

不織布製マスクの着用による 不溶性放射性微粒子の吸入対策

松垣正吾

Osaka University
Osaka University
Osaka University

放射性セシウム含有不溶性微粒子(以下本稿では不

溶性Cs粒子)は、呼吸により体内に取り込まれると、鼻腔や肺胞に付着して長期間留まる可能性が有ります。放射性物質は、どんな形態であれ体内に取り込まれると内部被ばくします。その中でも放射能濃度が高い不溶性Cs粒子は、細胞に局所的な影響をもたらすため、他の形態のものよりも人体への影響が高いという考え方があります。内部被ばくの経路には、吸入、経口、経皮の3つがあります。このような粒子の後ろ2つによる取込みは避けることができますが、呼吸を止めるわけにはいかないため、吸入による内部被ばくを完全に避けるのは困難です。大気科学の研究者は、エアサンプラーによってエアロカー試験を得ること

が多いのですが、実際の日常生活で着用されたマスクのほうに、個人が吸入する放射性物質をより正確に反映すると筆者は考えています。そこで、手軽な対策となる市販の不織布製マスクを用いて、福島第一原発事故由来の放射性セシウムの吸入低減に関する研究を行いました。筆者のこれまでの研究内容を表に示します。まず、市販の不織布製マスクを着用することで内部被ばくを低減できないか、その割合はどれくらいかを事故直後の2011年3月15~16日に、筆者が東京都文京区の屋外で着用したマスクを測定試料として検証しました(表の①)。放射性セシウム量は、関東に輸送されてきたプルームです。筆者は、大学のプロジェクトのため、1時間に一度屋外の空間線量率をNaI(Tl)サーベイメータで測る作業を徹夜で行っていました。筆者はスギ花粉症が酷く、この時期は花粉対策としてマスクを着用

する習慣があります。マスク(粒径3µm以上の粒子を

99.7%妨げることができる)に付着した放射性物質と、同じ時間にローボリュウムエアサンプラーによってる紙上に捕集された放射性物質(粒径は0.3µm以上)の放射能を定量して比較したところ、放射性セシウムはマスクの着用で吸入をほとんど防げることができるという結果が得られました。ただし、放射性ヨウ素(¹³¹I)は35%程度しか防げることができなかったことも明らかになりました。図1にマスクのイメージングプレート(以下IP像を示します。マスク自体の写真がなくとも、付着した放射性物質によりマスクの形がわかる画像になっています)。

福島第一原発事故からある程度の時間が経過した後、半減期が比較的長い放射性セシウムは環境に残存しています。福島第一原発事故由来の放射性セシウムのうち、可溶性のセシウムは、元素の化学的な性質のため、環境中では時間の経過と共に溶解して土壌粒子の構成中に強く吸着します。土壌粒子には元々の重さがあるため、粒子の放射能濃度[Bq/g]は低くなります。時間の経過と共に、放射能濃度の低い可溶性セシウム由来の不溶性土壌粒子と、放射能濃度の高い不溶性Cs粒子の2種類の不溶性粒子が存在するようになります。次の疑問として、一般市民が日常生活を送る中で吸入して取り込みうる放射性セシウムの量はどれくらいか、そして、どれくらいの数だけ線量シールド(SL)になるのかがありました。また、不溶性Cs粒子の存在が明らかになるにつれて、どれくらい割合で含まれるのか、ということも明らかにする必要があります。

た後、半減期が比較的長い放射性セシウムは環境に残存しています。福島第一原発事故由来の放射性セシウムのうち、可溶性のセシウムは、元素の化学的な性質のため、環境中では時間の経過と共に溶解して土壌粒子の構成中に強く吸着します。土壌粒子には元々の重さがあるため、粒子の放射能濃度[Bq/g]は低くなります。時間の経過と共に、放射能濃度の低い可溶性セシウム由来の不溶性土壌粒子と、放射能濃度の高い不溶性Cs粒子の2種類の不溶性粒子が存在するようになります。次の疑問として、一般市民が日常生活を送る中で吸入して取り込みうる放射性セシウムの量はどれくらいか、そして、どれくらいの数だけ線量シールド(SL)になるのかがありました。また、不溶性Cs粒子の存在が明らかになるにつれて、どれくらい割合で含まれるのか、ということも明らかにする必要があります。



図1—マスク(折りたたみ式の立体型、左右片面ずつ)のIP像(露光時間24時間)

表—マスクに付着した福島第一原発事故由来放射性セシウムに関する筆者のこれまでの研究一覧

着用日	場所	着用者	室内・外	着用時の作業	試験マスクの枚数	放射性Csのソース	不溶性Cs粒子の割合	文献
① 2011/3/15~16	東京都文京区	筆者	主に屋外	線量率測定など	1	可溶性+不溶性粒子? 輸送されたプルーム	? (不溶性Cs粒子に関する研究)	1
② 2012/2/19~4/14	福島県	市民10人	屋内・屋外	日常生活	約450	土壌粒子(可溶性由来)+不溶性粒子? 環境中でウエザリングされたもの	? (不溶性Cs粒子に関する研究(継続中))	2
③ 2013/3/9~30	福島県	市民10人	屋内・屋外	日常生活	367	土壌粒子(可溶性由来)+不溶性粒子 環境中でウエザリングされたもの	高い	3
④ 2014/3/16~4/12	福島県	市民15人	屋内・屋外	日常生活	514	土壌粒子(可溶性由来)、不溶性粒子が発見されず 環境中でウエザリングされたもの	なし	3
⑤ 2016~2019	帰還困難区域	帰還困難区域 住民	屋内	清掃	約300	可溶性+不溶性粒子 放出後のプルームに含まれたものがそのまま室内に保存されていると推定	低い、ただし研究継続	4

2014年の春に、福島県在住の一般市民(10~15人)に日常生活の中で着用してもらった市販の不織布製マスクを測定して、日常の生活環境中に存在していた放射性セシウムの量と、その中に含まれる不溶性Cs粒子の割合を調べました(表の②~④)。なお、この研究の着用期間を春に限っているのは、花粉症対策として、日常生活の中でマスクを着用する機会が多いため抵抗なく着用して下さる協力者が得られやすいという事情がありました。2012年の試料は、まだ不溶性Cs粒子に関する

研究を進行している最中ですので、本稿では詳細を割愛させていただきますが、8週間の合計で最大21 Bqの¹³⁷Csがマスクに付着した方がいます。2013年春では、着用されたマスク367枚のうち21枚に放射性セシウム(最大で1枚に¹³⁷Cs 1.3 Bq)が付着しており、そのうちの3枚から1個ずつの不溶性Cs粒子が発見されました。1個の不溶性Cs粒子がそれぞれのマスク1枚に占める放射能の割合は、それぞれ30%、24%、59%でした。また、2014年春では、着用されたマスク

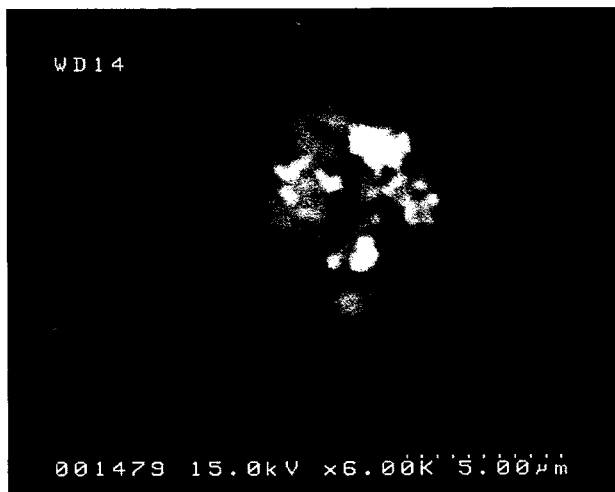


図2—不定形のAタイプ不溶性Cs粒子電子顕微鏡像(縦10.2 μm , 横8.5 μm , ^{137}Cs 59 Bq)

514枚のうち、8枚に放射性セシウム(最大で1枚に ^{137}Cs 0.50 Bq)が付着していましたが、不溶性Cs粒子は確認されませんでした。以上から、不溶性Cs粒子は、2013年春までは日常の生活環境に存在しており、必ずしも放射性セシウムのすべてではないものの、存在した場合には無視できない割合の放射能を占めることがわかりました。

福島第一原発事故からまだ完全に日常生活を取り戻せていない地域もあります。帰還困難区域に指定され、避難した住民の帰還ができない地域です。今後、除染作業などの進行も含めて、線量率が下がれば、居住可能になる区域も順次増えていきます。避難された住民の方が、帰還する選択をした場合、日常生活を取り戻すために、まず、行うのは家屋内の清掃作業です。原発事故直後に避難を余儀なくされた地域では、鍵を掛け、窓を閉めてから避難したはずですので、家屋の中に当時のブルームに含まれる放射性物質が降下・沈着してそのまま保存されているはずで、屋内です。ウエザリングによって溶解されて土壌粒子に吸着される放射性セシウムはほとんどないはずで、清掃作業の種類によっては、これらが空気中に舞い上がり、吸入によって取り込まれます。ホコリ対策にもマスクが用いられます。そこで、これらの地域で住民が避難した住家で清掃時に着用されたマスクを測定しました(表の⑤)。まだ研究を進行している最中ですが、一部を既に論文とし

て報告していますので、その内容のみ紹介します。分析済みのマスクは、6件の家屋で着用されたものが合計で14枚あり、着用時間は数時間ながらすべてに放射性セシウムが付着していました。最大で1枚に ^{137}Cs 1420 Bqが付着しており、このマスクから、図2に示すような、これまでに報告されてこなかった不定形のAタイプ粒子3個が発見されました。また、他の1枚から1個の球状不溶性Cs粒子が発見されました。不溶性Cs粒子がそれぞれのマスク1枚に占める放射能の割合は、それぞれ9.2%、2.6%でしたので、事故直後で福島第一原発に近い地域では割合はそれほど高くないことがわかりました。

本稿では、市販の不織布製マスクを用いた研究を紹介しました。マスクに当たって落ちる放射性物質もあるでしょうし、粒径やマスクの質によってはフィルターを通過するものや顔との隙間から流入するものもあるため、完全な評価ではなく、また100%の効果があるとは限りません。しかし、少なくともマスクに付着した放射性物質は吸入せずに済みます。無用な被ばくは避けるに越したことはありません。

文献

- 1—S. Higaki & M. Hirota: Health Phys., **104**, 227(2013)
- 2—S. Higaki et al.: Health Phys., **107**, 117(2014)
- 3—S. Higaki et al.: Health Phys., **118**, 656(2020)
- 4—S. Higaki et al.: J. Environ. Radioact., **177**, 65(2017)