

研究指導 石光 真 教授

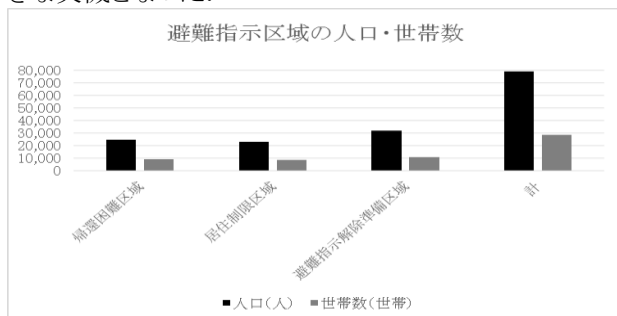
# 現存被曝状況における 年間放射線被曝線量基準値をどうするか

竹本健太

## 1. 研究動機・目的

2011年3月11日、東日本大震災が発生した。その大地震により、福島第一原子力発電所による放射線漏れが問題となった。その影響で、放射線量が高い地域は居住制限区域に指定され、多くの人々が帰宅困難者となった。経済産業省は2014年10月1日時点での避難指示区域<sup>1</sup>の人口及び世帯数を発表した。それによると、帰還困難区域<sup>2</sup>、居住制限区域<sup>3</sup>、避難指示解除準備区域<sup>4</sup>の合計で約7万9200人、約2万8400世帯であるとのことだ。

福島県の住民であることもあり、この問題に関して非常に関心があった。このことが、この研究をする大きな契機となった。



経済産業省、避難指示区域の概念図と各区域の人口及び世帯数より  
竹本作成

本研究の目的は、基準値の見直しを提案することである。研究を進めていく中で、現存被曝状況の年間放射線被曝線量の基準値が、放射線影響の研究成果を十分に反映していないことが分かった。

## 2. 放射線量を表す単位

### 2.1. ベクレル(Bq)とは

1秒間に何個の放射線が放出されるかを表した数値である。したがって、各放射線の性質やエネルギーはこの数値と関係がない<sup>5</sup>。

また、復興庁によると、「土や食品や水道水などに含まれる放射性物質の量(放射能の強さ)を表す時に使われる。放射性物質の原子核が1秒間に1壊変する量が1ベクレルである」としている<sup>6</sup>。

### 2.2. グレイ(Gy)とは

生体に吸収された放射線のエネルギー量を表した数値のことを指す。1J/kgのエネルギーが吸収される状態を1グレイという。そのため、放射線の性質の差異によって生じる人体への影響度の違いを考えていない単位である<sup>7</sup>。

復興庁では、「放射線が通ったところの物質が吸収するエネルギー量(吸収線量)を表す。物質1kgに1ジュールのエネルギーが吸収された場合の吸収線量が1グレイである」という見解を示している<sup>8</sup>。

### 2.3. シーベルト(Sv)とは

放射線が人体に及ぼす影響を考えた単位である。同じエネルギーの放射線でも、人体に与える影響の程度は放射線の種類によって変わってくる。アルファ線を例に挙げる。その有害性は、ベータ線の人体への影響を1として考えたとき、その20倍に及ぶ。この有害性の度合いを線質係数という。したがって、人体に与えるダメージを測るためには、線吸収量(グレイ)だけでなく、線質係数も考慮する必要がある。これをシーベルトという。<sup>9</sup>

また、「人が受ける被ばく線量(人体への確率的影響)を表すときに使われる。被ばくの様態(外部、内部、全身、局所など)や放射線の種類の違いなどによ

<sup>1</sup> 帰還困難区域、居住制限区域、避難指示解除準備区域の3つを合わせたもの。

<sup>2</sup> 5年間を経過してもなお、年間積算線量が20ミリシーベルトを下回らないおそれのある、現時点で年間積算線量が50ミリシーベルト超の地域であり、引き続き避難が継続される。この区域では、住民の一時立入りの際、スクリーニングを確実に実施し個人線量管理や防護装備の着用を徹底することとしている。(公益財団法人原子力安全技術センター、原子力防災基礎用語集、[http://www.bousai.ne.jp/vis/bousai\\_kensyu/glossary/ki02.html](http://www.bousai.ne.jp/vis/bousai_kensyu/glossary/ki02.html))

<sup>3</sup> 年間積算線量が20ミリシーベルトを超えるおそれがあり、住民の被ばく線量を低減する観点から引き続き避難の継続を求める地域であり、帰還に数年以上を要するとみられる区域として計画的避難区域と同様な運用が実施される。この区域では、住民の一時帰宅(宿泊禁止)、通過交通、インフラ復旧など公共目的の立入りは認められている。(同上、[http://www.bousai.ne.jp/vis/bousai\\_kensyu/glossary/ki14-1.html](http://www.bousai.ne.jp/vis/bousai_kensyu/glossary/ki14-1.html))

<sup>4</sup> 年間積算線量が20ミリシーベルト以下となることが確実であることが確認された地域であり、主要道路における通過交通、住民の一時帰宅(宿泊禁止)は柔軟に認められている。また、一時的な立入りの際には、スクリーニングや線量管理などの防護措置は原則不要となっている。(同上、[http://www.bousai.ne.jp/vis/bousai\\_kensyu/glossary/hi06-3.html](http://www.bousai.ne.jp/vis/bousai_kensyu/glossary/hi06-3.html))

<sup>5</sup> [2]より

<sup>6</sup> [17]より

<sup>7</sup> [2]より

<sup>8</sup> [17]より

<sup>9</sup> [2]より

り、影響は異なる。そのため、影響の大きさの比較ができるように考えられたもの」という復興庁の定義がある<sup>10</sup>。

以上から、放射線の種類や各組織の感受性による影響の差異を考慮したものがシーベルト(等価線量, 実効線量)であることが分かる。

### 3. ICRP<sup>11</sup>の見解

#### 3.1. 放射線防護体系の3原則

ICRP2007年勧告によると、放射線防護には3つの原則があるとしている。なるべく低く放射線を抑えることは、被曝によりもたらされるメリットを考えると、最善の行動とは言い難い。そこで、社会的側面や経済的側面も考慮して、最適な行動をしようというものである。

##### ① 行為の正当化

その被曝によりもたらされる便益が、損害を上回ると判断した場合には、被曝を伴う行動を選ぶということである。

職業被曝を例に考えると、その便益として、収入や生きがいのような個人レベルのものや社会への貢献がある。これらの便益が被曝のデメリットより上であると捉え、被曝の多い職業を選択しているのである。

##### ② 防護の最適化

ALARA 原則<sup>12</sup>に基づく考えのもと、不必要な被曝をなるべく避けることである。ここでは、被曝を低減する方法として、3つの原則がある。第一に、距離である。放射線源と人の距離を離すということである。第二に、時間である。放射線を被曝する時間を少なくすることである。第三に、遮蔽である。これは、放射線と人との間に遮蔽物を置くことである。

##### ③ 線量限度

個人が被曝する放射線量を制限することである。具体例を挙げると、公衆被曝線量や職業被曝線量は、それぞれ1年間の放射線被曝線量の限度が決められている。

#### 3.2. 状況に応じた防護原則

ICRP2007年勧告では、3段階の被曝状況におけるそれぞれの線量限度を示している。また、避難や食品流通管理、環境回復のような防護方策により、被曝量を低減としている。

##### ① 計画被曝状況

この場合、一般公衆は年間1ミリシーベルト、放射線作業従事者は年間50ミリシーベルトかつ5年間で100ミリシーベルトという個人の線量限度をICRPは定めている。

##### ② 現存被曝状況

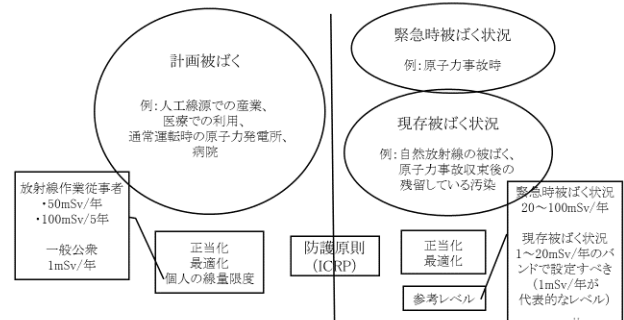
この時、個人の線量限度ではなく参考レベルとし

ての年間被曝線量がICRPにより与えられている。ICRPは、年間1ミリシーベルトから20ミリシーベルトの間で設定すべきとしている。代表的なレベルとして、年間1ミリシーベルトを挙げている。

##### ③ 緊急時被曝状況

この状況では、年間20ミリシーベルトから100ミリシーベルトを参考レベルとして示している。

以上3つの原則を図で表すと、このようになる。



『低線量放射線と健康影響』より竹本作成

### 4. 日本の現状と問題点

#### 4.1. 現状

日本においても、ICRPの勧告に従って放射線被曝に関する方針が制定されている。例えば、避難の基準値や除染の目標値はICRP2007年勧告に基づき、設定されている。前章にも記述したように、研究被曝状況では20ミリシーベルトから100ミリシーベルトが限度として示されている。また、現存被曝状況においては1ミリシーベルトから20ミリシーベルトという年間被曝線量限度が定められている。日本政府は、このICRPの勧告に沿って1ミリシーベルトという除染目標値や避難の基準値を定めた。公衆被曝や職業被曝の年間基準値についても同様に、ICRPの勧告に従った。

年間100ミリシーベルトという数字には、2つの根拠がある。第一は、男性に一時的な不妊などが現れない閾値であることだ。第二の根拠は、広島と長崎の疫学データにおいて、100ミリシーベルト以上になると発癌リスクの増加が見られたことである。

年間20ミリシーベルトは、緊急被曝状況の下限かつ現存被曝状況の上限である。その根源は職業被曝の最大許容線量である。そして、現存被曝状況の下限である年間1ミリシーベルトというのは、公衆被曝の年間限度が根本となっている。

#### 4.2. 問題点

今の日本の放射線に関する制度を研究した結果、2つの問題点があると分かった。

<sup>10</sup> [17]より

<sup>11</sup> 国際放射線防護委員会

<sup>12</sup> As Low As Reasonably Attainable のこと。合理的に達成可能な限りで被曝を抑えようという考えである。

第一は、空間線量から実効線量への換算をしていないことである。空間線量とは自由空気中の放射線エネルギー量のことであり、それに対して、実効線量とは人体内での放射線のエネルギー量のことを指す。

また、空間線量は空気吸収線量と周辺線量等量の2つに分けられる。空気吸収線量はモニタリングポストで測定されるものであるのに対し、周辺線量当量は航空機モニタリングやリアルタイム線量測定システムによって測られたものである。実効線量は空気吸収線量の7割から8割程度、周辺線量当量の6割ほどになる。

ICRPとUNSCEAR<sup>13</sup>は換算係数を0.7としている。それを受け、2008年3月に原子力安全委員会は環境放射線モニタリング指針を示した。そこでは、「実効線量(単位ミリシーベルト)の推定値を求めるには、原則として、空気カーマ(単位ミリグレイ)に0.8を乗ずること」との記述がある。また、緊急事態発生時の第一段階モニタリングは例外として、換算係数を1としている。

しかし、今の日本では非常時でないにもかかわらず、0.8の換算係数を使用していない。基準値は実効線量に基づいて定められているため、矛盾が生じているのである。

第二の問題点として挙げられるのは、補正係数を決める際の仮定である。日本政府は各地域の被曝線量を2つの方法で算出している。1つは自然放射線量を差し引くことである。もう1つは0.6を乗じることである。

ここに示した0.6とは、屋内では放射線が遮蔽されることを考えた係数である。ここでは、24時間のうち屋外で8時間、屋内で16時間過ごす想定されている。また、屋内にいることによる放射線遮蔽の効果は、屋外にいる場合の4割になると仮定している。

しかし、上記の前提には問題がある。それは、1日の中で8時間も屋外にいるという仮定である。これは、多くの人に当てはまるものではない。

以上2つから、現在の日本の外部被曝線量は過大評価されていることが分かる。

## 5. 放射線の人体への影響

### 5.1. 被曝の影響

放射線被曝による影響を表した代表的なものとして、高田純氏の線量6段階区分が挙げられる。これは、放射線の被曝線量がどの程度になると、どのような影響が出るのかを具体的に示したものである。

線量6段階区分		
A	致死	4Sv以上
B	急性放射線障害・後障害	1~3Sv
C	胎児影響・後障害	100mSv~900mSv
D	かなり安全	2~10mSv
E	安全	0.02~1mSv
F	まったく安全	0.01mSv

放射線から子供の命を守るより竹本作成

A段階、つまり4シーベルト以上被曝してしまうと、死に至る。1シーベルトから3シーベルトの被曝では、急性放射線障害・後障害になる。100ミリシーベルトから900ミリシーベルトの段階では、胎児に影響が出たり、後障害が発生したりする。

D段階の2ミリシーベルトから10ミリシーベルトでは、かなり安全だとの見解を示している。そして、0.02ミリシーベルトから1ミリシーベルトの放射線を浴びても安全であり、それ以下の被曝は全く安全であるとしている。

そして、もう1つ重要なことが、ここに示した線量6段階区分に示されている。10ミリシーベルトから100ミリシーベルトの間では、人体への影響が分からないことがここから読み取れる。

### 5.2. 低線量被曝の影響

LSS<sup>14</sup>の調査に、放射線被曝と固形がんリスクの関係を示したものがある。それを見ると、分かることが3つある。<sup>15</sup>

1つ目は、実効線量200ミリシーベルト程度以上において過剰相対リスクと線量の関係が比例したことである。

2つ目は、実効線量1シーベルト当たり相対リスクが0.5であることだ。つまり、被曝がないときと比較して50パーセント高いリスクがあるということである。

3つ目は、125ミリシーベルト以下の被曝量では、死亡リスクと被曝線量に比例関係がないことである。つまり、線量の増加に従ってがん死亡リスクが高まるということが、LSSのこの調査において統計的に証明できなかったということになる。

## 6. 基準値の変更とその効果

### 6.1. 現状を打破する提案

以上の問題を解決するためには、基準値の変更が方法の1つである。

そこで、中西2014では、2つの条件を提示している。1つは、15年間の平均被曝量は50ミリシーベル

<sup>13</sup> 原子放射線の影響に関する国連科学委員会

<sup>14</sup> 寿命調査(Life Span Study)

<sup>15</sup> [6]より

トを超えない、高い地区でも年間 100 ミリシーベルトを超えないことである。2 つ目として挙げているのは、15 年間で長期的目標の年間 1 ミリシーベルト以下にすることである。

この両方の条件を満たし、且つきりの良い値として、除染した最初の年の年間被曝が 5 ミリシーベルトという基準を中西 2014 で提案している。

外部被曝量 (mSv/年)		
除染後	15年間	30年間
2.5	18.4	28.8
5	37.8	59.3
10	76.1	120
20	153	240

中西 2014 より竹本作成

この表から読み取れることは、除染後の年間外部被曝が 5 ミリシーベルトのときに帰還すると、15 年間の累積被曝量が 37.8 ミリシーベルトになることである。30 年間では 59.3 ミリシーベルトになる。

一方で、除染後が 10 ミリシーベルト、20 ミリシーベルトの時の年間被曝量はそれぞれ 120 ミリシーベルト、240 ミリシーベルトとなってしまふ。これは、5 章で示した線量 6 段階区分の C 段階に相当する被曝線量である。

また、ここで日本の現在の状況を確認する。その現状は ICRP のいう現存被曝状況なのであり、計画被曝状況ではない。そのため、年間 1 ミリシーベルトというのは短期的な目標にはならない。

さらに、次の説にも記述するが、除染後の年間被曝量が 5 ミリシーベルトという基準値は、帰還問題改善において効率的な値である。

以上から、除染後最初の 1 年間の外部被曝線量が 5 ミリシーベルトという中西 2014 の提案が適切だと私は考えた。

## 6.2. この提案による効果

前節に示した基準値を設定したときの効果として、帰還問題の改善がある。中西 2014 によると、除染後の 1 年間で 5 ミリシーベルトに基準値を設定した時、約 6 万人がこの条件を満たす。

仮に 2.5 ミリシーベルトにすると、帰還が可能になる人口があまりにも少なくなる。また、5 ミリシーベルト以上に定めても、帰還可能人口は急には増えない。

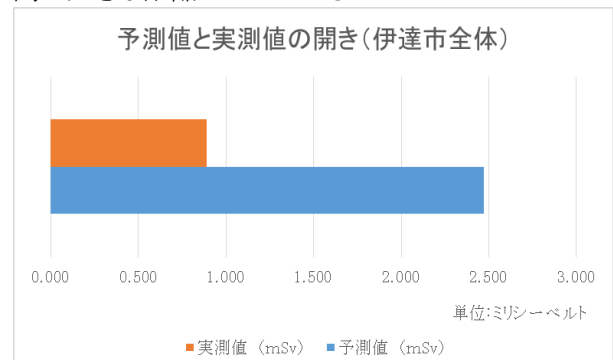
これらの理由から、中西 2014 では 5 ミリシーベルトが最も効率的な値だとの見解を示した。

## 7. むすびに

### 7.1. まとめ

繰り返しとなるが、空間線量は実効線量と異なることがわかる。また、遮蔽などの補正係数を決める際に

置く仮定や換算係数の未使用という問題のため、空間線量から算出される実効線量と実際の実効線量との間に大きな齟齬が生じている。



	平均空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	予測値 (mSv)	実測値 (mSv)	実測値/予測値
伊達市全体	0.510	2.470	0.888	36.0%

伊達市『外部被ばく線量年間実測値の分析結果について』より竹本作成

これは、算出される予測値と実効線量に関する伊達市のデータである。平成 24 年 7 月から翌年の 6 月に、全市民を対象に実施された測定調査による集計や分析の結果である。

ここでも、国が示した年間被曝量予測の計算式が用いられている。1 時間あたりの平均空間線量から自然放射線量を差し引き、そこから計算して年間に被曝する放射線量を求めるというものである。

この結果から示されているように、予測値と実測値には大きな開きがある。伊達市全体では、実測値は予測値の 36 パーセントになるというデータが出ている。つまり、現状の方法から予測される年間被曝線量は実際の実効線量の凡そ 3 倍も過大になっているのである。したがって、この統計結果は、現在の国の計算式では年間被曝量が非常に大きく算出されてしまうということを示している。

さらには、線量限度として定められている基準値にも、これまでの放射線影響の研究成果を活かしきれていないという問題がある。

放射線の基準値には多くの問題が潜んでいるということが分かる。その中で中西 2014 では、除染後の最初の年に被曝する年間線量が 5 ミリシーベルト以下という新たな基準値を提案している。それによって、およそ 6 万人の帰還が可能になる。

## 7.2. 考察

現状の予測値と実測値の食い違いを改善し、且つ簡単に空間線量から実効線量を求める方法を考える。ここでは、補正係数を 0.5 とする。そこでは、屋外で 4 時間、屋内で 20 時間過ごすという仮定をした。その理由は 2 つある。

1 つ目は、補正係数を決める際の仮定に無理があ

ることである。なぜなら、8 時間より 4 時間のほうが適切だからだ。蓄積値の実測値が、8 時間という仮定を置いたときの計算で求められた予測値より遥かに低いことから、このように修正した方が実態に近い推定ができると筆者は考える。

2 つ目は、余計なことを考えず簡単に実効線量に換算するという目的のためだ。この目的を達成するためには、数字が中途半端になることを避ける必要がある。

また、ICRP と UNSCEAR が換算係数を 0.7 としていることを根拠に、これに従うこととする。

したがって、この場合において実効線量を求めるには、空間線量に 0.35 を乗ずれば良い。0.35 を用いれば、従来の計算方法よりも予測値と実測値の開きを平均的に直すことに繋がる。そして、空間線量から実効線量を手軽に求める手段にもなる。

私はこの方法を提案する。補正係数のこの修正を、この研究の新規性とする。

但し、補正係数を 0.5 に下げることによって、5 ミリシーベルトの基準値を多少上げたとしても、そのことによって帰還可能人口が大幅に増えるわけではない。そのため、5 ミリシーベルトという中西 2014 の提言を支持するという本論の結論に変わりはない。

## 主要参考文献・URL

- [1] 安齋育郎『図解雑学 放射線と放射能』株式会社ナツメ社, 2007年
- [2] 齋藤勝裕『知っておきたい放射線の基礎知識 原子炉の種類や構造,  $\alpha$ ・ $\beta$ ・ $\gamma$ 線の違い, ヨウ素・セシウム・ストロンチウムまで』ソフトバンククリエイティブ株式会社, 2011年
- [3] 高田純『放射線から子どもの命を守る』株式会社幻冬舎ルネッサンス, 2011年
- [4] 田崎晴明『やっかいな放射線と向き合って暮らしていくための基礎知識』株式会社朝日出版社, 2012年
- [5] 独立行政法人放射線医学総合研究所『低線量放射線と健康影響』株式会社医療科学者, 2012年
- [6] 中西準子『原発事故と放射線のリスク学』株式会社日本評論者, 2014年
- [7] 中村仁信『低量放射線は怖くない』株式会社遊タイム出版, 2011年
- [8] 村上道夫『基準値のからくり』株式会社講談社, 2014年
- [9] 山村紳一郎『やさしくわかる放射線 実験・観察で放射線を理解しよう!』株式会社誠文堂新光社, 2013年
- [10] 経済産業省, 避難指示区域の概念図と各区域の人口及び世帯数,  
<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/141001.pdf>
- [11] 原子力規制委員会, 福島県及びその近隣県における航空機モニタリングの測定結果について,  
[http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/9000/8909/24/362\\_20140307.pdf](http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/9000/8909/24/362_20140307.pdf)
- [12] 公益財団法人放射線影響研究所日米共同研究機関, 原爆被爆者における固形がんリスク,  
<http://www.rerf.or.jp/radefx/late/cancrisk.html>
- [13] 伊達市, 外部被ばく線量年間実測値の分析結果について,  
<http://www.city.date.fukushima.jp/uploaded/attachment/10030.pdf#search=%E4%BC%8A%E9%81%94%E5%B8%2+%E5%AE%9F%E6%B8%AC%E5%80%A4>
- [14] 東京大学, 放射線を科学的に理解する,  
<http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/radiolect13W.html>
- [15] 独立行政法人国立がん研究センターがん予防・検診研究センター予防研究部, 放射線による発ガンリスク-他の発ガンリスクも踏まえて-, 津金昌一郎,  
[http://www2.city.suginami.tokyo.jp/news/detail/11547/tsgane\\_setsumeisiryou.pdf#search=%E6%94%BE%E5%B0%84%E7%B7%9A%E8%A2%AB%E6%9B%9D%E3%81%A8%E5%9B%BA%E5%BD%A2%E3%81%8C%E3%82%93%E6%AD%BB%E4%BA%A1%E3%83%AA%E3%82%B9%E3%82%AF%E3%81%AE%E9%96%A2%E4%BF%82%E8%AA%BF%E6%9F%BB](http://www2.city.suginami.tokyo.jp/news/detail/11547/tsgane_setsumeisiryou.pdf#search=%E6%94%BE%E5%B0%84%E7%B7%9A%E8%A2%AB%E6%9B%9D%E3%81%A8%E5%9B%BA%E5%BD%A2%E3%81%8C%E3%82%93%E6%AD%BB%E4%BA%A1%E3%83%AA%E3%82%B9%E3%82%AF%E3%81%AE%E9%96%A2%E4%BF%82%E8%AA%BF%E6%9F%BB)
- [16] 日本原子力研究開発機構, 計画策定,  
[http://www.jaea.go.jp/fukushima/kankyoanzen/d-model\\_report/2.3.pdf#search=%E8%A8%88%E7%94%BB%E8%A2%AB%E3%81%B0%E3%81%8F+%E7%8F%BE%E5%AD%98%E8%A2%AB%E3%81%B0%E3%81%8F+%E7%B7%8A%E6%80%A5%E6%99%82](http://www.jaea.go.jp/fukushima/kankyoanzen/d-model_report/2.3.pdf#search=%E8%A8%88%E7%94%BB%E8%A2%AB%E3%81%B0%E3%81%8F+%E7%8F%BE%E5%AD%98%E8%A2%AB%E3%81%B0%E3%81%8F+%E7%B7%8A%E6%80%A5%E6%99%82)
- [17] 復興庁, 放射線リスクに関する基礎的情報  
[http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20140603\\_basic\\_information\\_all.pdf](http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20140603_basic_information_all.pdf)
- [18] 放射線工学部会線量概念検討WG, 測定値(空气中放射線量)と実効線量,  
[http://www.aesj.or.jp/~rst/fukushima/120726\\_01.pdf#search=%E6%8F%9B%E7%AE%97%E4%BF%82%E6%95%B0%8E3%81%A8%E3%81%AF](http://www.aesj.or.jp/~rst/fukushima/120726_01.pdf#search=%E6%8F%9B%E7%AE%97%E4%BF%82%E6%95%B0%8E3%81%A8%E3%81%AF)