

# 作業者による放射性核種の

## 摂取の限度

### Part 2

監訳 日本アイソトープ協会

監訳 仁科記念財団

# 作業者による放射性核種の摂取の限度

**ICRP Publication 30**

**Part 2**

国際放射線防護委員会専門委員会2の報告書

1978年7月に委員会によって採択されたもの

ICRP Publication 2に置きかわるもの

社団法人 日本アイソトープ協会

財団法人 仁科記念財団



Nishina Memorial Foundation || Japan Radioisotope Association

Japanese Translation Series of ICRP Publications  
*Publication 30 Part 2*

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Jun AKAISHI, Takashi SHIROTANI, Kazuo TAKADA,  
Seiichi MIZUSHITA, Akira YABE, Minoru FUJITA

Editorial Board

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

.....  
Fumio YAMAZAKI (Chair)    Hidehiko TAMAKI (Vice-chair)  
Masami IZAWA \*            Tatsuji HAMADA            Eizo TAJIMA  
.....

Presumed the founding committee members.

\* Former ICRP member.

## 邦訳版への序

本書は ICRP 専門委員会 2 の報告書,

Limits for Intakes of Radionuclides by Workers (ICRP Publication 30) の Part 2 (Annals of the ICRP, Vol. 4, Nos. 3/4, pp. 71) の全文, および, Part 2 に対する補遺 (Annals of the ICRP, Vol. 5, pp. 751) のうちの本文 (4 頁) を, ICRP の了解のもとに翻訳したものである。

Part 2 には, 30 元素の 245 核種に関する代謝データ, および, これら放射性核種の年摂取限度 (ALI) と誘導空気中濃度 (DAC) の計算値が含まれている。Part 2 に対する補遺は, 算出に用いられた諸データのコンピュータからのアウトプットのコピーであるが, この訳書には Part 1 の訳と同様, 最初の 4 頁のみを訳出している。線量算定の詳細な方法は既刊の Part 1 に記されているので, 本書は Part 1 と合わせて用いられるべきものである。

原文では 1 つの元素の ALI と DAC とは同じ 1 つの表の中に示されているが, 訳書ではわかりやすいように, Part 1 と同じく, ALI と DAC とを別々に表示することとした。本書を使用するうえでの注意等は Part 1 の訳書の「邦訳への序」に記したとおりなので, 参照されたい。

翻訳は Part 1 と同じく, 次の方々によって行われた:

赤石 準, 城谷 孝, 高田和夫, 水田誠一, 矢部 明 (以上 日本原子力研究所)

藤田 稔 (東北大学)

最終的調整は編者によって行われたので, 訳についての責任は編者にある。

なお, Part 1 と Part 2 には記載のなかった 43 元素の 323 核種を含む Part 3 がすでに発表されていて翻訳も進行中である。Publication 30 はこれら 3 Parts

( ii )

をもって完了する。

研究報告の概要

昭和57年4月

本報告はICRP 国際委員会20の報告書

Limits for Intakes of Radionuclides by Workers (ICRP Publication 30)

Part 2 (Annals of the ICRP, Vol. 4, No. 3-4, pp. 71) の本文 341

頁、Part 2に於ける補遺 (Annals of the ICRP, Vol. 5, pp. 171) の350

頁(41頁)を、ICRPの1978年の報告書として

Part 2に於て、30年間の325種類の放射性物質に對する吸入許容量、吸入許容

量の半減期等 (ALL) と吸入許容中濃度 (DAC) の計算結果をまとめた

Part 2に於ける補遺は、算出に用いた各種パラメータ、

パラメータの値、この算出に用いた式、並びに、算出

結果を説明してある。補遺に於けるPart 1に於ける

本文と、本報告はPart 1と合わせて用いられる。

本文で100%のALLとDACとは何れも100%の中にある。

本報告では、Part 1と同様に、Part 1と同様に、ALLとDACを算出

結果を示すこととした。本報告に於けるALLとDAC等は、Part 1の算出

結果への修正に於けるパラメータの値に於ける。

補遺はPart 1と同様に、次の方式にて行われた。

本報告、算出、算出結果、本報告、文書、明(以上、日本原

子) (報告書)

藤田 忠 (東北大学)

本報告の算出結果は、Part 1と同様に、算出結果の算出に於ける。

本報告、Part 1とPart 2とは算出結果の算出に於ける325種類の放射性物質を含むPart 2

の算出結果をまとめた。本報告は、Part 1と同様に、算出結果をまとめた。Publication 30は、Part 2

12冊<sup>0</sup>  
目 次

	頁
謝 辞.....	1
故 G.W. Dolphin 氏への感謝.....	2
序 .....	3
代謝データ	
原子番号	元 素
9	フッ素..... 7
11	ナトリウム.....10
16	硫 黄.....13
17	塩 素.....18
18	アルゴン.....21
19	カリウム.....22
20	カルシウム.....25
24	クロム.....28
26	鉄.....32
29	銅.....36
30	亜 鉛.....40
35	臭 素.....45
37	ルビジウム.....49
39	イットリウム.....53
43	テクネチウム.....57
44	ルテニウム.....62
45	ロジウム.....66

47	銀	69
48	カドミウム	73
49	インジウム	78
54	キセノン	82
56	バリウム	84
75	レニウム	88
76	オスミウム	92
77	イリジウム	95
79	金	100
80	水銀	104
82	鉛	113
83	ビスマス	118
93	ネプツニウム	122
	追補	127

ICRP Publication 30  
 Part 2 に対する補遺 (主文)

43

## 謝 辞

この報告書を作成したICRP 専門委員会2の構成員は次の人々であった。

J. Vennart (委員長), W.J. Bair, G.W. Dolphin (幹事-1979年8月死去),  
L.E. Feinendegen, Mary R. Ford, A. Kaul, C.W. Mays, J.C. Nenot,  
B. Nosslin, P.V. Ramzaev, C.R. Richmond, R.C. Thompson および N.  
Veall。

専門委員会は、データの収集およびこの報告書の作成にあたって N. Adams  
と M.C. Thorne が引き受けて下さった多大の労に感謝の意を記し、また、吸  
入した放射性核種のデータを調査、検討された元専門委員の P.E. Morrow お  
よび秘書として協力された Lorene Ashby と Joan Rowley に感謝の意を表  
したい。

線量計算は次の課題グループによって行われた。

Mary R. Ford (委員長), J.R. Bernard, L.T. Dillman, J.W. Poston お  
よび Sarah B. Watson。

専門委員会2は、この骨の折れる仕事が遂行できたのは、この課題グループ  
のおかげであることを記しておきたい。

## 故 G. W. Dolphin 氏への感謝

Geoff Dolphin 氏は1969年以降 ICRP 専門委員会 2 の構成員であり、1973年からは1979年 8 月20日の早世まで幹事をつとめた。彼は幹事としての職務を立派につとめ、これによって他の人では成し得ないような秩序を当委員会の業務にもたらした。委員会の構成員はすべて、彼のしきりにとらわれない見方と良識を多とした。

彼は人生の幸を享受し、多くの国々で得た友人達との交際を楽しんだ。彼が幹事に就任してから、専門委員会 2 の構成員であることは新たな面をもつこととなった。すなわち、昼の骨の折れる仕事は、彼が手配した懇親の夕べによって報われるのが常であり、何にもまして彼の家庭で夫人 Yvonne とともにこの夕べが催されることを彼は好んだ。

診断を受けるために入院する数日前まで、仕事を続けるにつれて彼の健康が衰えていくのを見て我々は皆心配した。彼の死は大きな損失となろう。

## 序

この報告書に与えられているデータは、ICRP Publication 30 Part 1<sup>1)</sup> に記述されている本文および線量算定用モデルと一緒に用いられるべきものである。この序で引用している章は Part 1 の章である。

Part 1 の刊行後委員会は、この巻の前の部分に報告されているように\*、眼の水晶体について勧告される線量当量限度を、1年につき0.3 Sv から、1年につき0.15 Sv に減ずることに決定した。この新しい値は、この報告書では希ガスのアルゴンおよびキセノンの放射性同位体の誘導空気中濃度 (DAC) を考察するとき使用する。クリプトンのいくつかの放射性同位体に関して Part 1 に与えられている DAC の値はそのために変更するが、その変更は追補に記してある (この報告書の終わりにある)。

ここで考察する元素のいくつかの放射性同位体について年摂取限度 (ALI) の値を導くために、Part 1 の本文に以下の事項を追加し、それを使用した。

### 1. <sup>37</sup>Ar のサブマージョンに関する DAC

第8章の8.2.3節で論じた方法は、かなりのエネルギーの光子またはβ粒子を放出する希ガスのアルゴン、クリプトンおよびキセノンの放射性同位体のすべてに関して述べたように、妥当なものである。しかし、<sup>37</sup>Ar は電子捕獲により崩壊し、70 μm の深さにある表皮の基底層まで皮膚を貫通するには十分でないエネルギーのオージェ電子を放出し、また、3 keV より低いエネルギーの

---

\* 訳注 Statement and Recommendations of the 1980 Brighton Meeting of the ICRP のこと。この Statement とここに訳出した ICRP Publication 30, Part 2 とは、Annals of the ICRP, Vol. 4, No. 3/4 (1980) として刊行されたので、この記述がある。

(4)

専門委員会2の報告

X線を放出するが、このX線のごく一部しかその深さにまで達しない。このような状況では、 $^{37}\text{Ar}$ の被曝を、第8章8.2.1節で元素状トリチウムに関して述べたのと同様に、肺の線量当量率を考察することによって制限するほうが適切である。

## 2. 吸収割合

インジウムについての代謝データでは、通過コンパートメントから出ていくこの元素の一部は赤色骨髄に移行する。しかし、赤色骨髄は第4章および第7章では線源器官とみなされていない。体内のインジウムの放射性同位体のうち赤色骨髄中にある部分については、光子の吸収割合はSnyderら<sup>3)</sup>の報告の値から採用する。赤色骨髄中にあるインジウムの放射性同位体の $\beta$ 粒子については、赤色骨髄における吸収割合  $AF(RM \leftarrow RM)$  は1であると仮定する。赤色骨髄に隣接する骨表面の線量当量は赤色骨髄における平均線量と同一とする。したがって、骨表面全体（このうち半分だけが赤色骨髄に隣接する、第7章7.2節）に対する線量当量は赤色骨髄の線量当量の1/2になる。

膀胱中の金の放射性同位体については、 $\beta$ 粒子による膀胱壁の線量当量を膀胱内容物の線量当量の半分にとる。光子の吸収割合の値はDeusら<sup>3)</sup>の報告の値から採用する。

テクネチウムもレニウムも通過コンパートメントから胃壁に移行するが、胃壁は第4章では線源器官とみなされていない。これらの元素の放射性同位体については $\beta$ 粒子の吸収割合  $AF(ST\ WALL \leftarrow ST\ WALL)$  を1とし、また光子については、吸収割合の値はDeusら<sup>3)</sup>の報告から採用する。

脳は銅と水銀の両方についての線源器官である。これらの元素の放射性同位体について、光子に関する吸収割合  $AF(BRAIN \leftarrow BRAIN)$  はSnyderら<sup>4)</sup>が記述した方法を用いて計算された。 $\beta$ 粒子についてはAFは1とする。

以下のページには、個々の元素の関連する代謝データと、それに続いて、そ

の元素の放射性同位体で放射性半減期が10分より長いものについての ALI と DAC の値の表が示されている。

記述されている代謝モデルは、その元素の安定同位体の化合物に関するものである。文献に示されている残留データは、必要に応じ、問題としている放射性核種の放射性崩壊について補正を行った。胃腸管の吸収は個人個人でかなり変動するので、 $f_1$  の値すなわち胃腸管に入った後体液に達する安定元素の割合は、有効数字1個だけで示す(第6章, 6.2節)。吸入については、ALI と DACの値はその元素のいろいろな化合物にあてはまるそれぞれ異なる吸入のクラス(D, W と Y)別に示す(第5章)。

代謝データの中で、時間を記号  $t$  で表してある場合には、特記してある場合を除いてその単位はつねに日である。

ALI (Bq) の値は、経口および吸入の経路で人体に入る場合について与えられている。吸入に関する限度は吸入の場合の ALI であること、そして、週40時間の労働についての DAC (Bq/m<sup>3</sup>) の値は便宜上示してあるにすぎず、つねに注意して使用すべきであることを強調しておく(第3章, 3.4節)。吸入に関する ALI の値および DAC の値は、AMADが1  $\mu\text{m}$  の粒子についてのものである。他のサイズの粒子についてこれらの値を補正する方法は、第5章, 5.5節に記され、必要な数値データはこの Part の補追に与えられている。

ALIの値がある特定の器官または組織に対する非確率的線量当量限度によって決まる場合には、確率的影響を制限するための委員会の勧告を満足する年摂取量の最大値を、ALIの下に括弧をつけて示す。非確率的限度が適用される器官または組織名を、これらの2つの値の下に示す。ALIが確率的な限度によって決定される場合には、その値のみを示す(第4章, 4.7節)。

ここに示される ALI と DAC の値はすべて職業上被曝する成人に関するものであり、ほかの目的には慎重に使用しなければならない(第9章)。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 30, Part 1, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers*. Annals of ICRP 2, No. 3/4, 1979.
- 2) Snyder, W. S., Ford, Mary R. and Warner, G. G. Estimates of specific absorbed fractions for photon sources uniformly distributed in various organs of a heterogeneous phantom. MIRD Pamphlet No. 5 Revised, Society of Nuclear Medicine (1978).
- 3) Deus, S. F., Provenzano, V. and Snyder, W. S. (1977). Specific absorbed fractions for photons emitted in the walls of the GI tract. *Health Phys.*, **33**, 191-197.
- 4) Snyder, W. S., Ford, M. R., Warner, G. G. and Watson, S. B. (1974). A tabulation of dose-equivalent for microcurie-day for source and target organs of an adult for various radionuclides, Oak Ridge National Laboratory Report ORNL-5000.

## フッ素の代謝データ

### 1. 代謝

「標準人」<sup>1)</sup> のデータ

人体のフッ素含有量	2.6 g
骨のフッ素含有量	2.5 g
飲食物からの1日当たりの摂取量	1.8 mg

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血中への取り込み

食物中に存在するフッ化物または飲料水に添加されたフッ化物の吸収は速く、ほとんど完全である<sup>1)</sup>。このことは、溶液中のフッ素のほとんどの無機化合物<sup>2)</sup>についても正しいと思われる、この報告書ではフッ素のすべての化合物について  $f_1$  を1とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>3)</sup> は、種々の元素のフッ化物を吸入のクラス D, W または Y に指定している。ある特定の元素のフッ化物にあてはまる吸入のクラスに関する情報については、その元素の代謝データまたは課題グループの報告書を参照されたい。

吸入のクラス	$f_1$
D	1
W	1
Y	1

## (c) 分布と残留

血液に入るフッ素は、非常に急速に無機質骨に沈着し<sup>4)~7)</sup>、注射後20分で沈着は実質的に完了する<sup>5), 6)</sup>。

この報告書では、通過コンパートメントに入るすべてのフッ素は、瞬間的に骨格へ移行すると仮定する。この報告書で考察するフッ素の同位体には、120分より長い放射性半減期をもつものは1つもないので、放射線防護の目的には、骨格に沈着したフッ素はそこに無期限に残留すると仮定するのが適切である<sup>5), 6)</sup>。

## 3. 骨線量算定のための同位体の分類

この報告書で考察するフッ素の同位体には120分より長い放射性半減期をもつものは1つもないので、フッ素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。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man.* Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Underwood, E. J. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition.* Academic Press, London, 1971, pp. 369-406.
- 3) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 4) Wootton, R. (1974). The Single Passage Extraction of <sup>18</sup>F in Rabbit Bone. *Clinical Science and Molecular Medicine*, **47**, 73-77.
- 5) Costeas, R., Woodard, H. Q. and Laughlin, J. S. (1970). Depletion of <sup>18</sup>F from Blood Flowing Through Bone. *J. Nucl. Med.*, **11**, 43-45.
- 6) Humphreys, E. R., Fisher, G. and Thorne, M. C. (1977). The Measurement of Blood Flow in Mouse Femur and its Correlation with <sup>239</sup>Pu Deposition. *Calcif. Tiss. Res.*, **23**, 141-145.

- 7) Hall, L. L., Kilpper, R. W., Smith, F. A., Morken, D. A. and Hodge, H. C. (1977). Kinetic model of fluoride metabolism in the rabbit. *Environ. res.*, 14, 285-302.

フッ素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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

## ALI (Bq)

放射性核種	経口	吸入		
		クラスD	クラスW	クラスY
		$f_1=1$	$f_1=1$	$f_1=1$
<sup>18</sup> F	2 × 10 <sup>9</sup> (2 × 10 <sup>9</sup> ) 胃壁	3 × 10 <sup>9</sup>	3 × 10 <sup>9</sup>	3 × 10 <sup>9</sup>

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=1$	$f_1=1$	$f_1=1$
<sup>18</sup> F	1 × 10 <sup>6</sup>	1 × 10 <sup>6</sup>	1 × 10 <sup>6</sup>

## ナトリウムの代謝データ

### 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup>のデータ

人体のナトリウム含有量	100 g
軟組織のナトリウム含有量	68 g
骨格のナトリウム含有量	32 g
飲食物からの1日当たりの摂取量	4.4 g

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

ナトリウムは実際上全量がヒトの胃腸管<sup>2)</sup>から吸収される。したがって  $f_1$  を 1 とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>3)</sup> は、ナトリウムのすべての化合物を吸入のクラスDに指定しているので、ここでもこの分類を採用する。

吸入のクラス	$f_1$
D	1
W	—
Y	—

#### (c) 分布と残留

人体におけるナトリウムの生物学的半減期は、食餌中の安定ナトリウムのレ

ベルに大きく影響され、1日当たりの摂取量が0.25 gの場合の335日から、1日当たりの摂取量が30 gの場合の5日にまで減少する<sup>4)</sup>。3名のヒトについての研究によって、ナトリウムの残留に関し、生物学的半減期がそれぞれ8.5日、13.5日および445日である3つの成分が示された<sup>5)</sup>。これらの場合、長期の成分は投与したナトリウムの0.03%より少なかった。Vennart<sup>6)</sup>も、ナトリウムに関し、生物学的半減期が1,100日で、投与した放射性核種の0.35%を占める長期の残留成分を報告している。

この報告書では、通過コンパートメントを出て骨に移行するナトリウムの割合は0.3と仮定する。通過コンパートメントを出ていく残りのナトリウムは人体のその他すべての器官および組織の全体に均等に分布すると仮定する。骨格に沈着したナトリウムのうち、0.99および0.01の割合が、それぞれ、10日および500日の生物学的半減期で残留すると仮定する。骨格以外の人体の任意の器官あるいは組織に沈着したナトリウムは、10日の生物学的半減期で残留すると仮定する。これらの残留関数は、ヒトで観察されたナトリウムの残留および標準人について与えられている安定ナトリウムの器官および組織含有量と一致している。

### 3. 骨線量算定のための同位体の分類

ナトリウムは主として細胞内液および細胞外液中に存在するので、ナトリウムの放射性同位体は、骨格に沈着した後いつでも無機質骨、骨髄、軟骨および関節周囲の組織に均等に分布していると仮定する。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man.* Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Wiseman, G. *Absorption from the Intestine.* Academic Press, London,

1964, pp. 191-198.

- 3) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 4) Smiley, M. G., Dahl, L. K., Spraragen, S. C., Silver, L. (1961). Isotopic Sodium Turnover Studies in Man: Evidence of Minimal Sodium ( $\text{Na}^{22}$ ) Retention 6 to 11 Months after Administration. *J. Lab. Clin. Med.*, **58**, 60-66.
- 5) Richmond, C. R. and Furchner, J. E. Estimation of radiation protection guides: Interspecies correlations. In: *Proc. of the First Inter. Congr. of Rad. Prot.*, Rome, Italy (September 5-10, 1966) Vol. 11, Pergamon Press, New York (1968), pp. 1417-1431.
- 6) Vennart, J. External Counting. In: *Diagnosis and Treatment of Radioactive Poisoning*, ST1/PUB65 (IAEA, 1963) pp. 3-22.

ナト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 ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)

放射性核種	ALI (Bq)	
	経口	吸入
	$f_1=1$	クラスD $f_1=1$
$^{22}\text{Na}$	$2 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
$^{24}\text{Na}$	$1 \times 10^8$	$2 \times 10^8$

放射性核種	DAC ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)	
		吸入
		クラスD $f_1=1$
$^{22}\text{Na}$		$1 \times 10^4$
$^{24}\text{Na}$		$8 \times 10^4$

## 硫黄の代謝データ

### 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup>のデータ

全身の硫黄含有量	140 g
軟組織の硫黄含有量	120 g
飲食物からの1日当たりの摂取量	0.85 g

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

ヒトの胃腸管からの硫黄の吸収割合は、代表的には硫黄の有機化合物については0.6よりも大きい<sup>2), 3)</sup>。Na<sub>2</sub><sup>35</sup>SO<sub>4</sub>の形で経口摂取された<sup>35</sup>Sの吸収割合は、Dziewiatkowskiの実験<sup>4)</sup>から、0.75より大きいと推定できる。元素状硫黄はこの元素の無機化合物よりも胃腸管から吸収されにくい<sup>5)</sup>。この報告書では、硫黄のすべての無機化合物について  $f_1$  を0.8、元素状の硫黄について0.1とする。

#### (b) 吸入のクラス

放射性硫黄の肺からのクリアランスの速度は吸入した硫黄の化合物に大きく左右される。ICRPの「肺動態課題グループ」<sup>6)</sup>はすべての元素の硫酸塩および硫化物を吸入のクラスDまたは吸入のクラスWに指定した。

ある特定の元素の硫酸塩および硫化物の分類に関する情報は、その元素についての代謝データあるいは「肺動態課題グループ」の報告書<sup>6)</sup>を参照された

い。

元素状硫黄は吸入のクラスWに入ると仮定する。

放射線防護の目的には、吸入された後胃腸管に入る元素状硫黄およびその元素の無機化合物について  $f_1$  は0.8と仮定するが、元素状硫黄については多分、かなり安全側の仮定であることを承知している。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.8
W	0.8
Y	—

ガス体である  $\text{SO}_2$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  および  $\text{CS}_2$  の吸入も考察しなければならない。文献を調査、検討して Vennart と Ash<sup>7)</sup> は、このような化学形で吸入された硫黄はほとんど血流に取り込まれるとするのが慎重な態度であろうと結論した。

この報告書では、 $\text{SO}_2$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  あるいは  $\text{CS}_2$  の形で肺に入る硫黄は完全にして瞬間的に通過コンパートメントに移行すると仮定し、またその後は、その代謝がこの元素の他の無機化合物の経口摂取あるいは吸入の後通過コンパートメントに入った硫黄の代謝と同じであると仮定する。

### (c) 分布と残留

ラットの実験<sup>8)</sup>とヒトについての経験<sup>9)~11)</sup>は少なくとも2つの残留の成分を示している。ヒトについては0.3日の生物学的半減期で急速に除去される成分が観測されている<sup>8)~10)</sup>。その後、最短でも7日<sup>9),10)</sup>あるいは、ことによると80日<sup>11)</sup>にも及ぶ生物学的半減期をもつより遅いクリアランスの成分がある。しかし、この2つの成分では「標準人」<sup>1)</sup>に与えられている全身の硫黄含有量を説明するには不十分であり、第三の長期の成分を仮定しなければならない。

注射後の初期には、硫黄は人体の種々の器官および組織にほとんど均等に分

布する<sup>12)</sup>。そして、安定硫黄についても同様な分布が観測されている<sup>13)</sup>。この報告書では、通過コンパートメントから出ていく硫黄のうち0.15および0.05の割合は人体のすべての器官および組織に均等に分布し、それぞれそこに20日および2,000日の生物学的半減期で残留すると仮定する。通過コンパートメントから出ていく残りの部分は直接に排泄されるものと仮定する。

#### (d) 有機化合物

硫黄の有機化合物の代謝挙動はこの元素の無機化合物の代謝挙動とはかなり異なる。シスチンおよびメチオニンのような硫黄の有機化合物はいろいろな代謝物質の中にとりこまれる<sup>5)</sup>。したがって、有機化合物として人体に入った硫黄はしばしば長期間残留する<sup>8)</sup>。硫黄の有機化合物の代謝はこの報告書ではこれ以上考察しない。そしてこれらの化合物については被曝の限度を与えない。

### 3. 骨線量算定のための同位体の分類

硫黄は人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。したがって、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Volwiler, W., Goldsworthy, P. D., MacMartin, M. P., Wood, P. A., Mackay, I. R. and Fremont-Smith, K. (1955). Biosynthetic Determination with Radioactive Sulphur of Turn-over Rates of Various Plasma Proteins in Normal and Cirrhotic Man. *J. Clin. Invest.*, **34**, 1126-1146.
- 3) Minski, M. and Vennart, J. (1971). Maximum Permissible Intakes of <sup>35</sup>S-L-Methionine and <sup>35</sup>S-Sodium Sulphate Deduced from Experiments on Rats. *Health Phys.*, **20**, 1-9.
- 4) Dziewiatkowski, D. D. (1949). On the Utilization of Exogenous Sul-

- phate Sulphur by the Rat in the Formation of Ethereal Sulphates as indicated by the use of Sodium Sulphate Labelled with Radioactive Sulphur. *J. Biol. Chem.*, **178**, 389-393.
- 5) Dziewiatkowski, D. D. Sulfur. In: *Mineral Metabolism*, Vol. 2, Part B, Eds. Comar, C. L. and Bronner, F. Academic Press, New York, 1962.
  - 6) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
  - 7) Vennart, J. and Ash, P. J. N. D. (1976). Derived Limits for  $^{35}\text{S}$  in Food and Air. *Health Phys.*, **30**, 291-294.
  - 8) Walser, M., Seldin, D. W. and Grollman, A. (1953). An Evaluation of Radiosulphate for the Determination of the Volume of Extracellular Fluid in Man and Dogs. *J. Clin. Invest.*, **32**, 299-311.
  - 9) Andrews, J. R., Swarm, R. L., Schlachter, L., Brace, K. C., Rubin, P., Bergenstal, D. M., Gump, H., Siefel, S. and Swain, R. W. (1960). The Effects of One Curie of Sulphur 35 Administered Intravenously as Sulphate to a Man with Advanced Chondrosarcoma. *Am. J. Roent.*, **83**, 123-134.
  - 10) Maass, A. R., Flanagan, T. L., Blackburn, D. and Smith, M. (1963). Accidental Personnel Exposure to Elemental  $\text{S}^{35}$ . *Health Phys.*, **9**, 731-740.
  - 11) Gottschalk, R. G., Alpert, L. K. and Miller, P. O. (1959). The Use of Large Amounts of Radioactive Sulfur in Patients with Advanced Chondrosarcomas II Distribution and Tissue Irradiation. *Cancer Res.*, **19**, 1078-1085.
  - 12) Woodard, H. Q., Pentlow, K. S., Mayer, K., Laughlin, J. S. and Marcove, R. C. (1976). Distribution and Retention of  $^{35}\text{S}$ -Sodium Sulphate in Man. *J. Nucl. Med.*, **17**, 285-289.

硫黄の代謝データ

(17)

硫黄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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経口			
	吸入			
	クラスD		クラスW	
	$f_1=8 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=8 \times 10^{-1}$	$f_1=8 \times 10^{-1}$
<sup>35</sup> S	$4 \times 10^8$	$2 \times 10^8$ ( $3 \times 10^8$ ) 大腸下部壁	$6 \times 10^8$	$8 \times 10^7$

気体状化合物

吸入	
<sup>35</sup> S	$5 \times 10^8$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸入	
	クラスD	クラスW
		$f_1=8 \times 10^{-1}$
<sup>35</sup> S	$3 \times 10^5$	$3 \times 10^4$

気体状化合物

吸入	
<sup>35</sup> S	$2 \times 10^5$

## 塩素の代謝データ

### 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup> のデータ

人体の塩素含有量	95 g
軟組織の塩素含有量	81 g
飲食物からの1日当たりの摂取量	5.2 g

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

6名の若年者についての収支の研究<sup>2)</sup>は、食餌中の塩化物が胃腸管から吸収される割合は0.9より大きいことを証明した。Wiseman<sup>3)</sup>は、毎日摂取している塩化物の小腸による吸収割合は0.8より大きいと結論している。この報告書では、塩素のすべての化合物について $f_1$ を1とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRPの「肺動態課題グループ」<sup>4)</sup>は、すべての元素の塩化物を吸入のクラスDまたはWのどちらかに指定している。特定の元素の塩化物のクラス区分についての情報は、その元素についての代謝データあるいは「課題グループ」の報告書を参照されたい。

吸入のクラス	$f_1$
D	1
W	1
Y	—

**(c) 分布と残留**

$^{36}\text{Cl}$  で標識された塩化ナトリウムを静脈内に注射された2名の健康人<sup>5)</sup>は、塩化物を多量に含む食餌をとった場合、約6日で $^{36}\text{Cl}$ の半分を排出した。しかし、塩化物の少ない食餌にした場合には、残留の半減期は30日程度であった。ヒトにおける臭化物と塩化物の代謝は非常に似ていることが示されている<sup>6)</sup>ため、これらの半減期は標識された臭化ナトリウムの残留に関してヒトに見出されている生物学的半減期の10日と対比されよう。この報告書では、通過コンパートメントから出ていく塩化物は人体のすべての器官および組織の間に均等に分布し<sup>1)</sup>、これらの器官および組織に10日の生物学的半減期で残留すると仮定する。

**(d) 娘核種の挙動**

$^{39}\text{Cl}$  は崩壊して  $^{39}\text{Ar}$  になるが、この  $^{39}\text{Ar}$  は、放射性半減期が長いために崩壊することなく体外に出ていくと仮定する。

**3. 骨線量算定のための同位体の分類**

塩素は人体内に均等に分布すると仮定するので、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

**文 献**

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man.* Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Burrill, M. W., Freeman, S. and Ivy, A. C. (1945). Sodium Potassium and Chloride Excretion of Human Subjects Exposed to a Simulated Altitude of Eighteen Thousand Feet. *J. Biol. Chem.*, **157**, 297-302.
- 3) Wiseman, G. Absorption from the Intestine. Academic Press, London, 1964, pp. 201-204.

- 4) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 5) Ray, C. T., Burch, G. E. and Threefoot, S. A. (1952). Biologic Decay Rates of Chloride in Normal and Diseased Man Determined with Long-life Radiochlorine, C<sup>38</sup>. *J. Lab. Clin. Med.*, **39**, 673-696.
- 6) Reid, A. F., Forbes, G. B., Bondurant, J. and Etheridge, J. (1956). Estimation of Total Body Chlorine in Man by Radio-Bromide Dilution. *J. Lab. Clin. Med.*, **48**, 63-68.

塩素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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)			
放射性核種	経口	吸入	
		クラスD	クラスW
		$f_1=1$	$f_1=1$
<sup>36</sup> Cl	$6 \times 10^7$	$9 \times 10^7$	$9 \times 10^6$
<sup>38</sup> Cl	$6 \times 10^8$ ( $9 \times 10^8$ ) 胃壁	$2 \times 10^9$	$2 \times 10^9$
<sup>39</sup> Cl	$8 \times 10^8$ ( $1 \times 10^9$ ) 胃壁	$2 \times 10^9$	$2 \times 10^9$

DAC (Bq/m <sup>3</sup> ) (40 h/wk)		
放射性核種	吸入	
	クラスD	クラスW
	$f_1=1$	$f_1=1$
<sup>36</sup> Cl	$4 \times 10^4$	$4 \times 10^3$
<sup>38</sup> Cl	$6 \times 10^5$	$7 \times 10^5$
<sup>39</sup> Cl	$8 \times 10^5$	$9 \times 10^5$

## アルゴンの代謝データ

アルゴンについては代謝モデルは提案されていない。この報告書の Part 1 の第 8 章で説明したように、光子またはかなりのエネルギーをもつ  $\beta$  粒子を放出する放射性核種については、放射性希ガスの雲中の被曝は、通常体外照射によって制限される。その理由は、組織に吸収されたガスあるいは肺に入っているガスによる線量当量率は、体外照射による組織の線量当量率と比較して無視できるからである。1つの例外は  $^{37}\text{Ar}$  であって、これはきわめて低いエネルギーのオージェ電子と X 線を放出する（序を参照）。それゆえ、 $^{39}\text{Ar}$  および  $^{41}\text{Ar}$  について勧告される DAC の値は体外照射の考察に基づいており、 $^{37}\text{Ar}$  についての DAC 値は肺の線量当量の考察に基づいている。

アルゴンの同位体に関する誘導空气中濃度  
DAC ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)

放射性核種	吸入			
$^{37}\text{Ar}$	$5 \times 10^{10}$			
放射性核種	半無限大の雲	1,000 $\text{m}^3$ の部屋	500 $\text{m}^3$ の部屋	100 $\text{m}^3$ の部屋
$^{39}\text{Ar}$	$7 \times 10^6$ ( $5 \times 10^6$ ) 皮膚	$7 \times 10^6$ ( $7 \times 10^6$ ) 皮膚	$7 \times 10^6$ ( $9 \times 10^6$ ) 皮膚	$7 \times 10^6$ ( $2 \times 10^6$ ) 皮膚
$^{41}\text{Ar}$	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$ ( $3 \times 10^6$ ) 皮膚	$2 \times 10^6$ ( $3 \times 10^6$ ) 皮膚	$2 \times 10^6$ ( $6 \times 10^6$ ) 皮膚

$2 \times 10^{10}$

(22)

## カリウムの代謝データ

### 1. 代謝

「標準人」<sup>1)</sup>のデータ

人体のカリウム含有量	140 g
軟組織のカリウム含有量	120 g
飲食物からの1日当たりの摂取量	3.3 g

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

カリウムの胃腸管からの吸収はほとんど完全であることが知られ<sup>1)</sup>、それゆえ  $f_1$  を1とすることとした。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>2)</sup> の勧告にしたがって、カリウムのすべての化合物は吸入のクラスDに入ると考える。

吸入のクラス	$f_1$
D	1
W	—
Y	—

#### (c) 分布と残留

カリウムは、人体のすべての器官および組織にかなり均等に分布し<sup>1)</sup>、これ

らのすべての器官および組織の間で容易に交換可能である<sup>3),4)</sup>。したがって、この元素の全身残留は単一の指数関数によって最もよく記述される。この指数関数の半減期は、安定カリウムの全身含有量と排泄速度から推定できる。「標準人」<sup>1)</sup>に与えられたデータを使って、30日の半減期が得られ、ここではこの値を採用した。

したがって、通過コンパートメントに入ったカリウムは、瞬間的に人体のすべての器官および組織に移行し、そこに30日の生物学的半減期で残留すると仮定する。また、カリウムは通過コンパートメントに入った後いつでも人体内に均等に分布すると仮定する。

### 3. 骨線量算定のための同位体の分類

カリウムは人体内に均等に分布すると仮定するので、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 3) Sollman, R. *A Manual of Pharmacology*. W. B. Saunders, 1975, pp. 1039-1041.
- 4) Wilde, W. S. Potassium. In: *Mineral Metabolism*, Vol. 2, Part B, Eds. Comar, C. L. and Bronner, F. Academic Press, London, 1962.

(24)

## 専門委員会 2 の報告

カ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入	
	経 口	クラスD
		$f_1=1$
<sup>40</sup> K	1×10 <sup>7</sup>	1×10 <sup>7</sup>
<sup>42</sup> K	2×10 <sup>8</sup>	2×10 <sup>8</sup>
<sup>43</sup> K	2×10 <sup>8</sup>	3×10 <sup>8</sup>
<sup>44</sup> K	8×10 <sup>8</sup> (1×10 <sup>9</sup> ) 胃 壁	2×10 <sup>9</sup>
<sup>45</sup> K	1×10 <sup>9</sup> (2×10 <sup>9</sup> ) 胃 壁	4×10 <sup>9</sup>

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスD	
	$f_1=1$	
<sup>40</sup> K	6×10 <sup>3</sup>	
<sup>42</sup> K	7×10 <sup>4</sup>	
<sup>43</sup> K	1×10 <sup>5</sup>	
<sup>44</sup> K	1×10 <sup>6</sup>	
<sup>45</sup> K	2×10 <sup>6</sup>	

## カルシウムの代謝データ

### 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup>のデータ

人体のカルシウム含有量	1,000 g
骨のカルシウム含有量	~1,000 g
軟組織のカルシウム含有量	3 g
飲食物からの1日当たりの摂取量	1.1 g

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

食餌中のカルシウムのヒトの胃腸管からの吸収割合は、0.12から0.7までの変動が観察されている<sup>2)</sup>が、通常約0.3である。経口投与後の塩化カルシウムの吸収割合は、低カルシウムの食餌をとる個人については、0.4から0.8の範囲にあることが観察されている<sup>3)</sup>。この報告書では、カルシウムのすべての化合物について  $f_1$  を0.3とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>3)</sup> の勧告に従って、カルシウムのすべての化合物を吸入のクラスWに指定した。

吸入のクラス	$f_1$
D	—
W	0.3
Y	—

## (c) 分布と残留

成人におけるカルシウムの残留についての非常に詳細なモデルが、ICRPの「ヒトのアルカリ土類の代謝に関する課題グループ」によって開発された<sup>4)</sup>。

カルシウムのある放射性同位体 1Bq が通過コンパートメントに入った後の50年間における軟組織、皮質骨および梁骨中での自発核変換の総数は、この課題グループの報告書<sup>4)</sup>に与えられている残留関数を用いて導くことができる。

## 3. 骨線量算定のための同位体の分類

第7章で論じたように、15日より長い放射性半減期をもつアルカリ土類の同位体は、無機質骨の体積全体に均等に分布すると仮定する。これに対し、15日より短い放射性半減期の同位体は、骨表面をおおう薄い層中に均等に分布すると仮定する。したがって、吸収割合の値 (Part 1, 第7章, 表7.4参照) を導くとき、<sup>41</sup>Ca と <sup>46</sup>Ca は骨格に沈着した後いつでも無機質骨の体積全体に均等に分布していると仮定するが、<sup>47</sup>Ca 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。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, *Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Samachson, J. (1963). Plasma Values after Oral <sup>45</sup>Calcium and <sup>85</sup>Strontium. As an Index of Absorption. *Clin. Sci.*, 25, 17-26.
- 3) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, 12, 173-207.
- 4) ICRP Publication 20, *Task Group Report on Alkaline Earth Metabolism in Adult Man*. Pergamon Press, Oxford, 1973.

カルシ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	ALI (Bq)	
	経口	吸入
		クラスW
	$f_1=3 \times 10^{-1}$	$f_1=3 \times 10^{-1}$
<sup>41</sup> Ca	1×10 <sup>8</sup> (1×10 <sup>8</sup> ) 骨表面	1×10 <sup>8</sup> (1×10 <sup>8</sup> ) 骨表面
<sup>45</sup> Ca	6×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>7</sup>
<sup>47</sup> Ca	3×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>7</sup>

放射性核種	DAC (Bq/m <sup>3</sup> ) (40 h/wk)	
	吸入	クラスW
		$f_1=3 \times 10^{-1}$
<sup>41</sup> Ca	6×10 <sup>4</sup>	
<sup>45</sup> Ca	1×10 <sup>4</sup>	
<sup>47</sup> Ca	1×10 <sup>4</sup>	

120.0  
クロムの代謝データ

53  
1. 代謝

□「標準人」<sup>1)</sup> のデータ

〇〇〇 人体のクロム含有量	< 6.6 mg
軟組織のクロム含有量	1.8 mg
骨格のクロム含有量	< 4.8 mg
飲食物からの1日当たりの摂取量	0.15 mg

53  
2. 代謝モデル

(a) 血液への取り込み

クロムの胃腸管吸収については、いろいろな総説<sup>1)-3)</sup> で論じられている。 $f_1$  の値は、投与される化合物によって  $5 \times 10^{-3}$  より小さい値から 0.1 以上にまで変化しうる。この報告書では、 $f_1$  を、3 価の状態のクロムについては 0.01、6 価の状態のクロムについては 0.1 とする。

(b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>4)</sup> は、クロムの酸化物および水酸化物を吸入のクラス Y に、ハロゲン化合物および硝酸塩を吸入のクラス W に、そして、この元素のその他すべての化合物を吸入のクラス D に指定した。イヌを使った実験<sup>5)</sup> は、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  および  $\text{CrCl}_3$  をそれぞれ吸入のクラス Y および W に指定するのが適切であることを示している。これらの実験データを考慮し、「課題グループ」の分類をこの報告書では採用する。また、放射線防護の目的には、吸入

後胃腸管に入ったクロムは6価の状態にあり、0.1という  $f_1$  が適切であると仮定する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.1
W	0.1
Y	0.1

### (c) 分布と残留

人体内におけるクロムの残留は、投与される化学形に大きく左右される。クロム酸ナトリウムの形をしたクロムは、赤血球に著しい親和性を示すが、塩化クロムは赤血球の膜を透過しない<sup>6)</sup>。赤血球内のクロムは、正常人の循環系から約30日の生物学的半減期で消失する<sup>6)</sup>。しかし正常人では、第二クロムの形で静脈内投与されたクロムの約25%が注射後最初の24時間に排泄される<sup>7)</sup>。ラットでは<sup>8)</sup>、 $^{51}\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ として静脈内注射された $^{51}\text{Cr}$ の全身残留は次の形の関数でよく記述される：

$$R(t) = 0.43 e^{-0.693t/0.5} + 0.32 e^{-0.693t/5.9} + 0.25 e^{-0.693t/83.4}$$

ラットについての実験<sup>9)</sup>はまた、 $^{51}\text{CrCl}_3$ として静脈内注射された $^{51}\text{Cr}$ が、注射後最初の数日の間に精巣と脾臓に選択的に濃縮されることも示している。標準人のデータ<sup>1)</sup>は、安定なクロムがこれらの器官に選択的に濃縮されることを示しておらず、この元素が骨に選択的に濃縮されることを示している。

クロムが経口摂取あるいは吸入されて全身の循環系に入るまでに第二クロムの形に還元されてしまい、赤血球と認めうるほど結合しないであろうということはありそうなことである。したがって、この報告書では、第二クロム(3+)の形に適した代謝モデルを採用した。

通過コンパートメントに入ったクロムは、0.5日の生物学的半減期でそこに残留すると仮定する。通過コンパートメントを出ていくクロムのうち、0.3は直

接に排泄され、0.05は骨に移行すると仮定し、そこに1,000日の生物学的半減期で残留すると仮定する。通過コンパートメントを出ていく残りのクロムは、骨格以外の人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。このように分布するクロムの割合は0.65であり、このうち0.4は6日の生物学的半減期で残留し、0.25は80日の生物学的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

骨格におけるクロムの分布に関しては適切なデータがないので、この報告書では、15日より短い放射性半減期をもつクロムの同位体は骨表面に均等に分布し、15日より長い放射性半減期をもつクロムの同位体は無機質骨の体積全体に均等に分布すると仮定する。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, *Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Underwood, E. J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition, 3rd Edition. Academic Press, London, 1971, pp. 253-266.
- 3) Mertz, W. (1969). Chromium Occurrence and Function in Biological Systems. *Physiol. Rev.*, **49**, 163-239.
- 4) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 5) Morrow, P. E., Gibb, F. R., Davies, H. and Fisher, M. (1968). Dust Removal from the Lung Parenchyma: an Investigation of Clearance Simulants. *Toxicol. and Applied Pharmacology*, **12**, 372-396.
- 6) Korst, D. R. Blood Volume and Red Cell Survival. In: *Principles of Nuclear Medicine*, Ed. Wagner, H. N. W. B. Saunders, Philadelphia, 1968, pp. 429-471.
- 7) Doisy, R. J., Streeten, D. H. P., Souma, M. L., Kalafer, M. E., Rekant, S. I. and Dalakos, T. G. Metabolism of  $^{51}\text{Cr}$  Chromium in Human Subjects

1. Normal, Elderly and Diabetic Subjects. In: *Newer Trace Elements in Nutrition*, Eds. Mertz, W. and Cornatzen, W. E. Marcel Dekker, New York, 1971.
- 8) Mertz, W., Roginski, E. E. and Reba, R. C. (1965). Biological Activity and Fate of Trace Quantities of Intravenous Chromium (III) in the Rat. *Am. J. Physiol.*, **209**, 489-494.
- 9) Hopkins, L. L. (1965). Distribution in the Rat of Physiological Amounts of Injected Cr<sup>51</sup> (III) with Time. *Am. J. Physiol.*, **209**, 731-735.

クロ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経 口		吸 入		
			クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-2}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$
<sup>48</sup> Cr	$2 \times 10^8$	$2 \times 10^8$	$4 \times 10^8$	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
<sup>49</sup> Cr	$1 \times 10^9$	$1 \times 10^9$	$3 \times 10^9$	$4 \times 10^9$	$3 \times 10^9$
<sup>51</sup> Cr	$1 \times 10^9$	$1 \times 10^9$	$2 \times 10^9$	$9 \times 10^8$	$7 \times 10^8$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$
<sup>48</sup> Cr	$2 \times 10^5$	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
<sup>49</sup> Cr	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$1 \times 10^6$
<sup>51</sup> Cr	$7 \times 10^5$	$4 \times 10^5$	$3 \times 10^5$

## 鉄の代謝データ

## 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup>のデータ

人体の鉄含有量	4.2 g
軟組織の鉄含有量	3.3 g
飲食物からの1日当たりの摂取量	16 mg

## 2. 代謝モデル

## (a) 血液への取り込み

胃腸管からの鉄の吸収については数人の著者<sup>1)-3)</sup>が調査、検討した。吸収は多くの因子、すなわち食餌中の鉄の量と化学形、人体のその化学形の鉄の必要度および食餌中の妨害物質の有無に左右されることが見出されている。

鉄(Ⅱ)塩の吸収は鉄(Ⅲ)塩の吸収よりも大きいと一般に考えられているが<sup>1)</sup>、その差ははっきりしない<sup>2), 3)</sup>。この報告書では、鉄のすべての化合物について  $f_1$  を0.1とする。

## (b) 吸入のクラス

ラットとイヌの実験<sup>4)-6)</sup>は  $\text{FeCl}_3$  および  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の両方を吸入のクラスWに指定すべきであることを示している。ヒトの場合、 $^{51}\text{Cr}$  で標識した酸化鉄(Ⅲ)のサブミクロン粒子を用いた実験は、 $^{51}\text{Cr}$  のクリアランスの半減期が270日であることを示している<sup>7)</sup>。別の研究<sup>8)</sup>が酸化鉄(Ⅲ)は70日の生物学的半減期で肺から除去されることを示しているので、この長い半減期は酸化鉄(Ⅲ)から浸

出した  $^{51}\text{Cr}$  のものであろう。この報告書では、鉄の酸化物、水酸化物およびハロゲン化物を吸入のクラスWに指定し、ふつうに存在するこの元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.1
W	0.1
Y	—

### (c) 分布と残留

鉄の分布と残留はいろいろな総説の主題となっている<sup>2), 3), 9), 10)</sup>。成人については全身の鉄の70%ほどがヘモグロビンと結合しており、残りの大部分は網内系中の鉄貯蔵化合物であるフェリチンおよびヘモシデリンと結びついている。

経口摂取後の最初の100日間にわたる研究<sup>2)</sup>は600日の半減期をもつ鉄の残留成分の存在を示している。しかしながら、この期間では標識したヘモグロビンの鉄の再循環はわずかしか起こらなかったであろうから、長期の鉄の残留を推定するためにこれらの研究を利用することは合理的でない。この報告書では、「標準人」<sup>1)</sup>に示されている代謝データと0.1という  $f_1$  の値に従って、人体内における鉄の残留の半減期を2,000日とした。

人体の器官および組織の間の鉄の分布は「標準人」<sup>1)</sup>に示されているデータから決定した。すなわち、通過コンパートメントから出ていく鉄のうち0.08および0.013の割合がそれぞれ肝臓および脾臓に移行すると仮定する。通過コンパートメントから出ていく鉄の残りの部分は人体のその他すべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。任意の器官あるいは組織に移行した鉄は2,000日の生物学的半減期で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

鉄は肝臓と脾臓以外の人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。したがって、骨の線量算定の目的で鉄の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Price, D. C. Iron Turnover in Man. In: *Dynamic Clinical Studies with Radioisotopes*. AEC Symposium Series 3, Eds. Kindeley, R. M. and Tauxe, W. N. (1964), pp. 537-563.
- 3) Underwood, E. J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition 3rd Ed. Academic Press, New York, 1971, pp. 14-56.
- 4) Fisher, M. V., Morrow, P. E. and Yuile, C. L. (1973). Effects of Freund's Complete Adjuvant Upon Clearance of Iron-59 Oxide from Rat Lungs. *J. Reticuloendothel. Soc.*, **13**, 536-556.
- 5) Morrow, P. E., Gibb, F. R. and Johnson, L. (1964). Clearance of Insoluble Dust from the lower Respiratory Tract. *Health Phys.*, **10**, 543-555.
- 6) Morrow, P. E., Gibb, F. R., Davies, H. and Fisher, M. (1968). Dust removal from the Lung Parenchyma: an Investigation of Clearance Simulants. *Toxicol. and Applied Pharmacology*, **12**, 372-396.
- 7) Ramsden, D., Waite, D. A. Inhalation of Insoluble Iron-Oxide Particles in the Submicron Range. In: *Assessment of Radioactive Contamination in Man*. IAEA, Vienna, 1972, pp. 65-81.
- 8) Albert, R. E., Lippmann, M., Spiegelman, J., Strehlow, C., Briscoe, W., Wolfson, P. and Nelson, N. The Clearance of Radioactive Particles from the Human Lung. In: *Inhaled Particles and Vapours II*, Ed. Davies, C. N. Pergamon Press, Oxford, 1967, pp. 361-378.
- 9) Moore, C. V. and Dubach, R. Iron. In: *Mineral Metabolism*, Vol. 2, Part B, Eds. Comar, C. L. and Bronner, F. Academic Press, New York,

1962, pp. 287-348.

- 10) Finch, C. A., Deubelbeiss, K., Cook, J. D., Eschbach, J. W., Horner, L. A., Funk, D. D., Marsaglia, G., Hillman, R. S., Slichter, S., Adamson, J. W., Canzoni, A. and Giblett E. R. (1970). *Ferrokinesics in Man. Medicine*, **49**, 17-53.

鉄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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入		
	経 口	クラスD	クラスW
		$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$
<sup>52</sup> Fe	$3 \times 10^7$	$1 \times 10^8$	$9 \times 10^7$
<sup>55</sup> Fe	$3 \times 10^8$	$7 \times 10^7$	$2 \times 10^8$
<sup>59</sup> Fe	$3 \times 10^7$	$1 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
<sup>60</sup> Fe	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^5$	$7 \times 10^5$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスD	クラスW
	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$
<sup>52</sup> Fe	$5 \times 10^4$	$4 \times 10^4$
<sup>55</sup> Fe	$3 \times 10^4$	$6 \times 10^4$
<sup>59</sup> Fe	$5 \times 10^3$	$8 \times 10^3$
<sup>60</sup> Fe	$1 \times 10^2$	$3 \times 10^2$

## 銅の代謝データ

## 1. 代謝

「標準人」<sup>1)</sup>のデータ

人体の銅含有量	72 mg
軟組織の銅含有量	65 mg
飲食物からの1日当たりの摂取量	3.5 mg

## 2. 代謝モデル

## (a) 血液への取り込み

ヒトの胃腸管から銅が取り込まれる割合は0.32から0.9の範囲にあると報告されている<sup>1)-4)</sup>。この報告書では銅のすべての化合物について  $f_1$  を0.5とする。

## (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>5)</sup> は銅の酸化物および水酸化物を吸入のクラスYに、硫化物、ハロゲン化物および硝酸塩を吸入のクラスWに、そして、この元素のその他すべての無機化合物を吸入のクラスDに指定した。適切な実験データが何もないために、ここではこの分類を採用した。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.5
W	0.5
Y	0.5

### (c) 分布と残留

銅の代謝はいろいろな著者によって調査、検討されている<sup>6),7)</sup>。人体のいろいろな器官および組織中の銅の安定元素の濃度にはいくらかの変動があり、たとえば、脳、肝臓、唾液腺および脾臓中の濃度は筋肉および脾臓中の濃度の約5倍である<sup>8),9)</sup>。人体中における銅の残留の生物学的半減期は、もし0.5という  $f_1$  を仮定すれば、「標準人」<sup>1)</sup> に与えられているデータから推定できる。推定したこの生物学的半減期は41日である。

この報告書では、通過コンパートメントを出ていく銅のうち、0.1, 0.1および0.006の割合がそれぞれ肝臓、脳および脾臓に移行すると仮定する。通過コンパートメントを出ていく銅の残りの割合は、人体のその他すべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。人体の任意の器官あるいは組織に移行した銅は、そこに40日の生物学的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

銅は肝臓、脳および脾臓以外の人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。したがって、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Wiseman, G. Absorption from the Intestine. Academic Press, London, 1964.
- 3) Sternlieb, I. (1967). Gastrointestinal Copper Absorption in Man. *Gastroenterology*, 52, 1038-1041.
- 4) Strickland, G. T., Beckner, W. M. and Leu, Mei-Ling (1972). Absorption of Copper in Homozygotes and Heterozygotes for Wilson's Disease and Controls: Isotope Tracer Studies with <sup>67</sup>Cu and <sup>64</sup>Cu. *Clin. Sci.*, 43,

617-625.

- 5) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 6) Adelstein, S. J. and Vallee, B. L. Copper. In: *Mineral Metabolism*, Vol. 2, Part B, Eds., Comar, C. L. and Bronner, F. Academic Press, London, 1962, pp. 371-401.
- 7) Underwood, E. J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Academic Press, New York, 1971, pp. 57-115.
- 8) Cartwright, G. E. and Wintrobe, M. M. (1964). Copper Metabolism in Normal Subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, **14**, 224-232.
- 9) De Jorge, F. B., Canelas, H. M., Dias, J. C. and Cury, L. (1964). Studies on Copper Metabolism III. Copper Contents of Saliva of Normal Subjects and of Salivary Glands and Pancreas of Autopsy Material. *Clin. Chim. Acta*, **9**, 148-150.

銅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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経口	吸入		
		クラスD	クラスW	クラスY
		$f_1=5 \times 10^{-1}$	$f_1=5 \times 10^{-1}$	$f_1=5 \times 10^{-1}$
<sup>60</sup> Cu	1×10 <sup>9</sup> (1×10 <sup>9</sup> ) 胃壁	3×10 <sup>9</sup>	4×10 <sup>9</sup>	4×10 <sup>9</sup>
<sup>61</sup> Cu	5×10 <sup>8</sup>	1×10 <sup>9</sup>	2×10 <sup>9</sup>	1×10 <sup>9</sup>
<sup>64</sup> Cu	4×10 <sup>8</sup>	1×10 <sup>9</sup>	9×10 <sup>8</sup>	8×10 <sup>8</sup>
<sup>67</sup> Cu	2×10 <sup>8</sup>	3×10 <sup>8</sup>	2×10 <sup>8</sup>	2×10 <sup>8</sup>

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=5 \times 10^{-1}$	$f_1=5 \times 10^{-1}$	$f_1=5 \times 10^{-1}$
<sup>60</sup> Cu	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
<sup>61</sup> Cu	$5 \times 10^5$	$6 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
<sup>64</sup> Cu	$5 \times 10^5$	$4 \times 10^5$	$3 \times 10^5$
<sup>67</sup> Cu	$1 \times 10^5$	$8 \times 10^4$	$7 \times 10^4$

## 亜鉛の代謝データ

### 1. 代謝

「標準人」<sup>1)</sup>のデータ

人体の亜鉛含有量	2.3 g
軟組織の亜鉛含有量	1.8 g
飲食物からの1日当たりの摂取量	0.013 g

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

経口投与された亜鉛が成人の胃腸管から取り込まれる割合は、0.31から0.51までの範囲にあると推定されている<sup>1)</sup>。しかし、この割合はこの元素の1日当たりの摂取量に左右され<sup>2), 3)</sup>、また、0.9にも及ぶ取り込み割合もときには生じる<sup>4)</sup>というある証拠がある。ヒトによる取り込みは絶食状態に左右されるように思われ、実験動物による取り込みは食餌中の亜鉛のレベルによって変わる<sup>5)</sup>。この報告書では、この元素のすべての化合物について  $f_1$  を0.5とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>6)</sup> は、亜鉛の酸化物および水酸化物を吸入のクラスYに、ハロゲン化物、リン酸塩および硫化物を吸入のクラスWに、そして硫酸塩を吸入のクラスDに指定した。イヌについての実験<sup>7)</sup> が示唆するところによれば、 $Zn(NO_3)_2$  および  $Zn_3(PO_4)_2$  は吸入のクラスYに指定されるべきである。

ヒトについては、吸入された亜鉛に関する知識はほとんど得られていない。1例の不慮の被曝において、 $^{65}\text{Zn}$  は数か月間残留する少量の成分を除いて、肺からすみやかに除去された<sup>8)</sup>。しかし、この例では、吸入された亜鉛の化合物の種類と数はわかっていない。

この報告書では、普通に存在する亜鉛のすべての化合物を吸入のクラスYに指定する。

吸入のクラス	$f_i$
D	—
W	—
Y	0.5

(c) 分布と残留

亜鉛の代謝はいろいろな著者によって調査、検討された<sup>2), 3)</sup>。ヒトについて Spencer ら<sup>9)</sup> は、この元素の全身における生物学的残留が次の関数によってよく表されることを見出した。

$$R(t) = 0.25e^{-0.693t/12} + 0.75e^{-0.693t/320}$$

Richmond ら<sup>4)</sup> は、マウス、ラット、イヌおよびヒトについて、経口投与された亜鉛の残留を研究した。これらの種のそれぞれにおいて、全身残留には2つの成分があった。4人のヒトについては、残留した  $^{65}\text{Zn}$  の0.15から0.26は、4.5日から26日の生物学的半減期をもち、残りは387日から478日の生物学的半減期をもっていた。

投与後の早い時期では、肝臓に亜鉛の最も高い濃度が見出され、腎臓、脾臓および膵臓ではこの元素の濃度はそれより低い<sup>9), 10)</sup>。しかしながら、Richmond ら<sup>4)</sup> のデータから、亜鉛は他の組織よりも骨格に長期間残留することが明らかで、このことは「標準人」<sup>1)</sup> について与えられた安定亜鉛の分布と一致する。

この報告書では、通過コンパートメントから出ていく亜鉛のうち0.2が骨格

に移行し、そこに400日の生物学的半減期で残留すると仮定する。通過コンパートメントに入った亜鉛の残りは、人体のその他すべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。これらその他の器官および組織に移行した亜鉛のうち、0.3および0.7の割合がそれぞれ20日および400日の生物学的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

骨格中の亜鉛の微視的分布について利用できる適切なデータはないようである。この報告書では、245日の放射性半減期をもつ $^{65}\text{Zn}$ は、骨格にそれが沈着した後いつでも無機質骨の体積全体に均等に分布していると仮定し、その他すべてのそれより短寿命の亜鉛の放射性同位体は、骨格にそれらが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。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, *Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Vallee, B. L. Zinc. In: *Mineral Metabolism*, Vol. 2, Part B, Eds. Comar, C. L. and Bronner, F. Academic Press, New York, 1962, pp. 443-482.
- 3) Underwood, E. J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Academic Press, New York, 1971, pp. 217-221.
- 4) Richmond, C. R., Furchner, J. E., Trafton, G. A. and Langham, W. H. (1962). Comparative Metabolism of Radionuclides in Mammals—I Uptake and Retention of Orally Administered  $\text{Zn}^{65}$  by Four Mammalian Species. *Health Phys.*, **8**, 481-489.
- 5) Furchner, J. E. and Richmond, C. R. (1962). Effect of Dietary Zinc on the Absorption of Orally Administered  $\text{Zn}^{65}$ . *Health Phys.*, **8**, 35-40.
- 6) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.

- 7) Morrow, P. E., Gibb, F. R., Davies, H. and Fisher, M. (1968). Dust Removal from the Lung Parenchyma: an Investigation of Clearance Simulants. *Toxicol. and Applied Pharmacology*, **12**, 372-376.
- 8) Newton, D. and Holmes, A. (1966). A Case of Accidental Inhalation of Zinc-65 and Silver-110m. *Rad. Res.*, **29**, 403-412.
- 9) Spencer, H., Rosoff, B., Feldstein, A., Cohn, S. and Gusmano, E. (1965). Metabolism of Zinc-65 in Man. *Rad. Res.*, **24**, 432-445.
- 10) Siegel, E., Craig, F. A., Crystal, M. M. and Siegel, E. P. (1961). Distribution of  $^{65}\text{Zn}$  in the Prostrate and other Organs of Man. *Brit. J. Cancer*, **15**, 647-664.

亜鉛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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸入	
	クラス Y	
	経口	
	$f_1=5\times 10^{-1}$	$f_1=5\times 10^{-1}$
$^{62}\text{Zn}$	$5\times 10^7$	$1\times 10^8$
$^{63}\text{Zn}$	$9\times 10^8$ ( $9\times 10^8$ ) 胃壁	$3\times 10^9$
$^{65}\text{Zn}$	$1\times 10^7$	$1\times 10^7$
$^{69m}\text{Zn}$	$2\times 10^8$	$3\times 10^8$
$^{69}\text{Zn}$	$2\times 10^9$	$5\times 10^9$
$^{71m}\text{Zn}$	$2\times 10^8$	$6\times 10^8$
$^{72}\text{Zn}$	$4\times 10^7$	$4\times 10^7$

(44)

専門委員会2の報告

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40h/wk)

放射性核種	吸 入
	クラスY
	$f_1=5 \times 10^{-1}$
<sup>62</sup> Zn	$4 \times 10^4$
<sup>63</sup> Zn	$1 \times 10^6$
<sup>65</sup> Zn	$4 \times 10^3$
<sup>69m</sup> Zn	$1 \times 10^5$
<sup>69</sup> Zn	$2 \times 10^6$
<sup>71m</sup> Zn	$3 \times 10^5$
<sup>72</sup> Zn	$2 \times 10^4$

## 臭素の代謝データ

### 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup> のデータ

人体の臭素含有量	200 mg
軟組織の臭素含有量	170 mg
飲食物からの1日当たりの摂取量	7.5 mg

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

経口投与されたほとんどすべての臭化物は尿中に現れる<sup>2)</sup>。塩素との類推によって、この元素のすべての化合物について  $f_1$  を1とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>3)</sup> は、すべての元素の臭化物を吸入のクラスDまたは吸入のクラスWのいずれかに指定している。ある特定の元素の臭化物の分類に関する情報については、その元素の代謝データあるいは、「課題グループ」の報告書を参照されたい。

吸入のクラス	$f_1$
D	1
W	1
Y	—

## (c) 分布と残留

人体内の臭化物の代謝挙動は塩化物のそれと非常に似ていることが知られている<sup>4)</sup>。それゆえ、塩素について使用した代謝モデルを臭素についても使用する。通過コンパートメントを出ていく臭化物は、人体のすべての器官および組織の間に均等に分布し、そこに10日の生物学的半減期で残留すると仮定する。

## (d) 娘核種の挙動

$^{83}\text{Br}$  は崩壊して114分の放射性半減期をもつ  $^{83\text{m}}\text{Kr}$  になる。体内からのクリプトンの排出はいろいろな動物およびヒトについて研究されている<sup>5), 6)</sup>。数分の半減期で排出される成分が観察されるが、また数時間の半減期の成分も観察されている。これらのデータを検討した結果、生成した  $^{83\text{m}}\text{Kr}$  の0.2が生成したその場所で崩壊し、残りの0.8は崩壊することなく体外に出ると仮定した。

## 3. 骨線量算定のための同位体の分類

臭素は人体内に均等に分布すると仮定するので、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Söremark, R. (1960). Excretion of Bromide Ions by Human Urine. *Acta Physiol. Scand.*, **50**, 306-310.
- 3) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 4) Reid, A. F., Forbes, C. B., Bondurant, J. and Etheridge, J. (1956). Estimation of Total Body Chlorine in Man by Radio-Bromide Dilution. *J. Lab. Clin. Med.*, **48**, 63-68.

- 5) Kirk, W. P. and Morken, D. A. (1975). *In vivo* Kinetic Behaviour and Whole-Body Partition Coefficients for  $^{85}\text{Kr}$  in Guinea Pigs. *Health Phys.*, 28, 263-273.
- 6) Hytten, F. E., Taylor, K. and Taggart, N. (1966). Measurement of Total Body Fat in Man by Absorption of  $^{85}\text{Kr}$ . *Clin. Sci.*, 31, 111-119.

臭素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 ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)

放射性核種	ALI (Bq)		
	経口	吸入	
		クラスD	クラスW
	$f_1=1$	$f_1=1$	$f_1=1$
$^{74\text{m}}\text{Br}$	$5 \times 10^8$ ( $8 \times 10^8$ ) 胃壁	$1 \times 10^9$	$2 \times 10^9$
$^{74}\text{Br}$	$8 \times 10^8$ ( $1 \times 10^9$ ) 胃壁	$3 \times 10^9$	$3 \times 10^9$
$^{75}\text{Br}$	$1 \times 10^9$ ( $1 \times 10^9$ ) 胃壁	$2 \times 10^9$	$2 \times 10^9$
$^{76}\text{Br}$	$1 \times 10^8$	$2 \times 10^8$	$2 \times 10^8$
$^{77}\text{Br}$	$6 \times 10^8$	$9 \times 10^8$	$7 \times 10^8$
$^{80\text{m}}\text{Br}$	$8 \times 10^8$	$6 \times 10^8$	$5 \times 10^8$
$^{80}\text{Br}$	$2 \times 10^9$ ( $3 \times 10^9$ ) 胃壁	$7 \times 10^9$	$8 \times 10^9$
$^{82}\text{Br}$	$1 \times 10^8$	$2 \times 10^8$	$1 \times 10^8$
$^{83}\text{Br}$	$2 \times 10^9$ ( $3 \times 10^9$ ) 胃壁	$2 \times 10^9$	$2 \times 10^9$
$^{84}\text{Br}$	$7 \times 10^8$ ( $1 \times 10^9$ ) 胃壁	$2 \times 10^9$	$2 \times 10^9$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスD	クラスW
	$f_1=1$	$f_1=1$
<sup>74m</sup> Br	$6 \times 10^5$	$6 \times 10^5$
<sup>74</sup> Br	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$
<sup>75</sup> Br	$7 \times 10^5$	$8 \times 10^5$
<sup>76</sup> Br	$7 \times 10^4$	$7 \times 10^4$
<sup>77</sup> Br	$4 \times 10^5$	$3 \times 10^5$
<sup>80m</sup> Br	$3 \times 10^5$	$2 \times 10^5$
<sup>80</sup> Br	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^6$
<sup>82</sup> Br	$6 \times 10^4$	$6 \times 10^4$
<sup>83</sup> Br	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$
<sup>84</sup> Br	$9 \times 10^5$	$1 \times 10^6$

## ルビジウムの代謝データ

### 1. 代謝

「標準人」<sup>4)</sup>のデータ

人体のルビジウム含有量	0.68 g
軟組織のルビジウム含有量	0.47 g
飲食物からの1日当たりの摂取量	2.2 mg

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

ヒトについての実験は、ルビジウムが胃腸管からほとんど完全に吸収されることを示している<sup>2)</sup>。この報告書では、ルビジウムのすべての化合物について  $f_1$  を1とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>3)</sup>は、ルビジウムの化合物を吸入のクラス D に指定した。適切な実験データがないので、ここではこの分類を採用する。

吸入のクラス	$f_1$
D	1
W	—
Y	—

**(c) 分布と残留**

カリウムに似てルビジウムは、全身の平均濃度の約3倍の濃度の無機質骨を除き、人体のすべての器官と組織の間にほぼ均等に分布する。ルビジウムの全身残留は単一の指数項でかなりよく表すことができるが<sup>2), 4)-7)</sup>、急速なクリアランスを示す小さな成分が観察されている<sup>2), 5)</sup>。この単一の指数項は、正常人で32日から57日の間の生物学的半減期をもち、その平均値は44日である<sup>2)</sup>。

この報告書では、通過コンパートメントを出ていくルビジウムのうち、0.25の割合が骨格に移行すると仮定する。通過コンパートメントを出ていくルビジウムの残りの割合は、人体の他のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。骨格を含む人体の任意の器官あるいは組織に移行したルビジウムは、そこに44日の生物学的半減期で残留すると仮定する。

**(d) 娘核種の挙動**

$^{79}\text{Rb}$  は、崩壊して放射性半減期35時間の  $^{79}\text{Kr}$  になり、 $^{81}\text{Rb}$  は放射性半減期  $2.1 \times 10^5$  年の  $^{81}\text{Kr}$  になる。放射線防護の目的には、 $^{79}\text{Kr}$  と  $^{81}\text{Kr}$  は崩壊することなく体外へ出ると仮定する。 $^{83}\text{Rb}$  は、崩壊して放射性半減期 114 分の  $^{83m}\text{Kr}$  になる。生成した  $^{83m}\text{Kr}$  のうち 0.2 は生成したその場所で崩壊し、他の 0.8 が崩壊することなく人体から出ると仮定する（臭素の代謝データ参照、45頁）。

**3. 骨線量算定のための同位体の分類**

骨の組織液中のカリウム濃度は、血漿中の濃度よりはるかに高いことが知られている<sup>8)</sup>。したがって、ルビジウムとカリウムの化学的類似性から、骨格中のルビジウムの濃度が平均より高いのは、骨の組織液中にこの元素が高濃度で存在するためと考えることは合理的である。この理由により、ルビジウムの放射性同位体は、骨格に沈着した後いつでも無機質骨全体に均等に分布している

と仮定する。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Lloyd, R. D., Mays, C. W., McFarland, S. S., Zundel, W. S. and Tyler, F. H. (1973). Metabolism of  $^{86}\text{Rb}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in persons with Muscle Disease. *Rad. Res.*, **54**, 463-478.
- 3) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 4) Wood, O. L. (1969). Comparison of Naturally Occurring Rubidium and Potassium in Human Erythrocytes, Plasma and Urine. *Health Phys.*, **17**, 513-514.
- 5) Iinuma, T., Watari, K., Nagai, T., Iwashima, K. and Yamagata, N. (1967). Comparative Studies of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{86}\text{Rb}$  turnover in Man using a Double-tracer Method. *J. Rad. Res.*, **8-3-4**, 100-115.
- 6) Threefoot, S. A., Ray, C. T. and Burch, G. E. (1955). Study of the use of  $\text{Rb}^{86}$  as a Tracer for the measurement of  $\text{Rb}^{86}$  and  $\text{K}^{40}$  Space and Mass in Intact Man with and without Congestive Heart Failure. *J. Lab. Clin. Med.*, **45**, 408-430.
- 7) Richmond, C. R. (1958). Retention and Excretion of Radionuclides of the Alkali Metals by Five Mammalian Species. *USAEC Report LA-2207*, p. 139.
- 8) Triffit, J. T., Terepka, A. R. and Neuman, W. F. (1968). A comparative Study of the Exchange in vivo of Major Constituents of Bone Mineral. *Calc. Tiss. Res.*, **2**, 165-176.

ルビジ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入	
	経 口	ク ラ ス D
	$f_1 = 1$	$f_1 = 1$
<sup>79</sup> Rb	1×10 <sup>9</sup> (2×10 <sup>9</sup> ) 胃 壁	4×10 <sup>9</sup>
<sup>81m</sup> Rb	9×10 <sup>9</sup> (1×10 <sup>10</sup> ) 胃 壁	1×10 <sup>10</sup>
<sup>81</sup> Rb	1×10 <sup>9</sup>	2×10 <sup>9</sup>
<sup>82m</sup> Rb	4×10 <sup>8</sup>	7×10 <sup>8</sup>
<sup>83</sup> Rb	2×10 <sup>7</sup>	4×10 <sup>7</sup>
<sup>84</sup> Rb	2×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>7</sup>
<sup>86</sup> Rb	2×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>7</sup>
<sup>87</sup> Rb	4×10 <sup>7</sup>	6×10 <sup>7</sup>
<sup>88</sup> Rb	7×10 <sup>8</sup> (1×10 <sup>9</sup> ) 胃 壁	2×10 <sup>9</sup>
<sup>89</sup> Rb	1×10 <sup>9</sup> (2×10 <sup>9</sup> ) 胃 壁	5×10 <sup>9</sup>

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入	
	ク ラ ス D	
	$f_1 = 1$	
<sup>79</sup> Rb	2×10 <sup>8</sup>	
<sup>81m</sup> Rb	5×10 <sup>8</sup>	
<sup>81</sup> Rb	8×10 <sup>8</sup>	
<sup>82m</sup> Rb	3×10 <sup>8</sup>	
<sup>83</sup> Rb	2×10 <sup>4</sup>	
<sup>84</sup> Rb	1×10 <sup>4</sup>	
<sup>86</sup> Rb	1×10 <sup>4</sup>	
<sup>87</sup> Rb	2×10 <sup>4</sup>	
<sup>88</sup> Rb	1×10 <sup>8</sup>	
<sup>89</sup> Rb	2×10 <sup>8</sup>	

## イットリウムの代謝データ

### 1. 代 謝

イットリウムの全身含有量および通常の1日当たり摂取量は、「標準人」<sup>1)</sup>に与えられていない。しかし、イットリウムの肝臓中の全含有量は1.6 mgであり、また梁骨中の全含有量は4.5 mgより少ないと記述されている。

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

ラット<sup>2),3)</sup> およびイヌ<sup>4)</sup> についての研究により、この元素の胃腸管からの取り込みはほとんどないことが証明されているので、この報告書では、イットリウムのすべての化合物について  $f_1$  を  $10^{-4}$  とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>5)</sup> は、イットリウムの酸化物および水酸化物を吸入のクラスYに、この元素のその他すべての化合物を吸入のクラスWに指定した。この分類は、 $YCl_3$  がクラスWの物質として挙動することを示すイヌについての実験<sup>6)</sup> によって支持されている。

吸入のクラス	$f_1$
D	—
W	$10^{-4}$
Y	$10^{-4}$

## (c) 分布と残留

ラットについての実験<sup>7)</sup>により、注射されたイットリウム約30%は肝臓に沈着し、10%はその他すべての軟組織中に分布することが示されている。この分布は、 $^{91}\text{YCl}_3$ を吸入した後のイヌにおける $^{91}\text{Y}$ の分布<sup>8)</sup>と大体一致し、また、注射してから30日後までのウサギにおける $^{91}\text{Y}$ の分布および残留についての研究<sup>9)</sup>とも大体一致する。ウサギにおける残留についてのデータ<sup>9)</sup>は、イットリウムが体内のすべての器官および組織に長期間残留することを示している。

この報告書では、通過コンパートメントを出ていくイットリウムのうち、0.25は直接に排泄され、0.5は骨格に移行し、0.15は肝臓に移行し、また、0.1は人体のその他すべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。また、通過コンパートメントから直接に排泄されないイットリウムは、人体内に無期限に残留すると仮定する。この後の方の仮定は、この報告書で考察しているイットリウムの同位体には110日より長い放射性半減期を有するものがないので、放射線防護の目的には妥当である。

## 3. 骨線量算定のための同位体の分類

イットリウムの化学的性質はアクチノイドの化学的性質に類似し、また、この報告書で考察するイットリウムの同位体には110日より長い放射性半減期を有するものがないので、イットリウムの放射性同位体は、骨格に沈着した後いつでも骨の表面に均等に分布していると仮定する。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man.* Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Hamilton, J. G., Scott, K., Chaikoff, I. C., Fishler, M. C., Entermann, C., Overstreet, R., Jacobson, L., Kaplan, M. and Greenberg, D. M. (1943).

Metabolism of Fission Products. MDDC-1143.

- 3) Marcus, C. S. and Lengemann, F. W. (1962). Use of Radioyttrium to Study Food Movement in the Small Intestine of the Rat. *J. Nutrition*, **76**, 179-182.
- 4) Nold, N. M., Hayes, R. L. and Comar, C. L. (1960). Internal Radiation Dose Measurements in Live Experimental Animals—II. *Health Phys.*, **4**, 86-100.
- 5) Report of the ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 6) McClellan, R. O. and Rupprecht, F. S. *Fission Product Inhalation Program Annual Report 1966-1967*, pp. 40-64. Lovelace Foundation Report (LF-38).
- 7) Durbin, P. W. (1960). Metabolic Characteristics within a Chemical Family. *Health Phys.*, **2**, 225-238.
- 8) Lloyd, E. (1961). The Relative Distributions of Radioactive Yttrium and Strontium and the Secondary Deposition of  $^{90}\text{Y}$  built up from  $^{90}\text{Sr}$ . *Int. J. Rad. Biol.*, **3**, 475-492.

イット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 (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入		
	経 口	クラスW	クラスY
	$f_1=1\times 10^{-4}$	$f_1=1\times 10^{-4}$	$f_1=1\times 10^{-4}$
$^{86m}\text{Y}$	$8\times 10^8$	$2\times 10^9$	$2\times 10^9$
$^{86}\text{Y}$	$5\times 10^7$	$1\times 10^8$	$1\times 10^8$
$^{87}\text{Y}$	$8\times 10^7$	$1\times 10^8$	$1\times 10^8$
$^{88}\text{Y}$	$4\times 10^7$	$9\times 10^6$	$9\times 10^6$
$^{90m}\text{Y}$	$3\times 10^8$	$5\times 10^8$	$4\times 10^8$
$^{90}\text{Y}$	$2\times 10^7$	$3\times 10^7$	$2\times 10^7$
	( $2\times 10^7$ ) 大腸下部壁		
$^{91m}\text{Y}$	$5\times 10^9$	$9\times 10^9$	$6\times 10^9$
$^{91}\text{Y}$	$2\times 10^7$	$6\times 10^6$	$4\times 10^6$
	( $2\times 10^7$ ) 大腸下部壁		

放射性核種	吸 入		
	経 口	クラスW	クラスY
	$f_i=1 \times 10^{-4}$	$f^1=1 \times 10^{-4}$	$f^1=1 \times 10^{-4}$
$^{92}\text{Y}$	$1 \times 10^8$	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
$^{93}\text{Y}$	$4 \times 10^7$	$1 \times 10^8$	$9 \times 10^7$
$^{94}\text{Y}$	$8 \times 10^8$ ( $1 \times 10^9$ ) 胃 壁	$3 \times 10^9$	$3 \times 10^9$
$^{95}\text{Y}$	$1 \times 10^9$ ( $2 \times 10^9$ ) 胃 壁	$6 \times 10^9$	$5 \times 10^9$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスW	クラスY
	$f_i=1 \times 10^{-4}$	$f_i=1 \times 10^{-4}$
$^{86m}\text{Y}$	$9 \times 10^5$	$8 \times 10^5$
$^{86}\text{Y}$	$5 \times 10^4$	$5 \times 10^4$
$^{87}\text{Y}$	$5 \times 10^4$	$5 \times 10^4$
$^{88}\text{Y}$	$4 \times 10^3$	$4 \times 10^3$
$^{90m}\text{Y}$	$2 \times 10^5$	$2 \times 10^5$
$^{90}\text{Y}$	$1 \times 10^4$	$9 \times 10^3$
$^{91m}\text{Y}$	$4 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
$^{91}\text{Y}$	$3 \times 10^3$	$2 \times 10^3$
$^{92}\text{Y}$	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
$^{93}\text{Y}$	$4 \times 10^4$	$4 \times 10^4$
$^{94}\text{Y}$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$
$^{95}\text{Y}$	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$

## テクネチウムの代謝データ

### 1. 代 謝

テクネチウムに関しては「標準人」<sup>1)</sup>にデータは与えられていない。

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

Beasley ら<sup>2)</sup>の報告では、過テクネチウム酸塩の形のテクネチウムの、ヒトの胃腸管からの吸収割合は約0.95である。しかし、Hays<sup>3)</sup>は、経口投与した過テクネチウム酸塩は、吸収の期間および程度が著しく変動し、吸収が一定しないことを示した。ラットでは、胃腸管からの塩化テクネチウムの吸収割合は約0.5であることが見出された<sup>4),5)</sup>。この報告書では、この元素のすべての化合物について  $f_1$  を0.8とする。しかしこの値は、特定の放射性医薬品、たとえば <sup>99m</sup>Tc-硫黄コロイドに関しては間違いはなく不当に大きな値であることに留意すべきである<sup>6)</sup>。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>7)</sup>はテクネチウムの酸化物、水酸化物、ハロゲン化物および硝酸塩を吸入のクラスWに指定し、この元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定した。<sup>99m</sup>Tc-過テクネチウム酸塩を用いたヒトについての実験<sup>8)</sup>はこの分類と一致しており、ここではこの分類を採用する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.8
W	0.8
Y	—

### (c) 分布と残留

ヒトでは、過テクネチウム酸塩として静脈内に投与したテクネチウムは甲状腺、胃腸管および肝臓に濃縮される<sup>2), 9)-11)</sup>。

ヒトに静脈注射した後の過テクネチウム酸塩の全身残留<sup>2)</sup>には次の形の関数がよくあてはまる。

$$R(t) = 0.76e^{-0.693t/1.6} + 0.19e^{-0.693t/3.7} + 0.043e^{-0.693t/22}$$

しかし、静脈内注入後の早い時期における人体内の過テクネチウム酸塩の分布を記述するためには、複雑な複数コンパートメントモデルが必要である<sup>11)</sup>。

この報告書では、過テクネチウム酸塩の分布と残留に関して簡単なモデルを採用した。このモデルは放射線防護の目的には適切であると考えられる。

通過コンパートメントから出ていくテクネチウムのうち0.04は甲状腺に移行し、そこに0.5日の生物学的半減期で残留すると仮定する<sup>10)</sup>。残りのうち0.1および0.03の割合がそれぞれ胃壁および肝臓に移行すると仮定する。通過コンパートメントから出ていくテクネチウムの残りの部分は、甲状腺、胃壁および肝臓以外の人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。甲状腺以外の人体の任意の器官あるいは組織に移行したテクネチウムの0.75、0.20および0.05の割合がそれぞれ1.6日、3.7日および22日の生物学的半減期で残留すると仮定する。テクネチウムについては通過コンパートメント中の生物学的半減期を0.02日とする。

### (d) 放射性医薬品

上に述べた代謝モデルは、過テクネチウム酸塩以外の<sup>99m</sup>Tcで標識した放射

性医薬品に関しては一般的にはあてはまらないことを強調しておく。このような化合物を取り扱う作業の場合の放射線防護の指針に関しては、読者は ICRP Publication 17および25 (文献12)と13))を参照されたい。

### 3. 骨線量算定のための同位体の分類

テクネチウムは甲状腺、胃壁および肝臓以外の人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。したがって、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, *Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Beasley, T. M., Palmer, H. E. and Nelp, W. B. (1966). Deposition and Excretion of Technetium in Humans. *Health Phys.*, **12**, 1425-1435.
- 3) Hays, M. T. (1973).  $^{99m}\text{Tc}$ -Pertechnetate transport in man: absorption after subcutaneous and oral administration: secretion into saliva and gastric juice. *J. Nucl. Med.*, **14**, 331-335.
- 4) Hamilton, J. G. *Medical and Health Physics Division, Quarterly Report*. University of California, UCRL-98 (1948) p. 8.
- 5) Sullivan, M. F., Graham, T. M., Cataldo, D. A. and Schreckhise, R. G. Absorption and retention of inorganic and originally incorporated technetium-95 by rats and guinea pigs. In: *Pacific Northwest Laboratory Annual Report for 1977*, Part 1 Biomedical Sciences, Feb. 1978, PNL-2500PT1.
- 6) Van Kirk, O., Chafetz, N., Cooke, S., Taylor, A. and Larson, S. M. (1978). Imaging of the bowel with technetium—an aid in gallium studies. *J. Nucl. Med.*, **19**, 69-70.
- 7) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 8) Cooke, D. J. and Lander, H. (1971). Inhalation Pulmonary Scinti-

- photography using pertechnetate. *Am. J. Roent.*, **113**, 682-689.
- 9) Harper, P. V., Lathrop, K. A., McCordle, R. J. and Andros, G. The use of technetium-99m as a clinical scanning agent for thyroid, liver and brain. In: *Medical Radioisotope Scanning*, Vol. 2 (IAEA, Vienna, 1964) pp. 33-45.
- 10) McAfee, J. G., Fueger, C. F., Stern, H. S., Wagner, H. N., Jr. and Migata, T. (1964). <sup>99m</sup>Tc pertechnetate for brain scanning. *J. Nucl. Med.*, **5**, 811-827.
- 11) Hays, M. T. and Berman, M. (1977). Pertechnetate distribution in man after intravenous infusion: a compartmental model. *J. Nucl. Med.*, **18**, 898-904.
- 12) *ICRP Publication 17, Protection of the patient in radionuclide investigations*. Pergamon Press, Oxford, 1971.
- 13) *ICRP Publication 25, Handling, storage, use and disposal of unsealed radionuclides in hospitals and medical research establishments*. Pergamon Press, Oxford, 1977.

テクネチ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入		
	経 口	クラスD	クラスW
		$f_1=8 \times 10^{-1}$	$f_1=8 \times 10^{-1}$
<sup>93m</sup> Tc	$3 \times 10^9$	$6 \times 10^9$	$1 \times 10^{10}$
<sup>93</sup> Tc	$1 \times 10^9$	$3 \times 10^9$	$4 \times 10^9$
<sup>94m</sup> Tc	$7 \times 10^8$	$2 \times 10^9$	$2 \times 10^9$
<sup>94</sup> Tc	$3 \times 10^8$	$7 \times 10^8$	$9 \times 10^8$
<sup>96m</sup> Tc	$6 \times 10^8$	$1 \times 10^{10}$	$9 \times 10^9$
<sup>96</sup> Tc	$7 \times 10^7$	$1 \times 10^8$	$8 \times 10^7$
<sup>97m</sup> Tc	$2 \times 10^8$	$2 \times 10^8$ ( $3 \times 10^8$ ) 胃 壁	$4 \times 10^7$
<sup>97</sup> Tc	$1 \times 10^9$	$2 \times 10^9$	$2 \times 10^8$
<sup>98</sup> Tc	$4 \times 10^7$	$6 \times 10^7$	$1 \times 10^7$

放射性核種	経口	吸入	
		クラスD	クラスW
		$f_1=8 \times 10^{-1}$	$f_1=8 \times 10^{-1}$
$^{99m}\text{Tc}$	$3 \times 10^9$	$6 \times 10^9$	$9 \times 10^9$
$^{99}\text{Tc}$	$1 \times 10^8$	$2 \times 10^8$ ( $2 \times 10^8$ ) 胃壁	$2 \times 10^7$
$^{101}\text{Tc}$	$3 \times 10^9$ ( $5 \times 10^9$ ) 胃壁	$1 \times 10^{10}$	$1 \times 10^{10}$
$^{104}\text{Tc}$	$8 \times 10^8$ ( $1 \times 10^9$ ) 胃壁	$3 \times 10^9$	$3 \times 10^9$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸入	
	クラスD	クラスW
	$f_1=8 \times 10^{-1}$	$f_1=8 \times 10^{-1}$
$^{93m}\text{Tc}$	$2 \times 10^6$	$5 \times 10^6$
$^{93}\text{Tc}$	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
$^{94m}\text{Tc}$	$7 \times 10^5$	$9 \times 10^5$
$^{94}\text{Tc}$	$3 \times 10^5$	$4 \times 10^5$
$^{96m}\text{Tc}$	$4 \times 10^6$	$4 \times 10^6$
$^{96}\text{Tc}$	$5 \times 10^4$	$3 \times 10^4$
$^{97m}\text{Tc}$	$1 \times 10^5$	$2 \times 10^4$
$^{97}\text{Tc}$	$8 \times 10^5$	$9 \times 10^4$
$^{98}\text{Tc}$	$2 \times 10^4$	$5 \times 10^3$
$^{99m}\text{Tc}$	$2 \times 10^6$	$4 \times 10^6$
$^{99}\text{Tc}$	$8 \times 10^4$	$1 \times 10^4$
$^{101}\text{Tc}$	$5 \times 10^6$	$6 \times 10^6$
$^{104}\text{Tc}$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$

## ルテニウムの代謝データ

### 1. 代 謝

ルテニウムに関しては「標準人」<sup>1)</sup> にデータが与えられていない。

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

Furchner ら<sup>2)</sup> は、胃腸管からの  $^{106}\text{RuCl}_3$  の吸収割合を 0.035 と推定している。この値は Thompson<sup>3)</sup>, Burykina<sup>4)</sup> および Bruce<sup>5)</sup> により報告された結果とよく一致している。ニトロシルルテニウム錯体は塩化物よりはいくぶんよく吸収されるが<sup>6)</sup>、放射線防護の目的には、通常存在しているルテニウムのすべての化合物について、 $f_1$  を 0.05 とすることで十分であると考えられる。

#### (b) 吸入のクラス

ビーグル犬についての実験<sup>6)</sup> は、 $^{106}\text{RuO}_2$  は約 2,000 日の生物学的半減期で強固に肺に残留することを示した。このことは、ルテニウムの酸化物および水酸化物を吸入のクラス Y に、ハロゲン化物を吸入のクラス W に、そしてその他すべての化合物を吸入のクラス D に区分した ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>7)</sup> の結論と一致する。したがって、この報告書ではこの課題グループの勧告を採用する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.05
W	0.05
Y	0.05

### (c) 分布と残留

Furchner ら<sup>2)</sup>は、いろいろな動物種について経口および静脈内投与後のルテニウムの生物学的残留を決定した。彼らのデータを  $^{106}\text{Ru}$  の放射性崩壊につき補正して、

$$R(t) = 0.15e^{-0.693t/0.3} + 0.35e^{-0.693t/8.0} \\ + 0.30e^{-0.693t/35} + 0.20e^{-0.693t/1000}$$

という形の全身残留関数が、ヒトについての適切なものとして導かれた。

Furchner ら<sup>2)</sup>の実験は、ラットでは、注射後の初期においては腎臓が最も高い濃度のルテニウムを含むが、注射後86日より後ではルテニウムは体内のすべての器官および組織中に、似たような濃度で存在することを示した。

この報告書では、通過コンパートメントを出ていくルテニウムについては通過コンパートメントに0.3日の生物学的半減期で残留すると仮定する。このルテニウムのうち、0.15の割合は直接に排泄され、残りは人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。通過コンパートメントから人体のすべての器官および組織に移行するこの0.85という割合のルテニウムのうち、0.35は8日の生物学的半減期で、0.3は35日の生物学的半減期で、0.2は1,000日の生物学的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

ルテニウムは人体内に均等に分布すると仮定するので、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, *Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Furchner, J. E., Richmond, C. R. and Drake, G. A. (1971). Comparative Metabolism of Radionuclides in Mammals—VII. Retention of  $^{106}\text{Ru}$  in the Mouse, Rat, Monkey and Dog. *Health Phys.*, **21**, 355–365.
- 3) Thompson, R. C., Weeks, M. H., Hollis, L., Ballou, J. F. and Oakely, W. D. (1958). Metabolism of Radio-Ruthenium in the Rat. *Am. J. Roentg.*, **79**, 1026–1044.
- 4) Burykina, L. N. The Metabolism of Radioactive Ruthenium in the Organism of Experimental Animals. In: *The Toxicology of Radioactive Substances*, Vol. 1. Eds. Letavet, A. A. and Kurlyandskaya, E. B. Pergamon Press, Oxford, 1962, pp. 60–76.
- 5) Bruce, R. S. and Carr, T. E. F. (1961). Studies in the Metabolism of Carrier-Free Radioruthenium I. *Reactor Sc. Technol., J. nucl. Energy* (Parts A and B), **14**, 9–17.
- 6) Stuart, B. O. (1970). Long-term Retention and Translocation of Inhaled  $^{106}\text{Ru}$ - $^{106}\text{RhO}_2$  in Beagles. *Pacific Northwest Lab. Report*, BNWL-1050, pp. 3–43.
- 7) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173–207.

ルテ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経 口	吸 入		
		クラスD	クラスW	クラスY
		$f_1=5\times 10^{-2}$	$f_1=5\times 10^{-2}$	$f_1=5\times 10^{-2}$
<sup>94</sup> Ru	$6\times 10^8$	$2\times 10^9$	$2\times 10^9$	$2\times 10^9$
<sup>97</sup> Ru	$3\times 10^8$	$7\times 10^8$	$5\times 10^8$	$4\times 10^8$
<sup>103</sup> Ru	$7\times 10^7$	$6\times 10^7$	$4\times 10^7$	$2\times 10^7$
<sup>105</sup> Ru	$2\times 10^8$	$5\times 10^8$	$5\times 10^8$	$4\times 10^8$
<sup>106</sup> Ru	$7\times 10^8$ ( $9\times 10^8$ ) 大腸下部壁	$3\times 10^8$	$2\times 10^8$	$4\times 10^8$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=5\times 10^{-2}$	$f_1=5\times 10^{-2}$	$f_1=5\times 10^{-2}$
<sup>94</sup> Ru	$7\times 10^5$	$1\times 10^6$	$9\times 10^5$
<sup>97</sup> Ru	$3\times 10^5$	$2\times 10^5$	$2\times 10^5$
<sup>103</sup> Ru	$3\times 10^4$	$2\times 10^4$	$1\times 10^4$
<sup>105</sup> Ru	$2\times 10^5$	$2\times 10^5$	$2\times 10^5$
<sup>106</sup> Ru	$1\times 10^3$	$8\times 10^2$	$2\times 10^2$

## ロジウムの代謝データ

### 1. 代 謝

ロジウムに関しては「標準人」<sup>1)</sup>にデータが与えられていない。

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

ロジウムの胃腸管からの取り込みに関する情報はないようである。この元素は化学的にルテニウムに類似している<sup>2)</sup>ので、ロジウムのすべての化合物について  $f_1$  を0.05とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>3)</sup>は、ロジウムの酸化物および水酸化物を吸入のクラスYに、ハロゲン化物を吸入のクラスWに、そしてこの元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定した。実験からの適切な情報がなにもないので、ここではこの分類を採用した。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.05
W	0.05
Y	0.05

#### (c) 分布と残留

哺乳動物のどの種についても、ロジウムの分布と残留に関する入手可能な情

報はないようである。この元素はルテニウムと化学的性質が似ているので、ルテニウムについての代謝モデルをロジウムについても採用する。

通過コンパートメントに入ったロジウムは、そこに0.3日の生物学的半減期で残留すると仮定する。このロジウムのうち、0.15の割合は直接に排泄されると仮定し、残りは人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。通過コンパートメントから人体のすべての器官および組織に移行したこの0.85のロジウムのうち、0.35は8日の生物学的半減期で、0.3は35日の生物学的半減期で、0.2は1,000日の生物学的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

ロジウムは人体内に均等に分布すると仮定するので、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Task Group Report on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Partington, J. R. *General and Inorganic Chemistry*. Macmillan, London, 1954, pp. 834-835.
- 3) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966): Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.

ロジウム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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経口	吸入		
		クラスD	クラスW	クラスY
		$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$
<sup>99m</sup> Rh	$7 \times 10^8$	$2 \times 10^9$	$3 \times 10^9$	$2 \times 10^9$
<sup>99</sup> Rh	$9 \times 10^7$	$1 \times 10^8$	$8 \times 10^7$	$7 \times 10^7$
<sup>100</sup> Rh	$6 \times 10^7$	$2 \times 10^8$	$1 \times 10^8$	$1 \times 10^8$
<sup>101m</sup> Rh	$2 \times 10^8$	$4 \times 10^8$	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
<sup>101</sup> Rh	$8 \times 10^7$	$2 \times 10^7$	$3 \times 10^7$	$6 \times 10^6$
<sup>102m</sup> Rh	$5 \times 10^7$ ( $5 \times 10^7$ ) 大腸下部壁	$2 \times 10^7$	$1 \times 10^7$	$4 \times 10^6$
<sup>102</sup> Rh	$2 \times 10^7$	$3 \times 10^6$	$7 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
<sup>103m</sup> Rh	$2 \times 10^{10}$	$4 \times 10^{10}$	$5 \times 10^{10}$	$4 \times 10^{10}$
<sup>105</sup> Rh	$1 \times 10^8$ ( $1 \times 10^8$ ) 大腸下部壁	$4 \times 10^8$	$2 \times 10^8$	$2 \times 10^8$
<sup>106m</sup> Rh	$3 \times 10^8$	$9 \times 10^8$	$1 \times 10^9$	$1 \times 10^9$
<sup>107</sup> Rh	$3 \times 10^9$ ( $3 \times 10^9$ ) 胃壁	$9 \times 10^9$	$1 \times 10^{10}$	$9 \times 10^9$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$
<sup>99m</sup> Rh	$9 \times 10^5$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$
<sup>99</sup> Rh	$5 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$3 \times 10^4$
<sup>100</sup> Rh	$8 \times 10^4$	$6 \times 10^4$	$6 \times 10^4$
<sup>101m</sup> Rh	$2 \times 10^5$	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
<sup>101</sup> Rh	$8 \times 10^3$	$1 \times 10^4$	$2 \times 10^3$
<sup>102m</sup> Rh	$8 \times 10^3$	$6 \times 10^3$	$2 \times 10^3$
<sup>102</sup> Rh	$1 \times 10^3$	$3 \times 10^3$	$9 \times 10^2$
<sup>103m</sup> Rh	$2 \times 10^7$	$2 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
<sup>105</sup> Rh	$2 \times 10^5$	$1 \times 10^5$	$9 \times 10^4$
<sup>106m</sup> Rh	$4 \times 10^5$	$6 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
<sup>107</sup> Rh	$4 \times 10^6$	$4 \times 10^6$	$4 \times 10^6$

## 銀の代謝データ

### 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup> のデータ

軟組織の銀含有量	790 $\mu\text{g}$
飲食物からの1日当たりの摂取量	70 $\mu\text{g}$

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

ラット、サルおよびイヌの実験は、銀が硝酸塩として投与されると、胃腸管からの銀の吸収割合が0.1よりも小さいことを示した。この報告書では、銀のすべての化合物について、サルとイヌの硝酸塩の吸収についての Furchner のデータ<sup>2)</sup>に基づいて、 $f_1$  を0.05とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>3)</sup> は、銀の酸化物および水酸化物を吸入のクラスYに、硝酸塩および硫化物を吸入のクラスWに、そしてこの元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定した。適切な実験データが何もないので、ここではこの分類を採用した。

金属状の銀の煙霧を吸入したイヌでは、肺に沈着した銀のうち0.59, 0.39および0.02の割合がそれぞれ1.7日, 8.4日および40日の生物学的半減期で残留することが見出された。したがって、この報告書では、金属状の銀を吸入のクラスDに指定する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.05
W	0.05
Y	0.05

### (c) 分布と残留

ヒトに放射性の銀を静脈内注射した後、体外計測によって約3.5日および48日の半減期をもつ銀の残留成分があることが認められた<sup>6)</sup>。同様の残留成分が<sup>110m</sup>Agを誤って吸入したある個人について見出された。

動物についての実験<sup>2)</sup>は、銀の残留にはかなりの種間の変動があることを示しており、そのため、入手できる動物のデータをヒトに補外することは困難である。

ラットでは、銀は脾臓と脳に選択的に濃縮される<sup>2)</sup>。これに反し、イヌでは、金属状の銀の吸入の後、銀の大部分が移行する器官は肝臓である。

ヒトでは、Polachekら<sup>6)</sup>による剖検のデータは、組織系内の銀の約40%が肝臓に見出されることを示している。NewtonとHolmes<sup>6)</sup>が提示したデータも、吸入の後、肺から移行した銀のおもな沈着部位は肝臓であることを示している。

この報告書では、通過コンパートメントを出ていく銀のうち、0.8が肝臓に移行し、0.2が人体のその他すべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。

肝臓または他の任意の組織にいった銀のうち、0.1と0.9の割合がそれぞれ3.5日と50日の生物学的半減期で残留すると仮定する<sup>6)</sup>。

### 3. 骨線量算定のための同位体の分類

組織系内の銀は、肝臓を除く人体の他のすべての器官および組織に均等に分

布すると仮定する。それゆえ、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Furchner, J. E., Richmond, C. R. and Drake, G. A. (1968). Comparative Metabolism of Radionuclides in Mammals—IV. Retention of Silver-110m in the Mouse, Rat, Monkey and Dog. *Health Phys.*, 15, 505-514.
- 3) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, 12, 173-207.
- 4) Phalen, R. F. and Morrow, P. E. (1973). Experimental Inhalation of Metallic Silver. *Health Phys.*, 24, 509-518.
- 5) Polachek, A. A., Cope, C. B., Willard, R. F. and Enns, T. (1960). Metabolism of Radioactive Silver in A Patient with Carcinoid. *J. Lab. Clin. Med.*, 56, 499-505.
- 6) Newton, D. and Holmes, A. (1966). A Case of Accidental Inhalation of Zinc-65 and Silver-110m. *Rad. Res.*, 29, 403-412.

銀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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

## ALI (Bq)

放射性核種	経 口	吸 入		
		クラスD	クラスW	クラスY
		$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$
<sup>102</sup> Ag	2×10 <sup>9</sup> (2×10 <sup>9</sup> ) 胃 壁	7×10 <sup>9</sup>	8×10 <sup>9</sup>	7×10 <sup>9</sup>
<sup>103</sup> Ag	1×10 <sup>9</sup>	4×10 <sup>9</sup>	5×10 <sup>9</sup>	4×10 <sup>9</sup>
<sup>104m</sup> Ag	1×10 <sup>9</sup>	4×10 <sup>9</sup>	5×10 <sup>9</sup>	4×10 <sup>9</sup>
<sup>104</sup> Ag	8×10 <sup>8</sup>	3×10 <sup>9</sup>	5×10 <sup>9</sup>	6×10 <sup>9</sup>
<sup>105</sup> Ag	1×10 <sup>8</sup>	4×10 <sup>7</sup>	6×10 <sup>7</sup>	6×10 <sup>7</sup>
<sup>106m</sup> Ag	3×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>7</sup>

放射性核種	経口	吸入		
		クラスD	クラスW	クラスY
		$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$
$^{106}\text{Ag}$	$2 \times 10^9$ ( $2 \times 10^9$ ) 胃壁	$7 \times 10^9$	$8 \times 10^9$	$7 \times 10^9$
$^{108m}\text{Ag}$	$2 \times 10^7$	$7 \times 10^6$	$9 \times 10^6$	$9 \times 10^5$
$^{110m}\text{Ag}$	$2 \times 10^7$	$5 \times 10^6$	$7 \times 10^6$	$3 \times 10^6$
$^{111}\text{Ag}$	$3 \times 10^7$ ( $4 \times 10^7$ ) 大腸下部壁	$6 \times 10^7$ ( $6 \times 10^7$ ) 肝臓	$3 \times 10^7$	$3 \times 10^7$
$^{112}\text{Ag}$	$1 \times 10^8$	$3 \times 10^8$	$4 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
$^{115}\text{Ag}$	$1 \times 10^9$ ( $1 \times 10^9$ ) 胃壁	$3 \times 10^9$	$3 \times 10^9$	$3 \times 10^9$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$
$^{102}\text{Ag}$	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^6$
$^{103}\text{Ag}$	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
$^{104m}\text{Ag}$	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
$^{104}\text{Ag}$	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
$^{105}\text{Ag}$	$2 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$3 \times 10^4$
$^{106m}\text{Ag}$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^4$
$^{106}\text{Ag}$	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^6$
$^{108m}\text{Ag}$	$3 \times 10^3$	$4 \times 10^3$	$4 \times 10^2$
$^{110m}\text{Ag}$	$2 \times 10^3$	$3 \times 10^3$	$1 \times 10^3$
$^{111}\text{Ag}$	$2 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^4$
$^{112}\text{Ag}$	$1 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
$^{115}\text{Ag}$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$

## カドミウムの代謝データ

### 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup> のデータ

人体のカドミウム含有量	50 mg
軟組織のカドミウム含有量	38 mg
飲食物からの1日当たりの摂取量	0.15 mg

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

食餌中のカドミウムの胃腸管からの吸収割合は、約0.1が代表的である<sup>2)</sup>。もっと大きい値が報告されているが、これらはたぶん誤りである<sup>3)</sup>。いろいろな哺乳動物の種についてのいくつかの研究<sup>4)-7)</sup>は、無機カドミウムの胃腸管からの吸収割合は通常0.1より小さく、ときには0.01よりも小さいかもしれないことを示している。ヒトについては、この金属の80%がタンパク質と結合している子牛の肝臓の懸濁液中のカドミウムに関してデータがある。この場合、胃腸管からの吸収割合は、0.06から0.25の範囲にあったと推定することができる。この報告書では、カドミウムのすべての無機化合物について  $f_1$  を0.05とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>8)</sup> は、カドミウムの酸化物と水酸化物を吸入のクラスYに、硫化物、ハロゲン化物および硝酸塩を吸入のクラスWに、そ

してこの元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定した。ここではこの分類を採用する。しかし、塩化カドミウムを致死量近く吸入させたイヌでは、肺残留の長期成分が観察されたということは注目すべきである<sup>10)</sup>。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.05
W	0.05
Y	0.05

### (c) 分布と残留

哺乳動物のいろいろな種におけるカドミウムの分布と残留は、Friberg ら<sup>11)</sup>によって詳細に調査・検討された。放射性カドミウムを男性の志願者に投与した実験では、カドミウムの全身における残留の生物学的半減期が130日より短かくはなく、もっとずっと長い可能性があることを示している<sup>8)</sup>。いろいろなグループの人々についての安定カドミウムの排泄と全身負荷量との比較から、カドミウムの全身における残留の生物学的半減期は、13年から47年の間にあることが示されている<sup>11)</sup>。

安定カドミウムは肝臓と腎臓に濃縮されることが見出されている<sup>1), 11), 12)</sup>。「標準人」<sup>1)</sup>に与えられているデータは、安定カドミウムの全身量のうち、肝臓および腎臓にある割合はそれぞれ0.08および0.2であることを示唆している。しかし、Friberg ら<sup>11)</sup>の示したデータは、肝臓および腎臓はそれぞれ人体内の全カドミウム量の約0.3を含んでいることを示唆する。

この報告書では、通過コンパートメントを出ていくカドミウムのうち、0.3の割合が肝臓へ移行し、0.3が腎臓へ移行すると仮定する。通過コンパートメントを出ていく残りの割合のカドミウムは、人体内のすべての他の器官および組織に均等に分布すると仮定する。肝臓および腎臓を含めて、人体の任意の器官あるいは組織に移行したカドミウムは、25年の生物学的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

カドミウムは、腎臓および肝臓以外の人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。したがって、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man.* Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Nordberg, G. F., Fiberg, L. and Piscator, M. In: *Cadmium in the Environment.* CRC Press, Cleveland, 1971, p. 30 and p. 44. Also see *Cadmium in the Environment 2nd Edition*, Friberg, L., Piscator, M., Nordberg, G. F. and Kjellström, T., CRC Press, Cleveland, 1974, p. 27.
- 3) Decker, C. F., Byerrum, R. U. and Hoppert, C. A. (1975). A Study of the Distribution and Retention of Cadmium in the Albino Rat. *Arch. Biochem.*, **66**, 140-145.
- 4) Cotzias, G. C., Borg, D. C. and Selleck, B. (1961). Virtual Absence of Turnover in Cadmium Metabolism:  $Cd^{109}$  Studies in the Mouse. *Am. J. Physiol.*, **201**, 927-930.
- 5) Richmond, C. R., Findlay, J. S. and London, J.E. Whole-body Retention of Cadmium-109 by Mice Following Oral, Intraperitoneal and Intravenous Administration. *Health Division Annual Report, July 1965 to June 1966.* Los Alamos Scientific Laboratory Report, LA-3610-MS, 1966, p. 95.
- 6) Miller, W. J., Blackman, D. M. and Martin, W. G. (1968). Cadmium Absorption, Excretion and Tissue Distribution following Single Tracer Oral and Intravenous Doses in Young Goats. *J. Dairy Sci.*, **51**, 1836-1839.
- 7) Silva, A. J., Fleshman, D. G. and Shore, B. (1970). The Effects of Sodium Alginate on the Absorption and Retention of Several Divalent Cations. *Health Phys.*, **19**, 245-251.
- 8) Rahola, T., Aaran, R., Miettinen, J. K. (1972). Half-time Studies of

- Mercury and Cadmium by Whole-Body Counting. In: *Assessment of Radioactive Contamination in Man*. IAEA-SM-150/13 pp.553-562.
- 9) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 10) Harrison, H. E., Bunting, N. and Albrink, W. S. (1947). The Effects and Treatment of Inhalation of Cadmium Chloride in the Dog. *J. Ind. Hyg. Toxicol.*, **29**, 302-314.
- 11) Friberg, L., Piscator, M., Nordberg, G. F. and Kjellström, T. *Cadmium in the Environment*. CRC Press, Cleveland, 1974, pp.23-91.
- 12) Underwood, E. J. *Trace Elements in Humans and Animal Nutrition*. Academic Press, London, 1971, pp.267-280.

カドミ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入			
	経 口	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$
<sup>104</sup> Cd	$8 \times 10^8$	$2 \times 10^9$	$4 \times 10^9$	$4 \times 10^9$
<sup>107</sup> Cd	$8 \times 10^8$	$2 \times 10^9$	$2 \times 10^9$	$2 \times 10^9$
<sup>108</sup> Cd	$1 \times 10^7$ ( $2 \times 10^7$ ) 腎 臓	$1 \times 10^6$ ( $2 \times 10^6$ ) 腎 臓	$4 \times 10^6$ ( $5 \times 10^6$ ) 腎 臓	$4 \times 10^6$
<sup>113m</sup> Cd	$9 \times 10^5$ ( $1 \times 10^6$ ) 腎 臓	$9 \times 10^4$ ( $1 \times 10^5$ ) 腎 臓	$3 \times 10^5$ ( $4 \times 10^5$ ) 腎 臓	$5 \times 10^5$
<sup>113</sup> Cd	$8 \times 10^5$ ( $1 \times 10^6$ ) 腎 臓	$8 \times 10^4$ ( $1 \times 10^5$ ) 腎 臓	$3 \times 10^5$ ( $4 \times 10^5$ ) 腎 臓	$5 \times 10^5$
<sup>115m</sup> Cd	$1 \times 10^7$	$2 \times 10^6$ ( $3 \times 10^6$ ) 腎 臓	$5 \times 10^6$	$5 \times 10^6$
<sup>115</sup> Cd	$3 \times 10^7$ ( $4 \times 10^7$ ) 大腸下部壁	$5 \times 10^7$	$5 \times 10^7$	$5 \times 10^7$
<sup>117m</sup> Cd	$2 \times 10^8$	$5 \times 10^8$	$6 \times 10^8$	$5 \times 10^8$
<sup>117</sup> Cd	$2 \times 10^8$	$4 \times 10^8$	$6 \times 10^8$	$5 \times 10^8$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$
<sup>104</sup> Cd	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
<sup>107</sup> Cd	$8 \times 10^5$	$9 \times 10^5$	$8 \times 10^5$
<sup>109</sup> Cd	$5 \times 10^2$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^3$
<sup>113m</sup> Cd	$4 \times 10^1$	$1 \times 10^2$	$2 \times 10^2$
<sup>113</sup> Cd	$3 \times 10^1$	$1 \times 10^2$	$2 \times 10^2$
<sup>115m</sup> Cd	$8 \times 10^2$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^3$
<sup>115</sup> Cd	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^4$
<sup>117m</sup> Cd	$2 \times 10^5$	$3 \times 10^5$	$2 \times 10^5$
<sup>117</sup> Cd	$2 \times 10^5$	$3 \times 10^5$	$2 \times 10^5$

## インジウムの代謝データ

### 1. 代 謝

インジウムに関しては、「標準人」<sup>4)</sup> にデータが与えられていない。

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

ラット<sup>2)</sup> についての実験は、三塩化インジウムの胃腸管からの吸収割合が約 0.02であることを示している。毒性の研究<sup>3)</sup> では、経口投与されたインジウムの毒性は静脈内に投与されたインジウムの毒性よりもはるかに低いことが示された。これらの結果を考慮して、インジウムのすべての化合物について  $f_1$  を 0.02とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>4)</sup> は、インジウムの酸化物、水酸化物、ハロゲン化物および硝酸塩を吸入のクラスWに、この元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定した。この分類は、ラット<sup>5)</sup> による酸化インジウム(Ⅲ)の吸入実験によって裏づけられており、ここで採用する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.02
W	0.02
Y	—

### (c) 分布と残留

マウス<sup>3),6)</sup> およびラット<sup>2)</sup> では、注射後最初の数日間、インジウムの最も高い濃度が腎臓、骨、肝臓および脾臓中に認められる。しかし、ウサギ<sup>7)</sup> についての実験では、インジウムが無機質骨よりも骨髄に濃縮されることを示している。

この報告書では、通過コンパートメントを出ていくインジウムのうち、0.3, 0.2, 0.07 および 0.01 の割合が、それぞれ赤色骨髄、肝臓、腎臓および脾臓に移行すると仮定する。通過コンパートメントを出ていくインジウムの残りの割合は、人体のその他すべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。インジウムは人体内に長期間残留するように見える<sup>6)</sup> ので、放射線防護の目的には、インジウムはすべての器官および組織に無期限に残留すると仮定するのが適切である。

### 3. 骨線量算定のための同位体の分類

骨格中のインジウムは、無機質骨ではなく主として骨髄に存在する。放射線防護の目的には、インジウムの組織系内負荷量のうち、無機質骨および赤色骨髄と結合している部分は、これらの組織に均等に分布していると仮定すれば十分である。

### 文 献

- 1) ICRP Publication 23, *Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Smith, G. A., Thomas, R. G. and Scott, J. K. (1960). The Metabolism of Indium after Administration of a Single Dose to the Rat by Intratracheal, Subcutaneous, Intramuscular and Oral Injection. *Health Phys.*, 4, 101-108.
- 3) Castronovo, F. P. and Wagner, H. N. (1971). Factors Affecting the Toxicity of the Element Indium. *Br. J. Exp. Path.*, 52, 543-559.
- 4) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention

models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.

- 5) Leach, L. J., Scott, J. K., Armstrong, R. D., Steadman, L. T. and Maynard, E. A. *The Inhalation Toxicity of Indium Sesquioxide in the Rat*. AEC Research and Development Report UR-590 (1961).
- 6) Castronovo, F. P. and Wagner, H. N. (1973). Comparative Toxicity and Pharmacodynamics of Ionic Indium Chloride and Hydrated Indium Oxide. *J. Nucl. Med.*, **14**, 677-682.
- 7) Rayudu, G. V. S., Shirazi, S. P. H. and Fordham, E. W. (1973). Comparison of the Use of  $^{62}\text{Fe}$  and  $^{111}\text{In}$  for Hemopoietic Marrow Scanning. *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **24**, 451-454.

インジ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 ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入		
	経 口	クラスD	クラスW
	$f_1=2\times 10^{-2}$	$f_1=2\times 10^{-2}$	$f_1=2\times 10^{-2}$
$^{109}\text{In}$	$7\times 10^8$	$2\times 10^9$	$2\times 10^9$
$^{110}\text{In}$ (69.1m)	$6\times 10^8$	$2\times 10^9$	$2\times 10^9$
$^{110}\text{In}$ (4.9h)	$2\times 10^8$	$6\times 10^8$	$7\times 10^8$
$^{111}\text{In}$	$2\times 10^8$	$2\times 10^8$	$2\times 10^8$
$^{112}\text{In}$	$6\times 10^9$ ( $9\times 10^9$ ) 胃 壁	$2\times 10^{10}$	$3\times 10^{10}$
$^{113m}\text{In}$	$2\times 10^9$	$5\times 10^9$	$7\times 10^9$
$^{114m}\text{In}$	$1\times 10^7$ ( $1\times 10^7$ ) 大腸下部壁	$2\times 10^6$	$4\times 10^6$
$^{115m}\text{In}$	$5\times 10^8$	$2\times 10^9$	$2\times 10^9$
$^{115}\text{In}$	$1\times 10^6$	$5\times 10^4$	$2\times 10^5$
$^{116m}\text{In}$	$9\times 10^8$	$3\times 10^9$	$4\times 10^9$
$^{117m}\text{In}$	$4\times 10^8$	$1\times 10^9$	$2\times 10^9$
$^{117}\text{In}$	$2\times 10^9$	$6\times 10^9$	$8\times 10^9$
$^{119m}\text{In}$	$1\times 10^9$ ( $2\times 10^9$ ) 胃 壁	$5\times 10^9$	$5\times 10^9$

インジウムの代謝データ

(81)

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスD	クラスW
	$f_1=2 \times 10^{-2}$	$f_1=2 \times 10^{-2}$
<sup>109</sup> In	$7 \times 10^5$	$1 \times 10^6$
<sup>110</sup> In (69.1m)	$7 \times 10^5$	$9 \times 10^5$
<sup>110</sup> In (4.9h)	$3 \times 10^5$	$3 \times 10^5$
<sup>111</sup> In	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
<sup>112</sup> In	$1 \times 10^7$	$1 \times 10^7$
<sup>113m</sup> In	$2 \times 10^6$	$3 \times 10^6$
<sup>114m</sup> In	$1 \times 10^3$	$2 \times 10^3$
<sup>115m</sup> In	$7 \times 10^5$	$7 \times 10^5$
<sup>115</sup> In	$2 \times 10^4$	$8 \times 10^4$
<sup>116m</sup> In	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
<sup>117m</sup> In	$5 \times 10^5$	$7 \times 10^5$
<sup>117</sup> In	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^6$
<sup>119m</sup> In	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$

## キセノンの代謝データ

キセノンについては代謝モデルは提案されていない。この報告書の第8章で説明したように、放射性希ガスの雲の中の被曝は体外照射によって制限される。その理由は、組織に吸収されたガスあるいは肺中に入ったガスによる線量当量率は、体外照射による組織の線量当量率に比べて無視できるからである。それゆえ、キセノンについて勧告された DAC の値は体外照射のみの考察に基づいている。

キセノンの同位体に関する誘導空气中濃度 DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	半無限大の雲	1,000m <sup>3</sup> の部屋	500m <sup>3</sup> の部屋	100m <sup>3</sup> の部屋
<sup>120</sup> Xe	4×10 <sup>5</sup>	7×10 <sup>6</sup>	9×10 <sup>6</sup>	2×10 <sup>7</sup>
<sup>121</sup> Xe	8×10 <sup>4</sup>	2×10 <sup>6</sup> (2×10 <sup>6</sup> ) 皮膚	2×10 <sup>6</sup> (2×10 <sup>6</sup> ) 皮膚	2×10 <sup>6</sup> (4×10 <sup>6</sup> ) 皮膚
<sup>122</sup> Xe	3×10 <sup>6</sup>	4×10 <sup>7</sup>	5×10 <sup>7</sup>	9×10 <sup>7</sup>
<sup>123</sup> Xe	2×10 <sup>5</sup>	5×10 <sup>6</sup>	6×10 <sup>6</sup> (7×10 <sup>6</sup> ) 皮膚	6×10 <sup>6</sup> (1×10 <sup>7</sup> ) 皮膚
<sup>125</sup> Xe	6×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>7</sup>	1×10 <sup>7</sup>	2×10 <sup>7</sup>
<sup>127</sup> Xe	5×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>7</sup>	1×10 <sup>7</sup>	2×10 <sup>7</sup>
<sup>129m</sup> Xe	7×10 <sup>6</sup>	1×10 <sup>7</sup> (5×10 <sup>7</sup> ) 皮膚	1×10 <sup>7</sup> (7×10 <sup>7</sup> ) 皮膚	1×10 <sup>7</sup> (1×10 <sup>8</sup> ) 皮膚
<sup>131m</sup> Xe	1×10 <sup>7</sup> (2×10 <sup>7</sup> ) 皮膚	2×10 <sup>7</sup> (1×10 <sup>8</sup> ) 皮膚	2×10 <sup>7</sup> (2×10 <sup>8</sup> ) 皮膚	2×10 <sup>7</sup> (3×10 <sup>8</sup> ) 皮膚
<sup>133m</sup> Xe	5×10 <sup>6</sup>	8×10 <sup>6</sup> (7×10 <sup>7</sup> ) 皮膚	8×10 <sup>6</sup> (8×10 <sup>7</sup> ) 皮膚	8×10 <sup>6</sup> (1×10 <sup>8</sup> ) 皮膚
<sup>133</sup> Xe	4×10 <sup>6</sup>	2×10 <sup>7</sup> (8×10 <sup>7</sup> ) 皮膚	2×10 <sup>7</sup> (1×10 <sup>8</sup> ) 皮膚	2×10 <sup>7</sup> (2×10 <sup>8</sup> ) 皮膚

放射性核種	半無限大の雲	1,000m <sup>3</sup> の部屋	500m <sup>3</sup> の部屋	100m <sup>3</sup> の部屋
<sup>135m</sup> Xe	3×10 <sup>5</sup>	7×10 <sup>6</sup>	9×10 <sup>6</sup>	1×10 <sup>7</sup> (2×10 <sup>7</sup> ) 皮膚
<sup>135</sup> Xe	5×10 <sup>5</sup>	4×10 <sup>6</sup> (1×10 <sup>7</sup> ) 皮膚	4×10 <sup>6</sup> (2×10 <sup>7</sup> ) 皮膚	4×10 <sup>6</sup> (3×10 <sup>7</sup> ) 皮膚
<sup>138</sup> Xe	1×10 <sup>5</sup>	2×10 <sup>6</sup> (3×10 <sup>6</sup> ) 皮膚	2×10 <sup>6</sup> (4×10 <sup>6</sup> ) 皮膚	2×10 <sup>6</sup> (7×10 <sup>6</sup> ) 皮膚

## バリウムの代謝データ

### 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup> のデータ

人体のバリウム含有量	22 mg
骨のバリウム含有量	20 mg
飲食物からの1日当たりの摂取量	0.75 mg

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

たいていの食餌<sup>1),2)</sup> および模擬フォールアウト<sup>3)</sup> からのバリウムの吸収割合は、ストロンチウムの吸収割合<sup>1)</sup> よりも小さい。この報告書では、バリウムのすべての化合物について  $f_1$  を0.1とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>4)</sup> はバリウムのすべての化合物を吸入のクラスWに指定した。しかし、イヌについての  $^{131}\text{BaSO}_4$  および  $^{140}\text{BaCl}_2$  を用いた実験<sup>5),6)</sup> は、この分類が示唆するよりも速く肺から除去されることを示している。この報告書では、バリウムのすべての化合物を吸入のクラスDに指定する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.1
W	—
Y	—

### (c) 分布と残留

成人におけるバリウムの残留についてのきわめて詳細なモデルが「成人のアルカリ土類の代謝に関する課題グループ」<sup>7)</sup>によって開発された。バリウムの放射性同位体 1 Bq が通過コンパートメントに入ってから50年間の軟組織、皮質骨および梁骨中の自発的核変換の総数は、この課題グループの報告書<sup>7)</sup>に与えられた残留関数を使って導くことができる。

### (d) 娘核種の挙動

$^{127}\text{Ba}$  は崩壊し、 $^{127}\text{Cs}$  を経て  $^{127}\text{Xe}$  になる。 $^{127}\text{Xe}$  は36日の放射性半減期をもち、崩壊することなく体外に出ていくと仮定する。

## 3. 骨線量算定のための同位体の分類

第7章で論じたように、放射性半減期が15日より長いアルカリ土類の同位体は無機質骨の体積全体に均等に分布すると仮定する。これに対し、15日より短い放射性半減期をもつ同位体は骨表面を覆う薄い層に分布すると仮定する。したがって、吸収割合の値を導くときには(第7章, 表 7.4 参照),  $^{133}\text{Ba}$  は無機質骨の体積全体に分布すると仮定し、バリウムのその他の放射性同位体はすべて、骨格に沈着した後いつでも骨表面に分布していると仮定する。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, *Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Underwood, E. C. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Academic Press, London, 1971, pp. 431-432.
- 3) LeRoy, G. V., Rust, J. H. and Hasterlik, R. J. (1966). The Consequences of Ingestion by Man of Real and Simulated Fall-Out. *Health Phys.*, **12**, 449-473.

- 4) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 5) Morrow, P. E., Gibb, F. R. and Johnson, L. (1964). Clearance of Insoluble Dust from the Lower Respiratory Tract. *Health Phys.*, **10**, 543-555.
- 6) Cuddihy, R. G. and Griffith, W. C. (1972). A Biological Model Describing Tissue Distribution and Whole-Body Retention of Barium and Lanthanum in Beagle Dogs after Inhalation and Lavage. *Health Phys.*, **23**, 621-633.
- 7) ICRP Publication 20, Report of the ICRP Task Group on Alkaline Earth Metabolism in Adult Man. Pergamon Press, Oxford, 1972.

バ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	ALI (Bq)	
	経口	吸入
		クラスD
	$f_i=1 \times 10^{-1}$	$f_i=1 \times 10^{-1}$
<sup>126</sup> Ba	$2 \times 10^8$	$6 \times 10^8$
<sup>128</sup> Ba	$2 \times 10^7$	$7 \times 10^7$
<sup>131m</sup> Ba	$1 \times 10^{10}$ ( $2 \times 10^{10}$ ) 胃壁	$5 \times 10^{10}$
<sup>131</sup> Ba	$1 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
<sup>133m</sup> Ba	$9 \times 10^7$ ( $1 \times 10^8$ ) 大腸下部壁	$3 \times 10^8$
<sup>133</sup> Ba	$6 \times 10^7$	$3 \times 10^7$
<sup>135m</sup> Ba	$1 \times 10^8$	$4 \times 10^8$
<sup>139</sup> Ba	$5 \times 10^8$	$1 \times 10^9$
<sup>140</sup> Ba	$2 \times 10^7$ ( $2 \times 10^7$ ) 大腸下部壁	$5 \times 10^7$
<sup>141</sup> Ba	$9 \times 10^8$	$3 \times 10^9$
<sup>142</sup> Ba	$2 \times 10^9$	$5 \times 10^9$

バリウムの代謝データ

(87)

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入
	クラスD
	$f_1=1 \times 10^{-1}$
<sup>126</sup> Ba	$2 \times 10^5$
<sup>128</sup> Ba	$3 \times 10^4$
<sup>131m</sup> Ba	$2 \times 10^7$
<sup>131</sup> Ba	$1 \times 10^5$
<sup>133m</sup> Ba	$1 \times 10^5$
<sup>133</sup> Ba	$1 \times 10^4$
<sup>135m</sup> Ba	$2 \times 10^5$
<sup>138</sup> Ba	$5 \times 10^5$
<sup>140</sup> Ba	$2 \times 10^4$
<sup>141</sup> Ba	$1 \times 10^6$
<sup>142</sup> Ba	$2 \times 10^6$

種別	吸入係数
D	D
W	W
Y	Y

## レニウムの代謝データ

### 1. 代 謝

レニウムに関しては「標準人」<sup>2)</sup>にデータが与えられていない。

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

哺乳動物のどの種についても、レニウムの胃腸管からの取り込みに関する情報はないようである。入手できるわずかな生物学的情報<sup>2),3)</sup>は、この元素の代謝挙動がテクネチウムのそれにどちらかといえば似ていることを示唆している。この報告書では、レニウムのすべての化合物について  $f_1$  を 0.8 と仮定する。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>4)</sup>はレニウムの酸化物、水酸化物、ハロゲン化合物および硝酸塩を吸入のクラスWに、そしてこの元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定した。適切な実験データがなにもないので、ここではこの分類を採用する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.8
W	0.8
Y	—

### (c) 分布と残留

入手できる限られた情報<sup>2),3)</sup>は、レニウムの代謝挙動がテクネチウムのそれに似ていることを示唆している。この報告書では、テクネチウムに用いた代謝モデルをレニウムにも用いる。

通過コンパートメントを出ていくレニウムのうち、0.04は甲状腺に移行し、そこに0.5日の生物学的半減期で残留すると仮定する。また、0.1と0.03の割合が、それぞれ胃壁と肝臓に移行すると仮定する。通過コンパートメントを出ていくレニウムの残りの割合は、甲状腺、胃壁および肝臓以外の人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。甲状腺以外の人体の任意の器官または組織に移行したレニウムのうち、0.75、0.20および0.05の割合が、それぞれ1.6日、3.7日および22日の生物学的半減期で残留すると仮定する。レニウムについては、通過コンパートメントにおける生物学的半減期を0.02日とする。

## 3. 骨線量算定のための同位体の分類

レニウムは甲状腺、胃壁および肝臓以外のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。したがって、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Durbin, P. W., Scott, K. G. and Hamilton, J. G. (1957). The Distribution of Radioisotopes of some Heavy Metals in the Rat. *University of California Publications in Pharmacology*, 3, 1-34.
- 3) Durbin, P. W. (1960). Metabolic Characteristics within a Chemical Family. *Health Phys.*, 2, 225-238.

- 4) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, 12, 173-207.

レ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入		
	経 口	クラスD	クラスW
	$f_1=8 \times 10^{-1}$	$f_1=8 \times 10^{-1}$	$f_1=8 \times 10^{-1}$
<sup>177</sup> Re	4 × 10 <sup>9</sup> (4 × 10 <sup>9</sup> ) 胃 壁	1 × 10 <sup>10</sup>	1 × 10 <sup>10</sup>
<sup>178</sup> Re	3 × 10 <sup>9</sup> (4 × 10 <sup>9</sup> ) 胃 壁	1 × 10 <sup>10</sup>	1 × 10 <sup>10</sup>
<sup>181</sup> Re	2 × 10 <sup>8</sup>	3 × 10 <sup>8</sup>	3 × 10 <sup>8</sup>
<sup>182</sup> Re (12.7 h)	3 × 10 <sup>8</sup>	5 × 10 <sup>8</sup>	6 × 10 <sup>8</sup>
<sup>182</sup> Re (64.0 h)	5 × 10 <sup>7</sup>	9 × 10 <sup>7</sup>	8 × 10 <sup>7</sup>
<sup>184m</sup> Re	8 × 10 <sup>7</sup>	1 × 10 <sup>8</sup>	2 × 10 <sup>7</sup>
<sup>184</sup> Re	9 × 10 <sup>7</sup>	1 × 10 <sup>8</sup>	5 × 10 <sup>7</sup>
<sup>186m</sup> Re	5 × 10 <sup>7</sup> (6 × 10 <sup>7</sup> ) 胃 壁	6 × 10 <sup>7</sup> (8 × 10 <sup>7</sup> ) 胃 壁	6 × 10 <sup>6</sup>
<sup>186</sup> Re	7 × 10 <sup>7</sup>	1 × 10 <sup>8</sup>	6 × 10 <sup>7</sup>
<sup>187</sup> Re	2 × 10 <sup>10</sup>	3 × 10 <sup>10</sup> (3 × 10 <sup>10</sup> ) 胃 壁	4 × 10 <sup>9</sup>
<sup>188m</sup> Re	3 × 10 <sup>9</sup>	5 × 10 <sup>9</sup>	5 × 10 <sup>9</sup>
<sup>188</sup> Re	6 × 10 <sup>7</sup>	1 × 10 <sup>8</sup>	1 × 10 <sup>8</sup>
<sup>189</sup> Re	1 × 10 <sup>8</sup>	2 × 10 <sup>8</sup>	2 × 10 <sup>8</sup>

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスD	クラスW
	$f_1=8 \times 10^{-1}$	$f_1=8 \times 10^{-1}$
<sup>177</sup> Re	$4 \times 10^6$	$5 \times 10^6$
<sup>178</sup> Re	$4 \times 10^6$	$5 \times 10^{6*}$
<sup>181</sup> Re	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
<sup>182</sup> Re (12.7 h)	$2 \times 10^5$	$2 \times 10^5$
<sup>182</sup> Re (64.0 h)	$4 \times 10^4$	$3 \times 10^4$
<sup>184m</sup> Re	$5 \times 10^4$	$7 \times 10^3$
<sup>184</sup> Re	$5 \times 10^4$	$2 \times 10^4$
<sup>186m</sup> Re	$3 \times 10^4$	$2 \times 10^3$
<sup>186</sup> Re	$4 \times 10^4$	$3 \times 10^4$
<sup>187</sup> Re	$1 \times 10^7$	$2 \times 10^6$
<sup>188m</sup> Re	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
<sup>188</sup> Re	$4 \times 10^4$	$4 \times 10^4$
<sup>189</sup> Re	$8 \times 10^4$	$7 \times 10^4$

\* 訳注 数値が原文と異なっているが、これは ICRP Publ. 30 Part 3 に付された「追補」により訂正されたものである。

## オスミウムの代謝データ

### 1. 代 謝

オスミウムに関しては、「標準人」<sup>1)</sup> にデータが与えられていない。

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

胃腸管からのオスミウムの取り込みについて利用できる情報はないようである。オスミウムは化学的にイリジウムに似ているので、この元素のすべての化合物について  $f_1$  を0.01とした。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>2)</sup> は、オスミウムの酸化物および水酸化物を吸入のクラスYに、ハロゲン化物および硝酸塩を吸入のクラスWに、そしてこの元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定した。適切な実験データが何もないため、およびイリジウムとの類推によって、この報告書では「課題グループ」<sup>2)</sup> の勧告を採用する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.01
W	0.01
Y	0.01

### (c) 分布と残留

動物についての入手できるデータ<sup>3),4)</sup>の示すところによれば、オスミウムの代謝挙動は他の白金族金属の代謝挙動とあまりちがわない。したがって、イリジウムに使用した代謝モデルをオスミウムにも使用する。

この報告書では、通過コンパートメントを出ていくオスミウムのうち、0.2、0.04および0.02の割合がそれぞれ肝臓、腎臓および脾臓に移行すると仮定する。また、0.54の割合が人体のその他すべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。通過コンパートメントを出ていくオスミウムの残りの割合は直接に排泄されると仮定する。人体の任意の器官および組織に沈着したオスミウムのうち、0.2と0.8の割合が、それぞれ8日と200日の生物学的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

オスミウムは肝臓、腎臓および脾臓を除くすべての人体の器官および組織に均等に分布すると仮定する。したがって、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, *Report of the ICRP Task Group on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) ICRP Task Group Report on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 3) Durbin, P. W., Scott, K. G. and Hamilton, J. G. (1957). The Distribution of Radioisotopes of Some Heavy Metals in the Rat. *University of California Publication in Pharmacology*, **3**, 1-34.
- 4) Durbin, P. W. (1960). Metabolic Characteristics within a Chemical Family. *Health Phys.*, **2**, 225-238.

(94)

## 専門委員会2の報告

オスミ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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経口	吸入		
		クラスD	クラスW	クラスY
		$f_1=1 \times 10^{-2}$	$f_1=1 \times 10^{-2}$	$f_1=1 \times 10^{-2}$
<sup>180</sup> Os	4 × 10 <sup>9</sup>	1 × 10 <sup>10</sup>	2 × 10 <sup>10</sup>	2 × 10 <sup>10</sup>
<sup>181</sup> Os	5 × 10 <sup>8</sup>	2 × 10 <sup>9</sup>	2 × 10 <sup>9</sup>	2 × 10 <sup>9</sup>
<sup>182</sup> Os	8 × 10 <sup>7</sup>	2 × 10 <sup>8</sup>	2 × 10 <sup>8</sup>	1 × 10 <sup>8</sup>
<sup>185</sup> Os	9 × 10 <sup>7</sup>	2 × 10 <sup>7</sup>	3 × 10 <sup>7</sup>	3 × 10 <sup>7</sup>
<sup>188m</sup> Os	3 × 10 <sup>9</sup>	9 × 10 <sup>9</sup>	8 × 10 <sup>9</sup>	6 × 10 <sup>9</sup>
<sup>191m</sup> Os	5 × 10 <sup>8</sup>	1 × 10 <sup>9</sup>	8 × 10 <sup>8</sup>	7 × 10 <sup>8</sup>
<sup>191</sup> Os	8 × 10 <sup>7</sup> (9 × 10 <sup>7</sup> ) 大腸下部壁	8 × 10 <sup>7</sup>	6 × 10 <sup>7</sup>	5 × 10 <sup>7</sup>
<sup>193</sup> Os	6 × 10 <sup>7</sup> (6 × 10 <sup>7</sup> ) 大腸下部壁	2 × 10 <sup>8</sup>	1 × 10 <sup>8</sup>	1 × 10 <sup>8</sup>
<sup>194</sup> Os	2 × 10 <sup>7</sup> (2 × 10 <sup>7</sup> ) 大腸下部壁	2 × 10 <sup>6</sup>	2 × 10 <sup>6</sup>	3 × 10 <sup>5</sup>

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=1 \times 10^{-2}$	$f_1=1 \times 10^{-2}$	$f_1=1 \times 10^{-2}$
<sup>180</sup> Os	6 × 10 <sup>6</sup>	7 × 10 <sup>6</sup>	7 × 10 <sup>6</sup>
<sup>181</sup> Os	7 × 10 <sup>5</sup>	7 × 10 <sup>5</sup>	7 × 10 <sup>5</sup>
<sup>182</sup> Os	9 × 10 <sup>4</sup>	7 × 10 <sup>4</sup>	6 × 10 <sup>4</sup>
<sup>185</sup> Os	8 × 10 <sup>3</sup>	1 × 10 <sup>4</sup>	1 × 10 <sup>4</sup>
<sup>188m</sup> Os	4 × 10 <sup>6</sup>	3 × 10 <sup>6</sup>	3 × 10 <sup>6</sup>
<sup>191m</sup> Os	4 × 10 <sup>5</sup>	3 × 10 <sup>5</sup>	3 × 10 <sup>5</sup>
<sup>191</sup> Os	3 × 10 <sup>4</sup>	2 × 10 <sup>4</sup>	2 × 10 <sup>4</sup>
<sup>193</sup> Os	7 × 10 <sup>4</sup>	5 × 10 <sup>4</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>
<sup>194</sup> Os	6 × 10 <sup>2</sup>	9 × 10 <sup>2</sup>	1 × 10 <sup>2</sup>

## イリジウムの代謝データ

### 1. 代 謝

イリジウムに関しては、「標準人」<sup>1)</sup> にデータが与えられていない。

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

胃腸管からの  $\text{Na}_2^{192}\text{IrCl}_6$  の取り込みがいくつかの哺乳動物種について測定されている<sup>2)</sup>。それらの結果は、この化学形で投与されたイリジウムの吸収割合は約0.01であることを示している。無担体のイリジウムの吸収は約0.1であると報告された<sup>3)</sup>が、その後の報告<sup>4)</sup>では $10^{-3}$ より小さい値が示された。この報告書では、イリジウムのすべての化合物について  $f_1$  を0.01とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>5)</sup> は、イリジウムの酸化物および水酸化物を吸入のクラスYに、ハロゲン化物および硝酸塩を吸入のクラスWに、そしてこの元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定した。ヒトでは、誤って吸入したイリジウムの化合物は肺から急速に除去され<sup>6)</sup>、ラットでは金属状イリジウムがクラスWの物質として行動することが見出された<sup>7)</sup>。

この報告書では、イリジウムの化合物について課題グループ<sup>6)</sup> の勧告を採用する。金属状イリジウムは吸入のクラスWに指定する。

吸入のクラス	$f_i$
D	0.01
W	0.01
Y	0.01

### (c) 分布と残留

ラットについての実験<sup>2),3)</sup>は、静脈内注射あるいは腹腔内注射のいずれかの後の任意の時刻における肝臓、腎臓および脾臓内のイリジウムの濃度が、全身の平均濃度より約1桁高いことを示している。さらに、これらの各器官内のイリジウムの残留は、全身残留に平行することを示している<sup>2)</sup>。

マウス、ラット、サルおよびイヌのイリジウムの全身残留は非常によく似ている<sup>2)</sup>。これらの4つの種についての実験データは、ヒトにあてはまる残留関数は

$$R(t) = 0.2e^{-0.693t/0.8} + 0.15e^{-0.693t/8} + 0.65e^{-0.693t/200}$$

であることを示唆している。

この報告書では、通過コンパートメントを出ていくイリジウムのうち、0.2、0.04 および 0.02 の割合がそれぞれ肝臓、腎臓および脾臓に移行すると仮定する。また、0.54の割合は人体のすべての他の器官および組織に均等に分布すると仮定する。通過コンパートメントを出ていくイリジウムの残りの割合は、直接に排泄されると仮定する。人体の任意の器官あるいは組織に沈着したイリジウムのうち、0.2と0.8の割合がそれぞれ8日と200日の生物学的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

イリジウムは肝臓、腎臓および脾臓以外の人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。したがって、骨の線量算定の目的でこの元素の同

位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Furchner, J. E., Richmond, C. R. and Drake, G. A. (1971). Comparative Metabolism of Radionuclides in Mammals—V. Retention of  $^{192}\text{Ir}$  in the Mouse, Rat, Monkey and Dog. *Health Phys.*, 20, 375–382.
- 3) Hamilton, J. G. (1951). The Metabolic Properties of Various Materials. *University of California Radiation Laboratory Report: URCRL-1437.*
- 4) Durbin, P. W., Scott, K. G. and Hamilton, J. G. (1957). The Distribution of Radioisotopes of Some Heavy Metals in the Rat. *University of California Publications in Pharmacology*, 3, 1–34.
- 5) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, 12, 173–207.
- 6) Brodsky, A., Schubert, J., Yaniv, S., Lamson, K., Wald, N., Wechsler, R., Gumerman, L. and Galdwell, R. (1967). Deposition and Retention of  $^{192}\text{Ir}$  in the Lung after an Inhalation Incident. *Health Phys.*, 13, p. 938.
- 7) Casarett, L. J., Bless, S., Katz, R. and Scott, J. K. (1960). Retention and Fate of Iridium-192 in rats following Inhalation. *J. Am. Ind. Hyg. Assoc.*, 21, 414–418.
- 8) Durbin, P. W. (1960). Metabolic Characteristics within a Chemical Family. *Health Phys.*, 2, 225–238.

イリジ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 (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	経口	吸入		
		クラスD	クラスW	クラスY
		$f_1=1 \times 10^{-2}$	$f_1=1 \times 10^{-2}$	$f_1=1 \times 10^{-2}$
<sup>182</sup> Ir	2×10 <sup>9</sup> (2×10 <sup>9</sup> ) 胃壁	5×10 <sup>9</sup>	6×10 <sup>9</sup>	5×10 <sup>9</sup>
<sup>184</sup> Ir	3×10 <sup>8</sup>	9×10 <sup>8</sup>	1×10 <sup>9</sup>	1×10 <sup>9</sup>
<sup>185</sup> Ir	2×10 <sup>8</sup>	5×10 <sup>8</sup>	4×10 <sup>8</sup>	4×10 <sup>8</sup>
<sup>186</sup> Ir	9×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>8</sup>	2×10 <sup>8</sup>	2×10 <sup>8</sup>
<sup>187</sup> Ir	4×10 <sup>8</sup>	1×10 <sup>9</sup>	1×10 <sup>9</sup>	1×10 <sup>9</sup>
<sup>188</sup> Ir	7×10 <sup>7</sup>	2×10 <sup>8</sup>	1×10 <sup>8</sup>	1×10 <sup>8</sup>
<sup>189</sup> Ir	2×10 <sup>8</sup> (2×10 <sup>8</sup> ) 大腸下部壁	2×10 <sup>8</sup>	1×10 <sup>8</sup>	1×10 <sup>8</sup>
<sup>190m</sup> Ir	6×10 <sup>9</sup>	7×10 <sup>9</sup>	8×10 <sup>9</sup>	7×10 <sup>9</sup>
<sup>190</sup> Ir	4×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>7</sup>	4×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>7</sup>
<sup>192m</sup> Ir	1×10 <sup>8</sup>	3×10 <sup>8</sup>	8×10 <sup>8</sup>	6×10 <sup>8</sup>
<sup>192</sup> Ir	4×10 <sup>7</sup>	1×10 <sup>7</sup>	1×10 <sup>7</sup>	8×10 <sup>6</sup>
<sup>194m</sup> Ir	2×10 <sup>7</sup>	3×10 <sup>8</sup>	6×10 <sup>8</sup>	4×10 <sup>8</sup>
<sup>194</sup> Ir	4×10 <sup>7</sup>	1×10 <sup>8</sup>	8×10 <sup>7</sup>	7×10 <sup>7</sup>
<sup>195m</sup> Ir	3×10 <sup>8</sup>	9×10 <sup>8</sup>	1×10 <sup>9</sup>	8×10 <sup>8</sup>
<sup>195</sup> Ir	6×10 <sup>8</sup>	2×10 <sup>9</sup>	2×10 <sup>9</sup>	2×10 <sup>9</sup>

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=1 \times 10^{-2}$	$f_1=1 \times 10^{-2}$	$f_1=1 \times 10^{-2}$
<sup>182</sup> Ir	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
<sup>184</sup> Ir	$4 \times 10^5$	$5 \times 10^5$	$4 \times 10^5$
<sup>185</sup> Ir	$2 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	$2 \times 10^5$
<sup>186</sup> Ir	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$	$9 \times 10^4$
<sup>187</sup> Ir	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^5$	$4 \times 10^5$
<sup>188</sup> Ir	$7 \times 10^4$	$5 \times 10^4$	$5 \times 10^4$
<sup>189</sup> Ir	$7 \times 10^4$	$6 \times 10^4$	$6 \times 10^4$
<sup>190m</sup> Ir	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^6$
<sup>190</sup> Ir	$1 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	$1 \times 10^4$
<sup>192m</sup> Ir	$1 \times 10^3$	$3 \times 10^3$	$2 \times 10^2$
<sup>192</sup> Ir	$4 \times 10^3$	$6 \times 10^3$	$3 \times 10^3$
<sup>194m</sup> Ir	$1 \times 10^3$	$3 \times 10^3$	$2 \times 10^3$
<sup>194</sup> Ir	$5 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$3 \times 10^4$
<sup>195m</sup> Ir	$4 \times 10^5$	$4 \times 10^5$	$3 \times 10^5$
<sup>195</sup> Ir	$6 \times 10^5$	$8 \times 10^5$	$7 \times 10^5$

## 金の代謝データ

### 1. 代謝

「標準人」<sup>1)</sup>のデータ

人体の金含有量

< 9.8 mg

飲食物からの1日当たりの金の標準摂取量に関するデータは「標準人」には与えられていない。

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

金のいろいろな塩の胃腸管からの吸収割合は、0.03から0.13まで変動することが見出されている<sup>2)-4)</sup>。この報告書では、金のすべての化合物について $f_1$ を0.1とする。

#### (b) 吸入のクラス

ICRPの「肺動態課題グループ」<sup>5)</sup>は、金の酸化物および水酸化物を吸入のクラスYに、ハロゲン化物および硝酸塩を吸入のクラスWに、そして、この元素のその他すべての化合物を吸入のクラスDに指定した。適切な実験データがなにもないので、ここではこの分類を採用する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.1
W	0.1
Y	0.1

### (c) 分布と残留

古典的な意味での活動性リウマチ様関節炎<sup>6)</sup>の患者についての研究は、チオリンゴ酸金ナトリウムとして注射された金が、約3日の生物学的半減期で人体内に残留することを示している。同様な生物学的半減期がいろいろな金の塩を用いた他の研究<sup>7)</sup>において見出されている。

金の塩の尿中排泄は急速であるので、膀胱壁の平均吸収線量率が人体のいかなる他の器官あるいは組織の平均吸収線量率よりもかなり大きいであろうということに注意すべきである。

この報告書では、通過コンパートメントに入った金は、瞬間的に人体のすべての器官および組織に均等に分布し、そこに3日の生物学的半減期で残留すると仮定する。さらに、膀胱内にある尿中の金の放射性同位体の濃度は、その同位体にさらされた後いつでも、他の任意の組織中濃度の10倍であると仮定し、また膀胱中の尿量は200 cm<sup>3</sup>であると仮定する。

### 3. 骨線量算定のための同位体の分類

金は人体組織に均等に分布すると仮定するので、骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

### 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man.* Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Sylvia, A. J., Fleshman, D. G. and Shore, B. (1973). The Effects of Penicillamine on the Body Burdens of Several Heavy Metals. *Health Phys.*, **24**, 535-539.
- 3) Chertok, R. J. and Lake, S. (1971). Biological Availability of Radionuclides Produced by the Plowshare Event Schooner-II Retention and Excretion Rates in Peccaries after a Single Oral Dose of Debris. *Health Phys.*, **20**, 325-330.

- 4) Kleinsorge, H. (1967). Die Resorption Therapeutisch Anwendbarer Goldsalze und Goldsole. *Arzneim.-Forsch.*, **17**, 100-102.
- 5) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 6) Mascarenhas, B. R., Oranda, J. L. and Freyberg, R. H. (1972). Gold Metabolism in Patients with Rheumatoid Arthritis Treated with Gold Compounds—Reinvestigated. *Arthritis Rheum.*, **15**, 391-402.
- 7) ICRP Publication 10, Report of Committee IV on Evaluation of Radiation Doses to Body Tissues from Internal Contamination due to Occupational Exposure. Pergamon Press, Oxford, 1968.

金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 (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

ALI (Bq)\*

放射性核種	経口	吸入		
		クラスD	クラスW	クラスY
		$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$
<sup>193</sup> Au	$3 \times 10^8$	$1 \times 10^9$	$8 \times 10^8$	$7 \times 10^8$
<sup>194</sup> Au	$1 \times 10^8$	$3 \times 10^8$	$2 \times 10^8$	$2 \times 10^8$
<sup>195</sup> Au	$2 \times 10^8$	$4 \times 10^8$	$5 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
<sup>196m</sup> Au	$4 \times 10^7$	$1 \times 10^8$	$4 \times 10^7$	$4 \times 10^7$
<sup>198</sup> Au	$5 \times 10^7$	$1 \times 10^8$	$7 \times 10^7$	$6 \times 10^7$
<sup>199</sup> Au	$1 \times 10^8$ ( $1 \times 10^8$ ) 大腸下部壁	$3 \times 10^8$	$1 \times 10^8$	$1 \times 10^8$
<sup>200m</sup> Au	$4 \times 10^7$	$1 \times 10^8$	$1 \times 10^8$	$9 \times 10^7$
<sup>200</sup> Au	$1 \times 10^9$	$2 \times 10^9$	$3 \times 10^9$	$3 \times 10^9$
<sup>201</sup> Au	$3 \times 10^9$ ( $3 \times 10^9$ ) 胃壁	$8 \times 10^9$	$9 \times 10^9$	$8 \times 10^9$

\* 訳注 数値が原文と異なっているが、これはICRP Publ. 30 Part 3に付された「追補」により訂正されたものである。

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)\*

放射性核種	吸 入		
	クラスD	クラスW	クラスY
	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$	$f_1=1 \times 10^{-1}$
<sup>193</sup> Au	4 × 10 <sup>5</sup>	3 × 10 <sup>5</sup>	3 × 10 <sup>5</sup>
<sup>194</sup> Au	1 × 10 <sup>5</sup>	8 × 10 <sup>4</sup>	8 × 10 <sup>4</sup>
<sup>195</sup> Au	2 × 10 <sup>5</sup>	2 × 10 <sup>4</sup>	7 × 10 <sup>3</sup>
<sup>198m</sup> Au	4 × 10 <sup>4</sup>	2 × 10 <sup>4</sup>	2 × 10 <sup>4</sup>
<sup>198</sup> Au	6 × 10 <sup>4</sup>	3 × 10 <sup>4</sup>	3 × 10 <sup>4</sup>
<sup>199</sup> Au	1 × 10 <sup>5</sup>	6 × 10 <sup>4</sup>	6 × 10 <sup>4</sup>
<sup>200m</sup> Au	5 × 10 <sup>4</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>
<sup>200</sup> Au	1 × 10 <sup>6</sup>	1 × 10 <sup>6</sup>	1 × 10 <sup>6</sup>
<sup>201</sup> Au	3 × 10 <sup>6</sup>	4 × 10 <sup>6</sup>	3 × 10 <sup>6</sup>

\* 訳注 数値が原文と異なっているが、これは ICRP Publ. 30 Part 3 に付された「追補」により訂正されたものである。

## 水銀の代謝データ

### 1. 代 謝

「標準人」<sup>1)</sup> のデータ

軟組織の水銀含有量	13 mg
飲食物からの1日当たりの摂取量	0.015 mg

### 2. 代謝モデル

#### 2.1 無機化合物

##### (a) 血液への取り込み

元素状水銀の胃腸管からの取り込みは非常にわずかであり<sup>2)</sup>、またラットについての実験<sup>3)</sup>は、経口摂取した元素状水銀のうち吸収されるものは $10^{-4}$ より少ないことを示唆している。

水銀の無機化合物の胃腸管からの吸収は、Nordberg と Sherfving<sup>2)</sup> によって調査、検討された。マウスについての研究は、塩化第二水銀の吸収割合が0.02より小さいことを示唆している。しかし、ヒトについての急性中毒の症例からのデータは、この化学形で経口摂取された水銀に関して、吸収割合は少なくとも0.08であることを示唆している。この2つの数字の違いはおそらく胃腸管の透過性に対する障壁に及ぼす塩化第二水銀の破壊効果によって説明される。それゆえ、この小さい方の数字を使用する方が、放射線防護の目的には多分適切であろう。

胃腸管からの第一水銀化合物の吸収割合は第二水銀化合物の吸収割合よりも

一般に小さいことが予想される<sup>2)</sup>。

この報告書では、水銀のすべての無機化合物について  $f_1$  を0.02とする。

### (b) 吸入のクラス

肺における水銀蒸気の沈着と残留についての動物実験は、Nordberg と Sherfving<sup>2)</sup> によって調査、検討された。肺からの水銀蒸気の吸収は代表的には吸収された水銀のうちの0.5よりも大きい。ヒトについては、吸入された水銀のうち平均して0.74が1.7日の生物学的半減期で肺に残留する<sup>4)</sup>。全身負荷量のわずか約0.07が呼気中の蒸気として失われるにすぎないから、この水銀のほとんどは体組織に移行する。

この報告書では、水銀蒸気として肺に入った水銀のうち0.7がそこに沈着すると仮定し、また沈着の後この部分は1.7日の生物学的半減期で血液に移行すると仮定する。血液に入った後のこの水銀の代謝は、この元素の無機化合物の代謝と同じであると仮定する。

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>5)</sup> は水銀の酸化物、水酸化物、ハロゲン化合物、硝酸塩および硫化物を吸入のクラスWに指定し、この元素の硫酸塩を吸入のクラスDに指定した。この分類は、<sup>203</sup>HgO を吸入させたイヌの実験<sup>6)</sup> および誤って水銀にさらされたヒトについての研究<sup>13)</sup> により裏づけられており、これをここで採用する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.02
W	0.02
Y	—

### (c) 分布と残留

無機水銀を最高濃度を含む器官は通常腎臓であり<sup>1), 2)</sup>、その代表的な濃度は

全身の平均濃度の約15倍である。しかし、高いレベルの無機水銀にさらされる場合には、甲状腺および脳下垂体中の濃度は腎臓中の濃度よりも高いことがある<sup>7)</sup>。

相当数の個人に対し、無機水銀およびメチル水銀を経口投与した実験<sup>7)</sup>では、経口摂取後最初の250日にわたって、メチル水銀の全身における生物学的半減期が $76 \pm 3$ 日であるのに対し、無機水銀の全身における生物学的半減期は $42 \pm 3$ 日であることが示されている。しかし、これらの半減期は「標準人」<sup>9)</sup>に示されている水銀の全身含有量および1日当たりの摂取量と矛盾する。さらに、これらの半減期は、この元素にさらされたことがわかっている最後のときから6年後にも水銀が依然として尿中に検出できる<sup>9)</sup>という観察とも矛盾している。

この報告書では、吸入した後、またはこの元素を無機化合物としてあるいは金属水銀として経口摂取した後、通過コンパートメントから出ていく水銀のうち0.08は腎臓に移行し、0.92は人体のその他すべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。腎臓に移行してもあるいは他の任意の器官または組織に移行しても、この水銀のうち0.95は40日の生物学的半減期で残留し、0.05は10,000日の生物学的半減期で残留すると仮定する。

## 2.2 有機化合物

### (a) 血液への取り込み

メチル水銀の胃腸管からの吸収は Nordberg と Sherfving<sup>9)</sup> により調査、検討された。一方、より最近の日本の研究は Kojima と Fujita<sup>10)</sup> によってまとめられている。これらの総説は、メチル水銀が胃腸管からほとんど完全に吸収されること、酢酸水銀(II)の吸収割合は約0.2であること、およびフェニル水銀の代表的な吸収割合は0.4であることを示唆している。

この報告書では、 $f_1$  をメチル水銀については1、この元素の他の有機化合物については0.4とする。

## (b) 吸入のクラス

有機水銀化合物の吸入に関するデータ<sup>2)</sup>はほとんどない。しかし、マウスの実験<sup>3)</sup>はジメチル水銀が吸入のクラスDに指定されるべきであることを示唆している。この報告書では、水銀のすべての有機化合物を吸入のクラスDに指定する。適切な実験データがなにもないので、この元素の有機化合物の吸入の結果胃腸管に入る水銀については、 $f_1$  を1とする。

吸入のクラス	$f_1$
D	1
W	—
Y	—

## (c) 分布と残留

水銀の有機化合物の体内における分布は、投与された化合物および用いられた動物種に大きく左右される（文献2）参照）。メチル水銀の場合には、ラットを除いて研究されたすべての動物種で腎臓と脳が同程度の高い水銀濃度を示している<sup>2)</sup>。

相当数の個人に対しメチル水銀を経口投与した実験<sup>3)</sup>は、経口摂取後の最初の250日にわたって、この化学形で投与された水銀の全身における生物学的半減期が $76 \pm 3$ 日であることを示している。しかし、前に指摘したように、この半減期は「標準人」<sup>4)</sup>に示されている水銀の全身含有量および1日当たりの摂取量と矛盾する。さらにこれは、この元素にさらされたことがわかっている最後のときから6年後にも水銀が依然として尿中に検出できるという観察<sup>9)</sup>とも矛盾している。

この報告書では、この元素を有機化合物として吸入または経口摂取した後、通過コンパートメントから出ていく水銀のうち、0.08および0.2の割合がそれぞれ腎臓および脳に移行すると仮定する。通過コンパートメントから出ていく水

銀の残りの割合は、人体のすべての他の器官および組織に均等に分布すると仮定する。腎臓と脳を含めた任意の器官または組織に移行した水銀のうち、0.95および0.05の割合がそれぞれ8日および10,000日の生物学的半減期で残留すると仮定する。

水銀の有機化合物についてのこの分布と残留モデルは、メチル水銀についてのデータを基にしたものであり、この元素の多くの有機化合物については多分ひかえ目にすぎることには留意すべきである。たとえば、ネオヒドリンとして投与された水銀はメチル水銀よりもずっと急速に人体から失われる<sup>11), 12)</sup>。

### 3. 骨線量算定のための同位体の分類

水銀は腎臓および脳以外の人体のすべての器官および組織の全体に均等に分布すると仮定する。したがって、骨の線量算定の目的で水銀の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Nordberg, G. F. and Sherfving, S. Metabolism. In: *Mercury in the Environment*. Eds. Friberg, L. T. and Vostal, J. J. CRC, 1972.
- 3) Bornmann, G., Henke, G., Alfes, H. and Möllman, H. (1970). Über die Enterlae Resorption von Metallischem Quecksilber. *Arch. für Toxikol.*, 203-209.
- 4) Hursh, J. B., Clarkson, T. W., Cherian, M. G., Vostal, J. V. and Mallie, R. V. (1976). Clearance of Mercury (Hg-197, Hg-203) Vapour Inhaled by Human Subjects. *Arch. Env. Health.*, 31, 302-309.
- 5) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, 12, 173-207.
- 6) Morrow, P. E., Gibb, F. R. and Johnson, L. (1964). Clearance of

- insoluble dust from the lower respiratory tract. *Health Phys.*, **10**, 543-555.
- 7) Kosta, L., Byrne, A. R. and Zelenko, V. (1975). Correlation between Selenium and Mercury in Man following Exposure to Inorganic Mercury. *Nature*, **254**, 238-239.
  - 8) Rahola, T., Aaran, R. K. and Miettinen, J. K. Half-life Studies of Mercury and Cadmium by Whole-body Counting. In: *Assessment of Radioactive Contamination in Man*. IAEA, Vienna, 1972, pp. 553-562.
  - 9) Goldwater, L. J. and Nicolau, A. (1966). Absorption and Excretion of Mercury in Man: IX Persistence of Mercury in Blood and Urine following Cessation of Exposure. *Arch. Environ. Health.*, **12**, 196-198.
  - 10) Kojima, K. and Fujita, M. (1973). Summary of recent studies in Japan on methyl mercury poisoning. *Toxicology*, **1**, 43-62.
  - 11) Johnson, J. E. and Johnson, J. A. (1968). A New value for the Long Component of the Effective Half-Retention Time of  $^{203}\text{Hg}$  in the Human. *Health Phys.*, **14**, 265-266.
  - 12) Greenlaw, R. H. and Quaife, M. (1962). Retention of Neohydrin- $\text{Hg}^{203}$  as Determined with a Total Body Scintillation Counter. *Radiology*, **78**, 970-973.
  - 13) Newton, D. and Fry, F. A. (1978). The retention and distribution of radioactive mercuric oxide following accidental inhalation. *Ann. Occup. Hyg.*, **21**, 21-32.

水銀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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

有機物  
ALI (Bq)

放射性核種	経口		吸入
			クラスD
	$f_1 = 1$	$f_1 = 4 \times 10^{-1}$	$f_1 = 1$
<sup>193m</sup> Hg	$3 \times 10^8$	$2 \times 10^8$	$5 \times 10^8$
<sup>193</sup> Hg	$2 \times 10^9$	$7 \times 10^8$	$2 \times 10^9$
<sup>194</sup> Hg	$6 \times 10^5$	$2 \times 10^6$	$1 \times 10^6$
<sup>195m</sup> Hg	$2 \times 10^8$	$1 \times 10^8$	$2 \times 10^8$
<sup>195</sup> Hg	$1 \times 10^9$	$6 \times 10^8$	$2 \times 10^9$
<sup>197m</sup> Hg	$3 \times 10^8$	$1 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
<sup>197</sup> Hg	$4 \times 10^8$	$3 \times 10^8$	$5 \times 10^8$
<sup>199m</sup> Hg	$2 \times 10^9$ ( $4 \times 10^9$ ) 胃壁	$2 \times 10^9$ ( $2 \times 10^9$ ) 胃壁	$6 \times 10^9$
<sup>203</sup> Hg	$2 \times 10^7$	$3 \times 10^7$	$3 \times 10^7$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸入
	クラスD
	$f_1 = 1$
<sup>193m</sup> Hg	$2 \times 10^5$
<sup>193</sup> Hg	$1 \times 10^6$
<sup>194</sup> Hg	$4 \times 10^2$
<sup>195m</sup> Hg	$9 \times 10^4$
<sup>195</sup> Hg	$7 \times 10^5$
<sup>197m</sup> Hg	$1 \times 10^5$
<sup>197</sup> Hg	$2 \times 10^5$
<sup>199m</sup> Hg	$2 \times 10^6$
<sup>203</sup> Hg	$1 \times 10^4$

水銀の代謝データ

(111)

水銀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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

無機物

ALI (Bq)

放射性核種	吸 入		
	経 口	クラスD	クラスW
	$f_1=2 \times 10^{-2}$	$f_1=2 \times 10^{-2}$	$f_1=2 \times 10^{-2}$
<sup>193m</sup> Hg	$1 \times 10^5$	$3 \times 10^5$	$3 \times 10^5$
<sup>193</sup> Hg	$6 \times 10^5$	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
<sup>194</sup> Hg	$3 \times 10^7$	$2 \times 10^6$	$4 \times 10^5$
<sup>195m</sup> Hg	$9 \times 10^7$	$2 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
<sup>195</sup> Hg	$5 \times 10^5$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$
<sup>197m</sup> Hg	$1 \times 10^5$	$3 \times 10^5$	$2 \times 10^5$
<sup>197</sup> Hg	$2 \times 10^5$	$4 \times 10^5$	$3 \times 10^5$
<sup>198m</sup> Hg	$2 \times 10^6$	$5 \times 10^6$	$7 \times 10^6$
<sup>203</sup> Hg	$9 \times 10^7$	$5 \times 10^7$	$4 \times 10^7$

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスD	クラスW
	$f_1=2 \times 10^{-2}$	$f_1=2 \times 10^{-2}$
<sup>193m</sup> Hg	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
<sup>193</sup> Hg	$7 \times 10^5$	$6 \times 10^5$
<sup>194</sup> Hg	$7 \times 10^2$	$2 \times 10^3$
<sup>195m</sup> Hg	$8 \times 10^4$	$6 \times 10^4$
<sup>195</sup> Hg	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
<sup>197m</sup> Hg	$1 \times 10^5$	$8 \times 10^4$
<sup>197</sup> Hg	$2 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
<sup>198m</sup> Hg	$2 \times 10^6$	$3 \times 10^6$
<sup>203</sup> Hg	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^4$

水銀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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

水銀蒸気  
ALI (Bq)

放射性核種	吸 入
<sup>193m</sup> Hg	3×10 <sup>8</sup>
<sup>193</sup> Hg	1×10 <sup>9</sup>
<sup>194</sup> Hg	1×10 <sup>8</sup>
<sup>195m</sup> Hg	1×10 <sup>8</sup>
<sup>195</sup> Hg	1×10 <sup>9</sup>
<sup>197m</sup> Hg	2×10 <sup>8</sup>
<sup>197</sup> Hg	3×10 <sup>8</sup>
<sup>199m</sup> Hg	3×10 <sup>9</sup>
<sup>203</sup> Hg	3×10 <sup>7</sup>

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入
<sup>193m</sup> Hg	1×10 <sup>5</sup>
<sup>193</sup> Hg	5×10 <sup>5</sup>
<sup>194</sup> Hg	5×10 <sup>2</sup>
<sup>195m</sup> Hg	6×10 <sup>4</sup>
<sup>195</sup> Hg	5×10 <sup>5</sup>
<sup>197m</sup> Hg	8×10 <sup>4</sup>
<sup>197</sup> Hg	1×10 <sup>5</sup>
<sup>199m</sup> Hg	1×10 <sup>6</sup>
<sup>203</sup> Hg	1×10 <sup>4</sup>

## 鉛の代謝データ

### 1. 代謝

「標準人」<sup>1)</sup> のデータ

人体の鉛含有量	120 mg
骨格の鉛含有量	110 mg
飲食物からの1日当たりの摂取量	0.44 mg

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

ヒトの胃腸管からの鉛の吸収割合は0.05から0.14の範囲にあると推定されている<sup>1)</sup>。最近、Chamberlain および共同研究者<sup>2)</sup> は、鉛の化合物の吸収割合がこれよりもかなり著しく変動することを証明した。とくに、6名の正常人についての絶食後の胃腸管からの  $PbCl_2$  の吸収は0.24から0.65の範囲にあった。同様に、Wetherill ら<sup>3)</sup> および Blake<sup>4)</sup> の研究も、胃腸管からの吸収割合の値が0.1よりもかなり大きいことを示した。この報告書では  $f_1$  は0.2とした。この値は食事と食事の間に経口摂取される鉛の化合物について適切と考えられる。

#### (b) 吸入のクラス

ICRP の「肺動態課題グループ」<sup>5)</sup> は普通に存在する鉛のすべての化合物を吸入のクラスWに指定した。しかし、いろいろな研究はAMADがサブミクロンの鉛のエロゾルは肺から急速に除去されることを示している<sup>2), 6)-9)</sup>。この報告書では、通常存在する鉛のすべての化合物を吸入のクラスDに指定する。

吸入のクラス	$f_1$
D	0.2
W	—
Y	—

## (c) 分布と残留

Lloyd ら<sup>10)</sup>は、イヌについて鉛の全身残留は次の関数によってよく表されることを示した。

$$R(t) = 0.7e^{-0.693t/12} + 0.17e^{-0.693t/180} + 0.13e^{-0.693t/5000}$$

しかしながら、彼等の実験では第三の成分の半減期は、はっきりとはきめられなかった。また、鉛の残留について、生物学的半減期が約10,000日という長期の成分がヒトで示されている<sup>11)</sup>。

注射された  $^{210}\text{Pb}$  は主として骨、肝臓および腎臓に沈着するが、無機質骨にだけ長期間残留する<sup>10)-12)</sup>。 $^{210}\text{Pb}$  を注射してから、28日、1,100日および1,497日後の組織間の分布について Lloyd ら<sup>10)</sup>が与えたデータ、「標準人」<sup>1)</sup>の安定鉛の分布、およびイヌ<sup>10)</sup>についての全身残留のデータから、次の代謝モデルを採用した。

通過コンパートメントを出ていく鉛のうち、0.55、0.25および0.02の割合がそれぞれ骨格、肝臓および腎臓に移行すると仮定する。残りの割合0.18は、人体の他のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。骨格に移行した鉛のうち、0.6、0.2および0.2の割合がそれぞれ12日、180日および10,000日の生物学的半減期で残留すると仮定する。骨格以外の任意の器官および組織に移行した鉛のうち、0.8、0.18および0.02の割合が、それぞれ12日、180日および10,000日の生物学的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

鉛はリン灰石のカルシウムの位置に置換できることが知られており<sup>13)</sup>、このために鉛はおそらく無機質骨の体積全体にかなり速くゆきわたるであろう。この報告書では、<sup>202</sup>Pb、<sup>205</sup>Pb および <sup>210</sup>Pb は、骨格に沈着した後いつでも無機質骨の体積全体に均等に分布していると仮定する。この報告書で考察しているその他すべての鉛の同位体の放射性半減期は15日よりも短く、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。

## 文 献

- 1) *ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man.* Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Chamberlain, A. C., Heard, M. J., Little, P., Newton, D., Wells, A. C. and Wiffen, R. D. *Investigations into lead from motor vehicles.* United Kingdom Atomic Energy Authority (Harwell) report AERE-R 9198 H. M. Stationery Office, London, 1978.
- 3) Wetherill, G. W., Rabinowitz, M. and Kopple, J. D. Sources and metabolic pathways of lead in normal humans. In: *Recent advances in the assessment of the health effects of environmental pollution.* CEC, Paris, 1975, pp. 847-860.
- 4) Blake, K. C. H. (1976). Absorption of <sup>203</sup>Pb from the gastro-intestinal tract of man. *Environ. Res.*, **11**, 1-4.
- 5) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 6) Bianco, A., Gibb, F. R. and Morrow, P. E. *Study of submicron size lead-212 aerosol inhalation.* Abstracts of papers presented at the third international congress of the International Radiation Protection Association, Washington. Pergamon Press, Oxford, 1973.
- 7) Hursh, J. B., Schraub, A., Sattler, E. L. and Hofmann, H. P. (1969). Fate of <sup>212</sup>Pb Inhaled by Human Subjects. *Health Phys.*, **16**, 257-267.

- 8) Booker, D. V., Chamberlain, A. C., Newton, D. and Stott, A. N. B. (1969). Uptake of radioactive lead following inhalation and injection. *Br. J. Radiol.*, **42**, 457-466.
- 9) Hursh, J. B. and Mercer, T. T. (1970). Measurement of  $^{210}\text{Pb}$  loss rate from human lungs. *J. Appl. Physiol.*, **28**, 268-274.
- 10) Lloyd, R. D., Mays, C. W., Atherton, D. R. and Bruenger, F. W. (1975).  $^{210}\text{Pb}$  Studies in Beagles. *Health Phys.*, **28**, 575-583.
- 11) Rabinowitz, M. B., Wetherill, G. W. and Kopple, J. D. (1973). Lead Metabolism in the Normal Human: Stable Isotope Studies. *Science*, **182**, 725-727.
- 12) Cohen, N. The Retention and Distribution of Lead-210 in the Adult Baboon. *Annual Progress Report, Sept. 1, 1969-August 31, 1970*. NYO-3086-10, Vol. 1, New York University, N.Y., Institute of Environmental Medicine.
- 13) Posner, A. S. Mineralised Tissues. In: *Phosphorus and its Compounds*, Vol. 2, Ed. Van Wazer, J. R. (Interscience, New York, 1961), pp. 1429-1459.

鉛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/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	ALI (Bq)	
	経口	吸入
		$f_1=2\times 10^{-1}$
$^{195m}\text{Pb}$	$2\times 10^9$	$7\times 10^9$
$^{196}\text{Pb}$	$1\times 10^9$	$2\times 10^9$
$^{199}\text{Pb}$	$8\times 10^8$	$3\times 10^9$
$^{200}\text{Pb}$	$1\times 10^9$	$2\times 10^8$
$^{201}\text{Pb}$	$3\times 10^8$	$7\times 10^8$
$^{202m}\text{Pb}$	$3\times 10^8$	$1\times 10^9$
$^{202}\text{Pb}$	$5\times 10^8$	$2\times 10^8$
$^{203}\text{Pb}$	$2\times 10^8$	$4\times 10^8$
$^{205}\text{Pb}$	$1\times 10^8$	$5\times 10^7$
$^{209}\text{Pb}$	$9\times 10^8$	$2\times 10^9$

放射性核種	吸 入	
	経 口	ク ラ ス D
	$f_1=2\times 10^{-1}$	$f_1=2\times 10^{-1}$
$^{210}\text{Pb}$	$2\times 10^4$ ( $4\times 10^4$ ) 骨表面	$9\times 10^3$ ( $1\times 10^4$ ) 骨表面
$^{211}\text{Pb}$	$4\times 10^8$	$2\times 10^7$
$^{212}\text{Pb}$	$3\times 10^6$ ( $5\times 10^8$ ) 骨表面	$1\times 10^8$
$^{214}\text{Pb}$	$3\times 10^8$	$3\times 10^7$

DAC ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入
	ク ラ ス D
	$f_1=2\times 10^{-1}$
$^{195\text{m}}\text{Pb}$	$3\times 10^6$
$^{198}\text{Pb}$	$1\times 10^6$
$^{199}\text{Pb}$	$1\times 10^6$
$^{200}\text{Pb}$	$1\times 10^5$
$^{201}\text{Pb}$	$3\times 10^5$
$^{202\text{m}}\text{Pb}$	$4\times 10^5$
$^{202}\text{Pb}$	$8\times 10^3$
$^{203}\text{Pb}$	$1\times 10^5$
$^{205}\text{Pb}$	$2\times 10^4$
$^{209}\text{Pb}$	$9\times 10^5$
$^{210}\text{Pb}$	4
$^{211}\text{Pb}$	$1\times 10^4$
$^{212}\text{Pb}$	$5\times 10^2$
$^{214}\text{Pb}$	$1\times 10^4$

## ビスマスの代謝データ

### 1. 代謝

「標準人」<sup>1)</sup>のデータ

軟組織のビスマス含有量	< 0.23 mg
飲食物からの1日当たりの摂取量	20 $\mu$ g

### 2. 代謝モデル

#### (a) 血液への取り込み

食餌中のビスマスの胃腸管からの吸収割合は約0.08であることが示唆されている<sup>1)</sup>。また、ビスマスの塩基性塩は、胃腸管からごくわずかしか吸収されないとも言われている<sup>2)</sup>。この報告書では  $f_1$  を0.05とする。この値は、実際に出あう可能性のきわめて大きいビスマスの化合物について適切な値であると考えられる。

#### (b) 吸入のクラス

ビスマスの化合物の吸入に関して入手できる実験からの適切な情報はないようである。ICRPの「肺動態課題グループ」<sup>3)</sup>は硝酸ビスマスを吸入のクラスDに、そしてこの元素のその他すべての化合物を吸入のクラスWに指定した。適切な実験データがなにもないので、ここではこの分類を採用する。

吸入のクラス	$f_i$
D	0.05
W	0.05
Y	—

### (c) 分布と残留

ビスマスは主として腎臓に沈着し<sup>4)-7)</sup>, 脾臓, 骨, 肝臓および肺中の濃度は, 腎臓中の濃度よりも1桁以上低い。

この報告書では, 通過コンパートメントを出ていくビスマスのうち, 0.3が直接に排泄され, 0.4が腎臓に移行し, 0.3が人体のその他すべての器官および組織に均等に分布すると仮定する<sup>6), 7)</sup>。腎臓を含めて人体の任意の器官または組織に移行したビスマスのうち, 0.6と0.4の割合は, それぞれ, 0.6日と5日の生物学的半減期で残留すると仮定する<sup>6), 7)</sup>。

ビスマスは血液から非常に速く除去されるので<sup>7)</sup>, 通過コンパートメントからのクリアランスの半減期は, ビスマスのすべての化合物について0.01日と仮定する。

### 3. 骨線量算定のための同位体の分類

組織系内のビスマスは, 腎臓以外の人体のすべての器官および組織に均等に分布すると仮定する。したがって, 骨の線量算定の目的でこの元素の同位体を分類する必要はない。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, 1975.
- 2) Sollmann, T. A Manual of Pharmacology. W. B. Saunders, Philadelphia, 1957, pp. 1237-1245.

- 3) ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966). Deposition and retention models for the internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys.*, **12**, 173-207.
- 4) Eridani, S., Balzarini, M., Taglioretti, D., Romussi, M. and Velentini, R. (1964). The Distribution of Radiobismuth in the Rat. *Br. J. Radiol.*, **37**, 311-314.
- 5) Durbin, P. W. (1960). Metabolic Characteristics within a Chemical Family. *Health Phys.*, **2**, 225-238.
- 6) Matthews, C. M. E., Dempster, W. J., Kapros, C. and Kountz, S. (1964). The Effect of Bismuth 206 Irradiation on Survival of Skin Homografts. *Br. J. Radiol.*, **37**, 306-310.
- 7) Russ, G. A., Bigler, R. E., Tilbury, R. S., Woodward, H. Q. and Laughlin, S. (1975). Metabolic Studies with Radiobismuth 1. Retention and Distribution of  $^{206}\text{Bi}$  in the Normal Rat. *Rad. Res.*, **63**, 443-454.

ビスマス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 ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)

ALI (Bq)

放射性核種	吸入		
	経口	クラスD	クラスW
	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$
$^{200}\text{Bi}$	$1 \times 10^9$	$3 \times 10^9$	$4 \times 10^9$
$^{201}\text{Bi}$	$4 \times 10^8$	$1 \times 10^9$	$1 \times 10^9$
$^{202}\text{Bi}$	$5 \times 10^8$	$1 \times 10^9$	$3 \times 10^9$
$^{203}\text{Bi}$	$9 \times 10^7$	$2 \times 10^8$	$2 \times 10^8$
$^{205}\text{Bi}$	$5 \times 10^7$	$9 \times 10^7$	$5 \times 10^7$
$^{206}\text{Bi}$	$2 \times 10^7$	$5 \times 10^7$	$3 \times 10^7$
$^{207}\text{Bi}$	$4 \times 10^7$	$6 \times 10^7$	$1 \times 10^7$
$^{210\text{m}}\text{Bi}$	$2 \times 10^6$ ( $2 \times 10^6$ )	$2 \times 10^5$ ( $2 \times 10^5$ )	$3 \times 10^4$
	腎臓	腎臓	
$^{210}\text{Bi}$	$3 \times 10^7$	$9 \times 10^6$ ( $1 \times 10^7$ )	$1 \times 10^6$
		腎臓	
$^{212}\text{Bi}$	$2 \times 10^8$	$9 \times 10^6$	$1 \times 10^7$
$^{213}\text{Bi}$	$3 \times 10^8$	$1 \times 10^7$	$1 \times 10^7$
$^{214}\text{Bi}$	$6 \times 10^8$ ( $8 \times 10^8$ )	$3 \times 10^7$	$3 \times 10^7$
	胃壁		

ビスマスの代謝データ

(121)

DAC (Bq/m<sup>3</sup>) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入	
	クラスD	クラスW
	$f_1=5 \times 10^{-2}$	$f_1=5 \times 10^{-2}$
<sup>200</sup> Bi	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
<sup>201</sup> Bi	$4 \times 10^5$	$6 \times 10^5$
<sup>202</sup> Bi	$6 \times 10^5$	$1 \times 10^6$
<sup>203</sup> Bi	$1 \times 10^5$	$9 \times 10^4$
<sup>205</sup> Bi	$4 \times 10^4$	$2 \times 10^4$
<sup>206</sup> Bi	$2 \times 10^4$	$1 \times 10^4$
<sup>207</sup> Bi	$3 \times 10^4$	$5 \times 10^3$
<sup>210m</sup> Bi	$7 \times 10^1$	$1 \times 10^1$
<sup>210</sup> Bi	$4 \times 10^3$	$4 \times 10^2$
<sup>212</sup> Bi	$4 \times 10^3$	$4 \times 10^3$
<sup>213</sup> Bi	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$
<sup>214</sup> Bi	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^4$

## 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、ヒトについての分布の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。これらのデータは ICRP の「課題グループ」<sup>4)</sup>によって調査、検討されている。

### 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<sup>5)-4)</sup>の示すところによれば、胃腸管からのネプツニウムの吸収割合は、硝酸塩として投与されたとき、約0.01である。しかし、食物中のネプツニウムの吸収割合がおそらくそうであるように<sup>4)</sup>、トレース量のこの元素の吸収割合はおそらくこの1/10くらいであろう<sup>5)</sup>。この報告書では、ネプツニウムのすべての化合物について  $f_1$  を0.01とする。

#### (b) 吸入のクラス

ラットについての実験<sup>6)-7)</sup>は、ネプツニウムが肺からプルトニウムよりも速く除去されることを示している。ゲッ歯類の限られたデータとアメリカウムとの類推から、この元素のすべての化合物を吸入のクラスWに指定した。

吸入のクラス	$f_1$
D	—
W	0.01
Y	—

### (c) 分布と残留

ラットにおけるネプツニウムの分布と残留についてのデータは<sup>2)-4), 6)-10)</sup>, ネプツニウムの代謝挙動はプルトニウムのそれとかなり類似していることを示している。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であろうという証拠がある<sup>11)</sup>。この報告書では、「課題グループ」の報告<sup>1)</sup>に従って、プルトニウムについて用いた代謝モデルをネプツニウムについても用いる。

したがって、通過コンパートメントを出ていくネプツニウムのうち、0.45が無機質骨に、0.45が肝臓に移行すると仮定する。生殖腺に移行するネプツニウムの割合は精巣について  $3.5 \times 10^{-4}$ 、卵巣について  $1.1 \times 10^{-4}$  であると仮定する。これらの値は生殖腺のg当たり  $10^{-5}$  という生殖腺への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直接に排泄されると仮定する。

無機質骨に移行したネプツニウムは、その組織に100年の生物学的半減期で残留すると仮定する。一方、肝臓に移行したネプツニウムは、その組織に40年の生物学的半減期で残留すると仮定する。生殖腺に移行したネプツニウムはその組織に永久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<sup>11)</sup>。それにもかかわらず、沈着の初期にはまだ骨表面に大部分結合しており、アルカリ土類元素のように骨基質中を移動しないようである。これらの理由から、ネプツニウムは、他のアクチニドのように、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。

## 文 献

- 1) ICRP Publication 19, *The Metabolism of Compounds of Plutonium and Other Actinides*. Pergamon Press, Oxford, 1972.
- 2) 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.
- 3) Sullivan, M. F. and Crosby, A. L. Absorption of Uranium-233, Neptunium-237, Plutonium-238, Americium-241, Curium-244, and Einsteinium-253 from the Gastrointestinal Tract of Newborn and Adult Rats. *Battelle Pacific Northwest Laboratories Annual Report for 1974, Part 1*. BNWL-1950 PT1, 1975, pp. 105-108.
- 4) Sullivan, M. F. and Crosby, A. L. Absorption of Transuranic Elements from Rat Gut. *Battelle Pacific Northwest Laboratories Annual Report for 1975, Part 1*. BNWL-2000-PT1, 1976, pp. 91-93.
- 5) Bair, W. J. and Case, A. C. Preliminary Studies of Inhaled Dust Containing Neptunium-237. *AEC Research and Development Report HW-70949*, 1961.
- 6) Lyubchanskii, E. R. and Levдик, T. I. Neptunium 237 Metabolism after Inhalation thereof. In: *Biologicheskoye Deystviye Vneshnikh i Vnutrennikh Istochnikov Radiatsii*. Eds. Moskalev, Yu. I. and Kalistratova, V. S., (Meditsina, Moscow, 1972) pp. 204-214, translated in AEC-tr-7457 (1972) pp. 309-321.
- 7) Moskalev, Yu. I., Rudnitskaya, E. I., Zalikin, G. A., Petrovich, I. K. and Levдик, T. I. In: *Proceedings of German-Soviet Working Meeting on the Question of Radiation Protection*. Berlin (1972), SZS-148 (1973) pp. 12-28.
- 8) Moskalev, Yu. I., Rudnitskaya, E. N., Zalikin, G. A. and Petrovich, I. K. Distribution and biological effects of neptunium 237. In: *Biologicheskoye Deystviye Vneshnikh i Vnutrennikh Istochnikov Radiatsii*. Eds. Moskalev, Yu. I. and Kalistratova, V. S. Meditsina, Moscow, 1972, pp. 220-229, translated in AEC-tr-7457 (1972) pp. 330-341.
- 9) Levдик, T. I., Lemberg, V. K., Yerokhin, R. A. and Buldakov, L. A. Some characteristics of the biological effect and behaviour of neptunium-237 in the animal body after administering different isotope salts. In:

*Otdalennyyee Posledstviya Luchevykh Porazheniy.* Ed. Moskalev, Yu. I. Atomizdat, Moscow, 1971, pp.439-449, translated in AEC-tr-7387 (1972), pp.483-494.

- 10) Mahlum, D. D. and Clarke, W. J. (1966). Neptunium-237 Toxicity in the Rat-I. Histopathologic and Chemical Observations in Liver and Kidney. *Health Phys.*, **12**, 7-13.
- 11) Nenot, J. C., Masse, R., Morin, M. and Lafuma, J. (1972). An Experimental Comparative Study of the Behaviour of  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  and  $^{242}\text{Cm}$  in Bone. *Health Phys.*, **22**, 657-666.

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 ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)

放射性核種	ALI (Bq)	
	経口	吸入
		クラスW
	$f_1=1\times 10^{-2}$	$f_1=1\times 10^{-2}$
$^{232}\text{Np}$	$1\times 10^9$ ( $2\times 10^9$ ) 骨表面	$9\times 10^7$ ( $2\times 10^8$ ) 骨表面
$^{233}\text{Np}$	$3\times 10^{10}$	$1\times 10^{11}$
$^{234}\text{Np}$	$8\times 10^7$	$1\times 10^8$
$^{235}\text{Np}$	$4\times 10^8$	$5\times 10^7$ ( $5\times 10^7$ ) 骨表面
$^{236}\text{Np}$ ( $1.15\times 10^5\text{y}$ )	$1\times 10^4$ ( $2\times 10^4$ ) 骨表面	$1\times 10^3$ ( $2\times 10^3$ ) 骨表面
$^{236}\text{Np}$ (22.5 h)	$2\times 10^7$ ( $3\times 10^7$ ) 骨表面	$1\times 10^6$ ( $3\times 10^6$ ) 骨表面
$^{237}\text{Np}$	$3\times 10^8$ ( $5\times 10^8$ ) 骨表面	$2\times 10^2$ ( $4\times 10^2$ ) 骨表面
$^{238}\text{Np}$	$3\times 10^7$	$3\times 10^6$ ( $6\times 10^6$ ) 骨表面
$^{239}\text{Np}$	$6\times 10^7$ ( $6\times 10^7$ ) 大腸下部壁	$9\times 10^7$
$^{240}\text{Np}$	$8\times 10^8$	$3\times 10^9$

## 専門委員会 2 の報告

DAC ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)

放射性核種	吸 入
	クラスW
	$f_1=1 \times 10^{-2}$
$^{232}\text{Np}$	$4 \times 10^4$
$^{233}\text{Np}$	$5 \times 10^7$
$^{234}\text{Np}$	$4 \times 10^4$
$^{235}\text{Np}$	$2 \times 10^4$
$^{236}\text{Np}$ ( $1.15 \times 10^5 \text{y}$ )	$4 \times 10^{-1}$
$^{238}\text{Np}$ (22.5 h)	$6 \times 10^3$
$^{237}\text{Np}$	$9 \times 10^{-2}$
$^{238}\text{Np}$	$1 \times 10^3$
$^{239}\text{Np}$	$4 \times 10^4$
$^{240}\text{Np}$	$1 \times 10^6$

## 追 補

## 作業者による放射性核種の摂取の限度

ICRP Publication 30, Part 1, 1979

Part 1 の76ページ\*および補遺の54ページと55ページ：眼の水晶体の線量当量限度の勧告値を1年につき0.3Sv から0.15Sv に低減するという委員会の決定の結果として、 $^{81}\text{Kr}$  と  $^{88\text{m}}\text{Kr}$  についての DAC の値を次のように修正する。

クリプトンの同位体に関する誘導空气中濃度  
DAC ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) (40 h/wk)

放射性核種	半無限大の雲	1,000 $\text{m}^3$ の部屋	500 $\text{m}^3$ の部屋	100 $\text{m}^3$ の部屋
$^{81}\text{Kr}$	$2 \times 10^7$	$1 \times 10^8$ ( $5 \times 10^8$ ) 水晶体	$1 \times 10^8$ ( $6 \times 10^8$ ) 水晶体	$1 \times 10^8$ ( $9 \times 10^8$ ) 水晶体
$^{88\text{m}}\text{Kr}$	$4 \times 10^8$ ( $7 \times 10^9$ ) 水晶体	$4 \times 10^8$ ( $7 \times 10^9$ ) 水晶体	$4 \times 10^8$ ( $7 \times 10^9$ ) 水晶体	$4 \times 10^8$ ( $8 \times 10^9$ ) 水晶体

\* 邦訳版では133ページ

### 補 遺

#### 付録 1 の記載位置の修正

1. 補遺 1 の記載位置の修正

付録 1 の記載位置の修正は、以下の通りである。

1. 補遺 1 の記載位置の修正

2. 補遺 1 の記載位置の修正

3. 補遺 1 の記載位置の修正

#### 補遺 2 の記載位置の修正

(1) 補遺 2 の記載位置の修正

補遺 2 の記載位置	補遺 2 の記載位置	補遺 2 の記載位置	補遺 2 の記載位置
1. 補遺 2 の記載位置	2. 補遺 2 の記載位置	3. 補遺 2 の記載位置	4. 補遺 2 の記載位置
5. 補遺 2 の記載位置	6. 補遺 2 の記載位置	7. 補遺 2 の記載位置	8. 補遺 2 の記載位置
9. 補遺 2 の記載位置	10. 補遺 2 の記載位置	11. 補遺 2 の記載位置	12. 補遺 2 の記載位置
13. 補遺 2 の記載位置	14. 補遺 2 の記載位置	15. 補遺 2 の記載位置	16. 補遺 2 の記載位置
17. 補遺 2 の記載位置	18. 補遺 2 の記載位置	19. 補遺 2 の記載位置	20. 補遺 2 の記載位置
21. 補遺 2 の記載位置	22. 補遺 2 の記載位置	23. 補遺 2 の記載位置	24. 補遺 2 の記載位置
25. 補遺 2 の記載位置	26. 補遺 2 の記載位置	27. 補遺 2 の記載位置	28. 補遺 2 の記載位置
29. 補遺 2 の記載位置	30. 補遺 2 の記載位置	31. 補遺 2 の記載位置	32. 補遺 2 の記載位置
33. 補遺 2 の記載位置	34. 補遺 2 の記載位置	35. 補遺 2 の記載位置	36. 補遺 2 の記載位置
37. 補遺 2 の記載位置	38. 補遺 2 の記載位置	39. 補遺 2 の記載位置	40. 補遺 2 の記載位置
41. 補遺 2 の記載位置	42. 補遺 2 の記載位置	43. 補遺 2 の記載位置	44. 補遺 2 の記載位置
45. 補遺 2 の記載位置	46. 補遺 2 の記載位置	47. 補遺 2 の記載位置	48. 補遺 2 の記載位置
49. 補遺 2 の記載位置	50. 補遺 2 の記載位置	51. 補遺 2 の記載位置	52. 補遺 2 の記載位置
53. 補遺 2 の記載位置	54. 補遺 2 の記載位置	55. 補遺 2 の記載位置	56. 補遺 2 の記載位置
57. 補遺 2 の記載位置	58. 補遺 2 の記載位置	59. 補遺 2 の記載位置	60. 補遺 2 の記載位置
61. 補遺 2 の記載位置	62. 補遺 2 の記載位置	63. 補遺 2 の記載位置	64. 補遺 2 の記載位置
65. 補遺 2 の記載位置	66. 補遺 2 の記載位置	67. 補遺 2 の記載位置	68. 補遺 2 の記載位置
69. 補遺 2 の記載位置	70. 補遺 2 の記載位置	71. 補遺 2 の記載位置	72. 補遺 2 の記載位置
73. 補遺 2 の記載位置	74. 補遺 2 の記載位置	75. 補遺 2 の記載位置	76. 補遺 2 の記載位置
77. 補遺 2 の記載位置	78. 補遺 2 の記載位置	79. 補遺 2 の記載位置	80. 補遺 2 の記載位置
81. 補遺 2 の記載位置	82. 補遺 2 の記載位置	83. 補遺 2 の記載位置	84. 補遺 2 の記載位置
85. 補遺 2 の記載位置	86. 補遺 2 の記載位置	87. 補遺 2 の記載位置	88. 補遺 2 の記載位置
89. 補遺 2 の記載位置	90. 補遺 2 の記載位置	91. 補遺 2 の記載位置	92. 補遺 2 の記載位置
93. 補遺 2 の記載位置	94. 補遺 2 の記載位置	95. 補遺 2 の記載位置	96. 補遺 2 の記載位置
97. 補遺 2 の記載位置	98. 補遺 2 の記載位置	99. 補遺 2 の記載位置	100. 補遺 2 の記載位置

ICRP Publication 30  
Part 2 に対する補遺(主文)\*

\*訳注 この補遺は原文で751頁であるが、ここにはその主文(4頁分)のみを訳出した。

# THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

THE UNIVERSITY OF TEXAS  
AT AUSTIN

## 1. 緒 論

この補遺では、ICRP Publication 30, Part 2(以下 Part 2 と記す)で考察した放射性核種の線量算定に関連のあるデータが与えられている。これらのデータは、Part 2 に与えられている年摂取限度 (ALI) および誘導空气中濃度 (DAC) の値を決定するために用いたコンピュータのプリントアウトを、直接に複写したものである。これらの表の中で使われている特別な約束ごとおよび記号で、Part 1 で用いたもの以外について、以下に簡単に説明する。引用してある章は、Part 1 の章である。

## 2. 放射性核種の崩壊図式

データをチェックするのに役立つように、簡略化した崩壊図式のみが示されている。計算に用いる詳細な崩壊図式は別に刊行される予定である。

## 3. データの諸表

### 3.1 一般的事項

**3.1.1**  $^{37}\text{Ar}$  の表を除き、このデータの諸表はコンピュータのプリントアウトを直接に複写したものである。したがって、すべての値は通常の指数の表し方で与えられている。たとえば、 $3.0\text{E}-02$  は  $3.0 \times 10^{-2}$ 、 $7.1\text{E}03$  は  $7.1 \times$

( 2 )

$10^3$  と読む。そして崩壊図式では、これらの値は省略してそれぞれ  $3.0E-2$  および  $7.1E3$  と記してある。

**3.1.2** 代謝モデルと崩壊図式データの不確かさを考慮して、ALI と DAC の値は 1 個の有効数字で与えられている。これら ALI の基礎になったデータを使用したいという読者の便宜のため、その他すべての表の中に示す量は、丸めの誤差を減らすため 2 個の有効数字で与えられている。

**3.1.3** 表に含まれるべきデータの選択にあたっては、初めに“10%規則”を適用して標的器官を選び、次に“1%規則”を適用して線源器官を選んだ (Part 1, 4.7節)。

**3.1.4** 娘放射性核種に関するデータは、親放射性核種の体内での変換から生ずる娘核種の諸量に関するものである (Part 1, 4.6.1項)。娘放射性核種に関するデータは、吸入あるいは経口による親放射性核種の摂取の仕方の少なくとも 1 つについて、その娘核種の寄与が荷重預託線量当量の総和の 0.1% 以上である場合にのみ表示されている。

## 3.2 比実効エネルギー

**3.2.1** 多くの線源器官で生ずる変換に由来する多くの標的器官における比実効エネルギー (SEE) の値が、指定した核種について与えられ、また、この指定した核種の体内での変換から生成する娘放射性核種がある場合には、SEE の値が、それら娘核種のいずれについても与えられている。

**3.2.2** 変換の数の表では全身 (total body) を線源器官として掲げてはいないが、身体のいろいろな器官および組織の預託線量当量を計算するために用いた方法の関係で、SEE の表ではしばしば全身を線源器官としている。計算の方法は以下の例で説明する (3.3.2項も参照)。

質量  $M_i$  (g) の器官  $i$  における変換の総数を  $U_i$  とし、身体の残りの質量 ( $70,000 - \sum_i M_i$ ) (g) における変換の総数を  $U_{\text{ROB}}$  とすると、身体内の変換の

分布は次の2つの成分の和としても表すことができる。

- (a) 身体のすべての器官および組織全体に均等に分布した変換の数,

$$\frac{U_{\text{ROB}} \times 70,000}{(70,000 - \sum_i M_i)}$$

- (b) 各器官  $i$  における変換の数,

$$U_i = \frac{M_i \times U_{\text{ROB}}}{(70,000 - \sum_i M_i)}$$

特定の標的器官および組織の預託線量当量については、これら成分の各々を別々に計算し、次にこれを加算すれば、その標的器官および組織の預託線量当量の総和が得られる。したがって、全身を線源器官としたSEEの値は(a)で与えられる変換の総数と組み合わせて常に用いられ、特定の線源器官に関するSEEは(b)と関連して用いられる。

### 3.3 変換の数

**3.3.1** 指定した放射性核種の単位放射能を経口摂取および吸入した後の50年間に種々の線源器官内で生ずる変換の数 $U$ の値が与えられている。指定した放射性核種の体内での変換によって生成する娘放射性核種のいずれについての $U$ の値も与えられている。経口摂取に関しては、 $U$ の値は、経口摂取された元素の化合物が血液に吸収される割合 $f_1$  (Part 1, 第6章)のそれぞれの値ごとに示されている。また吸入に関しては、吸入のクラスD, W, およびY (Part 1, 第5章)のそれぞれごとに、 $U$ の値が示されている。異なる化合物についての $f_1$ の値およびD, W, あるいはYの区分は、Part 1で論じられた各元素の代謝データ中に与えられている。

**3.3.2** 考察した線源器官は、体内に入った放射性核種を含む組織をすべて網羅している。“その他の組織”(other tissue)とは、その元素に関する代謝データの2c節中で記されている代謝モデルの中に挙げられていて同時にPart 1

(4)

の表 4.1 にも線源器官として挙げられている器官および組織を、全身から差し引いた身体の残りの部分(rest of the body) (3.2.2 項参照) をいう。たとえばリンについては、代謝モデルの中に挙げられていて、同時に Part 1 の表 4.1 において線源組織として指定されたただ一つの組織は無機質骨である。したがって、リンの同位体に関する“その他の組織”の質量は、全身の質量(70,000 g) から無機質骨の質量(5,000 g) を差し引いた、65,000 g である。“その他の組織”を表に示した個所では、その下にその質量(g)が括弧内に与えられている。

3.3.3 通過コンパートメント (Part 1, 4.6 節および図 4.1) における変換は、身体のすべての器官および組織全体に均等に分布すると仮定する。それゆえ、ある特定の器官または組織についての変換の数は、次の 2 つの成分の和である。

(a) 代謝モデルによって計算したその器官または組織における変換の数,

(b) 通過コンパートメントにおける変換の一部分( $U_1$ )。

$U_1$  は次式で与えられる。

$$U_1 = \frac{M \times U_{\text{TRANSFER}}}{70,000}$$

ここで、

$M$ : 器官または組織の質量 (g),

$U_{\text{TRANSFER}}$ : 通過コンパートメントにおける変換の数,

70,000: 全身の質量 (g),

である。

### 3.4 預託線量当量および荷重預託線量当量

3.4.1 生殖腺の預託線量当量は、精巣と卵巣の預託線量当量のうち大きい方とする。

3.4.2 乳房には筋肉の預託線量当量を使用する。

3.4.3 ある吸入クラスの下に掲げた各器官または組織の預託線量当量の値は、空気力学的放射能中央径 (AMAD) が  $1\ \mu\text{m}$  のエアロゾルに用いる。肺の N-P 領域, T-B 領域および P 領域のそれぞれに沈着した成分に由来する預託線量当量の百分率は、預託線量当量の値のすぐ下に括弧内に示されている。これらの百分率は、 $1\ \mu\text{m}$  以外の AMAD をもつエアロゾルの預託線量当量を計算するために使用することができる (第 5 章, 5.5 節)。

3.4.4 “残りの組織” (Remainder) とは、

- (a) 代謝モデル,
- (b) 胃腸管モデル (第 6 章), および
- (c) 荷重係数の表 (第 2 章, 表 2.1)

に挙げられていない、すべての標的器官および組織をまとめて記述するために与えられた名称である。

“残りの組織”に割り当てた預託線量当量は、第 4 章, 表 4.1 に示されているが上の (a), (b), (c) のいずれにも含まれない任意の標的器官または組織のうちの最大預託線量当量である。預託線量当量の表には、0.06, 0.12, 0.18, 0.24 あるいは 0.30 という荷重係数が、“残りの組織”の預託線量当量の下に示してある。この荷重係数は、“10%規則”によって除外されず、また上の (a), (b), (c) のいずれにも含まれず、さらに 0.06 という荷重係数をあてはめるべき、標的器官および組織の数 (最大 5 つまで) によって決まる (Part 1, 2.2 節および 4.7 節)。このような器官または組織がない場合には、残りの組織について預託線量当量あるいは荷重預託線量当量は与えられていない。

例: その元素の代謝モデルでは、肝臓、腎臓および身体の残りの部分が挙げられているものとする。……………(a)

胃腸管モデルでは、胃、小腸、大腸上部および大腸下部の名が挙げられている。……………(b)

( 6 )

荷重係数の表では、生殖腺、乳房、肺、赤色骨髄、甲状腺および骨表面の名が挙げられている。…………(c)

さらに、大腸下部、肝臓、および腎臓も、身体の残りの部分のうち子宮、脾臓および副腎も、“10%規則”によって除外されないものとする。そうすると、“残りの組織”には、子宮、脾臓あるいは副腎についての預託線量当量のうちの最大値に等しい預託線量当量と、その下に示されている0.12という荷重係数が割り当てられることになる。他の3つの器官すなわち大腸下部、肝臓および腎臓の名称は、すでに述べた分類(a)、(b)、(c)の中に挙げられているので、この0.12という荷重係数は“残りの組織”(第2章、表2.1)として許される最大5つの組織のうちの2つに対応するものである。

### 3.5 サブマージョンによる線量当量率および荷重線量当量率

単位放射能濃度の希ガス中のサブマージョンによる皮膚と水晶体の線量当量率の値が与えられている。これらの組織については確率的影響は考慮しないので、荷重線量当量率の値はない。

### 3.6 年摂取限度および誘導空気中濃度

3.6.1 ALIが基本となる補助限度であることを強調する。したがって、吸入に関しては、 $C(t)$  ( $\text{Bq m}^{-3}$ )をある放射性核種のある瞬間の空気中濃度とし、 $B(t)$ を単位時間当たりの $\text{m}^3$ で表したその瞬間の呼吸率とすると、被曝の限度は次式で与えられる。

$$\int C(t)B(t)dt \leq \text{ALI}$$

ここで、この積分は就労している任意の1年間について行う(第3章、3.4節)。

便宜のために、DACの値が与えられている。すなわち、

$$\text{DAC} = \text{ALI} / 2.4 \times 10^8 \text{ Bq m}^{-3}$$

この DAC の値は常に注意して使用すべきである。この値は“軽作業”の条件で年間 2,000 時間（1 週 40 時間で 50 週）の作業をする標準人についてのみ適用される（第 3 章，3.4 節）。

**3.6.2** もし ALI がある特定の器官または組織の線量当量の非確率的限度によって決まる場合（Part 1，4.7 節）には，その器官または組織名を ALI の値の下に示す。また，確率的影響を制限するための委員会の勧告（Part 1，4.7 節）を満たす年摂取量の最大値  $I$  (Bq) を括弧の中に示す。ALI が確率的限度によって決まる場合には，ALI の値の下に器官名は示さない。

**3.6.3** 放射性希ガス中のサブマージョンに関する DAC が任意の器官または組織（通常は皮膚）に対する非確率的限度により決まる場合には，その器官または組織名を DAC の下に示す。また，確率的影響を制限するための委員会勧告を満たす DAC の値を括弧の中に示す（第 8 章，8.4 節）。DAC は 2,000 時間という 1 年間の労働時間について導かれたものであることを強調する。もし，Part 1 の 3.5.2 項に記した条件が満たされているならば，空气中濃度が DAC の値よりも高い放射性希ガスに作業者がさらされることは許される。

作業者による放射性核種の  
摂取の限度 Prat 2

定価 1,500円

昭和57年 4月30日 初版第1刷発行

編集 社団法人 日本アイソトープ協会  
および 社団法人 仁科記念財団  
発行

113 東京都文京区本駒込二丁目28番45号  
電話 (03) 946-7111  
振替 東京 8-143345

発売所 丸善株式会社