

## 放射線被ばくの説明の知恵

— 「しきい値なし直線仮説」 LNT : Linear No threshold Theory を検証する —

The main point how to explain radiation exposure

- Consideration of Linear No threshold Theory -

北海道医療大学歯科内科クリニック放射線部 輪嶋隆博

日本放射線技術学会雑誌第 64 巻第 11 号 (2008. 11.20) より転載

### はじめに

医療放射線の健康への悪影響の危惧を社会に対して抱かせてしまっている要因は、そもそも日本社会で定着している放射線怖がり過ぎの風潮に加えて、マスメディアからの「放射線は怖い」の報道の影響がある。また放射線に関する事件が起きた際に開示される放射線の説明の切り口にも問題がある。健康に害か無害かを問われている場合には先ず害・無害について答えるのが筋なのに、法的規制値や放射線防護の視点などが混同されてくるから、説明がさらにややこしくなり、少しの放射線でも害があり、1 mSv/年を超えたら健康被害があると一般には信じ込まれるようになった。放射線に限らず、社会生活一般の事象についての解釈・説明法にはわれわれは『身の回りの生活の判断の知恵』を会得しているわけで、これらの考え方を参考にすれば、一般には難解と思われる放射線のやさしい説明の知恵の糸口が開けてくるだろう。

### 1 診断目的の医療被ばくは健康に害か無害かそれとも有益か？

#### 1-1 説明の根拠「健康影響仮説」のおきかたでガラリと変わる放射線観

では、医療被ばくについてはどのように考えたらよいのか。社会からの医療被ばくに関する疑問は単純化されたものである。すなわち有害か無害かを問うものである。2004 年 Lancet 論文「医療被ばくで発がん 3.2%増加」<sup>1)</sup>の根拠は放射線防護学上の基本仮説：LNT の適用に基づく机上の推定値であって、発がんの増加は事実ではない。このことから診断目的の医療被ばくの健康影響を検証する場合には、放射線防護学の立場よりも健康影響研究（生物学、分子生物学、疫学、動物実験データから得られる科学的実証）の情報を基にするのが本筋であり、健康影響仮説の知識が不可欠である。そもそも放射線被ばくによる健康影響仮説は LNT のほかにも仮説が存在していることは一般によく知らされていないし、放射線ホルミシス仮説が放射線防護学で異端視されていることは不思議ですらある。わが国の平均 2.2mSv（胸部単純 X 線撮影で換算約 50 回分）/年の医療被ばくの健康影響を健康影響の仮説のうえから論じてみると

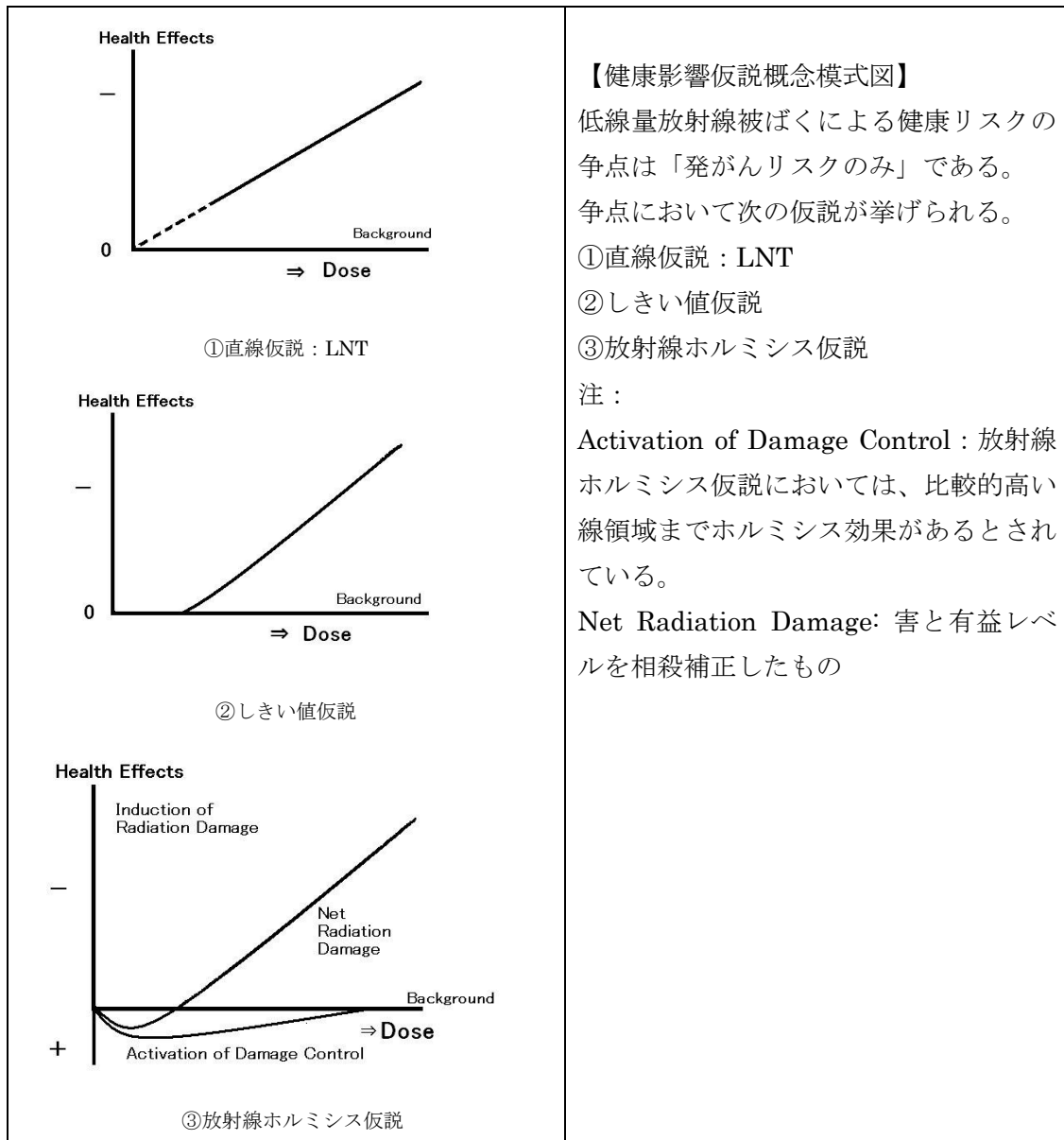


Fig. 1 健康影響模式図

- ① **直線仮説 LNT** は自然放射線レベル（2.4mSv/年）を原点として線量に従って直線的に発がんリスクが増加するという仮定である。したがって LNT では報道された内容の発がんリスクの可能性はあるが、ほかの発がん要因（食事・生活習慣ほか）30%から比較しても極めて小さく、現実には検出不可能な数値である。
- ② **しきい値存在仮説** は しきい量以下であれば発がんリスクはないという仮定である。2.2mSv/年の医療被ばくでは発がんリスクはない。
- ③ **ホルミシス仮説** はホルミシス線量域は有効な刺激効果として作用し、有益効果（発がんの抑制、成長の促進、免疫機能の増進ほか）があると仮定している 2)。この仮説では発が

んのリスクがなく、逆にいくぶん発ガン抑止効果があると考えられる。

以上、①～③の仮説からはそれぞれ異なった解答が得られる。現状の放射線防護学の立場では①を採用しているために、これに基いた説明のみがおこなわれ、“常識”とされている。

「放射線の扱い方」が問われる場合には放射線防護学・法規制での解釈が適用されるが、「害か無害か」となる問いには、先ず健康影響仮説について説明することが順序であり、他の仮説についての説明も加えることが正確な説明法になるだろう。

## 1-2 放射線リスクの考え方の歴史的経緯 LNT の概念の登場と基本理念の変遷

放射線リスクの問題をあらためて考えるためにも、現在に至るまで放射線リスク問題がどのように捉えられてきたのか、変遷の概要を知ることは重要である。

1895年、レントゲンのX線発見は医療分野にX線診断を急速に普及させたが、それに伴い放射線医の放射線傷害（皮膚炎⇒皮膚がん）が多発した。X線の発見と共に放射線障害も発見されたわけである。そこで、当時の国際放射線医学会では自主規制をおこなった。1930年頃に許容量が10mGy/週、1950年頃には3mGy/週に規制された。この結果放射線障害は影を潜めた。この経緯から放射線障害には安全量があるという認識が医学界では定着していた<sup>3)</sup>。LNTなる概念が登場したのは、実は1950年代後半以降である。国際放射線防護委員会（ICRP）は放射線被ばくによる発がんリスクには現在直線仮説：LNTを採用しているが、LNTの概念が形成されていた当時は遺伝的影響が中心であった。LNTの根拠にマラーのショウジョウバエのX線照射による遺伝的影響の実験結果が根底にあった。遺伝的影響は線量に直線的に比例し、遺伝的影響毒性には下限が認められなかったからである。ICRPは遺伝的影響はハエでの実験結果が人間にもあてはまると考えたわけである。1970年代後半に大規模な広島原爆被爆者の遺伝学調査がおこなわれ、低線量被ばくによる遺伝的影響が否定されると、今度はどういう訳かLNTは発がんリスクの問題にすり替わってしまった<sup>3)</sup>。LNTは広島被爆者の疫学データを基にしている。低線量域の放射線の健康影響に関しては「高い線量でおきた障害は低い線量レベルでも縮小して起きるだろう」と仮定し、「影響の不明な部分は安全側に立って危険なものとみなして対応することが放射線の安全管理にもつながる」との国際的な取り決めがおこなわれた。これが1958年国連原子放射線委員会合意であり、以来現在に至っている。

1990年以降、がん研究の中心となっている分子生物学の知見、動物実験データ、低線量被ばくの疫学データをもとにLNTに異論を唱える研究者が増え始め、これが国際的な放射線リスク論争の端緒になった。その中心的な存在が「放射線ホルミシス」<sup>2)</sup>で知られるT.D.Luckey 米国コロンビア大学教授と近藤宗平大阪大学教授である。近藤教授の著書「Health Effects of Low level Radiation」<sup>4)</sup>は1990年代半ばから、ヨーロッパを中心とした放射線研究者間で競って読まれるようになり、Luckey教授よりも高い評価を受けるようになった<sup>15)</sup>。これが巡り巡って米国のエネルギー政策にも影響を与えることになった。

放射線リスクの基本理念は国際放射線防護委員会（ICRP）、国際原子力機関（IAEA）で

は LNT を基本としているが、“LNT に揺らぎが生じている” のが実情である。ICRP1990 年勧告の ICRP 加盟国の国内規制法令への取り入れの大幅な遅れは、1990 年以降おきてきた国際的な放射線リスク論争と無縁ではない。



Fig. 2 左：近藤宗平教授 中：筆者 右：Luckey 教授  
1999 年 低線量放射線健康影響国際シンポジウム：東京

### 1-3 平均 2.2mSv 程度の医療被ばくは無害

健康影響仮説を根拠に医療被ばくを説明すると 1-1 に述べた内容になる。日本での放射線防護学の話題では微量放射線を危惧するものが中心的なものであるが、いっぽうで放射線ホルミシス仮説の存在を裏付けるものも国際雑誌には多数報告されている。大阪大学近藤宗平教授が国際専門誌に掲載された最近の疫学調査の論文やレポートをまとめて紹介しておられるので、一部を転用する 5)。

<英国放射線科医師のがん死亡率>年間約 5 mGy (ミリグレイ) 浴び続けた英国放射線医は被ばくしなかった一般臨床医師よりがん死亡率は 29%減少している 6)。

<マンモグラフィーは乳がん死低下に寄与>近年、欧州においては乳がん死が減少している。乳がんの診断にはマンモグラフィーが必須である。マンモグラフィーの被ばく量増加と乳がん死の低下は線量に相関している。これは放射線ホルミシス効果ではないのか? 7)。

<原子力艦船修理工の疫学調査>米国の原子力艦船の修理工は放射化したコバルト - 60  $\gamma$  線の外部被ばくを受ける。毎年 5 mGy 程度被ばくしている修理工はがんの発症率が低い。いっぽう原子力艦船の修理に関わらない一般の工具にはこの傾向はみられなかった 8)。

<台湾の住民被ばくの健康調査>誤ってコバルト - 60 線源が混入して製鉄されたものが 1983 年集合住宅の鉄筋に使われ、長期間居住民が被ばくする事件があった。被ばく者は約一万人で、1983 年～2003 年の累積被ばく量の平均値は 400mGy である。台湾の一般人のがん死亡率は 1983 年以降毎年増加の傾向を示すのに、被ばくした住民群では 1983 年以降激減の傾向をたどった。これが事実であるならば低線量慢性被ばくは、がん死亡を劇的に予防することを意味する 9)。

＜宇宙線被ばくの航空乗務員のがん死亡率＞定期航空の航空乗務員は飛行中に年間 2～5mGy 余計に宇宙線被ばくを受ける。この被ばく量の累積値とがん死亡率の関係が、欧州 7 カ国の男性パイロット 19,184 人について、1960 年～1997 年にわたって調査された。宇宙線を 25mGy 以上被ばくしたパイロットの死亡率は一般人のがん死亡率の 60%であった。これは疫学的に有意な検定値である (10)(11)。

このように疫学調査データからは平均 2.2mSv の医療被ばくは無害であることを示すばかりでなく、放射線ホルミシス仮説の存在を裏付けるものがこの他にも近年数多く報告されているが、放射線防護学では話題にはのぼらないようである。

## 2 説明の智恵

### 2-1 LNT の弊害

「少しの放射線でも健康に害」と放射線の怖がり過ぎを社会に定着させたのは LNT の弊害であるが、正しく怖がる尺度をあいまいにしたのも LNT であると私は考える。「LNT は放射線管理という立場ではまことに都合がよい」は良く聞かれる言葉である。LNT を基本理念とした放射線防護学、これを実効手段とした規制法には整合性と一貫性があるからだという。しかし私はこの考えに与しない。その理由は社会一般に対して行われる放射線の説明の場合には不適當だからだ。そもそも物事の判断においては、判断基準が多面的で一貫性がないことが普通にあつて、逆にそのことが判断基準を明確にしている。判断基準に一貫性・整合性があること自体がヘンなのだ。つまり、放射線管理に都合が良いと思われる LNT は“整合性のある”複数の放射線リスク観の基準 (LNT・放射線防護の考え・法的規制) が混在していて、切り口がわからなくなっているところにある。LNT の概念や ALARA の理念は一般社会には理解されるところとは思わない。いきおい具体的数値がある法的規制の「1 mSv を超えたら健康被害」と信じられるようになったのは、そのためであろう。整合性・一貫性がないことにより、それぞれの基準の考え方が理解できるというのは社会生活での経験法則である (12)。

### 2-2 放射線を説明する基準 健康影響 放射線防護学 法的規制 それぞれの物差し

#### 物差しの誤った使い方

放射線の説明の誤りをつけ加えると、1つの基準 (立場) で全体を説明しようとしていることにもある。日常生活一般、例えば食生活にしても様々な基準・規範 (衛生面、作法、矜持、習慣、きまり、宗教的規範 他) から成り立っているが、1つの基準・規範のみを用いてその解釈を全体に当てはめることはない。その良し悪しはケースの問いに合致した規範を適用して組み立てる工夫が全体像を理解することに役立っている。これは物事の判断をするために必要な当たり前の思考作業である。ところが放射線の扱いの説明の場合はこれらの考え方は適用されていない。法的被ばく制限をもとに健康被害を算定することはナンセンスであり、放射線防護学の物差しは放射線の扱いの言及においては万能ではない。放射線が社会に受容されにくい要因には説明の知恵が機能していないことにもある。

放射線に関しては大変に多くの専門・応用分野があり、このなかで放射線被ばくの扱い

を言及（説明）する立場では①放射線防護学②法規制③健康影響学（生物学、分子生物学、疫学ほか）が代表的である。各々の立場を平たく言えば、放射線防護学は放射線取扱いの技術的指針・扱いの矜持、それらの取りまとめ。法規制は決め事の周知・強制。健康影響学は「有害・無害・有益」の科学的検証がそれぞれ主になる。以上のことから専門分野によって放射線被ばくの捉えかたの物差しが異なることがわかる。それゆえに例えば「害か無害か」や「放射線の扱いの社会的妥当性」を問われた場合には、それぞれの専門分野の物差しを当てれば良いのかは想定できるだろう。問題なのはそのケースには適当ではない物差しを用いることである。管理規制値が健康影響量として一般社会に受け止められていたりするのはこの例であろうし、医療被ばくで発がん増加報道も同様である。東海村の臨界事故で地域パニックがおり、大規模な混乱と多額の損害が生じたことは説明の物差しが機能しなかったことによる人災である。放射線の説明が一般社会ばかりでなく、専門職においてもわかりにくいものになっている根源は複数の異質の立場からの放射線リスク観が混在していることである 12)。

### 2-3 誤った説明 誤解の印象を与える表示

放射線防護学上の取り扱いの理念、規制法上の線量制限・規制行為は健康影響と直結しないことを放射線の説明の際に一般の方々に理解してもらうことは重要である。放射線防護学において、放射線の扱いは俗に言う放射線の扱いの作法である。健康影響の説明とは別であり、社会的な要素が大である。法的規制も同様である。被ばく規制量は、精度の高い放射線管理が主眼であって法的規制値は健康影響量を意味しない。また、放射線の説明は何も口頭によるものや文書に限らない。一般の人々の目に映る表示の類や放射線に従事している人の行動もある意味での説明になる。これらのことから放射線防護学や法規制の観点から常識・妥当であると思われる事柄でも、説明・注釈を加えなければ一般の人に思わぬ誤解を与えるものがある。

#### 事例：事例の概要と解釈ポイント

以下に医療放射線現場で実際に遭遇するケースであり、かつて議論になった実例をいくつか紹介してみる。事例の解釈には異なった尺度の基準（括弧内）が混在していることを理解することと、どの基準を優先して説明するかが重要である。必ずしも害・無害が最優先されるとは限らないし、ひとつの尺度のみで全部を説明することも無理がある。⇒以降は私見・私の採用している説明法である。

#### ●病室移動 X 線撮影での同室者の退去は必要か？

量の多少にかかわらず無関係の人が人為的に被ばくする環境は好ましくない（放射線防護）、が  $\mu \cdot n$  Gy 程度の散乱線被ばくは無害量である（健康影響）。室外退去の法記載はない。

⇒同室者を退去させる必要はないが、必要に応じて上記の内容の説明が必要。

#### ●X 線撮影時の付き添い者・介助者は X 線室から退去させるべきか？

⇒前項と同じ

### ●X線撮影時の用具による生殖腺防護は必要か？

生殖腺防護の考えは放射線を扱う者の矜持（放射線防護学）ではあるが、遺伝的影響は400mGy以下ではおきていない実質的なしきい値がある（健康影響）。生殖腺防護目的の禁止行為・指導（法規制）はみあたらない。

⇒下腹部のX線撮影の際に生殖腺防護用具を用いて見せる行為は逆に微量放射線でも一般の人に生殖腺への悪影響の印象を与える危惧がある。診断目的で400mGyを超える被ばくの実態はないから通常の撮影と同じ扱いでかまわない。

### ●妊娠時のX線撮影は避けるほうがよいか？

被ばくによる奇形は200mGy未満では発生しない（健康影響）が、妊婦への腹部への照射の禁忌・保護のこだわりは常識（放射線防護学）であり、職業人での被ばくの場合では線量制限がある（法的規制）。

⇒診断目的で一度に200mGyを超える被ばくの実態はないから、妊娠の理由でX線検査を避ける必要はどこにもない。健康影響の考え方を優先すべきである。

### ●患者用X線防護衣は必要か？

被ばくの軽減（放射線防護学での矜持）目的のために用いられている用具だが、 $\mu$ Gyの散乱線被ばく量は無害量（健康影響）であり、防護衣を使用しても患者側のトータルな被ばく量の軽減にはほとんど寄与していない（放射線防護学）。また患者用防護衣を推奨・強制する事項はない（規制法）。

⇒歯科や胸部撮影で用いられる線量自体無害量（1回当たり40 $\mu$ Gy）であるのに、更に散乱線防護するのは意味がない。放射線怖がりを助長させる過剰防護である<sup>13)</sup>。

### ●X線室前の表示

どの病院でもX線室前の掲示には以下の文言が掲示されている。

- ・ 妊娠されている方は申し出てください

この表示は医療法施行規則のなかで、当該施設が放射線を使用していることの一般人への注意喚起をうながす表示の義務（法規制）である。いっぽう具体的な文言には触れていない。

⇒上記の文言を読んだ人は医療放射線は身体に害（胎児への悪影響）があるものと受け取るだろう。30年以上前からこの表示があるのを記憶しているから、胎児への影響、遺伝的影響の国際的評価以前の相当に古い時代の認識であることは間違いない（200mGy未満では奇形はおきない。400mGy未満では遺伝的影響はみられない）。注意喚起をうながす表示の義務であるが、具体的文言には触れていないのなら、各施設で智恵を絞って内容を考えてもらいたい。

## 2-4 放射線リスクの捉え方の温度差

放射線の説明がうまくできないことの原因は異質の立場からの放射線リスクが混在していることを述べた。しかし実はもっと根深いものがあることを指摘しておきたい。放射線

関係者間でも放射線リスクの捉え方には温度差が存在していることである 15)。温度差の要因は①情報に関するもの（放射線リスク論議に関する知識・情報浸透度の違い）②放射線リスクに由来する利害の相違、また①②の複合したものも考えられる。“放射線は微量でも危険”という仮説で利益があるのは何もマスコミや反原発運動にこの仮説を根拠にしているイデオロギー団体に限ったものではない。放射線リスクの取り決めには、科学的証拠・規制・認可・業務の独占・取り決め機構・社会的受容度等が関与する。そのほか放射線が特別な存在であることによって「立場によって異なるリスクの大きさへの願望」の問題が入ってくるからである 14)。放射線リスクの考え方や社会への適用の考え方が、属する立場によって変わってくるのは、いってみれば自然なことで、むしろ本能的である。だが、これが放射線リスク論議を複雑にしている要因であろう。

#### 4 まとめ

放射線の扱いに関する疑問に際しては説明の物差しをうまく用いることである。だが、いちばん問われるのは率直な疑問「害か無害か」これに集約されるだろう。われわれ医療放射線関係者はこの単純な疑問に答えることが求められる。しかし、この問いに納得させることのできる説明環境が用意されているかといえば、まことにお寒い限りである。害か無害かを問われたならば、健康影響の仮説を抜きにしては説明が成り立たない。また健康影響仮説の置きようによって説明がまるで異なったものになってくるのに、肝心な部分があいまいになっているのである。どの仮説に正当性があるのか結論を出しえない現状、これが近年のリスク論争・お寒い環境の実態である。

いっぽう、直線仮説:LNT は科学的事実ではなく社会的取り決め、妥協の産物でもある。社会的取り決めならば、いっそのこと議論の核心部分の情報を社会に開示して批判を仰ぐのはどうだろう。少なくとも放射線関係者間でも議論の対象になるような環境が必要である。放射線技術者間で放射線リスク論議の存在や放射線ホルミシス仮説の存在を知らない人が多くを占める環境では、社会に対してわかりやすい説明ができるとは思えないのである。

#### <医療放射線は将来 社会にどのように受容されるのか>

もし将来、放射線リスクの基本理念が現行の LNT から しきい値存在仮説に変更になった場合を想定すると、診断目的の医療被ばくは無害な存在になる。ホルミシス仮説が常識になった場合は、X 線診断は身体のことをよくわかるばかりでなく健康にもよいという評価を受けるかもしれない。現状では想像しにくいだろうが、十分ありえる話である。放射線リスク問題の展開は見守る必要がある。

#### <放射線リスク問題の決着>

放射線リスク問題の決着（発がんリスクには しきい値があるのか否か、放射線ホルミシスは一般科学常識となるのか、またそれらの量の基準設定）にはもう少し時間がかかると思われる。その理由は健康影響量の科学的な証明の詳細な詰めの作業に加えて、放射線リスク問題の社会適応においてはリスクに関わる利害問題も複雑に絡んでいることも挙げな



ければならない。放射線リスクの国際的な取り決めの帰趨が当面考えられるのは2010年に米国エネルギー省から出される予定の低線量健康影響報告である。近藤宗平教授の提唱に米国上院議会が動き出し、この問題に決着をつけるという目的のために2000年設立された米国国家研究プロジェクトである。3年後、放射線防護の考え方が大きく見直される転換点になるだろう。また、2005年2月、フランス科学アカデミーの採択した『実質的なしきい値』(1999年ポーランド: Jaworowskiによる提言)は大きく取り上げられるべき問題であったように思われる。

## 文 献

- 1) Amy Berrinton de Gonzalez, Sarah Darby :Risk of cancer diagnostic X-rays :estimate for the UK and 14 other contries. Lancet,363:345-351,2004
- 2) T.D.Luckey、訳:松平寛通、放射線ホルミシスⅡ ソフトサイエンス社、東京、1998
- 3) 館野之男 放射線と健康 岩波新書 2001年
- 4) Sohei.Kondo ; Health Effects of Low-level Radiation :Kinki University Press,Osaka,Japan Medical Physics Publishing,Madison,WI USA
- 5) 近藤宗平 放射線は、少しなら、安全で発がんの危険はない ESI- NEWS,Vol.4,2004
- 6) Berrington,A et al :100years of observation on British radiologists:mortality from cancer and other causes 1897-1997 Br J Radiol 74:507-519(2001)
- 7) Joel M.Kauffman, Charles T.McGee :Are the biopositive effects of X-rays the only benefirs of repetitive mammograms? Medical Hypotheses 62,674-678(2004)
- 8) Kendall GM,Muirhead CR ,Macgibbon BH, O'Hagan JA :First analysis of the nation registry for radiation workers. NRPB,UK,1992.
- 9) Chen,WL et al: Is chronic,radiation an effective prophylaxis against cancer? J Am Phys Surg 9:6-10(2004)
- 10) Langner,I et al:Cosmic radiation and cancer mortality among airline pilots:results from a European chohort study(ESCAPE).Radiation Environ Biophy 42:247-256(2004)
- 11) 輪嶋隆博 航空パイロットと宇宙線 「イエス」 Vol.51 北海道エナジートーク 21 2005年1月
- 12) 輪嶋隆博 放射線被ばくの説明の問題点 インナービジョン Vol.7 2005
- 13) Takahiro Wajima ;A Movement to Discontinue Excessive Radiation Protection for Dental Patients Journal of NUCLEAR and Science and
- 14) 輪嶋隆博 保健物理セミナー2002 印象記 Isotope news 1月号 2003年
- 15) 輪嶋隆博 放射線のリスク観を形成する社会的側面 ESI-NEWS Vol.20,No.4,電子科学研究所 2002