

福島県松川浦における水生生物の放射性セシウム濃度

成田 薫・神山享一・和田敏裕*・岩崎高資

Radioactive Cesium Concentrations in Aquatic Organisms
Collected from Matsukawaura Lagoon, Fukushima Prefecture

Kaoru NARITA, Kyoichi KAMIYAMA, Toshihiro WADA and Takashi IWASAKI

ま え が き

東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質の影響により、福島県の農林水産業は甚大な被害を受けている。福島県相馬市松川浦（以下、松川浦）においては、アサリやヒトエグサ等の養殖業が行われてきたが、休業を余儀なくされている。

松川浦の環境や生息する生物は、事故直後に大気中に放出された放射性物質のフォールアウトに伴う一次汚染とともに、降雨等による山間部や河川等を通じた放射性物質の移動による二次汚染が懸念される。また、汽水環境下での生物中の放射性物質の動態についても知見は少ない。

そこで本研究では、福島県水産試験場が松川浦で行った調査で得た生物試料の放射性物質濃度の測定結果を整理し、その汚染の程度や傾向を把握することを目的とした。松川浦における漁業生産や水環境利用再開の一助としたい。

材料および方法

福島県水産試験場相馬支場（以下、相馬支場）が 2012 年 3 月～2015 年 11 月に松川浦で行った各種の生物調査で得た水生生物を測定に供した。水生生物の採集は、魚類や甲殻類、貝類等の対象種に応じて、ビームトロール網、かご、どう、あさり鋤簾、徒手で行った。

採集した水生生物は種査定、体サイズ等の測定後、表面を水道水で洗浄して試料とした。アサリ等の二枚貝は、内部に残留する海底土を考慮し、短時間の畜養により砂抜き処理を行ったものと未処理のものが含まれる。試料は、生鮮または凍結保存を解凍後、採集日時、場所を同じくする同種の複数個体を U-8 容器に充填して 1 検体とした。1 個体で十分な内容量を得られる種や個体については、1 個体で 1 検体とした。また、試料の体内に含まれる対象核種をなるべく検出できるように、貝類は貝殻を除く軟体部、魚類のうちマアナゴは筋肉部のように種や個体サイズ等を考慮して、適宜、採取部位を調整した。前処理を行った検体をゲルマニウム半導体検出器により ^{137}Cs 濃度を測定した。測定時間は、2,000～100,000 秒とした。この場合の検出限界濃度は、概ね 11～1.0Bq/kg で、本報告では放射性物質濃度について対象核種を検出した場合はその測定値、検出限界未満のものは N.D とした。平均値を求める等の数値処理は、便宜上、対象核種を検出した場合はその測定値、N.D は検出限界濃度の 1/2 を濃度の値として取り扱った。

*現所属 福島大学環境放射能研究所

結 果

水生生物の放射性セシウム濃度

2012年3月～2015年11月に採集した41種類、290検体について、放射性セシウム濃度を測定した。このうち魚類は17科23属24種で測定を行い、20種から放射性セシウムが検出された(表1)。¹³⁷Cs濃度の最大値は、ウグイから16.5Bq/kgが検出された。甲殻類は7種類について測定を行い、5種から放射性セシウムが検出された。¹³⁷Cs濃度の最大値は、ヤドカリ類から23.0Bq/kgが検出された。貝類は8科9種で測定を行い、5種から放射性セシウムが検出された。¹³⁷Cs濃度の最大値は、アサリから39.7Bq/kgが検出された。その他の水生生物はマナマコ1種について測定を行ったが、放射性セシウムは検出されなかった。

表1 松川浦の水生生物の種類別放射性セシウム濃度

分類	種名等	検体数	検体採集時期				¹³⁷ Cs (Bq/kg)		備考 (検体採取部位ほか)				
			2012	2013	2014	2015	最大値	最小値					
魚類	アナゴ科	クロアナゴ属	マアナゴ	84	○	○	○	○	11.8	1.08	筋肉	B	
	ウグイ科	ウグイ属	ウグイ	2	○				16.5	6.86	全体	C	
	シラウオ科	シラウオ属	イシカワシラウオ	1		○			2.97	-	全体	B	
	サケ科	サケ属	サケ	1			○		-	N.D <1.42	全体・幼魚	C	
	チゴダラ科	チゴダラ属	エゾイナアイナメ	2	○				4.17	3.41	全体	B	
	メバル科	メバル属	シロメバル	3	○	○			7.54	N.D <2.94	全体・幼魚	A	
			タケノメバル	1	○				6.88	-	全体	B	
	コサ科	コサ属	マコサ	1	○				5.31	-	全体	B	
	アジ科	アジ属	マアジ	3	○				6.70	3.73	全体	B	
	タイ科	クロダイ属	クロダイ	1		○			-	N.D <2.57	全体	B	
	ヒメジ科	ヒメジ属	ヒメジ	2		○			4.47	2.59	全体	B	
	ウミタナゴ科	ウミタナゴ属	ウミタナゴ	1		○			-	N.D <4.40	全体	B	
	アイナメ科	アイナメ属	アイナメ	8	○	○			10.4	1.47	全体	B	
	カシカ科	アナハゼ属	アサヒアナハゼ	2		○			3.26	N.D <2.84	全体	A	
	ニシキギンボ科	ニシキギンボ属	タケギンボ	2		○	○		2.12	N.D <2.40	全体	A	
	ハゼ科	マハゼ属	マハゼ	30	○	○	○	○	9.58	2.49	全体または内臓除去	A	
			チチフ属	アカオビシマハゼ	1		○			-	N.D <6.37	全体	A
			キラハゼ属	スジハゼ	3		○			4.94	4.65	全体	A
			ヒメハゼ属	ヒメハゼ	1		○			1.99	-	全体	A
	カレイ科	ヌマガレイ属	ヌマガレイ	1	○				7.50	-	筋肉	B	
			マツカレイ属	ホシカレイ	1	○				8.61	-	筋肉	B
			イシカレイ属	イシカレイ	2		○			3.98	4.40	全体・幼魚	A
				ツツカレイ属	マコカレイ	2		○			3.44	3.37	全体・幼魚
			フグ科	トラフグ属	クサフグ	1		○			7.87	-	全体
甲殻類	クワガニ科	クワガニ属	トケクワガニ	3	○	○			4.33	1.90	全体		
	ガサミ垂科	ガサミ属	ガサミ	5	○	○			-	N.D <1.42	全体		
			イシガニ属	イシガニ	11	○	○			3.88	N.D <1.83	全体	
	モクスガニ垂科	イリガニ属	ケフサイイリガニ	9	○	○		○	13.7	2.30	全体		
	シャコ科	シャコ属	シャコ	1		○			-	N.D <3.92	全体		
	アサ類			2	○				3.66	N.D <3.29	全体		
	ヤドカリ類			6	○				23.0	5.06	貝殻を除く全体		
貝類	二枚貝綱	イガイ科	ムラサキイガイ	2	○		○		23.8	2.21	軟体部		
		マルスタレガイ科	アサリ	75	○	○	○	○	39.7	N.D <1.07	軟体部		
		マテガイ科	マテガイ	2	○			○	9.51	3.01	軟体部		
			マテガイ	1	○				-	N.D <6.76	軟体部		
			オオガイ科	オオガイ	1			○		-	N.D <1.47	軟体部	
	腹足綱	イサキガキ科	マカキ	2	○	○			4.81	N.D <11.6	軟体部		
			サキグロタマツメタ	4	○		○		5.87	N.D <0.923	軟体部		
		エゾバイ科	ヒメエゾホラ	3		○			-	N.D <2.30	軟体部		
		アツキガイ科	アカニシ	1			○		-	N.D <1.73	軟体部		
その他	ナマコ綱	シカナムコ科	マナマコ	6	○	○	○		-	N.D <1.38	内臓除去		

*魚類の備考欄 試料の体サイズ等から推測される主な生息域により区分 A…松川浦内が主な生息域 B…外海と松川浦を往来 C…河川から来遊

採集時期と放射性セシウム濃度の関係

放射性セシウム濃度の経時的な変化を種類毎に図 1-1～1-2 に示す。魚類、甲殻類、貝類で最大値を検出した検体は、いずれも調査の始期である 2012 年に採集したものであった。

魚類のうち継続的にまとまった検体数を得たマアナゴをみると、 ^{137}Cs 濃度は調査の始期である 2012 年から 2 ヶ年で概ね半分の濃度となり、低下傾向は明瞭であった。一方、マハゼの ^{137}Cs 濃度については、調査の始期から直近の 2015 年まで ^{137}Cs 濃度 2.49～9.58Bq/kg の範囲で、全ての検体から放射性セシウムが検出された。

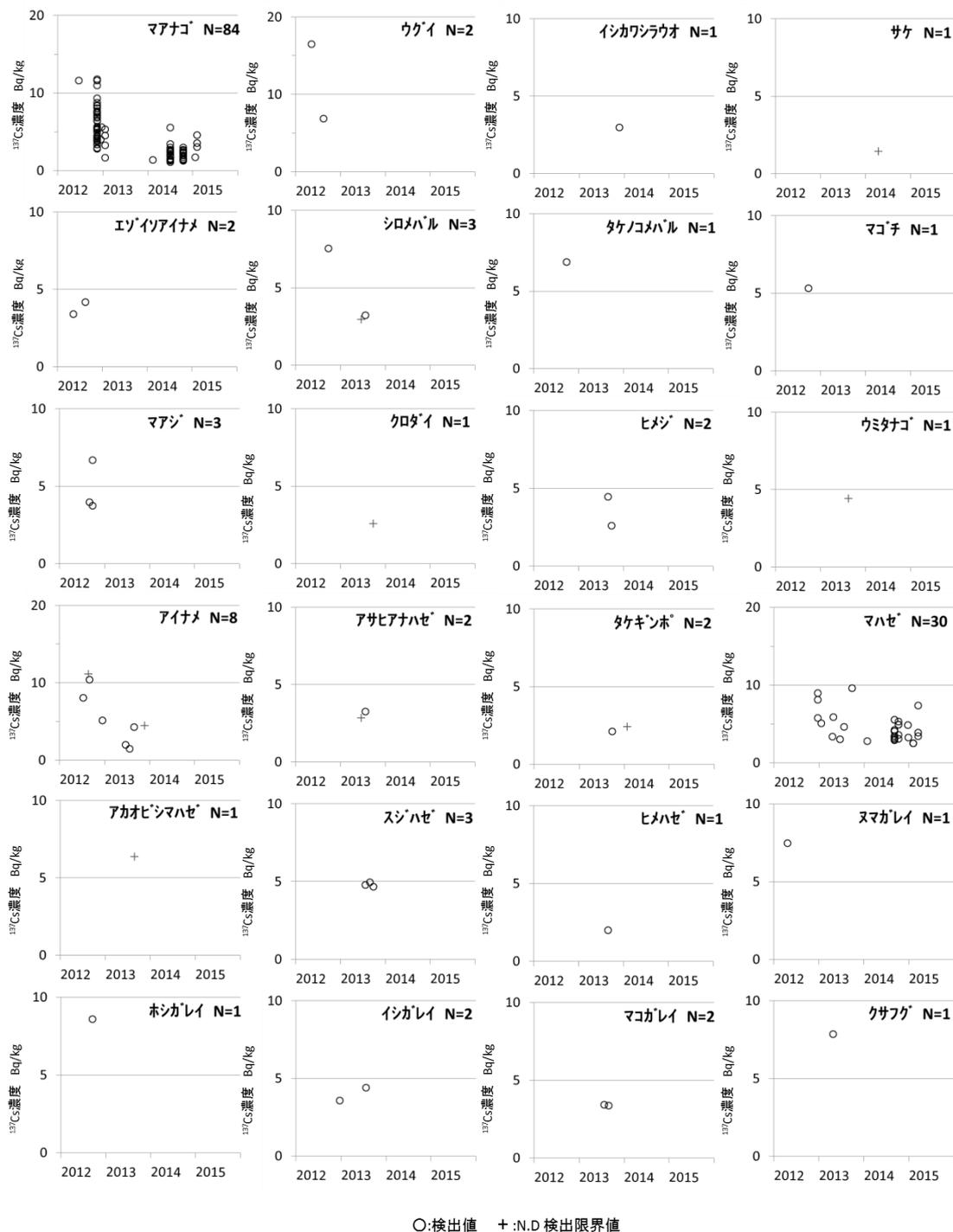


図 1-1 種類別放射性セシウム濃度の経時変化 (魚類)

甲殻類についてカニ類 4 種をみると、ケフサイソガニ、イシガニ、トゲクリガニは 2012～2013 年の概ね全ての検体で放射性セシウムが検出されたが、同時期に採集したガザミについては全て不検出であった。

貝類のうち継続的にまとまった検体数を得たアサリをみると、 ^{137}Cs 濃度は調査の始期である 2012 年に最大値を検出して以降、低下傾向がみられた。直近の 2014～2015 年に得られた全 43 検体のうち N.D (<1.07～1.87Bq/kg) は 30 検体で、 ^{137}Cs 濃度の最大値は 5.45Bq/kg であった。

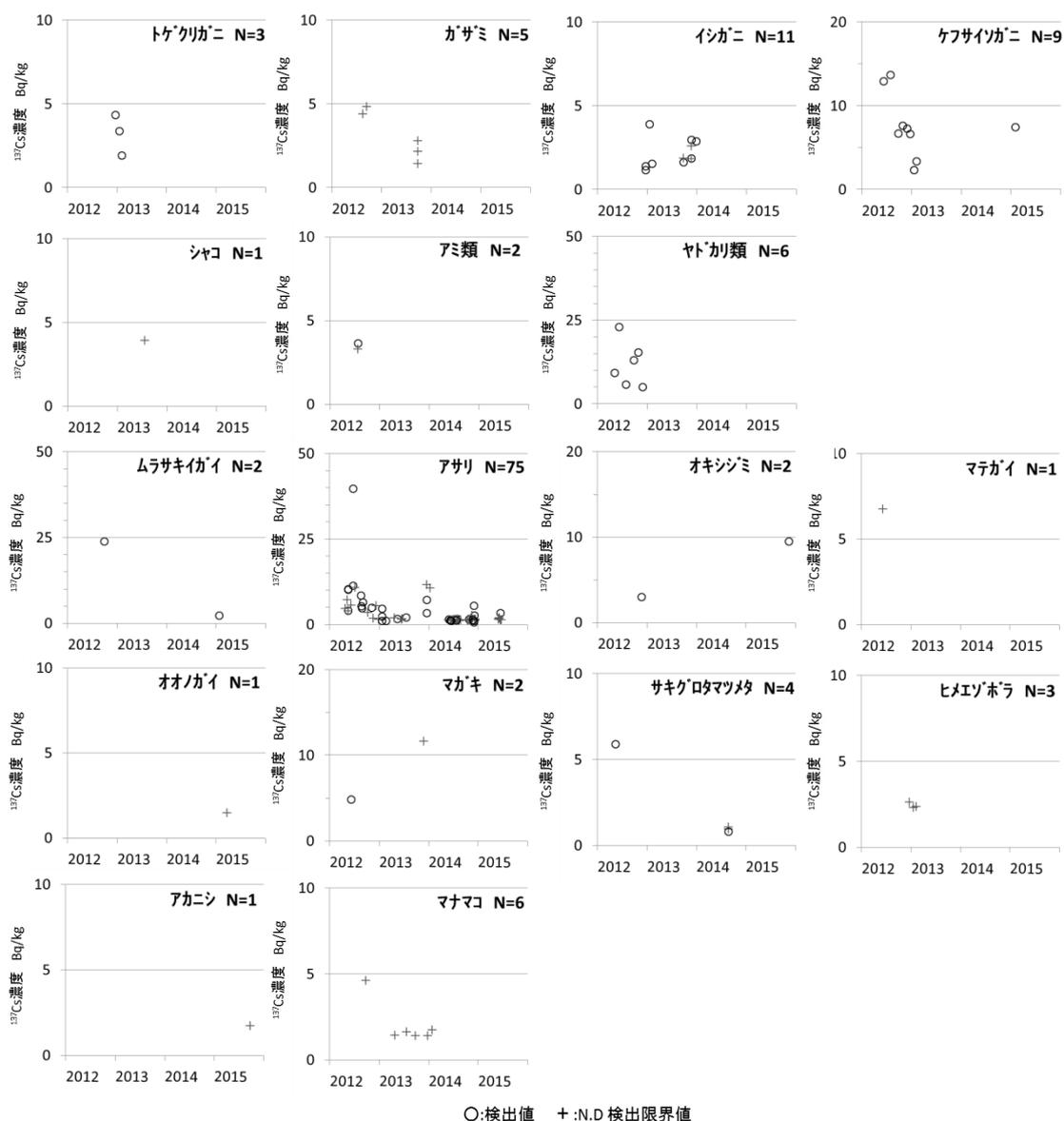


図 1-2 種類別放射性セシウム濃度の経時変化 (甲殻類・貝類・その他)

分類群間の放射性セシウム濃度の比較

2012～2015 年に得られた検体を魚類、甲殻類、貝類の分類により ^{137}Cs 濃度の範囲を比較した (図 2)。魚類は主な生息域について移動性を考慮して、外海と松川浦を往来するマアナゴ等の 13 魚種と松川浦内で周年活動するハゼ科魚類を主とする 9 魚種とで区別した (表 1 備考欄)。また、貝類は食性を考慮して、アサリを主とする二枚貝綱とサキグロタマツメタ等の肉食性の腹足綱で分類した。

各分類における検体の ^{137}Cs 濃度の範囲を中央値前後 25% で比較すると、魚類（松川浦～外海）は 2.23～5.56Bq/kg、魚類（松川浦内）は 3.12～4.91Bq/kg、甲殻類（カニ類）は 1.39～4.85 Bq/kg で、3 群は概ね重複する。貝類（二枚貝綱）は 0.71～3.43Bq/kg、貝類（腹足綱）は 0.72～1.21Bq/kg で、魚類等の前 3 群と比較して低い値で、最大値が大きく外れることが特徴的であった。

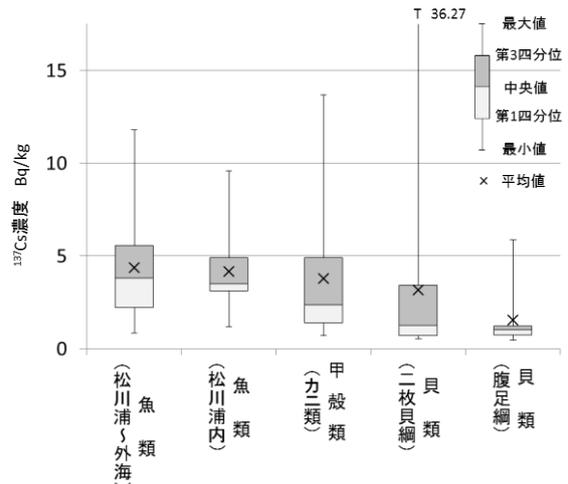


図2 分類群毎の ^{137}Cs 濃度（2012～2015 年採集）

放射性セシウム濃度の経時的変化

継続的にまとまった検体数を得た、魚類（外海～松川浦内）、魚類（松川浦内）、甲殻類（カニ類）、貝類（二枚貝綱）の 4 分類群について、図 3 に ^{137}Cs 濃度の範囲の経時的な変化を示した。4 群はいずれも調査の始期である 2012 年から ^{137}Cs 濃度が低下した。魚類（外海～松川浦）、貝類（二枚貝綱）は、直近まで低下傾向であったが、魚類（松川浦内）は 2013 年と 2014～2015 年で横ばいとなっていた。

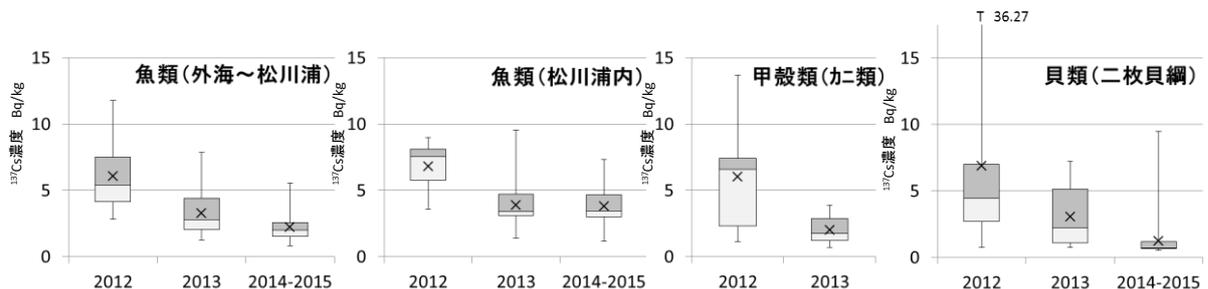


図3 分類群毎の ^{137}Cs 濃度の経時的変化

考 察

東京電力福島第一原子力発電所の事故から 1 年以上が経過した 2012 年 3 月以降の試料をもとに放射性物質の測定を行った。これにより松川浦を周年あるいは一時的に生息域とする広範な水生生物種に事故由来の放射性セシウムを確認した。 ^{137}Cs 濃度の最大値はすべて 2012 年の検体から検出された。2012 年時点での松川浦の環境中の ^{137}Cs 濃度は、水質では、環境省のモニタリングによると $0.072\sim 0.14\text{Bq/l}^1$ 、国立環境研究所の調査では $0.032\sim 0.090\text{Bq/kg}^2$ が観測されている。底質の放射性セシウム濃度は含泥率と相関し、検体採取地点により差は大きい、相馬支場の調査によると、松川浦内全 19 定点において最大値 (^{137}Cs 、 ^{134}Cs 合計値) で 500Bq/kg-dry 未満が 7 定点、 $500\sim 2,500\text{Bq/kg-dry}$ 未満が 7 定点、 $2,500\sim 5,000\text{Bq/kg-dry}$ 未満が 4 定点、 $5,000\text{Bq/kg-dry}$ 以上が 1 定点であった³⁾。これらの環境中の放射性セシウム濃度は経時的にいずれも低下し、2014 年には水質は ^{137}Cs 濃度で $0.014\sim 0.036\text{Bq/l}^1$ 、底質は最大値 (^{137}Cs 、 ^{134}Cs 合計値) で 500Bq/kg-dry

未満が 10 定点、500～2,500Bq/kg-dry 未満が 8 定点、2,500～5,000 Bq/kg-dry 未満が 1 定点、5,000 Bq/kg-dry 以上の定点は見られなくなった⁴⁾。水生生物の放射性セシウムの低下傾向は、水質及び底質中の放射性セシウムの低下と同調しているものと考えられ、2014 年時点において測定した全ての生物種で¹³⁷Cs 濃度が 10Bq/kg 未満となっていた。この傾向は、環境中の放射性セシウムの低下が継続する限り、今後も続くと思われる。ただし、魚類のうちハゼ科魚類を主とする松川浦内で周年生活をする魚種は、初期の低下から横ばいの傾向となっており、本報告で比較した生物分類群では直近において最も高い濃度の分類群となっている。例えばマハゼは、調査の始期から直近の 2015 年まで¹³⁷Cs 濃度 2.49～9.58Bq/kg の範囲で、全ての検体から放射性セシウムが検出されている。松川浦のマハゼは主に 2 年級群で構成されており⁵⁾、事故直後の影響を受けた世代から更新し続けていることから、放射性セシウム濃度は現在の環境要因に依存した平衡状態に近いものと考えられる。マハゼの放射性セシウム濃度を説明するには主要な餌生物である多毛類の放射性セシウム濃度との関係について検討が必要となる。松川浦内の多毛類試料の採集とともに、今後、多毛類やマハゼ等について松川浦内で実施するケージ試験等により放射性物質の移行の速度や程度を把握することで、物理環境および食物網を介した放射性物質の濃縮過程やその汚染の程度を明らかにすることができると考えられる。

謝 辞

本報告にあたり、生物試料の提供と結果の分析においてご助言をいただいた国立研究開発法人国立環境研究所の堀口敏宏博士には、記して謝意を表します。

要 約

1. 2012～2015 年に松川浦で採集された水生生物について放射性セシウム濃度の測定結果を整理した。
2. 魚類、甲殻類、貝類等の生物種から事故由来の放射性セシウムが検出された。
3. 生物分類群ごとに放射性セシウム濃度を整理し、経時的な変化を把握した。魚類、甲殻類、貝類とも放射性セシウム濃度は低下傾向にあった。
4. 水生生物の放射性セシウム濃度の経時的な低下の傾向は、環境中の放射性セシウム濃度の低下と同調しているものと考えられた。

文 献

- 1) 環境省：東日本大震災の被災地における放射性物質関連の環境モニタリング調査 公共用水域．環境省ホームページ .2015.www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_r-pw.html、（参照 2015-12-13）．
- 2) 独立研究法人国立環境研究所：平成 24 年度環境中の放射性物質の動態解明及び放射性物質に汚染された廃棄物等の効率的な処理処分等研究委託業務報告書、77-84(2012)
- 3) 神山享一・島村信也：松川浦の海底土における放射性セシウムの分布、福島水試研報、16、91-96(2013)
- 4) 和田敏裕・成田 薫・岩崎高資：平成 26 年事業概要報告書、91-92(2015)
- 5) 根本芳春・平川英人・佐藤利幸・島村信也：福島県松川浦における魚類について、福島水試研報、14、41-56(2007)