

令和 5 年 9 月 6 日

海洋環境でのトリチウムおよび放射性セシウムの 海産生物への蓄積の比較について

環境放射能研究所・高田兵衛准教授、共生システム理工学研究科・環境放射能学専攻・博士後期課程 2 年・大槻哲さんと、公益財団法人 海洋生物環境研究所【理事長 保科正樹】 中央研究所 城谷勇陸研究員は、東日本北太平洋の沿岸海域において海水と海産生物のトリチウムと放射性セシウムを調べ、海産生物にはトリチウムが蓄積しないことを示しました。

2003 年度から 2012 年度にかけて、東日本北太平洋沿岸海域（青森、岩手県の沿岸）において、海水と海産生物中のトリチウム濃度の時間的変化や海産生物への蓄積量について放射性セシウムと比較しました。トリチウムは六ヶ所村の原子燃料再処理施設のアクティブ試験*（2006～2008 年度）の間に一部上昇が見られたものの、その後は速やかに減少しました。また、福島第一原発事故による影響は見られませんでした。放射性セシウムはアクティブ試験の影響は無かった一方、事故後上昇し、その後は緩やかに減少しました。海産生物への蓄積については、放射性セシウムは蓄積が確認されましたが、トリチウムは蓄積しないことから、トリチウムと放射性セシウムの海産生物への蓄積過程が異なることを示唆しました。これは、今後の再処理施設等での処理水の海洋放出に対するトリチウムの海洋環境での動きの変化を知る上で重要な情報となります。

※本成果は 2023 年 8 月 13 日付で日本海洋学会の英文誌「Journal of Oceanography (ジャーナル オブ オーシャノグラフィ)」に掲載されました。

【研究内容】

高田兵衛准教授の研究グループは海洋環境におけるトリチウムの動きを知るために、東日本北太平洋沿岸海域（青森、岩手県の沿岸、図 1）において、トリチウムの動きや海産生物への蓄積について、放射性セシウムと比較しました。

海水中のトリチウムと放射性セシウム(セシウム-137)濃度の経年変化

2003 年度から 2012 年度までの海水中のトリチウム濃度と放射性セシウム濃度の時間的変化を図 1 (右側)に示しました。

トリチウム濃度

アクティブ試験前の平均値は表層が 0.14 Bq/L、下層が 0.12 Bq/L でした。アクティブ試験期間中ではいくつかの測点で試験の影響が見えましたが、最大でも 1.3 Bq/L の上昇でした。試験後の 2009 年度以降はすぐに試験前の値に戻り、また、福島第一原発事故の影響は見られず、平均は表層が 0.11 Bq/L、下層が 0.10 Bq/L でした。

放射性セシウム濃度

アクティブ試験の前中後で試験の影響は見えませんでした。福島第一原発事故

により最大 0.37 Bq/L まで上昇し、その後は緩やかな減少が見られました。

海水中のトリチウムと放射性セシウム濃度変化の違い

海水中のトリチウムはアクティブ試験の影響があったものの、その後の減少は速く、すぐに試験前の値に戻り、また福島第一原発事故の影響は見られませんでした。放射性セシウム濃度は試験の影響は見られなかった一方、事故の影響が見られ、その後の減少も緩やかでした。

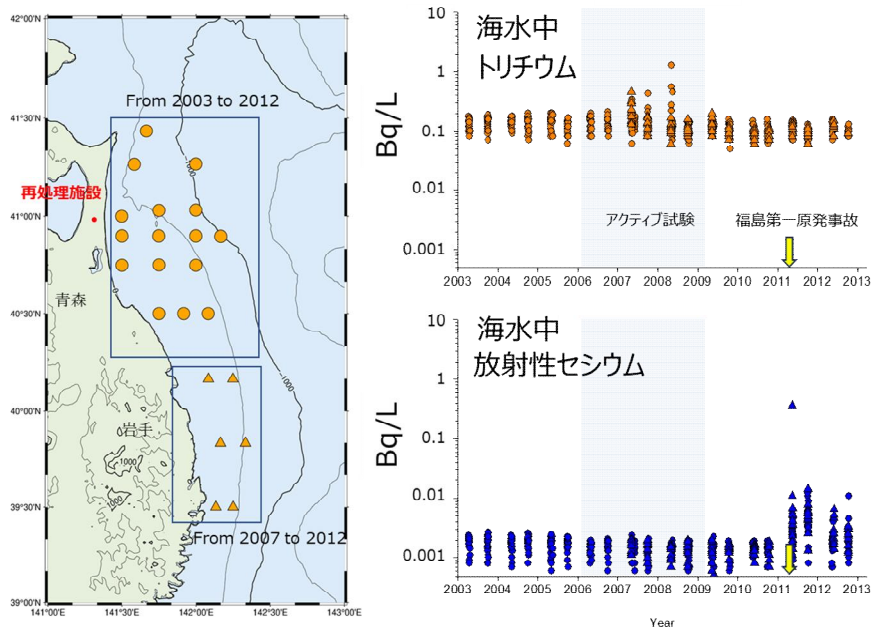


図 1 (左) 東日本北太平洋側沿岸海域での調査地点 (右) 海水中の放射性核種濃度。Shirovani et al. (2021, <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2021.112738>) のデータから図を改編。

海産生物中のトリチウムと放射性セシウム濃度の経年変化

2003 年度から 2012 年度までの海産生物中のトリチウム濃度と放射性セシウム濃度の時間的変化を図 2 に示しました。

トリチウム濃度

アクティブ試験前での平均は、組織自由水が 0.14 Bq/kg-生鮮物、有機結合型が 0.04 Bq/kg-生鮮物でした。アクティブ試験中ではいくつかの試料で試験の影響が見られ、最大で組織自由水が 8.1Bq/kg-生鮮物、有機結合型が 0.49 Bq/kg-生鮮物(ともにカタクチイワシ)でした。試験後の 2009 年度以降はすぐに試験前の値に戻り、また福島第一原発事故の影響は見られませんでした。試験後の平均は、組織自由水が 0.10 Bq/kg-生鮮物で、有機結合型が 0.05 Bq/kg-生鮮物となりました。

放射性セシウム濃度

海水中放射性セシウムと同様に、アクティブ試験の影響は見えませんでした。福島第一原発事故により最大 11 Bq/kg-生鮮物まで上昇しました。その後は海水同様に緩やかな減少でした。

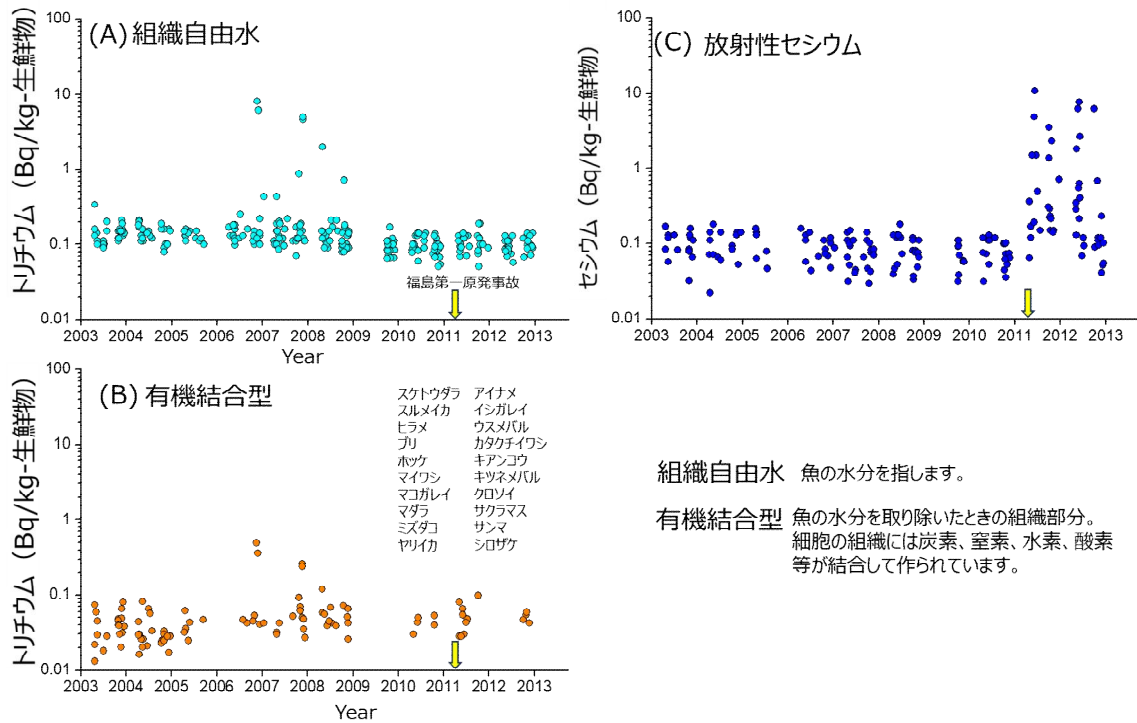


図2海産生物の(A)組織自由水のトリチウム濃度(B)有機結合型(組織)のトリチウム濃度(C)放射性セシウム濃度。

トリチウムと放射性セシウムの海産生物への蓄積過程について

トリチウムと放射性セシウムの海水から海産生物への蓄積を確認するために、海水濃度と海産生物の濃度変化が少ない時期(トリチウムは2003~2005年度、2009~2012年度;放射性セシウムは2003~2010年度)において、海産生物-海水濃度比(または濃縮係数)*を求めました。

その結果、組織自由水のトリチウム濃度比は種類毎の平均が0.84~1.3でした。これは、トリチウムは海産生物へ蓄積しないことを示しています。一方、放射性セシウムは同じ種類毎の濃度比が32.5~74.4であったことから、放射性セシウムは海産生物へ蓄積することがわかり、トリチウムと放射性セシウムの海産生物への蓄積過程が異なることを示唆しました。

以上、本研究に使用したデータは原子力規制庁及び文部科学省の委託事業(海洋環境における放射能調査及び総合評価)事業により得られたデータを解析したものです。

【今後のトリチウムのモニタリングに対する課題について】

今回の調査ではアクティブ試験期間中の海水と海産生物の濃度比は求めませんでした。これは海水採取時の海水中のトリチウム濃度と、海産生物採集時の海水中のトリチウム濃度が異なる可能性があったためです。そのため、濃度変化の少ない、試験前後での濃度比を見ることで海産生物へのトリチウムの蓄積を評価しました。

福島大学 環境放射能研究所は、福島沿岸において海産生物を採取した場所と時間がほぼ同じ時の海水も採取しており、より実環境での海水と海産生物のトリチウムの関係を示せるように調査をしています。

【成果の意義】

海水と海産生物中のトリチウム濃度の関係から、トリチウムは海産生物中へ蓄積しないことを示し放射性セシウムとの蓄積過程の違いを示唆しました。また、2012年度の東日本北太平洋沿岸の海水および海産生物の組織自由水トリチウム濃度はそれぞれ約 0.1 Bq/L と 0.1 Bq/kg-生鮮物であり、この数値は再処理施設等からの処理水の海洋放出後のトリチウムの動きを評価するうえで非常に重要な情報となります。

【掲載誌・論文】

- ・掲載誌: *Journal of Oceanography*
- ・掲載日: 2023年8月13日
- ・タイトル: “Distributions of tritium and ¹³⁷Cs in coastal seawater and biota off Aomori and Iwate prefectures, Japan”
- ・著者: 大槻哲 (共生システム理工学研究科・環境放射能学専攻・博士後期課程 2年)、高田兵衛 (福島大学 環境放射能研究所)
城谷勇陸 (公益財団法人 海洋生物環境研究所 中央研究所)
- ・DOI: <https://doi.org/10.1007/s10872-023-00697-2>

(お問い合わせ先)
環境放射能研究所
准教授 高田兵衛
電話: 024-504-2882
メール: h.takata@ier.fukushima-u.ac.jp

公益財団法人 海洋生物環境研究所
<https://www.kaiseiken.or.jp>
事務局 研究企画調査グループ
広報担当 merikoho@kaiseiken.or.jp

参考

海水中のトリチウム濃度

アクティブ試験*前の 2003～2005 年度

表層:0.08～0.0 Bq/L(平均:0.14 Bq/L)

下層:0.06～0.2 Bq/L(平均:0.12 Bq/L)

アクティブ試験中の 2006～2008 年度

表層:0.08～1.3 Bq/L(平均:0.17 Bq/L)

下層:0.06～0.3 Bq/L(平均:0.11 Bq/L)

アクティブ試験後の 2009～2012 年度

表層:0.06～0.20 Bq/L(平均:0.11 Bq/L)

下層:0.05～0.16 Bq/L(平均:0.10 Bq/L)

海産生物中のトリチウム濃度

アクティブ試験前の 2003～2005 年度

組織自由水:0.08～0.37 Bq/kg-生鮮物(平均:0.14 Bq/kg-生鮮物)

有機結合型:0.01～0.08 Bq/kg-生鮮物(平均:0.04 Bq/kg-生鮮物)

アクティブ試験中の 2006～2008 年度

組織自由水:0.07～8.1 Bq/kg-生鮮物(平均:0.4 Bq/kg-生鮮物)

有機結合型:0.03～0.49 Bq/kg-生鮮物(平均:0.08 Bq/kg-生鮮物)

アクティブ試験後の 2009～2012 年度

組織自由水:0.05～0.19 Bq/kg-生鮮物(平均:0.10 Bq/kg-生鮮物)

有機結合型:0.03～0.10 Bq/kg-生鮮物(平均:0.05 Bq/kg-生鮮物)

海水中の放射性セシウム濃度

アクティブ試験前の 2003～2005 年度

表層:0.0012～0.0027 Bq/L(平均:0.0019 Bq/L)

下層:0.0006～0.0020 Bq/L(平均:0.0016 Bq/L)

アクティブ試験中の 2006～2008 年度

表層:0.0009～0.0024 Bq/L(平均:0.0017 Bq/L)

下層:0.0006～0.0020 Bq/L(平均:0.0013 Bq/L)

アクティブ試験後の 2009～2012 年度

表層:0.0008～0.37 Bq/L(平均:0.004 Bq/L)

下層:0.005～0.011 Bq/L(平均:0.002 Bq/L)

海産生物中の放射性セシウム濃度

アクティブ試験前の 2003～2005 年度

0.02～0.18 Bq/kg-生鮮物(平均:0.10 Bq/kg-生鮮物)

アクティブ試験中の 2006～2008 年度

0.03～0.18 Bq/kg-生鮮物(平均:0.09 Bq/kg-生鮮物)

アクティブ試験後の 2009～20012 年度

0.03～11 Bq/kg-生鮮物(平均:0.75 Bq/kg-生鮮物)

用語について

* アクティブ試験

日本原燃 アクティブ試験の概要

<https://www.jnfl.co.jp/cycle-recycle/testing/active-test.html>

アクティブ試験は、通水作動試験や化学試験、ウラン試験という段階的な試験の一環として、操業前の最終段階の試験として実施するものです。アクティブ試験では、実際の使用済燃料を用いて、プルトニウムや核分裂生成物の取り扱いに係る、再処理施設の安全機能および機器・設備の性能を確認するものですが、具体的には、核分裂生成物の分離性能、ウランとプルトニウムの分配性能、環境への放出放射能量、放射性廃棄物および固体廃棄物の処理能力などの確認を行います。

* 海水-海産生物のトリチウム(or セシウム)濃度比(濃縮係数)の求め方

各年度を 4～9 月を前期間、10～翌 3 月を後期間として、

各期間で採取された海産生物毎のトリチウム濃度(Bq/kg-生鮮物)

濃度比 = $\frac{\text{各期間で採取された海産生物毎のトリチウム濃度(Bq/kg-生鮮物)}}{\text{各期間で採取された全ての海水中のトリチウムの平均濃度(Bq/L)}}$

各期間で採取された全ての海水中のトリチウムの平均濃度(Bq/L)

海洋環境でのトリチウムおよび 放射性セシウムの 海産生物への蓄積の比較について



公益財団法人
海洋生物環境研究所

科研費
KAKENHI

共生システム理工学研究科 環境放射能学専攻
博士後期課程 2年 大槻哲

公益財団法人 海洋生物環境研究所

研究員

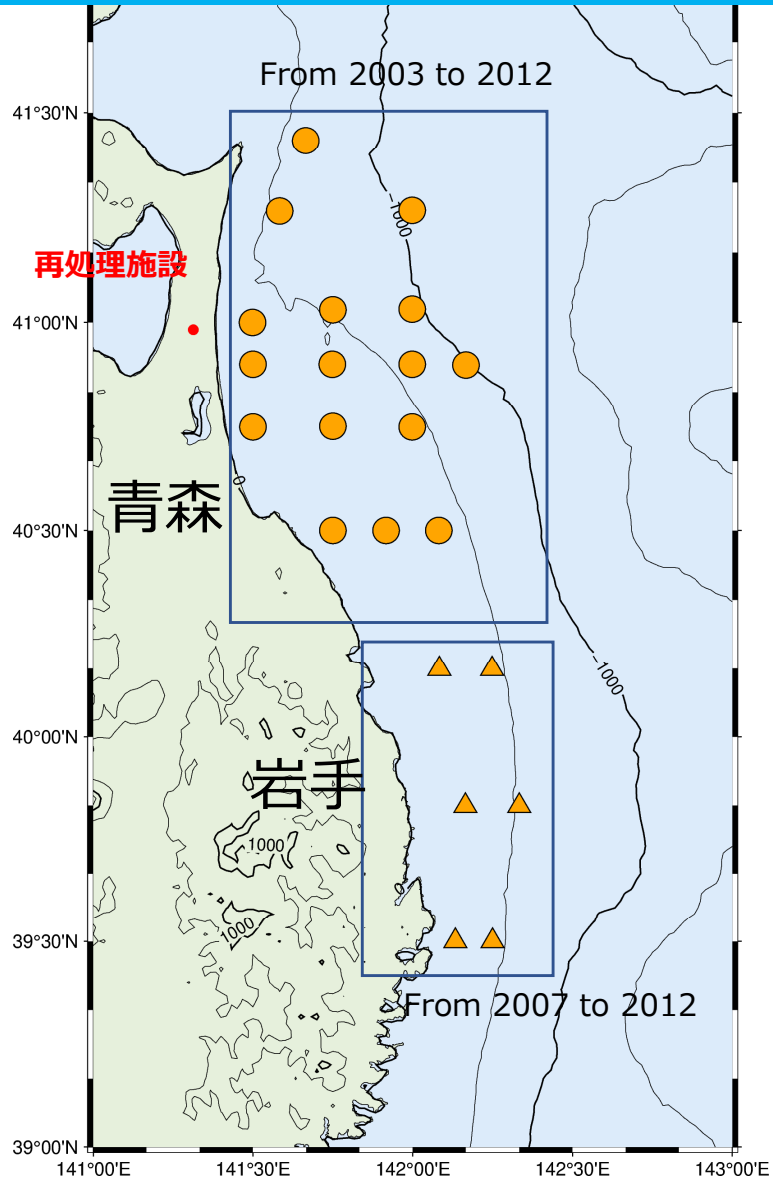
城谷勇陸

環境放射能研究所

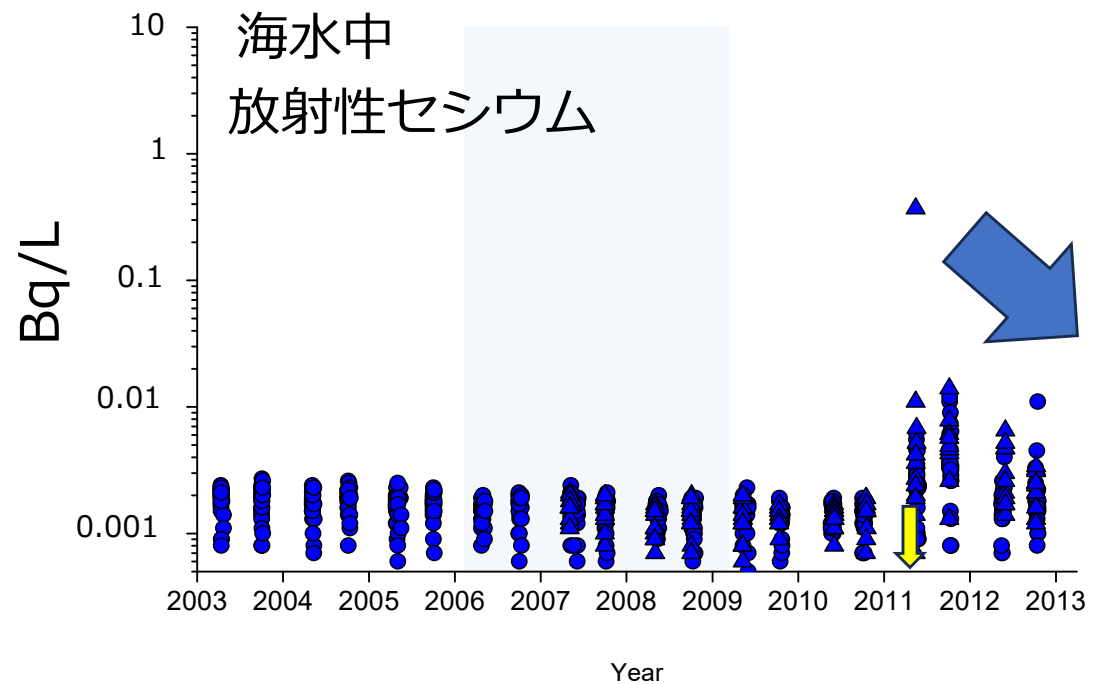
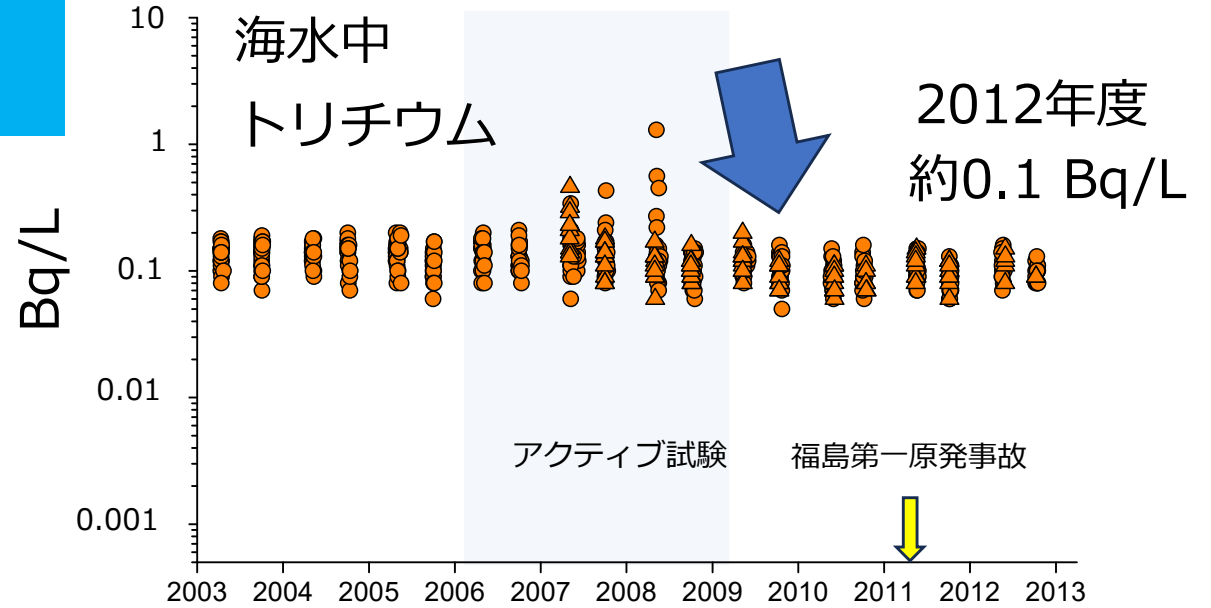
高田兵衛

調査海域

(青森～岩手沖合)

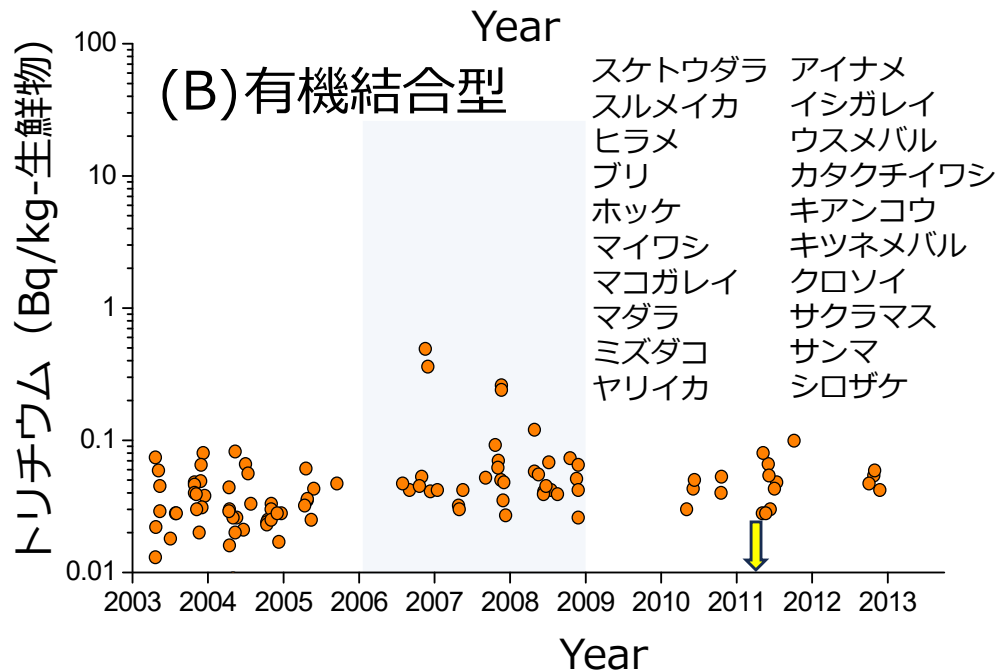
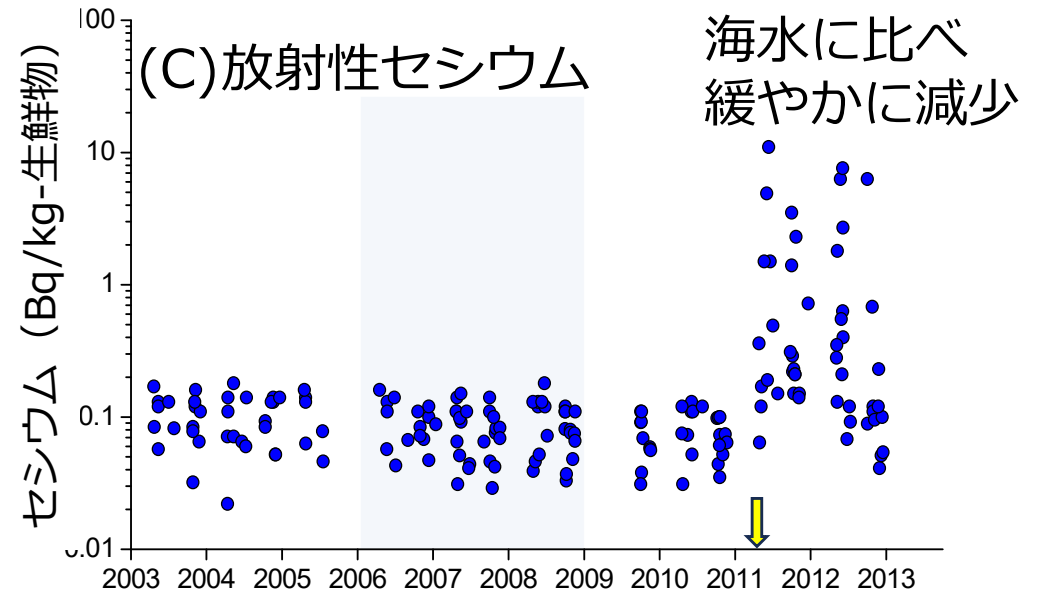
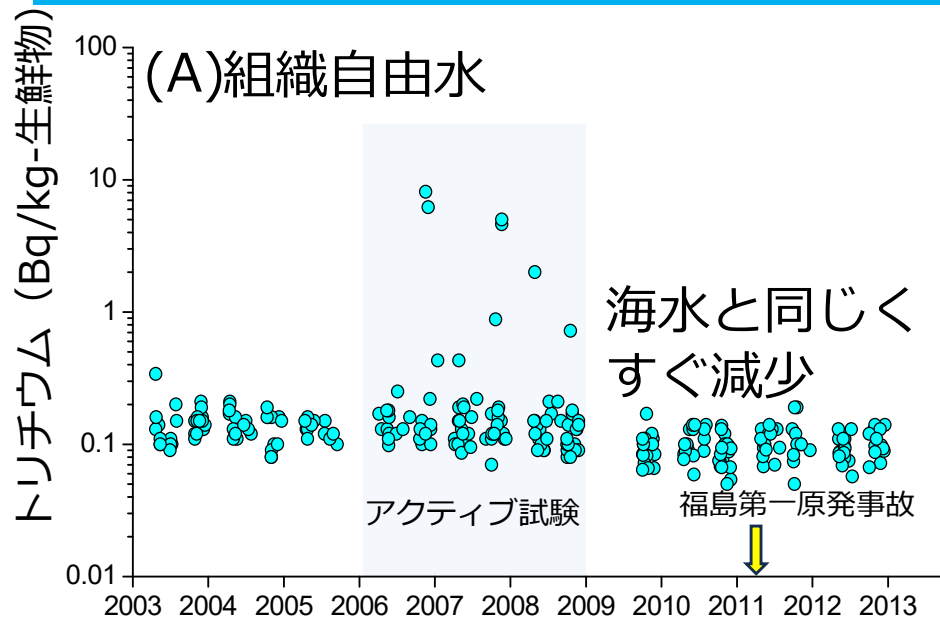


海水中の濃度変化



海産生物のトリチウム濃度変化

海産生物の放射性セシウム濃度変化



組織自由水 魚の水分を指します。

有機結合同型 魚の水分を取り除いたときの組織部分。細胞の組織には炭素、窒素、水素、酸素等が結合して作られています。

2012年度

組織自由水：約0.1 Bq/kg-生鮮物

有機結合同型：約0.06 Bq/kg-生鮮物

* 検出数が少ないため、参考値

(ヒラメ、マコガレイ、カタクチイワシ、シロサケ)

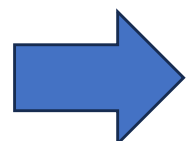
トリチウムと放射性セシウムの 海産生物への蓄積過程について

濃度比（濃縮係数）

| 種名 | トリチウム (組織自由水) | | 放射性セシウム | |
|---------|------------------|-----|---------|----|
| | 平均 | 誤差 | 平均 | 誤差 |
| カタクチイワシ | 1.3 | 0.4 | — | — |
| スケトウダラ | 0.8 | 0.2 | 74 | 10 |
| マダラ | 0.9 | 0.2 | 73 | 8 |
| キアンコウ | 0.9 | 0.3 | 33 | 7 |
| シロサケ | 1.1 | 0.2 | 49 | 6 |
| ヒラメ | 0.9 | 0.2 | 74 | 6 |
| マコガレイ | 1.1 | 0.3 | 46 | 12 |
| ミズダコ | 1.1 | 0.4 | — | — |
| スルメイカ | 0.9 | 0.2 | — | — |
| 各種の平均範囲 | 0.8~1.3 | | 33~74 | 4 |

放射性セシウムとトリチウムの動き 似ているところ 違うところ

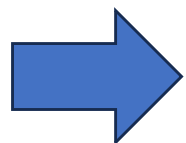
| | トリチウム (組織自由水) | セシウム |
|-------------|----------------------------------|--------------|
| 濃度変化 | 生息環境（海水）の濃度に 合わせて減少（トリチウムが速い） | |
| 蓄積 (濃度比) | しない (1) | する (数十程度) |



蓄積過程が両核種で異なる

【成果の意義】

- ・トリチウムは海産生物中へ蓄積しない



放射性セシウムとは動きが異なる

・ 2012年度 東日本北太平洋沿岸のトリチウム

海水中の濃度 約0.1 Bq/L

海産生物の組織自由水濃度 約0.1 Bq/kg-生鮮物

*海産生物の有機結合型濃度 約0.06 Bq/kg-生鮮物

* 検出数が少ないため、参考値
(ヒラメ、マコガレイ、カタクチイワシ、シロサケ)



再処理施設等からの処理水の海洋放出後の
トリチウムの動きの評価に非常に重要な情報

【掲載誌・論文】

- ・ 掲載誌： *Journal of Oceanography*
- ・ 掲載日： 2023年8月13日