

底魚と海底土の放射性セシウム濃度

水産研究・教育機構 中央水産研究所
放射能調査グループ

重信 裕弥
森田 貴己 安倍 大介

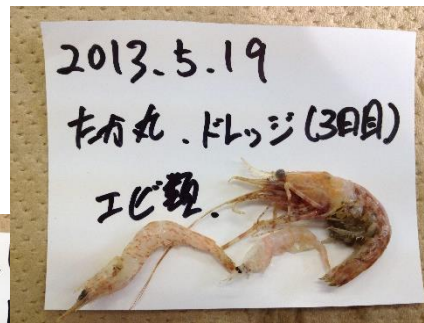
事故後の報道、ネット上での噂・風評

海底土の放射性セシウム (Cs) 濃度は
数百～数千 Bq/kg の水準

噂・風評



底魚は海底の餌生物を介して放射性Csを取込み続け
生物濃縮で海底土と同等以上の放射性Cs濃度になる



底魚のババガレイとアイナメ

底魚の餌となる底生生物(ベントス)

事故後三年間の魚類の放射性Cs濃度の推移

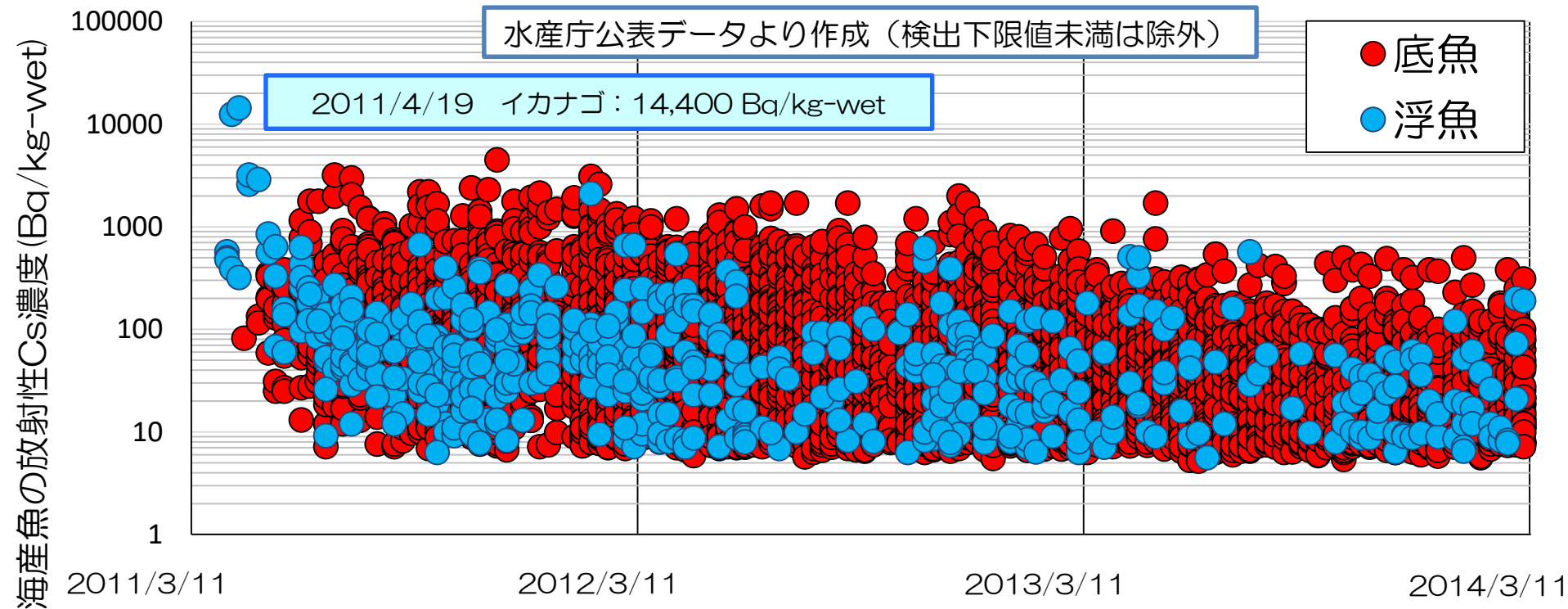
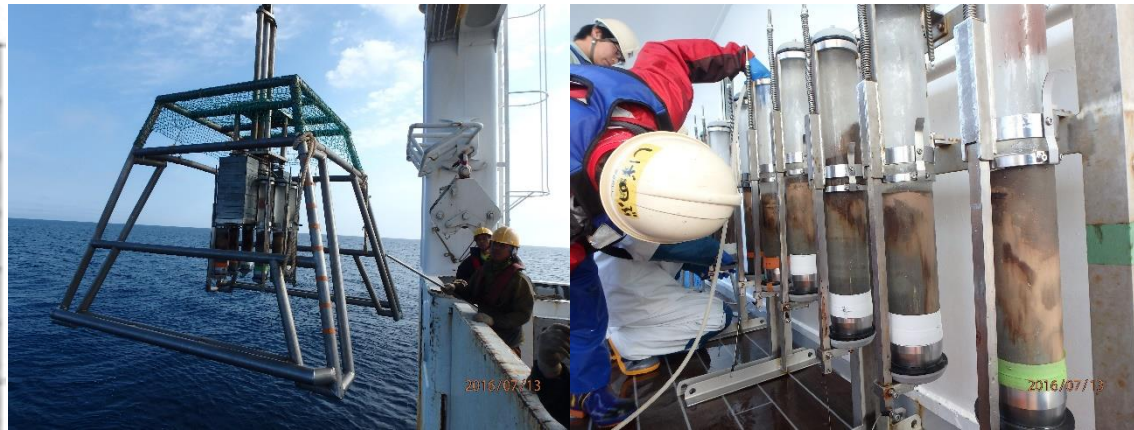
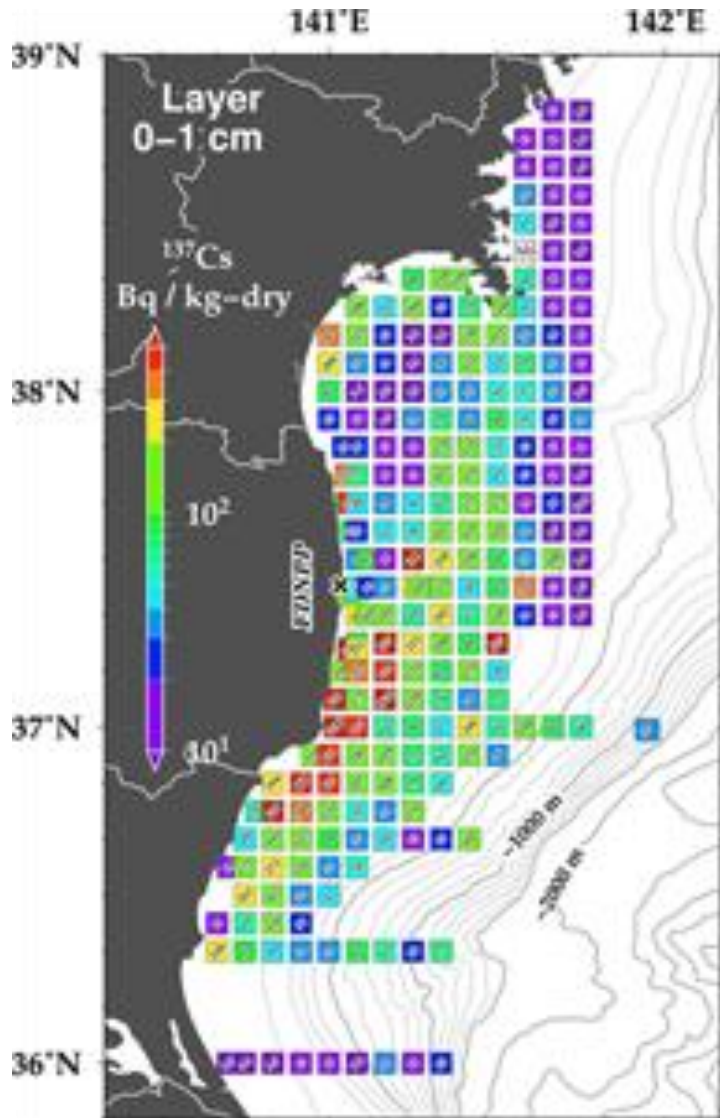


図. 福島県沖で採取した海産魚の放射性Cs濃度 (事故後3年間)

本当に海底土の放射性Csを底魚は取込み続けているのか？

福島の漁業復興計画を考える上で
海底土と底魚の関連性を明らかにする必要性

事故後の海底土の汚染状況を調査



調査船蒼鷹丸での採泥調査

濃度が高いところ（数百～千Bq超）

- 常磐沖～仙台湾の沿岸近く
- 福島県中部～南部の水深100m付近

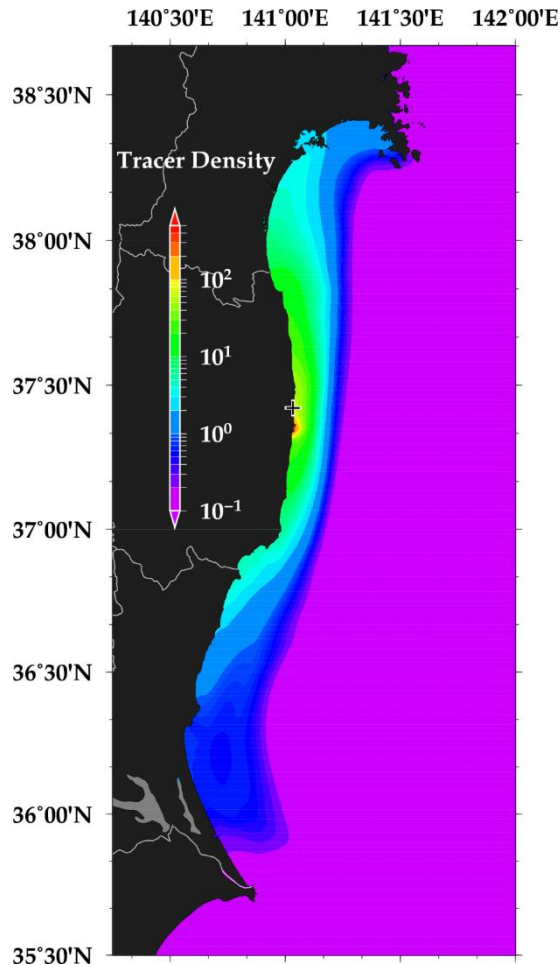
濃度が低いところ（数～数十Bq）

- 仙台湾の中心部～福島県北部の沖合
- 仙台湾の東沖合（金華山以東）
- 茨城県南部

図. 海底土（0-1cm層）中の ^{137}Cs 濃度
（調査期間：2012-2014年）

なぜこのような濃度分布になったのか？①

シミュレーションで汚染水の拡がりを再現
(2011年3～6月)



- 原発から漏えいした汚染水は主に福島、宮城の沿岸部を流れ水深の浅い海域では海底に達した



福島、宮城の沿岸部では
海底土の放射性Csが高濃度に

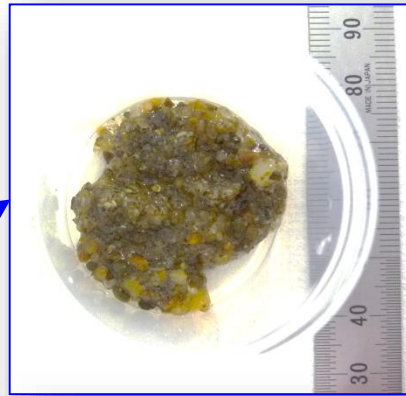
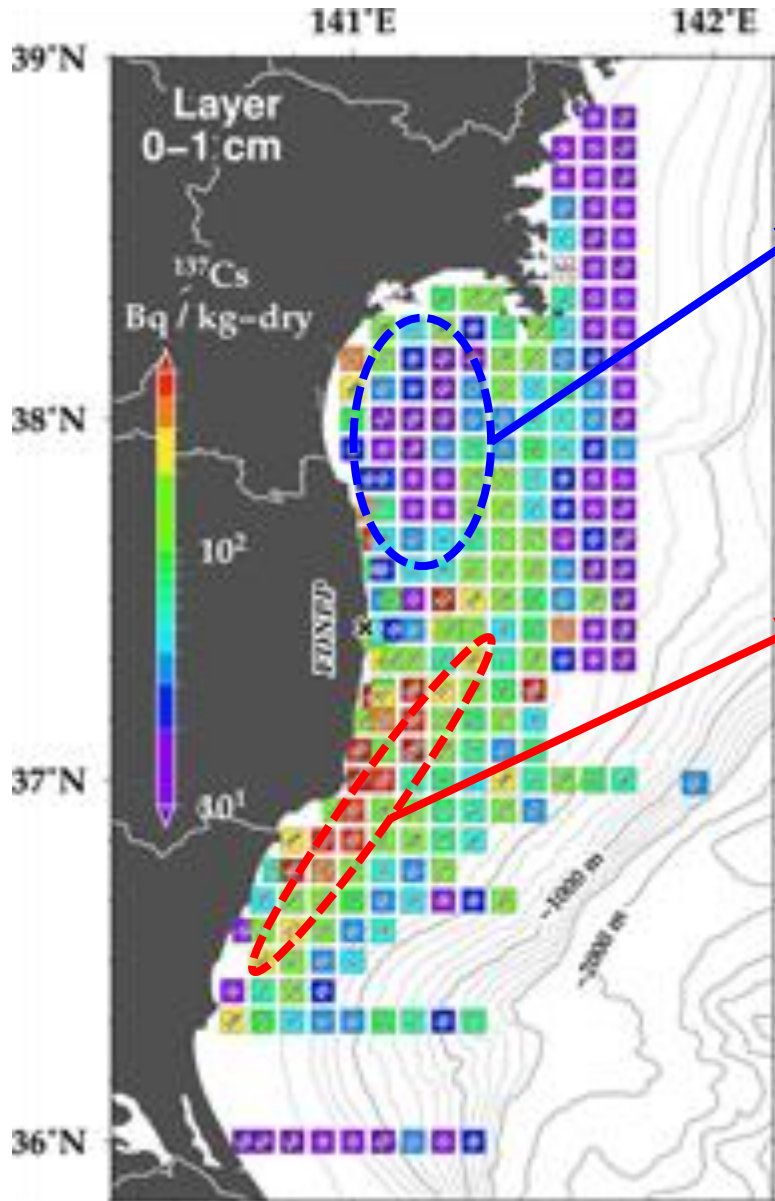
- 仙台湾中央部への汚染水の供給量は福島県中部～南部水深100m域と大差がない



なぜ仙台湾中央部の海底土は
放射性Cs濃度が低いのか？

図. 原発から漏えいした汚染水供給量の合計

なぜこのような濃度分布になったのか？②



仙台湾中央部の海底土は
粒子が粗い（砂～砂利）

↓
表面積が狭い

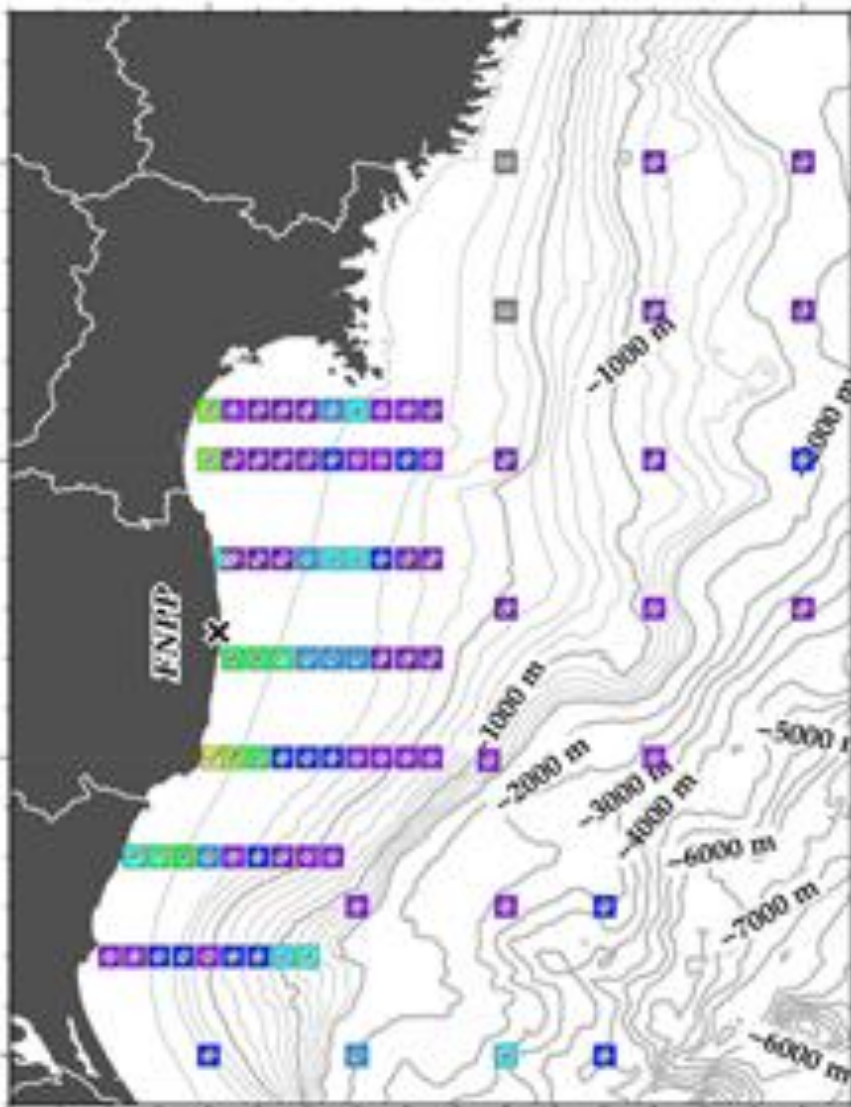


いわき沖100m深付近の
海底土は、粒子が非常に
細かい（粘土質）

↓
表面積が広い

事故直後の汚染水供給量と
海底の底質（粒径）の違いが
海底土の濃度分布に影響した

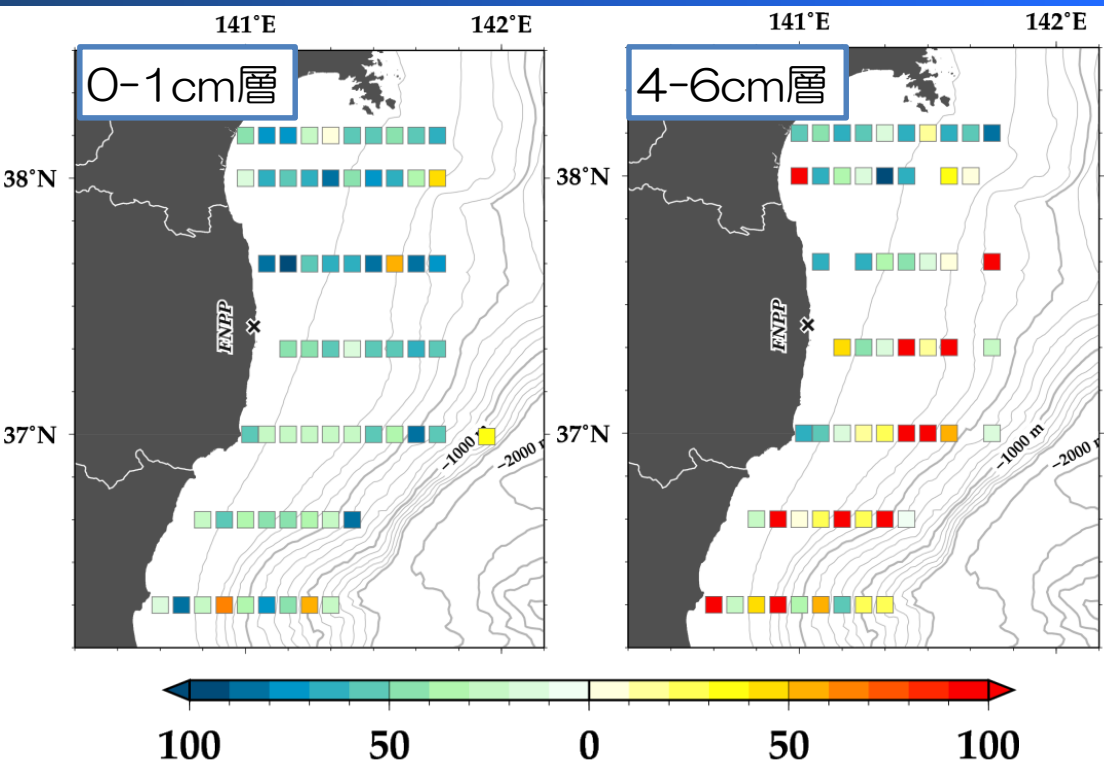
最近の海底土の放射性Cs濃度



- 2015年の海底土表層の ^{137}Cs 濃度は概ね数Bq～数十Bq/kg-dryの水準まで低下
- 2015年の海底土表層の ^{137}Cs 濃度は2013年比で約50%減少
- 海底土表層の放射性Csは
 - ①海底土の深層へ移動
 - ②沖合・南方に移動
 - ③海水中に拡散*海水の濃度は殆ど変わらない

図. 2015年の海底土（0-1cm層）中の ^{137}Cs 濃度

最近の海底土の放射性Cs濃度



減少した割合 (%)

増加した割合 (%)

図. 2013年から2015年にかけての海底土中の¹³⁷Cs濃度の増減率

- 2015年の海底土表層の¹³⁷Cs濃度は概ね数Bq~数十Bq/kg-dryの水準まで低下
 - 2015年の海底土表層の¹³⁷Cs濃度は2013年比で約50%減少
 - 海底土表層の放射性Csは
 - ①海底土の深層へ移動
 - ②沖合・南方に移動
 - ③海水中に拡散
- *海水の濃度は殆ど変わらない

海底土中の放射性Csはどのような状態？

海底土中放射性Csの形態別分析方法の概要
(Tessierら(1979)の逐次抽出方法)

海底土



F1 (1M酢酸Na) → イオン交換態 (表面吸着物)



F2 (1M酢酸Na + 酢酸 pH 5.0) → 炭酸塩態



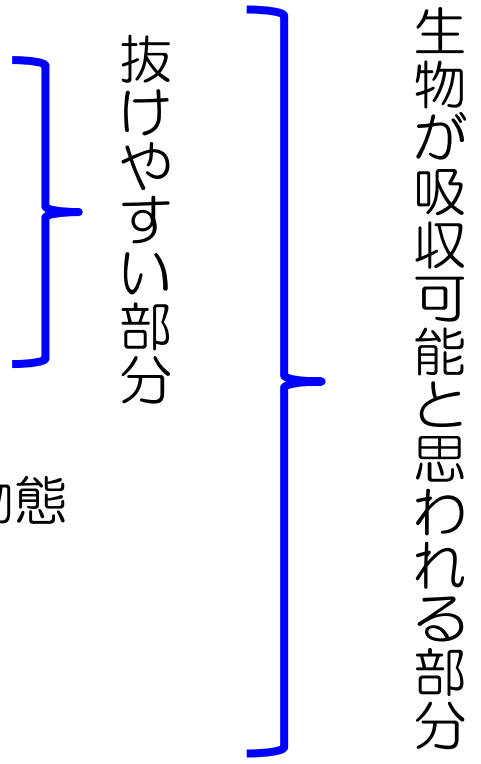
F3 (0.04M ヒドロキシルアミン) → Fe-Mn 酸化物態



F4 (0.02M 硝酸 + 30%過酸化水素水) → **有機物**

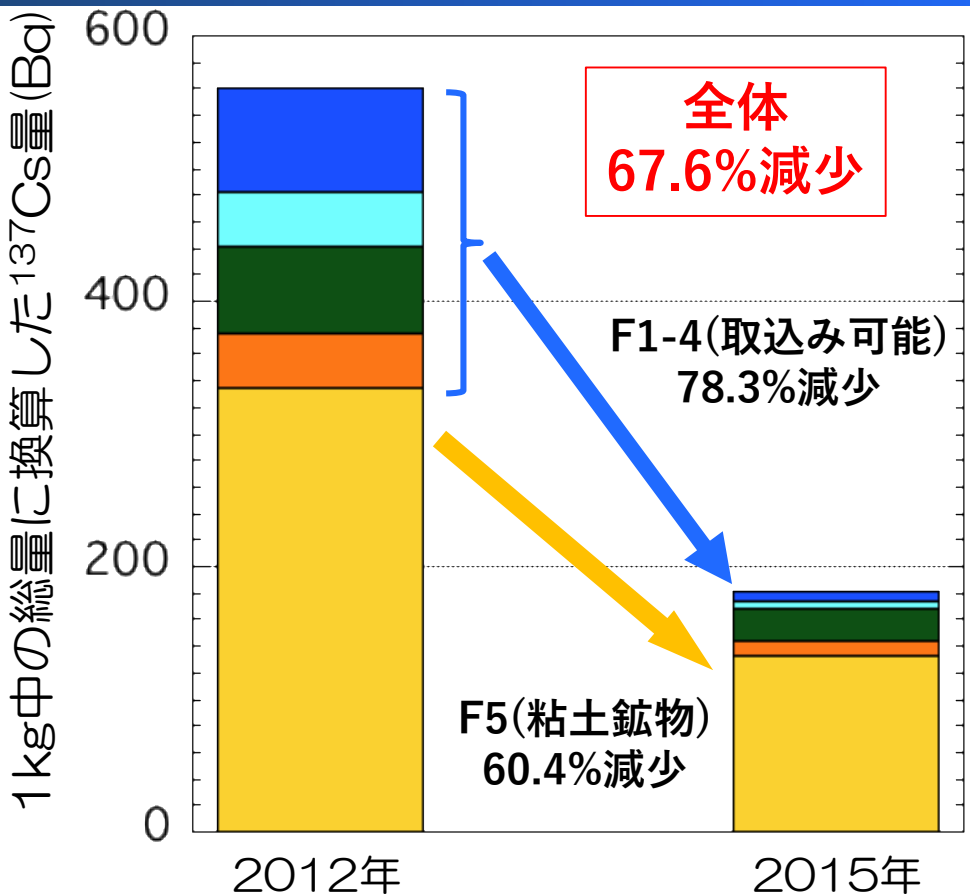


F5 (残渣) → ケイ酸塩態 → **粘土鉱物 (生物に、ほぼ吸収されない部分)**



放射性Csの状態を把握して海産生物への海底土の影響力を評価

海底土中の放射性Csはどのような状態？



F1-4: 225 Bq → 48.9 Bq (-176 Bq)
40.2 % → 27.0 %

F5 : 335 Bq → 132 Bq (- 203 Bq)
59.8 % → 73.0 %

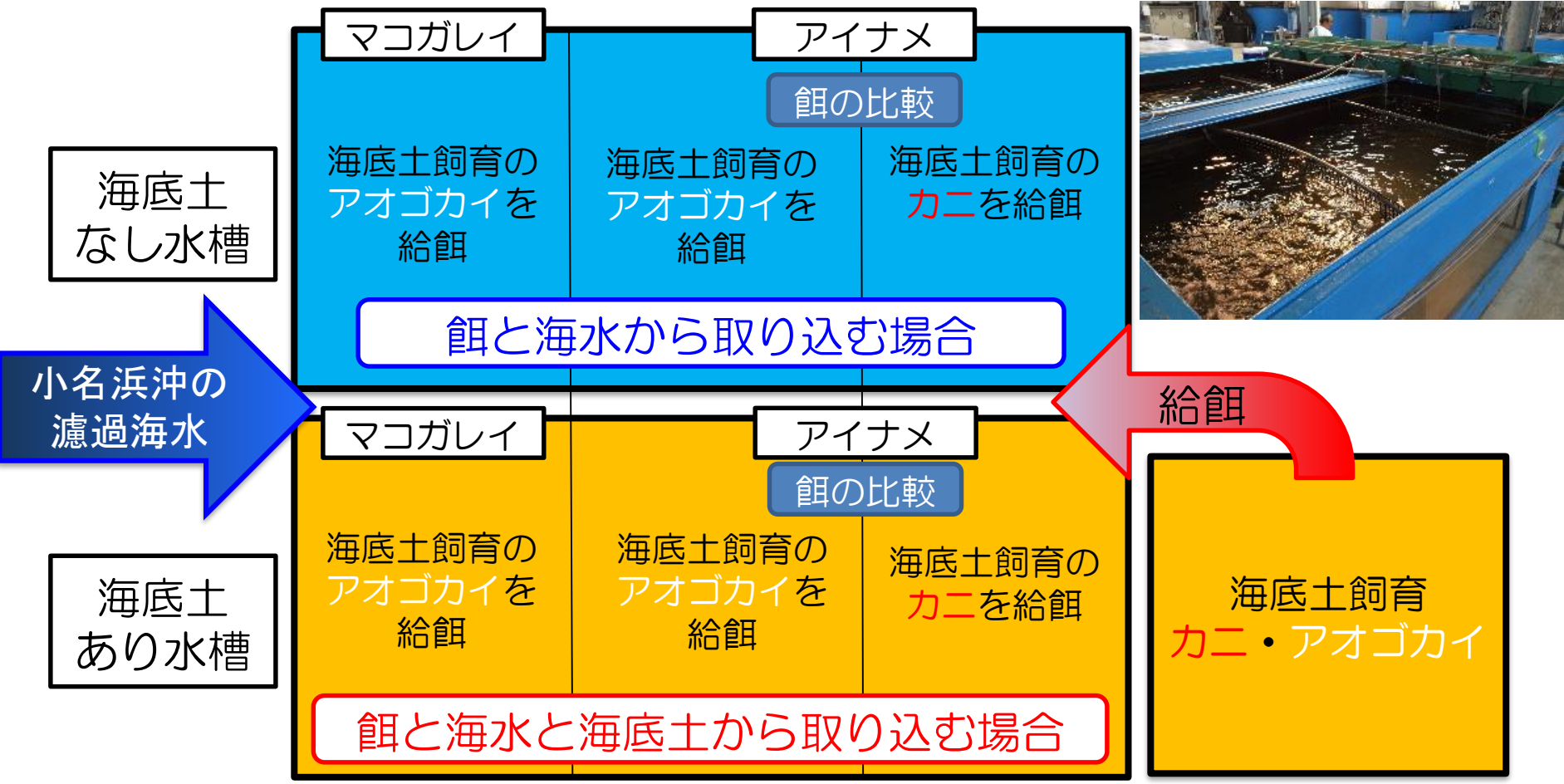
- 殆どの調査地点において海底土表層中に含まれる生物が取込み可能な状態の放射性Cs総量は減少

図. 四倉沖の海底土表層における¹³⁷Cs量の形態別推移

海底土に含まれる放射性Csは
海産生物が取込みにくい状態になりつつある

福島沖の環境を再現した飼育実験で検証

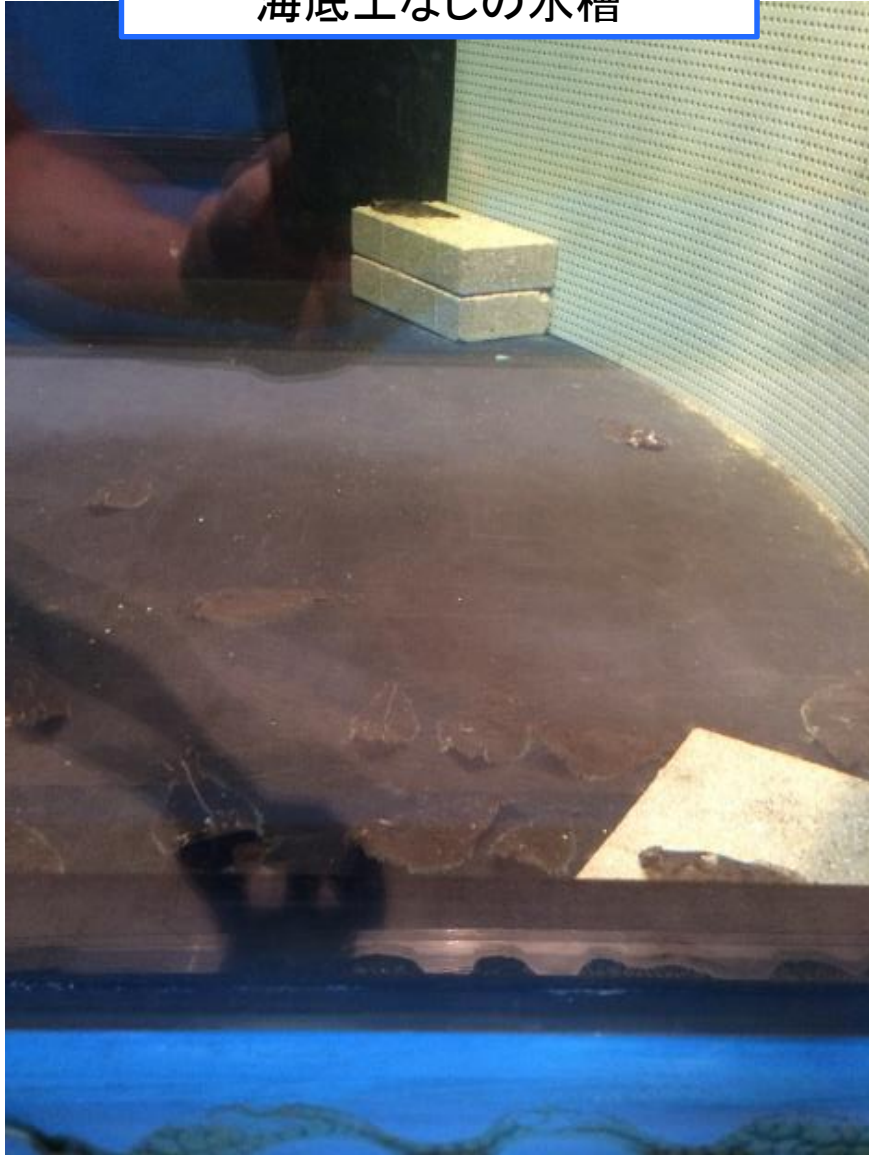
ふくしま海洋科学館の飼育施設（5 t 水槽2基を使用）



- 水槽に敷き詰めた福島県沖海底土に含まれる¹³⁷Csの初期濃度：242 Bq/kg-wet
- 餌と海水から取込む場合と、餌と海水と海底土から取り込む場合とを比較
- マコガレイとアイナメを70日間飼育して¹³⁷Cs濃度の推移を調べた

飼育実験の様子（マコガレイ）

海底土なしの水槽



海底土ありの水槽



飼育実験の様子（餌生物）

アオゴカイ



ケフサイソガニ

飼育実験の結果：餌生物（底生生物）

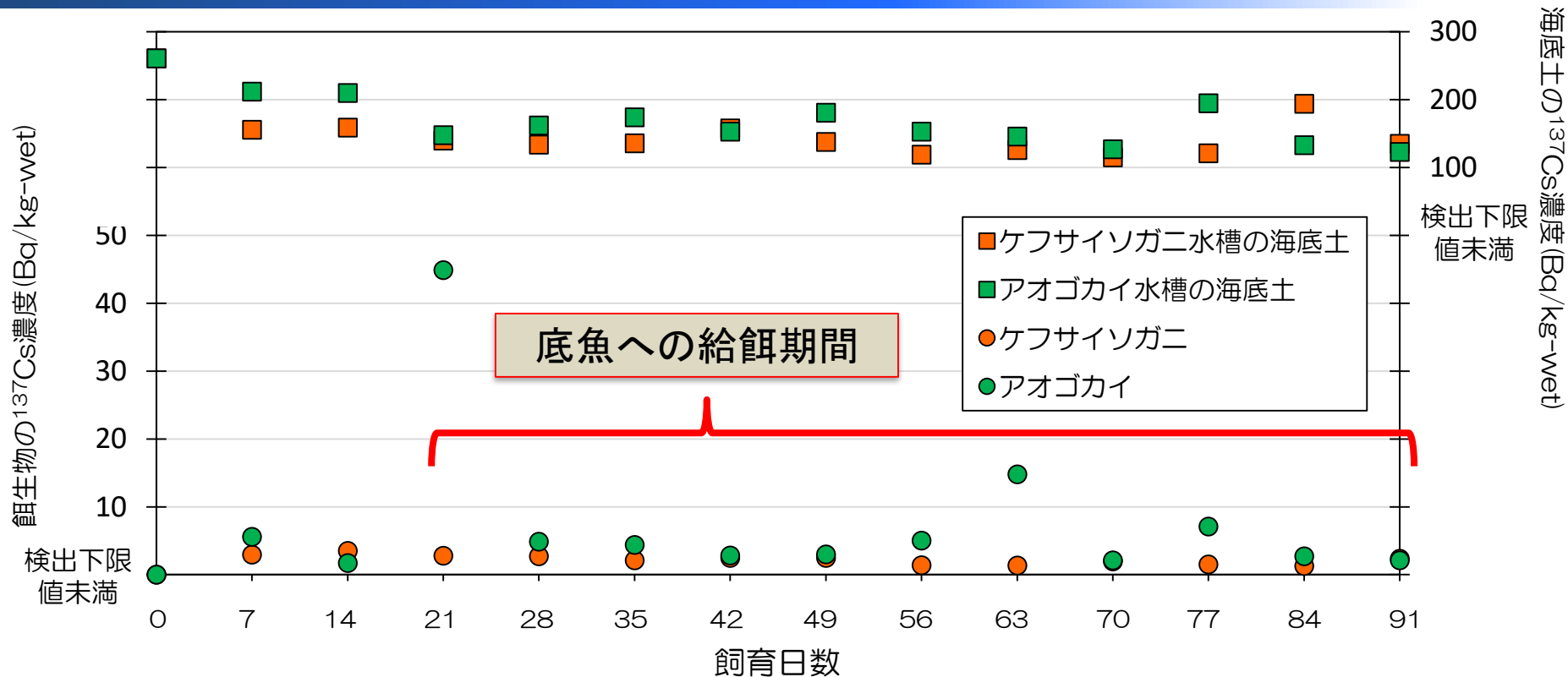


図. 餌生物（底生生物）における¹³⁷Cs濃度の推移

- 底魚への給餌期間中（21日目以降）における餌生物の¹³⁷Cs濃度
 - ケフサイソガニ・・・1.98 Bq/kg-wet（海底土の約1/130）
 - アオゴカイ・・・5.05 Bq/kg-wet（海底土の約1/50）

福島県沖で採取した餌生物（底生生物）と同じ濃度水準

飼育実験の結果：マコガレイ

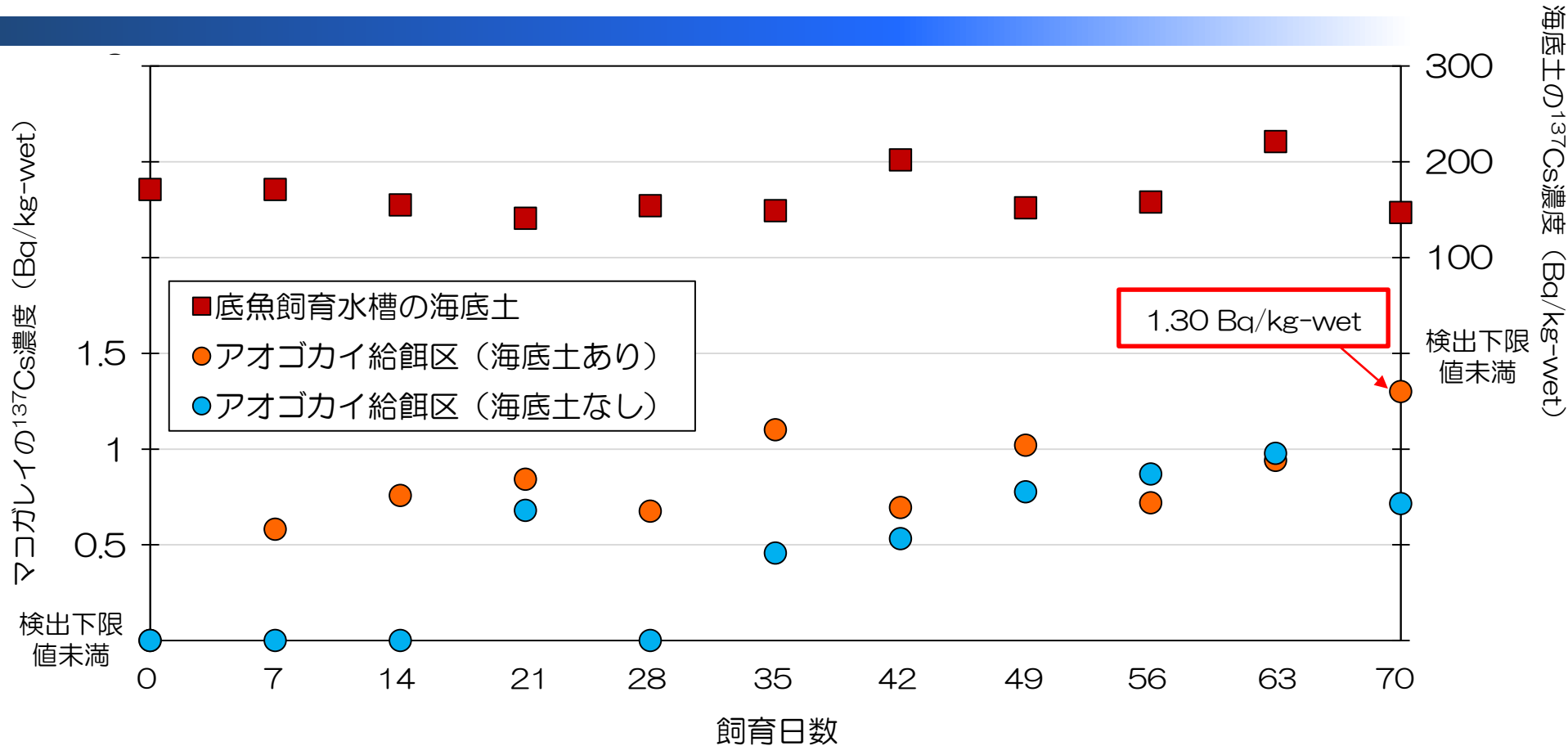


図. マコガレイにおける ^{137}Cs 濃度の推移

- マコガレイの ^{137}Cs 濃度最高値は海底土あり水槽の**1.30 Bq/kg-wet**
- 底魚の実験開始時の海底土 (171 Bq/kg-wet) に対し**約1/130**
- どちらの水槽でも ^{137}Cs 濃度は概ね**1 Bq/kg-wet以下の値で推移**

飼育実験の結果：アイナメ

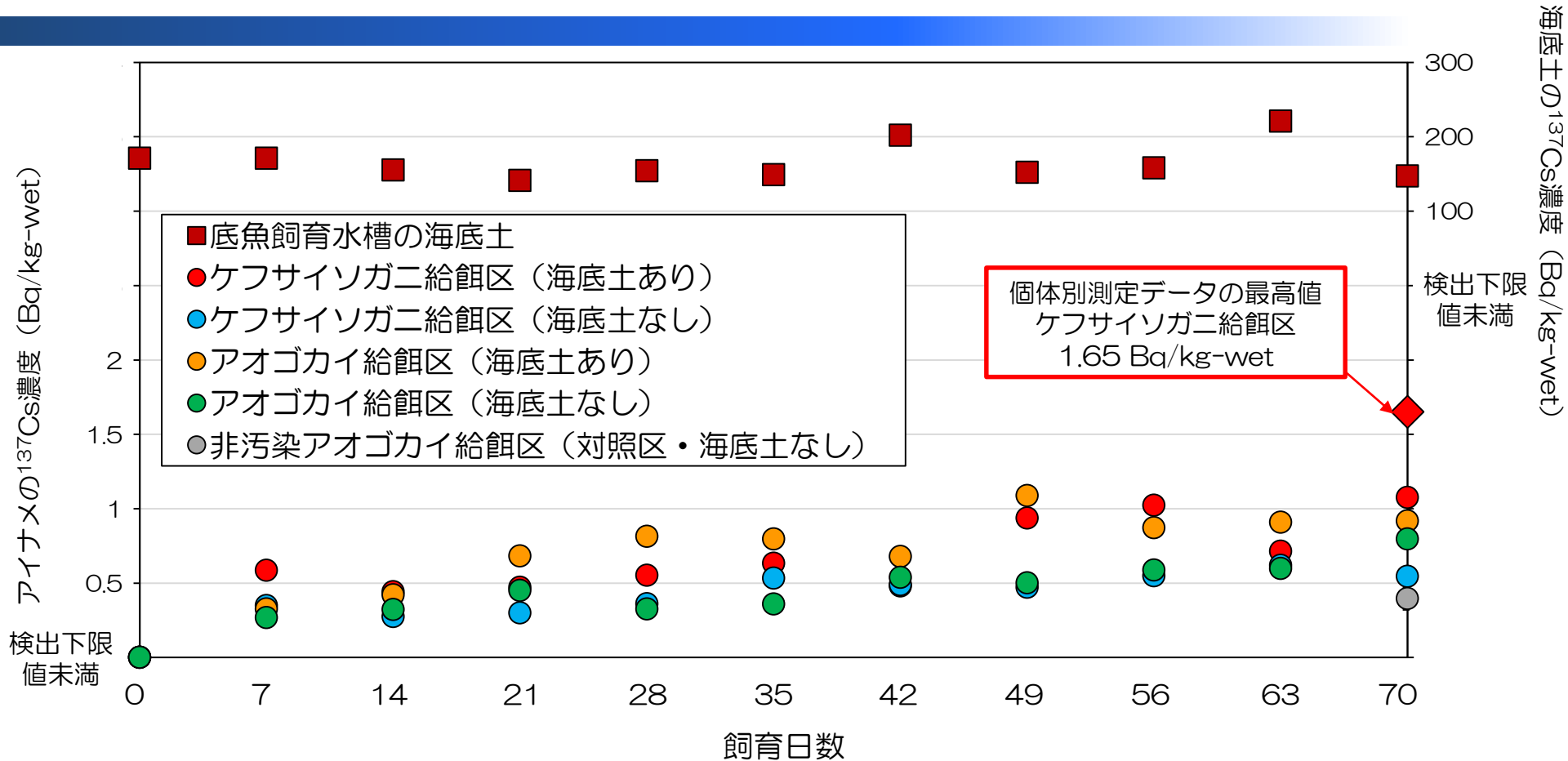


図. アイナメにおける ^{137}Cs 濃度の推移

- アイナメの ^{137}Cs 濃度最高値は海底土あり水槽の1.65 Bq/kg-wet
- 底魚の実験開始時の海底土 (171 Bq/kg-wet) に対し約1/100
- どちらの水槽でも ^{137}Cs 濃度は概ね1 Bq/kg-wet以下の値で推移

福島沖の環境を想定した飼育実験のまとめ

海底土の ^{137}Cs 濃度に対して…

- 餌生物の ^{137}Cs 濃度は約1/50以下
- 底魚の ^{137}Cs 濃度は約1/100以下



餌生物を介した場合でも
底魚が海底土から取込む放射性Csはごく僅か



海底土中の放射性Csは海産生物が取込みにくい状態
今後、海産生物が海底土中の放射性Csを取り込み
基準値を上回る水準に達する可能性は極めて低い

福島県における海産生物の調査結果

福島県HP公表

表 放射性セシウム濃度が100Bq/kg超の検体数・割合と不検出の検体数・割合

年	月	全検体数	100Bq/kg超		不検出	
			検体数	%	検体数	%
平成23年		1,972	785	39.8	294	14.9
平成24年		5,580	921	16.5	2,287	41.0
平成25年		7,641	280	3.7	5,216	68.3
平成26年		8,722	75	0.9	7,260	83.2
平成27年		8,577	4	0.0	7,677	89.5
平成28年		8,502	0	0.0	8,080	95.0
平成29年	1月	686	0	0.0	660	96.2
	2月	841	0	0.0	808	96.1
	3月	722	0	0.0	695	96.3
	4月	719	0	0.0	704	97.9
	計	2,968	0	0.0	2,867	96.6
合計		43,962				

* 検体採取日で集計

※2 検体採取日を基準として集計

魚介類に含まれる放射性セシウムの基準値は100Bq/kg

平成28年以降、基準値を超過する検体は出ていない

底魚における放射性Cs濃度の傾向

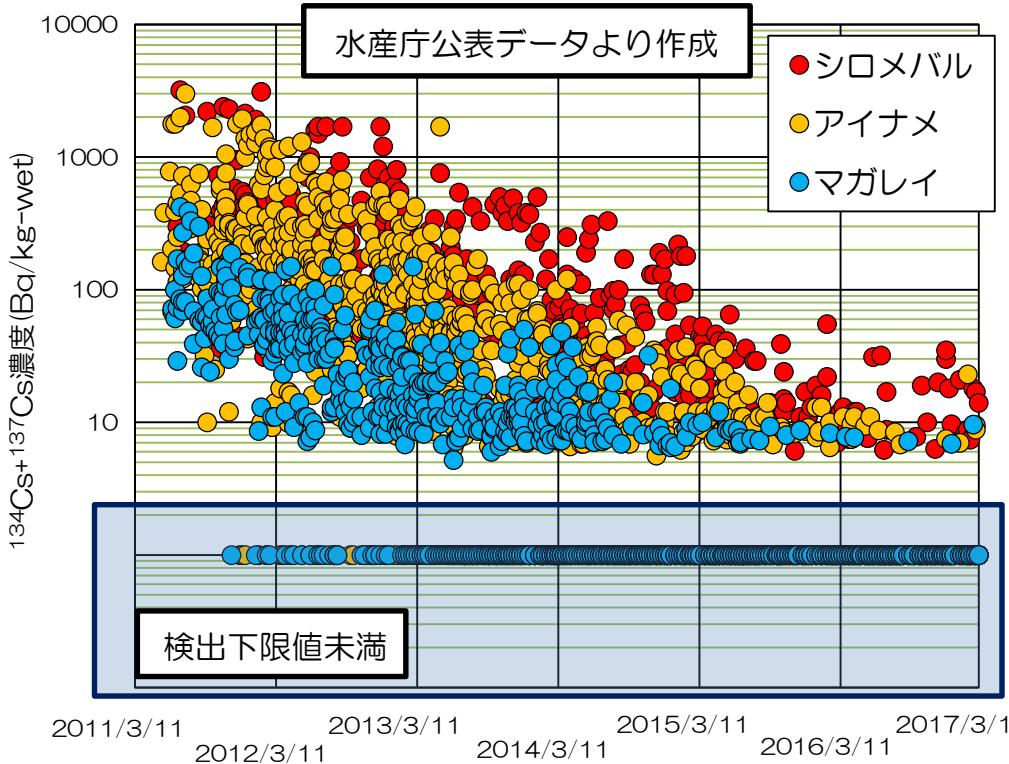


図1. 福島県沖で採取した底魚3種における放射性Cs濃度

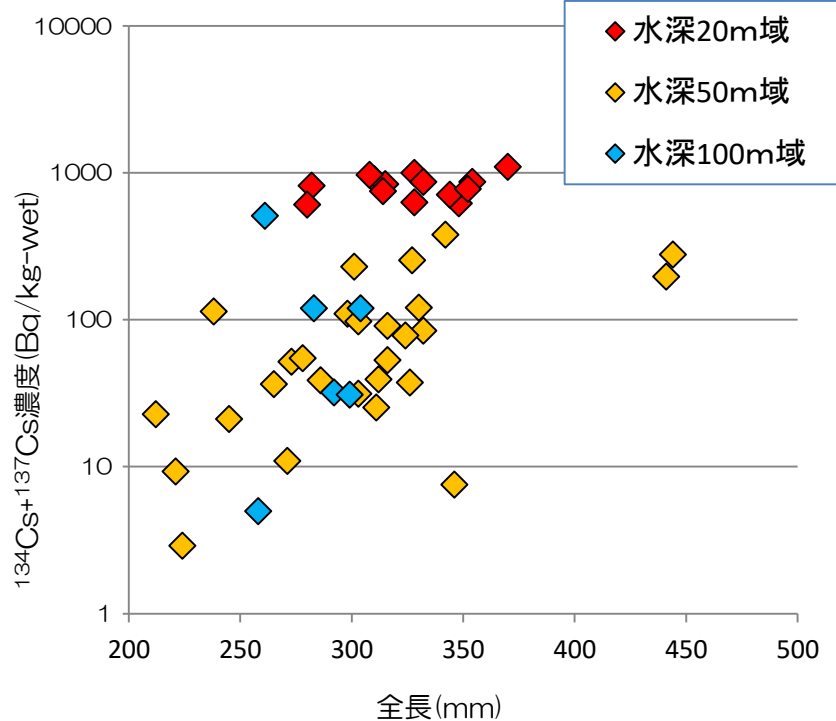


図2. 2012年5月に福島県沖で採取したアイナメの放射性Cs濃度

- 同じ底魚でも魚種によって放射性Cs濃度の推移に違いがある
- 同一の魚種内でもより沿岸域で採取した個体で高濃度

シロメバルの放射性Cs濃度

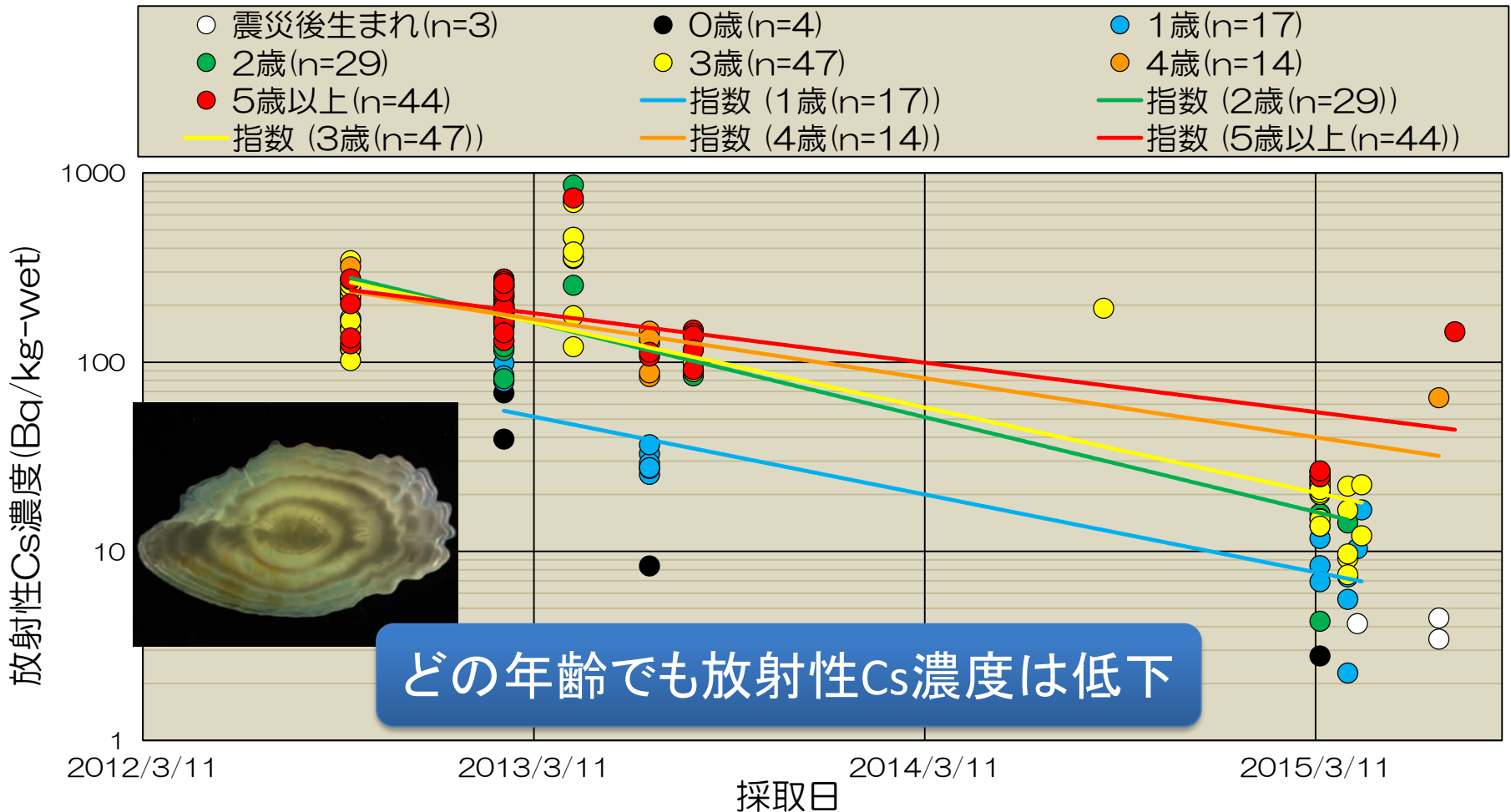


図. 事故当時の年齢別に比較したシロメバルの放射性Cs濃度

- 基準値を上回ったのは事故当時に2歳以上だった個体のみ
- 158個体中、採取時に5歳以上は100個体（63.8%）

底魚の放射性Cs濃度が高めに推移した要因

放射性Cs濃度が高い値で推移していた魚の特徴

- 沿岸域に生息している魚種（個体）
- 広域を回遊しない移動範囲が比較的狭い魚種
- 震災時に既に生まれていた個体（高齡魚）



事故直後の高濃度汚染水の影響を直接受けた底魚

- 底魚は移動範囲が狭く、長生きする魚種も多い
- 高齡魚は放射性Csの代謝、排出速度が遅い



沿岸域で高濃度汚染水の影響を受けた（高齡）個体が
そのままその海域で生残していた

まとめ

- 福島沖の海底土と底魚の放射性Cs濃度は低下
- 現在の福島沖の海底土に含まれる放射性Csは殆ど海産生物が取込めない状態
- 高齡魚も放射性Cs濃度は低下し個体数も減少
- 海産生物が海底土中の放射性Csを取込み続け基準値を上回る水準になる可能性は極めて低い