

2020年6月24日

## 放射線管理区域の表面汚染基準の由来(2)

今中哲二

京都大学複合原子力科学研究所

ずいぶん前から、放射線管理区域を設定すべき条件のひとつである「1 m<sup>2</sup> 当り 4 万 Bq」（アルファ核種の場合はその 10 分 1）という表面汚染値の由来が気になっていた。（私が放射線取扱主任者の試験を受けた 1976 年は「1m<sup>2</sup> 当り 1μCi」だったが、単位変更で 1 μCi=37000Bq≐ 4 万 Bq となった。）昨年、きっかけになりそうな情報を見つけていたので、コロナ休業で自宅研修を余儀なくされている間に、ネットで調べて始めた。（5 月 29 日付けメモの後、IAEA 輸送規則の初版、英国の基準に関する Dunster1955 年論文を入手できたので改訂した。）

### ◇ 浜田氏情報

昨年、別件で調べ物をしている時に、『緊急被ばく医療研修』のホームページで、浜田達二氏（2014 年逝去）が表面汚染基準値について次のように解説しているのを見つけた。

『この数値は古くからありますが、その起源を辿ると、放射性輸送物の表面汚染について使われたのが最初ようです。国際原子力機関（以下、「IAEA」という。）では、1960 年代初めから放射性物質輸送規則を勧告し、各国はこれに従って国内法令を定めています。その根拠について記した文書は、最初に作成された IAEA 輸送規則の付属文書にあります。それによると、輸送物表面の放射性物質が空気中に飛散し、その呼吸摂取による内部被ばくが公衆の線量限度に等しくなるというシナリオで計算した結果、β 核種について 10<sup>-4</sup> μ Ci/cm<sup>2</sup> (3.7Bq/cm<sup>2</sup>)、α 核種についてはその 1/10 となり、それを採用したわけです。放射性核種は β 線放出核種としては、最も放射能毒性の高いストロンチウム 90 (Sr-90) を仮定し、飛散の程度（再浮遊係数）もかなり高い値を用いているなど、非常に大まかでかつ過大評価された値ですが、輸送規則では未だにこの値を使っています』

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9519378/www.remnet.jp/newsletter/01/column.html>

（浜田先生は、日本の放射能研究の草分けのお一人で、今中が広島・長崎原爆放射線量再評価の WG で作業をしたとき、日米シニア評価委員会のメンバーで、個人的にも何度かコンタクトさせてもらったことがある。）

この情報をきっかけに、IAEA 輸送規則などアレコレ検索をかけてみたら、そのほか保健物理学会のホームページに「汚染した物の搬出のためのガイドライン（案）」という資料があった。

[http://www.jhps.or.jp/pdf/keikakuhibaku\\_commentary.pdf](http://www.jhps.or.jp/pdf/keikakuhibaku_commentary.pdf)

この資料から該当するところをコピーする。

『物品搬出基準の設定根拠<sup>(2)</sup>について、表 1<略>に示す。α 線を放出する核種について、1960 年当時に日常的に用いられていた核種の中から、慢性の吸入摂取に対して最も危険度の高い代表核種として、Pu-239 が選定された。国際放射線防護委員会（ICRP）の Pub. 2<sup>(3)</sup>で、Pu-239 の決定臓器である骨に対する空気中最大許容濃度 MPCa（1 週間あたり 40 時間の作業時間）が 2 x 10<sup>-12</sup> μ Ci/cm<sup>3</sup> であり、これを再浮遊係数の 2 x 10<sup>-8</sup> cm<sup>-1</sup> で除することで、α 線を放出する核種についての表面密度限度 1 x 10<sup>-4</sup> μ Ci/cm<sup>2</sup> が導出された。同様に、α 線を放出しない核種については、3 通りの代表核種（Sr-90、Pb-210、α 核種と Ac-227 を含まな

い混合核種)が選定され、表面密度限度  $1 \times 10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  が導出された。

物品搬出基準の設定では、搬出先で再使用する際に接触する可能性のある公衆の被ばくを考慮し、当時の作業者と公衆の最大許容線量の比が 10 であったことから、管理区域内での表面密度限度の 10 分の 1 が物品搬出基準とされた。』

その他、穴吹豊ら『作業環境のモニタリング(VI)；表面汚染のモニタリング』RADIOISOTOPRES、26 (1976) にも、同様の説明が出ている。

[https://www.istage.jst.go.jp/article/radioisotopes1952/26/4/26\\_4\\_276/pdf-char/ja](https://www.istage.jst.go.jp/article/radioisotopes1952/26/4/26_4_276/pdf-char/ja)

#### ◇ IAEA 輸送規則

IAEA が国連の下部機関として発足したのは 1957 年 7 月で、1958 年に Safety Series No.1 “Safe Handling of Radioisotopes”が発行されている。最初の輸送規則は Safety Series No.6 “Regulation for the Safe Transport of Radioactive Material”として 1961 年に発行された。こちらの文書には、輸送物の表面汚染として「ベータとガンマ核種は  $10^{-4}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  でアルファ核種については  $10^{-5}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 」という制限値の表があるだけで、その由来の説明はない。一方、Safety Series No.7 “Notes on Certain Aspects of Regulations” (1961)の方には、UKAEA (英国原子力公社) の Fairbairn 氏による「UKAEA が採用している輸送物表面汚染限度」の説明が入っていた。

[https://gnssn.iaea.org/Superseded%20Safety%20Standards/Safety\\_Series\\_007\\_1961.pdf](https://gnssn.iaea.org/Superseded%20Safety%20Standards/Safety_Series_007_1961.pdf)

その説明で、表面汚染にともなう被曝モードとして考慮されているのは、以下の 2 つ；

A：表面からの放射性物質の浮遊にともなう吸入被曝

B：表面汚染からの皮膚被曝と手の汚染経路での経口摂取

(空間線量率は別途に規制される)

取り上げている放射性物質は、アルファ核種として Pu239、ベータ核種として Sr90 の 2 つ。

- Aに基づく規制値：浮遊にともなう空気中放射能濃度  $C(\text{Ci}/\text{cm}^3)$  と表面汚染密度  $S(\text{Ci}/\text{cm}^2)$  の間に、 $C = k \times S$  の関係を仮定する。ここで  $k(\text{cm}^{-1})$  は浮遊係数で、 $k$  値として、密閉空間での埃っぽい活動の時の値である  $4 \times 10^{-7}(\text{cm}^{-1})$  を採用する。(開放空間だと 20 分の 1 になるそうだ。) ICRP Pub2 に基づく最大許容空気中濃度 MPC は、Pu239： $2 \times 10^{-12}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 、Sr90： $3 \times 10^{-10}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$  なので、最大表面汚染濃度 MPS はそれぞれ、Pu239： $5 \times 10^{-6}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  と Sr90： $7.5 \times 10^{-4}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  となる。
- Bに基づく規制値：National Health Service Hospitals Code of Practice に従い、病院での「手の汚染に関する許容限度」は、アルファ核種： $10^{-5}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 、ベータ核種： $10^{-4}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  と定められている。この値は皮膚の基底細胞の被曝制限値に基づいている。「物体の表面汚染」については 10 倍の余裕をみて、アルファ核種： $10^{-4}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 、ベータ核種： $10^{-3}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  とされている。
- まとめ：Pu239 については、A の値を丸めて (仮定が厳しいので甘くして)  $10^{-5}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 。Sr90 については、A と B の不確かさ見込んで (厳しくして)、 $10^{-4}\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  とされている。数字の丸め方がずいぶん恣意的な気がするが、Fairbairn の説明を表 1 にまとめておく。

表 1 IAEA SS-7 (1961) での計算と輸送物表面汚染制限値

核種		A: 空气中濃度から μCi/cm <sup>2</sup>	B: 手の汚染から μCi/cm <sup>2</sup>	結論 (丸めて) μCi/cm <sup>2</sup>
α	Pu239	5 × 10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>
β	Sr90	7.5 × 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>

◇ Dunster 1962 年論文

一方、保物ガイドライン (の文献 2) や穴吹論文が、表面汚染密度の出处として引用しているのは、下記の Dunster 論文である。

- H. J. Dunster “Surface contamination measurements as an index of control of radioactive materials” Health Physics 8:353-356 (1962)

Dunster 氏は、英国核開発が始まった頃の Harwell 研究所の放射線管理専門家で、1957 年のウィンズケール原子炉火事の終息作業で名前を見たことがある。ICRP の 1965 年勧告にも名前が出てくる。この論文は、当時の英国で使われていた放射能施設の表面汚染限度について説明したもので、輸送物のことには触れていない。表面汚染の制限値を導くのに、皮膚への β 線外部被曝、浮遊にともなう吸入内部被曝、手の汚染経路での経口内部被曝を取り上げている。

- 皮膚の β 線外部被曝からの表面汚染制限値は、1.5rem/週という被曝限度から 4 × 10<sup>-3</sup> μCi/cm<sup>2</sup>。
- 管理区域外での表面汚染経口摂取の制限値については、「毎日 10cm<sup>2</sup> 分の汚染を摂取」という仮定の下に、Ra226 で 2 × 10<sup>-5</sup> μCi/cm<sup>2</sup>、Sr90 また Pb210 に対して 2 × 10<sup>-4</sup> μCi/cm<sup>2</sup> というが導かれている (導出過程はうまくフォローできなかった)。手の汚染についてはこの半分に下げるようだ。
- 浮遊にともなう吸入に関する表面汚染限度の算出方法は Farbairn と同じ。ただし、浮遊係数は 20 分の 1 の、k = 2 × 10<sup>-8</sup> (cm<sup>-1</sup>) としている。つまり表汚染限度は 20 倍になる。計算の対象となっている核種は、α 核種として Pu239、β 核種としては、Sr90 (+Y90)、Pb210 (+娘核種)、核種不明 (Ac227 が無くて核種不明) の 3 種類で、全部で 4 つ。

Dunster 論文の計算結果と当時の英国基準値草案 (1961) を表 2 に示す。

表 2 Dunster 論文の制限値と提案中の基準値 (草案)

核種	浮遊吸入		手汚染	英国基準値草案		< Bq 換算 > 管理区域外 Bq/m <sup>2</sup>
	MPC μCi/cm <sup>3</sup>	MPS μCi/cm <sup>2</sup>	(管理区域外) MPS μCi/cm <sup>2</sup>	管理区域内 MPS μCi/cm <sup>2</sup>	管理区域外 MPS μCi/cm <sup>2</sup>	
α Pu239	2 × 10 <sup>-12</sup>	1 × 10 <sup>-4</sup>	1 × 10 <sup>-5</sup> (注)	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	4000
Sr90	3 × 10 <sup>-10</sup>	1.5 × 10 <sup>-2</sup>	1 × 10 <sup>-4</sup>	(左を丸めて?)	10 <sup>-4</sup>	40000
β Pb210	1 × 10 <sup>-10</sup>	5 × 10 <sup>-3</sup>	—	10 <sup>-3</sup>	—	—
不明	3 × 10 <sup>-11</sup>	1.5 × 10 <sup>-3</sup>	—	—	—	—

(注) Ra226 についての値

Farbairn と Dunster を比べると、結論は同じ値だが、そこに至るロジックが異なっている。Farbairn の方は「最大空气中濃度に対応する表面汚染レベルを輸送物の制限値」としているが、Dunster の方は「最大空气中濃度に対応する施設内の表面汚染制限値を求めて、その外は 10 分の 1」としている。結果として (浮遊係数が 20 倍違うため) 「輸送物表面汚染制限 = 管理区域外

表面汚染制限」となっている。Dunsterの方が合理的に感じられるが、どちらとも、それまでに何となく決められていた制限値について、より確かな根拠付けをしようとしたものであろう。

次に述べるように、1957年に日本の法令基準が定められたとき、すでに「許容表面密度」が決められている。つまり、IAEA 輸送規則(1961)や Dunster 論文 (1962) 以前より「許容表面密度」が決められていた。(Dunster 論文(1955)は、日本の法令基準の後で解説)。

#### ◇ 日本の法令基準の変遷

日本の原子力法令のはじまりは、1955年の『原子力基本法』である。これを受けて1957年に『核原料物質、核燃料物資及び原子炉の規制に関する法律』(原子炉等規制法)と『放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律』(放射線障害防止法)が成立している。

1957年12月の科学技術庁告示の別表第四で、許容表面密度が次のように決められている。

表3. 1957年の許容表面密度

放射性物質の種類	許容表面密度、 $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$
Pu、Ra、Ac、Po	$10^{-4}$
Pu、Ra、Ac、Po 以外の放射性物質	$10^{-3}$

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/ugoki/geppou/V03/N02/195818V03N02.HTML>

「アルファ核種とベータ核種」という区分ではなく、「Pu、Ra、Ac、Po とそれ以外」という分け方となっていることに注意。また、当時の条文には、使用施設とか貯蔵施設という用語はあるが、「管理区域」という用語は出てこない。「管理区域」が決められたのは、1960年の法令改定からのようだ。「管理区域」を設定すべき条件のひとつに表面汚染密度が登場し、その値は、次の別表第四「最大許容表面密度」の10分の1とされた。

表4. 1960年の最大許容表面密度

区分	最大許容表面密度、 $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$
アルファ線を放出する放射性同位元素	$10^{-4}$
アルファ線を放出しない放射性同位元素	$10^{-3}$

同時に、管理区域から持ち出す汚染物の表面汚染許容限度も別表第四の10分の1とされている。

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/ugoki/geppou/V05/N10/196021V05N10.html>

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/ugoki/geppou/V05/N10/196000V05N10.html>

原子炉等規制法と放射線障害防止法(現在は、放射性同位元素等規制法)は幾度となく改訂されてきたが、表面汚染限度については1960年の値が引き継がれている、ということになる。

ちなみに、表面密度限度とは、「管理区域内で人が触れる物の表面の密度限度」である。

#### ◇ Dunster1955年論文

5月29日付けメモの後、Dunster1962年論文の参考文献に入っていた次の論文を入手した。

- Dunster “Contamination of Surfaces by Radioactive Materials: The Derivation of Maximum Permissible Levels” *Atomics and Atomic Technology*, 6:233-239(1955)

この論文の Introduction に「多くのラボが独自の表面汚染基準を設定しているが、測定器が違っていたりして比較が困難であり、また数値の合理性について述べた文書がない」という当時の

状況についての記述がある。ということで、数値の根拠を示す試みの論文である、

先に紹介した論文と同じく、表面汚染の制限値を導くにあたっては、浮遊にともなう吸入、皮膚のベータ線被曝、手の汚染を経由しての経口摂取という3つの被曝経路を考えている。

- 浮遊にともなう吸入について考慮する核種は Pu239 と Sr90 の2つで、該当する空気中最大許容濃度は、 $2 \times 10^{-12} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$  と  $2 \times 10^{-10} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 。これらの値は ICRP1954 年勧告から。

<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1016/S0074-27402880014-6>

浮遊係数を、 $k=4 \times 10^{-7} \text{cm}^{-1}$  とし、さらに、ICRP1954 勧告の空気中濃度は（24 時間連続値なので 8 時間労働ということで）3 倍して（空気中濃度）/（浮遊係数）で表面汚染制限値を求めると、Pu239 :  $1.5 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  と Sr90 :  $1.5 \times 10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  となる。

- 皮膚のベータ線被曝については、通常エネルギー（0.5~3.0MeV）のベータ線による感受性細胞での放射線量率は、 $(7\text{rad}/\text{h}) / (1\mu\text{Ci}/\text{cm}^2)$  という計算値を引用している。ベータ線の後方散乱効果により 1.5 倍とし、被曝量制限値を  $1.5\text{rad}/\text{week}(40\text{hr})$  とすると、皮膚汚染制限値は  $4 \times 10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  となる。皮膚被曝だけで被曝限度を一杯にするのはまずいので、制限値は 10 分の 1 の  $4 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  とする。
- 手の汚染からの経口摂取については、「手に付いた汚染の 1 % を毎日 50 年間摂取すると、Ra226 で  $0.1\mu\text{Ci}$ 、Sr90 で  $1\mu\text{Ci}$  の体内蓄積がおきる量」という仮定が 1948 年から Harwell 研究所で使われていたようだ。ICRP1954 年勧告で若干緩和され、 $\alpha$  核種について  $3 \times 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$  核種について  $10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  という表面汚染制限になる（導出はキチンとフォローできず）。これに関連する「物の表面汚染限度」は、手の汚染の 10 倍とされている。

表 5 に Dunster1955 年論文の計算結果、表 6 には、導出過程の仮定が厳しいことを考慮して緩和した Dunster の推奨値と Harwell 研の慣行値をまとめた。（Harwell 研の施設については、シンプルな慣行値を変えることもない、と述べている。）

表 5 Dunster1955 年論文の計算結果、単位： $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$

浮遊からの吸入 摂取	皮膚汚染か らの皮膚被 曝	手からの経口摂取		計算まとめ (害をもたらさない 最大表面汚染値)
		手の表面	RI 区域の表面	
Pu : $1.5 \times 10^{-5}$	—	$\alpha$ : $3 \times 10^{-6}$	$\alpha$ : $3 \times 10^{-5}$	$\alpha$ : $10^{-5}$
Sr90 : $1.5 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-4}$	$\beta$ : $10^{-4}$	$\beta$ : $10^{-3}$	$\beta$ : $4 \times 10^{-4}$

表 6 Dunster1955 年論文の提唱値と AERE 施設の慣行値、単位： $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$

核種	Dunster1955 論文		Harwell 研の慣行値	
	RI 使用区域	非 RI 区域	RI 使用区域	非 RI 区域
Pu, Ra, Ac, Po	$10^{-4}$ (10)	$10^{-5}$ (1)	$10^{-4}$	$10^{-5}$
上記以外の $\alpha$	$10^{-3}$ (100)	$10^{-4}$ (10)	$10^{-3}$	$10^{-4}$
すべての $\beta$	$4 \times 10^{-3}$ (10)	$4 \times 10^{-4}$ (1)	$10^{-3}$	$10^{-4}$

( ) 内の値は、表 5 の右端値に対する緩和係数

表 6 では、 $\alpha$  核種を（毒性の大きな）Pu など 4 核種とそれ以外に分けている。Harwell 慣行値では、「すべての  $\beta$  核種」と「上記以外の  $\alpha$ 」が同じ値になっている。表 3 に示した、日本の 1957 年許容表面密度の由来が表 6 の「Harwell の慣行値」だったと考えて間違いなさそうだ。

## ◇ おわりに

調べ始めたら結構深入りしてしまったが、「1平方m当り 4万 Bq」の由来についてはだいたい理解できたつもりでいる。「表面汚染に関する日本の法令基準は、法律制定当時の英国で使われていた値をそのまま借用してきた」と考えて良さそうだ。(米国の基準は調べていないが...) Dunster や Farbrairn の論文は、それ以前から使われていた値に“それなりに根拠付けをする”ための仕事と言っていいだろう。後付けの話なので、3つの論文相互に無理やら矛盾が入っていてすっきりしない。ただ、Dunster1962年論文は、管理区域についての「最大表面密度」を決めて、管理区域外はその10分の1にするというロジックだが、Dunster1955年論文の方は、まず非RI区域での「許容表面密度」を決めておいて、RI区域についてはその10倍に緩和する、という逆のやり方であることを指摘しておきたい。もちろん1955年論文の方が original である。つまり、非RI区域の最初の「表面密度限度」は、それ以上の汚染は被害をもたらす恐れがあるレベルとして決められた。

2011年の福島原発事故は日本の私たちに大変な規模の放射能汚染をもたらした。長期的に問題となる半減期30年のセシウム137の汚染は、故沢野伸浩さんの解析によると、「1平方m当り 3.7万 Bq」以上の汚染面積は8424平方kmで、東京都の面積2188平方kmの4倍に相当する。<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/etc/kagaku2017-3.pdf>

私からすれば、福島原発事故によって汚染されたものは、原子炉等規制法で定めるところの『核燃料等汚染物』である。スジから言えば、「1平方km当り 4万 Bq」を越える汚染地域は東京電力が「一時管理区域」に指定し原状回復すべきである。東電や政府がどう後始末にかかるのかと思っていたら、半年後に「放射性汚染物質対処特措法」という新たな法律が制定された。“後出しジャンケン”のような法律で『事故由来放射性物質』という新たな概念が考案され、(法律にそんなことは書かれていないのだが) 原発事故の汚染は原子炉等規制法から切り離されて扱われることになった。

この9年間、飯舘村などで信じがたい規模の除染が進められ、莫大なお金が“原子カムラ・除染支部”に流れて行くのを眺めて来た。これからも何かと理由をつけてお金が流れ続けることだろう。一方、避難を強いられた人々への支援は徐々に切り下げられ、放射能汚染は嫌だという被災者は見捨てられつつある。日本という国の支配システムのありようには、「ゴマメの歯ぎしり」ばかりだが、原子力に50年以上係わってきた者として、私なりの情報発信を続けて行きたい。

以上

\*\*\*\*\*

### ● 付録：Pub 2 の MPCa 値と現行の空气中濃度限度の比較

参考に、原子力発電がはじまった頃の空气中許容濃度と現行の値を比較しておこう。

Dunster1962年論文が使っている MPCa 値は、ICRP Publication 2『体内放射線の許容線量』(1959)の値である(日本語訳：[http://www.icrp.org/docs/P2\\_Japanese.pdf](http://www.icrp.org/docs/P2_Japanese.pdf))。Pub2は、私が放射線取扱主任者試験を受けた1976年でも effective な報告書だった。

Pub2の考え方は、ある核種に対して「決定臓器」とその臓器での「最大許容負荷量」(MBD)に基づいている。最大許容負荷量とは、決定臓器に対して「毎週 0.3rem (3mSv)」、全身が対象の場合は「毎週 0.1rem (1mSv)」をもたらす蓄積放射エネルギーである。ただし、骨については別扱

いで、ラジウムダイアルペインターなどの実害データを基に、「Ra226 の骨の MBD は 0.1 $\mu$ Ci」とされた。Pu239 については、Ra226 よりリスクが大きいということで骨の MBD は 0.04 $\mu$ Ci とされた。

MPCa（空气中最大許容濃度）は、『その環境下で作業者が 50 年間仕事を続けたとき決定臓器に最大許容負荷量の蓄積が起きる空气中濃度』として算出されている。ただし、労働時間は、40 時間/週、50 週/年で、作業中の呼吸量は 10m<sup>3</sup>/日として計算されている。実効半減期が短ければ、蓄積量は直に飽和するが、Ra226 や Pu239 のように長いと 50 年経っても飽和しない。

いくつかの核種について Pub2 のパラメータと MPCa 値、日本の現行法令の管理区域空气中濃度限度を表 A にまとめてみた。比較のため、MPCa 値を Bq に換算した値も示した。

表 A. 管理区域空气中濃度限度：Pub2 と現行法令の比較

核種	Publication 2					現行法令	(B)/(A)
	決定臓器	最大負荷量 $\mu$ Ci	実効半減期 日	MPCa $\mu$ Ci/cm <sup>3</sup>	(A)Bq 換算 Bq/cm <sup>3</sup>	(B)空气中濃度 限度 Bq/cm <sup>3</sup>	
Ra226	骨	0.1	16000	3 $\times$ 10 <sup>-11</sup>	1.1 $\times$ 10 <sup>-6</sup>	9 $\times$ 10 <sup>-6</sup>	8.1
Pu239	骨	0.04	72000	2 $\times$ 10 <sup>-11</sup>	7.4 $\times$ 10 <sup>-7</sup>	7 $\times$ 10 <sup>-7</sup>	0.9
Pb210	腎臓	0.4	494	1 $\times$ 10 <sup>-10</sup>	3.7 $\times$ 10 <sup>-6</sup>	2 $\times$ 10 <sup>-5</sup>	5.4
Sr90	骨	2	6400	3 $\times$ 10 <sup>-10</sup>	1.1 $\times$ 10 <sup>-5</sup>	3 $\times$ 10 <sup>-4</sup>	27.0
Cs137	全身	30	70	6 $\times$ 10 <sup>-8</sup>	2.2 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	3 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	1.4
I131	甲状腺	0.7	7.6	9 $\times$ 10 <sup>-9</sup>	3.3 $\times$ 10 <sup>-4</sup>	1 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	3.0

現行法令の値：

- 原子炉等規制法は、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」

<https://www.nsr.go.jp/data/000306810.pdf>

- RI 等規制法は、「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」

<https://www.nsr.go.jp/data/000045581.pdf>

空气中濃度の値は同じだが、炉規法の方は「3 カ月平均」で RI 規制法は「1 週間平均」。

現行法令値と Pub2 との比を表 A の右端に示した。「Pub2 は（原則）毎週 3mSv」で「現行は毎週 1mSv」なので、現行の濃度限度の方が厳しい（小さい）かと思っていたが意外だった。Pu239 の値はほぼ同じであるが、その他は現行法令の方が甘い値になっている。

現行法令の基になっているのは、ICRP の Pub68「作業者による放射性核種の摂取についての線量係数」（1994）である。

[https://www.icrp.org/docs/P68\\_Japanese.pdf](https://www.icrp.org/docs/P68_Japanese.pdf)

Pub68 では、1 Bq を吸入または経口で体内摂取したとき、それ以降 50 年間の内部被曝にとりもなう積算実効線量が「預託実効線量」として与えられている。日本の現行法令の濃度限度は、その値に基づいて計算されている。

- 吉澤道夫、水戸誠一『「外部被ばく及び内部被ばくの評価法に係る技術指針」について』保健物理、34:319-322（1999）

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhps1966/34/3/34\\_3\\_319/pdf-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhps1966/34/3/34_3_319/pdf-char/en)