



平成25年(ワ)第9521号, 第12947号

平成26年(ワ)第2109号 平成28年(ワ)第2098号, 第7630号

損害賠償請求事件

原告 原告1-1 外239名

被告 国 外1名



2020(令和2)年7月17日

準備書面 69

ー内部被ばくと避難の相当性ー

大阪地方裁判所第22民事部合議2係 御中

上記原告ら訴訟代理人

弁護士 金子 武 嗣



弁護士 白 倉 典 武



目次

第1	はじめに.....	4
第2	本件事故による放射性物質（放射性微粒子）の拡散.....	4
1	本件事故により放射性物質（放射性微粒子）が広範囲に拡散したこと ...	4
2	本件事故による放射性物質の放出に関し今日までに発表されている研究 成果	6
3	大気中の放射性物質と放射性物質の再浮遊	16
4	放射性物質の吸引.....	20
第3	内部被ばくの危険性.....	20
1	原告らがさらされた内部被ばくのリスクは極めて重大であること	20
2	放射性物質が放射線を放出するメカニズム ～ 放射性崩壊	21
	（1）放射性崩壊.....	21
	（2）アルファ崩壊.....	21
	（3）ベータ崩壊.....	21
	（4）ガンマ崩壊.....	21
3	内部被ばくの危険性.....	22
	（1）内部被ばくとは.....	22
	（2）放射線の種類と特徴.....	22
	（3）放射線の人体への影響.....	23
	（4）内部被ばくの危険性.....	25
	（5）内部被ばくによる放射線の間接的影響	28
	（6）小括.....	29
第4	内部被ばくのリスクが過小評価となっている可能性があること（甲D共 239）	29

1 従来の内部被ばくのリスク評価の問題点	29
2 ホールボディカウンターでは適切な測定ができないこと	33
3 WG報告書は内部被ばくの評価につき極めて曖昧な議論しか行っていないこと	34
4 小括	36
第5 内部被ばくによる健康影響は科学的にも一定の承認を得ており、判例でも採用されていること	36
1 原爆症認定集団訴訟	36
2 原爆症認定集団訴訟において内部被ばくの人体に対する影響が認められてきたこと	37
3 原爆症認定集団訴訟の判決を踏まえて「新しい審査の方針」で放射線に起因する疾病類型が明記されていること	38
4 小括	39
第6 結語	39

第1 はじめに

本件訴訟においては、原告らの避難行為の社会的相当性が争点の一つとなっている。その際、本件事故によって、原告らが被った放射線被ばくのリスクが考慮されるべきであるところ、被ばくのリスクには、外部被ばくのリスクのみならず、当然内部被ばくのリスクも含まれる。

本書面では、本件事故において、放射性物質（微粒子）が拡散され、再浮遊することも相まって、現在も大気中など、原告らの生活圏に残存していることを述べ、かかる放射性物質を体内に取り込んでしまった場合の内部被ばくの危険性や、内部被ばくの人体への危険な影響について原爆症認定集団訴訟においても認められてきたことを明らかにする。

また、かかる内部被ばく（局所的な長期の被ばく）の危険性を踏まえれば、従来のICRPの被ばくについてのリスク評価は、過小評価となっている可能性があり、適切ではない。福島県周辺において現実化している内部被ばくの危険性については無視できるものではないことから、避難者が避難をし、また避難を継続することは、合理的な判断であって、その避難及び避難の継続には社会的相当性がある。

第2 本件事故による放射性物質（放射性微粒子）の拡散

1 本件事故により放射性物質（放射性微粒子）が広範囲に拡散したこと

（1）本件原発事故により、大量の放射性物質が環境中に放出され、東日本を中心に拡散した。ステインハウザーらの論文「Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: A review of the environmental impacts.（チェルノブイリ原子力事故と福島原子力事故の比較：環境への影響）」（2014年・甲D共227の1，2）によれば、本件事故により、およそ520ペタベクレル（ペタは10の15乗）の様々な放射性核種が放出され、周辺地域に降り注いだことがわかっている。

(2) 事故初期の経緯は、概要以下の通りである。

ア まず、2011年3月11日の夕方に、福島第一原子力発電所1号機の核燃料熔融が始まり、燃料被覆管のジルコニウムと冷却水が高温で反応し、発生した水素ガスによって12日の15時26分に最初の水素爆発が起こった。

イ 翌13日には3号機の核燃料も熔融し、14日11時半頃に水素ガス爆発が起こった。

ウ 2号機は14日に冷却機能を喪失したが、1号機及び3号機のような水素ガス爆発は起きなかった。しかし、圧力容器や圧力抑制プールが大きく破損したために、結果的に大量の放射性物質を環境に放出した。

(3) こうして放出された放射性物質が、事故当時から現在まで、環境中でどのように移行・変化したのかは、未だ未解明であるが、除染のあり方や被汚染地域の将来にとって極めて重要な問題であり、多くの研究がなされ、成果が報告されている。

(4) 今日までに報告されている研究成果では、原発から放出された放射性セシウムの主体はガス化した状態であったと考えられるが、破壊された原子炉の内部から飛来したと考えられる数ミクロン以下の微粒子にも含まれることがわかってきた。さらに、(2)に記載した1号機ないし3号機のそれぞれの放射性物質放出の過程の違いに対応して、1号機ないし3号機が放出した放射性微粒子が、それぞれ異なる物理的・化学的性質を持つことも判明しつつある。

(5) 微粒子とは、ミクロン単位やナノ単位といった非常に細かな粒状の物質のことをいう。本件原発事故では、原子炉内部において、制御不能となった核分裂反応により生じる崩壊熱により炉内が超高温となり、炉心が溶解するとともに、原子炉を構成した鉄や亜鉛、マンガンなどの物質も溶解、ガス化したのちに、空気中で冷やされて放射性物質と結びつき、合金状やガラス状の放射性微

粒子が形成され、環境中に広範囲に拡散した事実が、様々な研究により明らかとなってきた。

2 本件事故による放射性物質の放出に関し今日までに発表されている研究成果

(1) 兼保ら論文（2012年）（甲D共228の1，2）

ア 独立行政法人産業技術総合研究所の兼保直樹らは、「**Sulfate aerosol as a potential transport medium of radiocesium from the Fukushima nuclear accident.**（福島核事故からの放射性セシウムの潜在的輸送担体としての硫酸化エアロゾル）」と題する論文を公表した。

イ 兼保らが、放射性核種の大きさと大気からの除去に重要な他のエアロゾル成分との混合状態を解明するため、筑波大学で、事故47日後に採取されたエアロゾル中のセシウム134とセシウム137の活動度分布を測定したところ、硫酸塩が、これらの放射性核種の潜在的輸送媒体であることが判明した。

(2) 足立ら論文（2013年）（甲D共229）

ア 気象庁気象研究所応用気象研究部主任研究官の足立光司らは、「**Emission of spherical cesium-bearing particles from an early stage of the Fukushima nuclear accident.**（福島核事故の初期段階における球状セシウム含有粒子の放出）」と題する論文を発表した。

イ 本研究は、事故から比較的初期段階（2011年3月14日～15日）において福島第一原発から放出されたセシウム含有球状粒子が存在することを初めて報告したものである。

ウ 足立らは、福島第一原発から170km南西の気象研究所（茨城県つくば市）において石英繊維フィルターを用いて試料を大気から収集し、2011年3月14日から15日までの期間および3月20日から22日までの期間の2度にわたる放射能濃度の有意な最上昇点を見つけた。

エ 3月14日から15日に収集されたフィルターから、直径約 $2\mu\text{m}$ のセシウム含有球状粒子（以下「セシウムボール」という。）が収集されている。この粒子中では、鉄、亜鉛、その他の元素が均等に分布していたことから、それらが内部的に混合し、合金を形成していると結論づけた。

ただし、後述するとおり、後の研究でセシウムボールは、ケイ酸塩ガラスに各元素が溶け込んだものであることが分かっている。

オ なお、セシウムボールは、水溶性に乏しく、その結果、乾燥沈着をなすことが解明されている。

乾燥沈着は、乾性沈着ともいい、湿性沈着と対をなす概念である。乾性沈着は、地表面に沈着する過程において、地表面付近の放射性物質が大気乱流や重力沈降により地表面に沈着する状態を指す。

一方、湿性沈着は、粒子状の放射性物質が雨滴の核になったり、降雨に付着して雨とともに地表に落ちる状態を指す。湿性沈着では、上空に存在する放射性物質まで地表に落下するため、乾性沈着に比べて沈着量が大きくなる。沈着物質は、そこに残留するため、大気中を移動する放射性物質に比べて長期に空間線量率の上昇をもたらす。

カ 一方で、3月20日から21日に収集されたフィルターのイメージングプレート（IP）画像は、同月14日から15日にかけて収集されたフィルターとは異なり、少量の放射性セシウムが他の優勢なエアロゾル粒子に付着して運ばれてきたことを示唆していた。このことは先述した兼保らの先行研究の結果と一致していた。

（3）小森ら論文（2013年）（甲D共230）

ア 東京大学大学院総合文化研究科環境分析化学研究室の小森昌史らは、

「 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を指標とした福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種の放出原子炉別汚染評価」と題する論文を公表した。

イ 同研究は、本件事故により、環境中に放出された放射性核種が、原子炉 1～3号機の中でどの放出源の寄与によるものであるかを調査するうえで、セシウム134とセシウム137の放射能比を指標とし、原子炉ごとのセシウム134とセシウム137の放射能比と、地点ごとのセシウム134とセシウム137の放射能比を照らし合わせることで有用であることを明らかにした。

(4) 中井ら論文(2014年)(甲D共231の1, 2)

ア 東京理科大学理学部第一部応用化学科の中井泉らは、「Detection of Uranium and Chemical State Analysis of Individual Radioactive Microparticles Emitted from the Fukushima Nuclear Accident Using Multiple Synchrotron Radiation X-ray Analyses」(複合的な放射光X線分析を用いた福島原子力事故から放出された放射性微粒子からのウランの検出と個体の化学状態分析)と題する論文を公表した。

イ 本研究は、前記足立らが収集したセシウムボールは、セシウム以外に燃料であるウランやその核分裂生成物、原子炉の構成物に由来する元素を含み、高酸化数のガラス状態であることを解明した。

ウ 本研究により、事故当時の炉内では核燃料だけでなく容器や構成物も熔融し混合された状態にあり、それが大気中に放出され急冷されたことでガラス状態になったというセシウムボールの生成・放出シナリオを推定することができた。

(5) 新村ら論文(2015年)(甲D共232の1, 2)

ア 茨城大学の本件原発事故由来の放射性物質調査研究チームの新村信雄らは、「Physical properties, structure, and shape of radioactive Cs from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident derived from soil, bamboo and shiitake mushroom measurements. (土壌、竹および椎茸

の測定による福島第一原子力発電所事故からの放射性セシウムの物理特性、構造および形状)」と題する論文を公表した。

イ 本研究は、本件事故により放出された放射性セシウムの物理化学特性を明らかにするため、汚染土壌について様々な溶出実験を行ない、更に汚染された竹の枝、椎茸のオートラジオグラフィによる測定を行うことで、本件事故により放出された放射性セシウムが、顆粒の形で（直径約 $1\ \mu\text{m}$ ）で地面および植物の表面に落下したと結論づけた。

ウ この顆粒状セシウムは不溶性であり、イオン性のセシウムにはならないため、土壌の鉱物に捕獲されず、土壌の鉱物粒子の表面に物理的に付着する。この顆粒状の放射性セシウムは土壌などに物理的に付着し、土壌や植物などの媒体の中で移動する。このことは、汚染された土壌中のセシウム 134 および 137 は、イオン化して土壌への吸着させる方法では除染できないことを意味している。

(6) 小暮・山口ら論文（2015年）（甲D共233の1，2）

ア 東京大学大学院理学系研究科の小暮敏博准教授と国立研究開発法人農業環境技術研究所の山口紀子主任研究員らの研究グループは、「**Internal structure of cesium-bearing radioactive microparticles released from Fukushima nuclear power plant.**（福島原子力発電所から放出されたセシウム含有放射性微粒子の内部構造）」と題する論文を公表した。

イ 本研究は、事故後に福島で採取された不織布とニホン杉の葉から、直径が数ミクロン以下という非常に小さな微粒子を見つけ出し、初めて放射性微粒子を地上で特定することに成功した。

ウ この放射性微粒子の構造を観察・分析したところ、直径約 $2\ \mu\text{m}$ の粒子は、鉄と亜鉛、アルカリイオンとしてのセシウム、ルビジウムおよびカリウム、スズを含有するケイ酸塩ガラスであることが明らかとなった。

これらの元素は、セシウム以外は、ガラス中に均一的に分布されており、セシウムは、中心部から表面に向かうに従い濃度が高くなるという濃度勾配を示していた

エ 放射性微粒子がケイ酸塩ガラスであることから、セシウムボールの形成過程において、原子炉から高温でメルトダウンした燃料がコンクリート等の炉建設材と接触し、炉建設材が溶解し、溶解したケイ酸塩の微粒子を飛散させ、飛散した微粒子が大気中で冷却されて固形化し、ケイ酸塩ガラスを形成したと考えられる。

オ さらに、スギの葉から採取されたひとつの微粒子では、セシウム、カリウム、ルビジウムなどのアルカリ成分が、微粒子の表面付近で少なくなっていることが確認できた。これはケイ酸塩ガラスから放射性セシウムが溶出した可能性を示す痕跡である。

カ 本研究では、本件事故により放出された土壤環境中の固形層の放射性セシウムが、主として湿潤な堆積を介して土壤中の粘土金属に固定するものと、原子炉から直接飛来したケイ酸塩ガラスの微粒子に含まれていたものに分類されることが指摘されている。

キ さらに、このケイ酸塩ガラス微粒子の放射能密度が非常に高いため、生物が、それを吸入あるいは摂取した場合、特に問題であることが指摘されている。

(7) 小野ら論文(2017年)(甲D共234)

ア 東京理科大学理学部第一部応用化学科の小野貴大らは、「福島第一原子力発電所事故により1号機から放出された放射性粒子の放射光マイクロビームX線分析を用いる化学性状の解明」と題する論文を公表した。

イ 本研究では、1号機由来の放射性物質が飛来したと考えられる原発北西地域の土壌から、強放射性の粒子を7点分離した。分離された粒子は100 μm 前後の大きさでいびつな形状のものが多く、2号機から放出された

とされるセシウムボール（直径数 μm の球形粒子）とは明らかに異なる物理性状を有していた。

ウ 1号機由来の粒子はセシウムボールに比べ含有する重金属の種類に富み、特にストロンチウムやバリウムといった還元雰囲気揮発性が高くなる元素が特徴的に検出された。

エ また、粒子内で明確な元素分布の不均一性が見られた点も、上記セシウムボールの性状と大きく異なる。

粒子本体はセシウムボールと同様にケイ酸塩ガラスだが、ガラス状物質であったセシウムボールとは異なり、鉄など一部の金属元素が濃集した数 μm 程度の結晶性状態で含有されていた。

オ こうした性状の違いは、1号機と2・3号機とで異なる放射性物質の生成・放出過程が生じていた可能性を示唆している。

カ 本研究で分析されたこれらの粒子は2011年3月12から13日に大気中に放出されたと考えられ、核燃料と格納容器との溶融がかなり早い段階で進行していたことを示唆している。さらに放出源の推定において、放射性物質自体の化学組成情報が放射能比に代わる新たな指標となることが実証された。

(8) 宇都宮ら論文（2017年）（甲D共235の1，2）

ア 九州大学理学研究院化学部門の宇都宮聡らは、「Isotopic signature and nano-texture of cesium-rich micro-particles: Release of uranium and fission products from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant（高濃度放射性セシウム含有微粒子の同位元素上のサインおよびナノ組織：福島第一原子力発電所からのウランと核分裂生成物の放出）」と題する論文を公表した。

イ 汚染された土壌中のセシウムは異質性であり、従来この異質性については十分に分析されていなかった。異質性の原因と考えられる高濃度放射性

セシウム含有微粒子（C s MP）は、本件原発から離れた範囲にまで発見されており、事故後、東京で最初にみられたセシウムキャリアとして認定されたのも、難溶性のC s MPであった。これらは環境中での移動性及び健康への影響という点で可溶性のセシウムとは異なると考えられている。

ウ 本研究では、3箇所から検出された4つのC s MPのアイソトープ（同位体）分析を行ったところ、ウランの同位体比等から、検出されたC s MPの生成が、天然由来ではなく、核分裂生成物、すなわち本件原発から放出されたものであることが明らかとなった。

また、C s MPのナノスケール構造と組成について、鉄ポルックス石などの相の特定に至った。

エ 本研究は、C s MP中のウランなどの供給源を明らかにし、同位体比及びナノ構造に基づき化学型も明らかにした。

また、ポルックス石などの特定された相の一部は、S A（シビアアクシデント）進展解析コードで無視されていたもので、同解析コードにとっても重要な情報である。

オ 本研究で使用されたサンプルは、第1は、2012年3月16日、福島県双葉郡大熊町で、福島第一原発から4 km四方に位置する夫沢（地名）の水田の土壌の表層から1 cmの所から採取した同一土壌からのものを分離したものである（O T Z 3, O T Z 10）。第2のサンプル（K O I 2）は、同日、福島第一原発から南西2.9 kmに位置する大熊町小入野の集合住宅の排水管の下から採取した砂利からなるもの、第3のサンプル（O M R 1）は、同年12月20日、福島第一原発から北面10.5 kmの福島県双葉郡浪江町水丸の倉庫の配管の下から採取したものである。

このうち、長径17.3 μ mのO T Z 3からは、401（ $\pm$ 3.7）Bq（C s 134）、379（ $\pm$ 1.5）Bq（C s 137）の粒子の大きさに比して非常に高い放射能が検出された。

また、長径 $5.2\mu\text{m}$ のOMR1からは $21.5(\pm 0.50)\text{Bq}$ (セシウム134), $20.3(\pm 0.19)\text{Bq}$ (Cs137), 長径 $4.4\mu\text{m}$ のKOI2からは $18.2(\pm 0.16)\text{Bq}$ (Cs134), $16.8(\pm 0.05)\text{Bq}$ (Cs137) というように、それぞれ粒子の大きさに比して高い放射能が検出されている。

カ 本研究は、要旨で「CsMPは、吸入可能型の放出された放射性核種に対する重要な搬送媒体であった」と指摘している。

(9) ガンダーセンら論文(2017年)(甲D共236の1, 2)

ア マルコ・カルトーフエンとアーニー・ガンダーセンは、「Radioactively hot particles detected in dusts and soils from Northern Japan by combination of gamma spectrometry, autoradiography, and SEM/EDS analysis and implications in radiation risk assessment (東北日本からの粉塵および土壌から γ 線スペクトロメトリー, オートラジオグラフィおよびSEM/EDS分析の併用により検出された放射能ホットパーティクルと放射能リスクの評価における意義)」と題する論文を公表した。

イ 本研究の目的は、環境中にホットパーティクルが存在するか否か、それらは本件原発からのものか、仮に吸入・摂取すると人体に重大な放射線量をもたらす可能性があるか否かを明らかにすることにあつた。

なお、本研究では、ホットパーティクルについて、内部組織も含めターゲットに放射能エネルギーをもたらす能力のある小さな個別化された放射性粒子であるとして、米国の原子力規制委員会ではホットパーティクルを、「水に不溶で、どの面の大きさも 1mm 以下である個々に分かれている放射性フラグメント」として定義づけていることを紹介している。

ウ 本研究では、本件原発でのメルトダウン後、2011年から2016年までの5年間にわたり、日本の粒状物質(粉塵および表土)の180のサ

ンプルおよび米国とカナダからの同様の235のサンプルを収集し、分析した。

その結果、日本のサンプルの180件中142件（80％）で検出可能レベルのセシウム134および137が認められた。日本のサンプルの放射性セシウムの比放射能の中間値は、 $3.2 \text{ kBq/kg} \pm 1.8 \text{ kBq/kg}$ であり、平均値は 25.7 kBq/kg （標準偏差は 7.2 kBq/kg ）であった。180件のサンプル中9件（5％）が 250 kBq/kg 超の放射能を示していた。

エ 米国およびカナダの放射性セシウムの放射能レベルの平均値および中間値は $< 0.03 \text{ kBq/kg}$ であった。米国およびカナダのサンプルで、検出可能なセシウム134および137が認められたのは、粉塵サンプルでは32件の収集サンプル中1件で、土壌では74件の収集サンプル中4件であった。米国およびカナダの放射性セシウム粒状物の最高放射能は $0.30 \pm 0.10 \text{ kBq/kg}$ であった。

オ 日本のサンプルでは、300超の個別放射性ホットパーティクル（粒子）が同定された。これは、1％以上が元素セシウム、アメリシウム、ラジウム、ポロニウム、トリウム、テルリウム、あるいはストロンチウムから成っていた。一部の粒子では、 $\text{MBq}/\mu\text{g}$ レベルおよびそれ以上の比較放射能に達していた。

一方で、米国のサンプルセットには、セシウム含有ホットパーティクルは全く認められなかった。

カ 本研究では、検出されたホットパーティクルの一部は、もし吸入されると、個体に重大な放射線曝露を引き起こしうるもので、分離されたホットパーティクルを無視した曝露モデルでは、人体の放射線線量が控えめに報告される可能性があるとして、「汚染地帯の個々人、およびマップに示された汚染地域から充分外にいた可能性のある個々人も、平均的環境データ

から算出された平均線量より高い線量を浴びているかもしれない。それは、放射能的にホットな粉塵や土壌粒子を吸入あるいは摂取することによるものである。従って、正確に放射能のリスクの評価を行うのには、ホットパーティクルへの曝露のデータも、より均一的な環境放射能レベルへの曝露のデータとともに必要であるといえる。」と指摘されている。

(10) 宇都宮らの研究発表(2018年)(甲D共237, 238の1, 2)

ア 前記(8)九州大学大学院理学研究院の宇都宮聡を中心とする研究グループは、筑波大学やスタンフォード大学等の国内外の大学との共同研究により、本件原発から放出されたCsMPの簡易定量法(QCP法)を開発した(甲D共237)。

本件事故により放出された放射性セシウムには、水に溶けやすい形態と、溶けにくいガラス質のCsMPの2種類がある。CsMPは、数ミクロン程度の大きさしかないが、通常の汚染土壌と比べて非常に高い放射能密度($\sim 1011 \text{ Bq/g}$)であり、この性質を利用し、放射能を可視化できる手法(オートラジオグラフィ)をもとに、粒子の放射能を測定し、CsMPと判別できるしきい値を確立した。

イ かかるしきい値を福島県の表層土壌に適用したところ、全放射能の内、CsMPからの放射能が8～38%を占めること、CsMPが1gあたり最大1020個存在することが判明した。

ウ このQCP法は、一定条件のもと様々な環境の試料に適用できるため、現在、身の回りにCsMPが何個あるのか、どう分布しているのかが分かるとされている。

エ 宇都宮らの研究グループは、2018年にボストンで開催されたゴールドシュミット国際会議において、前記QCP法を発表するとともに、特定の地域では、ガラス質のCsMPは、非常に濃縮され、大きな懸念事項とされており、本件原発近くのわずか1gの土壌から、最大318個の粒子

が発見されたこと、原子炉の南の領域にはガラス質の粒子の割合が高いこと、本件事故により放出された放射性セシウムの約78%がガラス状粒子として放出されたと推定されることを発表した（甲D共238の1，2）。

（11）小括

このように、今日までの研究・調査の結果、本件原発事故により、環境中に放出された放射性物質の放出形態は、2012年に発見されていた硫酸塩エアロゾルに付着した水溶性のものだけでなく、不溶性の放射性微粒子が広範囲に飛散していることが明らかとなっており、本件事故由来の放射性微粒子が原告らの生活圏に存在し、かつ、原告らが放射性物質を体内に取り込むリスクが存在する。

3 大気中の放射性物質と放射性物質の再浮遊

（1）福島県の発表

福島県が発表している放射性降下物の中で、主な都市のセシウム137の年度ごとの降下量は、表2-5（甲D共239・表2-5）のとおりであり、本件事故後5年が経過しても、放射性降下物が依然として計測されており、常に空気中に一定程度以上の放射性セシウムが漂っていることが明らかとなっている。

年度別 CS-137降下量(Bq/m2)				表2-5
福島県下 測定年度	福島市 方木田	伊達市 富成	郡山市 麓山*	
2011年度3月27～	11,374			
2012年1-6月	4,135	14,184	508	
2013年度	872	3,441	560	
2014年度	502	1,856	303	
2015年度	389	1,439	167	
2016年度	369	697	144	
2017年度4.5月	71			

郡山市の2012年度は2.3月測定なし

また、原子力規制委員会のホームページにおける発表資料（甲D共239・表2-6）によれば、年度ごとのセシウム137の降下が、関東圏であっても、依然として認められているのが分かる。さらに、2017年度の方が、2016年度より降下量が増加している都府県が多くなっている。原子炉内のがれき処理などにより、今後も大気中の放射性物質が増加することが考えられる。

表2-6 Cs-137 放射能降下量(Bq/m ² ・年)							
府県	茨城県	栃木県	群馬県	東京都	千葉県	埼玉県	神奈川県
測定年度	ひたちなか市	宇都宮市	前橋市	新宿区	市原市	さいたま市	茅ヶ崎市
2011年度	4.91E+04	1.05E+04	6.74E+03	1.55E+04	1.04E+04	1.06E+04	7.56E+03
2012年度	225.80	117.00	71.90	80.20	69.20	79.00	35.19
2013年度	178.10	72.35	68.77	108.40	39.40	62.01	20.38
2014年度	75.70	28.56	37.01	44.44	20.46	14.71	9.81
2015年度	37.84	16.87	19.44	10.96	6.84	4.39	5.95
2016年度	19.72	8.31	16.59	8.92	5.87	3.13	4.44
2017年度	22.76	8.00	21.94	16.68	7.01	3.50	6.49

（2）飽本論文（2013年）

ア 帝京大学理工学部の飽本一裕は「粒子状放射性物質の再浮遊と移流による2次汚染」との標題で論文をまとめた（甲D共240）

イ 飽本は、福島県原子力センターが測定した福島市内方木田の福島県原子力センター福島支局における放射性降下物量と大気中放射能濃度、及び、大熊町における放射性降下物量の、2年間に亘る経月データを収集してグラフ化したところ（Fig 1）、「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」を示した。

その原因としては、「降水量が湿度と共に減少し、季節風が強まる冬から春にかけて土壌粒子が再浮遊し、移流後に下降・沈着する。他方で、降水量と湿度が増加し、特に内陸部で風速が弱まる夏から秋にかけて、特に内陸部での再浮遊は抑制される」ことが考えられるとし、風によって放射

性微粒子の再浮遊が起き、放射能の濃度が増減している実態を明らかにした。

ウ 土壌粒子の運搬機構としては、①転動 (creeping) , ②跳躍 (saltation), ③浮遊 (suspension) があるとし、粒形が、1 mm 以上なら転動、1 mm ~ 50 μ m が跳躍、50 μ m 以下なら浮遊する傾向が強い。一度舞い上がった土壌粒子は小径であるほど長距離移流し、粒形が1 mm 以上なら数 m だが、1 - 0.25 mm なら1.5 - 1 km に及び、0.125 - 0.0625 mm なら数 km に達し、0.0625 - 0.0312 mm なら300 km 以上となり、0.312 mm - 0.0156 mm なら1500 km 以上、そして0.0156 mm 以下なら無限大となる。

この結果、粒径10 μ m 以下の浮遊微粒子は、条件次第で地球を周回できることになる。

エ 再浮遊による2次汚染が起きた具体例として、飽本はチェルノブイリの例に加え、福島県内でも起きた例を紹介する。

(ア) 1987年に起きた砂塵嵐でプリピチャ市の大気放射能濃度が300 Bq / m³と約1000倍へと増加した。

(イ) 1992年9月の砂塵嵐で避難区域の大気中Cs137濃度が2桁(20 - 100倍)に上昇した。

(ウ) 1992年にベラルーシとウクライナで発生した大規模森林火災による再浮遊及び風による移流のため、チェルノブイリやバリュチェクワでの大気中Cs137の濃度がピークを示した。

(エ) 福島市では2011年10月以降の放射性下降物量(放射性Cs)が100 MBq / km²で推移していたが、2012年1月2日午前9時 - 3日午前9時の24時間においては計432 MBq / km²と突発的に高まった。原因は強い季節風と乾燥に帰結された。

(オ) 伊達市で2011年1～2月は福島市より放射性降下物量が少なかったのに、3～4月では、突然福島市の10倍にまで急上昇した。3、4月に実施された除染工事の影響であった可能性が高い。

(3) 福島県災害対策本部の平成24年2月6日発表

ア 前記3(2)(エ)で述べた、放射性降下物量が急上昇した件につき、福島県災害対策本部が「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」なる文書を発表した。同対策本部が当日に採取された試料を分析すると、他の日の採取試料と比べ、目視で確認できる比較的粒径の大きいじん埃から比較的高い濃度の放射性物質が顕出された。

当日は、昼過ぎから翌日明け方にかけて10m/sを超えるやや強い風が観測され、降雨雪はなく乾燥した日であった

イ 以上から、当日は空気が乾燥し、地表面の放射性物質を含むじん埃が乾燥し舞い上がりやすくなったところにやや強い風が吹いたため、放射性セシウムを含むじん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り高い濃度で検出されたものである可能性が考えられる。

なお、同発表は、その他で「仮に降下物に含まれていたじん埃を全て吸い込んだとしても、その被ばく線量は、1mSvの500分の1程度である」などと述べるが、後記のとおり、内部被ばくの危険性を適正に評価できないICRPのリスク計算を前提とした誤った考え方であることを念のため指摘しておく。

(4) 小括

福島第一原発からまき散らされた放射性微粒子は沈着と再浮遊を繰り返しながら原告らの元居住地の空間を循環しつづけており、その吸引による被ばくのリスクは今なお存続している。

4 放射性物質の吸引

- (1) 神戸大学の山内知也らの研究（甲D共241）によれば、2014年から2017年にかけて福島、茨城及び西日本の子どもの尿を調査したところ、西日本の子どもの尿中からセシウムは検出されなかったが、福島や茨城の子どもの尿中からはセシウムが検出された。そして、測定期間中、尿中放射性セシウム濃度は単調に減少するわけではなく、むしろ増加しているケースも見られた。
- (2) このことから、山内氏らは、福島や茨城の子ども達は継続的な放射性セシウムの摂取・吸引が続いていると指摘している。

第3 内部被ばくの危険性

1 原告らがさらされた内部被ばくのリスクは極めて重大であること

前記のとおり、本件事故により、大量の不溶性の放射性微粒子が放出され、福島県を中心に広範囲にわたって大気、土壌、水が汚染され続けている。

原告らは、主に放射性物質が循環する環境下において、呼吸や飲食などを通じて放射性物質を体内に取り込み、健康被害を生じるリスクを恐れて、避難をし、現在もなお避難を継続している。

このような内部被ばくのリスクは、極めて重大である。

以下では、まず放射性物質が放射線を放出するメカニズムについて概説した上で、外部被ばくのリスクとも比較しつつ内部被ばくのリスクについて論じる。

2 放射性物質が放射線を放出するメカニズム ～ 放射性崩壊

(1) 放射性崩壊

放射性崩壊とは、構成の不安定性を持つ原子核が、放射線（アルファ線，ベータ線，ガンマ線）を出すことにより他の安定した原子核に変化する現象である。放射性物質が放射線を出す原因はこの放射性崩壊にある。

(2) アルファ崩壊

原子核の核子の数が多すぎるために原子核が不安定となっている場合は、2個の陽子と2個の中性子からなるヘリウム原子核 4He （アルファ粒子）を放出する崩壊であるアルファ崩壊で安定になろうとする。

(3) ベータ崩壊

原子核の陽子と中性子のバランスが悪いために、核子（陽子または中性子）が他の核子に変化する放射性崩壊をベータ崩壊という。

主に、中性子が陽子に変化する。電荷を持たない中性子が、プラスの電荷を持つ陽子に変化するため、ベータ崩壊においては、マイナスの電荷を持つ電子が放出される。この放出された電子の流れをベータ線と呼ぶ。なお、陽子が中性子に変化する場合には、逆に電子が捕獲される。

(4) ガンマ崩壊

さらに、原子核の持つ余剰なエネルギーを電磁波として放出することで、原子核のエネルギー状態を安定化させる変化をガンマ崩壊と呼ぶ。放出される非常に波長の短い電磁波をガンマ線と呼ぶ。ガンマ崩壊では、アルファ崩壊・ベータ崩壊とは異なり、陽子や中性子の数は変化しない。

3 内部被ばくの危険性

(1) 内部被ばくとは

ア 内部被ばくとは，呼吸・飲食・外傷・皮膚等を通じて体内に取り込まれた放射性物質が放出する放射線による被ばくのことをいう（甲D共5・64頁）。

イ 内部被ばくは，体内に取り込まれた放射性物質が放出する放射線による被ばくという点で，体外にある放射性物質から発生した放射線による被ばくである外部被ばくとは異なる特質がある。

より具体的に述べると，内部被ばくの特質は，外部被ばくではほとんど問題にならないアルファ線やベータ線を出す放射性物質が，人体の臓器の細胞に沈着し，強いエネルギーを放出して直近の細胞を著しく障害することにある。これらの放射性物質は，血液やリンパにのって全身に運ばれ，臓器に取り込まれる。そして，臓器に集まった放射性物質は，それぞれの臓器の細胞に至近距離から放射線を放出する。ひとたび放射性物質が体内に沈着すると，体内被ばくが長期間継続することになる（以上，甲D共3・4頁・7頁・8頁，甲D共5・65頁，甲D共2・79頁，甲D共4・78頁）。

以下では，上述した放射性崩壊で放出される放射線の種類と特徴及び人体への影響を確認した上，内部被ばくがもたらす危険性について詳述する。

(2) 放射線の種類と特徴

放射線の種類と特徴については，準備書面1第2章第1第3項において，既に主張したところである。代表的な電離放射線として，アルファ線，ベータ線，ガンマ線等があるが，内部被ばくで特に問題となるのは，アルファ線とベータ線である。

ア アルファ線は、アルファ崩壊によって原子核から放出された陽子 2 個と中性子 2 個からなるヘリウムの原子核の流れである。

透過力は最も弱く、紙 1 枚でも阻止されてしまう。空気中ではわずか 4.5 ミリメートル、人体などを含む固体や液体の中では、40 マイクロメートル（0.04 ミリメートル）程度しか飛ばない。その代わり、非常に強いエネルギーを持ち、1 本のアルファ線が飛び出してから止まるまでに、およそ 10 万個の分子切断を行う（以上、甲 D 共 4・77 頁，甲 D 共 3・3 頁）。

イ ベータ線は、電子の流れであり、物理的には電子線と同じである。空気中では 1 メートルほど飛び、体内では 1 センチメートル程度しか飛ばない。

透過力はさほど強くなく、プラスチック板などで止めることができる。1 本のベータ線は、およそ 2 万 5 0 0 0 個の分子切断を行うため、エネルギーは、アルファ線ほどではないものの、ガンマ線よりは強い（以上、甲 D 共 4・77 頁，甲 D 共 3・4 頁）。

ウ ガンマ線は、アルファ線やベータ線のような粒子の流れではなく、放射性物質から放出される電磁波である。

透過性が高く、空気中で数十から数百メートルも飛び、人体やさまざまな物質を透過する。

ガンマ線は、アルファ線やベータ線に比べてエネルギーは弱いですが、貫通力が非常に強い。外部被ばくといわれるものは、主にガンマ線によるものである（以上、甲 D 共 4・77 頁，甲 D 共 3・3 頁）。

（3）放射線の人体への影響

ア 放射線の人体への影響については、準備書面 1 第 2 章第 2 において主張したとおり、放射線の電離作用による分子の切断がある。

イ 放射線によって分子が切断された場合の影響は、①分子が切られることにより細胞の生命機能が破壊されてしまう危険と、②切られた分子が間違っ
て再結合し、異常に変成された遺伝子を持つ細胞が生き延びることによ
る危険（異常再結合）である。②は、主として内部被ばくによる危険性で
あるが、①と②ではメカニズムは全く異なる。（以上、甲D共4・73
頁・74頁）。

ウ まず、①は大量被ばくの場合に生じるものである。多量の分子切断が生
じると、生命機能が破壊され、急性障害が発生する。外部被ばくで全身均
等に被ばくする場合も、内部被ばくで局所集中的に被ばくする場合も、生
命機能の破壊が急性障害として現れうる（甲D共4・73頁・74頁）。

例えば、脱毛、下痢、易出血症状（鼻血や紫斑など）が急性症状として
知られている（甲D共2・66頁）。放射線が、他の原子付近を通過する
とき、電子がはじきとばされて電離が起き、分子切断が起きる。放射線が
鼻粘膜を透過すれば、粘膜細胞で分子切断が起きて粘膜細胞が壊れ、鼻血
が出る。放射性微粒子が鼻粘膜に付着すれば、微粒子の周囲で集中的に放
射線の放出が生じることとなり、その結果鼻血を頻出しやすくなる。

エ これに対し、②は細胞の生命機能が勝って修復活動が進むものの、切ら
れたDNA分子が誤って結合してしまう場合である。誤った再結合がされ
てしまうと、遺伝子情報が誤って書き換えられてしまう。特に、内部被ば
くは、分子切断の密集度が高いため、より異常再結合のリスクが増大す
る。被ばくしたその人の体内で、誤って書き換えられた遺伝子を持つ細胞
が分裂を繰り返すと、がんなどの晩発性障害に至ると考えられている。晩
発性障害の例としては、がんの他、白血病、高血圧や糖尿病、心筋梗塞や
脳梗塞等の循環器系疾患、白内障、甲状腺機能障害など多数の疾病がある
（以上、甲D共4・74頁・79頁・80頁）。

(4) 内部被ばくの危険性

ア アルファ線，ベータ線による被ばくの危険性

前記のとおり，アルファ線，ベータ線の体内での飛行距離は非常に短い。他方で，両者はともに強いエネルギーを放出し，分子切断の数が多
い。アルファ線やベータ線を放出する放射性物質が体内に取り込まれて放
射性崩壊すると内部被ばくし，飛程距離が短いこれらの放射線のエネルギ
ーのほとんどすべてが体細胞で吸収され，体内で部分的に集中的に大きな
ダメージを受けることになる。いわば，透過力が弱く飛程距離も小さいと
はいえ，それがいったん体内に入ると放射性物質周辺の四方八方に強い放
射線を発するのである（甲D共4・81頁）。

特に，アルファ線は，短い飛程距離の中で，集中的に組織にエネルギー
を与えて多くの遺伝子を切断するのみならず，電離密度が大きいため，D
NAが死滅したり，異常再結合に追い込まれる場合が多くなる。

さらに，アルファ線に打たれなかった近隣にある細胞も遺伝子に変成さ
れてしまう（バイスタンダー効果）。そのため，アルファ線に打たれた後
には近接して多量の分子切断が生じ，生物学的修復作用の結果，誤った再結
合がされる遺伝子の変成確率が非常に高まる（甲D共4・75頁）。

イ 体内に取り込まれた放射性物質が局所的に蓄積することの危険性

放射性物質はその種類によって代謝で取り込まれる臓器が異なり，人体
への影響も異なる（甲D共3・7頁）。特に人工の放射性物質はそれぞれ
決まった臓器に集中する傾向にあり，放射性物質が蓄積された場所で局所
的に放射線を出し続けるため，その組織が放射線によって障害される。

本件原発事故で排出された放射性物質についてみると，例えば，ヨウ素
131は，血液中を移行して甲状腺に蓄積しやすく，甲状腺がんや甲状腺
機能障害を引き起こす原因となる（甲D共3・5頁，甲D共2・69
頁）。これは，哺乳動物は元来，天然の非放射性ヨウ素に適応して，それ

を甲状腺に集めて成長ホルモンを作るのに活用する性質を有しているため、これと似たヨウ素 131 をも同様に蓄積して体内から大きな被ばくを受けることになってしまうからである。特に成長ホルモンをより多く必要とする子どもや若年者ほど、甲状腺にヨウ素 131 を早く集めてしまうため、その影響は大きくなる。

また、セシウム 134 及び 137 は、浮遊しているものを呼吸により取り込む、土壤に沈着したものを植物が吸収し、それを人間が体内に取り込む、あるいは水に溶けたものを、飲料を通して体内に吸収することによって人体の中に入る。さらに、汚染された植物を摂取した動物のミルクや肉、汚染された海水等に生息する海藻や魚を通じて吸収される可能性もある。経口摂取されると、消化管から吸収されて血液中に入り全身に分布する。セシウムは、全身に分布し、筋肉にやや多く蓄積されやすいが、腎臓、心臓、肝臓、脳などにも滞留する（以上、甲D共2・70頁）。なお、セシウム 137 に被ばくすると、急性の心筋梗塞を起こしやすくなるという研究結果もある。

さらに、ストロンチウムは主に骨に蓄積しやすく、白血病や血液がん、血液をつくる機能に障害を与える（甲D共3・5頁）。ストロンチウムの化学的、物理学的性質はカルシウムと極めて類似している。このため、体内摂取されると、かなりの部分が骨の無機質部分に取り込まれ、これを除去することは困難であり、体内に長く残留するために内部被ばくによる影響が大きい。（甲D共2・70頁）。

加えて、プルトニウムは、アルファ線を放出し、主に肺に蓄積し、肺がんなどを引き起こす（甲D共2・5頁）。

ウ 内部被ばくによる影響の継続性

放射性物質が放射線を出して別の物質に変わり、放射性物質そのものが半分になることを「物理学的半減期」という。他方、体内に取り込まれた

放射性物質の量が代謝・排泄により体内で半分になるまでの時間を「生物学的半減期」という。

外部被ばくの場合は、線源から人体に対する放射線を遮断すれば放射線被ばくは止まる。ところが、内部被ばくの場合、人体内部に取り込んだ放射性物質が体内から代謝や排泄により排出されない限り、継続して被ばくし続けることになる。

半減期の期間は、放射性物質の種類によって異なり、人体の臓器や年齢によっても異なる（甲D共3・11頁・12頁）。

注意すべきは、半減期とは、あくまで特定の放射性核種の量がはじめの2分の1になるのに要する時間のことであり、半減期を過ぎれば放射線の影響がなくなるわけではないことである。半減期の2倍の期間が過ぎたとしても、当初の4分の1になるだけである。例えば、ヨウ素131の物理学的半減期は約8日であるが、放射能（放射線を出す能力）が1000分の1になるには約3か月かかる。

また、セシウム137の物理学的半減期は約30年、セシウム134は約2年、ストロンチウム90は約29年であり、それだけの期間を経過してようやく半分になるに過ぎない。

さらに、プルトニウム239（半減期2.41万年）がアルファ崩壊してウラン235（半減期7.04億年）に変わり、ガンマ崩壊してトリウム231（半減期1.06日）となり、トリウム231の崩壊でプロトアクチニウム231（半減期3.24万年）が生じ、崩壊が続いて最後は鉛207になるというように、特定の放射性物質が半減したとしても、別の放射性物質に変わるだけで、延々と放射線を出し続けることもある。そのため、放射性物質をひとたび体内に取り込んでしまうと、延々と臓器に放射線を浴びせられ続けるのである。

このように、放射性物質を体内に取り込んでしまうこと自体、非常に危険性が高く、そのリスクは一生をかけても拭い切れないものである（以上、甲D共3・11頁）。

エ 体内に取り込んだ放射性物質の放出する放射線全てに被ばくすることの危険性

上記に加えて、崩壊系列による被ばく線量が重なりあって増加することも問題である。すなわち、放射性原子はそのままの状態では不安定な原子であるため、放射線を放射しながら安定した状態へと変化していく。一つの放射性原子が放射線を放射するとその分原子はエネルギーを減少させるが、すぐに安定するわけではなく、安定するまで放射性崩壊をくり返し、放射線を放射し続ける。これを崩壊系列という。例えば、ヨウ素131の場合、ベータ線を放出してキセノンに変わり、同時にガンマ線を放出して安定に至る。

内部被ばくでは、体内に放射性物質を取り込んでしまうことにより、外部被ばくとは異なり、崩壊系列中の全ての放射線によって被ばくしてしまうことになる。外部被ばくにより、放射性崩壊時に放射されたガンマ線のみの影響を受けた場合と比較すると、上記ヨウ素131の例であれば、複数の放射線が重複することによって、約4.5倍のエネルギーをもって分子切断を行うことになるのである（以上、甲D共4・82頁）。

（５）内部被ばくによる放射線の間接的影響

内部被ばくによる放射線の間接的影響として、放射線によって発生した活性酸素及びフリーラジカル（酸素分子及び水分子さらには窒素分子の一連の還元種、過酸化水素、過酸化脂質、オゾンなど）を体内に発生させたり、免疫システムを阻害したりすることがわかっている。

また、これらによって、感染症の危険が増大したり、動脈硬化、白内障、認知症、がん、腎臓疾患、炎症、免疫反応の障害など多様な疾患を発症させる原因となり、また老化が早くなる原因となることなどが指摘されている。

(6) 小括

以上のように、内部被ばくでは、外部被ばくではほとんど起こらないアルファ線やベータ線による被ばくが引き起こされる。これは、ガンマ線による外部被ばくと比較すると、局所的な被ばくであるために、分子切断の範囲が狭く、放射線到達範囲内の被ばく線量が大きくなる。そして、高密度な被ばくとなるために、DNAの死滅や異常再結合が多く生じてしまう。そのうえ、ひとたび放射性物質が体内に取り込まれると、局所的に蓄積し、長期間にわたり被ばくをし続けることになる。内部被ばくは、このような特徴を有しており、人体に対して取り返しのつかない被害をもたらすという極めて重大で深刻な危険性がある。

第4 内部被ばくのリスクが過小評価となっている可能性があること（甲D 共239）

1 従来の内部被ばくのリスク評価の問題点

(1) ICRPの想定する内部被ばく

ア ICRPは、被ばくの評価について、放射性物質がイオン化した単独の放射性原子として、均一に環境を汚染し、体内に取り込まれた時も、放射線原子の1つ1つが分離した形で体内に広がると仮定している。

イ 前記（第3の3項(4)イ、ウ）のとおり、ICRPは、放射性物質の粒子が体内に入ると、それぞれの物質の特性に従って各臓器に分布するとする。例えば、ヨウ素は甲状腺に、ストロンチウムが骨に集中するというように、年齢ごとの放射性物質の体内動態に従い、各臓器の濃度が割り当て

られている。そして、生物学的半減期と呼ばれる期限に従い、体外に排泄されるとする。

ウ しかし、放射性物質が体内に取り込まれ、体内で付着した場合、ICRPの想定する代謝過程とは全く異なり、体内に蓄積し、その粒子が存在する箇所だけが、局所的に集中し、長期間にわたり、被ばくをすることになる。かかる不均一な被ばくが、放射性粒子による被ばくの特徴である。

特にアルファ線を出す不溶性放射性物質の粒子は、ベータ線やガンマ線の生物学的効果比が20倍ということもあり、大きな問題となる。

エ かかる内部被ばくの特徴については、IAEAも、2011年（平成23年）「Radioactive Particles in the Environment: Sources, Particle Characterization and Analytical Techniques」（環境における放射性粒子：発生源、粒子特性及び分析法）（IAEA-TECDOC-1663）で触れている。

同書籍の冒頭には、「長年、放射性粒子は、核兵器や核実験、核燃料施設により、環境中に放出されてきた。しかし、環境中の放射能やそれに関連する評価は、あたかも放射性物質が単一のイオン化した放射性核種で、均一に分布しているかのように仮定し、放射エネルギーや表面線量の平均値を基礎にして評価してきた」、「環境中の放射性粒子が、放射線量を測定しようとする検体中に、無視できない破片としてつどつど混在している。しかし、その検体がよもや不均一な性質を持っているなどとは考えていない。その結果、データは偽りや間違った測定データであったりすることが、当たり前のように認識されてこなかったのである。さらに、輸送や生体に対する影響についても、放射性粒子と化学形やイオン化した放射性物質では、本来、異なっていることを殆ど無視し、評価してきた。」（甲D共242の1・2）と記載され、ICRPの被ばく評価の不備を指摘している。

（2）不溶性放射性物質の体内沈着

ア 広島の実験被ばく者

(ア) 鎌田七男らは、広島原爆の爆心地から4, 1 km地点で被ばくし、原爆の初期放射線推定線量が0であったにもかかわらず、その後がん罹患した者について、手術により切除された組織中の放射線飛跡数を調査することにより、広島原爆の被ばく直後に遭遇したフォールアウトによる内部被ばくが種々の疾病の出現に起因しているかどうかを研究した。

(イ) 研究対象者は、被ばく当時29歳であり、53年後の82歳当時に右肺がん（中分化型腺がん）と胃がん（低分化型腺がん、一部に印環細胞）、55年後の84歳当時に大腸がん（回腸部、高分化ないし中分化型管状腺がん）と診断された者であった。

この研究においては、切除組織を病理スライド上に感光された放射線飛跡数を、肺がん部組織、肺非がん部組織、近接リンパ組織でそれぞれ求め、単位 cm^3 あたりのベクレル量を算出した。

(ウ) その結果、肺組織内貪食細胞を飛跡源として、アルファ線飛跡が確認された。各組織でのアルファ線放出核種の放射能濃度は肺がん部 $0.00495 \pm 0.000089 \text{ Bq} / \text{cm}^3$ 、肺非がん部 $0.00048 \pm 0.00049 \text{ Bq} / \text{cm}^3$ 、近接リンパ節組織はバックグラウンド以下となった。

この数値より、原爆被ばく時より肺がん発症までの53年間における等価線量 (S_v) を求めたところ、肺がん部組織 $1.218 \pm 0.219 S_v$ 、肺非がん部組織 $0.117 \pm 0.120 S_v$ となった。肺がん部組織では、肺非がん部組織より約10倍高い放射線量であった（甲D共243図2）。

(エ) このように、鎌田氏らの研究により、広島フォールアウト地域患者より、がん組織内に有意に増加したアルファ線飛跡が確認され、それは貪食細胞内に取り込まれた広島原爆ウラン235の可能性が高いことが強

く示唆されるとともに、がん組織における被ばくから53年間の等価線量が1, 2 mSvと推定された。

イ 長崎の原爆被ばく者

また、2010年、七條和子（長崎大学大学院医歯薬学総合研究科原研病理）らは、長崎で被ばくして1945年に死亡した被ばく者の臓器標本から、被ばくから65年経った2010年当時もプルトニウム（生物学的半減期は、骨で50年、肝臓で20年）由来のアルファ線の放出が確認されたことを報告している（甲D共7）。

ウ 福島原発労働者の体内に確認された放射性物質

（ア）放射線医学総合研究所において、事故直後に原子炉の中央制御室で監視業務等にあたり、被ばく線量が特に高かった作業員7名について、年に数回検査を行い、体内のセシウム137などの量を測定したところ、作業員らのセシウム量は、事故後約2年間こそ、肺から血液へ溶け込み、尿などを通じた排出により、70～100日ごとに半減していくという予測通りに減少していたが、2013年の半ば頃から減り方が鈍くなったという調査結果を発表した（甲D共244の1, 2）。

この調査結果については、セシウムの一部が水に溶けにくい化合物になり、肺に長くとどまるためではないかとの推定がされている。

（イ）ICRPの考え方においては、放射性セシウムは、800日で99.9%は排泄されるところ、1000日を越えてもセシウムは体内に残存しており、原発労働者らは、残存するセシウムから出る放射線で、被ばくし続けていることになる（甲D共239）。

（3）ICRPの内部被ばくのリスク評価の問題点

ア 内部被ばくによる影響を考えるための評価として預託実効線量がある。前記のとおり、体内に取り込まれた放射性物質の放射能は、有効半減期により減少していく。取り込まれた放射性物質の代謝や排泄の速度

が決まっていると考えれば、放射性物質を取り込んだ時点で、その後の被ばく線量が決まると考えられている。

イ そこで、ある核種について、ある組織・臓器が一定の期間に被ばくする等価線量を計算し、全ての組織の総和を求めたものが、預託実効線量である。期間については、小児では摂取時から70歳までの年数、それ以外は50年間とされる（甲D共2・82頁）。

ウ しかし、前記のとおり、福島第一原発事故で被ばくした労働者7名の放射性セシウムの予測実効半減期が、事故後800日を経過した時点から、乖離が見られるようになっており、吸入した放射性物質が水溶性か不溶性か、取り込まれた部位がどこかによって、予測半減期どおりにはならない可能性があることが示されている（甲D共244の1，2）。

つまり、予測半減期通りに吸入した放射性物質が半減しないのであれば、前記預託実効線量の考え方の前提は崩れる。放射性物質を取り込んだ時点で、その後の被ばく線量を定めることは困難であるから、内部被ばくの長期的な被ばくリスクを、初期被ばくの線量の大小によって、正しく評価することは困難と言える。

2 ホールボディカウンターでは適切な測定ができないこと

- (1) ホールボディカウンターは、体内にある放射性物質から体外へ放射される放射線を直接測定するものであり、透過力の高いガンマ線の計測はできるが、透過力が弱く体外に放射されないアルファ線、ベータ線を測定することは困難である（甲D共2・84頁）。従って、放射性セシウム137が分裂の過程で放出するベータ線による内部被ばくは、ホールボディカウンターでは、ほとんど測定できていないことになる。
- (2) また、放射線測定は時間が長ければ長いほど精度が増すところ、住民に対するホールボディカウンター検査は、前述の7名の原発労働者に対する検査よ

りも、精度の低い測定器で行われ、しかも測定時間も5～10分と短時間であっただけでなく、200～500Bq以下は測定困難で切り捨てられた。

比較的低線量においても、放射性物質が体内に残存しているかどうかは重要なのであり、体内に沈着しているのであれば、長期間にわたり体内で被ばくし続けることになる可能性がある。さらに、不溶性放射性粒子による被ばくであれば、原爆による被ばく者の例のように、その粒子の周囲が集中して高線量の被ばくをする可能性がある（甲D共239・24頁）。

（3）このように、住民に対するホールボディカウンター検査の結果は、これらのリスクを適切に評価できるものではない。

3 WG報告書は内部被ばくの評価につき極めて曖昧な議論しか行っていないこと

（1）WG報告書にはその注釈において「放射線の感受性を定めるに当たっては、性と年齢について平均化して検討している。そのため、実際のリスク値は、子どもの方が高い等の変動を含みうる。」（乙D共31・5頁）と記載されている。

かかる記載部分を検討したWGの第7回会議議事録（甲D共245）では、次のようなやりとりがなされている。

（細野大臣）

内部被ばくが外部被ばくと全く同等に比較できるものだというのは、私がずっと持っていた疑問の1つで、ここでかなりわかりやすく説明をしていただいていと思うのです。あえてそれでも、ちょっと疑問を投げかけて、お答えをいただければ幸いなのは、例えば核種ごとにいろいろと、係数のようなものを掛けて、それぞれの核種ごとに影響を測っているわけですね。これはもう確たるものなのか、変わり得るものなのか。つまり、（例えばプルトニウム、ストロンチウム、セシウム、いろいろあるわけですがけれども、実

はそれは、思った以上の影響がある核種については、これから出てくる可能性があつて、そういうリスクはないと。) 確たる係数なり、計算の仕方というのは間違いのないものだと本当に言い切れるのかどうか、そこについては、この説明を受けてもいまだ全く払拭できないのですけれども、どんなものなのでしょうか。

(丹羽太貫氏)

これはあくまで数値で、これは実際の吸収線量から計算して、線質係数や織荷重係数で重み付けをしています。吸収線量は絶対なのです。これはまず間違いない。…

その次の問題としては、子どもさんなんかも、個人によって排泄する速度が変わります。そのバリエーションは入っていないから、そこでまず実際のSvに直す過程で、不確実性がある。それから一番大きいのは、そのところで使っている組織加重係数です。この荷重は、30代の方の平均の数値でやっているのです。子どもさんで出るがんの種類と、50歳で出るがんの種類は違うのですけれど、それを全部ならした形で使っているので、これはある意味で言うと、非常にばらつきが多い。しかもこれは被ばく者の方、日本人に特化した数値からスタートしまして、それを西洋化しているという非常に複雑な考え方を使っていますし、またそれに加えて、2つの異なるモデルを、バランスを取りながら入れ込んでいるという、非常に複雑なやつです。だから、これは下手したら、数倍はすぐぶれるというふうなものである。ただ、それを含めて考えても、実際これが、1mSvであるのが10mSvになる、0.1になるとか、そういう変動である限りは余り気にする必要がない。」

(2) かかるやりとりにおいて、内部被ばくのリスク評価には不確実な点が多く、数値を算定するにもかなりの幅が認められること、それにもかかわらず1ミリシーベルトと10ミリシーベルトとの間に大差がないとの発想が

ワーキンググループ内において存することが明らかとなっており、内部被ばくの影響の議論としてはかなり大雑把な整理しかなされていないことが分かる。

4 小括

以上のとおり、本件原発事故においては、不溶性の放射性物質が関東一円にまで放出されている。放出された放射性物質の形状は様々であるが、ウランを含むものや、 $1\ \mu\text{m}$ 以下の粒径の細かな微粒子も発見されている。かかる粒子を、体内に吸引した場合、局所的な被ばくを長期間にわたって受ける可能性がある。

しかし、ICRPの従来の線量の評価は、生物学的半減期の考え方に従い、一定期間で体内から排出されることを想定しており、不溶性放射性微粒子が、体内に付着した場合の局所的な被ばく形態は想定されていない。そして、原爆被ばく者や原発作業員の例を見ても、現に長期滞留の事実を裏付ける研究結果も示されており、内部被ばくの長期的な被ばくリスクを正しく評価することは困難である。かかる状況のもとでは、被告らが掲げる内部被ばくの人体に対する影響に対する評価は、過小評価となっている可能性があり、原告らが避難元に居住し続けることによって被ばくによる健康被害がないことが明らかであるとはいえない。

第5 内部被ばくによる健康影響は科学的にも一定の承認を得ており、判例でも採用されていること

1 原爆症認定集団訴訟

広島及び長崎への原爆投下による被ばく者（「直爆者」・「入市者」・「救護、死体処理に当たった者」・「胎児」に該当し、かつ、被ばく者健康

手帳を有する者）は、原子爆弾による放射線が原因となって疾病や傷害が生じた場合、厚労大臣が「原爆症」と認定すると、当該疾病ないし傷害の治療にかかる医療費につき国の負担となり、加えて、「現に医療を要する状態」が続く期間に「医療特別手当」（１３５，１３０円）を受給することができる。

原爆症との認定を受けるには、放射線起因性と要医療性の二つの要件を充足する必要があるところ、国は、原爆症認定申請者のほとんどに対して原爆症との認定を行おうとせず、独自の認定基準によって上記の二要件に該当しないとして被ばく者を不当に切り捨ててきた。

そこで、平成１５年から全国１７地裁に提起されたのが、いわゆる原爆症認定集団訴訟である。

２ 原爆症認定集団訴訟において内部被ばくの人体に対する影響が認められてきたこと

原爆症認定集団訴訟において、国は、原爆爆発から１分以内に発せられた初期放射線のみを考慮して、被ばく者が浴びた放射線量が一定のしきい値を超えない場合には疾病が生じることはないと主張した。

しかし、裁判所は、被ばくの実態を真摯に受け止め、国の主張を排斥して、いわゆる入市被ばく者（原爆投下より一定期間を経て爆心地付近に入り被ばくした者）や遠距離被ばく者（爆心地より遠く離れた場所において被ばくした者）に生じた疾病も、原爆放射線、特に残留放射線（原爆の爆発後１分以後に被ばく者に到達した放射線で、放射性降下物から発せられるものと誘導放射性物質から発せられるものがある）による影響であると認めてきたのである。すなわち、裁判所は、被ばく者に、脱毛等の身体症状ないし疾病が生じる場合にしきい値は存在しない可能性があることと、低線量での内部被ばくの人体への晩発的影響の可能性を認めた。

例えば、大阪地方裁判所平成25年8月2日判決では、「①ガンマ線の線量は線源からの距離に反比例するから、同一の放射線核種による被ばくであっても、（線源が体内にある内部被ばくにおいては）外部被ばくより被ばく量は大きくなる、②外部被ばくではほとんど問題とならないアルファ線やベータ線を考慮する必要がある、しかもこれらは飛程距離が短いため、そのエネルギーのほとんど全てが体内に吸収され、核種周辺の体内組織に大きな影響を与える、③放射線核種が体内に沈着すると、体内被ばくが長期間継続することになるといった外部被ばくと異なる特徴があり、一時的な外部被ばくよりも身体に大きな影響を与える可能性がある」と指摘する見解もある」として内部被ばくの危険性を指摘し、「内部被ばくにおける機序については必ずしも科学的に解明、実証されておらず、また、低線量放射線による継続的被ばくが高線量放射線の短時間被ばくよりも深刻な障害を引き起こす可能性について指摘する見解があり、このような科学的知見を一概に無視することはできない」として、内部被ばくにおいては低線量放射線によっても人体に深刻な影響を生ずる可能性があることを認めている（甲D共5・65頁及び66頁）。

以上のように、内部被ばくの危険性を前提に、被ばく者に主に残留放射線による内部被ばくを原因とした疾病が生じたと認めた裁判例（集団訴訟）は、高裁、地裁を含め、合計20箇所の裁判所にて合計30件にのぼる。

3 原爆症認定集団訴訟の判決を踏まえて「新しい審査の方針」で放射線に起因する疾病類型が明記されていること

なお、上記に述べた原爆症認定集団訴訟の判決を受けて、国は、平成20年に、認定に当たり判断の指針となる「新しい審査の方針」（甲D共246）を採用した。新しい審査の方針においては、上記判決を踏まえ、悪性腫瘍（固形がんなど）、白血病、副甲状腺機能亢進症、心筋梗塞、甲状腺機能

低下症、慢性肝炎・肝硬変、白内障については、一定の条件のもと、積極的に認定する疾病として明記されている。

4 小括

以上のように、原爆症認定集団訴訟の判決において、内部被ばくの危険性や低線量での内部被ばくが人体に及ぼす影響の可能性については、繰り返し判示されているところであり、既に裁判実務において確立しているといえる。

第6 結語

- 1 原告らが避難をし、また避難を継続することが合理的な社会的相当性を有するか否かの判断にあたって、内部被ばくの特性を無視することは許されない。相当因果関係の判断に当たっては、内部被ばくの特性を十分考慮した上で、原告がさらされた、あるいはさらされ得る内部被ばくのリスクを評価する必要がある。特に、避難の継続性については、現時点での生活環境内における内部被ばくの具体的なリスクを無視して判断することはできない。
- 2 特に不溶性の放射性微粒子が体内に侵入すれば、排泄により排出されることを前提とした生物学的半減期の考え方は崩れ、長期間にわたり体内に滞留し続けることで、人体に極めて深刻かつ不可逆的な影響を及ぼす可能性がある。

そして、本件原発事故によって、不溶性の放射性微粒子が広範囲に飛散したことは、様々な研究・調査結果より明らかになってきており、現在も、環境中に残存している可能性が高い。また、放射性物質が再浮遊し大気中を循環することも明らかになっている。

本件事故由来の放射性物質（微粒子）が原告らの生活圏に存在する限り、原告らがそこで生活を送れば、放射性物質を体内に取り込むリスクは確実に存在するのであって、従来のICRPの評価によっては、リスク評価が過小評価となっている可能性がある。

3 かかる状況のもとで，原告らが，内部被ばくによる健康被害から自らや家族を守るために避難し，さらに，避難を継続することを余儀なくされているのであって，避難行為やその継続には，社会通念上の相当性が認められるから，避難による損害は，本件事故と相当因果関係のある損害に他ならない。

以 上