

放射線防護の基本的枠組み

ICRP勧告の変遷と現代的課題

原子力規制委員会

伴 信彦

本日の話題

- 放射線防護のはじまり
- 理論的前提：LNTモデル
- 中心概念：防護の最適化
- 現代的課題

放射線防護のはじまり

事の起こり

- 1895 X線の発見
- 1896 放射線皮膚障害の初症例
ウラン（自然放射能）の発見
- 1898 ラジウムの発見
- 1925 International X-ray Unit Committeeの設立
- 1928 International X-ray and Radium Protection Committeeの設立（1950年よりICRP）

IXRPC時代の勧告

■ 1928年勧告

- 表層部組織の損傷、内臓器官の不調、血液学的変化を考慮
- 遮蔽・距離に関するガイダンス
- 休暇と労働時間に関する勧告

■ 1934年勧告

- X線の耐容量: 0.2 R/日
- 健康診断の必要性

当時の問題意識

X線・ラジウムを扱う作業を

- どれくらいやっても大丈夫か?
- どれくらい休めば回復するか?

転機となった出来事

- 遺伝性影響の発見
- 広島・長崎への原爆投下
- 大気圏核実験
- 原子力の平和利用

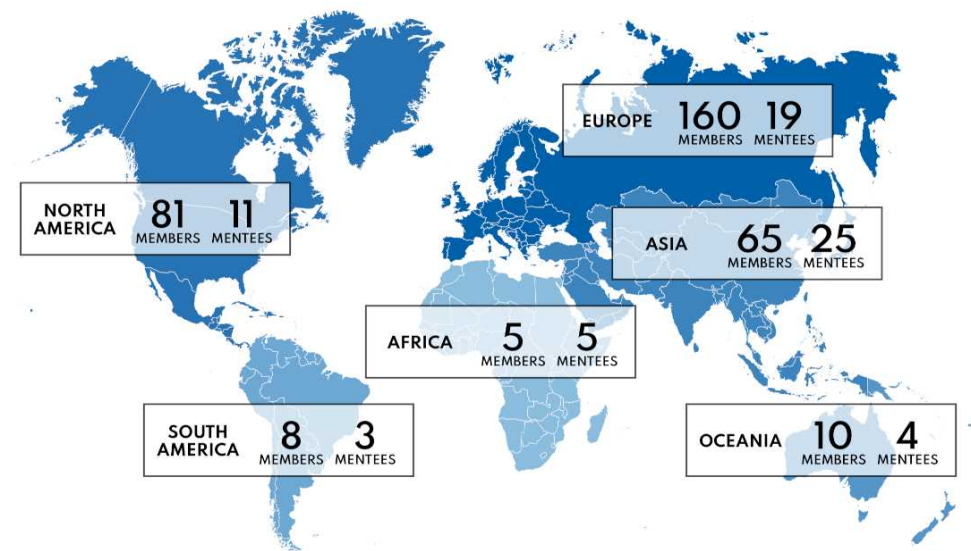


医療以外の分野、一般公衆の防護

国際放射線防護委員会

International Commission on Radiological Protection (ICRP)

- 1950年にIXRPCより改組
- 放射線防護に関する国際NGO
- 主委員会、4つの専門委員会およびタスクグループで構成
- 専門・実績に基づきメンバーを選出



(出典：ICRP 2023 Annual Report)

理論的前提：LNTモデル

がんと遺伝性影響の線量反応

■ 1954年勧告

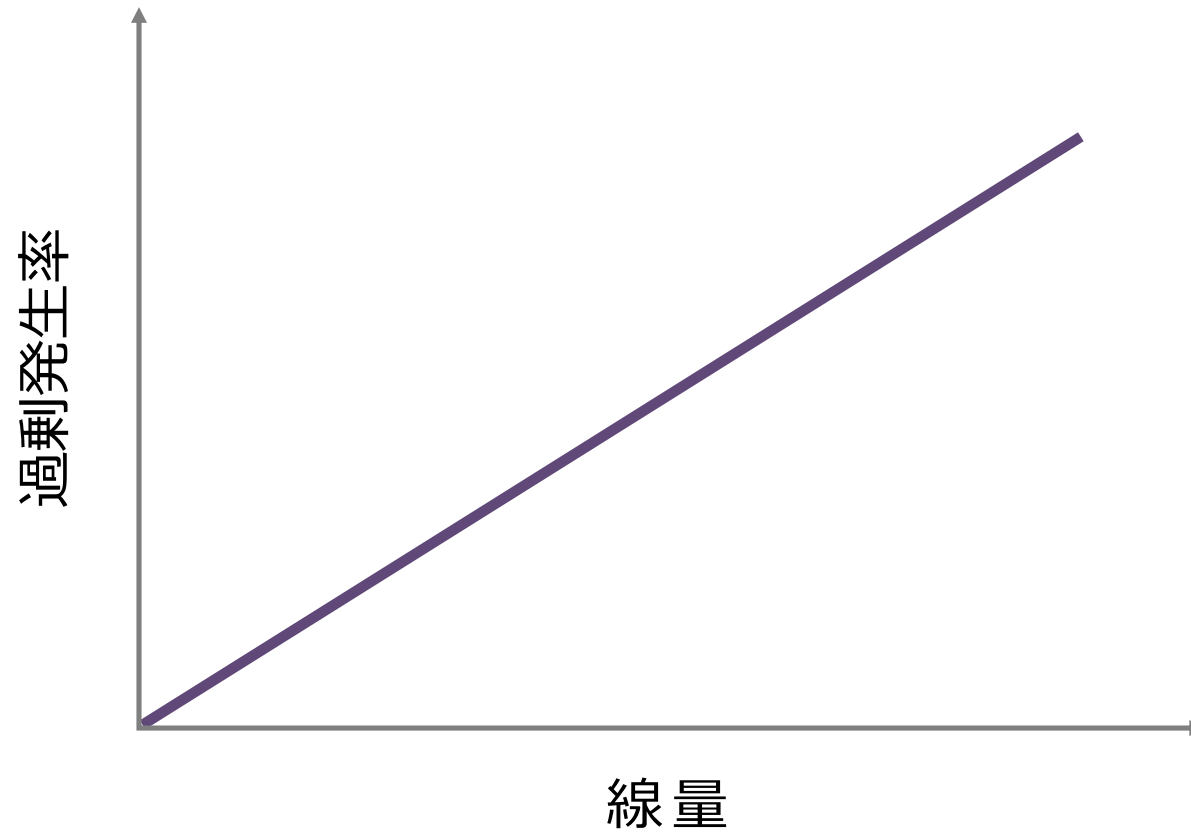
最大許容線量として提案された値は、生活上の他のハザードに比べて小さなりスクしかもたらさないが、エビデンスは不完全であり、**ある種の放射線影響は不可逆的で蓄積性がある**という知見を踏まえ、すべてのタイプの電離放射線に対する被ばくを可能な限り低いレベルに低減するため、あらゆる努力をすることを強く勧告する。

■ 1965年勧告（Publication 9）

放射線による白血病その他の型の悪性腫瘍の誘発機構はわかっていない。

（中略）委員会は、放射線防護の目的には、**線量効果関係が直線的であるという仮定**、および**線量が積算的に作用するという仮定**にかわる実際的な代案を持っていない。

Linear Non-Threshold (LNT) Model



ICRPの定義

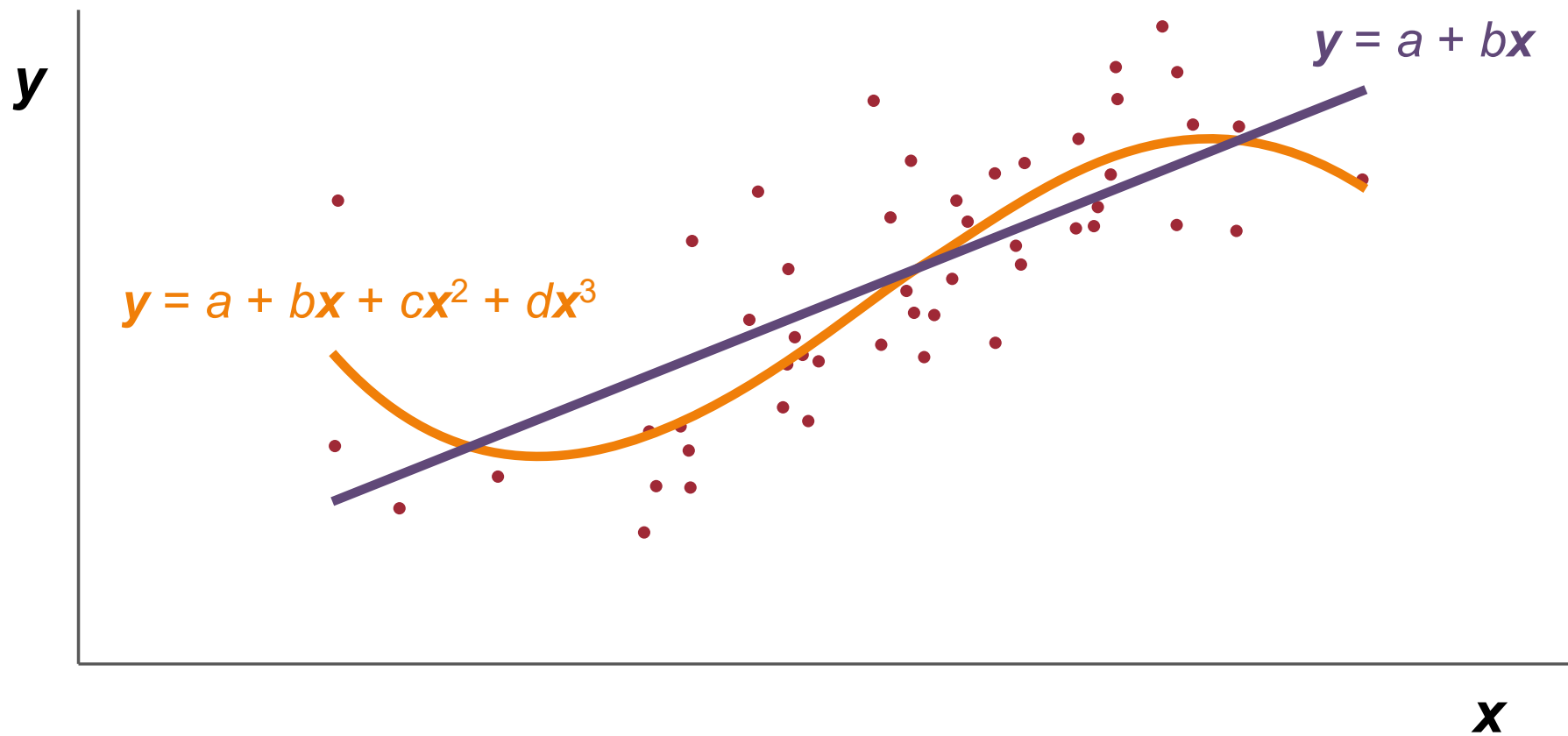
■ LNTモデル

低線量領域でも、ゼロより大きい放射線量は、単純比例で過剰がん及び／又は遺伝性疾患のリスクを増加させる、という仮説に基づく線量反応モデル

■ 線形線量反応

ある影響（例えば、疾患又は異常）のリスクが線量に比例するとして表す統計モデル

統計モデル



統計モデルの選択

- 統計モデルの役割
 - 観測データの傾向を記述
 - メカニズムに対する示唆
 - 任意のデータに対する予測
- 真のメカニズムを反映することが目的ではない
- 観測データにフィットし単純なモデルが「良いモデル」

LNTモデルの特徴

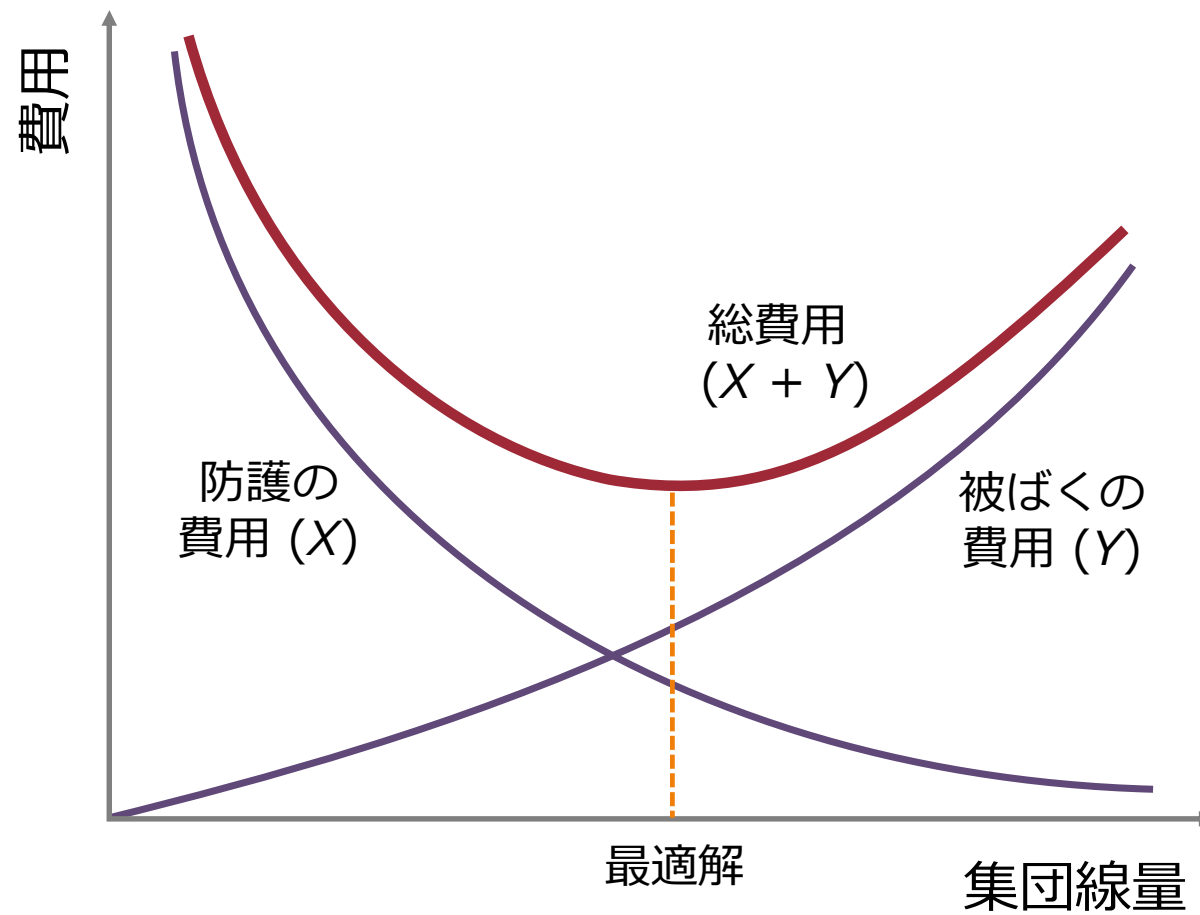
- 最も単純な統計モデル
- 安全と危険を明確に区別することができない
- 個々の被ばくを独立に扱うことができる

中心概念：防護の最適化

線量制限体系（Publication 26）

- いかなる行為も、その導入が正味でプラスの利益を生むものでなければ、採用してはならない（正当化）
- すべての被曝は、経済的および社会的な要因を考慮に入れながら、合理的に達成できるかぎり低く保たなければならない（最適化）
- 個人に対する線量当量は、委員会がそれぞれの状況に応じて勧告する限度を超えてはならない（線量限度）

費用便益分析による最適化



1990年代の課題

- チョルノービリ事故による汚染
- レガシーサイト
- 一般職場・住居のラドン



数学的な最適化問題では済まない

最適化プロセスの拡大 (Publication 101)

- 利害関係者の関与
- 被ばく分布の公平性
- 安全文化
- 規制者・被規制者間のコミュニケーション

社会的意思決定プロセスとしての側面を強調

現代的課題

環境防護

- | | |
|-----------------|-------------------------------|
| Publication 91 | ヒト以外の生物種に対する電離放射線のインパクト評価の枠組み |
| Publication 108 | 環境防護：標準動物および標準植物の概念と使用 |
| Publication 114 | 環境防護：標準動物および標準植物に対する移行係数 |
| Publication 124 | さまざまな被ばく状況における環境の防護 |
| Publication 136 | 環境中の放射線に被ばくしたヒト以外の生物相に対する線量係数 |
| Publication 148 | 標準動物および標準植物に対する放射線加重 |

放射線防護の3つの支柱



放射線防護体系の倫理的基盤 (Publication 138)

Core ethical values

- Beneficence/non-maleficence
(善行/無危害)
- Prudence
(慎重さ)
- Justice
(正義)
- Dignity
(尊厳)

Procedural values

- Accountability
(説明責任)
- Transparency
(透明性)
- Inclusiveness
(包括性)

福島第一事故の教訓

被ばく低減策は奏効

その一方で

無理な避難による多数の死者

生活環境の変化に伴う様々な問題



All-hazard approach, Holistic approach

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



<https://www.un.org/sustainabledevelopment>

まとめ

- LNTモデルは科学的ドグマではなく、合理的な放射線防護を実現するためのツール
- 防護の最適化は、結論に至るプロセスが重要
- 放射線被ばくだけに着目すると「木を見て森を見ず」になる可能性
- 放射線被ばくが関係する状況で、よりよい選択をするにはどうすればよいか