

平成27年（ワ）第1144号

原告 小野 深雪 外

被告 国, 外1名

第17準備書面

(低線量被ばくの危険性について)

2017（平成29）年6月15日

千葉地方裁判所民事第5部合議C係 御中

原告ら訴訟代理人弁護士 福 武 公 子

同 中 丸 素 明

同 滝 沢 信
外

目次

第1	はじめに	9
第2	低線量被ばくの危険性.....	10
1	放射線による健康被害の特徴.....	10
(1)	放射線が持つ桁違いのエネルギー.....	10
(2)	放射線被ばくによる生体への影響.....	10
(3)	微量の放射線でも健康リスクは否定できない.....	11
2	低線量被ばくとLNTモデル.....	12
(1)	低線量被ばくとは.....	12
(2)	確定的影響（急性障害）には「しきい値」がある	12
(3)	確率的影響（晩発障害）をどう評価するか.....	12
(4)	LNTモデルの意義：確率的障害にしきい値はないこと	13
(5)	LNTモデルの正しい理解.....	14
(6)	LNTモデルを裏付ける生物学的証拠.....	14
(7)	小括	16
3	放射線防護の考え方.....	17
(1)	はじめに	17
(2)	放射線防護の黎明期.....	17
(3)	職業被ばくの線量限度の根拠.....	18
(4)	公衆の被ばく限度の根拠.....	20

(5) 小括	21
第3 低線量被ばくに関する科学的知見.....	22
1 はじめに	22
2 疫学と統計解析の基礎.....	22
(1) 疫学的方法論の特徴.....	22
(2) 区間推定：95%信頼区間.....	23
(3) 仮説検定：p 値.....	23
(4) 推定と検定との関係.....	24
(5) 統計的に有意であることの意味.....	24
3 原爆被爆者LSS調査による最新の知見.....	24
(1) LSS調査とは.....	24
(2) 固形がん死のリスク.....	25
(3) 線量・線量率効果係数（DDREF）について	25
(4) 連名意見書による批判.....	26
(5) 連名意見書に対する反論.....	27
(6) 小括	27
4 テチャ川流域住民の健康影響調査.....	28
(1) 放射性廃棄物による河川流域の汚染とがん発生率の増加	28
(2) 連名意見書による批判.....	28
(3) 連名意見書に対する反論.....	29

(4) 小括	30
5 原子力産業労働者を対象とする疫学調査	30
(1) 「国際コホート研究：放射線をモニターされた労働者の白血病およびリンパ腫による死亡リスクと電離放射線」について	30
(2) 「職業上の電離放射線被曝によるがんリスク：英米仏労働者の後ろ向きコホート研究」について	32
(3) 「低線量電離放射線による発がんリスク：15か国の原子力施設労働者の後ろ向きコホート研究」について	34
(4) 小括	35
6 医療被ばく者の健康影響に関する疫学調査	36
(1) 医療被ばく統計の信頼性は高いこと	36
(2) 小児・青年期におけるX線・CT検査による被ばくと発がんリスクに関する疫学調査（英国）	36
(3) 小児・青年期におけるCT検査による被ばくと発がんリスクに関する疫学調査（豪州）	37
(4) 連名意見書による批判	37
(5) 連名意見書への反論	37
(6) 小括	38
7 チェルノブイリ原発事故後のスウェーデンにおけるがん発生率の増加	38
(1) トンデルらによる疫学研究の概要	38
(2) 本研究の意義	39

第4	福島第一原発事故による放射性物質放出量と被ばく量の推定	40
1	はじめに	40
2	放射性物質の放出量と陸地への沈着量	40
	(1) 放出量の推定	40
	(2) 放射性物質の大気中における拡散・沈着パターン	42
3	住民の被ばく量の推定	43
	(1) 概説	43
	(2) UNSCEAR報告書による被ばく量の推定方法	43
	(3) 線量評価の結果	45
	(4) 集団被ばく線量の推定	48
4	チェルノブイリ原発事故との比較	49
	(1) 事故発生プロセスの比較	49
	(2) 放射能放出量の比較	50
	(3) 汚染面積・汚染人口の比較	52
	(4) 集団被ばく線量の比較	53
	(5) 小括	53
5	UNSCEAR報告書による放出量および被ばく量推定の不確実性	53
	(1) はじめに	53
	(2) 放出量推定の不確実性	54
	(3) 被曝評価の不確実性	55

(4) 粒子状および気体状ヨウ素 131 の比率が不明	58
(5) 食品規制実施前の被ばく評価の問題	58
6 まとめ	59
第5 福島県民健康調査における小児甲状腺がんの多発という結果について.....	59
1 チェルノブイリ事故による小児甲状腺がんの多発	59
2 甲状腺がんとはどういうものか.....	60
(1) 甲状腺の役割	60
(2) 甲状腺腫・のう胞・結節.....	60
(3) 甲状腺がん罹患率.....	61
(4) 小児甲状腺がんの診断.....	61
(5) 小児甲状腺結節・分化がん（乳頭がん）の治療方法	62
(6) 放射線被ばくと小児甲状腺がんの関係	63
3 福島県民健康調査における甲状腺検査結果	63
(1) 実施内容	63
(2) 検査方法	64
(3) 先行検査（一巡目検査）の規模と検査結果	64
(4) 本格検査（二巡目検査）の規模と結果.....	65
(5) 報告されない4歳児の甲状腺がん.....	65
(6) 手術を受けた子どもたち.....	66
4 福島県民健康調査における甲状腺がん多発をどう評価するのか	66

(1) 甲状腺がん患者数は地域がん登録の数十倍となった	66
(2) 福島県民健康調査検討委員会の見解	67
(3) 「スクリーニング効果」だけでは多発は説明できない	67
(4) 潜伏期間が4～5年以上であるとはいえない	70
(5) 被ばく量がチェルノブイリ事故よりも少ないとは言えない	70
5 集団被ばく線量とリスク評価	72
6 結論	73
第6 原告らの被ばく量について	73
1 はじめに	73
2 被ばく評価の方法	73
(1) 初期被ばくの定義	73
(2) 外部被ばくと内部被ばく	74
(3) 被ばく量の評価方法	74
3 原告らの初期被ばく量	76
(1) 原告らの居住地点	76
(2) 原告らの初期被ばくによる実効線量	76
4 まとめ：原告らの初期被ばく量は「誰にとっても容認可能」とはいえない	78
第7 避難指示解除「年間20mSv」基準の不当性	79
1 年間20mSv基準に法的根拠は存在しないこと	79
(1) 被告国による基準	79

(2) 国内法の公衆被ばくの線量限度は年間 1 mSvであること	79
(3) まとめ	83
2 被告国による帰還政策について.....	85
第8 結論	88
1 被ばく限度を定めた考え方の根底にあるもの	88
2 原告らの避難行動には合理性があること	89

第1 はじめに

- 1 本準備書面では、低線量被ばくの危険性について重点的に説明し、本件原告らが避難を選択したことは十分合理性を有していることを述べる。

なぜなら、本件訴訟の原告らは、被告国が指定した避難区域の外に居住していた住民であるが、避難区域として指定されていない地域（あるいは避難指示が解除された地域）、すなわち年間積算線量が 20 mSv （ミリシーベルト）に達しない被ばく量であっても、健康被害のおそれを完全に否定することはできないからである。

- 2 以下においては、まず初めに、なぜ低線量被ばくが人体に対して悪影響を及ぼすのかについて分子レベルから生体内の反応について説明し、低線量被ばくを考える際の国際的な合意であるLNT（Linear Non Threshold, 直線しきい値なし）モデルについて詳論する（第2）。そして、低線量被ばくに関する最新の科学的知見を挙げ、LNTモデルの信頼性は揺るぎのないものであることを述べる（第3）。

続いて、本件原発事故により大気中に放出された放射性物質の量や住民の被ばく線量の推定値およびその方法（第4）、福島県県民健康調査により甲状腺がんが多数発見されていること（第5）について詳論し、放出量・被ばく量の推定には不確実性が伴うこと、甲状腺がん「多発」の原因を確定するにはデータが不足しており、今後の継続した調査が不可欠であることを述べる。

最後に、本件原告ら個々の被ばく量を推定し（第6）、被告国らが推進している「年間被ばく量 20 mSv 以下の地域について避難指示を解除する」という方針が不当であること、原告らには過剰な被ばくを避ける権利があることについて述べる（第7、第8）。

第2 低線量被ばくの危険性

1 放射線による健康被害の特徴

(1) 放射線が持つ桁違いのエネルギー

ア 本件原発事故により放出された放射性物質（ヨウ素131，セシウム134，セシウム137等）が出すガンマ線や医療に使われるX線は電磁放射線と呼ばれ、大きなエネルギーを持っており、可視光線と異なり人体を透過する力を持っている。

また、電磁放射線の外に、電子であるベータ線や陽電子線、ヘリウム原子核であるアルファ線、中性子からなる中性子線等、粒子線と呼ばれるものがあり、それぞれの質量や荷電の状態によって人体への透過力や影響は異なっている（甲二共7の1・2頁）。

イ 人体（成人）は約60兆個の細胞から成り立っており、細胞や細胞間物質は数千種類の化合物によって構成されている。それらの分子に含まれる原子は「化学結合」と呼ばれる力で互いに結びついている。

生体内でこの化学結合を切断するために必要とされるエネルギーは5～7エレクトロンボルト（eV）である（甲二共7の1・2頁）。

ウ これと比較すると、診断用X線のエネルギーは10万eVであり、前記分子の結合エネルギーの1万4千倍～2万倍に相当する。

また、アルファ線・ベータ線・ガンマ線は、原子核が崩壊するときに放出される放射線であり、X線よりもさらに巨大なエネルギーを持っている。例えば、セシウム137がベータ崩壊するときに放出されるベータ線は51万2千eVのエネルギーを持ち、次いで放出されるガンマ線は66万1千eVのエネルギーを持っている（甲二共7の1・3頁）。

(2) 放射線被ばくによる生体への影響

ア 生命を維持するための生体反応は、原子あるいは分子の間で電子をやり取りすることで行われ、このように巨大なエネルギーを持つ放射線が関与

することは絶対にない。つまり、生体内には放射線によって切断できない分子は存在せず、こうした桁違いのエネルギーを持った放射線が透過することは、生体にとって重大な破壊行為となる（甲二共4・23頁，甲二共7の1・2頁）。

イ 前記（2）アで述べたとおり、放射線は生体内の化学結合を遥かに凌駕するエネルギーを持っている。例えば生体が診断用X線（10万eV）の被ばくを受けると、X線は分子を構成している電子を弾き飛ばし、その電子に10万eVのエネルギーが与えられる。これを放射線の電離作用と呼ぶが、その電子は数mm～数cmの距離を飛び、周辺の分子をさらに電離させる（甲二共7の1・2～3頁）。

この「電離能力」こそが、人間の健康に影響を与える能力である（甲二共4・23頁）。

（3）微量の放射線でも健康リスクは否定できない

ア 放射線のエネルギーが生物分子に破壊的な作用を及ぼす機序について、具体例に沿って説明する。

後述のとおり、7Gy（グレイ，X線・ガンマ線・ベータ線の場合， $1\text{ Gy} \div 1\text{ Sv}$ と考えてよい）の放射線を浴びるとほぼ100%の人が死亡する。この場合、体重70kgの人が被ばくにより吸収したエネルギーは490ジュール＝117.2カロリーである。このエネルギーは、体温を0.00167度上げるに過ぎない（甲二共7の1・3頁）。

イ 117.2カロリーの熱エネルギーでは体温をわずかに上げることしかできないが、放射線エネルギーでは化学結合を切断して人間を死に至らしめることも可能になる。

それは、放射線のエネルギーはまず1個の電子に与えられ、その電子から次の分子の（限られた）電子に与えられる、というように、エネルギーが極端に集中して与えられるからである。

これが、たとえ1本の放射線が透過しただけでも、生体に傷害を与えるという根拠である（甲二共7の1・4頁）。

2 低線量被ばくとLNTモデル

（1）低線量被ばくとは

被ばく線量が100mSv以下である被ばくの領域を低線量被ばくという（甲二共11・19頁）。

言い換えると、以下で述べる「確定的影響」のしきい値（それ以下では影響が出ない数値）以下の被ばく線量のことである（甲二共7の1添付「原発事故と低線量放射線被ばくによる晩発障害」0584頁）。

（2）確定的影響（急性障害）には「しきい値」がある

放射線が人の健康に与える影響は、線量により異なっている。全身に一度に100mSv以上の放射線を浴びると、その線量に応じて色々な症状が現れる。100mSvの被ばくでリンパ球や精子の一時的減少がおこり、さらに線量が多くなると、皮下出血、脱毛、下血、嘔吐、下痢等を発症し、3Sv～4Svを浴びると50%の人が死亡する。7Svを浴びるとほぼ100%の人が1～3か月以内に死亡する（甲二共7の1・5頁）。

大量に放射線を浴びた場合には短時間のうちに症状が出るので急性障害といい、一定量以上被ばくした人すべてに症状が出るので確定的影響ともいう。被ばく線量が100mSv以下であると、95%の人には急性障害が現れないので、この線量をしきい値（threshold）という。つまり、しきい値とは、「それ以下なら影響が現れない」、という線量の上限である。

（3）確率的影響（晩発障害）をどう評価するか

他方、放射線を浴びると、固形がん、白血病などを発症することがあるが、これらは長い時間をかけて発症することから晩発障害と呼ばれ、また（高線量を被ばくした場合の確定的影響と異なり）全ての人に影響が現れ

る訳ではなく、一定の割合で発症してくるために確率的影響とも呼ばれている。

こうした晩発障害のリスクをどう評価するかであるが、培養細胞等に対する放射線の影響を調べた実験データを基に評価することは極めて困難である。発がん等のリスクを評価するには、何らかの原因で放射線を浴びてしまった人間集団を対象とする疫学データを用いることになる。

この被ばく集団の中で、国際的に最も重要なデータとみなされているのが、広島・長崎の原爆被爆者と対象としたL S S調査（L i f e S p a n S u r v e y）である（甲二共7の1・13頁）。最新のL S Sデータは、2012（平成24）年に公表された第14報「1950年－2003年：がん及びがん以外の疾患の概要」（丙二共10・以下「L S S第14報」という）である。

このL S S調査によれば、被ばく線量が100mSvを超える領域では、被ばく量の増加に伴い、発がんリスクも直線的に増加していくという直線モデルがよく適合している（甲二共7の1添付「放射線教育の問題点」1119頁）。

もっとも、L S S第14報のデータからは、被ばく線量が100mSv以下の領域でも閾値はゼロと結論付けられているが、線量と発がんリスクとの応答関係に統計的に有意な結果が得られているというわけではない。

（4）LNTモデルの意義：確率的障害にしきい値はないこと

この低線量被ばくにおける晩発障害のリスクを評価する際に用いられるのが「直線しきい値なし（L i n e a r N o n T h r e s h o l d）」モデル（LNTモデル）である。LNTモデルとは、低線量領域でも、ゼロより大きい放射線量は、単純比例で過剰がん及び／又は遺伝性疾患のリスクを増大させる、という仮説に基づく線量反応モデル（ICRP（国際放射線防護委員会）2007年勧告・用語解説）をいう。

このモデルに基づいて、低線量領域における晩発障害のリスクを評価すると、「ある線量以下ではがんが発症しないという境界線量」、すなわち「しきい値」は存在しないことになる（甲二共7の1・5頁，同添付資料「低線量放射線被ばくのリスク」2頁）。つまり，放射線による発がんが確率的影響に分類されているということは，いくら被ばく線量を減らしても，発症の確率（リスク）はゼロにならないことを意味する。

（5）LNTモデルの正しい理解

このLNTモデルは，前記のとおり，主に原爆被爆者LSS調査の疫学データに基づき，被爆線量が100mSv以上の領域では，線量と固形がん死の過剰相対リスク¹が直線モデルに適合することに基づき，低線量領域での発がんリスクを評価するために生み出されたモデルである。

ここで注意しなければならないのは，このモデルが国際的に採用されている根拠である。それは，被告国が主張するように（被告国第8準備書面1～5頁），「LSS調査のデータからは，被ばく線量100mSv以上の領域では発がんリスクは直線的に増加するが，100mSv以下の領域では統計的に有意な増加が認められない」，しかし「放射線防護の観点からは，低線量被ばくであっても，LNTモデルを採用する」という消極的な理由に基づくものではない。

すなわち，LNTモデルは，疫学調査の結果のみに基づくものではなく，種々の実験や理論的裏づけにも基づいて採用されたものであって，公衆衛生上の安全サイドに立った判断として国際的に採用されているものではない。

（6）LNTモデルを裏付ける生物学的証拠

¹ 疫学研究において，2つ以上の集団でリスクを比較するとき，非暴露群と比べて暴露群に「何倍」のリスクがあるのかをみる指標を相対リスク（RR：Relative Risk）という。放射線被ばくのリスク評価では，放射線を浴びることにより単位線量あたりどのくらい過剰にリスクが上昇したのかを評価するが，その際に用いられる指標が過剰相対リスク（ERR：Excess Relative Risk）である。ERRは，非被ばく集団に対する被ばく集団のがん発生率を相対リスク（RR）とするとき，RRから1を差し引いて得られる過剰分の割合である。

ア ICRPの考え方

国際放射線防護委員会（ICRP）は、その2007年勧告（甲二共11）において、100mSv以下の放射線被ばくの影響に関し、以下のとおり述べている（下線部は原告ら代理人）。

「がんの場合、約100mSv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。遺伝性疾患の場合には、人に関する放射線リスクの直接的な証拠は存在しないが、実験的観察からは、将来世代への放射線リスクを防護体系に含めるべきである、と説得力のある議論がなされている」（甲二共11・16頁）

「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100mSvを下回る低線量領域では、がん又は遺伝的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」（同17頁）

つまり、ICRPは、低線量の領域における疫学データが不十分であっても、生物実験のデータや細胞レベルでの知見を合わせて検討するなら、100mSv以下の低線量被ばくに関してもLNTモデルを適用することが適切であると明確に述べている。

イ 生物学的知見の例

細胞レベルにおける知見として、まず1972年、SparrowらがムラサキツユクサにX線を照射し、雄しべの毛の変色によって突然変異を観察した研究が挙げられる。本研究では、吸収線量2.5mGy（ここではGy $\equiv$ Sv）から突然変異率の増加が認められ、100mGyまではほぼ直線的に増加する。放射線被ばくによって細胞レベルで生じている初期イ

ベントについて、低線量領域での直線的な線量効果関係を支持するデータである（甲二共42・1153頁）。

また、R o t h k a m mらは2003年の論文において、人間の線維芽細胞（真皮に存在し、コラーゲンやヒアルロン酸を算出する細胞）にX線を照射し、DNAの二重鎖切断の修復プロセスに関与するたんぱく質の発現を観察した結果を報告しているが、放射線によるDNAの二重鎖切断の線量効果関係は、1.3mGyから100mGyまできれいな直線関係を示している（甲二共7の1添付「放射線教育の問題点」1119頁の図3，1123頁（注）11引用論文，甲二共42・1153頁）。

ウ LNTモデルは生物学的・細胞学的データにより支持されていること

このように、LNTモデルは、「疫学データからは100mSv以下の領域では有意な結果が得られないが、安全サイドからこれを採用する」という消極的な意味合いのものではなく、生物学的・細胞学的な実験データからも裏付けられたものであり、だからこそ、各種国際機関でも採用されているのである。

エ LSSの疫学データをどう解釈するか

以上をまとめると、広島・長崎LSS調査において、100mSv以下の被ばく線量では統計的に有意ながん死の影響が認められていないことは、被ばく影響がなかったということではなく、他の要因によるがん死に被ばく影響がまぎれてしまい、統計的に有意な増加としては観察されなかったと解釈すべきである。

言い換えると、疫学的研究方法によって発がんリスクの増加が証明できるぎりぎりの点は100mSvまでであるが、それ以下の被ばく線量の領域でも、生物実験や細胞レベルでの知見を総合的に考慮すれば、LNTモデルが成り立つということである。

（7）小括

このLNTモデルは国際的に広く承認されており、国際放射線防護委員会（ICRP）はこの説に従って放射線防護を行うよう各国に勧告している（甲二共27）。低線量被ばく健康影響を考えるに際しては、確率的影響（晩発障害）にしきい値はないこと、すなわち「安全量」は存在しないことを前提とするべきである。

3 放射線防護の考え方

（1）はじめに

言うまでもなく、上記のような知見は一朝一夕に得られたものではない。100年以上にわたる放射線利用の歴史は、同時に放射線の影響から人体をどう防護するかについての試行錯誤の歴史でもあった。

本項では、国際放射線防護委員会（ICRP）が主導してきた放射線防護の歴史について簡単に振り返り、同組織が勧告した「職業被ばくの線量限度」「公衆被ばくの線量限度」の根底にある考え方について説明する。

（2）放射線防護の黎明期

ア IXPRCの設立

1895年にX線が発見され、人類の放射線利用の歴史が始まったが、同時に放射線障害の歴史も始まった。放射線技師や医師にがんや悪性貧血等の放射線障害が見られるようになったことから、放射線による職業被ばくを防止するため、1928年に「国際X線およびラジウム防護委員会（IXRPC）」が設立された（甲二共46・5頁）。

イ ICRPの設立と1950年勧告

第二次世界大戦後、原子力の平和利用が拡大したことに伴い、この組織は1950年に名称を「国際放射線防護委員会（ICRP）」と改め、放射線防護のため最大許容線量等の勧告を行うようになった。それまで、被ばく基準は「耐用線量」とされていたが、「許容線量」へと名称が変更されたことは、それまでの「大丈夫で耐えられる線量基準」から「安全とは言え

ないが許されうる線量基準」へと変わったことを意味している（甲二共46・5頁）。

この当時、ショウジョウバエの実験で放射線が突然変異を誘発することが知られるようになっており、放射線防護においては遺伝的影響が重視されていた。もっとも、この当時は放射線の影響に関する知識も不十分であり、ICRPが勧告した最大許容線量は0.3レントゲン/週（ $\approx 3\text{ mSv}$ ）というものであった（甲二共8・430～431頁）。

ウ ICRP1958年勧告

その後、ビキニ環礁の水爆実験（1954年）等により放射線被ばくに関する世の不安が高まり、被ばく線量を引き下げる動きが出てきた。ICRPは1958年、職業人（放射線作業従事者）については「3か月30mSv、かつ年齢Nまでの集積線量（D）が $50 \times (N - 18)\text{ mSv}$ を超えないこと」とされ、原子力施設周辺の住民の許容線量は職業人の10分の1とされた（甲二共46・5頁）。

（3）職業被ばくの線量限度の根拠

ア ICRP1965年勧告

その次の65年勧告では、職業人の許容線量は年間50mSvが原則とされた。ICRPのスローガンは、1958年勧告にあった「实际的な範囲で低く」から、「容易に達成できる範囲で低く（*as low as reasonably achievable: ALARA*）」へ変わっていった。

この頃になると、低線量被ばくの影響として、遺伝的影響以外にも、白血病やがん等の悪性腫瘍の誘発が懸念されるようになっていた（甲二共46・6頁）。

イ ICRP1977年勧告

ICRPは1977年、その後の勧告（1990年および2007年）の原型となる勧告を出した。

この勧告では基準の値に変更はなかったが、身体・臓器の部分的な被ばく
のリスクを全身被ばくのリスクと換算・比較するため「実効線量」とい
う被ばく概念が導入された。なお、放射線防護のスローガンは、同じ ALARA
でも、「合理的に達成できる範囲で低く (a s l o w a s r e a s o
n a b l y a c h i e v a b l e)」と、容易に (r e a d i l y) が合
理的に (r e a s o n a b l y) に変わった。合理的とは、“社会的・経
済的要因を考慮して放射線防護を最適なものに” ということである。

また、広島・長崎の L S S データの蓄積に伴い、リスク・ベネフィット
論に基づきリスクの定量化が試みられている (甲二共 4 6 ・ 6 頁)。

すなわち、1 9 7 7 年勧告は、次のような考え方に基づいている (甲二
共 8 ・ 4 3 2 頁)。

- ① 安全水準の高い職業の年間死亡確率は 10^{-4} (1 万人に 1 人) を上回
らないことが明らかとなっている。
- ② 年間線量限度を 5 0 m S v に制限すると、放射線作業従事者の集団の
被ばく線量平均値はその 1 0 分の 1 以下になると考えられることから、
年間平均被ばく線量は 5 m S v となる。
- ③ この当時、I C R P が採用した発がんリスク死亡係数に基づき、放射
線作業従事者の年間死亡確率を計算すると、安全性の高い職業における
リスクと同じ 10^{-4} となる。

ウ I C R P 1 9 9 0 年勧告

一方、職業災害には非致死性のリスクもあり、単純な死亡率の比較だけ
では不十分である。また、1 9 8 6 年、原爆被爆者の線量評価システムが
それまでの T 6 5 D (T e n t a t i v e 1 9 6 5 D o s e) から D
S 8 6 (D o s i m e t r y S y s t e m 8 6) に変更され、その結
果として被爆者の被ばく線量推定値が低くなり、そのため線量当たりの発
がんのリスク係数が高くなった (甲二共 8 ・ 4 2 9 頁)。

こうしたことから、ICRPは線量限度の見直しを行い、1990年勧告において、実効線量が5年間100mSvという条件の下で年50mSv、つまり年平均20mSvと定めた（甲二共46・7頁）。

その後、線量評価システムがDS02に変更される等の動きはあったが、2007年に出された勧告でも、ICRPは1990年勧告の考え方を踏襲している（甲二共8・433頁）。

（4）公衆の被ばく限度の根拠

ア ICRP1965年勧告

1965年勧告では、一般公衆については線量限度という概念が取り入れられ、職業人の10分の1＝年間5mSvが相当であると勧告された（甲二共46・6頁）。

イ ICRP1977年勧告

前記（2）のとおり、1977年勧告の時点では、広島・長崎のデータから、遺伝的影響よりも発がんによる被ばく者本人の死亡リスクの方が重視されるようになった。そのため、ICRPは、職業被ばくと同様の考え方に基づき、「日常生活のリスクを公衆がどう容認しているか」という観点から、 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ あたりがそのレベルであると判断し、公衆被ばくの実効線量当量限度を年間5mSvと定めた（甲二共8・432頁）。

ウ ICRPパリ声明：年間1mSvへの引き下げ

1985年、ICRPはパリ声明と呼ばれる勧告において、公衆の実効線量当量限度を1mSvに引き下げた。この声明では、線量限度引き下げの理由については具体的な説明がないが、疫学データの蓄積等に伴い、年間5mSvという基準値に伴うリスクが「誰にとっても容認できる」リスクであるとは言えなくなったことが背景にあるものと推測される（甲二共46・6頁）。

エ ICRP1990年勧告

そして、1990年、職業被ばくの実効線量限度20mSv／年が導入された際、公衆の線量限度は年1mSv（パリ声明の基準）が採用された。

線量限度が厳しくなった背景として、広島・長崎LSS調査の追跡期間が長くなるにつれて、リスクも増大していったことが挙げられる。90年勧告が準拠した1mSvあたりのがん死リスクは 5×10^{-5} で、これは77年勧告の5倍に見積もられている。また、90年勧告の付属文書では、誕生時から年間1mSvの被爆が続いた場合、生涯の積算がん死率は0.4%になると見積もっている。すなわち、250人に1人ががん死するような基準では「誰にとっても容認できる」とは言えなくなったためである（甲二共46・7頁、同添付図17）。

オ ICRP2007年勧告

この勧告では、チェルノブイリのような原発事故に対応するため、新たに「緊急時被ばく状況」と「現存被ばく状況」という考え方が導入された（甲二共46・7頁）。他方、これまでの一般公衆の線量限度である年1mSvは「計画被ばく状況」＝事故が起きていない場合の被ばくに関するもので、汚染が起きてしまった後の被ばくには適用されないとした（詳細は後述）。

また、同勧告では、それまで採用していた「集団被ばく線量」の概念を放棄している（この点も後に詳述する）。

（5）小括

このように、放射線に関する知見が精緻になっていくのに伴い、放射線防護のための基準も変遷を繰り返してきた。

現在、わが国においては、上記ICRP1990年勧告に従い、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）」等が放射線防護の基準を定めている。この点に関しては、後記第7「避難指示解除『年間20mSv基準』の不当性」で詳述する。

第3 低線量被ばくに関する科学的知見

1 はじめに

放射線の健康影響，特にがん，白血病などの確率的影響は，人のいわゆるがん年齢と連動するため，被ばく後，長期間経過することによって様々な影響が現れてくるのが通常である（晩発的影響）。従って，観察時間が延びるにつれ，当初分からなかった特徴が明らかとなり，それに伴って知見も進展していく。したがって，放射線被ばくの影響を考えるには，最新のデータや研究を常にフォローすることが不可欠である。

以下においては，低線量の放射線被ばくでも健康への影響が生じることを示した最新の研究について詳述し，合わせて被告国が提出している意見書（丙ニ共5：以下「連名意見書」という）に対する反論も述べる。

2 疫学と統計解析の基礎

（1）疫学的方法論の特徴

以下においては，様々な放射線疫学の論文に言及している。疫学とは，疾病の流行状況（＝多発現象）を観察し，これに関わる諸要因を分析して，有効な疾病対策を計画・評価する科学である。

疫学研究を実施する場合，その多くは研究の対象集団（母集団）から観察対象集団（標本）を無作為に抽出することが原則となる。しかし，複数の標本を抽出する場合，標本ごとに異なる結果が観察されることは自明である。こうした変動による誤差を偶然誤差という。つまり，被ばく線量ごとの過剰相対リスクやハザード比等の指標が得られても，それは100%正確なものではなく，誤差を伴うものである。

そのため，疫学研究においては得られたデータの精度を評価すること，すなわちデータにどの程度の偶然誤差があるのかを客観的に示すことが必須となる。そのために用いられる統計的手法が「統計学的推定」と「統

計学的検定」である。

(2) 区間推定：95%信頼区間

推定には点推定と区間推定の2通りの方法がある。点推定とは、標本調査によって得られたデータをそのまま母集団のデータと推定することである。これに対し、区間推定とは「母集団の値が一定の確率で含まれる範囲」を示すことである。通常は95%信頼区間² (95%CI=Confidence Interval) が用いられており、これは母集団のある値を推定するとき、真の母集団の値が95%の確率で含まれることと理解してよい。また、この信頼区間の幅が狭いほど推論の精度が良いとされている。

(3) 仮説検定：p値

放射線被ばくと疾患発生との間に関連があるか否かという二者択一の判断をする場合、仮説検定という手法が用いられる。

例えば、放射線被ばくによる相対リスクの増加を検証する場合、まず帰無仮説（放射線被ばくと疾患との間に関連がないとの仮説）をたてる。そして、この帰無仮説のもとで、観察された結果の起こる確率（p値）を求める。

疫学研究では0.05という判断基準（有意水準）が慣習的に用いられている。p<0.05のとき、帰無仮説に基づく結果の確率は5%未満ということになる。したがって、帰無仮説は「ありそうにない」こととして棄却（否定）され、対立仮説（放射線被ばくと疾患との間に関連がある）を採用することになる。

帰無仮説が否定されるとき、統計的に有意である、すなわち偶然とは考えにくいと考えることになる。

² 後記5（1）Leuraudらの論文は90%信頼区間を用いている。

(4) 推定と検定との関係

以上のように、研究結果の精度の評価に際しては、推定か検定のどちらかを選べばよい。ただ、近年では検定よりも推定を用いることが奨励されており、多くの疫学論文においてp値よりも95%信頼区間が提示されるようになってきている。これは、推定の方が偶然誤差の大きさをより数量的に明示でき、情報量が多いからである。

(5) 統計的に有意であることの意味

放射線疫学ではリスク比（過剰相対リスク，ハザード比等）の推定が多用されるが、95%信頼区間が1をまたいでいると統計的に有意ではない、すなわち「偶然であることを否定できない」とされる。なぜなら、95%信頼区間とは検定における有意水準5%の裏返しであり、リスク比が1であるとは、すなわち検定における帰無仮説（＝被ばくと疾患との間に関連性がない）の値を意味するからである（つまり検定を行っても有意な結果とならない）。

しかし、単に「1をまたぐ」ことのみをもって結果を全否定すべきではない。前記（4）のとおり、推定は多くの情報量を有しており、データのばらつきを数量的に明示できる。したがって、信頼区間が帰無値（＝1）を含んでいる場合でも、データが帰無値を挟んでどちらの向きに多く分布しているのか（影響がある方向か、影響がない方向か）、信頼区間の幅の広狭等、様々な情報を総合的に考慮して解釈することが肝要である。

3 原爆被爆者LSS調査による最新の知見

(1) LSS調査とは

広島・長崎の被爆生存者については、米国が設置した旧ABCC（原爆傷害調査委員会・現在は日米共同運営の公益財団法人放射線影響研究所）によって、1950（昭和25）年の国勢調査附表を基に約12万人の固定集団が設定され、以後70年近くにわたり追跡調査が行われている。

その調査結果は「寿命調査報告 (Life Span Survey)」として逐次発表され、ICRP等による被ばくリスク評価の基礎データとなってきた。既に述べたとおり、広島・長崎のがん死データの解析結果は、放射線被ばくの線量効果関係について、LNTモデルが妥当することを強く示唆してきた（甲二共42・1152頁）。

（2）固形がん死のリスク

LSS第14報は、「全固形がんについて過剰相対危険度が有意となる最小推定線量範囲は0－0.2 Gyであり、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」（丙二共10・1頁）と述べ、固形がんについては0.2 Gy（≒200 mSv）以下の低線量領域においても、しきい値はゼロであると結論づけている。

（3）線量・線量率効果係数（DDREF）について

ところで、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、とする考え方がある（甲二共7の1・16頁）。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）。アメリカ科学委員会・電離放射線の生物学的影響に関する委員会（BEIR委員会）は、BEIR VIIにおいて、1.5としている。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（甲二共7の1添付「国会事故調査委員会から見る放射線専門家」74頁）。

しかしながら、L S S第14報は「調査で得られた線量あたりのERRとL S S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、BEIR 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（丙二共10・16頁）。

すなわち、L S S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。

L S S第13報（2003（平成15）年公表）の要旨では、L S S第14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0－150mSvの線量範囲においても線量に関して線形であるようだ」と記載しているに過ぎない。

それが第14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、その都度最新知見が積み重ねられている中でL S S第14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。

（4）連名意見書による批判

この点、連名意見書は、L S S第14報に関する原告らの主張に対し、以下のような批判を加えている（丙二共5・8～9頁）。

① L S S第14報の「全固形がんについて過剰相対危険度が有意となる最小推定線量範囲は0－0.2Gyであり、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」との記載について、「放射線に安全量はないとするLNTモデルが最も調査結果にあっている」と理解することは誤りである。

② 低線量被ばく健康影響を評価するときには、被ばく影響を解析する

ための統計モデルのうちどのモデルを用いるかにより、その評価が異なる。例えば、ベイジアン・セミパラメトリックモデル³をL S Sがん罹患データ（1958～98年）に応用して低線量域の線量効果関係を解析した研究では、L N Tモデルよりしきい値モデルのほうが低線量域の実際のデータに合致していることを示唆している。

（5）連名意見書に対する反論

上記①に関して言えば、固形がん死の過剰相対リスク（E R R）は線量に比例して増加しており、論文著者の小笹教授らも直線が最も良くフィットすると認めている。

そして、全固形がんに対する線量あたりの過剰相対リスクを表した図（甲二共52・10頁図3A・B）を見ると、被ばく線量が200mSv以下の領域でも、それぞれのE R Rは全て0よりも上にあり、下になっている点は存在していない。すなわち、低線量域のデータにも統計的有意性が認められるのであり、リスクがないと切り捨てることは間違っている。

また、②のしきい値モデルに関する統計解析については、L S S第14報が明確に「ゼロ線量が最良の閾値推定値」と論じていることを無視している。さらに、解析の対象となったデータは第14報よりも古いものであることから信頼性は低いといえる（甲二共48・8～9頁）。

（6）小括

以上のとおり、L S S第14報は「200mSv以下ではリスクが存在しない」と論じている訳ではない。

低線量被ばくを考える上で第14報が重要な位置を占めているのは、明確にしきい値を想定するならばそれはゼロ線量が最適であり、低線量域で

³ パラメトリックモデル（リスクが線量と共にどう変化するか媒介変数を使って記述したモデル）とノンパラメトリックモデル（線量反応について特定の形を全く過程しないモデル）の中間にあるモデルをセミパラメトリックモデルという。ベイジアン・セミパラメトリックモデルとは、ベイズ統計学の枠組みの元でのセミパラメトリックモデルを指す。

も過剰相対リスクは線量に比例して増加すると明示したことによる。

4 テチャ川流域住民の健康影響調査

(1) 放射性廃棄物による河川流域の汚染とがん発生率の増加

1949（昭和24）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ャ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（昭和24）年から56（昭和31）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（昭和25）年～51（昭和26）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40mSvであった（甲二共7の2・4頁）。

旧ソ連政府により1960（昭和35）年代からコホート調査⁴が開始され、観察期間である1956（昭和31）年～2002（平成14）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。固形がんによる死亡の過剰相対リスク（ERR）は1Gyあたり0.92であり、慢性リンパ性白血病を含めた白血病のERRは1Gyあたり4.4、慢性リンパ性白血病を除いた白血病は6.5であった（甲二共7の2・4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、本件原発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。

(2) 連名意見書による批判

⁴ コホート研究とは、疫学研究のデザインのひとつであり、要因の暴露状況別に設定された集団（コホート）について追跡観察して、疾病の罹患状況を比較するものをいう。

連名意見書では、上記研究に一定の評価を与えているものの、①人間の自然集団におけるがん死亡の頻度は生活習慣や遺伝的素因等、様々な交絡因子⁵に強く影響されるところ、当該論文では交絡因子に関する検討が十分なされていない、と批判を加えている。また、②当該論文のコホートはスラブ系民族とタタール系民族から成り立っているが、前者と比べて後者のがん死亡リスクは80%であり、もしスラブ系住民が（核工場に近い）上流に、タタール系住民が下流に住んでいたとすると、放射線の影響がなかったとしても、（見かけ上）線量の高い所でがん死亡のリスクが高いという結果が得られるとして、線量とがん死亡との相関関係は慎重に判断されるべきであるとしている（丙二共5・10頁）。

（3）連名意見書に対する反論

しかし、こうした批判は当たらないというべきである。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7～148km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。

なお、連名意見書が引用するDavisらの論文は「固形がんの発症率」

⁵ ある要因（仮説的原因）と疾病との間の関連が、他の要素の介在により歪められる現象を交絡といい、その第3の要素を交絡因子という。疫学者のRothmanの定義によると、交絡因子の特性は、①疾病と関連していること、②曝露と関係していること、③曝露の結果であってはならないこと（曝露と疾病を結ぶ因果関係上にないこと）の3つである（甲二共48・18頁）。

について調査したものであり、テチャ川論文の「がん死率」とは対象を異にすることに注意すべきである（甲二共48・13頁）。そして、連名意見書が引用する図（丙二共5・11頁）についての説明（図下）では、低線量域における線量効果関係の形に不確実性はあるものの、直線モデル（緑の直線）が良くフィットすることを示している。さらに、線量あたりのERRは性・年齢・民族によっては変化せず、潜伏期の長さを変えても変化しないとしている（甲二共48・13頁）。

（4）小括

低線量域における発がんリスクを推定するモデルについては、ICRP・UNSCEAR・ECRR・BEIRⅦが、当該論文で適合性を考察されたようなモデルについて議論を重ねた上で、LNT（しきい値なし直線）モデルを採用しているのである（甲二共48・14頁）。

5 原子力産業労働者を対象とする疫学調査

（1）「国際コホート研究：放射線をモニターされた労働者の白血病およびリンパ腫による死亡リスクと電離放射線）」について

ア 本研究の概要

2015（平成27）年6月21日、フランスの公的法人である放射線防護・原子力安全研究所に所属する Klervi Leuraud 博士らは、世界的に権威のある医学雑誌「The Lancet Haematology」に「Ionizing radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study（国際コホート研究：放射線をモニターされた労働者の白血病およびリンパ腫による死亡リスクと電離放射線）」（甲二共49）と題する論文を公表した。

本研究は国際共同研究である国際核従事者研究（INWORKS）の一環であり、英米仏3国の核関連施設従事者合計30万8297名を対象としたコホート研究である。

対象者の赤色骨髄（造血機能を持つ骨髄）への平均累積被曝量は15.9 mGy（甲二共49の1・278頁Table. 1中 overall の列 Cumulative red bone marrow dose (mGy) Mean (range)欄），累積被曝量の間値は2.1 mGy（同 Median (IQR)欄），年間平均被曝量は1.1 mGy（甲二共49の2・3頁）であり，線量および線量率ともに非常に低い。

本研究において，白血病（慢性リンパ性白血病を除く）による死亡の過剰相対リスクは2.96/Gy（90%信頼区間1.17～5.21；ラグ2年間）であった。なお，ここでいう「ラグ」とは，何らかの原因への曝露から疾病等の結果発生までの時間的な遅れを指す。これを適切に設定することで，曝露とは無関係な疾病を排除することができる⁶。

イ 低線量被ばくによる白血病リスクの増加

以上の結果が意味するのは，赤色骨髄への年間平均被曝量1.1 mGy，平均累積被曝量15.9 mGy，累積被曝量の間値は2.1 mGyという低線量・低線量率の被曝においても，被曝1 Gyごとに白血病によって死亡するリスクが3.96倍（＝1＋過剰相対リスク2.96）に増加することが検出されたということである。本研究は，長期的低線量放射線被曝と白血病との間の正の関連性の強力な証拠を提供するとされている（甲二共49の2・2頁）。

本研究を受けて，WHOのがん専門機関である国際がん研究機関（以下，「IARC」という。）は，「Even low doses of radiation increase risk of dying from leukemia in nuclear workers, says IARC（たとえ低線量被曝であっても，核労働者における白血病による死亡リスクは増加している，とIARCは述べる）」とのプレスリリース（甲二共50）を行い，

⁶ 本研究においては，白血病のラグが2年であるところ，このラグは「アプリアリに選定されている」（原文では「These lag assumptions were chosen a priori.」甲49の1・278頁）。これは白血病の最低潜伏期間が2年であることに基づいていると考えられる。

「国際がん研究機関（IARC）がコーディネートした研究は、長期的低線量電離放射線被曝が白血病の原因となりうることを示した。」

「現在入手可能な最強の証拠に基づき、国際共同研究である国際核従事者研究（INWORKS）は、仏・英・米の30万人を超える従事者の1943年～2005年の間の被曝を評価した。」

「本研究の結果は、白血病による死亡と電離放射線被曝との正の関連性を裏付ける強力な証拠を浮かび上がらせ、被曝によって白血病のリスクは直線的に増加することを示した。」としている。

（２）「職業上の電離放射線被曝によるがんリスク：英米仏労働者の後ろ向きコホート研究」について

ア 本研究の概要

2015（平成27）年10月21日、David B Richardson ノースカロライナ大学公衆衛生専攻准教授らは、世界的に権威のある医学雑誌「British Medical Journal」に「Risk of cancer from occupational exposure to ionizing radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS)」(職業上の電離放射線被曝によるがんリスク：仏英米従事者の後ろ向きコホート研究 (INWORKS)) (甲二共51) と題する論文を公表した。

本研究も、前記INWORKSの一環として、英米仏3国の核関連施設従事者合計30万8297名を対象としたコホート研究であり、放射線量1Gy当たりのがんによる死亡率の過剰相対リスクが推定された。追跡終了までに探知された死亡者6万6632名のうち、1万7957名は固形がんによって死亡していた。

イ 低線量被ばくによる固形がん死亡率の増加

結果は、放射線被曝の増加によるがんの割合の直線的増加を示した。被

曝した従事者の平均累積結腸被曝量は20.9 mGy（中央値4.1 mGy）と推計された。白血病を除く全がんによる推定死亡率は、ラグを10年間として、累積被曝量1 Gy当たり48%（90%信頼区間20～79%）増加した。同様の関連性は、全固形がんによる死亡率（47%（同信頼区間18%～79%））においても見られた。また、放射線業務従事者の放射線被曝による単位当たりリスクは、日本の被爆者の研究から得られた推計と同等であった。すなわち、原爆による高線量・高線量率による被曝のリスクと本研究の対象であった低線量・低線量率による被曝のリスクとは、単位当たりリスクは同等ということである。

本研究は、長期的な低線量電離放射線被曝と固形がん死亡率との関連性の直接的な証拠を提供するとされている。

本研究を受けて、IARCは「Low doses of ionizing radiation increase risk of death from solid cancers（電離放射線低線量被曝は固形がんによる死亡リスクを増やす）」とのプレスリリース（甲二共52）を公表し、

「WHOのがん専門機関である国際がん研究機関（IARC）がコーディネートした研究による新たな結果は、低線量電離放射線の長期的被曝が固形がんによる死亡を増加させることを示した。本日発行されたブリティッシュメディカルジャーナル誌に掲載されたこの結果は、現在までの最も強力な研究に基づく長期的な低線量電離放射線被曝後のがんリスクに関する直接的な証拠を提供している。」

「本研究は、固形がんと低線量電離放射線被曝との間の因果関係に関する証拠を強化する。」としている。

以上のとおり、平均累積結腸被曝量20.9 mGyという低線量においても、白血病を除く全がんの死亡率は1 Gy当たり48%、全固形がんによる死亡率は47%増加しており、この結果は、「現在までの最も強力な研

究に基づく長期的な低線量電離放射線被曝後のがんリスクに関する直接的な証拠を提供」し、「固形がんと低線量電離放射線被曝との間の因果関係に関する証拠を強化する」のである。

(3)「低線量電離放射線による発がんリスク：15か国の原子力施設労働者の後ろ向きコホート研究」について

ア 本研究の概要

2005（平成17）年6月29日、E. cardis らは、「British Medical Journal」に、低線量電離放射線による発がんリスク：15か国の原子力施設労働者の後ろ向きコホート研究結果を公表した（甲二共53）。当該調査は、15か国⁷の59万8068人に及ぶ原子力施設労働者のうち、少なくとも1年以上原子力施設で働いており、外部被ばく記録がはっきりしている40万7391人（うち日本の労働者は8万3740人）を対象としている。なお、調査集団の90%は男性である。当該調査は、これまでの原子力施設労働者の調査では最大規模のものとなっている。

イ 職務上受ける低線量被ばくによるがん死リスクの増加

被ばく線量結果について、集団の90%は50 mSv以下の被曝、500 mSv以上被ばくした人は0.1%以下、個人被曝蓄積線量の平均は19.4 mSvである。調査期間の死亡数は2万4158例あり、このうち白血病を除くがん死は6519例、慢性リンパ性白血病を除く白血病は196例あった。

1 Svあたりの過剰相対リスクは、白血病を除く全がん指数は0.97（1 Sv被ばくすると、白血病を除く全がん死のリスクが被ばくしていない人の約2倍になるということ）、慢性リンパ性白血病を除く白血病のそれは1.93（1 Sv被ばくすると、白血病のリスクが被ばくしていない人

⁷ オーストラリア、ベルギー、カナダ、フィンランド、フランス、ハンガリー、日本、韓国、リトアニア、スロバキア、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリス、アメリカ。

の約3倍になるということ）であることが明らかになった（甲ニ共53・7頁）。

当該調査結果からリスク推定を行うと、白血病を除く全がん死に関して原爆被爆者の追跡調査から得られた直線モデルを使ったリスク推定よりも2倍から3倍高いということになる。この結果から計算すると、100 mSv被ばくすると白血病を除く全がん死のリスクが9.7%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%増加することになる。

以上のとおり、原子力施設従事者が通常受ける低線量の放射線ですえも、がんのリスクが存在するということが明らかになっているといえる。

（4）小括

以上の2000（平成12）年代に公表された最新の研究結果によって、成人（核関連施設従事者）であっても、

- ① 平均年間1.1 mGy、平均累積被曝量15.9 mGy程度の極低線量・極低線量率による白血病リスクの増加（上記1）
- ② 平均累積結腸被曝量20.9 mGyという極低線量による全固形がんリスクの増加（上記2）
- ③ 個人被ばく蓄積線量の平均は19.4 mSv程度であっても、白血病を除く全がん死のリスク及び慢性リンパ性白血病を除く白血病で死亡するリスクが増加する（上記3）

ことが明らかとなった。

なお、これらの研究は、アメリカ疾病予防管理センター、日本厚生労働省、フランス放射線防護・原子力安全研究所、アレバ、フランス電力、アメリカ国立労働安全衛生研究所、アメリカエネルギー省、アメリカ保健福祉省、ノースカロライナ大学、イングランド公衆衛生サービスの資金提供等に基づくものであり、これらの資金・支援提供者には、ことさらに低線

量被曝のリスクを強調する動機・利益はないことを付言しておく。

6 医療被ばく健康影響に関する疫学調査

(1) 医療被ばく統計の信頼性は高いこと

近年、各国で医療被ばくに関する疫学研究が次々と発表されているが、医療被ばくの疫学研究は、低線量被ばく健康影響を考えるに際し、広島・長崎の被爆者データと比べると、①被ばく線量を正確に把握できる、②低線量被ばく健康影響についてピンポイントに明らかにすることができ、③大量の医療データの継続的観察が可能である、というメリットを有している。

以下、100mSv以下の低線量でも健康影響が生じることが確認された医療被ばくに関する疫学研究について詳述する。

(2) 小児・青年期におけるX線・CT検査による被ばくと発がんリスクに関する疫学調査（英国）

Pearceらは、2012（平成24）年5月に医学雑誌「The Lancet」に発表した論文の中で、英国において小児・青年期にX線・CT検査を受けた患者データを調査し、白血病及び脳腫瘍の有意なリスク上昇が認められたことを明らかにしている（甲二共7の2～5頁、甲二共14）。

同研究においては、1985（昭和60）年から2002（平成14）年までの間に、22歳未満で初めてCT検査を受け、それまでにがんの診断歴がなかった被験者約18万人についての疫学調査を実施した。その結果、追跡期間中に患者17万8604例中74例が白血病と診断され、17万6587例中135例が脳腫瘍と診断された。

そして、データ解析の結果、CTスキャンからの放射線量と白血病及び脳腫瘍の間に正の相関関係（放射線量の増加とともに発症が増加する一線量反応関係）が認められた。すなわち、①約50mGy（50mSvと同

義) 以上の累積線量を照射するCTスキャンを小児に用いると、白血病のリスクはほぼ3倍となり、②およそ60mGyの線量では脳腫瘍のリスクが3倍になることが確認されている。

(3) 小児・青年期におけるCT検査による被ばくと発がんリスクに関する疫学調査(豪州)

また、Matthewsらは、2013(平成25)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～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(甲二共7の2・6頁, 甲二共15)。

同論文によると、CT検査を受けた68万0211人と、検査を受けなかった(比較対照群)1100万人について、9.5年間追跡調査を行い、発がん率を調べた結果、CT検査を1回(被ばく線量: 約4.5mSv)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。

このように、約4.5mSvという極めて低線量のCT検査を1回受けただけでも、発がん率の増加が認められるのである。

(4) 連名意見書による批判

前記医療被ばくに関する疫学調査の結果に対し、連名意見書は、①これらの研究ではCT検査を施行した目的や基礎疾患等、患者の背景を調査しておらず、患者背景の影響として「がんが疑われたためにCT検査が実施され、その結果としてCT検査を受けた患者でがんが多かったのであって、CT検査ががんを誘発したのではない」可能性(逆の因果関係)がある、②Matthewsらの論文ではCT検査で撮影された部位と発がん部位との関連性が低い、等と疑問を呈している(丙二共5・16～17頁)。

(5) 連名意見書への反論

しかし、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（甲二共54「放射線必須データ32」・151頁）。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（甲二共15の2・15頁）。

また、逆の因果関係に関しても、両論文は十分注意を払っており、がんが疑われたためCTスキャンを受けた患者が含まれる可能性を排除するため、がん診断前の「除外期間」を設けて解析を実施している（甲二共14の2・3頁，甲二共15の2・4頁）。すなわち，Pearceらは、初めてのCT検査から、白血病の場合は2年，脳腫瘍の場合は5年以内に発症した患者は調査集団から除いている。また，Matthewsらも，初めてのCT検査から1年後までに発症した症例をコホートから除いている上，さらにその期間を5年あるいは10年にしても有意にリスクは上昇すると報告している。従って，前記①の批判はあたらない。

さらに，CTスキャンが実施された部位は脳が最も多いところ（40万4105例，全体の59.4%），がん種別のがん罹患率比は脳腫瘍が2.44と群を抜いて高く，撮影部位とがんの発症部位に強い相関関係が認められることは明らかであり，前期②の批判も失当である。

（6）小括

以上のとおり，信頼性の高い医療被ばく統計を利用した疫学調査の結果によっても，健康影響は無視できない程度にまで至っているといえる。

7 チェルノブイリ原発事故後のスウェーデンにおけるがん発生率の増加

（1）トンデルらによる疫学研究の概要

2016（平成28）年，マーティン・トンデル（Martin Tondel）らによる注目すべき研究が発表された。86（昭和61）年の

チェルノブイリ原発事故による放射性物質はスウェーデン各地に降下・沈着したが、トンデルらは、汚染が最も大きかった同国の3州に当時居住していた住民734,537人（全住民の約91%）を対象集団とし、被ばくとがん罹患率との関係について調査を行った。

具体的な方法は、居住地域をセシウム137の沈着量に基づき①低汚染（ $0.0 - 45 \text{ kBq/m}^2$ ）、②中汚染（ $45.41 - 118.8 \text{ kBq/m}^2$ ）、③高汚染（ $118.81 - 564.71 \text{ kBq/m}^2$ ）に分類し、低汚染地域を参照群と定義した。そして、スウェーデンのがん登録制度による3州のがん診断件数を元にハザード比⁸を算定したところ、低汚染地域と比較して中汚染地域はハザード比が1.03（95%信頼区間1.01 - 1.05）、高汚染地域のそれは1.05（1.03 - 1.07）であった（甲二共55）。

このように、汚染の度合いが高まる（被ばく量が多くなる）につれ、がん罹患率も増加するという関係、すなわち用量反応関係が存在することがデータから明らかとなった。

（2）本研究の意義

トンデルらの研究は、地表に沈着したセシウム137の汚染レベルの違いによる影響を調べたものである。セシウム137は本件原発事故による長期的な被ばく対策を考慮する際に中心となる核種であることを考えると、本研究は無視できない知見というべきである。

⁸ リスク比やオッズ比は「イベントが期間中のどこかで起きた」ということしか考慮できないが、大掛かりな調査では追跡途中で対象集団からいなくなってしまう人もいる。この場合、途中でいなくなった人（打ち切りデータ）を観察から抜いてしまうと被験者数が減り、他方最後まで残った人は「そのくらい元気だった」可能性もあるので、それだけを対象とするとバイアスを生む。このような打ち切りデータも考慮にいれた分析手法が生存時間分析であり、その際に「ある要因がイベント発生に影響しているか」を評価するものさしがハザード比である。ハザード＝発生率を時間の関数として扱ったものであり、ハザード比は暴露群のハザード/非暴露群のハザードとなる。

第4 福島第一原発事故による放射性物質放出量と被ばく量の推定

1 はじめに

本件原発事故によって環境中に放出された放射性物質の量，それらの大気中における拡散や地表への沈着，それによる住民の被ばく評価に関しては，現在，「原子放射線の影響に関する国連科学委員会」（以下「UNSCEAR」という）が2013（平成25）年に公表した報告書「2011年東日本大震災後の原子力事故による放射線被ばくのレベルと影響」（丙ニ共22，甲ニ共56：以下「UNSCEAR報告書」という）が広く用いられている。同報告書は，膨大な科学的知見を精査し，本件原発事故により放出された放射性物質の放出量および沈着量を推定している。

本節では，同報告書による放出量等および住民の被ばく量の推定方法・結果について概説し，あわせてその問題点（不確実性）について説明する。

2 放射性物質の放出量と陸地への沈着量

（1）放出量の推定

ア ソースターム推定の必要性

UNSCEAR報告書の目的は，放射線被ばくのレベルと影響を評価することであるが，そのためには，①環境中に放出された放射性物質の量を示すこと，②（放射性核種の）測定値が入手不可能・測定不能である地点における放射性核種の拡散・沈着をモデルと組み合わせて推定することが必要となる。

そして，その推定のためには，福島第一原発からの放射線核種の放出の規模，時間プロファイル，特性（これをソースタームという）の推定が必要となる（報告書本文〔丙ニ共22・以下「本文」という〕17～18頁，附録B107頁〔以下甲ニ共56を附録B，附録Cという〕）。

放射性物質のレベルは線量の推定のために必要不可欠なものであり，UNSCEARは（実際の測定値が存在しない）環境中の放射性物質のレベ

ルを推定するための基礎となるソースタームを1つ選定することとしている（附録B 1 1 2 頁）。

イ ソースターム推定の方法

こうしたソースタームを推定するには、以下のとおり2つのアプローチがある（本文17頁，附録B 1 0 7～1 0 8 頁）。

- ① 原発事故の進展に関するシミュレーションを行う方法
- ② 環境中の放射性物質の測定値に基づいて、それらの大気中の移行経路を放出源まで再構築するリバース法・インバース法（これらを逆推定法⁹という）

上記2通りのうち，UNSCLEAR報告書は以下の理由に基づき②を採用している（附録B 1 1 1 頁）。

- i 上記②は環境中の放射性核種の測定値に基づいているためより信頼性が高い。
- ii 上記①のシミュレーション法は限られた放出期間だけを対象としている（そのため信頼性が低い）。
- iii 本件原発事故に関する国会事故調が上記①の推定の信頼性について大きな懸念を表明している。

ウ UNSCLEARによる放出量推定

こうした考え方にに基づき，UNSCLEARは，逆推定法のモデル計算に基づき放出量を推定した様々な知見の中から，独立行政法人日本原子力研究開発機構の寺田宏明氏，茅野政道氏らの研究（Terada et al. Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Part II:

⁹ 観測結果から遡ってその原因を調べる解析手法。具体的には、物質の放出量等を外部入力として数値モデルに与えてシミュレーションを行うことで大気中の濃度等の結果を得る方法に対し、仮定の放出量（単位放出量等）を与えて計算し、これをどのように計算すれば実際に観測された観測値を矛盾なく説明できるかを、逆に計算で推定する方法をいう。

verification of the source term and analysis of regional-scale atmospheric dispersion. ; 以下「Terada et al.」という) によるソースターム推定を採用している。

これによれば、本件原発事故により放出された放射性核種のうち、ヨウ素 131 の総放出量は 120 PBq^{10} 、セシウム 137 のそれは 8.8 PBq であった (本文 18～19 頁)。UNSCEAR 報告書が参考にしたソースタームの各種推定 (計 16 論文) によれば、ヨウ素 131 の推定値は約 $100 \sim 500 \text{ PBq}$ の範囲、セシウム 137 は約 $6 \sim 20 \text{ PBq}$ の範囲内にある。したがって本推定値は、発表されたソースターム推定値 (16 論文) の中では下限に近いものである (本文 18 頁, 附録 B 109 頁表 B 2)。

(2) 放射性物質の大気中における拡散・沈着パターン

UNSCEAR 報告書によれば、本件原発事故により大気中に放出された放射性物質は、以下のような経路で日本の国土に拡散・沈着していったと推定されている (本文 21 頁, 附録 B 125 頁)。

① 3 月 11 日から 14 日の間における 1 号機と 3 号機におけるベントおよび水素爆発により、最初の大規模な放射性物質の放出が発生した。12 日午後の放出は、本州の東海岸に沿って北方に広がり、大量の乾性沈着 (粒子状物質の地表への沈着) をもたらし、その後、北北東に向きを変え、宮城県沿岸に広がった。

② 3 月 14 日夜から 16 日にかけて 2 号機から大量の放射性物質が放出され、これが日本の陸圏への放射性物質沈着の主要な寄与因子となった。

14 日夜から 15 日にかけて放出された放射性物質は南方向へ移動し、15 日朝には福島県南東部沿岸と茨城県北東部に沿って沈着した。これ

¹⁰ 1 ペタベクレル (PBq) は 10^{15} 乗ベクレルに等しい。

らの放射性物質は更に東京都・埼玉県・神奈川県へと拡散し、(レベルは低下したものの) 乾性沈着をもたらした。

15日17時から16日早朝まで降り続いた雨により、拡散した放射性物質は雨に遭遇して湿性沈着(放射性物質が雨や雪とともに地表に降下する現象)が発生した。その結果、群馬県・栃木県・福島県において大量の放射性物質が地表に沈着することとなった。

- ③ 20日から23日の間、3基の原子炉から放出された放射性物質は、時折雨に遭遇しながら全国に拡散し、岩手県・宮城県・千葉県の各地域で湿性沈着を発生させた。

3 住民の被ばく量の推定

(1) 概説

前記のデータ等に基づき、UNSCEAR報告書においては、福島県(避難区域・避難区域外)住民および他県住民の被ばく量を推定している。同報告書は「線量の現実的推定値」を示すことを目的として、以下のようなデータおよび方法により線量推定を実施している。

(2) UNSCEAR報告書による被ばく量の推定方法

ア 線量評価のデータ

UNSCEAR報告書は、住民の被ばく評価を行うにあたり、以下のようデータに依拠している(本文25～26頁)。

- ① 住民の甲状腺検査で得られたヨウ素131のデータセットおよびセシウム134・セシウム137についての全身モニタリングから得られたデータセット(内部被ばくに関するもの)。
- ② ソースタームとATDM(大気移行・拡散・沈着モデル：放射性物質や大気汚染物質等が大気中に散らばる様子を再現する数理モデル)解析により得られた大気中の放射性核種濃度および地表に沈着した放射性核種の推定値(外部被ばくに関するもの)。

- ③ 市場に流通した食品に対して実施された放射性核種の測定に関するデータ（内部被ばくに関するもの）。

イ 被ばく評価方法の概要

（ア）地域の区分

報告書は、被ばく評価の対象となる地域を4つのグループに区分している（本文27頁）。

- ① 事故後、住民が数日～数か月単位で避難した福島県の行政区画（双葉町・広野町・浪江町・楡葉町・大熊町・富岡町・飯舘村・川俣町・南相馬市・田村市・川内村・葛尾村）
- ② 避難が行われなかった福島県の行政区画
- ③ 福島県の近隣諸県（宮城県・栃木県・群馬県・茨城県・岩手県・千葉県）
- ④ それ以外の都道府県

（イ）年齢層

評価にあたっては、放射性物質が放出された時点における3つの主要な年齢集団（成人・10歳児・1歳児）を対象としている。全ての成人の代表として20歳の成人、5歳以上の小児の代表として10歳児を、同じく5歳未満の幼児の代表として1歳児を選んでいる（本文27頁）。

そして、一部の被ばく経路においては将来的に被ばくが継続する可能性があることから、対象集団の加齢を考慮し、①事故後最初の1年間の被ばく線量、②最初の10年間の被ばく線量、③年齢の異なる各人が80歳に達するまでの被ばく線量も含めることとしている（本文27頁、附録C148頁）。

（ウ）線量推定のためのモデル

沈着した放射性物質による外部被ばく線量を推定するにあたっては、チェルノブイリ原発事故の線量評価にも用いられたモデルを使用して

いる。このモデルは、建物の遮蔽効果、放射性物質の壊変、風雨による地表からの放射性核種の除去、土壌中の放射性核種の移動などの過程を考慮したものである（本文 27 頁）。

大気中の放射性核種吸入による線量についても、標準的かつ国際的に認められたモデルに準拠し評価している（本文 27～28 頁）。

飲料水および食品の摂取による線量は、食品中の放射性核種濃度をともに、食品ごとの年齢別摂取率と、放射性核種ごとの単位摂取放射能あたりの線量係数を用いて算出している（本文 28 頁，附録 C 161～162 頁）。

（3）線量評価の結果

イ 避難しなかった住民の事故後 1 年間の線量

以下の表は、避難対象外の地域（福島県の避難区域外住民および他都道府県）に暮らしていた住民につき、事故後 1 年間の行政区画平均（福島県）または県平均（他都道府県）の実効線量と甲状腺吸収線量の推定値をまとめたものである（本文 29 頁・表 5 参照）。なお、線量は自然放射線源によるバックグラウンド線量への上乗せ分である（以下同じ）。

住宅区域	実効線量 (mSv)			甲状腺の吸収線量 (mGy)		
	成人	10歳児	1歳児	成人	10歳児	1歳児
福島県(避難対象区域外)	1.0～4.3	1.2～5.9	2.0～7.5	7.8～17	15～31	33～52
福島隣接6県	0.2～1.4	0.2～2.0	0.3～2.5	0.6～5.1	1.3～9.1	2.7～15
その他都道府県	0.1～0.3	0.1～0.4	0.2～0.5	0.5～0.9	1.2～1.8	2.6～3.3

福島県内では、①避難地域に一部がかかる行政区画（南相馬市）と、②地表での沈着密度が高い行政区画（福島市・二本松市・桑折町・大玉村・郡山市・本宮市・伊達市）において、避難しなかった住民の中では最大の推定実効線量が得られた。また、事故後 1 年間の甲状腺吸収線量が最も高かったのはいわき市と福島市の居住者であり、特にいわき市は 1 歳児における甲状腺の吸収線量（行政区画平均）が最も高く、約 50 mGy と推定された（本文 29～30 頁）。

ウ 避難者の事故後 1 年間の線量

報告書は避難区域（双葉町・広野町・浪江町・楡葉町・大熊町・富岡町・飯館村・川俣町・南相馬市・田村市・川内村・葛尾村）から避難した住民の事故後 1 年間の被ばく線量につき、以下のとおり推定している（本文 33 頁・表 6 参照）。

年齢層	予防的避難地区			計画的避難地区		
	避難前 および 避難中	避難先	事故直後 1年間 合計	避難前 および 避難中	避難先	事故直後 1年間 合計
	実効線量 (mSv)					
成人	0～2.2	0.2～4.3	1.1～5.7	2.7～8.5	0.8～3.3	4.8～9.3
小児・10歳	0～1.8	0.3～5.9	1.3～7.3	3.4～9.1	1.1～4.5	5.4～10
幼児・1歳	0～3.3	0.3～7.5	1.6～9.3	4.2～12	1.1～5.6	7.1～13
	甲状腺吸収線量 (mGy)					
成人	0～23	0.8～16	7.2～34	15～28	1～8	16～35
小児・10歳	0～37	1.5～29	12～58	25～45	1.1～14	27～58
幼児・1歳	0～46	3～49	15～82	45～63	2～27	47～83

事故直後 1 年間の地区平均実効線量は、すべての年齢層および避難シナリオ¹¹を通じて、数 mSv ～ 約 10 mSv 強までの範囲であった

エ 日本における将来的被ばく線量評価

更に、UNSCEAR 報告書は、福島県（避難区域外）住民および他都道府県住民の将来的な被ばく線量の評価も実施している（本文 33 頁）。

¹¹ 避難前と避難中の線量評価は、福島県民（200 万人）を対象とした避難行動のアンケート調査（回答率 21%）に基づき放射線医学総合研究所が作成した 18 通りの避難シナリオに基づいている。シナリオ 1～12 が表の予防的避難地区、13～18 が計画的避難地区に該当する（附録 C 164～165 頁）。

2011年現在の 年齢層	行政区画平均または県平均実効線量 (mSv)		
	福島県 (避難区域外)	隣接諸県 (宮城・群馬・栃木・茨城・千葉・岩手)	其他都道府県
1年間の被ばく			
成人	1.0～4.3	0.2～1.4	0.1～0.3
小児・10歳	1.2～5.9	0.2～2.0	0.1～0.4
幼児・1歳	2.0～7.5	0.3～2.5	0.2～0.5
10年間の被ばく			
成人	1.1～8.3	0.2～2.8	0.1～0.5
小児・10歳	1.3～12	0.3～4.0	0.1～0.6
幼児・1歳	2.1～14	0.3～6.4	0.2～0.9
生涯被ばく			
成人	1.1～11	0.2～4.0	0.1～0.6
小児・10歳	1.4～16	0.3～5.5	0.1～0.8
幼児・1歳	2.1～18	0.4～6.4	0.2～0.9

オ 大人と子どもの被ばくリスクに違いがあること

なお、大人と子どもとでは、同じ被ばく線量でもリスクが異なることについて注意が必要である。

2013（平成25）年10月25日、UNSCEARは「子どもに関する放射線被ばくの影響 (Effects of radiation exposure of children)」と題する報告書を提出した（甲二共57）。

同報告書は、被ばく線量が同じでも、各種の腫瘍ができる可能性は大人よりも乳児や子どもの方が高くなることを指摘している。UNSCEARの調査によれば、各種腫瘍の25%（白血病・甲状腺がん・脳腫瘍・乳がんを含む）について、大人よりも子どもの発症可能性が高くなっていることが判明している。

更に、健康への影響は物理的要因によっても左右される。例えば、内部被ばくに関しては、子どもは大人より多くの牛乳を摂取するため、環境中の放射性ヨウ素から受ける線量が高くなりかねない。また、大人と比較して乳児や子どもの身体は細く、臓器を覆う組織も少ないため、同じ被ばく線量でも内臓が受ける線量は大人よりも高くなる（甲二共57）。

(4) 集団被ばく線量の推定

ア 集団実効線量とは

UNSCEAR報告書は、事故にともなう日本全国の住民の被ばく全体像を捉えるため、日本の公衆における集団実効線量および集団甲状腺吸収線量を推定している（本文34～35頁、附録C166頁）。

この集団実効線量とは、放射線防護のために用いられる線量の一種であり、被ばくしたグループまたは集団について、グループ全体としての被ばくに伴う放射線の影響を表すものである。グループの平均実効線量にそのグループの人数を乗じたもので、単位は人・Svである。

イ UNSCEAR報告書による集団実効線量の推定

本件原発事故の場合、集団実効線量に最も大きく寄与する被ばく経路は、地表に沈着したセシウム134およびセシウム137と、これらを含んだ食品から摂取する内部被ばくの2つである。

これを前提に、UNSCEARによって推定された日本の公衆における集団実効線量および集団甲状腺吸収線量は以下のとおりである（本文35頁）。

線量カテゴリー	被ばく期間		
	最初の1年間	10年間	80歳まで
集団実効線量 (1000人・Sv)	18	36	48
甲状腺集団吸収線量 (1000人・Gy)	82	100	112

ウ 集団実効線量を用いたリスク評価

ICRP2007年勧告は「集団実効線量は、放射線の利用技術と防護手順を比較するための最適化の手段である。疫学的研究の手段として集団実効線量を用いることは意図されておらず、リスク予測にこの線量を用いるのは不適切である。その理由は、（例えばLNTモデルを適用した時に）

集団実効線量の計算に内在する仮定が大きな生物学的及び統計学的不確実性を秘めているためである。特に、大集団に対する微量の被ばくがもたらす集団実効線量に基づくがん死亡数を計算するのは合理的ではなく、避けるべきである。集団実効線量に基づくそのような計算は、意図されたことがなく、生物学的にも統計学的にも非常に不確かであり、推定値が本来の文脈を離れて引用されるという繰り返されるべきでないような多くの警告が予想される。このような計算はこの防護量の誤った使用法である」としている。

しかし、本件原発事故のように、大量の放射線が飛散して被害が生じている場合には、健康に対するリスク評価を見積もるために、集団実効線量に基づく計算をすべきである。

この点は後に詳細する（後記第5「福島県民健康調査における小児甲状腺がんの多発という結果について」の5『集団被ばく線量とリスク評価』を参照）。

4 チェルノブイリ原発事故との比較

（1）事故発生プロセスの比較

ア チェルノブイリ事故

チェルノブイリ原子力発電所の原子炉は「黒鉛減速・沸騰軽水冷却・チャンネル炉」（RBMK型）と呼ばれる構造であり、減速材として黒鉛を用いていた。この黒鉛ブロックが積み重なった中に圧力チャンネル管（燃料棒集合体を中心にして周囲を冷却水が流れる管）と制御棒が差し込まれる構造となっていた。

このRBMK型原子炉は、制御棒を一斉に挿入すると核分裂反応が急激に進行し、原子炉が暴走するという構造的欠陥を有していた¹²。チェルノ

¹² 同型炉の制御棒（主にホウ素製）は上部から差し込まれる方式になっており、制御棒本体の先端には黒鉛でできた水排除棒がつながれていた。制御棒を差し込んだ時、黒鉛の棒が水（核分裂反応を抑制する性質を持つ）を一気に排除すると、水が黒鉛に置き替わることで、その部分の核分裂反応が高まることになる。

ブイリ事故は、原子炉の設計欠陥と極端な運転条件が重なり、原子炉出力が急上昇して炉心そのものが爆発した暴走事故であった（甲二共46・4頁）。チェルノブイリ事故では、原子炉爆発後、むき出しとなった炉心で黒鉛ブロックの火災が発生し、約10日間にわたり大量の放射能が放出された（甲二共45・0253頁）。

イ 福島第一原発事故

これに対し、福島第一原発事故は、津波により炉心冷却ポンプの電源を喪失したことによる「冷却失敗事故」であった。すなわち、原子炉の停止には成功したものの、外部電源及び内部電源の双方を喪失したことにより、核分裂生成物から生じる崩壊熱から原子炉を冷却することが不可能となり、メルトダウン（炉心溶融）からメルトスルー（原子炉容器の貫通破壊）へと進展することとなった。

ただ、チェルノブイリ事故とは異なり、福島第一原発では、格納容器が破損して放射性物質が放出され、水素爆発により1号機と3号機の原子炉建屋が破壊されたものの、炉心そのものは爆発しなかった（甲二共45・0253～0254頁）。

（2）放射能放出量の比較

チェルノブイリ事故および本件原発事故により放出された放射能の放出量については、様々な推定値が公表されている。次の表は、チェルノブイリ事故および福島第一原発事故に関する放出量の推定値を比較したものである（甲二共45・0255頁表1「大気中への放射能放出量の比較」参照。単位はPBq）。

そのため、200本近い制御棒が一斉に挿入されると、原子炉下部で核分裂反応が急激に進行し、原子炉暴走の引き金となってしまう。

放射性核種	半減期	チェルノブイリ			福島		
		ソ連政府報告 (1986)	瀬尾ら (1988)	チェルノブイリ フォーラム(2005)	保安院 (2011)	Stohl et al. (2012)	UNSCEAR 2013年報告書
キセノン133	5.24日	9,000	n.a.	6,500	11,000	15,300	7,300
ヨウ素131	8.04日	760	2,600	1,760	160	n.a.	120
テルル132	3.25日	640	3,100	1,150	0.76	n.a.	29
セシウム134	2.07年	21	110	47	18	n.a.	9.0
セシウム137	30.1年	37	160	85	15	36.6	8.8
ストロンチウム90	28.8年	8.1	20	10	0.14	n.a.	n.a.
ジルコニウム95	65.5年	160	240	84	0.017	n.a.	n.a.
ルテニウム103	39.3日	150	470	168	7.5×10^{-6}	n.a.	n.a.
ルテニウム106	372日	60	200	73	2.1×10^{-6}	n.a.	n.a.
バリウム140	12.8日	300	520	240	3.2	n.a.	n.a.
セリウム141	32.5日	130	310	84	0.018	n.a.	n.a.
ネプツニウム239	2.36日	1,900	5,900	400	0.076	n.a.	n.a.
プルトニウム239	24,000年	5.2	9.3	0.013	3.2×10^{-6}	n.a.	n.a.
n.a.: 評価なし							

チェルノブイリでは、最初の爆発に伴って炉心燃料に近い組成で放射能が大気中に放出されたが、福島では、高温の炉心溶融から揮発したガス状や揮発性の放射性核種が主体であった（甲二共45・0245頁）。

キセノン133（気体であり放出されやすいという性質を持つ）の放出量については、福島の方がチェルノブイリよりも大きい、これは福島第一原発の原子炉出力が大きいことによる（脚注：チェルノブイリは100万kW1基が事故を起こしたのに対し、福島は3基合わせて約200万kWの出力。）。

揮発性核種であるヨウ素131とセシウム137の放出量については、炉心がむき出しとなったチェルノブイリの方が福島より大きかったことは確かであろうといわれる（甲二共45・0255頁）。

プルトニウムやストロンチウムのような不揮発性核種については、福島ではチェルノブイリと比べ放出量が極めて少なかった（UNSCEAR 報告書本文19頁）。キエフ市と飯舘村の土壌汚染密度を比較したデータによれば、キエフ市においては、セシウム137と比較して、ストロンチウム90は約5分の1、プルトニウムは約1%程度存在し、被ばくを考える際に無視できないレベルである。これに対し、飯舘村では、ストロンチウム90の汚染レベルはセシウム137の2000分の1、プルトニウムは10

0 万分の 1 である（甲二共 4 5・0 2 5 6 頁）。

（3）汚染面積・汚染人口の比較

長期的な被ばくを考えた場合，注意すべき核種はセシウム 1 3 7（半減期約 3 0 年）である。セシウム 1 3 7 による陸上の汚染面積¹³を比較すると，福島第一原発事故の場合，放射能汚染地域に該当する面積はチェルノブイリの 5. 8 %，移住義務地域は 7. 5 % となる（甲二共 4 5・0 2 5 6 頁）。

ただし，チェルノブイリ事故と本件事故を比較するに際しては，単に面積の大小だけでなく，両者の人口密度の違いを考慮に入れることが必要である。つまり，チェルノブイリ事故の舞台となったロシア・ベラルーシ・ウクライナ 3 国と異なり，福島第一原発事故により汚染された領域は，もともと人口密度が高いことを忘れてはならない。下記表（甲二共 5 7・0299 頁表 2 より）のとおり，チェルノブイリ事故の陸上汚染面積は福島の 1 1 ～ 1 5 倍であるが，汚染ゾーンの住民数の比はそれよりも相当小さくなっている。被災者の数でいうと，福島はチェルノブイリと比較して 3 分の 1 から 4 分の 1 となる（甲二共 5 7・0 3 0 0 頁）。

福島第一原発事故とチェルノブイリ原発事故の陸地汚染面積と住民数の比較

	第 1 ゾーン (強制避難地域)		第 2 ゾーン (移住義務地域)		第 3 ゾーン (移住権利地域)	
	km ²	人口(人)	km ²	人口(人)	km ²	人口(人)
ロシア	300	5,000	2,100	110,000	5,720	218,000
ベラルーシ	2,200	9,000	4,200	95,000	10,200	267,000
ウクライナ	600	19,000	900	30,000	3,200	204,000
チェルノブイリ合計	3,100	33,000	7,200	235,000	19,120	689,000
福島	272	30,159	495	52,157	1,405	261,076
チェルノブイリ／福島比	11.4	1.1	14.5	4.5	13.6	2.6

¹³ チェルノブイリの場合，セシウム 1 3 7 の汚染レベルが 3.7 万 Bq/m²以上（旧単位の 1 キュリー/m²に対応）は放射能汚染地域とされ，住民の被ばく量が 5 mSv/年を超えると想定されている。同じく 55.5 万 Bq/m²以上（15 キュリー/m²）は移住義務地域とされ，年間被ばく量は 1 mSv 超と想定されている（甲二共 4 5・0 2 5 6 頁，甲二共 4 1・4 7 頁）。

(4) 集団被ばく線量の比較

UNSCEAR報告書は、チェルノブイリ原発事故により被ばくした欧州諸国の住民の集団線量を算定している。詳細は以下のとおりである（本文35頁）。

① 1986年～2005年の20年間

集団実効線量 360,000人・Sv

集団甲状腺吸収線量 2,300,000人・Gy

② 生涯にわたる継続的被ばく

集団実効線量 400,000人・Sv

集団甲状腺吸収線量 2,400,000人・Gy

同報告書によると、チェルノブイリ事故後の欧州諸国住民と比較して、福島第一原発事故後の生涯被ばくによる日本国内の住民の集団実効線量は約10～15%、集団甲状腺吸収線量は約5%となっている（本文35頁）。

(5) 小括

以上概観したとおり、現時点の知見によれば、チェルノブイリ事故による放射能放出量および住民の被ばく量と比較すると、福島第一原発事故によるそれはいずれも規模が小さいといえる。

ただ、次項で詳述するように、UNSCEARによる本件事故に伴う放射能放出量および被ばく線量の推定については未だに不確定要素が多く、本件事故がチェルノブイリ事故よりも軽度のものであったと断定するのは時期尚早であり、今後長期にわたる観察が必要である。

5 UNSCEAR報告書による放出量および被ばく量推定の不確実性

(1) はじめに

以上のとおり、UNSCEAR報告書による被ばく量の推定は、膨大な

データを収集して標準的なモデル計算により算出されたものであり、相当程度に精緻なものであることは否定できない。

しかしながら、同報告書自身、被ばく評価のベースとなる放射性物質の放出量の推定方法について「多くの不確かさを伴っている」（本文18～19頁）と明言しているとおおり、大震災による混乱の最中、正確な放出量の測定が不可能であったこと、また住民の初期被ばくの測定（スクリーニング）も不正確であったことから、放出量および被ばく量の評価は本質的に不完全なデータによる推定値という形をとらざるを得ず、そこには多くの不確実性が伴うことになる。

以下、留意すべき点について詳論する。

（２）放出量推定の不確実性

ア モデル計算はいくつかの仮定を前提としていること

福島第一原発から放出された放射性物質の拡散と沈着を推定するにあたってはA T D M（大気移行・拡散・沈着モデル；放射性物質や大気汚染物質等が大気中に散らばる様子を再現する数理モデル）のモデル計算に拠っているが、シミュレーションを設定するために、いくつかの単純化を目的とした仮定を立てる必要があった。

主な単純化としては、①放出量を3時間間隔で特定する、②放出の原因となる事象（水素爆発やベント）に関わりなく、地上100mの円柱から発生し均一に拡散したと仮定する、等が挙げられる。

イ モデル計算の基礎となるデータの不足

実際の観測データが不足していることから、モデルシミュレーションには放出量、風による輸送・拡散過程、降雨等に伴う沈着過程による大気からの除去過程のそれぞれについて不確実性が伴う。

すなわち、放出量に関しては、緊急時対策支援システム（E R S S）による放出量予測や原子炉排気筒からの放出流量測定が震災のため利用で

きず、当該期間にどの程度の放射性物質の放出があったのかを推定するのが非常に困難である。

また、風向・風速・降水等、輸送・除去過程に関わる基礎的な気象データに関しても、地震と津波の影響で東北地方の太平洋側には広い地域でデータの欠損がみられる。特に福島県浜通り地域では、3月15日時点で気象庁観測所・アメダス観測所は観測を行えない状態にあった。このため「放射性物質がどこに運ばれ、どの程度大気から除去されたのか（＝地表に沈着したのか）」を理解する元となる気象条件について、モデルの結果を検証することは困難である。

ウ 短半減期核種等のデータが不足していること

放出された放射性物質の中でも、希ガスや短半減期核種など、環境モニタリングで濃度測定が困難な核種についても評価ができていない。UNSCEAR報告書自体も、例えば、本件事故において最大の放射能を放出したと推定されるキセノン133については、この核種がエアフィルターによるサンプリングでは採集できない非反応性ガス（希ガス）であるため、わずかなデータしか入手できなかったことを認めている（附録C 150頁）。

エ 放出量に過少評価の可能性があること

UNSCEAR報告書が依拠しているTerada et al. による推定値は、実際の測定値が存在しない陸域環境における放射性物質濃度を推定するうえで、合理的な基礎を提供するものと評価されている。しかし、放出が全て海上に拡散したという仮定を立てているため、放射性核種の総放出量を最大で2分の1程度過小評価している可能性があるとし唆されている（附録B 112頁）。

（3）被曝評価の不確実性

ア 初期被ばく測定データのデータが不完全であること

(ア) 概説

UNSCER 報告書は、福島県や国から提供されたデータを被ばく評価の基礎資料としている。この中には、人体（全身および甲状腺）の放射性物質の体外計測値も含まれている（附録A 9 1 頁）が、この点に関し、初期被ばくについて極めて不完全な計測値しか得られていないことを看過すべきではない。

(イ) スクリーニングとは

原子力災害が発生した場合、被災者の身体表面等の放射能測定結果とスクリーニングレベルを比較することにより、除染や線量評価の必要性を迅速に判断することをいう。

除染の要否や詳細な被ばく線量評価等、その後の措置が必要な基準をスクリーニング基準といい、それに対応する測定器の指示値をスクリーニングレベルという。

(ウ) 事故前のスクリーニング基準

本件原発事故以前、福島県が策定した「福島県緊急被ばく医療マニュアル」においては、体表面のスクリーニングレベルはヨウ素 131 の表面汚染密度で 40 Bq/cm^2 と定められ、GM 管式表面汚染サーベイメータで $13,000 \text{ cpm}^{14}$ に相当するものとされていた。

これは、 $13,000 \text{ cpm}$ という計測値がすべてヨウ素 131 によるものだとする、安定ヨウ素剤投与の基準である等価線量 100 mSv に相当する、という考え方に基づくものである。

(エ) スクリーニング基準の引き上げ

ところが、本件原発事故の結果、福島県内のスクリーニング会場には避難した住民が殺到し、除染用の水や排水タンク、着替えの衣類等に不

¹⁴ cpm=count per minute：1 分間あたりの放射線の計数率。

足をきたすようになった。また、住民を寒さの中で行列させることによる健康障害も懸念され、スクリーニングの現場は破綻をきたした。

そのため、3月14日、福島県はスクリーニング基準を13,000 c p mから100,000 c p mに引き上げることとした（甲二共59, 甲二共60）。

（オ）問題点

住民を安全に避難させることが最優先となる緊急事態の下、福島県がスクリーニング基準を引き上げたことはやむを得ない措置であったといえる。

しかしながら、前記のようなスクリーニング基準が設定された趣旨、すなわち13,000 c p mという計測値が甲状腺等価線量100 m S vに相当すること、この数値は安定ヨウ素剤投与の基準となっていることを考慮すると、事故後の健康管理を見据え、少なくとも被ばく線量の計測を実施して集計しておくべきであった。

このように、UNSCEAR報告書の被ばく評価を検討する際には、被ばく量の測定、特に初期被ばくの測定が不完全なものであることに留意すべきである。

イ 短半減期核種による被ばく評価が不完全であること

（ア）概説

本件原発事故においては、ヨウ素131（半減期8日）の外にも、テルル132（同3.02日）、その娘核種であるヨウ素132（同2.28時間）、ヨウ素133（同20.8時間）、キセノン133（同5.248日）、セシウム136（13日）等、半減期の短い放射性核種が放出されている（附録B115頁，甲二共45・0255頁表1）。

（イ）短半減期核種による被ばくは無視できないこと

長期的な放射能汚染という観点からは、半減期が30年と長いセシウ

ム 1 3 7 による被ばくが最も大きい、事故直後では別の放射性核種による被ばくの方が大きい。例えば、事故後 2 か月程度の内部被ばくではヨウ素 1 3 1 による甲状腺被ばくの影響が大きい。また、事故後 1 週間程度の間、地表に沈着した放射性物質からの外部被ばくに大きく寄与するのはテルル 1 3 2 である。実際、チェルノブイリ原発事故の際には、ヨウ素 1 3 2 およびヨウ素 1 3 3 が甲状腺被ばくに大きく寄与していることが指摘されている。

(ウ) 問題点

しかし、前記 (2) ウでも述べたとおり、こうした短半減期核種については測定データが不完全であることから、UNSCEAR 報告書では被ばく評価が行われていない。

この点については、後記第 5 「福島県民健康調査における小児甲状腺がんの多発という結果について」 4 (4) エで詳述する。

(4) 粒子状および気体状ヨウ素 1 3 1 の比率が不明

甲状腺被ばくの推定に関しては、福島第一原発から大気中に放出されたヨウ素 1 3 1 のうち、粒子状のヨウ素と気体状のヨウ素の比率が吸入線量の推定に影響を及ぼすことが指摘されている。

しかし、福島県においては、粒子状ヨウ素と気体状ヨウ素の相対量に関するデータは得られなかった。測定データが限られているうえ、そのデータは主に放出地点から非常に離れた場所で入手されたことが影響している。

そのため、UNSCEAR 報告書においては、この比率を原子炉からの放出物のモデル計算と ATDM の結果から推定しているが、同報告書自体も「最大で 2 倍の不確かさが伴う」ことを認めている (附録 C 1 8 9 頁)。

(5) 食品規制実施前の被ばく評価の問題

食品規制が導入されるまで数日を要したため、一部の人々がこの期間に

規制値を超える食物を摂取した可能性がある。また、飯舘村に居住し、地元産の野菜だけを食べた成人は、事故後最初の1週間で更に約10mSvの被曝をした可能性がある。

6 まとめ

このように、UNSCEAR報告書の放射性物質拡散・沈着、住民の被ばく量に関する推定がそれなりに精密であることは確かであるが、その計算はいくつもの仮定や推測を前提にせざるを得ず、未だ確定的なものと評価することはできない。

チェルノブイリ事故についても、国際的な機関が大気放出量に関して最終的な報告を出すまでには何年も有している。同様に、チェルノブイリ事故により放出された放射性ヨウ素と甲状腺がんとの因果関係が明らかになったのも、事故発生から約6年を経過した後である。

したがって、放出量や住民の被ばく評価については、今後の研究の進展に待つべき部分が相当程度残っているというべきである。

第5 福島県民健康調査における小児甲状腺がんの多発という結果について

1 チェルノブイリ事故による小児甲状腺がんの多発

(1) 1986（昭和61）年4月26日に発生したチェルノブイリ原発事故の被害を受けたベラルーシ共和国やウクライナ共和国において、原発事故から4年後の1990（平成2）年ごろから小児甲状腺がんが急増するという現象が生じた。

欧米諸国の権威筋は当初「事故の影響とは考え難い」と言っていたが、1996（平成8）年ころから、事故の影響であることを認め始めた。

小児甲状腺がんは、チェルノブイリ原発事故で放出された放射性ヨウ素による甲状腺被ばくが晩発的な影響としてもたらしたものであり、チェルノブイリ事故の後に生まれた子ども達に甲状腺がんの過剰発生が認めら

れないことから、甲状腺がん増加が、スクリーニング（無症状の集団から特定の疾患を見つけるための一斉検査）によるためではないもとされたのである。

- （２）チェルノブイリ事故の経験を踏まえるならば、福島原発事故においてもチェルノブイリ事故と同様に、小児甲状腺がんの多発という現象が起きる可能性がある、として福島県県民健康調査が実施された。

２ 甲状腺がんとはどういうものか

（１）甲状腺の役割

甲状腺は気管（喉ぼとけ）付近の咽頭の基部にある腺で、右葉と左葉は薄い組織片である峡部で繋がっており、蝶のような形状をしている。甲状腺は食品（特に海藻類）中に含まれるヨウ素を血管内から能動的に取り込み、濾胞（完全に閉じた胞状の構造のこと）腔内に分泌し、甲状腺ホルモンを生成・分泌する。甲状腺ホルモンの代表的な生理作用は熱産生亢進、心拍数増加、心収縮力増加、神経系の被刺激性増進などである。また、各組織の正常な発育に不可欠であり、胎児期や幼児期に欠乏すると諸臓器及び身体の発育が不十分となる。

（２）甲状腺腫・のう胞・結節

腺腫とは、分泌活性を有する腺上皮由来の良性腫瘍のことである。甲状腺腫は特殊な「のう胞」（液体を内容として壁に囲まれた袋状の腫瘤）を形成するので、濾胞状腺腫と呼ばれている。初期にはやわらかく、左右対称で、平滑であるが、後期になると結節や嚢腫（腺腫の腺腔が高度に拡張してできた腫瘍）が現れることがある。

「結節」とは、周囲との境界が比較的明瞭な丸く小さな突出部のことであり、超音波検査を行うと「結節」が見つかることがある（成人では２０％前後と言われているが、いろいろなデータがある）。それが悪性腫瘍である確率は３．７～１５．９％と言われている。

甲状腺腫瘍は悪性腫瘍と良性腫瘍に分かれ、悪性腫瘍は上皮性悪性腫瘍（がん）と非上皮性悪性腫瘍（肉腫）に分かれる。悪性腫瘍が甲状腺がんであり、分化がんである乳頭がんと濾胞がん、髄様がん、未分化がんの4種類があるが、乳頭がんが大部分を占める。

（3）甲状腺がん罹患率

罹患数とは、ある一定期間（通常1年）内に、新たに発生した患者数であり、すでに罹患している人は含めない。罹患率とは罹患数をその病気に罹患する可能性のある人口で割った値である。

日本の甲状腺がん罹患数（2008年）は、男性3043例（全がんの0.7%）、女性8615例（全がんの2.8%）であり、死亡数（2012年）は、男性550人（全がんの0.25%）、女性1144人（全がんの0.78%）である。罹患率は女性の方が男性の3倍くらいであり、死亡率は2倍くらいである。5年相対生存率は、地域がん登録2003年～2005年診断例によれば、92.2%である。

年齢調整罹患率は1975（昭和50）年において10万人あたり1.8であり、その後上昇傾向を示し、1999（平成11）年には5.8まで達したが、その後は4.5～5.9でほぼ横ばいで推移している。

2005（平成17）年から2008（平成20）年の4年間にわたる年齢階級別の罹患数を見ると、男性では0才～9才で0例、10才～14才で9例、15才～19才で46例であり、女性では0才～4歳で0例、5才～9才で9例、10才～14才で14例、15才～19才で136例である。

2005（平成17）年のがん統計によると、20～25才では人口10万人あたり2.0であるのに対し、75～79才では14.0で約7倍である。

（4）小児甲状腺がんの診断

小児（定義は明確には定まっていないが、一応19才以下と考える）の甲状腺がんは希少な疾患で、ほとんどが乳頭がんである。臨床的な特徴は成人とはかなりの差異を示す。日本癌治療学会ガイドラインによれば、頸部リンパ節転移が激しく、腫瘍の局所浸潤が多い。肺への遠隔転移を有する頻度が高く、診断時の肺転移の頻度は25%に達するとする報告もある。治療後の再発も多く、後期の再発は初期治療の20年後まで起こるので、小児の乳頭がんは生涯にわたる経過観察を必要とする。

小児の乳頭がんに対しては、適切な初期治療と術後の処置により、長期の生命予後は成人に比較すると良好であり、死亡率は低いと報告されている。

（5）小児甲状腺結節・分化がん（乳頭がん）の治療方法

年齢、被膜外浸潤、腫瘍径、リンパ節転移、遠隔転移、腫瘍の分化度を含むTNMを分類してリスク評価を行う。T（Tumor::原発腫瘍の進展度）、N（Nodes:: 所属リンパ節の状態（特定の部位では遠隔リンパ節）、M（Metastasis:: 遠隔転移の有無）である。

高リスク群では、甲状腺全摘とリンパ節郭清術を行う。術後、放射性ヨウ素内用（RAI）療法（アブレーションともいう）を行う。RAIとは放射性ヨウ素の入ったカプセルを飲むと、放射性ヨウ素は取り込まれ、残った甲状腺がんを破壊するので、取り切れていない部分における再発防止を行う療法のことである。

甲状腺ホルモンを服用し続ける必要があるし、術後10年以上経過してから再発することがあるため、長期にわたる経過観察が必要となる。全摘術に伴う主な合併症として、反回神経麻痺（一過性5%以下、永久性1%以下）、副甲状腺機能低下（永久性3～10%）がある。

低リスク群（明らかな転移や浸潤がなく、かつ片葉性）であれば、患側葉のみ切除し、他の補助療法は行わない。

腫瘍径1cm以下の微小癌で、転移浸潤がないときは、手術しないで経過観察も可能である。

(6) 放射線被ばくと小児甲状腺がんの関係

原発事故が起きた際には、様々な放射性物質が飛散する。放射性物質の中でもヨウ素は気化して遠方まで飛散するので、放射性被ばくの影響は広範囲に及ぶ。

甲状腺で甲状腺ホルモンを生成する際にはヨウ素が必要となり、自然性のヨウ素であろうと、放射性のヨウ素であろうと区別なく取り込んでしまう。その結果、環境中に放射性のヨウ素が放出され、体内に取り込まれるとヨウ素は甲状腺に集積することになり、甲状腺組織が局所的に集中的な被ばくを受け、甲状腺がんになる危険性が高まる。甲状腺の被ばく影響については、甲状腺の重さが成人の場合は約20グラムであるのに対して幼児の場合には約2グラム程度しかなく、幼児の場合は甲状腺の大きさが成人に比べて非常に小さいので、放射性ヨウ素などが甲状腺にたまった場合、大きな被ばくをもたらすことになる。

3 福島県県民健康調査における甲状腺検査結果

(1) 実施内容

福島県では、子ども達の甲状腺検査を行った。先行検査（一巡目検査）は2011（平成23）年10月から2014（平成26）年3月までを基準として、本格検査は2014（平成26）年4月から2016（平成28）年3月まで対象者全員を検査し、2016（平成28）年4月からは20歳を超えるまでは2年ごと、それ以降は25歳、30歳等の5歳ごとの節目健診により継続して実施することとしている。

先行検査（一巡目検査）の対象は1992（平成4）年4月2日から2011（平成23）年4月1日までに生まれた福島県民（本件事故時18歳から0歳まで）であり、本格検査（二巡目検査以降）の対象は先行検査

の対象者に2011（平成23）年4月2日から2012（平成24）年4月1日までに生まれた福島県民を追加している。

（2）検査方法

ア 検査内容は一次検査で超音波検査を行い、その結果A1，A2，B，Cの判定結果を受診者に伝える。判定基準は下記の通り。

A1判定 結節又はのう胞を認めなかったもの

A2判定 結節（5.0mm以下）又はのう胞（20.0mm以下）を認めたもの

B判定 結節（5.1mm以上）又はのう胞（20.1mm以上）を認めたもの

C判定 甲状腺の状態等から判断して、直ちに二次検査を要するもの

イ 一次検査の結果、B判定又はC判定となった場合、二次検査の対象となり、詳しい超音波検査を行った後、採血、尿検査が実施される。必要があれば、結節から細胞を採って検査をする穿刺吸引細胞診を行う。

（3）先行検査（一巡目検査）の規模と検査結果

ア 2011（平成23）年10月に開始した先行検査（一巡目検査）においては、対象人数367,672人、受診者300,476人（受診率81.7%）であり、下記の結果であった（2016（平成28）年12月31日時点のデータ）。

A1	154,607人	A2	143,575人
B	2,293人	C	1人
結節	5.1mm以上		2,275人
	5.0mm以下		1,713人
のう胞	20.1mm以上		12人
	20.0mm以下		143,899人

イ 「悪性ないし悪性疑い」とされたのは116人（男性39人、女性77人）であり、このうち、手術実施は102人である。良性結節1人、乳頭がん100人、低分化がん1人という確定診断が得られている。

(4) 本格検査（2巡目検査）の規模と結果

ア 一次検査では2014（平成26）年度の25市町村に加え2015（平成27）年度実施の34市町村の全59市町村381,282人を対象として270,489人の検査を実施した（受診率70.9%）。結果は下記のとおりである。

A1	108,688人	A2	159,554人
B	2,226人	C	0人
結節	5. 1mm以上		2,218人
	5. 0mm以下		1,570人
のう胞	20. 1mm以上		6人
	20. 0mm以下		160,332人

イ 「悪性ないし悪性疑い」は69人（男性31人，女性38人）であり，このうち手術実施は44人で，乳頭がん43人，その他の甲状腺がん1人との確定診断が得られている。

なお，この69人のうち，先行調査でA1判定は32人，A2判定は31人，B判定は5人であり，未受診は1人であった。

(5) 報告されない4歳児の甲状腺がん

上述したとおり，福島県民調査（1巡目検査及び2巡目検査）の結果，合計185人が小児甲状腺がんであり，年齢は，本件事故当時5歳から18歳までと報告された。

しかし，事故当時4歳の子どもが，県民調査を受けて経過観察とされた後，甲状腺がんと診断され，福島県立医科大学において甲状腺摘出手術を受けながら，調査委員会には報告されていないことが，2017（平成29）年3月30日のNHKニュースで明らかになった。

福島県民調査では，超音波検査後B判定やC判定を受けた後の2次検査によって甲状腺がんないしその疑いとなったケースについては報告され

るが、２次検査で継続して推移を見守る「経過観察」とされた後、がんと診断されたり、別の医療機関に移って、通常診療の中で甲状腺がんと診断された場合には県民調査に報告するシステムとなっていないのである。これでは正確な統計を取ることはできない。どのような経緯であっても甲状腺がんと診断された場合には、報告するシステムとするよう早急に改善する必要がある。

(6) 手術を受けた子どもたち

ア 鈴木眞一氏の２０１５（平成２７）年８月３１日付報告によれば、同年３月３１日までの外科手術施行例１０４例のうち９７例が福島医大内分泌外科で施行され、うち１例は良性腫瘍であった。

「９６例」の報告は以下のとおりである。

- ・ 腫瘍径 １０mm超６３例， １０mm以下３３例
- ・ １０mm以下のうちリンパ節転移・軽度甲状腺外浸潤・遠隔転移が疑われるもの８例，疑われないもの２５例。２５例のうち，２２例は気管や反回神経に近接もしくは軽度の甲状腺皮膜外への進展が疑われたものであり，３例は，非手術経過観察も勧めたが本人の希望で手術となったものである。
- ・ 術式は，全摘６例，片葉切除９０例であり，リンパ節郭清は全員行われ，そのうち中央領域のみが８０％，外側領域までが２０％である。
- ・ 術後診断は，軽度甲状腺外浸潤３８例，リンパ節転移７２例。
- ・ 軽度甲状腺外浸潤のあった１４例を除いた腫瘍径１０mm以下２８例，リンパ節転移・甲状腺外浸潤・遠隔転移がないもの８例。

イ 手術によりがんと確定した子供たちの数は，２０１７（平成２９）年２月２０日視点で，１４５人となっている。

4 福島県県民健康調査における甲状腺がん多発をどう評価するのか

(1) 甲状腺がん患者数は地域がん登録の数十倍となった

受診者数300,476人中116人ががんないしがんの疑いと診断されたが、日本の地域がん登録で把握されている甲状腺がんの罹患統計などから推定される有病数に比べて数十倍の割合となっている。このことをどう評価するかが問題となる。

(2) 福島県民健康調査検討委員会の見解

ア 先行調査（一巡目調査）について

福島県民健康調査検討委員会は、2016（平成28）年3月付「県民健康調査における中間とりまとめ」の中で、次のように述べている。

「将来的に臨床診断されたり、死に結びついたりすることがないがんを多数診断している可能性が指摘されている。これまでに発見された甲状腺がんについては、被ばく線量がチェルノブイリ事故と比べて総じて小さいこと、被ばくからがん発見までの期間が概ね1年から4年と短いこと、事故当時5歳以下からの発見はないこと、地域別の発見率に大きな差がないことから、総合的に判断して、放射線の影響とは考えにくいと判断する」

イ 本格調査第1回（二巡目調査）について

しかし、本格調査（2巡目）において、悪性ないし悪性の疑いとされた69人のうち、68人が、先行検査（1巡目）では「A1判定は32人、A2判定は32人、B判定は5人」であった。先行検査で見つかった甲状腺がんがスクリーニング効果によるものであると仮定すると、同精度の超音波検査を行った本格検査（2巡目検査）では、すでに見つかるべき人は見つかっているのであるから、新しくみつかるはずはないことになる。スクリーニング効果ではないとすれば、甲状腺がんの進行が思いのほか早いと考える以外はないことになる。検討会委員の中からもさまざまな疑問がだされており、まだまとまった見解が出されているわけではないが、中間とりまとめの意見が変更されているわけでもない。

(3) 「スクリーニング効果」だけでは多発は説明できない

ア スクリーニング（ふるい分け）とは、無自覚の疾病を迅速に実施可能な検査方法を用いて暫定的に識別する方法のことである。健康診断は、いずれ生存中に症状がでて臨床的にがんと認識されると思われる潜伏がんを、無症状のうちに検査して早期発見し、早期治療を行うシステムであるから、スクリーニングをすればみつかるがんは、地域がん登録よりも多い数であることは、一般には十分想像しうる。

また、死後の剖検によってはじめてがんと認識されるもの（オカルトがん、ラテントがん）を見つけるケースもある。これも生前にスクリーニングすれば発見されるかもしれない。

しかし、以下のように、成人、とりわけ高齢者の場合には「スクリーニング効果である」と言うことができて、「がん年齢」からはるかに遠い小児については、同じことが言えるとは限らない。

イ 韓国では、「甲状腺がんの罹患率は2000年頃から特に女性で急上昇し、最頻のがんとなっている。死亡率は変わらない。」と言われている（Cancer Statistics in Korea : Incidence , Mortality , Survival and Prevalence in 2010 Kyu-Won et al :: 韓国がん統計 2010年の、発生率（頻度）、死亡率、生存率、有病率）

それによれば、「超音波検出器と細胞取出用細針等の進歩した診断技術によって、かつては検出されなかった疾病が検出され、スクリーニング率を高めた」とされ、甲状腺がんは、35－64才の女性で最も頻度の高いがんとなったが、これは欧州の傾向と異なっている、などとされている。

しかし、子どもについては過去のデータと比較して多くなっているのではない。従って、この統計をもって、小児甲状腺がんの多発がスクリーニング効果によってもたらされたものであると結論付けることは困難である。

ウ 死後剖検で発見されるがんについては、「フィンランド解剖結果」の論文

(Occult Papillary Carcinoma of the Thyroid A “normal ” Finding in Finland . A Systematic Autopsy Study H.RUBEN HARASH .MD et al 潜在乳頭がんの解剖結果報告)がよく引用されている。

そこでは、フィンランドで101人(男性53人, 女性48人)の解剖例が報告され, うち甲状腺乳頭がんは男性23人, 女性13人であり, 有病率は, 男性43.3%, 女性27.1%, 平均では35.6%であったとされている。

年齢階層別にみると, 0才~20才は男性1人のみであり, がんが見つかる。21才~40才で4人(男性・女性は2人, 2人), 41才~60才で21人(9人, 12人), 61才~80才で59人(36人, 23人), 81才~100才で16人(5人, 11人)である。

甲状腺がんの4分の3は結節だったとされているが, 腫瘍径は0.15mm~14.0mmで, 77%は1.0mm未満である。臨床的には女性が男性の3~4倍であるのに, この解剖結果では甲状腺乳頭がんは男性の方が多いとされている。

しかし, この解剖結果報告では, 0才~20才は男性1人のみであり, 未成年層のデータとしては使えない。

そのうえ, 福島健康調査の結果, 手術に至った症例では, 結節の径は大きく, また浸潤や転移も多く, 手術をした鈴木医師によれば, 「過剰診療(手術する必要がない症例に手術した)ではない」とされているので, 福島で甲状腺がん罹患した子ども達については, 死亡するまで症状の出ない潜在がんではないと考えられる。

エ また, チェルノブイリにおいても, ベラルーシ共和国は事故前からがん登録がなされており, 事故後も同様に登録が行われているところ, 1986(昭和61)年のチェルノブイリ事故のあとに生まれた子供について甲状腺がんはほとんど発生していないのであるから, チェルノブイリ事故の

ときに子供であった人たちに多発した甲状腺がんはスクリーニング効果ではなかった、といえる。

(4) 潜伏期間が4～5年以上であるとはいえない

ア 福島健康調査中間とりまとめは「被曝からがん発見までの期間が概ね1年から4年と短い」ことを、放射線被ばくの影響によるものではないとする根拠の一つに挙げる。

イ 確かに、ベラルーシ共和国やウクライナ共和国における甲状腺がん患者はチェルノブイリ事故のあと、1990（平成2）年頃から急増している。しかし、事故から3～4年の間は系統だった調査は行われておらず、5年目以降に日本をはじめ諸外国の協力を得て、種々のスクリーニングが行なわれていることに注目しなければならない。ベラルーシ共和国における手術例は、事故時0～5才の小児については、1989（平成元）年までは1人であり、90（平成2）年3人、91（平成3）年6人、92（平成4）年7人、93（平成5）年19人、94（平成6）年17人と増えている。スクリーニングがあまり行われていない時期の患者が少ないからと言って、被ばくからがんと認識されるまでの潜伏期間が4～5年であるとは必ずしも言えない。

ウ 先行検査（1巡目）でA1・A2・Bと判定されながら本格検査で「悪性ないし悪性の疑い」と判断された子供たちが69人いたという事実を直視すべきである。

(5) 被ばく量がチェルノブイリ事故よりも少ないとは言えない

ア 放出された放射性物質の量は、チェルノブイリの時の10%くらい（核種による、データによる）であり、多くは海に流れたから、甲状腺がんは少ないはず、という意見は、汚染面積を考えない議論である。

イ 前述したとおり、福島原発事故によりセシウム137の汚染にさらされている人口は、沢野伸浩によれば、チェルノブイリと比較して、強制避難

地域では1. 1分の1，移住義務地域では4. 5分の1，移住権利地域では2. 6分の1であり，汚染が少ないとはとても言えない状況である（甲二共58）。

ウ 甲状腺被ばく量については，前出UNSCEAR報告書によれば，事故後1年間の成人・10歳児・1歳児の甲状腺吸収線量は下記のようになっている（原告の居住地である「福島市」「いわき市」「南相馬市」を挙げる）。

住宅区域	甲状腺の吸収線量(mGy)		
	成人	10歳児	1歳児
福島県(避難対象区域外)	7.8～17	15～31	33～52
福島市	16.30	28.73	48.67
いわき市	17.35	31.16	51.87
南相馬市	11.28	15.45	39.34

エ 甲状腺被ばくに影響を与える放射性ヨウ素には，ヨウ素131以外にもヨウ素132，ヨウ素133もある。ヨウ素131は半減期が8日間と短い，ヨウ素132は半減期が2. 295時間，ヨウ素133の半減期は3日と更に短い。またテルル132は半減期3. 2日でヨウ素132になり甲状腺被ばくに影響を与える。チェルノブイリ原発のごく近くにあったプリピャチの住民は事故後1. 5日で避難したとされているが，ヨウ素132とヨウ素133が甲状腺被ばくに最も寄与したとされている。

オ 福島原発事故で放出された量は，テルル132が29ペタBq，ヨウ素131が120ペタBq，ヨウ素132が29ペタBq，ヨウ素133が9. 6ペタBqと推定されている。シンカレフらの計算によれば，短寿命核種による甲状腺被ばくへの寄与は，ヨウ素131の約15%以内，3月12日ま

での早い段階に起きた吸入摂取の場合には、30～40%の大きさになるかもしれない、とされている。従って、放射性ヨウ素は避難指示地域のみならず、いわゆる区域外においても、広範囲に拡散し、重大な健康被害を及ぼしていたことになる（甲二共63）。

5 集団被ばく線量とリスク評価

- (1) UNSCEAR報告書は、日本の住民約1億2800万人における80歳までの集団実効線量と甲状腺集団吸収線量を次のように算出している（107項）。

集団実効線量 48,000 人・シーベルト

甲状腺集団吸収線量 112,000 人・グレイ

- (2) 米国科学アカデミー・電離放射線の生物学的影響調査委員会のBEIR VII報告書によれば、甲状腺がんの生涯寄与リスクは、10000人・グレイにつき、男性21件、女性100件、平均して60.5件であるとされている。前述したとおり、線量・線量率効果計数（DDREF）をBEIRは1.5としているが世界保健機関（WHO）やUNSCEARは1としているので、それにあわせれば、男性31.5件、女性150件、平均して90.75件となる。

福島事故の場合に、甲状腺集団吸収線量112,000人・グレイのうち、男性が半分、女性が半分浴びたとすれば、男性176人、女性840人、合計1016件となる。

- (3) つまり、今後、福島原発事故時に小児であったものも大人であったものも、それぞれが80才になるまでには、1016件の甲状腺がん患者が発生しうるほどの放射性物質の放出があったということである。これは生涯にわたるリスクであるから、福島でも継続的に調査を行わなければ事態は判明しないこととなる。

6 結論

放射線被ばくによる甲状腺がんの多発はチェルノブイリ事故において観測されており、チェルノブイリ事故と同様に本件事故においても放射性ヨウ素は広範囲に環境に放出されているのであるから、福島県においても小児甲状腺がんの多発が予想される。

福島県民調査はまだ途中であり、その結果を分析することはまだ完全なものではない。しかし、福島県民調査の現在のところまでの結果は、小児甲状腺がんという本件事故により放出された放射性物質による重大な健康被害を示唆するものである。また、事故直後の線量調査というのは福島県において行われていない。今後、継続して検査が行われなければならないことを示している。

第6 原告らの被ばく量について

1 はじめに

ここでは、原告らが避難行動を選択したことの合理性を判断するひとつの材料として、仮に原告らが福島県内の元の居住地での生活を続けていた場合、本件原発事故によりどの程度の被ばくをしたのか（初期被ばく量）の計算を行う。

まず、初期被ばく量を評価する方法論（甲二共47）について説明し、次に実際の初期被ばく量（甲二共46）について述べる。

2 被ばく評価の方法

（1）初期被ばくの定義

ここでは、①福島県県民健康調査の対象期間に合わせた「最初の4か月（2011（平成23）年3月11日～7月11日）」と、②UNSCEAR報告書が対象とする「最初の1年（2012（平成24）年3月11日まで）」の2つの期間を初期被ばく評価の対象期間とする。ただ、放射性ヨ

ウ素は半減期が短いため、最初の4か月のみを考慮する（甲二共46の2，甲二共47・2頁）。

（2）外部被ばくと内部被ばく

外部被ばくとは、身体の外にある放射線源から身体・臓器が放射線を浴びるものである。原発事故に伴う外部被ばくとしては、①放射性プルームによるもの（クラウド・シャイン）と、②プルームが通過する際、地表に沈着した放射性物質からの放射線に被ばくするもの（グラウンド・シャイン）の2つがある。

これに対し内部被ばくとは、呼吸や食物摂取により放射性物質を体内に取り込んだ結果、身体組織がその放射性物質からの放射線に被ばくするものである（甲二共47・2頁）。

（3）被ばく量の評価方法

ア 外部被ばく量

空間放射線量のモニタリングデータがある場所については、そのデータを積算する。

モニタリングデータが存在しない地点については、以下のような間接的な方法により放射線量を求める（甲二共47・2頁，同10～12頁）。

- ① まず、航空機サーベイデータにより当該地点のセシウム137沈着量を求める。
- ② 次に、文部科学省作成の土壌測定データからヨウ素131やセシウム134，テルル132とセシウム137との沈着比を求める。
- ③ 以上の計算から得られた沈着組成を基に、地表1mの空間線量率（グラウンド・シャイン）を求める。
- ④ そのうえで、空間線量を実効線量に換算する。その際、以下の仮定をおく。

- i 日本家屋に居住していると仮定し、住宅の放射線透過係数を0.4

とする。

ii 1日のうち屋内で16時間，屋外で8時間生活する。

iii 空間線量から実効線量への換算係数は，大人0.6，子ども0.7，
幼児0.8とする。

イ 内部被ばく量

(ア) 吸入摂取

呼吸に伴う内部被ばく量については以下のとおり計算する（甲二共47・2頁，同16～17頁）。

① UNSCEAR報告書の大気拡散シミュレーションを用い，対象地点におけるヨウ素131，セシウム137，セシウム134の積算空気中濃度 C （ $Bq \cdot Day / m^3$ ）を求める。

② 内部被ばく量（ D ）は以下の計算式により求める。

$$D = K \text{（換算係数）} \times B \text{（呼吸率）} \times C \text{（積算空気中濃度）}$$

(イ) 経口摂取

水道水からの内部被ばく量については，ヨウ素131が検出されたいわき市の上水道データを基に，積算水道水中濃度 C （ $Bq \cdot Day / l$ ）を求め，吸入と同様に計算する。

$$D = K \text{（換算係数）} \times B \text{（毎日摂取量）} \times C \text{（積算水道水中濃度）}$$

食料品からの内部被ばく量については，以下のような計算で求める（甲二共47・20～25頁）。

① UNSCEAR報告書や旧原子力委員会のデータを基に，食料品ごとの毎日の食品摂取量を設定する。

② 食料品ごとの汚染レベルについては，いわき市および福島市について得られた食品汚染データ（UNSCEAR，農林水産省，福島市の調査等）から平均汚染濃度を求める。

③ 以上を基に，内部被ばく換算係数を用いて内部被ばく量を計算する。

3 原告らの初期被ばく量

(1) 原告らの居住地点

本件訴訟の原告らの本件事故当時の住所および年齢構成（大人・子ども・幼児）は以下のとおりである。なお、ここにいう「子ども」には5歳以上の未成年者、「幼児」には5歳未満の未成年者が該当する（前記第4の3「住民の被ばく量の推定」を参照）。

原告番号1 住 所 いわき市 [REDACTED]

大 人 2名

子ども 2名

幼 児 1名

原告番号2 住 所 福島市 [REDACTED]

大 人 3名

子ども 2名

原告番号3 住 所 いわき市 [REDACTED]

大 人 1名

原告番号4 住 所 福島市 [REDACTED]

大 人 1名

原告番号5 住 所 南相馬市 [REDACTED]

大 人 2名

子ども 2名

原告番号6 住 所 福島市 [REDACTED]

大 人 1名

子ども 2名

(2) 原告らの初期被ばくによる実効線量

前記2（3）の評価方法に基づき、原告らが前記住所に居住を続けた場合の被ばく量につき、原告らのヨウ素131の吸入・経口摂取による甲状腺

腺等価線量，外部被ばく線量（最初の4か月および1年間の累積）およびセシウム134・セシウム137の経口摂取による内部被ばく（同）を計算し，それらを合計して原告らの実効線量を求めた結果は以下のとおりである（甲二共46添付「千葉地方裁判所区域外避難者訴訟の原告住所における初期被曝の見積り」6頁）。なお，短半減期ヨウ素（ヨウ素133及びテルル132が崩壊してできるヨウ素132）の影響も取り入れて計算したことは前述したとおりである。

計算結果のうち，それぞれの原告が該当するカテゴリーをゴシック体で表記している。

原告番号1	大人	子ども(10歳) 幼児(1歳)	
甲状腺等価線量，mSv	15.4	26.5	49.4
実効線量：4カ月，mSv	1.3	1.8	3.0
実効線量：1年，mSv	1.6	2.1	3.3
原告番号2	大人	子ども(10歳) 幼児(1歳)	
甲状腺等価線量，mSv	10.2	17.6	38.8
実効線量：4カ月，mSv	3.4	4.1	5.6
実効線量：1年，mSv	5.1	6.1	7.8
原告番号3	大人	子ども(10歳) 幼児(1歳)	
甲状腺等価線量，mSv	15.8	27.1	50.0
実効線量：4カ月，mSv	1.7	2.3	3.5
実効線量：1年，mSv	2.2	2.8	4.1
原告番号4	大人	子ども(10歳) 幼児(1歳)	
甲状腺等価線量，mSv	9.9	17.2	38.2
実効線量：4カ月，mSv	3.3	4.0	5.5
実効線量：1年，mSv	5.0	6.0	7.7

原告番号 5	大人	子ども(10歳) 幼児 (1歳)	
甲状腺等価線量, mSv	10.4	18.1	39.4
実効線量: 4 カ月, mSv	3.0	3.6	5.0
実効線量: 1 年, mSv	4.4	5.2	6.9
原告番号 6	大人	子ども(10歳) 幼児 (1歳)	
甲状腺等価線量, mSv	9.4	16.3	37.2
実効線量: 4 カ月, mSv	2.9	3.5	4.9
実効線量: 1 年, mSv	4.4	5.2	6.8

4 まとめ：原告らの初期被ばく量は「誰にとっても容認可能」とはいえない

このように、原告らが元の住所地に居住を続けた場合、本件原発事故から最初の1年間に被ばくする線量（実効線量）は、大人が1.6～5.1 mSv（平均3.8 mSv）、子どもが2.1～6.1 mSv（平均4.7 mSv）、幼児が3.3 mSvとなる（甲二共46添付「千葉地方裁判所区域外避難者訴訟の原告住所における初期被曝の見積り」・6頁）。

すなわち、本件原告ら全員について、元の住所地に1年間居住した場合の被ばく線量は、ICRPのパリ声明および1990年勧告が定めた公衆の被ばく限度である年間1 mSvを超過している。

言い換えると、年間の公衆被ばくの上限が1 mSvと定められた根拠は、その基準値までのリスクであれば「誰にとっても容認可能できるだろう」との考え方が背景にあったのであり、原告らの被ばく線量は「誰にとっても容認可能」とは言えないレベルに達している（甲二共46・6～7頁）。

第7 避難指示解除「年間20mSv」基準の不当性

1 年間20mSv 基準に法的根拠は存在しないこと

(1) 被告国による基準

被告国は、2011（平成23）年3月11日、原子力災害特別措置法（1999〔平成11〕年12月17日法律第156号、同年のJCO臨界事故後に急遽成立）第15条1項2号の規定に該当する事象（原子力発電所の境界で1時間あたり500 μ Sv〔現在は5 μ Sv〕が検出されたこと等）が発生し、原子力災害の拡大の防止を図るための応急の対策を実施する必要があると認められるとして、原子力緊急事態宣言を発した。

被告国は、緊急事態応急対策を実施すべき区域を、福島第一原発から3km、10km、20kmへと順次拡大し、4月には計画的避難区域を追加した。そして、被告国は、計画的避難区域の設定基準について、2011（平成23）年4月27日、「今回の福島での事故にあたり、日本の原子力安全委員会は、ICRP2007の定める緊急時被ばく状況の国際的な目安から、最も厳しい（安全よりの）数値＝年間20mSvを基準に選び、政府はそれに従って避難等の対策を決定した」と述べた。

また、被告国は、同年6月16日以降、順次、特定避難勧奨地点を指定し、その理由についても、「現在の年間20ミリシーベルトという目安は、国際機関が示す20～100ミリシーベルトという参考レベルの範囲で最も低い値をとったもの」と説明した。

(2) 国内法の公衆被ばくの線量限度は年間1mSvであること

ア 上記のとおり、被告国は、ICRP2007年勧告を目安に20mSvを基準に設定したと説明するが、そもそも、日本は、上記ICRP2007年勧告を国内制度に取り入れておらず、被ばく線量限度を年間20mSvとする法的根拠は存在しない。

本件原発事故の時点で、日本は、放射線審議会基本部会でICRP2

007年勧告を国内制度に取り入れるかどうかを審議し、2011（平成23）年1月に第二次中間報告を発表した段階であった。そのため、日本が国内制度に取り入れたのは、ICRP1990年勧告までである。

イ ICRP1990年勧告について

ICRPは、1958年勧告及び1977年勧告においては、公衆の線量限度を年間5mSvとしていた。1977年勧告当時、がん死リスク係数は1mSvあたり 10^{-5} とされていたため、年5mSvの場合のがん死リスクは年間 5×10^{-5} となるが、ICRPは、年5mSvを基準にすると、平均は0.5mSv程度になるので、リスクは 10^{-5} 以下になると弁明し、「年当たり $10^{-6} \sim 10^{-5}$ の範囲のリスクは、公衆の個々の構成員のだれにとっても多分容認できるだろう」とした。

しかし、その後、広島・長崎の原爆被爆者を対象としたLSS調査（Life Span Survey）により、ガン死リスク係数が、それまでに考えられていたよりも遥かに大きいことが明らかとなったことから、ICRPは公衆の線量限度を下げざるを得なくなった。ICRPは、1985年パリ声明において、公衆の被ばく線量限度を年間1mSvとしつつ、「生涯にわたる平均年間被曝量が1ミリシーベルトを超えないという制限の下で、数年間にわたる年5ミリシーベルトも数年間であれば許容される」とした。

その後、ICRPは、1990年勧告においても、公衆の線量限度を年間1mSvとした。もっとも、当時のがん死リスク係数は、1mSvあたり 5×10^{-5} であったため、年1mSvという線量限度は、ICRP自身が、公衆が容認できるとした年 10^{-6} から 10^{-5} というリスクを超えるものであった。

このように、ICRP1990年勧告は、問題を抱えつつも、公衆の線量限度を年間1mSvとした。

ウ 国内法について

そして、ICRP 1990年勧告を国内に取り入れた法律等は次のとおりであり、職業人の被ばく線量限度は5年間で100 mSvかつ1年間で50 mSv（死亡リスク：年 10^{-3} ）、公衆の被ばく線量限度は年間1 mSv（死亡リスク：年 10^{-4} ）とされている。線量限度は、個人が受ける、超えてはならない実効線量又は等価線量の値であり、上記の数値以上は「容認不可」という意味の最低値である。決して、「安全と危険の境界値」ではない。

（ア）労働者被ばくについての法律等

- 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律
- 労働安全衛生法…電離放射線障害防止規則（以下、一部抜粋）

（第3条）

1 項 放射線業務を行う事業の事業者（第62条を除き、以下「事業者」という。）は、次の各号のいずれかに該当する区域（以下「管理区域」という。）を標識によって明示しなければならない。

①外部放射線による実効線量と空気中の放射性物質による実効線量との合計が3月間につき1.3ミリシーベルトを超えるおそれのある区域

②放射性物質の表面密度が別表第3に掲げる限度の10分の1を超えるおそれのある区域（注：別表3では、アルファ線を放出しない放射性同位元素では40 Bq/cm²とされている。従って、4 Bq/cm²=40 k Bq/m²を超える区域は管理区域とされているのである）

（第4条）

1 項 事業者は、管理区域内において放射線業務に従事する労働者（以下「放射線業務従事者」という。）の受ける実効線量が5年

間につき100ミリシーベルトを超えず、かつ、1年間につき50ミリシーベルトを超えないようにしなければならない。

- 2項 事業者は、前項の規定にかかわらず、女性の放射線業務従事者（妊娠する可能性がないと診断されたもの及び第6条に規定するものを除く。）の受ける実効線量については、3月間につき5ミリシーベルトを超えないようにしなければならない。

（第6条）

- 1項 事業者は、妊娠と診断された女性の放射線業務従事者の受ける線量が、妊娠と診断されたときから出産までの間（以下「妊娠中」という。）につき次の各号に掲げる線量の区分に応じて、それぞれ当該各号に定める値を超えないようにしなければならない。

①内部被ばくによる実効線量については、1ミリシーベルト

②腹部表面に受ける等価線量については、2ミリシーベルト

（第31条）

- 1項 事業者は、管理区域（労働者の身体若しくは装具又は物品が別表第3に掲げる限度の10分の1を超えて汚染されるおそれのあるものに限る。以下この条及び次条において同じ。）の出口に汚染検査場所を設け、管理区域において作業に従事させた労働者がその区域から退去するときは、その身体及び装具の汚染の状態を検査しなければならない。

- 2項 事業者は、前項の検査により労働者の身体又は装具が別表第3に掲げる限度の10分の1を超えて汚染されていると認められるときは、前項の汚染検査場所において次の措置を講じなければ、その労働者を管理区域から退去させてはならない。

①身体が汚染されているときは、その汚染が別表第3に掲げる限

度の10分の1以下になるように洗身等をさせること（注：GM管式表面汚染サーベイメーターで1300cpmに相当する）。

②装具が汚染されているときは、その装具を脱がせ、又は取り外させること。

（イ）公衆被ばくについての法律等

- 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律…核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令…実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則…実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示（以下、一部抜粋）

（第3条）

1項 実用炉規則第1条第2項第6号及び貯蔵規則第1条第2項第3号の経済産業大臣の定める線量限度は、次のとおりとする。

①実効線量については、1年間（4月1日を始期とする1年間をいう。以下同じ。）につき1ミリシーベルト

2項 前項第1号の規定にかかわらず、経済産業大臣が認めた場合は、実効線量について1年間につき5ミリシーベルトとすることができる。

- 電気事業法・技術基準省令…実用発電用原子力設備に関する放射線による線量等の技術基準…上記(イ)の告示を準用

（3）まとめ

ア 上記のとおり、公衆被ばくの線量限度について、日本国内で法的根拠があるのは、年間1mSvという基準のみである。

他方、被告国が避難指示区域設定の基準として採用する年間20mSvという参考レベルは、日本国内法に取り入れられておらず、ICRP2

007年勧告によって、日本国内における公衆被ばくの線量限度が年間1 mSvから年間20 mSvに引き上げられたわけではない。日本国内で法的根拠があり、被告国に遵守義務がある公衆の被ばく線量限度は、あくまでも、年間1 mSvである。

そのため、避難指示の区域内であれ、区域外であれ、年間1 mSvを超える被ばくを国民に強いるのは、明らかな法律違反である。国民は、このような法律違反の状態を受け入れる必要はなく、被ばくを避けるために、避難することは当然であり、その避難行動には合理性がある。

被告国は、国内法による根拠もなく、年間20 mSvを基準に避難指示区域内か区域外かを線引きしている。年間20 mSvという基準には何ら合理性がなく、損害賠償額に差を設けるのは、法の下での平等に反する。

イ ちなみに、チェルノブイリ原発事故後、ウクライナにおいては、「チェルノブイリ事故による放射能汚染地域の法的扱いについて」の第1条において、「事故前に比べた現在の環境中放射性物質の増加が…住民に年間1ミリシーベルト以上の被曝をもたらし得る領域が汚染地域である。こうした地域では、住民に対し放射能防護と正常な生活を保障するための対策が実施されねばならない。」と定義した。また、同第2条では、汚染地域のゾーン区分を次のとおり、定義している。

ゾーン名	年間被ばく線量
放射能管理強化ゾーン	0.5 mSv以上
移住権利ゾーン	1 mSv以上
移住義務ゾーン	5 mSv以上
避難（特別規制）ゾーン	

また、ベラルーシにおいては、次のとおりの区域設定を国内法で規定した。

公式の区域名称	区域設定の判断基準
定期的な放射線モニタリング	個人線量 < 1 mSv / 年
移住の権利を持つ区域	1 < 個人線量 < 5 mSv / 年
二次的移住区域	個人線量 < 5 mSv / 年
優先的移住区域	個人線量 > 5 mSv / 年
避難区域（立入禁止区域）	チェルノブイリ原発周辺領域

このように、チェルノブイリ原発事故後のウクライナ及びベラルーシにおいては、年間の被ばく線量が1 mSv以上になる区域の住民に対しては、移住の権利を認め、年間5 mSv以上になる区域の住民に対しては、移住を義務づけており、被告国の対応とは、大きな隔たりがある。

ウ また、原告ら第4準備書面において主張したとおり、そもそも避難が合理的であるか否かは、科学的一般人を基準に決せられるべきではなく、あくまでも、通常人・一般人を基準に決せられるべきである。そして、低線量被ばくによる健康影響に関する知見だけでなく、精神医学及び心理学的観点からも、通常人・一般人が健康不安を感じることは合理的であることは、既に主張したとおりである。

2 被告国による帰還政策について

(1) 現在、被告国は、避難指示を順次解除し、解除された地域から避難した者らに帰還を促して、賠償の打ち切りを急いでいる。そして、帰還政策を推し進めるのと並行して、区域外からの避難者らへの無償住宅提供の打ち切りも決定した。

しかし、被告国は、事故直後の緊急事態に使用される「緊急時被ばく状況における放射線防護の基準値」である年間20～100 mSvを採用したまま、帰還政策を採っており、明らかに自己矛盾に陥っている。

(2) 原告ら第4準備書面でも主張したとおり、ICRPは、2007年勧告において、被ばく状況を、①緊急時被ばく状況、②現存被ばく状況、及

び③計画被ばく状況の3タイプに分け、それぞれの特性に応じて、次の基準を設定した。

被ばく状況のタイプ	拘束値と参考レベル
①緊急時被ばく状況	労働者… 5 0 0 ～ 1 0 0 0 m Sv 住民… 2 0 ～ 1 0 0 m Sv／年
②現存被ばく状況	1 ～ 2 0 m Sv／年
③計画被ばく状況	1 m Sv／年以下

(3) このうち、③の計画被ばく状況は、放射線や放射性物質を人間の活動に、利用と防護の計画を立てて、その範囲で利用する状況である。そして、このとき受けると予想される被ばくが「計画被ばく」であり、放射線源の制御が可能であるため、より低い被ばくとなるよう計画的な制御が求められる。1 mSv／年は、超えてはならない「拘束値」である。

また、②の緊急時被ばく状況は、放射線・放射性物質の利用から予期しない事故が発生し、その被曝に緊急対応が必要な状況である。そして、急性放射線障害を避けるために、短期の被ばくが1 0 0 mSvを超えないことを優先して、さまざまな経路からの被ばくを抑えることで被ばくの低減を図る。このとき設定する値は、あくまでも「参考値」であって「拘束値」ではない。ICRPは、「緊急時被ばく状況」は、年単位で考えられるものではなく、せいぜい数週間で終了するものと考えている。

さらに、③の現存被ばく状況は、防護を考える時点ですでに被ばくが存在する状況であり、自然放射線・自然放射性物質からの被ばくや、事故後に残存する放射性物質からの被ばくをいう（甲二共64「語り合うためのICRP111」135頁）。

(4) 被告国は、上記のうち、②の緊急時被ばく状況の参考レベルを目安に

避難指示区域の設定及び解除を行っている。

しかし、ICRPは、本件原発事故直後の2011（平成23）年4月、ICRP111を発表し、原発事故後の長期対策が必要となる現存被ばく状況について、ICRP勧告のガイダンスを提案した。そして、「汚染地域に居住することを希望した場合、人々にそれを認める決定は当局によって下され、これが事故後の復旧段階の始まりを意味することになる。」（甲二共65「ICRP111」8項）として、本件原発事故のような大規模事故が発生した後に政府が帰還政策を決める復旧の段階は、「現存被ばく状況」であることを確認した。

被告国は、本来、「現存被ばく状況」において行われるべき帰還政策を、「緊急時被ばく状況」の参考レベルを使用したまま、しかも、原発緊急事態宣言が続いた状況のまま、推し進めているのである。

（5）また、参考レベルとは、危険と安全の境を意味する数値ではなく、あくまでも管理を進めるための目安であり目標である。

ICRPも、現存被ばく状況における公衆の参考線量を年間1～20 mSvと勧告しつつ、「現存被ばく状況にとっての長期目標は、“被ばくを通常と考えられるレベルに近いあるいは同等のレベルまで引き下げる”（ICRP、2007、288項）であることから、汚染地域内に居住する人々の防護の最適化のための参考レベルは、…1～20 mSvのバンドの下方部分から選択すべきであること」とした上で、「過去の経験は、長期の事故後の状況における最適化プロセスを拘束するために用いられる代表的な値が1 mSv／年であることを示している」（甲二共65「ICRP111」50項）とした。

このように、参考レベルが年間1～20 mSvとされている現存被ばく状況についても、ICRPは、最終的には年間1 mSvに近づくような状況に回復することを目指して、年間1 mSvに近い低い値を参考レベルと

して採用すべきと勧告している。

(6) さらに、ICRP 111では、住民が放射能に汚染された地域に居住することを希望した場合において、「緊急時被ばく状況から現存被ばく状況への移行は、潜在的に高いレベルの被ばく、および、主に中央の決定を伴う（主として緊急性によって動かされる）戦略から、居住状態を改善し、その事情を考慮して合理的に達成可能な限り被ばくを低減することを目的とした、より分散された戦略への管理の変更によって特徴づけられる。これらの戦略は状況の長期的側面を考慮に入れる必要があり、被ばくした個人は自分自身の防護に直接関与すべきである。この移行は、協調的かつ十分に透明性の高い方法で実施され、被災したすべての関係者によって合意され理解されるべきであると委員会は勧告する」（甲二共65「ICRP 111」7項）として、地域住民がこの問題解決の決定に関与することが重要であると強く提言している。

(7) しかし、被告国は、避難者の意向を無視して、一方的に帰還政策を進めている。

その結果、避難指示が解除された地域における帰還率は低く、本件事故以前の町の活気や住民同士の繋がりは失われたままである。避難指示区域内であれ、区域外であれ、避難を継続するのか、あるいは、帰還するのは、避難した者自身の意思が尊重されるべきであり、被告国によって一方的に押し付けられるべきものではない。

第8 結論

1 被ばく限度を定めた考え方の根底にあるもの

現時点においては、避難指示が解除された市町村において、年間の被ばく線量が20mSvを超えるような地域はないといえる。

しかし、被告国が拠って立つ「現存被ばく状況」という概念が誕生した背

景には、チェルノブイリ事故を契機として、「既に起きてしまった放射能汚染は仕方がない」との考え方にに基づき、社会的・経済的な観点から、従来の公衆の線量限度を超えていても「我慢しながらの居住は可能」という被ばく区分を作り出す必要があった、という事情がある（甲二共46・8頁）。

放射線防護の歴史は、被ばく線量の基準値が変遷してきた歴史でもあるが、その基準値は「誰にとっても容認できるリスク」の上限を定めたものであった。そして、放射線に関する知見の蓄積とともにその数値は下方修正されていったことは、既に詳論したとおりである。

しかし、「現存被ばく状況」は（その誕生の経緯から自明のとおり）「誰にでも容認できるような」被ばく状況という意味ではない。現存被ばく状況とは、諸般の事情によって「被ばくを我慢しながら汚染地域で生活せざるを得ない」人々がいる場合、行政が（放射線防護に配慮しながら）居住を認めてもよい、というのがICRPの考え方である（甲二共46・9頁）。

2 原告らの避難行動には合理性があること

既に詳論したとおり（原告ら第4準備書面）、本件事故により放出された放射性物質が居住地域に降着したことにより、原告らがリスク（主に健康面）を深刻に受け止め、その結果強い恐怖や不安を抱くことについては、一般人のリスク認知のメカニズムからみて何ら不自然なことではない。特に、低線量被ばくによる健康被害は「晩発的影響」に属するものであり、疾病等の結果が現れるのが数年～数十年後となる性質のものであること、また、本書面でも詳述したように、低線量被ばくの影響については未だ研究途上の分野であることからすれば、一般人が健康リスクについて強い不安を覚えるのはむしろ当然である。

そうすると、放射線防護に関し「誰にとっても容認できるリスク」を被ばくの上限としたICRPの視点、特に「現存被ばく状況」の根底にある考え方（前記1）に拠ってみても、原告らが避難を選択したことは十分合理的な

ものであったといえる。

更に、今回、原告らの初期被ばく線量（仮に元居住地で1年間生活したと仮定した場合）を計算した結果、原告らの実効線量は、国際的に「誰にとっても容認できるリスク」の上限とされる年間1 mSv を超過していることが明らかとなった。したがって、原告らにとってそのリスクを容認できない以上、元の居住地から避難する以外の選択はできなかったものであり、その結果、原告らの平穏生活権が侵害されたことは明らかである（なお「年間1 m S v」とは合理性を判断する際の基準のひとつに過ぎず、絶対的な基準でないことは、これまで述べたとおりである）。

また、本書面でも詳述したとおり、被告国は、年間実効線量20 m S v を避難指示解除の基準としているが、当該基準には特に科学的根拠があるものではなく、政策的に定められた基準に過ぎない。したがって、避難の合理性を画する基準とはなり得ない。

以上