

建屋滞留水処理の進め方について

2016年8月18日

TEPCO

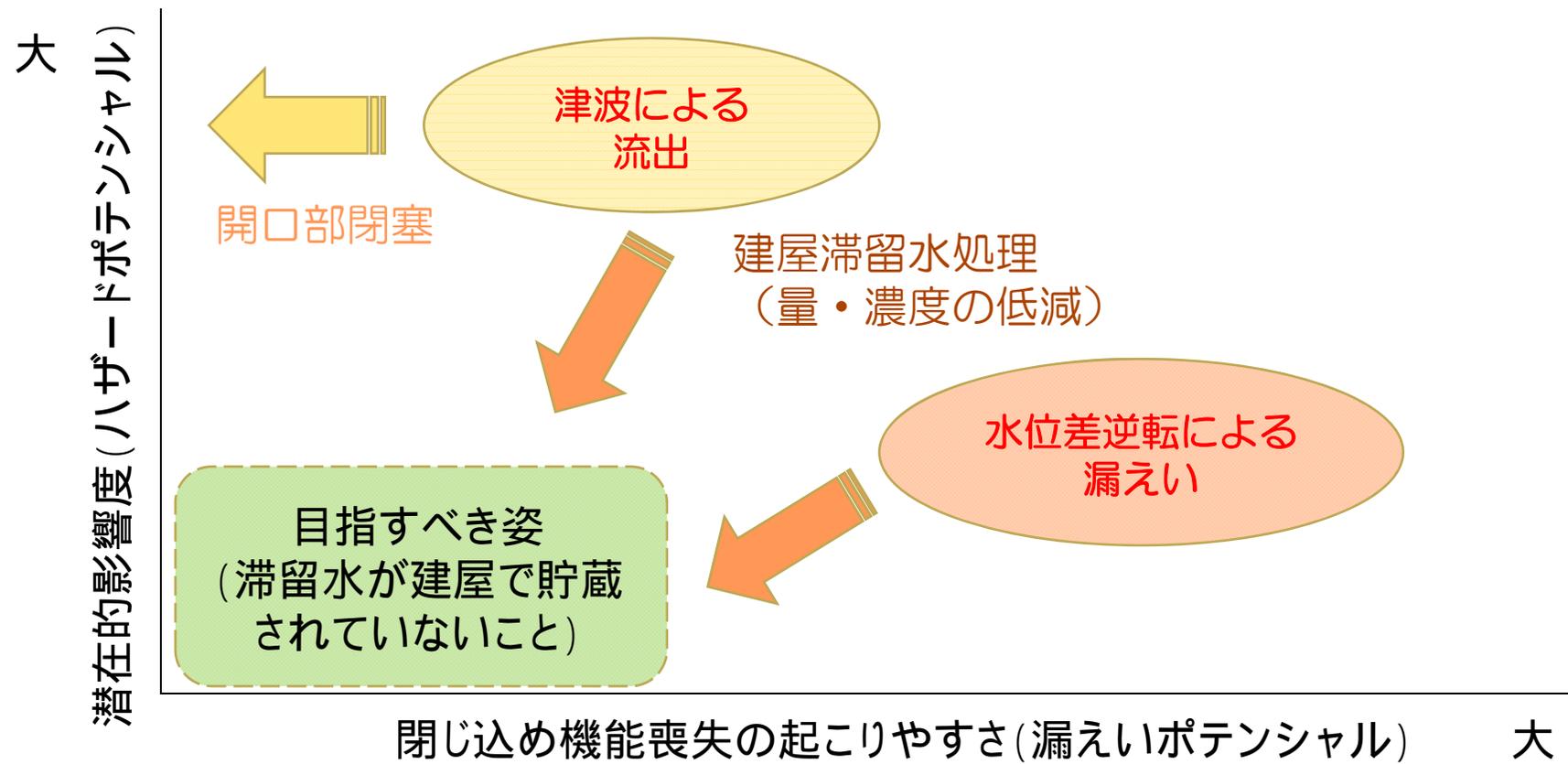
東京電力ホールディングス株式会社

1. 建屋滞留水処理の目的
2. 建屋滞留水処理の方策
3. 建屋滞留水貯蔵量低減の進め方
 3. 1 建屋滞留水貯蔵量低減に向けた整理
 3. 2 建屋滞留水貯蔵量低減の方針
 3. 3 建屋滞留水貯蔵量低減のスケジュール
4. 建屋滞留水中の放射性物質低減の進め方
 4. 1 建屋滞留水中の放射性物質低減に向けた整理
 4. 2 建屋滞留水中の放射性物質低減の方針
5. 建屋滞留水処理方針のまとめ
 5. 1 建屋滞留水処理方針のまとめ
 5. 2 中長期ロードマップとの関連

1. 建屋滞留水処理の目的

建屋滞留水処理の目的：建屋滞留水の漏えいリスク低減

- 建屋滞留水の漏えいシナリオは以下の2つが考えられ、そのリスク低減措置として、建屋滞留水処理（量・濃度の低減）および開口部閉塞がある。
 - 建屋滞留水水位が地下水位を上回ること（水位差逆転）による漏えい
 - 津波により建屋滞留水が屋外へ流出



2. 建屋滞留水処理の方策

■ 建屋滞留水の漏えいリスク低減策は以下が考えられる。なお、本資料では建屋滞留水処理の進め方について整理する。

● 建屋滞留水処理

➤ 建屋滞留水の貯蔵量低減

地下水位と水位差を確保しながら建屋滞留水の水位を低下させ、建屋滞留水の貯蔵量を低減

➤ 建屋滞留水中の放射性物質量の低減

建屋滞留水の浄化により、建屋滞留水中の放射性物質量を低減

なお、上記の建屋滞留水の貯蔵量低減によっても放射性物質量は低減

● 開口部閉塞

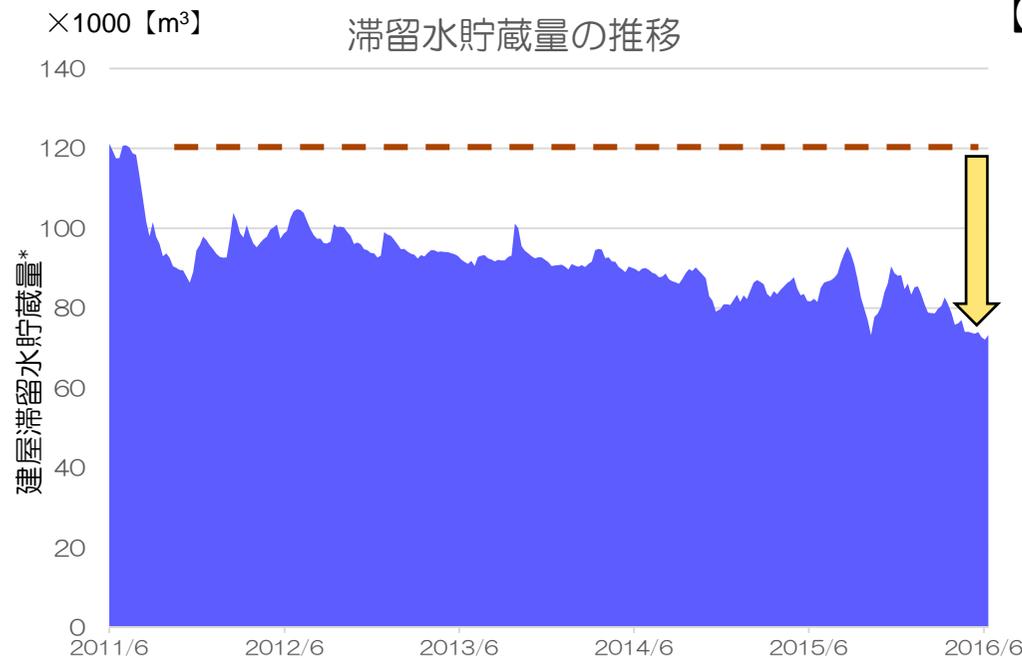
➤ 津波による放射性物質の流出防止

津波発生時に建屋内へ海水等の流入や引き波による滞留水流出を防止するため、建屋開口部等の閉塞を実施する。

3.1 建屋滞留水貯蔵量低減に向けた整理 (1 / 3)

■ 建屋滞留水の貯蔵量

- 2016年8月4日現在：約6.8万m³
(各建屋の水位：T.P.1200～1500程度)
- 貯蔵量は段階的に低減させている



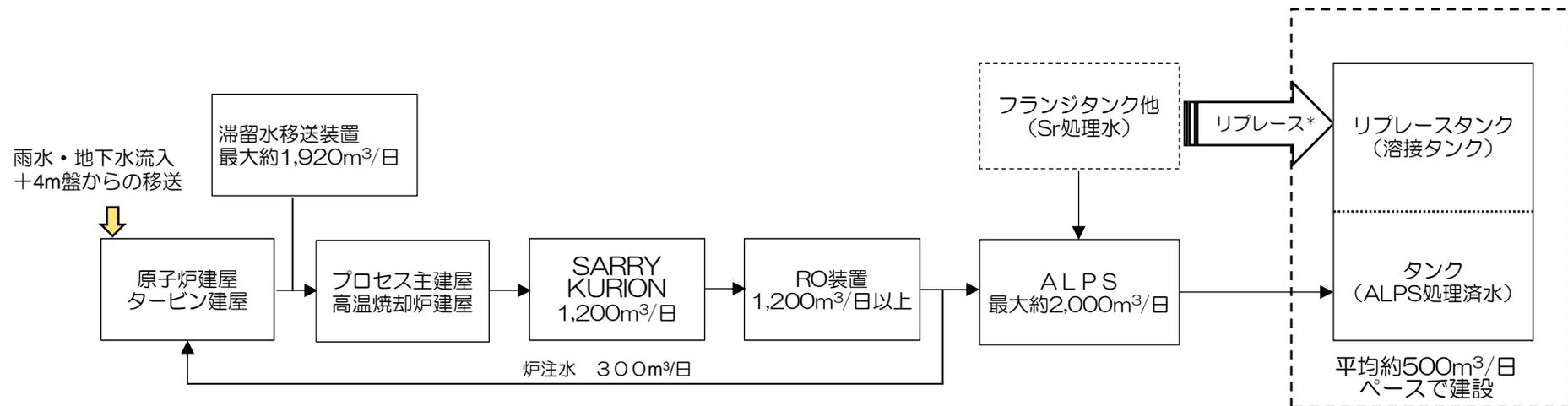
【参考】各建屋の滞留水水位 (2016.8.4現在)

	タービン建屋	原子炉建屋
1号機	T.P.1278	T.P.1418
2号機	T.P.1432	T.P.1533
3号機	T.P.1401	T.P.1350
4号機	T.P.1503	T.P.1383
集中廃棄物処理施設	プロセス主建屋：T.P.-318 高温焼却炉建屋：T.P.-79	

*復水器、トレンチを含む

3.1 建屋滞留水貯蔵量低減に向けた整理（2 / 3）

- 建屋滞留水処理プロセスは以下の通り。
 - 建屋には、地下水等が日々流入（約400m³/日）
 - 地下水他流入量（雨水・地下水流入量＋4m盤からの移送量）は、サブドレン稼働、陸側遮水壁やフェーシングの進捗により徐々に低減。
 - 建屋に流入した地下水他は、多核種除去設備（ALPS）にて処理した後にタンク（約500m³/日で建設）にて貯蔵。
 - 今後、地下水他流入量を低減することで、タンク貯蔵量に余裕を確保し、タンクリプレースや建屋滞留水貯蔵量低減へ活用していく。



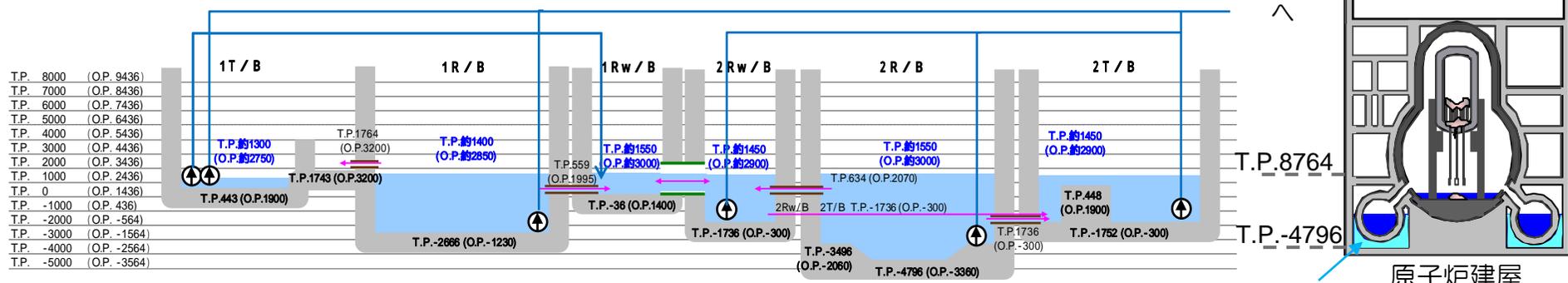
*リプレース期間中、タンク容量は一時的に減少

3.1 建屋滞留水貯蔵量低減に向けた整理 (3 / 3)

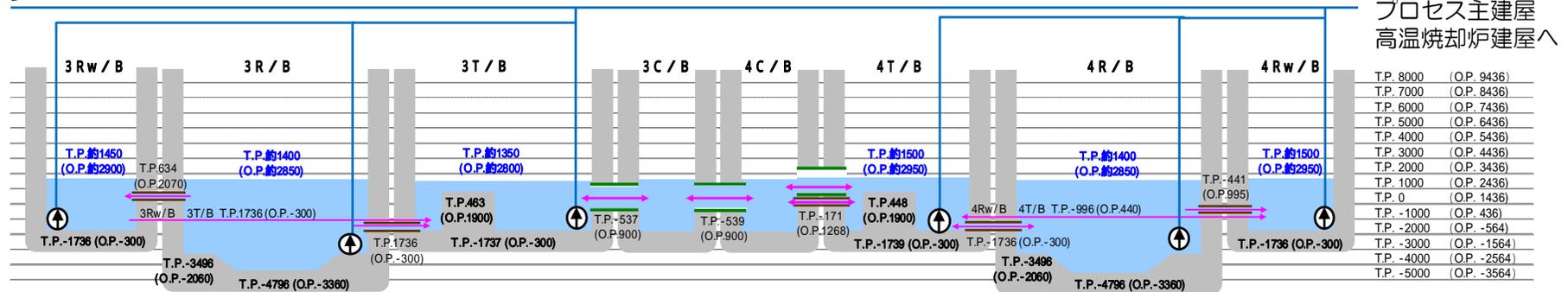
- 陸側遮水壁内の地下水位は基本的に一定なレベルとなり、建屋水位は地下水位との一定の水位差を確保し低下させるため、**建屋最下階の床面レベルの高い建屋から滞留水処理を行う。**

- 1号機タービン建屋【T/B】(T.P.443(O.P.1900))
 - ⇒1号機廃棄物処理建屋【Rw/B】(T.P.-36(O.P.1400))
 - ⇒2～4号機T/B、Rw/B(約T.P.-1740(O.P.-300))、
 - 4号機原子炉建屋【R/B】(T.P.-4796(O.P.-3360))

< 1～4号機の建屋床面レベル、建屋貫通部及び滞留水の水位 (2016.8.4現在) >



より

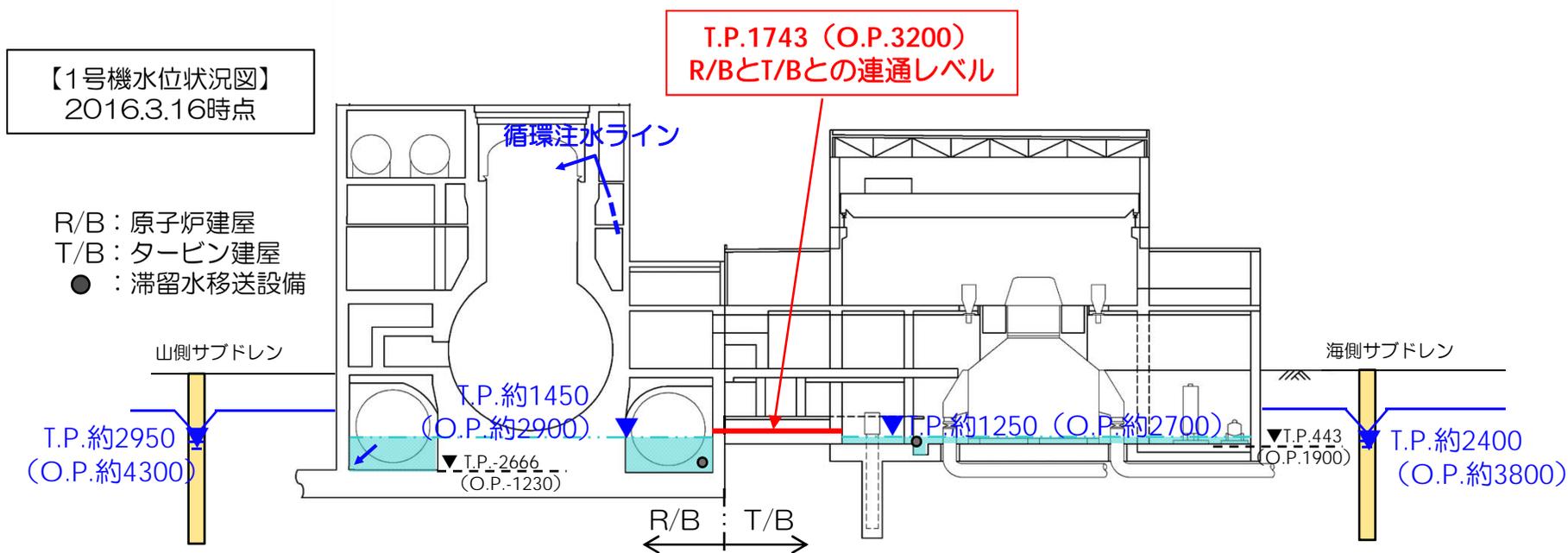


—: 滞留水移送装置 (既設)

【注】 T/B: タービン建屋、R/B: 原子炉建屋、Rw/B: 廃棄物処理建屋

【参考】建屋滞留水処理の進捗

- 2016年3月16日に、循環注水を行っている1号機原子炉建屋（R/B）の滞留水水位を、隣接する1号機タービン建屋（T/B）との連通箇所であるレベルT.P.1743以下まで低下させ、水位が安定的に維持していることを確認し、滞留水処理の完了に向けた取組の一つである「T/Bの循環注水ラインからの切り離し」を1号機にて達成したものと判断した。
- 1号機T/Bの滞留水処理は、今年度床面露出に向けて以下の対応を進めており、後続建屋にも順次、これらの経験を反映していく計画である。
 - 既設設備では建屋床面までの水位低下ができないため、移送設備の追設
 - 水位低下に伴う建物や機器の露出によるダスト飛散リスク低減に向けたダスト対策 等



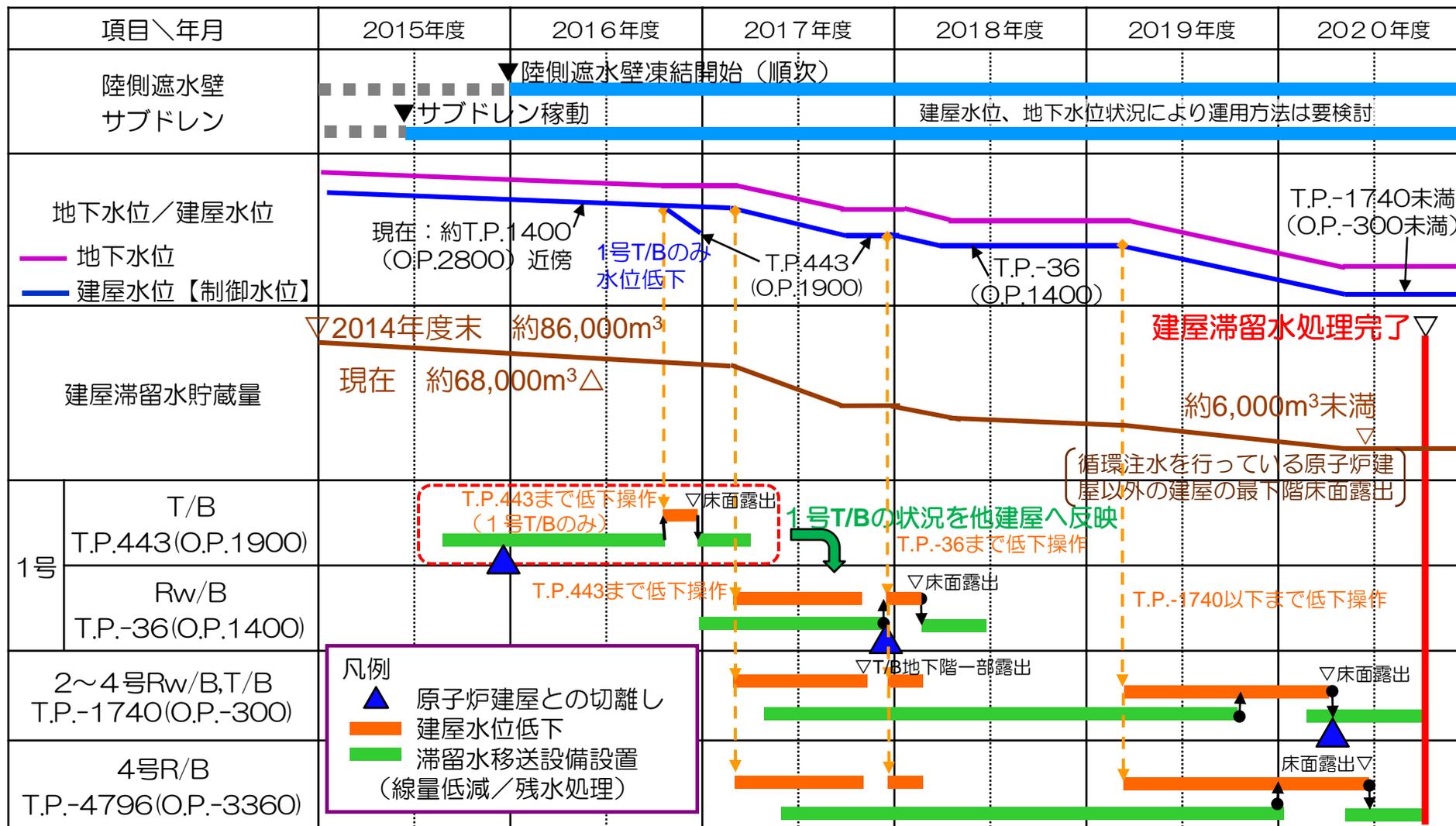
3.2 建屋滞留水貯蔵量低減の方針

- 地下水他流入量を低減させ、滞留水の処理を進め、建屋滞留水貯蔵量を低減。
 - 地下水他流入量は、サブドレン稼働、陸側遮水壁造成やフェーシング並びに地下水ドレン前処理設備の新設等により低減していく。
 - 地下水他流入量を低減することで、タンク貯蔵量に余裕を確保し、建屋滞留水貯蔵量を低減していく。

- 循環注水を行っている原子炉建屋以外の建屋は、ダスト対策等の諸課題を並行して進め、安定的に地下水等の流入を集水し排水できる設備を設置して、滞留水を処理して最下階床面を露出させ、その状態を維持する。その後、流入箇所を特定し、止水作業を実施。
 - 循環注水を行っている原子炉建屋は燃料デブリ取出計画の決定後、処理方針を策定。なお、原子炉建屋以外の建屋の最下階床面が露出した場合、原子炉建屋と切り離され、壁面に貫通部が存在しない水位となるため、漏えいリスクは大幅に低減。

3.3 建屋滞留水貯蔵量低減のスケジュール

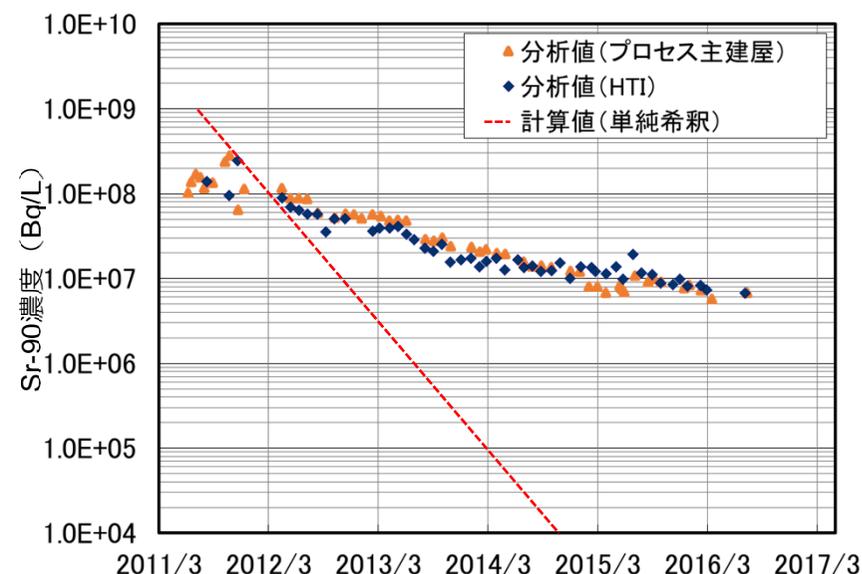
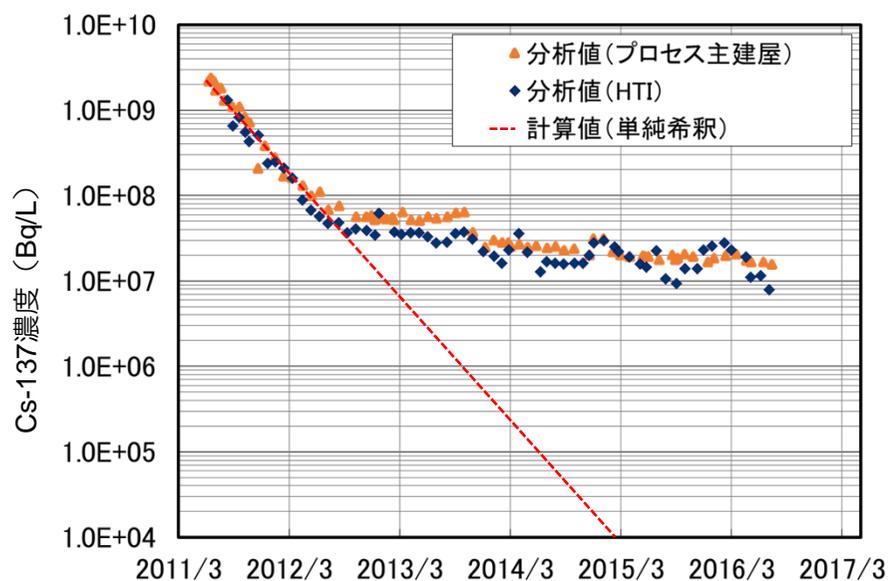
- 1号T/Bは、今年度内の床面露出に向けて対応を進めている。その他建屋については、詳細な現場調査が未実施であるものの、作業内容は1号T/Bと同様と想定。
- 今後、その他建屋の現地調査を早期に実施し、スケジュールに順次反映していく。



4.1 建屋滞留水中の放射性物質低減に向けた整理（1 / 4）

■ 建屋滞留水中の放射能濃度

- 汚染水処理設備（SARRY／KURION等）による循環浄化、地下水等の流入（2016.6時点で累計約150万m³）により建屋滞留水は希釈され、放射能濃度は低下している。
- Cs-137とSr-90の建屋滞留水の濃度の推移は以下の通り。
 - Cs-137は2012年度末頃まで単純希釈（放射性物質の供給がなく、地下水約400m³／日により希釈）と同程度で濃度が低下しているものの、その後、濃度低下は鈍化している。
 - Sr-90は、単純希釈ではないものの、初期から同程度の低下傾向が続いている。

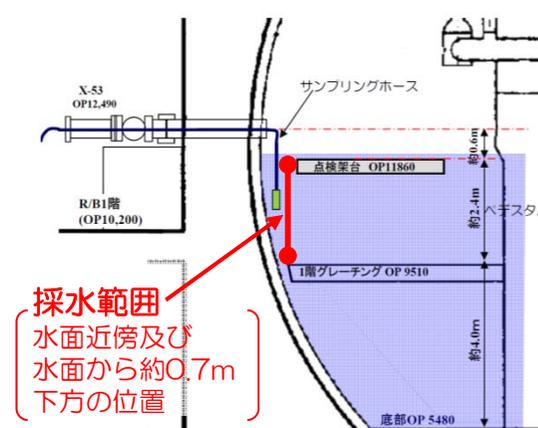
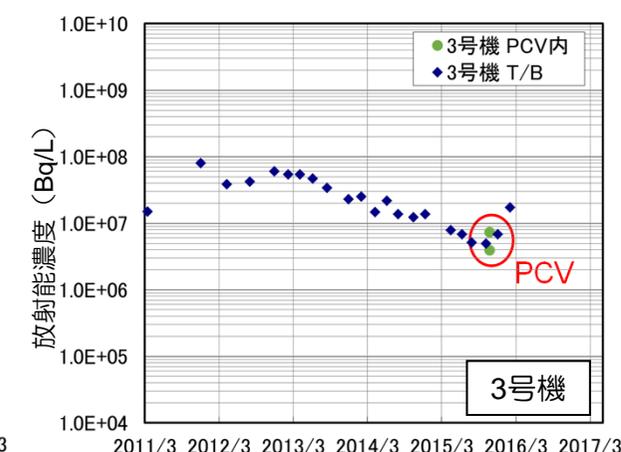
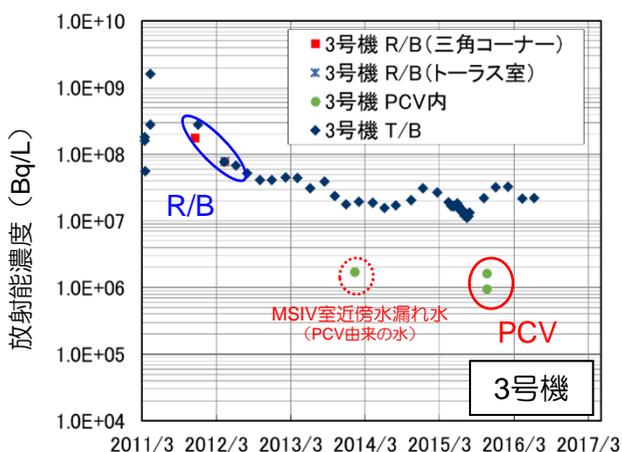
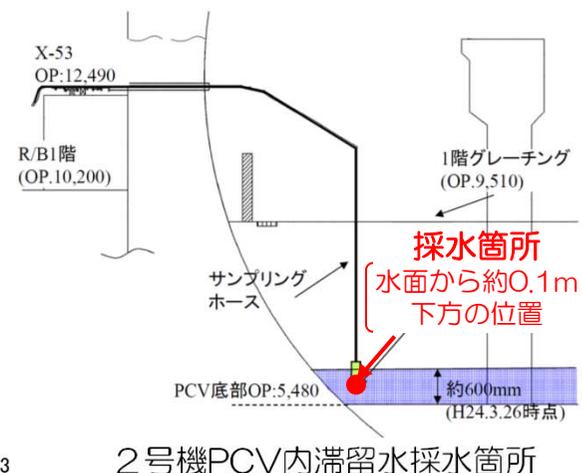
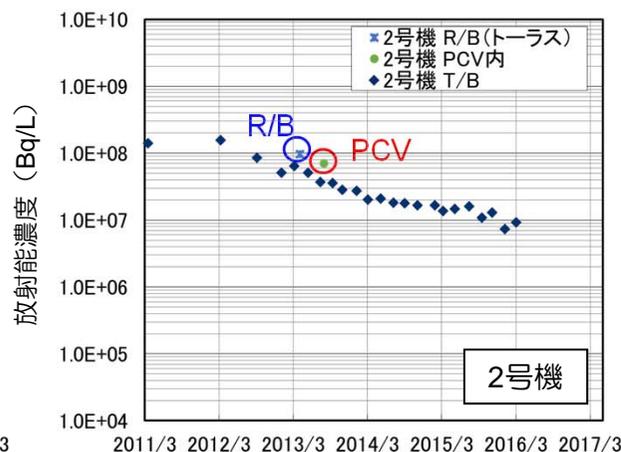
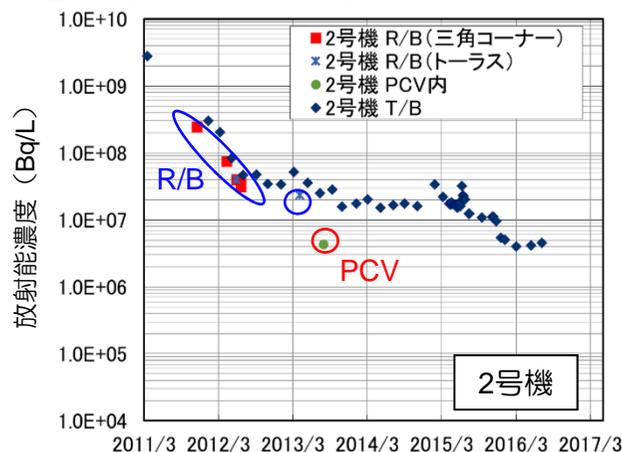


建屋滞留水の放射能濃度*1の推移

* 1 各建屋滞留水が混合される集中Rw（プロセス主建屋、高温焼却炉建屋（HTI））の放射能濃度を示す

4.1 建屋滞留水中の放射性物質低減に向けた整理 (2/4)

- Cs濃度は、PCV内よりR/Bの方が1桁程度高く、PCV内以外に何らかの支配的供給源があると推定され、震災初期の滞留水を貯蔵した復水器等が考えられる。これより、復水器等の処理を優先的に進める計画。
- Sr濃度は、PCV内のサンプル水と建屋滞留水がほぼ一致しており、PCV内からの供給が支配的要因と推定。



建屋滞留水中のCs-137濃度

建屋滞留水中のSr-90濃度

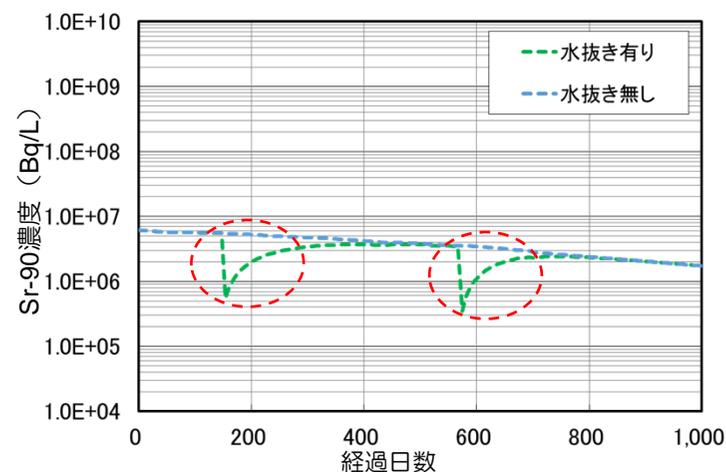
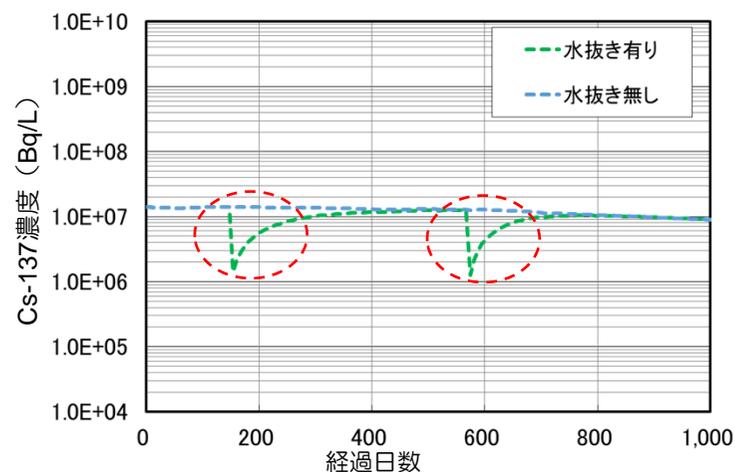
3号機PCV内滞留水採水範囲

4.1 建屋滞留水中の放射性物質低減に向けた整理（3／4）

- 建屋内に貯蔵されている滞留水を全て移送し、放射性物質の量を低下させる場合の影響はどうか。

- 現状の滞留水移送設備は各建屋の床上に設置しており、全ての滞留水を移送できず、約1割程度の滞留水は建屋内に残留すると予想される。
- 可能な限りの滞留水をタンクへ移送し、タンクに貯留した処理済水を建屋へ入れた場合、一時的に放射能濃度および放射性物質量は1/10程度となるものの、放射性物質の供給量が12乗オーダ/日（2016～2017年度での試算）と想定すると、約300日後には元の状況に戻ると予想される。
- 建屋滞留水とタンクに貯留した処理済水を入れ替えるためには、一時的にタンク側で建屋滞留水を受けなければならないが、現時点ではフランジタンクに受けることとなる。


 一時的に建屋滞留水を移送し、放射性物質の量を低下させたとしても、燃料デブリ等からの供給がある限り、効果的な対策ではないと考えられるうえ、水処理廃棄物の増加にも影響する。

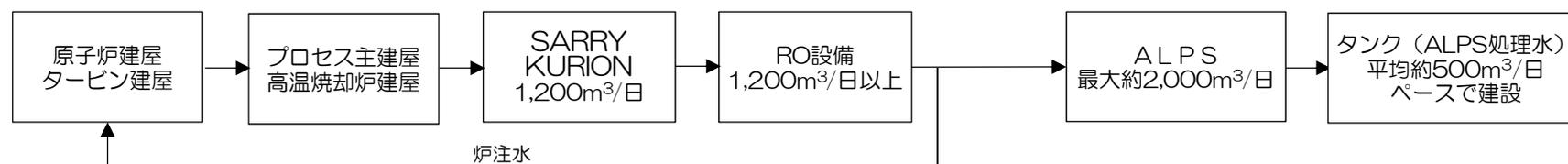



 : 建屋滞留水を一時的に移送した場合

4.1 建屋滞留水中の放射性物質低減に向けた整理（4／4）

- 建屋滞留水中の放射性物質の量を多核種除去設備（ALPS）を活用して低減させる場合、どのような影響があるのか。

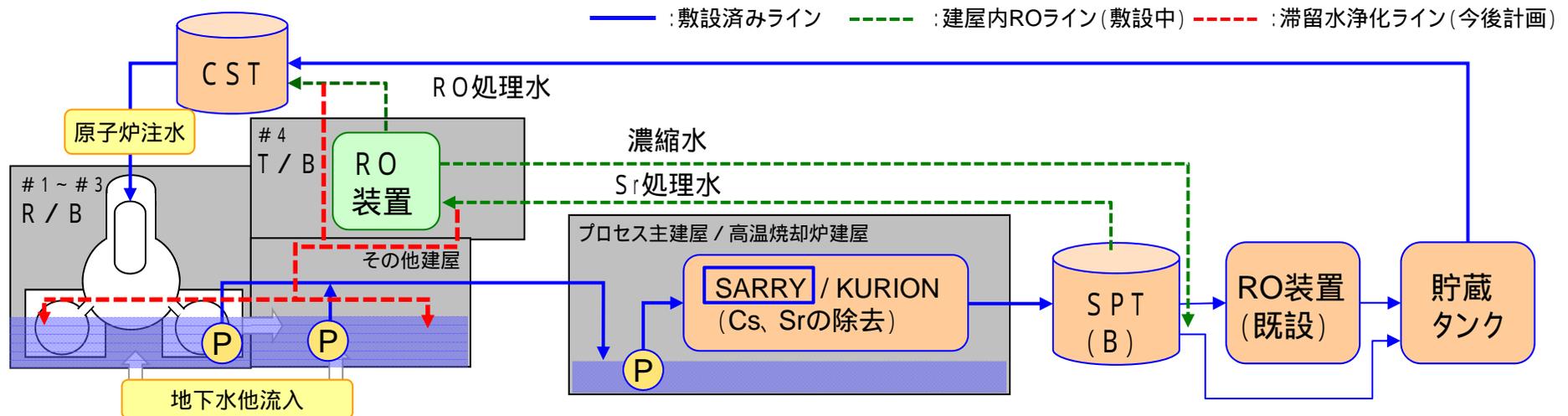
- ALPSはセシウム吸着装置（SARRY/KURION）の処理済水を処理対象としている。
- 汚染水処理プロセスの律速はセシウム吸着装置の処理量となっているため、ALPS処理水を建屋浄化へ使用した場合の浄化量もセシウム吸着装置が律速となる。
- ALPSで建屋滞留水を直接処理して建屋へ戻す循環を新たに構築する場合、循環量を増やすことで浄化量を増やすことは出来るが、ALPS入口水の設計条件が異なる（特に入口水のセシウム等の放射能濃度が上昇する）ため、以下の影響がある。
 - 建屋滞留水での性能確認試験の実施、遮へい設計の見直しが必要であること
 - 建屋滞留水の屋外移送範囲が長くなり、汚染水漏えい時のリスクが高くなること
 - ALPS設置箇所周辺の雰囲気線量を増加させ、作業員の被ばく線量を増加させること
 - ALPSを各建屋近傍に移設する場合、現段階では設置エリアがないこと



4.2 建屋滞留水中の放射性物質低減の方針（1 / 2）

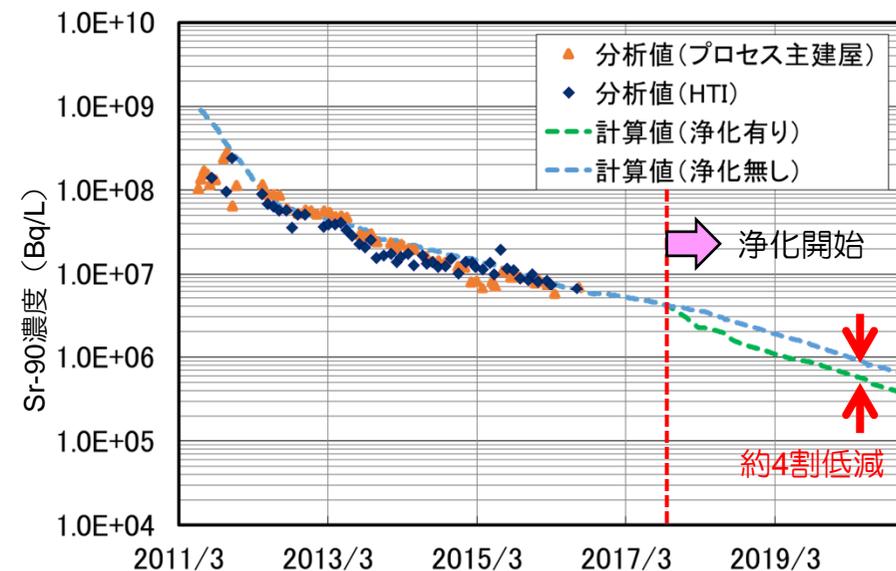
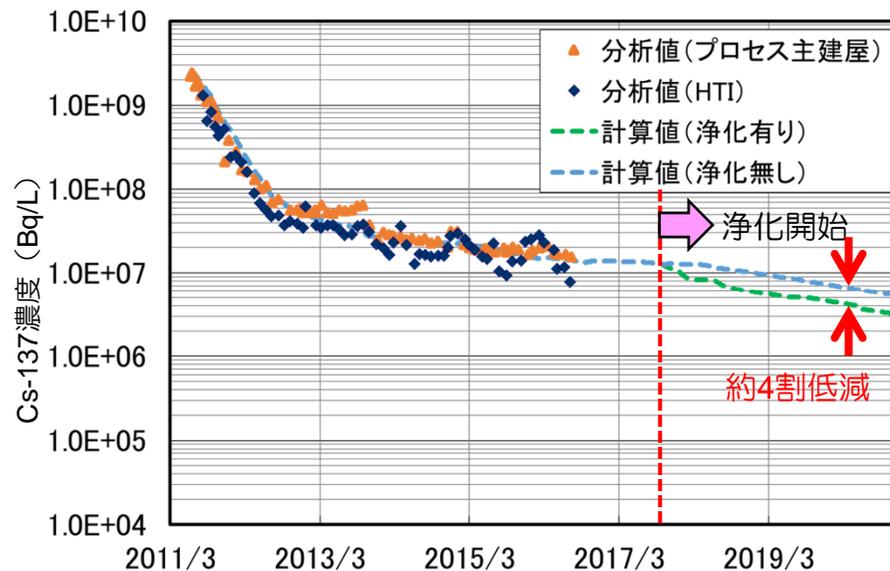
- 建屋滞留水中の放射性物質の低減を加速させるため、SARRYの余剰能力の活用を基本とし、処理済水を建屋へ戻す配管等の新規設置を計画。
 - 汚染水処理設備から発生する廃棄物量の抑制等を考慮し、SARRYの余剰能力を基本として、Sr処理水もしくはRO処理水による浄化を計画。
 - 現状はSARRYの余剰能力が小さい（100～200m³/日程度*）ものの、地下水他流入量の低減により徐々に増加していく見込み。

*日々の建屋滞留水処理量（炉注含む）約600～700m³/日に対して、SARRYの最大処理量が約800m³/日



4.2 建屋滞留水中の放射性物質低減の方針（2 / 2）

- 滞留水の浄化を2017年下期から開始した場合における建屋滞留水の放射能濃度（主にCs-137とSr-90）の今後の見通しを予測。
 - 滞留水中の放射能濃度の推移*1は、放射性物質の継続的な供給、半減期による減少、滞留水の処理量等を考慮
 - 2017年下期から浄化運転開始に伴い滞留水の処理量を増加させる
- これより、放射能濃度の低減が加速することにより、約4割の低減が可能な見込み
- 今後、地下水等の流入量や放射性物質の供給量等のパラメータも変化していくため、放射能濃度の傾向監視を継続していく



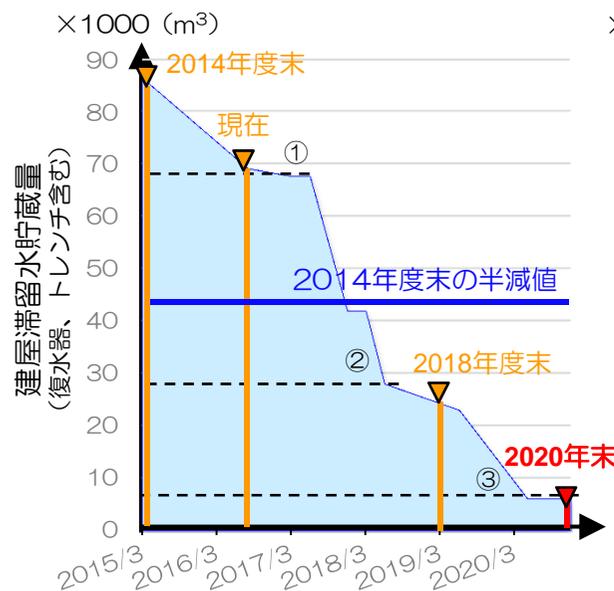
建屋滞留水の浄化に伴う放射能濃度*2の今後の予測評価

* 1 Atsuhiko Shibata, Yoshikazu Koma & Takao Ohi, "Estimation of the inventory of the radioactive wastes in Fukushima Daiichi NPS with a radionuclide transport model in the contaminated water", Journal of Nuclear science and technology 2016 (<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00223131.2016.1196625>)

* 2 各建屋滞留水が混合される集中Rw（プロセス主建屋、高温焼却炉建屋（HTI））にて評価を実施

5.1 建屋滞留水処理方針のまとめ

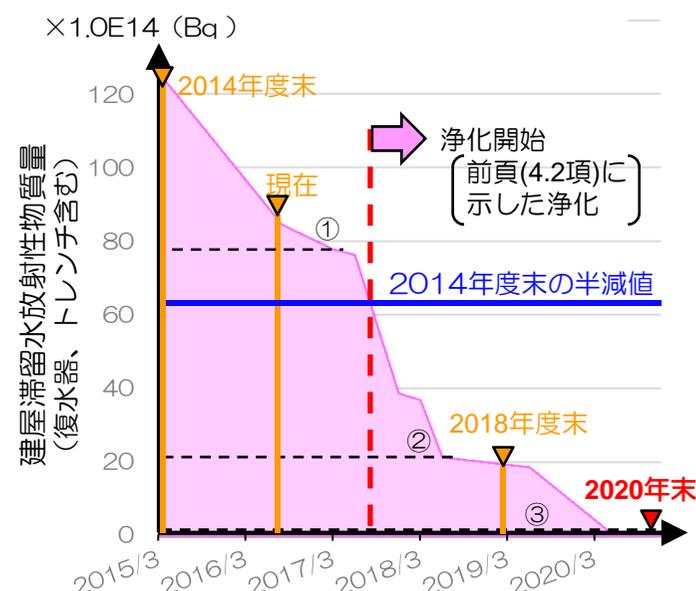
- 建屋滞留水処理の処理方針は以下の通り。
 - 建屋滞留水貯蔵量の低減は、タンク貯蔵量を確保しつつ進めることとし、2020年内に循環注水を行っている原子炉建屋以外の建屋の最下階の床面を露出させる。
 - 建屋滞留水の浄化は、SARRYの余剰能力を活用することを基本として進めることとし、建屋滞留水中の放射能濃度を低減させる。
 - 上記に加えて、高濃度汚染水を貯蔵している復水器内滞留水の処理も進め、2018年度に2014年度比の放射性物質の量・濃度を半減以下とする。



建屋滞留水貯蔵量の推移



建屋滞留水放射能濃度の推移



建屋滞留水放射性物質量の推移

- ① 1号機T/B 床面露出 (2017年度)
- ② 2~4号機T/B地下階一部露出、1号機Rw/B床面露出 (2018年度)
- ③ 2~4号機 Rw/B、T/B、4号機R/B 床面露出 (2020年)

5.2 中長期ロードマップとの関連

- 本処理方針に基づき、建屋滞留水処理を進めていくことで、中長期ロードマップにおける建屋滞留水処理のマイルストーンを達成する。
- なお、2015年度内の「いずれかのタービン建屋の循環注水ラインからの切り離し」については1号機にて達成済み。

中長期ロードマップにおけるマイルストーン

分野	内容	時期
滞留水処理完了	いずれかのタービン建屋の循環注水ラインから切り離し	2015年度 (達成済み)
	建屋内滞留水中の放射性物質の量を半減 (2014年度末時点の状態を比較対象)	2018年度
	建屋内滞留水の処理完了	2020年内

4. 中長期の具体的対策

4-2 汚染水対策

（2）建屋滞留水処理の完了に向けた取組

地下水が流入する建屋壁面の貫通部のうち、止水可能な建屋貫通部については、速やかに止水する。まずは、地下水流入が確認されている1号機コントロールケーブルダクトの建屋接続部を止水し、以後も継続的に実施していく。

しかし、建屋壁面の貫通部は多数あり、貫通部の完全な止水は困難と予想される。このため、陸側遮水壁や敷地舗装等の効果による地下水位低下に合わせ、2015年度内に建屋内水位の引下げを開始し、建屋内滞留水と地下水位の水位差を維持する等、建屋内の滞留水を外部に漏洩させないための対策を講じながら、地下水流入抑制を図る。

循環注水を行っている1～3号機については、タービン建屋等を切り離れた循環注水システムを構築した上で、原子炉建屋の水位低下等の対策により、原子炉建屋から他の建屋へ滞留水が流出しない状況を構築する。まずは、2015年度内にいずれかのタービン建屋を循環注水ラインから切り離す。

原子炉建屋以外の建屋の滞留水の完全な除去には、雨水流入防止対策や、滞留水除去後のダスト対策が必要なことに留意しつつ、まずは、これらの滞留水を可能な限り浄化する。

これらの取り組みを通じ、2018年度内に建屋内滞留水^{※1}中の放射性物質の量を半減させ^{※2}、2020年内に建屋内の滞留水処理完了を目指す。

※1 1～4号機建屋、高温焼却炉（HTI）建屋、プロセス建屋及び海水配管トレンチ内に滞留する水を指す。

※2 2014年度末時点の状態を比較対象とし、濃度の低下や水量の減少により行う。

【参考】建屋滞留水処理手順に関する検討

- 3号機原子炉建屋等からの放射性物質の供給が少なく、滞留水の放射能濃度が低い4号機を切り離して、滞留水処理を先行して進める場合、どのような影響があるのか。

<メリット>

- 4号機の建屋滞留水の放射性物質は3号機から供給されていると想定され、建屋間の切り離しを実施することで、4号機側の滞留水の放射能濃度を大きく低減できると想定される。
- 4号機側の滞留水水位は3号機側より高いことから、現状、3号機側を希釈していると想定され、切り離すと3号機側の滞留水の放射能濃度を上昇させる懸念があるが、その場合も浄化を効果的に進めることができる。

<デメリット>

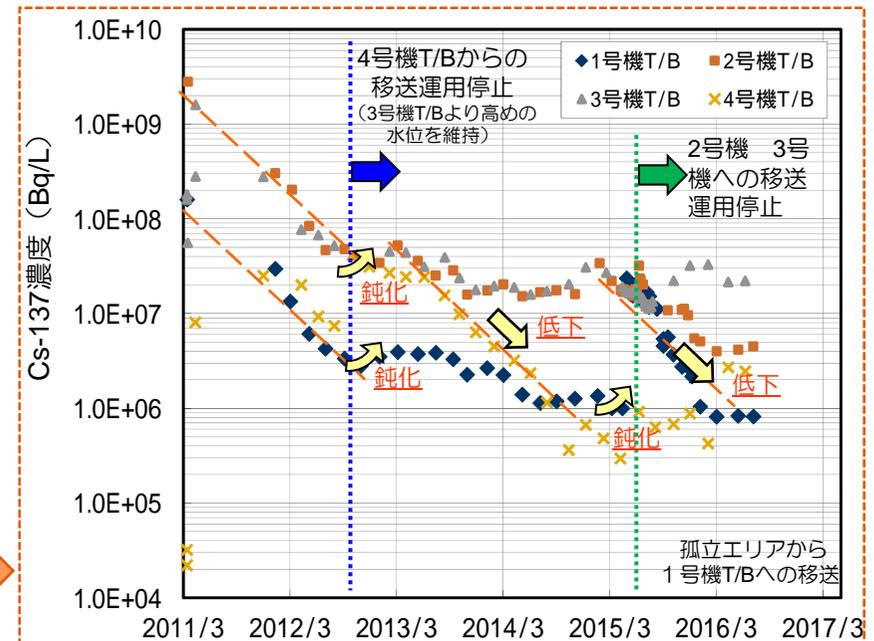
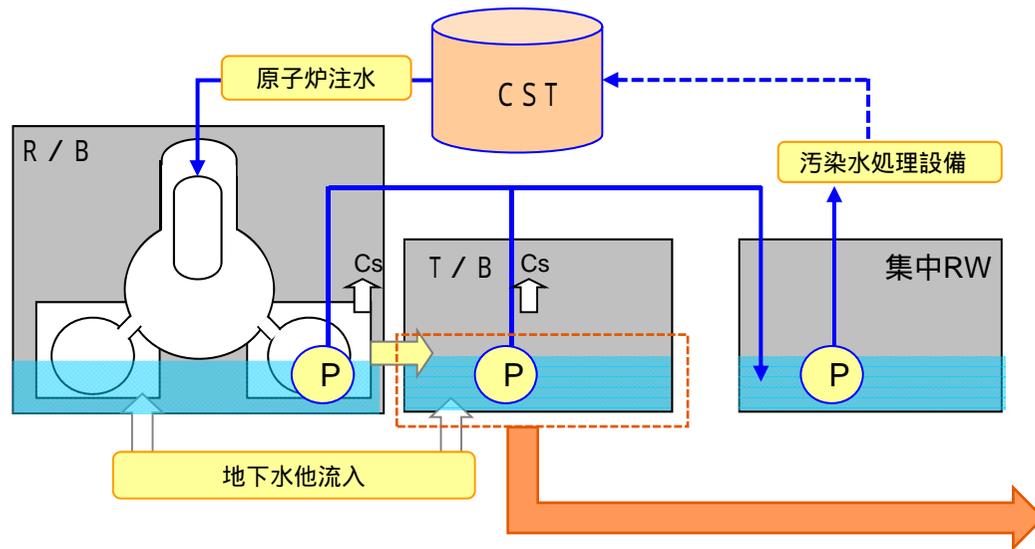
- 切り離し後に3号機または4号機の水位を先行して低下させた場合、周辺地下水位は一定に制御しているため、建屋水位との水位差が広がり、流入量が増加する懸念がある

 上記を勘案し、4号機の切り離しについては今後も検討を進めていく。

【参考】タービン建屋における放射能濃度の特徴

- 1～4号機タービン建屋（T/B）における建屋滞留水の放射能濃度の特徴は以下の通り。

号機	特徴
1T/B	放射性物質の供給源となっている1R/Bから離れた復水器エリアに水が滞留しており、震災初期に流入した滞留水は、地下水等により希釈されていたが、 10^6Bq/L で濃度低下は鈍化。
2T/B	2013年度以降、放射能濃度の低下が一時鈍化し、2015年度から4m盤からの汲み上げ水により希釈されていたが、 10^6Bq/L で濃度低下は鈍化。
3T/B	2013年度以降、放射能濃度の低下が鈍化し、 10^7Bq/L で濃度低下は鈍化。
4T/B	建屋に浮遊した油を処理設備へ移送しないために、2012.11末から4T/Bからの移送運用を停止し、3R/Bからの放射性物質の流入量が減少したことで、放射能濃度が低下したと想定。



【参考】各建屋の滞留水移送ポンプの最低排水レベルについて

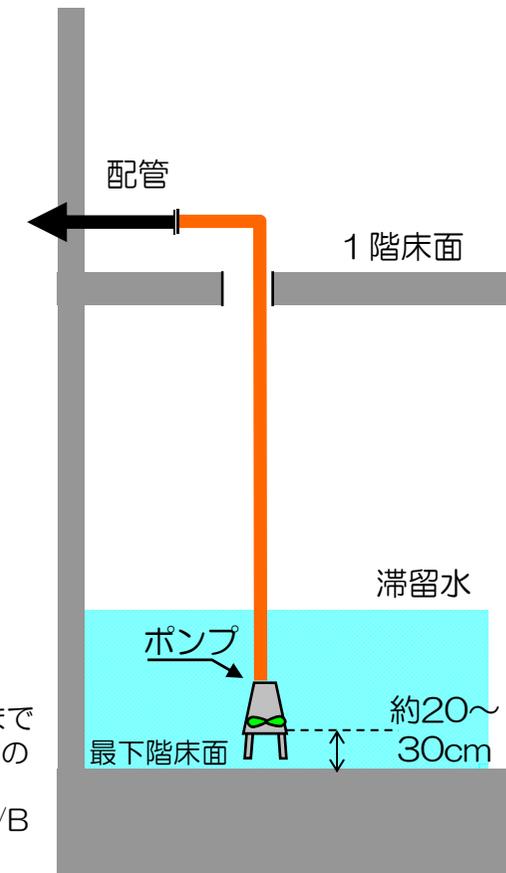
- 現状の移送ポンプの設置レベル・吸い込み高さより算出した最低排水レベルは以下の通りであるが、更に設置レベルを下げる事が可能な移送ポンプについては、今後の水位低下に合わせて低下予定。

建屋		ポンプの最低排水レベル*1 T.P.+m (O.P.+m)	最低床レベル T.P.+m (O.P.+m)
1号	R/B	-0.40 (1.04)	-2.67 (-1.23)
	T/B	0.74 (2.20)	0.44 (1.90)
	Rw/B	-0.04 (1.40) *2	-0.04 (1.40)
2号	R/B	-0.08 (1.36)	-4.80 (-3.36)
	T/B	-1.39 (0.05)	-1.74 (-0.30)
	Rw/B	-1.43 (0.01)	-1.74 (-0.30)
3号	R/B	-2.09 (-0.65)	-4.80 (-3.36)
	T/B	-1.34 (0.10)	-1.74 (-0.30)
	Rw/B	-1.43 (0.01)	-1.74 (-0.30)
4号	R/B	-3.20 (-1.76)	-4.80 (-3.36)
	T/B	-1.44 (0.00)	-1.74 (-0.30)
	Rw/B	-1.44 (0.00)	-1.74 (-0.30)

【注】 T/B：タービン建屋，R/B：原子炉建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋

*1：各建屋の水位は、滞留水移送ポンプの吸い込み高さ等の関係から、床面より約20～30cmの高さまで滞留水を移送し低下させることが可能である。ただし、移送ポンプは、干渉物等の影響から、各建屋の最低床レベルに設置出来ていない箇所がある。

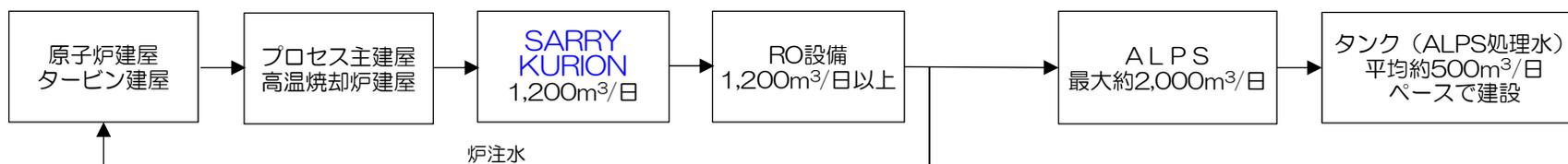
*2：1号Rw/Bは、2号Rw/Bと開いた扉で連通しているため、移送ポンプを設置していない。2号Rw/Bの移送ポンプにより水位を低下させることで、2号Rw/Bの最低排水レベルまでは低下可能。



【参考】 汚染水処理設備から発生する廃棄物量

- 汚染水処理設備から発生する廃棄物量は、KURIONよりSARRYの方が少ない。また、セシウム吸着装置の運転はSARRYを基本としており、KURIONは建屋滞留水の移送量がSARRYの処理量を上回る場合やSARRY停止時等に運転することとしている。
- 建屋滞留水の浄化を進めることにより、汚染水処理設備から発生する廃棄物量が増加する。この廃棄物は一時保管施設等に保管する必要があり、一時保管施設等の保管容量を逼迫させてしまうため、廃棄物発生量が少ないSARRYを活用した方が有効である。
- 以上のことから、浄化は廃棄物発生量が少ないSARRYを基本とした汚染水処理設備の余剰能力を活用する。

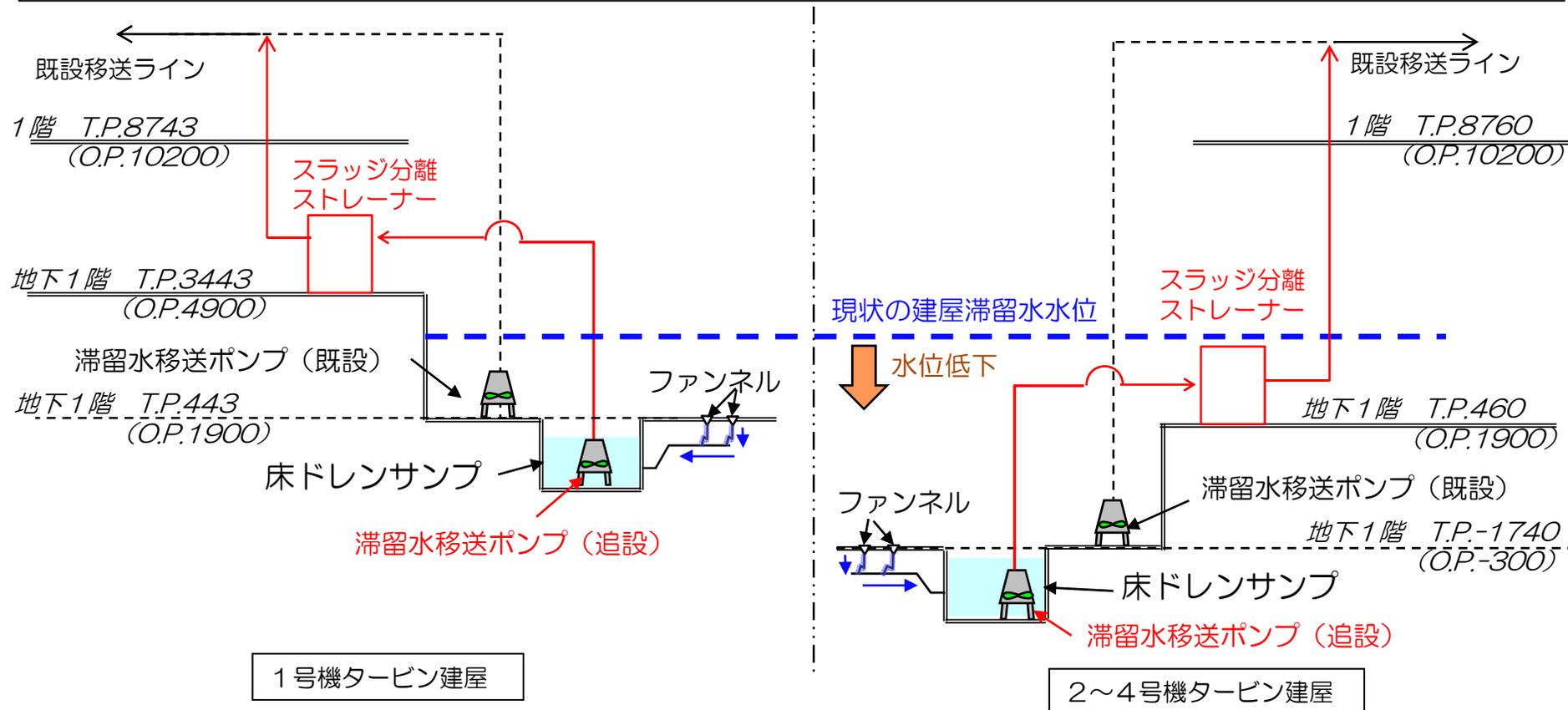
汚染水処理設備	10万m ³ 処理時の廃棄物発生量*1	(参考) 吸着塔1基あたりの容量
SARRY	吸着塔 約10基	約1.4m ³ /基
KURION	吸着塔 約170基	約1.2m ³ /基



*1 汚染水の性状等により、変更となる可能性あり

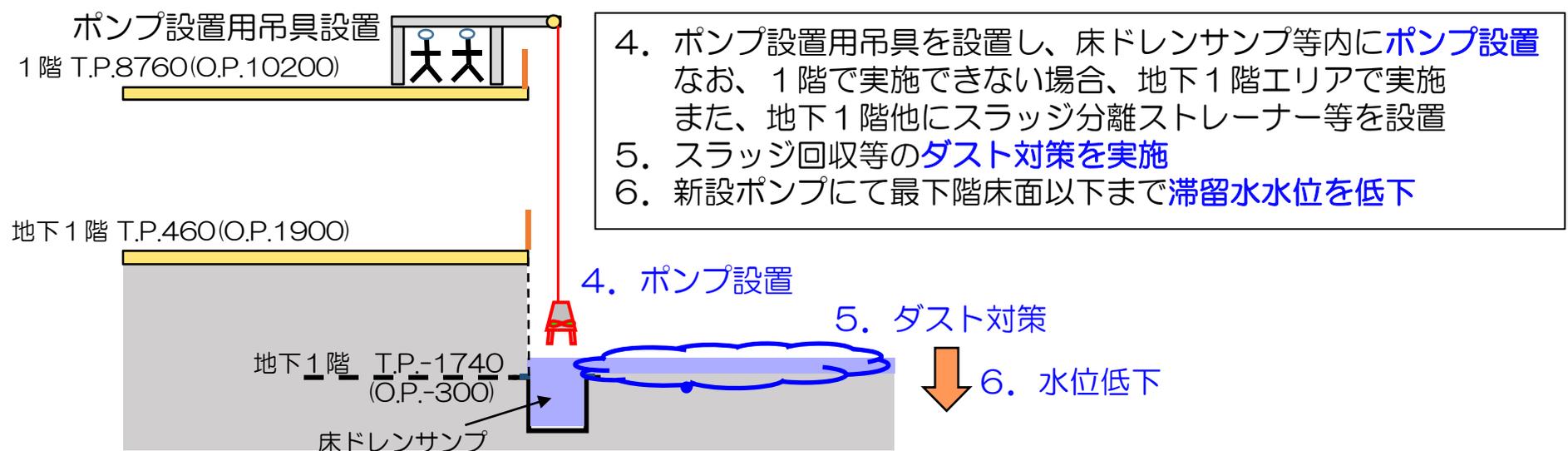
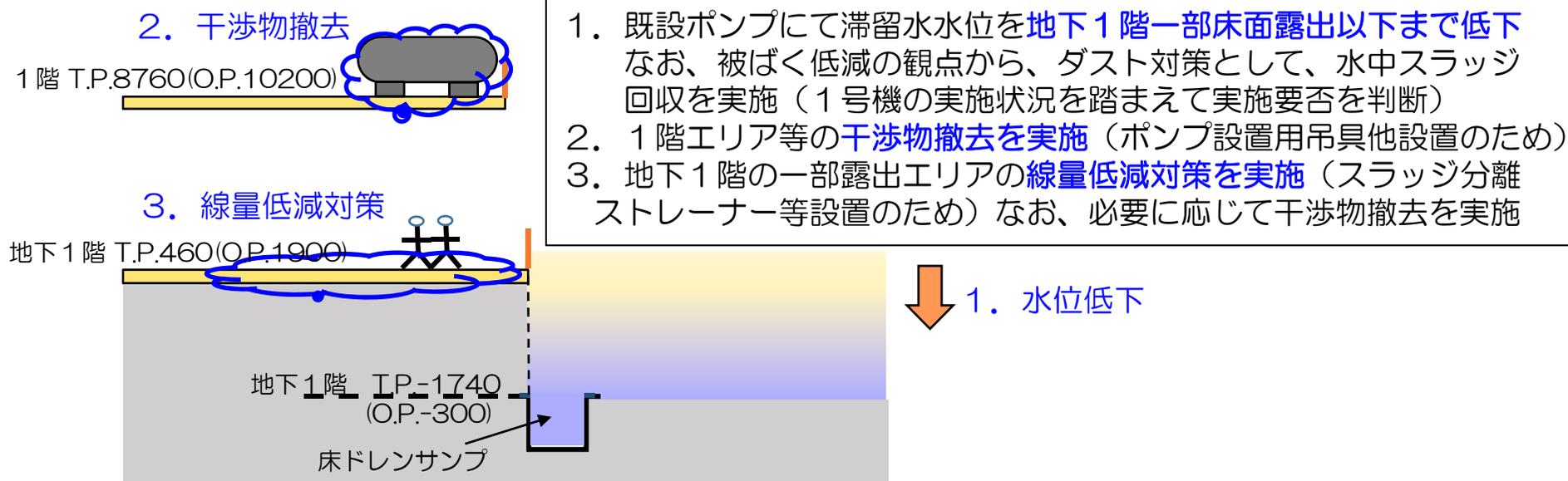
【参考】タービン建屋における移送設備設置イメージ（1/2）

- 既設の滞留水移送ポンプでは設置位置（床面）から約300mmの高さまでしか滞留水を移送できないことから、各建屋最下階床面より低く掘り下げられ、ファンネルを通じて滞留水が集約する床ドレンサンプ等に滞留水移送ポンプを追加設置する。
- 1号機と2～4号機の最下階床面レベルが異なり、1号機は地下1階の一部床面が露出しているが、2～4号機は地下1階の床面は全て水没しており、今後水位低下により、現在の1号機と同じ状態となる。なお、床面露出前までに、油分回収を実施する。



【参考】タービン建屋における移送設備設置イメージ (2/2)

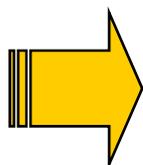
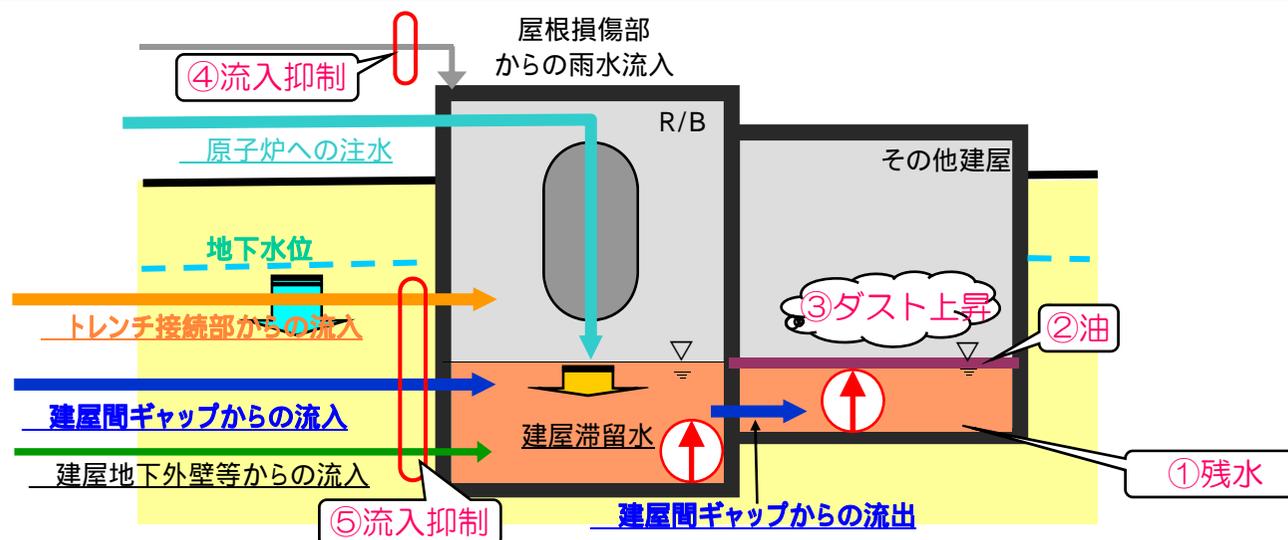
床ドレンサンプ内に遠隔操作でポンプを設置する作業イメージ



【参考】建屋滞留水処理における課題

■ 建屋滞留水処理に向けた課題は以下の通り。

- ① 滞留水移送設備による**滞留水移送**と滞留水移送後の**残水**への対応
⇒現状の滞留水移送設備では、建屋床面までの水位低減はできないため、**追加的な移送設備の設置による建屋床面までの滞留水移送**と滞留水移送後の**残水**への対応が必要
- ② 滞留水表面に存在する油を水処理設備に移送することによる水処理設備の性能低下
- ③ 水位低下に伴う建物や機器の露出に伴う**ダスト上昇**
- ④ 雨水の流入抑制（屋根止水）
- ⑤ 地下水流入抑制（建屋止水）



最初に滞留水処理を実施予定の1号機タービン建屋の滞留水処理に係る上記課題で得られた知見は後続建屋へ反映していく。

【参考】1号機タービン建屋滞留水処理スケジュール

- 1号機タービン建屋の最下床面（T.P.443）までの滞留水処理に関する目標工程は以下の通り（床ドレンサンプへポンプを遠隔設置の場合）

	2015年度			2016年度												2017年度		
	1	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0	1	1	2	3
主要イベント	▼サブドレン稼働 ▼海側遮水壁鋼矢板閉合			▼原子炉建屋との切り離し完了 ▼陸側遮水壁（海側）凍結開始						T.P.443床面露出▽ 滞留水移送開始▽								
【課題①】 移送設備追設	線量低減(スラッジ除去(T.P.3443))			線量低減(復水器、ヒータドレン配管他)														
	配置成立性／施工方法検討			施工方法決定						移送設備設置								
	現場調査						干渉物撤去						主要工程*1					
	設備仕様検討／調達																	
【課題②】 油分回収	回収方法検討／調達						現場確認／油分回収											
【課題③】 ダスト抑制対策	ダスト濃度測定他／仕様検討						調達／ダスト抑制対策											
【課題④】 雨水流入抑制対策	雨水流入量評価（梅雨や台風時期等に確認、必要に応じ対策実施）																	
【課題⑤】 地下水流入抑制対策	コントロールケーブルダクト充填			地下水流入量評価（サブドレンや陸側遮水壁の効果等）														

* 1 進捗に応じて、主要工程が変更となる可能性あり

【参考】水バランスシミュレーション

