



環境科学セミナー

第二部 成果報告資料

令和7年度

公益財団法人 環境科学技術研究所

公益財団法人 日本海洋科学振興財団

本成果報告の内容は、青森県から（公財）環境科学技術研究所が受託している「排出放射性物質影響調査」及び（公財）日本海洋科学振興財団が受託している「六ヶ所村沖合海洋放射能等調査」により得られた成果の一部です。

本研究は青森県からの受託事業により得られた成果を利用しておらず、データの帰属は青森県にあります。データの使用を希望する方はご連絡願います。

目 次

1. 環境中の放射性物質はどのように動くの？

～再処理工場から排出される放射性物質の動きを探る～ 1-12

(公財) 環境科学技術研究所

環境影響研究部

部長 植田 真司

2. 六ヶ所村周辺の海洋放射能

13-26

(公財) 日本海洋科学振興財団

むつ海洋研究所海洋研究部 主任研究員 小藤 久毅

環境中の放射性物質は どのように動くの？

～再処理工場から排出される放射性物質の動きを探る～

公益財団法人 環境科学技術研究所
環境影響研究部
植田 真司

1



本日の話題

- 環境科学技術研究所とは
- 調査研究活動と理解醸成活動
- 再処理工場の基礎知識
- 六ヶ所再処理工場のアクティブ試験の概要
- 観測事例の紹介
- まとめ

環境科学技術研究所（環境研）とは



ホームページ <https://www.ies.or.jp>

3

環境研とは

設立

- ・ 1990年(平成2年)
- ・ 大型再処理施設を受け入れるに際し、六ヶ所村と青森県が研究所の設立を要望

目的

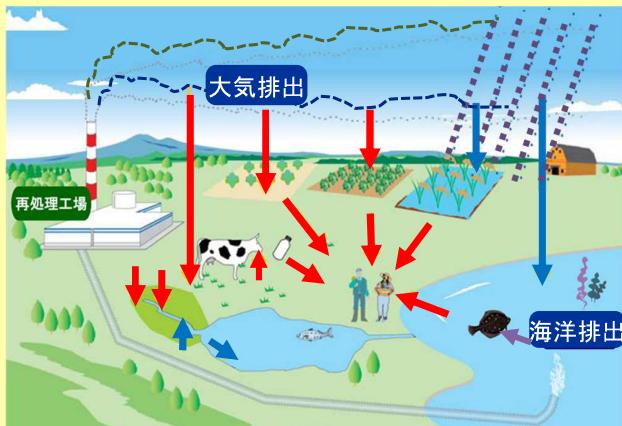
- ・ 放射性物質等の環境安全に関する調査研究
- ・ 放射性物質等の環境安全に関する情報の提供・理解の増進・人材育成

部門

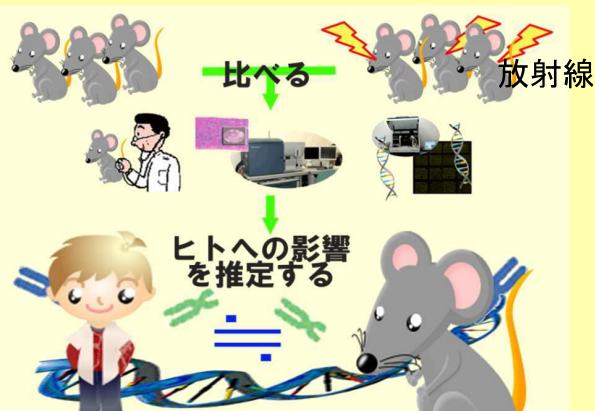
- ・ 環境影響研究部
- ・ 生物影響研究部
- ・ トリチウム研究センター
- ・ 共創センター

調査研究活動と理解醸成活動

環境影響研究部



生物影響研究部



トリチウム研究センター

トリチウムの内部被ばく影響調査

トリチウム(T)経口投与

外部照射



同じ線量での
影響を比較
RBEを求める



理解醸成活動

共創センター

調査で得られたデータや科学的知見について、地域住民を始めとする県民の皆様に対して情報発信を行うとともに、双方向のコミュニケーションにより理解醸成を図る。

5

環境影響研究部の調査研究概要

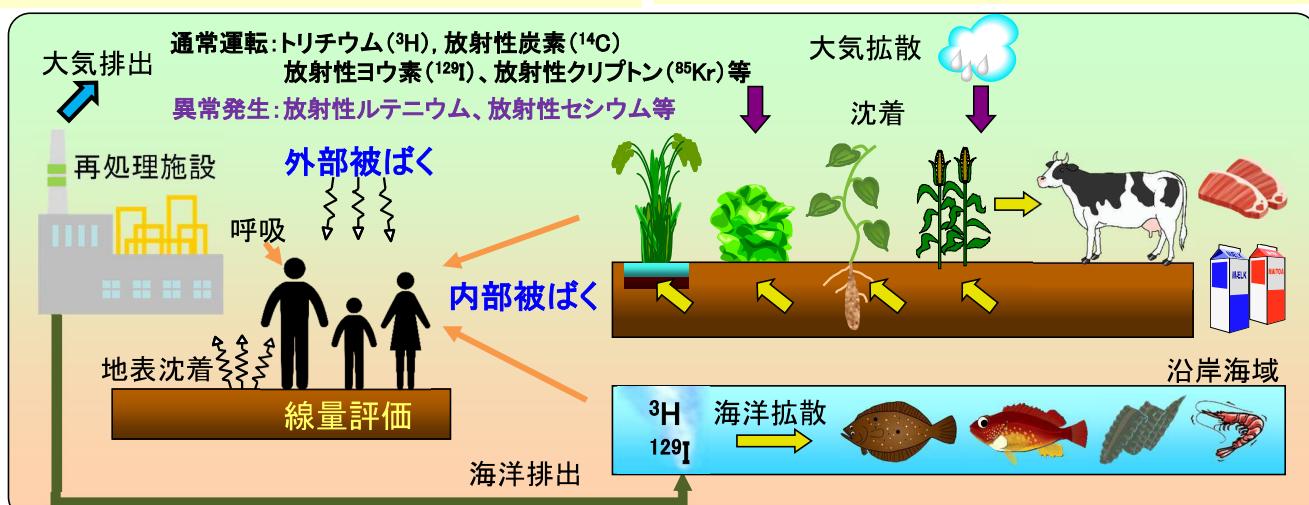
大型再処理施設の稼働状態、すなわち「通常運転時」と「異常事象発生時」それぞれの状態における放射性物質の動きなどに関する評価を行うことを目的としている。

1. 通常運転時に関する調査では

- ・排出放射性物質の環境中の移行・蓄積の解明
- ・食品・食事中の放射性物質の濃度変動の評価
- ・実態に即した中長期にわたる被ばく線量評価
- ・地域主要農水産物(ナガイモ、ヒラメ、メバル)への移行・残留性の実験的解明

2. 異常事象発生時に関する調査では

- ・作物表面に放射性セシウムが沈着した際の取り除かれかたや葉面からの吸収のされかたの解明
- ・土壤-作物間の放射性セシウムの移行低減化調査
- ・事故時に放出される放射性ルテニウムの土壤中挙動の基礎的な知見の取得

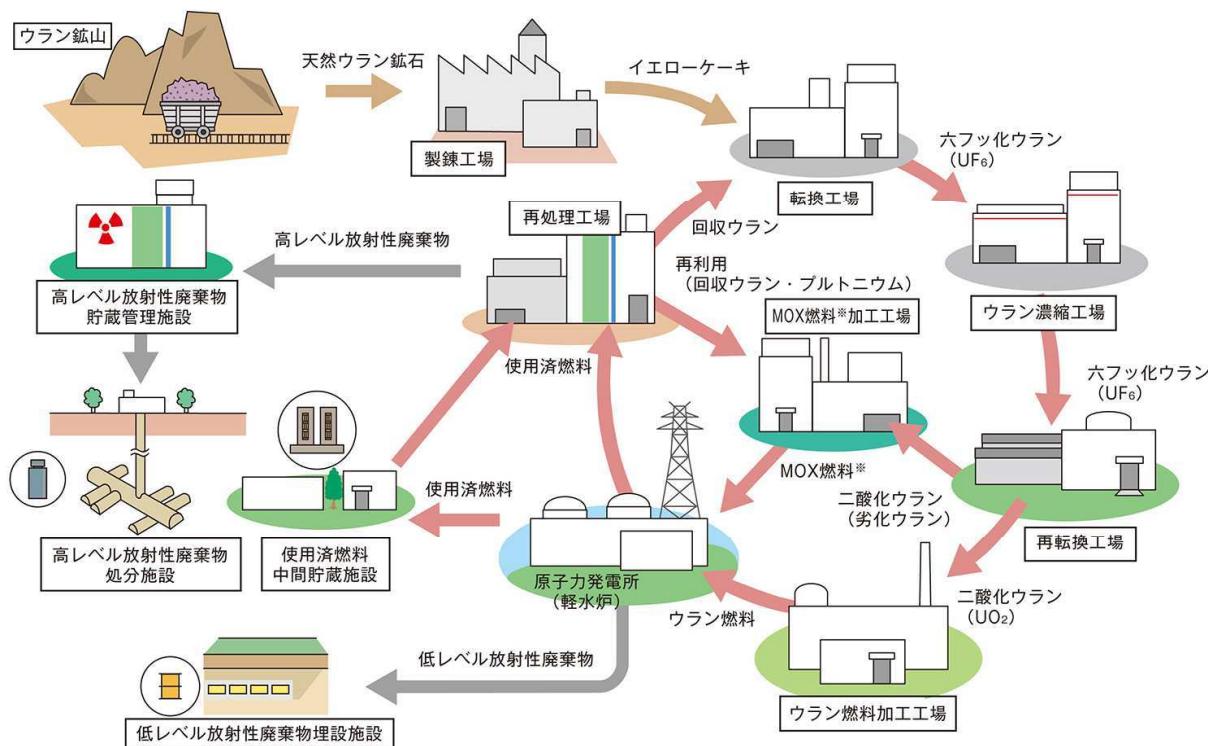


- ・施設稼働後の排出放射性物質移行の実態解明
- ・地域に即した被ばく線量評価等の情報の公開
- ・万が一の異常事象発生時の対策に資する知見の提供

地域住民の理解の醸成

再処理工場の基礎知識①

原子燃料サイクル



*MOX (Mixed Oxide) 燃料: プルトニウムとウランの混合燃料

7-2-1

原子力・エネルギー図面集

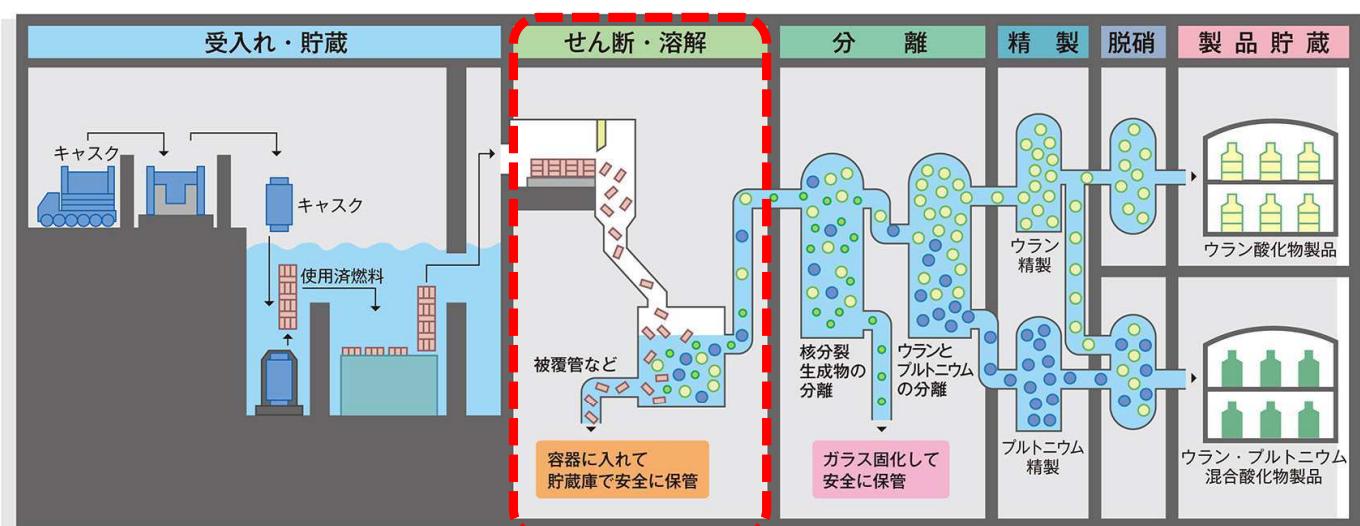
出典: 日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」

7

再処理工場の基礎知識②

再処理の工程

●ウラン ●プルトニウム ●核分裂生成物（高レベル放射性廃棄物） ■被覆管などの金属片



7-4-1

出典: 日本原燃(株)ホームページより作成

原子力・エネルギー図面集

出典: 日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」

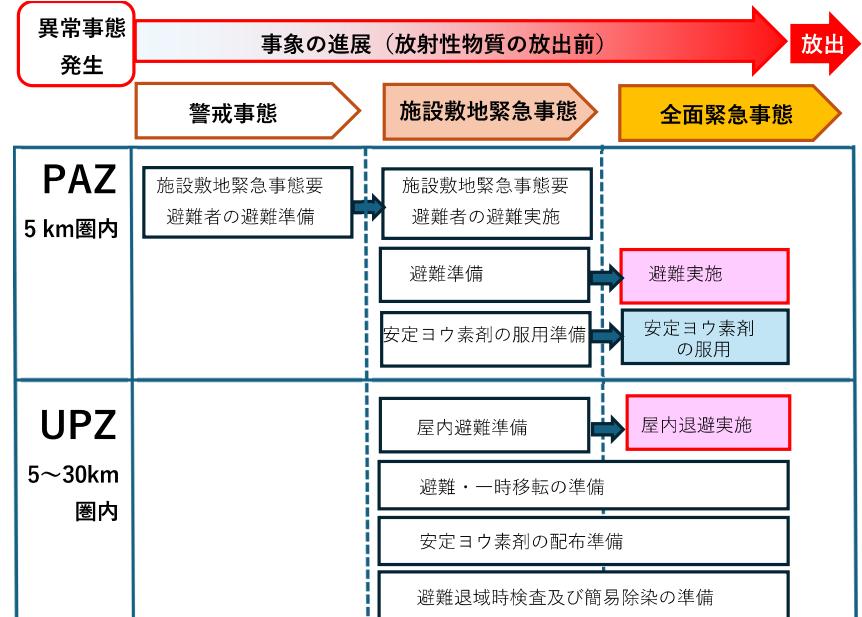
再処理工場の基礎知識③

原子力発電所：

- 半径5 km以内の地域：「PAZ(予防的防護措置を準備する区域 Precautionary Action Zone)」
 - 半径5~30 kmの地域：「UPZ(緊急防護措置を準備する区域 Urgent Protective action planning Zone)」
- 再処理工場では、半径5 km以内の地域がUPZになる。



下北半島の原子力施設における
PAZとUPZ



原子力発電所の緊急事態区分に応じた
防護措置の概要
(引用:六ヶ所村原子力災害避難計画)

9

再処理工場の基礎知識④

世界の主な再処理工場

(2025年1月現在)

| 国名 | 運転者 | 所在地 | 施設名 | 年間再処理能力※1 | 営業運転 |
|------|---|---------|----------------------------------|--------------------|----------------------|
| 中国 | 蘭州核燃料複合施設 | 甘肃省蘭州市 | 蘭州パイロット再処理工場 | — | 2010 |
| フランス | Orano R La Hague | ラ・アーグ | ラ・アーグ工場 | 1,700 tHM | 1958~※2 |
| イギリス | Sellafield Ltd | カンブリア | セラフィールド施設 (ソープ再処理工場等) | — | 2018年閉鎖 |
| インド | India Gandhi Centre for Atomic Research (IGCAR) | カルバッカム | 高速炉燃料実証再処理施設 | — | 2024 |
| | Bhabha Atomic Research Centre (BARC) | | 高速炉燃料サイクル施設 | — | — |
| 日本 | 日本原燃株式会社 (JNFL) | 青森県六ヶ所村 | 六ヶ所原子燃料サイクル施設 (再処理工場) | 800 tU | 2026年度中 (しゅん工) |
| ロシア | PA Mayak | オゼルスク | 生産合同マヤク再処理工場 RT-1 Plant | 400 tHM | 1977. 4 |
| | Mining and Chemical Complex (MCC) | ゼレノゴルスク | Pilot Demonstration Center (PDC) | 4.4 tHM (phase I) | 2016 (phase I) |
| | | | RT-2 Plant | 220 tHM (Phase II) | 2025予定 (Phase II) |
| | | | | 800 tHM | 2035予定 |

※1 U : ウランが金属の状態であるときの質量 HM : MOX中のプルトニウムとウランの金属成分の質量

※2 UP1施設 : 1958、UP2施設 : 1966、UP2-400施設 : 1966、UP2-800施設 : 1994、UP3施設 : 1990

出典：日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」を一部改編

六ヶ所再処理工場からの放出量と線量

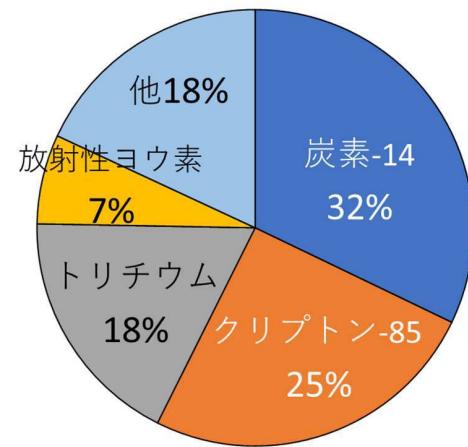
- 再処理工場の年間最大処理量は800トン(ウラン換算)で稼働時に大気や海洋中に放射性物質が排出。
- 周辺監視区域外の一般公衆の被ばく線量は年間約**0.022 ミリシーベルト**とされている。

(再処理事業変更許可申請書より)

年間放出量の管理目標値 (単位 ベクレル/年)

| 核種 | 気体 | 液体 | 半減期 |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------|
| クリプトン-85 | 1.6×10^{17} | | 10.7年 |
| その他の希ガス | 1.9×10^{14} | | |
| トリチウム | 1.0×10^{15} | 9.7×10^{15} | 12.3年 |
| 炭素-14 | 5.1×10^{13} | | 5730年 |
| 放射性ヨウ素 | | | |
| ヨウ素-129 | 1.1×10^{10} | 4.3×10^{10} | 1570万年 |
| ヨウ素-131 | 1.0×10^{10} | 1.0×10^{11} | 8日 |
| その他のヨウ素 | 1.7×10^{12} | | |
| その他の (α) | 3.1×10^8 | 3.6×10^9 | |
| その他の (β 、 γ) | 7.5×10^9 | 9.5×10^{10} | |

年間再処理量は、最大で年間800トン-Upr処理した場合



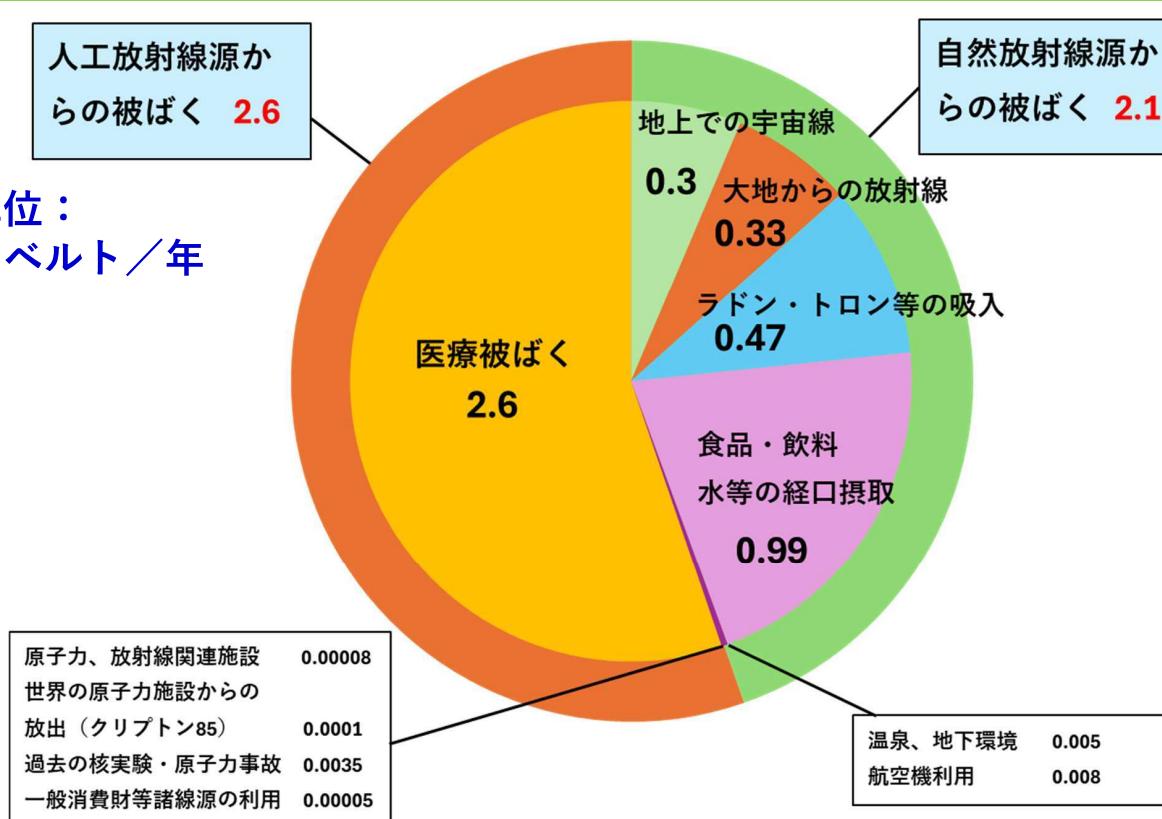
排出核種ごとの被ばく線量の割合
(年間0.022 ミリシーベルト) の内訳

なお、ICRP (国際放射線防護委員会) では、公衆被ばくの限度として年間1ミリシーベルトを勧告している

11

日本人1人当たりの一年間の線量

数字の単位：
ミリシーベルト／年

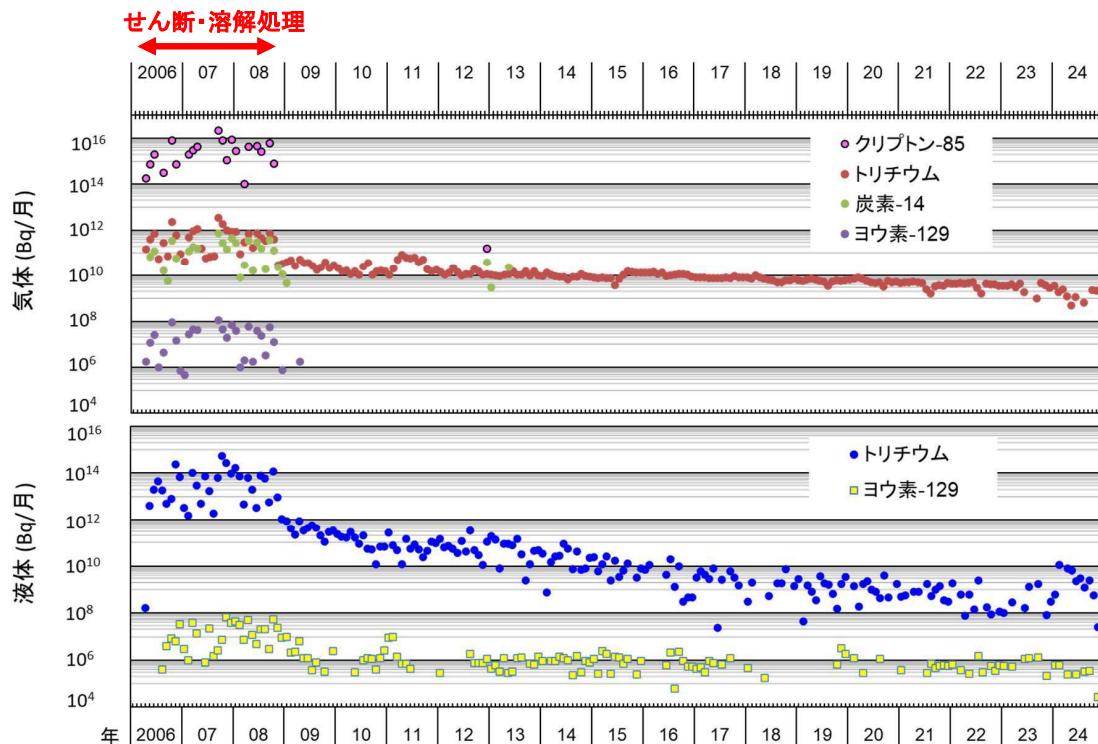


一般的な国民が通常の生活環境で受ける年間実効線量

出典：「生活環境放射線(国民線量の算定)第3版」、原子力安全研究協会より参照

六ヶ所再処理工場のアクティブ試験の概要

- ・アクティブ試験とは操業前の最終の試験として実施するもので、実際の使用済燃料を用いて、プルトニウムなど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。
- ・六ヶ所再処理工場では、アクティブ試験の一環として、2006年3月から2008年10月まで、使用済燃料約425トンを用いた、せん断・溶解処理を実施（以下、せん断・溶解処理）。

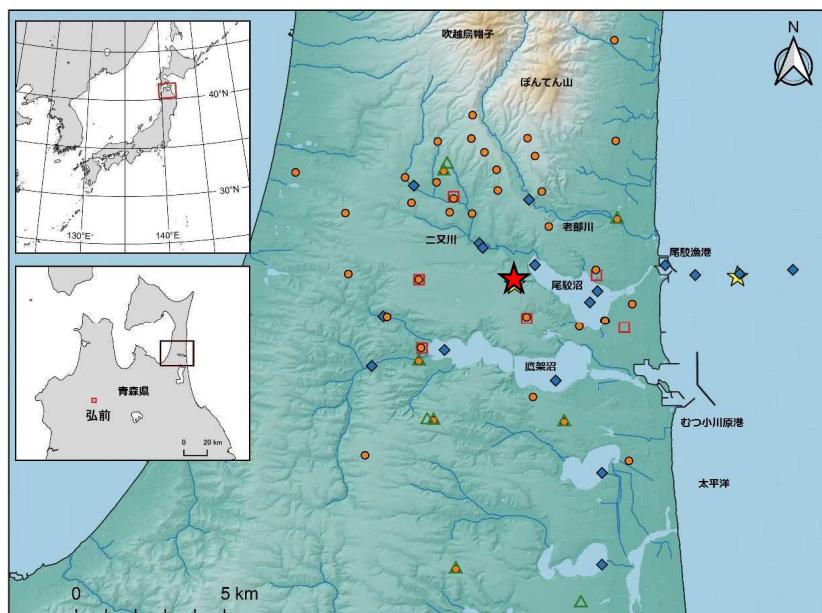


六ヶ所再処理工場からの気体および液体の月間放出量（出典：日本原燃（株））

13

環境研における環境動態研究

- ・環境研では、排出放射性物質を対象に、環境試料（大気・降下物、水、農畜水産物）や住民の食事に含まれる放射性物質の濃度や分布を調査している。



せん断・溶解処理時に環境試料から影響が検出された再処理工場由来の放射性核種

| 試 料 | トリチウム | 炭素-14 | クリプトン-85 | ヨウ素-129 |
|-------------|-------|-------|----------|---------|
| 大気あるいは水蒸気 | ○① | ○ | ○③ | ○ |
| 降水 | ○① | | | ○ |
| 土壤 | | | ○④ | |
| 食事（調理済） | ⑤ | ⑤ | ⑤ | |
| 作物（キャベツ、大根） | | | | ○ |
| コメ | ○ | | | |
| 植物（マツ葉など） | ○ | | | ○ |
| 魚 | ○② | | | ○ |
| 環境水（川、沼、海） | ○ | | | ○ |
| 湖底堆積物・水生生物 | | | | ○ |

○は影響が検出された環境試料

○数字は本会で紹介する観測事例（資料番号と対応）

なお、食事調査は六ヶ所村と青森市で実施

環境試料の採取地点

環境中における再処理工場からの放射性物質の動き

排出放射性物質の環境中での移行・蓄積の解明



観測事例の
①～④で紹介

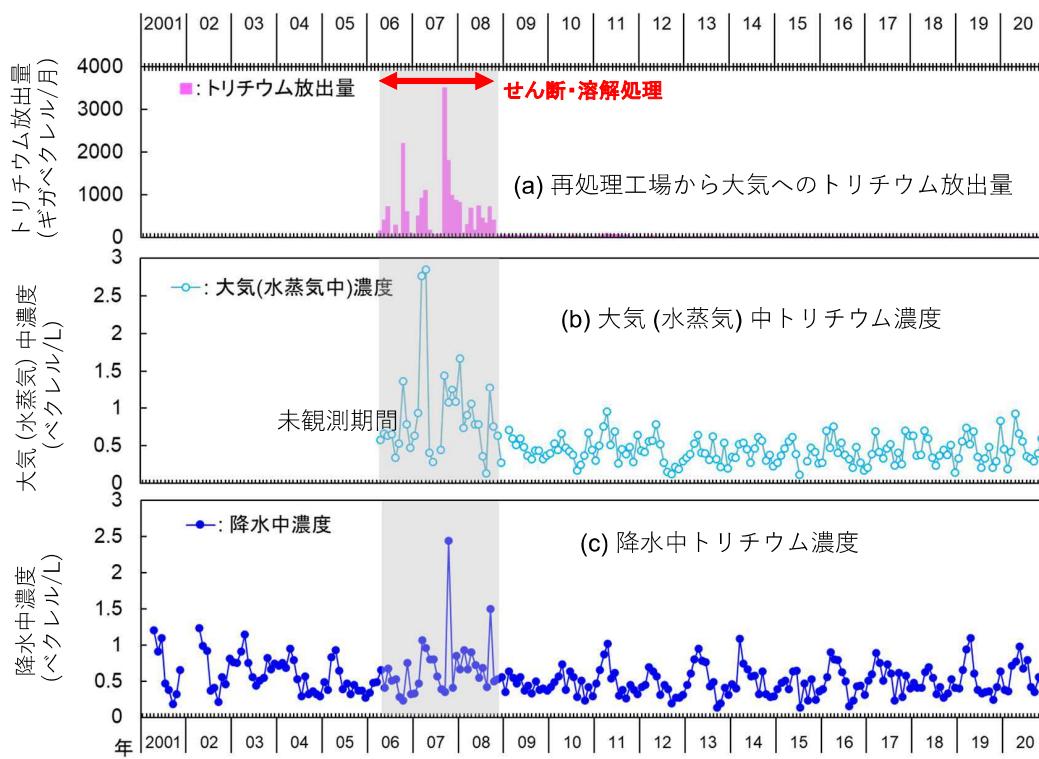
食事中の放射性物質の濃度変動の評価し、実態に即した被ばく線量評価



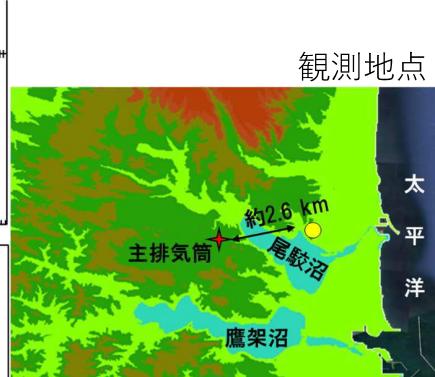
観測事例の
⑤で紹介

観測事例① 大気と雨のトリチウム濃度

- せん断・溶解処理中、大気中および降水中のトリチウム濃度が上昇した。
- 試験終了後には排出量の減少とともに、濃度も速やかに低下していることが確認された。



再処理工場から大気へ排出されたトリチウム量(a)と、大気(水蒸気)中(b)
および降水中(c)のトリチウム濃度(環境研の屋上で採取)

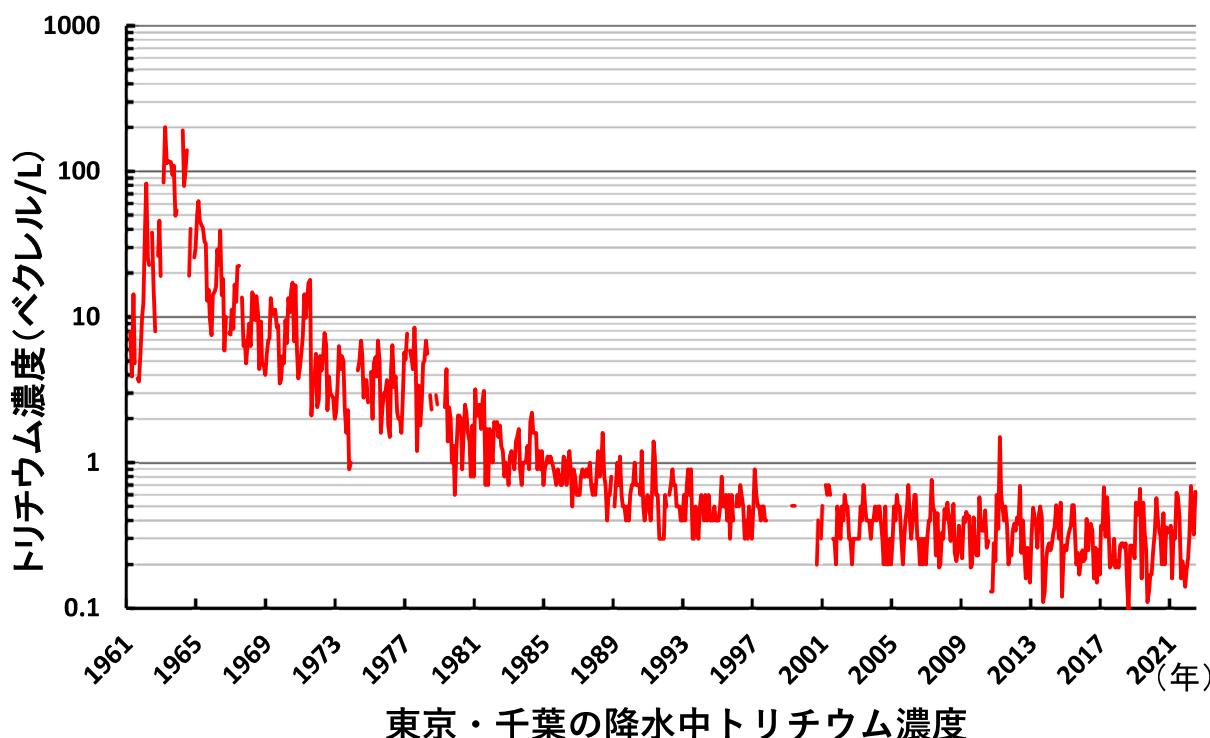


・通常のトリチウム濃度
大気中(水蒸気)濃度
: 約0.44ベクレル/L

降水中濃度
: 約0.50ベクレル/L

参考資料：東京・千葉の降水中トリチウム濃度

- 1950～60年代に行われた大気圏内核実験により、大量のトリチウムが環境中に放出された。
- 過去の降水中のトリチウム濃度は、核実験の影響で最大で約200ベクレル/Lと高くなつた。
- 近年では、概ね1ベクレル/L以下で推移している。



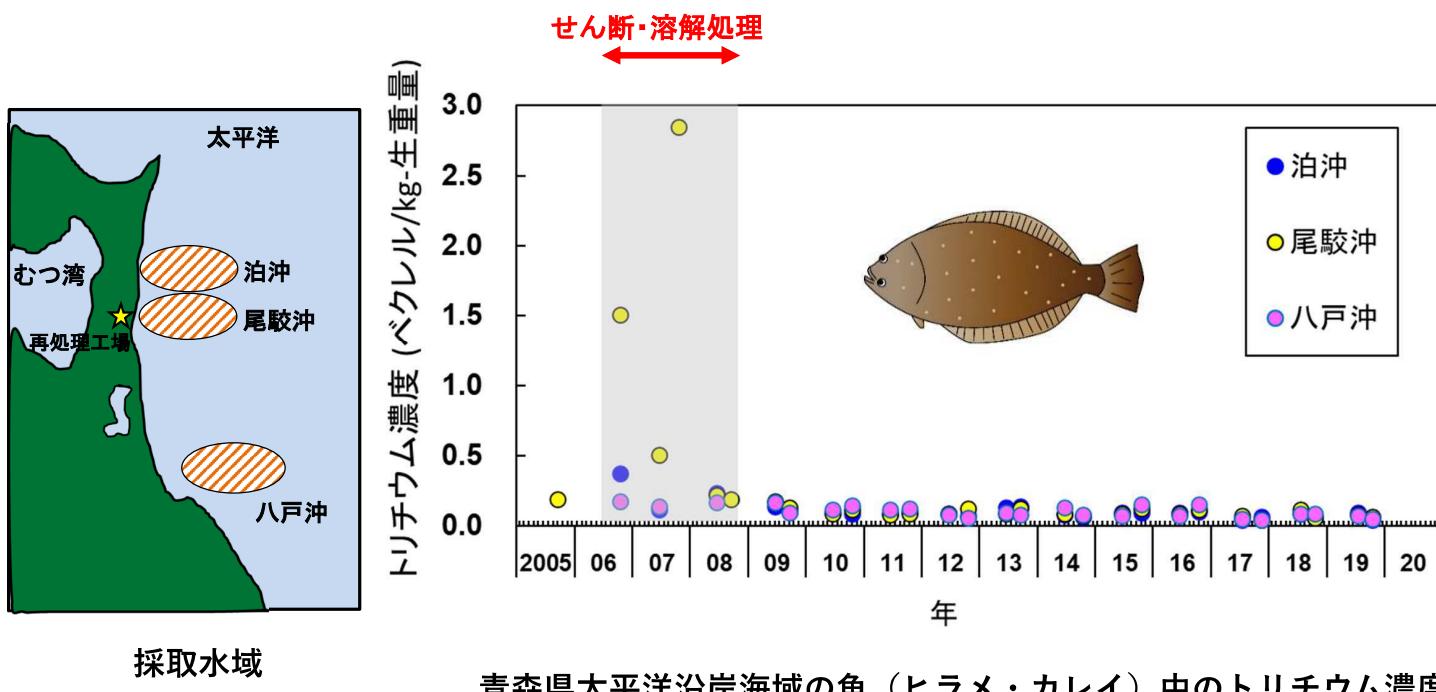
出典：環境放射線データベース、放射能調査報告書(2000年)放射線医学総合研究所 等

17

観測事例② 沿岸の魚の中のトリチウム濃度

- せん断・溶解処理が行われた時期の尾駆沖の魚で一時的なトリチウムの濃度上昇を観測した。
- 最も濃度が高い魚を毎日230 g（安全審査資料記載）食べても内部被ばく線量は**年間0.001ミリシーベルト未満と非常に小さく**、健康への影響はみられないレベルだった。

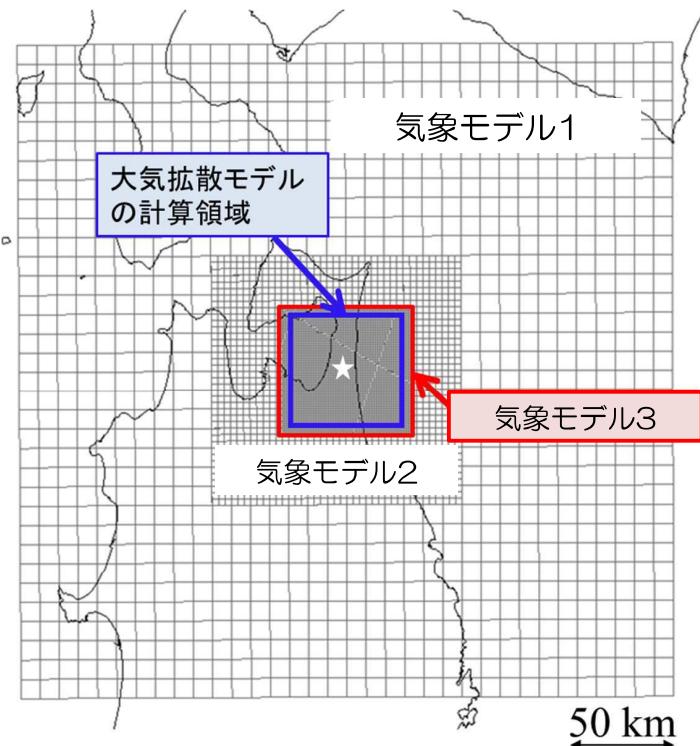
*ICRPの勧告では、公衆の年間被ばく線量は1ミリシーベルトとしている。



青森県太平洋沿岸海域の魚（ヒラメ・カレイ）中のトリチウム濃度

観測事例③ 大気中に排出された放射性物質を予測するモデル

- 再処理工場の稼働に伴って大気に排出される放射性物質が拡散する過程をシミュレーションするモデルを構築した。
- 排出時の放射性物質の量や風向、風速等の気象条件などを元に、モデルで放射性物質の大気中での広がり方を計算することができる。また、計算した濃度から被ばく線量を評価することもできる。



大気拡散モデル

計算領域

再処理施設を中心とした50 km四方

の領域、地上高0~2400 m

格子間隔：水平方向500 m

鉛直方向不等分割27層

気象モデル

計算領域

水平方向：①306 km, ②117 km, ③60 km四方

水平分割：①9km, ②3km, ③1km

格子数：① 35×35 , ② 40×40 , ③ 61×61

鉛直方向：不等間隔46分割

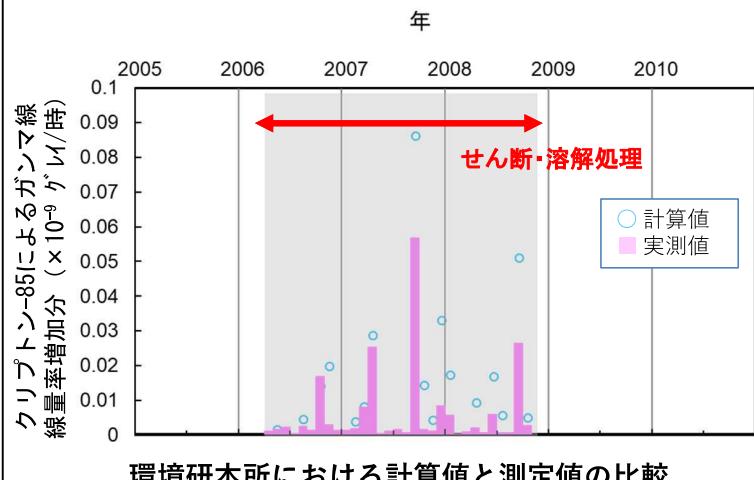
①：気象モデル1 ②、③はそれぞれ2、3

参考：<https://www.syn-model.aomori-hb.jp/>

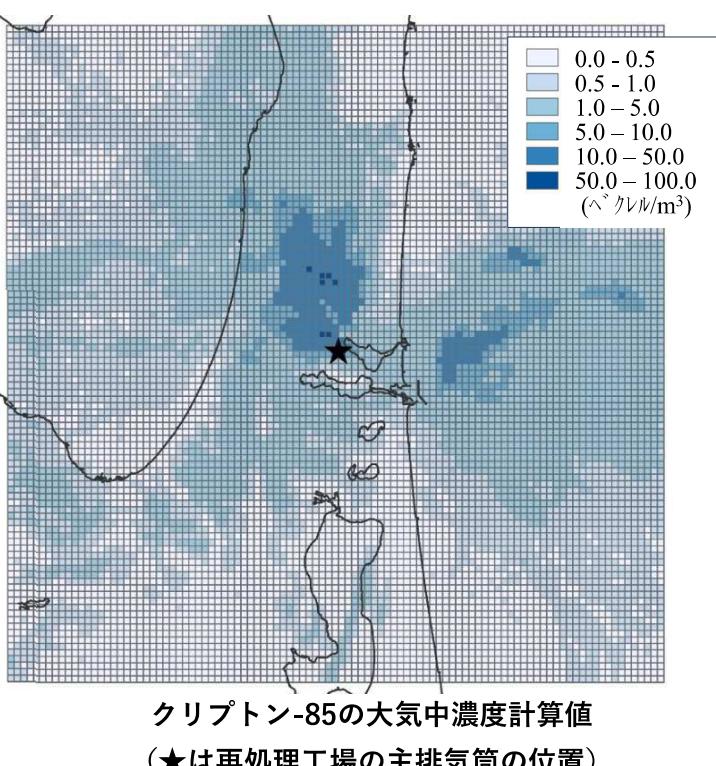
19

観測事例③ 大気中に排出された放射性物質のモデル計算と観測

- せん断・溶解処理期間中にクリプトン-85による空間ガンマ線線量率が増加した。
- 右図は、その期間中の地上付近の大気中平均濃度を示す。この期間のクリプトン-85による被ばく線量は最大でも約0.0011ミリシーベルトで、公衆の年間被ばく線量1ミリシーベルトと比べて十分小さい値であった。
- なお、モデルによる処理期間中の大気への排出放射性核種による被ばく線量は、外部被ばく、呼吸による内部被ばく、経口摂取による内部被ばくの合計で約0.0068ミリシーベルトであった。



環境研本所における計算値と測定値の比較



クリプトン-85の大気中濃度計算値
(★は再処理工場の主排気筒の位置)

観測事例④

土壤中のヨウ素-129蓄積量の水平分布

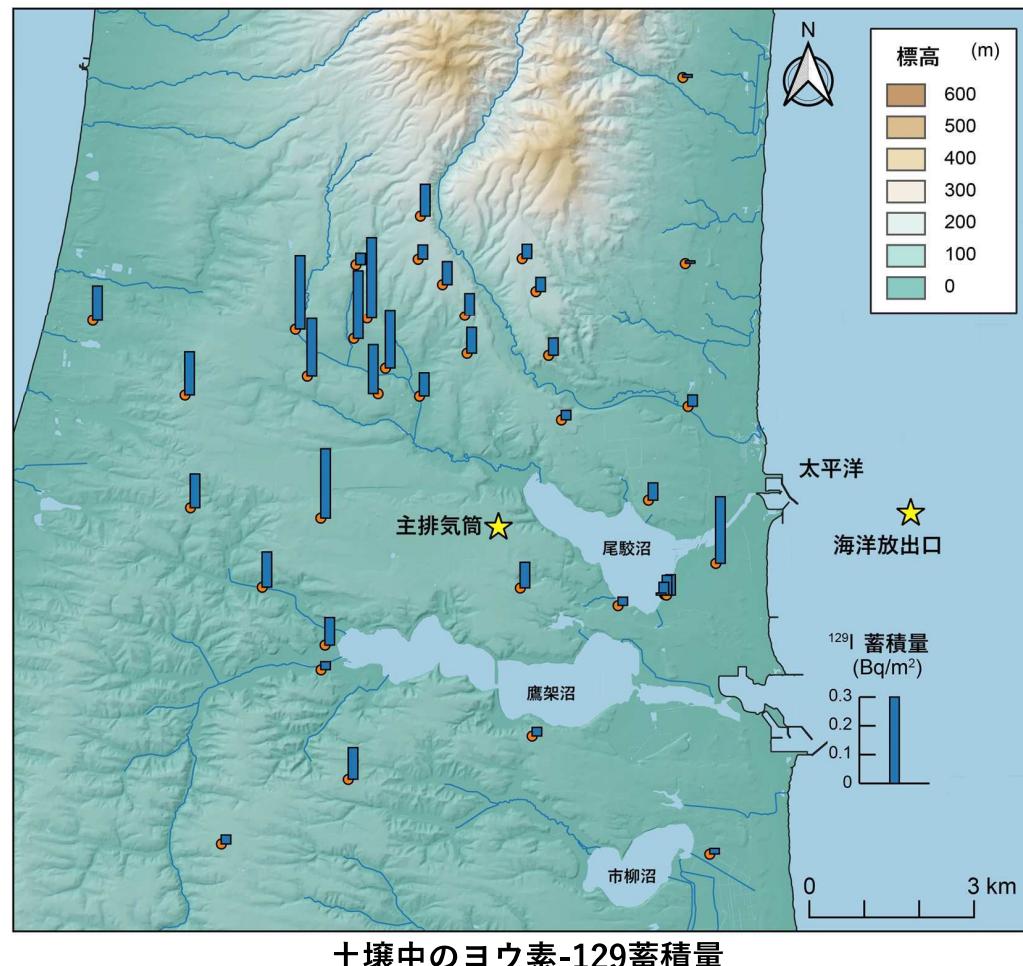
土壤コア試料

・深さ30 cm



採取期間：

2010～2020年度



土壤中のヨウ素-129蓄積量

21

観測事例⑤

日常の食事に含まれている放射性物質

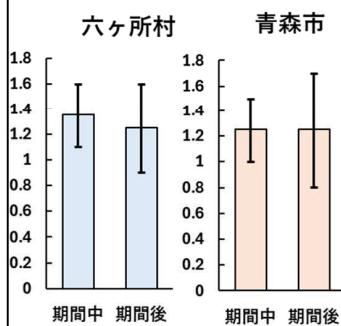
- 六ヶ所村と青森市において一般の大人男性から食事の提供を受けた。
- 1回の調査で1地域 5名から食事の提供を受け、これらを平均化した。
- トリチウム、炭素-14、ヨウ素-129による内部被ばく線量は年間**平均0.007ミリシーベルト**となった。このうち炭素-14の寄与が最も大きいことが分かった。
- これら3種類の放射性物質の大部分は自然界で生成したものであり、今回調査した**食事に再処理工場由来のものは含まれていない**と考えられる。



トリチウム

単位：ベクレル／日

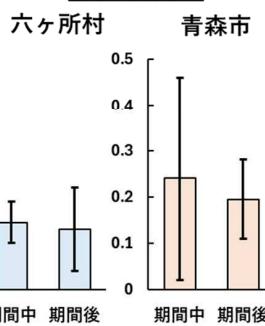
自由水型



炭素14

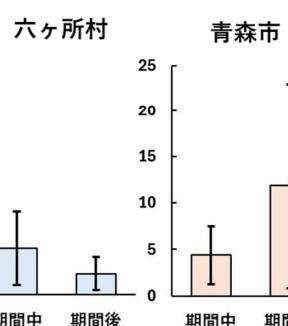
ベクレル／日

有機結合型



ヨウ素129

($\times 10^{-6}$) ベクレル／日



せん断・溶解処理期間中(2006～2008年)と期間後(2009～2010年)のトリチウム、炭素-14、ヨウ素-129の大人数が1日に摂取する量(図の棒グラフは中央値、誤差棒は最小値及び最大値を示す)

* 自由水型は水分子の水素がトリチウムに置き換わったもの、有機結合型は有機物中の炭素にトリチウムが結合したもので、同じ摂取量でも内部被ばく線量に与える影響が異なるために、別々に分析している。

まとめ

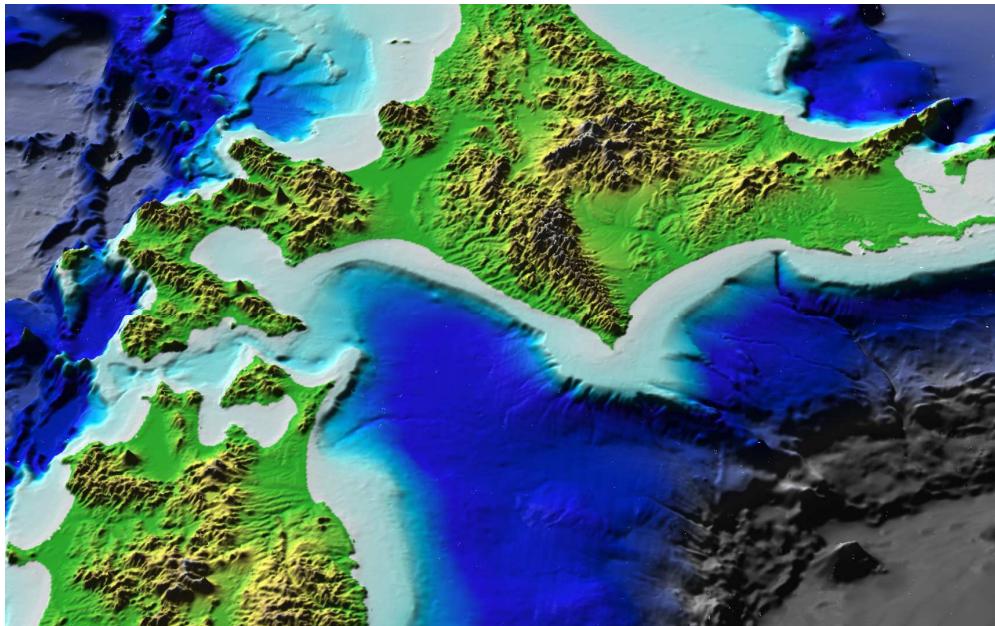
2006年3月から2008年10月の期間、六ヶ所再処理工場でアクティブ試験の一環として約425トンの使用済み燃料を処理するせん断・溶解処理が行われました。この処理に伴って、トリチウム、炭素14、クリプトン85、ヨウ素129といった放射性物質が工場から管理放出されました。

【環境への影響】 処理期間中、雨水や湖沼水からはトリチウムとヨウ素129の濃度が一時的に上昇しましたが、処理が終わると速やかに元のレベルに戻りました。一方で、工場の周辺にある土壌や湖底の堆積物には、ヨウ素129が比較的長期間保持されていることが明らかになっています。

【人体への影響】 モデルによる処理期間中の大気への排出放射性核種による被ばく線量は、外部被ばく、呼吸による内部被ばく、経口摂取による内部被ばくの合計で約0.0068ミリシーベルトでした。これは、ICRPが定める年間線量限度である1ミリシーベルトと比較して、約150分の1と非常に低い値です。

【今後の取り組み】 再処理工場から排出される放射性物質が周辺環境に与える影響は、地域の皆さんにとって大きな関心事です。今後、六ヶ所再処理工場が本格的に稼働した際に、通常の運転時、また、万が一異常な放出があった場合の線量や影響について、科学的な調査を通じて、引き続き明らかにしていきます。

六ヶ所村周辺の海洋放射能



公益財団法人日本海洋科学振興財団

むつ海洋研究所 小藤 久毅

1

今日の発表内容

1. 日本海洋科学振興財団と六ヶ所村沖合海洋放射能等調査について
2. 海水中にはどんな放射性物質があるか、再処理施設からどんな放射性物質が放出されるか
3. 六ヶ所村周辺（青森県太平洋側海域）の放射性物質濃度はどう変化してきたか
4. 海洋放出口から放出された放射性物質はどう希釈・拡散されるか

(公財)日本海洋科学振興財団について

日本海洋科学振興財団は、故 日高孝次先生(初代の東京大学海洋研究所長)により昭和46年(1971)に設立された日高海洋科学振興財団を前身として、平成7年10月(1995)に設立された財団です。

財団の目的

- ・海洋科学及び技術研究の振興を図ること
- ・海洋科学及び技術に関する調査研究等を行うこと
- ・我が国の海洋に関わる科学技術の発展に寄与すること
-



財団の詳細はこちら
をご覧ください



日本海洋科学振興財団HP
<http://jmsfmmi.or.jp>

主な事業等

- ・「日本海洋学会日高論文賞」の副賞授与
- ・若手研究者への海外渡航費の援助
- ・海洋に関する調査研究

六ヶ所村沖合海洋放射能等調査

(青森県からの受託事業)

- ・「むつ科学技術館」の管理運営、イベント等開催
(日本原子力研究開発機構からの受託事業)

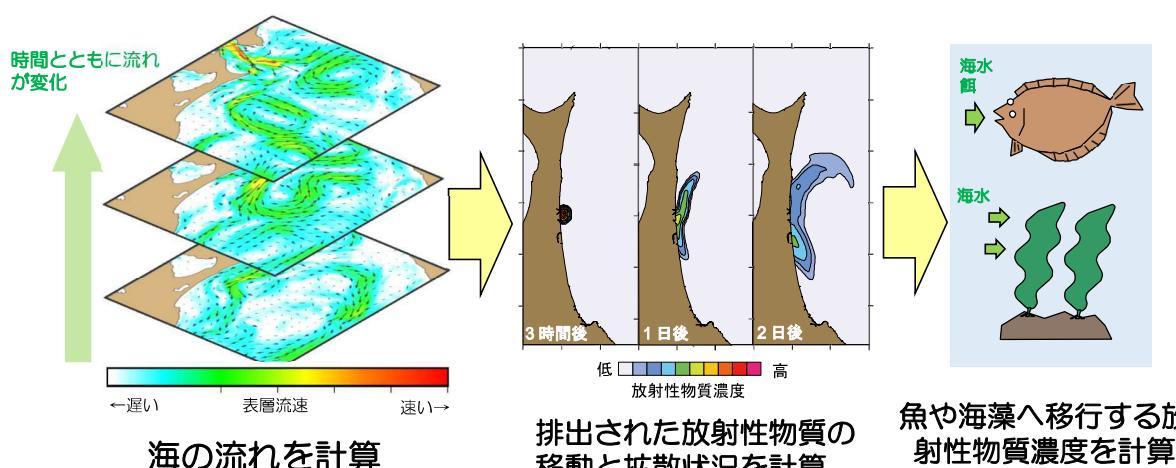


財団の所在地

3

六ヶ所村沖合海洋放射能等調査 (青森県からの受託事業)

大型再処理施設の操業によって排出される放射性物質の海洋への影響について科学的な理解を深めるために、六ヶ所村沖合地域に特有な現象を含めた海洋情報の収集、排出放射性物質の移行シミュレーションの開発を行い、これらの科学的な知見を基にした排出放射性物質影響評価を行う。



海域に排出された放射性物質のシミュレーション

※詳しくはWebサイト「排出放射性物質影響調査 (<http://www.aomori-hb.jp>)」の「排出放射性物質による環境影響に関する調査(海域部分)」をご覧ください。

観測と試料分析



係留式ブイによる観測



調査船による観測



定期船による観測

【観測・分析内容】

- ・海の流れの観測
 - ・水温・塩分の観測（水塊の分布や成層の状況など）
 - ・採水試料の放射性核種等の分析（現在の主な対象は^{3H}と^{129I}）
- ・大型再処理施設からの海洋放出における主要な放射性物質
・排水の海洋での希釈・拡散を調べるためにトレーサーとして分析

5

観測データの一部は
ホームページ上から
閲覧できます



係留式ブイによる
流れ、水温・塩分、
風のデータ

青森県太平洋側での
水温・塩分の断面データ

六ヶ所沖海洋データTOP

六ヶ所沖海洋データ発信サイト
Rokkaso Marine Data Providing Site

公益財團法人
日本海洋科学振興財団
Japan Marine Science Foundation

六ヶ所村沖
係留式ブイ
データ

青森県太平洋沿岸部
水温・塩分観測

資料等

当サイトについて
当サイトは、青森県から「六ヶ所村沖合海洋放射能等調査」事業を受託し実施する（公財）日本海洋科学振興財団が、同事業で得られたデータを用い、青森県の許可の下、当財団の独自事業として作成したもので、データについての一切の権利は青森県に帰属します。

六ヶ所村沖合海洋放射能等調査について（外部リンク）

禁止事項
このサイトに掲載するデータは青森県大型再処理施設放射能影響調査事業（海域部分）「六ヶ所村沖合海洋放射能等調査」で得られたデータです。データの他への転用等を禁止します。なお、学術等で利用されたい方は当財団へ問い合わせ願います。

免責事項
当サイトでは正確なデータの発信に努めていますが、当サイトを利用したことにより生じる一切の事象について、（公財）日本海洋科学振興財団は何ら責任を負うものではありません。

六ヶ所沖係留式ブイ
(公財)日本海洋科学振興財団が青森県から受託し実施している「六ヶ所村沖合海洋放射能等調査」の一部として、六ヶ所村沿岸の大型再処理施設海洋放出口近くに設置した2基の海洋観測ブイ（係留式ブイ）で海の流れや水温・塩分などを連続的に観測しています。

設置海域

北側ブイ 座標：40°58.13'N 141°24.90'E
南側ブイ 座標：40°57.43'N 141°25.05'E

青森県太平洋沿岸部水温塩分観測
(公財)日本海洋科学振興財団が青森県から受託し実施している「六ヶ所村沖合海洋放射能等調査」の一部として、青森県太平洋沿岸の南北ラインで定期的に水温・塩分の断面観測を行っています。この観測では太平洋フェリー株式会社のご協力により、苦小牧～仙台間のフェリーを利用して頂いています。

フェリー観測ライン（＊観測点）

観測位置

苦小牧～仙台間フェリー

海水中にはどんな放射性物質があるか、 再処理施設からはどんな放射性物質が 放出されるか

7

海洋の放射性核種 海にはどんな核種が存在するか

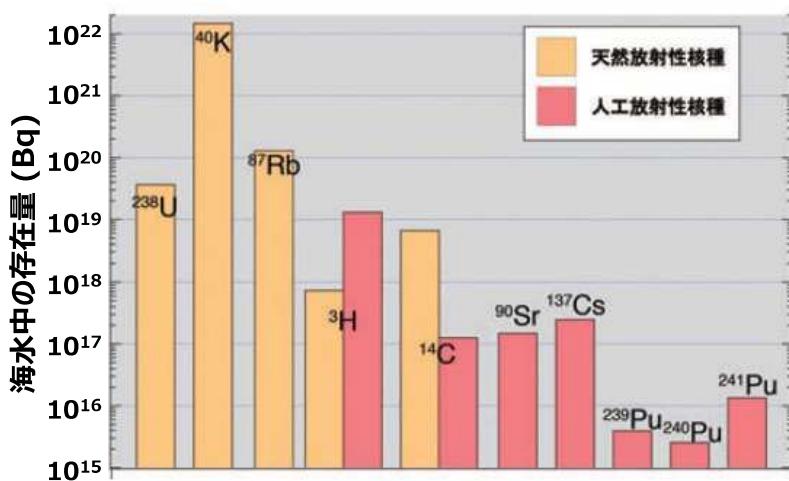
天然放射性核種

トリチウム(${}^3\text{H}$)、炭素14(${}^{14}\text{C}$)、カリウム40(${}^{40}\text{K}$)、
ルビジウム(${}^{87}\text{Rb}$)、ラジウム(${}^{226}\text{Ra}$, ${}^{228}\text{Ra}$)、
ウラン(${}^{234}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$, ${}^{238}\text{U}$) など

人工放射性核種

トリチウム(${}^3\text{H}$), 炭素14(${}^{14}\text{C}$), セシウム137(${}^{137}\text{Cs}$),
ストロンチウム90(${}^{90}\text{Sr}$), ヨウ素129(${}^{129}\text{I}$), プルトニウム
(${}^{239}\text{Pu}$, ${}^{240}\text{Pu}$, ${}^{241}\text{Pu}$) など

海水中の放射性核種の存在量



2000年の海洋における主な人工放射性核種の存在量の比較。Aarkrog(2003)のデータに一部加筆。
(日下部(2016):海生研報, 22)

→ 129Iはグラフのスケールよりはるか下

| 核種 | 半減期(年) | 主な起源 |
|-------------------|----------------------|---------------------------------|
| ^{238}U | 4.47×10^9 | 天然（地球誕生時から存在） |
| ^{40}K | 1.28×10^9 | 天然（地球誕生時から存在） |
| ^{87}Rb | 4.8×10^{10} | 天然（地球誕生時から存在） |
| ^3H | 12.3 | 天然（大気と宇宙線の核反応） 人工（核実験、原子力施設） |
| ^{14}C | 5730 | 天然（大気と宇宙線の核反応） 人工（核実験、原子力施設） |
| ^{90}Sr | 28.6 | 人工（核実験、原子力施設） |
| ^{129}I | 1.57×10^7 | 人工（核実験、原子力施設） |
| ^{137}Cs | 30.2 | 人工（核実験、原子力施設） |
| ^{239}Pu | 2.41×10^4 | 人工（核実験、原子力施設） |
| ^{240}Pu | 6563 | 人工（核実験、原子力施設） |
| ^{241}Pu | 14.3 | 人工（核実験、原子力施設） |

- 海水中で最も多い放射性核種はカリウム40（天然放射性核種）であり、海水中の濃度は、約12 Bq/L（塩分に比例する）。
- 海水中の人工放射性核種の中で最も多いのはトリチウムである。

9

六ヶ所再処理施設から放出される放射性物質

放出における管理目標値

※2020年以前の管理目標値。現在は冷却期間の見直しにより、これよりも小さい管理目標値で運用されている。

| <気体> | |
|--------------------|----------------------|
| 核種 | Bq/y |
| ^{85}Kr | 3.3×10^{17} |
| ^3H | 1.9×10^{15} |
| ^{14}C | 5.2×10^{13} |
| ^{129}I | 1.1×10^{10} |
| ^{131}I | 1.7×10^{10} |
| その他核種 | |
| α 線を放出する核種 | 3.3×10^8 |
| α 線を放出しない核種 | 9.4×10^{10} |

| <液体> | |
|--------------------|----------------------|
| 核種 | Bq/y |
| ^3H | 1.8×10^{16} |
| ^{129}I | 4.3×10^{10} |
| ^{131}I | 1.7×10^{11} |
| その他核種 | |
| α 線を放出する核種 | 3.8×10^9 |
| α 線を放出しない核種 | 2.1×10^{11} |

半減期12.3年
半減期1570万年
半減期8日
↓
海洋放出される放射性物質では ^3H と ^{129}I が重要

- ・アクティブ試験（430トン処理）における放出量の実績（2006～2018年の合計として）

トリチウム(^3H)：気体 2.1×10^{13} Bq、液体 2.2×10^{15} Bq ←ほとんどが液体（海洋放出）

ヨウ素129(^{129}I)：気体 7.5×10^8 Bq、液体 6.4×10^8 Bq ←気体・液体が同程度

(参考) 現在の管理目標値

想定する冷却期間の変更（4年→15年）により見直された管理目標値。
2021年以後はこの値で運用されている。

<気体>

| 核種 | Bq/y |
|--------------------|----------------------|
| ^{85}Kr | 1.6×10^{17} |
| ^3H | 1.0×10^{15} |
| ^{14}C | 5.1×10^{13} |
| ^{129}I | 1.1×10^{10} |
| ^{131}I | 1.0×10^{10} |
| その他核種 | |
| α 線を放出する核種 | 3.1×10^8 |
| α 線を放出しない核種 | 7.5×10^9 |

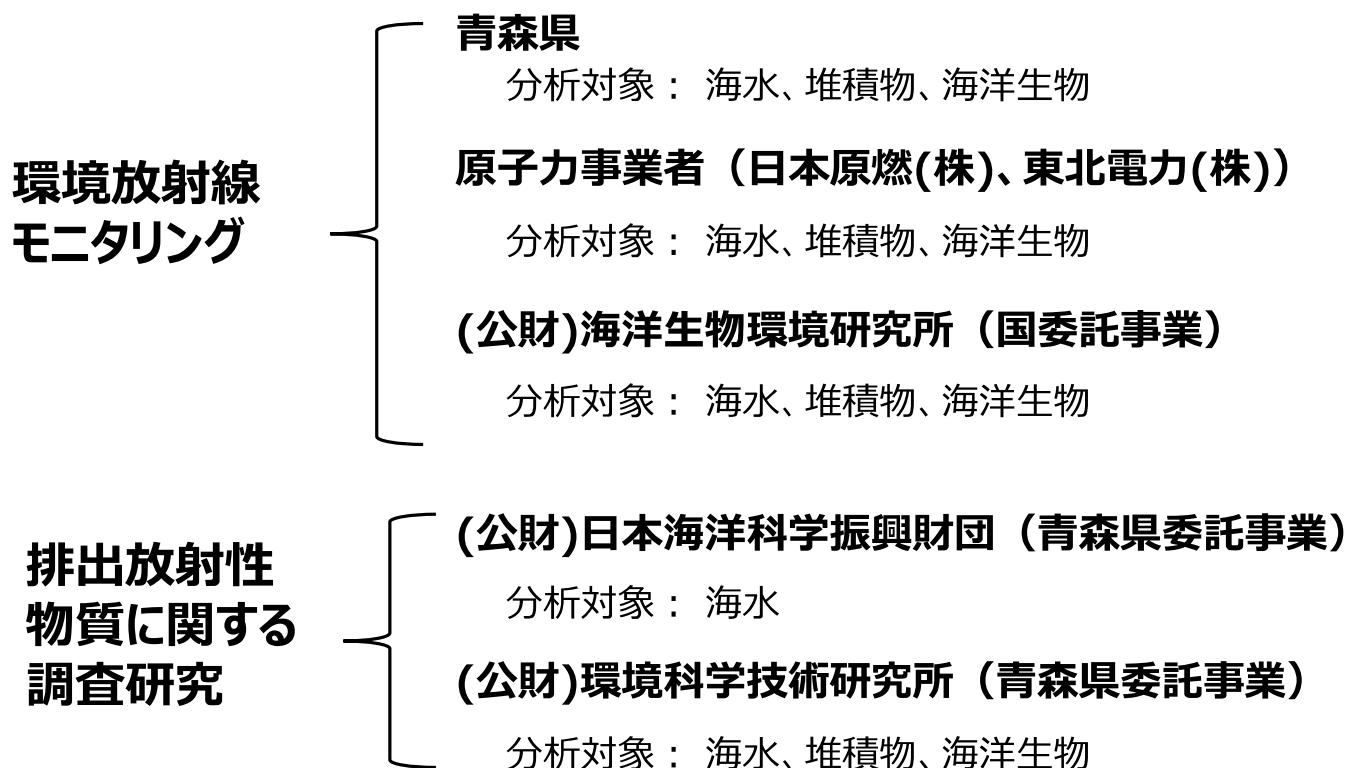
<液体>

| 核種 | Bq/y |
|--------------------|----------------------|
| ^3H | 9.7×10^{15} |
| ^{129}I | 4.3×10^{10} |
| ^{131}I | 1.0×10^{11} |
| その他核種 | |
| α 線を放出する核種 | 3.6×10^9 |
| α 線を放出しない核種 | 9.5×10^{10} |

出典) 日本原燃(株) (2020) : 六ヶ所再処理施設における新規制基準に対する適合性, 安全審査 整理資料, 使用済燃料の冷却期間の変更 (15 年冷却) と安全設計及び安全評価への影響, <https://www2.nra.go.jp/data/000310614.pdf>

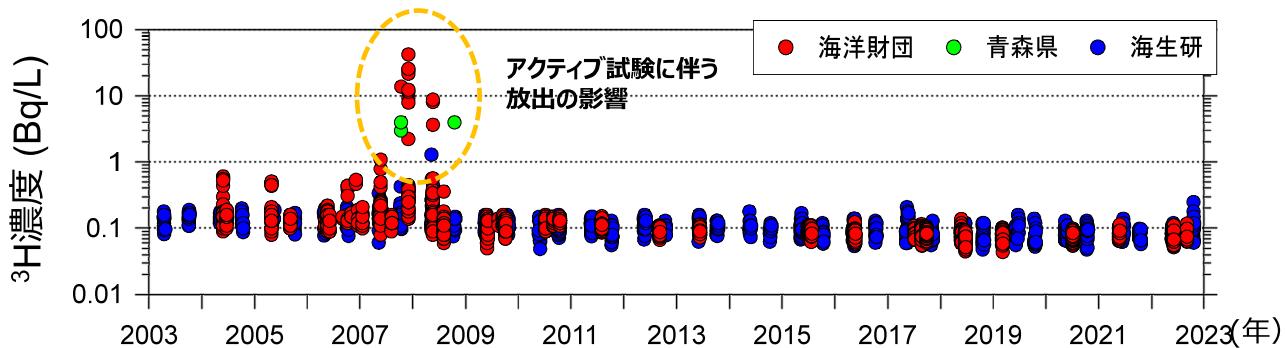
六ヶ所村周辺（青森県太平洋側海域）の放射性物質濃度はどう変化してきたか

青森県周辺海域での放射能調査 (継続的に実施している機関)

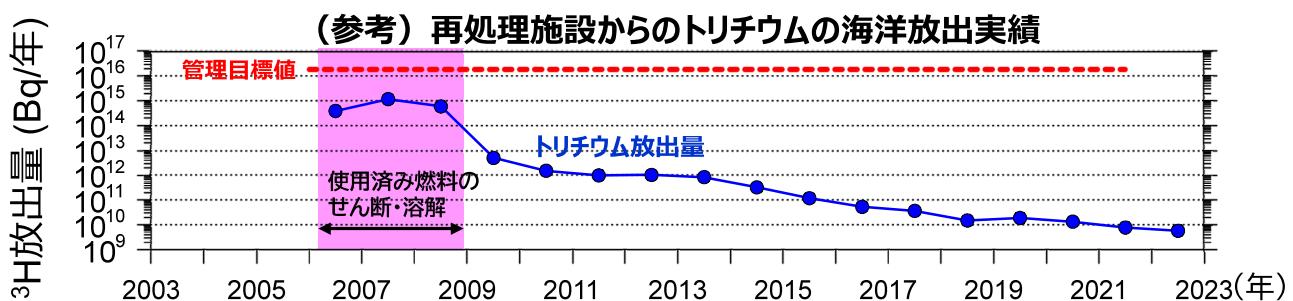


13

海水中のトリチウム濃度の変化 (青森県太平洋側海域)

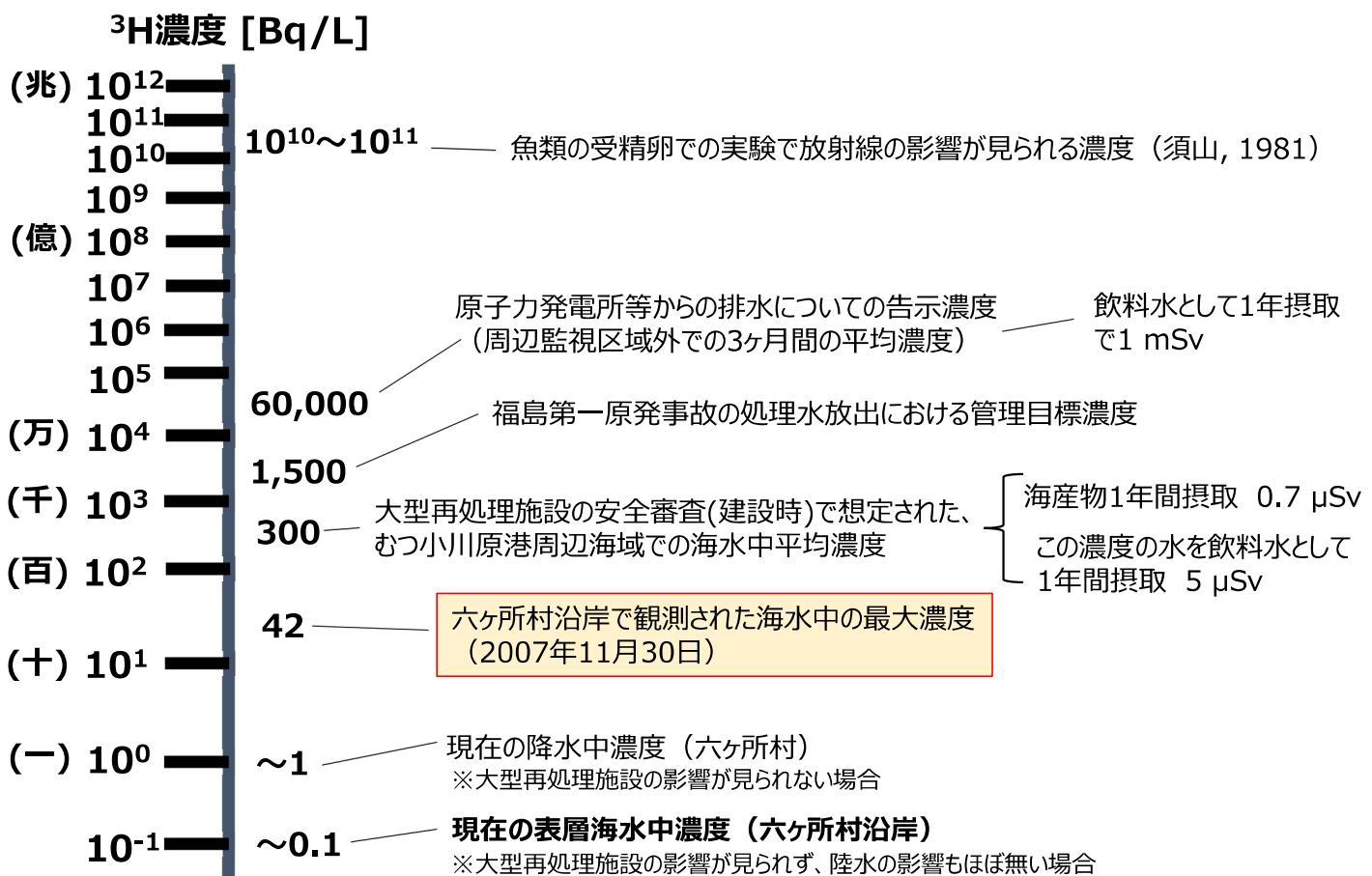


- ・2006～2008年に、海域のバックグラウンド濃度(0.1 Bq/L程度)からの上昇が検出された。
- ・海域のトリチウムに再処理施設からの放出の影響が見られたのは、上記の3年間のみ。



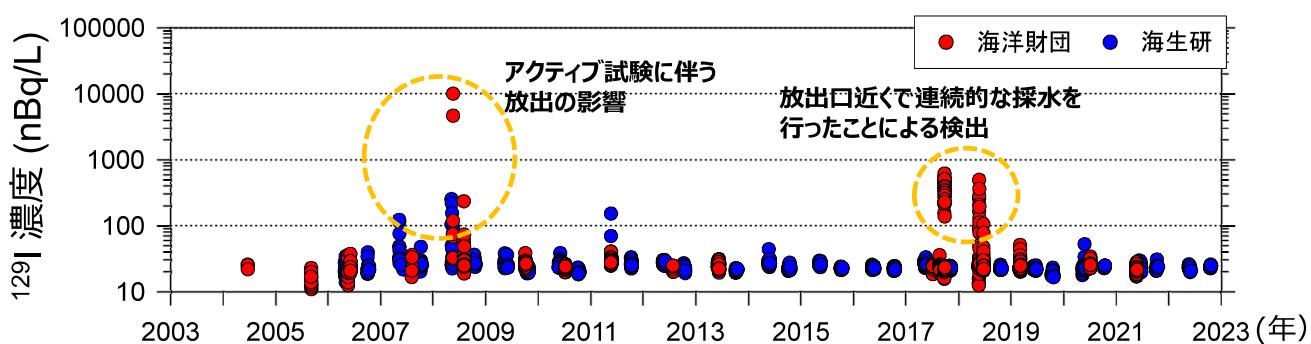
- ・現在はアクティブ試験でのせん断・溶解実施時(2006～2008年)よりも放出量が大幅に減少している。(ピーク時の約10万分の1)

海水で検出されたトリチウムはどの程度のレベルか？



15

海水中のヨウ素129濃度の変化 (青森県太平洋側海域)

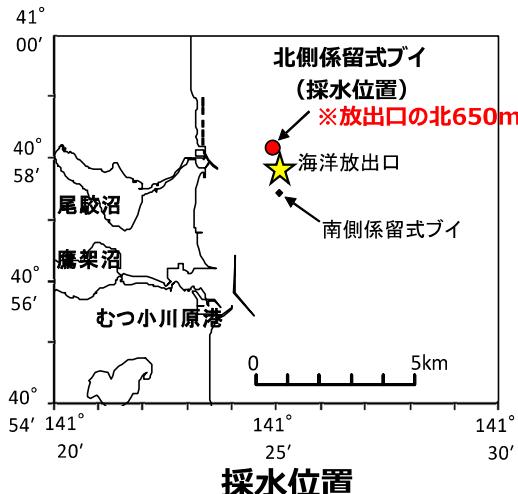


- ・2007, 2008, 2017, 2018年に、海域のバックグラウンド濃度(数十nBq/L程度)からの上昇が検出された。
- ・放出口直近では最近(2017, 2018年)でも施設寄与による上昇が見られる。

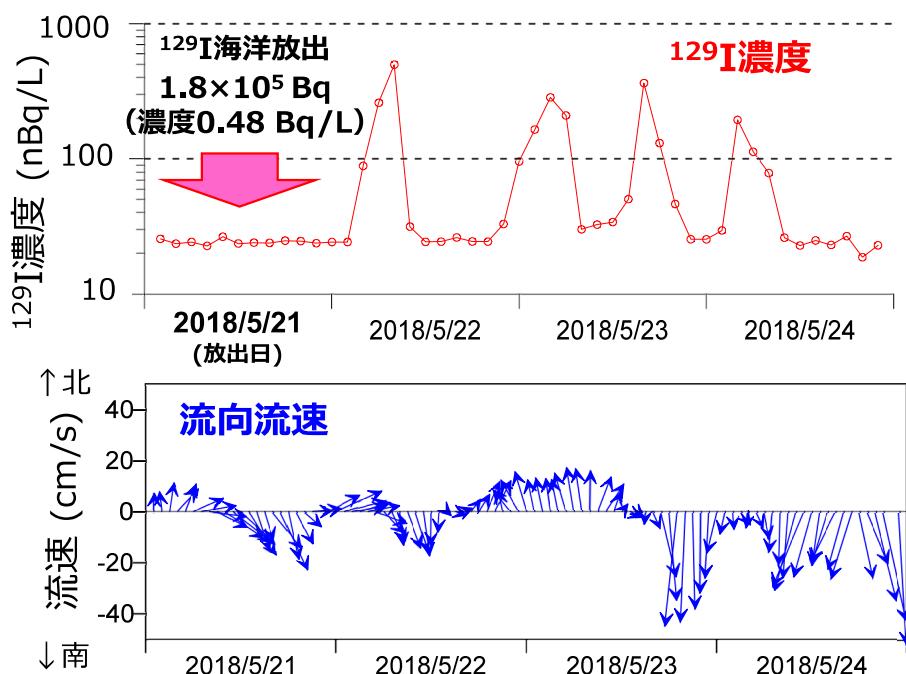


- ・現在はアクティブ試験でのせん断・溶解実施時(2006～2008年)よりも放出量が減少しているが(ピーク時の約100分の1)、トリチウムほど大きな減少ではない。

放出口付近でのヨウ素129濃度変化の連続観測例



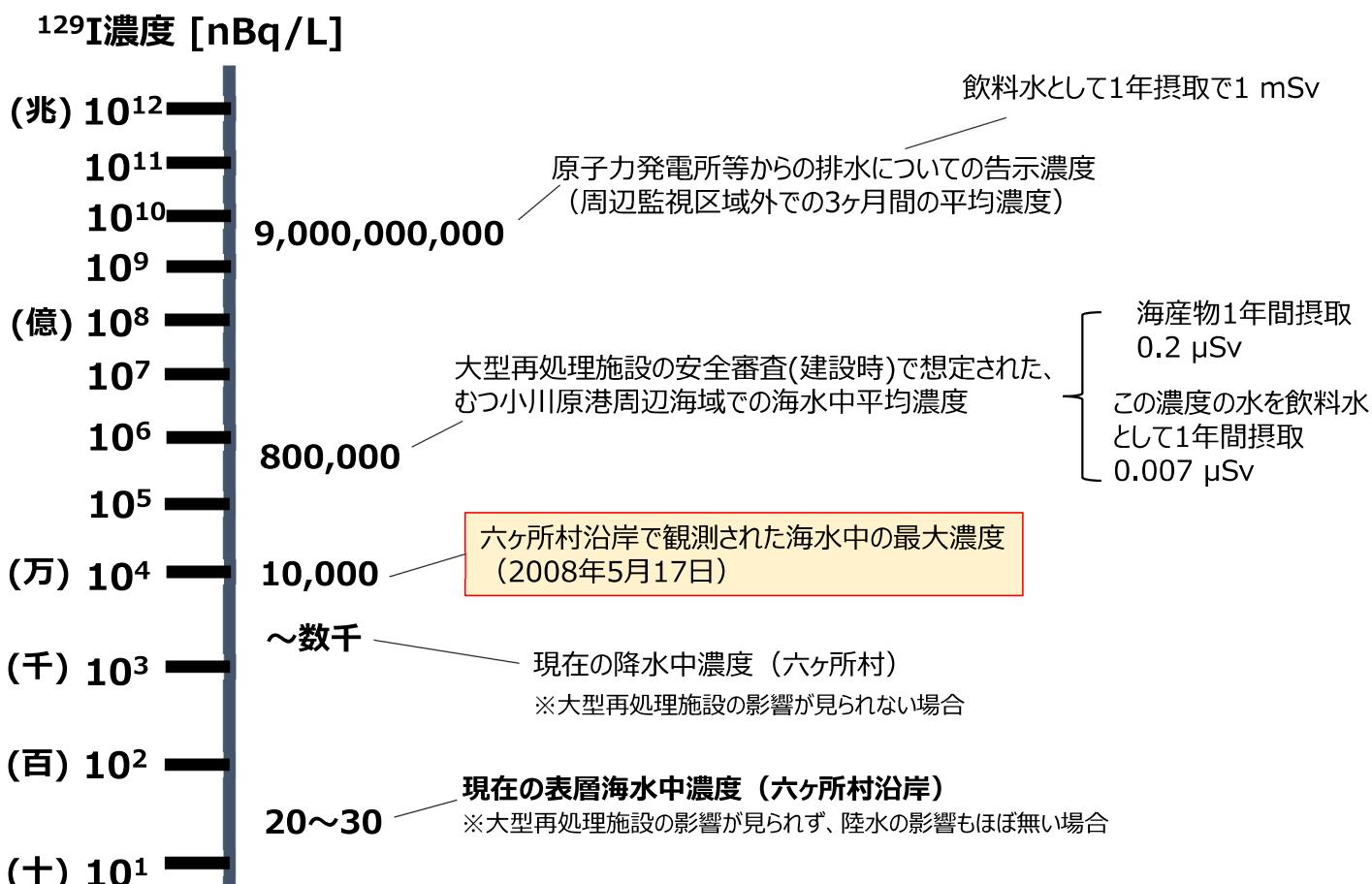
係留式ブイ
1.5m深より2時間間隔で採水



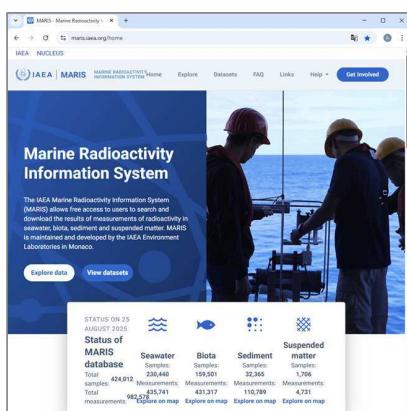
- ・放出日ではなく、翌日以後に数100 nBq/Lの¹²⁹Iを検出。
(排水中濃度の約1/100万)
- ・潮流などによる水の行き来に応じて濃度が上昇。
- ・放出後の放出口直近でも、排水が流れ去ればバックグラウンド濃度（20～30 nBq/L）に戻る。

17

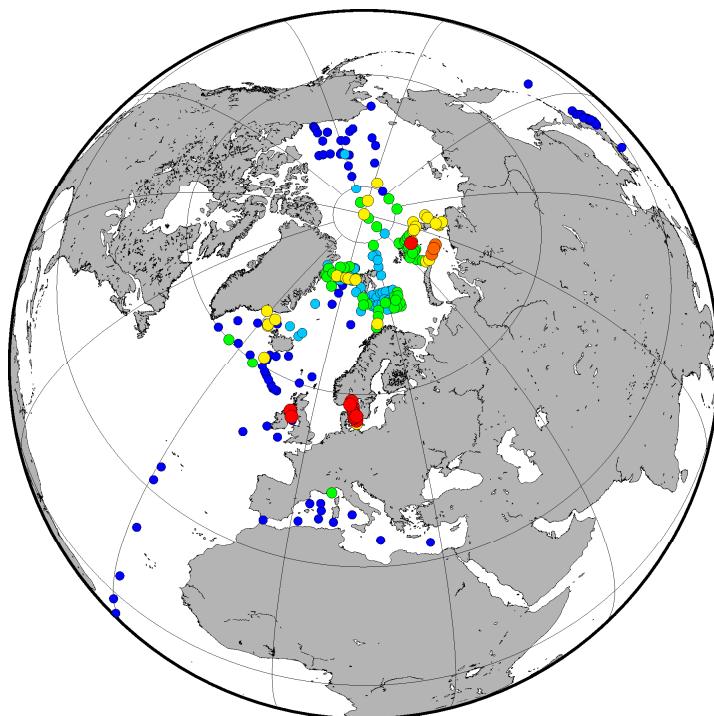
海水で検出されたヨウ素129はどの程度のレベルか？



世界の海のヨウ素129濃度



IAEA, Marine Radioactivity Information System (MARIS)
(<https://maris.iaea.org>)
より引用

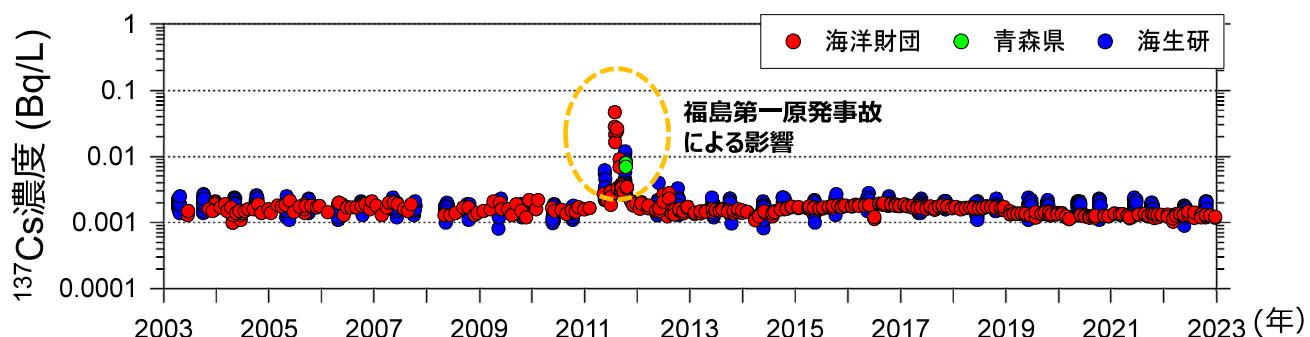


- 英・仏の再処理施設からの放出の影響により、ヨーロッパ沿岸部の¹²⁹I濃度が高い。
- また、大西洋から北極海へと流れる海流の影響で、北極海でも¹²⁹I濃度が比較的高い。

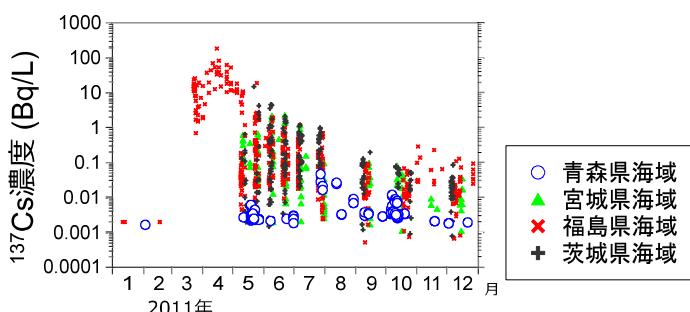
19

再処理施設以外の要因により変動した放射性物質

海水中のセシウム137濃度の変化 (青森県太平洋側海域)



- 福島第一原発事故(2011年3月)の影響により、2011年に¹³⁷Cs濃度が海域のバックグラウンド濃度(0.001～0.002 Bq/L程度)より上昇した。
※原発事故由来であることがセシウム同位体比から確認されている。
- 福島第一原発事故以外の要因による上昇は見られない。
※再処理施設からの¹³⁷Csの放出実績は無い。



2011年の海水中¹³⁷Cs濃度比較

青森県海域での海水中の濃度上昇はわずかであり、この海水中濃度では海産物の出荷規制濃度 (100 Bq/kg超) にはならない。

※2012年に青森県沖マダラで100 Bq/kgを超えたのは、汚染されたマダラが移動してきたことによる。

-22-

20

当時の新聞記事

東奥日報 2012年8月26日

国、マダラ出荷制限へ
本県太平洋海域

1kgあたり100ベクレルを超える放射性セシウムが2度検出され、出荷制限へ。

東奥日報 2012年11月3日

マダラ基準超え「特異」
水産庁次長が説明

マダラが、南から北上したものであるとの説明。

2012年8月27日 出荷制限

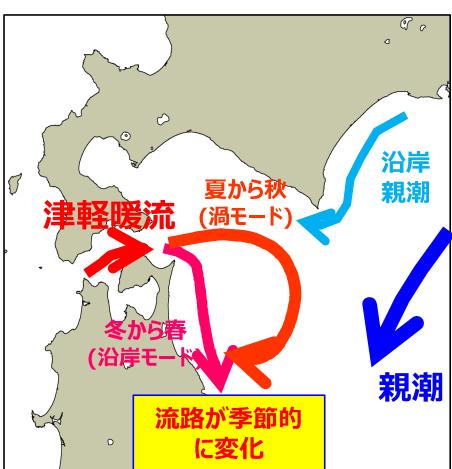
2012年10月31日 出荷制限解除

21

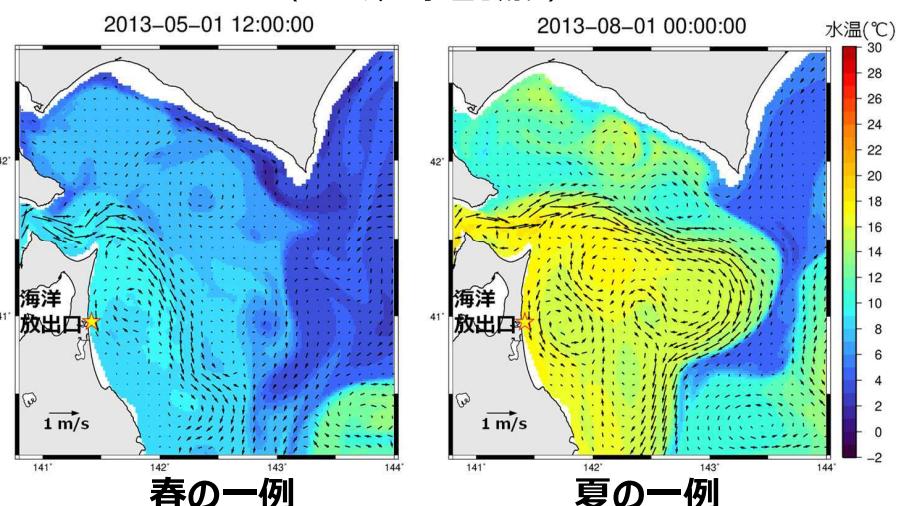
海洋放出口から放出された放射性物質は
どう希釈・拡散されるか

青森県周辺の流れ

海流の概略図



シミュレーションの例 (50m深の水温と流れ)



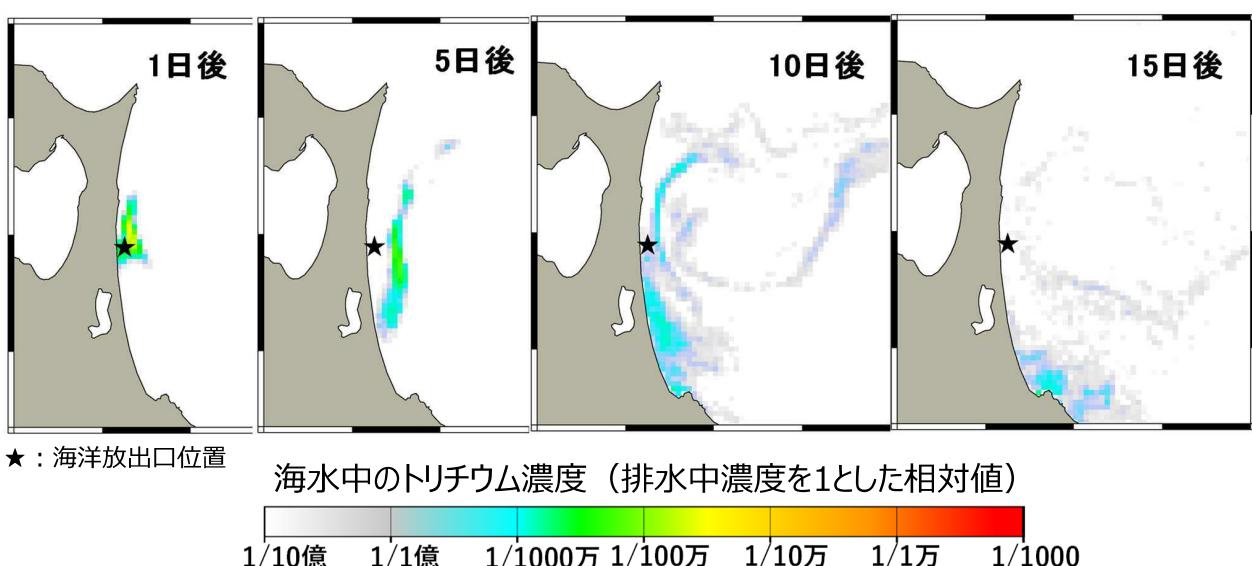
青森県東方沖を流れる主要な海流である津軽暖流は、概略的には、渦モードと沿岸モードという季節的に特徴的な変化をすることが知られている。

ただし、沿岸部分では複雑な流れを示しており、再処理施設から放出された放射性物質の移行推定には、刻々と変化する複雑な流れを再現する必要がある。そのため、海域に排出された放射性物質の移行を推定するためのシミュレーションシステムを整備している。

23

放出後の海水中濃度の変化 (排出トリチウムの移流・拡散シミュレーション例)

^{3}H 放出：濃度1の排水 600 m^3 を6時間かけて放出したと設定

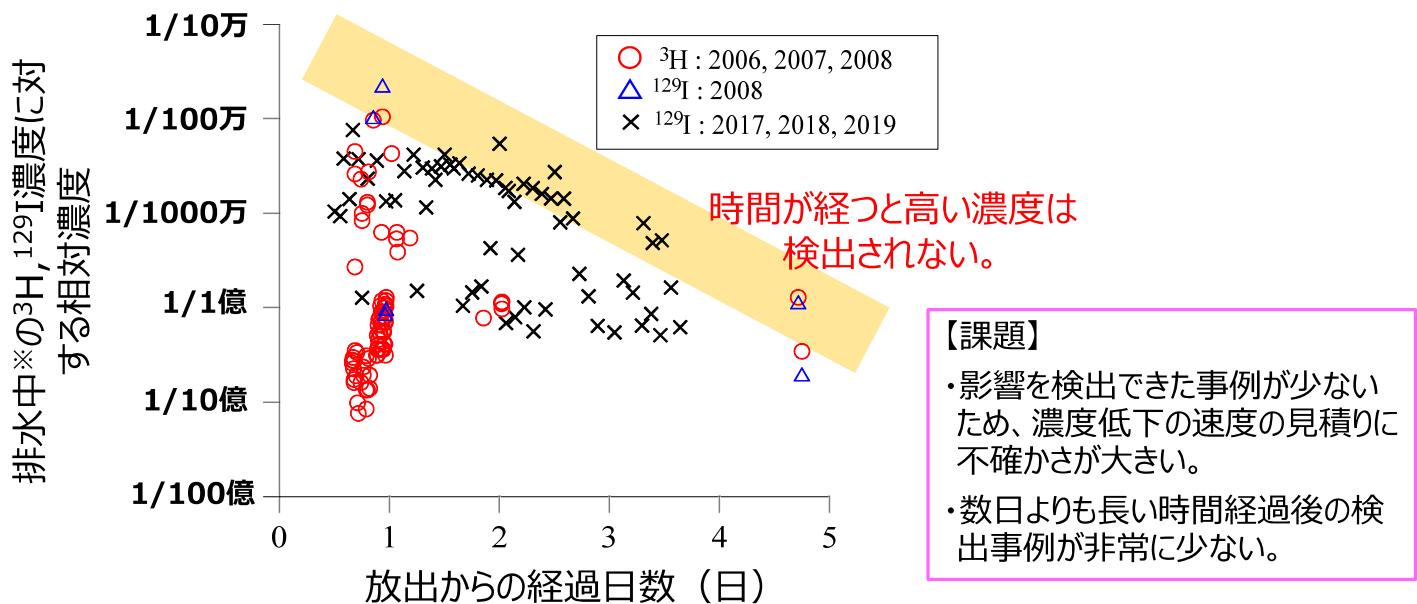


- どの方向に移動していくかは放出時の流れの状況によって異なるが、上記の例では放出から数日後までは主に南北に広がり、その後は沿岸や沖合の複雑な流れで広がりながら濃度が低下する。
- 放出の1日後には排水濃度の数十万～100万分の1、10～15日後には1億分の1以下にまで希釈されると推定。

放出からの時間経過による海水中濃度の低下 (海域での ^{3}H , ^{129}I 観測結果からの評価)

排水中濃度に対する相対値で海域の濃度を見れば、どの程度希釈されているか確認できる。

時間とともに希釈が進むなら、海水の分析結果でも放出からの日数が長くなるほど高い ^{3}H , ^{129}I 濃度が検出されなくなるはずである。



- 上図に示す海水中 ^{3}H , ^{129}I 濃度（相対濃度）は、シミュレーションと同様に、時間とともに希釈が進んでいく傾向を示す。（ただし、課題は残っている。）

25

まとめ

- 2006年から開始されたアクティブ試験によって海水中の ^{3}H , ^{129}I 濃度が上昇したことが確認されている。ただし、その濃度上昇は、再処理施設の建設時に想定されていた濃度よりも十分に低いレベルであった。
- これまでの海水の分析データ(^{3}H , ^{129}I)は、シミュレーションによる推定結果同様に希釈されていることを示している。
- ^{137}Cs には福島第一原発事故(2011年)の影響による上昇が確認されている。ただし、青森県海域における海水中の濃度上昇はわずかであった。

参考資料

日下部正志：海洋における放射性核種の分布と変遷，海生研報，22, 3-16, 2016

日本原燃：六ヶ所再処理施設における新規制基準に対する適合性, 安全審査 整理資料, 使用済燃料の冷却期間の変更（15年冷却）と安全設計及び安全評価への影響（2020），
<https://www2.nra.go.jp/data/000310614.pdf>

日本原燃：環境モニタリング 定期報告データ，
<https://www.jnfl.co.jp/ja/business/monitoring/periodic/>

青森県：原子力施設環境放射線調査結果報告書（平成18年度～令和4年度），
https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kikikanri/atom/monitor_result_report.html

海洋生物環境研究所：海洋環境放射能総合評価事業成果報告書（平成18年度～令和4年度）

原子力規制庁：環境放射能・放射線データベース， <https://www.envraddb.go.jp>

環境科学技術研究所：排出放射能環境動態調査報告書（令和2年度）

環境科学技術研究所：大気・海洋排出放射性物質影響調査報告書（令和3年度）

環境科学技術研究所：排出放射性物質による環境影響に関する調査(海域部分を除く)報告書（令和4年度）

IAEA：Marine Radioactivity Information System (MRIS)， <https://maris.iaea.org>

講演内容等の問合せ先：青森県上北郡六ヶ所村大字尾駒字家ノ前1番7
公益財団法人 環境科学技術研究所

共創センター 共創推進課

TEL 0175-71-1240