

V. 内部被曝に関するスライド

(東京大学、小佐古敏荘、日本原子力研究所、山口恭弘らの提供)

内部被曝に関する基礎事項

原爆放射線の内部被曝による健康影響に関する調査研究図表集

※ 東大・原子力専攻「放射線安全学」(小佐古著)テキストによる。

原爆放射線の内部被曝による健康影響に関する調査研究図表集

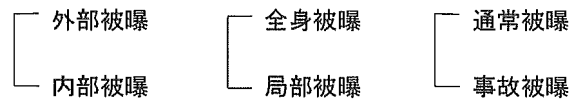
- ※ 1. 放射性核種による内部被曝についての一般的な解釈
 - 1-1 内部被曝とは
 - 1-2 内部被曝の要因
 - 1-3 放射性核種の体内移行と代謝
 - ※ 2. 内部被曝モニタリングとその評価
 - 被曝管理
 - 2-1 内部被曝モニタリング
 - 2-2 内部被曝モニタリングが必要とされる状況
 - 2-3 内部被曝モニタリングの種類と体内放射能測定
 - 外部被曝モニタリング
 - 2-4 調査レベルと記録レベル
 - 2-5 内部被曝の評価
 - ※ 3. 国際放射線防護委員会 (ICRP) などの定める内部被曝の摂取制限値
 - ※ 4. 原爆放射線の内部被曝
- ※ 本文内の図の番号が図表集中の図右下に示してある番号と対応している。

1-1 内部被曝とは

被曝の分類

モニタリングの対象となるもの：

自然被曝、医療被曝(患者)は含めない



それぞれモニタリングの方法などが異なる

… すべてを効率的に実施する必要がある

図1-1

1. 放射性核種による内部被曝についての一般的な解釈

1-1 内部被曝とは

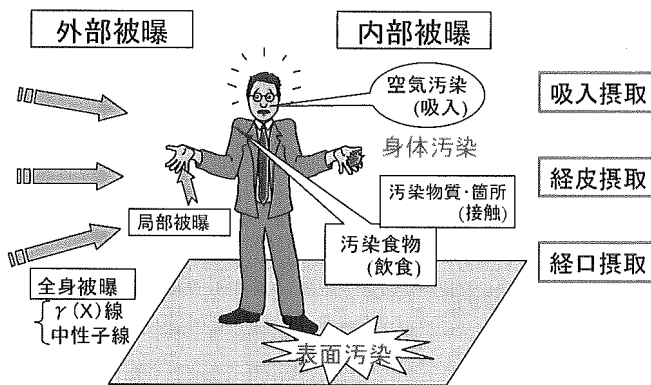


図1-2

1-1 内部被曝とは

核種と体内の集積部位およびその影響

核種	集積部位	影響(発生しうる主な病気)
¹³⁷ I	全身	甲状腺がんなど
¹³¹ I	全身	甲状腺がんなど
¹³² I	骨	白血病(白血病は可能性のみ)
¹³⁴ I	全身	甲状腺がんなど
¹³⁵ I	骨	白血病
¹³⁷ Cs	骨髄	白血病
¹³⁷ Cs	肝、脾、下部消化器	肝がん
¹³⁷ Cs	肝、骨	肝がん、骨髄癌
¹³⁷ Cs	骨	骨髄癌、白血病
¹³⁷ Cs	甲状腺	甲状腺がん、甲状腺機能低下
¹³⁷ Cs	腸、全身	白血病、下痢
¹³⁴ Cs	骨	骨髄癌
¹³⁴ Cs	骨	骨髄癌、白血病
¹³⁴ Cs	肝、骨、肺	肝がん、骨髄癌、肺がん、白血病
¹³⁴ Cs	腎、骨、肺	骨髄癌、肺がん、白血病
¹³⁴ Cs	肝、骨、肺	肝がん、骨髄癌、肺がん、白血病
¹³⁴ Cs	骨	骨髄癌、白血病

【出典】日本アイソトープ協会:放射能取扱の基礎 (3版(2001年6月))、p.224

◎) 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mext-atm.jst.go.jp/>

図1-3

1-2 内部被曝の要因

自然放射線源による被曝の年間実効線量(世界平均)

放射源	年間実効線量(mSv)	
	平均値	典型的範囲
宇宙放射線	0.25(0.20)	
地球放射線	0.45(0.40)	
宇宙線生成放射線種	0.48(0.43)	
宇宙線生成放射線種の合計	0.53	0.3-1.0
外部大気放射線	0.47(0.43)	
屋外	0.43(0.39)	
屋内	0.48	0.3-0.6
吸入放射線		
ウラン及びトリウム系列	0.06(0.04)	
プルトニウム系列	1.15(1.2)	
トリウム系列	0.16(0.07)	
吸入放射線の合計	1.26	0.2-1.0
食品摂取放射線		
ウラン及びトリウム系列	0.17(0.17)	
プルトニウム系列	0.12(0.06)	
食品摂取放射線の合計	0.29	0.2-0.8
合計	2.4	1-10

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

④ 原子力図書館「げんしろう」 URL: <http://mxzt.atm.jst.go.jp/>

図1-4

1-2 内部被曝の要因

自然放射線源からの日本人一人あたりの年間実効線量(mSv/年)

放射源	実効線量(mSv/年)	放射性核種	年間実効線量(mSv/年)
宇宙線	0.25	放射性核種	0.25
地球放射線	0.45	放射性核種	0.45
宇宙線生成放射線種	0.48	放射性核種	0.48
宇宙線生成放射線種の合計	0.53	放射性核種	0.53
外部大気放射線	0.47	放射性核種	0.47
屋外	0.43	放射性核種	0.43
屋内	0.48	放射性核種	0.48
吸入放射線	1.26	放射性核種	1.26
ウラン及びトリウム系列	0.06	放射性核種	0.06
プルトニウム系列	1.15	放射性核種	1.15
トリウム系列	0.16	放射性核種	0.16
吸入放射線の合計	1.26	放射性核種	1.26
食品摂取放射線	0.29	放射性核種	0.29
ウラン及びトリウム系列	0.17	放射性核種	0.17
プルトニウム系列	0.12	放射性核種	0.12
食品摂取放射線の合計	0.29	放射性核種	0.29
合計	2.4	放射性核種	2.4

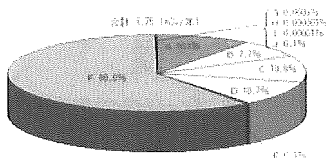
① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

④ 原子力図書館「げんしろう」 URL: <http://mxzt.atm.jst.go.jp/>

図1-5

1-2 内部被曝の要因

日本国民の環境放射線による内部被曝線量の割合



放射源	年間実効線量(mSv)	割合 (%)
吸入放射線	1.26	33.3
食品摂取放射線	0.29	11.7
外部大気放射線	0.47	11.7
宇宙線	0.25	8.3
地球放射線	0.45	8.3
その他	0.18	8.3

④ 原子力図書館「げんしろう」 URL: <http://mxzt.atm.jst.go.jp/>

図1-6

1-3 放射性核種の体内移行と代謝

経口摂取

放射性物質を含む水や食物などを飲み込むことで体内に取り込まれる場合

経口摂取の場合は、口から入り、飲むことによって食道を通じて、胃、小腸、大腸に送り込まれ、体液に吸収される。消化管に入ったもののうち、どのくらいの割合(通称、f1)が体液に吸収されるかが、内部被曝線量を推定するに際して重要な量とされている。また、より正確な推定を行うために、ICRP(国際放射線防護委員会)では、f1の代わりに、消化管内の通過時間と吸収速度をモデル化することが検討されている。

図1-7

1-3 放射性核種の体内移行と代謝

吸入摂取

放射性物質を含む空気を吸い込むことで体内に取り込まれる場合

吸入によって、呼吸気道を通じて摂取された放射性物質は、肺に入り、肺胞壁その他の気道表面から体液に吸収される。鼻腔とか口腔に近い上部呼吸気道に入った後、呼気とともに体外に排出されるものもある。吸気とともに一旦吸い込まれた放射性物質の量を摂取量という。被曝線量推定を目的として、肺胞領域からの放射性物質の生物学的な除去の速さに応じて、物質を吸入のクラスD、W及びYに分ける。すなわち、10日未満の半減期を持つ物質はD(日)、10日から100日の半減期のものはW(週)に、100日を超える半減期のものはY(年)に分類される。放射線作業が行われている現場で実際に発生する内部被曝の事例の大部分は吸入によるものである。

図1-8

1-3 放射性核種の体内移行と代謝

経皮摂取

皮膚を通して放射性物質が体内に取り込まれる場合

皮膚からの侵入について、正常な皮膚は障壁として働くので、放射性物質の侵入が実際に問題となることは少ない。しかし、水蒸気の形のトリチウムは皮膚呼吸により侵入することのほか、放射性物質によっては、正常の皮膚であっても侵入することがあるので注意が必要がある。皮膚に傷があると、放射性物質が侵入しやすくなる。放射性物質が傷に付着した場合は、できるだけ早く除染操作を開始する必要がある。

図1-9

1-3 放射性核種の体内移行と代謝

※ いくつかの元素の消化管吸収率

元素	消化管吸収率	
	乳児	成人
水素	1.0	1.0
炭素	1.0	1.0
鉄	0.6	0.3
コバルト	0.6	0.3
ストロンチウム	0.6	0.3
ルテチウム	0.1	0.1
ヨウ素	1.0	1.0
セシウム	1.0	1.0
ラジウム	0.4	0.2
トリウム	0.01	0.001

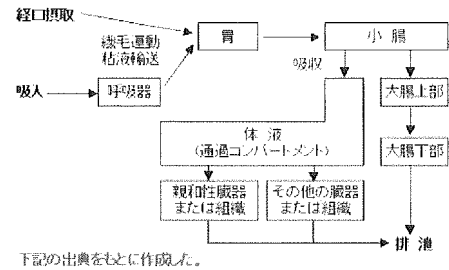
[出典] OECD-NEAの報告書(1990).
ICRP Publication 56(1989)

図1-10

Ⓜ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://maxt-atom.jst.go.jp/>

1-3 放射性核種の体内移行と代謝

※ ICRP代謝モデルの模式図



下記の出典をもとに作成した。

ICRP代謝モデルの模式化

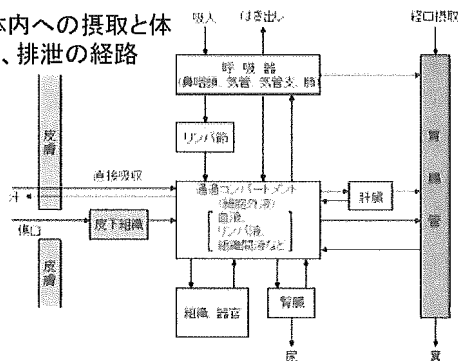
[出典] ICRP Publ.30 Part1

図1-11

Ⓜ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://maxt-atom.jst.go.jp/>

1-3 放射性核種の体内移行と代謝

※ 放射性核種の体内への摂取と体内における移行、排泄の経路



放射性核種の体内への摂取と体内における移行、排泄の経路

図1-12

Ⓜ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://maxt-atom.jst.go.jp/>

2. 内部被曝モニタリングとその評価

2. 内部被曝モニタリングとその評価

被曝管理

被曝管理の原則

重要度

[例]

- | | | |
|---|---------|--|
| 大 | 1. 線源管理 | 作業場(環境)から線源を遠ざける。
放射性物質の拡散を防ぐ。
(密封系で作業を行う、等) |
| 小 | 2. 場の管理 | 遮蔽体を設け作業場所の線量を下げる。
除染、換気をして空気中の濃度を下げる。 |
| 小 | 3. 個人管理 | 作業時間による線量調整をする。
防護服、用具を身に付ける。
[線量を測定してチェックする。] |

図2-1

2. 内部被曝モニタリングとその評価

被曝管理

個人被曝の管理

放射線の存在する場所での作業

- 人(作業員)の放射線被曝の制限、低減化措置
→防護措置
- 防護措置の適合性の判断、検証
→個人モニタリングの実施

図2-2

2. 内部被曝モニタリングとその評価

被曝管理

■ 判断・検証の基準

- 作業者の被曝量が定められた限度を超えていないか。
→ 線量限度
- 作業者の被曝量は合理的に達成しうる限り低く抑えられているか。
→ ALARAの原則

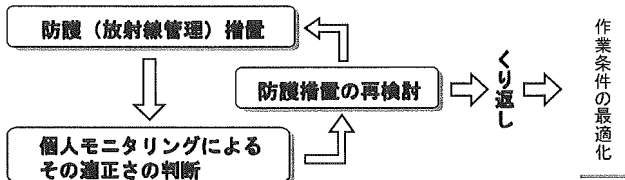


図2-3

2. 内部被曝モニタリングとその評価

被曝管理

■ 放射線被曝防護の原則

□ 外部被曝

- 放射線をさえぎる。(遮蔽: 屋内退避など)
- 放射性物質から遠ざかる。(距離: 避難)
- 被曝時間を短くする。(時間)

□ 内部被曝

- 放射性物質を吸込まない。(マスク、ハンカチなど)
- 汚染物を飲食しない。(当面は家の中にあつたものだけ)
- 皮膚汚染を防ぐ。

図2-4

2-1 内部被曝モニタリング

■ 作業者の被曝線量評価の要件

- できるだけ正確であること。もし不可能ならば(正確さに欠けると判断されるならば)、合理的な範囲で過大評価であること。

「安全側の値」

- あらゆる原因、あらゆる経路から生じる被曝をモニタすること。

あらゆる線源(装置)、
作業、事故等全ての原因

外部、内部、皮膚汚染等

被曝の分類

⇒ 効率的なモニタリングの実施

図2-5

2-2 内部被曝モニタリングが必要とされる状況

■ 内部被曝の日常モニタリングが必要とされる作業

- 大量の気体状および揮発性物質、たとえば、大規模な製造工程と発光体製造におけるトリチウムとその化合物の取り扱いおよび重水炉中の酸化物として存在するトリチウムの取り扱い
- 天然および濃縮ウランの処理または原子炉燃料加工で作業場所の汚染が頻繁に発生する状態にある作
- プルトニウムおよび他の超ウラン元素の処理
- ウランの粉砕および精練
- 大量の放射性核種の製造

図2-6

2-3 内部被曝モニタリングの種類と体内放射能測定

■ 個人モニタリング4つの方法

- 外部被曝測定・・・個人線量計による測定
- 内部被曝測定・・・全身カウンタなど
- 汚染密度測定・・・皮膚、髪などの汚染の測定
- 場のサーベイ結果からの推定
(作業場のモニタリング)

図2-7

2-3 内部被曝モニタリングの種類と体内放射能測定

(1) 日常モニタリング

日常モニタリングは、体内汚染を起こす可能性のある作業に継続して従事する作業員について、定期的に繰り返して実施する体内汚染の検査である。日常モニタリングの頻度および検査の方法は、作業内容および取り扱われている核種の種類とその化学形、および内部被曝測定方法の感度などを考慮して決定される。通常は3ヶ月ごとの検査が一般的である。

(2) 特殊モニタリング

特殊モニタリングは、体内汚染が生じた場合、あるいはそのおそれのある場合に随時実施されるモニタリングであり、追跡測定を含む適切なモニタリングプログラムに基づいて体内放射能の測定が行われると共に、測定結果の解釈に資するため作業状況についての調査が行われる。内部被曝線量の算定は、体外計測、バイオアッセイおよび空気中濃度等の利用可能なデータにより行われる。

(3) 作業モニタリング

作業モニタリングは、特定の作業(例えば放射性物質取り扱い施設の解体など)について体内汚染に係わる状況を知ることとして定期的あるいは随時に行われるモニタリングであり、その結果は内部被曝管理と作業方法の改善などに反映される。

(4) 確認モニタリング

確認モニタリングは、作業員の作業条件について、その状況を確認するために実施するモニタリングである。確認モニタリングの対象者は通常は各作業グループより選出される。もしも、確認モニタリングで汚染が検出された場合には、該当作業員について調査をすると共に残りの作業員全員について体内汚染検査が実施される。

図2-8

2-3 内部被曝モニタリングの種類と体内放射能測定

■ 内部被曝の管理

内部被曝測定評価の方法

- 直接的な方法 ● 体外計測法
 (全身カウンタ、肺モニタなど)
- 間接的な方法 ● バイオアッセイ法
 室内汚染測定による推定など

測定評価する量

内部負荷量 (体内に入っている核種、放射能量など)

↓
 摂取量、被曝線量を計算により評価

H_{50}
 粒径、化学形(沈着部位、排出の仕方など)により異なる。

図2-9

2-3 内部被曝モニタリングの種類と体内放射能測定

■ 体外計測法およびバイオアッセイ法の特徴と比較

体外計測法	バイオアッセイ法
体内放射能の直接的測定	体内放射能の間接的測定
被検者を拘束する	試料を提供するのみでよい
被検者を一人一人測定する	一度に多くの試料が処理できる
γ 線放出核種が主な対象となる	α 、 β 、 γ 線を放出するいづれの核種にも適用できる
設備、装置に費用がかかる	通常の化学実験設備でよい
体内量推定の精度が比較的良い	体内量推定の誤差が大きい

● 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://maxt.atm.jst.go.jp/>

図2-10

2-3 内部被曝モニタリングの種類と体内放射能測定

■ 全身カウンタ

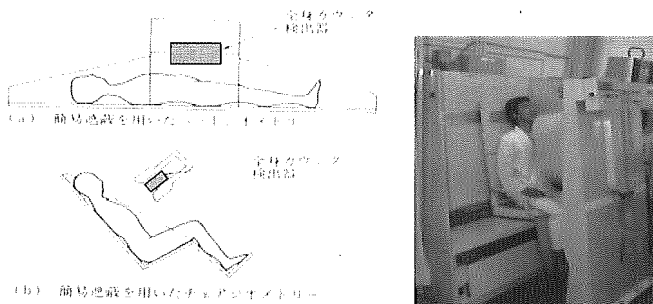


図2-11

2-3 内部被曝モニタリングの種類と体内放射能測定

■ 体外計測時の結果表示の例 (一般の人)

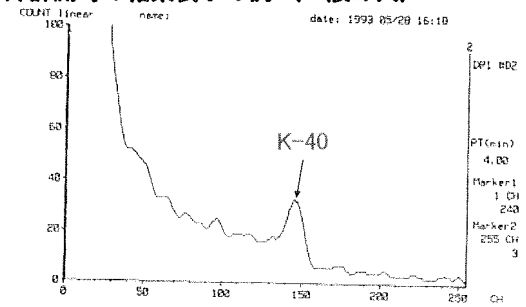


図2-12

2-3 内部被曝モニタリングの種類と体内放射能測定

■ 体内に放射性物質(^{137}Cs)を取り込んだ人の例

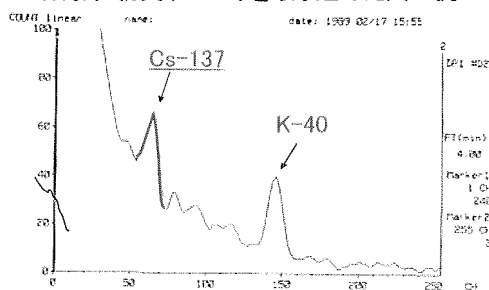


図2-13

2-3 内部被曝モニタリングの種類と体内放射能測定

■ 利用可能なバイオアッセイ試料

- | | |
|-------------|---|
| 1) 尿 | ●●最も一般的 |
| 2) 糞 | ●●非移行性核種 |
| 3) 鼻汁、鼻孔スミヤ | ●●吸入汚染の判定 |
| 4) 血液 | ●●傷汚染、放射化(n) |
| 5) 呼気 | ●● ^3H 、 ^{14}C 、Ra、Th など |
| 6) 唾液 | ●● ^3H |
| 7) 痰 | ●●吸入汚染の判定 |
| 8) 組織 | ●●傷口の汚染 |

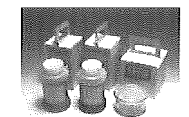


図2-14

外部被曝モニタリング

外部被曝の管理

外部被曝測定の方法・・・個人線量計による測定 [基本]

- ・**個人線量計の選択**
(基本線量計と補助線量計、性能の適用範囲)
- ・**着用基準**
(従事者と一時立入者[見学者])
- ・**着用部位**
男子 [及び妊娠不能と診断された女子]・・・胸部
女子・・・・・・・・・・腹部
- ・**着用期間** 最長3ヶ月 妊娠中の女子等:最長1ヶ月
不均等:3ヶ月 局部線量計:最長1ヶ月 補助線量計:最長1日

図2-15

外部被曝モニタリング

線量の測定

- 個人線量計 (青色:非直読タイプ)
- ・**フィルムバッジ**
写真フィルムを各種フィルタ付のケースに入れたもの
→フィルムの黒化度からγ線やβ線による線量を評価
 - ・**電子式ポケット線量計**
電子式(半導体検出器)など
→γ(X)線による被曝線量を直読でき、高精度。ただし、高価
 - ・**熱ルミネッセンス線量計(TLD)**
素子を変えることにより、各種放射線に対応できる。読取り一回のみ
 - ・**蛍光ガラス線量計**
高精度、エネルギー特性・安定性良好、繰返し測定可能
 - ・**アラームメータ**
GM計数管や半導体検出器を使用した線量計
(あらかじめ設定した線量レベルを超えたときに警報を発報する)
 - ・**OSL線量計**
光刺激による発光を利用、軽量、機械的ショックに強い

図2-16

外部被曝モニタリング

不均等被曝時の実効線量の算出

* 体幹部(頭から大腿部まで)において、その部分毎に被曝線量が大きく異なることが予想されるとき

$$E = 0.08H_a + 0.44H_b + 0.45H_c + 0.03H_m$$

- E : 実効線量
 H_a : 頭頸部に付けた線量計の測定値
 H_b : 胸部に付けた線量計の測定値
 H_c : 腹部に付けた線量計の測定値
 H_m : H_a, H_b, H_c のうち、最大の値

頭部と胸部に2個使用時: $E = 0.09H_a + 0.11H_b$

問題点: ・複数の線量計の着用期間が違う場合の処理
 ・線質によってはやや過大評価の可能性

図2-17

2-4 調査レベルと記録レベル

内部被曝検査の種類

- ・入退域検査
- ・定期検査
- ・臨時検査
- ・確認検査
 - 定期確認検査
 - 随時確認検査

図2-18

2-4 調査レベルと記録レベル

記録の保管

記録の保管期間: (原則) 永久保存

事業者の保存義務:

- * 対象者が、従業者でなくなった場合、又は当該記録を5年間保存した後に指定機関に引き渡すまで。
- * 事業者が放射線取り扱い業をやめる場合も、指定機関に引き渡す。

指定機関: (財)放射線影響協会
放射線従事者中央登録センター

被曝登録管理制度

- ・原子力事業所等を移動する従事者の、被曝管理の充実
- ・放射線作業から離れた従事者の、被曝管理記録の散逸防止
- ・職業人の線量の把握(被曝統計)

図2-19

2-4 調査レベルと記録レベル

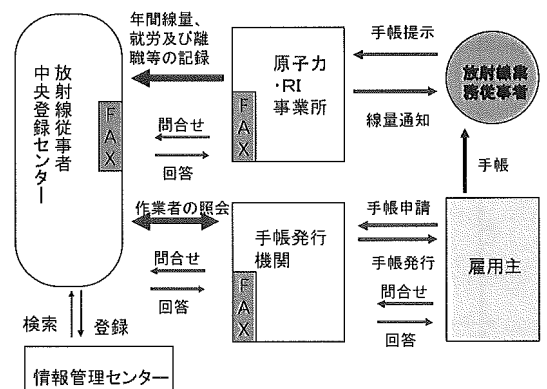
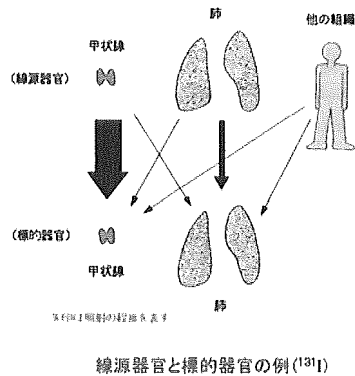


図2-20

2-5 内部被曝の評価

線源器官と標的器官の例



原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mxst-atm.jst.go.jp/>

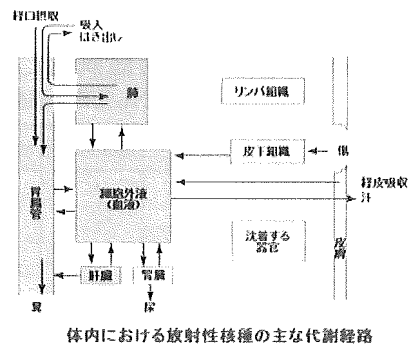
図2-21

3. 国際放射線防護委員会 (ICRP)

などの定める内部被曝の摂取制限値

3. 内部被曝の摂取制限値

体内における放射性核種の主な代謝経路



[出典] ICRP Publication 10, Report of Committee IV on Evaluation of Radiation Doses to Body Tissue From Internal Contamination Due to Occupational Exposure, Pergamon Press (1969), p. 4

原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mxst-atm.jst.go.jp/>

図3-1

3. 内部被曝の摂取制限値

放射性核種の摂取量から内部被曝線量に換算する線量係数の例

核種	放射核種の種類 化学形態	第一種	第二種	第三種
		吸入摂取した場合の 実効線量係数 (mSv/Bq)	吸入摂取した場合の 実効線量係数 (mSv/Bq)	経口摂取した場合の 実効線量係数 (mSv/Bq)
^1H	水	1.0×10^{-4}		1.0×10^{-4}
^{12}C	酸化物、水酸化物及び無機化合物以外の化合物(経口摂取)			3.4×10^{-4}
^{13}C	酸化物、水酸化物及び無機化合物(経口摂取)			2.5×10^{-4}
^{14}C	酸化物、水酸化物、アルコール及び無機化合物以外の化合物			7.1×10^{-4}
^{14}C	酸化物、水酸化物、アルコール及び無機化合物			1.7×10^{-4}
^{59}Fe	チタン、鉄、リン、ケイ素以外の化合物			2.8×10^{-4}
^{59}Fe	チタン、鉄、リン、ケイ素			2.7×10^{-4}
^{23}Na	塩素			2.0×10^{-4}
^{23}Na	ヨウ化、塩素以外の化合物			1.5×10^{-4}
^{23}Na	ヨウ化、塩素以外の化合物			1.1×10^{-4}
^{137}Cs	すべての化合物			6.7×10^{-4}
^{137}Cs	硝酸塩及び不溶性の酸化物以外の化合物(経口摂取)			2.5×10^{-4}
^{239}Pu	硝酸塩(経口摂取)			5.0×10^{-4}
^{239}Pu	不溶性の酸化物(経口摂取)			5.0×10^{-4}
^{239}Pu	不溶性の酸化物以外の化合物			3.2×10^{-4}
^{239}Pu	不溶性の酸化物			3.0×10^{-4}

下記の出典を参考にしてください。
[出典] 日本アイソトープ協会(編集・発行)：平成12年10月23日科学技術庁告示第3号(放射線を放出する同位元素の数量等を定める件)別表第1、アイソトープ法令第12001年(第2001年)版(2001年1月)、p. 249

原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mxst-atm.jst.go.jp/>

図3-2

VI. 原爆放射線に関するスライド

原爆放射線による人体への影響

原爆放射線による健康影響に関する図表集

原爆放射線

- 原爆放射線
 - 爆発中心から放出された放射線
 - 初期放射線：即発ガンマ線と2次ガンマ線、即発中性子
 - 遅発放射線：核分裂生成物よりのガンマ線と中性子の捕獲による2次ガンマ線、遅発中性子
 - 爆発後長時間にわたって地上で放射された放射線
 - 残留放射線
 - 放射性降下物：未分裂の²³⁵U、²³⁹Pu、および核分裂生成物
 - 誘導放射能：土壌や建造物が初期放射線の中性子で放射化されたもの
- 原爆放射線の大半は初期放射線であり、他の放射線は少ない
 - 初期放射線による外部被曝等が主な人体への影響であり、内部被曝による影響はほとんどない

原爆放射線による人体への影響

急性障害の経過

第1期	被爆直後から第2週の終わりまで(2週間)	急性症状
第2期	第3週から第8週の終わりまで(6週間)	亜急性症状
	前半期(第3～第5週)	
	後半期(第6～第8週)	合併症状
第3期	第9月から第4月の終わりまで(8週間)	回復症状

【出典】放射線被曝者医療国際協力推進協議会(編)：原爆放射線の人体影響 1992、文光堂(1992年3月) p.9

☞ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://msxt.atm.jst.go.jp/>



原爆放射線による人体への影響

被曝した線量別白血病死亡数及び過剰死亡数

(5mSv以上に被ばくした寿命調査対象集団：1950-90)

線量範囲 (骨髄線量)	対象者数	白血病死亡数	推定過剰死亡数	放射線に起因する 死亡割合
0.005-0.2 Sv	38,528	70	10	14% (10/70)
0.2-0.5 Sv	6,342	27	13	48%
0.5-1 Sv	3,425	23	17	74%
1 Sv 以上	2,819	56	47	84%
合計	51,114	176	87	49%

【出所】(財)放射線影響研究所ホームページ: <http://www.rerf.jp/top/healthj.htm>

☞ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://msxt.atm.jst.go.jp/>



原爆放射線による人体への影響

被曝した線量別白血病以外の全がん死亡数及び過剰死亡数

(5mSv以上に被ばくした寿命調査対象集団：1950-90)

線量範囲 (骨髄線量)	対象者数	白血病以外の がん死亡数	推定過剰死亡数	放射線に起因する 死亡割合
0.005-0.2 Sv	38,316	3,391	63	2% (63/3391)
0.2-0.5 Sv	6,308	646	76	12%
0.5-1 Sv	3,202	342	79	23%
1 Sv 以上	2,287	306	121	39%
合計	50,113	4,687	339	7%

【出所】(財)放射線影響研究所ホームページ: <http://www.rerf.jp/top/healthj.htm>

☞ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://msxt.atm.jst.go.jp/>



原爆放射線による人体への影響

遺伝学的調査結果

調査項目	期間	遺伝的影響
異常妊娠終結頻度 (流産、死産、奇形、乳児死亡、性比)	1948～1954	
性比	1948～1962	
成長と発達(身長、体重、知能発育)	1965	
染色体異常	1967～1984	
悪性腫瘍頻度	1960～進行中	検出されず
死亡率	1960～進行中	検出されず
遺伝子突然変異率	1977～1984	
DNA研究	1985～進行中	

下記の出典をもとに一部修正した。

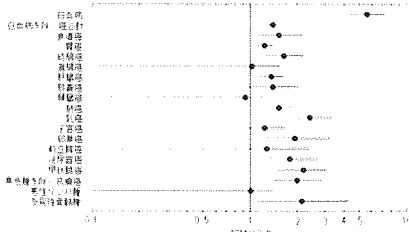
【出典】放射線被曝者医療国際協力推進協議会(編)：原爆放射線の人体影響 1992要約版、文光堂、p.26

☞ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://msxt.atm.jst.go.jp/>



原爆放射線による人体への影響

■ 部分別がん死亡の1Sv(臓器線量)における相対リスクおよび90%信頼区間



部分別がん死亡の1Sv(臓器線量)における相対リスクおよび90%信頼区間

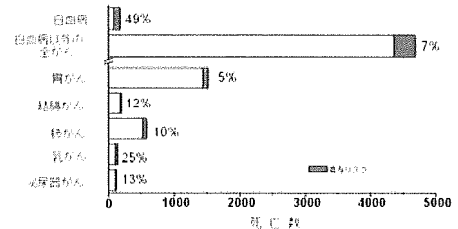
【出典】Pierce DA, Shimizu Y, Preston DK, Vaeth M, Mabuchi K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer, 1950-1990. Radiation Research, 146, 1-72, 1996.
 【出典】Preston DL, Mabuchi K, Ron F, Soda M, Takayama M, Ozshiro T, Sugiyama G, Soda F, Kurozumi M, Kame S, Nishiyama H. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II. Solid tumors, 1958-1987. Radiation Research, 117, 53-103, 1982.

☎ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mxst-atm.jst.go.jp/>

図E

原爆放射線による人体への影響

■ 原爆被曝者におけるがん死亡者中の放射線に起因する割合



原爆被曝者: 被ばく線量が1mSv以上の被ばく者(平均被ばく線量200mSv)

原爆被曝者(またはがん死亡者)中の放射線に起因する割合(寄与リスク)

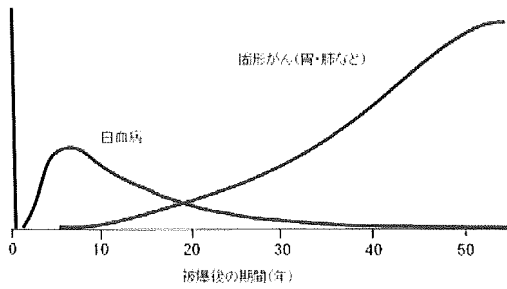
【出典】Pierce DA, Shimizu Y, Preston DK, Vaeth M, Mabuchi K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer, 1950-1990. Radiation Research, 146, 1-72, 1996.

☎ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mxst-atm.jst.go.jp/>

図F

原爆放射線による人体への影響

■ 原爆放射線誘発がん発生の時間的経過



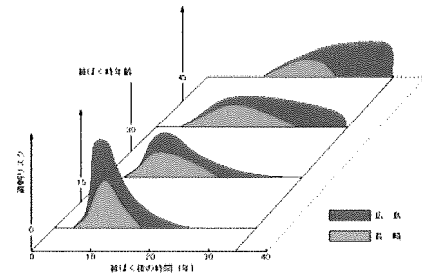
原爆放射線誘発がん発生の時間的経過(模式図)

☎ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mxst-atm.jst.go.jp/>

図G

原爆放射線による人体への影響

■ 原爆被曝時年齢および被曝後年数での放射線誘発白血病パターン



原爆被曝時年齢および被曝後年数での放射線誘発白血病パターン(模式図)

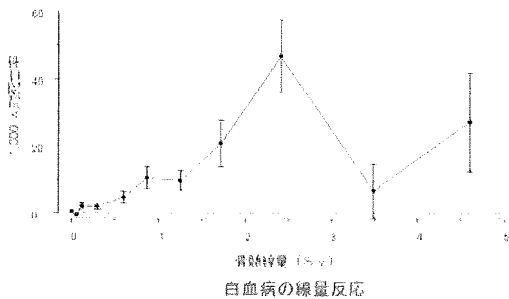
【出典】放射線被曝者の長寿研究委員会(編) 放射線被曝者の長寿研究1992 文芸春秋(1992年2月) p.27

☎ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mxst-atm.jst.go.jp/>

図H

原爆放射線による人体への影響

■ 白血病の線量反応



白血病の線量反応

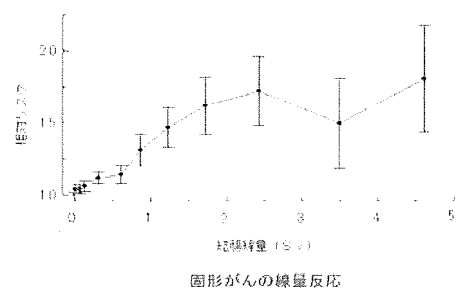
【出典】Preston DL, Pierce DA, Shimizu Y, Collins HM, Fujita S, Funamoto S, Kodama K. Effect of recent changes in atomic bomb survivor dosimetry on cancer mortality risk estimates. Radiation Research, 162, 377-389, 2004.

☎ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mxst-atm.jst.go.jp/>

図I

原爆放射線による人体への影響

■ 固形がんの線量反応



固形がんの線量反応

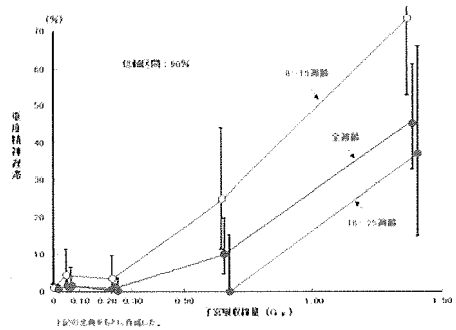
【出典】Preston DL, Pierce DA, Shimizu Y, Collins HM, Fujita S, Funamoto S, Kodama K. Effect of recent changes in atomic bomb survivor dosimetry on cancer mortality risk estimates. Radiation Research, 162, 377-389, 2004.

☎ 原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mxst-atm.jst.go.jp/>

図J

原爆放射線による人体への影響

胎内被曝時の重度精神遅滞子宮吸収線量



胎内被曝時の重度精神遅滞子宮吸収線量
 [出典] 原爆放射線被害医療研究協力推進協議会編「原爆放射線の人体影響 1992」文光堂(1992年3月) p.207

原子力図書館「げんしろう」URL: <http://mex-atm.jst.go.jp/>

図K