

福島第一原子力発電所における淡水化装置濃縮水貯槽へ濃縮水を移送する配管からの放射性物質を含む水の漏えい及びこれに伴う海洋への流出を踏まえた対応状況について（報告）

平成 24 年 7 月 30 日  
東京電力株式会社

本報告書は、「福島第一原子力発電所における淡水化装置濃縮水貯槽へ濃縮水を移送する配管からの放射性物質を含む水の漏えいを踏まえた対応について（指示）」（平成 24・03・26 原院第 7 号 平成 24 年 3 月 26 日）<sup>\*1</sup>、及び「福島第一原子力発電所における淡水化装置濃縮水貯槽へ濃縮水を移送する配管からの放射性物質を含む水の漏えいに伴う海洋への流出について（嚴重注意）」（平成 24・04・05 原院第 1 号 平成 24 年 4 月 5 日）<sup>\*2</sup>にて、指示があった内容について報告するものである。

\* 1 「福島第一原子力発電所における淡水化装置濃縮水貯槽へ濃縮水を移送する配管からの放射性物質を含む水の漏えいを踏まえた対応について（指示）」（平成 24・03・26 原院第 7 号 平成 24 年 3 月 26 日）の指示内容

1. 漏えいした放射性物質を含む水を速やかに回収すること。また、今回の漏えいについて、海への流出の有無を含め、漏えい範囲及び漏えい量を確認し、放射性物質による周辺環境への影響評価を行うこと。
2. 今回の漏えいについて原因を究明し、類似箇所を含めた再発防止対策を講じること。また、汚染水及び水処理設備で処理された水を移送する配管について、更なる設備の信頼性向上のための計画を策定し、当該計画に基づき速やかに対策を実施すること。特に、濃縮水等の放射性物質を含む水を移送する配管については、当該配管が一般排水路等を横断しないよう設置場所の変更、漏えいした場合であっても一般排水路等へ流入しない設備対策等漏えい水が一般排水路等を通じて海に流出しないよう万全の措置を講ずること。

\* 2 「福島第一原子力発電所における淡水化装置濃縮水貯槽へ濃縮水を移送する配管からの放射性物質を含む水の漏えいに伴う海洋への流出について（嚴重注意）」（平成 24・04・05 原院第 1 号 平成 24 年 4 月 5 日）の指示内容

1. 配管接続部付近に滞留している放射性物質を含む水を速やかに回収すること。また、今回の漏えいについて、海洋への流出を含め、漏えい範囲及び

- 漏えい量を確認し、放射性物質による周辺環境への影響評価を行うこと。
2. 淡水化装置濃縮水貯槽等へ濃縮水を移送する配管のうち、接続部からの漏えいが生じた場合に、海洋へ流出するおそれのあるものを抽出し、その接続部の緊急点検を行うこと。緊急点検は、配管の施設状況及びこれまでの漏えい事象等を踏まえ、漏えいが生じないことを確認するために十分な方法とすること。
  3. 配管の接続部の外れが生じた原因分析を行い、再発防止対策を実施すること。
  4. 現在、東京電力株式会社が実施している淡水化装置濃縮水貯槽へ濃縮水を移送する配管を信頼性のある配管に交換する作業について、できるだけ早期に実施すること。また、その他の濃縮水を移送する配管全てについても、早期に信頼性のある配管への交換を行うこと。
  5. 濃縮水等の放射性物質を含む水を移送する配管から漏えいした場合であっても、海洋へ流出しないよう、配管からの漏えいの早期検知、側溝への流れ込み防止等の対策を実施すること。

## 1. 事象の概要

### (1) 3月26日の事象の概要

平成24年3月26日8時30分頃、協力企業の作業員が、H6エリアとH4エリア間にある一般排水路の横断部において、淡水化装置（逆浸透膜（以下、「RO」と記す）で処理後の濃縮塩水（以下、「RO濃縮水」と記す）をRO濃縮水貯槽に移送するポリ塩化ビニル製の配管ホース（以下、「耐圧ホース」と記す）より、水が漏えいしていることを発見した。

（添付資料－1 時系列）

（添付資料－2 淡水化装置概略系統図）

8時50分頃、水処理制御室において、RO濃縮水をRO濃縮水貯槽5Bに移送していたRO濃縮水供給ポンプを停止し、漏えいのあった耐圧ホースの前後にある弁を閉じ、当該ポンプの出口流量が0になったことを確認した時点で、漏えいが停止したものと判断した。

9時00分頃、当社社員が現場確認を行い、漏えい箇所はH6エリアとH4エリア間にある一般排水路横断部のトレイを通るRO濃縮水移送耐圧ホースであると同定し、漏えいが停止していることを確認した。

漏えい箇所を特定するため、耐圧ホースの保温材を外し、耐圧ホースの継手部を持ち上げたところ、継手金具（タケノコニップル）が、耐圧ホースから抜けたため、漏えい箇所は当該継手部であると判断した。

（添付資料－3 漏えい箇所と一般排水路等の位置関係）

（添付資料－4-1 3月26日 漏えい箇所の継手部の状態）

9時10分頃、淡水化装置（RO）を手動停止した。

H4エリア側にある雨水を導くために土を掘った溝（以下、「土側溝」と記す）に、約100m×約1m×（深さ）約20cm（約20m<sup>3</sup>）の水溜まりが形成されていた。

水溜まりの表面線量は、 $\gamma$ 線：0.30mSv/h、 $\beta + \gamma$ 線：10mSv/hであった。

このことから、土側溝の水溜まりは、継手部からの漏えい水が一般排水路を横断するトレイを伝わりH4エリア側に流れ込んでできたものと推定した。

また、反対側のH6エリアには、水溜まりはなかったが、約3m×約1mの漏えいした痕跡が確認された。

漏えい水の一般排水路及び海洋への流出の有無を確認するため、一般排水路

内の水及び1～4号機南放水口付近の海水をサンプリング分析した。

その結果、どちらも通常より高い放射能濃度が確認されたことから、継手部からの漏えい水は一般排水路を経て海に流出したものと判断した。

3月26日、強力吸引車によりH4エリアの土側溝にたまった漏えい水を回収し、3月27～28日までに、漏えいしたRO濃縮水移送耐圧ホースを交換した。

更に、漏えいが発生した場合でも一般排水路に流入しないよう、一般排水路の横断部近傍に土嚢・防水堤を迫設した。その後、3月28日12時07分、淡水化装置（RO）を起動して淡水化処理を再開した。

3月29日から4月2日に、漏えい水により汚染した土側溝の土及び一般排水路内の土砂を回収した。さらに、一般排水路内に土砂の流れ止め用に低い堰（土嚢）を設置した。

## (2) 4月5日の事象の概要

平成24年4月5日0時52分、RO濃縮水供給ポンプを起動した際に、当該ポンプの出口流量が通常流量に比べ増加していたため、0時53分、水処理制御室の運転員は当該ポンプを一旦停止した。

ついで、0時55分と1時00分、当該ポンプの寸動運転を実施したところ、ポンプの出口流量が同値を示したことから流量計の動作は正常であることを確認した。

その後、過去のポンプの出口流量トレンドを確認したところ、0時06分より流量が約50 m<sup>3</sup>/hから約70 m<sup>3</sup>/hに増加していることが確認されたため、RO濃縮水移送ラインに異常が発生したと考え、1時13分、淡水化装置（RO）を停止した。

1時45分頃、RO濃縮水をRO濃縮水貯槽8Bに移送する耐圧ホースの漏えい箇所前後にある弁を閉じ、RO濃縮水供給ポンプの出口流量が0になったことを確認した時点で、漏えいが停止したものと判断した。

(添付資料－1 時系列)

(添付資料－2 淡水化装置概略系統図)

1時50分頃、当社社員が、現場確認を行い、漏えい箇所は淡水化装置の設置エリア（以下、「Cエリア」と記す）内の廃材置き場西側にあるRO濃縮水移送

耐圧ホースであると同定し、漏えいが停止していることを確認した。

漏えい箇所の状態を確認するため保温材を外したところ、継手金具（タケノコニップル）が耐圧ホースから抜けていたため、漏えい箇所は当該継手部であると判断した。

（添付資料－3 漏えい箇所と一般排水路等の位置関係）  
（添付資料－4-2 4月5日 漏えい箇所の継手部の状態）

漏えいした耐圧ホースの近傍には廃材置き場があり、その付近のアスファルトが濡れていたことを確認した。

表面線量を測定したところ、 $\gamma$ 線：0.9mSv/h、 $\beta$ 線：13mSv/hであったことから、アスファルト表面の濡れは耐圧ホースの継手部からの漏えい水によるものと推定した。

アスファルト表面には凹凸があり凹部に漏えい水がわずかに残っていることを、また、廃材置き場の周辺には一般排水路に流れる側溝があることを確認した。

2時00分頃、漏えい水が一般排水路内へ流入するのを防止するため、廃材置き場から一般排水路に通じる2箇所の側溝に土嚢を設置した。

漏えい水の一般排水路及び海洋への流出の有無を確認するため、一般排水路内の水及び1～4号機南放水口付近の海水をサンプリング分析した。

その結果、1～4号機南放水口付近の海水は検出限界未満であったが、一般排水路内の水が通常より高い放射能濃度が確認されたことから、漏えい水は海に流出したものと推定した。

4月5日に、廃材置き場のアスファルト表面の凹部にたまっていた漏えい水を回収し、4月6日から4月10日にかけて、漏えい水が流入した一般排水路の溜まり水の回収と水路の洗浄を実施した。

## 2. 漏えい量及び環境への影響評価

### (1) 3月26日の事象

#### a. 配管からの漏えい量

RO濃縮水供給ポンプ出口流量トレンドを確認したところ、4時56分に流量が急増していることから、この時点で漏えいが始まったと考えられる。

また、RO濃縮水の移送先であるRO濃縮水貯槽5Bの水位もほぼ同時刻である4時55分頃から上昇していないことが確認できたことから、漏えい開始時間は、RO濃縮水供給ポンプ出口流量が急増した4時56分と推定した。

漏えいは9時00分頃に停止していることを確認していることから、漏えい時間は4時56分～9時00分の約4時間と推定した。

漏えい量は、漏えい開始から停止までの間に、RO濃縮水をRO濃縮水貯槽5Bへ移送していたRO濃縮水供給ポンプ出口流量が全量流出したと仮定し、約120m<sup>3</sup>と推定した。

(添付資料-5 3月26日 RO濃縮水移送耐圧ホースからの漏えい量計算書)

#### b. 一般排水路及び海洋への流出量

##### b-1. H4エリアへの漏えい水

漏えいのあった耐圧ホースの一般排水路横断部には、万が一耐圧ホースから漏えいがあった場合でも、漏えい水が一般排水路に流入しないようトレイを設置しており、トレイ内に耐圧ホースを敷設していた。

このトレイは、H6エリア側からH4エリア側への下り勾配で設置されているため、トレイ内に漏えいした水は、H4エリアに流れ込むようになっており、実際に、漏えい水はH4エリアの土側溝に約100m×約1m×(深さ)約20cm(約20m<sup>3</sup>)の水溜まりを形成していた。

土側溝の周辺は水が浸透しやすかったため、耐圧ホースから漏えいした水約120m<sup>3</sup>の内約100m<sup>3</sup>は、地中に浸透したものと考えられる。

なお、H4エリア側から一般排水路への流入の形跡は見られなかった。

##### b-2. H6エリアへの漏えい水

トレイの上流側であるH6エリア側では、一般排水路の近傍に一般排水路に流入したと思われる約3m×約1mの漏えい跡が確認できたこと、及び一般排水路の水の放射能濃度分析結果から、トレイ内で漏えいした水の一部がH6側に流出し、この水の一部が一般排水路に流入したと判断した。

トレイの上流側であるH6エリア側へ漏えい水が遡上した理由については、RO濃縮水供給ポンプを停止した際に、RO濃縮水貯槽5B頂部までの立ち上がり部と漏えいした耐圧ホース継手部までの水頭圧差（約10m）による逆流が発生し、この逆流水がトレイの勾配に逆らって流れたためと推定した。

こうして、H6側に流れた漏えい水は、H6側に一般排水路への流入防止堰等が無かったため、地形の傾斜によって一般排水路に流入したものと推定した。

（添付資料－6 3月26日 一般排水路及び海洋への流出量評価）

（添付資料－7-2 3月26日 一般排水路サンプリング結果）

### b-3. H6エリア側からの一般排水路及び海洋への流出量

一般排水路への流入量は、RO濃縮水貯槽5B頂部までの立ち上がり部（高さ約10m）の耐圧ホース（口径100A）の容量が約0.08m<sup>3</sup>（80リットル）であることから、保守的にこの全量がH6エリア側に流出し、一般排水路に流入したと仮定して、約0.08m<sup>3</sup>（80リットル）と推定した。

海洋への流出量については、この時点では一般排水路内に堰等がなかったことから、保守的に一般排水路に流入した漏えい水が全量海洋に流出したものと仮定して、約0.08m<sup>3</sup>（80リットル）と推定した。

（添付資料－6 3月26日 一般排水路及び海洋への流出量評価）

### c. 海洋への放射性物質の流出量

表－1に漏えい水の全β、Cs-134、Cs-137の放射能濃度に海洋への流出量（0.08m<sup>3</sup>（80リットル））を掛けて、海洋に流出した放射エネルギーを算出した結果を示す。

（表－1） 漏えい水中の放射能濃度及び流出した放射エネルギー

核種	放射能濃度	流出した放射エネルギー
全β	1.4×10 <sup>5</sup> (Bq/cm <sup>3</sup> )	1.1×10 <sup>10</sup> (Bq)
Cs-134	4.1×10 <sup>0</sup> (Bq/cm <sup>3</sup> )	3.3×10 <sup>5</sup> (Bq)
Cs-137	6.3×10 <sup>0</sup> (Bq/cm <sup>3</sup> )	5.0×10 <sup>5</sup> (Bq)

（添付資料－7-1 漏えい水サンプリング結果）

RO濃縮水については、これまでの分析結果からβ核種が支配的であり、β核種の中でも被ばく評価上寄与の大きい核種はSr-89、Sr-90であることが分かっている。

このβ核種については、全β放射能濃度の分析結果から海洋に流出した放射エネルギーは、1.1×10<sup>10</sup>Bqと評価される。この放射エネルギーが被ばく評価上最も寄与が大

きいSr-90によるものと仮定しても、平成23年12月4日の蒸発濃縮装置漏えい事象で海洋に流出したSr-90の放射エネルギー  $1.7 \times 10^{10}$  Bqよりは少ない。

また、 $\gamma$ 核種については、 $\beta$ 核種に比べると濃度は低いものの被ばくの寄与が大きいCs-134とCs-137について、漏えい水の放射能濃度と漏えい量から海洋に流出した放射エネルギーを算出した結果、Cs-134は  $3.3 \times 10^5$  Bq、Cs-137は  $5.0 \times 10^5$  Bqと評価され、これについても蒸発濃縮装置漏えい事象により海洋へ流出した放射エネルギー (Cs-134で  $1.8 \times 10^6$  Bq、Cs-137で  $2.3 \times 10^6$  Bq) よりも少ない。

<参考> RO濃縮水の $\beta$ 核種分析結果

$\beta$ 核種の中ではSr-89、Sr-90の比率が高い。

採水日 (時間)		放射能濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) 上段：放射能、下段：全 $\beta$ との比率		
年月日	時間	全 $\beta$	Sr-89	Sr-90
2011年9月20日	12時05分	$3.9 \times 10^5$	$5.4 \times 10^4$	$7.6 \times 10^4$
			14%	19%
2011年12月4日	10時23分	$5.4 \times 10^5$	$4.9 \times 10^4$	$1.1 \times 10^5$
			9%	20%
(備考) RO入口水の分析結果				
2011年9月20日	6時15分	$1.9 \times 10^5$	$2.9 \times 10^4$	$3.0 \times 10^4$
			15%	16%

<参考> RO濃縮水に含まれる主な $\beta$ 核種の線量係数

経口摂取による線量係数は、Sr-90が最高なので、全 $\beta$ 核種の全てがSr-90として被ばく評価を行うことで安全サイドの評価が可能。

	線量係数 (Sv/Bq)	告示水中濃度限度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) ※3ヶ月平均	備考
Sr-89	$2.6 \times 10^{-9}$	$3 \times 10^{-1}$	線量係数の出典： ICRP Pub. 72、成人
Sr-90	$2.8 \times 10^{-8}$	$3 \times 10^{-2}$	

<参考>過去の流出量

(a) 蒸発濃縮装置からの漏洩 (平成23年12月4日)

流出量  $0.15\text{m}^3$  (150リットル)

流出した放射エネルギー

Cs-134  $1.8 \times 10^6$  ベクレル

Cs-137  $2.3 \times 10^6$  ベクレル

Sr-89  $7.4 \times 10^9$  ベクレル

Sr-90  $1.7 \times 10^{10}$  ベクレル

合計  $2.4 \times 10^{10}$ ベクレル

d. 周辺環境への影響評価

周辺環境への影響を評価するため、1～4号機南放水口付近の海水をサンプリングした。

その結果、3月26日8時20分に採取した1～4号機南放水口付近の海水からはSr-89、Cs-134は検出限界未満であったが、全β、Sr-90及びCs-137の放射能濃度が検出され、放射性物質を含む水が海域に流出したものと考えられる。

全βについては3月29日15時05分以降には、検出限界未満となり、Cs-137については3月27日8時30分以降には検出限界未満となった。

(添付資料-7-4 1～4号機南放水口付近サンプリング結果)

RO濃縮水については、これまでの分析結果からβ核種が支配的であるため、全βのトレンドについて着目すると、1～4号機南放水口付近で採取した漏えい水の放射能濃度は、蒸発濃縮装置からの漏えい事象では全βで25日以上検出されているのに対し、本漏えい事象では10日程度で検出限界値未満となっている。

γ核種については、γ核種のうち被ばくの寄与が大きいCs-134とCs-137のトレンドは、蒸発濃縮装置からの漏えい事象では、30日以上検出されているのに対し、本漏えい事象では3日後には検出限界値未満となっている。

これは、海洋に流出した放射エネルギーの合計が蒸発濃縮装置からの漏えい事象では、 $2.4 \times 10^{10}$ Bqに対して、今回の漏えいでは $1.1 \times 10^{10}$ Bqと約1/2であったことが主な理由と考えられる。

(資料-7-5 1～4号機南放水口付近サンプリング結果  
「過去事象との比較」)

今回の漏えい事象においては環境への影響を評価するため、1～4号機南放水口付近の全βのみ測定を行い、他の沿岸の測点において頻度を上げたモニタリングは実施していない。これは、蒸発濃縮装置からの漏えい事象の際に、詳細に周辺の海域モニタリングを行った結果、影響が限定的であったとの知見があり、また、今回の漏えい事象が蒸発濃縮装置からの漏えい事象に比べ、漏えいした放射エネルギーが約1/2であることから、1～4号機南放水口付近の分析を行うことで全体の環境影響を把握することが可能と考えたためである。

さらに、蒸発濃縮装置からの漏えい事象では、広域の海域モニタリングを行った結果、影響が限定的であったことを踏まえ、今回の漏えい事象では、広域

の海域モニタリングも実施する必要はないと考えた。

また、サンプリング頻度については、今回1～4号機南放水口付近にて全 $\gamma$ 、全 $\beta$ 放射能濃度測定を1日に1回実施しており、モニタリングの観点から適切にその拡散状況を把握できると考えており、適切な頻度であると考えます。

したがって、本漏えい事象は、蒸発濃縮装置からの漏えい事象と比較しても、周辺海域への影響はそれ以下の限定的なものであったものと推定できる。

## (2) 4月5日の事象

### a. 配管からの漏えい量

RO濃縮水供給ポンプ出口流量トレンドを確認したところ、4月5日の0時06分に急増していることから、この時点で漏えいが始まったと考えられる。

また、RO濃縮水の移送先であるRO濃縮水貯槽8Bの水位も同時刻から上昇していないことが確認できたことから、漏えい開始時間は、RO濃縮水供給ポンプ出口流量が急増した0時06分と推定した。

漏えいは1時50分頃に停止していることを確認していることから、漏えい時間は0時06分～1時50分の約1時間40分と推定した。

漏えい量は、漏えい開始から停止までの間に、RO濃縮水をRO濃縮水貯槽8Bへ移送していたRO濃縮水供給ポンプ出口流量が全量流出したと仮定し、約12m<sup>3</sup>と推定した。

(添付資料－8 4月5日 RO濃縮水移送配管からの漏えい量計算書)

### b. 一般排水路及び海洋への流出量

#### b-1. 漏えい水の一般排水路への流入経路

漏えい箇所の付近にあるCエリア内の廃材置き場の線量分布を調査したところ、廃材コンテナと廃材置き場北側側溝との間には線量がほとんど無かったことから、耐圧ホースから漏えいした約12m<sup>3</sup>の漏えい水は、廃材コンテナの下部を中心とするくぼみの範囲に流入した後、その一部が廃材置き場北側側溝と一般排水路を接続する側溝付近に流入し、その後一般排水路に流入したと推定した。

(添付資料－9-1 4月5日 一般排水路及び海洋への流出量  
漏えい箇所付近配置図)

(添付資料－9-2 漏えい水の一般排水路への流入経路)

#### b-2. 廃材置き場へ流入した漏えい水の行方

廃材置き場（20m×40m）は、そのエリアの内、外周囲 2m は勾配部となっており、その内側は深さが約 2cm 程度くぼんだ形状となっている。

外周囲 2m 程度の勾配部を深さ 0cm と仮定し計算すると、その容積は約 11.5m<sup>3</sup> であり、漏えい水約 12m<sup>3</sup> の大部分は、この廃材置き場のくぼみにとどまったと考えられるため、一般排水路への流入量は少ないと推定した。

また、廃材置き場の地面（アスファルト）には、地震によりコンテナ脚が金属の受け座から外れてアスファルト面に接触したため形成したと思われるき裂が多数あり、約 1 リットルの水をこのき裂周辺に注いでみたところ、短時間で地中に吸収される状況を確認できた。

このことから、廃材置き場に流れ込んだ漏えい水は、時間の経過とともに、アスファルトのき裂から地中に浸透したため、水溜まりを形成しなかったものと考えられる。

（添付資料－ 9-3 廃材置き場へ流入した漏えい水の行方）

#### b-3. 一般排水路溜まり水の放射能濃度から推定した一般排水路及び海洋への流出量

一般排水路には上流から淡水が少量流入し、土砂の流出を制限するための土嚢による低い堰（以下単に「堰」と記す） 3 箇所と B/C 排水路合流部に、計 4 箇所の水溜まりを形成していた。

一般排水路に流れこんだ漏えい水は、4 箇所の溜まり水により放射能濃度（主に Sr 等の  $\beta$  核種）が希釈されながら玉突き状に押し出され、最終的に海洋へ流出したものと仮定し、漏えい水の放射能濃度と B/C 排水路合流部溜まり水の全  $\beta$  放射能濃度の比から、漏えい水の流入量を計算した結果、一般排水路への漏えい水流入量は約 0.75m<sup>3</sup> (750 リットル) と推定した。

海洋には一般排水路へ流入した漏えい水が 4 箇所の溜まり水により放射能濃度が希釈されながら玉突き状に押し出され、流入量と同量の約 0.75m<sup>3</sup> (750 リットル) 流出したと推定した。

なお、海洋へは希釈されて放水口の直前の溜まり水の放射能濃度となった水が、流入量と同量の約 0.75m<sup>3</sup> (750 リットル) 流出したと考えられることから、漏えい水（原水）換算流出量を求めたところ、海洋への流出量の原水換算値は、約 0.00015m<sup>3</sup> (0.15 リットル) となった。

（添付資料－ 7-3 4 月 5 日 一般排水路サンプリング結果）

（添付資料－ 9-4 一般排水路及び海洋への流出量の推定）

c. 海洋への放射性物質の流出量

表－２に漏えい水の全β、Cs-134、Cs-137の放射能濃度に海洋への流出量(0.00015m<sup>3</sup>(0.15リットル))を掛けて、海洋に流出した放射エネルギーを算出した結果を示す。

(表－２) 漏えい水中の放射能濃度及び流出した放射エネルギー

核種	放射能濃度	流出した放射エネルギー
全β	1.3×10 <sup>5</sup> (Bq/cm <sup>3</sup> )	2.0×10 <sup>7</sup> (Bq)
Cs-134	6.9×10 <sup>0</sup> (Bq/cm <sup>3</sup> )	1.0×10 <sup>3</sup> (Bq)
Cs-137	9.8×10 <sup>0</sup> (Bq/cm <sup>3</sup> )	1.5×10 <sup>3</sup> (Bq)

(添付資料－7-1 漏えい水サンプリング結果)

RO濃縮水については、これまでの分析結果からβ核種が支配的であり、β核種の中でも被ばく評価上寄与の大きい核種はSr-89、Sr-90であることが分かっている。

このβ核種については、全β放射能濃度の分析結果から海洋に流出した放射エネルギーは、2.0×10<sup>7</sup>Bqであり、この放射エネルギーが被ばく評価上最も寄与が大きいSr-90によるものと仮定しても、蒸発濃縮装置漏えい事象で海洋に流出したSr-90の放射エネルギー1.7×10<sup>10</sup>Bqよりは少ない。

また、γ核種については、β核種と比べると濃度は低いものの、被ばくの寄与が大きいCs-134とCs-137について漏えい水の放射能濃度と漏えい量から海洋に流出した放射エネルギーを算出した結果、Cs-134は1.0×10<sup>3</sup>Bq、Cs-137は1.5×10<sup>3</sup>Bqと評価され、これについても蒸発濃縮装置漏えい事象により海洋へ流出した放射エネルギー(Cs-134で1.8×10<sup>6</sup>Bq、Cs-137で2.3×10<sup>6</sup>Bq)よりも少ない。

<参考> RO濃縮水のβ核種分析結果

β核種の中ではSr-89、Sr-90の比率が高い。

採水日 (時間)		放射能濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) 上段：放射能、下段：全βとの比率		
年月日	時間	全β	Sr-89	Sr-90
2011年9月20日	12時05分	3.9×10 <sup>5</sup>	5.4×10 <sup>4</sup>	7.6×10 <sup>4</sup>
			14%	19%
2011年12月4日	10時23分	5.4×10 <sup>5</sup>	4.9×10 <sup>4</sup>	1.1×10 <sup>5</sup>
			9%	20%
(備考) RO入口水の分析結果				
2011年9月20日	6時15分	1.9×10 <sup>5</sup>	2.9×10 <sup>4</sup>	3.0×10 <sup>4</sup>
			15%	16%

<参考> RO濃縮水に含まれる主なβ核種の線量係数

経口摂取による線量係数は、Sr-90が最高なので、全β核種の全てがSr-90として被ばく評価を行うことで安全サイドの評価が可能。

	線量係数 (Sv/Bq)	告示水中濃度限度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) ※3ヶ月平均	備考
Sr-89	$2.6 \times 10^{-9}$	$3 \times 10^{-1}$	線量係数の出典： ICRP Pub. 72、成人
Sr-90	$2.8 \times 10^{-8}$	$3 \times 10^{-2}$	

<参考>過去の流出量

(a)蒸発濃縮装置からの漏洩 (平成23年12月4日)

流出量 0.15m<sup>3</sup> (150リットル)

流出した放射エネルギー

Cs-134  $1.8 \times 10^6$ ベクレル

Cs-137  $2.3 \times 10^6$ ベクレル

Sr-89  $7.4 \times 10^9$ ベクレル

Sr-90  $1.7 \times 10^{10}$ ベクレル

合計  $2.4 \times 10^{10}$ ベクレル

d. 周辺環境への影響評価

周辺環境への影響を評価するため、1～4号機南放水口付近の海水をサンプリングした。

その結果、4月5日6時15分に採取した1～4号機南放水口付近の海水からはSr-89、Cs-134、及びCs-137の放射能濃度は検出限界未満であったが、全β、Sr-90は検出された。

これは、海洋に流出した放射エネルギーが蒸発濃縮装置からの漏えい事象では、 $2.4 \times 10^{10}$ Bqに対して、今回の漏えいでは $2.0 \times 10^7$ Bqと約1/1,000であったこと、並びに、Sr-90は全β核種中で核種の比率が高く、検出限界値が他に比べて低いことが主な理由と考えられる。

全βについては4月6日8時25分以降には、検出限界未満となった。

(添付資料-7-4 1～4号機南放水口付近サンプリング結果)

今回の漏えい事象においては、環境への影響を評価するにあたって1～4号機南放水口付近の全β放射能測定のみを行い、他の沿岸の測点において頻度を上げたモニタリングは実施していない。これは、蒸発濃縮装置からの漏えい事象

の際に、詳細に周辺の海域モニタリングを行った結果、周辺海域への影響が限定的であったとの知見があり、また、今回の漏えい事象が蒸発濃縮装置からの漏えい事象に比べ、海洋に流出した放射エネルギーが約 1/1,000 であることから、1～4号機南放水口付近の分析を行うことで全体の環境影響を把握することが可能と考えたためである。

さらに、蒸発濃縮装置からの漏えい事象では、広域の海域モニタリングを行った結果、影響が限定的であったことを踏まえ、今回の漏えい事象では、広域の海域モニタリングも実施する必要はないと考えた。

また、サンプリング頻度については、今回1～4号機南放水口付近にて全 $\gamma$ 、全 $\beta$ の放射能濃度測定を1日に1回実施しており、モニタリングの観点から適切にその拡散状況を把握できていると考えており、適切な頻度であると考えます。

したがって、本漏えい事象は、蒸発濃縮装置からの漏えい事象と比較しても、周辺海域への影響は、それ以下の限定的なものであったものと推定できる。

### 3. 漏えい水の回収状況

#### a. 3月26日の漏えい水回収

漏えい水(約 120m<sup>3</sup>)は、漏えい直後にほとんどが地中に浸透したと考えられ、H4エリアに溜まっていた水は約 20m<sup>3</sup>であった。

この約 20m<sup>3</sup>を、3月26日 12時50分～16時10分に、強力吸引車により回収し蒸発濃縮装置の濃縮廃液貯槽に保管した。しかし、回収作業中にも漏えい水は地中に浸透したため、実回収量は約 10m<sup>3</sup>であった。

この後、溜まり水周辺の雰囲気線量低減のため、3月29日から4月2日にかけて、漏えい水により汚染した土をバックホウにより約 400m<sup>3</sup>除去したところ、汚染土除去後の地面の表面線量は $\gamma$ 線：0.01～0.035mSv/h、 $\beta + \gamma$ 線：1mSv/h以下となった。

また、3月29日～30日に、一般排水路に流れ込む水を堰き止めて一般排水路内に漏えい水が流入したことにより汚染した土砂の回収を行った。さらに、一般排水路内に土砂の流れ止め用に低い堰(土囊)を設置した。

(添付資料-10-1 3月26日 漏えい水回収)

#### b. 4月5日の漏えい水回収

漏えい水(約 12m<sup>3</sup>)は、漏えい直後にほとんどが廃材置き場のアスファルトのき裂から地面に浸透したと考えられ、強力吸引車による回収は出来なかった。

しかし、4月5日午前中に、Cエリア内の廃材置き場のアスファルト表面の凹部に溜まっていた漏えい水の内、約 30リットルを吸水材等により回収し、福島第一原子力発電所構内に保管した。

また、4月6日から4月10日にかけて、漏えい水が流入した一般排水路の溜まり水の回収及び洗浄を実施した。回収した溜まり水と洗浄水は、通常原子炉注水に使用していないBエリアのRO処理水貯槽に保管した。

(添付資料-10-2 4月5日 漏えい水回収)

#### 4. 漏えい箇所の状態

##### a. 3月26日の漏えい箇所

漏えい箇所の状態を確認するために、H6エリアとH4エリア間にある一般排水路の横断部のトレイ上において、漏えいしたRO濃縮水移送耐圧ホースを覆う保温材を外した後、耐圧ホースの継手部を持ち上げたところ、継手金具（タケノコニップル）が、耐圧ホースから抜けたことから、当該継手部が漏えい箇所であると判断した。

（添付資料－4-1 3月26日 漏えい箇所の継手部の状態）

##### b. 4月5日の漏えい箇所

漏えい箇所の状態を確認するために、Cエリア内の廃材置き場西側を通るRO濃縮水移送耐圧ホースを覆う保温材を外したところ、継手金具（タケノコニップル）が耐圧ホースから抜けていたことから、当該継手部が漏えい箇所であると判断した。

（添付資料－4-2 4月5日 漏えい箇所の継手部の状態）

## 5. 漏えいの原因

### (1) 耐圧ホース継手部からの漏えいの原因

3月26日及び4月5日の漏えいは、いずれも継手金具（タケノコニップル）が耐圧ホースから抜けたことにより発生したものであることから、継手金具（タケノコニップル）が抜けた原因について、下記の通り、耐圧ホースの施工段階と供用段階の要因に分けて調査した。

（添付資料－11-1 耐圧ホース継手部構造）

（添付資料－11-2 耐圧ホース継手部抜け事象の要因分析表）

#### a. 施工段階

施工段階の要因は、「耐圧ホース選定不良」、「耐圧ホース製作不良」が考えられるが、以下の通り、要因として影響がないと評価した。

##### a-1. 「耐圧ホース選定不良」

耐圧ホースの仕様及び運転条件を確認したところ、耐圧ホースの設計圧力は0.98MPaであり、運転圧力0.5MPaに適合していることから、耐圧ホースの選定不良はなく、要因として影響がないものと評価した。

##### a-2. 「耐圧ホース製作不良」

当該耐圧ホースは、一般汎用品であり、製造元では出荷前に検査は実施していたが、記録を保存していなかったため、漏えいの発生した耐圧ホースを用いて、外観検査を実施したところ、加締部のホース、金具等に耐圧性能に影響のある有意な割れ・損傷は確認されなかった。

また、漏えいした耐圧ホースと工場保管品について加締部等の寸法測定を実施したところ、メーカーにて管理している加締規定値の範囲内であったことから、製作時の加締め不良は無かったと判断した。

以上のこと及び漏えいのあった耐圧ホースについては、試運転時に漏えいが無かったことから、製作不良はなかったと判断し、要因として影響がないものと評価した。

#### b. 供用段階

供用段階の要因は、「継手金具の腐食」、「耐圧ホース内部圧力の過大」、「運転圧により発生する耐圧ホース捻転（ねじれ）」、「耐圧ホース移設時の荷重」、「耐圧ホースの劣化」が挙げられる。

#### b-1. 「継手金具の腐食」

漏えいが発生した継手金具(タケノコニップル)の外観目視検査をしたところ、隙間腐食のような耐圧性能に影響のある有意な腐食はなかったことから、要因として影響がないものと評価した。

#### b-2. 「耐圧ホース内部圧力の過大」

耐圧ホースの出口側の弁を閉めきった状態で移送を行うと、移送ポンプの締め切り圧がかかり、耐圧ホースの内部に過大な圧力がかかる恐れがあることから、RO濃縮水を移送するRO濃縮水供給ポンプの試験成績表を確認したところ、締め切り圧でも約0.8MPaと、耐圧ホース設計圧力0.98MPaよりも低かったことから、要因として影響がないものと評価した。

#### b-3. 「運転圧により発生する耐圧ホース捻転(ねじれ)」

##### b-3-1. トルク確認試験

当該耐圧ホースは、内圧により捻れる特性があるため、耐圧ホースに水圧をかけたときに継手部に発生するトルクを測定する「トルク確認試験」を実施して、水圧と発生するトルクの関係やホース長さと発生トルクなどの関係を調査した。

その結果、水圧を付与すると耐圧ホースが捻れて継手部に捻転トルクが発生し、トルクの値がある値を超えると耐圧ホース継手加締部が回転し始め、回転することによって、継手金具(タケノコニップル)とホースの密着具合が低下し、内圧により発生した引き抜き力と回転力の合成力に耐えられなくなり抜けることが分かった。

(添付資料-11-3 トルク確認試験、繰り返し水圧負荷試験)

##### b-3-2. 繰り返し運転圧負荷試験

漏えいがあった耐圧ホースでは、運転圧以上の圧力はかかっていたことから、運転圧を繰り返し付与した場合の影響を調査する「繰り返し運転圧負荷試験」を実施したところ、最初運転圧をかけただけでは回転しなかった耐圧ホースも、繰り返し運転圧を相当数付与することにより徐々に継手加締部が回転することが分かった。

(添付資料-11-3 トルク確認試験、繰り返し水圧負荷試験)

##### b-3-3. 漏えいのあった耐圧ホースの状況

漏えいが発生した耐圧ホースは、両端が回転に対して拘束されており、50mの耐圧ホースが複数本接続されていたために、接続部には左右の耐圧ホースから

反対方向の捻転トルクが発生していたと考えられる。

また、複数耐圧ホースが並走し重なっており、耐圧ホースがたわまないように拘束された状態であったため、耐圧ホースが蛇行することによって継手部に伝達されるトルクが抑制されることがなかったものと推定される。

また、耐圧ホース敷設時より漏えいが発生するまでに移送ポンプの起動停止により、約 630 回以上繰り返し運転圧力が付与されていた。

(添付資料-11-4 継手部抜けのメカニズム)

#### b-3-4. 結論

前記の試験結果及び漏えいのあった耐圧ホースの状況から、RO濃縮水移送ポンプの起動と停止による一定圧力以上の内圧変動が、相当数繰り返し付与されたことによって、各耐圧ホースに発生した捻転トルクが、継手加締部にかかり、継手加締部が徐々に回転し、密着具合が低下したことが、継手金具（タケノコニップル）が耐圧ホースから抜けた主要因と評価した。

#### b-4. 「耐圧ホース移設時の荷重」

耐圧ホースの継手部に曲げ荷重を付与した後、トルク確認試験を実施した結果、曲げを付与した耐圧ホースは、曲げを付与しない耐圧ホースに比べ、継手金具（タケノコニップル）が耐圧ホースから抜けやすくなる事象が確認された。

漏えいが発生した耐圧ホースは、一般排水路トレイ内への移設作業やCエリア廃材置場において並走する耐圧ホース整理のための移設作業を実施したことがあり、その際に耐圧ホースの継手部に曲げ荷重が付与された可能性を否定できない。

このため、耐圧ホース移設作業実施時に、曲げ荷重が耐圧ホースの継手に掛かり、継手金具（タケノコニップル）が抜けた要因となった可能性があると評価した。

(添付資料-11-3 トルク確認試験、繰り返し水圧負荷試験)

#### b-5. 「耐圧ホースの劣化」

耐圧ホースの劣化の有無を調査するため、耐圧ホース内面ゴムの硬度試験を行った結果、漏えいが発生した耐圧ホースは新規の耐圧ホースに比べてわずかに硬くなっており劣化の兆候が確認された。

また、耐圧ホースに対して、トルク確認試験にて、水圧と回転量の関係を調べたところ、製造後 10 ヶ月程度を経過した耐圧ホースは、新品に比して、継手金具（タケノコニップル）が回転しやすく、耐圧ホースから抜けやすくなる事象が確認された。

このため、今回漏えいのあった耐圧ホースは、長期の使用に伴う劣化によりゴムの弾性(締付け力)が低下し、ゴムとタケノコニップルとの密着度が低下することにより、金具(タケノコニップル)が耐圧ホースから抜けた要因となった可能性は否定できないと評価した。

(添付資料-11-3 トルク確認試験、繰り返し水圧負荷試験)

以上より、耐圧ホース継手部からの漏えいの原因は、耐圧ホースの供用段階において、「運転圧により発生するホース捻転(ねじれ)」が主要因となり、「耐圧ホース移設時の荷重」や「耐圧ホースの劣化」が複合して、継手金具(タケノコニップル)が耐圧ホースから抜け、漏えいに至ったものと推定した。

(添付資料-11-2 耐圧ホース継手部抜け事象の要因分析表)

(添付資料-11-3 トルク確認試験、繰り返し水圧負荷試験)

## (2) 一般排水路及び海洋への流出の原因

一般排水路及び海洋への流出は、3月26日の事象では、一般排水路横断部に継手部があったこと、及び一般排水路横断部トレイの脇から漏えい水が一般排水路に流入することを防止するための堰や土嚢が不十分であったことが原因と推定した。

また、4月5日の事象では、移送耐圧ホースの付近に側溝があり、側溝から一般排水路へ漏えい水が流入したことから、移送耐圧ホース付近にある側溝に一般排水路への流入防止対策がなされていなかったことが原因と推定した。

## 6. 耐圧ホース継手部の点検

### (1) 一般排水路を横断している耐圧ホース継手部の点検

3月26日の漏えい事象に鑑み、3月27日に、2箇所ある一般排水路横断部について、横断部上の継手部の有無及び緩みや漏えいの有無を調査した。

その結果、漏えいのあった一般排水路横断部には、他に9本の耐圧ホースがあり、その内、汚染のないろ過水移送耐圧ホース1本に横断部トレイ内継手部が存在したが、緩みや漏えいの無いことを確認した。

また、もう1箇所の一般排水路横断部には、耐圧ホースは1本存在するが、トレイ内に継手部は無いことを確認した。

(添付資料-12-1 3月27日 一般排水路横断部の点検結果)

(添付資料-12-2 一般排水路を横断する耐圧ホースのルート図)

### (2) 海洋に流出する恐れがある耐圧ホース継手部の緊急点検

4月5日の漏えい事象に鑑み、耐圧ホースが漏えいした場合に、海洋に流出する恐れがあるものとして、サプレッションプール水サージタンク（以下、「SPT」と記す）からCエリアまでの耐圧ホースを抽出した。

SPTからCエリアまでの淡水化装置（RO）で処理する水を移送する耐圧ホースについては、今回の漏えいのあった耐圧ホースと同じ耐圧ホースを使用していることから、当該箇所の全ての継手部に対して、4月10日に目視により緩みや漏えいの無いことを確認した。

その他に、海洋に流出する恐れのあるものとして、一般排水路沿いには、RO濃縮水、処理水、蒸発濃縮装置の濃縮廃液、処理水を移送する耐圧ホースが存在するが、RO濃縮水、処理水については、継手の信頼性の高いポリエチレン製配管へ交換済みであることから海洋への流出の恐れは無いと判断した。

また、蒸発濃縮装置の濃縮廃液と処理水を移送する耐圧ホースについても、ポリエチレン製配管へ交換する予定であり、交換するまでは蒸発濃縮装置を使用する予定がないため、海洋への流出の恐れは無いと判断した。

(添付資料-13-1 4月10日 SPT～Cエリア耐圧ホース点検結果)

(添付資料-13-2 SPT～Cエリア耐圧ホース配置図)

## 7. 再発防止対策

### (1) 耐圧ホースからの漏えい防止対策

耐圧ホース継手部からの漏えいの原因は、耐圧ホースの供用段階において、「運転圧により発生する耐圧ホース捻転（ねじれ）」が主要因となり、「耐圧ホース移設時の荷重」や「耐圧ホースの劣化」が複合して、継手金具（タケノコニップル）が耐圧ホースから抜け、漏えいに至ったものと推定した。

このため、基本的に、耐圧ホースについては、継手部の信頼性の高いポリエチレン製配管\*に計画的に交換していくこととする。また、漏えいした場合に海洋に流出する恐れのある耐圧ホースについては、交換までの間、抜け防止治具の設置をして継手部の信頼性を高めて使用することとし、具体的には以下の通りの対策とする。

（\*：ポリエチレン製配管は螺旋状の補強リングがないため加圧時に捻転トルクが発生しないこと、またポリエチレン製配管とポリエチレン製配管の継手部は配管を融着して接続するため配管本体と同等の強度となることから、継ぎ手部の信頼性が高い。）

#### a. 漏えいした耐圧ホースに対する対策

3月26日に漏えいしたRO濃縮水をCエリアからRO濃縮水貯槽に移送する耐圧ホースについては、一般排水路横断部のトレイ内にある継手部から漏えいしたことから、3月27日に、継手部が一般排水路横断部のトレイ外になるよう、既設と同じ仕様の耐圧ホースと交換を行って移送していた。

その後、4月5日に、Cエリア内の廃材置き場付近の継手部から漏えいしたことから、Cエリアから一般排水路を横断しRO濃縮水貯槽のあるH4エリアまでの範囲について、継手部の信頼性の高いポリエチレン製配管への交換計画を早め、取り急ぎ4月7日までに実施し、移送を再開した。

（添付資料-14 3月27日 一般排水路横断部耐圧ホースの交換）

（添付資料-15 3月26日、4月5日 漏えい耐圧ホースの  
ポリエチレン製配管への交換）

#### b. 海洋に流出する恐れがある類似耐圧ホースからの漏えい防止対策

漏えいした場合に海洋に流出する恐れがある耐圧ホースには、SPTからCエリアまでの耐圧ホースと、Cエリアから一般排水路沿いを通り貯槽エリアに至るまでの耐圧ホース及び、RO処理水貯槽及び蒸発濃縮処理水貯槽からバッファタンクまでの耐圧ホースが存在することから、それらに対して以下の漏えい防止対策を行う。

b-1. SPTからCエリアまでの耐圧ホース

SPTからCエリアまでの淡水化装置（RO）で処理する水を移送する耐圧ホースについては、今回漏えいした耐圧ホースと同じ仕様の耐圧ホースを使用していることから、ポリエチレン製配管に取り替えるまでの間の対策として、取り急ぎ4月8日から4月16日までに、各継手部に対して抜け防止治具の取付けを行った。

その後、4月27日までに当該耐圧ホースの内、SPT受入水移送ポンプから廃液供給タンクまでの範囲を、また、5月29日までに残りの範囲についてもポリエチレン製配管への交換を行った。

（添付資料－16 継手部抜け防止治具取付状況）

（添付資料－17 ポリエチレン製配管への交換工程）

（添付資料－18 ポリエチレン製配管への交換状況（6月末現在））

（添付資料－19 ポリエチレン製配管への交換計画概要配置図）

b-2. Cエリアから一般排水路沿いを通り貯槽エリアに至る耐圧ホース

Cエリアから一般排水路沿いを通り貯槽エリアに至る耐圧ホースの内、RO濃縮水及びRO処理水を移送する耐圧ホースについては、ポリエチレン製配管への交換を4月18日までに行った。

また、残りの蒸発濃縮装置の濃縮廃液と処理水を移送する耐圧ホースについても、5月29日までにポリエチレン製配管への交換を行った。

（添付資料－17 ポリエチレン製配管への交換工程）

（添付資料－18 ポリエチレン製配管への交換状況（6月末現在））

（添付資料－19 ポリエチレン製配管への交換計画概要配置図）

（添付資料－20-1 ポリエチレン製配管への交換計画詳細 RO濃縮水配）

（添付資料－20-2 ポリエチレン製配管への交換計画詳細 RO処理水配管）

（添付資料－20-3 ポリエチレン製配管への交換計画詳細  
蒸発濃縮装置濃縮廃液・処理水配管）

b-3. RO処理水貯槽及び蒸発濃縮処理水貯槽からバッファタンクまでの耐圧ホース

RO処理水貯槽及び蒸発濃縮処理水貯槽からバッファタンクまでの耐圧ホースについては、ポリエチレン製配管に取り替えるまでの間の対策として、6月9日までに、移送に使用する各継手部に対して抜け防止治具の取付けを行った。

また、平成24年9月末までにポリエチレン製配管への交換を行う。

（添付資料－17 ポリエチレン製配管への交換工程）

（添付資料－19 ポリエチレン製配管への交換計画概要配置図）

(2) 耐圧ホースから漏えいした場合の海洋への流出防止対策

耐圧ホースからの漏えい水が海洋へ流出した箇所及び流出の恐れのある類似箇所に対して下記の通り海洋への流出防止対策を行った。

a. 3月26日の流出事象の対策

3月26日の漏えい事象においては、一般排水路横断部付近から一般排水路内へ漏えい水が流入したことから、3月28日に、今回漏えいが発生した一般排水路横断部及び当該一般排水路下流にある別の一般排水路横断部の周囲に土嚢・防水堤を追設した。

(添付資料-22-1 海洋への流出防止対策 3月27,28日 一般排水路横断部)

b. 4月5日の流出事象の対策

4月5日の漏えい事象においては、廃材置き場付近の側溝から一般排水路内へ漏えい水が流入したため、4月5日、当該の一般排水路に通じる側溝2箇所に土嚢を設置した。

(添付資料-22-2 4月5日 廃材置き場付近側溝)

c. 類似箇所の対策

耐圧ホースから漏えいした場合に海洋に流出する恐れのある類似の箇所を調査したところ、SPT建屋付近には、SPTからCエリアに移送する耐圧ホースが敷設されており、その周囲に耐圧ホースから水が漏えいした場合に漏えい水が海洋に至る恐れのあるマンホールや側溝が存在することが分かった。

このため、4月9日にSPT建屋付近のマンホールの閉止養生及び側溝への土嚢の設置を行った。

(添付資料-22-3 4月9日 SPT建屋付近)

## 8. 信頼性向上対策

### (1) 汚染水の移送配管

汚染水の移送配管は、1～4号機タービン建屋等の滞留水等をプロセス主建屋、高温焼却炉建屋等に設置されている水処理設備に移送する配管であり、一部に耐圧ホースを使用している。

これらの耐圧ホースは、RO濃縮水移送ホースに比して内部圧力が低く、移送の起動停止回数も少ないため、配管継手部漏えいのリスクが小さいことから、対策の必要性は少ないが、系外流出の可能性のある屋外の耐圧ホースから順にポリエチレン製配管への交換を実施することとする。

(添付資料-21 汚染水移送配管概略図)

(添付資料-23 汚染水移送耐圧ホースの継手漏えいリスク)

#### a. 屋外の汚染水移送耐圧ホース

##### a-1. 4号機タービン建屋からプロセス主建屋及び高温焼却炉建屋への移送耐圧ホース

4号機タービン建屋からプロセス主建屋及び高温焼却炉建屋への移送耐圧ホースについては、ポリエチレン製配管への交換を実施済みである。

(添付資料-17 ポリエチレン製配管への交換工程)

##### a-2. 2号機-3号機間の移送耐圧ホース

2号機-3号機間の移送耐圧ホースは、ポリエチレン製配管に交換するまでの対策として、5月10日までに、抜け防止治具の取付を実施した。また、平成24年度上期中にポリエチレン製配管へ交換を実施する。

(添付資料-17 ポリエチレン製配管への交換工程)

##### a-3. 共用プールダクトから高温焼却炉建屋への移送耐圧ホース

共用プールダクトから高温焼却炉建屋への移送配管は一部耐圧ホースが屋外に設置されていることから、ポリエチレン製配管に交換するまでの対策として、6月5日までに、抜け防止治具の取付を実施した。また、準備が整い次第にポリエチレン製配管へ交換を実施する。

(添付資料-17 ポリエチレン製配管への交換工程)

#### b. 屋内の汚染水移送耐圧ホース

屋内にある汚染水移送配管で耐圧ホースを使用している箇所については、作業箇所が狭隘でポンプ設置時に柔軟性がある耐圧ホースを使用する必要がある取水用水中ポンプ出口を除き、ポリエチレン製配管への交換を実施していく。

なお、RO濃縮水移送ホースでは配管内圧約 0.5Mpa、漏えいに至るまでのポンプ起動停止による圧力の負荷回数が約 630 回であるのに比して、屋内にある汚染水移送耐圧ホースについては、配管内圧が約 0.2MPa、ポンプ起動停止による圧力負荷回数が現在までに約 60 回程度と低いことから配管漏えいのリスクが低いこと、もし、漏えいがあったとしても堰があるため系外漏えいのリスクがないことから、被ばく量の多い抜け防止治具の設置は行わないこととするが、なるべく早期に移送配管の信頼性を向上させるため、ポリエチレン製配管への交換を可能な限り早期に実施することとした。

(添付資料-17 ポリエチレン製配管への交換工程)

(添付資料-21 汚染水移送配管概略図)

(添付資料-23 汚染水移送耐圧ホースの継手漏えいリスク)

## (2) 海洋に流出する恐れのない濃縮水移送耐圧ホース

海洋に流出する恐れのない濃縮水移送耐圧ホースには、CエリアからH5, H6エリアへのRO濃縮水移送耐圧ホース及びCエリア内の濃縮水移送耐圧ホースが存在するが、これらについては、濃縮水を移送する耐圧ホースであるため下記のとおり信頼性向上対策を行う。

### a. CエリアからH5, H6エリアへのRO濃縮水移送耐圧ホース

CエリアからH5, H6エリアに追設中のRO濃縮水貯槽へ移送する耐圧ホースについては、一般排水路沿いにないため、万一耐圧ホースから漏えいした場合であっても海洋への流出の恐れはないが、濃縮水移送耐圧ホースであるため、4月25日までにポリエチレン製配管への交換を実施した。

(添付資料-17 ポリエチレン製配管への交換工程)

(添付資料-18 ポリエチレン製配管への交換状況 (6月末現在))

(添付資料-19 ポリエチレン製配管への交換計画概要配置図)

(添付資料-20-1 ポリエチレン製配管への交換計画詳細  
RO濃縮水配管)

### b. Cエリア内の濃縮水移送耐圧ホース

Cエリア内には、RO濃縮水を移送する耐圧ホースと蒸発濃縮器の濃縮廃液移送耐圧ホースがある。

この耐圧ホースは、Cエリアから一般排水路への側溝内に土嚢を設置したことにより、万一耐圧ホースから漏えいした場合であっても海洋への流出の恐れはないが、濃縮水移送耐圧ホースであるため以下の対策を行うこととする。

#### b-1. RO濃縮水移送耐圧ホース

Cエリア内のRO濃縮水移送耐圧ホースについては、計画的にポリエチレン製配管への交換を実施する予定である。また、ポリエチレン製配管に交換するまでの間の対策として、流出時のリスクが大きい屋外の耐圧ホースに7月末までに、屋内の耐圧ホースについては、9月末までに抜け防止治具の取り付けを行う。

#### b-2. 蒸発濃縮装置の濃縮廃液移送耐圧ホース

蒸発濃縮装置の濃縮廃液移送耐圧ホースについては、現在停止しているため抜け防止治具は設置せず、計画的にポリエチレン製配管への交換を実施する予定である。ただし、ポリエチレン製配管への交換の前に使用する場合は、使用前までに、抜け防止治具を取り付けることとする。

(添付資料-17 ポリエチレン製配管への交換工程)

#### (3) その他の耐圧ホース

水処理設備で使用している耐圧ホースのうち、漏えいが発生した際に海洋へ流出する恐れがある耐圧ホース及び海洋に流出する恐れが無くとも汚染水及び濃縮水を移送する耐圧ホースについては、前述の通りポリエチレン製配管への交換を計画的に進める予定である。

ただし、貯槽間を接続している耐圧ホースについては、地震による貯槽の滑動を考慮した場合、ポリエチレン製配管より高い柔軟性、可撓性（たわみやすさ）を有する従来の耐圧ホースを使用する方が技術的に好ましいと判断されること、耐圧ホースにかかる内圧が低く繰り返し圧力も付与されないこと、RO濃縮水が満水となった貯槽は貯槽間の連絡弁を閉にしていること等から継手部の抜けリスクが極めて低いこと、万一の漏えいがあっても堰及び土堰堤により阻まれ海洋に流出する可能性が極めて低いこと等から、定期的な点検等にて健全性を確認しつつ、従来の耐圧ホースを使用していくこととする。

その他の海洋に流出する恐れがない処理水等の耐圧ホースについては、耐圧ホースの漏えいのリスク（圧力、ホース拘束の状況、点検の容易性）等を勘案し、抜け防止治具の取り付け及びポリエチレン製配管への交換等の対策の必要性を検討し、必要な場合は優先順位をつけて実施していくこととする。

(添付資料-17 ポリエチレン製配管への交換工程)

(添付資料-18 ポリエチレン製配管への交換状況（6月末現在）)

(添付資料-19 ポリエチレン製配管への交換計画概要配置図)

## 9. 配管漏えいに対する早期検知対策

今回の漏えい事象によって、放射性物質を含む水を移送するポンプの出口流量トレンド及び水の出入りがある貯槽の水位トレンドを監視することで、配管から漏えいが発生した場合の流量の変動等をとらえ漏えい発生の早期検知ができるとの知見が得られた。

このため、4月9日より、移送運用中の移送ポンプ流量トレンドと水の出入りがある貯槽の水位トレンドについて水処理制御室内モニタに常時表示し運転員が連続監視することによって、配管からの漏えいがあった場合に早期に漏えいを検知でき、即座に対応できる態勢を構築した。

## 10. 添付資料

- 添付資料－1 時系列
- 添付資料－2 淡水化装置概略系統図
- 添付資料－3 漏えい箇所と一般排水路等の位置関係
- 添付資料－4-1 3月26日 漏えい箇所の継手部の状態
- 添付資料－4-2 4月5日 漏えい箇所の継手部の状態
- 添付資料－5 3月26日 RO濃縮水移送耐圧ホースからの漏えい量計算書
- 添付資料－6 3月26日 一般排水路及び海洋への流出量評価
- 添付資料－7-1 漏えい水サンプリング結果
- 添付資料－7-2 3月26日 一般排水路サンプリング結果
- 添付資料－7-3 4月5日 一般排水路サンプリング結果
- 添付資料－7-4 1～4号機南放水口付近サンプリング結果
- 添付資料－7-5 1～4号機南放水口付近サンプリング結果  
「過去事象との比較」
- 添付資料－8 RO濃縮水移送耐圧ホースからの漏えい量計算書
- 添付資料－9-1 4月5日 一般排水路及び海洋への流出量  
漏えい箇所付近配置図
- 添付資料－9-2 漏えい水の一般排水路への流入経路
- 添付資料－9-3 廃材置き場へ流入した漏えい水の行方
- 添付資料－9-4 一般排水路及び海洋への流出量の推定
- 添付資料－10-1 3月26日 漏えい水回収
- 添付資料－10-2 4月5日 漏えい水回収
- 添付資料－11-1 耐圧ホース継手部構造
- 添付資料－11-2 耐圧ホース継手部抜け事象の要因分析表
- 添付資料－11-3 トルク確認試験、繰り返し水圧負荷試験
- 添付資料－11-4 継手部抜けのメカニズム
- 添付資料－12-1 3月27日 一般排水路横断部の点検 点検結果
- 添付資料－12-2 一般排水路を横断する耐圧ホースのルート図
- 添付資料－13-1 4月10日 SPT～Cエリア耐圧ホース点検結果
- 添付資料－13-2 SPT～Cエリア耐圧ホース配置図
- 添付資料－14 3月27日 一般排水路横断部耐圧ホースの交換
- 添付資料－15 3月26日、4月5日 漏えい耐圧ホースの  
ポリエチレン製配管への交換
- 添付資料－16 継手部抜け防止治具
- 添付資料－17 ポリエチレン製配管への交換工程
- 添付資料－18 ポリエチレン製配管への交換状況 (6月末現在)

- 添付資料-19 ポリエチレン製配管への交換計画概要配置図
- 添付資料-20-1 ポリエチレン製配管への交換計画詳細配置図  
R O濃縮水配管
- 添付資料-20-2 R O処理水配管
- 添付資料-20-3 蒸発濃縮装置 濃縮廃液・処理水配管
- 添付資料-21 汚染水移送配管概略図
- 添付資料-22-1 海洋への流出防止対策  
3月27,28日 一般排水路横断部
- 添付資料-22-2 4月5日 廃材置き場付近側溝
- 添付資料-22-3 4月9日 S P T建屋付近
- 添付資料-23 汚染水移送耐圧ホースの継手漏えいリスク

以 上

## 時 系 列

### (1) 3月26日の漏えい事象

#### 【3月26日】

- ・ 4時56分 RO濃縮水供給ポンプの流量が通常流量約47 m<sup>3</sup>/hのところ約75 m<sup>3</sup>/hに増加
- ・ 8時30分頃 協力企業作業員が、H6エリアとH4エリア間にある一般排水路の横断部において、淡水化装置（RO）で処理後の濃縮水をRO濃縮水貯槽に移送する耐圧ホースより水が漏えいしていることを発見
- ・ 8時50分頃 中央制御室においてRO濃縮水をRO濃縮水貯槽5Bに移送していたRO濃縮水供給ポンプを停止し、漏えいのあった耐圧ホースの前後にある弁を閉じ、当該ポンプの出口流量が0になった時点で、漏えいが停止したものと判断
- ・ 9時00分頃 当社社員が、現場確認を行い継手部からの漏えいが停止していることを確認  
耐圧ホースの漏えい箇所が継手部であることを確認
- ・ 9時10分頃 淡水化装置（RO）を手動停止
- ・ 10時00分頃 現場線量測定及び漏えい水並びに一般排水路内の水放射能濃度分析のための試料採取を実施
- ・ 12時50分～16時10分 H4エリアの溜まり水を回収

#### 【3月27日】

- ・ 漏えいしたRO濃縮水移送耐圧ホースの交換を実施
- ・ 一般排水路を横断している他耐圧ホースの点検を実施
- ・ 一般排水路横断部付近に土嚢・防水堤の追設開始

#### 【3月28日】

- ・ 10時00分頃 一般排水路横断部付近に土嚢・防水堤の追設完了
- ・ 11時41分 交換したRO濃縮水移送用耐圧ホース漏えい確認のためのRO濃縮水供給ポンプ起動
- ・ 12時03分 交換したRO濃縮水移送用耐圧ホースの漏えい確認完了
- ・ 12時07分 淡水化装置（RO）起動

#### 【3月29日～3月30日】

- ・ 一般排水路に流れ込む水をせき止め土砂を回収

- ・ 一般排水路内に土砂の流れ止めの低い堰を設置

【3月29日～4月2日】

- ・ 漏えい箇所をバックホウにより約400m<sup>3</sup>除去し作業に支障のない場所にまとめ、ビニールシートにより養生を実施

## (2) 4月5日の漏えい事象

### 【4月5日】

- ・ 0時06分 RO濃縮水供給ポンプの流量が通常流量約 50m<sup>3</sup>/h のところ約 70 m<sup>3</sup>/h に増加
- ・ 0時52分～0時53分  
運転員がRO濃縮水供給ポンプを起動したところ、ポンプ流量が通常流量に比べて増加していることを確認したため一旦ポンプを停止
- ・ 0時55分～0時55分  
ポンプ寸動により計器動作を確認（1回目）
- ・ 1時00分～1時00分  
ポンプ寸動により計器動作を確認（2回目）し、計器正常と判断し、過去のRO濃縮水供給ポンプ流量トレンドを確認したところ、0時6分から流量が増加していることを確認
- ・ 1時13分 淡水化装置（RO）の手動停止を実施
- ・ 1時45分頃 RO濃縮水供給ポンプからRO濃縮水貯槽8Bに移送する耐圧ホースの前後弁を閉じ、当該ポンプの流量が0になった時点で、漏えいが停止したと判断
- ・ 1時50分頃 当社社員が、現場確認を行い継手部からの漏えいが停止していることを確認  
漏えい箇所が耐圧ホースの継手部であることを確認
- ・ 2時00分頃 Cエリア蒸発濃縮装置北側廃材置場から一般排水路につながる側溝2箇所に土嚢設置するとともに、現場線量測定及び漏えい水、一般排水路内の水、1～4号機南放水口付近の海水について放射能濃度分析のための試料採取を実施
- ・ 午前中 吸水材等を使用し溜まり水の回収を実施

### 【4月6日～4月10日】

- ・ 一般排水路への流入水の汲み上げ及び洗浄を実施

### 【4月7日】

- ・ 15時00分 Cエリアから一般排水路を横断しRO濃縮水貯槽8BのあるH4エリアまでの範囲についてポリエチレン製配管の敷設が完了したので、漏えい確認を開始
- ・ 15時25分 漏えい確認終了

**【4月09日】**

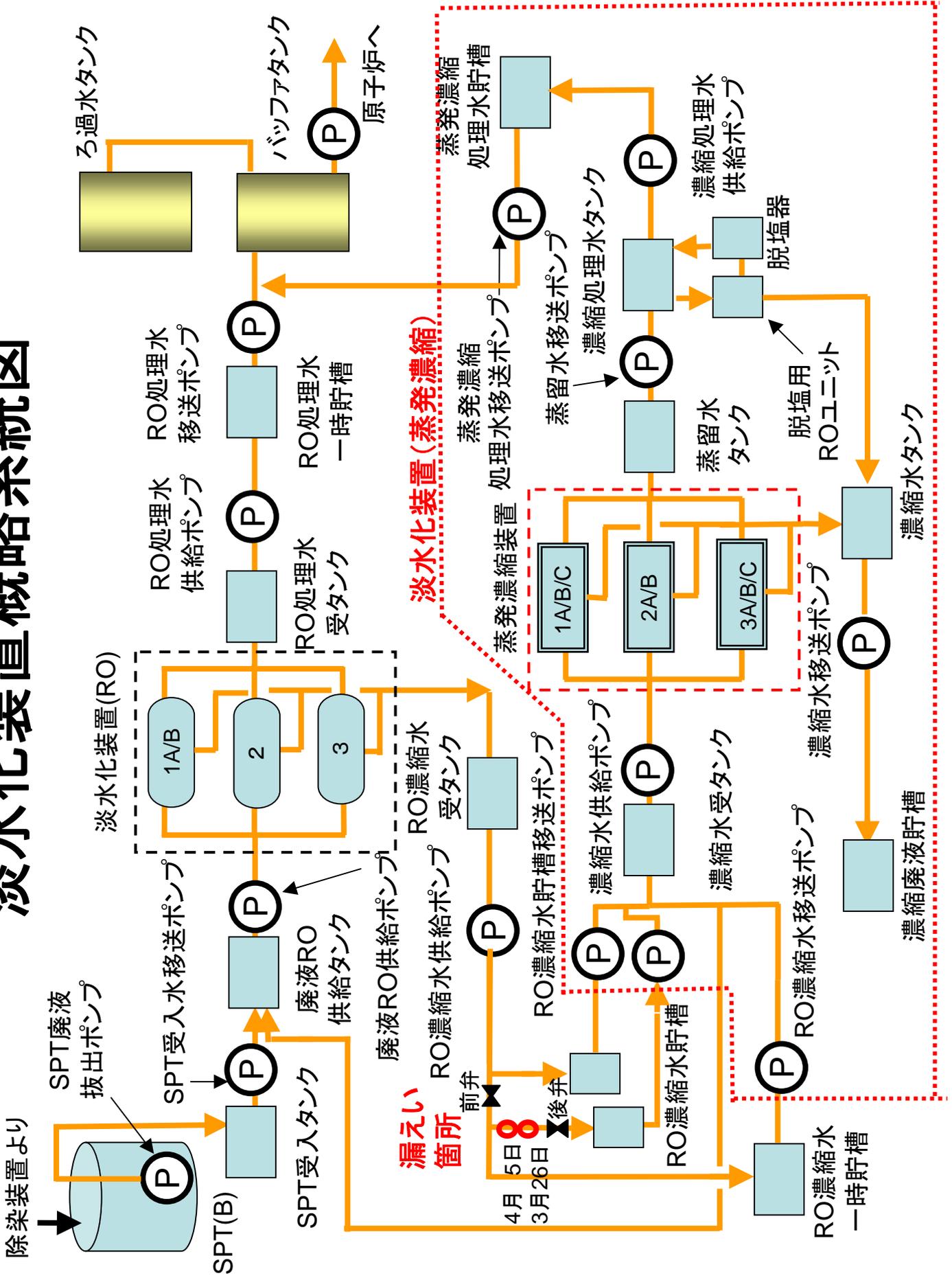
- ・ SPT からCエリアまでの耐圧ホースに抜け防止治具を設置開始
- ・ 20時46分 SPT からCエリアまで淡水化装置（RO）で処理する水を移送する耐圧ホース周囲に、漏えい拡大防止のための土嚢他を設置したことを確認し、移送ポンプを起動し、SPT から廃液供給タンクまでのラインの漏えい確認を実施
- ・ 21時52分 SPT からCエリアまで淡水化装置（RO）で処理する水を移送する耐圧ホースに漏えいのないことを確認し、移送を再開し、淡水化装置（RO）起動

**【4月16日】**

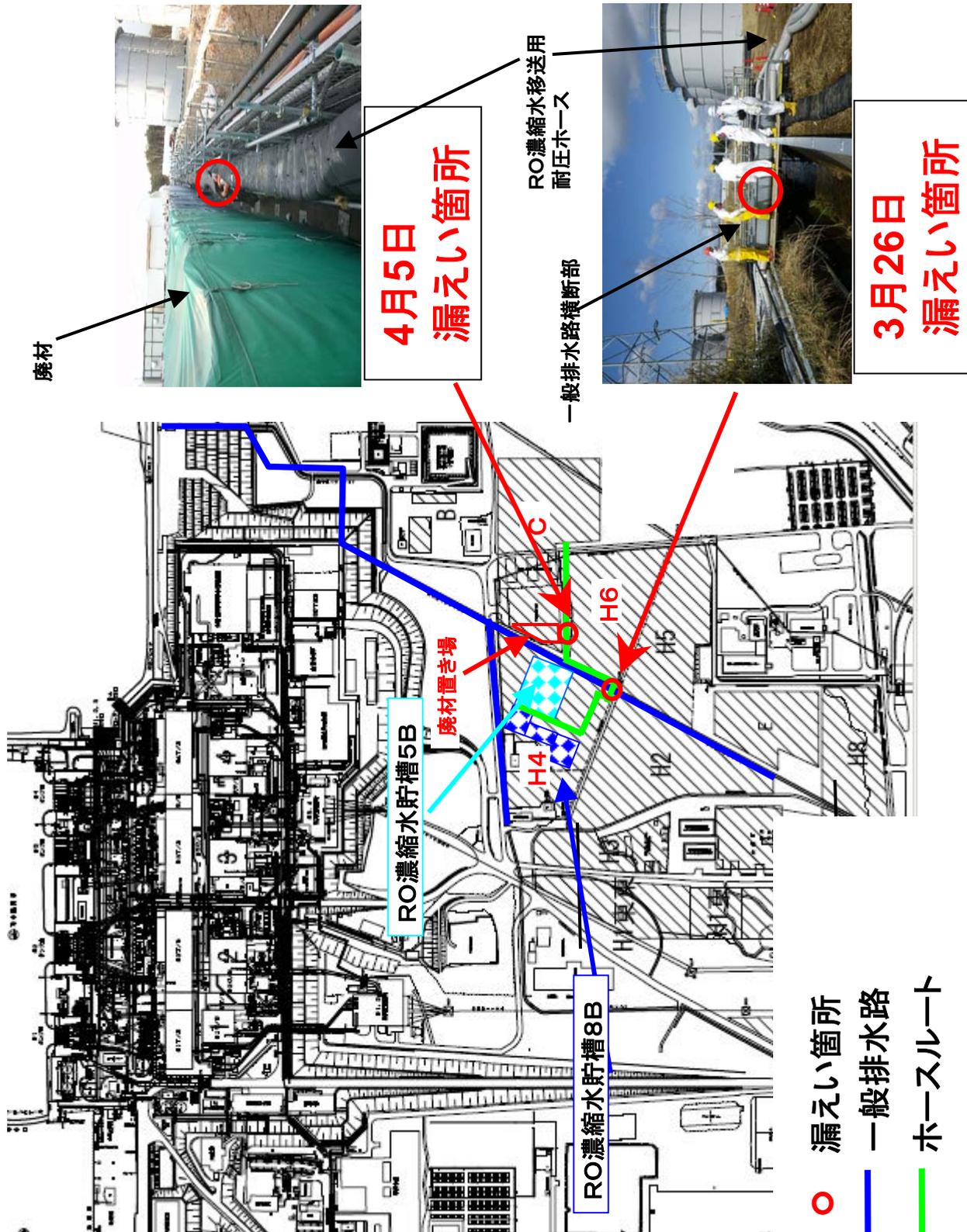
- ・ SPT からCエリアまでの耐圧ホースに抜け防止治具を設置完了

以 上

# 淡水化装置概略系統図



# 漏えい箇所と一般排水路等の位置関係



# 3月26日 漏えい箇所 継手部の状態

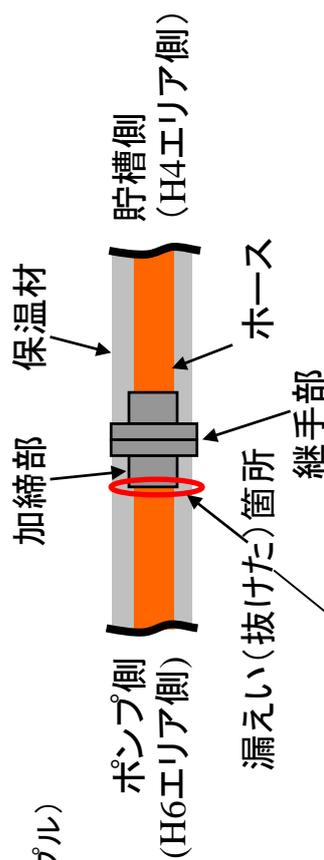


漏えい(抜けた)箇所

当該ラインは、凍結防止対策のために保温材を施工  
 →保温をめくり内部を確認し、耐圧ホースを持ち上げ  
 たところ、継手金具(タケノコニップル)が抜けた。

継手部

金具(タケノコニップル)



漏えいの痕跡

トレイ

土側溝

H6エリア

一般排水路

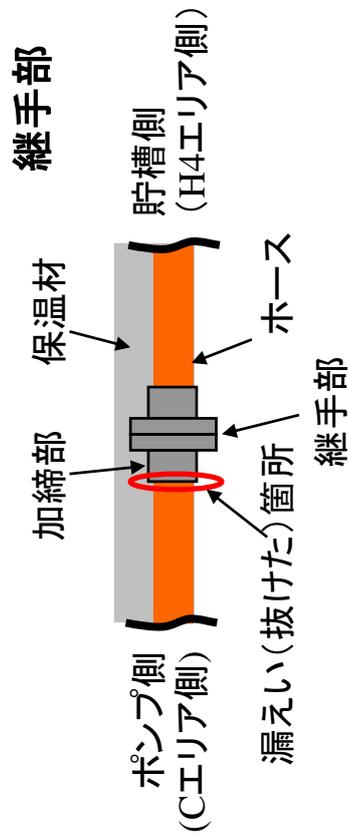
H4エリア



一般排水路横断面の概景

# 4月5日 漏えい箇所、継手部の状態

**【漏洩箇所】**  
当該ラインは、凍結防止対策のために保温材を施工  
→保温材をめくり内部を確認し、継手金具(タケノコニップル)が  
抜けているのを確認。



## 3月26日 RO濃縮水移送耐圧ホースからの漏えい量計算書

## 1. 流出量の評価期間

流出開始：4時56分（流量急増時刻）

流出停止：9時00分頃（漏えい停止確認時刻）

（添付資料－1 時系列）

上記の内、RO濃縮水供給ポンプの運転時間等

	運転時間	停止時間
① 4時56分流量急増		
② 5時6分停止	(10分運転)	
③ 6時45分起動		(99分停止)
④ 7時44分停止	(59分運転)	
⑤ 8時45分起動		(61分停止)
⑥ 8時50分停止、弁閉止（5分運転）		
⑦ 9時00分漏えい停止確認		(10分停止)

① 4時56分流量急増

② 5時6分停止 (10分運転)

③ 6時45分起動 (99分停止)

④ 7時44分停止 (59分運転)

⑤ 8時45分起動 (61分停止)

⑥ 8時50分停止、弁閉止（5分運転）

⑦ 9時00分漏えい停止確認 (10分停止)

（別紙－1 3月26日 RO濃縮水供給ポンプ流量トレンド）

（別紙－2 3月26日 濃縮水貯槽5B水位トレンド）

（別紙－3 3月26日 メッセージ（動作記録））

## 2. RO濃縮水供給ポンプ出口流量

## (1) ポンプ運転中の漏えい量

上記1項の①4時56分～⑥8時50分まで、RO濃縮水供給ポンプ運転中の出口流量は、約75m<sup>3</sup>/hであった。

## (2) ポンプ停止中の漏えい量

上記1項の②5時06分～⑥8時50分まで、RO濃縮水供給ポンプ停止中の出口流量は、約10m<sup>3</sup>/hであった。（移送元の貯槽からの水頭圧により漏えい箇所の開口から流出したものと推定）

## (3) 弁閉止後漏えい停止確認までの漏えい量

上記1項の⑥8時50分～⑦9時00分まで、弁閉止後の出口流量は、約0m<sup>3</sup>/hであった。（弁閉止により水頭圧がなくなり流れは止まったものと推定）

（別紙－1 3月26日 RO濃縮水供給ポンプ流量トレンド）

## 3. 漏えい量

RO濃縮水の移送先となっているRO濃縮水貯槽5B水位が4時55分頃から上昇していないため、耐圧ホース損傷後はポンプ吐出全量が漏えいしているものと仮定する。

## (1) RO濃縮水供給ポンプ運転中の漏えい量

上記1項の①～⑥のRO濃縮水供給ポンプ運転中の流出時間は10+59+5分=1時間14分であり、この間のポンプ出口流量が約75m<sup>3</sup>/hであることから、ポンプ運転中の漏えい量は約92.5m<sup>3</sup>と推定した。

(2) RO濃縮水供給ポンプ停止中の漏えい量

上記1項の②～⑥のRO濃縮水供給ポンプ停止中の流出時間は、99+61分=2時間40分であり、この間のポンプ出口流量が約10m<sup>3</sup>/hであることから、ポンプ停止中の漏えい量は約27.6m<sup>3</sup>と推定した。

(3) 弁閉止後漏えい停止確認までの漏えい量

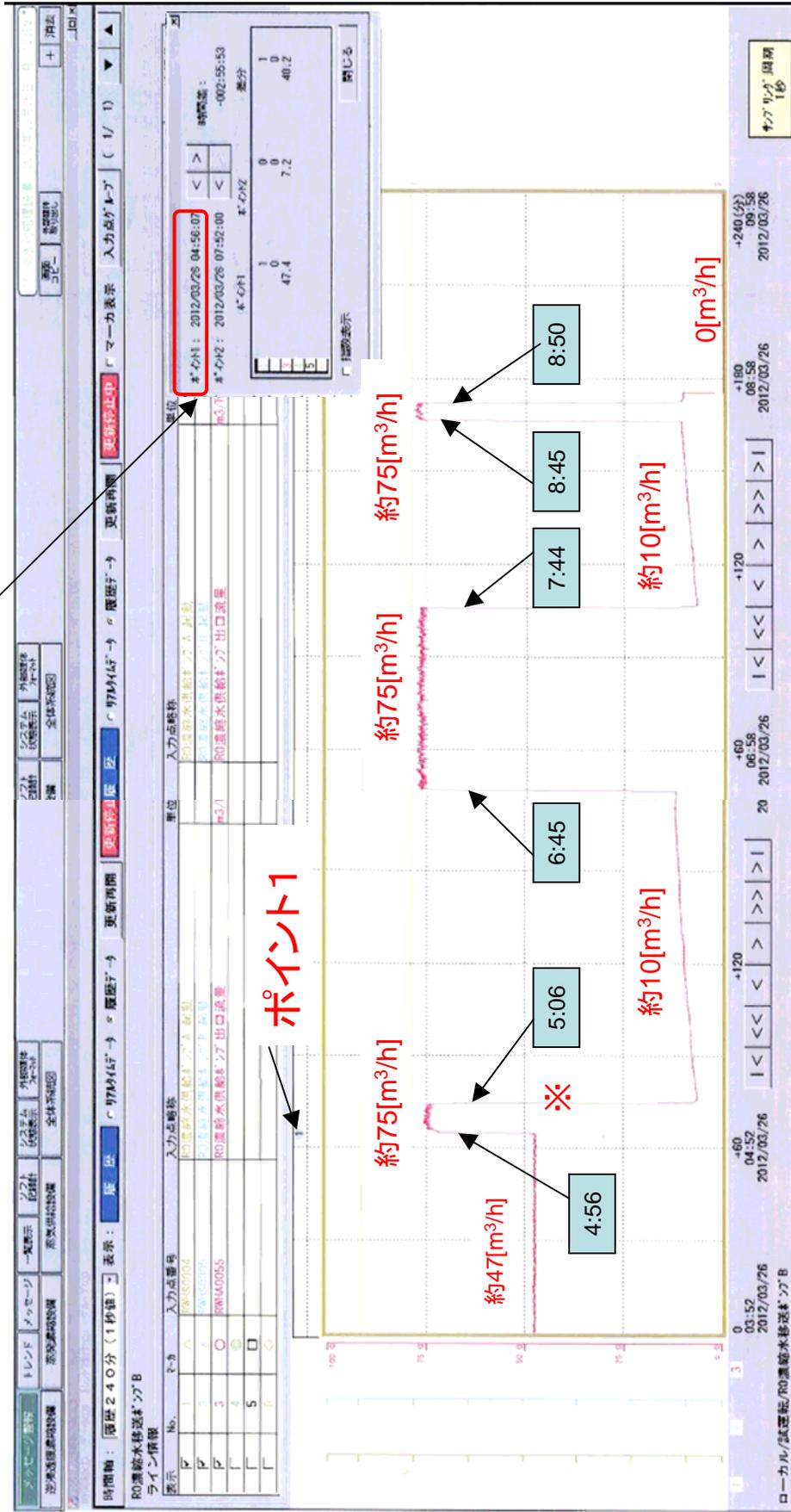
上記1項の⑥～⑦の弁閉止後漏えい停止確認までの時間は、約10分であり、この間のポンプ出口流量が約0m<sup>3</sup>/hであることから、弁閉止後の漏えい量は約0m<sup>3</sup>と推定した。

耐圧ホース内の残水については、漏えい箇所確認時にホース内がほぼ満水状態であったことから、弁閉止後に漏えいしたとしても少量であると考えられ、誤差範囲と考え漏えい量計算上は考慮しないこととした。

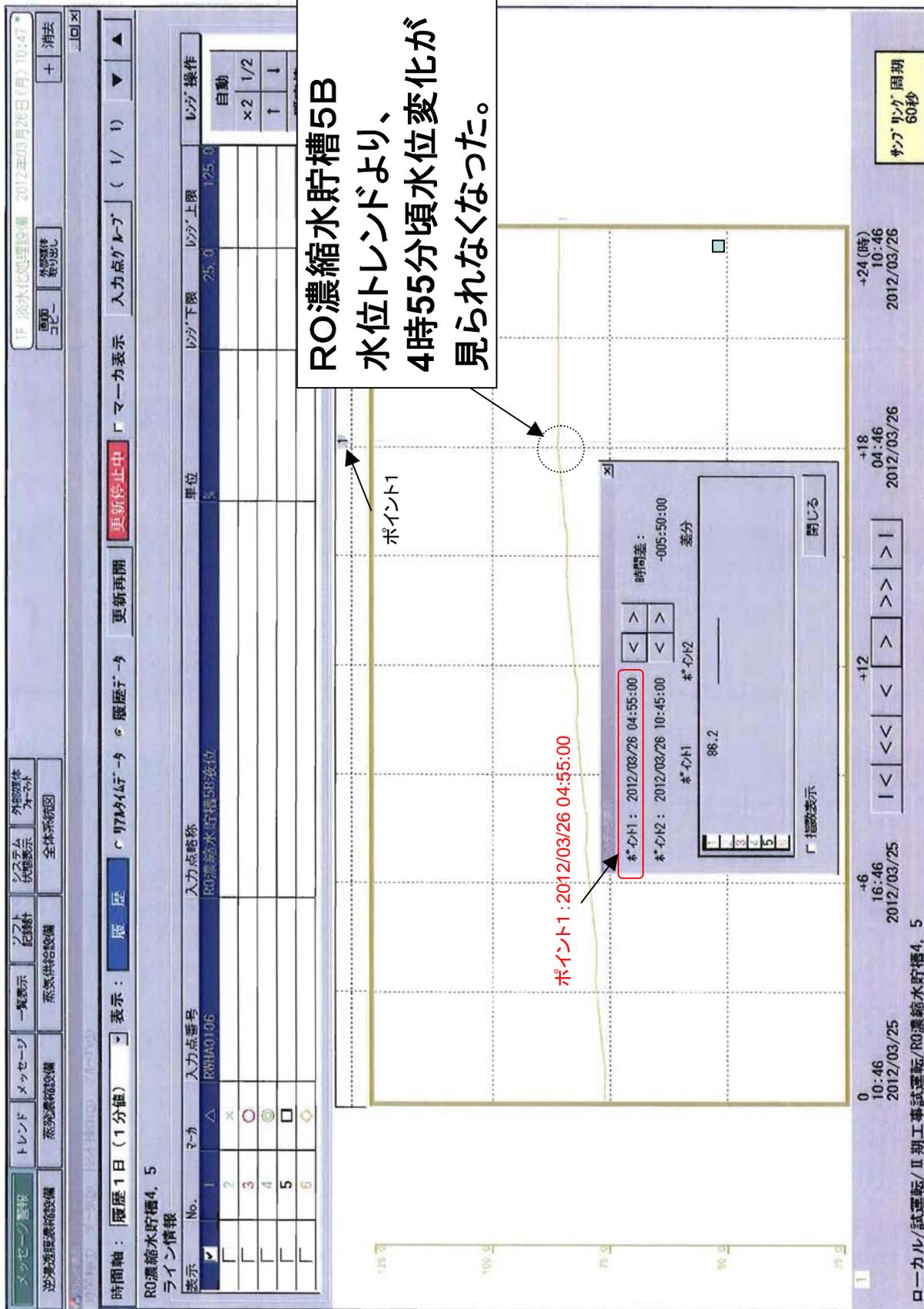
以上により、合計の漏えい量は92.5+27.6=約120m<sup>3</sup>と推定した。

# 3月26日 RO濃縮水供給ポンプ流量トレンド

ポイント1: 2012/03/26 04:56:07



# 3月26日 RO濃縮水貯槽5B水位トレンド



# 3月26日 メッセージ(動作記録)

2012/03/26 07:11:45	RW4HS0075	ろ過水移送ボンプB 起動	停止
2012/03/26 06:53:53	RW4HS0078	補給水タンク供給弁 全開	全開以外
2012/03/26 06:53:25	RW4HS0079	補給水タンク供給弁 全開	起動
2012/03/26 06:47:04	RW4HS0068	蒸留水移送ボンプA 起動	起動
2012/03/26 06:46:13	RW4HS0012	SPT廃液排出ボンプA 起動	起動
2012/03/26 06:45:42	RW4HS0004	RO濃縮水供給ボンプA 起動	起動
2012/03/26 06:09:56	RW4HS0009	RO処理水供給ボンプB 起動	全開
2012/03/26 06:10:41	RW4HS0081	濃縮処理水移送ボンプA/B出口電動弁 全開	全開以外
2012/03/26 06:10:32	RW4HS0080	濃縮処理水移送ボンプA/B出口電動弁 全開	停止
2012/03/26 06:10:30	RW4HS0080	濃縮処理水移送ボンプA 起動	停止
2012/03/26 06:02:30	RW4HS0079	SPT廃液排出ボンプB 起動	全開
2012/03/26 06:01:44	RW4HS0079	補給水タンク供給弁 全開	全開以外
2012/03/26 06:01:16	RW4HS0078	補給水タンク供給弁 全開	ON
2012/03/26 06:01:02	RW4HS0159	RO処理水供給ボンプB 選択[B]	停止
2012/03/26 06:00:56	RW4HS0008	RO処理水供給ボンプA 起動	OFF
2012/03/26 06:00:56	RW4HS0158	RO処理水供給ボンプA 起動	停止
2012/03/26 06:00:41	RW4HS0076	補給水移送ボンプA 起動	起動
2012/03/26 06:00:36	RW4HS0077	補給水移送ボンプB 起動	全開
2012/03/26 05:12:49	RW4HS0078	補給水タンク供給弁 全開	全開以外
2012/03/26 05:12:20	RW4HS0079	補給水タンク供給弁 全開	全開以外
2012/03/26 05:06:18	RW4HS0004	RO濃縮水供給ボンプA 起動	停止
2012/03/26 05:00:41	RW4HS0068	蒸留水移送ボンプA 起動	停止
2012/03/26 04:49:44	RW4HS0008	RO処理水供給ボンプA 起動	起動
2012/03/26 04:32:01	RW4HS0159	RO処理水供給ボンプB 選択[B]	OFF
2012/03/26 04:32:01	RW4HS0159	RO処理水供給ボンプA 選択[A]	ON
2012/03/26 04:32:01	RW4HS0020	RO濃縮水移送ボンプC 起動	ON
2012/03/26 08:50:51	RW4HS0004	RO濃縮水供給ボンプA 起動	停止
2012/03/26 08:50:51	RW4HS0132	RO濃縮水供給ボンプB 選択[A]	OFF
2012/03/26 08:50:44	RW4HS0159	RO処理水供給ボンプB 選択[B]	ON
2012/03/26 08:50:41	RW4HS0009	RO処理水供給ボンプA 起動	停止
2012/03/26 08:50:40	RW4HS0009	RO処理水供給ボンプB 選択[B]	OFF
2012/03/26 08:50:34	RW4HS0009	RO処理水供給ボンプA 起動	ON
2012/03/26 08:50:28	RW4HS0190	SPT受入水移送ボンプA 選択[A]	OFF
2012/03/26 08:50:28	RW4HS0000	SPT受入水移送ボンプA 起動	OFF
2012/03/26 08:50:25	RW4HS0012	SPT廃液排出ボンプA 起動	停止
2012/03/26 08:50:20	RW4HS0002	廃液供給ボンプB 起動	停止
2012/03/26 08:45:04	RW4HS0004	RO濃縮水供給ボンプA 起動	起動
2012/03/26 08:37:24	RW4HS0009	RO処理水供給ボンプB 起動	起動
2012/03/26 08:37:19	RW4HS0159	RO処理水供給ボンプB 選択[B]	ON
2012/03/26 08:37:11	RW4HS0008	RO処理水供給ボンプA 起動	停止
2012/03/26 08:37:11	RW4HS0008	RO処理水供給ボンプA 起動	OFF
2012/03/26 08:36:54	RW4HS0008	補給水移送ボンプA 起動	停止
2012/03/26 08:36:50	RW4HS0077	補給水移送ボンプB 起動	起動
2012/03/26 08:00:00	RW4HS0079	補給水タンク供給弁 全開	全開
2012/03/26 07:59:02	RW4HS0079	補給水タンク供給弁 全開	全開以外
2012/03/26 07:44:47	RW4HS0004	RO濃縮水供給ボンプA 起動	停止
2012/03/26 07:44:04	RW4HS0027	RO濃縮水移送ボンプA/B出口電動弁 全開	全開
2012/03/26 07:15:10	RW4HS0026	RO濃縮水移送ボンプA/B出口電動弁 全開	全開以外
2012/03/26 07:15:08	RW4HS0020	RO濃縮水移送ボンプC 起動	停止

8:50 停止

8:45 起動

7:44 停止

6:45 起動

5:06 停止

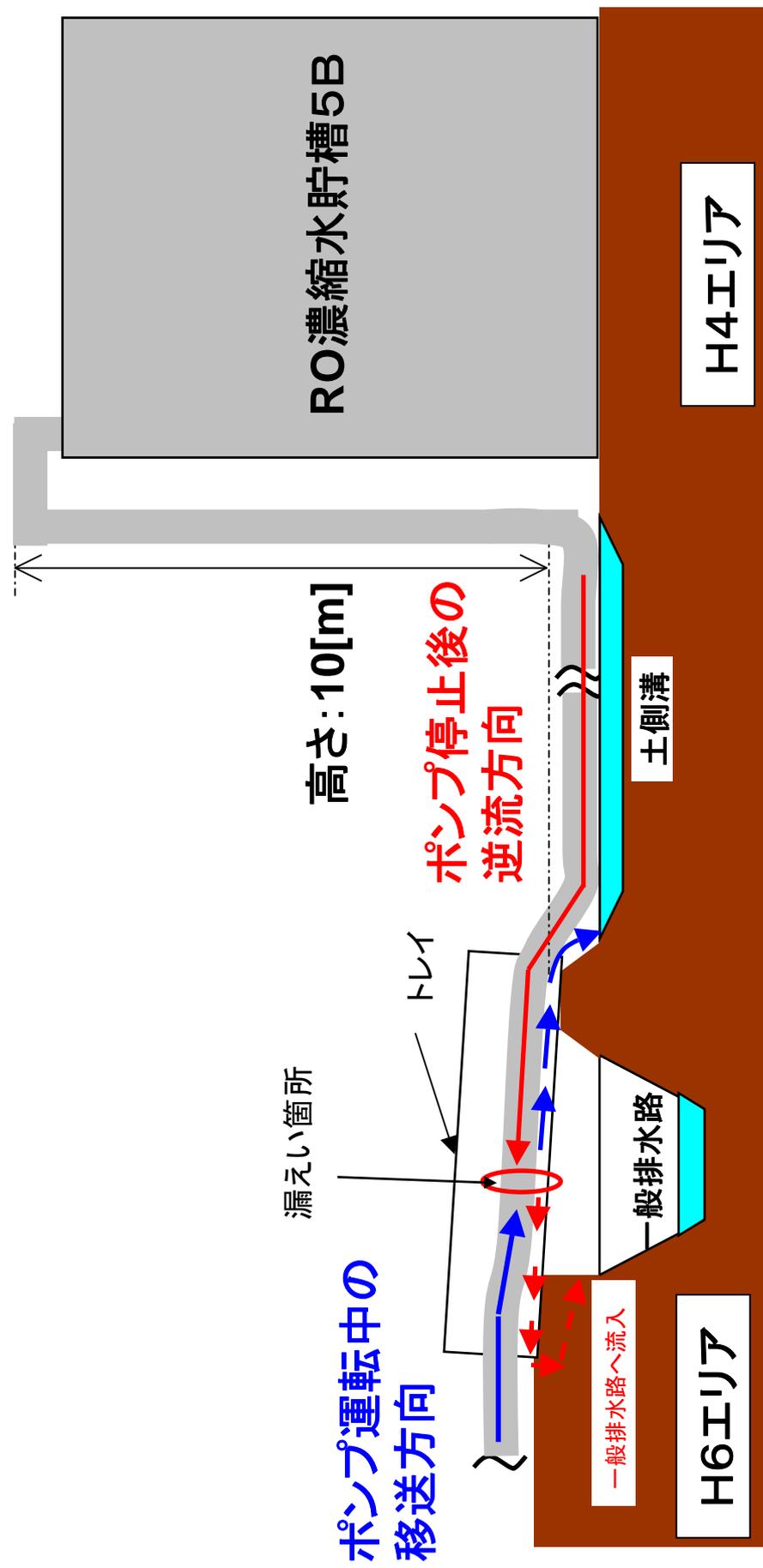
## RO濃縮水供給ポンプの起動・停止時間

## 3月26日 一般排水路及び海洋への流出量

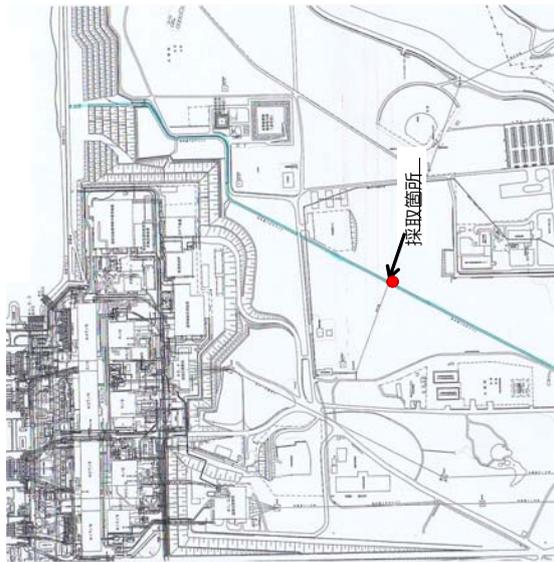
ポンプ運転中は、トレイの傾斜によりH4エリアに流出し、一般排水路には流入しなかったと推定  
 H6エリアには、ポンプ停止後、耐圧ホース内の水が逆流したと推定  
 一般排水路及び海洋には、保守的にH6エリアに流出したものが全て流出したものと仮定

タンク立ち上がり部=約10[m]、ホース口径は100Aであるため  
 逆流水量は、最大約0.08m<sup>3</sup>(80リットル)

よって、一般排水路及び海洋への流出量は最大でも約0.08m<sup>3</sup>(80リットル)と推定



# 漏えい水サンプリング結果

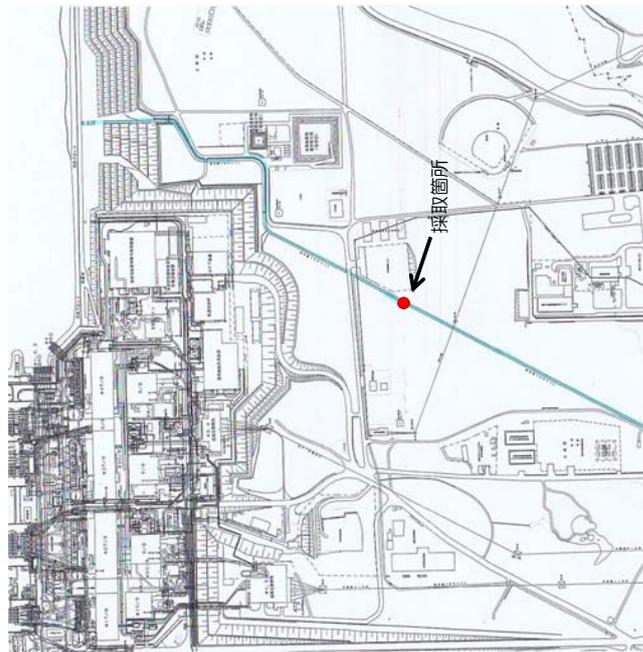


平成24年3月26日採取場所

【試料採取場所】濃縮水貯槽タンクエリア漏えい水

【採取日時】平成24年3月26日 10:00

核種	放射性物質濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	4.1 × 10 <sup>0</sup>	6.1 × 10 <sup>-1</sup>	約2年
Cs-137	6.3 × 10 <sup>0</sup>	3.1 × 10 <sup>-1</sup>	約30年
全β	1.4 × 10 <sup>5</sup>	1.9 × 10 <sup>2</sup>	—



平成24年4月5日採取場所

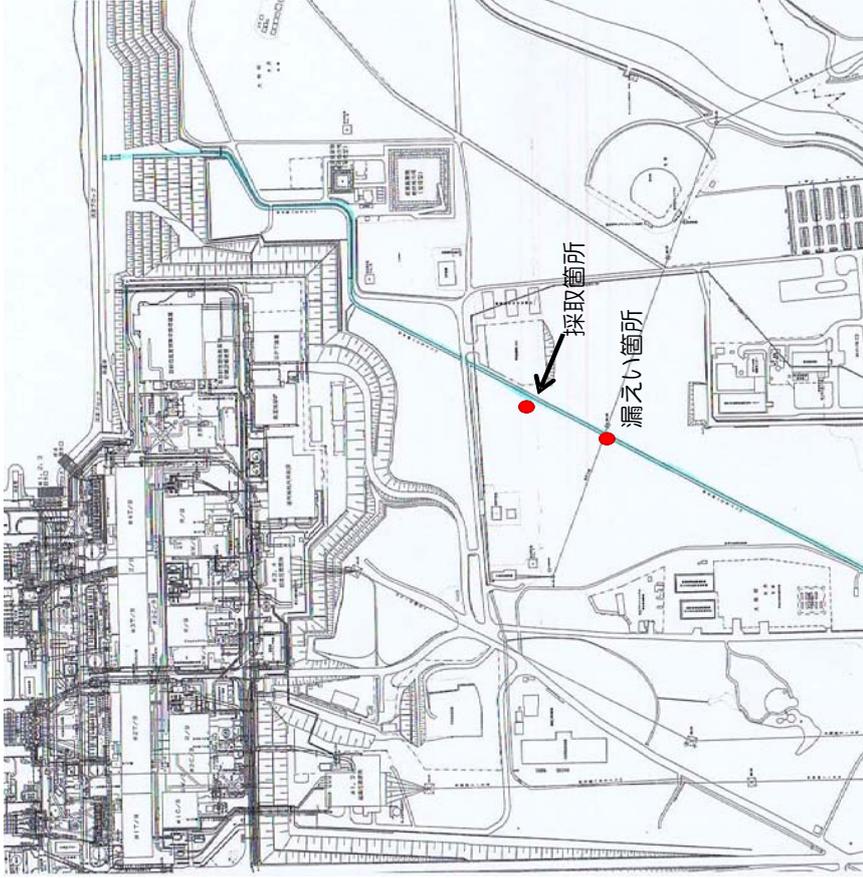
【試料採取場所】Cエリア漏えい水

【採取日時】平成24年4月5日 3:50

核種	放射性物質濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	6.9 × 10 <sup>0</sup>	6.5 × 10 <sup>-1</sup>	約2年
Cs-137	9.8 × 10 <sup>0</sup>	3.5 × 10 <sup>-1</sup>	約30年
全β	1.3 × 10 <sup>5</sup>	2.1 × 10 <sup>2</sup>	—

検出された主な核種を記載

# 3月26日 一般排水路サンプリング結果



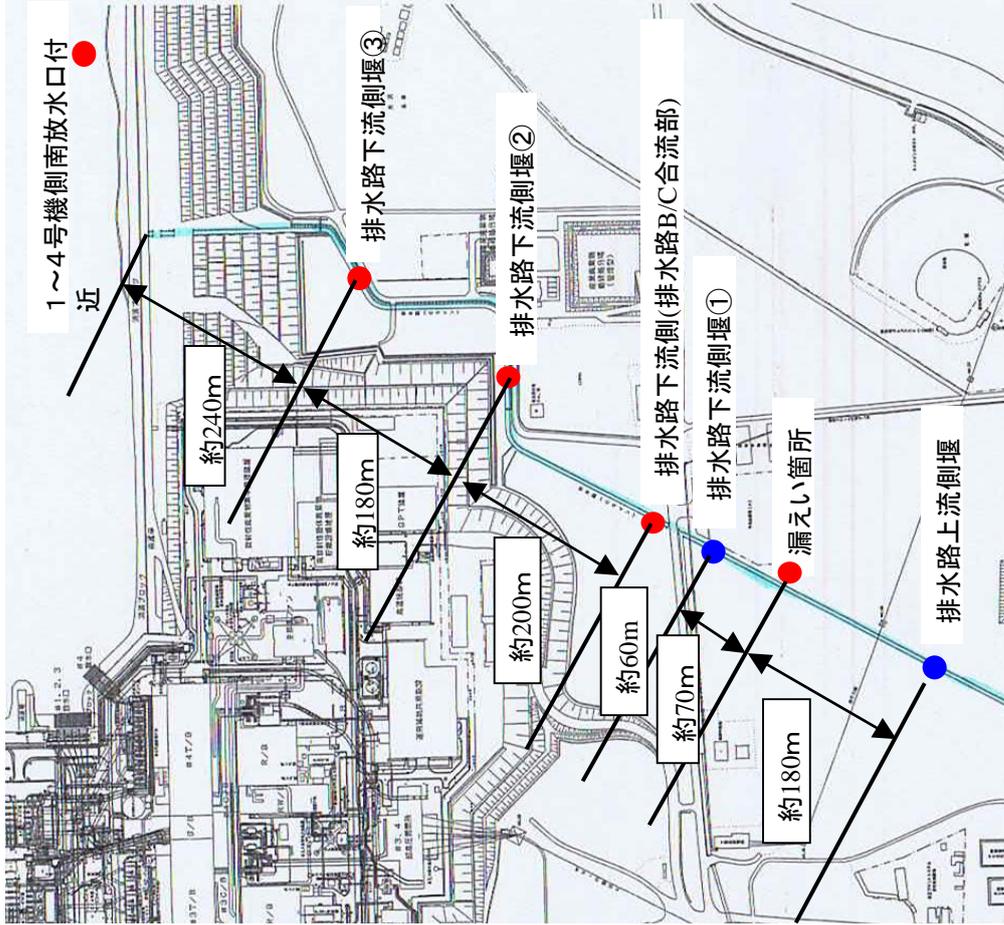
【試料採取場所】濃縮水貯槽タンクエリア 排水路下流側

【試料採取日時】平成24年3月26日 10:20

核種	放射性物質濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	検出限界未満	$3.1 \times 10^{-2}$	約2年
Cs-137	検出限界未満	$3.1 \times 10^{-2}$	約30年
全β	$6.8 \times 10^1$	$2.1 \times 10^{-1}$	—

検出された主な核種を記載

# 4月5日 一般排水路サンプリング結果



- 4月5日分試料採取箇所
- 堰(4月5日試料採取せず)

【試料採取場所】B/C排水路合流部  
 【試料採取日時】平成24年4月5日 4:10

核種	放射性物質濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	1.3 × 10 <sup>0</sup>	1.5 × 10 <sup>-1</sup>	約2年
Cs-137	1.9 × 10 <sup>0</sup>	8.5 × 10 <sup>-2</sup>	約30年
全β	3.3 × 10 <sup>4</sup>	4.2 × 10 <sup>1</sup>	—

【試料採取場所】排水路下流側堰②  
 【試料採取日時】平成24年4月5日 4:30

核種	放射性物質濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	2.7 × 10 <sup>-1</sup>	7.5 × 10 <sup>-2</sup>	約2年
Cs-137	3.6 × 10 <sup>-1</sup>	4.8 × 10 <sup>-2</sup>	約30年
全β	5.6 × 10 <sup>3</sup>	2.2 × 10 <sup>1</sup>	—

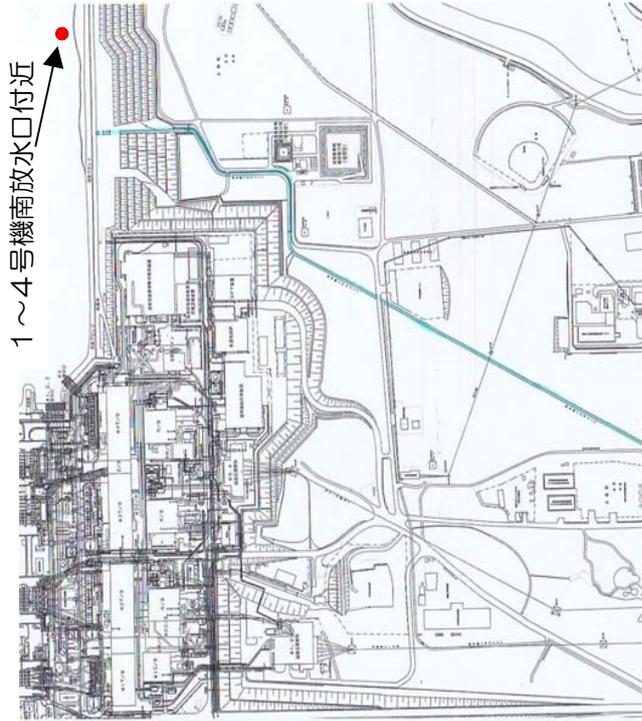
【試料採取場所】排水路下流側堰③  
 【試料採取日時】平成24年4月5日 4:40

核種	放射性物質濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	6.0 × 10 <sup>-2</sup>	3.0 × 10 <sup>-2</sup>	約2年
Cs-137	5.6 × 10 <sup>-2</sup>	3.5 × 10 <sup>-2</sup>	約30年
全β	2.6 × 10 <sup>1</sup>	2.2 × 10 <sup>-1</sup>	—

検出された主な核種を記載

# 1～4号機南放水口付近サンプリング結果

添付資料－7-4-1



【採取日時】平成24年3月26日 8:20

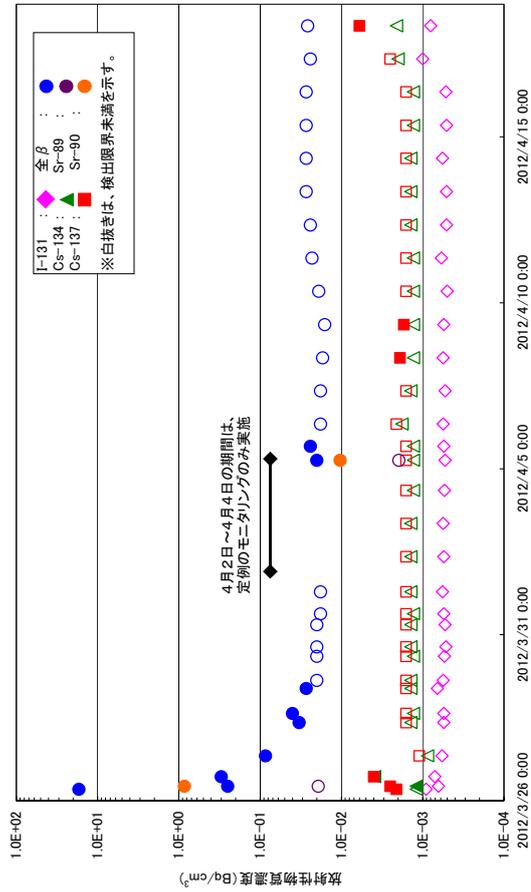
核種	放射性物質濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	検出限界未満	1.2 × 10 <sup>-3</sup>	約2年
Cs-137	2.1 × 10 <sup>-3</sup>	1.1 × 10 <sup>-3</sup>	約30年
全β	1.7 × 10 <sup>1</sup>	2.1 × 10 <sup>-2</sup>	—
Sr-89	検出限界未満	1.9 × 10 <sup>-2</sup>	約50日
Sr-90	8.5 × 10 <sup>-1</sup>	7.9 × 10 <sup>-5</sup>	約29年

【採取日時】平成24年3月27日 8:30

核種	放射性物質濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	検出限界未満	8.7 × 10 <sup>-4</sup>	約2年
Cs-137	検出限界未満	1.1 × 10 <sup>-3</sup>	約30年
全β	8.6 × 10 <sup>-2</sup>	1.7 × 10 <sup>-2</sup>	—

【採取日時】平成24年3月29日 15:05

核種	放射性物質濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	検出限界未満	1.4 × 10 <sup>-3</sup>	約2年
Cs-137	検出限界未満	1.6 × 10 <sup>-3</sup>	約30年
全β	検出限界未満	2.0 × 10 <sup>-2</sup>	—

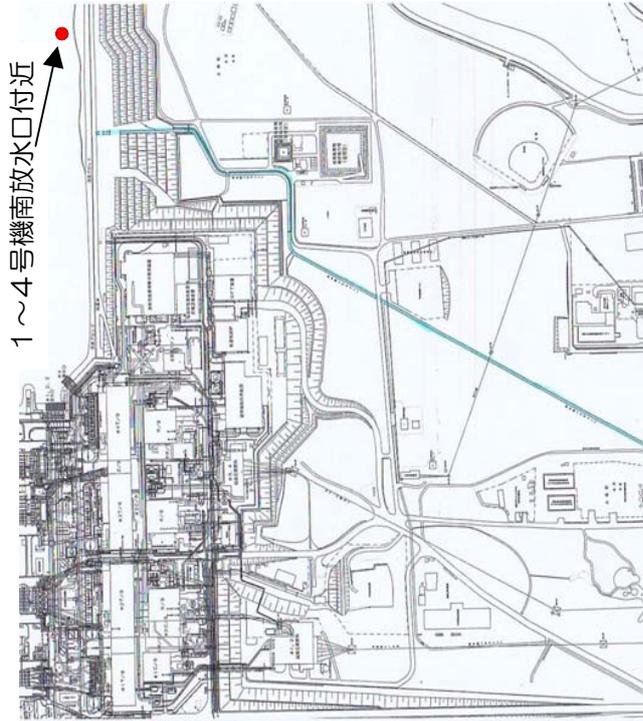


検出された主な核種を記載

※検出限界値の違いは、測定時におけるバックグラウンドの違い等によるものである。

# 1～4号機南放水口付近サンプリング結果

添付資料－7-4-2



【採取日時】平成24年4月5日 6:15

核種	放射性物質濃度 (Ba/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Ba/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	検出限界未満	1.3 × 10 <sup>-3</sup>	約2年
Cs-137	検出限界未満	1.6 × 10 <sup>-3</sup>	約30年
全β	2.0 × 10 <sup>-2</sup>	3.9 × 10 <sup>-3</sup>	—
Sr-89	検出限界未満	2.0 × 10 <sup>-3</sup>	約50日
Sr-90	1.0 × 10 <sup>-2</sup>	9.7 × 10 <sup>-5</sup>	約29年

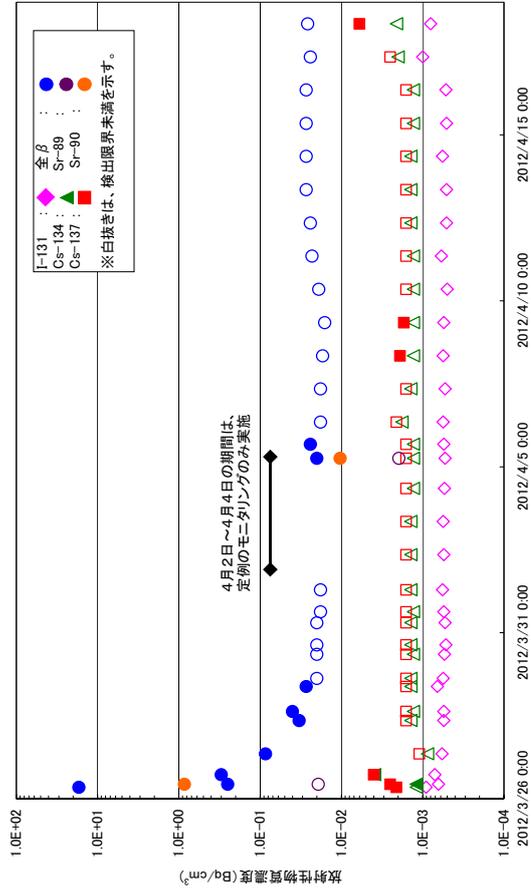
【採取日時】平成24年4月5日 16:20

核種	放射性物質濃度 (Ba/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Ba/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	検出限界未満	1.3 × 10 <sup>-3</sup>	約2年
Cs-137	検出限界未満	1.6 × 10 <sup>-3</sup>	約30年
全β	2.4 × 10 <sup>-2</sup>	1.8 × 10 <sup>-2</sup>	—

【採取日時】平成24年4月6日 8:25

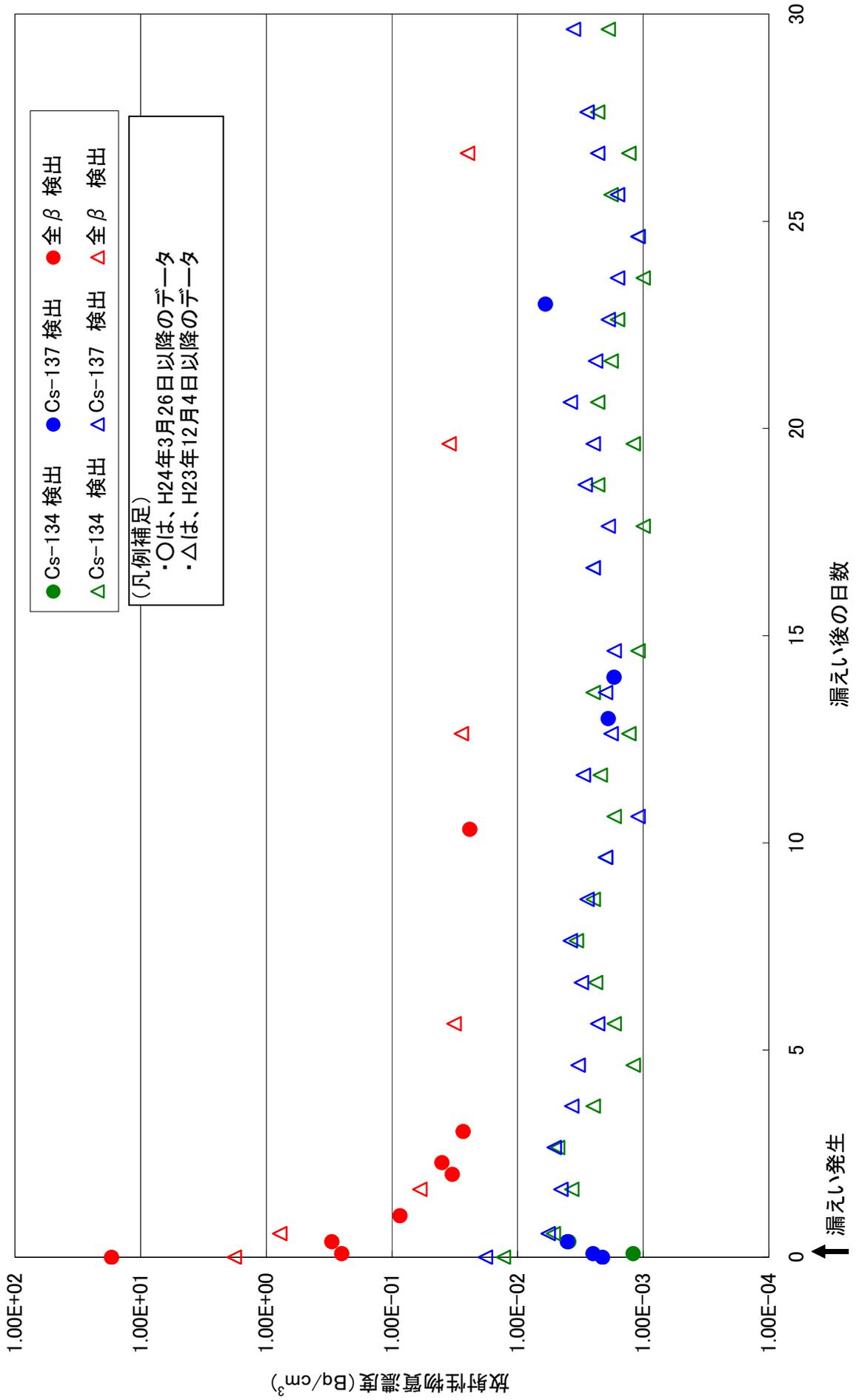
核種	放射性物質濃度 (Ba/cm <sup>3</sup> )	検出限界値 (Ba/cm <sup>3</sup> )	半減期
Cs-134	検出限界未満	1.8 × 10 <sup>-3</sup>	約2年
Cs-137	検出限界未満	2.1 × 10 <sup>-3</sup>	約30年
全β	検出限界未満	1.8 × 10 <sup>-2</sup>	—

検出された主な核種を記載



※検出限界値の違いは、測定時におけるバックグラウンドの違い等によるものである。

# 1～4号機南放水口付近サンプリング結果「過去事象との比較」



## 4月5日 RO濃縮水移送耐圧ホースからの漏えい量計算書

## 1. 流出量の評価期間

流出開始：0時06分（流量急増時刻）

流出停止：1時50分（漏えい停止確認時刻）

（添付資料－ 1 時系列）

この内、RO濃縮水供給ポンプの運転時間等

	運転時間	停止時間
① 0時06分流量急増		
② 0時13分停止	(7分運転)	
③ 0時52分起動		(39分停止)
④ 0時53分停止	(1分運転)	
⑤ 0時55分起動		(2分停止)
⑥ 0時55分停止	(0分運転)	
⑦ 1時00分起動		(5分停止)
⑧ 1時00分停止	(0分運転)	
⑨ 1時45分弁閉止		(45分停止)
⑩ 1時50分漏えい停止確認		(5分停止)

（別紙－ 1 4月5日 RO濃縮水供給ポンプ流量トレンド）

（別紙－ 2 4月5日 濃縮水貯槽5B水位トレンド）

（別紙－ 3 4月5日 メッセージ（動作記録））

## 2. RO濃縮水供給ポンプ出口流量

## (1) ポンプ運転中の漏えい量

上記1項の①0時6分以降、⑨1時45分まで、RO濃縮水供給ポンプ運転中の出口流量は約70m<sup>3</sup>/hであった。

## (2) ポンプ停止中の漏えい量

a. 上記1項の②0時13分以降、⑦1時00分まで、RO濃縮水供給ポンプ停止中の出口流量は約0m<sup>3</sup>/hであった。（接続部の開口量が少なかったためポンプ停止に伴い流出も止まったものと推定。）

b. 上記1項の⑧1時00分以降、⑨1時45分まで、RO濃縮水供給ポンプ停止中の出口流量は約4m<sup>3</sup>/hであった。（接続部の開口量が少し大きくなったため移送元の貯槽からの水頭圧により流出したものと推定。）

## (3) 弁閉止後漏えい停止確認までの漏えい量

上記1項の⑨1時45分以降、⑩1時50分まで、弁閉止後の出口流量は約0m<sup>3</sup>/hであった。（弁閉止により水頭圧がなくなり流れは止まったものと推定）

（別紙－ 1 4月5日 RO濃縮水供給ポンプ流量トレンド）

### 3. 漏えい量

RO濃縮水の移送先となっているRO濃縮水貯槽8B水位が0時06分頃から上昇していないため、耐圧ホース損傷後はポンプ吐出全量が漏えいしているものと仮定する。

#### (1) RO濃縮水供給ポンプ運転中の漏えい量

上記1項の①～⑧のRO濃縮水供給ポンプ運転時間は7+1+0+0分=約8分であり、この間のポンプ出口流量が約70m<sup>3</sup>/hであることから、運転中の漏えい量は9.3m<sup>3</sup>と推定した。

#### (2) RO濃縮水供給ポンプ停止中の漏えい量

上記1項の⑧～⑨のRO濃縮水供給ポンプ停止中の流出時間は、約45分であり、この間のポンプ出口流量が約4m<sup>3</sup>/hであることから、停止中の漏えい量は約3.0m<sup>3</sup>と推定した。

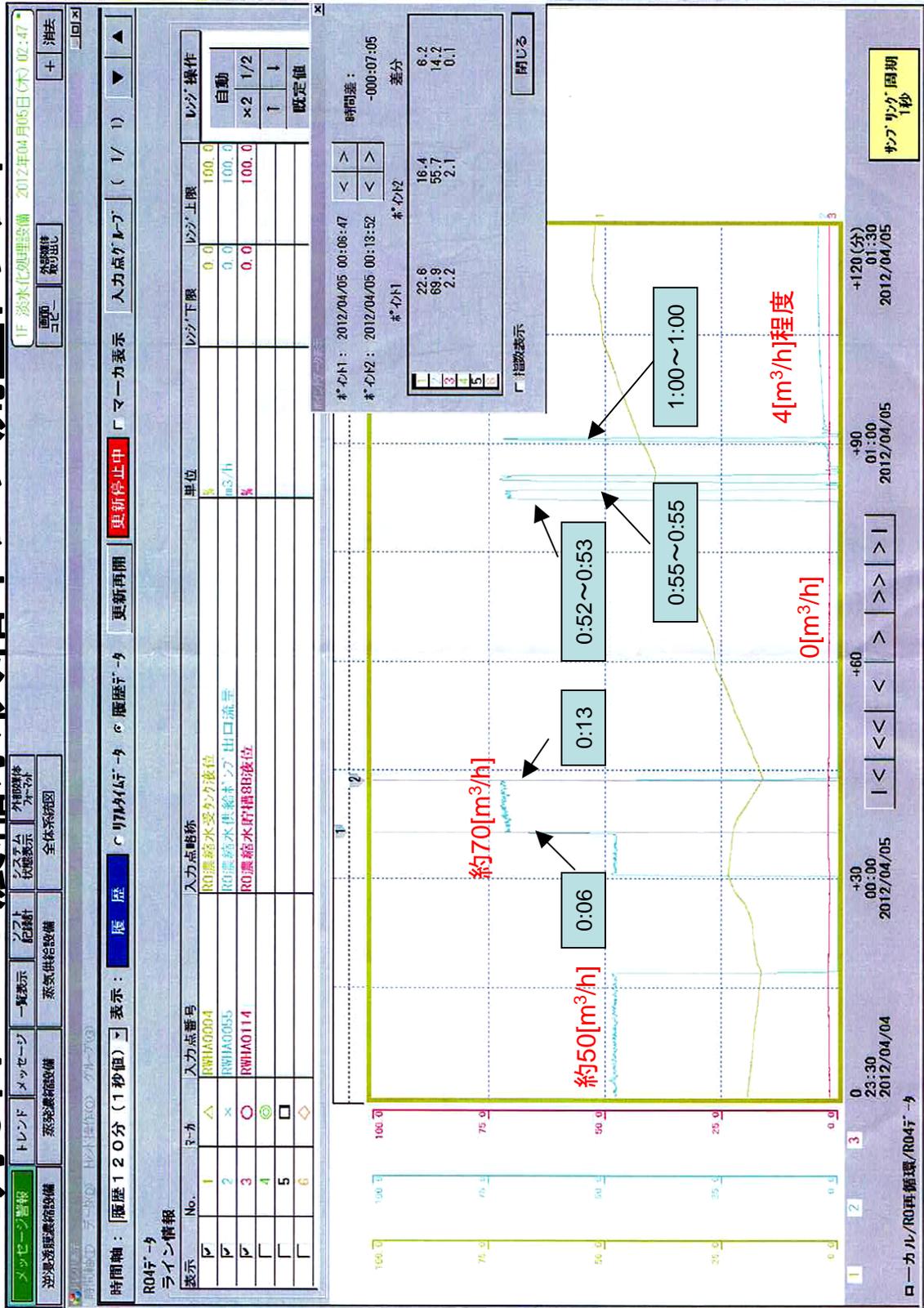
#### (3) 弁閉止後漏えい停止確認までの漏えい量

上記1項の⑨～⑩の弁閉止後漏えい停止確認までの時間は、約5分であり、この間のポンプ出口流量が約0m<sup>3</sup>/hであることから、弁閉止後の漏えい量は約0m<sup>3</sup>と推定した。

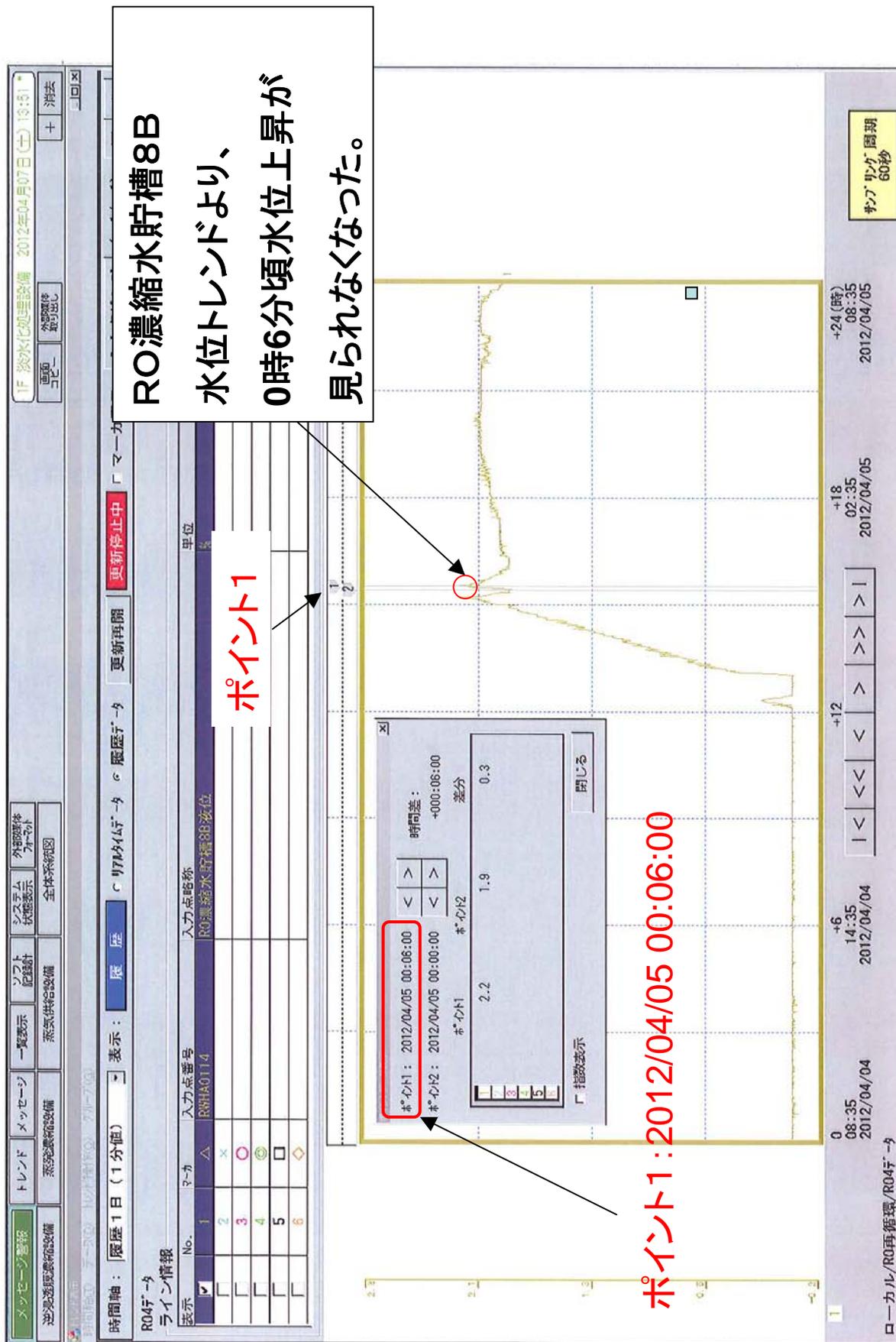
耐圧ホース内の残水は、漏えい箇所確認時にホース内がほぼ満水状態であったことから、弁閉止後に漏えいしたとしても少量であると考えられ、誤差範囲と考え漏えい量計算上は考慮しないこととした。

以上により、合計の漏えい量は9.3+3.0=約12m<sup>3</sup>と推定した。

# 4月5日 RO濃縮水供給ポンプ流量トレンド



# 4月5日 RO濃縮水貯槽8B水位トレンド



# 4月5日 メッセージ(動作記録)

2012/04/05 01:13:55	RWHS0391	逆浸透膜処理ユニット3運転中	OFF
2012/04/05 01:00:57	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	停止
2012/04/05 01:00:57	RWHS0132	RO濃縮水供給ポンプA 選択[A]	OFF
2012/04/05 01:00:56	RW-C003A	RO濃縮水供給ポンプA	切
2012/04/05 01:00:33	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	起動
2012/04/05 01:00:32	RW-C003	RO濃縮水供給ポンプA	入
2012/04/05 00:55:54	RWHS01	RO濃縮水供給ポンプA 選択[A]	ON
2012/04/05 00:55:49	RWHS0132	RO濃縮水供給ポンプA 選択[A]	OFF
2012/04/05 00:55:49	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	停止
2012/04/05 00:55:49	RW-C003A	RO濃縮水供給ポンプA	切
2012/04/05 00:55:00	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	起動
2012/04/05 00:54:59	RW-C003	RO濃縮水供給ポンプA	入
2012/04/05 00:53:55	RWHS0132	RO濃縮水供給ポンプA 選択[A]	ON
2012/04/05 00:53:48	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	停止
2012/04/05 00:53:48	RWHS0132	RO濃縮水供給ポンプA 選択[A]	OFF
2012/04/05 00:53:47	RW-C003A	RO濃縮水供給ポンプA	切
2012/04/05 00:52:27	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	起動
2012/04/05 00:52:26	RW-C003	RO濃縮水供給ポンプA	入
2012/04/05 00:51:50	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	起動
2012/04/05 00:51:50	RW-C003A	RO濃縮水供給ポンプA	入
2012/04/05 00:33:24	RWHS0391	逆浸透膜処理ユニット3運転中	ON
2012/04/05 00:26:04	RWHS0391	逆浸透膜処理ユニット3運転中	OFF
2012/04/05 00:15:26	RWHS0391	逆浸透膜処理ユニット3運転中	ON
2012/04/05 00:13:48	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	停止
2012/04/05 00:11:26	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	停止
2012/04/05 00:08:09	RWHS0391	逆浸透膜処理ユニット3運転中	OFF
2012/04/05 00:00:38	RWHS0004	RO濃縮水供給ポンプA 起動	起動
2012/04/05 00:00:37	RW-C003A	RO濃縮水供給ポンプA	入

1:00運転~1:00停止

0:55運転~0:55停止

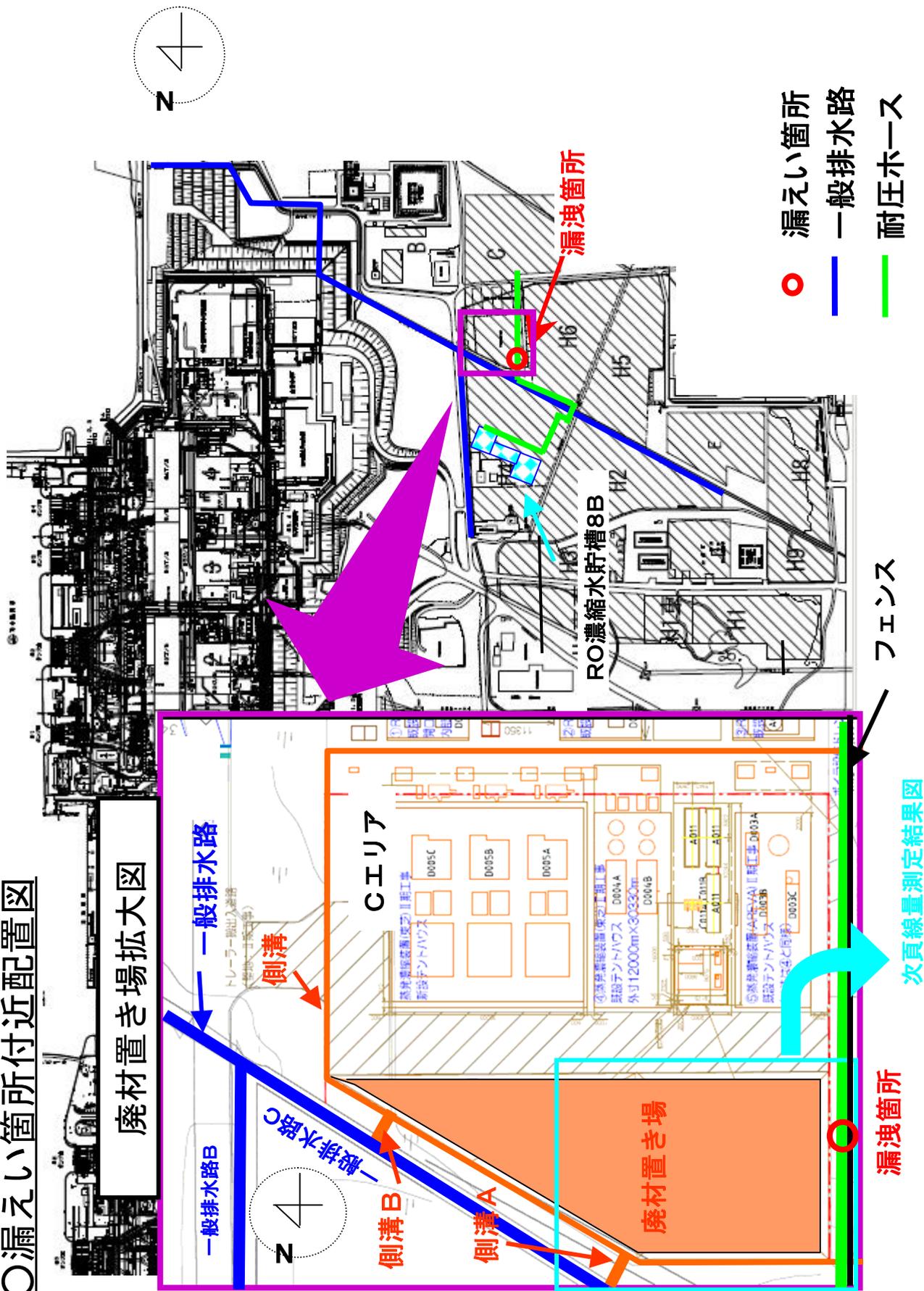
0:52運転~0:53停止

0:13 停止

## RO濃縮水供給ポンプの起動・停止時間

# 4月5日 一般排水路及び海洋への流出量

## ○漏えい箇所付近配置図



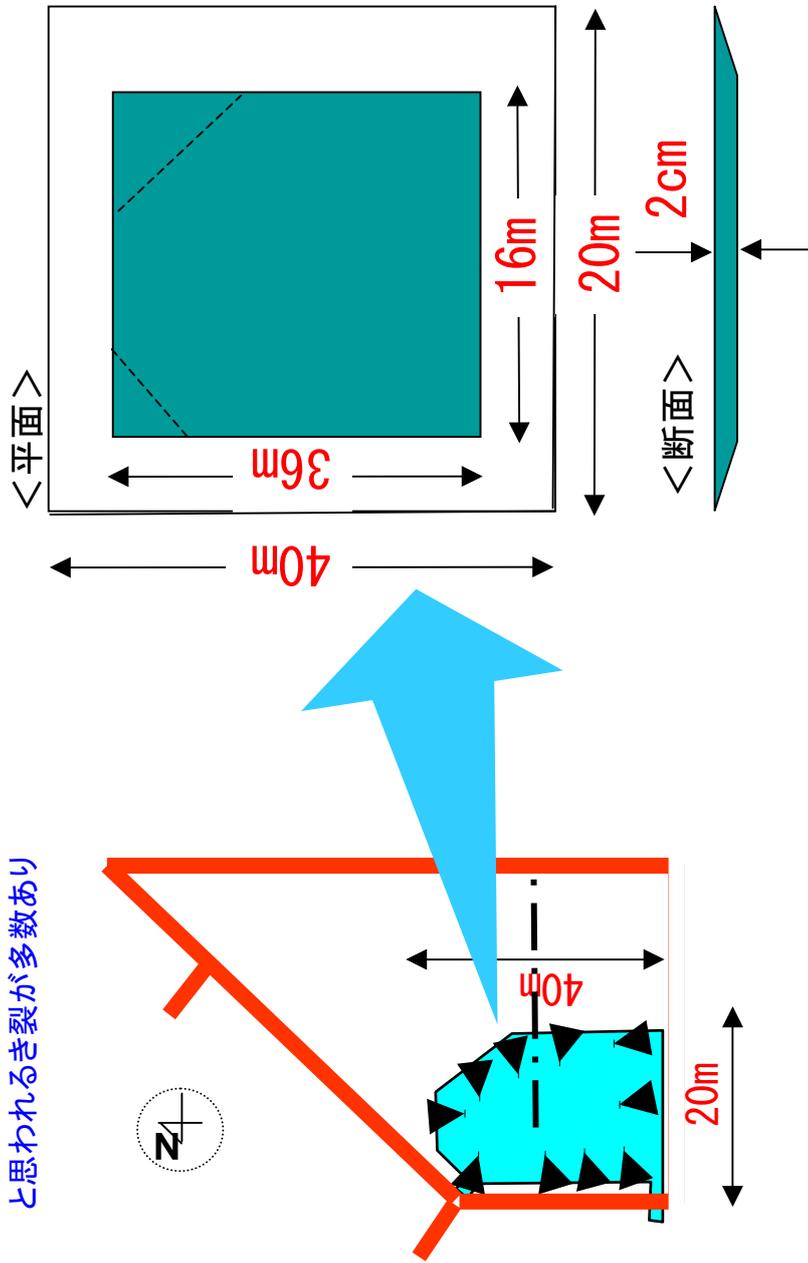


## ○廃材置き場へ流入した漏えい水の行方

- ・廃材置き場の地形は下図の通り深さが約2cmくぼんだ地形となっている。
- ・外周囲2m程度の勾配部を深さ0cmと仮定すると、くぼみの容積は、約11.5m<sup>3</sup>(16m × 36m × 0.02m ≒ 11.5m<sup>3</sup>)となる。従って、一般排水路への流入量は少ないと推定
- ・廃材が置かれている地面(アスファルト)には、き裂が多数あり、流れ込んだ漏えい水はその後、地面のき裂から大部分が地中に浸透したものと推定

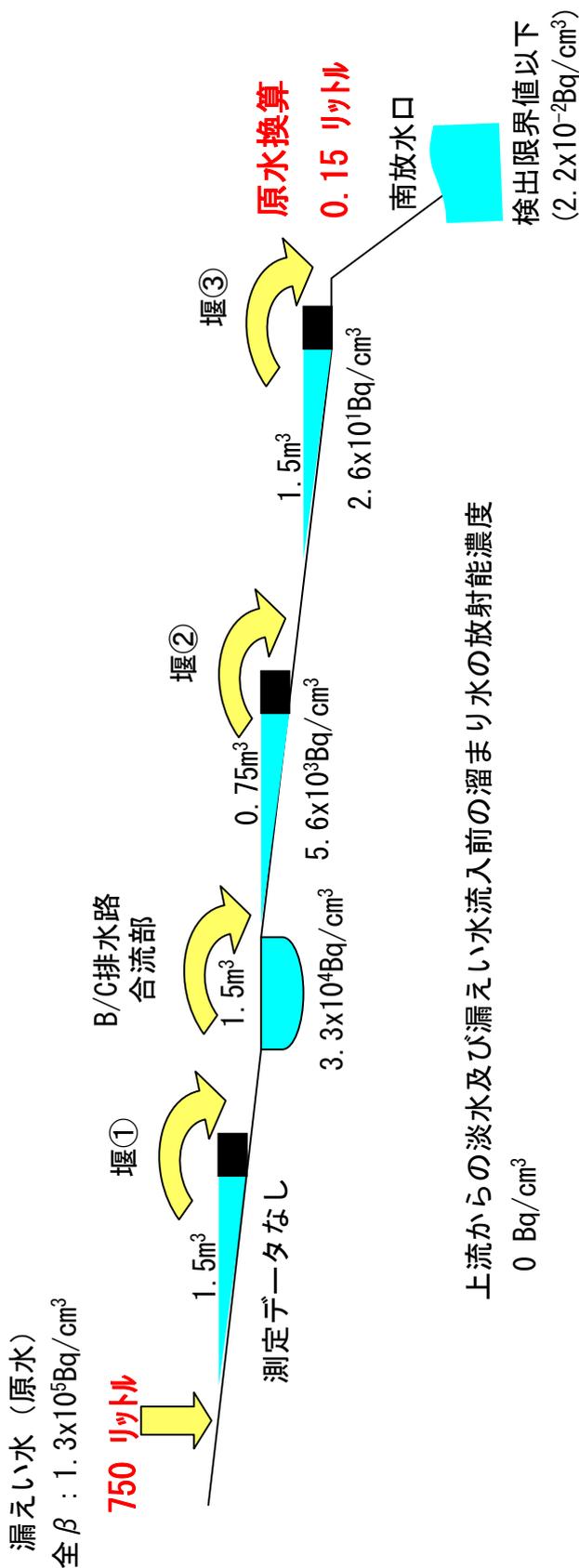
### ● 廃材置き場における地形

- ・重量物廃材がおかれているため、中心に向かい下り勾配となっている。
- ・廃材置き場の地面には、地震によりコンテナ脚が金属の受け座から外れて接触したため形成されたと思われるき裂が多数あり



## ○一般排水路及び海洋への流出量の推定

- (1) 一般排水路には上流から淡水が少量流入し堰等により4箇所の水溜まりを形成。流入した漏えい水は、各堰等の溜まり水で希釈され、玉突き状に押し出され、最終的に堰③の放射能濃度となり海洋に流出したと仮定し、漏えい水とB/C排水路合流部の放射能濃度をを用いて流入量を求めたところ、一般排水路への流入量は、**約0.75m<sup>3</sup>(750リットル)**となった。
- 上流からの淡水流入量は堰の溜まり水に比べて非常に少ないことから、溜まり水の放射能濃度により流入した漏えい水の量を求めた。
- 堰①の放射能=(流入量X1.3x10<sup>5</sup>) / 1.5x10<sup>6</sup> Bq...式1となり、  
 B/C排水路合流部の放射能濃度=(流入量X式1 / 1.5x10<sup>6</sup>=3.3x10<sup>4</sup> Bq/cm<sup>3</sup>と置くことが出来る。  
 このことから、流入量<sup>2</sup> X1.3x10<sup>5</sup> / (1.5x10<sup>6</sup>)<sup>2</sup>=3.3x10<sup>4</sup> Bq/cm<sup>3</sup>となり、この式を流入量について解くと、  
 流入量=1.5x10<sup>6</sup> x √(3.3x10<sup>4</sup>) / (1.3x10<sup>5</sup>) ≒ **0.75 m<sup>3</sup> = 750 リットル**
- (2) 海洋には 堰③の放射能濃度の水が漏えい水流入量と同量流出したとして原水換算流出量を求めたところ  
 海洋への流出量は、原水換算で、**約0.00015m<sup>3</sup>(0.15リットル)**となった。  
 原水換算流出量=0.75x10<sup>6</sup> x (2.6x10<sup>1</sup>) / (1.3x10<sup>5</sup>) ≒ **0.00015 m<sup>3</sup> = 0.15 リットル**



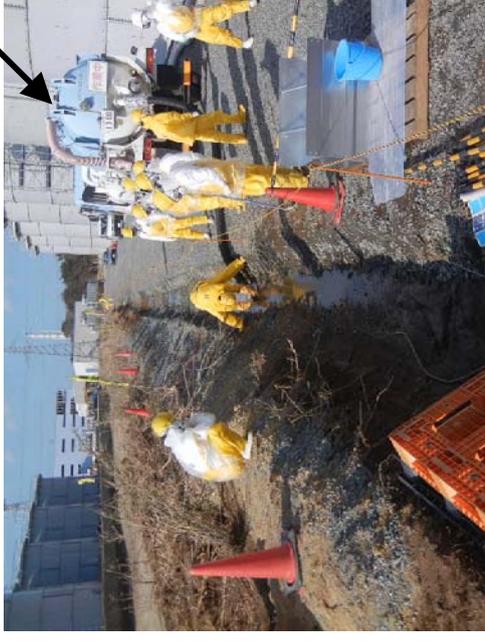
# 3月26日 漏えい水回収

## QH4エリア

漏えい水



強力吸引車



漏えい水回収前

漏えい水回収後  
汚染土



汚染土除去後

# 4月5日 漏えい水回収

## OCエリア内廃材置き場

吸水材等

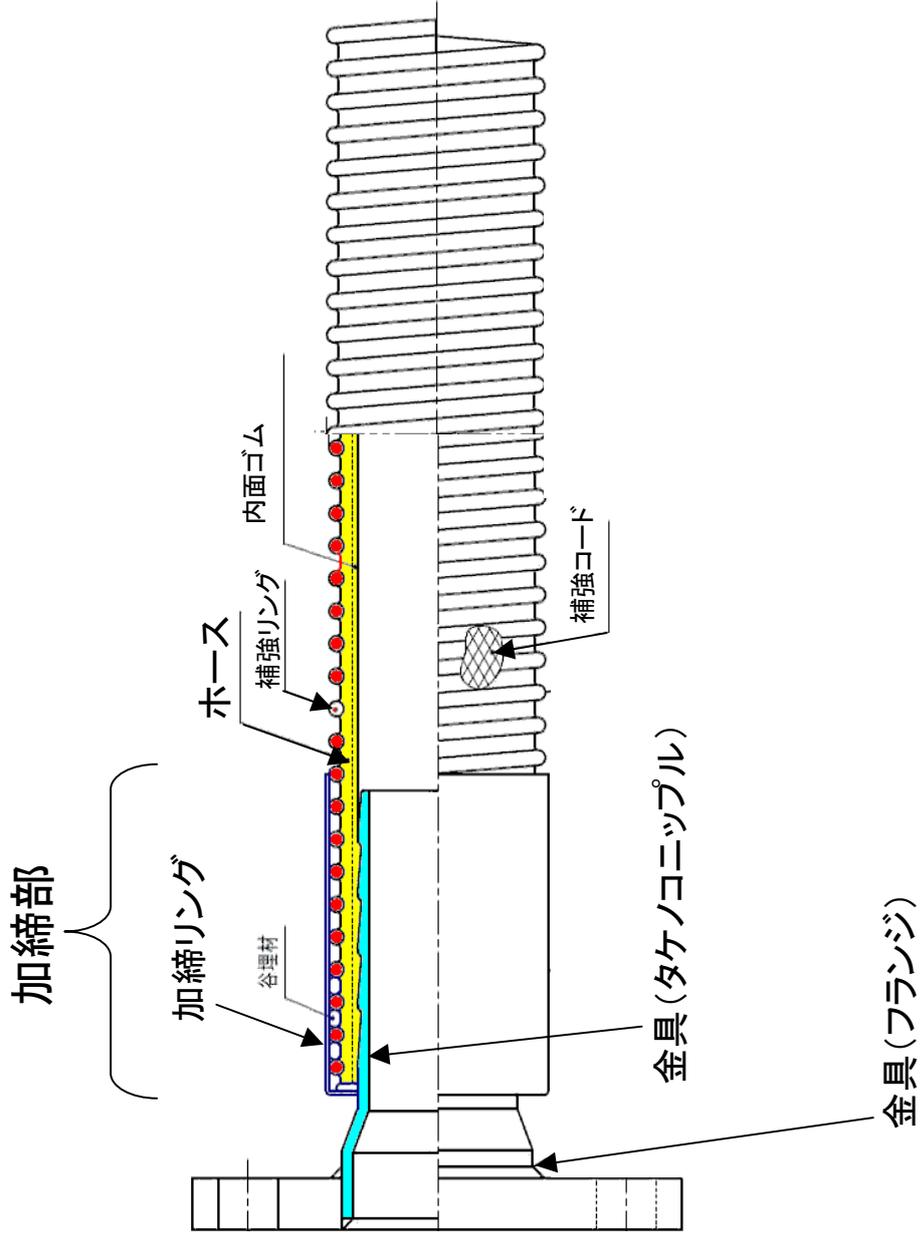
廃材コンテナ



漏えい水の回収前

漏えい水の回収後

# 耐圧ホース継手部構造



# 継手金具抜け事象の要因分析表

		評価事象	事象概要	評価	判定																													
継手金具抜け	施工段階	耐圧ホース選定不良	耐圧ホース設計圧力値が耐圧ホースの実際の使用圧力に適合していない	耐圧ホースの仕様及び運転条件を確認したところ、耐圧ホースの設計圧力は0.98MPaであり、運転圧力0.5MPaに適合していることから、耐圧ホースの選定不良はなく、要因として影響がないものと評価した。	×																													
	耐圧ホース製作不良	耐圧ホース製作時の加締不良等によって、設計通りの耐圧性能がない	<p>当該耐圧ホースは、一般汎用品であり、製造元では出荷前に検査は実施していたが、記録を保存していなかったため、漏えいの発生した耐圧ホースを用いて、外観検査を実施したところ、加締部のホース、金具等に耐圧性能に影響のある有意な割れ・損傷は確認されなかった。</p> <p>また、漏えいした耐圧ホースと工場保管品について加締部等の寸法測定を実施したところ、メーカーにて管理している加締規定値の範囲内であったことから、製作時の加締め不良は無かったと判断した。</p> <p>以上のこと及び漏えいのあった耐圧ホースについては、試運転時に漏えいが無かったことから、製作不良はなかったと判断し、要因として影響がないものと評価した。</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">加締量規定値 A+2B-C=D≥2.5 mm 単位:mm</th> </tr> <tr> <th>ホース</th> <th>加締め前ホース外径 A</th> <th>加締リング肉厚 B</th> <th>加締後加締リング外径 C</th> <th>加締量 D</th> <th>評価 (D≥2.5)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/26 漏えいホース</td> <td>128.63</td> <td>3</td> <td>131.72</td> <td>2.91</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>4/5 漏えいホース</td> <td>127.73</td> <td>3</td> <td>131.20</td> <td>2.53</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>工場保管品</td> <td>129.43</td> <td>3</td> <td>132.06</td> <td>3.37</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	加締量規定値 A+2B-C=D≥2.5 mm 単位:mm						ホース	加締め前ホース外径 A	加締リング肉厚 B	加締後加締リング外径 C	加締量 D	評価 (D≥2.5)	3/26 漏えいホース	128.63	3	131.72	2.91	OK	4/5 漏えいホース	127.73	3	131.20	2.53	OK	工場保管品	129.43	3	132.06	3.37	OK
加締量規定値 A+2B-C=D≥2.5 mm 単位:mm																																		
ホース	加締め前ホース外径 A	加締リング肉厚 B	加締後加締リング外径 C	加締量 D	評価 (D≥2.5)																													
3/26 漏えいホース	128.63	3	131.72	2.91	OK																													
4/5 漏えいホース	127.73	3	131.20	2.53	OK																													
工場保管品	129.43	3	132.06	3.37	OK																													
供用段階	継手金具の腐食	耐圧ホース内面と接している金具部の隙間腐食等による減肉	漏えいが発生した継手金具(タケノコニップル)の外観目視検査をしたところ、隙間腐食のような耐圧性能に影響のある有意な腐食はなかったことから、要因として影響がないものと評価した。		×																													
	耐圧ホース内部圧力の過大	耐圧ホースの出口側の弁を閉めきった状態で移送を行うと、移送ポンプの締め切り圧がかかり、耐圧ホースの内部に過大な圧力がかかる恐れがある	RO濃縮水を移送するRO濃縮水供給ポンプの試験成績表を確認したところ、締め切り圧でも約0.8MPaと、耐圧ホース設計圧力0.98MPaよりも低かったことから、要因として影響がないものと評価した。	×																														
	運転圧により発生する耐圧ホース捻転(ねじれ)	耐圧ホースに内圧が加わると、耐圧ホース外面の螺旋状の補強リングにより、耐圧ホースに捻転(ねじれ)が発生。耐圧ホース内面と金具(タケノコニップル)にすべりが生じ、耐圧ホースが回転することにより、耐圧ホースと金具(タケノコニップル)の密着具合が低下し、金具(タケノコニップル)が抜ける	<p>1.トルク確認試験 当該耐圧ホースは、内圧により捻れる特性があるため、耐圧ホースに水圧をかけたときに継手部に発生するトルクを測定する「トルク確認試験」を実施して、水圧と発生するトルクの関係やホース長さや発生トルクなどの関係を調査した。その結果、水圧を付与すると耐圧ホースが捻れて継手部に捻転トルクが発生し、トルクの値がある値を超えると耐圧ホース継手加締部が回転し始め、回転することによって、継手金具(タケノコニップル)とホースの密着具合が低下し、内圧により発生した引き抜き力と回転力の合成力に耐えられなくなり抜けることが分かった。</p> <p>2. 繰り返し運転圧負荷試験 漏えいがあった耐圧ホースでは、運転圧以上の圧力はかかっていなかったことから、運転圧を繰り返し付与した場合の影響を調査する「繰り返し運転圧負荷試験」を実施したところ、最初運転圧をかけただけでは回転しなかった耐圧ホースも、繰り返し運転圧を相当数付与することにより継手加締部が徐々に回転することが分かった。</p> <p>3. 漏えいのあった耐圧ホースの状況 漏えいが発生した耐圧ホースは、両端が回転に対して拘束されており、50mの耐圧ホースが複数本接続されていたために、接続部には左右の耐圧ホースから反対方向の捻転トルクが発生していたと考えられる。また、複数耐圧ホースが並走し重なっており、耐圧ホースがたわまないように拘束された状態であったため、耐圧ホースが蛇行することによって継手部に伝達されるトルクが抑制されることがなかったものと推定される。また、耐圧ホース敷設時より漏えいが発生するまでに移送ポンプの起動停止により、約630回以上繰り返し運転圧力が負荷されていた。</p> <p>4. 結論 前記の試験結果及び漏えいのあった耐圧ホースの状況から、RO濃縮水移送ポンプの起動と停止による内圧変動が、繰り返し付与されたことによって、各耐圧ホースに発生した捻転トルクが、継手加締部にかかり、継手加締部が回転し、密着具合が低下したことが、継手金具(タケノコニップル)が耐圧ホースから抜けた主要因と評価した。 (添付資料-11-3 トルク確認試験、繰り返し水圧負荷試験) (添付資料-11-4 継手部抜けのメカニズム)</p>	◎																														
	耐圧ホース移設時の荷重	耐圧ホース移設作業実施時に耐圧ホースの継手部に曲げ荷重が付与され、耐圧ホースと金具(タケノコニップル)の密着具合が低下し、金具(タケノコニップル)が抜ける	耐圧ホースの継手部に曲げ荷重を付与した後、トルク確認試験を実施した結果、曲げを付与した耐圧ホースは、曲げを付与しない耐圧ホースに比べ、継手金具(タケノコニップル)が耐圧ホースから抜けやすくなる事象が確認された。漏えいが発生した耐圧ホースは、一般排水路トレイ内への移設作業やCエリア廃材置場において並走する耐圧ホース整理のための移設作業を実施したことがあり、その際に耐圧ホースの継手部に曲げ荷重が付与された可能性を否定できない。このため、耐圧ホース移設作業実施時に、曲げ荷重が耐圧ホースの継手に掛かり、継手金具(タケノコニップル)が抜けた要因となった可能性があると評価した。 (添付資料-11-3 トルク確認試験、繰り返し水圧負荷試験)	○																														
	耐圧ホースの劣化	耐圧ホース内面ゴム材の経年劣化(硬化等)により、耐圧ホース内面と金具(タケノコニップル)の密着度が低減し、緩みが発生	耐圧ホースの劣化の有無を調査するため、耐圧ホース内面ゴムの硬度試験を行った結果、漏えいが発生した耐圧ホースは新規の耐圧ホースに比べてわずかに硬くなっており劣化の兆候が確認された。また、耐圧ホースに対して、トルク確認試験にて、水圧と回転量との関係を調べたところ、製造後10ヶ月程度を経過した耐圧ホースは、新品に比して、継手金具(タケノコニップル)が回転しやすく、耐圧ホースから抜けやすくなる事象が確認された。このため、今回漏えいのあった耐圧ホースは、長期の使用に伴う劣化によりゴムの弾性(締付け力)が低下し、ゴムとタケノコニップルとの密着度が低下することにより、金具(タケノコニップル)が耐圧ホースから抜けた要因となった可能性は否定できないと評価した。 (添付資料-11-3 トルク確認試験、繰り返し水圧負荷試験)	△																														

# トルク確認試験、繰り返し運転圧負荷試験

## トルク確認試験の目的

- ①水圧と発生するトルクの関係进行调查
- ②耐圧ホース長さとトルク発生量の関係进行调查(50m(No.1),20m(No.2),10m (No.3))
- ③耐圧ホース曲げ履歴と抜けやすさの関係を調査(No.4)
- ④耐圧ホース劣化と抜けやすさの関係を調査(新品(No.5)と10ヶ月保管品(No.2))

## トルク確認試験の方法 (試験装置:図1)

0.1 MPa ピッチを基本として継手が抜けるまで段階的に加圧し、各設定圧を5 分間保持してホースに発生するトルクと両端加締リングの回転有無を記録した。

## トルク確認試験の結果

①加圧すると耐圧ホースが伸びて蛇行し捻れて継手部にトルクが発生。昇圧によりトルクは増加、約200Nmで耐圧ホースが回転し抜け始めた。(いずれのホースも0.4MPa未満ではホースは回転しなかった。)また、蛇行をまっすぐに直すと継手部のトルクは増加した。(図2.)

10m(No.3)ではトルクの発生傾向が小さかったことから、耐圧ホースが予め捻れた状態で敷設されたことを模擬し反時計方向に予め180°捻ってNo.3'として再度試験したところ、No.3'は、No.3に比して発生トルクが大きくなった。(図2.)

②トルクは10m(No.3)より20m(No.2)の方が大だが、50m(No.1)では、20m(No.2)より小。これは、耐圧ホース自体が蛇行し地面と接触したため反力が発生し、継手部に伝達されるトルクが小さくなったものと推定(図2.)

③10m(満水で3m吊り上げに相当)吊り上げて曲げ履歴を付与した耐圧ホース(No.4)は、曲げ履歴がない耐圧ホース(No.3)より低い160Nm程度で回転開始。(図2. 図3.)

④ 新品(No.5)は、水圧に対する捻転トルク発生量が大きいため、水圧に対する発生トルクが似ている旧品 (No.2)( 10ヶ月保管品)と、水圧に対する回転量を比較したところ、旧品(No.2)は、新品(No.5)より低い圧力で回転量が急激に大きくなった。(図2. 図4.)

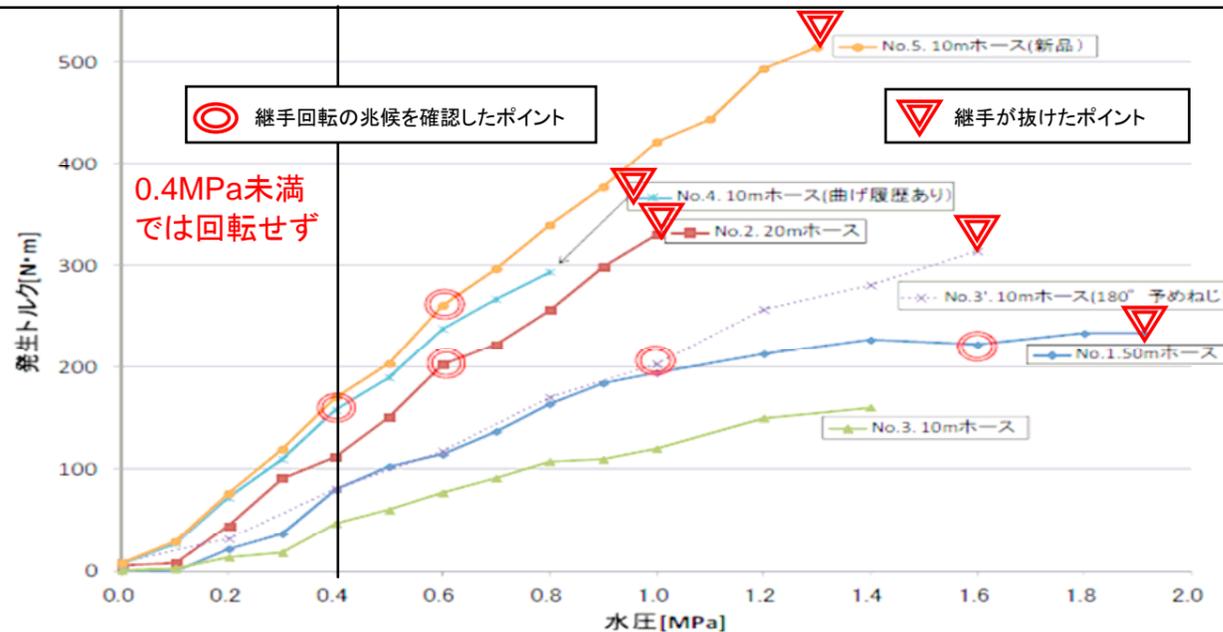


図2. 水圧と発生トルク

繰り返し運転圧負荷試験の目的 漏えいがあった耐圧ホースでは、運転圧以上の圧力はかかっていなかったことから、運転圧を繰り返し付与した場合の影響を調査

繰り返し運転圧負荷試験の方法 曲げ履歴のない10ヶ月保管した10mのホース(No.6)に、図5. の通り、運転圧(0.5MPa)を繰り返し付与し、加圧時の発生トルクと回転量を記録

繰り返し運転圧負荷試験の結果 運転圧力を繰り返し付与した時、発生するトルクはほとんど変化しなかった。しかし、最初運転圧をかけただけでは回転しなかった耐圧ホースも、繰り返し運転圧を付与することにより回転した。(図6.)

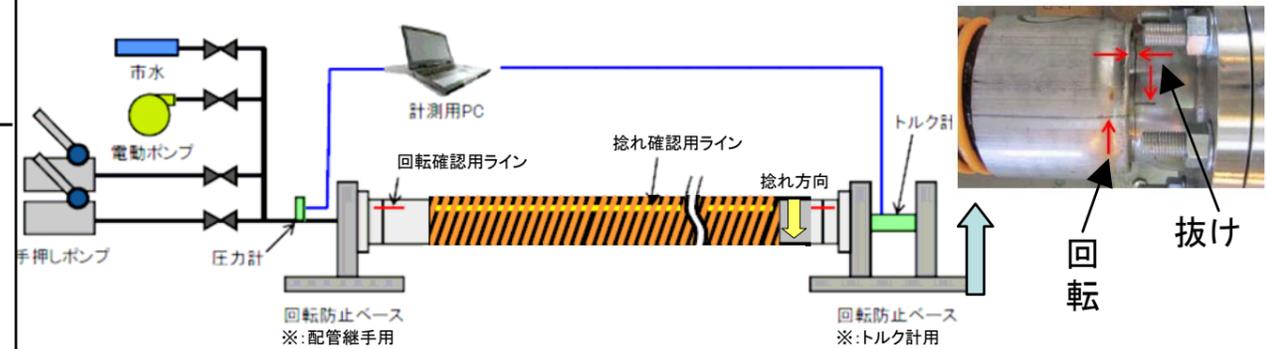


図1. 試験装置

耐圧ホースの一方を回転固定し、もう一方にトルク計を取り付け、電動・手動ポンプで水を送り耐圧ホースを加圧



図3. 曲げ荷重付与状況

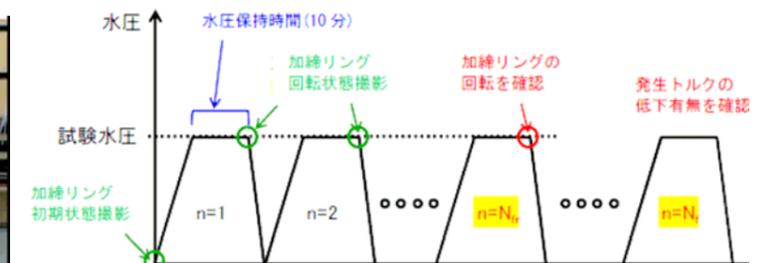


図5. 繰り返し運転圧負荷条件

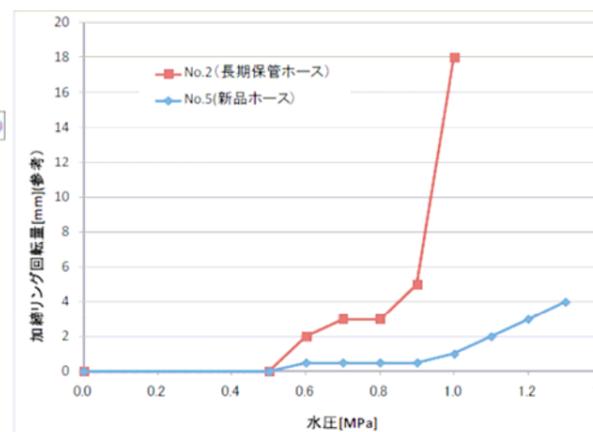


図4. 10ヶ月保管品と新品の回転量

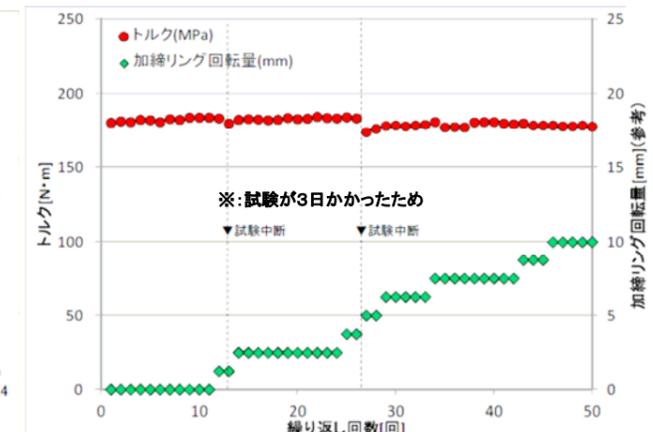


図6. 繰り返し数と発生トルク・回転量



# 3月27日 一般排水路横断部の点検

## ○点検結果

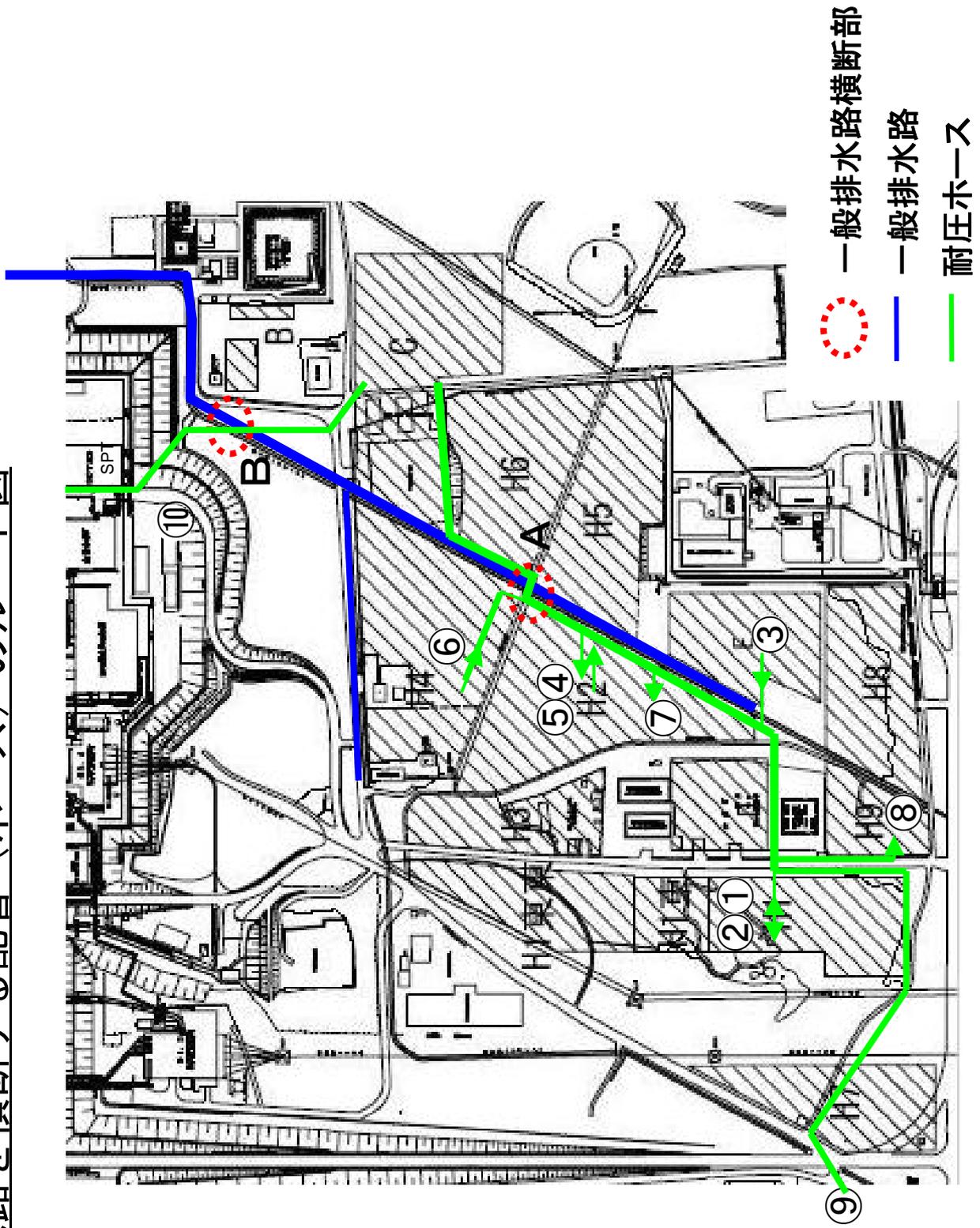
### 放水路上流横断部 A

NO	流体名	接続先	跨ぎ内接続有無 有無(箇所数)	跨ぎ外側近傍接続位置		外観点検	
				H4側(距離)	H6側(距離)	漏れ有無	緩み有無
①	RO濃縮水	C → H1	無(一)	1.8m	無	無	無
②	RO濃縮水	H1 → C	無(一)	無	無	無	無
③	RO濃縮水	E → C	無(一)	無	2.5m	無	無
④	RO濃縮水	C → H2	無(一)	無	無	無	無
⑤	RO濃縮水	H2 → C	無(一)	無	無	無	無
⑥	RO濃縮水	H4 → C	無(一)	無	2m	無	無
⑦	蒸発濃縮廃液	C → H2	無(一)	無	無	無	無
⑧	蒸発濃縮処理水	C → H9	無(一)	無	無	無	無
⑨	ろ過水	ろ過水タンク → C	有(1箇所)	無	無	無	無

### 放水路下流横断部 B

⑩	RO入口水	SPT → C	無(一)	無	無	無	無
---	-------	---------	------	---	---	---	---

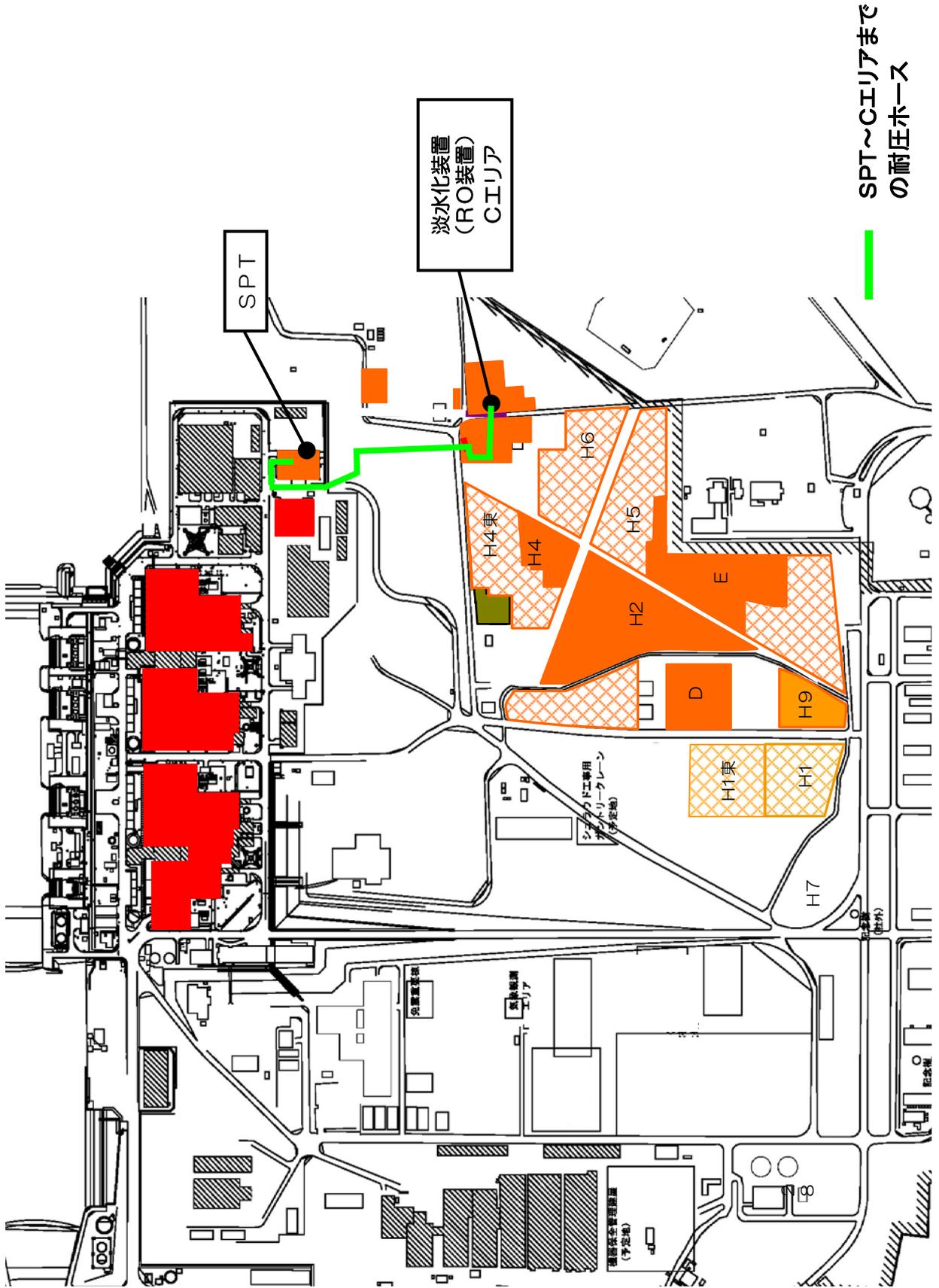
○一般排水路を横断する配管（ホース）のルート図



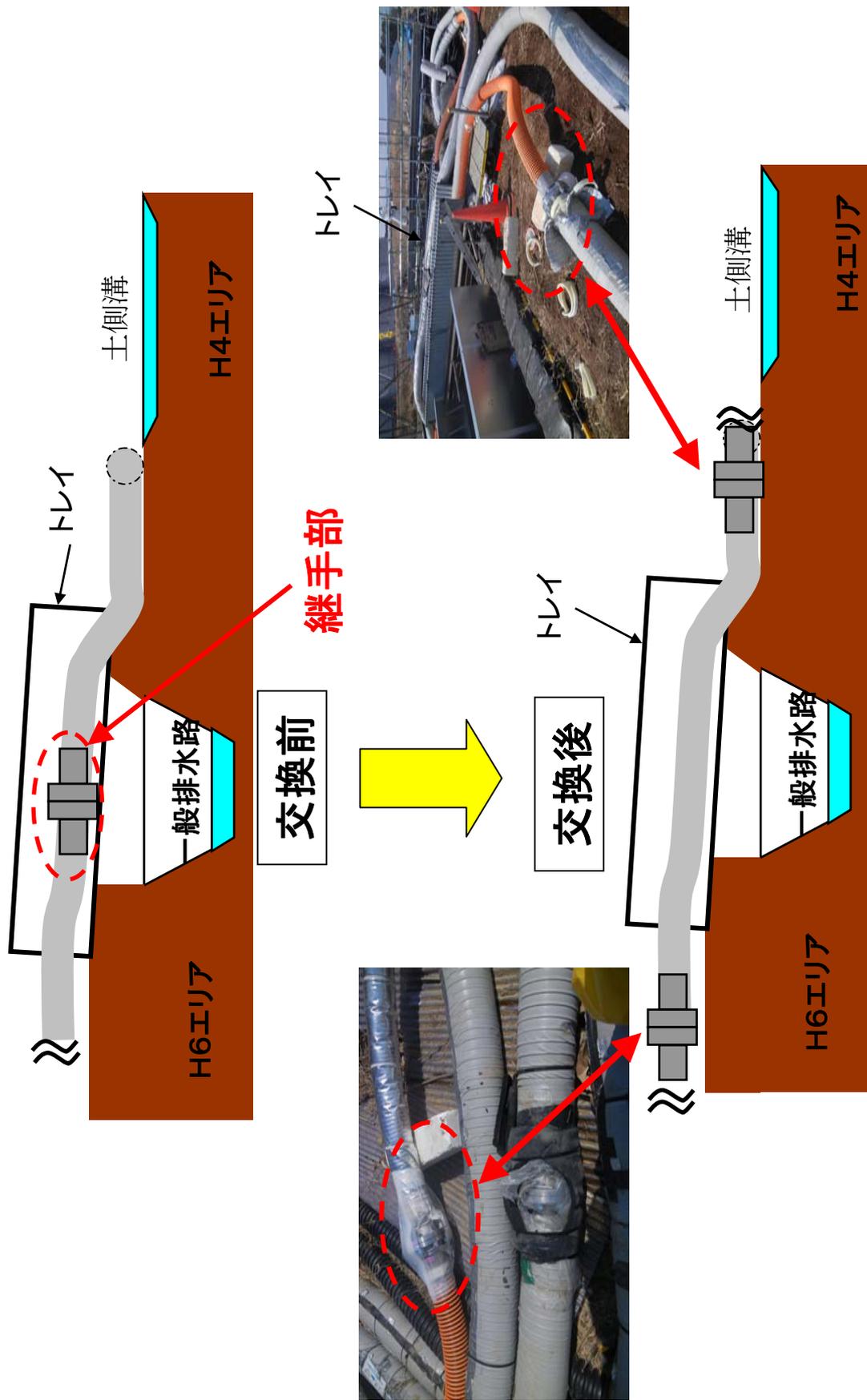
## 4月10日 SPT～Cエリア耐圧ホース点検結果

対象項目	点検項目	点検方法	結果
SPTタンクからRO入口まで(35箇所)	加締部の状態	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検及び</li> <li>・緩み確認(手で揺すり緩みの有無を確認)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有意な加締部の異常なし</li> </ul>

# SPT~Cエリア耐圧ホース配置図



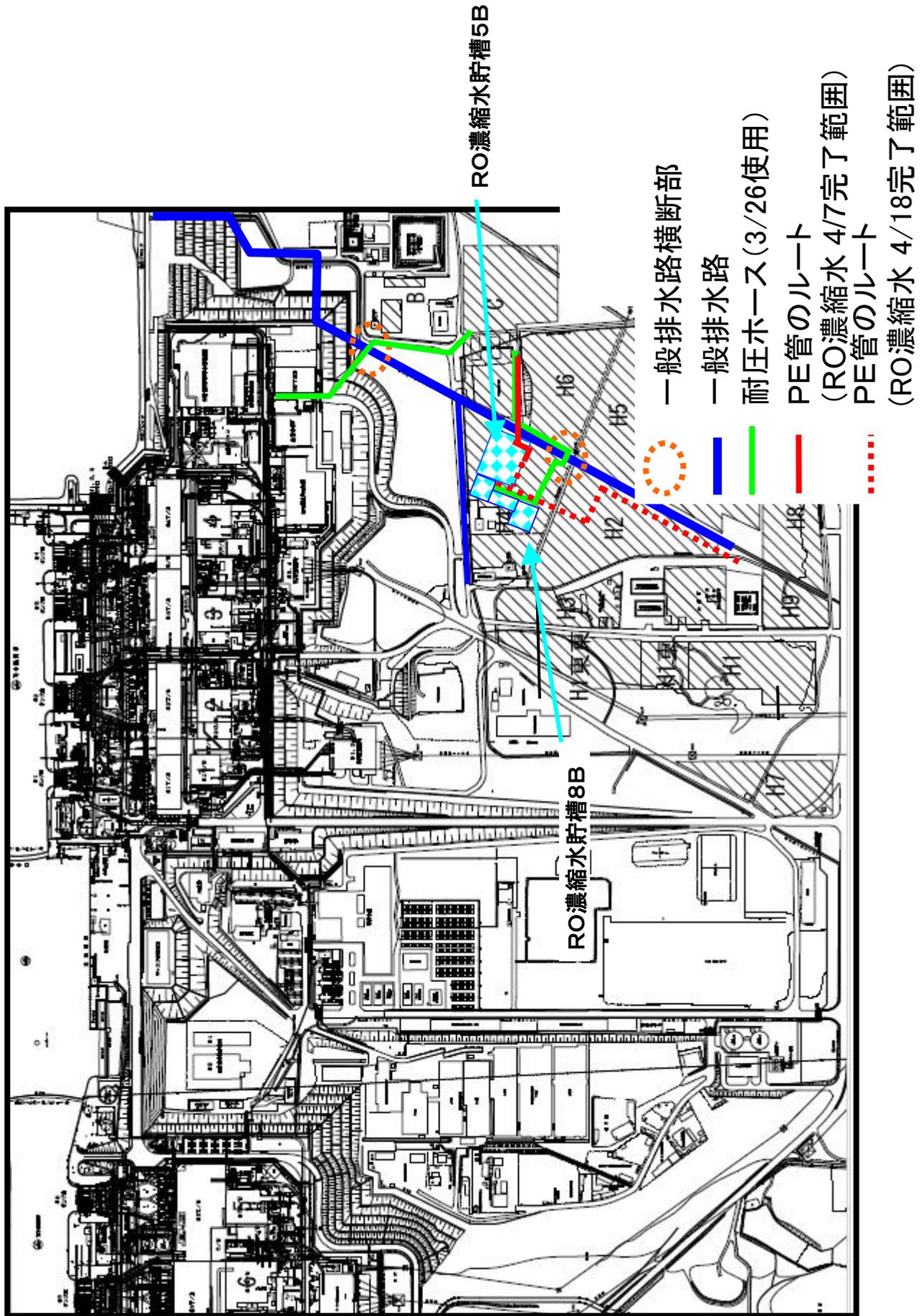
# 3月27日 一般排水路横断部耐圧ホースの交換



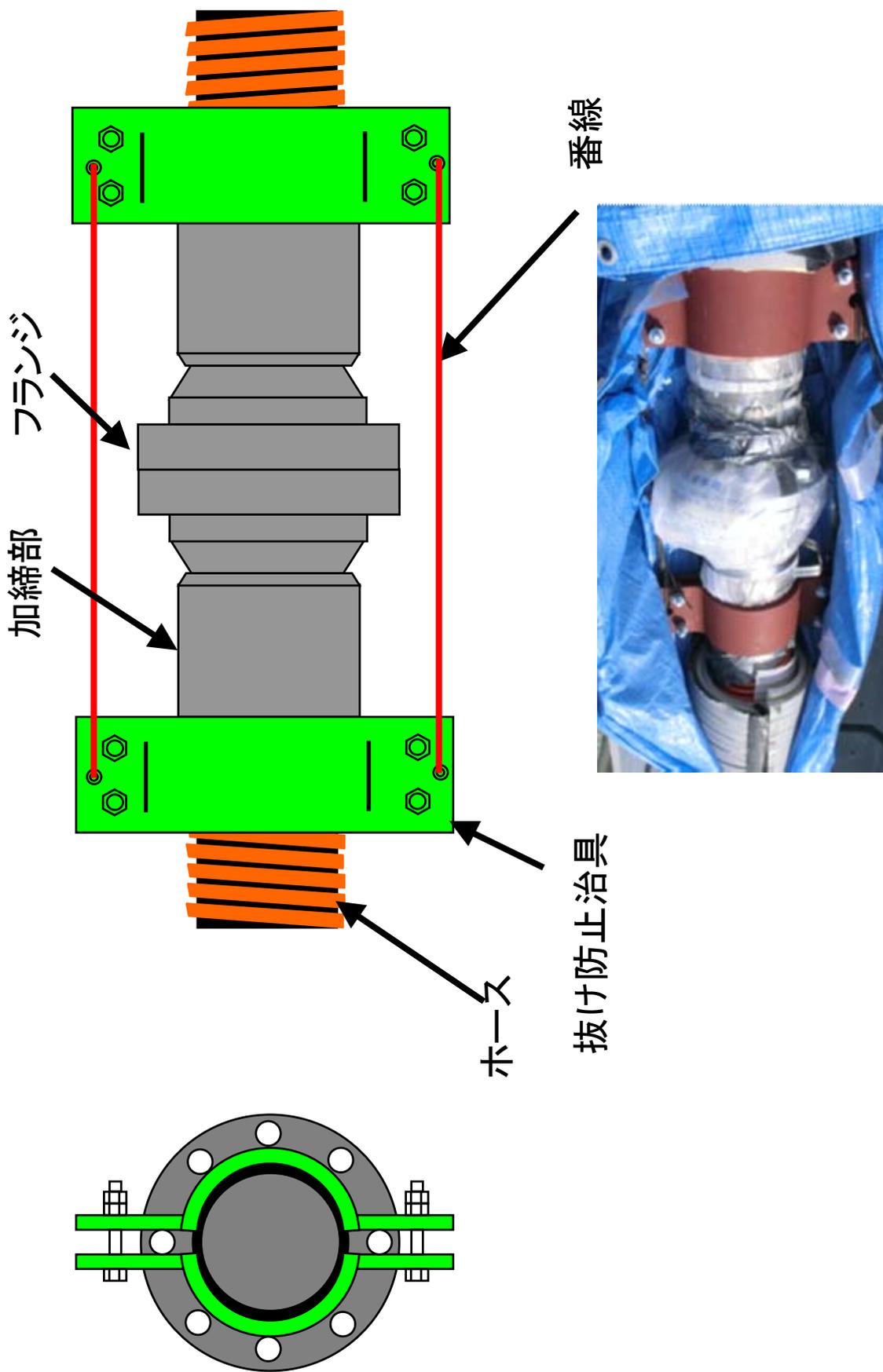
耐圧ホースを新品に交換時、継手部分を一般排水路横断部外に移設

# 3月26日、4月5日 漏えい耐圧ホースの ポリエチレン製配管への交換

添付資料-15



# 継手部抜け防止治具

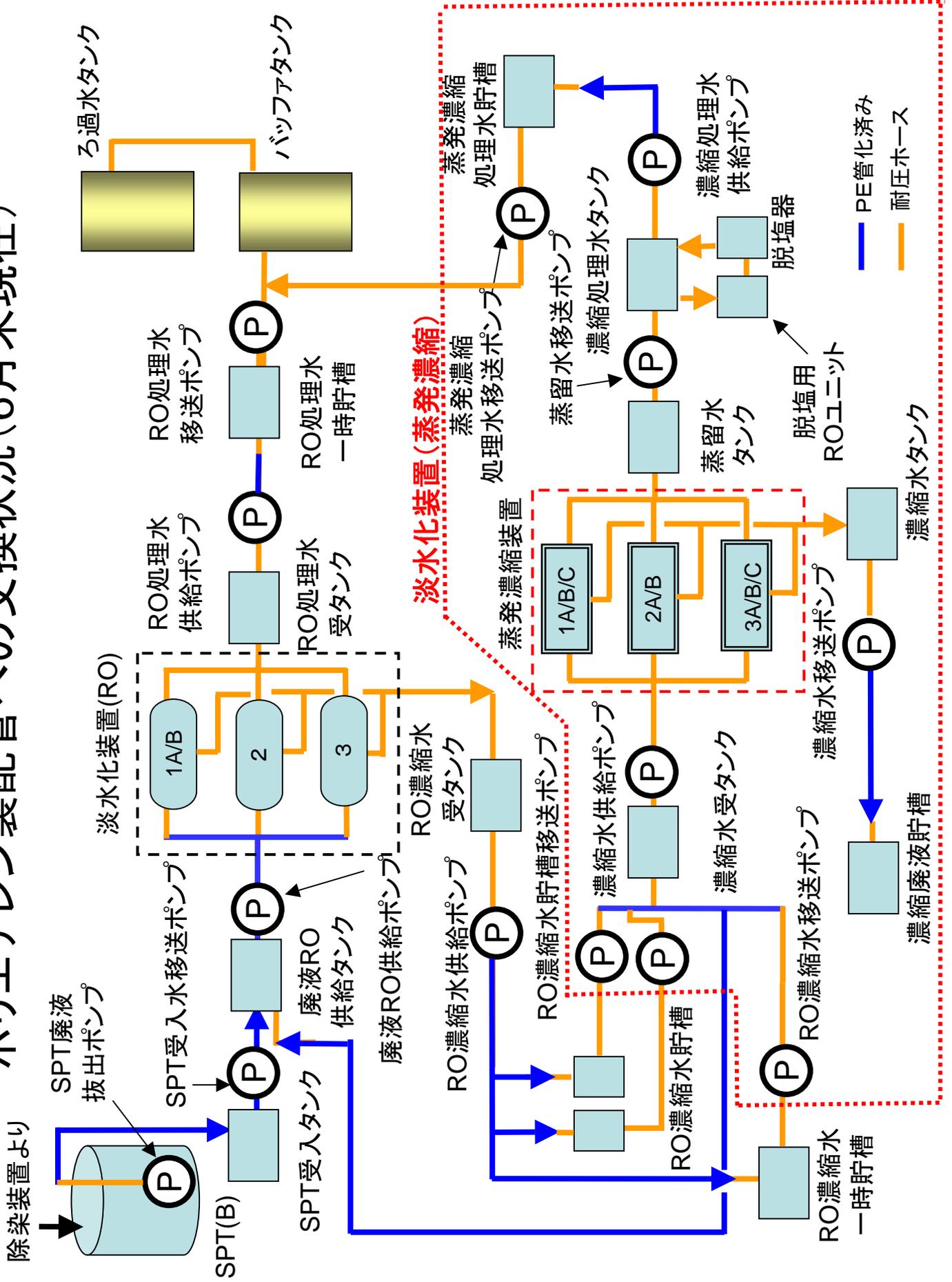


耐圧ホース抜け防止治具取付、ポリエチレン製配管(PE管)への交換工程

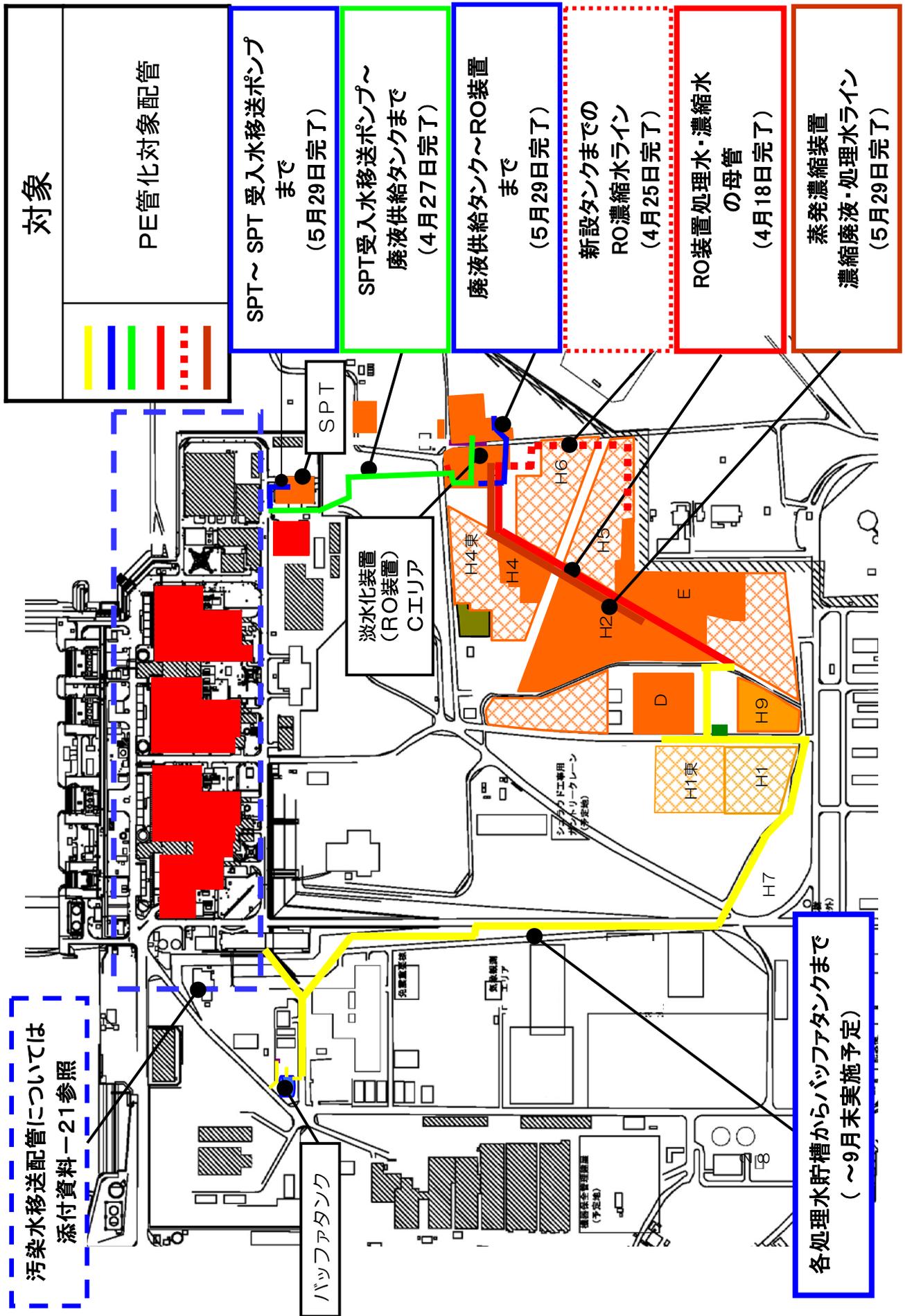
分類	抜け防止治具状況	PE管化状況		平成23年度		平成24年度					
				2月	3月	4月	5月	6月	7月~9月	平成24年度下期以降	
海洋流出の恐れがある配管	-	完了	本文7.(1)a. 今回の漏えいのあった耐圧ホースの内、CエリアからRO濃縮水貯槽のあるH4エリアまで	■ ~4/7							
	完了後撤去済み	完了	本文7.(1)b-1. SPTからCエリアまでの内、SPT受入水移送ポンプ~廃液供給タンクまで			■ 4/8~4/16 ■ ~4/27					
	-	完了	本文7.(1)b-1. SPTからCエリアまでの内、上記以外			■ 4/8~4/16 ■ ~5/29					
	-	完了	本文7.(1)b-2. Cエリアから一般排水路を通り、貯蔵エリアまでのRO濃縮水、RO処理水	■ ~4/18							
	-	完了	本文7.(1)b-2. Cエリアから一般排水路を通り、貯蔵エリアまでの蒸発濃縮装置濃縮廃液、処理水	■ ~5/29							
バッファタンクまで	完了	計画中	本文7.(1)b-3. RO処理水貯槽、蒸発濃縮処理水貯槽からバッファタンクまで				■ ~6/9		■ ~9月末		
海洋流出の恐れがない配管	-	完了	本文8.(1)a-1. 4号機タービン建屋からプロセス主建屋及び高温焼却炉建屋まで (平成24年度1月30日までに、PE管への交換完了)								
	完了	計画中	本文8.(1)a-2. 2号機-3号機間の移送耐圧ホース				■ ~5/10		■ ~9月末		
	完了	計画中	本文8.(1)a-3. 共用プールダクトから高温焼却炉建屋への移送耐圧ホース				■ ~6/5		■ ~9月末		
	計画無し	計画無し	本文8.(1)b. 取水用水中ポンプ出口 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">作業箇所が狭隘でポンプ設置時に柔軟性がある耐圧ホースを使用する必要があるため、今後も耐圧ホースを使用していく。</span>								
	計画無し	計画中	本文8.(1)b. 汚染水の移送配管の内、屋内の汚染水移送耐圧ホース(1~4号機タービン建屋内、集中環境施設建屋内等を含む)(取水用水中ポンプ出口を除く)								■ ~9月末
	-	完了	本文8.(2)a. CエリアからH5、H6エリアのRO濃縮水貯槽までの移送耐圧ホース			■ ~4/25					
	実施中	実施中	本文8.(2)b-1. Cエリア内の屋外RO濃縮水の移送耐圧ホース(貯槽間、貯槽受入拔出耐圧ホースを除く)					■ ~7月末		■ ~9月末	
	実施中	計画中	本文8.(2)b-1. Cエリア内の屋内RO濃縮水の移送耐圧ホース(貯槽間、貯槽受入拔出耐圧ホースを除く)					■ ~9月末		■ ~9月末	
	計画中	計画中	本文8.(2)b-2. Cエリア内の蒸発濃縮濃縮水の移送耐圧ホース(貯槽間、貯槽受入拔出耐圧ホースを除く)						■ 使用前まで		
	処理水移送配管	実施中	実施中	本文8.(3) その他の屋外の処理水移送耐圧ホース(貯槽間、貯槽受入拔出耐圧ホースを除く)					■ ~9月末	■ ~9月末	
	実施中	計画中	本文8.(3) その他の屋内の処理水移送耐圧ホース(貯槽間、貯槽受入拔出耐圧ホースを除く)					■ ~9月末	■ ~9月末		
貯槽受入拔出配管	一部実施済	一部実施済	貯槽受入拔出耐圧ホース <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">貯槽受入配管のうち、既設貯槽立ち上がり部には、抜け防止治具取付済みまた、新設貯槽(H4北、H5北、H6北)の受入配管については、ポリエチレン製配管にて施工済み</span>					■ ~6/9 ■ ~5/18	■ ~9月末		
貯槽間の配管	計画無し	計画無し	貯槽間の接続耐圧ホース <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">地震による貯槽の滑動を考慮した場合、柔軟性、可撓性を有する耐圧ホースを使用の方が技術的に好ましいこと、継手部の抜けリスクが極めて低いこと等から、今後も、耐圧ホースを使用していくこととする。</span>								

■ 抜け防止治具取付 ■ ポリエチレン製配管への交換

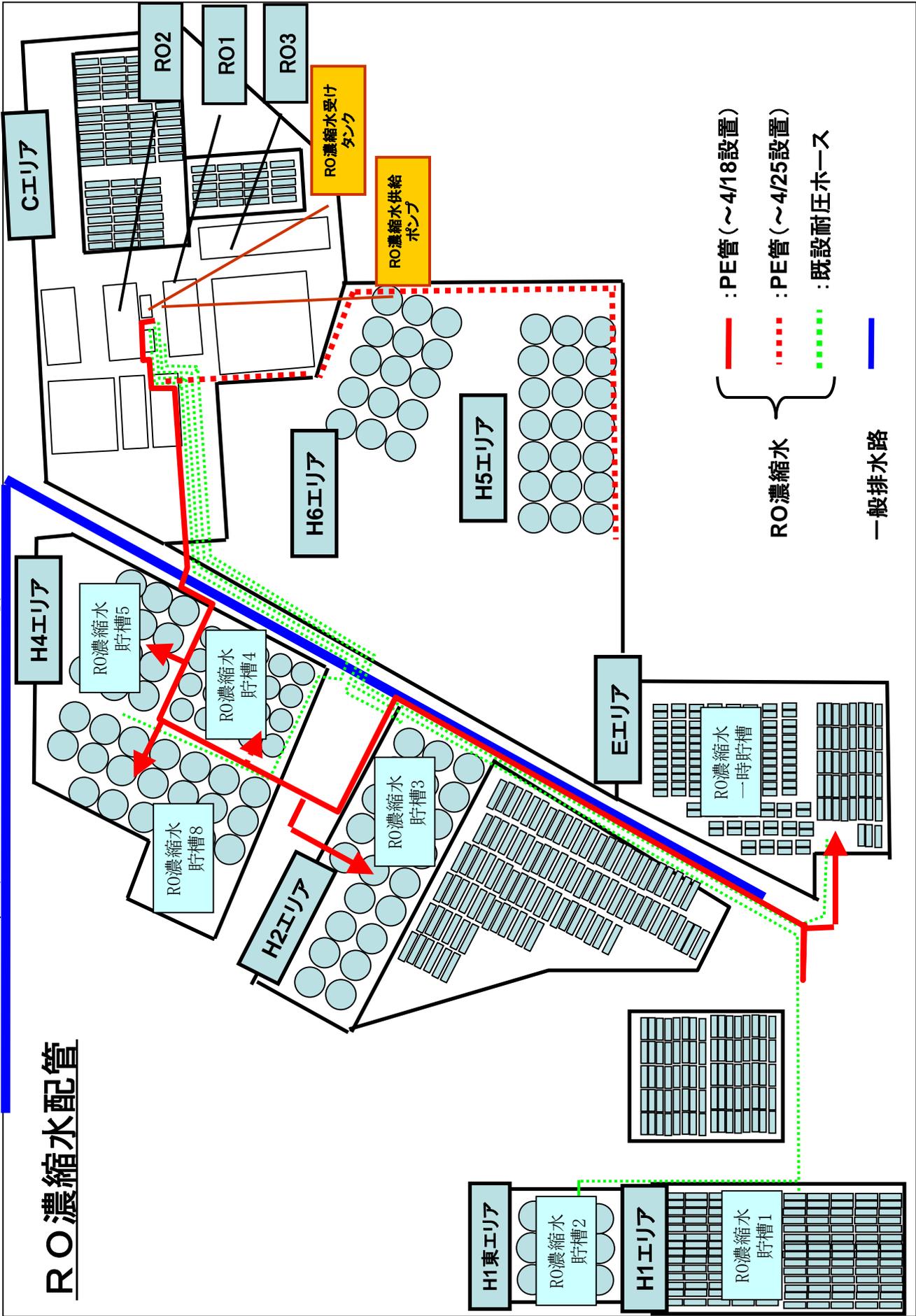
# ポリエチレン製配管への交換状況(6月末現在)

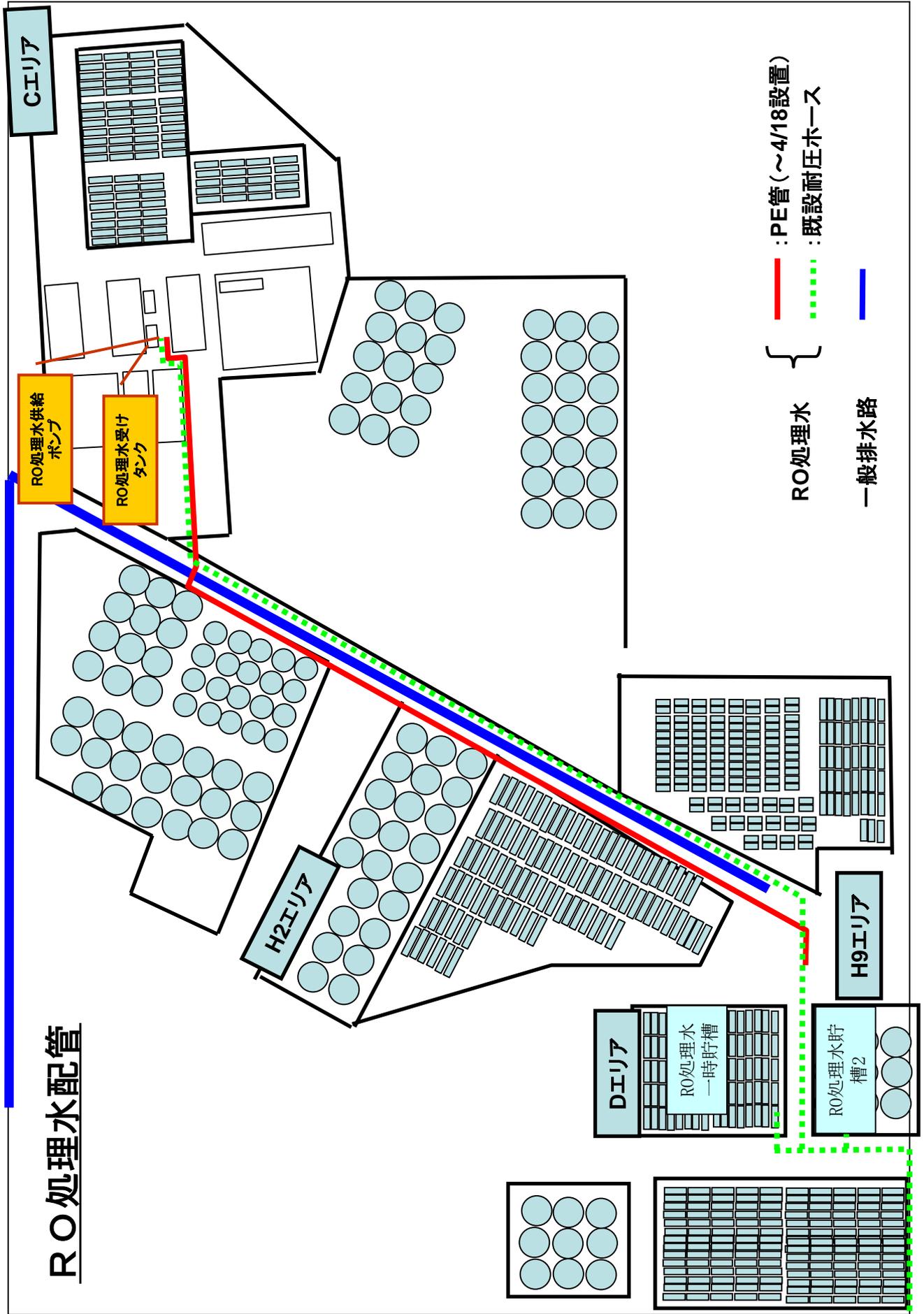


# ポリエチレン製配管への交換計画概要配置図

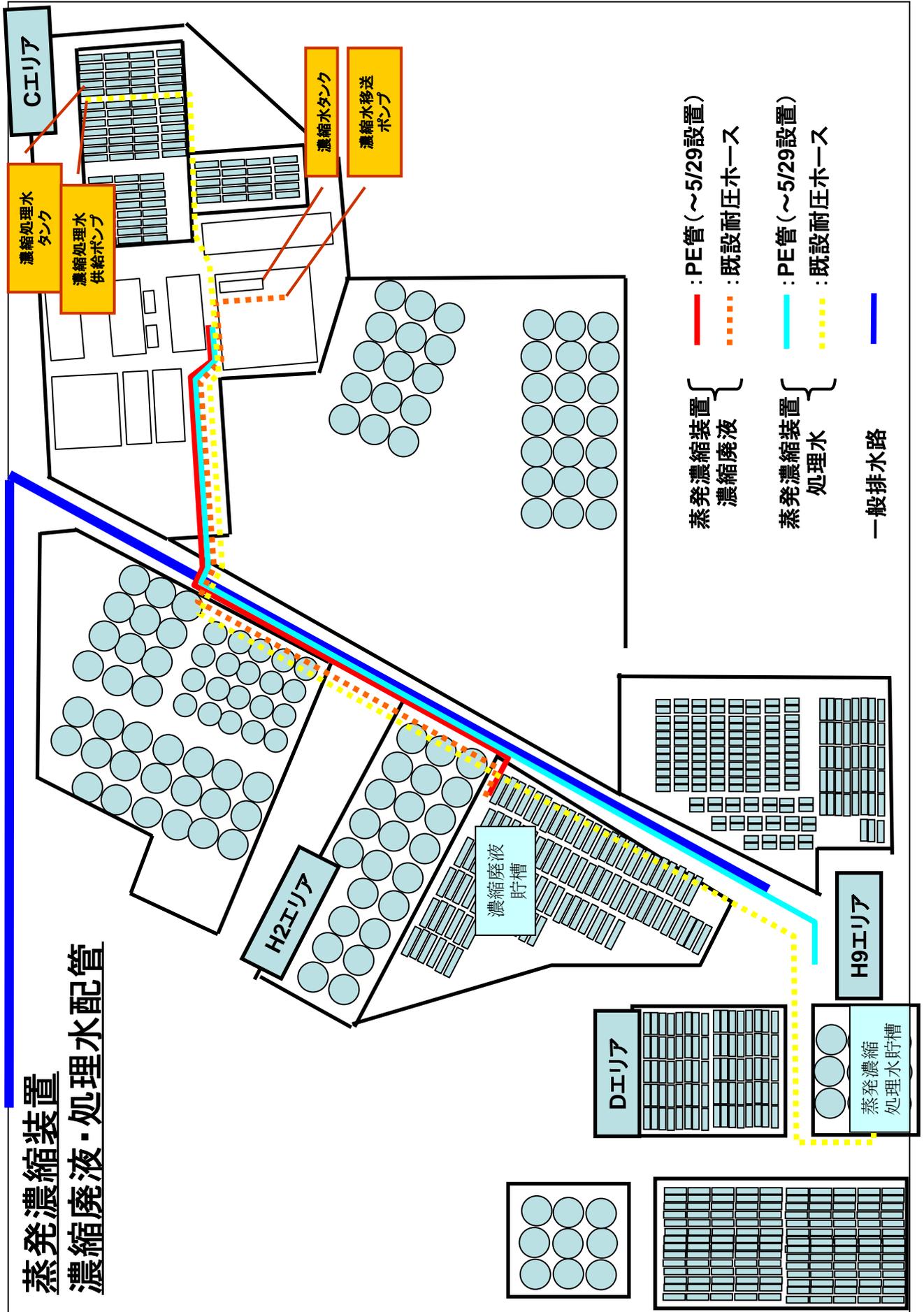


# ポリエチレン製配管への交換計画詳細配置図

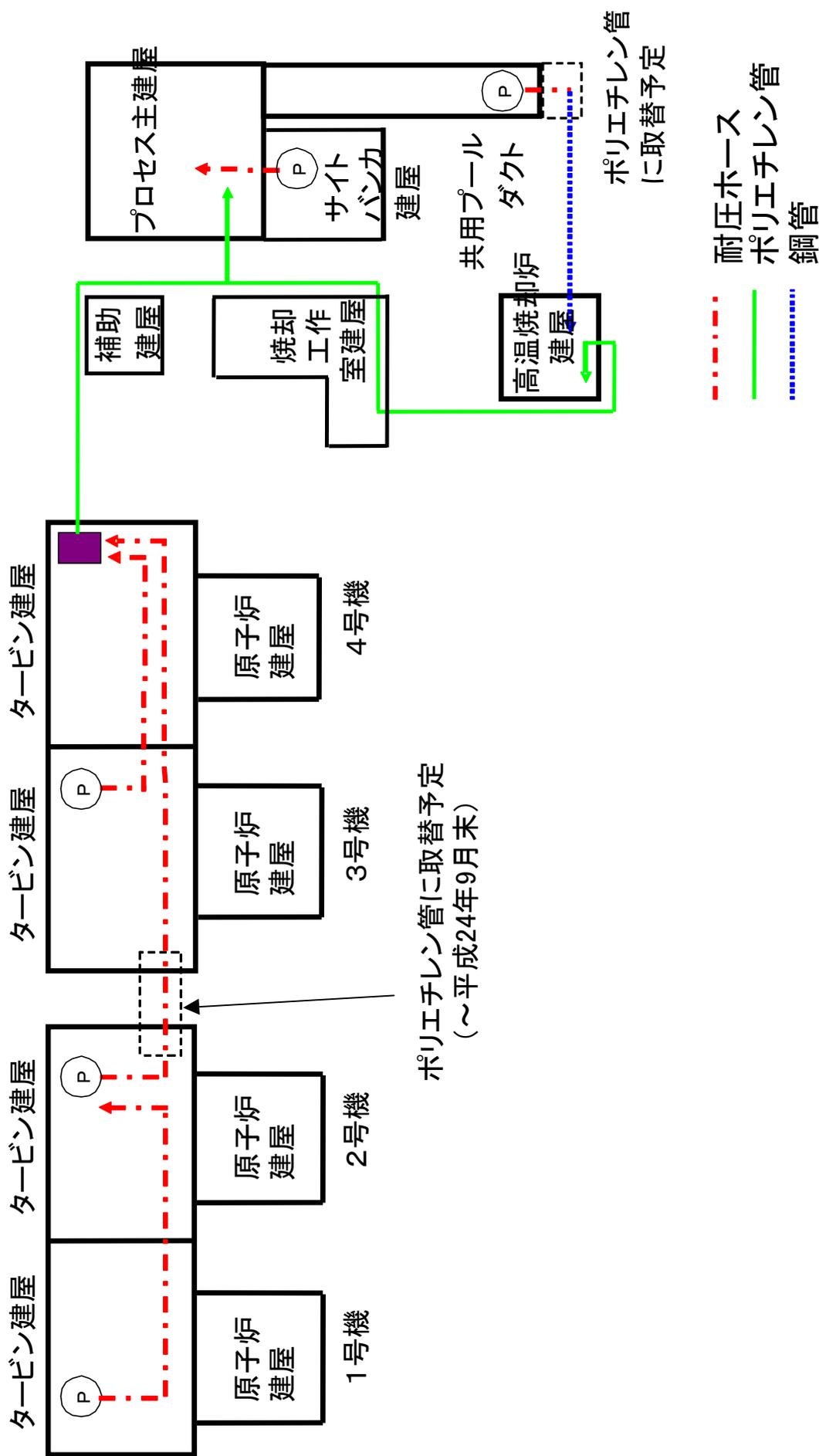




蒸発濃縮装置  
濃縮廃液・処理水配管



# 汚染水移送配管概略図

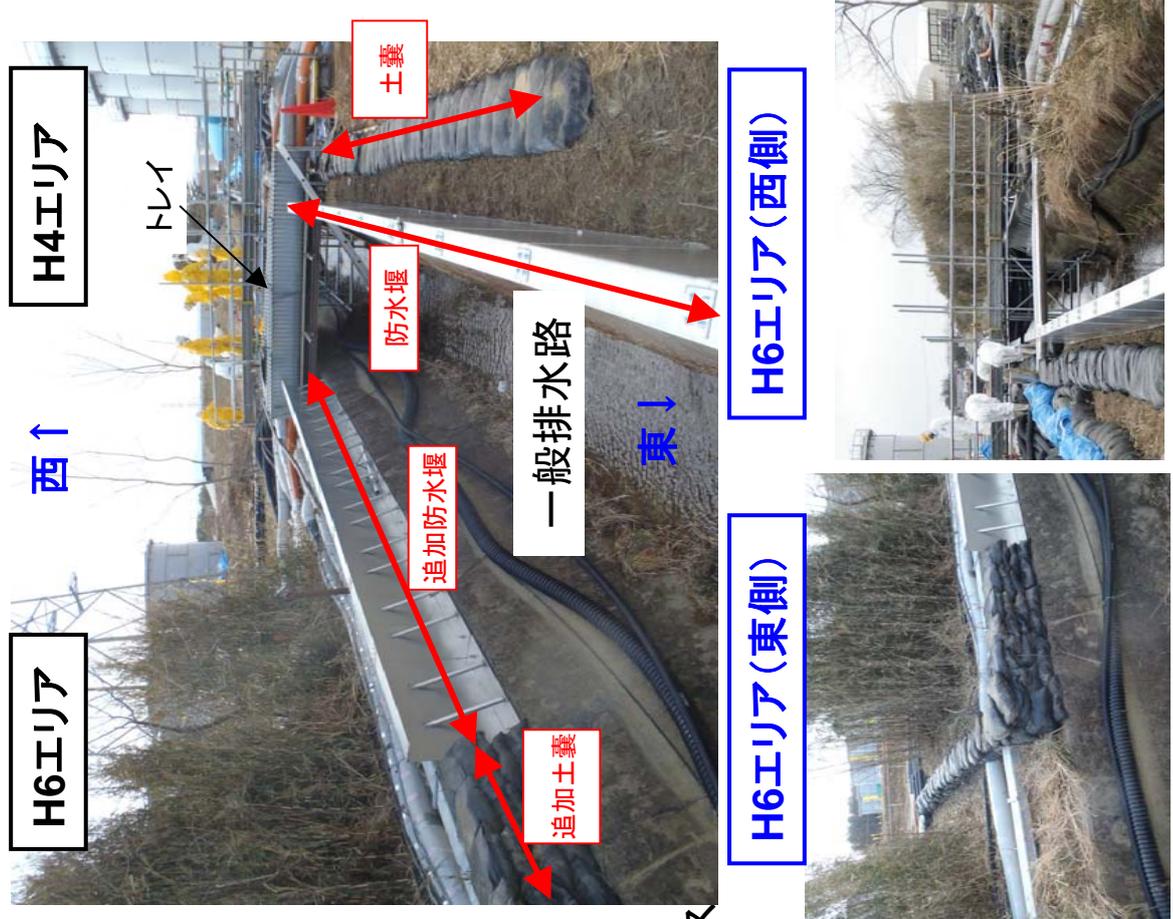
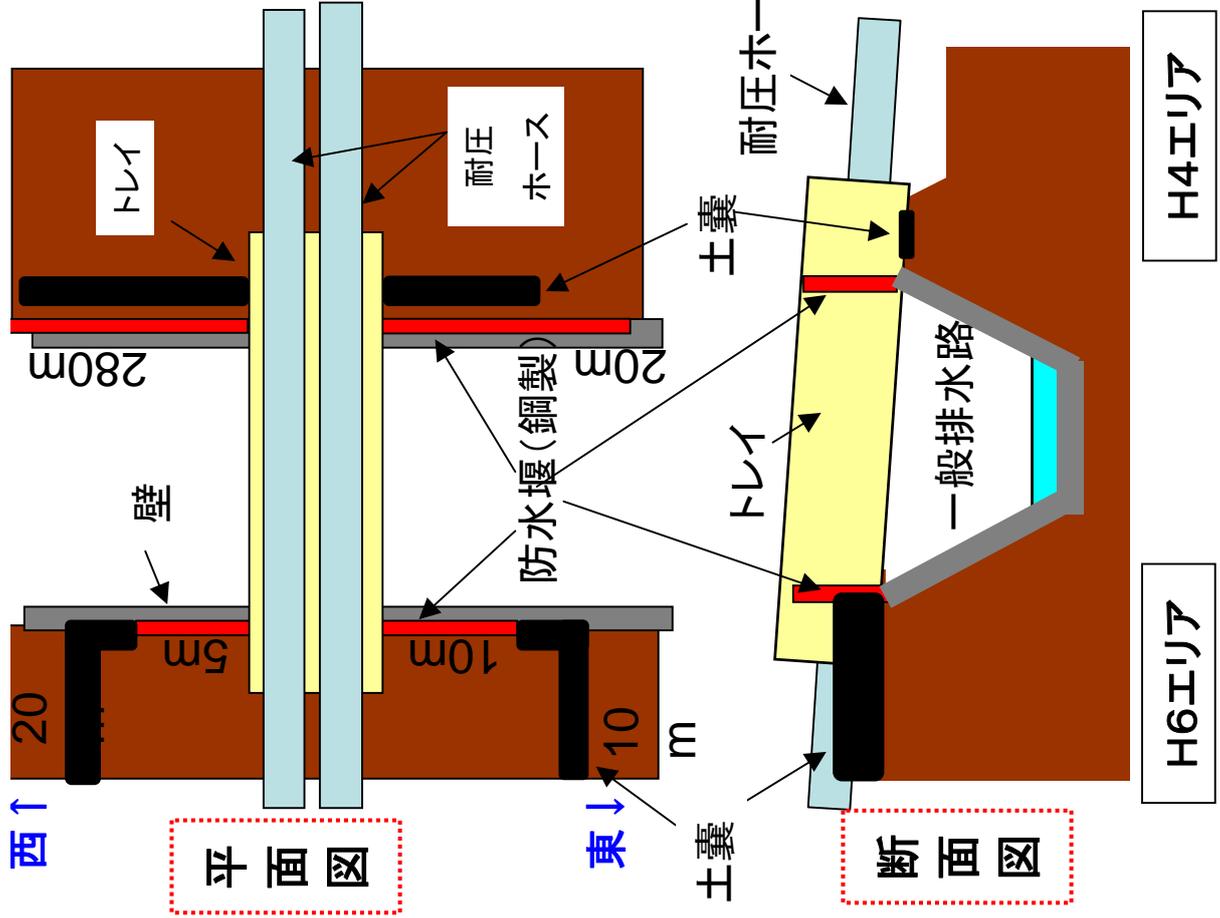


# 海洋への流出防止対策

添付資料-22-1

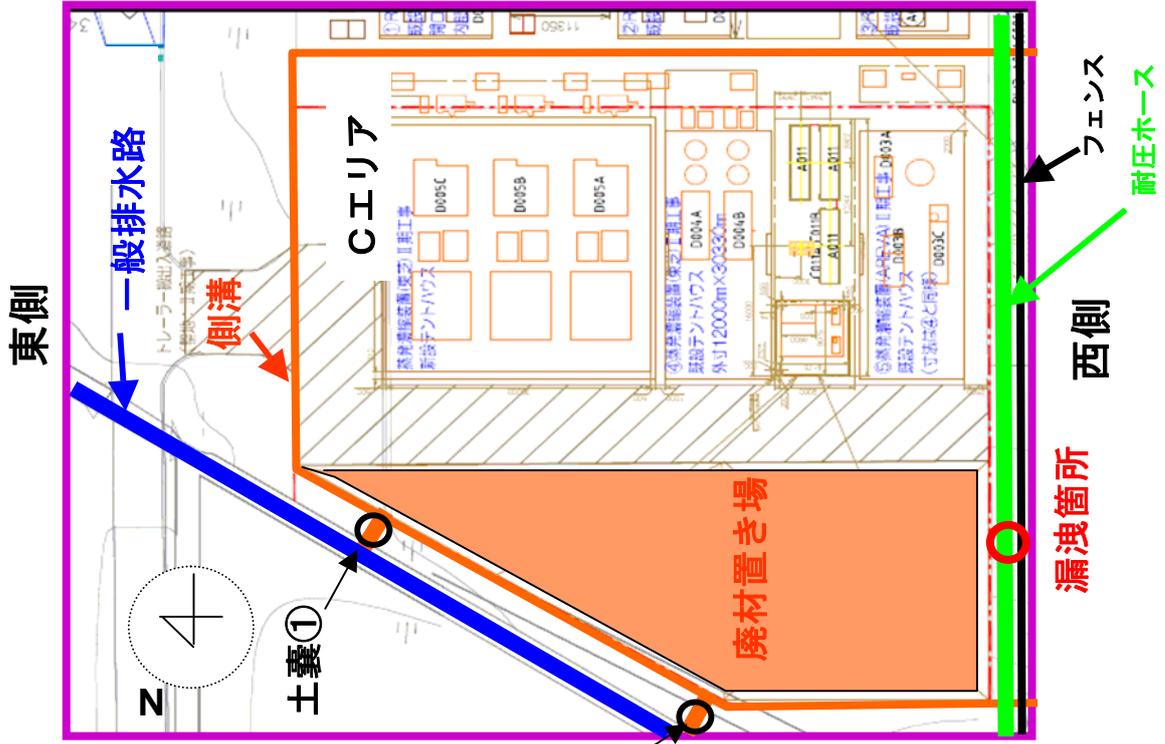
○3月27日,28日 一般排水路横断面部

トレイの脇から一般排水路に流入しないようにH6側に防水堰(鋼製)及び土嚢を追設



○4月5日 廃材置き場付近側溝

廃材置き場



土嚢①

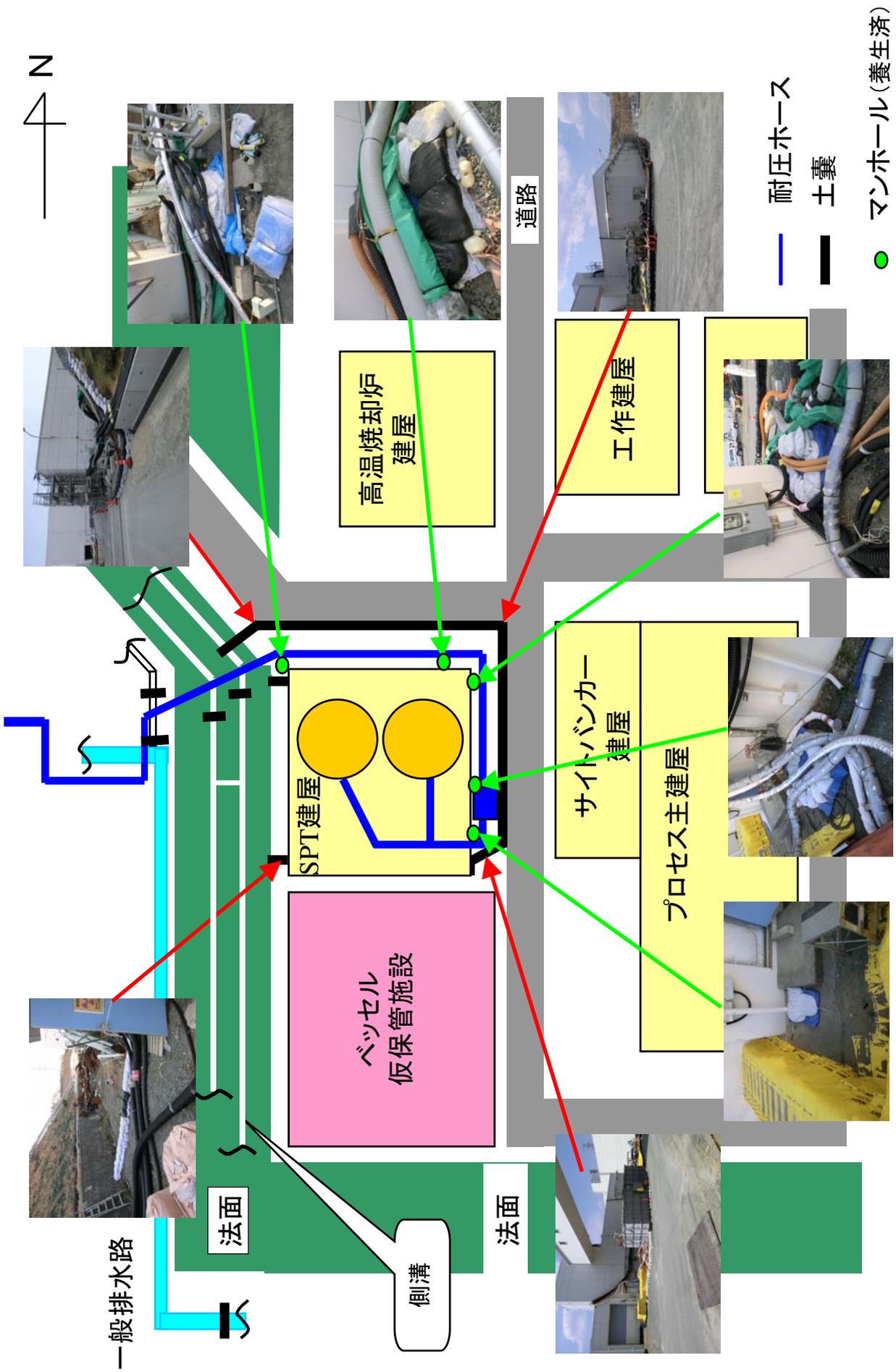


土嚢②



土嚢②

04月9日 SPT建屋付近



# 汚染水移送耐圧ホースの継手漏えいリスク

