

宮城県環境放射線監視センター一年報

第 5 卷

令和元年

ANNUAL REPORT

OF

MIYAGI PREFECTURE ENVIRONMENTAL RADIATION

MONITORING CENTER

VOL.5 (2019)

宮城県環境放射線監視センター

はじめに

10年前の東日本大震災で被災した宮城県原子力センターは、暫定施設を経て平成27年4月に現在の地に移転、新築されるとともに、名称も宮城県環境放射線監視センターと改められて管轄地域を県内全域に広げ、女川原子力発電所を対象とした環境放射線及び環境放射能の監視測定を継続してきました。

このたび、新体制5年目の令和元年度における当センターの活動状況について、調査研究を含め「宮城県環境放射線監視センター年報 第5巻」としてとりまとめましたので、御高覧のうえ、忌憚の無い御意見、御講評を賜りますよう、よろしく申し上げます。

さて、当センターが監視対象としております女川原子力発電所ですが、1号機は令和2年3月に廃止措置計画が原子力規制庁に認可され、2号機は令和2年2月に原子炉設置変更許可が下り、3号機は定期点検を継続しているという状況にあります。

一方、その監視体制につきましては、被災地の復興や環境の変化に応じて、被災したモニタリングステーションの移転復旧や指標海産物の変更といった見直しを行っております。今後も、社会情勢等を踏まえながら最適な体制を目指して検討、整備していくとともに、県民の安全、安心に向けて、正確なモニタリングにより厳正な監視を行ってまいります。

最後になりますが、当センターの業務に日頃から御指導、御助言をいただいております関係各位に心からお礼を申し上げます。

令和3年3月

宮城県環境放射線監視センター
所長 佐藤 健一

目 次

はじめに

第5巻(2019)

I 宮城県環境放射線監視センター概要	1
II 論文	
1 海洋放射能汚染指標海産生物としてのアラメその他の褐藻の特性 石川陽一、小笠原一孝、小野原清志、伊藤節男、高群富貴、高橋正人、 澤田晃宏、安藤孝志	7
III 技術報告	
1 空間ガンマ線量率の監視における0.1mm雨量計の有用性について 木村幸由、木村昭裕、高橋正人、安藤孝志	17
2 人工放射性核種の影響がない状況下での指標線量率の 特異な変動事例について 木村昭裕、石幡茜、木村幸由、伊藤節男、高橋正人、安藤孝志	23
IV 学会発表等の要旨	27
V 資料	
資料1 宮城県における環境放射能核種分析結果	28
(1) Ge半導体検出器による分析結果	31
(2) Sr-90分析結果	43
(3) H-3分析結果	43
(4) 原子力規制庁委託調査結果	44
資料2 環境試料の放射化学分析結果	48

C o n t e n t s

Preface

I Outline of Environmental Radioactivity Research Institute of Miyagi	1
--	---

II Paper

1 Characteristics of Arame and Other Brown Algae as Indicator Organisms in Marine Radioactivity Monitoring	7
<i>Yoichi Ishikawa, Kazutaka Ogasawara, Kiyoshi Onohara, Setsuo Ito, Tomitaka Takamura, Masato Takahashi, Akihiro Sawada and Takashi Ando</i>	

III Technical Papers

1 Usefulness of 0.1 mm raingauge for monitoring Environmental Gamma-Ray Dose Rate <i>Yukiyoshi Kimura, Akihiro Kimura, Masato Takahashi and Takashi Ando</i>	17
2 A Case Study of Peculiar Variation of Artificial Dose Rates under the Condition of No Influence of Artificial Radionuclides	23
<i>Akihiro Kimura, Akane Ishihata, Yukiyoshi Kimura, Setsuo Ito, Masato Takahashi and Takashi Ando</i>	

IV Abstracts	27
---------------------------	----

V Data

1 Results of Radionuclide Analysis of Environmental Samples	28
(1) Results of Gamma-ray Spectrometry with Ge-detectors.	31
(2) Results of Sr-90 Analysis	43
(3) Results of H-3 Analysis	43
(4) Fallout Survey Data in Miyagi Prefecture	44
2 Results of Radiochemical Analysis of Environmental Samples	48

I 宮城県環境放射線監視センター概要

1 所在地

宮城県仙台市宮城野区幸町四丁目7-1-2

国土地理院承認 平14総複 第149号



図-1 位置図

2 組織及び名簿 (平成31年4月1日現在)

職名 (担当)		氏 名	配属年月日
所 長		安 藤 孝 志	H 29. 4. 1
技術副参事兼次長 (総括担当兼班長)		高 橋 正 人	H 28. 4. 1
庶務担当	次長 (庶務担当)	高 橋 吉 春	H 30. 4. 1
	次 長	照 井 幹 雄	H 30. 4. 1
監視測定班	副主任研究員	木 村 昭 裕	H 25. 4. 1
	研究員	伊 藤 節 男	H 26. 4. 1
	研究員	石 幡 茜	H 28. 4. 1
	研究員	木 村 幸 由	H 30. 4. 1
	技 師	小野原 清 志	H 31. 4. 1
	技 師	小笠原 一 孝	H 29. 4. 1
	放射線・放射能調査研究員	石 川 陽 一	H 24. 4. 1

3 決算（平成31年度歳入歳出決算書から事業関連を抜粋）

(1) 歳入

単位：円（令和2年5月31日現在）

科目	決算額	摘要
10 財産収入	1,500	
01 財産運用収入		
01 財産運用収入	1,500	電柱敷地等

(2) 歳出

単位：円（令和2年5月31日現在）

科目	決算額	摘要
(通常予算)		
02 総務費		
10 生活環境費		
07 環境放射能監視測定費	181,761,157	環境放射能監視測定事業

4 主要設備・機器（重要物品）

令和2年3月31日現在

区分	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考
監視・測定用	1 環境放射線測定装置 (線量率測定演算部)	日立アカデミカル(株)・ACE-451	3台	H11	女川局、小屋取局、寄磯局撤去品
	2 ダスト・ヨウ素モニタ	日立アカデミカル(株)・DMS-R41-21087	1台	H12	予備機
	3 電離箱式放射線監視装置	日立アカデミカル(株)・RIC-388 他	3台	H12	女川局、小屋取局、寄磯局撤去品
	4 標準線量計	ポニー工業(株)・AE-1326他	1台	H17	
	5 ダスト・ヨウ素サンプラー	応用光研工業(株)・S-2766	1台	H18	女川局
	6 蛍光ガラス線量計	AGCテクノグラス(株)・FGD-252	1台	H19	
	7 可搬型モニタリングポスト	応用光研工業(株)・HND-304A 他	6台	H23	
	8 可搬型モニタリングポスト データ処理装置	応用光研工業(株)・FC-S21W 他	1式	H23	
	9 ポータブルルマンウムγ線核種分析装置	セイコー・インジエーション(株)・Trans-SPEC-DX-100T 他	1台	H23	
	10 広域モニタリングステーション	富士電機(株)・アルミサ ンドイッチパネル 他	10式	H24	石巻稲井局、雄勝局、河南局、河北局、北上局、
	11 電離箱式検出器	富士電機(株)・NCE207K	10式	H24	鳴瀬局、南郷局、涌谷局、津山局、志津川局

区分	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考	
監視・測定用	12	自動液体濃縮装置	(株)星理科学器械・マントルヒーター他	1式	H24	
	13	ゲルマニウム半導体検出器ダストヨウ素モニタ	日立アカメテック(株)・DSM-R41-22843	1台	H26	寄磯局
				1台	H27	小屋取局
	14	低バックグラウンドベータ線自動測定装置	日立アカメテック(株)・LBC-4202B	1台	H26	
	15	消臭・脱煙装置付き電気炉	(株)東京技術研究所・TFF80-C	2台	H26	
	16	消臭・脱煙装置	(株)東京技術研究所・VM-B	3台	H26	
	17	低線量率測定装置(NaI検出器用線量率測定演算部)	(株)日立製作所・ASM-1465	7台	H29	女川局、小屋取局、寄磯局、再建4局
	18	電離箱式検出器	(株)日立製作所・RIC-338	7台	H29	女川局、小屋取局、寄磯局、再建4局
	19	電離箱式検出器収納筐体	(株)日立製作所・OVN-R41-23078	3台	H29	女川局、小屋取局、寄磯局
	20	電離箱式検出器収納筐体	(株)日立製作所・OVN-17	4台	H29	再建4局
	21	高線量率測定装置(電離箱検出器用線量率測定演算部)	(株)日立製作所・ASE-1452	7台	H29	女川局、小屋取局、寄磯局、再建4局
	22	γ線標準照射装置	ポニー工業(株)・PSR-102MS型	1台	H22	
	23	高純度ゲルマニウム半導体検出器	ORTEC(セイコー・イメージングシステム(株))・GMX25P4-70-RB-B他	1台	H23	監視Ge 1、電気冷却式、サンプルチェンジャー付
	24	Ge半導体検出器用予備電気冷却装置	セイコー・イメージングシステム(株)・CFG-X-COOL-III-115	1台	H26	
	25	ICP発光分光分析装置	サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)・iCAP7000シリーズ	1台	H26	
	26	マイクロ波試料前処理装置	マイルストーンセネラル(株)・ETHOS UP	1台	H26	
	27	低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ	日立アカメテック(株)・LSC-LB 7	1台	H26	
	28	ハンドフットクロズモニタ	日立アカメテック(株)・MBR-201H	1台	H26	
	29	ゲルマニウム半導体検出器用大型遮蔽体		1台	H29	監視Ge 2用
	30	ゲルマニウム半導体検出器(GEM型)	セイコー・イメージングシステム(株)・GEM25-70	1台	H29	監視Ge 2

区分	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考	
監視・測定用	31	検出器冷却用液体窒素凝縮装置	MOBIUS	1台	H29	監視Ge 2用
	32	オートサンプルチェンジャー付き鉛遮蔽体		1台	H29	監視Ge 2用
	33	解析用ソフトウェア	Gamma Station	1式	H29	
	34	検体採取車	トヨタハイエース、2690cc	1台	H23	
	35	移動観測車	スバルフォレスター、1990cc	1台	H23	NaI検出器(スペクトル解析可)搭載
	36	MS点検車	ホンダフリードスパイク、1490cc	1台	H26	
	37	気象測器		3台	H30	女川局、小屋取局、寄磯局
広報	1	可搬型モニタリングポスト	応用光研工業(株)・HND-304A 他	2台	H23	丸森局、白石局、
	2	可搬型モニタリングポスト	応用光研工業(株)・HND-304A 他	1台	H23	山元局
その他	1	原子力防災用車両	トヨタアルファードハイブリッド	1台	H24	
	2	大気モニタ	富士電機(株)	19台	H30	
	3	大気モニタ等データ収集・伝送装置	富士電機(株)	1台	H30	
	4	オートサンプルチェンジャー付きヨウ素サンプラ	富士電機(株)	5台	H30	



図-2 環境放射線監視センター配置図

◎女川原子力発電所周辺監視

- 周辺モニタリングステーション(7局)
- 広域モニタリングステーション(10局)



周辺モニタリングステーション
(既設局)



周辺モニタリングステーション
(再建局)



広域モニタリングステーション

◎福島第一原子力発電所事故対応

- 県南地区設置可搬型モニタリングポスト(3局)
- 水準調査用固定型モニタリングポスト(7局)
- 規制庁設置可搬型モニタリングポスト(30局)



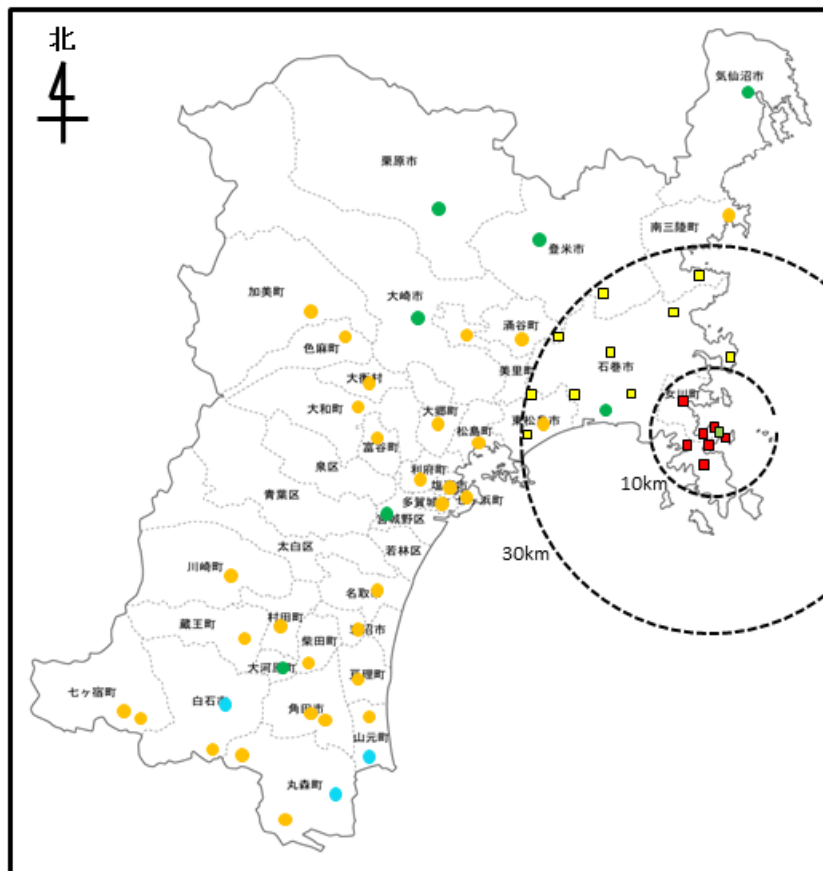
県南地区設置
可搬型モニタリングポスト



水準調査用
固定型モニタリングポスト



規制庁設置
可搬型モニタリングポスト



図一 3 放射線測定装置配置図

II 論 文

海洋放射能汚染指標海産生物としてのアラメその他の褐藻の特性

石川陽一¹、小笠原一孝²、小野原清志、伊藤節男、高群富貴³、高橋正人⁴、

澤田晃宏*、安藤孝志⁵

宮城県環境放射線監視センター、* 東北緑化環境保全株式会社

海洋放射能汚染の指標海産生物としての特性を調べるため、宮城県沿岸において、2013-2019年の期間にアラメなどの褐藻中の放射性核種と元素の濃縮係数(CR)を調べた。放射性核種では¹³⁷Csについて、また安定元素では¹³¹I、^{58,60}Co、⁵⁴Mn、⁵⁹Feなどの放射性核種の代替微量元素であるI、Co、Mn、Feについて、エゾノネジモクのCRをアラメと比べた。その結果、¹³⁷CsのCR(算術平均値約30-40)は同程度、IのCR(算術平均値約2,100)は約1/3程度、Co、Mn及びFeのCR(それぞれ算術平均値約6,800、4,200及び180,000)は2-4倍程度であった。エゾノネジモクと同属のヨレモクにおいて、I、Co及びMnのCRはエゾノネジモクより高めであった。アラメとエゾノネジモク中のPu、⁹⁰Sr及びSrのCRについても若干の知見が得られた。以上の結果から、エゾノネジモクは原子力発電所の腐食生成物由来の放射性核種などによる沿岸海洋汚染の指標生物として適していることが強く示唆された。また、過去データの解析から、アラメ中のK、Co及び¹³⁷Cs濃度の季節変動に関する知見も得られた。

1 はじめに

海洋放射能汚染に対する指標海産生物としての海藻の役割については、古くからその有用性が報告されている[1-3]。宮城県では1981年から東北電力女川原子力発電所周辺で行っている環境放射能モニタリングにおいて、褐藻のアラメ(コンブ目コンブ科アラメ属、*Eisenia bicyclis*)を用いた定期的な測定の結果、これまでにチェルノブイリ事故由来の放射性核種(以下「核種」と記す)や医療由来と推定される微量の¹³¹Iなどの検出に役立ってきた[4]。指標生物選定の際は、核種又は元素の濃縮係数(CR: Concentration Ratio)、採取難易度、季節差などの特性に留意する必要があるが[3, 5]、特にCRは線量評価などにも役立つため重要と考えられる[2, 3]。アラメは沿岸の浅瀬に生息する水産資源上重要な多年草で[6]、見分けやすかつ通年採取可能で、更にヨウ素(I)のCRが高くモニタリングに適した生物である[7, 8]。しかし、2011年の東日本大震災の影響の有無は明らかでないが[9]、近年は採取が困難になりつつある。そこで、定期的モニタリングのためには、アラメの採取頻度を少なくする代わりに代替生物を確保する必要性が生じた。代替生物としては、ウニなどの海産動物による食害が少なく、かつアラメと生育分布が類似しているなどの理由から褐藻のエゾノネジモク(ヒバマタ目ホンダワラ科ホンダワラ属、*Sargassum yezoense*)が候補にあがった。エゾノネジモクについては、これまで宮城県などにおいて分布や生態の調査がかなり行われているものの[10-13]、元素や核種の濃縮特性に関しては、過去にTateda & Koyanagi [14]による¹³⁷Cs濃度とCRに関するもの以外には報告がみられない。一方、アラメについては、これまでに¹³¹Iや¹³⁷Csなどの核種の濃度とCR [7, 8, 14-17]及びIのCR [7]が調べられている。また、原子力施設周辺のモニタリング上、事故等の際に放出される可能性のある^{58,60}Co、⁵⁴Mn、⁵⁹Feなどの腐食生成物由来の核種のCRも重要であるが、これらは平時に検出されないため、代わりに安定元素を用いる方法が考えられる。しかし、アラメについてはこれらの元素濃度は調べられているものの[19, 20]、CRは求められていない[7]。

1 元 宮城県環境放射線監視センター、2 現 宮城県保健環境センター、3 現 宮城県原子力安全対策課、
4 現 宮城県気仙沼保健福祉事務所、5 現 東北緑化環境保全株式会社

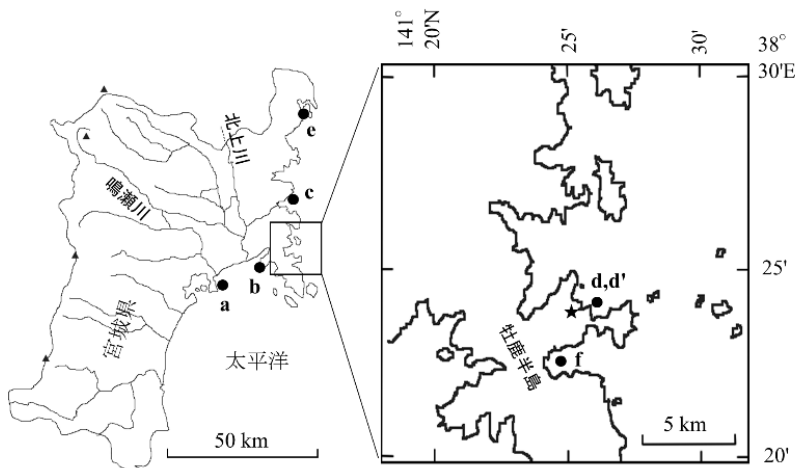


図 1 宮城県沿岸のサンプリング地点位置. a,b 地点：牡鹿半島西部、c 地点：牡鹿半島北部、d,d'地点*：女川原子力発電所放水口付近、e 地点：気仙沼湾、f: 鮫浦湾。★：女川原子力発電所。
* 海水採取地点、d: 宮城県、d': 東北電力

本研究は、従来から用いてきたアラムのほか、新たな候補としてのエゾノネジモクなども対象として、原子力施設周辺環境モニタリングにおいて重要な I や Co 等の元素及び ^{137}Cs や ^{40}K などの核種の濃度から CR を算出することにより、指標海産生物としての特性を明らかにすることを目的とする。

2 方法

アラムは、主として女川原子力発電所付近の沿岸海域及び同発電所から 10 km 以上離れた対照海域において (図 1)、約四半期毎に数 kg 程度ずつ採取した。従来からのアラムに加えて、2017 年以降は可能な限りアラムと同じ生息域でエゾノネジモクも採取した。また、ヨレモク (ホンダワラ属、*Sargassum siliquastrum*) も 1 試料を採取した。海藻は砂や小動物などの付着物を除去するために現場の海水で洗浄した。海藻試料は、アラムについては葉部、エゾノネジモクとヨレモクについては付着器以外を試料とし、各々裁断して混合した。

^{131}I 測定のために一部を生のままミキサーで粉碎し、その測定後に乾燥した試料から安定ヨウ素分析用試料を分取した。裁断した残りの生試料を別途乾燥後に 450°C で灰化し、 ^{137}Cs や重金属等の元素測定用試料とした。

^{137}Cs 等の γ 線放出核種の放射能は、灰試料を 30 g 程度秤量後に容器に充填し、相対効率約 25-40% の Ge 半導体検出器を用いて 8-30 万秒測定した [21]。 ^{90}Sr の放射能測定は、灰化試料を酸抽出後にイオン交換法で分析し、低 BG ガスフロー式 GM カウンター (日立アロカ製 LBC-4202B) で β 線を測ることにより行った [22]。 ^{239}Pu と ^{240}Pu の分析は、 ^{242}Pu を収率トレーサーとして ICP-MS 法 (サーモフィッシャー製 finnigan element2 使用) によって行い、核種別に分離測定した [23]。 ^{137}Cs と ^{90}Sr は半数程度の試料で検出されなかったが、検出下限値は、 ^{137}Cs で約 0.07-0.12 Bq/kg 生重量、 ^{90}Sr で約 0.02-0.06 Bq/kg 生重量であった。

安定元素については I、Co、Mn、Fe、Sr の濃度を測定した。海藻の安定 Sr 分析は ICP-OES 法で行った。一方、CR 算出に必要な海水中の元素濃度を測定するため、海藻採取場所の付近で海水も採取した。海水の元素分析用には $0.45\ \mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過後の試料を用い、ICP-OES 法または ICP-MS 法で分析した。元素又は核種の CR (L/kg 生重量) は、生物中濃度 (mg/kg 生重量又は Bq/kg 生重量) を海水中濃度 (mg/L 又は Bq/L) で割ることにより算出した [3]。

3 結果及び考察

3.1 ヨウ素及び金属元素の濃縮係数

図 2 に、2018-2019 年におけるアラムとエゾノネジモクに対する I、Mn 及び Co の CR を示す。CR の算出に当たっては海水から海藻への元素の取込・離脱が平衡状態にあると仮定した [3]。横軸は採取地点と採取年月を示す。濃度データも含めた詳細データを表 1 と表 2 に示す。以下、濃度データの概略を述べたのちに CR について説明する。

表 1 と表 2 によると、I の海水中濃度は約 $40\text{--}70\ \mu\text{g/L}$ であり、日本の海域の文献値約 $60\ \mu\text{g/L}$ (野崎 [24] による値 $58\ \text{mg/kg}$ を海水比重 1.02 [25] として換算) と同程度であった。I のアラム中濃度は約 $350\text{--}480\ \text{mg/kg}$ 生重量で、概ね宮城県 [26] による 2004-2006 年の過去測定値範囲 ($440\text{--}1000\ \text{mg/kg}$ 生重量) にあった。I のエゾノネジモク中濃度は約 $70\text{--}130\ \text{mg/kg}$ 生重量で、アラムの数分の一程度であった。Mn、Co 及び Fe

表 1 2018-2019 年に宮城県沿岸で観測された褐藻類（アラメ）と海水中の数種の元素濃度と濃縮係数.

元素	採取地点													統計値			単位			
	d		c		a		b		d		c		a		n	min.		AM	max.	SD
	2018/11/6	2018/11/12	2018/11/12	2018/11/12	2019/5/30	2019/11/6	2019/11/13	2019/11/13	2019/11/13	2019/11/13	2019/11/13	2019/11/13								
海藻中濃度	I	440	440	480	350	440	410	470	350	430	480	40	mg/kg	生重量						
	Mn	1.3	0.7	2.4	1.0	0.81	0.70	3.3	0.7	1.5	3.3	1.0	mg/kg	生重量						
	Co	0.06	0.02	0.06	0.01	0.05	0.04	0.06	0.01	0.04	0.06	0.02	mg/kg	生重量						
	Fe	17	7	23	10	10	10	33	7	16	33	9	mg/kg	生重量						
	Cs	-	-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3	mg/kg	生重量					
海水中濃度	I	71	70	67	42	55	59	48	42	59	71	11	µg/L							
	Mn	0.76	0.43	1.56	0.94	0.78	3.5	11	0.43	2.7	11	3.8	µg/L							
	Co	0.012	0.006	0.009	0.008	0.012	0.013	0.021	0.006	0.012	0.021	0.005	µg/L							
	Fe	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.27	0.3	0.1	µg/L						
	Cs	-	-	-	-	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.27	0.3	0.1	µg/L						
CR	I	6,200	6,300	7,200	8,300	8,000	6,900	9,800	6,200	7,500	9,800	1200	L/kg							
	Mn	1,700	1,600	1,500	1,100	1,000	200	300	200	1,100	1,700	600	L/kg							
	Co	5,000	3,300	6,700	1,300	4,200	3,100	2,900	1,300	3,800	6,700	1700	L/kg							
	Fe	-	-	-	-	50,000	-	-	-	50,000	50,000	1700	L/kg							
	Cs	-	-	-	-	30	30	50	30	37	50	10	L/kg							

略称：n はデータ数、AM は算術平均値、SD は標準偏差、-は未分析、CR は濃縮係数.

表 2 2018-2019 年に宮城県沿岸で観測された褐藻類（エゾノネジモク、ヨレモク）と海水中の幾つかの元素濃度と濃縮係数。

元素	採取地点										統計値			単位				
	2018/12/3		2018/12/3		2018/12/3		2019/2/14		2019/2/11		2019/5/9		n		min.	AM	max.	SD
	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク	エゾノネジモク						
海藻種類	I	85	96	99	72	130	130	130	120	150	72	100	130	23				mg/kg生重量
	Mn	2.3	3.5	2.9	2.1	2.0	2.6	2.3	2.3	19	2.0	2.5	3.5	1				mg/kg生重量
海藻中濃度	Co	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.07	0.02	0.03	0.05	0.01				mg/kg生重量
	Fe	24	30	35	29	30	37	36	36	110	24	32	37	5				mg/kg生重量
海水中濃度	I	62	62	63	47	45	41	45	45	42	41	52	63	10				µg/L
	Mn	0.21	0.9	1.16	0.67	1.14	1.84	0.39	0.39	0.94	0.21	0.90	1.84	0.55				µg/L
	Co	0.002	0.007	0.005	0.004	0.008	0.009	0.009	0.009	0.008	0.002	0.006	0.009	0.003				µg/L
	Fe	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-				µg/L
CR	I	1,400	1,500	1,600	1,500	2,900	3,200	2,700	2,700	3,600	1,400	2,100	3,200	780				L/kg
	Mn	11,000	3,900	2,500	3,100	1,800	1,400	5,900	5,900	20,000	1,400	4,200	11,000	3,300				L/kg
	Co	20,000	7,100	4,000	7,500	3,800	2,200	3,300	3,300	8,800	2,200	6,800	20,000	6,100				L/kg
	Fe	-	-	-	-	-	-	180,000	180,000	-	-	180,000	-	-				L/kg

略語：n はデータ数、AM は算術平均値、SD は標準偏差、-は未分析、CR は濃縮係数。

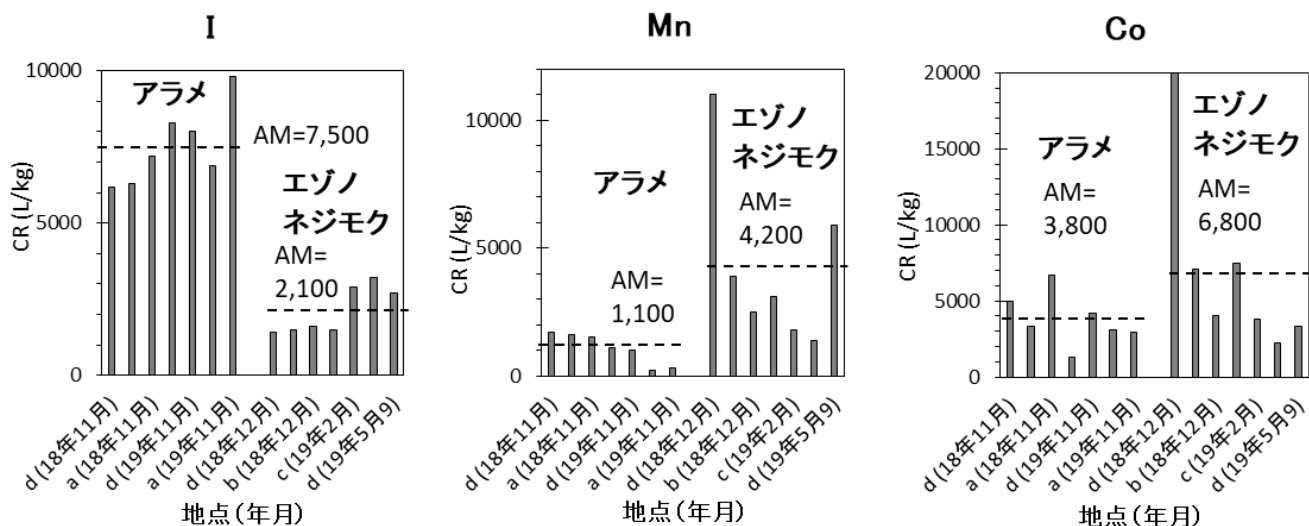


図2 2018-2019年の宮城県沿岸におけるアラメとエゾノネジモク中 I, Mn, Co の濃縮係数 (CR) . 破線は海藻種類毎の CR の算術平均値 (AM: arithmetic mean) を示す.

の海水中濃度はそれぞれ約 0.2-11、約 0.002-0.02 及び 0.2 $\mu\text{g/L}$ 、アラメ中濃度はそれぞれ約 0.7-3.3、0.01-0.06 及び 7-33 mg/kg 生重量、またエゾノネジモク中のこれらの濃度はアラメと大体同程度であった。ヨレモク (1 試料) の Mn と Fe 濃度 (それぞれ 19 と 110 mg/kg 生重量) は、エゾノネジモク (7 試料) の濃度 (それぞれ 2.0-3.5 と 24-37 mg/kg 生重量) よりも高めであった。Cs の海水中濃度は 0.2-0.3 $\mu\text{g/L}$ 、またアラメ中濃度は約 0.01 mg/kg 生重量であり、Tateda & Koyanagi [14]による値と同程度であった。

次に、図2によると、アラメとエゾノネジモクの I の CR の算術平均値 ($n = 7$) はそれぞれ 7,500 と 2,100 であり、エゾノネジモクではアラメの約 1/3 程度であった。また、アラメとエゾノネジモクの Mn の CR の算術平均値 ($n=7$) はそれぞれ 1,100 と 4,200、Co の CR の算術平均値 ($n=7$) はそれぞれ 3,800 と 6,800 であった。概して、エゾノネジモクにおいて Mn と Co の CR はアラメの約 2-4 倍程度高かった。表2によると、ヨレモク (1 試料) の I と Mn の CR はそれぞれ 3,600 と 20,000 で、エゾノネジモク (7 試料) の I と Mn の CR (それぞれ 1,400-3,200 と 1,400-11,000) に比べて高めであった。アラメ (1 試料) とエゾノネジモク (1 試料) について Fe の CR も求めたところ、CR はそれぞれ 50,000 (表1) と 180,000 (表2) であった。以上のことから、エゾノネジモクはアラメに比べれば I の CR は低めであるがかなりの濃縮能があり、かつ Mn、Co などの金属元素の CR は高く、指標海産生物としてモニタリングに適しているものと考えられる。なお、一部の元素については過去に濃度の季節変動に関するデータがあり、図1の site d 付近においてアラメ中の I の CR は 8 月頃 [7]、Co 濃度は 8-11 月頃に高い傾向がみられた [20]。Co については K とともに詳しく後述する。

3. 2 放射性核種と元素の濃縮係数の比較

表3に、site d のアラメ、エゾノネジモク及び site b のヨレモクに検出された核種 (^{137}Cs 、 ^{40}K 、 $^{239,240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr) の濃度を示す。合わせて安定 Sr 濃度とその CR (範囲 15-35) も示した。Sr の CR の計算時、海水の安定 Sr 濃度として、Nagaya ら [27]による日本近海の測定値平均値 7.91 mg/kg を換算し、8.1 mg/L として用いた (海水比重 1.02 と仮定 [25])。本研究では海水中の ^{90}Sr 濃度を測定していないが、図3に示すように東北電力による d 地点 (地点 d 付近) の測定において [30]、2016-2019 年の 4 データの算術平均値は約 2.3 mBq/L (最小値 1.4-最大値 2.7 mBq/L) であった。この値を使ってアラメとエゾノネジモクについての ^{90}Sr の CR を試算したところそれぞれ約 13 と約 19 L/kg となり、安定 Sr から求めた値と大体同程度となった。女川付近では公益財団法人海洋生物環境研究所 (海生研) による約 20 km 沖合の海水中 ^{90}Sr データもあるが [28]、同じ頃の期間の 16 データ算術平均値は約 0.87 mBq/L であり (図3)、全体に低めの傾向が認められたため CR の試算には用いなかった。同沖合では ^{137}Cs の値も ^{90}Sr と同様に沿岸よりも低めであるため (図3)、沿岸と沖合の違いを反映しているものと推定される。一方、女川沿岸のデータがなかったため、海水中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度と

表3 Cs-137, K-40, Pu-239,240 及び Sr-90 の放射能濃度、安定 Sr 濃度及び濃縮係数。
2013-2019 年に宮城県沿岸で観測された褐藻類（アラメ、エゾノネジモク、ヨレモク）の濃縮係数。

海藻種類	採取年月日	採取地点	Cs-137 ^A (Bq/kg生重量)	K-40 (Bq/kg生重量)	Pu-239 (mBq/kg生重量)	Pu-240 (mBq/kg生重量)	Sr-90 ^A (mBq/kg生重量)	安定Sr (mg/kg生重量)	SrのCR (L/kg)
アラメ	2013/8/12	d	0.10 ± 0.03	281 ± 2	1.30 ± 0.05	0.99 ± 0.05	ND	-	-
アラメ	2014/8/5	d	0.088 ± 0.028	295 ± 2	1.20 ± 0.02	1.0 ± 0.05	ND	-	-
アラメ	2015/8/5	d	0.15 ± 0.03	242 ± 2	1.90 ± 0.04	1.7 ± 0.08	22 ± 7	150	19
アラメ	2016/8/25	d	0.080 ± 0.025	260 ± 2	2.50 ± 0.11	2.1 ± 0.07	32 ± 8	148	18
アラメ	2017/5/18	d	ND	322 ± 2	-	-	36 ± 11	123	15
アラメ	2017/11/7	d	ND	361 ± 2	1.90 ± 0.08	1.5 ± 0.16	ND	146	18
アラメ	2018/5/17	d	ND	339 ± 2	-	-	27 ± 8	129	16
アラメ	2018/11/6	d	ND	313 ± 2	-	-	ND	204	25
アラメ	2019/8/6	d	ND	263 ± 2	-	-	ND	159	20
エゾノネジモク	2017/7/31	d	0.098 ± 0.014	180 ± 1	-	-	-	-	-
エゾノネジモク	2017/11/20	d	0.14 ± 0.04	257 ± 2	3.00 ± 0.07	2.6 ± 0.09	56 ± 13	285	35
エゾノネジモク	2018/5/17	d	ND	194 ± 1	-	-	28 ± 8	273	34
エゾノネジモク	2018/7/19	d	ND	245 ± 2	-	-	-	-	-
エゾノネジモク	2018/12/3	d	ND	252 ± 2	-	-	ND	238	29
ヨレモク	2019/5/30	b	0.22 ± 0.03	296 ± 2	-	-	-	-	-

略称：st-Sr は安定ストロンチウム、CR は濃縮係数、ND は未検出、-は未分析を示す。

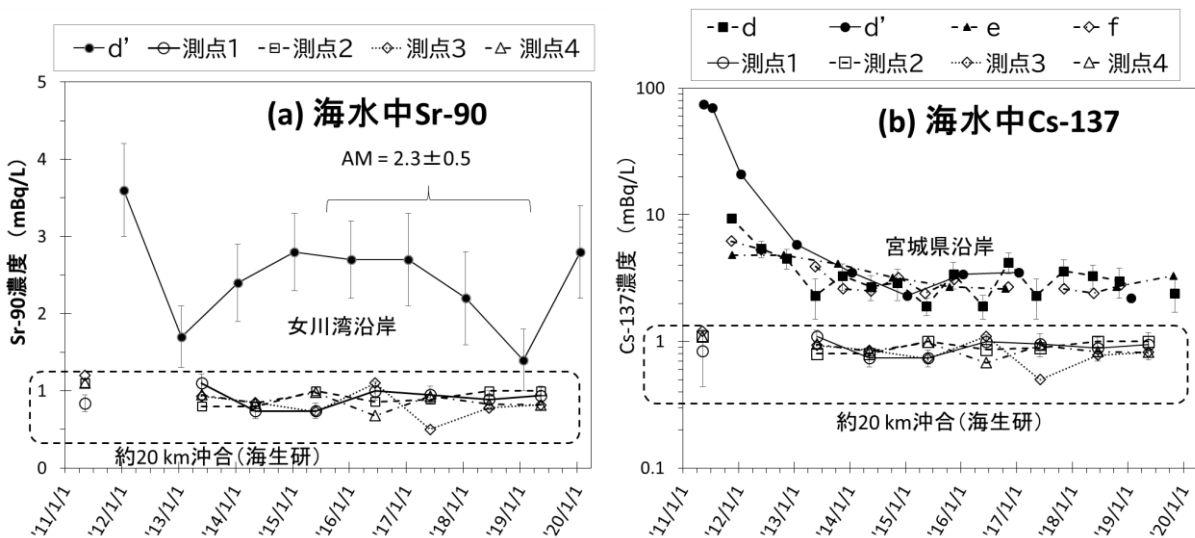


図3 2011-2019年の宮城県表層海水中の(a) ⁹⁰Sr と(b) ¹³⁷Cs 濃度の推移。d'は東北電力データ[30]、測点1-4は海生研データ[28]。誤差棒は⁹⁰Srについては地点d'と測点1、¹³⁷Csについては地点dと測点1における計数誤差(1σ)を表す。AM: 算術平均値(arithmetic mean)。

して海生研による岩手県沖海水中濃度約 0.0028 mBq/L (2017年平均値[28])を採用したところ、アラメとエゾノネジモクのCRはそれぞれ1,200と約2,000 L/kgと試算された。住谷[29]は東海村周辺沿岸の褐藻類に対する²³⁹⁺²⁴⁰PuのCRとして78-1200 L/kgと報告しており、ここでの試算結果はその高めの値とオーダー的には近かった。表3においては、アラメよりもエゾノネジモクの方が安定SrのCRや^{239,240}Pu濃度が高い印象を受けるが、今後更にデータを蓄積して傾向を確かめる必要がある。

表 4 日本の褐藻類における放射性核種と元素の濃縮係数の比較 A.

核種, 元素	アラメ			エゾノネジモク			ヨレモク			大型藻類 ^D			
	CR算術平均値 (min. - max.)	n	採取時期	文献	CR (min. - max.)	n	採取時期	文献	CR	n	採取時期	文献	CR算術平均値 (min. - max.)
Ru-103	300	1	1986	石川 [8]									
I-131	11,000	1	1986	石川 [8]									
Cs-137	31±13 ^B (21-54)	13	2014-2017	石川ほか [21]	43 (35-50)	2	2017	本研究					
	41 (24-51)	3	1984-1986	Tateda [14]	26 (20-29)	3	1984-1990	Tateda [14]					
Sr-90	20 (12-33)	13		RWMC [15]									
K-40	29±5 ^B (22-36)	20	2012-2014	石川ほか [21]	20±3	5	2017-2018	本研究					
I	11,000 (7,000 -17,000)	8	2004-2006	木村ほか [7]									
	4043	1	2010	NIRS [17] ^C	2,100 (1,400-3,200)	7	2018-2019	本研究	3,600	1	2019	本研究	4,200 (160-85,000)
	7,500 (6,200 -9,800)	7	2018-2019	本研究									
Cs	38	1	2010	NIRS [17]									
	37 (30-50)	3	2019	本研究									
Sr	18 (14-26)	8	2015-2019	本研究	33 (30-36)	3	2017-2018	本研究					29 (0.2-330)
Co	3,800 (1,300-6,700)	7	2018-2019	本研究	6,800 (2,200-20,000)	7	2018-2019	本研究	8,800	1	2019	本研究	1,700 (9-14,000)
Mn	1,100 (200 -1,700)	7	2018-2019	本研究	4,200 (1,400-11,000)	7	2018-2019	本研究	20,000	1	2019	本研究	
Fe	50,000	1	2019	本研究	180,000	1	2019	本研究					

略称：AM は算術平均値、CR は濃縮係数、n は CR のデータ数、A 濃縮係数の単位：無次元または L/kg wet. B Cs-137 と K-40 の CR の SD：原文献[21]参照. C 宮城県北上川河口付近[17]. D IAEA：海洋生態系における野生生物群に対する CR 値[3].

表 4 に、本研究におけるアラメ、エゾノネジモク及びヨレモク中の核種と元素の CR について過去又は他の研究者の値と比較して示す。本表には 1986 年のチェルノブイリ事故時のアラメ中 ¹⁰³Ru と ¹³¹I の CR も示した [8]。宮城県内のアラメについて、チェルノブイリ事故時の ¹³¹I の CR は 11,000 [8]、安定ヨウ素の CR 算術平均値は 4,043 [17] - 11,000 [7] で、本研究の CR の算術平均値 7,500 はそれらの範囲内であった。本研究で得

られた Cs の CR 値は算術平均値 37 で、文献値 38 [17]、及び過去の ^{137}Cs による CR の文献値約 31 [21] 及び 41 [14] と比較的近い値であった。 ^{40}K の CR 算術平均値はエゾノネジモクの約 20 とアラメの値約 29 とで大きくは違わなかった。アラメの Sr の CR 算術平均値約 18 は ^{90}Sr の CR の文献値約 20 [15] と近い値であった。本研究で対象としたアラメとエゾノネジモク及びヨレモクの 3 種の褐藻中の金属元素 Co、Mn 及び Fe の CR については、過去の文献値がないが、本研究で得られた値は数千から数万オーダー以上であり、アルカリ金属 (Cs、K) やアルカリ土類 (Sr) 及び Ru の元素又は核種に比べてかなり高かった。また、本研究におけるこれらの海藻における I、Sr 及び Co の CR は、大型藻類全般に対する IAEA 報告値 [3]、算術平均値でそれぞれ 4, 200、29 及び 1, 700 (表 4)、と比べるとオーダー的に近似していた。

3. 3 過去に測定された元素と放射性核種濃度の季節変動

我々は過去にも海藻中の元素や放射性核種の濃度を調べてきた。それらのデータは既に報告書に記載されているが [20, 26, 30]、ここであらためて、代表的な元素と核種濃度を季節変動の観点から整理し直した。

コバルトとカリウム

図 4 は 1997-2005 年の地点 d 付近のアラメ中の K と Co 濃度の季節変動を示す。K は大体冬期に、また Co は秋ごろにピークとなっていて、時期に少し違いが認められる。この現象はアラメの成長時期と関連すると推定されるが、詳細については更に検討を要する。

セシウム-137

図 5 は 1984-1996 年の地点 d 付近の海水とアラメ中の ^{137}Cs 濃度の季節変動を示す。それぞれの白抜き記号

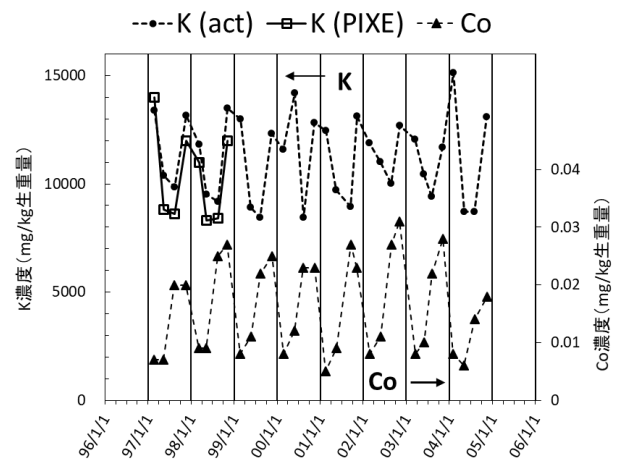


図 4 1997-2005 年の地点 d 付近のアラメ中の K と Co 濃度の季節変動。K (act) と K (PIXE) は各々、K-40 の放射能測定法と PIXE 法で求めた濃度。Co 分析は ICP-MS 法による [26]。

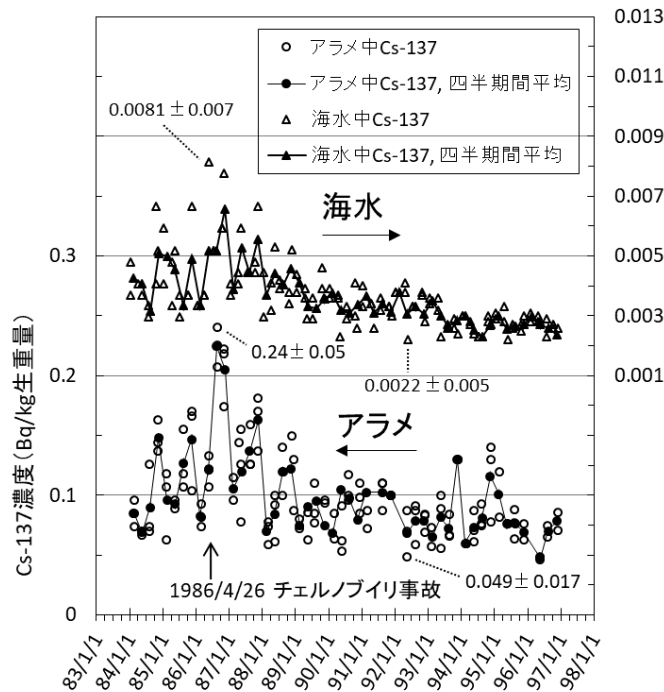


図 5 1984-1996 年の地点 d 付近の海水とアラメ中の ^{137}Cs 濃度の季節変動。白抜き丸と白抜き三角：アラメと海水の個々の測定値。黒丸と黒三角：アラメと海水のそれぞれの四半期間内平均値。高めと低めの測定値に計数誤差 (1 σ) を記した。

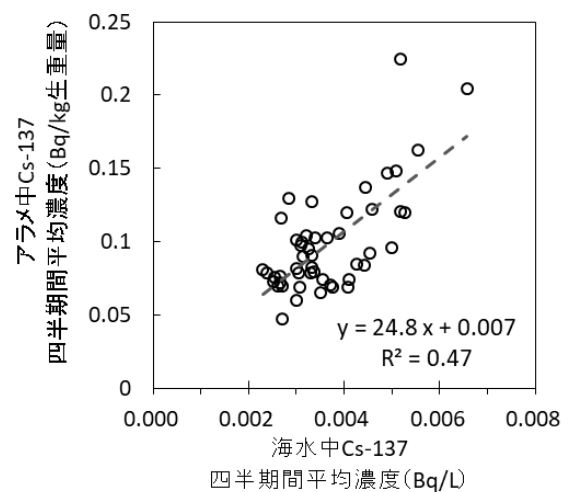


図 6 1984-1996 年の地点 d 付近の海水とアラメ中の ^{137}Cs 濃度の相関関係。

は個々の測定値を、また黒記号は1月を始期とする四半期毎に平均した値を示す。個々の測定値の変動はかなり大きい、四半期毎に平均した値は海水とアラメとである程度似た変動をしている。この時期の海洋の¹³⁷Csは主に過去の核実験フォールアウト由来と考えられるが[31]、1986年のチェルノブイリ事故の影響もみられ、かつ1年の間でも時期による変動が大きく、KやCoのような明瞭な周期的季節変動はみられなかった。ただし、よくみると概ね冬期にピークのようにになっている年が多い印象を受ける。図6は図5に示す海水とアラメ中の四半期間平均¹³⁷Cs濃度の相関図を示すが、ある程度相関が認められる。ほかの研究者の報告をみると、核実験フォールアウトや福島第一原子力発電所事故に由来する沿岸海水中¹³⁷Cs濃度は場所や時期による変動がかなり大きく[32-33]、元素のKやCoなどとは違う分布・挙動をするものと推定される。

4 まとめ

宮城県沿岸において、2013-2019年の期間、海洋放射能汚染の指標海産生物としての特性を調べるために、褐藻のアラメとエゾノネジモク中の元素と核種の濃縮係数(CR)を調べた。アラメと比べて、エゾノネジモクでは¹³⁷CsのCR(算術平均値約30-40)は同程度、IのCR(算術平均値約2,100)は約1/3程度、Co、Mn及びFeのCR(それぞれ算術平均値約6,800、4,200及び180,000)は2-4倍程度であった。エゾノネジモクと同属のヨレモクでは、エゾノネジモクよりもI、Co及びMnのCRは高めであった。以上の結果から、エゾノネジモク(又はヨレモク)はアラメと比べてIのCRは低めであるなど、一部特性は異なるものの、Co等の金属元素のCRは高く、指標海産生物として適していると考えられる。ただし、専門知識がないと同属の類似の海藻と判別するのが難しく、かつ8-11月には枯死脱落により採取不適という欠点があり[12]、アラメ又はほかの海藻の補完利用が望ましい。本研究では、アラメについてもこれまで不明であった金属元素のCRが求まり、かつ過去の核種のCRとも比較・整理することができた。過去データの解析から、アラメ中のKとCo濃度は明瞭な季節変動をするとともに冬期または秋季にピークになる現象が認められた。また海水とアラメ中の¹³⁷Cs濃度の季節変動にはある程度関連性が認められた。なお、一般に海藻の種類によって地域特性が異なるため、本研究の結果は必ずしも他の地域には適用できない。今後の課題として、データを蓄積し、更に海藻中の元素や核種のCRの季節変動と地域差について知見を得ることが必要と考えられる。

謝辞

東北大学大学院農学研究科准教授青木優和博士には、アラメ以外の海藻の選定に当たって多大なる御指導と御助言をいただいたほか、海藻の鑑定も行っていただきました。ここに厚く感謝致します。

参考文献

- [1] Y. Suzuki et al., J. Radiat. Res., 17, 115-126, 1976.
- [2] 本多照幸, 日本海水学会誌, 55, 11-20, 2001.
- [3] IAEA, Tec. Rep. 479, 2014.
- [4] 石川陽一ほか, 第18回環境放射能研究会, KEK Proceedings 2017-6, pp.218-225, 2017.
URL: <http://rcwww.kek.jp/enviconf/fukushima-summary.html> 2021.3.1 確認.
- [5] 原子力規制庁監視情報課, 平常時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)H30.4.4
- [6] 浅野昌充ほか, 東北区水産研究所研究報告, 51, 157-166, 1989.
- [7] 木村昭裕ほか, 宮城県原子力センター年報 24 巻, pp.14-25, 2006.
URL: <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/kankyoho/intro.html>, 2021.3.1 確認.
- [8] 石川陽一, 博士論文, 平成4年(1992), 東北大学.
- [9] 青木優和ほか, 日本水産学会誌, 84, 1058-1061, 2018.
- [10] M. Sano et al., Benthos Research, 53, 79-87, 1998.
- [11] 中田恵英ほか, 野生生物保護, 6, 33-39, 2001.
- [12] Y. Agatsuma et al., Suisanzosyoku, 50, 25-30, 2002.
- [13] J. Kinoshita et al., Cah Biol Mar, 54, 633-639, 2013.

- [14] Y. Tateda and T. Koyanagi, *J. Radiat. Res.*, 35, 213-221, 1994.
- [15] 原子力環境整備センター (RWMC), *環境パラメータ・シリーズ 6*, p.209, 1996.
- [16] 日本原子力研究開発機構, *JAEA-Review*, 2018-025, 2017.
- [17] 放射線医学総合研究所 (NIRS), *放射性核種生物圏移行評価高度化調査*, H24(2012)年3月, p.68.
- [18] 石樽顕吉ほか, *日本原子力学会誌*, 29, 273-278, 1987.
- [19] 石井紀明ほか, *日本水産学会誌*, 44, 155-162, 1978.
- [20] 吉田德行, 石川陽一, *宮城県原子力センター年報*, 18巻, pp.58-68, 2000. URL: [7]に同じ.
- [21] 石川陽一ほか, *宮城県環境放射線監視センター年報*, 3巻, pp.7-14, 2017. URL: [7]に同じ.
- [22] 原子力規制庁測定法シリーズ2, *Sr-90分析法*, 2003.
- [23] *宮城県環境放射線監視センター年報*, 4巻, pp.55-60, 2018, 安定元素分析結果.
- [24] 野崎義行, *日本海水学会誌*, 51, 302-308, 1997.
- [25] 高久雄一ほか, *分析化学*, 65, 399-402, 2016.
- [26] *宮城県原子力センター年報*, 18巻(2000年)-24巻(2006年), 安定元素分析結果. URL: [7]に同じ.
- [27] Y. Nagaya et al., *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, 27, 20-26, 1971.
- [28] 海洋生物環境研究所, *海洋環境における放射能調査及び総合評価*, H27(2015)-H30(2018)年度分.
- [29] 住谷秀一, *放医研環境セミナーシリーズ*, No.23, pp.14-23, 1996.
- [30] 宮城県, *女川原子力発電所環境放射能調査結果*, 昭和59(1984)-平成30(2018)年度分.
- [31] 中野政尚, *保健物理*, 42, 329-340, 2007.
- [32] T. Morita & K. Yoshida, *Radioprotection*, 40, S635-S640, 2005.
- [33] H. Takata et al., *Rep. Mar. Ecol. Res. Inst.*, 17-25, 2017.

Characteristics of Arame and Other Brown Algae as Indicator Organisms in Marine Radioactivity Monitoring

Yoichi Ishikawa¹, Kazutaka Ogasawara², Kiyoshi Onohara¹, Setsuo Ito¹, Tomitaka Takamura³,
Masato Takahashi⁴, Akihiro Sawada⁵ and Takashi Ando⁵

¹Miyagi Pref. Environ. Radiation Monitoring Center, ²Miyagi Pref. Institute of Health and Environment, ³Miyagi Pref. Nuclear Safety Division, ⁴Miyagi Pref. Kesen-numa Public Health Center, ⁵Tohoku Ryokka Kankyohozen Co., Ltd.

Concentration ratios (CRs) of radionuclides and trace elements in Arame and other brown algae were examined in the Miyagi Pref. coast during 2013-2019 to investigate their characteristics in biomonitoring of marine radioactive contamination. CRs of ¹³⁷Cs and several elements, i.e., I, Co, Mn and Fe which are considered as alternatives of radionuclides such as ¹³¹I, ^{58,60}Co, ⁵⁴Mn and ⁵⁹Fe, respectively, in Ezononejimoku were compared with CRs of Arame. As a result, the CRs of ¹³⁷Cs (arithmetic mean about 30-40) were about the same, the CRs of I (arithmetic mean about 2,100) were about 1/3, and the CRs of Co, Mn and Fe (arithmetic mean about 6,800, 4,200 and 180,000, respectively) were about 2-4 times higher than those of Arame. The CRs of I, Co, and Mn in Yoremoku, which belong to the same genus as Ezononejimoku, were higher than in Ezononejimoku. Some insight into CRs of Pu, ⁹⁰Sr and Sr in Arame and Ezononejimoku was also obtained. These results strongly suggest that Ezononejimoku is suitable as a bioindicator of coastal marine pollution which may be caused by radionuclides derived from corrosion products and other radionuclides due to the nuclear power plants. In addition, analysis of past data also provided findings on seasonal variations in K, Co and ¹³⁷Cs concentrations in arame.

III 技術報告

空間ガンマ線量率の監視における 0.1mm 雨量計の有用性について

木村幸由、木村昭裕、高橋正人*1、安藤孝志*2

*1 現 気仙沼保健福祉事務所 *2 現 東北緑化環境保全株式会社

降雨時には雨水に含まれる天然放射性核種の影響により空間ガンマ線量率が上昇するため、モニタリングステーションには感雨器及び 0.5mm 雨量計を設置し、空間ガンマ線量率の測定と並行して降雨の有無及び雨量を確認している。しかし、0.5mm 雨量計では観測できない程度の少量の降雨時にも、空間ガンマ線量率が調査レベルを超過することがある。また、感雨器は海からの強風によって巻き上げられた海塩粒子等にも感応するという課題がある。そこで、モニタリングステーション女川局に 0.1mm 雨量計を設置し、空間ガンマ線量率の監視における有用性を調査した。

I はじめに

本県では、女川原子力発電所周辺地域にモニタリングステーションを設置し、空間ガンマ線量率の測定を行っているほか、空間ガンマ線量率の測定結果の解釈と評価に資することを目的として、風向風速、感雨、降水量等の気象要素も計測している。気象要素の計測については、国が定めた「平常時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料、平成 30 年 4 月策定）」において以下のとおり定められている。

平常時モニタリングについて「D 気象要素の計測」抜粋

モニタリングと密接に関連する主な気象観測項目は次のとおりである。

①風向、風速 ②日射量、放射収支量 ③気温 ④降水量 ⑤積雪量 ⑥感雨、感雷

これらのうち、特に降水、積雪及び雷は空間放射線量の測定値に直接影響を与え、また局地性も強いので注意を要する。気象観測に用いる測器は、気象庁の検定対象となっているものについては検定に合格したものを使用することとし、気象観測は気象業務法に従うとともに「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定）を参考とすることが望ましい。

本県では雨量計を選定するにあたり、気象庁検定対象である転倒ます型雨量計のうち、計測単位が最少である 0.5mm 雨量計を採用している。しかし、モニタリングステーションにおける測定において、0.5mm 雨量計では観測できない程度の少量の降水時にも空間ガンマ線量率が調査レベルを超過する場合があった。この少量の降水については、その有無を判定するため感雨器を設置しているが、海からの強風によって巻き上げられた海塩粒子等に対しても感雨器が感応してしまう場合がある。そこで、気象庁の検定対象外ではあるものの、0.5mm 雨量計よりもさらに少ない単位で雨量を計測できる 0.1mm 雨量計を女川局に設置し、空間ガンマ線量率の監視における有用性について調査することとした。

II 調査方法

1 感雨及び降雨量の計測に用いた機器

感雨及び降雨量の計測に用いた機器は表1のとおりである。

表1 感雨及び降雨量の計測に用いた機器

	感雨器	0.1mm雨量計	0.5mm雨量計
製造業者及び型式	小笠原計器製作所 NS-131	小笠原計器製作所 RS-501	小笠原計器製作所 RS-N52
検出方式	電極検出方式	転倒ます方式	転倒ます方式
加温装置	あり	なし	あり
外 観			
受水口の口径 / 面積		28.28cm / 約628cm ²	20.00cm / 約314cm ²
転倒マスの水量		約6.28cm ³	約15.7cm ³

2 空間ガンマ線量率の降雨増分率の確認

2.1 女川局における測定値（2分値）の抽出

測定項目：空間ガンマ線量率、感雨、0.5mm雨量、0.1mm雨量

期間：令和2年1月1日から令和2年12月31日までの1年間

2.2 空間ガンマ線量率の降雨増分率の算出

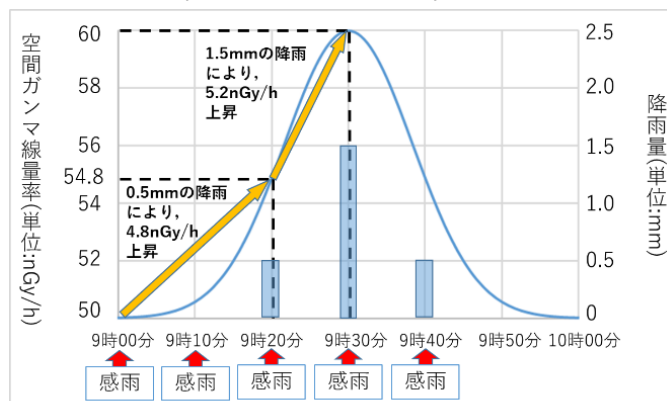
空間ガンマ線量率の降雨増分率（以下「降雨増分率」という。）は以下の式を用いて求めた。

$$\text{降雨増分率 (nGy/h/mm)} = \frac{(\text{雨量計計測時の空間ガンマ線量率}) - (\text{降雨前又は、直前の雨量計計測時の空間ガンマ線量率})}{\text{降雨量 (0.1mm雨量計による計測値, 又は0.5mm雨量計による計測値)}}$$

降雨増分率のイメージを図1に示す。この図においては、9時20分に計測された降水よりも9時30分の降水の方がより放射性核種濃度が高いことを示している。

$$9\text{時}20\text{分の降雨増分率(nGy/h/mm)} = 4.8\text{ nGy/h} \div 0.5\text{ mm} = 9.6\text{ nGy/h/mm}$$

$$9\text{時}30\text{分の降雨増分率(nGy/h/mm)} = 5.2\text{ nGy/h} \div 1.5\text{ mm} = 3.5\text{ nGy/h/mm}$$



※ 9時以前の空間ガンマ線量率は50 nGy/h

図1 降雨増分率のイメージ図

3 調査レベル超過時の雨量の確認

3.1 女川局における測定値（10分値）の抽出

測定項目：空間ガンマ線量率、感雨、0.5mm雨量、0.1mm雨量、土壌水分率
 期間：平成28年1月1日から令和2年12月31日までの5年間（1,827日）

3.2 調査レベル超過日の分類

調査レベルを1日に1回でも超過した日については、図3のとおり分類した。
 なお、感雨器において1日の中で1回でも感雨がある場合は「感雨 有」、雨量計において1回でも計測がある場合は「雨量計による計測 有」と判定した。

表2 調査レベル超過日の分類方法

分類	感雨器	0.1mm雨量計	0.5mm雨量計
1：0.5mm以上の降水	有	有	有
2：0.5mm未満の降水	有	有	無
3：感雨のみ	有	無	無
4：降水なし	無	無	無

III 結果及び考察

1 降雨増分率の確認

降雨増分率を算出した結果の一例を図2に示す。

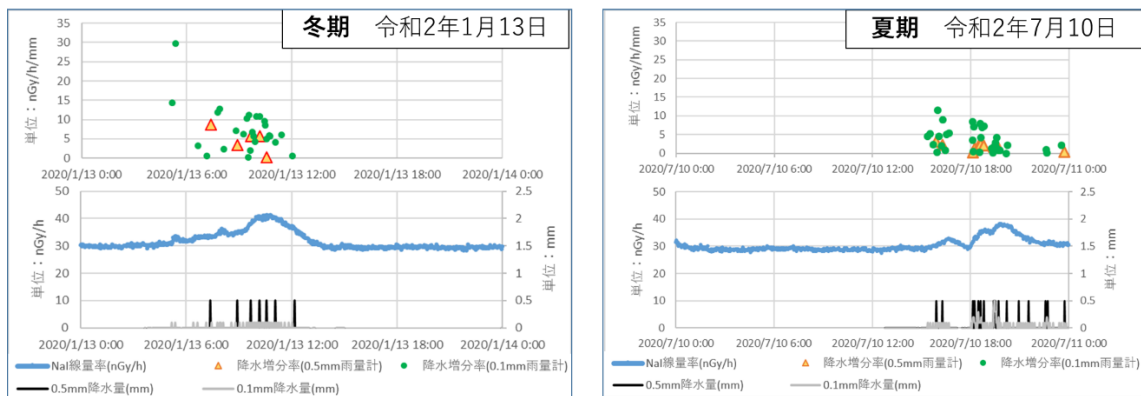


図2 降雨増分率（冬期及び夏期）

0.1mm雨量計は0.5mm雨量計と比較して計測単位が細かく、降雨初期からの降水量を計測することができる。このため0.1mm雨量計を用いることにより、降雨初期から降雨終了までの降雨増分率の推移を詳細に把握することができた。

また、冬期と夏期の降雨増分率の推移を比較すると、冬期は夏期と比較して初期の降雨増分率が特に高く、その後も降雨増分率が高い値で推移していることが分かる。一般的に冬期は西高東低の気圧配置となり、大陸由来の気団が日本に到達しやすい条件にある。今野らが報告²⁾したとおり、大陸由来の気団には海洋由来の気団と比較して、ウラン系列の天然放射性核種を多く含むため、冬期の降雨時には天然放射性核種の濃度が高い雨が降り、それが測定結果に現れたものと考えられる。加えて、大気中にも天然放射性核種を

含む塵が浮遊しており、降雨初期はそれらを吸着しながら降雨するため、降雨初期は特に天然放射性核種の濃度が高い雨になると考えられる。

2 調査レベル超過時の雨量の確認

調査レベル超過時の雨量を確認した結果を表3に示す。

表3 調査レベル超過時の雨量の分類

分類	感雨器	0.1mm雨量計	0.5mm雨量計	日数
1：0.5mm以上の降水	有	有	有	283
2：0.5mm未満の降水	有	有	無	4
3：感雨のみ	有	無	無	4
4：降水なし	無	無	無	0
合計				291

分類2に該当する日は、平成28年12月10日、平成29年1月23日、平成29年3月9日及び平成30年4月20日の4日間であり、分類3に該当する日は平成28年7月18日、平成29年11月8日、平成29年12月12日及び令和2年12月13日の4日間であった。この結果から、感雨のみのごく微量な降雨時にも調査レベルを超過する場合があることが判明した。

なお、今野らの報告¹⁾によれば非降水時における調査レベル超過は、全データのうち約0.1%程度であるが、今回の調査期間においては認められなかった。

3 感雨のみで調査レベルを超過した原因

2で示した表の分類3に関連し、感雨のみのごく微量な降雨で調査レベルを超過した原因については、3つに分けることができた。

3.1 土壌水分率の低下

0.1mm未満の降雨で調査レベルを超過した日は、いずれも図5に示すとおり降雨量が少なく、土壌水分率が低下して空間ガンマ線量率が高めに推移している時期であった。

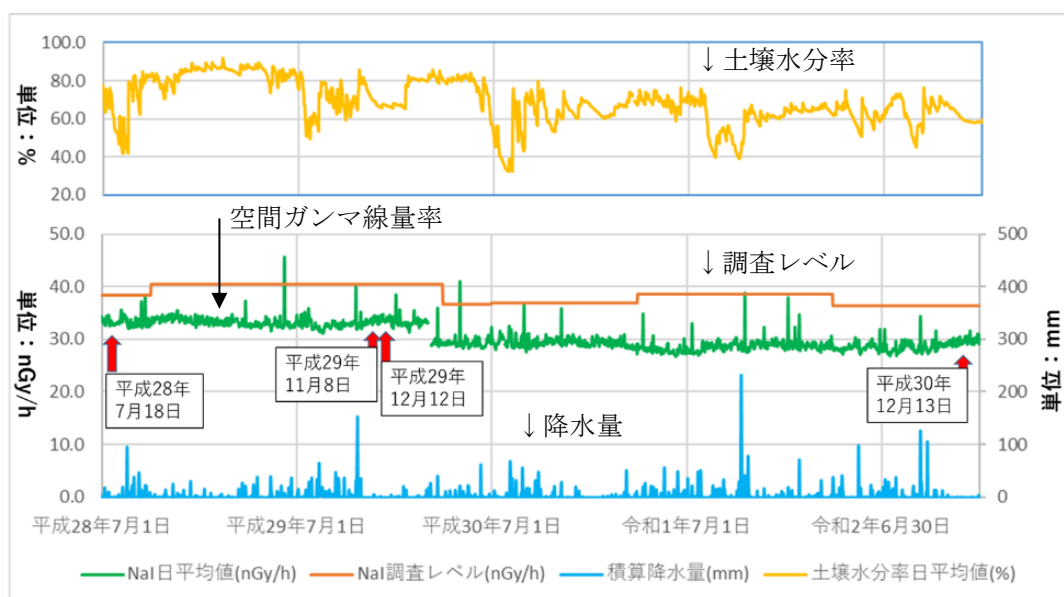


図3 女川局における空間ガンマ線量率、降水量及び土壌水分率の推移

3.2 大気の安定

平成 28 年 7 月 17 日夜から 18 日朝にかけては、女川局において放射収支量が $-0.050\text{kW/m}^2 \sim -0.024\text{kW/m}^2$ で風速が 0.5m/s 未満であり、大気が非常に安定し図 4 に示すとおりラドン濃度が上昇していたことが分かっている。図中の矢印で示した調査レベルを超過した時の NaI スペクトルを確認した結果、図 5 のとおり当該時刻にはラドンの子孫核種である Bi-214 によるガンマ線が多く測定されていた。このことから、地表から湧出したウラン系列の天然放射性核種が大気中に拡散せず、女川局周辺に滞っていたため空間ガンマ線量率が上昇したものと考えられる。

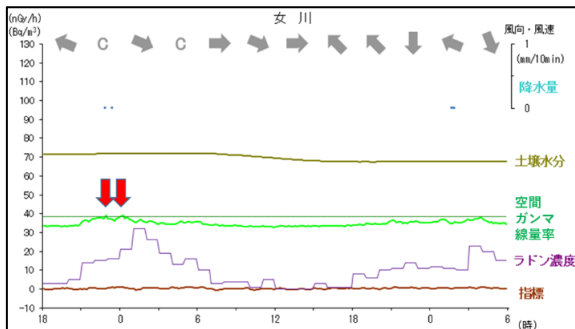


図 4 平成 28 年 7 月 17 日、18 日の測定結果

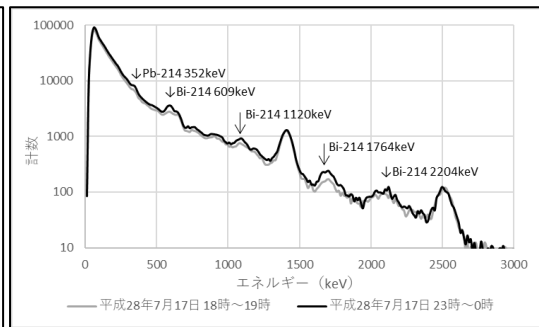


図 5 NaI スペクトルの比較

3.3 大陸気団の影響

平成 29 年 11 月 8 日、平成 29 年 12 月 12 日及び令和 2 年 12 月 13 日は、アメリカ海洋大気庁ホームページによる後方流跡線解析の結果、いずれも大陸由来の気団が女川局周辺に到達していたことが確認できた。一例として、令和 2 年 12 月 13 日の解析結果を空間ガンマ線量率の測定結果と併せて図 6 に示す。

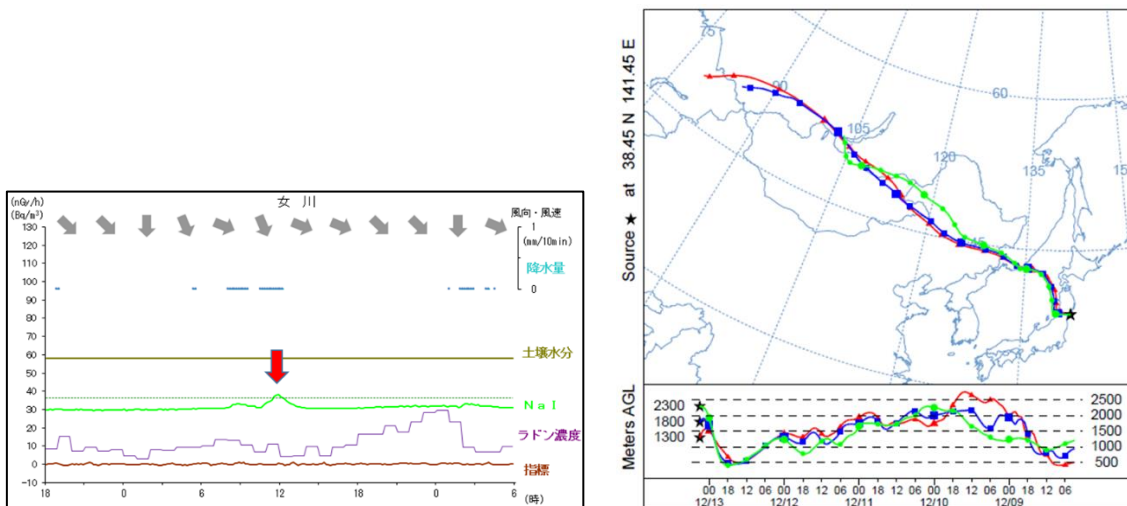


図 6 令和 2 年 12 月 13 日の測定結果及び後方流跡線解析結果

この結果から、天然放射性核種を多く含む大気が女川局の周辺に到達しているときに降雨があり、既報の報告³⁾ のとおり、少量の降雨により空間ガンマ線量率が上昇したものと考えられる。加えて、本事象が 1 1 月又は 1 2 月の冬期にのみ見られたことについても、榎野らが月単位及び 1 日単位の降水による線量率増加率は他の季節と比

較して冬に高くなる³⁾と報告した内容と一致した。

以上から、土壌水分率が低下し空間ガンマ線量率の測定値が高い水準で推移している時に、大気安定による天然放射性核種の不拡散又は大陸由来の気団による降雨が重なったため、感雨のみで調査レベルを超過したと考えられる。

4 0.1mm雨量計による誤計測

今回の調査の中で、降雪翌日の晴天時に0.1mm雨量計が動作した事例があった。この原因は0.1mm雨量計には計測精度確保のためにヒーターが装備されていないことによるものと考えられる。具体的には、降雪時は雨量計の受水口に雪が積もり雨量を計測できず、その後晴天時に受水口の積雪が太陽の熱で融けたことにより、0.1mm雨量計が動作したと考えられる。

IV まとめ

0.1mm雨量計の利点と欠点は、以下のようにまとめられる。

利点：降雨初期の降雨増分率を算出することができる。

欠点：0.1mm未満の降雨でも調査レベルを超えることがあるため、感雨器の代わりにはならない。また、融雪によって誤計測が発生することがあり、0.1mm雨量計のみで降水量を計測することは不適當である。

以上を踏まえ、当面は計測を継続し情報を蓄積することとする。

V 参考文献

- 1) 宮城県原子力センター年報、第18巻、p 12-19 (2000)
- 2) 宮城県原子力センター年報、第17巻、p 15-32 (1998)
- 3) 宮城県原子力センター年報、第13巻、p 15-20 (1994)

人工放射性核種の影響がない状況下での指標線量率の特異な変動事例について

木村 昭裕、石幡 茜*1、木村 幸由、伊藤 節男、高橋 正人*2、安藤 孝志*3

*1 現 循環型社会推進課 *2 現 気仙沼保健福祉事務所 *3 現 東北緑化環境保全株式会社

指標線量率は人工放射性核種由来の空間放射線量率を推計するためにリアルタイムで算出しているが、2018年8月5日にいくつかの観測局で人工放射性核種の影響がないにも関わらず大きく変動する事象が発生した。この要因は2018年8月5日より過去27日間に降雨等に伴う空間放射線量率の変動が少なかったことにより、指標線量率算出の過程で用いる過去27日間の空間放射線量率から重回帰分析により求めている偏回帰係数の信頼性が低下したことによるものと考えられた。同日に用いられた偏回帰係数は決定係数が小さくなる標本から算出されており、重回帰分析の決定係数が大きくなる標本から算出された偏回帰係数を用いて指標線量率を再計算したところ、変動が減少することが確認された。

I はじめに

本県では、原子力発電所からの放射性物質の予期しない放出を早期に検出するため、NaI (TI) シンチレーション検出器により測定されたガンマ線スペクトルを解析することにより人工放射性核種寄与分の放射線量率の推計値を算出している。この推計値については「指標線量率」と称し、以下の式により10分毎にリアルタイムで算出している¹⁾。

$$\text{指標線量率}(D) = D_{RM} - B.G. \quad (\text{nGy/h}) \quad (1)$$

D_{RM} (RM線量率) : ガンマ線スペクトルから応答行列法²⁾により算出された空間放射線量率

$$B.G. (\text{推定バックグラウンド (BG) 線量率}) = \beta_1 \cdot U + \beta_2 \cdot Th + \beta_3 \cdot K-40 + \beta_4$$

$\beta_1 \sim \beta_4$: 偏回帰係数 (過去27日間の D_{RM} を目的変数、 U 、 Th 、 $K-40$ を説明変数として重回帰分析して算出)

U 、 Th 、 $K-40$: それぞれU系列、Th系列及びK-40の直接線による空間放射線量率

指標線量率が人工放射性核種の影響がないにも関わらず変動する事例については、これまでも報告してきたが³⁾、本報告では2018年8月5日に発生した事例は特異な変動と考えられたため、詳細な解析や変動回避方法について検討を行った。

II 事例の概要

図1に示すように指標線量率は、2018年8月5日に女川局では13時50分から、小屋取局では14時00分から、空間放射線量率の上昇とともに変動している。女川局では指標線

量率が下降したのに対し、小屋取局では上昇するという逆の挙動を示した。小屋取局の指標線量率が監視システムで警報を発する設定値を超過したため、ガンマ線スペクトルの確認を行なったが、人工放射性核種の寄与による空間放射線量率の上昇は確認されなかった。その後、8月6日に日付が変わると指標線量率の大きな変動は認められなくなっている。

また、図2に示すように8月5日より前27日間は、降水に伴う空間放射線量率の変動が極めて少ない状況であった。

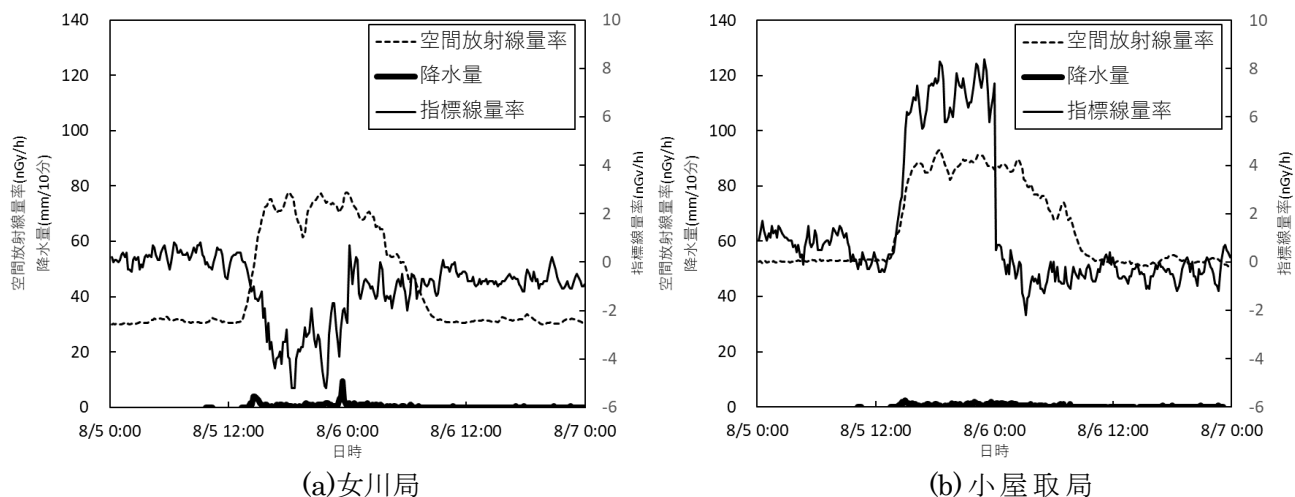


図1 8月5日～6日の空間放射線量率及び指標線量率のトレンド

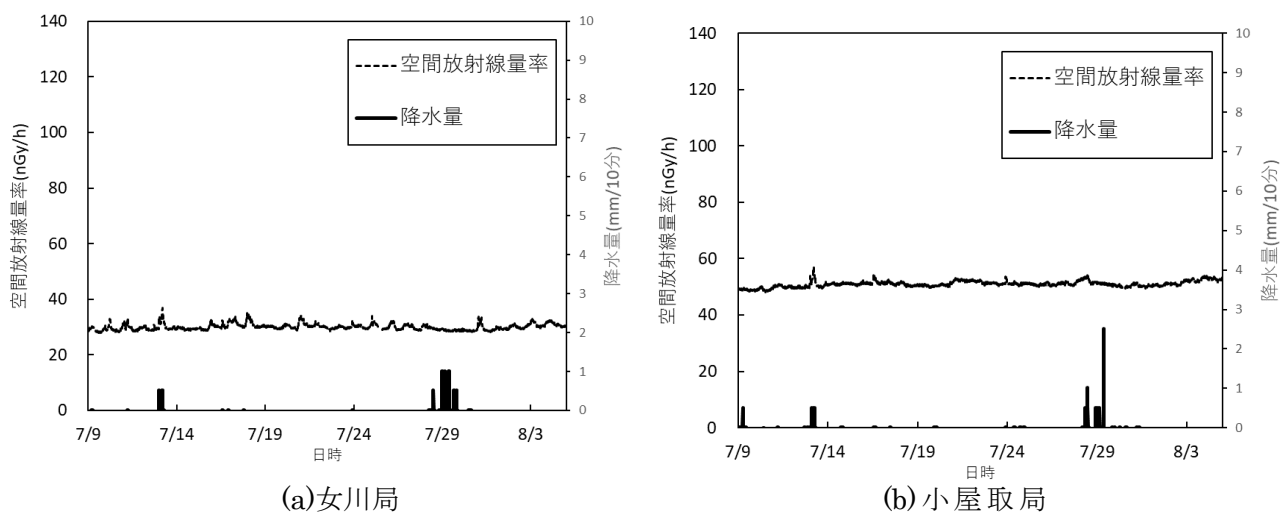


図2 8月5日の前27日間の空間放射線量率のトレンド

式(1)に示したように、指標線量率は過去27日間のRM線量率を目的変量とし、U系列、Th系列及びK-40の直接線による線量率を説明変量として重回帰分析して得られた偏回帰係数から算出している。今回の事例では、過去27日間にRM線量率の変動が小さかったため、偏回帰係数の信頼性が低下していることが示唆された。

偏回帰係数の信頼性が低い場合には、降水等で U 系列の直接線による線量率が増加したときに、推定 BG 線量率の誤差が大きくなり、RM 線量率との差が生じて、指標線量率も変動が増大するものと推定される。

III 偏回帰係数と決定係数

図 3(a)に女川局の偏回帰係数と決定係数のトレンドを示す。2018 年 8 月 5 日には、U 系列の直接線による線量率に乗じる偏回帰係数 β_1 は、図 3(b)の小屋取局とは逆に正の方向へ大きくなっている。一方でその決定係数は、小屋取局と同様に低下していることがわかる。偏回帰係数が大きくなっている状況で、降水により、ウラン子孫核種である Bi-214 等が降下したことにより、U 系列の直接線線量率が増加したが、乗じる係数が大きかったために推定 BG 線量率が過大評価され、RM 線量率と推定 BG 線量率との差である指標線量率が低下したものと考えられる。

図 3(b)に小屋取局の偏回帰係数 β_1 と決定係数のトレンドを示す。2018 年 8 月 5 日には、U 系列の直接線による線量率に乗じる偏回帰係数 β_1 及びその決定係数が、低下していることがわかる。偏回帰係数が小さくなっている状況で、降水により、ウラン子孫核種である Bi-214 等が降下したことにより、U 系列の直接線による線量率が増加したが、乗じる係数が小さかったために推定 BG 線量率が過小評価され、指標線量率が上昇したものと考えられる。

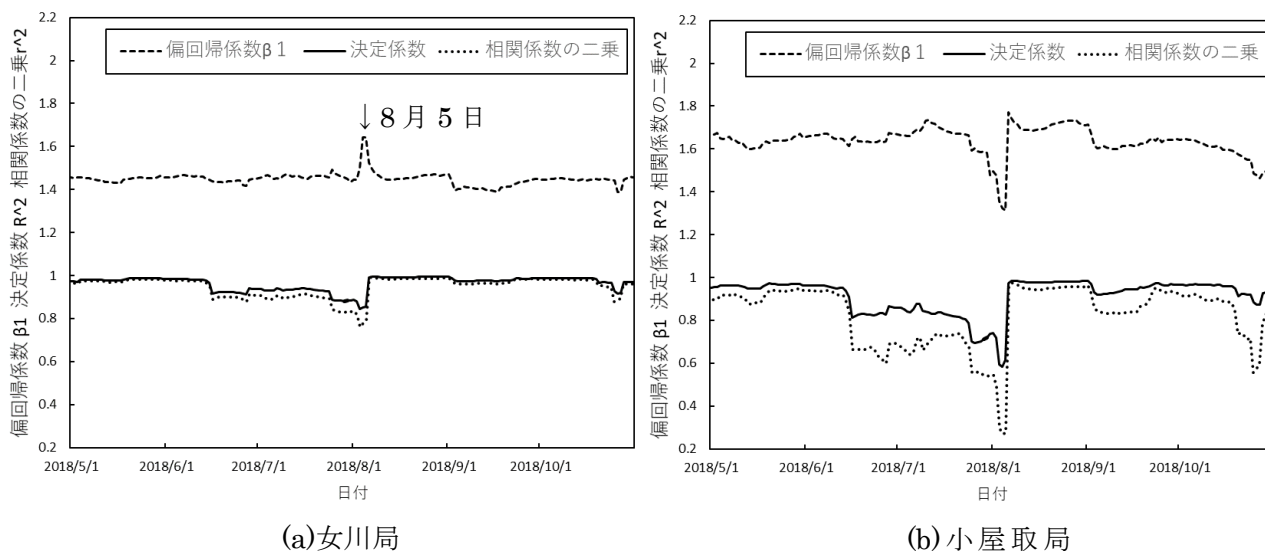


図 3 偏回帰係数 β_1 と決定係数のトレンド

女川局及び小屋取局のいずれの局においても、8 月 5 日用に算出される偏回帰係数を算出するための標本となる過去 27 日間の RM 線量率等のデータが、変動が極めて少ないデータの集合であるため、偏回帰係数の決定係数が小さくなり、その信頼性が低下したものと考えられる。

そこで、決定係数と同様の傾向を示す RM 線量率と U 系列の直接線による線量率の相関係数の二乗を算出し、日々算出される偏回帰係数について、その相関係数の二乗が 0.8 未満である場合は偏回帰係数を更新しないという方法で指標線量率を再計算した。

図 5 に女川局及び小屋取局の再計算前後の指標線量率のトレンドを比較した結果を示す。8 月 5 日の指標線量率は、最も変動した時の値が、女川局で -5.4 nGy/h から 2.5 nGy/h 、小屋取局で 8.5 nGy/h から 3.2 nGy/h と両局とも変動幅が緩和されることが分かった。

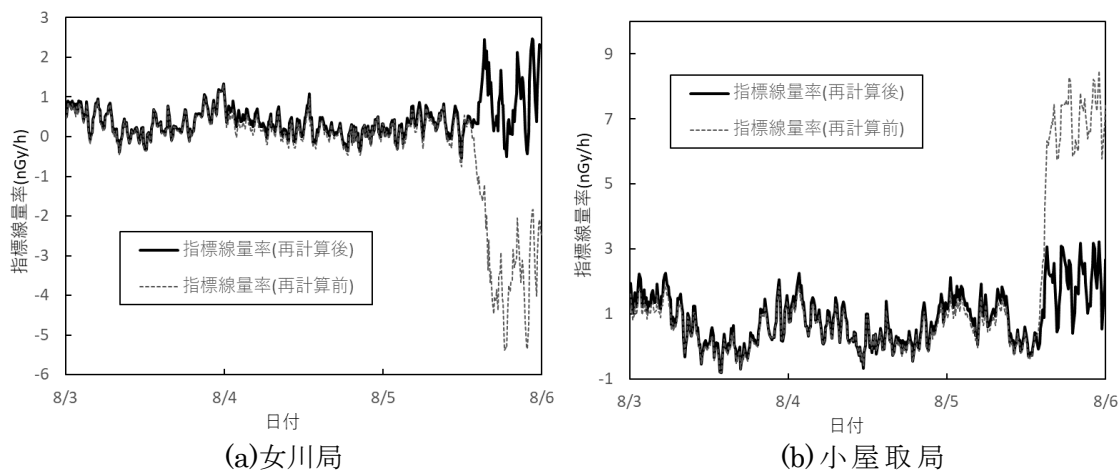


図 4 再計算前後の指標線量率の比較

IV まとめ

2018 年 8 月 5 日に女川局と小屋取局で観測された指標線量率の特異な変動は、推定 BG 線量率を算出する際に U 系列の直接線による線量率等に乗じる偏回帰係数の信頼性の低下によって生じたものと考えられた。偏回帰係数算出に用いる過去 27 日間の RM 線量率及び U 系列の直接線による線量率の変動が、少ない降水等により小さかったため、偏回帰係数は決定係数が小さい、すなわち信頼性が低い偏回帰係数となり、同日の降水時に線量率が上昇した際に、RM 線量率と推定 BG 線量率に差を生じさせたものと考えられた。

決定係数と同様な傾向を示す相関係数の二乗に着目し、相関係数の二乗が小さい場合には、その偏回帰係数を採用しない方法で再解析したところ、8 月 5 日の変動については、緩和されることが分かった。

V 参考文献

- 1) 中村栄一、日本原子力学会誌、25、179-185(1983)
- 2) 湊進、名古屋工業技術試験所報告、27、384-397(1978)
- 3) 宮城県原子力センター年報、第 20 巻、p.18-32(2002)

IV 学会発表等の要旨

IV 学会発表等の要旨

(1) 日本原子力学会 2019 秋の大会、富山市、2019 年 9 月 11 日-13 日

題目：走行サーベイ用 CsI (Tl) 線量計の遮蔽係数の測定

発表者：木村昭裕、木村幸由、伊藤節男、新井康史、石川陽一、高橋正人、安藤孝志

モニタリングカーによる走行サーベイで使用する(公財)原子力安全技術センター製の RAMPU (CsI (Tl) 線量計 HDS-101G) の遮蔽係数 (=RAMPU による周辺線量当量率/地上高 1m に換算した NaI 検出器による空気吸収線量率) について検討した。車内に設置した CsI (Tl) 線量計、屋根に設置した NaI (Tl) 線量計及び地上高 1m に設置した NaI (Tl) 線量計の測定結果を比較した。その結果、遮蔽係数は 0.37 から 0.52 の範囲の値 (平均値 0.43 ± 0.04) となり、ばらつきが認められた。RAMPU による周辺線量当量率と地上高 1m に換算した NaI 検出器による空気吸収線量率には直線的な相関が認められるが、線量率が高い地点では近似直線からのずれが大きかった。この原因としては、斜面の傍等の測定地点周辺の地形の違い等によるものと推定された。

(2) 第 2 回 日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、仙台市、2019 年 12 月 5 日-7 日

題目：宮城県における環境放射線モニタリング

発表者：木村幸由、木村昭裕、石幡茜、伊藤節男、石川陽一、高橋正人、安藤孝志

2011 年 3 月に発生した東日本大震災に伴う津波により、モニタリングステーション (以下「MS」という) 全 7 局中 4 局が全壊した。このため、全壊した MS を再建するまでの間にその近傍において可搬型モニタリングポストによる代替測定を行った。その結果、放射性セシウムの減衰による線量率の減衰が見られた。また、被災を免れた MS においては、ウェザリングによる空間ガンマ線量率の減衰も認められた。併せて、MS 再建予定地におけるバックグラウンド測定を行い、再建後の測定値と比較することにより局舎による遮への影響を評価したところ、局舎建屋の遮蔽によって線量率は再建前の 81% に低下した。また、49 行×49 列応答行列法を用いたスペクトル解析により、放射性セシウム由来の線量率を評価したところ、遮へいによって一次線量率は 43%、散乱線量率は 73% に低下した。

(3) 第 21 回 環境放射能研究会、つくば市、2020 年 3 月 12-13 日 (開催中止、要旨及び論文集発行)

題目：海洋放射能汚染指標海産生物としてのアラメその他の褐藻の特性

発表者：石川陽一、小笠原一孝、小野原清志、伊藤節男、高群富貴、高橋正人、澤田晃宏、安藤孝志

海洋放射能汚染の指標海産生物としての特性を調べるため、宮城県沿岸において、2013-2019 年の期間にアラメなどの褐藻中の放射性核種と元素の濃縮係数 (CR) を調べた。放射性核種の ^{137}Cs 及び ^{131}I 、 $^{58,60}\text{Co}$ 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe などの放射性核種の代替微量元素である I、Co、Mn、Fe について、エゾノネジモクの CR とこれまで指標海産物としていたアラメの CR とを比較した結果、 ^{137}Cs の CR (算術平均約 30-40) は同程度、I の CR (算術平均約 2,100) は約 1/3 程度、Co、Mn 及び Fe の CR (それぞれ算術平均約 6,800、4,200 及び 180,000) は 2-4 倍程度であった。以上の結果から、エゾノネジモクは原子力発電所の腐食生成物由来の放射性核種などによる沿岸海洋汚染の生物指標として適していると考えられた。

なお、エゾノネジモクと同属のヨレモクにおいては、I、Co 及び Mn の CR はエゾノネジモクよりも高めであった。また、アラメとエゾノネジモク中の Pu、 ^{90}Sr と Sr の CR についても知見が得られた。

V 資料

資料1 宮城県における環境放射能核種分析結果

以下に、2019年（平成31年）4月から2020年（令和2年）3月までに採取した試料の核種分析結果を示す。

[図表一覧]

図-1 : Ge半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー用試料形状と容器

表-1 : Ge半導体検出器の主な性能

Ge半導体検出器による分析結果 :

表-2～表-24にGe半導体検出器による分析結果を示す。これらのデータは、主に「令和元年度 女川原子力発電所 環境放射能調査結果（令和2年9月 宮城県）」において公表した核種（ ^7Be 、 ^{40}K 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I ）の分析値である。ほかに、試料によっては ^{210}Pb 、 ^{212}Pb または ^{214}Pb の値も記載した。なお、表-2～表-24において核種名の表記は、例えば ^7Be についてはBe-7のように表す（以下、同様）。放射能の値は試料採取日における値を示す。

Sr-90分析結果 :

表-25

H-3（トリチウム）分析結果 :

表-26

原子力規制庁委託調査結果（令和元年度） :

表-27～表-31

これらのデータは、原子力規制庁からの環境放射能水準調査の委託により得られた成果の一部である。

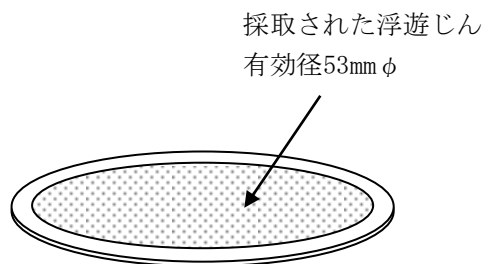
検出下限値及び数値の表し方

- ・検出下限値は、試料の測定値（正味計数）の統計誤差（計数誤差）の3倍とする。
- ・測定結果が検出下限値以上の場合、統計誤差を併記し、検出下限値よりも小さい場合は「N D」（Not Detected）とする。
- ・測定値の表示桁数は2桁とし、統計誤差は測定値の最下位桁まで表示する（例1、2）。
（例1） $69.07 \pm 14.32 \rightarrow 69 \pm 14$
（例2） $69.07 \pm 1.432 \rightarrow 69 \pm 1$
- ・測定値の最上位桁に比べて統計誤差の最上位桁が3桁目以下の場合、測定値は統計誤差の最上位桁と同じ位まで表示し、統計誤差は、最上位桁のみを表示する（例3、4）。ただし、統計誤差を丸めた結果、位が上がり桁数が増えた場合は、統計誤差を2桁表示する（例5）。
（例3） $69.07 \pm 0.1432 \rightarrow 69.1 \pm 0.1$
（例4） $69.07 \pm 0.01432 \rightarrow 69.07 \pm 0.01$
（例5） $69.07 \pm 0.964 \rightarrow 69.1 \pm 1.0$

ここで、数値の丸め方は、表示桁数を（n）桁とする場合、（n+1）桁まで計算し（n+1）桁を四捨五入する。

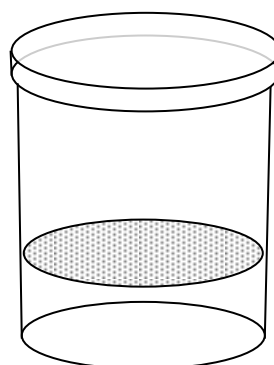
(a) 大気浮遊じん用ろ紙

上：セルロース・
ガラス繊維ろ紙 (Toyo、HE-40T)
下：活性炭ろ紙 (Toyo、CP-20)



(b) U 8 型容器

材質：ポリプロピレン樹脂
用途：降下物、土壌、その他の試料用

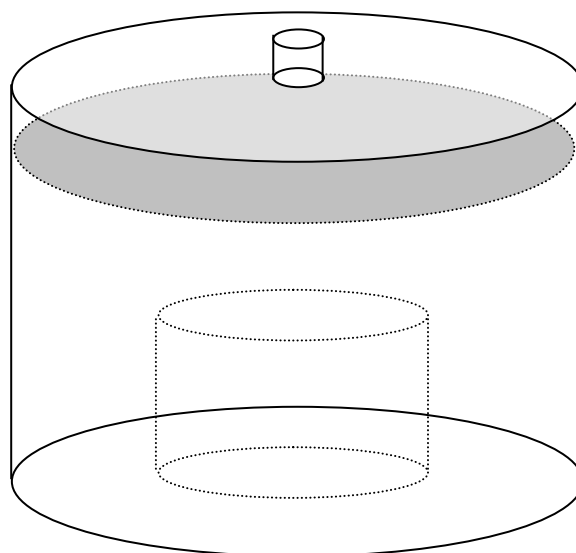


容器：直径47mm φ
×50mm高

試料厚：0~50mmの
範囲で任意

(c) マリネリ容器

(アラメ迅速法、
その他の試料用)



容積：2 ^{リットル}

図-1 Ge半導体検出器用
測定試料形状と容器

表－1 Ge半導体検出器の主な性能

検出器番号		監視用Ge 1	監視用Ge 2	水準用Ge
検出器型名		ORTEC GMX25P4-70-RB-B	ORTEC GEM25-70	ORTEC GEM25P4-70
検出器サイズ (mm)		52.4 φ × 63.2	59.0 φ × 49.3	59.0 φ × 47.1
検出器エンドキャップ		1.7 mm、Cu	1.0 mm、Al	1.0 mm、Al
検出器窓		0.5 mm Be	—	—
印加電圧		-3100 V	+3000 V	+1500 V
MCA (ADC、Lin. AMP、 高圧電源含む)		SEIKO EG&G MCA 7600型 7600-000	SEIKO EG&G MCA-7a型 M7-010	SEIKO EG&G MCA 7600型 7600-000
検出器 性能	FWHM at 5.9 keV *1	0.681 keV	—	—
	FWHM at 122 keV *1	—	0.708 keV	0.673 keV
	FWHM at 1.33 MeV	1.71 keV	1.77 keV	1.71 keV
	P/C比	60.8	58.8	59.1
	相対効率 *2	28.0 %	31.5 %	27.1 %
遮へい体厚さ (mm) (内側より)				
アクリル樹脂		2	2	—
無酸素銅		3	3	—
鉄		—	—	158
鉛		120	120	—
鋼鉄		10	10	—
データ解析装置		FUJITSU ESPRIMO D581	FUJITSU ESPRIMO D587	FUJITSU ESPRIMO D581

*1 FWHM at 5.9 keV, FWHM at 122 keV の値については、Ge半導体検出器納品時の値。

*2 相対効率は、線源－検出器間距離25 cmのときの、⁶⁰Coの1.33 MeV-γ線エネルギーにおける3"φ×3" NaI(Tl)検出器に対する相対値。

(1) Ge半導体検出器による分析結果

表-2 月間降下物の核種分析結果(1)

試料名	降下物						
	雨水・ちり						
採取地点	女川町浦宿浜(女川宿舎)*						
採取期間	2019.4.1 ~ 2019.4.26	2019.4.26 ~ 2019.6.3	2019.6.3 ~ 2019.7.1	2019.7.1 ~ 2019.8.1	2019.8.1 ~ 2019.9.2	2019.9.2 ~ 2019.10.1	
採取月	4月分	5月分	6月分	7月分	8月分	9月分	
試料番号	19F00011	19F00031	19F00046	19F00068	19F00081	19F00095	
放射能	Be-7	107.9±1.0	152±1	217±1	161±1	104.6±0.9	33.8±0.5
	K-40	N D	N D	N D	(1.2)	N D	N D
	Pb-210	12.9±0.3	16.8±0.3	17.1±0.3	14.9±0.3	16.0±0.3	-
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	0.41±0.03	0.26±0.03	0.15±0.02	0.096±0.022	0.12±0.02	N D
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量(g/m ²)	2.9	3.2	1.6	1.3	1.2	0.86	
Ge検出器番号	1	1	1	1	1	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考							

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

* 震災の影響により、平成23年8月10日から採取地点を女川町女川浜の旧原子力センターから同町浦宿浜の県職員宿舎に変更した。

表-3 月間降下物の核種分析結果(2)

試料名	降下物						
	雨水・ちり						
採取地点	女川町浦宿浜(女川宿舎)*						
採取期間	2019.10.1 ~ 2019.11.1	2019.11.1 ~ 2019.11.29	2019.11.29 ~ 2020.1.6	2020.1.6 ~ 2020.2.3	2020.2.3 ~ 2020.3.2	2020.3.2 ~ 2020.4.2	
採取月	10月分	11月分	12月分	1月分	2月分	3月分	
試料番号	19F00106	19F00133	19F00155	19F00163	19F00178	19F00191	
放射能	Be-7	239±1	40.4±0.6	51.6±0.6	95.6±0.8	58.5±0.6	121.7±1.0
	K-40	2.2±0.4	(1.2)	(1.2)	N D	N D	1.4±0.3
	Pb-210	22.7±0.4	6.5±0.2	11.7±0.3	-	-	15.9±0.3
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	0.25±0.03	0.34±0.02	0.40±0.03	0.18±0.02	0.19±0.02	0.54±0.03
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量(g/m ²)	5.3	2.0	1.8	1.8	1.3	3.6	
Ge検出器番号	1	1	1	2	2	1	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考							

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

* 震災の影響により、平成23年8月10日から採取地点を女川町女川浜の旧原子力センターから同町浦宿浜の県職員宿舎に変更した。

表－4 月間降下物の核種分析結果（3）

試料名	降下物						
	雨水・ちり						
採取地点	仙台市宮城野区(環境放射線監視センター)*1						
採取期間	2019.4.1 ～2019.4.26	2019.4.26 ～2019.6.3	2019.6.3 ～2019.7.1	2019.7.1 ～2019.8.1	2019.8.1 ～2019.9.2	2019.9.2 ～2019.10.1	
採取月	4月分	5月分	6月分	7月分	8月分	9月分	
試料番号	19F00012	19F00032	19F00047	19F00069	19F00080	19F00094	
放射能	Be-7	83.8±0.9	125.3±1.0	207±1	115.4±0.9	120.3±0.9	60.9±0.6
	K-40	(1.3)	(1.3)	N D	N D	N D	N D
	Pb-210	12.2±0.3	14.7±0.3	22.2±0.4	15.6±0.3	17.1±0.3	-
	Cs-134	0.087±0.023	0.084±0.024	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	1.29±0.04	0.97±0.04	0.29±0.02	0.17±0.02	0.19±0.02	0.083±0.021
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積 (m ²)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量 (g/m ²)	4.2	4.3	2.0	1.5	1.6	1.1	
Ge検出器番号	1	1	1	1	1	2	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考	対照地点*2						

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

*1 平成27年3月30日から仙台市宮城野区安養寺の原子力センター(旧消防学校)から同区幸町の環境放射線監視センターに変更した。

*2 女川原子力発電所から約10km以遠の地点(海域)を対照地点(対照海域)と記載した。以下、他の降下物、陸土、指標植物、魚介類、海水、海底土及び指標海産物についても同様である。

表－5 月間降下物の核種分析結果（4）

試料名	降下物						
	雨水・ちり						
採取地点	仙台市宮城野区(環境放射線監視センター)*						
採取期間	2019.10.1 ～2019.11.1	2019.11.1 ～2019.11.29	2019.11.29 ～2020.1.6	2020.1.6 ～2020.2.3	2020.2.3 ～2020.3.2	2020.3.2 ～2020.4.2	
採取月	10月分	11月分	12月分	1月分	2月分	3月分	
試料番号	19F00105	19F00130	19F00154	19F00162	19F00177	19F00190	
放射能	Be-7	191±1	22.8±0.5	36.1±0.5	137.3±1.0	89.7±0.8	102.9±0.9
	K-40	1.9±0.4	1.5±0.4	1.5±0.4	N D	N D	1.6±0.4
	Pb-210	18.7±0.3	5.0±0.2	9.3±0.3	-	-	19.4±0.3
	Cs-134	N D	N D	N D	(0.062)	N D	0.079±0.022
	Cs-137	0.57±0.03	0.81±0.03	0.62±0.03	0.64±0.03	0.32±0.02	1.15±0.04
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積 (m ²)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量 (g/m ²)	3.1	2.4	2.5	2.5	1.5	5.5	
Ge検出器番号	1	1	1	2	2	1	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考	対照地点						

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

* 平成27年3月30日から仙台市宮城野区安養寺の原子力センター(旧消防学校)から同区幸町の環境放射線監視センターに変更した。

表－6 四半期間降下物の核種分析結果（1）

試料名	降下物				
	雨水・ちり				
採取地点	女川町飯子浜（飯子浜MS）				
採取期間	2019. 4. 1 ～ 2019. 7. 1	2019. 7. 1 ～ 2019. 10. 1	2019. 10. 1 ～ 2020. 1. 6	2020. 1. 6 ～ 2020. 4. 2	
採取月	4～6月分	7～9月分	10～12月分	1～3月分	
試料番号	19F00050	19F00098	19F00144	19F00194	
放射能	Be- 7	311±3	205±2	144±2	233±2
	K - 40	(3.4)	N D	6.7±1.2	3.6±0.7
	Pb-210	41.6±0.9	-	31.5±0.8	-
	Cs-134	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	0.59±0.06	0.40±0.06	0.81±0.07	0.39±0.05
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積 (m ²)	0.1886	0.1886	0.1886	0.1886	
蒸発残渣量(g/m ²)	8.0	5.8	19.7	7.4	
Ge検出器番号	1	2	1	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	
備考					

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

表－7 四半期間降下物の核種分析結果（2）

試料名	降下物				
	雨水・ちり				
採取地点	石巻市鮫浦（鮫浦MS）				
採取期間	2019. 4. 1 ～ 2019. 7. 1	2019. 7. 1 ～ 2019. 10. 1	2019. 10. 1 ～ 2020. 1. 6	2020. 1. 6 ～ 2020. 4. 2	
採取月	4～6月分	7～9月分	10～12月分	1～3月分	
試料番号	19F00049	19F00097	19F00143	19F00193	
放射能	Be- 7	339±3	263±2	210±2	255±2
	K - 40	(3.4)	N D	N D	(1.9)
	Pb-210	47.2±0.9	47.1±0.9	-	-
	Cs-134	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	0.73±0.06	0.23±0.06	0.26±0.05	0.24±0.05
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積 (m ²)	0.1886	0.1886	0.1886	0.1886	
蒸発残渣量(g/m ²)	9.9	4.2	11.8	6.0	
Ge検出器番号	1	1	2	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	
備考					

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

表－8 四半期間降下物の核種分析結果（3）

試料名		降下物			
		雨水・ちり			
採取地点		石巻市谷川浜（谷川MS）			
採取期間		2019. 4. 1 ～ 2019. 7. 1	2019. 7. 1 ～ 2019. 10. 1	2019. 10. 1 ～ 2020. 1. 6	2020. 1. 6 ～ 2020. 4. 2
採取月		4～6月分	7～9月分	10～12月分	1～3月分
試料番号		19F00048	19F00096	19F00142	19F00192
放射能	Be- 7	315±2	142±2	187±2	256±2
	K - 40	4. 2±1. 1	(3. 3)	4. 4±0. 8	3. 5±0. 7
	Pb-210	38. 3±0. 8	36. 0±0. 8	-	-
	Cs-134	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	0. 64±0. 06	0. 39±0. 06	0. 59±0. 06	0. 55±0. 06
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積 (m ²)		0. 1886	0. 1886	0. 1886	0. 1886
蒸発残渣量(g/m ²)		8. 9	7. 0	17. 8	7. 9
Ge検出器番号		1	1	2	2
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000
備考					

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

表－9 農産物の核種分析結果

試料名	精米	大根		大根		
		根	葉	根	葉	
採取地点	石巻市谷川浜	女川町女川浜		石巻市給分浜 ^{*1}		
採取月日	2019. 11. 5	2019. 11. 20	2019. 11. 20	2019. 12. 9	2019. 12. 9	
試料番号	19VG0114	19VG0124	19VG0125	19VG0139	19VG0140	
放射能	Be- 7	(0. 14)	0. 51±0. 05	9. 5±0. 2	0. 19±0. 04	17. 8±0. 3
	K - 40	19. 9±0. 3	70. 2±0. 4	104. 1±0. 8	66. 3±0. 4	94. 3±0. 8
	Pb-210	N D	N D	1. 6±0. 1	-	-
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	0. 041±0. 006	N D	N D	0. 019±0. 005	0. 14±0. 02
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生) ^{*2}	5. 00	5. 00	2. 00	5. 00	1. 24	
灰分(%)	0. 72	0. 76	1. 25	0. 59	1. 62	
Ge検出器番号	1	1	1	2	2	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	
備考						

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

*1 小浜の試料は、生育の遅れにより従来地点での採取ができなかったため、隣接地区の給分浜で採取した。

*2 測定には灰化した試料を用いており、試料量は生重量に換算した値を示す。以下、他の農産物、指標植物、魚介類及び指標海産物についても同様である。

表-10 陸水の核種分析結果

試料名		陸水			
		水道原水			
採取地点		女川町女川浜		石巻市前網浜	
採取月日		2019. 7. 17	2020. 1. 10	2019. 7. 17	2020. 1. 10
試料番号		19LW0063	19LW0157	19LW0062	19LW0157
放射能	Be- 7	56±6	27±6	129±7	(17)
	K - 40	N D	N D	N D	(31)
	Pb-210	(12)	N D	27±4	N D
	Cs-134	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	N D	N D	2.2±0.5	(1.6)
	単位	mBq/L	mBq/L	mBq/L	mBq/L
試料量(L)		20.0	20.0	20.0	20.0
Ge検出器番号		1	1	1	1
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000
備考					

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

表-11 陸土の核種分析結果

試料名		陸土	
		未耕土	
採取地点		石巻市谷川浜	大崎市岩出山 (城山公園)
採取月日		2019. 6. 18	2019. 6. 13
試料番号		19LS0039	19LS0036
放射能*1	Be- 7	N D	N D
	K - 40	690±10	216±9
	Pb-212	55.2±0.9	19±1
	Pb-214	29±1	8.1±1.4
	Cs-134	1.9±0.3	41.5±0.9
	Cs-137	25.3±0.6	553±3
	単位	Bq/kg乾土	Bq/kg乾土
換算係数*2		45.2	36.7
試料量(g)		122	87
Ge検出器番号		1	1
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000
備考			対照地点

*1 低エネルギーγ線放出核種であるPb-210については試料が厚くかつ密度が高いために自己吸収補正が困難であるので、掲載しなかった。一方でTh系列とU系列の代表的なγ線放出核種であるPb-212とPb-214については概ねTh-232及びU-238と放射平衡と見なせるため、参考のため掲載した。

*2 換算係数とは、Bq/kg乾土からBq/m²への換算乗数を表す。

表-12 浮遊じんの核種分析結果(1)

試料名	浮遊じん						
	—						
採取地点	女川町女川浜(女川MS)						
採取期間	2019.3.29 ~ 2019.4.26	2019.4.26 ~ 2019.5.30	2019.5.30 ~ 2019.6.28	2019.6.28 ~ 2019.7.31	2019.7.31 ~ 2019.8.30	2019.8.30 ~ 2019.9.30	
採取月	4月分	5月分	6月分	7月分	8月分	9月分	
試料番号	19AE0013	19AE0021	19AE0054	19AE0064	19AE0082	19AE0100	
放射能	Be-7	6.1±0.2	6.2±0.1	2.6±0.1	1.56±0.09	1.9±0.1	5.1±0.1
	K-40	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Pb-210	-	-	0.38±0.07	0.36±0.06	0.49±0.07	-
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	単位	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³
試料量(m ³)	1083	1378	1243	1437	1315	1381	
Ge検出器番号	2	2	1	1	1	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考							

表-13 浮遊じんの核種分析結果(2)

試料名	浮遊じん						
	—						
採取地点	女川町女川浜(女川MS)						
採取期間	2019.9.30 ~ 2019.10.31	2019.10.31 ~ 2019.11.29	2019.11.29 ~ 2019.12.26	2019.12.26 ~ 2020.1.31	2020.1.31 ~ 2020.2.28	2020.2.28 ~ 2020.3.31	
採取月	10月分	11月分	12月分	1月分	2月分	3月分	
試料番号	19AE0110	19AE0134	19AE0149	19AE0164	19AE0179	19AE0186	
放射能	Be-7	5.0±0.1	6.6±0.2	4.8±0.1	3.9±0.1	4.1±0.1	4.7±0.1
	K-40	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Pb-210	0.82±0.07	-	-	-	-	-
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	単位	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³
試料量(m ³)	1338	1210	1115	1513	1181	1343	
Ge検出器番号	1	2	2	2	2	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考							

表-14 浮遊じんの核種分析結果(3)

試料名		浮遊じん					
		—					
採取地点		石巻市寄磯浜(寄磯MS)					
採取期間		2019.3.29 ~ 2019.4.26	2019.4.26 ~ 2019.5.30	2019.5.30 ~ 2019.6.28	2019.6.28 ~ 2019.7.31	2019.7.31 ~ 2019.8.30	2019.8.30 ~ 2019.9.30
採取月		4月分	5月分	6月分	7月分	8月分	9月分
試料番号		19AE0015	19AE0023	19AE0056	19AE0066	19AE0084	19AE0102
放射能	Be-7	6.9±0.2	5.5±0.1	2.9±0.1	1.64±0.09	2.0±0.1	5.6±0.1
	K-40	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Pb-210	-	-	0.44±0.07	0.28±0.06	0.45±0.07	-
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	単位	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³
試料量(m ³)		1187	1555	1286	1457	1345	1431
Ge検出器番号		2	2	1	1	1	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備考							

表-15 浮遊じんの核種分析結果(4)

試料名		浮遊じん					
		—					
採取地点		石巻市寄磯浜(寄磯MS)					
採取期間		2019.9.30 ~ 2019.10.31	2019.10.31 ~ 2019.11.29	2019.11.29 ~ 2019.12.26	2019.12.26 ~ 2020.1.31	2020.1.31 ~ 2020.2.28	2020.2.28 ~ 2020.3.31
採取月		10月分	11月分	12月分	1月分	2月分	3月分
試料番号		19AE0112	19AE0136	19AE0151	19AE0166	19AE0181	19AE0188
放射能	Be-7	5.9±0.1	6.5±0.2	5.5±0.2	4.4±0.1	4.8±0.1	5.2±0.1
	K-40	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Pb-210	0.92±0.07	-	-	-	-	-
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	単位	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³
試料量(m ³)		1358	1293	1103	1546	1197	1360
Ge検出器番号		1	2	2	2	2	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備考							

表-16 指標植物の核種分析結果

試料名	ヨモギ		
	葉		
採取地点	石巻市谷川浜	大崎市岩出山	
採取月日	2019.7.17	2019.7.8	
試料番号	19IL0060	19IL0058	
放射能	Be-7	115.6±0.7	82.5±0.5
	K-40	207±1	220±1
	Pb-210	10.5±0.3	6.3±0.2
	Cs-134	N D	0.13±0.02
	Cs-137	0.36±0.02	1.82±0.03
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	2.00	2.00	
灰分(%)	2.71	2.45	
Ge検出器番号	1	1	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	
備考		対照地点	

表-17 魚介類の核種分析結果(1)

試料名	アイナメ	マボヤ				
	皮・筋肉	筋肉層	肝部*	筋肉層	肝部*	
採取地点	女川原子力発電所 前面海域	女川町小屋取		女川町塚浜		
採取月日	2019.7.4	2019.4.22	2019.4.22	2019.4.23	2019.4.23	
試料番号	19MP0057	19MP0006	19MP0007	19MP0008	19MP0009	
放射能	Be-7	N D	6.7±0.2	354±1	6.8±0.2	267±1
	K-40	127.6±0.8	70.2±0.7	75.2±1.0	78.3±0.8	82±1
	Pb-210	(0.37)	1.7±0.2	4.3±0.3	1.9±0.2	4.5±0.3
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	0.15±0.01	0.043±0.012	N D	0.046±0.014	(0.066)
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	3.00	2.00	0.89	2.00	0.73	
灰分(%)	1.88	2.67	2.92	2.67	2.80	
Ge検出器番号	1	1	1	1	1	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	
備考						

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

* 参考として記載した。

表-18 魚介類の核種分析結果(2)

試料名	エゾアワビ		マガキ				
	軟体部	内臓部*	軟体部				
採取地点	女川原子力発電所放水口付近		女川町野々浜	女川町尾浦	石巻市分浜	気仙沼湾 (気仙沼市)	
採取月日	2019.11.26	2019.11.26	2019.11.28	2019.11.28	2019.11.13	2019.12.19	
試料番号	19MP0127	19MP0128	19MP0132	19MP0131	19MP0119	19MP0145	
放射能	Be-7	0.63±0.11	4.6±0.2	1.2±0.1	2.2±0.1	2.7±0.1	0.94±0.11
	K-40	61.3±0.7	57.6±0.9	66.8±0.7	65.6±0.7	67.5±0.7	71.0±0.7
	Pb-210	0.39±0.13	5.1±0.2	1.4±0.1	3.2±0.1	2.8±0.2	1.5±0.1
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	0.044±0.013	0.11±0.02	0.038±0.012	N D	0.053±0.012	0.057±0.011
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	2.00	0.97	2.00	2.00	2.00	2.00	
灰分(%)	2.51	3.15	2.53	2.24	2.46	2.22	
Ge検出器番号	1	1	1	1	1	1	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考						対照地点	

* 参考として記載した。

表-19 海藻の核種分析結果

試料名	ワカメ		
	葉部		
採取地点	女川原子力発電所 放水口付近	女川原子力発電所 前面海域	
採取月日	2019.4.17	2019.4.10	
試料番号	19MP0005	19MP0002	
放射能	Be-7	N D	0.56±0.18
	K-40	165±1	199±1
	Pb-210	N D	N D
	Cs-134	N D	N D
	Cs-137	N D	N D
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	1.50	1.50	
灰分(%)	3.89	3.87	
Ge検出器番号	1	1	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	
備考			

表-20 海水の核種分析結果

試料名	海水					
	表層水					
採取地点	女川原子力発電所 放水口付近		鮫浦湾 (石巻市)		気仙沼湾 (気仙沼市)	
採取月日	2019. 5. 14	2019. 11. 5	2019. 5. 23	2019. 11. 19	2019. 10. 28	
試料番号	19SW0018	19SW0115	19SW0040	19SW0137	19SW0109	
放射能	Cs-134	N D	N D	N D	N D	
	Cs-137	(2. 1)	2. 4±0. 7	N D	N D	3. 3±0. 7
	単位	mBq/L	mBq/L	mBq/L	mBq/L	mBq/L
試料量(L)	20. 0	20. 0	20. 0	20. 0	20. 0	
Ge検出器番号	1	1	1	1	2	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	
備考					対照地点	

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

表-21 海底土の核種分析結果

試料名	海底土					
	表層土					
採取地点	女川原子力発電所 放水口付近		鮫浦湾 (石巻市)		気仙沼湾 (気仙沼市)	
採取月日	2019. 5. 14	2019. 11. 5	2019. 5. 23	2019. 11. 19	2019. 10. 28	
試料番号	19SS0019	19SS0116	19SS0020	19SS0138	19SS0108	
放射能*	Be- 7	N D	16±3	N D	(12)	9. 4±2. 9
	K - 40	377±8	425±9	460±10	470±10	333±9
	Pb-212	15. 2±0. 6	15. 8±0. 7	21. 1±0. 8	21. 8±0. 7	10. 8±0. 7
	Pb-214	9. 2±0. 8	11. 9±0. 9	15. 4±0. 9	14. 9±0. 9	9. 2±0. 9
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	N D	1. 1±0. 3	11. 2±0. 5	8. 4±0. 4	3. 0±0. 3
	単位	Bq/kg乾土	Bq/kg乾土	Bq/kg乾土	Bq/kg乾土	Bq/kg乾土
試料量(g乾土)	132	118	107	111	108	
Ge検出器番号	1	1	1	1	1	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	
備考					対照地点	

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

* Th系列とU系列の代表的なγ線放出核種であるPb-212とPb-214については概ねTh-232及びU-238と放射平衡と見なせるため、参考のため掲載した。

表-22 指標海産物の核種分析結果(1)

試料名	アラメ						
	葉部						
採取地点	女川原子力発電所 放水口付近	牡鹿半島北側 (石巻市十三浜)	牡鹿半島西側 (東松島市宮戸)				
採取月日	2019. 8. 6	2019. 11. 6	2019. 8. 12	2019. 11. 13	2019. 8. 12	2019. 11. 13	
試料番号	19IS0074	19IS0118	19IS0076	19IS0121	19IS0078	19IS0123	
放射能	Be- 7	1.2±0.2	2.8±0.3	N D	1.5±0.3	(0.70)	N D
	K - 40	263±2	362±2	266±2	385±2	339±2	391±2
	Pb-210	N D	N D	(0.83)	N D	N D	N D
	Cs-134	N D	N D	N D	N D	N D	N D
	Cs-137	N D	0.13±0.03	N D	0.089±0.027	0.16±0.03	0.21±0.03
	I-131*	N D	N D	N D	N D	0.29±0.05	N D
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
灰化法試料量(kg生)	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	
迅速法試料量(kg生)	1.98	1.93	1.91	1.98	1.49	1.72	
灰分(%)	5.16	5.11	4.45	5.23	4.93	5.17	
Ge検出器番号	1	1	1	1	1	1	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考	迅速法における その他検出核種 Cs-137:(0.087)		対照海域 迅速法における その他検出核種 Cs-137:(0.095)	対照海域	対照海域 迅速法における その他検出核種 Cs-137: 0.19±0.04	対照海域	

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

* I-131は生試料を粉砕後、マリネリ容器にて測定する迅速法による結果である。

表-23 指標海産物の核種分析結果(2)

試料名	エゾノネジモク					
	除付着器					
採取地点	女川原子力発電所 放水口付近	牡鹿半島北側 (石巻市十三浜)	牡鹿半島西側 (石巻市小竹浜)			
採取月日	2019. 5. 9	2020. 2. 19				
試料番号	19IS0017	19IS0175				
放射能	Be- 7	8.5±0.3	3.4±0.2			
	K - 40	190.7±1.6	254±2			
	Pb-210	1.4±0.3	-			
	Cs-134	N D	N D			
	Cs-137	N D	N D			
	I-131*	N D	N D			
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生			
灰化法試料量(kg生)	1.20	1.20				
迅速法試料量(kg生)	1.97	2.20				
灰分(%)	4.99	5.38				
Ge検出器番号	1	2				
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000				
備考			対照海域 *2	対照海域 *2	対照海域 *2	対照海域 *2

*1 I-131は生試料を粉砕後、マリネリ容器にて測る迅速法による結果である。

*2 生育が確認できず採取できなかったため欠測となった。

表-24 指標海産物の核種分析結果(3)

試料名	ムラサキイガイ		
	軟体部		
採取地点	女川原子力発電所 前面海域		
採取月日	2019.4.10	2019.10.2	
試料番号	19IS0001	19IS0099	
放射能	Be-7	3.1±0.1	5.2±0.2
	K-40	69.5±0.7	71.6±0.7
	Pb-210	3.8±0.2	3.7±0.2
	Cs-134	N D	N D
	Cs-137	0.049±0.013	(0.035)
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	2.01	2.00	
灰分(%)	2.51	2.26	
Ge検出器番号	1	1	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	
備考			

(注) カッコ()内の値は、検出下限値未満であるが、スペクトルに光電ピークが存在する場合の検出下限値を示す。

(2) Sr-90分析結果

表-25 Sr-90の分析結果

試料名	部位	採取地点	採取年月日	Sr-90 濃度		Ca濃度 (g/kg生)	Sr単位 (Bq/g・Ca)
				測定値	単 位		
精米	精米	石巻市谷川浜	2019. 11. 5	N D	Bq/kg生	0.040	N D
ヨモギ	葉	石巻市谷川浜	2019. 7. 17	0.088±0.009		2.83	0.031±0.003
		大崎市岩出山 (対照地点)	2019. 7. 8	0.26±0.01		1.93	0.135±0.006
アイナメ	皮・筋肉	女川原子力発電所 前面海域	2019. 7. 4	N D		1.95	N D
マガキ	軟体部	女川町野々浜	2019. 11. 28	N D		0.49	N D
		気仙沼市大島 (対照地点)	2019. 12. 19	N D		0.29	N D
マボヤ	筋肉層	女川町小屋取	2019. 4. 22	N D		0.32	N D
ワカメ	葉部	女川原子力発電所 放水口付近	2019. 4. 17	N D		0.81	N D
アラメ	葉部		2019. 8. 6	N D		2.23	N D
エゾノ ネジモク	除付着器		2020. 2. 19	N D		4.08	N D

(3) H-3分析結果

表-26 H-3の分析結果

試料名		採取地点	採取年月日	H-3 濃度	
				測定値	単 位
陸 水	水道原水	女川町女川浜	2019. 7. 17	N D	mBq/L
			2020. 1. 10	N D	
		石巻市前網浜	2019. 7. 17	N D	
			2020. 1. 10	N D	
海 水	表層水	女川原子力発電所 放水口付近	2019. 5. 14	N D	
			2019. 11. 5	N D	
		気仙沼湾 (対照地点)	2019. 10. 28	N D	

(4) 原子力規制庁委託調査結果

表-27 大気浮遊じんのゲルマニウム半導体検出器を用いた核種分析調査結果報告

ゲルマニウム半導体検出器型式	ORTEC社製 GEM型
遮蔽体の厚み (mm)	鉄158mm
分解能	FWHM=1.87keV (Co-60, 1332keV)
相対効率 (%)	26.98%
測定容器の名称と型式	U8

集じん器名	HV-1000R
集じん流速 (m ³ /時)	60
集じんろ紙の種類	ガラス繊維ろ紙GB-100R
サイズ (mm)	203×254
試料処理法	打ち抜き

試料番号	採取期間 年月日～年月日		試料採取場所			吸引量 (m ³)	供試量 (m ³)	備考
			住所	緯度 (度分秒)	経度 (度分秒)			
19AE0051	2019.4.8	2019.6.28	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	33147.3	17236.6	
19AE0103	2019.7.5	2019.9.30	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	30444.1	15830.9	
19AE0148	2019.10.8	2019.12.23	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	26878.8	13977.0	
19AE0185	2020.2.21	2020.3.25	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	38673.0	20109.96	

試料番号	測定年月日	測定時間 (ライブタイム;秒)	核種別放射能濃度					
			I-131 (mBq/m ³)	Cs-134 (mBq/m ³)	Cs-137 (mBq/m ³)			
19AE0051	2019.7.4	80000	N.D.	N.D.	0.0066±0.0012			
19AE0103	2019.10.9	80000	N.D.	N.D.	0.0080±0.0013			
19AE0148	2019.12.25	80000	N.D.	N.D.	N.D.			
19AE0185	2020.3.27	80000	N.D.	N.D.	N.D.			

計数値がその計数誤差の3倍を下回るものについては「N.D.」としている。

このデータは、原子力規制庁の原子力施設等防災対策等委託費「環境放射能水準調査」事業として、宮城県が実施した令和元年度「環境放射能水準調査」の成果です。

表-28 降下物のゲルマニウム半導体検出器を用いた核種分析調査結果報告

ゲルマニウム半導体検出器型式	ORTEC社製 GEM型
遮蔽体の厚み (mm)	鉄158mm
分解能	FWHM=1.87keV (Co-60, 1332keV)
相対効率 (%)	26.98%
測定容器の名称と型式	U8

大型水盤型式	設置型
材質	ステンレス
厚み (mm)	3
受水面積 (cm ²)	5000.0

試料番号	採取期間 年月日～年月日		採取日数	試料採取場所			降水量 (mm)	採取量 (L)	供試量 (L)	備考
				住所	緯度 (度分秒)	経度 (度分秒)				
19FO0010	2019.4.1	2019.4.26	26	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	69.0	34.65	34.65	降水量は気象庁 発表の値(仙台)を 記載
19FO0030	2019.4.26	2019.6.3	39	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	123.0	25.45	25.45	
19FO0045	2019.6.3	2019.7.1	29	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	168.5	86.35	86.35	
19FO0067	2019.7.1	2019.8.1	32	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	111.5	51.65	51.65	
19FO0079	2019.8.1	2019.9.2	33	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	98.0	44.90	44.90	
19FO0093	2019.9.2	2019.10.1	30	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	72.5	41.75	41.75	
19FO0104	2019.10.1	2019.11.1	30	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	644.5	307.55	307.55	
19FO0129	2019.11.1	2019.11.29	29	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	5.5	25.70	25.70	
19FO0153	2019.11.29	2020.1.6	39	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	27.0	28.75	28.75	
19FO0161	2020.1.6	2020.2.3	29	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	126.5	67.50	67.50	
19FO0176	2020.2.3	2020.3.2	29	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	25.5	22.40	22.40	
19FO0189	2020.3.2	2020.4.2	32	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	86.5	50.50	50.50	

試料番号	測定年月日	測定時間 (ライブタイム:秒)	核種別放射能濃度						
			I-131 (Bq/m ²)	Cs-134 (Bq/m ²)	Cs-137 (Bq/m ²)				
19FO0010	2019.5.14	80000	N.D.	0.078 ± 0.020	0.97 ± 0.031				
19FO0030	2019.6.13	80000	N.D.	0.13 ± 0.022	1.5 ± 0.038				
19FO0045	2019.7.17	80000	N.D.	N.D.	0.22 ± 0.019				
19FO0067	2019.8.15	80000	N.D.	N.D.	0.20 ± 0.019				
19FO0079	2019.9.11	80000	N.D.	N.D.	0.15 ± 0.018				
19FO0093	2019.10.11	80000	N.D.	N.D.	0.14 ± 0.018				
19FO0104	2019.11.19	80000	N.D.	N.D.	0.27 ± 0.022				
19FO0129	2019.12.11	80000	N.D.	N.D.	0.45 ± 0.024				
19FO0153	2020.1.22	80000	N.D.	0.054 ± 0.017	0.53 ± 0.025				
19FO0161	2020.2.18	80000	N.D.	N.D.	0.35 ± 0.022				
19FO0176	2020.3.12	80000	N.D.	N.D.	0.24 ± 0.019				
19FO0189	2020.4.15	80000	N.D.	0.082 ± 0.020	1.2 ± 0.035				

計数値がその計数誤差の3倍を下回るものについては「N.D.」としている。

表-29 陸水(上水、淡水)のゲルマニウム半導体検出器を用いた核種分析調査結果報告

ゲルマニウム半導体検出器型式	ORTEC社製 GEM型
遮蔽体の厚み (mm)	鉄158mm
分解能	FWHM=1.87keV (Co-60, 1332keV)
相対効率 (%)	26.98%
測定容器の名称と型式	U8

試料番号	試料名	採取年月日	試料採取場所			pH	水温 (°C)	蒸発残留物 (mg/L)	供試量 (L)	備考
			住所	緯度 (度分秒)	経度 (度分秒)					
19LW0033	上水	2019.6.11	宮城県仙台市宮城野区幸町4丁目7番1-2号	38度16分39.000秒	140度54分20.999秒	7.49	-	55.7	100	

試料番号	測定年月日	測定時間 (秒)	核種別放射能濃度							
			I-131 (mBq/L)	Cs-134 (mBq/L)	Cs-137 (mBq/L)					
19LW0033	2019.6.25	80000	N.D.	N.D.	0.70 ± 0.098					

計数値がその計数誤差の3倍以下のものについては「N.D.」とする。

表-30 土壌のゲルマニウム半導体検出器を用いた核種分析調査結果報告

ゲルマニウム半導体検出器型式	ORTEC社製 GEM型
遮蔽体の厚み (mm)	鉄158mm
分解能	FWHM=1.87keV (Co-60, 1332keV)
相対効率 (%)	26.98%
測定容器の名称と型式	U8

試料番号	種類	採取年月日	試料採取場所			採取層(cm)	採取法	採取面積 (cm ²)	採取全量 (g)	乾燥細土* (g乾土)	供試量 (g乾土)	備考
			住所	緯度 (度分秒)	経度 (度分秒)							
19LS0034	土壌	2019.6.13	宮城県大崎市岩出山	38度39分24.115秒	140度51分36.711秒	0 ~ 5	採取器	157	953.2	512.1	74.22	
19LS0035	土壌	2019.6.13	宮城県大崎市岩出山	38度39分24.115秒	140度51分36.711秒	5 ~ 20	採取器	157	3121.9	1864.2	100.98	

試料番号	測定年月日	測定時間 (秒)	核種別放射能濃度								
			Cs-134		Cs-137						
			(Bq/kg乾土)	(MBq/km ²)	(Bq/kg乾土)	(MBq/km ²)					
19LS0034	2019.7.8	80000	44 ± 0.90	1400	560 ± 2.9	18000					
19LS0035	2019.7.9	80000	3.0 ± 0.33	360	44 ± 0.74	5200					

* 2mmフルイ通過後の全量

計数値がその計数誤差の3倍以下のものについては「N.D.」とする。

表-31 精米のゲルマニウム半導体検出器を用いた核種分析調査結果報告

ゲルマニウム半導体検出器型式	ORTEC社製 GEM型
遮蔽体の厚み (mm)	鉄158mm
分解能	FWHM=1.87keV (Co-60, 1332keV)
相対効率 (%)	26.98%
測定容器の名称と型式	2Lマリネリ

試料番号	試料名	種類	採取年月日	試料採取場所			供試量 (kg生)	備考
				住所	緯度 (度分秒)	経度 (度分秒)		
19VG0107	穀類	精米	2019.10.28	宮城県石巻市南境	38度26分45秒	141度17分48秒	1.779	

試料番号	測定年月日	測定時間 (秒)	核種別放射能濃度				
			I-131 (Bq/kg生)	Cs-134 (Bq/kg生)	Cs-137 (Bq/kg生)		
19VG0107	2019.10.30	80000	N.D.	N.D.	N.D.		

計数値がその計数誤差の3倍以下のものについては「N.D.」とする。

資料2 環境試料の放射化学分析結果

(高度調査解析委託業務)

1 まえがき

高度調査解析委託業務として、(公財)日本分析センターに委託して環境試料中のプルトニウム (^{239}Pu 、 ^{240}Pu) 及び放射性ストロンチウム (^{90}Sr) の放射化学分析を実施した。

2 分析方法

(1) 試料と分析項目

表1に分析試料と分析項目の一覧を示す。試料は全て宮城県内で採取したものである。

(2) プルトニウム (^{239}Pu 、 ^{240}Pu) の分析

文部科学省放射能測定法シリーズ28「環境試料中プルトニウム迅速分析法」(平成14年)に準じた。

化学分離については、陸土及び海底土は試料を 500°C で加熱後、 ^{242}Pu 回収率補正用トレーサーを添加し、硝酸を加えて加熱抽出した。アラメ、エゾノネジモク及びヨレモクは試料に ^{242}Pu 回収率補正用トレーサーを添加し、硝酸を加えて加熱分解して抽出した。陰イオン交換樹脂カラム法で分離・精製したプルトニウムを硝酸に溶解し、測定試料とした。

測定については、ICP質量分析装置(サーモフィッシャーサイエンティフィック社製 ELEMENT 2)を用いて、測定試料をプラズマ中に噴霧し、 ^{242}Pu に対する ^{239}Pu 及び ^{240}Pu のイオン強度から、それぞれの放射能濃度を算出した。

(3) 放射性ストロンチウム (^{90}Sr) の分析

文部科学省放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」(平成15年改訂)に準じた。

化学分離については、陸土及び海底土は試料を 500°C で加熱後、ストロンチウム担体を添加し、塩酸を加えて加熱抽出した。イオン交換法により分離・精製したストロンチウムから ^{90}Y を除去(スカベンジング)し、2週間放置して新たに生成した ^{90}Y を水酸化鉄(III)沈殿に共沈させ(ミルクキング)、測定試料とした。

測定については、低バックグラウンド β 線測定装置(日立製作所社製 LBC-471Q)を用いて、測定試料を原則として3600秒間測定し、 ^{90}Sr 放射能濃度を算出した。

表1 令和元年度分析試料及び分析項目一覧

試料名	採取場所	性状	採取年月日	分析項目 (対象に○印)		
				⁹⁰ Sr	²³⁹ Pu	²⁴⁰ Pu
陸土	大崎市岩出山	*1	2019. 6. 13	○	○	○
海底土	女川原子力発電所 放水口付近	*1	2019. 5. 14	○	○	○
	気仙沼湾 (気仙沼市)	*1	2018. 10. 16	○	○	○
アラメ	石巻市十三浜	*2	2018. 11. 12	/	○	○
	東松島市宮戸	*2		/	○	○
	女川原子力発電所 放水口付近	*2	2018. 11. 6	/	○	○
エゾノネジモク	女川原子力発電所 放水口付近	*2	2019. 5. 9	/	○	○
ヨレモク	石巻市小竹浜	*2	2019. 5. 30	/	○	○

*1 性状：乾燥土壌（粒径 < 2 mm）

*2 性状：灰（粒径 < 0.59mm）

3 分析結果

表2にプルトニウム分析の結果を、また表3にストロンチウムの分析結果を示す。測定した全ての試料から²³⁹Pu及び²⁴⁰Puが検出されたが、その値は、過去の測定値と同程度であった。また、陸土1試料から⁹⁰Srが検出されたが、その値は、過去の測定値と同程度であった。

表2 ICP-MS法によるプルトニウム同位体分析結果（令和元年度）

試料名	採取場所	採取年月日	測定日	²³⁹ Pu	²⁴⁰ Pu	単位
陸土	大崎市岩出山	2019. 6. 13	2020. 3. 2	0.067±0.0023	0.041±0.0016	Bq/kg 乾土
海底土	女川原子力発電所 放水口付近	2019. 5. 14		0.087±0.0013	0.078±0.0012	
	気仙沼湾 (気仙沼市)	2018. 10. 16		0.29±0.008	0.25±0.007	
アラメ	石巻市十三浜	2018. 11. 12		0.0014±0.00004	0.0013±0.00005	Bq/kg 生
	東松島市宮戸			0.0017±0.00004	0.0014±0.00003	
	女川原子力発電所 放水口付近	2018. 11. 6		0.0052±0.00008	0.0045±0.00011	
エゾノ ネジモク	女川原子力発電所 放水口付近	2019. 5. 9		0.0063±0.00008	0.0052±0.00013	

表3 Sr-90 の分析結果（令和元年度）

ヨレモク	石巻市小竹浜	2019. 5. 30		0. 0029±0. 00004	0. 0024±0. 00011	
------	--------	-------------	--	------------------	------------------	--

試料名	採取場所	採取年月日	測定日	⁹⁰ Sr	単位
陸土	大崎市岩出山	2019. 6. 13	2020. 2. 17	1. 5±0. 14	Bq/kg 乾土
海底土	女川原子力発電所 放水口付近	2019. 5. 14		N D	
	気仙沼湾 (気仙沼市)	2018. 10. 16		N D	

(参考) 平成15年度*から令和元年度までの高度調査解析業務の試料及び分析結果一覧

試料名 (採取地点)	試料番号	試料採取日 又は採取期間	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		⁹⁰ Sr	単位
				²³⁹ Pu	²⁴⁰ Pu		
降下物 (仙台市)	02F00008	2001. 12. 3～ 2002. 7. 1	N D	2. 2±0. 4		42±10	mBq/m ²
降下物 (仙台市)	02F00102	2002. 7. 1～ 2002. 12. 27	N D	N D		N D	
降下物 (山形市)	02F00104	2002. 7. 9～ 2003. 1. 9	N D	N D		N D	
降下物 (酒田市)	02F00103	2002. 7. 8～ 2003. 1. 8	N D	2. 5±0. 8		N D	
降下物 (女川町)	02F00007	2001. 12. 3～ 2002. 7. 5	N D	5. 6±0. 9		116±19	
降下物 (女川町)	02F00101	2002. 7. 5～ 2002. 12. 27	N D	N D		N D	
浮遊じん (女川町)	86AE0057	1986. 5. 7～ 1986. 5. 8	N D	N D		N D	μ Bq/m ³
浮遊じん (女川町)	02AE0003	2002. 4. 4 15:01～ 2002. 4. 8 15:30	N D	N D		N D	
浮遊じん (女川町)	02AE0004	2002. 4. 8 15:37～ 2002. 4. 11 9:01	N D	N D		N D	
浮遊じん (女川町)	02AE0010	2002. 4. 11 9:00～ 2002. 4. 15 11:37	N D	N D		N D	
屋上土壌 (女川町)	93IL0133	1993. 11. 18	N D	0. 080±0. 022		N D	Bq/kg乾土
屋上土壌 (女川町)	93IL0134	1993. 11. 18	N D	N D		N D	
屋上土壌 (女川町)	02IL0005	2002. 4. 11	N D	0. 36±0. 04		N D	
屋上土壌 (仙台市)	93IL0096	1993. 9. 24	N D	0. 24±0. 05		N D	
屋上土壌 (仙台市)	93IL0127	1993. 11. 1	N D	0. 093±0. 025		N D	
山林土壌 (女川町)	90IL0213	1990. 11. 30	0. 85±0. 02	2. 6±0. 1		6. 0±1. 1	
山林土壌 (仙台市)	91IL0235	1992. 3. 2	N D	N D		N D	
陸土 (石巻市寄磯)	85LS0063	1985. 6. 10	N D	0. 28±0. 022		4. 6±0. 48	
陸土 (石巻市寄磯)	90LS0064	1990. 6. 11	0. 014±0. 004	0. 32±0. 02		6. 4±0. 5	
陸土 (石巻市寄磯)	95LS0054	1995. 6. 21	0. 0176±0. 0048	0. 32±0. 024		4. 1±0. 40	
陸土 (石巻市寄磯)	00LS0058	2000. 6. 21	N D	0. 22±0. 018		1. 9±0. 27	
陸土 (石巻市寄磯)	05LS0035	2005. 6. 7	N D	0. 20±0. 02		1. 6±0. 2	
陸土 (石巻市谷川浜)	10LS0036	2010. 6. 10	N D	0. 028±0. 0054		—	
陸土 (石巻市谷川浜)	15LS0029	2015. 6. 1	—	0. 039	0. 030	N D	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	85LS0069	1985. 6. 17	N D	0. 11±0. 013		4. 2±0. 48	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	90LS0066	1990. 6. 13	N D	0. 082±0. 011		3. 7±0. 42	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	95LS0053	1995. 6. 14	N D	0. 126±0. 013		3. 0±0. 35	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	00LS0057	2000. 6. 20	N D	0. 11±0. 013		2. 4±0. 30	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	05LS0036	2005. 6. 20	N D	0. 12±0. 01		2. 2±0. 3	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	10LS0046	2010. 6. 21	N D	0. 089±0. 011		—	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	11LS0026	2011. 11. 24	—	0. 060	0. 037	1. 9±0. 16	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	12LS0036	2012. 6. 13	N D	0. 029±0. 0051		N D	
				0. 026	0. 013		
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	13LS0033	2013. 6. 11	N D	0. 052	0. 032	1. 1±0. 14	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	14LS0041	2014. 6. 17	—	0. 055	0. 034	1. 6±0. 16	

試料名 (採取地点)	試料番号	試料採取日 又は採取期間	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		⁹⁰ Sr	単位
				²³⁹ Pu	²⁴⁰ Pu		
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	15LS0039	2015. 6. 11	—	0. 057	0. 035	1. 3±0. 14	Bq/kg乾土
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	16LS0039	2016. 6. 7	—	0. 044	0. 027	2. 0±0. 18	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	17LS0038	2017. 6. 19	—	0. 064	0. 041	2. 0±0. 16	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	18LS0039	2018. 6. 13	—	0. 060	0. 039	2. 4±0. 19	
陸土 (大崎市岩出山 城山公園)	19LS0036	2019. 6. 13	—	0. 067	0. 041	1. 5±0. 14	
陸土 (大崎市岩出山 八幡神社)	90LS0220	1990. 12. 4	0. 038±0. 007	1. 11±0. 06		9. 7±0. 6	
宮城県内 (建物屋上)	14LS0141	2014. 12. 1	N D	0. 067	0. 045	2. 4±0. 18	
海底土 (放水口付近)	09SS0142	2009. 11. 9	N D	0. 29±0. 020		—	
海底土 (放水口付近)	10SS0133	2010. 11. 11	N D	0. 26±0. 019		—	
海底土 (放水口付近)	11SS0012	2011. 11. 15	N D	0. 28±0. 018		N D	
				0. 15	0. 14		
海底土 (放水口付近)	12SS0116	2012. 11. 9	N D	0. 33±0. 021		N D	
				0. 18	0. 16		
海底土 (放水口付近)	13SS0119	2013. 11. 13	—	0. 27	0. 24	N D	
海底土 (放水口付近)	14SS0029	2014. 5. 19	—	0. 084	0. 075	N D	
海底土 (放水口付近)	15SS0023	2015. 5. 20	—	0. 088	0. 078	N D	
海底土 (放水口付近)	16SS0025	2016. 5. 24	—	0. 053	0. 048	N D	
海底土 (放水口付近)	17SS0022	2017. 5. 9	—	0. 11	0. 097	N D	
海底土 (放水口付近)	18SS0015	2018. 5. 16	—	0. 047	0. 042	N D	
海底土 (放水口付近)	19SS0019	2019. 5. 14	—	0. 087	0. 078	N D	
海底土 (気仙沼湾)	09SS0137	2009. 10. 30	0. 020±0. 0044	1. 6±0. 070		—	
海底土 (気仙沼湾)	10SS0119	2010. 10. 12	0. 014±0. 0037	1. 5±0. 07		—	
海底土 (気仙沼湾)	11SS0025	2011. 11. 21	0. 017±0. 0040	1. 2±0. 06		N D	
				0. 67	0. 57		
海底土 (気仙沼湾)	12SS0098	2012. 10. 26	0. 011±0. 0033	0. 79±0. 041		N D	
				0. 42	0. 36		
海底土 (気仙沼湾)	13SS0103	2013. 10. 15	—	0. 30	0. 26	N D	
海底土 (気仙沼湾)	14SS0100	2014. 10. 9	—	0. 34	0. 30	N D	
海底土 (気仙沼湾)	15SS0104	2015. 10. 19	—	0. 33	0. 29	N D	
海底土 (気仙沼湾)	16SS0125	2016. 10. 18	—	0. 33	0. 30	N D	
海底土 (気仙沼湾)	17SS0132	2017. 10. 12	—	0. 25	0. 23	N D	
海底土 (気仙沼湾)	18SS0104	2018. 10. 16	—	0. 29	0. 25	N D	
海底土 (鮫浦湾)	11SS0018	2011. 11. 15	—	0. 13	0. 11	N D	
海底土 (鮫浦湾)	15SS0020	2015. 5. 12	—	0. 11	0. 091	N D	
海底土 (鮫浦湾)	16SS0022	2016. 5. 23	—	0. 12	0. 11	N D	
アラメ (十三浜)	09IS0097	2009. 8. 3	N D	0. 0016±0. 00043		—	
アラメ (十三浜)	10IS0081	2010. 8. 9	N D	0. 0026±0. 00056		—	
アラメ (十三浜)	12IS0062	2012. 8. 6	N D	0. 0016±0. 00040		—	
アラメ (十三浜)	13IS0083	2013. 8. 28	N D	0. 0022±0. 00049		—	
アラメ (十三浜)	14IS0080	2014. 8. 5	—	0. 0011	0. 0010	—	
アラメ (十三浜)	15IS0073	2015. 8. 18	—	0. 0013	0. 0011	—	
アラメ (十三浜)	16IS0094	2016. 9. 5	—	0. 0015	0. 0012	—	
アラメ (十三浜)	17IS0159	2017. 11. 14	—	0. 0011	0. 00099	—	
アラメ (十三浜)	18IS0123	2018. 11. 12	—	0. 0014	0. 0013	—	
アラメ (宮戸)	09IS0098	2009. 8. 3	N D	N D		—	
アラメ (宮戸)	10IS0082	2010. 8. 9	N D	0. 0011±0. 00036		—	
アラメ (宮戸)	12IS0064	2012. 8. 6	N D	0. 0016±0. 00039		—	
アラメ (宮戸)	13IS0081	2013. 8. 28	N D	0. 0020±0. 00044		—	
アラメ (宮戸)	14IS0081	2014. 8. 5	—	0. 00093	0. 00076	—	
アラメ (宮戸)	15IS0074	2015. 8. 18	—	0. 00082	0. 00064	—	
アラメ (宮戸)	16IS0095	2016. 9. 5	—	0. 0010	0. 00087	—	
アラメ (宮戸)	17IS0161	2017. 11. 14	—	0. 0013	0. 0013	—	
アラメ (宮戸)	18IS0125	2018. 11. 12	—	0. 0017	0. 0014	—	
アラメ (放水口付近)	09IS0100	2009. 8. 4	N D	0. 0018±0. 00049		—	
アラメ (放水口付近)	10IS0080	2010. 8. 9	N D	0. 0027±0. 00059		—	

試料名 (採取地点)	試料番号	試料採取日 又は採取期間	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		⁹⁰ Sr	単位
				²³⁹ Pu	²⁴⁰ Pu		
アラメ (放水口付近)	12IS0066	2012. 8. 7	N D	0.0023±0.00048		—	Bq/kg生
アラメ (放水口付近)	13IS0078	2013. 8. 12	N D	0.0026±0.00054		—	
アラメ (放水口付近)	14IS0079	2014. 8. 5	—	0.0013	0.00099	—	
アラメ (放水口付近)	15IS0070	2015. 8. 5	—	0.0012	0.0010	—	
アラメ (放水口付近)	16IS0086	2016. 8. 25	—	0.0019	0.0017	—	
アラメ (放水口付近)	17IS0150	2017. 11. 7	—	0.0025	0.0021	—	
アラメ (放水口付近)	18IS0121	2018. 11. 6	—	0.0019	0.0015	—	
アラメ (放水口付近)	18IS0121	2018. 11. 6	—	0.0052	0.0045	—	
ムササビイ (前面海域)	10IS0121	2010. 10. 19	N D	0.00099±0.00023		—	
ムササビイ (前面海域)	11IS0030	2011. 12. 2	N D	N D		N D	
ムササビイ (前面海域)	12IS0010	2012. 5. 14	N D	0.00097±0.00022		—	
カキ (周辺海域)	09MP0130	2009. 10. 20	N D	0.0024±0.00041		—	
カキ (飯子浜)	10MP0122	2010. 10. 25	N D	0.0020±0.00039		—	
カキ (気仙沼)	10MP0145	2010. 11. 22	N D	0.0020±0.00039		—	
カキ (尾浦)	12MP0123	2012. 11. 30	N D	0.0037±0.00046		—	
カキ (野々浜)	14MP0102	2014. 10. 15	—	0.00098	0.00081	—	
ヨモギ (谷川浜)	09IL0091	2009. 7. 15	N D	N D		—	
ヨモギ (谷川浜)	10IL0055	2010. 7. 5	N D	N D		—	
ヨモギ (谷川浜)	15IL0048	2015. 7. 7	—	0.00013	N D	—	
ヨモギ (大崎市岩出山)	09IL0092	2009. 7. 22	N D	N D		—	
ヨモギ (大崎市岩出山)	10IL0058	2010. 7. 12	N D	N D		—	
ヨモギ (大崎市岩出山)	15IL0049	2015. 7. 10	—	0.0033	0.0028	—	
ワカメ (放水口付近)	11MP0038	2012. 2. 6	N D	0.0010±0.00031		—	
ホヤ (塚浜)	15MP0001	2015. 4. 16	—	0.0013	0.0010	—	
ホヤ (小屋取)	15MP0015	2015. 4. 27	—	0.00052	0.00038	—	
エゾノネジメ (十三浜)	17IS0170	2017. 11. 29	—	0.0018	0.0014	—	
エゾノネジメ (小竹浜)	17IS0178	2017. 12. 7	—	0.003	0.0026	—	
エゾノネジメ (小竹浜)	18IS0144	2018. 12. 3	—	0.0028	0.0022	—	
エゾノネジメ (放水口付近)	17IS0163	2017. 11. 20	—	0.003	0.0026	0.056±0.013	
エゾノネジメ (放水口付近)	18IS0140	2018. 12. 3	—	0.0042	0.0032	N D	
エゾノネジメ (放水口付近)	19IS0017	2019. 5. 9	—	0.0063	0.0052	—	
ヨレモク (小竹浜)	19IS0027	2019. 5. 30	—	0.0029	0.0024	—	

* 委託業務を開始した年度であり、過去の年度に採取された試料を調査している場合がある。

宮城県環境放射線監視センター年報 第5巻
(令和元年)

令和3年3月発行

発行者 宮城県仙台市宮城野区幸町四丁目7-1-2
宮城県環境放射線監視センター
TEL. (022) 792-6311
