

電用原子炉施設等について、改訂された耐震指針に照らした耐震安全性の評価（耐震バックチェック）を実施、報告するよう行政指導として指示しており、このバックチェックルールにおいては、津波に対する安全性についての評価手法として、既往の津波の発生状況、活断層の分布状況、最新の知見等を考慮して、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性がある津波を想定し、数値シミュレーションにより評価することを基本とするとされていたことからすれば、津波対策の必要性が高まっていたことは確かである。

しかし、上記耐震バックチェックの作業が進められていた平成19年7月16日に新潟中越沖地震が発生したことを踏まえ、経済産業大臣は、同月20日、被告東電を含む電力会社に対して、同地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映するなどして、国民の安全を第一とした耐震安全性の確認などを指示しており、原子力発電所の安全対策における当面の課題は、津波対策よりも地震対策であることが経済産業大臣及び被告東電を含む電力会社の共通の認識であったというべきである。

そうすると、長期評価の見解に基づき、福島第一原発1号機ないし4号機に、敷地高さであるO. P. +10.0メートルを超える津波が到来することについて、予見可能性が認められるとしても、一刻も早い原子力発電所の地震対策が求められている状況の下で、地震対策をさしおいて、前記3において認定説示したとおり、相当な不確実性を有する長期評価の見解に従い、今後30年以内の発生確率は20パーセント程度、今後50年以内の発生確率は30パーセント程度と推定される津波地震に対する津波対策を優先させることが合理的な判断であったとは認められない。

3 結果回避可能性の有無について

(1) 上記2の判断を前提として、原告らが主張する結果回避措置に関する結果回避可能性が認められるか否か、以下検討する。

この点、原告らは、遅くとも平成18年までの時点で、電気事業法39条に基づく省令62号の改正権限、同法40条に基づく技術基準適合命令を行使して、被告東電に対し、福島第一原発の敷地高さを超える津波に対して必要とされる防護措置の規制内容として、(1)浸水防止設備等の設置、(2)非常用電源設備等の津波に対する独立性等の確保、(3)全交流電源喪失に対する代替設備の設置を要求すべきであって、そしてその場合には、被告東電は、上記(1)に係る防護措置として、タービン建屋の水密化、非常用電源設備等の水密化、給気口の高所配置又はシュノーケルの設置、防潮堤の設置、上記(2)に係る防護措置として、複数の非常用電源設備等の間での独立性の確保、上記(3)に係る防護措置として、非常用電源設備等の高所配置、可搬式電源車の配置を講じることによって、福島第一原発1号機ないし4号機において、全交流電源喪失という事態を回避することが可能になり、結果として本件事故を回避することが可能であった旨主張する。

そこで、上記防護措置（タービン建屋の水密化、非常用電源設備等の水密化、給気口の高所配置又はシュノーケルの設置、防潮堤の設置、複数の非常用電源設備等の間での独立性の確保、非常用電源設備等の高所配置、可搬式電源車の配置）本件事故前に講じることにより、福島第一原発1号機ないし4号機における全交流電源喪失、ひいては本件事故を回避することが可能であったか否かを検討する。

(2) 被告東電が本件事故前の時点において結果回避の対象として想定する津波は、平成20年推計による福島第一原発敷地南側で最大O. P. +15.7メートルの津波高さの津波であるところ、本件事故前の知見によれば、原子力発電所の津波対策については敷地をドライサイトとすることを前提とする考え方（ドライサイトコンセプト）が一般的であり、ウェットサイトになることを前提とした防護措置（タービン建屋の水密化、非常用電源設備等の水密化、給気口の高所配置又はシュノーケルの設置、複数の非常用電源設備等の間での独立性の確保、非常用電源設備等の高所配置、可搬式電源車の配置）に優先して、防潮堤の設置を検討すべきというべきである。

そして、平成20年推計によって推定される津波は、福島第一原発の南側から到来する最大高さO. P. +15.7メートルの津波であり、福島第一原発敷地内の浸水深は1号機ないし4号機付近において0.5ないし5メートル、5号機及び6号機付近においては浸水なしと試算されていたところ、このような試算結果を前提とすれば、福島第一原発の敷地をドライサイトとして維持するためには、敷地の南北のみに防潮堤を設置し、1号機ないし4号機の前面（敷地東側）には防潮堤を設置しないという判断になることが自然である。

他方、本件津波は、福島第一原発の太平洋側全面から到来した津波であり、かつ、本件地震の震源域についても、岩手県沖から茨城県沖までの広範囲にわたっており、宮城県沖、その東の三陸沖南部海溝寄りから南の茨城県沖までの全ての領域が運動した想定外の地震であったことからすれば、敷地の南北のみに防潮堤を設置し、1号機ないし4号機の全面（敷地東側）には防潮堤を設置していなかった場合に、福島第一原発敷地内への津波の遡上を阻止することができなかったことは明らかである。なお、仮に本件津波を防止し得る防潮堤を設置するというのであれば、本件津波の波源、波高ないし遡上高等を相当程度正確に予測して設計をすところから開始する必要がある、本件事故時までにはそのことが可能であったとは認められない。したがって、被告東電が、経済産業大臣の規制権限の行使に応じて、ドライサイトコンセプトに基づき、防潮堤を設置して、本件事故を回避することが可能であったとは認められない。

(3) ウェットサイトになることを前提とした防護措置（タービン建屋の水密化、非常用電源設備等の水密化、給気口の高所配置又はシュノーケルの設置、複数の非常用電源設備等の間での独立性の確保、非常用電源設備等の高所配置、可搬式電源車の配置）については、前記のとおり、ドライサイトを前提とした防護措置より優先順位が下がる上、前記(2)のとおり本件事故前の知見において、平成20年推計によって到来が推定される津波と本件津波とでは、津波の高さ、規模、遡上態様等が大きく異なることからすれば、仮に平成20年推計によって到来が推定される津波に対する対策として上記各防護措置を講じたとしても、それが本件津波に対する対策として機能できた蓋然性は認められず、上記各措置によって本件津波による福島第一原発1号機ないし4号機における全交流電源喪失を未然に防ぐことができたとは認められない。

敷衍すると、タービン建屋の水密化、非常用電源設備等の水密化については、本件津波の浸水深に応じた水圧や、あるいはその速度に応じた衝撃力が一定程度正確に予測できなければ設計ができず、給気口の高所配置又はシュノーケルの設置については、同じく本件津波による衝撃や浸水高の予測が不可欠である。非常用電源設備等の高所配置や可搬式電源車の設置については、同様にそもそもどのような位置に設置すべきかの設計が困難である。また、前記のとおり前提としてのタービン建屋や非常用電源設備の水密化の課題に加えて、津波による破壊や漏電等の損傷を受けないようにケーブルを適切に敷設する必要があるが、それは、津波の遡上の態様（遡上経路、波高、速度等）が予測できなければ困難である。なお、津波が引いた後に敷設するというのであれば、その時点では、残されたがれきや通路の損傷等により相当程度の時間を要すると推認でき、結局本件事故を回避できたとは認められない。

(4) さらに、経済産業大臣が、平成18年の時点において、被告東電に対し、規制権限を行使して、原告らが主張する防護措置を講じるように求めたとしても、被告東電が、実際上記防護措置を講じるに当たっては、前記のとおり、(それが可能であるとして)具体的にいかなる防護措置を講じるか詳細な設計内容を検討した上で、必要な予算等を確保した上で、許認可に係る規定の整備(技術基準規則の策定)や認可手続(設置変更、工事計画、使用前検査)等の様々な手順が必要になることに加え、平成19年の新潟県中越沖地震の発生以降、原子力発電所の安全対策における当面の課題は、津波対策よりも地震対策であることが経済産業大臣及び被告東電を含む電力会社の共通の認識であり、現に被告東電が保安院からの早期提出の催促にもかかわらず、津波対策を含むバックチェックの最終報告書の提出が大幅に遅れていたことを併せ考えれば、被告東電が、本件事故が発生した平成23年3月1日までの正味5年以内の間に上記のとおり様々な手続を完了させた後、防護措置の工事に着手し、それを完了させることが可能であったとは認められない。

(5) 以上のとおり、福島第一原発1号機ないし4号機に、敷地高さであるO. P. +10.0メートルを超える津波が到来することの予見可能性について、なお発生する事象の特定や発生の確度が必ずしも十分でないことや、本件事故当時ドラサイトの考え方に基づく防護措置を優先させることには未だ合理性があったことから、本件事故当時までに、原告らが主張する各防護措置の考えに基づき、本件事故を防止できる具体的な防護措置を取ること(ないし本件事故時までに間に合わせる)ことが可能であったとは認められない。

第5 結論

以上のとおり、本件における予見可能性の程度、原子力発電所に係る各種災害防止策の平成18年当時における優先順位、炉規法や電気事業法の趣旨・目的、経済産業大臣の有する規制権限の性質、被害法益の性質・重大性等に照らすと、被告国は、通説とまではいえぬものでも最新の科学的知見に即応した防護措置を、速やかにかつ継続的に原子力事業者をして講じさせるべきであることを考慮しても、経済産業大臣が、平成18年の時点において、被告東電に対し、原告らの主張する津波に対する防護措置を講じるように規制権限を行使しなかったことが、許容される限度を逸脱して著しく合理性を欠くとは認められない。

したがって、被告国は、国賠法1条1項の責任を負わない。

第2章 原告らの被告東電に対する主位的請求について

原賠法は、原子力損害の被害者の保護及び原子力事業の健全な発展という同法の目的を達成するため、(1)賠償責任の厳格化(原子力事業者の無過失責任)(同法3条1項)と賠償責任の原子力事業者への集中(原子力事業者以外の者の責任免除)(同法4条1項)、(2)責任集中主体である原子力事業者に対する損害賠償措置を講ずべき義務の法定(同法6条、7条)、(3)損害賠償措置額を超える賠償履行に対する国の援助その他の措置(同法16条1項)などを規定するところ、これらは、民法の不法行為に関する規定の特則であり、原賠法の規定が適用される範囲においては、民法の規定はその適用が排除されると解される。

したがって、本件事故による損害賠償については、民法の不法行為に関する規定(民法709条)の適用はなく、原賠法3条1項によってのみ損害賠償を請求することができるから、原告らの被告東電に対する民法709条に基づく主位的請求は、その余の点について判断するまでもなく、いずれも理由がない。

第3章 原告らの被告東電に対する予備的請求について

第1節 損害論総論に関する認定事実

前記前提事実、証拠(各項目末尾掲記のもの)及び弁論の全趣旨を総合すれば、以下の事実が認められる。

第1 放射線に関する一般的な知見

1 放射線の種類とその性質

(1) 原子核の崩壊や核分裂反応のときに放出される粒子や電磁波のことを放射線という。放射線を発生する能力のことを「放射能」といい、放射性物質とは、かかる放射能を有する物質のことをいう。ただし、放射性物質を指して「放射能」という用語を用いることもある。

放射線には、以下のとおり、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、エックス線、中性子線等がある。

アルファ線は、陽子2個と中性子2個とが結びついたアルファ粒子の流れであってプラスの電荷を帯びている。

ベータ線は、原子核から高速で飛び出す電子の流れであってマイナスの電荷を帯びている。

ガンマ線は、原子核からアルファ粒子やベータ粒子が飛び出した直後などに、余ったエネルギーが電磁波(光子)の形で放出されるもので、光子の流れである。ガンマ線は、電荷を帯びていない。

エックス線は、原子核外の励起した軌道電子から放出される電磁波である。エックス線は、電荷を帯びていない。

中性子線は、核分裂等に伴い放出される中性子の流れであって、電氣的に中性である。

(2) 前記のように、放射線には複数の種類があるところ、以下のとおり、物質をすり抜ける力を意味する「透過力」に差がある。

アルファ線は、物質の中を通る際の電離作用(アルファ線が、その周囲にある数多くの原子の電子をはじき出す作用)によって周囲の原子にエネルギーを与えるなどして急速にエネルギーを失うため、透過力は極めて小さく、空気中でも数センチメートルしか進むことができない。そのため、紙によって遮ることができる。

ベータ線は、アルファ線に比べると透過力はかなり大きい、空気中でも数十センチメートルないし数メートル程度しか透過できない。そのため、数ミリメートルないし1センチメートル程度の厚さのアルミニウムやプラスチックの板で遮ることができる。

ガンマ線やエックス線は、物質の中を通る際に、物質の電子と作用して吸収されたり散乱させられたりするものの、アルファ線やベータ線と異なり電荷を帯びていないため、強い透過力がある。ただし、鉛や厚い鉄の板によって遮ることができる。

中性子線は、電氣的に中性であるため、やはり強い透過力がある。しかし、物質の中の原子核と衝突してその原子核をはじき飛ばしたり、原子核の中に吸収されることにより減衰するため、水やコンクリートによって遮ることができる。

[丙ハ1]

2 放射線の量を表す単位

放射線に関する単位としては、以下のとおり、ベクレル(Bq)、グレイ(Gy)、シーベルト(Sv)等がある。

ベクレルは、放射能の強さを表す単位であり、1秒間に1個の原子核が崩壊することを1ベクレルと数える。かつては、

キュリー (C i) という単位が用いられた。なお、 $1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ (370億Bq) である。

グレイは、放射線のエネルギーがどれだけ物質 (人体を含む) に吸収されたかを表す単位 (吸収線量の単位) であり、1キログラム当たり1ジュール (J) のエネルギー吸収があったときの線量を1グレイとする (1ジュールは0.24カロリー (c a l) である。)。かつては、ラド (r a d) という単位が用いられた。なお、 $1\text{rad} = 0.01\text{Gy}$ である。

シーベルトは、放射線の生物学的影響を示す単位 (等価線量や実効線量の単位) である。1グレイのガンマ線によって人体の組織に生じるのと同じ生物学的影響を組織に与える放射線の量を1シーベルト (=1000ミリシーベルト) とする。人体が放射線によって受ける影響は、放射線の種類によって異なるため、ガンマ線を基準にしている。かつては、レム (r e m) という単位が用いられた。なお、 $1\text{rem} = 0.01\text{Sv}$ である。

[丙ハ1]

3 自然放射線と人間生活

自然界には、宇宙線と呼ばれる宇宙からの放射線、地殻を構成している花崗岩、石灰岩、粘土等の中に含まれる放射性物質から放出される放射線、人間が摂取する飲食物等の中に含まれる放射性物質から放出される放射線等が存在し、人類はこれら自然界からの放射線を絶えず被ばくし続けている。

自然放射線量は、地域等によってかなりの差がある。我が国の場合、宇宙線と大地からの放射線と食物摂取から受ける放射線量 (ラドン由来のものを除く) の合計量は、例えば、関西ではやや高く、年間1.02ミリシーベルトから1.16ミリシーベルトであり、関東では、年間0.81ミリシーベルトから1.06ミリシーベルトと比較的低く、福島県では年間1.04ミリシーベルトであり、日本人が受ける自然放射線量は、全国平均で、一人当たり1.48ミリシーベルトであるとされる。世界的には、例えばブラジルのe1のように高い放射線量を記録している地域もある (e1では、大地からの自然放射線量だけで年間約10ミリシーベルトである。) が、自然放射線の量は、平均で2.4ミリシーベルト程度とされており、福島県における自然放射線量より1ミリシーベルト以上高い。その内訳は、宇宙線から年間0.39ミリシーベルト、大地から年間0.48ミリシーベルト、空気中のラドンから年間1.26ミリシーベルト、飲食物等により体内に取り込まれる放射性物質から年間0.29ミリシーベルト等とされている。

このように、自然放射線による一人当たりの被ばく線量は、居住地域や生活様式によってかなりの差異を生じている。そして、中国のe i、インドのe j、イランのe k等、日本より2倍から10倍程度自然放射線が高い地域があるが、がん死亡率や発症率の顕著な増加は報告されていない。

[丙ハ1、丙二共28]

4 人工放射線と人間生活

人間が日常生活を営んでいく上において被ばくしている放射線には、前記の自然放射線以外にも、種々の人工放射線がある。例えば、全身をCTスキャンした場合、1回で6.9ミリシーベルト被ばくすることとなる。

[丙ハ1]

5 放射線被ばくによる人体への影響について

(1) 確定的影響について

放射線防護の分野においては、放射線被ばくによる有害な健康への影響は確定的影響と確率的影響とに分類できるとされている。

確定的影響とは、「もし線量が十分に大きければ、組織の機能を損なうのに十分な細胞喪失を引き起こす」放射線による細胞致死の結果から生じる健康影響とされ、ほとんどの臓器・組織は相当な数の細胞が失われても影響を受けないが、失われた細胞の数が十分多いと、組織機能の喪失の結果現れる障害が発生する。そして、こうした障害を引き起こす確率は低線量ではゼロであるが、あるレベルの線量 (しきい値) を超えるとその確率は急速に1 (100パーセント) にまで上昇する。

[丙二共6、8、51]

(2) 確率的影響について

確率的影響とは、「放射線被ばくによって引き起こされた細胞の修飾の結果として起こるかもしれない」健康影響とされ、放射線に起因するがんの発症の確率は、確定的影響のしきい値よりも十分低い線量であっても、線量におよそ比例して線量の増加分とともに上昇する、すなわち、放射線被ばくで損傷した細胞が長い潜伏期を経て悪性状態となってその増殖が制御されなくなることがあり (いわゆるがん化)、その確率は放射線の影響により損傷を受けた細胞の数によって左右される、とする考えである。

確率的影響については、確定的影響におけるようなしきい値は想定されておらず (後記のとおり、低線量領域については争いがある。)、また、放射線被ばく者においては、がん (臓器の良性腫瘍を含む。) 以外の確率的影響は放射線によって誘発されないと考えられている。

[丙二共6、51]

(3) 放射線被ばくと生活習慣によるがんのリスク

放射線被ばくは発がんリスクを増加させるおそれのあるものであるが、がんの原因因子は、放射線被ばくに限られず、喫煙、肥満、運動不足等の生活習慣によっても発がんリスクは増加する。

h dセンターの取りまとめによれば、放射線被ばくと生活習慣によってがんになるリスクは、年間積算線量 (ある一定の場所における1年間の放射線の総量のこと) 500ないし1000ミリシーベルトの被ばくと大量飲酒が同程度、年間積算線量200ないし500ミリシーベルトの被ばくと運動不足が同程度、年間積算線量100ないし200ミリシーベルトの被ばくと野菜不足が同程度とされ、年間積算線量100ミリシーベルト未満の被ばくについては、検出困難とされている。

[丙二共52]

第2 放射線に関する知見の変遷等

1 放射線防護の黎明期

1895年にエックス線が発見され、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み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、「国際X線・ラジウム防護委員会」(IXRPC) が設立された。

2 国際放射線防護委員会(ICRP)

(1) ICRPは、IXRPCを基に、科学的見地に立って、電離放射線の被ばくによるがん等の疾病の発生を低減し、また、放射線による自然環境への影響を低減し、公益に資することを目的として1950年に設立された英国の独立公認慈善事業団体である。

ICRPは、主委員会と常設の5委員会（放射線影響、被ばく線量、医療放射線防護、勧告の適用、環境保護）及びそのタスクグループで事業を進めており、メンバーは各分野の専門家によって構成され、事業の成果は、委員会勧告や委員会報告として出版されている。また、ICRPの活動資金は、放射線防護に関心のある多くの機関からの寄付と出版物の印税で賄われているが、寄付はICRPの独立性の尊重及び活動計画、委員選任への不介入が条件とされている。

そして、ICRPの主委員会の勧告は、我が国を含む世界各国の放射線被ばくの安全基準作成の際に尊重されている。

なお、ICRPは、IXRPCが使用していた被ばく基準である「耐容線量」を「許容線量」に変更した。

(2) 1958年勧告

1958年勧告では、職業人（放射線作業従事者）の許容線量は3か月で30ミリシーベルト、かつ、年齢Nまでの集積線量が $50 \times (N - 18)$ ミリシーベルトを超えないこととされたほか、公衆に対する許容線量が初めて示され、原子力施設周辺に居住している住民の許容線量は職業人の10分の1に相当する年間5ミリシーベルトとされた。

(3) 1965年勧告

1965年勧告では、職業人の許容線量は年間50ミリシーベルトが原則とされたほか、公衆については、職業人の10分の1に相当する年間5ミリシーベルトとされ、「線量限度」という概念が導入された。

また、放射線防護のスローガンは、1958年勧告時の「実際の範囲で低く」から、社会的・経済的要因を考慮しながら「容易に達成できる範囲で低く」に変化した。

(4) 1977年勧告

1977年勧告では、被ばく基準の値に変更はなかったものの、臓器等の部分的な被ばくリスクを全身被ばくリスクと換算・比較するために「実効線量」という被ばく量概念が導入されたほか、職業人の被ばく基準についても「線量限度」に変更された。

(5) 1985年em声明

ICRPは、1985年3月に、公衆に対する線量限度を年間1ミリシーベルトとする声明を発表した。

(6) 1990年勧告

1990年勧告では、行為（総放射線被ばくを増加させる人間の活動）における放射線防護体系として、〈1〉放射線被ばくを伴うどんな行為も、その行為によって被ばくする個人又は社会に対して、それが引き起こす放射線損害を相殺するのに十分な便益を生むのでなければ、採用すべきでない（行為の正当化）、〈2〉ある行為内のどんな特定の線源に関しても、個人線量の大きさ、被ばくする人の数、及び、受けることが確かでない被ばくの起こる可能性、の3つ全てを、経済的及び社会的要因を考慮に加えたうえ、合理的に達成できる限り低く保つべきである（防護の最適化、ALARAの原則）、〈3〉関連する行為全ての複合の結果生ずる個人の被ばくは線量限度に従うべきであり、また潜在被ばくの場合にはリスクの何らかの管理に従うべきである（線量限度の適用）という3つの基本原則に基づくものであるとされた。また、同勧告では、介入（現在ある被ばくの原因に影響を与えて総被ばくを減らす活動）における放射線防護体系として、〈1〉行為の正当化に対応する一般原則として、提案された介入は、害よりも益の方が大きいものであるべきであり、すなわち、線量を引き下げた結果生ずる損害の減少は、この介入の害と社会的費用を含む諸費用を正当化するのに十分なものであるべきであること、〈2〉防護の最適化に対応する一般原則として、介入の形、規模及び期間は、線量低減の正味の便益、つまり放射線損害の低減の便益から介入に関する損害を差し引いたものを最大とするように最適化されるべきであることがそれぞれ定められたが、〈3〉線量限度の適用に対応する一般原則は定められていない。

1990年勧告では、確率的影響について、放射線に起因するがんの確率は、おそらくしきい値がなく、線量におよそ比例して線量の増加分とともに通常は上昇するとの考え方が採られているが、しきい値の存在を確信をもって除外することは、ヒトでも実験系でも統計的根拠からできないとし、確率的影響にしきい値がなく発がんの確率が放射線量に比例して増加するとの考えが科学的に証明されたものではないことを明らかにした上で、なお安全面を重視して、放射線防護体系が構築されているものである。

その上で、1990年勧告は、いかなる1年間にも実効線量は50ミリシーベルトを超えるべきではないという付加条件付きで、5年間の平均値が年当たり20ミリシーベルト（5年間に100ミリシーベルト）、生涯実効線量が1シーベルトを超えないことを線量限度とした。この生涯実効線量の制限については、経済的及び社会的要因を考慮に加えた上合理的に達成し得る限り低いレベルの線量の達成を目指す防護体系の一部を構成し、計画的な職業被ばくが、ちょうどぎりぎり耐え得ると合理的にみなすことのできる点を表しているとして位置付け、この実効線量の制限により、実効線量が限度値で長期間続いたと仮定しても、ほとんど全ての組織・臓器に確定的影響を起こさないことは確実であるとされている。

他方、公衆被ばくに関する線量限度は年間1ミリシーベルト（実効線量）とし、特殊な状況においては、5年間にわたる平均が1ミリシーベルトを超えなければ、単一年にこれよりも高い実効線量が許されることもあり得るとしている。

上記公衆被ばくに関する線量限度年間1ミリシーベルトは、ほとんどの国が、規制の中で使っている値である。

[丙二共6]

(7) 1992年勧告

ICRPは、1992年11月、大規模事故等が発生した場合に、公衆を防護するために事故後に行われるべき介入に関して、介入レベル（緊急時や相当に重要な特殊作業の期間のため特別に定められる限度）についての定量的な指針を含んだ1992年勧告を採択した。

1992年勧告では、屋内退避について、屋内退避が実効可能と考えられる時間の間に50ミリシーベルトの回避実効線量が達成できるのであれば、屋内退避はほとんどいつでも正当化されるとし、避難（1週間未満）については、予測される全身に対する平均個人線量が1日以内に0.5シーベルトを超え、又は避難期間の間に回避される平均個人実効線量が0.5シーベルト若しくは皮膚線量が5シーベルトであれば、避難はいつでも正当化され、また、いずれについても最適化レベルは回避実効線量より低い10分の1（屋内退避につき5ミリシーベルト、避難につき全身線量50ミリシーベルト）を下回ることはないとしてされている。

また、1992年勧告では、移転について、約1シーベルトの平均回避実効線量であればほとんどいつでも正当化される

とし、事情によってもっと低いレベルの回避線量でも正当化されることがあり得るが、非常に重大な事故の後では、移転が正当化される回避線量のレベルは、もっと高くさえるかもしれないとして、移転が最適化されるときに沈着放射能からの線量率は、連続した長期の被ばくに対して1か月あたり約10ミリシーベルトであるとされている。

[丙二共53]

(8) 1999年勧告

ICRPは、1999年9月、長期放射線被ばく状況における公衆の防護に関し、介入レベルについての定量的な指針を含んだ1999年勧告を採択した。

1999年勧告では、介入レベルを検討するに当たっては、世界の多くの地域で経験されている自然の現存年線量を基準として、介入が正当化されない現存年線量を用いることが有用であるとした上、自然の線量の世界平均が年当たり2.4ミリシーベルトである一方、世界の諸地域では、多くの人口集団が年当たりおよそ10ミリシーベルト程度にまで高められた線量で何年もの間生活していることも参考として、ほとんど常に介入を正当化できる一般参考レベルを現存年線量で100ミリシーベルト以下、正当化されそうにない介入に対する一般参考レベルを現存年線量で10ミリシーベルト以下としている。

[丙二共51]

(9) 2007年勧告

2007年勧告では、放射線防護の3つの基本原則(正当化、最適化、線量限度の適用)を引き続き維持し、職業被ばくの線量限度、公衆被ばくの線量限度についても1990年勧告の基準を維持している。

2007年勧告のうち、新たに加えられた勧告の概要は以下のとおりである。

まず、従来の分類に置き換わるものとして、被ばく状況を〈1〉計画被ばく状況(平常時)、〈2〉緊急時被ばく状況(非常時)、〈3〉現存被ばく状況(非常事態からの復旧期等)の3つのタイプに分類している。上記基本原則のうち、正当化及び最適化は全ての被ばく状況に適用されるが、線量限度の適用の原則は、計画被ばく状況のみに適用される。

線量拘束値は、計画被ばく状況における個人線量に対する予測的かつ線源関連の制限をいい、線量限度と実質的に同じ水準をいうのに対し、参考レベルは、緊急時被ばく状況又は現存被ばく状況において、これを上回る被ばくの発生を許す計画の策定は不適切であると判断される線量のレベルをいう。ただし、線量拘束値も参考レベルも、安全と危険の境界を表すものではない。

計画被ばく状況における公衆被ばくの線量限度は年間1ミリシーベルト(実効線量)とし、線量拘束値は年間1ミリシーベルト以下(実効線量)で選択すべきである。また、緊急時被ばく状況における公衆被ばくの参考レベルは、状況に応じて年間20ないし100ミリシーベルト(実効線量)の間に定め、現存被ばく状況(公衆被ばくのみ)における参考レベルは、状況に応じて年間1ないし20ミリシーベルト(実効線量)の間に定めるべきである。

最適化のプロセスにおいては、まず、被ばく状況を評価した上で、線量拘束値又は参考レベルの適切な値を選定し、防護選択肢を確認して、その中から最善の選択肢を選んで実行するという作業を反復継続することとなる。

[丙二共8]

(10) 本件事故後

ICRPは、平成23年3月21日、本件事故に関し、国の機関が、緊急時の公衆の防護のために、最も高い計画的な被ばく線量として20ないし100ミリシーベルトの範囲で参考レベルを設定するというICRP2007年勧告をそのまま変更することなしに用いることを勧告した。また、国の機関が、必要な防護措置をとる場合、長期間の後には放射線レベルを年間1ミリシーベルトへ低減するとし、これまでの勧告から変更することなしに、参考レベル年間1ないし20ミリシーベルトの範囲で設定することを勧告した。

[乙二共61]

3 LNTモデル

(1) 低線量被ばくの生体への影響に関する議論

疫学調査等によれば、おおよそ100ないし200ミリシーベルト又はそれを超える被ばくにおいては、被ばく線量に比例して発がんのリスクが増加することが確認されている。

他方、100ミリシーベルト以下の低線量領域においては、がんのリスクが直線的に増加するか否かは見解が分かれている。この見解の中の一つが、LNTモデルであり、低線量領域においてもリスクは直線的に増加するとする説である。その他にも、低線量ではむしろ身体に益があるとする「ホルミシスモデル」、確率の影響があるとしてもなおしきい値があるとする「しきい値あり曲線モデル(下に凸モデル)」、低線量領域では、LNTモデルよりもリスクは小さくなるとする「しきい値なし下に凸モデル」、低線量領域では反対にリスクは大きくなるとの説「低線量超高感受性モデル(上に凸モデル)」などの様々な説が唱えられている。

LNTモデルの基礎にある科学的な考え方は、放射線がDNAを傷つけ、それが体を構成している細胞の突然変異を招き、これが原因となってがんとなるどころ、遺伝子上の傷が、放射線に対してしきい値がなく、直線的に増えるので、がんも直線的に増えるというものである。これに対して、低線量領域においては、正確なDNAの修復、アポトーシスによる潜在的がん細胞の除去、免疫系によるがん細胞の除去などという生体防御反応が働き、がんが直線的に増えるものではないし、増えたとしても喫煙、肥満、運動不足など他の要因による発がんの影響に隠れてしまうほど小さいという考え方がある。

(2) ICRP等によるLNTモデルの採用

ICRPは、1977年勧告でLNTモデルを採用し、以後、年間100ミリシーベルト以下の領域においても確率の影響のリスクは直線的に増加するものとして放射線防護を図っている。ICRP2007年勧告には、LNTモデルは、あくまでも放射線防護体系における仮定であり、実用的な放射線防護体系において引き続き科学的にも説得力がある要素である一方、このモデルの根拠となっている仮説を明確に実証する生物学的・疫学的知見がすぐには得られそうにないことを強調する旨の記載がある。

また、UNSCEARやWHO等の主要な国際機関も放射線被ばくによるリスクの推定に当たってはLNTモデルを採用している。

4 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

本件事故による放射性物質汚染対策において、低線量被ばくのリスク管理を適切に行うため、国際機関等により示されている科学的知見や評価の整理、現場の課題の抽出、今後の対応の方向性の検討を行う場として、放射性物質汚染対策顧問会議

の下、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（以下「WG」という。）が設置され、平成23年11月9日から同年12月15日までに全8回の議論・検討が行われた。WGは、同月22日、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。）を公表した。

WG報告書の概要は次のとおりである。

（1）放射線被ばくに関する科学的知見と国際的合意

科学的知見は、本件事故による放射線の影響及びその対策を考える上で全ての基本になる。放射線の影響に関しては様々な知見が報告されているため、国際的に合意されている科学的知見を確実に理解する必要がある。国際的合意としては、科学的知見を国連に報告しているUNSCEAR、WHO、IAEA等の報告書に準拠することが妥当である。広島・長崎の原爆の人体に対する影響の調査は、その規模からも、調査の精緻さからも世界の放射線疫学研究の基本であり、UNSCEARも常に報告しているところである。一方、内部被ばくで多くの人達が被ばくした事例としてチェルノブイリ原発事故がある。同事故に関する調査結果は、UNSCEAR、WHO、IAEA等の国際機関から詳細に報告されている。

（2）現在の科学で分かっている健康影響

低線量被ばくによる健康影響に関する現在の科学的な知見は、主として、広島・長崎の原爆被ばく者の半世紀以上にわたる精緻なデータに基づくものであり、国際的にも信頼性は高く、UNSCEARの報告書の中核を成している。

広島・長崎の原爆被ばく者の疫学調査の結果からは、被ばく線量が100ミリシーベルトを超えるあたりから、被ばく線量に依存して発がんのリスクが増加することが示されている。

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。疫学調査以外の科学的手法でも、同様に発がんリスクの解明が試みられているが、現時点では人に関するリスクを明らかにするには至っていない。

一方、被ばくしてから発がんまでには長期間を要するため、100ミリシーベルト以下の被ばくであっても、微量で持続的な被ばくがある場合、より長期間が経過した状況で発がんリスクがあることが明らかになる可能性があるとの意見もあった。

また、低線量率の環境で長期間にわたり継続的に被ばくし、積算量として合計100ミリシーベルトを被ばくした場合は、短時間で同量を被ばくした場合より健康影響が小さいと推定されている（線量率効果）。この効果は動物実験でも確認されている。

本件事故により環境中に放出された放射性物質による被ばくの影響は、長期的な低線量率の被ばくであるため、瞬間的な被ばくと比較し、同じ線量であっても発がんリスクはより小さいと考えられる。

（3）子供・胎児への影響

一般に、発がんの相対リスクは若年ほど高くなる傾向がある。小児期・思春期までは高線量被ばくによる発がんのリスクは成人と比較してより高い。しかし、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。他方、原爆による胎児被ばく者の研究からは、成人期に発症するがんについての胎児被ばくのリスクは小児被ばくと同等かあるいはそれよりも低いことが示唆されている。

また、放射線による遺伝的影響について、原爆被ばく者の子供数万人を対象にした長期間の追跡調査によれば、現在までのところ遺伝的影響は全く検出されていない。さらに、がんの放射線治療において、がんの占拠部位によっては原爆被ばく者が受けた線量よりも精巣や卵巣が高い線量を受けるが、こうした患者（親）の子供の大規模な疫学調査でも、遺伝的影響は認められていない。チェルノブイリ原発事故における甲状腺（甲状腺ホルモンを産生するためにヨウ素を必須とする臓器であり、放射性ヨウ素を集積しやすい。）被ばくよりも、本件事故による小児の甲状腺被ばくは限定的であり、被ばく線量は小さく、発がんリスクは非常に低いと考えられる。

また、小児の甲状腺被ばく調査の結果、環境放射能汚染レベル、食品の汚染レベルの調査等様々な調査結果によれば、本件事故による環境中の影響によって、チェルノブイリ原発事故の際のように大量の放射性ヨウ素を摂取したとは考えられない。

（4）放射線による健康リスクの考え方

放射線防護や放射線管理の立場からは、低線量被ばくであっても、被ばく線量に対して直線的にリスクが増加するという考え方（LNTモデル）を採用する。これは、科学的に証明された真実として受け入れられているのではなく、科学的な不確かさを補う観点から、公衆衛生上の安全サイドに立った判断として採用されている。

線量に対して直線的にリスクが増えるとする考えは、あくまで被ばくを低減するためのいわば手段として用いられる。すなわち、予測された被ばくによるリスクと放射線防護措置等による他の健康リスク等、リスク同士を比較する際に意味がある。

放射線の健康へのリスクがどの程度であるかを理解するため、放射線と他の発がん要因等のリスク等を比較すると、例えば、喫煙は、1000～2000ミリシーベルト、肥満は200～500ミリシーベルト、野菜不足や受動喫煙は100～200ミリシーベルトのリスクと同等とされる。被ばく線量でみると、例えばCTスキャンは1回で数ミリシーベルトの放射線被ばくを受ける。また、東京～h b間の航空機旅行では、高度による宇宙線の増加により、1往復当たり0.2ミリシーベルト程度被ばくするとされる。自然放射線による被ばく線量の世界平均は年間2.4ミリシーベルトであり、日本平均は年間約1.5ミリシーベルトである。このうちラドンによる被ばく線量は、UNSCEARの報告によれば、世界の平均は年間1.2ミリシーベルト、変動幅は年間0.2～1.0ミリシーベルトと推定されているが、日本の平均は年間0.59ミリシーベルトである。

放射線防護上では、100ミリシーベルト以下の低線量であっても被ばく線量に対して直線的に発がんリスクが増加するという考え方は重要であるが、この考え方に従ってリスクを比較した場合、年間20ミリシーベルト被ばくすると仮定した場合の健康リスクは、他の発がん要因（喫煙、肥満、野菜不足等）によるリスクと比べても低いこと、放射線防護措置に伴うリスク（避難によるストレス、屋外活動を避けることによる運動不足等）と比べられる程度であると考えられる。

（5）放射線防護の実践

低線量被ばくに対する放射線防護政策を実施するに当たっては、科学的な事実を踏まえた上で、合理的に達成可能な限り被ばく線量を少なくする努力が必要である。

チェルノブイリ原発事故後の対応では、事故直後1年間の暫定線量限度を年間100ミリシーベルトとした上で、段階的に線量限度を引き下げ、事故後5年目以降に、年間5ミリシーベルトの基準を採用した。一方、本件事故においては、事故後1か月のうちに年間20ミリシーベルトを基準に避難区域を設定した。暫定的に被ばく線量を低減していく参考レベルの考え方を踏まえれば、本件事故における避難の対応は、現時点でチェルノブイリ原発事故後の対応より厳格であるといえる。

原子力発電所自体は冷温停止状態を達成したが、既に環境が汚染された現況では、住民の安全と安心を確保するには、政府や関係者と住民との間の損なわれた信用の回復と信頼関係の構築が第一の優先課題であるが、マスコミ等で放射線の危険性、安全性、人体影響等に関して専門家から異なった意見が示されたことが、地域住民の方々の不安感を煽り、混乱を招くこととなった。

リスクコミュニケーションに使われる数値の意味が、科学的に証明された健康影響を示す数値なのか、政策としての放射線防護の目標（ICRPの参考レベルに関する値）なのかについて、国民に混乱を生じさせないように説明し、理解していただくことが極めて重要である。

(6) 福島現状に対する評価と今後の対応の方向性

本件事故は、国際原子力事象評価尺度（INES）でレベル7とされた、我が国において未曾有の原発事故であり、政府によりこれまで様々な防護措置がとられている。しかし、同じレベル7のチェルノブイリ原発事故とは、環境中に放出された放射線量が7分の1程度であり、地域住民に及ぼす健康影響の面でも大きく異なると考えられる。

今回、政府は避難区域設定の防護措置を講ずる際に、ICRPが提言する緊急時被ばく状況の参考レベルの範囲（年間20～100ミリシーベルト）のうち、安全性の観点から最も厳しい値をとって、年間20ミリシーベルトを採用している。しかし、人の被ばく線量の評価に当たっては安全性を重視したモデルを採用しているため、ほとんどの住民の方々の本件事故後1年間の実際の被ばく線量は、20ミリシーベルトよりも小さくなると考えられる。

現在の避難区域設定の際には、放射能の自然減衰を考慮に入れない等、安全側に立って被ばく線量の推計を行ったこともあり、実際の被ばく線量は年間20ミリシーベルトを平均的に大きく下回ると評価できる。

(7) まとめ

国際的な合意に基づく科学的知見によれば、放射線による発がんリスクの増加は、100ミリシーベルト以下の低線量被ばくでは、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く、放射線による発がんのリスクの明らかな増加を証明することは難しい。

しかしながら、放射線防護の観点からは、100ミリシーベルト以下の低線量被ばくであっても、被ばく線量に対して直線的にリスクが増加するという安全サイドに立った考え方に基づき、被ばくによるリスクを低減するための措置を採用すべきである。

現在の避難指示の基準である年間20ミリシーベルトの被ばくによる健康リスクは、他の発がん要因によるリスクと比べても十分に低い水準である。放射線防護の観点からは、生活圏を中心とした除染や食品の安全管理等の放射線防護措置を継続して実施すべきであり、これら放射線防護措置を通じて、十分にリスクを回避できる水準であると評価できる。また、放射線防護措置を実施するに当たっては、それを採用することによるリスク（避難によるストレス、屋外活動を避けることによる運動不足等）と比べて上で、どのような防護措置をとるべきかを政策的に検討すべきである。

こうしたことから、年間20ミリシーベルトという数値は、今後より一層の線量低減を目指すに当たってのスタートラインとしては適切であると考えられる。

〔乙二共46〕

5 UNSCEAR 2013年報告書

UNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）は、1955年の国連総会で設置された国連の委員会であり、加盟国が任命した科学分野の専門家によって構成される。その役割は、電離放射線による被ばく線量と影響を評価し報告することとされ、世界各国の政府及び関連する組織が、放射線リスクの評価と防護措置の決定に用いる科学的根拠として、UNSCEARの解析結果を活用している。UNSCEARの評価は科学に根ざすものであり、その解析結果は政策立案者にとって意義のあるものだが、UNSCEARは政策そのものを取り扱う組織ではなく、いかなる国、機関、営利団体、また政治的要請に従うものでもない独立かつ公平な組織である。

UNSCEARは、平成25年10月の国連総会において、電離放射線の線源、影響及びリスクについて報告した（以下、この時の報告書を「2013年報告書」という。）。

UNSCEARは、世界各国の放射線被ばくの状況を、科学的な情報のレビューを基に定期的に報告しているところ、2013年報告書は、UNSCEARが、本件事故による被ばくの影響について、科学的な情報のレビューに基づく評価を取りまとめたものである（なお、同報告書の作成に関与した専門家は全員利益相反の有無を申告することを義務付けられ、専門家が従事する調査作業に利益相反がないことが確認されている）。そして、2013年報告書は、本件事故に関し、主に、様々な集団が受けた放射線被ばくと、その被ばくが人々の健康と環境にもたらすリスクという観点から今後生じ得る影響に重点を置いている。2013年報告書の作成作業には、18の国連加盟国から80名以上の放射線に関する専門家が無償で参加しており、同報告書は、本件事故がもたらした放射線被ばくの線量と影響に関して最も包括的で国際的な科学解析の成果であるとされている。

2013年報告書の概要は、以下のとおりである。

(1) 線量評価

ア 避難しなかった公衆の1年目の線量

避難しなかった福島県内の住民の本件事故後1年間の実効線量の推定値（外部被ばく、吸入による内部被ばく及び経口摂取による内部被ばくの合計）は、成人1.0ないし4.3ミリシーベルト、小児（10歳児）1.2ないし5.9ミリシーベルト、乳幼児（1歳児）2.0ないし7.5ミリシーベルトとされている。また、同住民の本件事故後1年間の甲状腺の吸収線量の推定値は、成人7.8ないし17ミリグレイ、小児（10歳児）15ないし31ミリグレイ、乳幼児（1歳児）33ないし52ミリグレイとされている。

なお、この数値は、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。データが不十分である場合には仮定を設けており、そのためこれらの数値は平均線量を実際よりも過大評価している可能性がある。

福島県内では、福島第一原発20キロメートル圏内の避難区域に一部がかかる行政区画（F市）、地表での沈着密度が高

い行政区画（K市、en市、eo町、ep村、eq市、er市、es市）において、避難しなかった人としては最大の推定実効線量が得られ、本件事故直後1年間における成人の行政区画平均実効線量は2.5ないし4.3ミリシーベルトの範囲であった。これらの行政区画では、実効線量に占める沈着放射性核種に起因する外部線量の寄与率が圧倒的に大きかった。1歳の幼児における本件事故直後1年目の平均実効線量は、成人の平均実効線量の2倍以内と推定された。

イ 避難者の線量

避難者の本件事故後1年間の実効線量の推定値は、予防的避難地区（予防的避難とは、緊急時防護措置として平成23年3月12日から同月15日にかけて指示された地区の避難を指す。）では、成人1.1ないし5.7ミリシーベルト、小児（10歳児）1.3ないし7.3ミリシーベルト、乳幼児（1歳児）1.6ないし9.3ミリシーベルト、計画的避難区域（計画的避難とは、同年3月末から同年6月にかけて指示された地区からの避難を指す。）では、成人4.8ないし9.3ミリシーベルト、小児（10歳児）5.4ないし10ミリシーベルト、乳幼児（1歳児）7.1ないし13ミリシーベルトとされている。また、避難者の本件事故後1年間の甲状腺吸収線量は、予防的避難地区では、成人7.2ないし34ミリグレイ、小児（10歳児）1.2ないし5.8ミリグレイ、乳幼児（1歳児）1.5ないし8.2ミリグレイ、計画的避難地区では、成人1.6ないし3.5ミリグレイ、小児（10歳児）2.7ないし5.8ミリグレイ、乳幼児（1歳児）4.7ないし8.3ミリグレイとされている。

(2) 公衆の健康影響

ア 避難者及び避難区域以外で本件事故の影響を最も受けた地域の集団の最初の1年間における平均実効線量は、成人で約1ないし10ミリシーベルト、乳幼児（1歳児）ではその約2倍になると推定された。リスクモデルを使用して推論した場合、この程度の線量でもがんのリスクが僅かに上昇することが示唆されるが、一般的な集団における本件事故の放射線被ばくによる疾患発生率の全体的な上昇は、日本人の基準生涯リスクに対して検出するには小さすぎる。

イ 特定の集団（特に胎児としての被ばく後、あるいは乳幼児期・小児期の被ばく後）における特定のがんの相対リスクは集団の平均よりも高くなる。

ウ 予防的避難を行った集団の甲状腺吸収線量は、1歳児の場合最大で約80ミリシーベルトになると推定された。ATDM解析の結果に基づいた平均の推定には不確かさが伴っており、線量がさらに高かった可能性もあるが、体外測定による甲状腺モニタリングのデータは、平均甲状腺吸収線量が最大で5倍程度高く推定されている可能性があることを示唆している。しかし、線量のほとんどは放射線被ばくによる甲状腺がんの過剰発生率を確認できないレベルであった。本件事故後の甲状腺吸収線量がチェルノブイリ事故後の線量よりも大幅に低いため、福島県でチェルノブイリ原発事故の時のように多数の放射線誘発性甲状腺がんが発生するというように考える必要はない。

エ UNSCEARは、評価された線量と利用可能なリスク推定に基づき、胎児及び幼少期・小児期に被ばくした人の集団でのかかる疾患の発生率が識別可能なレベルで上昇するとは予測していない。

オ UNSCEARは、妊娠中の被ばくによる自然流産、流産、周産期死亡率、先天的な影響又は認知障害が増加するとは予測していないし、本件事故で被ばくした人の子孫に遺伝的な疾患が増加するとも予測していない。

カ 福島県での継続的な超音波検査により、比較的多数の甲状腺異常が見つかったが、これは、本件事故の影響を受けていない地域での類似した調査に一致している。福島県での継続的な超音波検査では、このような集中的な検診がなければ通常は検出されなかったであろう甲状腺異常（多数のがん症例を含む。）が比較的多数見つかるかと予測されている。

[甲二共56、丙二共22、71、73]

第3 低線量被ばくに関する疫学調査について

1 放影研報告書（LSS第14報）

放射線影響研究所とその前身である原爆傷害調査委員会（ABCC）は、広島・長崎に投下された原子爆弾による電離放射線の健康影響を調査する目的で、原爆被爆者及びefafの住民で原爆投下時に両市にいなかった人を含む約12万人の固定集団（寿命調査集団、LSSコホート）について、1950年から死亡調査を実施してきた。

LSS第14報は、上記死亡調査に関して定期的に行ってきた総合的報告の第14報（2012年）である。

LSS第14報の要約欄には、「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0-0.2Gy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。」との記載がある。

著者の一人であるfbは、環境省に設置された第6回東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う住民の健康管理のあり方に関する専門家会議において、前記部分の解釈としては、0.2グレイ以上でリスクが有意になるという意味である旨述べている。また、しきい値ありのモデルの方がデータに合致するという研究結果もある。

[丙二共10、12]

2 fc川流域住民の健康影響調査

1950年代に、旧ソ連のマヤークプルトニウム製造工場から排出された核廃棄物により、汚染を受けたfc川流域住民の固形がん死のリスクを解析した論文（2005年）である。

固形がんの放射線リスクについて、高い有意性の線量一応答関係があり、線形ERR（過剰相対リスク）推定値は0.92グレイであった。線形二次モデルの低線量での勾配は、線形モデルのリスク推定とほぼ同じである旨の記載がある。

CLL（慢性リンパ性白血病）以外の白血病の放射線リスクについても、線量一応答関係を示す強いエビデンスがあり、線形ERR（過剰相対リスク）推定値は6.5Gyであった。線形二次モデルの低線量での推定勾配は、線形モデルのものと同様である旨の記載がある。

また、考察において、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、有意な線量一応答関係があることを明確に実証しており、長期間の被ばく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記載がある。

上記論文については、対象者の生活習慣や遺伝的な違いの各影響などが考慮されていないなどの批判がある。また、fc川流域住民の線量を再評価した他の論文（2015年）においては、50ミリシーベルト以下の低線量域ではリスクがないことを示すも読める図が引用されており、線形モデルのほか、純二次モデル（低線量被ばくにおいてはリスクがないことを表すモデル）にもフィットすることが述べられている。ただし、同論文は、本文では、50ミリシーベルト以下の低線量域ではリスクがないことを示すとは述べておらず、全体としては、低線量では応答が不確実であることを踏まえつつも、がん率が線

量に依存することを記載している。

[甲二共66の4]

3 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

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 f d 博士らは、医学雑誌に「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」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 (I N W O R K S) 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ミリグレイ、累積被曝量の中間値は2.1ミリグレイ、年間平均被曝量は1.1ミリグレイであり、線量及び線量率ともに非常に低い。

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 (I A R C) は、「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」とのプレスリリースを行い、国際がん研究機関 (I A R C) 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、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げさせ、被ばく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などと発表している。

[甲二共49、50]

(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

平成27年10月21日、f e ・ f f 大学公衆衛生専攻准教授らは、医学雑誌に「職業上の電離放射線被曝によるがんリスク：英米仏従事者の後ろ向きコホート研究 (I N W O R K S) 」と題する論文を公表した。

本研究も、前記 I N W O R K S 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1グレイ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ところ、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ことが判明した。

本研究の結果は、放射線被ばくの増加によるがんの割合の直線的増加を示しており、被ばくした従事者の平均累積結腸被ばく量は20.9ミリグレイ(中央値4.1ミリグレイ)と推計されたほか、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グレイ当たり48パーセント(90パーセント信頼区間20~79パーセント)増加した。同様の関連性は、全固形がんによる死亡率(47パーセント(同信頼区間18~79パーセント))においても見られた。また、放射線業務従事者の放射線被ばくによる単位当たりリスクは、日本の被曝者の研究から得られた推計と同等であり、原爆による高線量・高線量率による被ばくのリスクと本研究の対象であった低線量・低線量率による被ばくのリスクとは、単位当たりリスクは同等ということである。

本研究を受けて、I A R C は「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を公表し、WHOのがん専門機関である国際がん研究機関 (I A R C) 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ばくが固形がんによる死亡を増加させることを示したと発表している。

[甲二共51、52]

(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

平成17年6月29日、f g r a は、「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」の調査結果を公表した。

当該調査は、15か国の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パーセントは男性である。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。

被ばく線量結果について、集団の90パーセントは50ミリシーベルト以下の被曝、500ミリシーベルト以上被ばくした人は0.1パーセント以下、個人被ばく蓄積線量の平均は19.4ミリシーベルトである。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シーベルト当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シーベルト被ばくすると、白血病のリスクが被ばくしていない人の約3倍になるということ)であることが明らかになった。

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曝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ことになる。

[甲二共53]

4 医療被ばくの健康影響に関する疫学調査

(1) 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)

f h r a は、2012年5月に医学雑誌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た結果、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た。

同研究においては、1985年から2002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線量反応関係)が認められた。

すなわち、〈1〉約50ミリグレイ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60ミリグレイ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。

[甲二共7、14]

(2) 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)

f i r aは、2013年5月に医学雑誌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結果、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。その論文によると、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(被ばく線量は約4.5ミリシーベルト)受けるが発がん率は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。

[甲二共7、15]

5 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

2016年、f jらは、1986年のチェルノブイリ原発事故により放射性物質が降下・沈着したスウェーデンにおいて、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パーセント)を対象集団とし、被ばくとがん罹患率との関係に関する調査を行った。

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/kBq/m²)、〈2〉中汚染(45.41-118.8kBq/m²)、〈3〉高汚染(118.81-564.71kBq/m²)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パーセント信頼区間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]

6 福島県民健康調査

(1) 概要

福島県は、本件事故による放射性物質の拡散や避難等を踏まえ、県民の被ばく線量の評価を行うと共に、県民の健康状態を把握し、疾病の予防、早期発見、早期治療につなげ、もって、将来にわたる県民の健康の維持、増進を図ることを目的とし、県民健康調査を実施している。

調査は、〈1〉「基本調査」として、本件事故後4か月間の外部被ばく線量の把握のための調査と、〈2〉「詳細調査」として、本件事故時におおむね18歳以下であった者を対象にした「甲状腺検査」、避難区域等の住民に対する「健康診査」や「こころの健康度・生活習慣に関する調査」、福島県で母子健康手帳を受け取った者に対する「妊産婦に関する調査」からなる。

(2) 甲状腺検査

福島県は、平成23年10月から平成26年3月にかけて、本件事故時、おおむね0歳から18歳であった者(平成4年4月2日～平成23年4月1日生)に対して、先行検査を行った。その後、平成26年4月から平成28年3月にかけて、前記の対象者に加えて、本件事故後出生した者(平成23年4月2日～平成24年4月1日生)にも対象を拡大して、本格検査を行った。その後、平成28年4月以降は、対象者が20歳を超えるまでは2年ごと、それ以降は5年ごとに検査を実施することを予定している。

検査の内容は、超音波検査による一次検査を行い、A判定(二次検査が不要とされる場合であり、A1判定(結節やのう胞を認めなかった場合)とA2判定(5.0ミリメートル以下の結節や20.0ミリメートル以下ののう胞が認められた場合)がある。)、B判定(A2判定よりも大きな結節やのう胞を認めた場合等)及びC判定(直ちに二次検査を受ける必要がある場合)で判定される。

(3) 甲状腺検査の結果

先行検査は、30万0472人が受診し(受診率81.7パーセント)、その一次検査では、A判定が99.2パーセント(A1判定51.5パーセント、A2判定47.8パーセント)、B判定が0.8パーセント、C判定が0.0パーセントであり、二次検査受診者2128人のうち、穿刺吸引細胞診を受けた者の中で、116人が悪性又は悪性疑いの判定となり、102人(良性結節1人、乳頭がん100人、低分化がん1人)に手術が行われた。

本格検査(検査2回目)は、27万0540人が受診し(受診率71.0パーセント)、その一次検査では、A判定が99.2パーセント(A1判定40.2パーセント、A2判定59.0パーセント)、B判定が0.8パーセント、C判定が0.0パーセントであり、二次検査受診者1685人のうち、穿刺吸引細胞診を受けた者の中で、71人が悪性又は悪性疑いの判定となり、52人(乳頭がん51人、その他の甲状腺がん1人)に手術が行われた。

本格検査(検査3回目)は、21万6538人が受診し(受診率64.3パーセント)、その一次検査では、A判定が99.3パーセント(A1判定35.1パーセント、A2判定64.2パーセント)、B判定が0.7パーセント、C判定が0.0パーセントであり、二次検査受診者803人のうち、穿刺吸引細胞診を受けた者の中で、12人が悪性又は悪性疑いの判定となり、9人(全員乳頭がん)に手術が行われた。

(4) 福島県の「県民健康調査」検討委員会は、平成28年3月、福島県民健康調査における中間取りまとめの概要を公表した。

そこでは、甲状腺検査の評価・今後の方向性として、先行検査を終えて、わが国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オーダーで多い甲状腺がんが発見されていることについては、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るとともに、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原発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おおむね1年から4年と短いこと、本件事故当時5歳以下の者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、福島県民健康調査の結果は本件事故によって放出された放射線の影響によるものとは考えにくいと評価された。

ただし、放射線の影響の可能性は小さいとはいえ、現段階ではまだ完全には否定できず、影響評価のためには長期にわたる情報の集積が不可欠であるため、検査を受けることによる不利益についても丁寧に説明しながら、今後も甲状腺検査を継続していくべきであることも同時に指摘された。

[甲二共19、61、67、68、79ないし81]