

III 技術報告

環境放射能調査における新たな指標海産物の検討

小笠原一孝, 高群富貴*, 畠山紀子, 石川陽一, 高橋正人, 安藤孝志

女川原子力発電所環境放射能及び温排水測定基本計画等に基づき、従来からアラメを指標海産物に位置づけて放射能を測定してきたが、海藻の減少が牡鹿半島においても進行し、近い将来アラメの採取が困難となることが懸念された。この状況に鑑み、代替試料としてエゾノネジモクの試験採取及び放射能測定、濃縮係数の算出を行ったところ、指標海産物としての適合性が確認され、2019年度からエゾノネジモクを指標海産物に位置付けた。これにより、アラメの採取頻度の低減及び、適切な放射能監視体制の維持を両立することが可能となった。

I 緒言

宮城県と東北電力(株)では、女川原子力発電所の周辺監視のため、環境放射能及び温排水測定基本計画等に基づき、従来から年に4回、海藻(褐藻の一種)のアラメを採取し、放射能濃度を測定している。しかし、沿岸部の海藻の減少が牡鹿半島においても進行し、アラメは以前ほど生息しておらず、近い将来採取が困難となることが懸念された。そこで、宮城県と東北電力(株)では、アラメの代替試料を検討する必要性が生じた。

上記の基本計画において、アラメは指標海産物に位置付けられている。指標海産物とは、一般に食用とはしないが、海洋放射能汚染の目安となるものである。特に、放射性ヨウ素を検出するうえで重要である。指標海産物の選定には、一定の条件がある。原子力規制庁から示されている資料¹⁾によると、

- ①監視対象の地域で容易に採取できること
- ②四半期など一定間隔で継続的に採取可能であること
- ③放射性物質の生体濃縮の速度や度合いが大きいこと

が挙げられている。したがって、新たな指標海産物を探すのにあたり、年間を通して安定的に採れ、かつ容易に識別できるかどうかを現地調査によって確認すること、及び放射能や元素濃度から濃縮係数を算出し、確認する必要がある。

指標海産物として、全国的には、アラメ(コンブ目コンブ科アラメ属)の他、カジメ(コンブ科カジメ属)、ホンダワラ(ヒバマタ目ホンダワラ科ホンダワラ属)などが用いられている。宮城県では、アカモク、フシスジモク、エゾノネジモクなどのホンダワラ属が広く生息しており、特に牡鹿半島ではアラメよりもホンダワラ属が優勢である。その他の指標海産物の生息は少なく、ホンダワラ属での代替が有望と考えられた。ホンダワラ属について

*現 宮城県原子力安全対策課

て、他道府県の採取状況を確認したところ、9つの道府県で用いられており、概ね年間を通して採取されていることが分かった。そのうち、5県で福島第一原発事故直後に I-131 の検出例があり、ホンダワラ属は、海洋放射能モニタリングにおいて重要な放射性ヨウ素の検出実績があることから、指標海産物としての適性が示唆された。

宮城県内で生息がみられる主なホンダワラ属として、アカモク、フシスジモク、エゾノネジモクがあるが、アカモクは季節によって生育の度合いに差があり、通年採取ができない。一方、フシスジモクとエゾノネジモクは概ね通年採取が可能である。そのうち、エゾノネジモクはアラメやアカモク、フシスジモクと比較して、魚介類による食害が少ないため磯焼けの影響を受けにくく、また、付着器の形状が特徴的なため、現場での同定が容易なことから、指標海産物としての適性が高いと思われた。現在、他の道府県では単一種としてモニタリング対象とはなっていないものの、本県ではエゾノネジモクが適していると考えられたため、試験採取を行い、適性を評価することとした。

なお、付着器の形状を比較すると、フシスジモクは一つの付着器に対して出ている茎は1本だけである一方、エゾノネジモクの付着器には、複数の茎が密集している（図1）。このように、他のホンダワラ属と明らかに異なることが見てわかり、現場でも容易に同定が可能である。



図1 付着器の形状（左：エゾノネジモク 右：フシスジモク）

エゾノネジモクの分布と生態を文献²⁾で調査したところ、太平洋沿岸では北海道函館から宮城県牡鹿半島、日本海沿岸では北海道留萌から長崎県五島に分布している。生育場所については、波当たりの強い暗礁の、水深が浅い硬い岩の上に生育するという特徴がある。また、冬に生長し、夏に主枝が脱落する。

アラメは岩手県以南から静岡県相良付近、長崎県以北から京都府丹後半島に分布し、同様に浅い水深に生息する。生息は通年みられ、夏に葉重量が最大となる。

II 方法

2.1 エゾノネジモクの採取地点の検討

アラメと比較検討を行うため、エゾノネジモクを同一地点で採取できるかどうかを確かめるため、生育状況を調べた。従来からアラメを採取している地点での採取を優先し、生育が認められない場合は他地点で代替することとした。現地調査の結果、アラメを調査している6地点のうち、2地点でエゾノネジモクの生育が見られなかった。牡鹿半島西側の宮戸（石巻湾西部）では生育が確認できず、小竹浜（石巻湾東部）を代替地点とした。同様に牡鹿半島南側の鮎川清崎でも生育がみられず、約3 km離れた鮎川黒崎を代替地点とした。他の4地点では採取が可能であった（図2）。

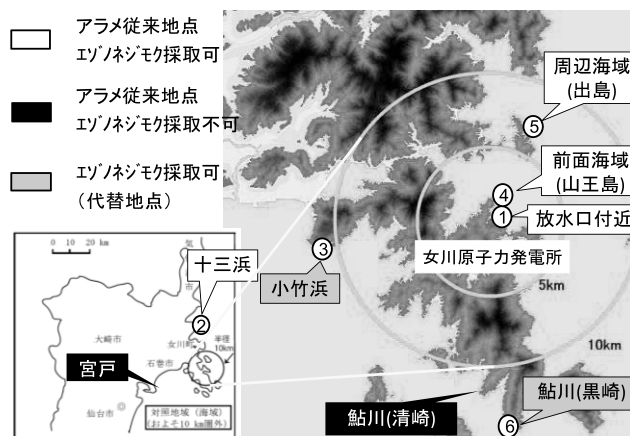


図2 採取地点図

2.2 試料の前処理と放射能及び元素濃度の測定

採取した試料は速やかにミキサーで粉碎し、2リットルのマリネリ容器に詰めてゲルマニウム半導体検出器でI-131を測定した。他のガンマ線放出核種については、試料を乾燥、灰化させて、約50グラムの灰（生重量換算で1 kg）をU8容器に詰めて測定した。また、安定元素については、乾燥試料の一部を数十グラム分取して粉碎し、外部委託によりICP-OES法またはICP-MS法で測定した。

さらに、海藻の採取と同時に海水も採取し、0.45 μmのメンブレンフィルターでろ過し、安定ヨウ素分析用海水については冷凍保存し、他の安定元素分析用海水は超高純度の硝酸を添加して酸固定し、外部委託によりICP-OES法またはICP-MS法で元素濃度を測定した。

III 結果と考察

3.1 放射能濃度の測定結果

表1に示すように、2017年7月～2019年3月の間に行った6地点の測定の結果、エゾノネジモクのI-131は全ての試料において検出されなかったが、2018年2月の放水口付近と、同年12月小竹浜の2試料に僅かなピーク（以下、LTD: Less Than the Detection limit）が見られた。また、Cs-137は不検出（以下、ND: Not Detected）～0.56 Bq/kg生の範囲、Cs-134はND～0.081 Bq/kg生の範囲、K-40は180.2～369 Bq/kg生の範囲にあり、アラ

メの測定値範囲と同程度であった。その他のモニタリング対象放射性核種 (Mn-54, Co-58, Fe-59, Co-60) は全ての試料において検出されなかった。

表 1 放射能濃度測定結果

・2017年度

単位：Bq/kg 生

採取地点	放水口付近					牡鹿半島北側(十三浜)			
	アラメ		エゾノネジモク			アラメ		エゾノネジモク	
採取月日	2017.5.18	2017.11.7	2017.7.31	2017.11.20	2018.2.8	2017.5.11	2017.11.14	2017.8.10	2017.11.29
Cs-137	ND	(0.10)*1	0.098±0.014	0.14±0.04	ND	ND	ND	0.20±0.04	(0.084)
I-131	ND	ND	ND	ND	(0.11)	ND	ND	ND	ND
K-40	319±2	361±2	180.2±0.9	257±2	275±2	236±2	367±2	274±3	291±2

採取地点	牡鹿半島西側(宮戸)		牡鹿半島西側(小竹浜)	
	アラメ		エゾノネジモク	
採取月日	2017.5.11	2017.11.14	2017.12.7	
Cs-137	0.25±0.03	0.17±0.04	0.13±0.03	
I-131	(0.14)	ND	ND	
K-40	364±2	422±2	274±2	

前面海域(山王島)			
アラメ		エゾノネジモク	
2017.6.9	2017.11.15	2017.8.28	2017.11.15
ND	0.098±0.018	0.098±0.018	(0.071)
ND	ND	ND	ND
394±2	354±2	281±1	278±1

採取地点	周辺海域(出島)			
	アラメ		エゾノネジモク	
採取月日	2017.5.22			
Cs-137	(0.057)			
I-131	ND			
K-40	290±1			

牡鹿半島南側(鮎川:清崎)		牡鹿半島南側(鮎川:黒崎)	
アラメ		エゾノネジモク	
2017.5.18	2017.11.13		2017.11.13
0.070±0.016	0.14±0.02		0.56±0.02*2
ND	ND		ND
344±1	385±2		266±1

*1 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 その他の検出核種 Cs-134: 0.081±0.012

・2018年度

採取地点	放水口付近						牡鹿半島北側(十三浜)					
	アラメ		エゾノネジモク				アラメ		エゾノネジモク			
採取月日	2018.5.17	2018.11.6	2018.5.17	2018.7.19	2018.12.3	2019.2.14	2018.5.17	2018.11.12	2018.5.17	2018.7.19	2018.12.3	2019.2.11
Cs-137	(0.085)	ND	(0.067)	ND	ND	0.087±0.027	0.11±0.03	0.11±0.03	0.11±0.03	0.14±0.03	ND	ND
I-131	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
K-40	339±2	313±2	194±1	245±2	252±2	238±2	272±2	348±2	296±2	369±2	336±2	358±2

採取地点	牡鹿半島西側(宮戸)		牡鹿半島西側(小竹浜)				前面海域(山王島)					
	アラメ		エゾノネジモク				アラメ		エゾノネジモク			
採取月日	2018.5.17	2018.11.12	2018.5.17	2018.7.19	2018.12.3	2019.2.11	2018.5.30	2018.11.28	2018.5.30	2018.7.31	2018.12.19	2019.3.19
Cs-137	ND	0.16±0.03	0.16±0.03	0.16±0.03	0.11±0.03	(0.079)	0.092±0.015	0.082±0.016	0.071±0.015	(0.060)	(0.060)	(0.047)
I-131	ND	0.23±0.04	ND	ND	(0.099)	ND	(0.090)	ND	ND	ND	ND	ND
K-40	429±2	352±2	238±2	301±2	305±2	257±2	312±1	374±2	261±1	293±1	267±1	189±1

採取地点	周辺海域(出島)				牡鹿半島南側(鮎川:清崎)		牡鹿半島南側(鮎川:黒崎)			
	アラメ		エゾノネジモク		アラメ		エゾノネジモク			
採取月日	30.6.26	欠測	2018.6.26		2018.5.29	2018.12.21	2018.5.29		2018.12.21	
Cs-137	(0.060)		0.066±0.014		0.091±0.015	0.078±0.016	0.17±0.02		0.074±0.015	
I-131	ND		ND		ND	ND	ND		ND	
K-40	365±2		284±1		339±1	399±2	261±1		227±1	

3.2 安定元素濃度と濃縮係数

安定元素濃度について、表2に2018年12月に採取したエゾノネジモクと現場海水の値、及び2018年11月に採取したアラメと現場海水の値を示した。

表2 安定元素濃度

海藻	採取地点	エゾノネジモク			アラメ		
		放水口付近	十三浜	小竹浜	放水口付近	十三浜	宮戸
	採取日	2018.12.3	2018.12.3	2018.12.3	2018.11.6	2018.11.12	2018.11.12
I(安定)	海藻濃度(mg/kg)	85	96	99	440	440	480
	海水濃度(mg/L)	0.062	0.062	0.063	0.071	0.070	0.067
	濃縮係数(L/kg)	1400	1500	1600	6200	6300	7200
Co(安定)	海藻濃度(mg/kg)	0.04	0.05	0.02	0.06	0.02	0.06
	海水濃度(mg/L)	0.000002	0.000007	0.000005	0.000012	0.000006	0.000009
	濃縮係数(L/kg)	2000	7100	4000	5000	3300	6700
Mn(安定)	海藻濃度(mg/kg)	2.3	3.5	2.9	1.3	0.7	2.4
	海水濃度(mg/L)	0.00021	0.0009	0.00116	0.00076	0.00043	0.00156
	濃縮係数(L/kg)	11000	3900	2500	1700	1600	1500
Fe(安定)	海藻濃度(mg/kg)	24	30	35	17	7	23
	海水濃度(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	濃縮係数(L/kg)	-	-	-	-	-	-

安定元素または放射能濃度の測定結果から濃縮係数(=海藻の含有濃度(mg/kg 生, Bq/kg 生)/海水の含有濃度(mg/L, Bq/L))を算出することができる(表3)。濃縮係数は、元素の生物濃縮の指標と言え、値が高い元素ほど、その放射性元素も濃縮されると期待される。新たな指標海産物を選定するにあたり、原子力発電所から海水へ放出される可能性のある放射性核種(I, Co, Mnなど)がどの程度濃縮されるのかを推定するのにあたり、それらの安定元素の濃縮係数も参考となる。エゾノネジモクについてはそれらの文献値が存在しなかったため、当センターが放射性核種と元素の濃度から実測によって算出した(表3 斜体の値)。Cs-137及

表3 濃縮係数の比較 単位: L/kg 生

及びK-40の放射性核種の濃縮係数は、エゾノネジモクとアラメとで同程度であった。安定ヨウ素の濃縮係数について、エゾノネジモクではアラメよりは低いものの、ヒジキやワカメの

	エゾノネジモク	アラメ	ホシヒジキ	ワカメ
I-131	【未検出】	11000 ⁵⁾	-	-
I(安定)	1400 ~ 1600	7000 ~ 17000 ⁵⁾ 4043 ⁶⁾ 6200 ~ 7200	595 ⁶⁾ ~ 1700 ^{9),10)}	150 ^{9),10)}
Cs-137	47 ³⁾ 20 ~ 29 ⁴⁾	30 ⁷⁾ 24 ~ 51 ⁴⁾	-	-
Cs(安定)	【未知】	38 ⁶⁾	-	-
K-40	24 ³⁾	30 ⁸⁾	-	-
Co(安定)	4000 ~ 20000	3300 ~ 6700	-	-
Mn(安定)	2500 ~ 11000	1500 ~ 1700	-	-
Fe(安定)	【未知】	【未知】	-	-

文献値⁶⁾よりは高めであった。また、CoとMnについては、エゾノネジモクはアラメよりも高い濃縮能力を持つことが示唆された。


IV まとめ

Cs-137 と Cs-134, 及び K-40 の放射能濃度は, エゾノネジモクとアラメで同程度であった。また, Co や Mn など, 元素の種類によっては, エゾノネジモクはアラメよりも高い濃縮能力を持つことが示唆された。安定元素を濃縮することは, 同じ種類の放射性元素も濃縮する可能性が高いことを意味し, 放射性核種の漏洩検知にも有用であると考えられる。以上のことから, エゾノネジモクはほぼ年間を通して海洋放射能モニタリングにおける指標海産物に適していることが分かった。

アラメの資源枯渇は喫緊の課題であり, 本研究結果に基づいて, 女川原子力発電所環境放射能及び温排水測定基本計画等を改正し, 2019 年度からエゾノネジモクを指標海産物として位置付けた。採取時期については, アラメが夏に個体が大きくなる一方, エゾノネジモクは夏に主枝が脱落し, 冬に生長するというそれぞれの生態を考慮し, 図3のとおり, アラメは第2(7~9月), 第3四半期(10~12月)分(2Q,3Q), エゾノネジモクは第1(4~6月), 第4四半期(1~3月)分(1Q,4Q)の指標海産物試料とした。

これにより, 枯渇が懸念されているアラメの採取頻度の低減及び, 適切な放射能監視体制の維持を両立することが可能となった。

【改正前】	1Q	2Q	3Q	4Q
アラメ	○	○	○	○
エゾノネジモク				



【改正後】	1Q	2Q	3Q	4Q
アラメ	—	○	○	—
エゾノネジモク	○	—	—	○

図3 指標海産物の採取時期

V 参考文献

- 1) 原子力規制庁, 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), p.47(2018).
- 2) 能登谷正浩編著, 藻場の海藻と造成技術, p.75-83(2003).
- 3) 平成 29 年度環境放射能監視検討会, 資料 3.
- 4) Y.Tateda, T.Koyanagi, *J.Radioat.Res.*, **35**, 213-221(1994).
- 5) 宮城県原子力センター年報, **24**, 14-25(2006).
- 6) (独)放射線医学総合研究所, 放射性核種生物圏移行評価高度化調査(2012).
- 7) 女川原子力発電所環境放射能調査結果(2014-2017).
- 8) 女川原子力発電所環境放射能調査結果(2012-2017).
- 9) 布施養善 et al., 日本臨床栄養学会雑誌, **32**(1), 26-51(2010).
- 10) 菊池有利子 et al., 日本衛生学雑誌, **63**(4), 724-734(2008).

モニタリングステーションにおける局舎による空間ガンマ線遮へい

木村幸由, 木村昭裕, 伊藤節男, 石川陽一, 高橋正人, 安藤孝志

平成23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全7局中4局が全壊したため, モニタリングステーションの場所を移して平成31年3月に再建した。ポータブルNaIスペクトロメーターを用いて, モニタリングステーション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いの状況を調査した。

I はじめに

本県では, 女川原子力発電所からの影響をモニタリングするため, 当該発電所周辺地域にモニタリングステーションを設置し, 環境放射線等の測定を行ってきた。しかし, 平成23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全7局中4局が全壊した。その後, 平成31年3月に, 発電所からの方角や地域住民の居住状況, 津波到達状況等を考慮し, モニタリングステーションを再建した。

なお, モニタリングステーション再建の詳細については, 本誌「V資料 モニタリングステーションの再建」に記述した。

一方で, 局舎による遮へいの状況について調べられた例はほとんどなく, 今後老朽化した局舎の建替工事等を行う可能性があることも考えると, 局舎による遮へいに関する知見の蓄積が必要であった。そこで, このたびポータブルNaIスペクトロメーターを用いて, モニタリングステーション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いの状況を調査した。

II 調査方法

測定には, 以下の機器を用いた。

製造業者及び型式: 日立アロカメディカル株式会社, JSM-112B

検出器の種類: 3" × 3" ϕ NaI(Tl)シンチレーション式スペクトロメーター

測定範囲: B.G. ~ 10 μ Gy/h

測定条件は, 次のとおりである。

再建前 測定日: 平成30年6月26日, 晴天,

測定方法: 検出器設置予定高さである地上高3.8mで測定するため, 図1のとおりによぐらを組み, 検出器設置予定地点で30分間測定した。

再建前の測定については, 再建予定地4ヶ所全てで行った。

再建後 測定日: 平成31年1月21日, 晴天,

測定方法：図2のとおり鉄筋コンクリート製の局舎屋上の検出器設置予定地点で30分間測定した。

なお、再建工事の日程が立て込んでいたため、再建後の測定については荻浜局1局のみで行った。



図1 再建前の測定の様子

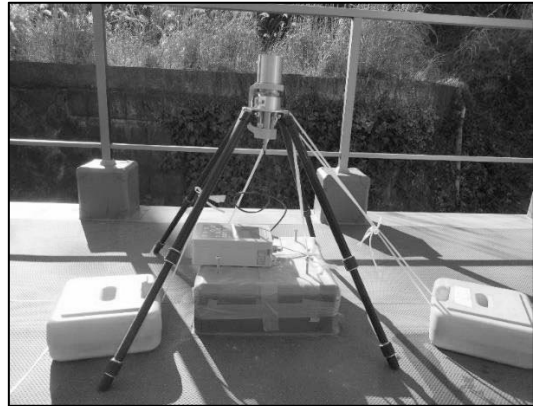


図2 再建後の測定の様子

モニタリングステーション再建前後の測定で得られたスペクトルの解析には、放射線地学研究所の湊が放射性セシウム寄与評価用に開発した49行×49列応答行列¹⁾を用いたスペクトル解析ソフトを用いて解析し、成分別の線量率を算出した。

III 結果及び考察

1 再建予定地における測定結果

図3に各再建予定地におけるスペクトルを、表1に各地のスペクトル解析結果を示す。

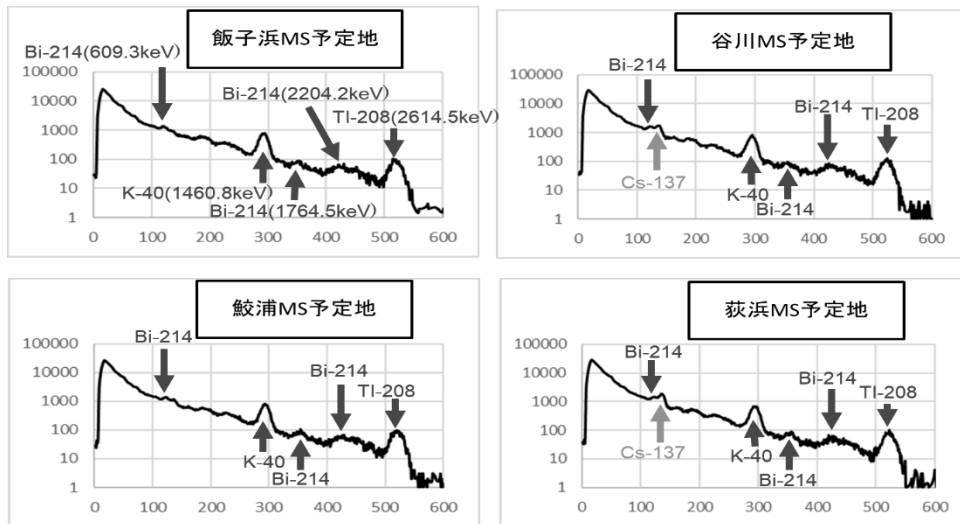


図3 各再建予定地における測定結果（平成30年6月26日測定）

表1 各再建予定地におけるスペクトルの解析結果（平成30年6月26日測定）

飯子浜MS 予定地	全線量率(nGy/h)	53.2	防災集団移転地 地面：整地済、砂・土	谷川MS 予定地	全線量率(nGy/h)	62.7	住宅跡地 地面：未整地、草地
	自然線量率(nGy/h)	49.4			自然線量率(nGy/h)	53.2	
	Cs-137,134 全線量率(nGy/h)	3.89			Cs-137,134 全線量率(nGy/h)	9.52	
	Cs-137,134散乱線 線量率(nGy/h)	3.04			Cs-137,134散乱線 線量率(nGy/h)	6.40	
	Cs-137,134直接線 線量率(nGy/h)	0.855			Cs-137,134直接線 線量率(nGy/h)	3.12	
鮫浦MS 予定地	全線量率(nGy/h)	56.0	防災集団移転地 地面：整地済、砂・土	荻浜MS 予定地	全線量率(nGy/h)	55.5	住宅跡地 地面：未整地、草地
	自然線量率(nGy/h)	51.7			自然線量率(nGy/h)	45.4	
	Cs-137,134 全線量率(nGy/h)	4.33			Cs-137,134 全線量率(nGy/h)	10.1	
	Cs-137,134散乱線 線量率(nGy/h)	2.92			Cs-137,134散乱線 線量率(nGy/h)	6.82	
	Cs-137,134直接線 線量率(nGy/h)	1.41			Cs-137,134直接線 線量率(nGy/h)	3.28	

4地点のうち、飯子浜局と鮫浦局は防災集団移転団地内の整地された場所であり、谷川局と荻浜局は住宅跡地の未整地である。表1の測定結果を比較すると、全線量率は53.2～62.7 nGy/h とほぼ同程度となっているが、Cs-134及びCs-137由来の空間ガンマ線量率は、整地された場所の飯子浜局、鮫浦局が4 nGy/h程度に対して、未整地の谷川局、荻浜局は10 nGy/h程度となっており、未整地の方が放射性セシウムの影響が大きいことが分かる。

4地点とも震災の津波の被害を受けなかった場所であるが、飯子浜局及び鮫浦局の建設予定地は、震災後に整地したため福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウムを含む土砂が表面から取り除かれたと考えられる。一方で、谷川局及び荻浜局の建設予定地は、震災後整地していなかったため、同事故由来の放射性セシウムが残っていたと考えられる。

2 再建前後の測定結果の比較と局舎による遮へい

図4に荻浜局再建前後の測定結果を、図5に線束密度スペクトルを、表2にスペクトルの解析結果を示す。なお、再建前後で約7ヶ月経過しているため、再建後の測定値を再建前の測定日に補正した。

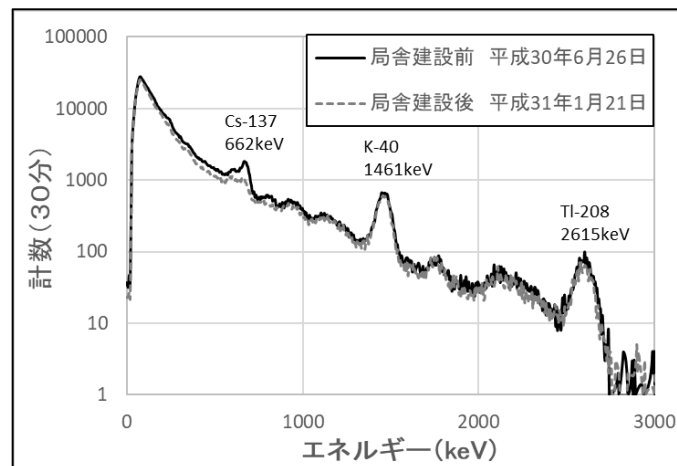


図4 荻浜局再建前後の測定結果

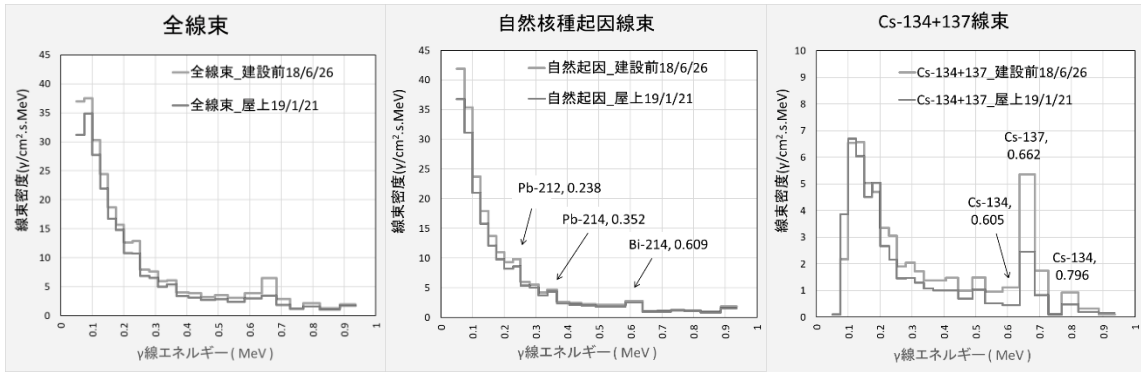


図5 荻浜局再建前後の線束密度スペクトル

表2 荻浜局再建前後におけるスペクトルの解析結果

	荻浜局		
	MS再建前	MS再建後	MS再建後 /MS再建前
全線量率(nGy/h)	55.5	47.0	0.847
自然線量率(nGy/h)	45.4	40.3	0.888
Cs-137,134 全線量率(nGy/h)	10.1	6.70	0.663
Cs-134 全線量率(nGy/h)	2.32	1.52	0.655
Cs-137 全線量率(nGy/h)	7.79	5.18	0.665
Cs-137,134散乱線 線量率(nGy/h)	6.82	5.23	0.767
Cs-134散乱線 線量率(nGy/h)	1.56	1.19	0.763
Cs-137散乱線 線量率(nGy/h)	5.26	4.04	0.768
Cs-137,134直接線 線量率(nGy/h)	3.28	1.47	0.448
Cs-134直接線 線量率(nGy/h)	0.75	0.33	0.442
Cs-137直接線 線量率(nGy/h)	2.53	1.14	0.451

再建前後の線量率を比較すると、局舎建屋の遮へいによって再建後の全線量率は再建前の84.7%まで低下した。また、自然由来の空間ガンマ線量率は、再建前の88.8%までにしか低下しなかったのに対し、放射性セシウム由来の空間ガンマ線量率は直接線線量率が44.8%、散乱線線量率が76.7%にまで低下した。局舎の遮へいにより、自然由来の空間ガンマ線量率及び放射性セシウム由来の空間ガンマ線量率の低下が認められたが、特にエネルギーが低い放射性セシウム由来の空間ガンマ線量率の低下が顕著であった。

なお、荻浜局の背面には斜面があり、斜面からのガンマ線は局舎を経ずに検出器に入射していることを踏まえると、平地に局舎を建設した場合はさらに遮へいが大きくなると思われる。

IV 今後について

今回得られたデータについては、将来、モニタリングステーションの建替えを行った場合等の測定値変化の評価等に用いたい。ただし、局舎による遮へいの影響を精査するためには、以下の点についてさらなる調査が必要である。

- ・局舎に含まれる天然核種由来のガンマ線がある。
- ・斜面から入射するガンマ線の割合が不明である。
- ・局舎の基礎や周辺のアスファルト舗装等による遮へいがある。
- ・検出器の方向特性を考慮する必要がある。

調査内容としては、例えば、コリメータを取り付けた測定器による線量率の方向分別や周辺の空間ガンマ線の分布を調査するといったことが考えられる。

また、他の自治体とも情報を共有し、知見収集に努めたい。

V 参考文献

- 1) 湊 進, 環境 γ 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 <http://www1.s3.starcat.ne.jp/reslnote/>

空間ガンマ線量率の方向別寄与

木村幸由

モニタリングステーション等において測定される空間ガンマ線量率は、周辺環境に存在する線源からのガンマ線によって形成される。その方向別寄与及びスペクトルを調査しておくことは、線量率の変動があった場合の評価等に有用である。今回は、空間ガンマ線量率の方向別寄与及びスペクトルを測定するための実験を行ったので報告する。

I はじめに

本県では、女川原子力発電所からの影響をモニタリングするため、当該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。通常は全方向から入射するガンマ線について測定しているため、特定の方向からの線量率を知ることはできない。その一方で、周辺環境は測定局によって様々であり、例えば斜面が近い局舎においては周辺地面からのガンマ線寄与のほかに、その斜面からのガンマ線の寄与が加わることになる。このような局舎周辺における空間ガンマ線量率の分布や方向別寄与を調査しておくことは、降雪等の季節的要因、コンクリート舗装や測定地点移転等の人為的要因による空間ガンマ線量率の変動等があった場合の評価に有益な情報となる。当所では、過去にも空間ガンマ線量率の分布調査¹⁾等を行ってきたが、今回は方向別寄与を測定できるようにするための実験を行った。

II 調査方法

1 概要

NaI(Tl)シンチレーション式スペクトロメーターの周囲を厚さ5 cmの鉛ブロックで遮へいして、一方向ずつ遮へいを外してコリメータとすることで、方向別の線量率とスペクトルを測定した。

2 測定機器、測定日、測定場所、測定時間及び測定高

(1) 測定機器

製造業者及び型式：日立アロカメディカル株式会社，JSM-112B

検出器の種類：3" × 3" φ NaI(Tl)シンチレーション式スペクトロメーター

測定範囲：B.G.～10 μ Gy/h

(2) 測定日及び天気

平成30年12月21日 晴天

(3) 測定場所

当所駐車場にて測定した。測定地点の様子を図1に示すが、北側は1 m先が斜面であり、南側、東側及び西側の地面はアスファルト舗装された駐車場である。



図1 測定地点周辺の様子

(4) 測定時間及び測定高

測定高は1 m，測定時間は1 8 0 0 秒とした。

3 遮へいパターン

目的とする方向以外からのガンマ線の遮へいには、鉛板（1 cm 厚鉛，セイコーEG&G社製）及び鉛ブロック（5 cm 厚鉛，オーケーレックス（株）製）を用いた。

遮へいパターンは次のとおり（図2及び図3参照）。

- ・全方向を鉛板及び鉛ブロックで遮へい（以下、「全遮へい」という。）
- ・全遮へいから一方向のみ鉛板及び鉛ブロックを外す（以下、外した方向をもとに「上側遮へいなし，下側遮へいなし，北側遮へいなし，東側遮へいなし，南側遮へいなし，西側遮へいなし」という。）
- ・鉛板及び鉛ブロックによる遮へいなし（以下、「遮へいなし」という。）



図2 遮へいの様子

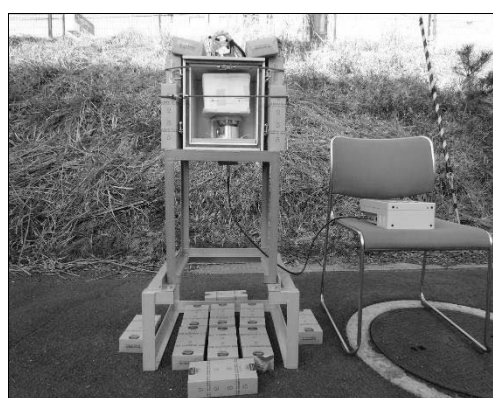


図3 一方向のみ遮へいを外した様子

Ⅲ 結果及び考察

ガンマ線スペクトルの測定結果を図4に示す。核種別の線量率の評価を行っていないが、このスペクトルから、放射性セシウムに由来するガンマ線の大部分は北側斜面から来ていることが分かる。

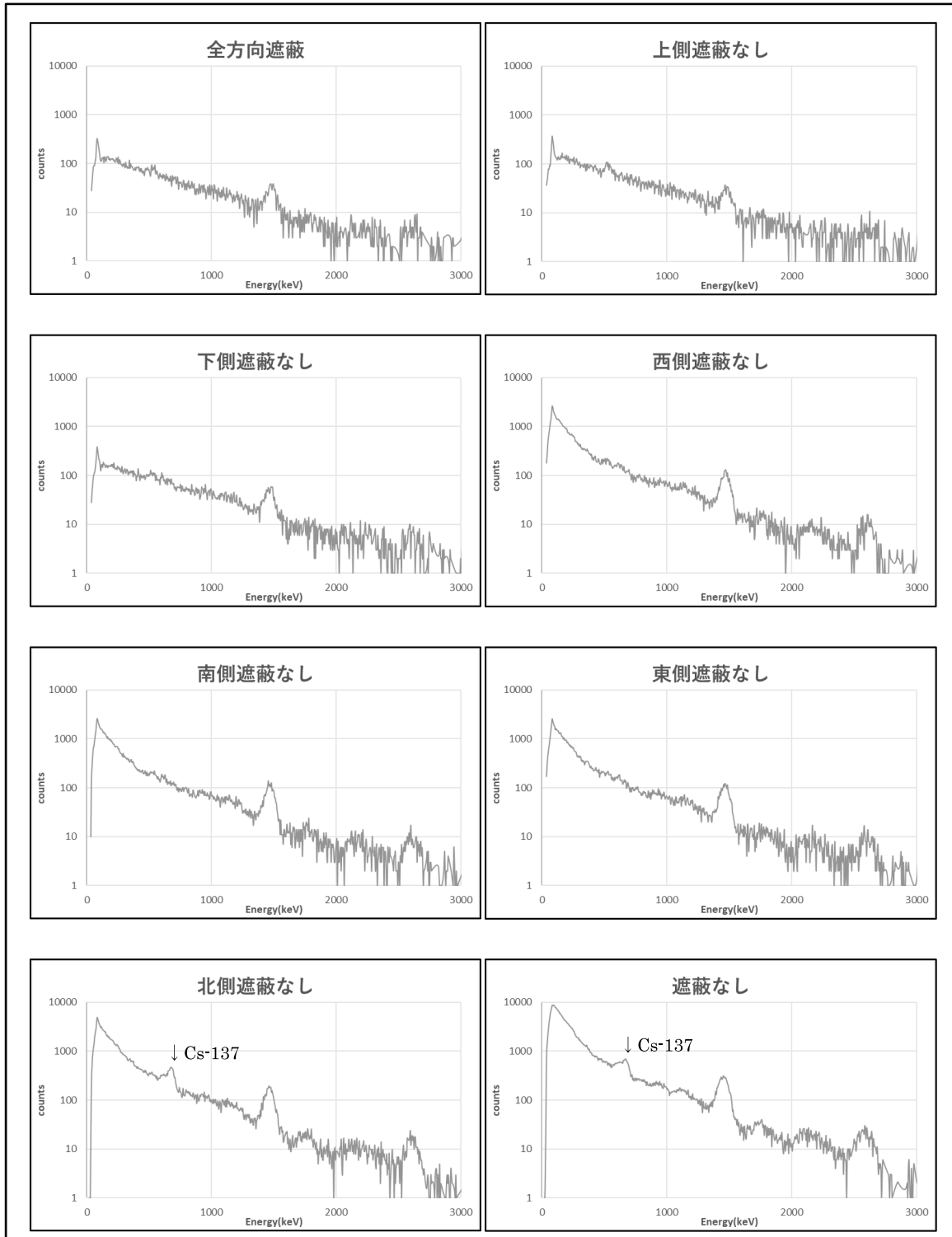


図4 ガンマ線スペクトルの測定結果

空間ガンマ線量率の測定結果を表1に示す。「(各項目測定値－全遮へい測定値)／遮へいなし測定値」の合計が1を超えたが、これは遮へいしきれなかった分が超過したものと考えられる。

表1 地上高1 mにおける空間ガンマ線量率の比較 (G(E)関数法)

測定の種類	空間ガンマ線量率測定値 (nGy/h)	(各項目測定値－全遮へい測定値) ／遮へいなし測定値
全遮へい	2.45	—
上側遮へいなし	2.62	0.007
下側遮へいなし	3.81	0.057
西側遮へいなし	7.39	0.207
南側遮へいなし	7.36	0.206
東側遮へいなし	7.29	0.203
北側遮へいなし	12.9	0.440
遮へいなし	23.8	—
合計	—	1.120

IV 今後について

今回は線量率とスペクトルの測定のみを行ったが、今後は成分別の寄与線量率を求めたい。また、今回の方法では、上下水平方向の6方向しか測定できないため、上下の角度を付けて測定できるようにしたい。

V 参考文献

- 1) 小川武，榎野光永，佐藤健一，石川陽一，小葉松英行，村上弘
宮城県原子力センター年報第11巻，pp.8-11，1992年。

走行サーベイ用 CsI(Tl)線量計の遮蔽係数の測定

木村 昭裕, 木村 幸由, 伊藤 節男, 石川 陽一, 高橋 正人, 安藤 孝志

移動観測車による走行サーベイで使用するCsI(Tl)線量計HDS-101G(RAMPU)の遮蔽係数について検討を行った。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。このばらつきの原因としては地形の影響等が考えられた。

I はじめに

国が策定した原子力災害対策指針補足参考資料「緊急時モニタリングについて」において、発電用原子炉施設で事故が発生し、大気環境へ放射性物質の放出があった場合には、放射性物質の拡がり状況の確認や介入レベル(OIL)判断のための一つの手段として、自治体が走行サーベイにより空間放射線量率を測定することが定められたり。

このため、当県においても走行サーベイができる測定システムRAMPUを2016年度に導入した²⁾。本システムの主な仕様を表1に示す。本システムは検出部ごと車体内部に積載するため、事前に車体によってどの程度遮蔽されるかを調査し、遮蔽係数を求めておく必要がある。本報告では、地形が複雑、かつ福島第一原子力発電所事故による放射性セシウムの寄与も有意に含まれる宮城県牡鹿半島において遮蔽係数を求めた。

表1 走行サーベイ用機器の仕様

製品名	RAMPU(ランプ) Ver.1.0
開発業者	公益財団法人原子力安全技術センター
放射線測定部	HDS-101G (ミリオンテクノロジーズ社製) 低線量 γ 線量率: CsI(Tl)シンチレータ 高線量 γ 線量率: Si 半導体 エネルギー範囲: 30keV~3MeV 測定範囲: 0.01 μ Sv/h~10mSv/h CsI (Tl) : 0.01-100 μ Sv/h 半導体 : 10 μ Sv/h-10mSv/h 温度範囲: -20 $^{\circ}$ C~50 $^{\circ}$ C 防水防塵性能: IP54 通信: Bluetooth 接続
測位部	自律航法 GPS (小型振動ジャイロ、加速センサー、1Hz)

表 1 (続)

データ取得・通信部 (タブレット端末)	パナソニックタフパッド FZ-G1 10.1 インチ OS : Windows7 ソフトウェア : ラミセス、ランプ走行測定用ソフトウェア
電源	リチウムポリマー蓄電池 139Wh

II 測定方法

移動観測車据付用のアロカ製 ADP-1132UR1 型 3”φ×3”NaI(Tl)シンチレーション検出器(以下「NaI 検出器」という)については、機器導入時に車両(スバルフォレスターDBA-SHJ)の屋根上(On the Roof:O.R.、地上高 1.95m)に設置した場合と地上高 1m の位置に設置した場合の各々の空気吸収線量率(それぞれ $D_{air}[O.R.]$ 、 $D_{air}[1.00m]$ とする。)の指示値の比較を行い、次式により 1m 高に対する換算係数(Conversion Factor:C.F.)が求められている³⁾。

$$C.F.=D_{air}[1.00m]/D_{air}[O.R.]$$

NaI 検出器を車両屋根上に、また RAMPU を操作マニュアル上の所定の位置である車両後方座席中央に設置して、定点で同時に 5 分間測定を行い、 $D_{air}[O.R.]$ 及び RAMPU による周辺線量当量率($H^*(10)[RAMPU]$ とする。)を算出した。

また、RAMPU は NaI 検出器よりも自己照射量が多いと考えられたため、12cm 厚の鉛遮蔽体内で自己照射寄与線量率(Self Dose:S.D.とする。)の測定を行い、NaI 検出器のメーカー納入時の自己照射量の測定結果との比較を行った。

これらの結果から下記の式により遮蔽係数(Shielding Factor:S.F.)を算出した。

$$S.F.=(H^*(10)[RAMPU] - S.D.) / (C.F. \cdot D_{air}[O.R.])$$

III 結果と考察

換算係数 C.F.については、既報の報告値³⁾の平均により 1.30 とした。

図 1 には宮城県牡鹿半島の 2 4 箇所⁴⁾の定点で測定した車両屋根上における空気吸収線量率($D_{air}[O.R.]$)及び周辺線量当量率($H^*(10)[RAMPU]$)を示す。

RAMPU の自己寄与線量率(S.D.)は、0.014 μ Sv/h であった。これに対し、NaI 検出器の自己照射寄与線量率のメーカー報告値は 0.0009 μ Gy/h であり、RAMPU の自己寄与線量率(S.D.)は無視できないレベルであった。

これらの結果から算出した遮蔽係数は、図 2 及び表 2 のとおりである。

図 3 に RAMPU による線量率($H^*(10)[RAMPU]$)と地上高 1 m 換算後の線量率 $D_{air}[1.00m]$ の相関関係を示す。ほぼ直線的相関を示すが、一部の地点では、遮蔽係数が小さくなる地点

があった（図2及び図3で丸囲みの箇所）。そのような場所は、斜面が観測車近傍まで迫っている地形で、地面の性状はアスファルト舗装となっているという共通点があった。斜面からの入射放射線が多く、一方で、アスファルトによる遮蔽により地面からの入射放射線は少なくなることによる影響と考えられた。

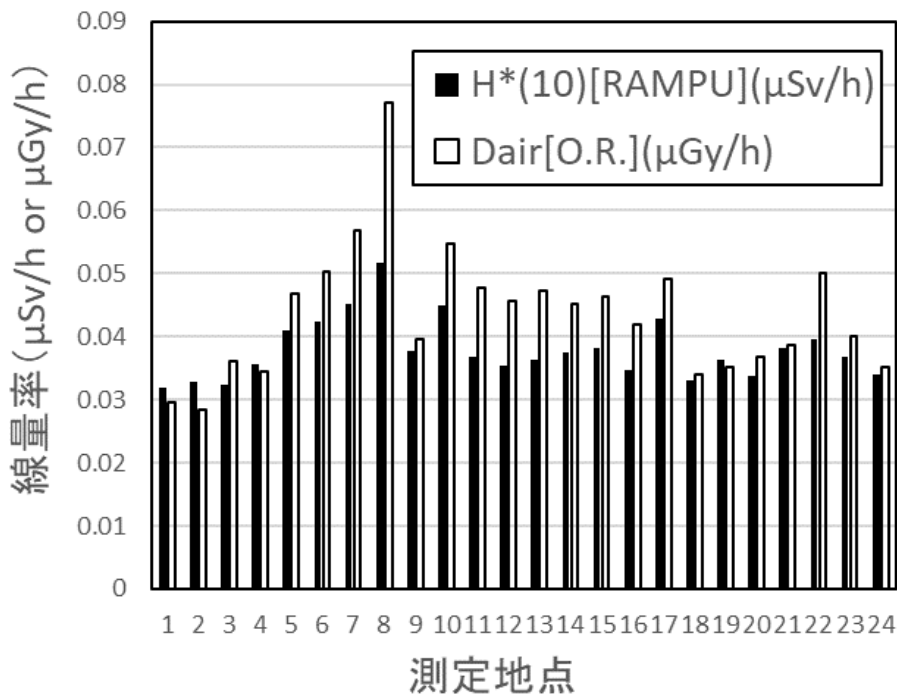


図1 RAMPUによる周辺線量当量率 ($H^*(10)[RAMPU]$) と車両屋根上の空気吸収線量率 ($D_{air}[O.R.]$) の測定結果

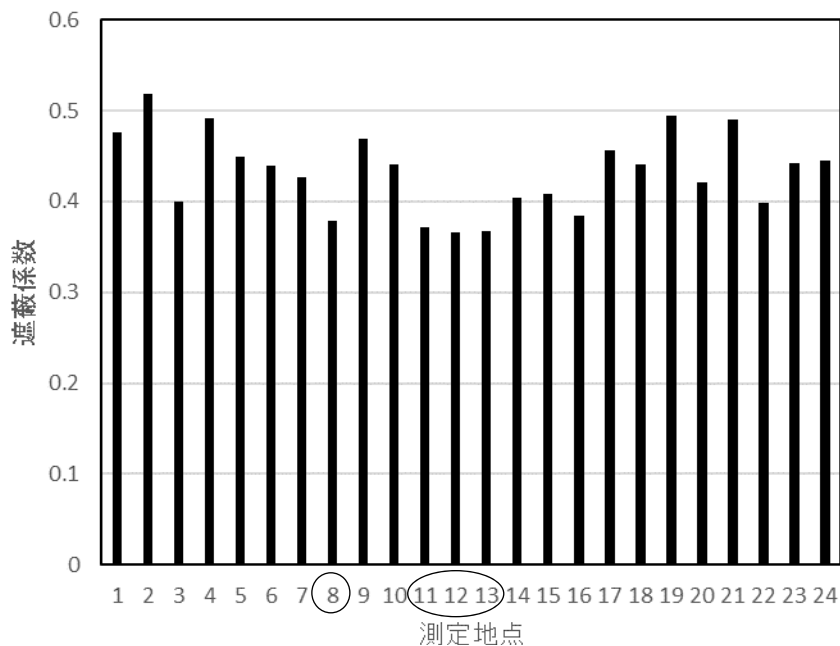


図2 遮蔽係数の (S.F.) の測定結果

表2 遮蔽係数 (S.F.) の測定結果

遮蔽係数 (S.F.) (n=24)	
最小値	0.37
最大値	0.52
平均値	0.43
標準偏差	0.04

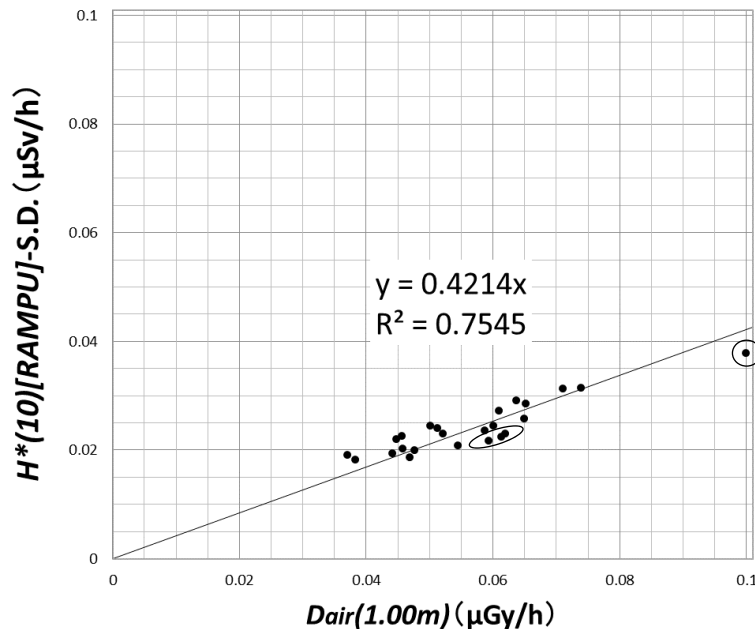


図3 地上高 1m 換算後の空気吸収線量率と RAMPU による周辺線量当量率の相関関係

IV まとめ

- ①移動観測車の後部座席における遮蔽係数は、0.37 から 0.52 の範囲の値で平均値は 0.43 となった。
- ②RAMPU 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た。
- ③近似直線からのずれや遮蔽係数が小さかった地点があったが、その原因としては斜面に近接している等の測定地点周辺の地形や地面の性状の影響が考えられた。

V 参考文献

- 1) 原子力規制庁監視情報課 緊急時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)、p.5, 19-20(2014)
- 2) 宮城県環境放射線監視センター年報、第 2 巻、p.61-62(2016)
- 3) 宮城県原子力センター年報、第 31 巻、p.5-10(2013)
- 4) 宮城県 平成 30 年度女川原子力発電所環境放射能調査結果、p.29(2019)

