



平成30年（ワ）第237号、令和元年（ワ）第85号

「浪江原発訴訟」損害賠償請求事件

原告 原告1 外223名

被告 国、東京電力ホールディングス株式会社

準備書面(5)

～被ばくによる健康影響についての知見～

令和元（2019）年10月31日

福島地方裁判所第一民事部 御中

原告ら訴訟代理人	弁護士	日置雅晴	
同	弁護士	濱野泰嘉	
同	弁護士	松田耕平	
同	弁護士	佐々木学外	

目次

第1 はじめに	6
第2 用語等	6
1 放射線等	6
(1) 放射線、原子、原子核、電子、陽子、中性子	6
(2) 放射線の働き	7
(3) 放射線の種類	7
(4) 放射線・放射能の単位	8
ア グレイ	8
イ シーベルト	9
ウ ベクレル	9
(5) 放射能・放射性物質	9
2 放射線が人体に及ぼす影響	10
(1) D N A	10
(2) 放射線の作用、ラジカル	10
(3) 細胞への影響	11
(4) 放射線によるD N A傷害の特性	11
(5) 高L E Tと低L E T	12
(6) バイスタンダー効果	13
3 被ばく等	13
(1) 被ばく	13
(2) 外部被ばく	13
(3) 内部被ばく	14
(4) 半減期	14
ア 生物学的半減期	14
イ 物理学的半減期	15

ウ　生物学的半減期及び物理学的半減期の期間.....	15
4　被ばくによる健康への影響.....	16
(1) 身体への影響.....	16
ア　確定的影響	16
イ　確率的影响	17
(2) 身体への障害.....	17
ア　急性障害	17
イ　晚発障害	17
ウ　その他障害	18
(3) 低線量被ばく	18
(4) LNTモデル.....	19
第3　被ばくによる健康影響についての知見	19
1　放射線の人体への影響	19
2　外部被ばくの危険性	21
(1) 外部被ばくとは	21
(2) 外部被ばくの人体への影響（急性症状の場合）	22
ア　放射線の影響に敏感な箇所	22
イ　胎児や新生児などが放射線の影響を受けやすいこと	22
ウ　外部被ばくの被ばく線量と死亡原因との関係性	22
エ　骨髄への外部被ばくによる放射線の影響	23
オ　消化器官の内壁細胞への外部被ばくによる放射線の影響	23
カ　皮膚への外部被ばくによる放射線の影響	23
キ　生殖器等への外部被ばくによる放射線の影響	24
ク　白内障が外部被ばくによる放射線で引き起こされること	24
(3) 過去の外部被ばくの例	25
ア　広島と長崎に投下された原爆	25

イ チェルノブイリ原発事故.....	25
ウ 茨城県東海村の J C O の事故	25
3 内部被ばくの危険性	26
(1) 内部被ばくとは	26
(2) 内部被ばくの特徴	27
ア アルファ線、ベータ線による被ばくの危険性.....	27
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	27
(ア) ヨウ素 131	28
(イ) セシウム 134 及び 137	28
(ウ) ストロンチウム.....	29
(エ) プルトニウム	29
ウ 内部被ばくによる影響の継続性	29
エ 体内に取り込んだ放射性物質が放出する放射線全てに被ばくすることの危険性	31
(3) 内部被ばくによる放射線の間接的影響.....	32
(4) 原爆症認定集団訴訟等	32
ア 原爆症認定集団訴訟.....	32
イ 判決で内部被ばくの人体に対する影響が認められてきたこと	33
ウ 小括	34
4 低線量被ばくの危険性	34
(1) 低線量被ばくとは	34
(2) 低線量被ばくについての一般的な知見.....	34
ア 低線量被ばくと LNT モデル	34
イ LNT モデルの内容	35
ウ LNT モデルの科学的妥当性	36
(ア) ICRP が LNT モデルを支持していること	36
(イ) ICRP が LNT モデルを支持する科学的根拠.....	37

(ウ) 広島・長崎の寿命調査報告 (LSS) の低線量被ばくとがんリスクのデータ	38
(エ) 原子力関連労働者の低線量被ばくとがんリスクのデータ	40
(オ) ムラサキツユクサの突然変異	41
(カ) 米国科学アカデミーも LNT モデルを支持していること	42
エ 小括	42
(3) 低線量被ばくに関する具体的な事例と知見	43
ア がん	43
(ア) チェルノブイリ原発事故後に子どもの甲状腺がんが激増したこと	43
(イ) ベラルーシでの乳がんの増加	46
(ウ) 本件原発事故後に福島県内の子どもの甲状腺がんが急増していること	47
イ 白血病	47
(ア) 広島・長崎での白血病	47
(イ) キエフでの白血病の増加	48
(ウ) 稼働中の原発周辺でも子どもの白血病などが増加していること	49
a ドイツで原発周辺の子どもの白血病等が増加していること	49
b 世界中でも原発周辺の子どもの白血病等が増加していること	50
c 原子力産業労働者の白血病のリスクが上昇すること	51
ウ 遺伝子への影響 (ベラルーシで生まれてくる子どもの形態異常の発生率の増加)	
エ その他の疾患	53
(ア) 本件原発事故後に福島県内の被災地域で周産期死亡が増加したこと	53
(イ) 原爆症認定集団訴訟で多くの判決が低線量被ばくと健康被害との因果関係を認めていること	54
(4) 小括	54
第4 結語	55

第1 はじめに

原告ら浪江町民の多くは、本件原発事故による外部被ばく及び内部被ばくによって、いわゆる低線量被ばくをした。

原告らは、本件原発事故により被ばくしたことで、健康被害が生じるのではないかと恐怖し、不安を抱いている。

この点、外部被ばく、内部被ばく、低線量被ばくにより健康への影響が生じることは、一般的な知見において明らかである。

本準備書面は、訴状126～139頁に記載した、被ばく不安慰謝料の主張に関し、被ばくによる健康への影響などについて、一般的な知見を詳論するものである。

以下、放射線等についての用語を解説した上で、被ばくによる健康影響についての知見について、外部被ばく、内部被ばく、低線量被ばくの順で論じる。

第2 用語等

1 放射線等

(1) 放射線、原子、原子核、電子、陽子、中性子

「放射線」とは、運動エネルギーをもって空間を飛び回っている小さな粒(素粒子)のことである(甲D103・1頁)。

物質は原子からできており、原子は原子核と負の電荷を帯びた電子によって構成されている(甲D105・5頁)。

原子核は、正の電荷を帯びた陽子と中性の粒子である中性子が結合したものである(甲D105・5頁)。

原子の中心には原子核があり、その周囲を電子が飛び回っている(甲D105・5頁)。

通常の原子は、陽子と電子の数が同じで電気的に中性であるが、電子の数が多ければ負、少なければ正に荷電することとなる。

陽子と中性子の数のバランスが悪い不安定な原子核の種類（核種）は、過剰なエネルギーを放出して、安定した別の核種に変化する。このとき放出されるのが、「放射線」である（甲D 105・6頁）。

（2）放射線の働き

放射線には、物質中を通過した際に、原子から電子をはじき出す作用を及ぼすものがある。この作用を電離作用（あるいは、イオン化）という（甲D 105・8～9頁）。

このように電離作用を持つ放射線を電離放射線といい、一般的に放射線といった場合、この電離放射線のことを目指す（甲D 105・8～9頁）。

一方、電子がはじき出されず、放射能（放射能については、（5）で説明する。）により原子中の電子が外側の軌道に飛び移るとき、原子は電気的に中性のまま興奮状態になる。このことを励起という（甲D 105・9頁）。

すなわち、放射線被ばくにより、放射線エネルギーはそれを吸収する物質の中に放出され、それにより電離または励起が生じ遺伝子損傷等を引き起こす可能性がある。

また、電離や励起のほか、生体の約70%を占める水を介して遺伝子に損傷を与えるといった間接作用によっても遺伝子損傷等を引き起こす可能性がある（甲D 106・67頁、甲D 112・23頁）。

（3）放射線の種類

電離放射線には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、エックス線、中性子線がある。

アルファ線は陽子2個と中性子2個からなるヘリウム原子核による粒子の流れであり、ベータ線は電子の流れである。

アルファ線もベータ線も、透過性は低いものの、身体の内部に入り、様々

な臓器に取り込まれた場合、短い飛行距離の間にすべてのエネルギーを放出し、細胞を強く傷害する。

ガンマ線は放射性物質から放出される電磁波であり、透過性が高く、人や様々な物質を通過して遠くに飛び、後述の外部被ばくの中心的な放射線である。

人体の中でも、肺など空気が多い部位はエネルギーが吸収されずに通り抜け、水分の多い肝臓などの部位ではエネルギーが吸収され、特に骨は通り抜けにくくなる。このような性質を利用してなされるのが各種放射線検査である。

エックス線もガンマ線と同じ特徴をもつ。

中性子線は中性子の流れであり、ガンマ線以上に透過性が強いので、人体の外部から中性子線を受けると人体を完全に通過し、組織や臓器を傷害する。

人体には、その70%を占める水分子の構成物質として大量の水素があるが、中性子がその原子核すなわち正の電荷を帯びた陽子にぶつかると、陽子は弾き飛ばされて体内で電離を引き起こし、種々の障害を誘発する。

吸収された線量が同じであればガンマ線よりも中性子線の方が人体に重度の障害を引き起こす（甲D 108・3頁～4頁）。

（4）放射線・放射能の単位

ア グレイ

電離放射線により物質に与えられた単位質量当たりのエネルギー量の単位のことを「グレイ（G r a y、G y）」という（甲D 109・1頁）。

グレイは、次に述べるシーベルトとほとんど同じ数値と考えて良い（甲D 108・2頁）

「グレイ」は、物質がどれだけ放射線のエネルギーを吸収したかを表す

単位で、1グレイは物質1キログラム当たり、1ジュール¹のエネルギー吸収を与える線量である（甲D105・17頁）。

電離放射線は人体を通過する時、エネルギーの一部を周囲の組織に放出する（甲D109・1頁）。

イ シーベルト

放射線防護の目的に用いられている放射線量の単位を「シーベルト（Sv）」という（甲110・1頁）。

種々の放射線に被ばくした際、線量の合計は各放射線の物理的線量（グレイ）にそれぞれの放射線の生物学的な影響の強さに対応する係数を掛け合計する（甲D110・1頁）。

ウ ベクレル

放射性物質が放射線を出す能力（放射能）の強さを表す単位として用いられる「ベクレル（Bq）」とは、放射性原子核が1秒間に何個崩壊して放射線量子を放出したかの回数を表す単位である（甲D105・17頁、甲D108・2頁、甲D111・33頁）。

（5）放射能・放射性物質

「放射能」とは不安定な原子核が放射線を出しながら別の原子核に変わっていく性質のことであり（甲D103・3頁）、放射能をもつ物質を「放射性物質」という（甲D105・4頁）。

放射性物質には、ヨウ素131、セシウム134及び137、ストロンチウム、プルトニウムなどがある。

放射性物質が放射線を有する原因是、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

¹ 仕事、熱量などの単位を指し、質量1キログラムの物体を1ニュートンの力で1メートル動かすときの仕事を1ジュール（J）とする。

子核に変化する放射線崩壊（放射線壊変ともいう。）という現象による（甲D 105・6頁）。

2 放射線が人体に及ぼす影響

(1) DNA

すべての生物は細胞から構成されている。

たとえば、人体は、もともと1個の細胞（受精卵）が次々と細胞分裂を繰り返した結果、組織・器官が形成され、約60兆個もの細胞から成り立っている。

それぞれの細胞の中には自分と同じ細胞をコピーするための情報が含まれており、その設計図がDNA（デオキシリボ核酸）で、それぞれの細胞にDNAが収められている。

細胞はエネルギーや有用な化合物を生産したり、分裂して別の細胞をつくりたりすることにより生命維持を行っており、このような細胞の役割はすべてDNAに記録されている（甲D 105・57頁）。

(2) 放射線の作用、ラジカル

電子が細胞の中を通過する場合、電子が走る道筋（「トラック」）に沿って、周辺の分子との間に相互作用が働いてエネルギーがばらまかれる。

ここで放出されたエネルギーはトラックの近傍にある原子や分子に吸収されて、その結果上述した電離（イオン化）・励起が起こる。

通常の化学反応によるイオン生成と異なるのは、放射線によって原子がエネルギーを吸収した場合にはどんな電子（最も外側の軌道にあるもの以外の電子）でも放出されるという点である。

こうした原子や分子は「ラジカル」と呼ばれ、大変不安定な性質を持ち化学的に極めて反応性が高い（甲D 107・3頁）。

(3) 細胞への影響

放射線による影響は、細胞の構成分子に直接ラジカルが生じることもあれば、放射線がまず細胞の70%を占める水分子に作用してラジカルを生じ、そのラジカルが間接的に細胞構成分子を攻撃する場合もある（甲D107・3頁）。

ラジカルと周囲の分子との間の反応は極めて短時間に起こり、その結果、化学結合が切断されたり、分子の「酸化」（酸素分子が付加される）が生じたりする。

細胞における主たる影響は、DNAの切断である。

DNAは相補的な2本の鎖から成っているので、1本鎖だけの切断と2本鎖の切断の両方が起こる。生物学的に重要なのは2本鎖切断の方である。大半の1本鎖切断はDNAが2本鎖の性質を持っているため元通りに修復される。2本の鎖は写真のポジとネガの関係になっているので、傷の付いていない方の鎖を手本にして傷の付いた鎖を修復できるからである。ところが2本鎖切断の場合にはそうした手本がないので、修復は難しく、修復の過程で誤りを伴う確率が高くなる（甲D107・4頁、甲D111・78～79頁、甲D106・67～69頁）。

こうした修復の誤りによって細胞に突然変異、染色体異常、細胞死が生じると考えられている（甲D104・4頁、甲D107・4頁）。

(4) 放射線によるDNA傷害の特性

放射線被ばく後生き残った細胞に見られる主たる傷害はDNAの欠失である。

これは、1本のDNA鎖に離れて生じた2カ所の2本鎖切断（4個の切断端）が修復する際、間違って最も外側の端同士がくっつき、中間の部分が失われて起こる場合（大欠失）と、1カ所の2本鎖切断を修復する際、2カ所

の切断端を酵素で消化してつなぎやすい形にする際、部分的にDNAが失われる場合（小欠失）とがある（甲D107・4頁）。

（5）高LETと低LET

LET（linear energy transferの略）とは、線エネルギー付与すなわちトラック1マイクロメーター（1000分の1ミリメートル）当たりに付与される線エネルギーのことである。

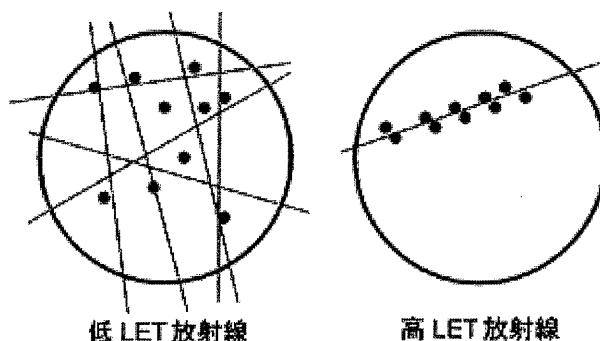
放射線はその構成成分（電子、陽子、中性子など）だけでなく、そのエネルギーによっても作用の強度が異なる。

「トラック」に沿って密にラジカルを生成する放射線のことを「高LET放射線」と呼ぶ。

これに対して「低LET放射線」は、トラックに沿ってまばらにしかラジカルを生成しない放射線を指す。したがって、細胞はほぼ均等に傷を受ける。

このことは、「低LET放射線」であるエックス線・ガンマ線が、細胞にほぼ均一に傷害を作るのに対して、中性子線やアルファ線のような「高LET放射線」の場合には、同じ線量（すなわち同じ量のラジカル生成）でも細胞の局所に傷害がかたよって生じることを意味している。

つまり、「高LET放射線」によって細胞の一部に集中して生じた傷は、「低LET放射線」によって細胞にまんべんなく生じた傷よりも修復が難しい、すなわち細胞に与える影響が大きい、ということである（甲D107・4～5頁）。



【図1】

両方とも生じたラジカルの合計数は同じなので、放射線の量は同じであるが、「高LET放射線」の場合には傷のでき方が細胞の一部に集中している点で異なる（甲D107・5頁）

(6) バイスタンダー効果

バイスタンダー効果とは、放射能によってダメージを受けた細胞が、その周辺のダメージを受けていない細胞に影響を及ぼすというものである。

たとえば、サンプル内の全ての細胞に1個ずつのアルファ粒子が衝突すると、CD59という遺伝子に変異が起きるが、そのような変異を起こす細胞は、生き残る細胞 10^5 個のうち90ほどである。放射線の線量を減らして、20パーセントの細胞しか放射線を受けないようにすると、変異を起こす細胞は、アルファ線を受けた 10^5 個の細胞のうち80ほどであった。

放射線を受けなければ細胞の変異が起こらないと仮定すると、放射線の線量を最初の20パーセントに減らすと、変異を起こす細胞は、 $90 \times 0.2 = 18$ 程度となるはずである。ところが、現実には、変異を起こす細胞はその4倍以上もあったのである。

これに似た実験結果が幾つも報告されており、このような効果は、バイスタンダー効果と呼ばれている。バイスタンダー効果が生じる理由については、放射線の影響を受けた細胞が、周囲にある放射線の影響を受けなかった細胞に何らかのシグナルを送り、その結果として、周囲の細胞にも変異を生じさせるからであると解釈されている（甲D112・141～142頁）。

3 被ばく等

(1) 被ばく

放射線を浴びることを「被ばく」という。

(2) 外部被ばく

外部被ばくは、体外にある線源（放射性物質、放射線発生装置）から発生した放射線による被ばくや、体表面に付着した放射性物質による被ばくのことである。

皮膚等の体表に当った放射線は、体内に進んでいくに従ってエネルギーを減らしていくため、一般に、体表の被ばくの線量の方が、体の中心部の被ばくよりも大きくなる（甲D 105・76頁～77頁）

（3）内部被ばく

内部被ばくとは、吸入、経口、皮膚の3つの経路によって体内に取り込まれた放射性物質から放出される放射線による被ばくのことをいう（甲D 105・75頁及び78頁）。

内部被ばくについては、

①ガンマ線の線量は線源からの距離に反比例するため、同一の放射線核種による被ばくであっても、外部被ばくより被ばく量は格段に大きくなる、

②外部被ばくではほとんど問題にならない高LET放射線であるアルファ線やベータ線を考慮する必要があり、しかもこれらは飛距離が短いため、そのエネルギーのほとんどすべ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放射性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、

等と指摘されている（甲D 105・79頁、甲D 111・82頁）。

（4）半減期

核種が壊変によってある時刻から半分になるまでの時間を半減期という（甲D 114）。

ア 生物学的半減期

体内に取り込まれた放射性核種が体外に排出されるまでには相応の日数を要する。

このような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（甲D108・11頁）。

イ 物理学的半減期

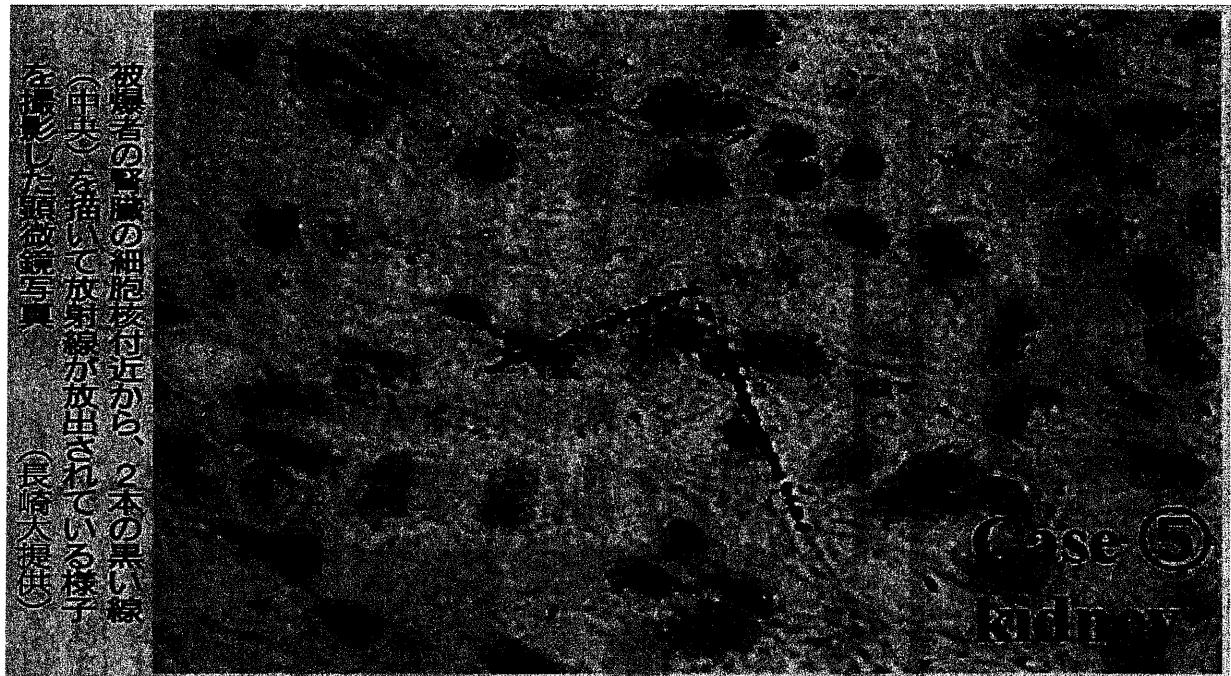
一方、放射性物質は、放射線を放出すると別の物質に変化する性質があるため、時間が経つにつれて、放射能は弱まっていき、放射性物質が別の物質に変わり、放射性物質そのものが半分になることを「物理学的半減期」という（甲D108・11～12頁）。

ウ 生物学的半減期及び物理学的半減期の期間

生物学的半減期及び物理学的半減期の具体的な期間は、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。

例えばストロンチウム90の場合、物理学的半減期は28.6年、成人の生物的半減期は49.3年であり、その間延々と臓器に放射線を浴びることとなる（甲D108・12頁）。

実際、長崎に落下した原爆の近距離被爆により死亡した者の体内に取り込まれたプルトニウムは、被ばくから60年以上たってもアルファ線を放出していることが確認されている（甲D115）。



(甲D 116 (長崎原爆で死亡した被爆者の体内に取り込まれた放射性降下物が、被ばくから60年以上たっても放射線を放出している様子))

後に述べるように、生物学的半減期は、セシウム137で約70日、セシウム134で約100から200日、ストロンチウム90で約50年であることから、その期間かかる放射性物質の量はようやく半分になる。そのため、これらの放射性物質は、その期間、臓器に放射線を浴びせ続けることになる。しかも、食事等で次々と放射性物質を含んだ食物等を摂取することにより、体内に放射性物質は蓄積されていくのである（甲D 108・12頁）。

4 被ばくによる健康への影響

（1）身体への影響

被ばくによる身体への影響には、確定的影響と確率的影響がある。

ア 確定的影響

確定的影響とは、ある限界線量（しきい値）を超えると初めて影響が現れる場合のものである。

確定的影響では、放射線の被ばく線量が大きければ大きいほど臨床症状が重くなる。後述する急性障害、白血球減少、白内障等の身体的影響が確定的影響として挙げられる。

同程度の被ばく線量であれば、誰にでも同じ症状があらわれるのが確定的影響の特徴でもある（甲D 105・65頁）。

イ 確率的影響

これに対して、確率的影響とは、影響が現れるための「しきい値」がない場合のものである。

言い換えれば、被ばく線量がどんなに低くてもそれに応じた確率で影響が生じるというので、白血病を含む発がんリスクや遺伝的影響のことである（甲D 105・65頁～66頁）。

（2）身体への障害

また、身体への障害には、急性障害と晩発障害がある。

ア 急性障害

急性障害とは被ばく後数週間以内に現れる影響で、食欲不振・恶心・嘔吐・倦怠感等の初期症状にはじまり、骨髄障害、脊髄障害、消化管の障害が発生し、貧血・紅斑や脱毛・潰瘍・壞死・腹痛・嘔吐・下痢という症状が現れ、数十グレイ以上の被ばくでは、中枢神経系の障害が発生し短時間で死亡する（甲D 105・66頁～68頁）。

イ 晩発障害

これに対して、晩発障害²は、被ばく後、数か月から数十年で現れる影響であり、白血病やがん等の悪性腫瘍、白内障、老化の促進、心臓病、糖尿病も増加、遺伝子影響（先天異常）の発生等が挙げられる（甲D 105・68頁、甲D 111・57頁）。

なお、広島・長崎の原爆被爆者の原爆症認定において、国も、1ミリシーベルト以上の被ばくをしたと推定される、爆心地から半径3.5キロメートル以内において被ばくしたことが証明された場合などには、格段に反対すべき事由がない限り、がん、白血病、心筋梗塞、肝硬変、白内障などの多くの疾患と被ばくとの間の因果関係を認定している（甲D129・3頁）。

ウ その他障害

後述する原爆症認定集団訴訟の一つである大阪地方裁判所平成25年8月2日判決（裁判所ウェブサイト）においては、訴訟で、チェルノブイリ原発事故後十年後あたりから甲状腺がんの有意な増加がみられることを、被告国も認めていることが判決文から読み取ることができる。

なお、妊娠時に被ばくした場合には、胎児に影響し、流産、小頭症の発生、発育の遅れ、精神遅滞の発生等をもたらすこともある（甲D105・68頁）。

（3）低線量被ばく

1シーベルト以上の高線量の被ばくで、確定的影響としての急性障害を生じる。

また、100ミリシーベルトから1シーベルトでは、晚発障害が発生する確率（過剰相対リスク）が被ばく線量に比例して直線的に増加する確率的影響がある。

これに対して、100ミリシーベルト以下のいわゆる低線量被ばくに関する考え方としては、確率的影响として、同様の直線的比例関係が成り立つという「しきい値なし直線仮説」すなわちLNT（Linear Non-Threshold）モデルの考えが一般的に支持されている（甲D117・14頁）。

² 晩発性障害、晩発性影響などと呼ばれることがあるが、意味は同じである。

(4) LNTモデル

放射線による健康リスクに関するモデルで、具体的には、緊急時においても、健康リスクに関して、放射線防護・放射線管理の立場から、どんなに低い線量であっても、線量の増加に比例してがん発生のリスクも増加するものという考え方である。すなわち、このモデルによると、どんなに低線量であっても、被ばくしたことによるがんの発症リスクは常に存在していることを意味する（甲D117・14頁）。

第3 被ばくによる健康影響についての知見

1 放射線の人体への影響

既に述べたように、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、中性子線がある。このうち、外部被ばくを考える上で問題となるのは、ガンマ線、中性子線であり、他方、内部被ばくを考える上で問題となるのは、アルファ線とベータ線である。

また、放射線の被ばくによるリスクとして、放射線の電離作用による分子の切断がある。人間の体内では、原子が単独で存在せずに原子同士が結合して分子を形成しているが、放射線の電離作用によって分子が切斷されてしまうのである（以上、甲D111・72頁）。

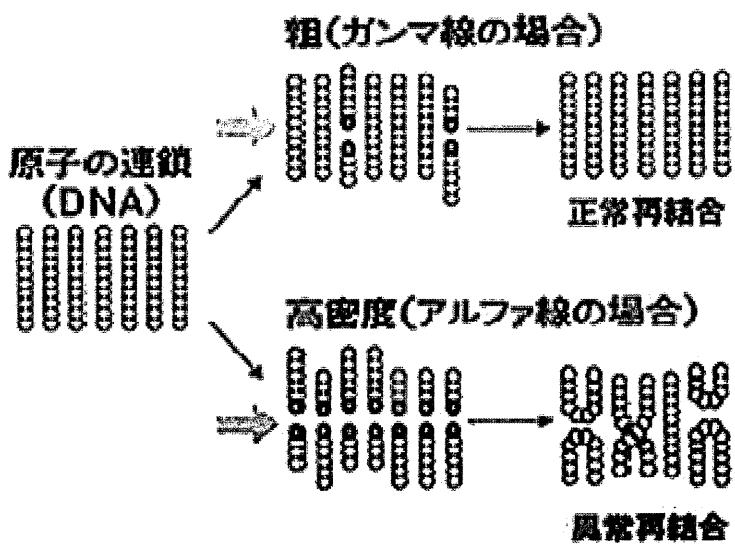
放射線によって分子が切斷された場合の影響は、①分子が切られることにより細胞の生命機能が破壊されてしまう危険と、②切られた分子が間違って再結合し、異常に変成された遺伝子を持つ細胞が生き延びることによる危険（異常再結合）とがある。このうち、②は主として内部被ばくによる危険性であるが、①と②ではメカニズムは全く異なる（以上、甲D111・73頁）。

まず、①は、大量被ばくの場合に生じるものである。多量の分子切斷が生じると、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

壞が急性障害としてあらわれ得る（甲D 111・73頁）。例えば、脱毛、下痢、紅斑などが急性症状として知られている（甲D 105・67～68頁）。

これに対し、②の異常再結合は、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（甲D 111・73頁及び79～80頁）。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（甲D 105・59頁及び68頁、甲D 111・57頁、甲D 129・3頁）。

【切断と再結合】



【図2】分子切断の密集度の違いによる異常再結合のリスク増加
(甲D 111・75頁)

以上を前提として、以下、外部被ばくの危険性と内部被ばくの危険性を論じた後に、最後に低線量被ばくの危険性に触れる。

2 外部被ばくの危険性

(1) 外部被ばくとは

外部被ばくが問題となるのは、放射性物質が生体の外にあり、生体はそこから出る放射性粒子にさらされ、その一部がある程度内部に侵入する場合である。

外部被ばくの場合、光子を含む放射線粒子は、それを出す放射性物質から生体の表面に到達するまでに、空気中の原子や分子に衝突する。そのため、アルファ粒子は、空气中では飛距離が短いし、衣服によっても遮蔽されるため、体表面まで到達することはほとんどない。ベータ粒子はアルファ粒子に比べて遠くまで到達するが、皮膚表面に達しても、あまり深くまでは侵入しない。これに対し、ガンマ線と中性子線は、体内に侵入し、ある部分では貫通する。

以上のように、人体はアルファ線やベータ線の影響をほとんど受けないことから、外部被ばくの場合、0.25シーベルト以上などの大量の線量でない限り、健康への影響は比較的少ないとされている。しかしながら、比較的小ないというだけで、決してゼロではないし、少量でも複数回浴びることでその影響が堆積して、健康被害が生じることもある。医療用に使われるエックス線も、ガンマ線同様に身体を貫通する（だからこそ体内撮影が可能になる。）ので、健康への影響があり、がんの発生に関与したり、強烈な下痢を引き起こしたりすることがあることが知られている（甲D112・110～111頁）。

(2) 外部被ばくの人体への影響（急性症状の場合）

ア 放射線の影響に敏感な箇所

まず、外部被ばくをすると、人体は、急速に分裂・増殖している組織や臓器が放射線の影響を受けるとされる。特に、幹細胞が分裂・増殖中に放射線によるダメージを受け、DNAが損傷されると、増殖過程でその傷までが再生されると考えられている。放射線の影響に敏感なのは、血液幹細胞、腸の内壁、精子の幹細胞などとされている。

放射線によって変異したDNAは、父親の精子を通じて子孫に伝えられる。活発に増殖している細胞として、毛髪の毛胞細胞が挙げられ、放射線の影響に敏感とされる。そのため、かなりの低線量でも、脱毛現象が起きるとされている（甲D112・122～123頁）。

イ 胎児や新生児などが放射線の影響を受けやすいこと

年齢的には、若いほど放射線の影響に敏感で、胎児（特に妊娠初期）、新生児、小児、子供の順で、放射線の影響を受けやすいとされていることから、特に妊婦や子供は、放射線防御を心がける必要があるとされている（甲D112・124頁）。

ウ 外部被ばくの被ばく線量と死亡原因との関係性

犬などによる動物実験で得られた結果からは、外部被ばくの場合には、被ばく線量と死亡原因との間に関係性があることが判明した。放射線の影響に最も敏感なのは、血液関係の死因である。10グレイ（シーベルト）以下の被ばく線量の場合、この血液関係が死因の主なものである。この場合、生存できる時間は数日から数週間である。10～50グレイ（シーベルト）の範囲の被ばく線量の場合、数日間生存した上で主として消化器系統の不全が死因となって死亡する。これよりも高い線量での被ばくの場合には、脳へのダメージが主な原因となって、即死するか数日以内に死亡する。

これらの実験データをはじめとする観察から、2グレイ（シーベルト）以

下の被ばく線量でも、外部被ばくによる最初の人体の反応としては、食欲不振、吐き気、下痢などがある。これらの症状は、被ばくから数時間から数日間続き、その後には潜伏期間が始まる。潜伏期間中にも、人体の内部には変化が起こりつつあるが、症状としては現れない。その後に症状が明らかになって死に至る場合もあれば、回復に向かう場合もある。この潜伏期間の長さは外部被ばくによる被ばく線量と関係があるとされている（甲D112・124～125頁）。

エ 骨髄への外部被ばくによる放射線の影響

そして、外部被ばくによる放射線の影響には、血液を製造する骨髄が最も敏感とされている。外部被ばくで放射線を浴びても、当初は、血液細胞は減少しない。その理由は、実際には被ばくによって骨髄の幹細胞が死んでいても、赤血球が120日間は保たれるからである。3～5週間の潜伏期間の後に、血液細胞数が減少し始める。外部被ばくによる被ばく線量が1～3グレイかそれ以下の場合には、多くの被ばく者は、被ばく後6か月程度で回復する。しかし、外部被ばくによる被ばく線量が3グレイ以上の場合には、被ばく者の生存率は少ない。なお、これよりもずっと少ない線量でも、内部被ばくの場合などには、白血病が出現するが、そのことについては後述する（甲D112・125頁）。

オ 消化器官の内壁細胞への外部被ばくによる放射線の影響

外部被ばくによる放射線に敏感なのは、消化器管の内壁の細胞である。この細胞も常に再生されている。消化器管の内壁の細胞が放射線の影響を受けると、内壁表面の微細な毛が破壊され、吐き気や下痢といった症状を引き起こす。そして、小腸からの吸収能力が衰え、脱水やそれに伴う炎症などが原因となって、被ばく者は死に至る（甲D112・125頁）。

カ 皮膚への外部被ばくによる放射線の影響

外部被ばくによって、直接影響を受けるのは皮膚である。皮膚は、表皮、

真皮と皮下組織の3層からできているが、表皮の最表層部分は、すでに成長しきった細胞であって、これ以上は分裂せず、1日に約2パーセント剥がれる。その直ぐ裏側には、表層を作る細胞があり、この部分が分裂・成長して、剥がれる表層部分を補っている。先に述べたように、毛髪の根の細胞も、この層にあるために、放射線の影響を受けやすく、脱毛に至りやすい（甲D 12・125～126頁）。

キ 生殖器等への外部被ばくによる放射線の影響

男性の生殖器そのものは、外部被ばくによる放射能にそれほど敏感ではないが、常に分裂を繰り返している精原細胞と呼ばれる部分は、精子の幹細胞に相当し、放射線の影響に敏感である。動物実験による外部被ばくでは、2～2.5グレイの被ばく量で、睾丸は完全に不能状態になり、回復するのに1年を要する。これよりも高い被ばく線量では永久に不能状態になる。また、外部被ばくによる放射線によって精原細胞のDNAに変異が生じると、その変異は子供に受け継がれる。

一方で、卵が既に成熟した細胞であって分裂していないことから、女性の生殖器は、外部被ばくによる放射線によって影響を受けにくい。しかしながら、もし外部被ばくによる放射線で卵のDNAに変異が生じると、生まれてくる子供に直接にその影響が及ぶ（甲D 112・126頁）。

ク 白内障が外部被ばくによる放射線で引き起こされること

水晶体の変性によって生じる眼の病気である白内障は、外部被ばくによる放射線によっても引き起こされる。これは、長期間の紫外線の影響によっても生じるが、放射線被ばくでは、顕著に見られる現象とされている（甲D 12・126頁）。

(3) 過去の外部被ばくの例

ア 広島と長崎に投下された原爆

第二次世界大戦中に広島と長崎に原爆が投下されたが、広島の場合、爆心地での被ばく線量は165グレイと見積もられ、爆心地から1キロメートルの地点での被ばく線量は4.5グレイとされている。長崎の場合は、爆心地での被ばく線量は350グレイ、爆心地から1キロメートルの地点での被ばく線量は約9グレイであった。爆発で生じた熱や爆風による死を免れた被ばく者も、10グレイ以上の放射線量を被ばくした者は、おそらくほとんど即死か、数週間以内には多臓器不全で死亡している。約6～16万人の被ばく者が被ばくから2～4か月以内に死亡したと推定されていて、そのうち何人の被ばく者が急性期障害で死亡したのか不明であるが、かなりの数にのぼると推測される（甲D112・126～127頁）。

イ チェルノブイリ原発事故

昭和61（1986）年に発生したチェルノブイリ原発事故の場合、事故処理に当たっていた作業員の中には、相当な高線量の放射線を外部被ばくした者も含まれている。彼らは、急性放射線症状を発症し、うち何人かは数週間以内に死亡している。事故により死者の数については、正確なデータは発表されていないが、国際原子力機関（IAEA）の平成17（2005）年の報告では50人以下とされている。民間の記録によると、作業員以外に、原子炉周辺の住民にも、急性症状が現れたとされている（甲D112・130頁）。

ウ 茨城県東海村のJCOの事故

平成11（1999）年9月30日、茨城県那珂郡東海村の核燃料処理工場（JCO）で、作業員が外部被ばくによって急性被ばく症状を起こす事故が発生した。硝酸ウラニルの濃縮溶液の処理を行っていた作業員が、作業手順を省略したために、わずかではあったがウラン（U-235）が臨界濃度

を超えた状態になった。臨界状態は、断続的に約20時間続き、中性子などの放射線を放出した。この容器の最も近くにいた作業員2人は、すぐさま痛みや吐き気、呼吸困難を訴え、そのうち推定で16～20グレイ被ばくした1人の作業員は、多臓器不全によって83日後に死亡した。6～10グレイほど被ばくしたもう一人の作業員も、同じく多臓器不全によって211日後に死亡している（甲D112・129～130頁）。

3 内部被ばくの危険性

（1）内部被ばくとは

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、まず、内部被ばくは、放射線を出す物質を、食べたり飲んだり、呼吸したりして、体内に取り込むことをきっかけに起こる。そして、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D108・4頁及び7頁～8頁、甲D105・79頁、甲D111・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) 内部被ばくの特徴

ア アルファ線、ベータ線による被ばくの危険性

既に述べたように、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³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。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 111・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、DNA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が変成されてしまう（既に述べたように、これを「バイスタンダー効果」という。甲D 112・141～142頁）。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 111・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。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（甲D 108・7～8頁及び10～12頁）。

³ 放射線の粒子が静止するまでの距離を飛程という。

(ア) ヨウ素131

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D108・5頁、甲D105・69頁、甲D112・143頁～144頁）。その理由は、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おり、生物はそのヨウ素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を速く集めてしまうため、その影響は大きくなる。

なお、ヨウ素131は、大気中に放出されやすい性質を持つ（甲D113）。ヨウ素131は、甲状腺がんを発症させる可能性が高い核種であり、その半減期約8日で、約8日ごとに半減していく（甲D112・22頁）ために、初期効果の依存性が非常に高い。

(イ) セシウム134及び137

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こと、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こと、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。また、セシウム134及び137は、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、人体に吸収される可能性もある。セシウム134及び137は、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D105・70頁、甲D112・138頁及び144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（甲 D 112・251～252 頁）。

(ウ) ストロンチウム

さらに、ストロンチウムは、主に骨に蓄積しやすく、白血病や血液がんの発症リスクを高め、血液をつくる機能に障害を与える（甲 D 107・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 105・70～71 頁）。

(エ) プルトニウム

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 108・5 頁）。

ウ 内部被ばくによる影響の継続性

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代謝や排泄により体外へと排出されない限り、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 108・11 頁～12 頁）。

	物理学的半減期	生物学的半減期（成人）
ヨウ素131	8.04日	甲状腺：80～120日 (乳児11日、5歳児23日)
セシウム137	30.1年	約70日（1歳9日、9歳38日）
セシウム134	2.06年	約100日～200日
ストロンチウム90	28.6年	49.3年
プルトニウム239	約2万4千年	骨50年、肝臓20年

図3 主な放射性物質の物理学的・生物学的半減期（甲D108・12頁）

ここで注意すべきなのは、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の量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（甲D108・12頁）。

なお、平成22（2010）年、七條和子氏（長崎大学大学院医歯薬学総合研究科原爆後障害医療研究所腫瘍・診断病理学研究分野）らは、長崎で被ばくして昭和20（1945）年に死亡した被爆者の臓器標本から、被ばくから65年経った平成22（2010）年当時もプルトニウム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D115）。そのことにより、原爆投下頃、長崎市内爆心地付近では、プルトニウムを含む放射性物質が体内に吸収されうる状態で飛散していたことが推認できる。プルトニウムの生物学的半減期は、骨で50年、肝臓で20年であるところ、原爆投下直後頃、爆心地付近に入った長崎の遠距離被爆者（爆心地より遠く離れた場所において被ばくした者）・入市被爆者（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。「入市者」ともいう。）は、現在もなお、リアルタイムに、プルトニウムのアルファ崩壊による新たな被ばくに曝され続けているのである。

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。

エ 体内に取り込んだ放射性物質が放出する放射線全てに被ばくすることの危険性

以上のことと加えて、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D111・82頁）。

（3）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⁴及びフリーラジカル⁵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あることが判明している。また、これらによって、がんや動脈硬化、白内障、アルツハイマー病など多様な疾患を発症させる原因となり、また老化につながることなどが指摘されている（以上、甲D112・23頁及び138頁、同155頁～158頁、甲D125、甲D126）。

（4）原爆症認定集団訴訟等

ア 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爆者（「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、被爆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、厚生労働大臣が「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」（月額14万円）を受給することができる（甲

⁴ 酸素を含む反応性の高い分子種の総称（甲D125）

⁵ 電子対をなさない単独で存在する比較的不安定な電子をもつ分子または原子団をいう。がんや動脈硬化など多様な生活習慣病の発症や悪化リスクに関連する多くの報告があり、老化の原因とする考え方もある（甲D125）。

D 1 2 9 ・ 1 頁)。

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爆者を不當に切り捨ててきた（甲D 1 3 0）。

そこで、平成 15（2003）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ことは、顕著な事実である。

イ 判決で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、被爆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、被爆の実態を真摯に受け止め、国の主張を排斥して、いわゆる入市被爆者や遠距離被爆者に生じた疾病も、原爆放射線、特に残留放射線（原爆の爆発後 1 分以後に被爆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、被爆者に、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のである。

例えば、前掲大阪地裁平成 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曝であっても」、（線源が体内にある内部被曝においては）「外部被曝より被曝量は大きくなる、②外部被曝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り、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、体内被曝が長期間継続することにな

るといった外部被曝と異なる特徴があり、一時的な外部被曝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」として内部被曝の危険性を指摘し、「内部被曝の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曝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。

ウ 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、多く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。

4 低線量被ばくの危険性

(1) 低線量被ばくとは

前記のとおり、一般に、低線量被ばくと言われているのは、年間100ミリシーベルト以下の放射線を人体が受けた場合のことを指す。

本件訴訟において、原告らは、この低線量被ばくによって、将来健康被害が生じるのではないかとの不安や恐怖を感じているが、以下に述べるように、既に数多くの調査研究（知見）によって、低線量の被ばくであっても人体に影響があることが医学的に明らかにされている。

(2) 低線量被ばくについての一般的な知見

ア 低線量被ばくとLNTモデル

既に述べたように、100ミリシーベルト以下のいわゆる低線量被ばくについては、確率的影響として、同様の直線的比例関係が成り立つという「し

きい値なし直線仮説」すなわちLNTモデルがある（甲B1・433頁403頁、甲D117・14頁～15頁、上記第2の4（3）及び（4））。

このLNTモデルは、現在、国際放射線防護委員会（以下「ICRP」という。）を初めとする国際的な知見によって採用されている。また、平成24（2012）年7月5日に公表された「東京電力福島原子力発電所事故調査委員会」（いわゆる国会事故調）の報告書も、このLNTモデルを前提とし、同モデルについて「ICRPをはじめ国際的に合意されている」旨を明示している（甲B1・432～433頁）。

イ LNTモデルの内容

LNTモデルとは、放射線によってがんや白血病、遺伝性疾患などの晚発障害が生じる確率的影響については、その数値以下の被ばく量であれば影響が生じないという「しきい値」は存在せず、かつ、どんなに低い被ばく量であってもその被ばく量に比例した影響が出るという考え方である。すなわち、例え低線量領域の被ばくであっても、ゼロより大きい放射線量は、単純比例で過剰がんや遺伝性疾患のリスクを増加させることになる。

低レベル放射線の生物影響を長年にわたって調査してきた米国科学アカデミーの電離放射線の生物影響に関する委員会が、平成17（2005）年6月30日にそれまで出してきた一連の報告の7番目の公表をした。その最も重要な結論として、「利用できる生物学的、生物物理学的なデータを総合的に検討した結果、委員会は以下の結論に達した。被曝のリスクは低線量にいたるまで直線的に存在し続け、しきい値はない。最小限の被曝であっても、人類に対して危険を及ぼす可能性がある。こうした仮定は『直線、しきい値なし』モデルと呼ばれる」と示している。これが、まさしくLNTモデルである（甲D117・14頁～15頁）。

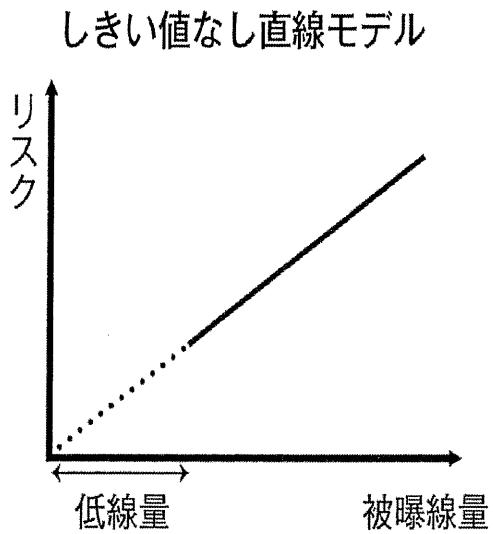


図4 LNTモデル（甲D108・79頁）

ウ LNTモデルの科学的妥当性

(ア) ICRPがLNTモデルを支持していること

放射線による細胞の遺伝情報の変化、すなわち突然変異は、放射線による染色体の切断と再結合の過程で起こる（異常再結合）。このような突然変異細胞が生体の防御機能によって排除もしくは隔離されないときに、潜伏期と呼ばれる不定の遅延の後に、突然変異細胞の増殖が防御されなくなった悪性状態を生ずる結果、「がん」になることがあり得るとされている（甲D111・78～80頁）。

また、低線量の放射線を被ばくした場合には、がんや白血病などの悪性腫瘍だけでなく、白内障や老化の促進、心臓病、糖尿病、先天性異常の増加などの身体への影響もあるとされている（甲D105・68頁、甲D111・57～69頁）。

低線量の放射線被ばくによっても身体に影響が及ぶ可能性について、ICRPは、1990年勧告において、「生体防御機構は、低線量においてさえ、完全には効果的でないようなので、線量反応関係にしきい値を生じ

ることはありそうにない。」と述べて、放射線の被ばくは低線量であっても人体に影響があることを認めている（邦訳は「国際放射線防護委員会 1990 年勧告」日本アイソトープ協会。1991 年発行の第 62 項、甲 D 117・15~16 頁）。

また、ICRP は、2007 年勧告において、「（62）がんの場合、約 100 mSv 以下の線量において不確実性が存在するにしても、疫学研究及び実験的研究が放射線リスクの証拠を提供している。」「（64）認められている例外はあるが、放射線防護の目的には、基礎的な細胞過程に関する証拠の重みは、線量反応データと合わせて、約 100 mSv を下回る低線量域では、がん又は遺伝性影響の発生率が関係する臓器及び組織の等価線量の増加に正比例して増加するであろうと仮定するのが科学的にもっともらしい、という見解を支持すると委員会は判断している。」と述べると共に、さらに、「（99）・・・約 100 mSv 未満の線量でも、線量が増加すると、それに直接比例して放射線に起因するがん又は遺伝影響の発生確率が増加するという仮定に基づくこととする。委員会は、・・・ LNT モデルを引き続き採用することが、放射線防護の実際的な目的、すなわち、予測的状況における低線量被ばくによるリスクの管理に慎重な基盤を提供すると考える。」と述べて、LNT モデルを支持している。また、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）の見解も一致している（甲 D 128、甲 D 127・1153 頁）。

（イ）ICRP が LNT モデルを支持する科学的根拠

このように、しきい値のない LNT モデルでは、放射線被ばくに安全量は存在しないこととなるが、ICRP が LNT モデルを採用しているのは、次のような客観的な根拠（データ）に基づいている。

ICRP 2007 年勧告には、「（68）1990 年来、放射線被ばく後の臓器別のがんリスクについて更なる疫学的情報が蓄積してきた。

この新しい情報の多くは、1945年の日本における原爆被爆の生存者を対象とする継続的な追跡調査、いわゆる寿命調査研究（LSS）の結果得られたものである。がん死亡率については（Prestonら、2003）追跡期間が47年（1950年10月～1997年12月）；がん罹患率については（Prestonら、2007）追跡期間が41年（1958年1月～1998年12月）である。1990年に入手できなかった後者のデータは、がん罹患率ではより正確な診断が考慮できるという主な理由で、がんリスクに関してより信頼性の高い推定値を提供することができる。したがって委員会は、今回の勧告でがんの罹患率データに重きを置いた。加えて、LSSからの疫学データは、放射線発がんのリスクの経時パターン及び年齢依存のパターンについて、特に若年齢で被ばくした人々のリスク評価について、更なる情報を提供している。全体として、LSSから導かれた今回のがんリスク推定値は1990年以来大きく変化しなかったが、がんの罹患率データを含めたことで、付属書Aに記述されているリスクのモデル化により、強固な基盤を提供している。」と記載し、いわゆる寿命調査研究（Life Span Study。以下「LSS」という。）によるがん罹患率のデータを、しきい値なしのLNTモデルの合理性の根拠としていることを明らかにしている（甲D128・18頁）。

すなわち、ICRP2007年勧告は、LSSによるがん罹患率という客観的科学的データに基づいて、低線量被ばくにおけるLNTモデルを支持しているのである。

（ウ）広島・長崎の寿命調査報告（LSS）の低線量被ばくとがんリスクのデータ

広島・長崎に原爆を投下したアメリカは、昭和25（1950）年に、LSSを開始し、広島・長崎の近距離被爆者の約5万人、遠距離被爆者の約4万人、原爆爆発時に両市にいなかつた人（非被爆対照者）約3万人に

ついて、被ばく影響の調査を進めた。約60年間にわたる調査の結果、現在では、50ミリシーベルトという被ばく量に至るまで、がんや白血病になる確率が高くなることが統計学的にも明らかになってきた。そのため、確率的影響と言われるこれらの晩発障害については、それ以下の被ばく量であれば影響が生じないという「しきい値」はなく、しかもどれほど低い被ばく量であったとしても、被ばく量に応じた人体への影響が生じると考えられるようになった（甲D117・14頁、甲D112・148頁）。

最近の報告「寿命調査第13報（1950～1997）」によると、個人線量の見積もりが行われている8万6572人の調査対象者のうち、47年間の調査期間中に死亡した人数は4万4771人で、そのうち9335人が（血液系腫瘍以外の）固形がん、582人が白血病などの血液系腫瘍を死因としている。図5の表は、LSSデータ全体（0シーベルトから4シーベルト）から被ばく量の大きなグループを順に除いて、解析範囲を被ばく量がより低い領域にずらしながら固形がんを死因とする場合の過剰相対リスクを求めたものである。

解析対象被曝量(Sv)	1 Svあたり過剰相対リスク(標準誤差)	p値*
0～4	0.47(0.05)	<0.001
0～2	0.54(0.07)	<0.001
0～1	0.47(0.10)	<0.001
0～0.5	0.44(0.12)	<0.001
0～0.2	0.76(0.29)	0.003
0～0.15	0.56(0.32)	0.045
0～0.125	0.74(0.38)	0.025
0～0.1	0.64(0.55)	0.30
0～0.05	0.93(0.85)	0.15

* ; 片側検定値

図5 表一 解析対象範囲を変えたときの1シーベルト⁶あたりの過剰相対リスク（甲D127・1152頁）

この図5の表を見ると、被ばく量が小さくとも、被ばく量に比例してがんを原因とする死亡リスクが増大するという、LNTモデルに合致する。少なくとも、“100ミリシーベルト以下では、過剰相対リスクの値が急にゼロになる”というしきい値モデルが成立しないことは明らかである⁷（甲D127・1152頁）。

（エ）原子力関連労働者の低線量被ばくとがんリスクのデータ

年間100ミリシーベルトを下回るような低線量被ばくの発がん性について、以下に述べるような様々な様々なデータによっても、低線量でも危険性があることが指摘されている。

具体的には、ダニエルズとシュバウアによる「低線量ガンマ線の長期被ばくによる白血病のリスクのメタ分析」によると、100ミリシーベルト未満のガンマ線によって白血病が増加していることが示されている（甲D118）。

また、カーディスらによる「低線量の電離放射線後のがんリスク：15か国のレトロスペクティブ・コホート研究」（2005年）は、世界15か国で働く原子力関連労働者延べ520万人の人員について、長期間にわたり低線量被ばくによるがんリスクについて調査を行ったものである。これによると、100ミリシーベルト被ばくすると、白血病を除く全がん死のリスクが9.7パーセント増加し、慢性リンパ性白血病を除く白血病で死亡するリスクは19パーセント増加するとされている。そして、これらの結果から、このコホート⁸中でがん死した人の1～2パーセントは、放射線が原因による死亡と考えられる旨の結果が報告されている（甲D119、なお甲D127・1154頁参照）。

⁶ 1シーベルト=1000ミリシーベルト 100ミリシーベルト=0.1シーベルト

⁷ むしろ100ミリシーベルト以下の被ばく量ではリスク係数が大きくなる傾向が認められる（甲D127・1152頁）。

⁸ コホート（cohort）とは、統計学の用語で、同じ属性もしくは同じ外的条件におかれた集団のことをいう。

(オ) ムラサキツユクサの突然変異

1972年に、スパロウ (Sparrow) らは、ムラサキツユクサ⁹にX線を照射し、雄しべの毛の変色によって突然変異の発生の有無・発生数等を観察した結果を報告した。

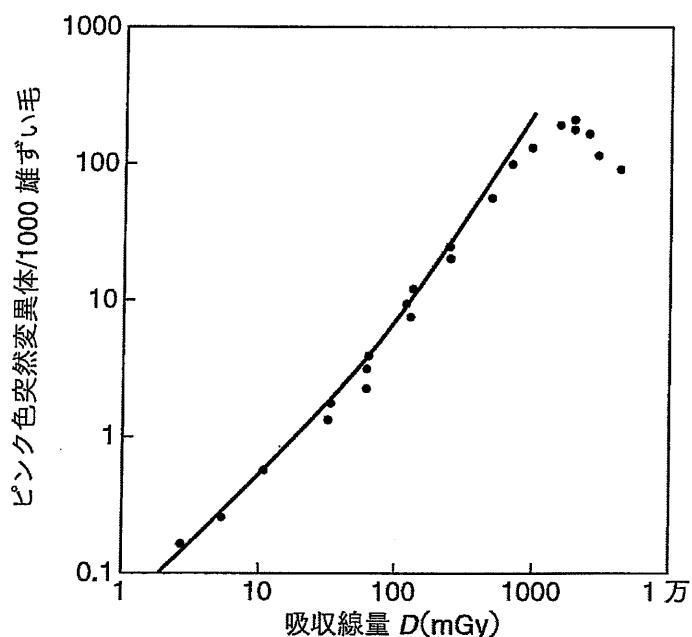


図6 ムラサキツユクサの雄しべの毛の変化を指標とした、250キロボルトのX線による被ばく量と突然変異率との関係（甲D127・1153頁）

図6は、この報告をまとめたものであるが、吸収線量が2.5ミリグレイ（ここではミリシーベルトと同等と考えて良い。）から突然変異の発生率の増加が認められ、100ミリグレイまでほぼ直線的に増加する。それ以上の吸収線量では、線量と効果との関係を示す傾きが若干増加するが、さらに100ミリグレイを超えると突然変異の発症率が飽和してしまう。

もちろん、植物であるムラサキツユクサと動物（ほ乳類）である人間とでは、遺伝子の染色体の構造などが異なるが、放射線被ばくによって細胞レベルで生じている初期のイベントについて、低線量被ばくの領域でも、被ばく量と突然変異の発生率との間に直線的な形で生物の遺伝子に影響が及ぶことを示している（甲D 127・1153頁）。

このことから、同じ生物である人間についても、低線量被ばくの場合であっても、被ばく線量とがんなどの健康被害の発生率の増加との関係に、しきい値が存在せず、LNTモデルが妥当することが強く示唆される。

（カ）米国科学アカデミーもLNTモデルを支持していること

低レベル放射線の生物への影響を長年にわたり調査してきた米国科学アカデミーの電離放射線の生物影響に関する委員会は、平成17（2005）年6月30日に、同委員会の一連の報告うちの7番目の報告を発表した。その報告の結論には、以下の記載がなされている。

「利用できる生物学的、生物物理学的なデータを総合的に検討した結果、委員会は以下の結論に達した。被曝のリスクは、低線量にいたるまで直線的に存在し続け、しきい値はない。最小限の被曝であっても、人類に対して危険を及ぼす可能性がある。こうした仮定は『直線、しきい値なし』モデルと呼ばれる。」（以上甲D 117・14～15頁）。

このように、米国科学アカデミーも、低線量被ばくの人類への影響について、LNTモデルを支持しているのである。

エ 小括

以上のように、低線量被ばくについては、どんなに低い線量であっても、線量の増加に比例してがんなどの発生リスクも増加するというLNTモデルが妥当することは明らかである。

⁹ 北アメリカ原産で、毎年、青、紫、ピンク、白などの色の花を咲かせる多年草である。

既に述べたように、低線量被ばくによって、がんや白血病などの悪性腫瘍だけでなく、白内障や老化の促進、心臓病、糖尿病、先天性異常の増加などといった様々な形で身体へ影響が及ぶとされているが、以下では、低線量被ばくによって、具体的にどのような健康被害が生じるかについて、がん、白血病、遺伝子への影響（先天異常）、その他の疾患の順で、具体的な事例を挙げつつ詳論する。

（3）低線量被ばくに関する具体的な事例と知見

ア がん

（ア） チェルノブイリ原発事故後に子どもの甲状腺がんが激増したこと

1986年4月26日にチェルノブイリ原発事故が発生したが、事故から約4年経過した1990年頃より、ロシア、ウクライナ、ベラルーシでは、14歳以下の子どもの甲状腺がんが激増した（図7）。本来小児甲状腺がんは、どこの国でも発症するのが人口100万人当たり0.5人前後と極めて希な病気であるにもかかわらず、1995年にはロシアでは人口10万当たり12人発症したこと、通常の240倍も発症率が増加した（図8）。

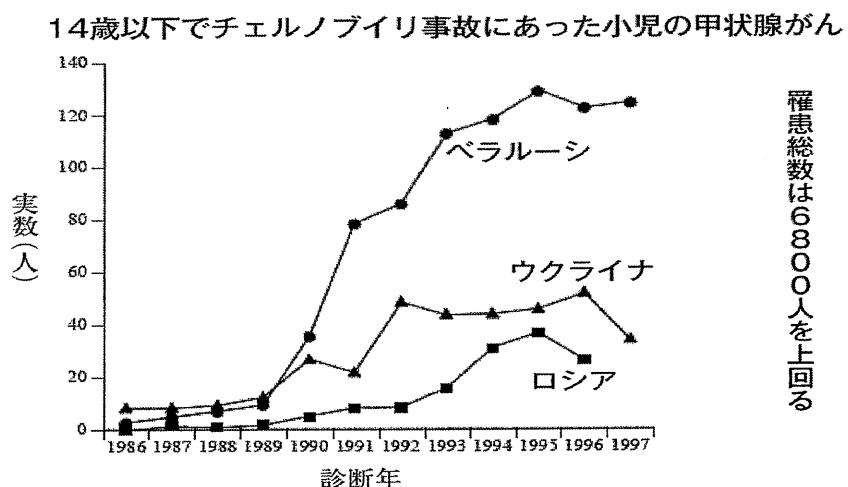


図7 （甲D108・24頁）

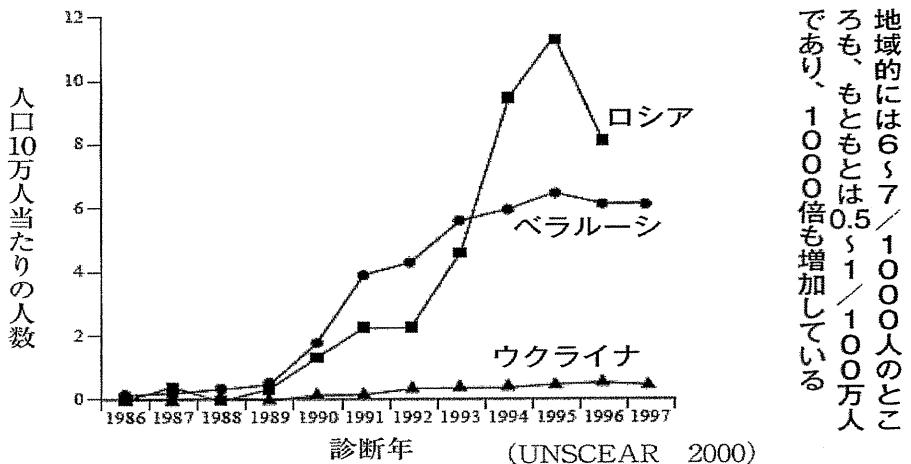


図8 (甲D 108・24頁)

1997年に、チェルノブイリ原発事故による子どもの甲状腺がんの発症と増加が止まったかに見えたが、その後に実は10代や20代の甲状腺がんも増加していることが判明した。2004年の時点でも、20代の甲状腺がんの増加は止んでいない状況で、10代では人口100万人当たり約80人、20代では人口100万人当たり約130人であった(図9)。

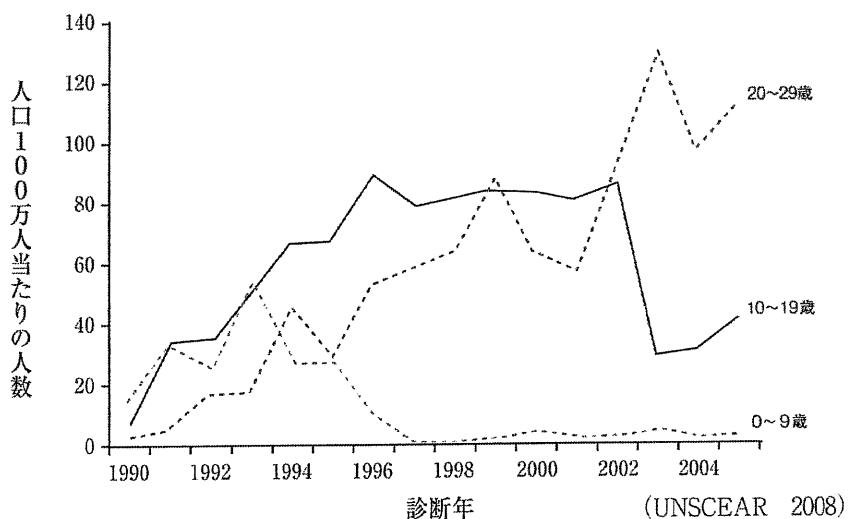


図9 (甲D 108・25頁)

地域的には6～7
るも、もともとは
0.5～1/100万人のところ
であり、1000倍も増加している

ベラルーシでは、土壤汚染度が低く、内部被ばくの線量が低いと考えられるミンスク市のような地域でも、チェルノブイリ事故後に子どもの甲状腺がんの発症率が激増している（図10）（以上甲D108・23～30頁、甲D120）。

なお、福島県内のヨウ素131については、1歳児の平成23（2011）年3月12日から同月24日までの積算甲状腺内部被ばく等価線量¹⁰は、双葉町や浪江町が500ミリシーベルト、南相馬市や飯舘村が100ミリシーベルトという値が出ている。双葉町や浪江町では、チェルノブイリ原発事故後のゴメリ州（ベラルーシ内の高内部被ばく地域（図10参照））に相当する数値である（甲D108・30頁）。

ベラルーシでの甲状腺内部被曝

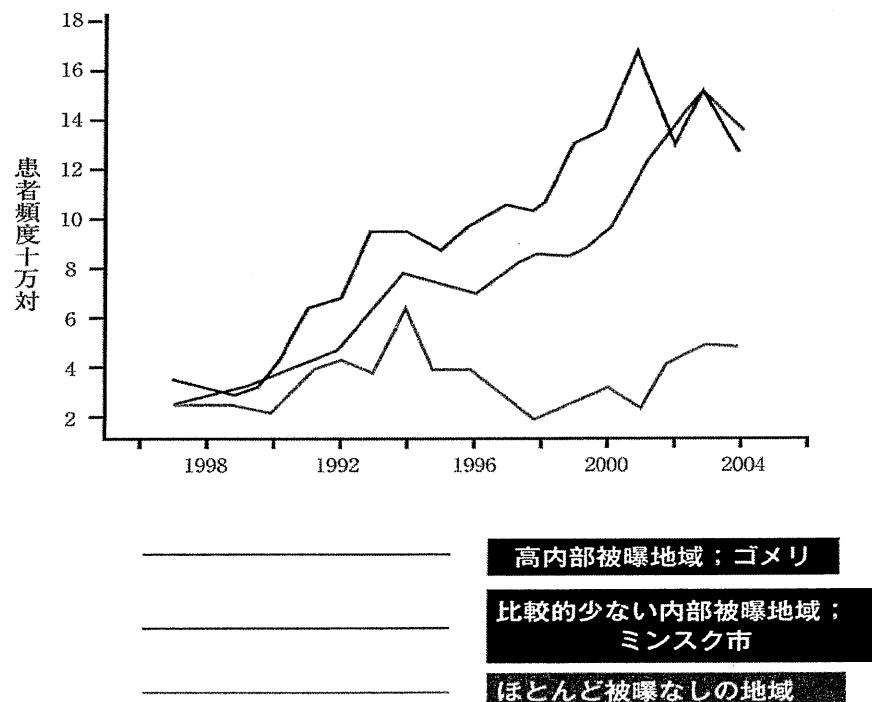


図10 （甲D108・29頁）

¹⁰ 福島県内のこの数値は、国際原子力機関（IAEA）の要請に基づいて、日本がSPEEDIのデータからの計算値を公開したものである（甲D108・30頁）。

(イ) ベラルーシでの乳がんの増加

乳がんと放射線との関係は、原爆や放射線治療者の中でのデータから知られているが、チェルノブイリ原発事故との関係では、ベラルーシ政府が平成18（2006）年に報告した「チェルノブイリ事故から30年」に記載されている。

調査対象となったベラルーシのゴメリ州には、土壤のセシウム137の濃度がほぼゼロの地域から555キロベクレル／平方メートル以上の地域まで存在する（555キロベクレル／平方メートルは、福島原発事故後の福島市の一帯の土壤汚染に匹敵するものである。なお、甲D92号証参照）。

この報告によると、チェルノブイリ原発事故後の平成2（1990）年から平成15（2003）年までの間で、住民の年平均乳がん発症数の増加は、汚染がほぼゼロの地域では年平均1.2パーセント、37～185キロベクレル／平方メートルの地域では5.7パーセントであった。これに対し、555キロベクレル／平方メートル以上の汚染地域では、32.7パーセントであった（図11、甲D108・44～45頁）。

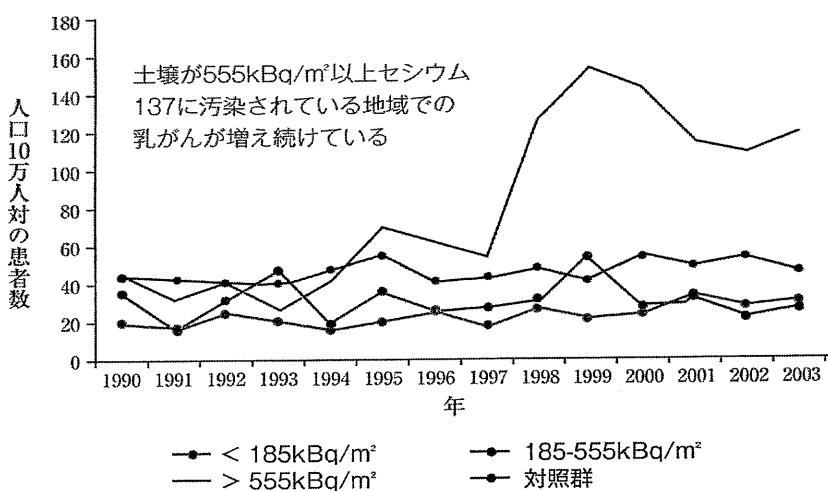


図11（甲D108・44頁）

既に述べたように、555キロベクレル／平方メートルという土壤汚染の程度が、本件原発事故後の福島市の一部と同じであることから、低線量被ばくであっても、乳がんの発症率が有意に上昇することが明白といえる。

(ウ) 本件原発事故後に福島県内の子どもの甲状腺がんが急増していること

本件原発事故後の平成23（2011）年10月から、福島県内では、事故当時18歳未満であった福島県民の全員の約38万5000人を対象として、甲状腺がんの超音波スクリーニング検査が実施されている。

子どもの甲状腺がんについて、ほぼ同世代の日本全国での1年間当たりの平均的な発症率は、100万に当たり3人程度とされている。

ところが、この平均的な発症率と比較すると、本件事故後の平成23（2011）年から平成25（2013）年度に検査を受けた約30万人について、福島県内では、福島市と郡山市では約50倍、福島原発周辺地域で約30倍、少ない地域でも約20倍となった。さらに、平成25（2013）年検査時点で、いわき市では約40倍となった。

この結果について、岡山大学大学院の津田敏秀教授は、平成27（2015）年10月8日に記者会見を行い、「チェルノブイリ原発事故で4年以内に観察された甲状腺がんの多発と同様の現象が起きている」と指摘した（甲D121）。

イ 白血病

(ア) 広島・長崎での白血病

広島・長崎では、原爆により被ばくして1年後から3年後から白血病が増加し、6年後から7年後に白血病の増加がピークに達し、被ばく量が0.05ミリシーベルト以上の地域では、生涯白血病死は、対照群の1.2倍となるという総括も出されている。昭和33（1958）

8) 年から昭和 62 (1987) 年に限ると、4 倍の増加になる。

そのため、低線量被ばくによる放射線が白血病の発症に及ぼす影響があることは明らかである。現に、原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) も、平成 18 (2006) 年に、広島・長崎での放射線 (低線量) 被ばくが白血病、特に小児白血病の発症と関係があることを認めている (甲 D 108・31 頁)。

(イ) キエフでの白血病の増加

ウクライナの医学アカデミー放射線医学センターの報告で、成人も含めた、ウクライナの首都キエフを中心とした地域に居住する人たちの白血病に関するデータによると、チェルノブイリ事故前の昭和 55 (1980) 年から昭和 60 (1985) 年までと比較して、事故後の昭和 61 (1986) 年以降には、白血病の発症率が 3 倍から 6 倍の範囲で増加している (図 12)。

低線量地域と思われたキエフ (福島市と同程度) での
白血病／リンパ腫の多発

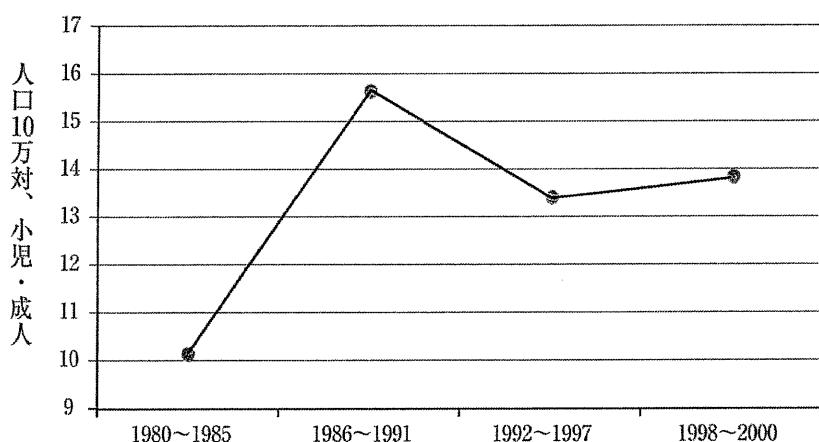


図 12 キエフを中心とした地域に居住する人達の白血病に関するデータ (甲 D 108・31 頁)

この調査対象となった地域は、高濃度汚染地域とされているが、放射性セシウム 137 の土壤レベルの濃度をみると、20～40 ベクレル／

平方メートル程度で、本件原発事故後の福島市と比較しても低汚染地域である（甲D108・31～32頁）。

(ウ) 稼働中の原発周辺でも子どもの白血病などが増加していること

a ドイツで原発周辺の子どもの白血病等が増加していること

平成元（1989）年にイギリスでは、原発周囲の住民に子どもの白血病が多いという報告があった。

ドイツでは、稼働中の原発周囲の住民に子どものがんが増えるかどうかについて、昭和55（1980）年から平成15（2003）年まで研究調査が行われた。この研究調査は、原発周囲小児がん研究で、ドイツ語ではKiKK研究と呼ばれ、1名の患者発生について、近隣地域から年齢、性などを一致させた健康者を模索に選び、原発からの居住距離によって違ひがあるかを調査したものである（症例対照研究）。全がんでは1592名、白血病では593名の人数を調査した。

このKiKK研究の結果、原発から半径5キロメートル以内では、それ以外と比較して、5歳未満の子どもの白血病は2.19倍増加し、5歳未満の全悪性腫瘍は1.61倍増加していることが判明した。原発から半径10キロメートル以内でも、それ以外と比較して、5歳未満の子どもの白血病は1.33倍増加し、5歳未満の全悪性腫瘍も1.18倍増加していることが判明した（図13）。

原発からの距離による5歳未満のがん発生率		
	5km以内が5km外より 何倍多いか	10km以内が10km外より 何倍多いか
全悪性腫瘍	1.61*	1.18*
白血病	2.19*	1.33*
中枢神経がん	0.81	1.03
胎児性がん	1.2	1.05

* 統計学的に確かな差あり

(Spix 2007)

図13（甲D108・36頁）

つまり、ドイツでは、正常に運転している原発周辺で、5歳未満の全悪性腫瘍の発症と白血病の発症が明らかに増加していたのである。

このK i KK研究では、原発周囲では、原発以外にがんを増加させる要因は見つからなかったことから、子どものがんの増加が、原発から出る放射性物質の影響によることも明らかであった（甲D108・34～37頁）。

b 世界中でも原発周辺の子どもの白血病等が増加していること

稼働中の原発周辺で子どもの白血病の発生頻度が増加することは、ドイツだけでなく、世界中の原発周辺の研究調査によても明らかにされている。

世界の原発周辺での白血病の発生率を調査した研究成果を世界中から集めて、その中から統計的に統合できる17の施設を調査した研究論文によると、以下の事実が明らかになった。

すなわち、0～9歳の年齢グループでは、原発からの様々な距離を含めた全ての距離で、原発と関連しない地域と比較して、子どもの白血病は1.25倍増加しており、原発から半径16キロメートル圏内では、1.23倍増加していた。0～25歳の年齢グループでも、原発からの様々な距離を含めた全ての距離で、原発と関連しない地域と比較して、白血病が1.12倍増加しており、原発から半径16キロメートル圏内では1.11倍増加していた（図14）。

原発近くの小児白血病の発生頻度の増加倍率		
年齢グループ	地理的区分	増加倍率
0～9歳	全ての距離***	1.25*
	<16km	1.23*
0～25歳	全ての距離***	1.12*
	<16km	1.11*

※表の倍数すべて統計的に確かな差あり

※※研究によって、さまざまな距離の内と外で比較しているため、それらを合計したものと意味する
(Baker PJ et al. 2007)

図14（甲D108・39頁）

このように、稼働中の原発周辺に住む子どもたちについては、それ以外の他の子どもたちと比較して、明らかに白血病等の発症率が増加しているのである（甲D108・39～40頁）。

c 原子力産業労働者の白血病のリスクが上昇すること

平成27（2015）年7月に、アメリカの雑誌Natureは、「研究者たちは低線量被ばくの危険性を突き止める」（"Researchers pin down risks of low-dose radiation"）の表題の論文で、低線量被ばくも白血病の増加に影響を与えることが実証されたと報じた。筆者のアリソン・アボットは、雑誌Natureの編集者一人で、リーズ大学で薬理学の博士号を取得しており、Natureに掲載される論文も、厳格な審査を経ていることから、信頼性が高いとされる（甲D123の3）。

当該論文によると、国際がん研究機関（IARC：世界保健機関（WHO）の外部組織）が組織した共同事業体が、アメリカ、イギリスの計30万人以上の原子力産業労働者の死因を検証し、最長60年にわたる被ばく記録との相關関係を調査した。その結果、以下のことが明らかになった。すなわち、これらの原子力産業労働者が宇宙線などの環境放射線量よりも平均1.1ミリシーベルト多く被ばくしていることが判明したが、被ばく線量が高くなるのに比例して、白血病のリスクが上昇することが裏付けられた。同時に、平均1.1ミリシーベルトという低線量の被ばく線量であっても、この相關関係が成り立つことが証明されたのである（甲D123の1、甲D123の2）。

ウ 遺伝子への影響（ベラルーシで生まれてくる子どもの形態異常の発生率の増加）

放射線が染色体などの遺伝子を傷つけることから、遺伝子を傷つけられた精子や卵子、受精した胎児に放射線が当たると、母胎への影響などにより、生まれてくる子どもに形態異常が発生することが考えられる。

ベラルーシ国立医科大学のG. I ラジークが平成9（1997）年に発表した論文は、チェルノブイリ原発事故後に生まれてくる子どもにどのような形態異常がどの程度増えているかを、地域の汚染度別に分類している。図15は、この分類を棒グラフ化したものである（甲D108・51～52頁）。

事故前の1982～1985の発生率を1とした場合の、1987～1994の発生率の倍数

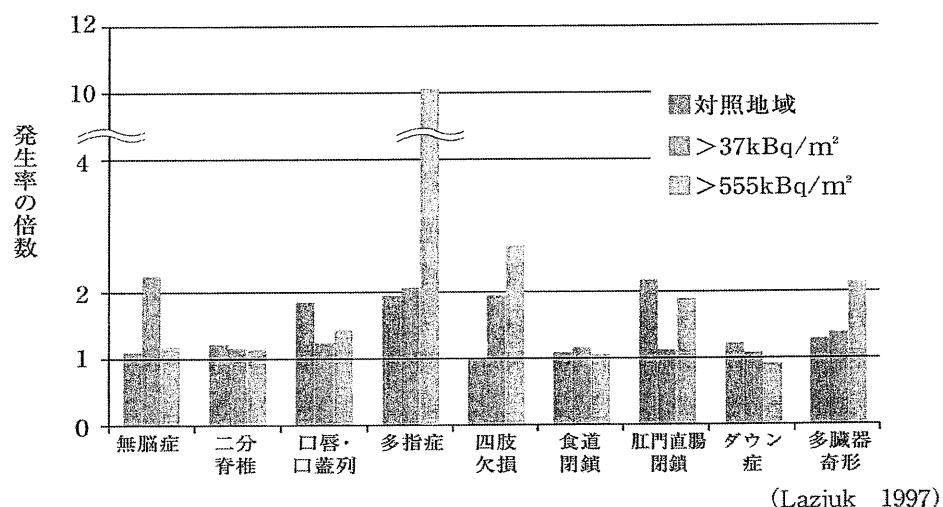


図15¹¹（甲D108・52頁）

チェルノブイリ原発事故前の昭和57（1982）年から昭和60（1985）年までの間を汚染されていないと考えて、その間の形態異常の発生率と、チェルノブイリ原発事故（昭和61（1986）年に事故発生）後の昭和62（1987）年から平成6（1994）年までの間に、生まれてくる子どもの形態異常の発生率が何倍増加したのかを比較している。

それぞれの形態異常について3本の棒があるが、一番左が汚染されなかった「対照地域」（ただし、ミンスク市は、汚染がなかったわけではなく、37キロベクレル／平方メートル以下の汚染であった。）で、中央が37

¹¹ なお、調査人数は555キロベクレル／m²以上の地区は532人、37～555キロベクレル／m²の地区は3,079人、37キロベクレル／m²以下の地区は904人である（甲D108・52頁）。

～555キロベクレル／平方メートルの汚染地域、一番右が555キロベクレル／平方メートルを超える汚染地域である（なお、既に述べたように、本件原発事故後の福島市の一帯の汚染濃度は555キロベクレル／平方メートルに達しているし、平成23（2011）年5月の時点での福島市や郡山市では、平均して333キロベクレル／平方メートル前後の汚染濃度であった。なお甲D92号証参照。）。

この図13を見ると、まず、チェルノブイリ事故前の昭和60（1985）年までと比較すると、チェルノブイリ事故後には、対照地区を含めて、多くの形態異常で棒グラフが1を超えている。このことは、チェルノブイリ事故前と比較して、生まれてくる子どもの形態異常が増加していることを意味する。たとえ低線量であっても、チェルノブイリ事故後には、対照地域も含めて汚染されていることに変わりはない。そのため、対照地域で形態異常の発生率が増加していることも、チェルノブイリ事故の影響と無関係とはいえない（甲D108・51～52頁）。

また、汚染濃度との関係を見ると、左から4番目の「多指症」と5番目の「四肢欠損」が汚染濃度に比例して増加していることが分かる。とりわけ「多指症」の発生率は、555キロベクレル／平方メートル以上の汚染地域では、対照地域と比較して、約10倍も増加している（甲D108・52頁）。

繰り返しになるが、555キロベクレル／平方メートルという土壌汚染の程度が、本件原発事故後の福島市の一帯地域と同じであることから、低線量被ばくであっても、生まれてくる子どもの形態異常の発生率の増加に寄与することが明白であるといえる。

エ その他の疾患

（ア）本件原発事故後に福島県内の被災地域で周産期死亡が増加したこと

英国 Medicine 誌に掲載された「日本の福島原発事故により汚染された都

県での周産期死亡の増加」との論文は、平成13（2001）年から平成26（2014）年までのデータから、本件事故により放射線で汚染された地域において周産期死亡率が増加したか否かを調査した結果を掲載したものであるが、この論文の調査の結果、本件原発事故直後に、岩手・宮城で周産期死亡率が1.7倍に増加したが、本件原発事故10か月後には、岩手・宮城で15パーセント、福島・茨城・栃木・群馬では17.5パーセント、千葉・埼玉・東京で6.8パーセント増加したのに対し、それ以外の地域では増加が見られなかつたことが判明している（甲D122）。

（イ）原爆症認定集団訴訟で多くの判決が低線量被ばくと健康被害との因果関係を認めていること

広島、長崎の原爆による放射能被ばくに関して、原爆症認定集団訴訟において、多くの判決は、残留放射線による外部被ばくや内部被ばくの実態を踏まえて、1ミリシーベルトの低線量被ばくとそれによって生じる、急性心筋梗塞や甲状腺機能低下などの様々な疾患との間には高度の蓋然性があるとして、因果関係を認め、原爆症の認定申請を却下した行政の判断を覆した（甲D124、甲D130、甲D131）。

そのため、国も、1ミリシーベルト以上の被ばくをしたと推定される、爆心地から半径3.5キロメートル以内において被ばくしたことが証明された場合などには、固形がんなどの悪性腫瘍、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、（加齢性白内障を除く）放射線白内障などの多くの疾病について、格別の反対すべき事由がない限り、改めて原爆症として被ばくとの因果関係を認めて、治療費等を負担することにしている（甲D129・3頁）。

（4）小括

以上から、低線量被ばくにより健康への影響が生じることは、一般的な知見、

具体的な事例に基づくデータなどによって十分に裏付けられており、明らかである。

第4 結語

以上のとおり、外部被ばく、内部被ばく、低線量被ばくにより健康への影響が生じることは、一般的な知見において明らかであって、本件原発事故による外部被ばく及び内部被ばくにより低線量の被ばくをした原告らが、被ばくによる健康被害が生じるのではないかと恐怖し、不安を抱き続けることは極めて合理的であるといえる。

以上

略称語句使用一覧表

略称	基本用語	使用書面	ページ	備考
福島第一原発	福島第一原子力発電所	訴状	6	
本件原発事故	平成23（2011）年3月11日に発生した福島第一原発の原子力事故	訴状	6	
浪江町	福島県双葉郡浪江町	訴状	6	
浪江町民	浪江町の町民	訴状	6	
被告東電	被告東京電力ホールディングス株式会社	訴状	6	
原紛センター	原子力損害賠償紛争解決センター	訴状	6	
本件地震	平成23（2011）年3月11日14時46分、三陸沖を震源として発生したマグニチュード9.0の地震	訴状	8	
本件津波	本件地震に伴う津波	訴状	8	
原賠審	原子力損害賠償紛争審査会	訴状	14	
原賠法	原子力損害の賠償に関する法律	訴状	14	
浪江町集団ADR	浪江町が、平成25（2013）年6月4日、原紛センターに対し、被告東電を相手方として、申立人となった浪江町民約1万5000人の代理人として申し立てた集団ADR	訴状	15	
O.P.	小名浜港工事基準面	訴状	20	
長期計画	原子力委員会が制定した「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」	訴状	30	
原子炉等規制法	核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律	訴状	32	
最終処分法	特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律	訴状	33	
地震本部	地震防災対策特別措置法に基づき設置された地震調査研究推進本部	訴状	37	
長期評価	地震本部の地震調査委員会が、平成14（2002）年7月31日に作成、公表した「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について」	訴状	38	
東電設計	訴外東電設計株式会社	訴状	39	

省令62号	発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令（昭和40年通商産業省令第62号。平成14年当時においては、平成15年経済産業省令第102号による改正前のもの）	訴状	41	
千葉判決	千葉地方裁判所平成25年（ワ）第515号外事件において、千葉地方裁判所が平成29年（2017）9月22日に言い渡した判決	訴状	71	
親であった原告ら	本件原発事故当時に児童・生徒であった者の親である原告ら	訴状	78	
高齢の家族を有する原告ら	本件原発事故当時高齢の家族を有していた原告ら	訴状	79	
赤い本	日弁連交通事故相談センター東京支部『民事交通事故訴訟損害賠償算定基準』	訴状	116	
I C R P	国際放射線防護委員会	訴状	137	
A D R手続	原子力損害賠償に関する和解仲介手続	訴状	142	
本件和解案	浪江町集団A D Rにおいて、原紛センターが、平成26（2014）年3月20日に提示した和解案	訴状	142	
4省庁報告書	被告国の4省庁（当時の農林水産省構造改善局、農林水産省水産庁、運輸省港湾局、建設省河川局）が、平成9（1997）年3月に策定した「太平洋沿岸部地震津波防災計画手法調査報告書」	準備書面（2）	11	
7省庁手引き	被告国の7省庁（当時の国土庁、農林水産省構造改善局、農林水産省水産庁、運輸省、建設省、気象庁、消防庁）が、平成9（1997）年3月に策定した「地域防災計画における津波対策強化の手引き」	準備書面（2）	13	
仮定水位⑦	第3回溢水勉強会において、福島第一原発5号機について仮定されたO.P.+14mの水位（敷地高O. P. + 13 m + 1 mの水位）	準備書面（2）	22	
仮定水位⑧	第3回溢水勉強会において、福島第一原発5号機について仮定されたO. P. + 10 mの水位（上記仮定水位O. P. + 14 mと設計水位O. P. + 5. 6 mの中間水位）	準備書面（2）	22	

専門調査会	中央防災会議の「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」	準備書面（3）	24	
WG	ワーキンググループ	準備書面（3）	25	
千葉訴訟	千葉地方裁判所平成25年（ワ）第515号事件、同第1476号事件、同第1477号事件	準備書面（3）	32	
生業訴訟	福島地方裁判所平成25年（ワ）第38号事件、同第94号事件、同第175号事件	準備書面（3）	32	
阿部簡易式	阿部勝征氏が考案した津波高を算出するための簡易予測手法	準備書面（3）	36	
今村氏	津波工学者である今村文彦氏	準備書面（4）	8	
今村意見書	今村氏作成が作成した平成28（2016）年12月19日付意見書	準備書面（4）	8	
今村調書	東京高等裁判所平成29年（ネ）第2620号事件の平成30（2018）年12月13日の期日で実施された今村氏の証人尋問調書	準備書面（4）	8	
朝倉ら評価方法	朝倉良介氏らが提案した、動水圧については静水圧の3倍を見込んで評価する考え方	準備書面（4）	11	
岡本氏	原子力工学者である岡本孝司氏	準備書面（4）	13	
首藤氏	津波工学者である首藤伸夫氏	準備書面（4）	14	
日本原電	日本原子力発電株式会社	準備書面（4）	15	
東海第二原発	東海第二原子力発電所	準備書面（4）	15	
新耐震指針	平成18年（2006）9月に改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」	準備書面（4）	15	
耐震バックチェック	原子力安全・保安院が、各電力事業者に対し、新耐震指針に照らして実施を指示した耐震安全性評価	準備書面（4）	15	
小野氏	平成18（2006）年5月11日に開催された第3回溢水勉強会に出席し、当時、原子力安全・保安院原子力発電安全審査課審査班長であった小野祐二氏	準備書面（4）	17	
渡辺意見書	株式会社東芝原子力事業部門で原子炉施設の基本設計を担当してきた元社員渡辺敦雄氏（工学博士）が作成した平成28（2016）年3月25日付意見書	準備書面（4）	25	
上津原氏	本件原発事故当時、被告東電の原子力設備管理部の部長代理の職にあり、事故後に被告東京電力の事故調査報告書の取りまとめにあたった上津原勉氏	準備書面（4）	31	

L S S	1945年の日本における原爆被爆の生存者を対象とする継続的な追跡調査、いわゆる寿命調査研究(Life Span Study)	準備書面(5)	38	
-------	--	---------	----	--