

20140715 第二回 「放射線計測フォーラム福島」

# 放射性セシウムによる海洋生態系の汚染

東京海洋大学  
石丸 隆

## 内容

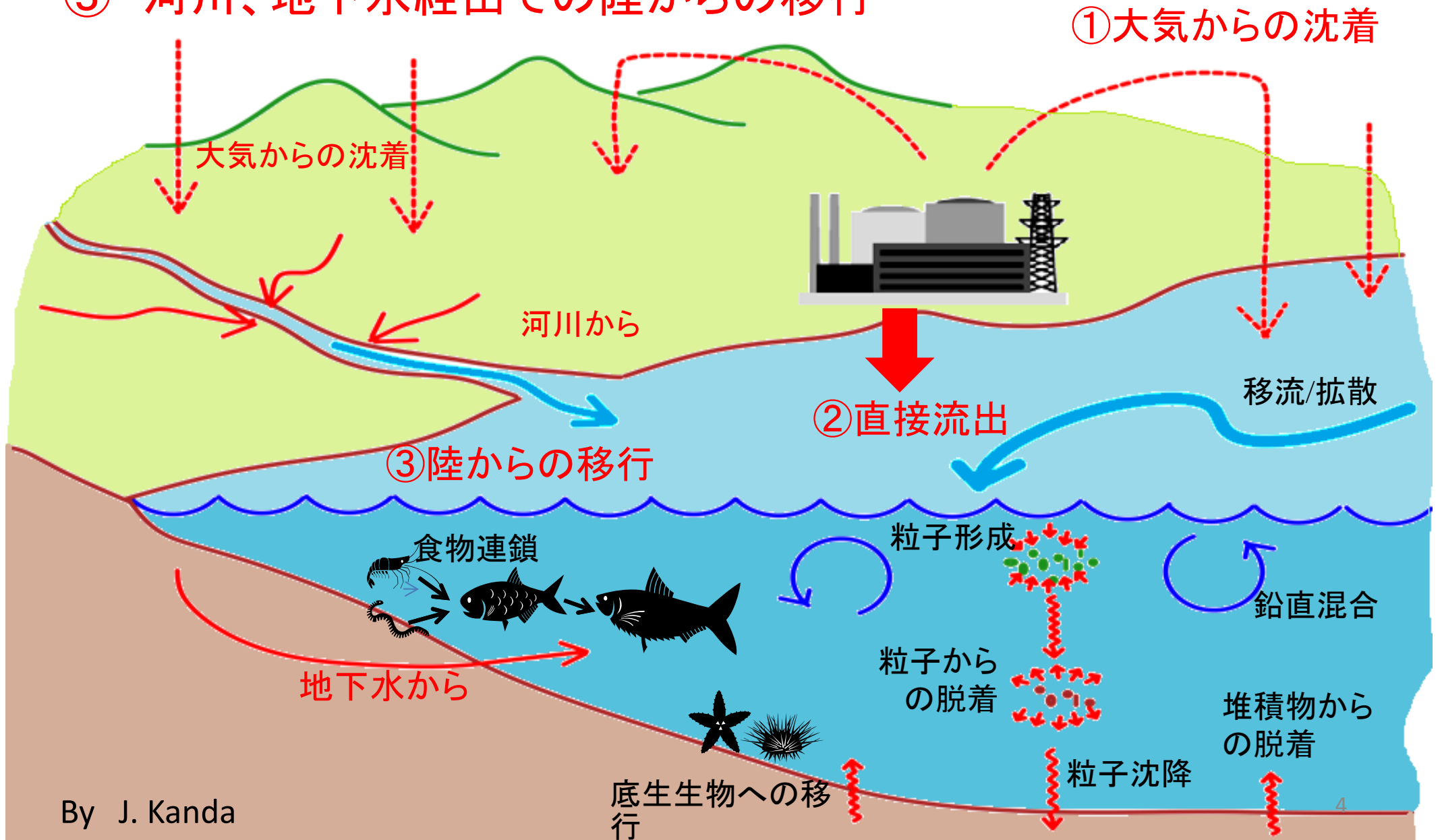
1. 原発事故による放射性物質の海洋への拡散  
—海水, 堆積物の汚染と経時変化
2. 練習船による海洋生物調査の結果
  - ・プランクトン
  - ・底生生物
3. 魚介類の汚染  
魚介類における放射性セシウム濃度の経時変化
4. 一部の魚類で汚染が長期化する原因？

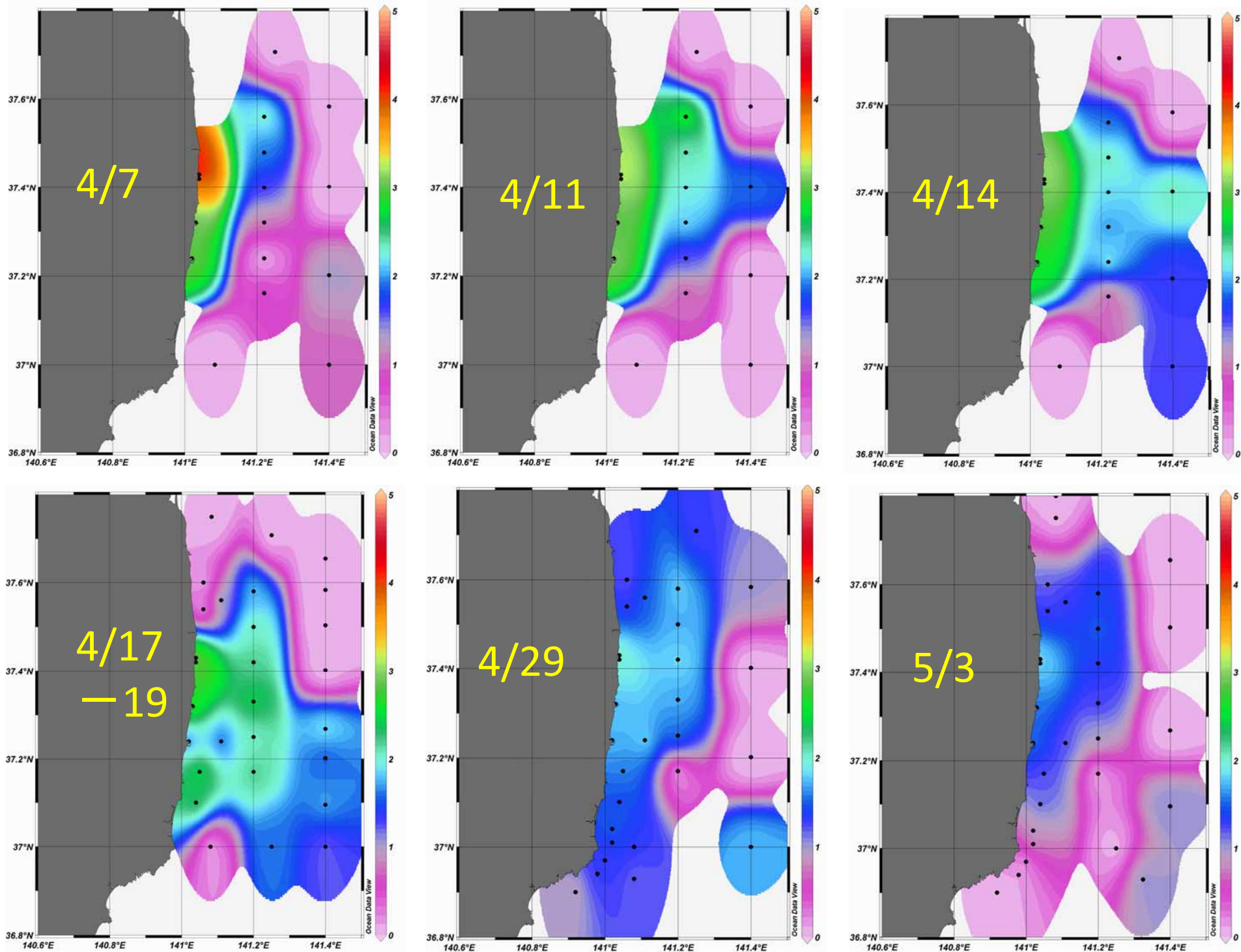
## 内容

1. 原発事故による放射性物質の海洋への拡散  
—海水, 堆積物の汚染と経時変化
2. 練習船による海洋生物調査の結果
  - ・プランクトン
  - ・底生生物
3. 魚介類の汚染  
魚介類における放射性セシウム濃度の経時変化
4. 一部の魚類で汚染が長期化する原因？

# 福島第一原子力発電所事故による海洋への放射能移行経路

- ① 大気からの沈着（塵、雨などと共に降下）
- ② 直接流出
- ③ 河川、地下水経由での陸からの移行

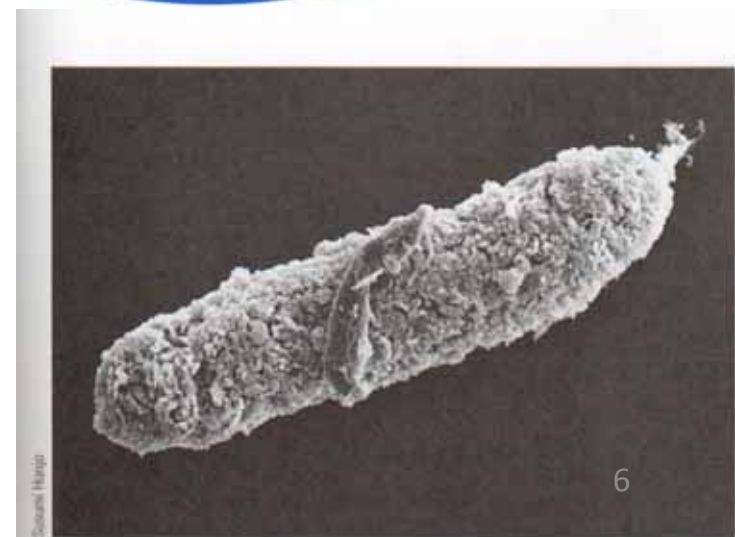
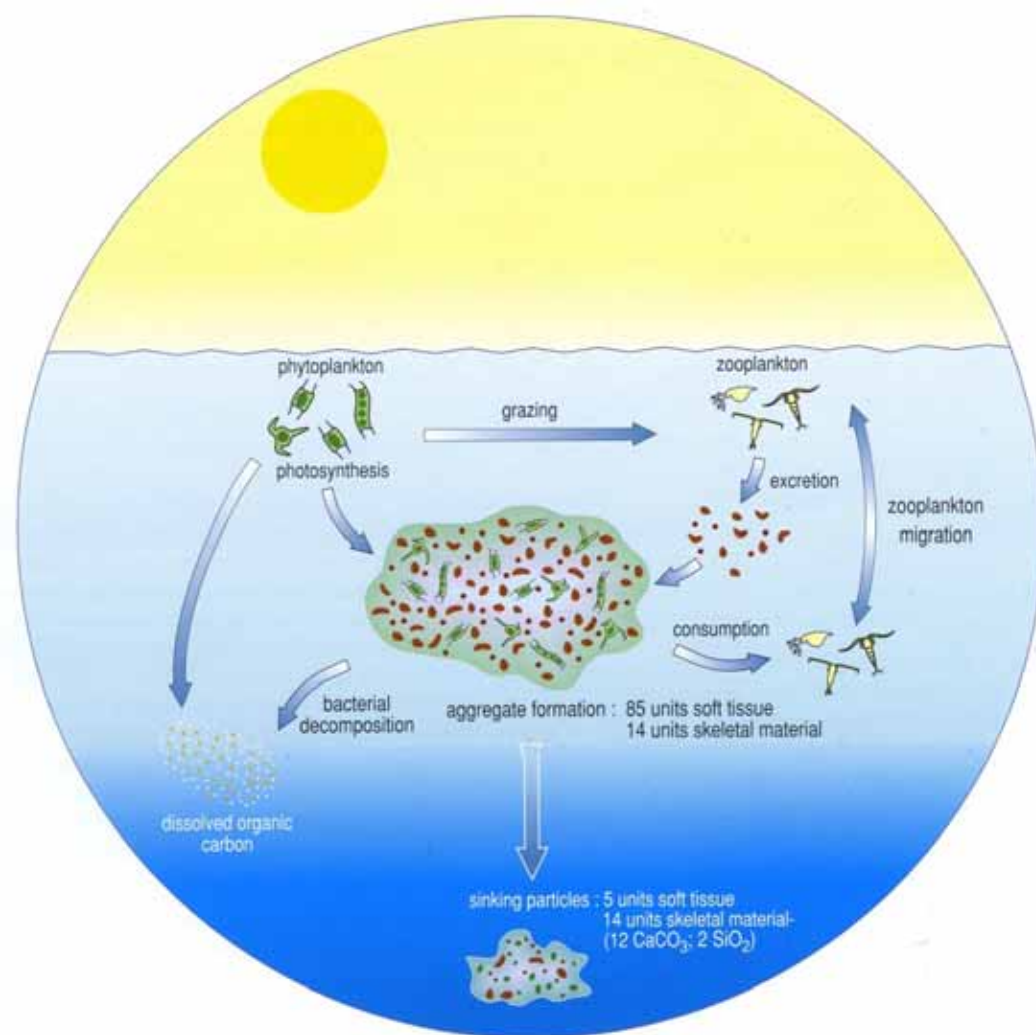
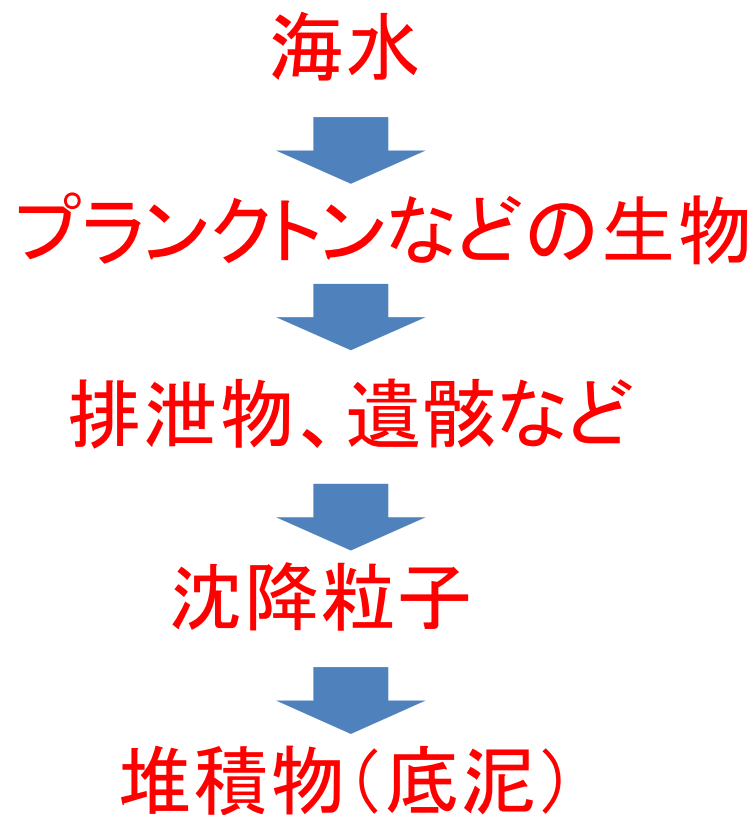




$^{137}\text{Cs}$ の表面分布の経時変化, スケールは  $\text{Log}[^{137}\text{Cs}] \text{ Bq/L}$ .



# 沈降粒子の生成と堆積物(底泥)へのセシウムの移行



# 海底堆積物

様々な粒子が混ざっている

生物起源粒子(遺骸、排泄物など)

「有機物」=生物のエサになる

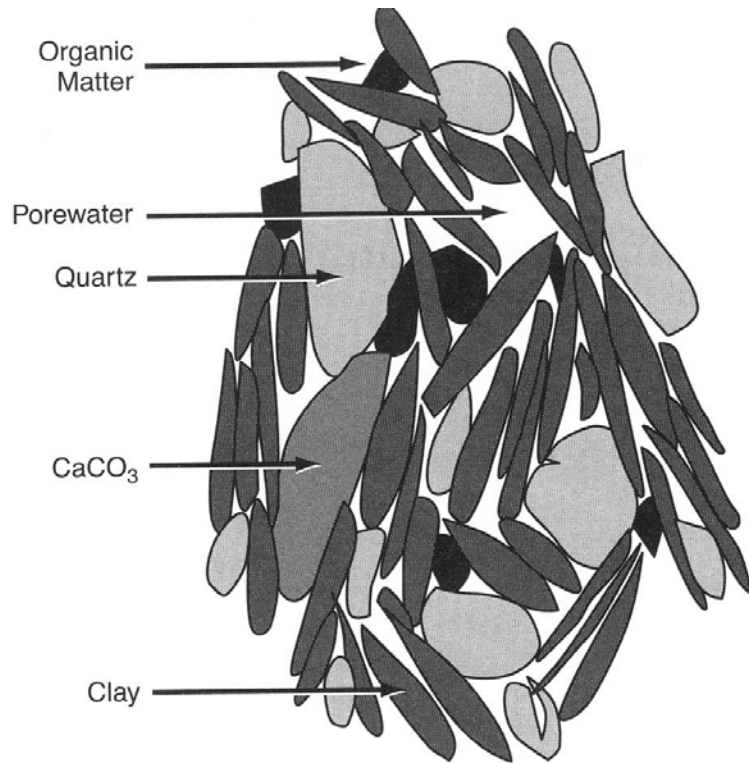
無機質の殻

海水のセシウムはまずこちらに移行

鉱物粒子(粘土粒子など)

陸上から川などを經由して運ばれてくる

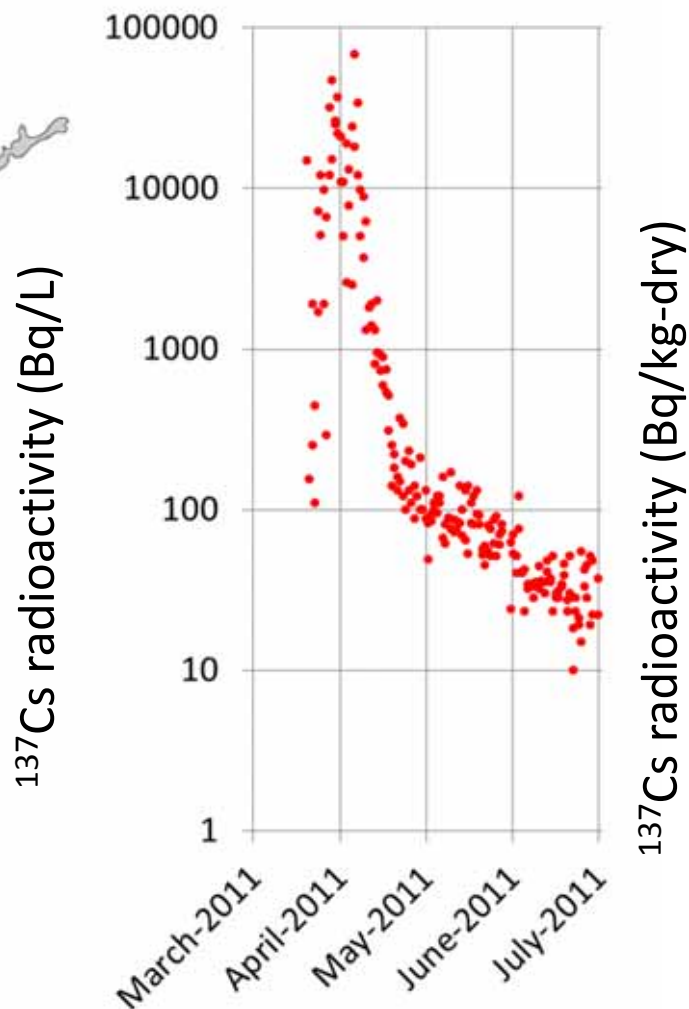
粘土粒子にはセシウムが固く結合しやすい



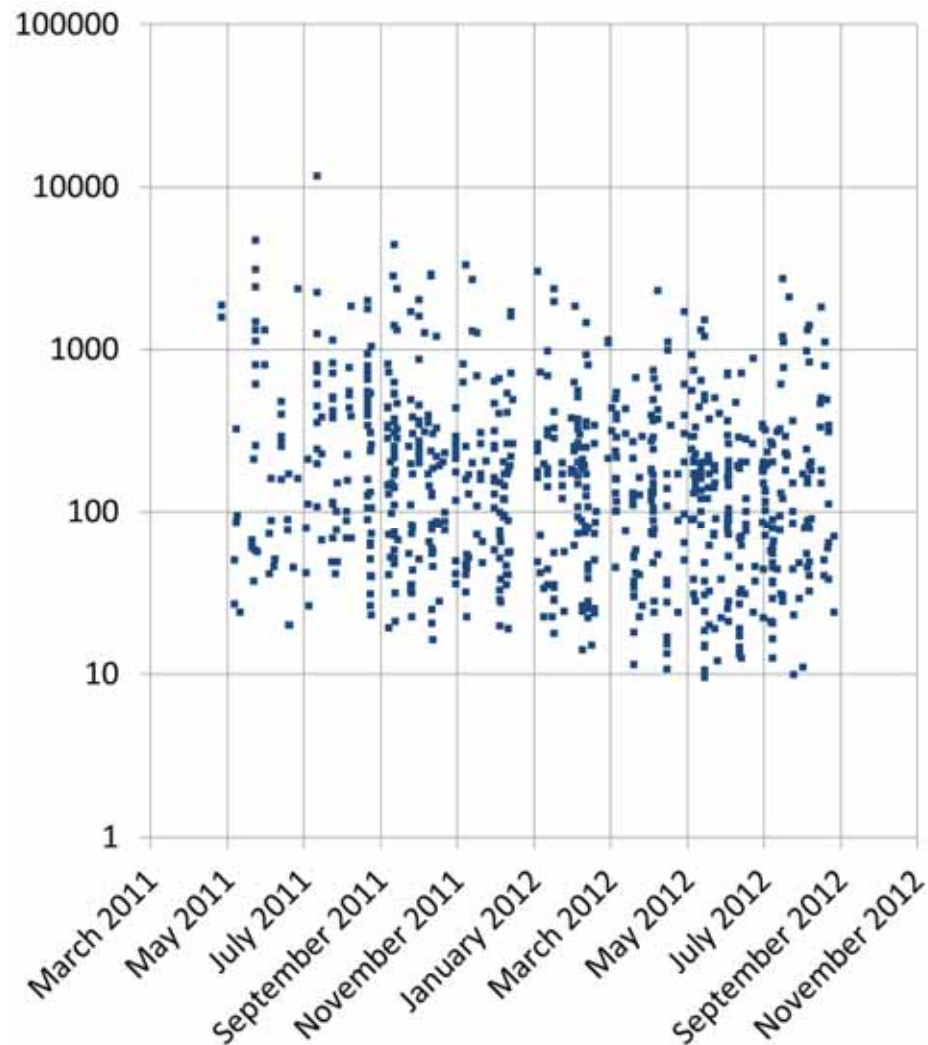
# 堆積物での残留は続いている



海水(発電所直近)



海底堆積物(福島県沖 200m以浅)



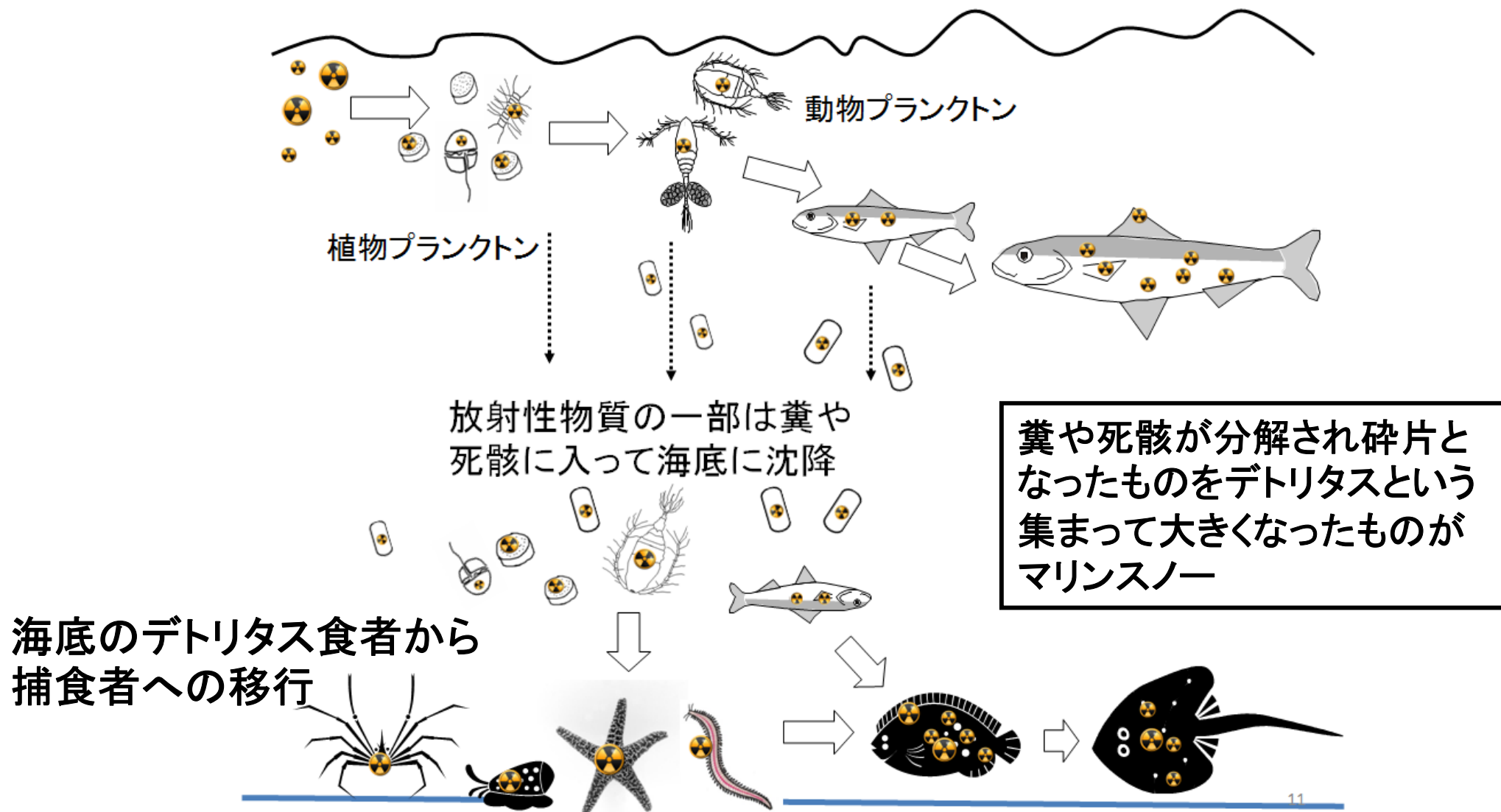
海水(発電所直近)・堆積物(福島県沖200m以浅)  
の<sup>137</sup>Cs放射能の推移



## 内容

1. 原発事故による放射性物質の海洋への拡散  
—海水, 堆積物の汚染と経時変化
2. 練習船による海洋生物調査の結果
  - ・プランクトン
  - ・底生生物
3. 魚介類の汚染  
魚介類における放射性セシウム濃度の経時変化
4. 一部の魚類で汚染が長期化する原因？

# 放射性物質は表層の生態系から海底の生態系へ移る



- 底魚が汚染されるのにはさらに時間がかかる
- 放射性物質は底層の生態系の中で循環する

# 1. 東京海洋大学練習船による福島県沖調査



2011年7月 1～8日 海鷹丸

2012年5月15～24日

2013年5月14～23日

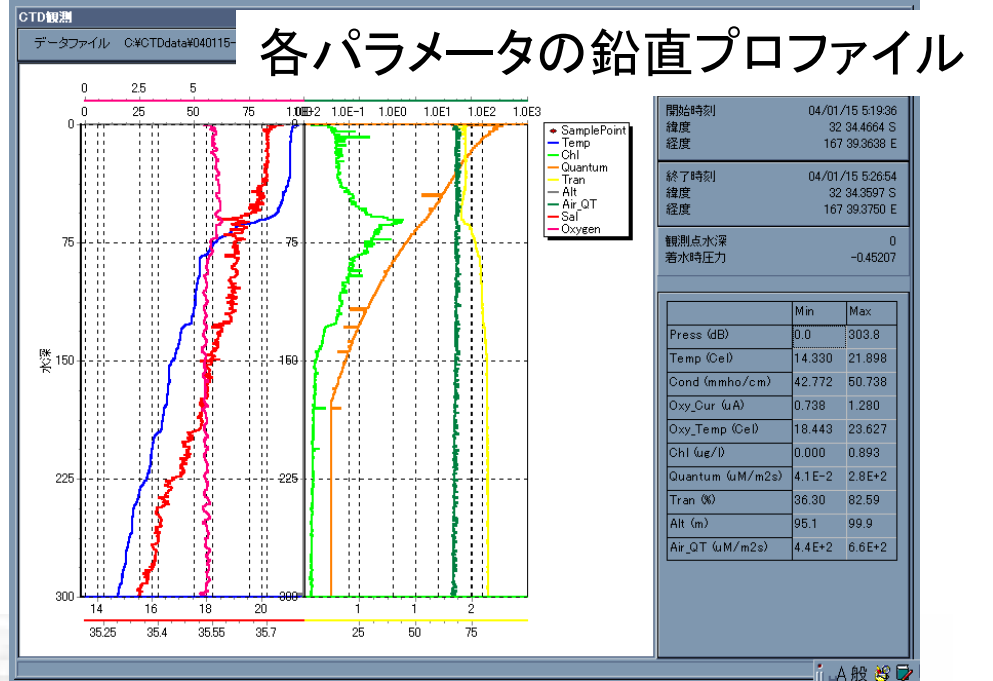
2014年5月13～22日

2011年10月17～25日 神鷹丸

2012年10月22～31日

2013年10月15～25日

# 水中局の垂下



オペレーション



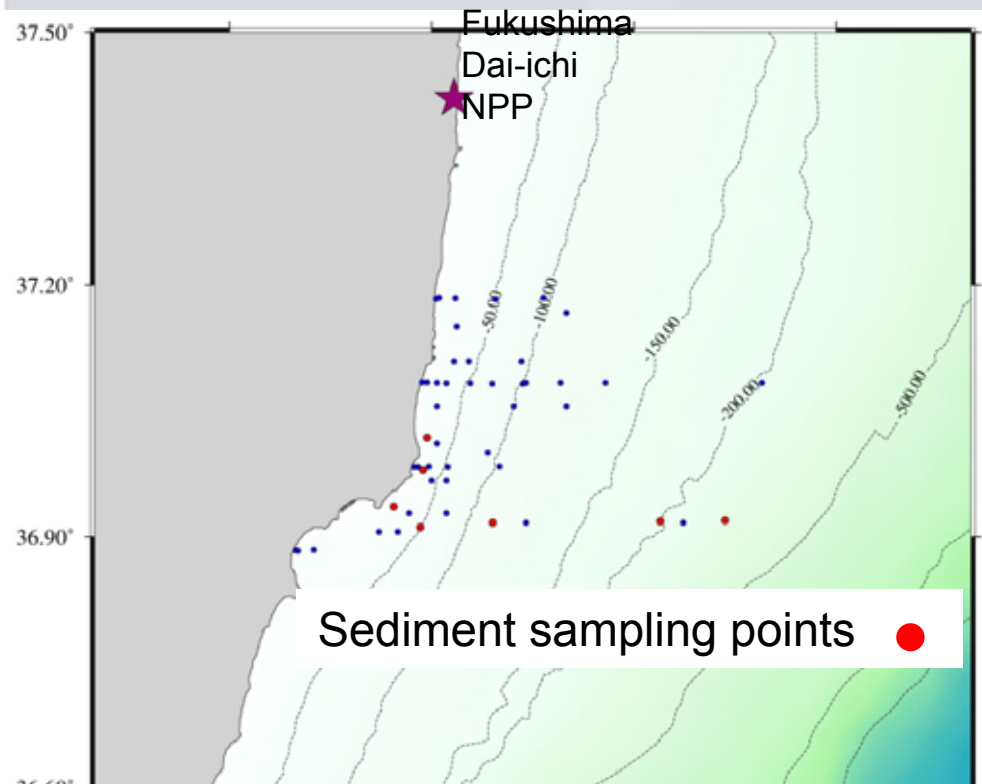
採水

CTD-RMSによる水温・塩分等の各層観測と海水の採取



# 堆積物採取

## マルチプルコアラー





# プランクトン採集

## 開閉式ネット

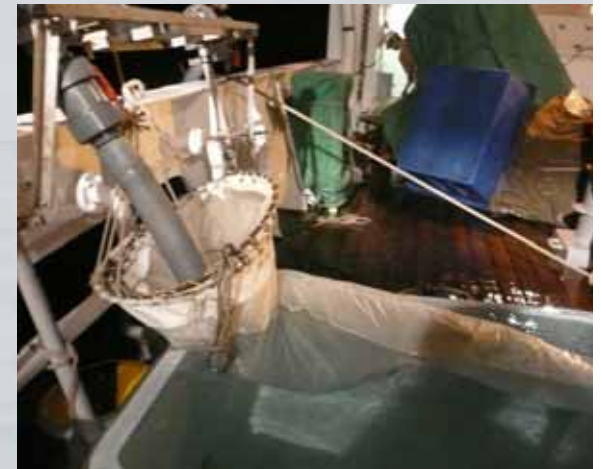
### MTD ネット



### ORI ネット



## 水中ポンプによる採集





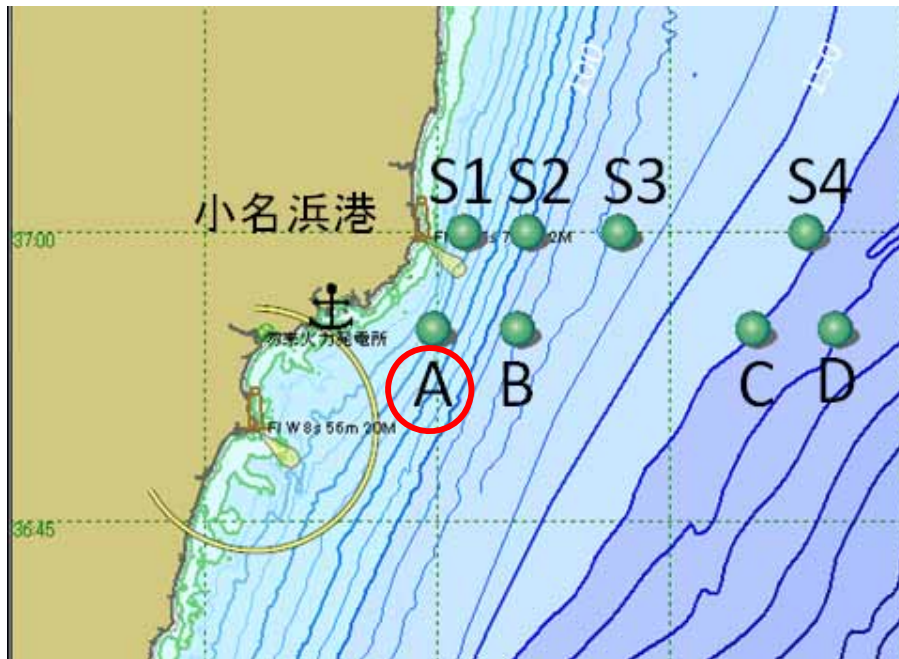
# 底生生物の採取





# 動物プランクトン(主としてカイアシ類)の放射性セシウム濃度 2011年7月。

観測点・採集日	採集法	核種	Bq/kg-wet	Bq/kg-wet
A 7月6日	IONESS	Cs-134	2.70	5.64
		Cs-137	2.94	

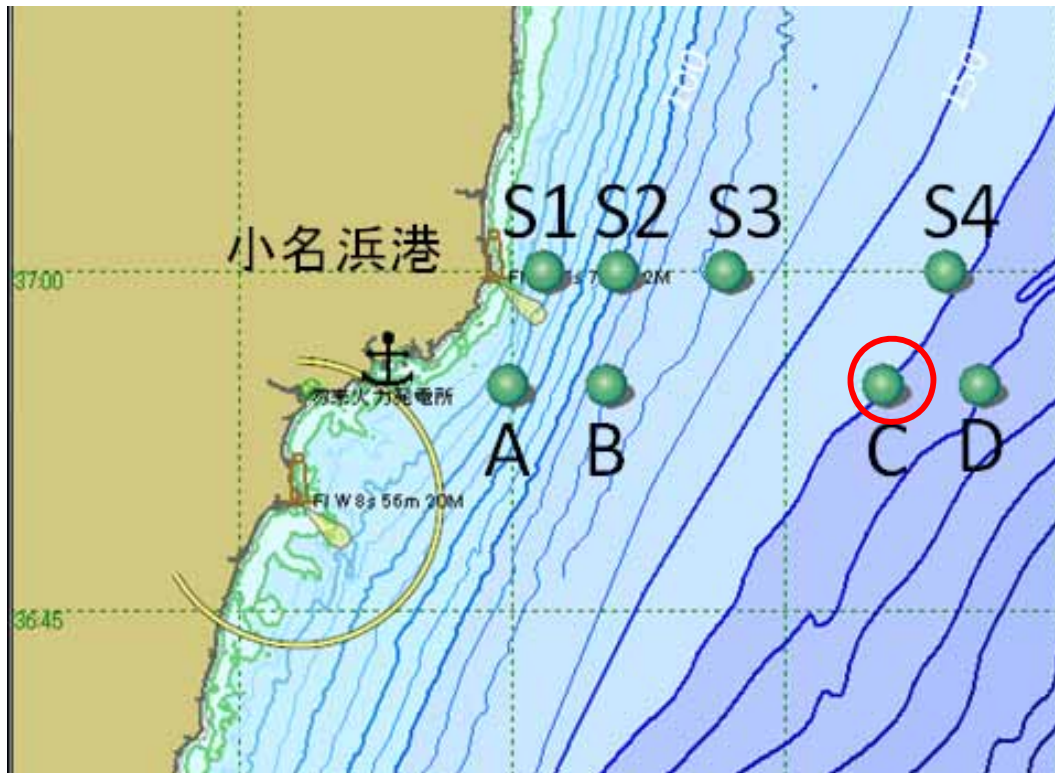


沖合いのプランクトンの放射性セシウム濃度は、4~5月のみらいの試料と同程度。濃縮係数から見て、浮魚の汚染レベルはそれほど高くはないと思われる。

測定： 青野(放射線医学総合研究所)


# ツノナシオキアミの放射性セシウム濃度

観測点・採集日	採集法	核種	Bq/kg-wet	Bq/kg-wet
C 7月3日	IONESS	Cs-134	2.78	6.26
		Cs-137	3.48	



測定： 青野(放射線医学総合研究所)



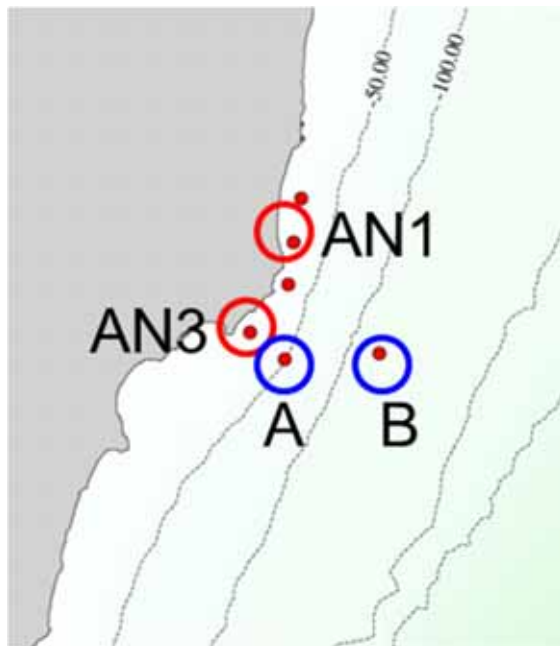


錨泊時のポンプ採水→ネット捕集  
(330, 100 $\mu$ m)



# 岸近くのプランクトン中の放射性セシウム濃度 (Bq/kg-w)

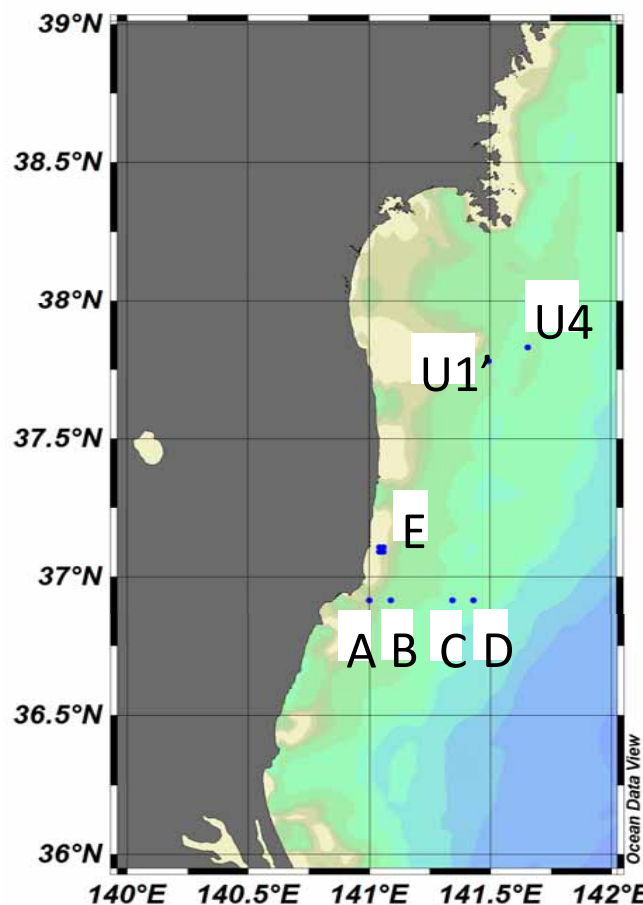
AN-1	ポンプ, 100 $\mu$ mメッシュ	Cs-134	104.9
		Cs-137	111.9
	ポンプ, 330 $\mu$ mメッシュ	Cs-134	137.1
		Cs-137	160.1
AN-3	ポンプ, 100 $\mu$ mメッシュ	Cs-134	78.2
		Cs-137	85.8
	ポンプ, 330 $\mu$ mメッシュ	Cs-134	315.5
		Cs-137	353.3



7月初めには岸近くのプランクトン中の放射性セシウム濃度はかなり高く、シラス等の高レベルの汚染はこれによるものか？

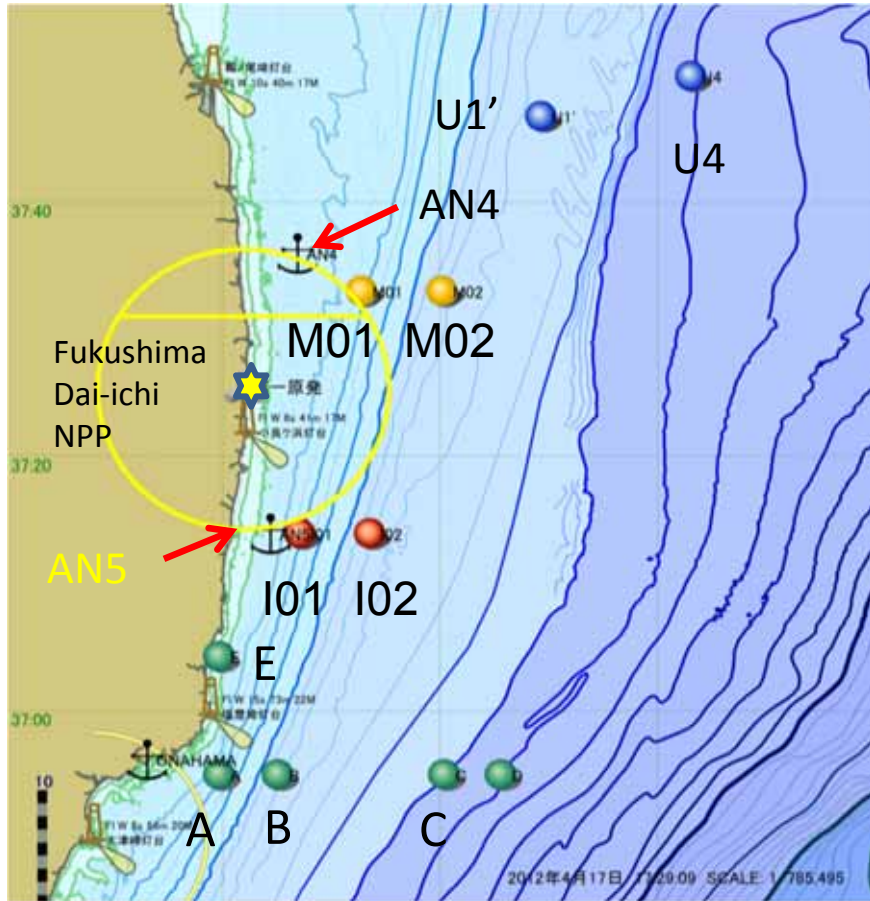
測定： 青野(放射線医学総合研究所)

# 神鷹丸航海(2011年10月)で採集されたプランクトンの放射性セシウム濃度



観測点	採集法		濃度 (Bq/kg-w)	
A	ORI 330 $\mu$ m (0-50m)	Cs-134	3.5	
		Cs-137	3.6	
B	ORI 330 $\mu$ m (0-90m)	Cs-134	4.5	
		Cs-137	5.7	
E	ORI 330 $\mu$ m (表面)	Cs-134	14.6	
		Cs-137	17.5	
U1'	ORI 330 $\mu$ m (0-110m)	Cs-134	3.7	
		Cs-137	4.9	
U4	ORI 330 $\mu$ m (0-230m)	Cs-134	5.8	
		Cs-137	6.9	

# 海鷹丸 2012年5月航海におけるネットサンプル



Station and Net type	Date	Cs-137
		Bq/kg-wet
IO1-MTD100	2012/5/16	40.63
IO2-ORI330	2012/5/16	82.31
U4-IONESS330	2012/5/16	0.58
U1' -MTD100	2012/5/16	21.64
U1' ORI330	2012/5/17	3.82
<b>AN-4 MTD100</b>	2012/5/17	<b>198.00</b>
<b>AN-4 ORI330</b>	2012/5/17	<b>144.87</b>
MO1-MTD100	2012/5/17	4.81
MO1-ORI330	2012/5/18	11.84
MO2-MTD100	2012/5/18	18.63
MO2-ORI330	2012/5/18	7.08
IO2-MTD100	2012/5/19	11.96
IO2-ORI330	2012/5/19	4.98
<b>E-MTD100</b>	2012/5/19	<b>152.2</b>
<b>E-ORI330</b>	2012/5/19	<b>156.8</b>
<b>AN5-MTD100</b>	2012/5/19	<b>172.6</b>
<b>AN5-ORI330</b>	2012/5/19	<b>100.4</b>
A-MTD100	2012/5/21	37.84
<b>A-ORI330</b>	2012/5/21	<b>138.93</b>

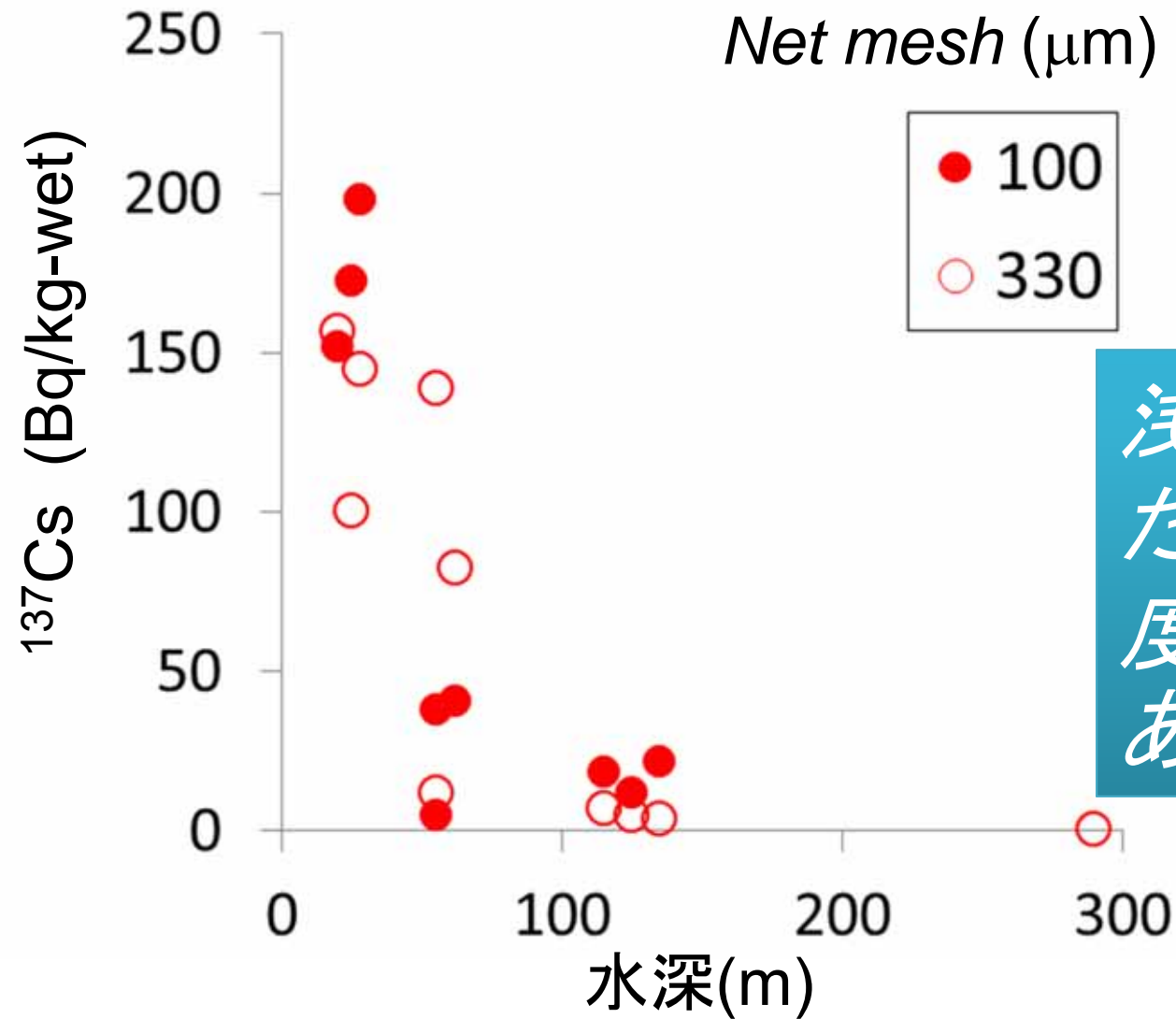


MTD Net



ORI Net

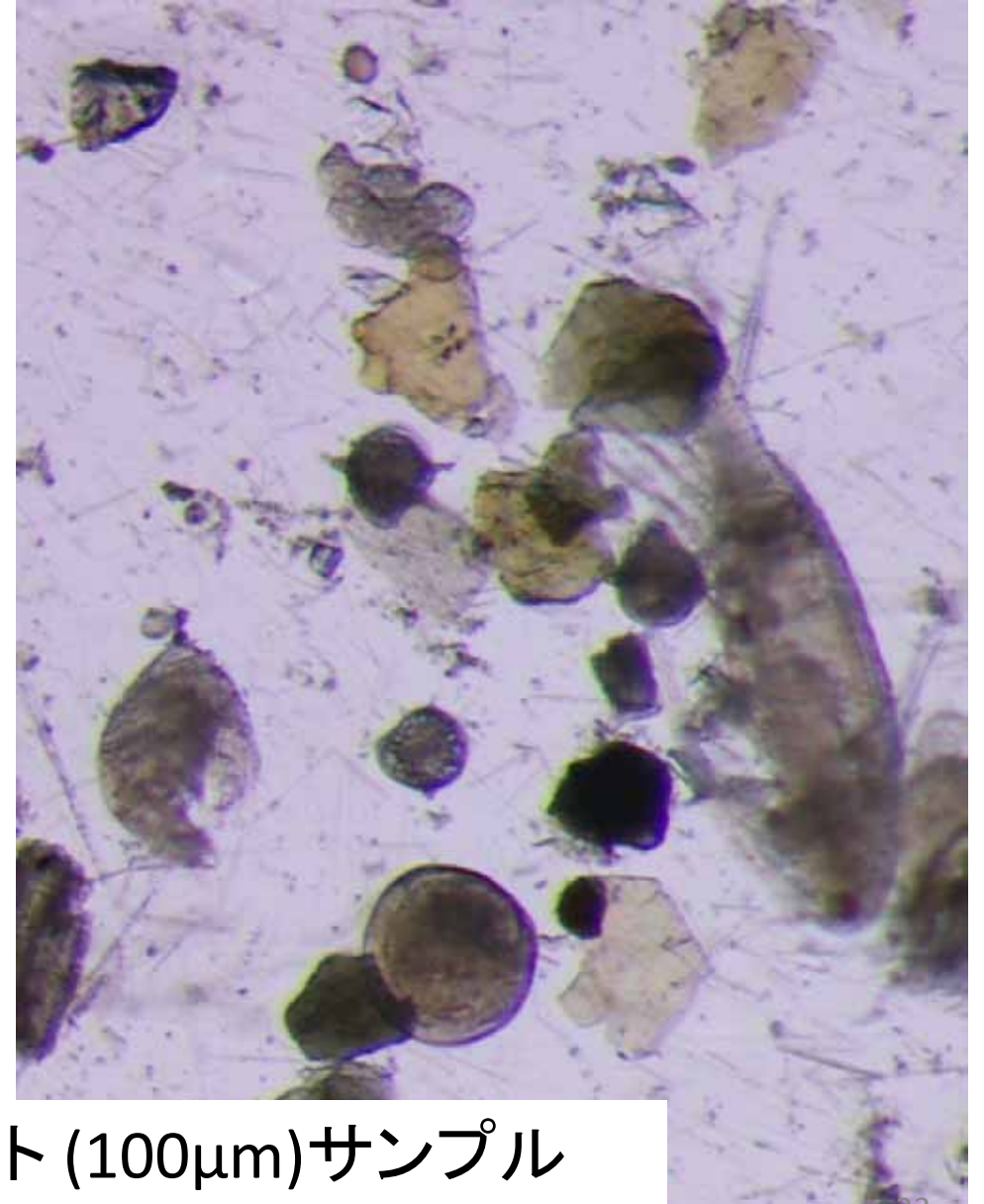
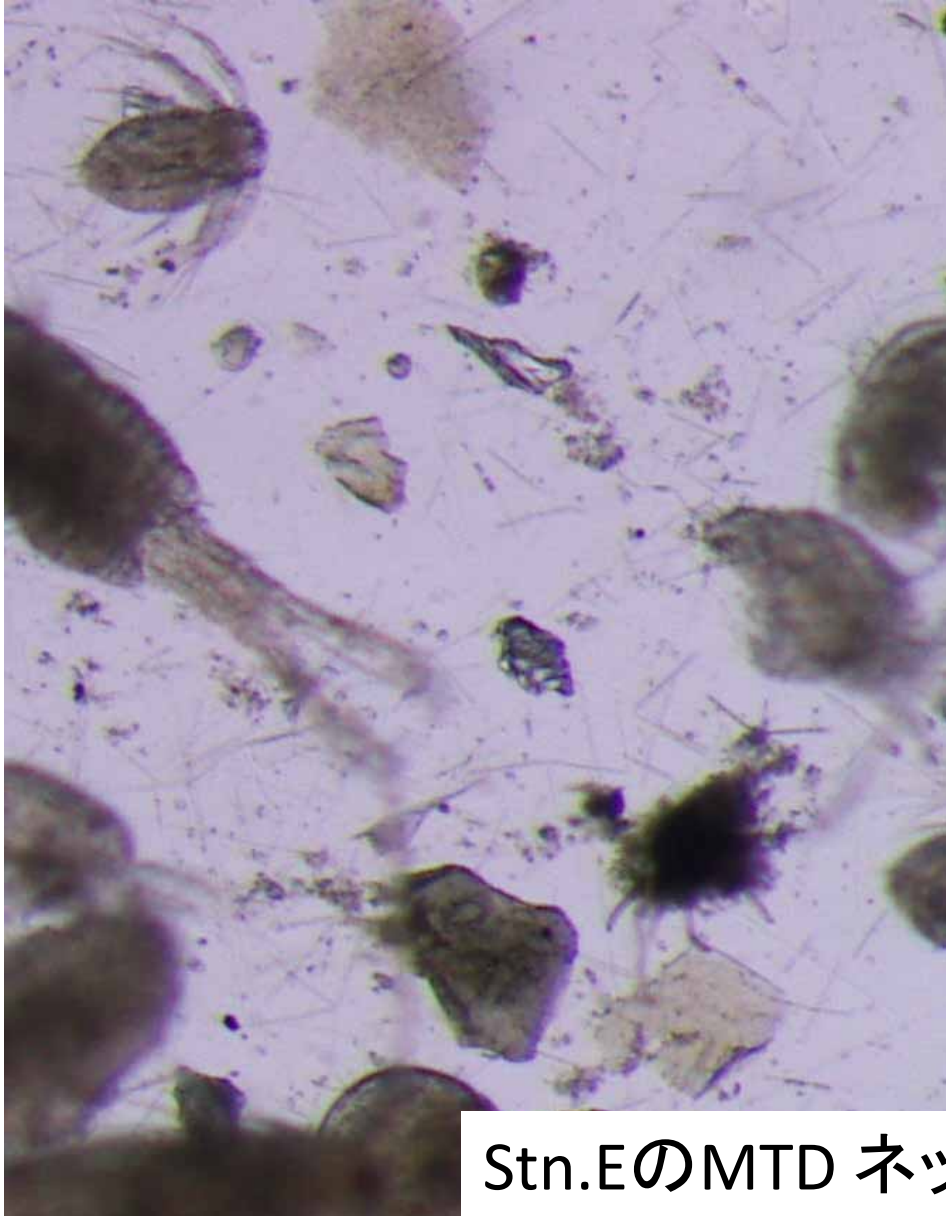
# 2012年5月のプランクトンネット試料



浅い海で採られた試料では高濃度である場合があった



鉍物粒子や有機物粒子を含んでいたため、高濃度の  $^{137}\text{Cs}$  が検出されたと考えられる→表・中層性の魚の汚染には直接関係しないのか？



Stn.EのMTD ネット (100 $\mu\text{m}$ ) サンプル





分類群ごとに分ける作業は労力を要する





キツネブンブク



オカメブンブク



ホンブンブク



ゴカイ類



キタクシノハクモヒトデ



トゲクモヒトデ



ニホンヒトデ



マヒトデ

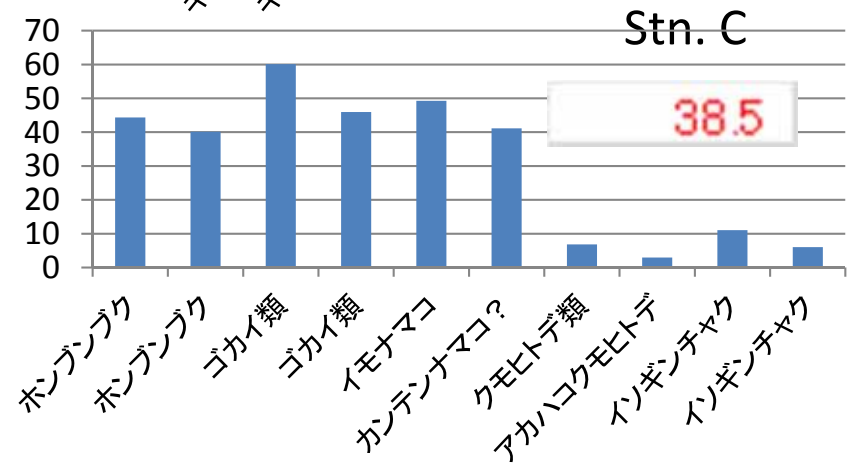
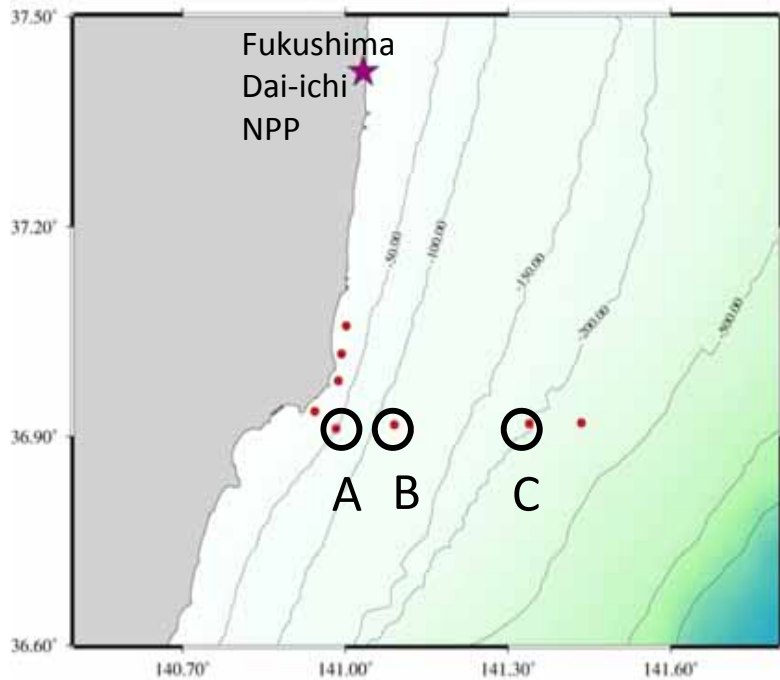
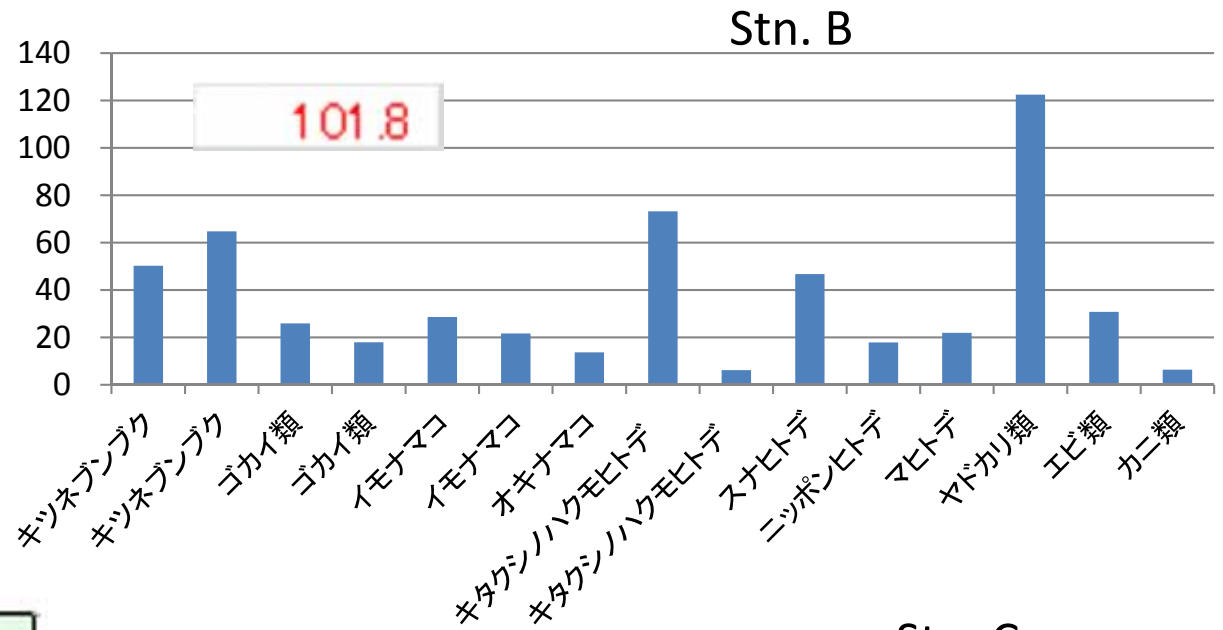
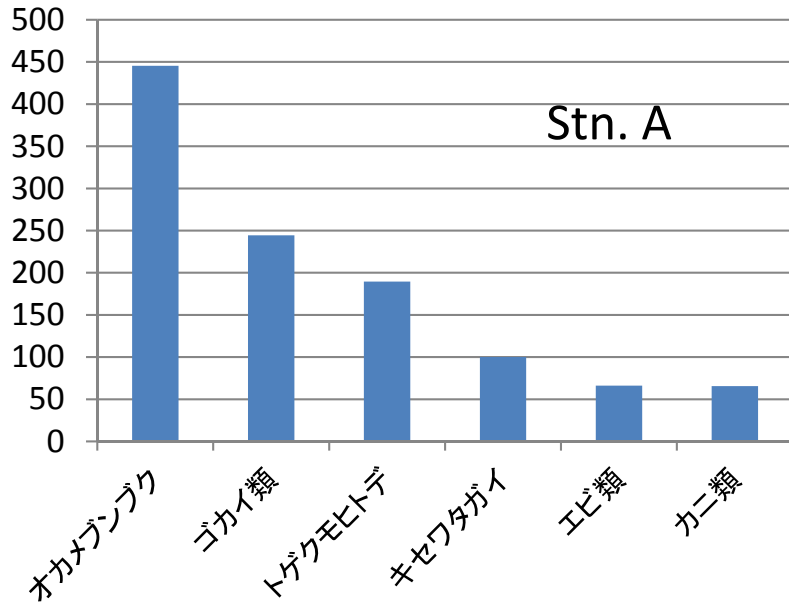


スナヒトデ



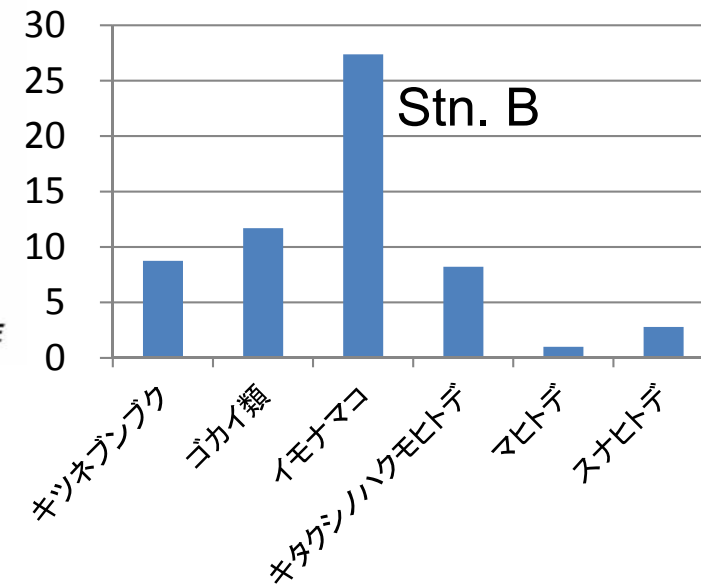
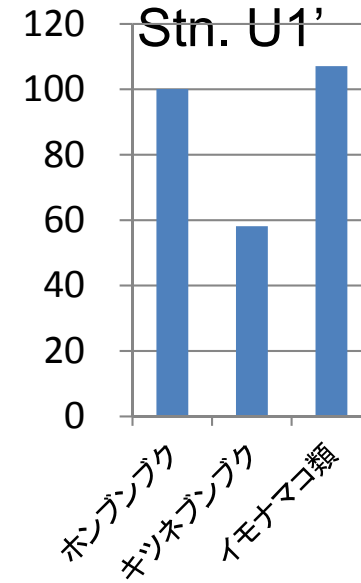
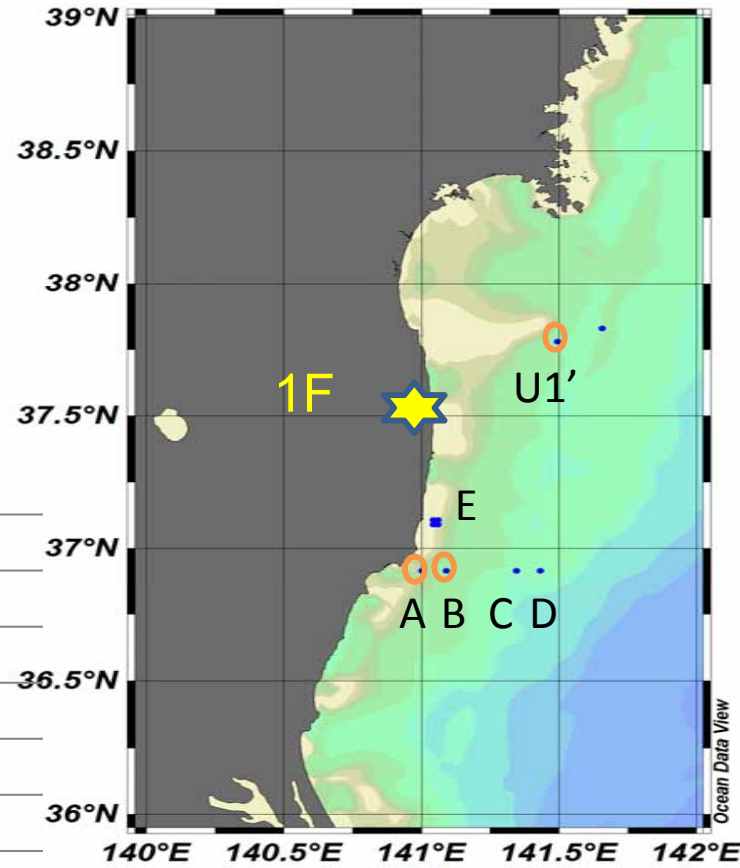
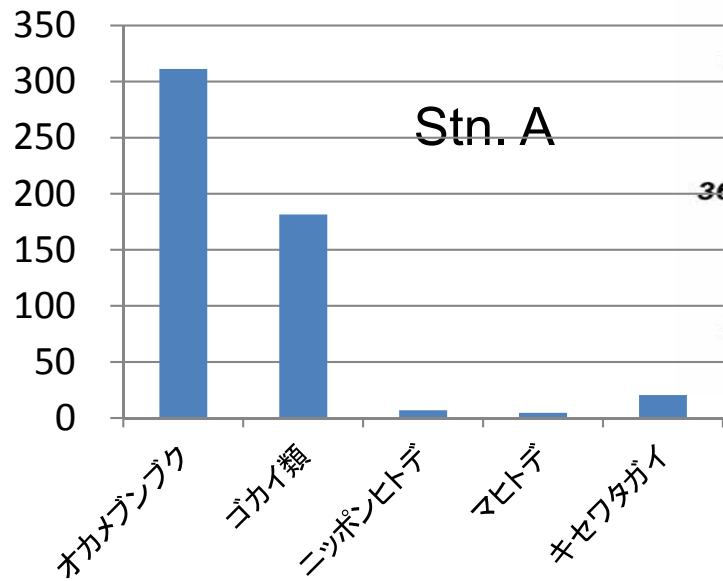
イモナマコ

# 2011年7月の底生生物中の<sup>137</sup>Cs 濃度 (Bq/kg-w)



赤字は同じ測点の堆積物(0~3cmの平均)の濃度(Bq/kg-w)

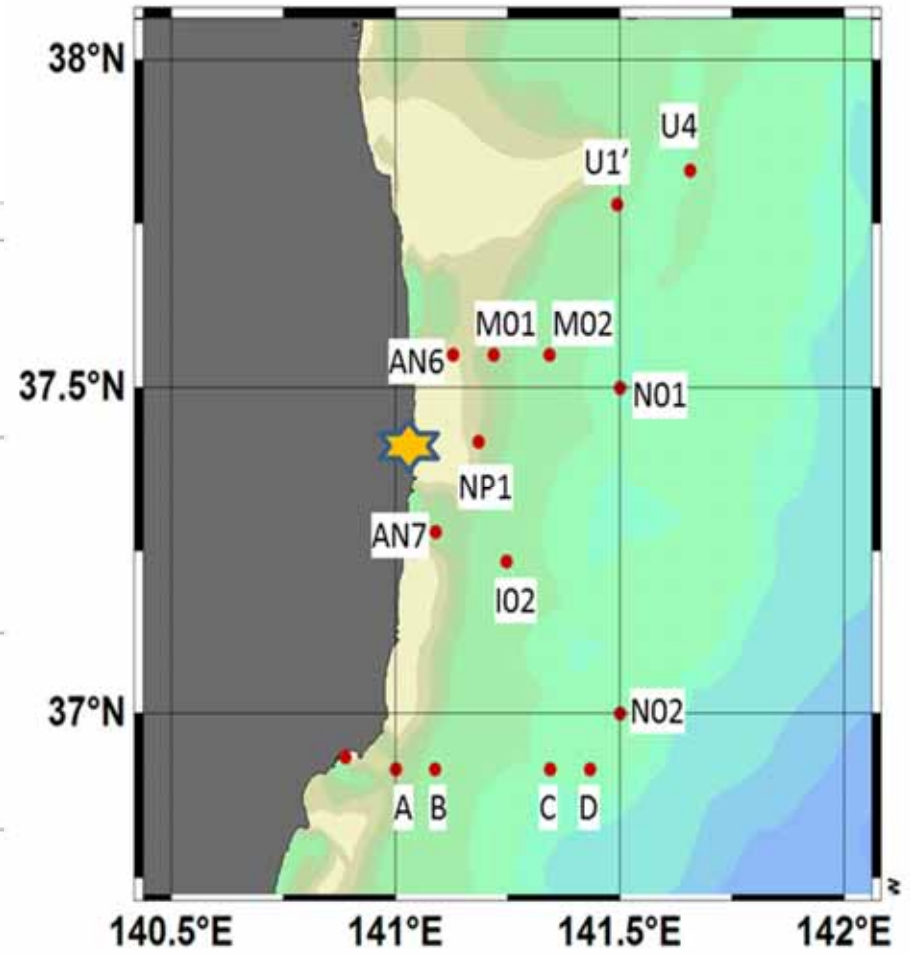
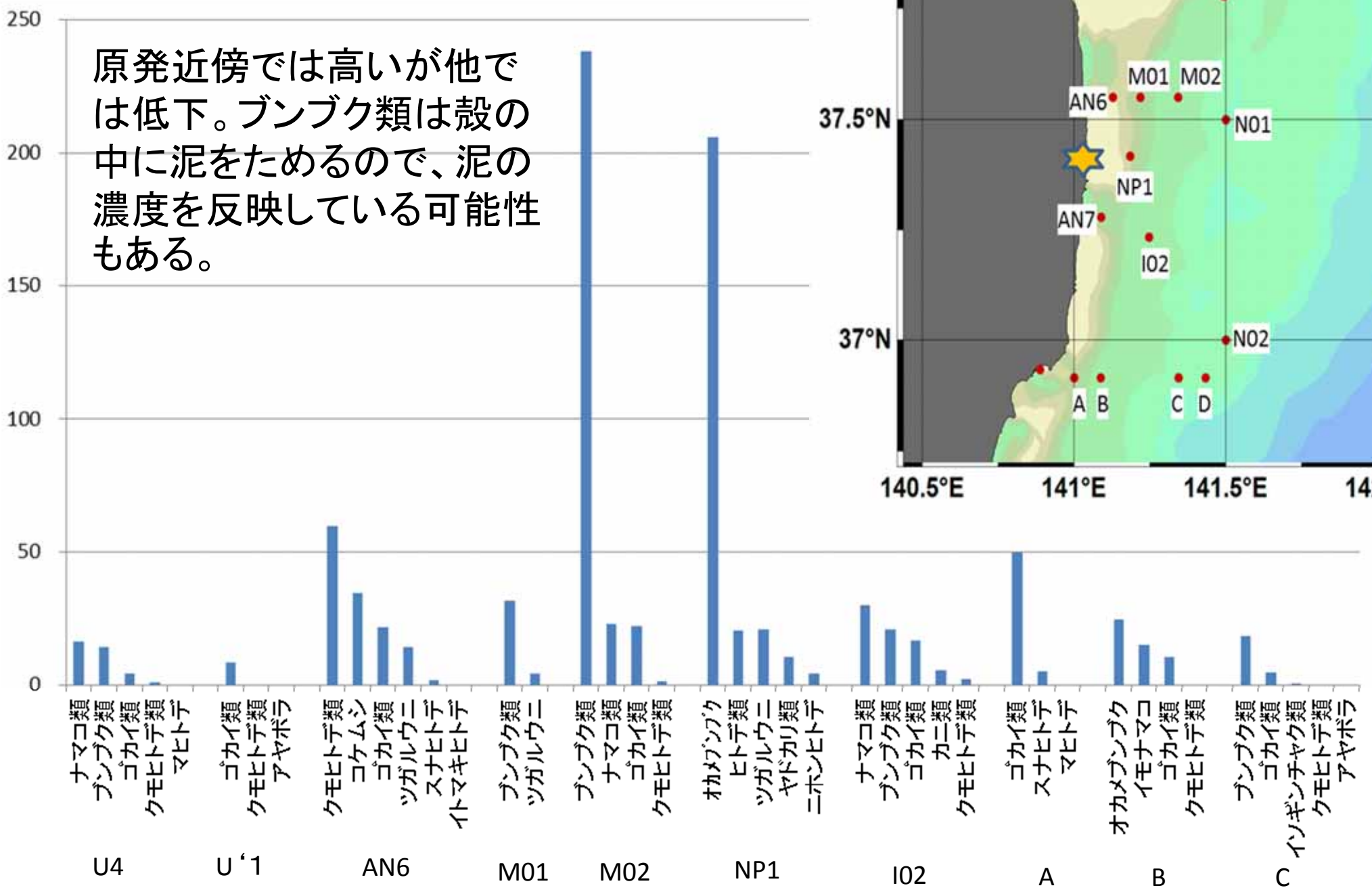
# 2011年10月における底生生物の<sup>137</sup>Cs 濃度 (Bq/kg-w)





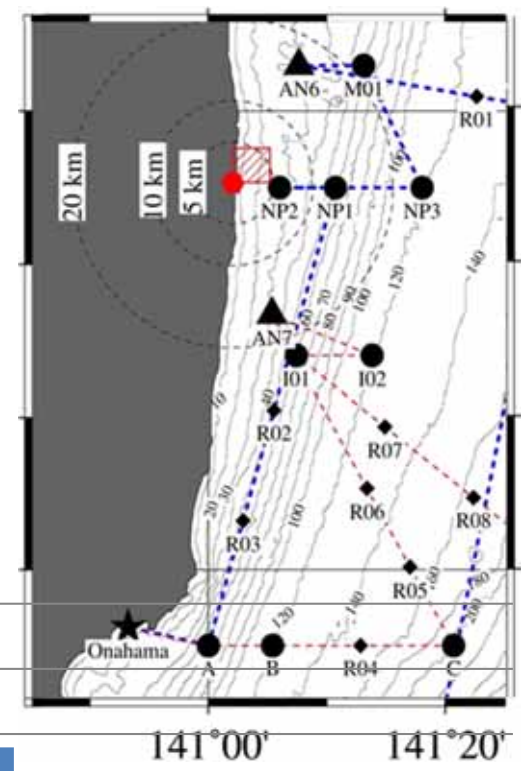
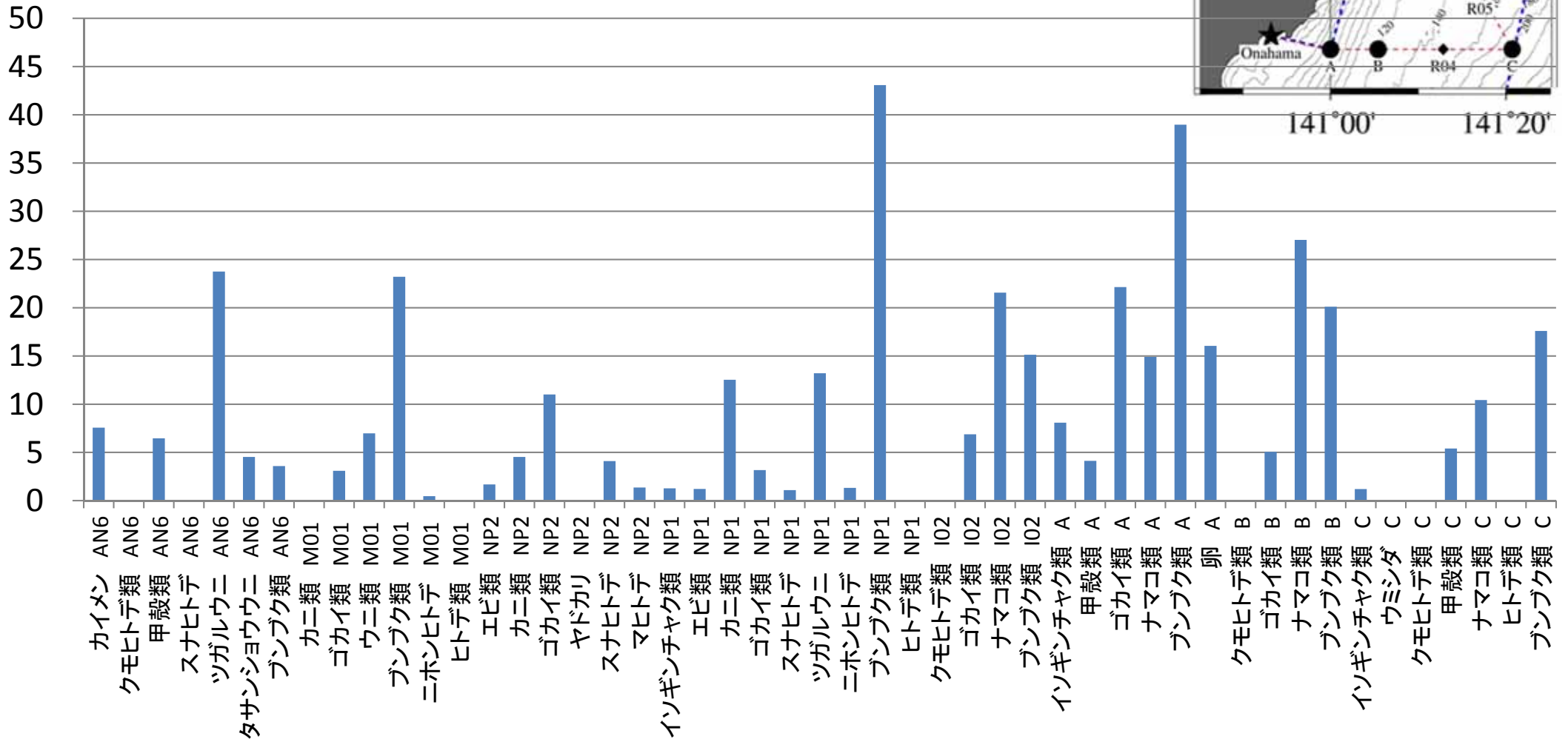
# 2012年10月の底生生物の<sup>137</sup>Cs濃度 (Bq/kg-wet)

原発近傍では高いが他では低下。ブンブク類は殻の中に泥をためるので、泥の濃度を反映している可能性もある。

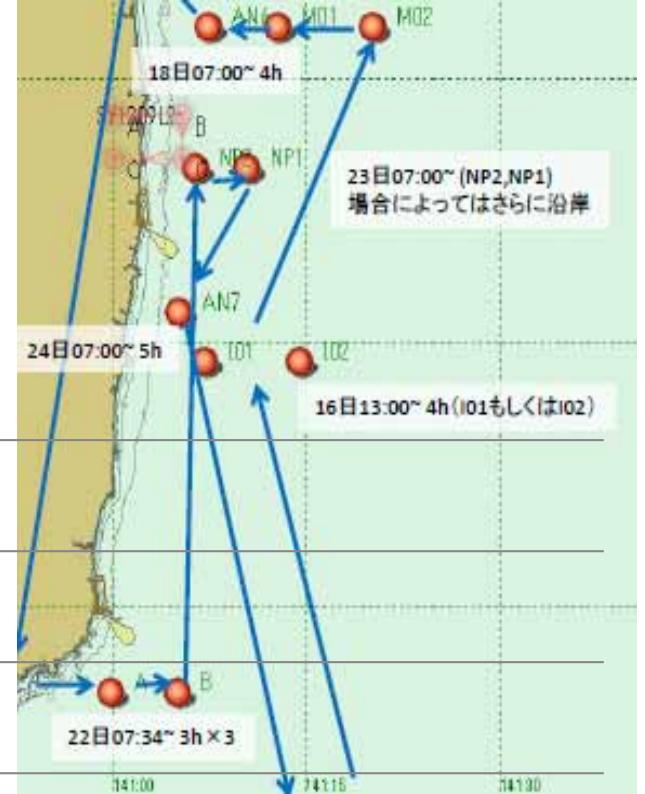
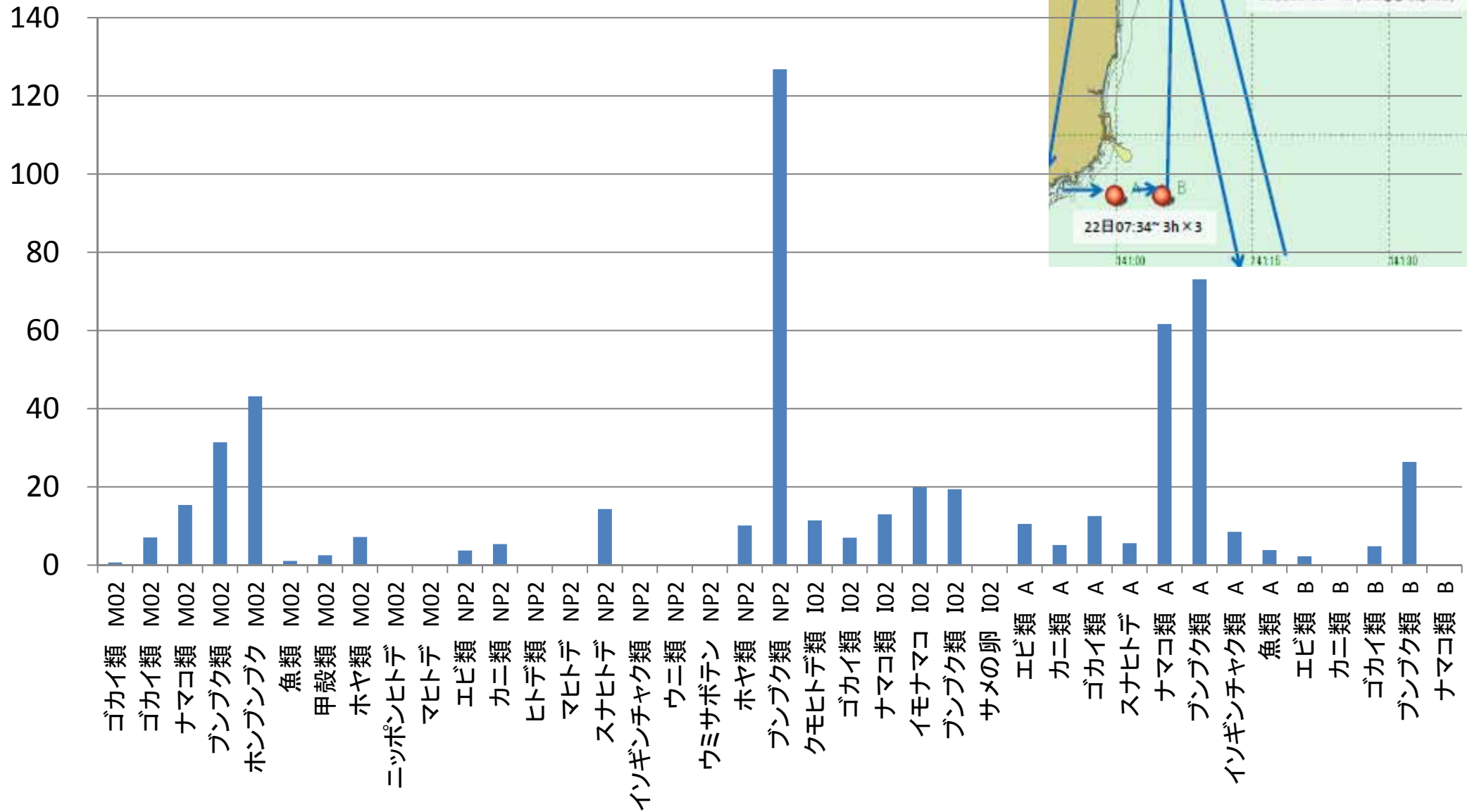




# 2013年5月における底生生物の<sup>137</sup>Cs濃度 (Bq/kg-wet)



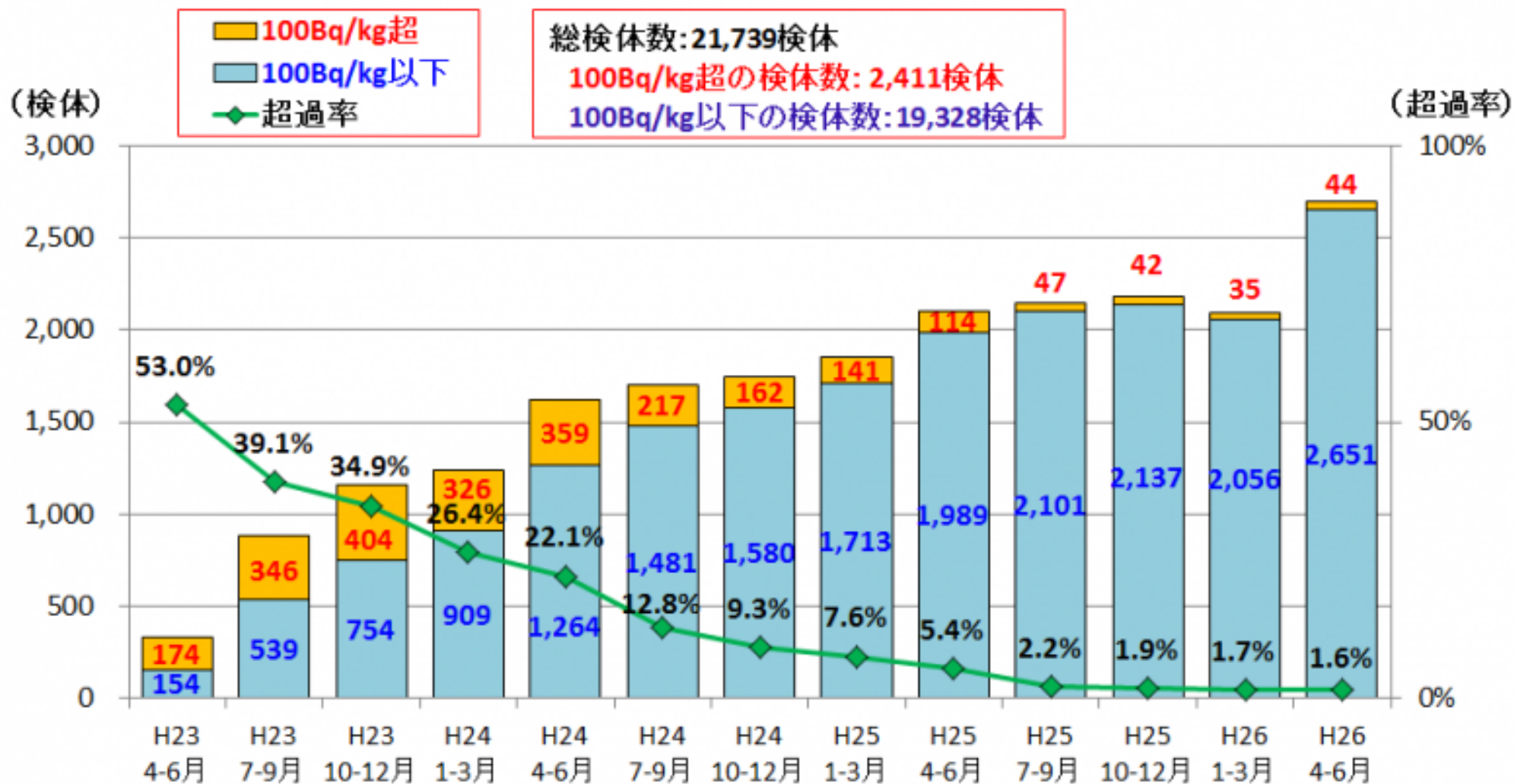
# 2013年10月における底生生物の<sup>137</sup>Cs濃度 (Bq/kg-wet)



## 内容

1. 原発事故による放射性物質の海洋への拡散  
—海水, 堆積物の汚染と経時変化
2. 練習船による海洋生物調査の結果
  - ・プランクトン
  - ・底生生物
3. 魚介類の汚染  
魚介類における放射性セシウム濃度の経時変化
4. 一部の魚類で汚染が長期化する原因？

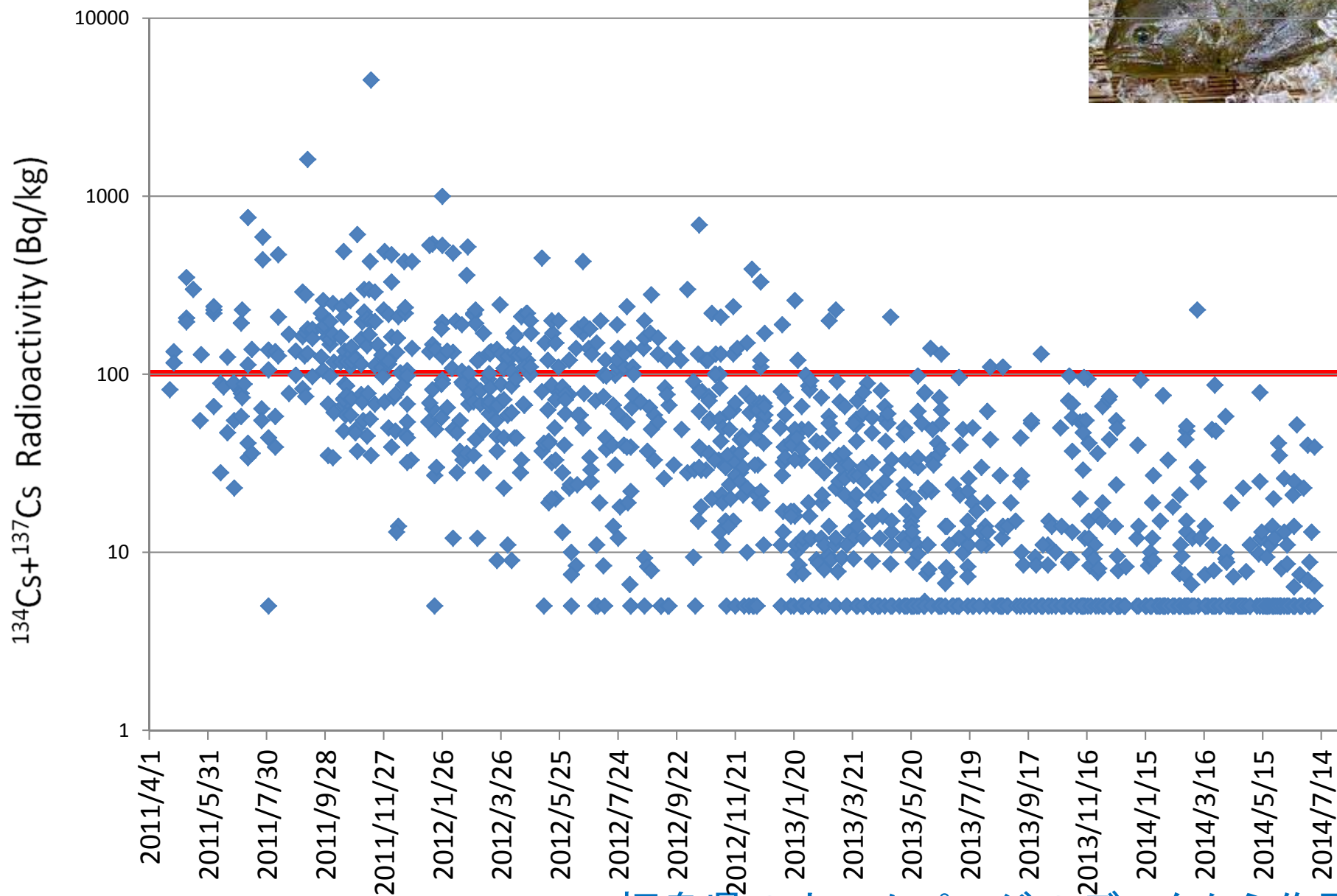
# 福島県の水産物の調査結果





# 底魚の放射性セシウムによる汚染状況

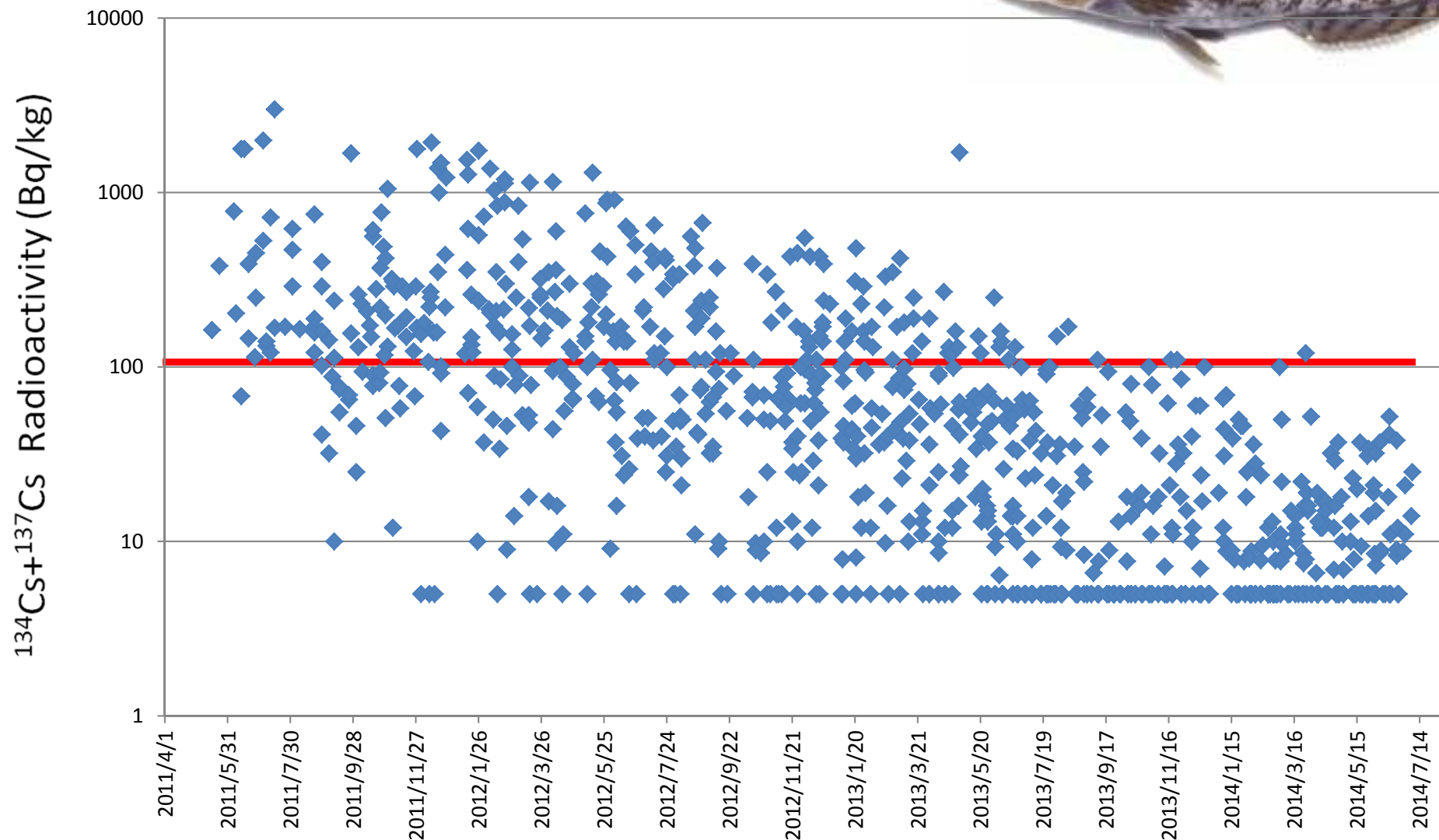
## ヒラメ



福島県のホームページのデータから作図

# 底魚の放射性セシウムによる汚染状況

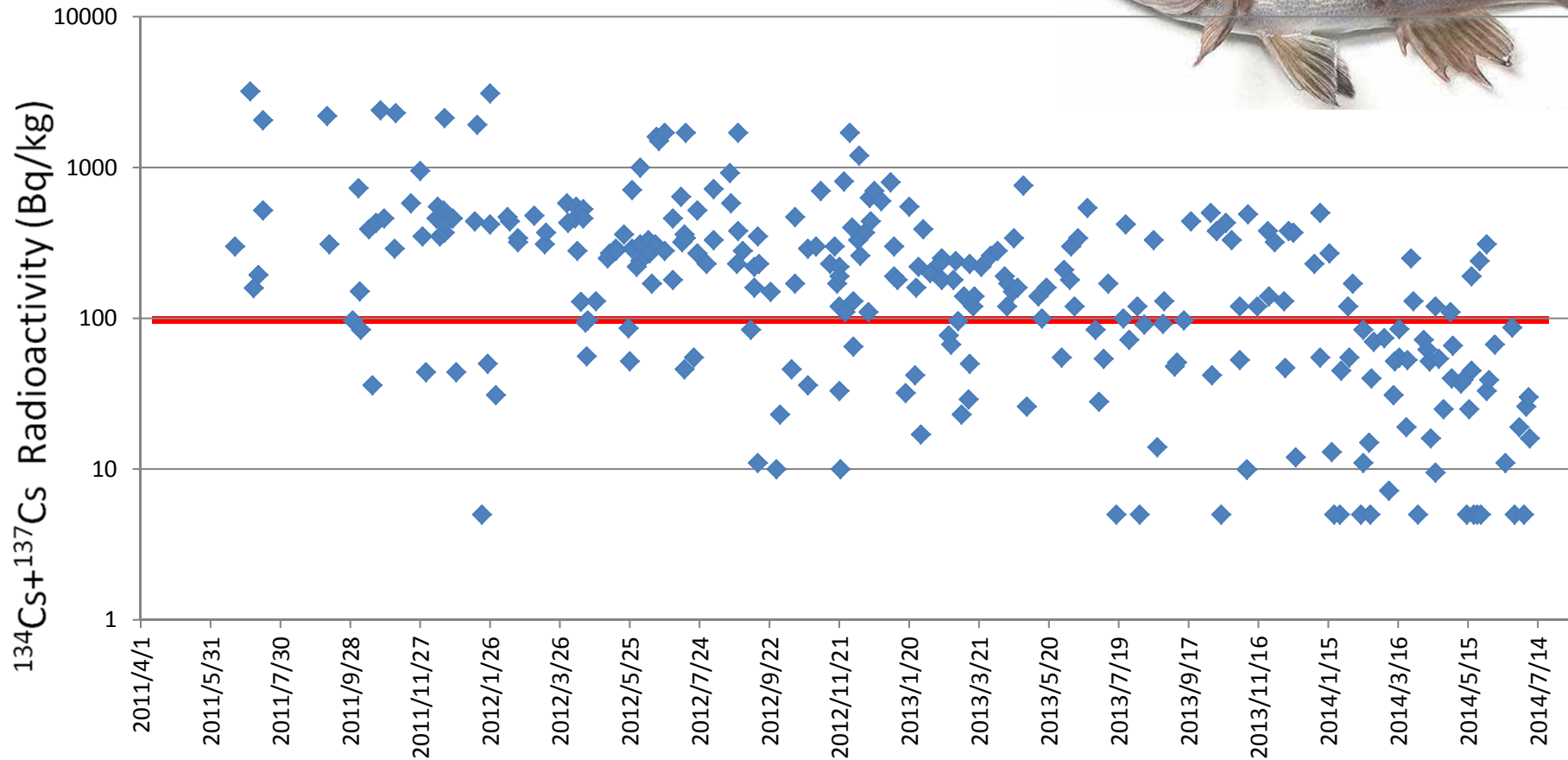
## アイナメ



福島県のホームページのデータから作図

# 岩礁性魚の放射性セシウムによる汚染状況

## シロメバル



福島県のホームページのデータから作図

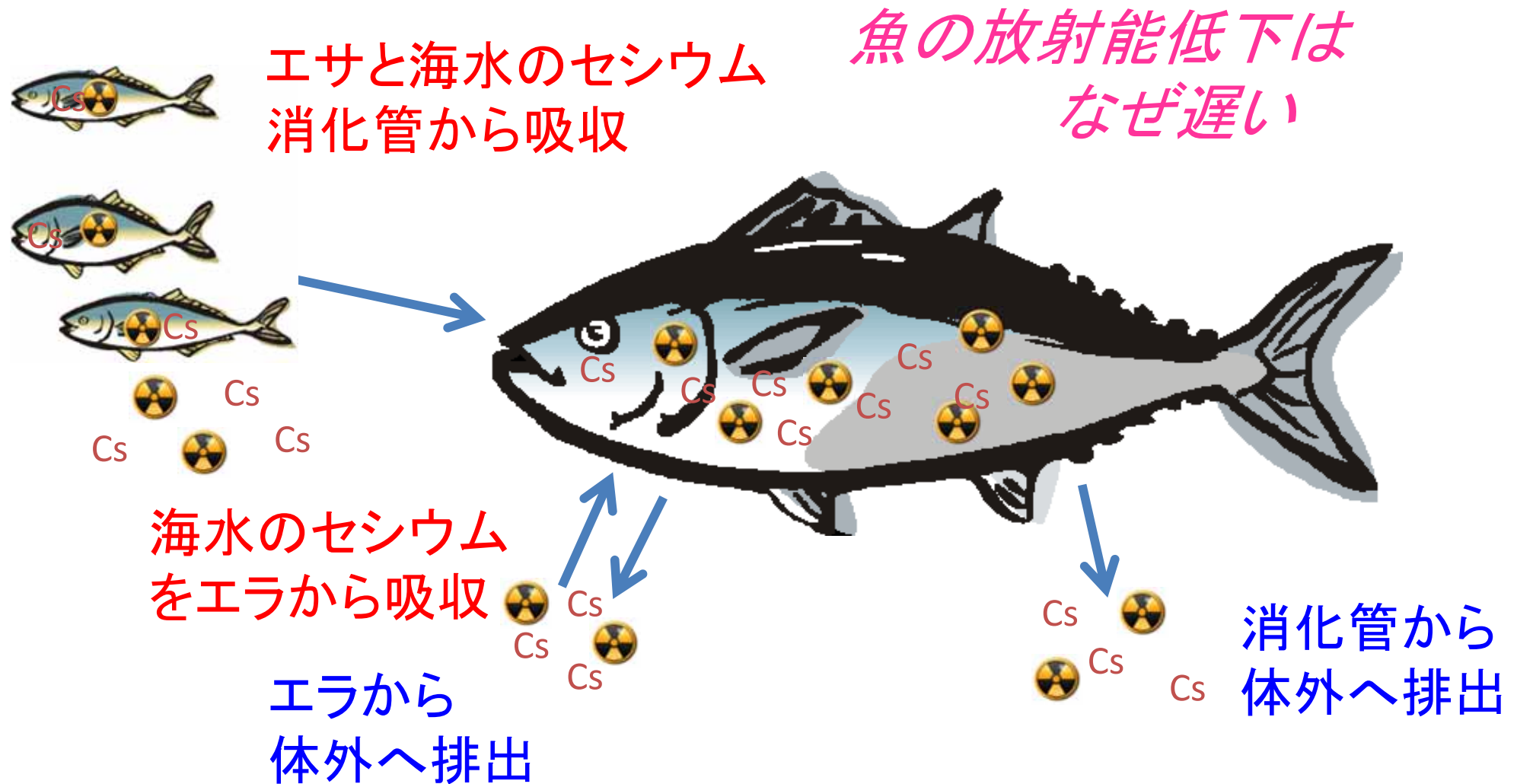
岩礁性のシロメバルではまだ高濃度に汚染されたものが獲れる

## 内容

1. 原発事故による放射性物質の海洋への拡散  
—海水, 堆積物の汚染と経時変化
2. 海洋生物調査の結果
  - ・プランクトン
  - ・底生生物
3. 魚介類の汚染  
魚介類における放射性セシウム濃度の経時変化
4. 一部の魚類で汚染が長期化する原因？

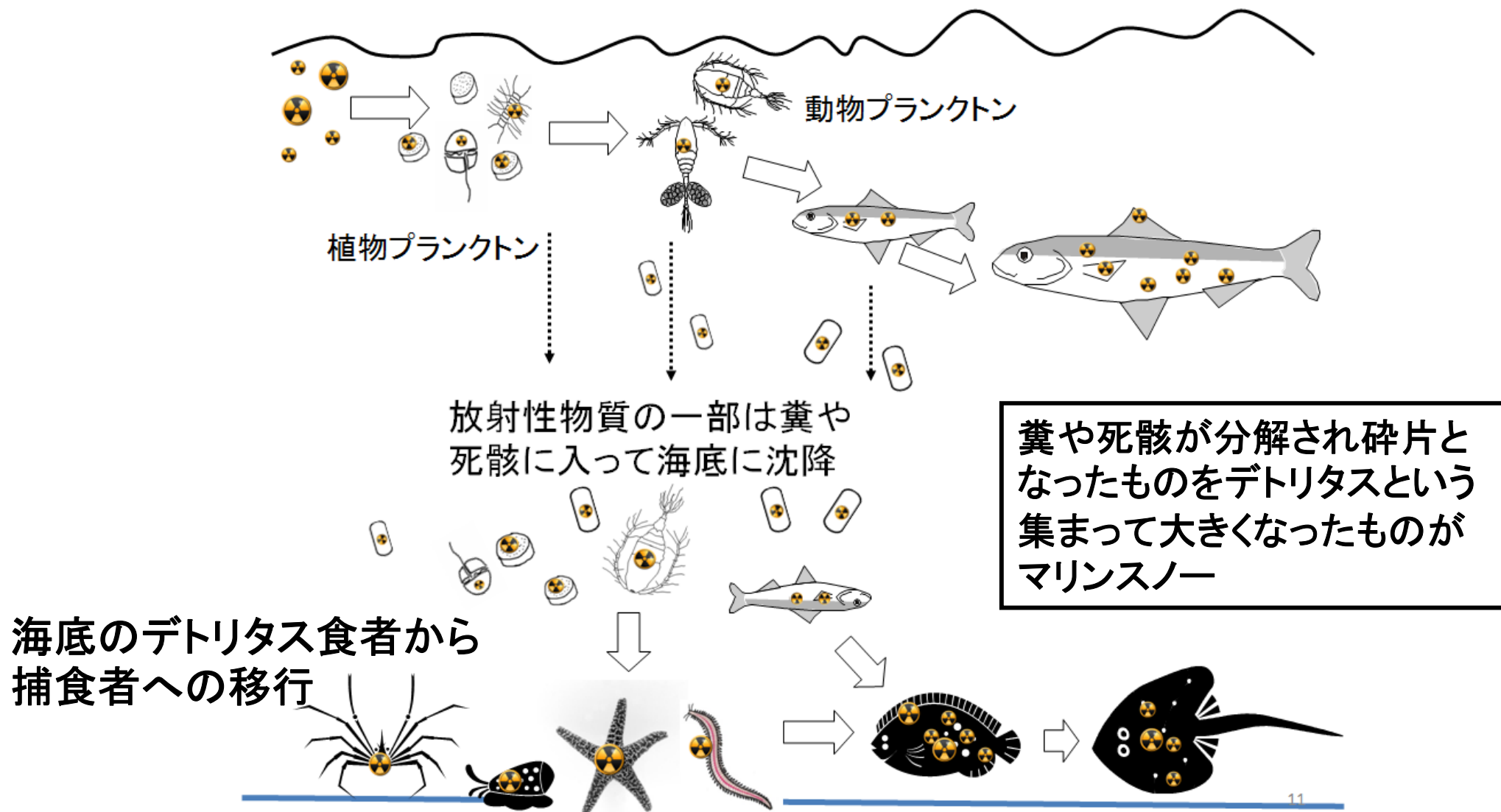


# 海洋生物の放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ ) 取り込みと排出



体内への取り込みが止まれば(水もエサもきれいになれば)  
数日~数十日オーダー(多くは20日~100日)で半分になる  
= 生物学的半減期

# 放射性物質は表層の生態系から海底の生態系へ移る



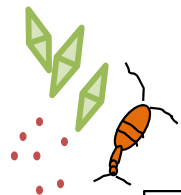
- ・ 岩礁の窪みなどには放射性セシウム濃度の高いデトリタスが集まりやすいのではないかと。小型甲殻類はデトリタスを食べる。





## I01 水深約60m

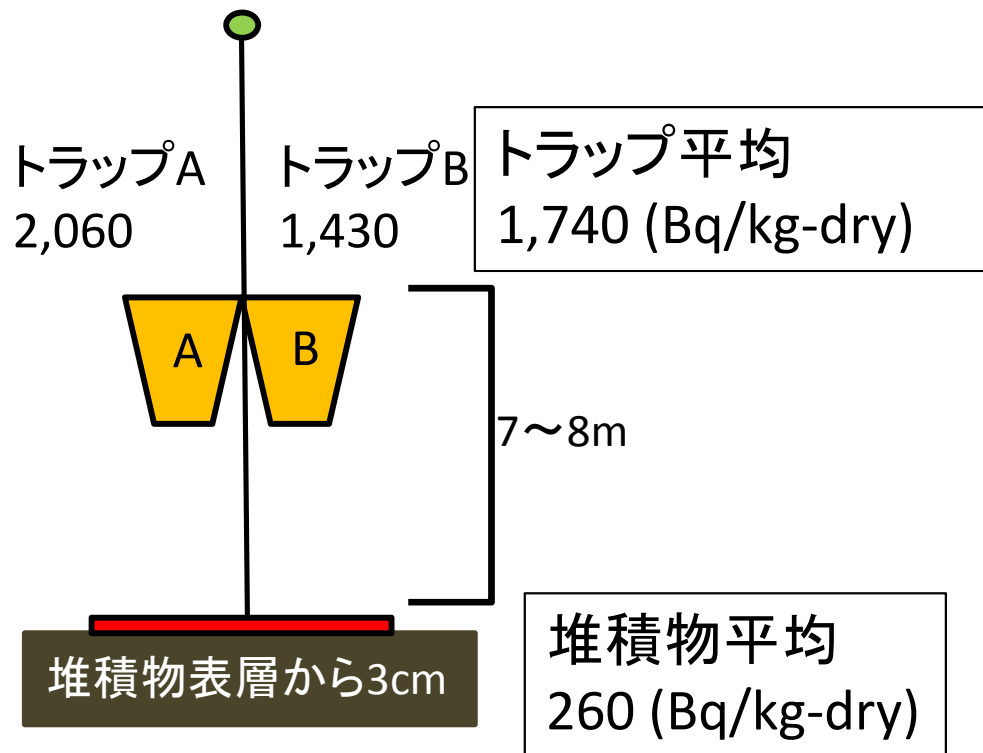
2012年5月



MTDネット 410

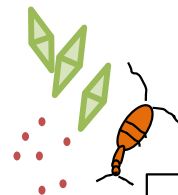
ORIネット 430

プランクトン平均  
430 (Bq/kg-dry)



## I02 水深約120m

2012年5月

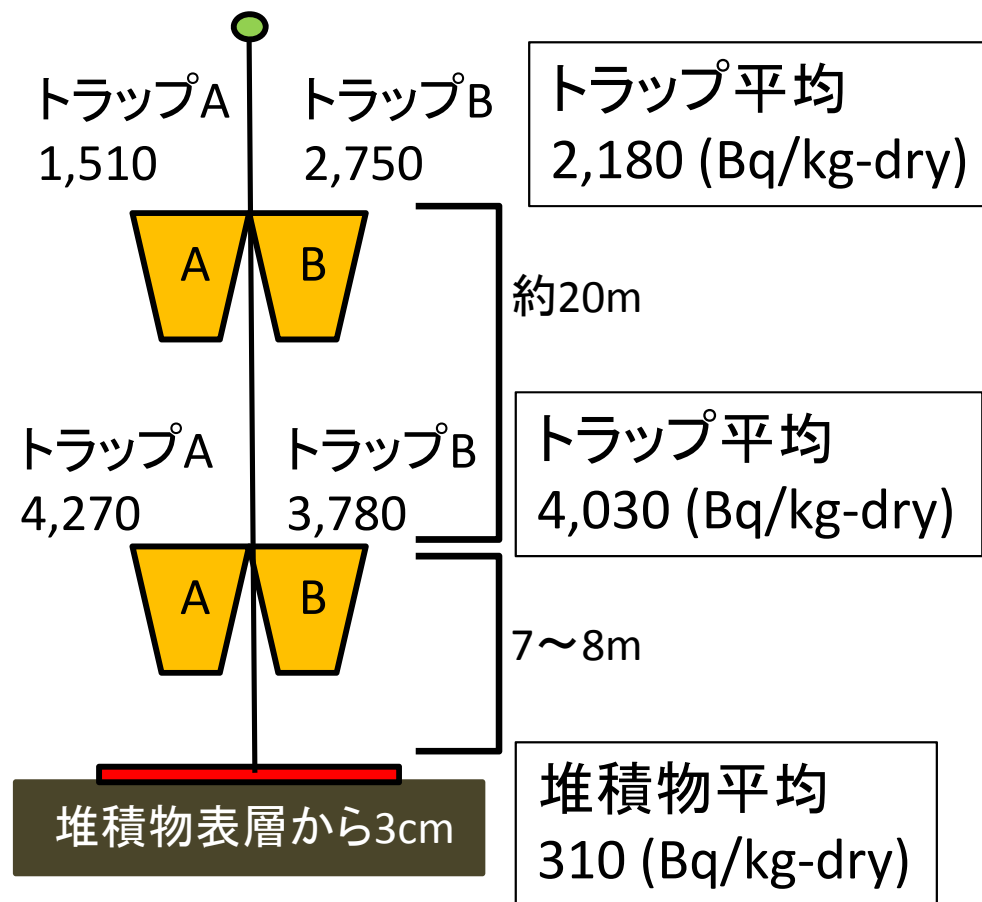


MTDネット 110

ORIネット 30

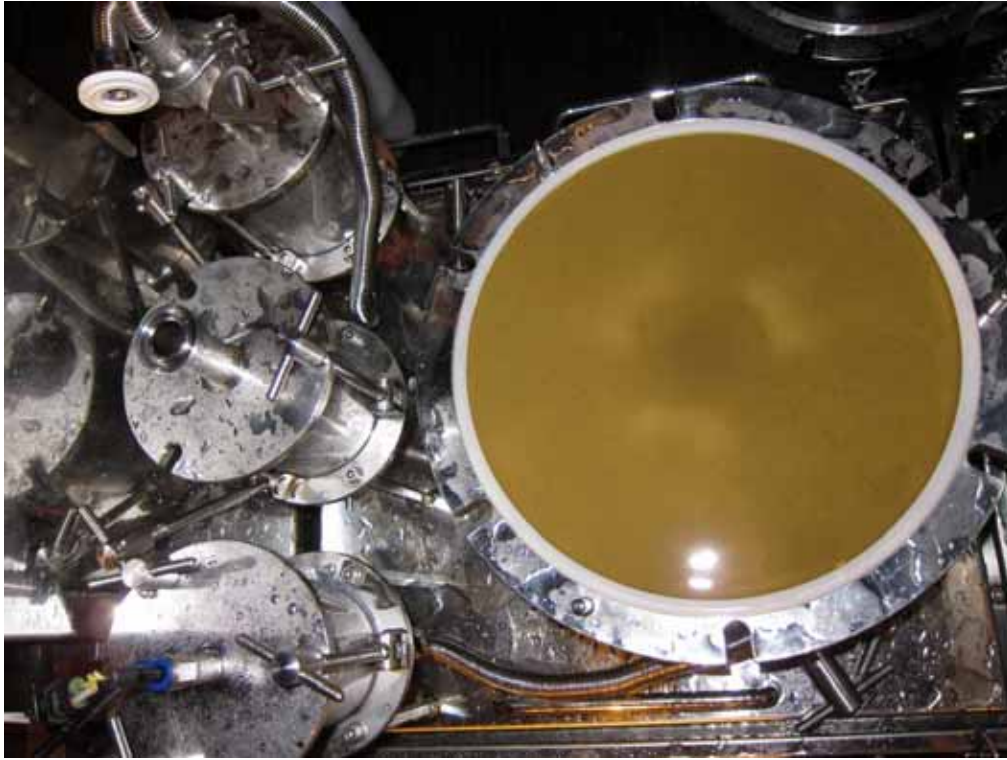
プランクトン平均  
50 (Bq/kg-dry)

沈降粒子に高い  
137Cs濃度



(株) いであの大量濾過器

100 $\mu$ m以下の分画をGFFフィルターに捕集



懸濁粒子で高い値

→ 2013 大量ろ過装置の作成



# ウクライナフィルターブロック

作成： 福島大・環境放射能研究所

高橋隆行 所長

McLane 大量ろ過装置

北大渡邊 豊先生より借用  
ポンプ

コントローラー・電池ボックス

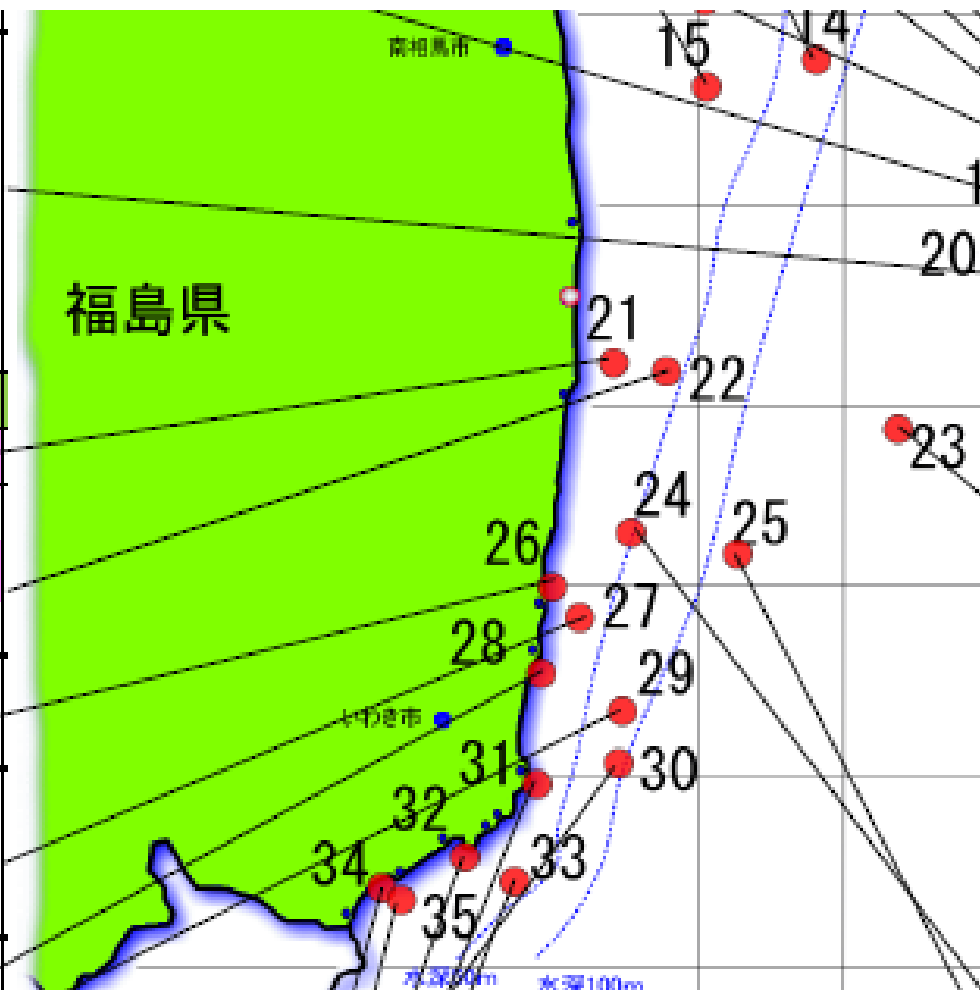


2013年12月16日 久ノ浜で採集した懸濁物  
補正実放射能 (Bq/kg  $\pm$  1sigma)

Cs-137: 7266  $\pm$  43



20	S-017262	アカガレイ	1月15日	不検出	14.9
	S-017272	エゾイソアイナメ(ドンコ)	1月15日	不検出	16.3
	S-017298	スケトウダラ	1月15日	不検出	14.0
	S-017305	ババガレイ(ナメタガレイ)	1月15日	不検出	15.9
	S-017325	マアナゴ	1月15日	不検出	12.6
	S-017349	ミギガレイ(ニクモチ)	1月15日	不検出	13.2
No		魚種名	月日		
21	S-017291	シロメバル	1月16日		270
22	S-017256	アイナメ	1月16日		39
	S-017270	ウスメバル	1月16日		110
	S-017321	マアジ	1月16日	不検出	14.7
26	S-017218	シラス	1月20日	不検出	16.9
	S-017225	イシカワシラウオ	1月20日	不検出	15.9
27	S-017230	コモンカスベ	1月18日		67
	S-017238	ババガレイ(ナメタガレイ)	1月18日		85
	S-017245	マコガレイ	1月18日		9.1
28	S-017223	イシカワシラウオ	1月20日	不検出	17.0



50m以浅の岩礁には、高濃度の放射性セシウムをもつ餌生物がいる可能性。

それらは、懸濁／沈降粒子を餌とする生物である可能性。





Iwaki

四倉

Stn. Y

久ノ浜

Stn. H

広野火発

福島第二原発

Okuma

Futaba

福島第一原発

Stn. T

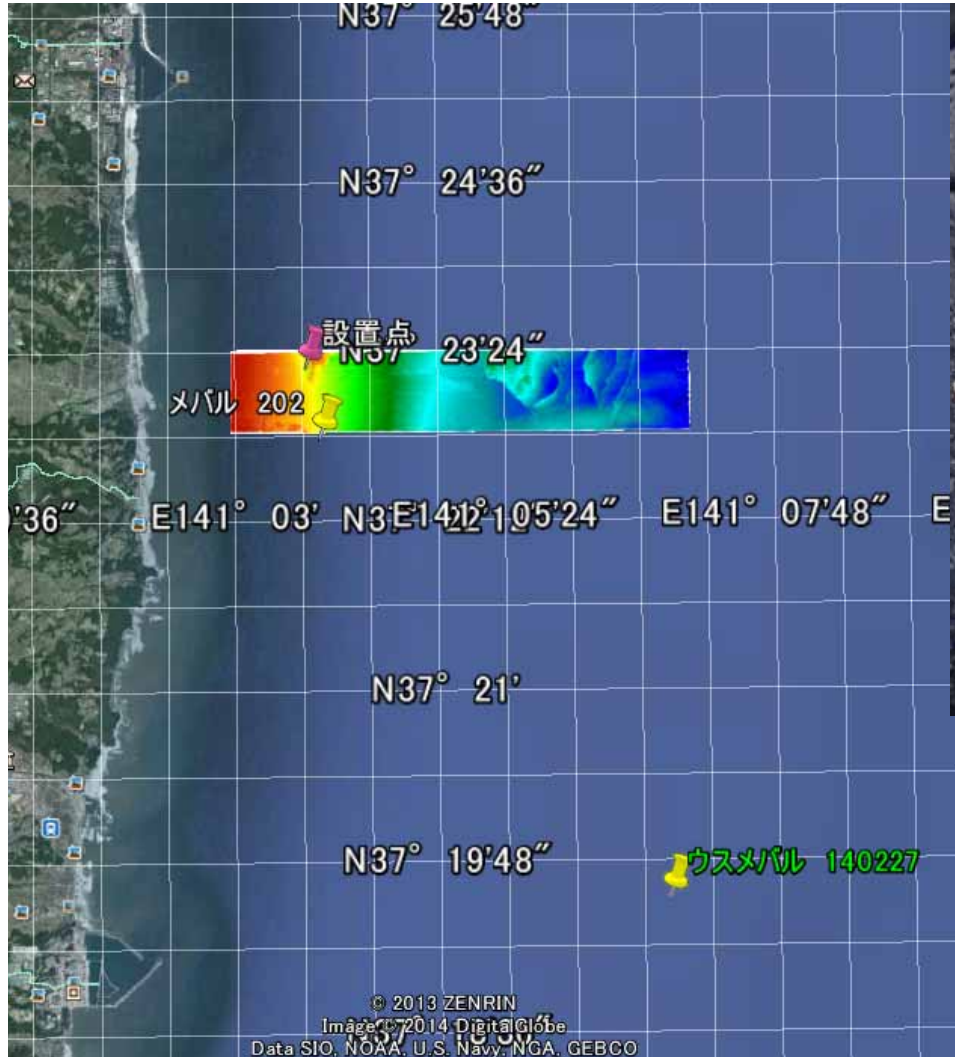
© 2013 ZENRIN

Image © 2014 DigitalGlobe  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google earth

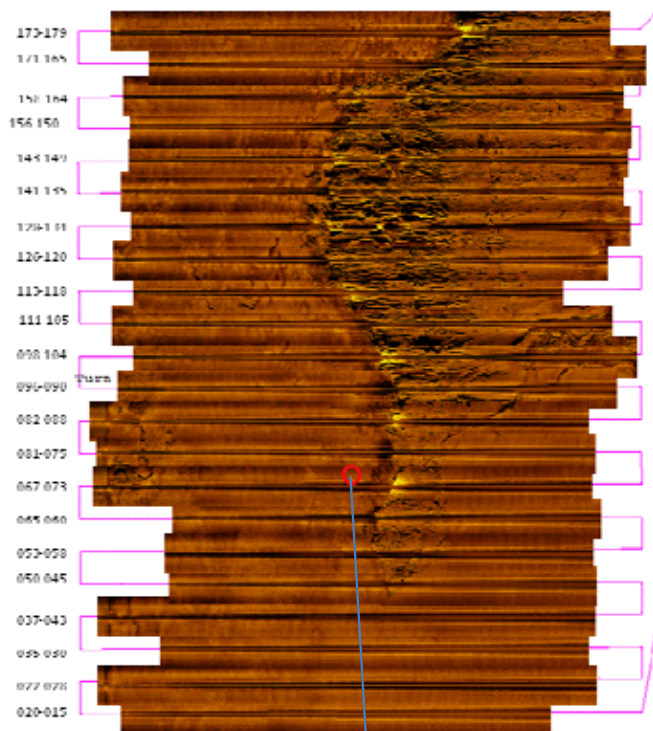
7.04 km





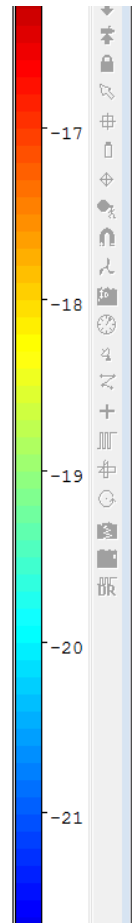
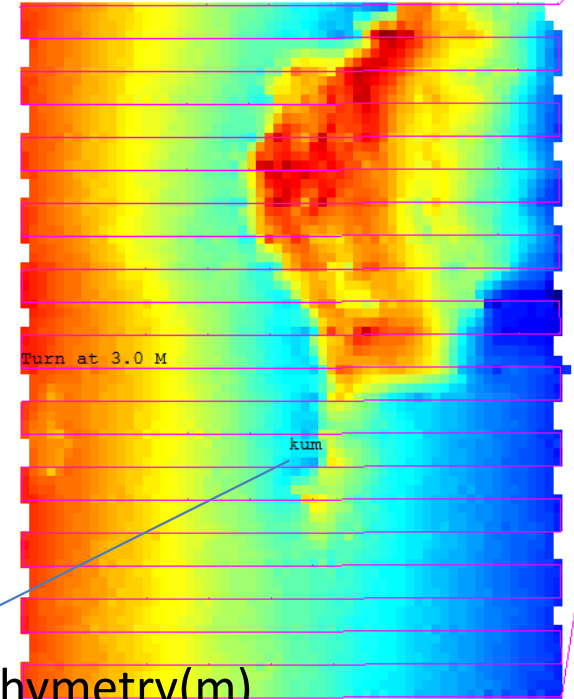
ウスメバルとその餌  
20140227





ろ過器  
Remus070.mst

Bathymetry(m)



REMUS 900kHz Side scan image

ろ過器設置位置

Side scan image から  
37度23.2568'N  
141度03.6162'E



Sea Scan PC Review v1.7.8  
REMUS070.MST B 30 m Full  
Sea Scan PC - Plotter  
37° 23.9033N 141° 04.6729E  
37° 22.5116N 141° 02.5850E CURRENT  
Sea Scan PC - Zone  
Time/Date: 1:44:29 - 10/7/2008  
Location: 37 23.2568N 141 03.6162E  
Comment:



アミの採集  
広田式ソリネット





久ノ浜沖のアミ

そのまま測定すると高濃度のCs137を含む

海水中に数時間泳がせておいてから測ると低濃度になる(電中研 立田氏私信)

消化管内容物が高濃度なのか？

アミを食べたメバルは、アミと同時に消化管内容物の放射性セシウムを取り込むのか？

シロメバルは一つの岩礁に留まるので、海底地形を詳細に調べて、懸濁粒子、アミ、シロメバルの採集を同時に行って比較。放射性セシウムの移行過程を明らかにする。

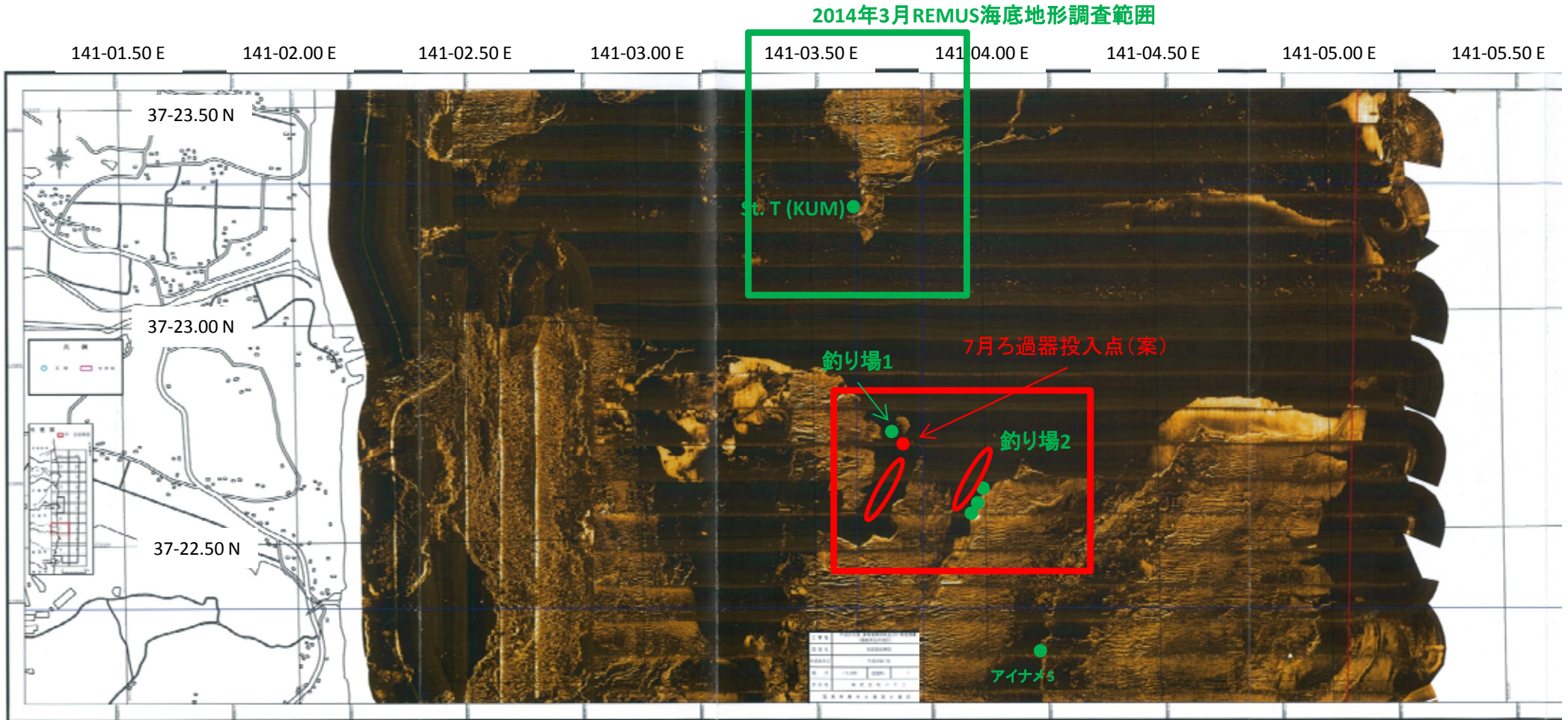


図 3-21 海底地形記録

2013年度サイドスキャンソナーによる瓦礫調査図(福島県農林水産部水産課)

● これまでの観測域: St. T (KUM)、釣り場

2014年7月REMUS調査範囲案

2014年7月ソリネット範囲案

● 2014年7月大量ろ過器、採泥、採水点案  
(メバルを驚かせないように釣り場1の100 mくらい南)