

宮城県環境放射線監視センター一年報

第 6 卷

令和 2 年

ANNUAL REPORT

OF

MIYAGI PREFECTURE ENVIRONMENTAL RADIATION

MONITORING CENTER

VOL.6 (2020)

宮城県環境放射線監視センター

はじめに

このたび、令和2年度における宮城県環境放射線監視センターの活動状況について、「宮城県環境放射線監視センター年報 第6巻」として取りまとめましたので、御高覧ください。

この年度と言えば、その前年12月に中国で確認された新型コロナウイルスに尽きます。世界中を席卷し、東京オリンピックも本県における原子力総合防災訓練も延期させたばかりか、未だ終息に至っておりません。その代わり、マスクの着用、うがいと手洗いの励行といった新たな生活様式が普及し、衛生観念が一段と高まったお陰で、季節性インフルエンザや感染性胃腸炎といったニュースが減ってきた印象を受けます。

そのほか、気候変動への対応といったSDGsの意識付けが進むなどしましたが、原子力については相変わらず期待と忌避との対立が見られ、県民の安全、安心のための女川原子力発電所周辺環境における適切な環境放射能の監視測定という当所の使命は重みを増しており、身が引き締まる思いです。

一方で、本県の監視測定業務開始時における先輩方は全員退職されて久しく、薫陶を受けた職員も数える程となりました。今後は、蓄積してきた技術、技能の引き継ぎと向上、発展が課題であり、本書はその一助となることも期待して編集しております。本書ばかりか当所職員も未熟な点多々ございますが、関係者の皆様の忌憚りの無い御意見と適切な御助言により成長し、使命完遂に向け邁進する所存です。この機会に御指導、御鞭撻を賜りますようよろしくお願いいたします。

令和4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6巻(2020)

I 宮城県環境放射線監視センター概要	1
II 技術報告	
1 移動観測車による空間ガンマ線量率に対する背後斜面からの影響	7
石川陽一、新井康史	
2 ダストモニタの導入及び可搬型モニタリングポストの更新について	
木村幸由、木村昭裕、中村朋之、佐藤健一	15
III 学会発表等の要旨	21
IV 資 料	
資料1 宮城県における環境放射能核種分析結果	23
(1) Ge半導体検出器による分析結果	26
(2) Sr-90分析結果	40
(3) H-3分析結果	40
(4) 原子力規制庁委託調査結果	41
資料2 環境試料の放射化学分析結果	45
資料3 放射能モニタリングにおけるエゾノネジモク等の海藻の採取法	51
資料4 環境放射線監視システムにおけるスペクトルデータの伝送異常	57

C o n t e n t s

Preface

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

II Technical Papers

1 Influence of the Back Slope on Terrestrial Gamma-ray Dose Rate Measured by a Mobile Car	7
--	---

Yoichi Ishikawa, Yasufumi Arai

2 Installation of Dust Monitors and Upgrading of Portable Posts for Radiation Monitoring <i>Yukiyoshi Kimura, Akihiro Kimura, Tomoyuki Nakamura and Kenichi Satoh</i>	15
---	----

III Abstracts	21
----------------------------	----

IV Data

1 Results of Radionuclide Analysis of Environmental Samples	23
--	----

(1) Results of Gamma-ray Spectrometry with Ge-detectors.	26
---	----

(2) Results of Sr-90 Analysis	40
--	----

(3) Results of H-3 Analysis	40
--	----

(4) Fallout Survey Data in Miyagi Prefecture	41
---	----

2 Results of Radiochemical Analysis of Environmental Samples	45
---	----

3 Collecting Method of Seaweeds such as <i>Sargassum yezoense</i> for Radioactivity Monitoring	51
---	----

4 Transmission Errors of Spectral Data in Environmental Radiation Monitoring Systems	57
---	----

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総復 第149号



図-1 位置図

2 組織及び名簿（令和2年度）

職名（担当）		氏 名	配属年月日
所 長		佐 藤 健 一	R 2. 4. 1
次長（総括担当兼班長）		中 村 朋 之	R 2. 4. 1
庶務担当	次長（庶務担当）	高 橋 吉 春	H 30. 4. 1
	主査	照 井 幹 雄	H 30. 4. 1
監視測定班	副主任研究員（副班長）	木 村 昭 裕	H 25. 4. 1
	副主任研究員	有 田 富 和	R 2. 4. 1
	研究員	木 村 幸 由	H 30. 4. 1
	研究員	伊 藤 節 男	H 26. 4. 1
	技 師	小野原 清 志	H 31. 4. 1
	技 師	高 橋 稜	R 2. 5. 1

3 決算（令和2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3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3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	147,338,144	環境放射能監視測定事業

4 主要設備・機器（重要物品）

令和3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 標準線量計	ポニー工業(株)・AE-1326他	1台	H17	
	2 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
	3 蛍光ガラス線量計	AGCテクノグラス(株)・FGD-252	1台	H19	
	4 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	
	5 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	
	6 ポータブルゲルマニウムγ線核種分析装置	セイコー・インジウム・システム(株)・Trans-SPEC-DX-100T 他	1台	H23	
	7 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、鳴瀬局、南郷局、涌谷局、津山局、志津川局
	8 電離箱式検出器	富士電機(株)・NCE207K	10式	H24	
	9 自動液体濃縮装置	(株)星理科学器械・マントルピーター他	1式	H24	
	10 ゲルマニウム半導体検出器ダストヨウ素モニタ	日立アロカメテック(株)・DSM-R41-22843	1台	H26	寄磯局
			1台	H27	小屋取局
11 低バックグラウンドベータ線自動測定装置	日立アロカメテック(株)・LBC-4202B	1台	H26		

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	消臭・脱煙装置付き電気炉	(株)東京技術研究所・TFF80-C	2台	H26	
	13	消臭・脱煙装置	(株)東京技術研究所・VM-B	3台	H26	
	14	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、飯子浜局、鮫浦局、谷川局、荻浜局
	15	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、飯子浜局、鮫浦局、谷川局、荻浜局
	16	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
	17	電離箱式検出器収納筐体	(株)日立製作所・OVN-17	4台	H29	飯子浜局、鮫浦局、谷川局、荻浜局
	18	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、飯子浜局、鮫浦局、谷川局、荻浜局
	19	可搬型モニタリングポスト	(株)日立製作所・MAR-5700B 他	5台	R2	緊急時用
				2台	R2	監視用
	20	ダストモニタ	(株)日立製作所・MDR-3000 他	2台	R2	飯子浜局、鮫浦局
	21	可搬型モニタリングポスト用サーバー	FUJITSU(株)・ServerPRIMERGY RX1330 M4	1台	R2	
	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・インジニアリング(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・インジニアリング(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	日立アロカメディカル(株)・LSC-LB 7	1台	H26	
	28	ハンドフットクロズモニタ	日立アロカメディカル(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

区分	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考	
監視・測定用	30	ゲルマニウム半導体検出器(GEM型)	セイコー・イメージアトミック(株)・GEM25-70	1台	H29	監視Ge 2
	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	液体窒素凝縮装置	ORTEC社製・MOBIUS Recycler	1台	R1	
	35	検体採取車	トヨタハイエース、2690cc	1台	H23	
	36	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
	37	MS点検車	ホンダフリードスパイク、1490cc	1台	H26	
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	白石局、山元局
				1台	H23	丸森局
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	

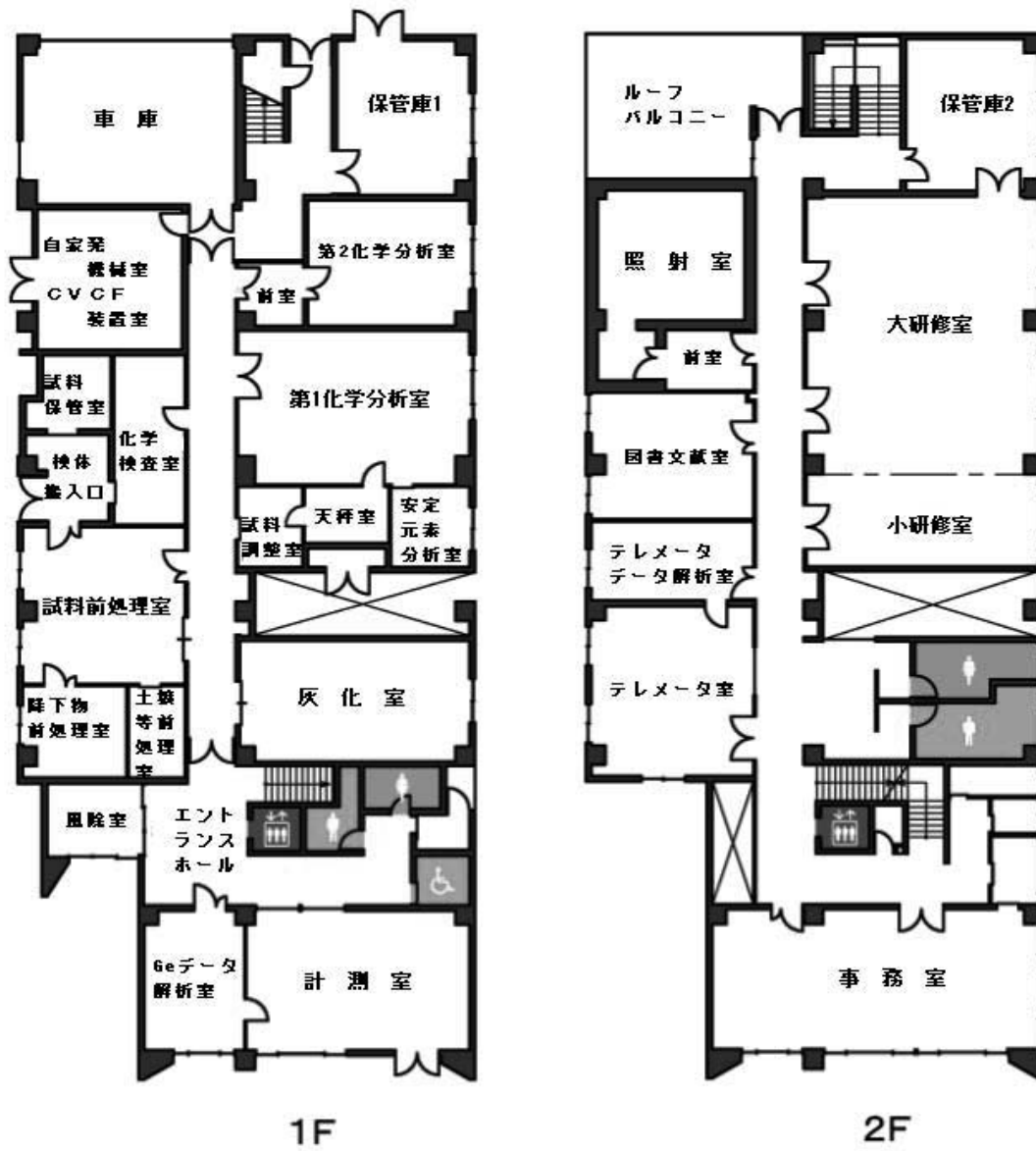


図-2 環境放射線監視センター配置図

◎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（既設3局、再建4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）



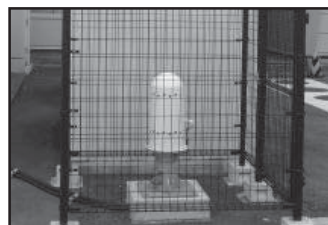
広域モニタリングステーション

◎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）



県南地区設置
可搬型モニタリングポスト



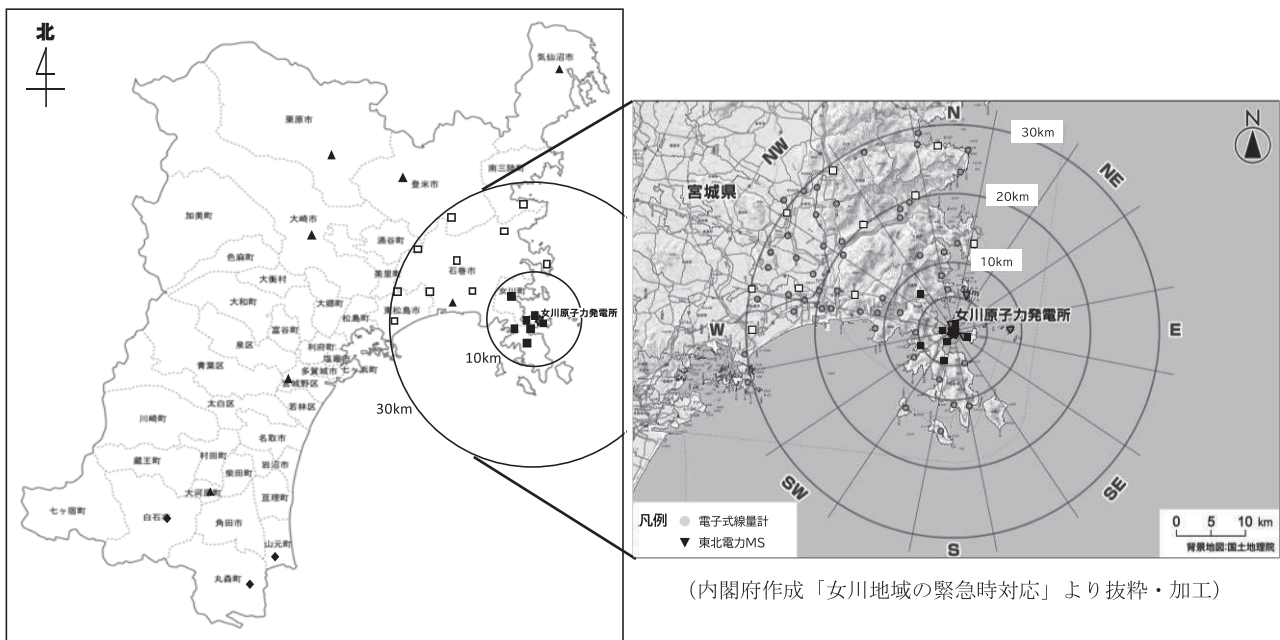
水準調査用
固定型モニタリングポスト

◎緊急時モニタリング対応

- 簡易型電子線量計（49局）



緊急時モニタリング用
簡易型電子線量計



図－3 放射線測定装置配置図

II 技術報告

移動観測車による空間ガンマ線量率に対する背後斜面からの影響

石川陽一、新井康史^{*1}

^{*1} 現 宮城県復興・危機管理部総務課

2011年3月の福島第一原子力発電所事故後、宮城県牡鹿半島における移動観測車測定地点のうち、背後に斜面がある場所でガンマ線量率が特に高い地点があった。その原因を調べるため、2013年1月に、スペクトル測定可能な3”×3”φ NaI(Tl)検出器やコリメータ付き1”×1”φ NaI(Tl)サーベイメータなどを用い、空間ガンマ線の成分や入射方向分布などの測定を行った。その結果、全線量率107 nGy/hのうち、放射性セシウム(Cs-134, 137)による寄与は自然核種成分(41 nGy/h)よりも大きい66 nGy/hであった。入射方向分布では斜面側からの線量率寄与が大きかったこと及び周辺から採取した環境試料(陸土とヒバ葉)から比較的高濃度のCs-134とCs-137が検出されたことから、高い線量率の原因は背後の斜面と上方の樹木からの放射性セシウム寄与によるものと推定された。

1 はじめに

東北電力女川原子力発電所が立置している牡鹿半島は、2011年3月の福島第一原子力発電所事故(以後、「福島第一事故」と略記)の放射能影響を強く受けた¹⁾。宮城県では、1981年から女川原子力発電所周辺における環境放射線監視の一環として移動観測車による定点測定も行っているが、2011年3月11日の東日本大震災による設備被害のため2011-2012年の一部の期間は測定を一時中断した。この測定は2012年度(平成24年度)から再開し、6月4日に行った第1回目の23地点における測定の結果、最低値は41.1 nGy/h、平均値は63.8 nGy/h、最大値は133.0 nGy/hであった。最大値を観測した地点(コバルトライン小積インター付近)では、当の事故から1年以上経過しているにもかかわらず、事故前の2010年6月7日の線量率42.8 nGy/hに比べて約3倍高い値であった。この地点では背後に斜面が迫っていることが高線量率を示す重要な要因であると考えられた。以前に佐藤ら³⁾は、牡鹿半島における地形と空間ガンマ線量率の関係を調べた結果、類似した地質であれば観測点から見た大地が張る立体角と線量率には正の相関関係が認められたと報告している。このことから、2012年の測定においては、背後斜面及び樹木に沈着・吸収された福島第一事故由来の放射性セシウム(Cs-134, 137)の影響が強く出たものと推定された。

そこで、本研究では、測定地点における背後斜面からの放射性セシウムの影響を調べるため、まだ放射性セシウムの影響が強い2013年1月に、移動観測車積載のNaI(Tl)検出器及び可搬型Ge半導体検出器によってスペクトル測定と成分別解析

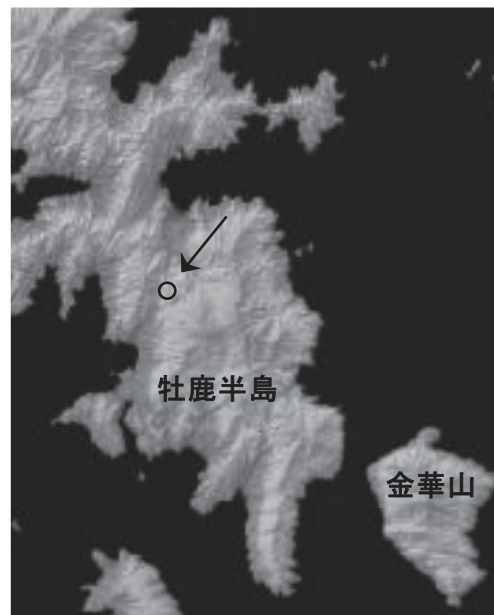


図1 測定地点周辺地形図と測定位置
“国土地理院 デジタル標高地形図 宮城県”を加工し記号・文字を追加

を行うとともに、コリメータ付きNaI(Tl)サーベイメータを用いてガンマ線の入射方向を調べた。

2 方法

2.1 線量率等測定地点周辺の状況と環境試料の採取・測定

図1に測定地点周辺地形図及び着目している地点の測定位置（小積インター付近）を丸印と矢印で示す。周辺一帯はリアス式海岸特有の起伏に富んだ複雑な地形となっている。

図2は測定地点周辺風景と測定器設置状況の写真を示す。図2aにおいて、測定地点のすぐ背後に大きな斜面と比較的多くの樹木がみられる。車のすぐそばには常緑樹のヒバと松があるほか、背後には広葉樹もみられる。環境試料として、線量率に影響を与えうると考えられる斜面の陸土（表層数cm）と近くのヒバ（葉）を少量採取した。試料は、乾燥した後によく混合し、陸土は30.0 g、ヒバ葉は13.1 gをプラスチック容器（U8型）に充填し、Ge半導体検出器により各々約3万及び16万秒測定し放射能を求めた。

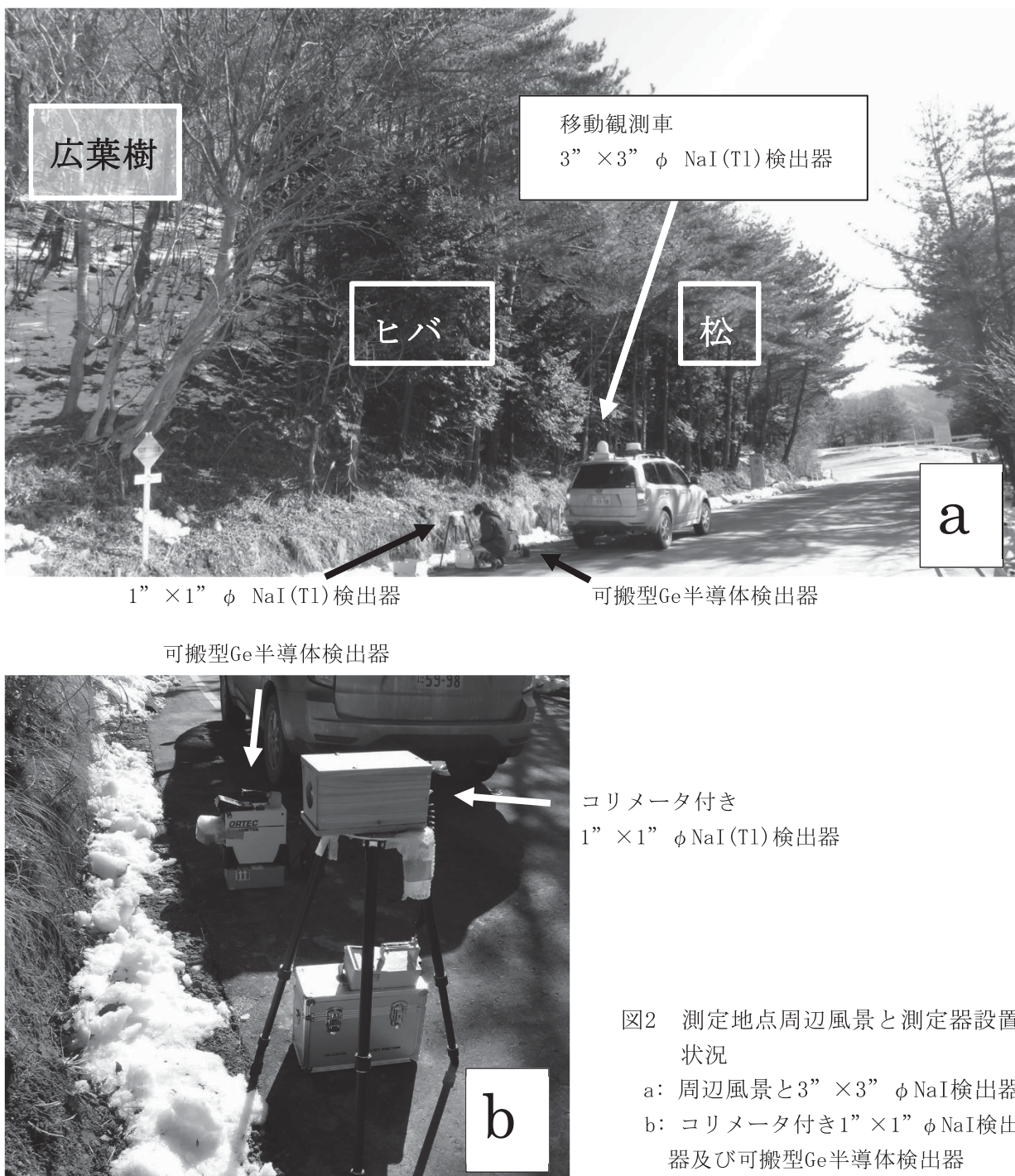


図2 測定地点周辺風景と測定器設置状況

a: 周辺風景と3" × 3" φ NaI検出器

b: コリメータ付き1" × 1" φ NaI検出器及び可搬型Ge半導体検出器

2.2 空間ガンマ線の測定器及び測定条件

表1に空間ガンマ線量率とスペクトル測定用機器の一覧を示す。

表 1 測定機器一覧

測定機器名	メーカー、型式	検出器	検出器取付け位置
NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ	アロカ, TCS-171	1"×1"φ NaI(Tl)	—
移動観測車	アロカ, 特注品	3"×3"φ NaI(Tl)	屋根上・地上高1.95 m*
可搬型Ge半導体検出器	ORTEC, Trans-SPEC-GX-100T	相対効率約40%, pure-Ge	—

* 3"×3"φ NaI 検出器の設置状況については図 2 a 参照

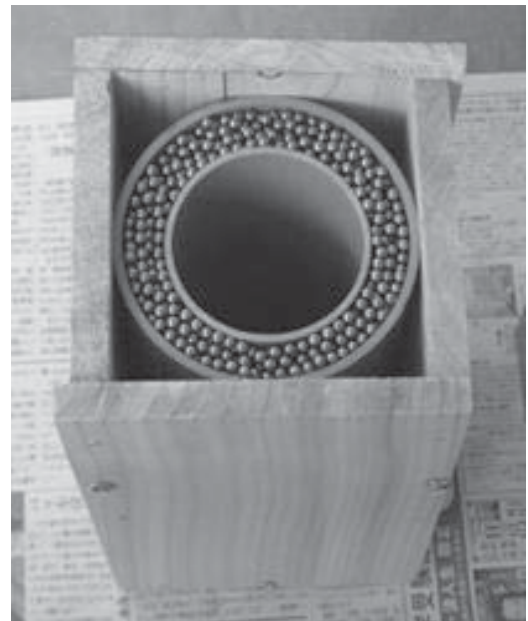
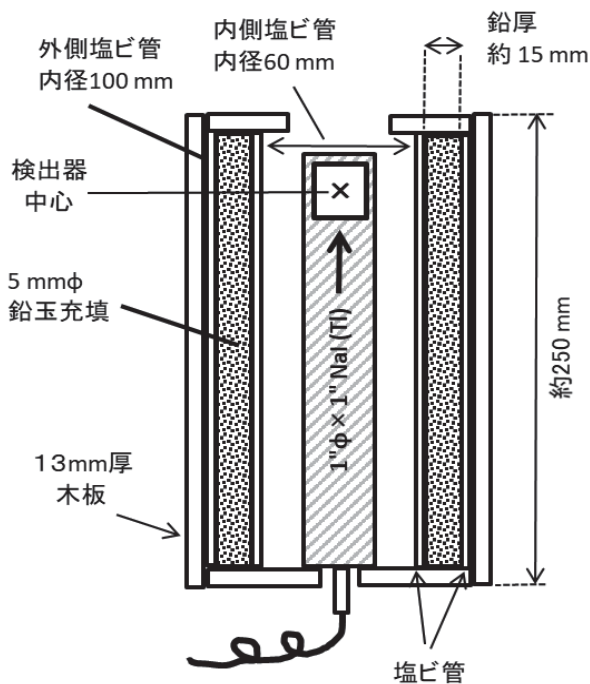


図3 1"×1"φ NaI検出器用コリメータ
左：断面図、右：鉛玉充填状況（全鉛量約 6.7 kg）

図3は1"×1"φ NaI検出器用コリメータの構造と写真を示す。コリメータは、5 mmφの鉛玉を2本の径の異なる塩ビ管の隙間に充填し（鉛厚約15 mm、重量約6.7 kg）、周囲を木板で囲って自作した。後述のように、これによりガンマ線入射方向分布の傾向把握は可能と考えられた。

図 4 は可搬型 Ge 検出器の外観を示す⁴⁾。詳細な仕様については前報⁵⁾に記した。外寸は約 40 cm 程度で、Ge 検出器は内蔵の電気冷却機によって冷やすことができる。専用の架台（四脚）もあり、地上 1 m に設置することも可能である。しかし、in-situ 測定では、平坦地でありかつ放射能分布も比較的均一な条件下でないと正確な結果が得られないため⁶⁾、斜面付近における本実験では参考的な測定にとどめ、架台は用いなかった。

斜面付近での測定条件について以下に記す。図 2a に示すように、移動観測車の屋根上に地上約 1.95 m の高さに 3"×3"φ NaI 検出器が保護カバー内に上向きに設置してある⁷⁾。測定は 600 秒間行

検出器



図4 可搬型Ge検出器外観

った。一方、図 2b のように、車の後方の道路脇地面に、検出器高さが約 1 m になるようにコリメータ付き 1” × 1” φ NaI サーベイメータを置いた。そのそばに、10 cm 程度の台の上に可搬型 Ge 半導体検出器を置いた。その検出器高さは地面から約 40 cm であった。サーベイメータの検出器は斜面の方向に水平に向けた向きを仰角 0° とし（後述）、角度を変えて時定数 30 秒で 30 秒間ずつ 3 回測定して各々の角度における平均値を求めた。Ge 検出器は斜面側に水平に向けて 1200 秒間 1 回測定した。

3 結果及び考察

3.1 斜面付近における移動観測車屋根上の 3” × 3” φ NaI 検出器による測定

図 5 に 3” × 3” φ NaI 検出器によるガンマ線スペクトル (0-3 MeV) と線束密度スペクトル (0-1 MeV) を示す。ガンマ線スペクトルでは天然の K-40 と U 及び Th 系列核種のほか福島第一事故由来の Cs-134, 137 の光電ピークが顕著に認められた。このスペクトルを湊の 49 行 × 49 列レスポンスマトリクス⁸⁾を用いた解析ソフトウェア (SUCSF) によってアンフォルディングし、得られた線束密度スペクトルが右の図である。1 MeV 以下では大部分の線束が Cs-134, 137 に起因していることがわかる。

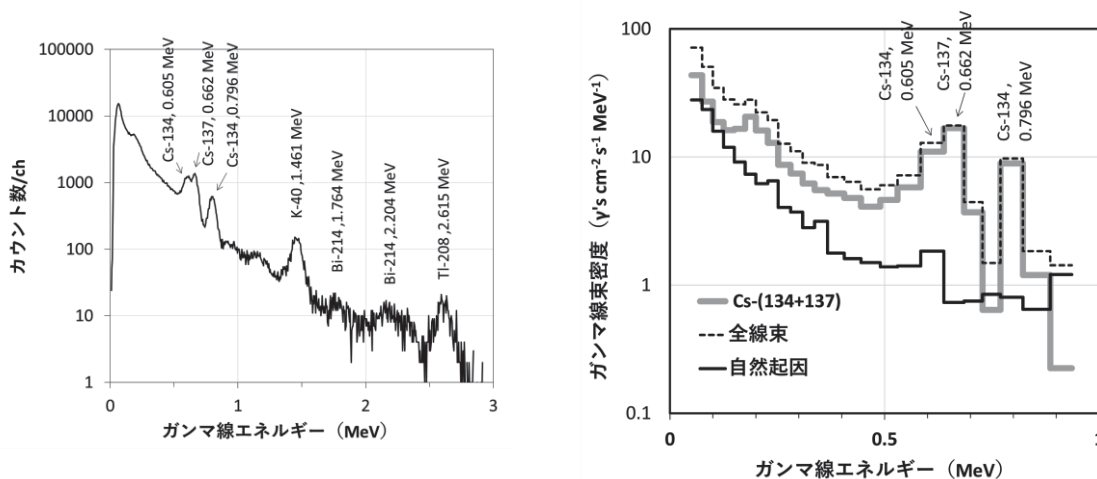


図5 2013年1月29日における 3” × 3” φ NaI 検出器によるガンマ線スペクトルと線束密度スペクトル

左：ガンマ線スペクトル (0-3 MeV)

右：線束スペクトル (0-1 MeV)

SUCSF では、線束密度スペクトルから自然放射性核種と Cs-134, 137 の各々の成分別線量率を算出することが可能であり、その結果を表 1 に示す。これによると、全線量率は 107 nGy/h、そのうち自然核種由来成分は 41 nGy/h、放射性セシウム由来成分は 66 nGy/h であり、セシウム由来成分の寄与の方が多かった。更に本表に示すように、K-40、U 系列、Th 系列及び Cs-134 と Cs-137 の内訳に加え、Cs-134, 137 の一次線（直接線）と散乱線の内訳も算出することができる。なお、本表では、従来からよく用いられている G(E) 関数法と比較できるように、SUCSF 法による線量率に検出器への入射角度補正因子 1.34 を乗じてある⁹⁾。G(E) 関数法による全線量率 (108 nGy/h) も表に示したが、SUCSF 法とほぼ一致した。表の下に注記したように、福島第一事故前の 2010 年 6 月 7 日の値は 42.8 nGy/h であり、今回算出した自然核種由来線量率 41 nGy/h と近い値であった。

表1 2013年1月29日における移動観測車屋根上の3”×3” φ NaI検出器による
斜面付近での測定結果（地上1.95 m）

全線量率	線量率内訳	線量率内訳 **	線量率内訳	単位	濃度**
SUCSF法 107	自然 * 41	K-40 16	一次線 14 散乱線 24	nGy/h	0.916 %
		U系列 10			1.38 ppm
	Th系列 15	4.16 ppm			
放射線Cs 66	Cs-134 38	一次線 11 散乱線 17			
	Cs-137 28				
G(E)関数法 108					

* 福島第一事故前の2010年6月7日の値は42.8 nGy/h

** SUCSF法で得られたK-40、U及びThの濃度から、下記の湊¹⁰⁾の方法により自然核種の成分別線量率を算出した。

$$D = 13.0C_K + 5.4C_U + 2.7C_{Th} \quad (C_i \text{ は各々の濃度})$$

3.2 コリメータとNaIサーベイメータによるガンマ線入射方向測定

1) コリメータの効果についての予備実験

図3に示したコリメータの効果を確認するため、NaI検出器に対して色々な角度からCs-137点線源（約2 MBq）でガンマ線を照射して線量率を測定し、角度依存性の実験を行った。その結果を図6に示す。入射角度が90°以上では0°又は45°と比べて線量率が約半分に低下した。このことから、屋外実験においても入射角度分布の傾向が観測できるものと考えられた。

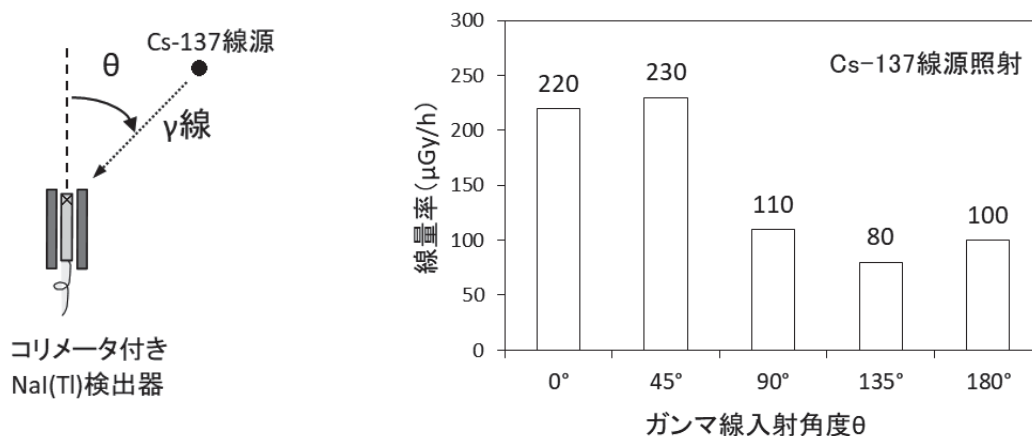


図6 コリメータ付き1”×1” φ NaI検出器の線源照射実験模式図と測定結果

2) 斜面付近におけるコリメータ付きNaIサーベイメータによるガンマ線入射方向測定

図7にコリメータ付き1”×1” φ NaI検出器による斜面付近での測定模式図と測定結果を示す。検出器仰角は斜面方向水平位置から上方への角度を表す。コリメータ付きの測定では仰角0°のときが最も高い77 nGy/hで、45°、90°及び180°では3割程度低い約60 nGy/hであった。このことからガンマ線は斜面側から最も多く入射していることがわかった。仰角が90°の配置は検出器が真上を向いている状態であるが、それでもあまり低い値を示さない理由は、図2aに示すように測定地点上方にまで常緑樹である松やヒバの枝が伸びており、それらに付着した放射性セシウムの影響を受けたためと考えられる。樹木の放射性セシウムに関し、梶本ら¹¹⁾は福島県における測定において、2013年になっても杉や松などの常緑樹には福島第一事故由来の放射性セシウムがかなり付着したり、あるいは内部に取り込まれたりしていたと報告している。本報告において測定地点付近で採取した陸土と樹木の葉の放射能の測定結果については後述する。

一方、コリメータを外した仰角 0° の測定では線量率が 113 nGy/h となった。この値と比べると、車両屋根上の NaI 検出器による値 108 nGy/h (G(E)関数法) は少し低めであった。この理由は、下方からのガンマ線が車体によって一部遮蔽を受けたこと及び検出器高さも 1.95 m と高かったためと解釈される⁷⁾。

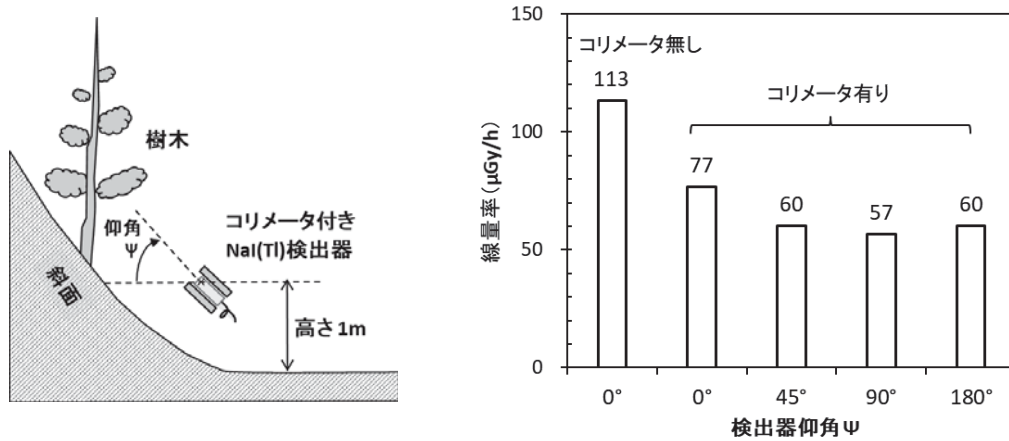


図7 コリメータ付き1”×1”φ NaI検出器による斜面付近測定模式図と2013年1月29日の測定結果。検出器仰角は斜面方向水平位置から上方への角度。

3.3 斜面付近の環境試料の測定結果

表2に環境試料の測定結果を示す。Cs-137の単位乾燥重量当り濃度は陸土で約900、ヒバ(葉)で約600 Bq/kgであった。かつて、石川ら¹²⁾は県内のほかの地域(仙台市と大崎市岩出山)における同時期(2013年3-4月)の環境試料中の放射能濃度を報告したが、陸土表層0-1 cm層のCs-137濃度は2地点ともに約1,100 Bq/kgであり、本研究の小積インター付近における陸土(表層数cmの混合物)と近い値であった。一方、同時期のヒバ(葉)について、仙台市と大崎市岩出山のCs-137濃度はそれぞれ約200と約1,000 Bq/kg(湿重量当り)であった。この時期のCs-134の放射能はCs-137の5割余であるが、実効線量率定数¹³⁾が大きいため、線量率寄与割合はCs-137よりも大きめとなる。これらの核種を点線源と仮定して距離と線量率の関係の大まかな試算をしてみたところ、環境試料に上記の程度の濃度のCs-137とCs-134がある程度大量に存在すると、数十nGy/h程度の線量率上昇となり得ることがわかった。

表2 小積インター付近で2013年1月29日に採取した環境試料測定結果

区分	主な核種	E (MeV)	放射能濃度*		単位
			陸土	ヒバ(葉)	
K	K-40	1.461	650 ± 20	160 ± 10	Bq/kg (乾燥重量 当り)
U系列	Pb-214	0.352	19 ± 4	—	
Th系列	Pb-212	0.239	45 ± 3	—	
Cs	Cs-134	0.605	463 ± 4	340 ± 20	
Cs	Cs-137	0.662	905 ± 6	618 ± 4	

* 誤差は計数誤差 (1σ) を表す。

3.4 斜面付近における可搬型 Ge 検出器による in-situ 測定結果

図8は可搬型 Ge 検出器の in-situ ガンマ線スペクトルを示す。光電ピークの大小関係を見やすくするため縦軸は線形目盛にしてある。方法の章で述べたように、この場所が本来の in-

situ 測定に適した環境ではなかったため、検出器を地面付近に斜面側に向けて置いただけの参考的な測定結果である。図5に示す3”×3”φ NaI 検出器によるスペクトルと同様、Ge 検出器においても Cs-134, 137 と K-40 の光電ピークが顕著である。NaI(Tl) 検出器ではわからなかった U 及び Th 系列核種の多くのピークが認められる。表2はこの測定で得られた核種毎の計数率を示す。スペクトルの目視で明らかのように、K-40 と Cs-134, 137 の計数率が顕著に高かった。1200 秒 (20 分間) の測定であったが、計数誤差は 10% 以下であった。

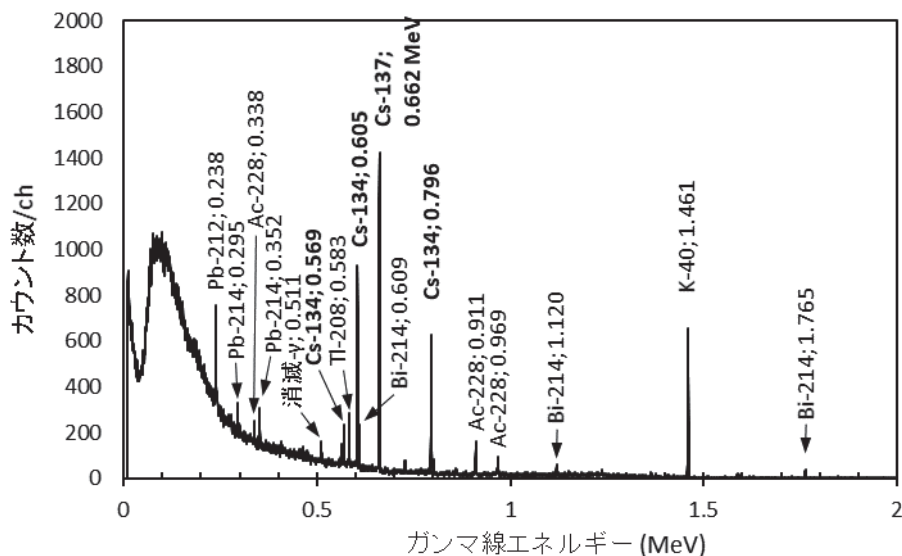


図8 可搬型Ge検出器のin-situガンマ線スペクトル (測定：2013年1月29日)

表3 可搬型Ge検出器によるin-situ測定で得られた核種毎の計数率 (測定：2013年1月29日)

区分	主な核種	E(MeV)	計数率(cps)*
K	K - 40	1.461	2.61 ± 0.05
U系列	Pb-214	0.352	0.54 ± 0.05
Th系列	Pb-212	0.239	1.14 ± 0.08
Cs	Cs-134	0.605	2.71 ± 0.06
Cs	Cs-137	0.662	4.33 ± 0.07

* 誤差は計数誤差 (1σ) を表す。

4 まとめ

2011年3月に起きた福島第一原子力発電所事故後の牡鹿半島における移動観測車の測定において、斜面付近の一部の地点 (コバルトライン小積インター付近) でガンマ線量率が顕著に高かった原因を調べた。スペクトル解析の結果、3”×3”φ NaI(Tl) による全線量率107 nGy/hのうち事故由来放射性セシウム (Cs-134, 137) 寄与が66 nGy/hであり、自然放射性核種寄与 (41 nGy/h) よりも多かった。コリメータ付き1”×1”φ NaI(Tl) 検出器による測定の結果、斜面側からのほか、上方に張り出している樹木からのガンマ線寄与も大きいと推定された。可搬型Ge検出器による定性的な測定においても顕著なCs-134, 137の計数率が観測された。斜面の陸土と付近のヒバ葉のいずれの試料にもCs-134とCs-137が各々数百 Bq/kg (乾燥重量当り) の濃度で検出された。以上のことから、この地点の線量率が高かった原因として、背後の斜面土壌のほか、樹木からのこれらの核種の寄与もあったものと推定された。環境の放射性セシウムの分布は場所によ

って様々なため、これらの濃度から線量率を計算することは困難であるが、単純な形状や分布を仮定すればある程度は試算可能と考えられ、今後の課題としたい。また、斜面や樹木付近の詳細な線量率分布測定や、あるいは十分な遮蔽能力がありかつスペクトル測定も可能なコリメータ付き NaI(Tl) 検出器によって、高精度の入射ガンマ線分布の測定を行えば更に確かな情報が得られるものと期待される。

謝 辞

放射線地学研究所の湊 進博士には 49 行×49 列レスポンスマトリクス法による解析ソフトウェアを提供していただきました。ここに厚く感謝致します。

参考文献

- 1) 安藤孝志, 石川陽一, 福島第一原子力発電所事故による女川原子力発電所周辺地域の環境放射線及び環境放射能のバックグラウンドの変化, 宮城県原子力センター年報, 第 29 巻, p. 3-19, 2011.
URL: <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/kankyoho/intro.html> (2022/2/5 確認)
- 2) 石川陽一, 新井康史, 移動観測車による宮城県内の空間ガンマ線測定(1), 宮城県原子力センター年報, 第 30 巻, p. 72-78, 2012. URL: 1) に同じ
- 3) 佐藤健一ほか, 空間ガンマ線線量率に与える地形の影響について, 宮城県原子力センター年報, 第 8 巻, p. 6-9, 1989. URL: 1) に同じ
- 4) セイコー・イメージアンドジー株式会社ホームページ
URL: <https://www.sii.co.jp/jp/segg/products/radiation-spectroscopy-products/spectrometer/1053/> (2022/2/5 確認)
- 5) 石川陽一, 新井康史, 可搬型ゲルマニウム検出器の導入と若干の測定事例, 宮城県原子力センター年報, 第 30 巻, p. 35-41, 2012. URL: 1) に同じ
- 6) 原子力規制委員会放射能測定法シリーズ No. 33, ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法, 平成 29 年 (2017 年) 3 月改訂.
URL: <https://www.kankyo-hoshano.go.jp/library/series/> (2022/2/5 確認)
- 7) 新井康史, 石川陽一, 佐藤健一, 移動観測車による空間ガンマ線線量率測定における測定時間と測定高さに関する検討, 宮城県原子力センター年報, 第 31 巻, p. 5-10, 2013. URL: 1) に同じ
- 8) 湊 進, 環境ガンマ線解析用 49×49 応答行列の紹介 (2015), 放射線地学研究所ホームページ, 放地研基本文献, 応答行列 (49x49).
URL: <http://www1.s3.starcat.ne.jp/reslnote/> (2022/2/5 確認)
- 9) 石川陽一ほか, NaI(Tl) 検出器による空間ガンマ線スペクトルの解析に基づく放射性セシウム寄与の変動, 環境放射線監視センター年報, 第 3 巻, p. 31-38, 2017. URL: 1) に同じ
- 10) 湊 進, 日本における地表 γ 線の線量率分布, 地学雑誌, 115(1), 87-95, 2006.
- 11) 梶本卓也 ほか, 東京電力福島第一原子力発電所事故で影響を受けた森林の放射性セシウムの挙動-事故後 2 年間の林冠から地表への移行過程からみた樹種特性-, 日林誌, p. 33-43, 2015. URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjfs/97/1/97_33/_article/-char/ja/ (2022/2/5 確認)
- 12) 石川陽一ほか, 福島第一原発事故後の宮城県における環境放射能の分布調査(1), 宮城県原子力センター年報, 第 30 巻, p. 28-34, 2012. URL: 1) に同じ
- 13) 日本アイソトープ協会, アイソトープ手帳 11 版, 丸善, 東京, 2011.