

研究課題名 生態特性に応じた蓄積過程の解明  
小課題名 海産魚類における放射性物質濃度の経時変化  
研究期間 2011年～2019年

天野洋典・鈴木翔太郎・坂本 啓・  
實松敦之\*・松本 陽\*・守岡良晃\*・  
神山享一

## 目 的

福島県沿岸域の魚介類の放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ , 以下、放射性 Cs) 濃度は、緊急時環境放射線モニタリングにおいて国の基準値である 100 Bq/kg を越える個体が 2015 年以降検出されておらず、近年ではほぼ全ての個体が検出下限値未満 (以下、ND) となっている。しかし、ND を下回る個体の濃度推移については把握されておらず、また放射性 Cs 以外の核種における魚介類の濃度についての知見も少ない。そこで、2011 年から 2018 年に福島県沿岸域で採集された 7 魚種の放射性 Cs 濃度と放射性ストロンチウム ( $^{90}\text{Sr}$ , 以下、放射性 Sr) 濃度を分析し、経時的な傾向を把握することを目的とした。

## 方 法

2011 年 4 月から 2018 年 12 月までに緊急時環境放射線モニタリングと調査船による調査で得られた福島県沿岸域のヒラメ (8,306 個体)、マダラ (4,105 個体)、ババガレイ (3,394 個体)、マコガレイ (2,816 個体)、アイナメ (2,932 個体)、シロメバル (1,541 個体)、ヤナギムシガレイ (1,954 個体) を放射性 Cs 分析に供した。採集された供試魚の筋肉部位を用いて、ゲルマニウム半導体検出器による放射性 Cs 濃度の測定を行った。放射性 Cs 分析における検出下限値は、緊急時環境放射線モニタリングの測定で約 8 Bq/kg、試験研究における測定では 2011～2017 年採集で約 0.5～50 Bq/kg の範囲であった。2018 年採集では 0.1 Bq/kg 未満とし、全ての値を確定させた。

放射性 Sr 分析には、2018 年 9 月から 11 月に福島県沿岸域で採集されたヒラメ 20 個体を供した。分析には、内臓を除く供試魚全体を用いた。

## 結 果

2011～2018 年における 7 魚種の放射性 Cs 濃度は、2018 年に採集された個体で最も低い値を示した (図 1)。2018 年採集個体における各魚種の平均値はヒラメで  $0.83 \pm 2.09$  Bq/kg、マダラで  $0.25 \pm 1.63$  Bq/kg、ババガレイで  $0.50 \pm 2.37$  Bq/kg、マコガレイで  $0.98 \pm 2.04$  Bq/kg、アイナメで  $1.23 \pm 1.45$  Bq/kg、シロメバルで  $1.59 \pm 1.48$  Bq/kg、ヤナギムシガレイで  $0.54 \pm 2.28$  Bq/kg であり、7 魚種全体では  $0.71 \pm 2.33$  Bq/kg であった。また、各魚種における全長組成ごとの放射性 Cs 濃度についても、採集年ごとに経時的な低下が認められた (図 2)。

ヒラメの放射性 Sr 濃度は全 20 個体のうち 1 個体で 0.02 Bq/kg を示し、19 個体は ND (0.02 Bq/kg 未満) となった。

震災以前の北日本太平洋沿岸域における魚介類の放射性物質濃度の平均値は、放射性 Cs で 0.25 Bq/kg (1984～2010 年; Takata et al. 2019) であり、2018 年に福島県沿岸域で採集された各魚種の値は震災以前の値に近づきつつある。放射性 Sr では、震災以前の値が 0.025 Bq/kg (1991 年 3 月～2011 年 3 月; Miki et al. 2017) であり、2018 年に採集されたヒラメの濃度とほぼ同等であった。

---

\*現水産資源研究所

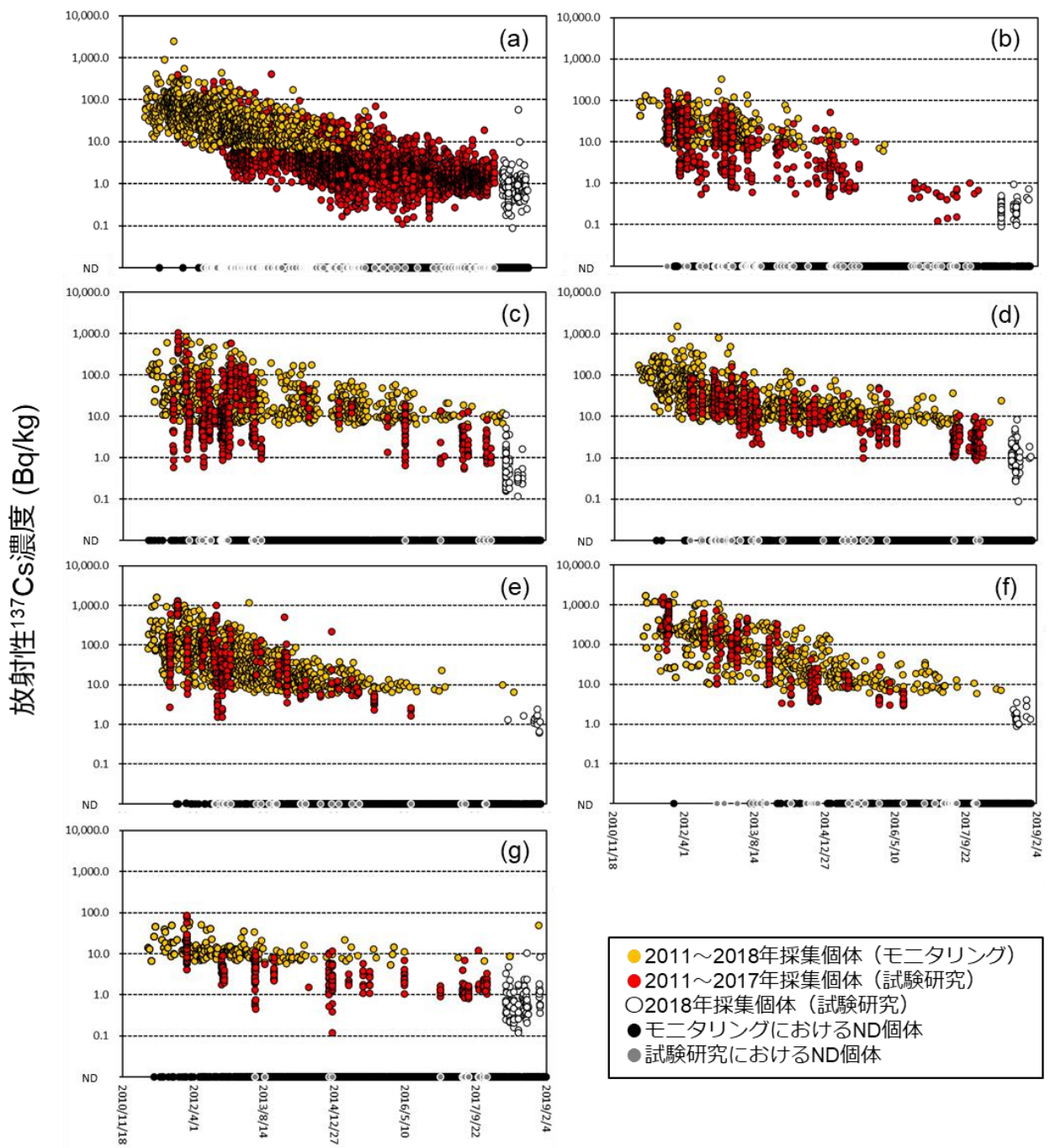


図1 放射性Cs濃度の推移 (a ヒラメ、b マダラ、c ババガレイ、d マコガレイ、e アイナメ、f シロメバル、g ヤナギムシガレイ)

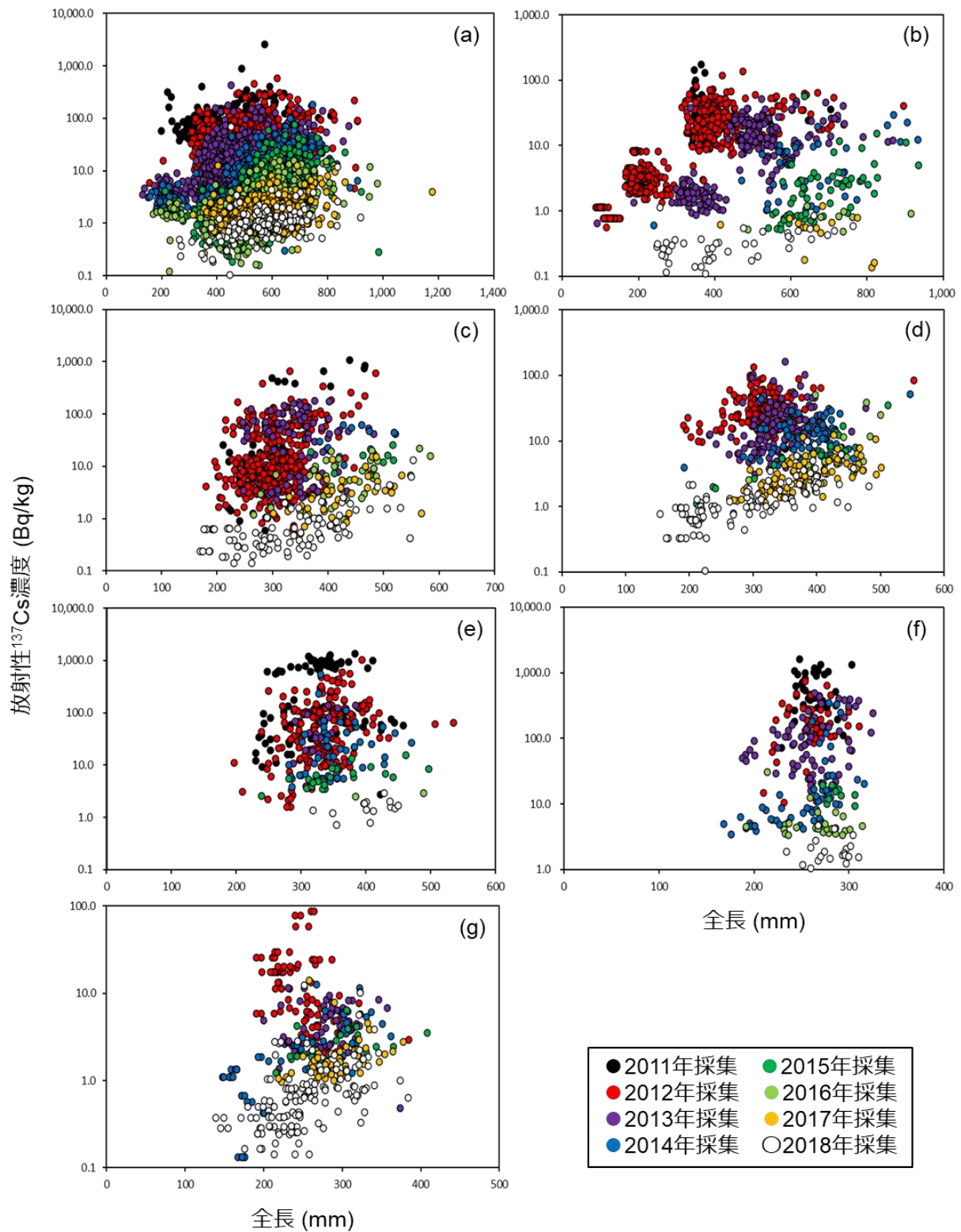


図2 全長と放射性Cs濃度の関係 (a ヒラメ、b マダラ、c ババガレイ、d マコガレイ、e アイナメ、f シロメバル、g ヤナギムシガレイ)  
緊急時環境放射線モニタリングの結果とNDの個体は解析から除外

結果の発表等 令和元年度東北底魚研究科連絡会議  
令和2年度日本水産学会春季大会

登録データ 19-03-001 「生態特性」10-69-1118

研究課題名 海洋生物への移行に関する調査・研究

小課題名 海産魚介類の放射性セシウムの減少傾向とその特徴（全体的な傾向の把握）

研究期間 2011年～2019年

鈴木翔太郎・天野洋典・松本 陽\*  
神山享一

## 目 的

2011年3月に発生した東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故から9年が経過し、福島県沖で採取される海産魚介類の放射性セシウム（ $^{134+137}\text{Cs}$ 、以下、放射性Cs）濃度は顕著に低下している。福島県が実施する緊急時環境放射線モニタリングでは、2015年4月以降、食品衛生法に基づく食品の基準値 100Bq/kg を連続して下回っており、福島県沖で採取されるすべての海産魚介類の安全性が確認されている。これまでの研究により種ごとに低下の傾向が異なることが観察されており（Wada et al. 2016）、その要因については種ごとの生態学的な特性などとの関連が考えられるがよくわかっていない。そこで、本研究では種ごとの低下傾向の要因の解明を目的とし、事故直後、主に沿岸に流出した高濃度汚染水の拡散と、福島県沿岸に生息する海産魚介類の分布域に着目し、各種の採取位置と放射性Cs濃度の低下傾向との関係について解析した。

## 方 法

2011年4月から2019年5月までに福島県が実施した緊急時環境放射線モニタリングのデータを用いた。

緊急時環境放射線モニタリングに供された検体は、調査指導船いわき丸や調査指導船拓水、漁船により福島県沖で採取され、泥や汚れを取り除き、可食部をミンチ状に処理されたものを、福島県農業総合センターのゲルマニウム半導体検出器によって放射性Cs濃度を測定した。

海産魚介類の累計検体数上位95%にあたる78種について放射性Cs濃度の検出割合（1000 B/kg 超過、1000-100 Bq/kg、100-20 Bq/kg、20 Bq/kg 以下）を採取場所（10区画、Wada et al. 2013）と採集年ごとに算出し、Bray-Curtis 指数による非類似度を用いてクラスター解析を行った。

また、放射性Cs濃度の減少傾向について、一般加法モデルによる回帰を行い各クラスターの減少傾向の比較と各クラスターの特徴の把握を行った。

## 結 果

非類似度0.4を基準とした場合、合計10個のクラスターに分けることができ、78種中71種が3つのクラスターに分類された（図1）。3つのクラスターは採取地点と関係があり、クラスター4は採取水深が浅く、クラスター2は採取水深が深かった（図2）。また、採取水深が浅い種が多く含まれるクラスター4は初期の汚染が高く、沿岸から沖合にかけて採取されるが多いクラスター1は放射性Cs濃度の低下が比較的緩やかであった（図3）。一方、沖合（100m以深）で採取された種が多いクラスター1は、初期の汚染が低く、すみやかな濃度の低下がみられた（図3）。各種の放射性Cs濃度の低下傾向は採取場所と関係しており、環境中の放射性Cs濃度の分布との関連が示唆された。

---

\* 現水産資源研究所

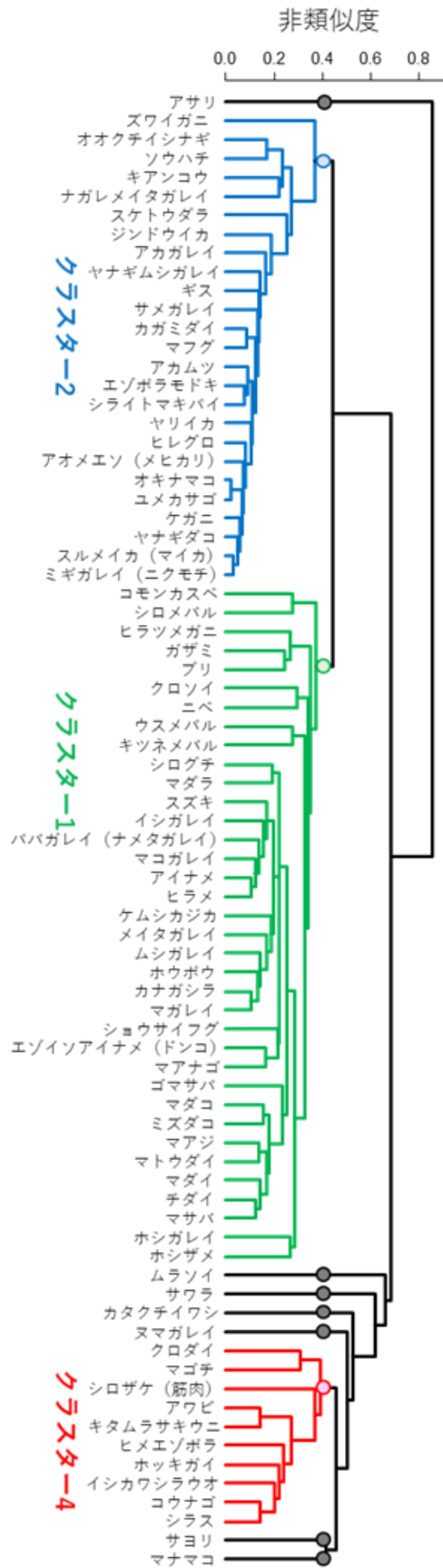


図1 種ごとのクラスター解析の結果  
(○は Bray-Curtis 指数による非類似度 0.4 との交点を示す)

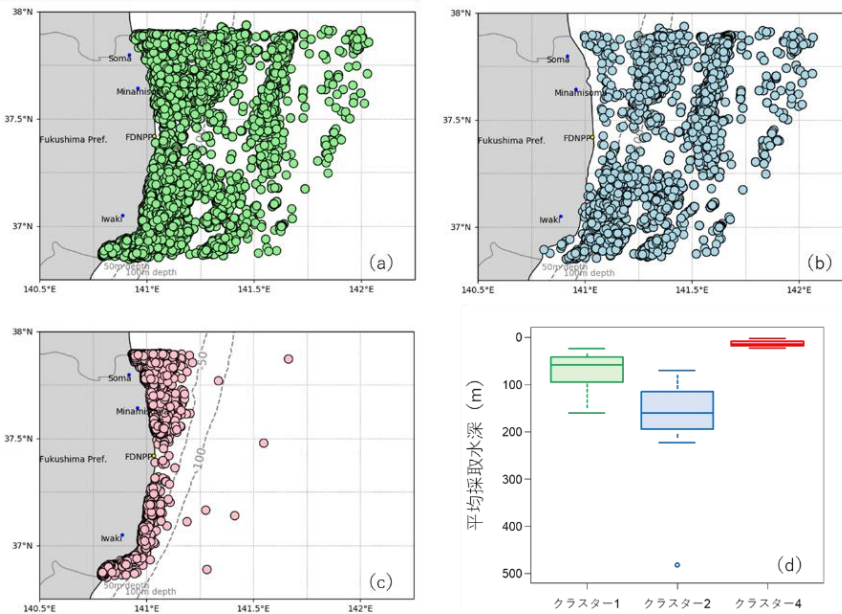


図2 主要3クラスターに分類された種の検体採取地点 (a クラスター1, b クラスター2, c クラスター4) と各種の平均採取水深の箱ひげ図 (d)

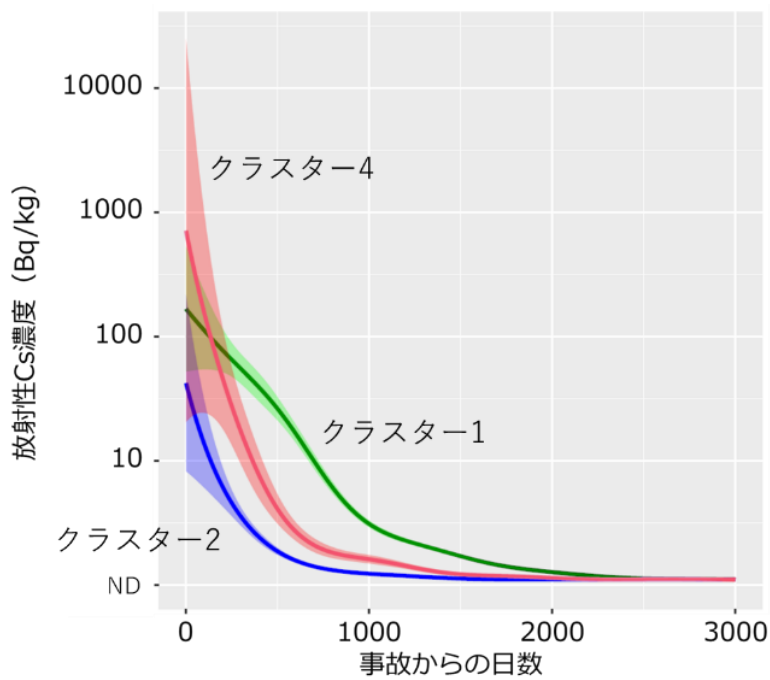


図3 主要3クラスターの放射性Csの減少傾向 (一般加法モデルによる回帰、陰影は90%信頼区間を示す)

結果の発表等 令和2年度日本水産学会春季大会  
 登録データ 19-03-002 「放射性物質が海面漁業に与える影響」 (10-69-1119)

研究課題名 海洋生物への移行に関する調査・研究  
小課題名 海底土の放射性セシウム濃度の低下傾向  
研究期間 2014～2019年

鈴木翔太郎・天野洋典・松本 陽\*  
神山享一

## 目 的

2011年3月に発生した東日本大震災に伴う東京電力(株)福島第一原子力発電所(以下、1F)の事故の影響により、福島県沖の海底土からも放射性セシウム(以下、 $^{137}\text{Cs}$ )が検出された。本調査では、1Fの事故による $^{137}\text{Cs}$ の漁場への影響を明らかにするために $^{137}\text{Cs}$ 濃度の経時的、空間的な変動を把握することを目的とした。

## 方 法

2011年5月から2019年2月末までに公表されている緊急時環境放射線モニタリングの海底土のデータと $^{137}\text{Cs}$ 濃度を連続的に測定できる曳航式ガンマ線計測法(Radiometric Environment Survey and Quantification; RESQ, Thornton et al. 2013)による調査データを用いて海底土における $^{137}\text{Cs}$ 濃度の経時的、空間的な変動の解析を行った。

緊急時環境放射線モニタリングでは浅海漁場(新地沖、磯部沖、鹿島沖、新田川沖、久之浜沖、四倉沖、江名沖、勿来沖)の海底土は調査指導船いわき丸及び調査指導船拓水、調査船あづまによりスミス・マッキンタイヤ採泥器で海底土を採取した。松川浦の海底土は調査船かろうねによりエクマンバージ採泥器により採取した(図1)。海底土は脱水等処理後、福島県環境創造センターのゲルマニウム半導体検出器により $^{137}\text{Cs}$ 濃度を測定\*\*した。また、乾土率から $^{137}\text{Cs}$ 濃度を湿重量あたりから乾重量あたりの濃度に補正した。

RESQはNaIシンチレーションカウンターを搭載し、調査指導船いわき丸によって約2ktで曳航しながら海底土の $^{137}\text{Cs}$ 濃度を連続的に測定した。2014年11月から2018年7月までに実施した5定線(1F南北定線、1F起伏帯定線、1F東西定線、2F四倉定線、四倉東西定線)のデータを用いた。

各海域(相馬双葉海域・いわき海域・松川浦)の海底土の $^{137}\text{Cs}$ 濃度の低下傾向を把握するため、緊急時環境放射線モニタリングの $^{137}\text{Cs}$ 濃度の経時変化について直線回帰モデル、片対数直線回帰モデル、両対数直線回帰モデルによりフィッティングを行った。また、一般加法モデルでもフィッティングを行い、低下傾向の把握を行った。

## 結 果

相馬双葉海域及びいわき海域の海底土の低下傾向は両対数直線回帰モデルであてはまりがよかった(表1)。また、一般加法モデルでも $^{137}\text{Cs}$ 濃度が指数関数的な低下より低下が鈍くなっていることが確認された(図2 a, b)。浅海漁場8定線(新地、磯部、鹿島、新田川、久之浜、四倉、江名、勿来の水深7, 10, 20m地点)で比較すると、相馬双葉海域では新地と磯部が、いわき海域では江名が他の定線に比べて速やかに $^{137}\text{Cs}$ 濃度が低下していた(図2 c, d)。

RESQによる調査では1F沖の一部の海域で局所的に高い $^{137}\text{Cs}$ が2018年の調査でも確認された(図3)。同海域では調査開始当初(2014年)から高い $^{137}\text{Cs}$ が確認されており、局所的な高濃度地点は数年にわたり存在していることが明らかとなった(図3)。

---

\*現水産資源研究所 \*\*検出下限値はおよそ1Bq/kg

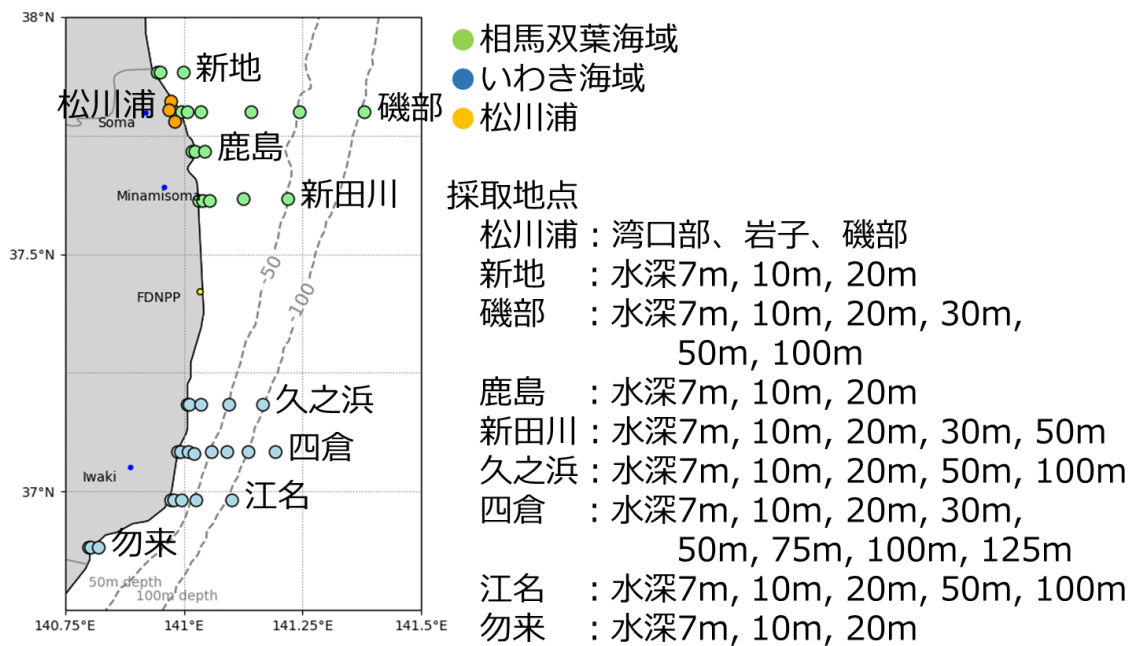


図1 検体採取地点

表1 モデル比較の結果

海域	Model	Y=b+aX		a	b	R <sup>2</sup> 値	AIC
		Y	X				
相馬双葉海域	直線回帰モデル	<sup>137</sup> Cs conc.	days	-0.0276	67.5	0.03	13,429
	片対数直線回帰モデル	$\log_{10}({}^{137}\text{Cs conc.})$	days	-0.0003	1.40	<b>0.20</b>	<b>1,274</b>
	両対数直線回帰モデル	$\log_{10}({}^{137}\text{Cs conc.})$	$\log_{10}(\text{days})$	-0.8462	3.60	<b>0.30</b>	<b>1,126</b>
	一般加法モデル	-	-	-	-	0.34	1,001
いわき海域	直線回帰モデル	<sup>137</sup> Cs conc.	days	-0.1099	280	0.15	24,380
	片対数直線回帰モデル	$\log_{10}({}^{137}\text{Cs conc.})$	days	-0.0003	2.36	<b>0.50</b>	<b>305</b>
	両対数直線回帰モデル	$\log_{10}({}^{137}\text{Cs conc.})$	$\log_{10}(\text{days})$	-0.8593	4.51	<b>0.54</b>	<b>174</b>
	一般加法モデル	-	-	-	-	0.54	194
松川浦	直線回帰モデル	<sup>137</sup> Cs conc.	days	-0.1227	400	0.12	3,439
	片対数直線回帰モデル	$\log_{10}({}^{137}\text{Cs conc.})$	days	-0.0002	2.55	<b>0.21</b>	<b>192</b>
	両対数直線回帰モデル	$\log_{10}({}^{137}\text{Cs conc.})$	$\log_{10}(\text{days})$	-0.7168	4.41	<b>0.17</b>	<b>203</b>
	一般加法モデル	-	-	-	-	0.32	249



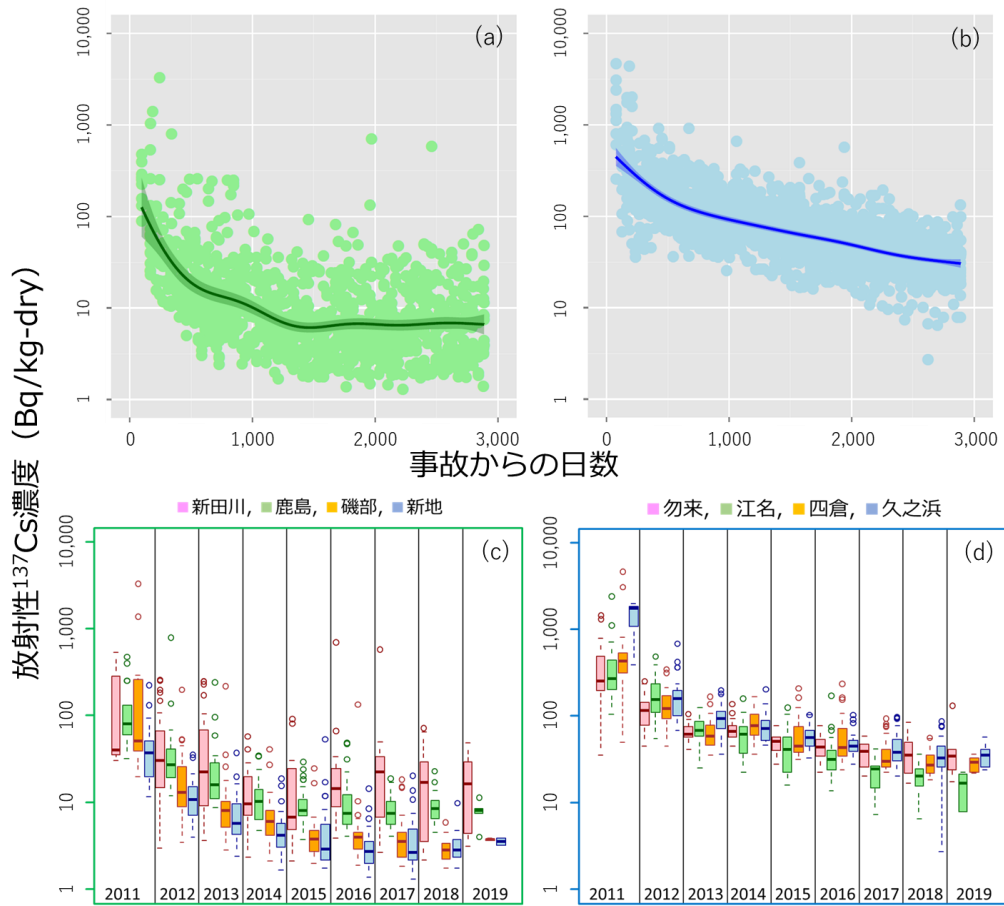


図2 海底土の放射性Cs濃度の全体的な傾向（相馬海域（a）、いわき海域（b））と沿岸各定線の傾向（相馬海域（c）、いわき海域（d））、不検出データは除外

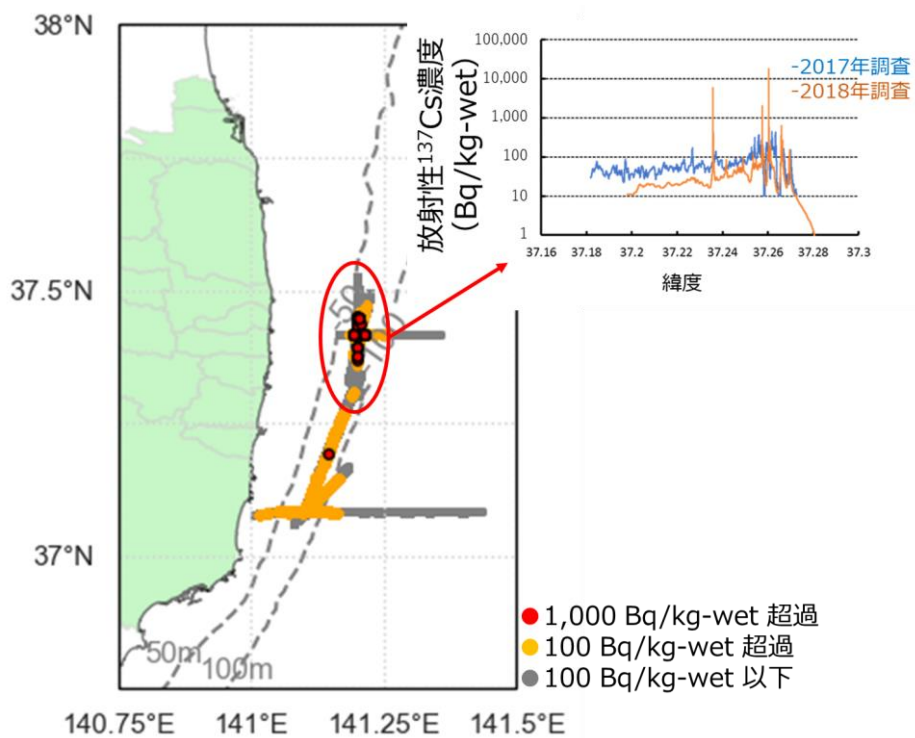


図3 RESQ 調査結果 左図 歴年調査結果 (2014. 11~2018. 7, 計 21 回)、  
右図 1F 南北定線 2017 年・2018 年の調査結果

結果の発表等 第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会  
登録データ 19-03-003 「曳航式ガンマ線計測装置調査結果」 (10-69-1419)