

平成23年(ワ)第1291号,平成24年(ワ)第441号,平成25年
(ワ)第516号伊方原発運転差止請求事件

原告 須藤昭男 外1001名

被告 四国電力株式会社

準備書面 (29)

2014年6月27日

松山地方裁判所民事第2部 御中

原告ら訴訟代理人

弁護士	薦	田	伸	夫
弁護士	東		俊	一
弁護士	高	田	義	之
弁護士	今	川	正	章
弁護士	中	川	創	太
弁護士	中	尾	英	二
弁護士	谷	脇	和	仁
弁護士	山	口	剛	史
弁護士	定	者	吉	人
弁護士	足	立	修	一
弁護士	端	野		真
弁護士	橋	本	貴	司
弁護士	山	本	尚	吾
弁護士	高	丸	雄	介
弁護士	南		拓	人
弁護士	東			翔

第1 はじめに

原子力発電は、原子爆弾と同様、核分裂のエネルギーを利用した発電であり、核分裂の材料や核分裂によって生み出されたものは、すべて放射性物質であって、その放射性物質は、その原子核が不安定であるため、外部からの刺激なしに、別の安定した原子核へと変化するため、放射線を放出する。

原子力発電所事故が起こると、原子力発電により生み出された放射性物質が原子力発電所外部へ放出されることになるが、放出された放射性物質は、その原子力発電所の地理的条件や事故当時の気象条件により多方面かつ広範囲に拡散され、その先々で放射線を放ち、付近にいた人へ影響を及ぼすことになる。

以下、放射線の特徴、放射線による人体への影響等を明らかにし、とりわけ、原子力発電所事故により放出された放射性物質による人に対する内部被曝の危険性について主張する。

第2 放射線に関する基礎的な知見など

1 放射線の種類（甲2・34頁～40頁，甲3・21頁～23，甲150・136～137頁）

放射性物質が放出する放射線には、大まかに、 α 線、 β 線、 γ 線という3つの種類がある。なお、その他にも、核分裂の際に出る放射線である中性子線がある。

(1) α 線について

α 線とは、ウランやプルトニウム等、非常に重い原子核から打ち出される放射線で、重い粒子であり、電荷を持っているために、周囲の原子と衝突した場合、電気的な相互作用が働いて、遠くまで飛ぶことができず、空気中では45mm、水中又は体内組織中では40 μ mしか飛ばないとされ、飛程が短いことが特徴である。また、透過力も弱く、紙1枚で止めることができる。

ただし、 α 線自体のエネルギーは大きく、これを放出する物質が体内に入ると危険度が高いとされ、一本のアルファ線が放出されると、およそ10万個の分子切断を行ってエネルギーを全部失い、止まるとされる。

このような飛程や透過力から、外部被曝（体外にある放射線物質が発する放射線によって引き起こされる被曝）の原因とはならず、もっぱら内部被曝（放射線を発する原資が人体内に入り、体内から放射線を浴びることによって引き起こされる被曝）の原因となるとされる。

(2) β 線

β 線とは、核分裂生成物質の電子から放出される放射線であり、高速電子であって、電荷を持っており、飛程は数cmから数mまで様々であるが、一般に、空気中で1m、体内では1cm程度とされ、飛程は短い。また、透過力も比較的弱く、プラスチック板で止められる。また、エネルギーは、 α 線ほど強くはないが、 γ 線よりは強い。一本のベータ線は、ほぼ2万5000個の分子切断を行うと止まるとされる。

このような飛程や透過力から、体外から影響を及ぼす外部被曝よりも、内部被曝の原因となるとされる。

(3) γ 線

γ 線は、電磁波のうちで非常にエネルギーの高いものであって、電磁波であるために電荷や質量がなく電子との相互作用が弱い（ α 線や β 線が粒であるのに対し、 γ 線は光のような波である）ために、飛程が長いことが特徴である。また、エネルギーは、 α 線や β 線よりはるかに弱いが、透過力が非常に強く、鋼鉄や鉛の板、大量の水がなければ止められない。

ガンマ線は、空気中では70メートルも飛ぶとされ、例えばセシウム137のガンマ線の場合、身体の厚さを20センチとすると、およそ47%のガンマ線が電子をはじき飛ばして身体にダメージを与え、残りの53%は何もしないで貫通するとされる。

このような飛程や貫通力から、専ら外部被曝の原因となるとされる。

2 半減期（甲2・37頁～40頁，甲3・24頁～29頁，甲150・128頁～133頁）

放射性物質は、放射線を出しながら原子核を崩壊させ、放射線を出す能力は減少する。なお、崩壊とは、放射線を出すことにより、より安定した別の物質に変化する（原子の種類が変化する）ことをいうのであって、そ

の放射性物質の元素が変化するだけであり、文字通り崩壊するものではない。

α 線を出しながら原子核が崩壊していく現象をアルファ崩壊、 β 線を出しながら原子核が崩壊していく現象をベータ崩壊と呼ぶ。 γ 線を放出しても原子の種類は変化しないが、広い意味では γ 線を放出することも含めて崩壊という。

このような崩壊の速度は、各放射性物質によって厳密に決まっており（崩壊確率）、各放射性物質ごとに決まっている放射能が半分になるまでの期間のことを（物理的）半減期という。

他方、放射性物質が人体に取り込まれた場合、その放射性物質が人体外へ排出され、人体内の放射性物質の量が半分になるまでの期間のことを生物学的半減期という。

なお、物理的半減期は、あくまでも放射能が半分になるまでの期間のことをいうのであり、半減期を過ぎたとしても、その放射性物質が半分に減るだけであり放射線の放出が止まるわけではなく、また、半減期の2倍の期間が経過したとしても、放射能がゼロとなるわけではない。

また、放射性物質によっては、複数回崩壊するものもある。例えば、セシウム137は、 β 線を出しバリウム137へと崩壊するが、バリウム137は γ 線を出し安定化する。このように複数回崩壊を繰り返す放射性物質については、同時的に放射線が放たれることになるため、崩壊によって単純に放射線の量が減少していくとはいえない。

半減期が短い放射性物質は、その含まれる原子核が、それだけ高確率に放射線を放出することになるから、それだけ多くの放射線を放出することになる。一般には、 α 線を放出する放射性物質は、多くの場合、非常に長い半減期となっており、 β 線を放出する放射性物質は比較的短い半減期となっているとされる。

3 電離作用（甲3・16頁～18頁，21頁，甲150・135頁～136頁）

我々の周囲にある物質は、すべて原子から構成される。原子は、まん中にある原子核と、周囲を回っている電子に分かれる。原子は、ほとんどの

場合、原子同士が結合した分子となっており、人体のみならず、地球上のあらゆる物質を形づくっている。

この原子と原子の結合は、原子の周囲を回っている電子の軌道が重なり合うことで、電子と電子の間に相互作用が生まれ、原子と原子をつなぐ強力な結合力となっている。

このような電子に放射線があたると、放射性物質には高いエネルギーがあるため（原子と原子をつなぐ結合力よりもさらに強力なエネルギーであり、放射線1個の持っている並の大きさのエネルギーでも、生体内の化学結合を数万個破壊できるとされる）、電子にエネルギーが与えられることになり、エネルギーを得た電子は、その軌道からはじき出され、分子から飛出し、原子がプラスを持つイオンとなる。

こうした現象を電離と言い、このような電離作用を持つ放射線のことを電離放射線と言うが、上記の α 線、 β 線、及び γ 線のいずれも電離放射線である。

4 被爆（線）量の評価法

(1) 放射線の単位（甲2・40頁，甲149・17頁～23頁）

放射線は色々な単位で示されるが、主なものとして、以下のものがある。

ア ベクレル

ベクレルとは、放射線が放出される激しさを示す単位であり、放射性物質が1秒間あたりに放出する放射線の数を示す。

つまり、毎秒1個の放射線を出す割合が1ベクレルである。

例えば、米1キログラムから100ベクレルが検出されたとすると、その米1キログラムからは1秒間に100回放射線が放たれていることになる。

イ グレイ

グレイとは、放射線の量を図る単位で、吸収線量とも言われる。放射線が物質に当たり、電離を起こすが、その際、その物質がどれだけエネルギーを吸収したかを表すものである。

1グレイは、物質1キログラムあたり1ジュールのエネルギーを吸収した時の線量である。

なお、1ジュールは、1ワットの電力を1秒間使用したときのエネルギーであり、0.24カロリーに相当する。

ウ シーベルト

シーベルトとは、生物がどれだけ放射線を浴びたか、つまり被曝を表す単位であり、実効線量とも言われている。

同じ吸収線量の放射線を浴びたとしても、放射線の種類やエネルギーによって人体への影響は異なる上、人体の組織においても、放射線を浴びる場所によってその感受性が異なる。そのため、放射線の種類による違いに加え、被曝した人体の部位による違いを考慮した上で導かれた線量を意味する。

つまり、放射線の種類による人体への影響度を考慮して決められた放射線荷重係数（なお、 β 線と γ 線の係数は同じであるとされていることについて批判がある）を吸収線量に乗じて求められた等価線量（単位はシーベルト）により各臓器や組織の被曝線量を表し、人体の部位等による違いにより決められた組織荷重係数を等価線量に乗じた線量の総和として求められるものである。

なお、 $1\text{ Sv (シーベルト)} = 1000\text{ mSv (ミリシーベルト)}$
 $= 100\text{ 万}\mu\text{ Sv (マイクロシーベルト)}$ である。

この実効線量（シーベルト）により、放射線の健康被害は論じられている。

人工放射線による健康被害の歴史は、1945年の広島・長崎の原爆被害に始まり、全身被曝の急性放射線障害による致死線量は 7 Sv 、半致死線量を 4 Sv 、死亡率ゼロの「しきい値」線量を 1 Sv とし、これらは米国防総省・原子力委員会の公式見解とされ、放射線防護については、国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告をもとに、各国が基準を設けているが、シーベルトが単位とされている。

- (2) 評価法の問題点（甲2・38頁，42頁，甲149・19頁，45頁，57頁～58頁）

放射線防護の観点から、上記のように実効線量（シーベルト）が様々な基準の単位とされている。

しかし、実効線量（シーベルト）は、人間の肉体を直径30 cmの肉球と仮定し、基本的には身体の外から放射線を浴びた場合を想定している上、過去の研究に基づいて計算されたものにすぎず、仮定によって成り立っているものであり、実測値に基づくものではない。

西尾医師によれば、日常臨床における血液がんの患者に対し、骨髄移植の前処置として2グレイを3日間で6回、合計12グレイのX線照射を行っているが、12グレイの全身照射（X線においては、 $S_v = \text{グレイ}$ ）で人が死ぬことはないと言われ、単なる一過性の外部被曝（照射）と、放射性物質からの被曝ではその影響が異なると考えられ、内部被曝の問題を無視することはできないとされる。

また、そもそも、内部被曝の場合は、放射線が粒子線（ α 線や β 線）であり、質量を持つため、透過力に乏しく放射性物質の周囲の近傍の細胞にだけ影響を与えるのに対し、被曝線量の評価（実効線量）においては全身化して換算されるため、数値値上は、極めて少ない線量となることから、内部被曝の健康被害はエネルギーだけでは説明ができないとされる。

したがって、後述の内部被曝がまったく考慮されていないこと、実測値に基づかないものであることなどから、実効線量（シーベルト）は、放射線の人体に与える影響を示すものとして不正確なものである。つまり、同じ線量でも、放射線が通過した軌道上の電離作用の密度により、遺伝子等（分子）の損傷の程度は当然異なるのであり、このような電離作用の密度（LET；線エネルギー付与）の違いが考慮されなければ、また、線量率効果（線量率とは、単位時間あたりの線量。同じ線量でも短時間で被曝したか、長時間かかって被曝したのかにより影響は異なるとされるも、未だ解明されたものではない）が考慮されなければ、正確なものとは言えないのである。

実際の影響は、時間的因子（急性か慢性か）、被曝した範囲である空間的因子（全身か局所か）、被曝形態（外部被曝か内部被曝か）によりその影響は異なる。

ところが、内部被曝の影響は無視され続けてきた。つまり、放射線が体に影響を与えるのは、高い線量の放射線を浴びたときだけであるといわれ続けてきたのである。

5 臓器親和性（甲2・89頁～91頁）

人工的に造られた放射性物質は、人体に入ると、それぞれに決まった臓器に集中し、蓄積されるという性質を持つものもある。これを臓器親和性と言う。

例えば、ストロンチウムは骨に、セシウム137は骨、肝臓、腎臓、肺、筋肉に、ヨウ素131は甲状腺に集まり沈着する。

自然放射線核種と原子力発電所から放出される人工放射線核種では、後者の方が生体内濃縮が起りやすいとされるが、これは、自然放射線核種の場合、生物が進化の過程で獲得した適応力が働くため、体内で代謝し、体内濃度を一定に保つというメカニズムが取得されているのに対し、人工放射線核種の場合にはそのようなメカニズムが働くことはなく、むしろ、化学的に類似した非放射性物質を濃縮するメカニズムがある場合には、そのメカニズムにより放射性物質をも濃縮させてしまうことがあるからであるとされている。

第3 放射線による人体への影響

1 被曝（甲3・23頁～24頁，29頁）

被曝とは、人が、放射性物質の出す放射線を浴びることをいう。この被曝の態様について、つまり、人体への影響の及ぼし方としては、大きく、外部被曝と内部被曝がある。

(1) 外部被曝

外部被曝とは、体外にある放射性物質が発する放射線によって引き起こされる被曝のことを言う。

上記のとおり、放射線は、その種類により飛程が異なるため、体外からの影響としては、飛程の長いγ線による被曝であることが多い。

外部被曝の線量が高いと、人体に急性症状が起り、最悪の場合、人を死に至らしめることになる。

(2) 内部被曝

内部被曝とは、放射線を出す原子（体内に取り込まれやすい放射性微粒子を含む）が体内に入り、例えば、血流を経て、骨、肝臓、脾臓等に沈着する等、人体が体内から放射線を浴びることをいう。

内部被曝においては、 α 線や β 線といった透過力の弱い放射線による被曝のことが多いが、これらの放射線は、上記のとおり、エネルギーが大きく、危険性は高いとされている。

内部被曝は、当然、放射線を出す放射性物質が人体内へ取り込まれることが前提となるが、大気中に拡散された放射性物質が人体内へ取り込まれる態様は種々ある。例えば、大気中を漂う放射性物質を呼吸によって鼻又は口から取り込まれたり、放射性物質が食物（動植物）や水に溶解込んでいる場合には、食事の際に、食物や水と一緒に放射性物質を体内に取り込まれたり、さらには、皮膚や傷口から取り込まれたりすることさえある。

空中を浮遊する放射性物質の塊は、大きなものでも直径が1000分の1ミリメートルであり（その塊の中には、約1兆個ほどの原子が含まれている）、当然のことながら、目に見えない大きさでしかないため、人体内へ取り込まれることを防ごうにも、それはほとんど不可能であり、内部被曝線量を正確に測定するには、飲料水や食品の核種別の放射能汚染の程度、飲料水や食品の摂取量、放射性物質の体内での臓器別の分布、排泄の程度、被曝時の行動などといった因子をすべて確定させる必要があるため、不可能であり、そのような測定方法はないとされている。

このように、放射性物質が大気中に拡散されれば、様々なルートで、容易に人体内に取り込まれることになるし、拡散が広範囲に及べば、それだけ一層多数の人間が内部被曝することになり、内部被曝による線量を測定しようにもそれができないことになる。

2 放射線による影響（発生確率）

放射線による影響は、発生確率の観点から、低レベルの被曝でもある確率で発生する「確率的影響」と、ある量（しきい値）以上の放射線を被曝しないと起こらない「確定的影響」に大別できる（甲149・12頁～13頁）。

(1) 確定的影響

放射線による影響が現れる最小の線量、すなわち閾値が存在し、被爆線量が閾値を超えると影響が現れる確率が増加し、1となるような影響（つまり、かならず起こる影響）のことをいう（なお、閾値を超えない場合においても、後述のとおり、細胞などに何らの損傷も生じていないというわけではない。）。

確定的影響では、被爆線量の増加とともに影響の大きさが増すが、これは、閾値を超えて高線量になればなるほど、より多くの細胞が失われたり細胞変性を起こしたりするため、細胞によって構成される臓器や組織の障害も重くなるからである。

また、失われた細胞が他の正常な細胞の増殖によって補償されるならば、臓器や組織の障害は一時的なものとなるが、失われた細胞が他の正常な細胞の増殖によって補償できないほど大量である場合には、臓器や組織の障害は永久的となる。

急性障害は、従前から、確定的影響であると考えられており、発がんや遺伝子影響以外の放射線障害は概ね確定的影響に含まれるし、放射線を大量に浴びて死に至るという現象も確定的影響である。

なお、閾値は、一義的に定まるものではなく、人間の放射線感受性にばらつきがあること（年齢、遺伝、心身の状態等による）から、一般に指摘されるよりも低い線量で当該影響が生じる場合も考えられる。また、閾値は、過去に報告された症例に依拠して推定されるものにすぎないから、新たな症例が積み重なることによって閾値が変動することは十分にありうる。

しきい値については、確定的影響という用語に関して用いられているにもかかわらず、現在、国際的には、集団の中で1%ないし5%の者に影響が出る線量がしきい値とされている。

(2) 確率的影響

放射線によるDNAの突然変異や、染色体変異により引き起こされる影響のことを言い、発がんや遺伝的影響を含むものであるとされる。突然変異によってがんが生じる機序は明らかとなっていないが、突然変異が連続して発生し、何年もの期間をかけて蓄積する過程が必要と考えられている。

確率的影響の場合、被曝線量の増加とともに影響が現れる確率が増大し、かつ影響の程度は、被曝線量とは無関係であるとされる。つまり、閾値は存在しないということになり、確率的影響は、時間が経過した後に出る影響であることから、晩発性障害ということもできる。

3 人体における放射性感受性について

(1) 臓器など（甲149・14頁～17頁）

人体が放射線を受けたときの影響は、放射線感受性に関するB e r g o n i e—T r i b o n d e a uの法則として知られており、細胞分裂の盛んな未分化な細胞、及び細胞再生系臓器ほど放射線の影響を受けやすいというものである。

(2) 年齢

上記のように、細胞分裂の盛んな未分化な細胞は影響を受けやすい。このことから、一般的には、大人よりも成長期にある子どもの方が、放射線による影響を受けやすい。

放射線の影響によりDNAが切断された場合、子どもの細胞は、成長期にあり、二重のらせん構造が解かれてDNAが1本となっているタイミングが大人よりも多いため、その分、後述のような異常再結合がされる可能性が高いからである。

4 人体への影響のメカニズムなど

(1) 電離作用

上記のとおり、放射線が放出され外部または内部から人体に当たると、放射線には上記のとおり電離作用があるため、人体を構成する原子や分子が持っている電子を吹き飛ばす。

我々の周りにある物質は、すべて原子から構成されており、人体もその例外ではない。原子は、ほとんどの場合、原子同士が結合した分子となって存在し、地球上のあらゆる物質が形作られている。この場合の原子と原子の結合は、原子の周りを回っている電子の軌道が重なり合うことで、電子と電子との間に相互作用が生まれ、電子がペアを組み、原子と原子をつなぐ強力な結合力が生まれる。

放射線は、飛んできて電子にあたると、放射線の持つ強力なエネルギーによって、電子を軌道からはじき出してしまう（電離作用）。

電子が軌道からはじき出されると、電子と電子のペアが壊れてしまい、原子間の結合が解けてしまい、分子が切断される。

なお、人は生命体であり、その生命機能維持のため、人体を構成する組織や細胞等の分子が切断されると、つなぎ直そうとする修復機能が働く。

(2) 電離作用による人体への影響（直接作用）（甲 3・16 頁～29 頁，甲 149・14 頁，44 頁～45 頁）

電離作用により、放射線があたった人体内にあるすべての分子が切断されるが、人体を形成しているすべての分子は、何らかの生命活動をつかさどっているため、その生命活動が機能しなくなる（分子切断による破壊効果）。

これに対し、上記のような人体の修復機能が働くと、再結合などの修復がなされる。このとき、正常に再結合などがなされれば問題は生じないが、再結合が正常に行われなこともある。とりわけ、細胞内における二重らせん構造を持つ DNA の鎖が、2 本とも切断されてしまった場合には、断片が誤って結合したり、または、再結合されず、そのままの残ることもある（これを変性、染色体切断又は端部欠損という）。

このような細胞内の DNA につき異常な再結合や染色体切断が生じた場合、それが細胞に対する致命的な損傷（細胞死となる）をもたらさなかったときには、増殖細胞は細胞分裂を通じて、損傷を有する子孫の細胞を生み出すことになる。そして、これらの細胞の一部は、生命防護機構によって排除されるが、一部は生き残り、がん細胞化する。

以上のような、放射線による人体組織の構成する細胞内の分子破壊効果や生命維持機能が働いた場合における細胞死・変性という効果のことを直接作用という。

多量な放射線による多量な分子切断が生じると、それぞれの生命機能がうまく働かなくなり、脱毛・下痢・出血・紫斑などの急性症状が出るし、分子切断の量によっては死に至ることもある。これらの放射線による影響については、一定の症状については、それに応じたしきい値が決められており、確定的影響であるとされる。

急性症状等がない場合であっても、人体を構成する細胞や細胞内にあるDNA等に分子の結合が破壊されたという効果は生じ、場合によっては、細胞については細胞死に至ったり、場合によっては、DNAの変性が生じる。これらの放射線による影響は、確率的影響であるとされ、しきい値はないとされている。西尾医師も、悪性黒色腫における低線量率小線源治療例の治療経過における黒色の色調が長い経過で消退したという過程が見られたことから、晩発性の影響について、放射線治療による細胞死は、照射後に急に死滅する突然死ではなく、数回の分裂過程で死滅する分裂死であるとし、極少量の被曝では、損傷された遺伝子でも生き残り、数回の分裂過程後に認識できる障害が生じる可能性が示唆されるとしている。

(3) 電離作用による人体への影響（間接作用）

以上のような直接作用のほかにも、放射線が人体を構成する組織の細胞等以外の人体内にある物質に与える影響を通じて人体へ影響を与えるものとして、バイスタンダー効果や活性酸素（フリーラジカル）を生じさせるという影響もある（間接作用）。

ア バイスタンダー効果（甲3・29頁～30頁）

バイスタンダー効果とは、放射線の照射による影響を受けた細胞に隣接し、自身は照射を受けていない細胞に、染色体異常、突然変異あるいは細胞がん化等の遺伝的効果を生じるというものである。当初は、 α 線照射（特に低線量の照射）で確認されたものであったが、その後、 α 線以外の放射線に関しても確認されたとされる。少なくとも、平成17年当時には、放射線の影響で照射を受けない近隣の細胞に染色体異常が起こることは確立された知見となっていた。

つまり、放射線は、人体内の細胞に対し、直接照射による影響を与えなくても、直接照射による影響を与えた細胞等を通じ、間接的に染色体異常などの効果を与える。

イ 活性酸素（甲2・65頁～67頁、甲149・14頁）

人体内にある通常は電気を帯びていない体液などに含まれる酸素分子に放射線がぶつかると、放射線の電離作用によって電気を帯びた活性酸素（フリーラジカル）が発生する。人体内の細胞の80%以上

は水で構成されているため、人体内のあらゆる場所でフリーラジカルが作られる。フリーラジカルは、マイナスの電気を帯びているため、電気化学的な力で細胞膜にひきつけられ、細胞膜の主要な構成物である脂質を攻撃し、さらには、フリーラジカルはひとたび細胞膜に達すると障害の連鎖反応を起こす。このようにして、細胞膜は損傷し、場合によっては放射性物質がそこから細胞内に入り込み、細胞の活動を阻害したり、直接遺伝子を傷つけたりする。

そして、フリーラジカルは、後述のペトカウ効果を引き起こす原因であるともされ、放射線のない通常の状態でも人間の健康に影響を与えるものであり、動脈硬化、白内障、心筋梗塞後の心筋への障害、認知症、がん、肝臓・腎臓障害、炎症、免疫反応の障害、老化、慢性関節炎、多発性関節障害、肺疾患、喘息といった、実に多様な病気を起こす原因となるとされる。

(4) 低線量被曝による影響（甲2・58頁～61頁）

上記のとおり、一般に、放射線による効果線量の単位としてSvが用いられており、それは放射線のエネルギーに着目したものである。内部被曝における被曝線量については、Svの計算方法から、過小に見積もられていることも上記のとおりであり、このようなことから、内部被曝は低線量被曝であるとされ、その影響は無視されてきた。

しかし、これを覆す事実が発見された。これがペトカウ効果である。

カナダのペトカウは、低線量の放射線を長時間浴びせ続けると、高線量を短時間照射した時よりも合計の放射線量のはるかに小さい状態で、細胞膜が破れることを発見した。ペトカウは、細胞がどれくらいの放射線量を浴びれば壊れるかを実験しており、エックス線を毎分260ミリシーベルト、合計35シーベルトという非常に高い線量を浴びせて細胞が壊れることを発見したが、一方で、合計7ミリシーベルトを12分浴びせただけで細胞膜が壊れることを偶然発見した。

そして、放射線の照射時間を長くすればするほど、細胞膜を壊すのに必要な放射線量が低くてすむこともわかった。

このようなことから、肥田医師は、このペトカウ効果について、高線量の被曝による急性被曝とはまったく異なるメカニズムで起こるため、

線量が高いほど危険だとは一概に言うことはできず、むしろ、低線量被曝に気をつけなければならないとし、死の灰や原発から出ている放射線による被害を示すデータについて、ペトカウ効果による理論的に説明することができるようになったとされる。

低線量被曝が長時間続くのは、まさに、内部被曝の場合である。

5 内部被曝の危険性について

4で述べたようなことからすれば、内部被曝の危険性については、外部被曝に比べ、以下のような特徴を持ち、より危険性が高いということが指摘されている（甲2・74頁～112頁，甲3・34頁～40頁）

(1) α 線・ β 線による被曝が生じること

内部被曝の場合、体内に放射性物質が入るため、放射性物質と体内細胞の距離が近くなり、0.4ミリメートル～1センチメートル程度しか飛ぶことのない α 線、 β 線が非常に高密度に、しかも場合によっては長期間にわたり、DNAや細胞膜、たんぱく質などに損傷を与える。

とりわけ、DNAの場合、二重のらせん構造が一度に切断される確率高まり、誤った修復がなされる確率が増加する。

つまり、外部被曝における γ 線による低密度な被曝とは異なり、高密度な被曝となるため、DNAの切断による死滅や異常再結合を引き起こしやすい

(2) 局所集中性

セシウム137やナトリウム24のように、ほぼ全身に均等に吸収される放射性物質もあるが、一方で、放射性物質の中には、特定の臓器などに集中的に付着しやすい性質を持つものがある。

また、放射性物質が親和性のある部分に付着した場合には、体内にとどまる時間がより長くなりやすいといわれている。

さらに、自然放射線核種と人工放射性核種とでは、後者の方が生体内濃縮が起こりやすいとされる。自然放射線核種の場合、生物が進化の過程で獲得した適応力が働くため、体内で代謝し、体内濃度を一定に保つというメカニズムが獲得されているのに対し、人工放射性核種の場合にはそのようなメカニズムが働くことはなく、むしろ、化学的に類似した

非放射性物質を濃縮するメカニズムがある場合には、そのメカニズムにより放射性物質を濃縮してしまうことがあるからである（臓器親和性）。

このように、体内に取り込まれた放射性物質により、人体は、局所に集中的に放射線の影響を受けることになる。

これに対し、外部被曝の場合、人体に対し、局所に集中的に影響を与えることはない。

(3) 継続的な低線量被曝であること

内部被曝においては、人体内に入った放射性物質からの放射線の放出は、当該放射性物質が安定した非放射性物質に崩壊するか、体外へ排出されない限り継続される。

そして、内部被曝の場合、効果線量は低線量とされる。

したがって、内部被曝は、低線量被曝が長時間継続することになる。

6 放射線により生じる疾患など

上記のように、放射線は人体を構成する様々な原子の結合を破壊し、細胞死や細胞の変性などをもたらす、また遺伝子の異常を生ぜしめる。

急性症状が生じなかったとしても、放射性影響研究所により被曝線量に応じて罹患率が非被曝者に比べて増加するということが報告されているものだけでも、白血病を含むすべての部位におけるがん、心筋梗塞・脳卒中などの循環器疾患、肝機能障害などの消化器系疾患、呼吸系疾患などの非がん疾患など多数に及ぶ。

なお、これらの疾患は、放射線被害に特有の疾患ではなく、一般に誰でも発症しうる疾患であり（非特異性）、現在の科学のレベルでは、とりわけ晩発性障害の原因を病理学的に特定できず、その特定を疫学的調査によらざるをえないという問題がある。

第3 まとめ

以上のように、放射線は、その電離作用により、人体の細胞の破壊、DNAの損傷・異常再結合、DNAの異常、突然変異あるいは細胞がん化等をもたらす、人に非特異的ながん等の疾患を確率的にもたらすものであり、 α 線、 β 線による高密度な、そして局所に集中し、低線量ながらも長時間継続する被曝をその特徴とする内部被曝は、 γ 線による外部被曝よりも特

にその危険性が高く，人の生命・身体という重要な法益を侵害する危険性の高いものである。

以上