



放射線

鳥居 寛之
小豆川勝見
渡辺雄一郎
著
中川 恵一
執筆協力

科学的に
理解する

基礎からわかる東大教養の講義

丸善出版

「放射線を科学的に理解する

— 基礎からわかる東大教養の講義 —

鳥居寛之・小豆川勝見・渡辺雄一郎 著

中川恵一 執筆協力

丸善出版

本体 2500円＋税

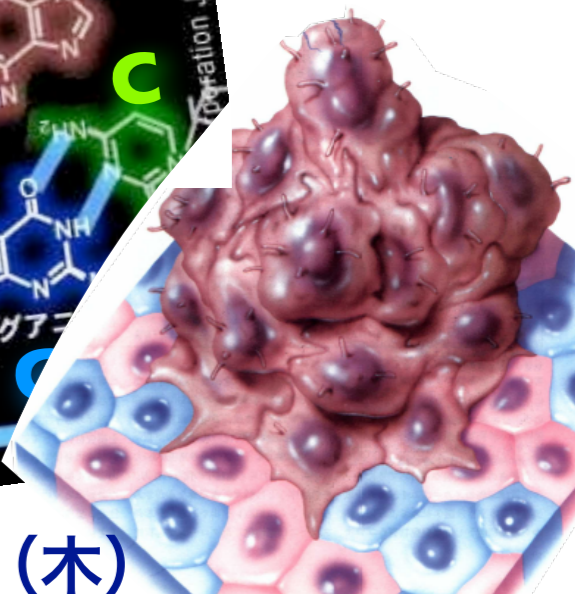
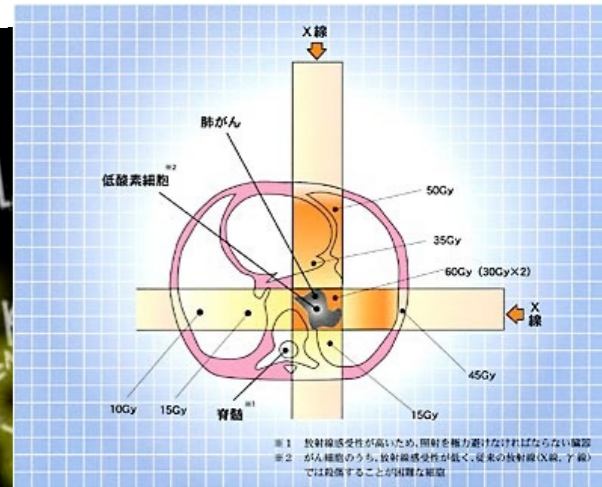
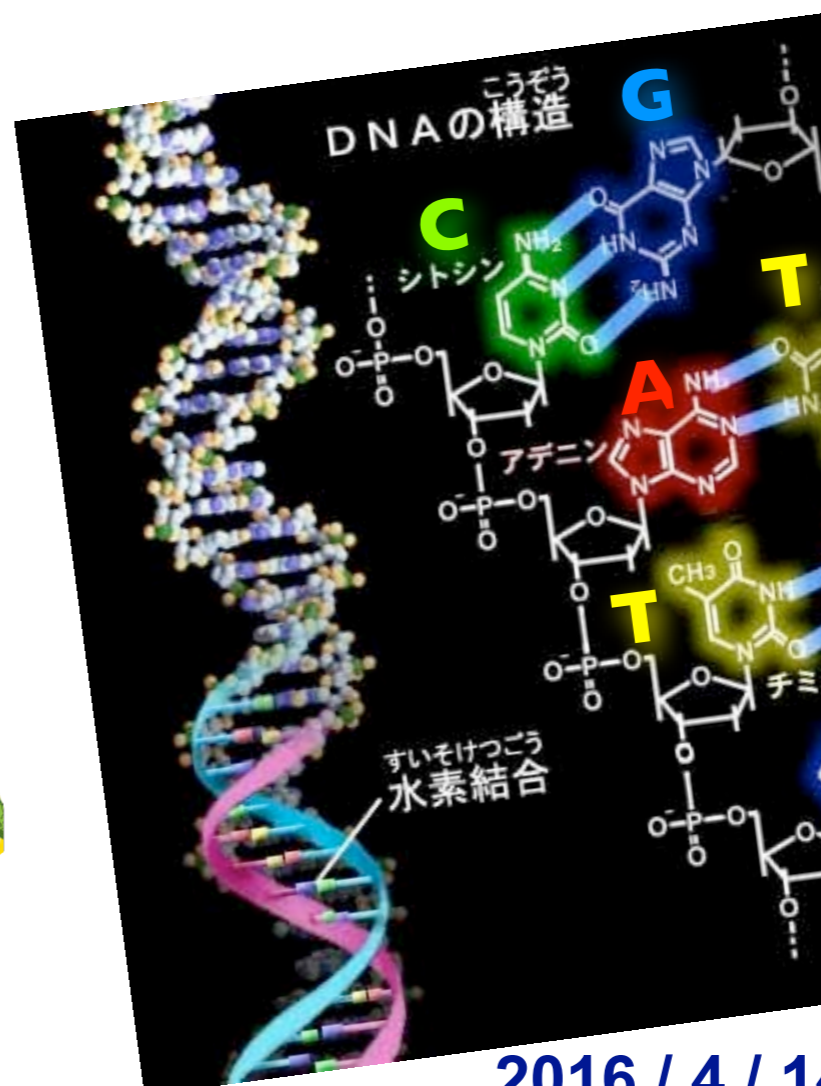
- 1章 放射線とは？《放射線入門》
 - 2章 放射線の性質《放射線物理学 I》
 - 3章 原子力発電で生み出される放射性物質
《原子核物理学・原子力工学》
 - 4章 放射線量の評価《放射線物理学 II》
 - 5章 放射線の測り方《放射線計測学》
 - 6章 環境中での放射性物質《環境放射化学》
 - 7章 放射線の細胞への影響《放射線生物学》
 - 8章 放射線の人体への影響《放射線医学》
 - 9章 放射性物質と農業《植物栄養学・土壤肥料学》
 - 10章 放射線の防護と安全《放射線防護学》
 - 11章 役に立つ放射線《放射線の利用・加速器科学》
- Q&A

放射線を理解するには、物理学・化学・生物学・医学・工学など多くの分野の知識が必要です。しかしこれらすべてを網羅することは難しく、系統立てて学べる機会是非常に少ないのが実情です。

本書は東京大学教養学部で行われた講義をもとに、放射線について多角的に学べるよう配慮しています。日常生活や原発事故にかかわる具体的な例を引きながらやさしくていねいに解説しましたので高校生や一般の方にも広く読んでいただきたいと願っています。

<http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/radiolect-kn.html>

放射線の科学と安全



2016 / 4 / 14 (木)

第4話 放射線生物学・放射線防護学 リスクコミュニケーション

参加したセミナーリスト

2011～12年度分

理化学研究所原子物理セミナー「低線量放射線の生体への影響」2011年6月6日

日本物理学会主催「物理学者から見た原子力利用とエネルギー問題」，立教大学，2011年6月10日.

日本学術会議緊急講演会「放射線を正しく恐れる」2011年7月1日

東大病院講演「チェルノブイリから福島を学ぶ」2011年10月28日

日本アイソトープ協会勉強会「ICRPを読み解く—第2回—」，學士會館，2012年2月13日

東京大学大学院 理工農医 4 研究科合同公開講座「放射線を知る」，2012年2月19日

東京大学，博報堂，時事通信社，特別協力：環境省，「災害廃棄物処理を考えるプロジェクト」2012年3月

文部科学省「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果」に関するシンポジウム，2012年3月13日

日本物理学会第67回年次大会シンポジウム，領域1「放射線が生体に与える影響—原子分子から生物まで—」，関西学院大学，2012年3月24日

日本物理学会第67回年次大会シンポジウム，物理と社会「福島原発事故から1年：これまでとこれから」・「科学者の役割とは何か：不確実性の中での科学と社会」・「福島原発事故と物理学者の社会的責任」，関西学院大学，2012年3月.

東京大学教養学部 学術俯瞰講義「リスクと社会」，2012年4月～7月

京都大学 基研主導研究会2012「原子力・生物学と物理」2012年8月8日～10日，プレ・コンファレンス 8月7日

アルスタウンミーティング「福島原発事故の反省と「科学と社会」の在り方について」（共催：東北大学GCOE「物質階層を紡ぐ科学フロンティアの新展開」），東北大学，2012年8月24日

日本学術会議主催学術フォーラム「リスクを科学するフォーラム」2012年8月31日

日本学術会議主催学術フォーラム「原発事故調査で明らかになったこと—学術の役割と課題—」2012年9月1日

東京大学医科学研究所「現場からの医療改革推進協議会 第7回シンポジウム」2012年11月10・11日

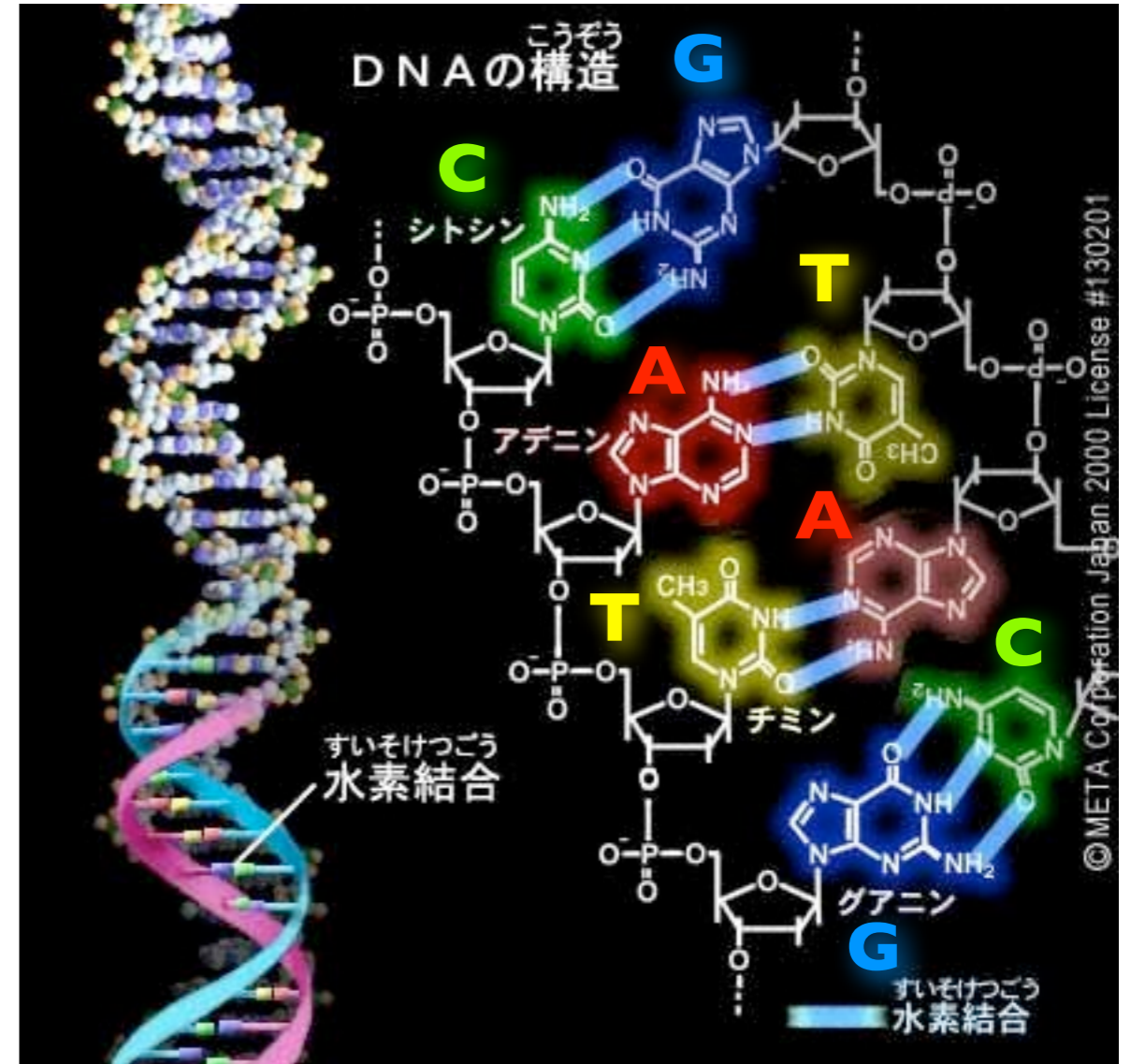
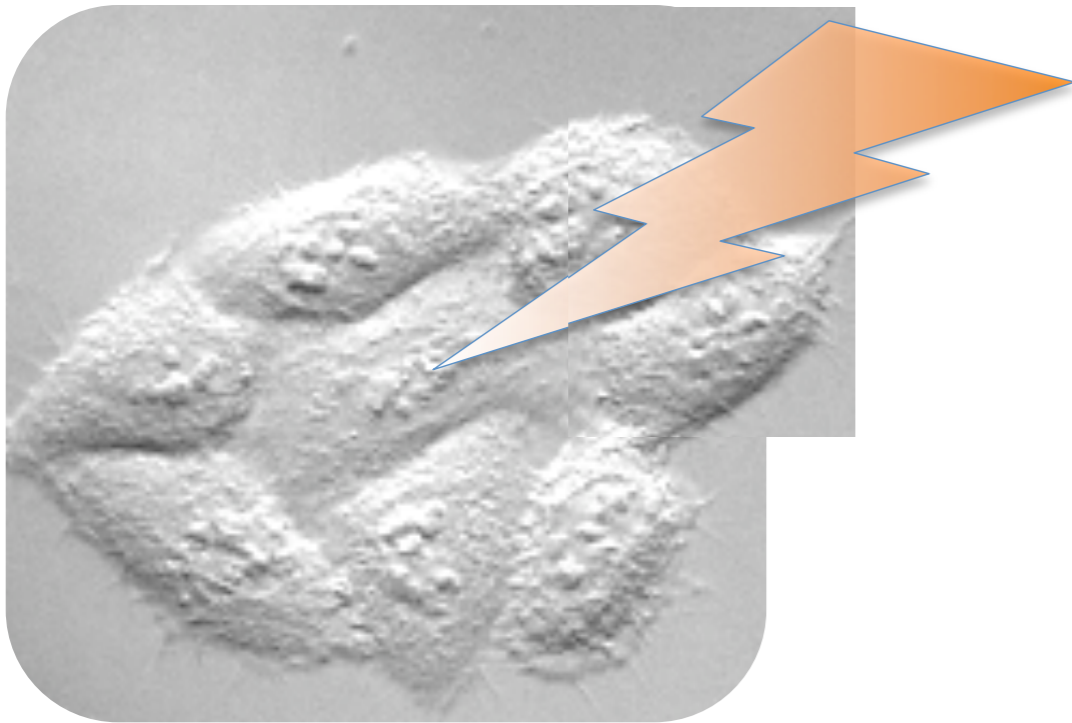
日本学術会議主催学術フォーラム「東日本大震災がもたらした食料問題を考える」2012年11月21日

日本物理学会第68回年次大会シンポジウム，物理と社会「医学における物理学の貢献」，広島大学，2013年3月28日

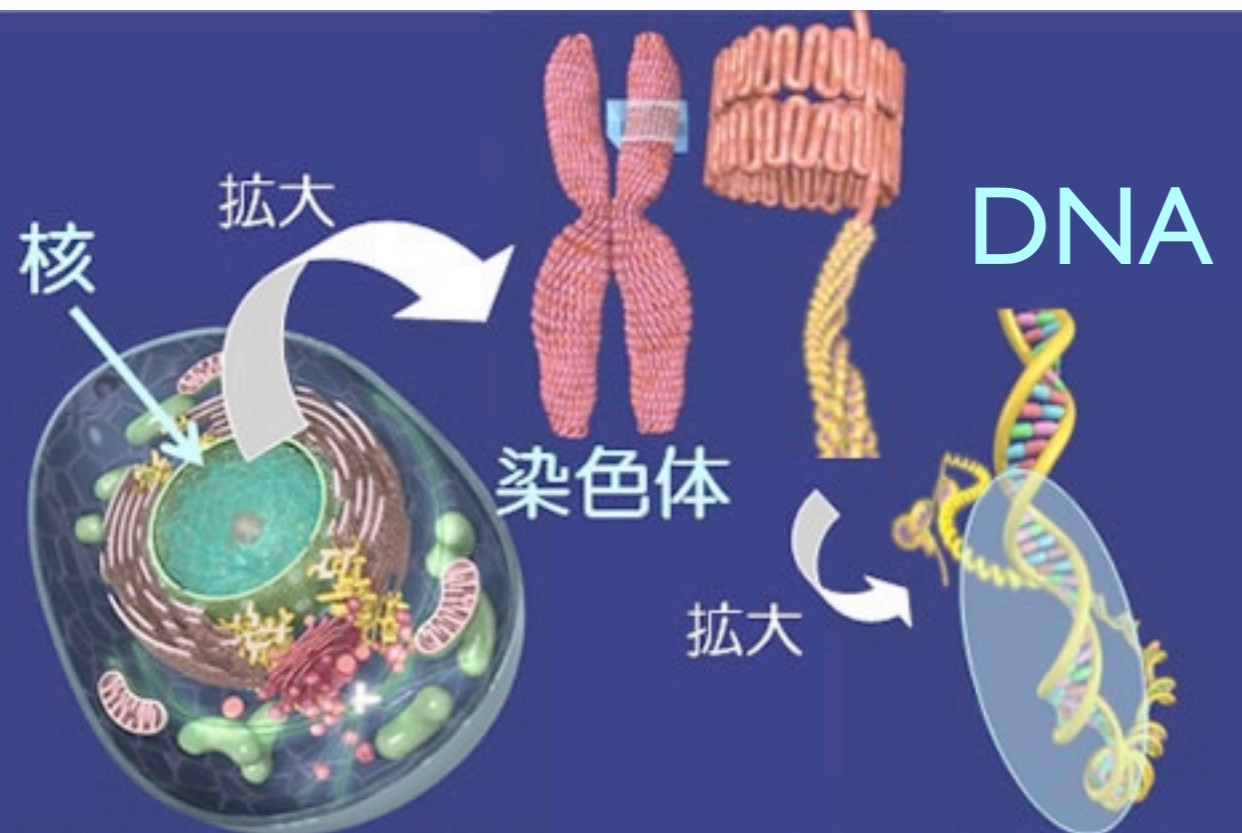
放射線生物学

細胞の核に放射線が照射

DNA



出典：IPA「教育用画像素材集サイト」 <http://www2.edu.ipa.go.jp/gz/>



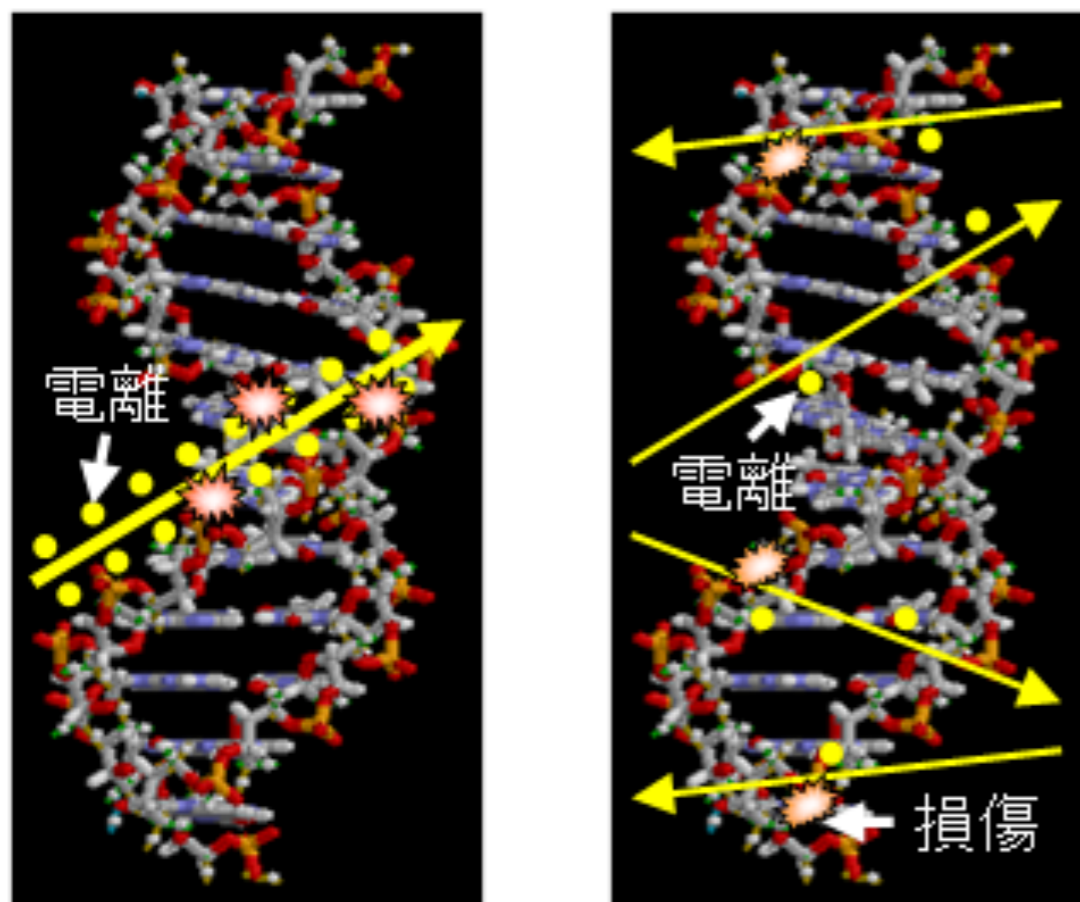
細胞(60兆個)

一部が遺伝子

図1 核、染色体、遺伝子

放射線による DNA 損傷

**ラジカル
(活性酸素)**



重イオン

電子

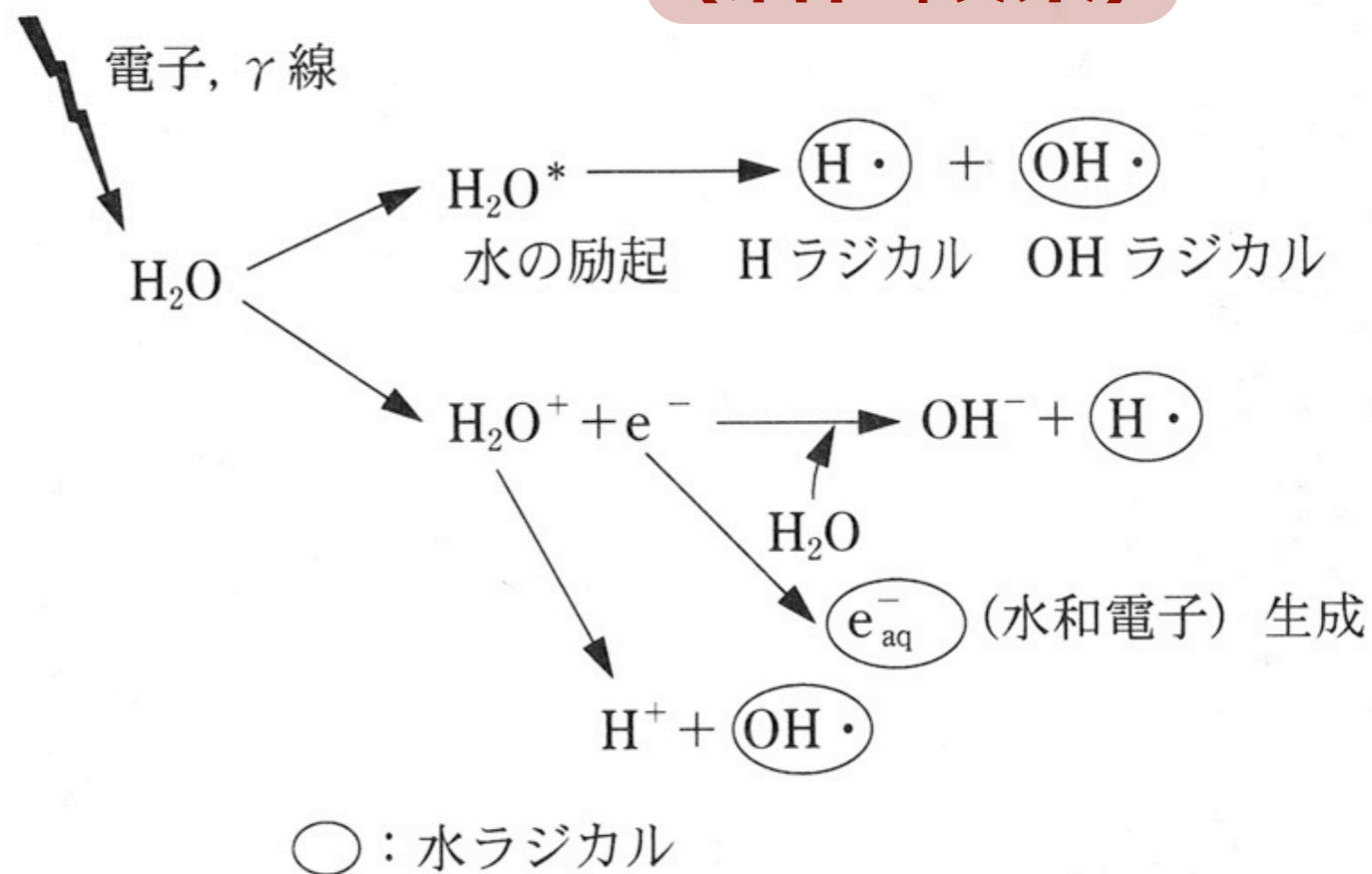


図 6・5 電離放射線による水分子の電離と励起の概略
(書籍「図解 放射性同位元素等取扱者必携」オーム社、より引用)

LET：線エネルギー付与

放射線の直接作用：荷電粒子が直接 DNA 分子を叩く **高 LET 放射線**
 α 線

と間接作用：水の電離で生じるラジカルが DNA 分子に作用

低 LET 放射線
 β 線, γ 線

何もなくても DNA 損傷は自然発生している（複製ミスなど）

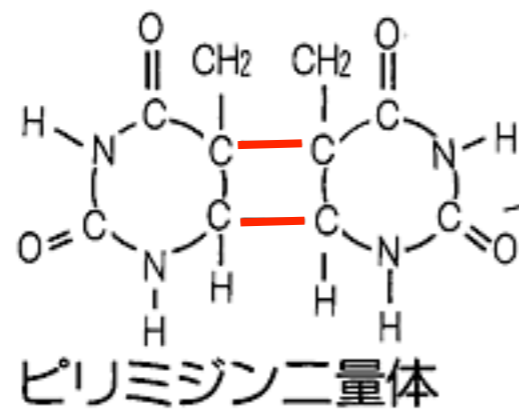
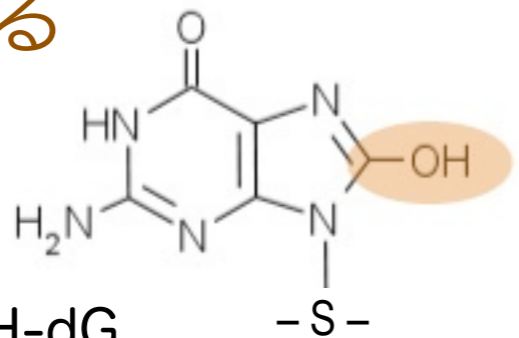
表5 増殖期のヒト細胞における DNA 損傷の自然発生率と放射線誘発率の比較⁷⁾

傷の種類	自然の傷(/細胞/日)	X線誘発の傷(/細胞/1 Sv)
塩基損傷	20,000	300
1本鎖切断	50,000	1,000
2本鎖切断	50(推定 ^{2,19)})	40

特定の化学物質によっても DNA 損傷が起きる

・OH ラジカルによる酸化

8-OH-dG



ピリミジン二量体

紫外線照射でも頻発

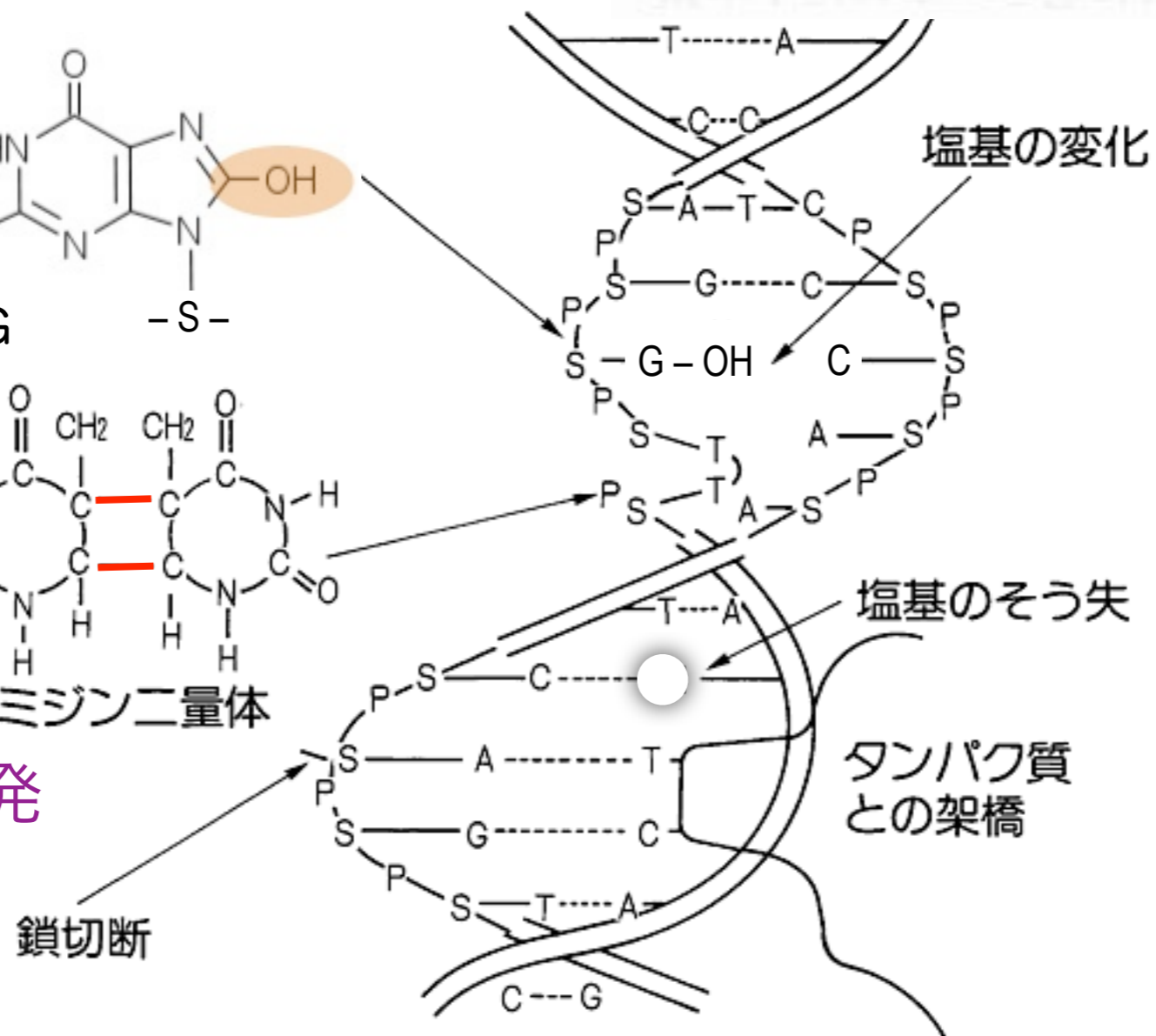
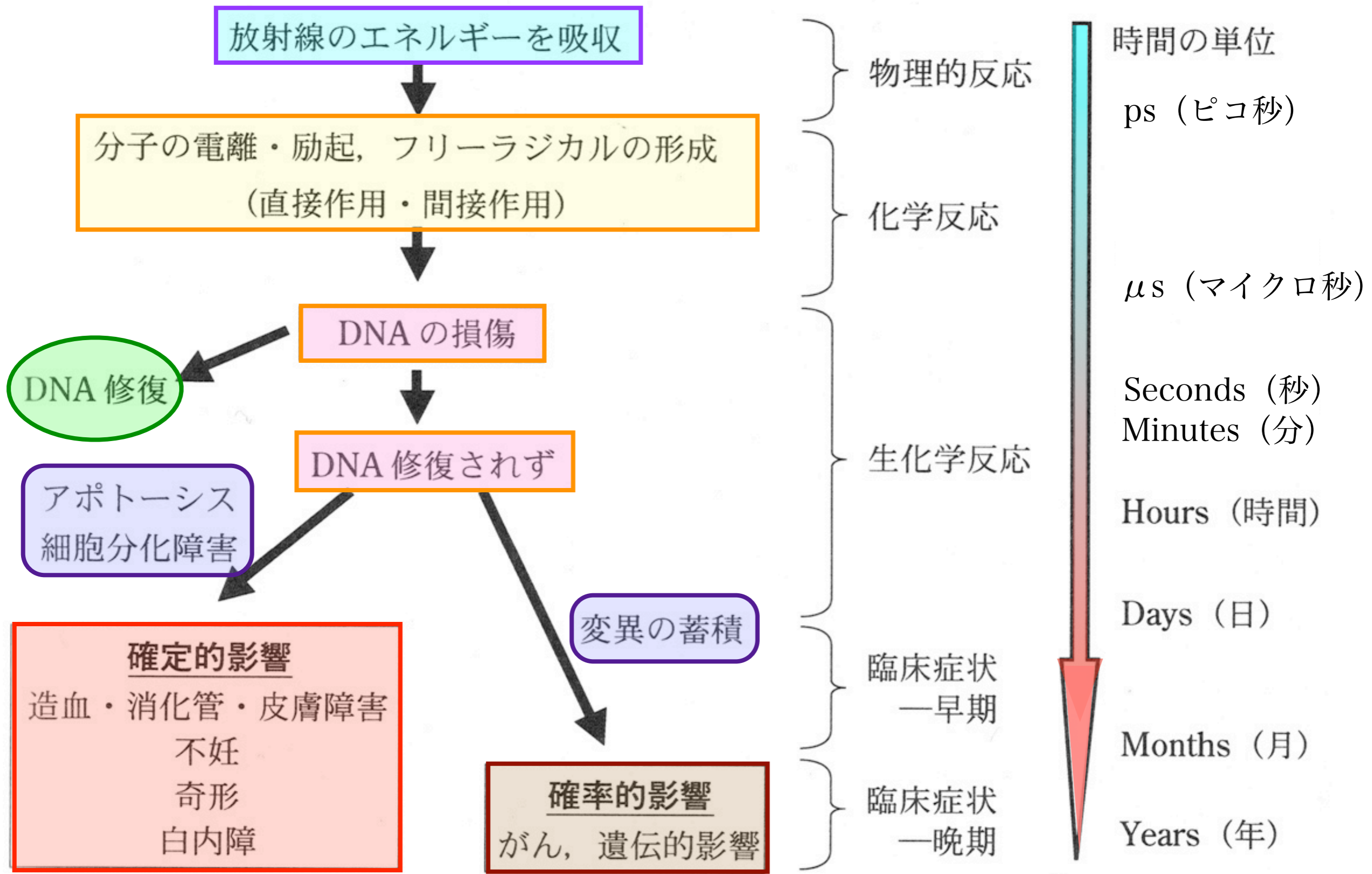


図2 放射線照射を受けた細胞から抽出された DNA に見られる種々の損傷

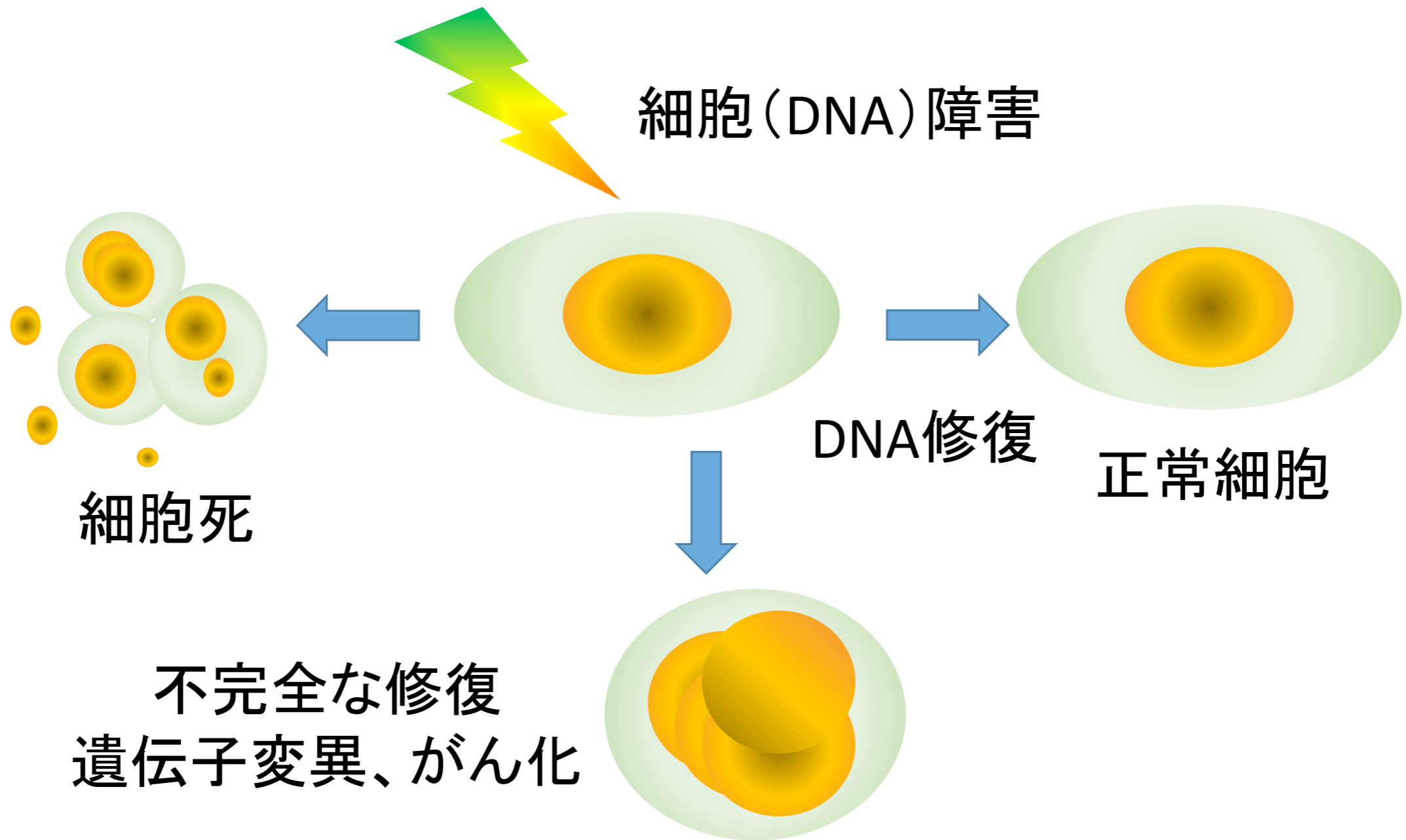
[出典] 江上信雄：生き物と放射線、東京大学出版会、1975

図は一部内容を改変。



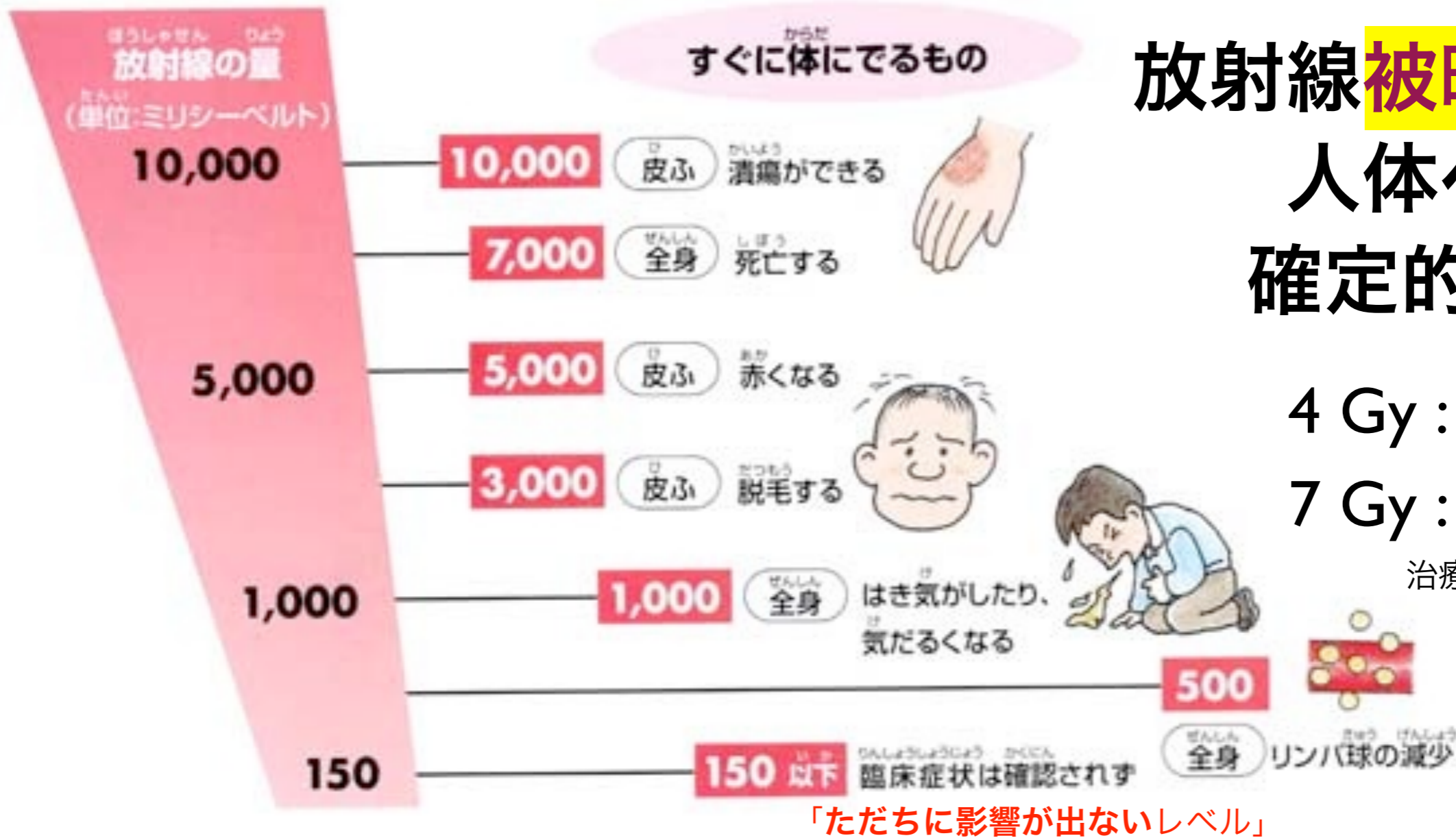
放射線被ばく後に起こる生体反応の経時的変化

細胞死とがん化



放射線被曝による 人体への 確定的影響

すぐに体にできるもの



4 Gy : 半数死亡
7 Gy : 全員死亡

治療により助かることも。

「ただちに影響が出ないレベル」

東海村 JCO 事故
チェルノブイリの
消防隊員

細胞再生系	造血組織				腸上皮	皮膚	精巣	水晶体
幹細胞 ↓ 幹細胞 芽細胞 (分裂) ↓ 機能細胞 (老化) ↓ 老熟細胞 (死滅)	幹細胞 ↓ リンパ球 好中球 赤血球 血小板				腺窩 (幹細胞) ↓ 絨毛	基底細胞 (幹細胞) ↓ 角質層	幹細胞 ↓ 精子	上皮 (幹細胞) ↓ 水晶体繊維 赤道部
正常な分化過程	4	4	4	4日	2日	2週間	3-4週間	1/2-3年
正常な成熟過程	1	7-10	7	100日	2日		7-8週間	
照射による変化	免疫能力低力	血液凝固時間延長	食作用低力	酸素輸送低力	絨毛の短縮と喪失、出血、下痢	紅斑、萎縮、潰瘍	一時的または永久不妊	白内障

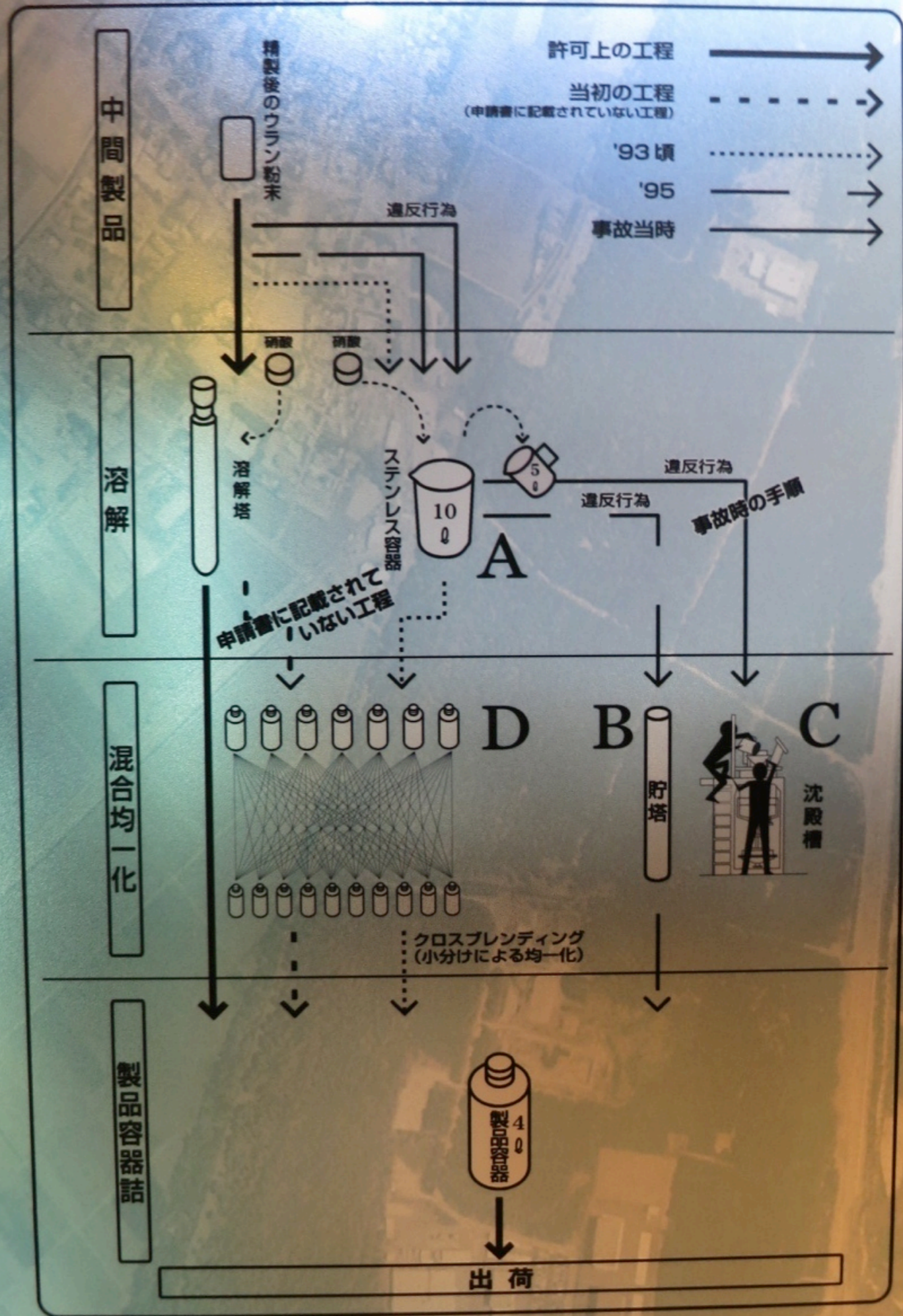
JCO 臨界事故

The JCO Criticality Accident

この事故は、株式会社ジェー・シー・オー (JCO) 東海事業所のウラン転換試験棟で発生した。当時、この建物では高速実験炉「常陽」の燃料原料となる濃縮度18.8%のウランを硝酸に溶かし、均一にする作業が行われていた。

この作業に使用すべきでない沈殿槽と呼ばれる設備に、制限量を大幅に上回るウラン溶液を投入した結果、内部でウランがひとりりで核分裂し始めた。このような事態を「臨界事故」とよぶ。

その結果、核分裂連鎖反応による放射線（中性子線およびガンマ線）が敷地外にまで放出され、このような状態が約20時間にわたって継続した。事故の最初の瞬間には激しい核分裂が起こったため、沈殿槽を使って作業していた2名の方が亡くなるといういたましい結果となった。



J-PARC
情報コーナー

Informational display board with diagrams and text in Japanese, including a circular inset image.

Large industrial-scale experimental apparatus. It features a central cylindrical tank labeled "沈澱槽B" (Sedimentation Tank B) mounted on a light blue metal frame. To the left, a staircase with yellow steps and a yellow handrail provides access to the upper parts of the machine. Various pipes, valves, and gauges are visible on the top and sides of the apparatus.

JCO 操作手順
スタートボタンを押してください
Please press the ENGLISH button

Control panel with a green emergency stop button, an orange start button, and a white stop button.

Instructional panel with diagrams, text, and a circular graphic showing a cross-section of a component.

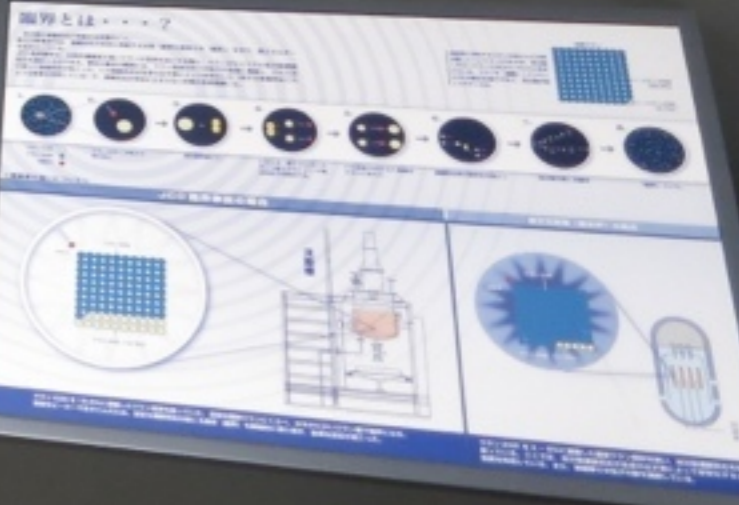
Visitor safety railing with three black and white padded stools for seating.



沈澱槽

沈澱槽B

ウラン溶液をステンレス製ビーカーと
漏斗を使い、手作業で投入していった。



放射線被曝の確定的影響

線量閾値あり

細胞再生系	造血組織	腸上皮	皮膚	精巣	水晶体
<p>幹細胞 幹細胞 芽細胞 (分裂) 機能細胞 (老化) 老熟細胞 (死滅)</p>	<p>幹細胞 リンパ球 粒球 好中性球 赤血球 球(血小板)</p>	<p>腺窩(幹細胞) 絨毛</p>	<p>基底細胞(幹細胞) 角質層</p>	<p>幹細胞 精子</p>	<p>上皮(幹細胞) 水晶体繊維 赤道部</p>
正常な分化過程	4 4 4 4日	2日	2週間	3-4週間	1/2-3年
正常な成熟過程	1 7-10 7 100日	2日		7-8週間	
照射による変化	免疫能力低力	絨毛の短縮と喪失、出血、下痢	紅斑、萎縮、潰瘍	一時的または永久不妊	白内障
	血液凝固時間延長				
	食作用低力				
	酸素輸送低力				

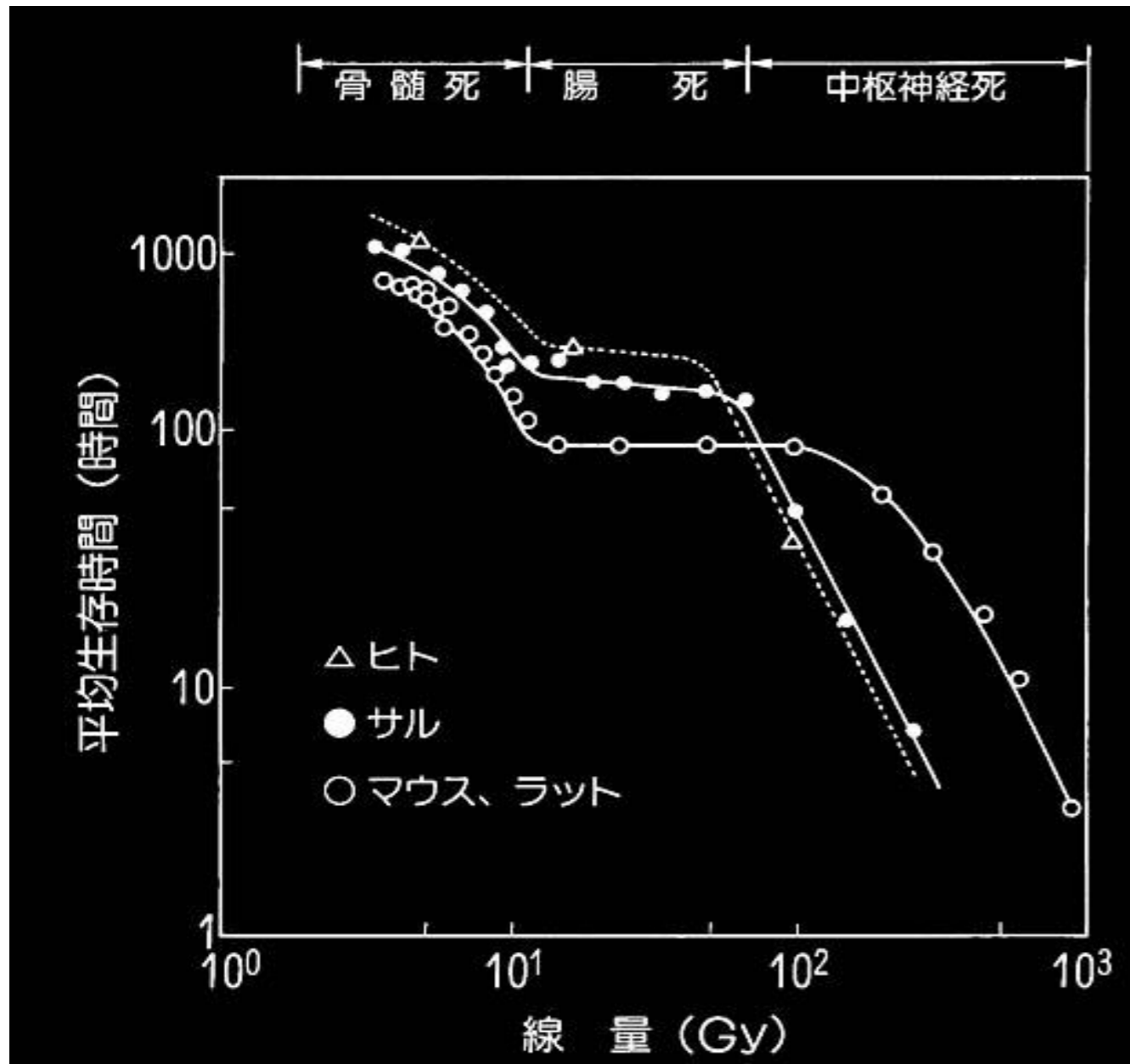
図1 細胞再生系

(造血組織、腸上皮、皮膚、精巣、水晶体の分化、成熟過程による変化)

[出典]吉井義一:放射線生物学概論[第2版](1922)

急性放射線障害

全身被曝による死亡



骨髄死 4 Gy

腸管死 10 Gy

中枢神経死 20 – 100 Gy以上

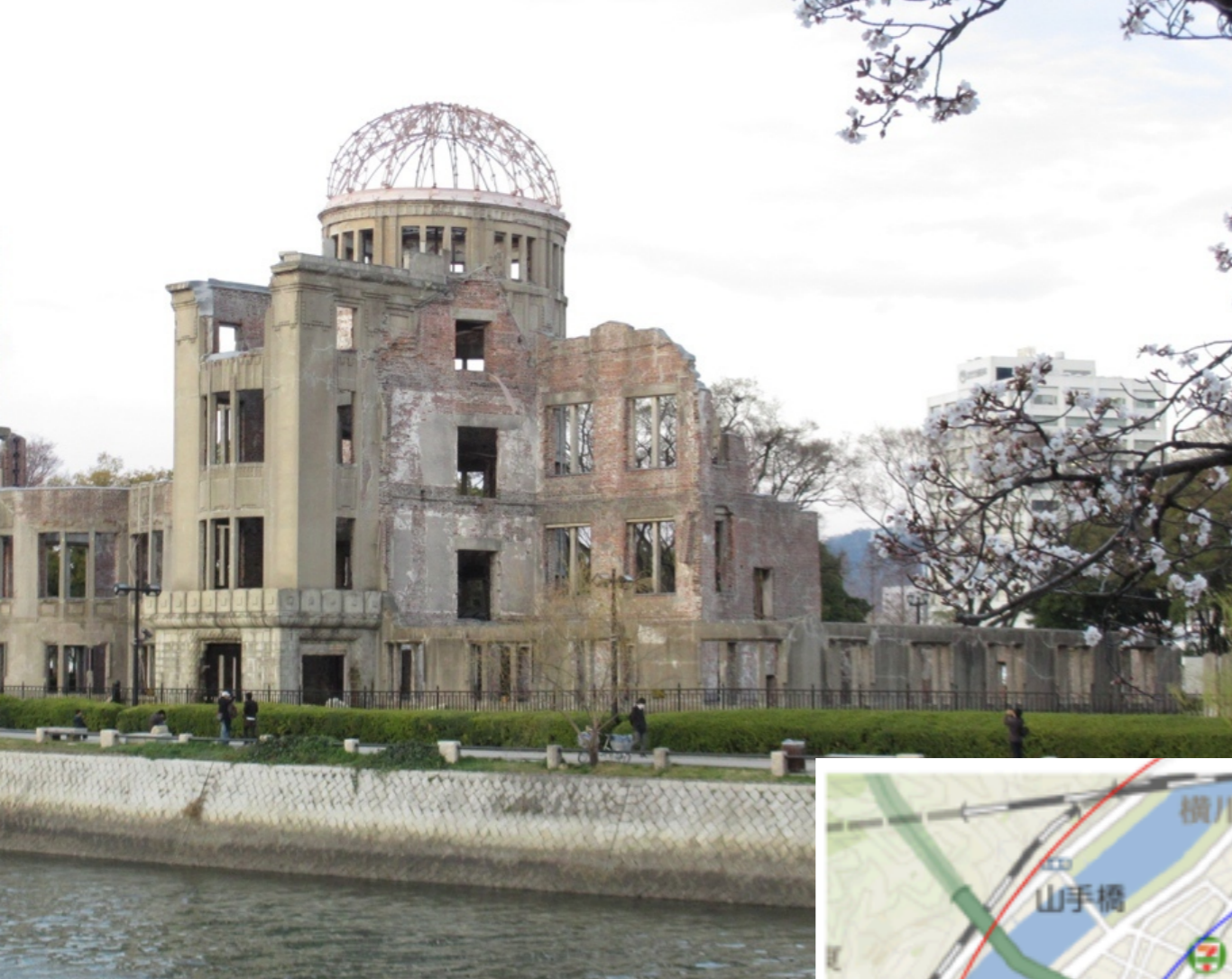
東海村 JCO 事故

チェルノブイリの消防隊員

原爆

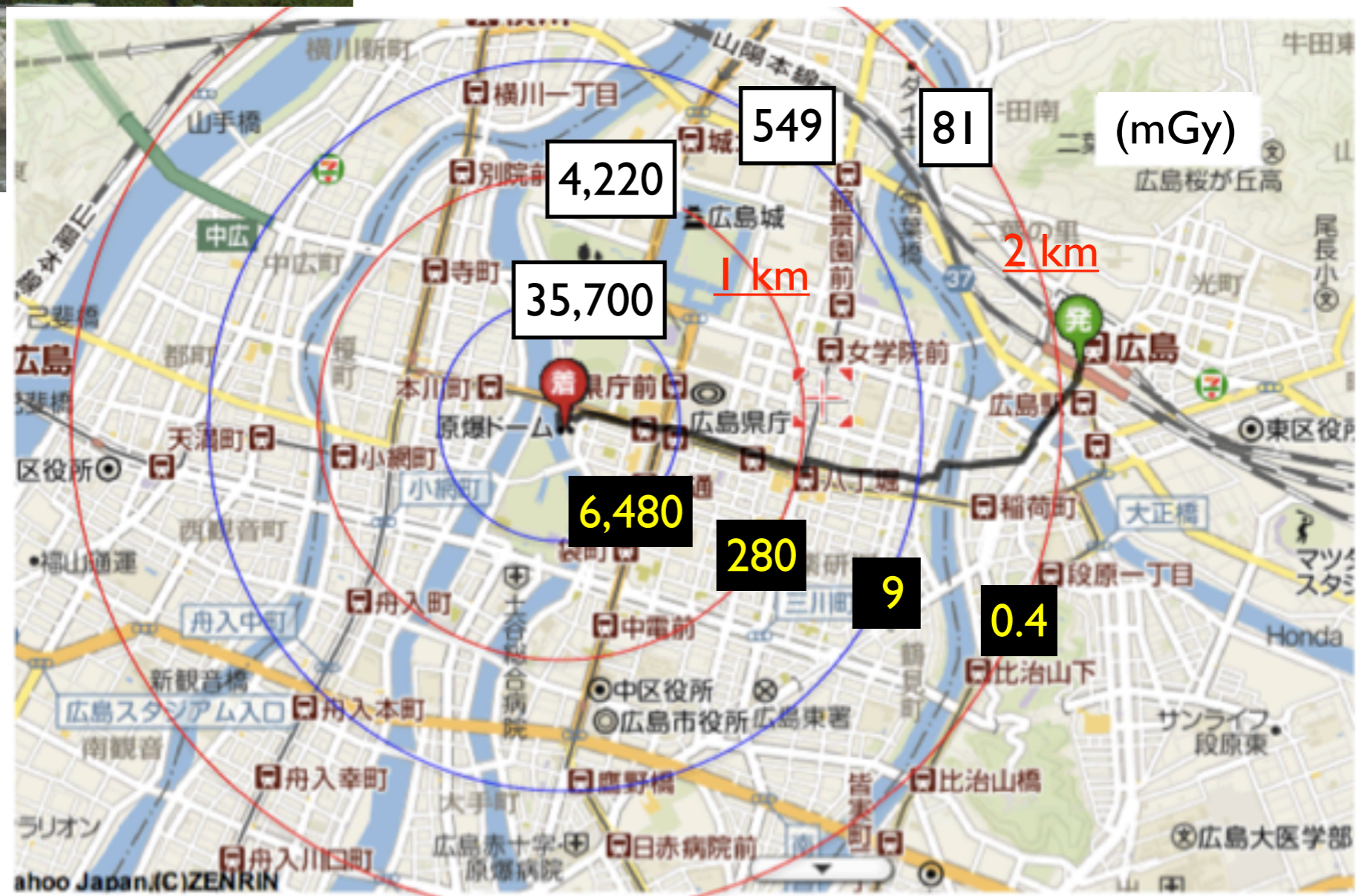
広島 原爆ドーム





広島 原爆ドーム

γ線による 推定被曝線量
 中性子線による (mGy)



確定的影響の閾値

組織及び影響	しきい値 (1回照射、ミリシーベルト)
骨髄(造血能低下)	500
悪心・嘔吐	1000
精巣 一時的な不妊(精子の一時的減少) 永久不妊	150 3500—6000
卵巣 不妊	2500—6000
水晶体 検知可能な白濁 視力障害(白内障)	500—2000 5000
胎児 奇形 重度精神発達遅滞	100 120—200

菅原、青山、丹羽、放射線基礎医学、
第11版 (金芳堂) より引用

放射線の健康影響

確定的影響

放射線によって細胞や組織が障害される

線量の高いところで生じる（**閾値がある**）

重篤度が線量に依存する

急性：消化管障害、造血障害、不妊（生殖細胞）など

晩発性：白内障

確率的影響

放射線によって細胞の DNA に損傷が生じる

ほとんどは修復されるが、修復できなかった場合、他の発がんメカニズムと合わさって、長期間かかってがんが生じる可能性がある。

線量に応じて確率が増す（**閾値はないとする**）

線量と発症後の重篤度とは関連しない

晩発性：**がん**と、遺伝的影響（生殖細胞）の可能性

低線量被曝では**確定的**影響は起きない。

「ただちに**影響が出ないレベル**」

確率的影響(の可能性)が議論の対象となる。

❖ がん

❖ 遺伝的影響の有無

あくまで確率でしか議論できない。

リスクの確率。

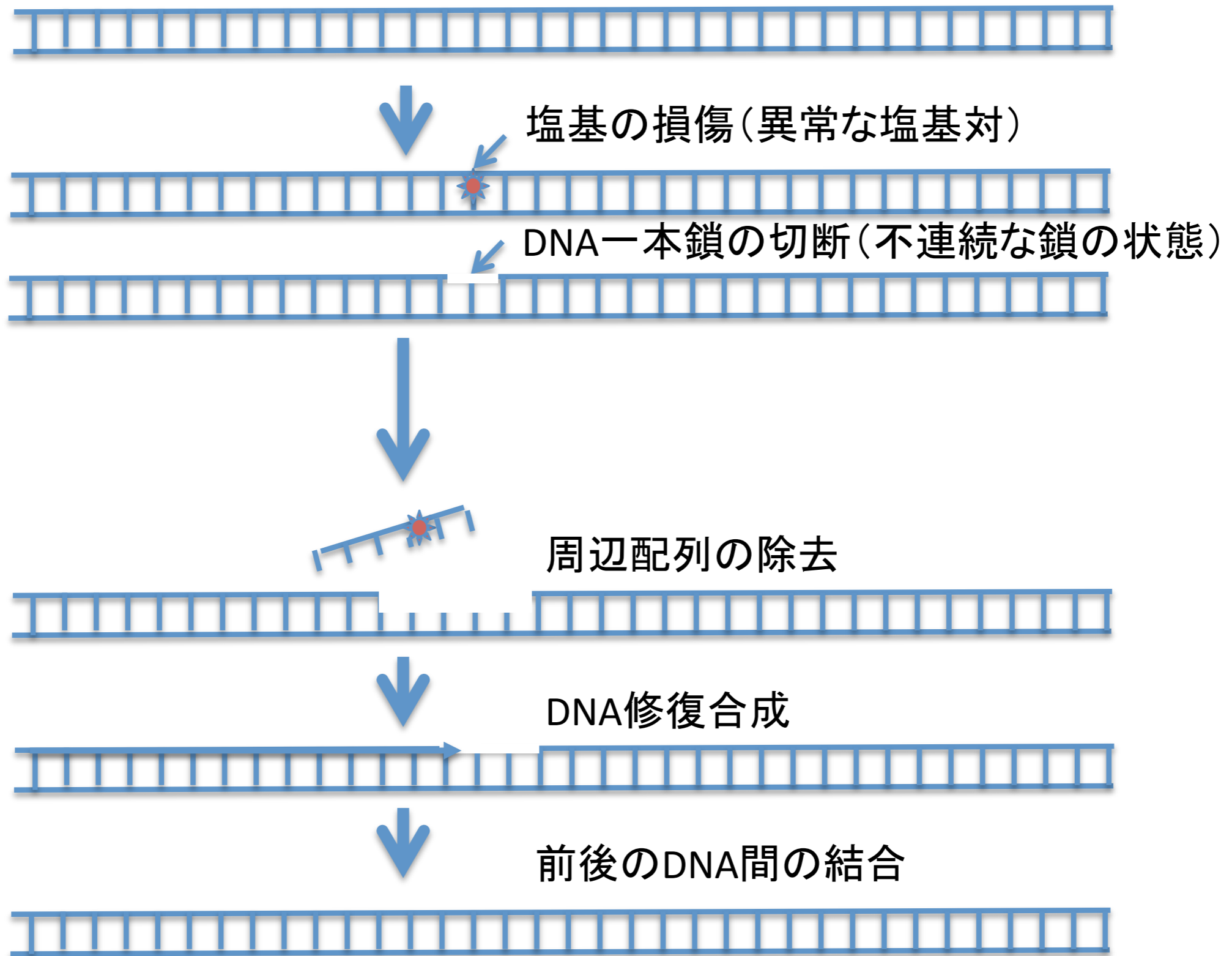
しかしそもそも、放射線を浴びなくても確率はゼロではない。

(日本人の死亡者の3人に1人はがんが原因。)

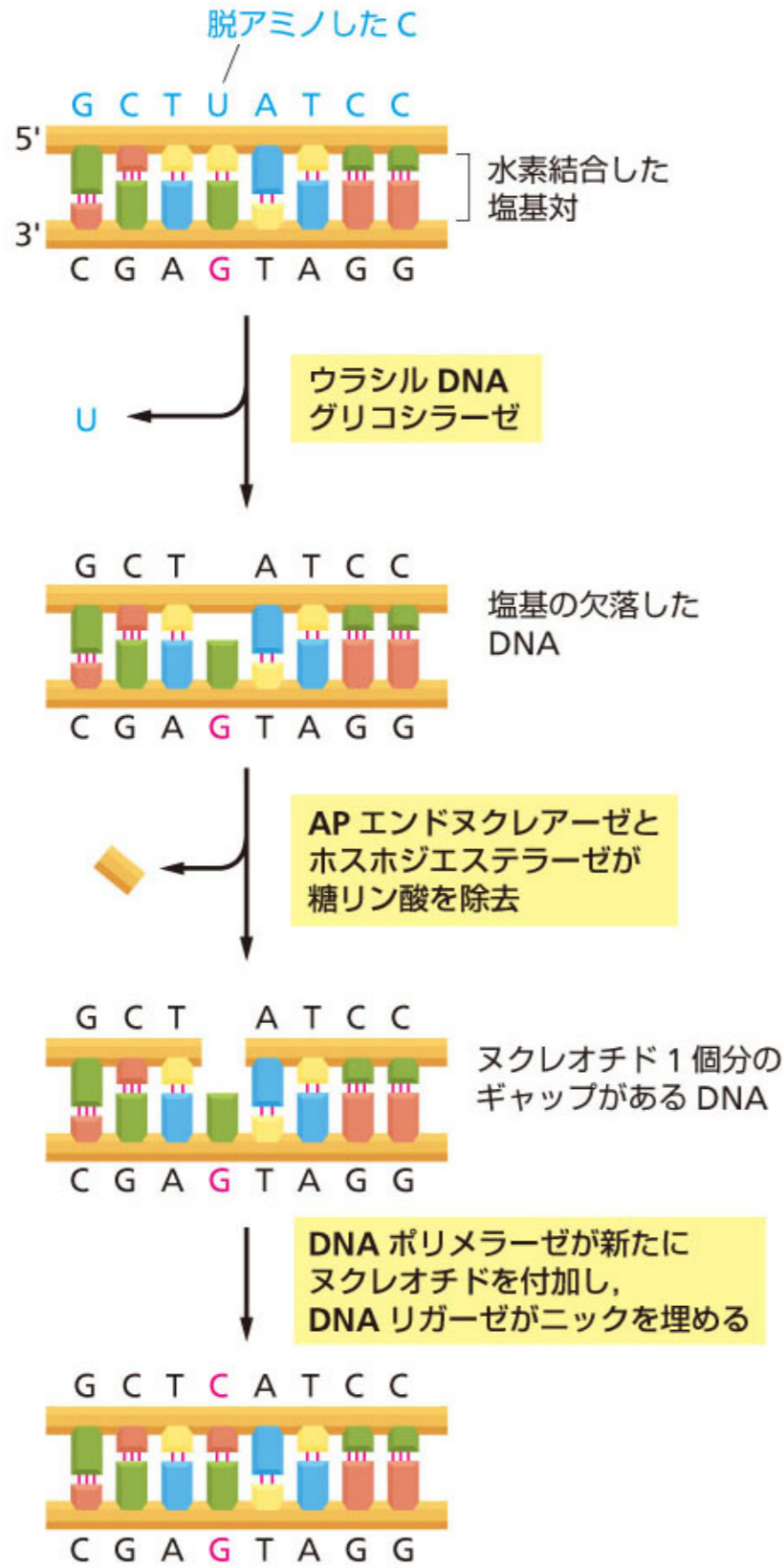
疫学調査の結果から結論を導きだすのは**統計学的**に困難。

DNA 修復

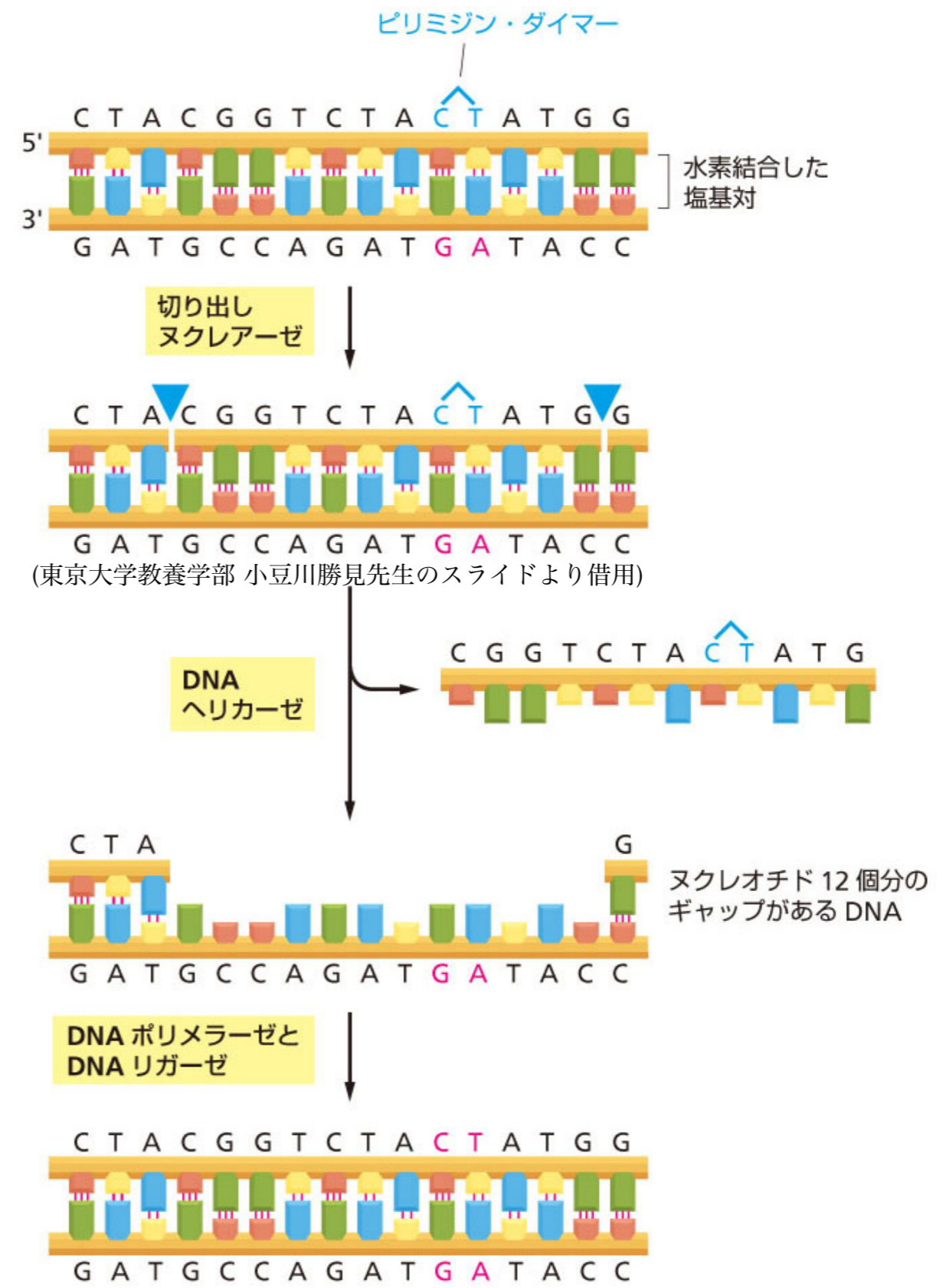
ヌクレオチド除去修復



塩基除去修復

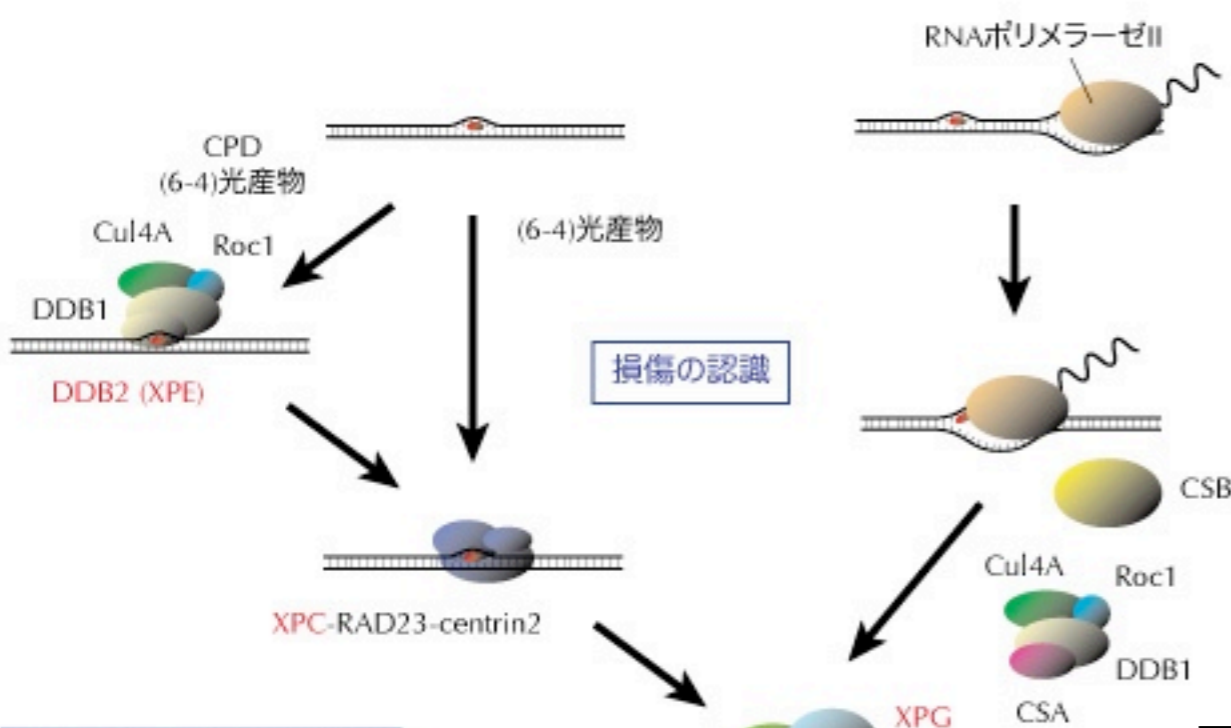


(B) ヌクレオチド除去修復

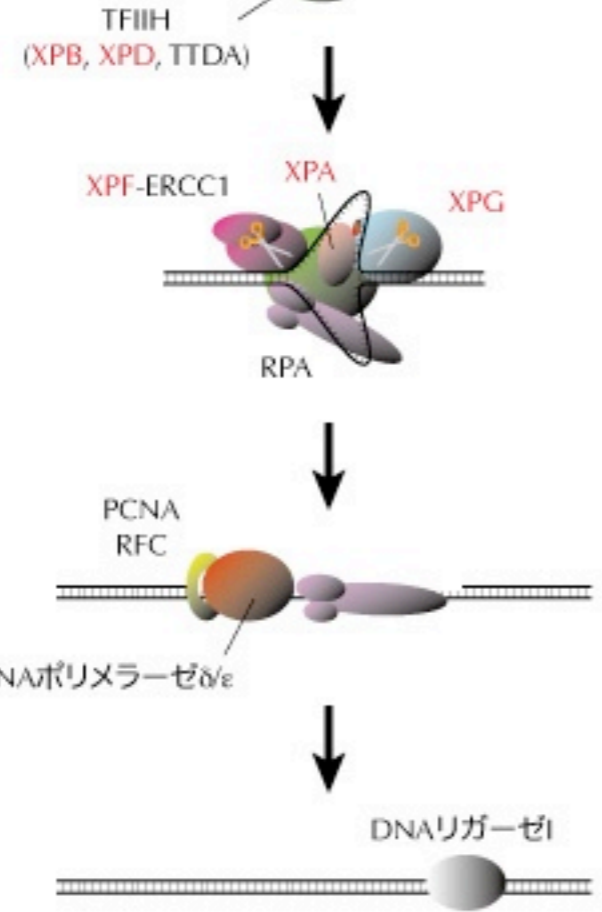


(東京大学教養学部 小豆川勝見先生のスライドより借用)

ゲノム全体を対象とする修復 (GGR)



TFIIHによるDNA二重鎖の巻き戻し

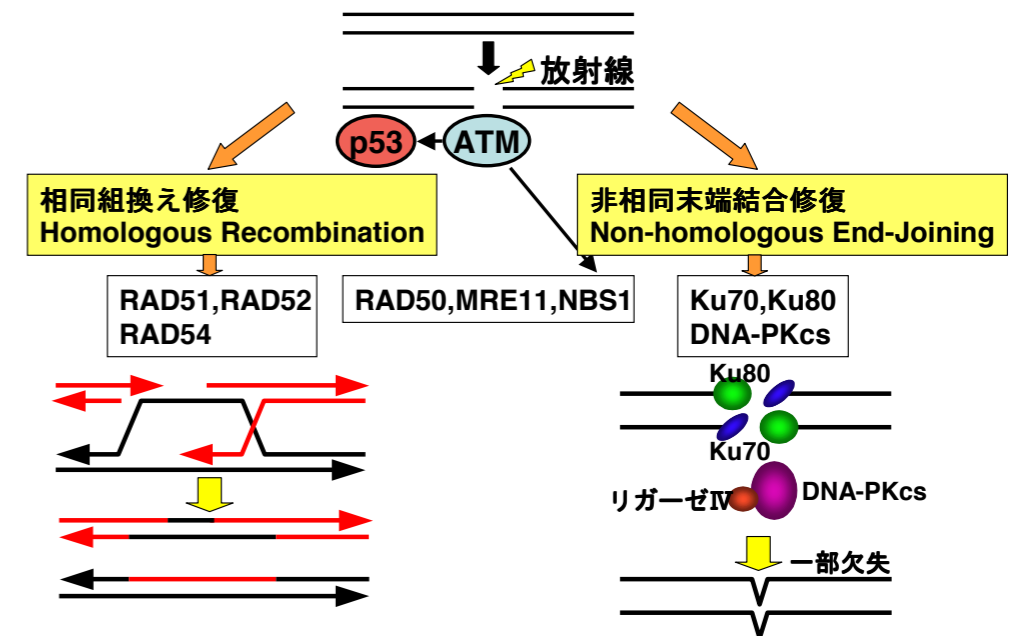


損傷両側における一本鎖切断

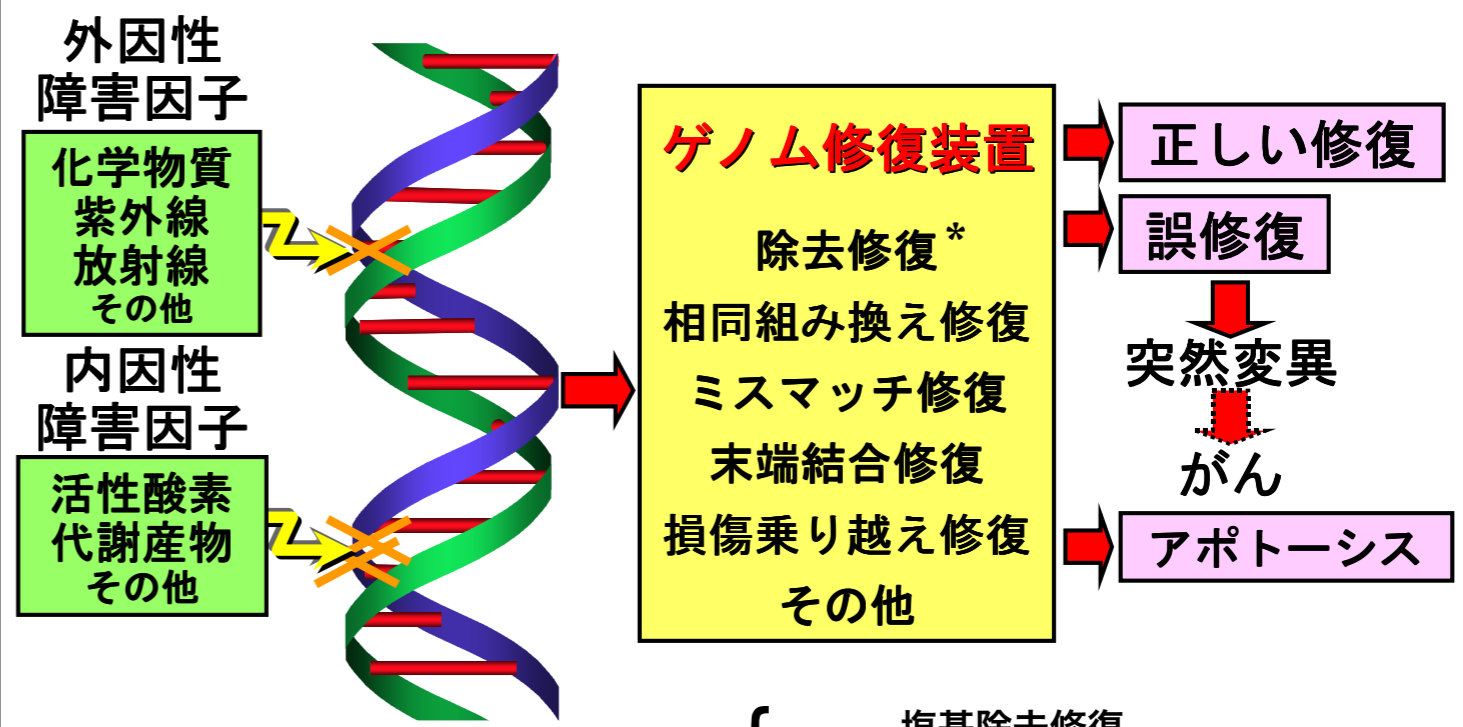
DNA修復合成

DNA鎖の再連結

DNA二本鎖切断の修復経路



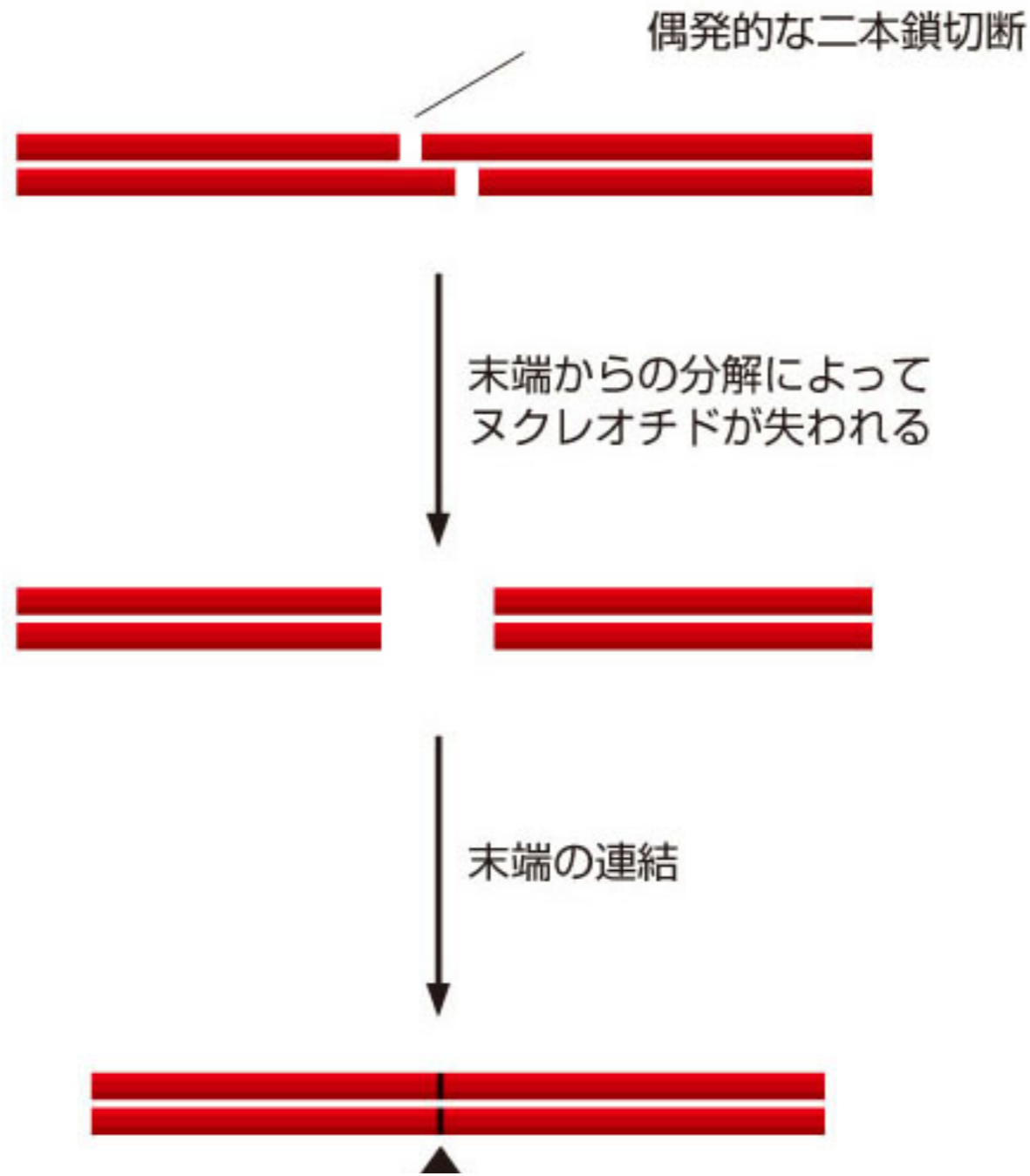
ゲノムのキズを修復するシステム



(*) { 塩基除去修復
ヌクレオチド除去修復

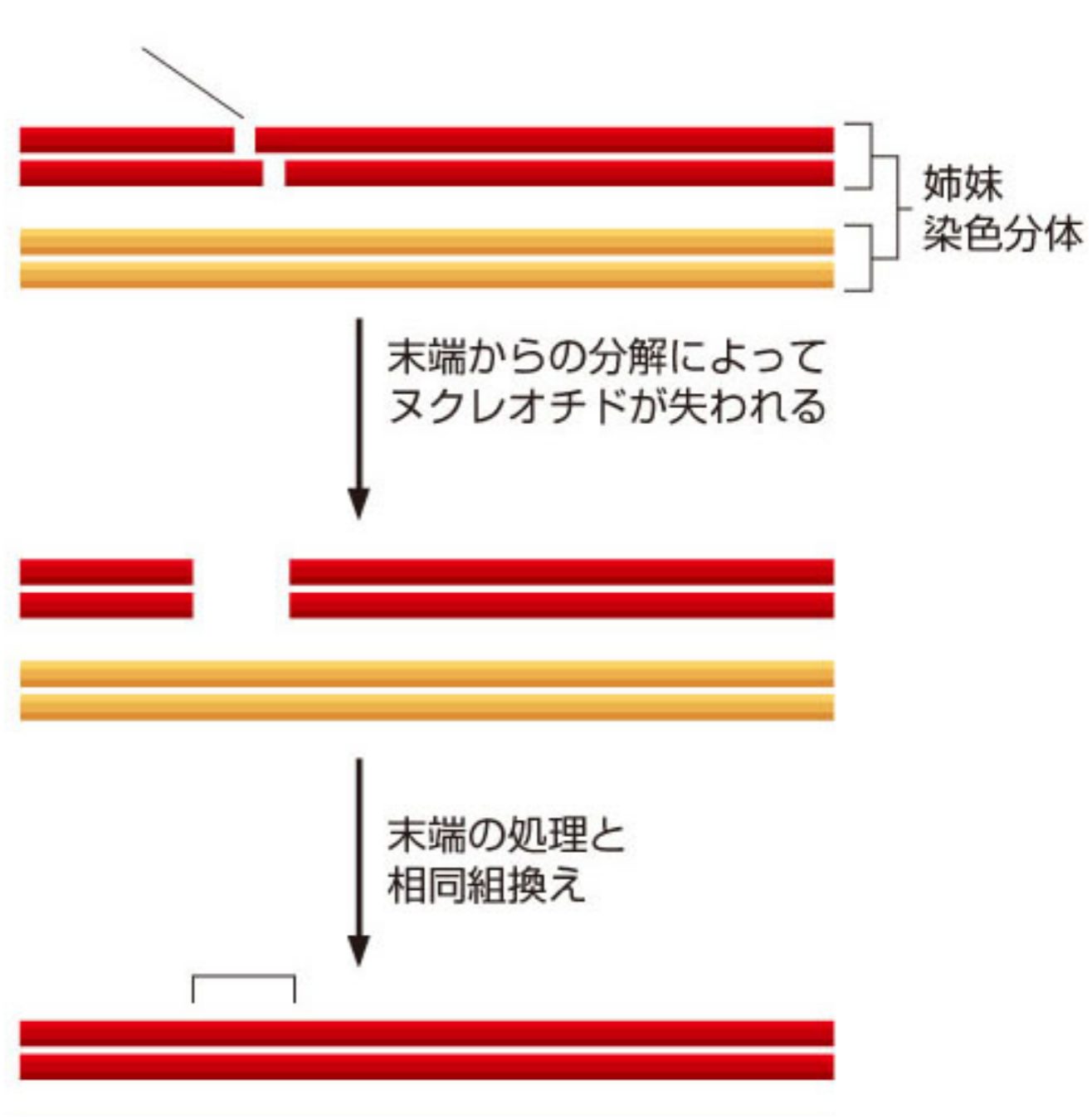
DNA二本鎖同時切断の場合の修復

非相同末端結合修復



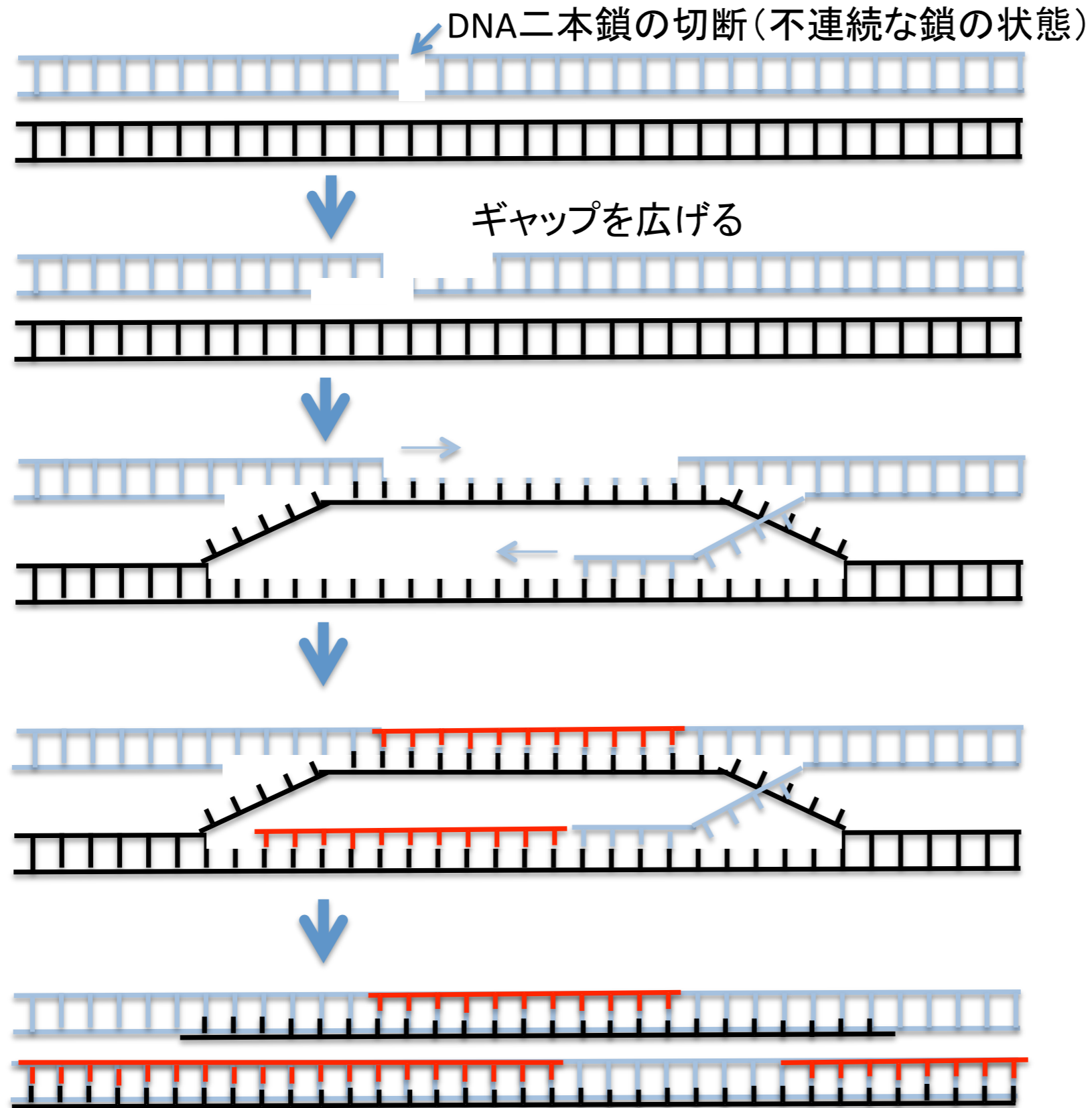
非分裂細胞の場合

相同組み換え修復



分裂細胞の場合

相同組み換え修復

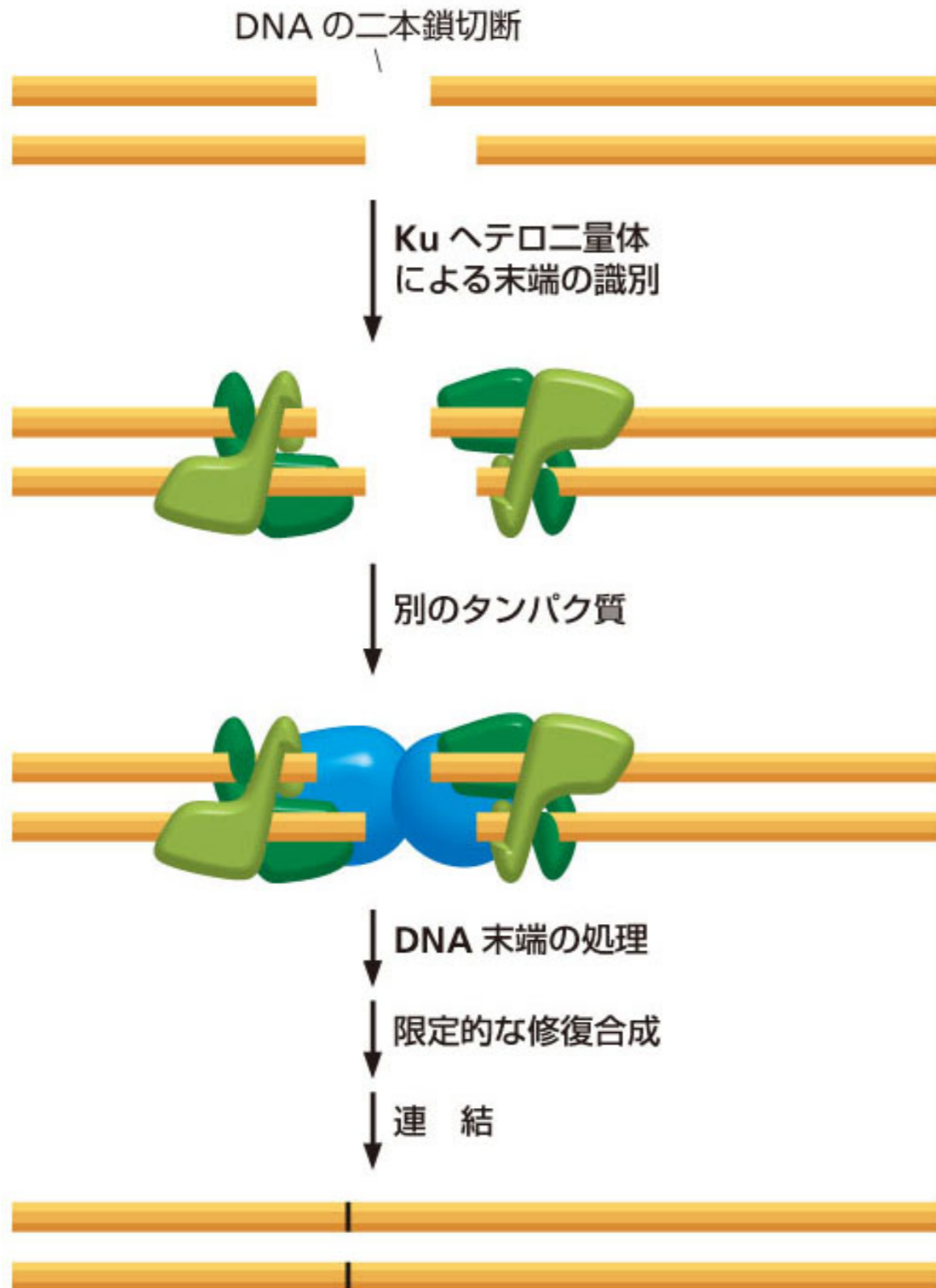


分裂細胞の場合

Molecular Biology of THE CELL 5th Edition

©2010 Newton Press / ©2008 Garland Science

非相同末端結合修復



修復された DNA では、普通はヌクレオチドが欠失する

分裂細胞の場合

致命傷から免れるために
DNA切断面同士結合する。
ただ、端が減ったり増えたり
する可能性はある。

The Nobel Prize in Chemistry 2015



Photo: Cancer Research UK

Tomas Lindahl

Prize share: 1/3



Photo: K. Wolf/AP Images for HHMI

Paul Modrich

Prize share: 1/3



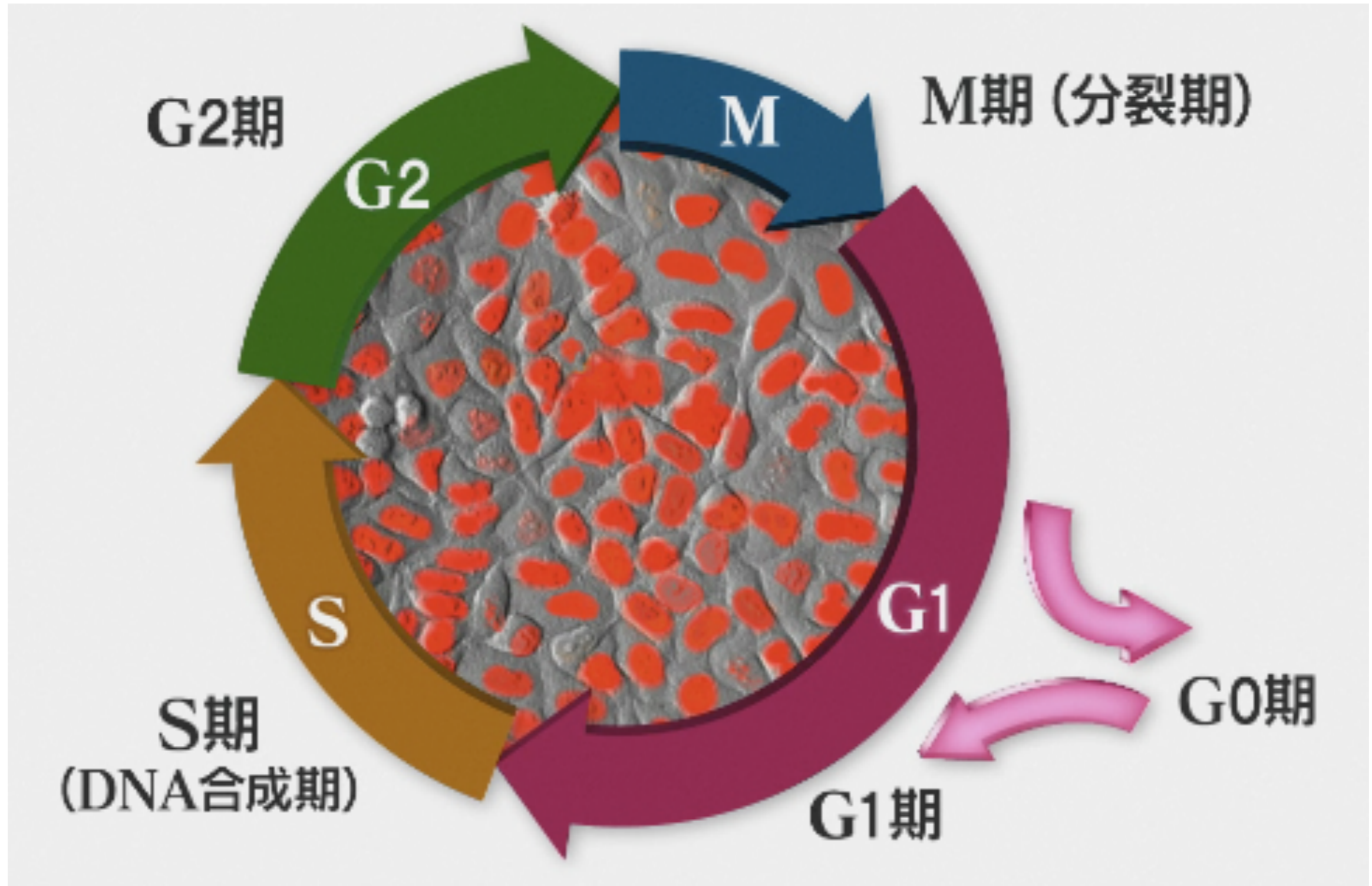
Photo: M. Englund, UNC-School of Medicine

Aziz Sancar

Prize share: 1/3

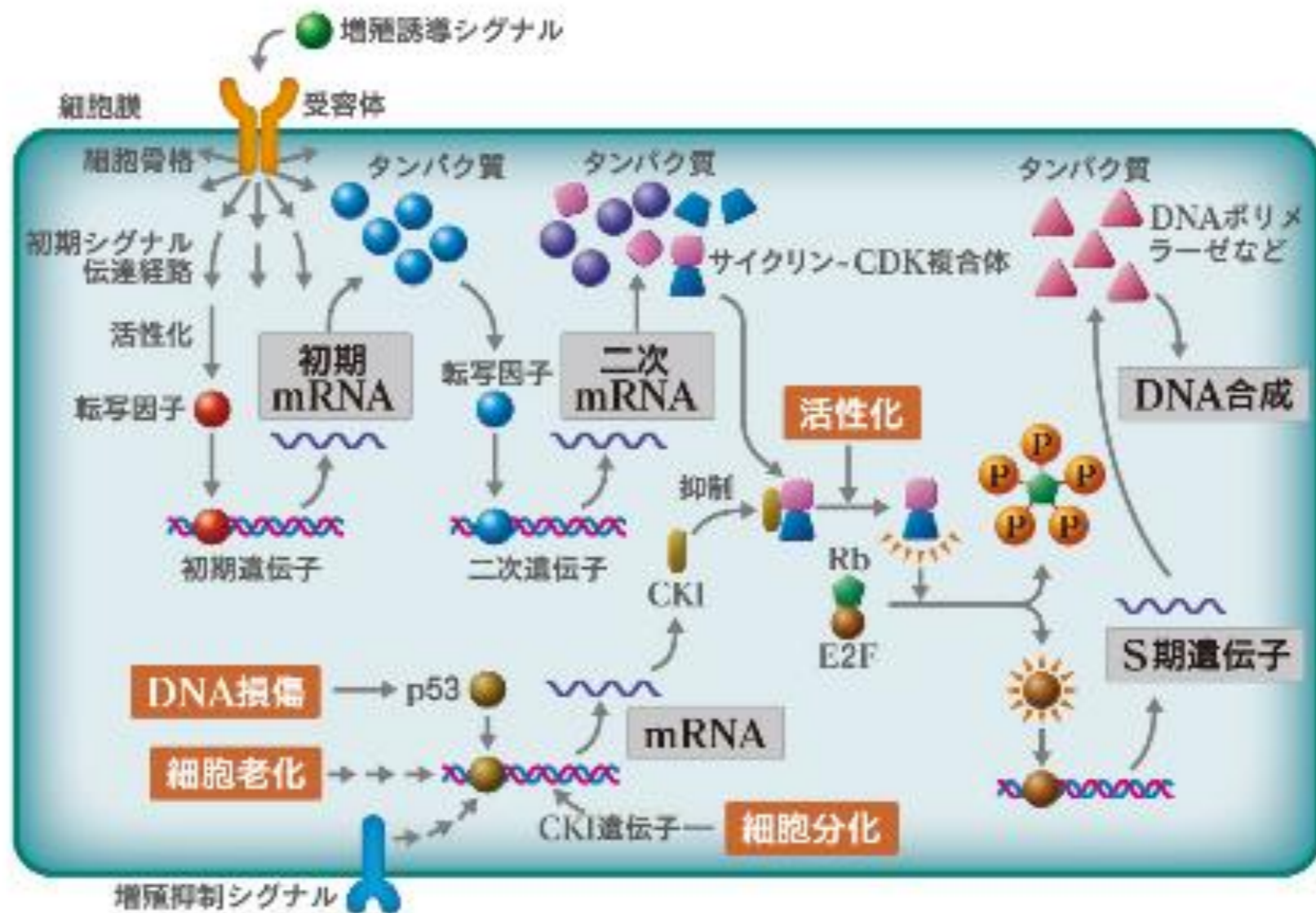
The Nobel Prize in Chemistry 2015 was awarded jointly to Tomas Lindahl, Paul Modrich and Aziz Sancar *"for mechanistic studies of DNA repair"*.

細胞周期と放射線感受性

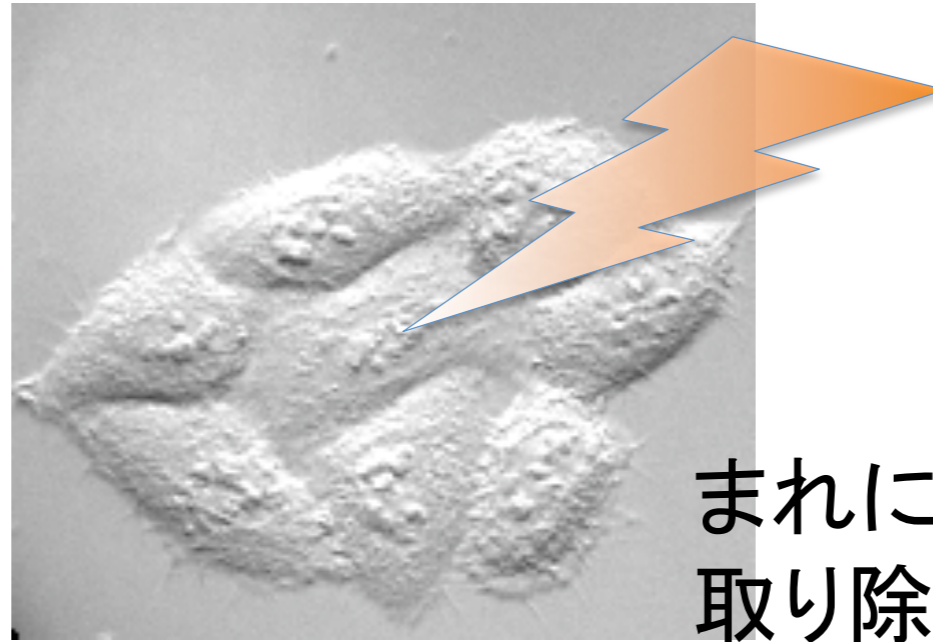


チェックポイント機構

DNA損傷→P53がみつける 細胞周期の進行を調節する



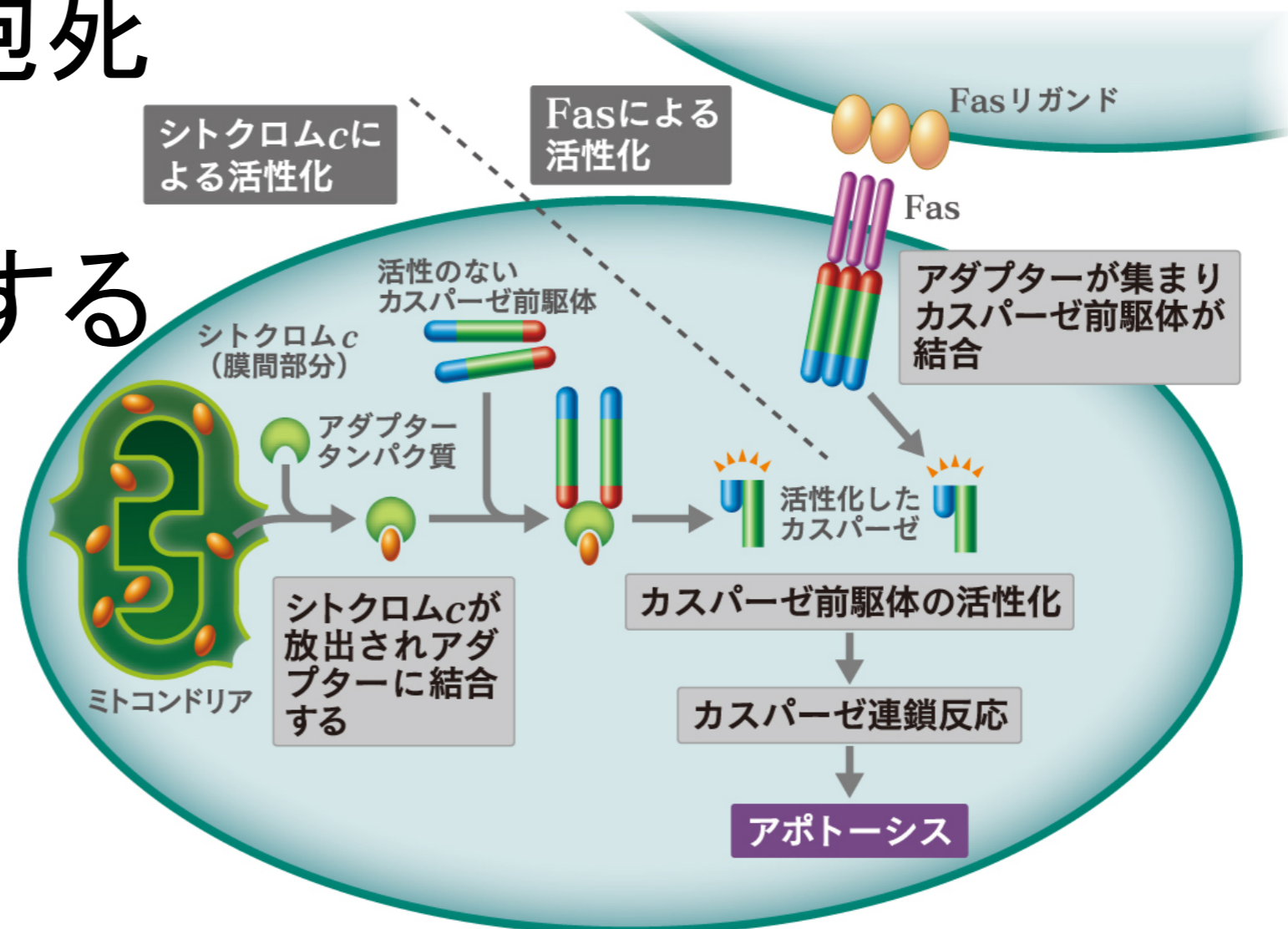
細胞周期の進行を調節する

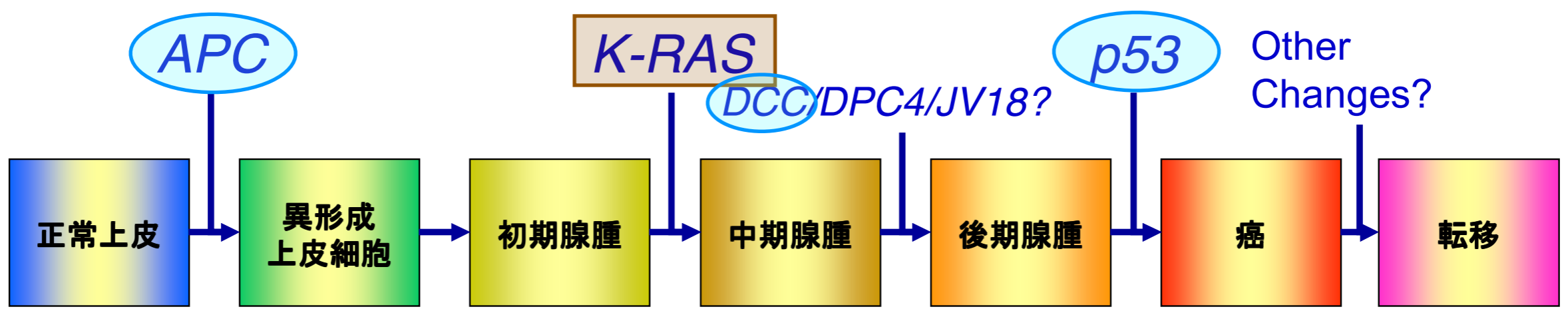


まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう

プログラム細胞死

細胞が自爆する





多段階発がん仮説

がん = 細胞の異常増加

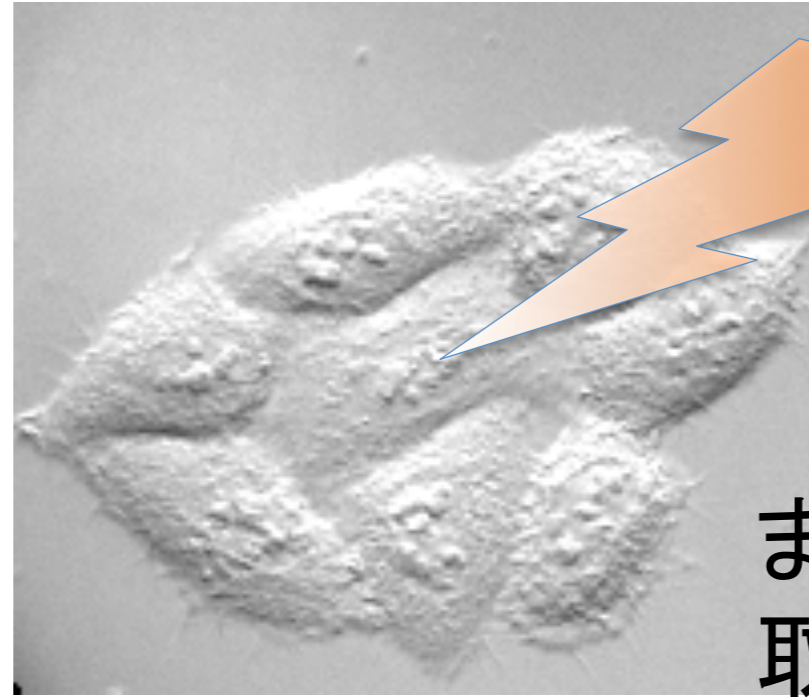
がん遺伝子

がん抑制遺伝子

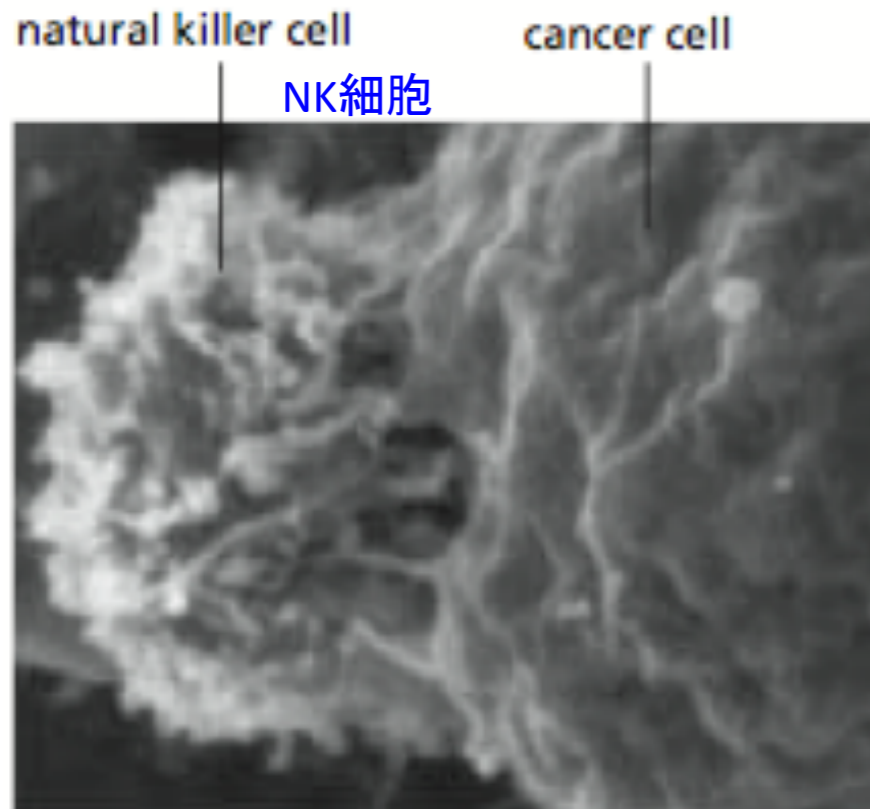
ミスマッチ
修復の欠陥

ゲノム不安定性の誘導

- 放射線による直接電離、および水のイオン化で生じるラジカルはたしかに DNA に損傷を与える（おそらく線量に比例）。なかでも二本鎖切断が特に問題となる（高LETを与えるα線、中性子線は生物学的効果が大きい）。
- しかしそもそも DNA 損傷は化学物質など放射線以外の要因によっても、また普段の DNA 複製の際の複製エラーでも生じている。
- ヒトを含む生物の細胞には、DNA 損傷に対する多種多様な修復機能が備わっている。
- それら DNA 修復遺伝子自体が損傷を受けると修復機能が低下するが、DNA 損傷が残ってもすぐガンになるのではなく、細胞がガン化するのは多段階のガン遺伝子（アポトーシス(細胞死)に関与する p53 ガン抑制遺伝子を含む）に次々に突然変異が生じた場合。
- 一方で、DNA 修復遺伝子に異常のある病気の人、通常の人よりはるかにガンにかかりやすい。（色素性乾皮症、運動失調性毛細管拡張症、ナイミーヘン切断症候群など）



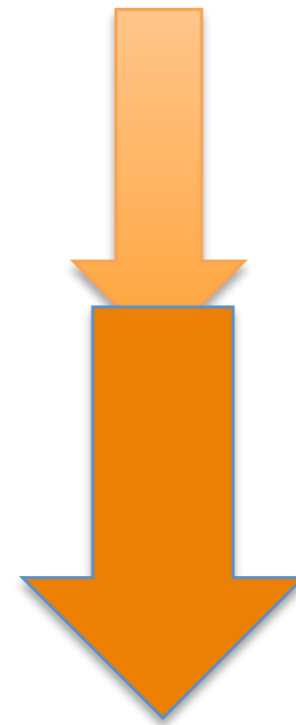
まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう



natural killer cell

NK細胞

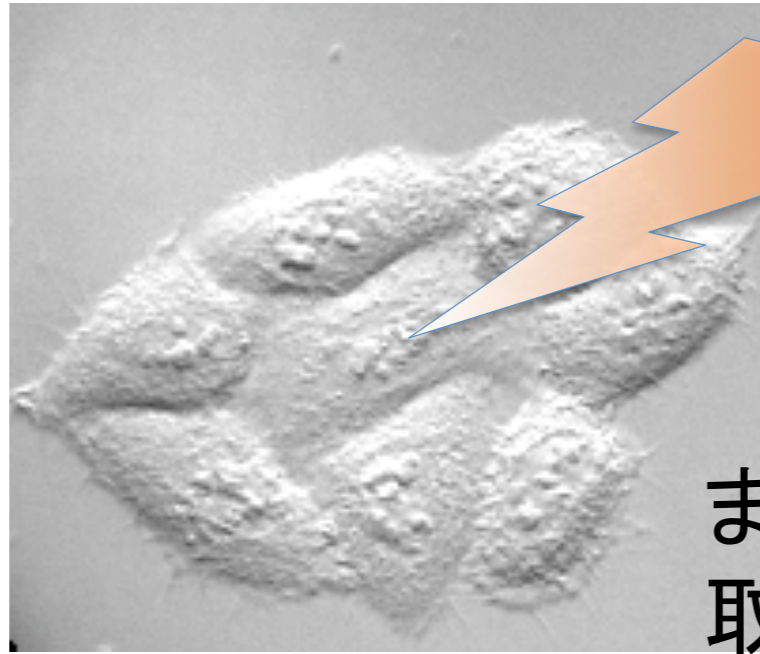
cancer cell



修復の失敗

細胞死も起こらない

自然免疫系にとらえられる

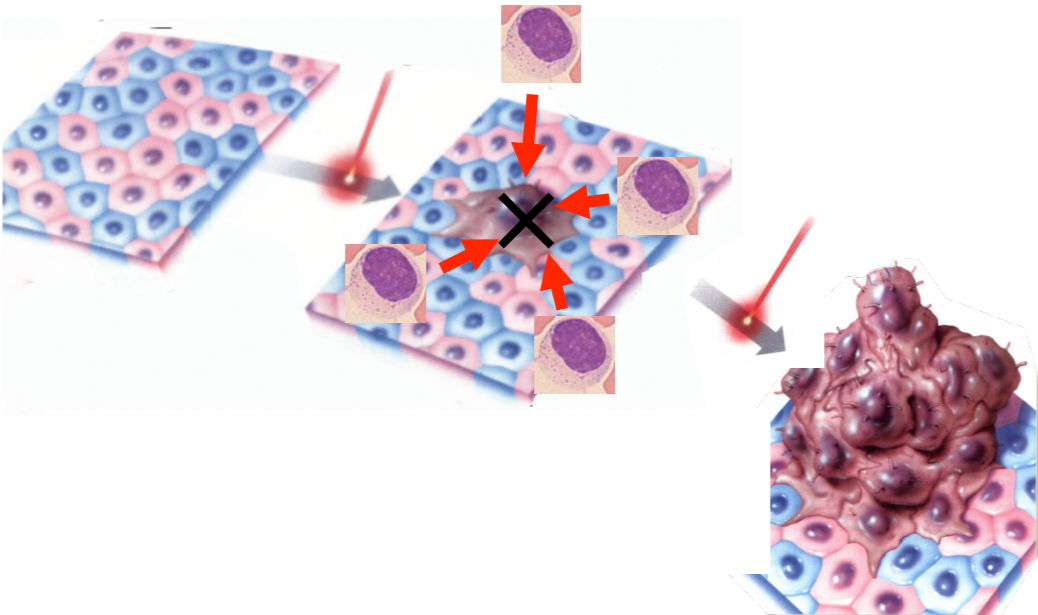


まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう

修復の失敗

細胞死も起こらない

NK細胞も取り逃がした
(自然免疫系)



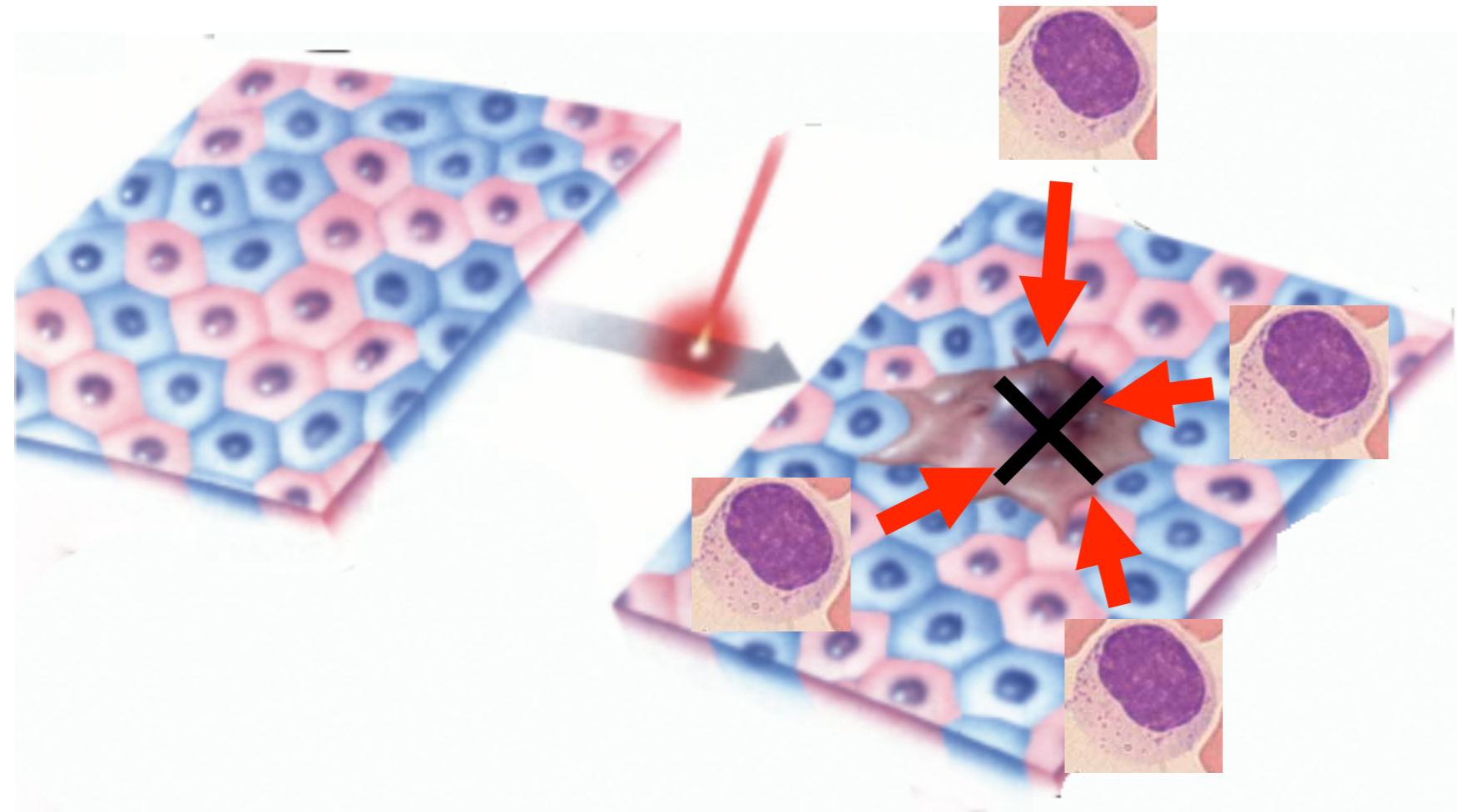
良性／悪性

がん細胞が残ってしまう

浸潤性

がん、とは？

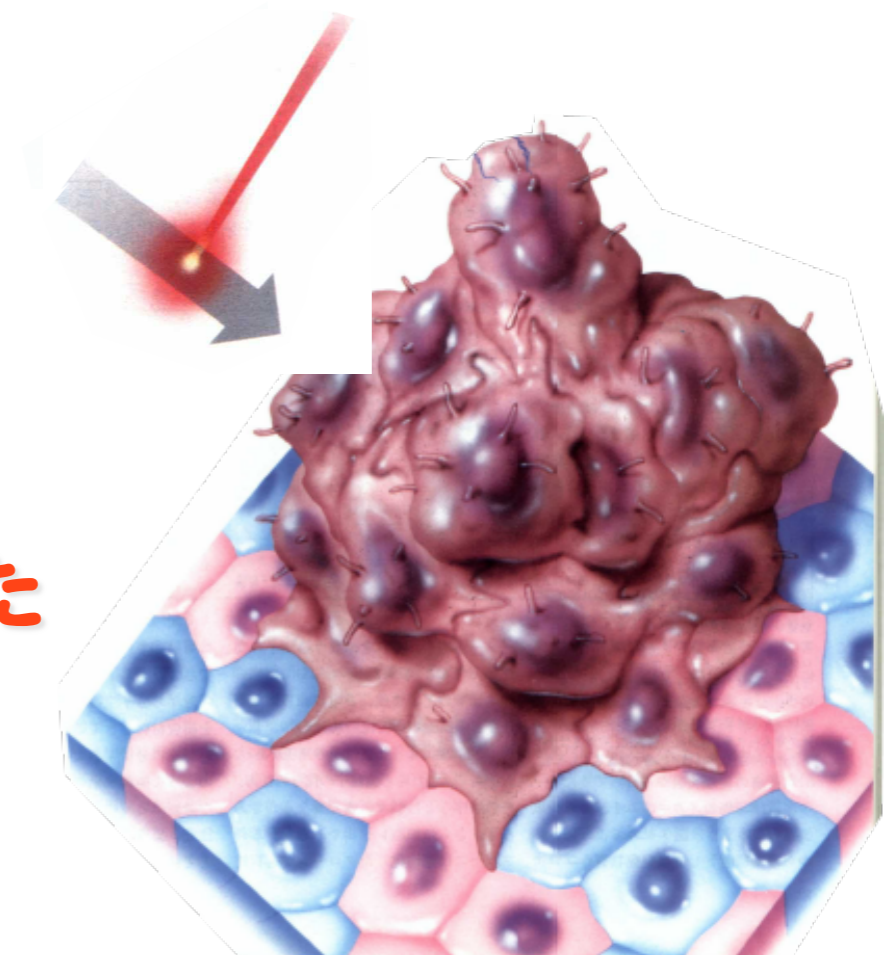
がん細胞は毎日5000個もできている！！



リンパ球が、できたてのがん細胞を殺す

免疫の攻撃をかいくぐった
ものが「がん」

がん、とは一種の「老化」



日本物理学会誌

- 放射線の人体への影響
- スケール不変性 vs 実形不変性

BUTSURI
JOURNAL OF THE PHYSICAL SOCIETY OF JAPAN
2013 VOL. 68 NO. 3

3



<http://www.jppt.or.jp/>

放射線の人体への影響

泉 雅子

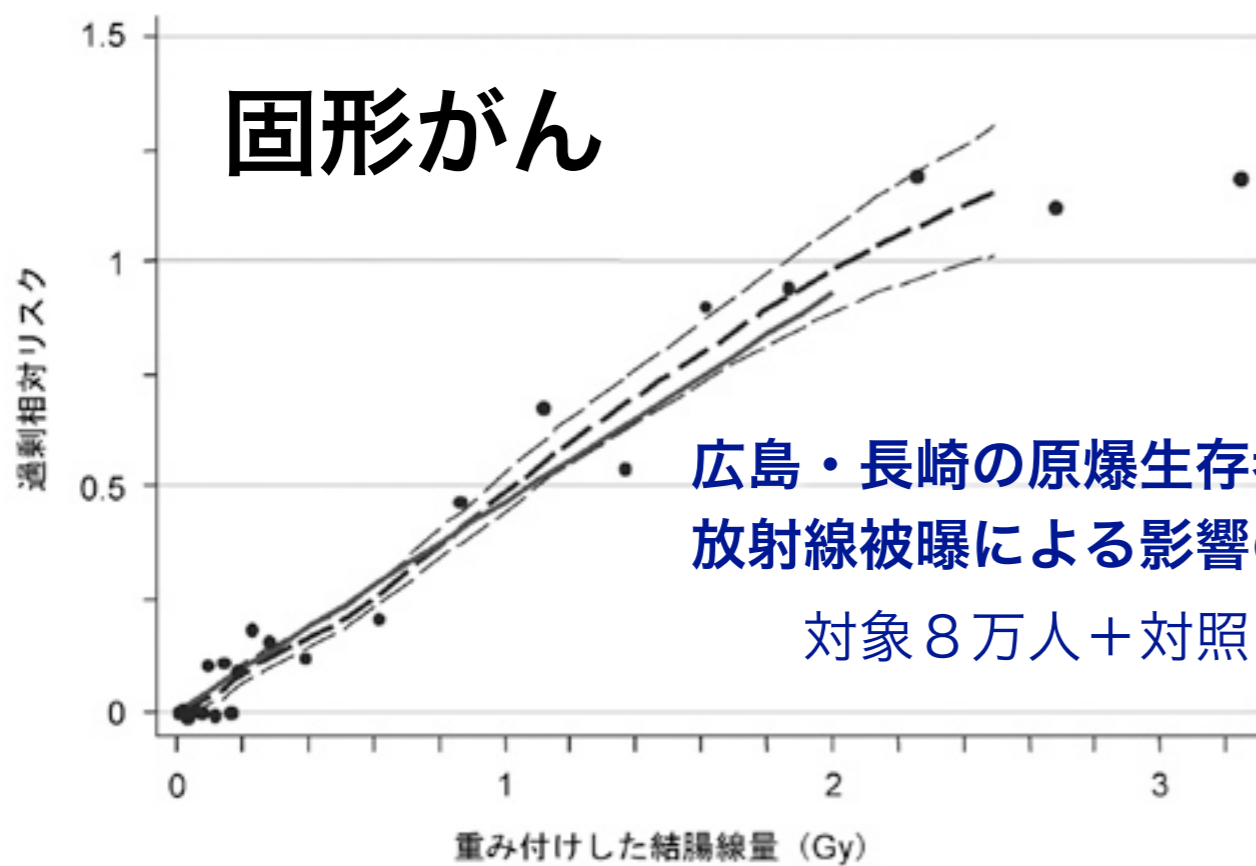


図 LSS (寿命調査) 集団における固形がん発生の過剰相対リスク (線量別) 1958-1998年。太い実線は、被爆時年齢30歳の人が70歳に達した場合に当てはめた、男女平均過剰相対リスク (ERR) の線形線量反応を示す。太い破線は、線量区分別リスクを平滑化したノンパラメトリックな推定値であり、細い破線はこの平滑化推定値の上下1標準誤差を示す。

表. LSS集団における固形がん発生のリスク (線量別)、1958-1998年

重み付けした結腸線量 (Gy)	対象者数	がん		寄与率
		観察数	推定過剰数	
0.005 - 0.1	27,789	4,406	81	1.8%
0.1 - 0.2	5,527	946	75	7.6%
0.2 - 0.5	5,935	1,144	179	15.7%
0.5 - 1.0	3,173	688	206	29.5%
1.0 - 2.0	1,647	460	196	44.2%
>2.0	564	185	111	61.0%
合計	44,635	7,851	848	10.7%

(財) 放射線影響研究所 データ

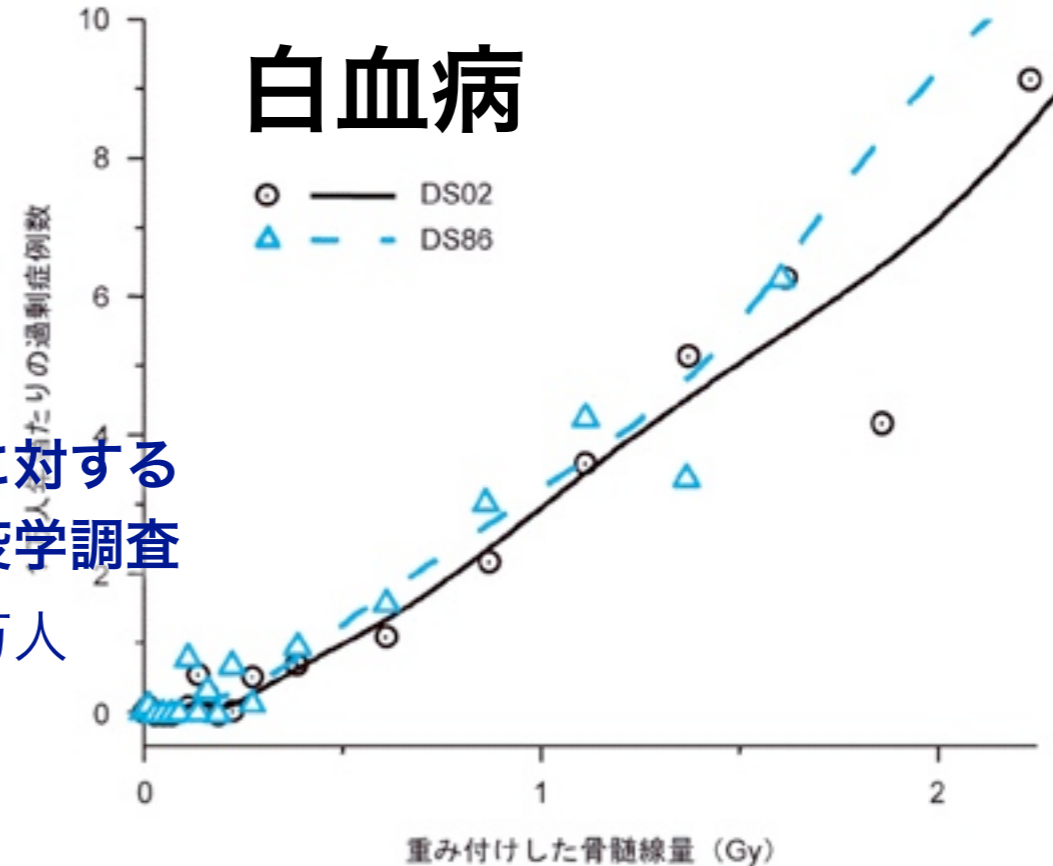


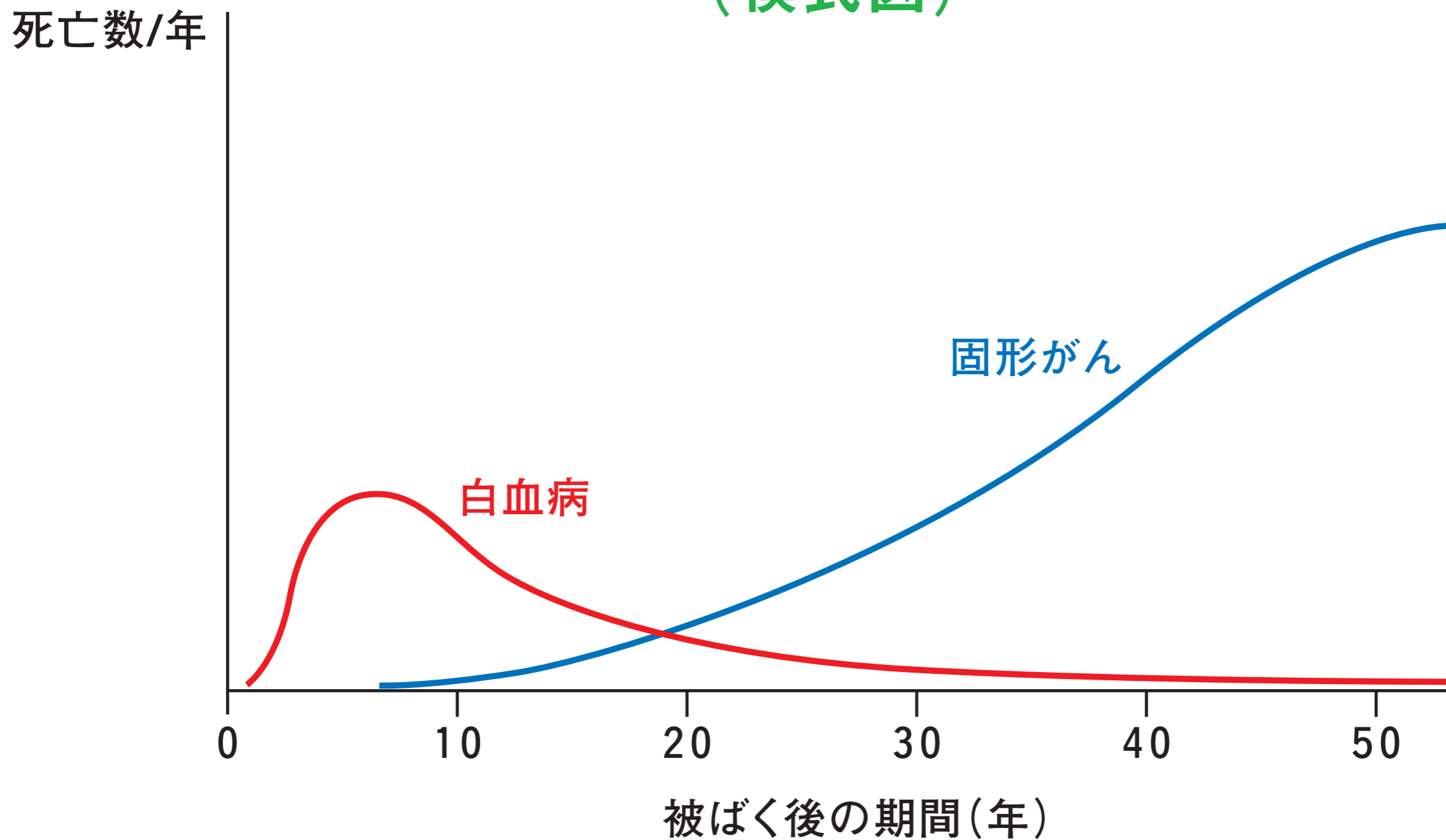
図. DS02とDS86による白血病のノンパラメトリックな線量反応、1950-2000年。被爆時年齢20-39歳の人々の1970年における男女平均リスク。

表. LSS集団における白血病による死亡の観察数と推定過剰数、1950-2000年

重み付けした骨髄線量 (Gy)	対象者数	死亡		寄与率
		観察数	推定過剰数	
0.005 - 0.1	30,387	69	4	6%
0.1 - 0.2	5,841	14	5	36%
0.2 - 0.5	6,304	27	10	37%
0.5 - 1.0	3,963	30	19	63%
1.0 - 2.0	1,972	39	28	72%
>2.0	737	25	28	100%
合計	49,204	204	94	46%

低線量被曝の影響について疫学調査の結果から結論を導きだすのは統計学的に困難。

原爆放射線に関連する死亡数の時間的経過 (模式図)



公益財団法人 放射線影響研究所 (放影研 RERF)



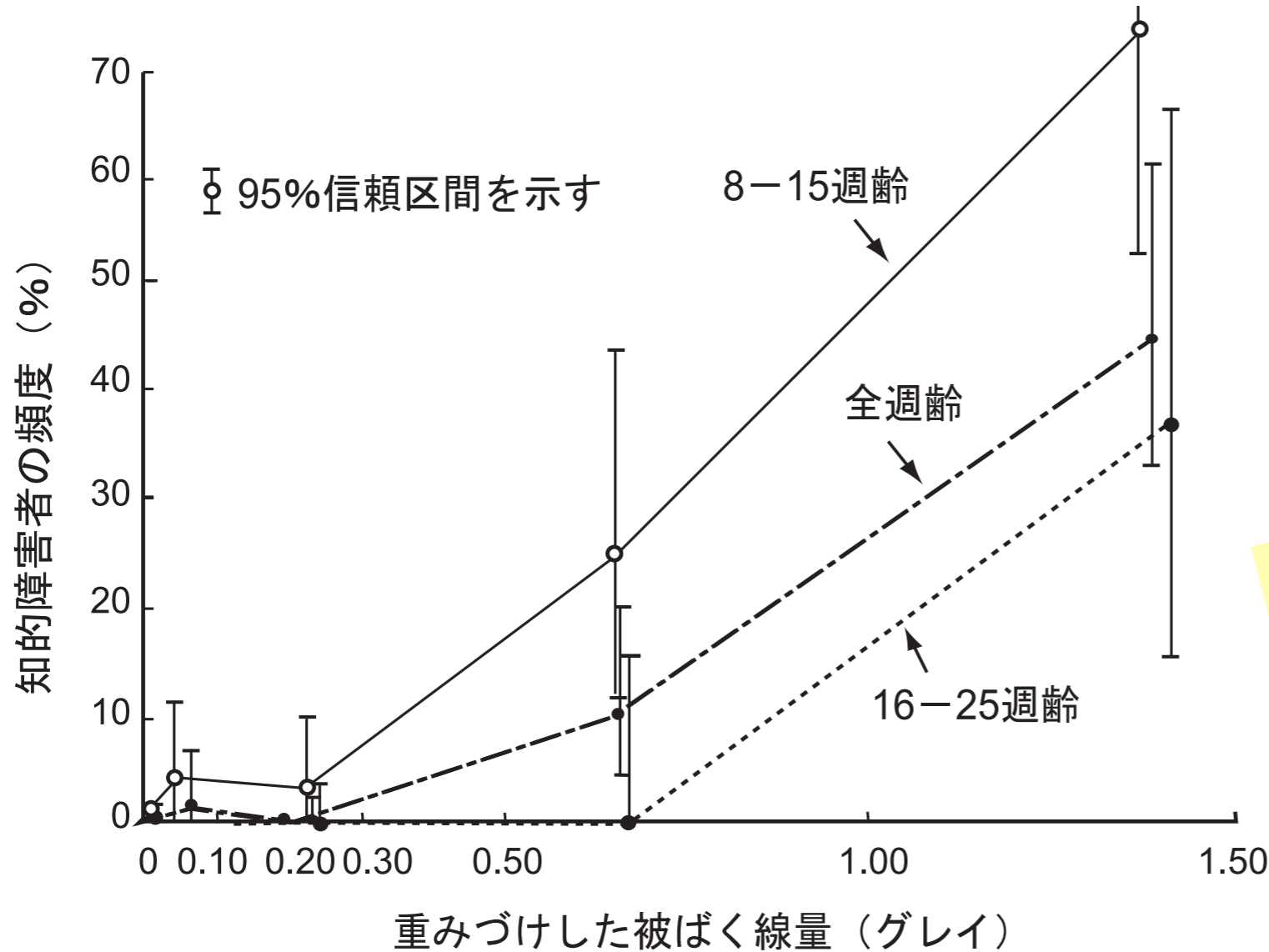
@広島市南区 比治山公園



@長崎市蛭茶屋

胎内被爆者における放射線の影響

本人が胎内で被曝



(財)放射線影響研究所 パンフレット「放射線影響研究所のご案内」

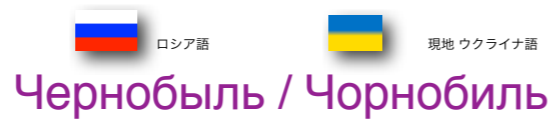
チェルノブイリ事故の後、ヨーロッパ全土で不必要な墮胎が数万人以上だったともいわれる。(風評・過度の心配による犠牲)

放射線による**遺伝的影響**は認められず

これまでのところ原爆被爆者の子供に臨床的または潜在的な影響を生じたという証拠は得られていない。事実これはマウスを用いた実験からの予測と一致しており、遺伝的变化に関する限り、ヒトは放射線に対してマウス以上に高い感受性を示すわけではないことを示唆している。

親の精子／卵子が被曝

低線量・低線量率の被曝とガン死亡



チェルノブイリ原発事故

チェルノブイリ原発
黒鉛炉
格納容器なし
1週間燃え続けた

福島第一原発
沸騰水型軽水炉
格納容器あり
水素爆発・汚染水流出

^{131}I (ヨウ素 ^{131}I) total **200京ベクレル !!**

初期消火に当たった原発作業員・消防隊員が
致死・亜致死量の被曝。28人死亡。

事故処理に当たった軍人ら“リクビダートル”
60万人が数百 mSv 被曝

3 km にあるプリピャチ市民は翌日に強制避難
半径 10 km 圏内の避難が1週間遅れた。

(最大で 750 mSv の被曝)

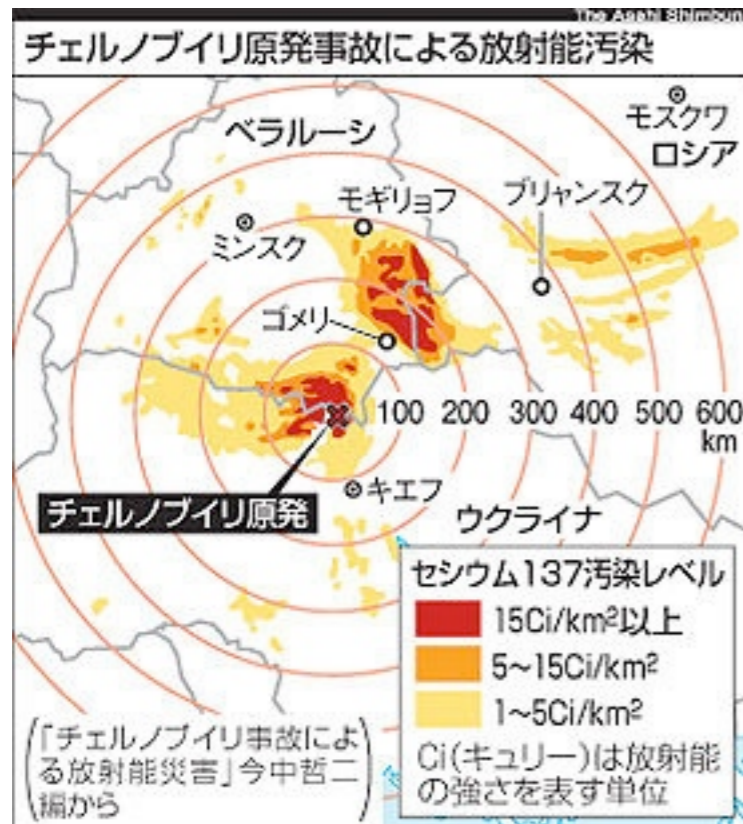
30 km 圏内の牛乳の摂取規制がなされず。

一般住民で確認された健康への影響は
こどもの甲状腺ガンの増加のみ。

毎年 1/300,000人 → 1/10,000人
(患者数 5000人、死亡 15人)

甲状腺平均被曝量 2 Gy !!

と、ずっと大きいストレスによる失調



低線量・低線量率の被曝とガン死亡

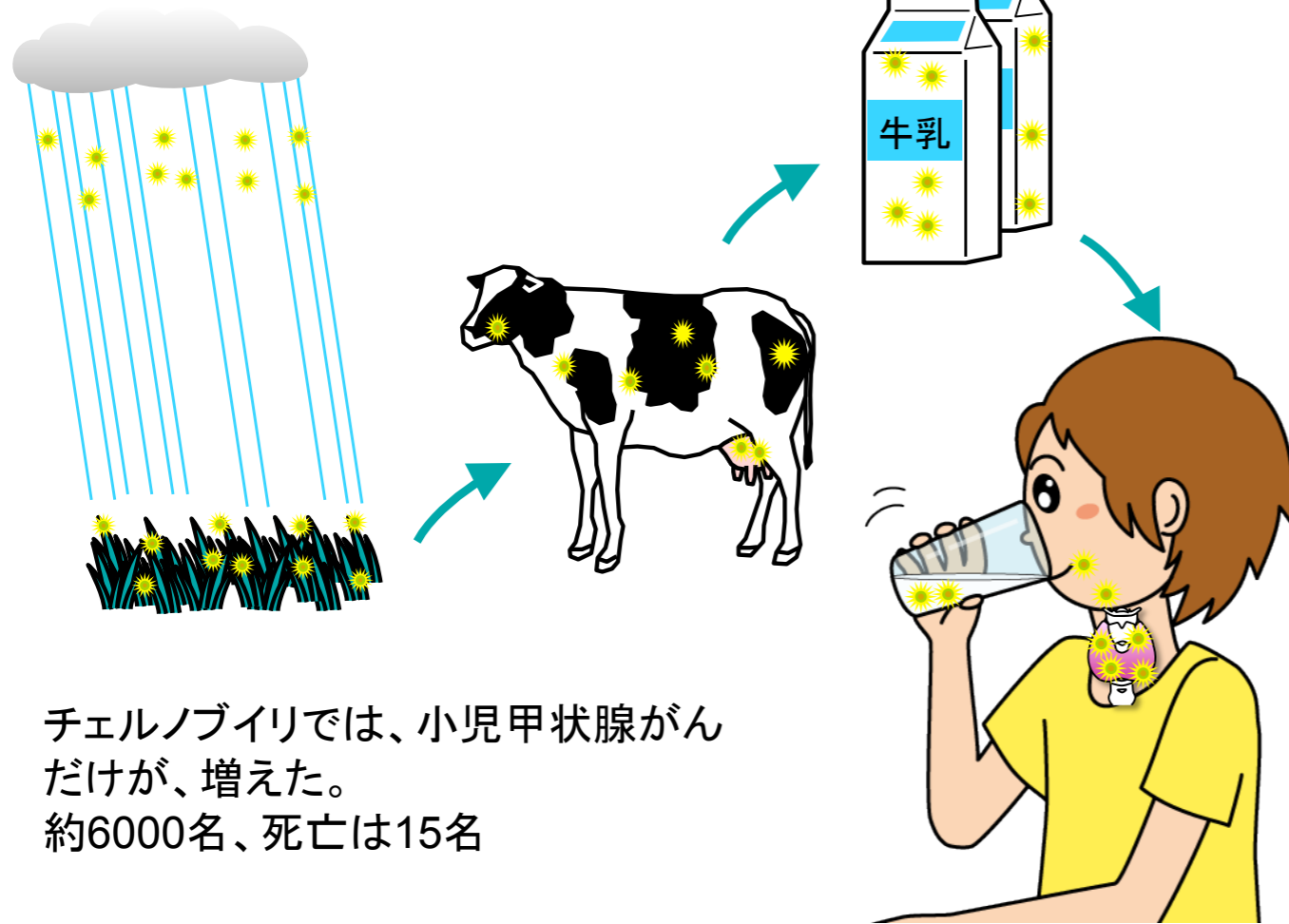


ロシア語
Чернобыль / Чорнобиль



チェルノブイリ原発事故

^{131}I (ヨウ素 ^{131}I) total 200京ベクレル !!



一般住民で確認された健康への影響は
こどもの甲状腺がんの増加のみ。
(地産地消の牛乳による摂取が問題)

毎年 1/300,000人 → 1/10,000人
(患者数 5000人、死亡 15人)

甲状腺平均被曝量 **2 Gy**

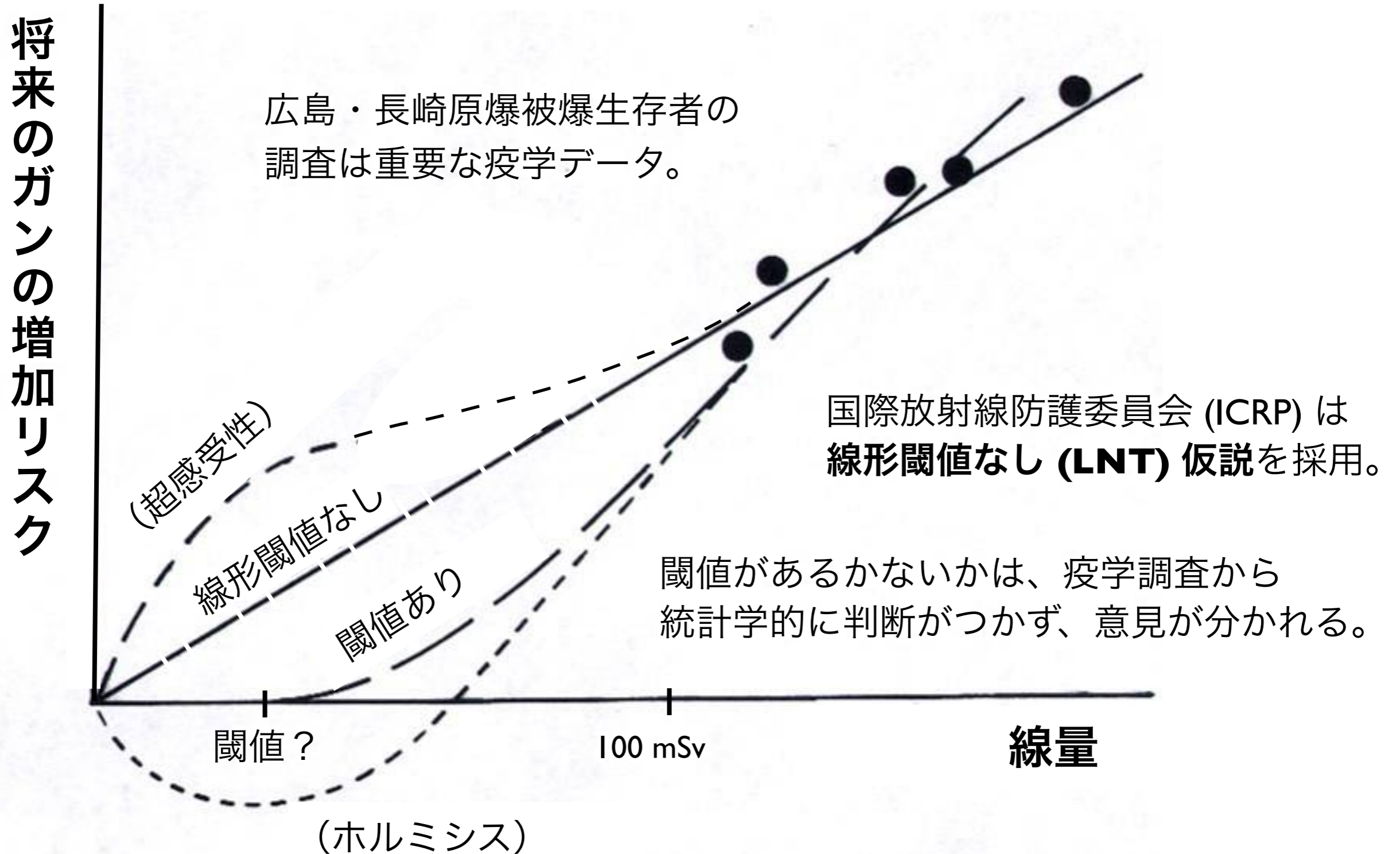
= **2000 mSv !!** (10 Gy 以上の被曝も!)
と、ずっと大きいストレスによる失調

いわき市、飯舘村のこどもの甲状腺被曝調査
最大で **35 mSv** の被曝 (甲状腺等価線量)

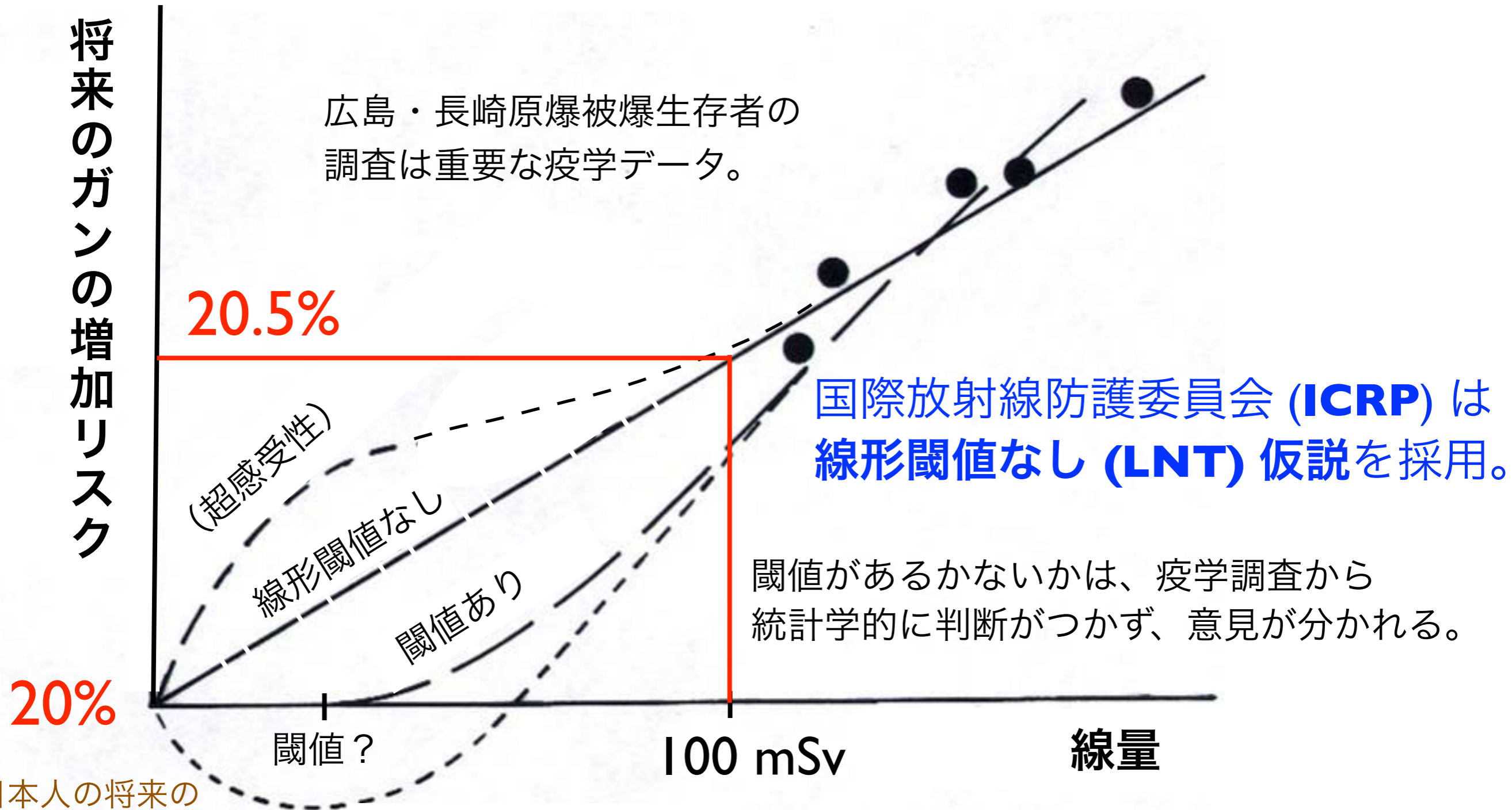
震災・事故による喪失感は共通

放射線のリスク評価と防護

低線量におけるリスク評価



低線量におけるリスク評価



日本人の将来のガン死亡リスクは男性が 26%、女性が 16%

(ホルミシス)

慢性被曝が急性被曝に比べて効果が何分の1になるかの係数

線量・線量率効果係数 **DDREF = 2**

コメント

LNT（線形閾値なし）仮説はあくまでも放射線あるいは環境化学物質に対する基準の策定に必要な防護の具体的数値を算出するための仮説として提出されたもので、メカニズムの面からは必ずしも支持されるわけではない。

佐渡敏彦ほか「放射線および環境化学物質による発がん：本当に微量でも危険なのか？」（医療科学社）

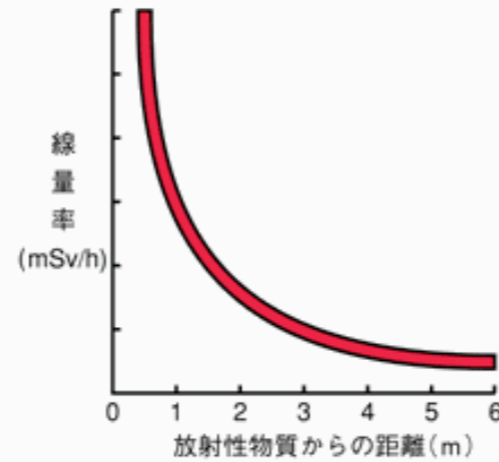
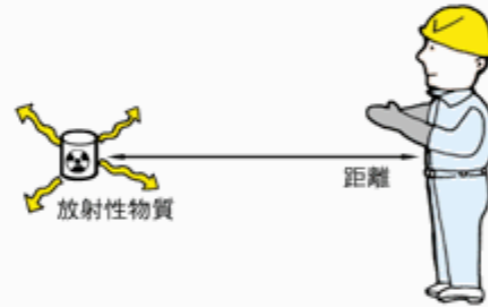
等価線量も実効線量も、放射線防護の目的にのみ使用できる量である。つまり、放射線を利用する計画に伴う将来のリスクを予測評価するための目安であって、すでに受けてしまった放射線曝露から個人が受けるリスク（たとえば、将来がんを誘発する可能性）を評価するために用いるべきではない。

多田順一郎「わかりやすい放射線物理学 改訂2判」オーム社

放射線防護

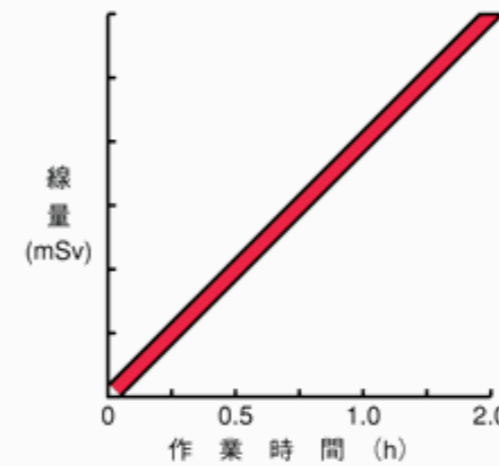
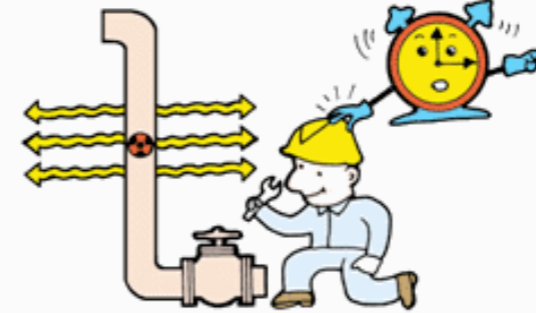
● 距離による防護

$$[\text{線量率}] = [\text{距離}]^2 \text{に反比例}$$

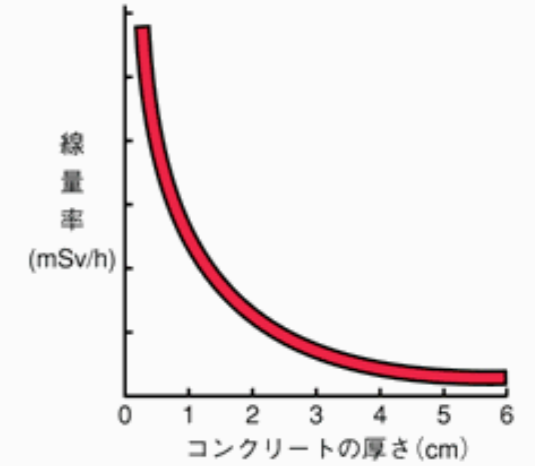
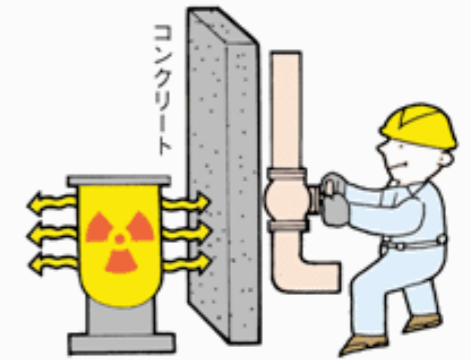


● 時間による防護

$$[\text{線量}] = [\text{作業場所の線量率}] \times [\text{作業時間}]$$



● 遮蔽による防護



確定的影響は
発症させない。
確率的影響を
できるだけ減らす。

図1 遮へい3原則の図

[出典] 電気事業連合会:「原子力・エネルギー」図面集2003-2004、p.130

防護の最適化：個人線量、被曝人数、潜在的被曝の可能性のすべてを、経済的および社会的要因を考慮に入れたうえで、合理的に達成できる限り低く保つべきである。

(ALARA の原則 = As Low As Reasonably Achievable)

個人被曝の線量限度

線量限度の一覧表（作業者）

職業被曝（作業者 放射線業務従事者）

実効線量	100 mSv / 5年 かつ 50 mSv / 年
女子 妊娠中の女子	5 mSv / 3月 内部被曝について 1 mSv / 期間中
等価線量	
水晶体	150 mSv / 年
皮膚	500 mSv / 年
妊娠中の女子の 腹部表面	2 mSv / 期間中

	1990勧告	1977勧告
実効線量	20mSv/年（5年平均）	50mSv/年
水晶体等価線量	150mSv/年	150mSv/年 ²⁾
皮膚等価線量	500mSv/年 ¹⁾	500mSv/年
手・足の等価線量	500mSv/年	500mSv/年 ³⁾
その他の組織	—	500mSv/年

1) 被ばく部位に関係なく、深さ7 mg/cm²、面積1 cm²の皮膚についての平均線量に適用される。

年リスク千分の1 (18歳から65歳までの就業期間の被曝の場合で、65歳までのリスクの最大値)

線量限度の一覧表（一般公衆）

公衆被曝（一般公衆）

実効線量	1 mSv / 年
等価線量	
水晶体	—
皮膚	—

	1990 勧告	1977 勧告
実効線量	1 mSv/年	5 mSv/年 ¹⁾ , 1 mSv/年（生涯の平均）
水晶体等価線量	15 mSv/年	50 mSv/年
皮膚等価線量	50 mSv/年 ³⁾	50 mSv/年
その他の組織	—	50 mSv/年 ²⁾

1) 1985年のパリ声明で主たる限度を1年につき1 mSvとして、補助的な限度を5 mSv/年とした。

2) 1985年のパリ声明で実効線量当量の制限によって不要になった。

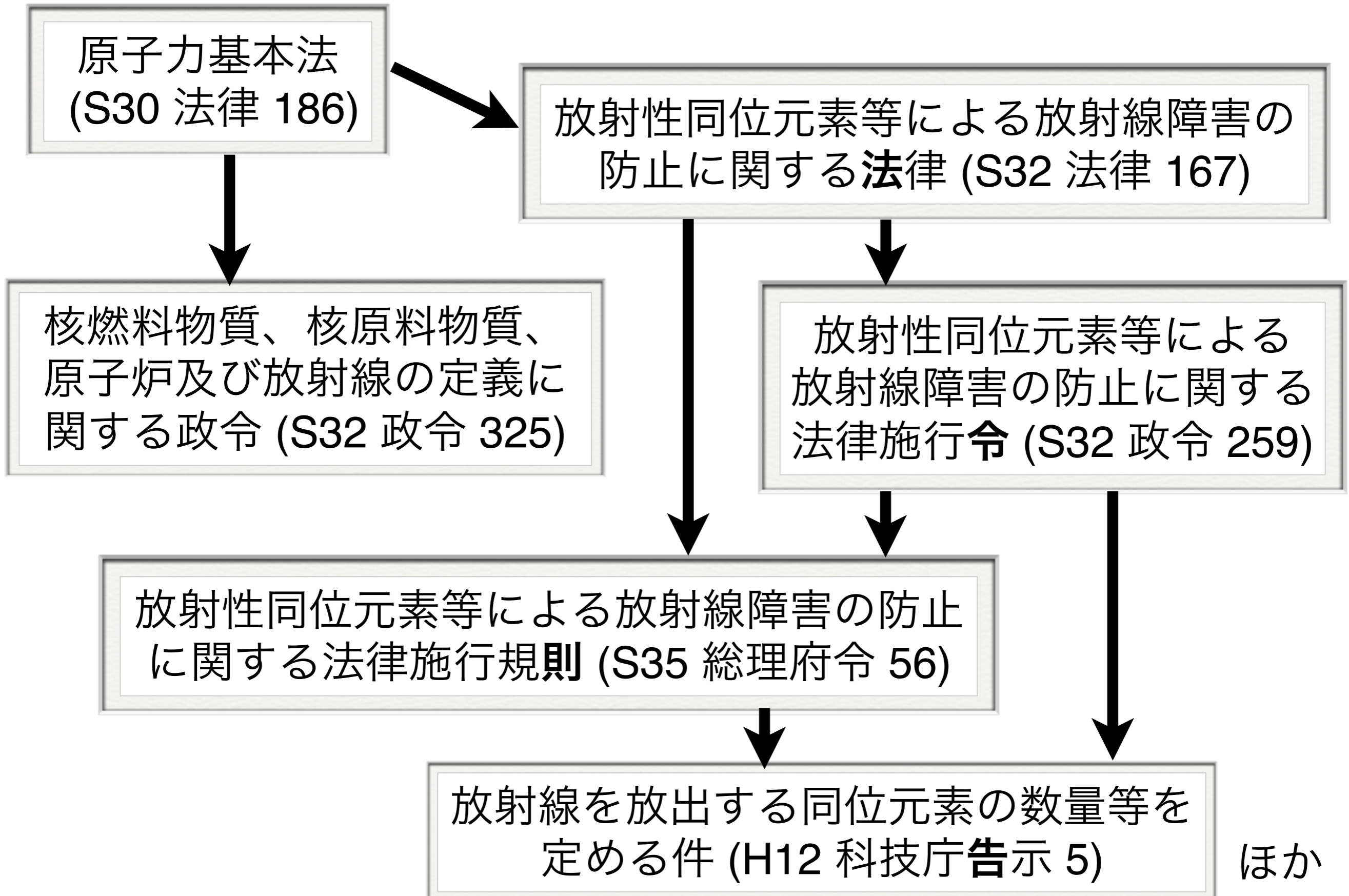
年リスク1万分の1 (毎年被曝の場合、65歳までの最大値) **ICRP 勧告**

〔出典〕（1990年ICRP新勧告と1977年ICRP勧告における線量限度値対照表）

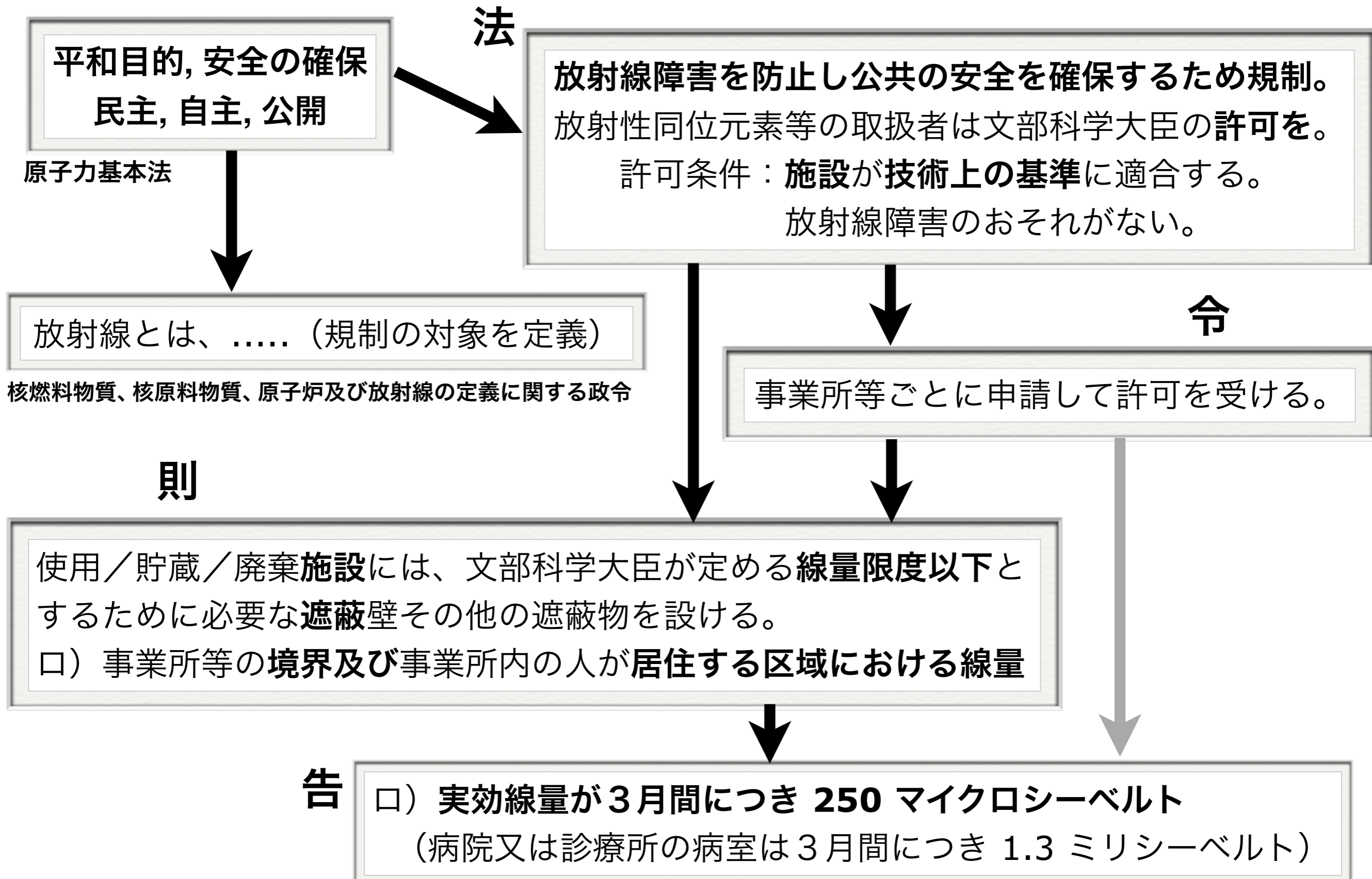
〔「ICRP1990年勧告-その要点と考え方-」、草間朋子編、日刊工業新聞社、50ページ〕

国内法令による防護基準

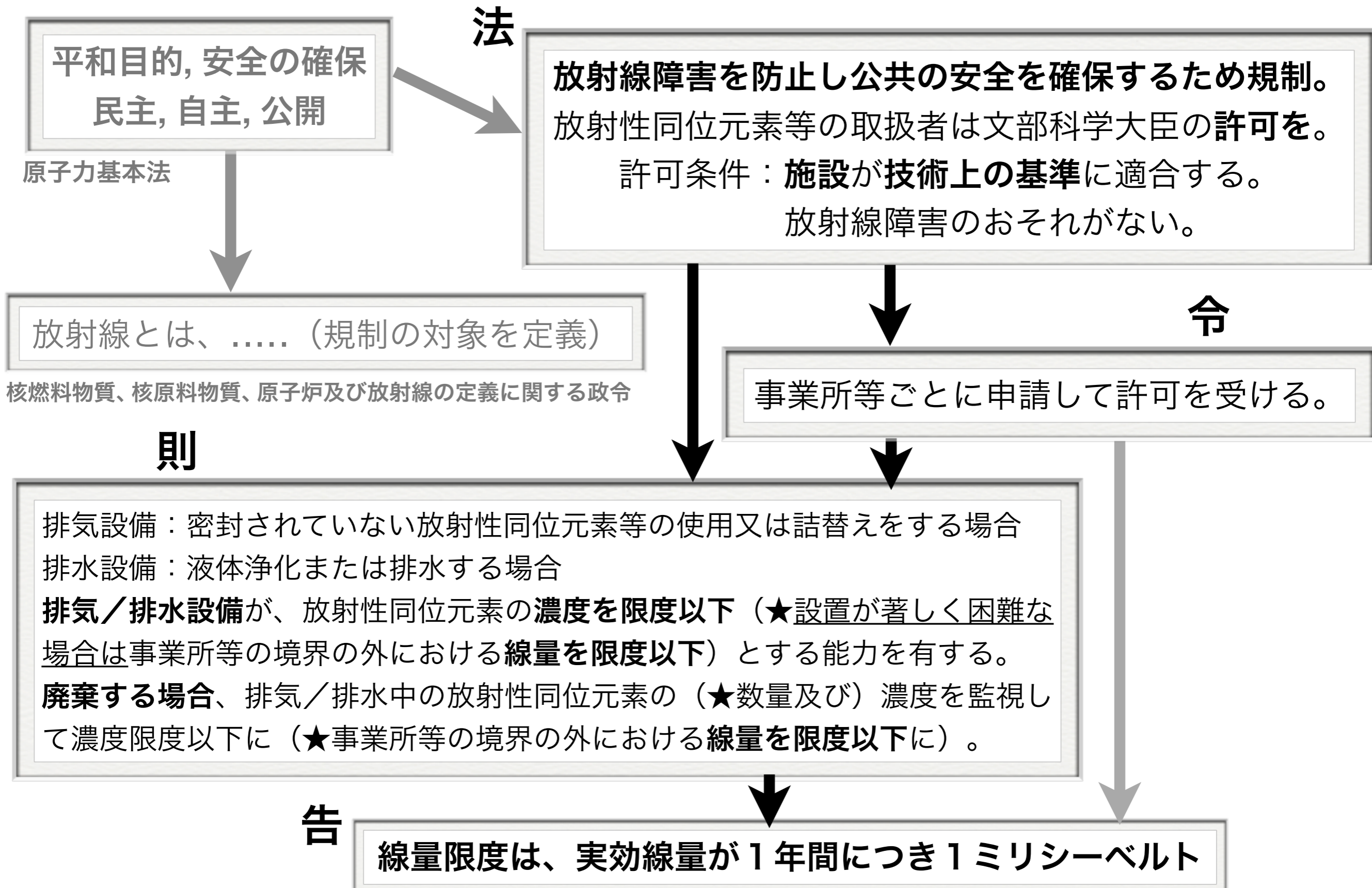
放射性同位元素等による放射線障害防止の法体系



公衆の追加線量限度が 1 mSv である法的根拠 (1)



公衆の追加線量限度が 1 mSv である法的根拠 (2)



放射線規制に関するそのほかの法令・規則

電離放射線障害防止規則 労働安全衛生法・同施行令

事業者は、労働者が電離放射線を受けることをできるだけ少なくするように努めなければならない。

- ◆ 障害防止法に含まれないX線装置およびX線作業が主な対象。
- ◆ 障害防止法同様、管理区域の明示、放射線業務従事者の被曝限度などを定めているが、一般公衆に関わる規定はなさそうである。

医療法施行規則 医療法・同施行令

- ◆ 医療および医薬品は、放射線障害防止法施行規則の適用外

病院又は診療所の管理者は、放射線取扱施設又はその周辺に適当なしゃへい物を設ける等により、人が**居住する区域及び敷地の境界**における線量を限度以下としなければならない。

-  実効線量が3月間につき 250 マイクロシーベルトを超えない

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律・同施行令

-  周辺監視区域外の線量限度は、実効線量について1年間につき1ミリシーベルト

国際放射線防護委員会 (ICRP) や国の法令による
放射線**線量限度**は、**自然放射線を除いた追加被曝線量**に
ついてのもので、検診や治療などの**医療被曝も対象外**。

年間1ミリシーベルトは、国が**事業所に求める基準値**
(施設の遮蔽、排気や排水に関して敷地境界で守るべき値)

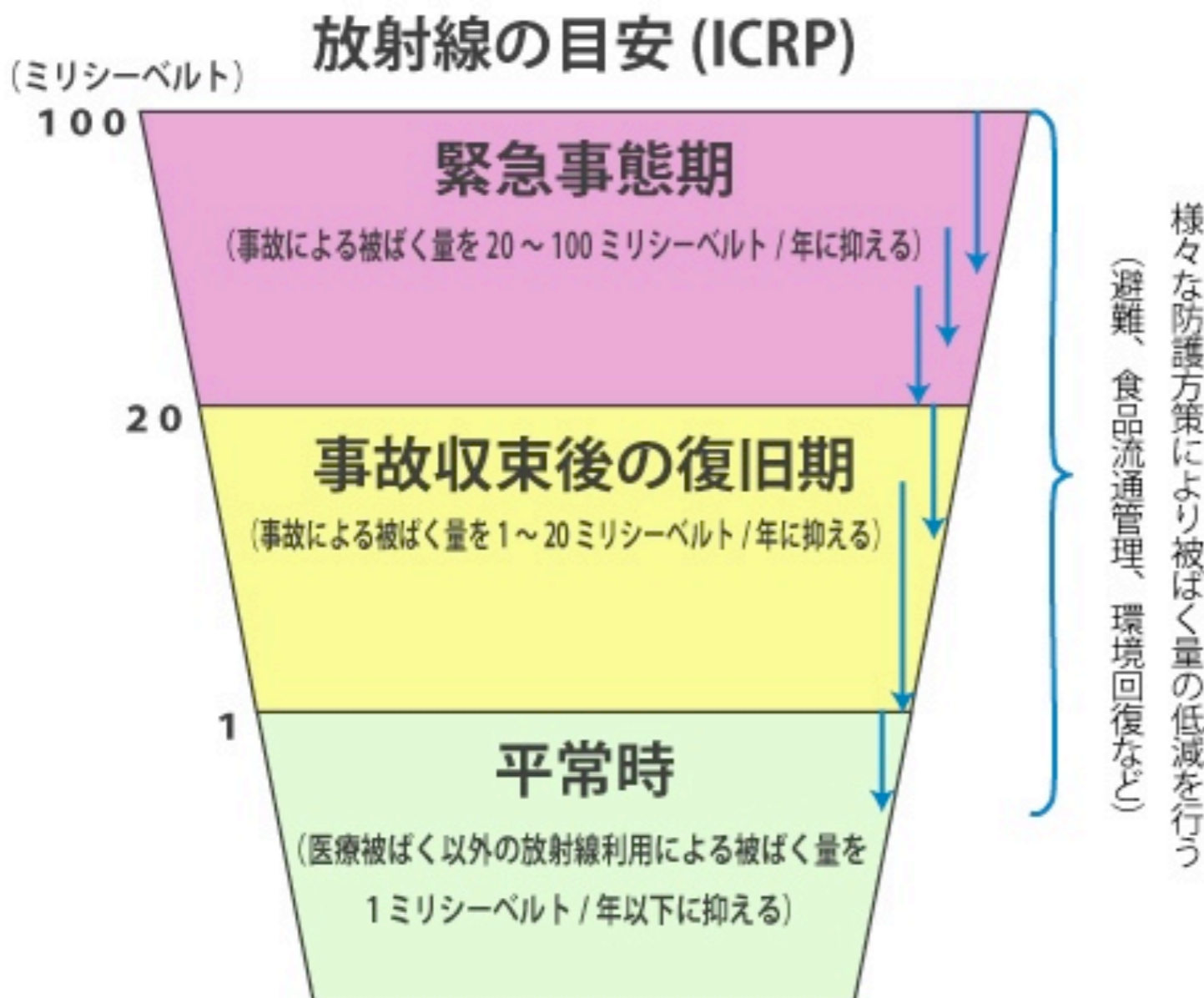
自然放射線との比較：放射線ゼロの場所は地球上に存在しない
ゼロリスクは存在しない

リスクが十分に小さくなるように**基準値**を決めてある
(**社会的合意**)

安全と危険の境界ではない

Q. 政府が計画的避難地域を指定しましたが、基準になっている20ミリシーベルトの意味について教えてください。

A. 国際放射線防護委員会(ICRP)は専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行う国際学術組織ですが、今回の基準は、このICRPの勧告を基に原子力安全委員会の助言を得て定められたと報道されています。



ICRPの2007年勧告では、非常時の放射線の管理基準は、平常時とは異なる基準を用いることとしています。

また非常時も、緊急事態期と事故収束後の復旧期を分けて、以下のような目安で防護対策を取ることとしています。現在の福島第一原子力発電所の状況は、緊急事態期に当たります。

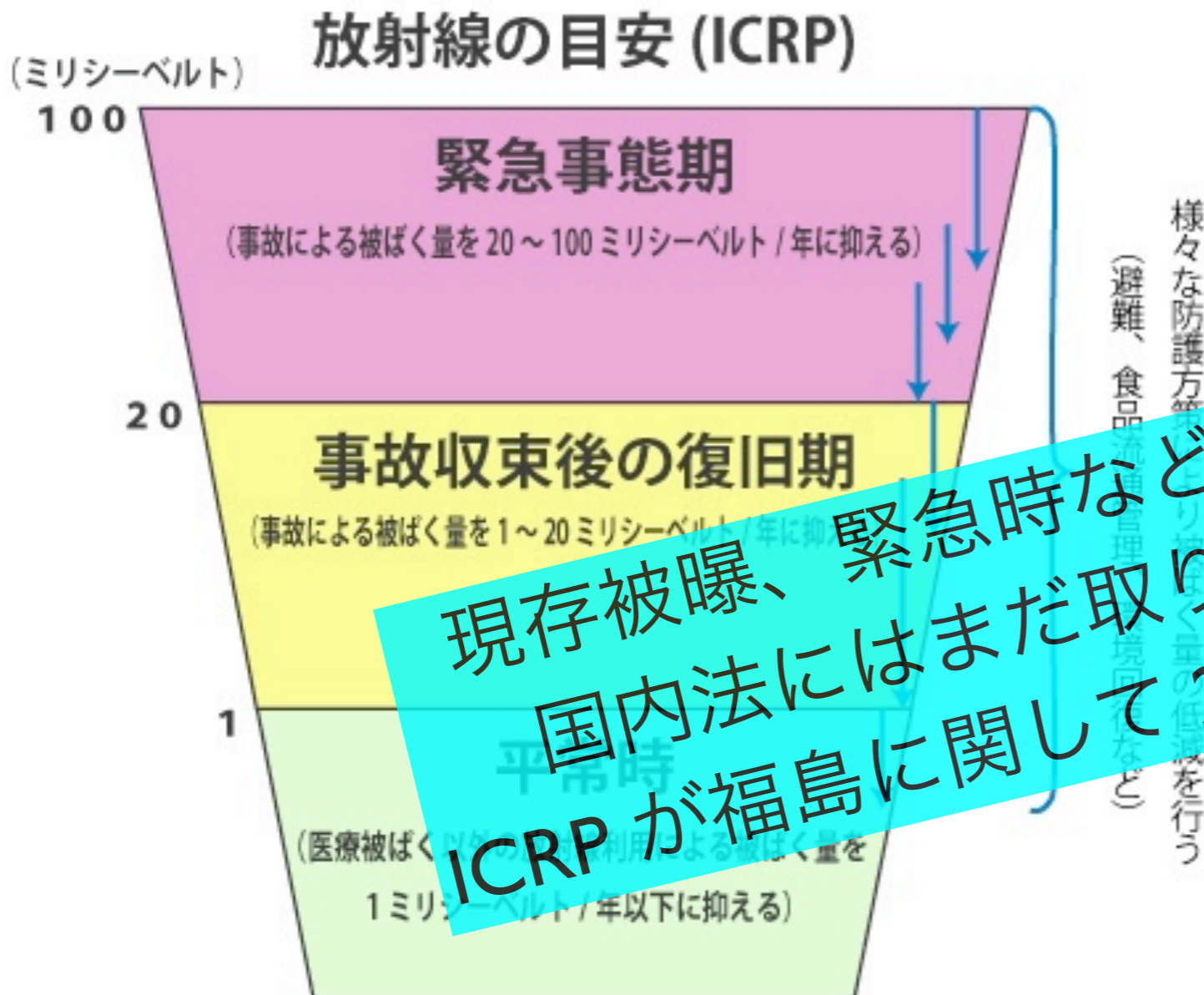
今回の国の方針は、緊急事態期の被ばくとして定められている20~100ミリシーベルトの下限値にあたるもので、福島原発周辺の方々の被ばくが、事故による被ばくの総量が100ミリシーベルトを超えることがないような対応をしつつ、将来的には年間1ミリシーベルト以下まで戻すための防護策を講ずることを意味していると思われます。

Q. 政府が計画的避難地域を指定しましたが、基準になっている20ミリシーベルトの意味について教えてください。

A. 国際放射線防護委員会(ICRP)は専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行う国際学術組織ですが、今回の基準は、このICRPの勧告を基に原子力安全委員会の助言を得て定められたと報道されています。

ICRPの2007年勧告では、非常時の放射線の管理基準は、平常時とは異なる基準を用いることとしています。

また非常時も、緊急事態期と事故収束後の復旧期を分けて、以下のような目安で防護対策を取ることとしています。現在の福島第一原子力発電所の状況は、緊急事態期に当たります。今回の国の方針は、緊急事態期の被ばくとして定められている20~100ミリシーベルトの下限值にあたるもので、福島原発周辺の方々の被ばくが、事故による被ばくの総量が100ミリシーベルトを超えることがないような対応をしつつ、将来的には年間1ミリシーベルト以下まで戻すための防護策を講ずることを意味していると思われます。



現存被曝、緊急時などICRP 2007年勧告は、**国内法にはまだ取り入れられていない。**
ICRPが福島に関して2011/3/21に改めて勧告。

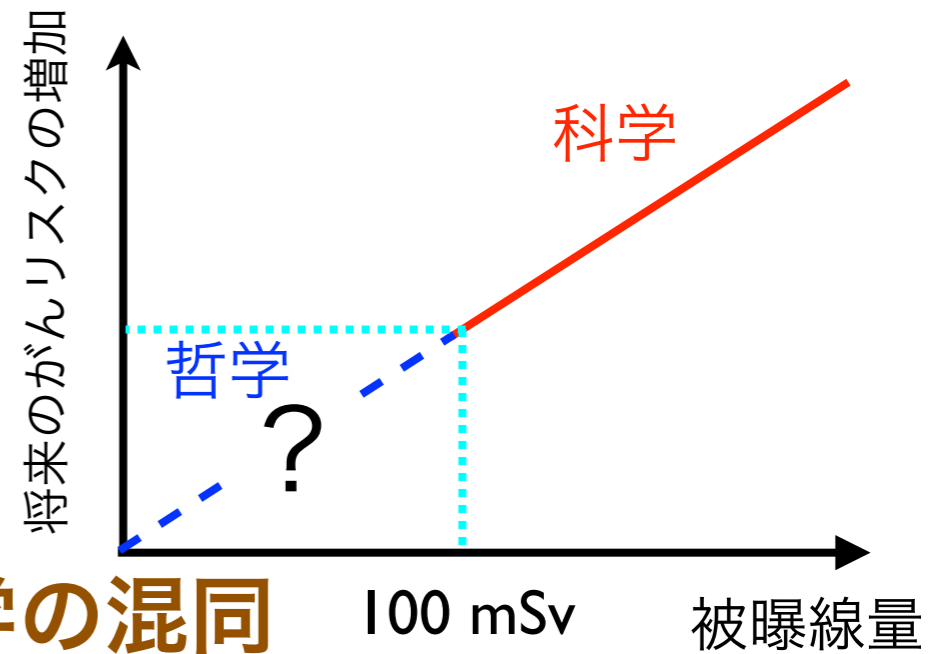
放射線の影響に関して異なった意見があるのはなぜか

がんの原因が医学的に分かっていない

疫学調査の問題点

統計学的有意性

影響の因果関係 スクリーニング効果・別の要因

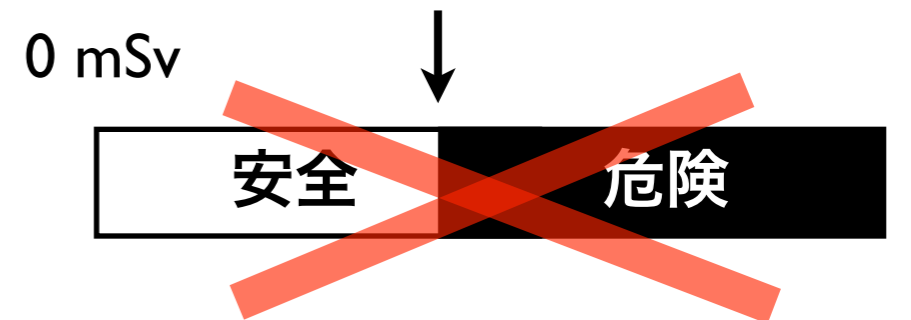


科学的知見と防護学(安全管理学)の哲学の混同

リスクをどこまで許容するか

安全と危険の線引きはできない。

他のリスクとの相対比較



リスクは相対的

基準値

(社会が決める)

放射線のリスク

「絶対安全」は世の中に存在しない。
相対的なリスク評価の目を養うべき。

正しい情報をどうやって判断するか。

根拠のない過信・安心は問題だが、
根拠のない恐れや不安もまた問題。

☞ JCO の事故

☞ パニック、風評、健康被害。

放射線の影響に関して異なった意見があるのはなぜか

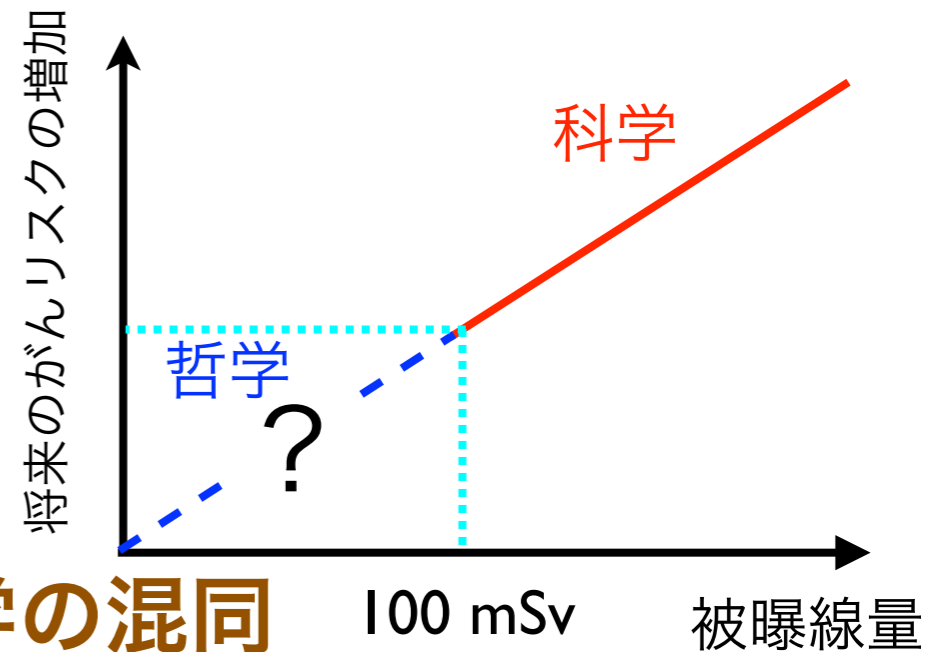
がんの原因が医学的に分かっていない

疫学調査の問題点

統計学的有意性

影響の因果関係 スクリーニング効果・別の要因

線形のリスク
は判断し難い

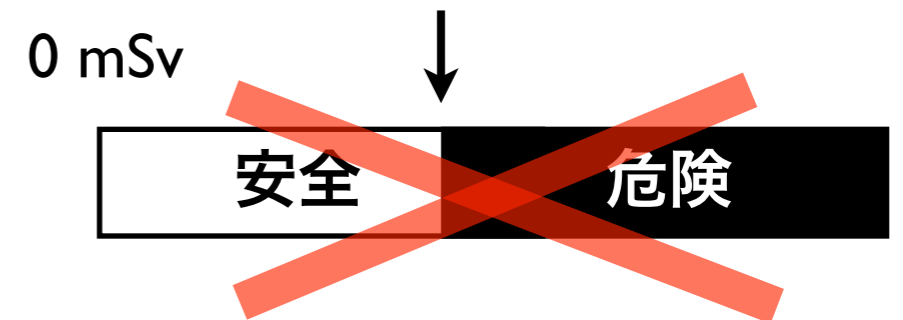


科学的知見と防護学(安全管理学)の哲学の混同

リスクをどこまで許容するか

安全と危険の線引きはできない。

他のリスクとの相対比較



リスクは相対的

基準値

(社会が決める)

放射線のリスク

「絶対安全」は世の中に存在しない。
相対的なリスク評価の目を養うべき。

正しい情報をどうやって判断するか。

根拠のない過信・安心は問題だが、
根拠のない恐れや不安もまた問題。

☞ JCO の事故

☞ パニック、風評、健康被害。

放射線の影響に対して異なった意見があるのはなぜか

福島住民のリスクは？

住み続けるリスク

放射線の影響？

日常サービスの低下／欠如

避難生活でのリスク

慣れない土地での生活ストレス

生業・収入の損失

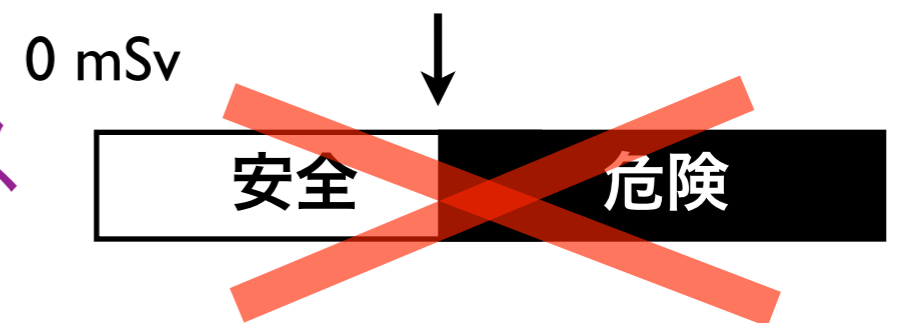
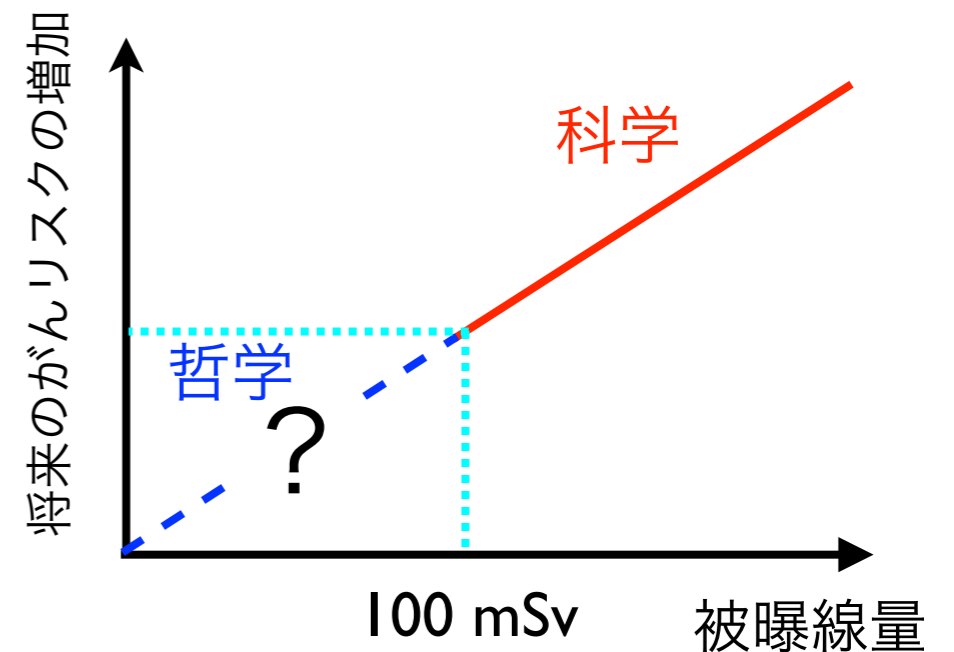
年齢、家族構成、職業

リスクのトレードオフは

人それぞれに違う。

どう判断すべきか、自分で考えるしかない。

原発作業員のリスクは？



リスクは相対的

基準値
(社会が決める)

放射線のリスク

科学的「確率」をどう理解するか。

がんの影響は「確率的」に現れる

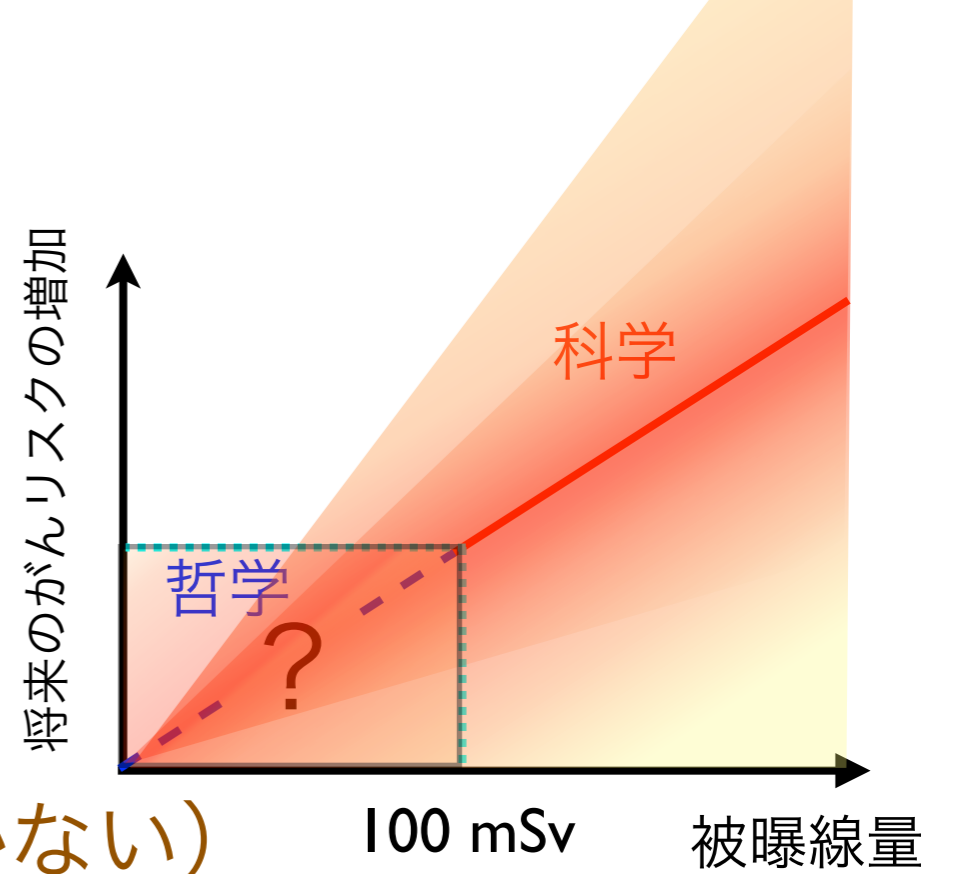
個別の事象との因果関係は分からない

放射線によるがんは特徴がないのが特徴
(ほかの要因によるがんと全く区別がつかない)

その確率さえ不確かさを伴う

トランスサイエンス

科学に問うことはできるが、科学(だけ)では答えることのできない問題群の領域



0 mSv



基準値

(社会が決める)

放射線のリスク

原発と共存が現実 自ら置かれた環境 どう見極めるか

原発事故における避難などの根拠となったのが国際放射線防護委員会(ICRP)が示す数値だ。副委員長のジャック・ロシャルルさんは3・11後、福島で被災者との対話を続けてきた。チェルノブイリ原発事故後の歩みもよく知るフランス人の目に、福島や日本はどう映ったのか。専門家が語るべきことは。来日した際に東京で聞いた。

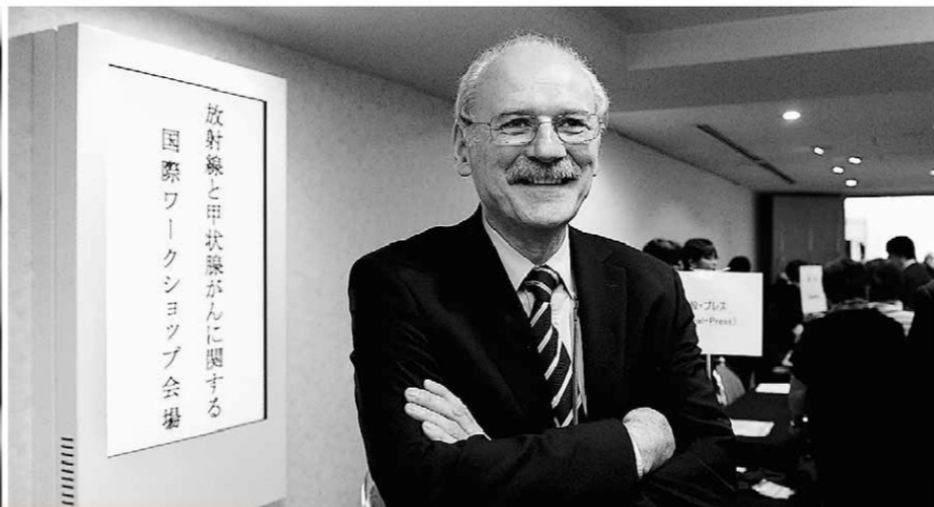
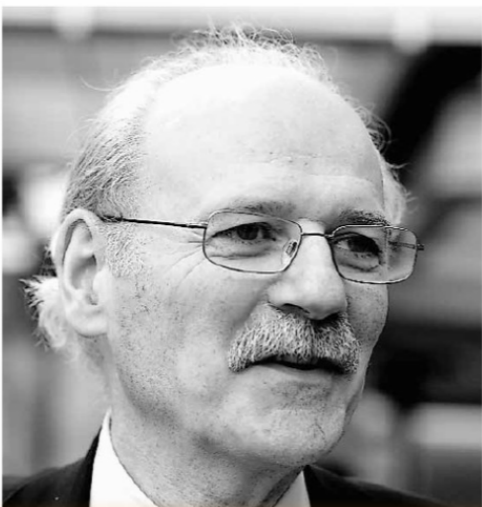
「2年半前の初来日から、福島での対話集会は少人数の車座のものも含めると10回以上になります。そうした集いをなぜ続けるのですか。」
「国際会議で来日した際にNPOの人たちと出会い、復興にかかわる様々な関係者が協力する必要があると感じ、福島市や伊達市、いわき市で開いてきました。最初、被災者は政府や東京電力に懐疑的で、不信感も渦巻き、日本人以外の専門家に話を聞きたいという感じでした。『このまま住み続けても大丈夫か』『引越したほうがいいか』という質問で開いてきました。最初、被災者は政府や東京電力に懐疑的で、不信感も渦巻き、日本人以外の専門家に話を聞きたいという感じでした。『このまま住み続けても大丈夫か』『引越したほうがいいか』という質問

国際放射線防護委員会(ICRP)

1928年に前身の組織が生まれた。医療現場でエックス線の利用が広まり始めたころだった。50年にいまの組織に。主委員会と五つの専門委員会で構成され、世界約30カ国の専門家が無報酬で参加。運営費は各国にある約20の原子力の研究組織による資金援助が8割、残りは刊行物の収入。日本からは、主委員会のメンバーで震災後に福島に移住した丹羽太貴・京都大学名誉教授ら7人がいる。

国際放射線防護委員会(ICRP)副委員長 ジャック・ロシャルル さん

Jacques Lochard 50年生まれ。放射線防護の専門家、経済学者。フランスのNPO、原子力防護評価研究所(CEPN)所長も務める。パリ在住。



東京電力福島第一原発=本社機から

無力感漂う人々に 専門家が持つ情報 沈黙せず伝える

「だがそれは、そうした意識はなかなか変わりません。」

「昨年11月のいわき市の集会はそのままで違った雰囲気でした。以前は立場の違う人に向けた言葉が飛び交っている感じだったのが、『私は』という主語が増え、自身について語る人が多かったのです。『事故直後はマラソンを走っているように感じたけれど、私はもう一度歩けるようになった』、『どこまで放射線防護が必要なのかと考え続け、私がたどりついた答えはどこまで私がそれを求めているかということだった』など、希望や慈愛、ときにユーモアも感じました」

「もちろん、すべての被災者がそうだとはいけません。ただ、3年という時間を経て、1ミリシーベルトという数字に振り回されるのではなく、自分の生活圏でいかに被曝量を減らすかという点に意識が向かってきている人もいます」

「二つの事故を通して感じたことはあります。『時代背景も国土の広さも経済状況もメディアの発達度も違いますが、驚いたのは二つの事故後の人々の反応が同じだったという点です。親世代の懸念や我々に聞いてくる質問内容。事故直後の怒りがやがて無力感に変わる……。捨てられ、忘れられ、差別を受けるのでは、という恐れへと変容する姿も同じでした』

「日本にはチェルノブイリ事故の経験が福島に生かす以前に、広島や長崎の原爆体験があります。広島大学のシンポジウムに招かれて広島に

「『どこまで放射線防護が必要なのかと考え続け、私がたどりついた答えはどこまで私がそれを求めているかということだった』など、希望や慈愛、ときにユーモアも感じました」

「もちろん、すべての被災者がそうだとはいけません。ただ、3年という時間を経て、1ミリシーベルトという数字に振り回されるのではなく、自分の生活圏でいかに被曝量を減らすかという点に意識が向かってきている人もいます」

「ロシャルルさん自身もチェルノブイリ事故の調査や支援に長く関わっていました。どこで折り合いをつけるのか、つまり人間の尊厳とは何かを考へるときにきていると思います」
(聞き手・梶原みずほ)

「5月中旬に南相馬市の対話集会に出て福島県立医科大学を訪ねます。ムネオさんにも会いたい」
=麻生健撮影

た。残念ながら私のコートではなかったのですが、感動で胸がいっぱいになりました。福島市のレストランに財布を忘れたときも、必死の形相で従業員が追いかけてきました。丁寧で物事がスムーズに進み、清潔で居心地がよく安心感がある。1ミリシーベルト以下にこだわるのは、日本人のそういう気質や日本の文化が根底にあると思えました」

「強くていいか」という質問で開いてきました。最初、被災者は政府や東京電力に懐疑的で、不信感も渦巻き、日本人以外の専門家に話を聞きたいという感じでした。『このまま住み続けても大丈夫か』『引越したほうがいいか』という質問で開いてきました。最初、被災者は政府や東京電力に懐疑的で、不信感も渦巻き、日本人以外の専門家に話を聞きたいという感じでした。『このまま住み続けても大丈夫か』『引越したほうがいいか』という質問

「『強くていいか』と強くていい理由が、来日に抑え、生活の質を高めるアドバイザーをするのが目的で、そこにどこまで強くていいかは置いておきます」
「個人的に福島への思い入れも強いようですね。」

下の「と強くていい理由が、来日に抑え、生活の質を高めるアドバイザーをするのが目的で、そこにどこまで強くていいかは置いておきます」

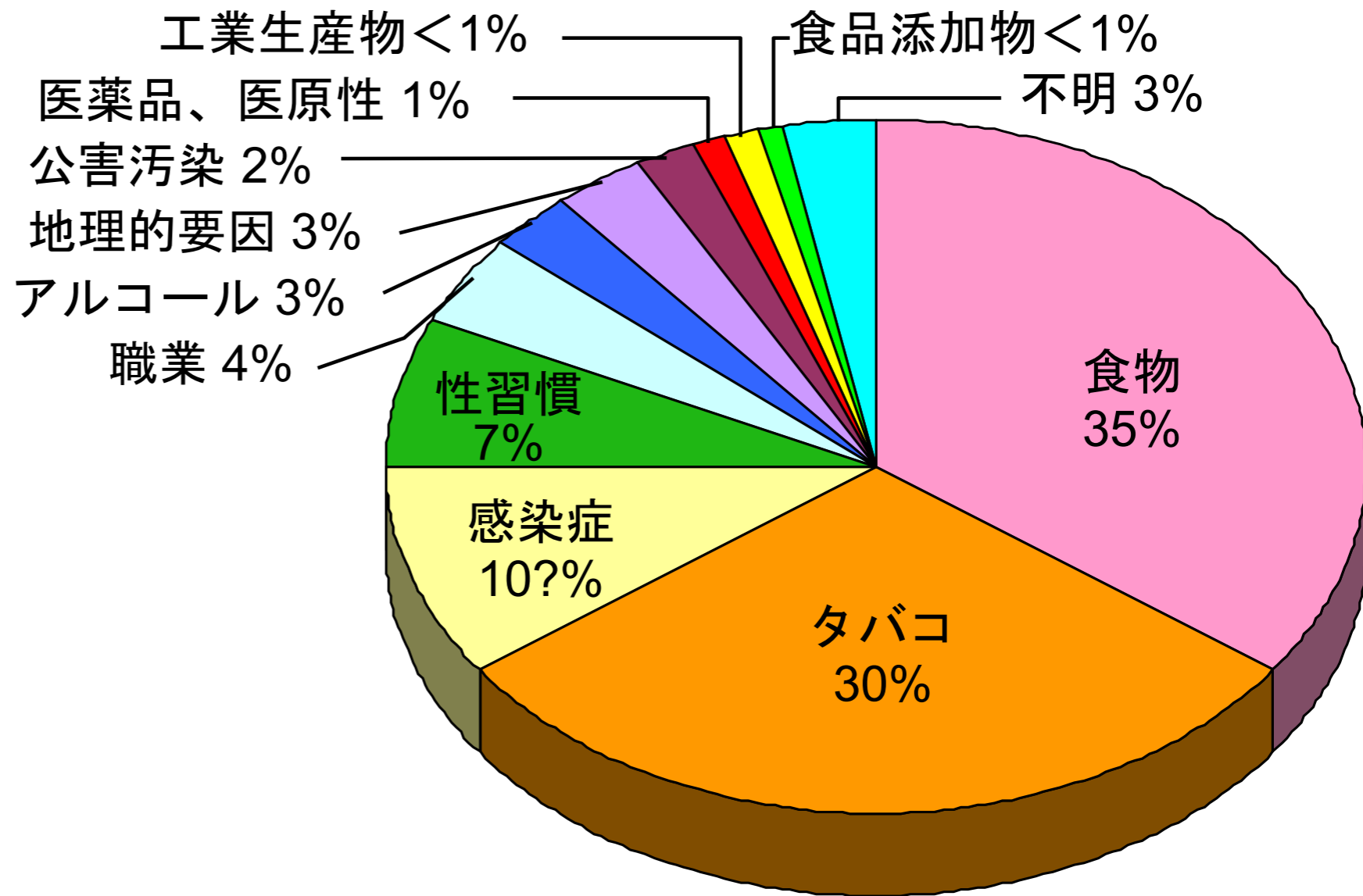
放射線と生活習慣の発がんの相対リスク比較

受動喫煙の女性	1.02~1.03倍
野菜不足	1.06倍
100~200ミリシーベルトを浴びる	1.08倍
塩分の取りすぎ	1.11~1.15倍
運動不足	1.15~1.19倍
200~500ミリシーベルトを浴びる	1.19倍
肥満	1.22倍
500~1000ミリシーベルトを浴びる	1.4倍
毎日2合以上の飲酒	1.6倍
喫煙	
毎日3合以上の飲酒	1.8倍
1000~2000ミリシーベルトを浴びる	

※網かけは放射線

(注)相対リスクは、例えば喫煙者と非喫煙者のがんの頻度を比較した数字

ヒトのがんの原因と関連のある因子



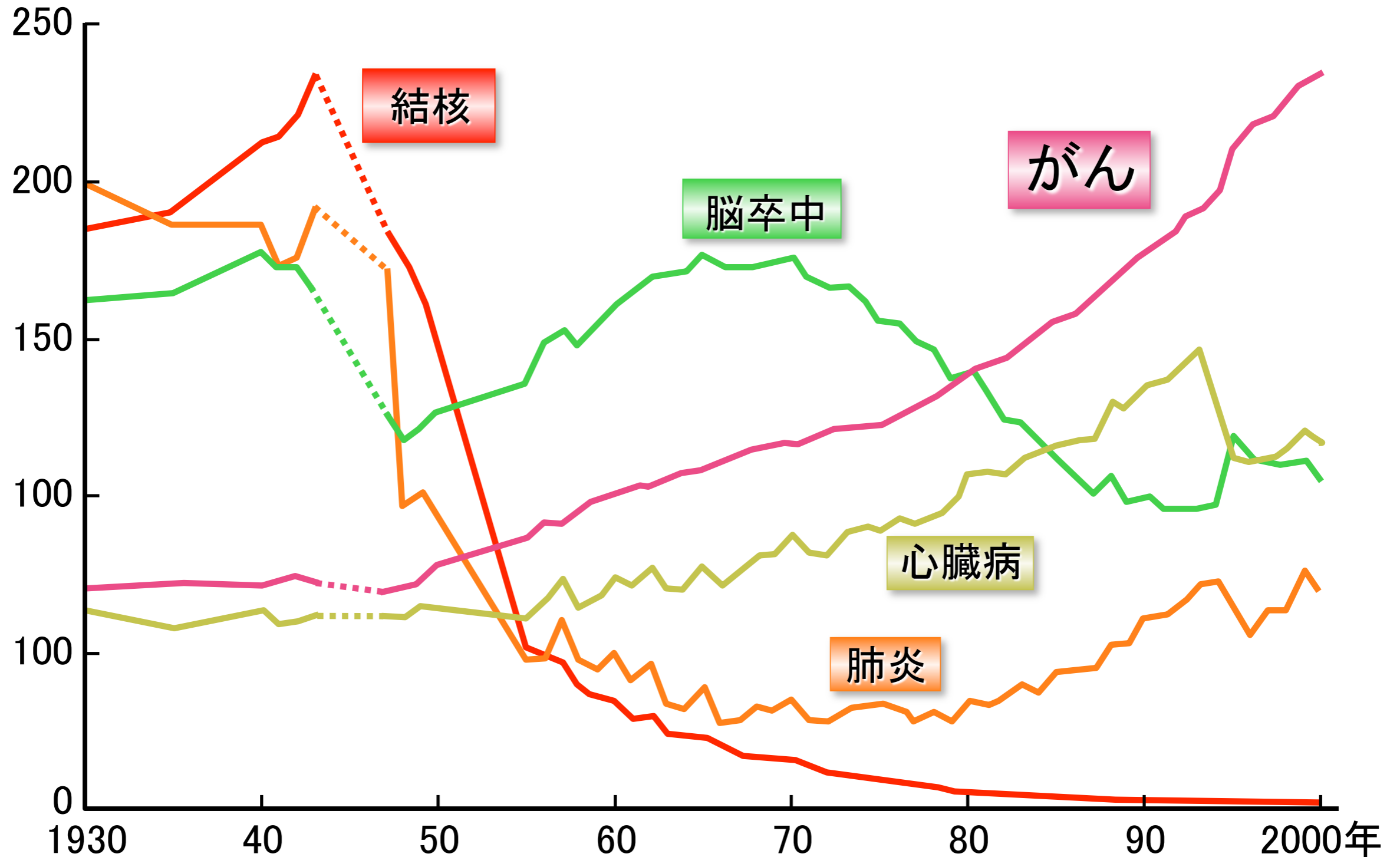
(R.Dool and R.Peto, 1981)

表の値は短時間での被曝の場合。

がん死中にしめる各因子の割合 (%)

(低線量率では損傷の修復のためリスクはより小さい。どれだけ小さいかは議論のあるところで、結論は出ていない。ICRPは係数1/2を採用。)

日本人の2人に1人が、生涯のうちにがんにかかり、
毎年の死亡者のうち3人に1人はがんで死んでいる。



がんで死なないためには、

👉 がんにならないのが一番

+ なっても、早期発見で完治させる

早期発見 = がん検診

(症状に気づいてからでは遅い)

がんにならない生活習慣

- タバコは吸わない
- 酒はひかえめ (赤くなる人は特に)
- 肉と塩分はひかえめ
- 野菜を十分に
- 運動

東大医学部附属病院

中川 恵一 先生



「ものをこわがらな過ぎたり、こわがり過ぎたり
するのはやさしいが、**正当にこわがる**ことは
なかなかむづかしい**ことだと思われた。**」

寺田 寅彦 (1935年)

被曝を

怖れすぎても、怖れなさすぎても

健康被害が出る。

(東大病院 放射線科 中川恵一先生)

病は気から = 精神失調、免疫力低下などに注意

内部被曝は怖い！という主張

チェルノブイリの「悲惨な例」のイメージ

放射線の安全を説く本は売れない。

安全と安心 **小さい子どもを持つ母親が特に過敏**

信頼と納得、不信と不安と不満

ゼロリスク神話の盲点

定量的判断の必要性

「放射能の検査は大前提」 安全の担保としての基準値

科学者の立場・役割

情報開示・「伝える」ことの重要性

リスクの伝え方

リスクを誇大に喧伝するのは正義か
リスクの適切な評価が不可欠。
過小評価も過大評価もダメ。

危険(hazard)が起きたら誰が責任をとるのか
起きなかったらそれでめでたしですむのか

科学者による踏み越え

誰が何の「専門家」なのかの見極め
科学的合意点と論争点との峻別
科学的事実と個人の価値判断の区別

中立な立場での発言

御用学者？／恐怖の煽動？

イデオロギーの問題（原発推進／反原発、その他の利権？）

新聞報道の問題点

両論併記

「専門家」は適切に選ばれたのか

両極端の意見だけで、実際の科学者の間の意見分布が分からない。

中庸がいちばん把握しづらい。

結論ありき 結論のない記事は書けない。

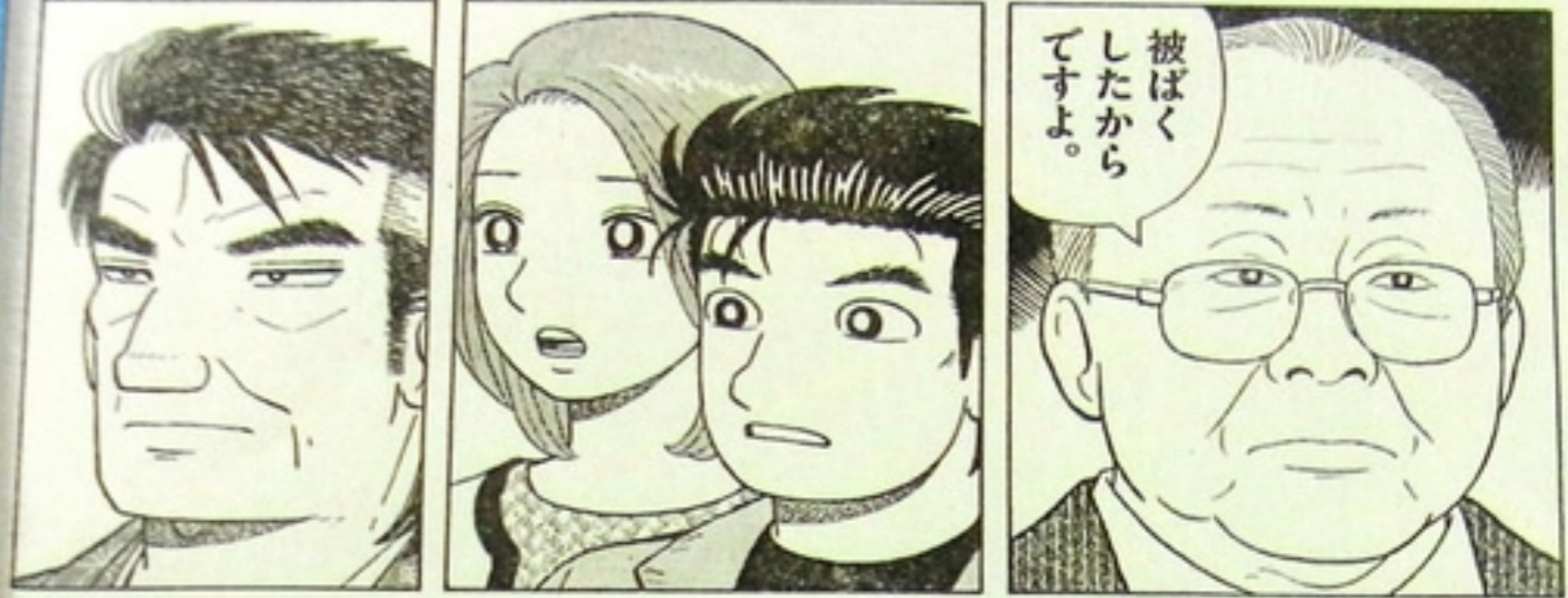
読者自身に判断してもらおうことができない

危険報道・批判報道に偏る

「安全です」は記事にならない
書籍も安全を説くものは売れない

美味しんぼ論争 の功罪

医学研究所所長・松井英介先生が語る福島の実情とは…!!



美味しんぼ

258



『美味しんぼ』福島の実編に寄せられたご批判とご意見

弊誌22/23合併号が4月28日に発売されて以降、『美味しんぼ』の内容につきまして、皆様から多くのご批判・ご意見を頂戴しました。福島第一原発の事故は、これからも日本中のすべての人が考え続け、向き合わなければならない問題です。作品内容が提起する問題について、識者や行政の皆様から寄せられたお考えを紹介する、特集記事を掲載させていただきます。頂戴したご意見につきましては、真摯に受け止め、今後の誌面作りに活かしていきたいと思っております。(ビッグコミックスピリッツ編集部)

安齋育郎氏

立命館大学名誉教授
(放射線防護学)

鼻血や倦怠感については、福島の方でそうした症状を心配している方がいるという話は伝わってきています。そして、それが放射線によるものかの議論がある。ただ、原発事故前の鼻血や倦怠感に関する統計データと今を比べなければ、増えているのかどうかはなんとも言えません。具体的な、そういう比較データは承知していない。

こうした症状は「後付けバイアス」によって出ることが知られています。これは心理学用語で、鼻血が出た、疲れたという症状が出た場合、福島で放射線を浴びたからではないかと考える。今、こんなに疲れているのは、きっと福島に行ったせいだろう、などと考えることはよくあることです。そういうふうにいる方が多く現れることはあり得ると思います。が、これは原発事故によるものだと断じるようなものではないでしょう。

放射線の影響が、人々にどういった影響を与えるのか。それは、4つのカテゴリーに分けて考えるべきでしょう。①身体的影響、②遺伝的影響、③心理的影響、④社会的影響です。

このうち、社会的影響というのは、福島に対する差別や偏見、風評被害もそうですし、避難していた人が、これまでかかっていたお医者さんに通えなくなったり、衛生面の変

小出裕章氏

京都大学原子炉実験所
助教(原子核工学)

今も帰れない地域が存在している、危険が存在するという事実を伝える必要はもちろんあります。国や電力会社、大手マスコミがその責任を放棄する、むしろ意図的に伝えないようにしている現状では、そうした活動は大切です。「鼻血」が出ることについては、現在までの科学的な知見では立証できないと思えます。ただし、現在までの科学的な知見では立証できないことであって、可能性がないとは言えません。科学とは、事実の積み重ねによって進んでいくもので、従来は分からなかったことが少しずつ分かってくるものです。もちろん、心因性の「鼻血」は十分にありうると思います

野呂美加氏

NPO法人「チェルノブイリへのかけはし」代表

私達はチェルノブイリの子どもの達を大病を予防するために、日本へ保養に招待する活動をしてきました(福島原発事故以来は休止しています)。

今、日本で行われている被曝対策は広島・長崎のデータに基づいていますが、チェルノブイリの医師達には、広島の実例は使えないと言っています。特に、低線量内部被曝は、核実験などを頻繁に行っていた旧ソ連の科学者もそこまで被害が悪化すると思っていませんでした。適切で大規模な疫学調査をしなければ、鼻

福島県庁

福島県においては、東日本大震災により地震や津波の被害に遭われた方々、東京電力福島第一原子力発電所事故により避難されている方々など、県内外において、今なお多くの県民が避難生活を余儀なくされている状況にあります。

原発事故による県民の健康面への影響に関しては、国、市町村、医療関係機関、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)等の国際機関との連携の下、全ての県民を対象とした県民健康調査、甲状腺検査やホルボディカウスター等により、放射性物質による健康面への影響を早期発見する検査体制を徹底しており、これまでにこれらの検査の実施を通して、原発事故により放出された放射性物質に起因する直接的な健康被害が確認されたと例はありません。

蜂須賀禮子氏

元東電福島原発事故調査委員
大熊町商工会会長

主人公の山岡さんは6回福島に入り、1回第一原発の中に入ったというのですが、その程度の放射線量で鼻血が出るというのは、これはあり得ない話です。鼻血が出るほど被曝したとなれば、山岡さんは死んでいるはずですが。どのくらいの知識を持って取材にのぞまれたのか、大変疑問を抱きました。

山田真氏

医師
子どもたちを放射能から守る全国小児科医ネットワーク代表

私は原発事故後、2011年5月頃から福島に入って健康相談会を行ってきました。その頃から、「鼻血が出る。放射能のせいではないか」という話はあちこちから寄せられていました。多くの方が心配していたのは事実です。ただ、子供が鼻血を出すのは日常のことだから、これを放射線の影響と短絡的に考えるわけにはいきません。

大阪府・大阪市

週刊ビッグコミックスピリッツ
『美味しんぼ』に関する抗議文

平成26年5月9日付で貴社宛に、平成26年5月12日発売予定週刊ビッグコミックスピリッツ掲載の『美味しんぼ』の内容の一部訂正について申し入れを行いました。訂正等の対応をいただけなかったため、次のとおり嚴重に抗議いたします。

青木理氏

ジャーナリスト
ノンフィクション作家

メディアは福島原発事故による被害の問題を扱う時、細心の注意を払わなければいけません。現地に今も暮らしている人がいる以上、住民の不安をいたずらに煽る、または県外の人々の不当な偏見を助長するような表現にならないよう慎重を期すべきです。

矢ヶ崎克馬氏

琉球大学名誉教授
(物性物理学)

放射能の健康への影響については、国際的に二つの潮流に分かれています。一つはICRP(国際放射線防護委員会)やIAEA(国際原子力機関)が主張する、放射能の影響は大したことがないという論調。100ミリシーベルトまで問題はなく、チェルノブイリ事故後の健康被害は甲状腺ガンだけというもの。もう一つは、事実をありのままに見つめ、率直に理解する考え方。こちらは、低線量の健康被害を重大視しています。日本政府は、前者のスタン

津田敏秀氏

岡山大学教授
(疫学、環境医学)

チェルノブイリでも福島でも鼻血の訴えは多いことが知られています。(雁屋さんが)実際に対面した人が「鼻血を出した」わけですから、それを描くのは問題ないと思います。「低線量放射線との因果関係をデータとして証明しないかぎり、そのような印象に導く表現をすべきではない」という批判が多いとのことですが、「因果関係がある」という証明はあっても、「因果関係がない」という証明はされていません。

双葉町

小学館への抗議文

平成26年4月28日に貴社発行「スピリッツ」の「美味しんぼ」第604話において、前双葉町長の発言を引用する形で、福島県において原因不明の鼻血等の症状がある人が大勢いると受け取られる表現がありました。双葉町は、福島第一原子力発電所の所在町であり、事故直後から全町避難を強いられておりますが、現

肥田舜太郎氏

医師

私は、原爆投下後の広島で被爆者の治療にあたり、内部被ばくを研究してきた医師として、震災後に日本各地から講演の依頼がありました。そして全国を訪ね歩いたのですが、行く先々でこんな相談を受けたんです。「あまり人には言えないけれど、実はうちの子は鼻血が出て困りました。大丈夫でしょうか」と。鼻血のほか、下痢の症状を訴える人もいました。事故を起こした福島第一原発の放射性物質はアメリカやイギリスにまで拡散したのですから、狭い日本のすみずみまで被害が及んでいてもおかしくありません。

野口邦和氏

日本大学歯学部准教授
(放射線防護学)

福島県内で被曝を原因とする鼻出血(鼻血)が起こることは絶対にありません。ごく短期間に全身が500〜1000ミリシーベルトを超え

風評と風化

東京では放射線の話題は他人事

風評被害は落ち着きつつあるが、依然として福島
の土地や産物を避けようとする人も一定数存在。

放射線影響の疫学データをどう解釈すべきか。

そんなことよりもっと大事な健康影響がある。

福島では放射線の話題はタブー

立場や考え方の違い、補償の違い、避難の有無で
家庭や**地域**が**分断**されてしまった。

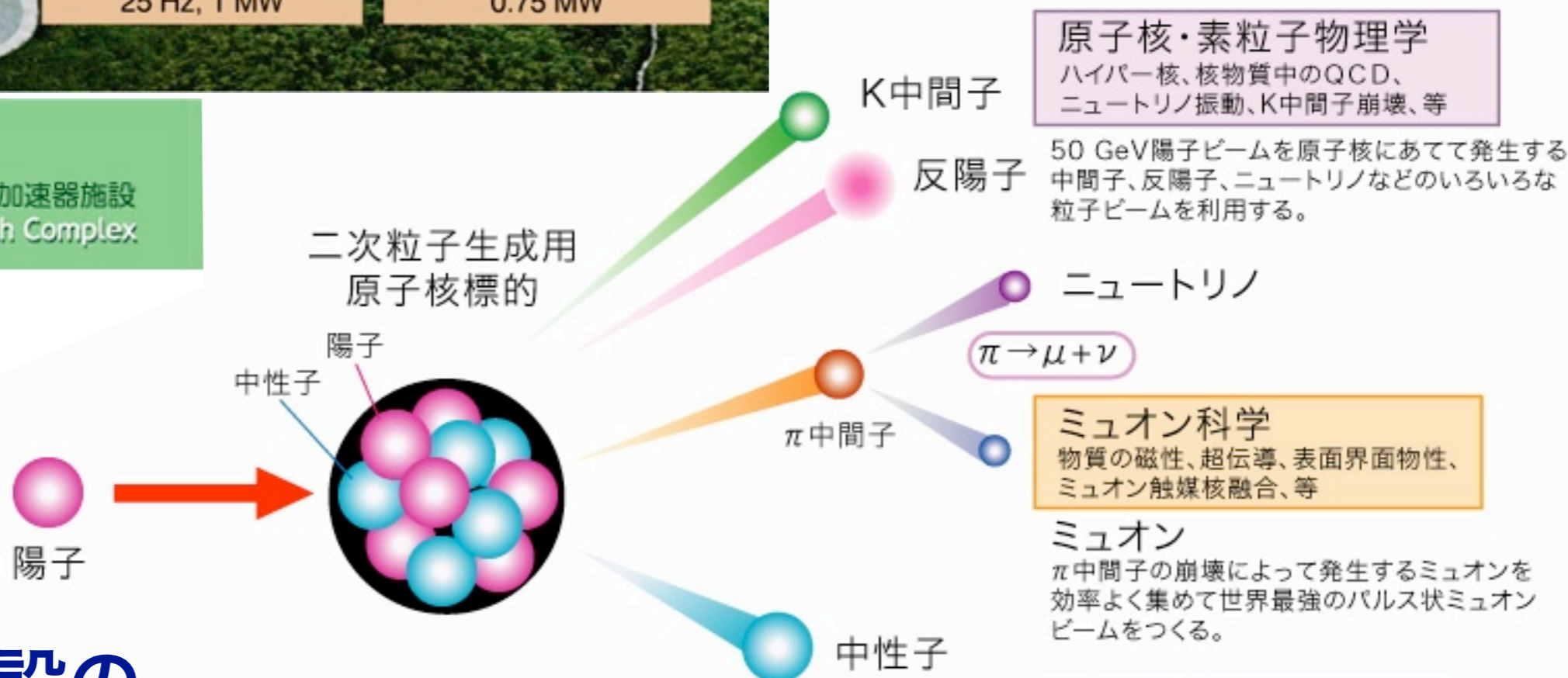
「南相馬はひとつになれない」

放射線の科学的知識を身につけないまま関心が
風化しつつある。



独立行政法人 日本原子力研究開発機構
Japan Atomic Energy Agency

J-PARC 大強度陽子加速器施設
Japan Proton Accelerator Research Complex



原子核・素粒子物理学
ハイパー核、核物質中のQCD、
ニュートリノ振動、K中間子崩壊、等

反陽子
50 GeV陽子ビームを原子核にあてて発生する
中間子、反陽子、ニュートリノなどのいろいろな
粒子ビームを利用する。

ニュートリノ
 $\pi \rightarrow \mu + \nu$

ミュオン科学
物質の磁性、超伝導、表面界面物性、
ミュオン触媒核融合、等

ミュオン
 π 中間子の崩壊によって発生するミュオンを
効率よく集めて世界最強のパルス状ミュオン
ビームをつくる。

中性子科学
高温超伝導発現機構、生命現象、
高分子・液晶・超分子、新素材、等

3 GeVの大強度陽子ビームによって
発生する世界最高強度の1 MWパルス中性子源。

加速器駆動核変換

リニアックからの陽子ビームを用いて
原子力の科学と技術開発を行う。

加速器施設の 放射線・放射能管理

まとめ

放射性物質が放射線を出す能力を放射能という。

放射性物質は放射性同位体を含んだ物質。

核種に応じて壊変の種類や半減期が決まっている。

γ 線のエネルギー測定により核種の同定が可能。

放射線には α 線、 β 線、 γ 線、X線、中性子線などがある。

MeV オーダーの高いエネルギーで物質をイオン化し、化学結合を切断する。

ラジカルが生成され、これが DNA 損傷を引き起こす恐れがある。

放射線の種類による透過力と線エネルギー付与 (**LET**) の違いに応じて防護。

人体は **DNA 損傷** に対する修復機能を備えている。

自然放射線による被ばくは年間 2 mSv 程度ある。

放射線防護の ALARA の原則。リスクの正しい理解と伝達。

Fine.

Grazie per la vostra attenzione.

Gratias ago pro audientia vestra.

Спасибо за внимание.

Merci de votre attention.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Thank you for your attention.

경청해 주셔서 감사합니다.

谢谢您的关注。

ご清聴ありがとうございました。

鳥居 寛之

Hiroyuki A. TORII



放射線 の科学と 安全

- 放射線入門
- 原子核物理学・放射線物理学
- 放射線計測学・環境放射化学
放射線の単位・線量計算
- 放射線生物学・放射線防護学
リスクコミュニケーション

完

鳥居 寛之

東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

レポート課題 2016

以下の課題 (A) についてレポートを作成して提出して下さい。

学籍番号、氏名のほかに、研究室や研究分野についても記すこと。

(A) 放射線が物質に及ぼす作用、生体に与える影響を踏まえた上で、放射線防護の考え方や、放射線や放射性同位体を取り扱う際の対策・注意点について述べなさい。被曝事故を起こさないために具体的にどんな準備が有効でしょうか。

ただし、研究において放射線を扱うことがない分野の学生は、上の課題に代えて、以下の課題 (B) を選択してもよい。

(B) 放射線と放射性物質の違い、および放射線と放射能の単位について簡単に説明しなさい。また、福島原発事故後の放射線被曝のリスクと防護対策、避難区域住民の帰還への道筋について、自分の考えを自由に述べなさい。放射線の影響については、安全だという意見と、危険だとする言説とが対立することがありますが、リスクについてどのように考えるべきでしょうか。

講義スライド

<http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/>

東大教養 放射線 鳥居



検索

