

平成25年(ワ)第46号 福島原発・いわき市民損害賠償請求事件

原告 武田 悦子 ほか821名

被告 国・東京電力株式会社

準備書面(68)

低線量被ばくの健康リスク (LNTモデルの合理性を中心に)

2018(平成30)年9月5日

福島地方裁判所いわき支部(合議1係) 御中

原告ら訴訟代理人弁護士

小	野	寺	利	孝		代
同	広	田	次	男		代
同	鈴	木	堯	博		代
同	米	倉		勉		代
同	笹	山	尚	人		代
同	渡	辺	淑	彦		代
同	坂	田	洋	介		代
同	吉	田	悌	一郎		代

第1 はじめに

原告らは今回、元放射線医学総合研究所の研究院で、本件事故の元国会事故調査委員会委員である崎山比佐子氏（以下、「崎山氏」という。）に関して、京都地方裁判所において同氏の証人尋問が行われた際の主尋問調書（甲 A 4 6 7 の 1 ・以下、「崎山主尋問調書」という。）及び、東京地方裁判所に提出された同氏の意見書（甲 A 4 6 8 ・以下、「崎山意見書」という。）を書証として提出した。

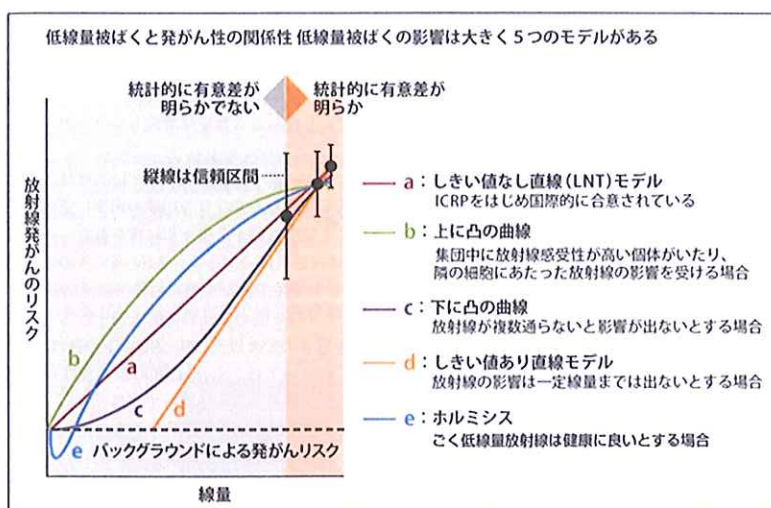
本準備書面では、この崎山主尋問調書及び崎山意見書をもとに、低線量被ばくによる健康リスクに関し、主に LNT モデルの合理性を中心に論じる。

第2 放射線被ばくによる健康被害・影響のメカニズム 特に低線量被ばくによる健康影響について

1 低線量被ばくと LNT モデル

1シーベルト以上の高線量の被ばくでは、確定的影響としての急性障害が生じる。また、100ミリシーベルトから1シーベルトでは、晩発障害の発生する確率（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ということが明らかになっている（確率的影響）。

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「しきい値なし直線モデル」すなわち LNT（Linear Non-Threshold）モデルのほか、ヒトの自然治癒力による「修復効果」や「ホルミシス効果」によって影響は小さくなるという「下に凸」説、逆に、むしろ低線量被ばくの方が影響が大きいとする「上に凸」説がある（「国会事故調報告書」403頁）。



更に、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を指摘する見解もある。平成16年3月、当時の原子力安全委員会放射線障害防止基本専門部会に設けられた低線量放射線影響分科会がとりまとめた「低線量放射線リスクの科学的基盤—現状と課題—」においても、同じ被ばく量であれば長期にわたって被ばくした場合の方がリスクも上昇するという逆線量率効果、被ばくした細胞から隣接する細胞に被ばくの情報が伝わるバイスタンダー効果、放射線被ばくを受けた細胞集団に長期間にわたる様々な遺伝的变化が非照射時の数倍から数十倍の高い頻度で生ずる状態が続くゲノム不安定性等の可能性が指摘されている(甲A469「低線量放射線リスクの科学的基盤」18～20頁)。

そして、現在、ICRPを初めとする国際的な知見は、いずれもLNTモデルを採用しており(甲A468の1・10頁、12頁、甲A469の31～32頁)、平成24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)の報告書でも、このモデル(考え方)が前提とされている(「国会事故調報告書」402頁)。

2 LNTモデルの科学的根拠

放射線は、僅か1本が細胞を貫いても細胞内の分子に傷をつけることが

でき、また、放射線がDNAに与える影響は複雑であって修復する際に間違いを起こしやすく、その間違った修復によってがんを引き起こす可能性がある。このように放射線のリスクにしきい値がないことは理論的にも実験的にも裏付けられた科学的事実である。

また、線量とリスクが直線的比例関係にあることは、DNAの複雑損傷が線量に正比例して増加することからも実験的に裏付けられている。

この点については、広島および長崎における原爆被爆者についての一連の研究が重要であり、ICRP 2007年勧告が、「がん及び遺伝性影響の誘発に対する直線の線量反応関係の中心となる仮定によれば、低線量においてさえも線量の増加は比例したリスクの増加を誘発するが、この仮定は引き続き、放射線の外部線源と放射性核種の接種による線量の合計に対して根拠を与えている」(総括(g))、「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ミリシーベルトを下回る低線量域では、がん又は遺伝性影響の発生率に関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」、「したがって、委員会が勧告する実用的な放射線防護体系は、約100ミリシーベルトを下回る線量においては、ある一定の線量の増加はそれに正比例して放射線起因の発がん又は遺伝性影響の確率の増加を生じるであろうという仮定に引き続き根拠を置くこととする」(甲A470)としているのは、このような原爆被爆者に関する研究成果である。

3 LNTモデルを裏付ける科学的知見

(1) はじめに

ICRP 2007年勧告のみならず、低線量被ばくに関する疫学的知見はさらに積み重なっており、100ミリシーベルト以下の低線量被ばくに

よっても発がんリスク等が増加することが多くの研究で観察されている。

低線量被ばくの危険性を示す論文が集積されていることは、LNTモデルを支持する知見が現在もなお集積され続けていることを示しており、極めて重要である。

(2) LSS14報(甲A471)

ア LSSとは

「原爆被爆者の死亡率に関する研究」(以下「LSS」という。)とは、公益財団法人放射線影響研究所(以下「放影研」という。)及びその前身の原爆傷害調査委員会(ABCC。米国が資金提供していた)によって60年以上も実施されている疫学調査であり、世界的に最もよく知られる疫学調査の一つである。放影研は、1950年の国勢調査で広島・長崎に住んでいたことが確認された人の中から選ばれた約9万4000人の被爆者と、約2万7000人の非被爆者から成る約12万人の対象者を、1950年から追跡調査している。

LSSコホートから得られたデータは、死亡率に関する調査以外にも同じ集団を対象にしたがん罹患率の研究等にも用いられ、これらの結果は、報告書として定期的にまとめられて学術雑誌に報告されている。

イ LSS14報の概要

(ア) LSS13報までは、低線量領域における被ばくの影響は確実とまでは表現していなかった。

すなわち、2003(平成15)年に公表された前報である第13報におけるしきい値に相当する記述は「固形がんの過剰相対リスクは、0-150mSvの線量範囲においても線量に関して線形であるようだ。」であった。

これに対し、2012(平成24)年に公表されたLSS14報(甲A471)では、前報であるLSS13報から追跡期間が6年延長したことにより、放射線被ばく後の長期間の死亡状況に関する実質的に多く

の情報が得られた。

同論文の要約（アブストラクト）によると、「定型的な線量閾値解析（線量反応に関する近似直線モデル）では閾値は示されず、ゼロ線量が最良の閾値推定値であった。」と結論づけられた。本文の「結論」では、「線形モデルが全線量範囲において最も良い適合度を示した」ことが述べられている（甲 A 4 7 1）。

また、全体としてデータをみた場合、「線量閾値の最大尤度推定値は 0. 0 Gy で（すなわち閾値はない）」と結論付けている（甲 A 4 7 1 の 1 3 頁）。

これは、LNTモデルに合致する結果である。

(イ) 崎山氏の京都地裁での証言でも、LSS 1 4 報について、次のとおり説明されている。

LSS 1 4 報 1 1 頁では、「線形モデルが全線量範囲において最も良い適合度を示した」とあるが、このモデルというのは、線量とがん死率の関係について示したものである。それが線形モデルであるというのは、直線にリスクが増加することを意味している（甲 A 4 6 7 の 1 の 2 9 頁）。LSS 1 4 報の前の報告であるLSS 1 3 報は、ゼロから150ミリシーベルトまでは線形を示すようだという断定を避ける結論記載であったが、データが増加したことによって、上記のように断定されるに至ったと指摘しており（甲 A 4 6 7 の 1 の 3 0 頁）、この点は極めて重要である。

(ウ) LSS 1 4 報においても、0. 2 Gy 以下では統計的有意差があるとまではされていない。しかし、統計的有意差がなくとも、統計学的推定の手法等を用いることにより、因果関係を認めることは可能である。

LSS 1 4 報についてみれば、1 2 頁の図 4 には、「黒丸は線量区分ごとのERRと95%CIを示す。」と記載されている。この図 4 からは、有意差がないとされている0. 2 グレイ以下でもがん死率は直線にフィットをしている。また、点推定値はいずれもゼロより上にある（リスクがある）。全

体としてみれば、有意差がないとされる0.2グレイ以下においても因果関係は「(あると)考えられる」のである(甲A467の1の31頁。「」内の(あると)は原告ら代理人の加筆)。

(エ) さらにLSS14報16頁には、「12の調査で得られた線量あたりのERRとLSSで得られた線量あたりのERRの比に基づくDDREF期待値は1に近いと思われ」との記載がある。

線量・線量率効果係数(DDREF)は、単位時間あたりの線量を線量率といい、被ばく線量が同じでも、時間をかけて被ばくした方(低線量率)が、全量を一度に浴びる方(高線量率)よりもリスクが低くなるのではないかとする考え方がある。線量・線量率効果係数(Dose and Dose-Rate Effect Factor: DDREF)とは、「同じ線量だが高線量率で生じる生物影響」/「低線量率で生じる生物影響」のことである。

世界保健機関(WHO)、国連科学委員会(UNSCEAR)、欧州放射線リスク委員会(ECRR)は、DDREFを1としている(つまり高線量率・低線量率ともリスクに差はない)。他方、ICRPはDDREFを2としているが、これは低線量率のリスクを2分の1と見積もっていることを意味する。WG報告書も、ICRPと同様のスタンスに立っているものと理解できる。

しかしながら、LSS第14報は「調査で得られた線量あたりのERRとLSSで得られた線量あたりのERR(過剰相対リスク)の比に基づくDDREF期待値は1.0に近いと思われ、BEAR VII(1.5)及びICRP(2.0)により示唆された係数よりも名目上低い」としている(甲A471の16頁)。

すなわち、LSS第14報は、低線量率の場合でも、高線量率の場合と同様のリスクがあると考えている。

崎山氏も、これについて、低線量率で被ばくしても、線量さえ同じならば、たとえば一度に被ばくするような高線量率の場合と同じだけのリスクがあ

ることを示唆しているとする（甲 A 4 6 7 の 1 の 3 1 頁）。

L S S 第 1 3 報（2 0 0 3（平成 1 5）年公表）の要旨では、L S S 第 1 4 報と同様な解析方法を用いているが、しきい値はゼロ線量とまでは述べておらず「固形がんの過剰リスクは 0 - 1 5 0 ミリシーベルトの線量範囲においても線量に関して線形であるようだ」と記載しているに過ぎない（甲 A 4 7 2 の 1 頁）。

それが続く第 1 4 報になって、明確にしきい値はゼロ線量であると述べるに至ったのである。つまり、長期間にわたって被爆者を追跡調査することによってより正確なデータを蓄積し、最新の知見が積み重ねられている状況において L S S 第 1 4 報が発行され、その中でしきい値がゼロ線量であると述べられた意味は非常に大きいものである。

- (オ) しかも、若年被爆のリスクを重視しなければならないことが明らかになっている。すなわち、同じく L S S 第 1 4 報において、固形がんの死亡リスクでは、線形モデルにもとづく過剰相対リスク（E R R）は男女平均で被爆時 3 0 歳が 7 0 歳に到達した時点で 0. 4 2 であり、そのリスクは被爆時年齢が 1 0 歳若くなると約 2 9 % 増加する、すなわち若年被爆者ほどがん死亡リスクが高いことが確認された（甲 A 4 7 1 の 9 頁）。
- (カ) さらに非がん疾患に関しても線量反応関係が示されている。すなわち、循環器疾患につき、L S S 第 1 4 報において「リスクの有意な増加が血液、循環器系および呼吸器系の非腫瘍性疾患で認められた」（甲 A 4 7 1 の 1 2 頁）と報告されている。

また、「長期追跡調査期間における線量反応の変化については、循環器・呼吸器・消化器疾患のリスクがすべて 1 9 6 5 年以降有意に増加した」（甲 A 4 7 1 の 1 2 頁）と報告した。そして、追跡調査の初期（1 9 5 0 ~ 1 9 6 5）年と後期（1 9 6 6 ~ 2 0 0 3 年）における非がん疾患の死亡率の線量反応関係を比較し「初期における線量反応関係（点線）は約 1. 5 グレイ未満で放射線影響は認められなかったが、後期においては、全体的にがん以

外の疾患についてはほぼ線形の線量反応関係が認められ、両期間における線量反応の形状の差異は有意であった（図6-A, $P=0.02$ ）」（甲A471の13頁）、「がん以外の疾患における初期と後期の間の有意差（ $P=0.02$ ）は、がん以外の疾患全体に選択バイアスがある可能性を示唆している」（甲A471の18頁）と述べている。

このように、追跡調査の経過からも、「ほぼ線形の線量反応関係」つまり、高線量域から低線量域にかけても線量反応関係が認められるということがより明らかとされているのである。

この点、2010年のUNSCEAR報告書（甲A473）においても、「放射線被ばくに関連した致死的な心血管疾患の過剰リスクを示す唯一の明確な証拠は、心臓への線量が約1-2グレイでは、原爆被爆者のデータから得られている」（甲A473の16頁・42）、「1-2グレイ未満の線量、またはるかに低い線量の場合においても、非がん疾患のリスクが増加することを示す最近の疫学調査からの新たな証拠がある」（甲A473の16頁・43）と指摘するところである。

さらに、「原理的には、もし放射線が、身体のもっている感染、がんまたは他の疾患に対する免疫応答の能力を強化または低下するように働けば、放射線被ばくによりいかなる疾患のリスクも影響を受けることになる」（甲A473の16～17頁・44）ということと言及するに至っている。

このように非がん疾患は高いしきい値線量が想定される確定的影響という従来の考え方と相反する観察結果が示されるようになり、むしろしきい値のない確率的影響と考えるべきであることが示唆されているのである。

(3) UNSCEAR2006年報告書（甲A474）

UNSCEAR2006年報告書は、

「今日まで、致死的な心血管疾患と1-2グレイ未満の範囲の放射線量との間の関連を示す証拠は、日本の原爆被爆者のデータの解析だけから得られる。その他の研究は、放射線量が1-2グレイ未満での致死的な心血管疾患のリス

クについて、明瞭な、あるいは一貫した証拠は提供していない。」(甲 A 4 7 4 附属書 B 1 2 9)

「循環器疾患およびがん以外の疾患の死亡でも、約 1～2 グレイ未満の線量の放射線との関連を示す証拠は、原爆被爆者のデータのみから得られている」(同 1 3 1)

として、被爆者の研究では 1～2 グレイ未満で線量とリスクの関連性が得られていると述べているのである。

続いて、

「この疫学的レビューから下される明確な結論は、日本の原爆被爆者の研究を別にすれば、非がん疾患リスクについてのデータは、質と量の 2 点において不足しているといことである」(同 1 3 2)

として、UNSCEAR 2006 年報告書は、原爆被爆者の疫学調査の確実性や信用性を問題とするのではなく、他の研究の疫学的精度(量と質)の不十分さを問題にしている。

(4) UNSCEAR 2010 年報告書(甲 A 4 7 3)

さらに、UNSCEAR 2010 年報告書(甲 A 4 7 3)でも、

「放射線被ばくに関連した致死的な心血管疾患の過剰リスクを示す唯一の明確な証拠は、心臓への線量が約 1～2 グレイでは、原爆被爆者のデータから得られている」(同 1 6 頁・4 2)

「1～2 グレイ未満の線量、またはるかに低い線量の場合においても、非がん疾患のリスクが増加することを示す最近の疫学調査からの新たな証拠がある」(同 4 3)

とされている。

(5) テチャ川流域住民におけるがん死(1956～2002年)(甲 A 4 7 5 の 1 ないし 2)

1949 年、旧ソ連は、核兵器製造のため南ウラルの秘密都市チェリヤ

ビンスクに原子炉やプルトニウム製造施設を建設した。この施設の操業中、1949年から56年にかけて、高レベルの放射性廃棄物が付近を通るテチャ川にそのまま排出され、同川の流域が汚染された（最大の汚染は50年～51年）。これにより、流域の住民は外部被ばく及び内部被ばくを受け、その平均被ばく線量は40ミリシーベルトであった。

旧ソ連政府により1960年代からコホート調査が開始され、観察期間である1956年～2002年の間に、2万9873人の追跡調査が行われてきた。その間、対象住民のうち1842人のがん死が確認され、がん死亡率は線量に比例して直線的に増加することが認められた。

すなわち、「結果」欄（甲A475の2・「テチャ川コホートにおける長期間の放射線被曝とがんによる死亡」、以下、「テチャ論文」という。）の「2. 放射線リスクの推定」によれば、「表4に示したように、高い有意性($P < 0.001$)の線量-応答関係があり、線形ERR推定値は0.92 per gray (95% CI 0.2; 1.7)であった。」とされる。表4とは、固形がんのリスク推定を線形モデルと線形二次モデルで比較した結果を示すものであり、線形モデルが有意とされている。

「考察」欄の最終段落では、「われわれの今回の解析は、固形がんとCLL以外の白血病の両方について、有意な線量応答関係があることを明確に実証しており、長期間の被曝に伴う放射線リスクについての重要な情報を付け加えている。」との結論が示されている。

線量応答関係について、図1と図2（甲A475の2・テチャ論文末尾）において、固形がんとCLL（慢性リンパ性白血病）以外の白血病の両方について低線量域まで直線的にリスクがあると考えられることが図示されており、LNTモデルに整合する。

この点、崎山氏の京都地裁での証言でも次のとおり説明されている。すなわち、テチャ論文（甲A475の2）掲載の図1には、「固形がんの線量応答関係」の記載があり、この図1のグラフから線量が増えるとERR

が直線的に増加し、そのしきい値は見つからないことが分かる。また、上記表4には、「線形」のP値が0.001より小さいことが記されており、実際の調査データに線形モデルが非常に良く適合することが示されている。反対に「線形二次」モデルのP値は0.5以上であり、実際の調査結果に合致しないことが示されている（P値が0.05より小さい場合、一般に統計的に有意と判断される。）。つまり、テチャ川論文は、線形モデルに高い有意性が認められていることを示している（甲A467の1の32頁）。

また、テチャ川論文（甲A475の2）の「緒言」には、ERRが0.92であることが示されており、これは、LSS14報のERRに比較すると倍以上のリスクであるとも述べられている（甲A467の1の33頁）。

テチャ川流域住民の被ばくは、原子爆弾による瞬間的な被ばくではなく、放射性物質を継続的に経口摂取したことによる内部被ばくが主体であった。すなわち、時間をかけた緩慢な被ばく＝低線量率による被ばくであり、本件事故による被ばくを考えるうえで、非常に重要な知見をもたらす研究である。

本コホート調査における対象集団は、①放射性物質の排出地点から7ないし148キロメートルの25か村に住む1万8389名、②排出地点から155～237kmの16か村の住人1万1411名から成り、住民がどこに住んでいるかは考慮されているうえ、観察期間中は住所地や転居日時を含む居住歴のデータが更新されている。そして、本研究において使用される「テチャ川線量評価システム2000（TRDS-2000）」においても、線量評価にあたって住民の居住歴がファクターとして考慮されているのである。

さらに、本研究の著者らは、重要な交絡因子である化学物質による汚染に関しても考慮を払い、本コホートが化学物質による曝露を受けた証拠は見出せないと結論づけている。

(6) 原子力産業労働者を対象とする疫学調査～放射線作業従事者のがんリス

クに関する15か国共同研究（甲A476の1ないし2）

Cardisらによる本研究は、15か国の原子力産業の労働者407,391人について被ばく線量とがん死亡率（固形がん及び白血病）の関係を調査した後ろ向きコホート研究である。

労働者の累積被ばく線量の平均は19.4ミリシーベルトであり、線量とがん死亡率には有意な相関関係があった（ERR：0.97/シーベルト）。31種類のがんの中でも特に肺がん死と被ばく線量との間に統計的に有意な相関がみられた（ERR/1.86/シーベルト）。慢性リンパ性白血病を除く白血病のERRは1.93/シーベルトであった。

(7) 電離放射線職業被ばくによるがん死リスクー仏、英、米国における後ろ向きコホート研究ー（甲A477の1ないし2）

本論文は、フランス・イギリス・アメリカの原子力産業に従事する労働者約30万人を対象とし平均26年間追跡調査した後ろ向きコホート研究であり、長期間にわたる低線量率の被ばくにより、わずかながら白血病死亡率が上昇することを明らかにしたものである。

この規模の調査は、その結果に信頼性が高いと言える（甲A467の1の33頁）。

調査対象となった労働者は、バックグラウンド＝環境放射線（宇宙線やラドン等）の他に、年平均1.1ミリシーベルトを被ばくしていた。本研究では、被ばく線量が高くなる毎に白血病のリスクが高まることに加え、極めて低い線量でも線形の関係が成り立つことが明らかとなった。つまり、LSS調査と同様に、低線量被ばくにおいてもLNTモデルが成立するということである。

平均累積結腸線量は20.9ミリシーベルトで、中央値は4.1ミリシーベルトであった。全がん死、白血病を除く全がん死の過剰相対率はそれぞれ0.51/Gy, 0.48/Gyであった。0から100mGyの低線量区間における線量とがん死との相関関係は、幾分正確性は劣るものの、

全線量域と同様であった。

この論文の冒頭「アブストラクト」において、「研究上の問い」は、「低線量の電離放射線に長期間被曝することで、固形がんのリスク上昇を伴うのか？」であるとされており、同論文は、研究結果を踏まえ、低線量でもリスクが存在することを繰り返し指摘している。

すなわち、「アブストラクト」において「研究の知見と問題点」欄で「放射線量が増加するにつれて、がんの罹患率が線形に増加することを、結果は示していた。(中略) 0-100 mGy の線量範囲での推定された相関関係は、全線量範囲で得られたものと相関の強さが同程度であったが、精度が低かった。」としており、0から100 mGy の低線量でも相関関係は線形に増加すると報告されている。

また、「本研究が新たに加えた知見」として、「本研究から、電離放射線への長期間の低線量被ばくと固形がんによる死亡との間の相関関係を直接推定したものが得られた。」と冒頭において述べられている。

さらに「本研究が新たに加えた知見」欄には、「フランス、英国、米国の原子力産業で通常遭遇するような低線量率での放射線被曝を受けた労働者での研究で、放射線被曝量が増すにつれて、がんの相対罹患率が線形に上昇していることを本研究の結果は示唆している。」とも記載されている。

そして、「考察」欄には、「主な知見」として、「本研究から、フランス、英国、米国の原子力産業で通常遭遇する低線量率の電離放射線への被曝量が高まるにつれて、がんによる死亡の過剰相対リスクが線形に増加するエビデンスが示された。(中略) データを 0-100 mGy の線量範囲に限定して解析すると、精度は低くなるとしても、放射線量と白血病を除く全てのがんの間に正の相関関係があることを示す支持的エビデンスをもたらしている。」との結論が示されているのである。

いずれも LNT モデルが単なる仮説でなく、実際に低線量域においても

リスクがあることが観察されていることを、この論文は示している。

加えて、この論文ではDDREFについても重要な知見を加えている。

すなわち、「本研究が新たに加えた知見」欄には、「高線量率被曝のほうが低線量率被曝よりも相当に危険であるという考えとは対照的に、放射線従事者での単位放射線量あたりのがんのリスクは、日本の原爆被爆者の研究から得られた推定値と同程度であった。」との報告が記載されている。これは、一般に低線量率での被ばくである原発労働者においても高線量率の被ばくと同様のリスクを負っていることを示している。時間をかけてゆっくり被ばくしても（低線量率被ばく）広島・長崎原爆被ばく者の被ばくのように全量を一度に被ばくする高線量率被ばくでも、線量が同じならばリスクは変わらないということである。

3カ国調査には喫煙データがとられていないという批判があるが、喫煙で一番影響のある肺がんを除いて調査をされている。つまり、肺がんを除いたデータが今までと同じ結果であれば、喫煙の影響は否定できるという考え方で研究されているのである。そして、実際に肺がん以外の固形がんについて検討された結果、線形モデルに合致するという結果が得られた（甲A467の1の34頁）。

(8) 1980年から2006年の英国における自然バックグラウンド放射線と小児白血病その他のがんの罹患に関するレコードベースの症例研究（甲A478の1ないし2）

自然放射線被ばくの場合、低線量率で長期間継続的に被ばくを受けることになり、この自然放射線被ばくによってがんになるのかどうかを、放射線に感受性の高い小児について調べている。

小児がんの症例2万7447人と対照者3万6793人について自然放射線の被ばく線量と発がん率の相関関係を調べたところ、 γ 線4.1mSv以上の被ばくで小児白血病が優位に増加し、ERRは12%/mGyと計算されている。すなわち、1mGyの被ばくで白血病が12%増加する

ことを意味する。著者は自然放射線のような低線量率被ばくでも高線量率リスクモデルと同様な発がんがあると述べている。

低線量の健康リスクを統計的有意差をもって明らかにした点で非常に重要な研究である。

ここでいう4.1 mGyとは、累積線量のことである（甲A467の1の35頁）。

現在、被告国は、年間20ミリシーベルトを下回った地域には住民の帰還を進めている。しかし、わずか累積4.1ミリシーベルトで白血病の過剰リスクが存在することが確認されているのである。

本論文は、線量の推定にあたっては精緻な方法を用いており、信頼度が高い。すなわち、著者のKendallらは、小児がんのデータについては国家小児がん登録制度を利用し、線量推定に必要な居住地は英国の地理情報システム（Address-Point to System）等を用いて特定している。

また、線量については、子供が生まれたときに母親が住んでいた住所から推定している。そして、屋内におけるγ線の吸収量率のデータは英国の自然放射線調査（2283箇所の家屋で実施）に、ラドンの線量については英国健康保護庁等が作成した線量マップ（40万箇所で計測）を用いている。

その上で、データ解析に際してはγ線吸収線量率と（出生から診断までに取り込んだ）ラドン濃度を用いて、妊娠からがんと診断される9か月前の累積線量と近似させて用いている。

また、社会経済的状況（SES）が交絡因子として大きな影響を及ぼすことはよく知られており、これについても本論文は貧困指数を考慮することによって適切に制御している。

(9) スイス国勢調査に基づく自然放射線と小児がんの関連（甲 A479の1
ないし2）

高線量地域での調査は、スイスでも実施されている。

この調査においては対象者数が200万人にも及ぶ。これは、この調査が行われるまでは考えられない規模のデータである。この調査では、200nSv/時、すなわち年1.75ミリシーベルト以上で有意にリスクが増加することが示されており、イギリスの調査と同じく20ミリシーベルトよりもはるかに低いところでリスクの増加が認められることを意味している（甲A467の1の35頁）。

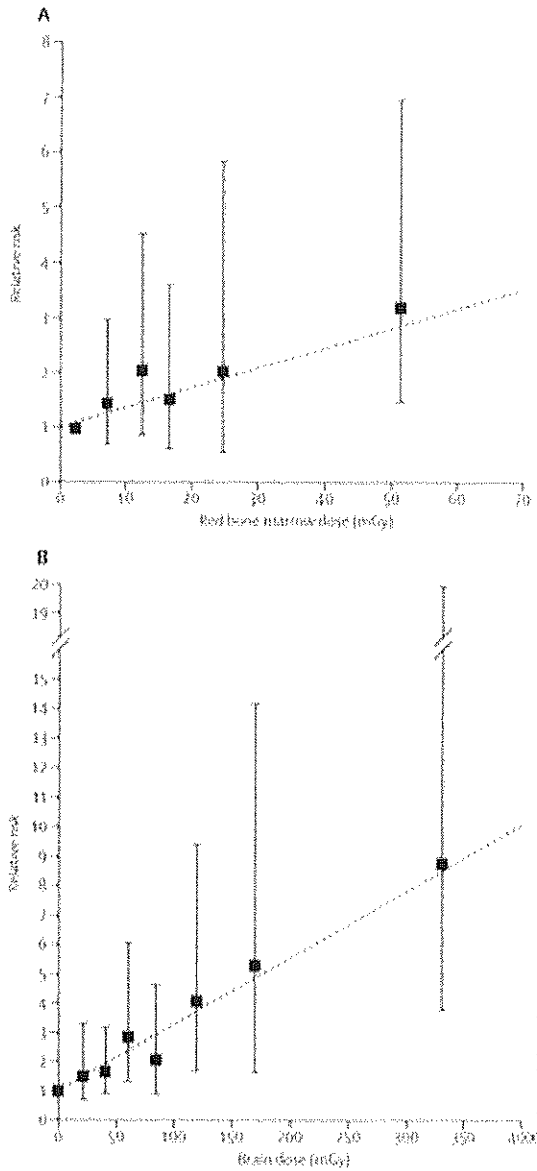
調査対象とした16歳未満の子供は209万3660人で、平均追跡期間は7.7年、発症したがん症例は1782例である。得られた結果は、全がんにおいてハザード比は外部被ばく蓄積線量について1.04/mSvであり、白血病及び中枢神経系腫瘍ではそれぞれ1.046/mSv、1.06/mSvになっている。1ミリシーベルトという低線量でも有意にがんが増加することを示す疫学調査として重要である。

このような低線量・低線量率であっても、線量とリスクは直線関係を示していた。

(10) 「幼児期CTスキャンによる放射線被曝と白血病及び脳腫瘍リスク：後ろ向きコホート研究」は以下のように報告している（甲A480の1ないし2）

英国におけるがん登録制度での、1985（昭和60）年1月1日から2008（平成20）年12月31日までにCTを受けた患者のフォロー結果で、17万8604人中の74人が白血病、17万6587人中の135人が脳腫瘍、と診断され、被曝線量とがん発生率に下図のような相関が認められている。

【甲A480の1の3頁記載の図を転記した。：CTスキャンからの赤色骨髄と脳への推定された線量と白血病と脳腫瘍の相対リスクの関係】



白血病罹患率についての過剰相対リスクは $0.036/mGy$ （ $1mGy$ 被ばくすると白血病罹患率が 1.036 倍）であり，脳腫瘍罹患率については，過剰相対リスクは $0.023/mGy$ （ $1mGy$ の被ばくで脳腫瘍の罹患率が 1.023 倍）であった。

上記図のように，白血病では約 50 ミリグレイ以下の赤色骨髄線量で，線形閾値なしの線量反応関係を示し，脳腫瘍では約 350 ミリグレイ以下

の脳線量で、線形閾値なし線量反応関係を示しているのである。

「考察」欄の冒頭、「2-3回の頭部CTスキャンを行ったことによる累積電離放射線量（つまり~60 mGy）で、脳腫瘍のリスクはほぼ3倍になり、5-10回の頭部CTスキャンを行ったことによる累積電離放射線量(~50 mGy)で白血病のリスクが3倍になる場合がある」と指摘されており、数十ミリシーベルトレベルの被ばくでも健康リスクが生じることが明らかになった。

- (11) 小児期あるいは青年期にコンピューター断層撮影を受けた68万人のがんリスク：オーストラリア人1100万人のデータリンクージ研究（甲A481の1ないし2）

Mathewsらは、2013年5月に医学雑誌「BMJ」に発表した論文において、オーストラリアにおいて小児・青年期（0歳ないし19歳）にCT検査を受けた患者を対象とした疫学調査を実施したところ、がん発生率の有意な上昇が認められたことを報告している。

すなわち、オーストラリアで、CT検査を受けた68万0211人について平均9.5年間、検査を受けなかった1025万9469人については17.3年間追跡調査を行い、発がん率を調べた。

これは大規模な研究であり、「考察」欄の冒頭にも、「われわれの研究は、診断医療放射線被曝に関して、現在までに実施された最大規模の被験者を対象とした研究である。また、日本人被曝者の研究で得られた情報よりも、低線量被曝に関してより多くの情報をもたらしている」と記載されている。

崎山氏の京都地裁での証言でも、公表当時、コホートの大きさに驚いたと述べている（甲A467の1の36頁）。

発がん率を調べた結果、CT検査を1回（被ばく線量：約4.5ミリシーベルト）受けると発がん率は1.2倍となり、検査回数が増えるとそれに比例して発がん率も有意に増加することが明らかとなった。

全がん、脳腫瘍及び白血病・骨髄異形成症候群の線量あたりの過剰率比（ERR）はそれぞれ0.035/mGy、0.029/mGy及び0.039/mGyであった。

これらの調査結果について、アブストラクトの「結果」欄では、「総合すると、がんの罹患率は、年齢、性別、出生年で調整すると、被曝群のほうが無被曝群と比較して24%高かった（罹患率比（IRR）1.24（95%信頼区間1.20～1.29）； $P < 0.001$ ）。線量-応答関係があることを認め、CTスキャンが1回増すごとにIRRが0.16（0.13～0.19）上昇した」と結論づけられている。

そもそも小児・青年期におけるがんは発生率が低く、がんの診断のためにCTスキャンが実施されることは極めてまれであることから、主な使用目的は外傷の診断であったと考えることが妥当である。Matthewsらの論文でも、小児に実施されるCTスキャンのほとんどを頭部外傷検査のためのイメージングが占めていることが指摘されている。とはいえ、CTは医療被ばくであるから、がん診断のためにCTを受けた可能性があり、CTを受けたからがんを発症したのではなく、がんのリスクが元々あったからCTを受けたという逆の因果関係がある可能性に注意しなければならない。その可能性を排除するためにCT論文では、検査を受けて1年以内に発症した人を対象の集団から除いている。これが、甲A481の2の末尾の図2にある「1年間の遅延期間に基づく」という記載の意味である（甲A467の36頁）。

CT論文では、この遅延期間を5年、10年と延長したが、その結論には変わりがなかった（甲A467の1の37頁）。

(12) その他の疫学調査

崎山意見書（甲A468）は、上記疫学調査以外の疫学調査にも言及しており、すべてを含めて一覧化したものが、崎山意見書における表3及び表3（原文ママ）であり、以下に抜粋する。

表3 100mSv以下でがん死率が増加した報告

ケース	調査対象者数、追跡期間	平均被ばく線量	リスク/線量		出典
			固形がん	白血病	
テチャ川流域住民	29,873人 47年間	40mSv	固形がん ERR:0.92/Gy	ERR:4.2/Gy CLLを除く白血病 ERR:6.5/Gy	Krestina L.Y. 他 2005 (19)
15ヶ国核施設労働者	407,391人 平均12.6年間	19.4mSv (90%が 50mSv未満)	全がん ERR:0.97/Sv	ERR:0.70 CLLを除く白血病 ERR:1.93/Sv	Cardis E 他 2007 (20)
仏、英、米核施設労働者コホート研究	308,297人 平均26年間	20.9mSv 中央値4.1mSv	全がん ERR:0.51/Gy 全がん(白血病を除く) ERR:0.48/Gy		Richardson DV 他 2015 (21)
仏、英、米核施設労働者における白血病、リンホーマによる死亡リスク	308,297人 平均27年間	16mGy (年間被ばく線量は 1.1mGy)		CLLを除く白血病 ERR:2.96/Gy 慢性骨髄性白血病 ERR:10.45/Gy	Loucaud K. 他 2015 (22)
広島・長崎原爆被爆者	86,811人 53年間	79%が100mSv 未満	全がん(白血病を除く) ERR:0.42/Gy		Ozasa K 他 2012 (17)

CLL:慢性リンパ性白血病

表3 自然放射線，医療被ばくによるがん死，がん罹患率の上昇

ケース	調査対象者数・追跡期間	疾病	リスク/線量	出典
胎児期の医療被ばく	オックスフォード小児がん調査(OSCC) 15,272 症例対照例 他	白血病、他の固形がん	検査を受けた人は受けなかった人に比較してがんが40%増加(10mSvでもリスク増加)	Doll R 他 1997 (28)
スイス自然放射線	調査開始時16歳未満 約2,093,660人 平均7.7年	全がん	ハザード比:1.040/mSv	Spicer SD 他 2015 (24)
		白血病	ハザード比:1.046/mSv	
		中枢神経系腫瘍	ハザード比:1.060/mSv	
英国自然放射線	小児がん 27,447人 対照群 36,793人	白血病	ERR:0.12/mGy	Kendall GM 他 2012 (23)
英国 小児CT検査	22才以下 23年間 白血病 74患者/178,604人 脳腫瘍 135患者/176,587人	白血病	ERR:0.036/mGy (50mSvで約3倍)	Pearce MK 他 2012 (29)
		脳腫瘍	ERR:0.023/mGy (60mSvで約3倍)	
オーストラリア小児CT検査	0から19才までの小児、青年 680,211人 9.5年間	全がん	1.2倍/4.5mSv ERR:0.035/mSv	Mathews JD 他 2013 (30)
		脳腫瘍	ERR:0.029/mGy	
		白血病及び骨髄異形成症候群	ERR:0.039/mGy	

これらの疫学調査は低線量、低線量率の被ばくを扱うものであるが、いずれもLNTモデルが当てはまっており、かつ、過剰相対リスク(ERR)はLSSよりも大きい(甲A467の1の24頁)。

4 東京地裁判決におけるLNTモデルの認定

東京地裁平成30年3月16日判決では、「①LNTモデルは科学的に有力な見解であり、100mSv以下の低線量被ばくにおいてもLNTモデルに従った確率での低いがん死リスクの増大につながる可能性があつて、②国際的には、放射線防護の観点から、LNTモデルに従った運用が多く採用されていると認められ、かつ、③一般通常陣としては、LNTモデルが科学的に真実であると考えerことは合理的であると認められる」と認定した上で、「ICRP2007年勧告の過剰のがん死亡リスク及びLNTモデルを前提にすれば、例えば、年間20mSvの被ばくで個人のがん死亡リスクが0.11%(1万人に11人)、5mSvの被ばくで0.0275%(100万人に275人)、1mSvで0.0055%(100万人に55人)の各増加となる」と認定している(同判決426～427頁)。

第3 WG報告書について

1 はじめに

「低線量被ばくのリスク管理に関するワーキンググループ報告書」(以下「WG報告書」という。)については、崎山氏は、以下のとおり指摘している(甲A468の48頁以下)。

ア WGの「出席者」という表記で責任が曖昧なまま作成され、本来責任を問われるべき立場の近藤駿介元原子力委員長が入っているなど出席者に偏りもある。

イ 国際的にはLNTモデルが採用されているにも関わらず、「国際的な合意では、放射線による発がんのリスクは、100ミリシーベルト以下の被

ばく線量では、他の要因による発がんの影響によって隠れてしまうほど小さいため、放射線による発がんリスクの明らかな増加を証明することは難しいとされる」というWG報告書4頁の記述の「国際的な合意」が明らかにされていない。

ウ WG報告書4頁では線量率効果を主張しているが、ICRPがDDREF（線量・線量率効果係数）を半分に見積もることに対して他の国際機関が批判的であること（たとえば、UNSCEAR2010年報告書（甲A473）12頁は「本委員会の2006年報告書では、直線二次モデルが低線量におけるリスクを推定するための外挿として直接用いられ、線量・線量率効果係数は適用されなかった」としてDDREFは適用されていない。上記LSS第14報（甲A471）16頁でも「12の調査で得られた線量当たりのERRとLSSで得られた線量当たりのERRの比に基づくDDREF期待値は1.0に近いと思われ、BEIRVII（1.5）およびICRP（2.0）により示唆された係数よりも名目上低い」と指摘され、議論のあるものとなっている。

エ 放射線感受性についてWG報告書7頁では「低線量被ばくでは、年齢層の違いによる発がんリスクの差は明らかではない」と説明しているが、小児について放射線感受性が高いことは多くの事例から示されている。UNSCEAR2010年報告書（甲A473）9頁でも「リスク推定値は年齢によって異なり、若い集団は通常感受性がより高く、子宮内放射線被ばくの研究では、胎児は特に感受性が高いことが示されており、10mGyおよびそれ以上の線量においてリスク上昇が検出されている。」として低線量における年齢層の違いによるリスクの違いが指摘されている。LSS第14報（甲A471）15頁でも「このような調査結果は、恐らく被爆時に発がんのイニシエーション段階において若年者のほうが年齢の高い人よりも放射線に対する感受性が高いことを示唆しており、若年被爆者において生涯リスクの全体的増加が認められることを示している。」と指摘

されている。

オ WG報告書は「小児の甲状腺被ばくが限定的で発がんリスクが非常に低い」と説明しているが、小児甲状腺がんが多発している状況にある。

2 低線量被ばくについての再確認

崎山意見書（甲 A 4 6 8）8ないし9頁記載のとおり、1 m S v の全身被ばくは、全身の細胞の核に平均して電離放射線（X線、ガンマ線、ベータ線）が1本通るということである。

年あたり1 m S v であれば、1年かけて全身の細胞の核に平均して電離放射線（X線、ガンマ線、ベータ線）が1本通ることになるわけである。

しかし、これは平均であって、細胞の核の一部に多く被ばくすることもあり得るし、1本通ったときにできる2次電子（電離作用）の挙動が大きくなることもあり得るのである。

また、リスクに対する結果は発がんや心疾患など極めて重いものである。だからこそリスクを避けなければならないのである。たとえば、多発している甲状腺がんについては、「甲状腺がんは外科手術によって容易に治療できると誤解されている（Chernobyl Forum,2006）。ところが、患者の大多数が手術を受けているという事実にもかかわらず、約3分の1の症例でがんは進行し続けている（Demidchik and Demidchik,1999）。さらに手術を受けても、患者は例外なく投薬によるホルモン補充に全面的に依存することになり、生涯にわたって健康面の思いハンディキャップを負い続ける。」と放射線被ばくによる甲状腺がんの重い負担について指摘している（調査報告チェルノブイリ被害の全貌（甲 A 4 8 2）・152頁）。

3 他の要因による影響に隠れてしまうほど小さいか

被告らは、WG報告書の記載に基づいて低線量被ばくの健康影響が他の要因による影響に隠れてしまうほど小さいと主張している。

しかし、被告ら及びWG報告書の言い回しは、放射線被ばくによる発がん、非がん疾患及び遺伝的影響が非特異的な疾患の集団における発生確率の増加として統計的に検出されるものであって、被告らの考え方は統計的に明らかでないという主張をしているだけである。その論拠も上記1に記載したとおり破綻したものである。

また、被告ら及びWG報告書は、低線量被ばくによって被ばくした個人に特異的な放射線障害が現れるものでないことから、放射線被ばくによる一定の確率をもって必ず（LNTモデルによる帰結）発生する非特定の疾患を放射線被ばくによることを否定して泣き寝入りさせようとしているだけにすぎない。

そもそも、他の影響（自然放射線を含む。）とは区別して電離放射線による追加被ばくが問題になっているのである。そしてその正当化されない追加被ばくのおそれを引き起こしたのは、被告らである。

それに、崎山意見書（甲A468）18頁から30頁とともに低線量被ばくでの発がんの増加が有意である事例が示されており、このことからすれば、他の要因による影響に隠れてしまうほど小さいとして排除すべきことではない。

また、喫煙などの他の影響は電離放射線による追加被ばくとの間で健康影響に相加的ないしは相乗的影響があることが有意に認められていたり、可能性があったりしており、隠れてしまうと断じることができない。LSS第14報（甲A471）17頁でも「放射線と喫煙の強い相互作用が肺がんリスクに認められたので、喫煙に関連したがんの高いERRは、一部このような相互作用に起因しているかもしれない」「肝がんと放射線被曝との関連は・・・LSSではリスクの有意な増加が認められた」「HCV感染と放射線との間に相乗効果が認められるかどうか、あるいはそれら各々による単独の効果があるかどうかについての結論は出ていない」と指摘されている。

むしろ正当化されない原発事故による放射線被ばくにより一定の確率（絶

対にゼロにはならない)でかかるべき非特異的疾患(しかもそれはがんや心疾患など重いものである)を避けるためには避難するしかなく、とどまれば被告らの正当化されない放射線被ばくによって非特異的疾患にかかることを甘受しなければならないのである。

よって、正当化されない原発事故による追加被ばくの健康影響が他の要因による影響に隠れてしまうほど小さいというべきものではない。無責任なWG報告書に依拠して判断することは許されない。

以上