

## C 6 - 5

## 焼却炉周囲における土壤中放射性セシウム濃度の異常上昇

○ (正) 岩見億丈<sup>1)</sup>、中屋諒大<sup>1)</sup>、笹井康則<sup>2)</sup>  
 1) 岩見神経内科医院、2) みなとや調剤薬局

## 1. はじめに

一般廃棄物焼却炉のバグフィルターの前ガス中放射性セシウム除去能力は99%を大きく下回る可能性を、笹井、岩見らは提示してきた<sup>1-3)</sup>。今回、我々は放射性セシウム汚染物を焼却してきた宮古市焼却炉周囲において土壤中放射性セシウム濃度を調査し、Cs134 および Cs137 濃度が焼却炉近傍で異常高値であることを観測したので報告する。

## 2. 方法

採取した土壌は宮古市焼却炉周囲約9km以内のもので総数326である。地表下5cmの深さまでの土壌を均等に混ぜ、100mlの量、U8容器に採取した。耕作等によるセシウムの垂直方向濃度分布変化によるバイアスを除くため、採取場所は耕作されていない一般家庭の庭225、山93、公園校庭等8で行った。一般家庭では雨樋近傍での採取は避け家屋からなるべく離れた地点で採取した。採取日は2014年9月より11月までの間である。採取土壌を温室で自然乾燥させた後、測定装置 SEIKO E&G 製 SEG-EMS (GEM25P4-70) および分析ソフト Gamma station Ver.1.7.8 により、時間100分で放射能を測定した。多くの試料でCs134 およびCs137の測定下限値は3~4Bq/kgであったが、1割弱の試料でCs134の測定下限値が5Bq/kgを越えていたため、これらの試料は150分以上の測定時間をかけ再測定し、Cs134 およびCs137の測定下限値5未満が得られていることを確認し測定値とした。統計学的検討を行う際、測定下限値以下の測定値には測定下限値の1/2の値を当て、マイクロソフトエクセルにより計算した。土壌中放射能濃度の分布は対数正規分布を仮定した。幾何平均値の差の統計学的推定にはデルタ法による近似正規分布モデルを用いた。測定値は崩壊による放射能の減衰で補正して2014年9月1日の濃度値に変換し、考察時にも同様の変換値をすべての放射能で用いた。

## 3. 結果

Cs134 および Cs137 の土壌中濃度をグーグルマップにより図1および図2に示す。Cs134、Cs137ともに高濃度地点(Cs134;15Bq/kg以上、Cs137;40Bq/kg以上)は焼却炉からの離距離1.7km未満の地点のみに存在した。中濃度地点(Cs134;10~14Bq/kg、Cs137;23~39Bq/kg)の大半が離距離1.7km未満の地点に存在した。表1に離距離1.7km未満の濃度(濃度A)と1.7km以上の濃度(濃度B)とを統計学的に比較検討した結果を示す。山および庭という土壌の性質によらず、Cs134、Cs137濃度ともにAがBより統計学的に高値である。全標本について、AとBの幾何平均値の比をt検定すると、Cs134は1.7倍、Cs137は2.4倍、AがBより高値であり、P値はそれぞれ1.7E-11、4.9E-15である。

## 4. 考察

観察された土壌中Cs134とCs137は、その濃度を2011年3月時点に変換すると1:1の比になり、福島原発事故由来であると判断できる。焼却炉からの離距離1.7km未満にあり、土壌中Cs134、Cs137濃度の高値が観察された地区は、小山田、八木沢、ラサ山の3地区である。焼却炉の東に近接しているのがラサ山であり、焼却炉北東の住宅地区が小山田であり、南東の住宅地区が八木沢である。このように焼却炉がある山を跨いで福島原発事故由来の放射性物質の高濃度汚染地区が存在し、その周囲では高濃度汚染地区が存在しない場合、高濃度汚染を来した原因の一つとして焼却炉を挙げられる。宮古市では焼却炉以外に観察された放射能分布を説明できる要因はなく、放射性セシウムを含む牧草や廃棄物を焼却炉で焼却処分したことが原因で、放射性セシウム土壌汚染が発生したと判断できる。

図1 土壌中Cs134濃度(Bq/kg)分布

白丸9以下、緑四角10~14、黒バールン15~28

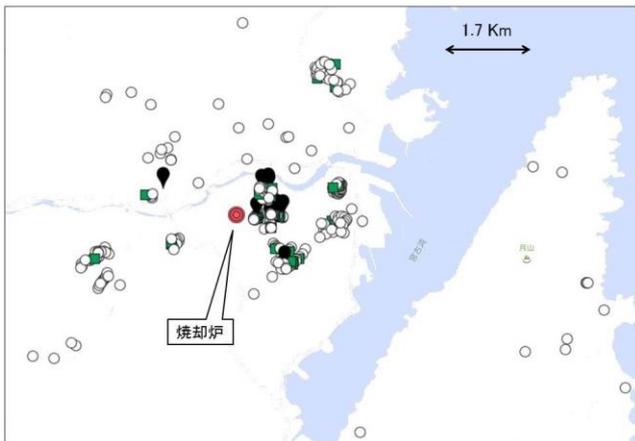
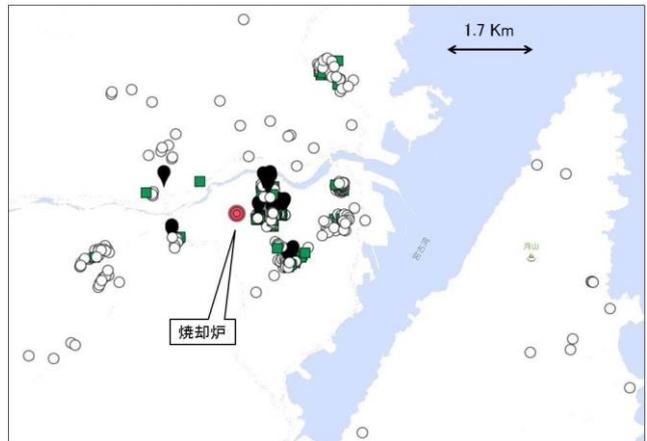


図2 土壌中Cs137濃度(Bq/kg)分布

白丸22以下、緑四角23~39、黒バールン40~86



【連絡先】〒027-0083 岩手県宮古市大通り1-5-2 岩見神経内科医院

岩見億丈 Tel: 0193-71-1500 FAX: 0193-71-1588 e-mail: iwamineurol@mx5.et.tiki.ne.jp

【キーワード】焼却炉、バグフィルター、放射性セシウム漏出、土壌中放射性セシウム濃度、濃度規制

表1 焼却炉からの離距離 1.7km 内外での土壤中放射性物質濃度の比較 (GM: 幾何平均値、GSD: 幾何標準偏差)

採取場所と焼却炉からの離距離 標本数	山1.7km未満	山1.7km以上	庭1.7km未満	庭1.7km以上	全て1.7km未満	全て1.7km以上
	Cs134(Bq/kg) GM(GSD)	60 4.4(2.4)	33 2.3(1.5)	104 4.4(2.3)	121 2.6(1.8)	164 4.4(2.3)
1.7km内外でのGM比のt検定 P値	6.2E-05		2.2E-07		1.7E-11	
GMの比(95%信頼区間)	2.0(1.4~2.7)		1.7(1.4~2.0)		1.7(1.5~2.0)	
GMの差(95%信頼区間)	2.2(1.2~3.2)		1.8(1.1~2.5)		1.9(1.3~2.4)	
Cs137(Bq/kg) GM(GSD)	17.0(2.4)	3.9(2.6)	12.9(2.6)	6.9(2.4)	14.3(2.6)	6.0(2.6)
1.7km内外でのGM比のt検定 P値	5.6E-11		1.1E-06		4.9E-15	
GMの比(95%信頼区間)	4.3(2.9~6.4)		1.9(1.5~2.4)		2.4(1.9~2.9)	
GMの差(95%信頼区間)	13.1(9.0~17.2)		6.0(3.4~8.6)		8.2(6.0~10.5)	
K40(Bq/kg) GM(GSD)	293(1.7)	472(1.1)	375(1.2)	377(1.2)	344(1.5)	400(1.3)
1.7km内外でのGM比のt検定 P値	2.6E-06		0.85		1.4E-05	
GMの比(95%信頼区間)	0.62(0.52~0.75)		1.0(0.9~1.1)		0.86(0.80~0.92)	
GMの差(95%信頼区間)	-179(-255~-101)		-2(-22~18)		-56(-82~-31)	

小山田、八木沢、ラサ山の調査面積の概算値の合計は90万m<sup>2</sup>である。1.7kmの距離内外の濃度差として幾何平均値の差Cs134、1.9Bq/kg、Cs137、8.2Bq/kgを採用すると、土の密度を1.6g/cm<sup>3</sup>として過剰なCs134、Cs137が152Bq/m<sup>2</sup>、656Bq/m<sup>2</sup>あることになり、3つの地域の過剰な放射線量は、Cs134が1.37億Bq、Cs137が5.90億Bqとなる。一方、2013年7月8日から2014年8月31日までに清掃センターの灰に回収されたCs134、Cs137は、1.09億Bq、2.84億Bqである。汚染牧草処分を開始する2013年7月以前、一般ごみだけの焼却時に行われた灰中放射能セシウム濃度測定11回分から推定すると、清掃センターで2013年6月までに灰に回収されたCs134、Cs137は、1.16億Bq、3.51億Bqと概算される。2012年3月から2014年3月の間に稼働した、清掃センターに隣接した岩手県仮設焼却炉で焼却処分された災害廃棄物に関する灰の月1回の濃度測定値から計算すると、同焼却炉で灰に回収されたCs134、Cs137の総量は、1.79億Bq、4.62億Bqである。以上の概算から複数の焼却炉において灰に残ったCs134、Cs137の総量は、4.04億Bq、10.97億Bqとなる。バグフィルターが排ガス中の放射性セシウムの99.9%を除去し飛灰に回収するのであれば、主灰に含まれる放射線を考慮し、環境中に漏れ出るCs134、Cs137の量は、40.4万Bq、110万Bqを越えない。従って、3地区に過剰に存在するCs134、Cs137は、排ガス中放射性セシウムの99.9%を除去できた場合における漏出量の339倍、538倍以上に相当する量であり、主灰と飛灰に回収されたセシウム総量の34%、54%である。クリンカ等は宮古清掃センター焼却炉ではほとんど発生しないと言われており、クリンカ分を無視し土壤中放射線濃度の差を用いて焼却炉からのCs134、Cs137漏出率を求めると25%、35%となり、物質収支から計算した漏出率に近似している<sup>1,2)</sup>。

焼却炉などの固定発生源からPM2.5などのエアロゾルが排出される機構として、神谷らは次の3機構を指摘している<sup>4)</sup>。(1)バグフィルターの捕集効率が最低になる粒径数10nmから数100nmの粒子が主な構成員である粒子集団の排出、(2)バグフィルターを通過する際の温度では気体状になっている凝縮性粒子の存在、(3)バイパス操作等によるバグフィルター等を通過しない排出経路。また、バグフィルター払い落とし時の捕集効率低下は以前から指摘されてきたことであったが、Parkらは粒子径別の捕集率低下の詳細なデータを示しており、この機構もエアロゾル排出機構の一つである<sup>5)</sup>。これらの4つの機構により、排ガス中放射性セシウムは、バグフィルターで捕捉されず、焼却炉から漏出し、周囲の土壤に飛び散ったと考えられる。バイパス経路による漏出を宮古市清掃センターは否定しており、バグフィルターが排ガス中放射性セシウムを99.9%除去するという仮説は支持できない。また、行政的に現在施行されている排ガス濃度規制の方法では、放射性セシウムの漏出を十分管理できていないと言える。

昨年の本研究発表会で、岩見らは焼却炉風下約2kmの地点で空間線量率の上昇を報告したが<sup>3)</sup>、この上昇にCs134とCs137による寄与はほとんどないと考えられることを今回の研究は示している。空間線量率が上昇している地域ではK40の土壤中濃度が高く、この地域の空間線量率上昇はK40およびK40と同様の地理的分布を示す放射性核種によるものと推定される。自然界に見られる地質学的分布で説明できるのか、工場や焼却炉などの人為的要因によって説明できるのか否かについては現在調査中である。

## 5. 結語

宮古市焼却炉周囲9kmの範囲で326ヶ所の土壤調査を行ったところ、焼却炉からの離距離1.7km未満の地点では、土壤中Cs134およびCs137濃度が、離距離1.7km以上の地点に比べ1.7倍および2.4倍高値であり(P値<10<sup>-10</sup>)、焼却炉で放射性セシウムを高濃度に含む牧草や廃棄物を処分したことが原因と考えられる。今回の観測値は、焼却炉での物質収支による推定漏出量とほぼ整合していた。一般焼却炉のバグフィルターのみで排ガス中放射性セシウムを99.9%除去できるという仮説は支持できず、バグフィルターの除去能力の見直しが必要である。現行の放射性セシウムの排ガス濃度規制では、一般焼却炉からの放射性セシウム漏出を十分防止できていないと考えられる。

謝辞 デルタ法による近似正規分布モデルを指導いただいた岡山理科大学総合情報学部山本英二先生に深謝致します。COI 今回の発表に関連し開示すべき利益相反はありません。

文献 (1) 笹井康則ほか、宮古市「放射性物質に汚染された農林業系副産物の焼却処理」に伴う放射性セシウムの大気への漏出。http://sanriku.my.coocan.jp/Miyakoshoukyaku.pdf (2) 岩見億丈ほか、ゴミ焼却時における放射性セシウムの排ガスへの漏れ：精密測定法およびベイズ統計による回収率の評価。http://sanriku.my.coocan.jp/140105Miyakoshoukyaku.pdf (3) 岩見億丈ほか、放射性物質を処理する焼却炉周囲の空間線量率に関する研究。第25回廃棄物資源循環学会研究発表会講演原稿集、pp.375-376(2014) (4) 神谷秀博ほか、固定発生源におけるエアロゾルの生成と排出機構。エアロゾル研究、第29巻、NoS1、pp.27-37(2014) (5) B.H.Park et al. Filtration Characteristics of Fine Particulate Matters in a PTFE/Glass Composite Bag Filter. Aerosol and Air Quality Research, Vol.12, pp.1030-1036(2012)