

福島県沿岸域における海水のセシウム 137 濃度の 水平分布について (短報)

山田 学・森口隆大・帰山秀樹*・青野辰雄**

Horizontal Distribution of Cesium-137 Concentration in the Coastal Water off Fukushima Prefecture
(Short Paper)

Manabu YAMADA, Takahiro MORIGUCHI, Hideki KAERIYAMA and Tatsuo AONO

2011年3月に発生した東日本大地震に伴う東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所(以下、1F)事故を受け、政府は、原子力災害対策本部などでモニタリング調整会議を設置し、総合モニタリング計画を策定してきた。この計画¹⁾に基づき、海域については「海域モニタリングの進め方」が作成され、関係省庁、地方公共団体、原子力事業者が連携してモニタリングを実施してきた。この結果、福島県極沿岸海水(以下、海岸からの採水による、距岸0mの測点をいう)では相対的に高いセシウム137(以下、Cs-137)濃度(以下、濃度)が検出されているが²⁾、極沿岸で検出限界値を0.001Bq/L以下まで下げて分析している採水測点は5測点のみで、また、2012年当時は1F正東沖1kmで検出限界値を0.001Bq/L以下まで下げて分析しているデータはなく、福島県下の沿岸全域での濃度分布は必ずしも明らかとは言いなかった。また海洋環境への放射性物質の負荷は、大気からの沈着や河川等からの流入だけでなく、1Fからの直接流出による影響も大きいため、Cs-137だけでなくセシウム134(以下、Cs-134)のモニタリングも不可欠である。このため、福島県水産試験場では、福島県沿岸域での濃度分布を明らかにするため、2012年1月から海水を定期的に採集し、他機関と連携して海水中の放射性セシウム濃度モニタリングを開始し***、2017年現在では極沿岸17測点と1F沖3測点、相馬沖3測点、四倉沖1測点で行っている(表1)。

本研究では、これまで明らかになっていない極沿岸域を中心とした福島県沿岸の濃度の水平分布を明らかにすることを目的に、今回収集したデータ³⁾⁴⁾⁵⁾および東京電力ホールディングス株式会社と原子力規制委員会のデータ²⁾から、極沿岸と距岸1、3、15、30、50km沖の海水濃度を解析した結果、距岸による急激な濃度変化があることが明らかとなったため報告する。

解析には、2014年3月~2016年3月の期間の福島県極沿岸から距岸50kmまでの37測点(図1、表1)の海水の濃度(Cs-137(Bq/L))を測点別に平均した値を用いた。極沿岸と距岸3kmの測点について、1Fからの南北別に、1Fからの南北距離と濃度の関係を解析した。この際、距岸3kmの表、下層から採水している測点では、両層の濃度に有意差がなかったことから(Paired *t*-test、

*国立研究開発法人水産研究・教育機構

**国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

***国立研究開発法人水産研究・教育機構、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構と連携し、水産試験場で採水後、連携機関において溶存態Cs-137およびCs-134を分析した。分析は0.45μmフィルター濾過後リンモリブデン酸アンモニウム(AMP)共沈法を用いた。

p -value > 0.05)、両層の濃度の平均値を用いた。次に極沿岸と 1F 正東沖 1、3、15、30、50km の測点の濃度を、極沿岸では南北別に 1F からの距離と濃度の関係を解析した。この際、1F 正東沖では表層、下層別に示した。

その結果、極沿岸の濃度は 0.009~0.875Bq/L の範囲にあり、1F から北側へ 15km 離れた測点は、南側へ 50km 離れた測点と同程度で、1F 北側は南側に比べ低かった (図 2)。

1F から北側へ 15km または南側へ 50km 離れた測点の極沿岸での濃度は、1F から正東沖へ 3km 離れた測点と同レベルであり、1F からの南北距離よりも距岸距離に応じて急激に減少する濃度分布が観察された (図 2、3)。

距岸 3km の濃度は 0.009~0.021Bq/L の範囲にあり、極沿岸のような 1F 北側と南側の大きな濃度差がみられなかった (図 2)。

1F からの距離が同じでも、距岸方向 (1F 正東沖) では極沿岸と比較して濃度が低く、また、距岸方向への濃度は距岸 1、3km まで急激に減少し、その後緩やかに減少していた (図 3)。

これらの結果から、極沿岸の濃度は、1F 北側は南側に比べ低いことが明らかとなり、これまでシミュレーションによって示されてきた潮流等による拡散 (南に濃く、北に薄い)⁶⁾ による影響が大きいことが、極沿岸域において今回初めて実測的に確認された。

1F から北側へ 15km または南側へ 50km 離れた測点の極沿岸での濃度は、1F から正東沖へ 3km 離れた測点と同レベルであったことから、極沿岸を北に離れるよりも 5 倍、南に離れるよりも 10 倍以上とオーダーが異なる程、距岸方向へは急激に濃度が減少することが明らかとなった。

距岸方向への濃度は距岸 1、3km まで急激に減少し、その後緩やかに減少する分布を示し (図 3)、距岸 3km では、1F 北側と南側の濃度差がみられなかったことから、1F 南側の方が距岸方向への濃度勾配が大きいこと、極沿岸からわずか 3km 離れただけで、極沿岸のような南北差のある濃度分布がみられなくなることが明らかとなった。

これらのことから、現在では陸域から海に流出した放射性セシウムは、福島県沿岸域で卓越している南下流⁷⁾ に乗り、極沿岸 (距岸数百 m 以内) を南下するため、それ以外の海域の濃度には直接的な影響を及ぼさないと推測される。

今回、海水濃度の極沿岸部のみでみられる南北差および沖合方向には南北以上に急激に減少することが明らかにできたことで、これまで福島県水産試験場が明らかにしてきた魚介類の汚染メカニズムに関する科学的説明⁸⁾⁻¹³⁾ を補強できると考えられる。

また、本成果により福島県沿岸域の濃度の水平分布を明らかにできたことから、一部データが欠損しているため、事故直後における放射性物質濃度分布が得られていない海域の濃度を、今後推定していくための材料となることも期待される。

本研究は、原子力規制委員会の総合モニタリング計画に基づいて行っているモニタリングを補完するため、空間的に細かく検出限界値を下げたデータを取得し、距岸方向の濃度の不均一性を明らかにしたものである。2017 年現在では、極沿岸であっても海産生物と海水の放射性セシウム濃度濃縮比 50~100 倍¹⁴⁾ 考慮しても、海水からの蓄積により、海産生物は食品の基準値 (100Bq/kg) よりもはるかに低濃度であることが推定される。実際に、モニタリング検査結果で、2015 年 4 月以降基準値 (100Bq/kg) を超えた海産生物は無い。

今後、本研究結果から、海水中の放射性セシウムの濃度分布と魚介類中の放射性セシウム等の汚染分布の詳細な整合などのさらなる解明が進むことが望まれる。

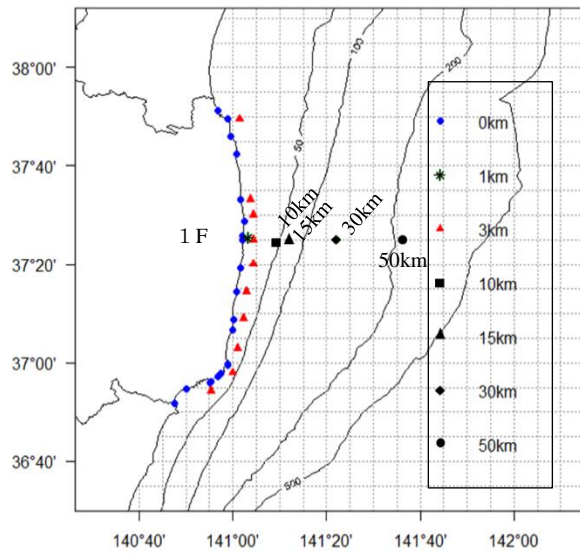


図 1 採水測点

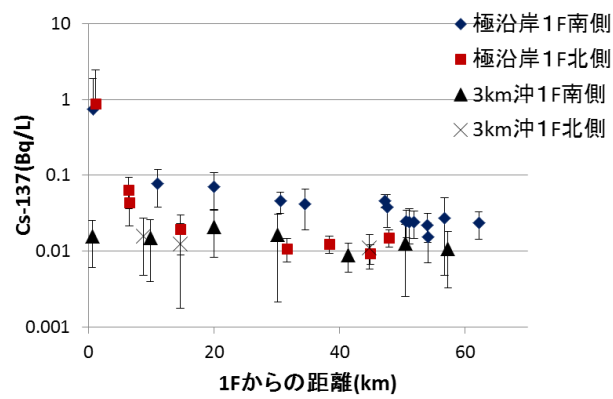


図 2 1F からの南北距離別海水の Cs-137 濃度 (極沿岸、3km 沖)
(バーは標準偏差を示す)

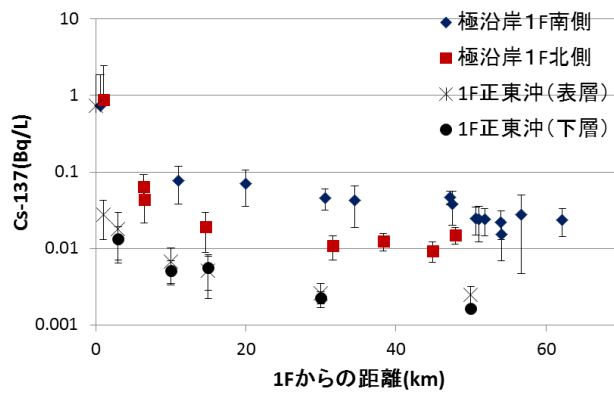


図 3 1F からの距離別の海水の Cs-137 濃度
(バーは標準偏差を示す)

表1 採水測点の情報

採水地点名	緯度 (度)	経度 (度)	適用距 岸距離 (km)	1Fからの		採水頻度	実施機関	採水層
				南北距離 (km)	※1			
新地	37.853	140.947	0	48		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
原釜	37.826	140.981	0	45		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
磯部	37.767	140.992	0	38		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
鹿島	37.706	141.011	0	32		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
小高(村上)	37.553	141.029	0	15		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
請戸	37.479	141.041	0	6		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
T-6	37.479	141.041	0	6		週1回	東電 ^{※4}	上層
T-1	37.431	141.034	0	1		週1回	東電 ^{※4}	上層
T-2	37.415	141.034	0	-1		週1回	東電 ^{※4}	上層
T-3	37.322	141.026	0	-11		週1回	東電 ^{※4}	上層
T-4	37.242	141.014	0	-20		週1回	東電 ^{※4}	上層
久之浜	37.146	141.004	0	-31		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
四倉	37.110	140.999	0	-35		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
薄磯	36.996	140.982	0	-47		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
豊間	36.993	140.980	0	-48		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
江名	36.965	140.957	0	-51		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
中ノ作	36.961	140.953	0	-51		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
永崎	36.955	140.946	0	-52		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
下神白	36.935	140.923	0	-54		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
水試揚水	36.934	140.919	0	-54		週1回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
小浜	36.910	140.836	0	-57		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
勿来	36.861	140.792	0	-62		年2回	福水 ^{※2} ・水研 ^{※3}	上層
T-E1	37.424	141.054	1	0		2ヶ月に1回	東電 ^{※4} ・福水 ^{※2} ・量研 ^{※5}	上層
T-22	37.824	141.023	3	45		月1回	東電 ^{※4}	上、下層
T-14	37.553	141.063	3	15		週1回	東電 ^{※4}	上、下層
T-D1	37.500	141.072	3	9		週1回	東電 ^{※4}	上、下層
T-D5	37.417	141.072	3	-1		週1回	東電 ^{※4}	上、下層
T-D9	37.333	141.072	3	-10		週1回	東電 ^{※4}	上、下層
T-11	37.242	141.047	3	-20		週1回	東電 ^{※4}	上、下層
T-12	37.150	141.038	3	-30		月1回	東電 ^{※4}	上、下層
T-20	36.967	141.000	3	-50		月1回	東電 ^{※4}	上、下層
T-18	36.906	140.922	3	-57		月1回	東電 ^{※4}	上、下層
四倉沖	37.049	141.017	3	-41		月1回	福水 ^{※2} ・量研 ^{※5}	上層
T-B3	37.408	141.154	10	-2		月1回	東電 ^{※4}	上、下層
T-5	37.417	141.200	15	-1		週1回	東電 ^{※4}	上、下層
M-E1	37.417	141.373	30	-1		3ヶ月に1回	原子力規制庁	上、中、下層
M-E3	37.417	141.607	50	-1		3ヶ月に1回	原子力規制庁	上、中、下層

※1 マイナスは南方向

※2 福島県水産試験場 ※3 国立研究開発法人水産研究・教育機構

※4 東京電力ホールディングス株式会社 ※5 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

文 献

- 1) 総合モニタリング計画、放射線モニタリング情報、原子力規制委員会ウェブサイト
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/204/list-1.html> (2017.4.30 閲覧)

- 2) 海水のモニタリング結果、放射線モニタリング情報、原子力規制委員会ウェブサイト
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/428/list-1.html> (2017.4.30 閲覧)
- 3) 放射性物質影響解明調査事業報告書
http://www.fra.affrc.go.jp/eq/Nuclear_accident_effects/ (2017.4.30 閲覧)
- 4) 青野辰雄・福田美保・山崎慎之介・吉田聡・伊藤友加里・石丸隆・神田穰太・早乙女忠弘・水野拓治：福島沿岸域における海水とプランクトン試料中の放射性 Cs の濃度変動について、第 15 回「環境放射能」研究会 Proceedings、環境放射能研究会、茨城 14-P-54-Proc-32 (2016).
- 5) 青野辰雄・福田美保・山崎慎之介・吉田聡・伊藤友加里・石丸隆・神田穰太・早乙女忠弘・水野拓治・山田学・山廻邊昭文：福島沿岸域における海水とプランクトン試料中の放射性 Cs の濃度変動について (II)、第 17 回「環境放射能」研究会 Proceedings、環境放射能研究会、茨城 16-P-12-Proc-05 (2016).
- 6) Tsumune D., Tsubono T., Aoyama M., Hirose K. : Distribution of oceanic ¹³⁷Cs from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant simulated numerically by a regional ocean model, *Journal of Environmental Radioactivity* 111, 100-108 (2012).
- 7) 中村義治：福島県沿岸の流動解析－2、福島水試研報、4、87-104 (1976).
- 8) 根本芳春・早乙女忠弘・佐藤美智男・藤田恒雄・神山享一・島村信也：福島県海域における海産魚介類への放射性物質の影響、福島水試研報、16、63-89 (2013).
- 9) 山田学・水野拓治・早乙女忠弘・伊藤貴之・佐久間徹：魚の移動が海域別の魚の放射性セシウム濃度を攪乱する影響について、福島水試研報、17、66-65 (2016).
- 10) Wada T., Nemoto Y., Shimamura S., Fujita T., Mizuno T., Sohtome T., Kamiyama K., Morita T., Igarashi S. : Effects of the nuclear disaster on marine products in Fukushima, *Journal of Environmental Radioactivity* 124, 246-254 (2013).
- 11) Soutome T., Wada T., Mizuno T., Nemoto Y., Igarashi S., Nishimune A., Aono T., Ito Y., Kanda J., Ishimaru T. : Radiological Impact of TEPCO's Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident on Invertebrates in the Coastal Benthic Food Web, *Journal of Environmental Radioactivity* 138, 106-115 (2014).
- 12) 早乙女忠弘・岩崎高資・根本芳春・池川正人・青野辰雄・水野拓治：福島県産イカナゴにおける放射性セシウム濃度の経年変化、福島水試研報、17、37-46 (2016).
- 13) 山田学・早乙女忠弘・成田薫・池川正人・神山享一：福島県海域におけるイシカワシラウオの放射性セシウム濃度の経年変化、福島水試研報、17、56-59 (2016).
- 14) IAEA : Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment, technical reports series, 422 (2004).