# 「低線量」放射線
# 内部被曝による健康障害

岐阜環境医学研究所
松井英介

# 放射線

- イオン化放射線　　“放射線”
- 非イオン化放射線　　“電磁波”

- 「距離の自乗に反比例して減弱する」
- 線源に近いと影響が大きい

# ICRP
Publication 60

# 国際放射線防護委員会の
# 1990年勧告

社団法人日本アイソトープ協会

75

# ICRPの考え方

- 外部から　おもに　γ線
- “人のからだは均一”
- “平均化”

- ヒトのからだは寒天？

# 線量当量　Sv　　J/kg

- 放射線防護のために使われる
- 人間に対する放射線の影響は、吸収線量が同じでも、放射線の種類やエネルギー、被曝条件によって異なる

- 1Sv = 100rem　単位は、吸収線量（Gy）と同じ J/kg
- **H = DGN**

(H:線量当量, D:吸収線量, G:放射線荷重係数, N:修正係数）

# G:放射線荷重係数

- γ線　電磁波　1
- α線　ヘリウム原子核　20
- β線　高速電子　1

# いのち

- いのちの循環
- 食物連鎖
- 生態系濃縮

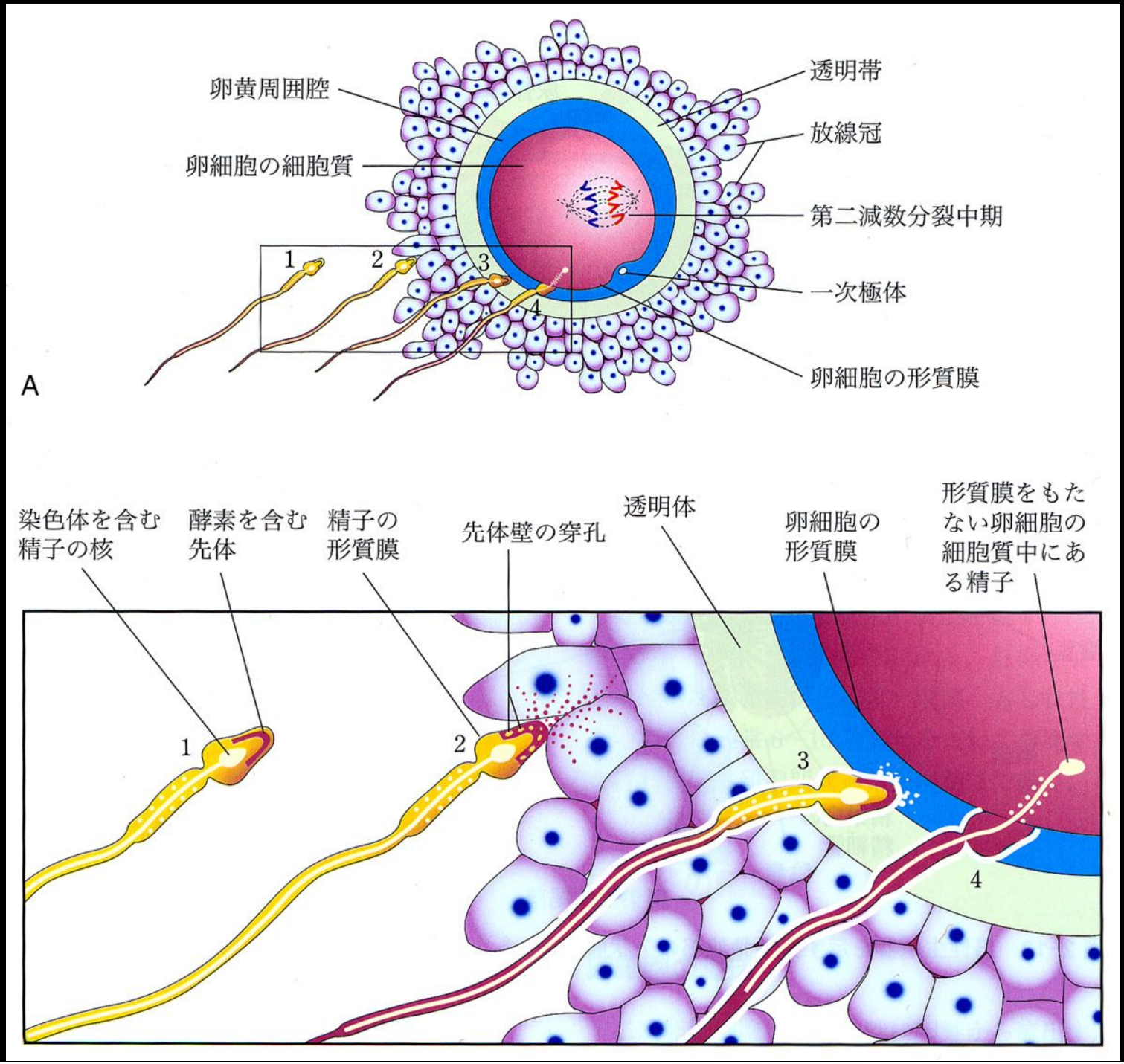
# いのちは海から

- 海　　単細胞→多細胞
- 温度、塩分のバランス　　安定
- 海をからだの中に創った

# 細胞　いのちの基本単位

- 細胞
- 染色体
- 遺伝子
- DNA

- 放射線の影響を細胞レベルで考える


卵黄周囲腔
透明帯
放線冠
卵細胞の細胞質
第二減数分裂中期
一次極体
卵細胞の形質膜
A
1
2
3
4
染色体を含む精子の核
酵素を含む先体
精子の形質膜
先体壁の穿孔
透明体
卵細胞の形質膜
形質膜をもたない卵細胞の細胞質中にある精子

# 放射線によるリンパ球と赤血球の変化

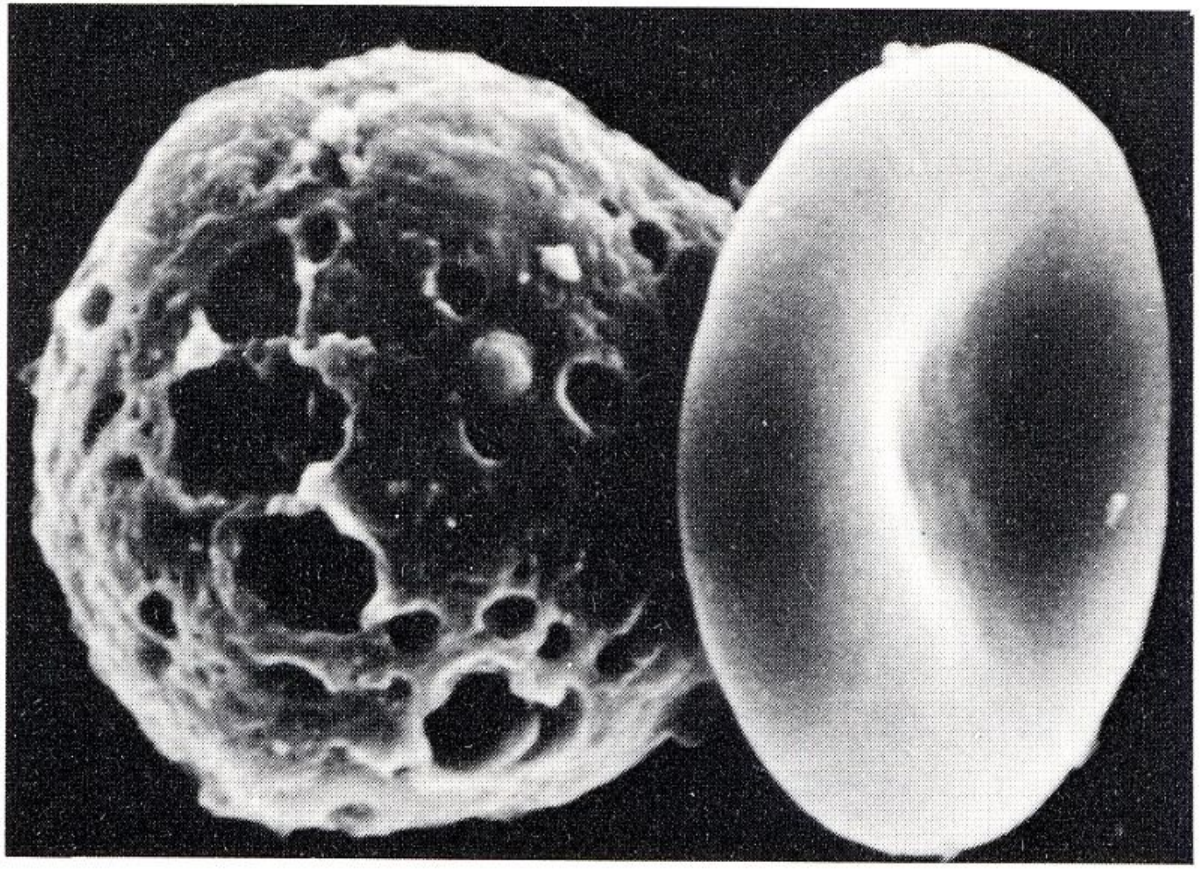
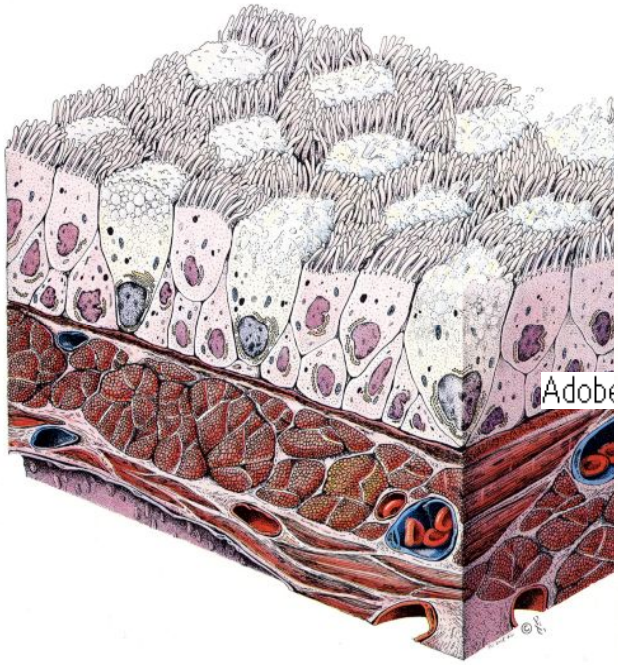
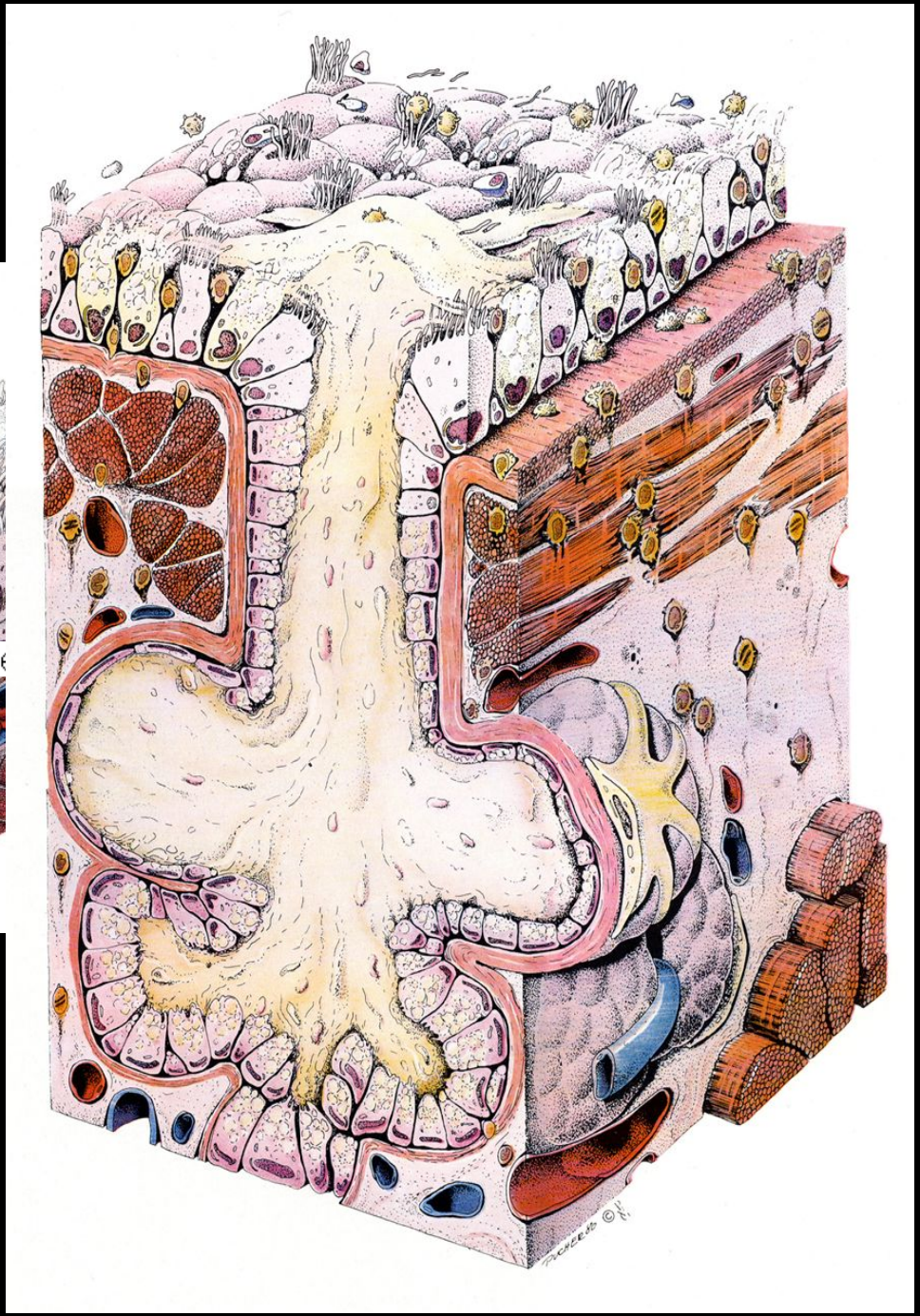
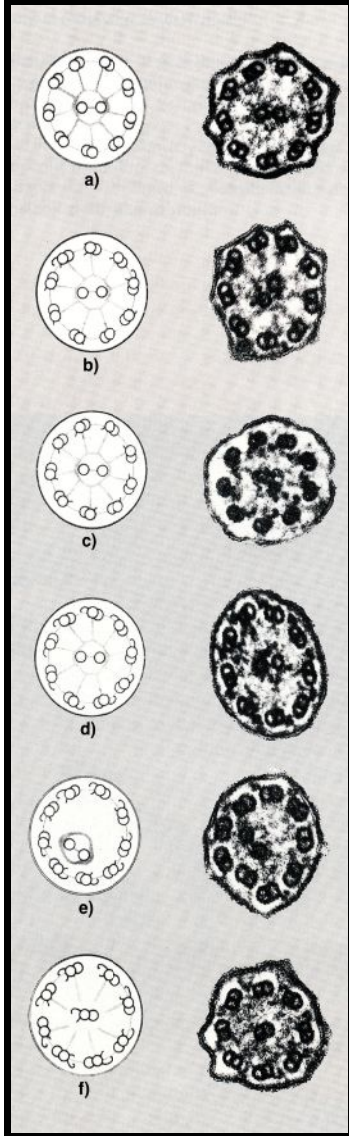


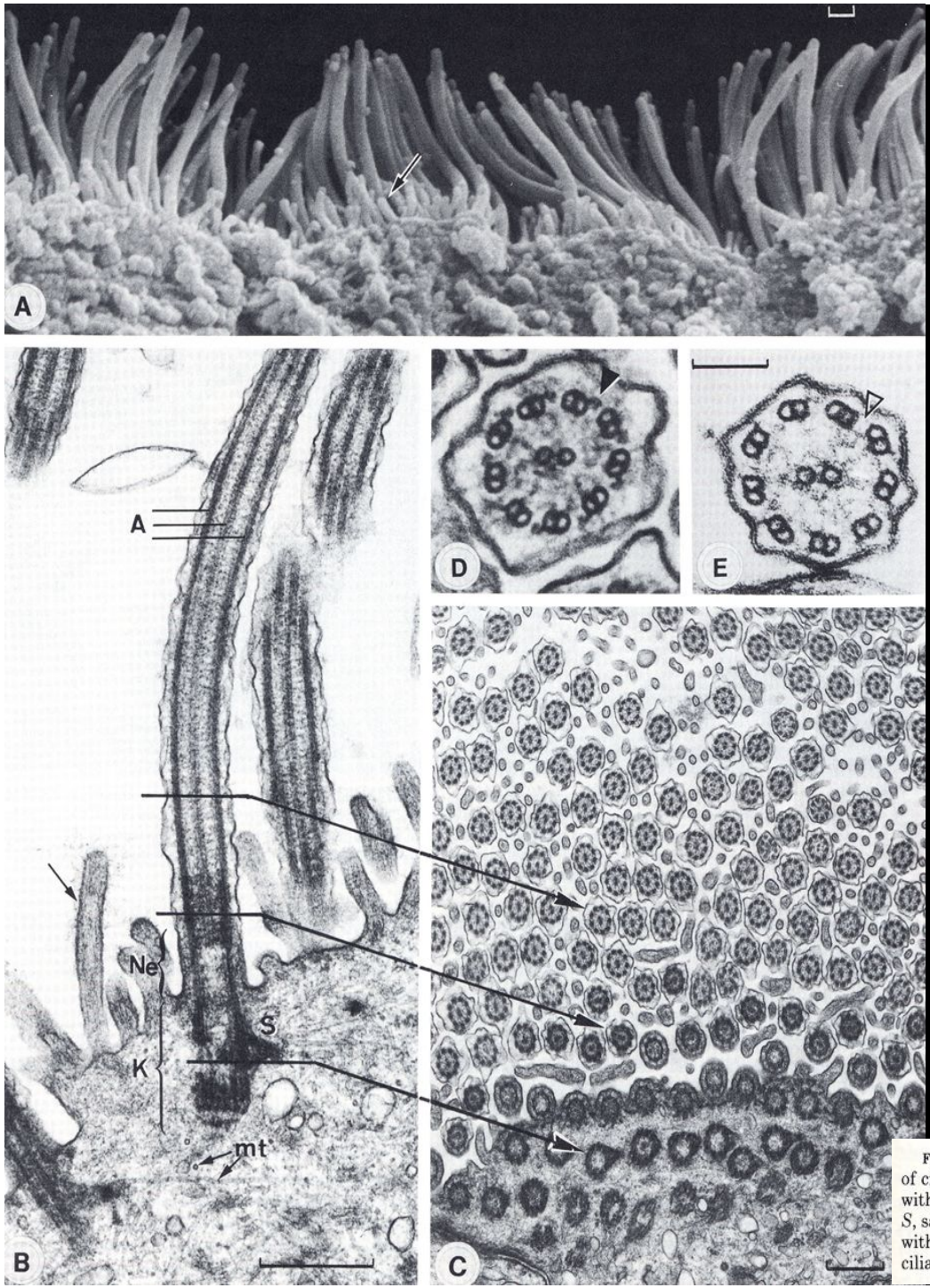
図 11　X 線 4 Gy 8 時間 37°C 孵置後のラット胸腺リンパ球と赤血球の走査電顕写真
（放医研・山田　武先生提供）








気管支　せん毛




# 粘液せん毛輸送

Scanning electron microscope
Human bronchial
epithelium

[Handbook of Physiology]

FIG. 9. Scanning electron micrograph (*A*) and longitudinal (*B*) and transverse (*C*) thin sections of cilia of human bronchial epithelium. Microvilli (*arrows*) between cilia and axonemal complex (*A*) with its different structure in the shaft, neck (*Ne*), and basal body or kinetosome (*K*). *mt*, Microtubule; *S*, satellite of ciliary kinetosome. *D*: greater magnification of cross-sectioned shaft of a normal cilium with dynein arms (*arrowhead*). *E*: dynein arms are lacking in a cilium from a patient with immotile cilia syndrome. *Bars*: 0.5 μm (*A–C*); 0.1 μm (*D, E*). (*E*, courtesy of J. M. Sturgess.)

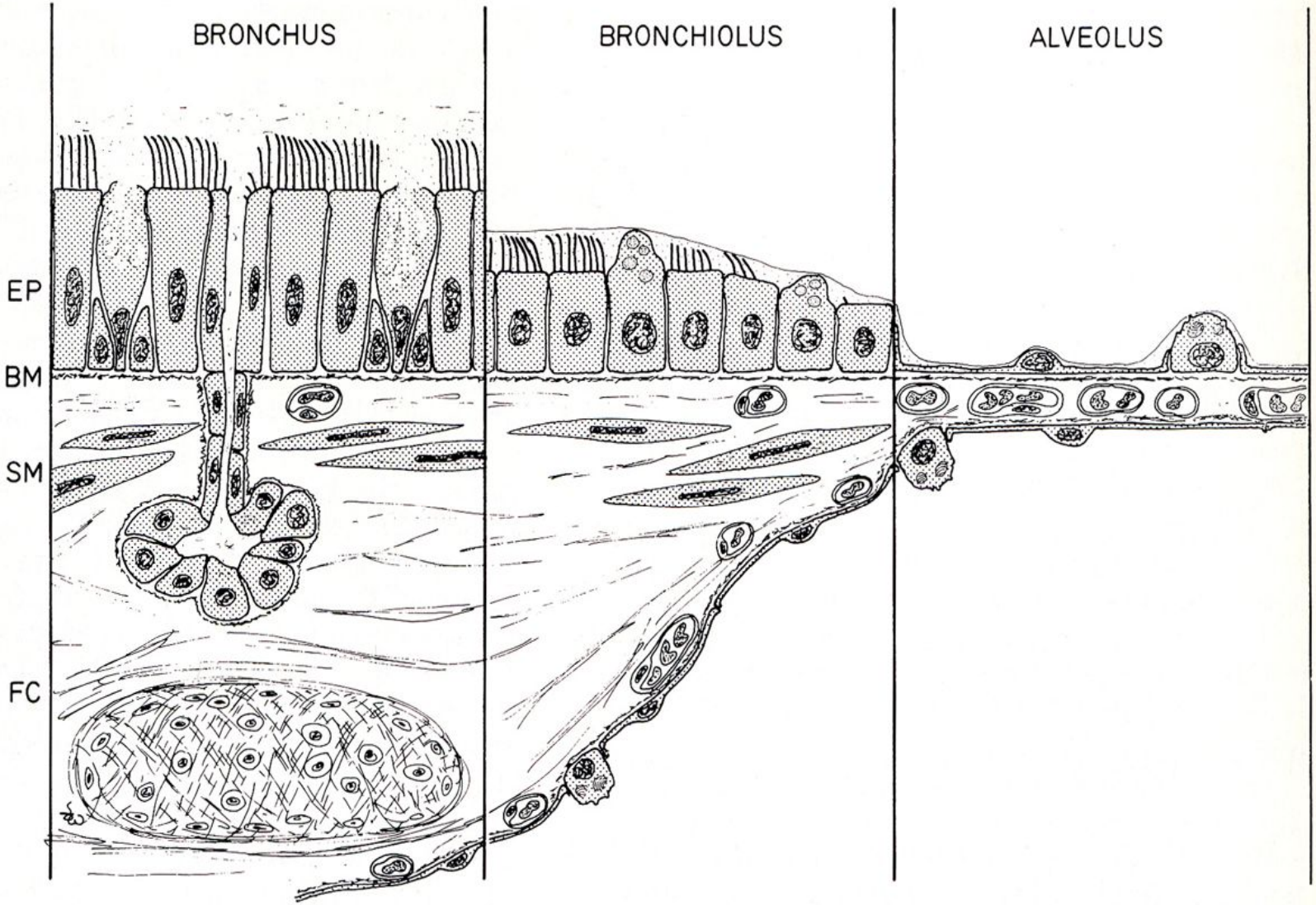
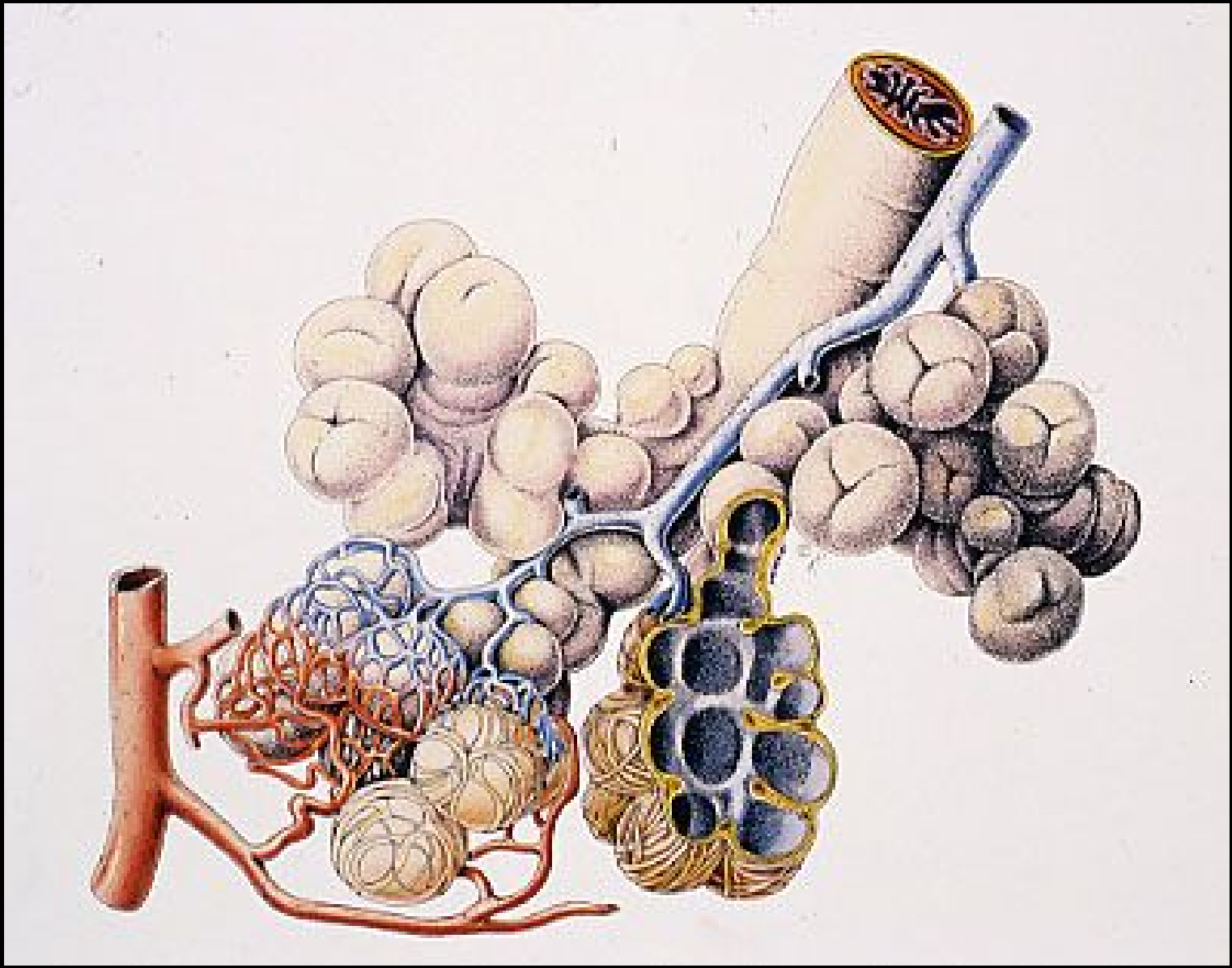


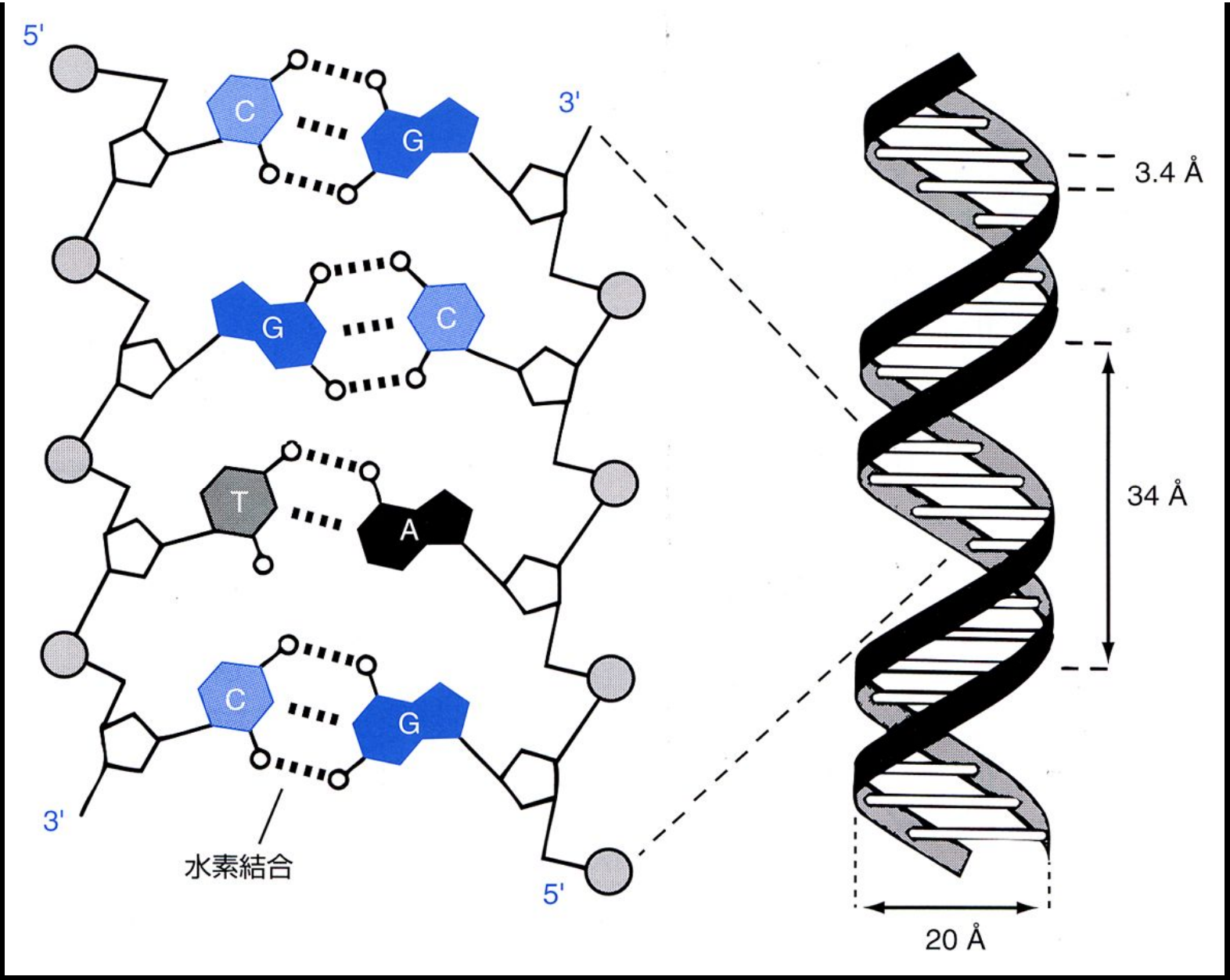

FIG. 7. Schematic representation of airway wall structure from bronchus to alveolus. EP, epithelial cells; BM, basement membrane; SM, smooth muscle cells; FC, fibrocartilaginous coat. [From Weibel (202).]

[Handbook of Physiology]



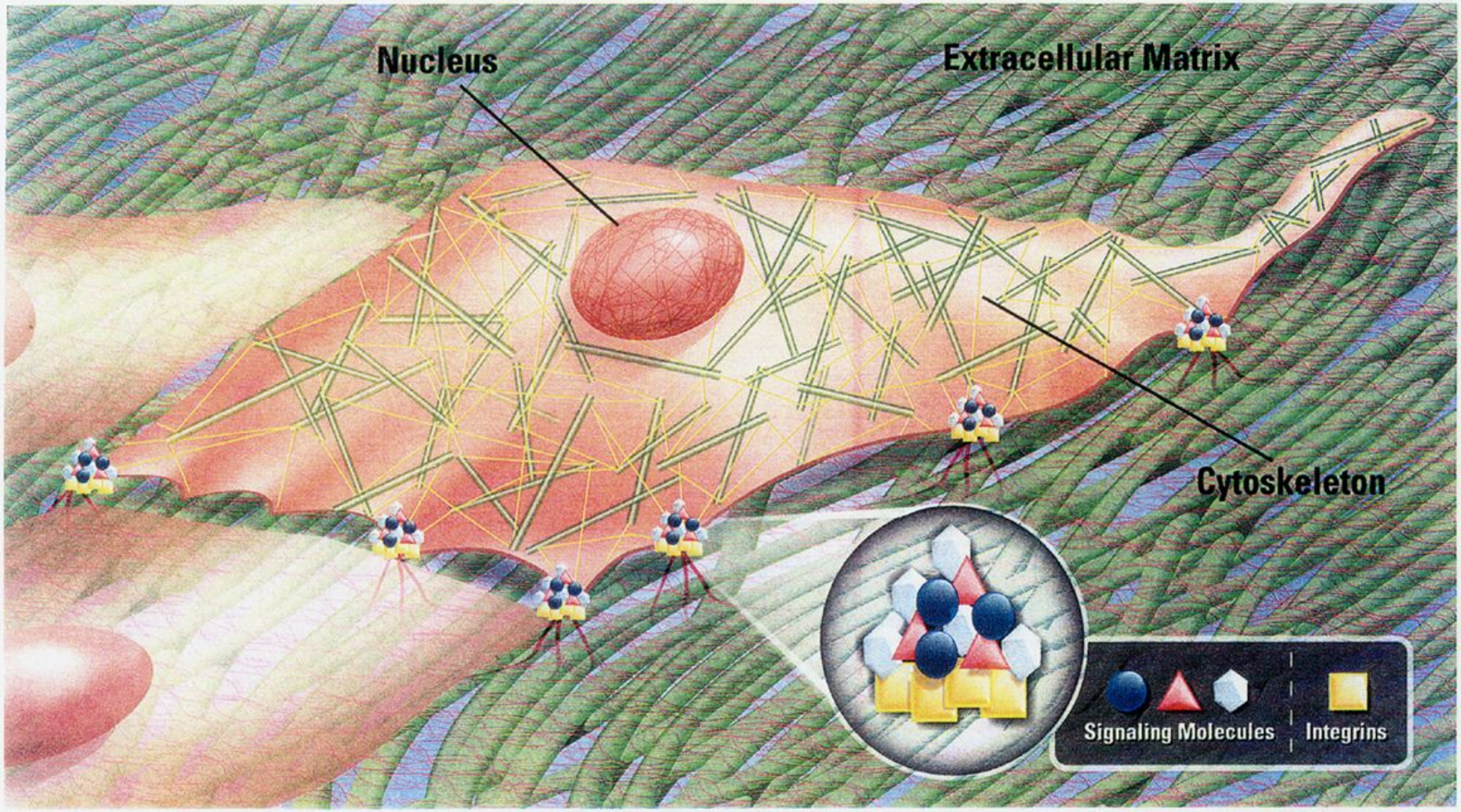
肺胞、細気管支、肺動脈、肺静脈
ガス交換　フィルター

自動車用エアクリーナー




DNAの構造

Thompson＆Thompson:Genetics in Medicine




*Tensegrity stabilizes cells and connects them with the outside world. The cytoskeleton's fine microfilaments (in yellow) pull inward from the cell membrane; the thicker microtubules (in green) oppose the pull. At the membrane, integrins provide another opposing pull and anchor the cell to the extracellular matrix. This connection lets the cell receive mechanical input and, in turn, exert tension (shown by red lines) on the matrix. Near the integrins, signaling molecules cluster on the cytoskeleton, forming networks that integrate mechanical and chemical cues.*

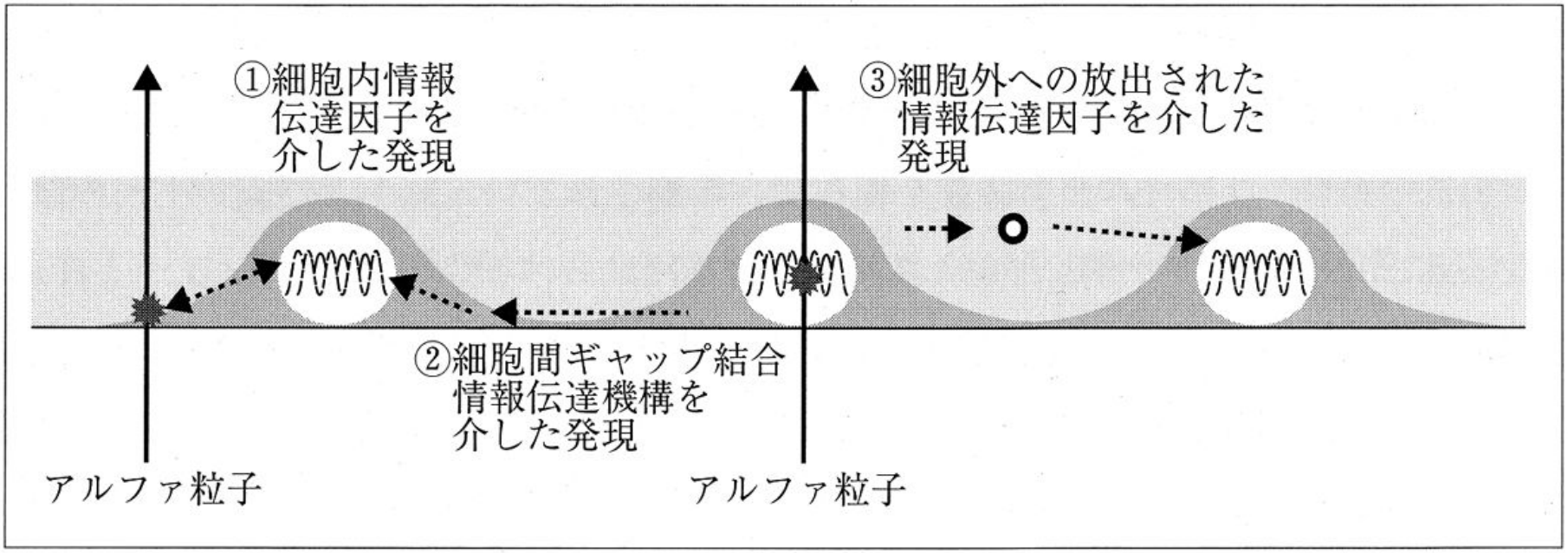



**図８．５　バイスタンダー効果の発現経路**

アルファ線のヒットは核でも細胞質でもバイスタンダー効果が誘導される．標的からなんらかのシグナル因子が発信され遺伝物質へ伝えられる．

# バイスタンダー効果の発現

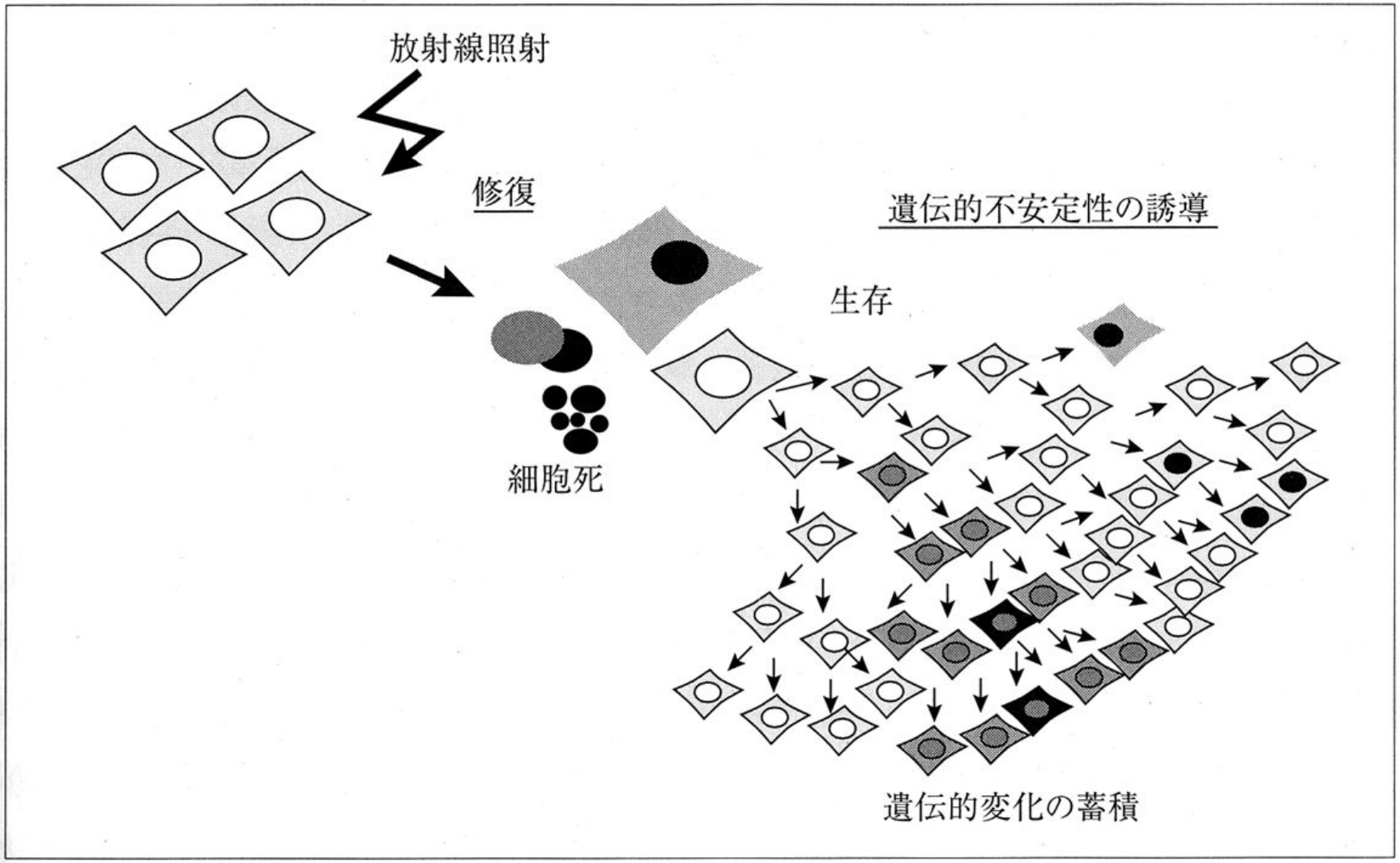



**図８．６　遺伝的不安定性の誘導の模式図**

放射線被ばくで生じた損傷が修復され生き残った細胞に細胞分裂に伴って新しい変異が次々と生ずる現象で，細胞は放射線被ばくをなんらかの仕組みで記憶していることを示唆する．

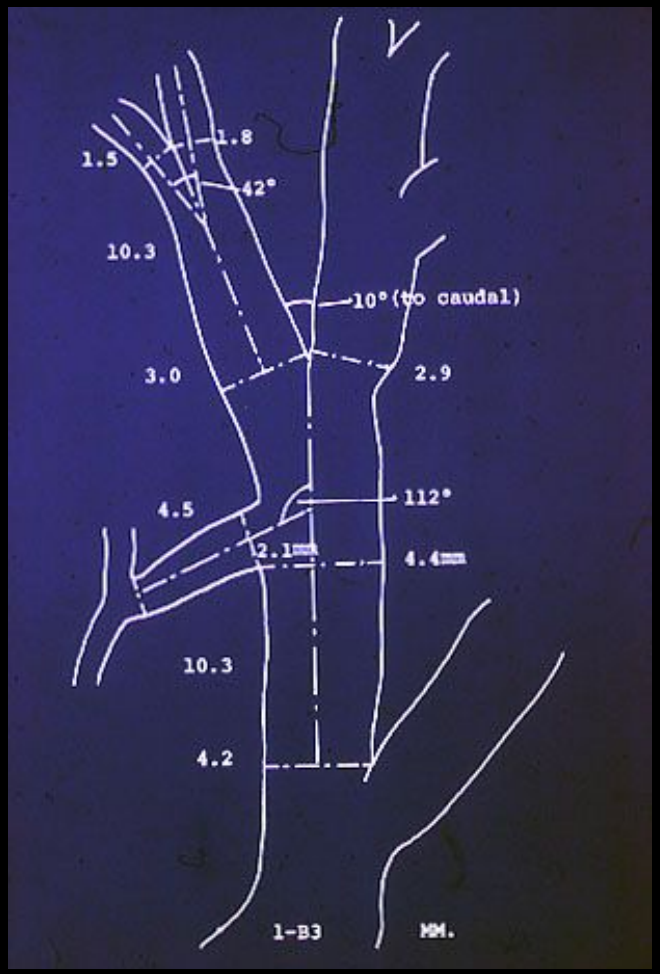
遺伝子不安定性の誘導　ミニサテライト突然変異

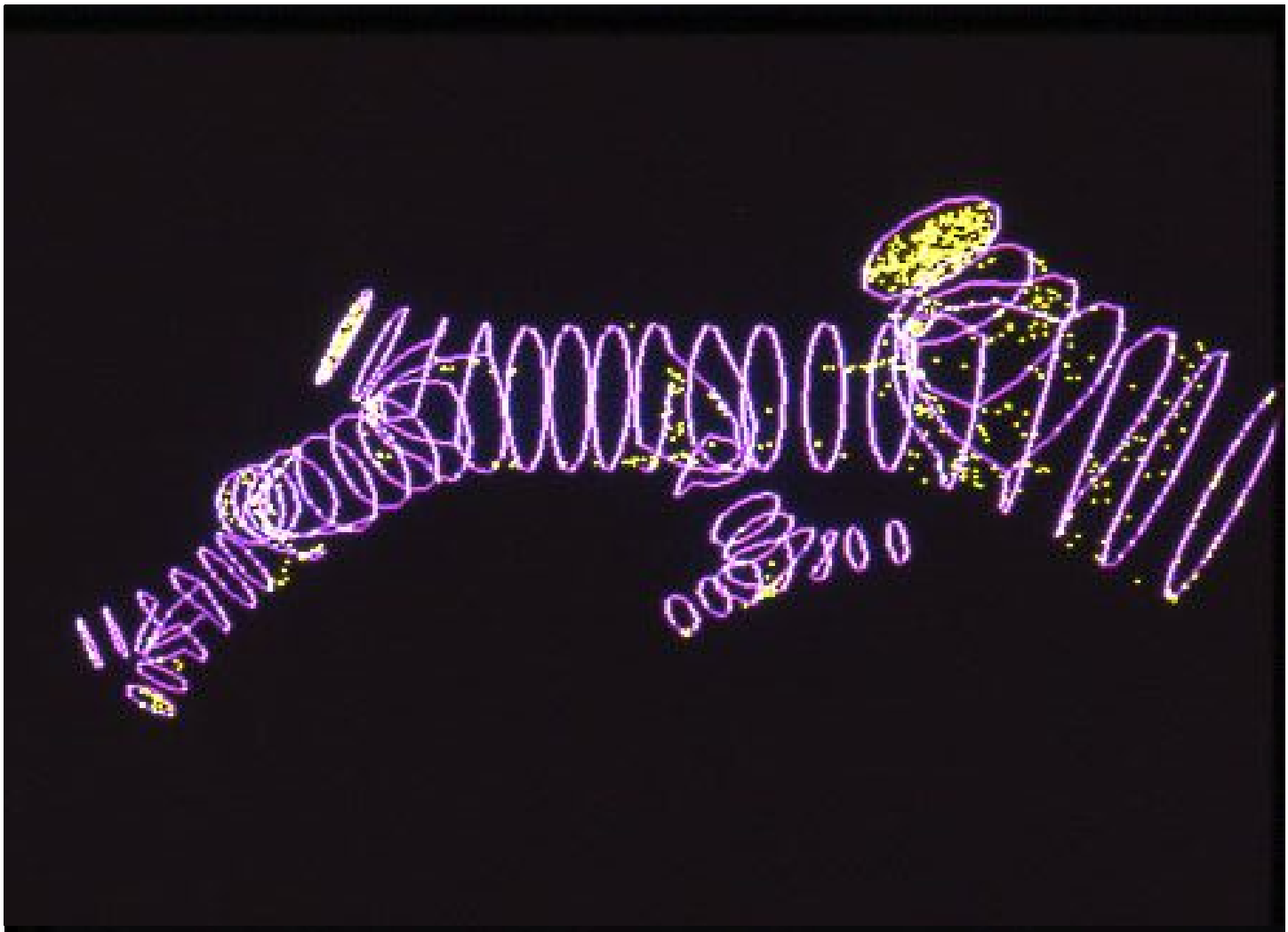
# 水の放射線分解産物と収率

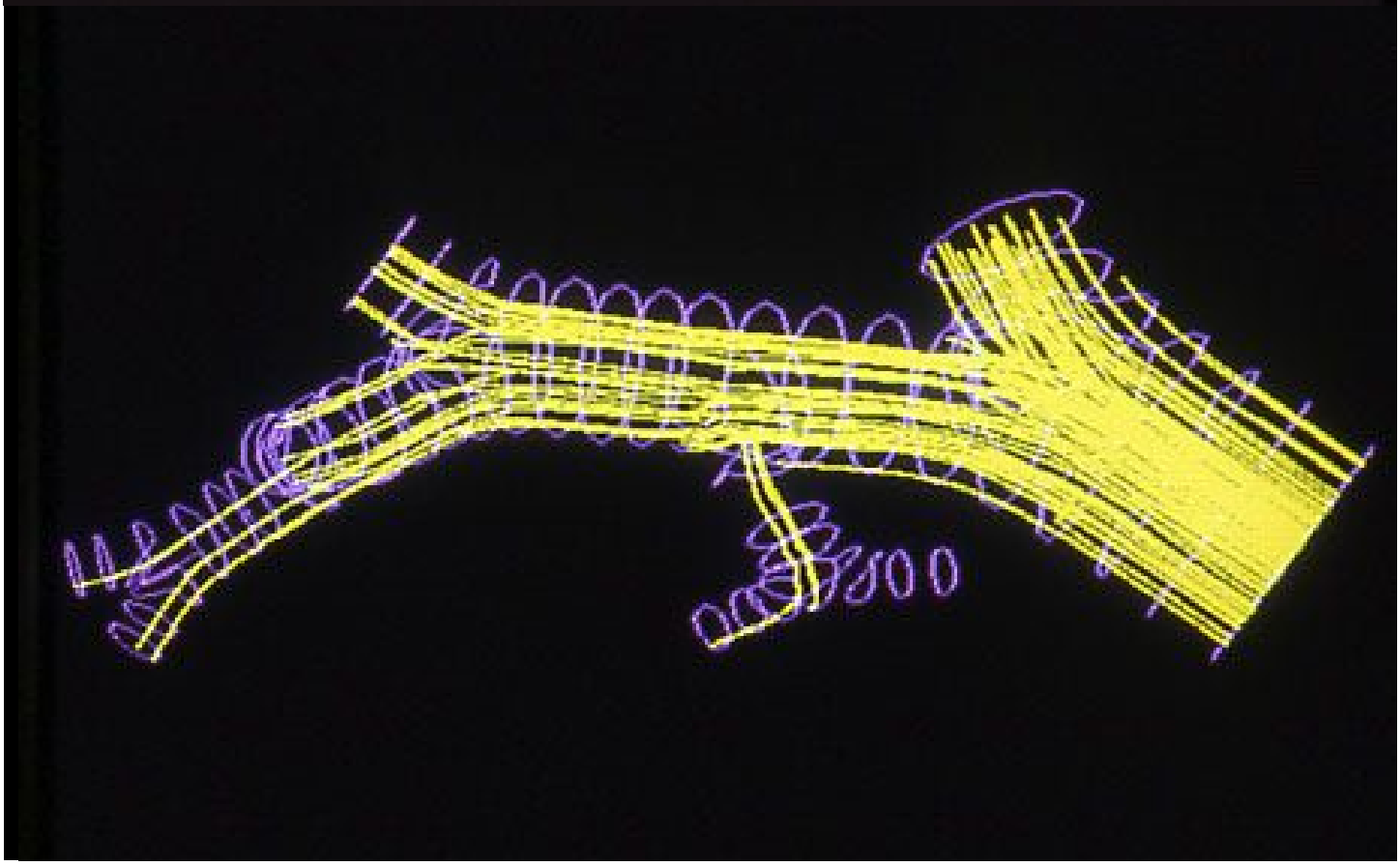
表 4　水の放射線分解産物と収率 (pH 6.0)

| 生成物 | $^{\cdot}H$ | $^{\cdot}OH$ | $e^{-}_{aq}$ | $H_2$ | $H_2O_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $G$ 値 | 0.55 | 2.7 | 2.7 | 0.45 | 0.75 |

# ヒトのからだは
# 均一ではない







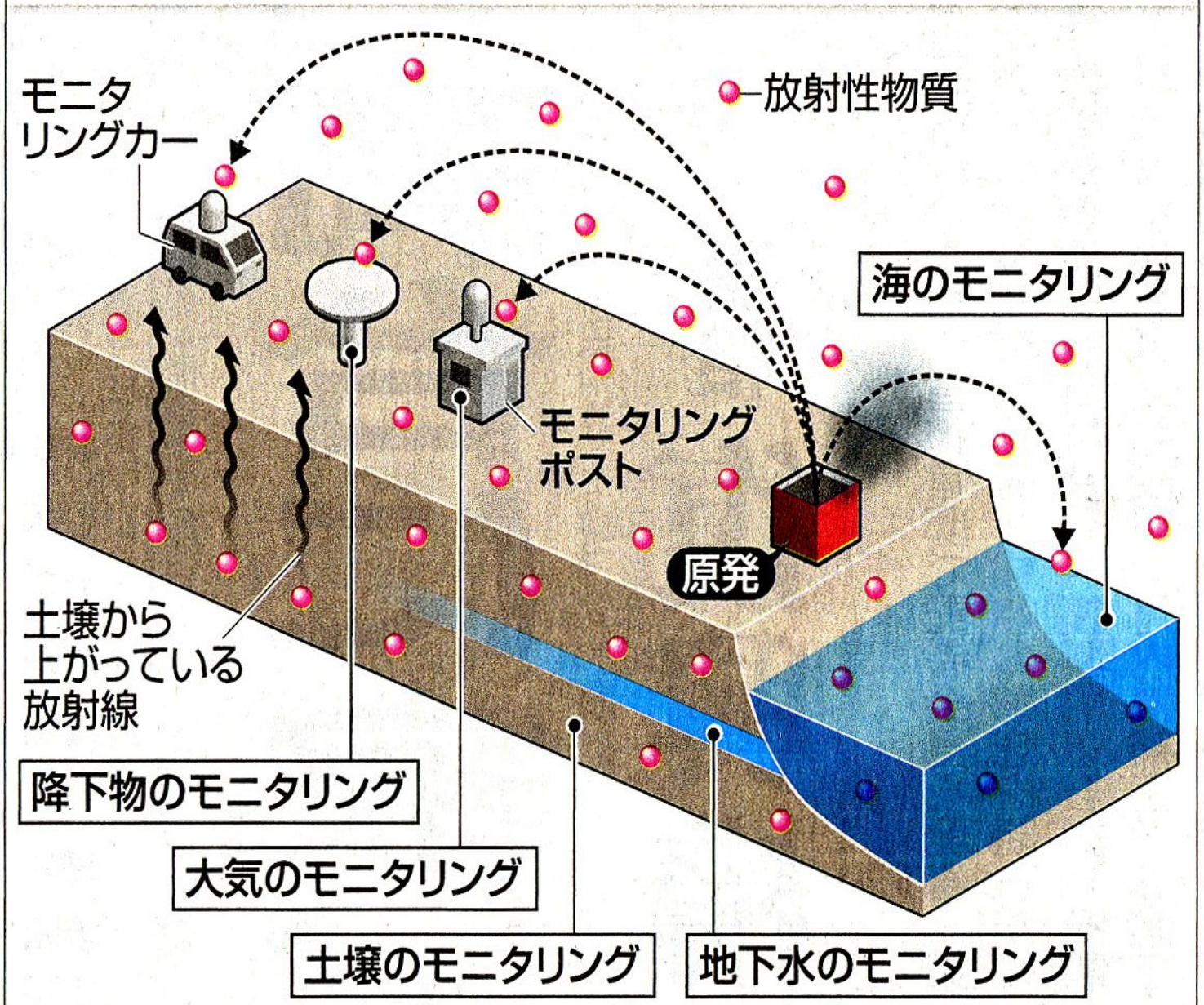
# 外部環境と内部環境

# 外部環境への負荷

- 空気
- 水
- 土

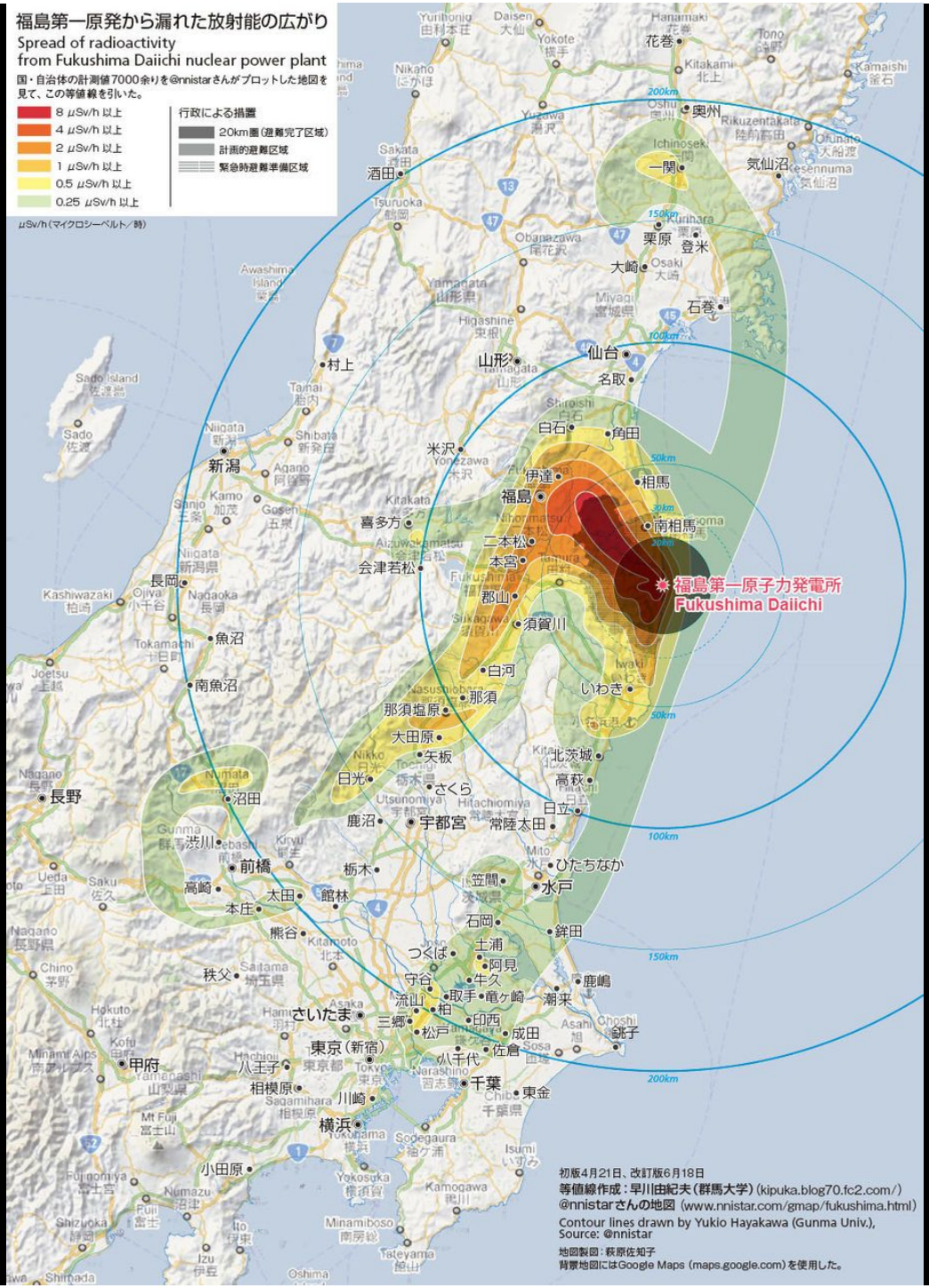
The Asahi Shimbun

# 各種モニタリングの測定法のイメージ



三つの方向
地を這うように
200km以上

[早川由紀夫氏作図
群馬大学
火山・防災学]



# 内部環境を保つ

- Homeostasis＝同じ状態
- 免疫
- ホルモン
- 自律神経

# 健康

- 肉体的
- 精神的
- 社会的、経済的、文化的に

良好な状態

# 子ども

- 量　おとなの小型ではない
- 質的に異なる

# 子どもの時間

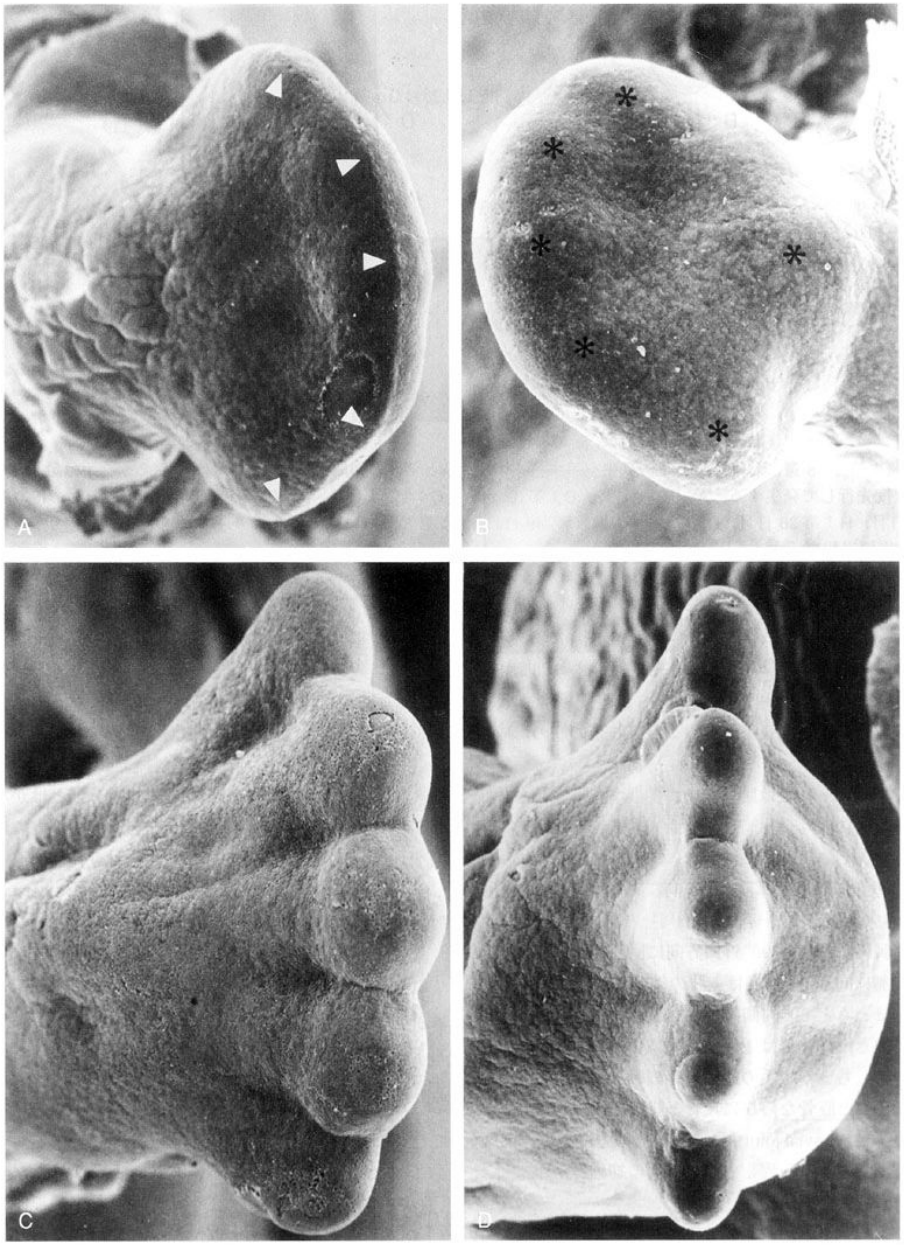
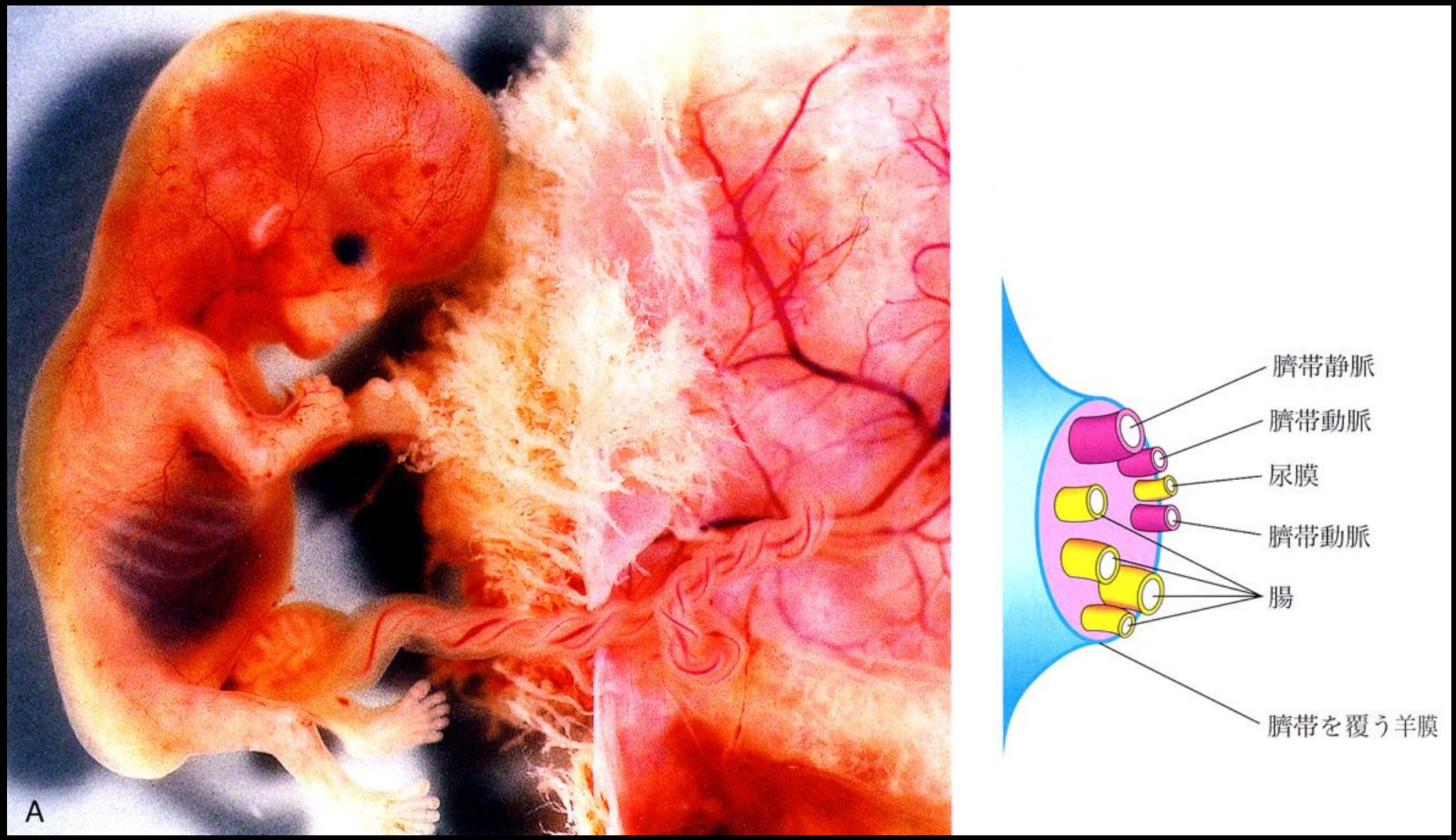


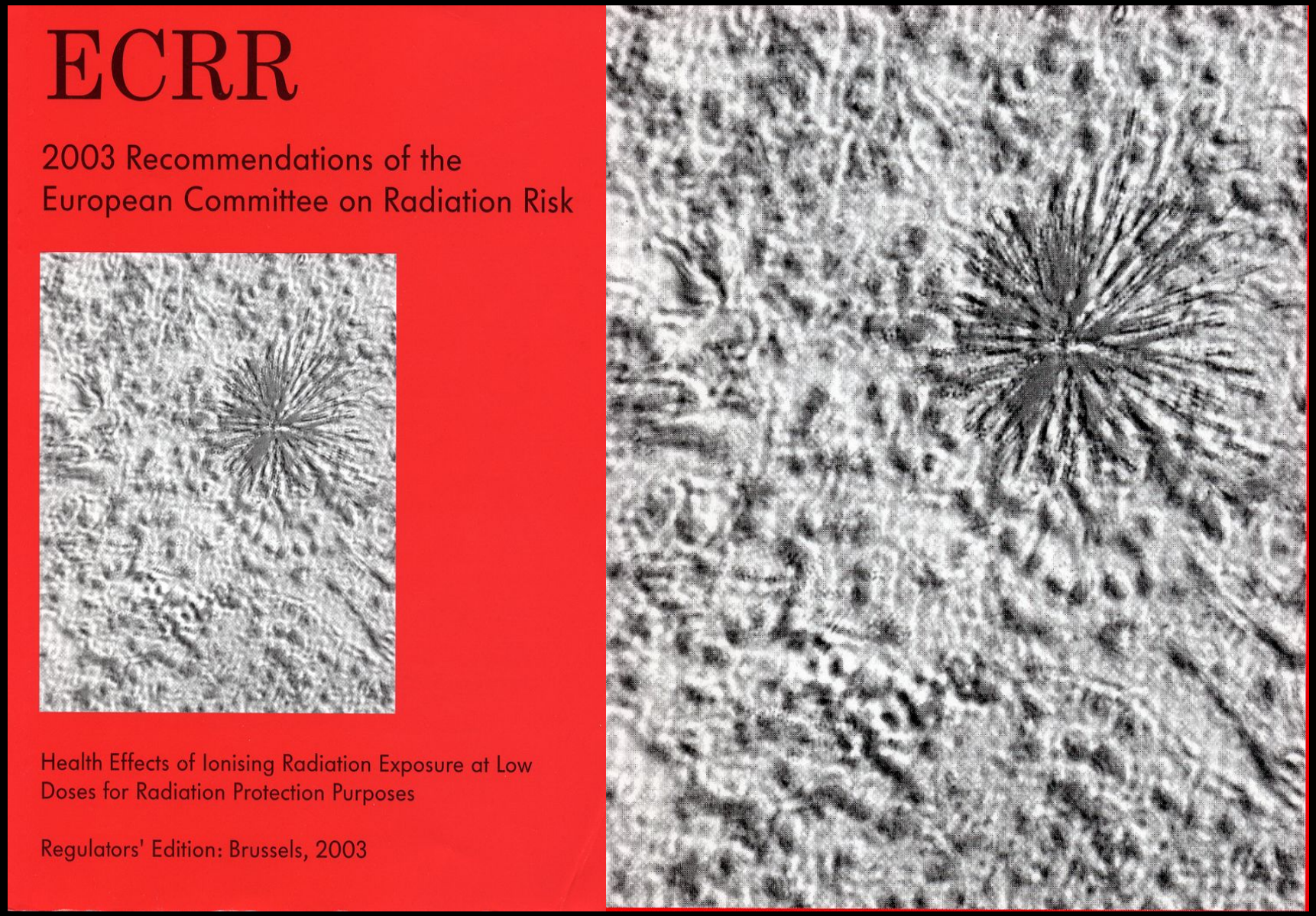

図 16-5　走査電子顕微鏡写真．カーネギー発生段階 19（48 日目頃）のヒトの胚子における右足の背側の形態（A）と底側の形態（B）．趾芽（A の矢頭），踵および中足部の隆起（B の＊印）が認められる．カーネギー発生段階 22（第 55 日目頃）のヒトの胚子における右足の背側部の形態（A）と遠位部の形態（B）．中足部と足指の背屈（C）と肥厚した踵（D）に注目されたい（Hinrichsen KV, Jacob HJ, Jacob M, et al：Principles of ontogenesis of leg and foot in man. Ann Anat 176：121, 1994 より）．




# 100nm以下の小さな粒は胎盤を通る

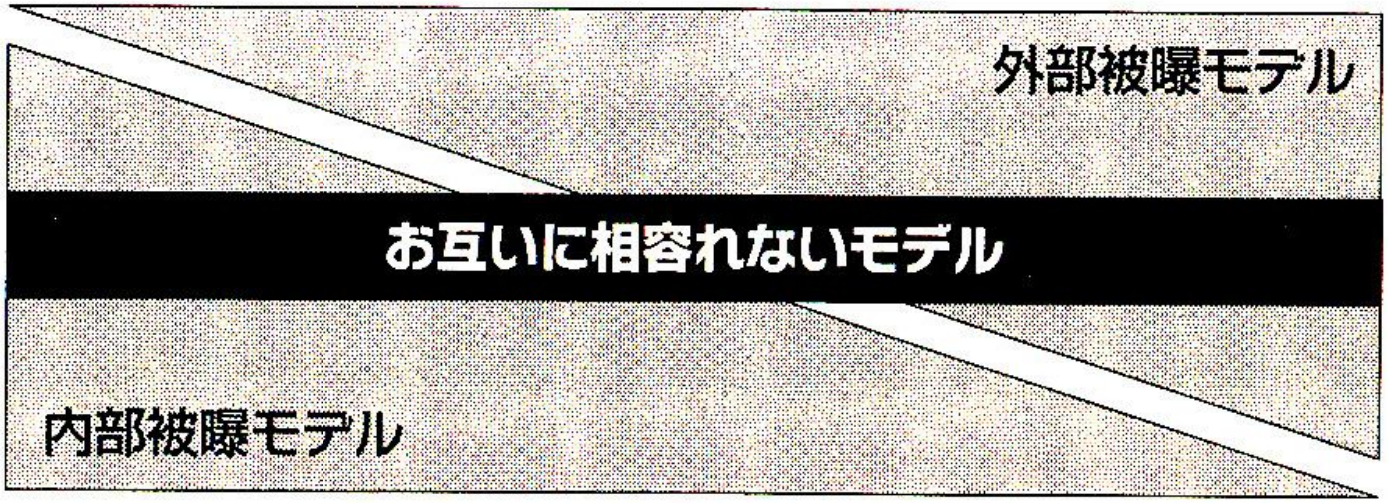
n =1/1000 μ, μ=1/1000mm,  mm=1/1000m

# 肺組織中2μmPu粒子からのα線飛跡



## 高線量・外部被曝・急性

原爆生存者




## 内部被曝・慢性・放射性同位元素性

核施設白血病（セラフィールド）
アイリッシュ海効果
チェルノブイリの子どもたち
ミニサテライト突然変異
核実験放射性降下物によるがん
「劣化」ウランに被曝した湾岸戦争帰還兵
イラクの子どもたち

出所:ECRR 2010
http://www.euradcom.org/2011/ecrr2010.pdf、
日本語訳
http://www.jca.apc.org/mihama/ecrr/ecrr2010_dl.htm

図 2-4　ECRR の外部被曝モデル（上）と内部被曝モデル（下）

# 外部被曝と内部被曝

- 外部被曝：高線量
  離れたところから
  γ線，
  一回、短時間
- 内部被曝：低線量
  すぐそばから
  α線，β線
  くり返し、長時間

# 第五福龍丸乗組員の被曝

- ２３名中、１３名（５６．５％）が死亡
- 死亡平均年齢：５２．２歳
- 死亡１３名内７名（５３．４％）ががん死
- 他に担がん生存：３名
- 発がん：２３名中１６名（６９．６％）

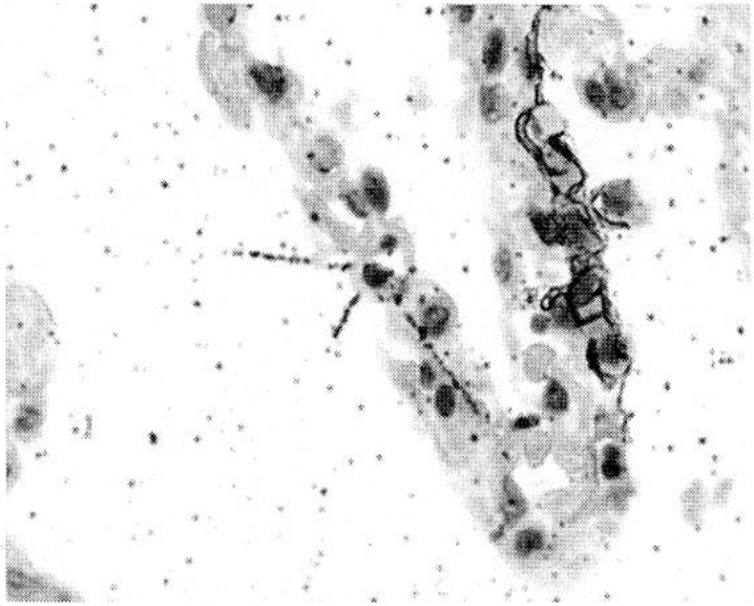
２００４年７月現在

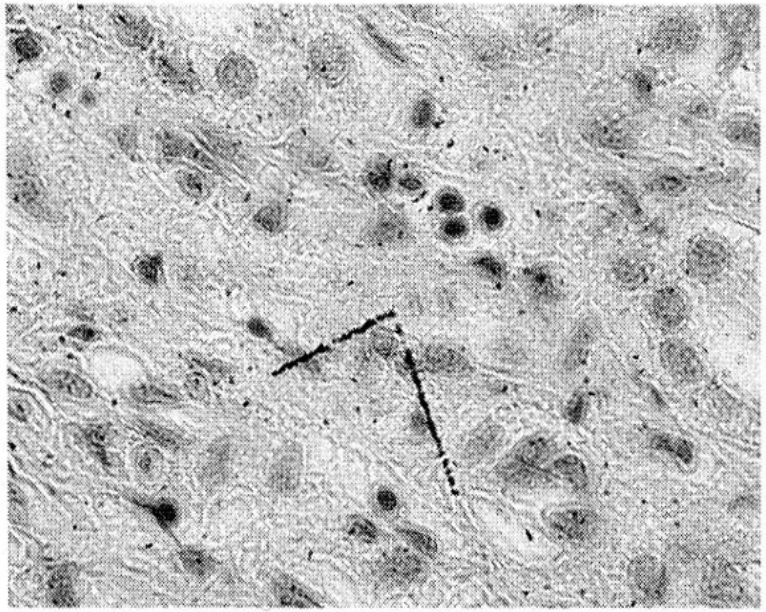
# 広島･長崎原爆被爆者の内部被曝

- 外部被曝　初期放射線　γ線　中性子線
- 内部被曝　放射性降下物　　α線　β線

# 長崎原爆被爆者
# 急性被曝症例

**オートラジオグラフィー法による**
**肺、腎、骨組織標本における**
**α線の飛跡**





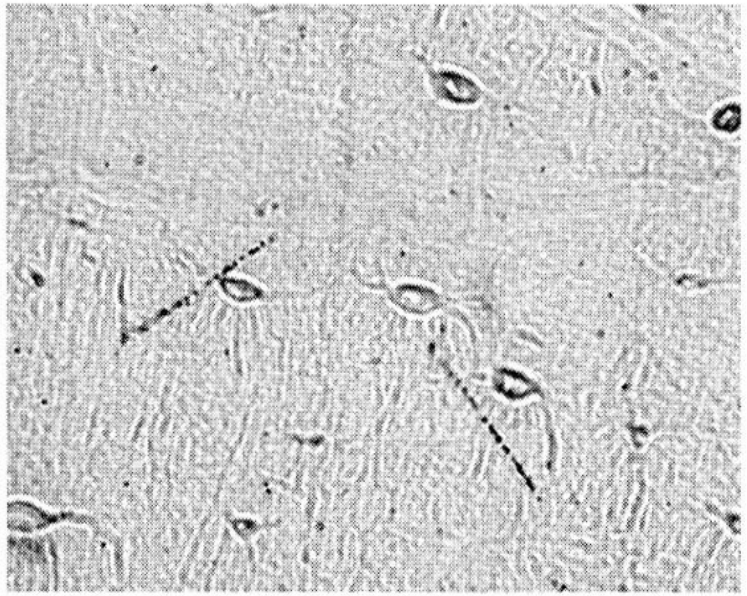


図２　長崎原爆被爆者急性被曝症例：オートラジオグラフィー法による肺，腎，骨組織標本内α線の飛跡

# 1943年
# アメリカ軍は
# 「劣化ウラン」
# 兵器の研究

SECRET

This document consists of [illegible]
Copy No. 1 of 4, Series A.

WAR DEPARTMENT
UNITED STATES ENGINEER OFFICE
MANHATTAN DISTRICT
OAK RIDGE, TENNESSEE

30 October 1943

DECLASSIFIED
E.O. [illegible] NND 730039
By ERC NARS, Date 6-5-74

EIDM D-1-a

MEMORANDUM to: Brigadier General L. R. Groves.

1. Inclosed is a summary of the report written by Drs. James B. Conant, Chairman, A. H. Compton, and H. C. Urey, comprising a Subcommittee of the S-1 Executive Committee on the "Use of Radioactive Materials as a Military Weapon." It is recommended that a decision be obtained from competent authority authorizing additional work pertaining to the use of radioactive materials in order that this country may be ready to use such materials or be ready to defend itself against the use of such materials. The following program is recommended:

a. Immediate formation of a research and study group at the University of Chicago under supervision of the present Area Engineer. Assignment to this group of competent individuals now working on dust and liquid disseminating munitions and field testing of chemical warfare agents from the National Defense Research Council.

b. Assignment of a competent Chemical Warfare Service officer to the Chicago Area Engineer, who would become familiar with, and work on, the problem under study by the University of Chicago. This officer should be experienced in the practical use of gas warfare.

c. The responsibility of the above organization would be:

(1) Develop radiation indicating instruments, expand present facilities of the Victoreen Company, and prepare a trial order for instruments with this company.

(2) Make theoretical studies pertaining to the methods, means and equipment for disseminating radioactive material as a weapon of warfare.

(3) Conduct field tests in isolated locations, such as Clinton Engineer Works or Hanford Engineer Works, using a non-radioactive tracer material.

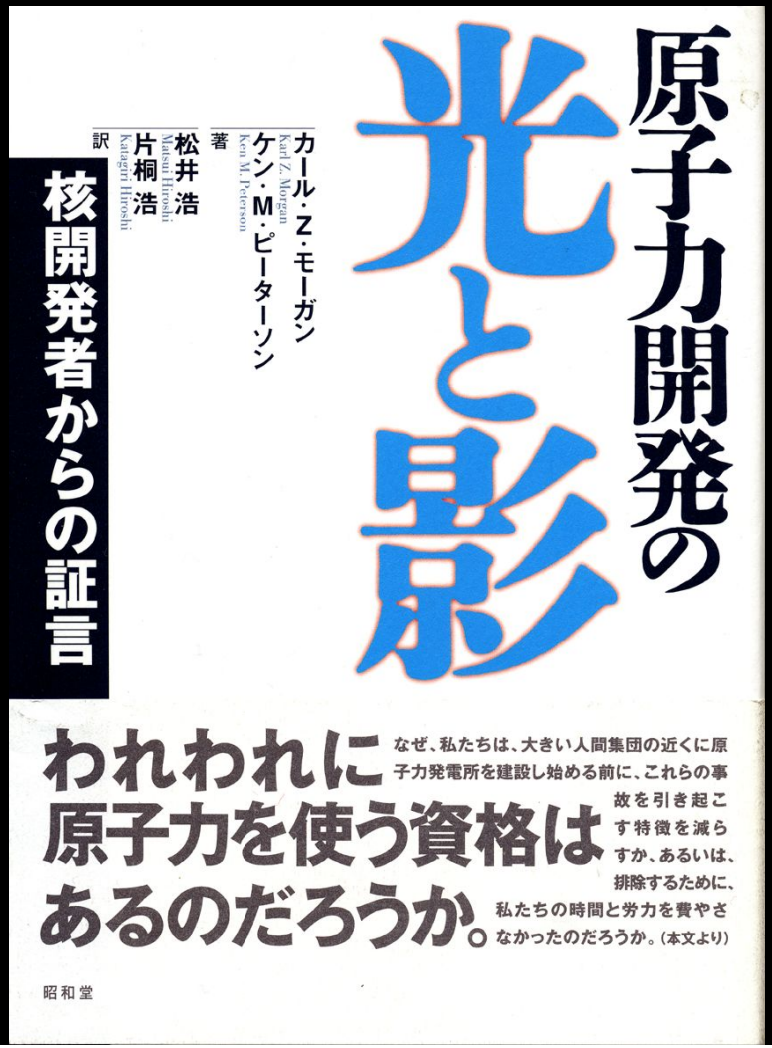
(4) Prepare an instruction manual for the use of, or the defense against, radioactive weapons. This manual would be similar to that now used by the Chemical Warfare Service for gas warfare.

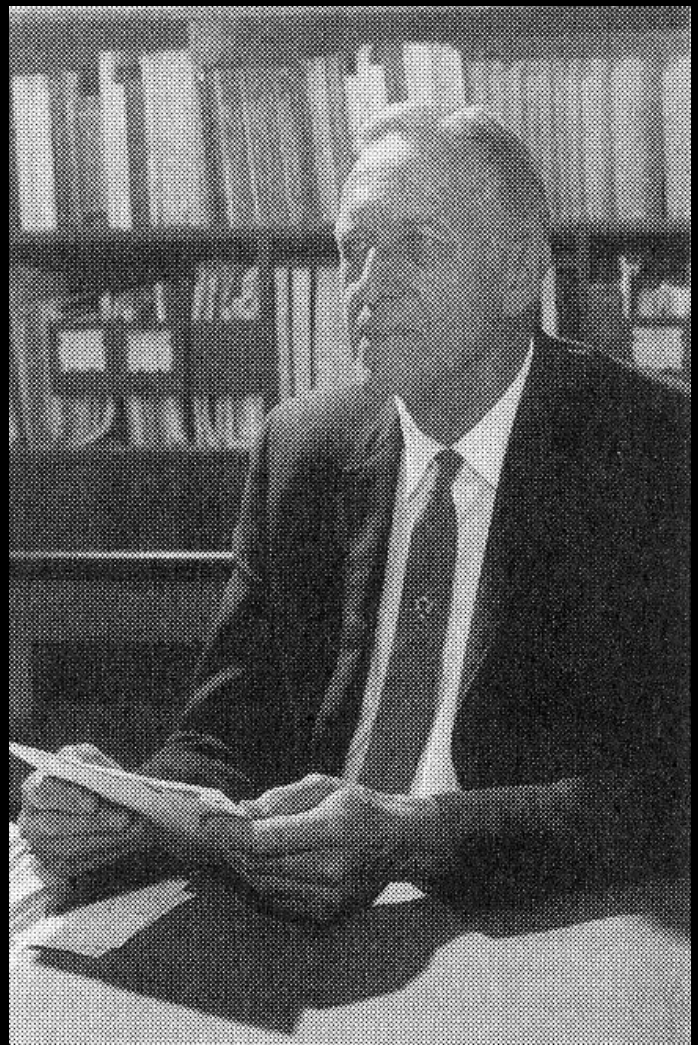
SECRET

O.R.R.O.

# Dust Storm

# ICRP内部被曝委員会委員長　カール・モーガン
## 「原子力産業から独立していなかった」
40年保健物理（放射線防護　安全）の職に　2003 年　昭和堂



# IAEA , ICRP, WHO

- IAEA（国際原子力機関）
  1953年 Atoms for Peace
  「原子力の平和利用」
- ICRP（国際放射線防護委員会）
- WHO(世界保健機構)

- ECRR（ヨーロッパ放射線リスク委員会）

# ウラン($^{235}U$, $^{238}U$)

- $^{235}$ウラン　　0.7%「燃える」
- $^{238}$ウラン　　99.3%「燃えない」

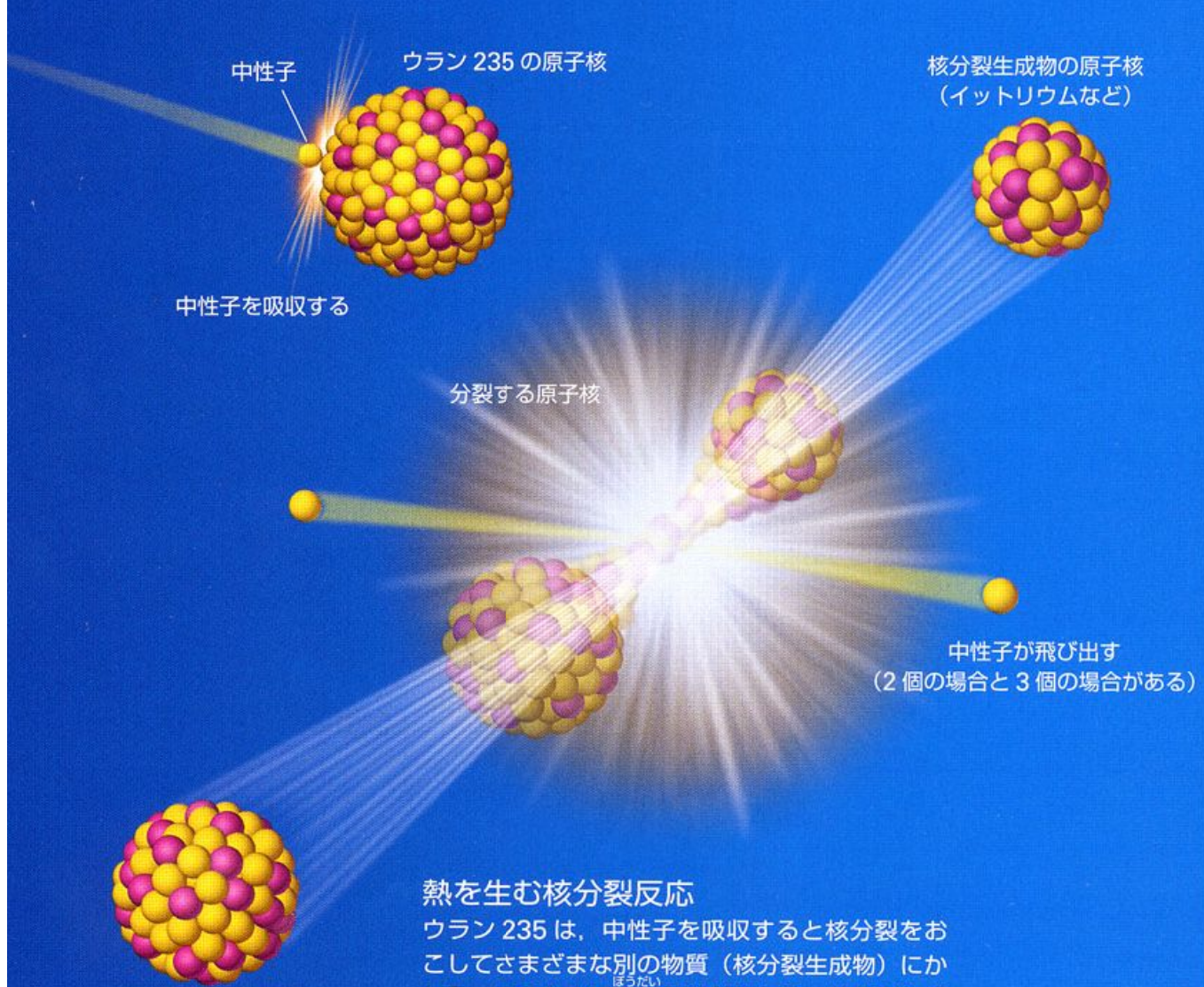
第6章「劣化」ウランと内部被曝
第8章放射性物質を掘り出すことの意味

# 核濃縮

- $^{235}$ウラン

0.7%→100%　広島型原爆

4%　原発




## 熱を生む核分裂反応

ウラン 235 は，中性子を吸収すると核分裂をおこしてさまざまな別の物質（核分裂生成物）にかわる。このときに膨大な熱が生じる。核分裂生成物は普通，放射線を出す能力（放射能）をもっている（放射性物質）。

## 臨界反応のしくみ

下では，1 個のウラン 235 の核分裂が，次の 1 個の核分裂をおこす「臨界」のようすを示した。原子力発電では，この臨界状態を維持し，継続的に熱を生みだしてタービンをまわす水蒸気をつくる。

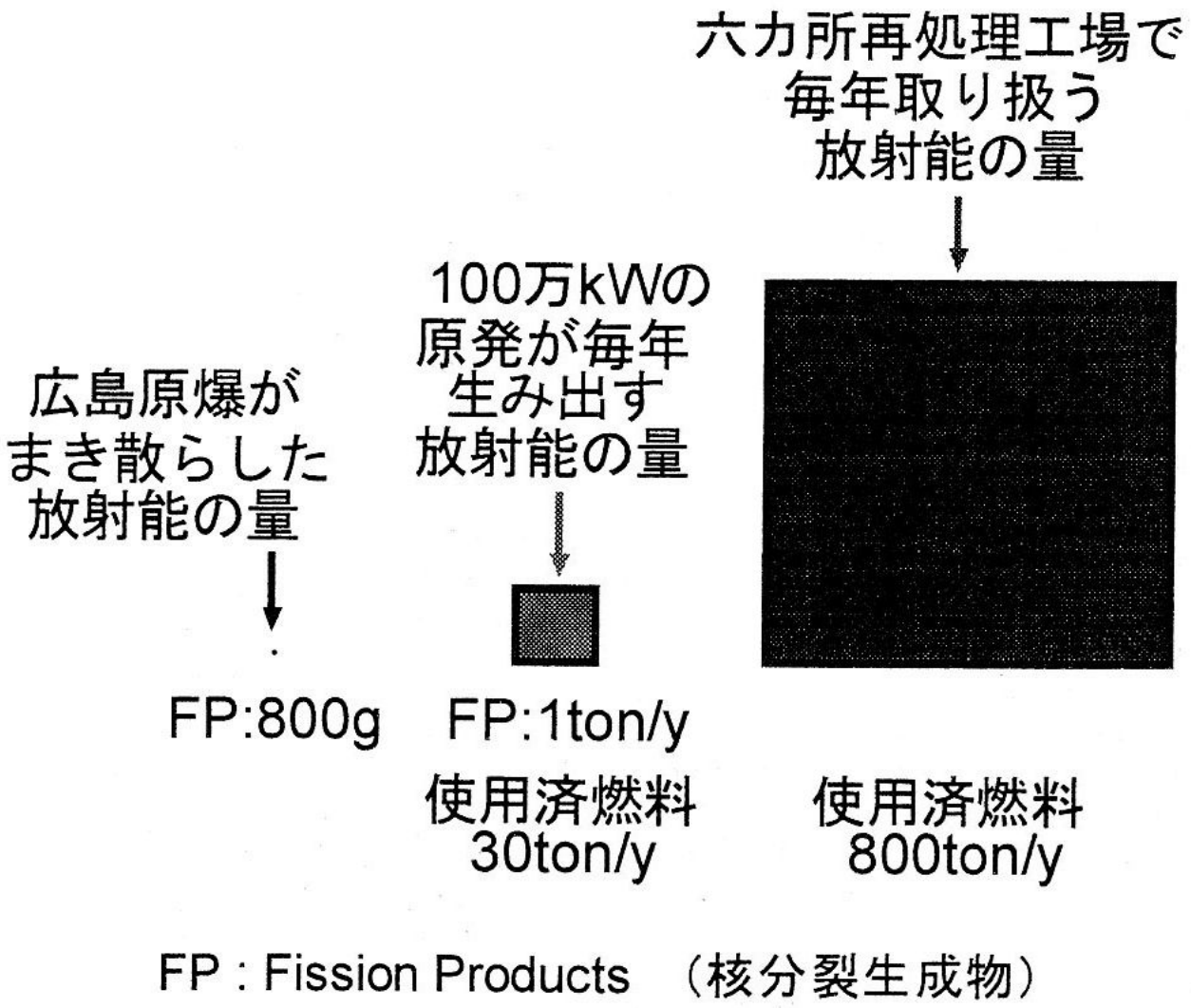
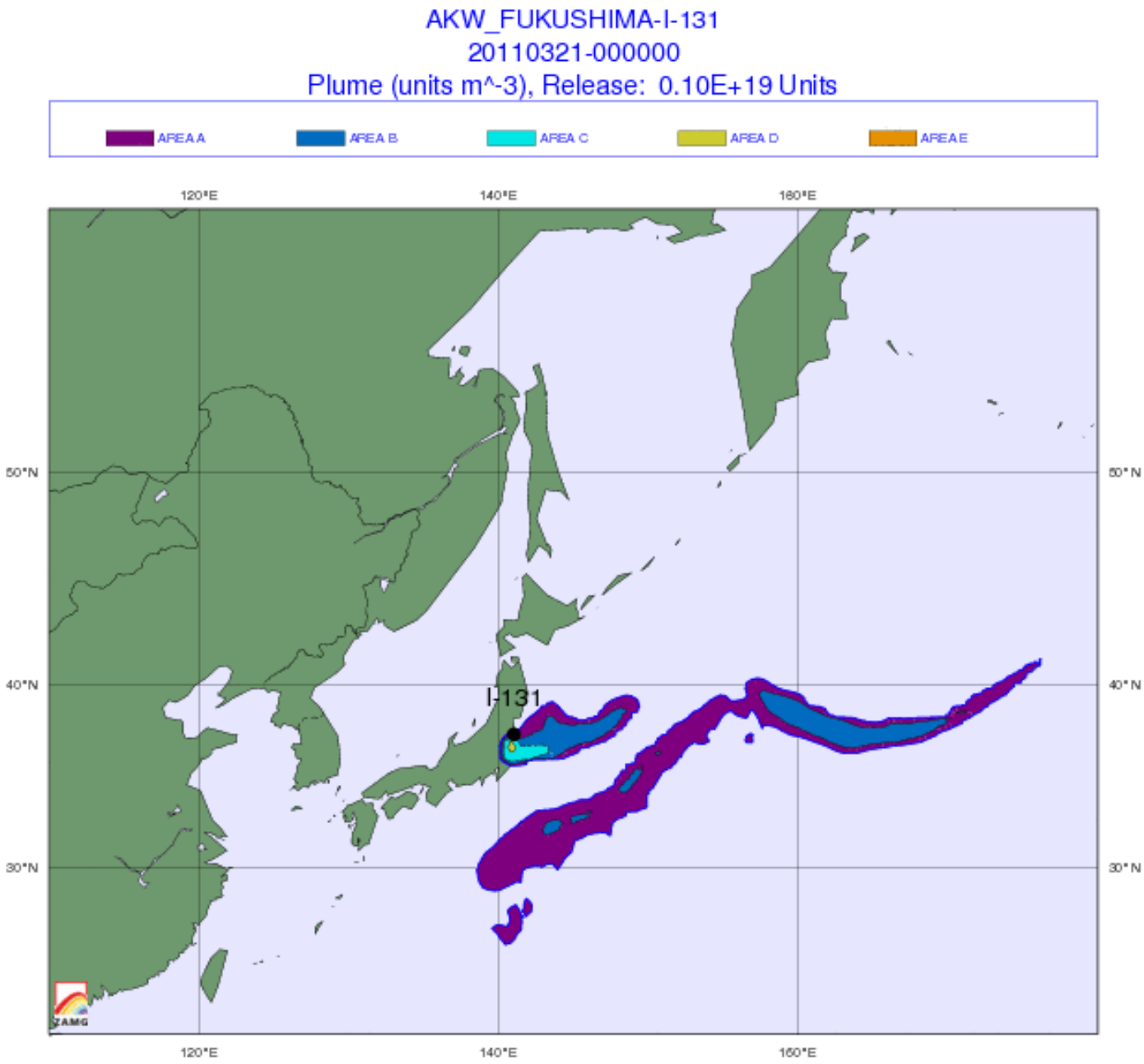



図 43　再処理工場が取り扱う膨大な放射能の量（ton/y：トン／年）

隠ぺいと不作為



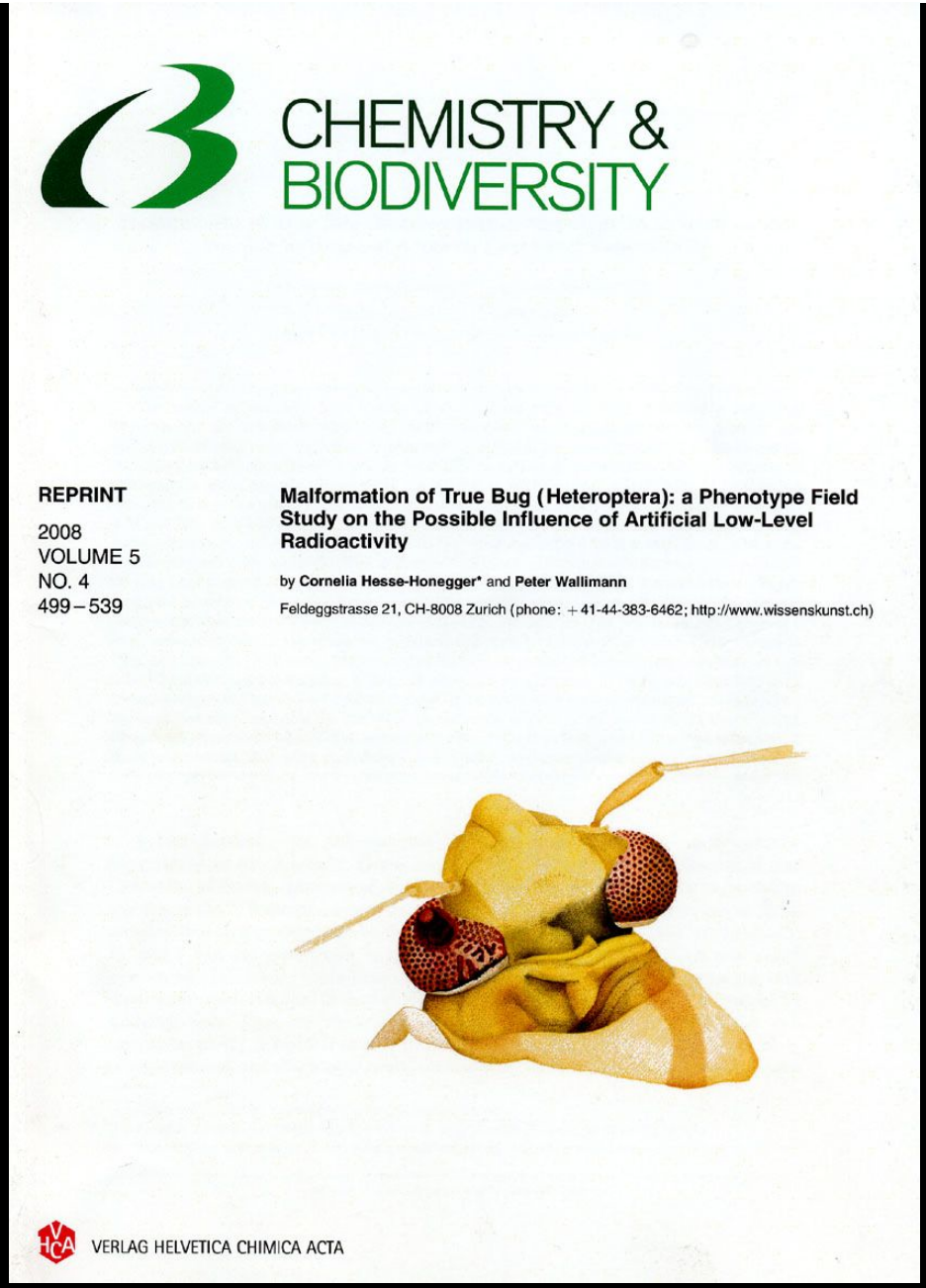

Area E（10mSv/h）、

Area D（1mSv/h）、

Area C（0.1mSv/h）、

Area B（0.01mSv/h）、

Area A（0.3 μSv/h）



CHEMISTRY & BIODIVERSITY

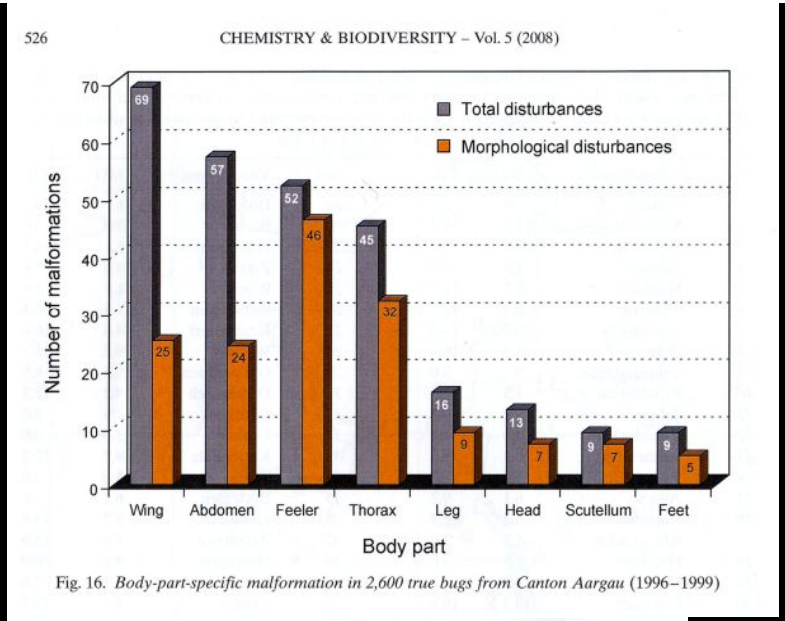
REPRINT
2008
VOLUME 5
NO. 4
499–539

**Malformation of True Bug (Heteroptera): a Phenotype Field Study on the Possible Influence of Artificial Low-Level Radioactivity**

by **Cornelia Hesse-Honegger*** and **Peter Wallimann**

Feldeggstrasse 21, CH-8008 Zurich (phone: +41-44-383-6462; http://www.wissenskunst.ch)

VERLAG HELVETICA CHIMICA ACTA



526 CHEMISTRY & BIODIVERSITY – Vol. 5 (2008)



Fig. 16. *Body-part-specific malformation in 2,600 true bugs from Canton Aargau* (1996–1999)

Fig. 5. *Heavily deformed scorpion fly* (*Panorpa communis*) *from Reuenthal, Switzerland, near the nuclear-power plant Leibstadt* (1988). This watercolor was reproduced on the front cover of the Swiss magazine *Das Magazin* [24]. © *Cornelia Hesse-Honegger*, Zurich.

# 通常運転原発周辺の昆虫に異常

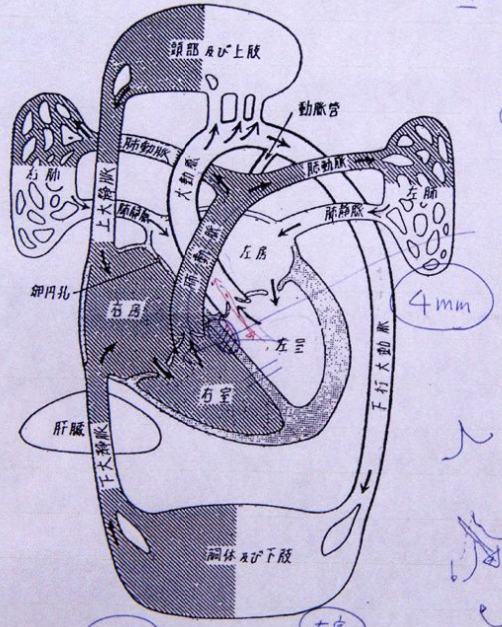
退院して1カ月
小児循環器外来を受診

perimembraneous type
ペリメン

膜様部

# 先天性心臓疾患

図 心室中隔欠損症
Ventricular Septum Defect




VSD 1/250 − 500人

欠損孔がある

3mm未満 → 自然消失
(閉鎖

4mm

8mm以上 → 閉鎖しに

手術

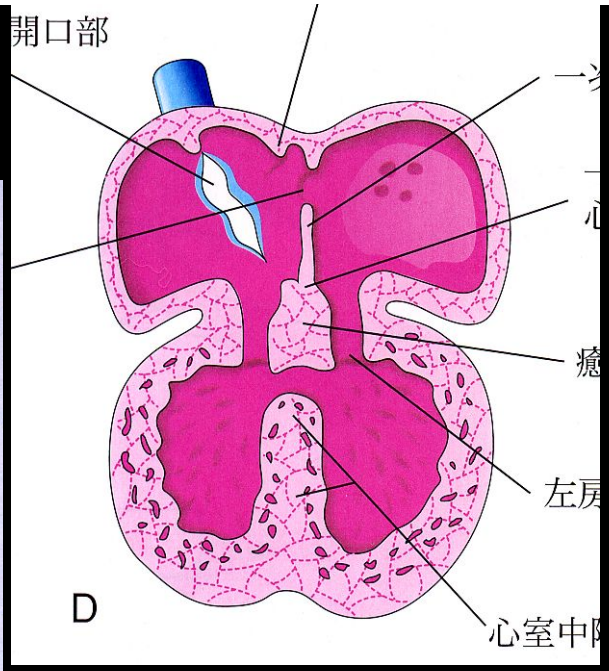
大動脈弁逆流 A

RCCP
右(大動脈弁)冠状
逸脱.

右室 15〜25mmHg 低い
左室 60〜100mmHg 高い

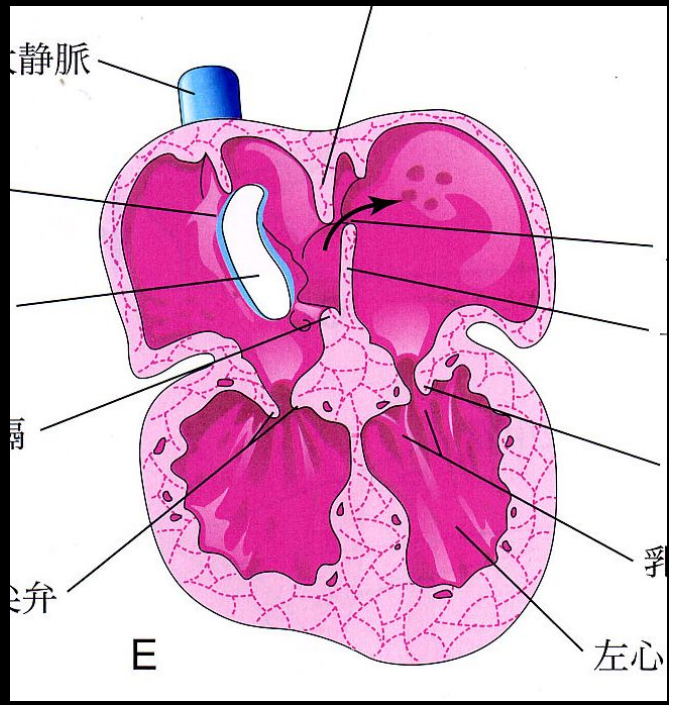
左室 → 欠損孔 → 右室 → 肺動脈 → 肺

のめなくなった ← 心不全 (99の呼吸




5週

8週



# 小児がん

- 母体のX線検査　胎児が10～20mSv被曝
  15歳以下のがん発症　40%↑
- 原発（通常運転）5km圏内5歳以下幼児
  白血病　　×2以上
  リスク　50km以上離れたところまで

（ドイツ25年間の全国小児がん登録
豪メルボルン大学准教授　ティルマン・ラフ　2011.04.26　共同通信配信）

Delay in informing public about radiation may have resulted in unnecessary exposure in Fukushima

# U.S. forces given SPEEDI data early

JT 18 Jan. '12

KYODO, AP

The science ministry provided data on the radioactive fallout to U.S. forces a few days after the crisis erupted at the Fukushima No. 1 nuclear plant — far earlier than the public was informed, a ministry official said.

The revelation came amid criticism that the government's delay in releasing data from the System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information (SPEEDI) may have resulted in the unnecessary exposure of residents near the plant to radiation. Those residents were later evacuated.

The data were provided to the U.S. forces via the Foreign Ministry on March 14, three days after the 9-magnitude temblor and monster tsunami triggered the triple-meltdown crisis, according to Itaru Watanabe, an official with the ministry's Science and Technology Policy Bureau.

But it was not until March 23 that the public was officially told.

Watanabe, speaking Monday at a meeting of the nuclear accident investigation panel set up by the Diet, said the science ministry passed on the data to the U.S. forces "to seek support from them" in dealing with the nuclear crisis.

After the crisis at the Fukushima plant began, the government could not use SPEEDI as originally anticipated because data on the amount of radioactive substances released from the plant proved inaccurate.

However, the science ministry and the government's nuclear safety agency generated data by assuming the amount of radioactive substances — which could have helped local governments and people to choose more appropriate evacuation routes.

The new Diet-appointed panel also vowed the same day to use its subpoena powers to probe deeper into the accident than the government's investigation.

The panel, appointed by the Diet last month, has gained attention because of its membership, which includes outspoken critics of the nation's nuclear policy who long ago questioned the seismic risks to the country's 54 nuclear reactors.

It is expected to examine the extent to which the earthquake contributed to the crisis at the Fukushima No. 1 power plant, as well as the tsunami and radiation alert system. Interim reports by the government and Tokyo Electric Power Co. focused on the tsunami and deny the quake itself caused damage that led to fires, reactor meltdowns and radiation leaks from the plant.

The panel includes legal, nuclear and medical experts. Seismologist Katsuhiko Ishibashi has long warned of tsunami risks to the nation's reactors — all of which are on coastlines.

文部科学省：SPEEDI＝放射性降下物データを，
3月14日米軍に提供
一般日本人には3月23日まで公開せず

福島市図書館　1.6mSv/y

# 市民放射能測定所

http://www.crms-jpn.com/

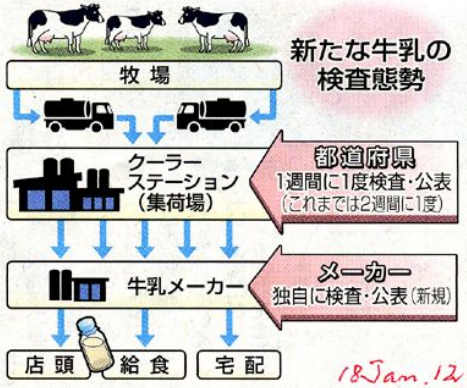
CRMS
市民放射能測定所
Citizens' Radioactivity Measuring Station

# 市民･科学者国際会議

- 市民は科学的知識を
- 科学者は市民に
- 新しい市民革命

福島県二本松市東和町NPO法人ゆうきの里

# 薄めれば大丈夫？




18Jan.12 東

放射性物質

## 牛乳メーカーも検査

### 行政と別、結果公表へ

牛乳に含まれる放射性物質の健康への影響を心配する声が高まっていることから、大手乳業十九社などでつくる業界団体の日本乳業協会（東京）は十七日までに、行政の検査とは別に、メーカー各社が独自に牛乳を検査し、結果を公表する方針を固めた。

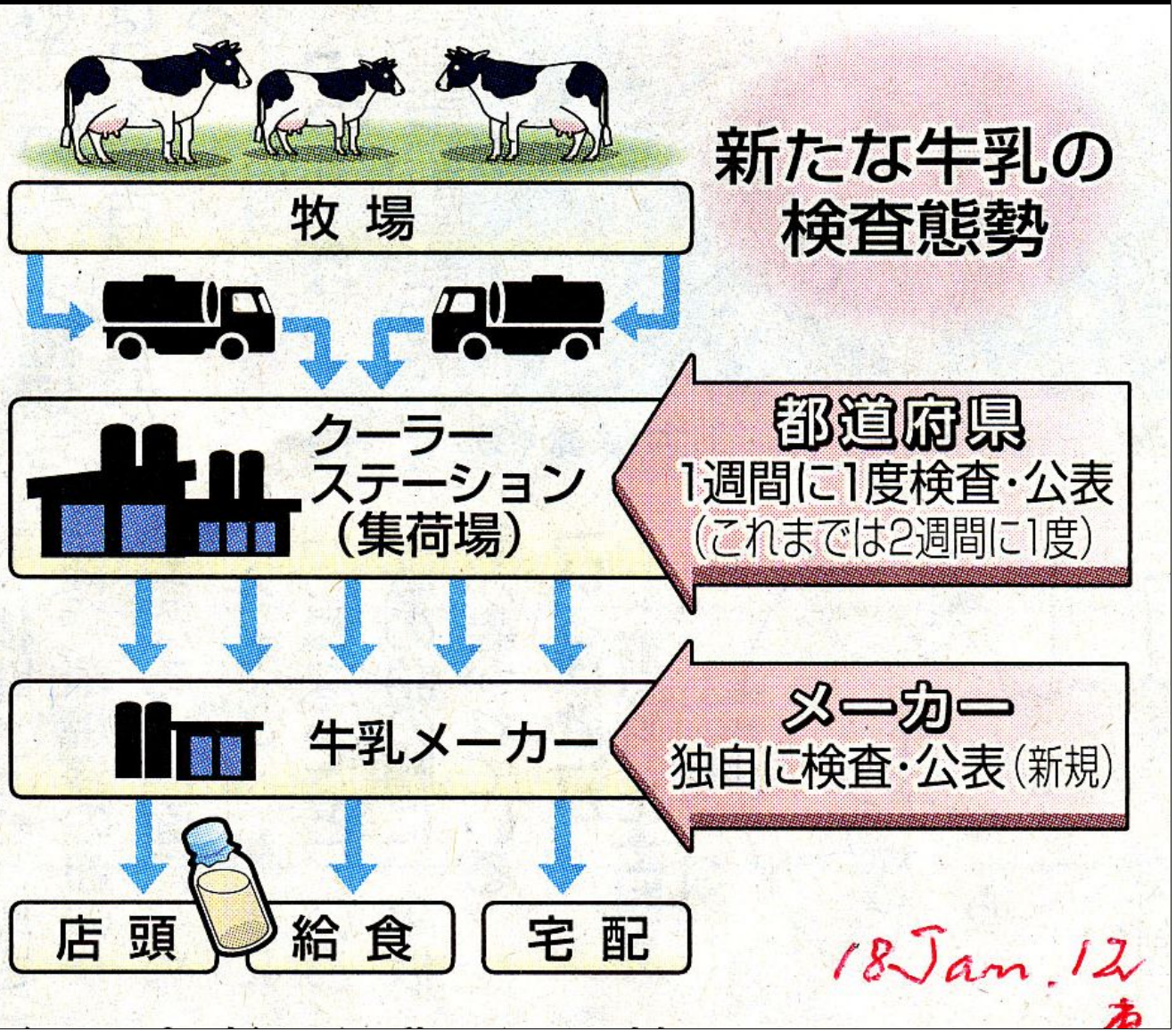
行政側も検査の頻度を高め、これまで二週間に一回程度だったものを週一回にする方向。日本乳業協会は「給食の現場や消費者からニーズがある」として、検査機器の準備や検出限界値の設定など具体的な検査方法、メーカーからの公表開始時期を検討している。

同協会には明治、雪印メグミルク、森永乳業など大手各社が加盟している。

これまでは都道府県などが各地にある原乳のクーラーステーション（集荷場）で検査し、結果をHPで公開していた。しかし放射性物質が検出された牛乳の具体的なメーカー名や商品名、どこの学校給食で使用されるかなどは公表されていなかった。

宮城県の一部地域では昨年十二月、集荷された原乳に含まれる放射性セシウムが高い濃度を示し、飲んでもすぐに身体に影響はない値だが、一㌔当たり最大二二㍉㌘が検出された。

学校給食の牛乳も一部検査されており、東京都武蔵野市の小学校で出す予定だった牛乳から昨年十月、一㌔当たり七㍉㌘を検出。国の暫定規制値（同一〇〇㍉㌘）を大きく下回るが、保護者からの要請で給食提供を取りやめた。



# 東電　汚染水海へ

- 2011.12.06
  ストロンチウム90など260億Bq漏出

- 2012.03にも　汚染水放出を検討
  農水省　認めない
  漁民は抗議

# 粉ミルクもチェック

18 Jan. 12

# 建材の基準 国示さず

## コンクリ汚染問題 福島県が再三要望

福島県二本松市のマンション工事に放射性物質で汚染されたコンクリートが使われたとされる問題で、昨年5月以降、県がコンクリなどの建築資材について放射線量の基準を示すよう国に繰り返し要望したにもかかわらず、国が具体的な対応をとっていなかったことがわかった。基準などが示されないまま、今回の問題発覚に至った。

県や関係省庁によると、県から昨年5月下旬、政府の原子力災害現地対策本部に、公共工事で使用する資材などの取り扱い基準を示すよう文書で要望が出された。同県郡山市で下水汚泥から高濃度の放射性物質が検出されたのがきっかけだった。

対策本部は内閣府に連絡。内閣府は国土交通省などに、基準などを示せないか相談した。しかし、関係省庁の間で結論に至らなかったという。

県は7月下旬にかけ、対策本部に回答を再三求めたが、「検討中」などの答えが続いたという。

汚染されたコンクリ材料の石は、計画的避難区域の福島県浪江町の砕石場から原発事故後に搬出され、4月11日にマンションの基礎工事に使われた。

内閣府の担当者は取材に「避難区域からの避難はほぼ終わり、汚染されたものが作られていないのが前提なので、建築資材についての基準づくりを追求する必要がないと思った」と釈明した。

# 東電と日本政府への基本的要求
## 原因者責任を問う

- 「人間は核＝原子力とともに生きていける」との考えを改め、汚染地域には住めないし農酪林漁業はできないとの前提で、国家100年の計

# 東電と日本政府への基本的要求
# 緊急の課題-1-

- 最優先課題　集団疎開の権利の保障

# 東電と日本政府への基本的要求
# 緊急の課題-2-

- 医食同源。安全な食の自給率100%の実現。一次産業（農酪林漁業）復興を軸とした産業構造の改革

# 東電と日本政府への基本的要求
## 緊急の課題-3-

- いのちと健康を守るために有効な高精度の検診と医療・介護・福祉の保障

# 東電と日本政府への基本的要求
## 緊急の課題-4-

- 放射性廃棄物処理→東電敷地内
- クリアランス制度廃止

# ACSIR　内部被曝研究会
# へのお誘い

- Join and Participate in Association for Citizens and Scientists Concerned about Internal Radiation　Exposures (ACSIR)

- HP: http://www.acsir.org

原発事故による放射線被曝は主に内部被曝