

汚染食品の内部線量に対する 最新の測定技術とモデリング

Dietmar Noßke

Member of ICRP Committee 2

免責条項

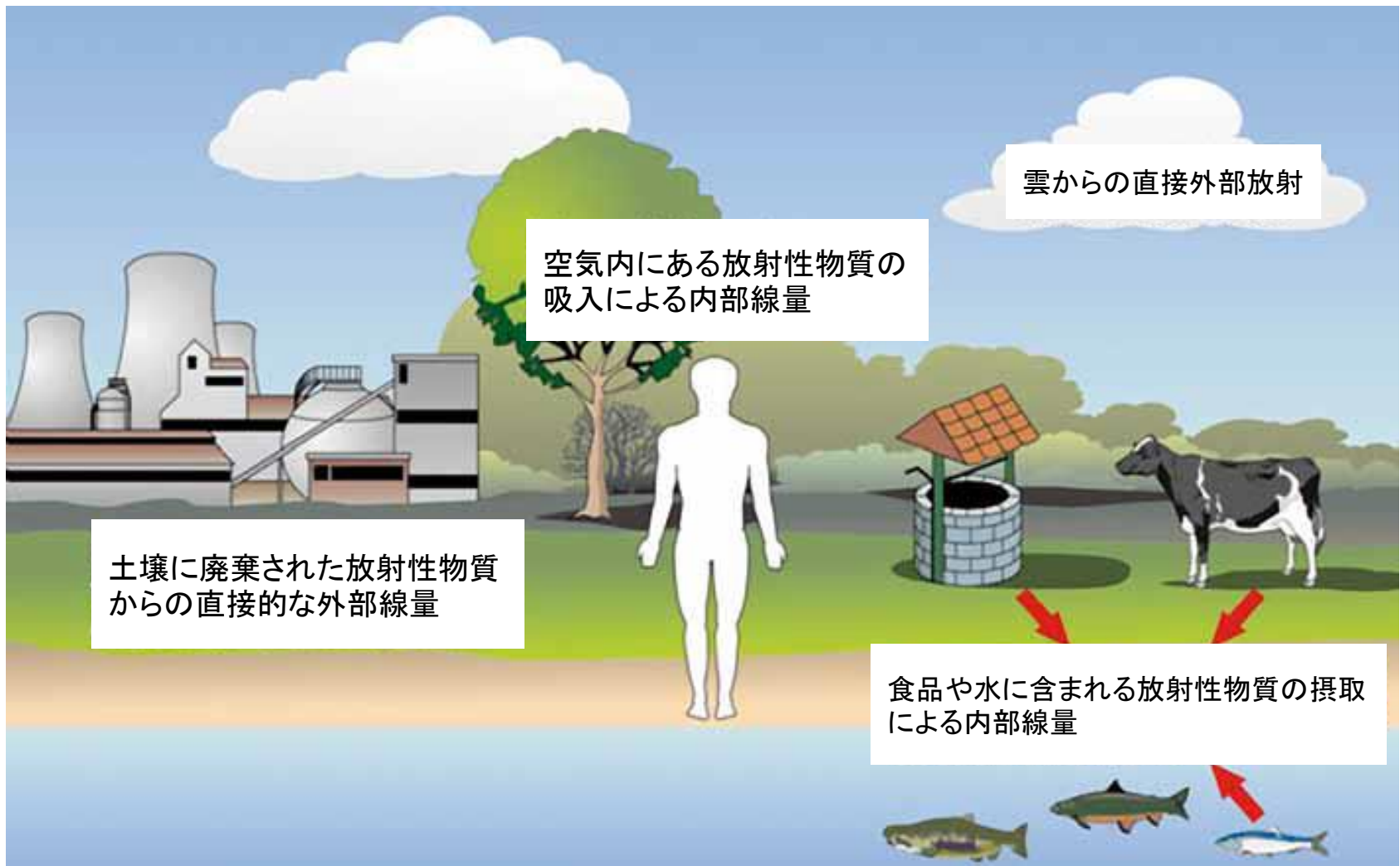
プレゼンテーションに記載された情報および見解は執筆者のものであり、必ずしもICRPやICRP委員会2の公式見解を反映するものではありません。

特に、ドラフト情報は今後変更される可能性があります。

内部線量の測定とモデル

- 内部線量は測定できない
- 内部線量のための評価モデルが必要とされている
- 入力パラメータを決定するための測定が必要とされる
(例えば、摂取活動)
- 測定はモデルの結果を検証するために使用できる

人への放射



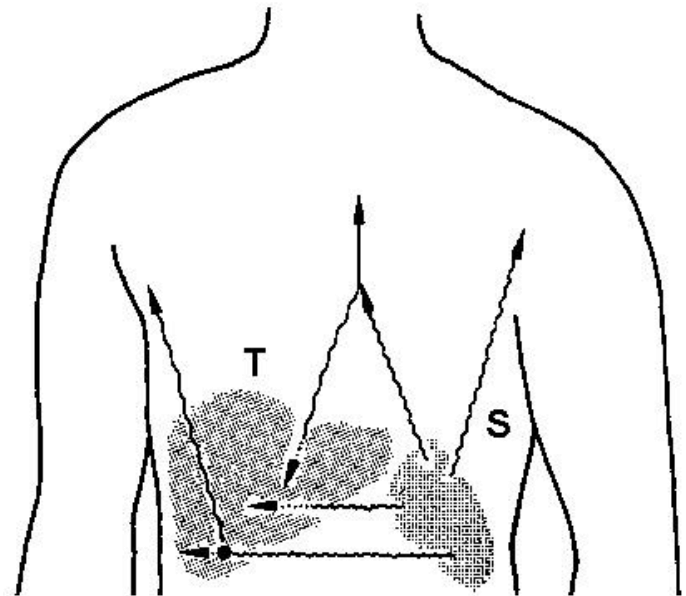
摂取活動の決定

- 摂取した食物(飲料水)の測定
 - 例)複製食品
 - 高コスト、個人数人に対してのみ可能
- 様々な地域における食品カテゴリーの時間に依存する比活性の測定や、食料消費率の推定
 - 推定する消費率と起源となる食品の不確実性
- 放射生態学モデルと食料消費率の推定の結果から、食品のカテゴリーの時間に依存する比活性の決定
 - 放射生態学モデルの使用による追加の不確実性

内部線量測定のためのモデル

体内動態モデルは体内の放射性核種の沈着、分布、および保持を表している。このモデルの目的は、放射性核種を蓄積するソース領域(S)における核変換の数を算出することである。

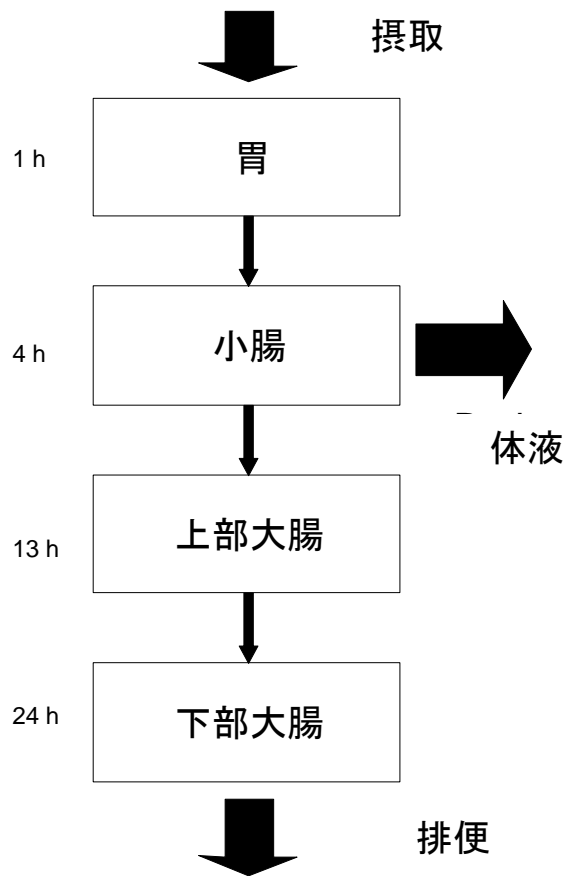
線量測定モデルは標的となる部位(T)の線量を計算するために使用される。線量は、ソース領域の中で核変換によって引き起こされる。



主なプレゼンテーションの概要

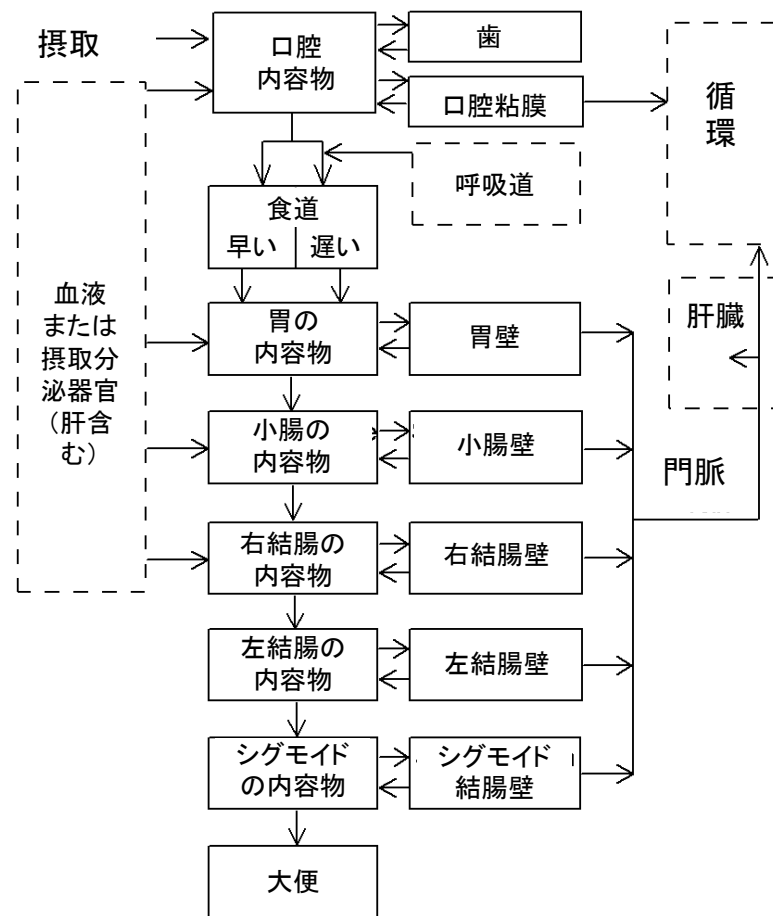
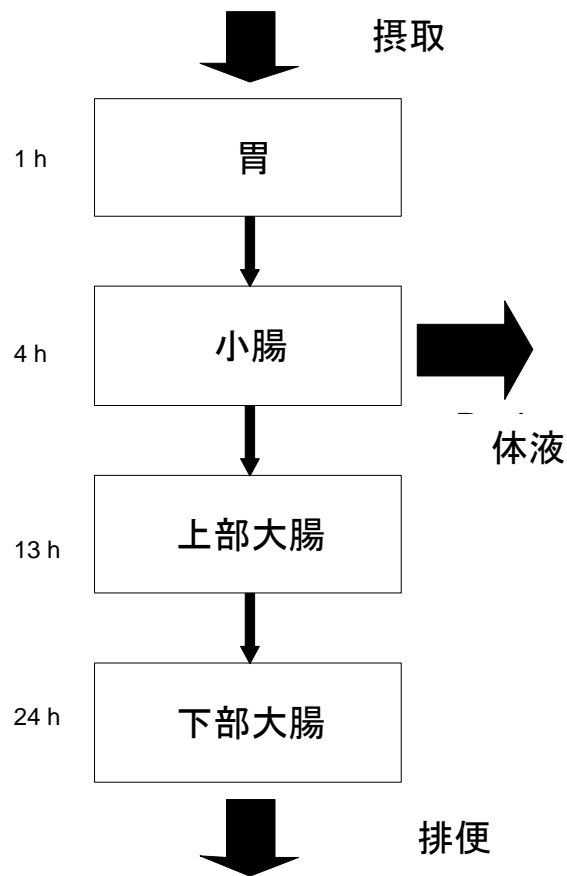
- 現在の線量係数の基礎となる体内動態と線量測定モデル (ICRP Publications 68 and 72)
- 将来の体内動態と線量モデルの展望 (ICRP OIR and EIR Publications)
- 線量係数の予想される変化
そして、その不確実性

消化管のための体内動態モデル (ICRP 30)



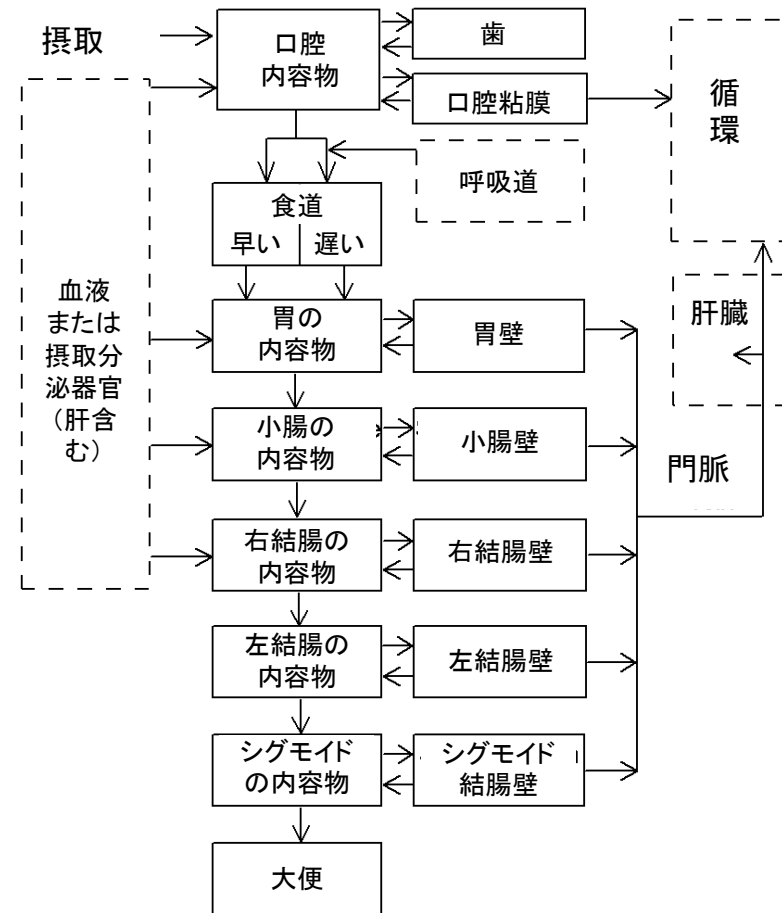
- 4つのコンパートメント
- 年齢、性別、および消化物質とは独立した消化管を介した転移率
- 小腸から(のみ)血液に吸収。その部分 (f_1)は、その要素自体とその混合要素の溶解度に依存する

消化管のための体内動態モデル (ICRP 30/100)



消化管のための体内動態モデル (ICRP 100)

- 更なるコンパートメント
- 年齢、性別、および消化物質に依存した消化管を介した転移率
- 保持された全消化管の壁から血液への吸収; その全部分(f_A)は、その要素自体とその混合要素の溶解度に依存する

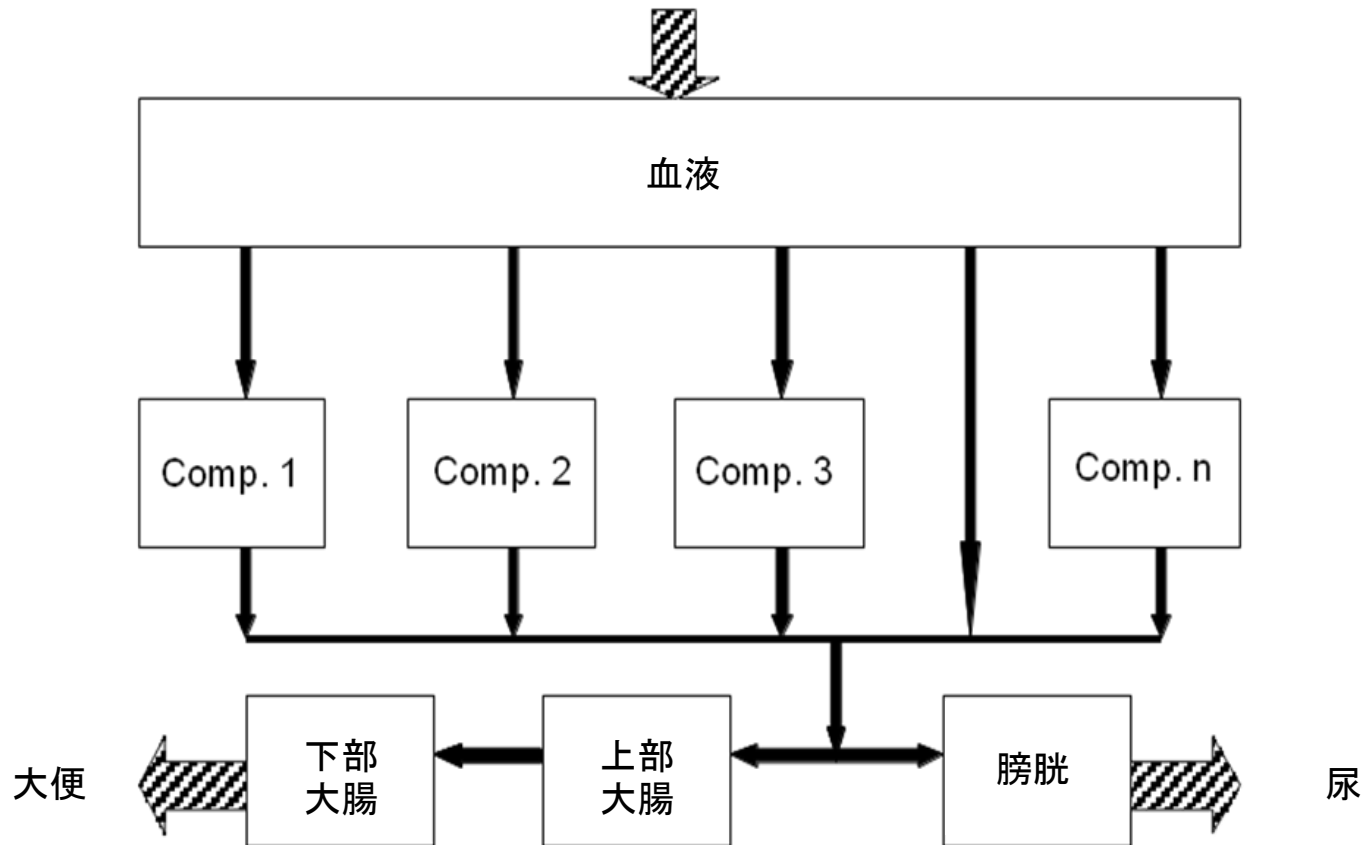


f_A の値

- f_A (と f_1) の値の範囲は 10^{-5} から 0.99
- f_A の値は幼児に対しては大きくなる(ほとんどが2か10のファクターによる)
- f_A の値の例(一般の大人、ICRP 72による)は

ヨウ素	0.99
セシウム	0.99
ストロンチウム	0.3
プルトニウム	$5 \cdot 10^{-4}$

一般的な全身体内動態モデル(ICRP 67)



セシウム:

Comp. 1	10%	生物学的半減期	2日
Comp. 2	90%	生物学的半減期	110日
排泄	80%	尿, 20%	大便

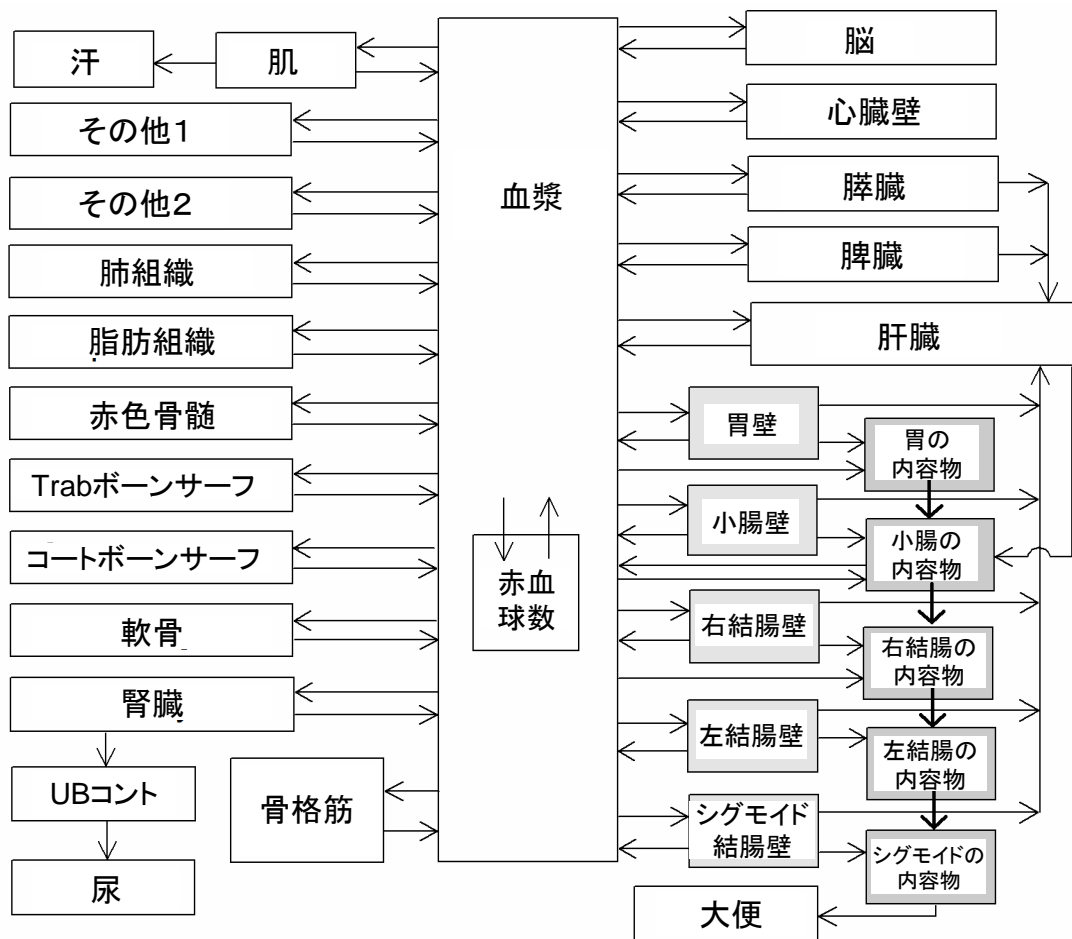
セシウム体内動態の年齢と性別依存度

生物学的半減期（ICRP 67による）

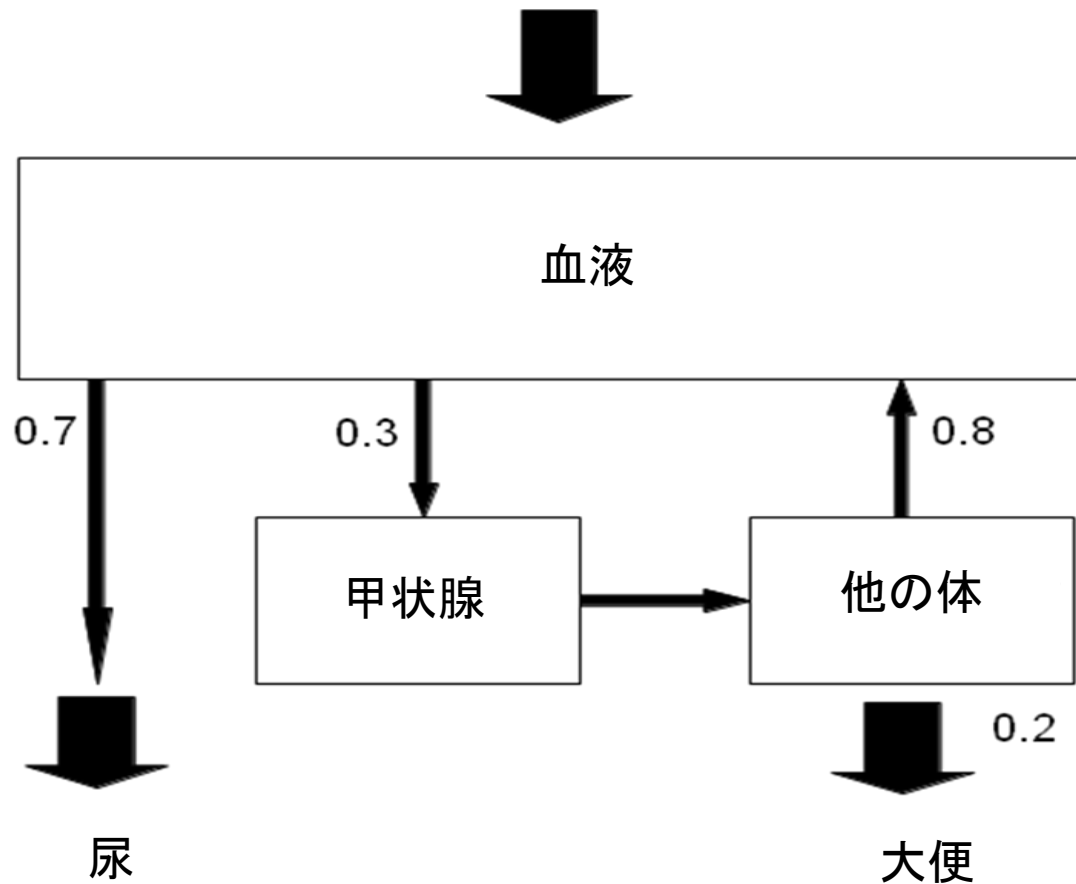
年齢	配分率 (%)		生物学的半減期 (日)	
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 1	Comp. 2
成人	10	90	2	110
15 歳	13	87	2.2	93
10 歳	30	70	5.8	50
5 歳	45	55	9.1	30
1 歳	-	100	-	13
幼児	-	100	-	16

長期的な生物学的半減期は、成人女性は成人男性に対して約25%低い。

ドラフト セシウムに対する全身体内動態モデル (ICRP OIR Report Part 3)



ヨウ素の全身体内動態モデル (ICRP 67)

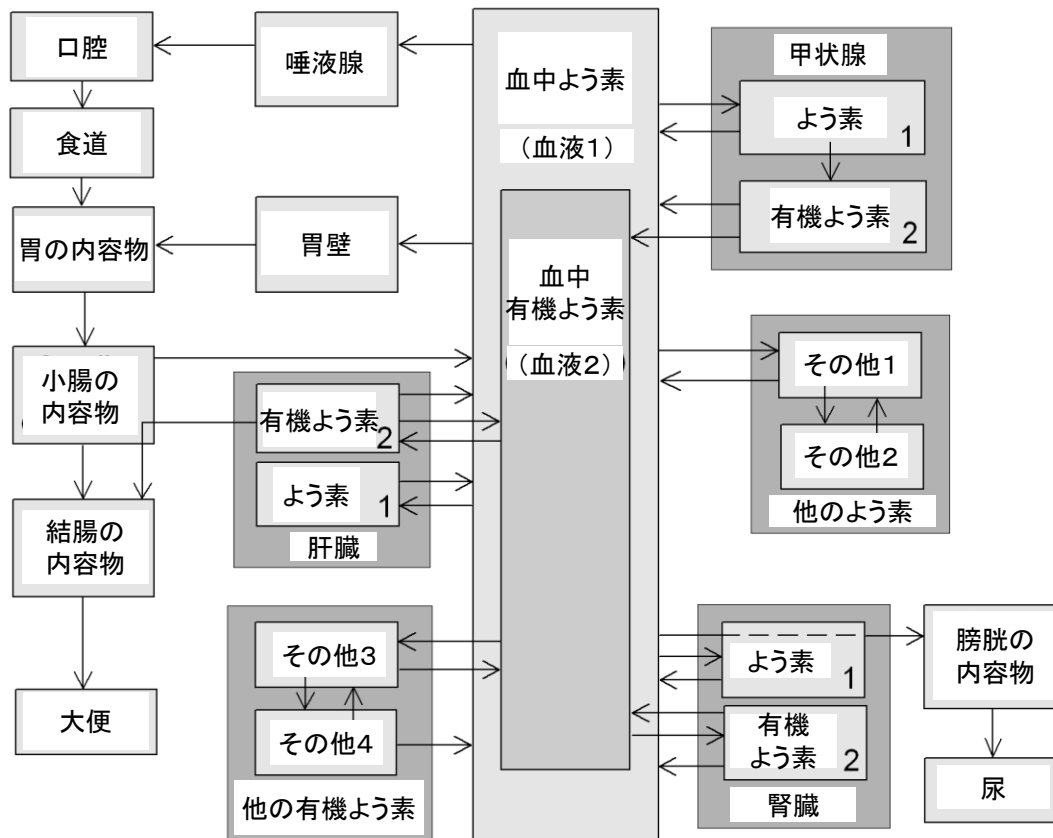


ヨウ素の体内動態の年齢依存度

生物学的半減期（ICRP 67による）

年齢	甲状腺	その他
成人	80	12
15 歳	67	6.7
10 歳	58	5.8
5 歳	23	2.3
1 歳	15	1.5
幼児	11.2	1.12

ヨウ素の全身体内動態モデル(ドラフト) (ICRP OIR Report Part 3)



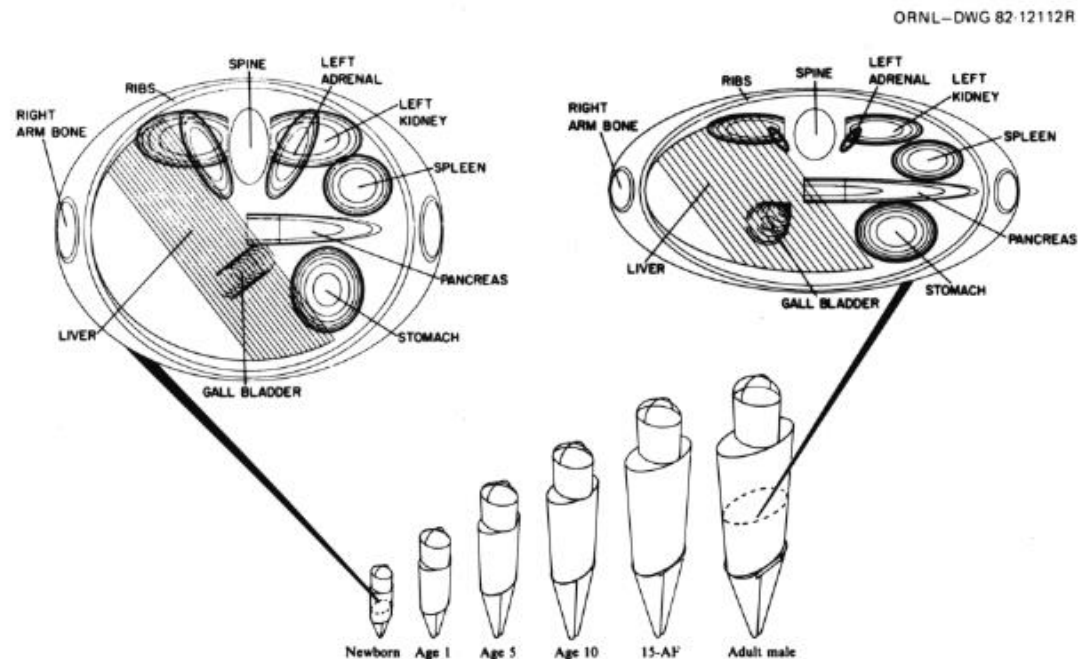
線量測定モデル(ICRP Publication 72)

ほとんどの場合、一般的に推定による吸収される部分
AF(T←S) は、

$$AF(T \leftarrow S) = 1 \text{ for } S = T$$

と $AF(T \leftarrow S) = 0$ for $S \neq T$ for α and β radiation.

γ 放射線のための
数学ファントムは
AF(T←S) :
の計算のために
使われていた。



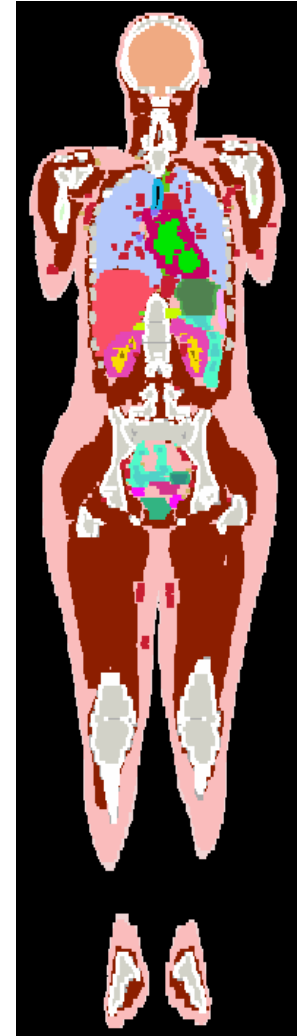
ICRP OIR Reportsのための線量測定モデル



より現実的なボクセルファントムは、電子および γ 放射に対する吸収部分の計算に使用されています。

これらは実際の被写体の医用画像に基づいており、ICRP89で定義された成人男女の臓器の寸法・質量に調整される。

成人のボクセルファントムはICRP110にて発行されている。



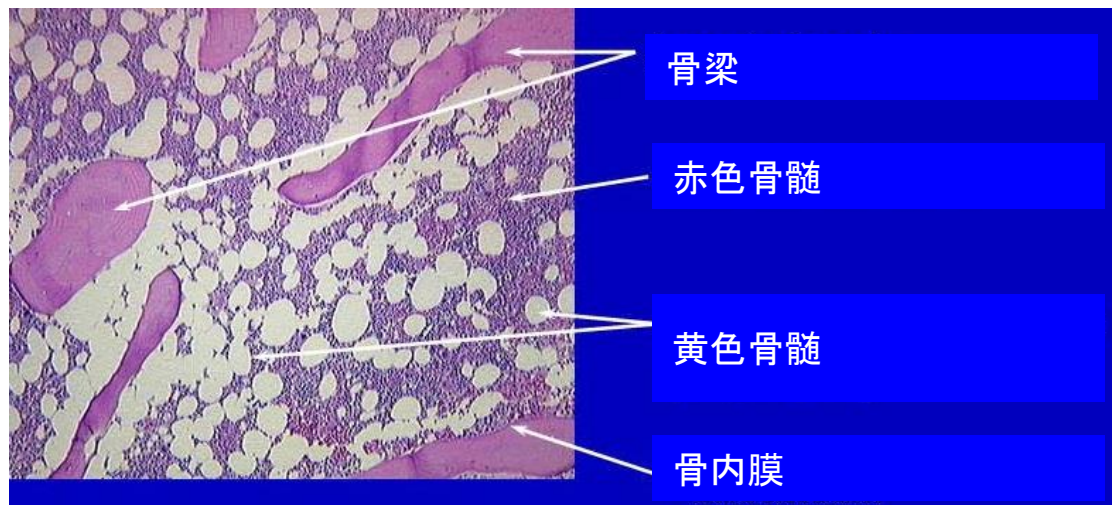
消化管壁面の線量

ICRP100によると、人の消化管の線量測定は、ICRP66による人の呼吸器の測定と同様です：

- 標的組織は消化管の構成要素の壁全体でなく、60から100ミクロン(胃壁)および280～300ミクロン(大腸壁)の間の深さにある放射線感受性層である。
従って、管の内容物中の α エミッターから壁への線量はない
- 結腸の線量は、3つの結腸部位の線量における質量加重平均としておよそ算出されます。

骨格の新しい線量測定

- 標的組織は、赤色骨髄と厚さ50 μm の骨内膜組織（以前は骨表面に対して10 μm とされていた部分）
- 線量が吸収された部分は、骨格のマイクロCT画像に基づいて算出される。その算出は、特定の骨の領域内部にある粒子フルエンスに結合されたフルエンス対線量の応答関数によって求められる



現在と将来(案)の労働者における 線量係数の比較

可溶型実効線量(Sv/Bq)

(組織の加重係数と、ICRP 60 (ICRP 68) と ICRP 103 (Draft OIR)のそれぞれの概念によって算出)

放射性核種	ICRP 68	Draft OIR
^{90}Sr	2.8E-08	2.4E-08
^{131}I	2.2E-08	1.6E-08
^{134}Cs	1.9E-08	1.4E-08
^{137}Cs	1.3E-08	1.3E-08

生物検定の測定による線量評価

モデル適用による内部線量の評価は、測定することによって確認することができる

- 体内動態パラメータの検証

例) 甲状腺または全身におけるセシウムのヨウ素の実効半減期

- 想定摂取量(率)の検証

要約

- 内部線量は測定できない=>(体内動態と線量測定)モデルが必要とされてる
- モデルは入力が必要で、その入力は、測定、(放射生態学)モデル、および推定によって評価することができる
- 評価された線量は、(生物検定)測定(と推定)により検証/調整できる