1F規則第18条第10号判断について
(物揚場排水路PSFモニタ放射能高警報発生事象)

2021年5月31日

東京電力ホールディングス株式会社

福島第一原子力発電所

TEPCO

報告の概要

1. 事象と報告の概要

事象の経緯 (既報の内容)

- 3/2 物揚場排水路PSFモニタ高警報発報
  - サンプリングにより全β放射能濃度 890 Bq/Lを確認
    ⇒ゲート閉止(3/9ゲート開)
- 3/22 原因調査の結果、瓦礫等の一時保管エリアW(研修棟北側)[以下、一時保管エリアWとする]に高濃度にβ汚染された堆積物を確認
  - 3/24 堆積物を回収
  - 3/24 一時保管エリア地表面の養生
    - 以後、堆積物に由来する排水中放射能濃度の上昇はない
- 3/25 1F規則第１８条第１1号「核燃料物質等が管理区域内で漏えいしたとき」に該当すると判断
  - 4/19 汚染の程度が高い箇所の再舗装・塗装を完了

今回報告の概要

- 一時保管エリアWで回収した堆積物の調査を実施した。同エリアに保管されていた瓦礫類収納容器[以下、コンテナとする]の内容物であると同定
- 流出源と確認されたコンテナ底部に溜まっていた高分子吸収材を含む水[以下、残水とする] が排水路から1F港湾に到達と判断
  - 5/20 1F規則第１８条第１0号「核燃料物質等が管理区域外で漏えいしたとき」に該当すると判断
- 今後の一時保管エリア・廃棄物容器の調査について

2. 環境への影響評価

＜本事象による環境への影響評価＞

- 港湾へ流出した放射能量を保守的（※1）に評価（2021年1月1日~3月31日）した結果、Sr-90として1.6E9 (16億) Bqであった。
  - フォールアウトと評価している2020年1月1日~12月31日の物揚場排水路から排水された全β放射能量は2.3E9 (23億) Bq（フォールアウトのCs-137を含む）
    - 排水路流量及びPSFモニタ値、サンプリング測定値を用いて算出した
- 排水の3ヵ月（※2）平均濃度（2021年1月1日~3月31日）を評価した結果、仮に法令に基づく排水の濃度限度（3ヵ月平均濃度）と比較すると、 Sr-90は告示濃度（※3）30Bq/Lに対し25Bq/Lであることを確認した。
- 港湾内の海水の放射能濃度は、通常の変動範囲内（※4）であることから、環境への影響はないものと評価している。
- 堆積物の除去・一時保管エリア地表面の養生後は、物揚場排水路における全β放射能濃度に、有意な上昇は確認されていない。

（※1）３月１日以前に漏えいがなかったと考えているが１月１日からのモニタ変動を放出量として全て積算していること、降雨の無い時期の流出量、すなわちフォールアウト由来の放射性物質も全て放出量として積算に含めていること
（※2）東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示で定められている評価期間
（※3）東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示
（※4）物揚場前地点（物揚場排水路排水口に最も近い採取点）、港湾内北側地点、港湾口の各モニタリング地点

一時保管エリアWに保管していたコンテナの内部及び堆積物等調査と一時保管エリアWにおける対策について

1. コンテナ内容物調査の目的と内容について

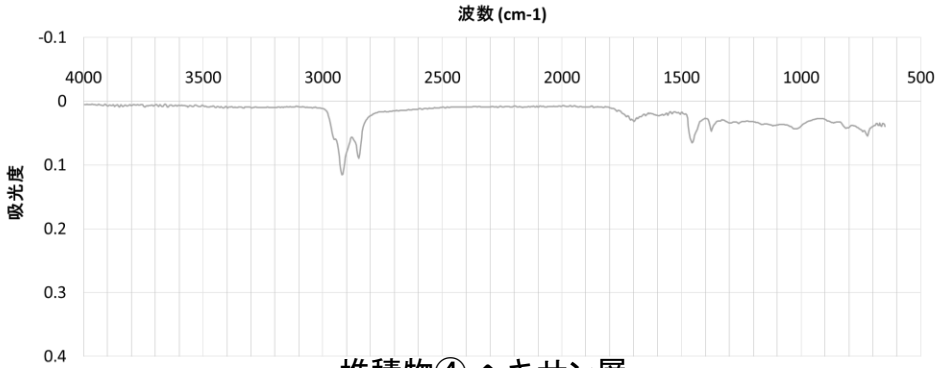
- 3/24 一時保管エリアWからゲル状の堆積物を回収
  - 高濃度のβ汚染を確認
- 1/25~3/2に一時保管エリアWから移動したコンテナの1個に著しい腐食
  - コンテナ内に水の滞留(残水の存在)を確認
  - 目視では他のコンテナに著しい腐食・貫通部は見られなかった
- 回収した堆積物と当該コンテナ内容物の関連性を調査した

↓

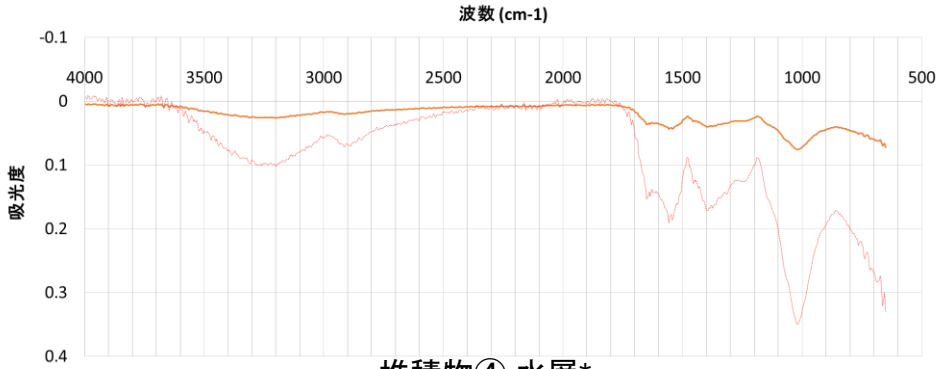
- 汚染源の確認・物質の同定のため以下の調査を実施
  - 赤外線分光分析法[以下、IR分析]による分子構造の推定
  - 放射能濃度測定
  - Na濃度
  - シリカ(SiO_2)濃度
  - TOC (溶存有機炭素, Total Organic Carbon)測定

2-1. IR分析結果

コンテナ残水



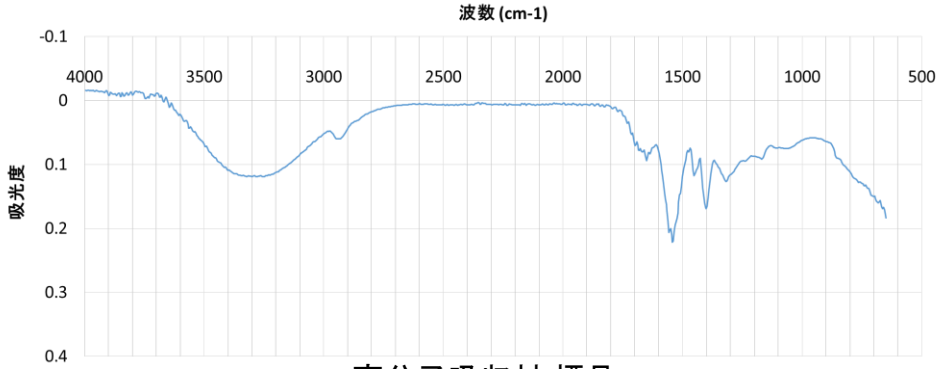
堆積物④ ヘキサン層



堆積物④ 水層*

*: 測定されたスペクトルと5倍に強調したスペクトル

アスファルト標品



高分子吸収材 標品

- コンテナ残水、堆積物④水層、高分子吸収材標品のスペクトルは概ね一致
  - 堆積物④水層の1000cm^{-1}付近のピークは劣化によると判断
  - 3300cm^{-1}付近のピーク強度はNaイオン濃度差によると推定
- 堆積物④ヘキサン層はアスファルトと一致
  - アスファルト舗装上に堆積していたため舗装材を巻き込んでいたと推定

2-2. 堆積物等の調査結果

✓ 堆積物、コンテナ残水ともに、Cs-137に比べSr-90が有意に高い
✓ 堆積物およびコンテナ残水ともに、NaおよびTOCを含む
⇒有機物の可能性高
⇒水ガラスの場合よりSiO_2/Naが小さい
- 高分子吸収材の場合もNaを含む(ポリアクリル酸のNa塩)
- Naは海塩由来の可能性もある

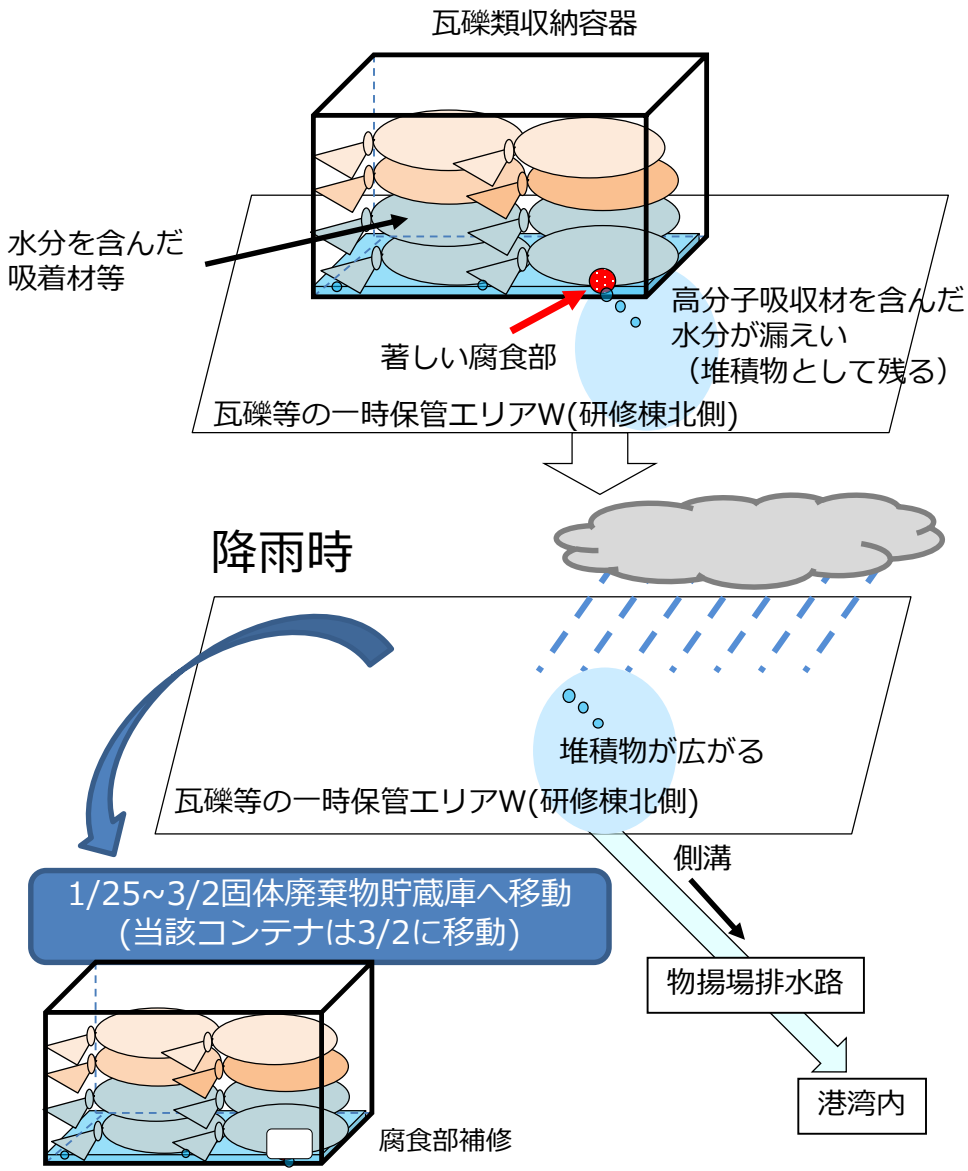
- <u>IR分析結果と併せて堆積物はコンテナ内に存在した高分子吸収材由来と判断した</u>

○放射能及び化学性状の測定結果

	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	全β (Bq/kg)	Sr-90 (Bq/kg)	Na (mg/kg)	SiO_2 (mg/kg)	TOC (mg/kg)
堆積物①	2.9E+4	9.0E+5	2.3E+8	2.1E+7	9,400	210	29,000
堆積物②	2.1E+4	4.9E+5	2.4E+7	4.4E+6	1,900	240	5,800
堆積物③	2.7E+4	5.8E+5	6.4E+6	3.8E+6	590	57	3,000
堆積物④	8.2E+4	1.9E+6	4.7E+7	2.1E+7	1,400	170	4,900

	Cs-134 (Bq/L)	Cs-137 (Bq/L)	全β (Bq/L)	Sr-90 (Bq/L)	Na (mg/L)	SiO_2 (mg/L)	TOC (mg/L)
コンテナ残水	3.1E+3	8.9E+4	2.6E+7	1.4E+7	7,500	11	13,000

3. 物揚場排水路PSFモニタ放射能高警報を発生させた原因（推定）



一部に著しい腐食のあった容器1基について腐食部補修を実施
その他の容器については貫通部及び漏えい痕がないことを目視確認した

水分を含んだ吸水シート等を収納したビニール袋を積み重ねており、その重みにより、下部のビニール袋の結び目から高分子吸収材を含んだ水分が容器内に染み出す

⇩

染み出した水分により容器内面の下部が腐食

⇩

容器下部の一部著しい腐食部から放射性物質を含む水分が容器外部へ漏えい

⇩

容器を固体廃棄物貯蔵庫へ移動。漏えいした水分が堆積物としてエリアに残る

⇩

降雨時に堆積物に含まれる放射性物質がエリアに広がり、側溝へ流れ込む

⇩

側溝を経由し、物揚場排水路に到達

⇩ 物揚場排水路PSFモニタ放射能高警報発生

港湾内へ漏えい

4. 測定のまとめと法令判断

- 一時保管エリアWから回収した堆積物が、同エリアに保管されていたコンテナ内容物に由来すると同定した
  - 赤外線分光分析結果が概ね一致
  - 放射能濃度測定の結果Sr-90濃度がCs-137に比べ有意に高かった
    - なお標品との比較により高分子吸収材(ポリアクリル酸ナトリウム)と同定

- 以下の事由をもって
  東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則第１８条第１０号「核燃料物質等が管理区域外で漏えいしたとき」に該当すると判断した
  - 一時保管エリアWの堆積物除去・養生実施後、排水路の排水中全β放射能濃度に有意な上昇が見られていないこと
  - 堆積物がフォールアウトではなく、コンテナに残水が腐食した容器底部から漏えいし、地表面に堆積物として形成されたと評価したこと
  - 3月2日PSFモニタ高警報が発生した原因は、一部に著しい腐食のあるコンテナに溜まっていた高分子吸収材を含む水が、一時保管エリアWに漏えいし、降雨時に雨水とともに当該一時保管エリアから流出し、排水路に到達したためと推定

5-1. 本事象への対策

①漏えい箇所における汚染の除去

- 堆積物を確認し、70μm線量当量率が高い箇所について、アスファルト舗装をはぎ取り、再舗装を実施
- 再舗装箇所に対し、放射性物質飛散及び流出を防止するための塗装作業を実施

堆積物除去・除染材塗布後（3月24日）

養生後（3月24日）
（70μm線量当量率が高い箇所）

アスファルト舗装はぎ取り（4月15日）
（ 70μm線量当量率が高い箇所）

アスファルト再舗装(4月15日)･塗装(4月16,19日)
【4/20撮影】

5-2. 本事象への対策(2)

②物揚場排水路における放射能モニタリングの強化

- 汚染水（β核種のSr-90が主要核種）の漏えい検知の強化のため、物揚場排水路にβγ弁別型PSFモニタを新たに導入（5月21日から本運用とした。引き続き傾向監視を行う）

従前のＰＳＦモニタはβ核種からの放射線とγ核種からの放射線が区別できなかったため、
汚染水漏えい事象(主にβ核種)とフォールアウトの流入（Cs-137等β＋γ核種）を区別できなかった

⇒ 弁別型ＰＳＦはβ核種からの放射線とγ核種からの放射線を区別できるため、
より精度よく汚染水漏えい事象を検知できる

5-3. 本事象への対策(3)

③瓦礫類収納容器からの放射性物質漏えいに関する点検強化

- バウンダリ機能（容器、シート養生）が必要※な瓦礫類収納容器(5,338基)の外観目視点検の実施（2021年4月15日～2021年6月）：5/24時点 1,719基完了
- 内容物が把握できていない瓦礫類収納容器(4,011基)の内容物確認（水分有無を確認含む）の実施（2021年7月~10月）
- コンテナの一時保管を申請する際、収納物に水分を含んでいないことを確認するため、収納物の写真を添付して申請する運用に変更(新規)
- バウンダリ機能（容器、シート養生）が必要※な容器を保管している一時保管エリアのモニタリングの強化

＜瓦礫類収納容器の外観目視点検中のモニタリング強化（新規）＞

容器から放射性物質が漏えいしていないことを確認するため、一時保管エリアの排水経路となっている側溝や溜枡直近の線量当量率（70μm，1cm）を1回/日（日曜日除く）定点測定し、有意な変動が無いことを確認する

＜一時保管エリアのモニタリング（継続）＞

エリア巡視及び空間線量率測定：1回／週、空気中放射性物質濃度測定：1回／3ヵ月

＜雨水排水のモニタリング（継続）＞

一時保管エリアの雨水排水経路である陳場沢川（1回/1ヵ月）、物揚場排水路（連続）のモニタリング

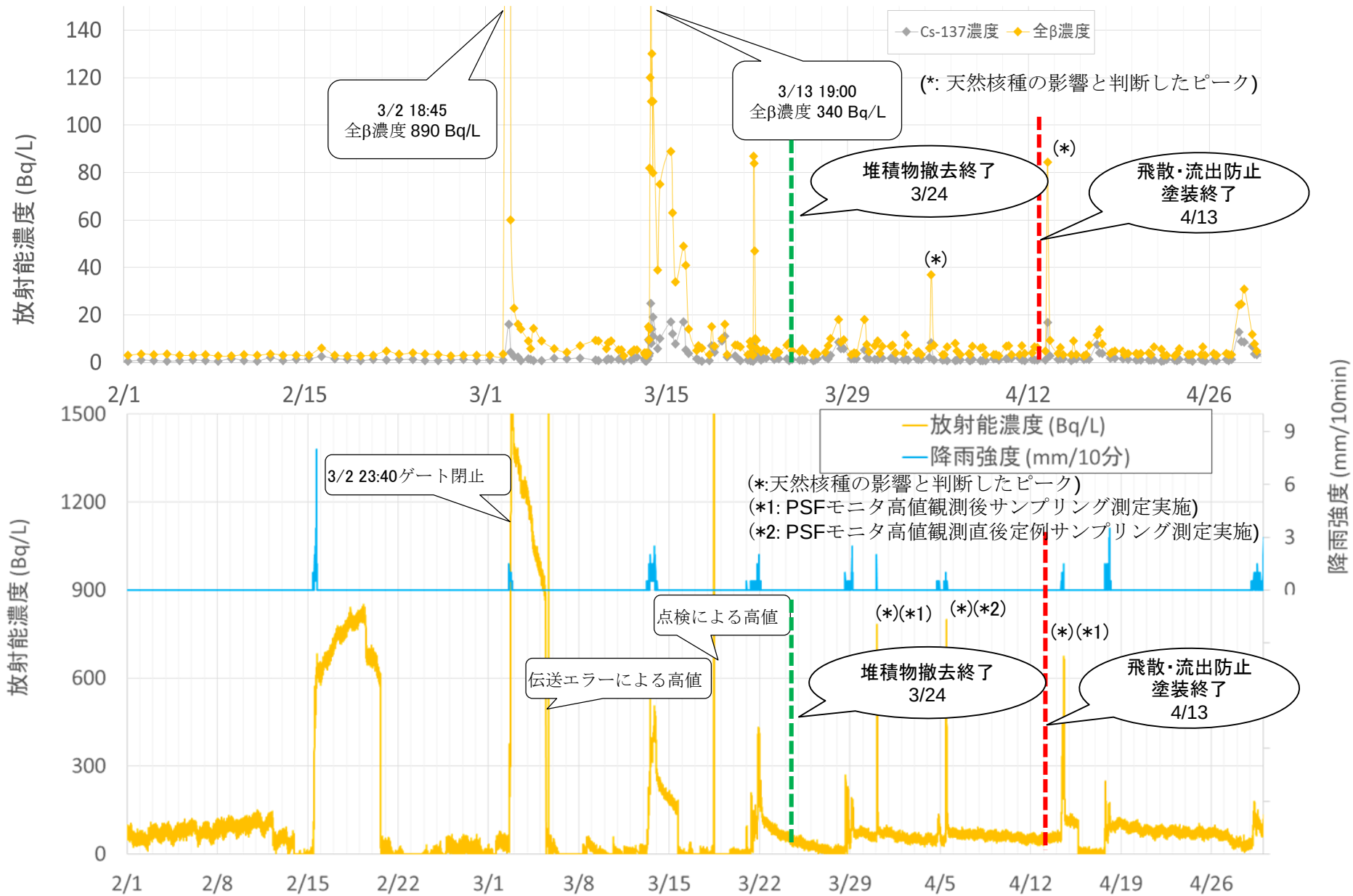
※飛散抑制（対象：表面線量率（γ）で0.1mSv/h以上の瓦礫類の他、表面線量率（β）が0.01mSv/h以上の瓦礫類）

作業スケジュール

	2021年						
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
外観目視点検							
内容物確認※							

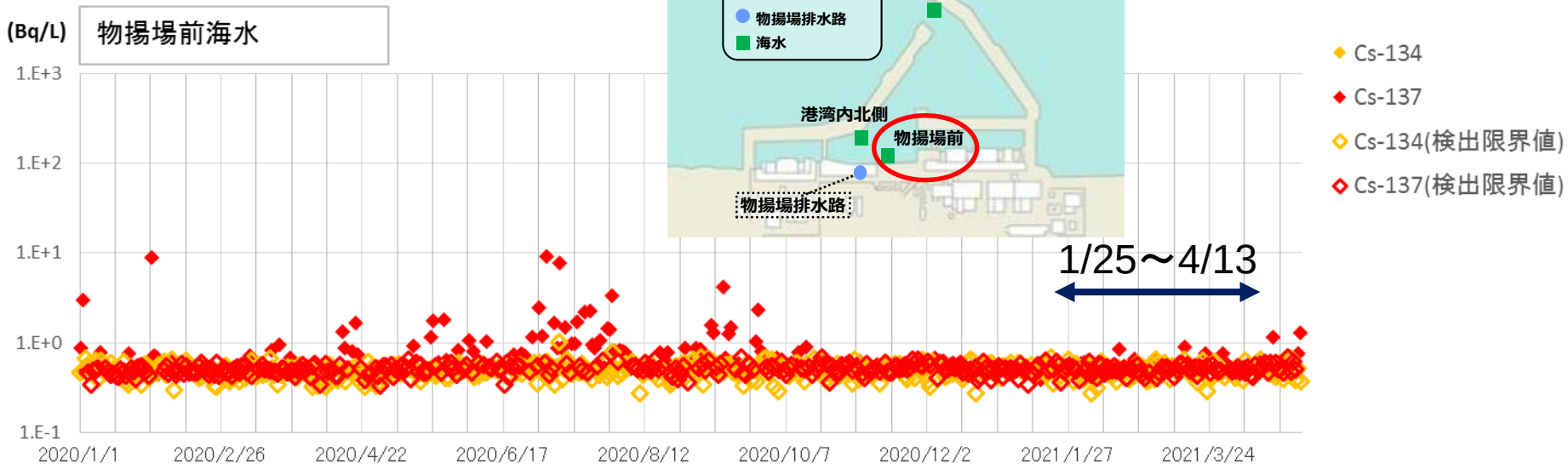
※詳細スケジュール検討中

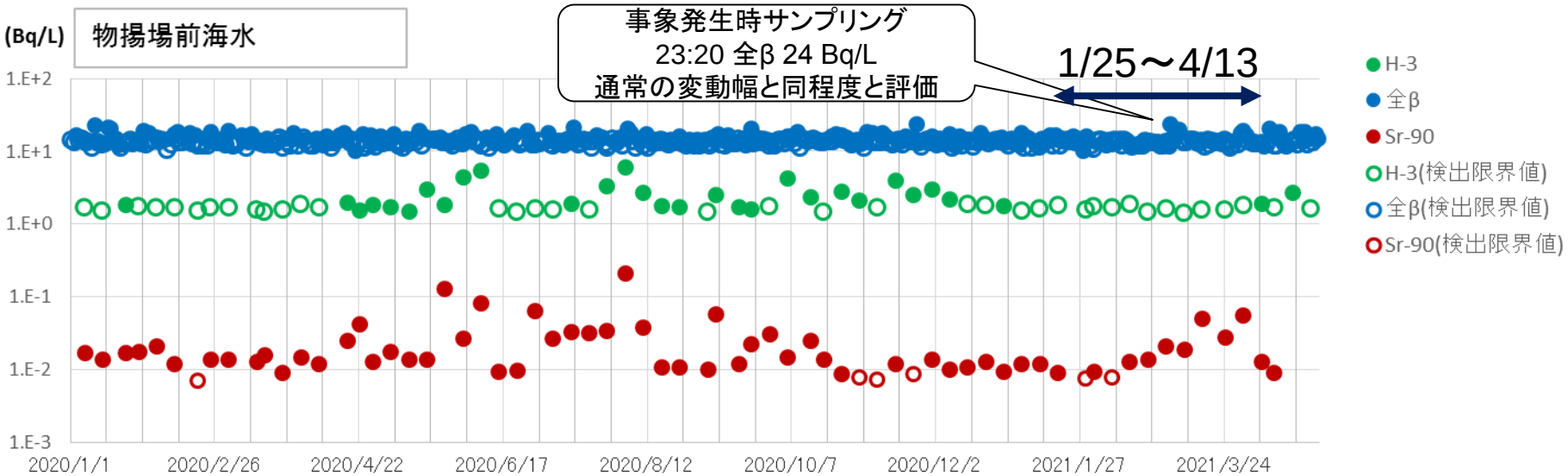
【参考1】 PSFモニタ及びサンプリング測定結果トレンド



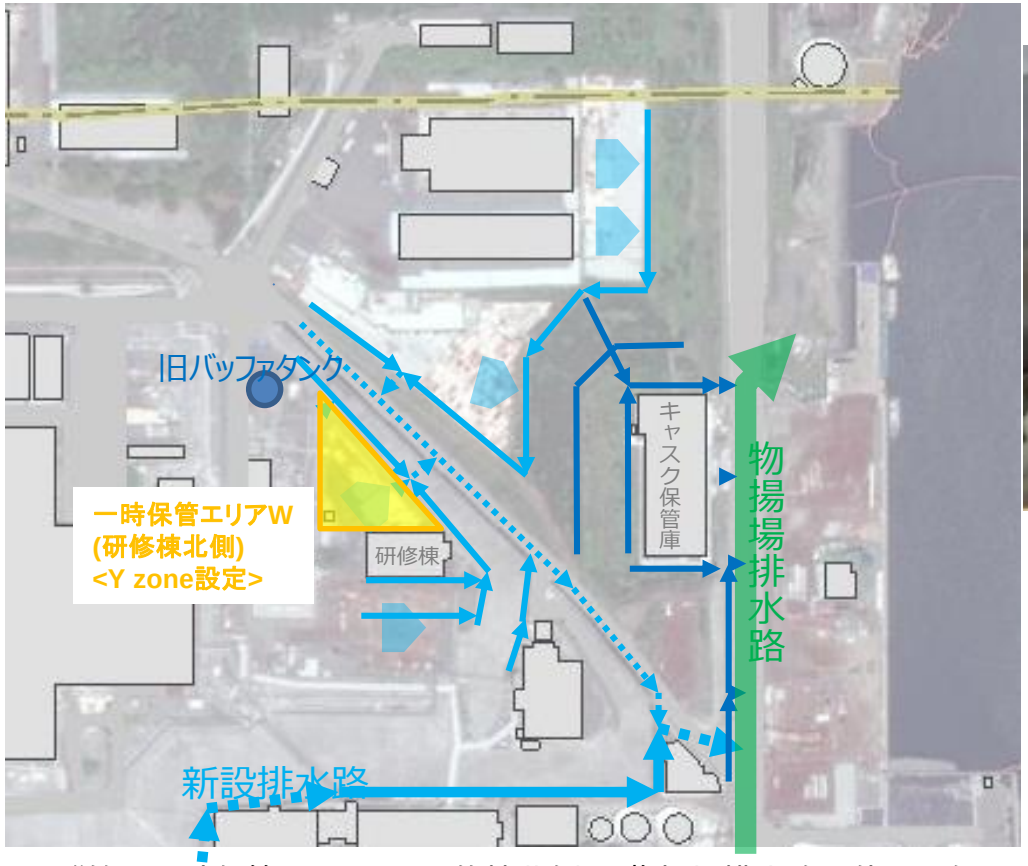
【参考2】漏えい事象発生時の海水モニタリング状況

2021年1/25～4/13の間において、物揚場排水路排水口に一番近い物揚場前地点の海水中放射能濃度に有意な変動はない。





【参考3】瓦礫等の一時保管エリアW(研修棟北側)に保管していた収納容器の状況



瓦礫等の一時保管エリアW(研修棟北側)と物揚場排水路の位置関係

収納袋を取り出す前の収納容器内の状況

容器内面・補修箇所の状況

瓦礫類収納容器底部に
腐食を確認

【参考4】可能性が考えられた物質と分析上の特徴

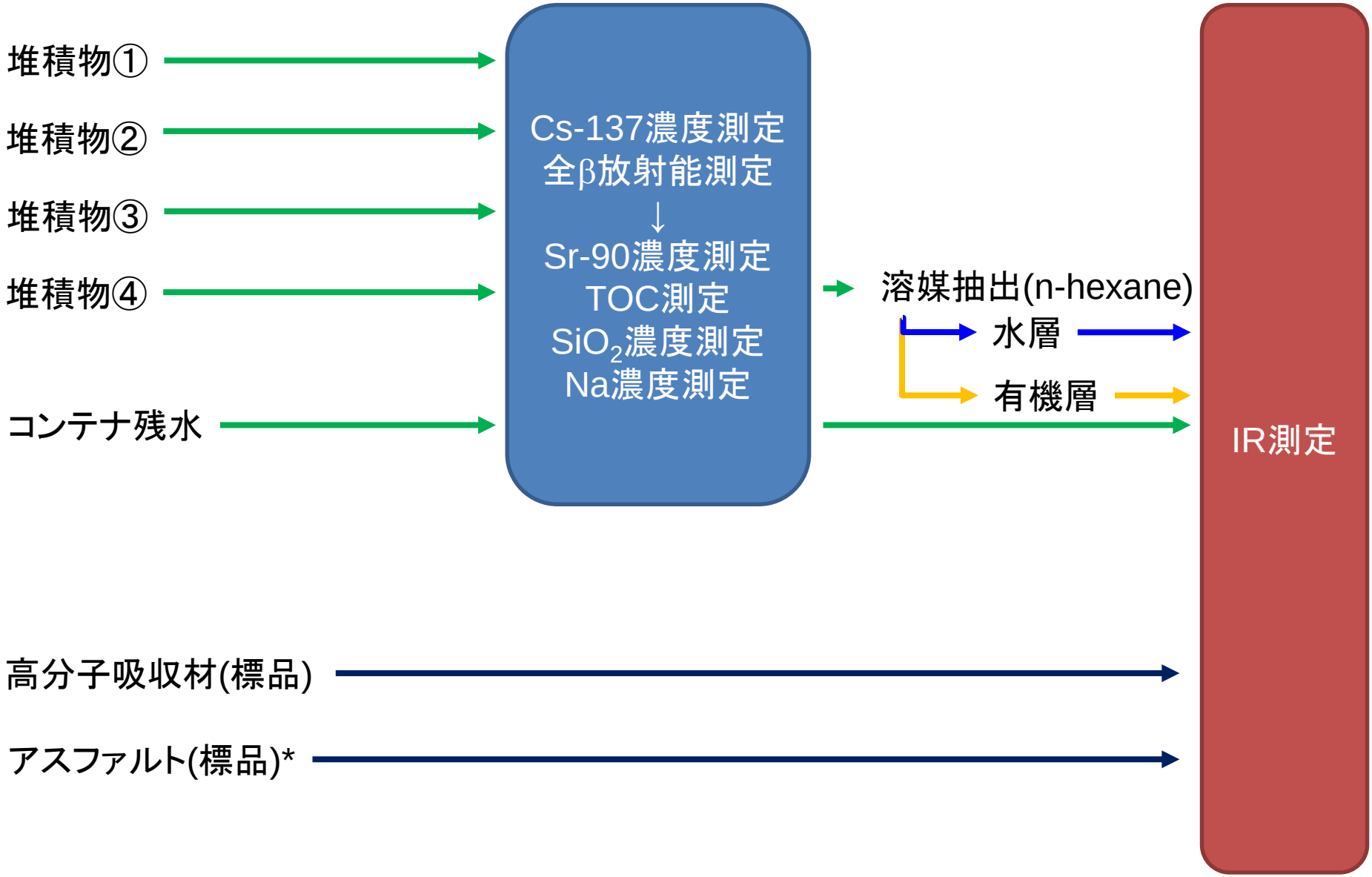
1. 汚染源であるかどうかの判断

- コンテナ内容物が汚染源
  ⇒ Sr-90濃度/Cs-137濃度は堆積物と同様の傾向を示すと考えられる

2. 可能性として考慮した物質は以下の通り

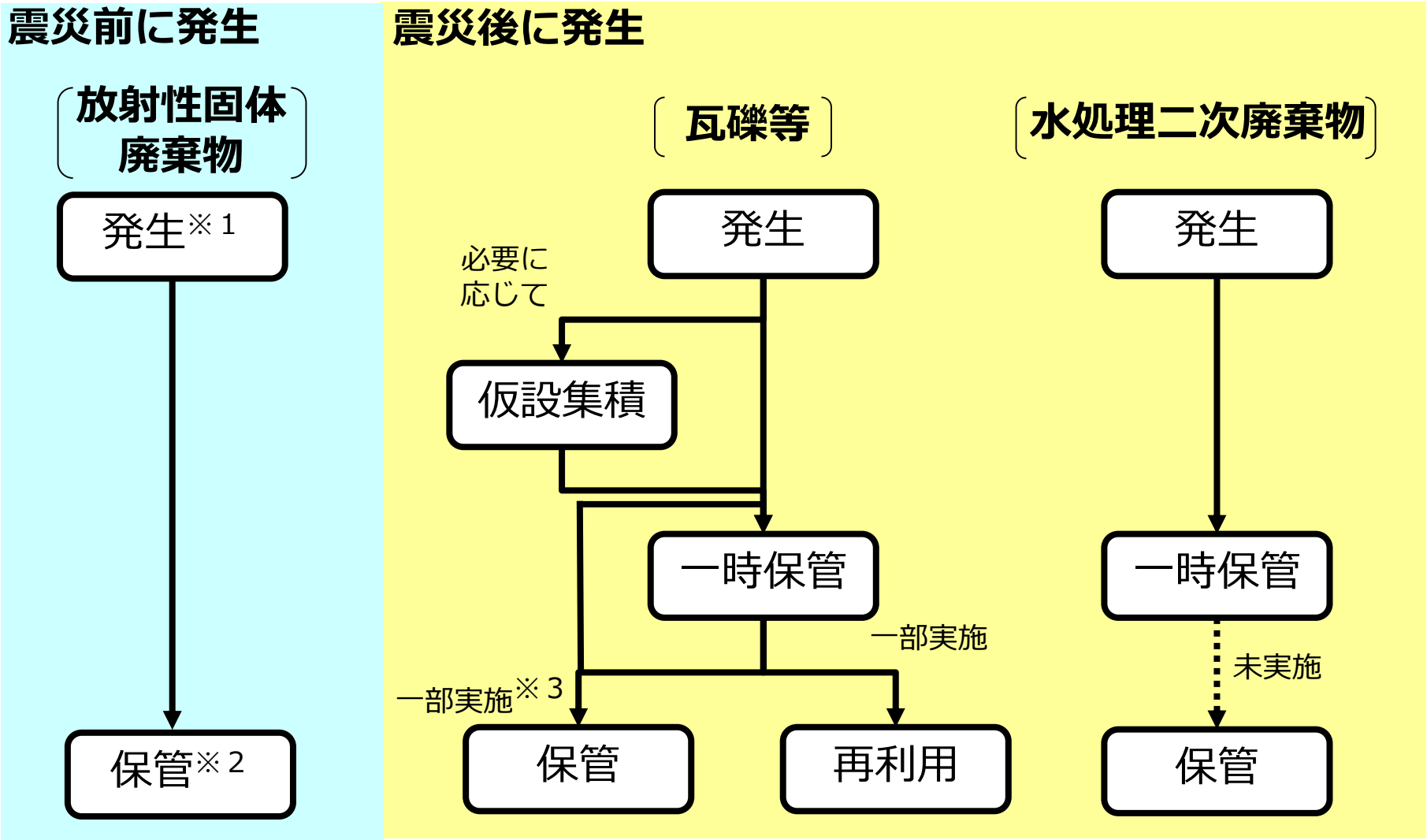
- 震災直後の対応で使用された資材のうち「ゲル状」になりうるもの
  ⇒高分子吸収材(ポリアクリル酸ナトリウム)
  ⇒水ガラス(ケイ酸ナトリウムNa_2SiO_3)
  - 水ガラスは親水性が高いため溶媒抽出を実施しても水層に留まる
    - 高分子吸収材も構造的に親水性が高いため水層に留まる可能性高
  - 高分子吸収材であればIR分析で構造を確認可
  - 水ガラスであればシリカ濃度/Na濃度により特徴づけられる

【参考5】分析の流れ



*一時保管エリアW近傍の舗装材を採取し溶媒抽出したもの。地表で舗装材と混合した可能性を考慮

【参考6】固体廃棄物の発生～保管までの流れ



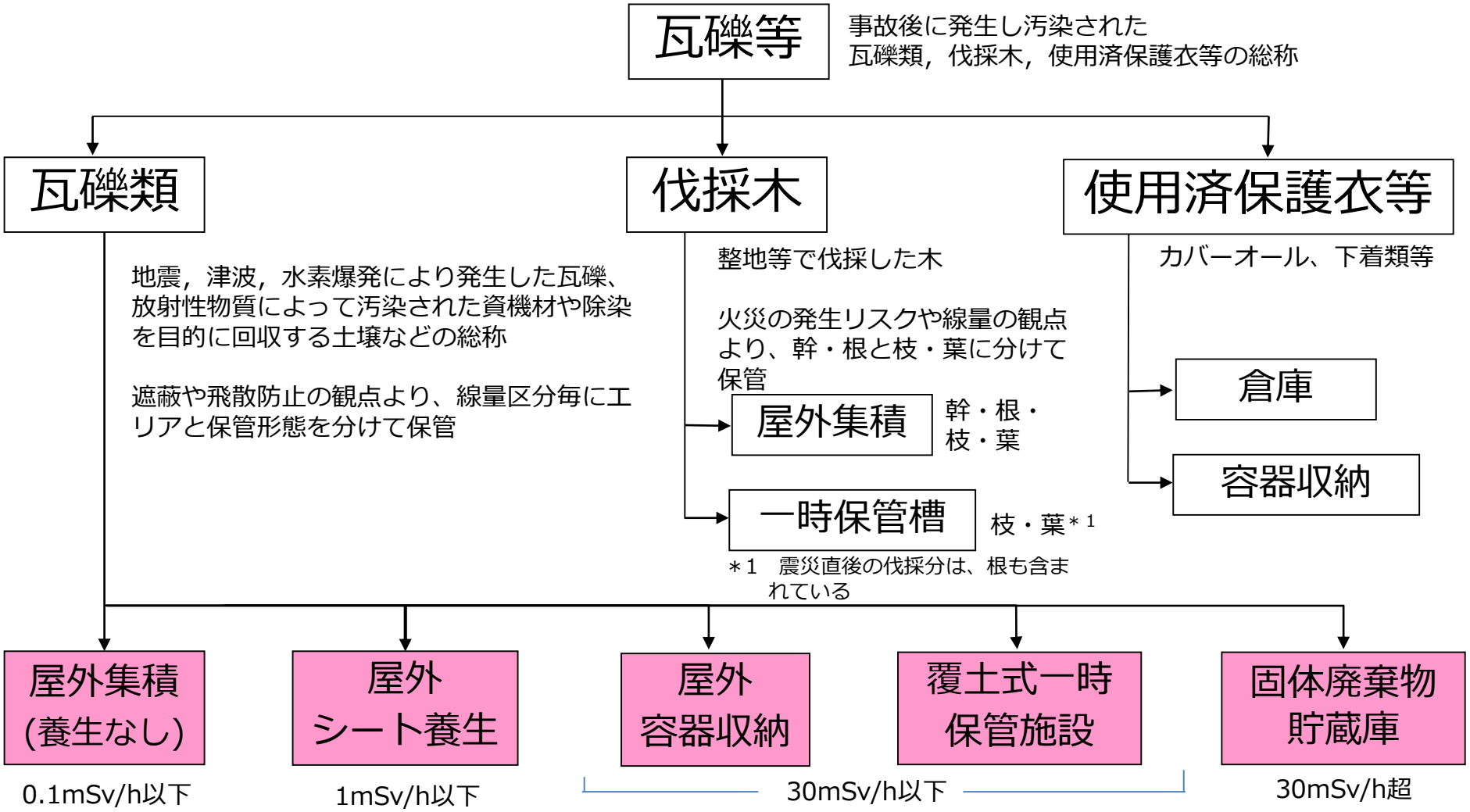
※1　震災時に設備内に存置されていた樹脂等が今後発生する見込み

※2　放射性固体廃棄物を収納したドラム缶や給水加熱器等大型廃棄物は貯蔵庫等に、使用済制御棒等はサイトバンカに保管（いずれも震災前に設置）

※3　「一時保管」していた使用済保護衣等を焼却処理した焼却灰、及び大型機器除染装置より発生したブラスト材（「一時保管」を経由せず）

【参考7】瓦礫等の分類と一時保管方法

- 瓦礫等は「瓦礫類」「伐採木」「使用済保護衣等」に分類される
- 瓦礫類は線量率（γ）に応じて保管エリアを設定し、エリアごとに管理



【参考8】瓦礫類･使用済保護衣等の管理状況

- 福島第一原子力発電所構内において発生した瓦礫類、使用済保護衣等や伐採木は、敷地周辺への放射線の影響や、作業員の被ばくを低減する観点から、表面線量率に応じた保管エリアを設定し、その保管エリアごとに、(ⅰ)区画　(ⅱ)線量率測定　(ⅲ)空気中放射性物質濃度測定　(ⅳ)遮蔽　(ⅴ)巡視・保管量確認等について、管理を行っている。

- 表面線量率が屋外集積（養生なし）レベルの瓦礫類であっても、保守的に容器に収納しているものもある。また、屋外シート養生レベルであっても、保守的に容器に収納しているものもある。なお、表面線量率（β線）が0.01mSv/h以上の瓦礫類については、容器収納等の飛散抑制対策を実施している。

- 屋外の一時保管エリア内に保管している、瓦礫類や使用済保護衣等を収納した容器は85,469基あり、瓦礫類は54,319基（可燃物：47,032基，不燃物：7,287基）、使用済保護衣等は31,150基ある。

- なお、内容物の把握に時間を要する、もしくは困難な状況にある容器は、2017年12月のシステム管理※以前に保管された瓦礫類（不燃物）4,011基

※システム管理以降は、瓦礫類（不燃物）を収納した容器ごとに、容器番号と内容物をシステム登録する運用とした

【参考9】瓦礫類・使用済保護衣等の管理状況

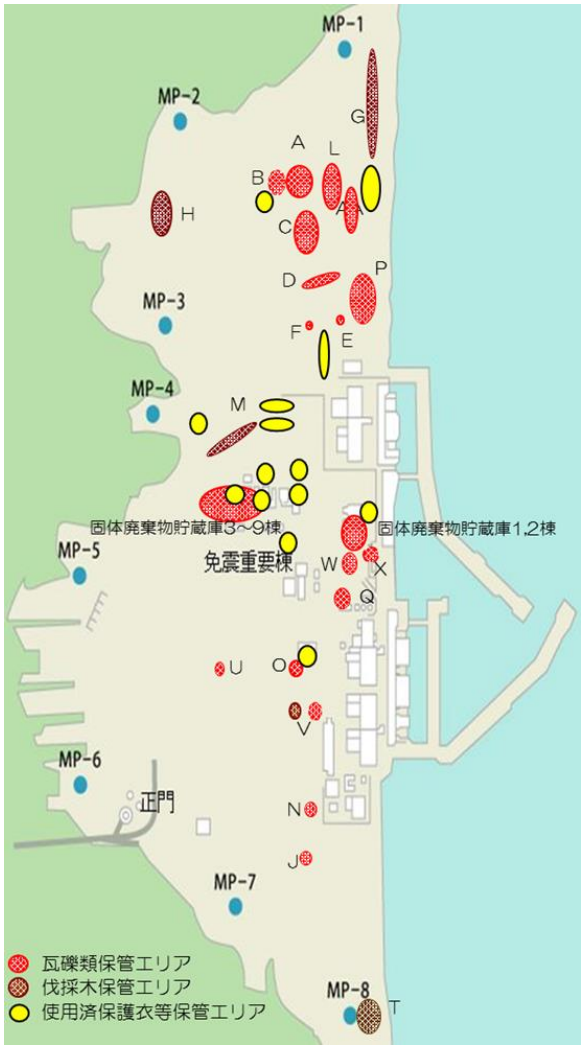
2021年2月末時点

分類		保管場所	実際の保管方法	可燃/不燃	エリア境界空間線量率（mSv/h）	保管量		容器数	内容物を速やかに把握できる容器数	内容物の把握に時間を要する、または困難な容器数（2017年12月以前に保管した容器）
瓦礫類	屋外集積（0.1mSv/h以下）	A	屋外集積	不燃	0.15	500	m³	—	—	—
		B	容器収納	可燃	0.01	5,300	m³	5,293	5,293	0
		C	シート養生	不燃	0.01未満	67,000	m³	—	—	—
			容器収納	不燃				184	183	1
		F2	容器収納	可燃	0.01未満	6,400	m³	6,356	6,356	0
		J	容器収納	可燃	0.01	6,200	m³	6,215	6,215	0
		N	タンク収納	不燃	0.01未満	9,600	m³	—	—	—
		O	屋外集積	不燃	0.01未満	44,000	m³	—	—	—
			容器収納	可燃				17,836	17,836	0
		P1	屋外集積	不燃	0.01未満	62,600	m³	—	—	—
			容器収納	可燃				5,332	5,332	0
				不燃				1,250	666	584
		U	屋外集積	不燃	0.01未満	700	m³	—	—	—
		V	容器収納	可燃	0.01	6,000	m³	6,000	6,000	0
		AA	容器収納	不燃	0.01未満	17,000	m³	515	515	0
		合計（0.1mSv/h以下）				225,300	m³	48,981	48,396	585
	シート養生（1mSv/h以下）	D	シート養生	不燃	0.01未満	2,600	m³	—	—	—
		E1	シート養生	不燃	0.02	14,600	m³	—	—	—
			容器収納					1,598	4	1,594
		P2	シート養生	不燃	0.01	5,800	m³	—	—	—
			容器収納					361	1	360
		W	容器収納	不燃	0.03	11,700	m³	1,489	1,398	91
		X	容器収納		0.01	7,900	m³	1,363	334	1,029
		合計（1mSv/h以下）				42,600	m³	4,811	1,737	3,074
	覆土式一時保管施設、容器（30mSv/h以下）	L	覆土式一時保管施設	不燃	0.01未満	16,000	m³	—	—	—
		E2	容器収納	不燃	0.01未満	1,100	m³	428	175	253
		F1	容器収納	不燃	0.01未満	600	m³	99	0	99
		Q	—	—	—	0	m³	—	—	—
		合計（30mSv/h以下）				17,700	m³	527	175	352
	合計（屋外保管の瓦礫類）							54,319	50,308	4,011
	固体廃棄物貯蔵庫	固体廃棄物貯蔵庫	容器収納	不燃	0.01	23,000	m³	3,842	3,729	113
使用済保護衣等	屋外集積（容器収納、袋詰め）	a	容器収納	可燃	0.01	1,000	m³	1,018	1,018	0
		b				4,300	m³	4,302	4,302	0
		c				0	m³	0	0	0
		d				0	m³	0	0	0
		e				0	m³	0	0	0
		f				2,200	m³	2,184	2,184	0
		i				11,700	m³	11,668	11,668	0
		j				1,300	m³	1,250	1,250	0
		k				4,000	m³	3,957	3,957	0
		l				4,600	m³	4,649	4,649	0
		m				0	m³	0	0	0
		n				0	m³	0	0	0
		o				2,100	m³	2,122	2,122	0
	合計（使用済保護衣等）					31,200	m³	31,150	31,150	0

優先順位2

優先順位1

※保管量は100m³未満を端数処理している



【参考10】屋外の瓦礫類・使用済保護衣等一時保管エリアの点検について（1）

- 点検目的
  一時保管エリアWの瓦礫類を収納した容器の腐食部から放射性物質が漏えいした可能性のある事象が発生したことを踏まえ、屋外の一時保管エリアのバウンダリ機能の健全性を確認
- 外観目視点検
  容器の外観目視点検を行うとともに、必要に応じて補修・詰替えを行う

優先順位 1

保管方法の分類上 バウンダリ機能（容器，シート養生）が必要なもの。このうち、2017年12月以前の古い容器

優先順位 2

保管方法の分類上 バウンダリ機能（容器，シート養生）が必要なもの。このうち、2017年12月以降の比較的新しい容器

保管方法の分類が「屋外集積」となっており、バウンダリ機能が必要ないもの。このうち、2017年12月以前の古い容器

保管方法の分類が「屋外集積」となっており、バウンダリ機能が必要ないもの

- 2017年12月以前に保管した瓦礫類（不燃物）（0.1～30mSv/h）3,426基
- 2017年12月以降に保管した瓦礫類（不燃物）（0.1～30mSv/h）1,912基
- 2017年12月以前に保管した瓦礫類（不燃物）（0.1mSv/h以下）※ 585基
- 2017年12月以降に保管した瓦礫類（不燃物）（0.1mSv/h以下）※ 1,364基
- 瓦礫類（可燃物）（0.1mSv/h以下）※ 47,032基
- 使用済保護衣等※ 31,150基

一時保管エリア内の屋外の容器 85,469基

※減容処理（焼却，破砕）予定

【参考11】屋外の瓦礫類・使用済保護衣等一時保管エリアの点検について（2）

- 内容物確認
  「内容物の把握に時間を要する、または困難な容器」（2017年12月以前に保管した容器）について、内容物を確認し、容器番号と内容物の紐づけをシステム管理にて行う

保管方法の分類上 バウンダリ機能（容器，シート養生）が必要なもの。このうち、2017年12月以前の古い容器

- 2017年12月以前に保管した瓦礫類（不燃物）（0.1～30mSv/h）3,426基

保管方法の分類上 バウンダリ機能（容器，シート養生）が必要なもの。このうち、2017年12月以降の比較的新しい容器

- 2017年12月以降に保管した瓦礫類（不燃物）（0.1～30mSv/h）1,912基

保管方法の分類が「屋外集積」となっており、バウンダリ機能が必要ないもの。このうち、2017年12月以前の古い容器

- 2017年12月以前に保管した瓦礫類（不燃物）（0.1mSv/h以下）※ 585基

保管方法の分類が「屋外集積」となっており、バウンダリ機能が必要ないもの

- 2017年12月以降に保管した瓦礫類（不燃物）（0.1mSv/h以下）※ 1,364基
- 瓦礫類（可燃物）（0.1mSv/h以下）※ 47,032基
- 使用済保護衣等※ 31,150基

一時保管エリア内の屋外の容器 85,469基

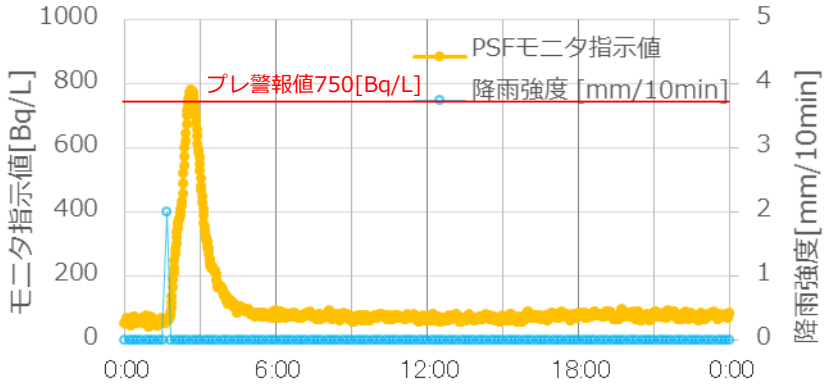
※減容処理（焼却，破砕）予定

天然核種によるPSFモニタ指示値上昇について

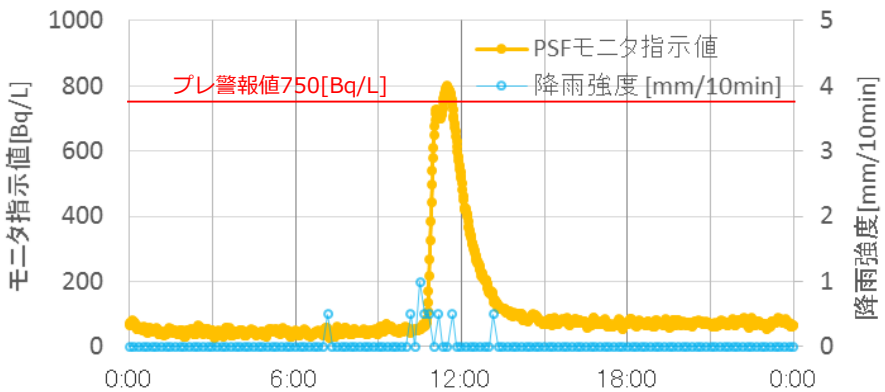
東京電力ホールディングス株式会社
福島第一廃炉推進カンパニー
福島第一原子力発電所　防災・放射線センター
放射線・環境部　放出・環境モニタリンググループ

1．プレ警報発報経緯

3/31、4/5の降雨開始後に物揚場排水路PSFモニタでプレ警報（750[Bq/L]）が発報した。
本報告書では、両日のゲート開閉判断の根拠を示すとともに、後日、降雨時のデータ採取を行い、天然核種の影響について解析したのでその内容を報告する。



3月31日物揚場PSFモニタトレンド



4月5日物揚場PSFモニタトレンド

■プレ警報時の判断

3/31、4/5のプレ警報が発報した原因は、特定の高線量汚染源からの漏出によるものではなく**天然核種の影響によるものと判断**しゲート閉止しなかった。（天然核種がモニタへ影響することについては、原子力発電所の運転経験から一般的なものであるといえる）

ゲート開閉判断の根拠

① 設備に異常がなかったこと（復旧班で確認）

② 指示値の低下が早いこと（P.2）

③ 他の排水路のモニタ指示値が同様な傾向にあること（P.3）

④ 少量の降雨があり、短半減期の天然核種（Pb-214-半減期26.8[min]、Bi-214-半減期19.9[min]）が検出されたこと（P.4）

⑤ Pb-214、Bi-214の和と全β放射能濃度の差が全β放射能濃度の通常変動範囲であること（P.4）

2．判断根拠②指示値の低下が早いことについて

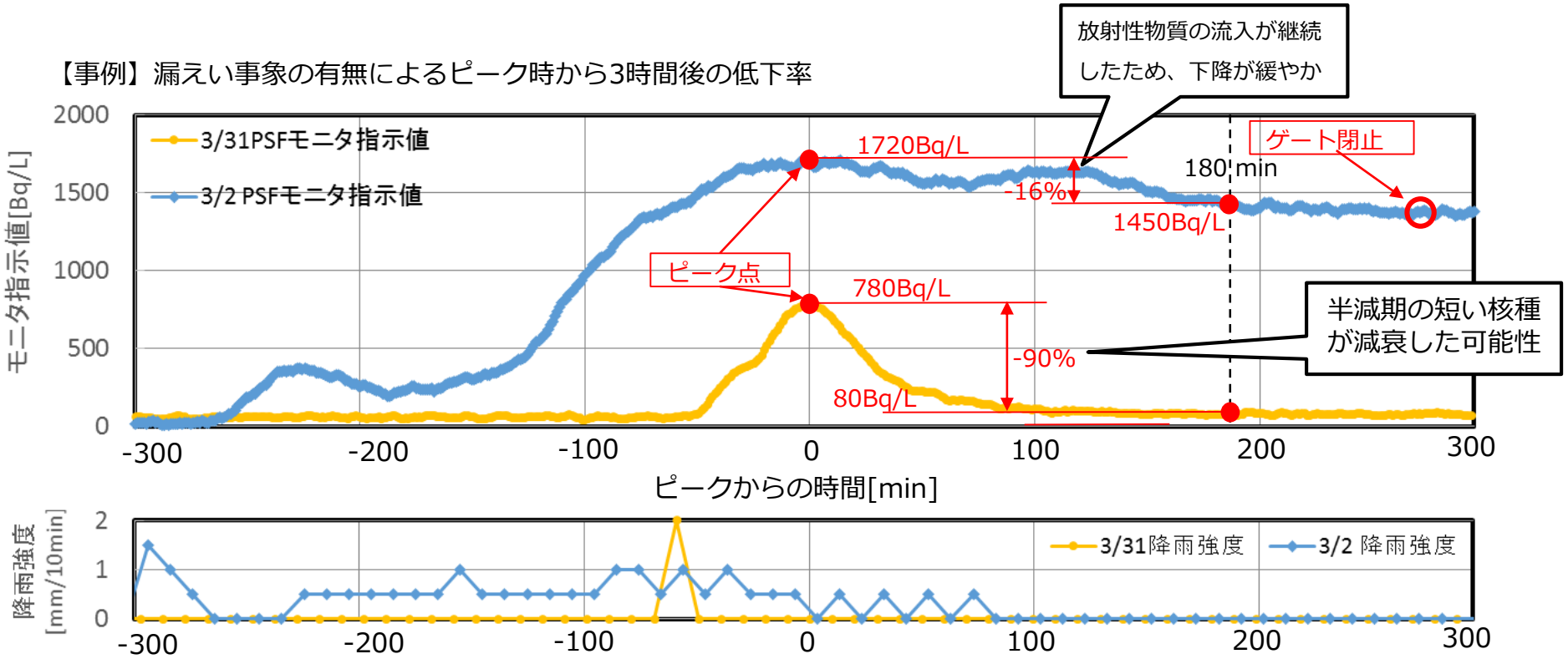
3月2日漏えい事象と3月31日（天然核種と判断した時）のPSFモニタ指示値低下の特徴
（PSFモニタ指示値の低下が早いことが、判断の１つになることの事例）

汚染源がある場合、排水路への放射性物質の流入が継続するため3/2のトレンドのようにピークからの指示値低下が遅くなる。

3/31のトレンドはピークからの指示値低下が早いため、次のことが言える。

- 放射性物質の流入が継続していない。
- 半減期の短い核種が減衰した可能性がある。

【事例】漏えい事象の有無によるピーク時から3時間後の低下率

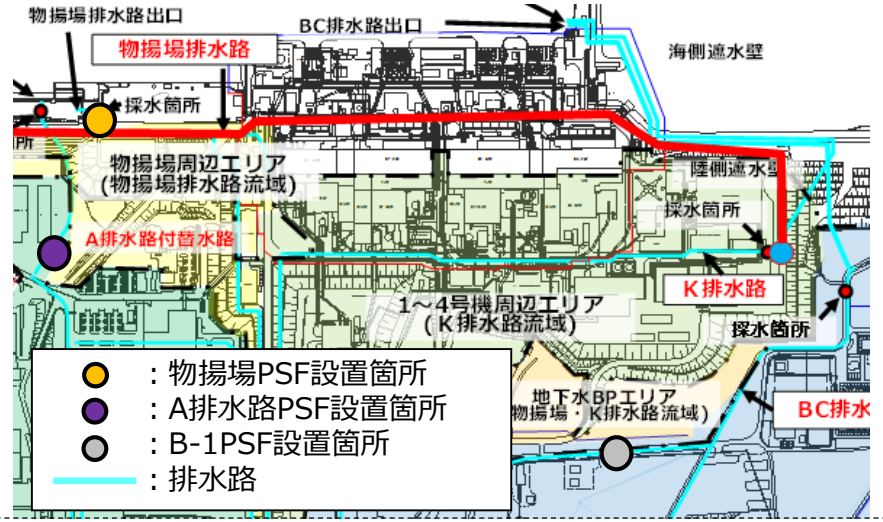


２．判断根拠③他の排水路のモニタ指示値が同様な傾向にあることについて

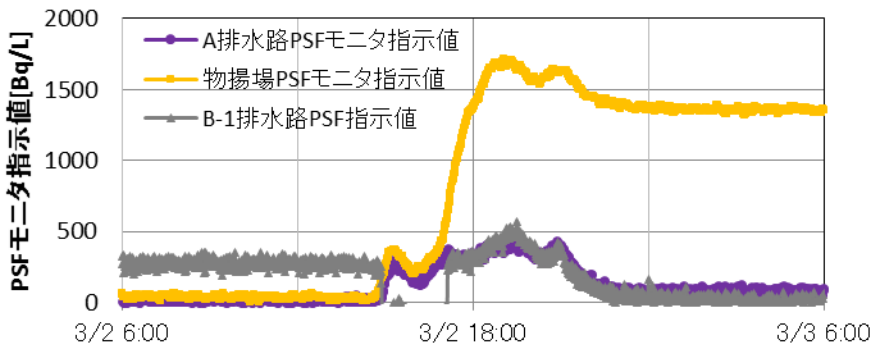
TEPCO

汚染源がある場合には3/2のトレンドのように放射性物質流入先の排水路のみPSFモニタ指示値が上昇する。

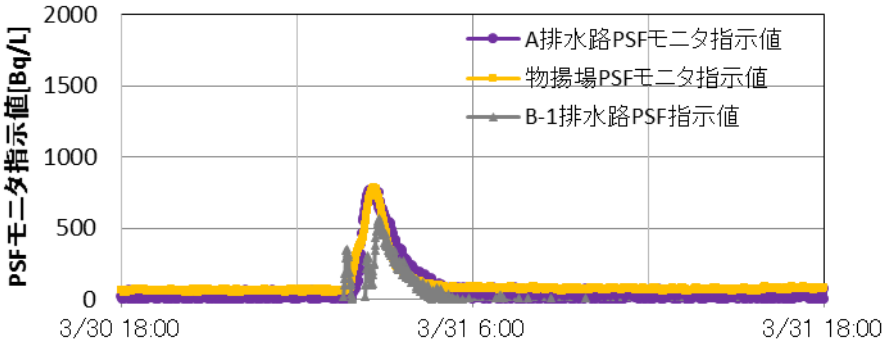
3/31、4/5のように他の排水路のモニタ指示値が同様な傾向にある場合、特定の汚染源からの流入ではなく、敷地の広域に影響を及ぼす要因（例えば、気中の放射性物質が降雨によって地表面に落ちてきた）であるといえる。



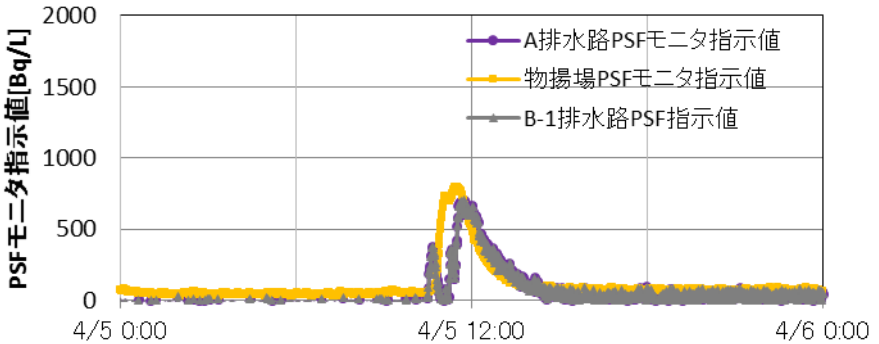
3/2汚染源あり



3/31汚染源なし



4/5汚染源なし



降雨後の分析結果を下表に示す。

汚染源がある場合、Sr-90・Y-90が流入することから3/2の分析結果のようにCs-137、Pb-214、Bi-214の濃度和は全β放射能濃度と大きな差が生じる。

3/31、4/5の分析結果から次のことが言える。

- 短半減期の天然核種（Pb-214-半減期26.8[min]、Bi-214-半減期19.9[min]）が検出されており、警報発生時には高濃度であったと考えられる。
- Pb-214、Bi-214の和と全β放射能濃度の差が全β放射能濃度の通常変動範囲であることから、汚染源由来のSr-90・Y-90が含まれていない。

分析結果

サンプリング日時	Cs-137 [Bq/L]	全β [Bq/L]	Pb-214 [Bq/L]	Bi-214 [Bq/L]	全β - （Pb-214+Bi-214） [Bq/L]
2021/3/2 18:45	16	890	15	23	850
2021/3/31 3:20	5.2	15	3.4	4.5	7.1
2021/4/5 12:00	8.3	37	4.6	8.5	24

※検出された核種を記載する。※※減衰補正していない分析値である。

サンプリング時刻に天然核種がどの程度まで上昇しているのか検証するため、追加調査を行った結果を次ページ以降で説明する。

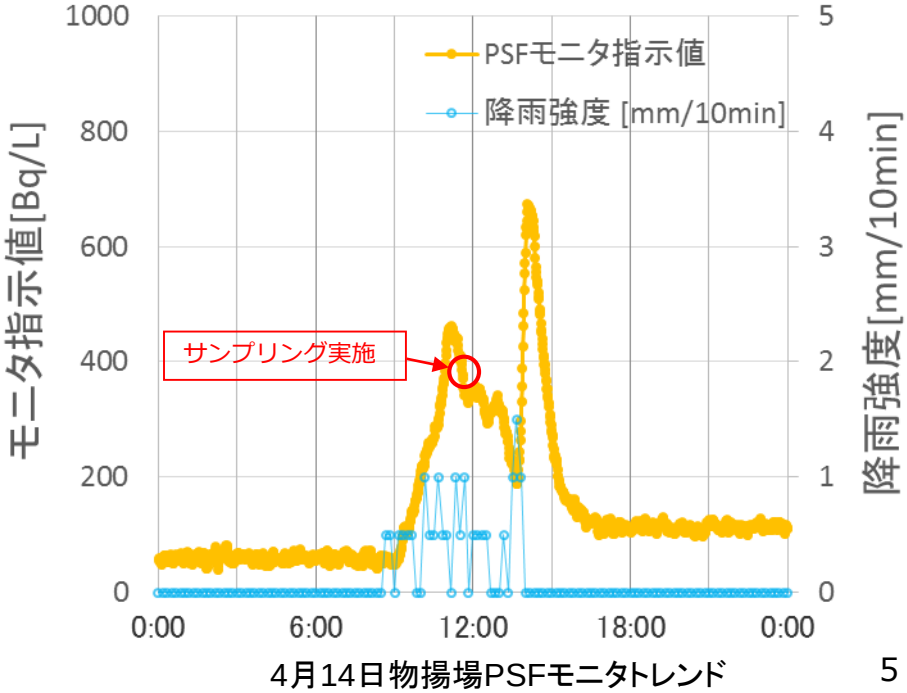
３．追加調査　（１）調査計画

3/31・4/5のPb-214及びBi-214の濃度が低い理由として、降雨開始からサンプリングまでの時間が長いため捕集できなかったことが考えられる。

追加調査の内容

- 半減期の短い天然核種が減衰する前の濃度を確認するため、降雨開始後早い時間に物揚場排水路水のサンプリング分析を行う。
- 本流と合流し希釈される前の濃度を確認するためにエリアW2のサンプリング分析を行う。

4/14の降雨後にPSFモニタ指示値が上昇したため、物揚場排水路（下図①）と物揚場排水路上流の エリアW2（下図②）の2箇所でサンプリングを行った。



4月14日物揚場PSFモニタトレンド

３．追加調査　（２）天然核種調査分析結果

TEPCO

- 全β放射能濃度の内ほとんどが短半減期核種であることを示すため、濃度が低下する前に測定した結果、採取から約１時間後では、全β、天然核種（Pb-214、Bi-214）が検出されたが、約４時間後に同じサンプルを測定した結果、全βが低下していることを確認した。
- Pb-214とBi-214が過渡平衡にあるときBi-214の放射能濃度はPb-214の2.9倍になるはずであるが分析結果からおおよそ2倍であることがわかった。

エリアW2付近溜枡分析結果

単位：[Bq/L]

サンプリング		測定時刻	Cs-137	全β	Pb-214	Bi-214
2021/4/14 11:35	1回目	13:17	21	120	32 (48)※1	65 (85)※1
	2回目	16:31	21※2	38	0※2	0※2

物揚場排水路分析結果

単位：[Bq/L]

サンプリング		測定時刻	Cs-137	全β	Pb-214	Bi-214
2021/4/14 11:55	1回目	13:07	17	84	18 (27)※1	38 (50)※1
	2回目	16:41	17※2	29	0※2	0※2

※1 Pb-214, Bi-214濃度の()内は測定開始時刻の濃度に補正した値

※2 半減期より評価

３．追加調査　（３）サンプリング時刻の天然核種濃度和

Pb-214の減衰補正を行ったところ、サンプリング時刻のPb-214値はW2エリア付近溜枡で約670[Bq/L]物揚場排水路で約170[Bq/L]であった。Bi-214は分析結果を基にPb-214の濃度の2倍として各地点で1340[Bq/L]、340Bq/L]となった。

このことからサンプリング時刻や希釈条件によっては天然核種で排水路水放射能濃度がPSFプレ警報（750[Bq/L]）を超える2010[Bq/L]程度まで上昇することがわかった。

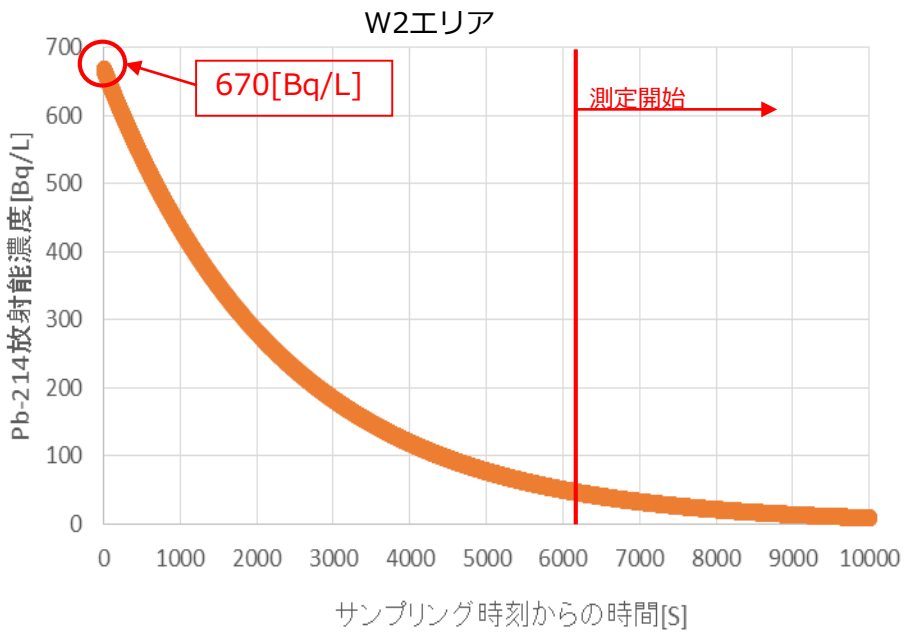
W2エリア付近溜枡放射能濃度　　単位：[Bq/L]

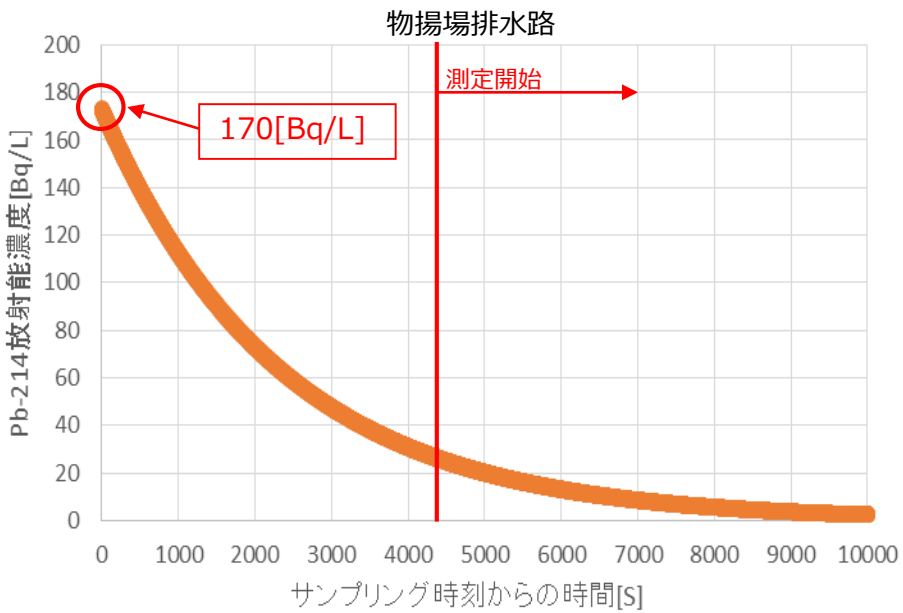
サンプリング日時	Pb-214	Bi-214	合計
2021/4/14 11:35	670	1340※	2010

※分析結果からBi-214の濃度をPb-214の2倍と仮定して概算した値

物揚場排水路放射能濃度　　単位：[Bq/L]

サンプリング日時	Pb-214	Bi-214	合計
2021/4/14 11:55	170	340※	510





（参考１）Pb-214とBi-214の過渡平衡

Pb-214とBi-214が過渡平衡にあるとき、次の式が成り立つ。

<u>P-214・Bi-214の放射能濃度関係式</u>

$$A_{Bi-214} = \frac{\lambda_{Pb-214}}{\lambda_{Bi-214} - \lambda_{Pb-214}} A_{Pb-214} \Leftrightarrow \frac{A_{Bi-214}}{A_{Pb-214}} = 2.9$$

A_{Pb-214}：Pb-214の放射能濃度 [Bq/L]

A_{Bi-214}： Bi-214の放射能濃度 [Bq/L]

λ_{Pb-214}：Pb-214の壊変定数 [-]

λ_{Bi-214}：Bi-214の壊変定数 [-]

Bi-214の放射能濃度はPb-214の2.9倍となるはずであるが分析結果は2倍であり、何らかの影響で過渡平衡に至っていないと考えられる

７ページの評価では、実測値を基にBi-214値はPb-214値の2倍と仮定した。

（参考２）天然核種による放射線モニタ上昇の報告事例

TEPCO

Pb-214とBi-214が検出されていることから文献調査を行ったところ、当社や他電力を含む機関から降雨時に天然核種によって放射線モニタが上昇することが報告されており 、一般的な事象であるといえる。

【文献例】

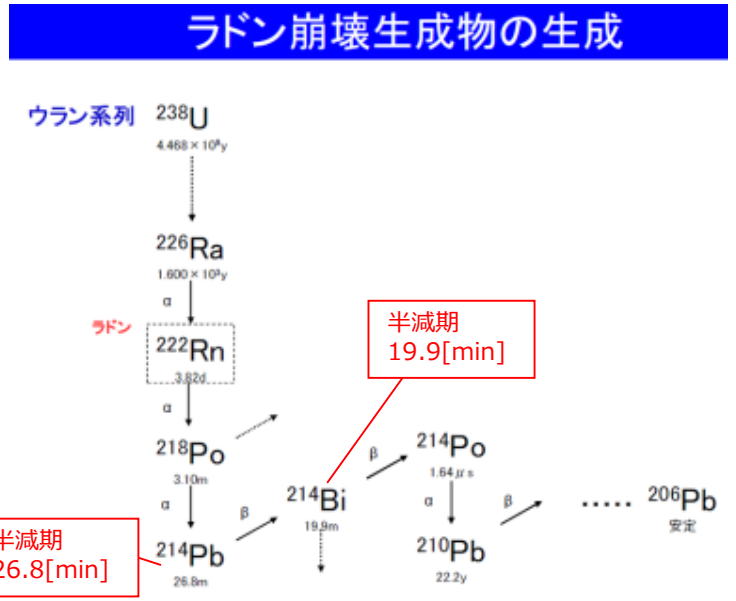
- JAERI-1079，石原豊秀 他，日本原子力研究所（東海村）周辺における環境放射線および放射能の測定と考察

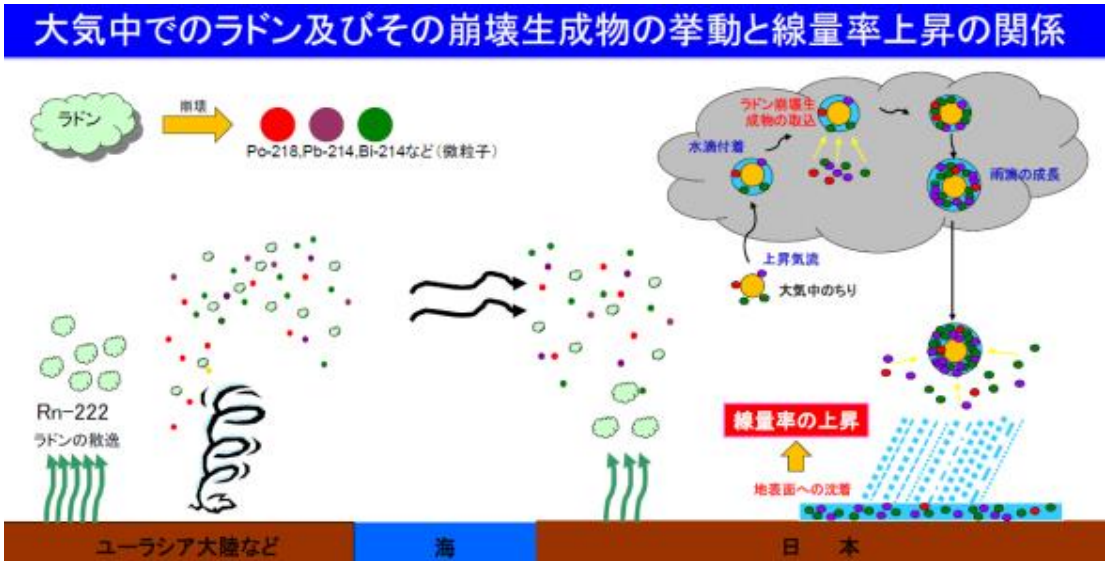
  ⇒東海研究所の排水溝に設置された排水モニタで連続測定した結果、強い放射能を含んだ降雨の際には、排水モニタにも影響を与えたことを示した。

- 日本原子力学会誌，吉田芳和ほか，雨水中自然放射能の排水モニタに及ぼす影響(1968)

  ⇒大洗研究所のJMTRに設置している排水モニタで測定を行った結果、雨水のスペクトルにはRnとTnの娘核種のフォト・ピークがはっきりと認められた。雨水中の主な放射性核種は、大気中の塵埃に付着している短半減期のRn娘核種であることが確認できた。

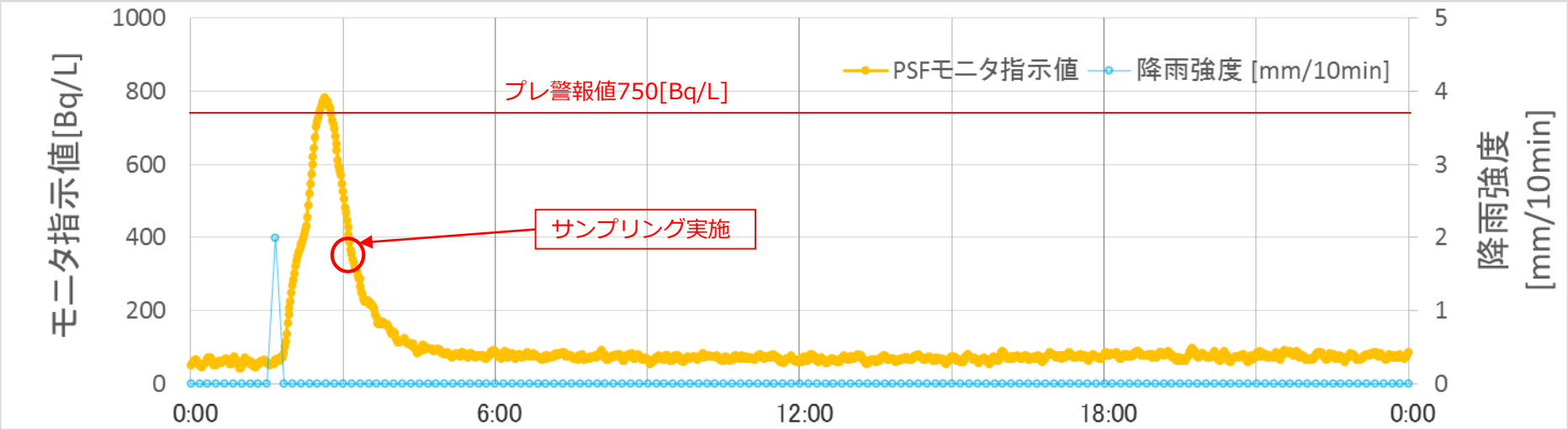
天然核種の水への移行イメージ



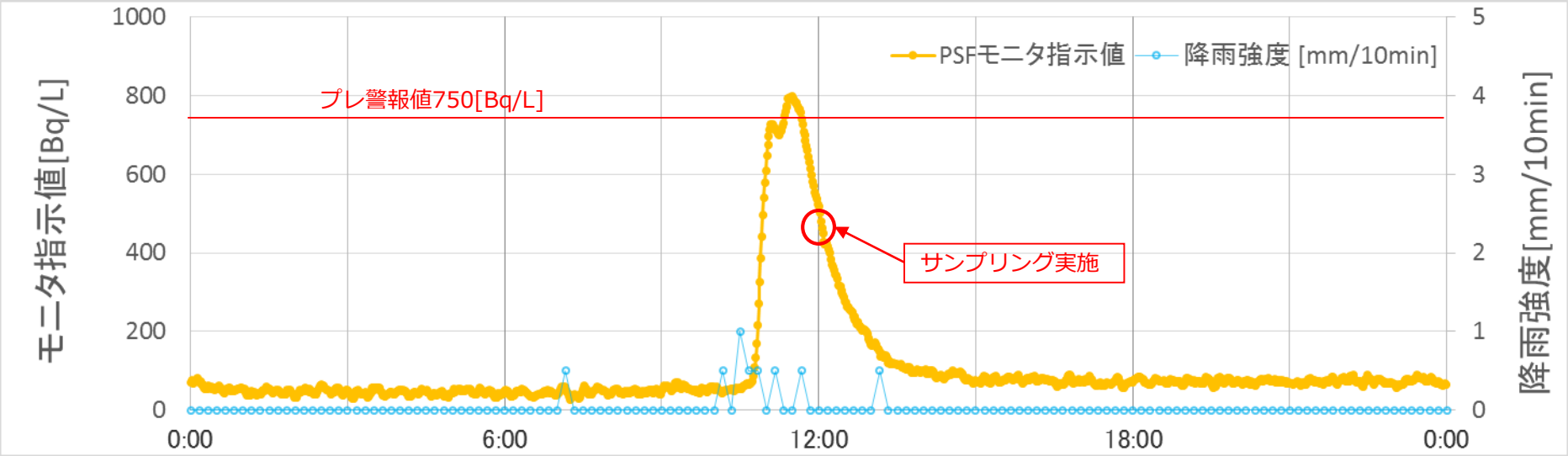


【引用】静岡県環境放射能測定技術会，浜岡原子力発電所周辺環境放射能調査結果（2018）より

（参考３）3/31・4/5サンプリング実施時刻



3月31日物揚場PSFモニタトレンド



4月5日物揚場PSFモニタトレンド

（参考４）PSFモニタピーク値との差異について(サンプリング時点濃度評価)

- PSFモニタ高値の原因を天然核種と判断
  ⇔サンプリング測定で得られた放射能濃度(測定開始時点)はPSFモニタ値よりも小さい(1/10以下)
  - サンプリング時点のPb-214濃度はPSFモニタピークの1/3~1/80程度
    - Pb-214濃度は半減期から算出
  - 複数回γ線測定は未実施
    ⇒Bi-214のサンプリング時濃度は計算できない(Pb-214は算出可)
    (方程式の解が一意に定まらない。算出には2回のγ線測定が必要)
    - 測定時点でBi-214の放射能はPb-214の1~2倍程度
      ⇔過渡平衡にあるとき2.9倍
      ⇒過渡平衡には到達していないためPb-214濃度から算出もできない
    - Bi-214濃度はPb-214の1~3倍の範囲にあると推定

サンプリング日時	Cs-137 (Bq/L)	全β (Bq/L)	Pb-214 (Bq/L)	Pb-214 (Bq/L) [サンプリング時]	Bi-214 (Bq/L)	直近のPSFモニタピーク値(Bq/L)と時刻
3/31 3:20	5.2	15	5.1	9.7	5.0	783 2:37
4/5 12:00	8.3	37	6.9	31	11	799 11:29
4/14 11:55	17	84	27	172	50	461 11:10

Pb-214, Bi-214濃度は測定開始時点の濃度に補正済み。全β放射能濃度は補正なし