

平成26年(行ウ)第8号ほか

原告 原告1-1ほか

被告 国ほか

準備書面(45)

【セシウムボールの危険性について】

2018年1月12日

福島地方裁判所民事部 御中

原告ら訴訟代理人

光 前 幸



ほか18名

目次

第1 はじめに	2
第2 福島第一原発から環境中にセシウムボールが大量に排出されたこと	2
1 既に提出した証拠による知見	2
2 新たに提示する知見	3
第3 再浮遊及び吸入の危険	5
1 帝京大学大学院理工学研究科飽本一裕教授の論文「粒子状放射性物質の再浮遊と移流による2次汚染」(甲B第108号証)	5
2 福島県の公表文書	6
3 福島県農業総合センターの報告	7
第4 内部被ばくの危険	7
1 バーナード・グラムボウ教授の指摘	7
2 神戸大学大学院海事科学研究科教授山内知也氏らの論文	8

3 国立研究法人日本原子力研究開発機構真辯健太郎氏、国立放射線科学研究所松本政雄氏の「不要性セシウムによる内部被ばく線量のモデリング」と題する論文（甲B第112号証の1、2）	8
第5 原子力市民委員会の提言	9
1 原子力市民委員会	9
2 セシウムボールについて	9
第6 結語	10

本文

第1 はじめに

福島県では、今なお、セシウム 134、137 による土壤汚染濃度が放射線管理区域の基準である 4 万 Bq/m^2 を超えている地域が、県内子ども原告らの住居及び学校を含め、広範に拡がっていること、今なお福島県の大気中には、周辺県とは桁違いの放射性降下物が存在すること、放射性降下物の由来は、引き続き福島第一原発から大気中に放出されている放射性物質と、一旦土壤に降下したものの風等により再浮遊している放射性物質であると考えられること、したがって、土壤が高濃度に汚染されている地域では、放射性降下物の量も多くなること、セシウム 134、137 は、その多くが、放射性微粒子の形態で存在し、更にその相当部分が、セシウムボールと呼ばれる不溶性の金属粒子を形成していると考えられること、セシウムボールからは α 線核種であるウランも検出されていること、粒径 $2 \mu\text{m}$ のセシウムボール 1 個に含まれるセシウム原子の数は 21 億個という試算があるほど膨大な数であり、これがいったん体内に入ると、容易には体外に排出されないことから、これによる健康リスクが懸念されること等の事実について、原告らは、準備書面(31)で主張した。

本準備書面では、放射性微粒子についての科学的知見を準備書面(31)に追加して主張することとする。

第2 福島第一原発から環境中にセシウムボールが大量に排出されたこと

1 既に提出した証拠による知見

2011年3月14～15日、20日～21日、茨城県つくば市の大気中から、大量の放射性微粒子が採取されたこと【前者から採取された 0.5 μm より大きい粒子の個数は、大気 1 m^3 当たり、平均 4.1×10^7 個、すなわち、約 4100 万個だった（甲B第96号証の2の2頁下から4～3行目）。】、前者からは、セシウムボールが採取されたこと、同年4月4日から11日までのつくば市における観測では、2.5 μm 付近にピークのある放射性微粒子が多かったこと、同年4月28日から5月12日までの間のつくば市の大気中からは、粒径 0.2～0.3 μm 、0.5～0.7 μm に極大値を持つ放射性微粒子が採取されたこと、同年7月2日～8日に福島市内で採取されたセシウム粒子は、4.9～7.4 μm 、0.7 μm 未満という2つのピークを持っていたこと等の事実は、原告ら準備書面(31)5頁に記載した。

2 新たに提示する知見

下記各研究結果によって、福島原発事故によって放出された放射性セシウムは、大部分が不溶性の放射性微粒子として存在しており、この放射性微粒子が広範に拡散していることが判った。

- (1) 東京慈恵会医科大学アイソトープ実験研究施設講師箕輪はるか氏らの研究（甲B第104号証）

箕輪氏らのグループは、2011年4月～11月に首都圏の約70か所から土壤試料を採取し、含まれる放射性物質を調べ、セシウム 134, 137 が広範囲に拡散していることを確認したが、その試料中に特に放射性物質濃度の高い粒子（ホットパーティクル¹）が確認された。

- (2) 九州大学理学研究院化学部門宇都宮聰准教授の研究（甲B第105号証）

宇都宮准教授は、2016年6月に横浜で開催されたゴールドショミット

¹ なお、「ホットパーティクル」は、狭義には、 α 線核種を含む放射性微粒子をいうので、この場合、 β 線核種であるセシウム 134, 137 を中核とする微粒子であるセシウムボールはこれに含まれない。もともと、「ホットパーティクル」は、広義には、「強い放射線を発する微粒子」の意味で使われるので、その場合は、セシウムボールも「ホットパーティクル」の一つであることになる。

会議（地球化学分野で最大の国際学術会議）で、「福島事故から東京へ降下した放射性セシウムの主要化学形態～ガラス状微粒子への濃集～」と題する報告をした。その報告内容の要旨は、次のとおりである。

ア 宇都宮准教授が率いる研究グループは、東工大、ナント大学、スタンフォード大学と共同で、東京都内から採取された大気エアロゾルサンプルを分析した。その結果、セシウムの大部分は、メルトダウン時に形成されたガラス状微粒子に取り込まれた状態で地表に降り注いだことが明らかになった。

イ これらの微粒子は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ の大きさしかないが、高濃度のセシウムが含まれており、放射線量は、1グラム当たり 4.4×10^{11} ベクレルであり、福島の一般的な土壤1グラム当たりの放射線量の107～108倍に達する。

ウ 2011年3月15日に東京で採取したエアフィルターを分析した結果、放射能の80～89%は高濃度セシウム含有微粒子によるものであり、これまで想定されていた水溶性セシウムより大きな割合を占めることが分かった。

(3) 茨城大学フロンティア応用原子科学技術研究センター新村信雄氏による「土壤・タケノコ・椎茸に含まれる福島第一原子力発電所由来の放射性Csの物性・構造・形状」と題する論文（甲B第106号証の1, 2）

新村信雄氏らは、福島事故由来の放射性セシウムの物理的・化学的特性を明らかにするために、様々な試薬の水溶液を使い、汚染土壤からの溶出実験と汚染したタケノコ、シイタケのオートラジオグラフィー²による測定を行った。その結果、福島事故由来の放射性セシウムは、粒子状（粒径 $1\text{ }\mu\text{m}$ ）で、不溶性であることがわかった。粒子状の放射性セシウムは、イオン状態ではないので土壤鉱物に閉じ込められることなく、土壤鉱物粒子の粗面に物理的に付着している。したがって、風等によって、微細な土壤粒子に付着した状態で、あるいは、土壤粒子から分離し

² 放射線写真法やオートラジオグラムとも呼ばれ、分布している放射性物質から放出されるベータ線粒子やガンマ線から画像（オートラジオグラフ）を作成する手法

て粒子単体で容易に再浮遊することになる。

なお、セシウムが付着した微細な土壤粒子の大きさについては、産業技術総合研究所の兼安直樹らの研究があり、これによると、 $2.1\text{ }\mu\text{m}$ から $11\text{ }\mu\text{m}$ にわたって均一に分布しているとのことである（甲B第107号証の1、2）。そうすると、単体で再浮遊した放射線微粒子だけでなく、セシウム粒子が付着した小さい土壤粒子も、容易に人の肺に取り込まれることになる。

第3 再浮遊及び吸入の危険

いったん土壤に沈着した放射性微粒子が再浮遊し、これを人が吸入する危険について、3つの報告を提示する。福島県では、宅地等はある程度の除染がなされたが、広大な山林等は手つかずであり、沈着した放射性微粒子が風や山火事等によって再浮遊し、子どもたちがこれを体内に取り込む危険性は高い。

1 帝京大学大学院理工学研究科飽本一裕教授の論文「粒子状放射性物質の再浮遊と移流による2次汚染」（甲B第108号証）

飽本教授は、一旦沈着した放射性物質の風による再浮遊と移流が重要であり、低汚染地帯への影響や除染後の再汚染、住民への健康リスク（吸入による人体への健康影響）が懸念されるとの問題意識のもと、上記論文をまとめた。同論文には、次の指摘がある。

(1) 福島県原子力センターが計測した福島市内の同福島支局における放射性降下物量と大気中放射能濃度、大熊町における放射性降下物量のデータによれば、概ね冬から春に増加し夏から秋に減少する年間サイクルを示している。このことから、降水量が湿度とともに減少し、季節風が強まる冬から春にかけて土壤粒子を中心とする粒子状物質が風で再浮遊し、移流後に降下・沈着するが、降水量と湿度が増加し、内陸部で風速が弱まる夏から秋にかけては、特に内陸部での再浮遊が抑制されていることが判る。（同号証17～18頁）

(2) 地表面に位置する土壤粒子の運搬機構には、①転動、②跳躍、③浮遊がある。運搬機構は主として粒径に依存し、 1mm 以上なら転動、 1mm ～

50 μmが跳躍、50 μm以下なら浮遊する傾向が強い。浮遊粒子は、低質量のため移行距離が極めて長くなる。(同号証 19 頁)

- (3) 風起源の 2 次汚染の事例として、福島市で、2012 年 1 月 2 日午前 9 時から 1 月 3 日午前 9 時までの 24 時間に、それまで 1 日当たり 100Bq/km²以下で推移していた放射性降下物量が 432Bq/km²に激増した事件があった。(同号証 24 頁)
- (4) 再浮遊の原因としては、風だけでなく、除染工事、山火事、自動車運転、建設工事、農作業等も考えられる。(同号証 24~25 号証)

2 福島県の公表文書

上記 1 の(3)の事件について、平成 24 年 2 月 6 日、福島県災害対策本部(原子力班)は、「定時降下物から放射性セシウムが比較的高い濃度で検出された要因について」と題する文書を、福島県原子力センターは、「福島県が行っている定時降下物から放射性セシウムが比較的高い濃度で検出された要因について」と題する文書をそれぞれ公表した。(甲 B 第 109 号証の 1、2)

これらによれば、定時降下物から放射性セシウムが高い濃度で検出された原因是、当日は、空気が乾燥し、地表面の放射性物質を含む塵埃が乾燥し舞い上がりやすくなったところに強い風が吹いたため、放射性セシウムを含む塵埃が地表面から舞い上がり、採取容器に降下したことによる可能性が考えられるとされた。また、平成 23 年 10 月 1 日から平成 24 年 1 月 15 日までの降下物中の放射性セシウム濃度の推移と気象データを照らし合わせると、降雨雪が観測されない空気が乾燥した日で比較的強い風が重なったときに濃度が上昇することが判った。

なお、甲 B 第 109 号証の 1 によれば「仮にこの降下物に含まれていた塵埃をすべて吸い込んだとしても、その被ばく線量は 1 mSv の 500 分の 1 程度です。」との一節があり、放射性降下物の吸入による内部被ばくを軽視する考え方方が示されているところ、そもそも内部被ばくの健康リスクを実効線量で評価する ICRP の考え方方が誤りであることは既に準備書面(14)の第 7、第 8 で主張したが、そのことを別としても、この放射性降下物

が不溶性の放射性微粒子の形態であれば、容易に体外に排出されないことから、I C R P が内部被ばくのリスクを計算する前提としての生物学的半減期の考え方自体が通用しない結果となることが確認されなければならぬい。

3 福島県農業総合センターの報告

- (1) 福島県郡山市に所在する福島県農業総合センターでは、平成24年2月15日から6日間、細切りにした大根をセンター内の5か所の干場で乾燥させ、放射性セシウムの濃度を測定した。測定結果は、最も低かったのは乾燥小屋の地表2mで干した大根であり、90 bq/kg であった。最も高かったのは、鉄筋ビルの軒下の壁際で干した大根であり、3421 bq/kg であった。空間線量との相関関係はなく、濃度が高いものほど塵の付着が多いことが判った。(甲B第110号証)
- (2) このように、大気中には大量の放射性降下物が含まれており、人は、呼吸とともに、これを体内に取り込んでいる。福島原発事故由来の放射性セシウムの多くが不溶性の放射性粒子の形態で存在することが判った今、これによる内部被ばくの危険性を考えなければならない。

第4 内部被ばくの危険

I C R P は、内部被ばくの危険性について一応の評価をしているが、これは放射性物質が原子レベルで存在することが前提になっている。したがって、体内に吸収され、排出されるので「生物学的半減期」という概念が作り出されている。しかし、不溶性の放射性微粒子を体内に取り込んだ場合、容易に吸収されないから、「生物学的半減期」の考え方は意味をなさない。すなわち、セシウムボールの吸入による内部被ばくの危険は、従前の I C R P の考え方とは全く別個に考えなければならないのである。

そこで、この問題について検討している論文を紹介する。

1 バーナード・グラムポウ教授の指摘

上記第2の2bの(2)の宇都宮准教授の報告に対し、フランス・ナント SUBATECH 研究所所長であり、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・

先端センターの界面反応場化学研究グループ長であるバーナード・グラムボウ教授は、この観測は、「人間に吸入されるセシウム微粒子の吸入線量を評価する方法にも変化をもたらす可能性があり、不溶性のセシウム粒子の生物学的半減期は水溶性のものに比べて長いと思われる」旨述べた。(甲B第105号証)

2 神戸大学大学院海事科学研究科教授山内知也氏らの論文

上記山内知也教授及び南福崎土地株式会社測定室の斎藤さちこ氏は、平成29年6月16日、「神戸大学大学院海事科学研究科紀要第14号」に「東京電力福島第一原発事故の延べ100人の子どもの尿中の放射性セシウムの濃度測定結果」と題する論文を公表した(甲B第111号証)。これには、次のことが書かれている。

- (1) 福島、茨城、~~北~~西日本の子どもたちの尿を20014年から2016~2017年にかけて継続的に検査したところ、西日本の子どもたちの尿から放射性セシウムは検出されなかつたが、福島県の子どもたちの7割の尿から放射性セシウムが検出された。尿中の放射性セシウム濃度は単調に減少しているわけではなく、今後も検査が必要である。
- (2) 福島第一原発事故では、放射性セシウムは、これまで人類が見たことも接したこととなかつた「セシウムボール」と呼ばれる形態で飛散しているところ、この形態のセシウムについては人体内での挙動が知られていないので、ICRPの線量係数をそのまま用いることができない。

3 国立研究法人日本原子力研究開発機構真辺健太郎氏、国立放射線科学研究所松本政雄氏の「~~液~~不溶性セシウムによる内部被ばく線量のモデリング」と題する論文(甲B第112号証の1、2)

ICRP、放影研(REEF)、日本保健物理学会(JHPS)が2017年12月2日に東京で開いたワークショップで、上記真辺健太郎氏及び松本政雄氏は、不溶性のセシウムボールと呼ばれるミクロンサイズの粒子は、血液や体液に溶けないので、これまで(ICRPが推奨してきた)手法は、セシウムボールの体内摂取においては適用できないとの問題意識か

ら、体内に存在する一個の粒子の確率的な動きをシミュレートする方法を開発したとして、その内容を報告した。

上記報告内容の妥当性は別にして、不溶性の放射性微粒子であるセシウムボーラーが体内に取り込まれた時の健康リスクは、「判らない」から、これから研究が続けられなければならないという問題意識が表明されている。

第5 原子力市民委員会の提言

1 原子力市民委員会

九州大学大学院教授吉岡斉氏を座長とし、幅広い分野の学者や市民が参加し、原子力問題について提言を続けている「原子力市民委員会」は、2017年12月25日、「原発ゼロ社会への道 2017—脱原子力政策の実現のために」(原子力市民委員会 2017.12.25) という冊子を公表した(甲B第113号証)。

2 セシウムボーラーについて

上記冊子には、セシウムボーラーについて、次のように述べられている。

- (1) 福島第一原発から放出された放射性微粒子は、様々な媒体、環境で見つかっている。福島第一原発のサイト周辺の土壤や、福島市の街路樹からも見つかっている。形状は、球形とは限らず、粒径が $10\mu\text{m}$ に達するものまである。
- (2) セシウム微粒子は、関東地方を含む広い範囲で見つかっており、例外的に形成されるのではなく、むしろ主要な飛散形態ではないかと考えられている。このことは、放射性微粒子による内部被ばくという観点から重要な問題を提起している。セシウム微粒子が水に溶けない不溶性粒子であることや、肺などに取り込まれると局所的に集中的な被ばく影響を生じることから、内部被ばくが増強される危険性が指摘されている。セシウム微粒子の人体への取り込み、滞留、被ばくの集中性など解明されなければならない多くの課題が生じており、被ばく影響評価は根本から再考されねばならない。

第6 結語

原子力発電所から放出された放射性セシウムがセシウムボール等の放射性微粒子の形態で環境中に存在することは、従前認識されていなかった事実であった。なお、チェルノブイリ原発事故では、「ホットパーティクル」と呼ばれるウラン 235、プルトニウム 239 等の α 線核種を含む放射性微粒子が環境中に放出され、これが健康に与えるリスクが大きな問題となつたが、ホットパーティクルは、核燃料の断片であると考えられていたため、核爆発ではなく、水素爆発であるとされた福島原発事故では、ホットパーティクルと同様の放射性微粒子が放出されることは、当初は予想されていなかったのである。したがって、福島原発事故の後、セシウムボール等の放射性微粒子の拡散状況、これが体内に取り込まれた時の健康被害のリスク等について、多くの研究者が研究に取り組んでいる（甲B第114号証）。これらについては、今なお研究途上であるものの、土壤が汚染された地域で生活することの健康上のリスクを強く示唆しており、少なくとも放射線管理区域である放射性セシウム 4 万 bq/m^2 を超える環境で子どもたちを生活させてはならないとの原告らの主張を強く基礎づけるものである。

なお、放射性微粒子の内部被ばくのリスクの有無、程度が科学的に明確になるまで、子どもらを放射性微粒子から防護する対策をとる必要がないという考え方は誤っている。子どもらはモルモットではないからである。

以上