



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・土壌肥料学》
- 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>

2014年度冬学期 主題科目テーマ講義

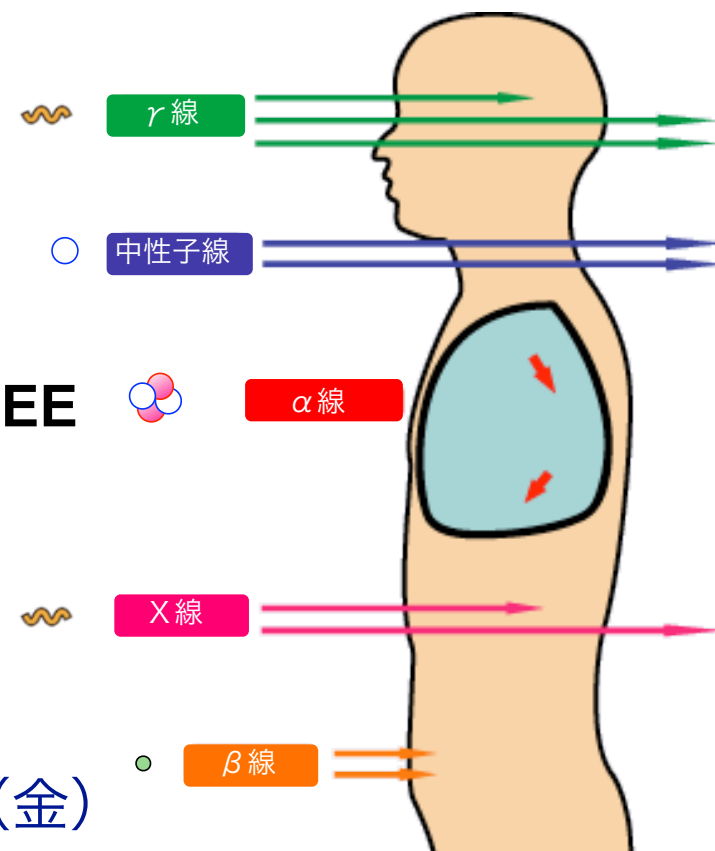


金曜5限

@ 21 KOMCEE
(West)

K303教室

2014 / 11 / 7 (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

- 10/10 放射線入門 【鳥居】
- 10/17 放射線物理学 【鳥居】
- 10/24 放射線計測学 【小豆川】
- 10/31 放射線物理・化学 【鳥居】
- 11/ 7 放射線生物学 【渡邊】
- 11/14 放射線影響の疫学 【小笹】
- 11/28 原子核物理学・原子力工学 【鳥居】
- 12/ 5 環境放射化学 【小豆川】
- 12/12 環境放射化学 【小豆川】
- 12/19 被曝調査・医療支援 【坪倉】
- 1/ 9 放射性物質汚染と農業 【藤原】
- 1/23 放射線の利用 【渡邊】
- 1/27 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》

小笹 晃太郎 《放射線影響研究所 (広島)》

藤原 徹 《農学部応用生命化学》

ゲスト講師

2014年11月7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

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

地球の磁場は宇宙線をカットしてくれている
オゾン層は紫外線をカットしてくれている
それでもある程度入ってくる

地球、宇宙に生きている以上、いつも
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

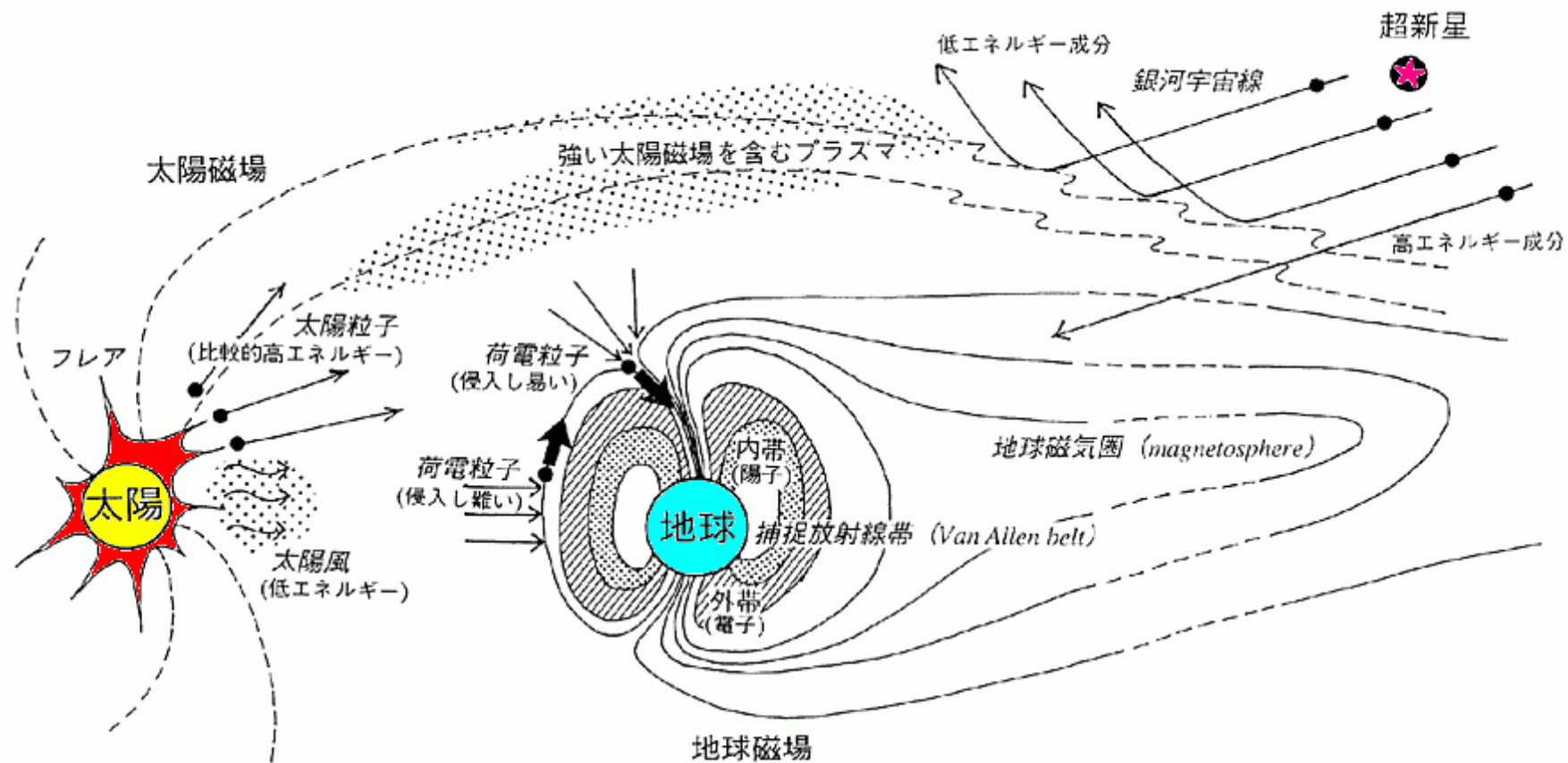


図1 宇宙放射線環境の構造

[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)

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

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。

- 物質が吸収したエネルギー（単位質量あたり）

吸収線量 D [J / kg] = [Gy] グレイ

放射線量の単位

radiation dose

Gray

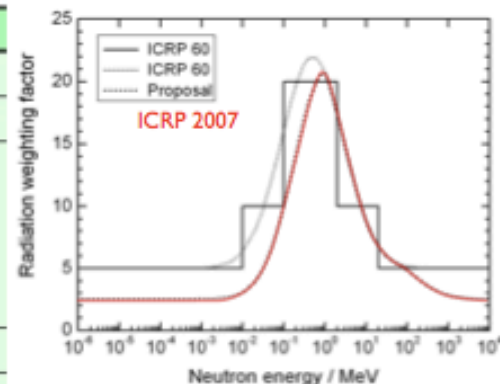


- 放射線の種類による生物学的影響の違いを考慮

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。

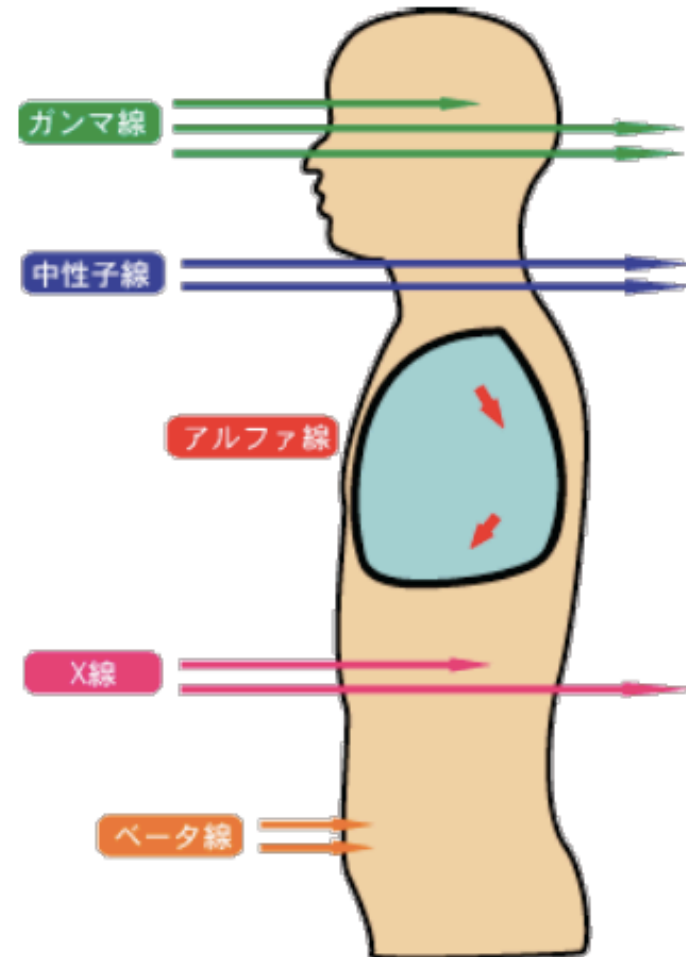


図3 人体を透過する放射線

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

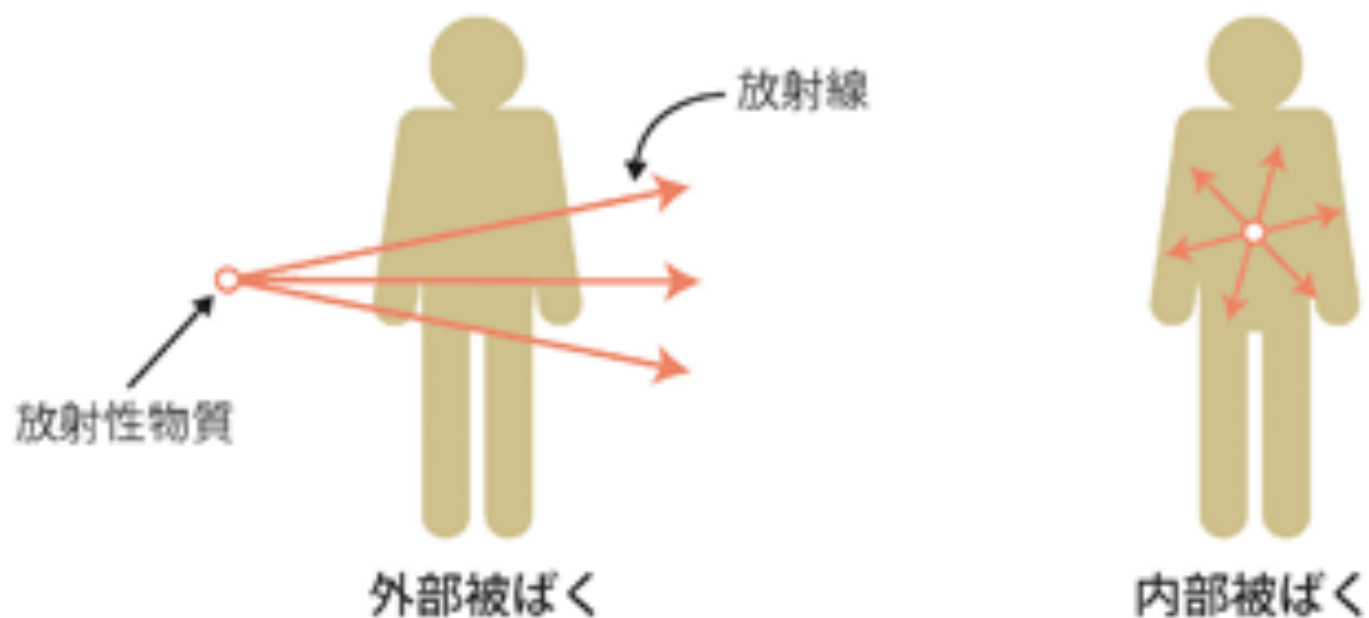
器官・組織	組織加重係数: w_T	
生殖腺	0.20	0.08
骨髓(赤色)	0.12	0.12
結腸	0.12	0.12
肺	0.12	0.12
胃	0.12	0.12
膀胱	0.05	0.04
乳房	0.05	0.12
肝臓	0.05	0.04
食道	0.05	0.04
甲状腺	0.05	0.04
皮膚	0.01	0.01
骨表面	0.01	0.01
脳		0.01
唾液腺		0.01
残りの器官・組織 ^{※2}	0.05	0.12
合計(全身)	1.00	1.00

左欄黒字 ICRP 1990

右欄赤字 ICRP 2007

被ばく

放射線を受けること

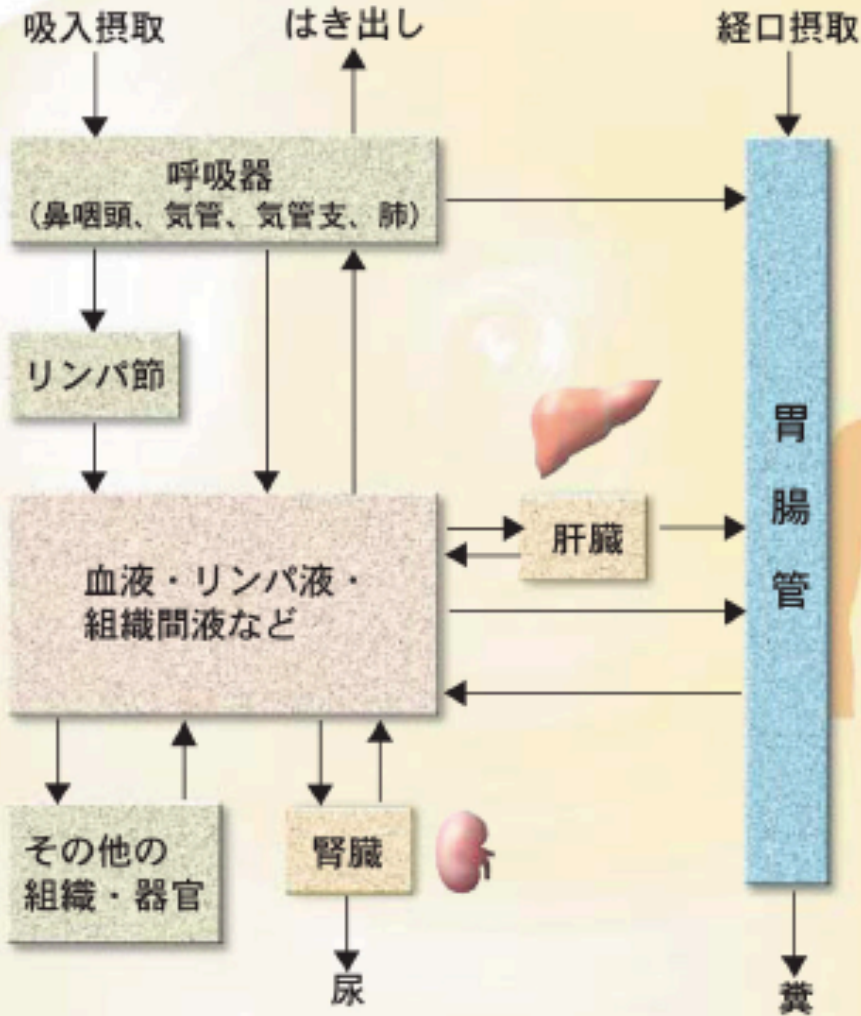


「原子力・エネルギー図面集 2012」より

「外部被曝」と「内部被曝」

- 外部被曝
- 内部被曝
 - 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) $\times 36500 = 470\mu\text{Sv} = 0.47\text{mSV}$

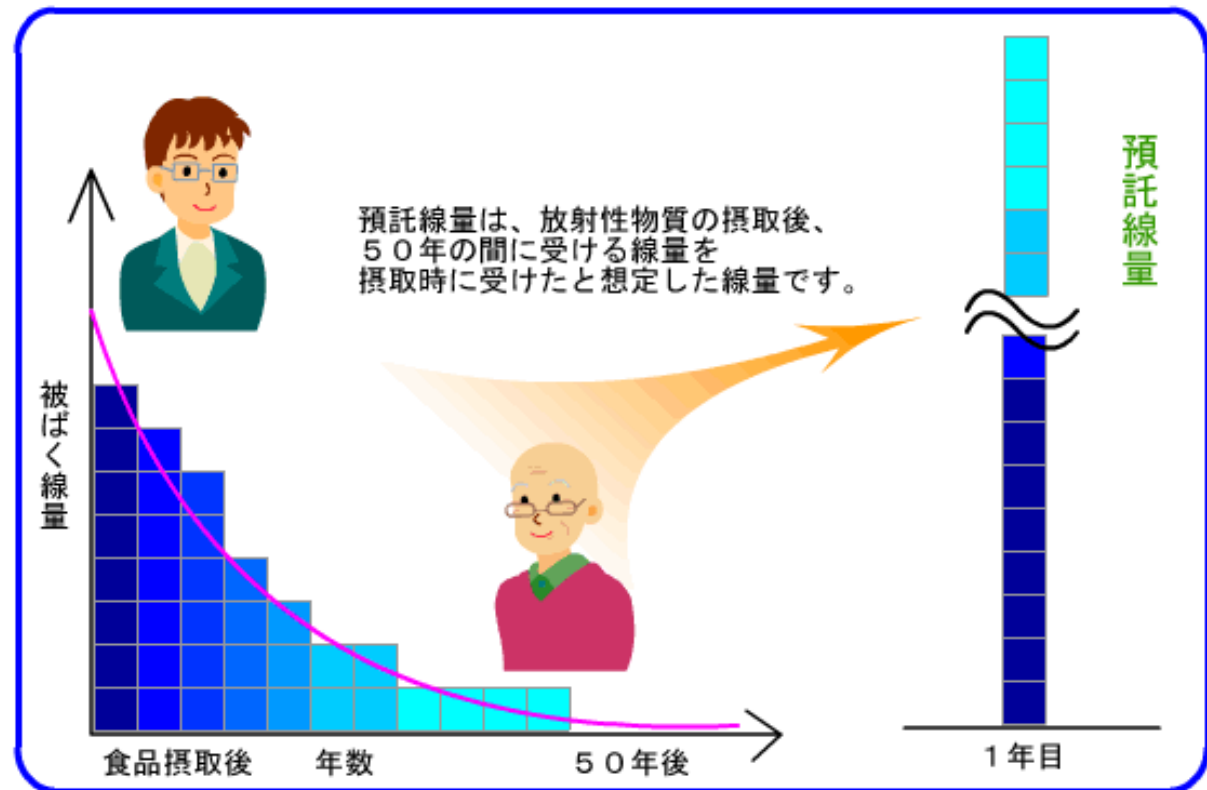
放射性物質の体内での動き



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

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受ける。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

^{40}K などは自然にもとから食品に
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

◆◆◆ 食品安全エクスプレス

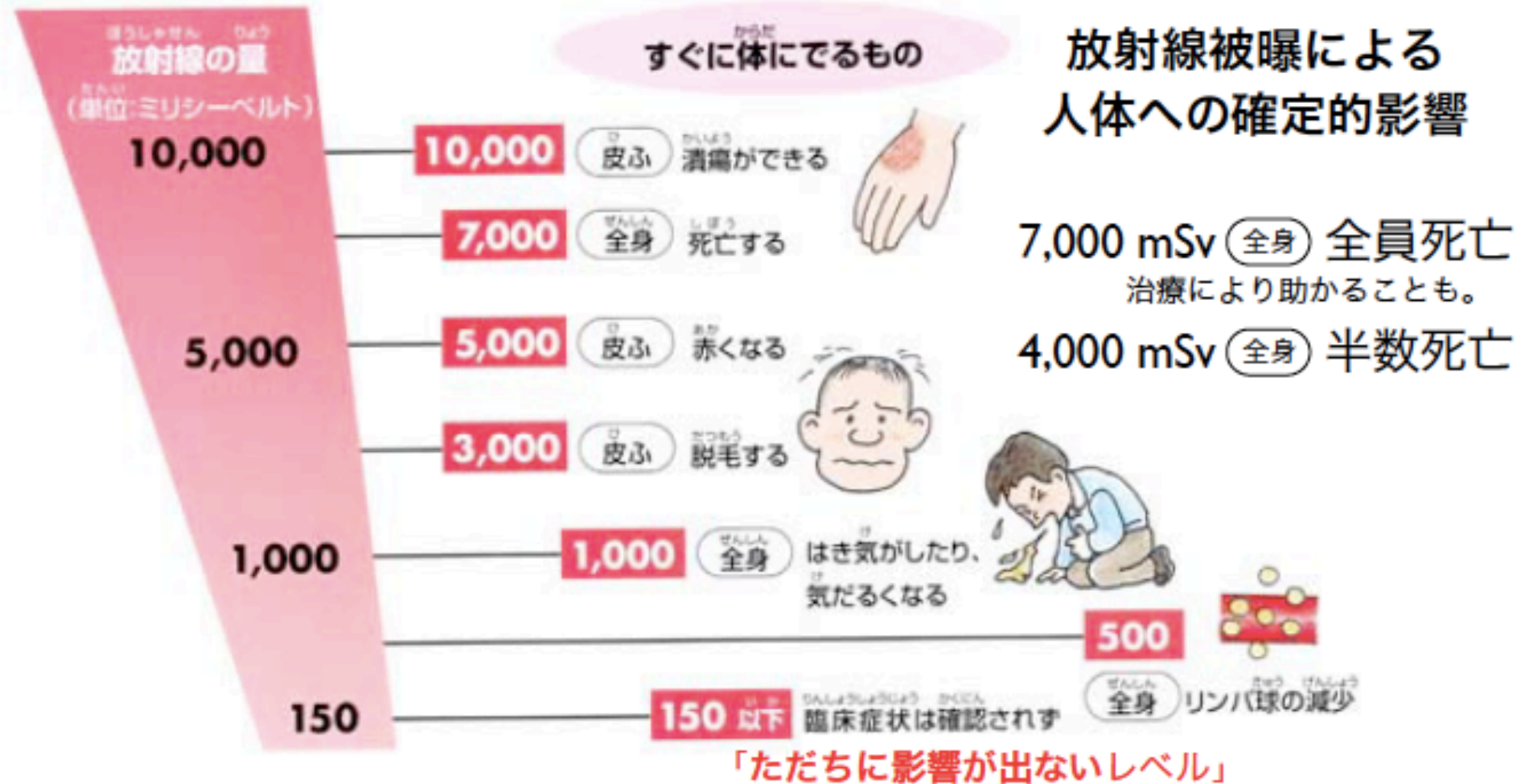
◆◆◆ 平成25年11月6日発行

◆◆◆ 農林水産省 消費・安全局 消費者情報官

本日のトピックス

食品中の放射性物質の検査結果の検索サイトを公開しました
http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html#syokuhin
(厚生労働省)

確定的影響 と 確率的影響



このあとは、確率的影響を考える

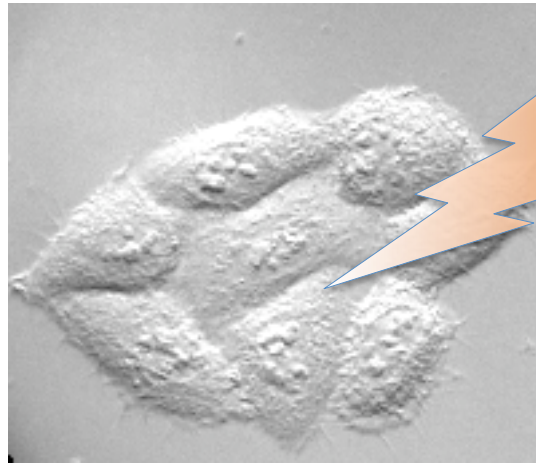
放射線の健康影響

- 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 好中球 赤血球 球(血小板)</p>	<p>腺窩(幹細胞)</p> <p>絨毛</p>	<p>基底細胞(幹細胞)</p> <p>角質層</p>	<p>幹細胞</p> <p>精子</p>	<p>上皮(幹細胞)</p> <p>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

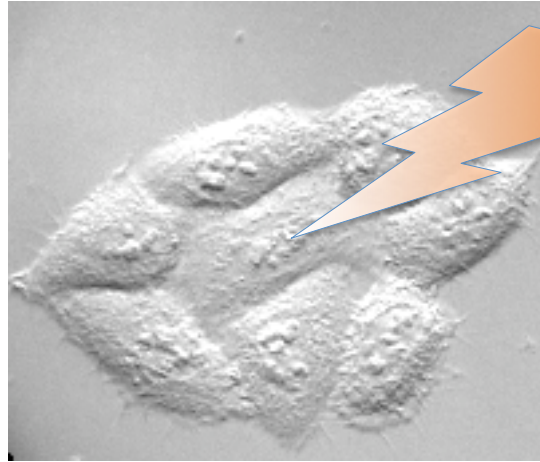
確率的影響



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

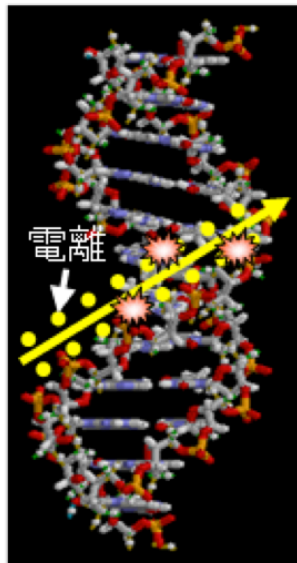


低線量被ばくによる影響

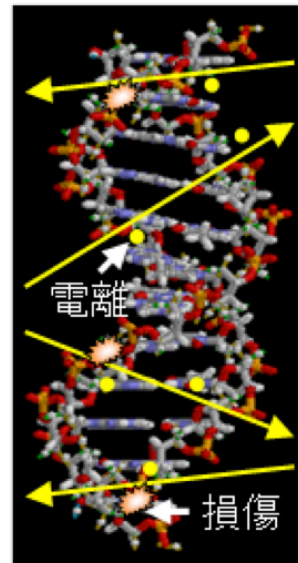
核 にヒットしてしまうと、
DNA分子を傷つける

これは、あとに影響が残る

放射線によるDNA損傷



重イオン



電子

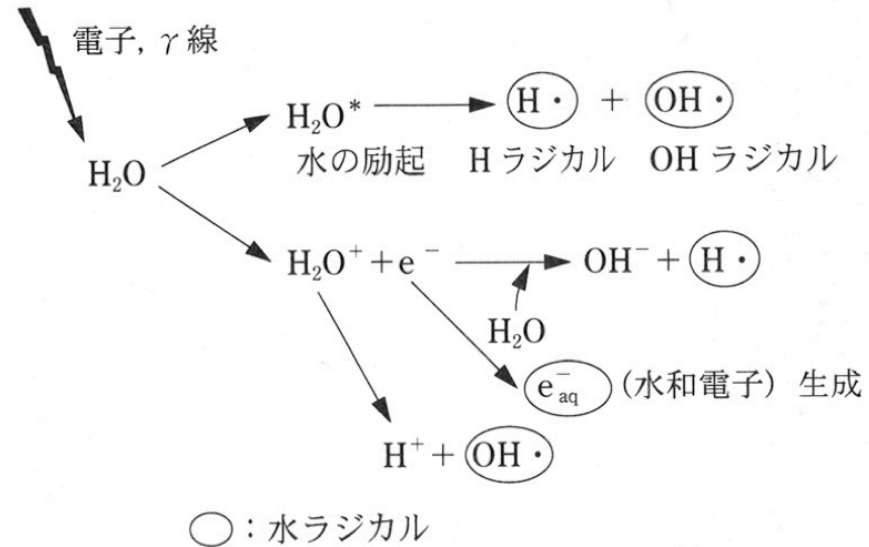


図 6・5 電離放射線による水分子の電離と励起の概略

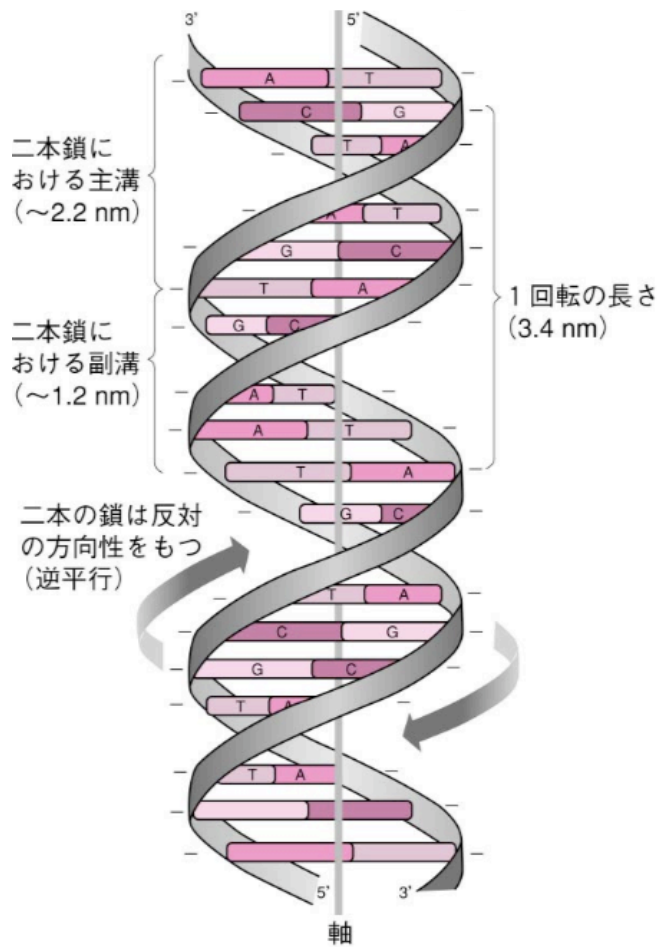
LET : 線エネルギー付与

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**

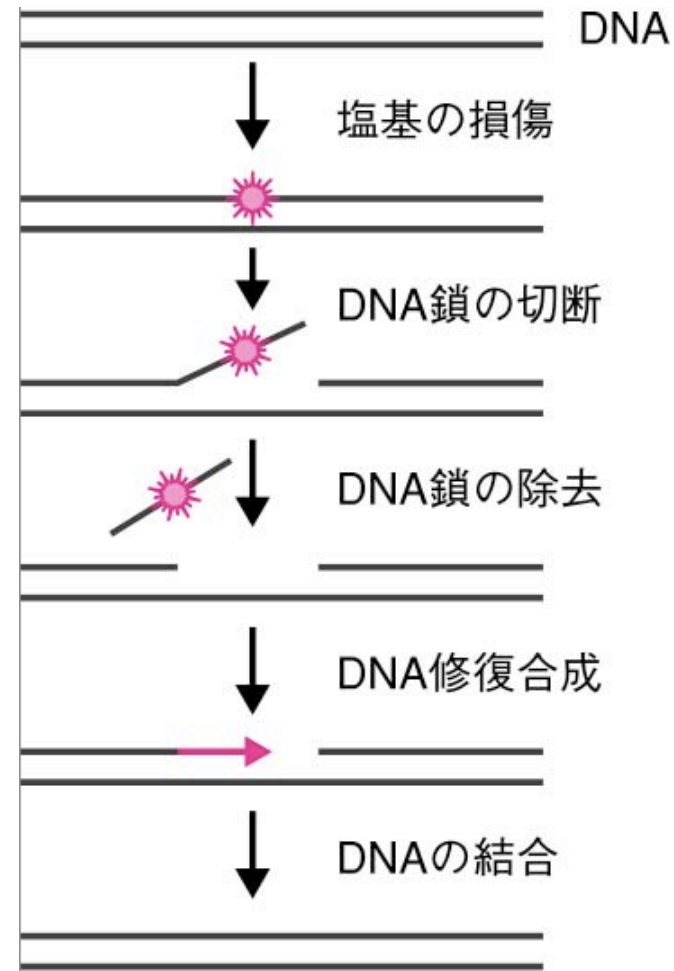
と間接作用 : 水の電離で生じるラジカルが DNA 分子に作用

低 LET 放射線

放射線によるDNA損傷

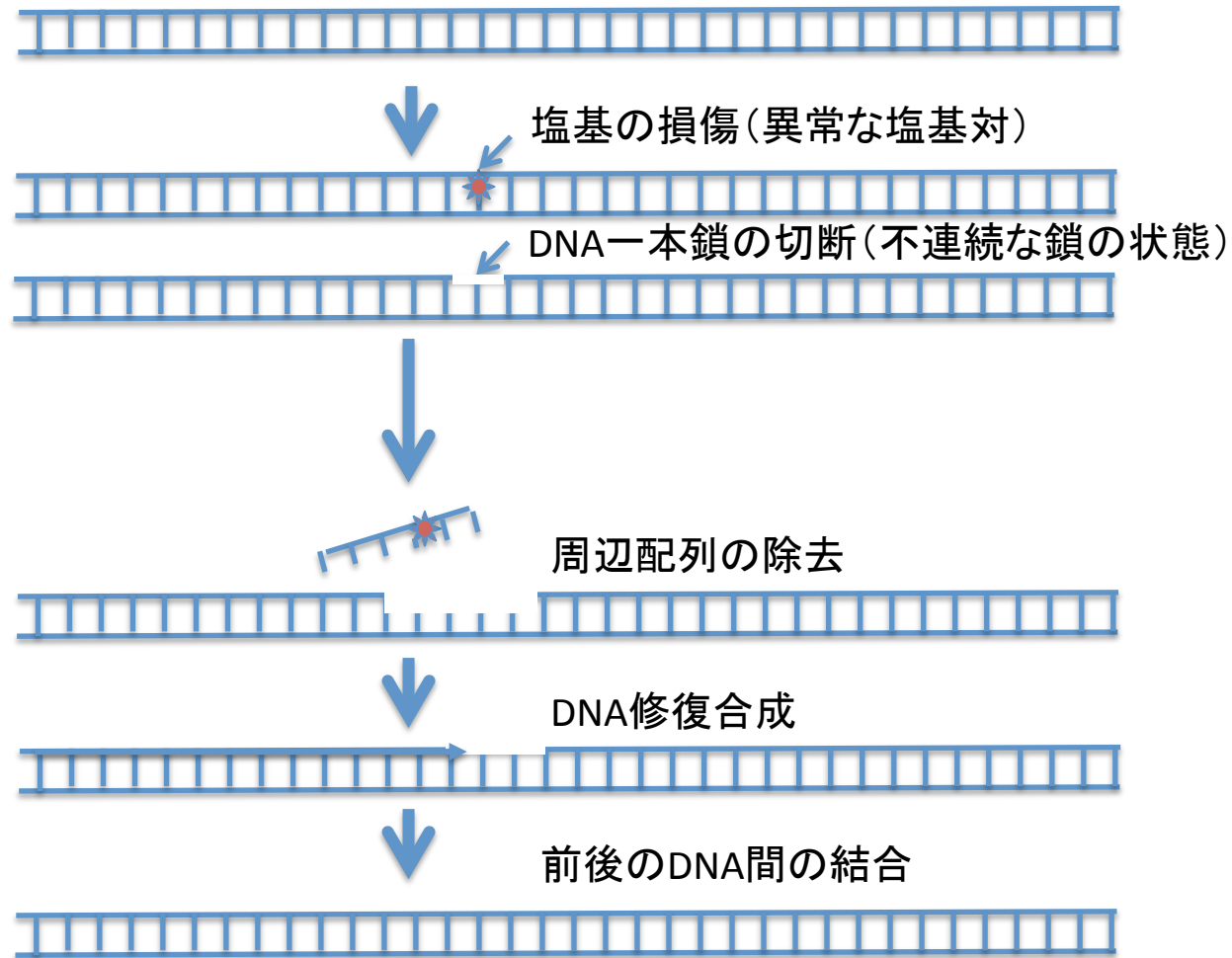


リボン型モデル

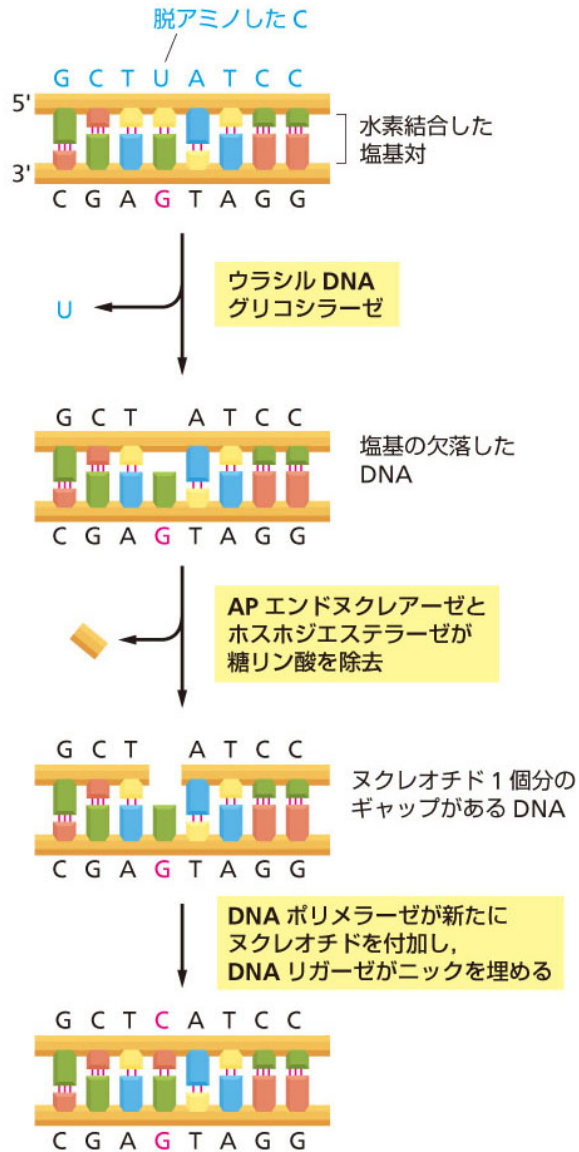


生物にはDNAの損傷を直す機構がある。→不可逆的に全て残るわけではない

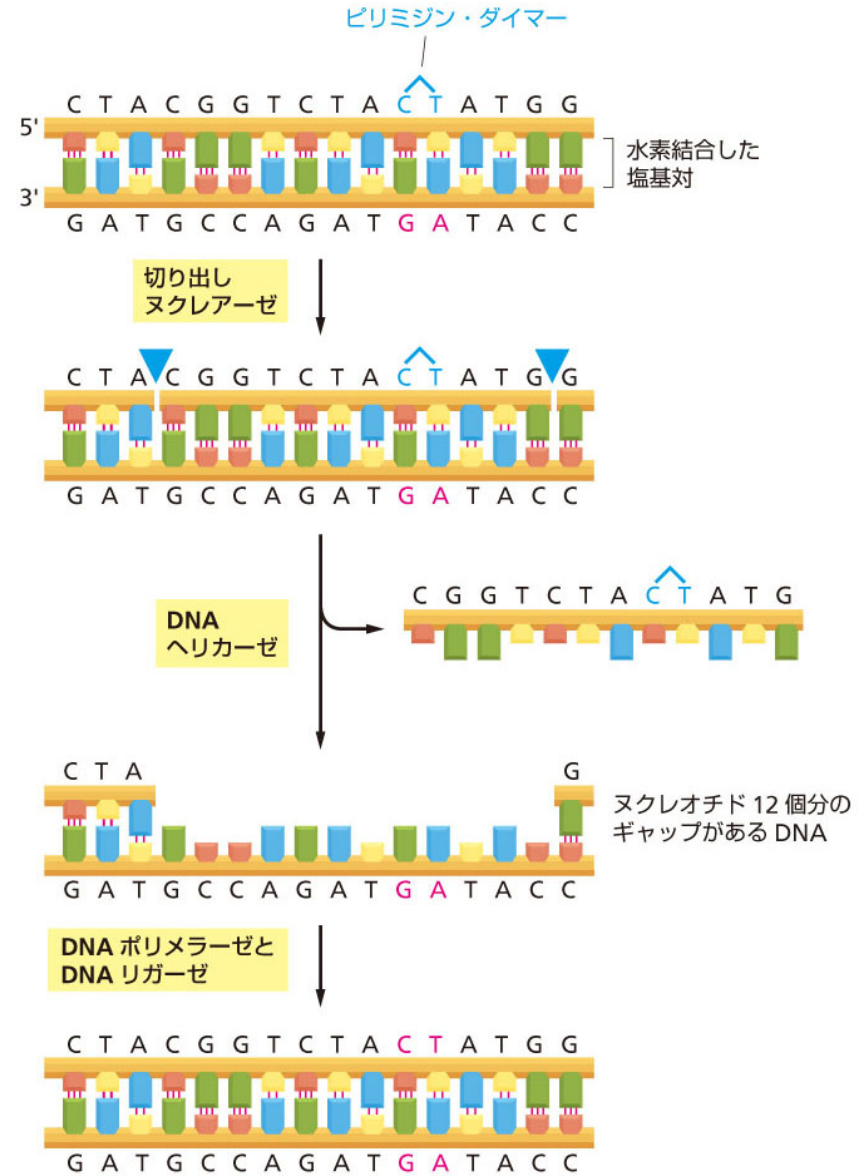
DNA二本鎖片側が損傷した場合の修復



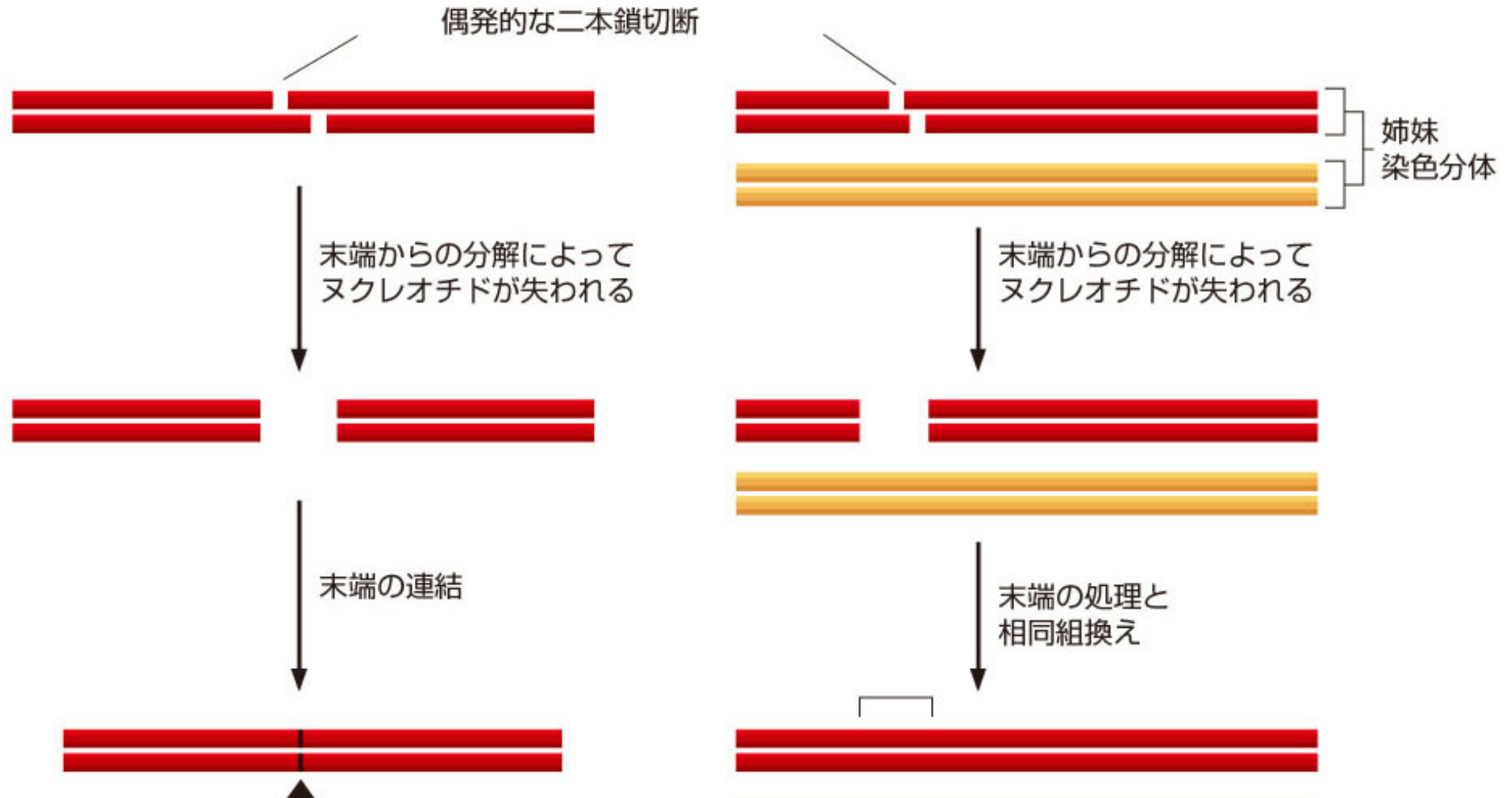
(A) 塩基除去修復



(B) ヌクレオチド除去修復

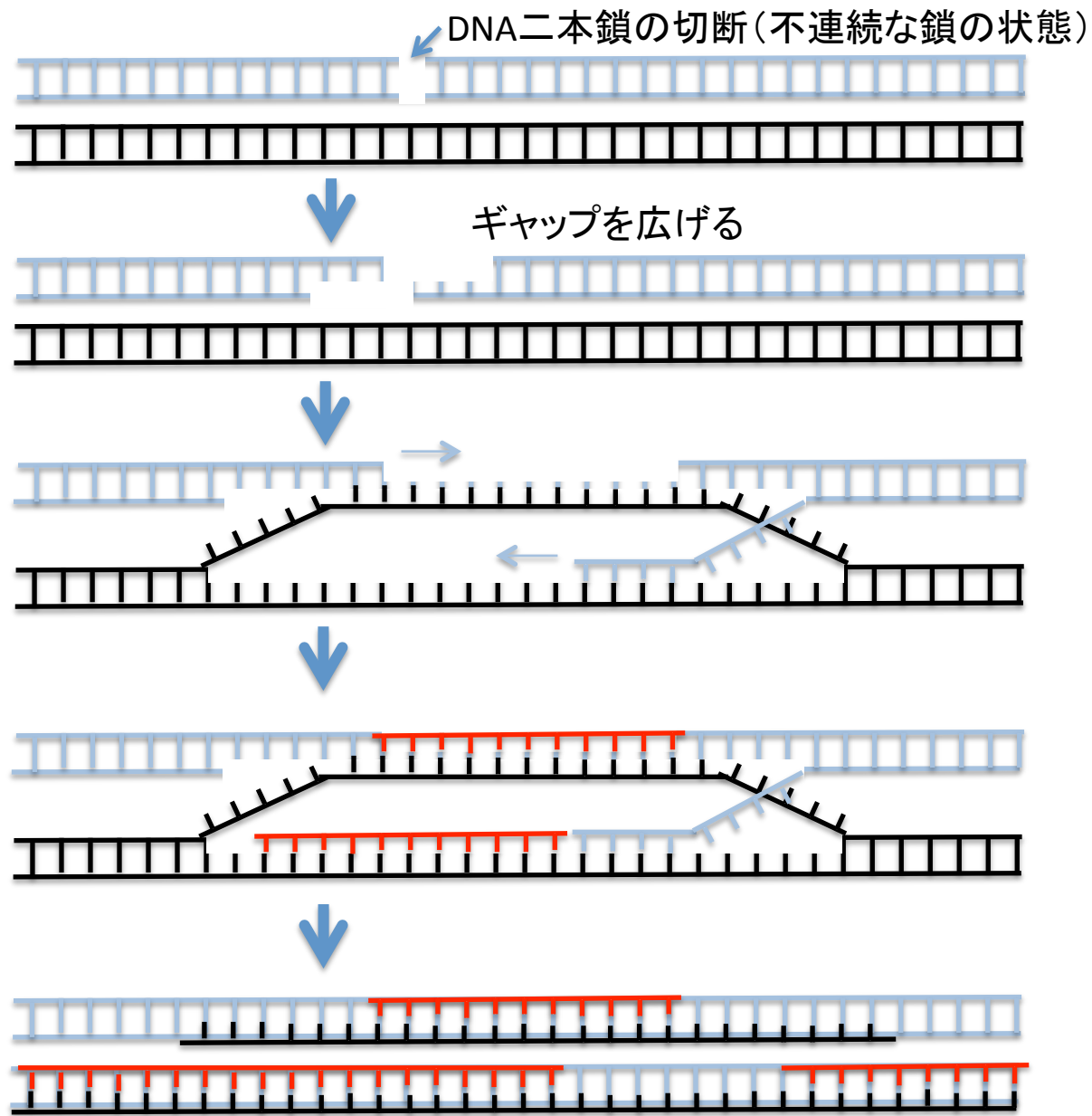


DNA二本鎖ともに切断した場合の修復

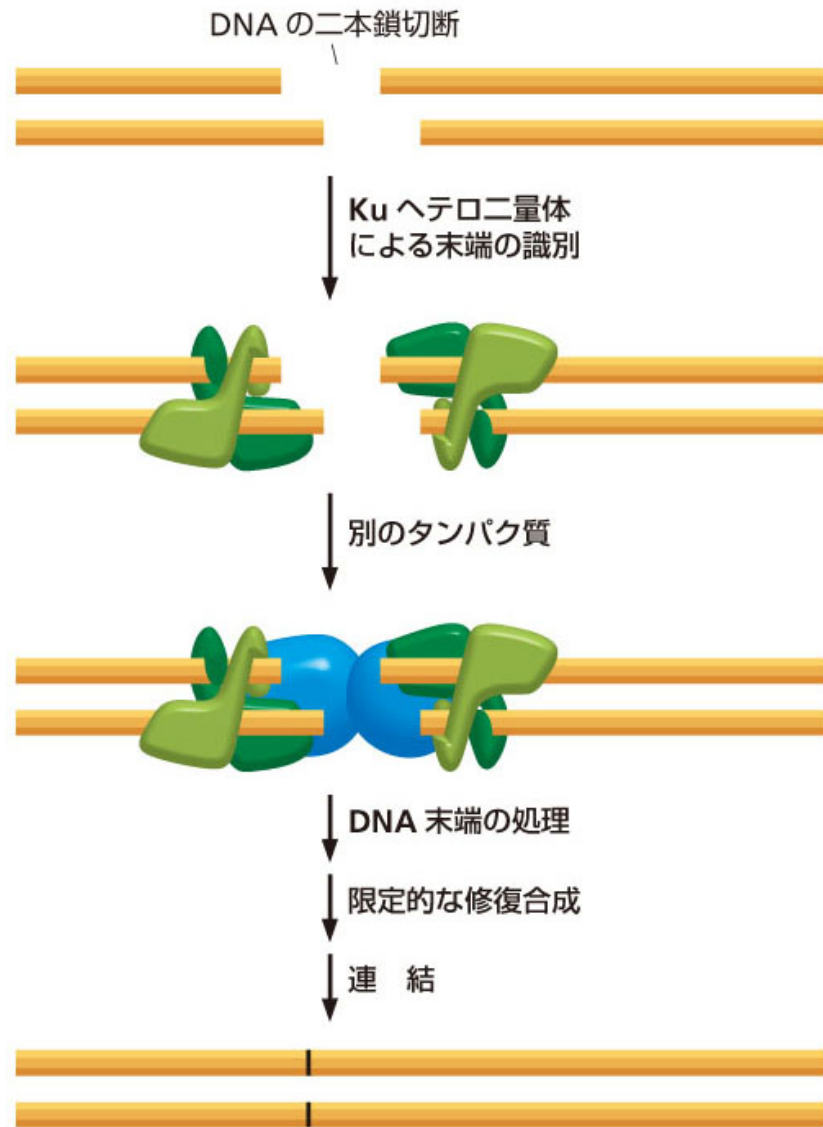


非分裂細胞の場合

分裂細胞の場合



分裂細胞の場合

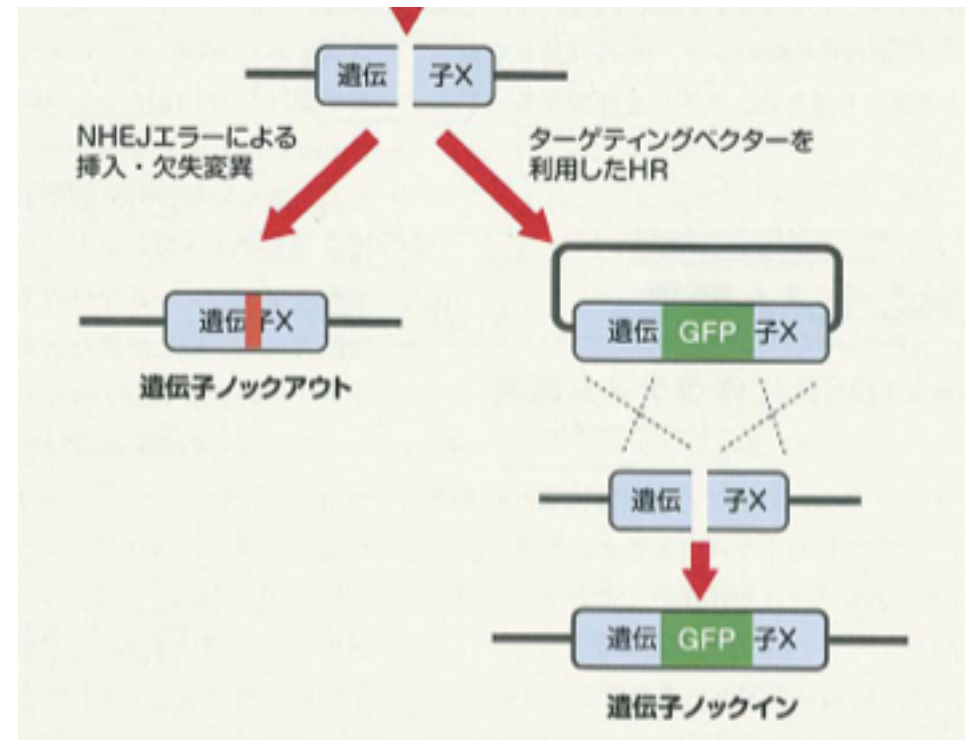


修復されたDNAでは、普通はヌクレオチドが欠失する

(A)

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がある。



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。

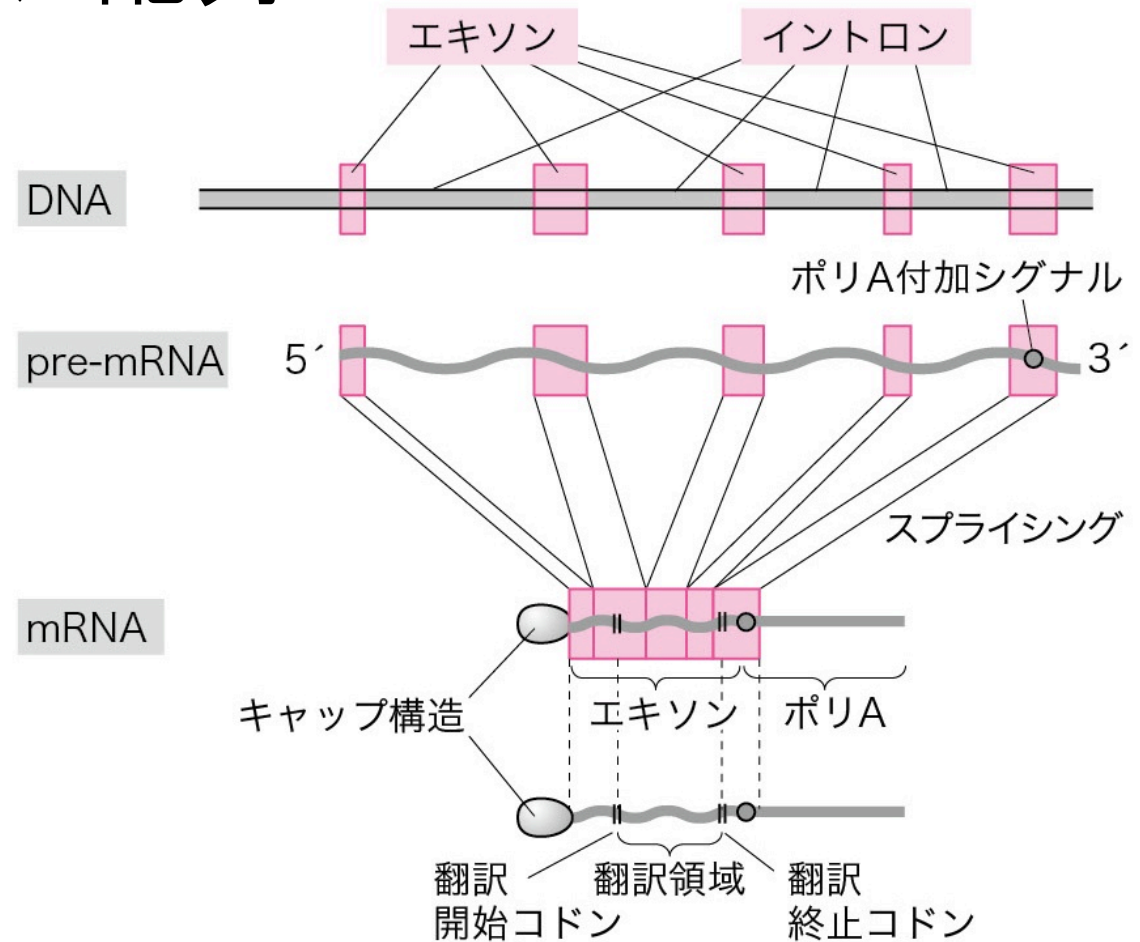


図7-8 真核細胞 mRNA 完成までの修飾

© YODOSHA CO., LTD.

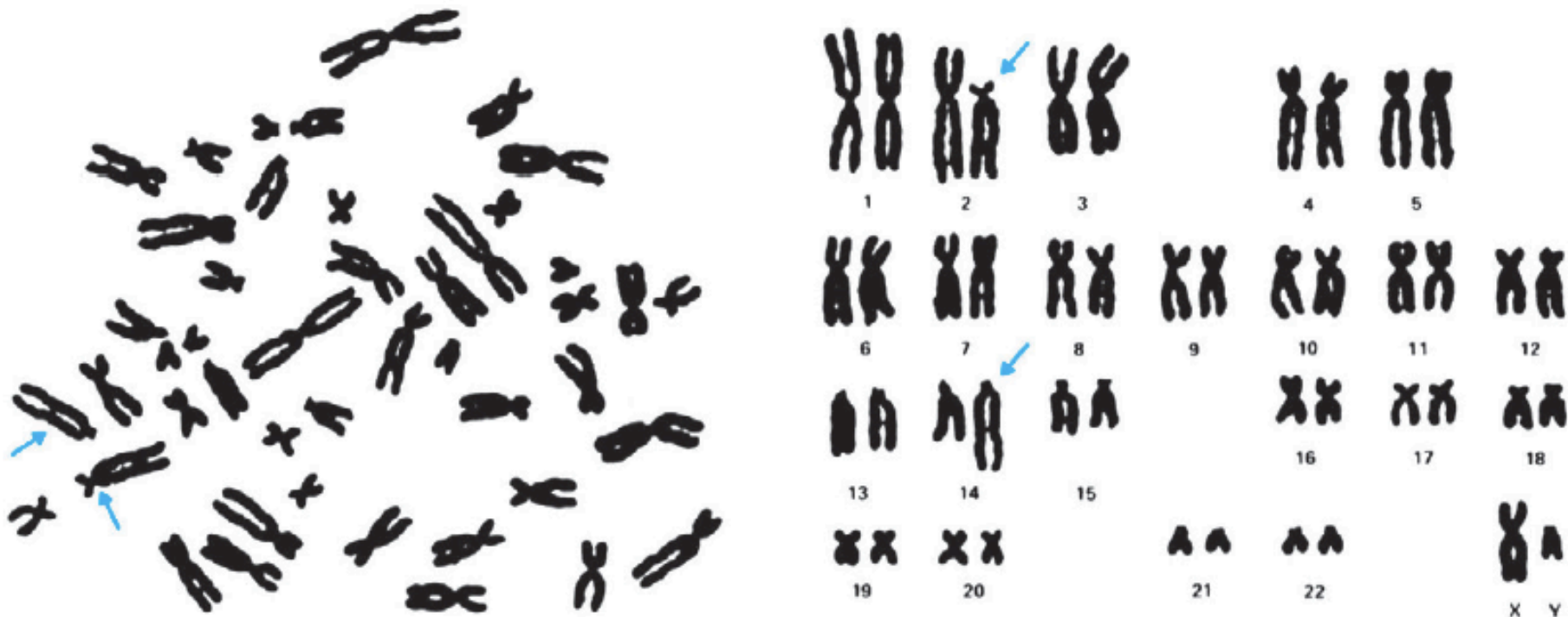
『理系総合のための生命科学 第3版』 第7章

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）



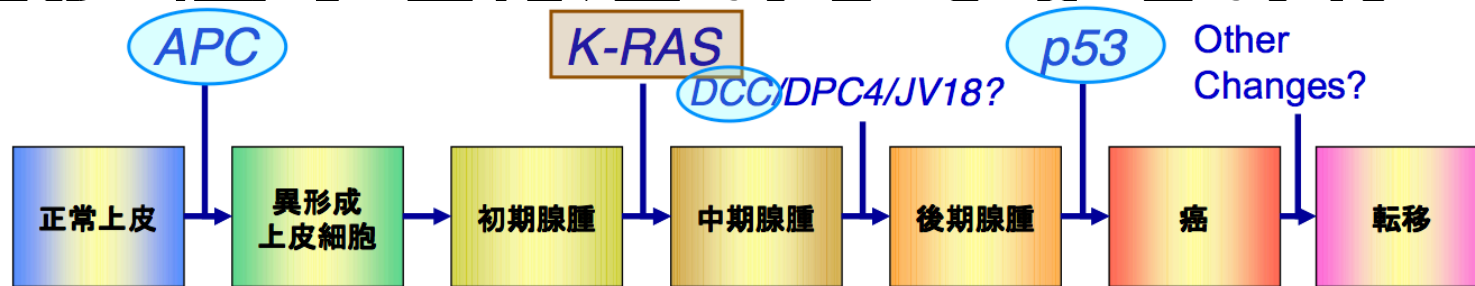
「RERFの案内」より

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

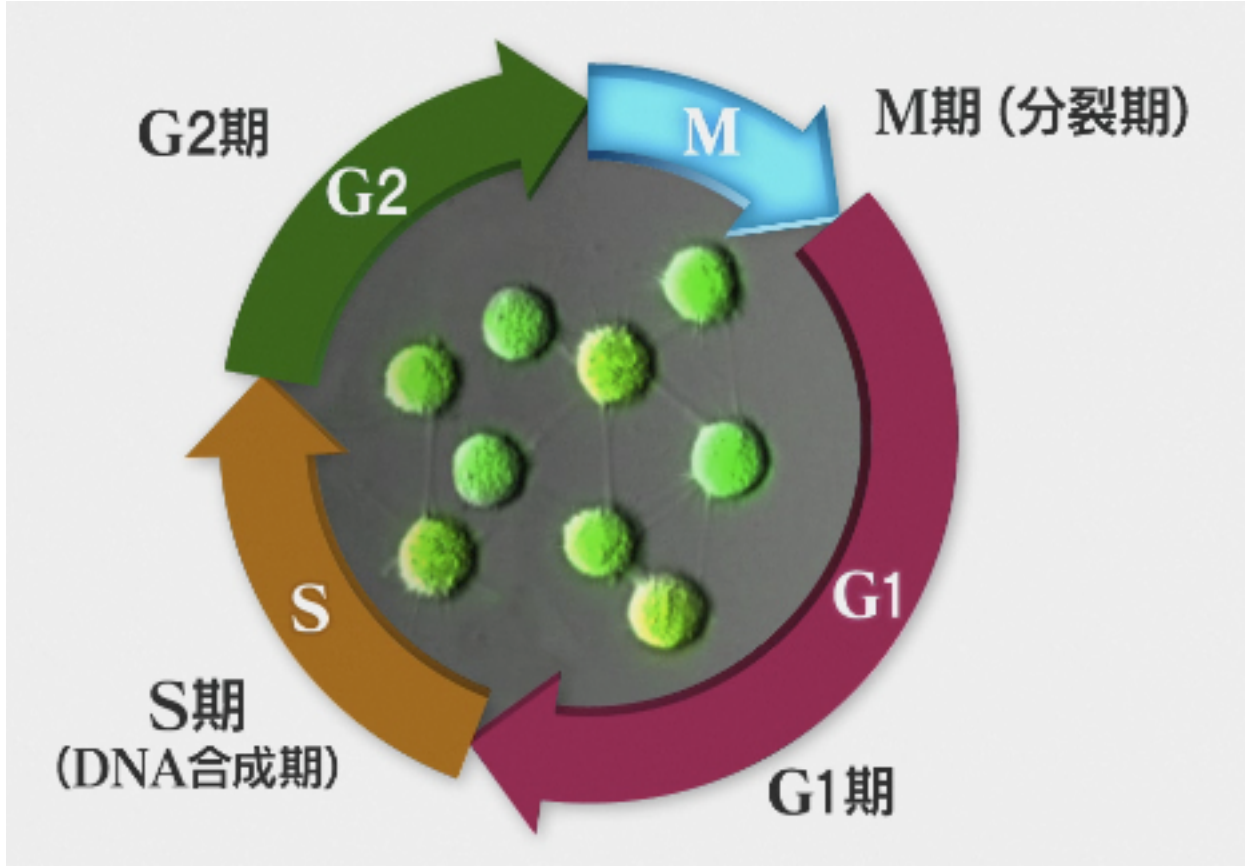
がん遺伝子 がん抑制遺伝子

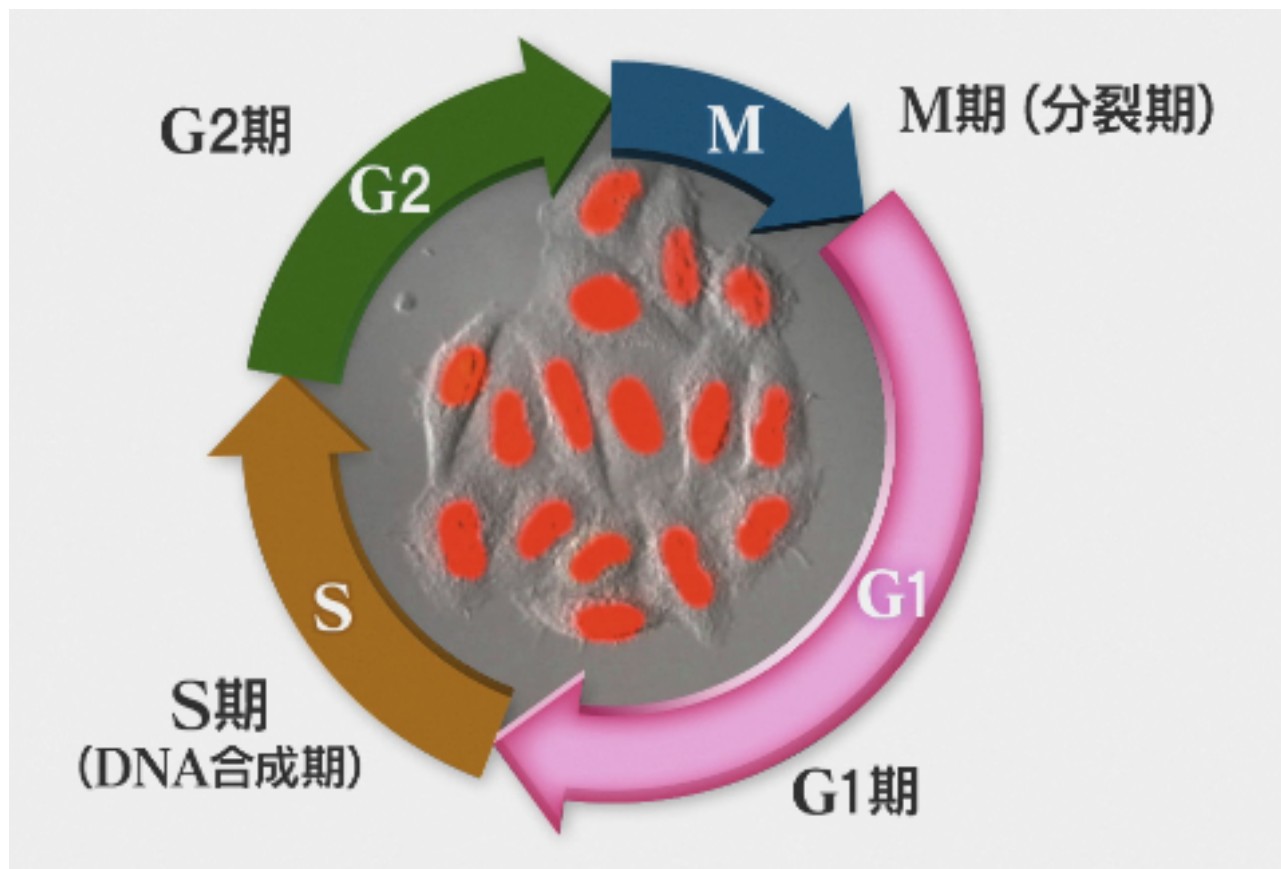


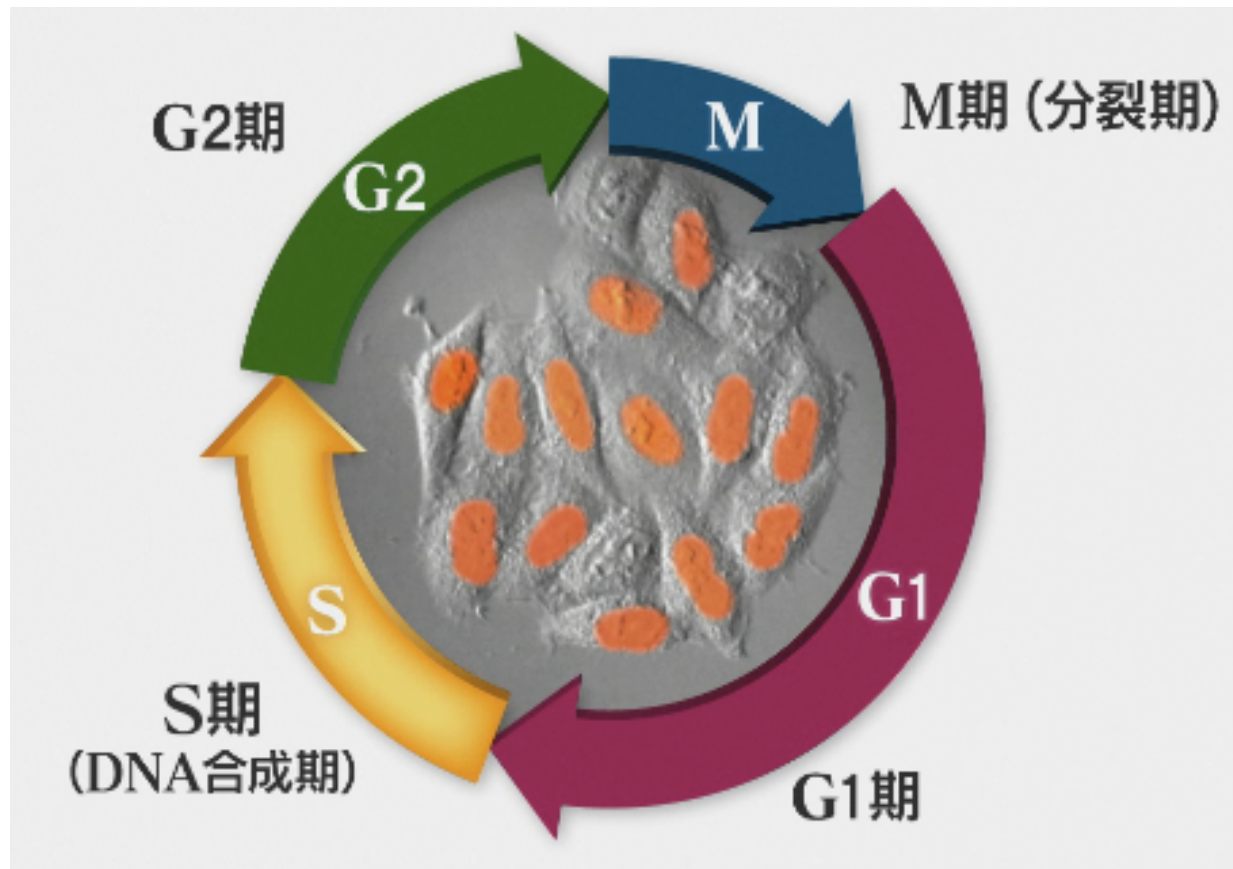
- 放射線による直接電離、および水のイオン化で生じるラジカルはたしかに DNA に損傷を与える（おそらく線量に比例）。なかでも二本鎖切断が特に問題となる（高LETを与える α 線、中性子線は生物学的効果大きい）。
- しかしそもそも DNA 損傷は化学物質など放射線以外の要因によっても、また普段の DNA 複製の際の複製エラーでも生じている。
- ヒトを含む生物の細胞には、DNA 損傷に対する多種多様な修復機能が備わっている。
- それら DNA 修復遺伝子自体が損傷を受けると修復機能が低下するが、DNA 損傷が残ってもすぐガンになるのではなく、細胞がガン化するのは多段階のガン遺伝子（アポトー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

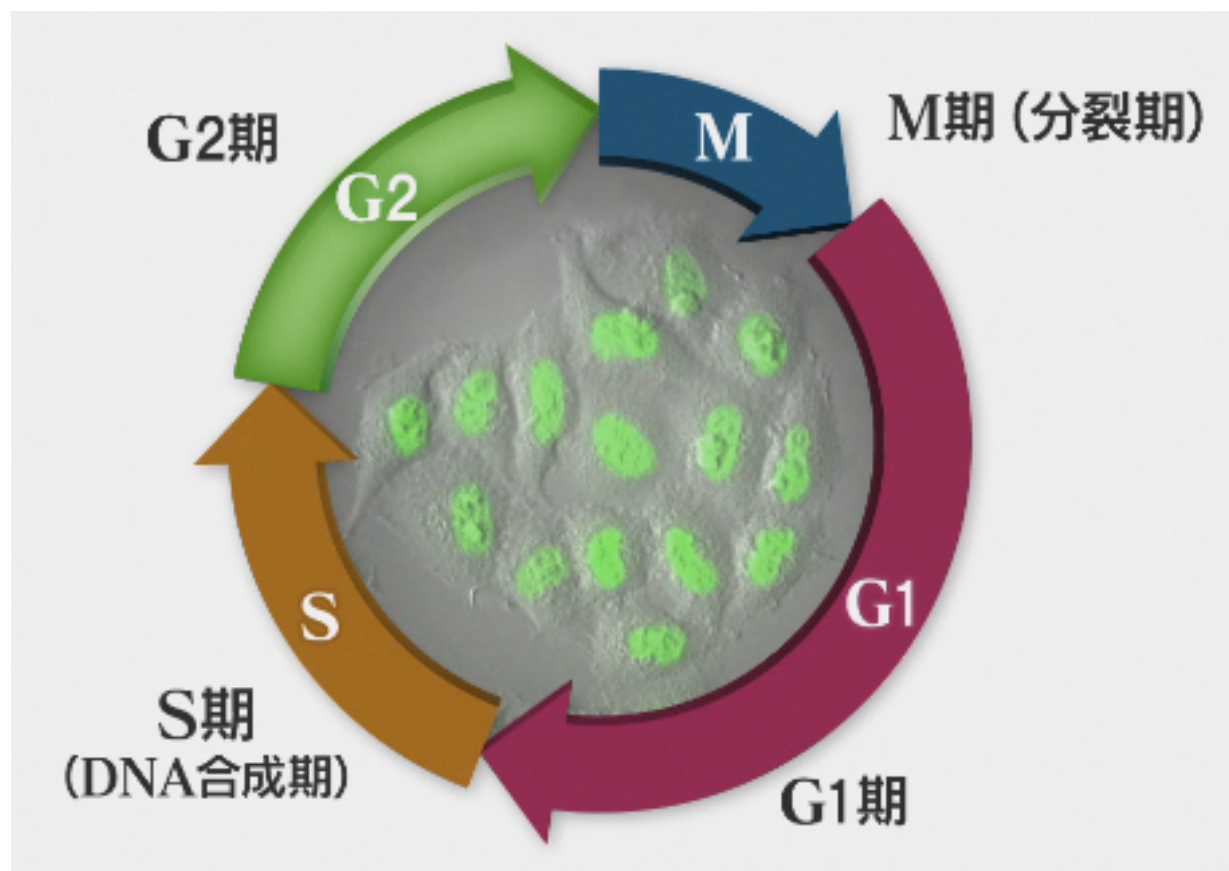
細胞周期とは

- 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。

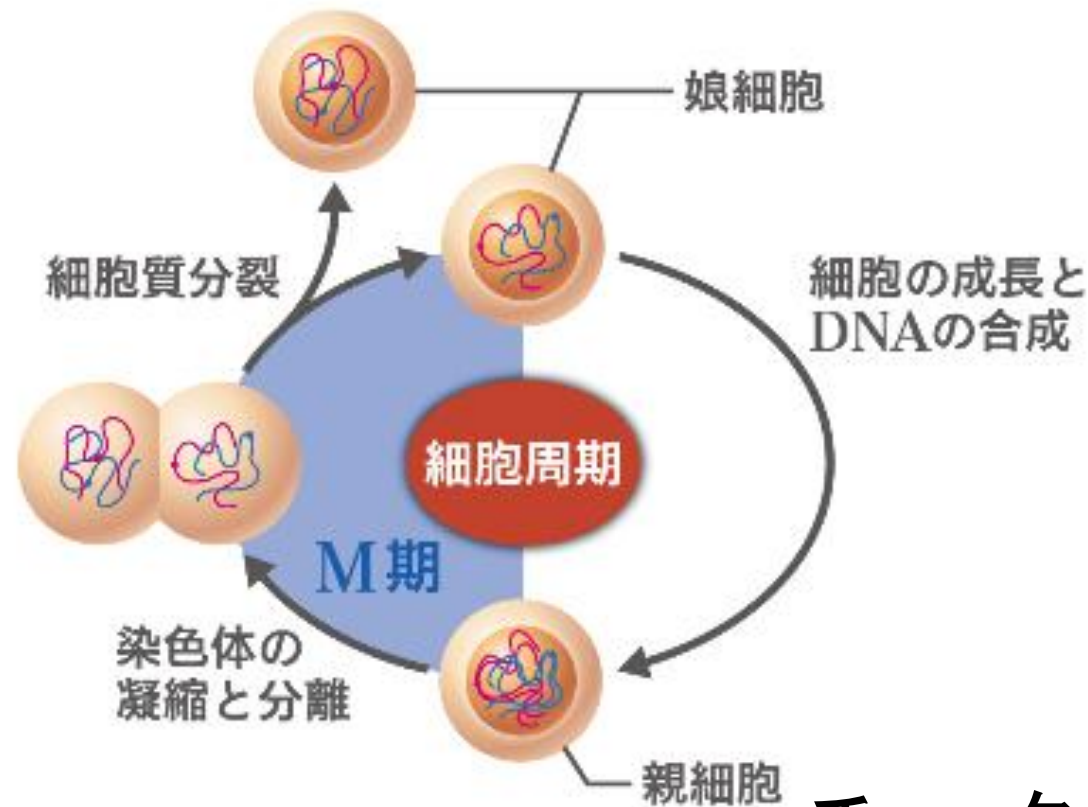




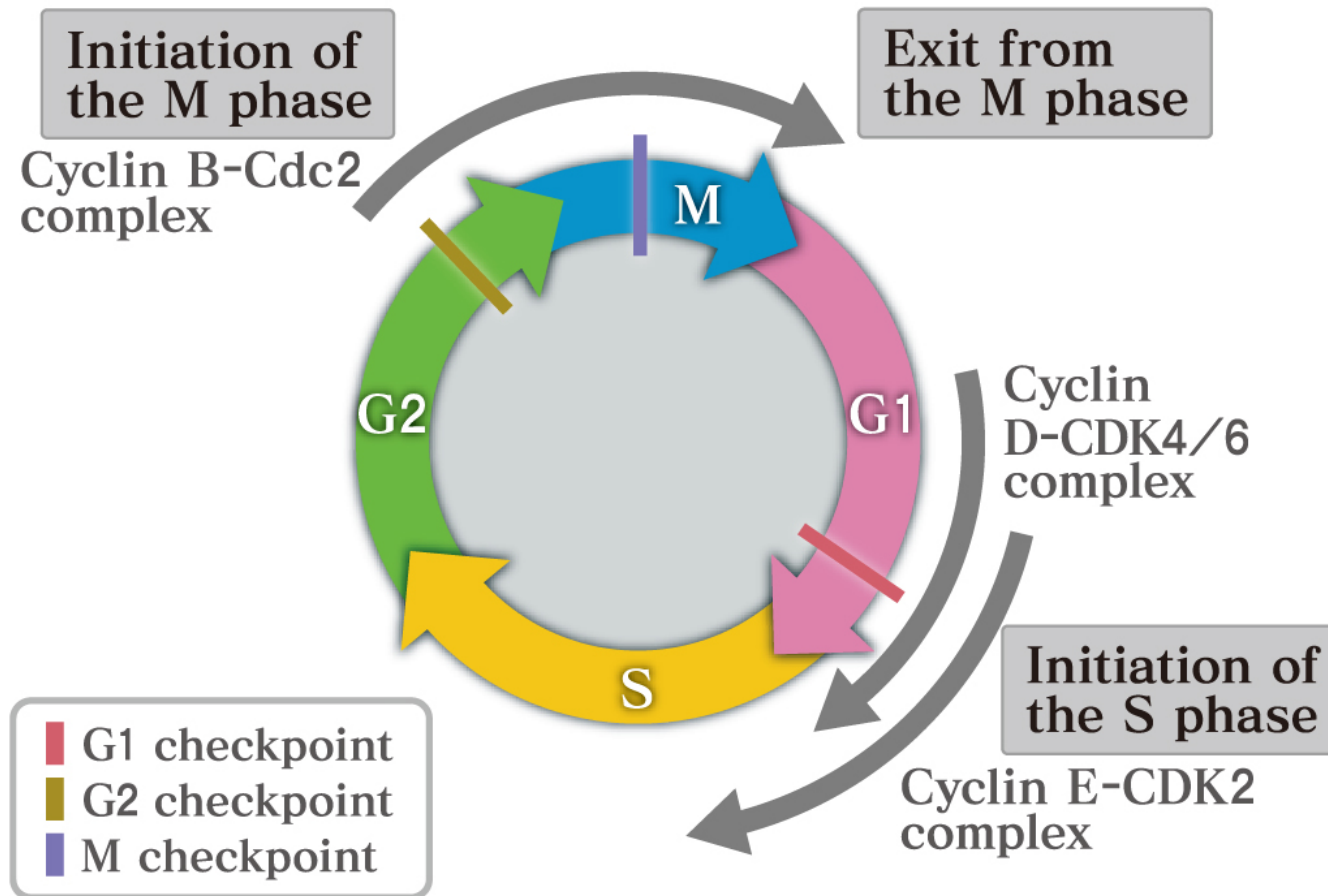




DNA複製が正常に行われないと、
細胞周期自体が進行しない
＝細胞が分裂しない



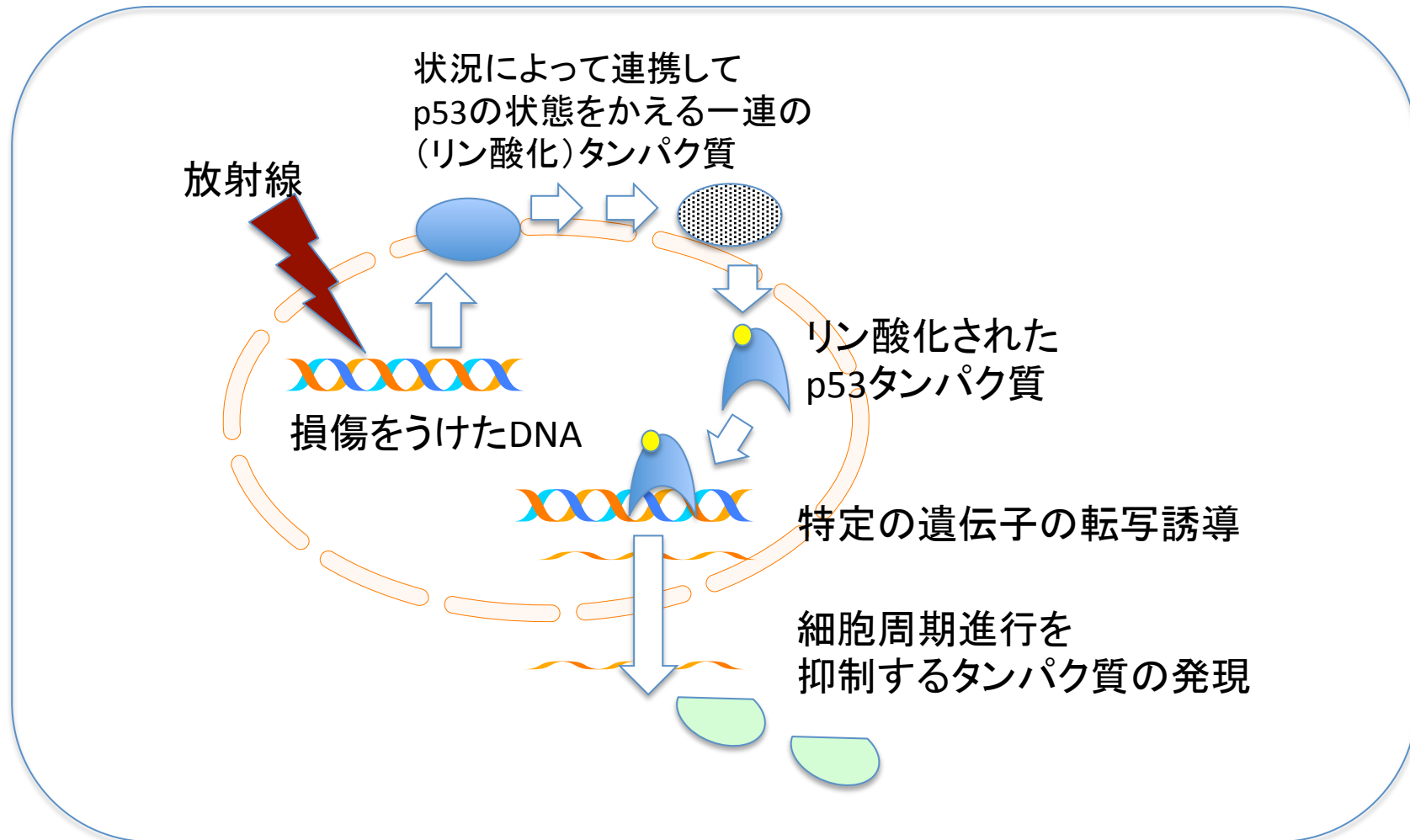
チェックポイント



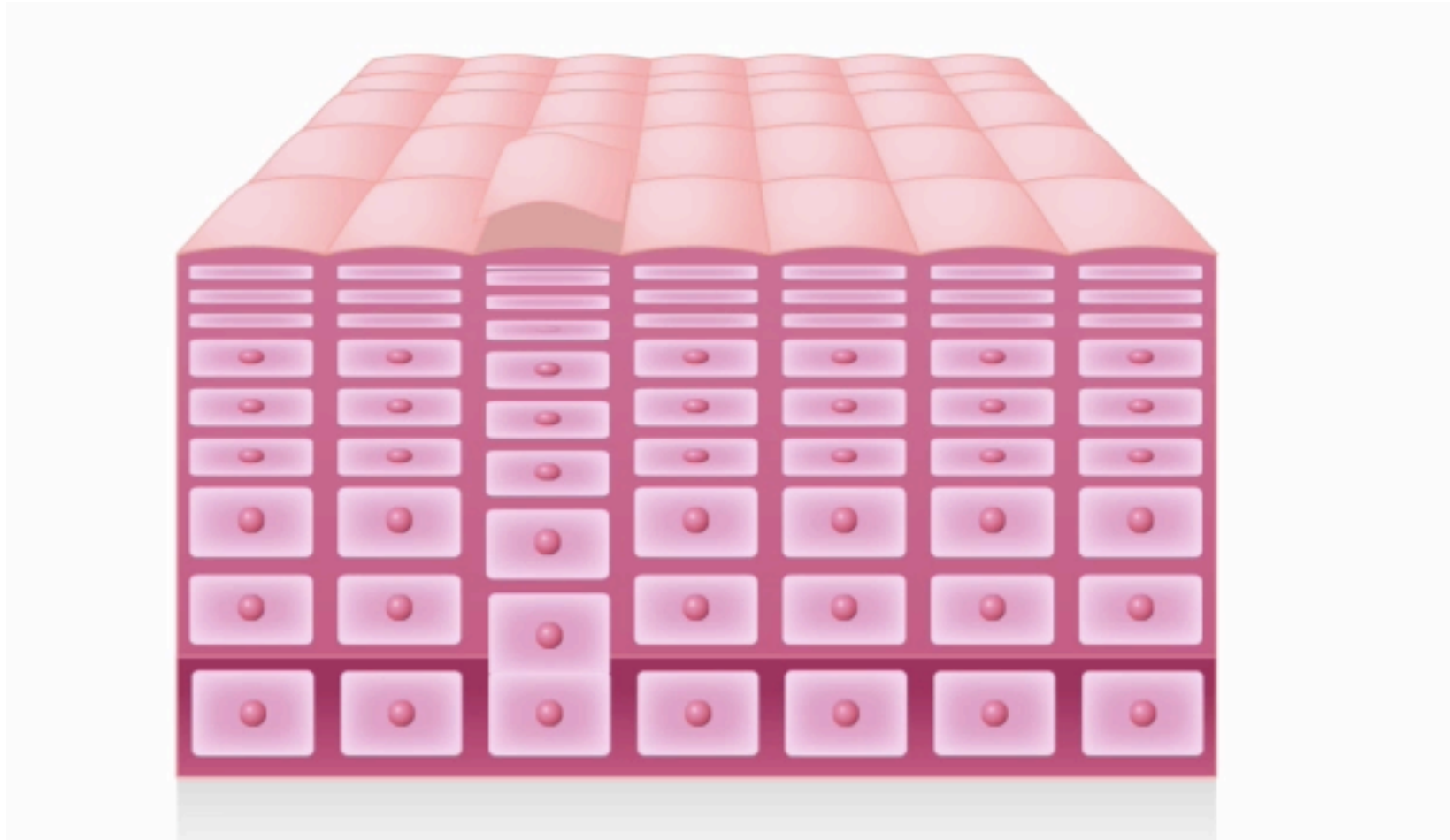
© University of Tokyo

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



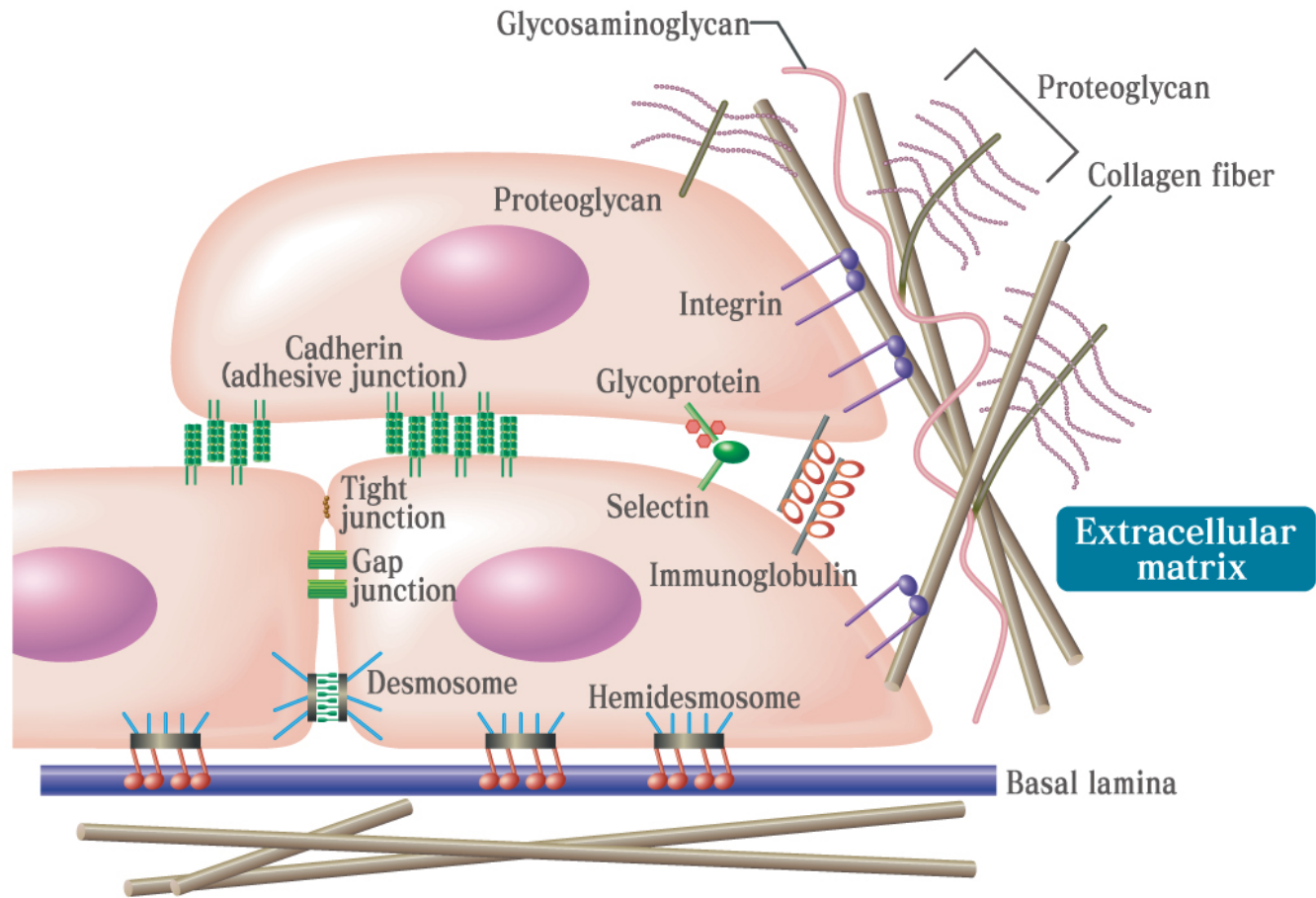
組織中の細胞での細胞周期は どうなっている



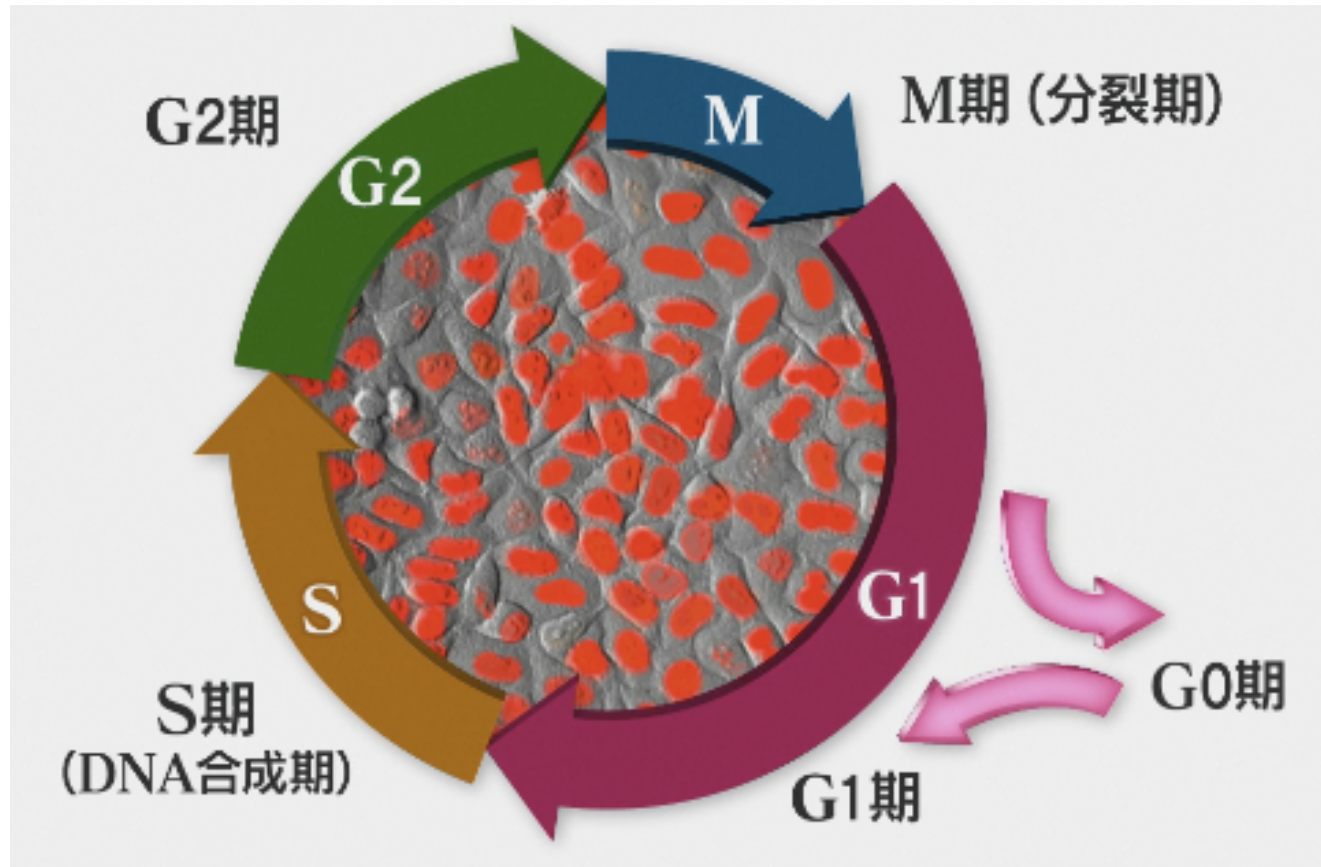
組織内の細胞は

- 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。

正常細胞は周囲の仲間と コミュニケーションしている



分裂がとまったG₀期にいる
→ それが発脱すると



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

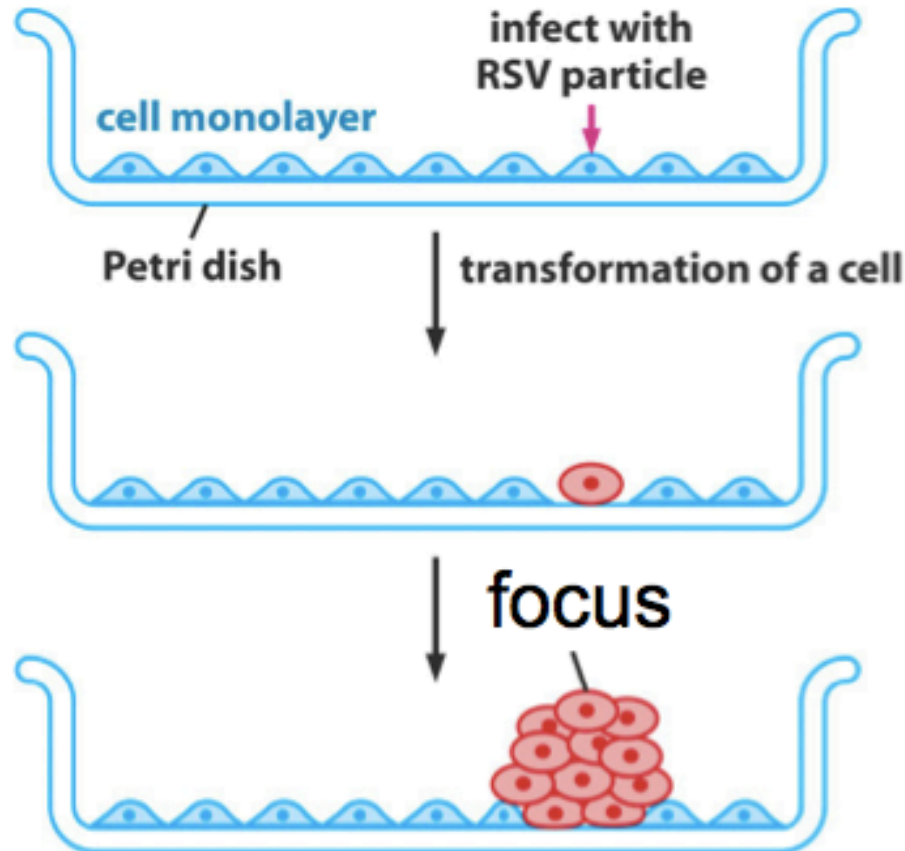
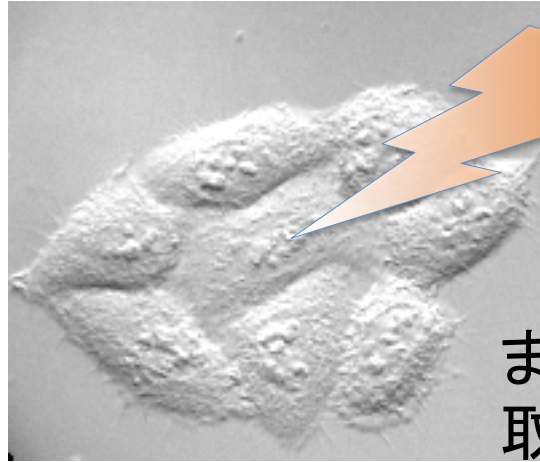


Figure 3-7a The Biology of Cancer (© Garland Science 2007)



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。

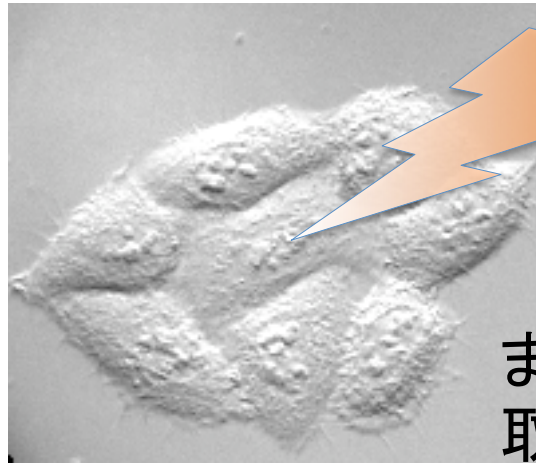


まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう



修復の失敗

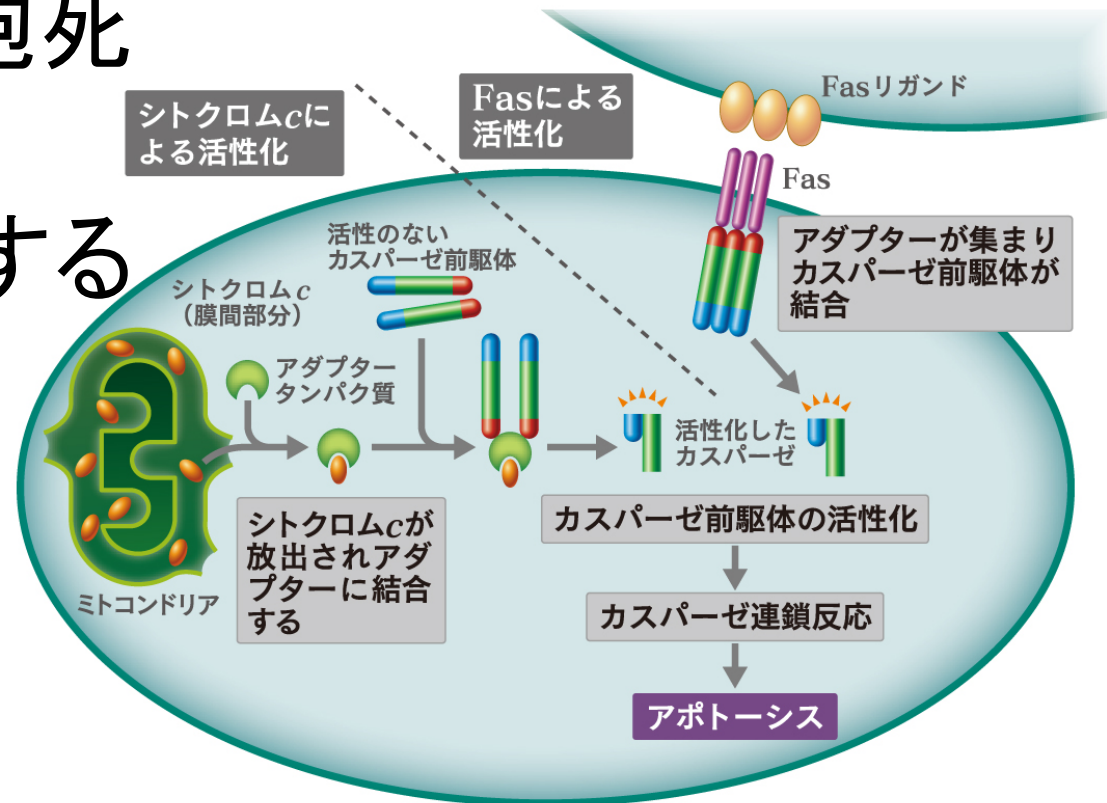
どうなる？

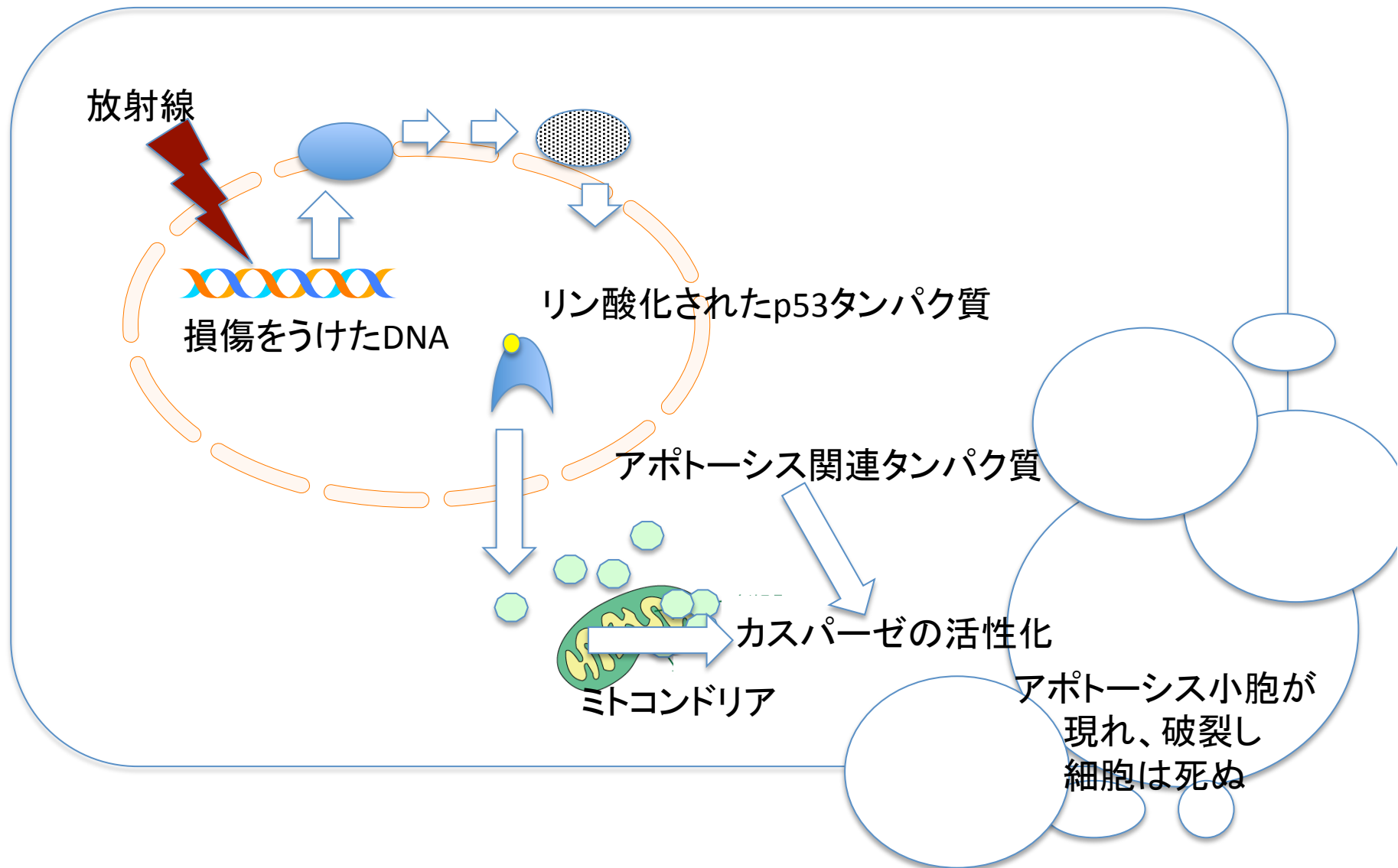


まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう

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

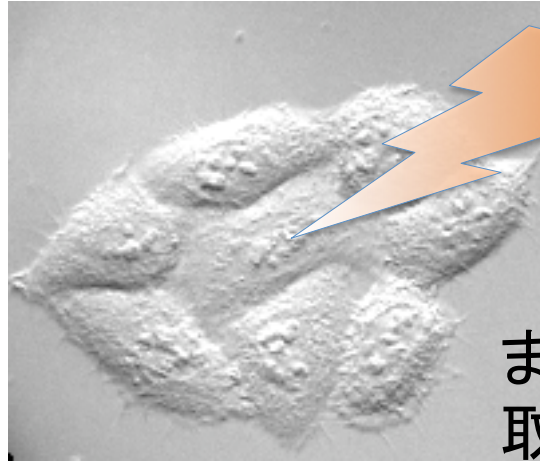
リン酸化されたp53タンパク質

アポトーシス関連タンパク質

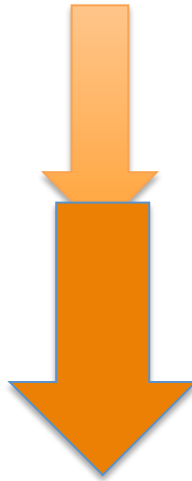
カスパーゼの活性化

ミトコンドリア

アポトーシス小胞が
現れ、破裂し
細胞は死ぬ



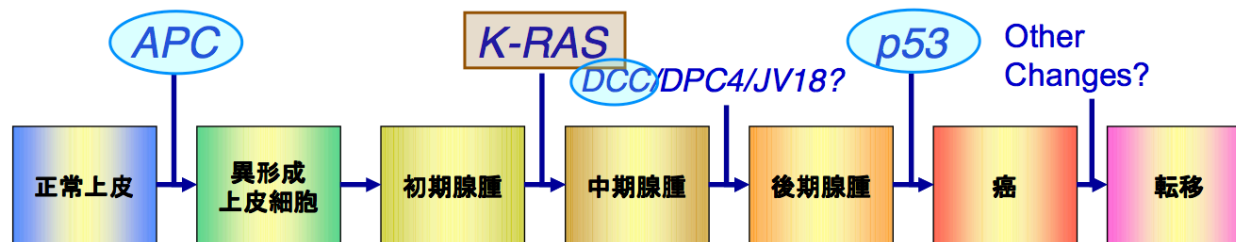
まれにDNA分子の傷が
取り除けずに残ってしまう



修復の失敗

細胞死も起こらない場合

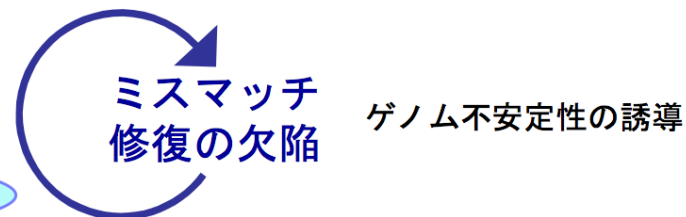
どうなる？



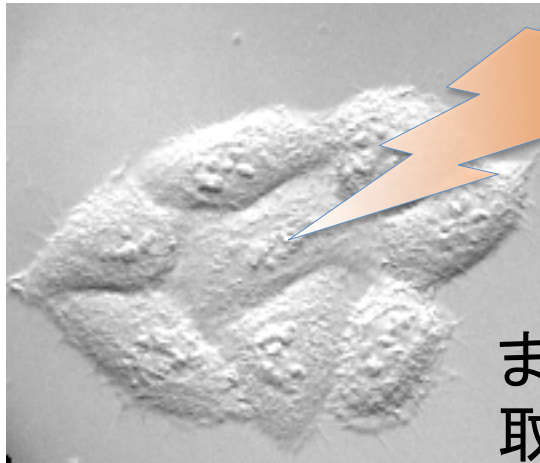
多段階発がん仮説

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)に關与する 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）



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

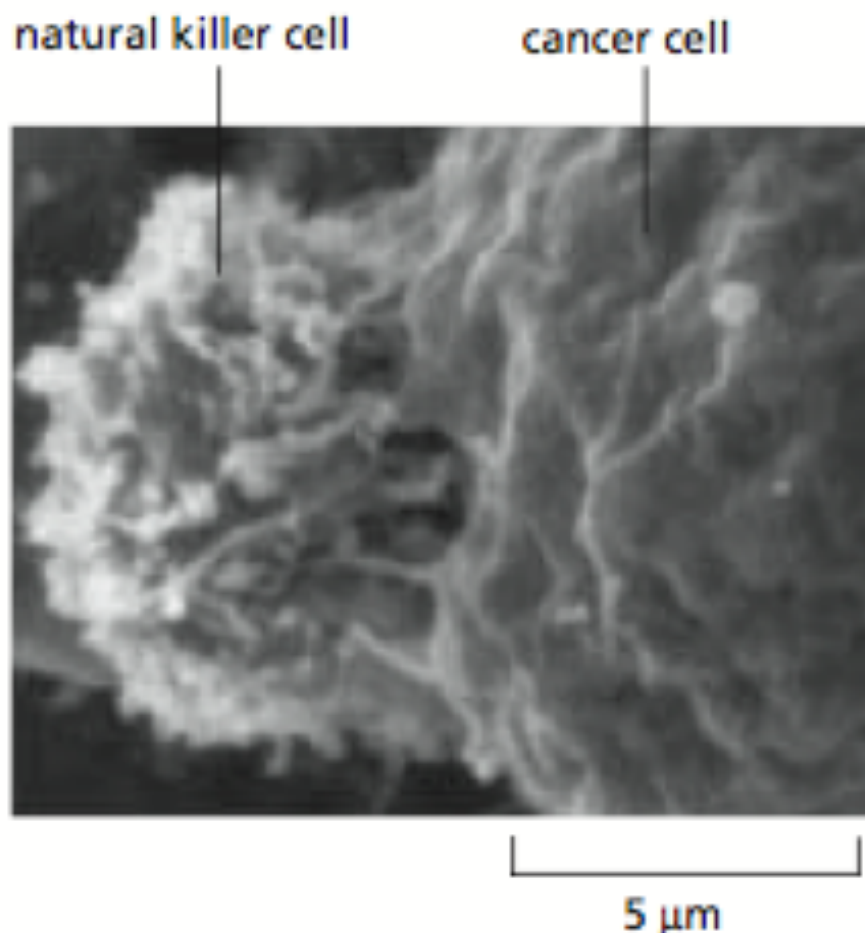
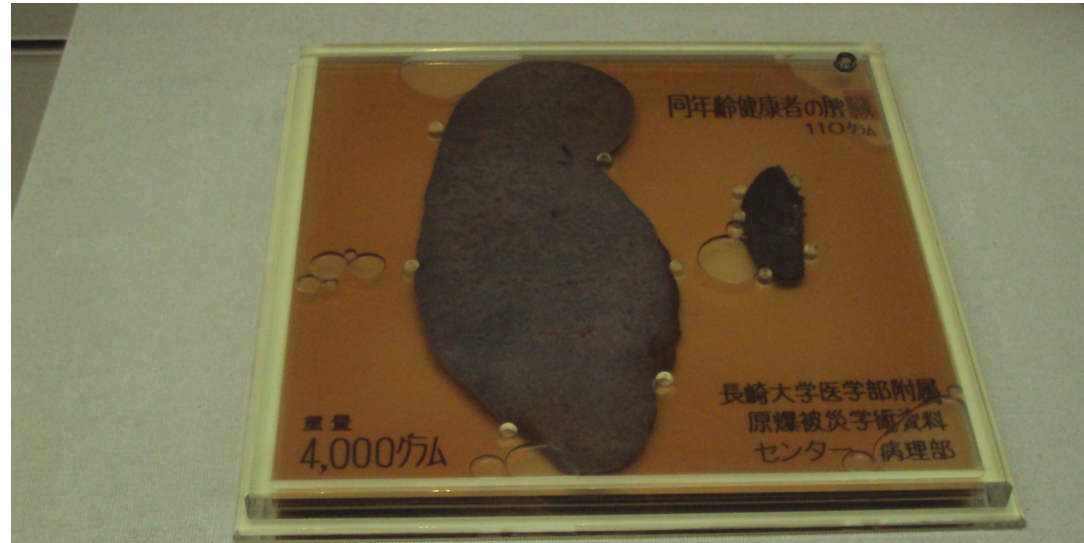


Figure 24–57 A natural killer (NK) cell attacking a cancer cell. The NK cell is the smaller cell on the *left*. This scanning electron micrograph was taken shortly after the NK cell attached, but before it induced the cancer cell to kill itself. (Courtesy of J.C. Hiserodt, in *Mechanisms of Cytotoxicity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



重量
4,000グラム

同年齢健康者の脾臓
110グラム

長崎大学医学部附属
原爆被災学術資料
センター 病理部

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.



The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2011

Bruce A. Beutler, Jules A. Hoffmann, Ralph M. Steinman

The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2011	▼
Bruce A. Beutler	▼
Jules A. Hoffmann	▼
Ralph M. Steinman	▼



Photo: The Scripps Research Institute

Bruce A. Beutler



Photo: CNRS Photo Library/Pascal Disdier

Jules A. Hoffmann

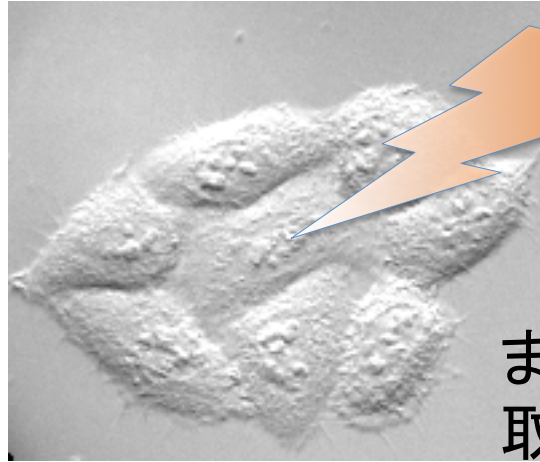


Photo: Rockefeller University Press

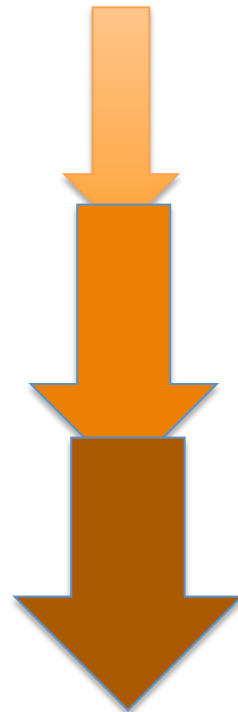
Ralph M. Steinman

The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2011 was divided, one half jointly to Bruce A. Beutler and Jules A. Hoffmann *"for their discoveries concerning the activation of innate immunity"* and the other half to Ralph M. Steinman *"for his discovery of the dendritic cell and its role in adaptive immunity"*.

自然免疫



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23年度日本人推計死亡数

死因	死亡数
悪性新生物	357 305
心疾患	194 926
脳血管疾患	123 867
死亡数	1 253 066

これがいわゆる癌

28.5%が 癌で死亡

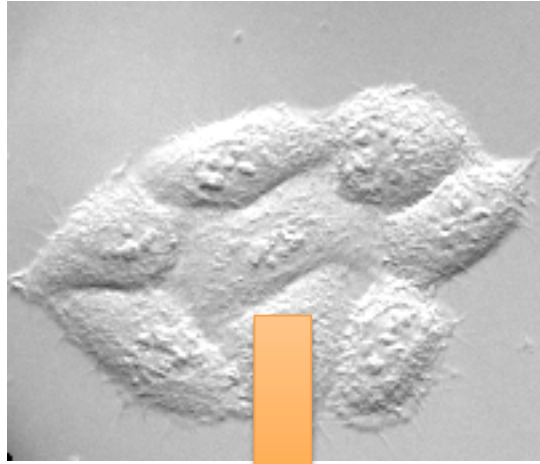
発がん率

いろいろとデータはあるが、一例

+ 0.5 % / 100 mSv

平成24年(2012)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)

28.7 % この値に上乘せ 29.2 %



修復の失敗

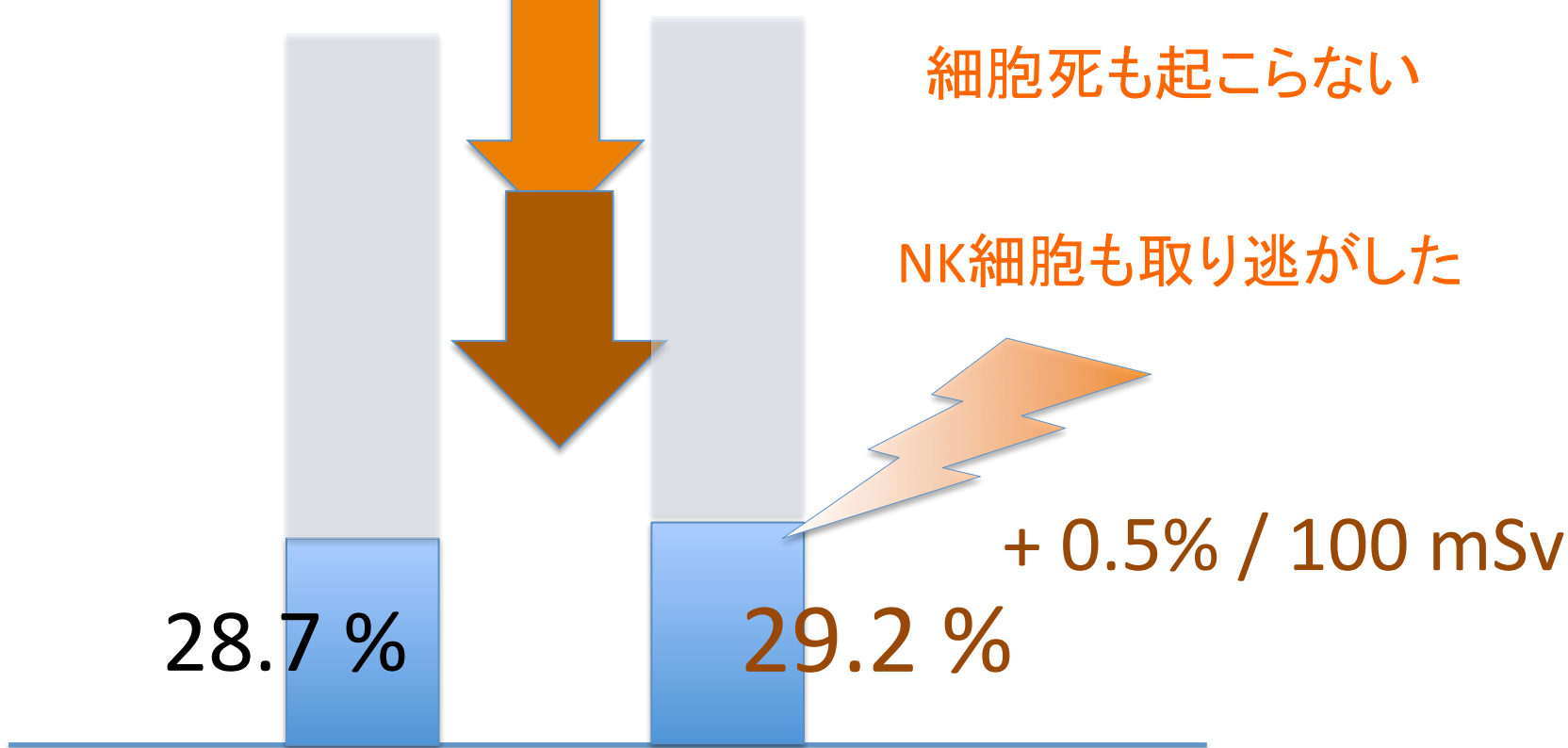
細胞死も起こらない

NK細胞も取り逃がした

28.7 %

29.2 %

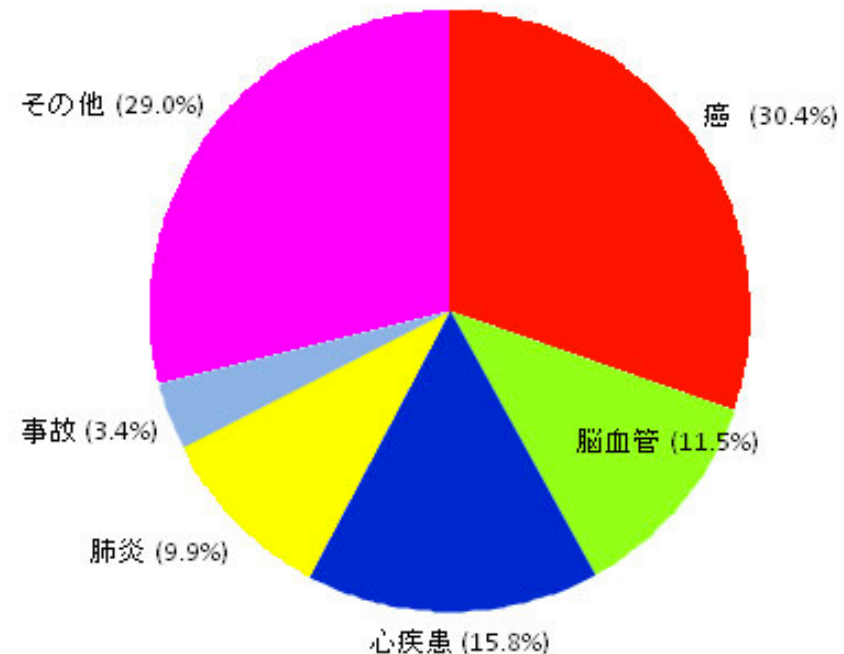
+ 0.5% / 100 mSv



可能性はゼロではない

自分がその不運にあたららないことを確認したい という欲望

日本人の死因
癌が一位

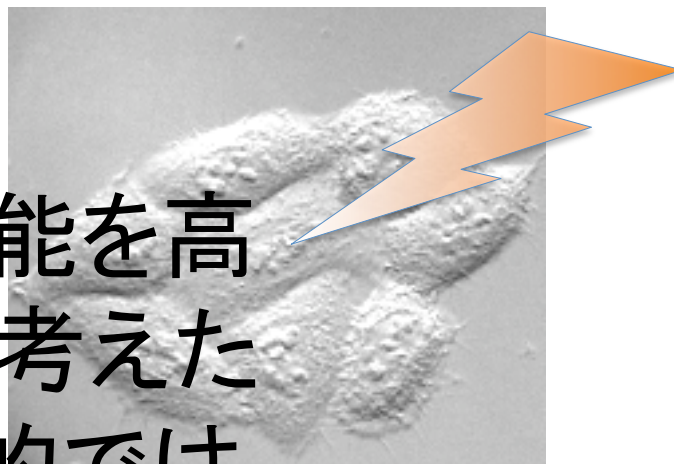


運命をしろということとは、
7割の方にとっては
心疾患、脳血管疾患、肺炎、
で xxx 歳で死ぬということを
告知すること。

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

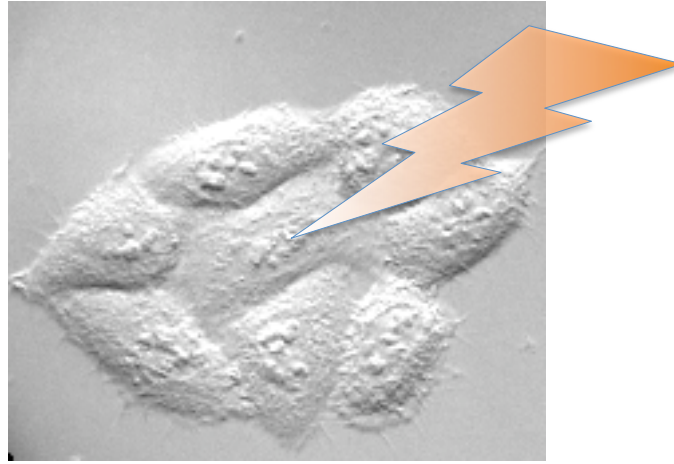


修復の失敗

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

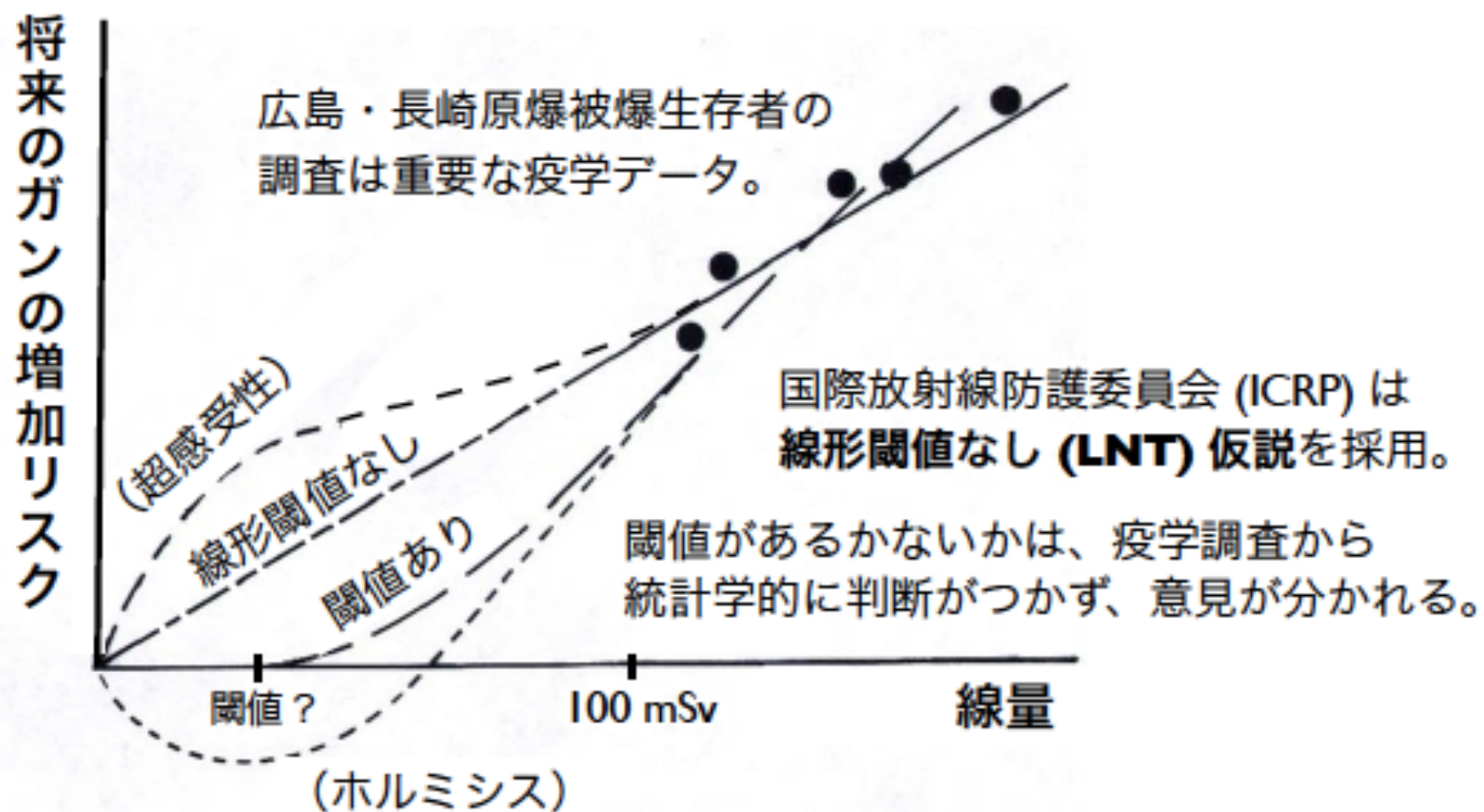
たばこ	1.6倍
酒(2-3合/日)	1.4倍
やせすぎ	1.29倍
肥満	1.22倍
運動不足	1.15-1.19倍
高塩分食品	1.11-1.15倍
野菜不足	1.06倍

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



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

環境省による除染基準は $0.23\mu\text{Sv}/\text{h}$

- ▶ この場合の測定高さは $0.5 - 1.0\text{ m}$
 - 0.5m は小学校以下及び特別支援学校の場合
 - 1.0m はその他の場合(実際には自治体側の判断による)
- ▶ 正直、この基準を越える/越えないことに興味関心はない。
 - 追加外部被曝 $1\text{ mSv}/\text{年}$ が基準
 - 追加 $1\text{ mSv}/\text{年} = [0.19\ \mu\text{Sv}/\text{h} \times (8\text{時間} + 0.4 \times 16\text{時間})] \times 365\text{日}$
 - 自然放射能は $0.04\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ と一律に計算。なので、線量計では 0.23 が基準
 - 実測値とのズレで現在問題になっている。
- ▶ 計算上 0.5m で測ろうが 1.0m で測ろうが大差はない(面線源なので)
 - ただ、実際に $0.5-1.0\text{m}$ で測定していたら空間分解能が悪すぎる

生命科学分野からの課題 (#1)

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。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。

来週リマインド

東京大学教養学部主題科目テーマ講義「放射線を科学的に理解する」
東京大学教養学部附属教養教育高度化機構社会連携部門

公開講座

放射線影響の疫学

講師：小笹 晃太郎 博士
(公益財団法人放射線影響研究所 疫学部)

11月14日(金) 16:30-18:00

会場：東京大学 21KOMCEE West
レクチャーホール
(地下1階)



東日本大震災および福島第一原子力発電所事故は、われわれ日本人に大きな衝撃と影響を与えました。事故にもなって放出された大量の放射性物質は、広い地域で環境汚染を引き起こし、今なお人々を苦悩させています。放射線による人体への影響について、科学はどう答えてくれるのでしょうか。

放射線について系統立てて学ぶ機会として、東京大学教養学部の3人の教員が、放射線に関するテーマ講義を開催しています。

その一環として開催予定の、放射線影響研究所の小笹晃太郎博士の講義を公開します。興味のある方は是非ご参加ください。

東大教養 放射線 テーマ講義 🔍 検索

書籍(準教科書)好評発売中!
「放射線を科学的に理解する」丸善出版



問い合わせ先：high-school@komex.c.u-tokyo.ac.jp

