

第一原発の汚染水対策について

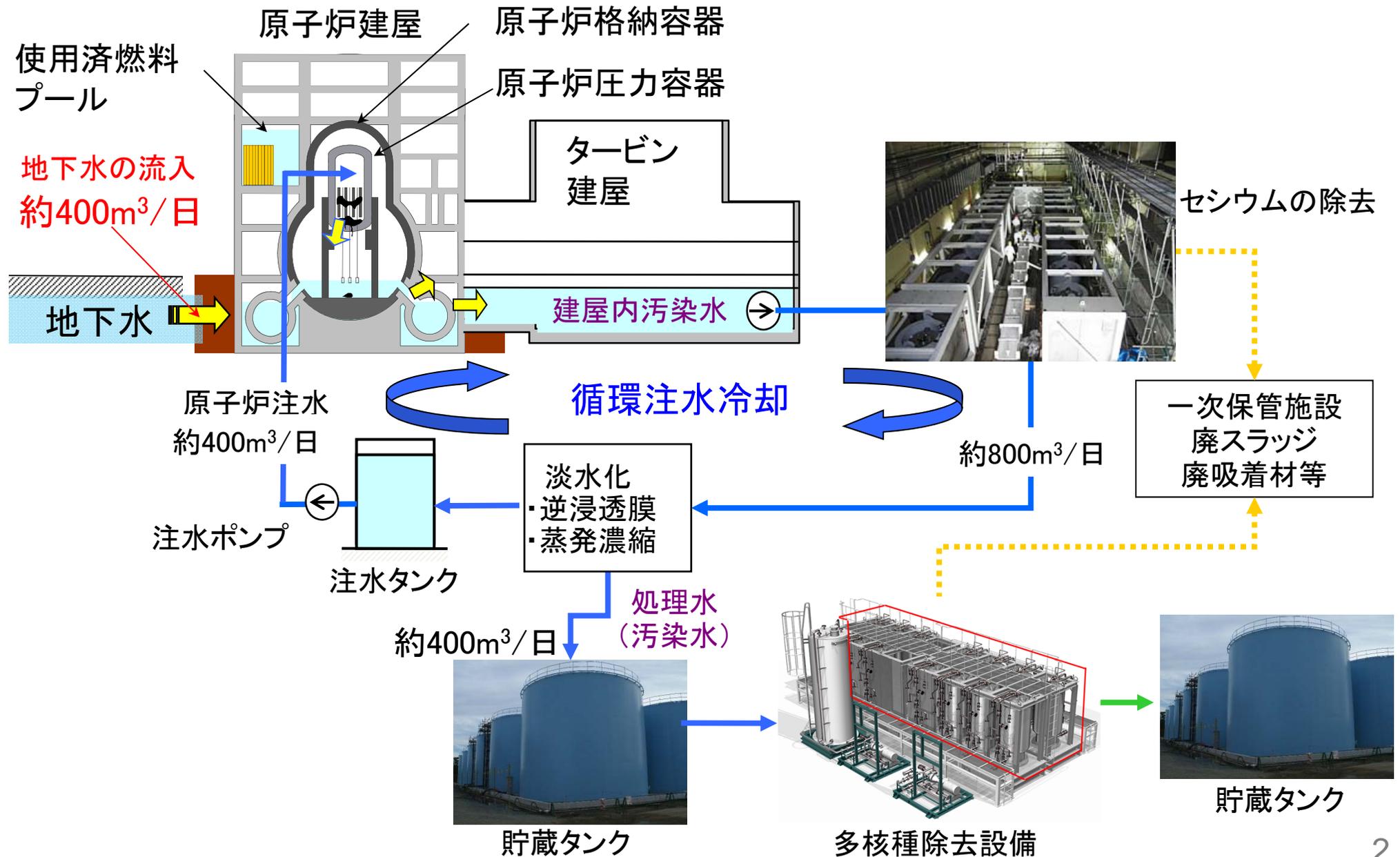
平成26年2月20日

内閣府

廃炉・汚染水対策チーム事務局

循環注水冷却システムの概要

◆原子炉への循環注水冷却を継続することにより、低温での安定状態を維持。



サイト内のタンクの状況

- ◆総貯蔵量は約43万 m^3 、総貯蔵量は約40万 m^3 。
- ◆80万 m^3 までの増設計画(平成27年度末までの目標)



【各タンクの貯蔵容量*】

鋼製角型タンク : 約0.9万 m^3

鋼製円筒型タンク(フランジ) : 約28万 m^3

鋼製円筒型タンク(溶接) : 約10万 m^3

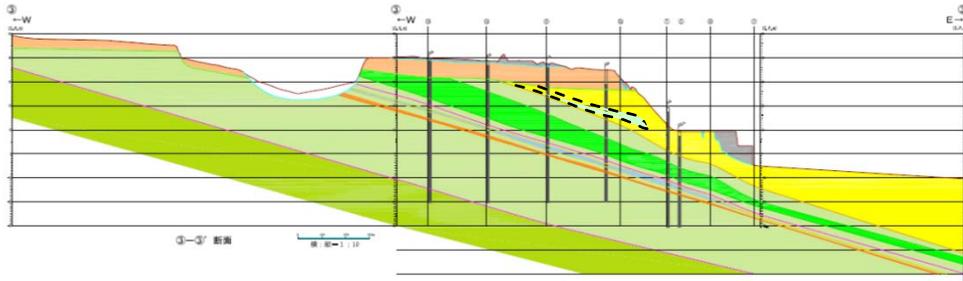
鋼製横置きタンク : 約4万 m^3

* H25.12.24現在

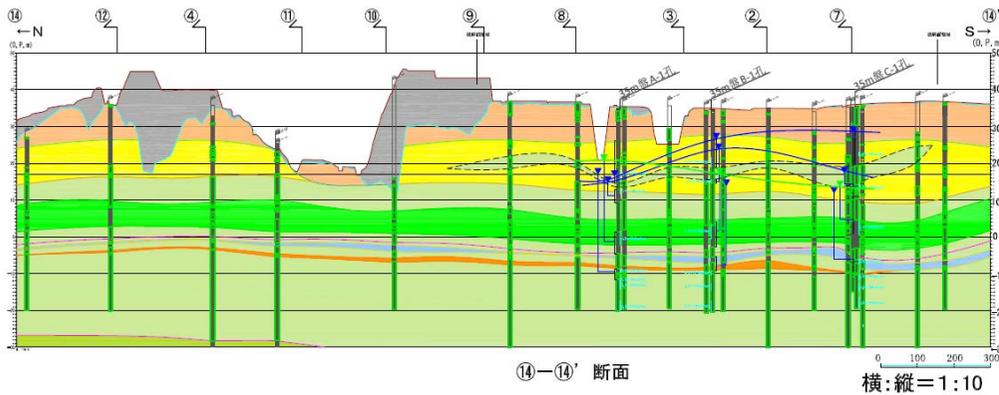
福島第一原発サイト内の地下水の分析①

- ◆東京電力がこれまでに実施したボーリング結果、地下水位の測定結果、地下水位の経時変化と降雨の運動性に関するデータ等を確認し、敷地内の地下水・地質構造を再整理。
- ◆中粒砂岩層を流れる地下水は、主として敷地内の雨水の浸透によるものが支配的であり、互層を流れる地下水は主として敷地内の雨水の浸透によるものであるが、一部敷地外から流入する地下水が混在していると推察。

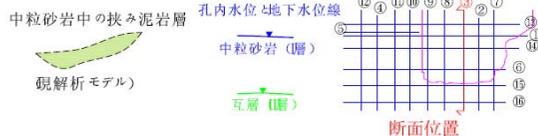
福島第一原発4号機南側の地層断面図(東西断面)



福島第一原発35m盤の地層断面図(南北断面)



- | | |
|--------------|-----------------------|
| 柱状図凡例 | 地質凡例 |
| 埋戻土 | 埋戻土 |
| 粘土シルト | 第四紀層 段丘堆積層 |
| 砂 | 富岡層 T3部層 中粒砂岩層 (I層) |
| 礫 | 富岡層 T3部層 泥質部 (I層、IV層) |
| 泥岩 | 富岡層 T3部層 互層部 (II層) |
| 泥質泥岩 | 富岡層 T3部層 細粒砂岩層 (IV層) |
| 砂質泥岩 | 富岡層 T3部層 粗粒砂岩層 (IV層) |
| 泥質砂岩 | 富岡層 T2部層 |
| 砂岩 | 凝灰岩鍵層 |
| 凝灰岩 | |
| 軽石 | |

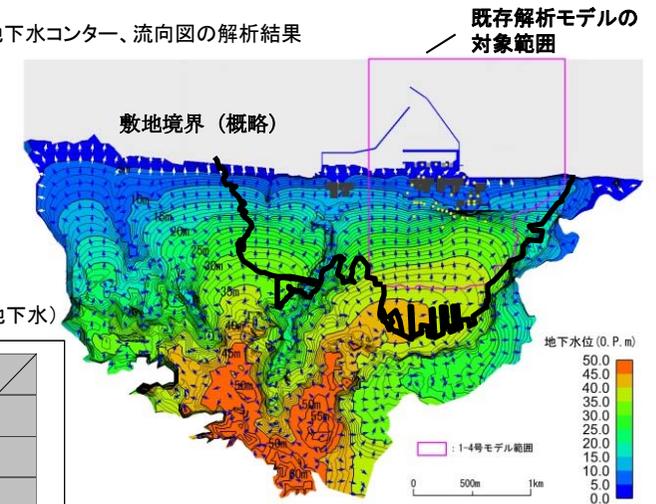


- ◆既存の汚染水対策(建屋周辺の対策が大半)を決定する際に用いたシミュレーションモデルの妥当性を確認。
- ◆予防的・重層的対策を検討するため、福島第一原発の敷地周辺を含む、地下水流動の全体像を把握すべく、シミュレーションモデルの対象エリアを敷地境界外に拡大。
- ◆解析の結果と実測データを比較し、新しいシミュレーションモデルの再現性を確認。

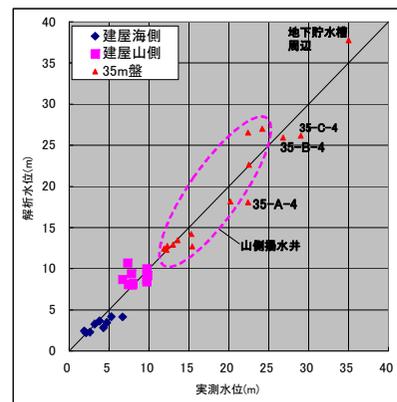
【主な解析条件】

- ①降雨量 : 年平均降水量 1545mm
- ②降雨浸透率: 55%
(蒸発量を年間700mmとした)
- ③構造物等の透水係数: 計23種類の地層や構造物に対して透水係数を設定
- ④境界条件: 解析領域の海側/山側における条件をそれぞれ静水圧と設定。
(境界における地下水の出入りを事前に解析。)

地下水コンター、流向図の解析結果



解析水位と実測水位との比較(不圧地下水)



福島第一原発サイト内の地下水の分析②

◆新しい地下水シミュレーションモデルを基に、各対策を個別又は組み合わせて実施した場合の建屋への地下水流入抑制効果等について解析。対策の組み合わせによる効果について、50ケースを超える解析を実施。

◆地下水流入抑制に係る、対策の組み合わせによる効果の解析結果を比較することで、あきらかとなった主な事項は以下のとおり。

ケースの代表例とその解析結果

| ケース | 対策工 | | | | | | | | 建屋流入量(トン/日) | | 海域への流入量(トン/日)(注1) | くみ上げ量(トン/日) | くみ上げ量内訳(トン/日)(注2) | | |
|---------|-------|---------|-------|------|--------|-------|-----------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------|------------|
| | 4m盤対策 | 地下水バイパス | 海側遮水壁 | 山側SD | 山/海側SD | 陸側遮水壁 | フェーシング | 山側遮水壁 | 合計 | 1-4号機建屋 | | | 地下水バイパス | サブドレン | 地下水ドレン(注3) |
| 対策無し | | | | | | | | | 400 | 310 | 290 | 400 | | | |
| ケース1 | ● | | | | | | | | 410 | 320 | 220 | 460 | | | 50 |
| ケース2 | ● | ● | | | | | | | 390 330 290 | 300 250 210 | 220 200 210 | 900 1210 1130 | 460 840 790 | | 50 |
| ケース3 | ● | | ● | | | | | | 400 | 320 | 0 | 750 | | | 350 |
| ケース4 | ● | | | ● | | | | | 140 | 90 | 190 | 1000 | 820 | | 40 |
| ケース5 | ● | | | | ● | | | | 120 | 80 | 180 | 1070 | 920 | | 30 |
| ケース6 | ● | | | | | ● | | | 130 | 30 | 100 | 140 | | | 10 |
| ケース7 | ● | | | | | | ●約2.0km ² | | 130 | 110 | 90 | 130 | | | |
| ケース7-2 | ● | | | | | | ●約1.7km ² | | 160 | 130 | 100 | 160 | | | |
| ケース8 | ● | | | | | | ●※約1.0km ² | | 300 | 240 | 170 | 330 | | | 30 |
| ケース8-2 | ● | | | | | | ●※ | ●※※ | 170 | 130 | 140 | 190 | | | 20 |
| ケース9 | ● | | | | | | | ●敷地境界内側 | 420 | 330 | 220 | 470 | | | 50 |
| ケース10 | ● | ● | ● | | ● | ● | | | 70 | 0 | 0 | 1020 | 500 | 310 | 140 |
| ケース11 | ● | | ● | | | ● | | | 130 | 30 | 0 | 270 | | | 140 |
| ケース12 | ● | ● | ● | | | ● | | | 130 | 30 | 0 | 770 | 500 | | 140 |
| ケース13 | ● | ● | ● | | | ● | | | 60 | 20 | 0 | 1770 | 330 | 1230 | 150 |
| ケース14 | ● | ● | ● | | ● | ● | ●※ | ●※※ | 30 | 0 | 0 | 400 | 130 | 140 | 90 |
| ケース14-2 | ● | ● | ● | | ● | ● | ●約1.7km ² | | 30 | 0 | 0 | 320 | 140 | 130 | 20 |
| ケース15 | ● | | ● | | | ● | ●※ | ●※※ | 110 | 30 | 0 | 200 | | | 90 |
| ケース16 | ● | ● | ● | | | ● | ●※ | ●※※ | 100 | 30 | 0 | 340 | 150 | | 90 |
| ケース17 | ● | ● | ● | | ● | | ●※ | ●※※ | 60 | 40 | 0 | 550 | 10 | 440 | 40 |
| ケース17-2 | ● | ● | ● | | ● | | ●約1.7km ² | | 60 | 40 | 0 | 590 | 20 | 490 | 20 |

【今回の解析の結果から分かったこと】

- ①山/海側サブドレンの実施や、陸側遮水壁の設置は、建屋への地下水流入抑制効果が大きい
《ケース4、5、6より》
- ②広域にフェーシングを実施するケースでは、建屋への地下水流入抑制効果は大きいですが、施工エリアを絞ると、その効果も限定的となる。
《ケース7、8より》
- ③敷地境界付近に山側遮水壁を設置しても、建屋への地下水流入抑制効果は得られない。
《ケース9より》
- ④既に実施中あるいは実施が決まっている対策を実施することで、建屋への地下水流入抑制効果は一定程度得られる。
《ケース10より》
- ⑤広域的なフェーシング又は追加的な遮水とその内側のフェーシングの実施により、既に実施中あるいは実施が決まっている対策の効果が增加する。ただし、フェーシングの遮水の効果が得られるまでには時間を要する。
《ケース14、14-2より》
- ⑥仮に陸側遮水壁の機能が十分発揮されない場合でも、広域的なフェーシング又は追加的な遮水とその内側のフェーシングで代替が可能。
《ケース17、17-2より》

※フェーシングについては、今後精査が必要ながら非定常の地下水流動解析結果から、効果発現までに長期間を要する傾向が確認された。

※ : 1-4号機の東西(35m盤、10m盤)のフェーシング
※※: フェーシングエリア周辺に遮水対策を実施するケース(遮水壁長約3km)

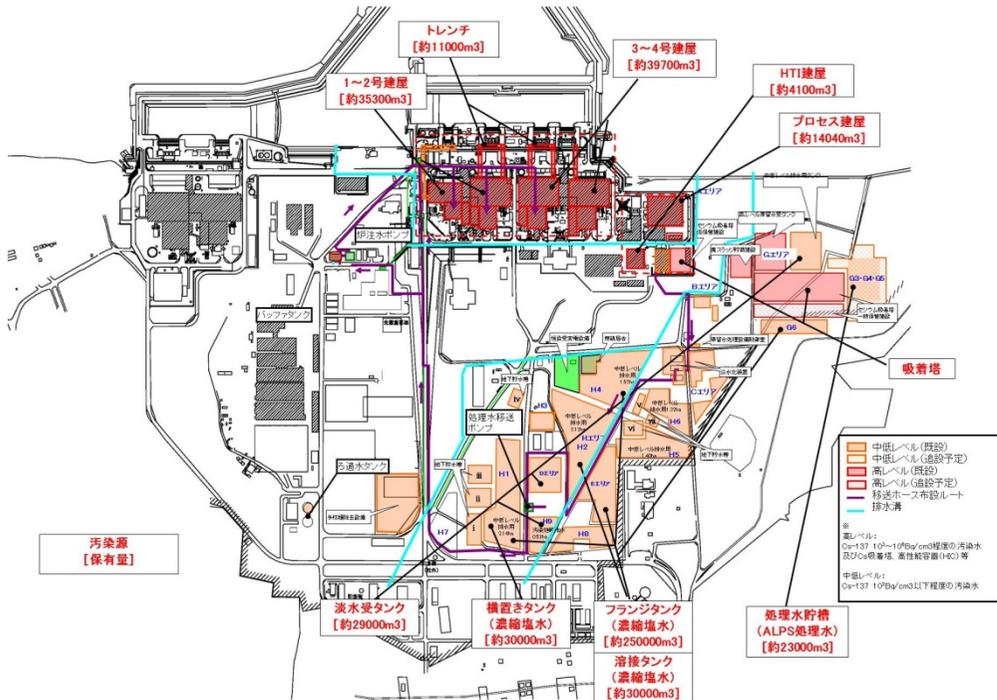
(注1)「海域への流出量」は、1~4号機建屋領域における流出量。
(注2)「くみ上げ量」は、建屋流入量に、地下水バイパス・サブドレン(SD)等からのくみ上げ量を加えた量。
(注3)「地下水ドレン」とは、「護岸付近の揚水設備」の意味。

- ◆「対策無し」の場合、1~4号機建屋以外も含めた建屋領域における海域への流出量は約400トン/日。建屋流入量400トン/日と合わせ、地下水供給は約800トン/日。
- ◆海側遮水壁は、地下水ドレン運用を前提とした効果を記載。
- ◆地下水バイパス、サブドレンは、運用条件等により効果が異なる。
- ◆地下水バイパス上段は建屋流入抑制最小のケース、中段は互層まで揚水したケース、下段は中粒砂岩層に追加の井戸を設置した最大のケース。

汚染水の存在場所とリスク評価

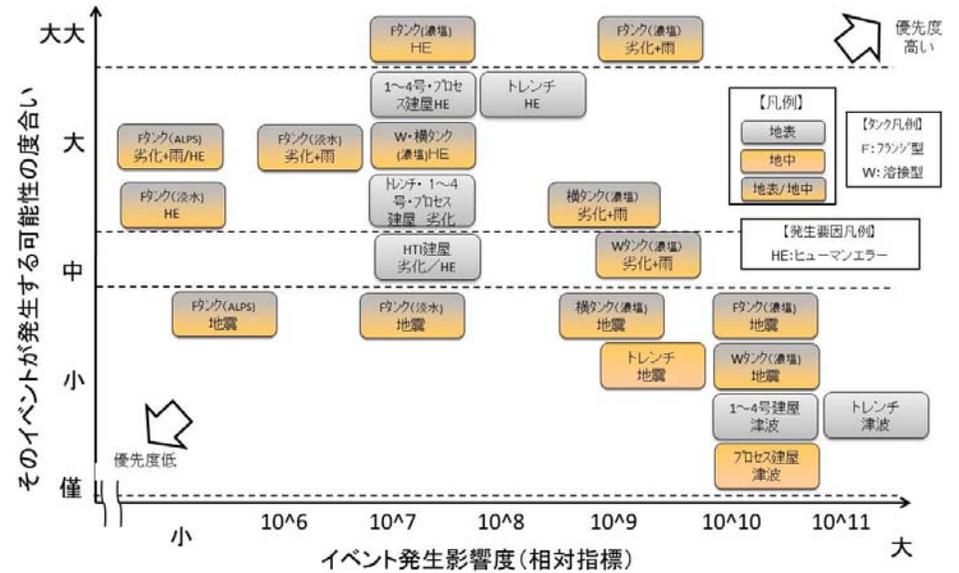
◆敷地内の汚染水について、①場所、②濃度、③容量を整理し可視化。

◆汚染水漏えいの発生確率、汚染水濃度、漏えい量、漏えいの発生要因等を基に、想定されるリスクを相対評価し、現状のリスクをマッピング。



<平成25年10月15日時点>

現状のリスクマップ化



※ の上段は、汚染水の所在、下段は汚染水の漏えい発生の原因を記載。

※リスクマップにおいて「イベント発生影響度(横軸)」は、対策効果の定量化が困難なため、一部参考程度の取扱い。

※「イベントが発生する可能性の度合い(縦軸)」において、各カテゴリー(大、中、小)に分類されるリスク間に、発生確率の差異はない。

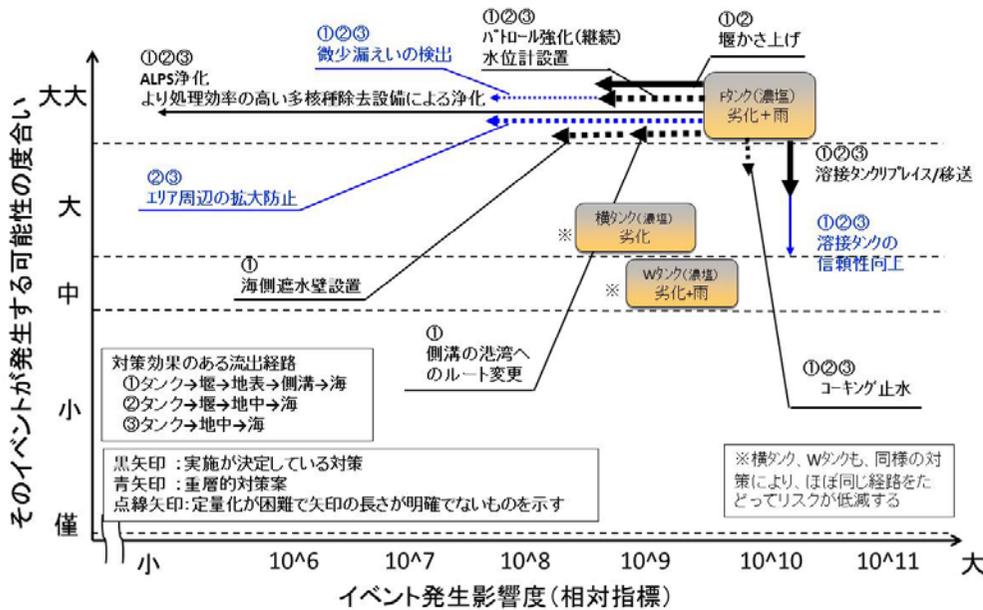
※「HE」は「ヒューマンエラー」の意味。

汚染水のリスク低減の考え方

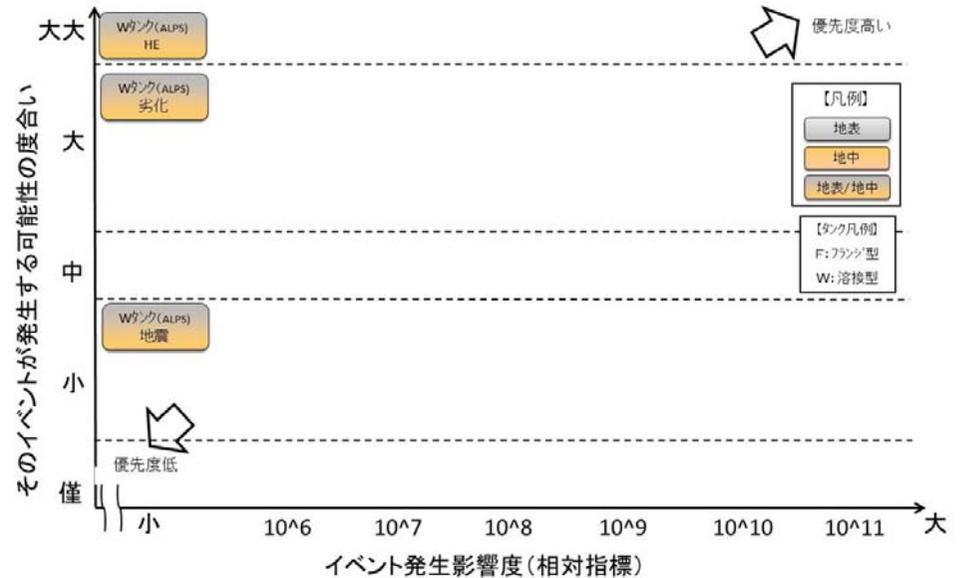
- ◆ 個々のリスクについて、リスク低減に寄与する対策とその効果を解析。
- ◆ ボルト締め型タンクや鋼製横置きタンクから、信頼性の高い溶接型タンクへのリプレースを進めると、漏えい発生の可能性が低減。
- ◆ 多核種除去設備により浄化を進めると、漏えい時の発生影響度が低減。

- ◆ 建屋海側トレンチ内の高濃度汚染水のくみ上げ、多核種除去設備による汚染水の浄化、溶接型タンクへのリプレースなど、優先順位の高い対策から順次実施した際の将来にわたる施策のリスク低減効果を明確化。
- ◆ 多核種除去設備で除去できないリチウム水の取扱いが課題。

汚染水イベント発生リスクマップ【フランジタンク/経年劣化】



リスク低減効果の検証(H32年度末)



予防的・重層的な汚染水対策の全体像



汚染水対策の三つの基本方針

1. 汚染源を**取り除く**
2. 汚染源に水を**近づけない**
3. 汚染水を**漏らさない**

| 緊急対策 | 抜本対策 |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. トレンチ内の高濃度汚染水除去【取り除く】 2. 水ガラスによる汚染エリアの地盤改良、アスファルト等による地表の舗装、地下水のくみ上げ【近づけない】【漏らさない】 3. 山側から地下水をくみ上げ(地下水バイパス)【近づけない】 | <ol style="list-style-type: none"> 1. サブドレンによる地下水くみ上げ【近づけない】 2. 海側遮水壁の設置【漏らさない】 3. 凍土方式による陸側遮水壁の設置【近づけない】 4. より処理効率の高い汚染水浄化設備を整備【取り除く】 <p style="text-align: right;">等</p> |

+

- 予防的・重層的対策**(★は確認・検証を行うもの)
1. 更なる地下水流入抑制対策【**近づけない**】
 2. タンク堰のかさ上げ・二重化【**漏らさない**】
 3. 溶接型タンクの設置加速と信頼性向上【**漏らさない**】
 4. 排水路の暗渠化、排水路の港湾内へのルート変更【**漏らさない**】
 5. タンクからの微小漏えいの検出★【**漏らさない**】
 6. 土壌中のストロンチウム捕集★【**漏らさない**】
 7. 汚染水移送ループの縮小【**漏らさない**】
 8. 建屋の止水(建屋外壁貫通部、建屋間ギャップ、建屋周辺)【**漏らさない**】等
 9. 大規模津波対策
(建屋防水性向上対策の実施、防潮堤等の追加対策の検討)【**漏らさない**】
 10. 港湾内の海水の浄化★、港湾内の海底土の被覆【**取り除く**】
 11. 放射性物質が除去できる汚濁防止膜等の活用【**取り除く**】

が平成25年9月3日の基本方針決定以降に講じた／講じることを決定した主な対策

1. 汚染水問題に対する予防的・重層的な追加対策の実施

①汚染源を「取り除く」

これまでの主な対策：

- トレンチ内の汚染水のくみ上げ・閉塞
- 多核種除去設備（ALPS）による汚染水浄化
- 国費によるより高性能な多核種除去設備等

主な追加対策：

- ◆ 多核種除去設備の増設
- ◆ タンク漏えい水対策（土壤中のストロンチウム捕集）
- ◆ 港湾内の海水の浄化等

②汚染源に水を「近づけない」

これまでの主な対策：

- 地下水バイパス
- 建屋近傍の井戸（サブドレン）での汲上げ
- 国費による凍土方式の陸側遮水壁
- 建屋海側の舗装等

主な追加対策：

- ◆ 「広域的な舗装（表面遮水）」又は「追加的な遮水とその内側の舗装」
※地表面の除染等の線量低減も考慮
- ◆ タンク天板への雨どいの設置

③汚染水を「漏らさない」

これまでの主な対策：

- 水ガラスによる地盤改良
- 海側遮水壁
- タンクの増設（ボルト締め型タンクから溶接型タンクへのリプレイス）等

主な追加対策：

- ◆ 溶接型タンクの設置加速
- ◆ 大規模津波対策（建屋防水扉等）
- ◆ 建屋からの汚染水の漏えいの防止
- ◆ 汚染水移送ループの縮小等

- 特に、**汚染水貯水タンクの増設**については、溶接型タンクの設置加速を進めるとともに、地震による液体表面の揺れ等に備えて十分なタンク容量を確保するため、関係事業者の協力を促す等、**官民を挙げて可能な限り加速化する必要**がある。
- 追加対策についても、港湾内の海水の浄化技術や土壤中の放射性物質除去技術など**技術的難易度が高いもの**は、**平成25年度補正予算を活用し、技術の検証等の取り組みを進めていく**。
- なおリスクが残存する**トリチウム水**について、**あらゆる選択肢について、総合的な評価を早急**に実施し、対策を検討する。

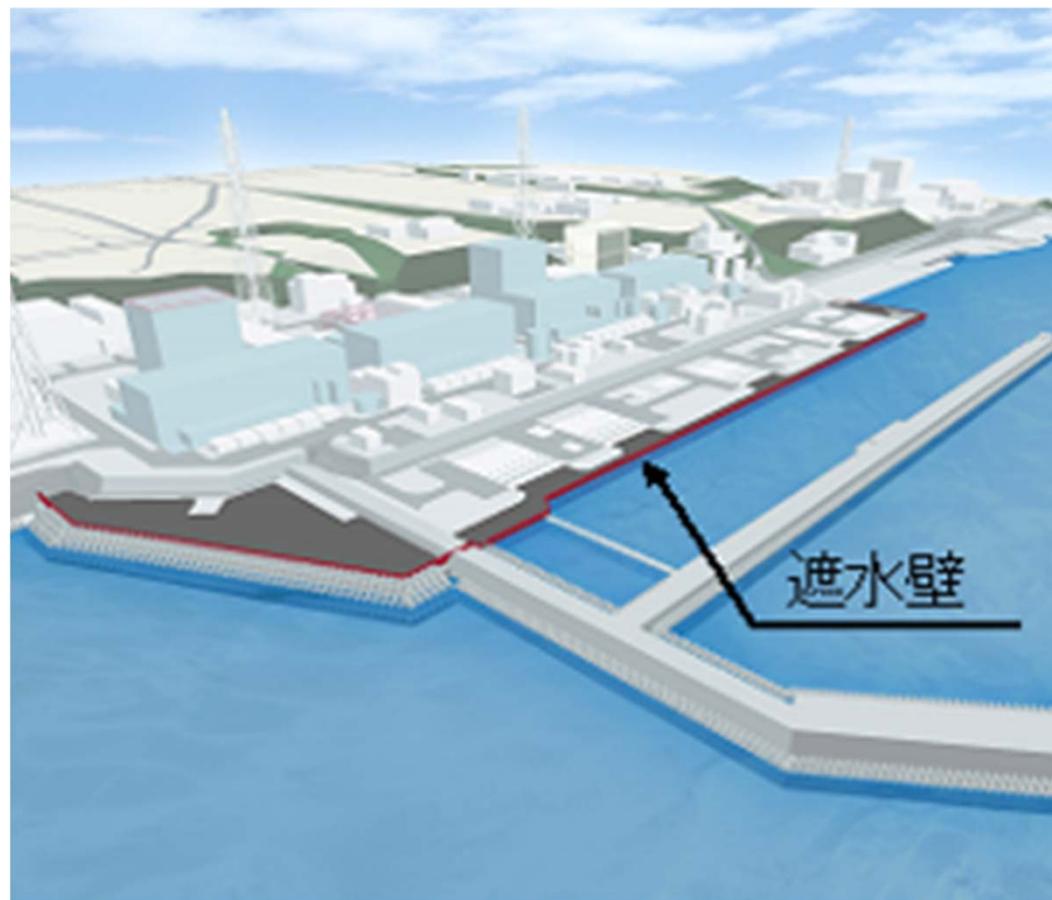
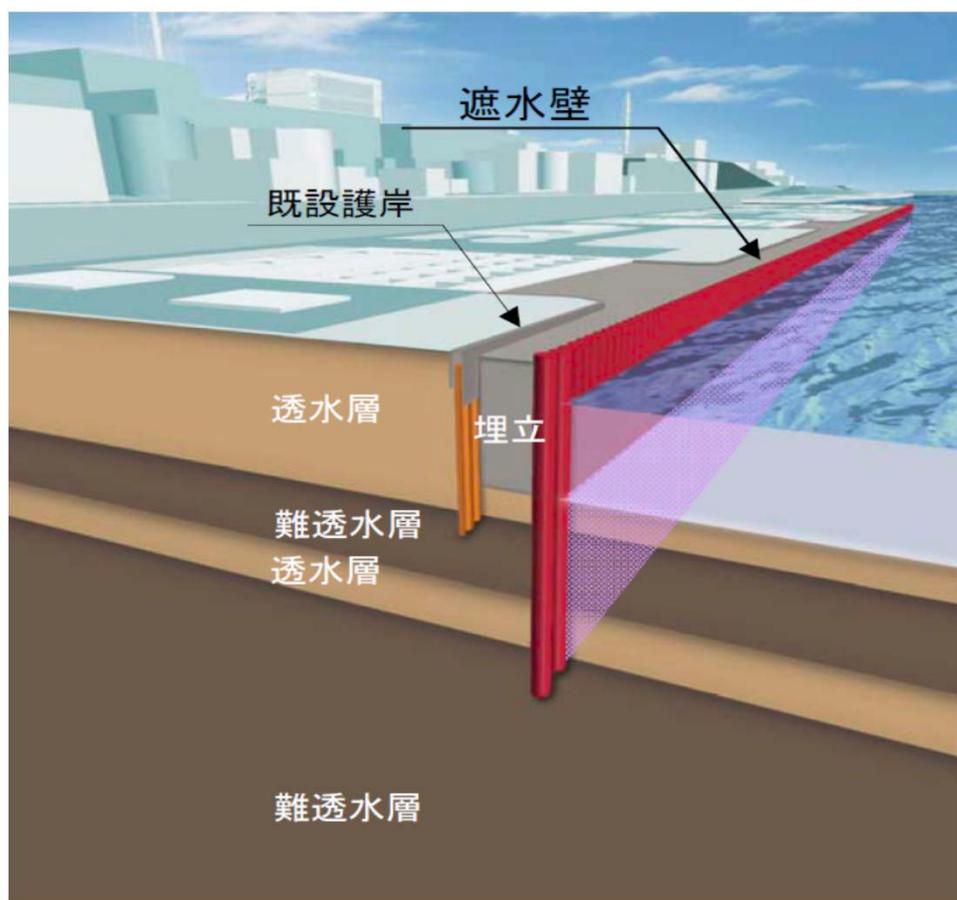
2. 風評被害対策としての情報発信の一層の強化

- 引き続き、科学的な根拠に基づいた情報発信を国際的に開かれた形で行う。関係省庁の協力の下、廃炉・汚染水対策チームによる一元的な対応を強化する。

海側遮水壁の取組状況と課題

- ◇ 汚染した地下水による、海洋への汚染拡大を防ぐため、遮水壁の設置工事を実施（平成23年10月着手。本年9月完成予定）
- ◇ 港湾内の鋼管矢板打設は404本のうち395本を打設済み。今後、港湾外の打設、港湾内の埋立等を行った上で、サブドレンによる汲み上げ開始時期にあわせ、竣工を予定。

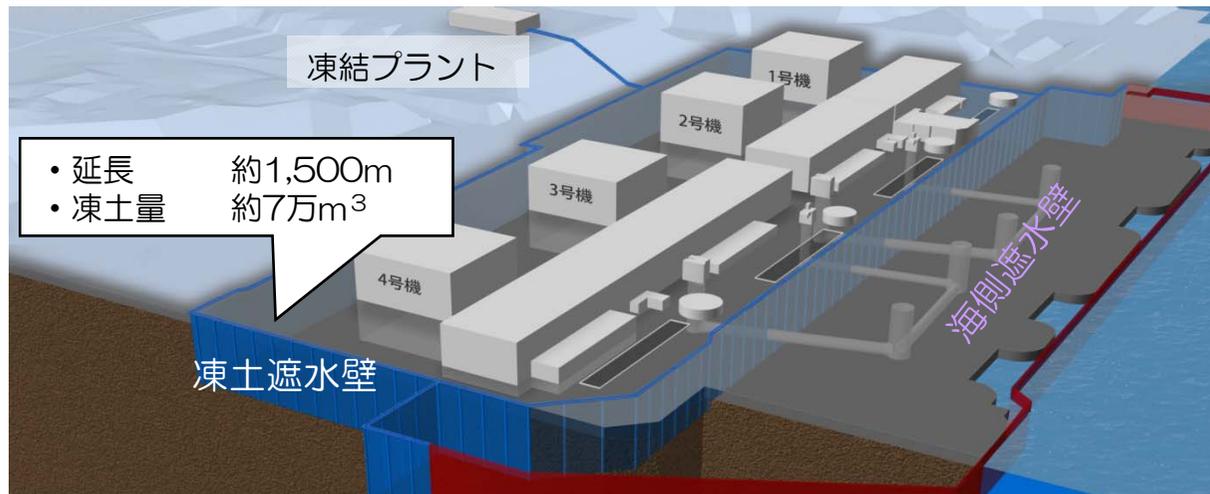
海側遮水壁のイメージ



陸側遮水壁の取組状況と今後の予定

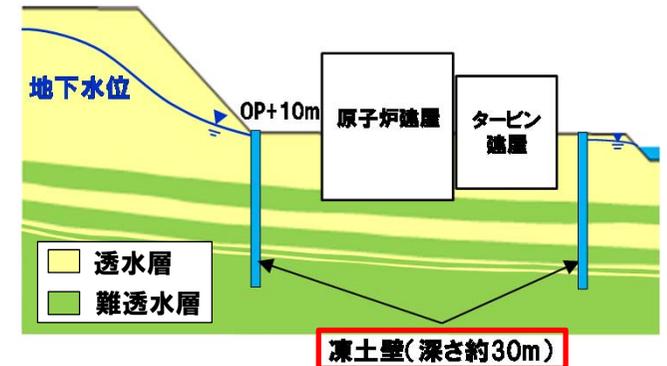
- ◇ 凍土壁の技術的課題の解決に向けて、フィージビリティスタディを昨年8月9日から実施。地下水の流速が早い場合の検証等、技術的な実証を行うと共に、敷地内でも小規模遮水壁の構築に着手。
- ◇ 現在、1～4号機を囲む凍土遮水壁構築に向けて、建設予定地の瓦礫の撤去や測量等の準備工事を実施中。

凍土壁の全景及び断面

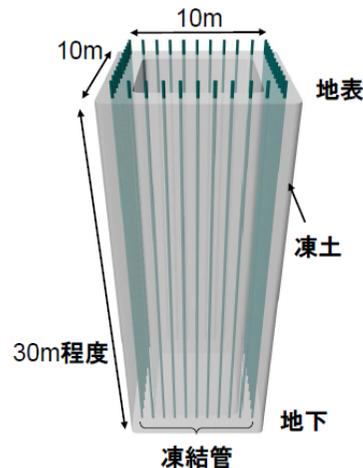


凍土壁関連予算

25年度予備費 : 136億円
 25年度補正 : 183億円

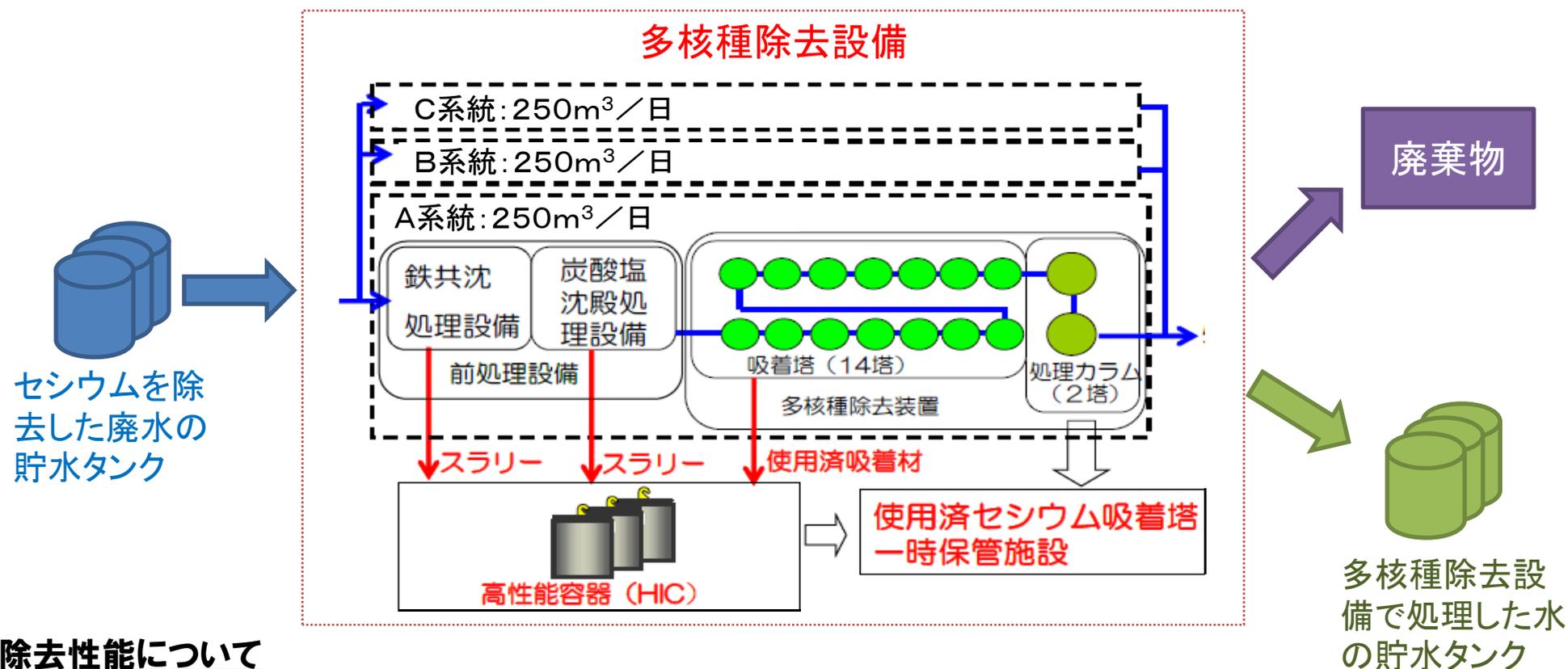


フィージビリティスタディ(小規模遮水壁)



多核種除去設備について①

- ◇ 多核種除去設備 (ALPS:アルプス) は、汚染水に溶け込んだ放射性物質等、様々な物質を取り除く設備。
- ◇ 現在、福島第一原発に設置されている 多核種除去設備は、62核種 (トリチウムを除く) を告示濃度限度以下まで低減することを目標としており、昨年9月から11月にかけて3系統を順次再稼働。
- ◇ これまでの処理量は約4.7万 m^3 (2月11日時点)



除去性能について

除去対象とする62核種について除去性能を評価した結果、以下の事項を確認。

- ✓ 主要な核種であるストロンチウム (Sr) 90の放射能濃度は、1億分の1程度に低減
- ✓ コバルト (Co) 60、ルテニウム (Ru) 106、アンチモン (Sb) 125、ヨウ素 (I) 129の4核種を検出
 - ⇒ 検出限界値以下まで除去しきれない4つの核種については、活性炭系吸着材を使った機能強化を計画。

より高性能な多核種除去設備について

次の両立を図る技術的難易度の高い取組について、国で整備実証を実施。

- ① 沈殿物として出る水処理二次廃棄物の大幅な減量(8割以上)
⇒ 保管や処理・処分が必要な廃棄物の増加抑制に大きく寄与
- ② 除去性能の向上

高性能な多核種除去設備 関連予算

25年度予備費 : 70億円

25年度補正 : 81億円

ALPSの増設と処理能力について

- ✓ 現在、約34万m³の濃縮塩水(汚染水)がタンクに貯水されており、東京電力は来年度中に、すべての汚染水の浄化を完了できるように取り組むこととしている。(1月28日時点)
- ✓ 他方、一日に約400m³の汚染水が日々新たに発生しており、現在の250m³×3系列(うち1系列が予備)や上記のより高性能な多核種除去設備を加えても、追いつかない。
- ✓ そのため、東京電力でも、多核種除去設備を増加し、平成26年度中にすべての汚染水の浄化完了を目指した取組を実施中。

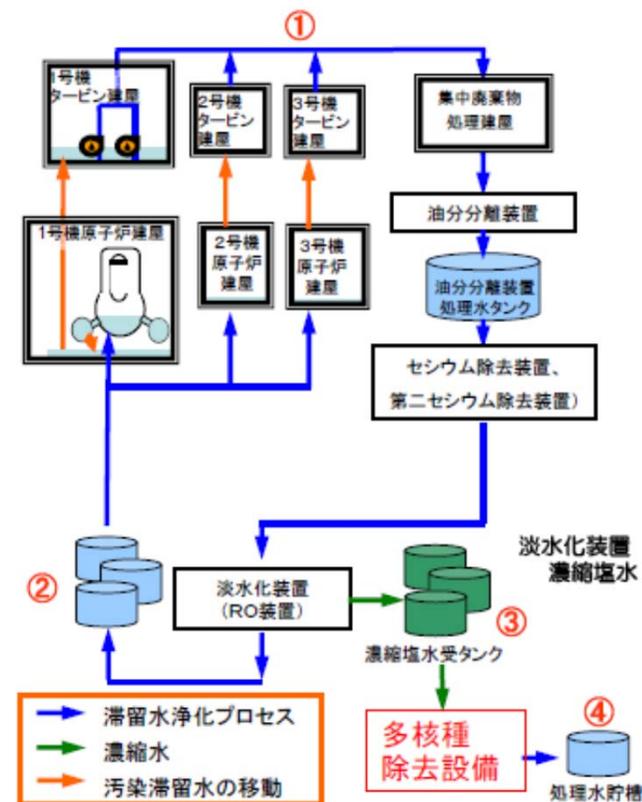
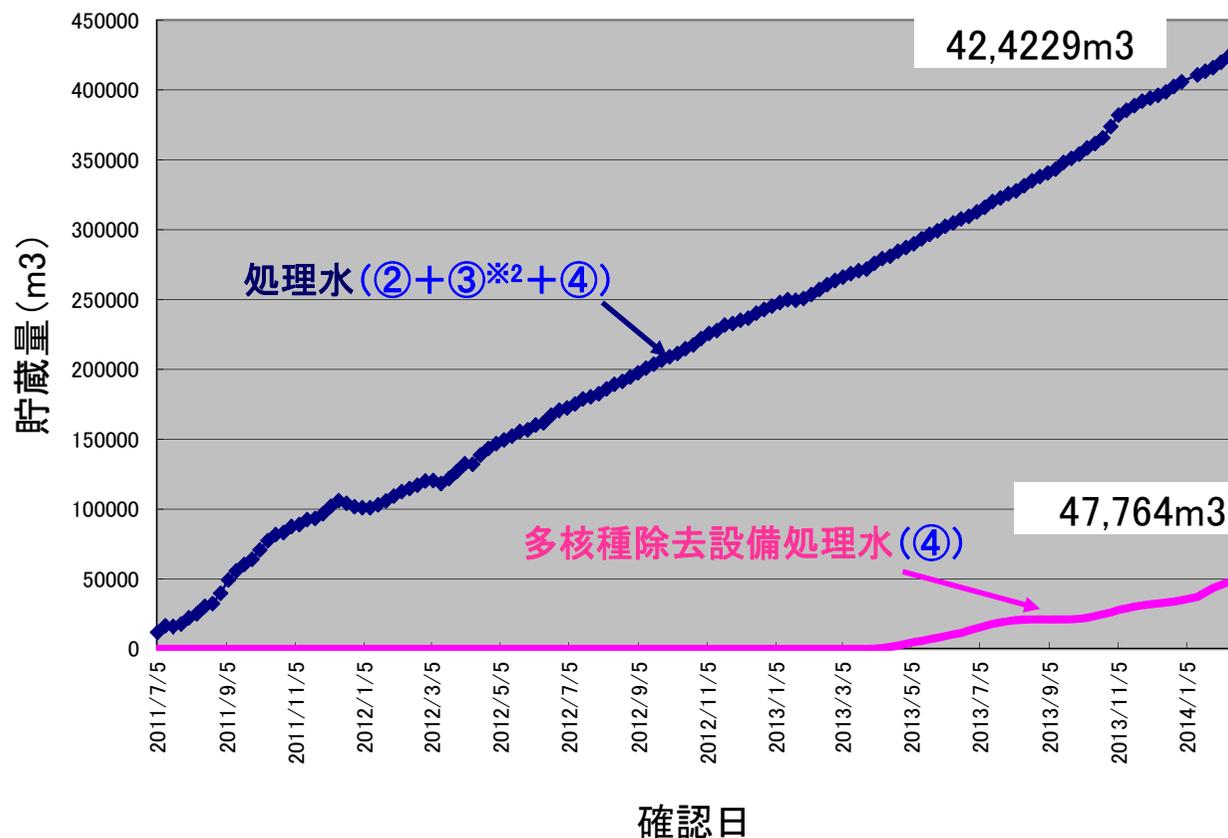
| | 既存多核種除去設備 | 追加多核種除去設備 | 高性能多核種除去設備※ |
|----------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 処理量 | 750m ³ /日 | 750m ³ /日 | 500m ³ /日 |
| 系列数 | 3系列 (250m ³ /系列) | 3系列 (250m ³ /系列) | 1系列 |
| 目標核種除去能力 | 全63核種中、62核種を告示濃度限度以下に(トリチウムを除く) | | |
| 廃棄物発生量 | — | — | 既存設備の20分の1 |

※ 国の補助金事業として実施。

処理水量(タンク貯留水)の推移

- ◆処理水(濃縮塩水、濃縮廃液、多核種除去設備処理水、淡水)の総量は約42.4万 m^3 。
- ◆うち、多核種除去設備処理水の総量は約4.7万 m^3 。 ※2014年2月11日時点 (平成27年4月までに全てのタンク内の水の多核種除去処理を完了させる予定)

処理水貯蔵量※1



※1: ①建屋滞留水の貯蔵量: 約90,400 m^3
 ※2: ③は濃縮塩水と濃縮廃液の合計

トリチウムの扱いについて

- ◇ 多核種除去設備では除去できないトリチウムについては、あらゆる選択肢について、総合的な評価を実施し、対策を検討。

トリチウム水タスクフォース(平成25年12月25日設置)

主査:山本 一良 名古屋大学理事(教育・情報関係担当)・副総長 【汚染水処置対策委員会委員】

目的:

- 福島第一原発における汚染水問題のうち、特にトリチウム水の取扱いを決定するための基礎資料として、分離・貯蔵・放出等の様々な選択肢を抽出する。
- さらに、抽出した選択肢それぞれについて、リスク・環境影響・費用対効果等の評価すべき項目を整理し、総合的な評価を行う。

※ 規制当局として原子力規制庁、オブザーバーとして外務省、水産庁、文科省、福島県、東京電力、IRIDも参加。

現時点で考えられる複数の選択肢と評価項目

【選択肢】

- ✓ 分離
CECE法、その他
- ✓ 長期保管
タンク貯蔵、洋上貯蔵、地下貯蔵
- ✓ サイト内での廃棄
地下注入、固化体埋設
- ✓ 環境放出
自然蒸発、強制蒸発、海洋放出

【評価項目】

- ✓ 環境への影響・リスク
- ✓ 水産物への影響・リスク
- ✓ 人体への影響・リスク
- ✓ 処理期間(開始から完了までの時期)
- ✓ 対策実施に係るコスト
- ✓ 技術的可能性(技術成熟度、海外での実績)
- ✓ 法規制上の困難さ
- ✓ その他