

内部被曝についての考察

琉球大学 矢ヶ崎克馬

(1) 国際放射線防護委員会(ICRP) 1990年勧告は内部被曝について評価する資格が無い

《国際放射線防護委員会勧告》

以下は、国際放射線防護委員会の規準です。

吸収線量の考え方

吸収線量は、ある一点で規定することができる言い方で定義されている。

しかし、この報告書では、特に断らないかぎり、

1つの組織・臓器の平均線量を意味する。(2.2 基本的な線量計測量)

放射線防護上関心のあるのは、一点に於ける吸収線量でなく組織・臓器にわたって平均し、線質について加重した吸収線量である。

(2.2.2 等価線量)

国際放射線防護委員会の規準では吸収線量を、被曝した微小領域で本来規定すべきであるが、臓器当たりの平均量で評価することを規準とすると宣言しています。この方法は内部被曝を科学的に評価できるものではなく、恐ろしく過小評価するものです。

これを具体的に説明します。

《内部被曝と外部被曝の違い》

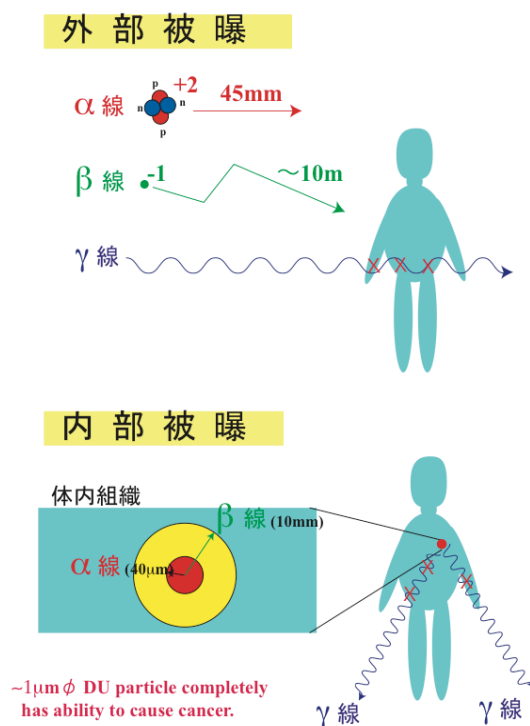
図1に示すように、放射能が身体の外部にある場合と内部にある場合は、被曝の状況が根本的に異なります。

(外部被曝)

放射性物質(放射能)が体外にある場合は、飛程の短いアルファ線やベータ線は放射線物質がすぐ近くにある場合を除いて、あまり体には届きません。届いても皮膚近くでとまってしまいます。ガンマ線だけが体を貫きます。この場合は、身体全体に当たると仮定して良い状況で、国際放射線防護委員会(ICRP)モデルが適用できます。すなわち、身体で受けとめたエネルギー量を体重で割ったものが線量と評価できます。また、身体との相互作用が希薄であるため、

どこに、あるいはどれだけ密集してイオン化がなされるかということも確率的となり、遺伝子や染色体の損傷も線量に比例していると考えるのが妥当です。

図1 外部被曝と内部被曝の被曝状況の違い



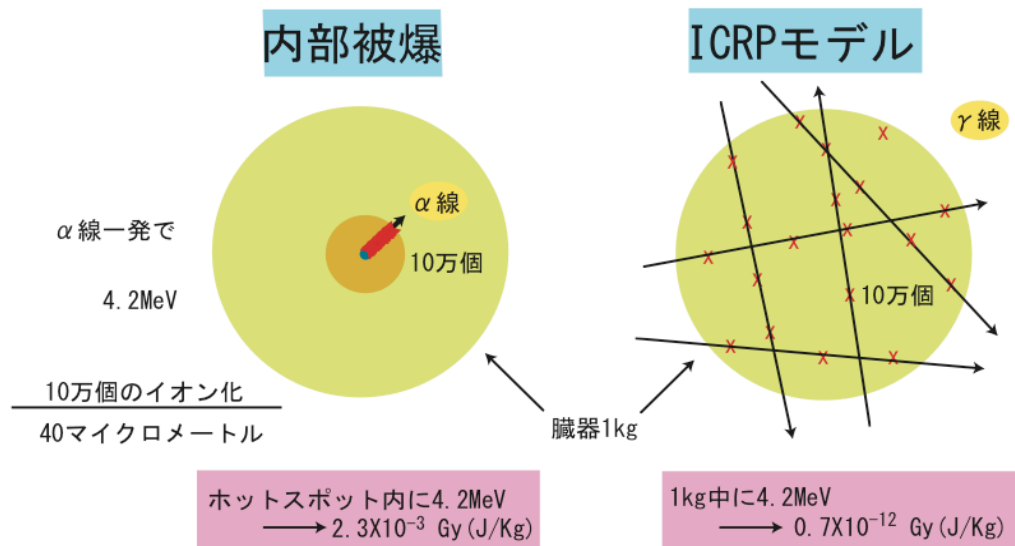
(内部被曝と高密度イオン化)

しかし、内部被曝の場合は事情が一変します。飛程の短いアルファ線とベータ線は身体の中で止まってしまうので、持っている全てのエネルギーが細胞組織原子のイオン化等に費やされます。

図2に示しますが、特にアルファ線は飛程が40マイクロメートルで、その間に420万電子ボルトを失います（電子ボルトはエネルギーの単位：電子を1ボルトの電位差で加速して得られる運動エネルギーに等しい）。平均イオン化エネルギーは32.5電子ボルト程度なので、たった40マイクロメートルの間にほぼ10万個(≒4,200,000/32.5)のイオン化がなされます。イオン化とは、マイナスの電気量を持った電子が原子から吹き飛ばされ、原子がプラスの電気量を持つイオン（中性でなくなった原子や分子をイオンと呼びます）となることです。その時、結合していた原子同士が切断されます。遺伝子や染色体が損傷を受け

るのです。

図2 集中したイオン化とICRPモデル
—ICRPモデルでは内部被曝の評価はできない—



《被曝の評価》—こんなにも過小評価がなされている—

ウランの場合はα線放射です。この場合、イオン化は隣り合う原子すべてをイオン化する密度です。ものすごく高密度のイオン化がなされます。図2の右図に示すように、もしこの10万個を例えば1キログラムの臓器全体にばらまけば、イオン化はすべて孤立した状態ではらまかれることになり、γ線の低線量被曝の状態と一致します（右図にはγ線被曝の状況を描いています）。この場合は文字通り低線量被曝となります。それぞれを質量当たりの吸収エネルギーに計算すると10の9乗倍の差があります。国際放射線防護委員会の規準は、第2図の左図に示されるような被曝状況が右図に示される被曝状況に置き換えられて評価されるのです。隣り合う原子がすべてイオン化されているような緊迫したイオン化状況はなにも見えてきません。

繰り返しになりますが、国際放射線防護委員会の規準ではアルファ線およびベータ線の内部被曝の評価は決してできません。大きさの程度として10億倍

も線量評価が違うのです。γ線に照射される場合、すべてのγ線が一時にやってくるとは限りません。イオン化する場所も体のあちこちです。γ線の場合は時間的にも場所的にも、イオン化は疎らなのです。それに対し、α線の内部被曝は同時に10万個というイオン化をおなじ場所（40マイクロメートル内）に行うのです。

線量評価を、科学的に状況を正しく捕らえた規準でないICRP「規準」で行うと、「劣化ウランは放射能兵器ではない」、「広島原爆でも誰もウラン235を（放射能として）問題にしたことはない」と、まるでアメリカ政府の代弁者のような言い方になるのです。

(2) 高密度イオン化と低レベル放射能

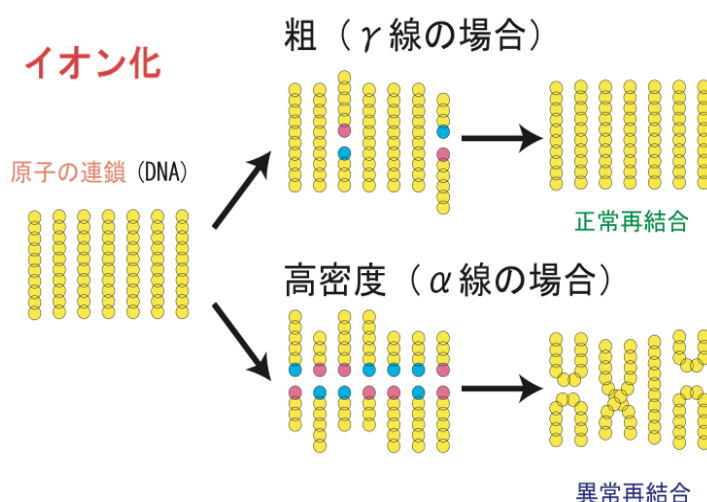
—発がん率上昇をもたらす原因—

《異常再結合は高密度イオン化から》

イオン化が高密度であることは、単に打撃が集中しているだけのものではありません。生物学的にも（物理的に見ても）切られたものは元に戻ろうとします。集中してイオン化を受けた場合は元の相手と一緒に成れないのです。

図3に、ちょん切られた原子同士が再結合するときの、イオン化が疎らである場合と高密度の場合の違いを示します。

図3 再結合—イオン化が疎らなときと密なときの違い—



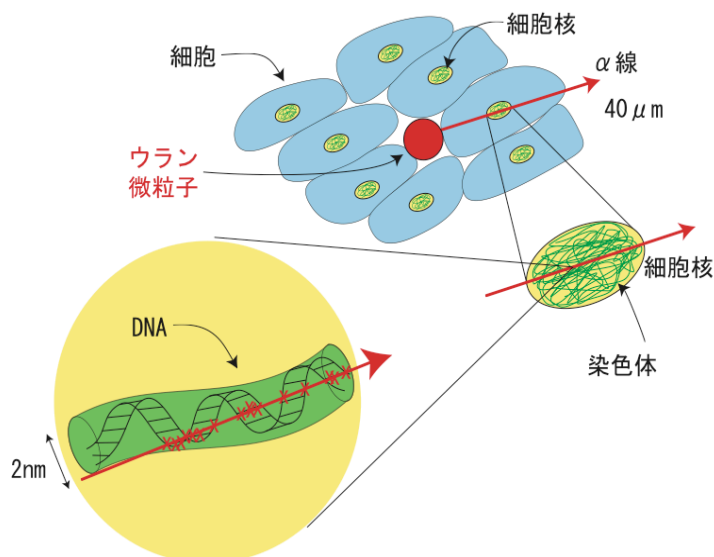
高密度被曝の場合は再結合するときには相手を間違え、DNAの間違った組み合わせをもたらします。これが一発一発のアルファ線で引き起こされるものですから、疎らにイオン化されたばあいと比較にならない危険度があります。人間は2重3重の発がんに対する防御機構を持っているといわれますが、多数の α 線による内部被曝でできた異常DNAの活動のすべてを防御できるはずがありません。多数のがん患者発生の十分な根拠になります。ウランが発がんを誘発する根拠は充分すぎるほどあります。

図4は、はアルファ線の飛ぶ距離と細胞の大きさのイメージ化です。細胞核にはDNAが詰まっています。 α 線が細胞核をヒットした場合、DNAに高密度被曝・イオン化を与えます。DNAが過って再結合して、もしそれが増殖等の活動を開始したらがんや腫瘍の発生と結びつきます。

《低レベル放射能の危険》

もし α 線がウラン微粒子から（1秒当たりに）ものすごくたくさん打ち出されるならば、切られた原子同士が再結合しようとする暇無く、切られっぱなしとなります。その場合には細胞等が死んでしまうと考えられます。それに対し、ウランからの α 線は“低レベル”といわれるように時間当たりにして少数の α 線が打ち出されます。試算すると5マイクロメートル（ミクロン）直径のウラン微粒子の場合に打ち出される α 線は1日当たり1個程度となります。直径がそれ以下だと充分再結合の時間があります。劣化ウランは低レベル放射能だからこそ、発がんの危険がより大きいといえます。

図4 α 線の放射と細胞、DNA



《原爆と内部被曝》

原爆の場合の、直接浴びた一次放射線はガンマ線、中性子線です。中性子線は電子を吹き飛ばしてイオン化させるのではなく、原子核にぶつかり、原子を放射能化します。この場合主としてベータ崩壊の放射能となります。核分裂してできた原子はいずれも半減期の短いベータ崩壊放射能です。黒い雨などに含まれる放射能の大部分は半減期の短いベータ崩壊です。被爆直後はものすごい放射線の強さがありますが、半減期が短いものが圧倒的に多いので、時間とともに減衰し、やがて治まりました。ベータ線（電子線）は α 線のばあいと同じように考察できます。 α 線放射もベータ線放射も γ 線の放射が伴いますので、黒い雨に打たれた人や、被爆後入域した人は内部被曝だけでなく、外部（残留放射能）からの γ 線による被曝もともに健康を害したことと思います。しかし、内部被曝の影響の科学的評価がきちんとなされていたならば、今日原爆症認定の非人間的な国家基準はもっと形を変えていたかもしれません。原爆症認定のプロセスにおいても、低線量・低レベル放射能の内部被曝がキーポイントとなります。

《WHOの見解》

WHOの劣化ウランに対する考え方は、国際放射線防護委員会の規準そのものを言い換えたにすぎず、結果として非科学的な評価をしています。

WHO (World Health Organization)

Depleted Uranium (劣化ウラン)

Fact Sheet No. 257

2003年1月

…しかしながら、DUはほんの弱い放射能だから、**大量の（数グラムの程度の）DUの埃を吸い込まないならば、被曝したグループで、検出できるだけの肺癌の危険は高まらないだろう。**他の放射線誘起の白血病を含むがんの危険は、肺癌の危険より非常に少ないと考えられる。

WHOは昨年1月の劣化ウランと題する見解表明（ファクトシート257）で、現場の発がん率10倍化を知りつつ、発がん率の上昇は劣化ウランとは考

えられない（低線量被曝は発がんの根拠にならない）、としています。その根拠の1つは、国際放射線防御委員会の規準にあります。根拠の2つ目は放射線科学の実験事実を根拠にしていると思います。すなわち“低線量で内部被曝をさせても発がん率の上昇にはならない”と。これについては、研究室で行う実験の限界を謙虚に評価すると、現実には起こっている規模の大きい比率は小さい事象を代弁できないことに気がつくはずで

発がん率が10年間で10倍化していても10万人当たりの比率にしてみれば10人程度だったものが100人程度に増加したもので、百分比で言えば、0.01%が0.1%に増加したものです。このような低率のしかも長期間かかって発言することがどれだけ実験により捕らえられるのでしょうか。実験室で何万匹の試験動物を何年間飼育したというのでしょうか。実験でとらえられないことが100万単位の人の中での発がんを否定する根拠には決してなりません。

また、WHOは“水溶性劣化ウラン酸化物は体内に入っても短時間で排出されるので、放射線被害はとるに足りない”としています。しかし、イラクの汚染地区の人々が、毎日、毎日劣化ウラン微粉末を体内に取り込んでいるならば、いつでも体内に劣化ウランを蓄えていることになります。たった一回投与して排出された場合の楽観的物の見方で、現場の評価はできません。

《アメリカにおける原子力発電による低線量被曝》

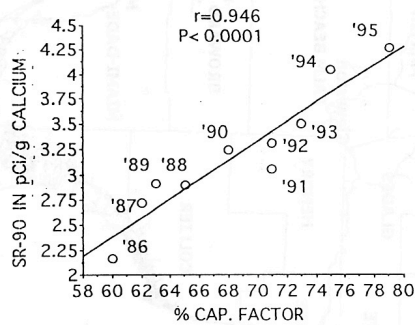
昨年10月にハンブルグにおいて行われた劣化ウランシンポジウムで、LEUREN MORET氏が提供した資料の一部を紹介します。ICRP規準では問題とされない原子力発電所から放出される低レベル放射能と小児の白血病等との関わりについてのデータであり、**The Radiation and Public Health Project**（放射線と市民の健康プロジェクト）が行ったデータ収集です。劣化ウランの事象ではありませんが、内部被曝という関わりで重大な関連がありますので紹介致します。

図5にはアメリカにおける小児の歯中のストロンチウム-90含有量と原子力発電年間稼働率の関係を示したものです。ストロンチウム-90含有量は原子力発電の稼働率上昇とともに直線的に増加しています。

図6には、ニューヨーク、サフォーク群における小児がんと歯中のストロンチウム-90の関係を示したものです。両者の増減は良く一致しています。体内に取り込まれた放射能が、小児がんを誘発していることが示されています。

図5 小児の歯中のストロンチウム-90含有量と
原子力発電年間稼働率の関係

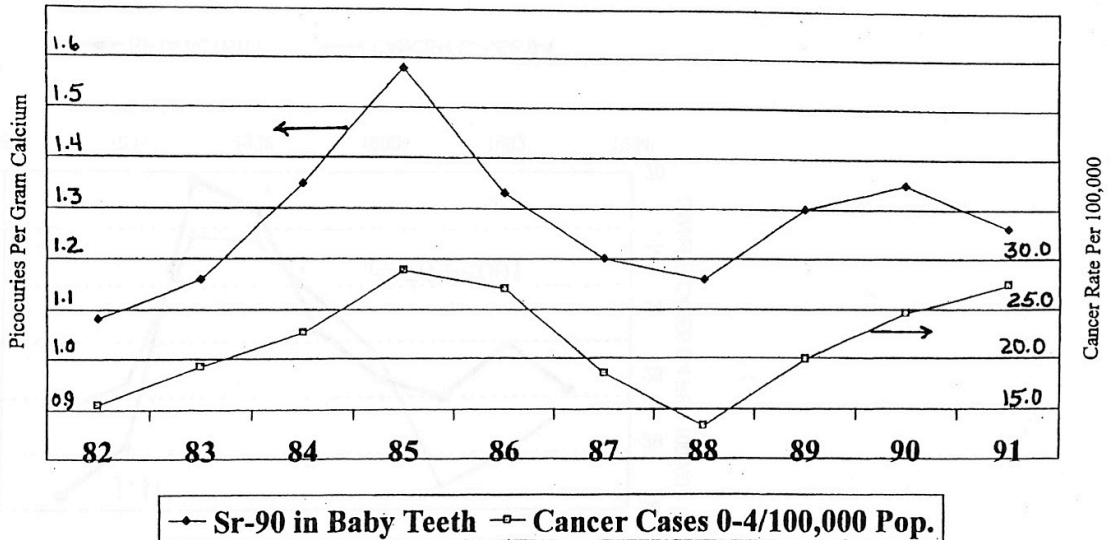
Fig. 1
AVERAGE SR-90 IN BABY TEETH IN THE U.S.
VS. AVERAGE ANNUAL PERCENT OPERATING
FACTOR OF U.S. NUCLEAR REACTORS
1986-95



Source of data for the percent operating factor : NRC NUREG1350, Volume. 12, Table 7, 2000.
Strontium-90 measurements by REMS, Inc. by year of birth for 1277 deciduous teeth
collected by the Radiation and Public Health Project in picoCuries per gram Calcium.
Correlation coefficient $r=0.946$. Probability of an accidental correlation P by t -test is less
than 1 in 10,000.

図6 ニューヨーク、サフォーク群における小児がん
歯中のストロンチウム-90の関係

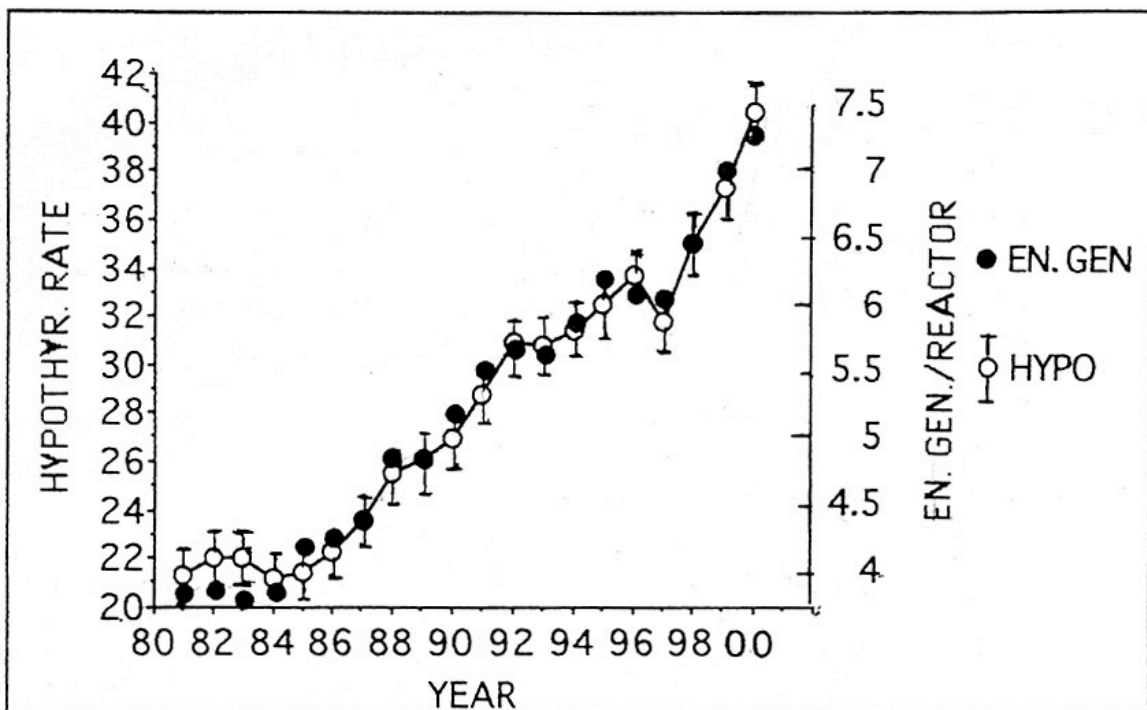
Fig. 6. Sr-90 in Baby Teeth vs. Cancer 0-4
Suffolk County, NY, 1982-1991
Four Year Lag (Sr-90 = 1982-91, Cancer = 1986-95)



Source: Radiation and Public Health Project. Based on 488
baby teeth, persons born 1981-92, and 262 cancer cases 0-4
diagnosed 1985-96. Uses three year moving averages.

図7には、新生児甲状腺機能低下症と原子力発電による発電量の関わりを示したものです。両者の関係は全く1つのカーブで表すことができ、完璧な相関があります。さらに、図8にはカリフォルニアにおける自閉症の小児と原子力発電による発電量との関わりを示しています。自閉症小児数は2年ほどの遅れはありますが、発電量に強く依存しています。

図7 新生児甲状腺機能低下症と原子力発電



原子核分裂の生成原子のうち、ストロンチウム-90は、通常のウラン-235による核分裂の場合は約7%生成されるといいます。半減期は28.8年で核分裂生成原子としては半減期の長い方に属します。原子力発電所からの排気に含まれる放射能は「低レベル」「自然放射能以下」等と言われ、問題にされないのが、アメリカや日本の「規準」です。しかし、この「低レベル放射能」によって、小児がん等の疾病はこれらのグラフで示されるように明瞭に誘発されています。体内に取り込まれ、骨に（歯に）沈着していることでその量が推定されます。低レベル放射能は、内部被曝により歴然とした被害を露わにして

いるのです。

図8 カリフォルニアにおける自閉症児と原子力発電の発電量の関係

