

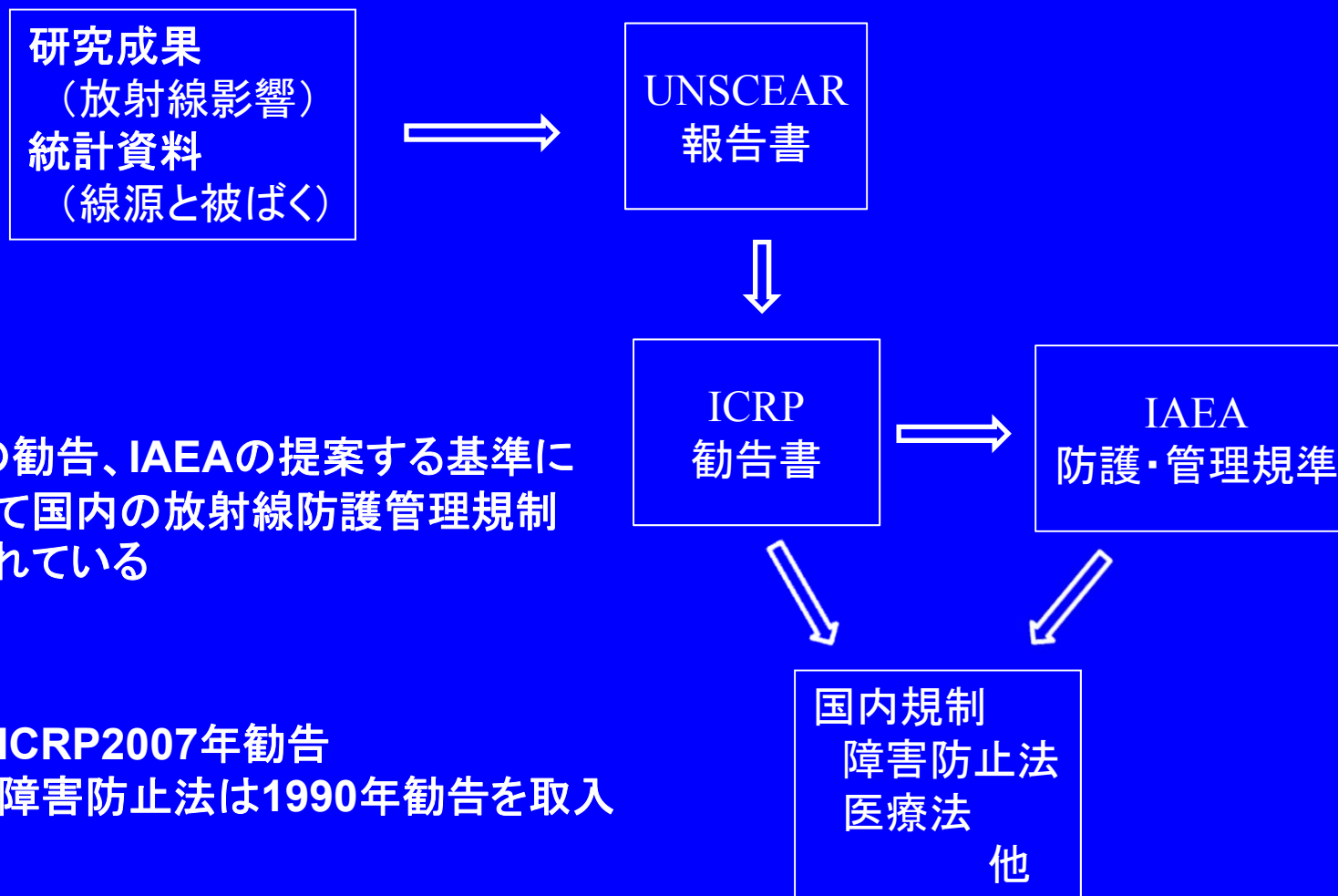
食品安全委員会
放射性物質の食品健康影響評価に関するWG

放射線防護の体系 —ICRP2007年勧告を中心に—

(社)日本アイソトープ協会
佐々木 康人

2011年4月28日 16:00-16:30
於:食品安全委員会中会議室

放射線防護規制作成の国際的枠組み



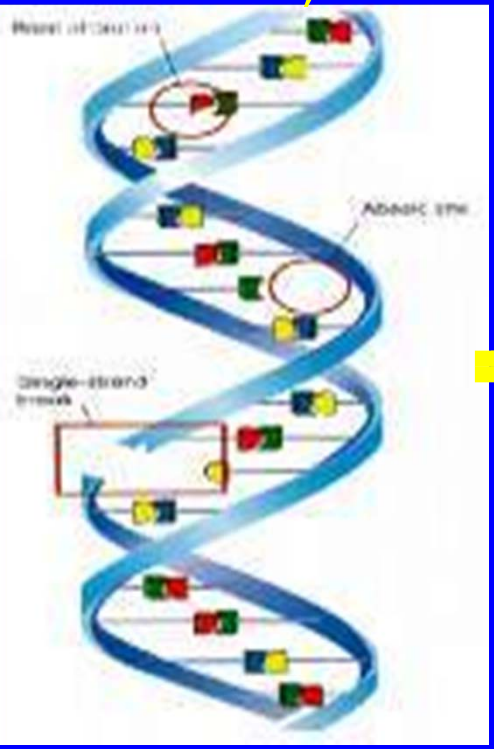
ICRPの勧告、IAEAの提案する基準に基づいて国内の放射線防護管理規制が作られている

最新はICRP2007年勧告
現行の障害防止法は1990年勧告を取入

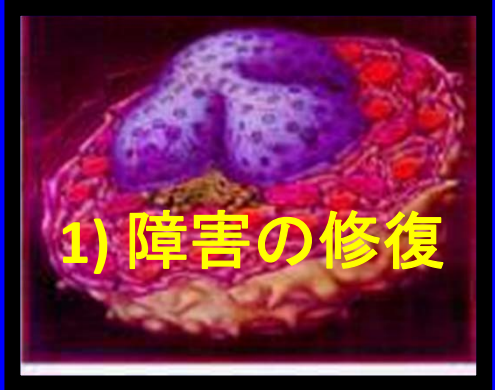
一般人の放射線被ばく 世界平均値

	実効線量 (mSv/年)
自然放射線	2.4
人工放射線源	
放射線診断	0.4
大気圏核実験	0.005
チェルノブイリ事故	0.005
核エネルギー製造	0.002

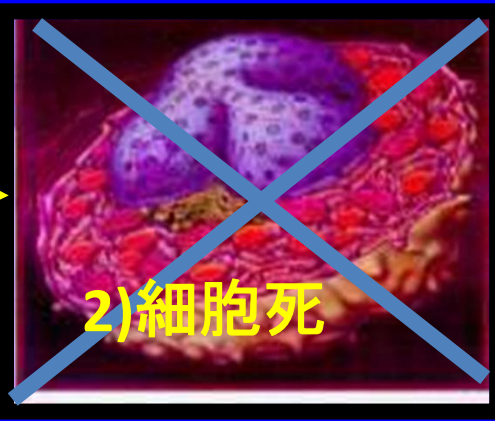
(UNSCEAR2000年報告)



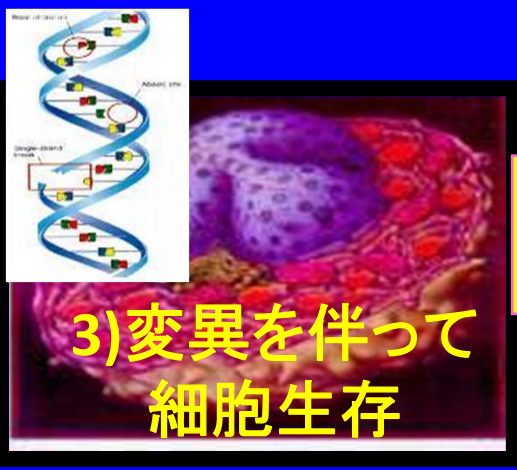
DNA変異
 $\rho_D \cong a D$



変化なし



確定的影響
($> \sim 1\text{Gy}$)



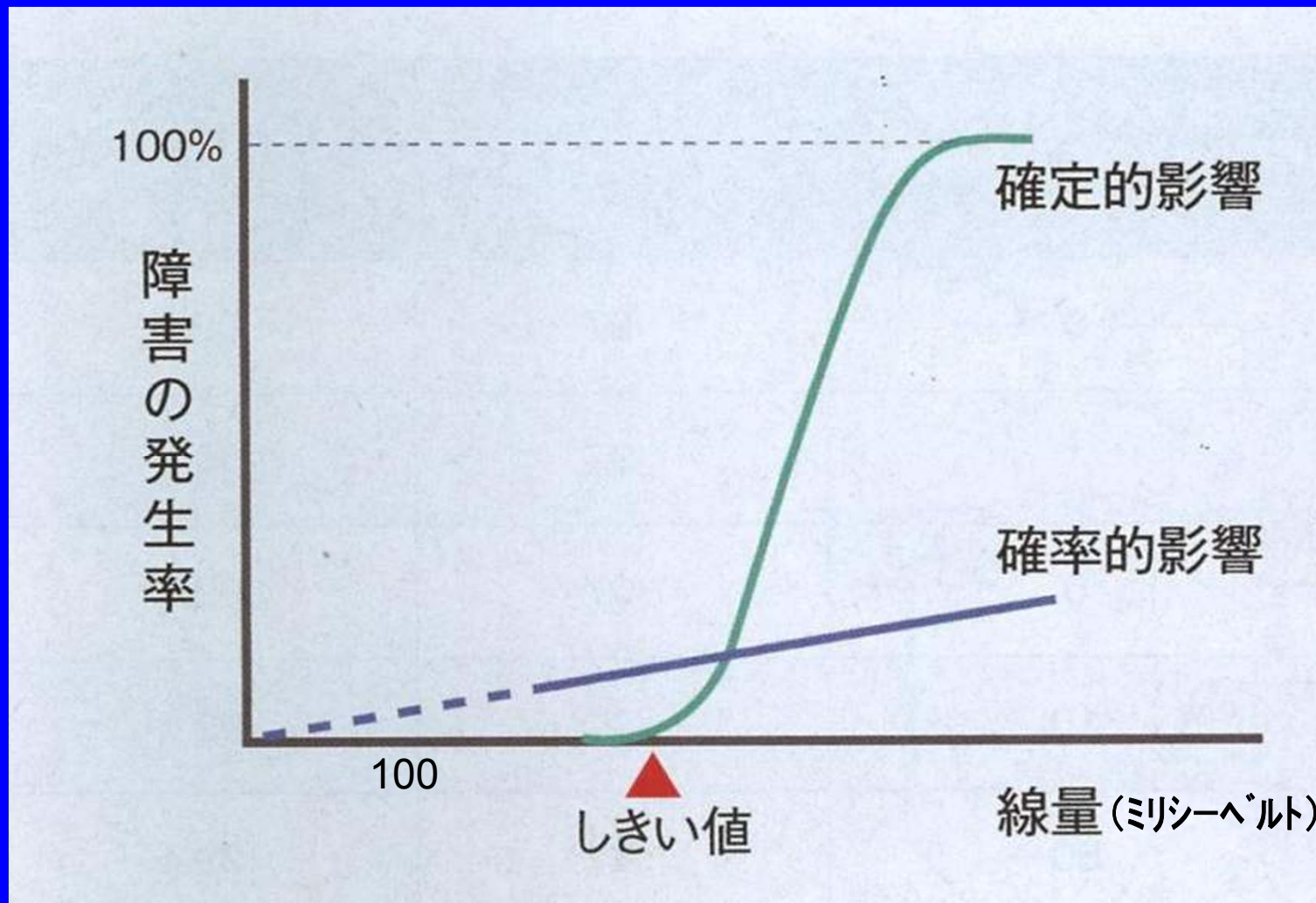
確率的影響

放射線の健康影響

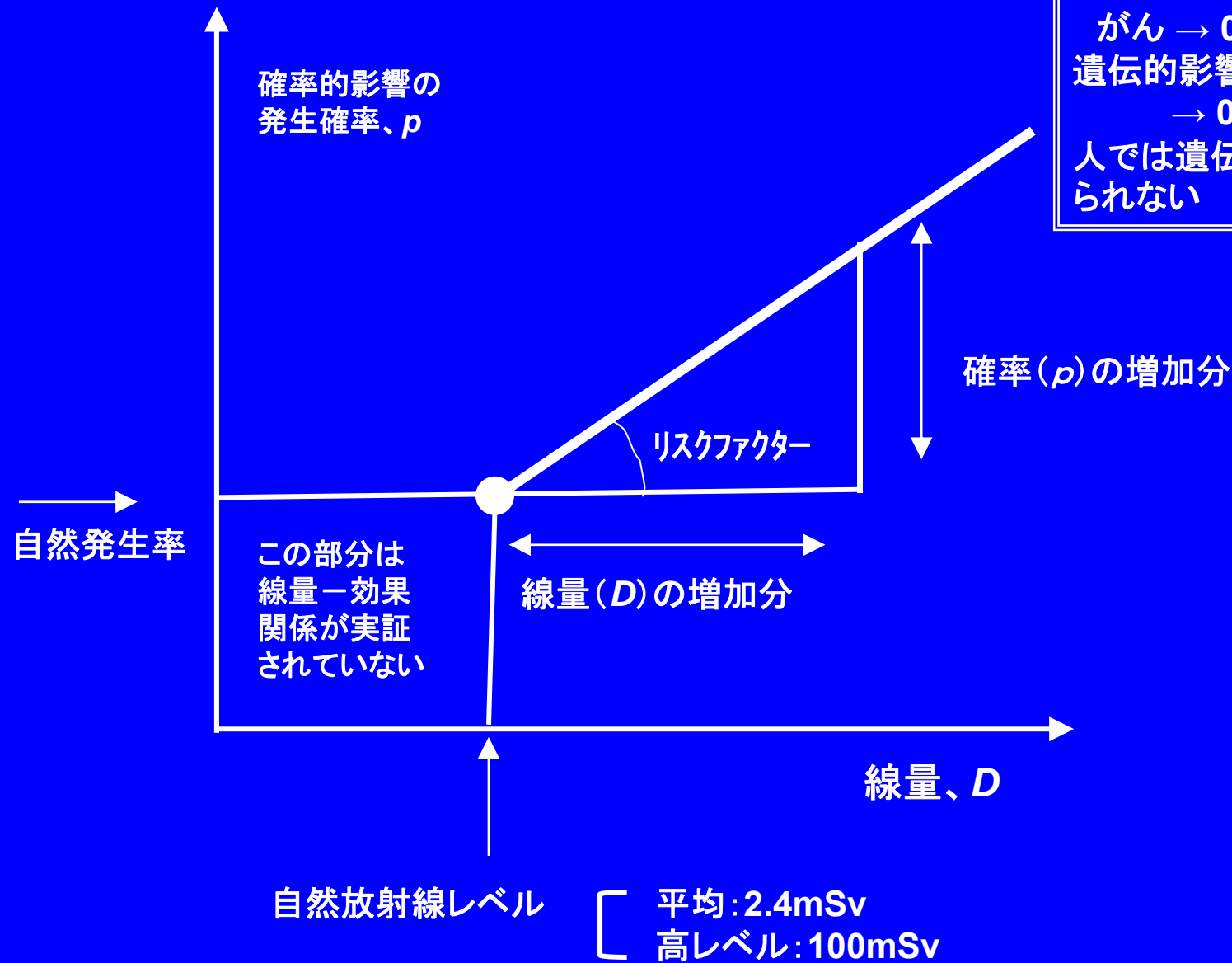
2つのタイプがある

1. 症状、徴候が現れる身体的障害(確定的影響)
 - ・1グレイ以下ではない
 - ・症状ごとに「しきい線量」がある
2. 将来がんが発生する可能性(リスク)が高まるかもしれない影響(確率的影響)(晩発影響)
 - ・被ばく集団と非被ばく集団の比較で検知
 - ・被ばく者個人は認知できない
 - ・防護の目的で低線量(100ミリシーベルト以下)でも線量に比例してリスクが増加すると仮定
(しきい線量なし)

放射線影響の線量反応関係



直線しきい値なし(LNT)モデル



リスクファクター

がん → 0.005%/mSv
遺伝的影響
→ 0.0005%/mSv
人では遺伝的影響はみとめられない

平均: 2.4mSv
高レベル: 100mSv

放射線防護の原則

一つの線源からの被ばくに対して(全ての被ばく状況に適用)

- 正当化

新しい線源の導入や古くからの被ばくを低減するに当たり、
利益 > 損失を達成

- 最適化

線量拘束とリスク拘束及び参考レベルを用いて ALARA
(as low as reasonably achievable) 原則達成

個人の受ける全ての線源からの被ばくに対して

(計画被ばく状況に適用)

- 線量限度の適用

患者の医療被ばくは別扱い

線量限度の適用

- 公衆被ばくの線量限度 年間1mSv(実効線量)
- 職業被ばくの線量限度 5年間に100mSv(実効線量)

特定の1年に50mSv

眼の水晶体 150mSv、皮膚 500mSv、手足 500mSv

(等価線量)

- 安全と危険の境界を示す線量ではない
- 患者の医療被ばくには線量限度を適用しない

職業被ばく線量限度の決め方

- ・ 科学的情報だけでなく、正常な状況では通常受け入れられないリスクのレベルを考慮した価値判断
- ・ 職業人として生涯線量が1000ミリシーベルトを超えない
- ・ 確定的影響が起こらない
- ・ 線量限度に達することは滅多にない

以上の条件を考慮して100mSv/5年の線量限度を選定

- ・ 限度いっぱいの線量を毎年47年間受け続けた場合の線量
 $20\text{mSv/年} \times 47\text{年}(18\text{歳} \sim 65\text{歳}) = 960\text{mSv}$
- ・ わが国の実態 99%が5mSv/年以下

最適化と線源関連制限

計画被ばく状況

線量限度

線量拘束値

最適化

現存及び緊急時被ばく状況

参考レベル

最適化

拘束値と参考レベルの枠(バンド)と適用例

枠(バンド) (予想実効線量mSv) (急性又は年線量)	適用例
20-100	放射線緊急時の最大残存線量に 設定する参考レベル
1-20	<ul style="list-style-type: none">・ 計画被ばく状況での職業被ばく拘束値・ 家屋内でのラドンに対する参考レベル・ 非密封線源治療後の介助・介護者の 拘束値
1以下	計画状況での公衆被ばくに設定する 拘束値

非常時（緊急時被ばく状況）の対応

- 防護の目的：重篤な身体的影響の回避
(2000ミリシーベルト以上)
- 予測線量、回避線量、残存線量の推定
- 初期対応
対応作業者の参考レベル
 <100 → <500 → <1000ミリシーベルト
公衆の参考レベル 20－100ミリシーベルトのバンド内で
- 回復期
- 復旧期 ⇒ 現存被ばく状況 1－20ミリシーベルトのバンド内で

放射線の受け方

1. 全身、局所

例1: 線源の事故や環境の汚染 — 全身被ばく

例2: 放射線診断、治療 — 局所被ばく

2. 外部、内部

外部被ばく: 身体の外にある放射線源から
受ける — ガンマ線が主役

内部被ばく: 気体の吸入、食物や飲物の経口摂取に
よるまたは皮膚から体内に取り込まれ
た線源からの被ばく — アルファ線、
ベータ線が主役

内部被ばく対応

1. 放射能汚染物に触れない。摂取しない
吸入、経口摂取、傷
2. 摂取量と放射性同位元素(RI)の種類同定
3. 生理学的モデルを用いて算出した換算係数を用いて全身の被ばく線量(実効線量)と臓器線量(等価線量)の推定(預託線量)
4. 低減化 (ヨウ素剤、プルシアンブルー、下剤、利尿剤、キレート剤等)

放射性医薬品による患者の線量

Pub. 106

例: Tl-201 塩化タリウム(心筋血流シンチグラフィ) 半減期3.05日

臓器	単位投与量当たりの吸収線量 (mGy/MBq)	
	成人	15才
心臓	0.19	0.24
肝臓	0.15	0.20
甲状腺	0.22	0.35
実効線量 (mSv/MBq)	0.14	0.20
投与量	120MBq	成人の実効線量 16.8mSv
比放射能		塩化タリウム量

内部被ばく 例示

水道水中に放射性ヨウ素 (^{131}I) (半減期8日、 β 線、 γ 線放出) が 210Bq/L検出された。

生後3カ月～1歳の児が1日1リットルこの水を飲む

- ・ 体内の ^{131}I が線源となって放射線を浴びる(体内被ばく)
 - 甲状腺の線量 0.78ミリシーベルト(等価線量)
 - 全身の線量 0.038ミリシーベルト(実効線量)
- ・ 210Bq/Lが続いたとして100日間1リットル飲み続けると
 - 甲状腺の線量は78ミリシーベルト
 - 全身の実効線量は 3.8ミリシーベルト
- ・ 放射線障害の症状なし。10年以上後にがん罹患リスク約0.4-1.2%増加すると仮定して防護対策をたてる

食品の介入レベル

1種類の食品に対する制限10mSv(1年間に)
(正当化される回避線量)

最適値の範囲 1,000-10,000 Bq/kg(β/γ 放射体)
10-100 Bq/kg(α 放射体)

(刊行物63)

介入:放射線被ばくを定年する行動(1990年勧告)

行為:放射線被ばくを増加する行動

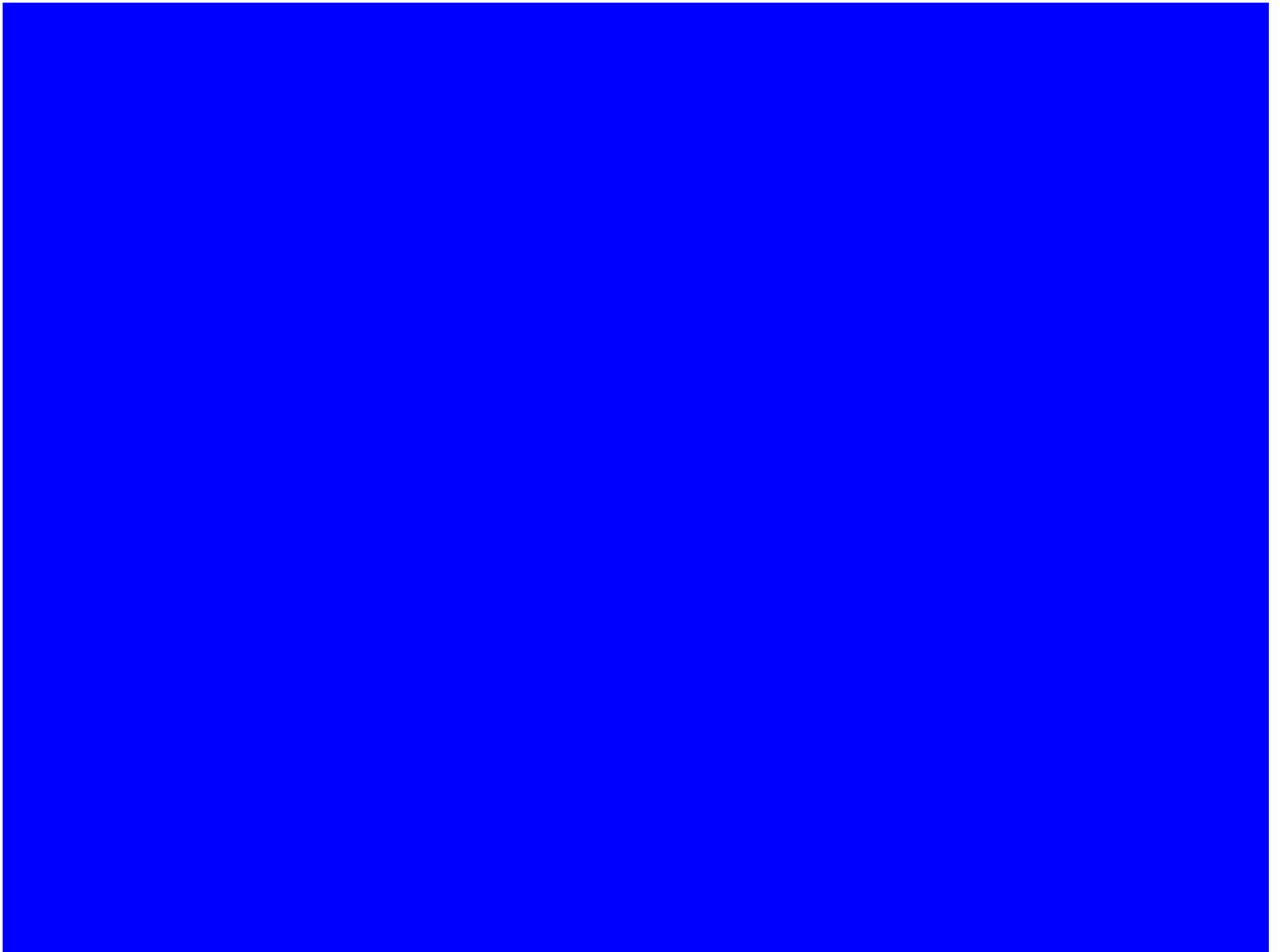
対策を実効するために勧告される 回避可能線量

対 策	回避可能線量 (対策が一般的に最適化されるための)
屋内退避	2日で～10mSv(実効線量)
一時避難	1週間で～50mSv(実効線量)
ヨウ素剤予防投与(放射性ヨウ素が存在するとき)	～100mSv(甲状腺に対する等価線量)
移 住	～1000mSv又は最初の年に～100mSv (実効線量)

(ICRP Pub.96より引用)

汚染の事後処理

- 環境汚染の測定調査。 立入禁止区域、除染
- 人の被ばく線量推定
- 健康影響推定と対応
- 迅速で合理的な計画と実行
 専門分野横断的、省庁横断的、
 被災者代表の参加



放射線防護の変遷(1)

- 1895年 X線の発見 1896年 X線皮膚炎の報告
- 1896年 W. Fuchus 防護の3原則(距離・時間・遮蔽)提案
- 1925年 国際放射線医学会(ICR)に
「国際X線単位委員会(IXRU)」創設
- 1928年 ICRに「国際X線ラジウム防護委員会(IXRPC)」
創設
- 1928年 勧告 表層組織障害と内部組織の混乱を回避
(職業被ばく平均 $\sim 1000\text{mSv/年}$)
- 1934年 勧告 耐容線量 $\sim 0.2\gamma/\text{d}$ ($\sim 500\text{mSv/y}$)

(Pub.109)

放射線防護の変遷(2)

- 1950年 勧告 最大許容線量(MPD)0.5r/w(全身)、
手、前腕1.5r/w
IXRU → ICRU、IXRPC → ICRP
- 1954年 勧告 職業被ばくのMPD 1.5rem/y (150mSv/y)、
公衆は1/10
- 1958年 勧告(Pub.1)線量限度職業 50mSv/y、D=5(N-18)、
公衆 5mSv/y
確率的影響、LNT、最適化の議論—Pub.9
- 1977年 勧告 線量限度(職業50mSv/y、公衆1mSv/y)、正当化、
最適化(ALARA) 社会全体の防護
- 1990年 勧告 「行為(practice)」と「介入(intervention)」、
線量限度、最適化(線量拘束 dose constraints)
- 2007年 勧告 3つの被ばく状況、最適化に重点「参考レベル」、
個人の防護 (Pub.109)

全身ガンマ線被ばく後のしきい値の推定値

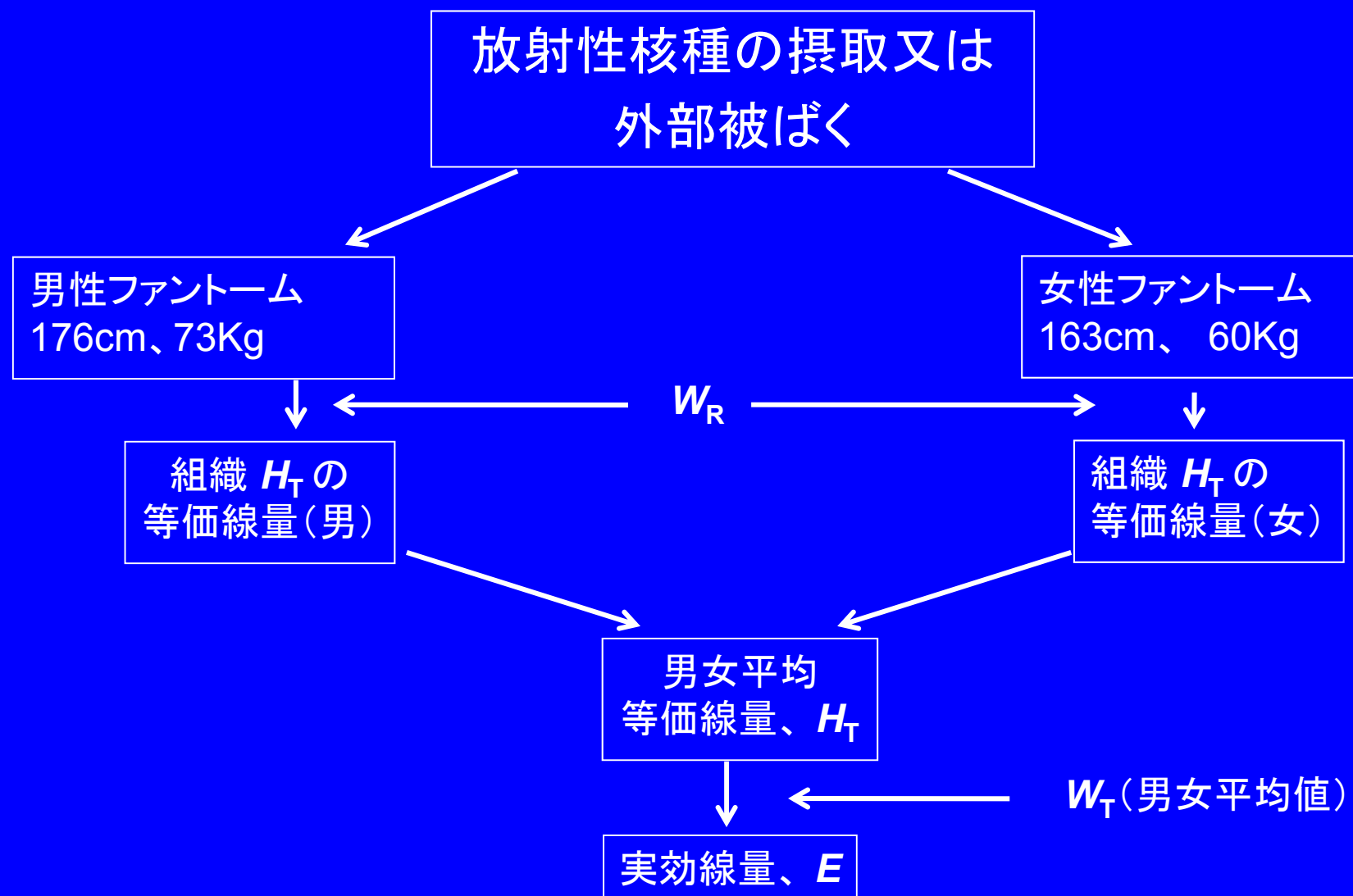
影 響	臓器／組織	影響の発現時間	吸収線量(Gy)
罹 病:			<u>1%発生率</u>
造血系の機能低下	骨髄	3～7日	～0.5
皮膚の火傷	皮膚(広い区域)	2～3週間	5～10
一時的脱毛	皮膚	2～3週間	～4
白内障(視力障害)	眼	数 年	～1.5
死 亡:			
骨髄症候群: 治療しない場合	骨髄	30～60日	～1
胃腸管症候群: 治療しない場合	小腸	6～9日	～6
間質性肺炎	肺	1～7か月	6

ICRP Publ.103

急性放射線症の主な兆候

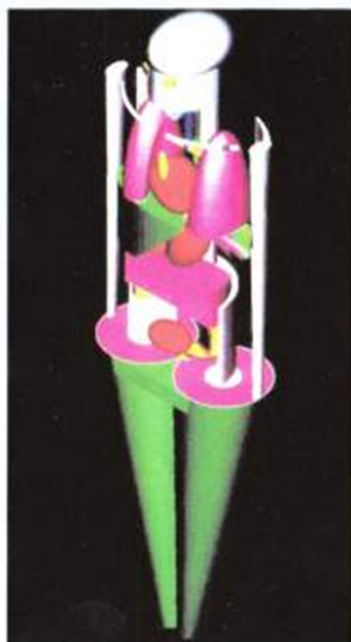
線量	1-2 Sv	2-4 Sv	4-6 Sv	6-8 Sv	> 8 Sv
潜伏期(日)	21-35	18-28	8-18	7以下	なし
主な症状	疲労感 脱力感	発熱、感染 出血、脱毛 疲労感	高熱、感染 出血、脱毛	高熱、下痢 めまい	高熱、下痢 脱毛、 意識障害
死亡率(%)*	0	0-50	20-70	50-100	100

実効線量算定における男女平均

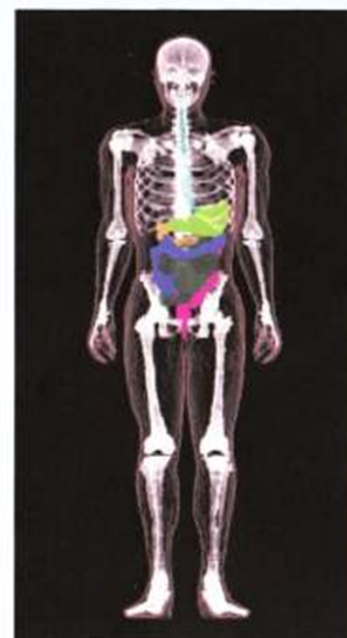


New Reference Phantoms

MIRD Phantom



Voxel Male and Female Phantoms



Reference Male
176 cm, 73 kg

Reference Female
163 cm, 60 kg

New dose coefficients in 2009

放射線の量と単位

グレイ(Gy): 吸収線量の単位

放射線が当たった物質単位質量当たりに
吸収されるエネルギーを表す量

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J (ジュール) / Kg}$$

1ジュールは0.24カロリー

例: 放射線治療のために肺の病巣に1回2Gy
を25回 総線量50Gy照射

等価線量($H_{T,R}$)

ある臓器組織の平均吸収線量($D_{T,R}$)に、
放射線荷重係数 w_R を乗じたもの
(放射線の種類とエネルギー(線質)で決まる係数)

$$H_{T,R} = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

単位: Sv(シーベルト)

実効線量(E)

臓器組織の等価線量に組織荷重係数

(確率的影響に対する組織の
相対的な感受性を表す係数)

を乗じ、全身に付いて加え合わせたもの

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

単位: Sv (シーベルト)

組織荷重係数 (W_T) の勧告値

組 織	W_T	ΣW_T
赤色骨髄、大腸、肺 胃、乳房、残りの組織 *	0.12	0.72
生殖腺	0.08	0.08
膀胱、食道、肝、甲状腺	0.04	0.16
骨表面、脳、唾液腺、皮膚	0.01	0.04
合 計		1.00

* 残りの組織: 副腎、胸郭外部位、胆のう、心、腎、リンパ節、筋肉、
口腔粘膜、膵、前立腺(男性)、小腸、脾、胸腺、
子宮 / 子宮頸部(女性)

実効線量(E)の使用

- 防護基準順守の指標、前向き計画に使用
- 特定個人の被ばく後の詳細な線量、リスク推定・評価には用いない
- 疫学研究には用いない