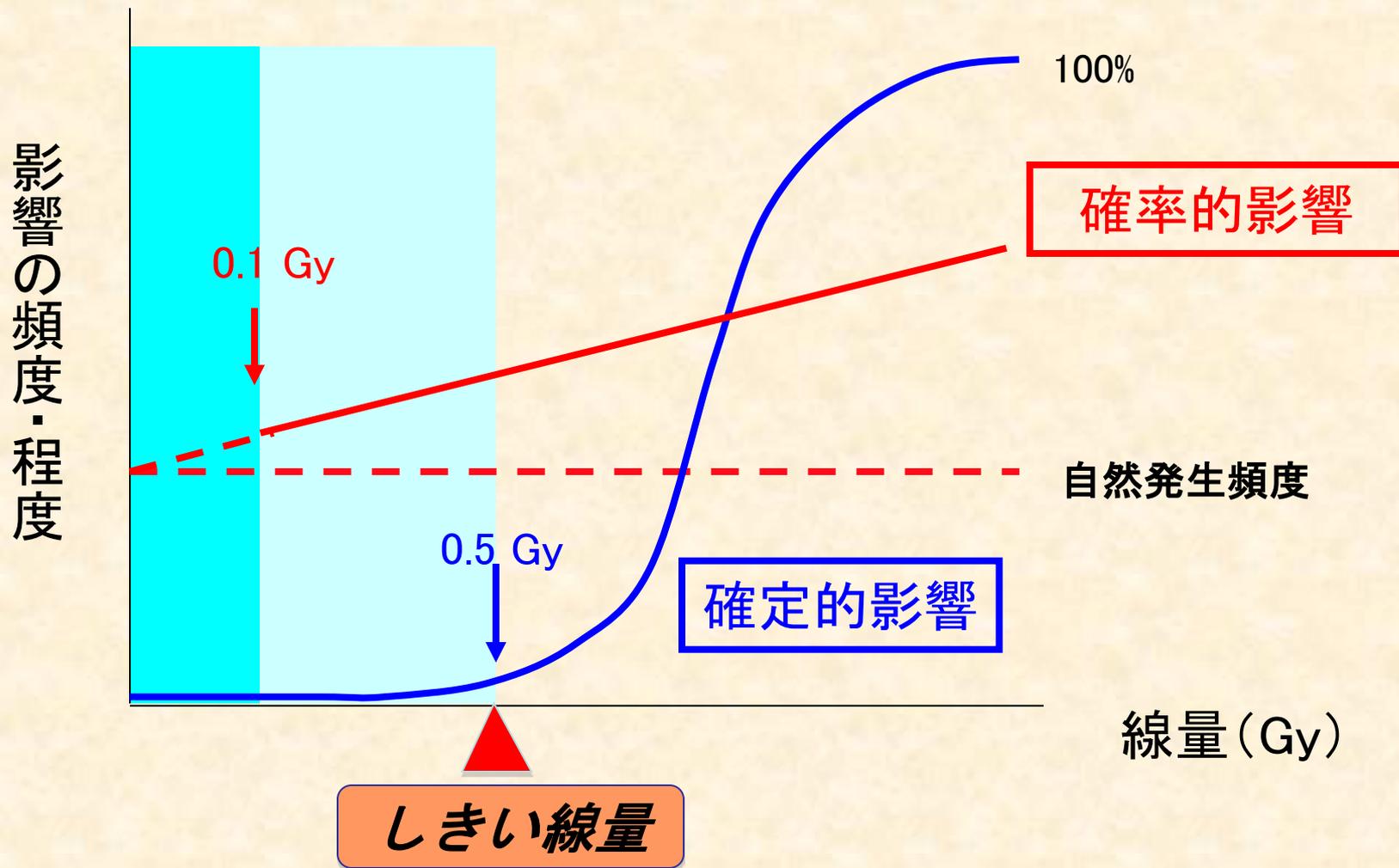


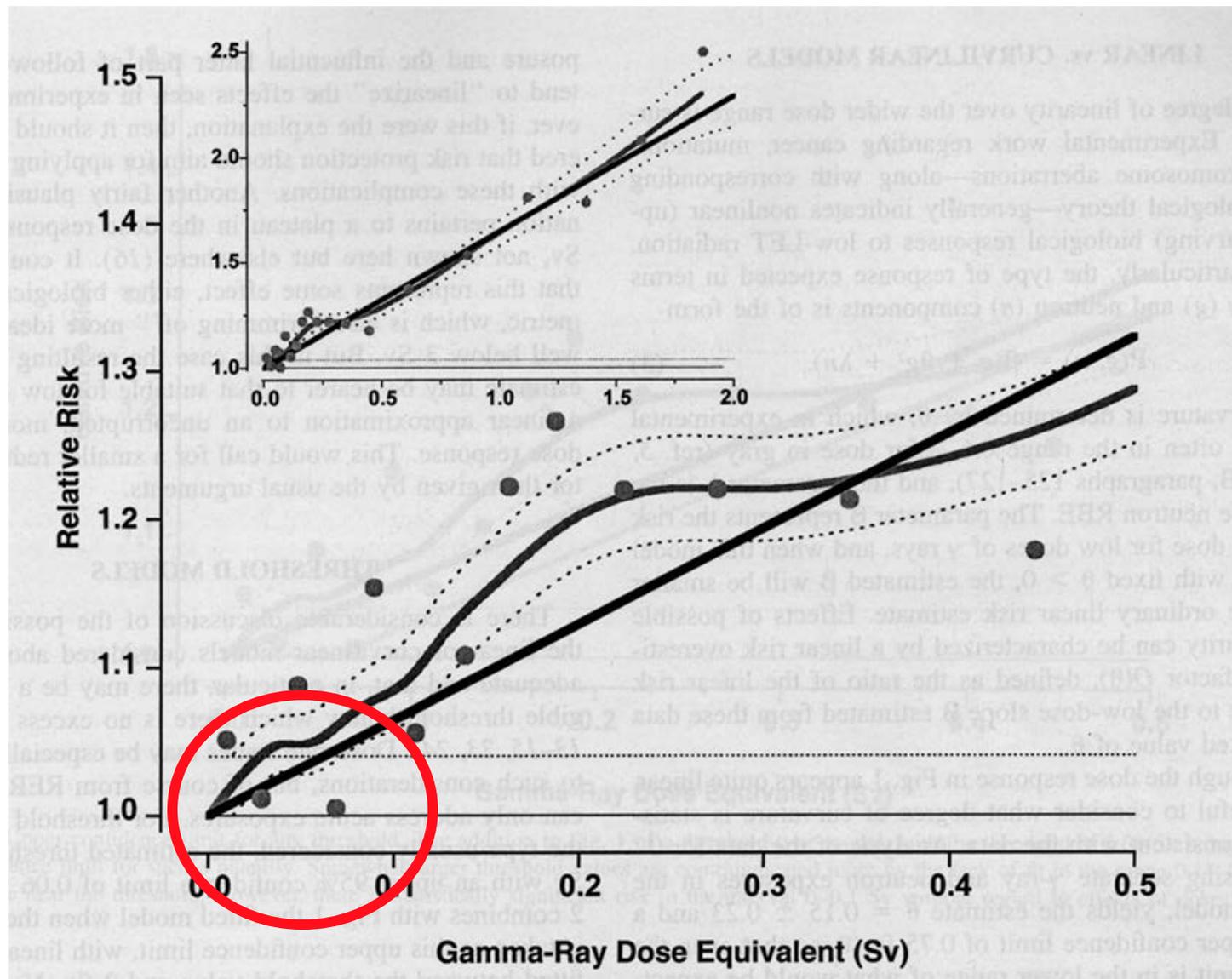
# 放射線の健康影響とその防護

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

# 放射線の健康影響と線量の関係

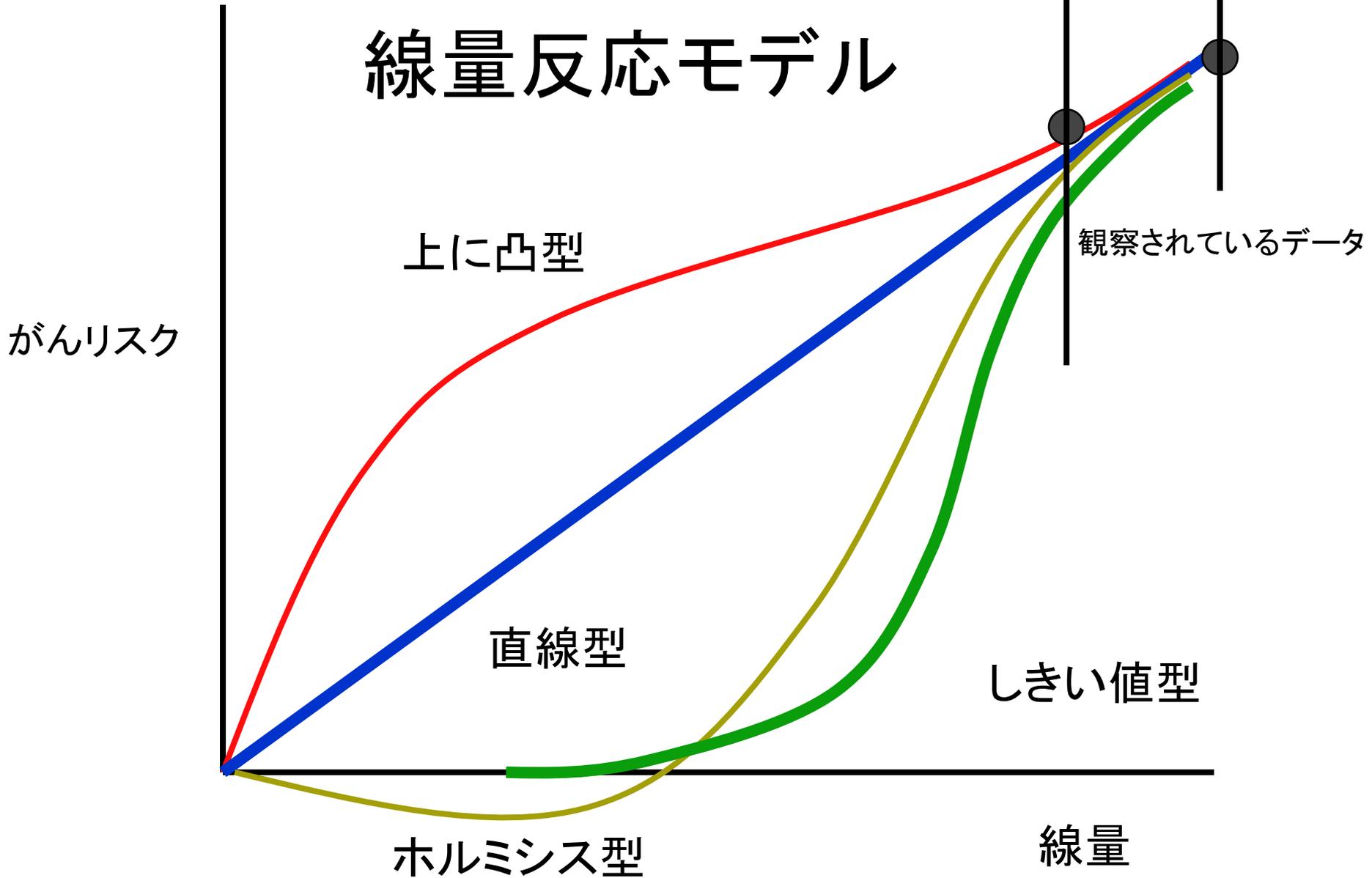




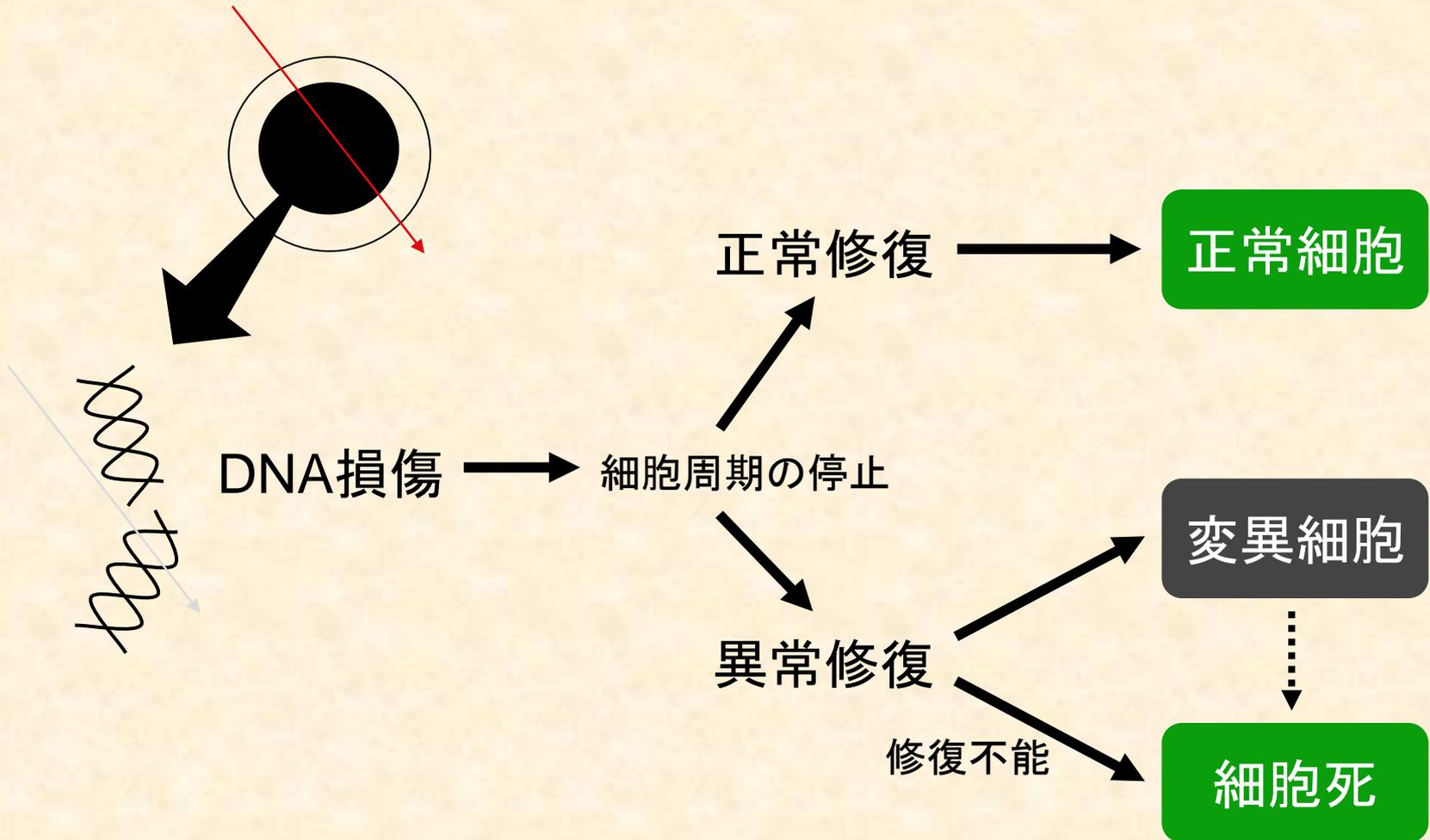
広島・長崎の原爆被ばく生存者のデータ (Pierce, 2000)

# 低線量リスクの不確かさ

## 線量反応モデル



# 照射後の細胞の運命

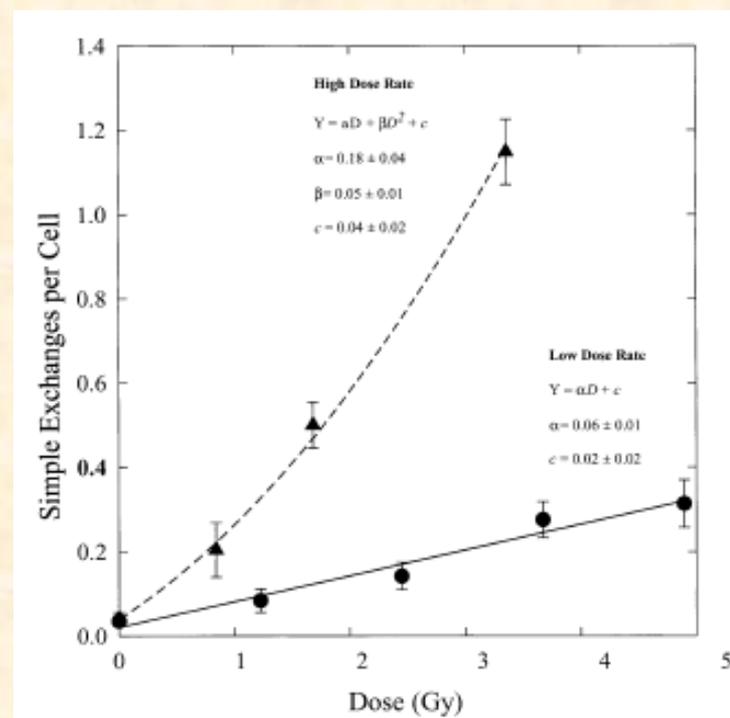
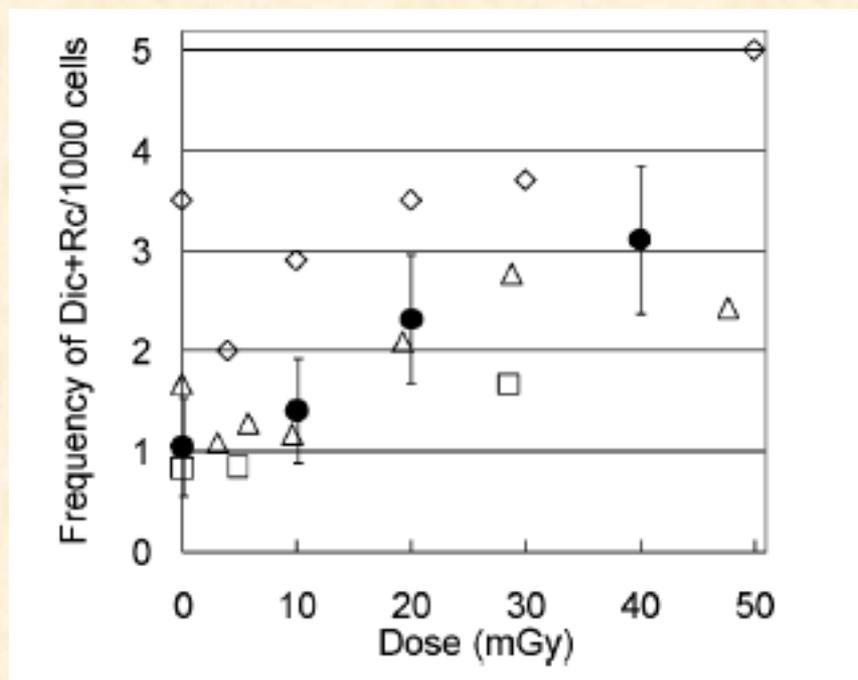


# 放射線による染色体異常

DNA DSBの誤修復が起因

低線量でもlinearな傾向

線形成分は線量率依存



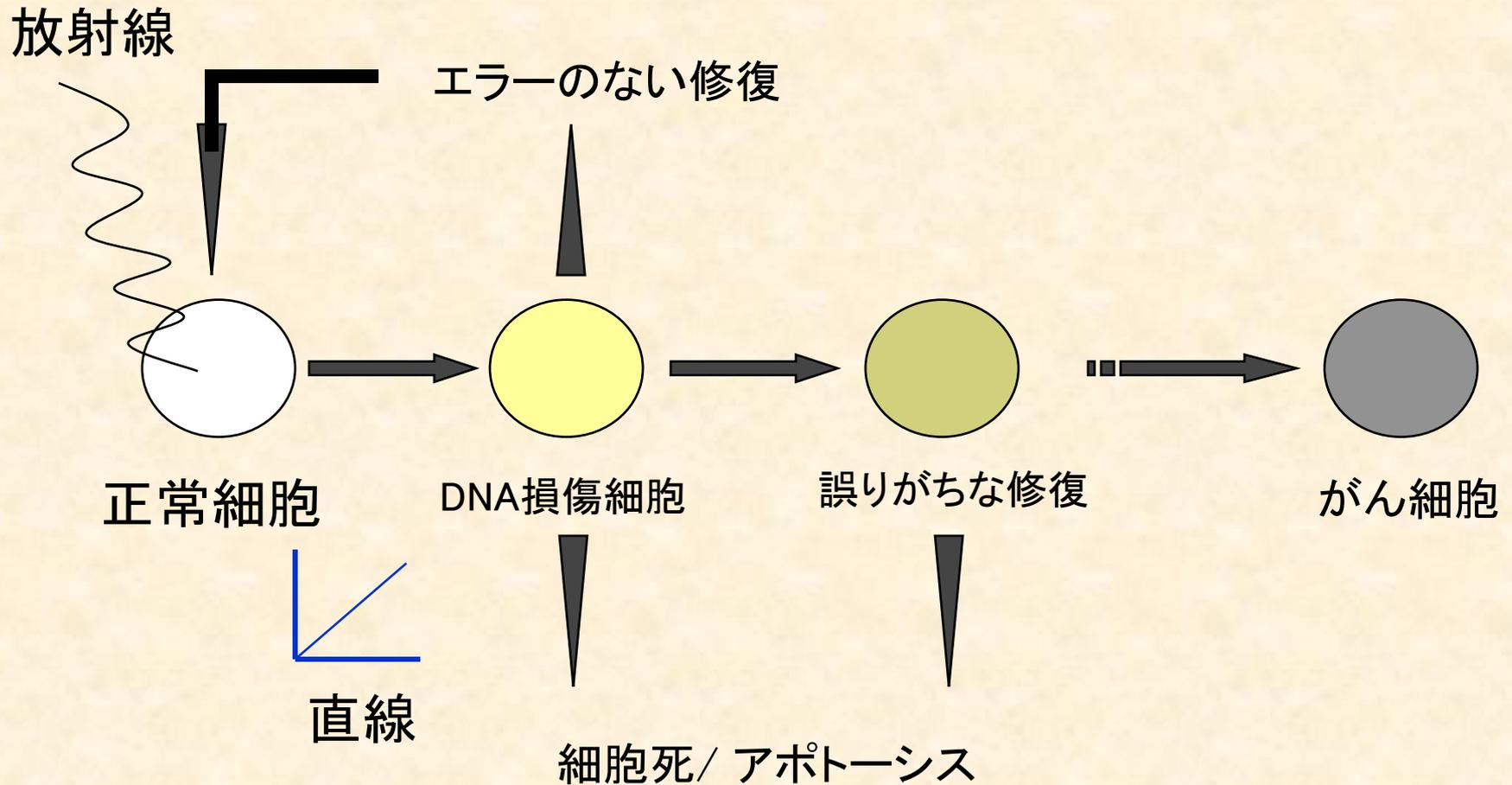
Iwasaki, Radiat Res.175,208, 2010

Loucas,2004



生物的には修復が線量率効果に大きな役割

# DNA損傷を基礎にした放射線発がん



# 低線量・低線量率のリスクの推定

影響検出可能な理論上の集団の大きさ

mSv	過剰リスク	観測リスク	検出サイズ
1000	10%	20%	80
100	1%	11%	6390
10	0.1%	10.1%	620,000
1	0.01%	10.01%	61,800,000

➤ 低線量に限定された被ばく集団からリスク推定は困難

➤ 疫学や動物実験データが基礎

➤ 人データを重視

➤ 原爆データなどの疫学

➤ 動物データや理論で補う

(放射線の種類の違い、線量率効果など)

➤ 線量が影響の指標

外部被ばくと内部被ばくの加算

→ 実効線量 (Sv)

# ICRPの基本的考え方

ICRP Pub.103 (A178) :

LNTモデルは、生物学的真実として受け入れられているのではなく、低線量の被ばくにどの程度のリスクが伴うのかを実際に知らないために、不必要な被ばくを避けるための公衆衛生上の慎重な判断

- 1) がんリスク(確率的影響)は**閾値がない**と仮定
  - これ以外では影響がないとする考え方をとらない
  - 他のリスクや社会的要因との関係で防護レベルを決定
  - 50年前から科学的な不確かさを補う観点から基礎
- 2) 防護基準は個々の状況における上限とする防護の目標値で、さらに低減化(**最適化**)
- 3) 少ない線量でも影響があることを科学的事実として検証できない状況において、**リスクを合理的に低減**するための考え方

# 過剰の生涯がんリスク

広島長崎の原爆生存者の調査結果：0.1 Svでの急性被ばくの推定

被ばく時年	性	過剰の生涯リスク	被ばくがないとき
10	M	2.1	30
	F	2.2	20
30	M	0.9	25
	F	1.1	19
50	M	0.3	20
	F	0.4	16

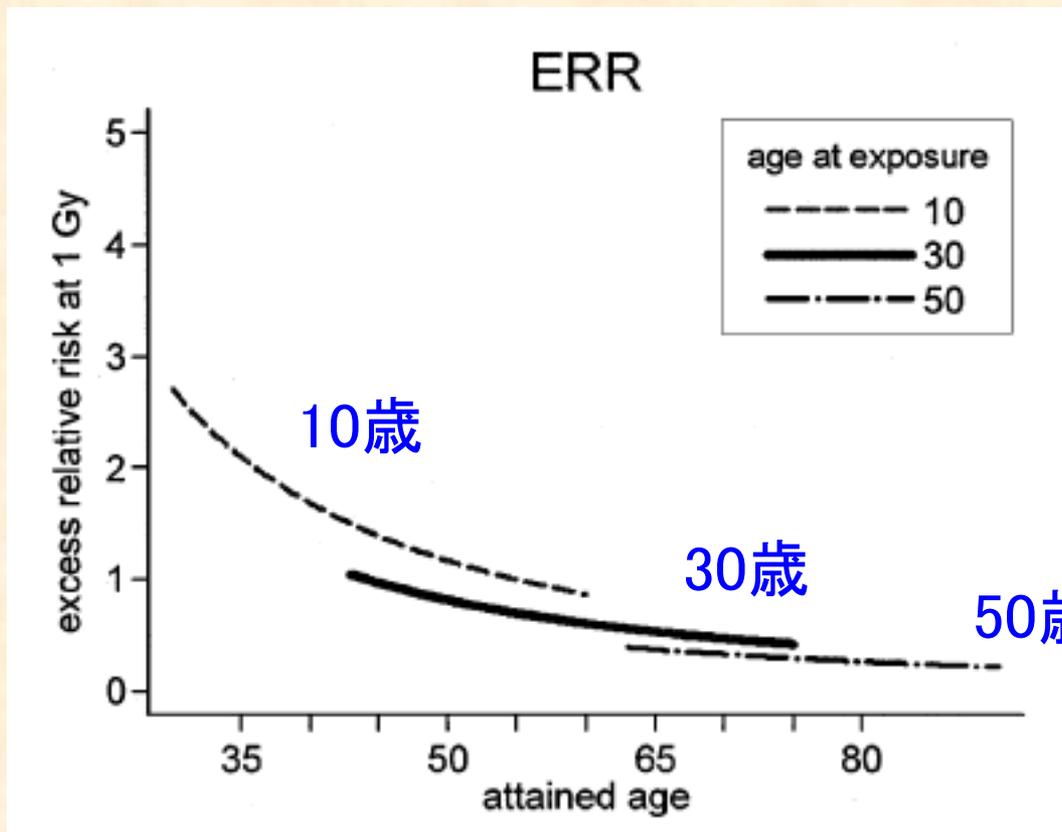
Preston, et al. Radiat Res 160, 381 (2003)

低線量・低線量率での効果は1/2 (ICRP)

# 被ばく後の経過時間との関係

## 被ばく時年齢の違い

1 Gyのときの過剰相対リスク



到達年齢

(Preston,2007)

# 外部被ばくと内部被ばく

$\gamma$ 線 662keV

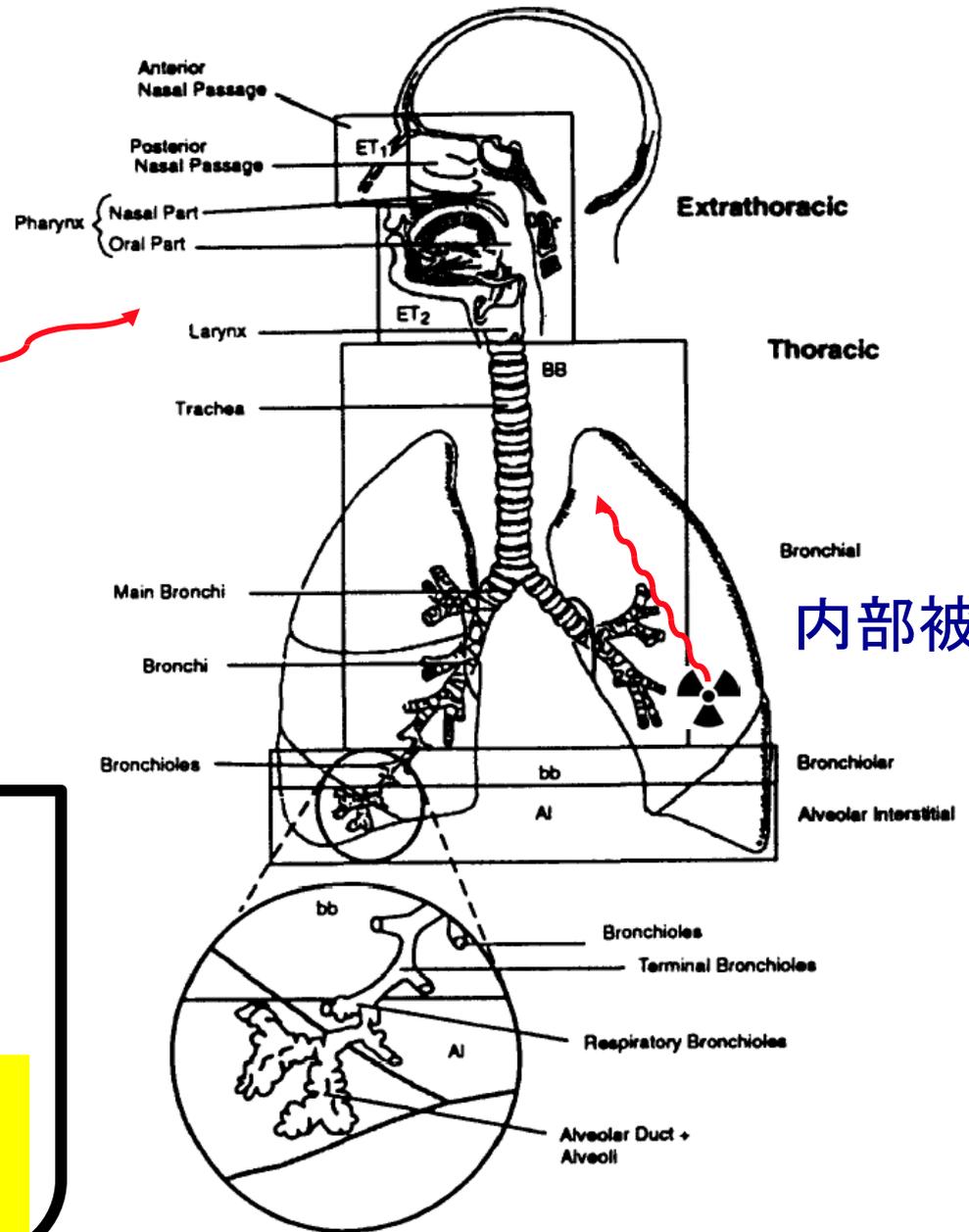
1秒間に約1本

Cs-137



1Bq

外部被ばく



内部被ばく

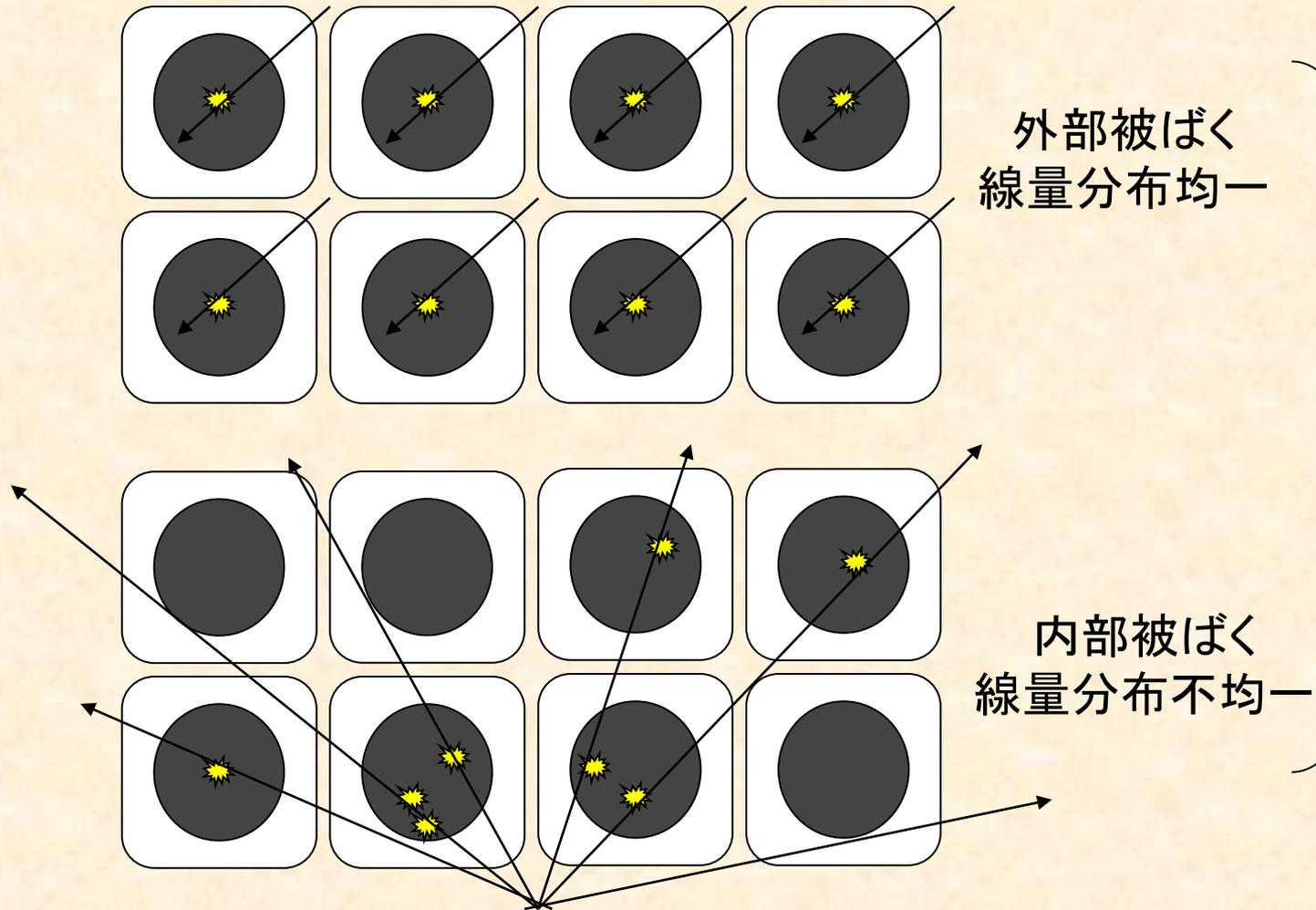
662keVのエネルギーのうち  
人体に吸収されたエネルギー



質量あたりの吸収エネルギー(J/kg)  
=線量(Gy)

# 内部被ばくと外部被ばく：線量が同じ→リスクも同じ

線質と線量が同じ場合



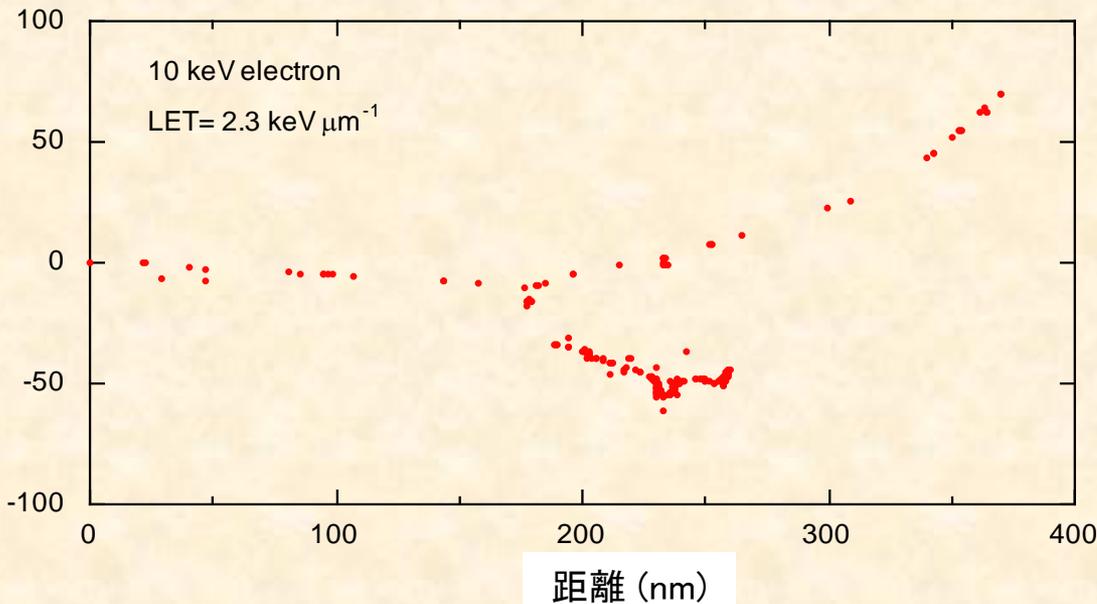
リスク = 損傷の数 × 損傷細胞の数 → リスクも同じ

# 放射線の線量

吸収線量 (Gy) = エネルギー量 (J) / 質量 (kg)

等価線量 (Sv) = 吸収線量 x 放射線加重係数

実効線量 (Sv) = 吸収線量 x 放射線加重係数 x 組織加重係数



QuickTime<sup>®</sup> Ç²  
êLíÉVÉçÉOËÄÄ  
Ç™Ç±ÇÃÉsÉNÉ'ÉÉÇ¾á©ÇÈÇžÇ½Ç...ÇÖïKóvÇ-ÇÄB

1回の電離事象に必要なエネルギー = 40 eV  
吸収線量 = 40 eV x 事象の数 / 質量

# 内部被ばくのリスク

線量が同じであればリスクは同じという原則



線量評価モデルの重視・科学的検証  
(呼吸気道モデル、胃腸管モデルなど)

内部被ばくに関する人のデータ

Ra-226 ダイヤルペインター

I-131 甲状腺治療

Sr-90 テチャ川汚染事故

Th-232 トロトラスト患者

I-131 チェルノブイリ事故

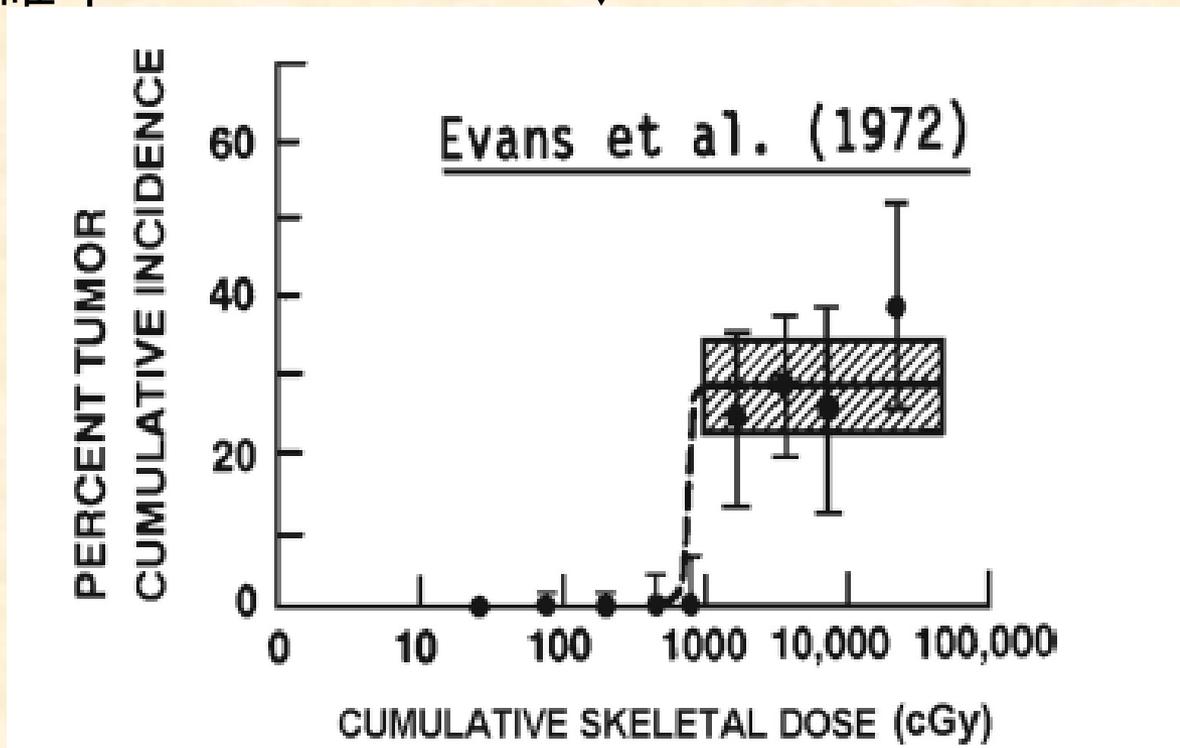
ICRPの骨がんのリスクはRa-224の内部被ばくデータが基礎

Ra-226: 10Gy以上にしきい線量がある (Evans 1972)

ダイアルペインター調査



累積発生確率



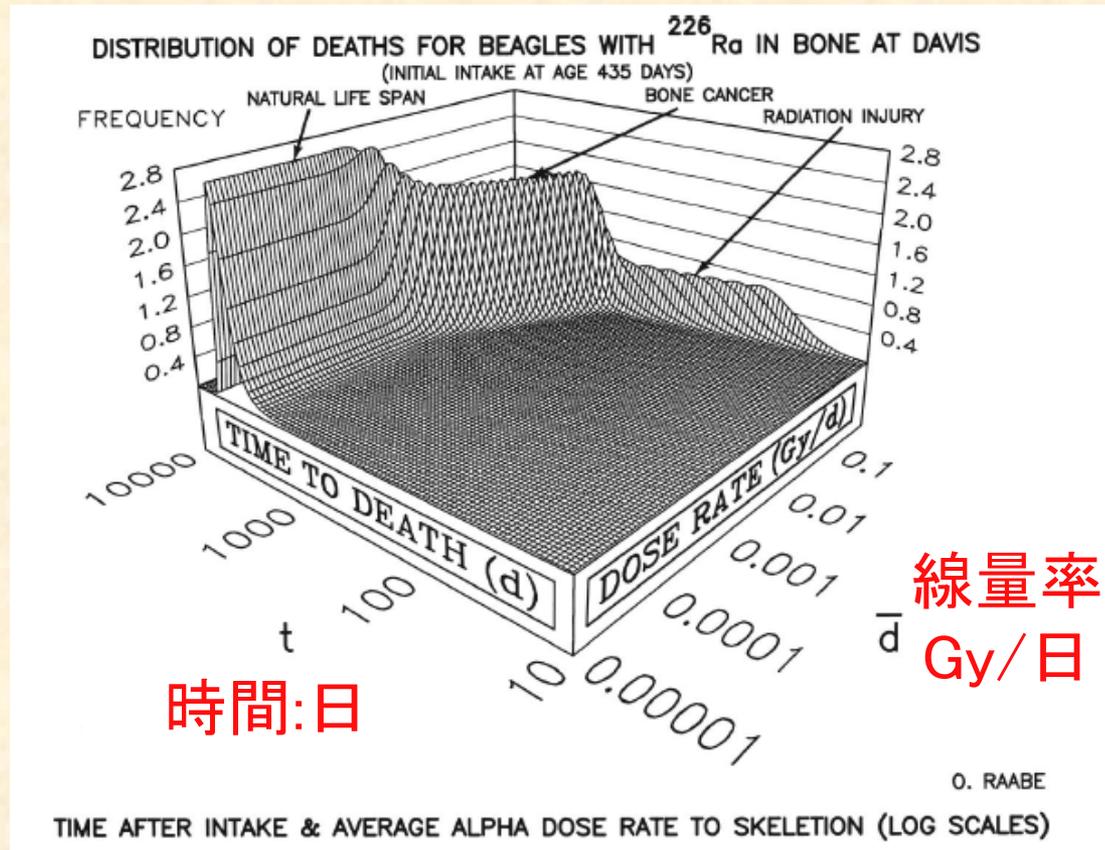
蓄積の骨線量 (cGy)

# 発がん過程の時間因子の重要性

ビーグル犬にRa-226を投与時の 平均線量率/時間/反応関係



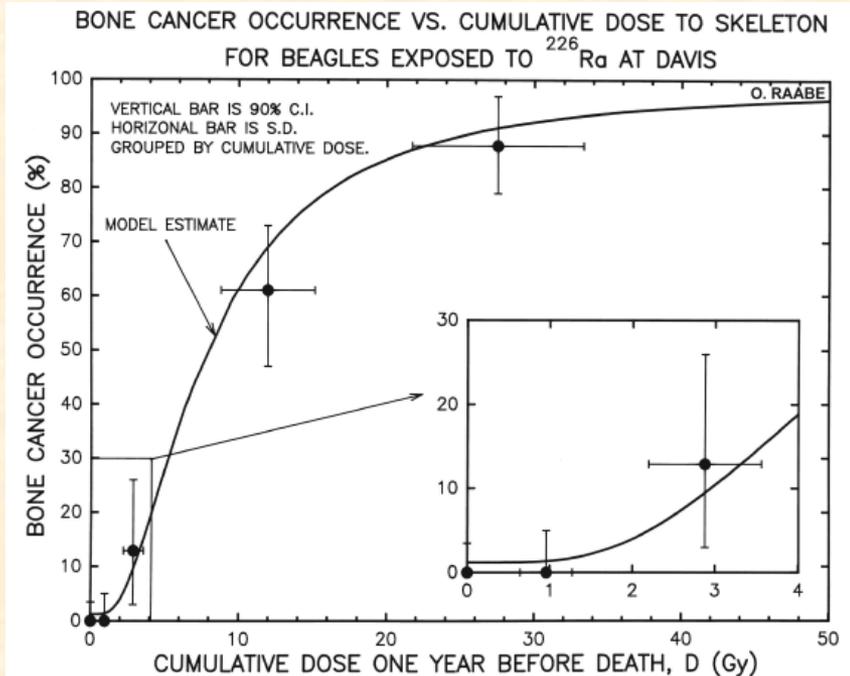
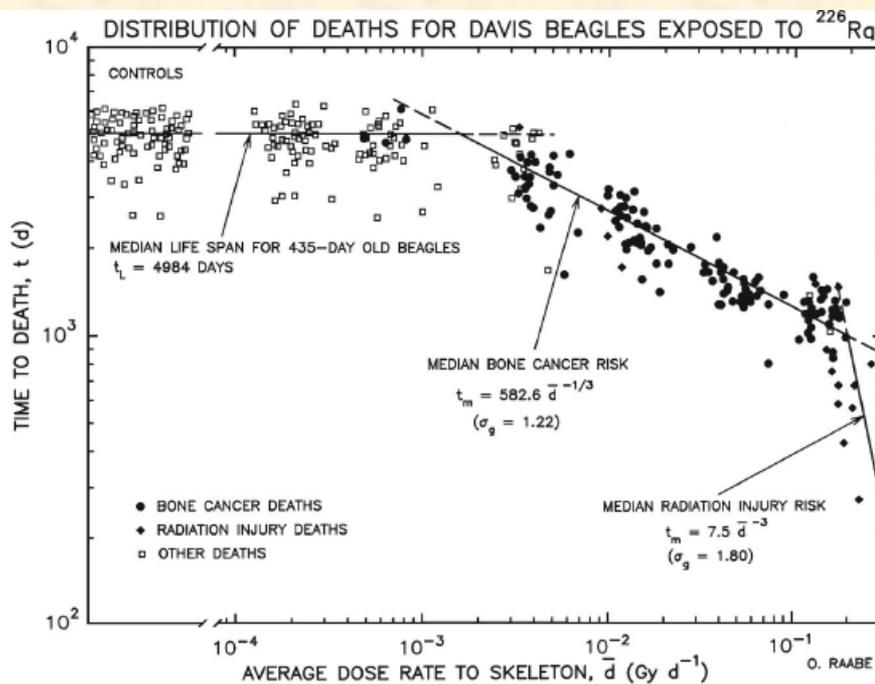
線量率が下がると  
効果が低下



( Raabe, Health Phys. 98,515-536,2010 )

# 発がん過程の時間因子の重要性

線量率の減少によって潜伏期が長くなり、自然の寿命を超える



低線量では直線にはならない

( Raabe, Health Phys. 98,515-536,2010 )

# 低線量率でのがんリスク

テチャ川住民

ケララ住民

QuickTimeý Ç²  
êLí£ÉvÉçÉOÉâÉÄ  
Ç™Ç±ÇÃÉsÉNE`ÉÉÇ¾å©ÇÉÇžÇ½Ç...ÇÕïKónÇ-ÇÅB

QuickTimeý Ç²  
êLí£ÉvÉçÉOÉâÉÄ  
Ç™Ç±ÇÃÉsÉNE`ÉÉÇ¾å©ÇÉÇžÇ½Ç...ÇÕïKónÇ-ÇÅB



200mGy

Krestinina et al. IJE. 2007



200mGy

Boice et al. Radiat. Res. 2010

# 現在のLNTモデルの根拠

## 疫学

原爆データなどの疫学が直線性を示す

## 生物

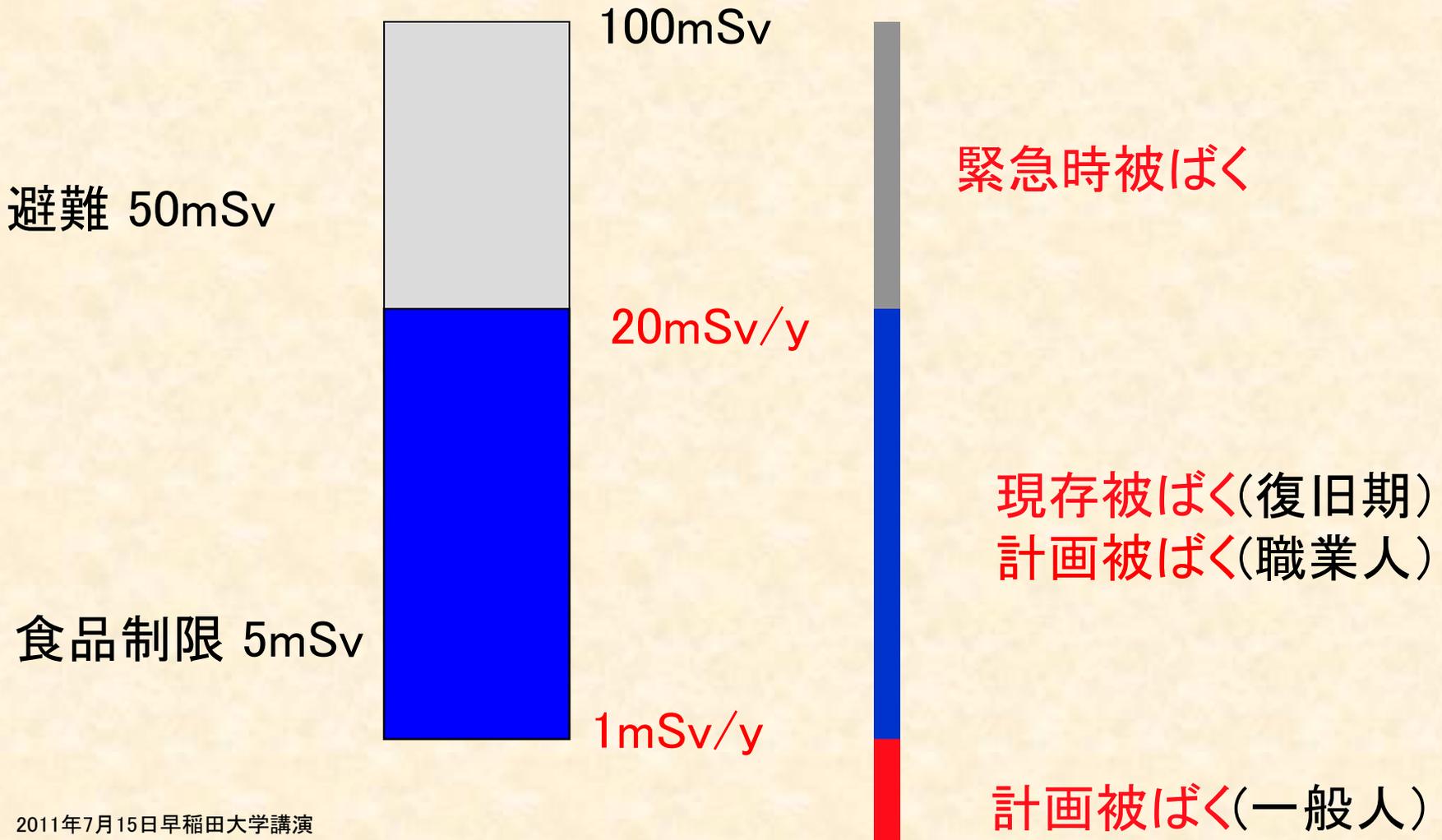
- 1)複雑なDNA損傷の正確な修復は困難
- 2)遺伝子及び染色体の突然変異はがん化と関連
- 2)適応応答は、がんに対する強固な適応効果と防護効果の十分な証拠はない

## リスク論

閾値モデルが正しいとしても、不確かさの下では、リスクモデルに含まれ、リスクを想定する必要がある

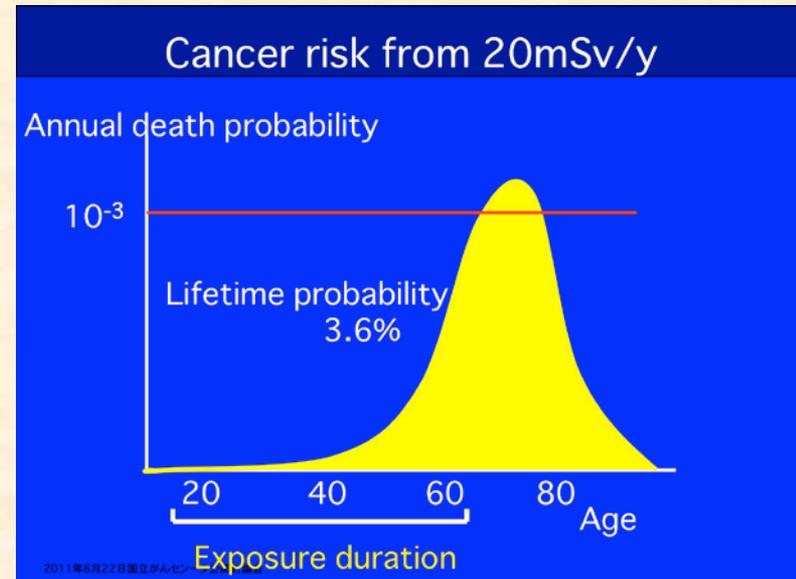
# ICRPの放射線防護規準

被ばくを低減するための上限値、最適化を重視



# 数値の背景

- 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 × 50年間(作業者)
  - ・社会的な容認できないリスクの最小線量
- 1 mSv/y
  - ・ラドンを除く自然BGLレベルの世界平均
  - ・生涯連続被ばくした場合のリスクは小さい



# 避難

- 避難は、高線量・高線量率による重篤な確定的影響と高リスクの確率的影響を避けることを意図 (ICRP Pub.96,116)
- 特定のグループ(妊婦、幼児、入院患者など)ごとに避難の正当化・最適化を行うことも必要
  - ⌘ 1日に実効線量が500mSvを超えるならば避難は常に正当
  - ⌘ 実際には、10分の1、50mSvを超えることはない
  - ⌘ 1週間で50mSv (ICRP, IAEA)
- 避難は短期間の防護措置
  - ⌘ その継続は、ハザードの継続によって正当化される
  - ⌘ 例えば、放出源の失敗、環境中での高い放射線線量率の継続など
  - ⌘ 2-3週間を超えたら、一時的移転と考え、その方向で最適化する

# 今後の課題

## 復旧対策

1. 生活環境の詳細な線量マップ
2. 環境改善の年次計画の策定
3. 復旧期の参考レベルを基準
4. 漸次、基準を下げ、1-5mSv/年を目標に改善
5. 線量は個人の線量を代表する現実的な推定値