

福島第一原子力発電所海洋生物の 飼育試験に関する進捗状況



2022年12月22日

東京電力ホールディングス株式会社

1. 海洋生物飼育試験12月時点での報告（1 / 5）

海洋生物の飼育状況

- ヒラメについて、10/21以降、「通常海水」および「海水で希釈したALPS処理水」双方の系列において、へい死、異常等は確認されていない(12/16時点)。
- アワビについて、本試験を開始した10/25以降「通常海水」で2個、「海水で希釈したALPS処理水」で8個のへい死が確認された(12/16時点)。
 - アワビが死んだ要因について、専門家によると、内臓が膨張していないことや外套膜の一部が破損していた事から病気でなく、提供先からの輸送時や日々の清掃作業時についた外傷が原因と判断。
 - なお、アワビの外傷発生の原因として、アワビの生育密度の高さや水槽清掃時の接触等が考えられることから、それらの改善を図っていく。
- ALPS処理水を適量添加してトリチウム濃度を30Bq/L程度に調整を行い、11月30日より追加的な飼育試験を開始した。
 - 飼育試験の目的を達成するためには、実際に放出されるトリチウム濃度（放射線影響評価結果における放水トンネル出口周辺のトリチウム濃度）での飼育試験も有用であると考え、追加的な飼育試験を行うこととした。

ヒラメ導入時の計測値：体重 36 ± 12 g 全長 15.9 ± 1.8 cm

アワビ導入時の計測値：体重 27 ± 4 g 殻長 5.8 ± 0.3 cm

水槽系列	分類	各水槽の海洋生物類の数※1 (2022年12月16日現在)		
		ヒラメ(尾)	アワビ(個)	海藻
系列1	通常海水 (0.1~1 Bq/L程度)	130	154	-
系列2	通常海水 (0.1~1 Bq/L程度)	146	154	-
系列3	1500Bq/L未満※1	186	186	-
系列4	1500Bq/L未満※1	183	198	-
系列5	30Bq/L程度※2	32	-	-

※1 11月末時点の測定値：約1250Bq/L（前回の測定値から大きな変化なし）

※2 11月末時点の測定値：約36Bq/L

1. 海洋生物飼育試験12月時点での報告（2 / 5）

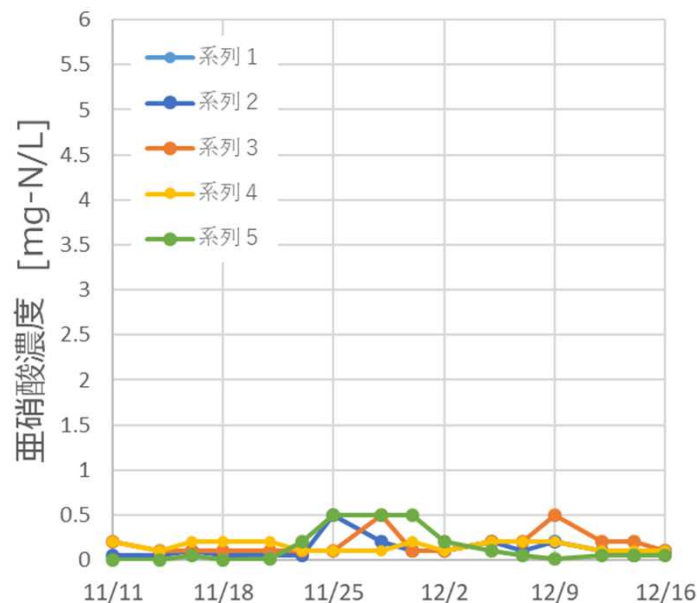
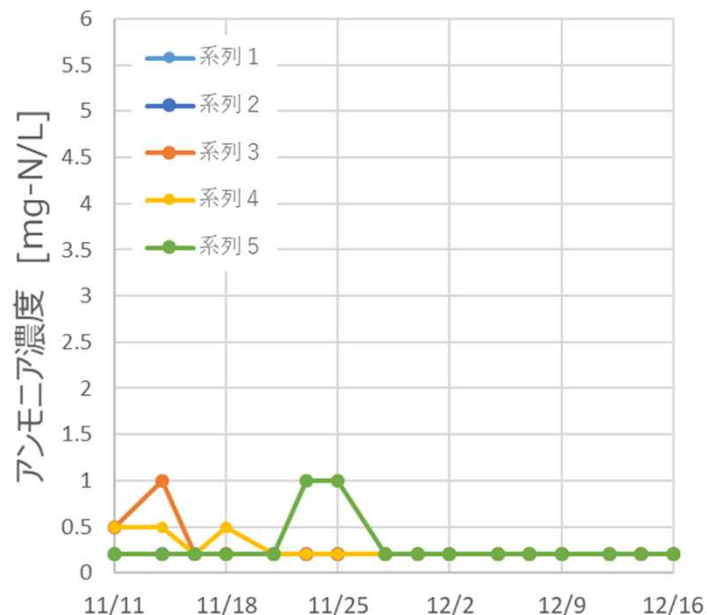


飼育水槽の水質の状況

- 水質データに若干の変動があったが、概ね海洋生物の飼育に適した範囲で水質をコントロールすることができている。

水質項目	系列 1～5 の最小値～最大値 (2022/11/11～2022/12/16)	測定値に関する補足説明
水温 (°C)	17.4～18.6	設定値18.0°C±0.6°Cの範囲内に制御
アンモニア (mg-N/L)	0.2～1.0 ※	概ね多くの海生生物に対して影響を及ぼさない0.5mg-N/L以下に維持
亜硝酸 (mg-N/L)	0.005～0.500	多くの海生生物に対して影響を及ぼさない0.5mg-N/L以下に維持
硝酸 (mg-N/L)	3～81	脱窒槽の導入によりN ₂ ガスとして系外に排出され減少傾向にある

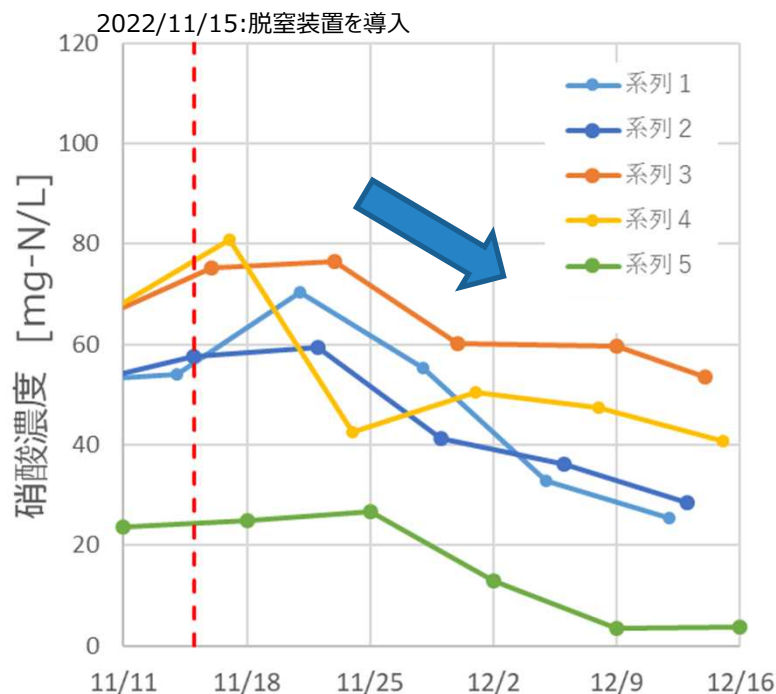
※一時的に収容量・給餌量が増加した際に増加



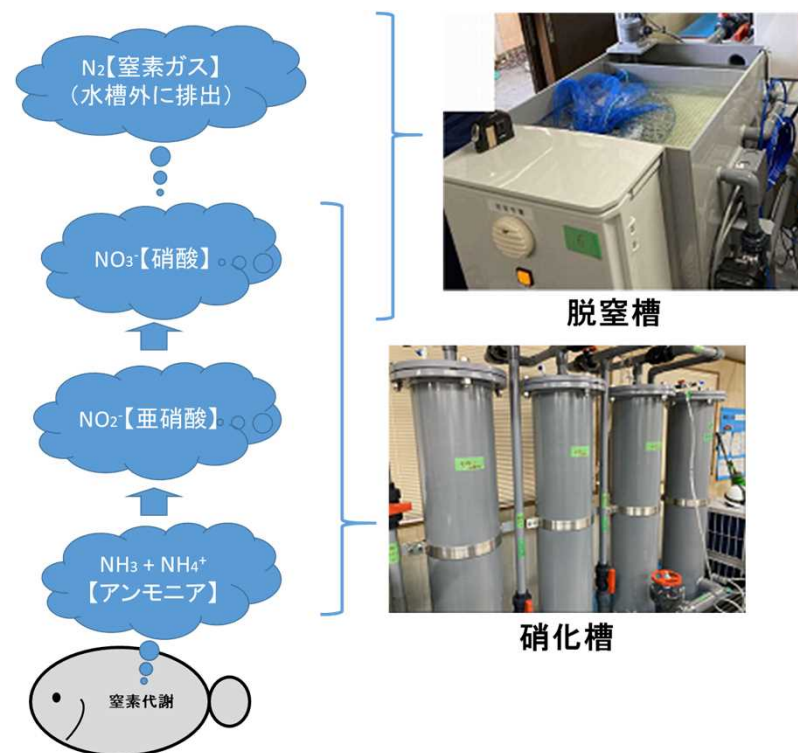
1. 海洋生物飼育試験12月時点での報告（3 / 5）

硝酸に対する追加対策

- ヒラメから排泄されるアンモニアは、バクテリアの作用により亜硝酸を経由して硝酸に酸化され、飼育水中に蓄積する。硝酸の毒性はアンモニアや亜硝酸よりも低いものの、飼育水を交換できない条件では生物に影響を及ぼす濃度まで蓄積する。そのため、脱窒装置※1を導入し硝酸濃度の低減を行っている。



脱窒装置を導入した11月15日以降、硝酸濃度が低下傾向にあることを確認できた。



※1硝酸を窒素ガスに還元し、水槽外に排出する装置

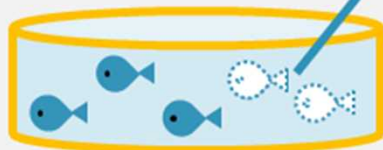
1. 海洋生物飼育試験12月時点での報告（4 / 5）

ヒラメ（トリチウム濃度1500Bq/L未満）のトリチウム濃度の測定

- 2022年10月に実施した希釈したALPS処理水（1500Bq/L未満）で飼育したヒラメのトリチウム濃度の測定結果（当社分析分）が得られた。
 - 測定したヒラメの数：取込試験33尾、排出試験25尾
- ヒラメがトリチウムを取り込み、一定期間経過後に生育環境より低い濃度で平衡状態になることを検証するため、ヒラメをALPS処理水中に入れてから0時間・1時間・3時間・9時間後・24時間後・48時間後・144時間後のトリチウムの濃度を測定する【取込試験】を行った。
- その後、同一水槽のヒラメを通常海水に入れてから、ヒラメがトリチウムを排出してトリチウム濃度が下がることを検証するため、0時間(取込試験144時間後に同じ)・1時間後・3時間後・9時間後・24時間後・72時間後のトリチウム濃度を測定する【排出試験】を行った。

取込試験

0, 1, 3, 9, 24, 48, 144
時間後に魚を水槽から
取りだして計測



ALPS処理水の水槽
(トリチウム約1250Bq/L)



水槽
入れ替え

排出試験

1, 3, 9, 24, 72
時間後に魚を水槽から
取りだして計測

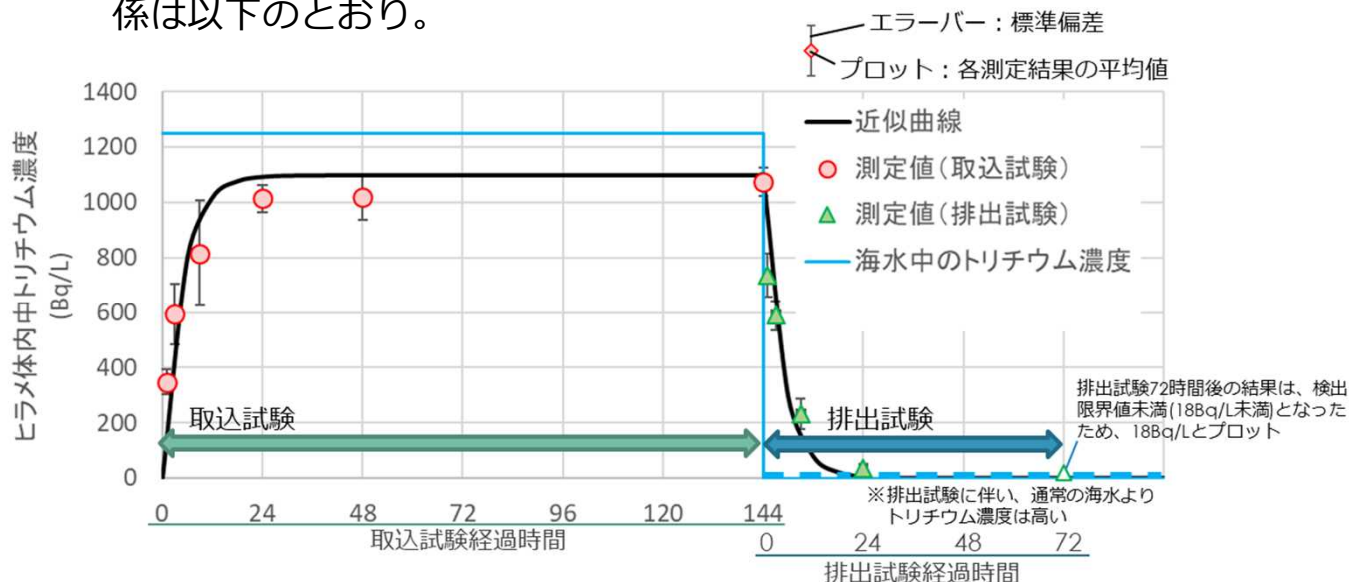


通常海水

1. 海洋生物飼育試験12月時点での報告（5 / 5）

ヒラメ（トリチウム濃度1500Bq/L未満）のトリチウム濃度の測定結果と考察

- いずれの試験においても、時間経過とともにトリチウム濃度の変化があった。今回得られたデータを過去の知見から得られている近似曲線の考えに照らし合わせ引いた近似曲線ならびに測定値の関係は以下のとおり。



※ 測定結果をグラフ化する際、検出限界値未満及び不純物の混入が疑われるデータを除いている

(参考) 近似曲線について：
過去の知見より、生物体内中のトリチウム濃度の変化を表す近似曲線は下記の計算式で表せると仮定した。

$$dC_A(t) = A\{-C_A(t) + C_B(t)\}$$

A : 定数 t : 時間

$C_A(t)$: 海洋生物体内トリチウム濃度

$C_B(t)$: 海水中のトリチウム濃度

- 上記のグラフから、過去の知見と同様に、以下のことが確認された※1。

※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」

【取込試験】

- 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
- トリチウム濃度は一定期間で平衡状態に達すること

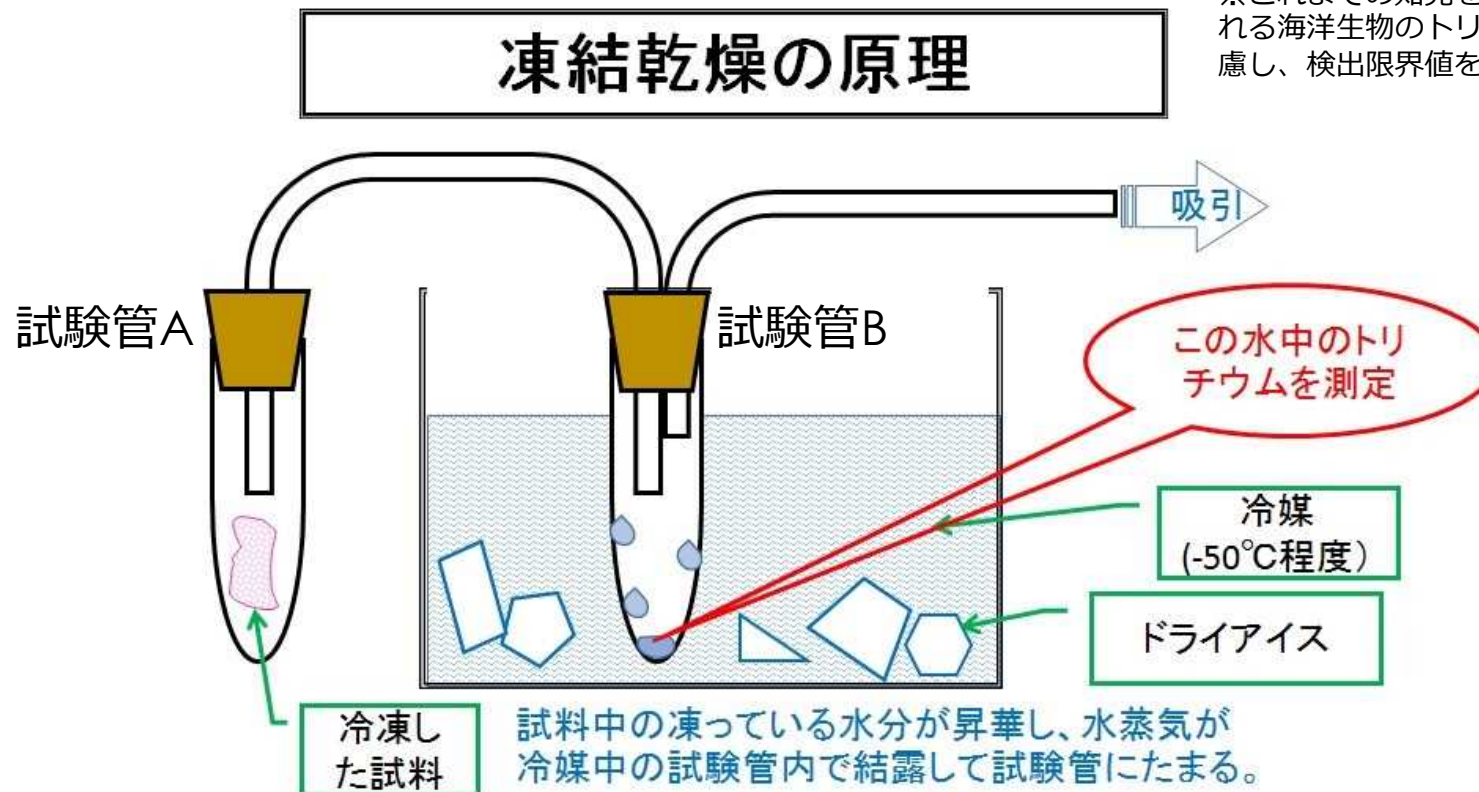
【排出試験】

- 通常海水以上のトリチウム濃度で平衡状態に達したヒラメ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

【参考】飼育試験におけるトリチウム測定方法について

1. サンプルした海洋生物を切り身にして凍結する。
2. 凍結した試料を、下図のように試験管Aに入れる。
3. 下図のとおり、ドライアイスで-50℃程度まで冷却した冷媒中に別の試験管Bを入れ、下図のように試験管を繋ぎ、試験管A及びB中の空気を吸引し、試験管を真空状態にする。
4. 真空状態となることで、試料中の凍っている水分が昇華し、水蒸気が冷媒中の試験管内で結露して試験管にたまる。これを定められた期間内で回収する。
5. たまった結露水を分析※にかけ、トリチウム濃度を測定する。

※これまでの知見を踏まえ、予測される海洋生物のトリチウム濃度を考慮し、検出限界値を設定している



2. 今後の予定

今後の飼育予定

- 海藻：飼育開始時期については、決まり次第、別途お知らせします。

今後の予定

- 2022年10～11月に実施した希釈したALPS処理水（1500Bq/L未満）で飼育したアワビのトリチウム濃度の測定
- 2022年11～12月に実施した希釈したALPS処理水（30Bq/L程度）で飼育したヒラメのトリチウム濃度の測定【追加的な飼育試験】

【参考】飼育試験を通じてお示ししたいこと（1 /

<参考資料>
福島第一原子力発電所海洋生物の飼育試験
の開始について（2022年9月29日）

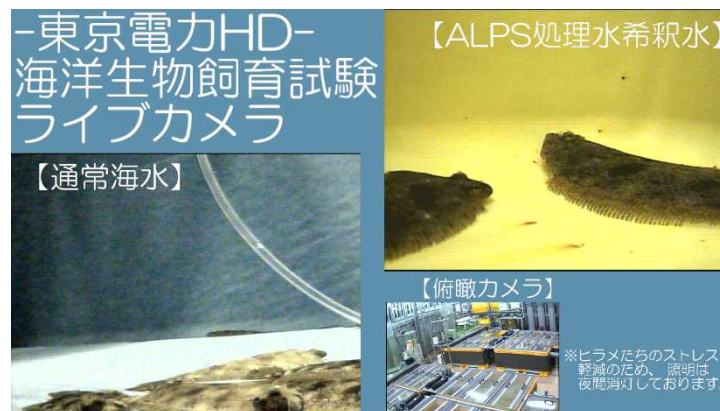
- ① 地域の皆さま、関係者の皆さまをはじめ、社会の皆さまのご不安の解消やご安心につながるよう、海水で希釈したALPS処理水の水槽で海洋生物を飼育し、通常の海水で飼育した場合との比較を行いその状況をわかりやすく、丁寧にお示ししたい。

試験で確認すること

- ・「海水」と「海水で希釈したALPS処理水」の双方の環境下で海洋生物の飼育試験を実施し、飼育状況等のデータにより生育状況の比較を行い、有意な差がないことを確認します。

情報公開の方針

- ・ ①については、飼育水槽のカメラによるWEB公開や、飼育日誌のホームページやTwitterでの公開を通じて、飼育試験の様子を日々お知らせいたします。また、海水で希釈したALPS処理水で飼育した海洋生物と、通常の海水で飼育した海洋生物の飼育環境（水質、温度等）、飼育状況（飼育数の変化等）、分析結果（生体内トリチウム濃度と海水内トリチウム濃度の比較等）などを、毎月とりまとめて公表してまいります。
- ・ また、地域の皆さまや関係者の皆さまにご視察ただただけでなく、生物類の知見を有している専門家等にも、適宜、ご確認いただきます。



◀ 海洋生物飼育試験ライブカメラ(イメージ)

- ・ 通常海水は青い水槽、海水で希釈したALPS処理水の水槽は黄色い水槽のため、背景の色が違います。
- ・ 今後各所からのご意見を踏まえて、レイアウトなどは、より見やすく適宜更新してまいります。

【参考】飼育試験を通じてお示ししたいこと（2 /

- ② トリチウム等の挙動については、国内外で数多くの研究がされてきており、それらの実験結果を踏まえて、まずは半年間の試験データを収集し、過去の実験結果と同じように「生体内でのトリチウムは濃縮されず、生体内のトリチウム濃度が生育環境以上の濃度にならないこと」をお示ししたい。

国内外の実験結果※1

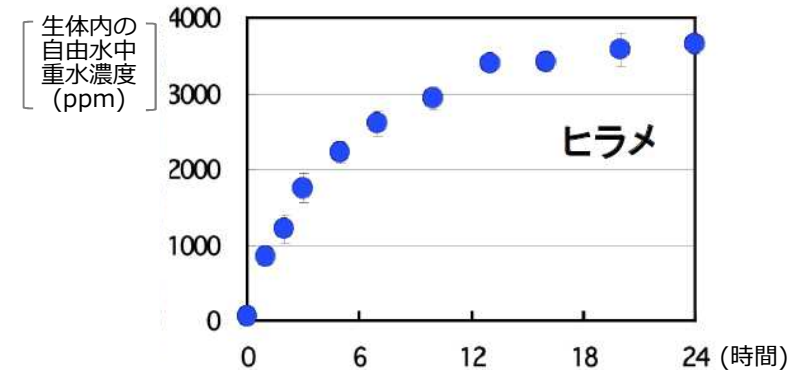
- トリチウム濃度は生育環境以上の濃度にならない
- トリチウム濃度は一定期間で平衡状態に達する

※1 生体内のトリチウムには、組織自由水型トリチウム（以下、FWT）と有機結合型トリチウム（以下、OBT）の2種類があり、それぞれについて国内外での実験結果があります。

※2 トリチウム（三重水素）と同じ性質をもつ重水素（H-2）を用いて行った実験です（海水中の重水素の濃度は約4,000ppm）。

- FWT（自由水形トリチウム）：
生物の体内で、水の形で存在しているトリチウム。
- OBT（有機結合型トリチウム）：
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

■ 重水※2によるヒラメの実験データ例



(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」より抜粋

試験で確認すること

- 海水で希釈したALPS処理水の水槽（トリチウム濃度が1,500^{Bq}/ℓ未満）のヒラメ・アワビ・海藻類のトリチウムを分析・評価※3し、トリチウムが一定期間で平衡状態に達すること、平衡状態に達したトリチウム濃度は生育環境以上にならないことを確認します。
 - 併せて、トリチウムが平衡状態に達した海洋生物を海水の水槽に移し、トリチウムが下がることも確認します。

※3 OBTについても、今後、半年間の試験データを収集し、過去知見との整合を評価するなどし、その濃度は生育環境以上にならないことを確認します。