

# 最新の放射線防護の考え方

## 健康影響、線量、基準

甲斐 倫明

大分県立看護科学大学  
人間科学講座環境保健学研究室

# 内 容

(1)放射線の健康影響

(2)放射線の線量概念

(3)放射線防護の考え方

# 勧告改訂の背景

1.放射線防護の概念の整理統合

2.新しい物理的、医学生物的知見

3.防護基準の誤解や混乱

- チェルノブイリ事故に伴う汚染対策
- 自然放射線からの被ばくの寄与が小さくない

# 放射線の健康影響

## ■ 組織反応(確定的影響)

ある定まった割合の細胞が涸渇する場合には、しきい値が存在する

## ■ 確率的影響

単一の細胞における損傷の結果生じ、防護上、しきい値がないとしている

➤ がん

➤ 遺伝的影響

## ■ 非がん疾患



# 非がん疾患

## ■ ICRPは潜在的な重要性を認識

- ▶ 循環器疾患（原爆生存者、放射線治療患者）
- ▶ その他（原爆生存者）

## ■ 100mSv程度の低線量の領域

- ▶ リスクの評価に含めるには十分ではない

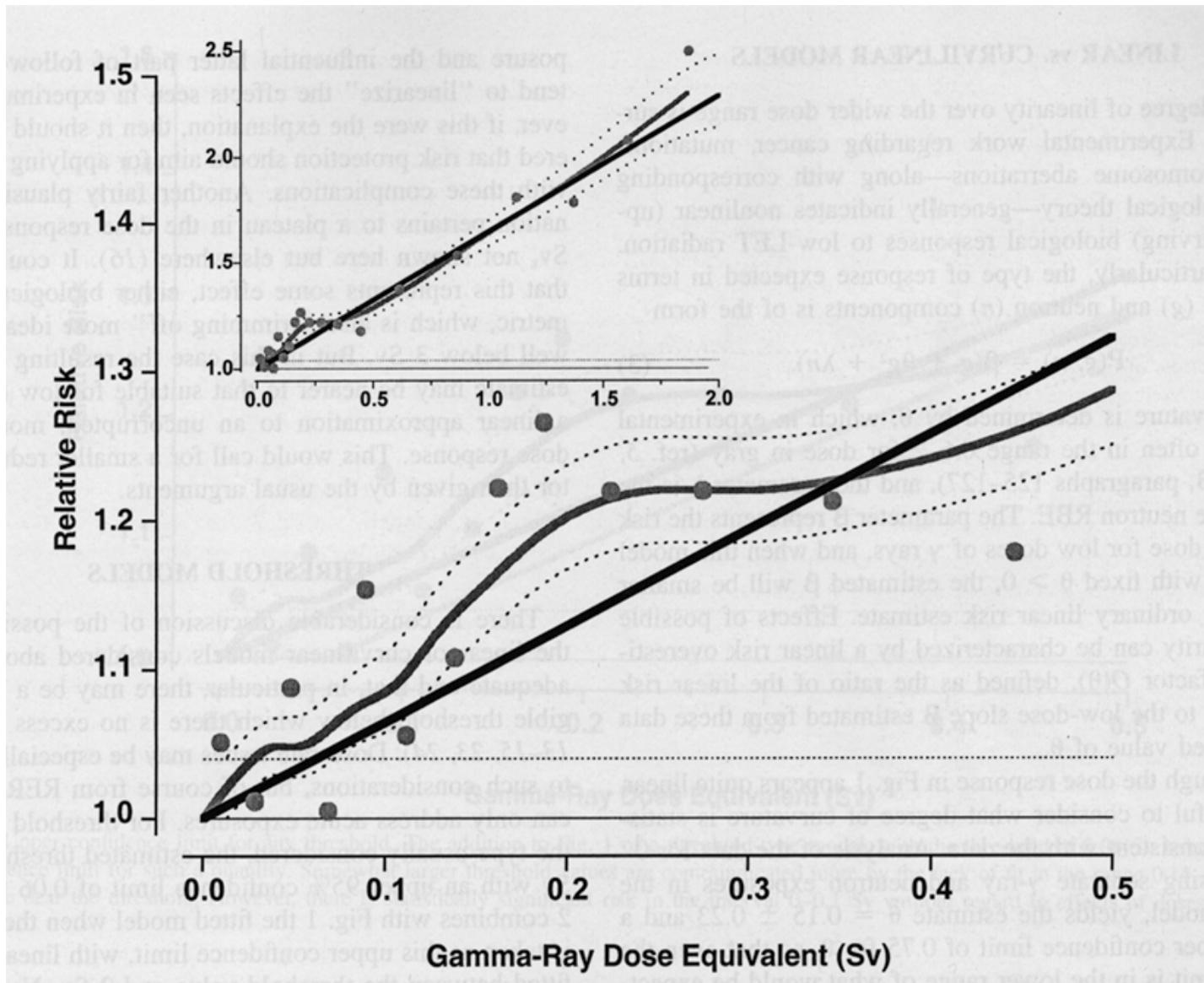
## ■ UNSCEAR(2008)

- ▶ 0.5 Sv未満での証拠はほとんどない

# 低線量リスクに対する認識

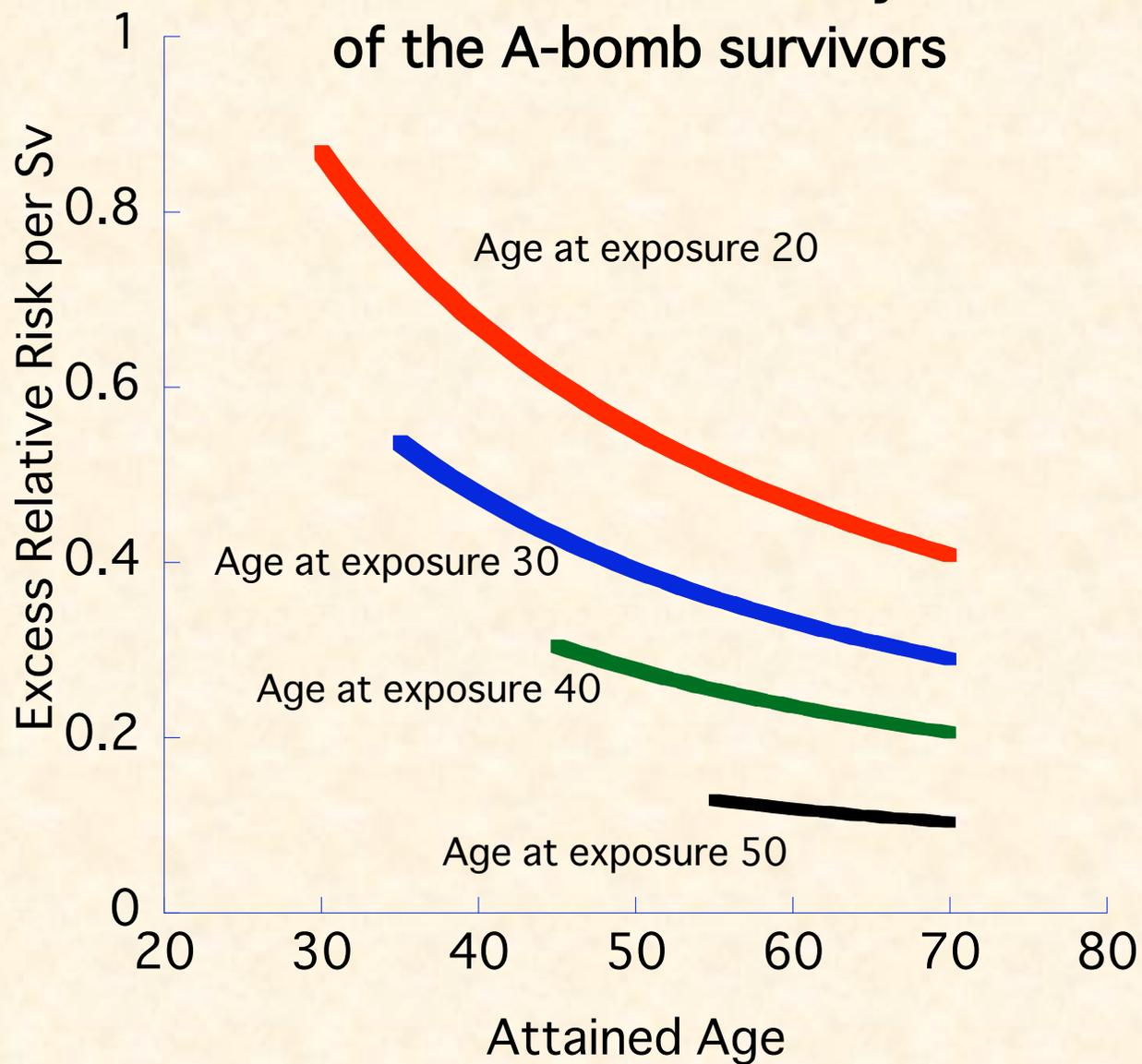
- There is limited evidence of increased cancer risk associated with acute exposure of the order of a few tens of mGy,
- the risk of mortality and morbidity from all solid cancers combined is proportional to radiation doses down to approximately 100-150 mGy, below which statistical variation in baseline risk, ....
- The LNT theory, combined with an uncertain DDREF for extrapolation of risk from high doses, remains a prudent basis for radiation protection at low doses and low dose rates.

( ICRP Publ.99, Executive summary)



広島・長崎の原爆被ばく生存者のデータ (Pierce, 2000)

# ERR of solid cancer mortality in men of the A-bomb survivors



(Preston, et al. 2004)

# ICRP新勧告における低線量のリスク評価

デトリメントで表現した確率的影響に対する名目リスク係数

被ばく 集団	がん		遺伝的影響		合計	
	1990	2007	1990	2007	1990	2007
全集団	6.0	5.5	1.3	0.2	7.3	5.7
成人	4.8	4.1	0.8	0.1	5.6	4.2

(% Sv<sup>-1</sup>)

# 遺伝リスクの評価

人の遺伝病のベースライン頻度

突然変異増加に対する  
遺伝病の増加割合

$$P \times [1/DD] \times MC \times PRCF$$

New!

潜在的回復可能性修正係数

$$\text{倍加線量} = \frac{\text{人の自然発生突然変異率}}{\text{マウスの放射線誘発突然変異率}}$$

$$= (0.82 \pm 0.29) \text{Gy} \quad \text{旧評価} = 1 \text{Gy}$$

➡ 最初の2世代のみの評価にしたことでリスクが低減

# 発がんリスク評価

◆ Mortality から Incidence をベースにした評価

◆ 致死がん と 非致死がん のリスクを

ベースに損害を評価

$$D_T = (k_T R_{I,T} + q_T (1 - k_T) R_{I,T}) I_T$$

↓  
致死率

↓  
平均余命損失

QOL 損害係数  $q_T = q_{min} + k_T (1 - q_{min})$

↓  
0.1

# 全集団における性で平均化したリスク

組織	名目リスク： 罹患	調整名目リスク	デトリメント
食道	15.1	15.1	13.1
胃	79.1	77.0	67.7
結腸	65.4	49.4	47.9
肺	114.2	112.9	90.3
乳房	112.1	61.9	79.8
甲状腺	32.5	9.8	12.7
骨髄	41.9	37.7	61.5

1万人当たり、1Sv当たりの症例数

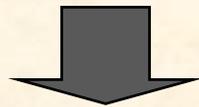
# 組織荷重係数 $w_T$

組織	$w_T$	$\Sigma w_T$
骨髄、乳房、結腸、肺、胃、残りの組織 <sup>1</sup>	0.12	0.72
生殖腺	0.08	0.08
膀胱、食道、肝臓、甲状腺	0.04	0.16
骨表面、脳、唾液腺、皮膚	0.01	0.04

<sup>1</sup> 名目  $w_T$  を14の組織間で均等に分割する。

# 放射線防護の線量：実効線量

吸収線量 (Gy)



組織・臓器の平均吸収線量 (Gy)



組織・臓器の等価線量 (Sv)



実効線量 (Sv)

特徴：

- 被ばく形態(外部、内部、全身、部分)に関係なく比較可能
- リスク相当の線量

適用：

- 計画、最適化における評価
- 線量限度などの基準値との比較

# 実効線量

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

or 
$$E = \sum_T w_T H_T$$

↓  
等価線量

$w_T$  組織荷重係数

$w_R$  放射線荷重係数

# 放射線荷重係数 $W_R$

種類とエネルギー範囲	1990	2007
あらゆるエネルギーの光子	1	1
あらゆるエネルギーの電子とミュー粒子	1	1
陽子線	5	2
アルファ粒子、核分裂片、重粒子	20	20
中性子	階段関数	連続関数

# 集団実効線量: man sievet

- 個人実効線量の積算
- LNTを前提として加算性が成立
- 最適化の道具
- 疫学的な使用、リスク予測には不適切
  - ▶ 大集団での小さい被ばくの積算によるがん死亡計算は避けるべき (very low dose : 1mSv程度以下)
- 線量範囲、期間を定義して使用
  - ▶ 損害の逆数よりも小さい場合、可能な影響はゼロ (NCRP 1995)

# 潜在被ばく

- 計画被ばく状況の計画段階で考慮
- 発生確率の低減、発生時の線量低減
  - 医療事故、線源事故
  - 原子炉事故、放射性物質を利用したテロ
  - 放射性廃棄物
- アセスメント
  - シナリオ
  - シナリオの発生確率
  - 被ばく線量
  - 損害評価
  - 比較、最適化

放射線誘発死亡の個人確率  
＝事象発生確率×健康生涯確率

リスク拘束値  
作業者： $2 \times 10^{-4}$  = 5mSv相当  
公衆： $1 \times 10^{-5}$

シナリオごとに線量規準を規制当局が設定する

# 新勧告の基本的方針

---

- 防護の対象は、すべての放射線源
- 自然か人工か、被ばくの大小に関係なし
- 防護の論拠は、被ばくの制御可能性

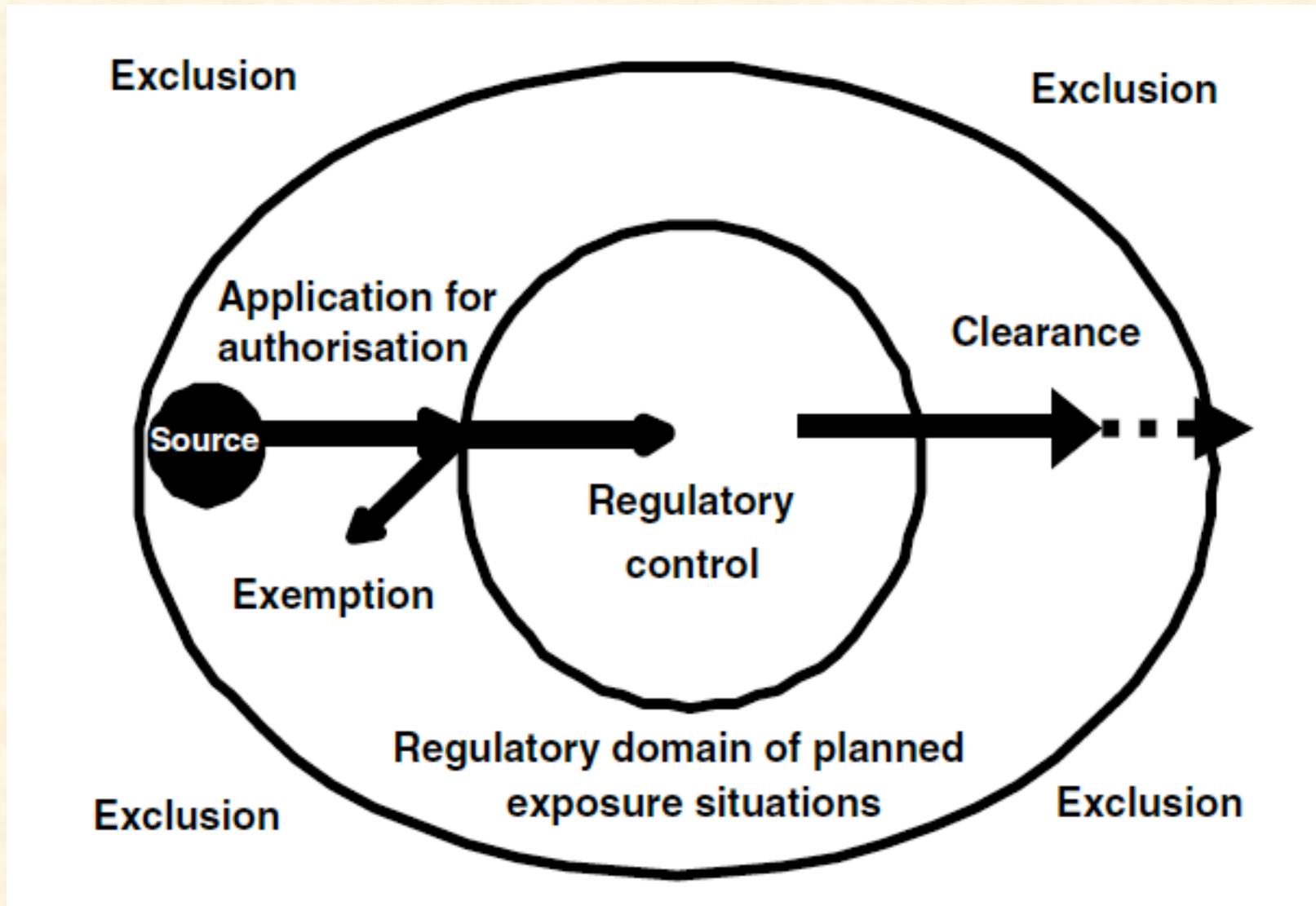
## **Exclusion (除外)**

管理を規制できない

## **Exemption (免除)**

管理は規制される必要がない

# 規制の対象範囲：除外、免除、クリアランス



( ICRP Publ.104 )

# 新勧告の新しい提案

---

## 3つの被ばく状況に整理

- 計画被ばく
- 現存被ばく
- 緊急時被ばく

行為と介入という区分を止め、  
被ばく状況で防護体系を整理する

# 正当化・最適化

---

## 正当化：

防護対策の導入は、害よりも大きな利益をもたらす

## 最適化：

経済的社会的要因を考慮して害と利益の差を最大化する

- 3つの被ばく状況に適用
- Publ.60でもこの考え方はあった
- **しかし、すべての被ばく状況に適用する基本的方針であることを強調**

# 線量限度に変更はない

	実効線量
職業被ばく	20mSv/y 5年平均、<50mSv
公衆被ばく	1mSv/y <sup>*)</sup>
医療被ばく	なし

\*) 5年間の平均が1mSv/年を超えないならば、1mSvを上回ることが認められる

# 線量拘束値/参考レベル

線量の領域	要件
20 - 100 mSv	<ul style="list-style-type: none"><li>・例外的な状況、場合によっては便益がある。</li><li>・情報、作業者のトレーニングと個人モニタリング</li></ul>
1 - 20 mSv	<ul style="list-style-type: none"><li>・個人には直接又は間接的に便益がある。</li><li>・情報、トレーニングと個人モニタリングまたは線量評価</li></ul>
1 mSv以下	<ul style="list-style-type: none"><li>・社会的な便益(個人には無い)。</li><li>・情報、個人モニタリングは無い。</li><li>・基準を満たしていることの確認のための線量評価。</li></ul>

# 数値の根拠

---

## ■ 100 mSv

- ・ がんが検出されている最小線量
- ・ 組織障害が生じる最小線量

## ■ 20 mSv/y

- ・ **Unacceptable risk**の最小線量?

## ■ 1 mSv/y

- ・ ラドンを除く自然**BG**レベルの世界平均?
- ・ 世界の自然**BG**レベルの変動レベル?

