

2023年5月29日 第3回ALPS処理水モニタリングシンポジウム

ALPS処理水の海洋放出方法



【本日のご説明事項】

1. 海洋放出設備について
2. 海洋放出時の監視および情報発信
3. 海域モニタリング
4. 海洋生物の飼育試験

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
松本 純一

1. 海洋放出設備について

原子力規制委員会に認可された実施計画に基づき、設備を設計・建設しています。また、原子力規制委員会による使用前検査によって、実施計画通りに建設されたことが確認されます。

ALPS処理水希釈放出設備とその役割〔安全対策〕

ポイント 1

タンクに保管されている水のトリチウム以外の放射性物質は、放出前の段階で、国の規制基準値を確実に下回るまで何回でも浄化処理します。

⇒ 規制基準値を超える処理途上水をそのまま放出することはありません

二次処理設備（新設逆浸透膜装置）

二次処理設備（ALPS）

ALPS処理水等タンク

海水配管ヘッダ
（直径約2m×長さ約7m）

海拔33.5m

海拔11.5m

海拔2.5m

希釈設備

ポイント 4

放出中は、ALPS処理水や希釈用の海水の移送ポンプの運転状態、弁の開閉状態、流量など監視、コントロールし、ALPS処理水を、トリチウム濃度1,500ベクレル/ℓ未満、年間トリチウム総量22兆ベクレルを下回るよう管理して放出します。

⇒ 廃炉に支障がない範囲で、これらをできる限り小さくします

ポイント 2

ALPS処理水の水質を均一にしたうえで、69種類の放射性物質の濃度を毎回測定・評価し、トリチウム以外の放射性物質について規制基準を満たすことが確認できたものだけを放出します。

測定・確認用設備

移送設備

ローテーション

放出

受入

測定・確認

ALPS処理水移送ポンプ

流量計・流量調整弁・緊急しや断弁（津波対策）

防潮堤

緊急しや断弁

海水流量計

海水移送ポンプ（3台）

5号機取水路

希釈用海水
（港湾外から取水）

ポイント 3

ALPS処理水の希釈放出において、異常が生じた場合は、移送ポンプを停止し、海洋放出を停止します。加えて、複数の緊急しや断弁が自動で閉止します。

放水立坑（下流水槽）

海へ

放水トンネル（約1km）

放水設備

放水立坑（上流水槽）

当面は放水立坑（上流水槽）が満水になる前に一旦流入を停止し、流入した水のトリチウム濃度を直接確認後放出します。放出後のトリチウムの状況については、国の「総合モニタリング計画」のもとで、当社だけでなく複数の機関でモニタリングされます。

立体概略図

ALPS 処理水希釈放出設備の概略図



ALPS処理水を放出前に最終確認する核種

- 下表の69核種について、放出前に測定・分析します。
- 特に、29核種については、国の規制基準を満足していることを必ず確認します。

測定・評価対象核種：29核種

C-14 炭素	Sr-90 ストロンチウム	I-129 ヨウ素	Eu-154 ユウロピウム	Pu-239 プルトニウム
Mn-54 マンガン	Y-90 イットリウム	Cs-134 セシウム	Eu-155 ユウロピウム	Pu-240 プルトニウム
Fe-55 鉄	Tc-99 テクネチウム	Cs-137 セシウム	U-234 ウラン	Pu-241 プルトニウム
Co-60 コバルト	Ru-106 ルテニウム	Ce-144 セリウム	U-238 ウラン	Am-241 アメリシウム
Ni-63 ニッケル	Sb-125 アンチモン	Pm-147 プロメチウム	Np-237 ネプツニウム	Cm-244 キュリウム
Se-79 セレン	Te-125m テルル	Sm-151 サマリウム	Pu-238 プルトニウム	

：新たに選定した核種

告示濃度限度比総和として評価し、1未満であることを確認

H-3
トリチウム

希釈後のトリチウム濃度が1,500ベクレル/ℓ未満となる希釈倍率を設定するために測定

毎回測定：69核種

ALPS除去対象のうち測定・評価対象外：39核種

Fe-59 鉄	Rh-103m ロジウム	Sd-124 アンチモン	Ba-137m バリウム	Eu-152 ユウロピウム
Co-58 コバルト	Rh-106 ロジウム	Te-123m テルル	Ba-140 バリウム	Gd-153 ガドリニウム
Zn-65 亜鉛	Ag-110m 銀	Te-127 テルル	Ce-141 セリウム	Tb-160 テルビウム
Rb-86 ルビジウム	Cd-113m カドミウム	Te-127m テルル	Pr-144 プラセオジウム	Am-242m アメリシウム
Sr-89 ストロンチウム	Cd-115m カドミウム	Te-129 テルル	Pr-144m プラセオジウム	Am-243 アメリシウム
Y-91 イットリウム	Sn-119m スズ	Te-129m テルル	Pm-146 プロメチウム	Cm-242 キュリウム
Nb-95 ニオブ	Sn-123 スズ	Cs-135 セシウム	Pm-148 プロメチウム	Cm-243 キュリウム
Ru-103 ルテニウム	Sn-126 スズ	Cs-136 セシウム	Pm-148m プロメチウム	

自主的に測定し、検出限界値未満であることを確認

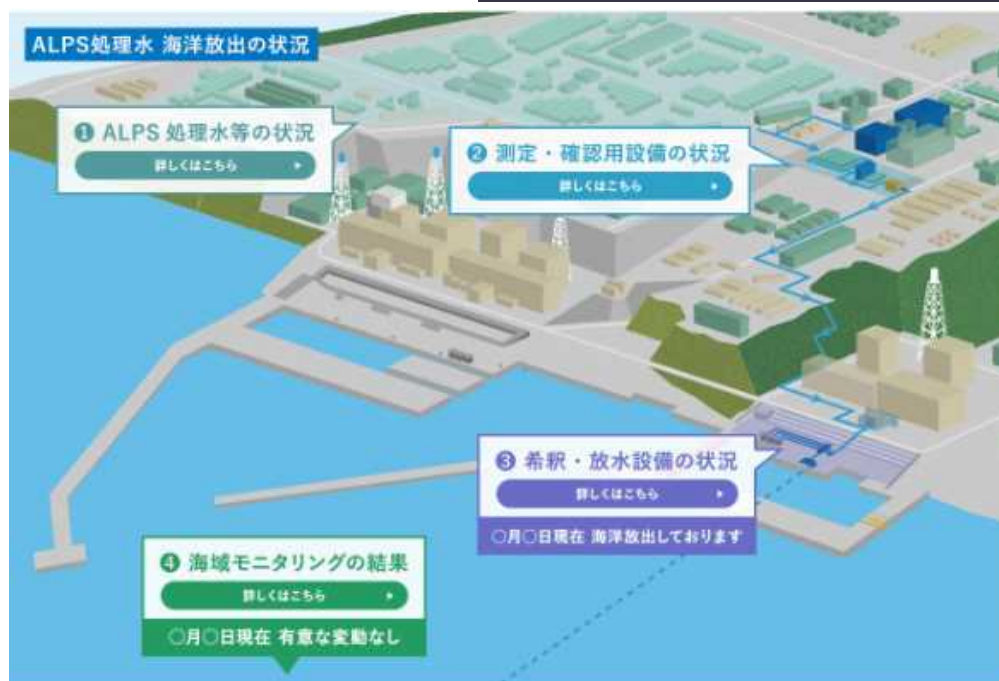
2.海洋放出時の監視および情報発信

設計通りに放出されていることを24時間365日監視し、異常が発生したり、発生することが想定されたりした場合は、放出を停止します。また、監視状況は当社Webサイトを通じて、常時公開します。

当社Webサイトによる情報発信

- 放出中は、ALPS処理水や希釈用の海水の移送ポンプの運転状態、弁の開閉状態、流量などを、当直員および監視システムが、24時間365日監視します。このうち、流量等は、Webサイトで常時公開します。
- 特に、放出時のトリチウム濃度については、測定・確認用設備における希釈前のトリチウム濃度を希釈用の海水流量で割り算し、リアルタイムで1,500Bq/L未満であることを確認します。また、当面は放水立坑（上流水槽）が満水になる前に一旦流入を停止し、流入した水のトリチウム濃度を直接確認後、放出を行います。

Webサイトのイメージ



希釈・放水設備

希釈され、計画通りの濃度で放水していること
2023年○月○日現在 海洋放出しております

放出前に実施する測定・確認用設備での放射性物質の測定結果を分かりやすく公開するページも新たに追加予定

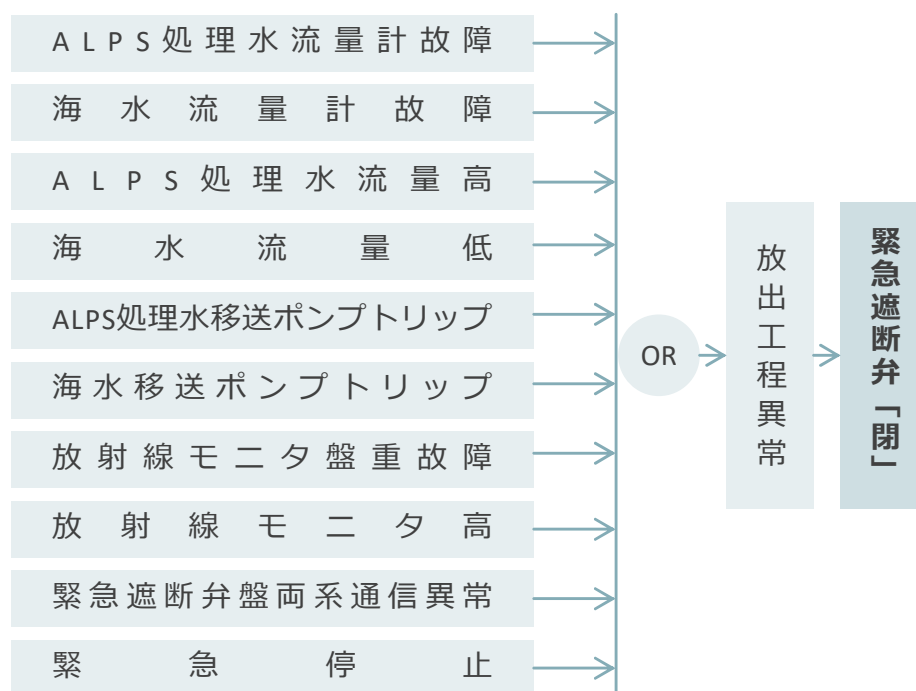


※数値は仮値

設備に異常が発生した場合には、速やかに放出を停止

- 海水移送ポンプの停止など、海洋放出に関わる設備に異常が発生した場合には、それを検知し、緊急遮断弁を閉鎖することで、自動的に放出を停止します。
 - これらのシステムには、同じ機能をもう一つ備える「二重化」や、設備やシステムに異常が発生しても安全側に向かうようにする「フェイルセーフ」などの安全設計を適用しています。
- 津波注意報の発報など、自然現象による脅威に対しては、当直長の指示により、放出を手動停止します。

緊急遮断弁の動作条件



自然現象による放出手動停止

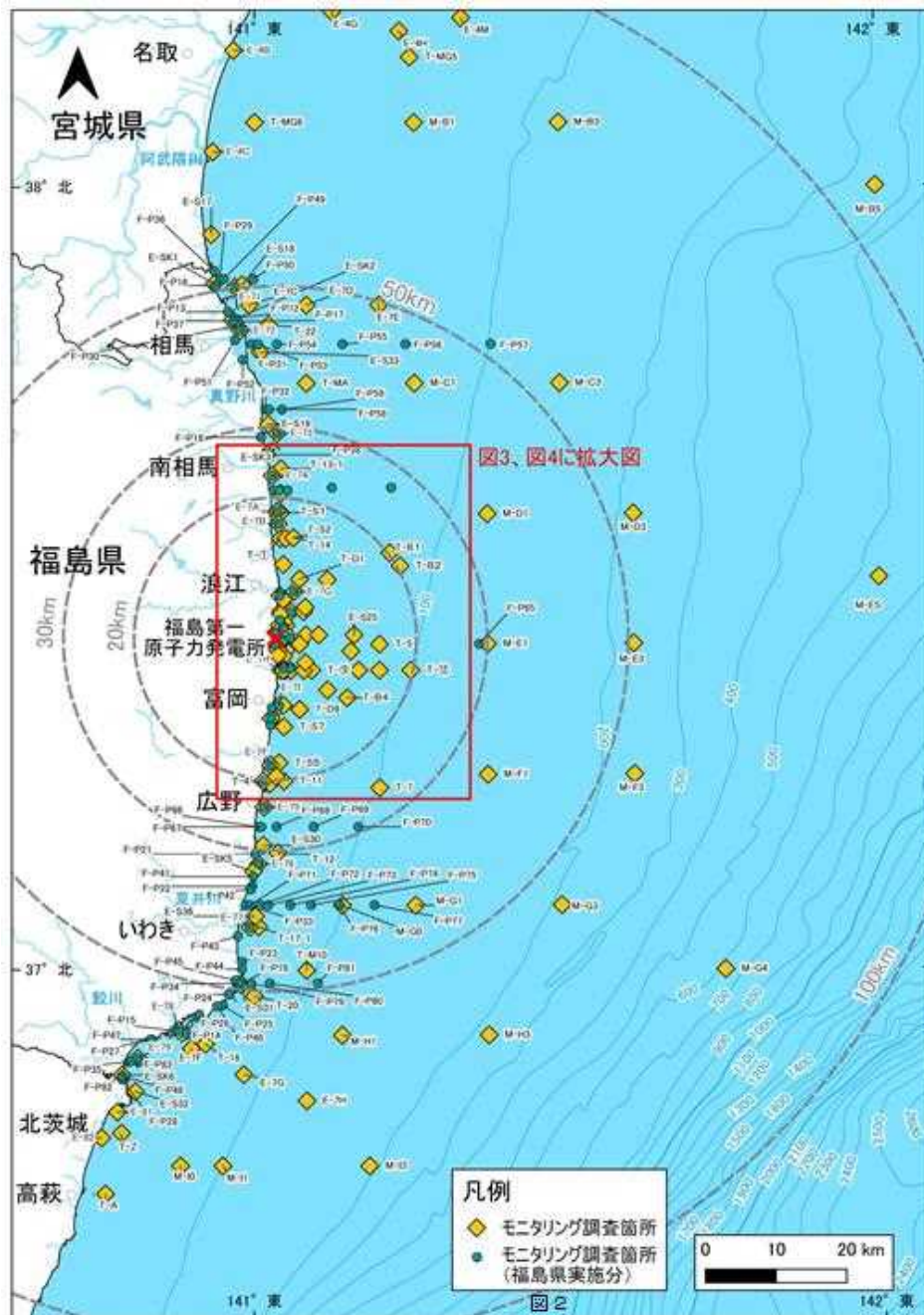
震度5弱以上の地震
津波注意報
竜巻注意報
高潮注意報
当直長が停止する必要があると判断した場合

- これらに加えて、周辺海域における海域モニタリングにおいて、トリチウム濃度が当社が設定した指標を超えた場合も、速やかに放出を一旦停止します。

3. 海域モニタリング

ALPS処理水を海水で希釈した後の水は、安全な状態として放出されます。放出後の状況については、国の「総合モニタリング計画」のもとで、複数の機関でモニタリングされています。東京電力では、「包括的海域モニタリング閲覧システム（ORBS）」の運用を開始しており、周辺海域のモニタリングの状況を一元的に閲覧できます。

総合モニタリング計画に基づく調査箇所



左図は、発電所近傍について示しているが、より広範囲のモニタリングを実施中（下記、原子力規制委員会HP参照）

総合モニタリング計画（令和5年3月16日改定）

https://radioactivity.nra.go.jp/ja/contents/18000/17175/25/204_01_20230317.pdf

[原子力規制委員会HP]

東京電力によるモニタリング測定対象と頻度



対象	採取場所	採取点数	測定対象	頻度	検出下限値
海水	港湾内	10	セシウム-134/137	毎日	0.4 Bq/L
			トリチウム	1回/週	3 Bq/L
	港湾外2km圏内	2	セシウム-134/137	1回/週	0.001 Bq/L
				毎日	0.4 Bq/L
		8	セシウム-134/137	1回/週	0.4 Bq/L
			トリチウム	1回/週	0.4 Bq/L
				1回/週	0.4 Bq/L
	沿岸20km圏内	6	セシウム-134/137	1回/週	0.001 Bq/L
			トリチウム	1回/週	0.1 Bq/L
	沿岸20km圏内 (魚採取箇所)	1	トリチウム	1回/月	0.1 Bq/L
		10	トリチウム	1回/月	0.1 Bq/L
	沿岸20km圏外 (福島県沖)	9	セシウム-134/137	1回/月	0.001 Bq/L
		9	トリチウム	1回/月	0.1 Bq/L
魚類	沿岸20km圏内	11	セシウム-134/137	1回/月	10 Bq/kg : 生
			ストロンチウム-90 (セシウム濃度上位5検体)	四半期毎	0.02 Bq/kg : 生
		1	トリチウム (組織自由水型)	1回/月	0.1 Bq/L
			トリチウム (有機結合型)		0.5 Bq/L
		10	トリチウム (組織自由水型)	1回/月	0.1 Bq/L
			トリチウム (有機結合型)		0.5 Bq/L
海藻類	港湾内	1	セシウム-134/137	3回/年	0.2 Bq/kg : 生
			セシウム-134/137	3回/年	0.2 Bq/kg : 生
	港湾外2km圏内	2	ヨウ素-129	3回/年	0.1 Bq/kg : 生
			トリチウム (組織自由水型)	3回/年	0.1 Bq/L
			トリチウム (有機結合型)		0.5 Bq/L

包括的海域モニタリング閲覧システム：ORBS

- 当社のほか、関係省庁や自治体などが公表した海域モニタリングの結果を地図上で一元的に閲覧できるようしたWebサイトを構築しました。
 - 2023年3月より、福島県沿岸の海水の測定結果から公開を開始。今後、ご意見等を踏まえ、より使いやすいWebサイトへ改善していきます。

<https://www.monitororbs.jp/>



測定地点を選択すると、当該地点の測定値やトレンドグラフを表示

試料採取地点：福島第1海域（T-D5）

試料採取位置：37°25'00"N/141°04'18"E
試料：海水

単位：Bq/L

	Cs-134	Cs-137	H-3
試料採取日	2022/01/15	2022/01/15	2022/01/15
0.5m	ND	0.0025	ND

試料採取機関：原子力規制委員会
出典：令和3年度 原子力施設等防災対策等委託費(海洋環境における放射能調査及び総合評価)事業 調査報告書
測定方法や検出限界値（ND）は、測定する目的により異なりますので、出典の報告書をご確認ください。



海域モニタリングにおける指標の設定

- ALPS処理水の海洋放出にあたっては、放出の時点で安全な状態にあると考えています。

トリチウム以外の放射性物質	希釈放出前に規制基準を満足していることを確認
トリチウム	1,500 ベクレル/ℓ※未満になるまで大量の海水で希釈

※ 法令基準（60,000 ベクレル/ℓ）の40分の1、WHOガイドライン飲料水水質ガイドライン（10,000 ベクレル/ℓ）の約7分の1

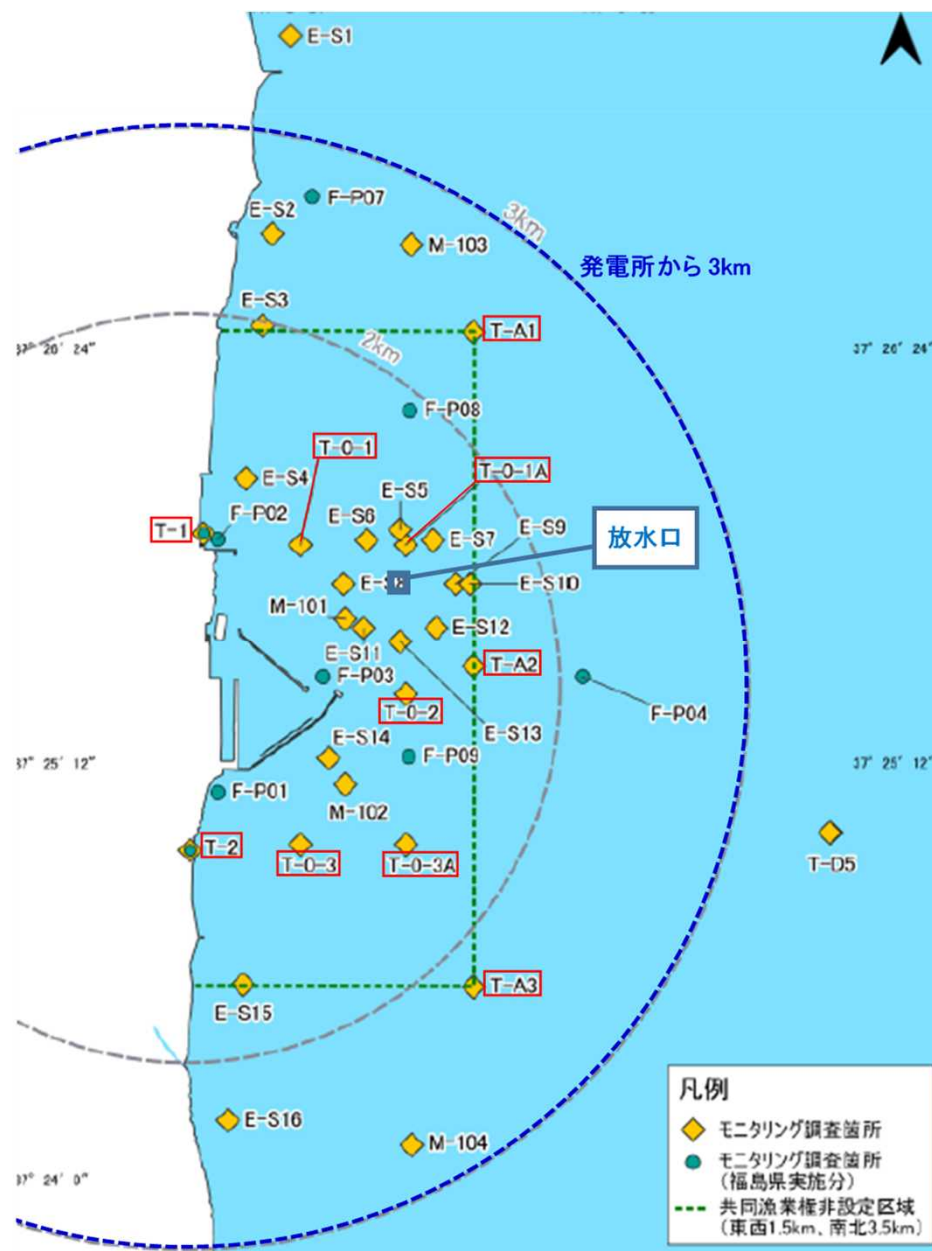
- 周辺海域のモニタリングで、放出水がじゅうぶんに拡散していないような状況（トリチウム濃度の異常）等が確認された場合、設備の運用として「放出の一時停止」を判断する際の指標を、以下の通り設定しました。

放水口付近（10地点） 発電所から3km以内	放出時のトリチウム濃度の上限値（1,500ベクレル/ℓ）を、設備や測定の不確かさを考慮しても上回らないように設定された放出時の運用値の上限をもとに、 700 ベクレル/ℓ に設定
放水口付近の外側（4地点） 発電所正面の10km四方内	国内の原子力発電所前面海域におけるトリチウム濃度（2019年4月～2022年3月／最大値：20 ベクレル/ℓ）をもとに、迅速な状況把握として行う分析方法の誤差も考慮した数値として、 30 ベクレル/ℓ に設定

- 指標を超過した際は、速やかに放出を一旦停止し、頻度を増やしたモニタリングで傾向を把握するとともに、気象・海象を確認し、拡散状況を評価します。
なお、各地点で指標を超えた場合においても、法令基準や、WHOの飲料水水質ガイドラインをじゅうぶん下回り、周辺海域は安全な状態であると考えています。

放水口付近の分析地点

- 総合モニタリング計画における、発電所から3km以内の分析地点



【実施機関】

T-○：東京電力

(赤枠：海水トリチウム分析地点 10か所)

E-○：環境省

M-○：原子力規制委員会

F-○：福島県

東京電力以外の分析地点については、迅速に状況を把握するために行う分析方法が適用されている地点を対象とする。

東京電力の分析地点は、迅速に状況を把握するために行う分析方法と、検出限界値が0.1ないし0.4Bq/Lを目標とする分析方法を併用する。

放水口付近の外側の分析地点

- 総合モニタリング計画における、発電所正面の10km四方の範囲内の分析地点

(P13の地点を除く)

【実施機関】

T-○：東京電力

(赤枠：海水トリチウム分析地点 4か所)

E-○：環境省

F-○：福島県

東京電力以外の分析地点については、迅速に状況を把握するために行う分析方法が適用されている地点を対象とする。

東京電力の分析地点は、迅速に状況を把握するために行う分析方法と、検出限界値が0.1ないし0.4Bq/Lを目標とする分析方法を併用する。



4. 海洋生物の飼育試験

東京電力では、ALPS処理水の安全性を目に見えるかたちでお知らせするために、実際のALPS処理水を使用して、海洋生物の飼育試験を実施しています。また、飼育試験の様子は、TwitterやYouTubeで公開しています。

ALPS処理水の海洋放出における安全確保の大前提

ALPS処理水の海洋放出設備設計や運用管理の安全確保

➡ ALPS処理水※は、じゅうぶんな量の海水で希釈し、安全であることを確認した上で放出する

海域モニタリングの強化と情報発信

➡ 海域モニタリングの状況は、分かりやすい形で適時発信していく

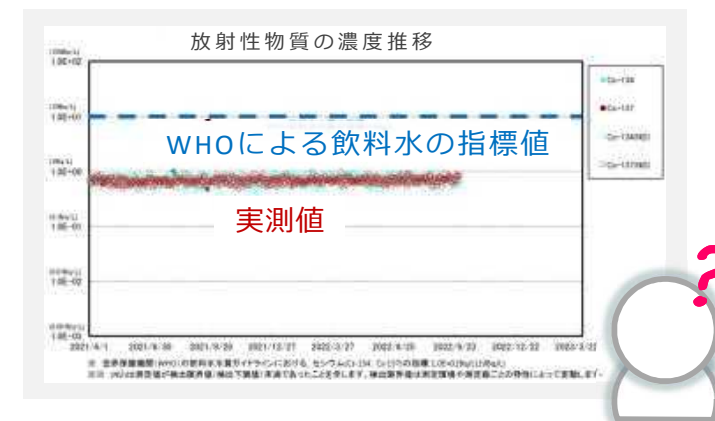
👉 これらに加えて、ALPS処理水を添加した海水で海洋生物の飼育試験を行い、**海洋生物に悪影響が無いことを「目に見える形」で示すこと**で、放出した水の安全性をお伝えしたい

※ 風評を防止するため「トリチウム以外の核種について環境放出の際の規制基準を満たす水」のみを「ALPS処理水」と呼んでいる（2021年4月～）

海洋生物の飼育試験の目的

- 希釈放出前の測定や海域モニタリングなどを通じて、放射性物質濃度などを**“数字”**でお知らせしている
 - 規制基準値以下であることなどは確認できるが、実感しづらい

これに加えて



- ALPS処理水を添加した海水環境下で、海洋生物を飼育し、その状況をお示しする
 - ☞ 海洋生物に悪影響が無いことを、実際に**“目に見える形”**でもお示ししたい

海洋生物飼育試験を通じてお示しする情報

- 海洋生物の飼育状況
 - 飼育日誌、飼育状況web配信、飼育数の変化など
- 海洋生物が取り込んだトリチウムの挙動
 - 生体内トリチウム濃度の分析・評価、通常海水環境で飼育した場合との比較など

トリチウムの生体影響について、これまでに分かっていること

- これまでの国内外での研究から分かっていること
 - 生体内のトリチウムは生育環境以上の濃度にはならない
 - 生体内のトリチウム濃度は、一定期間で平衡状態に達する

国内外における研究の例

核燃料再処理施設

〔ラ・アーグ（仏） /
セラフィールド（英）〕

- 周辺海域におけるモニタリング結果等において、生物濃縮は確認されず、野生下での腫瘍等の増加といった影響も報告されていない

国際原子力機関

〔IAEA EMRAS環境モデルプロジェクト〕

- カナダのバーチ湖（トリチウム濃度 約5,000ベクレル/ℓ）において、多くの生物種の自由水型トリチウム（FWT）※1濃度は、湖水の濃度と等しかった
- 自由水型トリチウム濃度は、一定期間で平衡に達する
- 有機結合型トリチウム（OBT）※2と自由水型トリチウムの比は1を超えない

公益社団法人 環境科学技術研究所

〔平成26年度排出トリチウム生物体移行総合実験調査報告書〕

- 水素の安定同位体である重水（トリチウムと同じ性質をもつ）添加海水中におけるヒラメの飼育事例では、自由水型トリチウムも有機結合型トリチウムも、一定期間で平衡状態になることが示されている

☞ 海洋生物の飼育試験では、生体内のトリチウムが一定期間で平衡状態に達すること、平衡状態に達した生体内のトリチウム濃度は、生育環境以上にならないことを確認する

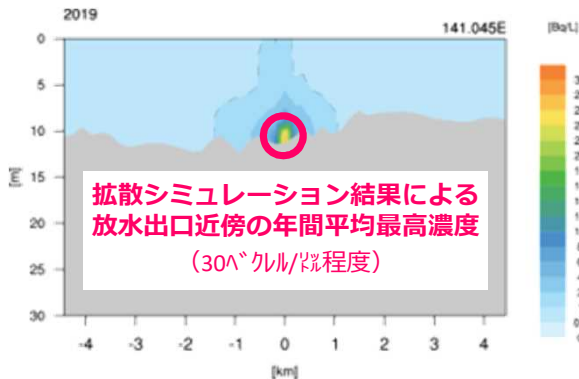
※1 自由水型トリチウム（FWT）：生物の体内で、水の形で存在しているトリチウム

※2 有機結合型トリチウム（OBT）：生物の体内で、炭素などの分子に有機的に結合しているトリチウム

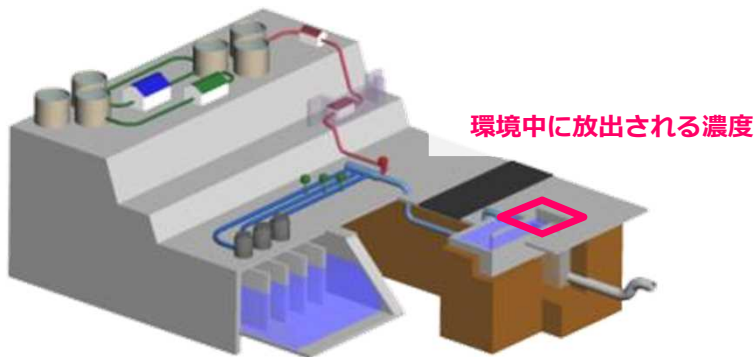
条件1

ALPS処理水は、トリチウム濃度 **放出上限の濃度** 1,500ベクレル/ℓ未満、
年間トリチウム総量22兆ベクレル未満を遵守して放出する

条件2



条件3



飼育環境	
海洋放出 開始前	通常海水 通常の海水 [発電所周辺の海水を採取]
	条件1 海水で希釈したALPS処理水 [トリチウム濃度：1,500ベクレル/ℓ未満]
	条件2 海水で希釈したALPS処理水 [トリチウム濃度：30ベクレル/ℓ程度]
海洋放出 開始後	条件3 環境中へ放出される水：下流水槽から採取 [トリチウム濃度：1,500ベクレル/ℓ未満]

通常海水



海洋生物の飼育試験の状況

- それぞれの飼育環境における海洋生物の生育状況や生体内のトリチウム濃度等を確認
 - 国内において飼育ノウハウの蓄積があり、福島県沖の近海に生息している、ヒラメ、アワビ、海藻類を飼育対象として選定
 - 放射性物質の取り扱いに注意し、閉鎖循環式の環境で飼育
 - 飼育対象全ての自由水型トリチウム濃度（FWT）及びヒラメの有機結合型トリチウム濃度（OBT）等を測定、評価

試験時期		実施中	海洋放出開始前		海洋放出開始後
飼育環境		 通常海水	 海水で希釈したALPS処理水	 海水で希釈したALPS処理水	 環境中へ放出される水
トリチウム濃度		0.91ベクレル/ℓ未満	約1250ベクレル/ℓ	約36ベクレル/ℓ	1,500ベクレル/ℓ未満
飼育対象別水槽数		2系列	2系列	1系列	未定
飼育環境設定		2022年9月30日	2022年10月3日	2022年11月17日	未定
飼育対象・試験開始	ヒラメ	2022年9月30日	2022年9月30日	2022年9月30日	未定
	アワビ	2022年10月25日	2022年10月25日	—	未定
	海藻類	—	2023年5月9日	—	未定

これまでの実績

2022年

3月17日

通常海水での
練習飼育開始

対象：ヒラメ140尾



6月9日

弱っていたヒラメの
エラに寄生虫を確認

→ 塩水浴やUV殺菌装置の
設置などの寄生虫対策を
追加



7月21日

モックアップ水槽での
飼育練習開始

対象：ヒラメ80尾
アワビ30個
海藻類約2kg



9月13日

飼育試験用水槽での
ならし飼育開始

→ ヒラメ800尾程度を新規
受入



9月30日

飼育試験開始

対象：ヒラメ800尾程度

10月3日

ALPS処理水添加

(水槽2系列分を1,500 べクレル/リットル未満に調整)

これまでの実績

2022年

10月5日

ヒラメの体内中のトリチウム濃度確認試験(1,500ベクレル/ℓ未満)を開始



ALPS処理水添加水槽
(1,500ベクレル/ℓ未満)



ヒラメ

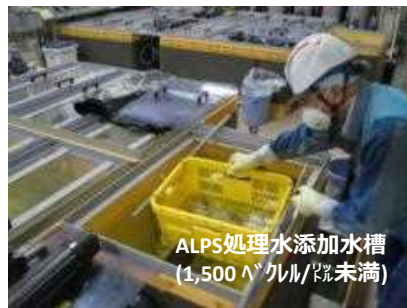
10月25日

アワビの飼育試験開始
飼育数：800個



アワビ

アワビの体内中のトリチウム濃度確認試験(1,500ベクレル/ℓ未満)を開始



ALPS処理水添加水槽
(1,500ベクレル/ℓ未満)

10月26日

ALPS処理水添加
(水槽1系列分を30ベクレル/ℓ程度に調整)



ALPS処理水添加水槽
(30ベクレル/ℓ程度)

11月17日

ヒラメの体内中のトリチウム濃度確認試験(30ベクレル/ℓ程度)を開始



ALPS処理水添加水槽
(30ベクレル/ℓ程度)



ヒラメ

11月30日

2023年

5月9日

ホンダワラの飼育試験及びトリチウム濃度確認試験(1,500ベクレル/ℓ未満)を開始

分量：約3kg



ホンダワラ

ALPS処理水添加水槽
(1,500ベクレル/ℓ未満)

トリチウム濃度の測定結果と考察（その1）

- 過去の知見と同様※¹に以下のことが確認された

【取込試験】

- ① トリチウム濃度は一定期間で平衡状態に達すること
- ② トリチウム濃度は生育環境以上の濃度（本試験では、海水で希釈したALPS処理水中のトリチウム濃度以上の濃度）にならないこと

【排出試験】

- ③ 通常海水以上のトリチウム濃度で平衡状態に達した飼育生物を通常海水に戻すと、時間経過とともにトリチウム濃度が下がること

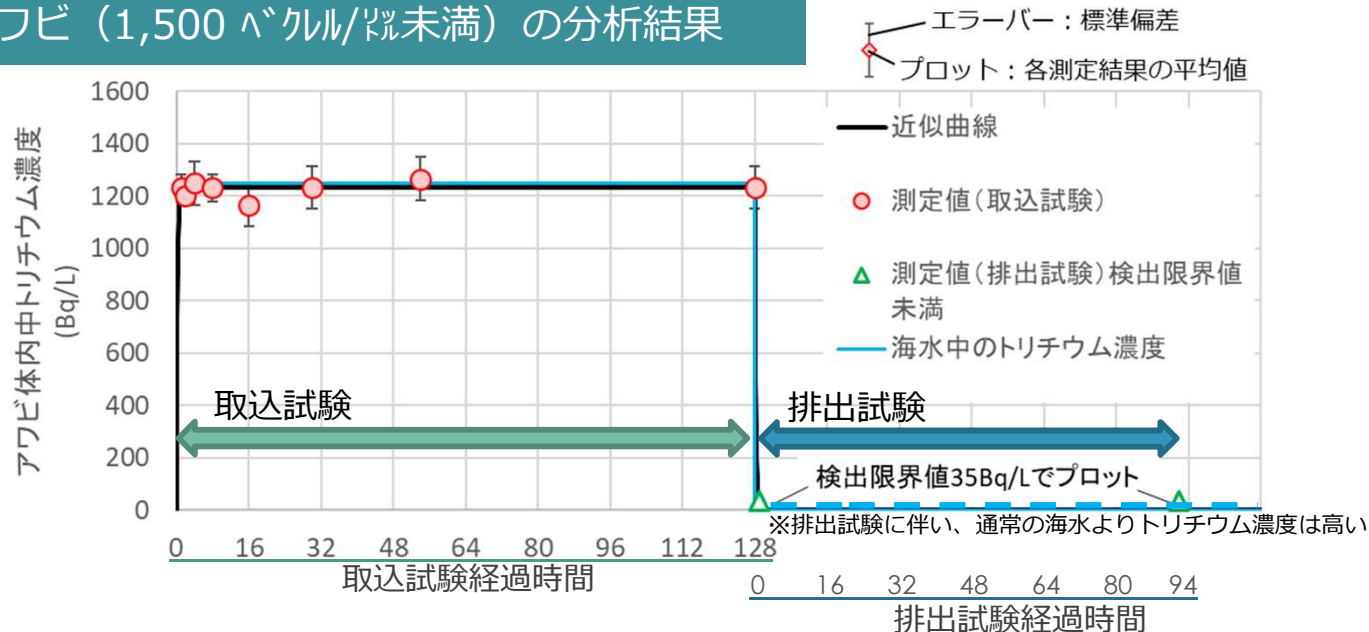
※¹ 過去に、同様な分析結果が下記文献で報告されている。
（公財）環境科学技術研究所「平成21年度 陸・水圏生態系炭素等移行実験調査報告書」

ヒラメ（1,500 ベクレル/ℓ未満）の分析結果

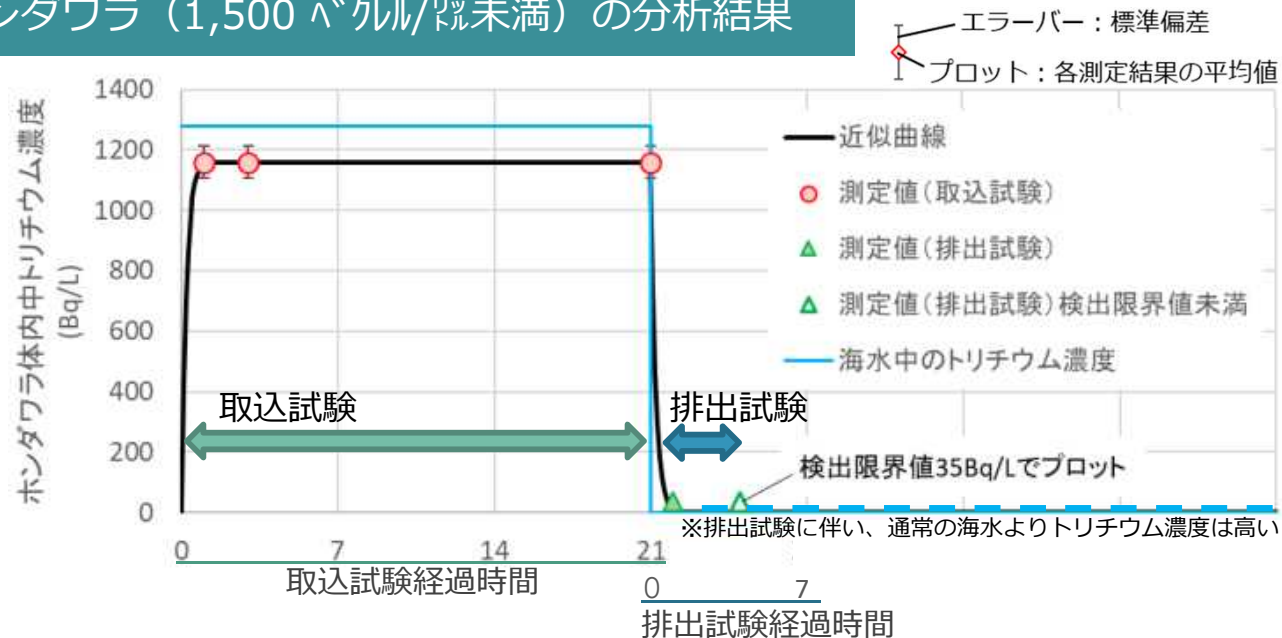


トリチウム濃度の測定結果と考察（その2）

アワビ（1,500 ベクレル/ℓ未満）の分析結果



ホンダワラ（1,500 ベクレル/ℓ未満）の分析結果



さらに詳しい試験結果は、
2023年5月25日に公表しましたので、
当社ホームページをご覧ください。

https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/images/230525_01.pdf

海洋生物の飼育試験の公開情報 [その1]

TEPCO

処理水ポータルサイト [当社ホームページ]

<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/breedingtest/>



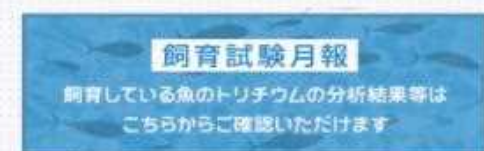
飼育の様子を24時間LIVEでご覧いただけます



日々の飼育の状況はこちら (WEBページ)



日々の飼育の状況はこちら (Twitter)



飼育試験の月報はこちら

海洋生物飼育試験ライブカメラ

<https://www.youtube.com/channel/UCLen8NHHX2WrMvn6ZYfAjJA>



海洋生物飼育日誌 [Twitter]

<https://twitter.com/TEPCOfishkeeper>



海洋生物の飼育試験の公開情報 [その2]

- 飼育試験で得られたデータについては、月報として公表
〈公表データの例〉
 - － 飼育対象生物※のトリチウム測定結果（通常海水での飼育海洋生物を含む）
 - － 飼育水槽の水質、飼育数の変化（へい死、放射能測定のためのサンプル採取など）

※ 閉鎖循環式の飼育環境下において、長期間の飼育が可能な海洋生物はヒラメに限られること等から、有機結合型トリチウム（OBT）はヒラメのみを分析・評価対象としている。

処理水ポータルサイト [当社ホームページ]



➡処理水ポータルサイトTOPページに
「海洋生物の飼育試験」を新規追加



ご清聴ありがとうございました