

北海道の海域における海水の放射性セシウム濃度

Concentration of Radioactive Cesium of Sea Water in Hokkaido

横山 裕之 澤村 正幸*

Hiroyuki YOKOYAMA and Masayuki SAWAMURA

Key words : radioactive cesium (放射性セシウム) ; sea water (海水) ; Hokkaido (北海道)

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島原発事故）により、大量の人工放射性物質（人工RI）が海洋に放出された。UNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）2020年/2021年報告書によれば、この事故によるセシウム137（以下、Cs-137）の海洋への放出量は、セシウム134（以下、Cs-134）の放出量と同量で、海洋中へ直接放出で、 $3.5\sim 5.6 \times 10^{15}$ Bq、大気から海洋表面への沈着による間接放出で、 $5\sim 11 \times 10^{15}$ Bqといわれている¹⁾。最近では、この事故で発生した汚染水を多核種除去装置によって、トリチウム以外の放射性物質について安全に関する規制基準値を確実に下回るまで浄化した水（以下、ALPS処理水）が、保管容量の限界に近づいたことから、ALPS処理水を海水で100倍以上に希釈してから太平洋へ放出する計画²⁾に基づいて、2023年8月24日から放出が開始された。

放射性物質汚染に関わる事象が発生した場合には、平常時における人工RI、とりわけ事故時には環境へ大量に放出される放射性セシウムのバックグラウンド調査は、緊急時の放射能調査の影響評価を行う上での重要なデータになる。

北海道においては、昭和32年から国の委託事業である環境放射能水準調査により、北海道内の環境試料の放射能濃度の調査をしている³⁻⁷⁾が、Ge半導体検出器による海水2 Lを対象とした分析では、放射性セシウムがすべて検出下限値（0.06 Bq/L程度）未満となっている。

一方、他機関において、福島原発事故直後の2011年9月に、北海道南東沖海域で20 Lの海水を分析し、 $4.0\sim 69$ mBq/kg（水深5 m）のCs-137が検出された報告がある⁸⁾。

これらのことから、著者は、平常時において20 Lの海水のバックグラウンド調査を実施することによって、今後、事故発生時に、数値を用いた詳細な解析ができると考えた。

そこで本研究では、原子力事故発生時の北海道海域の汚

染状況を総合的に判断する基礎的資料とするため、海水20 Lについて、リンモリブデン酸アンモニウム（AMP）を用いた共沈法により、低レベルの放射性セシウム濃度の調査を実施した。本稿では、調査結果とともに、北海道の他海域のデータ及び他機関における経年変化データを掲載する。

方 法

1. 採取地点と対象試料

採取地点は、国の委託調査による従前からのバックグラウンド調査地点である日本海側の余市湾に加え、北海道周辺の海域について、広域でバックグラウンドデータを積み重ねていくために、太平洋側の厚岸沖とした。対象試料は、2016年2月から2021年7月までの北海道余市湾及び2019年8月から2022年9月までの北海道厚岸沖で採取した表面海水20 Lで、余市湾で6試料、厚岸沖で4試料とした。各試料の採取地点を図に示した。試料採取は、放射能測定法シリーズ「環境試料採取法」⁹⁾に準拠し、表面海水をバケツ採取し、採取時に海水1 Lにつき（1+1）塩酸2 mLを加えて酸性とした。

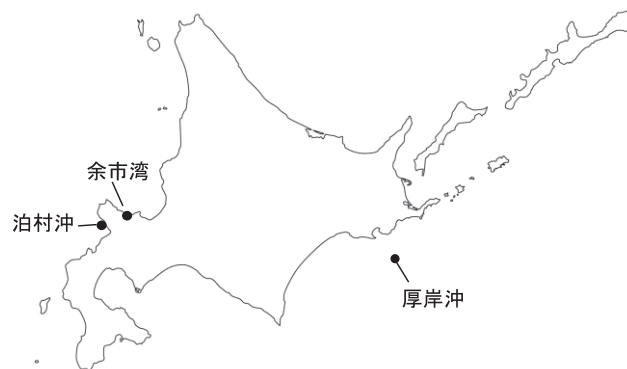


図 試料採取地点

*（地独）北海道立総合研究機構 釧路水産試験場

2. 試料調製

放射性セシウム（Cs-137 及び Cs-134）測定試料の調製は、放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」¹⁰⁾ に準拠して AMP 法により行った。すなわち、海水試料 20 L に和光純薬工業株式会社の 12- モリブド（VI）りん酸三アンモニウム三水和物 10 g を入れてかき混ぜ、一夜放置した。ろ液をデカンテーションで取り除き、沈殿を 3B ろ紙でろ過分離後、放射能測定専用容器（U8 容器）に入れ、水分を十分に乾燥機で蒸発させて測定試料とした。

3. 装置

ガンマ線を放出する放射性セシウムの分析には 2 台のゲルマニウム半導体検出器を用いた。

装置 1：検出器 GEM40190（（株）ORTEC）（相対効率 42.0%、分解能 1.95 keV）、多重波高分析器 MCA7700（セイコー・イージーアンドジー（株））、遮蔽体 LBL（（株）伸和工業）。

装置 2：検出器 GEM25-70（（株）ORTEC）（相対効率 30.2%、分解能 1.79 keV）、多重波高分析器 MCA7a（セイコー・イージーアンドジー（株））、遮蔽体 LBV-1-3（（株）伸和工業）。

4. 分析方法

調製した U8 容器の試料中のガンマ線を放出する放射性セシウムの分析は、放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体検出器等によるガンマ線スペクトロメトリー」¹¹⁾

に準拠して行った。測定時間は 80,000 秒とした。解析にはガンマスタジオ（セイコー・イージーアンドジー（株））及びガンマステーション（セイコー・イージーアンドジー（株））を用い、計数誤差の 3 倍を検出下限値とした。

結 果

表 1 に余市湾及び厚岸沖対象試料の Cs-137 と Cs-134 の放射能濃度の測定結果を、採取年月日、採取地、緯度、経度と共に示した。また、厚岸沖での試料採取時のデータとして、電気伝導度水温水深計により測定した水温、塩分の鉛直分布を表 2 に示した。

余市湾では、6 試料のうち、2016 年（1.9 mBq/L）、2017 年（1.6 mBq/L）及び 2019 年（2.8 mBq/L）の 3 試料から Cs-137 が検出された。また、厚岸沖では 4 試料のうち 2019 年（1.7 mBq/L）、2020 年（1.7 mBq/L）及び 2022 年（2.2 mBq/L）の 3 試料から Cs-137 が検出された。

北海道の他海域の Cs-137 の放射能濃度は、2016 年から 2021 年までの「泊発電所周辺環境放射線監視結果報告書」¹²⁾ によれば、泊発電所周辺海域では、全 192 検体のうち最大で 2.6 mBq/L、海上保安庁による「放射能調査」¹³⁾ によれば、2012 年 7 月～2017 年 8 月と 2021 年 7 月の小樽沖では、全 7 検体で 1.4～1.9 mBq/L の範囲にあり、本稿と同レベルであった。

その他、本稿と同一地点（余市湾）及び道内の他海域（泊村沖）での放射性セシウム濃度の経年変化を示すもの

表 1 海水の放射能濃度

採取年月日	採取地	緯度 N	経度 E	放射能濃度 単位：mBq/L		
				Cs-137	(検出下限値)	Cs-134
2016/12/08	余市湾	43° 14.017	140° 47.817	1.9	(1.5)	< 2.0
2017/08/02	〃	43° 14.033	140° 47.500	1.6	(1.4)	< 1.9
2018/07/25	〃	43° 14.033	140° 47.500	< 1.5		< 2.0
2019/07/30	〃	43° 13.383	140° 46.867	2.8	(1.4)	< 2.2
2020/07/28	〃	43° 13.267	140° 46.867	< 4.0		< 4.1
2021/07/26	〃	43° 13.317	140° 46.917	< 1.0		< 1.5
2019/08/21	厚岸沖	42° 45.742	145° 04.589	1.7	(1.5)	< 2.1
2020/08/22	〃	42° 44.272	145° 04.573	1.7	(1.1)	< 1.2
2021/08/22	〃	42° 44.387	145° 04.577	< 2.8		< 3.2
2022/09/02	〃	42° 33.008	144° 53.637	2.2	(1.6)	< 1.7

表 2 厚岸沖海水の水温および塩分

採取年月日	測定開始時間	水温 (°C)				塩分 (CTD)*			
		表面	10m	50m	100m	4m	10m	50m	100m
2019/08/21	23 : 09	15.9	15.04	8.48	2.38	33.11	33.27	33.58	33.25
2020/08/22	23 : 33	15.6	14.68	5.82	4.21	33.32	33.28	33.12	33.21
2021/08/22	23 : 20	13.9	12.26	8.81	4.24	33.02	33.23	33.32	33.27
2022/09/02	17 : 00	21.1	20.63	10.63	6.84	32.96	33.03	34.13	33.73

* 塩分は CTD（電気伝導度水温水深計）により測定

表3 ベータ線測定による海水中の放射性セシウム放射能濃度（環境放射能水準調査）*

採取年月日	採取地	分析供試量 (L)	放射能濃度 (mBq/L)
1975/07/23	泊村沖	40.8	7.03
1976/08/05	〃	35.1	5.55
1977/07/21	〃	36.5	5.92
1978/08/02	〃	40	5.92
1979/04/04	〃	35	4.81
1980/08/05	〃	35	5.55
1981/07/28	〃	35.2	5.55
1982/08/05	〃	39.9	5.18
1983/08/04	〃	39.5	4.81
1984/08/06	〃	40	5.18
1985/08/06	〃	40	3.70
1986/08/05	〃	40	7.77

*参考文献 14) (公財)日本分析センター：環境放射線データベースから引用

として、原子力規制庁が委託し、(公財)日本分析センターで測定した放射能濃度の公開データがあり¹⁴⁾、このうち泊村沖のデータを表3に、余市湾のデータを表4にまとめた。

放射性セシウム濃度は、泊村沖において、1975年7月から1985年8月までは、全体的に減少傾向にあり、最大で7.03 mBq/Lから最小で3.70 mBq/Lまで減少しているが、1986年8月は、同年4月に起きたチェルノブイリ原子力発電所事故による影響と考えられる7.77 mBq/Lの放射性セシウムが検出された。その後、採取地点が余市湾に変わり、1987年11月から2012年7月までは、最大で4.9 mBq/Lから最小で1.5 mBq/Lまで減少して、1990年代後半からは本調査と同レベルであった。

最後にあたり、本稿が今後の北海道海域の海水の放射能濃度の変動を捉えるための一助になればと考える。

検体の調査・採取にご協力頂きました関係各位に深謝いたします。

文 献

- 1) UNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）2020年/2021年報告書 第II巻, https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.II_JAPANESE.pdf（確認2023年5月19日）
- 2) 経済産業省ウェブページ，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における多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針, https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/hairo_osensui/alps_policy.pdf（確認2023年5月19日）
- 3) 福田一義：北海道立衛生研究所における環境放射能調査50年の変遷. 道衛研所報, **57**, 1-14 (2007)
- 4) 横山裕之, 市橋大山, 中道哲平, 植田貴仁：北海道における環境放射能水準調査について（2015年度）. 道衛研所報, **67**, 21-25 (2017)
- 5) 横山裕之, 青柳直樹, 市橋大山, 佐伯一成, 水島篤郎：

表4 ベータ線測定による海水中の放射性セシウム放射能濃度（環境放射能水準調査）*

採取年月日	採取地	分析供試量 (L)	放射能濃度 (mBq/L)
1987/11/26	余市湾	40	4.81
1988/07/27	〃	40	4.9
1989/07/27	〃	39	3.2
1990/07/25	〃	40	5.0
1991/07/19	〃	40	3.8
1992/07/21	〃	40	2.9
1993/07/21	〃	40	3.7
1994/07/21	〃	40	3.7
1995/07/19	〃	40	3.4
1996/07/16	〃	40	2.7
1997/07/14	〃	38.9	2.5
1998/07/16	〃	30	2.5
1999/07/13	〃	30	2.2
2000/06/26	〃	30	2.3
2001/06/26	〃	30	2.0
2002/07/22	〃	30	2.0
2003/06/30	〃	30	2.0
2004/06/03	〃	30	2.1
2005/06/07	〃	30	1.9
2006/06/30	〃	30	1.9
2007/06/27	〃	30	2.2
2008/07/31	〃	30	1.9
2009/08/05	〃	30	1.9
2010/08/30	〃	30	1.5
2011/07/27	〃	30	2.8
2012/07/23	〃	30	2.1

*参考文献 14) (公財)日本分析センター：環境放射線データベースから引用

北海道における環境放射能水準調査について（2016年度）. 道衛研所報, **68**, 49-51 (2018)

- 6) 横山裕之, 青柳直樹, 市橋大山, 佐伯一成, 水島篤郎：北海道における環境放射能水準調査について（2017年度）. 道衛研所報, **69**, 39-41 (2019)
- 7) 横山裕之, 青柳直樹, 市橋大山, 横川弘武, 水島篤郎：北海道における環境放射能水準調査について（2018年度）. 道衛研所報, **70**, 77-79 (2020)
- 8) 埴山秀樹, 安倍大介, 重信裕弥, 藤本 賢, 小埜恒夫, 中田 薫, 森田貴己, 渡邊朝生：東京電力福島第一原子力発電所事故以降の日本周辺海域における海水の¹³⁴Csおよび¹³⁷Cs濃度. 海の研究 (Oceanography in Japan), **23**, 127-146 (2014)
- 9) 文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課防災環境対策室編：放射能測定法シリーズ16「環境試料採取法」, 財団法人日本分析センター, 千葉, 1983年
- 10) 文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課防災環境対策室編：放射能測定法シリーズ13「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」, 財

団法人日本分析センター，千葉，1982 年

- 11) 原子力規制室監視情報課編：放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器等による γ 線スペクトロメトリー」，財団法人日本分析センター，千葉，2020 年
- 12) 北海道総務部危機対策局原子力安全対策課：安全協定と環境モニタリング 泊発電所周辺環境放射線監視結果報告書，https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/gat/kanshi/kankyou_monitoring.html（確認 2023 年 5 月 19 日）
- 13) 海上保安庁：放射能調査報告書，<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/osen/housha.html>（確認 2023 年 5 月 19 日）
- 14) （公財）日本分析センター：環境放射線データベース，<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/>（確認 2023 年 5 月 19 日）