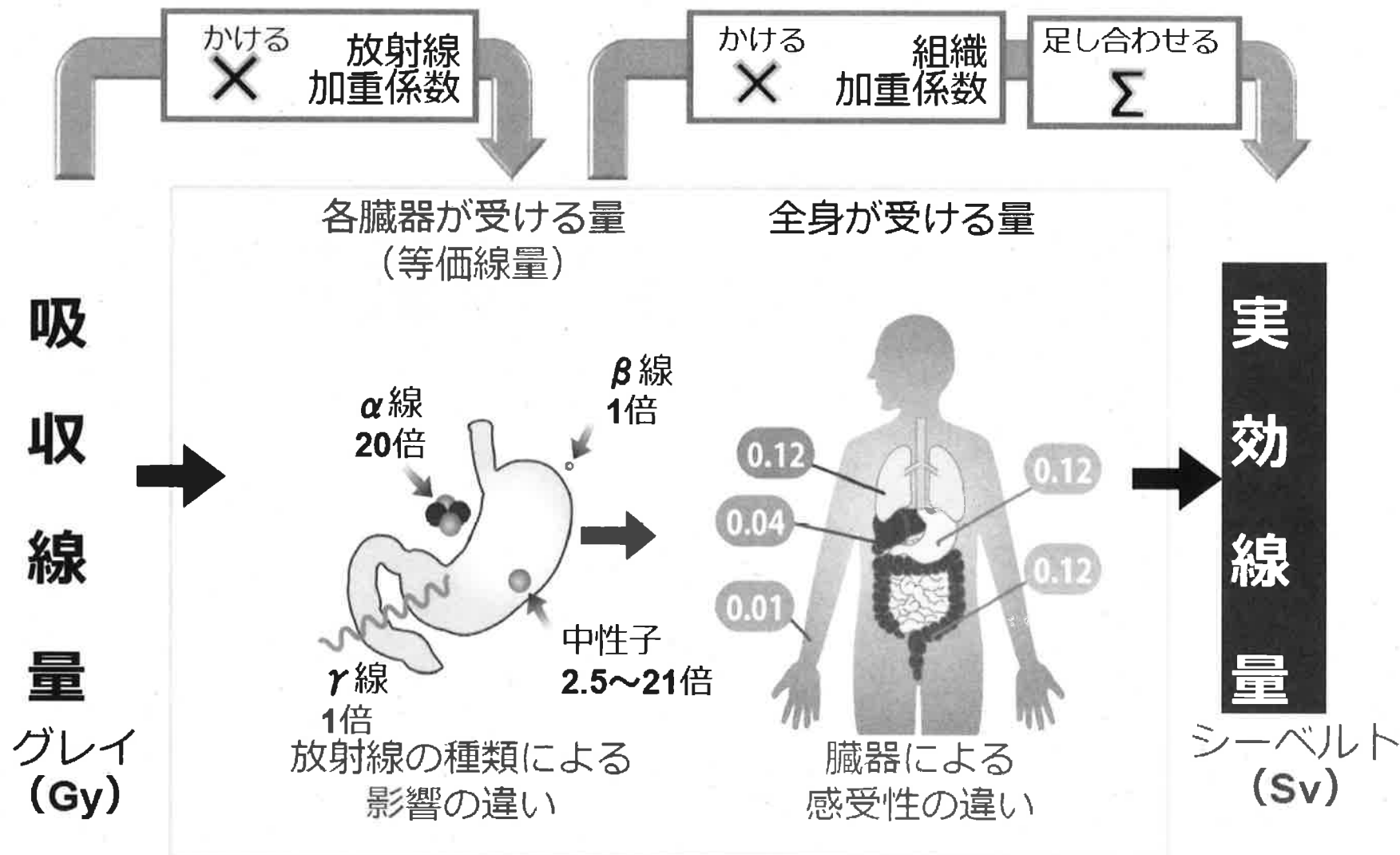


内部被ばくの防護と線量管理

吸収線量と防護量の関係 ①



図出典: 環境省 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成25年度版 ver.2013001.

吸収線量と防護量の関係 ②

■ 等価線量 H_T

- 臓器・組織Tの放射線Rによる平均吸収線量 $D_{T,R}$ に, 放射線の種類とエネルギーによる生物学的影響の差を補正する加重係数 W_R (放射線加重係数)を乗じたもの(単位Sv)

- $H_T = D_{T,R} \times W_R$

■ 実効線量 E

- 臓器・組織Tの等価線量 H_T に, その臓器の組織加重係数 W_T (その和は1に規格化)を乗じて, すべての臓器について和をとったもの(単位Sv)

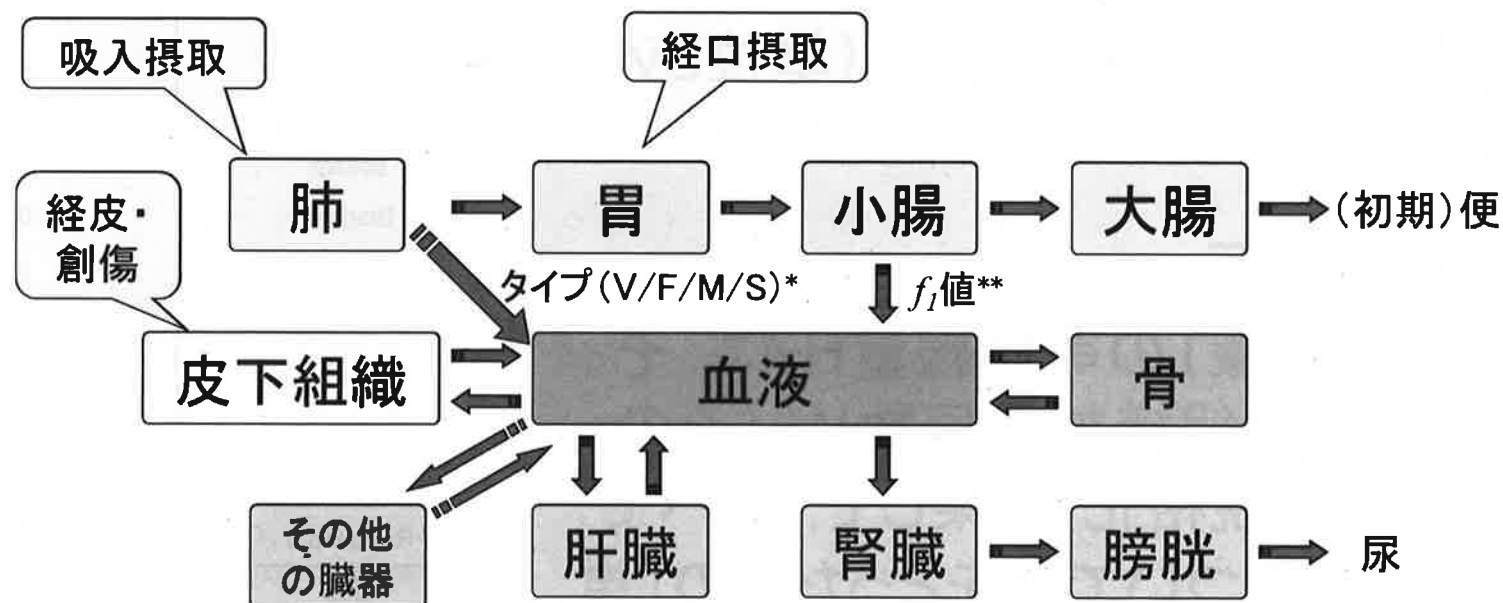
- $E = \sum W_T \times H_T$

Tissue or Organ	W_T
Gonads (Testis)	0.2
Bone marrow	0.12
Colon	0.12
Lung	0.12
Stomach	0.12
Breast	0.05
Bladder	0.05
Liver	0.05
Oesophagus	0.05
Thyroid	0.05
Skin	0.01
Bone surface	0.01
Remainder	0.05
total	1.00

内部被ばくの線量評価①

線量評価モデルのイメージ

体内に摂取された放射性物質は、排泄等により体外に出るまでの間、体内で移動したり組織・臓器に沈着したりする。この間、当該組織・臓器及び周囲の組織・臓器が被ばくする。各組織・臓器の等価線量から、実効線量が算出される。



© JAEA-NCL

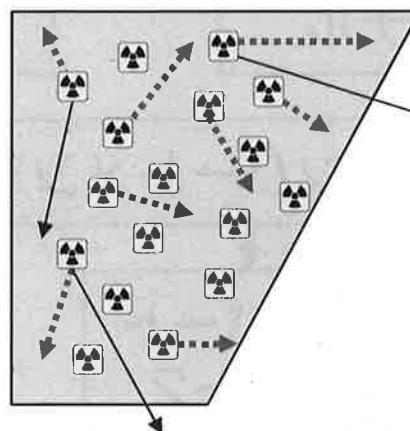
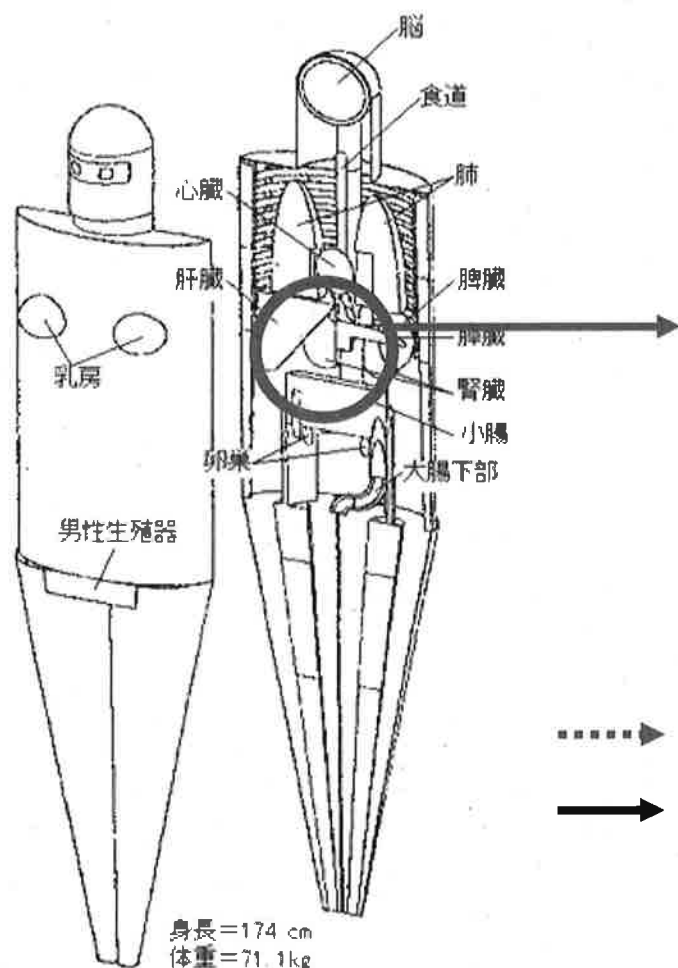
* 吸収のタイプ Very-fast/Fast/Moderate/Slow

..... 呼吸気道から体液に吸収される速度による区分

** f_i 値 経口摂取された元素が体液に吸収される割合

内部被ばくの線量評価②

実効線量の概念

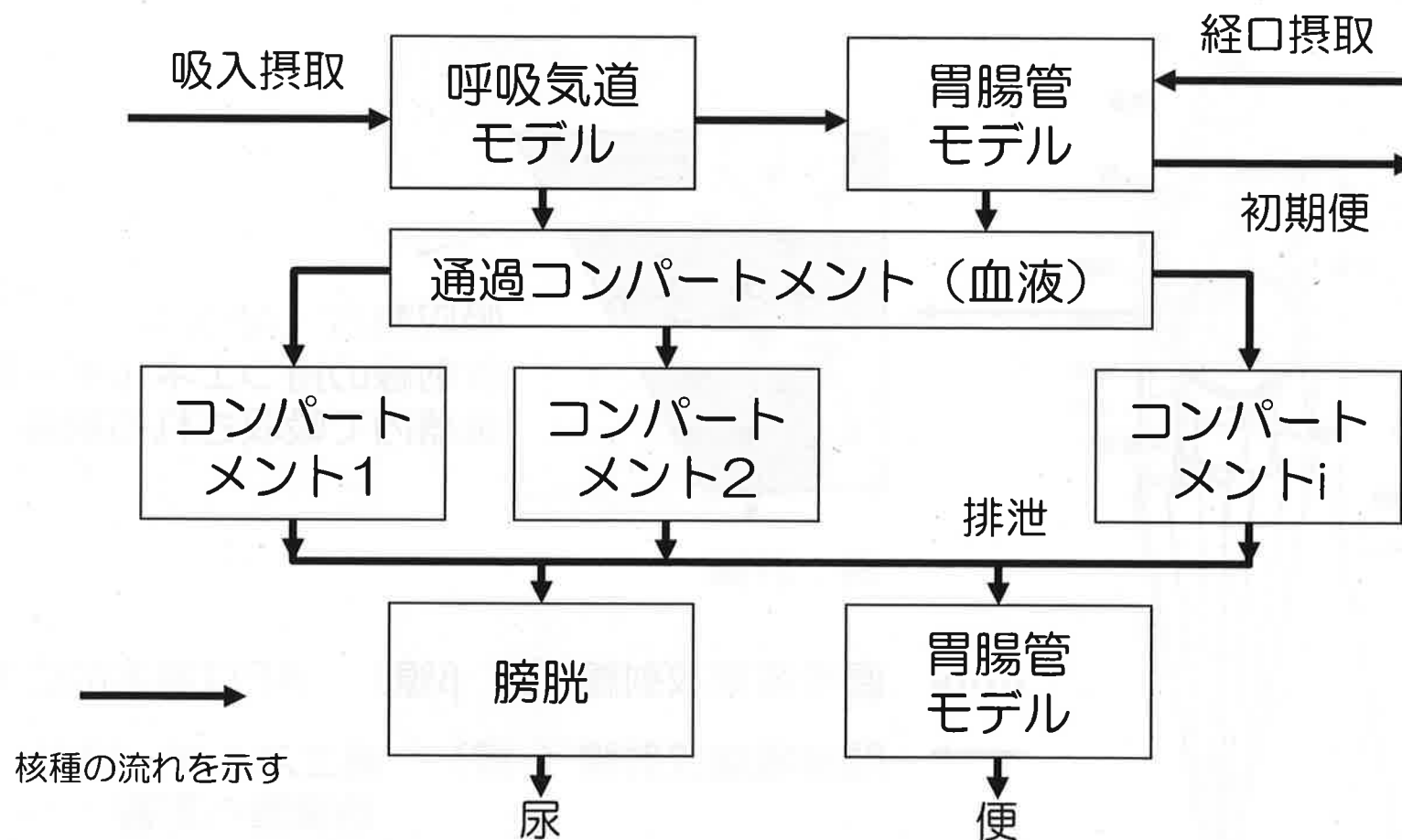


吸収割合 (AF) =
放射線の持つエネルギーの
臓器内で吸収される割合

例：肝臓

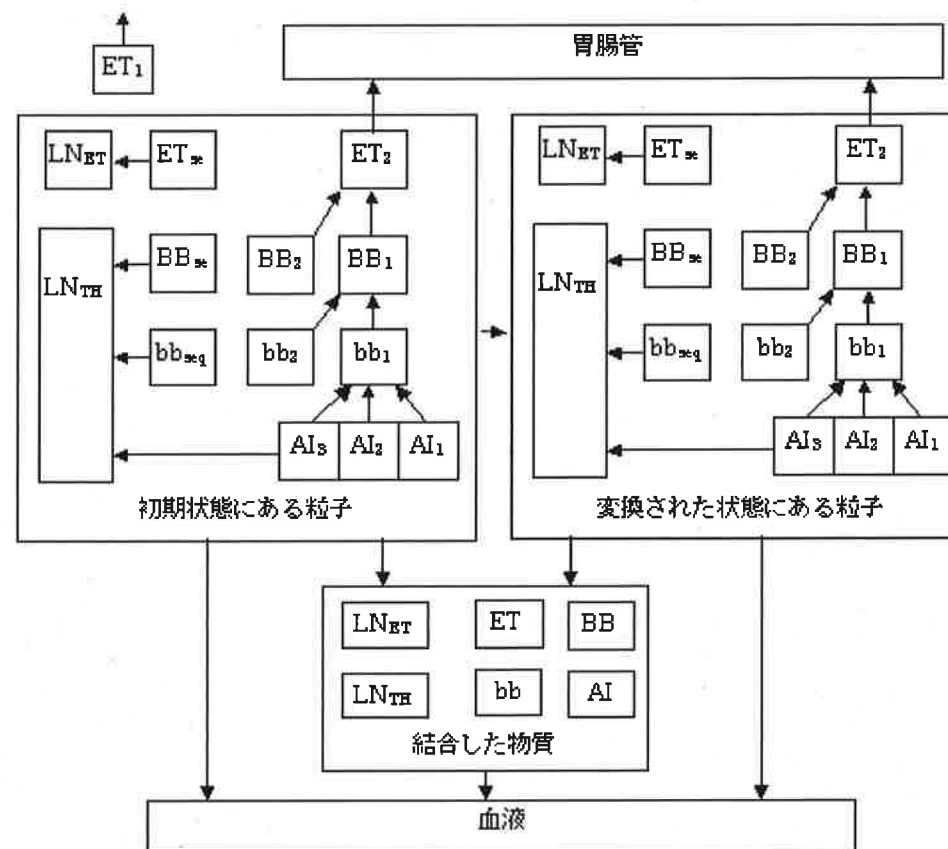
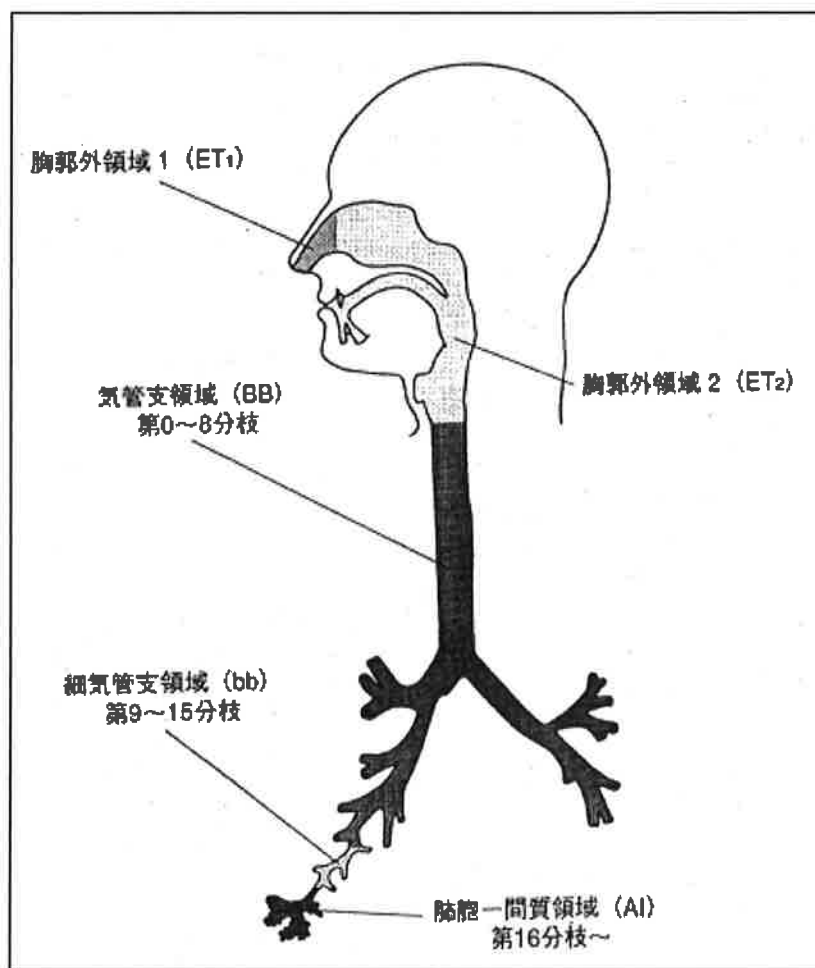
- 直接電離放射線 (α , β 線) ...AFは基本的に1
- 間接電離放射線 (γ 線) ...高エネルギーほど
他臓器へ影響

【参考】ICRPモデルの概要



【参考】呼吸気道モデル

呼吸気道モデル(ICRP Publ.66)



ET: 胸郭外領域 (ET₁: 前部鼻道 ET₂: 後部鼻道、口腔、咽頭および喉頭、ET_∞: 胸郭外領域の気道壁中に保持される分)

BB: 気管支領域 (BB₁: 速く取り除かれる沈着分、BB₂: ゆっくり取り除かれる沈着分、BB_∞: 気管支領域の気道壁中に保持される分)

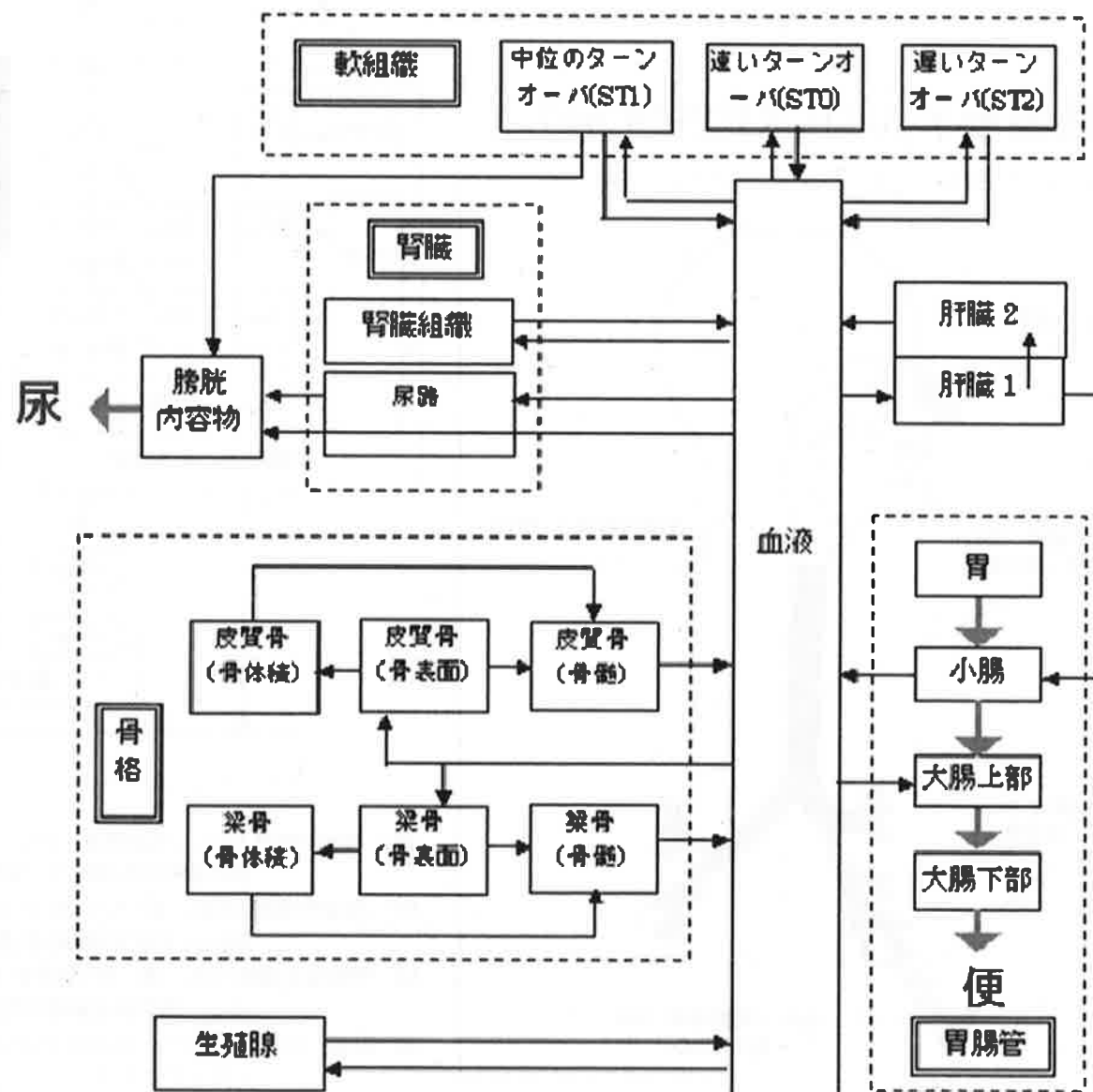
bb: 細気管支領域 (bb₁: 速く取り除かれる沈着分、bb₂: ゆっくり取り除かれる沈着分、bb_∞: 細気管支領域の気道壁中に保持される分)

AI: 肺胞-間質領域 (AI₁、AI₂およびAI₃の3つに分けられ、取り除かれる速度が順に遅くなっている。)

LN: リンパ組織 (LN_{ET}: 胸郭外気道のリンパ組織、LN_{TH}: 胸郭内気道のリンパ組織)

【参考】体内動態モデル

体内動態モデル
(プルトニウム等)
ICRP Publication 78等



内部被ばくの線量評価③

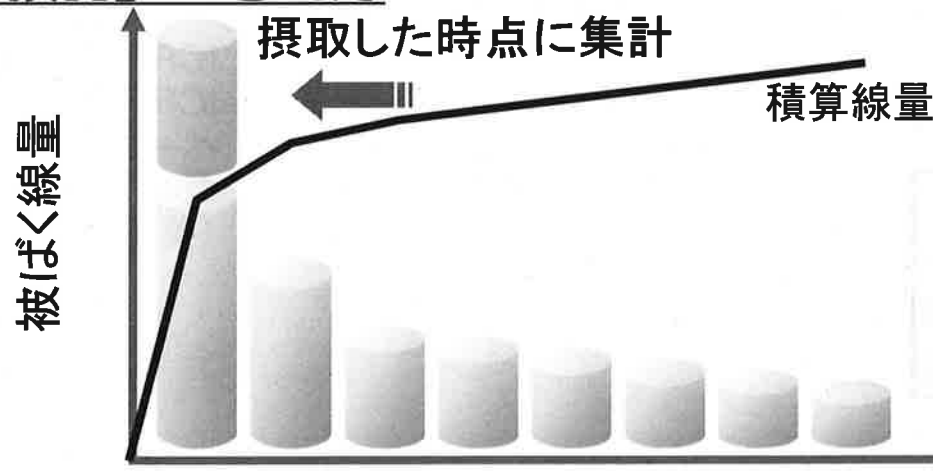
実務上の評価方法

- ICRPは、シミュレーションの結果を単位摂取量あたりの実効線量を求めるための係数(実効線量係数)としてまとめ、示している。
- 放射線管理においては、内部被ばく線量は預託線量を用いる。

$$\text{預託実効線量} = \text{摂取量} \times \text{実効線量係数}$$

[mSv:ミリシーベルト] [Bq:ベクレル] [mSv/Bq]

線量「預託」の考え方



実効線量係数は、放射性物質の種類、摂取経路(経口/吸入摂取など)別に示されている。

積算集計する期間は、
作業者は摂取後50年間
一般公衆は70歳まで
と決められている。

実効線量係数はどこで調べるか？

告示に定める放射性同位元素の空气中濃度限度等

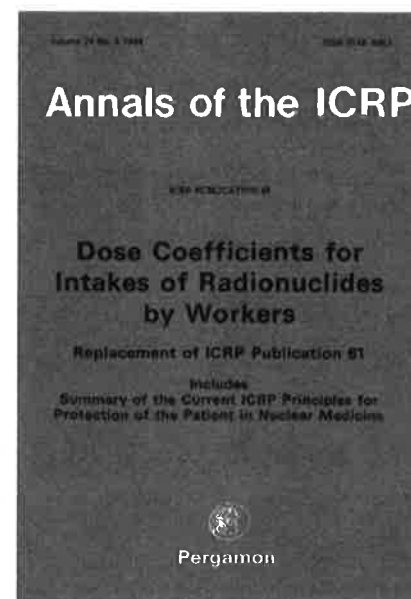
放射線を放出する同位元素の数量等を定める件（平成12年科学技術庁告示第5号）

別表第2（第7条、第14条及び第19条関係）

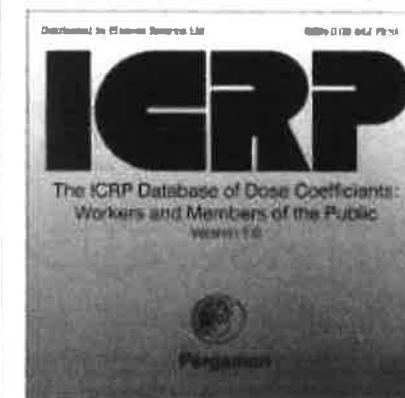
放射性同位元素の種類が明らかで、かつ、一種類である場合の空气中濃度限度等（抄）

第1欄		第2欄	第3欄	第4欄	第5欄	第6欄
放射性同位元素の種類		吸入摂取した場合の実効線量係数	経口摂取した場合の実効線量係数	空气中濃度限度	排気中又は空气中の濃度限度	排液中又は排水中の濃度限度
核種	化学形態等	[mSv/Bq]	[mSv/Bq]	[Bq/cm ³]	[Bq/cm ³]	[Bq/cm ³]
³ H	元素状水素	1.8×10^{-12}		1×10^4	7×10^1	
³ H	メタン	1.8×10^{-10}		1×10^2	7×10^{-1}	
³ H	水	1.8×10^{-8}	1.8×10^{-8}	8×10^{-1}	5×10^{-3}	6×10^1
³ H	有機物（メタンを除く）	4.1×10^{-8}	4.2×10^{-8}	5×10^{-1}	3×10^{-3}	2×10^1
³ H	上記を除く化合物	2.8×10^{-8}	1.9×10^{-8}	7×10^{-1}	3×10^{-3}	4×10^1
¹⁴ C	蒸気	5.8×10^{-7}		4×10^{-2}	2×10^{-1}	
¹⁴ C	有機物（経口摂取）		5.8×10^{-7}			2×10^0
¹⁴ C	一酸化炭素	8.0×10^{-10}		3×10^1	1×10^{-1}	
¹⁴ C	二酸化炭素	6.5×10^{-9}		3×10^0	2×10^{-2}	
¹⁴ C	メタン	2.9×10^{-9}		7×10^0	5×10^{-2}	
³² P	Naのリン酸塩以外の化合物	1.1×10^{-6}	8.4×10^{-6}	2×10^{-2}	1×10^{-1}	

告示別表の第2欄（吸入摂取した場合の実効線量係数）又は第3欄（経口摂取した場合の実効線量係数）



ICRP Publication 68
「作業員による放射性核種の摂取についての線量係数」
（邦訳版あり）



ICRP CD1
ICRP線量係数データベース：作業員及び公衆の構成員
（英語版のみ）

内部被ばくの線量評価④

(預託)実効線量係数の例

預託実効線量係数は、核種のほか、摂取経路、化学系、粒径、被評価者の属性等で異なる。

預託実効線量係数($\mu\text{Sv/Bq}$)

			コバルト 60*		セシウム 137	プルトニウム 239**	
			タイプS	タイプM	タイプF	タイプS	タイプM
作業者	吸入 摂取	1 μm	2.9×10^{-2}	9.6×10^{-3}	4.8×10^{-3}	1.5×10^1	4.7×10^1
		5 μm	1.7×10^{-2}	7.1×10^{-3}	6.7×10^{-3}	8.3×10^0	3.2×10^1
	経口摂取		2.5×10^{-3}	3.4×10^{-3}	1.3×10^{-2}	9.0×10^1	2.5×10^{-1}
公衆 (成人)	吸入 摂取	1 μm	3.1×10^{-3}	1.0×10^{-3}	4.6×10^{-3}	1.6×10^1	5.0×10^1
		5 μm	1.9×10^{-3}	8.0×10^{-3}	6.7×10^{-3}	1.0×10^1	3.7×10^1
	経口摂取		3.4×10^{-3}		1.3×10^{-2}	2.5×10^1	

* ^{60}Co ... タイプSは「酸化物、水酸化物、ハロゲン化物及び硝酸塩」、タイプMは左記以外の化合物

** ^{239}Pu ... タイプSは「不要性の酸化物」、タイプMは左記以外の化合物

$\mu\text{Sv/Bq}$: マイクロシーベルト/ベクレル

ICRP Database of Dose Coefficients CD-ROM, 1998

内部被ばくの測定と線量評価

- 摂取量は、測定等により得られた結果をもとに、摂取時の状況等を考慮して評価することによって得られる。

「測定」

⇒

「評価」

体外計測法

体内に残存している放射性物質の種類と量を、体外から測定
(γ 線放出核種にのみ適用可)

バイオアッセイ法

生体から得られた試料(尿, 便など)に含まれる放射性物質の種類と量を測定

空气中放射性物質濃度からの計算法

ダストモニタによる測定結果や当該区域で取り扱われる放射性物質の量から評価

1. 摂取経路の確認
(吸入、経口 等)
2. 摂取から測定までの経過時間
3. 対象核種の確認
4. 体内挙動
(残留率、排泄率)

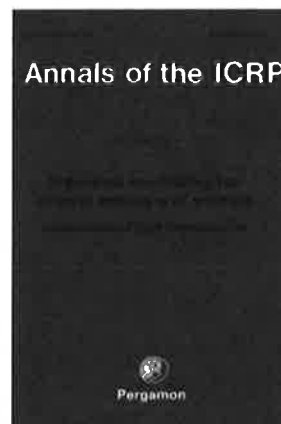
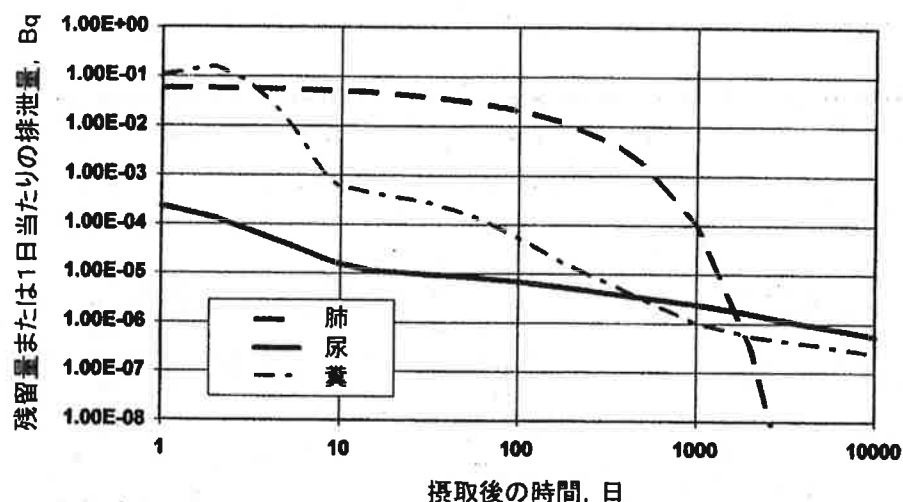
1. 作業条件
2. 作業時間
3. 呼吸率
4. マスク等の防護係数

摂取量

実効線量

バイオアッセイ結果による摂取量の評価

$$\text{摂取量 [Bq]} = \text{排泄量 [Bq]} \div \text{排泄率}$$



ICRP Publication 78
「作業者の内部被ばくの
個人モニタリング」
(邦訳版あり)

図 A.12.1. ^{238}Pu 吸入摂取 タイプ M: 急性摂取後の予測値 (摂取量 Bq 当たりの Bq)

表 A.12.13. 特殊モニタリング: ^{238}Pu または ^{240}Pu の吸入摂取における予測値

(摂取量 Bq 当たりの Bq)

摂取後の 時間 (日)	タイプ M			タイプ S		
	肺	1日当たりの 尿中排泄量	1日当たりの 糞中排泄量	肺	1日当たりの 尿中排泄量	1日当たりの 糞中排泄量
1	5.8E-02	2.3E-04	1.1E-01	6.4E-02	2.3E-06	1.1E-01
2	5.6E-02	1.3E-04	1.5E-01	6.3E-02	1.4E-06	1.6E-01
3	5.5E-02	7.8E-05	8.0E-02	6.2E-02	8.3E-07	8.4E-02
4	5.4E-02	5.3E-05	3.4E-02	6.1E-02	5.9E-07	3.5E-02
5	5.3E-02	3.9E-05	1.3E-02	6.1E-02	4.5E-07	1.4E-02
6	5.3E-02	3.0E-05	5.4E-03	6.0E-02	3.7E-07	5.7E-03
7	5.2E-02	2.4E-05	2.3E-03	6.0E-02	3.1E-07	2.5E-03
8	5.1E-02	2.0E-05	1.2E-03	5.9E-02	2.7E-07	1.3E-03
9	5.0E-02	1.7E-05	7.6E-04	5.8E-02	2.4E-07	8.2E-04
10	5.0E-02	1.5E-05	5.8E-04	5.8E-02	2.3E-07	6.5E-04

「記録レベル」とは？

ICRP はPubl.60(国際放射線防護委員会の1990年勧告),
 Publ.75(作業者の放射線防護に関する一般原則)等において

- ✓ 記録レベルは「それを超えたらその結果が記録されるべきであり、それより低い値は無視される」と定義し、
- ✓ 「線量が小さく評価手順が複雑な場合は、それらを実効線量に換算することにメリットがなく、記録レベルは、結果を線量記録に含める必要があるほどの十分意味のあるような実効線量であるべきである」としている。
- ✓ 記録レベルの値については、「モニタリングの期間と、1mSvを下回らない年実効線量，又は，関連する線量限度の約10%の年等価線量から導かれるべき」としている。