

## (増補版) シーベルトへの疑問

「原子力資料情報室」会員

ちよぼちよぼ市民連合

田中一郎 ([ichirouchan@withe.ne.jp](mailto:ichirouchan@withe.ne.jp))

東日本大震災と福島第1原発事故からおよそ1年4カ月が経過した。環境に放出された放射能は東日本各地を汚染し、危険極まりない様々な種類の放射能が住宅地はもちろん、広く森林や湖沼・河川、農地や水源地、海などに降り注ぎ、我々の日常生活はすっぽりとその放射能汚染に包まれることになってしまった。そうした中で、現在一段と注目され始めたのが飲食や呼吸に伴う恒常的な低線量内部被曝(注1)である。先般は厚生労働省がようやく遅れていた飲食品の残留放射能に係る暫定規制値の見直しを決めたが、その過程でもこの内部被曝の危険性について活発な議論が展開された。

しかし、原子力村の住民たちの恒常的な低線量内部被曝に関する説明や、マスコミによるその無批判な報道においては、しばしば「内部被曝は避けられないけれども、科学的に被曝量を評価した“シーベルト”の値は十分に小さいので、心配するには及ばない。むしろ、自然放射線と比較しても無視できるぐらいに小さな放射線被曝を過剰に心配することは、無用の精神的ストレスを生み、かえってその方が健康には有害である」などとされる。簡単に言えば、たいしたことはないから考えることをやめよということだ。

しかし、本当にそうだろうか。本稿末尾に示す解説図書などを参考に「シーベルト」という概念について少し批判的に考えてみると、内部被曝に関しては「シーベルトの値が小さいから安全だ、心配はない」などととても思えないのである。むしろ逆に、人間の放射線被曝の度合いを推し量る評価単位であるこの「シーベルト」という概念が、非科学的、非実証的で、恒常的な低線量内部被曝の危険性を覆い隠しているのではないか、言い換えれば、原子力推進を容易にするために放射線内部被曝による健康被害を過小評価し、人々の判断を歪めているのではないかと思われる。

以下、「シーベルト」に関する問題点・疑問点を整理し、その概念が内部被曝の実態とは相違していることを示すとともに、現在、飲食を含めて対策が急務となっている恒常的な低線量内部被曝問題について、政府をはじめ関係責任者達の再検討を促したいと思う。

### <国際放射線防護委員会(ICRP)>

専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行う民間の国際学術組織の一つである。前身は1928年設立の「国際X線およびラジウム防護委員会」であり、戦後1950年に、当時の米国原子力委員会主導の下、改組されて新たに「国際放射線防護委員会(ICRP)」として発足した。広島・長崎の原爆被曝者データや世界各国の原発・核施設

労働者の被曝データ等をもとに、放射線防護の基準やその考え方などを勧告している。ICRP 勧告は国際的に権威あるものとされ、国際原子力機関（IAEA）の安全基準や世界各国の放射線障害防止に関する法令の基礎にされている。しかし、内部被曝を軽視・過小評価したり、がん・白血病以外の健康被害を無視したり、あるいは経済合理性を人間の命や健康よりも優先するなど（ALARA原則：as low as reasonably achievable）、その基本姿勢や方針が原子力推進に偏っているとの批判が絶えない。事務局はカナダのオタワにある。（ICRP:International Commission on Radiological Protection）

#### <欧州放射線リスク委員会（ECRR）>

専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行うもう一つの民間国際学術組織である。欧州議会内政党である欧州緑の党が中心となり 1997 年に設立された。放射線被曝の危険性、とりわけ内部被曝と外部被曝の根本的な違いを強調し、国際放射線防護委員会（ICRP）勧告を批判しながら、より原子力や放射能に対して厳しい立場で放射線防護の基準やその考え方などを勧告している。2011 年に福島第 1 原発事故を受け、科学議長のクリス・バズビー英アルスター大学客員教授が来日し、子どもの被曝限度を 20 ミリシーベルト／年とした日本政府を批判した。本部はベルギーのブリュッセル。（ECRR:European Committee on Radiation Risk）

#### <現状における放射線と放射能の単位>

##### ・ベクレル

放射能（放射性物質が放射線を出す現象または性質）の量を表す単位。具体的には、1 秒間に 1 個の原子核崩壊を起こす放射性物質の放射能を 1 ベクレルといい、記号はベクレル（Bq）で表す（旧単位は「キュリー」（Ci）：1 キュリー＝ $3.7 \times 10^{10}$  乗ベクレル）。物理的な絶対量の単位なので基本的に誤魔化しはない。放射能汚染や放射線被曝を考察し評価する場合には、さしあたりこのベクレルに依拠するのがよい。

（「ベクレル」という名称は、ノーベル物理学賞を受賞したフランスの物理学者アンリ・ベクレルに因むもの）

##### ・グレイ（吸収線量）

放射線の物質に与える影響を推定するために、放射線が物質中を通過する際に当該物質中で失ったエネルギーの量＝当該物質が吸収したエネルギーの量を「グレイ」（Gy）で表す。物質 1 kg が 1 ジュール（0.239 カロリー）のエネルギーを吸収する時の線量を 1 グレイという（1 グレイ＝1 ジュール/kg）。

（「グレイ」という名称は、ルイス・ハロルド・グレイという物理学者に因むもの）

##### ・等価線量（シーベルト：旧単位は「レム」で、1 シーベルト＝100 レム）

国際放射線防護委員会（ICRP）勧告によれば、放射線の違い（ $\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線、

X線，中性子線，陽子線等）により人体への障害効果が異なっているため，その障害効果を， $\gamma$ 線を「1」とする相対的な指数で表した「放射線荷重係数」を使って修正する。上記の吸収線量（グレイ）にこの「放射線荷重係数」を掛けたものを「等価線量」（シーベルト）という。「放射線荷重係数」の数値は「別表1」の通りで， $\alpha$ 線が「20」， $\beta$ 線が「1」，中性子線が「5～20」などとなっている。

（「シーベルト」という名称は、放射線防護研究者のロルフ・マキシミアン・シーベルトに因むもの）

#### ・実効線量（シーベルト：旧単位は「レム」で，1シーベルト＝100レム）

国際放射線防護委員会（ICRP）勧告によれば，放射線への感受性＝影響度合いは，人間の各臓器によっても異なるため「組織荷重係数」（注2）を使って修正する。上記の臓器別「等価線量」（シーベルト）にこの「組織荷重係数」を掛けた数値を，全ての臓器・組織について足し合わせたものを（内部被曝に係る）「実効線量」（シーベルト）という。「組織荷重係数」の数値は「別表2」の通りで，各組織ごとの「組織荷重係数」は合計すると「1」となるように決められている。全身への外部被曝の場合，体全体の「実効線量」は「等価線量」と同じ値になる。

一般に人間の被曝量とは，外部被曝も内部被曝もこの「実効線量」のことを言い，単位は「シーベルト」で表示される。内部被曝に係る実効線量と外部被曝に係る実効線量を合計すれば総被曝線量（シーベルト）となる。そもそも「シーベルト」概念や「実効線量」の概念は，外部被曝量と内部被曝量を合計する目的でつくられた様子がかげえ，その際，内部被曝が過小評価されたと考えられる。

なお，実務的には「ベクレル」を「実効線量」（シーベルト）に換算する「実効線量換算係数（預託実効線量計数）」が，国際放射線防護委員会（ICRP）や欧州放射線リスク委員会（ECRR）によって開発されており（「別表3」），それを使うことで体内に入った放射性物質の量（ベクレル）から，その被曝量（シーベルト）を簡便法で推定している。

また，がん・白血病のいわゆる「確率的健康障害」（注3）については，同じく「DDREF」（線量・線量率効果係数（注4））が国際放射線防護委員会（ICRP）によって開発されており，実効線量を「DDREF」で割ることにより，近い将来発生するがん患者数及びその死者数を推定している。

#### <問題点>

##### （1）内部被曝は「吸収エネルギー」では表しきれない

吸収線量「グレイ」の定義でわかるように，「シーベルト」では放射線内部被曝が「1kg当たりの吸収エネルギー」に単純化されている。かつ被曝が体全体で平均化・希薄化されてしまっている。その内容は体全身に一様均一に（一過性で）放射線を浴びる外部被曝の場合に当てはまる定義であり，これでは飲食や呼吸に伴い体内に入り

特定部位に留まった放射線源からの恒常的な低線量内部被曝の実態とは、かけ離れたものとなってしまふ。

恒常的な低線量内部被曝の実態とは、被曝は「体全体に一様均一に受ける」のではなく、①「局部的」に、②「集中的」に受けるのであり、また「一過性」ではなく③「継続的」であることだ。こうした恒常的な低線量内部被曝の決定的な特徴を、この「シーベルト」の定義は無視してしまっている(内部被曝の特徴が定義に反映されず、過小評価となってしまっている)。

## (2)「組織荷重係数」の合計が「1」では内部被曝の実態を表さない

上記で見たように、実効線量(シーベルト)を計算する場合に使う「組織荷重係数」の合計が「1」とされている。これは、外部被曝と内部被曝を統一的に把握・合計するための一種の「換算」技術と推定されるが、それでは局部的・集中的な内部被曝の実態からはかけ離れたものとなり、被曝の影響が全身に薄められて拡散し、結果として過小評価となってしまふ。内部被曝の場合に、何故「組織荷重係数」を合計で「1」にする必要があるのだろうか。

西尾正道北海道がんセンター院長は月刊誌『科学』(岩波書店)に次のように書いている。

「粒子線である $\alpha$ 線と $\beta$ 線を放出する核種が体内にあると、 $\alpha$ 線と $\beta$ 線は質量を持ち飛程はごくわずかであるため、ごく近傍の細胞のみに持続的に影響を与えます。このことは、内部被曝を外部被曝と同様に、1 kgあたりのエネルギー値として評価することが無意味であることを示唆しています。影響の及ぶ範囲が1 kgの範囲よりもきわめて小さいからです」(注5)

また、西尾氏の新刊書『放射線健康障害の真実』(旬報社)では、人間の被曝線量を「吸収エネルギー」で推し量る「シーベルト」という単位について、次のように述べている。(『放射線健康障害の真実』p.58)

「しかし、もっと重要なことは、内部被曝の健康被害はエネルギーだけでは説明できないことである。(改行)内部被曝の場合は、粒子線は質量をもつため、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。しかし被曝線量の評価は全身化して換算するため、数値上はきわめて少ない線量となる。この線量の全身化換算の問題に加え、それ以上に熱量として放射線の影響を考えていることがはたして妥当なのかという疑問もある」

つまり「シーベルト」という被曝単位は、内部被曝を考えた場合には、その被曝の局所性・集中性にもかかわらず全身に平均化されて「kg」単位で評価されるため、明らかに過小評価となることに加え、その評価単位が「グレイ」と同じく人体による「吸収熱量」＝「吸収エネルギー」で推し量られるところにもう一つの疑問があるということである。そして、この「エネルギー」による被曝量の評価について、西尾氏は次

のような落合栄一郎氏（カナダ在住：化学者）の考察を引用する。（『放射線健康障害の真実』 p.59）

「100 Sv という被曝の場合，人間は 100% 中枢神経死で即死する。しかしエネルギー値から評価すると，100 J/kg（γ線の場合）であり，0.024 度体温を上昇させるだけである。だがこの体温上昇で人間は死なないが，同じエネルギー量でも放射線では 100% 死亡する。何かおかしい？」（「J」とはジュールのことで熱量の単位：筆者注）

この落合氏の指摘は，放射線被曝をエネルギーだけで評価するということの誤りの核心を，みごとにズバリと見貫いた卓見である。「シーベルト」は，被曝をエネルギーだけで見るというその定義のありようからして，ものごとの実態を表さない，言い換えれば，放射線内部被曝を単純化し過小評価しているものに他ならない，と言えるだろう。そして更に西尾氏は，この章のまとめ的に次のように書いている。（『放射線健康障害の真実』 p.60）

「Sv 値は，放射線の電離作用は分子・原子レベルの問題であるのに，日常生活レベルのジュール（J）で評価したものであり，放射線の影響の根本を考慮せずに定義されているのである。水分子（H<sub>2</sub>O）のサイズは 0.38nm であり，電離する過程をエネルギー付与で説明することは無理である。生体内で生物学的に生じる変化を物理学的な単位では説明できないのである。放射線の生物学的な影響の評価尺度が不適切であることや，線量の全身化換算による低減評価等の問題を考慮すべきなのである」（「nm」＝ナノメートル：筆者注）

### （3）被曝の至近距離性

この「シーベルト」の定義では，恒常的な低線量内部被曝の特性であるマイクロレベルの④「至近距離から」の被曝であることが見落とされている。体内部に入った放射性物質は，周囲の体を構成する細胞組織をマイクロレベルの至近距離から大きなエネルギーで破壊し始める。その場合，DNAに限らず，ありとあらゆる組織や細胞が破壊の対象となる。そうした重大事実が「シーベルト」には反映されていない。

ところで，原子力村の御用学者達は，よく「放射線被曝の程度は線源からの距離の 2 乗に反比例する」などと説明し，原発事故などの際の外部被曝については「大したことはない，線源から離れば大丈夫だ」と地域住民らに説得する。しかし彼らは，内部被曝の危険性については，このような説明をすることには絶対でない。つまり，この「放射線被曝の程度は線源からの距離の 2 乗に反比例する」という説明は，原子力村の御用学者達によって都合主義的に使われており，内部被曝が問題となった時に，その発言者が御用学者かそうでないかを判別するための「リトマス紙」として使うこともできる。

### （4）「放射線荷重係数」及び「組織荷重係数」への疑問

内部被曝の場合には「放射線荷重係数」の数値が怪しく見える。特に α 線の「20」

( $\gamma$ 線の20倍)というのは、その内部被曝性を鑑みた場合に疑問がある。また、 $\alpha$ 線と同様に内部被曝性の $\beta$ 線が $\gamma$ 線と同じ「1」であることや、中性子線の「5～20」も疑問だ。この「放射線荷重係数」の数値については、明確な経験科学的な根拠が示される必要がある。(注6)

他方「組織荷重係数」については、(注2)でも述べたように社会的・経済的に評価された数値であり、純粋な経験科学的な実証数値ではない。また、その場合、がん・白血病以外の「確率的健康障害」は考慮外とされている。更には(臓器・組織の)細胞被曝の特性とでも言うべきこと=すなわち同じ臓器・組織であっても、その臓器・組織の中のどの部位・部分か、あるいはいつのタイミングか、によっても数値は大きく違ってくる可能性もあるが、それらも全くの考慮外である。細胞増殖の活発な部位・部分(例えば体性幹細胞)では、その影響は格段に大きいはずだし、細胞周期によっても影響は異なってくるだろう(注7)。

従って、この両方の係数については、その実証的根拠(放射線荷重係数)、あるいは根拠明確化(組織荷重係数)が必要不可欠である。

#### (5) 年齢別・性別の放射線への感受性が反映されていない

加えて放射線被曝の場合には、胎児を含め年齢による感受性の違いも大きい、「シーベルト」には明示的に反映されていない(注8)(注9)。「実効線量換算係数(預託実効線量計数)」には、その代替として「体重差(分子数)」がカウントされているらしい。更には、性別差による感受性の違いもある(男性よりも女性の方が感受性は高く、そのことは現在の日本の法律である放射線障害防止法にも反映されている)。日本だけでも直ちに「年齢別及び性別感受性係数」を暫定的に定めて、飲食品や環境の被曝限度数値に反映させるべきではないか。

厚生労働省の説明資料である「別表4」をご覧いただきたい。表の限度値(Bq/kg)を一見してわかるように、年齢が小さいほど限度値は大きくていい=つまり食べる量が少ないから、その食べ物の単位当たりの汚染限度は高くていいという、我々が一般に認識している年齢別の被曝効果とは逆の計算結果になっている。子どもほど汚染限度値は高くていい、などという結論はとても受け入れられるものではない。

#### (6) 「実効線量換算係数(預託実効線量計数)」も疑問

「ベクレル」(放射能の量)から「シーベルト」(人間の被曝量)に換算する「実効線量換算係数」も、被曝量を確率的健康障害であるがん・白血病への疾患率へ転換する「DDREF」(線量・線量率効果係数)も、その根拠が国際放射線防護委員会(ICRP)による広島・長崎の原爆被害者データの解析から導かれている。しかし、そのデータは、冷戦下の核戦略の影響下で米国主導で収集整理されたため、様々な問題が指摘されている。また、内部被曝を軽視・無視したり、被曝の人体への影響を過小評価したりしていることは、多くの研究者や有識者が指摘するところである。

## (7) 化学的作用の有害性が考慮外

① 放射性物質自体の化学的性質が人体や生命体に対して有害作用がある(プルトニウム、ウランなど)。しかし、放射性物質の中には、その化学的特性なり有害性がよく分かっていないものもある。更に放射線被曝と重複した場合には、その化学的毒性が倍加する可能性もある。こうしたことは「シーベルト」には反映されていない。

② 放射線は人間の体の中では、遺伝子=DNAや染色体だけを破壊するのではない。各所の細胞内で様々な分子、原子に衝突し、それを活性化=イオン化する。中でも酸素がイオン化され、いわゆるラジカルと呼ばれる活性酸素が細胞内で生まれると、人間体内で様々な健康障害や臓器障害などを引き起す可能性がある(注10)。それが「シーベルト」では全く考慮されず定義に反映されていない(「ペトカウ効果」(注11)等)。

③ 体内にある放射性物質から放たれた放射線が体を構成する物質やその他の体内物質にあたると、その物質が別の物質に変化し、化学的性質が転換して有害化する可能性がある。里見宏氏のレポート(本稿末尾)によれば、例えば脂肪酸に放射線があたると発がん性のあるシクロブタノンという物質に変わる。こうしたことも「シーベルト」には反映されていない。

④ 昨今では、放射線被曝について、バイスタンダー効果による細胞生理の異常や染色体異常(ゲノム不安定性)(注12)などの各種のエピジェネティック(注13)な現象なども観測されており、そうした効果も「シーベルト」には反映されていない。

⑤ 健康障害については、放射線被曝によるものと化学物質の毒性によるものが相乗効果を発揮する可能性があると言われている。従って、動物実験等も含めて、これに関する明確なデータが必要である。

## (8) 放射性物質の体内への入り方(放射能パーティクルの危険性)

太古の昔から自然界に存在する放射性物質(自然放射能)は、たとえばカリウム(K40)のように代謝が早いとか、ラドンのように希ガスであるために化学反応性が低く、体内に仮に入っても、そこで取り込まれて蓄積することはなく、すぐに出ていくものが大半である。(注14)

しかし、原発事故等で環境に放出される人工放射能の場合はそうはいかない。それらはいわゆる「パーティクル」の形で、多種大量の放射性核種が「塊」になって人体や生物の体内に入り込み(それでも人間の日常生活のレベルで考えれば非常に小さい粒ではあるが)、それが体内で強い放射線を発する。また、核種によってはかなりの長い期間にわたり特定の臓器や部位で局所的に蓄積かつ滞留し、周辺の細胞を痛めつけることが多い。こうした放射性物質の体内への取り込み方の違い、体内での破壊威力