

2017年5月26日

福島原発事故自主避難者裁判（千葉地裁）への「意見書」

今中哲二

私が大阪大学工学部原子力工学科に入学したのは1969年のことで、1973年に東京工業大学に移り、大学院修士課程の原子核工学を修了して1976年に京都大学原子炉実験所の助手に採用されました。2016年春に京都大学を定年退職したものの、福島原発事故の調査など、研究者としてまだやりたいことがあるので、いまは非常勤の研究者としてこれまでの研究室に在席しています。かれこれ、原子力の勉強、研究を50年近くやってきました。

私が大阪大学に入った翌年の1970年には大阪万国博があり、その開幕に合わせて日本最初の本格的な原発である敦賀原発1号機が運転を開始しました。大阪大学の工学部キャンパスは、その万博会場の隣にあり、万博への送電線を見上げて何となく誇らしく感じたことを覚えています。

日本の原子力開発のありように疑問を持ちはじめたのは大学院に入った頃で、当時、日本のあちこちで新しい原発建設計画が進められていました。同時に、原発予定地ではどこでも反対運動が起きていました。あるとき予定地を訪ねる機会があって、原発に反対している方と話をすると、国や電力会社は、「原発はどんなことがあっても安全で、原発を誘致すると、お金は落ちるし仕事も増える」と言って宣伝しているが、「じゃあ、そんな良いものをなんでこんな田舎に作るの？なんで東京や大阪の近くに作らないの？」と問いかけられました。このことが、私が原発の安全問題を勉強する出発点でした。

京都大学原子炉実験所に就職してからは、研究用原子炉管理業務の末端を担いながら、原子力発電が抱える安全性の問題を中心に研究を続けてきました。研究者になりたての頃は、“原発は安全か危険か”といった問題意識をもっていましたが、考え方が変わる契機となったのは1979年の米国スリーマイル島原発事故でした。この事故では、炉心の核燃料が半分溶融しましたが、幸い大事故に至る寸前で事態を収拾できました。私は、この事故を勉強することで、原発が運転されている限り大事故を引き起こす可能性があることを実感し、そして、原発とはもともと危険なものであり、問題は“安全か危険か”ではなく“どれだけ危険か”であると理解しました。以来“原発は安全か危険か”といった問題の立て方をしたことはありません。

1986年に旧ソ連チェルノブイリ原発で発生した事故は、原発で起こり得る最悪の事態、つまり原子炉に蓄積されている膨大な量の放射能が遮るものなく環境に放出されるという事故でした。私にとって、チェルノブイリ事故は、原発で大事故が起きたらどのようなことになるのかの実例としての調査研究の対象になりました。チェルノブイリ現地をはじめ訪問したのは1990年のことですが、以来30年近くチェルノブイリのことを調べて来て、私が得た教訓は次の2つのことでした。

- 原発で大事故が起きると、突然にまわりの人々が自分の家に住めなくなり、村や町といった地域社会が丸ごと消滅する
- 私のような原子力の専門家が明らかに出来るのは、原子力事故という災厄の一部分にしか

過ぎず、突然に家を追われ、故郷をなくした人々の悲しみや苦しみは測定器では測れない
福島原発事故が起きるまでの私は、「日本でも54基の原発が動いているんだから、下手をした
チェルノブイリのような事故が日本でも起きますよ」と警告を発していれば良い立場でした。そ
して、2011年3月に福島第1原発でチェルノブイリのような事故がホントに起きてしまいました。

福島原発事故を境に、私の役割はまったく変わったと思っています。福島原発事故までは、「原
発の問題点を理解するのに、原子炉の構造や放射能・放射線について勉強する必要はありません。
原子力開発の歴史を調べて、自分の頭で考えれば、自ずと原子力というものが社会的にウサンク
さいものであることが分かります」と言っていました。しかし、福島原発事故は無視できない放
射能汚染を、関東から北の本州太平洋側に広範囲にもたらしてしまいました。

放射能汚染の主役が半減期30年のセシウム137であることを考えると、日本の私たちはこれか
ら50年、100年にわたって放射能汚染と向き合う必要があります。「放射能汚染は福島だけでは
なく、東京もセシウムだらけです」と私は言っていますが、放射能汚染と向き合うには、放射能、
放射線、そして被曝についての確かな知識が不可欠です。

私自身、研究用原子炉管理業務に関連して放射線作業従事者を40年以上続け、第1種放射線取
扱主任者の資格ももっています。研究者としては、広島・長崎の原爆放射線量の評価、旧ソ連セ
ミパラチンスク核実験場周辺の放射能汚染調査と被曝計算、1999年東海村JCO臨界事故の被曝計
算、チェルノブイリ原発事故影響の解明といったことをテーマにしてきました。専門分野として
は、放射線被曝計算、環境放射能測定、原子力災害評価となります。こうした仕事に関連して、
放射線被曝がもたらす健康への影響についても、私なりに長く勉強してきました。

福島原発事故が起きてからは、行政とは離れた立場から、飯館村を中心に放射能汚染調査や被
曝評価の仕事を続けています。私たちの調査グループが心がけているのは、調査結果をわかりや
く地元の人たちに説明することです。放射能、放射線の説明から、汚染地域で生活することにと
もなう被曝、そして被曝の影響について分かっていることとよく分からないことを自分たちの言
葉で伝えています。私としては、「放射能汚染に向き合う」とは結局、「どこまでの被曝をがまん
するか自分で決めること」だと思っています。東京を含め、汚染地域で暮らすとそれなりの被曝
を受けることは避けられません。一方、余計な被曝はできるだけ避けた方がよい、という原則が
あります。「被曝をがまんする」とは、この相反する2つのことに折り合いをつけることだと思っ
ています。

折り合いの付け方はそれぞれの人によって異なり、一律の基準がある訳ではありません。どの
ように折り合いを付けるかは、汚染レベル、家庭環境、仕事、さらには個人の価値観まで関係し
てくると思っています。折り合いの付けようがなければ、避難・移住するしかないでしょう。私
の役割は、放射能汚染、放射線被曝、被曝にともなうリスクについてできるだけ確かな情報を提
供して、みなさんの判断をお手伝いすることだと思っています。

飯館村は2017年3月末に、帰還困難区域に指定されている長泥地区を除き、避難指示解除にな
りましたが、私自身は解除に反対ではありません。むしろ、ずっと前から「仮設住宅のお年寄り
が帰りたければ早く戻らせてあげたらいい」と言ってきました。しかし、今回の避難指示解除の

問題は、戻りたくない人々までむりやり戻そうという政策にあります。福島原発事故の責任が東京電力と日本政府にあることは確かですから、被災者がどのような選択をしようと、被災者の面倒をみる責任が東電と政府にはあります。

今回、千葉地方裁判所区域外訴訟の原告から、福島原発事故による放射能汚染と被曝の影響について証言するよう依頼がありました。証人として採用された場合には、以下のような事柄について、私が知っていること、考えていることとお話ししたいと思っています。

◇ 放射線、放射能研究の始まりから核分裂の発見、原爆と原発の開発へ

人類が放射線というものの存在を知ったのは、1895年でした（図1）。ドイツの物理学者レントゲンが、真空管を使って蛍光を発生させる実験をやっていたとき、真空管を紙にくるんでみたところ、真空管の外部にある蛍光板が光りました。つまり、真空管からガラスや紙を突き抜けるなにかが発生していることが分かりましたが、その正体が分からないので、レントゲンは「X線」と名付けました。

一方、フランスの化学者ベクレルは1896年、暗いところに保管していたウラン化合物が写真乾板を感光させることを発見しました。自然に放射線を放出している物質、放射性物質（放射能）の発見です。放射能、放射線が発見されたのはいまから120年ほど前のことですが、放射能、放射線そのものは、もともと地球が出来たときから存在していました。生命は自然放射線に取り囲まれて進化してきたのです。

放射能、放射線は発見されたものの、その正体を明らかにするためには、多くの科学者による様々な研究が必要でした。放射能から放出される放射線には、磁場を通るときに曲がる方向の違うアルファ線とベータ線、そして曲がらないガンマ線と3つあることが分かりました（図2）。放射能、放射線の研究にともなって、原子や原子核についての研究も進み、1932年には中性子も発見され、原子や原子核の仕組みが明らかになりました（図3）。原子の中心には原子核があり、原子核には陽子と中性子が集まっています。陽子にはプラス1の電荷があり、中性子は、大きさは陽子とほぼ同じですが、電荷をもちません。プラスの陽子の間では反発する力が働きますが、中性子の存在が、陽子がバラバラにならないようつなぎ止めています。原子核の回りには、マイナス1の電荷をもつ電子が陽子と同じ数だけ存在し、原子全体として電氣的には中性になっています。

周期表の元素を決めているのは、原子核の中に含まれている陽子の数で、たとえば周期表11番目（原子番号11）のナトリウム（元素記号Na）の原子核には陽子が11個含まれています（図4）。そして、通常のナトリウムの原子核には中性子も12個含まれていてナトリウム23（Na-23）と呼ばれます。ナトリウムの原子核が中性子を吸収すると、中性子の数がひとつ増えて、ナトリウム24が出来ます。この原子核は、中性子（13個）が陽子（11個）に比べて過剰な状態にありバランスが悪い状態にあります。すると、ときどき中性子のひとつが電子（ベータ線）を出して陽子に変身します。新たな原子核は、陽子12個で中性子12個のマグネシウム24で、これ以上の変身はしません。ナトリウム23やマグネシウム24は、変身をしない、つまり放射線を出さないで、

安定同位体と呼ばれます。一方、ナトリウム 24 は、放射性同位体と呼ばれ、原子核が電子を放出して別の原子核に変わる現象は“ベータ崩壊”と呼ばれます。

1938 年、ドイツの化学者ハーンらは、ウラン (U、原子番号 92) の原子核に中性子を当てる実験をしていました。ウランが中性子を吸収して、原子番号がウランに近い、新たな放射性同位体が出来ることを予想していましたが、中性子を当てたウランを化学分離して分析してみると、妙なことに、原子番号 56 のバリウムらしきものが出来ていました。観察結果の解釈に困ったハーンは、長年の同僚で、当時ナチスの迫害を逃れてスウェーデンで亡命生活をしていた物理学者マイトナーに手紙を書いて相談しました。マイトナーは、たまたま遊びに来ていた甥で物理学者のフリッシュと手紙の内容について議論し、ウラン原子核の核分裂が起きているという結論に至りました。1938 年の暮れも押し迫った頃でした。

デンマークに戻ったフリッシュは研究所ボスの物理学者ボーアに核分裂の話をし、ボーアは 1939 年 1 月に米国へ向かう船の中で同行の物理学者に知らせました。こうして、核分裂発見のニュースはあっという間に世界中の学者に広まりました。

核分裂にともなって、新たに 2 個か 3 個の中性子が発生することが判明すると、核分裂連鎖反応実現の可能性が出てきました (図 5)。そして、1939 年 9 月に第 2 次世界大戦がはじまり、米国はマンハッタン計画という巨大プロジェクトを立ち上げて、1945 年 8 月の広島と長崎の原爆投下に至ることになります。原爆とは、できるだけ短い時間 (100 万分の 1 程度) のうちにできるだけたくさんの核分裂をすばやく起こさせる装置です。でないと、十分に核分裂が進まないうちウランが飛び散ってしまい、大きなエネルギーを発生できず爆弾としては失敗作になります。戦争が終わった後、核分裂のエネルギーを使って電気を起こす装置として開発されたのが原子力発電でした。原爆のように核分裂が一挙に進むとどんなものでも壊れてしまいます。原子力発電では、原子炉の中に核燃料を入れて核分裂連鎖反応を起こし、そのエネルギーで水を蒸気に変えタービンを回して発電します、核分裂の進み方は、制御棒を用いてコントロールします。

ウランの原子核が核分裂を起こした後の“残りもの”、つまり核分裂生成物のほとんどは放射性同位体で、いわゆる“死の灰”です (図 6)。原子力発電を利用すると、発電量に比例して原子炉の中に核分裂生成物が蓄積されることは避けられません。広島原爆で核分裂を起こしたウランの量は約 1 kg でした (長崎原爆はプルトニウムを用いましたがこちらも約 1 kg)。一方、原発で起きている核分裂の量は、現在の標準的な電気出力 100 万 kW の原発の場合、1 日当たり約 3kg です。1 年間では約 1000kg となり、広島・長崎型原爆の約 1000 倍の核分裂生成物が溜まることになります。

原子力発電の安全上の課題は、この莫大な量の放射能をいかに完璧に閉じ込めておけるかにありますが、その開発の当初から、大規模な放射能放出に至る可能性のある事故として、以下の 2 つの事態が心配されてきました (図 7)。

- 核分裂連鎖反応のコントロールに失敗して、出力が急上昇し、原子炉が瞬時に破壊される事故 (出力暴走事故)。
- 冷却材が失われたり供給できなくなったりして、炉心が高温になってメルトダウンに至る

事故（冷却失敗事故）

1986年のチェルノブイリ原発事故は前者で、1979年のスリーマイル島原発事故や2011年の福島第一原発事故は後者でした。

◇ 放射線障害のはじまりから ICRP（国際放射線防護委員会）の成立と変遷

レントゲンによるX線の発見から120年余りになりますが、この間の歴史は、人類に放射線障害をもたらされた歴史でもあります。X線の発見に着目したのは、まずは医学者でした。X線の正体が不明なまま、その透視能力が骨折や病気の診断、さらにガンの治療といったことに応用されはじめました。その結果、X線の濫用は、最初は患者の皮膚炎として現れ、次には、医療従事者の皮膚炎、皮膚ガンとして現れ、多くの犠牲者を生み出すこととなります（図8）。一方、放射能（放射性物質）の利用にともなう被害者も現れ始めました。ラジウムの発見者であるキュリー夫人が、被曝の影響と考えられる再生不良性貧血によって亡くなったことはよく知られています。1910年頃から、ラジウムの蛍光作用を用いた夜光時計が使われるようになりました。夜行時計の文字盤工は、ラジウム入りの塗料で文字盤を描く際に刷毛の先を舐めながら仕事をしていて知らず知らずのうちにラジウムを体内に取り込んでしまい、珍しいがんである骨がんが5年後くらいから急増をはじめ、数100人が犠牲になりました（図9）。

●IXRPCの設立. こうした事情を背景に1928年、X線医療従事者やラジウム取扱者の放射線障害を防ぐため、国際X線およびラジウム防護委員会（IXRPC）が結成されました（図10）。IXRPCは1934年、X線作業者の“耐容線量”として1日当り0.2レントゲン（約2mSv）を勧告しています。この勧告は、皮膚に紅斑を生じる被曝量を基準に決められたもので、人体が耐えられる線量、つまり、この基準を守っていれば放射線障害は起きないという意味で“耐容線量（tolerable dose）”と名付けられました。

第2次大戦では、傷病兵のX線検査の写りを良くする造影剤としてトロトラストが用いられました。トロトラストは天然放射性物質であるトリウムの酸化物をコロイド状にしたもので、静脈注射して用いられましたが、主に肝臓に蓄積し、数10年後に肝臓がんや白血病を引き起こしました。日本でも255人の追跡調査で56件の肝臓がん死と6件の白血病死が確認されています（図11）。

●ICRP設立と1950年勧告. 第2次大戦後、放射線、放射能の利用の拡大、原子力産業の登場もあって、IXRPCの後身組織である国際放射線防護委員会（ICRP）が1950年に設立されました。ICRPは1950年の最初の勧告で、X線作業者に対する被曝基準を、1週間当り0.5レントゲン（約5mSv）と、それまでの約半分に引き下げ、呼び名は“耐容線量”から“許容線量（permissible dose）”に変更されました。この名前の変更は、それまでの“大丈夫で耐えられる線量（tolerable dose）基準”から“安全とは言えないが許されうる線量（permissible dose）基準”に変わったことを示しています。ICRPの考え方に大きな影響を与えたのは、X線照射による突然変異誘発の

実験でした。1927年に米国の生物学者マラーは、ショウジョウバエにX線を照射して人工的に突然変異を発生させ、子孫に遺伝することを発表しました。そして、突然変異発生率は放射線量に比例するという線量・効果関係が報告されました(図12)。1950年勧告は、「可能な最低レベルまで(to the lowest level)被曝を引き下げるあらゆる努力を払うべきである」と述べています。

●ICRP1958年勧告. 世界最初の原子力発電所である旧ソ連のオブニンスク原発が運転を始めたのは1954年6月のことで、1956年10月には英国のコールダーホール原発、1958年5月には米国の SHIPPINGPORT 原発が運転を開始しています。一方、1949年9月に旧ソビエトが最初の原爆実験を行った後、核軍拡競争が激しくなり、米国は太平洋マーシャル諸島や自国のネバダ実験場で、旧ソ連は現カザフスタン共和国のセミパラチンスク実験場で大気内核実験を繰り返しました。日本のマグロ漁船・第五福竜丸が“死の灰”を浴びたのは1954年3月1日の水爆実験でした。

原子力利用の広まりと地球規模の放射能汚染に対する懸念の中で出されたのがICRP1958年勧告です。職業人の許容線量については、「3カ月30ミリシーベルト、かつ年齢Nまでの集積線量Dが $50 \times (N-18)$ ミリシーベルトを越えないこと」とされました。さらに、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ました。1950年勧告から1958年勧告になり、許容線量の数値は厳しくなったものの、ICRPのスタンスに大きな変化がありました。つまり、1950年勧告では「出来るだけ低く(to the lowest level)」であったものが1958年勧告では「実際的な範囲で低く(as low as practicable: ALAP)」となりました。原子力・放射線の利用を前提としながら、実行できる範囲で低くしようという考え方です。

●ICRP1965年勧告. その次の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ました。一般公衆については、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、呼び方が「線量限度(dose limit)」となりました。放射線防護のスローガンは、1958年の「実際的な範囲で低く(as low as practicable: ALAP)」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(as low as readily achievable: ALARA)」と変わりました。1965年勧告の頃には、低レベル被曝の影響として、遺伝的影響以外にも、白血病やがんと言った悪性腫瘍の誘発が懸念されるようになりました。広島・長崎の被爆生存者追跡データ(図13)や妊婦の腹部X線検査についてのデータ(図14)が報告されるようになり、具体的なリスクとして、100万人が10ミリシーベルトの被曝を受けると約40件の固形がん・白血病死が起きると見積もっています。この値をリスク係数で表すと、1ミリシーベルト当りのガン死確率は 4×10^{-6} になります。

●ICRP1977年勧告. 1977年勧告では基準の値は変わらなかったものの、身体臓器の部分的な被曝のリスクを全身被曝のリスクと換算・比較するために「実効線量」という被曝量概念が導入され、職業人の基準値の呼び方も「線量限度」となりました。広島・長崎追跡調査データの蓄積も

あって、リスク・ベネフィット論の定量化が試みられています。ICRPによると、公衆が容認できるリスクとは、「一般公衆の構成員に関する確率的現象についてのリスクの容認できるレベルは...公共輸送機関の利用に伴うリスクである...この根拠から、年当り 10^{-6} ~ 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」と述べています。一方、広島・長崎データに基づいて、100万人が10ミリシーベルトの被曝を受けると100件のがん・白血病死になると見積もっています。これは、1ミリシーベルト当り 10^{-5} のリスク係数です。公衆に対する線量限度を年5ミリシーベルトにすると、公衆平均では年0.5ミリシーベルトにおさまる。つまり、原子力・放射線の利用にともなう公衆のリスクは年間 5×10^{-6} 程度であり、だれにとっても容認可能であろう、というのが一般公衆の線量限度に対するICRPのロジックでした(図15)。また、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(as low as reasonably achievable)」と、容易に(readily)が合理的に(reasonably)に変わりました。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”ということです。

●ICRP1985年パリ声明. ICRPは1985年3月にパリで会合を開いた際、公衆に対する線量限度を年1ミリシーベルトにするという声明を発表しました。その声明では、線量限度引き下げの理由についての具体的な言及はされていません、広島・長崎の原爆放射線量の見直しや疫学データの蓄積にともなって、放射線被曝にともなうガン死リスク係数の値が増大し、年間5ミリシーベルトという基準値にともなうリスクが「だれにとっても容認できるだろう」とは言えなくなったものと推察されます(図16)。

●ICRP1990年勧告. 職業人の線量限度は、5年間100ミリシーベルトという条件の下で年50ミリシーベルト、つまり年平均20ミリシーベルトとなりました。公衆に対する線量限度は、年1ミリシーベルトというパリ声明が採用されました。線量限度が厳しくなった背景は、広島・長崎被爆生存者調査の追跡期間が長くなるにつれて、リスクも大きくなったからでした。1ミリシーベルト当りのガン死リスクは 5×10^{-5} で、1977年勧告のときの5倍に見積もられています。ただし、この値は、原爆による放射線被曝は短時間の高線量被曝なので、低線量・低線量率被曝の場合は発ガン効果が小さくなり、ガン死リスクは半分になるとして得られています。そして、1990年勧告の付属文書では、生まれたときから年1ミリシーベルトの被曝が続くと生涯の積算ガン死率は0.4%になると見積もっています。250人にひとりがガン死するような基準では“だれにとっても容認できるだろう”と言えなくなったこともあってか、「公衆の構成員に対する適切な線量限度を選定することは難しい...読者はリスク情報のみによって早まった結論を導かないように注意されたい」とICRPは述べています(図17)。

日本のいまの法令基準の基になっているのは、この1990年勧告です。

●ICRP2007年勧告. ICRPのクラーク委員長は1999年、放射線防護の仕組みが複雑になりすぎたので、放射線作業や医療被曝を合算し、シンプルな基準にして一般の人に分かりやすくしよう

という提案を行いました。しかし、8年後に発表されたICRP2007年勧告の中身は、1990年勧告に比べ、もっと複雑なくらいのものでした。2007年勧告では、チェルノブイリのような原子力事故に対応するため「緊急時被曝状況」と「現存被曝状況」という考え方が新たに導入されています。緊急時被曝状況とは、ある被曝量を越えると避難すべきような状況で、20～100ミリシーベルトの間に目安の被曝量を設定するとされています。現存被曝状況とは、それ以下であれば汚染地域で生活することも場合によってやむを得ないという被曝量で年間1～20ミリシーベルト範囲に目安の被曝量を設定するとされました。一方、これまでの一般公衆の線量限度である年1ミリシーベルトは「計画被曝状況」、つまり事故が起きていない場合の被曝に対するもので、汚染が起きてしまった後の被曝には適用されないとされました。

もう一つ、ICRP2007年勧告での重要な変更は、集団被曝線量という考え方の放棄です。それまでのICRPは、ある集団が被曝を受けた場合には、個人の被曝量の総和である集団被曝線量でもって、集団全体への被曝影響を評価してきました。たとえば、100万人が10ミリシーベルトの被曝を受けると、集団被曝線量は100万人×10ミリシーベルト=1000万人・ミリシーベルト=1万人・シーベルトです。2007年勧告で採用されているガン死リスク係数は1シーベルト当たり0.055なので、この場合のガン死数は、(1万人・シーベルト)×(0.055/シーベルト)=550件となります。2007年勧告は、「低線量における健康影響が不確実であることから、非常に長期間にわたり多数の人が受けたごく小さい線量に関係するかも知れないがん又は遺伝性疾患について仮想的な症例数を計算することは適切でないと判断する」と述べています(図18)。

以上、IXPRCから始まって100年近くのICRPの歴史を眺めてみると、今の時代のICRPの役割がすけて見えてきます。当初は、X線を扱う医師・技師の被曝障害を防ぐための基準を勧告する同業者団体でした。第2次大戦後に、放射線、原子力の利用が広がると、それぞれの国で放射線防護の法令基準を制定することが必要となり、専門家集団による勧告として、ICRP勧告が世界中で尊重されるようになりました。1950年代まではもっぱら職業人の被曝を問題にしていたのが、原子力発電の拡大にともなって、一般公衆の放射線防護基準も勧告に含まれるようになりました。役割の拡大にともなって、ICRPのスタンスも「できるだけ低く(To the lowest level)」から、「実際の範囲で低く(ALAP)」、「容易に達成できる範囲で低く(ALARA)」へと変わってきました。つまり、ICRPは、学術的な判断に基づいて防護基準を勧告する団体から、社会的・経済的な要因を重視しながら防護基準を勧告する団体に変わったわけです。1977年勧告の頃には、リスク・ベネフィット論をベースにして、防護基準を正当化しようと試みていたのですが、原子力発電の場合、ベネフィットを享受する側とリスクを蒙る側が異なっていること、そしてリスクそのものの見積もりが時代と共に大きくなってしまったことで、リスク・ベネフィット論での正当化は破綻に至りました。一般公衆に対する線量限度の被曝がもたらすリスクの大きさが「だれにとっても容認できるだろう」とは言えなくなってしまったので、集団被曝線量を用いたリスク評価を放棄したこともそのあらわれです。

1986年のチェルノブイリ原発事故は、広大な地域において人工的な放射能汚染による被曝が年

間1ミリシーベルトを越えるという、あつてはならない事態をもたらすに至りました。そこでICRPが発案したのが「現存被曝状況」という考え方でした。起きてしまった放射能汚染は仕方ないので、従来の公衆の線量限度を越えていても「がまんしながらの居住は可能です」と、社会的・経済的な観点を重視し、行政や原子力産業に救済案を出したのが「現存被曝状況」という被曝区分でした（図19）。

◇ 福島第1原発事故と放射能汚染

2011年3月11日の地震・津波をきっかけに、福島第1原発でポンプを回すための交流電源が失われてしまうという大変な事態に至りました。私が福島第1原発の非常事態を知ったのは、翌12日朝刊の「内閣総理大臣が原子力緊急事態を宣言した」という記事でした。新聞1面トップに津波の大きな写真が出ていて、その右隅に緊急事態宣言の小さな記事がありました（図20）。その日は土曜で予定があったのですが、すぐにキャンセルして職場に出て情報収集すると、福島第1原発では前日から電源喪失が続いていること、1号機は放射能漏れを防ぐ最後の壁である格納容器の内圧が上昇していること、格納容器破壊を防ぐために内圧を減らす“ベント”を試みている、といった情報を得て、「こりゃ、スリーマイルと同じくらいか、もっとひどいことになってるなあ」と思ったのを覚えています。

細かいことは省きますが、「福島がチェルノブイリのようになってしまった」と実感したのは、3月15日午前11時の記者会見で、当時の菅首相と枝野官房長官が「2号機の格納容器が破壊されたもようで、4号機でも火災が起きました」と発表したときです。ところが、福島第1原発周辺で大変な汚染が生じているはずなのに、汚染に関する具体的な情報はほとんど発表されませんでした。「とにかく自分たちで調べておかななくては」ということで私たちが飯舘村の汚染調査に入ったのは3月28日と29日のことでした。村役場の方の案内で飯舘村を回ってみると、それまで40年近く放射線作業に従事してきた私の経験からして信じがたいくらいの放射能汚染が、福島第1原発から30km以上離れた飯舘村全域に広がっていました。そうした汚染の中で、村の人たちが普通の生活を続けているのを見て、私たちは茫然としました（図21）。

当時の日本の原子力防災計画は原発から10kmの範囲までで、今から思うに、日本政府自体がどう対応したらよいか分からず、大混乱になっていました。原発から20kmまでは3月12日に避難指示が出されましたが、それ以遠については、3月15日に20～30km圏に屋内退避指示があったものの、30km以遠については何も指示がなされませんでした。政府が気を取り直して、それなりの対応をとりはじめたのは4月に入ってからでした。まだ法令には組み込まれていなかったICRPの「緊急時被曝状況」と「現存被曝状況」という考え方を汚染地対策として導入し、それに基づいて飯舘村などが「計画的避難区域」に指定されました。

飯舘村の大部分では、2017年3月末で避難指示が解除されました。いま、福島の汚染地域では、「20ミリシーベルト以下は安全・安心してくらせます」かのようなキャンペーンが行われているようです。たしかに、避難指示が解除された飯舘村で年間20ミリシーベルトを越えるような汚染地域はないと思います。しかし、「現存被曝状況」とは“だれにでも容認できるような”被曝

状況という意味ではありません。諸般の事情によって、被曝を我慢しながら汚染地域で生活せざるを得ない人々がある場合、放射線防護に配慮しながら行政が居住を認めてもよいと ICRP 勧告が認めているのが「現存被曝状況」です。

◇ 被曝とその健康影響

福島原発事故が起きて私が驚いたことのひとつは、私の知っている先生方がたくさんテレビに出てきて、「100 ミリシーベルトの被曝はたいしたことはありません」とか「100 ミリシーベルト以下では健康影響は観察されていません」といった発言をし始めたことです。

私の専門は原子力工学ですが、この 40 年間、被曝の健康影響についても私なりに勉強してきたつもりです。被曝影響は、一度に大量の被曝を受けたとき、直に症状が現れる“確定的影響”と、少量の被曝であっても細胞が傷ついて、それが後々になってガン・白血病や遺伝障害として現れる“確率的影響”とに分けて考えられています(図 22)。福島原発事故の場合、周辺住民に確定的影響が心配されるほどの被曝はなかったと思っています。問題は、後々になって現れるガン・白血病または遺伝的障害といった確率的影響です。低線量被曝の影響、つまり確率的影響の度合(リスク)については、ICRP、UNSCEAR(放射線影響国連科学委員会)や米国科学アカデミーの BEIR 委員会などが報告書を出しています。

低線量被曝の確率的影響の大きさ、つまり、ある量の被曝を受けたときに後々に被曝が原因でがん死するリスクについては、これまで様々な議論が行われてきました。ICRP の 2007 年勧告は、主に広島・長崎の被爆生存者追跡調査データに依拠して、1 シーベルト当り $0.055 (5.5 \times 10^{-2} / \text{Sv})$ というがん死リスク係数を一般公衆に対して見積もっています。1 シーベルト浴びた人が 1000 人いれば、そのうち 55 人が後々がん死するというリスクです。

こうしたリスク係数が、100 ミリシーベルト以下の被曝について適用できるかどうかについて、専門家の間でも意見が分かれています。ここでは、以下の 2 つの説を紹介しておきます。

- LNT (linear non-threshold: 直線閾値なし) 説: 被曝量 (D) と被曝にともなうがん死率 (P) の関係は、ゼロ点を通る直線モデルで表せるという説。したがって、K をがん死リスク係数とすると、 $P = K \times D$ となります。ICRP にならって、 $K = 0.055 / \text{Sv}$ とすると、1 ミリシーベルトの被曝にともなうガン死率は 5.5×10^{-5} となります。
- 閾値 (Threshold) 説: 広島・長崎被爆者データから得られたリスク係数は、100 ミリシーベルト以上の大きな被曝に適用できるが、100 ミリシーベルト以下には適用できず、被曝でできた細胞の傷は身体が備えている修復作用などにより完全に回復するため、ある閾値線量以下ではがん死リスクはゼロになるという説。

ICRP2007 年勧告は、「放射線防護の目的には、基礎的な細胞過程に関する証拠の重みは、線量反応データと合わせて、約 100 ミリシーベルトを下回る低線量域では、がん又は遺伝性の影響の発生率が、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」と述べています。また、2005 年の BEIR-VII 報告は、「現在得られている科学的証拠は、放射線被曝とガン誘発の関係について、直線閾値無しモデ

ル（LNT 説）と一致すると委員会は結論する」と明確に述べています（図 23）。つまり、被曝量は少なくとも少ないなりに発ガンリスクがあります、というのが ICRP や BEIR 委員会さらには UNSCEAR の基本スタンスです。

「100 ミリシーベルト以下で健康影響は観察されていません」と仰っている先生方の根拠は、どうも広島・長崎被爆生存者追跡調査（LSS：Life Span Study）にあるようです。しかし、LSS 研究の調査結果全体は、LNT 説を強く支持しています（図 24）。ただ、100 ミリシーベルト以下だけの部分をみると直線性がよくわからなくなります。私は、原爆線量評価の仕事をやってきましたし、LSS 研究の調査結果もずっと眺めています。LSS 研究が計画されたのは 1955 年頃のことですが、被曝量の確かさ、雑多な年齢構成、医療被曝の影響、自然放射線の影響、死亡診断書の確かさといったことを考えると、死亡バックグランドの変動（ノイズ）の大きな調査対象集団であり、広島・長崎の被爆生存者集団で 100 ミリシーベルト以下の被曝影響を観察することは元々難しいだろうと思っています。

しかし、福島原発事故以前にも 100 ミリシーベルト以下の被曝で発ガンを示唆するデータはありましたし（図 14）、福島原発事故以降は、子どもの CT 検査後の追跡調査（図 25、図 26）、原子力産業労働者の追跡調査（図 27）、さらには自然放射線影響の住民調査（図 28、図 29）など、低線量被曝の影響を示唆する新たなデータが次々と報告されています。

私は、放射線被曝と発がんの関係について LNT 説を支持しています。たしかに、自然放射線レベルの被曝影響に関する疫学データが因果関係を反映していると直接に証明することはむずかしいでしょう。しかし、放射線が生物に与えるダメージを考えた場合、染色体を切断したり、突然変異を生じたりする初期的事象（図 30）が被曝量に比例して生じることが確かです（図 31、図 32）。

普通の方はたいてい、「自然放射線は弱くて害がない」と思っておられるでしょうが、長年、放射能を測り、被曝影響の勉強してきた専門家のひとりとして私は、「自然放射線は結構強くて、生体細胞に日常的に害をもたらしているが大部分は修復されます。けれど、うまく修復されない傷が残って、様々な要因と重なって後になんかがんになったりします。つまり、自然放射線も、もともと人々ががんになる原因のひとつである（図 33）が」と考えています。福島原発事故の放射能汚染は、そうした日常的な被曝の上に余計な被曝をもたらしています。

◇ 福島の子も達の甲状腺がん

福島原発事故が起きて大変な放射能汚染が生じていることが明らかになり、私としては「周辺住民の被曝評価と健康追跡調査を誰が責任をもってやるのだろう」と成行きに関心をもっていました。原子力安全委員会や厚労省が中心になって、日本政府が責任をもって取り組むのだろうと思っていたら、いつのまにか政府がお金を出して福島県に丸投げする形で、県民健康調査がはじまりました。放射能汚染は福島県以外にも広がっていますが、福島県に丸投げされた結果、健康調査の対象は福島県民だけになりました。

チェルノブイリ原発事故による被曝影響で最も顕著に認められているのは、子ども達の甲状腺がんです（図 34）。福島県では、原発事故当時に 18 歳以下の子ども達約 30 万人を対象とする甲

甲状腺検査がはじまりました。最初の年の調査で最初の甲状腺がんが1件見つかり、そのとき、調査を統括していた先生が、「事故から4年後に増加したチェルノブイリの場合に比べて早すぎるので、福島原発事故が原因とは考えがたい」と発言している新聞記事を読んで、私はつい嘖き出しました。いまから25年前、チェルノブイリの地元の研究者が、「チェルノブイリ原発周辺の子どもの甲状腺がんが増えている」と発表したとき、「10年以上たって増加した広島・長崎の場合に比べて早すぎるので、原発事故が原因とは考えがたい」と原発事故との関係を否定するコメントを出したのは、権威と認められていた、日本人を含む、当時の西側専門家だったからです(図35)。チェルノブイリではその後、調査を積み重ねることによって、子ども達の甲状腺がんの原因が原発事故によって放出された放射性ヨウ素であることは専門家の中で合意されるに至りました。事故が起きてから10年経っていました。

福島の子どもの甲状腺がんは増加して、2016年12月の発表では、甲状腺がんとその疑いの子ども達は184人になっています(図36)。その発生率は、日本の他の地域に比べると約30倍です。県民健康調査にたずさわっている専門家は、「普通なら見逃されている甲状腺がんが見つかったというスクリーニング効果だ」と繰り返し、「放っておいても支障のない甲状腺がんを手術している過剰診断だ」ということで、福島の子どもの甲状腺検査を縮小しようという動きがあります。

私は話が反対に進んでいると思っています。福島の子どもの甲状腺がんの原因をはっきりさせるためには、子ども達の甲状腺検査をこれからも継続するべきなのを言うまでもありません。チェルノブイリの場合、原発事故のあとに生まれた子ども達から甲状腺がんがほとんど認められなかったことが、因果関係を判断する決め手のひとつになりました(図37)。福島の子どもの甲状腺検査を縮小しようという動きは、甲状腺がんの因果関係をアイマイにしておくことにつながると私は考えています。

私としては、福島県だけでなく、もっと広い範囲で子ども達の被曝量を見積もって登録し、定期的な健康診断を続け、子ども達の健康状態をデータベースとして記録しておことが必要だと私は考えています。チェルノブイリの汚染地では、子ども達の間でさまざまな病気がいまでも増えているという報告があります。福島周辺の汚染地域で子ども達が病気になったとき、病気の原因が放射能汚染と関係するかもしれないと親が思うのは当然のことだと思います。そのときに、病気に原発事故が関係しているかどうか判断するときの決め手になるのは、汚染のある地域と汚染のない地域とで子ども達の病気データを比較することです。

いまからでも遅くはないので、政府が責任をもって、福島県ではなく、日本全体の子ども達を対象に健康調査をやるべきだと私は考えています。

◇ 原告6家族の初期被曝

原告6家族（AさんからFさん）の居住地における初期被曝を、私流の方法で見積もってみたら下記のような結果が得られました。詳細は添付資料を参照下さい。

＜原告居住地点甲状腺被曝と実効線量（4カ月と1年）＞

原告氏名	大人	子ども（10歳）	幼児（1歳）
Aさん：いわき市錦町			
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
Bさん：福島市渡利			
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
Cさん：いわき市常磐湯本町			
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
Dさん：福島市入江町			
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
Eさん：南相馬市原町			
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
Fさん：福島市丸子			
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

◇ 個人的に言いたいこと

最初のところで述べたように、福島原発事故によって関東から北の本州太平洋側に無視できない放射能汚染が生じたとは私は言っています（図 38）。私の感覚から言えば「東京もセシウムだらけ」です。2011年春から人の手が入っていない東京の空地や公園の土壌をサンプリングして、研

究室の測定器にかけると、いまでも見る間にセシウム 137 のピークが出てきます。東京中心部のセシウム 137 放射能汚染は1平方m当り 5000～1万ベクレルで、福島市では1平方m当り 10万～20万ベクレルくらい、飯舘村では1平方m当り 100万～200万ベクレルです。セシウム 137 の半減期が30年であることを考えると、日本に住んでいる私たちはこれから50年、100年、200年にわたってセシウム 137 と向かいあって行かねばなりません。

汚染地域で暮らすとは、「余計な被曝はしない方がいい」という原則と、「ある程度の被曝は避けられない」という相反する2つのことに、人々がどう折り合いをつけるかだと思っています(図39)。汚染地域で生活する住民には「1ベクレル、1マイクロシーベルトたりとも福島原発からの放射能汚染はイヤだ」という権利があります。

福島原発事故の責任が東京電力や日本政府にある以上、汚染地域の人々の選択を面倒見る責任も東京電力や日本政府にあると私は考えています。

最後に、科学(いまの場合、自然科学、サイエンス)の役割について付け加えておきます(図40)。サイエンスとは、「自然の観察に基づいて、自然界の成り立ち・仕組みを説明する学問である」というのが私の定義です。サイエンスの基本スピリットは、何でも疑うことで、疑いきれなくなったところで「科学的に確かな事」になります。サイエンスの役割は、自然の観察に基づいて確かなことを増やすことですが、「確かなこと」として分かっているのは自然全体のほんの一部であり、よく分かっていない事の方が圧倒的に多い状態にあります。つまり、確かな事だけに基づいてものごとを判断すると、よく分かっていない部分がすっぱり抜け落ちてしまうこととなります。水俣病といった公害問題や薬害問題で、私たちは多くの間違いを経験しましたが、その原因は、確かな事に頼りすぎてよく分からない部分を切りすてたことにある、と私は考えています。福島でいま問題となっている子どもの甲状腺ガンをはじめ、放射線量被曝の影響にもよく分からない事がたくさんあります。そこで大事なのが行政のスタンスです。科学的に確かな事ばかりをみて、よく分からないところにある事実を見逃さないよう、「予防原則」の考え方で問題に対処していただきたいというのが、日本政府をふくめた行政への私の要望です。

なお、ご参考に、これまでに私がまとめた論文等のリストを付けておきます。

今中哲二の業績リスト（抜粋）

A. 論文など

A-1. 広島長崎原爆放射線量関連

- 今中哲二、「広島・長崎原爆による中性子線量の推定」、*科学* 53 卷 No.2 pp114-122 1983.
- 今中哲二、海老沢徹ほか、「広島・長崎原爆線量再評価問題とその意味について」、京都大学原子炉実験所第 17 回学術講演会要旨集 pp73-78、1983 年 3 月 18 日.
- T. Imanaka, “Historical Review of Dose Assessment for the Atomic Bombs on Hiroshima and Nagasaki”, Proceedings of the. Belarus-Japan Symposium, Minsk, 1994.
- T. Imanaka, “Casualties and Radiation Dosimetry of the Atomic Bombings on Hiroshima and Nagasaki” Radiation Risk Estimates in Normal and Emergency Situations, pp.149-156, Elsevier, 2005
- 今中哲二、「DS02 に基づく誘導放射線量の評価」、広島・長崎原爆放射線量新評価システム DS02 に関する専門研究会報告書 KURRI-KR-114 pp150-154、2005.
- 今中哲二、「DS02 原爆線量計算システムの概要とその検証計算」、広島・長崎原爆放射線量新評価システム DS02 に関する専門研究会報告書 KURRI-KR-114 pp122-133、2005.
- 今中哲二、「広島原爆直後に実施された放射能調査活動」、広島原爆“黒い雨”にともなう放射性降下物に関する研究の現状 pp11-24、広島“黒い雨”放射能研究会、2010.
- 今中哲二、「広島原爆の黒い雨にともなう沈着放射能からの空間放射線量の見積り」、広島原爆“黒い雨”にともなう放射性降下物に関する研究の現状 pp89-101、広島“黒い雨”放射能研究会、2010.
- T. Imanaka and M. Fukumoto, “Radiation Dosimetry for the Atomic Bombings on Hiroshima and Nagasaki” Proceedings of Radioactivity after Nuclear Explosions and Accidents, Moscow, pp.170-176、2005.
- T. Imanaka, S. Endo et al., “Gamma-ray exposure from neutron-induced radionuclides in soil in Hiroshima and Nagasaki based on DS02 calculations”, *Radiation and Environmental Biophysics*. Vol. 47:323-330 (2008).
- 今中哲二、「広島・長崎原爆放射線量評価体系の変遷と未解決問題」、京都大学原子炉実験所第 43 回学術講演会報文集 pp15-20、2009 年 1 月 22 日.
- T. Imanaka, “Initial process of atomic bomb cloud formation and radioactivity distribution”, In: Revisit the Hiroshima A-bomb with a Database: Latest Scientific View on Local Fallout and Black Rain”, pp1-14, Hiroshima City, 2011.
- T. Imanaka, “Radiation survey activities in the early stages after the atomic bombing in Hiroshima”, In: Revisit the Hiroshima A-bomb with a Database : Latest Scientific View on Local Fallout and Black Rain, pp.69-82, Hiroshima City, 2011.
- 今中哲二、遠藤暁ほか、「広島原爆早期入市者の疾病記録と誘導放射能による被曝量の評価」、京都大学原子炉実験所第 46 回学術講演会報文集 pp154-159、2012 年 1 月

- T. Imanaka, S. Endo et al, “Radiation exposure and disease questionnaires of early entrants after the Hiroshima bombing”, *Radiation Protection Dosimetry* Vol.149:91-96 (2012)
- 今中哲二、「原爆直後の残留放射能調査に関する資料収集と分析」、*広島平和記念資料館資料調査研究会研究報告* 10 巻 pp31-52 (2014).
- 今中哲二、「広島原爆炸裂の初期プロセスについての考察：リトルボーイノートより」、*放射化学* 34 巻 pp24-37 (2016).

A-2. 福島原発事故関係

- 今中哲二、遠藤暁ほか、「福島原発事故にともなう飯館村の放射能汚染調査報告」、*科学* .81 巻 pp594-600 (2011).
- T. Imanaka, S. Endo et al, “Early radiation survey of the Iitate Village heavily contaminated by the Fukushima Daiichi accident, conducted on March 28th and 29th, 2011”, *Health Physics* Vol.102 pp680-686 (2012).
- 今中哲二、「チェルノブイリ事故と福島事故の比較」、*ユーラシア研究* 47 巻 pp49-54 (2012).
- 今中哲二ほか、「飯館村住民の初期外部被曝量の見積もり」、*科学* 84 巻 pp322-332 (2014).
- 沢野伸浩、今中哲二ほか、「飯館村初期被曝評価(1) 米国 NNSA による空中サーベイデータを用いた飯館村のセシウム汚染詳細マップ」、第 14 回環境放射能研究会プロシーディングス、KEK proceedings-2013-7、pp136-144、2013.
- 今中哲二、林剛平ほか、「飯館村初期被曝評価(2) 地表沈着放射能に基づく村内全戸の空間線量評価」、第 14 回環境放射能研究会プロシーディングス、KEK proceedings-2013-7、pp145-150、2013.
- 今中哲二、「放射能汚染への向き合い方：どこまでの被曝をガマンするか」、*農村計画学会誌* 32 巻 pp449-451 (2014).
- 今中哲二、遠藤暁ほか、「この 4 年間の飯館村放射能汚染調査の報告」、*科学* 85 巻 pp608-612 (2015).
- T. Imanaka, G. Hayashi et al, “Comparison of the accident process, radioactivity release and ground contamination between Chernobyl and Fukushima-1”, *Journal of Radiation Research* Vol.56_suppl_1 ii56-61 (2015).
- 今中哲二、「チェルノブイリと福島：事故プロセスと放射能汚染の比較」*科学* 86 巻 pp252-257 (2016).
- 今中哲二、「飯館村での放射能汚染調査と初期被曝量評価」、*京都大学原子炉実験所第 48 回学術講演会報文集* pp220-225、2014 年 1 月 31 日.

A-3. 東海村 JCO 臨界事故関係

- 今中哲二、「発生出力と中性子線量」、*技術と人間*、1999 年 12 月号 pp56-65.

- T. Imanaka, “Neuron dose and power released by the JCO criticality accident in Tokai-mura”, *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol.50 pp. 15-20 (2000).
- T. Imanaka, “Transport calculation of neutrons leaked to the surroundings of the facilities by the JCO criticality accident in Tokai-mura”, *Journal of Radiation Research*, Vol.42_suppl pp.31-44 (2001).
- 今中哲二、「中性子輸送計算に基づく放射化量と測定値の比較」、放医研環境セミナーシリーズ No.28 pp88-97、放射線医学総合研究所、2001.
- T. Imanaka, Reevaluation of radiation dose around the JCO site from the criticality accident in Tokai-mura”, *Health Physics*, Vol.88 pp382-387 (2005).
- 今中哲二、「JCO 事故による環境漏洩中性子の影響評価」、第 10 回環境放射能研究会プロシーディングス、pp165-170、2009.

A-4. セミパラチンスク核実験場調査関係

- T. Imanaka, S. Fukutani et al, “Width and center-axis location of the radioactive plume that passed over Dolon and nearby villages on the occasion of the first USSR A-bomb test in 1949”, *Journal of Radiation Research* Vol.46 pp395-399 (2005).
- T. Imanaka, S. Fukutani et al, “External radiation in Dolon village due to local fallout from the first USSR atomic bomb test in 1949”, *Journal of Radiation Research*, Vol.47 pp121-127 (2006).
- T. Imanaka, M. Yamamoto et al, “Reconstruction of local fallout composition and gamma-ray exposure in a village contaminated by the first USSR nuclear test in the Semipalatinsk nuclear test site in Kazakhstan”, *Radiation and Environmental Biophysics* Vol.49 pp673-684 (2010).

A-5. チェルノブイリ原発事故関係

- T. Imanaka and H. Koide, “Fallout in Japan from Chernobyl”, *Journal of Environmental Radioactivity* Vol.4 pp148-153 (1986).
- 瀬尾健、今中哲二ほか、「チェルノブイリ事故による放出放射能」。科学、58 巻 pp108-117 (1998).
- T. Imanaka and H. Koide “Radiocesium concentration in milk after the Chernobyl accident in Japan”. *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry* Vol.145: 151-157 (1990).
- T. Imanaka、T. Seo et al, “Radioactivity in the highly contaminated area near the Chernobyl site”, *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry*, Vo.154: pp111-119 (1991).
- 今中哲二、「規則違反か設計欠陥か？ーチェルノブイリ原発事故の原因に関する最近の報告

- から」、技術と人間、1992年4月号 pp20-31.
- 今中哲二、「チェルノブイリ原発事故による放射能汚染と被災者たち－1－」、技術と人間、1992年5月号、pp115-127.
 - 今中哲二、「チェルノブイリ原発事故による放射能汚染と被災者たち－2－」、技術と人間、1992年6月号、pp117-127.
 - 今中哲二、「チェルノブイリ原発事故による放射能汚染と被災者たち－3－」、技術と人間、1992年7月号、pp115-127.
 - 今中哲二、「チェルノブイリ原発事故による放射能汚染と被災者たち－4－」、技術と人間、1992年8月号、pp83-97.
 - 今中哲二、「ベラルーシのチェルノブイリ事故影響研究の現状－上－」、技術と人間、1993年10月号、pp46-53.
 - 今中哲二、「ベラルーシのチェルノブイリ事故影響研究の現状－下－」、技術と人間、1993年11月号、pp102-111.
 - 今中哲二、「チェルノブイリ事故10年」、世界、1996年6月号、pp225-236.
 - 今中哲二、「チェルノブイリ原発事故による周辺住民の急性放射線障害」、技術と人間、1997年4月号、pp14-27.
 - V. P. Matsko and T. Imanaka, “Legislation and research activity in Belarus about the radiological consequences of the Chernobyl Accident”、保健物理、32巻 pp81-96 (1997).
 - I. A. Ryabtsev and T. Imanaka, “Legislation and research activity in Russia about the radiological consequences of the Chernobyl accident”、保健物理 32巻 pp.211-225 (1997).
 - O. Nasvit and T. Imanaka, “Legislation in Ukraine to manage the radiological consequences of the Chernobyl accident”、保健物理 pp195-210 (1998).
 - T. Imanaka and H. Koide, “Assessment of external dose to inhabitants evacuated from the 30-km zone soon after the Chernobyl accident” "Radiation Biology Radioecology, Vol.40 pp582-588 (2000).
 - 今中哲二、「チェルノブイリ原発事故とその放射能災害の概要」、ロシア研究 Vol.33 pp.79-99 (2001).
 - 今中哲二、「運転員はなぜ AZ5 ボタンを押したか? : チェルノブイリ原発事故の暴走プロセス」、技術と人間、2002年5月号 pp10-20.
 - 今中哲二、「水素爆発か核爆発か? : チェルノブイリ原発4号炉爆発の正体」、技術と人間 2002年7月号 pp78-91.
 - 今中哲二、小出裕章ほか、「ベラルーシ、ウクライナ、ロシアにおけるチェルノブイリ原発事故研究の現状調査報告」、京都大学原子炉実験所第37回学術講演会報文集 pp150-155 2003年1月.
 - 今中哲二、「チェルノブイリ原発事故の「死者の数」と想像力」、科学、76巻 pp538-540 (2006).
 - 今中哲二、「チェルノブイリ原発事故：何が起きたのか」、第8回環境放射能研究会プロシー

ディングス pp23-32 2007 年 3 月.

- 今中哲二、「チェルノブイリ原発周辺 30km 圏避難住民の被曝量の再検討」、第 8 回環境放射能研究会プロシーディングス pp119-123 2007 年 3 月.
- T. Imanaka and N. Kawano, “Radioactive contamination and social consequences caused by the Chernobyl nuclear accident”. Hiroshima Peace Science Vol.31 pp65-86 (2009).

A-6. その他

- 今中哲二、海老澤徹ほか「米国スリーマイル島原発事故の問題点—事実が示した原子力開発の欠陥—」、科学 49 巻 pp346-352 (1979).
- 今中哲二、「放射線の発がん危険度について」、公害研究 16 巻 No.2 pp47-56 (1986).
- 今中哲二、「“100 ミリシーベルト以下は影響ない” は原子力村の新たな神話か?」、科学、81 巻 pp1150-1155 (2011).

B. 報告書など

- T. Imanaka ed. “Research Activities about the Radiological Consequences of the Chernobyl NPS Accident and Social Activities to Assist the Sufferers by the Accident”, Report of an International Collaborative Work under the Research Grant of the Toyota Foundation in 1995 – 1997, KURRI-KR-21, 1998
- T. Imanaka ed. “Recent Research Activities about the Chernobyl NPP Accident in Belarus, Ukraine and Russia” KURRI-KR-79, 2002.
- 葉佐井博巳、今中哲二ほか編集、「広島・長崎原爆放射線量新評価システム DS02 に関する専門研究会」報告書、KURRI-KR-114、2005.
- 今中哲二編、「チェルノブイリ原発事故の実相解明への多角的アプローチ—20 年を機会とする事故被害のまとめ—」、トヨタ財団研究報告書、KURRI-KR-133、2007.
- T. Imanaka ed. “Multi-side Approach to the Realities of the Chernobyl NPP Accident – Summing-up of the Consequences of the Accident Twenty Years After (II)”, Report of a research grant from the Toyota Foundation, KURRI-KR-139, 2008.
- 今中哲二編、「旧ソ連の原子力開発にともなう放射能災害とその被害規模に関する調査研究」、KURRI-KR-181、2013.
- 今中哲二、福本学編、「福島原発事故による周辺生物への影響に関する専門研究会」報告書、KURRI-KR-209、2016.
- 齊藤剛、福本学、今中哲二編、「福島第一原発事故による周辺生物への影響に関する研究会」報告書、KURRI-EKR-15、2016.

C. 市販著書など

- 今中哲二ほか 16 人著、「原発の安全上欠陥」、第三書館、1979

- 今中哲二編、「チェルノブイリ事故による放射能災害 国際共同研究報告書」、技術と人間、1998.
- 今中哲二 共著、「原発を終わらせる」、岩波新書、2011.
- 今中哲二、「サイレントウォー 見えない放射能とたたかう」、講談社 2012.
- 今中哲二 共著、「原爆放射線の人体影響 改訂第2版」、文光堂 2012.
- 今中哲二、「低線量放射線被曝 チェルノブイリから福島へ」、岩波書店 2012.
- 今中哲二、「放射能汚染と厄災 終わりなきチェルノブイリ原発事故の記録」、明石書店 2013.

図1. 放射線、放射能、原子力研究のはじまり

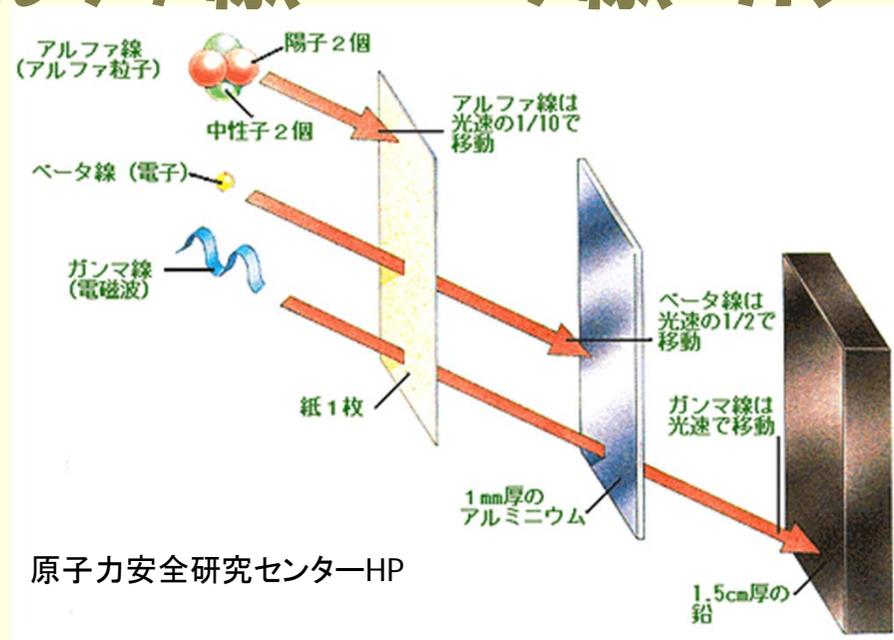
- 1895 レントゲンによるX線の発見
- 1896 ベクレルによる放射能の発見
- 1897 トムソンによる電子の発見
- 1898 キュリー夫妻によるRa、Poの発見
- 1905 アインシュタインの特殊相対性理論
- 1912 ラザフォードによる原子核の発見
- 1913 ボーアの原子模型
- 1932 チャドウィックによる中性子の発見
- 1934 ジョリオ・キュリーの人工放射性元素の合成
- 1938 ハーン、シュトラスマン、マイトナーによるウラン核分裂の発見

放射能、放射線は地球が出来たときからそこら中にあったが、人類がその存在を知ったとは、約120年前のことだった。 1

図2. 放射能とは、放射線とは

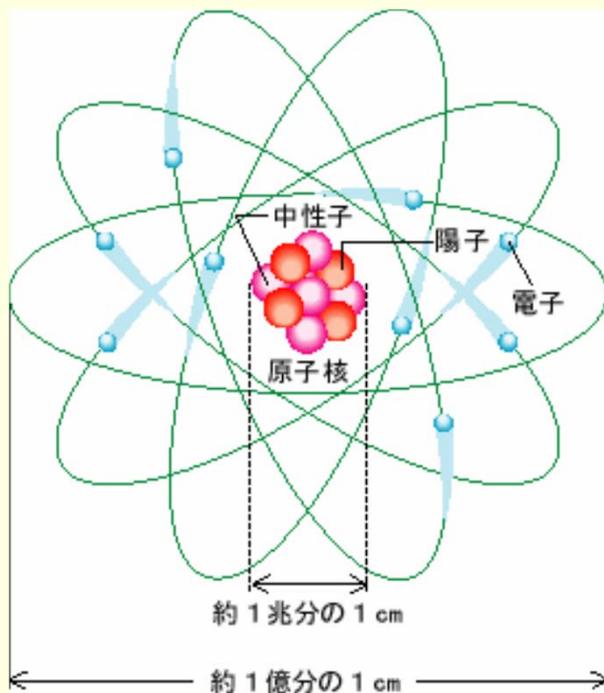
- 放射能：放射線を出す物質、放射性物質
- 放射線：放射性物質の原子核から出てくる、大きなエネルギーをもつ電磁波、粒子

アルファ線、ベータ線、ガンマ線



19世紀の終わりに、放射線、放射能が発見されたが、その正体が判明したのは、20世紀のはじめに原子や原子核の構造が明らかになってからだった。

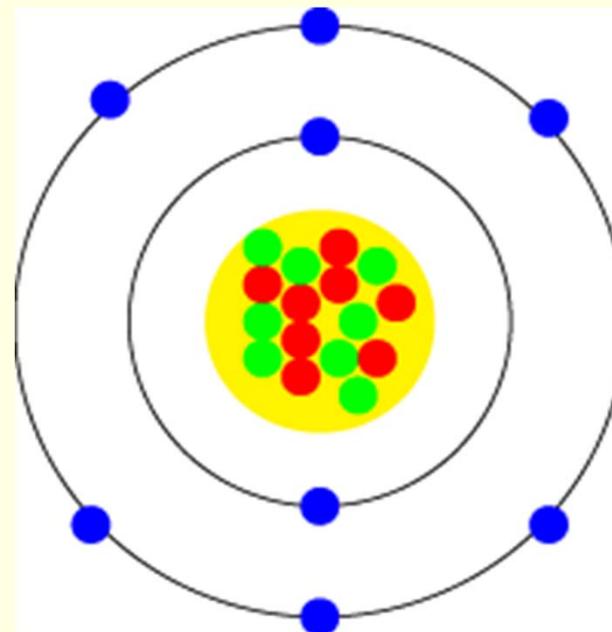
図3. 原子、原子核の仕組み



原子核の中の陽子の
数で元素が決まる

酸素の原子：陽子が8つ

${}_{8}^{16}\text{O}$



- 原子は、真ん中の原子核とまわりの電子でできて、
- 原子核には、陽子と中性子が集まっている

原子核の中の“陽子と中性子の数のバランス”が悪いと、原子核が変身して、より安定な別の原子核になろうとする。

図4. 周期表

水素の同位体

- ${}^1_1\text{H}$: 普通の水素 (軽水素)
- ${}^2_1\text{H}$: 重水素
- ${}^3_1\text{H}$: 三重水素 (トリチウム)

1																	18
1 H	2											13	14	15	16	17	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*1	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	*2	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo

*1 ランタノイド:

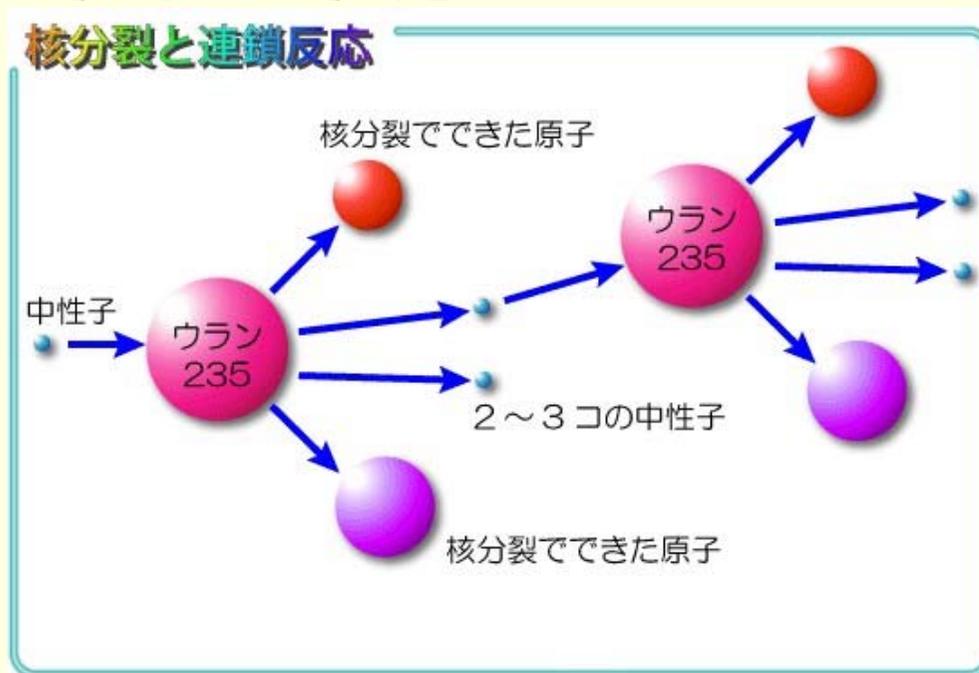
57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

*2 アクチノイド:

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

周期表の順番 (原子番号) は、原子核の中に陽子が何個含まれているかで決まる。自然界に存在している最も重たい元素、ウランの原子番号は92で、原子核の中に92個の陽子が含まれている。フルトニウムの原子番号は94。

図5. 原爆と原発



<原爆>

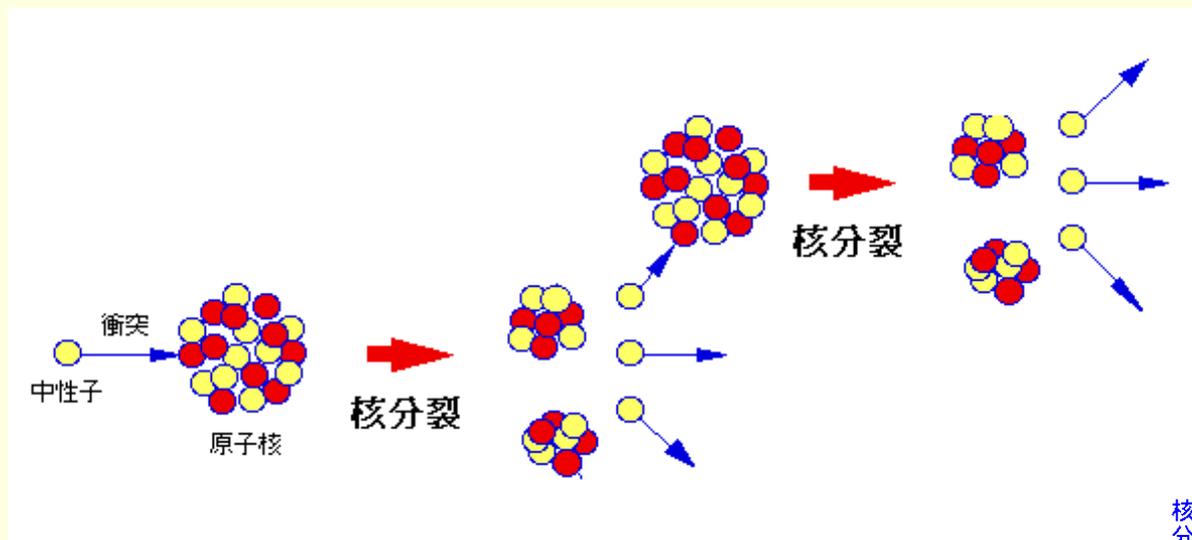
連鎖反応を瞬時的
(100万分の1秒)に行う。

<原発>

制御棒を用いて
連鎖反応を制御する

1938年、ドイツのハーンらは、ウランに中性子をあてる実験をしていて、ウランの原子核が分裂することを発見した。その際に2個か3個の中性子が新たに発生することが明らかになり、核分裂連鎖反応の可能性が示唆された。第2次大戦に参加した米国はマンハッタン計画を開始し、1945年8月に広島と長崎に原爆を投下した。

図6. 核分裂と核分裂生成物



92個の陽子と144個の中性子が
2つの破片に分布する

原子核の割れ方は決
まっていない！

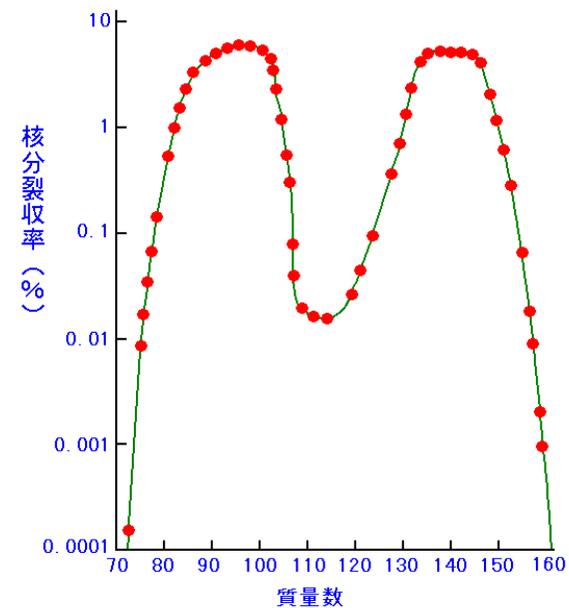
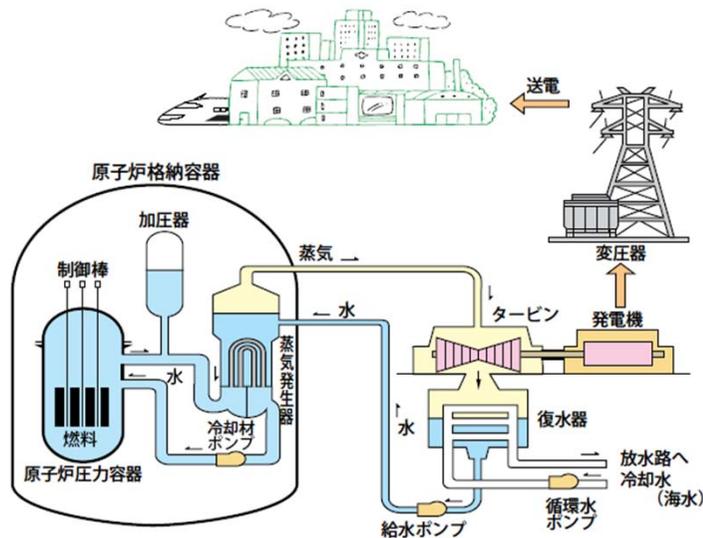


図1 ^{235}U の核分裂生成物収率曲線

原子核の割れ方によって、様々な核分裂生成物が生まれる。核分裂生成物のほとんどは、放射性物質（放射性同位元素）である。

図7. 原発の危険性

加圧水型炉(PWR)原子力発電のしくみ



● 広島・長崎原爆では約1kgのウランやプルトニウムが核分裂を起こした。

● 100万kWの原発では1日に約3kgのウランが核分裂を起こす(1年で約1000kg)。

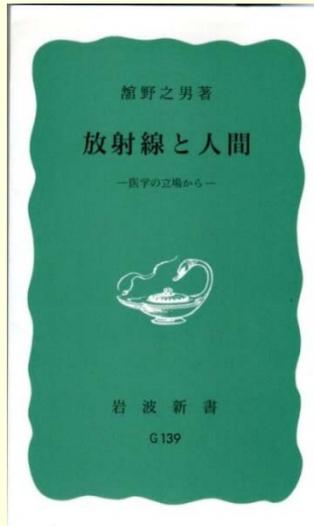
原発大事故 その1：核分裂の制御に失敗する。

原発大事故 その2：原子炉の冷却に失敗する。

1986年のチェルノブイリ事故は、核分裂の制御に失敗した、出力暴走事故。2011年の福島原発事故は、電源喪失後に炉心が融けてしまった、冷却失敗事故。

図8. X線医療利用にともなう皮膚炎・皮膚ガン

20世紀初め～



館野之男「放射線と人間」岩波新書(1974)より

第2表 第2版『顕彰書』に採録されている日本の放射線障害物故者

花室憲章 (医師)	宮原立太郎 (医師)	渡辺安太郎 (技師)
林静一郎 (技師)	中村慎一 (医師)	大山 馨 (技師)
今城信貫 (技師)	白井講一 (技師)	今村岩松 (技師)
松田政次郎 (技師)	浦野多門治 (医師)	小林寅市 (技師)
永井 隆 (医師)	林 直紀 (技師)	永原義雄 (医師)
柴田利吉 (技師)	伊貝幸次郎 (技師)	佐藤元吉 (技師)
宮原敏也 (医師)	勝野井素一 (医師)	鈴木孝喜 (医師)
大谷国吉 (医師)	宮田太喜男 (医師)	吉野源蔵 (技師)
肥田七郎 (医師)	小沢清躬 (医師)	
敏峰竹吉 (技師)	末次逸馬 (医師)	

第4表 放射線障害物故者数の国際比較

年 代	イギリス	ドイツ	アメリカ	フランス	日本	全世界
1900—10	3	2	8	3	—	16
1911—20	5	4	10	8	—	34
1921—30	10	10	5	25	4	84
1931—40	10	18	22	18	7	105
1941—50	8	11	6	4	10	58
1951—60	6	14	4	4	13	55
1961—					9	

日本以外は第2版『顕彰書』から、日本は日本医学放射線学会の調査から。

ドイツ放射線学会「全世界レントゲン学者・放射線学者顕彰書 第2版」1959.
物故者総数360名. うち日本人28名.

1895年にX線が発見されると、世界中のお医者さんが診断と治療に使い始めた。X線の濫用で、皮膚潰瘍や皮膚ガンが医者や技師に多発した。

図9. ラジウムダイヤルペインターの骨肉腫

1910年代～

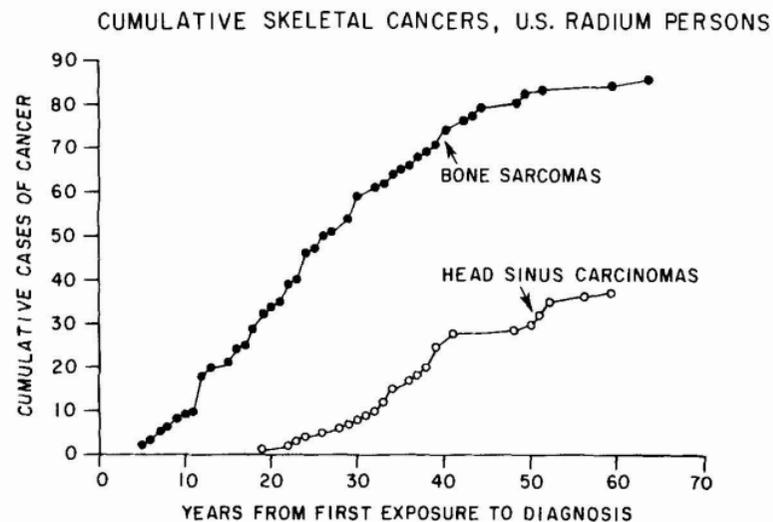
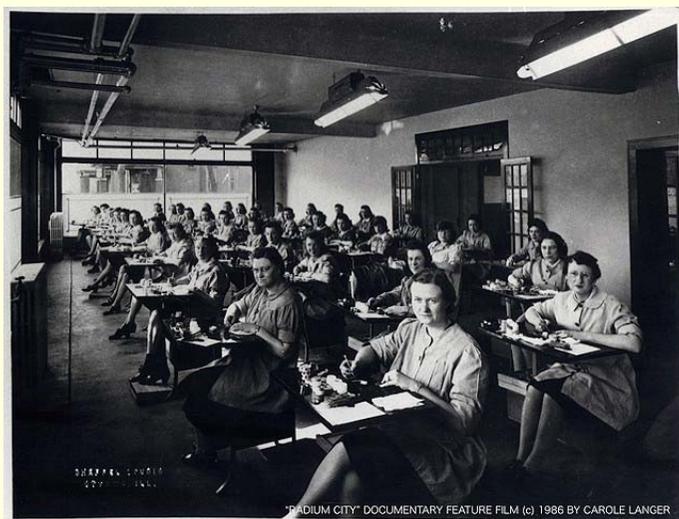


1910年頃から、夜行時計の文字盤にラジウムを塗るため、筆先を舐めながら作業した。

ALPHA-PARTICLE-INDUCED CANCER IN HUMANS*†

Charles W. Mays‡

Radiobiology Division, Building 351, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112



Mays. Health Physics 1988

米国では、約3000人の作業員から約100件以上の骨がんと頭洞部がんが発生

図10. ICRP（国際放射線防護委員会）の変遷

- 1928(前身) 国際X線ラジウム防護委員会
 - 当時は、1日当たり0.2R（約2mSv）の耐容線量
- 1950 ICRP結成
 - 1950年勧告 ALAP：「被曝は可能な限り少なく」
 - 1958年勧告 放射線作業者 年50mSv、公衆はその1/10の年5mSv
 - 1965年勧告 ALARA 「被曝は合理的に達成可能な限り少なく」
 - **1977年勧告、1985年パリ声明、1990年勧告、2007年勧告**

ICRPの基本的スタンス：

確定的影響を防止し、確率的影響を受け入れ可能な範囲に抑える。

図11. トロトラスト（酸化トリウムX線造影剤）による肝臓ガン

日本では主に戦時中の負傷兵

トロトラスト誘発肝腫瘍



	トロトラスト症		非トロトラスト症
	日本	デンマーク	日本
胆管細胞癌	43.5	32.3	9.6 (%)
血管肉腫	35.6	26.0	0.2
肝細胞癌	15.4	35.4	81.5
その他	31.3	6.3	8.6

(Andersson M et al. Rad Res 1994)
(Mori T et al. Ibid 1999)

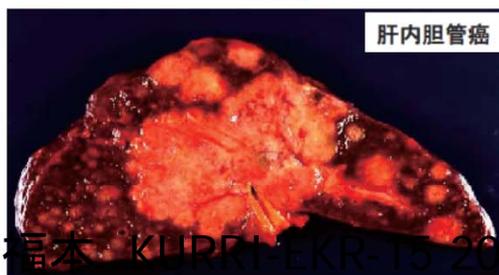


Table 2. Cancers in German Thorotrast patients and controls (Va86).

	Thorotrast	Control
	Followed patients	2334
Dead	1964	1409
Liver cancer	347	2
Cancer of extrahepatic bile ducts	14	6
Myeloproliferative disease (mostly myeloid leuk.)	35	3
Chronic lymphatic leukemia	3	2
Hodgkin's lymphoma	2	1
Non-Hodgkin's lymphoma	16	7
Multiple myeloma	4	1
Bone sarcoma	4	1
Cancer of the larynx	5	1
Lung cancer	46	40
Pleural mesothelioma	4	0
Pancreatic carcinoma	20	4
Cancer of the G.I. tract	58	70
Kidney cancer	4	2
Prostate cancer	13	9
Malignant brain tumor	14	9

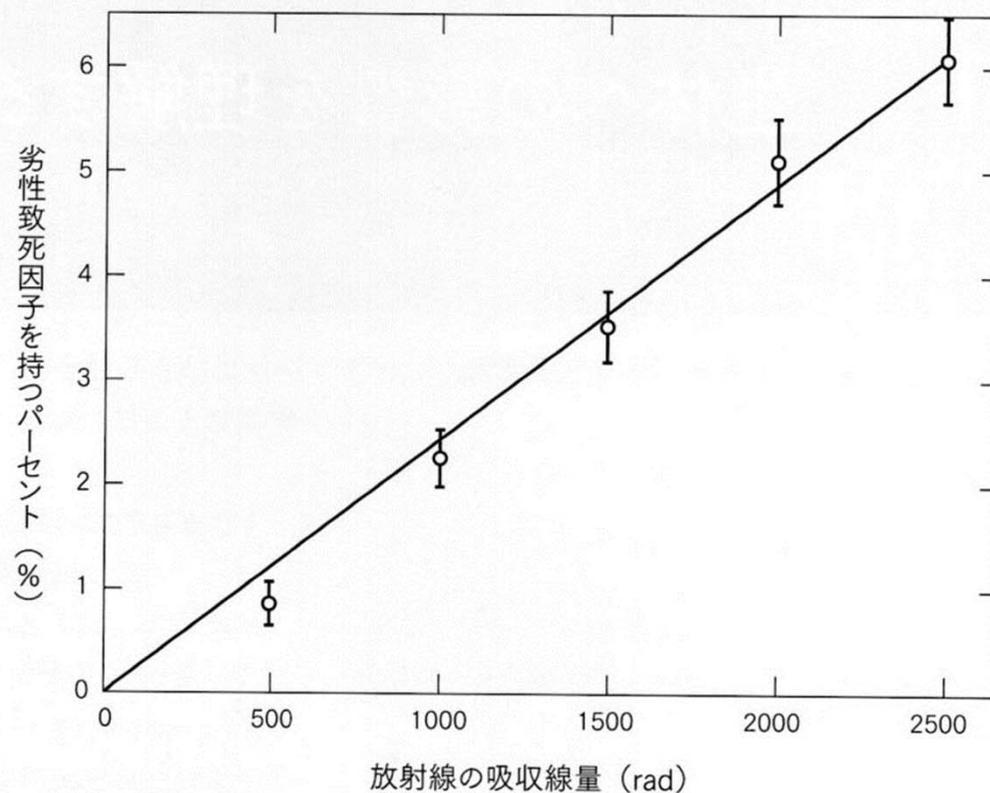
酸化トリウムは肝臓に蓄積され、長期にわたるアルファ線被曝をもたらす

Mays. Health Physics 1988

<被曝量と比例する放射線影響>

図12. Mullerによるショウジョウバエをつかった人工突然変異の実験 (1927)

X線照射によるキイロショウジョウバエの劣性致死突然変異の誘発



Mullerは人為的にはじめて突然変異を発生させることに成功し、ノーベル賞を受賞。

田中司朗ほか「放射線必須データ32:被ばく影響の根拠」創元社2016より

<晩発性障害疫学データ>

図13. 被爆生存者寿命調査
LSS (Life Span Study) 1950.10.1~

	Number of survivors (1950 Census)	Life Span Study Cohort (1950)		
		Exposed	Not-exposed	Total
Hiroshima	159,000	62,000	20,000	82,000
Nagasaki	125,000	32,000	6,000	38,000
Total	284,000	94,000	26,000	120,000

1950年国勢調査の附帯調査を基に、ABCCは12万人の固定追跡集団を設定。戸籍を基に定期的に生死をチェック。死亡の場合は、死亡診断書で死因を確認。一方、各被曝生存者の被曝量を推定。



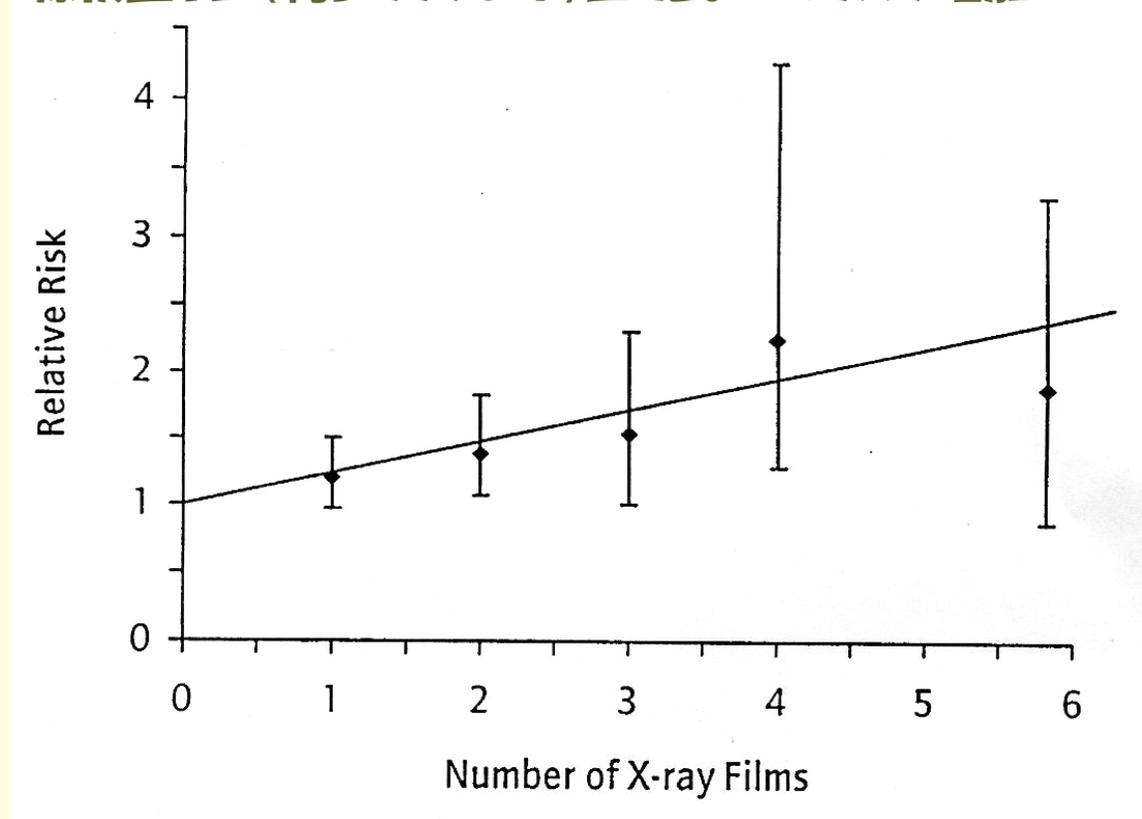
RERF in Hiroshima

図14. オックスフォード小児ガン研究

妊娠中に受けたX線検査の数と危険度の関係: 1953-1972

R Doll, British J Radiology (1997)

X線検査1回(約5ミリグレイ)当り20%のリスク増加



1956年、英国のAlice Stewartは、妊娠中にX線診断を受けた母親の子供に小児ガンが多いことを報告した。この結果は後の研究でも確認された。

図15. ICRPによる公衆線量限度の変遷 1977年勧告

■ 公衆の線量限度：年間5ミリシーベルト

- 『一般公衆の構成員に関する確率的現象についてのリスクの容認できるレベルは．．．．公共輸送機関の利用に伴うリスクである．．．．この根拠から、**年当り 10^{-6} ～ 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**』

- ★ 当時のガン死リスク係数：1ミリシーベルト当り 10^{-5} 。年間5ミリだと、ガン死リスクは年間 5×10^{-5} 。
- ★ 年間5ミリシーベルトを基準にすると、“平均は0.5ミリシーベルト程度”になるので、リスクは 10^{-5} 以下になる、と弁明。

図16. ICRPによる公衆線量限度の変遷 1985年パリ声明

- **公衆の線量限度：年間1ミリシーベルト**
 - 『**委員会は原則として年間1ミリシーベルトを勧告する。**しかしながら、生涯にわたる平均年間被曝量が1ミリシーベルトを越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』
 - ★ 広島・長崎の被曝生存者追跡データは、ガン死リスク係数が以前に考えられていたより、ずっと大きいことを明らかにしはじめた。公衆の被曝リスクを一定に保つには、線量限度を引き下げざるを得なくなった。

図17. ICRPによる公衆線量限度の変遷 1990年勧告

■ 公衆の線量限度：年間1ミリシーベルト

- 『公衆の構成員に対する適切な線量限度を選定することは(職業被曝の場合より)さらに難しい。
... 1ミリシーベルトの年線量による寄与生涯致死確率は 4×10^{-3} となる。... **読者はリスク情報のみによって早まった結論を導かないよう注意されたい。』**

★1990年勧告のガン死リスク係数は、1ミリシーベルト当り 5×10^{-5} である。年1ミリシーベルトという線量限度は“公衆が容認できる年 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ ”というリスクを越えている。

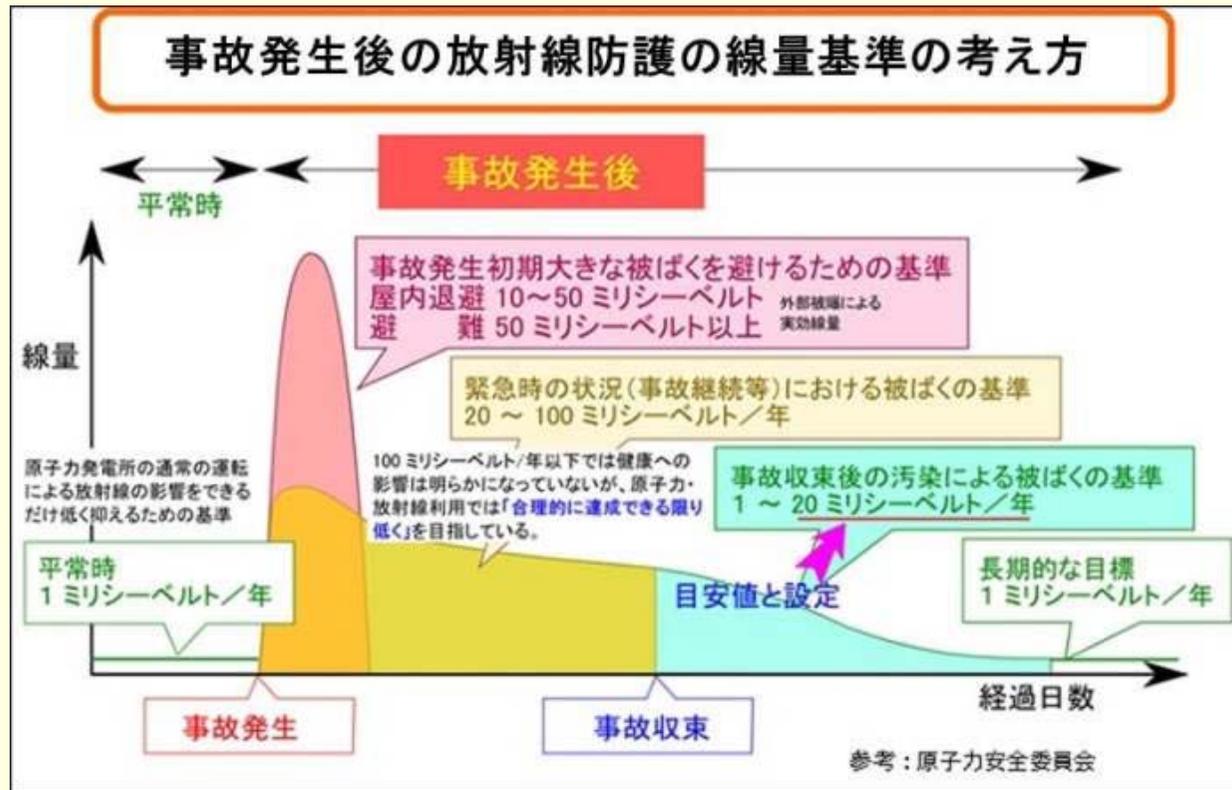
図18. ICRPによる公衆線量限度の変遷 2007年勧告

■ 公衆の線量限度：年間1ミリシーベルト

- 『約100ミリシーベルトを下回る低線量域では、がん又は遺伝性の影響の発生率が、**等価線量の増加に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もらしい**という見解を支持する。しかし... 低線量における健康影響が不確実であることから、非常に長期間にわたり多数の人にとが受けたごく小さい線量に関係するかも知れないがん又は遺伝性疾患について**仮想的な症例数を計算することは適切でない。**』

★年1ミリシーベルトという被曝にともなうリスクの評価を放棄。（というか逃げた。）

図19. “年間20ミリシーベルトは安全・安心” キャンペーンについて



『現存被曝状況』とは、チェルノブイリ汚染地域での対応に困ったICRPが考えついたもので、年20ミリシーベルトまでの被曝リスクは、あったとして観察できないほどなのでガマンしようという精神。

**避難指示解除の問題は、戻りたくない人まで
むりやり戻そうとする政策にある！**

2011年3月12日の朝刊 図20. 福島第1原発で電源喪失. . .



図21. 2011年3月29日の飯舘村調査 長泥曲田 30 $\mu\text{Sv}/\text{h}$



このような放射能汚染の中で、飯舘村の人々は普通に暮らしていた！

どうやら、福島原子炉と期を同じくして、日本の原子力防災システムもメルトダウンしていたようだ！

図22. 放射線障害の分類

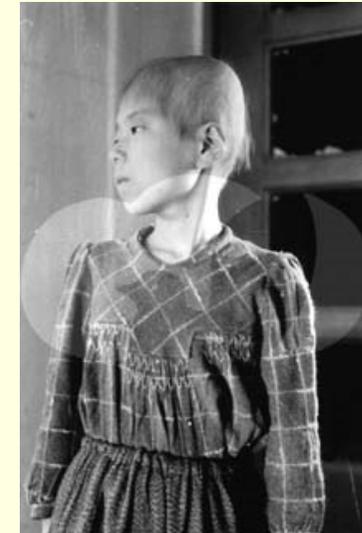
■ 急性放射線障害

- 大量の被曝により多くの細胞が死亡し臓器機能がやられる

広島の被爆者

左:爆心から1kmにいた兵隊.
1945年9月はじめに死亡.

右:1.2kmで被爆した少女
の脱毛.後にガン死.



■ 晩発性放射線障害

- 細胞の突然変異により、後になってガン・白血病や遺伝的障害として現われる

図23. 米国BEIR-VII 報告 (2005)

☆ 発ガンに関する線量・効果関係は、「しきい値なし直線」である

☆ 1ミリシーベルトの被曝により後に発ガンする確率は(人間集団の平均で)1万分の1である

放射線被ばく

低線量でも発がん

米調査 CT1回、1000人に1人

【ワシントン共同】放射線被ばくは低線量でも発がんリスクがあり、職業上の被ばく線量限度である5年間で100ミリ

シーベルトの被ばくでも約1%の人が放射線に起因するがんになるとの報告書を、米科学アカデミーが世界の最新データを基に30日ま

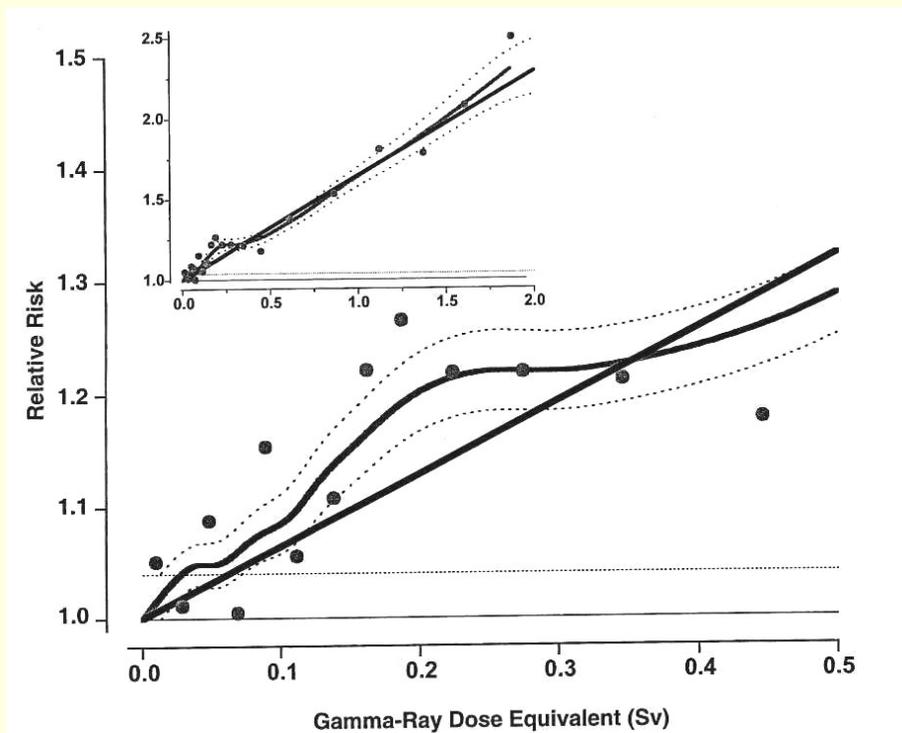
でまとめた。報告書は「被ばくには、これ以下なら安全」と言える量はないと指摘。国際がん研究機関などが日本を含む

15カ国の原発作業員を対象にした調査でも、線量限度以内の低線量被ばくで、がん死の危険が高まることが判明した。

7/1

図24. 福島原発事故が起きて驚いたこと！ 多くの専門家が『100mSv以下は影響ない』と いった発言をし始めた....

彼らの根拠は広島・長崎データのようなのだが....



Pierceら、Radiation Research 2000

『影響が観察されていないこと』と『影響がないこと』とは全く異なる。広島・長崎データから、100ミリシーベルト以下(0.1シーベルト以下)の影響は、直接的には分からない。

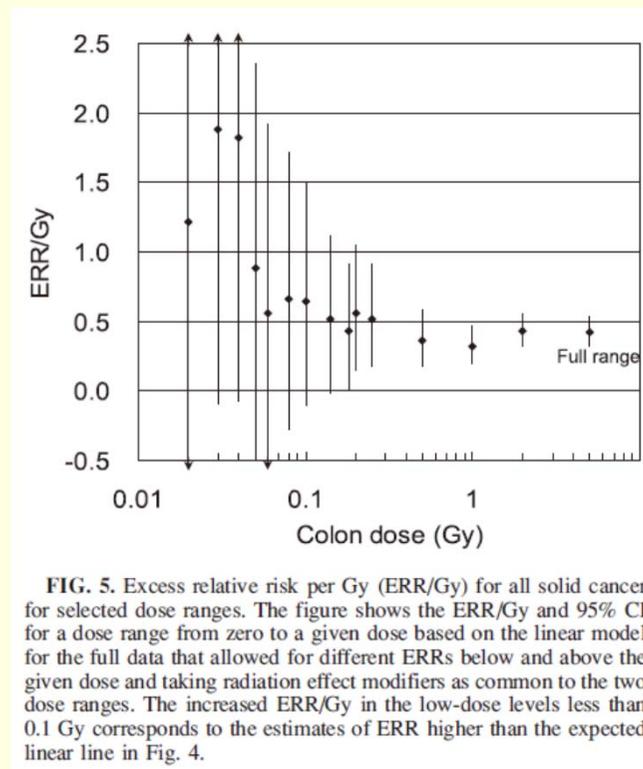
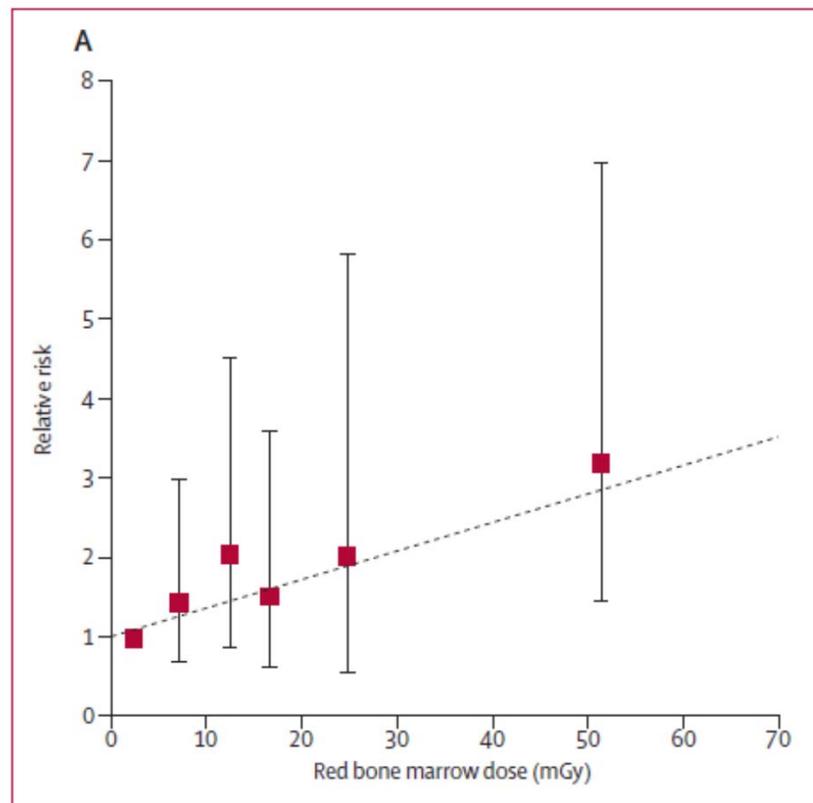


FIG. 5. Excess relative risk per Gy (ERR/Gy) for all solid cancer for selected dose ranges. The figure shows the ERR/Gy and 95% CI for a dose range from zero to a given dose based on the linear model for the full data that allowed for different ERRs below and above the given dose and taking radiation effect modifiers as common to the two dose ranges. The increased ERR/Gy in the low-dose levels less than 0.1 Gy corresponds to the estimates of ERR higher than the expected linear line in Fig. 4.

Ozasa et al, LSS14 report

図25. 子どものCT検査による 白血病と脳腫瘍の増加データ イギリスLancet誌 2012年6月

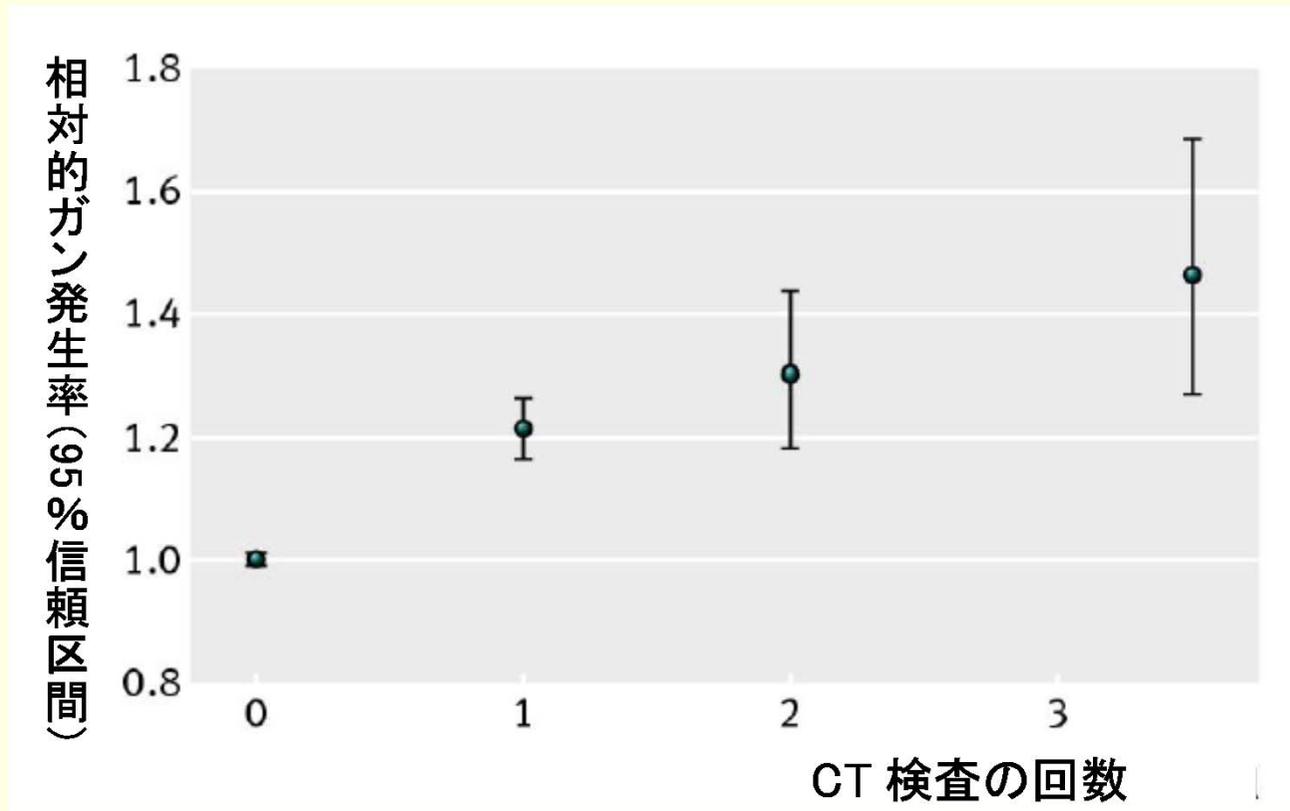


10歳以下の子どもが
頭部CTを受けた場合、
検査1万件につき、白
血病1件と脳腫瘍1件
の増加。

**Radiation exposure from CT scans in childhood and
subsequent risk of leukaemia and brain tumours:
a retrospective cohort study**

Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Kieran McHugh, Choonsik Lee, Kwang Pyo Kim, Nicola L Howe, Cecile M Ronckers, Preetha Rajaraman, Sir Alan W Craft, Louise Parker, Amy Berrington de González

オーストラリアでCT検査を受けた子供68万人の追跡調査
図26. CT検査によるガン増加データ
Mathewsら BMJ誌 2013年



**CT 1回当りの被曝量は4.5ミリシーベルト。
CTの回数とともに有意なガン増加が認められた。**

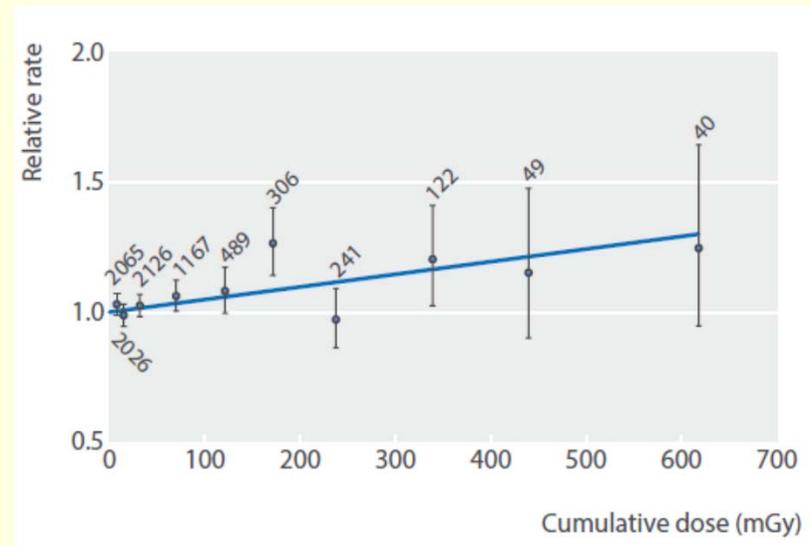
図27. INWORKSデータ：英米仏3カ国の原子力労働者30万人のガン・白血病追跡データ

白血病以外の全ガン BMJ 2015

Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS)

David B Richardson,¹ Elisabeth Cardis,^{2,3,4} Robert D Daniels,⁵ Michael Gillies,⁶ Jacqueline A O'Hagan,⁶ Ghassan B Hamra,⁷ Richard Haylock,⁸ Dominique Laurier,⁸ Klervi Leuraud,⁸ Monika Moissonnier,⁹ Mary K Schubauer-Berigan,⁵ Isabelle Thierry-Chef,⁹ Ausrele Kesminiene⁹

- ・平均骨髄被曝量 21mGy
- ・被曝の相対過剰リスク 0.51/Gy



白血病 Lancet Haematology 2015

Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study

Klervi Leuraud, David B Richardson, Elisabeth Cardis, Robert D Daniels, Michael Gillies, Jacqueline A O'Hagan, Ghassan B Hamra, Richard Haylock, Dominique Laurier, Monika Moissonnier, Mary K Schubauer-Berigan, Isabelle Thierry-Chef, Ausrele Kesminiene

- ・平均骨髄被曝量 16mGy
- ・被曝の相対過剰リスク 2.96/Gy

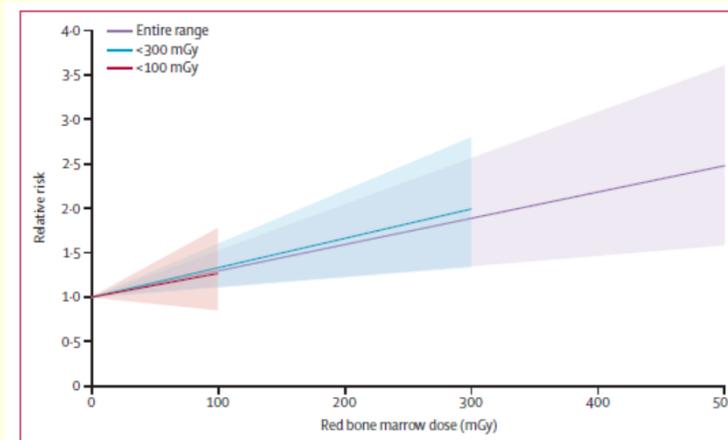
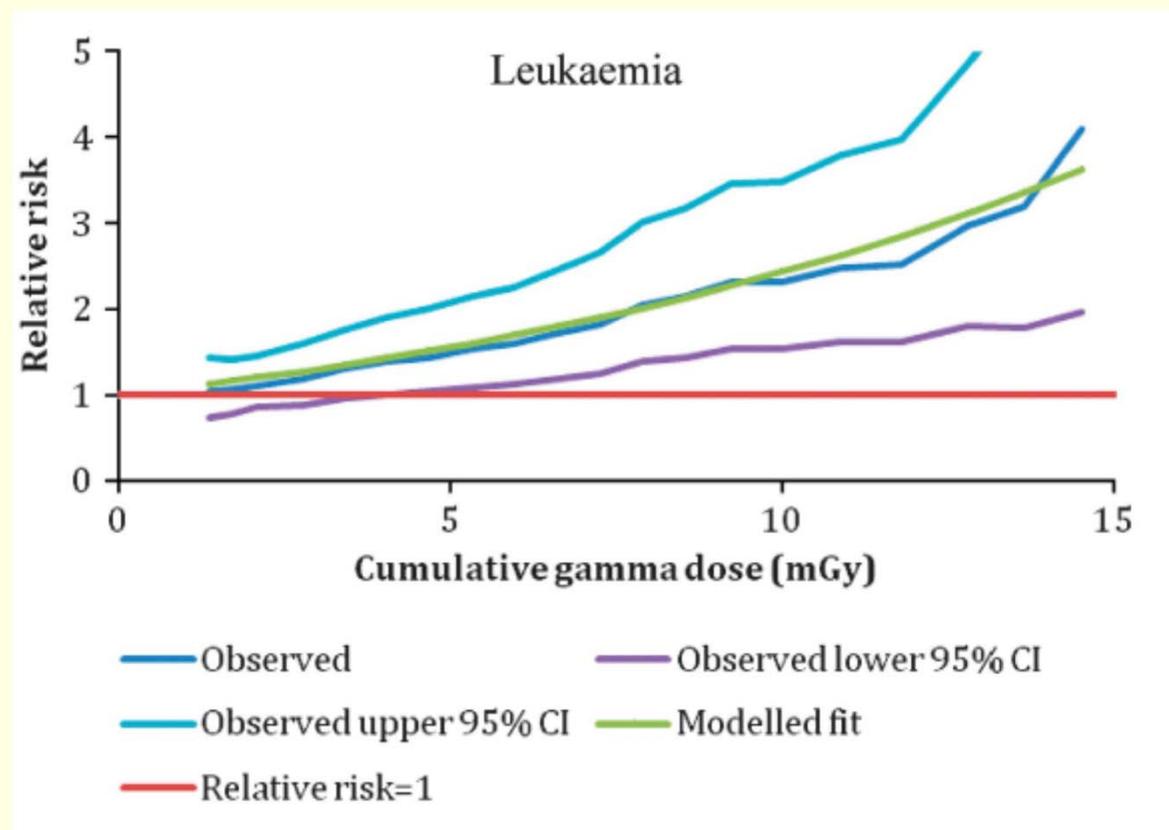


Figure: Relative risk of leukaemia excluding chronic lymphocytic leukaemia associated with 2-year lagged cumulative red bone marrow dose
The lines are the fitted linear dose-response model and the shading represents the 90% CIs.

全ガン、白血病ともに積算被曝量が大きくなるとともにリスクが増加している。リスクの大きさ(直線近似したときの傾き)は広島・長崎データと同じ程度である。

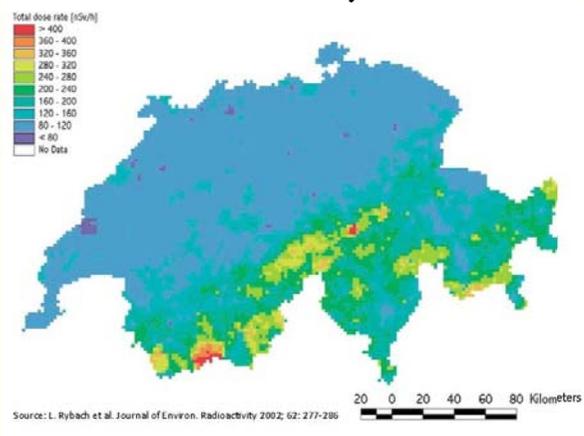
図28. 自然放射線による小児白血病の増加データ
英国の小児ガン登録データ：1980～2006
Kendall et al, Leukemia 2013



Case 27,447件、Control 36,793件の Case-control study

図29. 自然放射線と小児ガン スイスの200万人追跡データ

Spycher et al,
EHP 123:622-8
(2015)



スイスの自然放射線量率分布

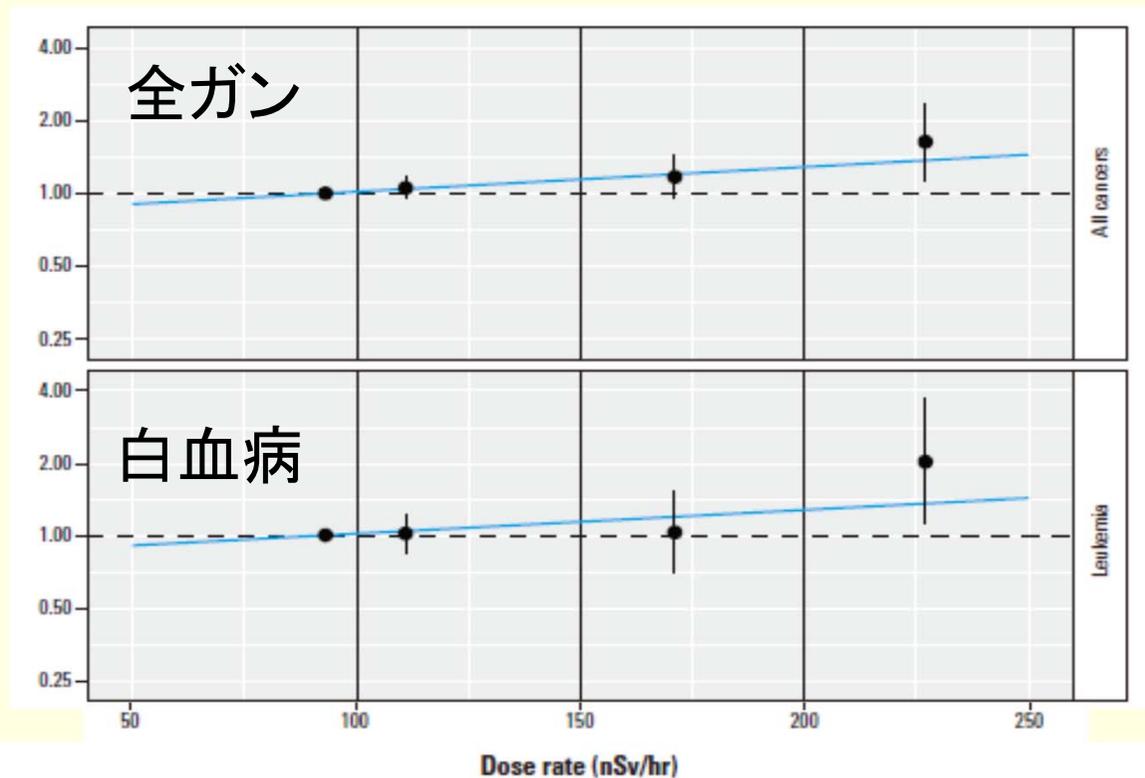
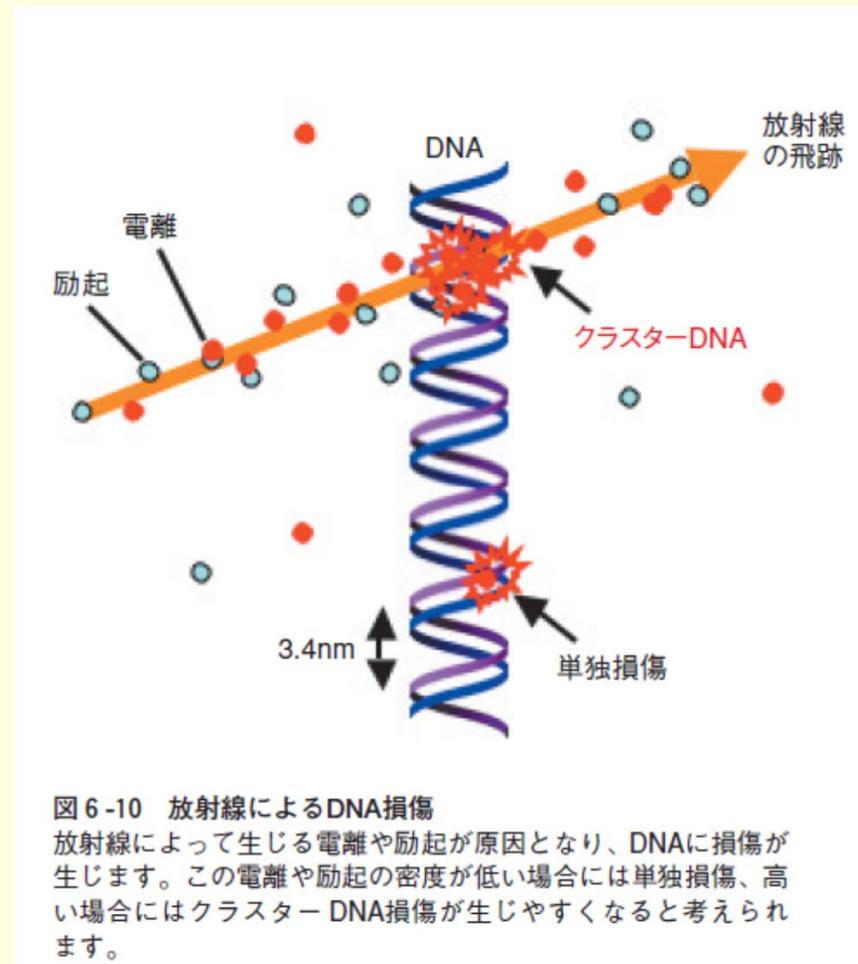
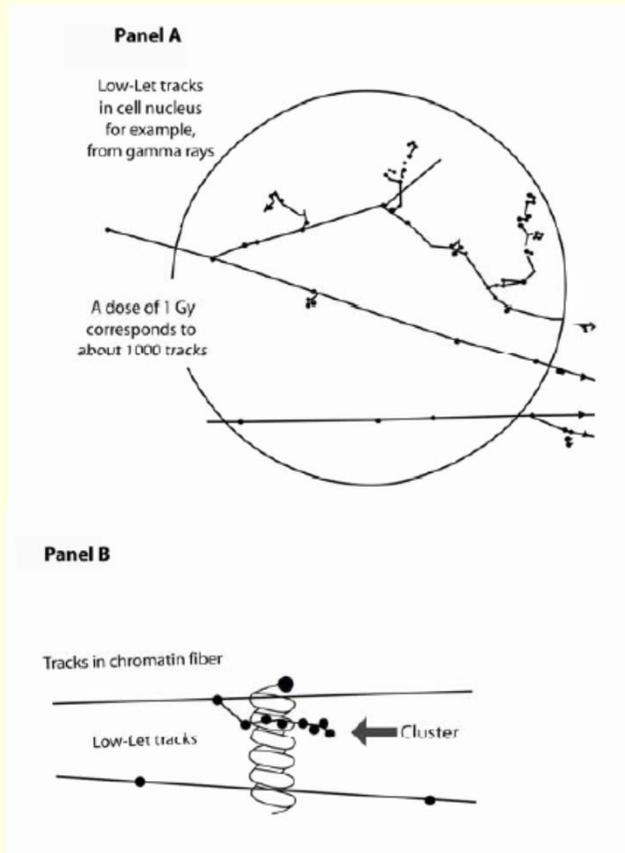


Figure 2. Hazard ratios for cancer by dose rate of external ionizing radiation among children < 16 years of age in the Swiss National Cohort. Results from Cox proportional hazards models adjusting for sex and birth year using a categorized exposure [points and bars (95% CIs) placed along the x-axis at mean dose rates within categories; categories delineated by vertical lines] and a linear exposure term (blue line). Dose rates < 100 nSv/hr are the reference category.

スイスで16歳以下の子供たち200人を、居住地域の自然放射線量で4つの区分に分けて固定集団調査したところ、自然放射線量が高い地域でガン・白血病が多かった。

図30. 放射線の特徴：クラスターDNA損傷



BEIR VIIレポート(2005)

JAEA HPより

DNA損傷が起きても大部分は修復されるが、複数のDNA損傷が近接して生じるクラスター損傷は、放射線に特徴的で、修復されにくいと考えられている。

<被曝量と比例する放射線影響>

図31. 染色体の2重鎖切断 (DSB) は照射線量に比例する

Evidence for a lack of DNA double-strand break repair in human cells exposed to very low x-ray doses

Kai Rothkamm and Markus Löbrich*

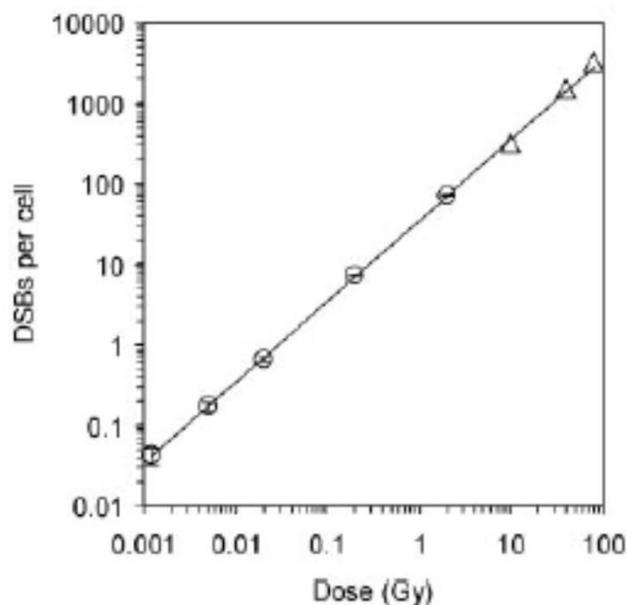
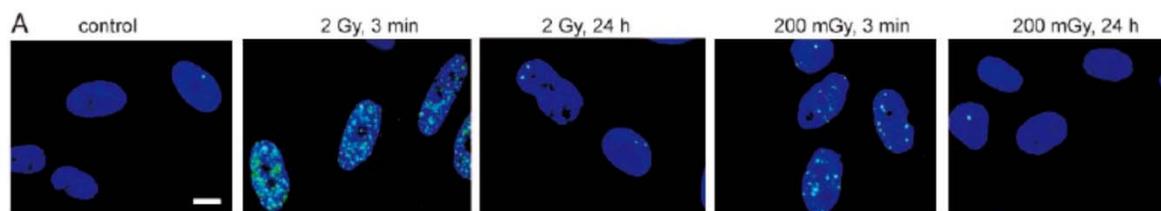


Fig. 2. DSB induction in MRC-5 cells. γ -H2AX foci were counted 3 min after irradiation, and the mean values of foci per cell are shown (circles). Triangles represent DSB induction data obtained from PFGE analysis. The line is a linear fit to the data points with a slope of 35 DSBs per cell per Gy.

Rothkammら
PNAS 2003

**1細胞当りDSB数：
1 Gyで40個
1 mGyで0.04個**

<被曝量と比例する放射線影響>

図32. ムラサキツユクサ雄しべの毛色の突然変異

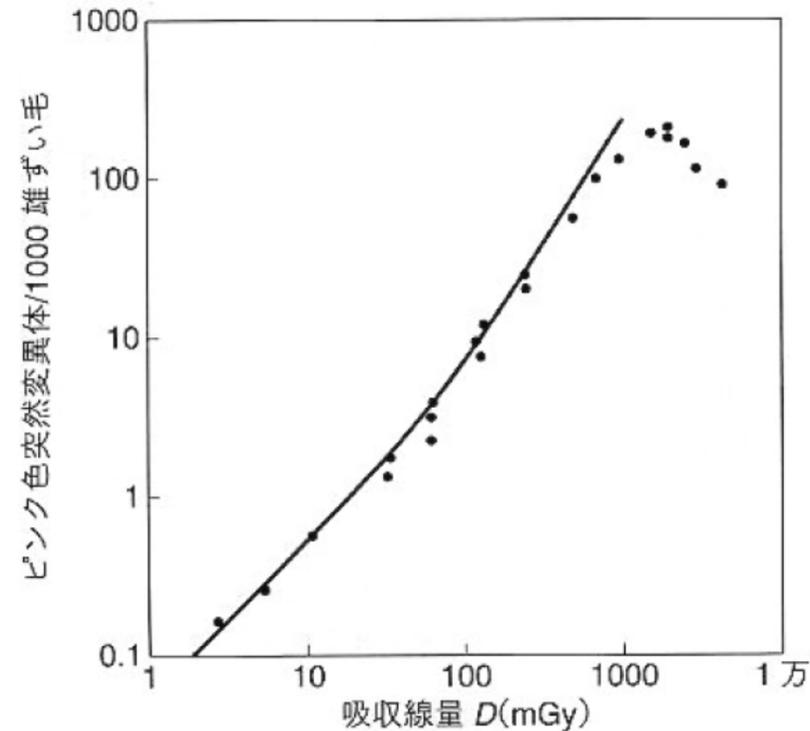
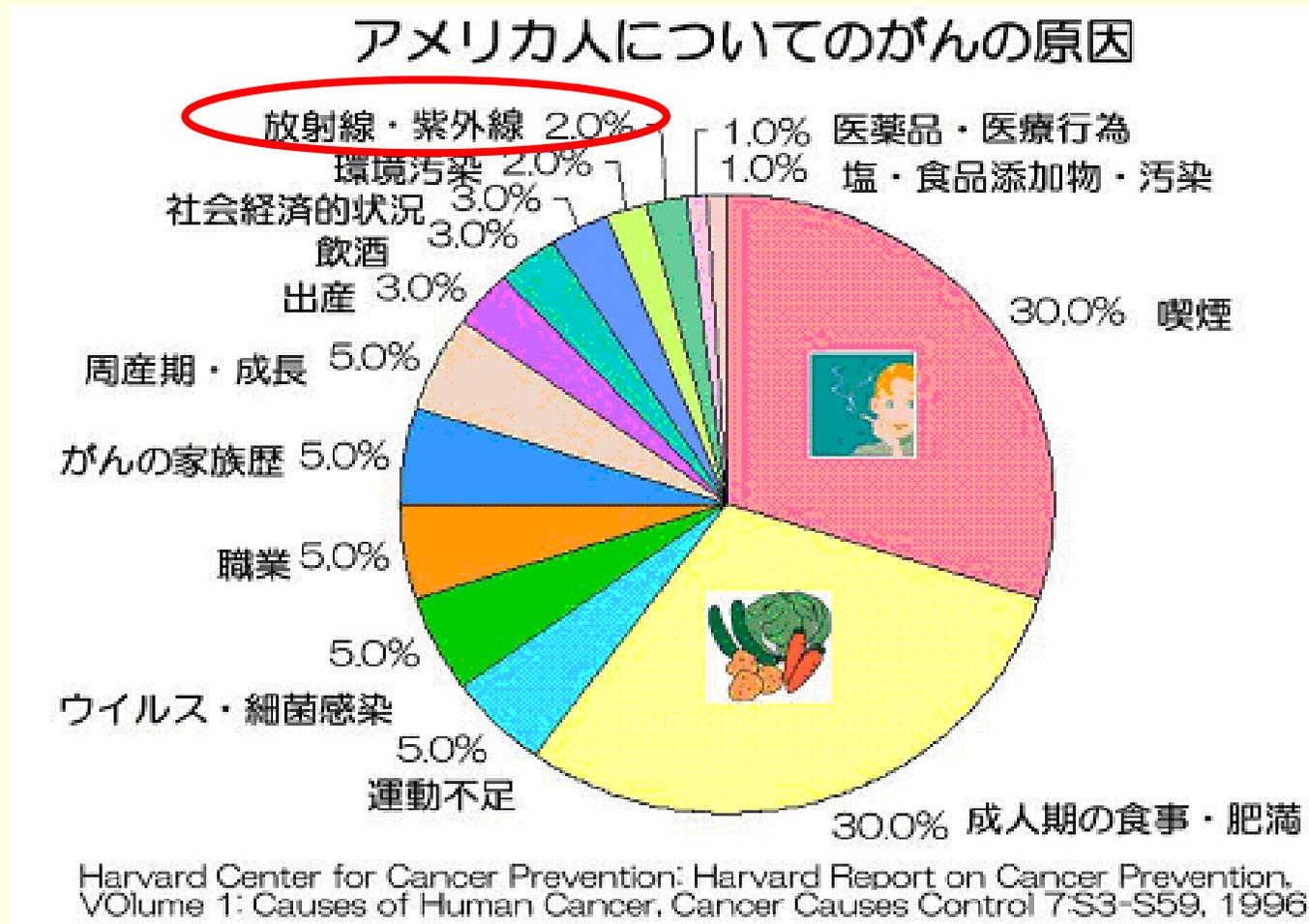


図1—ムラサキツユクサの雄しべの毛の変化を指標とした、250 キロボルト X 線による被曝量と突然変異率との関係(文献 11 より作成)

Sparrowら 1972

2.5mGyのX線被曝で、雄しべの毛の色の突然変異が増加を示した。

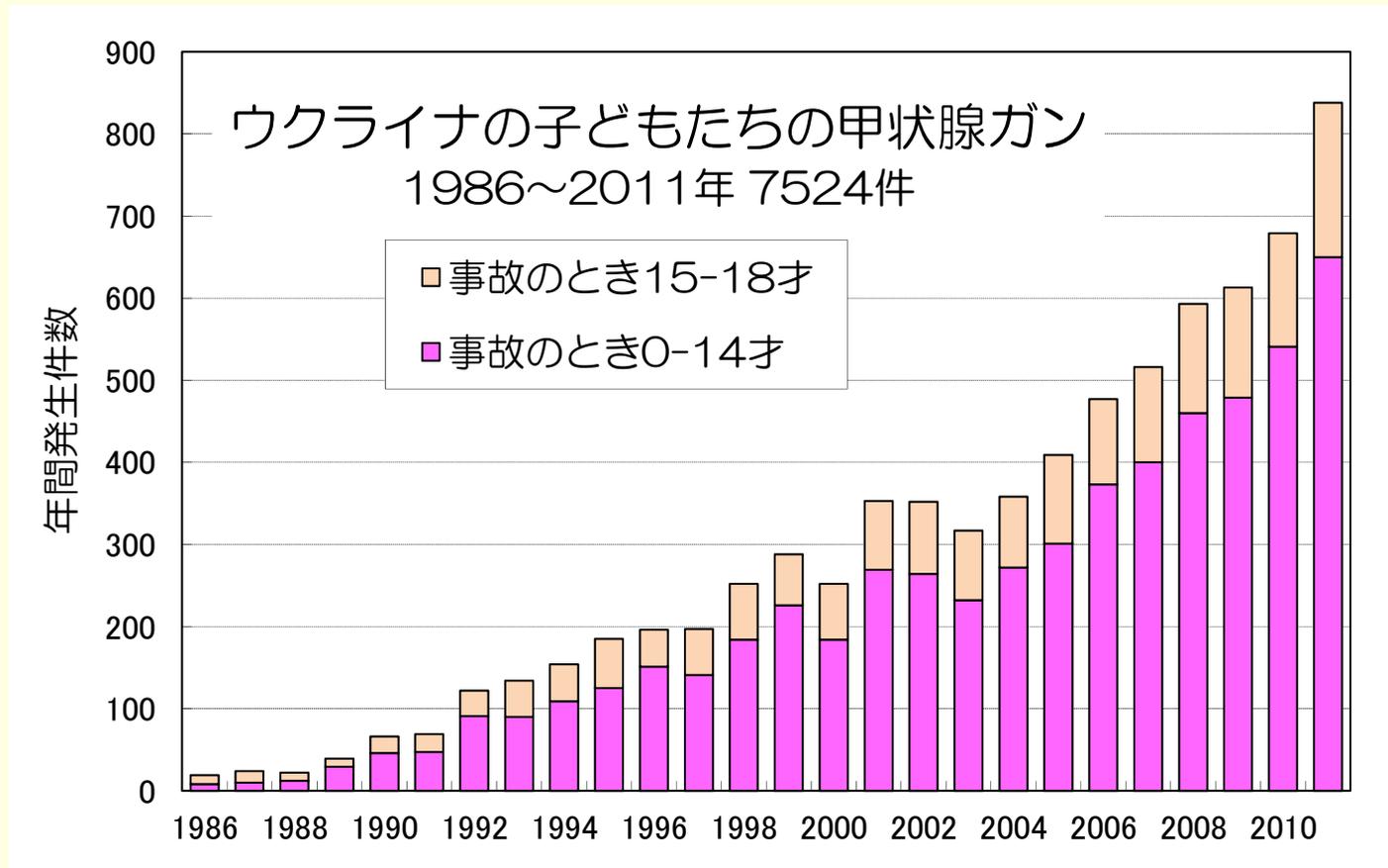
図33. 自然放射線もがんの原因



放射線影響協会HPより

2007年の日本のガン死34万件のうち、その2%の原因が放射線とすると、 $34万 \times 2\% = 6800$ 件となる。この数は、無視は出来るものではないが、自然放射線ばっかいは、神経質になっても仕方がないだろう、と今中は思っている。

図34. チェルノブイリ事故による 子どもの甲状腺ガン



チェルノブイリでは事故から4年たった1990年頃から甲状腺ガンが急増した。西側権威筋は当初、『事故の影響とは考えがたい』と言っていたが、10年後くらいから事故影響であることを認めはじめた。

図35. チェルノブイリの甲状腺がん

1990年頃から甲状腺がん増加のニュース

Nature誌のKazakov論文 1992.9.3日号

Thyroid cancer after Chernobyl

SIR — We would like to report a great increase in the frequency of thyroid cancer in children in Belarus, which commenced in 1990 and continues. Table 1 shows the incidence of thyroid cancer in children in the six regions of Belarus and Minsk City from 1986 to the end of the first half of 1992. It can be seen that the overall incidence rose from an average of just four cases per year from 1986 to 1989 inclusive, to 55 in

problems, and is placing great strains upon the health services of our new country. It also provides an opportunity, which we hope will not be repeated, to study the consequences of major exposure of a population to isotopes of iodine from fallout. We are collaborating with several international groups and are preparing detailed reports of various aspects of the problem.

We believe that the only realistic

TABLE 1 Incidence of thyroid cancer in children in Belarus

Region of Belarus	Years							Total
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992*	
Brest	0	0	1	1	6	5	5	18
Vitebsk	0	0	0	0	1	3	0	4
Gomel	1	2	1	2	14	38	13	71
Grodno	1	1	1	2	0	2	6	13
Minsk	0	1	1	1	1	4	4	12
Mogilev	0	0	0	0	2	1	1	4
Minsk City	0	0	1	0	5	2	1	9
Total	2	4	5	6	29	55	30	131

* Six months of 1992.

チェルノブイリ 悲劇これから

事故からまもなく5年

十九日、「チェルノブイリ救済基金」の一行四人が白ロシア共和国の首都ミンスクに入った。放射能汚染地域の病院に、保育器二台を贈るためだ。

「救済基金」は埼玉大講師、吉沢弘志さんが昨年三月月設立し、一年間で千七百援女性ネットワークの結成を呼び集めた。吉沢さんは「現地の病院から、未熟児や障害を持つ新生児が増加し、保育器が緊急に必要だと要請があった」と語る。

五月に発表される国際原子力機関の国際調査委員会報告では、「がんや白血病の発病率は、高汚染地域と非汚染地域との間に統計的の病院で、白血病の子供はとて会った。「三月月分」

か医療品がない」との医師の訴えを受け、帰国後「チェルノブイリ被害調査・救済女性ネットワーク」の結成を呼び集めた。吉沢さんは「現地の病院から、未熟児や障害を持つ新生児が増加し、保育器が緊急に必要だと要請があった」と語る。

五月に発表される国際原子力機関の国際調査委員会報告では、「がんや白血病の発病率は、高汚染地域と非汚染地域との間に統計的の病院で、白血病の子供はとて会った。「三月月分」

激増するがんや白血病

同委員会の議長である重松逸雄・放射線影響研究所理事長は「広島・長崎の被爆者たちでは、白血病は年々早くもがんが激増してきている。甲状腺がんが増えたのは十年目からだった。チェルノブイリは一度の大爆発はくはなかったが、一因かもしれない」と話している。

「日本チェルノブイリ運搬基金」の一員として三四月に調査をした信州大医学部第二外科講師の菅谷昭彦さんは、ゴメリ州立病院の医師から小児甲状腺がんの患者数を聞いた。一九七八年が二一八人だったのに、九〇年は十七人、今年も三月で五人激増していた。

また、ゴメリ市の北六十キロにある人口二万人のチェルノブイリで、十歳前後の子供約百二十人を調査したところ、半数に甲状腺腫（ぶくれ）が見られた。二十人は詳しい検査が必要と判断されたという。菅谷さんは「被爆後四十年目早くもがんが激増してきている。甲状腺がんが増えたのは十年目からだった。チェルノブイリは一度の大爆発はくはなかったが、一因かもしれない」と話している。



チェルノブイリ原発事故の汚染地域は、本州に匹敵する約二十万平方キロメートルに及ぶ。冷型型、出力百万キロワットの子炉が暴走し、大爆発が起きた。放出された放射能は約一億と推定されている。セシウム137濃度が一平方キロあたり一以上

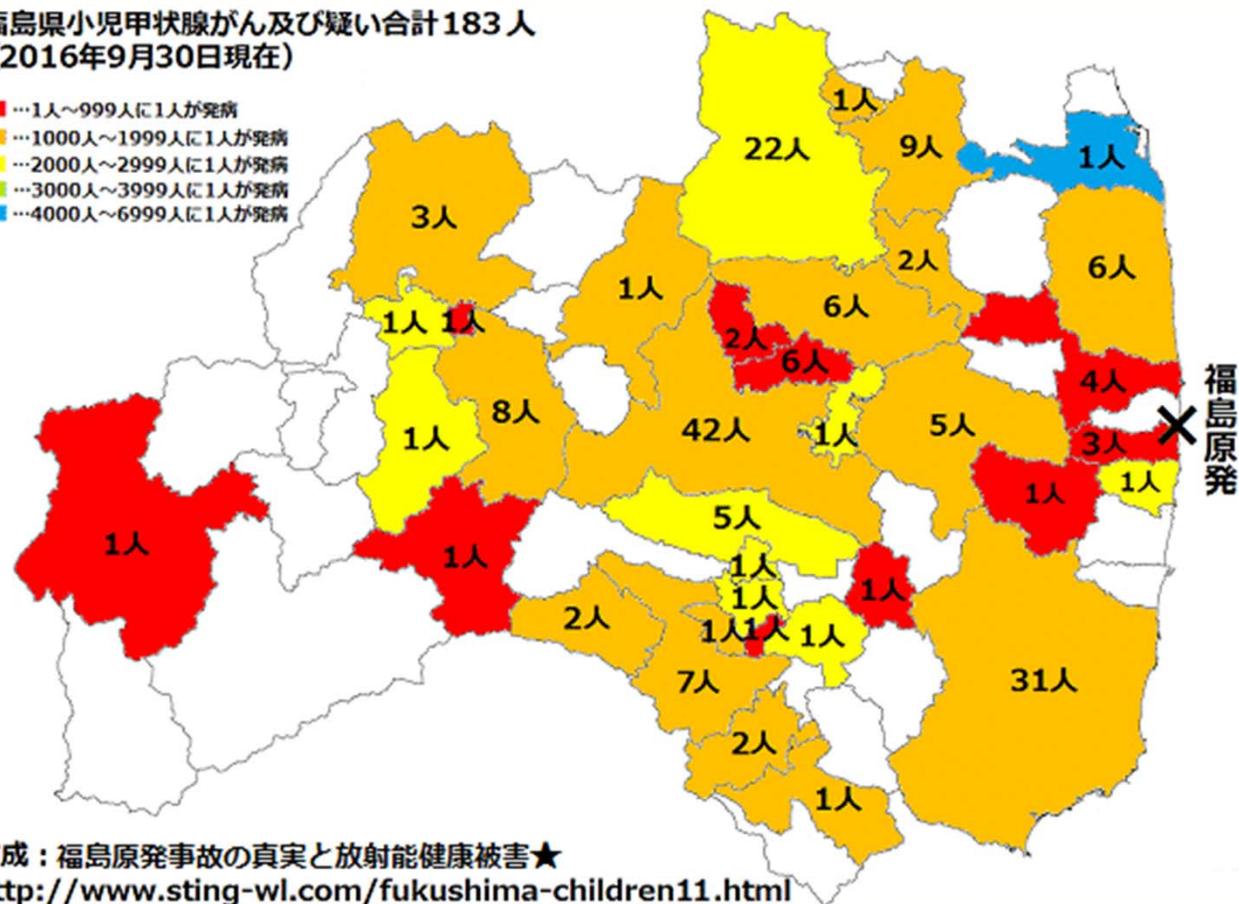
ン連のチェルノブイリ原発事故から十一年で五周年を迎える。事故原因は制御棒の設計ミスと断定され、放射能でも周辺に被害状況も徐々に広がってきた。動きの鈍い日本政府とは対照的に、民間の救済組織が次々と発足し、医薬品などを送っている。脱原発運動の盛り上がりもいつか落ち着いた。チェルノブイリは、新たな市民レベルの日ソ交流を身をもって学んだ。現地を調査した医師らは、子供の甲状腺（がん）障害が増えたり、今後がんや白血病が増えるだろうと警告している。悲劇は始まったばかりだ。

(取材部・シゲノ秀俊)

図36. 福島の子どもの甲状腺ガン

福島県小児甲状腺がん及び疑い合計183人
(2016年9月30日現在)

- …1人～999人に1人が発病
- …1000人～1999人に1人が発病
- …2000人～2999人に1人が発病
- …3000人～3999人に1人が発病
- …4000人～6999人に1人が発病

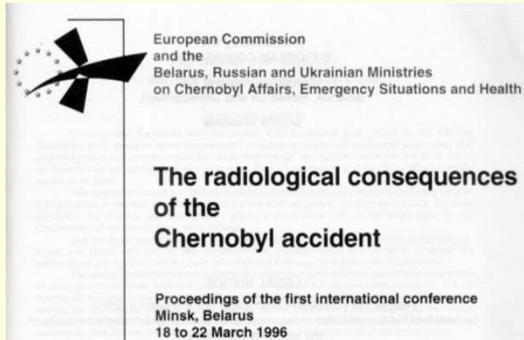


昨年12月31日の発表では、甲状腺ガン・ガンの疑いの子供たちは184人に増加

福島の子ども達に甲状腺がんが多いことはみんなが認めている。因果関係をはっきりさせるためには、より広汎な調査が必要。行政は『予防原則の考え方』で対応すべきである！

1996年ミンスクシンポジウム

図37. チェルノブイリ事故後に生まれた子供たちからは甲状腺ガンがほとんど出なかった



Interaction of Pathology and Molecular Characterization of Thyroid Cancers

E.D. WILLIAMS, E. CHERSTVOY, B. EGLOFF, H. HÖFLER, G. VECCHIO, T. BOGDANOVA, M. BRAGARNIK, N.D. TRONKO

Figure 2

Childhood thyroid cancer in Belarus Jan 1990 - Dec 1994

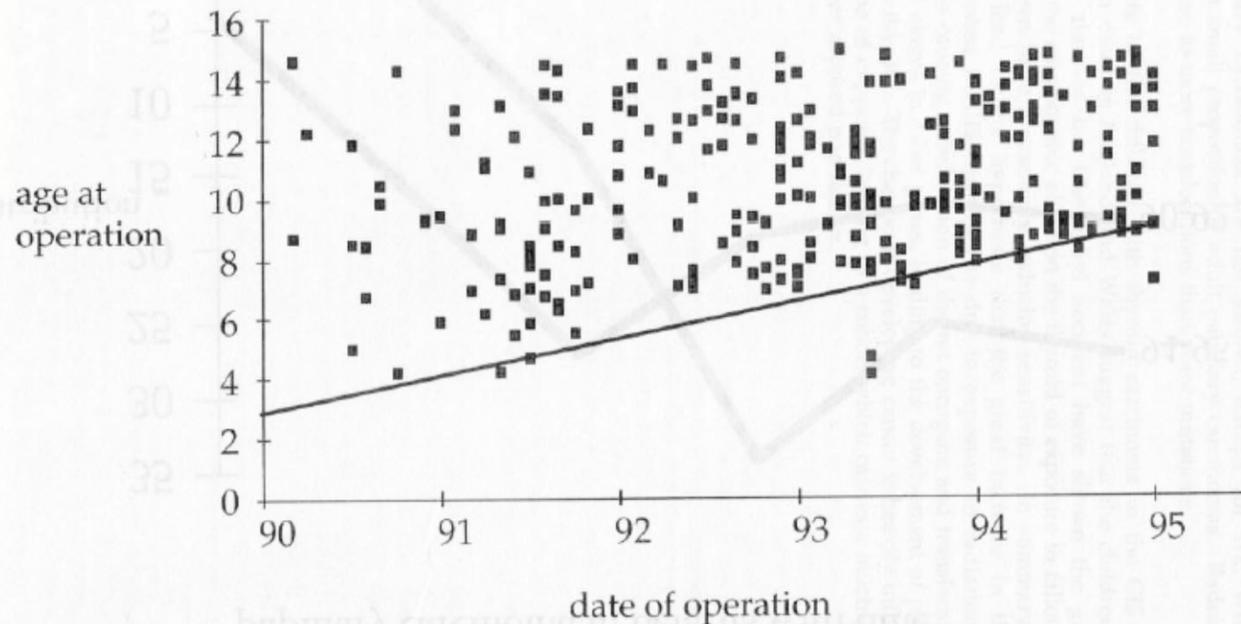
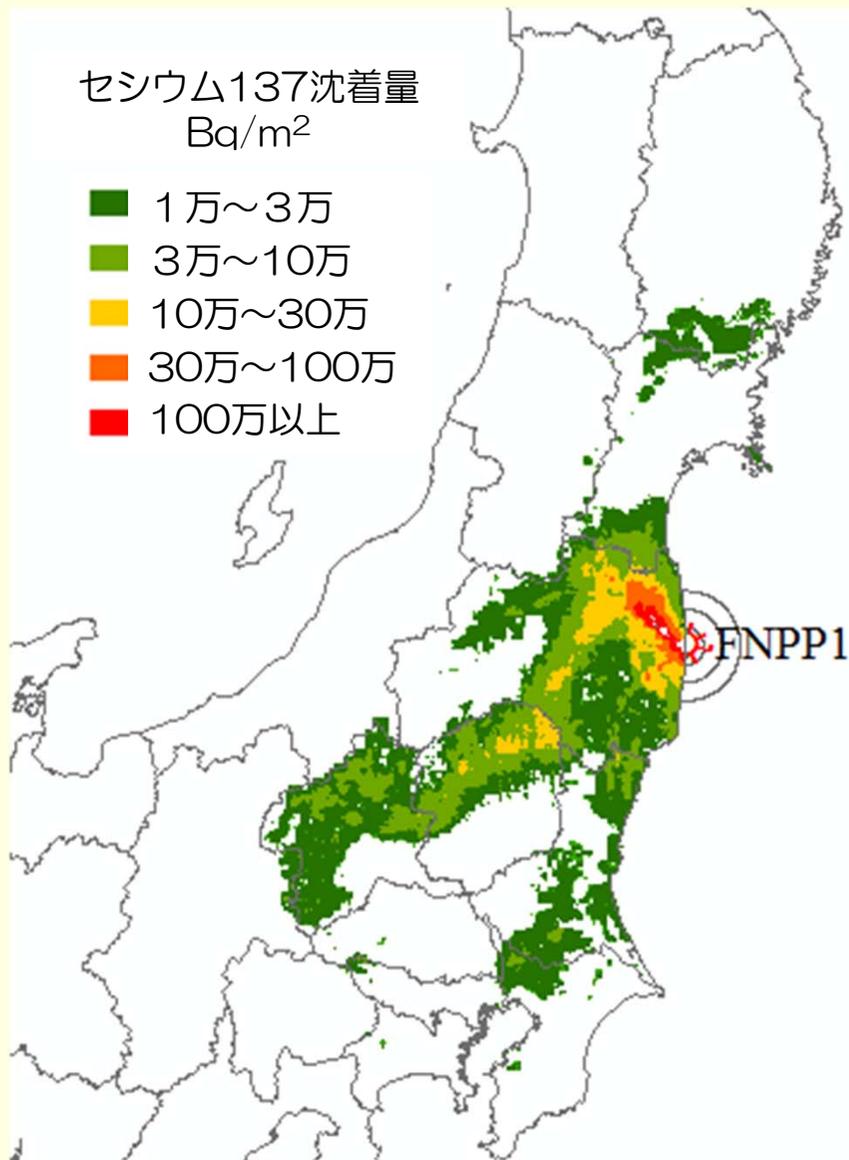


図38. 日本も“放射能汚染と向きあう時代”になった



東京都から岩手県まで本州のかなりの部分で“無視できないレベル”のセシウム137汚染が生じた。

セシウム137の汚染が1平方m当たり1万ベクレル以上の面積は約2万5000平方km.

図39. 汚染地域で暮らすとは

- 余計な被曝はしない方がいい
- ある程度の被曝は避けられない

この相反する2つのことに
どう折り合いをつけるか！

福島原発事故による汚染が余計なものである以上、私たちには『1ベクレル、1マイクロシーベルトたりともイヤだ』という権利はある。専門家の役割は、放射能汚染、被曝量、被曝リスクについて、できるだけ確かな情報を提供し、人々が自分で判断するのを手伝えることにある。

図40. サイエンスにおける“認識”の中

<今中の事実認識の中>



すべて疑うのがサイエンスの基本



サイエンスによる
推論の基盤



行政の守備範囲（予防原則）

千葉地方裁判所区域外訴訟の原告住所における初期被曝の見積もり

今中哲二

京都大学原子炉実験所

千葉地裁で争われている、福島原発事故自主避難者訴訟の原告住所における初期被曝を見積もって見たので、簡単ながら以下にまとめておく。

◇ 自主避難者原告6家族の住所と位置

表1に自主避難者原告6家族（20人）の住所、図1に位置を示す。

表1. 原告の住所

	名前	人数	居住地
1	Aさん	5	いわき市錦町
2	Bさん	5	福島市渡利
3	Cさん	1	いわき市常磐湯本町
4	Dさん	1	福島市入江町
5	Eさん	4	南相馬市原町
6	Fさん	4	福島市丸子

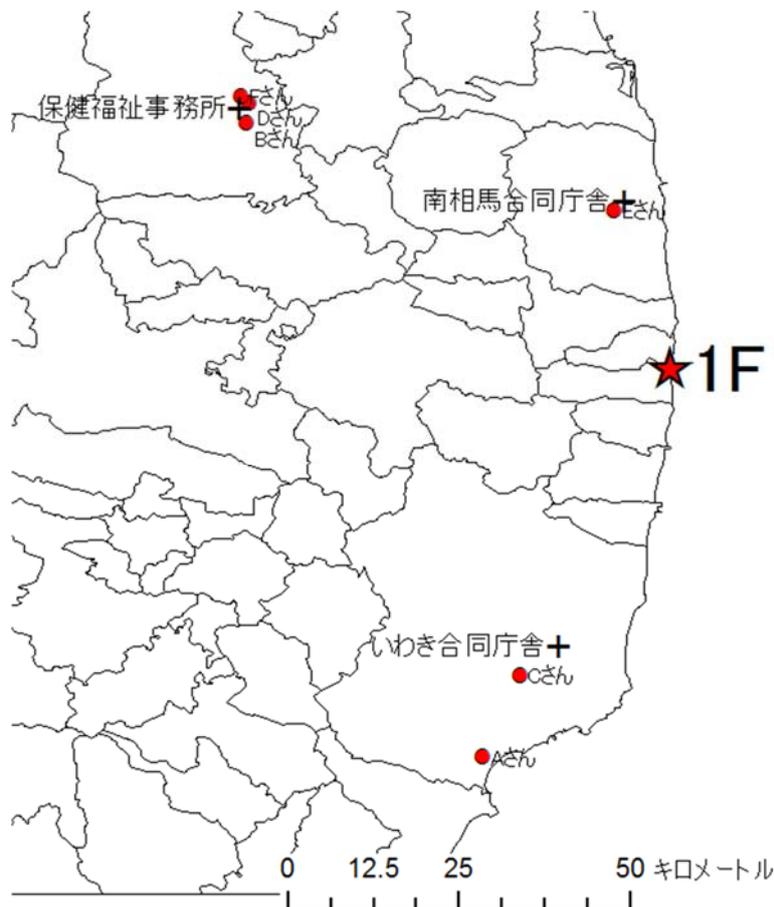


図1. 原告の居住地と事故直後のデータがあるモニタリングポスト地点.

◇ 被曝量評価のための汚染マップ

初期被曝の評価方法の詳細については「福島第1原発事故にともなういわき市の放射能汚染マップ作成と初期被曝量評価に関する研究実績報告書」

(http://www.iwakisokuteishitu.com/pdf/report_data/20170510.pdf)

を参照頂きたい。ここでは、原告居住点の被曝評価に必要な最小限のデータを示しておく。

図2はセシウム 137 沈着量を求めるための汚染マップ、図3はヨウ素 131/セシウム 137 沈着量比のマップ、図4はヨウ素 131 の積算空気中濃度についてのマップである。

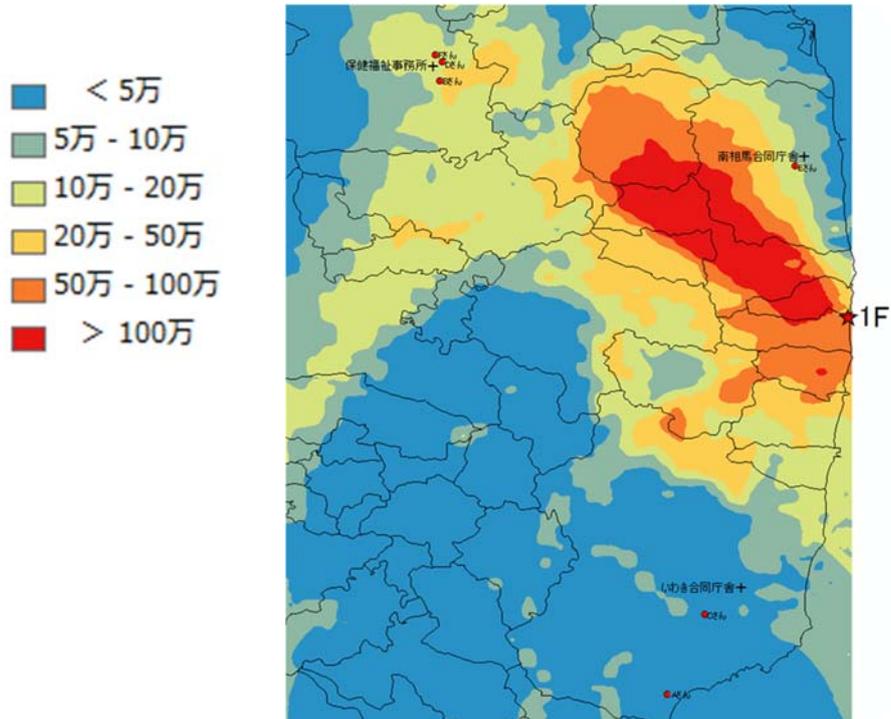


図2. セシウム 137 沈着量マップ。単位：Bq/m²

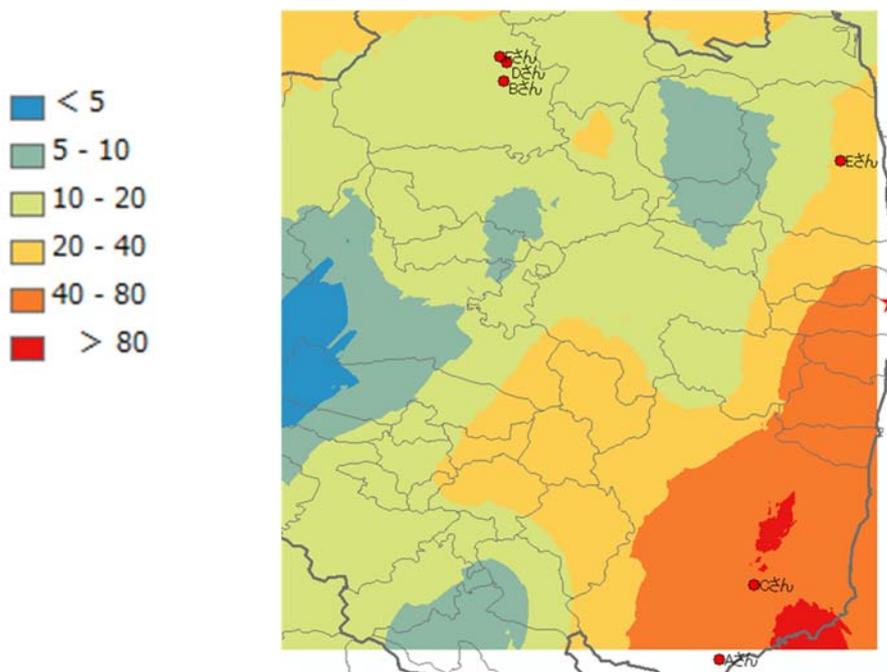


図3. ヨウ素 131 とセシウム 137 の沈着量比のマップ：2011年3月15日

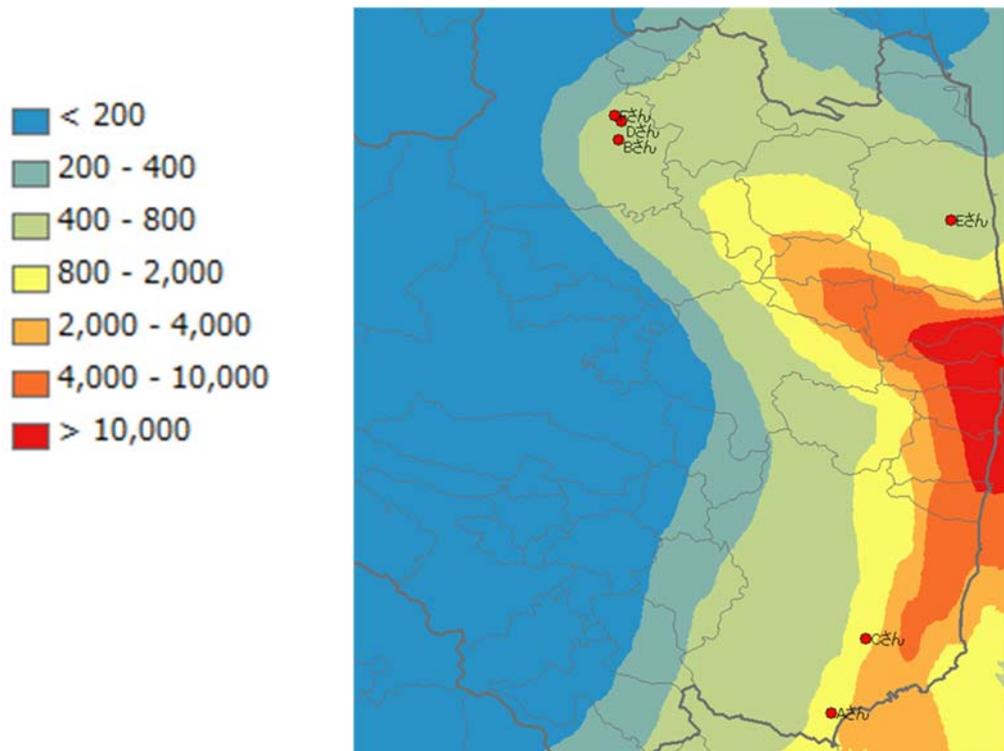


図4. 大気中のヨウ素 131 の積算空気中濃度 (粒子状+ガス状). 単位 : Bq·day/m³

図2～図4のデータから、外部被曝計算に必要な地表沈着に関連するデータと、ヨウ素の吸入被曝に必要な大気中積算濃度データを、原告居住地点について抽出した値を表2に示す。

表2. 図2～図4のマップから抽出した被曝量評価のためのデータ

		Cs-137 沈着量 Bq/m ²	I-131/Cs-137 沈着比	Te-132/Cs-137 沈着比	I-131 大気中積算濃度 粒子状ヨウ素 Bq·day/m ³	I-131 大気中積算濃度 ガス状ヨウ素 Bq·day/m ³
1	Aさん	1.16万	80.0	7.5	791	711
2	Bさん	17.3万	12.9	7.5	243	314
3	Cさん	2.68万	76.3	7.5	792	750
4	Dさん	16.8万	14.1	7.5	217	294
5	Eさん	11.0万	21.9	7.5	366	297
6	Fさん	14.2万	14.8	7.5	157	255

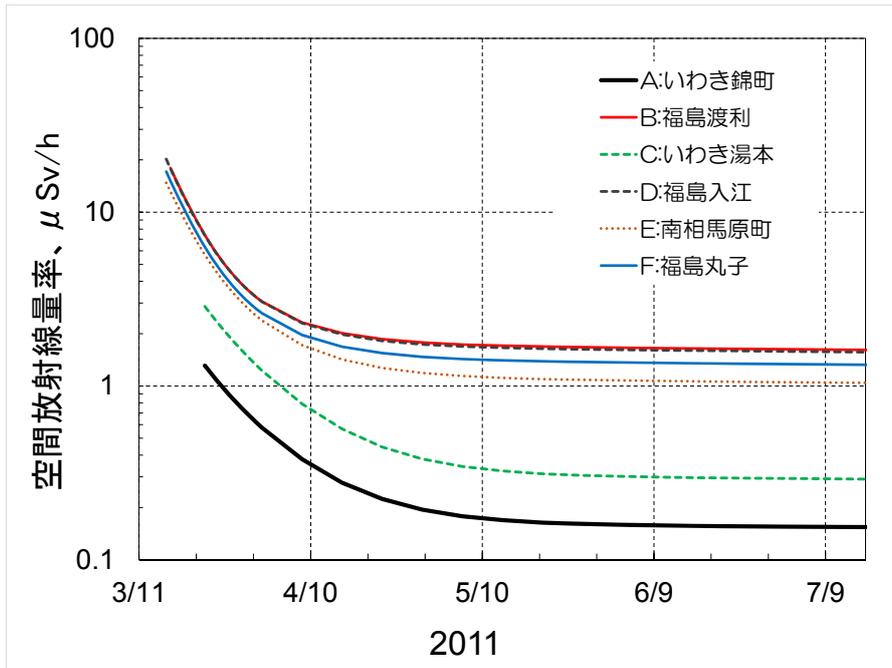


図5. Aさん～Fさん住所の空間線量率の推定

図5は、原告住所における地上1 mでの空間放射線量率計算値の推移である。(縦軸が対数表示になっていることに注意。)

◇ 計算結果

今回見積もりを行った、原告居住地における、ヨウ素 131 の吸入にともなう甲状腺等価線量、ならびに初めの 4 カ月間と 1 年間の外部被曝実効線量の値を、大人、子ども（10 歳）、幼児（1 歳）に分けて表 3 に示す。吸入については、24 時間屋外に居続けた場合の計算である。

表 3：ヨウ素吸入にともなう甲状腺被曝と外部被曝

A さん	大人	子ども（10 歳）	幼児（1 歳）
ヨウ素吸入甲状腺等価線量、mSv	8.79	14.82	17.60
初期外部被曝実効線量：4 カ月、mSv	0.29	0.34	0.39
初期外部被曝実効線量：1 年、mSv	0.47	0.55	0.62
B さん	大人	子ども（10 歳）	幼児（1 歳）
ヨウ素吸入甲状腺等価線量、mSv	3.53	5.94	7.00
初期外部被曝実効線量：4 カ月、mSv	2.65	3.09	3.54
初期外部被曝実効線量：1 年、mSv	4.24	4.95	5.66
C さん	大人	子ども（10 歳）	幼児（1 歳）
ヨウ素吸入甲状腺等価線量、mSv	9.13	15.39	18.25
初期外部被曝実効線量：4 カ月、mSv	0.66	0.77	0.88
初期外部被曝実効線量：1 年、mSv	1.06	1.24	1.41
D さん	大人	子ども（10 歳）	幼児（1 歳）
ヨウ素吸入甲状腺等価線量、mSv	3.27	5.50	6.47
初期外部被曝実効線量：4 カ月、mSv	2.61	3.04	3.48
初期外部被曝実効線量：1 年、mSv	4.18	4.87	5.57
E さん	大人	子ども（10 歳）	幼児（1 歳）
ヨウ素吸入甲状腺等価線量、mSv	3.79	6.39	7.61
初期外部被曝実効線量：4 カ月、mSv	2.21	2.57	2.94
初期外部被曝実効線量：1 年、mSv	3.53	4.12	4.70
F さん	大人	子ども（10 歳）	幼児（1 歳）
ヨウ素吸入甲状腺等価線量、mSv	2.73	4.60	5.39
初期外部被曝実効線量：4 カ月、mSv	2.21	2.58	2.95
初期外部被曝実効線量：1 年、mSv	3.54	4.13	4.72

経口摂取にともなう内部被曝については、原告個別に扱えるようなデータはないので、表 4 と表 5 にしめす、先にいわき市について見積もった結果をそのまま原告に適用する。

表 4．ヨウ素 131 の経口取込にともなう甲状腺被曝：水道はいわき市、食物は福島県

区分	甲状腺等価線量、mSv		
	大人	子ども	幼児
水道	1.09	1.26	3.41
食物	5.55	10.42	28.36

表 5．セシウム 134 とセシウム 137 の経口摂取にともなう実効線量：4 カ月と 1 年、福島県

区分	実効線量、mSv		
	大人	子ども	幼児
食品（4 カ月）	0.233	0.141	0.127
食品（1 年）	0.377	0.228	0.210

表3に示した吸入摂取と外部被曝に関する今回の計算結果と、表4と表5に示した経口摂取にともなう被曝量を合計した結果を表6にまとめた。実効線量を求めるにあたり、甲状腺の組織荷重係数は、現在の日本の法令に従って0.05としてある。

表6：原告居住地点甲状腺被曝と実効線量（4カ月と1年）曝

Aさん	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
Bさん	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
Cさん	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
Dさん	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
Eさん	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
Fさん	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

以上