



1年間に受ける線量と 生涯にわたって受ける線量の解釈 について

電力中央研究所 放射線安全研究センター

服部 隆利

日本原子力学会 2015年春の年会

2015年3月20日

 電力中央研究所

内容

- ◆ 事故後の防護対策の線量基準
- ◆ 平常時の放射線防護体系の線量基準
- ◆ LNTモデルと線量率効果
- ◆ まとめ

事故後の防護対策の線量基準

事故後の低線量放射線影響の説明

◆ 原安委 (2011.5.20、26、9.8、10.24改訂)

- 100mSv以下の被ばく線量では、がんリスクが見込まれるものの、統計的な不確かさが大きく疫学的手法によってがん等の確率的影響のリスクを直接明らかに示すことはできない、とされております。

◆ 低線量被ばくのリスク管理に関するWG (2011.12.22)

- 放射線による発がんのリスクは、100mSv以下の被ばく線量では、他の要因による発がんの影響によって隠れてしまうほど小さいため、放射線による発がんリスクの明らかな増加を証明することは難しいとされる。

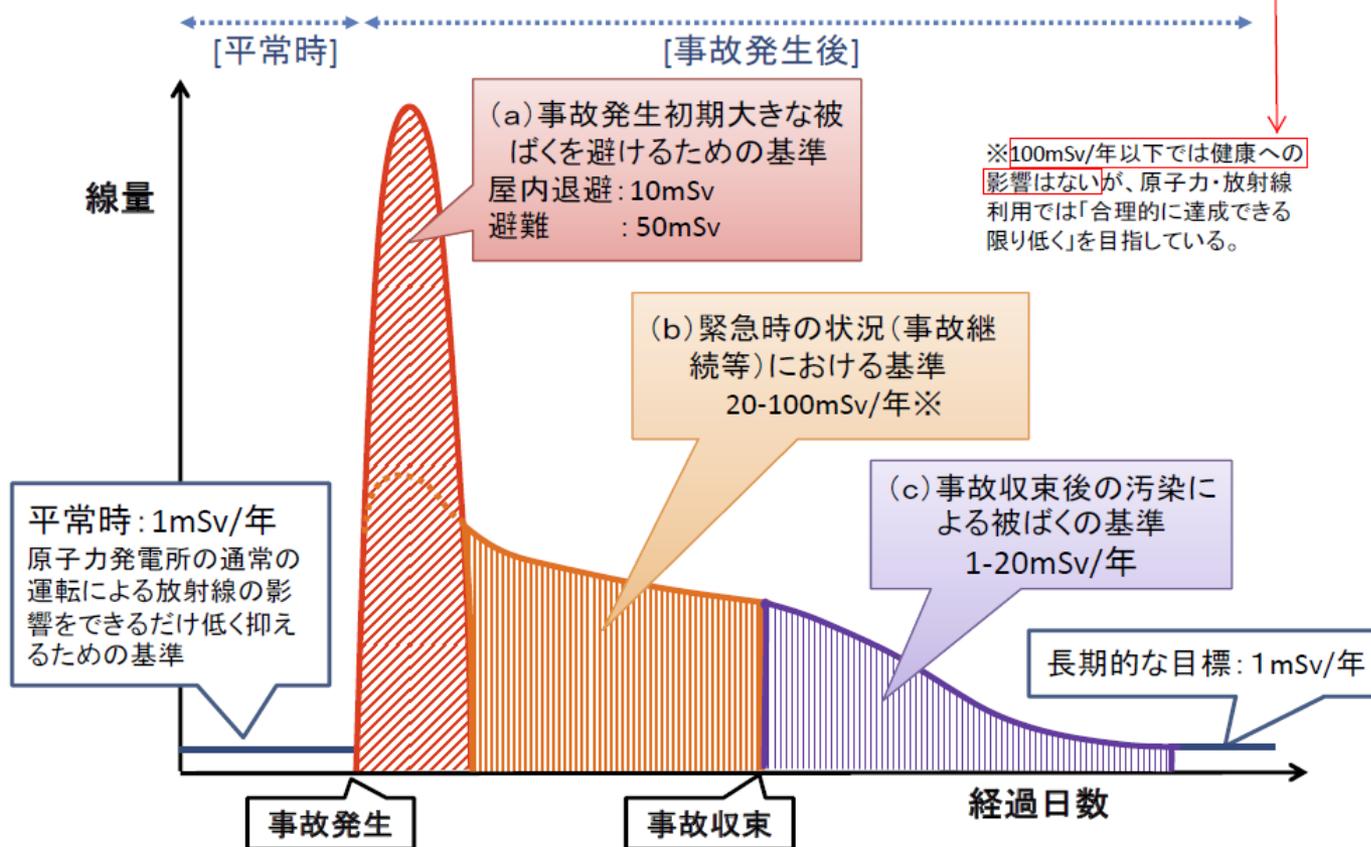
原安委の示した線量基準の考え方

※事務局追記（平成23年10月26日）

資料中の「100mSv/年以下では健康への影響はない」という記述は正しくありません。
 100mSv以下の放射線の健康への影響については、原子力安全委員会ホームページ「低線量放射線の健康影響について」(<http://www.nsc.go.jp/info/20110526.html>)をご参照ください。

原子力安全委員会

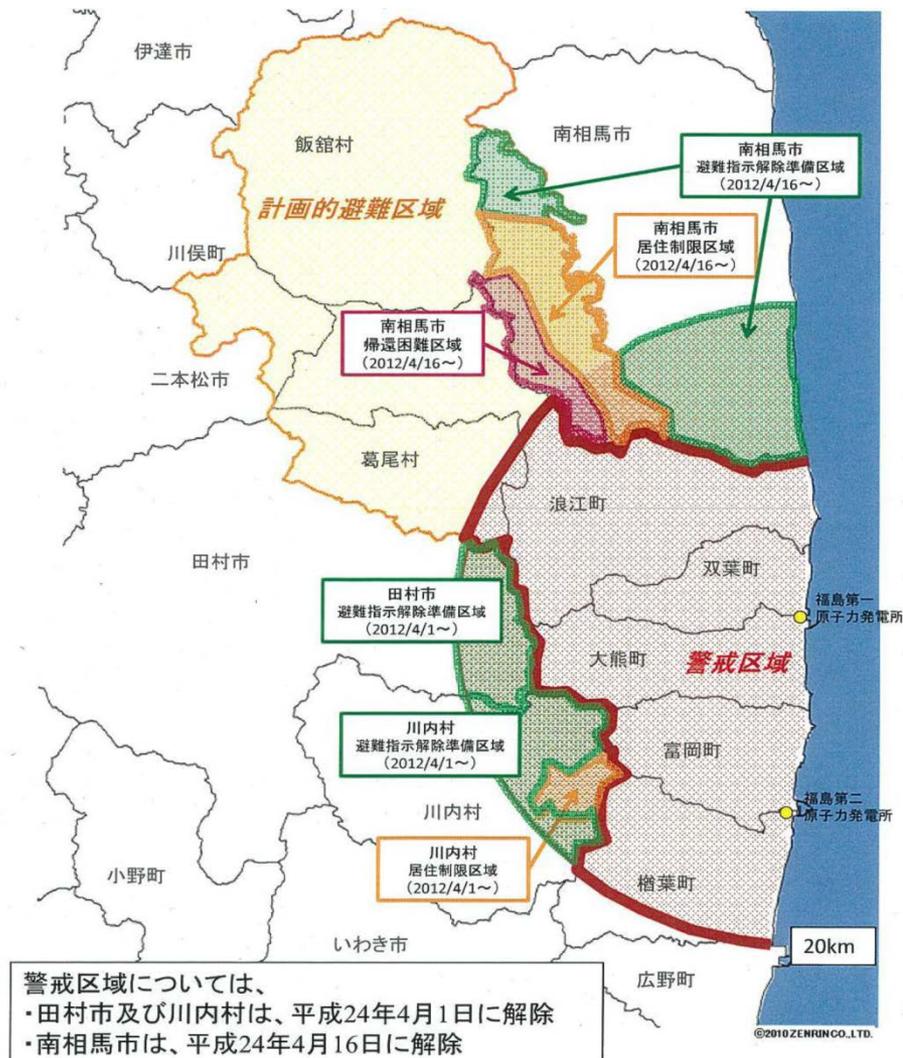
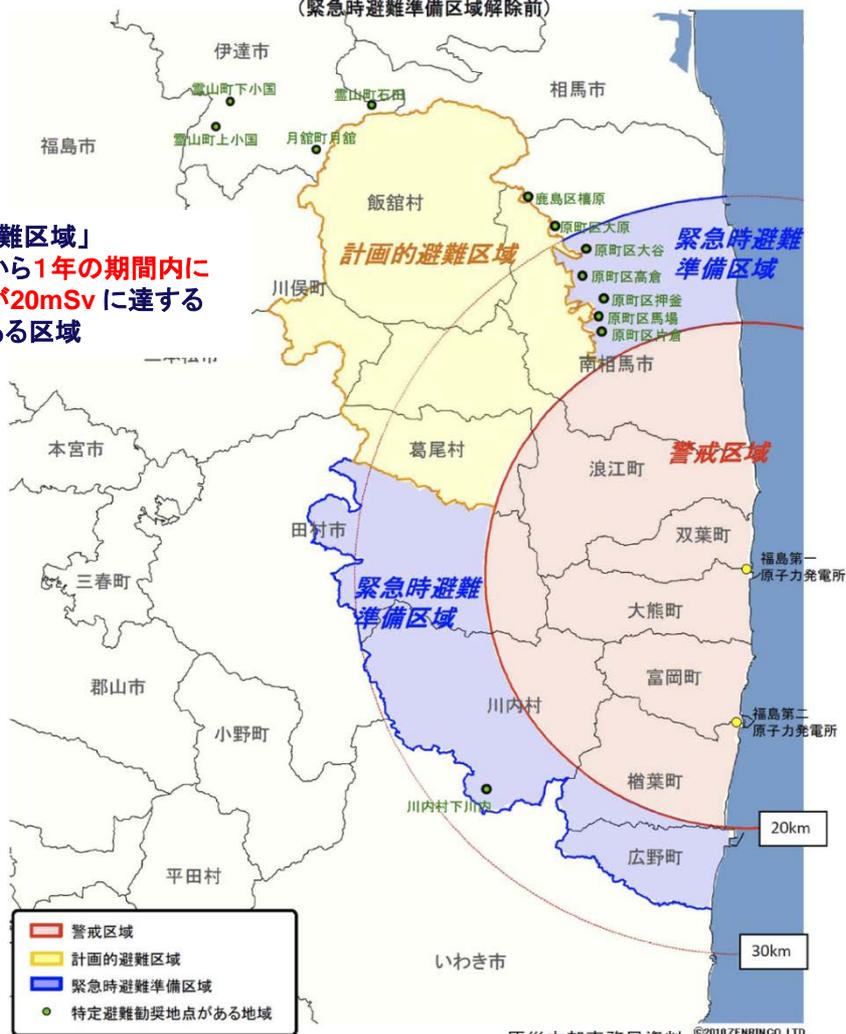
放射線防護の線量の基準の考え方



避難指示区域 (2011.4.22~)

警戒区域、計画的避難区域、緊急時避難準備区域及び特定避難勧奨地点がある地域の概要図 (緊急時避難準備区域解除前)

「計画的避難区域」
事故発生から1年の期間内に
積算線量が20mSvに達する
おそれのある区域



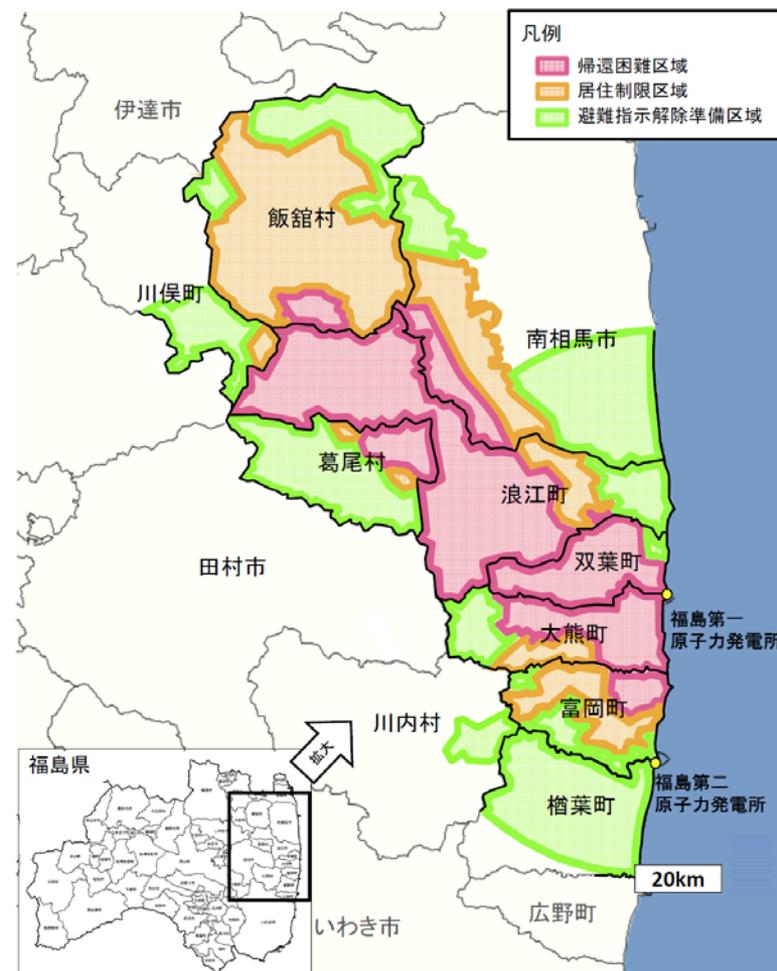
警戒区域については、
- 田村市及び川内村は、平成24年4月1日に解除
- 南相馬市は、平成24年4月16日に解除

避難指示区域の再編(2012.4～)

	区域の基本的考え方
避難指示解除準備区域	年間積算線量20ミリシーベルト以下となることが確実に確認された地域
居住制限区域	年間積算線量が20ミリシーベルトを超えるおそれがあり、住民の被ばく線量を低減する観点から引き続き避難の継続を求める地域
帰還困難区域	5年間を経過してもなお、年間積算線量が20ミリシーベルトを下回らないおそれのある、現時点で年間積算線量が50ミリシーベルト超の地域

避難指示区域の概念図

平成26年10月1日時点



避難指示解除の考え方

◆ 原安委(2011.8.4)

- 当該区域において住民が受ける被ばく線量が、解除日以降年間20mSv以下となることが確実であり、年間1～20mSvの範囲で長期的には参考レベルとして年間1mSvを目指して、合理的に達成可能な限り低減する努力がなされること。
- なお、解除に先立ち、必要な除染を行うとともに、住民が受ける被ばく線量の推定を行うために必要なきめ細かなモニタリングを行うこと

校舎・校庭等の利用判断

◆文科省(2011.4.19)

- ▶ 年間1から20mSvを学校の校舎・校庭等の利用判断における暫定的目安とし、今後できる限り、児童生徒等が受ける線量を減らしていくことが適切である。
- ▶ 毎時3.8 μ Sv(1年間365日毎日8時間校庭に立ち、残りの16時間は同じ校庭の上の木造家屋で過ごす、という現実的にはあり得ない安全側に立った仮説に基づいた場合に年間20mSvに相当)の空間線量率を校舎・校庭等の利用判断における暫定的な目安とする。
- ▶ 校庭等の空間線量率がこれ以上の学校等では、校庭等での活動を1日当たり1時間程度にするなど、学校の内外での屋外活動をなるべく制限すること。

食品基準の線量基準

◆ 食品安全委員会(2011.10.27)

- ▶ 放射線による影響が見いだされているのは、通常の一般生活において受ける放射線量を除いた生涯における累積の実効線量として、おおよそ100mSv以上と判断した。
- ▶ 種々の要因により、低線量の放射線による健康影響を疫学調査で検証し得ていない可能性を否定することもできず、追加の累積線量として100mSv未満の健康影響について言及することは現在得られている知見からは困難であった。

食品中の放射性物質に関する規制値の見直しまでの経過



食品基準の線量基準

◆ 厚生労働大臣発言（閣僚懇談会2011.10.28）

➤ 現在の暫定規制値は、食品から許容することのできる線量を、放射性セシウムでは、年間5mSvとした上で設定している。この暫定規制値に適合している食品は、健康への影響はないと一般的に評価され、安全は確保されているが、厚生労働省としては、より一層、食品の安全と安心を確保するため、来年4月を目途に、一定の経過措置を設けた上で、許容できる線量を年間1mSvに引き下げることが基本として、薬事・食品衛生審議会において規制値設定のための検討を進めていく。

➤ 年間1mSvとするのは、

- ① 食品の国際規格を作成しているコーデックス委員会の現在の指標で、年間1mSvを超えないように設定されていること
- ② モニタリング検査の結果で、食品中の放射性セシウムの検出濃度は、多くの食品では、時間の経過とともに相当程度低下傾向にあること

から、国民の皆さまの御意見の大勢を踏まえ、多くの専門家の御意見も伺った上で、判断したものである。

事故後の線量基準のまとめ

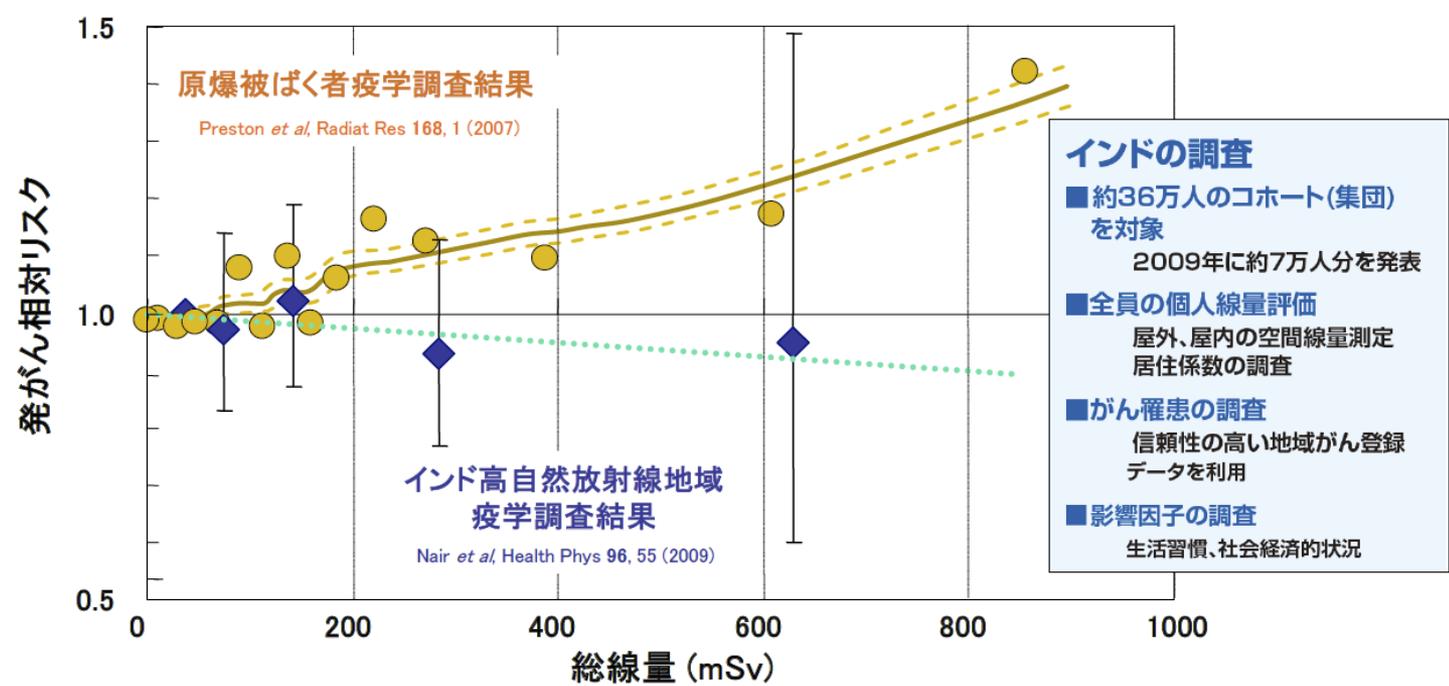
- ◆ ICRP勧告等に基づき、避難指示、校舎・校庭等の利用判断、食品基準の設定のための線量基準は、**1年間の線量(年間線量)**として決められた。
- ◆ 一方、低線量放射線影響の説明は、一部で混乱はあったものの、年間線量(100mSv/年)ではなく、浴びた期間は特定せずに**総量を表す線量(100mSv)**を用いてなされた。



- ◆ よくある疑問
 - 1mSv/年以上の年間線量で、**生涯(例えば100年)にわたって100mSv以上の線量**を受けると影響が生じるのか？

疑問への回答例

長期被ばく～インドの健康調査



一度に被ばくした原爆被ばく者に比べて、ゆっくり低線量率で被ばくした高自然放射線地域では、総線量が 600 mSv にも達するにもかかわらず、有意な発がんリスクは認められていません。

日本原子力学会主催 福島第一原子力発電所事故に関する緊急シンポジウム(5/21) 発表資料より

平常時の放射線防護体系の線量基準

線量限度の定義 (ICRP Pub.103)

http://www.icrp.org/docs/P103_Japanese.pdf

1. 1年と5年平均の線量で規定

表6 計画被ばく状況において勧告された線量限度の値^{a)}

限度のタイプ	職業被ばく	公衆被ばく
実効線量	定められた5年間の平均として、年間 20 mSv ^{e)}	1年につき 1 mSv ^{f)}
以下の組織における年等価線量：		
眼の水晶体 ^{b)}	150 mSv	15 mSv
皮膚 ^{c,d)}	500 mSv	50 mSv
手足	500 mSv	—

a) 実効線量の限度は、ある特定の期間の外部被ばくからの該当する実効線量と、同じ期間における放射性核種の摂取からの預託実効線量の合計である。成人に対しては、預託実効線量は摂取後50年の期間で計算され、子供の場合には70歳までの期間について計算される。

b) この限度はICRPの課題グループで現在検討中である。

c) 実効線量のこの制限は、皮膚の確率的影響に対して十分な防護を与える。

d) 被ばく面積に関係なく、皮膚面積1 cm²当たりの平均である。

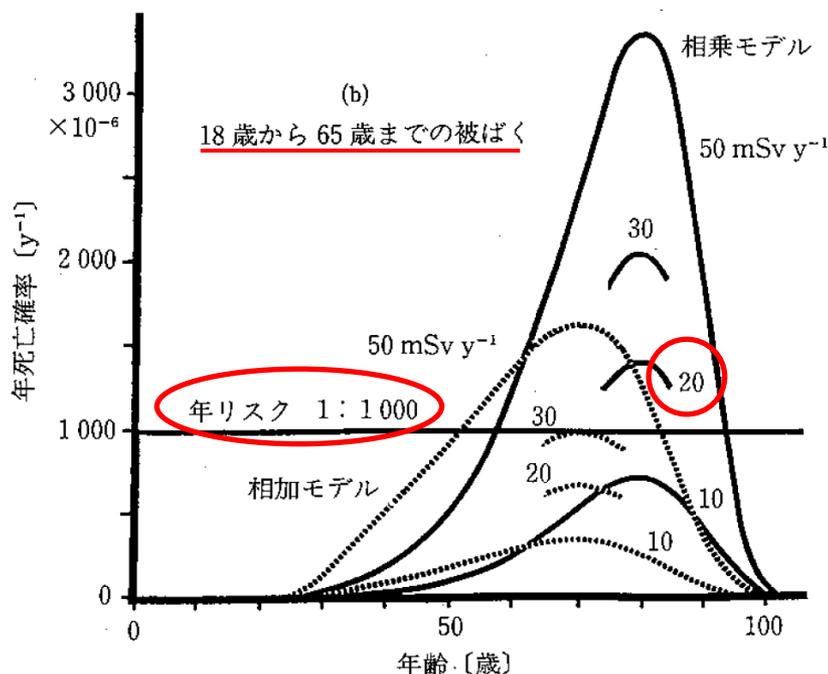
e) 実効線量はいかなる1年にも50 mSvを超えるべきではないという規定がある。妊娠女性の職業被ばくには追加の制限が適用される。

f) 特別な事情の下では、単年における実効線量のより高い値が許容されることもあり得るが、ただし5年間にわたる平均が年に1 mSvを超えないこと。

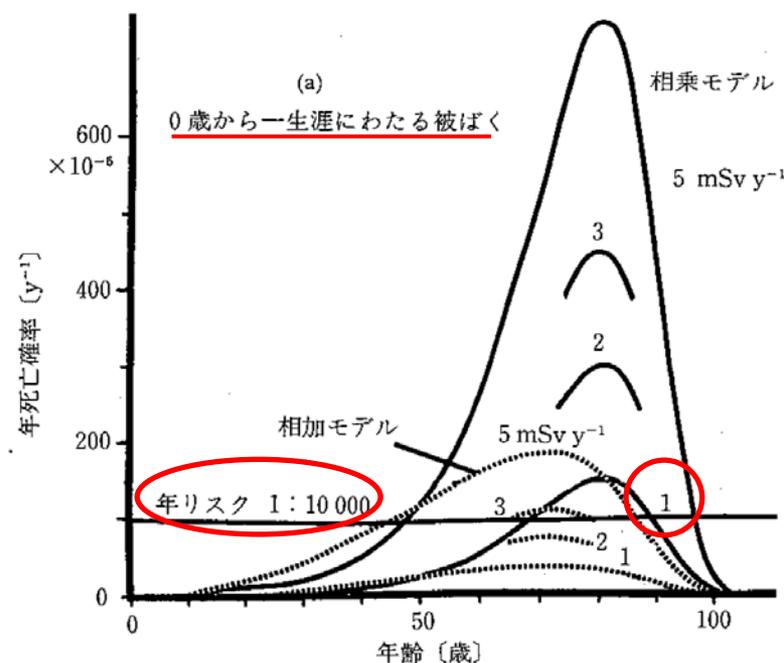
実効線量限度の根拠 (ICRP Pub.60)

http://www.icrp.org/docs/P60_Japanese.pdf

1. 線量限度量の毎年の継続的な被ばくを想定
2. 年死亡確率が約70歳以上で、作業者については他の職業リスク (1/1,000)、公衆についてはその10分の1 (1/10,000) を超える
3. 作業者については、生涯線量1000mSvを根拠にして 20mSv/年を決定
4. 公衆については、自然放射線レベルも考慮に入れて 1mSv/年を決定



a) 作業者

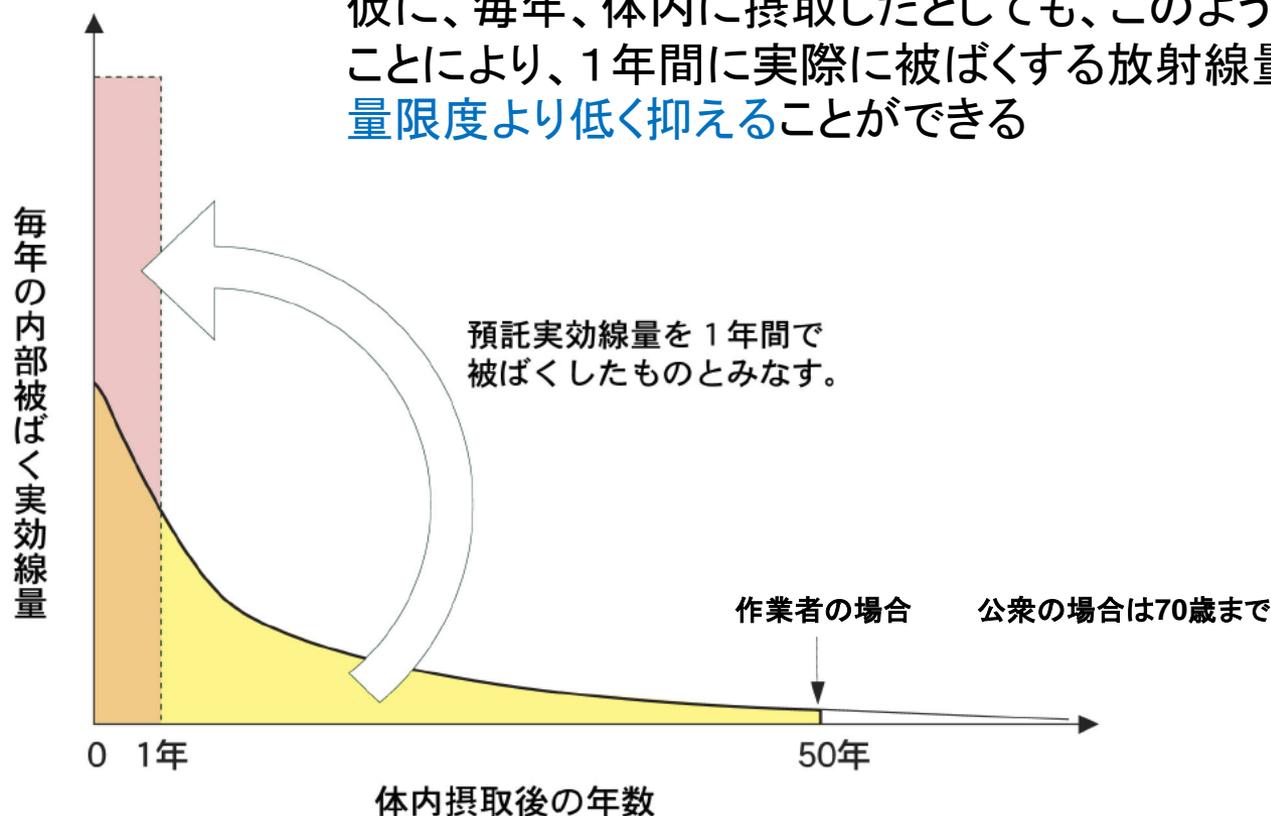


b) 公衆

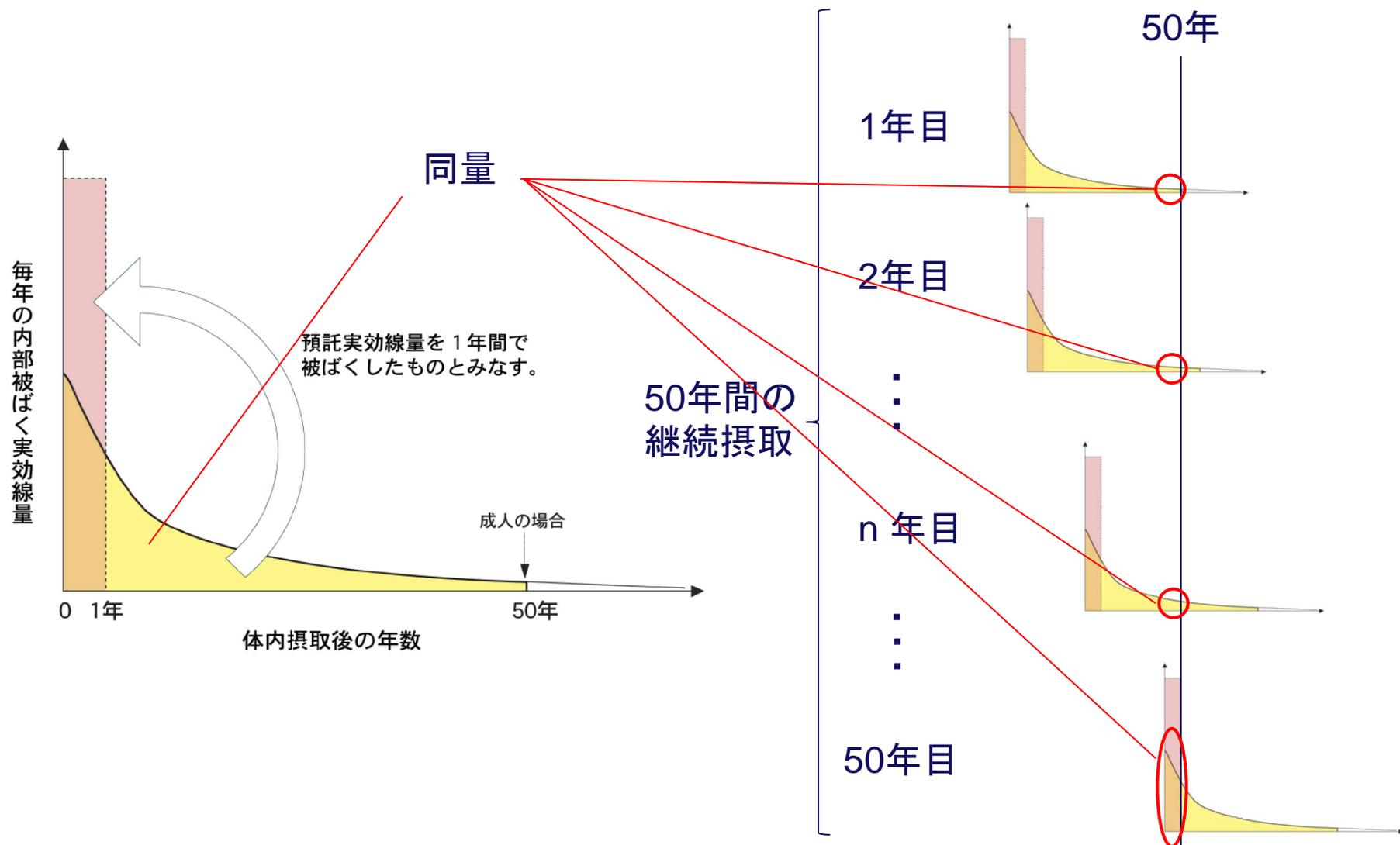
内部被ばくの預託線量

1. 体内摂取した1年に将来の預託線量をすべて受けると想定

仮に、毎年、体内に摂取したとしても、このように管理することにより、1年間に実際に被ばくする放射線量を常に線量限度より低く抑えることができる



線量限度の担保（継続摂取）



平常時の線量基準のまとめ

- ◆ 線量限度(年間線量と5年間の平均線量)は、毎年、継続して受ける放射線被ばくを想定した時のリスクから導出
- ◆ 作業者の線量限度は、生涯にわたって受ける線量が1000mSvの時のリスクと他の職業リスクを比較して決定
- ◆ 公衆の線量限度は、他の職業リスクの1/10と自然放射線レベルを根拠にして決定
- ◆ 内部被ばく評価は、毎年、継続して摂取しても線量限度を担保できるように、放射性物質を摂取した年に、すべての線量(預託線量)を被ばくすると仮定

LNTモデルと線量率効果

防護のための保守的な仮定

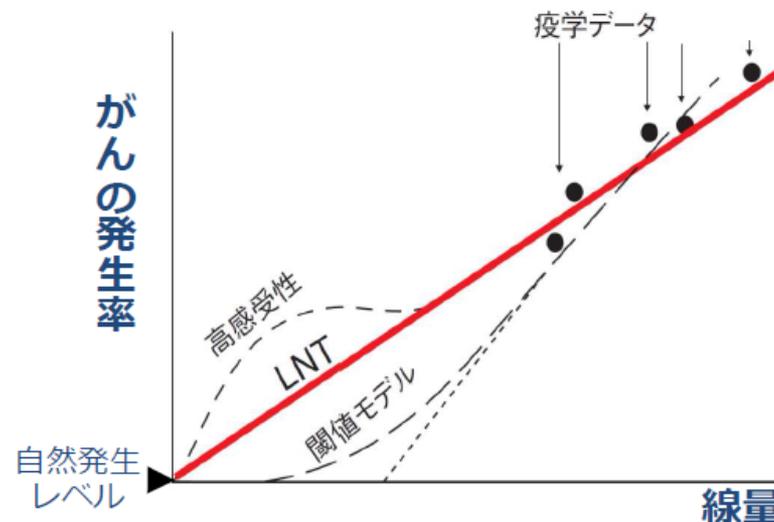
◆ LNTモデル(しきい値なし直線モデル)

→ どんなに線量が低くてもリスクがあると仮定

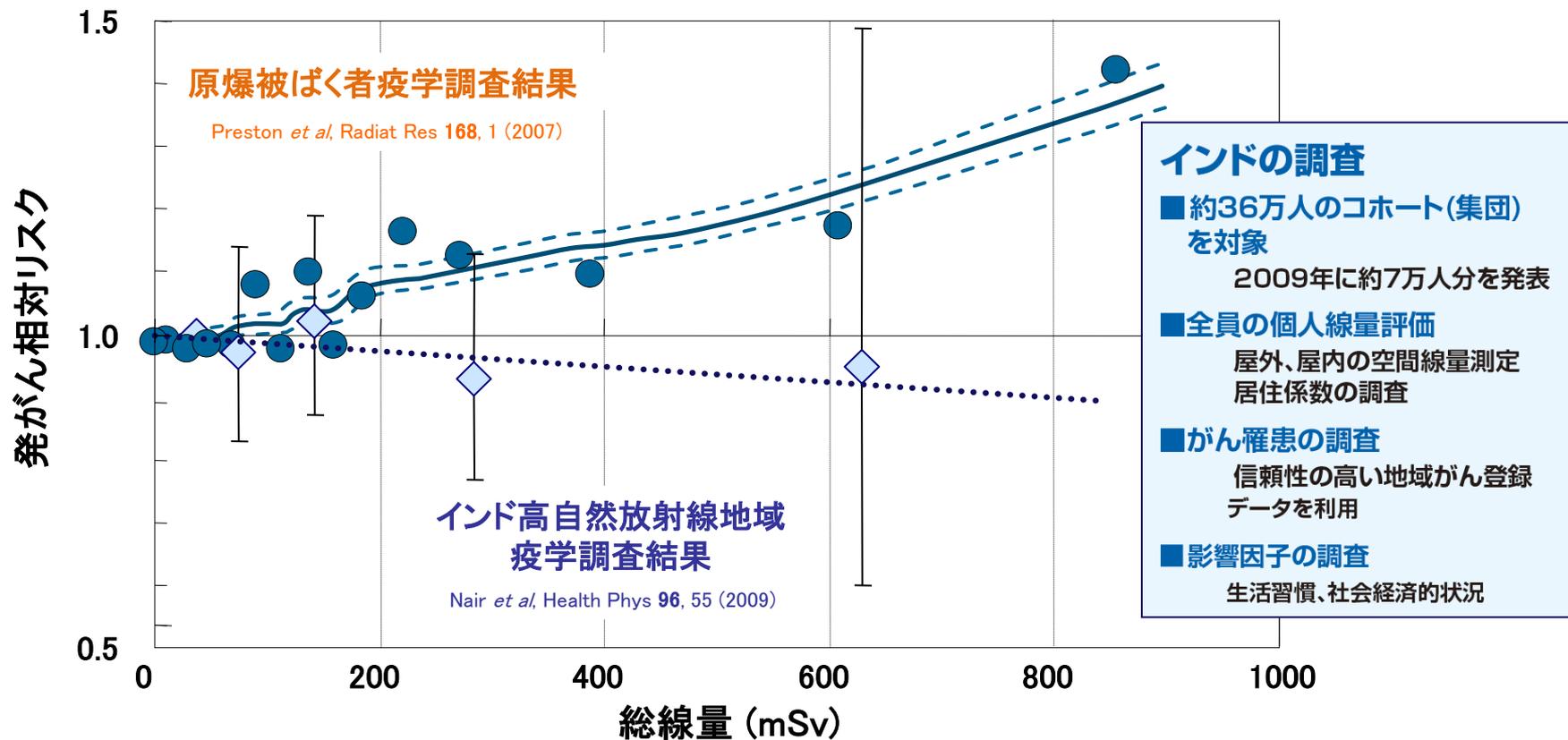
◆ 線量率効果

→ DDREF(線量・線量率効果係数)=2として、低線量・低線量率では、がんの発生率は2分の1と仮定

→ 放射線影響(突然変異)は蓄積すると仮定



がんリスクの線量率効果



疫学調査では、線量率が低ければ同じ線量でもがんリスクが異なる結果が得られている



生物学的な機構は不明

放射線発がんのパラダイム

- ◆ 放射線はDNA損傷を与える
- ◆ DNA損傷の修復エラーで生じる突然変異が“がん”の原因
- ◆ 組織の中に生涯にわたって存在する“幹細胞”に突然変異(傷)が蓄積する



疫学の結果が
説明できない

- ◆ 発がんの確率は線量に依存して高くなる
- ◆ DNA損傷およびその修復エラーが確率的に発生するため、どんなに微量の放射線でも発がんリスクがある

突然変異の蓄積性は、“線量率”によって違いはないのか？

ICRP幹細胞報告ドラフト

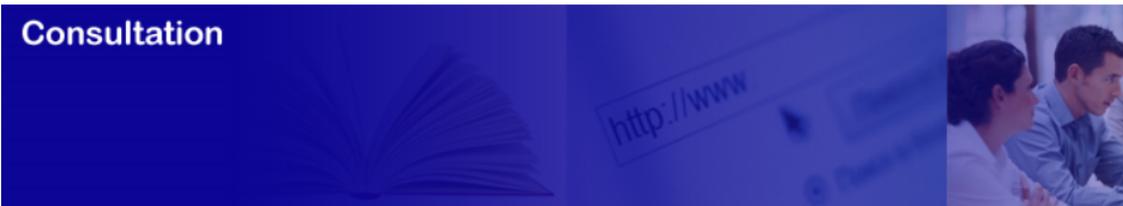
2014-07-11

<http://www.icrp.org/docs/TG75DraftForConsultation.pdf>



INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

- Home
- News
- Consultations
- Publications
- Downloads
- ICRP Symposia
- ICRP Activities



Consultation

Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenesis Aspects of Radiological Protection

Radiological Protection in Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

Radiological Protection in Ion Beam Radiotherapy

Occupational Intakes of Radionuclides Part 3

Occupational Intakes of Radionuclides Part 2

Radiological Protection in Security Screening

Protection of the Environment under Different Exposure Situations

Assessment of Radiation Exposure of Astronauts in Space

Occupational Intakes of Radionuclides Part 1

Radiological Protection against Radon Exposure

Radiological Protection in Cosmology

You are here: [Consultations](#) > Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenesis Aspects of F

Draft Report for Consultation: Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenesis Aspects of Radiological Protection

The draft ICRP report 幹細胞生物学と放射線誘起がん化の放射線防護に関する報告書 is now available for public consultation. ICRP welcomes comments from individuals and groups. The draft document can be downloaded, and comments submitted, through the ICRP web site.

Comments must be submitted through the ICRP website no later than 10 October 2014.

Draft Abstract

This report provides a review of stem cells/progenitor cells and their responses to ionising radiation in relation to issues relevant to stochastic effects of radiation which form a major part of the ICRP system of radiation protection. Current information on stem cell characteristics, maintenance and renewal, evolution with age, location in stem cell niches, radiosensitivity to acute and protracted exposures, is presented in a series of substantial reviews as Annexes concerning haematopoietic tissue, mammary gland, thyroid, digestive tract, lung, skin and bone. This foundation of knowledge of stem cells is used in the main text of the report to provide a biological basis to issues such as the linear-no-threshold (LNT) model, cancer risk among tissues, dose-rate effects and changes in the risk of radiation carcinogenesis by age at exposure and attained age.



DRAFT REPORT FOR CONSULTATION: DO NOT REFERENCE

ICRP ref 4818-4080-4636
11 July 2014

Annals of the ICRP

ICRP PUBLICATION 1XX

Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenesis Aspects of Radiological Protection

Editor-in-Chief
C.H. CLEMENT

Associate Editor
N. HAMADA

Authors on behalf of ICRP
O. Niwa, M.H. Barcellos-Hoff, R.K. Globus, J.D. Harrison,
J.H. Hendry, P. Jacob, M.T. Martin, T.M. Seed, J.W. Shay,
M.D. Story, K. Suzuki, S. Yamashita

PUBLISHED FOR

The International Commission on Radiological Protection

by

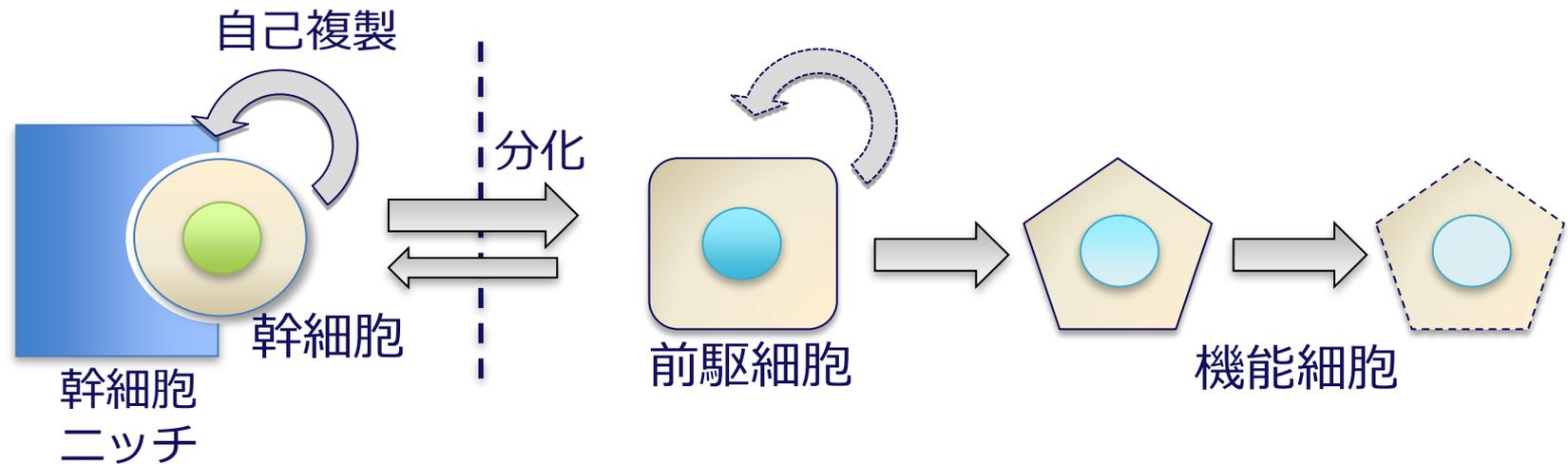
[SAGE logo]

Please cite this issue as 'ICRP, 201X, Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenesis Aspects of Radiological Protection. ICRP Publication 1XX, Ann. ICRP 4X(0).'

発がんの標的：幹細胞

◆ 幹細胞とは？

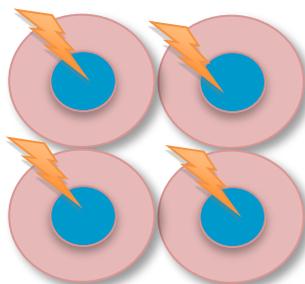
- 組織を供給する元の細胞で、供給源が枯渇しないこと(自己複製能)、および、全ての機能細胞を作ること(多分化能)という2つの性質をもつ
- 幹細胞は組織の中で集団として存在する



幹細胞の競合と線量率効果

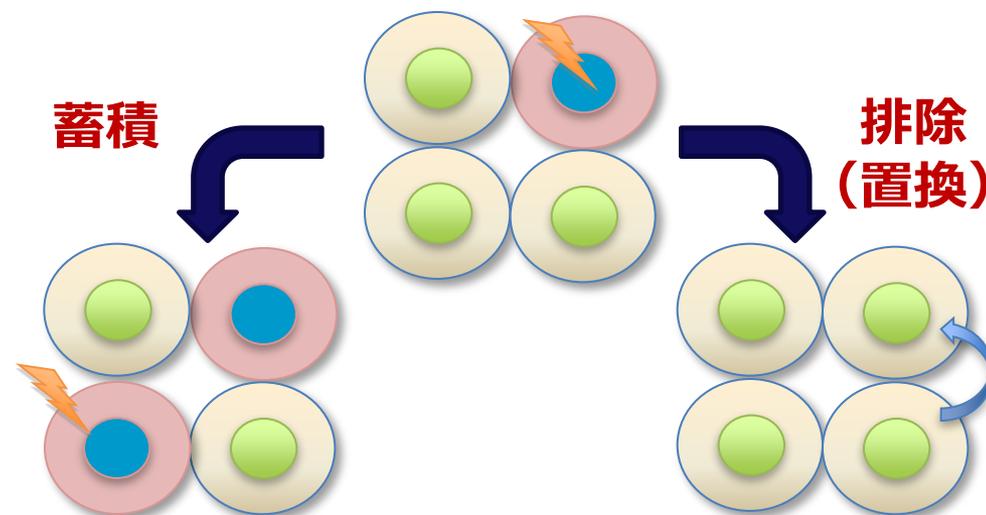
低線量率 = 空間的・時間的に密度の低い被ばく

高線量率



- ◆ 全ての幹細胞が同時に被ばくする
- ◆ 多くの幹細胞が減少する
- ◆ 生き残って傷ついた幹細胞が元の組織を維持するために激しく増殖

低線量率



- ◆ 幹細胞の一部だけが被ばくする
- ◆ 幹細胞の競合により、傷ついた幹細胞が排除され、正常な幹細胞に置換される

幹細胞への突然変異の「蓄積」や、傷ついた幹細胞の「排除」は線量率効果と密接に関係し得る → さらなる研究が必要

LNTモデルと線量率効果のまとめ

- ◆現在の防護体系では、LNTモデルを採用しており、線量率効果は十分に考慮されていない
- ◆疫学調査では、線量率効果が確認されている事例があるが、生物学的な機構は解明されていない
- ◆最近、線量率効果の機構解明のカギとして、幹細胞競合という現象が注目されている

まとめ

まとめ

- ◆ 現行の放射線防護体系の線量基準の多くは年間線量で構築されている
 - 生涯線量は、放射線防護には用いない
 - 年度単位で管理できるため、年間線量は扱いやすい
- ◆ 作業者の線量限度(50mSv/年 & 20mSv/5年平均)は、継続被ばくした時の生涯1000mSvが根拠
- ◆ 現行の放射線防護体系では、LNTモデルを採用して放射線影響は蓄積すると想定し、 $DDREF(\text{線量} \cdot \text{線量率効果係数}) = 2$ を考慮しているものの、線量率効果は十分に考慮されていない
- ◆ 低線量率の長期被ばくの疫学調査結果は、ゆっくり放射線を受ける場合と一度に放射線を受ける場合で、放射線影響が異なることを示唆している
 - 今後の生物学的なメカニズム解明研究の進展に注目