

平成 26 年(行ウ)第 8 号

平成 27 年(行ウ)第 1 号

平成 28 年(行ウ)第 2 号

原告 原告1-1ほか

被告 国ほか

原告準備書面(71)

2019年5月9日

福島地方裁判所民事部 御中

原告ら訴訟代理人

弁護士

井 戸 謙



ほか18名

【凡 例】

号証	書 証	本文中の表示
丙 B2	国際放射線防護委員会の 1990 年勧告	【1990 年勧告】
丙 B3	国際放射線防護委員会の 2007 年勧告	【2007 年勧告】
甲 B71	「原爆被爆者の死亡率に関する研究 第 14 報 1950~2003 年:がんおよびがん以外の疾患」	【LSS14】
甲 B98	「放射線関連がんリスクの低線量への外挿」	【99 報告】
甲 B153	「低線量放射線リスクの科学的基盤—現状と課題 一」(「低線量放射線影響分科会」報告書)	【報告書】
甲 B158	プルトニウムという放射能とその被曝の特徴	【小出レポート】
甲 B159	Spatial pattern of plutonium and radio caesium contamination released during the Fukushima Daiichi nuclear power plant disaster	【プルトニウムレポート】
甲 B160	甲B178 号証の抜粋の翻訳	【翻訳】
甲 B161	「長崎原爆被爆者のプルトニウム内部被ばく」	【七條高辻レポート】
甲 B162	セシウム134	【セシウム 134】
甲 B163	セシウム137	【セシウム 137】
甲 B164	プルトニウム239	【プルトニウム 239】

名称	本文中の表示
プルトニウム239	Pu239
プルトニウム240	Pu240
キセノン133	Xe133
セシウム134	Cs134
セシウム137	Cs137
バリウム137	Ba137
福島第1原子力発電所	「福島第1」又は「FDNPP」
国際放射線防護委員会	ICRP
国際放射線防護委員会勧告(1977年1月17日採択)	Publication26
キロ電子ボルト	keV
メガ電子ボルト	MeV
ジュール	J

第1 本書面の要約

1 本書面の目的

本書面は、【プルトニウムレポート】(甲B159、翻訳「福島第一原子力発電所の災害時に放出されたプルトニウムと放射性セシウム汚染の空間分布」甲B160を中心)に論じている。

【プルトニウムレポート】では、Pu240/Pu239の原子数比が、飯館の場合、特異的な数値 0.645 ± 0.024 を示したことに注目し、この数値は、3号炉(又は使用済燃料ピットの爆発)から排出・拡散されたのは、Pu239だけではなくPu240も排出され、それが飯館地域において放射性降下物として検出されたということが述べられている。

そして、本書面では、プルトニウムは飯館に限定的に降下したと考えるべきではなく、飯館よりも遠方にも降下した可能性が高く、福島県内のどこにプルトニウムが存在してもおかしくないという前提の下で、住民の健康に配慮しなければならないということを論証している。

第2 プルトニウムの危険性

1 プルトニウムの危険性の根源

プルトニウムは天然には存在せず、人類が初めて作り出した放射性核種であり、かつて人類が遭遇した物質のうちでも最高の毒性を持つと言われる。その根柢は、プルトニウムが α 線を放出すること、比放射能が高いこと、そして体内での代

謝挙動にある(【小出レポート】1頁)。

2 α 線被曝

この世に存在するあらゆるものは、生命体を含め、原子・分子から成り立っている。分子は原子が結合したものであるが、その結合のエネルギーは数eV(1個の電子を1ボルトの電圧に逆らって移動させるために必要なエネルギーが1eV)である。一方、放射線のエネルギーはkeVあるいはMeVであらわされるように、分子の結合エネルギーの千倍、百万倍というような桁違いのエネルギーである。生命体に放射線が飛び込んでくれば、分子は簡単にその結合を破壊される。

ただし、一口に放射線といつても、レントゲンが発見したX線のほか、 α 線、 β 線、 γ 線、中性子線、重粒子線と言うように多種多様な放射線があり、それぞれ透過度が違う。X線や γ 線の正体は光であり透過度が大きい。そのため、X線や γ 線を放出する放射性核種が体外にあっても、人体は被曝する。また、 γ 線を放出する放射能を仮に体内に取り込んだ場合には、一部の γ 線は人体の外に飛び出して行ってしまうし、人体の広範囲を被ばくする。

一方、 α 線の正体はヘリウム原子核で透過力が著しく弱く、紙1枚あれば遮蔽できる。したがって、外部被曝に関し線は問題にならないが、逆に、 α 線を放出する物質を体内に取り込んでしまえば、その物質が存在しているごくごく近傍の細胞だけに濃密な被曝を与える。たとえば、Pu 239 の α 線のエネルギーは5.1MeVであり、組織中の飛程はわずか $45\mu m$ (100万分の45m)しかない。物理・化学的に被曝を計る場合の単位は「グレイ」であり、物体1kgが放射線から1Jのエネルギーを得た場合に相当する。しかし、生物的には放射線の種類によって透過度が違うため、エネルギーを受ける密度が異なり、影響の発現にも差が出てくる。

そこで、ICRP 等は、生物的な被曝を計る単位としては「シーベルト」を使うことにし、「グレイ」単位の被曝量に線質係数なる係数をかけて求めることになった。 γ 線と β 線に対する線質係数は1であり、 α 線に対しては20とするように定めた。すなわち、 γ 線や β 線の場合には、「1グレイ」は「1シーベルト」であるが、 α 線の場合には「1グレイ」は「20シーベルト」となる。同じだけのエネルギーを放射線から受ける場合でも、 α 線から受ける場合には γ 線や β 線から受けるよりも20倍危険だという意味である(【小出レポート】1頁)。

3 比放射能

放射能の強さは決められた時間にいくつの原子核が崩壊するかで測り、それを決めるのは原子核の質量数と崩壊定数(半減期とは逆数関係にある)である。

放射能の国際単位は「ベクレル」とされているが、「ベクレル」は1秒間に1個の原子核が崩壊する時の放射能の強さを表す。「比放射能」とは単位質量当たりの放射能の強さのことであり、質量数を M、半減期を T_{1/2}で表した場合、ベクレ

ルを単位とした比放射能は次の式で計算される。

$$A[\text{ベクレル/g}] = \frac{1.32 \times 10^{16}}{T_{1/2}[\text{年}] \times M}$$

半減期がこの式¹の分母にあるように、半減期 $T_{1/2}$ が短ければ比放射能 A は大きくなるし、半減期が長ければ A は小さくなる（代表的な放射性核種については【小出レポート】2 頁の表を、半減期と比放射能の関係については、3 頁の上の表参照）。例えば、ラジウムは質量数が 226 で、その半減期は 1600 年なので、1 グラムのラジウムがあれば、その放射能の強さは 370 億ベクレルである。

半減期が極端に短くなれば、放射能は極端に強くはなるが、その代わりすぐに消えてなくなってしまう。逆に半減期が極端に長ければ、いつまでたってもなくならない代わりに、放射能（1 秒間あたりの壊変数）は著しく弱くなる。

天然に存在する放射性核種のうち α 線を放出する核種の代表はウランやトリウムであるが、同じ放射能当りで比べれば、 α 線を放出する U235, U238 と Pu239 では、ほぼその毒性も等しい。しかし、Pu239 の半減期 2 万 4100 年は、U235（7 億年）や U238（45 億年）に比べて 4 衍も 5 衍も短いため、質量当たりの毒性（比放射能）で比べるとプルトニウムが圧倒的に高くなり、人類が遭遇した最高の毒物とも言われるようになったのである（【小出レポート】2 頁）。

4 不均等被曝の問題

プルトニウムを含め α 線を放出する放射性核種を吸入する場合には、肺中の不均等被曝の問題（ α 線が吸入された場合、肺中の一部分が局部的に集中して被曝するが、その被曝線量をどのように評価するかという問題）が生じる。

ICRP は、不均等被曝についても何の考慮も払わない（つまり均等被曝として扱う）との態度を示している²。しかし、そんなことで本当にいいのかというのがここでの問題提起である。

¹ 放射能の単位であるベクレルは、通常は一秒間の壊変数を意味するので、 $w[g]$ 中の放射能は、 6.02×10^{23} はアボガドロ数として、通常は以下のように表される。

$$\text{放射能}[\text{ベクレルs}^{-1}] = \frac{0.693}{T_{1/2}[\text{年}] \times 365 \text{ 日} \times 24 \text{ 時間} \times 60 \text{ 分} \times 60 \text{ 秒}} \times \frac{w(\text{質量g})}{M(\text{質量数})} \times 6.02 \times 10^{23}$$

ここでは 1 グラム当たりの放射能 A を導く式なので、右辺の w を左辺に移行すれば（両辺を w で割れば）、比放射能 $A[\text{ベクレル/g}]$ が導かれ、整理すると本文中の式となる。

² ICRP は Publication 26 で、線量当量 H を以下の様に定義している。

$$H = DQN$$

この式で D は吸収線量、 Q は線質係数、 N は「その他すべての修正係数の積」である。 α 線についての Q が 20 であることはすでに説明した。問題は「その他すべての修正係数の積」とされた N である。この係数に対して ICRP は「現在のところ、委員会は N に 1 という値をあてている」と述べ、不均等被曝についても何の考慮も払わない（つまり均等被曝として扱う）との態度を示している。

粒径 $1\mu\text{m}$ (100万分の1m)、比重10の酸化プルトニウム(PuO_2)粒子を考えると、その放射能量は 0.0106Bq となる。その粒子1個を吸い込み、それが肺中のどこかに沈着した場合の被曝量を考える。

$\text{Pu}239$ の α 線のエネルギーは 5.1MeV 、組織中の飛程は $45\mu\text{m}$ 程度である。言い換えれば、この粒子から被曝する肺の組織は粒子から半径 $45\mu\text{m}$ 以内のものだけであり、その重量はわずか $0.4\mu\text{g}$ でしかなく、その他の肺の細胞は被曝しない。

一方、ICRPの評価方法では、 1000g の重量を持つ肺全体で平均化した線量を計算する。両者の被曝量の計算結果を【小出レポート】4頁の表に示しているが、結果は9桁以上の違いにもなる³。

もとより、粒子が厳密に1箇所だけに固定されてまったく動かないということもありそもそもなく、ギーサマンの評価によれば、およそ $65\mu\text{g}$ 程度の細胞が被曝するという。その場合の評価も同表に示されているが、その場合でも ICRP の評価値とは7桁以上の違いがある(【小出レポート】3頁)。

5 原子炉プルトニウムの問題

プルトニウムの同位体のうち何と言っても重要なのは $\text{Pu}239$ である。軽水炉の場合、生成するプルトニウムのうち $\text{Pu}239$ が占める割合は重量で量って約6割、残りの4割はその他の同位体が占める(甲B183.表1)。その中には $\text{Pu}239$ に比べて半減期が短く比放射能の高い核種がある。例えば、 $\text{Pu}241$ は半減期14.4年、重量比は11.1であるにもかかわらず、放射能強度は425である(甲B183.表1)。

【小出レポート】5頁の表に軽水型原子力発電所で生じる代表的な組成の原子炉プルトニウムの危険度が示されている。たとえば、 $\text{Pu}238$ は原子炉プルトニウム中でわずか2%しか占めず、 $\text{Pu}239$ の約30分の1である。しかし、その半減期が $\text{Pu}239$ の半減期の300分の1であるため、比放射能は逆に300倍強く、結果的に原子炉プルトニウムでは $\text{Pu}238$ の α 線強度は $\text{Pu}239$ の10倍になる(【小出レポート】4頁)。

³ 吸収線量は、吸収する物質単位質量当たりの吸収されるエネルギーの割合であり、単位は、ジュール(又はeV)/質量(g)。

したがって、 α 線のエネルギー 5.1MeV が、 $0.4\mu\text{g}$ の組織が吸収するのか、 1000g の組織が吸収するのか、どちらで計算するかは吸収線量の数値に重大な差異をもたらす。

$0.4\mu\text{g}$ の組織が吸収すると考える場合には、

$$5.1\text{MeV}/0.4\mu\text{g}=1.3\times10^{13}(\text{eV/g})$$

他方、 1000g の組織が吸収すると考える場合には、

$$5.1\text{MeV}/1000\text{g}=5.1\times10^3(\text{eV/g})$$

その差は、

$$[1.3\times10^{13}(\text{eV/g})]/[5.1\times10^3(\text{eV/g})]=2.5\times10^9$$

本文中で「結果は9桁以上の違いにもなる」というのは、此の事を言っている。

第3 プルトニウムとセシウムの空間分布に関する研究報告

1 【プルトニウムレポート】(甲B159、訳文B160)の内容

概要次のように説明されている。

福島第1原子力発電所(以下「福島第1」という。)の災害(以下「本件事故」という。)後、プルトニウム、Cs134、Cs137の空間調査が定期的に行われてきた。そして著者らの超微量分析によって、環境試料中に福島第1のプルトニウムの痕跡(a FDNPP Pu signature)が明らかになった。その痕跡は、既に報告されていたものよりさらに遠くから採取されたものである。この試料から、プルトニウムの主要な源は、原子炉第3号機に起因するものと考えられる。

そして、セシウムについては、福島第一から見て北西地域では Cs134/Cs137 の原子数比は高く、Cs135/Cs137 のそれは低い。また、南西地域では Cs134/Cs137 は低く、Cs135/Cs137 は高いという結論がでた、というものである(以上は要約部分(甲B160.1枚目))。

特に、【プルトニウムレポート】では、Pu 240/Pu 239 の原子数比について論じ、飯館の特異的な数値 0.645 ± 0.024 を挙げる(同 2 枚目には“except one anomaly (Iitate), 0.645 ± 0.024 ”とある。)。3 枚目の 6 つの分布図の左下の「緑色のマークは、Pu240/Pu239の原子数比0.64という特異的な数値を強調している。」(同 3 枚目の図1の翻訳)。

2 Cs134/Cs137 の原子数比が意味するもの(多重被曝)

Cs134 は核分裂では生成せず、Cs133 は中性子を捕獲することによって人工的に生成される核種である。原子力発電所の運転においては、核分裂生成物である Xe133(半減期 5.2 日)が345keVのβ線を放出して壊変し、Cs133 になり、Cs133 は中性子を捕獲して Cs134 となる。Cs134 は 658keV の β 線を放出する(甲B162)。

Cs134 が環境中に存在するということは、環境中に Xe133 が存在するということであるから、そのような環境中で生活する場合は、Xe133 を体内摂取することによって、Xe133 と Cs134 それぞれの β 線を内部被曝することになる。また、Cs137 は、514keV の β 線を放出して Ba137 に壊変するが、その過程で 662keV の γ 線も放出する。

Cs137 は核分裂生成物であり、原子炉内部の核燃料の分裂から直接に生成する。しかし、Cs134 は Xe133 という放射性核種の壊変を経由するので、Cs134 の存在比が比較的大きいということは、Cs134 が生成される過程で他の放射性核種も多数存在するということである。したがって、Cs134 の存在する環境中に生活する場合には、当然に Xe133 等、セシウム以外の放射性核種も体内摂取していると考えなければならないから、壊変の過程で複数の

放射線に多重に被曝することになる。

3 飯館の Pu240/Pu239の原子数比が極めて高い

【プルトニウムレポート】は、既に報告されていたものよりさらに遠方で採取された環境試料から福島第1のプルトニウムの痕跡が示されたこと、それが3号機(使用済燃料ピットの爆発)に起因するものと考えられること、特に、Pu240/Pu239の原子数比が、特異的な(anomaly)数値 0.645 ± 0.024 を示していることを強調する(【翻訳】2枚目)。

Pu240 の存在比が高いということは、1号機、2号機からのプルトニウムの排出に加えて、Pu239 が燃料として含まれている Mox 燃料を装荷している 3号炉からの排出(Pu239 に中性子が取り込まれて Pu240となる。)が加わっているからである。

4 福島第1から30キロメートル以遠の飯館でプルトニウムの採取された事実が示す意味

飯館は、福島第1から30キロメートル以遠の地域であり(【翻訳】3枚目左下の図参照)、重金属のプルトニウムが同地域において採取されるということは、3号機(使用済燃料ピット)の爆発が強烈であったことを意味する。

【七條高辻レポート】(甲B161)は、「これまで、原爆爆心地付近では強烈な上昇気流のため、プルトニウムが存在していないというのが常識でしたが、被爆距離1km以内で被爆して死亡した長崎原爆被害者のサンプルから、世界で初めて爆心地付近でプルトニウム内部被ばくがあることを示しました。」(1枚目本分2行目~)と指摘する。

長崎原爆ではプルトニウム原爆が使用されたが、プルトニウム粒子は強烈な爆風で上昇気流に乗って拡散され、爆心地付近では存在しないと考えられていたが、爆心地から1km以内で死亡した被爆者の臓器からプルトニウムによると考えられる α 線の飛跡が確認されたことによって、爆心地から1km以内でもプルトニウムが存在することが明らかになったという意味である。

要するに、核爆発や原子炉からの放出の場合には、プルトニウムという重金属であっても、爆発地点や放出地点からの距離にはさほど左右されないで広範囲に拡散されることであるから、福島第1の場合も、飯館だけに限定的にプルトニウムが降下したと考えるべきではなく、飯館よりも遠方にも降下した場合も想定しなければならないということである。

詳細は、今後の調査と研究によるが、地域住民の健康障害を防止するという観点からは、特に福島県内のどこにプルトニウムが存在してもおかしくないという前提の下で、住民の健康に配慮しなければならないと考える。

第4 七條・高辻研究

1 七條・高辻氏研究の背景

七條・高辻氏の研究について、【七條高辻レポート】(甲B161)は次のように紹介する。

福島第一原発事故後7年を迎えた日本では、放射線の作用が、腫瘍発生・腫瘍制御に関する研究の中で最も関心事となりその基礎的研究の重要性が増している。七條氏をはじめとする研究グループは既に、長崎原子爆弾の核燃料であるPu239由来の α 粒子飛跡を近距離被爆者の70年前の病理標本上に確認し、内部被ばくの科学的証拠を初めて示した。

平均組織吸収線量は従来のリスク評価による外部被ばく線量と比較すると(つまり、均等被曝したとの仮定で計算して比較すると)ごく僅かで、それ自体は人体に大きく影響する値ではないと考えられていた。しかし、今回、 α 粒子の飛跡周辺細胞では遺伝子不安定性が増すことに着目し、 α 粒子が細胞核を通過する際の細胞核の吸収線量を算出したところ(「第2」の4で指摘した不均等被ばくとして計算すると)、高値を示し、局所的な高線量という点においては福島第一原発事故におけるセシウムボールの問題と類似していることが明らかになった。

2 七條・高辻論文の内容

1945年8月9日長崎に投下されたプルトニウム原爆は24年経った長崎の土壤中に残留プルトニウムが存在することが報告されていたが、七條・高辻の研究グループは、原爆被爆者の人体内にプルトニウムが残存することを見出した(【七條高辻レポート】の2枚目 Fig.1)。

今回、 α 線による内部被ばくに特異的である局所的に高い吸収線量による細胞レベルの生物効果に着目し、 α 粒子飛跡末端近く(Bragg peak)における細胞核の線量を算出した結果、その α 粒子が当たった肝細胞の核では1.29Gy(1290mGy)、血管内皮細胞核では3.35Gy(3350mGy)と高線量(数千mGy)を示した。このことは、内部被ばくにおける細胞局所への影響の重要性を示すものである(同Fig.2)。

第5 結論

1 Pu240の毒性はPu239を凌駕する

上記2のとおり、Pu239由来の α 粒子による内部被ばくは局所的に数千mGyという高線量を示すが、飯館のPu240/Pu239の原子数比が極めて高いという場合には、Pu239の内部被ばくに、更により毒性が強いPu240の内部被ばくによるリスクが加わる。

【小出レポート】によれば、毒性を示す比放射能の大きさは半減期の長さに反比例するから、U235(7億年)やU238(45億年)に比べて4桁も5桁も短

い半減期(2万4100年)を有するPu239は、他のプルトニウムに比較して、「毒性が圧倒的に高くなり人類が遭遇した最高の毒物」といえる。

ところが、Pu240の場合(α 線のエネルギーはPu239とほとんど同じ5.1MeV)、半減期は6,564年(【プルトニウム239】表1)であり、Pu239の半減期2万4100年のおおよそ4分の1という短さであるから、Pu239に比べても、その比放射能は各段に高くなる。それは、【プルトニウム239】表1の重量比からも説明が可能である。同表によると、重量比でPu239が59.3%、Pu240が24%であるにもかかわらず放射能強度では逆転し、Pu239が1.4、Pu240が2.0となっているからである。単純に計算してもPu240は、Pu239の数倍の放射能強度を有していることになる。

【小出レポート】は、Pu239について、「人類が遭遇した最高の毒物」だと評価したが、Pu240はPu239を凌駕する最悪の毒性を持っていることができる。そしてPu240/Pu239の原子数比が極めて高いということは、Pu239による汚染にPu240による汚染が累積されているということであるから、そのような居住環境にいる場合、健康障害のリスクが極めて危険な状態にあることを意味する。

上記「第3」の4において、「飯館だけに限定的にプルトニウムが降下したと考えるべきではなく、飯館よりも遠方にも降下した可能性も否定できない」と指摘したとおり、そのような危険な状態は飯館に限定されているのではなく、広範囲に及ぶと考えなければならない。

2 結論

- ① Pu240の毒性がPu239の毒性をはるかに凌駕する最悪の物質であること(「第2」の3)
- ② 福島第1から30km以遠の飯館においてPu240/Pu239の原子数比が 0.645 ± 0.024 という高数値を示しており(「第3」の3.)福島第1から飯館を超えた遠方にもPu239だけでなくPu240も多量に降下した可能性を考慮しなければならないこと(「第3」の4.)
- ③ Pu240やPu239が放出する α 線による内部被ばくの被曝線量は細胞レベルの生物効果に着目すると数千mGyの桁数となること(「第4」)
- ④ 環境中のCs134の存在はXe133その他の核種が存在していたことを意味し、既にそれらの体内摂取によって原告らは多重の内部被ばく(多重被曝)をしている可能性が高いこと(「第3」の1.2.)等の事実からしても、原告ら子供たちは健康リスクの極めて高い状況にいることが明らかである。

以上