

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27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

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
 - ・ サンプルングにより全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エネルギーを保守的（※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放射エネルギーは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**

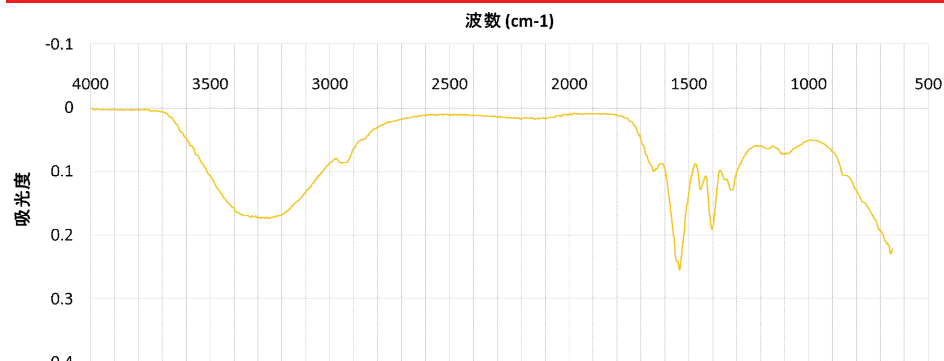
1. コンテナ内容物調査の目的と内容について

- 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

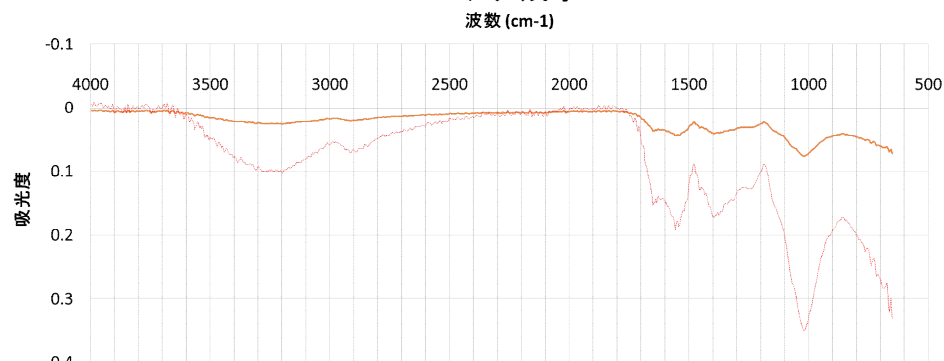


- 汚染源の確認・物質の同定のため以下の調査を実施
 - ・ 赤外線分光分析法[以下、IR分析]による分子構造の推定
 - ・ 放射能濃度測定
 - ・ Na濃度
 - ・ シリカ(SiO_2)濃度
 - ・ TOC (溶存有機炭素, Total Organic Carbon)測定

2-1. IR分析結果

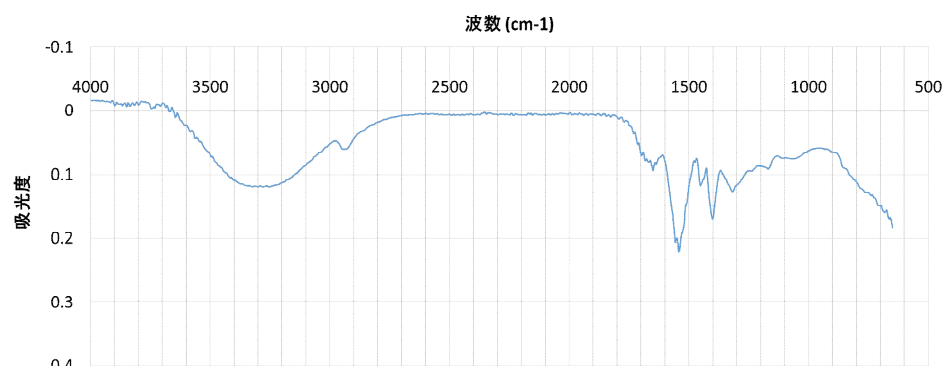


コンテナ残水

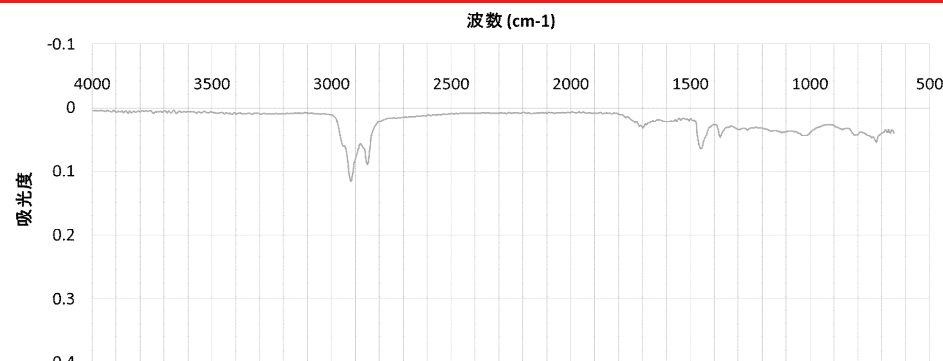


堆積物④ 水層*

*: 測定されたスペクトルと5倍に強調したスペクトル



高分子吸収材 標品



堆積物④ ヘキサン層



アスファルト標品

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

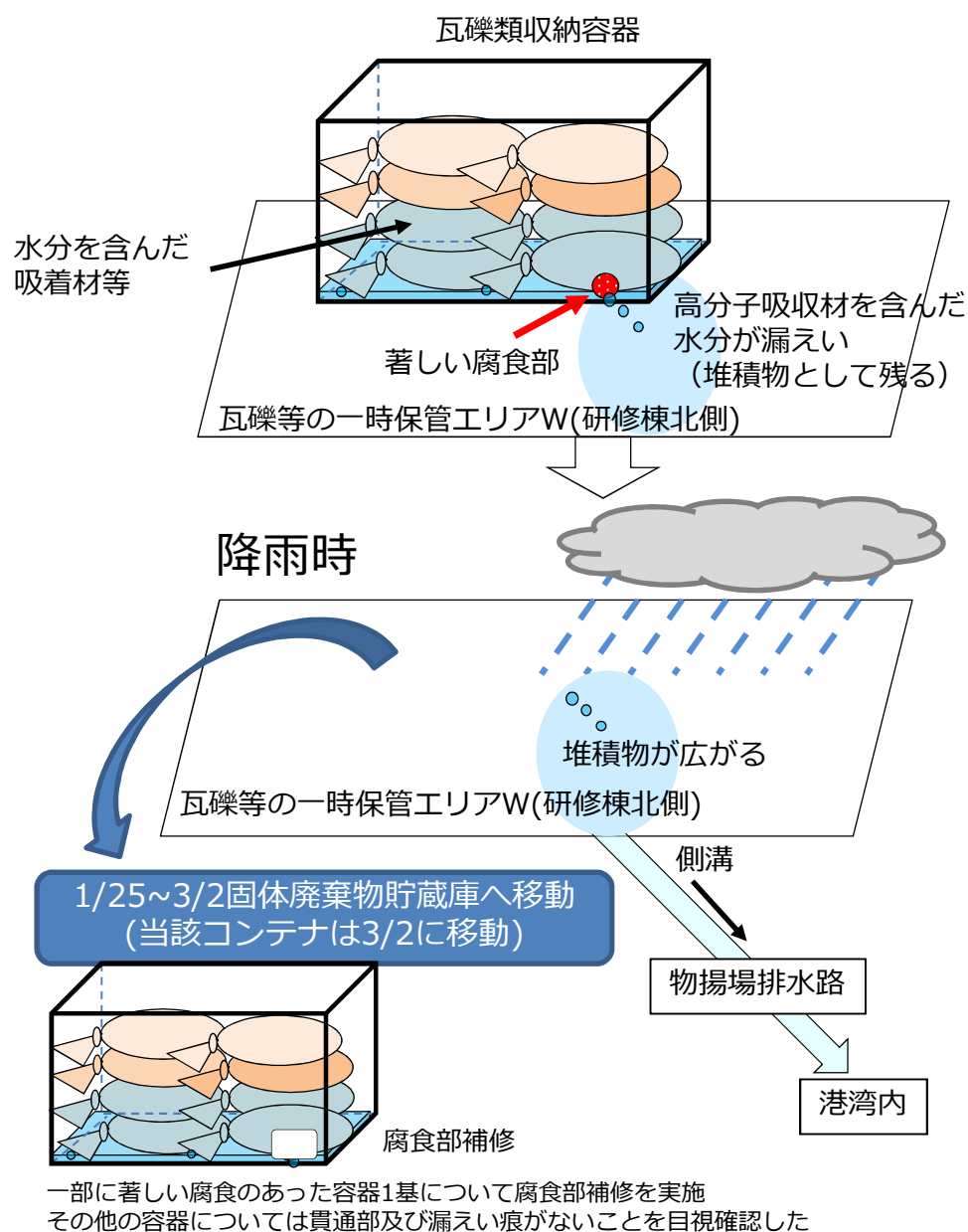
- ✓ 堆積物、コンテナ残水ともに、Cs-137に比べSr-90が有意に高い
- ✓ 堆積物およびコンテナ残水ともに、NaおよびTOCを含む
 - ⇒有機物の可能性高
 - ⇒水ガラスの場合よりSiO₂/Naが小さい
 - ・ 高分子吸収材の場合もNaを含む(ポリアクリル酸のNa塩)
 - ・ Naは海塩由来の可能性もある
- ・ IR分析結果と併せて堆積物はコンテナ内に存在した高分子吸収材由来と判断した

○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）



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、70 μ m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）
（70 μ m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）
（70 μ m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 $\beta\gamma$ 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P S F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 $\beta+\gamma$ 核種）を区別できなかった



弁別型P S F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

 5,338基の中で、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）

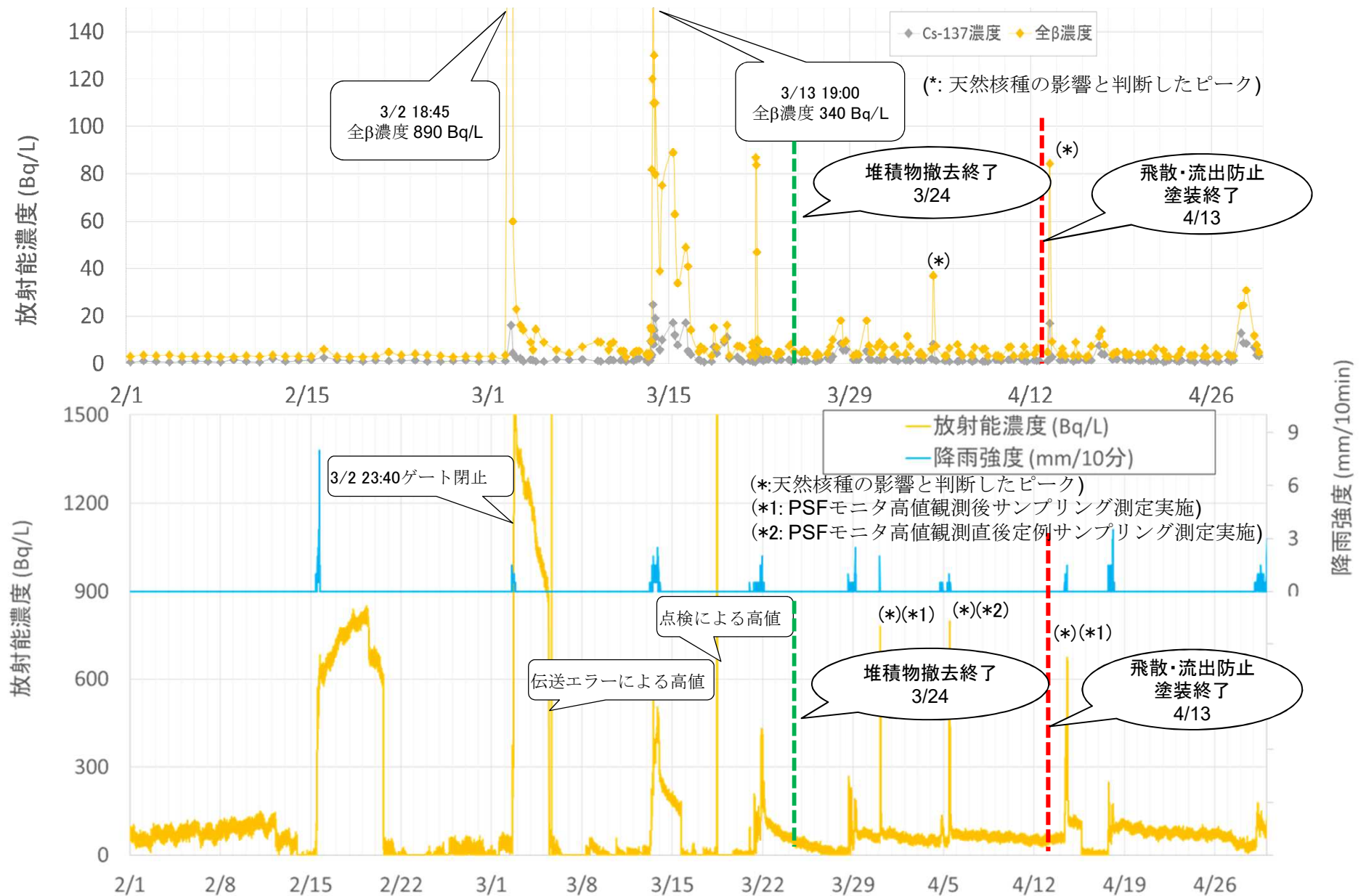
- コンテナの一時保管を申請する際、収納物に水分を含んでいないことを確認するため、収納物の写真を添付して申請する運用に変更(新規)
- バウンダリ機能（容器、シート養生）が必要※な容器を保管している一時保管エリアのモニタリングの強化
＜瓦礫類収納容器の外観目視点検中のモニタリング強化（新規）＞
容器から放射性物質が漏えいしていないことを確認するため、一時保管エリアの排水経路となっている側溝や溜枳直近の線量当量率（70μm, 1cm）を1回/日（日曜日除く）定点測定し、有意な変動が無いことを確認する
- ＜一時保管エリアのモニタリング（継続）＞
エリア巡視及び空間線量率測定：1回/週、空气中放射性物質濃度測定：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※				■			

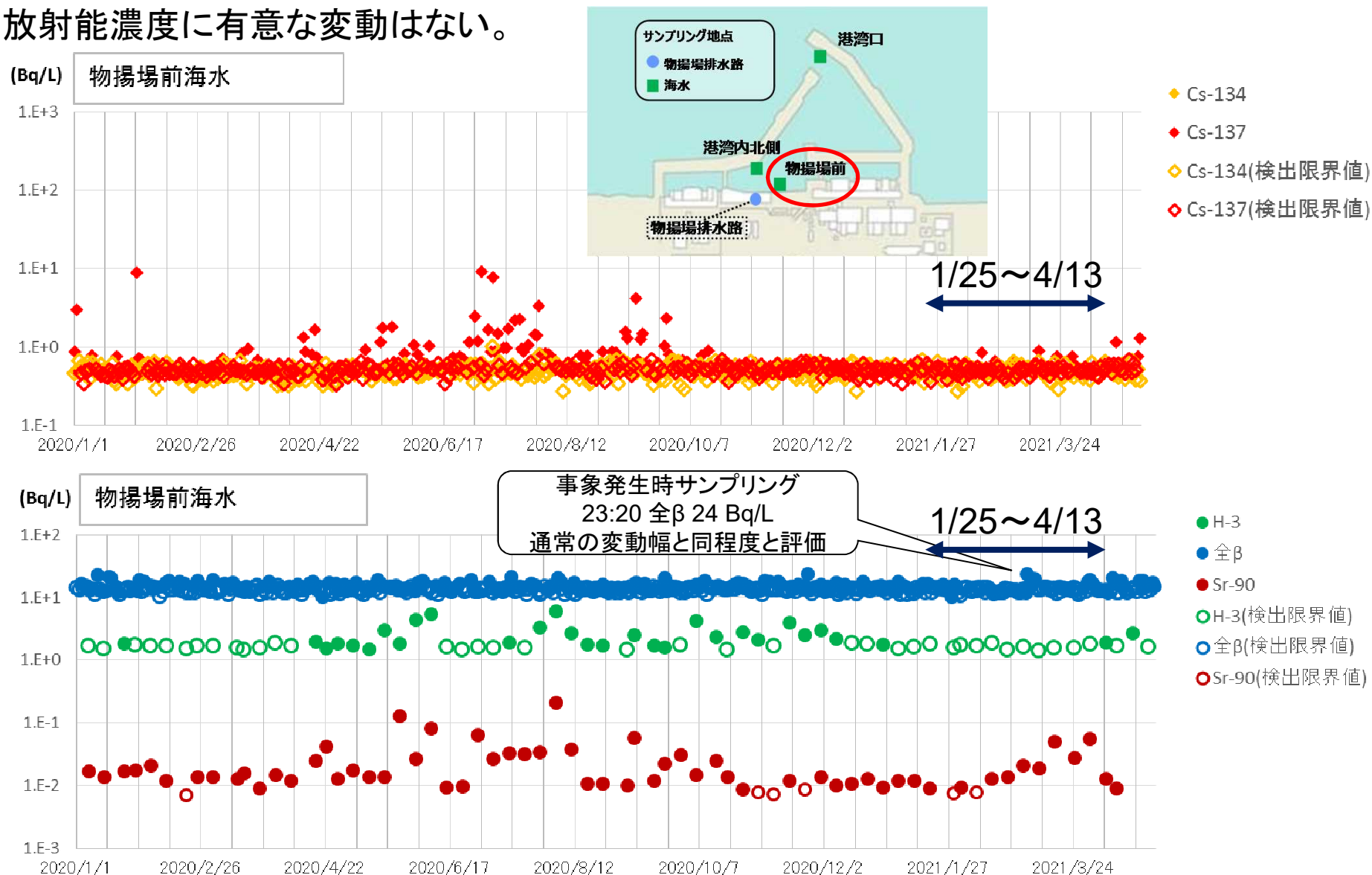
※詳細スケジュール検討中

【参考1】 PSFモニタ及びサンプリング測定結果トレンド

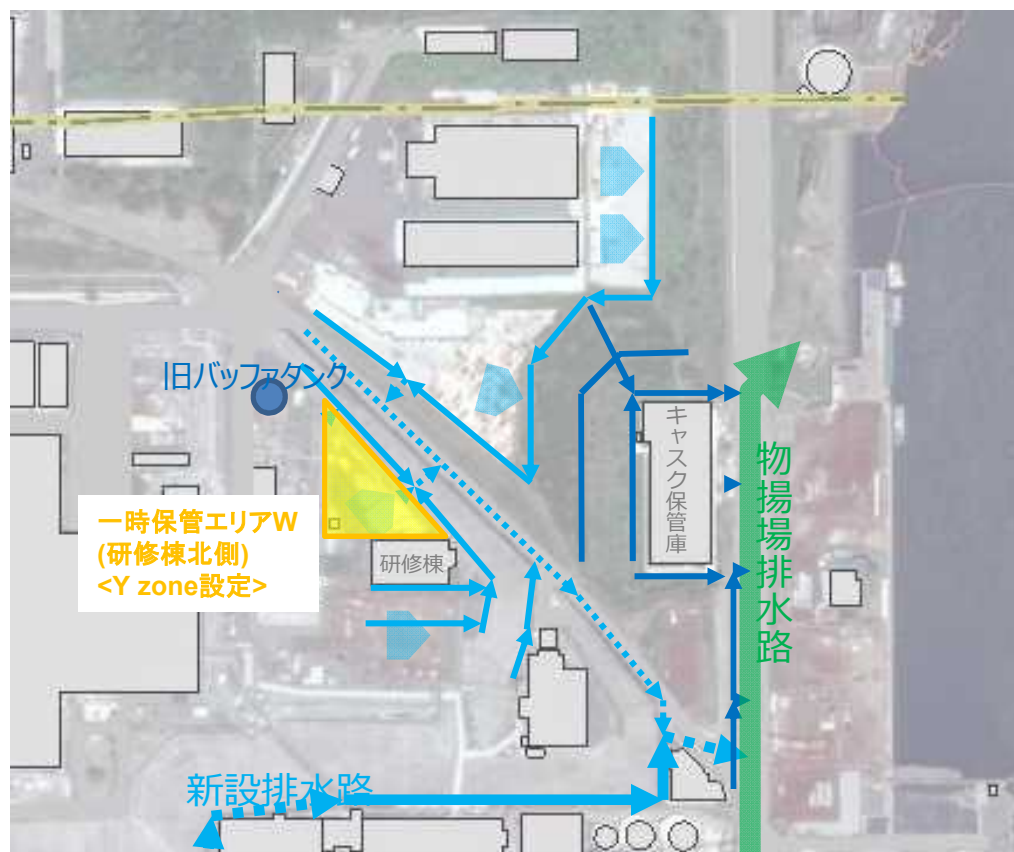


【参考2】漏えい事象発生時の海水モニタリング状況

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

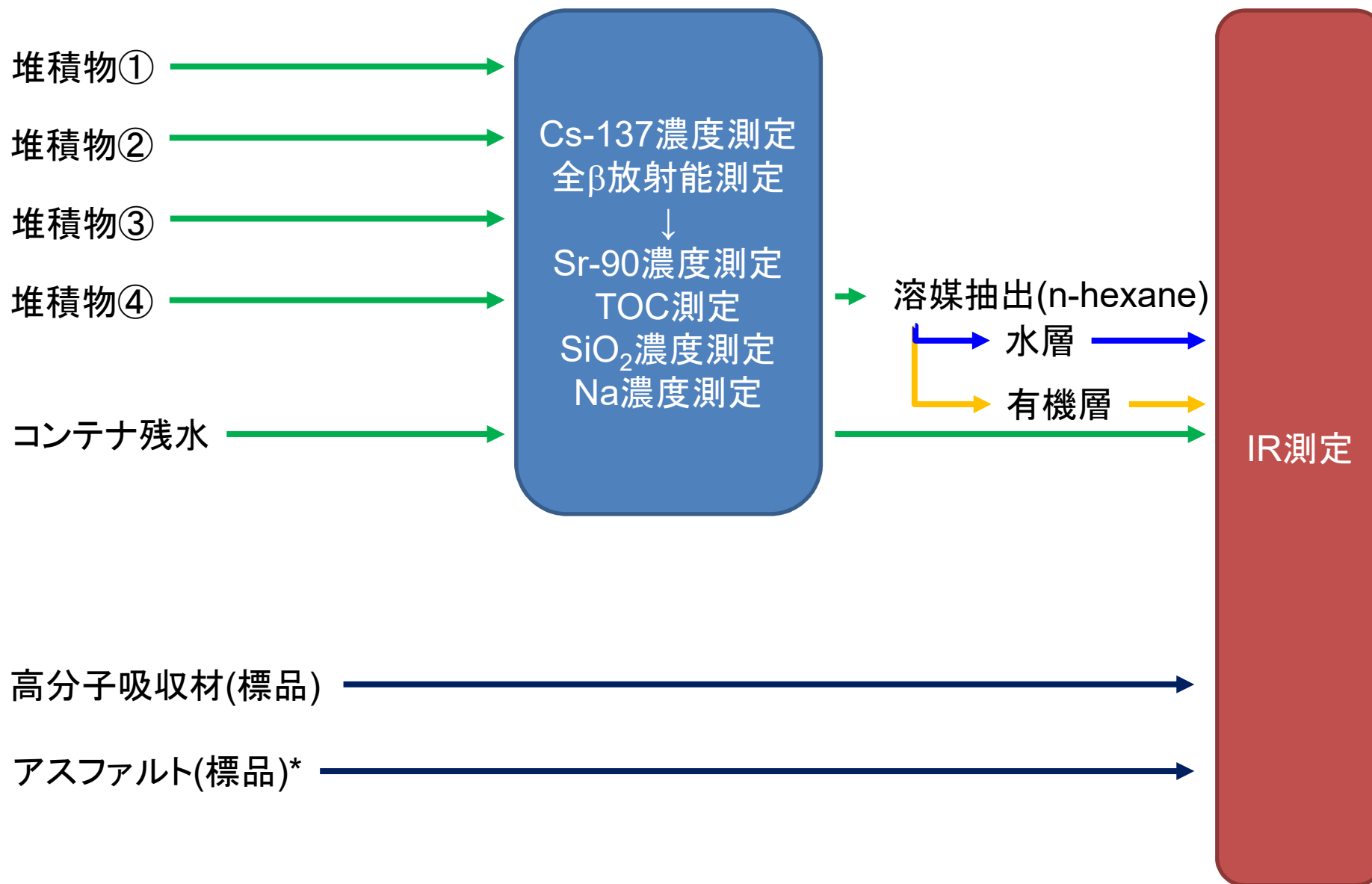
1. 汚染源であるかどうかの判断

- 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

震災前に発生

〔放射性固体
廃棄物〕

発生※1

保管※2

震災後に発生

〔瓦礫等〕

発生

必要に
応じて

仮設集積

一時保管

一部実施

一部実施※3

保管

再利用

〔水処理二次廃棄物〕

発生

一時保管

未実施

保管

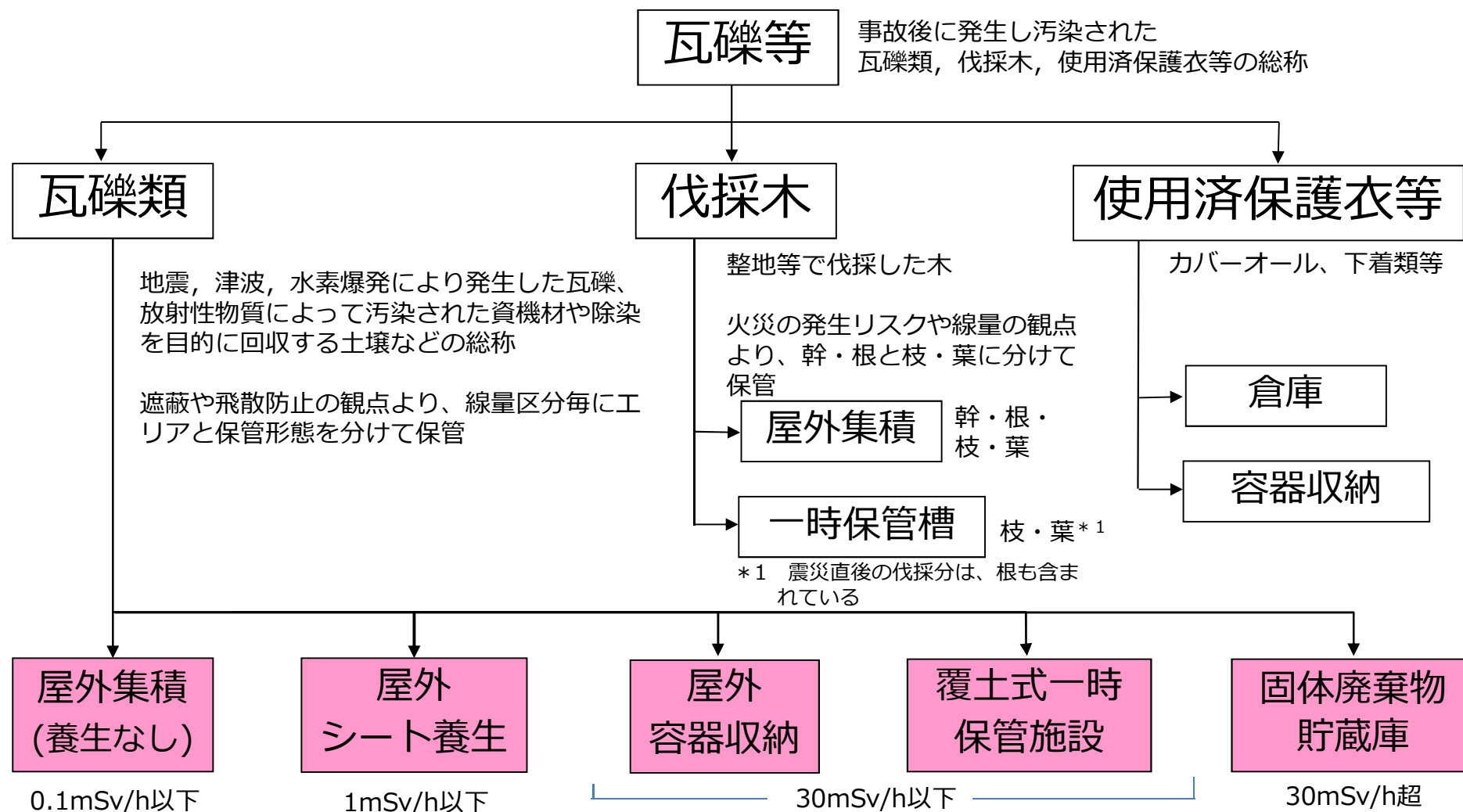
※1 震災時に設備内に存置されていた樹脂等が今後発生する見込み

※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)空气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。
- 屋外の一時的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

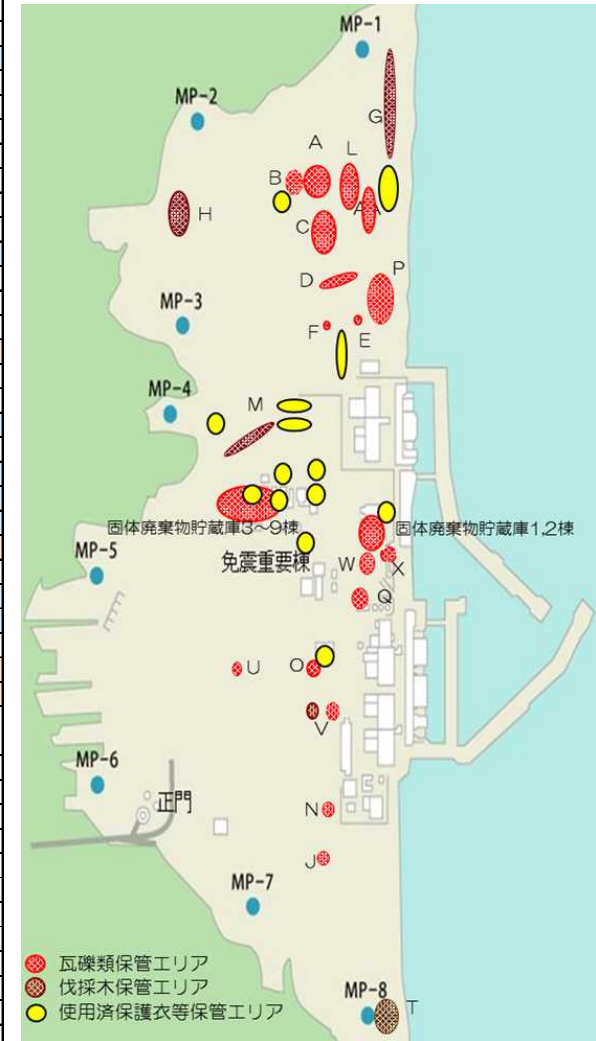
※システム管理以降は、瓦礫類（不燃物）を収納した容器ごとに、容器番号と内容物をシステム登録する運用とした

【参考9】瓦礫類・使用済保護衣等の管理状況

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	m ³	—	—	—	
		B	容器収納	可燃	0.01	5,300	m ³	5,293	5,293	0	
		C	シート養生	不燃	0.01未満	67,000	m ³	—	—	—	
			容器収納	不燃				184	183	1	
		F 2	容器収納	可燃	0.01未満	6,400	m ³	6,356	6,356	0	
		J	容器収納	可燃	0.01	6,200	m ³	6,215	6,215	0	
		N	タンク収納	不燃	0.01未満	9,600	m ³	—	—	—	
		O	屋外集積	不燃	0.01未満	44,000	m ³	—	—	—	
			容器収納	可燃				17,836	17,836	0	
		P 1	屋外集積	不燃	0.01未満	62,600	m ³	—	—	—	
			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	m ³	—	—	—		
	V	容器収納	可燃	0.01	6,000	m ³	6,000	6,000	0		
	AA	容器収納	不燃	0.01未満	17,000	m ³	515	515	0		
	合計（0.1mSv/h以下）						225,300	m ³	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	m ³	—	—	—	—
		E 1	シート養生	不燃	0.02	14,600	m ³	—	—	—	—
			容器収納					1,598	4	1,594	
		P 2	シート養生	不燃	0.01	5,800	m ³	—	—	—	—
			容器収納					361	1	360	
		W	容器収納	不燃	0.03	11,700	m ³	1,489	1,398	91	
		X	容器収納		0.01	7,900	m ³	1,363	334	1,029	
		合計（1mSv/h以下）						42,600	m ³	4,811	1,737
	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	m ³	—	—	—	—
		E 2	容器収納	不燃	0.01未満	1,100	m ³	428	175	253	
		F 1	容器収納	不燃	0.01未満	600	m ³	99	0	99	
Q		—	—	—	0	m ³	—	—	—		
合計（30mSv/h以下）						17,700	m ³	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	m ³	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	m ³	1,018	1,018	0	
		b				4,300	m ³	4,302	4,302	0	
		c				0	m ³	0	0	0	
		d				0	m ³	0	0	0	
		e				0	m ³	0	0	0	
		f				2,200	m ³	2,184	2,184	0	
		i				11,700	m ³	11,668	11,668	0	
		j				1,300	m ³	1,250	1,250	0	
		k				4,000	m ³	3,957	3,957	0	
		l				4,600	m ³	4,649	4,649	0	
		m				0	m ³	0	0	0	
		n				0	m ³	0	0	0	
		o				2,100	m ³	2,122	2,122	0	
		合計（使用済保護衣等）						31,200	m ³	31,150	31,150

※保管量は100m³未満を端数処理している

2021年2月末時点



【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**

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

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**

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

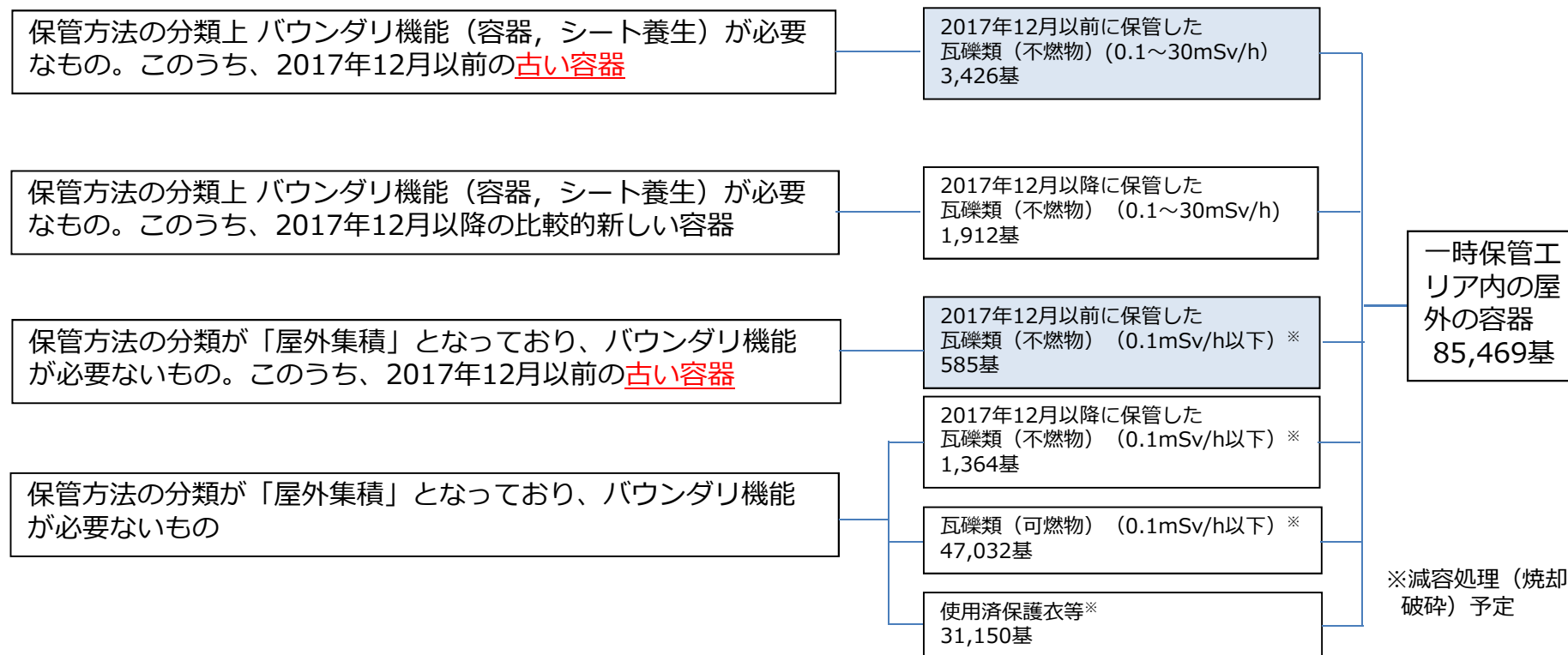
一時保管エ
リア内の屋
外の容器
85,469基

※減容処理（焼却、
破碎）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



【参考12】物揚場排水路における $\beta\gamma$ 弁別型PSFモニタの状況

- JAEAから借用中の $\beta\cdot\gamma$ 弁別型PSFモニタについて3月17日に検出器を排水路内へ設置した
 - 同日より試運用開始
- 5月21日より運用を開始
- 5月25日午後4時15分頃、モニタ指示値が0となっていることを確認
 - （午後3時32分以前のデータについては正常であることを確認済み）
- 原因について、5月28日から、JAEAによる調査を行う予定
 - なお、物揚場排水路の連続監視については、PSFモニタにおいて、正常に実施できていることを確認している。
- また、PSFモニタ値($\beta+\gamma$)、ならびに定例サンプリングにおいて、物揚場排水路の放射能濃度に有意な変動がないことを確認している。
- 引き続き、JAEAと連携し、原因調査等を行い、原因が判明次第、適切に対策を講じていく。