

# 福島第一原子力発電所の 廃炉に向けた取組み

平成25年3月8日（金）

東京電力株式会社

# 廃止措置等に向けた中長期ロードマップ

## 1. 原子炉の冷却計画

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するとともに状態監視を補完する取組を継続

## 2. 滞留水処理計画

地下水流入により増え続ける滞留水について、流入を抑制するための抜本的な対策を図るとともに、水処理施設の除染能力の向上、汚染水管理のための施設を整備

## 3. 放射線量低減・汚染拡大防止に向けた計画

敷地外への放射線影響を可能な限り低くするため、敷地境界における実効線量低減（H24年度末までに1mSv/年）や港湾内の水の浄化

## 4. 使用済燃料プールからの燃料取出計画

耐震・安全性に万全を期しながらプール燃料取り出しに向けた作業を着実に推進。特に、4号機プール燃料取り出しの早期開始・完了を目指す。（開始：H25年11月、完了H26年末頃）

## 5. 燃料デブリ取出計画

格納容器へのアクセス向上のための除染・遮へいに加え、格納容器の漏えい箇所の調査・補修など燃料デブリ取り出し準備に必要な技術開発・データ取得を推進。

## 6. 原子炉施設の解体・放射性廃棄物処理・処分にに向けた計画

遮へい能力の高い放射性廃棄物保管施設の設置、適切かつ安全な保管

## 7. 要員計画・作業安全確保に向けた計画

作業員の被ばく線量管理を確実に実施しながら長期に亘って要員を確保。また現場のニーズを把握しながら、継続的に作業環境や労働条件を改善

# 建屋内滞留水への対応について

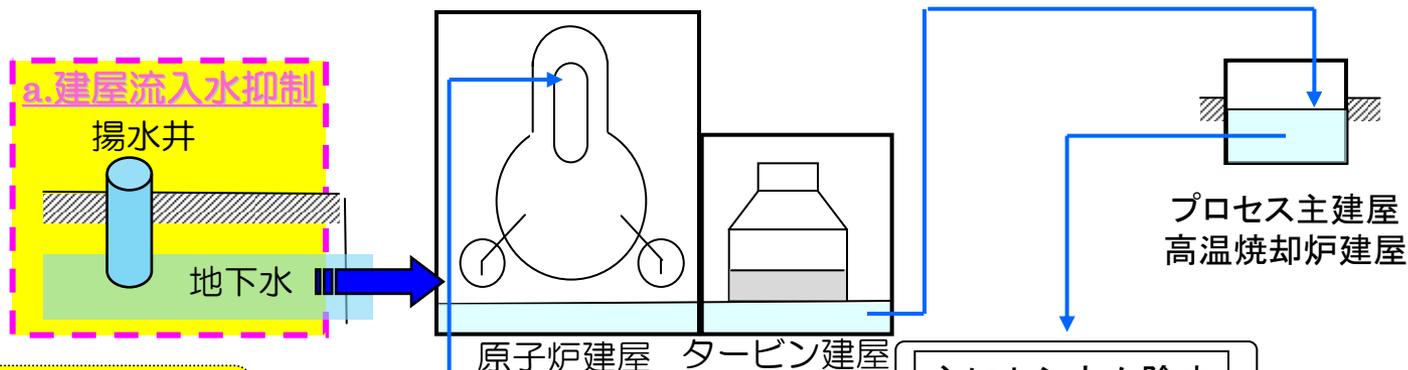
建屋地下階に滞留している高濃度の放射性物質を含んだ滞留水を処理して原子炉冷却用注水として利用。この過程で発生する汚染水を処理・貯蔵。



- a. 建屋への地下水流入を抑制  
→ 地下水バイパスの実施を計画
- b. 汚染水中の放射性物質の除去  
→ 多核種除去設備の設置を計画
- c. 汚染水・処理済水の貯蔵  
→ 構内貯水タンクの増設を計画

# 滞留水処理の概略

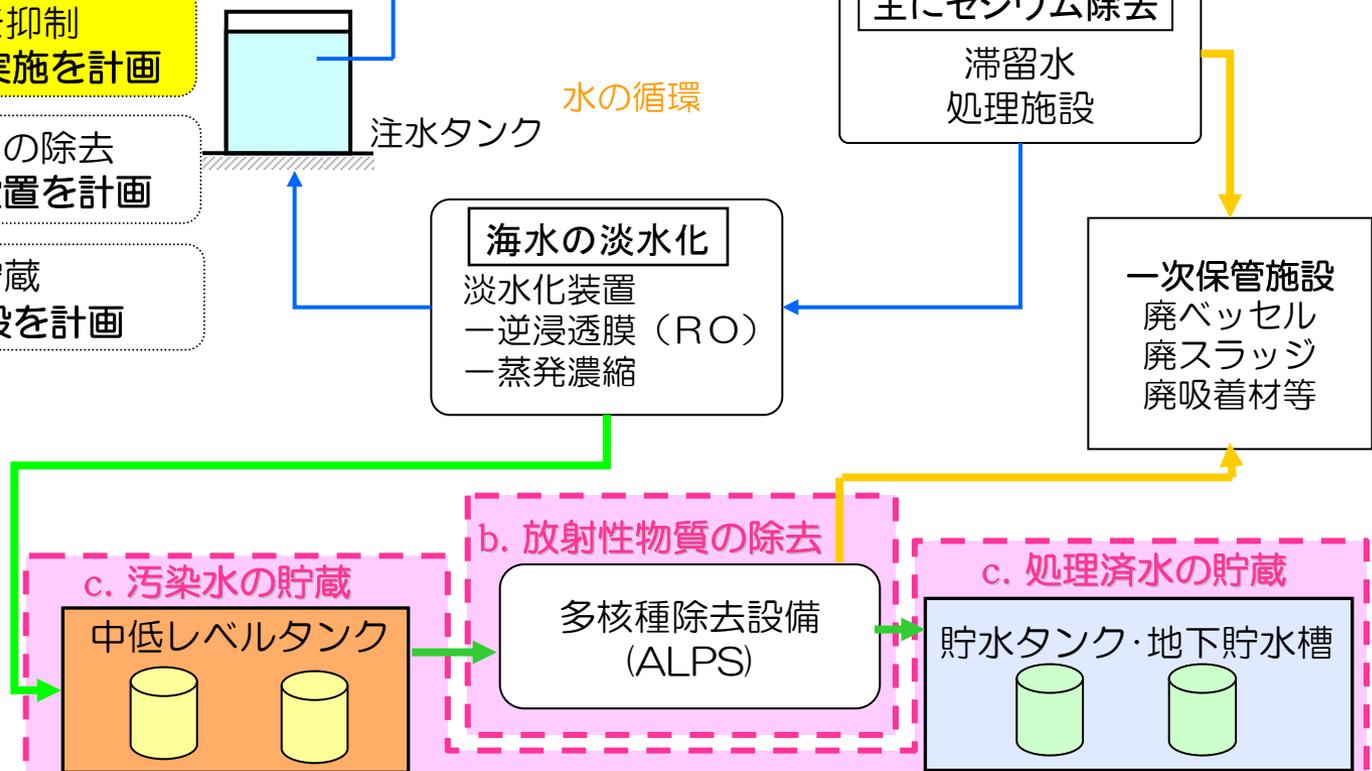
<滞留水処理の全体概略図>



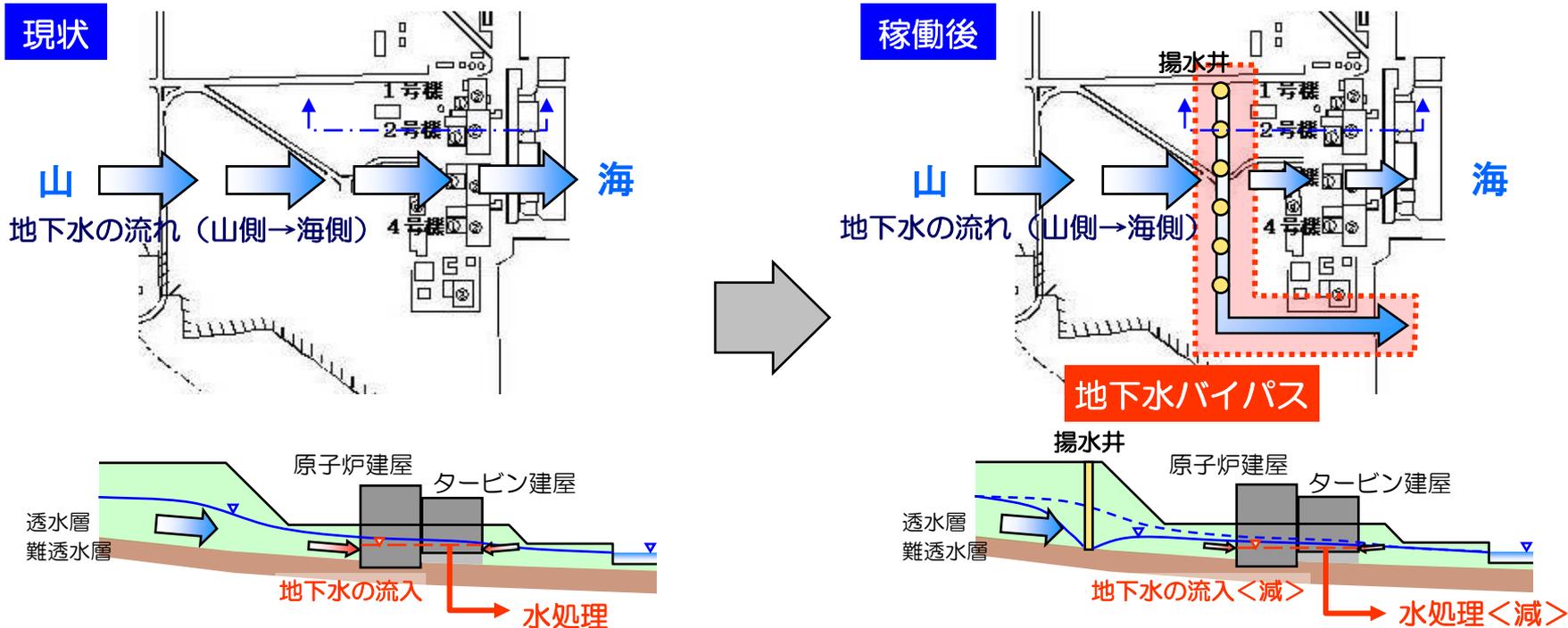
a. 建屋への地下水流入を抑制  
→ 地下水バイパスの実施を計画

b. 汚染水中の放射性物質の除去  
→ 多核種除去設備の設置を計画

c. 汚染水・処理済水の貯蔵  
→ 構内貯水タンクの増設を計画



# 地下水バイパスのコンセプト

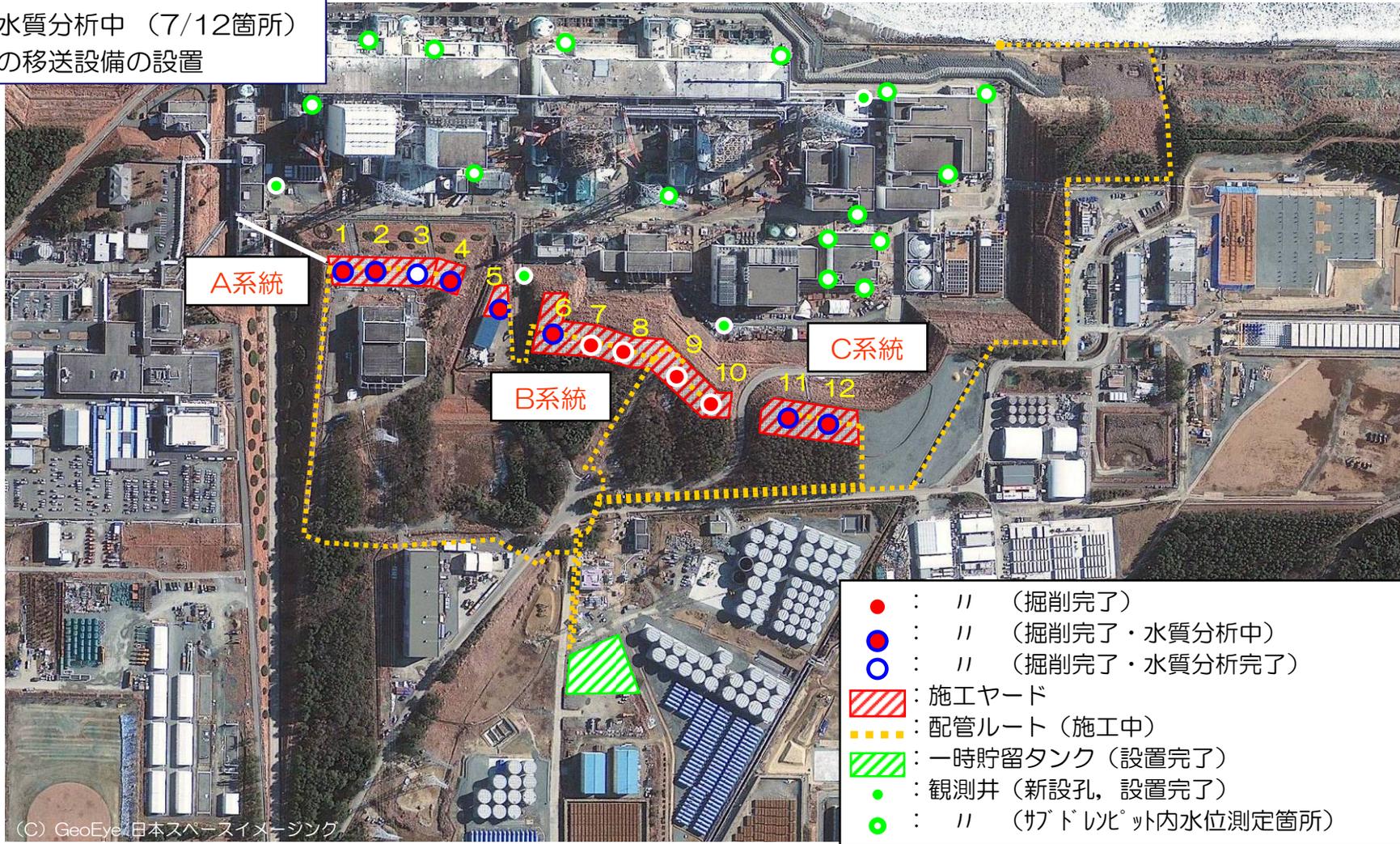


- 地下水は主に透水層を山側から海側に向かって流れている。
- 海に向かう過程で地下水の一部が建屋内に流入している。  
→ 建屋内滞留水の増加
- 建屋内への地下水流入量抑制のため、サブドレン復旧中。

- 山側から流れてきた地下水を、建屋の上流で揚水し、地下水の流路を変更する。  
(地下水バイパス)
- 地下水バイパスにより建屋周辺（主に山側）の地下水位を低下させ、建屋内への流入量を抑制する。
- 引き続き、サブドレン復旧を継続する。

# 施工進捗状況

- 実施中の主な作業（2/28時点）
  - ・揚水井掘削完了（12/12箇所）
  - ・浄化・水質分析中（7/12箇所）
  - ・配管等の移送設備の設置



# 水質確認試験の結果

- パイロット揚水井（No.3）の地下水を採取し、当社（福島第一及び柏崎刈羽原子力発電所）ならびに第三者機関にて水質確認試験を実施。
- 社内のデータは第三者機関のデータと同等の分析結果であり、総じて妥当であると考えている。
- 稼働開始前には他揚水井についても同様に水質確認を行う。

(ベクレル/リットル)

確認項目	パイロット揚水井（No.3）*1		＜参考＞ 深井戸No.3*2
	＜社内＞	＜第三者機関＞	
セシウム-134	0.011	ND（＜0.01）	0.010～0.015
セシウム-137	0.012	ND（＜0.01）	0.012～0.027
ストロンチウム-89	ND（＜0.236）	*3	ND（＜0.017）
ストロンチウム-90	ND（＜0.068）	ND（＜0.005）	ND（＜0.0067）
トリチウム	10	ND（＜3.7）	9
全アルファ	ND（＜1.0）	ND（＜0.1）	ND（＜2.8～3.0）
全ベータ	ND（＜2.7）	ND（＜0.2）	ND（＜5.9～6.7）

※ 法令値（告示濃度）

Cs-134：60ベクレル/リットル、Cs-137：90ベクレル/リットル、  
Sr-89：300ベクレル/リットル、Sr-90：30ベクレル/リットル、  
トリチウム：60,000ベクレル/リットル

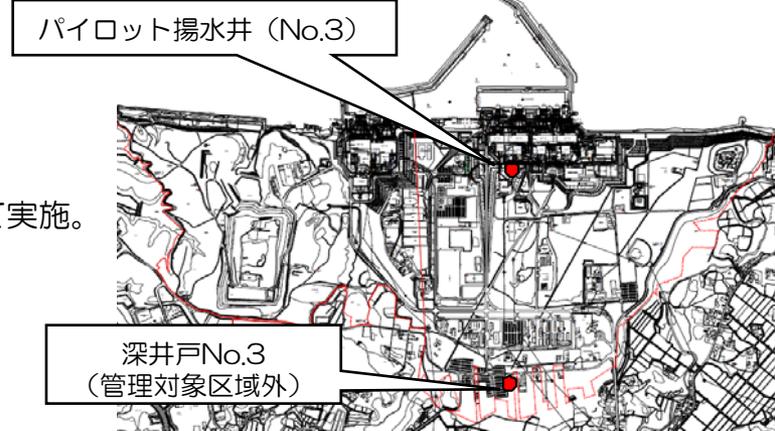
※ NDは「検出限界値未満」を示し、（ ）内の数字は検出限界値である。

※ 社内の水質確認について、セシウムは柏崎刈羽、それ以外は福島第一にて実施。

\*1 パイロット揚水井（No.3）は、H24.12.11に採水。

\*2 深井戸No.3は、H24.5.30及びH24.6.13に採水。

\*3 放射性ストロンチウムについては、ストロンチウム-90のみを測定。



# パイロット揚水井の地下水の評価

- パイロット揚水井（No.3）の地下水のセシウム濃度は、事故後に発電所周辺河川で検出された濃度（1～2ベクレル/リットル程度）と比べても大幅に低く、発電所西側敷地境界付近にある深井戸No.3と同程度である。
- スロンチウム、全アルファ、全ベータ核種は検出限界値未満。なお、社内分析でトリチウムが検出されたが、法令値の数千分の1程度以下の濃度であり、人体等への影響は小さいと考えられる。
- 周辺環境への影響は極めて少ないと考えられる。
  - ①魚介類：当該地下水と同じ放射性物質濃度の海水に生息する魚介類が、体内でセシウムを100倍\*濃縮したとしても、食品の基準値100ベクレル/kgの40分の1程度である。

（\* IAEA・技術報告No.422）
  - ②人体
    - ・採取した地下水のセシウム-134+137濃度は、飲料水の基準値10ベクレル/リットルの400分の1程度である。
    - ・仮に当該地下水と同じ濃度のトリチウムを含む水を毎日2ℓ摂取した場合、年間被ばく線量は、 $1.3 \times 10^{-4} \text{mSv}^*1$ であり、自然放射線による年間線量2.09mSv（日本平均）\*2の16,000分の1程度である。

\*1  $10 \text{Bq}/\ell \times 2 \ell \times 365 \text{日} \times 1.8 \times 10^{-8} = 1.3 \times 10^{-4} \text{mSv}$  \* トリチウムを経口摂取した場合の線量係数（mSv/Bq）

\*2 原子力安全研究協会「新版 生活環境放射線国民線量の算定」より

# 稼働開始前の水質確認方法（案）

- ①稼働開始前には、全揚水井の地下水を採取し、水質確認を実施している（分析内容については、p7と同様）。
- ②これとは別に、放水の許容目安値1ベクレル/リットル以下（セシウム-137）であることを確認するとともに、周辺の海域や河川で検出された放射能濃度に比べて十分に低いことを確認する。

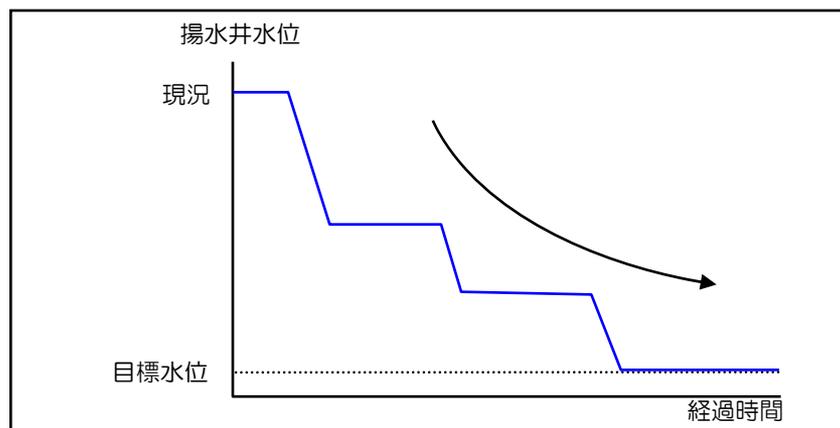
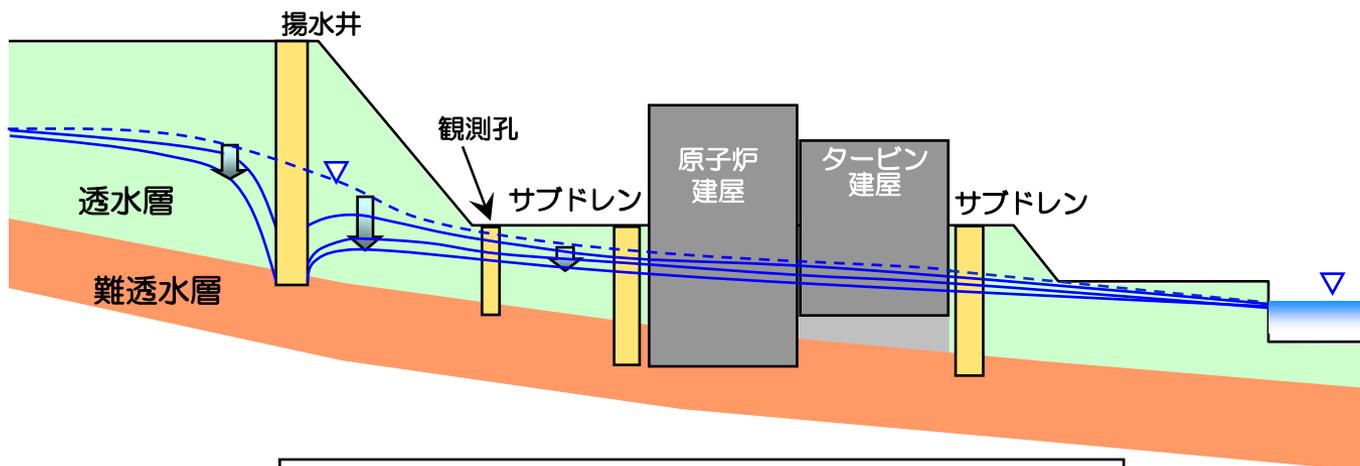
	地下水バイパス稼働開始前のモニタリング
目的	稼働可否の判断
場所	一時貯留タンク
確認事項※1	①許容目安値1ベクレル/リットル以下（セシウム-137）であること ②周辺の海域や河川で検出された放射能濃度（セシウム-137を代表目安核種とする）に比べて十分に低いこと
分析項目※2 (検出限界値)	セシウム-137 （0.01ベクレル/リットル） トリチウム （3ベクレル/リットル） 全アルファ （4ベクレル/リットル） 全ベータ （7ベクレル/リットル）

※1；各タンクごとに初回の稼働前に確認する。

※2；ストロンチウム-90は事後に確認する。

# 段階的な地下水位低下計画

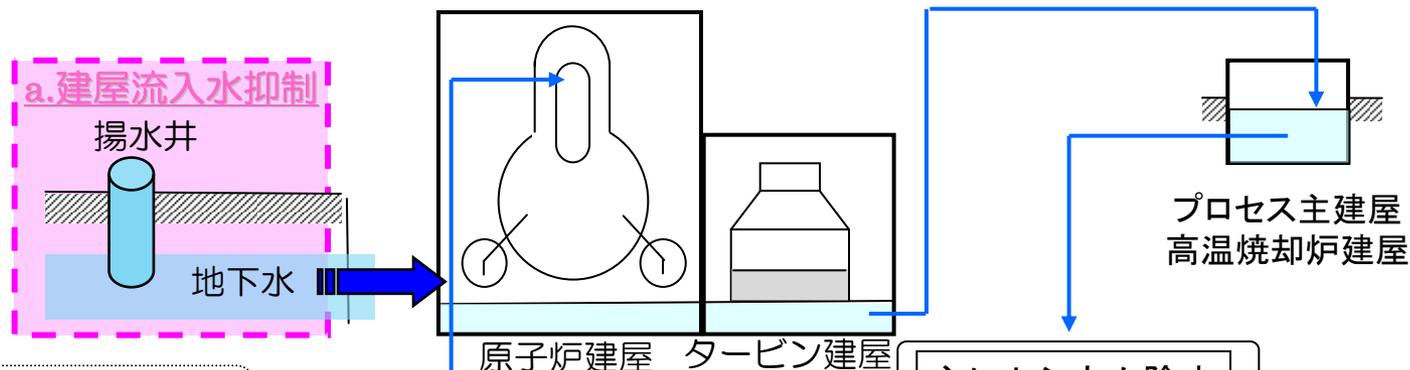
- 地下水バイパスの実施にあたっては、段階的に地下水位を低下させることとし、地下水低下状況及び水質等をモニタリングしながら、建屋内滞留水が建屋外に漏れ出さないように慎重な水位管理を実施していく。
- モニタリングにあたっては、建屋周りのサブドレンを活用するとともに、原子炉建屋と揚水井の間に観測孔を新設する。



段階的な地下水位低下のイメージ

# 滞留水処理の概略

<滞留水処理の全体概略図>



a. 建屋への地下水流入を抑制  
→ 地下水バイパスの実施を計画

b. 汚染水中の放射性物質の除去  
→ 多核種除去設備の設置を計画

c. 汚染水・処理済水の貯蔵  
→ 構内貯水タンクの増設を計画

水の循環  
滞留水処理の概略

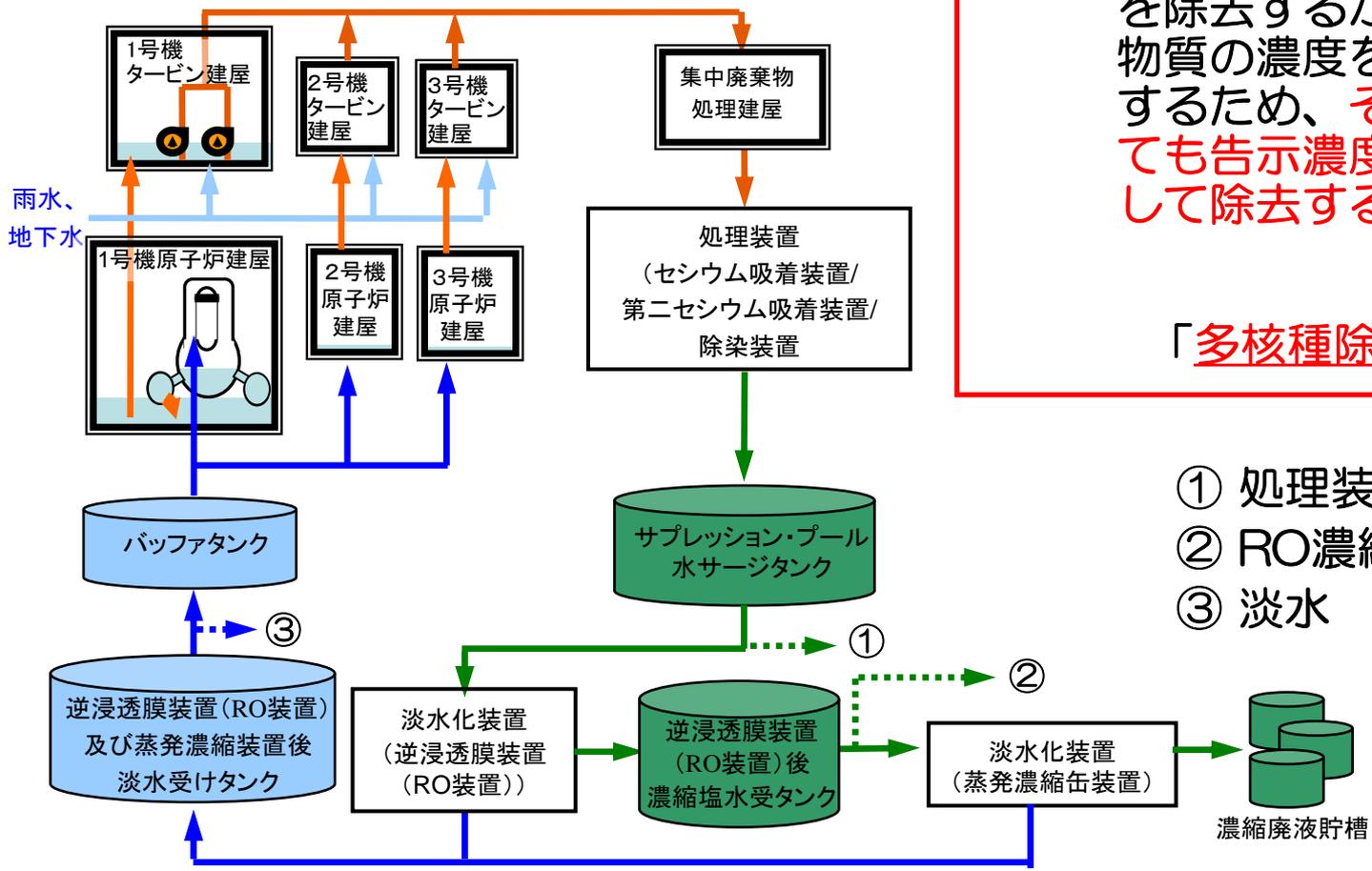
海水の淡水化  
淡水化装置  
- 逆浸透膜 (RO)  
- 蒸発濃縮

一次保管施設  
廃ベッセル  
廃スラッジ  
廃吸着材等



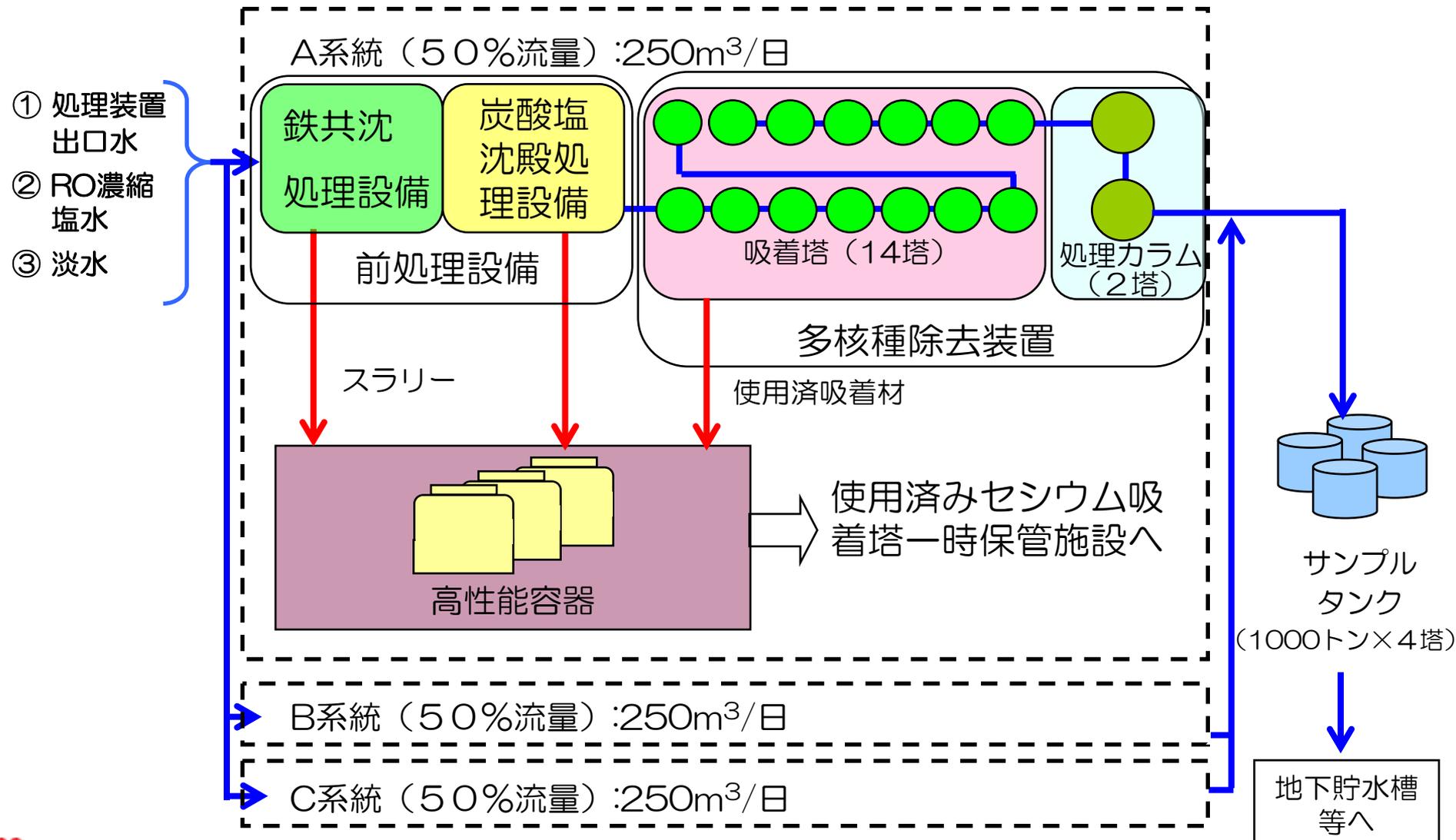
# 多核種除去設備設置の目的

**目的** 既設水処理設備は主にセシウムを除去するが、処理水の放射性物質の濃度をより一層低く管理するため、**その他の核種についても告示濃度限度以下を目標として除去する必要がある。**  
  
**「多核種除去設備」を導入**



- ① 処理装置出口水
- ② RO濃縮塩水
- ③ 淡水

# 概略機器構成



# 主要設備

## ■ 系統構成

- 50% 2系列運転 (500m<sup>3</sup>/日)

## ■ 主要設備

### ● 前処理設備

#### ◆ 鉄共沈処理設備

- ✓  $\alpha$ 核種の除去、Co-60、Mn-54等の除去
- ✓ 次亜塩素酸ソーダ、塩化第二鉄を添加した後、pH調整のために苛性ソーダを添加して水酸化鉄を生成させ、凝集剤としてポリマーを投入する。

#### ◆ 炭酸塩沈殿処理設備

- ✓ 吸着阻害イオン (Mg、Ca等) の除去
- ✓ 共沈タンクに炭酸ソーダと苛性ソーダを添加し、2価の金属の炭酸塩を生成させる

## ●多核種除去装置（吸着塔、処理カラム）

- ✓処理対象水に含まれるコロイド状及びイオン状の放射性核種を選択的に吸着処理する機能を有する。

表1 多核種除去装置の吸着材種類と必要塔数

No.	収容	吸着材の組成	主な除去対象核種	塔数
1	吸着塔	活性炭	コロイド	1
2		チタン酸塩	Sr ( $M^{2+}$ )	3
3		フェロシアン化合物	Cs	2
4		Ag添着活性炭	I	2
5		酸化チタン	Sb	2
6		キレート樹脂	Co ( $M^{2+}$ , $M^{3+}$ )	4
7	処理カラム	樹脂系吸着材	Ru, 負電荷コロイド	1 (1) ※1

※1：処理カラム2塔のうち1塔は予備

- ✓吸着材は、所定の容量を通水した後、高性能容器へ排出される。また、処理カラムに含まれる吸着材は、所定の容量を通水した後、処理カラムごと交換する。吸着材を収容した高性能容器、使用済み処理カラムは、使用済セシウム吸着塔一時保管施設で貯蔵する。

# 「中期的安全確保の考え方」の要件に対する設計

## 1. 処理能力（要件①）

- ✓タービン建屋等への雨水，地下水の流入量（過去の実績から200～500m<sup>3</sup>/日程度）を処理可能な容量とし，500m<sup>3</sup>/日を100%容量とする。

## 2. 除染能力（要件②）

- ✓滞留水に含まれる核種及び放射能濃度を評価するため，除去対象核種を62核種選定。（表2参照）
- ✓処理装置出口水，RO濃縮塩水の実液を用いて基礎試験（試験装置を用いた通水試験）を実施し，除去対象核種について告示濃度限度以下となることを確認。（表3参照）

# 「中期的安全確保の考え方」の要件に対する設計

表2 除去対象核種一覧

No.	核種	No.	核種	No.	核種	No.	核種
1	Rb-86	17	Sn-126	33	Ce-141	49	Pu-240
2	Sr-89	18	Sb-124	34	Ce-144	50	Pu-241
3	Sr-90	19	Sb-125	35	Pr-144	51	Am-241
4	Y-90	20	Te-123m	36	Pr-144m	52	Am-242m
5	Y-91	21	Te-125m	37	Pm-146	53	Am-243
6	Nb-95	22	Te-127	38	Pm-147	54	Cm-242
7	Tc-99	23	Te-127m	39	Pm-148	55	Cm-243
8	Ru-103	24	Te-129	40	Pm-148m	56	Cm-244
9	Ru-106	25	Te-129m	41	Sm-151	57	Mn-54
10	Rh-103m	26	I-129	42	Eu-152	58	Fe-59
11	Rh-106	27	Cs-134	43	Eu-154	59	Co-58
12	Ag-110m	28	Cs-135	44	Eu-155	60	Co-60
13	Cd-113m	29	Cs-136	45	Gd-153	61	Ni-63
14	Cd-115m	30	Cs-137	46	Tb-160	62	Zn-65
15	Sn-119m	31	Ba-137m	47	Pu-238		
16	Sn-123	32	Ba-140	48	Pu-239		

# 「中期的安全確保の考え方」の要件に対する設計

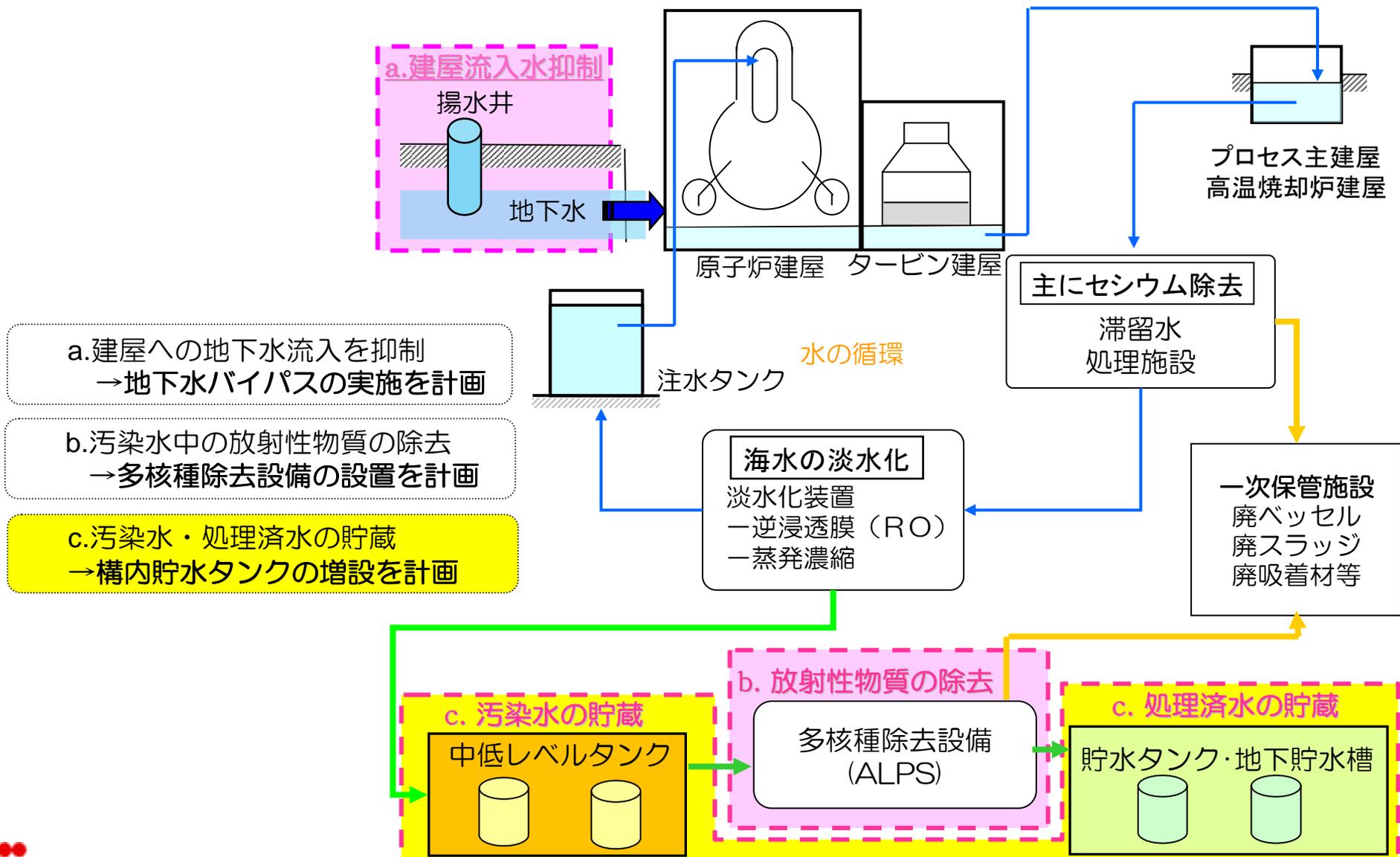
表3 基礎試験結果（代表核種を抜粋）

単位：Bq/L

核種 (代表)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度)	処理対象水：処理装置出口水		処理対象水：RO濃縮塩水	
		試験装置 処理前	試験装置 処理後	試験装置 処理前	試験装置 処理後
Cs-134 (約2年)	60	2500	ND < 0.27	4300	ND < 0.26
Cs-137 (約30年)	90	3900	ND < 0.32	6100	ND < 0.30
Mn-54 (約310日)	1000	45000	ND < 0.12	14000	ND < 0.11
Co-58 (約71日)	1000	1200	ND < 0.12	ND < 540	ND < 0.11
Co-60 (約5年)	200	14000	ND < 0.12	3900	ND < 0.16
Ru-103 (約40日)	1000	510	ND < 0.14	ND < 970	ND < 0.13
Ru-106 (約370日)	100	7800	ND < 1.1	35000	ND < 1.1
Sb-124 (約60日)	300	270	ND < 0.28	ND < 490	ND < 0.27
Sb-125 (約3年)	800	140000	ND < 0.37	63000	ND < 0.38
Ba-140 (約13日)	300	ND < 1700	ND < 0.51	ND < 3400	ND < 0.48

# 滞留水処理の概略

＜滞留水処理の全体概略図＞



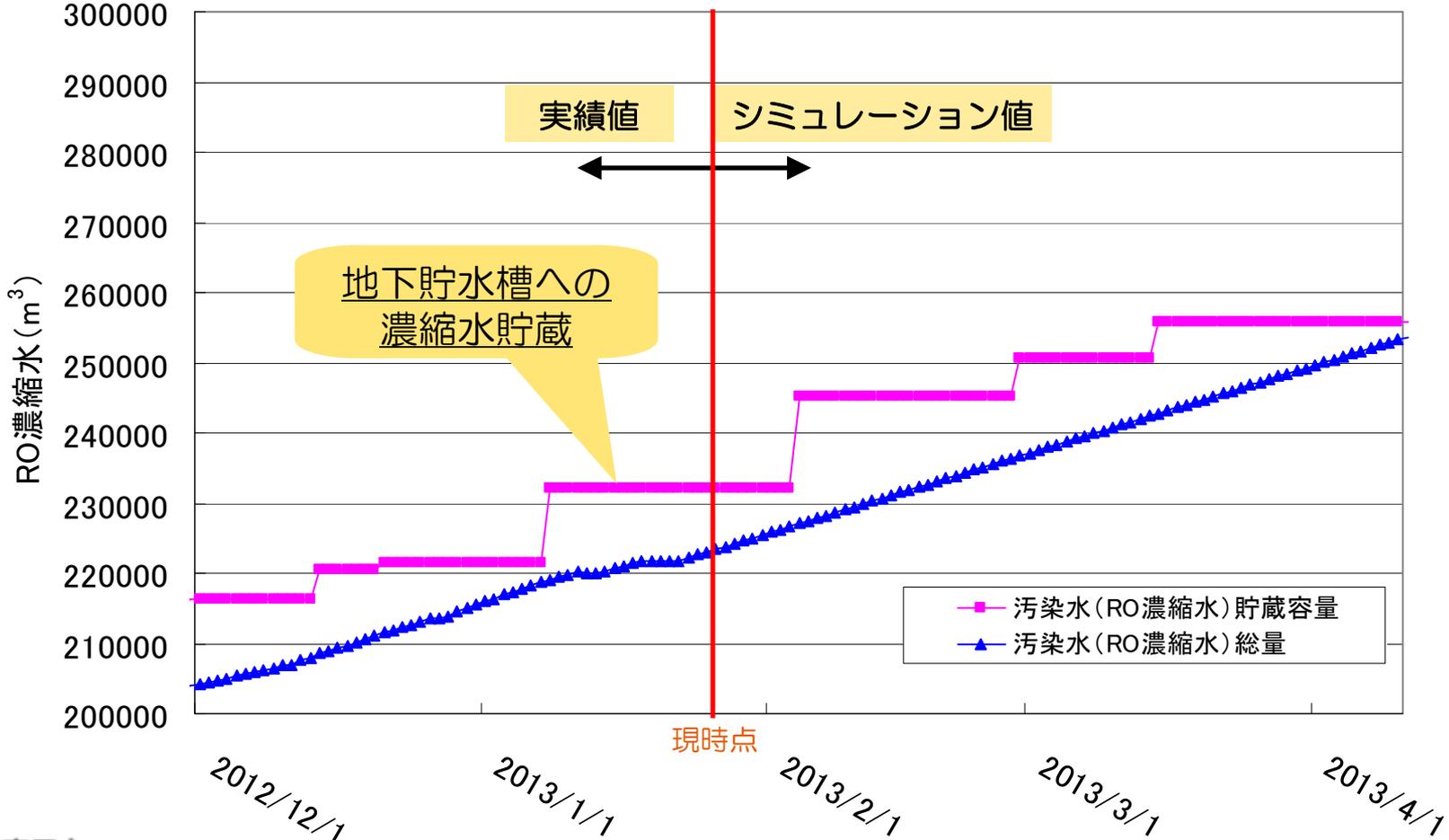
a. 建屋への地下水流入を抑制  
→ 地下水バイパスの実施を計画

b. 汚染水中の放射性物質の除去  
→ 多核種除去設備の設置を計画

c. 汚染水・処理済水の貯蔵  
→ 構内貯水タンクの増設を計画

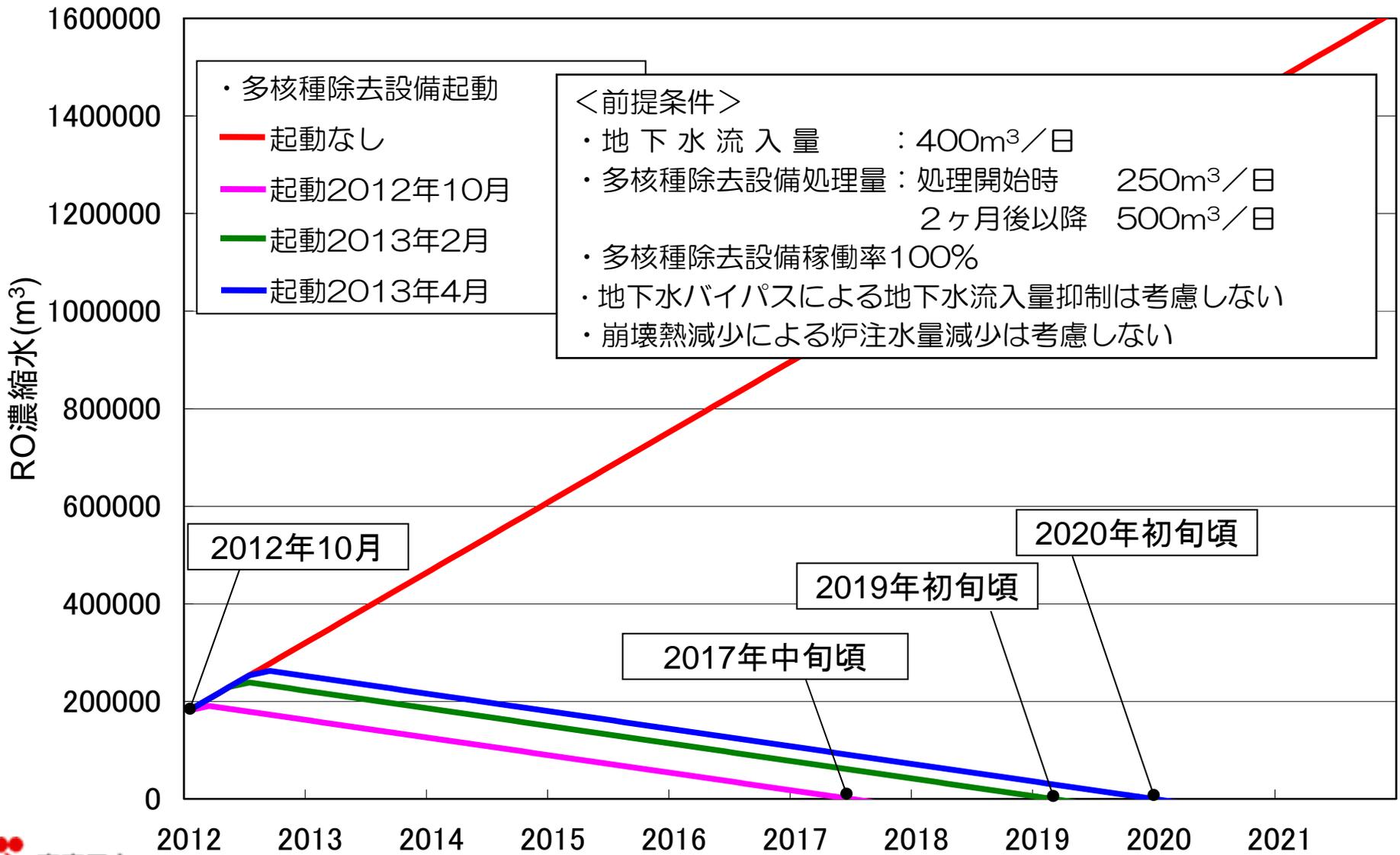
# 汚染水（RO濃縮水）の貯蔵量の見通し

- 汚染水（RO濃縮水）は、H25.1.22現在で約222,000m<sup>3</sup>発生しており、構内のタンクに貯蔵
- 汚染水の増加に伴い、順次タンクを追設しているが汚染水の総量に対して貯蔵容量が逼迫している状況

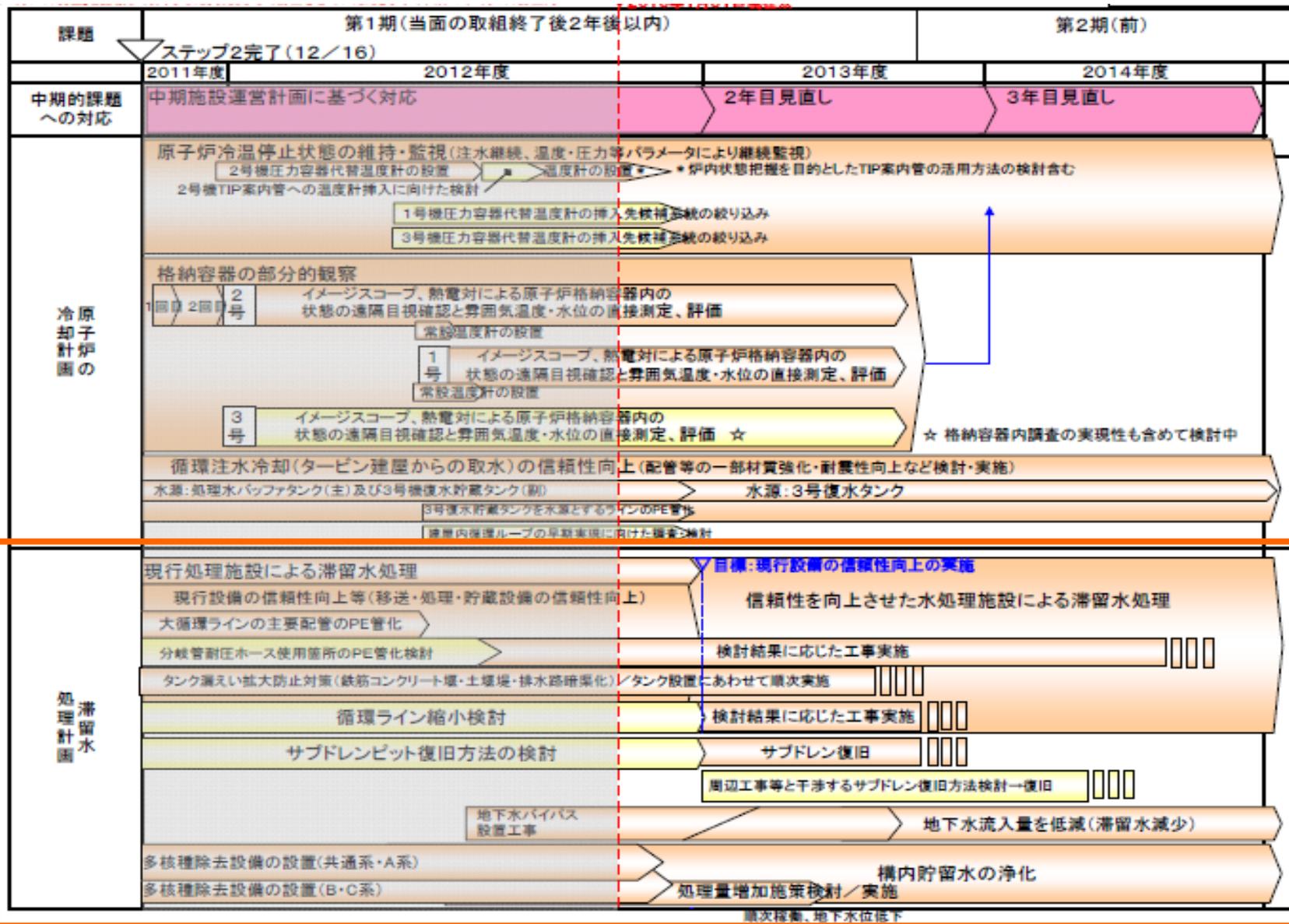


# 多核種除去設備の稼働時期と汚染水処理量の見通し

## ■多核種除去設備稼働による汚染水（RO濃縮水）の貯蔵量変化



# 中期スケジュール



ご静聴ありがとうございました。