



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は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

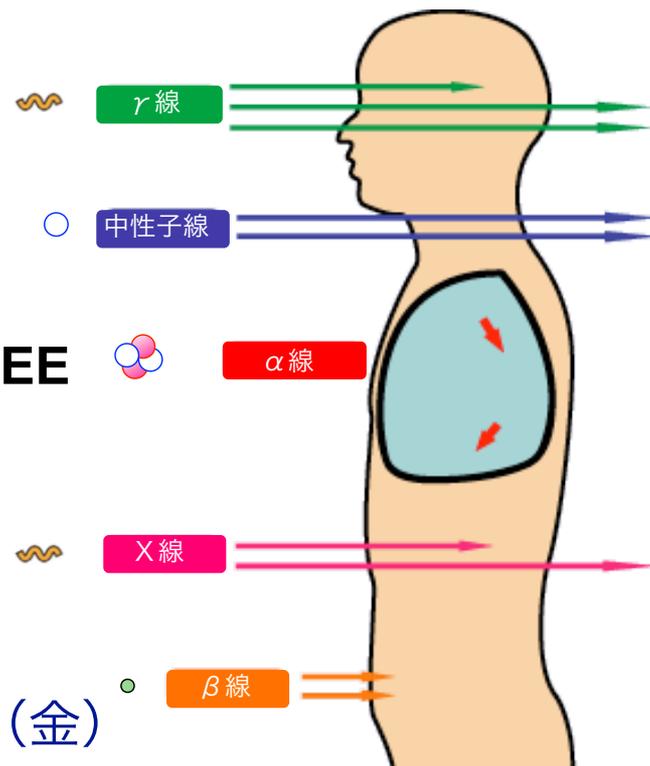
を
科学的に
理解する

金曜 5 限

@ 21 KOMCEE
(West)

K303教室

2015 / 10 / 16 (金)



第5回

放射線生物学

放射線の細胞および生体への影響

渡邊 雄一郎

東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

放射線を科学的に理解する

- 9/18 放射線入門 【鳥居】
- 9/25 放射線物理学 【鳥居】
- 10/ 2 放射線計測学 【小豆川】
- 10/ 9 放射線物理・化学 【鳥居】
- 10/16 放射線生物学 【渡邊】
- 10/23 被曝調査・医療支援 【坪倉】
- 10/30 原子核物理学・原子力工学 【鳥居】
- 11/ 6 環境放射化学 【小豆川】
- 11/13 環境放射化学 【小豆川】
- 11/24 放射線医療 【芳賀】
- 11/27 放射性物質汚染と農業 【藤原】
- 12/ 4 放射線の利用 【渡邊】
- 12/11 加速器科学・放射線防護学 【鳥居】

鳥居 寛之

小豆川 勝見

渡邊 雄一郎

《教養学部》

坪倉 正治 《医科学研究所》

芳賀 昭弘 《医学部附属病院放射線科》

藤原 徹 《農学部応用生命化学》

ゲスト講師

2015年10月16日

放射線生物学

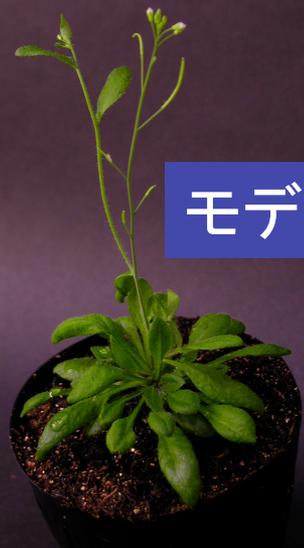
放射線の細胞および 生体への影響

教養学部 統合自然科学科
総合文化研究科 生命環境科学系

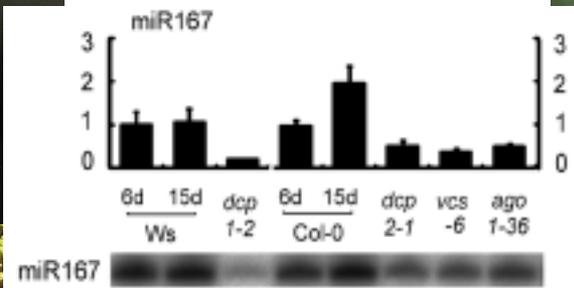
渡邊雄一郎

渡邊研究テーマ

モデル植物



発生-生産



実験室



環境応答-生存戦略



理解の目標

放射線被ばくを受けて、細胞のなかで何が起こるか

細胞はうけた影響をいかにして抑えるか

食品などに設定された基準値をどのようにとらえるか

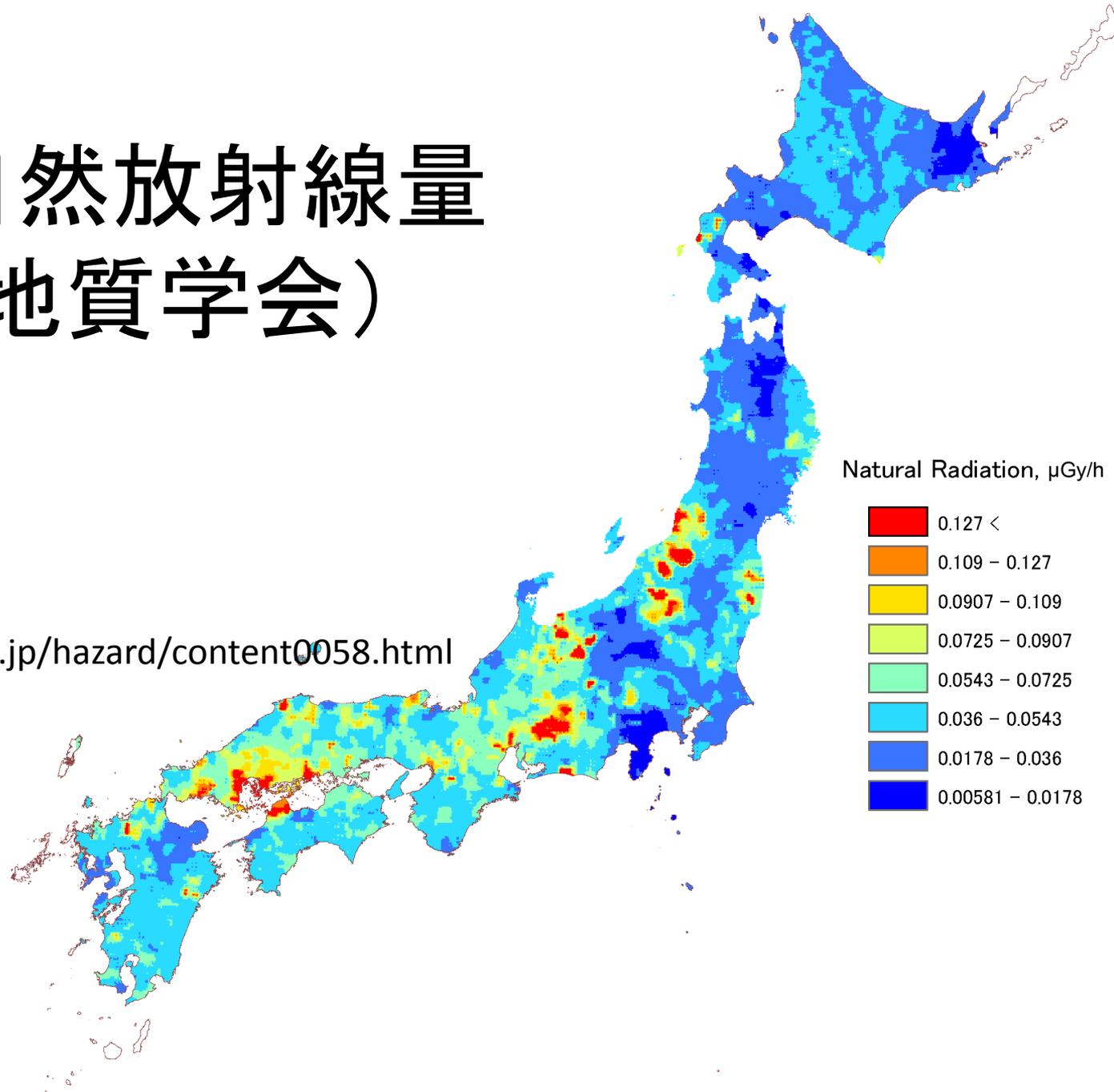
放射線量をどう評価するか

地球、宇宙に生きている以上、常に
自然放射線を受けている

そのレベルと比較してどうなのか

日本の自然放射線量 (日本地質学会)

<http://www.geosociety.jp/hazard/content0058.html>



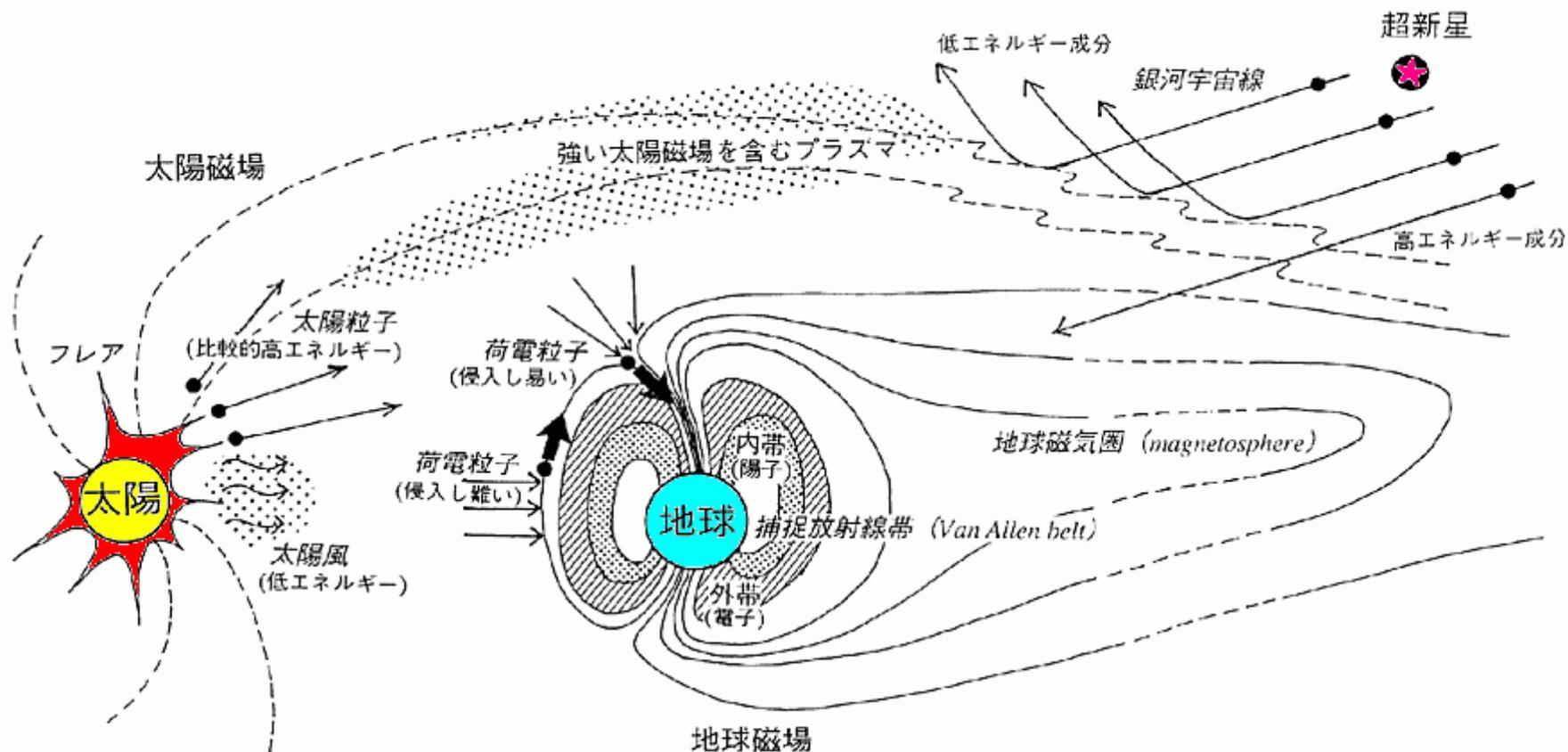


図1 宇宙放射線環境の構造

[出典] 藤高 和信: 宇宙環境の放射線、日本原子力学会誌、35(10)、21(1993)

表3 わが国における地方別屋内ラドン濃度の
年平均値($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

地方名	家屋数	ラドン濃度	標準偏差	最大値
北海道・東北	138	16.0	12.9	85
関東	134	12.4	9.5	70
中部	174	14.1	9.4	63
近畿	132	17.1	16.2	143
中国	95	16.7	9.8	55
四国	78	14.4	8.7	61
九州・沖縄	148	17.6	20.4	208
合計	899	15.5	13.5	208

[出典]下道国、山田裕司(編):環境放射能セミナーシリーズ、No.27、
NIRS-M-140、放射線医学総合研究所、p35(2000年11月)

1990年8月19日、ひかり216号／新大阪→東京

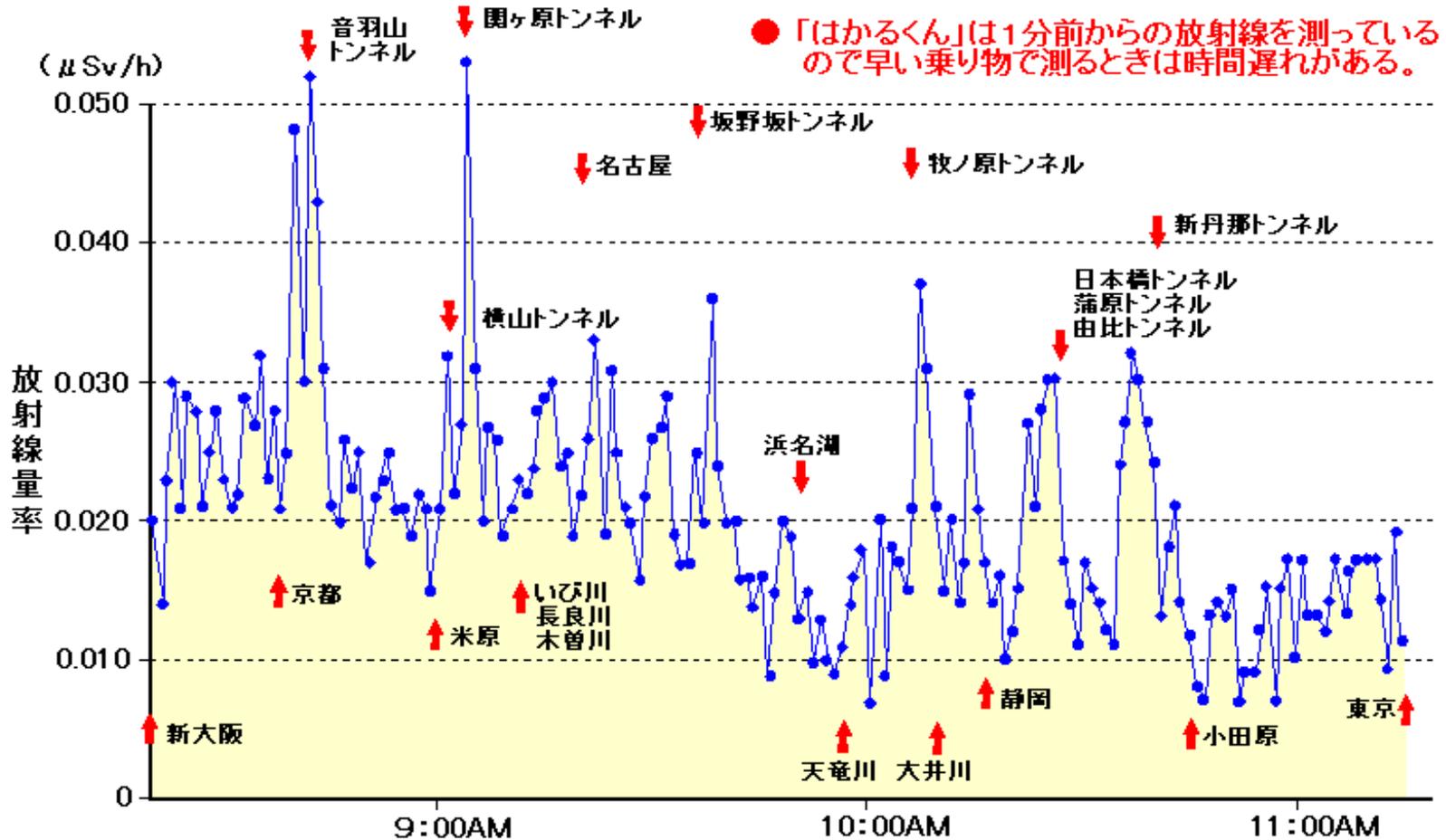


図2 「はかるくん」による新幹線内での自然放射線量率の測定例

[出典] 科学技術庁/(助)放射線計測協会:「はかるくん」による放射線測定実習テキスト、
(2000年5月) p.4

自然な食品でも もとから
 ^{40}K などが含まれている

食品には従来から自然に
ある程度放射能が含まれている

われわれ人体にももともと

4000 Bq / body

自然界から年間数ミリシーベルトの放射線を浴びている

日本平均	宇宙から	0.30
	食物から	0.99
	呼吸から	0.48
	大地から	0.33
<hr/>		
年間		約 2.1 mSV

土壌中ガスのラドン濃度は4,000~40,000ベクレル/m³の範囲にある。このようなガスが混入して大気中のラドン濃度が上昇する。

ある場所の屋内濃度は、その位置、換気の状態、周辺土壌のウラン含有量などによって大きく変動する。年間平均大気中濃度は0.6から30,000ベクレル/m³の間に分布するが、ふつうは10~100ベクレル/m³の範囲に入る。

日本では、平均濃度が13ベクレル/m³、最大濃度は310ベクレル/m³と報告されている。

太古の昔から自然放射線がある
中で、生物は進化してきた

生物が放射線に対して脆弱な存在であったら、
存続してこなかったであろう。

実際に、生物を構成する細胞には、
被曝による損傷を乗り越えるための機構が
幾重にも備わっている。

物理化学的な放射線量と生物学的な影響をつなぐ単位

物質が吸収したエネルギー（単位質量あたり） **放射線量の単位**
radiation dose

吸収線量 D [J / kg] = [Gy] グレイ

Gray

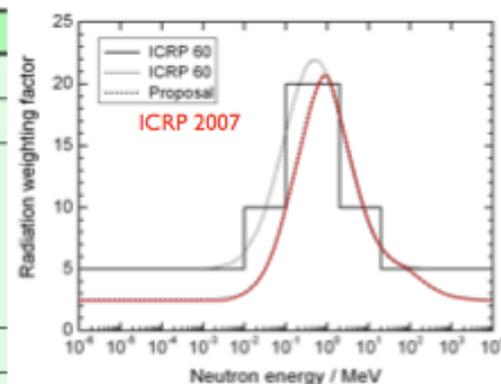


放射線の種類による生物学的影響の違いを考慮

等価線量 $H_T = W_R \times D$ [Sv] シーベルト

放射線加重係数 W_R

放射線の種類・エネルギーの範囲	放射線加重係数 W_R	
光子(X線・γ線); 全てのエネルギー	1	1
電子(β線)およびミュー粒子; 全てのエネルギー	1	1
中性子: 10keV 以下	5	右図を参照
10keV~100keV	10	
100keV~2MeV	20	
2MeV~20 MeV	10	
20MeV以上	5	
反跳陽子以外の陽子: エネルギー 2MeV 以上	5	2 (正負パイオンも)
アルファ粒子(α線)	20	20
核分裂片	20	20
重原子核	20	20



[出典] 日本アイソトープ協会: ICRP Pub 60、国際放射線防護委員会の1990年勧告、丸善、p7(1991)

赤字 ICRP 2007

全身被曝での影響に換算（臓器ごとに組織加重係数 w_T をかけて合算）

実効線量 $E = \sum_T w_T \times H_T$ [Sv] シーベルト

Sievert



放射線の透過力・線量計算

- α 線は空気中の飛程が数 cm。
生体では表層の細胞 2-3 個で止まる。
- β 線も外部被曝では皮膚への影響を考える (β 線熱傷)。
- α 線も β 線も内部被曝が問題。全てのエネルギーが短い飛程の間に細胞に与えられる。
- γ 線は多くは相互作用 (光電効果・コンプトン散乱) せず体を素通りし、一部が体内で吸収される。外部被曝でも体内も被曝する。
- X線の場合も吸収されるエネルギーは何割か程度。

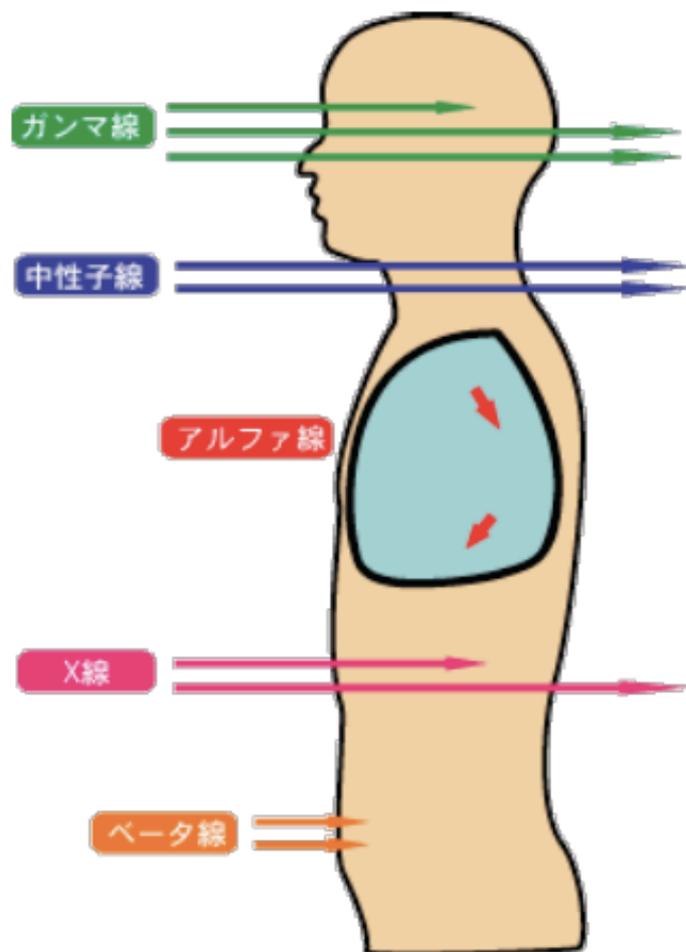


図3 人体を透過する放射線

放射線の測定と単位

- **放射性物質の量(Bq)**
 - 放射性物質の崩壊量(1秒間に崩壊する核数)
- **照射線量(C/kg)、空気カーマ(J/kg=Gy)**
 - 照射された放射線のエネルギー量
- **吸収線量(Gy)**
 - 物質に吸収された放射線のエネルギー量
- **等価線量(Sv)**
 - 放射線の種類による生体への影響を考慮(放射線加重係数)
 - ガンマ線、ベータ等(1倍)、アルファ線(20倍)、中性子線(2~20倍)
 - 各臓器でのリスク評価に用いる
- **実効線量(Sv)**
 - 部分的曝露を受けた場合の臓器の大きさ(確率的影響の発生確率)の影響を考慮(組織加重係数)
 - 放射線防護に用いる

実効線量 effective dose $E [J / kg] = [Sv]$

$$E = \sum_T w_T \times H_T = \sum_T w_T \times \left(\sum_R w_R \times D_{T,R} \right)$$

実効線量[Sv] → E
 組織 T における 等価線量[Sv] → H_T
 組織 T における 平均吸収線量[Gy] → $D_{T,R}$

組織 T の組織加重係数

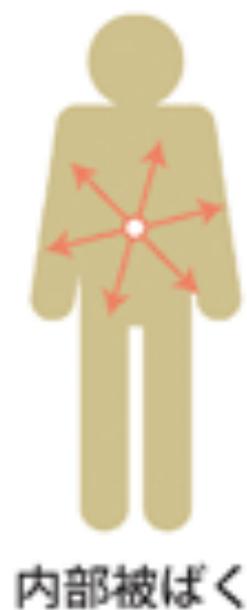
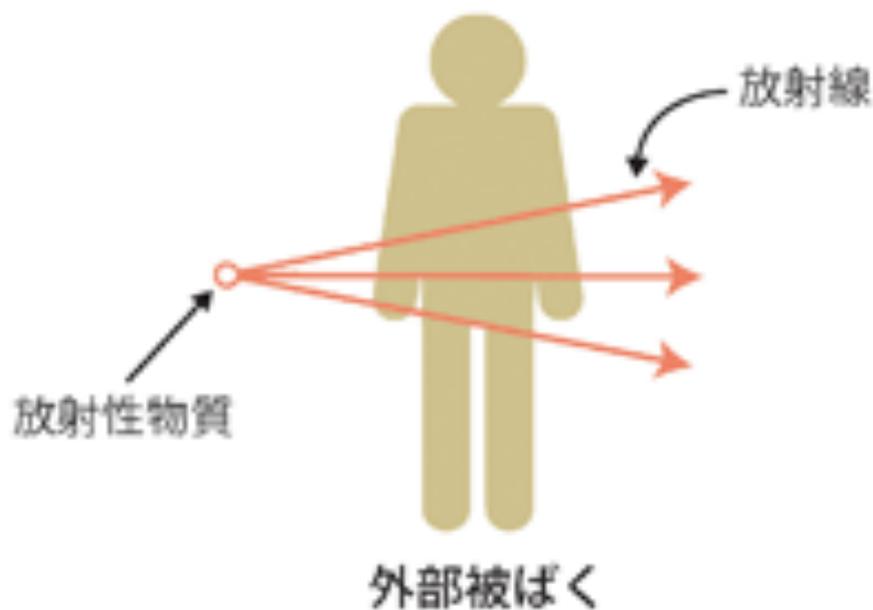
器官・組織	組織加重係数: w_T	
生殖腺	0.20	0.08
骨髄(赤色)	0.12	0.12
結腸	0.12	0.12
肺	0.12	0.12
胃	0.12	0.12
膀胱	0.05	0.04
乳房	0.05	0.12
肝臓	0.05	0.04
食道	0.05	0.04
甲状腺	0.05	0.04
皮膚	0.01	0.01
骨表面	0.01	0.01
脳		0.01
唾液腺		0.01
残りの器官・組織 ^{※2}	0.05	0.12
合計(全身)	1.00	1.00

左欄黒字 ICRP 1990

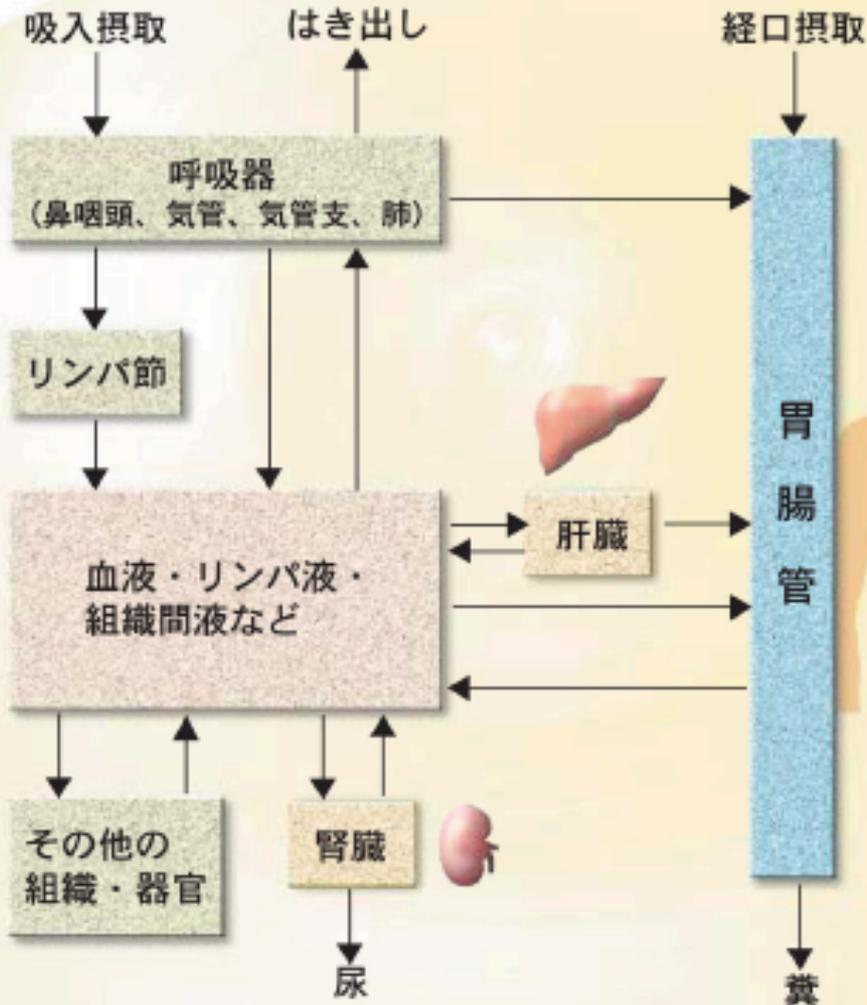
右欄赤字 ICRP 2007

被ばく

放射線を受けること



放射性物質の体内での動き



生物学的半減期という
ものがある

原子力百科事典・ATOMICA「内部被ばくの評価」を基に作成

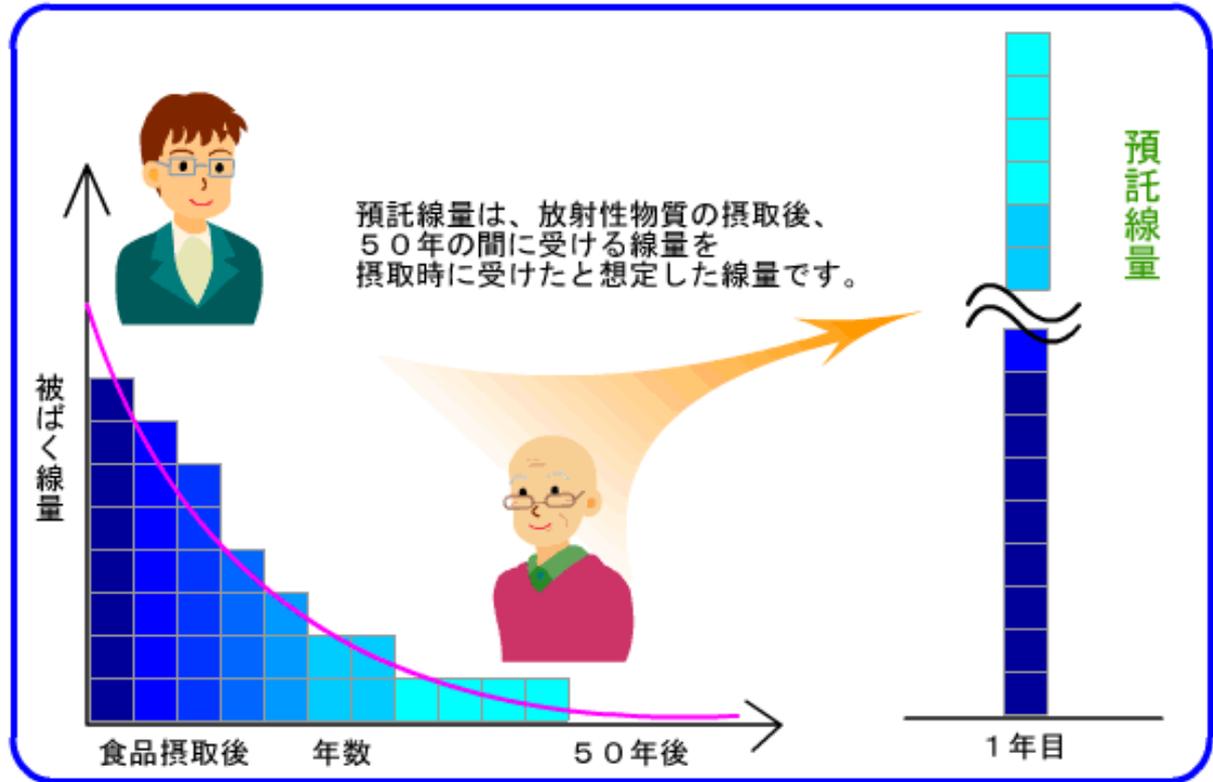
「外部被曝」と「内部被曝」

- 外部被曝
- 内部被曝

教科書 p.68-69参照

- 元素の違い(化学的性格)により吸収されやすい臓器が異なる(ヨウ素→甲状腺、ストロンチウム→骨、セシウム→筋肉・体全体)
- 吸収された組織での等価線量の評価→リスク
- 「預託線量」=吸収された放射性物質による将来すべての曝露量を実効線量として評価
 - 線種、物理学的半減期(^{137}Cs =30年)、生物学的半減期(^{137}Cs =40~90日)・・・
 - ^{137}Cs を100Bq、毎日1年間摂取すると $100\text{Bq} \times 365\text{日} = 36500\text{Bq}$
 - $0.013(^{137}\text{Cs}$ の実効線量係数) $\times 36500 = 470\mu\text{Sv} = 0.47\text{mSV}$

預託線量



体内に摂取された放射性物質は放射能が減衰するとともに、代謝により体内から徐々に排泄される。この間に放出される放射線で組織や臓器が被ばくをうける。預託線量とは、一般成人に対して摂取後の50年間(子供や乳幼児に対しては摂取時から70歳まで)に受ける量を摂取時に受けたと想定した放射線量。

参考：[原子力百科事典 ATOMICA](http://www.atomin.go.jp/atomica/index.html) <http://www.atomin.go.jp/atomica/index.html>

<http://search.kankyo-hoshano.go.jp/food2/Yougo/yotaku.html>

① 「一般食品」の基準値

まず、年齢や性別などにより10区分に分け、区分ごとに一般食品の摂取量と体格や代謝を考慮した係数を使って限度値を算出しました。その結果から、最も厳しい値（13～18歳の男性：120ベクレル/kg）を下回る**100ベクレル/kg**を全区分の基準としました。これは、**乳幼児をはじめ、すべての世代に配慮した基準**です。

食品からの線量の上限值
1ミリシーベルト/年

★飲料水の線量（約0.1ミリシーベルト）を引く

一般食品に割り当てる
線量を決定

年齢区分	性別	限度値 (ベクレル/kg)
1歳未満	男女	460
1歳～6歳	男	310
	女	320
7歳～12歳	男	190
	女	210
13歳～18歳	男	120
	女	150
19歳以上	男	130
	女	160
妊婦	女	160
	最小値	120

各年齢層等ごとに、通常の食生活を送れば、年間線量の上限值を十分に下回る水準に設定

100ベクレル/kg
に基準値を設定

★すべての年齢区分の限度値のうち最も厳しい値（120）を下回る数値に設定

[ホーム](#) > [組織・政策](#) > [基本政策](#) > 東日本大震災に関する情報

東日本大震災に関する情報

東京電力福島第一原子力発電所事故による
農畜水産物等への影響
～関係府省等のサイトへのポータル～

食べて応援しよう!
被災地を応援



農畜水産物等に含まれる放射性物質の検査結果（随時更新）

- ・ [農産物に含まれる放射性セシウム濃度の検査結果](#)
- ・ [水産物の放射性物質調査の結果](#)
- ・ [畜産物中の放射性物質の検査結果](#)
- ・ [肥料中の放射性物質の検査結果](#)
- ・ [飼料作物中の放射性物質の調査結果](#)

[放射性物質の測定結果について理解を深めるために](#)

[食品中の放射性物質について知りたい方へ（消費者向け情報）](#)

[放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について](#)

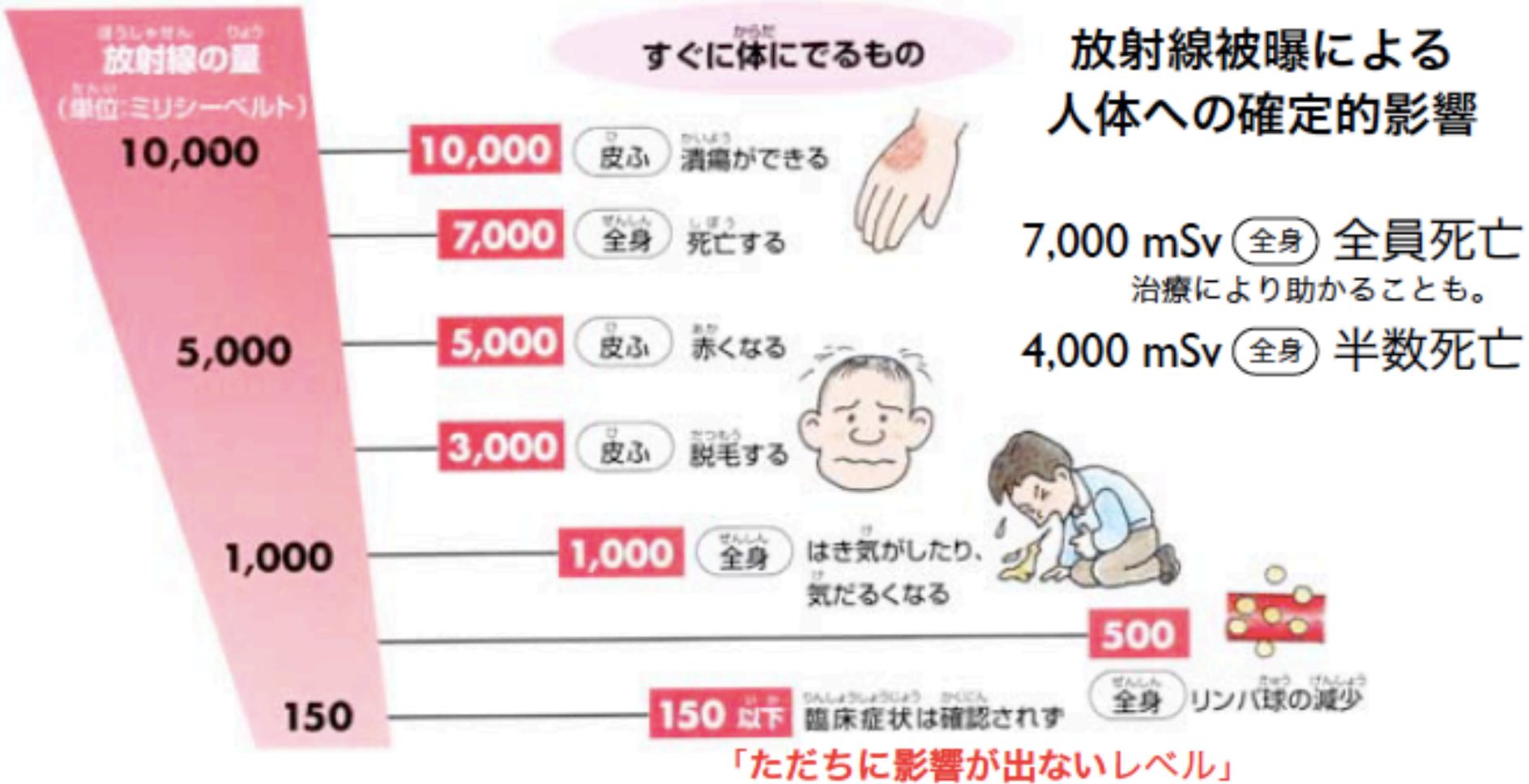
[牛肉からの暫定規制値を超える放射性セシウムの検出について](#)

最新の情報とはHP公開



確定的影響

自然放射線量をはるかにこえるレンジ



このあとは、確率的影響を考える

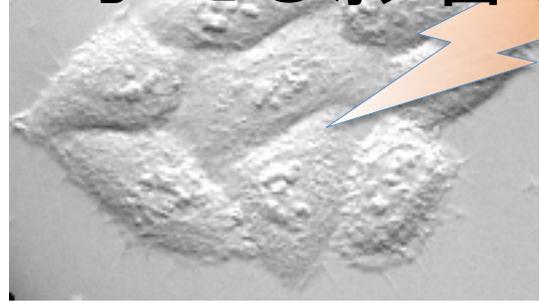
確定的影響の具体例

細胞再生系	造血組織	腸上皮	皮膚	精巣	水晶体
<p>幹細胞</p> <p>幹細胞 芽細胞</p> <p>(分裂)</p> <p>機能細胞</p> <p>(老化)</p> <p>老熟細胞</p> <p>(死滅)</p>	<p>幹細胞</p> <p>リンパ球 粒球 好中球 赤血球 球(血小板)</p>	<p>腸上皮</p> <p>腺窩(幹細胞)</p> <p>絨毛</p>	<p>皮膚</p> <p>基底細胞(幹細胞)</p> <p>角質層</p>	<p>精巣</p> <p>幹細胞</p> <p>精子</p>	<p>水晶体</p> <p>上皮(幹細胞)</p> <p>水晶体繊維</p> <p>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

放射線の健康影響

- 確定的影響(組織反応)
 - 放射線によって細胞や組織が障害される
 - 比較的線量の高いところで生じる(閾値がある)
 - 重症度が線量に比例する
 - 急性: 消化管障害、造血障害、不妊、白内障、など
 - 晩発性: 循環器疾患・白内障など
- 確率的影響
 - 放射線によって細胞のDNAなどに傷が生じる
 - 多くは修復されるが、されなかった場合には、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などが生じる
 - 線量に応じて確率的に生じる(閾値はないとする)
 - 線量と発症後の重症度は関連しない
 - がんと遺伝的影響

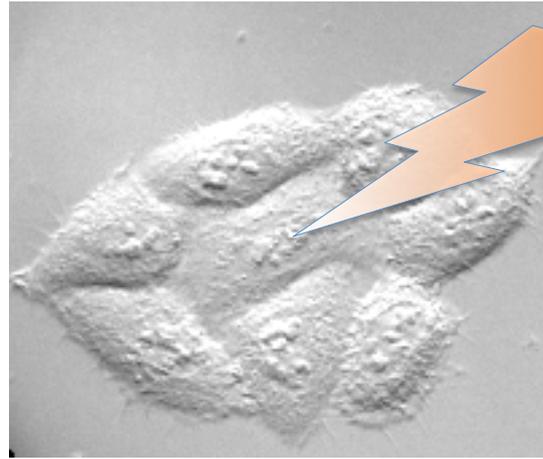
確率的影響を考える上で、
放射線が細胞に与える影響を知る必要がある



低線量被ばくによる影響

多くの体積をしめる**細胞質**に
ヒットして、生体分子(RNA, タ
ンパク質)を傷つけても、新た
な分子は合成できる。

影響は持続せずにすむ



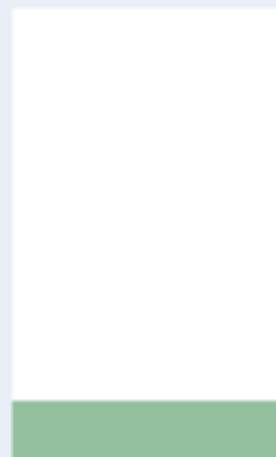
低線量被ばくによる影響

核 にヒットしてしまうと、
DNA分子を傷つける

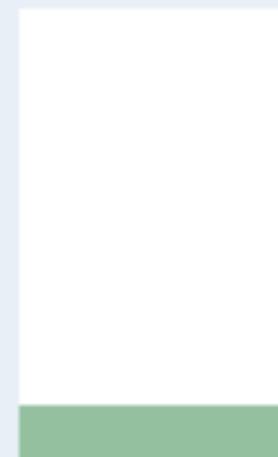
これは、あとに影響が残る

2015 CHEMISTRY QUESTION

Did you know that
your DNA is
constantly in need of
repair?



Yes



No

Nobel Prize Foundation

The Nobel Prize in Chemistry 2015



Photo: Cancer Research UK

Tomas Lindahl

Prize share: 1/3

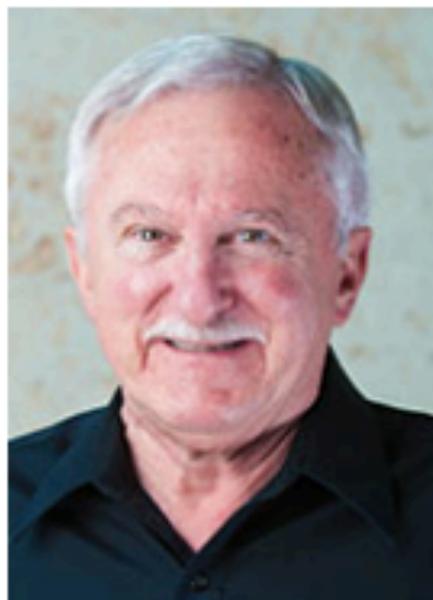


Photo: K. Wolf/AP Images for HHMI

Paul Modrich

Prize share: 1/3



Photo: M. Englund, UNC-School of Medicine

Aziz Sancar

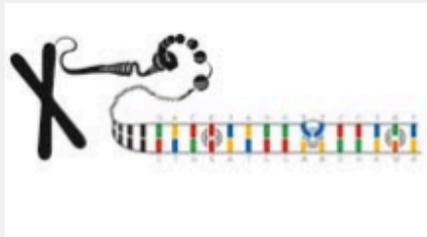
Prize share: 1/3

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

DNA repair

– providing chemical stability for life

2015 Chemistry Prize



Ill: © Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

2015 Nobel Prize in Chemistry

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

[→ Read more](#)



Tomas Lindahl. Photo: Cancer Research UK

I Feel Very Lucky and Privileged

"I'm not a politician. I'm not used to talk on two phones at the same time." Life is getting busy for Tomas Lindahl, awarded the 2015 Nobel Prize in Chemistry. In this short interview, Tomas Lindahl also talks about his research and early days in Sweden.

[→ Interview and transcript](#)



Paul Modrich. Photo: K. Wolf/AP Images for HHMI

"Shock. Surprise. Excitement"

Paul Modrich was on vacation in his little cabin in the woods in New Hampshire when he got the news through e-mail that he had been awarded the 2015 Nobel Prize in Chemistry. "I'm in the right place at the right time."

[→ Interview and transcript](#)



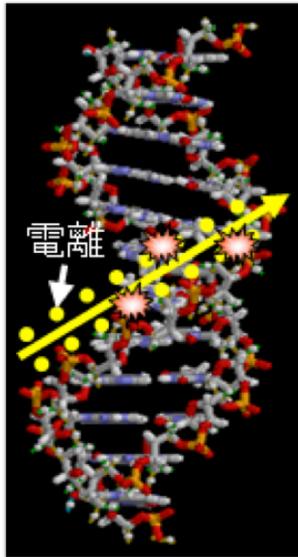
Aziz Sancar. Photo: M. Englund, UNC-School of Medicine

Aziz Sancar: "I'm Honored to Get this Recognition"

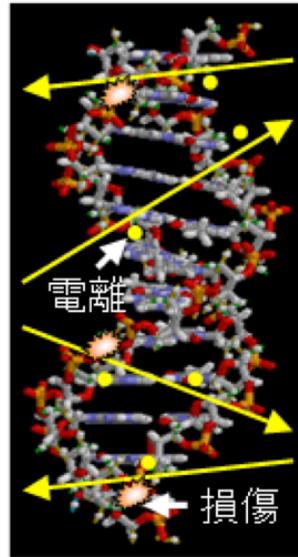
"My wife took the call and woke me up". Chemistry Laureate Aziz Sancar on being awarded the Nobel Prize.

[→ Interview and transcript](#)

放射線によるDNA損傷



重イオン



電子

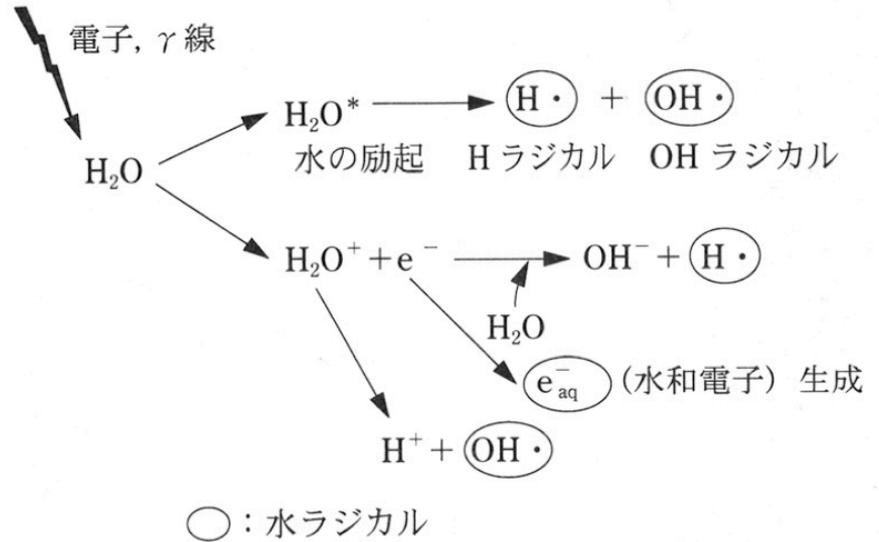


図 6・5 電離放射線による水分子の電離と励起の概略

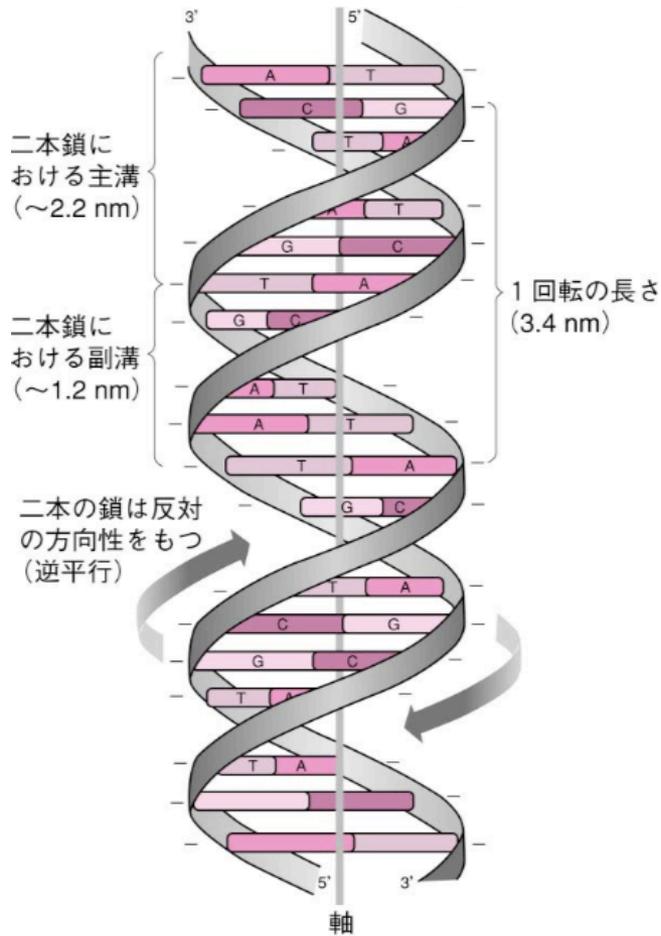
LET : 線エネルギー付与

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**

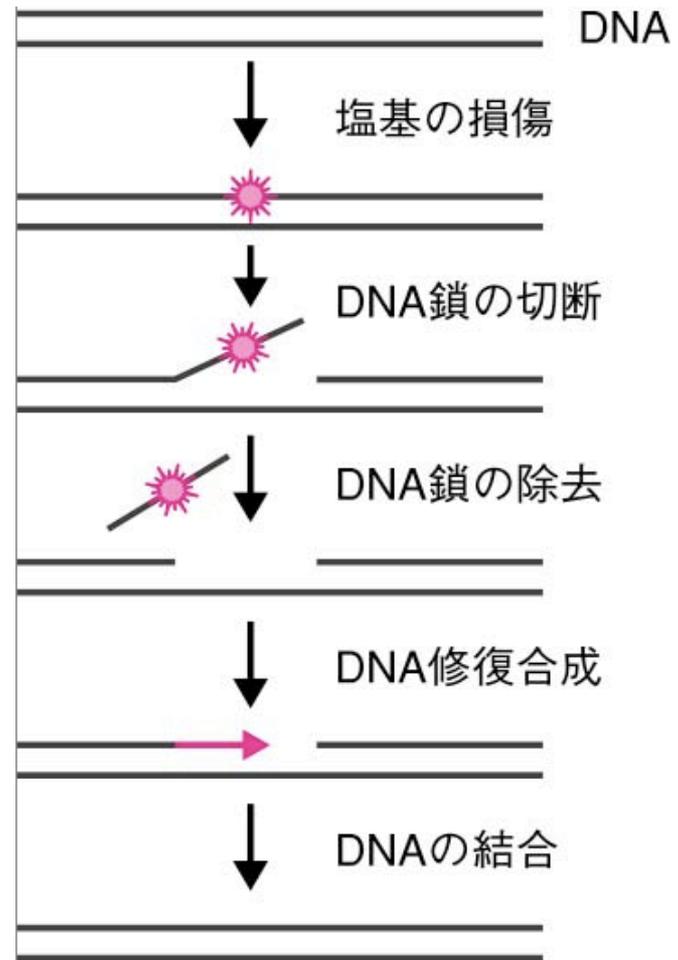
と間接作用 : 水の電離で生じるラジカルが DNA 分子に作用

低 LET 放射線

放射線によるDNA損傷

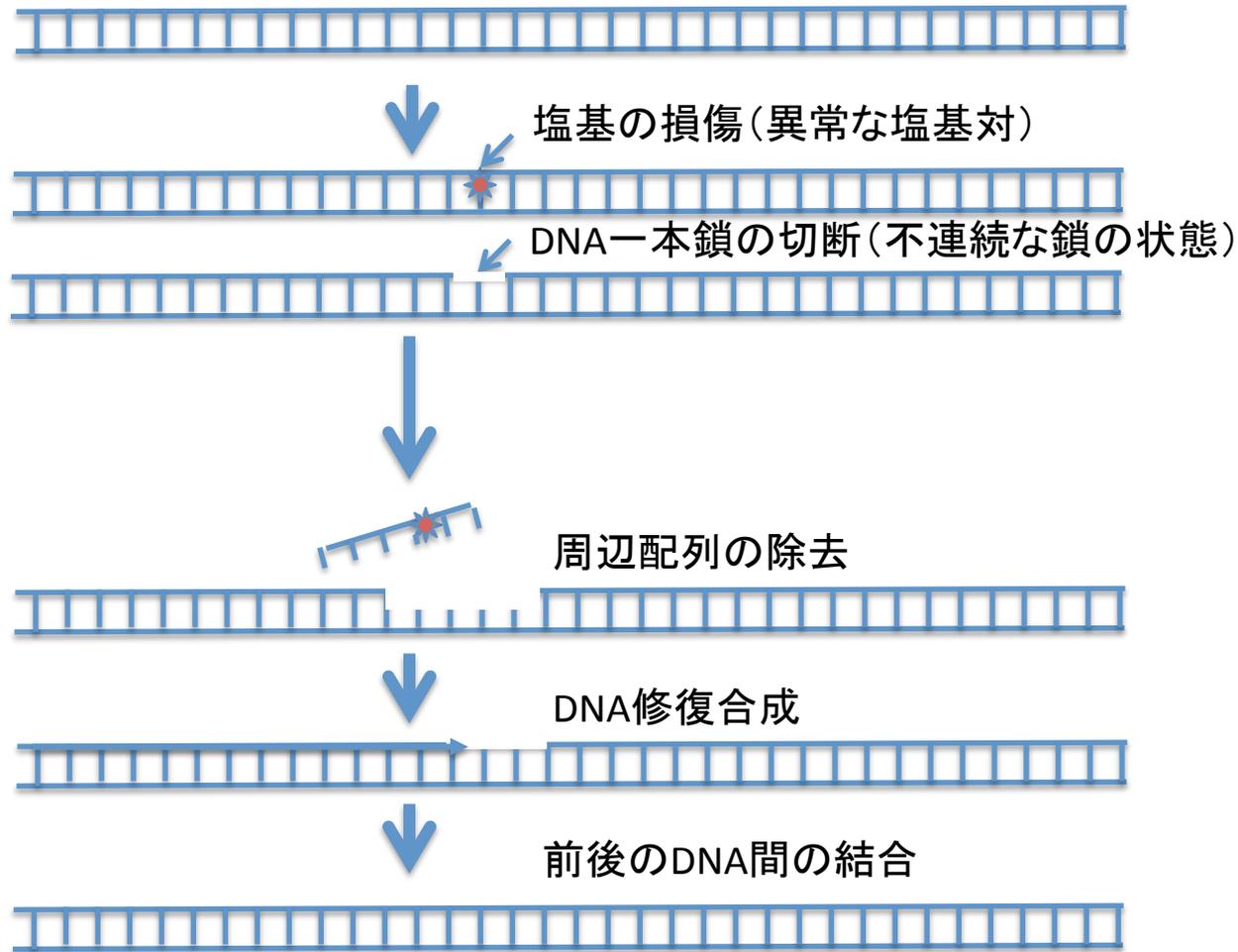


リボン型モデル

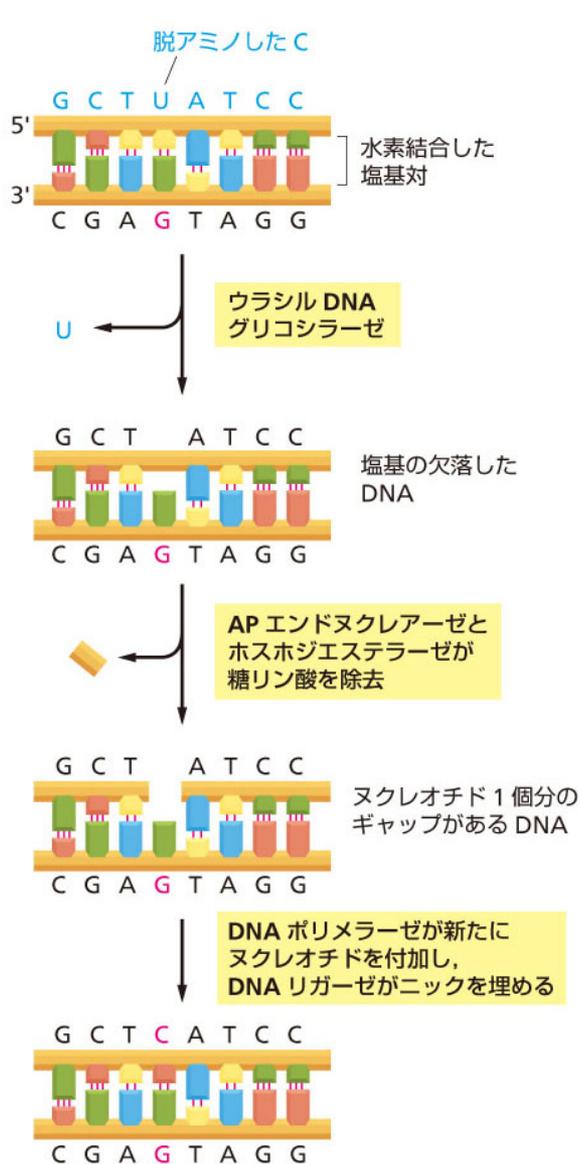


生物にはDNAの損傷を直す機構がある。→不可逆的に全て残るわけではない

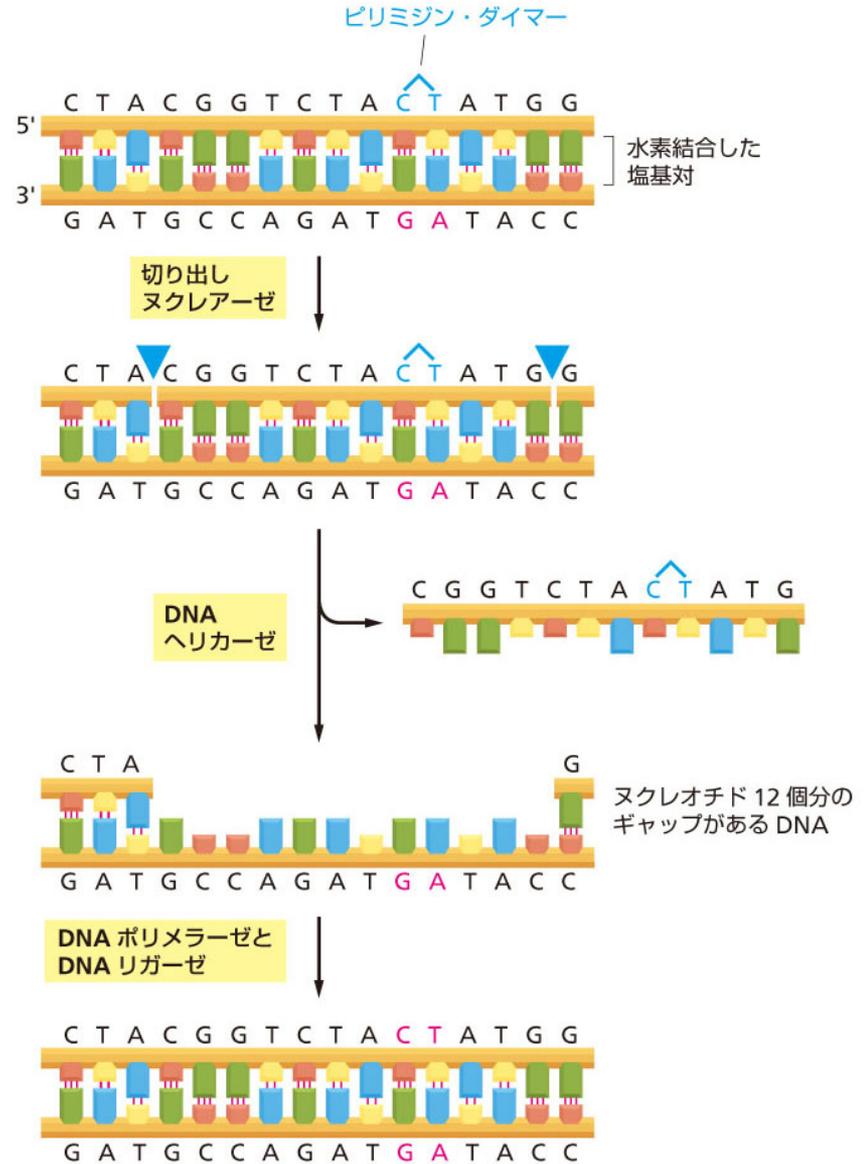
DNA二本鎖片側が損傷した場合の修復



(A) 塩基除去修復



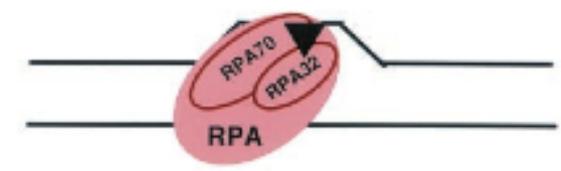
(B) ヌクレオチド除去修復



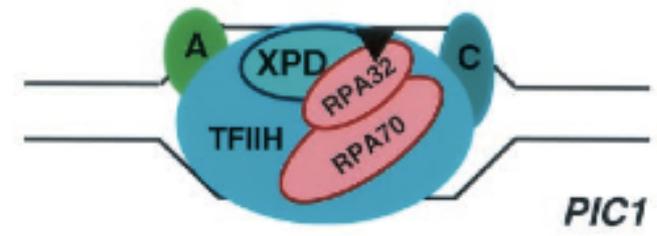
Damaged DNA



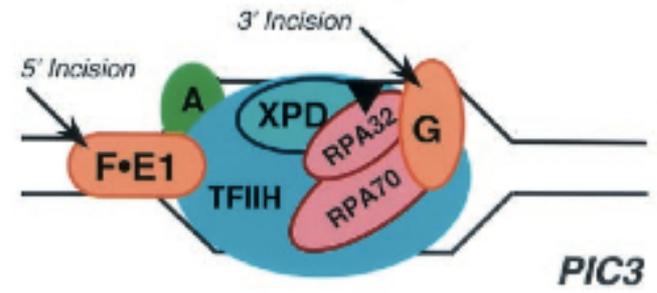
RPA



TFIIH•XPC
XPA

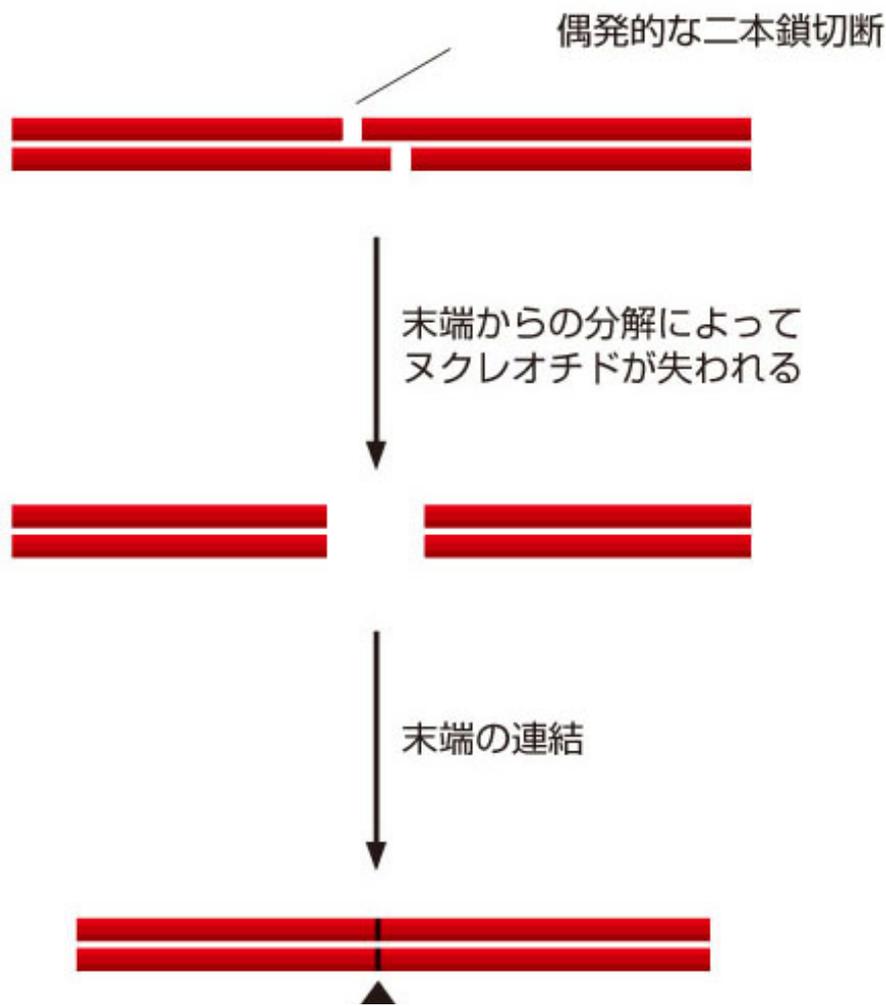


XPG
XPF•ERCC1
XPC

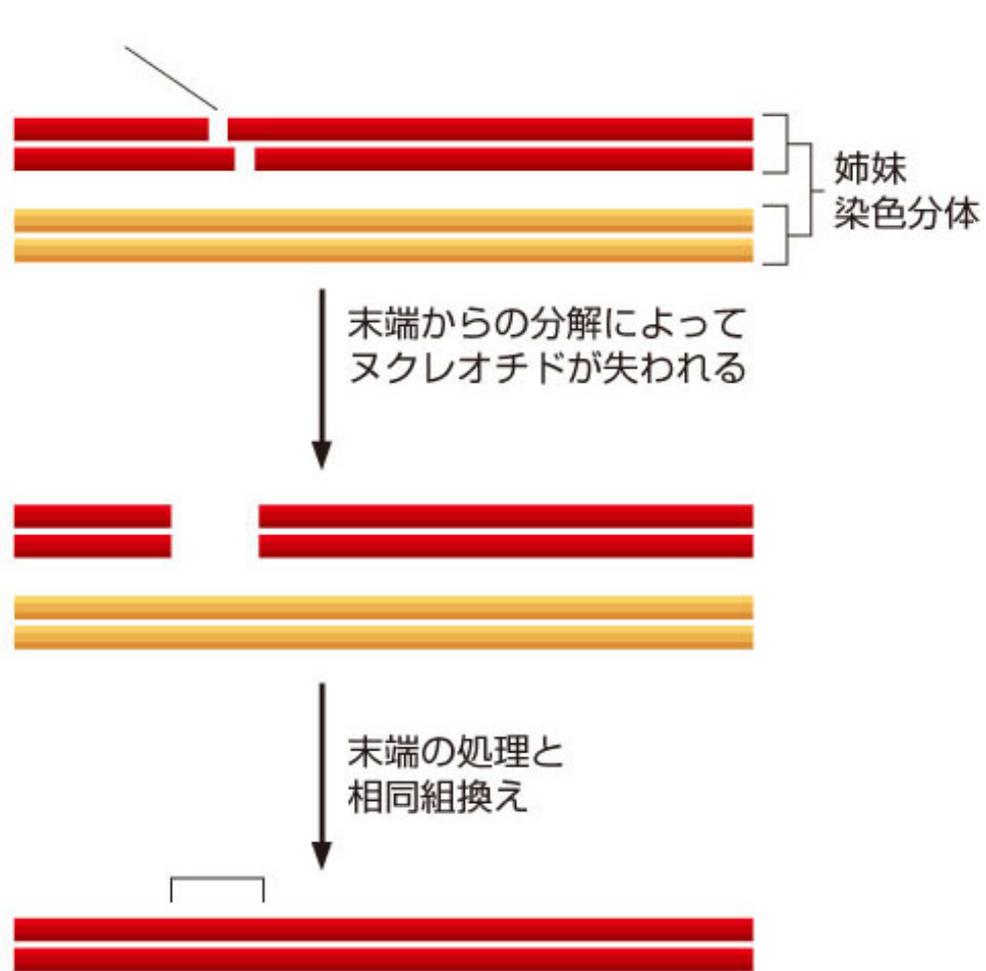


詳細があきらかとなっていて、さまざまな因子が関与している。それぞれに名前がつけられている

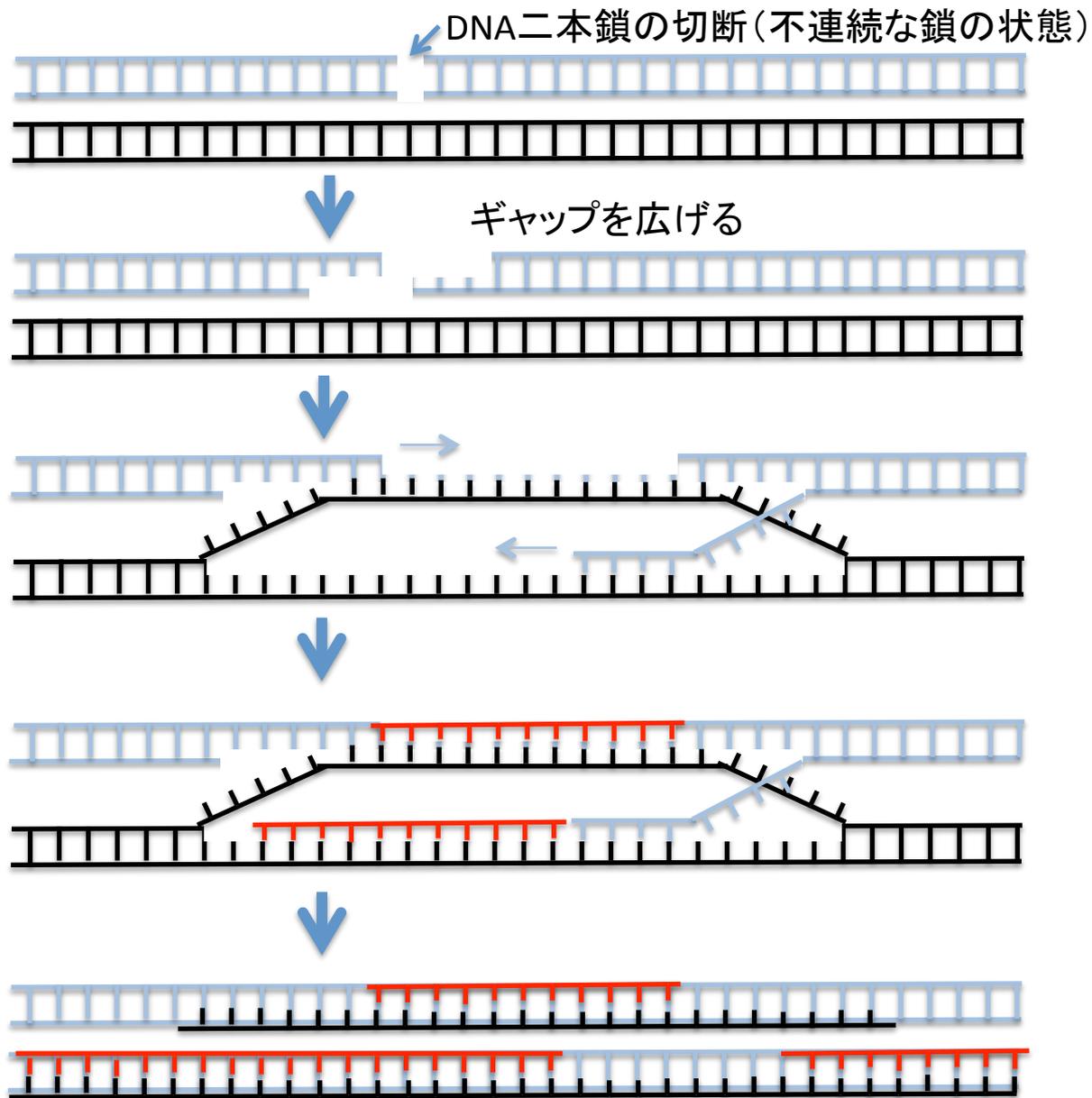
DNA二本鎖ともに切断した場合の修復



非分裂細胞の場合



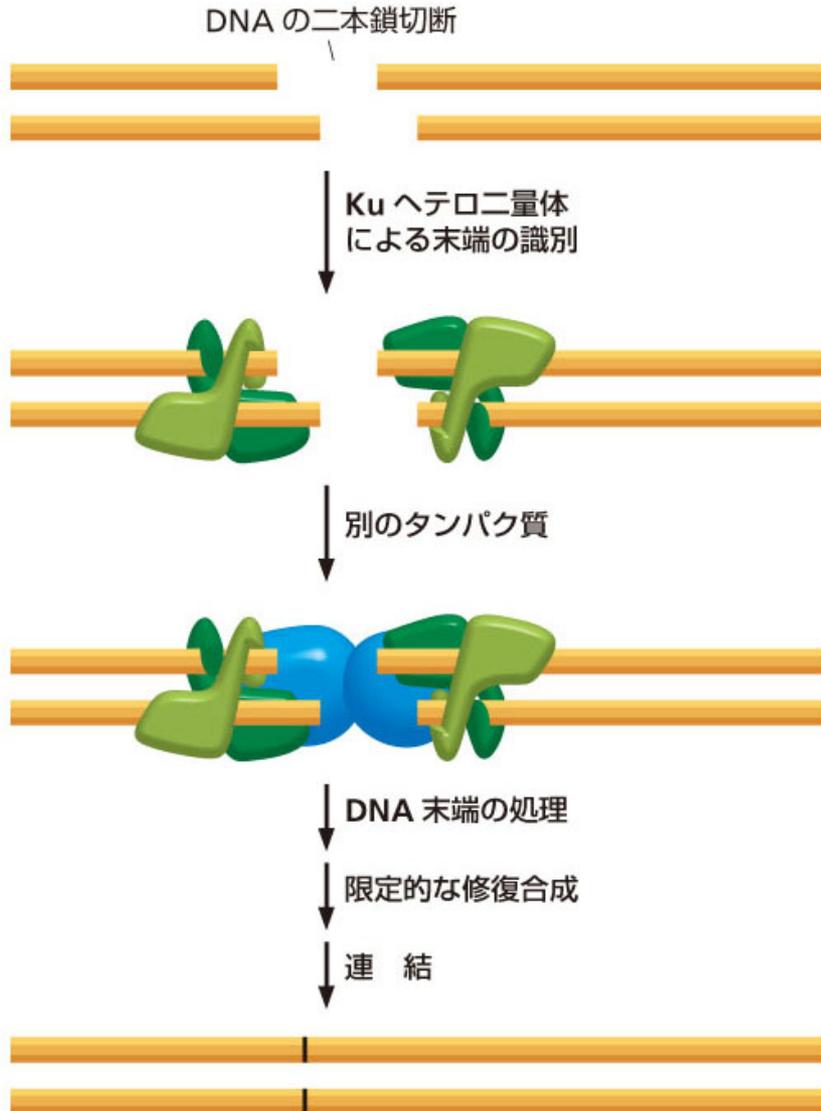
分裂細胞の場合



分裂細胞の場合

非分裂細胞の場合

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。



修復された DNA では、普通はヌクレオチドが欠失する

たとえばイントロン配列

ヒトゲノムDNAの塩基配列は大半がタンパク質をコードしていない部分(99%)なので、二本鎖切断の再結合による影響は少ないと考えられる。

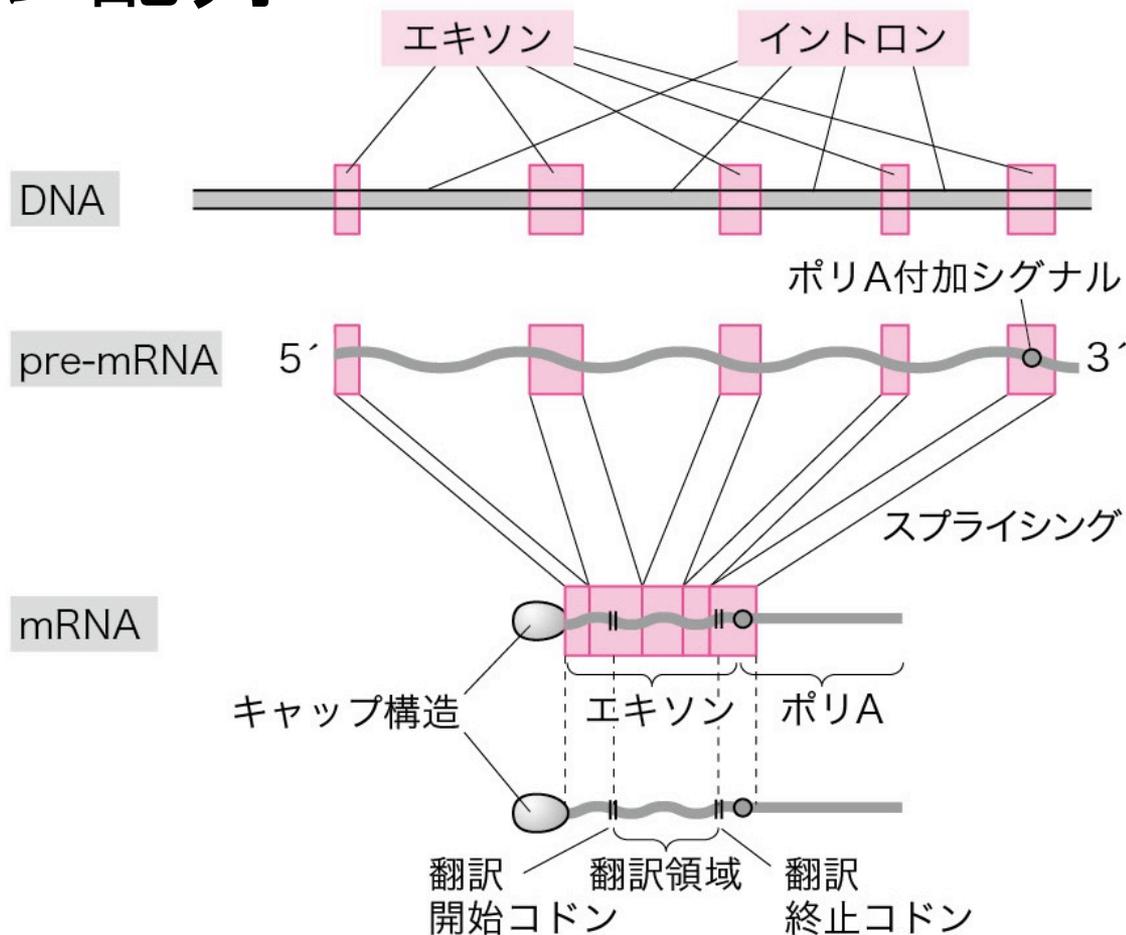


図7-8 真核細胞 mRNA 完成までの修飾

© YODOSHA CO., LTD.

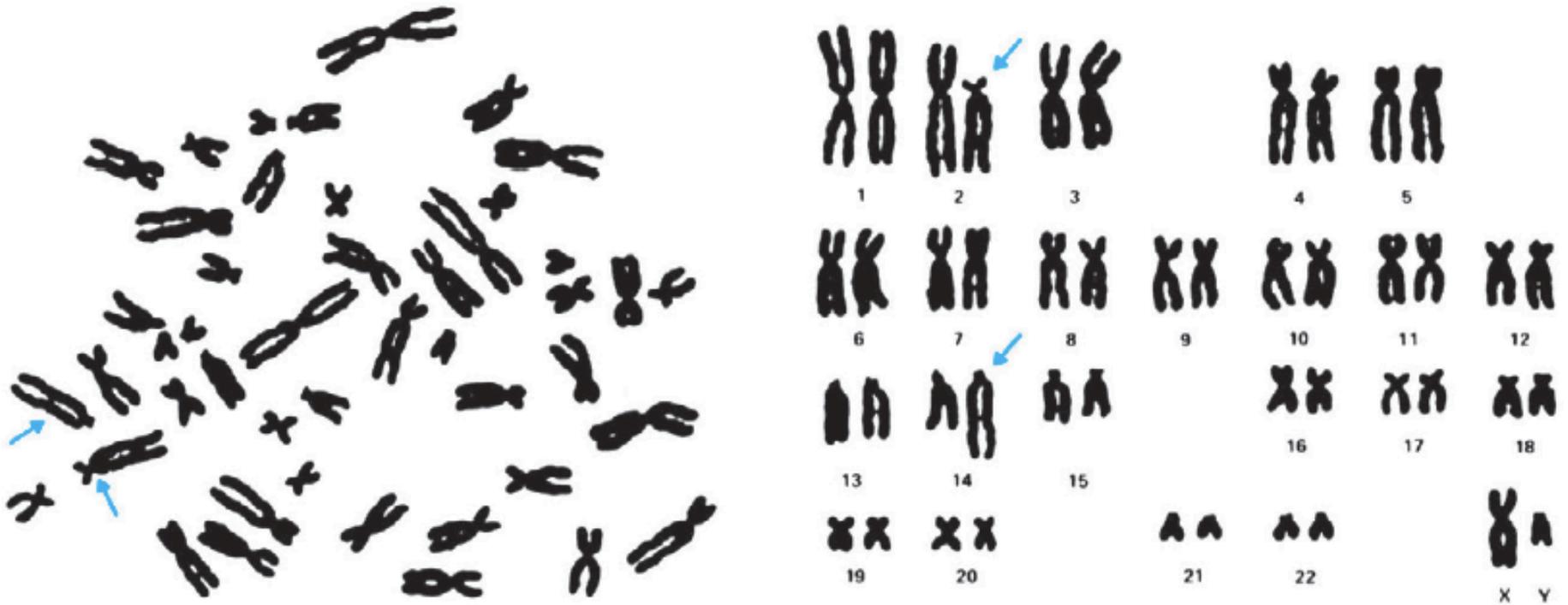
『理系総合のための生命科学 第3版』 第7章

修復能力がないと
通常環境で普通に生活していても
がんになる

DNAは 紫外線でも損傷をうけるが、
その損傷を直す機能を
失なった場合の病気が知られている

染色体異常が起こる場合もある

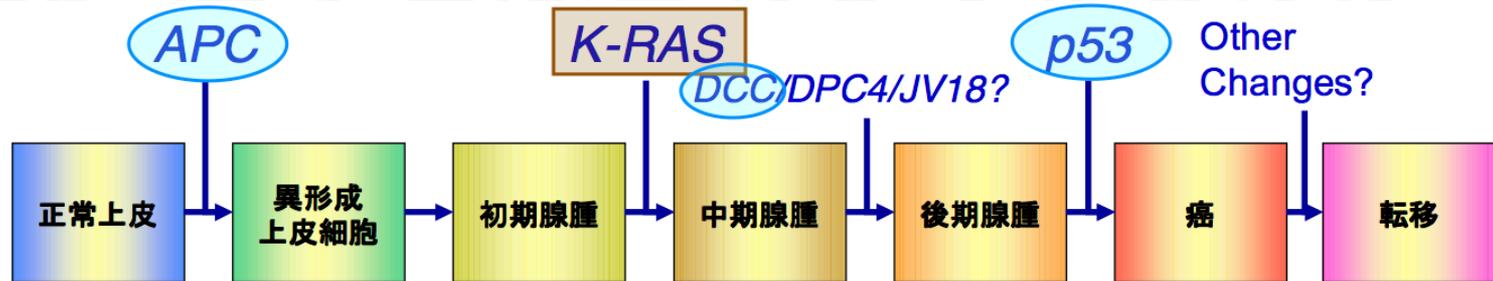
図5. 左は異常（矢印）を持った細胞分裂像。右は同じものを染色体の大きさに従って並べかえたもの。異常染色体は、第2染色体と第14染色体の一部の交換によって生じたことが分かる（矢印）



遺伝子の傷がもつ影響

- いわゆる癌が発生する
 - 癌遺伝子が生まれる？

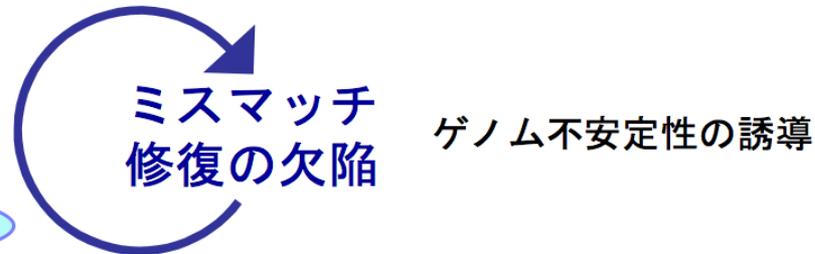
癌遺伝子とはどのようなものか？



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

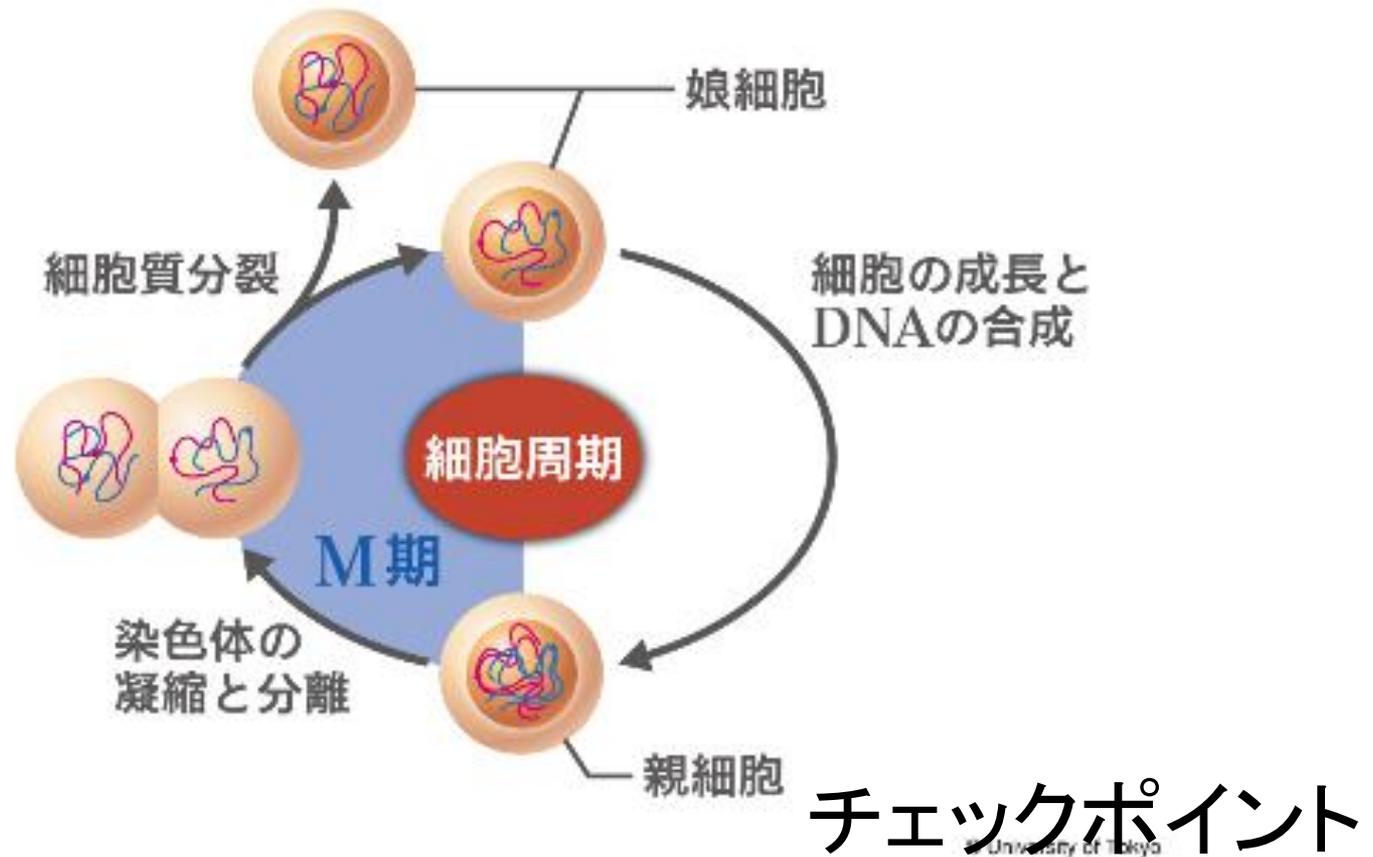


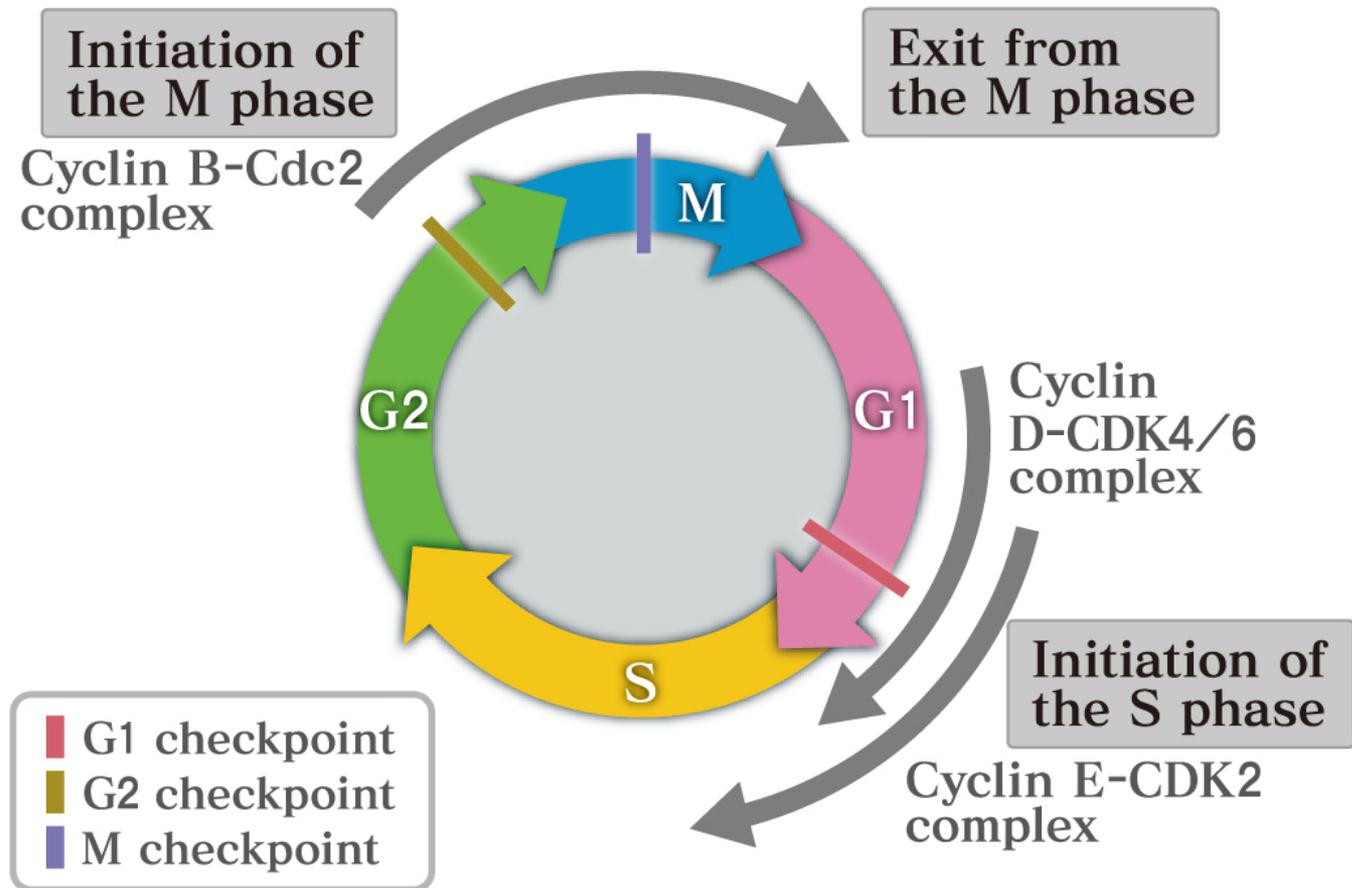
- 放射線による直接電離、および水のイオン化で生じるラジカルはたしかに DNA に損傷を与える（おそらく線量に比例）。なかでも二本鎖切断が特に問題となる（高LETを与える α 線、中性子線は生物学的効果大きい）。
- しかしそもそも DNA 損傷は化学物質など放射線以外の要因によっても、また普段の DNA 複製の際の複製エラーでも生じている。
- ヒトを含む生物の細胞には、DNA 損傷に対する多種多様な修復機能が備わっている。
- それら DNA 修復遺伝子自体が損傷を受けると修復機能が低下するが、DNA 損傷が残ってもすぐガンになるのではなく、細胞がガン化するのは多段階のガン遺伝子（アポトーシス(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方は、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）

細胞周期とは

- 細胞に
- 秩序ある変化が周期的に起こって
- 初めて細胞が増殖する。

DNA複製が正常に行われないと、 細胞周期自体が進行しない ＝細胞が分裂しない

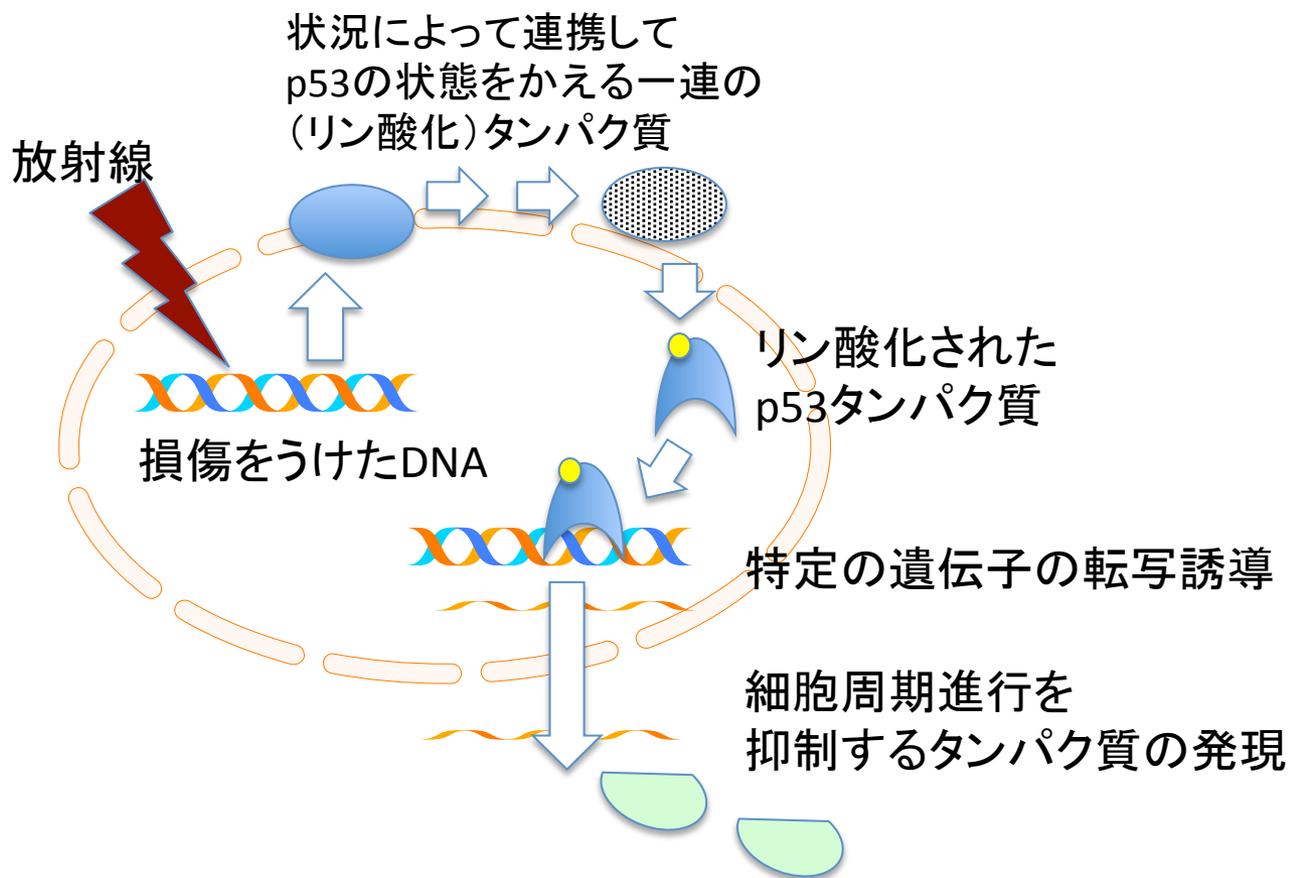




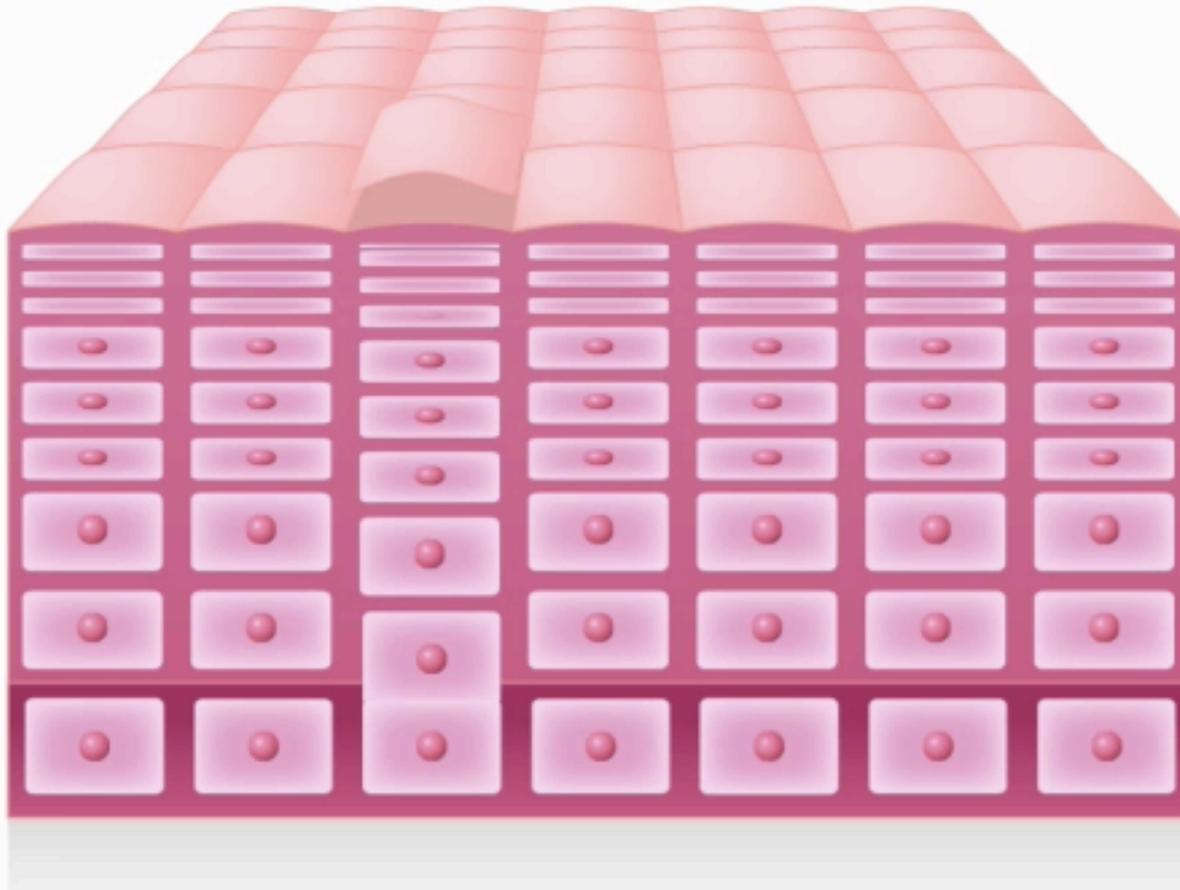
© University of Tokyo

多くの素材が以下のサイトにあります
<http://csls-db.c.u-tokyo.ac.jp/index.html>

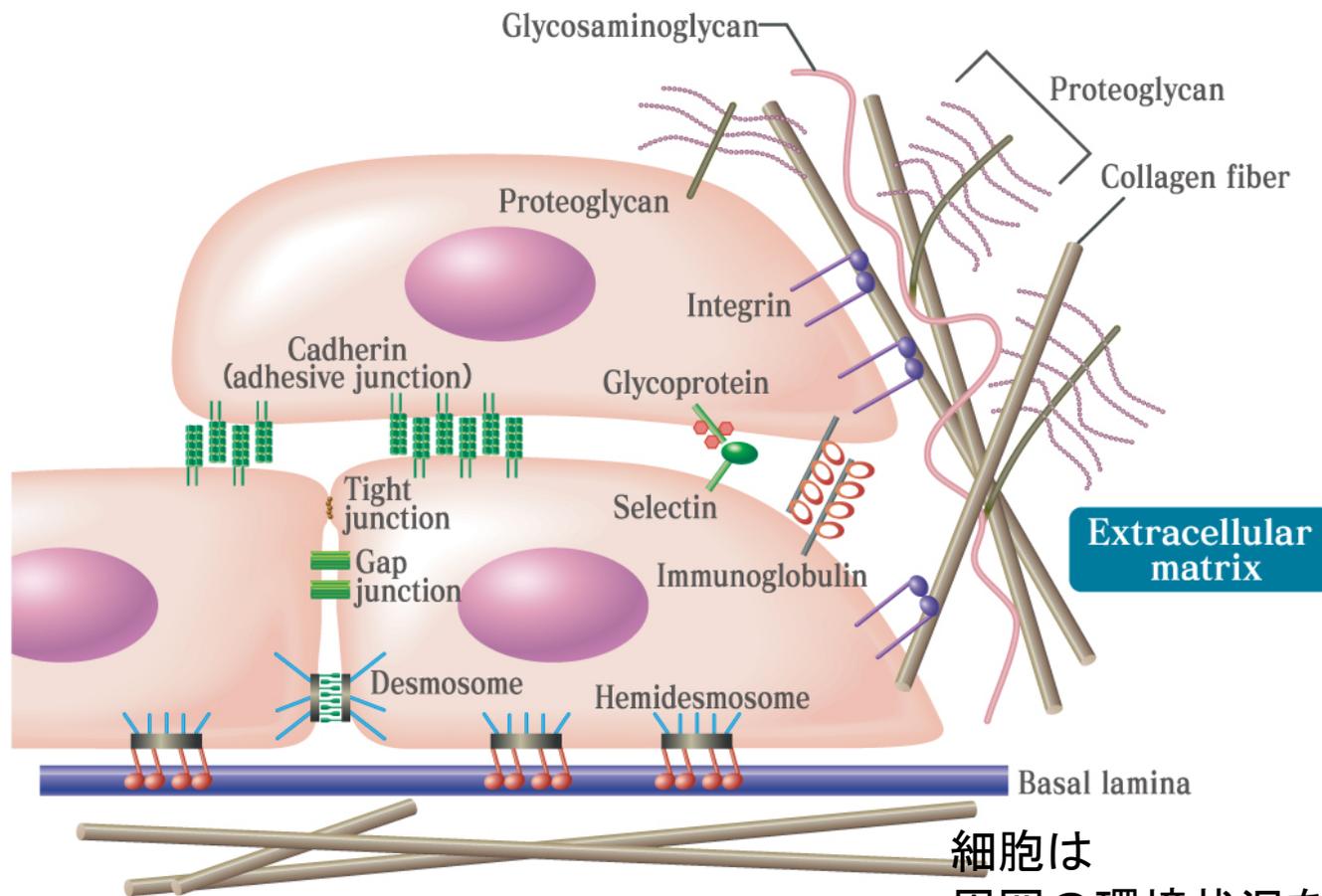
DNA損傷→P53が見つける 細胞周期の進行を調節する



組織中の細胞での細胞周期は どうなっている



正常細胞は周囲の仲間と コミュニケーションしている



細胞は
周囲の環境状況を把握、協調して
周囲の組織、器官と仲良く納まっている。

細胞のトランスフォーメーション

ウイルスによってがん化する例の図ですが、放射線がきっかけとなることもある

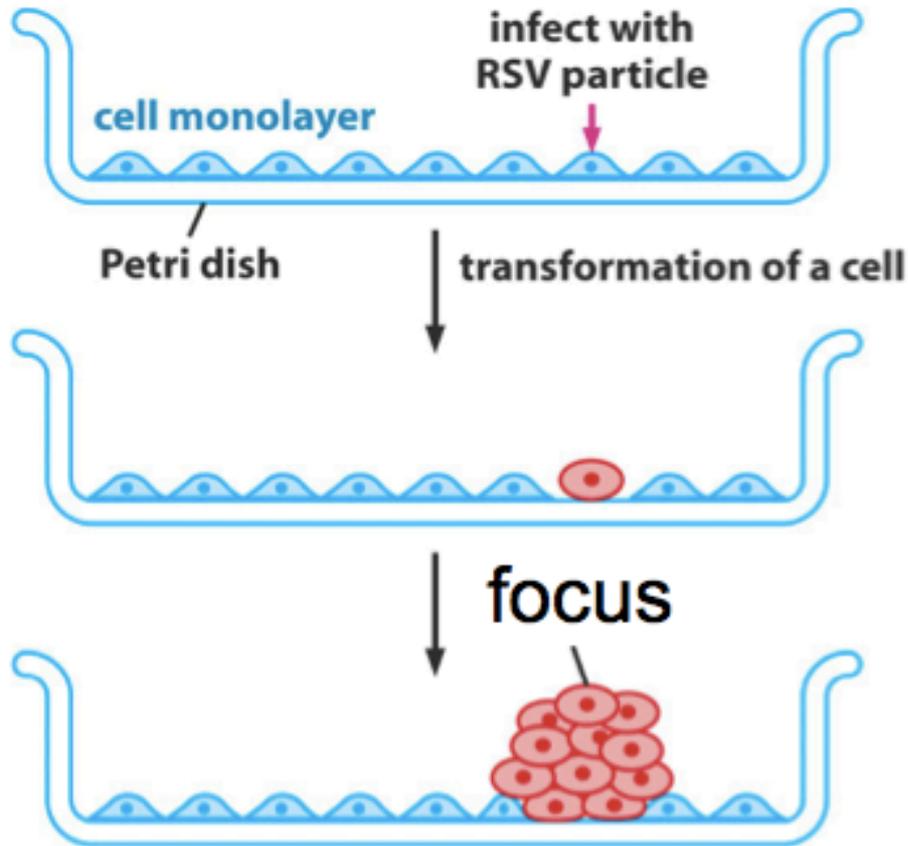


Figure 3-7a The Biology of Cancer (© Garland Science 2007)

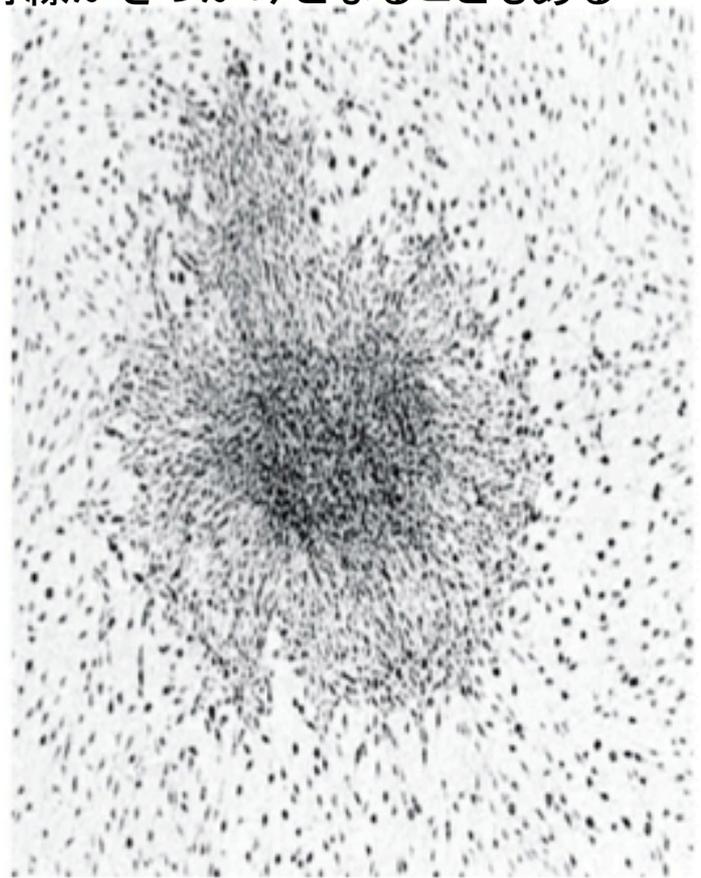
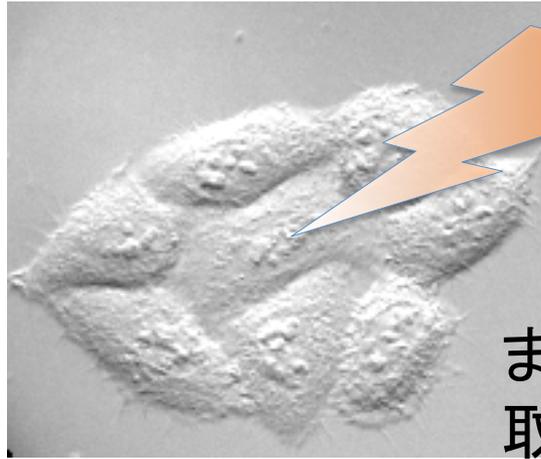


Figure 4-3a The Biology of Cancer (© Garland Science 2007)

他の細胞のうえにでも増殖細胞が重なっていく。
癌細胞の特徴。

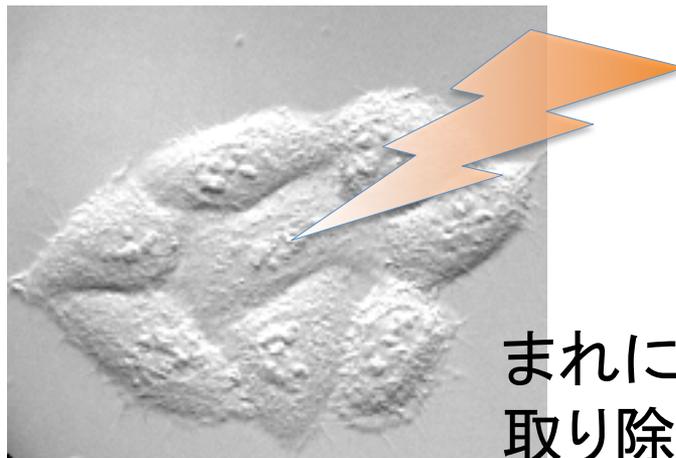


まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう



修復の失敗

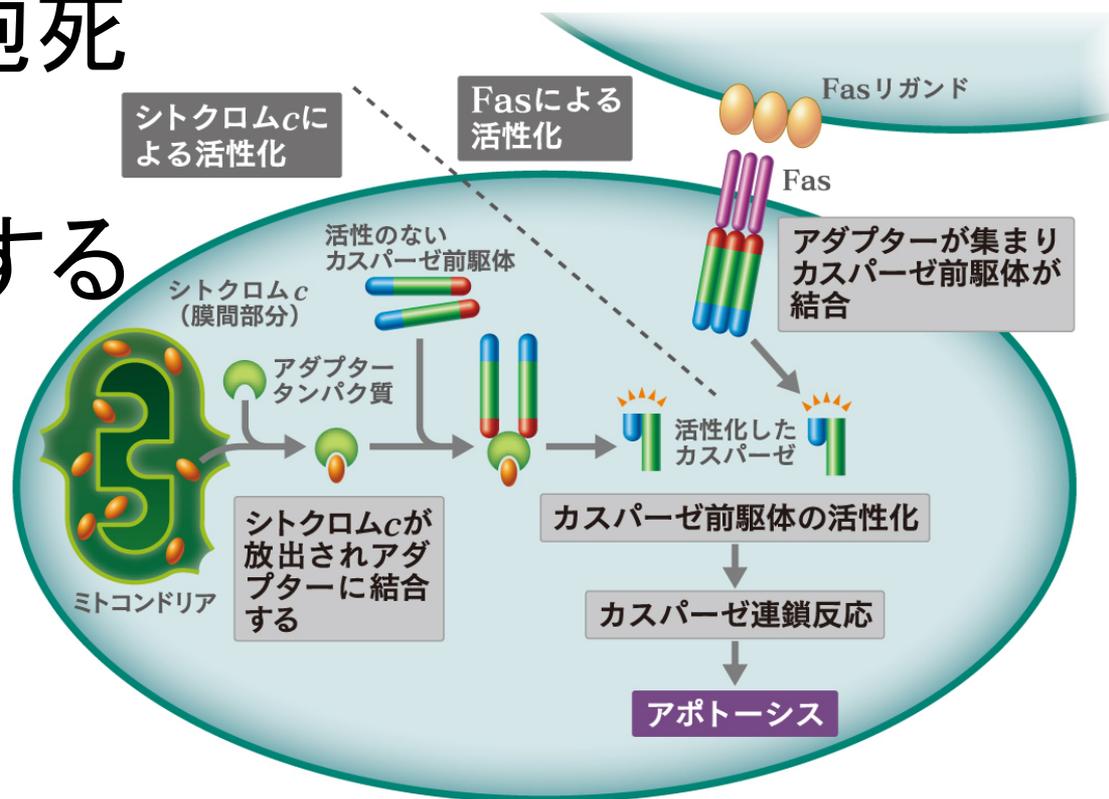
どうなる？



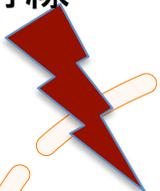
まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう

プログラム細胞死

細胞が自爆する



放射線

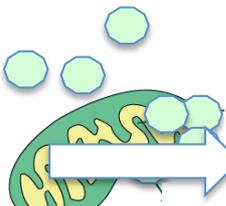


損傷を受けたDNA



リン酸化されたp53タンパク質

アポトーシス関連タンパク質

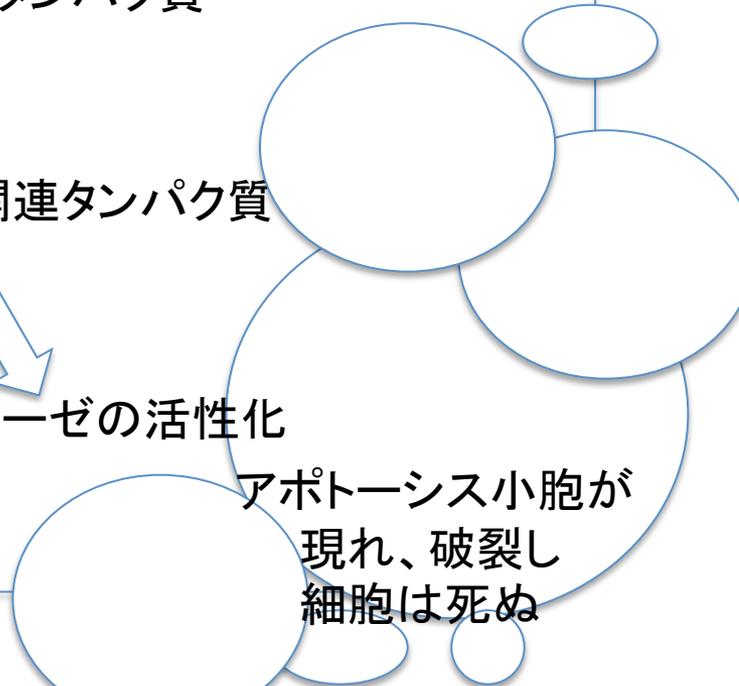


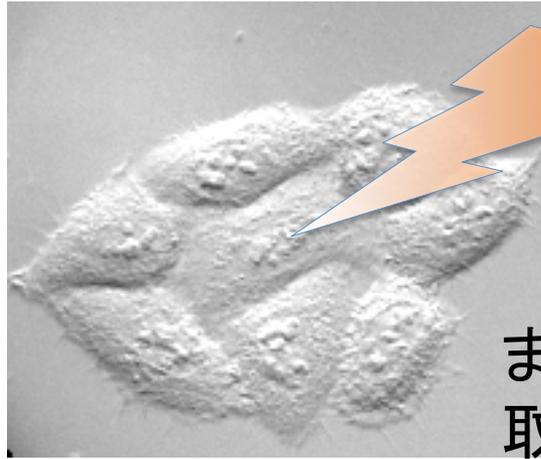
ミトコンドリア

カスパーゼの活性化

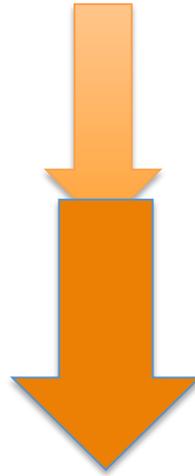


アポトーシス小胞が
現れ、破裂し
細胞は死ぬ





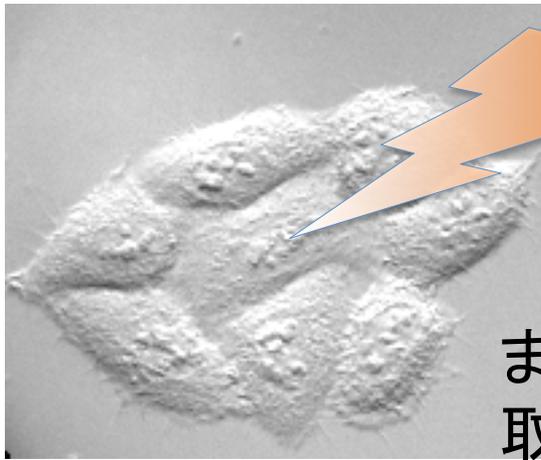
まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう



修復の失敗

細胞死も起こらない場合

どうなる？



まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう

NK細胞

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

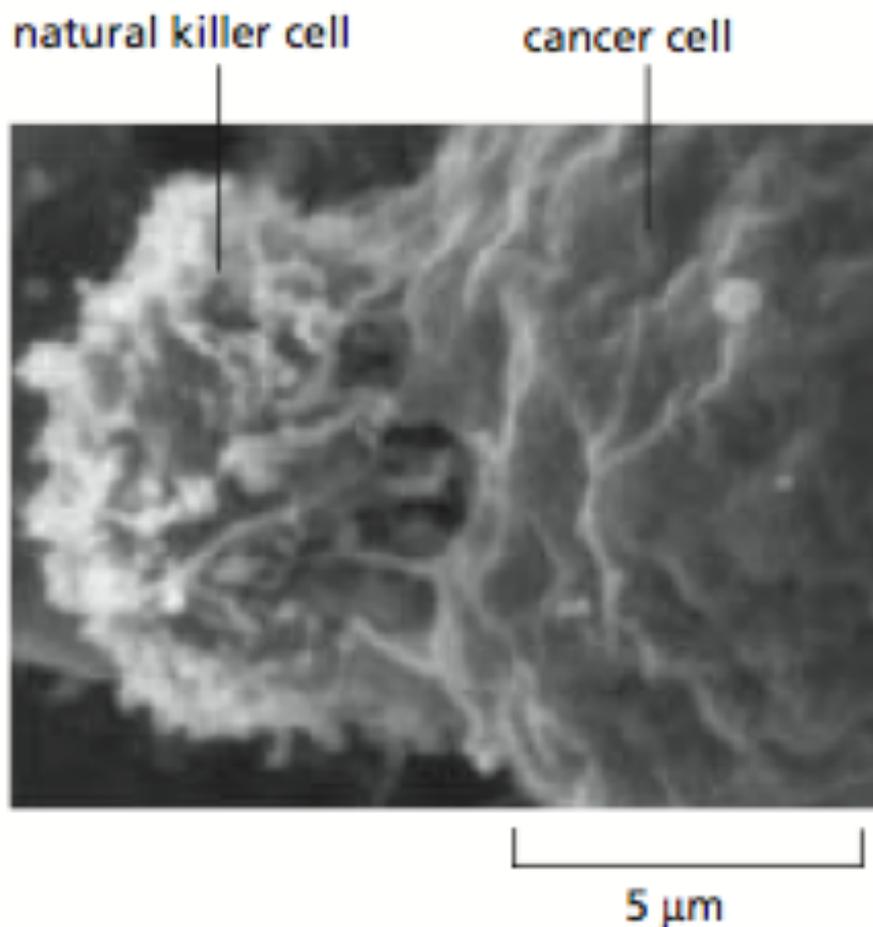


Figure 24–57 A natural killer (NK) cell attacking a cancer cell. The NK cell is the smaller cell on the *left*. This scanning electron micrograph was taken shortly after the NK cell attached, but before it induced the cancer cell to kill itself. (Courtesy of J.C. Hiserodt, in *Mechanisms of Cytotoxicity by Natural Killer Cells* [R.B.



著明に腫大した脾臓

(慢性骨髄性白血病): 4000g

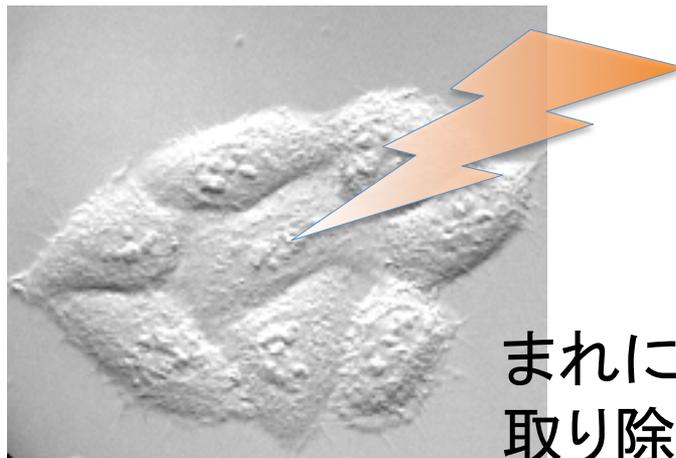
*右は同年齢の脾臓

(対照): 110g

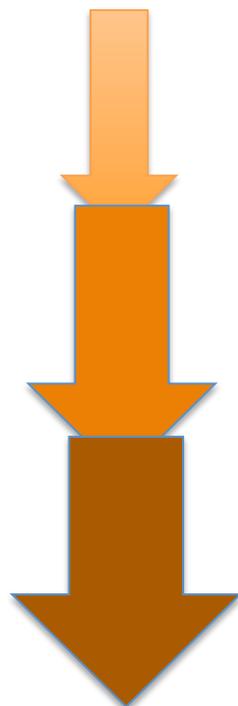
Marked splenomegaly

(swollen spleen): 4,000g
(chronic myelogenous leukemia)

*A normal spleen of the same age
is shown on the right 110g.



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

がん細胞が残ってしまう

がん細胞にも2種類

benign

良性

malignant

悪性

浸潤性

平成26年度日本人推計死亡数

死因	死亡数
悪性新生物	370 000
心疾患	196 000
脳血管疾患	113 000
死亡数	1 269 000

これがいわゆる癌

29.2%が 癌で死亡

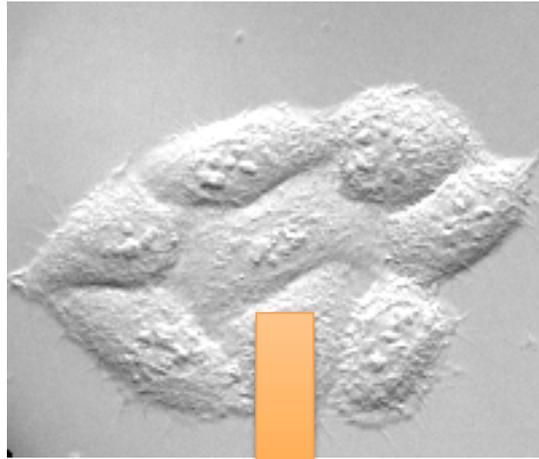
発がん率

いろいろとデータはあるが、一例

+ 0.5 % / 100 mSv

平成26年(2014)人口動態統計の年間推計(厚生労働省)
日本人の死因のうち、癌によるもの (悪性新生物)

29.2 % この値に上乘せ 29.7 %



修復の失敗

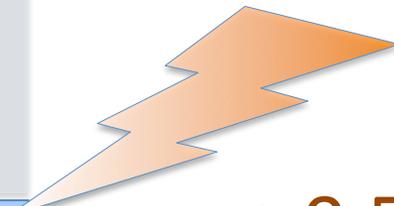
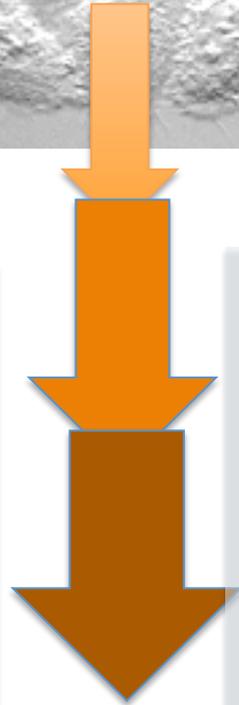
細胞死も起こらない

NK細胞も取り逃がした

29.2 %

29.7 %

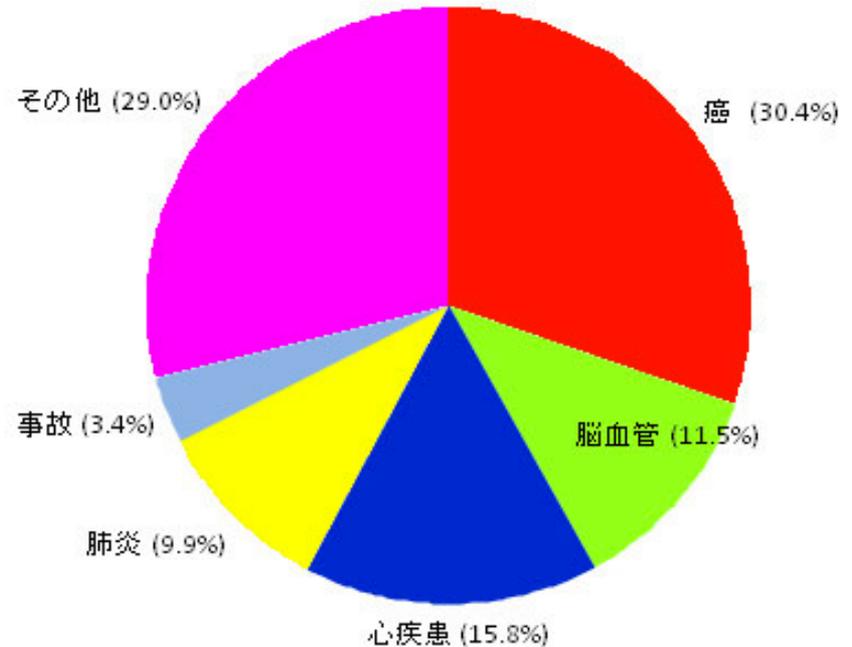
+ 0.5% / 100 mSv



可能性はゼロではない

自分がその不運にあたらないうことを確認したい という欲望

日本人の死因
癌が一位

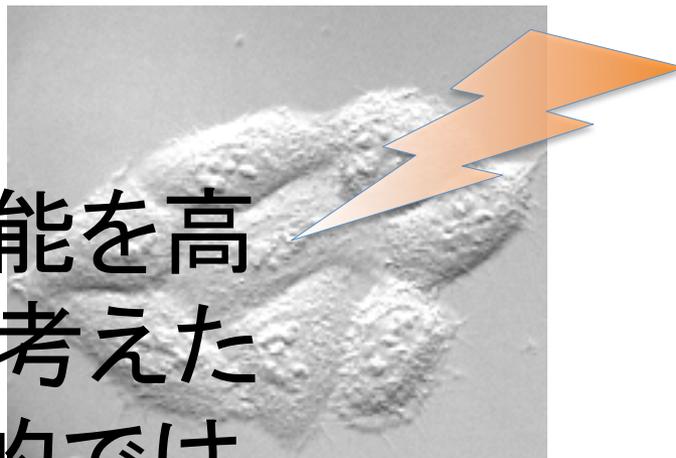


運命をしろということとは、
7割の方にとっては
心疾患、脳血管疾患、肺炎、
で xxx 歳で死ぬということを
告知すること。

事故、感染症は外的要素が高いので
考慮できませんが。

すぐには影響はでません

こうした機能を高
めることを考えた
方が建設的では
ないか

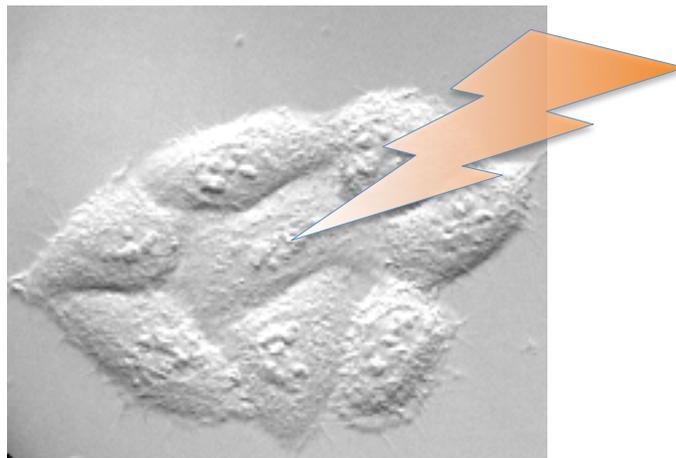


修復の失敗

細胞死も起こらない

NK細胞も取り逃がした

がん細胞が残ってしまう



発がんリスク

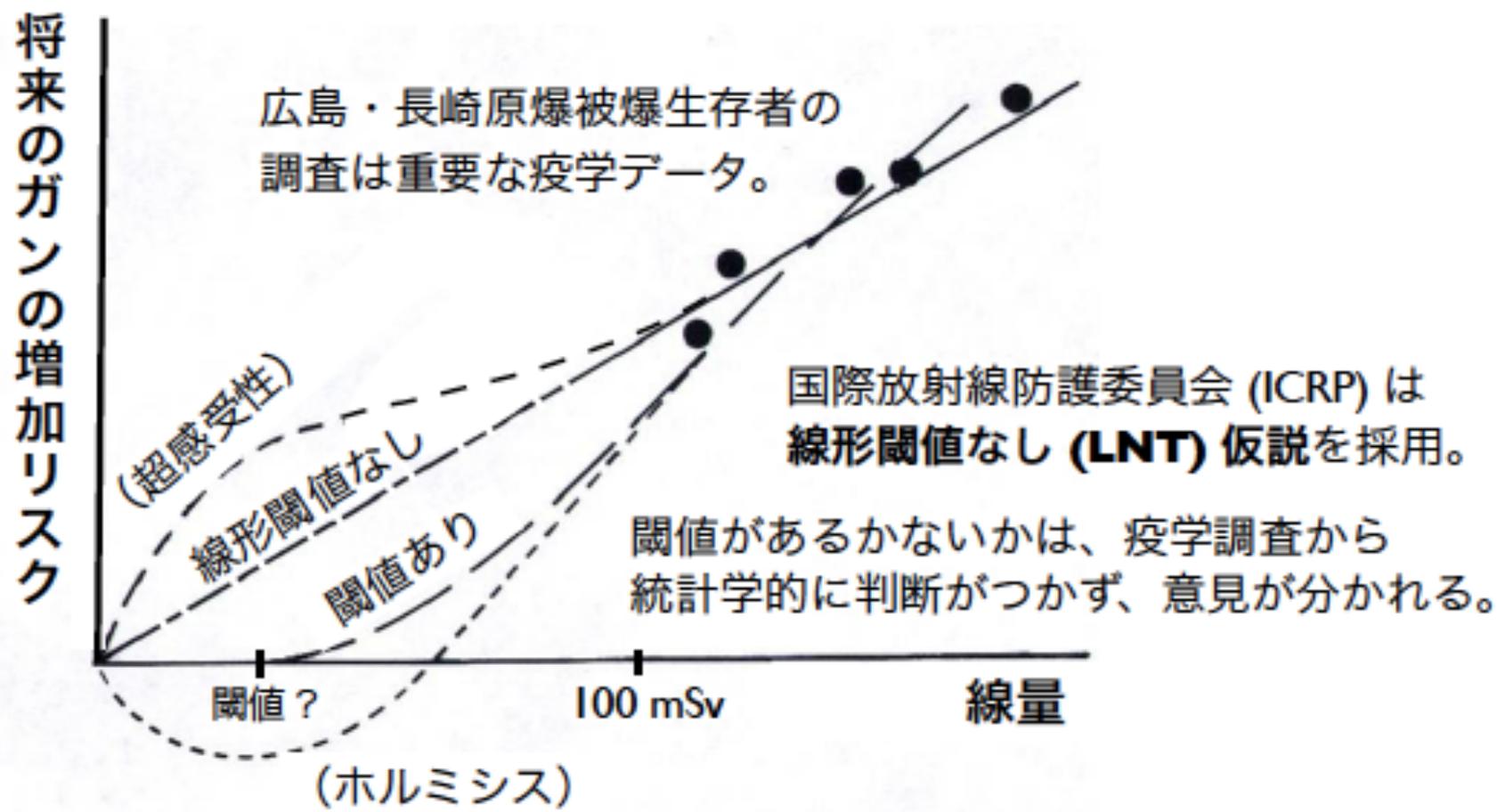
たばこ	1.6倍
酒(2-3合/日)	1.4倍
やせすぎ	1.29倍
肥満	1.22倍
運動不足	1.15-1.19倍
高塩分食品	1.11-1.15倍
野菜不足	1.06倍

修復能の亢進

癌細胞の細胞死誘導

NK細胞の能力亢進

低線量におけるリスク評価



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

放射能を含んだ食品による影響

物理的な崩壊

新陳代謝による減少

体の中で濃縮、あるいは排出

Csは 体内半減期 30 - 110日

蓄積する組織

たとえば ヨウ素は甲状腺

生命科学分野からの課題 (#1)

渡邊担当分

預託線量を取り上げる際に、核種ごとに考慮する二種類の半減期を簡潔に説明せよ。
さらに預託線量を元に食品について設定されている基準値の妥当性を議論せよ。

今回の放射能レベルをどうとらえるか

Hiroshima A-bomb

Nagasaki A-bomb 負の遺産

爆心地からある距離以上に居られた方々

cohort調査—確率的考慮

Chernobyl 負の遺産

骨髄腫は予想より少ない

小児性甲状腺癌は平均より高い

喫煙、飲酒のほうが発がんリスクをあげる

外で運動せず、野菜を食べずによるマイナス面も