

# 北日本沿岸海域のコンブ類を用いた 海水中の放射性ヨウ素-129濃度指標 に関する研究



国立研究開発法人海洋研究開発機構

いけのうえ たかひと

池上 隆仁

# 海洋環境におけるヨウ素

## 海水中のヨウ素同位体

核種	半減期	壊変
127I	安定	—
129I	$1.6 \times 10^7$ 年	$\beta$ 崩壊
131I	8.02 日	$\beta$ 崩壊

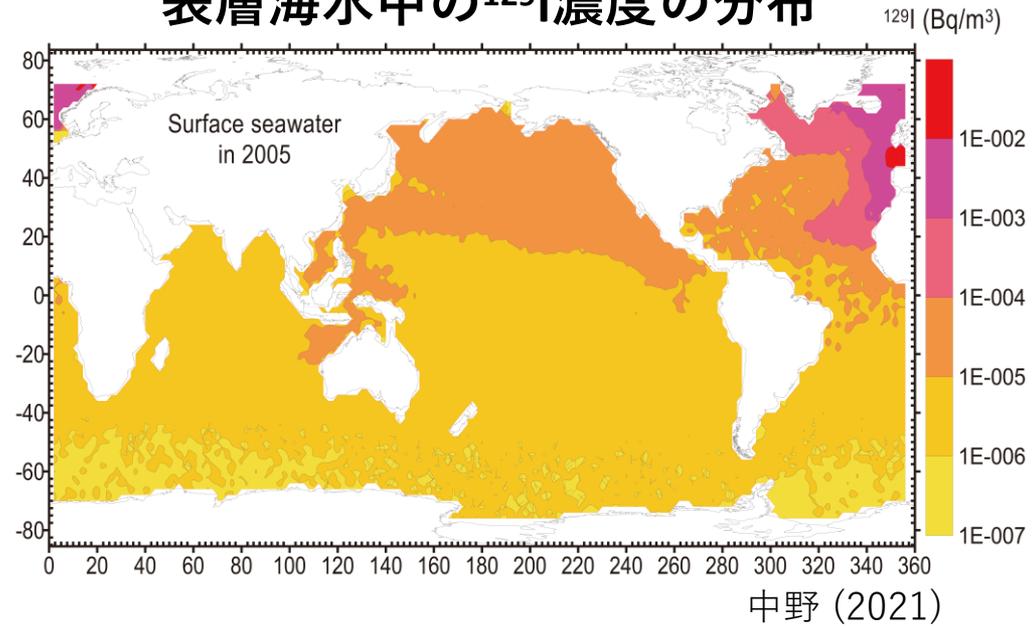
ヨウ素は生物の必須元素

$^{131}\text{I}$ は平常時は環境中に存在しない

原子力関連施設の事故による $^{131}\text{I}$ の分布は $^{129}\text{I}$ を指標として推定可能

(Muramatsu et al., 2015)

## 表層海水中の $^{129}\text{I}$ 濃度の分布

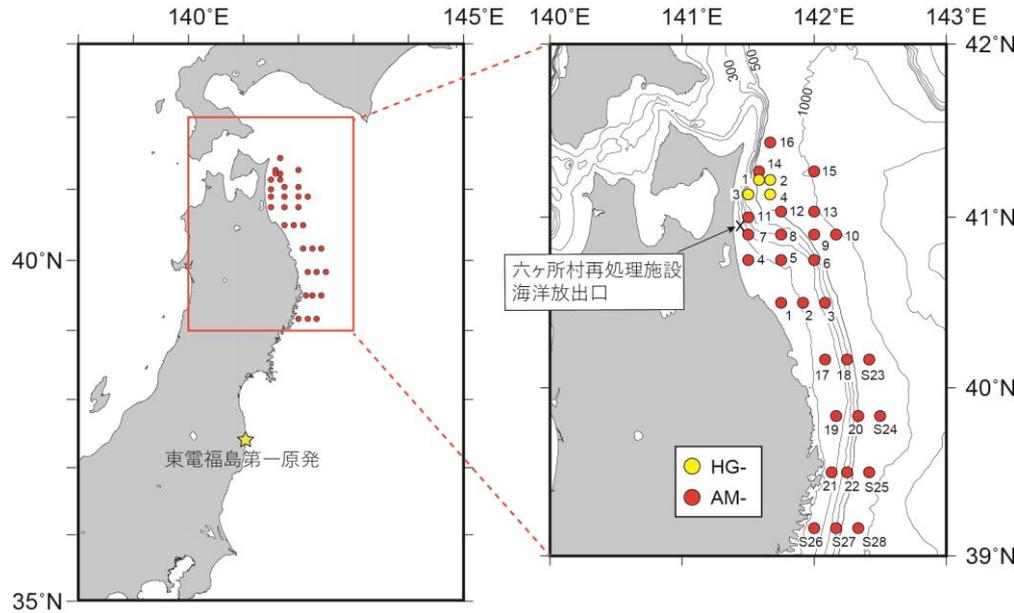


## 日本近海における $^{129}\text{I}$ の起源 (Suzuki et al., 2010)

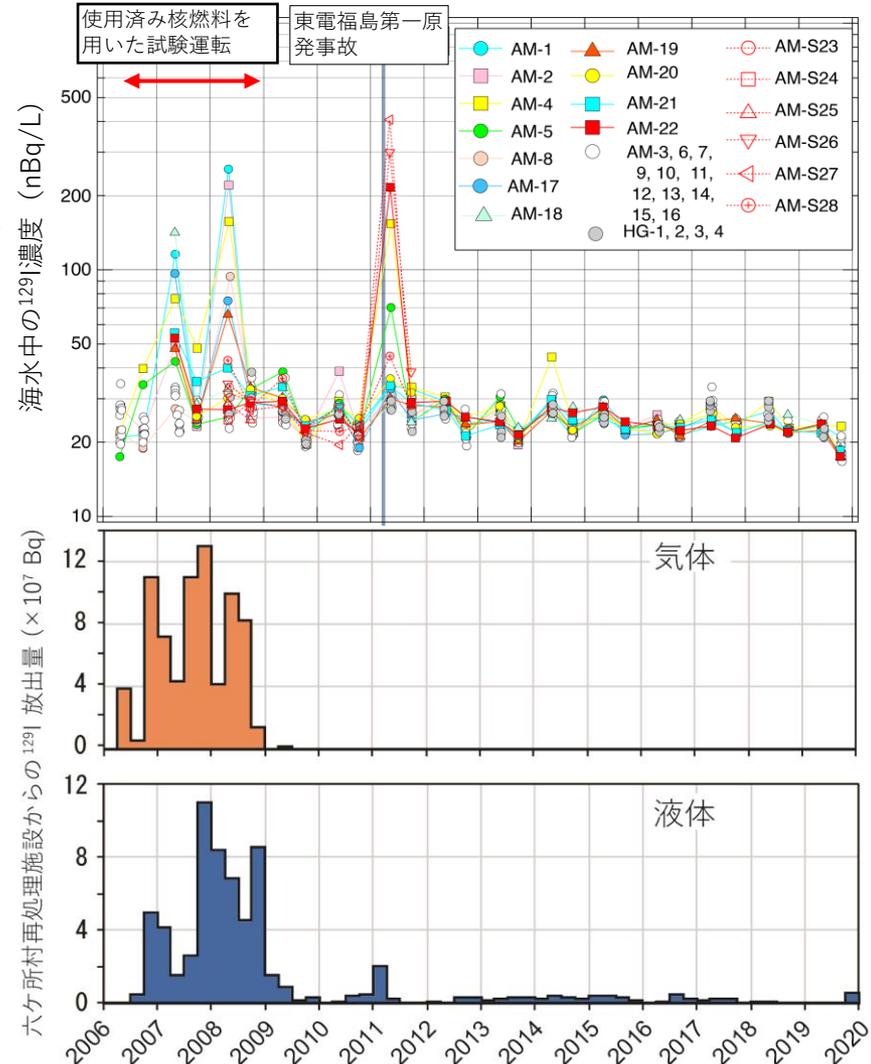
- ① 地球大気中に進入した宇宙線と大気中の $^{129}\text{Xe}$ との反応 (2.4~3%)
- ② 大気核実験による飛散 (6.8%~14%)
- ③ 使用済核燃料再処理施設からの放出 (87~90%)
- ④ 原子力関連施設の事故による放出

③の90%は欧州の再処理施設に由来(Aldahan et al., 2007)

# 日本近海の人為起源<sup>129</sup>I放出イベント



## 岩手県・青森県沖の海水中の<sup>129</sup>I濃度



### 青森県六ヶ所村の再処理施設の運転試験

2006年4月～2008年10月

気体として0.11 kg、液体として0.077 kg

### 東京電力福島第一原発事故

2011年3月

気体として0.7 kg、液体として0.37～1 kg

(Povinec et al., 2013)

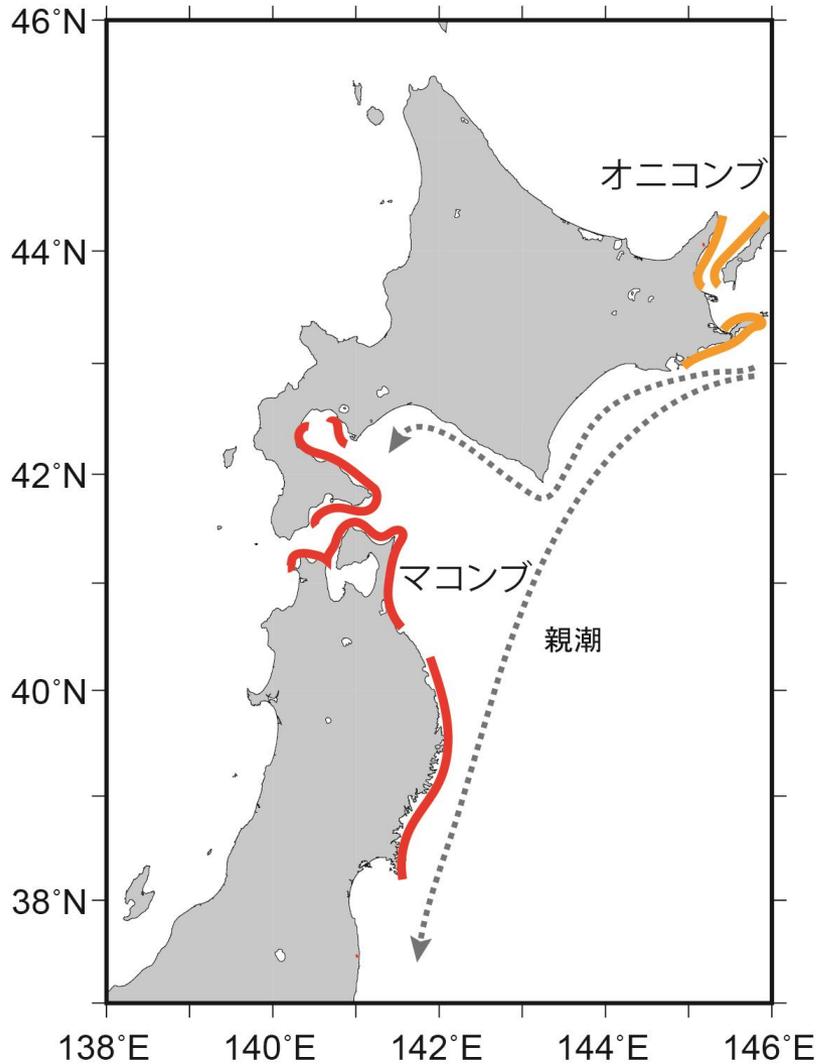
### 世界の再処理施設からの総放出量 (5400 kg;

Snyder et al., 2010) と比較すると極微量

(平成31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)事業調査報告書を基に作成)

# 北日本のコンブ類

## コンブ類の分布



Yotsukura et al. (2008)を基に作成



マコンブ  
(*Saccharina japonica*)



オニコンブ  
(*Saccharina japonica*  
var. *diabolica*)

四ッ倉 (2015)

日本人の食生活に欠かせない食用海藻であり、親潮の冷たい海水に生育

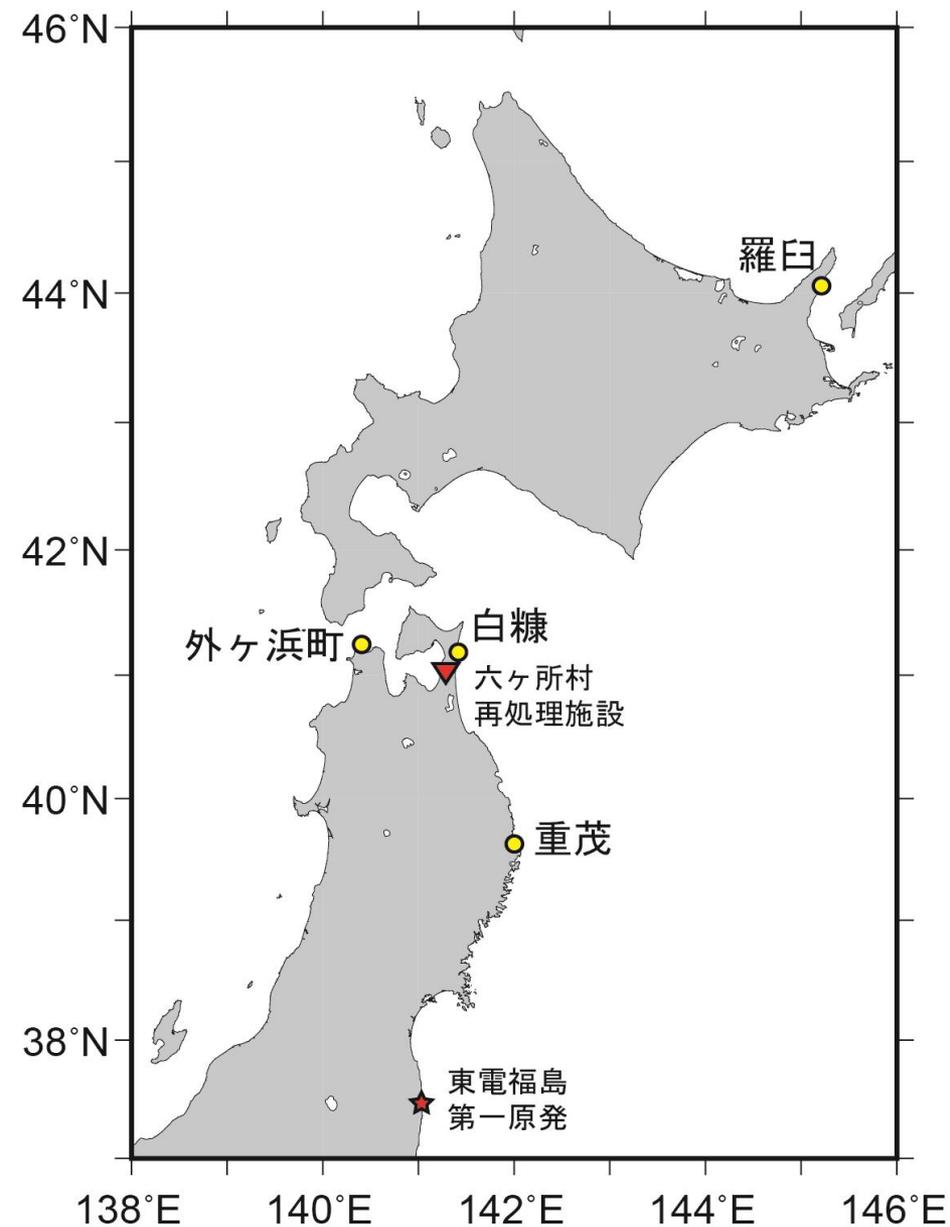
自然界で最もヨウ素を蓄積する生物の一つ  
(マコンブは海水の3万倍) (Hou et al., 1997)

大西洋、北極海では盛んに研究されたが、日本沿岸のコンブ類の<sup>129</sup>I濃度の広域調査はこれまで報告されていなかった

# 目的

- ① 2007～2019年に北日本の沿岸海域で採取したコンブ類の $^{129}\text{I}$ 濃度の時空間変動を明らかにする
- ② 六ヶ所村の再処理施設と東電福島第一原発事故によって排出された $^{129}\text{I}$ がコンブ類に与えた影響を評価する
- ③ 海水中の $^{129}\text{I}$ 濃度の指標としてのコンブ類の有用性を評価する

# 試料と方法



マコンブ (重茂)



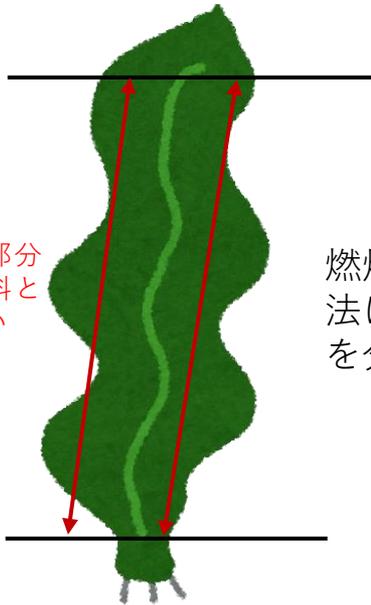
オニコンブ (羅臼)

北日本沿岸の4地点 (水深約5 m)  
2007~2019年の年1回、最大成長期である7~10月に採取

# 試料と方法

上端の枯れている部分は試料としない

両端部分は試料としない



下端の仮根部分は試料としない

湿重量で2 kg

燃烧・溶媒抽出法によりヨウ素を分離・精製

## 加速器質量分析装置(AMS)



日本原子力研究開発機構



University of Ottawa

## 高速液体クロマトグラフィー (HPLC)



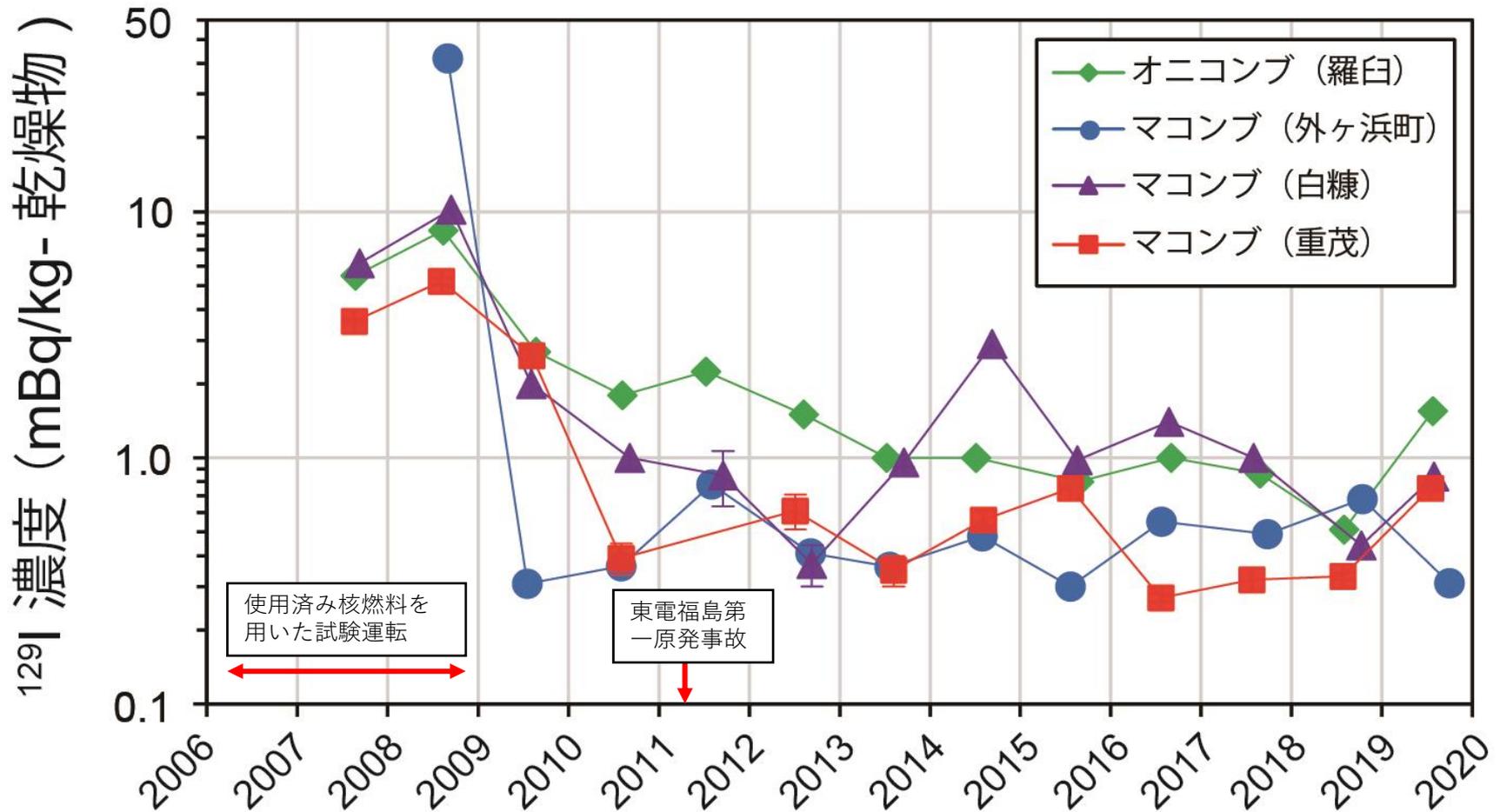
島津製作所

$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$   
原子数比

$^{129}\text{I}$ 濃度

$^{127}\text{I}$ 濃度

# コンブ類の<sup>129</sup>I濃度

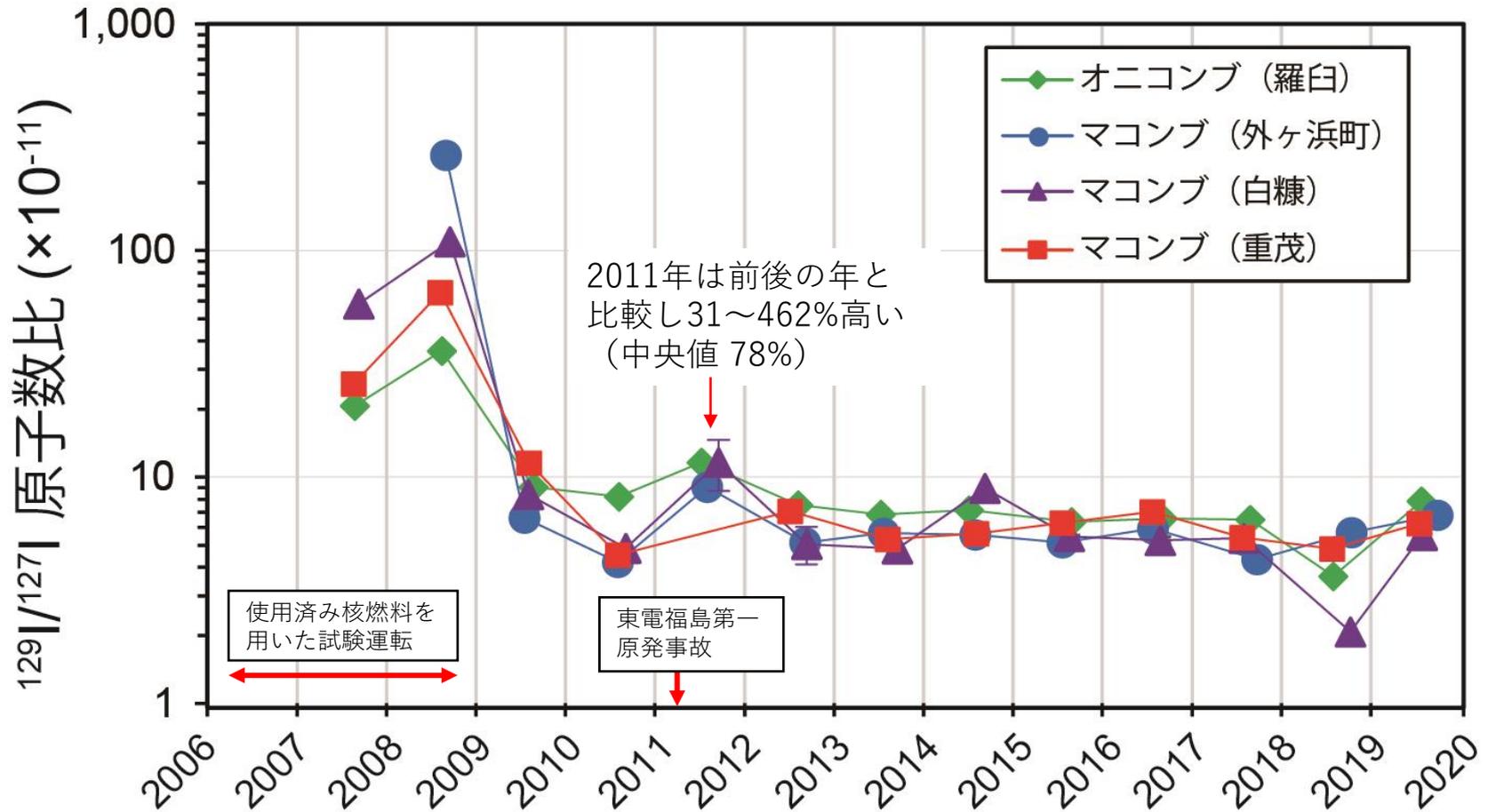


2007～2008年：3.6～42 mBq/kg-乾燥物

2009～2019年：0.27～2.9 mBq/kg-乾燥物

一般食品の摂取量の規制値である100 Bq/kgを大きく下回り、  
再処理施設と東電福島第一原発事故による影響はわずかなものであった

# コンブ類の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比



2007~2008年： $(21\sim260) \times 10^{-11}$

2012~2019年： $(2.1\sim8.9) \times 10^{-11}$

同レベル

2004-2005年の日本近海の海水の値  
 $(3.8\sim8.7) \times 10^{-11}$  (賀佐ら, 2019)

$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は、環境中の $^{129}\text{I}$ 濃度の微増を鋭敏に反映

# 他海域の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比との比較

## 世界の海藻類の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の変遷

年代	太平洋	大西洋	北極海
1945年以前	$2.9 \times 10^{-12} \sim 7.3 \times 10^{-11}$	$3.0 \times 10^{-12} \sim 1.0 \times 10^{-11}$	$(1.00 \sim 3.69) \times 10^{-12}$
大気圏核実験後	大気圏核実験前に比較して世界的に1桁上昇		
再処理施設の操業以降	大西洋、北極海で数桁増加、太平洋でも大気輸送を通じて増加		
1990年代	$5.9 \times 10^{-11} \sim 4.06 \times 10^{-10}$	$9.5 \times 10^{-10} \sim 3.7 \times 10^{-6}$	$7.0 \times 10^{-10} \sim 8.26 \times 10^{-9}$

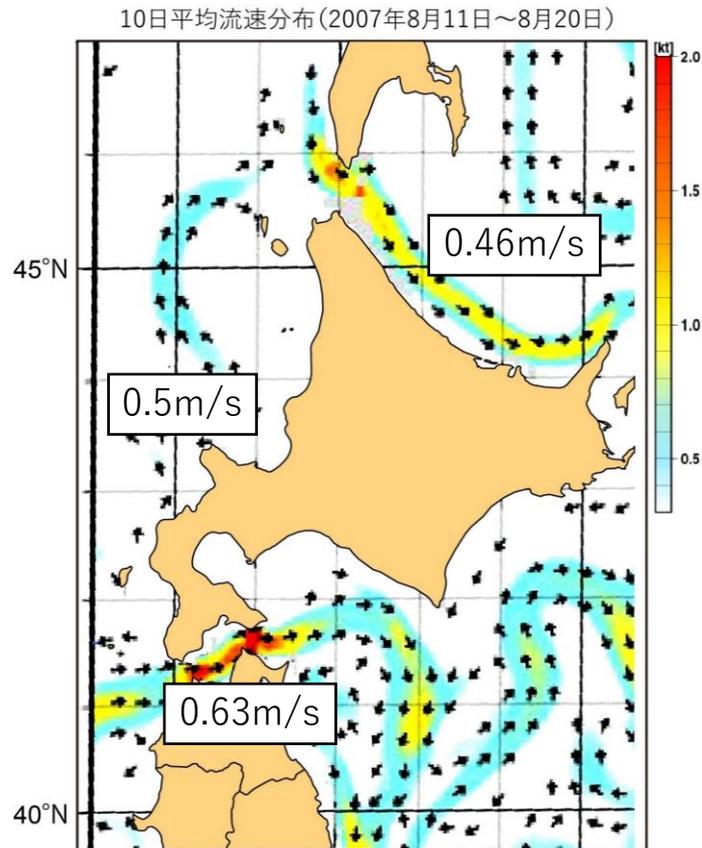
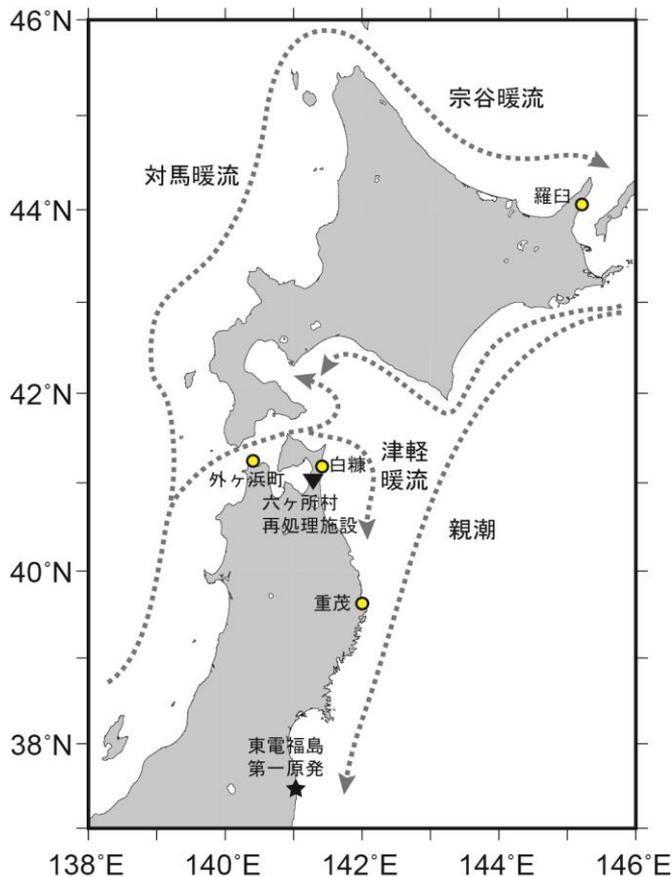
(Kilius et al., 1992; Yiou et al., 1994; Tseng and Chao, 1996; Cooper et al., 1998; Hou et al., 2000a; Hou et al., 2000b)

## 2012年以降の北日本沿岸のコンブ類の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

$(2.1 \sim 8.9) \times 10^{-11}$

大西洋の海藻類に比べて1桁～5桁低く、  
太平洋の海藻類の中でも低い

# コンブ類への<sup>129</sup>I輸送経路



## 大気輸送

夏：北太平洋の高気圧の発達により東風が卓越

## 海流による輸送

外ヶ浜町まで：2.7日

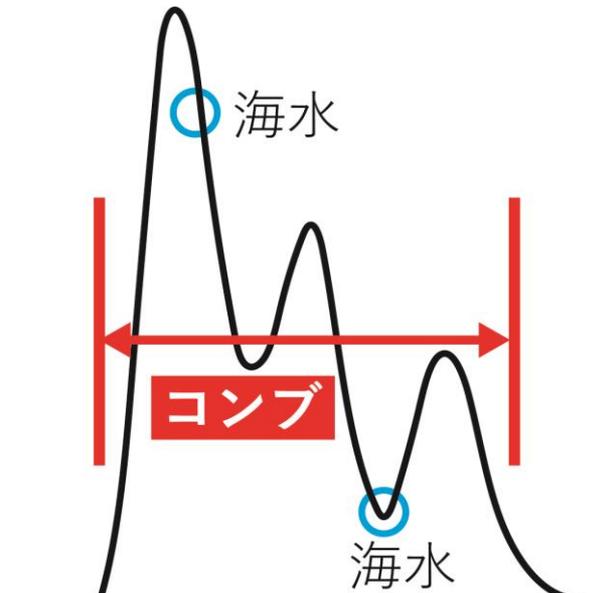
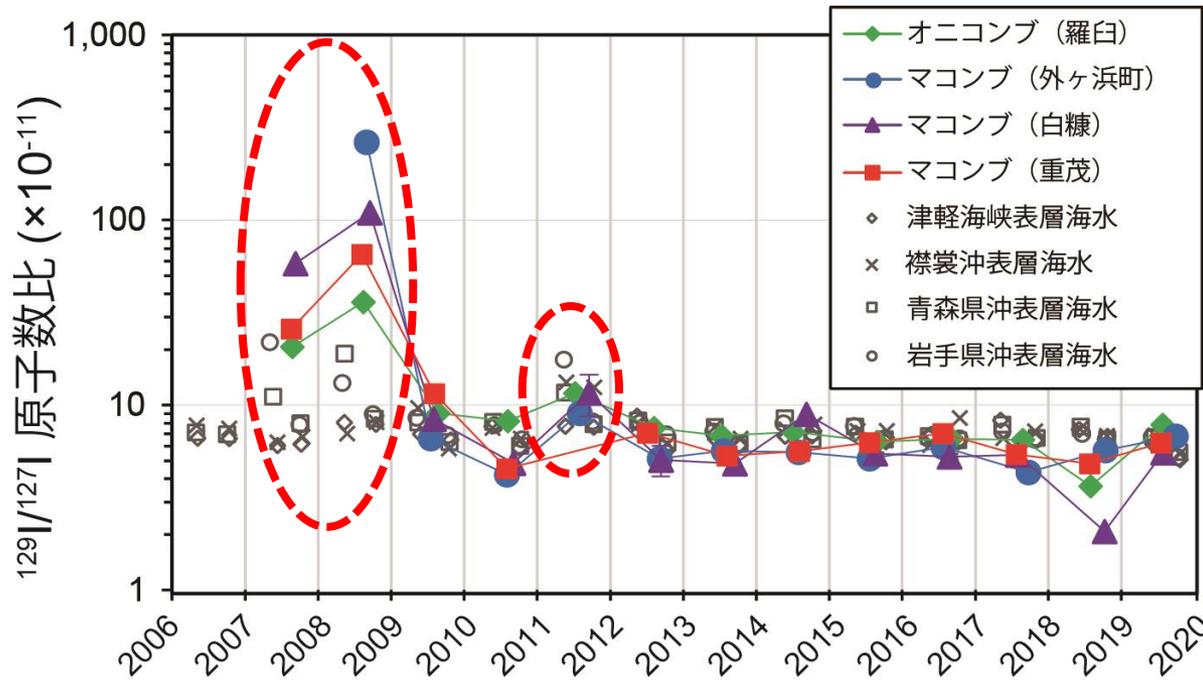
羅臼まで：28日

液体廃棄物による<sup>129</sup>I放出は太平洋側であるため、外ヶ浜町と羅臼は影響を受けない



気体廃棄物中の<sup>129</sup>Iが東風による大気輸送、日本海への降下、海流による輸送を経てコンブ類に取り込まれた可能性が高い

# コンブ類と海水の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の比較



採取場所の違い、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比を反映する期間の違いが両者の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の違いとして表れた

海水：採取時の瞬間値を反映 → 採取頻度が少ないと汚染を過小または過大評価

コンブ類：生育した期間における海水の平均的な値を反映。

少ない採取頻度でも環境中の $^{129}\text{I}$ 濃度のわずかな変化を反映

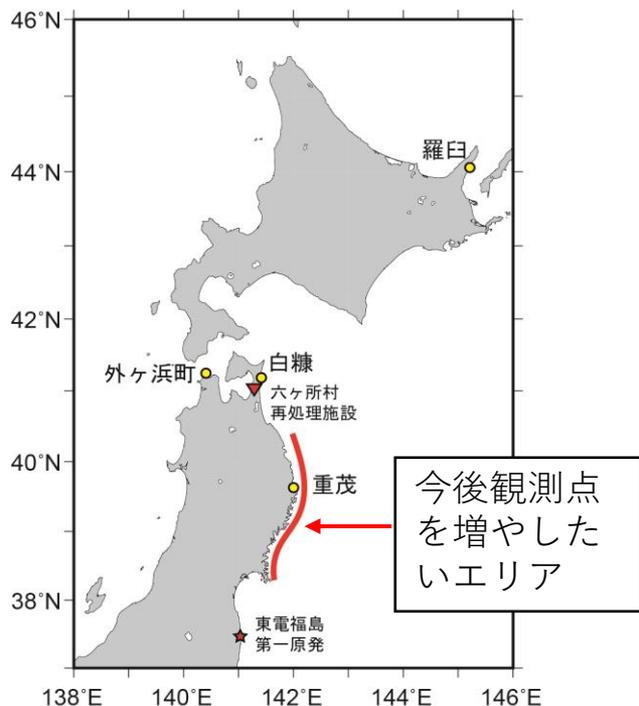
→ 海水中の $^{129}\text{I}$ 濃度を簡便かつ定量的にモニタリングする優れた指標

# まとめ

北日本沿岸のコンブ類の $^{129}\text{I}$ 濃度の経年変化を2007年から2019年にかけて調査した。

1. コンブ類の $^{129}\text{I}$ 濃度は、六ヶ所村再処理施設の試験運転による $^{129}\text{I}$ 放出量最大時及び東電福島第一原発事故直後においても、食品の規制値100 Bq/kgを大きく下回った。
2. コンブ類の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は、海水中の $^{129}\text{I}$ 濃度の微増を鋭敏に反映し、コンブ類が沿岸の $^{129}\text{I}$ 濃度を簡便かつ定量的に長期モニタリングするための優れた指標となることが分かった。

# 今後の展望



三陸海域のマコンブの観測点を増やし、液体廃棄物に由来する $^{129}\text{I}$ の挙動を明らかにする

河川に近い観測点を設置し、土壌由来の $^{129}\text{I}$ のコンブ類への継続的影響を監視

未公表データ

年2回（夏と秋）の採取でコンブ類の $^{129}\text{I}$ 濃度の季節変動を明らかにする

今後も三陸海域の水産資源の安全・安心に資する知見の向上を目指す

本研究の原著論文は以下の通りです。

**Ikenoue, T.**, Kusakabe, M., Yamada, M., Oikawa, S., Misonoo, J. (2020).  
Temporal variation of iodine-129 concentrations in kelps (Saccharina) from  
coastal waters off northern Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 161, 111775.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111775>.

## 謝辞

本研究は、文部科学省及び原子力規制庁からの委託業務「海洋環境における放射能調査及び総合評価事業」により得られた成果の一部です。本研究を進めるにあたり、コンブ類の試料採集にご協力下さった漁業関係者の皆様、海水試料の採取にご協力下さった船舶関係者の皆様、試料分析とデータの取りまとめにご協力下さった海洋生物環境研究所の皆様に深く感謝申し上げます。