の対策により、熱中症の発生を抑制（2012 年度 7 名／2011 年度 23 名）。

### 熱中症予防対策の一例



WBGT 値の電光表示パネル



クールベスト

注：WBGT 値（人体の熱収支に影響の大きい湿度、放射熱、気温の三つを取り入れた指標）

- 出入り拠点の整備（目標時期：正門付近への出入管理施設の建設 2013年6月）  
出入り管理施設の建設は、既存設備の撤去に伴い発生するガレキの保管場所調整等に時間を要したが、2013年6月末の運用開始を目指し準備中。
- 防護装備の適正化  
APD不正使用に関する再発防止策として、胸部分が透明な防護服の運用を開始（高線量作業：2012年10月～、全作業：2013年2月～）。  
空气中放射性物質濃度を確認の上、全面マスク着用省略エリア等を順次拡大中。
- 医療体制の継続的確保  
福島第一救急医療室とJヴィレッジ診療室において、医師と看護師が24時間体制にてローテーション勤務を実施（利用は無料）。両施設とも、医師は医療機関から派遣いただき運営している。今後の長期的な医療体制整備のため、2013年4月より1名の医師を固定の医師として新たに採用。（固定の医師及び派遣いただいている医師で運営）

#### 【今後の主要課題】

- 長期的な要員確保と人材育成・地元雇用への配慮
- 労働環境改善、適切な就労条件の確保に向けた継続的な取組

#### 医療体制の継続的確保



5/6号救急医療室内における医師と看護師



5/6号救急医療室内