

## C6-4

## 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

○(正) 岩見億丈<sup>1)</sup>、齊藤正俊<sup>1)</sup>、小堀内陽<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

ごみ焼却炉のバグフィルターが焼却物中の放射性セシウムを99%以上除去するという仮定のもと、日本各地で放射性セシウムを含む各種廃棄物が焼却処分されている。しかし、笹井、岩見、永田らは、岩手県宮古市の行政資料を分析することにより、焼却物中放射性セシウムの約2割が灰に回収されておらず、焼却炉の風下に位置する校庭等で異常な空間線量率上昇が認められ、バグフィルターを通り抜けた放射性セシウムの飛来による上昇であると報告している<sup>1-4)</sup>。今回、我々は宮古市焼却炉周辺の空間線量率を広範囲に調査し、焼却炉の風下で、空間線量率が他の場所に比べ高値であることを明らかにしたので報告する。また、風下の空間線量率と、焼却炉に負荷される放射エネルギーの経時変化を分析すると、同時並行的関係が見られた。以上の結果は、焼却炉から放射性セシウムが大量漏出していることを示しており、濃度規制的に行われている排ガス中放射性セシウムの管理や測定にどのような問題点があるのか考察した。

## 2. 方法

空間線量率の測定に用いた機器はアロカ TCS-172B である。測定方法は文科省の放射線測定に関するガイドライン(平成23年10月21日)に準じた。表示されるデジタル数値が動揺する場合には、30秒間の最大最小値の中央値を計測値とし、 $0.005 \mu\text{Sv/hr}$  の値まで数値化した。測定は2014年4月26日から6月15日の非雨天日に行い、降雨によるラドン等の影響を除いた。測定場所は、焼却炉周囲半径3kmから5km以内で、大部分が道路の歩道部分であるが、一部は駐車場と公園であり、測定点総数は711である。空間線量率の経時的分析は、行政が測定公表してきた、宮古市役所(アロカ TCS-172B による測定)と宮古小学校(アロカ MAR-22-2 による測定値を周辺線量当量に変換)での測定結果を用いた。焼却炉における焼却物と灰の重量および放射性セシウム濃度のデータは、行政が測定してきたものを用いた。宮古市ごみ焼却炉(宮古清掃センター、煙突高59m)は、海拔100mの宮古市小山田に設置され、2011年の震災後、放射性セシウムを含む災害ごみを一般ごみに混入し焼却してきた。2013年7月からは、高濃度放射性セシウムに汚染された農林業系副産物(牧草やほだ木など)の焼却処分を行っている。岩手県仮設焼却炉(煙突高19.5m)は、宮古清掃センター焼却炉に隣接して設置され、2012年3月から2014年3月までの間、災害ごみ焼却処分を行った。焼却炉での風向きは、基本的に西風である。宮古市役所は焼却炉の東北東2.5kmに位置し、宮古小学校は焼却炉の北東2.2kmに位置する。

## 3. 結果

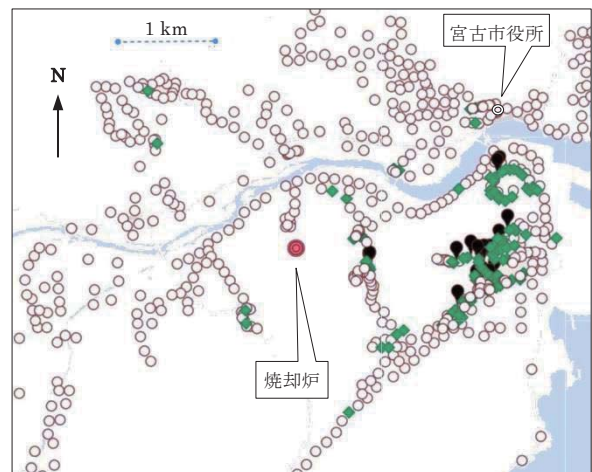
測定した空間線量率を google map を用いて図1に示す。全測定地点711中、 $0.08 \mu\text{Sv/hr}$  以上を記録した場所は150地点あり、4地点のみが焼却炉の西側に存在し、129地点が焼却炉の東北東から東南東の方位の間にあった。また、 $0.10 \mu\text{Sv/hr}$  以上の線量率を記録した22地点のすべても、東北東から東南東の方位の間にあった。高線量率地点の大半が焼却炉から1.7~2.5km離れている(図1)。

宮古市役所と宮古小学校での空間線量率と、焼却炉での焼却状況を図2に示す。宮古市役所の空間線量率は2011年11月より上昇したが、この時期、清掃センター焼却炉では、災害ごみの焼却量が急増していた。2012年5月始めに宮古市役所の空間線量率は $0.13 \mu\text{Sv/hr}$  という最高値を記録したが、この時期の直前に、仮設焼却炉での飛灰中放射性セシウムの濃度が最高値を示していた。放射能汚染農林業系副産物の焼却が2013年7月から開始されるとともに、宮古市役所の空間線量率が再上昇している。焼却炉からの方向がわずかに異なる宮古小学校では、これらの線量率変動は認められず、線量率は崩壊に伴う減衰に従ってほぼ経過している(図2)。

## 4. 考察

大気汚染の特徴は、汚染源の風下で有害物質が検出されたり、健康被害がでたりすることである。空間線量率の分布を調べると、線量率が $0.08 \mu\text{Sv/hr}$  以上を示したのは、焼却炉の東北東から東南東方向にある測定点に集中している。さらに、 $0.10 \mu\text{Sv/hr}$  以上を記録したのは、同様な方向に広がる、離距離2.3km以内の地域のみである。また、風下に位置するものの最多風向方向からやや外れる宮古市役所においても、焼却炉で処理される放射エネルギーと同時並行的な空間線量率の変化が3回みられ、一方、わずかに方向が異なる宮古小学校では、このような空間線量率変化は認めなかった。空間線量率の空間的分布と経時変化は、焼却炉から漏れ出した放射性セシウムが、風により風下の地域に飛来し、その

図1. 焼却炉周囲の空間線量率。白○: $\leq 0.075 \mu\text{Sv/hr}$ , 緑◇: $0.080 \sim 0.095 \mu\text{Sv/hr}$ , 黒バレーン: $\geq 0.10 \mu\text{Sv/hr}$



【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、放射性セシウム、バグフィルター、空間線量率上昇、ナノ粒子

地点の空間線量率を上昇させたことを明瞭に示している。

「ごみ焼却炉選定の技術的評価(狩野修 1979)」によると、煙突の風下で実煙突高の15~20倍の距離が最高地上濃度を示すとされている。0.08  $\mu\text{Sv/hr}$  以上を記録した地点の多くは、焼却炉から1.7~2.5km離れた標高10~40mの場所で煙突出口との標高差は120~150mであり、最高地上濃度をきたす可能性が高い場所である。宮古市役所測定点と煙突出口との標高差は157m、距離は2.5kmであり、宮古市役所も焼却炉の煙突から漏出した放射性セシウムが飛来しやすい場所であることが流体力学的に示されている。

これまで報告されてきた焼却炉でのバグフィルターのはいじんまたは放射性セシウムの除去率を文献的に検討すると以下ようになる。今井らはバグフィルターのはいじん除去率を99.97%以上と本学会で発表したが、測定された粒子はカスケードインパクターによる分級が $0.36\mu\text{m}$ までのものであり、それ未満の粒子についてはbackup filterで集塵している<sup>5)</sup>。また、国立環境研究所により、バグフィルターの放射性セシウム除去率は99.9%以上と報告されているが、この報告の排ガス中放射性セシウムの集塵は、集塵ろ紙、ガス吸収瓶、および、活性炭によるものである<sup>6)</sup>。集塵ろ紙の性能はJIS規格で $0.3\mu\text{m}$ 以上の粒子に対してのみ保証されている。一方、ガス吸収瓶や活性炭での放射性セシウム測定可能性や定量測定可能性について検討した文献資料は見当たらなかった。したがって、以上の研究では、 $0.3\mu\text{m}$ 未満の粒径で存在するはいじんや放射性セシウムを科学的根拠がある方法で測定したとは言えない。Roedらは、チェルノブイリ原発事故後のベラルーシにおいて焼却炉集塵設備が放射性セシウムを99.5%除去したと要約し報告している<sup>7)</sup>。しかし、選別したデータを用いると、バグフィルターでの除去率平均値は、集塵ろ紙による測定で99.2%、 $0.021\mu\text{m}$ まで分級するカスケードインパクターによる測定で98.5%、 $0.2\mu\text{m}$ まで分級するレーザースペクトロメトリによる測定で91.7%であったとも報告しており、もっと小さい粒子を分級測定できる機器を用いれば、除去率はさらに低下すると考えられる。一方、総量規制的に検討した笹井等の報告2つを用いて、ベイズ統計回帰モデルによりベイズ更新を行い、放射性セシウムの灰中回収率の事後分布を求めると、80% (95%信用区間74~86%)となる<sup>1,2)</sup>。また、環境省による鮫川村での焼却報告からも、焼却物中放射性セシウムの灰中回収率は53%から78%の範囲にあることが、公開された資料より読み取ることができる<sup>8,9)</sup>。したがって、濃度規制の検討では、粒径 $0.3\mu\text{m}$ 以上の粒子状態で存在する放射性セシウムについて、99%の除去率をバグフィルターが示しているが、粒径 $0.3\mu\text{m}$ 未満の粒子状態で存在する放射性セシウムを含めた総量規制的な検討からは、バグフィルターの放射性セシウム除去能力は80%前後以下であると結論することができる。今回の我々の報告は、総量規制の検討に妥当性があり、2割前後の放射性セシウムがバグフィルターを通り抜け、大気中に漏出していることを裏付けている。Whitbyによって確立された大気粒子の粒径分布から考察すると、ナノ粒子である核形成モードの放射性セシウムがバグフィルターを通過していると考えられる<sup>10)</sup>。この超微小粒子状態で存在する放射性セシウムの定量測定を厳密に行い、放射性物質の漏出に対する十分な方策が講じられない限りは、焼却炉での放射性セシウム管理は総量規制的にを行い、焼却炉周囲の環境に放射能を拡散させることがないようにするべきである。放射性セシウム以外の有害物質もナノ粒子状態でバグフィルターを通り抜けていると推定され、早急な対策が必要である。

#### 文献資料

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. 永田文夫ほか ゴミ焼却による放射能空間線量率の上昇 その1：宮古市役所と宮古清掃センター。 <http://sanriku.my.coocan.jp/140205Mcitydose.pdf>
4. 笹井康則ほか ゴミ焼却による放射能空間線量率の上昇 その2：宮古市内の校庭と園庭。 <http://sanriku.my.coocan.jp/140422miyako5.pdf>
5. 今井玄哉ほか 都市ごみ焼却施設から排出されるPM2.5等微小粒子の挙動 第21回本学会講演論文集2010
6. 環境省. 第十二回災害廃棄物安全評価検討会 [http://www.env.go.jp/jishin/attach/haikihyouka\\_kentokai/12-mat\\_5.pdf](http://www.env.go.jp/jishin/attach/haikihyouka_kentokai/12-mat_5.pdf)
7. Roed Jほか Power production from radioactively contaminated biomass and forest litter in Belarus-Phase 1b. <http://www.risoe.dk/rispubl/nuk/nukpdf/ris-r-1146.pdf>
8. 環境省 [http://www.vill.samegawa.fukushima.jp/cms/data/doc/1375945306\\_doc\\_1\\_1.pdf](http://www.vill.samegawa.fukushima.jp/cms/data/doc/1375945306_doc_1_1.pdf)
9. 環境省 [http://shiteihaiki.env.go.jp/pdf/q5\\_samekawa\\_kasetsu\\_unntenn\\_situation\\_1406.pdf](http://shiteihaiki.env.go.jp/pdf/q5_samekawa_kasetsu_unntenn_situation_1406.pdf)
10. Whitby KT The physical characteristics of sulfur aerosols. Atmospheric Environment. 1978;12:135-159.

図2. 空間線量率の経時変化と焼却炉放射能負荷量の経過 (降雨、降雪日の測定値は除く)

