

作業者による放射性核種の
摂取の限度：追補

Part 4

社団法人 日本アイソトープ協会

作業者による放射性核種の摂取の限度：追補

ICRP Publication 30

Part 4

国際放射線防護委員会専門委員会2の報告書

1987年9月に委員会によって採択されたもの

ICRP Publication 30の一部に置きかわるもの

社団
法人 日本アイソトープ協会



Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 30 Part 4

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Takashi SHIROTANI, Shinichi SUGA, Kazuo TAKADA, Minoru FUJITA,
Yoshinori INOUE, Yoichi SUZUKI, Takamitsu HATTORI,
Seiichi MIZUSHITA

Editorial Board

The Committee for Japanese Translation of ICRP Publications,
Japan Radioisotope Association

.....
Eizo TAJIMA** (Chair)

Tatsuji HAMADA (Vice-chair)

Masami IZAWA**

Jiro INABA

Sukehiko KOGA *

Sadayoshi KOBAYASHI

Tsuneo NUMAKUNAI

Yasuo YOSHIZAWA *

Yoshikazu YOSHIDA
.....

* ICRP member at the time.

** Former ICRP member.

邦訳版への序

本書は、ICRP Publication 30, Part 4 として刊行された、ICRP 専門委員会 2 の報告書

Limits for Intakes of Radionuclides by Workers : an Addendum

(*Annals of the ICRP*, 19, No.4 (1988) に発表)

を、ICRP の了解のもとに翻訳したものである。

Publication 30, Part 1~3 においては、ネプツニウム、プルトニウム、アメリカシウム、キュリウム、バークリウム、カリホルニウム、アインスタイニウム、フェルミウムおよびメンデレビウムの年摂取限度 (ALI) および誘導空気中濃度 (DAC) が示されている。これらの計算の根拠となった代謝データは Publication 19 (The Metabolism of Compounds of Plutonium and Other Actinides) によるもので、これは 1971 年 1 月までに発表された文献に基づいている。それ以降これらの核種の代謝データはかなり豊富になったので、ICRP は新たに課題グループを設置してプルトニウムとそれに関連した元素についての代謝データを再調査した。その結果は ICRP Publication 48 (The Metabolism of Plutonium and Related Elements, 1986 年) として発表された。この報告書 Part 4 には、この Publication 48 において改訂された代謝データをもとにして計算された ALI と DAC が示されている。

原文では、一つの元素のいろいろな核種に関する ALI と DAC とが、同じ一つの表の中に示されているが、訳書では、読者の便を考慮して、他の Part と同じく ALI と DAC とを別々に表示することとした。

なお、Part 4 の原本には、付録として Part 1~3 では Supplement に与えられていた線量算定用データも収録されているが、邦訳版では省略した。実際

(ii)

に計算を試みる方は原本を参照されたい。

翻訳をはじめ、日本原子力研究所の次の諸氏により、その素訳が作られた。

井上 義教, 城谷 孝, 須賀 新一, 鈴木 幼一, 高田 和夫,
服部 隆充, 水戸 誠一 (五十音順)

ついで、この素稿をもとに、全体としての訳文の統一、再検討が次の諸氏により行われた：

城谷 孝, 須賀 新一, 高田 和夫, 藤田 稔*
(*千代田保安用品(株))

最終的な調整は編者** によって行われたので、訳文についての最終責任は編者にある。翻訳を担当された日本原子力研究所と千代田保安用品(株)の方々に深く感謝の意を表したい。

平成3年7月

ICRP 勧告翻訳検討委員会

**日本アイソトープ協会

ICRP 勧告翻訳検討委員会

委員長 田島 英三 (立教大学名誉教授)
副委員長 浜田 達二 ((社)日本アイソトープ協会)
委員 伊沢 正実 (日本原子力発電(株))
稲葉 次郎 (放射線医学総合研究所)
古賀 佑彦 (藤田保健衛生大学)
小林 定喜 (放射線医学総合研究所)
沼宮内弼雄 (日本原子力研究所)
吉澤 康雄 ((財)原子力安全研究協会)
吉田 芳和 ((財)放射線計測協会)

目 次

	頁
序.....	v
献 辞.....	vii
緒 論.....	1
ネプツニウム.....	3
プルトニウム.....	7
アメリシウム	12
キュリウム	17
バークリウム	22
カリホルニウム	25
アインスタイニウム	30
フェルミウム	34
メンデレビウム	37
他の放射性核種	40
文 献	43
付 録 A	45

ICRP PUBLICATION 30

読者の便宜を図り、以下に ICRP Publication 30 の分冊の全リストおよび Annals of the ICRP における発行巻号を再録する。

ICRP Publication 30：作業者による放射性核種の摂取の限度

Part 1 *Annals of the ICRP*, 2 (3/4).

Part 1 の補遺 *Annals of the ICRP*, 3, complete.

Part 2 *Annals of the ICRP*, 4 (3/4).

Part 2 の補遺 *Annals of the ICRP*, 5, complete.

Part 3* *Annals of the ICRP*, 6 (2/3).

Part 3 の補遺 A *Annals of the ICRP*, 7 (1-3).

Part 3 の補遺 B† *Annals of the ICRP*, 8 (1-3).

Part 4 *Annals of the ICRP*, 19 (4).

ICRP Publication 30 の索引 *Annals of the ICRP*, 8 (4).

* Part 1 および Part 2 への追補を含む。

† 補遺 1 と 2 への追補を含む。

訳注：Part 1, Part 2, Part 3 は、それぞれの補遺の主文を含めて日本アイソトープ協会から邦訳が刊行されている。補遺の数表は原本をみられたい。

序

1977年に、国際放射線防護委員会は、Publication 26において新しい放射線防護の指針を発表した。これに伴い、専門委員会2は、ICRP Publication 2として1959年に刊行された「体内放射線の許容線量」と題する報告書の新版を作成するように要請された。その改訂された報告書「作業者による放射性核種の摂取の限度」は、1979年から1982年の期間にICRP Publication 30として補遺を付けた3分冊として刊行された。Publication 30の作成にあたっては、標準人についての課題グループ、肺動態課題グループ、骨組織の放射線感受性課題グループおよびプルトニウムと他のアクチニドの化合物の代謝課題グループからの助言を大いに参考とした。

1981年に、委員会は以前にICRP Publication 19において検討したプルトニウム、ネプツニウムおよび3価のアクチニドの代謝に関する情報を検討し、更新し、かつ拡張するため課題グループを設置した。胃腸管からの吸収、および、骨格と肝臓の間の分布ならびにこれら両臓器内における残留についての情報に特に注意が向けられた。1986年に、この課題グループの報告書は、「プルトニウムおよび関連元素の代謝」という表題でICRP Publication 48として刊行された。ICRP Publication 30は、プルトニウム、ネプツニウムおよび3価のアクチニドの代謝挙動に関する情報については、ICRP Publication 19に依存していたので、提案されたこれらの元素の代謝パラメータの変更は、ICRP Publication 30に与えられている補助限度の値と密接なかかわりがある。ICRP Publication 30に対するこの追補には、ネプツニウム、プルトニウム、アメリカシウム、キュリウム、バークリウム、カリホルニウム、アインスタイニウム、フェルミウムおよびメンデレビウムの同位体に関する補

(vi)

助限度が示されている。

ICRP Publication 48 において検討されていない、他のいくつかの元素の同位体に対する補助限度も初めて示されている。これらの補助限度は、 ^{82}Sr , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{95}Tc , ^{116}Sb , ^{246}Pu および ^{250}Cm に対するものである。

この報告書の作成期間 (1986~1987) 中における専門委員会 2 の構成員は、次のとおりであった。

C. B. Meinhold (委員長)	K. F. Eckerman	N. Parmentier
W. J. Bair	A. Kaul	C. R. Richmond
X. Chen	O. Matsuoka	J. O. Snihs
R. H. Clarke	J. P. Moroni	D. M. Taylor
G. Drexler	Y. I. Moskalev (死去)	R. H. Thomas

線量の計算は、もともとは ICRP Publication 30 のための計算を行うため設けられた線量計算課題グループの責任で行われた。この報告書の作成期間におけるその課題グループの構成員は、次のとおりであった。

K. F. Eckerman (委員長)	L. T. Dillman
M. Cristy	R. W. Leggett

課題グループは、この報告書の基礎となっている計算を行うにあたっての J. C. Ryman 氏の助力に深く感謝する。

J. Vennart 氏への献辞

委員会は、J. Vennart 氏が専門委員会 2 を指揮し指導することに献身的に努力され、Publication 30、その他多くの ICRP 報告書に数限りない貢献をされて委員会に尽くされたことについて、同氏に感謝の意を表したい。専門委員会 2 での Vennart 博士の熟練した指導力により、大学的な雰囲気が育成され、それによって作成に非常に多くの時間とエネルギーを要した報告書である Publication 30 を完成させることが可能となった。Vennart 博士は倦むことなく努力し、専門委員会内のいっそうの議論をつねに歓迎し奨励した。彼は、幅広い範囲の話題についての洞察力と学識によって、論争の的となった問題点を巧みに解決に導いた。委員会および専門委員会 2 は、Vennart 博士に対し深甚な謝意を表するとともに、Publication 30 に対するこの追補をつしんで献呈する。

緒 論

1979年に、国際放射線防護委員会は、ICRP Publication 30「作業者による放射性核種の摂取の限度」¹⁾を刊行した。1981年に委員会は、以前、1972年にICRP Publication 19²⁾において検討したプルトニウム、ネプツニウムおよび3価のアクチニドの代謝に関する情報を検討し、更新し、かつ拡張するために、課題グループを設置した。胃腸管からの吸収、および、骨格と肝臓の間の分布ならびにこれら両臓器内における残留についての情報に特に注意が向けられた。1986年に、この課題グループの報告書は「プルトニウムおよび関連元素の代謝」という表題でICRP Publication 48³⁾として刊行された。Publication 30は、ICRP Publication 19に深く依存していたので、ICRP Publication 48に与えられているプルトニウム、ネプツニウムおよび3価のアクチニドの体内での挙動についての情報は、ICRP Publication 30に与えられている補助限度の値と密接なかかわりがある。ICRP Publication 30に対するこの追補には、ネプツニウム、プルトニウム、アメリシウム、キュリウム、バークリウム、カリホルニウム、アインスタイニウム、フェルミウムおよびメンデレビウムの同位体についての補助限度がICRP Publication 48の勧告をもとにして示されている。

ICRP Publication 48において検討されていない、他のいくつかの元素の同位体に対しても補助限度が示されている。これらの放射性核種については、その元素につき計算を行った時点では核崩壊のデータは入手できなかったが、詳細なデータがその後、ICRP Publication 38⁴⁾に表として収録された。この理由から、⁸²Sr、^{95m}Tc、⁹⁵Tc、¹¹⁶Sb*、²⁴⁶Puおよび²⁵⁰Cmについて、本

* 訳注 ¹¹⁶Sbについては、Publication 30, Part 3にすでに報告されている。

(2)

書に初めて補助限度を示した。最後の二つの放射性核種を除き、この計算に用いた代謝モデルは ICRP Publication 30 に与えられたモデルであり、ここではさらに検討はしない。 ^{246}Pu と ^{250}Cm のデータはプルトニウムとキュリウムの改定された補助限度の値とともに示されている。

この報告書は、限られた数の放射性核種の、補助限度である年摂取限度 (ALI) と誘導空気中濃度 (DAC) の数値を取り扱っている。ネプツニウム、プルトニウム、アメリカシウム、キュリウム、バークリウム、カリホルニウム、アインスタイニウム、フェルミウムおよびメンデレビウム* については、その元素の代謝データを簡単に記述した後に補助限度が与えられている。本書には計算で用いた代謝パラメータが示されているだけであるから、代謝情報の詳細な議論が知りたい読者は ICRP Publication 48 を参照していただきたい。計算で用いた線量算定用モデルについてはここでは論じない。読者は ICRP Publication 30, Part 1 を参照されたい。その他の放射性核種については、これら元素の代謝モデルはここでは記述されていない。その情報も、ICRP Publication 30 に見出すことができる。以上の放射性核種に対する線量算定用データがこの報告書の付録に与えられている。これらのデータは、ICRP Publication 30 の補遺に収められているデータに置き代わるものである。

* 訳注 ^{82}Sr , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{95}Tc , ^{116}Sb についても記述されている。

ネプツニウムの代謝データ

1. 代 謝

ネプツニウムは自然界に存在する元素ではなく、人体内の分布に関するデータは得られていない。そのため、動物のデータに頼らざるを得ない。これら動物のデータは、課題グループによって最近検討され、その報告書 ICRP Publication 48³⁾ は本書に示されている代謝データの基礎となっている。ここではネプツニウムの補助限度の計算に直接適用することのできる情報のみを示す。それ以上の情報は、ICRP Publication 48に見出すことができる。

2. 代謝モデル

(a) 血液への取り込み

いくつかの動物種の胃腸管からのネプツニウムの吸収についてのデータが、課題グループによって検討された。硝酸塩*を使用した初期の研究では、体重 1 kg あたり数 mg の ^{237}Np を胃内に投与したラットについて、胃腸管からの吸収割合は約 0.01 から 0.02 であるという結果が得られた⁵⁾。やはり硝酸塩を使用したその後の実験⁶⁻⁸⁾ では明らかに、投与重量がネプツニウムの吸収に及ぼす影響は顕著であった。体重 1 kg あたり ^{237}Np が 22 mg と 43 mg の間の重量レベルでは、ラットによる吸収割合は約 0.01 から約 0.03 の間を変動した。しかし、投与重量が体重 1 kg あたりわずか 10 ng の場合には、吸収は約 1 桁少なかった。課題グループは、胃腸管からのネプツニウムの吸収の最適推定値として、 10^{-3} という値が妥当であると考えた。

* 訳注 硝酸塩はクエン酸との間違いのように思われる。

(4)

(b) 吸入のクラス

課題グループは、吸入されたネプツニウム化合物の挙動に関する最近の情報を検討し、入手可能な少ないデータは ICRP Publication 30¹⁾ においてネプツニウムのすべての化合物を吸入のクラス W に指定していることと矛盾しないと結論した。

吸入のクラス	f_1
D	—
W	10^{-8}
Y	—

(c) 分布と残留

ネプツニウムの分布のデータは、その代謝挙動がプルトニウムのそれと似ていなくはないことを示している。しかし、骨格中ではネプツニウムはプルトニウムよりもカルシウムに似た分布をするようである。課題グループは、通過コンパートメントを出ていくネプツニウムのうち、75%が無機質骨に、15%が肝臓に移行すると仮定すべきであると示唆した。ネプツニウムが生殖腺組織に移行する割合は g あたり 10^{-5} であると推定され、これは、精巣について 3.5×10^{-4} 、卵巣については 1.1×10^{-4} という移行割合に相当する。通過コンパートメントを出ていくネプツニウムの残りは 0.25 日の半減期で排出されると仮定する。

無機質骨に移行したネプツニウムは、50 年の半減期で除去されると仮定する。一方、肝臓に移行したネプツニウムは 20 年の半減期で除去されると仮定する。生殖腺に移行したネプツニウムは永久にそこに残留すると仮定する。

3. 骨線量算定のための同位体の分類

ネプツニウムの骨中の初期沈着はプルトニウムよりもカルシウムに似てい

る⁹⁾。それにもかかわらず、ネプツニウムは沈着後の早い時期にはおもに骨表面と結合しており、アルカリ土類元素のように骨基質中に移動しやすくないようである。これらの理由から、ネプツニウムは、他のアクチニドと同様に、骨格中に沈着した後いつでも無機質骨の骨内膜の表面に均等に分布していると仮定する。

ネプツニウムの同位体に関する年摂取限度ALI (Bq) および誘導
空气中濃度DAC (Bq/m³) (40h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入	
	経 口	クラスW
	$f_1 = 10^{-3}$	$f_1 = 10^{-3}$
²³² Np	5×10^9	7×10^7 (2×10^8) 骨表面
²³³ Np	3×10^{10}	1×10^{11}
²³⁴ Np	8×10^7	1×10^8
²³⁵ Np	8×10^8 (9×10^8) 大腸下部壁	3×10^7 (5×10^7) 骨表面
²³⁶ Np $T_{1/2} = 1.15 \times 10^5$ y	9×10^4 (2×10^5) 骨表面	800 (2×10^3) 骨表面
²³⁶ Np $T_{1/2} = 22.5$ h	1×10^8 (1×10^8) 骨表面	1×10^6 (3×10^6) 骨表面
²³⁷ Np	2×10^4 (5×10^4) 骨表面	200 (400) 骨表面
²³⁸ Np	5×10^7	2×10^6 (6×10^6) 骨表面
²³⁹ Np	6×10^7 (6×10^7) 大腸下部壁	8×10^7
²⁴⁰ Np	8×10^8	3×10^9

(6)

DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	吸 入
	クラスW
	$f_1 = 10^{-3}$
²³² Np	3×10^4
²³³ Np	5×10^7
²³⁴ Np	4×10^4
²³⁵ Np	1×10^4
²³⁶ Np	0.3
$T_{1/2} = 1.15 \times 10^5$ y	
²³⁶ Np	400
$T_{1/2} = 22.5$ h	
²³⁷ Np	0.06
²³⁸ Np	1×10^3
²³⁹ Np	3×10^4
²⁴⁰ Np	1×10^6

プルトニウムの代謝データ

1. 代 謝

プルトニウムに関しては、ICRP Publication 23¹⁰⁾ にデータが与えられていない。しかし、核兵器実験による世界的な放射性降下物による汚染のため、食物および人体組織中に測定可能な量のプルトニウムが存在している。また、プルトニウムに職業上被曝した人々についてのプルトニウムの体内分布のデータもある。これらのヒトについての限られたデータは、大体において、実験動物を用いた研究から得られたはるかに広範な代謝データを支持し、裏付けている。プルトニウムの代謝は、最近、課題グループによって検討され、その報告書である ICRP Publication 48³⁾ は、以前の課題グループの報告書²⁾ を補足するもので、本書に示されている代謝データの基礎となっている。ここではプルトニウムの補助限度を計算に直接適用することのできる情報のみを示す。それ以上の情報は、ICRP Publication 48 に見出すことができる。

2. 代謝モデル

(a) 血液への取り込み

プルトニウムの胃腸管からの吸収は少ない。課題グループにより検討されたデータは、 f_1 値が ICRP Publication 30¹⁾ において仮定された値よりも大きい； 10^{-3} よりは大きくないことを示唆している。 10^{-3} という値は、摂取量あるいは化学的または物理的状态を詳しくは記述できない状況における放射線防護のためには、十分な余裕をもって安全側であるように思われる。職業上の被曝では、経口摂取された物質の化学的および物理的状态を確実にきめ

(8)

ることができる場合には、より小さい値が正当化されよう。非常に小さい(ナノメータサイズの)粒子が入っていない不溶性酸化物に対しては、課題グループは ICRP Publication 30 の 10^{-5} という値を引き続き用いた。同様に、硝酸プルトニウムに対しては、課題グループは現行の 10^{-4} という値を引き続き用いた。課題グループはプルトニウムの吸収についてのデータによると、経口摂取された物質の化学的および物理的状态を確実にきめることができない限り 1桁以内の精度で f_1 を決定することはできないことを指摘した。課題グループは、プルトニウムの吸収に関して、化合物を三つのレベルに分類している。

化合物	f_1
酸化物	10^{-5}
硝酸塩	10^{-4}
その他	10^{-3}

(b) 吸入のクラス

吸入されたプルトニウムの挙動についての最近の情報は現行の ICRP 肺モデル¹⁾の仮定とは必ずしも一致しないと、課題グループは結論し、そのような食い違いを呼吸道モデル課題グループが考察しつつあると記した。補助程度の計算の目的には、プルトニウムについて ICRP Publication 30 で用いられた分類法を、本書でも採用する。吸入クラス D に指定されるプルトニウム化合物はなく、 PuO_2 を吸入のクラス Y に指定し、通常存在するその他のすべてのプルトニウムの化合物を吸入のクラス W に指定する。

化合物	吸入のクラス	f_1
なし	D	—
酸化物以外	W	10^{-3}
酸化物	Y	10^{-5}

(c) 分布と残留

血流中に吸収されたプルトニウムは、主として肝臓および骨格に沈着する。これら二つの臓器への相対的な沈着量を、課題グループは詳しく調べ、次のように記した。「…プルトニウム、アメリシウムおよびキュリウムの沈着量は個人間で変動しやすく、放射線防護の目的には、骨格および肝臓に等しく(それぞれ45%)分布するとしたICRP 30のモデルは、依然として妥当な仮定である」。さらに、課題グループは精巣に0.035%および卵巣に0.011%¹¹⁾という現在仮定されている沈着割合を引き続き用いたが、これらの値は不当に精密な印象を与えるとの注釈をつけた。

残留のパラメータに関して、課題グループは、「ICRP Publication 30で勧告された肝臓中のプルトニウムに対する40年という半減期および骨格中のプルトニウムに対する100年という半減期は双方とも長過ぎる」と考えた。課題グループは、肝臓中および骨格中の残留半減期について、それぞれ20年および50年の値を勧告した。

本書に示された計算では、通過コンパートメントに入ったプルトニウムのうち、0.45が骨に、また0.45が肝臓に移行すると仮定する。生殖腺に移行する割合は、男性について 3.5×10^{-4} 、女性については 1.1×10^{-4} と仮定する。生殖腺組織に沈着したプルトニウムは、そこに永久に残留すると仮定する。一方、肝臓に沈着したプルトニウムは20年、骨格に沈着したプルトニウムは50年の半減期で残留すると仮定する。

3. 骨線量算定のための同位体の分類

プルトニウムはおもに無機質骨の骨内膜表面に沈着し、再吸収と埋没のような過程によってその体積全体にゆっくりと再分布する³⁾。この理由により、線量算定の目的には、この報告書で考察されているプルトニウムのすべての同位体は、骨格に沈着した後ではいつでも骨表面に均等に分布していると仮

(10)

定する。

プルトニウムの同位体に関する年摂取限度ALI (Bq) および誘導空气中濃度DAC (Bq/m³) (40h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経口				
	吸入				
	クラスW	クラスY			
	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-4}$	$f_1=10^{-5}$	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-5}$
²³⁴ Pu	3×10^8	3×10^8	3×10^8	8×10^8	7×10^6
²³⁵ Pu	3×10^{10}	3×10^{10}	3×10^{10}	1×10^{11}	9×10^{10}
²³⁶ Pu	9×10^4 (2×10^5) 骨表面	9×10^5 (1×10^6) 骨表面	7×10^6	700 (1×10^3) 骨表面	2×10^3
²³⁷ Pu	5×10^8	5×10^8	5×10^8	1×10^8	1×10^8
²³⁸ Pu	3×10^4 (6×10^4) 骨表面	3×10^5 (6×10^5) 骨表面	3×10^6 (4×10^6) 骨表面	300 (500) 骨表面	700
²³⁹ Pu	3×10^4 (5×10^4) 骨表面	3×10^5 (5×10^5) 骨表面	3×10^6 (4×10^6) 骨表面	200 (400) 骨表面	600 (600) 骨表面
²⁴⁰ Pu	3×10^4 (5×10^4) 骨表面	3×10^5 (5×10^5) 骨表面	3×10^6 (4×10^6) 骨表面	200 (400) 骨表面	600 (600) 骨表面
²⁴¹ Pu	1×10^6 (3×10^6) 骨表面	1×10^7 (3×10^7) 骨表面	1×10^8 (2×10^8) 骨表面	1×10^4 (2×10^4) 骨表面	3×10^4 (4×10^4) 骨表面
²⁴² Pu	3×10^4 (6×10^4) 骨表面	3×10^5 (6×10^5) 骨表面	3×10^6 (4×10^6) 骨表面	200 (500) 骨表面	600 (700) 骨表面
²⁴³ Pu	6×10^8	6×10^8	6×10^8	1×10^9	1×10^9
²⁴⁴ Pu	3×10^4 (6×10^4) 骨表面	3×10^5 (5×10^5) 骨表面	3×10^6 (3×10^6) 骨表面	300 (500) 骨表面	700 (700) 骨表面
²⁴⁵ Pu	8×10^7	8×10^7	8×10^7	2×10^8	2×10^8
²⁴⁶ Pu	1×10^7 (1×10^7) 大腸下部壁	1×10^7 (1×10^7) 大腸下部壁	1×10^7 (1×10^7) 大腸下部壁	9×10^6	1×10^7

DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスW	クラスY
	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-5}$
²³⁴ Pu	3×10^3	3×10^3
²³⁵ Pu	5×10^7	4×10^7
²³⁶ Pu	0.3	0.7
²³⁷ Pu	5×10^4	5×10^4
²³⁸ Pu	0.1	0.3
²³⁹ Pu	0.1	0.3
²⁴⁰ Pu	0.1	0.3
²⁴¹ Pu	5	10
²⁴² Pu	0.1	0.3
²⁴³ Pu	6×10^5	6×10^5
²⁴⁴ Pu	0.1	0.3
²⁴⁵ Pu	7×10^4	6×10^4
²⁴⁶ Pu	4×10^3	4×10^3

アメリカシウムの代謝データ

1. 代 謝

アメリカシウムに関しては、ICRP Publication 23¹⁰⁾ にデータが与えられていない。核兵器実験による放射性降下物の結果、アメリカシウムは測定可能な量が世界中に広く分布しているが、人体内のアメリカシウムの分布について広範なデータは得られていない。そのため、動物のデータに頼らざるをえない。動物のデータは課題グループによって検討され、その報告書³⁾ が本書に示されている議論の基礎となっている。ここではアメリカシウムの補助限度の計算に直接適用することのできる情報のみを示す。それ以上の情報は、ICRP Publication 48³⁾ に見出すことができる。

2. 代謝モデル

(a) 血液の取り込み

アメリカシウムの胃腸管からの吸収について利用できる情報は非常に限られている。課題グループによって検討されたデータ(ICRP Publication 48の表4.8参照)は、 f_1 値が 6×10^{-5} から 3×10^{-4} の範囲内にあることを示唆している。この範囲は、ICRP Publication 30¹⁾ に与えられている 5×10^{-4} という f_1 値とよく一致している。しかし、課題グループは、アメリカシウムの吸収についてもプルトニウムの吸収と同様に食餌その他の要因によって促進されるかもしれないと仮定するのが慎重であると考えた。したがって、課題グループは、プルトニウムに与えたのと同じ f_1 値、すなわち 10^{-3} を、アメリカシウムに使うことを勧告した。

(b) 吸入のクラス

課題グループは、不溶性の形のアメリカシウムのエロゾルを偶発的に摂取した事例を検討し、肺胞領域に沈着した物質の大部分は10日ないし20日の半減期で排除されるが、残った物質のクリアランス半減期は数十日から1000日にも及ぶ間にわたって変動することを認めた。したがって課題グループは、すべてのアメリカシウム化合物は数十日*の半減期で血液に移行し、クラスWの化合物の定義と大体において一致すると結論した。

吸入のクラス	f_1
D	—
W	10^{-3}
Y	—

(c) 分布と残留

ヒトについての限られたデータは、肝臓にほんのわずかししか沈着しないことを示唆しているが、動物実験のデータはプルトニウムに用いた代謝モデルと概してあっている。課題グループは、アメリカシウムが肝臓と骨格との間の初期の分配に関してプルトニウムと同様の挙動をするというICRP Publication 30でなされた仮定を引き続き用いることは合理的である、と結論した。

この報告書では、通過コンパートメントに入ったアメリカシウムのうち0.45が骨に、また0.45が肝臓に移行すると仮定する。生殖腺に移行するアメリカシウムの割合は、精巣について 3.5×10^{-4} 、卵巣について 1.1×10^{-4} であると仮定する。通過コンパートメントに入ったアメリカシウムの残りは排泄されると仮定する。生殖腺組織に沈着したアメリカシウムは、そこに永久に残留すると仮定する。一方、肝臓に沈着したアメリカシウムは20年の半減期で残留すると仮定し、また、骨格に沈着したアメリカシウムは50年の半減期で残留すると仮

* 訳注 原文では several days であるが、several tens of days の誤りであろう。

(14)

定する。これらの値は、課題グループ³⁾が勧告した値と一致する。

(d) キレート化合物

キレート形のアメリカシウムは、この報告書では考察しない。これらは、他のアメリカシウム化合物よりも、生物学的に移動しやすいことが知られている¹²⁾。

3. 骨線量算定のための同位体の分類

アメリカシウムは主として骨膜表面と骨内膜表面に沈着する。ただし、通常は骨内膜表面のほうがより強く標識される。アメリカシウムは、再吸収および埋没のような過程によって無機質骨の体積全体にゆっくりと再分布する³⁾。したがって、線量算定の目的には、この報告書で考察されているアメリカシウムのすべての同位体は、骨格に沈着した後ではいつでも骨表面に均等に分布していると仮定する。

アメリカシウム同位体に関する年摂取限度ALI (Bq) および誘導
 空気中濃度DAC (Bq/m³) (40h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経口	吸入
		クラスW
	$f_1 = 10^{-3}$	$f_1 = 10^{-3}$
²³⁷ Am	3×10^9	1×10^{10}
²³⁸ Am	1×10^9	1×10^8 (2×10^8) 骨表面
²³⁹ Am	2×10^8	5×10^8
²⁴⁰ Am	8×10^7	1×10^8
²⁴¹ Am	3×10^4 (5×10^4) 骨表面	200 (400) 骨表面
^{242m} Am	3×10^4 (5×10^4) 骨表面	200 (400) 骨表面
²⁴² Am	1×10^8	3×10^6 (3×10^6) 骨表面
²⁴³ Am	3×10^4 (5×10^4) 骨表面	200 (400) 骨表面
^{244m} Am	2×10^9 (3×10^9) 胃壁	2×10^8 (3×10^8) 骨表面
²⁴⁴ Am	1×10^8	7×10^6 (1×10^7) 骨表面
²⁴⁵ Am	1×10^9	3×10^9
^{246m} Am	2×10^9 (2×10^9) 胃壁	7×10^9
²⁴⁶ Am	1×10^9	4×10^9

(16)

DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスW	
	$f_1 = 10^{-3}$	
²³⁷ Am	4 × 10 ⁶	
²³⁸ Am	5 × 10 ⁴	
²³⁹ Am	2 × 10 ⁵	
²⁴⁰ Am	4 × 10 ⁴	
²⁴¹ Am	0.1	
^{242m} Am	0.1	
²⁴² Am	1 × 10 ³	
²⁴³ Am	0.1	
^{244m} Am	7 × 10 ⁴	
²⁴⁴ Am	3 × 10 ³	
²⁴⁵ Am	1 × 10 ⁶	
^{246m} Am	3 × 10 ⁶	
²⁴⁶ Am	2 × 10 ⁶	

キュリウムの代謝データ

1. 代 謝

キュリウムに関しては、ICRP Publication 23¹⁰⁾ にデータが与えられていない。したがって、最近課題グループにより検討され、ICRP Publication 48³⁾ に紹介された動物のデータに頼らざるを得ない。キュリウムの補助限度の計算に直接適用することのできる情報のみを本書に示す。それ以上の情報は、ICRP Publication 48 に見出すことができる。

2. 代謝モデル

(a) 血液への取り込み

キュリウムの胃腸管からの吸収について利用できる情報は非常に限られている。課題グループによって検討されたデータ (ICRP Publication 48 の表 4.8 参照) は、 f_1 値が 6×10^{-5} から 3×10^{-4} の範囲内にあることを示唆している。これは、ICRP Publication 30¹⁾ で用いられた f_1 値 5×10^{-4} とかなりよく一致している。しかし、課題グループは、プルトニウムについて示されたと同じように、吸収が促進されるかもしれないと仮定するのが慎重であると考えた。したがって、プルトニウムに勧告した値と同じ f_1 値、すなわち 10^{-3} が、キュリウムに妥当であると考えた。

(b) 吸収のクラス

アメリカウムと同様に、キュリウム化合物は酸化物を含め同じ化学形のプルトニウム化合物よりもすみやかに肺から失われる。限られたデータは、キ

(18)

キュリウムのすべての化合物が吸入のクラス W に指定されるべきであることを示唆している。

吸入のクラス	f_i
D	—
W	10^{-3}
Y	—

(c) 分布と残留

実験動物におけるキュリウムの挙動はアメリカシウムの挙動と類似している。したがって、課題グループは、肝臓と骨格との間の初期の分配に関して、キュリウムがプルトニウムと同様の挙動をするという ICRP Publication 30 でなされた仮定を引き続き用いることは合理的である、と結論した。

この報告書では、通過コンパートメントに入ったキュリウムのうち 0.45 が骨に、また 0.45 が肝臓に移行すると仮定する。生殖腺に移行するキュリウムの割合は、精巣について 3.5×10^{-4} 、卵巣について 1.1×10^{-4} であると仮定する。通過コンパートメントに入ったキュリウムの残りは排泄されると仮定する。生殖腺組織に沈着したキュリウムはそこに永久に残留すると仮定する。一方、肝臓に沈着したキュリウムは 20 年の半減期で残留すると仮定し、骨格に沈着したキュリウムは 50 年の半減期で残留すると仮定する。これらの値は、課題グループがプルトニウムに対して勧告した値と同じである。

(d) キレート化合物

キレート形のキュリウムはこの報告書では考察しない。これらは、他のキュリウム化合物よりも、生物学的に移動しやすいことが知られている¹²⁾。

3. 骨線量算定のための同位体の分類

ラットの骨格中のキュリウムの分布は、アメリシウムの分布と差がない¹²⁾。キュリウムは、主として無機質骨の骨内膜表面に沈着し、再吸収および埋没のような過程によって無機質骨の体積全体にゆっくりと再分布するにすぎない³⁾。したがって、線量算定の目的には、この報告書で考察されているキュリウムのすべての同位体は、骨格に沈着した後ではいつでも骨表面に均等に分布していると仮定する。

(20)

キュリウムの同位体に関する年摂取限度 ALI (Bq) および誘導空気
中濃度 DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	ALI (Bq)	
	経口	吸入
		$f_1=10^{-3}$
²³⁸ Cm	6×10 ⁸	4×10 ⁷
²⁴⁰ Cm	2×10 ⁶ (3×10 ⁶) 骨表面	2×10 ⁴ (2×10 ⁴) 骨表面
²⁴¹ Cm	4×10 ⁷	1×10 ⁶ (1×10 ⁶) 骨表面
²⁴² Cm	1×10 ⁶ (2×10 ⁶) 骨表面	1×10 ⁴ (1×10 ⁴) 骨表面
²⁴³ Cm	4×10 ⁴ (7×10 ⁴) 骨表面	300 (600) 骨表面
²⁴⁴ Cm	5×10 ⁴ (9×10 ⁴) 骨表面	400 (800) 骨表面
²⁴⁵ Cm	3×10 ⁴ (5×10 ⁴) 骨表面	200 (400) 骨表面
²⁴⁶ Cm	3×10 ⁴ (5×10 ⁴) 骨表面	200 (400) 骨表面
²⁴⁷ Cm	3×10 ⁴ (5×10 ⁴) 骨表面	200 (500) 骨表面
²⁴⁸ Cm	7×10 ³ (1×10 ⁴) 骨表面	60 (100) 骨表面
²⁴⁹ Cm	2×10 ⁹	6×10 ⁸ (1×10 ⁹) 骨表面
²⁵⁰ Cm	1×10 ³ (2×10 ³) 骨表面	10 (20) 骨表面

DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	吸 入
	クラスW
	$f_1=10^{-3}$
²³⁸ Cm	2×10^4
²⁴⁰ Cm	9
²⁴¹ Cm	400
²⁴² Cm	4
²⁴³ Cm	0.1
²⁴⁴ Cm	0.2
²⁴⁵ Cm	0.09
²⁴⁶ Cm	0.09
²⁴⁷ Cm	0.1
²⁴⁸ Cm	0.03
²⁴⁹ Cm	3×10^5
²⁵⁰ Cm	5×10^{-3}

バークリウムの代謝データ

1. 代 謝

バークリウムに関しては、ICRP Publication 23¹⁰⁾ にデータが与えられていない。そのため、最近課題グループにより検討され、ICRP Publication 48³⁾ に紹介された動物のデータ、および他の超プラトニウム元素の代謝からの類推に頼らざるを得ない。補助限度の計算に直接適用することのできる情報のみを本書に示す。それ以上の情報は、ICRP Publication 48に見出すことができる。

2. 代謝モデル

(a) 血液への取り込み

ラットの胃内に投与された²⁴⁸BkCl₃の胃腸管からの吸収割合¹³⁾は、約 10^{-4} と推定されている。アメリカウムから類推して、バークリウムのすべての化合物に対し、 f_1 値を 10^{-3} とする。

(b) 吸入のクラス

バークリウムの吸入¹⁴⁾および気管内投与¹³⁾について、ある程度のデータは入手できるが、これらのデータはバークリウムの吸入のクラスを指定するに

吸入のクラス	f_1
D	—
W	10^{-3}
Y	—

は不十分である。アメリカウムから類推して、バークリウムのすべての化合物を吸入のクラスWに指定する。

(c) 分布と残留

十分には研究されていないが、原子番号の高いほうのアクチニドであるカリホルニウム、バークリウムおよびアインスタイニウムは、肝臓と比べて明らかに骨格に多く沈着するようである。課題グループは、もっぱら動物相互間の比較データをもとに得られた推定値から、これらの元素に対して、骨格における初期沈着量は65%、また肝臓における初期沈着量は25%とするのが合理的であろう、と勧告している。

この報告書では、通過コンパートメントに入ったバークリウムのうち0.65が骨に、また0.25が肝臓に移行すると仮定する。生殖腺に移行するバークリウムの割合は、精巣について 3.5×10^{-4} 、卵巣について 1.1×10^{-4} であると仮定する。通過コンパートメントに入ったバークリウムの残りは排泄されると仮定する。生殖腺組織に沈着したバークリウムは、そこに永久に残留すると仮定する。一方、肝臓に沈着したバークリウムは20年の半減期で残留すると仮定し、骨格に沈着したバークリウムは50年の半減期で残留すると仮定する。これらの値は、課題グループがプルトニウムに対して勧告した値と同じである。

(d) キレート化合物

キレート形のバークリウムは、この報告書では考察しない。これらは、他のバークリウム化合物よりも、生物学的に移動しやすいようである。

3. 骨線量算定のための同位体の分類

他のアクチニドから類推し、線量算定の目的には、この報告書で考察され

(24)

ているバークリウムのすべての同位体は、骨格に沈着した後いつでも骨表面に均等に分布していると仮定する。

バークリウムの同位体に関する年摂取限度 ALI (Bq) および誘導
空气中濃度 DAC (Bq)

放射性核種	ALI (Bq)	
	経口	吸入
		クラスW
	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-3}$
^{245}Bk	8×10^7	5×10^7
^{246}Bk	1×10^8	1×10^8
^{247}Bk	2×10^4 (4×10^4) 骨表面	200 (300) 骨表面
^{249}Bk	7×10^6 (2×10^7) 骨表面	6×10^4 (1×10^5) 骨表面
^{250}Bk	3×10^8	1×10^7 (3×10^7) 骨表面

DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	吸入
	クラスW
	$f_1=10^{-3}$
^{245}Bk	2×10^4
^{246}Bk	5×10^4
^{247}Bk	0.06
^{249}Bk	30
^{250}Bk	5×10^3

カリホルニウムの代謝データ

1. 代 謝

カリホルニウムに関しては、ICRP Publication 23¹⁰⁾ にデータが与えられていない。そのため、最近課題グループにより検討され、ICRP Publication 48³⁾ に紹介された動物のデータに頼らざるを得ない。カリホルニウムの補助限度の計算に直接適用することのできる情報のみを本書に示す。それ以上の情報は ICRP Publication 48 に見出すことができる。

2. 代謝モデル

(a) 血液への取り組み

カリホルニウムの胃腸管からの吸収について利用できる情報は非常に限られている。課題グループによって検討されたデータ (ICRP Publication 48 の表 4.8 参照) は、 f_1 値が 3×10^{-5} から 4×10^{-3} の範囲内にあることを示唆している。この範囲は ICRP Publication 30¹⁾ で使用された 5×10^{-4} という f_1 値と合っている。しかし、課題グループはプルトニウムで示されたと同じようにして吸収が促進されるかもしれないと仮定するのが慎重であると考えた。したがって、プルトニウムに勧告した値と同じ f_1 値、すなわち 10^{-3} がカリホルニウムに対して妥当であると考えた。

(b) 吸入のクラス

ラットについての研究は、²⁵²Cf のクリアランスが 3 つの指数項からなる関数で表すことができ、各成分の半減期は 0.5 日 (46 %)、9.7 日 (27 %) およ

(26)

び440日(1%)であることを示している。これより遅いクリアランスが犬について観測された。すなわち、中期および長期のクリアランスの半減期は13日(23%)および820日(20%)と推定された。作業者の事故的吸入被曝¹⁴⁾では、肺からのクリアランスは25日(17%)と1210日(83%)の半減期を示した。カリホルニウムの化合物に対するこれらの限られたデータは、クラスW化合物の定義と大体一致している。

吸入のクラス	f_1
D	—
W	10^{-3}
Y*	—

(c) 分布と残留

十分には研究されていないが、原子番号の高いほうのアクチニド元素であるカリホルニウム、バークリウムおよびアインスタイニウムは、肝臓と比べて明らかに骨格に多く沈着するようである。課題グループは、もっぱら動物相互間の比較データをもとに得られた結論からこれらの元素に対して骨格における初期沈着量を65%、また肝臓における初期沈着量を25%とするのが合理的であろう、と指摘した。

この報告書では、通過コンパートメントに入ったカリホルニウムのうち0.65が骨に、また0.25が肝臓に移行すると仮定する。生殖腺へ移行するカリホルニウムの割合は、精巣について 3.5×10^{-4} 、卵巣について 1.1×10^{-4} であると仮定する。通過コンパートメントに入ったカリホルニウムの残りは排泄されると仮定する。生殖腺組織に沈着したカリホルニウムはそこに永久に残留すると仮定する。一方、肝臓に沈着したカリホルニウムは20年の半減期で

* 訳注：ALI, DACの表には、クラスYのデータも与えられている。どの化学形がクラスYに推定されるか不明。

残留すると仮定し、また、骨格に沈着したカリホルニウムは50年の半減期で残留すると仮定する。これらの値は、課題グループがプルトニウムに対して妥当であると勧告した値と同じである。

(d) キレート化合物

キレート形のカリホルニウムは、この報告書では考察しない。これらは、他のカリホルニウム化合物よりも、生物学的に移動しやすいことが知られている¹⁵⁾。

3. 骨線量算定のための同位体の分類

カリホルニウムは主として無機質骨の骨内膜表面に沈着し、再吸収および埋没のような過程によって無機質骨の体積全体にゆっくりと再分布するにすぎない¹²⁾。この理由により、線量算定の目的には、この報告書で考察されているカリホルニウムのすべての同位体は、骨格に沈着した後いつでも骨表面に均等に分布していると仮定する。

(28)

カリホルニウムの同位体に関する年摂取限度 ALI (Bq) および誘導空气中濃度 DAC (Bq/m³) (40h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入		
	経 口	クラスW	クラスY
	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-3}$
²⁴⁴ Cf	9×10 ⁸ (1×10 ⁹) 胃 壁	2×10 ⁷	2×10 ⁷
²⁴⁶ Cf	1×10 ⁷	4×10 ⁵	3×10 ⁵
²⁴⁸ Cf	3×10 ⁵ (6×10 ⁵) 骨表面	2×10 ³ (4×10 ³) 骨表面	4×10 ³
²⁴⁹ Cf	2×10 ⁴ (4×10 ⁴) 骨表面	200 (300) 骨表面	400 (500) 骨表面
²⁵⁰ Cf	4×10 ⁴ (9×10 ⁴) 骨表面	300 (800) 骨表面	1×10 ³
²⁵¹ Cf	2×10 ⁴ (4×10 ⁴) 骨表面	100 (300) 骨表面	400 (500) 骨表面
²⁵² Cf	9×10 ⁴ (2×10 ⁵) 骨表面	700 (1×10 ³) 骨表面	1×10 ³
²⁵³ Cf	7×10 ⁶ (1×10 ⁷) 骨表面	7×10 ⁴	6×10 ⁴
²⁵⁴ Cf	8×10 ⁴	800	600

DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスW	クラスY
	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-3}$
²⁴⁴ Cf	9×10^3	9×10^3
²⁴⁶ Cf	100	100
²⁴⁸ Cf	1	2
²⁴⁹ Cf	0.06	0.2
²⁵⁰ Cf	0.1	0.4
²⁵¹ Cf	0.06	0.2
²⁵² Cf	0.3	0.5
²⁵³ Cf	30	30
²⁵⁴ Cf	0.3	0.3

アインスタイニウムの代謝データ

1. 代 謝

アインスタイニウムに関しては、ICRP Publication 23¹⁰⁾ にデータが与えられていない。そのため、最近課題グループによって検討され、ICRP Publication 48⁹⁾ に紹介された動物のデータ、および他の超プルトニウム元素からの類推に頼らざるを得ない。アインスタイニウムに対する補助限度を計算するために直接適用することのできる情報のみを本書に示す。それ以上の情報はICRP Publication 48に見出すことができる。

2. 代謝モデル

(a) 血液への取り込み

ラットについての実験¹³⁾ は、アインスタイニウムとアメリシウムは両者とも胃腸管から同程度吸収されることを示している。それゆえ、アメリシウムから類推して、本書ではアインスタイニウムのすべての化合物に対して、 f_1 値を 10^{-3} とする。

(b) 吸入のクラス

ラットについての吸入の研究から得られた残留のデータ¹⁶⁾ は、二つの項からなる指数関数によって記述され、各コンパートメントの半減期は1日(65%)および10日(35%)であった。したがって、これらのデータから、もっとも広範に研究されているアメリシウムから類推して、アインスタイニウムのすべての化合物を吸入のクラスWに指定する。

吸入のクラス	f_i
D	—
W	10^{-3}
Y	—

(c) 分布と残留

十分には研究されていないが、原子番号の高いほうのアクチニドであるカリホルニウム、バークリウムおよびアインスタイニウムは、肝臓と比べて明らかに骨格へ多く沈着するようである。そこで課題グループは、もっぱら動物相互間の比較データをもとに得られた推定値から、これらの元素に対して骨格における初期沈着量を65%、また肝臓における初期沈着量を25%とするのが妥当であろう、と指摘した。

この報告書では、通過コンパートメントに入ったアインスタイニウムのうち0.65が骨に、0.25が肝臓に移行すると仮定する。生殖腺に移行するアインスタイニウムの割合は、精巣について 3.5×10^{-4} 、卵巣について 1.1×10^{-4} であると仮定する。通過コンパートメントに入ったアインスタイニウムの残りは排泄されると仮定する。生殖腺組織に沈着したアインスタイニウムは、そこに永久に残留すると仮定する。一方、肝臓に沈着したアインスタイニウムは20年の半減期で残留すると仮定し、骨格に沈着したアインスタイニウムは50年の半減期で残留すると仮定する。これらの値は、課題グループがプルトニウムに対して妥当であると勧告した値と同じである。

(d) キレート化合物

キレート形のアインスタイニウムはこの報告書では考察しない。これらの生物学的挙動は、他のアインスタイニウム化合物の挙動とかなり異なることが知られている¹⁷⁾。

3. 骨線量算定のための同位体の分類

オートラジオグラフィによる研究¹⁶⁾は、ラットの骨中のアインスタイニウムの分布がプルトニウムの分布に類似していることを示している。したがって、他のアクチニドから類推して、線量算定の目的には、この報告書で考察されているアインスタイニウムのすべての同位体は、骨格に沈着した後いつでも骨表面に均等に分布していると仮定する。

アインスタイニウムの同位体に関する年摂取限度 ALI (Bq) および誘導空気中濃度 DAC (Bq/m³) (40h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入	
	経 口	クラスW
	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-3}$
²⁵⁰ Es	2×10^9	2×10^7 (4×10^7) 骨表面
²⁵¹ Es	3×10^8	3×10^7 (4×10^7) 骨表面
²⁵³ Es	6×10^6	5×10^4
^{254m} Es	1×10^7 (1×10^7) 大腸下部壁	4×10^5
²⁵⁴ Es	3×10^5 (6×10^5) 骨表面	3×10^3 (5×10^3) 骨表面

DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	吸 入
	クラスW
	$f_1=10^{-3}$
²⁵⁰ Es	8×10^3
²⁵¹ Es	1×10^4
²⁵³ Es	20
^{254m} Es	200
²⁵⁴ Es	1

人	人
U	U
W	W
Y	Y

フェルミウムの代謝データ

1. 代 謝

フェルミウムに関しては、ICRP Publication 23¹⁰⁾ にデータが与えられていない。そのため、他のアクチニド元素からの類推に頼らざるを得ない。

2. 代謝モデル

(a) 血液への取り込み

胃腸管からのフェルミウムの取り込みについては、利用できるデータがない。アメリカウムから類推して、本書ではフェルミウムのすべての化合物に対して f_1 値を 10^{-3} とする。

(b) 吸入のクラス

アメリカウムとキュリウムから類推して、フェルミウムのすべての化合物を吸入のクラスWに指定する。

吸入のクラス	f_1
D	—
W	10^{-3}
Y	—

(c) 分布と残留

ICRP Publication 30¹¹⁾ では、プルトニウムに用いた代謝モデルを他のアクチニドに使用した。しかし、最近課題グループにより検討され、ICRP Publi-

cation 48³⁾ に紹介された情報は、原子番号の高いほうのアクチニドは、肝臓と比べて明らかに骨格へ多く沈着しやすいことを示唆している。課題グループは、もっぱら動物相互間の比較データをもとに得られた推定値から、これらの元素に対して、骨格における初期沈着量を 65%，また肝臓における初期沈着量を 25%とするのが妥当であろう、と指摘した。

この報告書では、通過コンパートメントに入ったフェルミウムのうち 0.65 が骨に、0.25 が肝臓に移行すると仮定する。生殖腺に移行するフェルミウムの割合は、精巣について 3.5×10^{-4} 、卵巣について 1.1×10^{-4} であると仮定する。通過コンパートメントに入ったフェルミウムの残りは排泄されると仮定する。生殖腺組織に沈着したフェルミウムは、そこに永久に残留すると仮定する。一方、肝臓に沈着したフェルミウムは 20 年の半減期で残留すると仮定し、骨格に沈着したフェルミウムは 50 年の半減期で残留すると仮定する。これらの値は、課題グループがプルトニウムに対して妥当であると勧告した値と同じである。

(d) キレート化合物

キレート形のフェルミウムはこの報告書では考察しない。これらは他のフェルミウム化合物よりも生物学的に移動しやすいようである。

3. 骨線量算定のための同位体の分類

他のアクチニドから類推して、またフェルミウムの同位体で半減期が 100 日よりはるかに長いものはないので、この報告書で考察されているフェルミウムのすべての同位体は、骨格に沈着した後いつでも骨表面に均等に分布していると仮定する。

(36)

フェルミウムの同位体に関する年摂取限度 ALI (Bq) および誘導
空気中濃度 DAC (Bq/m³) (40h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入	
	経 口	クラスW
	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-3}$
²⁵² Fm	2×10^7	5×10^5
²⁵³ Fm	4×10^7	4×10^5
²⁵⁴ Fm	1×10^8	3×10^6
²⁵⁵ Fm	2×10^7	8×10^5
²⁵⁷ Fm	7×10^5 (1×10^6) 骨表面	7×10^3 (8×10^3) 骨表面

DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスW	
	$f_1=10^{-3}$	
²⁵² Fm	200	
²⁵³ Fm	100	
²⁵⁴ Fm	1×10^3	
²⁵⁵ Fm	300	
²⁵⁷ Fm	3	

メンデレビウムの代謝データ

1. 代 謝

メンデレビウムに関しては、ICRP Publication 23¹⁰⁾ にデータが与えられていない。そのため、他のアクチニドからの類推に頼らざるを得ない。

2. 代謝モデル

(a) 血液への取り込み

胃腸管からのメンデレビウムの取り込みについて利用できるデータはない。アメリカウムから類推して、本書では、メンデレビウムのすべての化合物に対して、 f_1 値を 10^{-3} とする。

(b) 吸入のクラス

アメリカウムとキュリウムから類推して、メンデレビウムのすべての化合物を吸入のクラスWに指定する。

吸入のクラス	f_1
D	—
W	10^{-3}
Y	—

(c) 分布と残留

ICRP Publication 30¹⁾ では、プルトニウムに対して用いた代謝モデルを他のアクチニドに使用した。しかし、最近課題グループにより検討され、ICRP

(38)

Publication 48³⁾ に紹介された情報は、原子番号の高いほうのアクチニドは肝臓と比べて骨格に多く沈着しやすいことを示唆している。課題グループは、もっぱら動物相互間の比較データをもとに得られた推定値から、これらの元素の骨格への初期沈着量を 65 %、肝臓における初期沈着量を 25 %とするのが妥当であろう、と指摘した。

この報告書では、通過コンパートメントに入ったメンデレビウムのうち 0.65 が骨に、0.25 が肝臓に移行すると仮定する。生殖腺に移行するメンデレビウムの割合は、精巣について 3.5×10^{-4} 、卵巣について 1.1×10^{-4} であると仮定する。通過コンパートメントに入ったメンデレビウムの残りは排泄されると仮定する。生殖腺組織に沈着したメンデレビウムは、そこに永久に残留すると仮定する。一方、肝臓に沈着したメンデレビウムは 20 年の半減期で残留すると仮定し、骨格に沈着したメンデレビウムは 50 年の半減期で残留すると仮定する。これらの値は、課題グループがプルトニウムに対して妥当であると勧告した値と同じである。

(d) キレート化合物

キレート形のメンデレビウムはこの報告書では考察しない。これらは他のメンデレビウム化合物よりも、生物学的に移動しやすいようである。

3. 骨線量算定のための同位体の分類

他のアクチニドから類推して、またメンデレビウムの同位体で半減期が 100 日よりはるかに長いものはないので、この報告書で考察されているメンデレビウムのすべての同位体は、骨格に沈着した後いつでも骨表面に均等に分布していると仮定する。

メンデレビウム同位体に関する年摂取限度ALI (Bq) および誘導
 空気中濃度DAC (Bq/m³) (40h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経口	吸入
		クラスW
		$f_1=10^{-3}$
²⁵⁷ Md	3×10^8	3×10^6 (3×10^6) 骨表面
²⁵⁸ Md	9×10^5 (2×10^6) 骨表面	9×10^3 (1×10^4) 骨表面

DAC (Bq/m³) (40h/wk)

放射性核種	吸入
	クラスW
	$f_1=10^{-3}$
²⁵⁷ Md	1×10^3
²⁵⁸ Md	4

その他の追加放射性核種に対する補助限度

超プルトニウム元素の同位体以外のいくつかの同位体に対する補助限度をここに示す。ここに記された放射性核種は、これらの核種の核崩壊データが当時不十分であると判断されたために、ICRP Publication 30には含まれなかった。しかし、線量計算課題グループがICRP Publication 38の完成をめざした時点では十分に核崩壊データが入手できるようになり、これらの核種がPublication 38に収録された。これらのデータは、ICRP Publication 30に示されている当該元素の代謝の情報と合わせ、補助限度の計算に使用された。以下の表に示した核種の他に、さらにこの報告書のはじめのほうの節に ^{246}Pu と ^{250}Cm に対する補助限度を初めて示した。代謝モデルおよび化合物のクリアランスのクラス指定に関する情報については、ICRP Publication 30を参照されたい。

^{82}Sr に関する年摂取限度ALI (Bq) および誘導空气中濃度DAC (Bq/ m^3) (40h/wk)

ALI (Bq)

経 口		吸 入	
		クラスD	クラスY
$f_1=0.3$	$f_1=0.01$	$f_1=0.3$	$f_1=0.01$
1×10^7	7×10^6 (9×10^6) 大腸下部壁	1×10^7	3×10^6

DAC (Bq/ m^3) (40h/wk)

吸 入	
クラスD	クラスY
$f_1=0.3$	$f_1=0.01$
6×10^3	1×10^3

$^{95\text{m}}\text{Tc}$ に関する年摂取限度ALI (Bq) および誘導空气中濃度DAC (Bq/ m^3) (40h/wk)

ALI (Bq)

経 口	吸 入	
	クラスD	クラスW
$f_1=0.8$	$f_1=0.8$	$f_1=0.8$
1×10^8	2×10^8	7×10^7

DAC (Bq/ m^3)

吸 入	
クラスD	クラスW
$f_1=0.8$	$f_1=0.8$
8×10^4	3×10^4

(42)

^{95}Tc に関する年摂取限度ALI (Bq) および誘導空气中濃度DAC (Bq/ m^3) (40h/wk)

ALI (Bq)		
経 口	吸 入	
	クラスD	クラスW
$f_1=0.8$	$f_1=0.8$	$f_1=0.8$
4×10^8	8×10^8	7×10^8

DAC (Bq/ m^3) (40h/wk)	
吸 入	
クラスD	クラスW
$f_1=0.8$	$f_1=0.8$
3×10^5	3×10^5

^{116}Sb に関する年摂取限度ALI (Bq) および誘導空气中濃度DAC (Bq/ m^3) (40h/wk)*

ALI (Bq)			
経 口	吸 入		
	クラスD	クラスW	
$f_1=0.1$	$f_1=0.01$	$f_1=0.1$	$f_1=0.01$
3×10^9 (3×10^9) 胃壁	3×10^9 (3×10^9) 胃壁	1×10^{10}	1×10^{10}

DAC (Bq/ m^3) (40h/wk)	
吸 入	
クラスD	クラスW
$f_1=0.1$	$f_1=0.01$
4×10^6	5×10^6

* 訳注： ^{116}Sb に関するALIとDACはPubl. 30のPart3にすでに掲載されている。

文 献

1. ICRP Publication 30 (1979). Part 1, Limits for intakes of radionuclides by workers. *Annals of the ICRP* 2 No. 3/4, Pergamon Press, Oxford.
2. ICRP Publication 19 (1972). The metabolism of compounds of plutonium and other actinides, Pergamon, Press, Oxford.
3. ICRP Publication 48 (1986). The metabolism of Plutonium and related elements. *Annals of the ICRP* 16 No. 2/3, Pergamon Press, Oxford.
4. ICRP Publication 38 (1983). Radionuclide transformations. Energy and intensity of emissions. *Annals of the ICRP* 11-13. Pergamon Press, Oxford.
5. Ballou, J.E., Bair, W.J., Case, A.C. and Thompson, R.C. (1962). Studies with neptunium in the rat. *Health Phys.* 8, 685-688.
6. Sullivan, M.F. (1980). Absorption of actinide elements from the gastrointestinal tract of rats, guinea pigs and dogs. *Health Phys.* 38, 158-171.
7. Sullivan, M.F., Miller, B.M. and Ryan, J.L. (1983). The effect of mass on the gastrointestinal absorption of plutonium and neptunium. *Radiat. Res.* 94, 199-209.
8. Metivier, H., Masse, R. and Lafuma, J. (1983). Effect of mass on the intestinal absorption of neptunium from the baboon and rat. *Radioprotection* 8, 13-17.
9. Nenot, J.C., Masse, R., Morin, M. and Lafuma, J. (1972). An experimental comparative study of the behaviour of ^{237}Np , ^{238}Am and ^{242}Cm in bone. *Health Phys.* 22, 657-666.
10. ICRP Publication 23 (1975). Report of the Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford.
11. Richmond, C.R. and Thomas, R.L. (1975). Plutonium and other actinide elements in gonadal tissue of man and animals. *Health Phys.* 29, 241-250.
12. Durbin, P.W. (1973). Metabolism and biological effects of the transplutonium elements. In: *Uranium, Plutonium, Transplutonium Elements*, pp. 739-896. (Eds. Hodge, H.C., Stannard, J.N. and Hursh, J.B.) Springer

Verlag, Berlin.

13. Hungate, F.P., Ballou, J.E., Mahlum, D.D., Kashima, M., Smith, V.H., Sanders, C.L., Baxter, D.W., Sikov, M.R. and Thompson, R.C. (1972). Preliminary data on ^{253}Es and ^{249}Bk metabolism in rats. *Health Phys.* **22**, 653-656.
14. Rundo, J. and Seldet, J. (1973). Retention and elimination of berkelium-249 and californium-249 following acute accidental inhalation. In: *Proc. 3rd Int. Cong. Radiat. Prot. Assoc. CONF 730901*, Vol. 2, pp. 731-735 (Ed.W.S. Snyder).
15. Parker, H.G., Low-Beer, A. de G. and Isaac, E.L. (1962). Comparison of retention and organ distribution of ^{241}Am and ^{252}Cf in mice: The effect of *in-vivo* DTPA chelation. *Health Phys.* **8**, 679-684.
16. Ballou, J.E., Dagle, G.E., Gies, R.A. and Smith, L.G. (1979). Late effects of inhaled ^{253}Es (NO_3)₃ in rats. *Health Phys.* **37**, 301-310.
17. Hayes, R.L., Rafter, J.J., Washburn, L.C. and Byrd, B.L. (1979). Affinity of $^{253}\text{Einsteinium}$ for tumour tissue. *Nature (New Biology)* **246**, 23-25.
18. Watson, S.B. and Ford, M.R. (1980). A user's manual to the ICRP code—A series of computer programs to perform dosimetric calculations for the ICRP Committee 2 Report, ORNL/TM-6980, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.

付 録 A

線量算定に関する情報の補遺

緒 言

この報告書で考察した放射性核種の補助限度の計算と関係のある線量算定用データを本付録において表として示した。これらの情報の内容および体裁は、ICRP Publication 30の「補遺」¹⁾に与えられたものと同様とし、これらの表をICRP Publication 30に示されている補助限度の計算に用いたコンピュータコード¹⁸⁾から作成した。この補遺の情報は、年摂取限度(ALI)および誘導空气中濃度(DAC)の計算の基礎となる数値データを与える。各放射性核種について、以下の情報が関係がある：

1. 核変換の数,
2. 比実効エネルギー,
3. 単位量摂取あたりの預託線量当量および預託実効線量当量, ALIおよびDAC。

付録のページ数を制限するために、ICRP Publication 30の「補遺」に含まれているものと異なるデータのみを示した。本書に示された補助限度の計算を吟味したい読者は「補遺」を参照する必要があるであろう。また、表に含まれている諸量についてさらに知りたい読者も、Part 1の「補遺」を参照されることを奨める。

核変換の数

指定された同位体の単位放射能を経口摂取または吸入した後の50年間に、

(46)

線源臓器内で起こる変換の数 U の値が与えられている。該当する場合には、体内に取り込まれた指定した親放射性核種の変換から生ずる、娘放射性核種の U の値もまた与えられている。核変換数のデータは、標的臓器の預託線量当量に対して1%以上寄与することになる線源臓器についてのみ示されている。代謝モデルの修正は、データの数値のみならず、表示するデータの選択にも影響する。

比実効エネルギー

選定された線源臓器内で生ずる核変換により、選定された標的臓器に付与される比実効エネルギー (SEE) の値が、指定された放射性核種について与えられている。また、該当する場合には、体内に取り込まれた親放射性核種の変換から生ずる娘放射性核種についても、比実効エネルギーの値が与えられている。表に収録するにあたり、標的臓器は10%規則によって選択された。すなわち、ある臓器の荷重された預託線量当量が、荷重された預託線量当量の最大値の10%より小さい場合には、その臓器を除外する。線源臓器は、表中に記載された標的臓器の預託線量当量に対して1%以上寄与する場合のみ表に記載する。代謝モデルが修正されると1%値および10%値による除外を免れた臓器の一覧表が変わるので、いくつかの場合には、SEE 値の改訂された表を収録する必要がある(たとえば、 ^{234}Pu 参照)。Publication 30 の「補遺」に与えられた SEE のデータが、本書に示されている計算の確認に不十分である場合にのみ、本付録にデータが表示されていることに注意されたい。

単位量摂取あたりの預託線量当量

標的臓器 T に対する単位量摂取あたりの預託線量当量は、次式により計算される：

(47)

$$H_{50,T} = 1.6 \times 10^{-10} \sum_s \sum_j U_{s,j} \text{SEE}(T \leftarrow S)_j \quad (1)$$

ここで、加算はすべての線源臓器Sについて、また、該当する場合には、崩壊連鎖中のすべての核種jについて行う。預託線量当量の値は、指定された放射性核種の摂取に対して10%規則の適用による除外を免れた臓器あるいは組織の各々に対して示されている。Publication 30の「補遺」に荷重された預託線量当量 $w_T H_{50,T}$ が表として与えられているが、本付録では、これらの値は上記の定義から容易に得られるので、表にしていない。

単位量摂取あたりの預託実効線量当量は、預託線量当量の表の最後の記載項目として表に含まれている。

年摂取限度および誘導空气中濃度

この補遺を完全なものとするために、各放射性核種のALIおよびDACの値も本付録中に表にしてある。それらの数値はこの報告書の本文中に記載されているものと同じである。

(7)

(1)

Health & Safety

この本は、放射線作業従事者の健康と安全に関する最新の情報を提供することを目的として、日本アイソトープ協会が編集したものである。本書は、放射線作業従事者の健康と安全に関する最新の情報を提供することを目的として、日本アイソトープ協会が編集したものである。本書は、放射線作業従事者の健康と安全に関する最新の情報を提供することを目的として、日本アイソトープ協会が編集したものである。

編集者 日本アイソトープ協会

本書は、放射線作業従事者の健康と安全に関する最新の情報を提供することを目的として、日本アイソトープ協会が編集したものである。本書は、放射線作業従事者の健康と安全に関する最新の情報を提供することを目的として、日本アイソトープ協会が編集したものである。

作業員による放射性核種の摂取の限度：追補 Part 4

定価 1,339 円(本体 1,300 円・税 39 円)

平成 3 年 9 月 10 日 初版第 1 刷発行

編集者 日本アイソトープ協会
および 社団法人
発行 丸善株式会社

113 東京都文京区本駒込二丁目 28 番 45 号

電話 (03) 3946-7110

振替 東京 8-143345

発売所 丸善株式会社

印刷・製本 富士美術印刷株式会社