

Measurement of Radiation Dose on and around the Musashino University Campuses, and Sugestion for their Remediation

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2016-11-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 塩澤, 豊志, 田辺, 直行, 三輪, あづみ メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/305

武蔵野大学キャンパスおよび周辺地域における 放射線量測定と除染の展望

Measurement of Radiation Dose on and around the Musashino University
Campuses, and Sugestion for their Remediation

塩澤 豊 志*
Toyoshi SHIOZAWA

田 辺 直 行[†]
Naoyuki TANABE

三 輪 あづみ^{††}
Azumi MIWA

1 はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故によって広範囲に拡散した放射性物質については、低レベル長期被ばくおよび内部被ばくによる健康影響がますます懸念されてきている。環境中に放出されたガンマ線（ γ 線）核種のうち、ヨウ素131はその短い半減期（8日）ゆえにほとんど減衰し、現在、除染対象となっている核種はセシウム134（Cs-134）とセシウム137（Cs-137）の2種の同位体を中心であると考えられる。セシウム134とセシウム137は自然界には存在せず、100パーセント福島原発事故によってもたらされたものである。さらに、土壌の放射能測定からこの2種の同位体の放出直後の存在比は1：1ということがわかっているが、セシウム134の半減期は約2年と短い。

昨年度来話題となってきた首都圏におけるいわゆる「ホットスポット」では除染活動が進み、簡易型ガイガーカウンターの普及により、除染への対応も迅速化したように思われる。環境放射能除染と放射性廃棄物処理に対する産業界の関心も高く、2012年9月に東京都千代田区科学技術館で開催された「RADIEXフォーラム」には100社を超える企業からの出展があった。「フクシマ」から未来日本を展望する視点が問われているのである。

著者らは2011年6月以降、武蔵野大学本部校地（西東京市）において放射線量測定を行い、市内各地域の平均値に比べて線量値の高い「ミニホットスポット」が学内に存在することを明らかにした。2012年に入ってから引き続き測定を行い、新たに8号館前テニスコート内の放射線量が高いことを見出した。また、武蔵野大学は2012年4月に江東区有明3丁目に有明キャンパスをオープンしたので、新キャンパス内の放射線量測定を実施することとした。その過程で、キャン

*環境学部客員教授 [†]環境学部非常勤講師 ^{††}大学院環境学研究科修士課程

ンパス内よりも周辺地域、とりわけ通学路に当たる「有明3丁目イーストプロムナード」の石だたみ舗道の線量値が定常的に高い事実が明らかとなった。

一方、放射性セシウムは化学物質であるから、除染に当たっては化学の知見と技術がものをいうことは言うまでもない。吸着剤によるセシウム除去はすでに福島県を中心に実施されている。石だたみ素材の「白御影石」とテニスコート砂がセシウムと何らかのつながりを持つことが推定されるので、吸着剤によるセシウム除去実験を計画した。実験を進める過程で、「粘土鉱物」が高いセシウム吸着能（除去効果）を持つことが明らかとなった。この結果にもとづいて、上記2地域のホットスポット化の原因を探ってみた。

2 調査方法の概要

空間放射線（ γ 線）を放出する核種は数多く存在する。総線量カウント数を表示するものがいわゆる「線量計」である。核種ごとにそれぞれ異なったエネルギーの γ 線を放出するので、エネルギーを横軸に、カウントを縦軸にとったスペクトルを測定すれば、核種の特定を行うことができる。

2.1 放射線量の測定

4種類の放射線測定器を併用した。使用に当たっては各測定器の特性を理解しておく必要がある。

- ・ポケットサーベイメーター：日立アロカメディカル社製 検出部はCsIシンチレーター
時定数1～10秒で表示が速い。感度が高く、低線量の測定が可能である。
- ・TERRA MKS-05 Dosimeter-radiometer：ウクライナ製 検出部はガイガーカウンター
誤差範囲が表示される。高線量の測定に向いている。
- ・BESENガイガーカウンター：中国製 検出部はガイガーカウンター
アメリカンによる校正の結果、平衡値の表示までに20分ほどを要することが判明。
- ・エアーカウンターS：エステー株式会社製 検出部はシリコン半導体（フォトダイオード）
高い線量がないと瞬間値を表示しない。

2.2 γ 線スペクトルの測定

NaIシンチレーション放射線スペクトロメーターにより空間放射能（ γ 線スペクトル）を測定し、 γ 線発生源である放射性核種の特定を行った。

2.3 セシウム吸着量（除去率）の測定

放射能を持たないセシウム133の硝酸塩（ CsNO_3 ）を用いて標準水溶液（500mg/L）を調製した。イオン交換樹脂や粘土鉱物などの吸着剤を13種類用意し、それぞれについて、標準溶液中への浸漬→攪拌→静置（30時間）の操作（バッチ法）の後、濾過→メスアップ→濾液中のセシウムイオン平衡濃度測定工程に従ってセシウム除去率を求めた。セシウムイオンの定量はICP発光分光分析によって行った。ICP発光分光法（ICP-AES, Inductively Coupled Plasma-Atomic

Emission Spectrometry) の詳細は割愛し、要点のみを述べる。高周波電流と石英ガラス製のプラズマトーチによってドーナツ状のアルゴンガスプラズマ（誘導結合プラズマ）を形成させ、その中に試料水溶液のエアロゾルを吹き込んで原子化すると、いわゆる炎色反応の波長をもつ可視光線が発生する。これを定量するというもので、混合イオン溶液の成分濃度がスペクトルとして得られる利点がある。本研究では、埼玉大学科学分析支援センターのICP発光分光分析装置（Optima 5300 DV）を用いてセシウムイオン濃度の定量を行った。

3 調査結果の検討

3.1 有明キャンパスおよび周辺地域

2012年4月の有明キャンパス開校に先立ち、内装工事中の1・2・3号館棟内各室の放射線量測定を行った。床上1mの空間線量率の値（毎時マイクロシーベルト $\mu\text{Sv/h}$ ）を表1に示す。

表1 棟内の放射線量

床上1mの空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

	3月14日測定	10月3日測定
〈1号館(高層棟)〉		
1F エントランスホール横	0.071	0.051
1F 管理センター	0.066	0.042
2F 廊下中央	0.067	0.048
3F イングリッシュスペース	0.060	0.034
4F 401教室	0.067	0.029
5F 501教室	0.076	0.042
5F アジアスペース	0.077	0.033
6F 理事長室	0.076	0.041
6F 応接室	0.067	0.044
6F 総務課	0.076	0.044
7F 704ゼミ室	0.067	0.030
8F 807ゼミ室	0.059	0.029
9F 910ゼミ室	0.068	0.026
10F 廊下中央	0.051	0.025
11F 廊下中央	0.058	0.024
12F 廊下中央	0.052	0.028
〈2号館(中層棟)〉		
1F フィットネスルーム	0.062	0.035
2F 図書館	0.064	0.033
3F 図書館	0.052	0.032
4F マルチメディア教室	0.067	0.042
5F 科学実験室	0.067	0.032
5F プレイルーム	0.076	0.038
〈3号館(低層棟)〉		
1F フードコート	0.076	0.050
2F ロハスカフェ	0.070	0.053
3F 301教室	0.058	0.033

0.11 $\mu\text{Sv/h}$ を超えると、国際放射線防護委員会 (ICRP) の勧告による基準値である年間積算被ばく量0.1ミリシーベルトに達するのであるが、いずれの測定地点でもこれを下回っているので、健康被害への影響はないと言える。しかしながら、0.7 $\mu\text{Sv/h}$ で線引きをすると、やや線量の高い箇所が浮かび上がってくる。1号館 (高層棟) エントランス横と5・6階部分、2号館 (中層棟) 5階部分そして3号館 (低層棟) 1・2階部分である。これらの部分は図1中に黒枠を施して示してある。

このうち、1号館と2号館の当該箇所については、建築工事に用いられたコンクリート材の搬入時期が2011年の3～4月であったということで、原発事故の影響が懸念された。そこで、放射線スペクトロメーターにより γ 線スペクトルを測定し、放射性核種の同定を試みた。1号館6階会議室における測定結果を図2に示す。



図1 有明キャンパス内で比較的放射能の高かった箇所

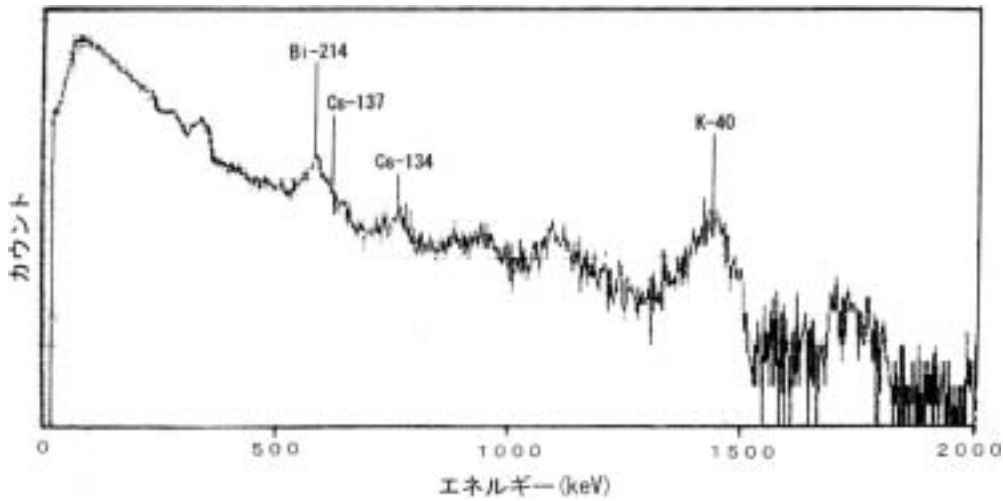


図2 1号館6階における γ 線スペクトル

セシウム137 (Cs-137) のエネルギーである662キロ電子ボルト (keV) にはカウントピークが見られない。セシウム134 (Cs-134) は605keV, 796keVのエネルギーをもち、796keVにわずかなピークが見られる。福島原発事故で放出されたセシウム同位体についてはセシウム134とセシウム137が1:1の存在比であることが知られており、事故から1年半たった現時点では半減期が2年と短いセシウム134の放射能が高いので、スペクトルに反映したものとみられるが、セシウム137が存在しないことから、原発事故の影響はないとみてよい。605keVのピークはビスマス214 (Bi-214) のピークと重なっている。ビスマス214はウラン系列の途中にあるラドン222の崩壊により生じる。コンクリートなどのビル建材は原料の産地にある天然ウラン鉱をごく微量含むので、ビスマス214が検出されるのは東京都内のビル一般にみられる現象である。

一方、3号館（低層棟）1～2階付近においては広い面積にわたって $0.07 \mu\text{Sv/h}$ 以上の放射線量が検出されたので、大学周辺地域の放射線量測定を行うこととした。調査は2012年6～9月の夏期、有明3丁目イーストプロムナードの数地点と比較のため2号館棟内（科学実験室）で行い、地上1mと5cmの線量値を記録した。測定地点を図3に、測定結果を表2に示す。

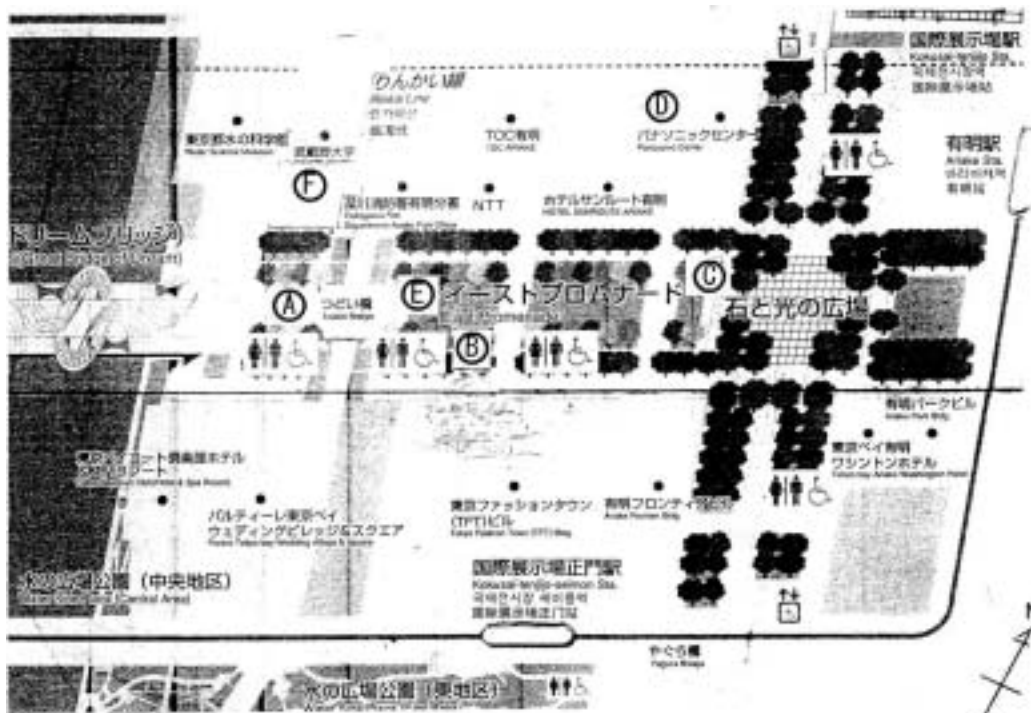


図3 有明3丁目イーストプロムナードの放射線量測定地点

表2 有明3丁目イーストプロムナードの放射線量測定結果

数値の単位： $\mu\text{Sv/h}$

測定地点		6月11日	7月26日	8月20日	9月10日
① つどい橋	地上 1 m	0.12	0.13		0.09
	地上 5 cm	0.17	0.16	0.16	0.11
② TFTビル前	地上 1 m	0.13	0.14		0.11
	地上 5 cm	0.16	0.14	0.19	0.16
③ パナソニックセンター前舗道	地上 1 m	0.12	0.16	0.12	
	地上 5 cm	0.15	0.14	0.16	
④ パナソニックセンター通路出口	地上 1 m				0.07
	地上 5 cm				0.05
⑤ TFTビル前緑地	地上 1 m	0.07			
	地上 5 cm	0.10			
⑥ 科学実験室	床上 1 m	0.05	0.07	0.06	0.04

「ゆりかもめ」国際展示場正門駅から「つどい橋」を経て武蔵野大学エントランスに至る通学路にかかる地点④、⑤、⑥の放射線量が高く、「ミニホットスポット」を形成していることがわかる。これら3地点に共通している環境は、「白御影石」の石だたみ舗道であることである。地点④のパナソニックセンター通路は御影石とは異なる表面研磨の施された石材が敷き詰められており、地点⑥の中央緑地帯には御影石が存在しない。

有明3丁目イーストプロムナードにおける放射線核種を同定するために、NaIシンチレーション放射線スペクトロメーターによりγ線スペクトルを測定した。結果を図4に示す。図2に示した1号館6階のスペクトルとは明らかに異なるスペクトルパターンが得られている。図4にはセシウム134とセシウム137の存在を示す明瞭なピークが認められる。これらの核種は天然には存在しないことから、福島原発事故によってもたらされたものと推定される。イーストプロムナードは北東から南西方向に向かって立地しており、測定地点⑤、⑥では舗道の両側が高層ビル（TFTビルとホテルサンルート有明）によって囲まれている。原発事故以来の風雨によって放射性物質を含んだエアロゾル（放射性プルーム）が飛来・落下し、多孔質の御影石に吸着・結合して離れにくくなったためと推測されるが、そのメカニズムを解明することは放射能除染一般の観点からも重要であると思われる。

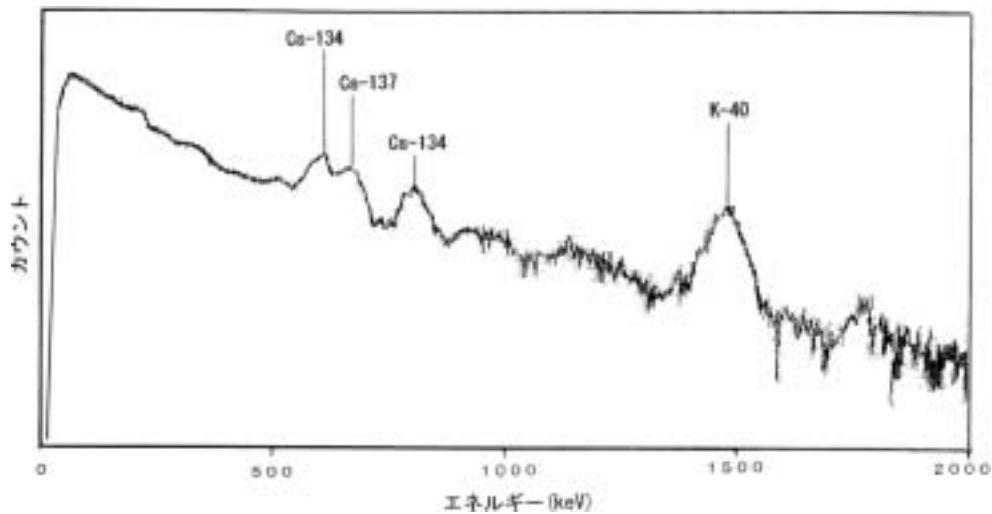


図4 有明3丁目イーストプロムナードにおけるγ線スペクトル

3.2 武蔵野キャンパス

武蔵野キャンパス（西東京市）における放射線量の定点測定を2011年6月以降続けてきた。7号館と8号館の北側壁面直下部分が他の地点に比べて有意に放射線量が高く、徐々に減少傾向にあるとはいえ、その傾向は2012年になっても変わっていない。さらに、今年度新たに、8号館前テニスコート内の放射線量が高いことを確認した。これは昨年度調査の盲点であった。学内の測定地点を図5に、放射線量測定結果を表3に示す。また、テニスコート内の放射線量を図6に示す。



図5 放射線量測定地点（武蔵野キャンパス）

表3 放射線量測定結果（武蔵野キャンパス）

数値の単位： $\mu\text{Sv/h}$

測定日		5/22	5/29	6/5	6/12	6/19	6/26	7/3	7/10	7/17	7/24	9/21
天候		小雨	晴れ	曇り (台風3号前)	小雨	小雨 (台風4号前)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
① 8号館 (エントランス)	5 cm	0.09				0.09	0.07		0.13		0.15	
	1 m	0.09				0.08	0.07		0.08		0.15	
② 7号館北側 (植込み)	5 cm	0.10	0.10			0.08	0.08		0.12	0.10		0.08
	1 m	0.10	0.11			0.07	0.06		0.07	0.12	0.15	
③ 7号館北側 (駐車場)	5 cm		0.12	0.14	0.07	0.13	0.06	0.12	0.08	0.12	0.10	0.11
	1 m		0.11	0.12	0.10	0.10	0.10	0.12	0.06	0.12	0.10	
④ 7号館北側 (排水溝)	5 cm	0.12	0.10	0.11	0.14	0.12	0.14	0.10	0.06	0.10	0.12	0.08
	1 m	0.11	0.11	0.12	0.10	0.09	0.15	0.13	0.13	0.09	0.09	
⑤ テニスコート (中央)	5 cm			0.14	0.08	0.12	0.14	0.09	0.14	0.09	0.08	
	1 m			0.12	0.07	0.13	0.14	0.09	0.10	0.15	0.07	
⑥ テニスコート (北側)	5 cm			0.13			0.19	0.13	0.12	0.10	0.13	
	1 m			0.11	0.06		0.09	0.10	0.08	0.12	0.14	
⑦ テニスコート (北西)	5 cm			0.11	0.13	0.12	0.18	0.08	0.14	0.10	0.12	
	1 m			0.10		0.08	0.12	0.12	0.15	0.12	0.15	
⑧ テニスコート (南西)	5 cm			0.09	0.06		0.09	0.07	0.07	0.09	0.09	
	1 m			0.10	0.12	0.07	0.12	0.08	0.09	0.14	0.08	
⑨ パレーコート	5 cm			0.10			0.09		0.07			
	1 m			0.10			0.10		0.09			

武蔵野キャンパステニスコートの放射線量 [$\mu\text{Sv/h}$] 地表5cm 2012.9.21.

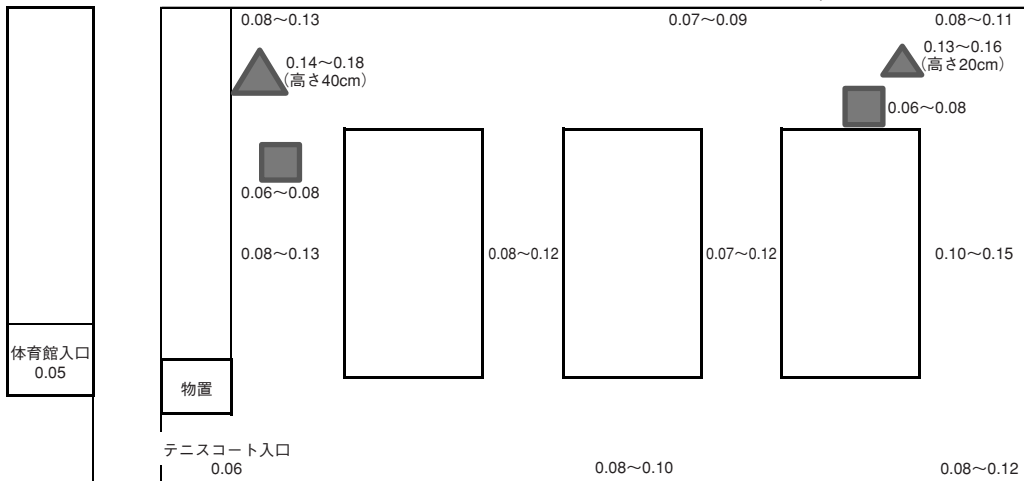


図6 8号館前テニスコート内の放射線量

昨年春以降の風雨によって、7号館、学友棟そして8号館の北側一帯から流れ込んだ雨水中の放射性物質がテニスコート内の砂に吸着し、ひとたび吸着したセシウムが離脱・拡散せずに存在し続けているものと推定される。そこで、テニスコート内の砂の量と放射能との関係を把握するために簡単な実験を試みた。テニスコート内の砂を集めて砂山を作り、その上にカウンターを置いて山の高さで線量の関係を調べた(写真1)。また、比較のため、約1.5m四方の面積で砂を掃き除いた人工芝シート表面にカウンターを置いて同様の測定を行った(写真2)。



写真1 テニスコート内につくった砂山の放射線量測定



写真2 砂を除去した人工芝の放射線量測定

砂山の高さ0cm(人工芝シート)では $0.06\sim 0.08\ \mu\text{Sv/h}$ 、高さ20cmでは $0.13\sim 0.16\ \mu\text{Sv/h}$ 、そして高さ40cmでは $0.14\sim 0.18\ \mu\text{Sv/h}$ という結果が得られ、砂が放射性物質を蓄えていることが判明した。7号館北側排水溝中の土砂や落ち葉が日常的な清掃によって除去されて放射線量が下がったのに対して、テニスコート内の砂は福島原発事故以前より入れ替えられることなく存在し続けていたのである。テニスコート砂は、人工芝シートによる摩擦を軽減するために、専門業者によって粒子径の小さいものにふるい分けて作られたもので、人工芝シート1㎡あたり30kg必要で、1kgあたり約百円で売買されている。一般に、粒子径が小さいほど比表面積(単位重量当たりの表面積)が大きくなり吸着能力が増大するが、砂本来の化学成分である石英 SiO_2 がセシウムを吸着するか否かは、吸着平衡の物理化学的調査の結果を待たねばならない。

3.3 吸着剤によるセシウム除去率の測定—除染化学の試み

御影石は日本で産出する花崗岩の代表で、造岩鉱物としては石英に富み、そのほかにカリ長石、斜長石、黒雲母を成分とする。化学組成で表すと、重量パーセントの大きい順に、 SiO_2 (74%)、 Al_2O_3 (13%)、 FeO (1.1%)、 Fe_2O_3 (0.8%)、 TiO_2 (0.2%)となる。 SiO_2 含量の大きい岩石を酸性岩というが、これは化学の酸性・塩基性とは関係なく、酸性酸化物である SiO_2 の含量が大きいというだけである。高温で生成した火成岩中の鉱物が火山活動によって地表に運ばれ、常温常圧下で水と空気的作用を受けて化学変化を起こす。この「風化作用」によって安定な化学種に変化していく。石英は風化に対して抵抗性のある鉱物粒子であり、「砂」の形で地表環境に残存している。一方、ケイ酸塩鉱物が風化を受けると、成分のアルカリ金属とアルカリ土類金属はイオン

となって溶出する。アルミニウムとケイ素はいったん溶出しても再結合して粘土鉱物を形成する。風化環境によくみられる粘土鉱物は、カオリナイト、ハロイサイトそしてモンモリロナイトである。日本の土壌の構成成分として一般的であるモンモリロナイトの模式的構造を図7に示す。

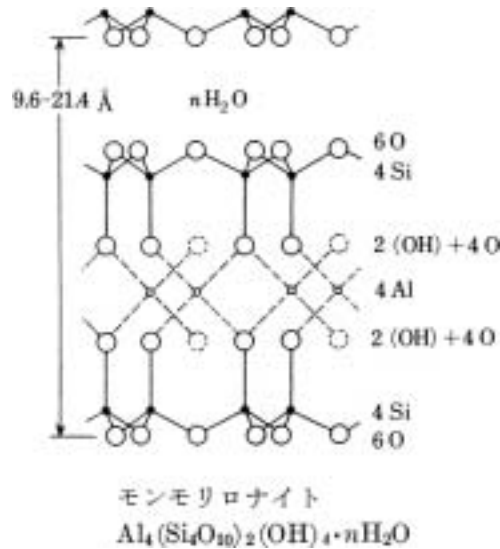


図7 モンモリロナイトの模式的構造

模式図中のAlはFe, Mg, Znなどによって置換され、またSiの一部はAlによって置換される。置換によって生じた電荷のアンバランスを中和するために、イオン交換性をもった陽イオンが構造中に取り込まれることになる。その陽イオンの一つとしてセシウムイオンも候補となる。

粘土鉱物は粒子が非常に細かいことが特徴であり、流水中に懸濁した状態（コロイド粒子状態）で運搬される。比表面積が大きくイオン交換能力が高いため、さまざまな物質を吸着し、被吸着物質とともに移動することになる。粘土鉱物は吸着剤であるとともに、物質の担体（移動媒体）としても重要な役割を持っており、土壌無機成分として土の機能の中心を担っている。

放射能除染への関心の高まりにより、さまざまな除染技術が開発されてきている。目に見えないセシウムイオンを相手にする以上、化学的手段が除染の中心となることは言うまでもない。プルシアンブルーをはじめとする吸着剤（放射性物質除去剤）をセシウムイオン水溶液と共存させ、水溶液中のセシウムイオンがどれだけ吸着剤固体の側に移動したかを測定することとした。イオン平衡にもとづくこのような手法は「バッチ法」と呼ばれる。セシウムイオン濃度の精密測定には前述したICP発光分光分析装置を用い、13種類の吸着剤についてバッチ法を試みた。セシウム除去率は次式により計算した。

$$\text{除去率(\%)} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100$$

A_0 : 処理前のCs⁺イオン濃度 (=500mg/L)

A : 処理後のCs⁺イオン濃度 (mg/L)

測定結果を表4にまとめて示す。

表4 各種吸着剤によるセシウム除去率の測定結果

吸着剤	濃度A (mg/L)	除去率 (%)
陽イオン交換樹脂	8	98
陰イオン交換樹脂	500	0
合成ゼオライト	25	95
モンモリロナイト製剤	80	84
パーミキュライト	400	20
園芸土	456	9
海砂	500	0
シリカゲル	500	0
活性炭	500	0
リンモリブデン酸アンモニウム	0	100
ブルシアンブルー	150	70
セシボール	40	92
ヘキサクロロ白金酸	35	93

セシウムイオンCs⁺はプラス1価のアルカリ金属イオンであるが、そのイオン半径は原子団イオンであるアンモニウムイオンNH₄⁺と同程度の0.181ナノメートルと大きい。同じアルカリ金属イオンであるリチウムイオンLi⁺の2倍もあるが、水和イオンの移動速度は速い(10⁻⁸~10⁻¹⁰秒)ので、陽イオン交換樹脂に対しては高い反応性を示すと推定される。本実験で用いた樹脂(交換容量1.1meq/mL Dowex 50W-X4)では除去率98%が得られ、その有効性が実証された。

ゼオライトとモンモリロナイトは前述した粘土鉱物の代表物質として選んだ。ゼオライトの化学組成は、Na₄(AlO₂)₃(SiO₂)₃Clと表され、イオン交換能を持つとともに、結晶構造中にセシウムイオンを保持することが可能な大きさの空洞(cavity)が存在する。この2つの粘土鉱物はいずれも高い除去率を示しており、身近な環境に存在する物質がもつこの特長は注目に値する。パーミキュライト(Mg,Fe,Al)₃(Al,Si)₄O₁₀(OH)₂・4H₂Oも層状ケイ酸塩(粘土鉱物)であるが、単位層の構造上Cs⁺との親和力が前2者とは異なると思われる。

園芸土は土壌サンプルの代表として用いた。土壌は無機成分として粘土鉱物、有機成分として腐植質を含み、いずれも吸着能力を有するので、9%という数値ではあるがセシウム除去効果が認められる。海砂とシリカゲルは化学構造上、石英SiO₂と同一とみなされる。両者のセシウム除去率が0%であるという事実は、粘土鉱物の高い除去率とあわせて、有明3丁目イーストプロムナードと武蔵野キャンパステニスコートホットスポット化のメカニズム解明のキーポイントになると考えられる。

活性炭が雨水中の放射性セシウムおよび放射性ヨウ素の除去に効果的であるとする報告もあるが、本実験では除去効果を確認できなかった。再検討を要すると思われる。これに対し、リンモリブデン酸アンモニウム(NH₄)₃[PO₄Mo₁₂O₃₆]・nH₂Oの除去率が100%であることは注目すべきであろう。NH₄⁺とCs⁺の置換が容易であることと、cavityのサイズがCs⁺のサイズに適合する結果と考えられる。しかし、この物質は生産量に限界があるので、広範囲の除染活動に適切とは思えない。

プルシアンブルー $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ は、よく知られた青色顔料であるが、最近、放射能除染剤として注目されている。水に不溶なので、ポリビニルアルコール（PVA）ののりに混ぜたものを綿布に塗布し、放射能汚染土の上に敷き詰めることで効果的な除染が実行されている。「セシボール」は商品名で、化学名はテトラキス（4-フルオロフェニル）ホウ素ナトリウム二水和物、分子式は、 $\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{BF}_4\text{Na} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ である。セシウムイオンと特異的に結合して沈殿に変えるキレート剤である。ヘキサクロロ白金酸 $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ もセシボール同様のキレート剤であり、セシウム除去に対する有効性が認められた。

4 調査のまとめと除染の展望

有明3丁目イーストプロムナードと武蔵野キャンパステニスコートの放射能が地域の平均値と比較して有意に高いことが2012年3月からの放射線量測定により判明した。その原因について推論を試みる。推論の根拠となる調査結果の要点を以下にまとめてみた。

- (1) イーストプロムナード舗道の白御影石とテニスコート砂の主成分である石英 SiO_2 にはセシウムを吸着する能力はない。
- (2) 多孔質の御影石と微細なテニスコート砂（基質）には土壌無機成分である粘土鉱物が大量に付着しており、基質と粘土鉱物を分離することは事実上不可能である。
- (3) 粘土鉱物は高いセシウム吸着能力をもち、粘土鉱物にいったん吸着・結合したセシウムは結果的に基質からも自然脱離しない。

以上の調査結果にもとづいて、ホットスポット形成のメカニズムを推論してみる。

2011年3月の福島第一原発事故によって環境中に放出された放射性物質のうち、半減期が8日のヨウ素131への懸念は、内部被ばく問題・晩発性障害問題を別にすれば、軽減したとみられる。現時点では、セシウム134とセシウム137による γ 線が環境放射線の中心と考えられる。これらの放射性核種は陽イオン Cs^+ の形で水に溶解、一部はエアロゾル（放射性ブルーム）として、また、直接・間接的に粘土鉱物に付着した形で風雨という気象動力によって運搬されてきたであろう。地形、風向き、周辺ビルの立地などの条件が満たされたとき、これらの放射性物質が着地・濃縮されて、ホットスポットが形成されるものと考えられる。雨どい、排水溝など土砂や落ち葉のたまりやすい場所がホットスポットになるゆえんである。こうして放射性物質を吸着・結合した粘土鉱物の微粒子が多孔質の御影石やテニスコート砂に付着した場合、粘土鉱物と造岩鉱物との間には強い親和力が働くので自然に分離することはないと考えられる。御影石は石だたみとして固定されている。テニスコート砂は「とんぼ」といわれるT字型の道具で人工芝上に均一に広げられ、吹き溜まりに偏った場合には再びとんぼで均すというように、コート内での移動を繰り返すのみで、風で飛ばされる以外はテニスコート内にとどまっている。このように、放射性物質を吸着した粘土鉱物が定常的に存在することにより、ホットスポットが形成されたものと推定される。

テニスコート砂については、コート隅の吹き溜まりに集まったものを徐々に撤去して新品に入れ替えることになった。有明3丁目イーストプロムナードの御影石については、高圧水洗浄などによる除染活動は放射性物質を拡散させ、東京湾を汚染する恐れがあるので好ましくないと考え

る。図8にセシウム放射能の変化の見積もりを示した。セシウム134の半減期は2年であり、総線量率は減衰していくので、放射線量の定点測定と γ 線スペクトル測定によるモニタリングを続行して経過を見守ることが賢明な策であると考えられる。

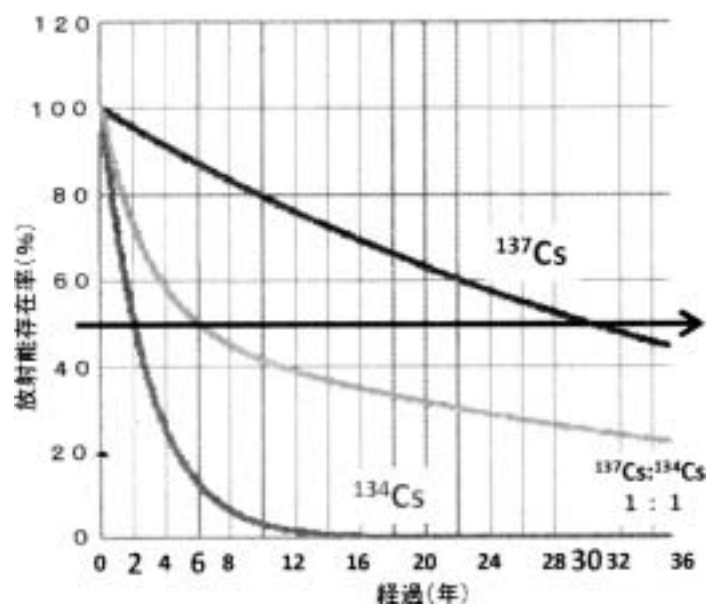


図8 セシウム134とセシウム137の放射能変化の見積もり

謝辞

本研究を遂行するにあたり、武蔵野大学環境学部環境プロジェクト「放射線情報を市民化する会」の学生 小山諒太、後藤雅也の両君には多大な協力をいただいた。また、ICP発光分光分析の実施にあたっては埼玉大学科学分析支援センターの藤原隆司准教授には大変お世話をおかけした。ここに感謝申し上げる。

参考文献

- 野口邦和, 「放射能のはなし」, 新日本出版社 (2011).
- 日本放射線安全管理学会 放射性ヨウ素・セシウム安全対策アドホック委員会 水分析班, Isotope News, 2011. 8月号 No.688.
- 放射性セシウム分析法 昭和51年 文部科学省原子力安全課防災環境対策室 水の分析第5版 日本分析化学会北海道支部編 化学同人 (2005).
- 久馬一剛, 「土の化学」, PHP研究所 (2010).
- 一国雅巳, 「無機地球化学」, 培風館 (1972).
- 山田國廣, 「放射能除染の原理とマニュアル」, 藤原書店 (2012).