



Mother  
Lake

滋賀県

令和7年度放射線・原子力防災セミナー

# あなたの知らない放射線の世界 ～お伝えしたい5つのこと～

京都大学 環境安全保健機構 放射線管理部門  
准教授 角山 雄一 (つのやま ゆういち)



京都大学 環境安全保健機構

Agency for Health, Safety and Environment, Kyoto University

**1**

放射性物質  
と放射線

**2**

くらしの中  
の放射線

**3**

放射線は  
危ない？

**4**

放射線利用の  
恩恵とリスク

**5**

リスクとどう  
向き合うか

# 1

## 放射性物質 と放射線

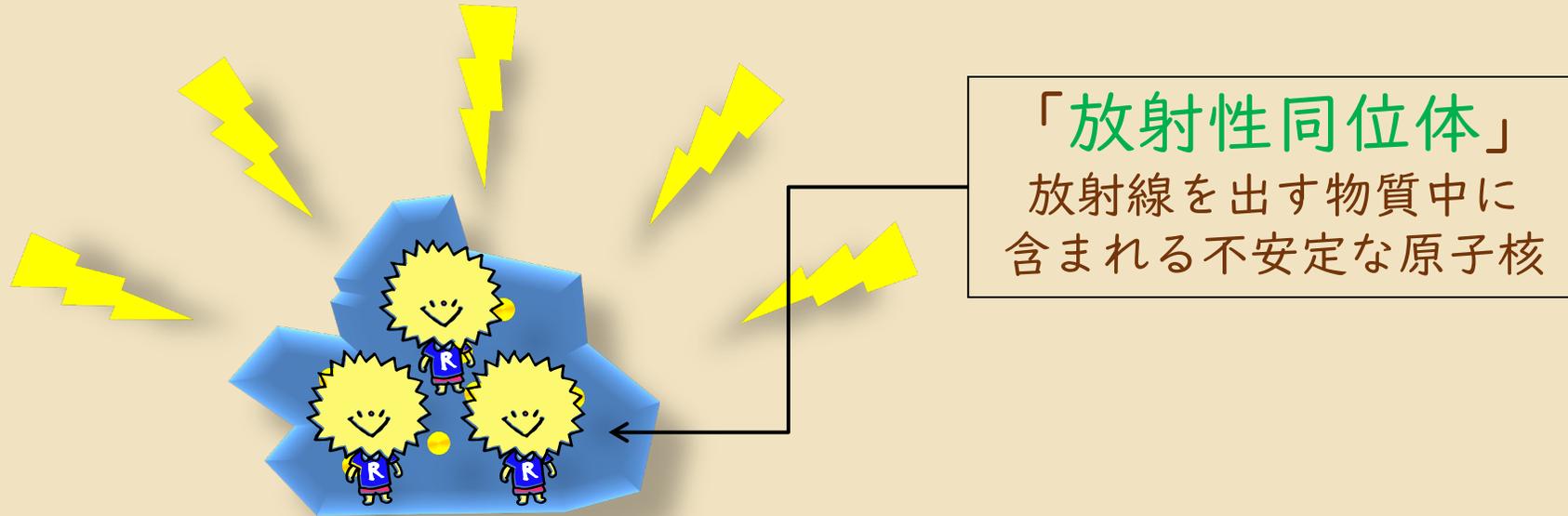
3つの言葉と  
その意味をご存知ですか？

1. 放射性同位体

2. 放射線

3. 放射能

ほうしゃせい どういたい  
放射性同位体って何？



- アールアイ、ラジオアイソトープ ともいう

人工の放射性同位体と自然の放射性同位体  
合計 約 2,000種類（核種）

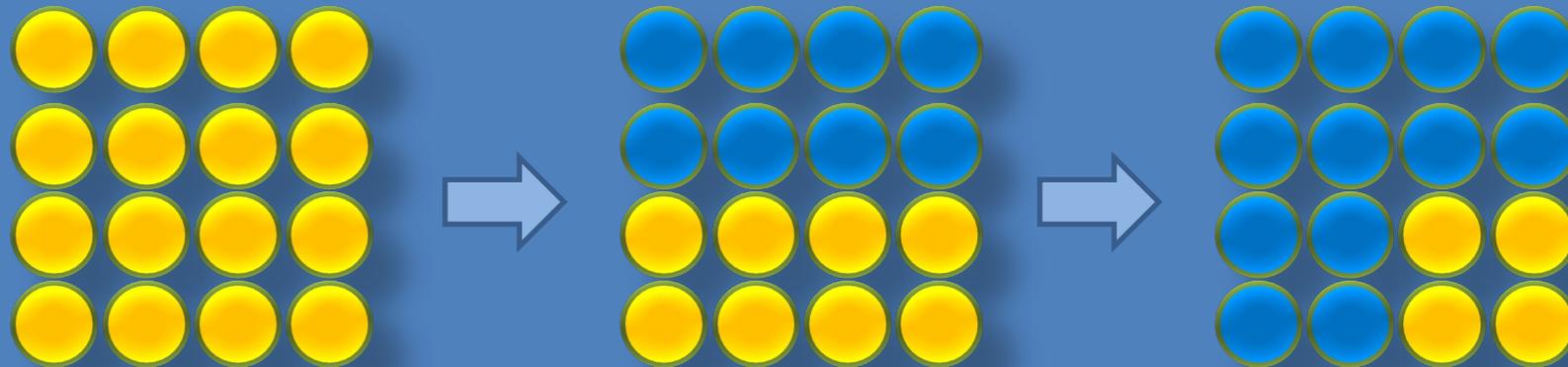


## 放射性同位体は時間経過とともに無くなる

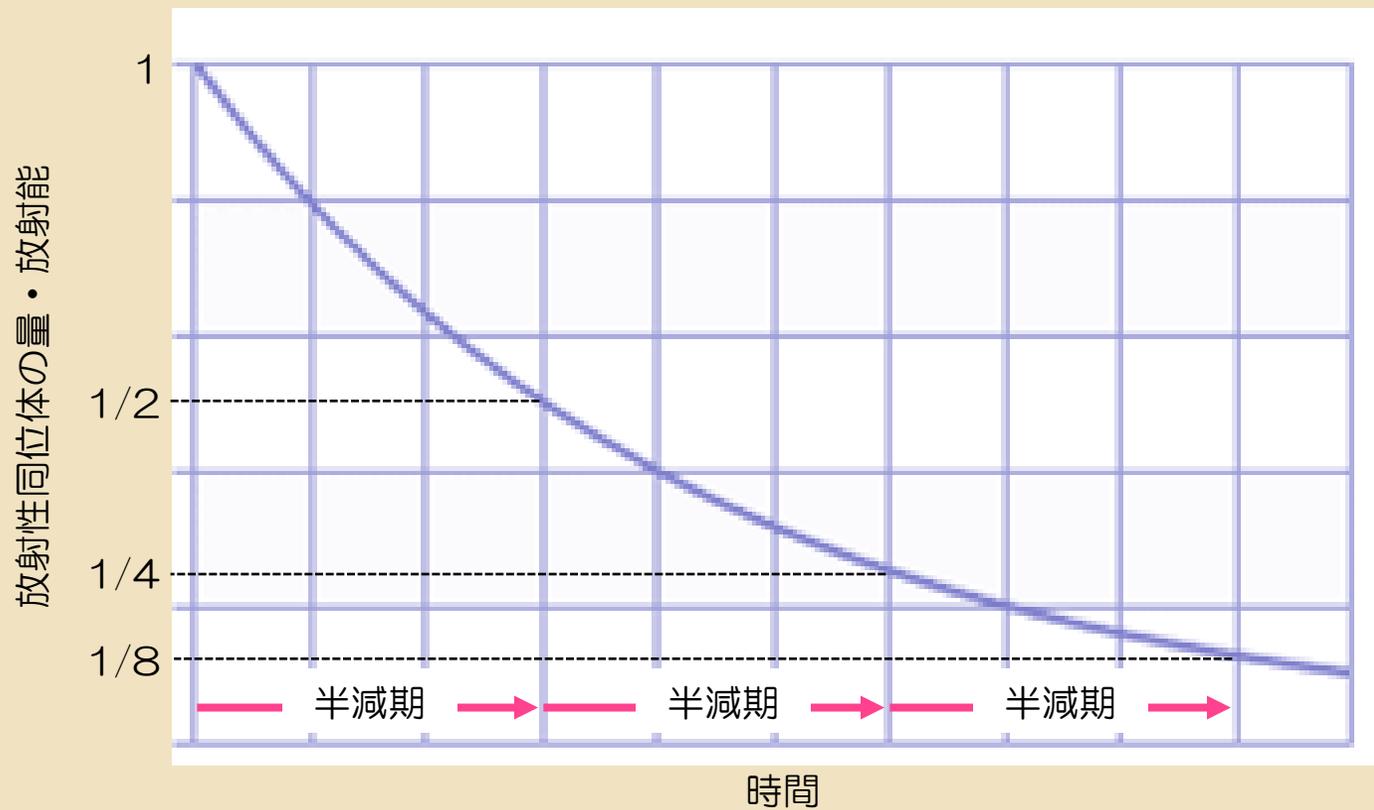
- 放射性同位体は放射線を発し、より安定な核種へと変化して行く（崩壊または壊変といいます）。その崩壊の速度は、放射性同位体の種類によって異なる。

半減期（はんげんき）

= 放射性同位体が半分になるまでの時間



	核種	半減期
福島第一原発事故 で大量に飛散した 放射性同位体	ヨウ素131 ( $^{131}\text{I}$ )	約8日
	セシウム134 ( $^{134}\text{Cs}$ )	約2年
	セシウム137 ( $^{137}\text{Cs}$ )	約30年
天然の 放射性同位体	ラジウム226 ( $^{226}\text{Ra}$ )	約1,600年
	ラドン222 ( $^{222}\text{Rn}$ )	約4日
	ウラン238 ( $^{238}\text{U}$ )	約45億年



# 代表的な放射線と空気中の飛距離

アルファ線  
(陽子2個  
+ 中性子2個)



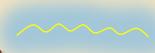
数cm

ベータ線  
(電子)



数m

ガンマ線  
エックス線  
(光子・電磁波)



中性子線  
(中性子)



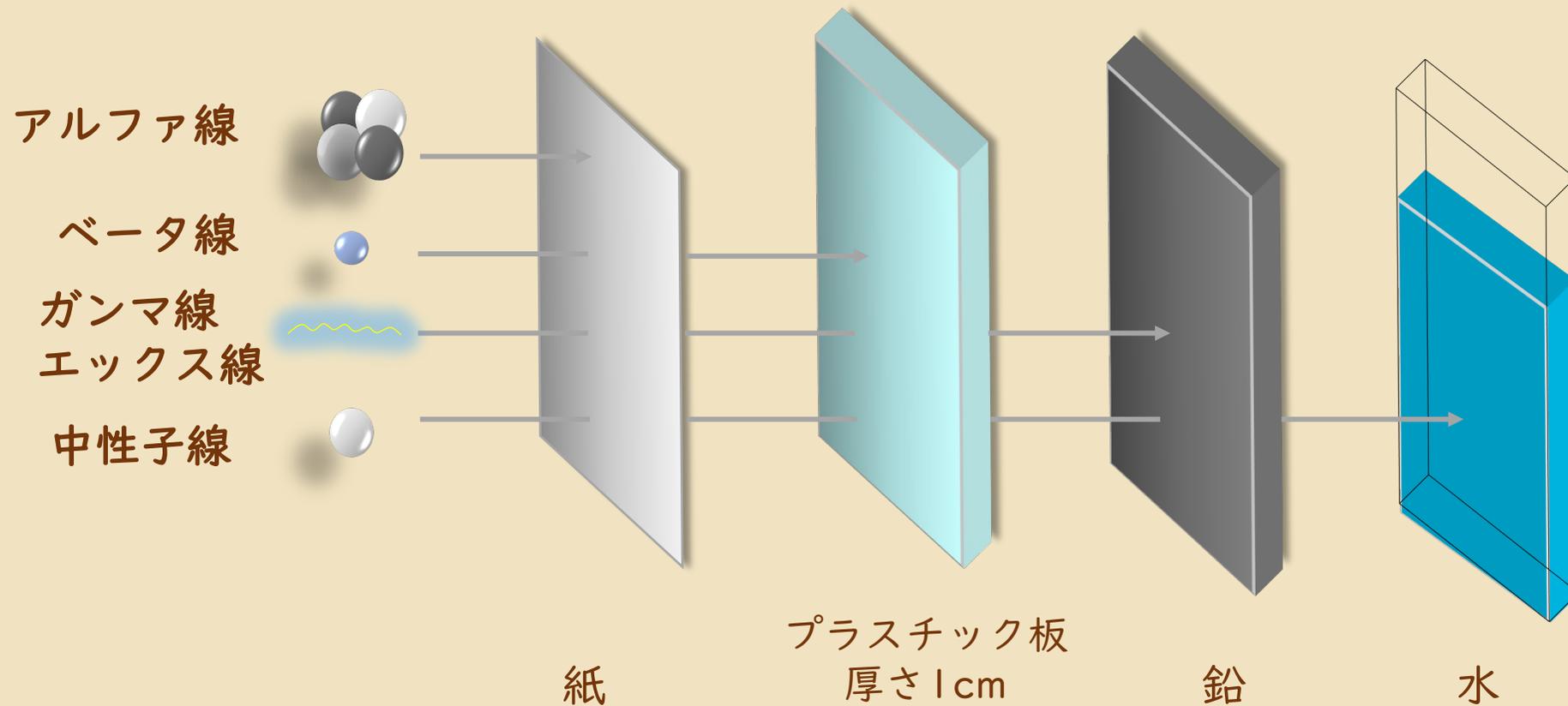
光と同じくらい

\*放射線のエネルギーにより飛距離が変わります。

そうごさよう

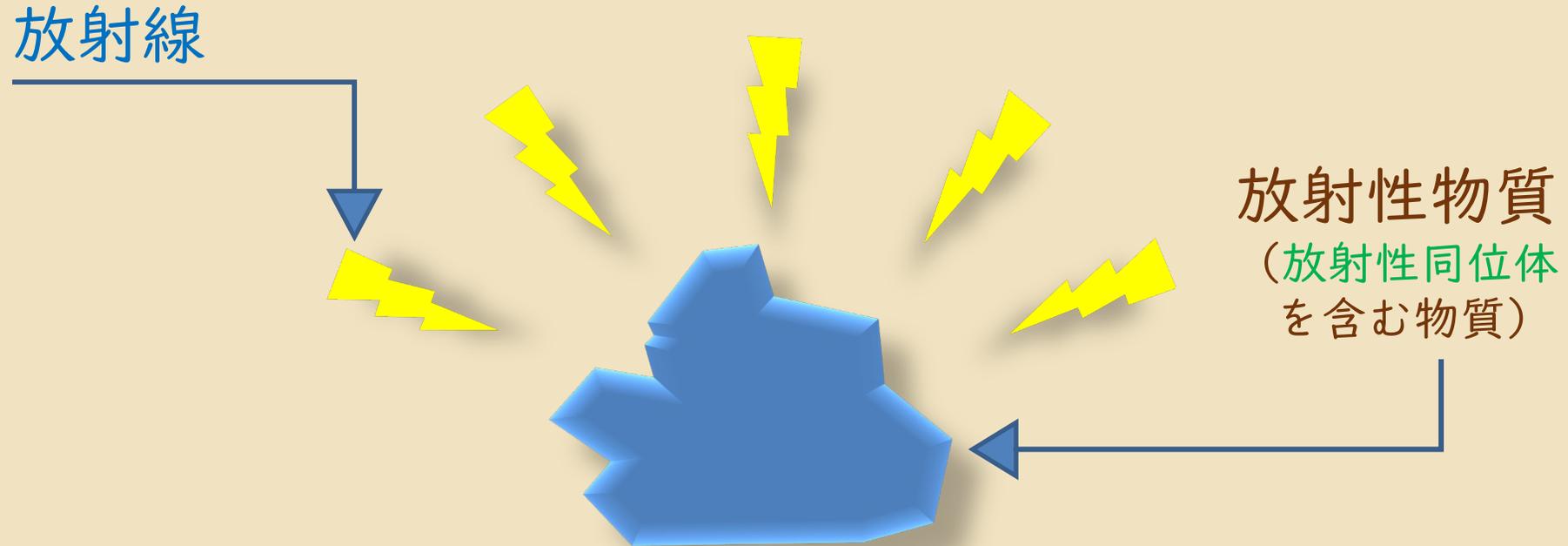
\*放射線の種類により、空気中にたどる物質との相互作用の仕方が異なる。

# 代表的な放射線と「しゃへい」 放射線は止めることができます。



\*放射線の種類によって物質への作用の仕方が異なります。

# 放射線 と 放射能



放射能 = 放射線を発する能力のこと

(例) 放射能が高い = 放射性同位体をたくさん含んでいる。  
= 放射線をたくさん発している。

皆さんのふだんの暮らしの中にある放射線の量を測ってみましょう。

## このお部屋は何シーベルト？

シーベルト (Sv) : 放射線の危険度をあらわす単位  
(人間に対してのみ使える単位です)



電源ON/OFF



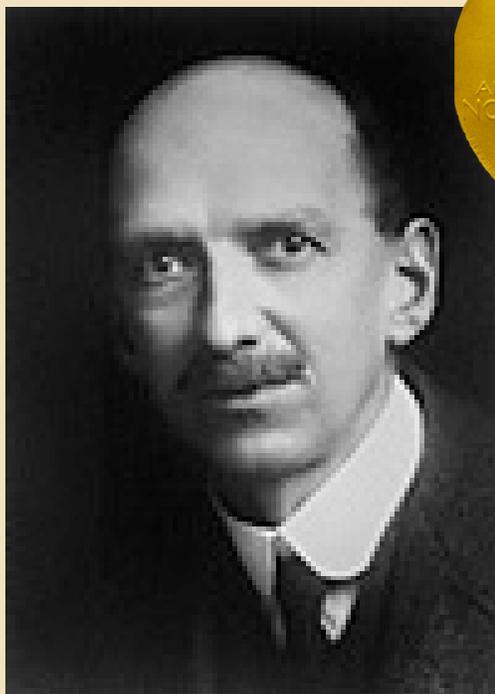
**1**

**放射性物質  
と放射線**

**2**

**くらしの中  
の放射線**

# 自然放射線を見る！「霧箱」の作成実習



- スコットランドの科学者  
ウィルソン (C.T.R. Wilson)
- 1927年 ノーベル物理学賞を受賞

Charles Thomson Rees Wilson

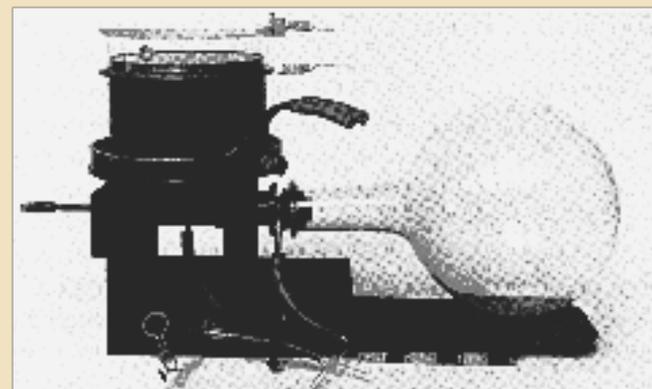
1869 – 1959, Great Britain Cambridge University, Cambridge, Great Britain

The Nobel Prize in Physics 1927

“for his method of making the paths of electrically charged particles visible by condensation of vapour”



ろ紙をセットした  
ダストサンプラー



ウィルソンの霧箱 (1912年頃の作)

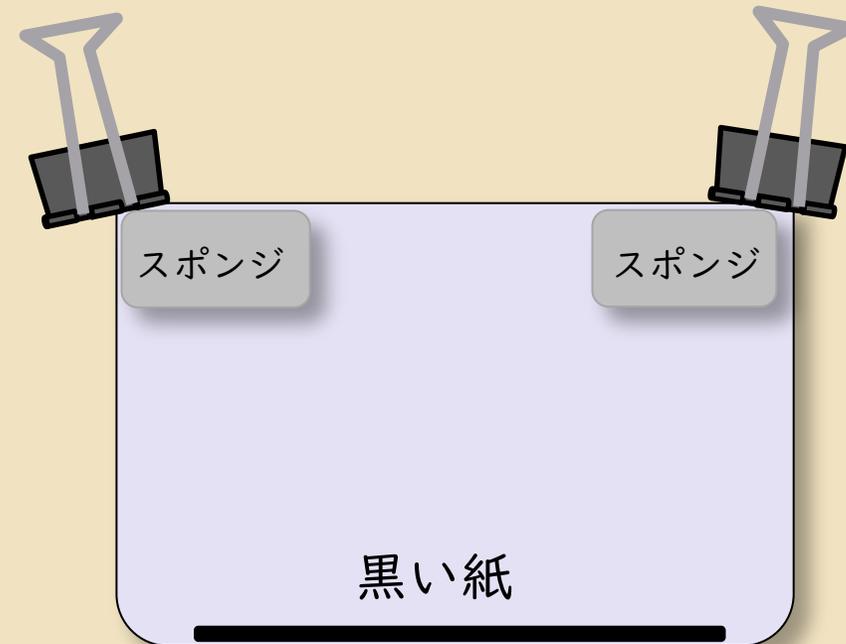
# その1

①黒い紙を缶の底にしく。

👉ここがポイント  
缶の底が黒い紙でだいたいおお  
われていればオッケー！  
ぴったりと缶の底にくっつける。

②缶のふちにスポンジを2コを  
ダブルクリップで固定する。

③ダブルクリップの耳を  
折り下げる。

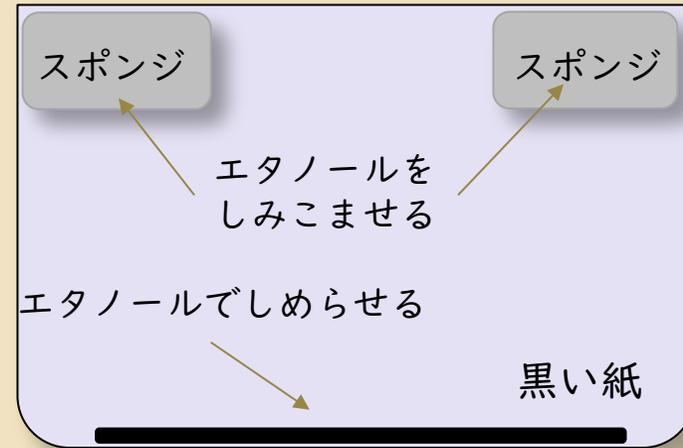


## その2

④黒い紙をエタノールでしめらせる。

👉ここがポイント  
紙全体がぬれるように。  
ただし「入れすぎはダメ」

⑤スポンジにエタノールをしみこませる。



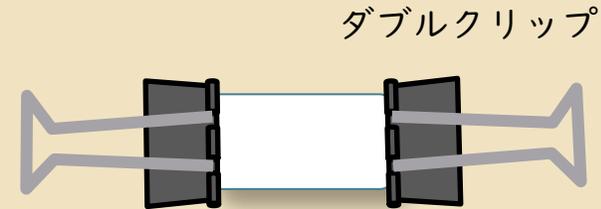
# その3

⑥ そうじ機作戦のろ紙片（長方形に切っている）を受け取る



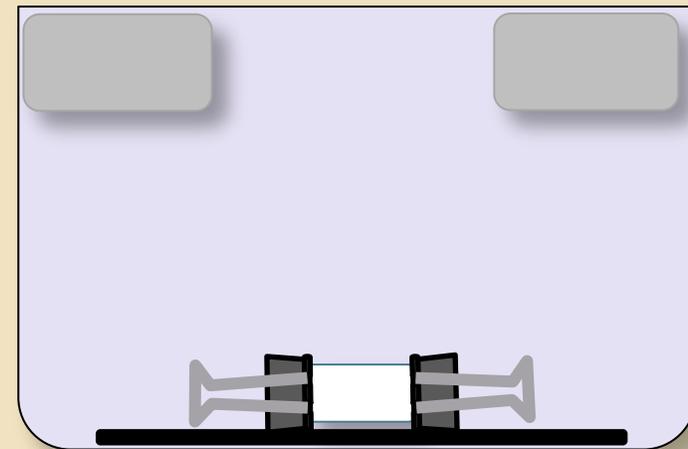
ダストサンプラーのろ紙片

⑦ ろ紙片の両方の端をダブルクリップではさむ。



⑧ 容器の底にそっと置く。

☞ ここがポイント  
ここより後は、缶の底に置いた  
ペーパーとクリップをたおさない  
ようそ~~~~っと。。。



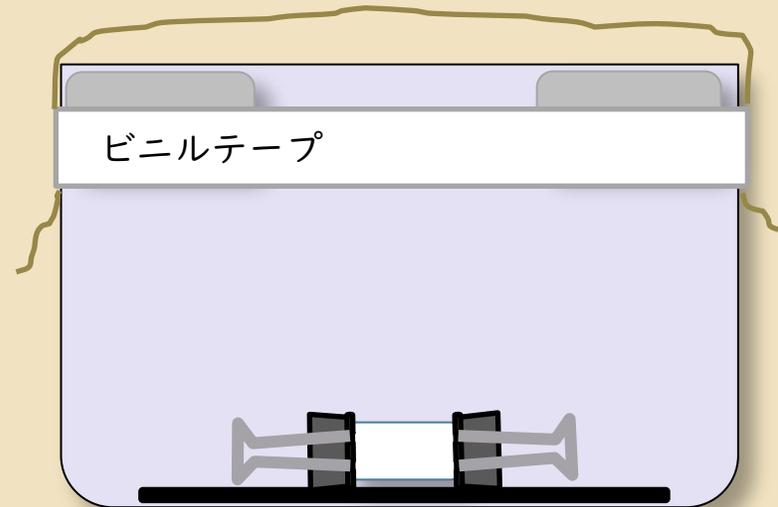
## その4

⑨ラップで缶をおおう。

☞ここがポイント  
缶の下はラップでおおわない  
ように！

⑩缶のまわりを一周するよう  
にビニールテープをまいて、  
缶の中にエタノールをとじ  
こめる。

ラップ (なるべくピンとはる！)



## その5

⑪発泡スチロールの板の上に  
ドライアイスをおく。

👉ここがポイント  
ドライアイスが缶の真ん中あたりにくるように。

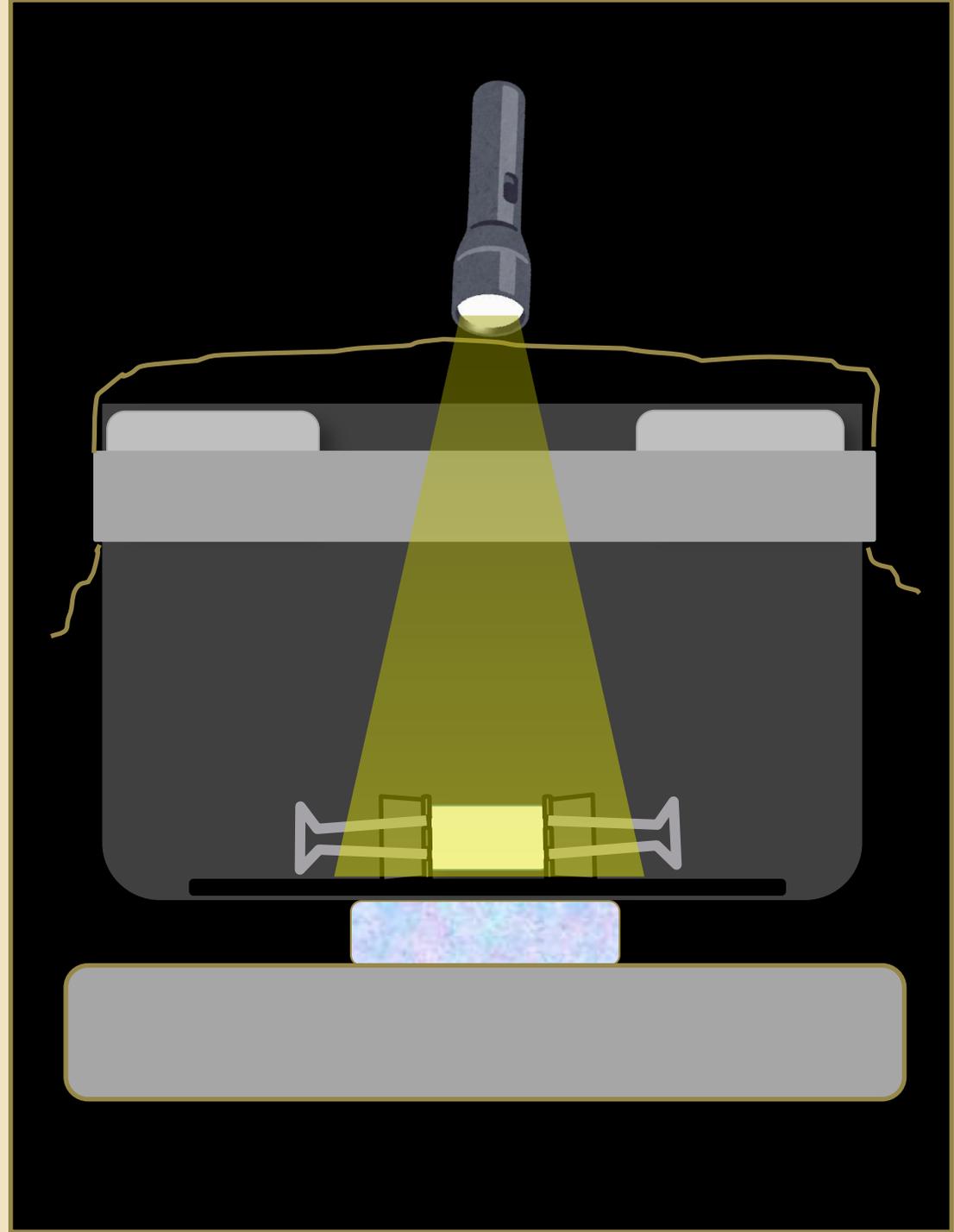
ドライアイスが多すぎると失敗  
します。



発泡スチロールの板、トレイなど

## その6

- ⑫部屋を暗くする。
- ⑬缶をドライアイスの上におく。
- ⑭キッチンペーパーのまわりを懐中電灯で照らす。
- ⑮缶の底が冷えると、霧が見えてきます。



## その7

①⑥塩ビパイプをペーパータオルで10回くらいこすり、「**静電気**」を発生させましょう。

②静電気が発生したら、パイプをラップにさっとかざしましょう。

①と②を何度もくりかえしましょう！  
(さぼったら失敗します)



## 霧箱（きりばこ）

自然の放射線を

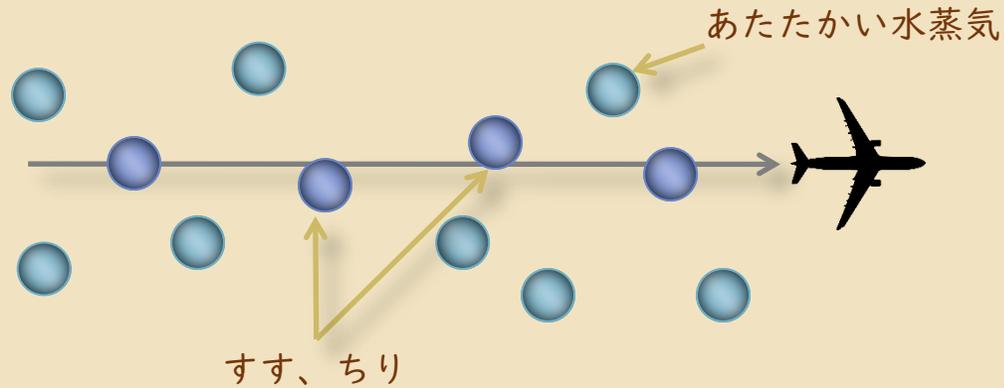
目で見ることができましたか？



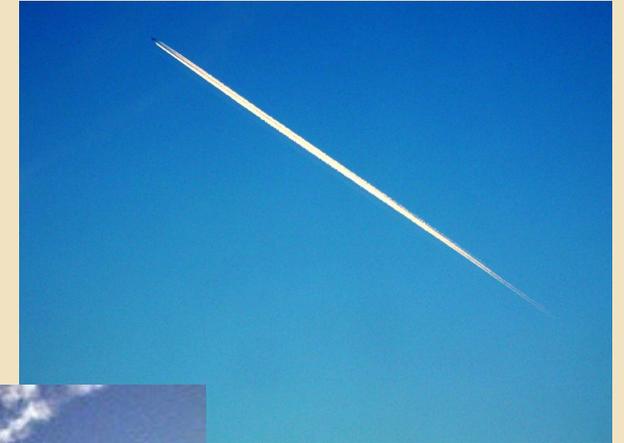
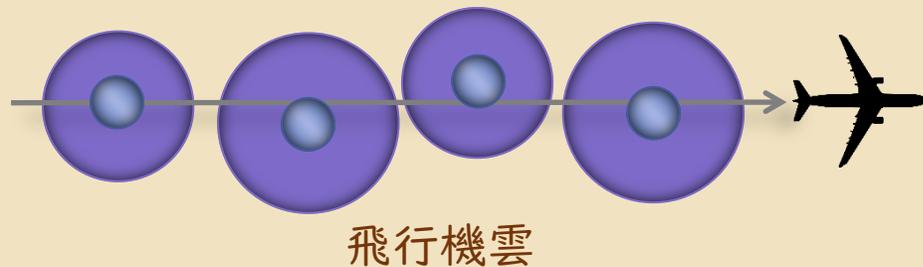
# 霧箱のしくみ

飛行機雲ができるのと同じしくみ

飛行機のエンジンから  
水蒸気と、すすやちりが出る。



水蒸気が冷えると、  
すす、ちりがきっかけとなって霧ができる。



霧箱の場合は、

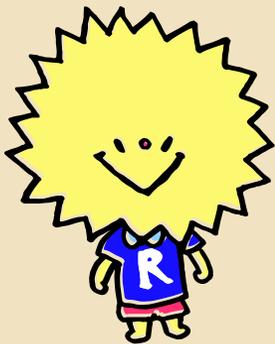
飛行機 = 放射線 (アルファ線など)

水蒸気 = エタノール



この部屋の自然放射線の  
放射線量は何シーベルト？

0.05 ~ 0.09 マイクロシーベルト・毎時



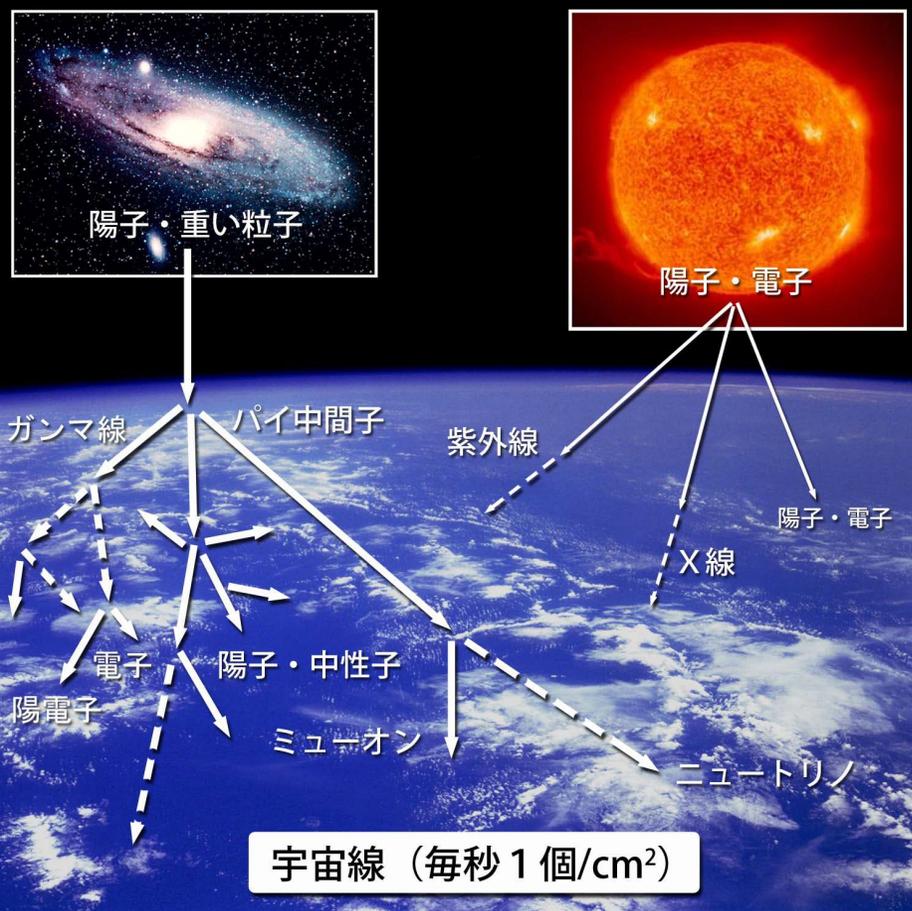
- ▶ 1ミリシーベルト (mSv)  
= 1 Svの千分の1 (0.001 Sv)
- ▶ 1マイクロシーベルト (1  $\mu$ Sv)  
= 1 mSvの千分の1 (0.001 mSv)  
= 1 Svの百万分の1 (0.000001 Sv)

さて、自然放射線は  
どこからやってくるのでしょうか？



国際宇宙ステーション (ISS) に滞在中の宇宙飛行士が  
宇宙であびる放射線の量は…

たいざいちゅう

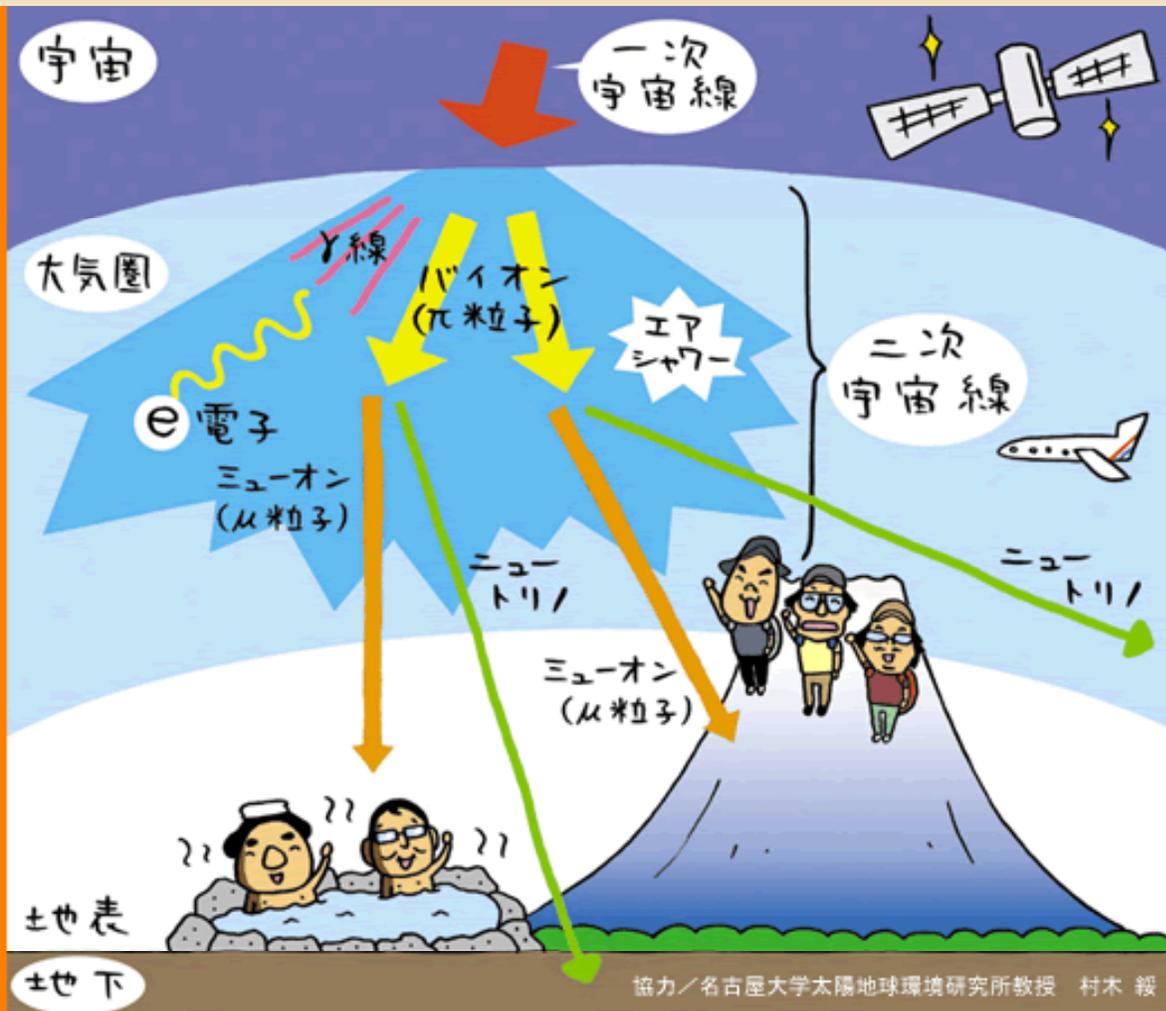


1日あたり0.5～1ミリシーベルト  
(約20～40  $\mu$ Sv/時) \*

地球上の約2～5ヶ月分の放射線を  
たった1日であびてしまいます。

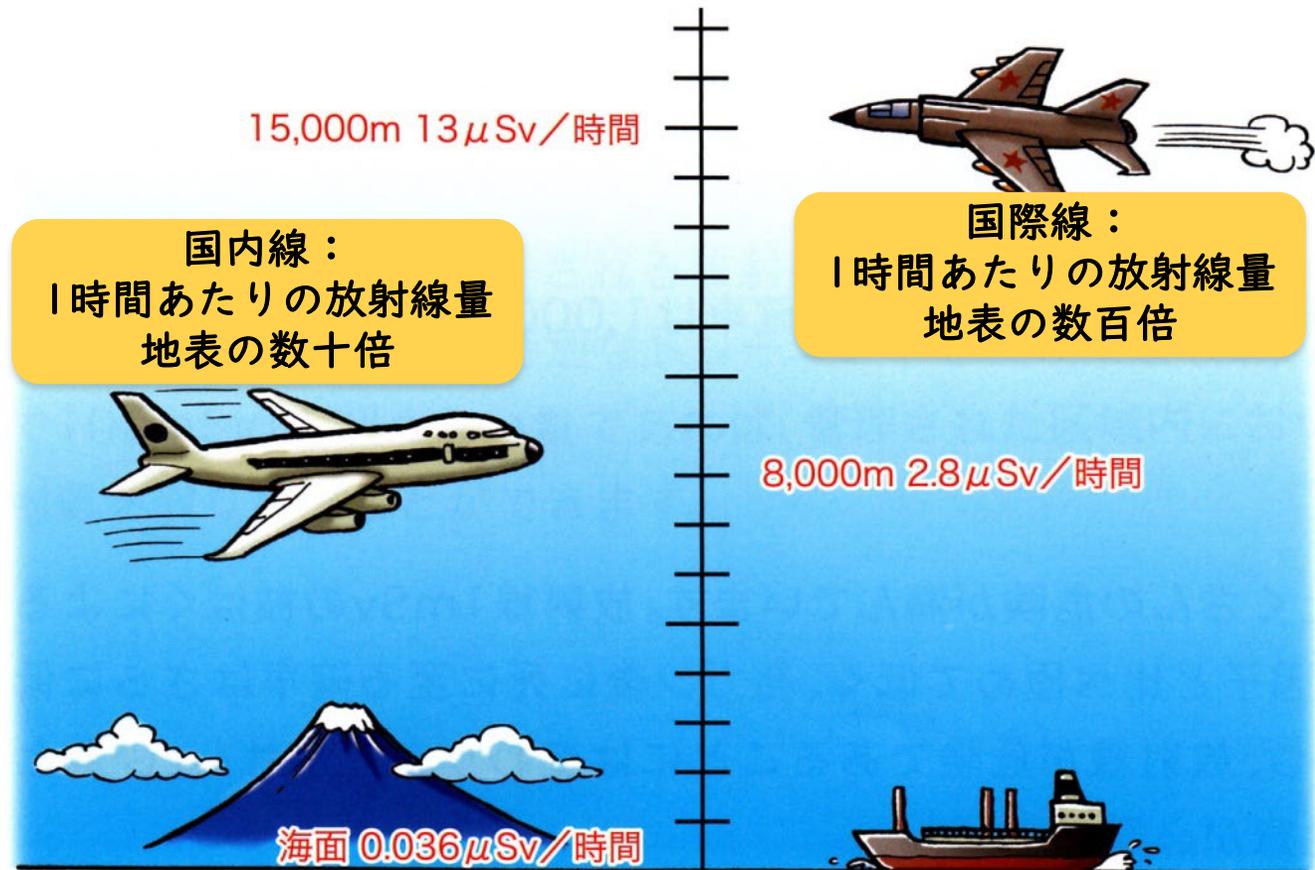
大気に突入する宇宙放射線 (宇宙線)

\* JAXA 広報資料より



飛行機で旅をする = 宇宙放射線の量が増える。  
 (宇宙放射線をさえぎる大気の層が薄くなるため)

## 宇宙線の高度変化



大人の科学.net 大人の科学実験村第8回「本邦初!?富士の頂上にて宇宙線ミューオンを霧箱でキャッチする!」

<https://otonanokagaku.net/issue/lab/vol8/index04.html>

独立行政法人 放射線医学総合研究所 航路線量計算システム

# JISCARD

航空機での宇宙線被ばく線量を計算表示するシステム  
Japanese Internet System for Calculation of Aviation Route Doses

Home 航路線量計算 JISCARDについて 関連情報 用語集 お



航路線量計算システム  
**JISCARD**  
独立行政法人 放射線医学総合研究所  
National Institute of Radiological Sciences

Show Movie ▶

ステップ

- 出発空港選択
- 到着空港選択
- 飛行時期選択
- 条件の確認

条件の確認

出発空港	到着空港	出発日	帰着日
神戸	長崎	03/08/2015	03/10/2015

リセット 線量を計算する

線量計算結果

線量値 往路線量率グラフ 復路線量率グラフ

出発空港	到着空港	マイル
神戸	長崎	329

往路 →		復路 ←	
出発日	3/8/2015	帰着日	3/10/2015
飛行時間	1 hr 30 min	飛行時間	1 hr 17 min
航路線量 (36kft)	2.0 $\mu$ Sv	航路線量 (36kft)	1.6 $\mu$ Sv
航路線量 (28-40kft)	1.1 - 2.5 $\mu$ Sv	航路線量 (28-40kft)	0.9-2.0 $\mu$ Sv

閉じる 読込 保存

お知らせ ▶ MORE

- 2014年12月25日  
[汎用型の航路線量計算プログラム](#)の提供ページを一部変更しました。航路計算の計算可能期間を2017年まで延長しました。
- 2014年2月21日  
[FFP\\_Graphと中性子モニタグラフ](#)のメンテナンスが完了しました。

### JISCARD Options

その他のプログラム&データ

#### JISCARDについて

飛行中の航空機では、地上で日常的に浴びているより強い自然放射線にさらされます。JISCARDは飛行中に被ばくする宇宙からの放射線(宇宙線)の量を計算します。

▶ MORE

#### 日常生活で受ける被ばくについて

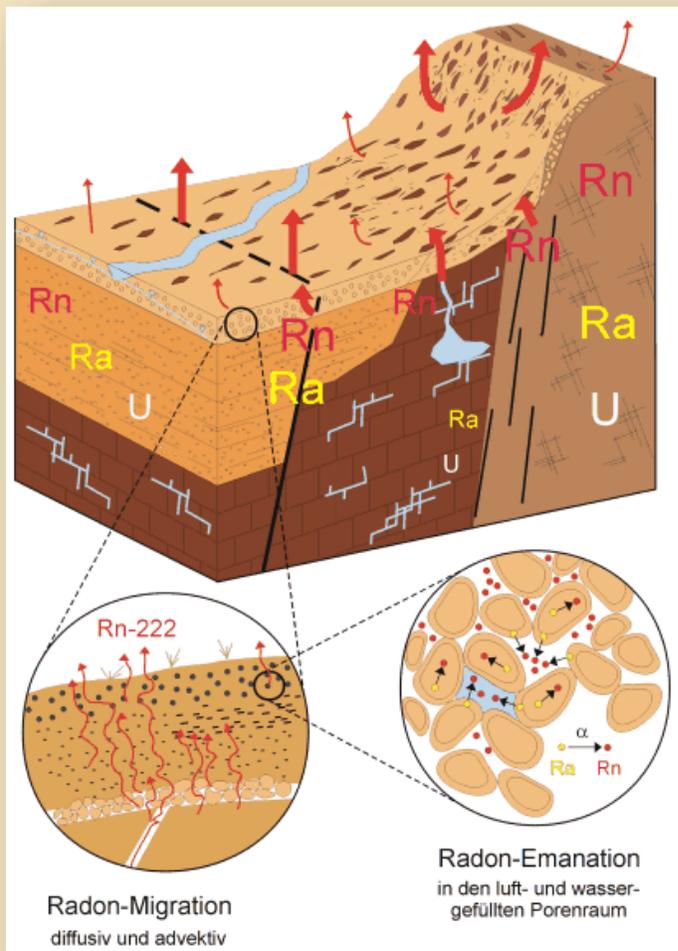
地球の中の熱源の大半は放射性同位体の崩壊熱  
＝地球の中には放射性物質が大量に存在する。

その一部（放射性同位体ラドンやトロンの仲間）  
が常に大地から湧き出ている。

## 大地から湧き出す 放射性同位体

ラドン	$^{222}\text{Rn}$
トロン	$^{220}\text{Rn}$

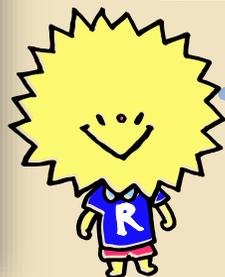
霧箱実験で捕まえたのはラドンの仲間たちです！



## 鳥取県 三朝（みささ）温泉 屋内ラドン濃度は京都や大阪の三倍



ラドンは、換気の悪い部屋に  
溜まりやすい！



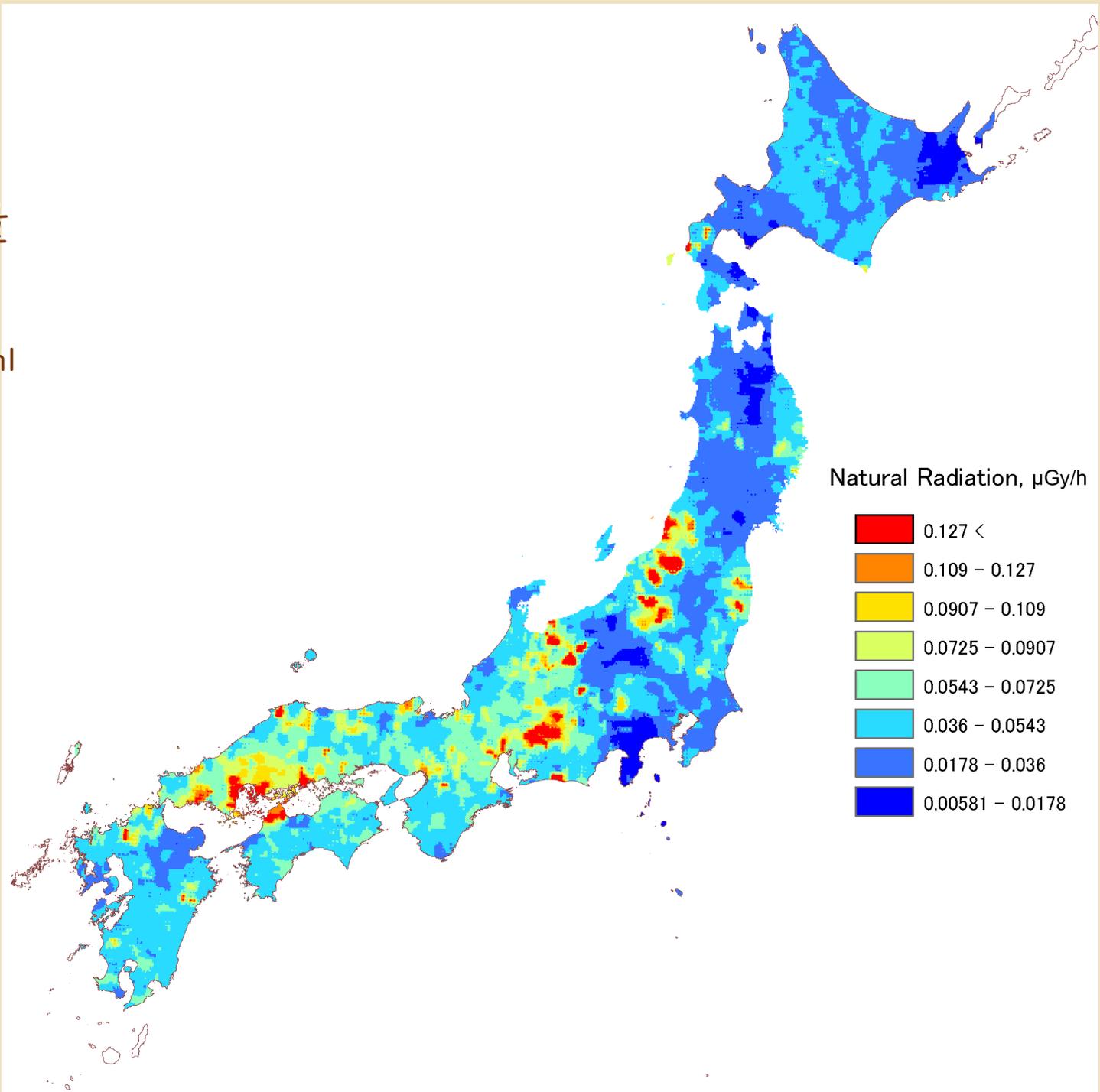
# 地球化学図をもとに算出した 日本における地質由来の自然放射線量

日本地質学会による計算結果

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

$$D = 13.0 C_K + 5.4 C_U + 2.7 C_{Th}$$

岩石などにふくまれる  
放射性同位体  
カリウム-40, ウラン, トリウム の仲間





2015年5月24日

# 琵琶湖一周

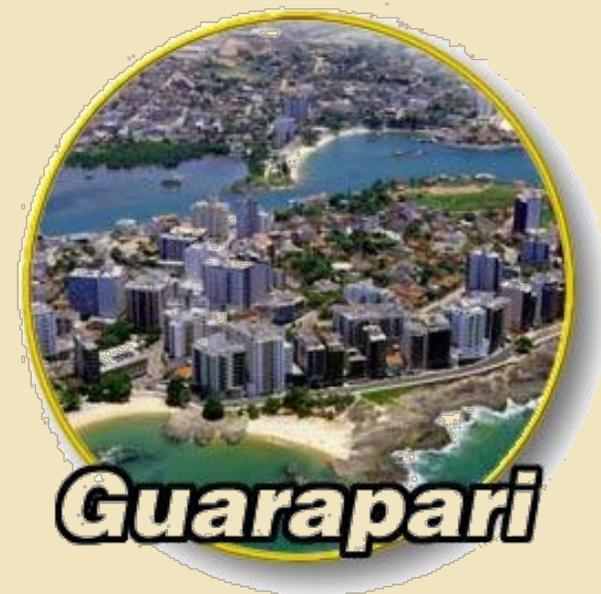
琵琶湖をバイクで一周  
(通称：ビワイチ)  
0.1 μSv/h以下であれば緑

白川通から琵琶湖へ抜ける峠道（山中越え）の一部では $0.1 \mu\text{Sv/h}$ を超えるところが何か所かありました。これは、地質によるものです。  
日本各地に、ウラン系列、トリウム系列、カリウム40といった自然放射性核種を多く含む地質の場所が存在します。



$0.10 \sim 0.30 \mu\text{Sv/h}$

ガラパリの地表由来の  
年間平均線量は約5mSv  
(日本の数倍以上の自然放射線量)



**Guarapari**

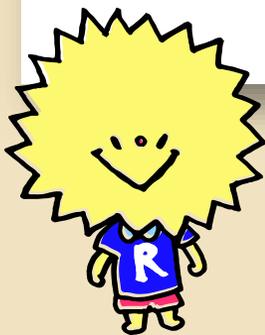
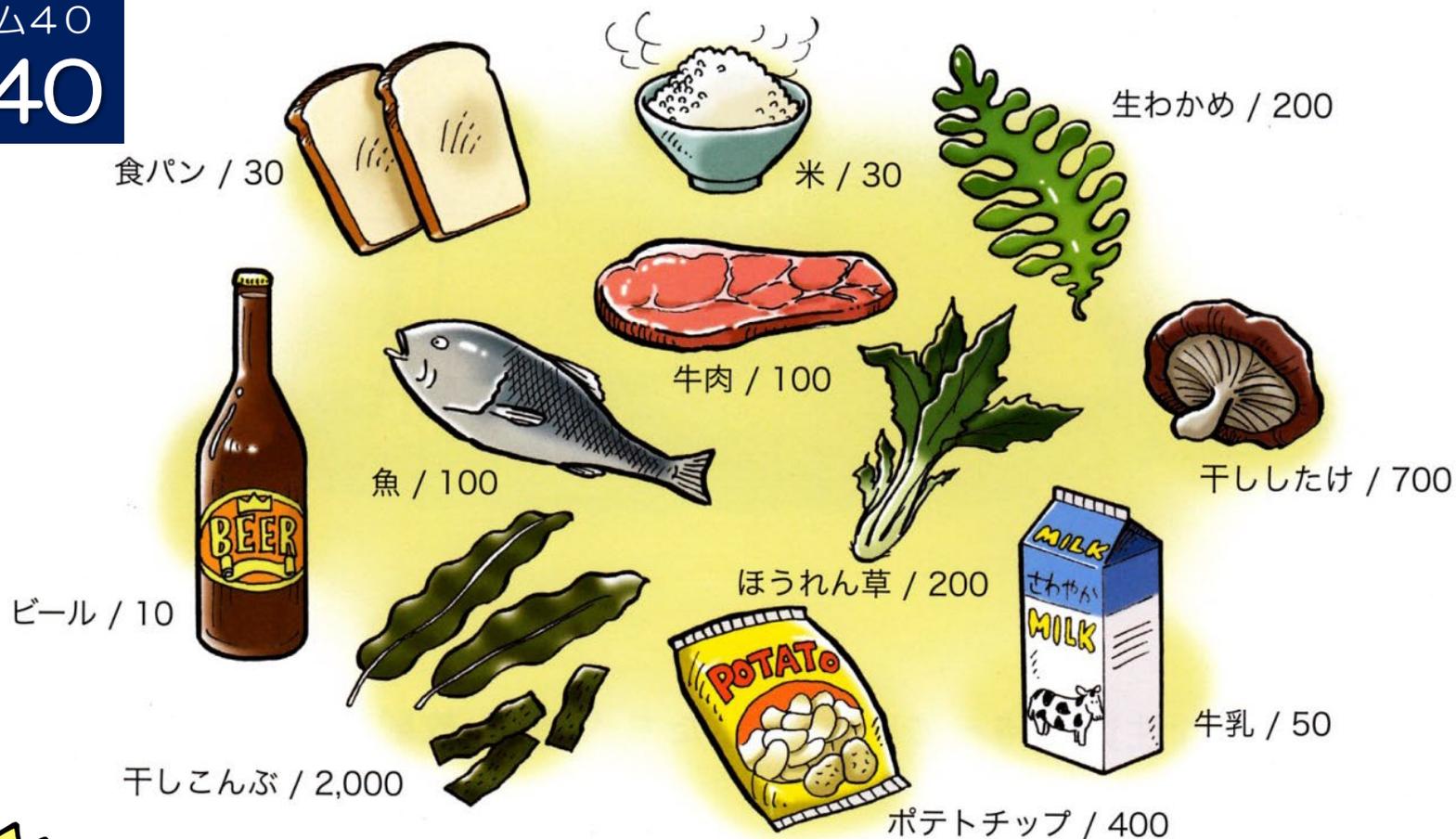
世界には、日本の数倍～十数倍の高い自然放射線地域が存在します。

例えば、ブラジルのガラパリは、海岸の砂にモナザイトという放射線を放出する鉱物を多量に含んでいるため、海岸部での放射線量が高いことが知られています。

ただし、放射線による健康被害は一切報告されていません。

みなさんが毎日召し上がっている食品中に含まれている天然のカリウムの0.012%は放射性同位体のK-40 ( $^{40}\text{K}$ )、ベータ線とガンマ線を放出します。

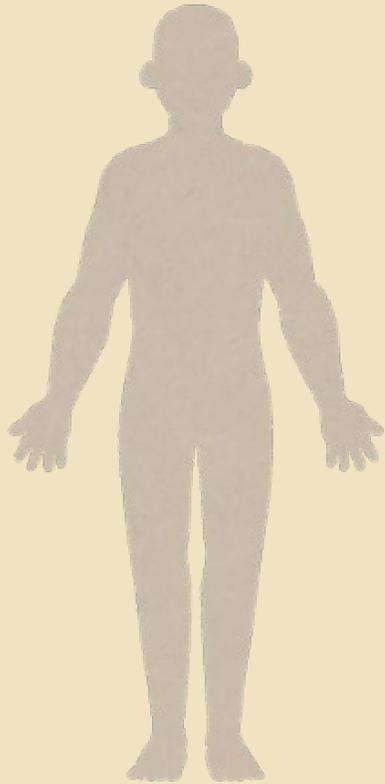
カリウム40  
K-40



数字の単位はベクレル。1ベクレルは1秒に1回放射性同位体が放射線を出して安定な核種なること。

全ての生命の体の中に、微量の放射性同位体が含まれている。

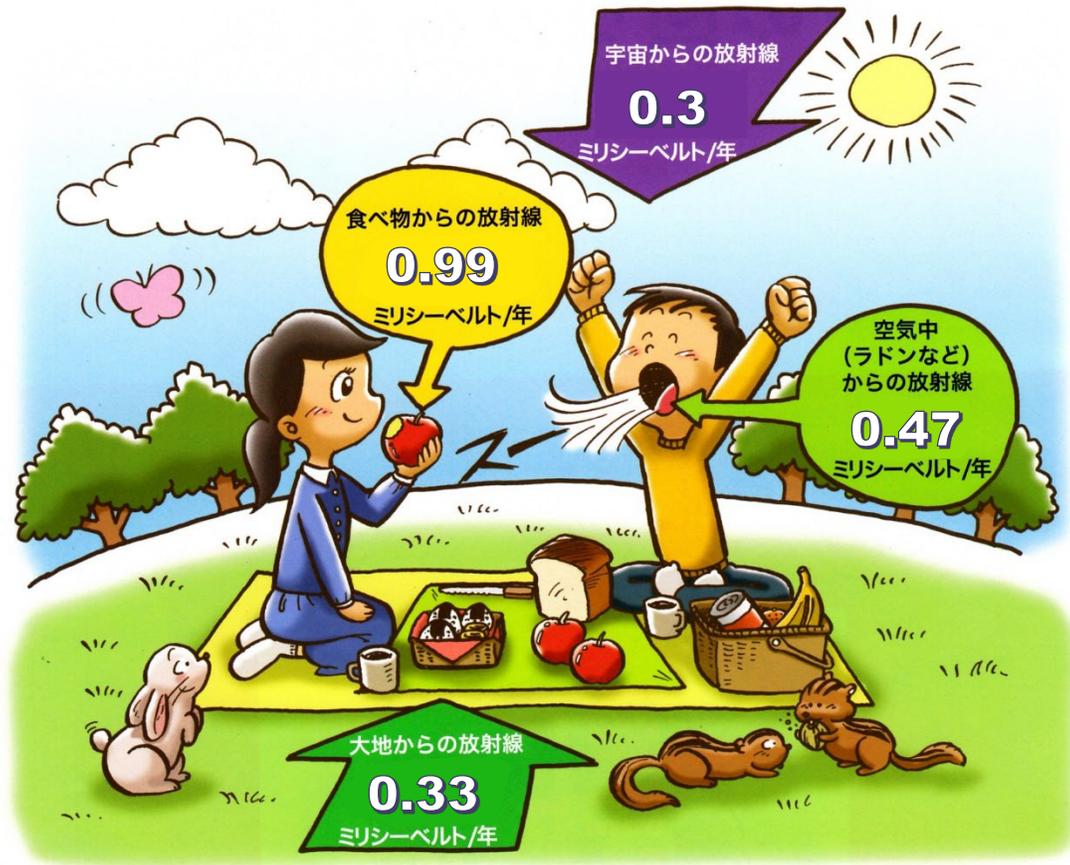
日本人の場合は他国の人々と比べ、魚介類に含まれるPo-210の摂取量が多い。



日本人の大人（体重60kg）の体の中にある放射性同位体の量

カリウム40 (K-40)	……	4,000	ベクレル
炭素14 (C-14)	……	2,500	ベクレル
ルビジウム87 (Rb-87)	……	500	ベクレル
鉛210, ポロニウム210 (Pb-210, Po-210)	……	20	ベクレル

# ふだんの暮らしの中の放射線（自然放射線）



世界の平均値：1人あたり 2.4 mSv/年  
 日本の平均値：1人あたり 2.1 mSv/年

## 身の回りの放射線 自然からの被ばく線量の内訳（日本人）

被ばくの種類	線源の内訳	実効線量 (ミリシーベルト/年)
外部被ばく	宇宙線	0.3
	大地放射線	0.33
内部被ばく (吸入摂取)	ラドン222 (屋内、屋外)	0.37
	ラドン220 (トロン) (屋内、屋外)	0.09
	喫煙 (鉛210、ポロニウム210等)	0.006 (※)
	その他 (ウラン等)	0.006
内部被ばく (経口摂取)	主に鉛210、ポロニウム210	0.80
	トリチウム	0.000049
	炭素14	0.014
特殊環境にお ける被ばく	温泉、地下環境などによる被ばく	0.005
	航空機利用に伴う被ばく	0.008
合 計		2.1

(※) 国民一人当たりの換算値。喫煙者の被ばく線量は0.040ミリシーベルト/年。

出典：(公財) 原子力安全研究協会「生活環境放射線 (国民線量の算定) 第3版」(2020年) より作成



「放射線に関する科学的知見や関係省庁の情報を集約した  
 統一的な基礎資料」

放射線による健康影響等に関するポータルサイト  
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/portal/>

**1**

**放射性物質  
と放射線**

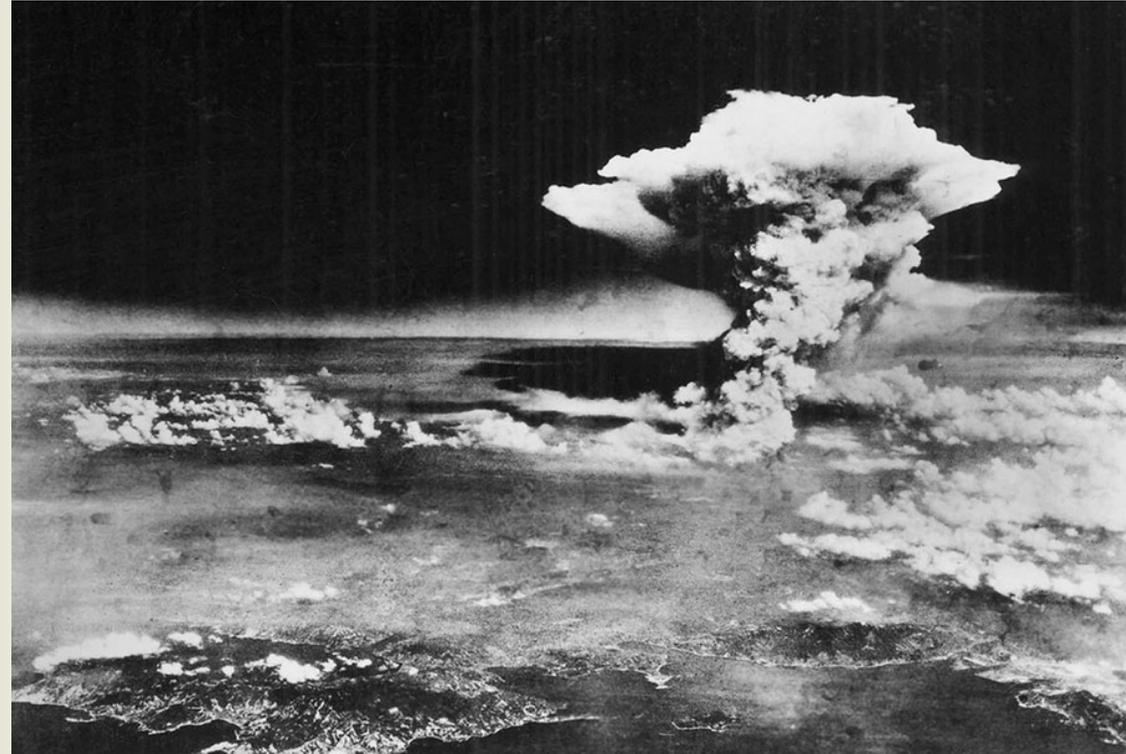
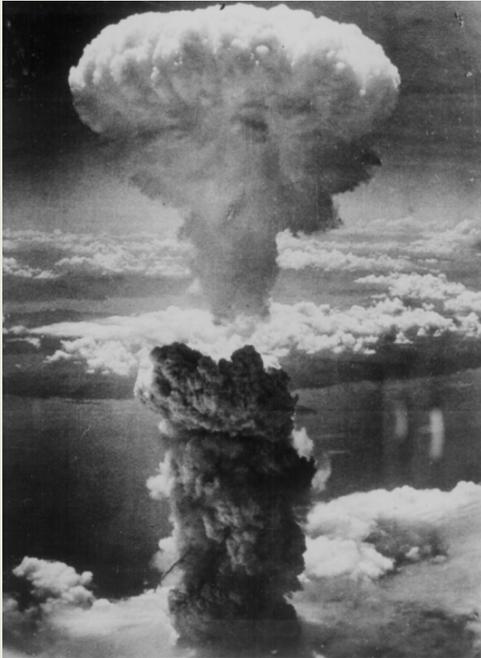
**2**

**くらしの中  
の放射線**

**3**

**放射線は  
危ない？**

Hiroshima August 6, 1945, 8:15 a.m.  
Nagasaki August 9, 1945, 11:02 a.m.

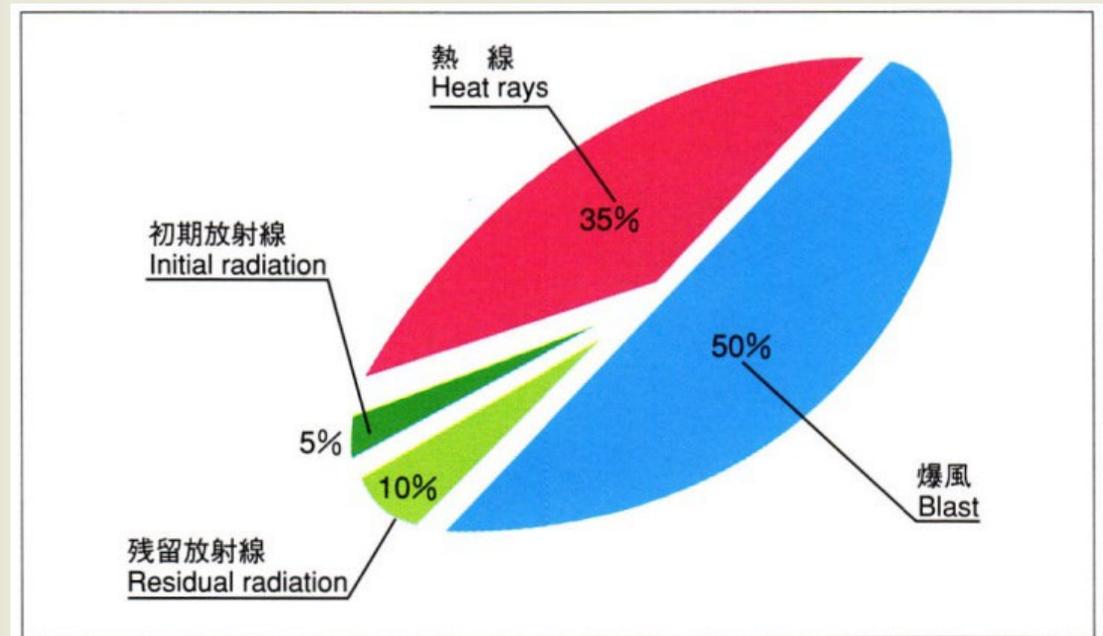


The Atlantic "Hiroshima: Before and After the Atomic Bombing"  
<https://www.theatlantic.com/photo/2016/05/hiroshima-before-and-after-the-atomic-bombing/482526/>

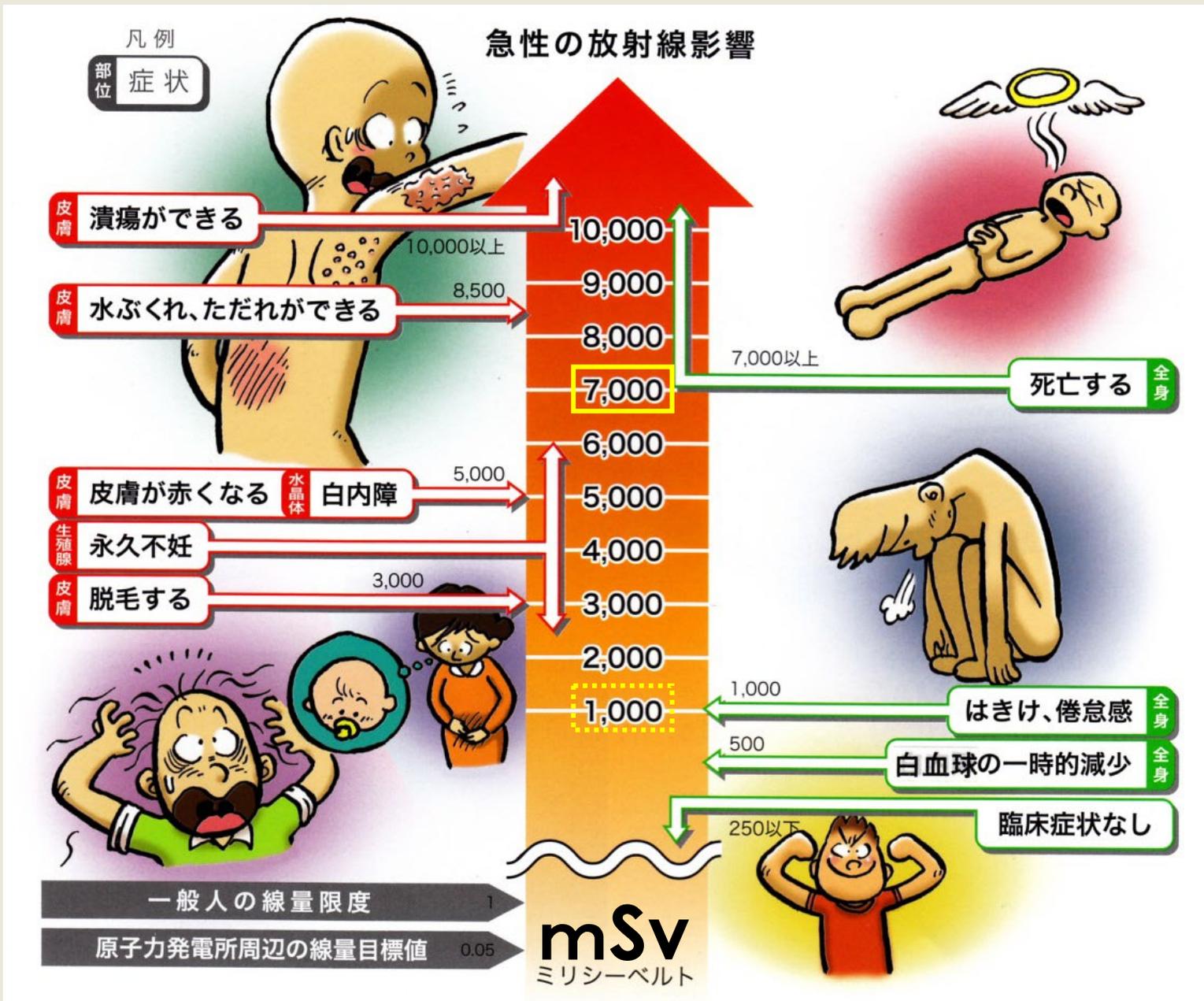


The Atlantic "Hiroshima: Before and After the Atomic Bombing"

<https://www.theatlantic.com/photo/2016/05/hiroshima-before-and-after-the-atomic-bombing/482526/>

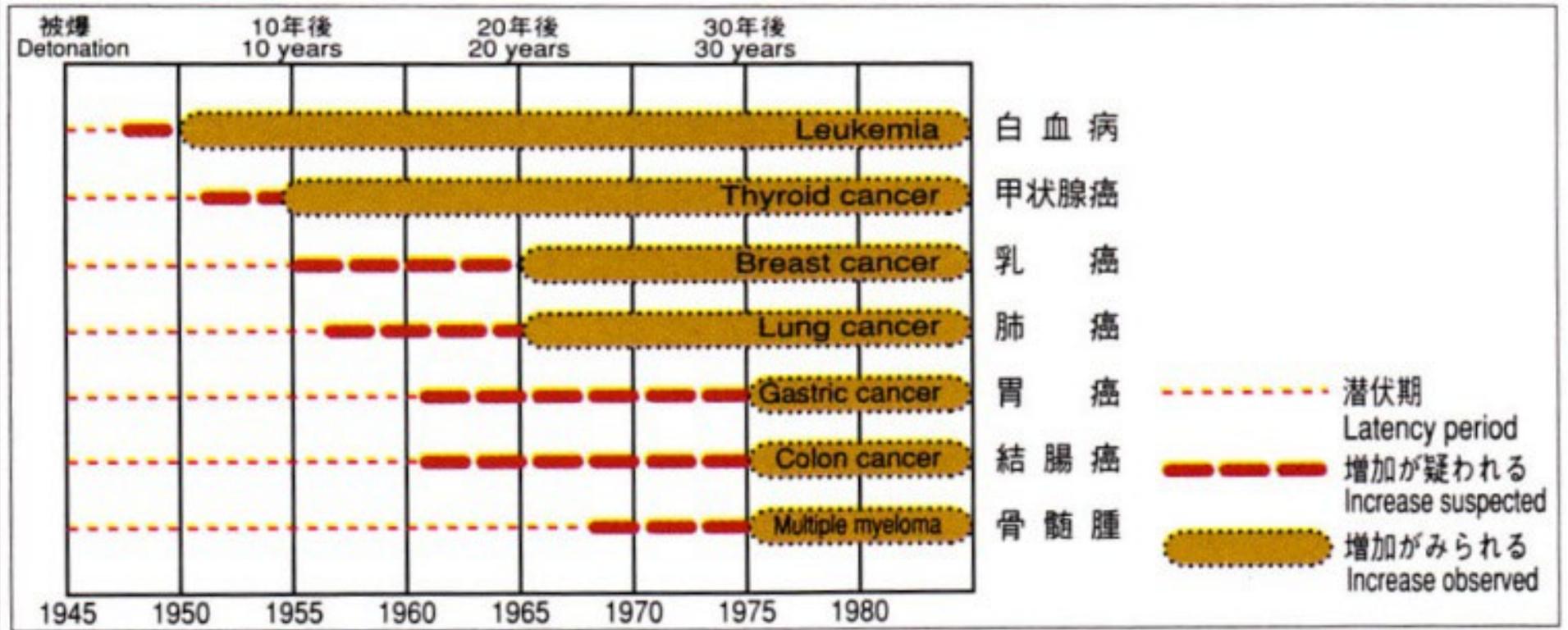


# 原爆被爆や重大事故などにおける急性障害(早期反応)



7 Sv  
 = 7,000 mSv  
 = 7,000,000 μSv

# 原爆被爆や重大事故などにおける晩発障害(がん・白血病)



広島平和記念資料館発行「図録・広島を世界に」より

# 電離放射線による水分子の電離と励起

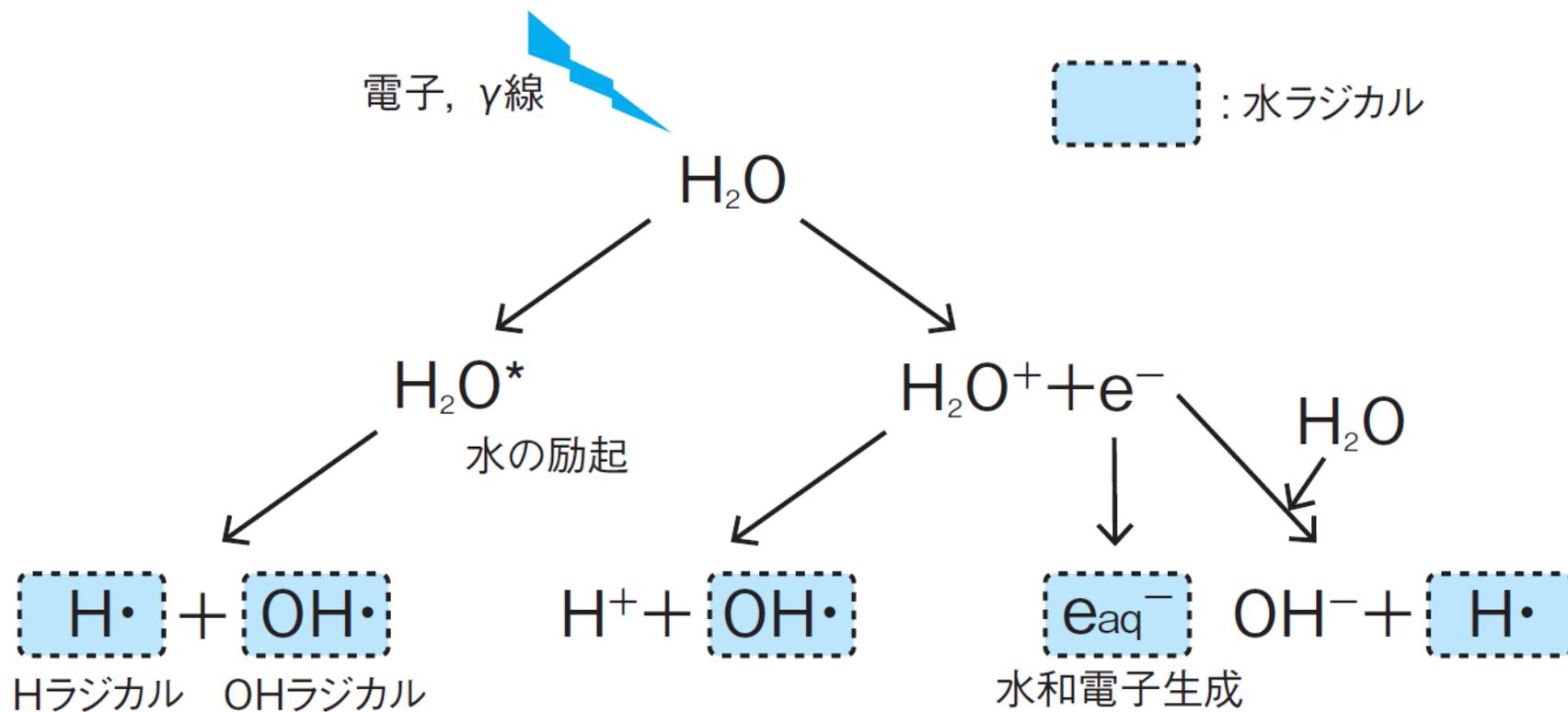


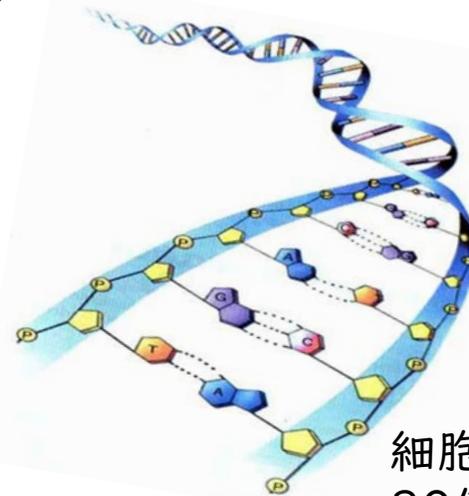
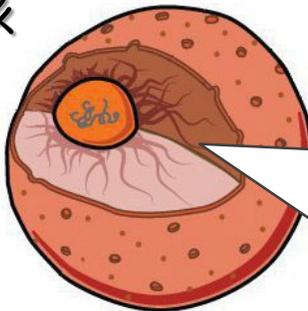
図4.1 電離放射線による水分子の電離と励起



細胞

成人1人あたり  
37兆個

核

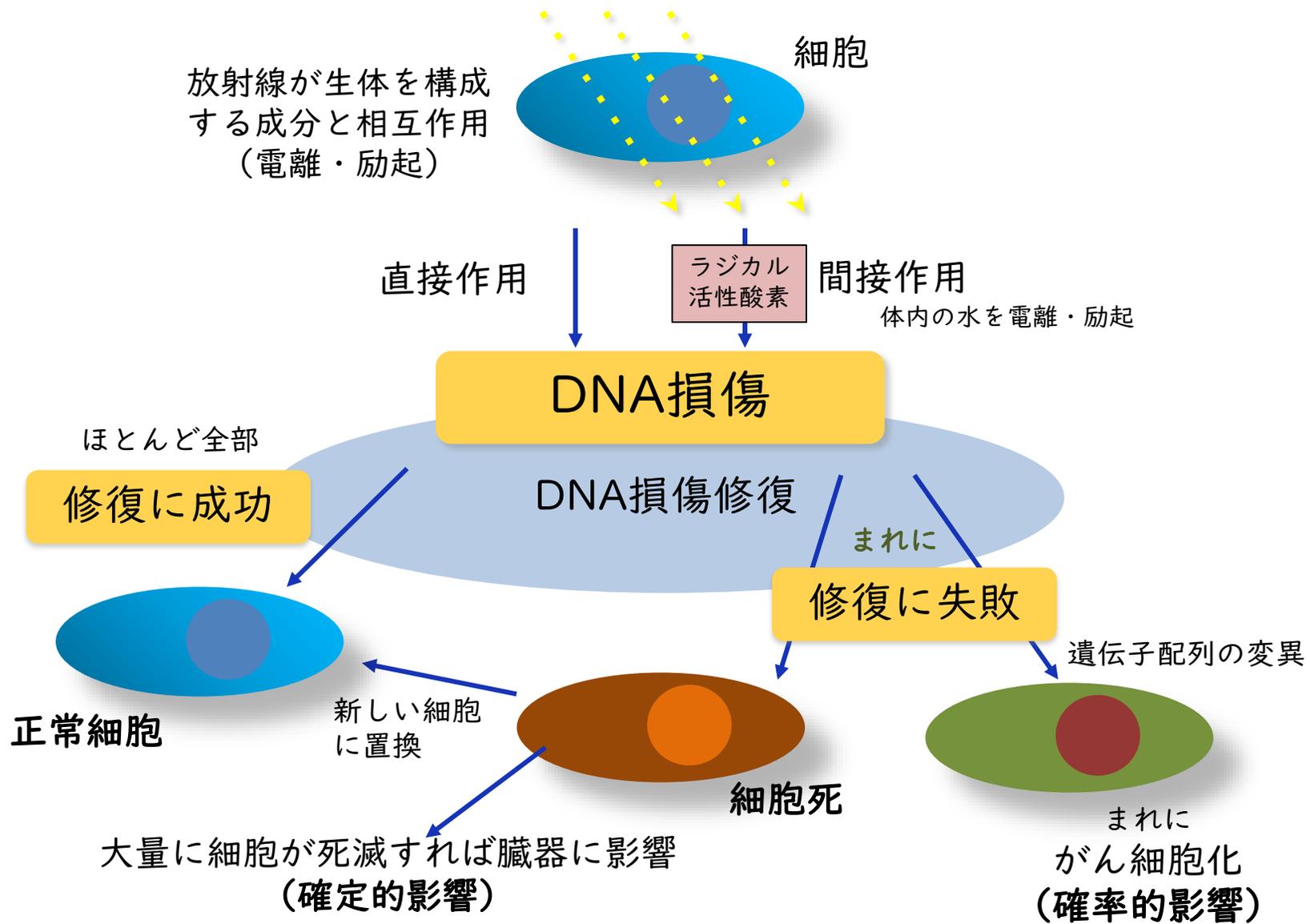


DNA

細胞1個あたり  
30億塩基対

- DNA:
- ①体の設計図(親から子へ、遺伝子)
  - ②健康維持のマニュアル(環境応答)

# 細胞レベルでの放射線影響



- ・一度に大量の放射線をあびるととても危険。
- ・自然放射線くらいの少しの量なら問題なし。

短時間で  
大量の  
被ばく

少量を  
ゆるやかに  
長期間に  
わたり被ばく

…原子爆弾、核兵器

7シーベルト以上

= 7,000,000マイクロシーベルト以上

…一瞬でもあびると死亡

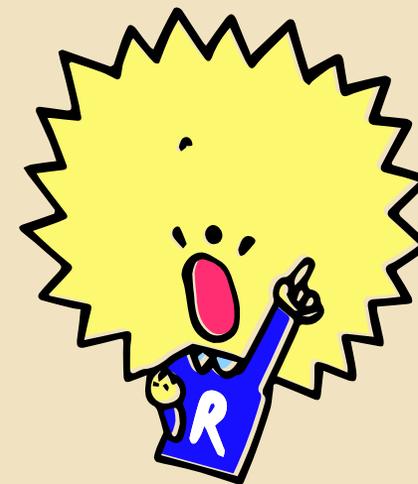
…原子力発電所の事故

…医療や工業で使う放射線

…自然の放射線

約0.1マイクロシーベルトを毎日ずっとあび続けている

放射線の危険性を考えるときには、  
放射線の”量”と同時に  
放射線を受ける”時間”についても  
考える必要があります。



**1**

放射性物質  
と放射線

**2**

くらしの中  
の放射線

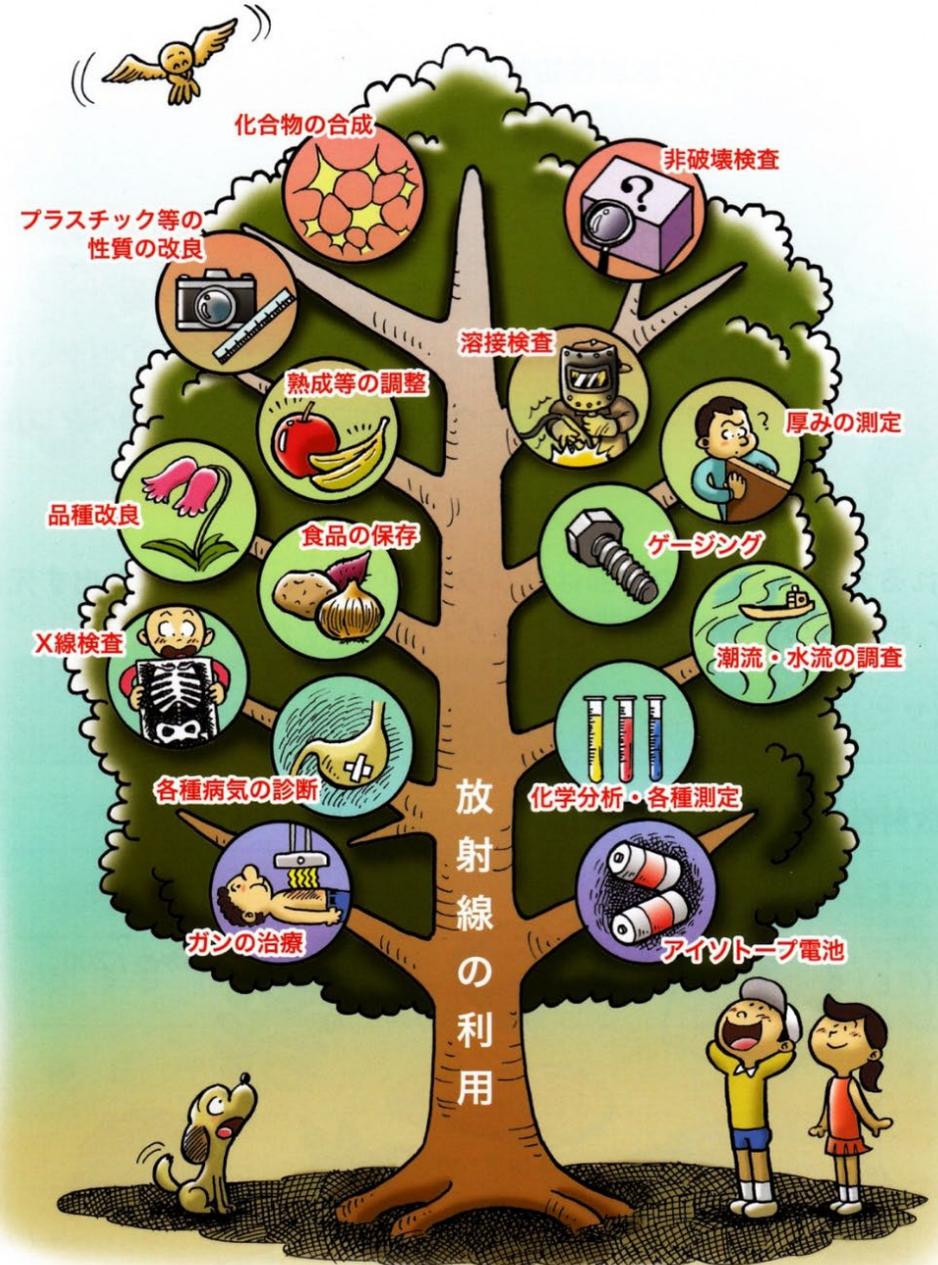
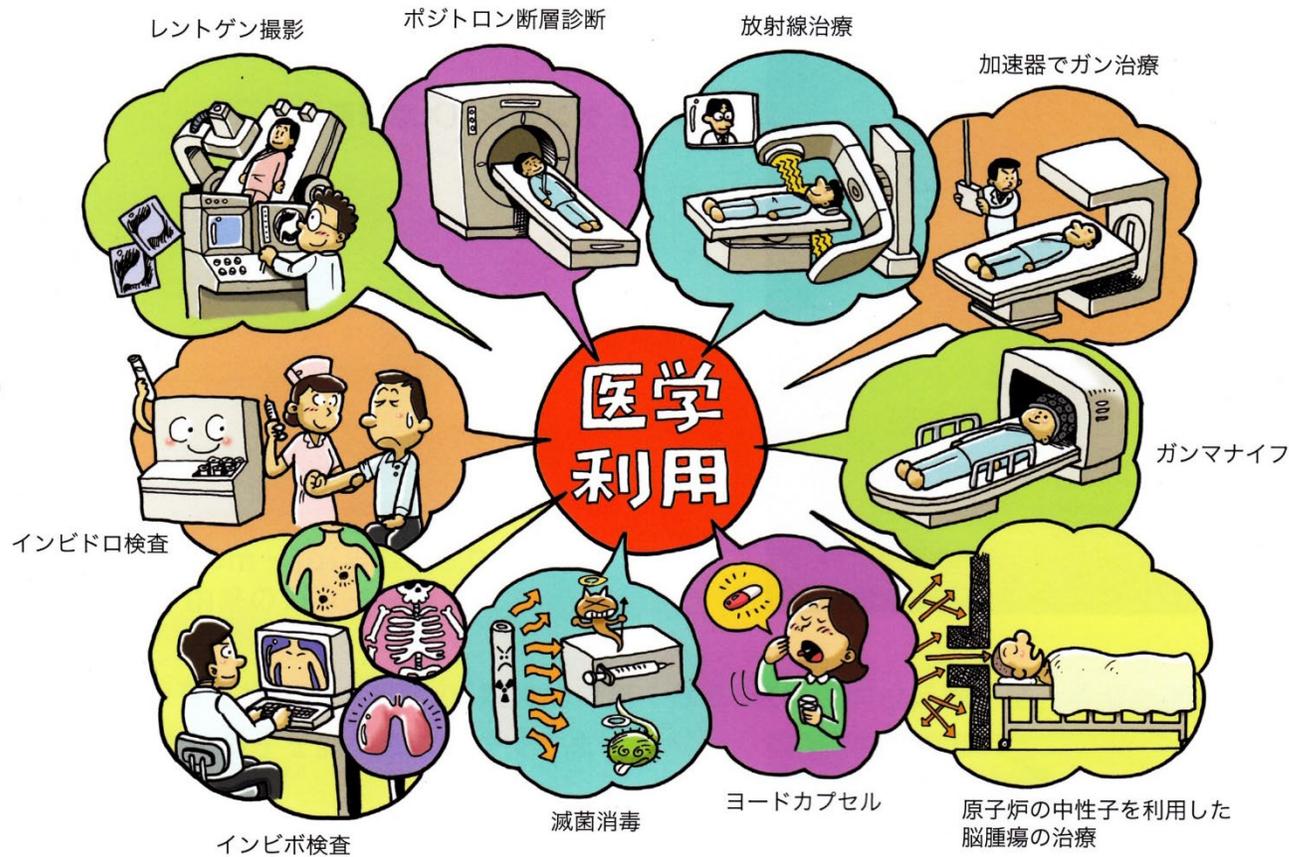
**3**

放射線は  
危ない？

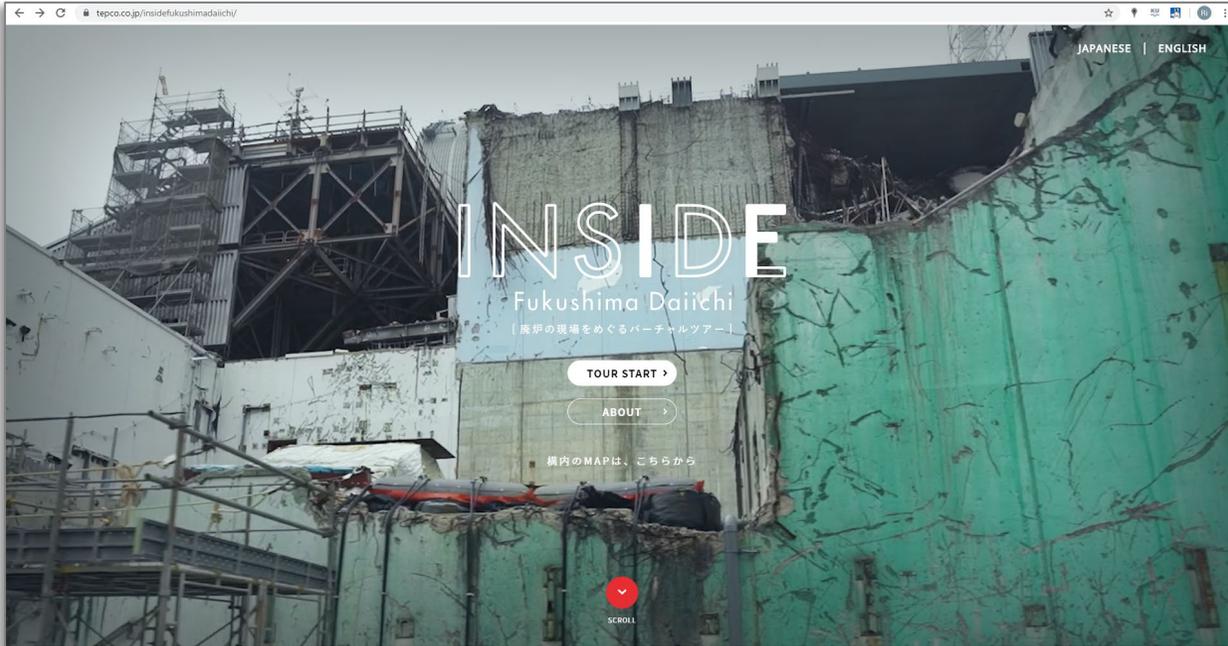
**4**

放射線利用の  
恩恵とリスク

- ▶ 医療の世界だけではありません。
- ▶ 放射性同位体や放射線は工業や農業など  
様々な産業分野でも活用されています。



# Inside Fukushima Daiichi 廃炉の現場をめぐるバーチャルツアー



<https://www.tepco.co.jp/insidefukushimadaiichi/>

## 燃料デブリポータルサイト



<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/>



<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/fuel-debris/index-j.html>

フォールアウト、ウォッシュアウト

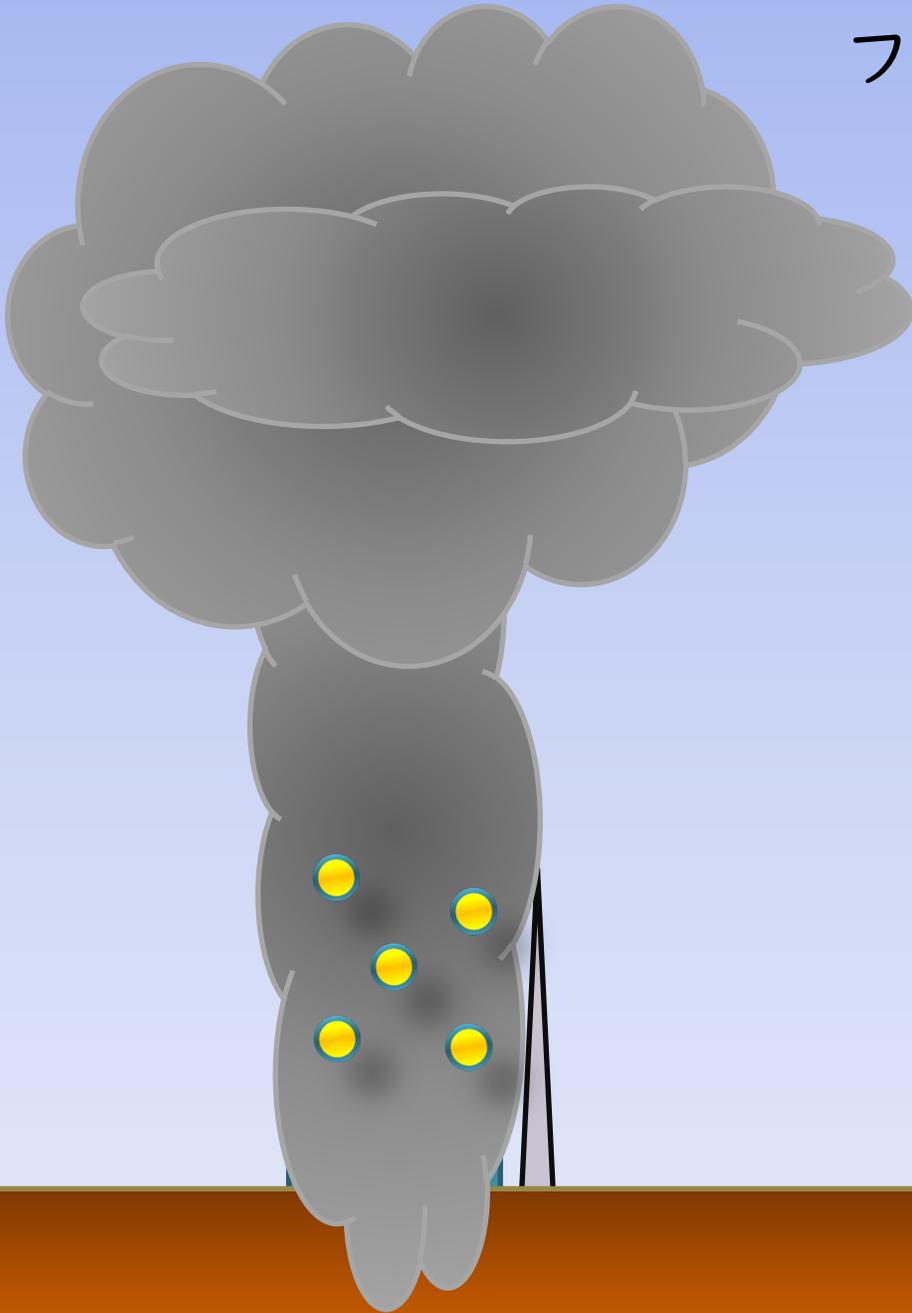
福島第一原発からの放出量

セシウム-137： 15000TBq  
(広島型原爆 168.5個分)

ヨウ素-131： 160000TBq  
(広島型原爆 2.5個分)

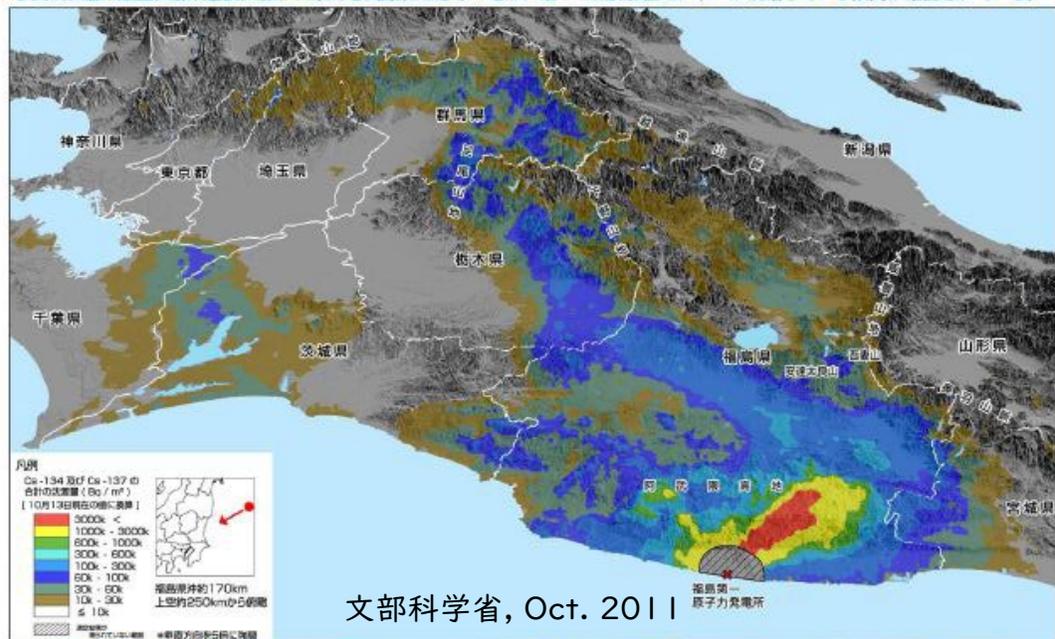
ストロンチウム-90：140TBq  
(広島型原爆 2.4個分)

(2012年6月国際原子力機関 (IAEA) 閣僚会議  
日本政府報告書における推測値、空中分のみ)



# 航空機モニタリングで測定された放射性セシウム134、137の沈着量と地形の関係

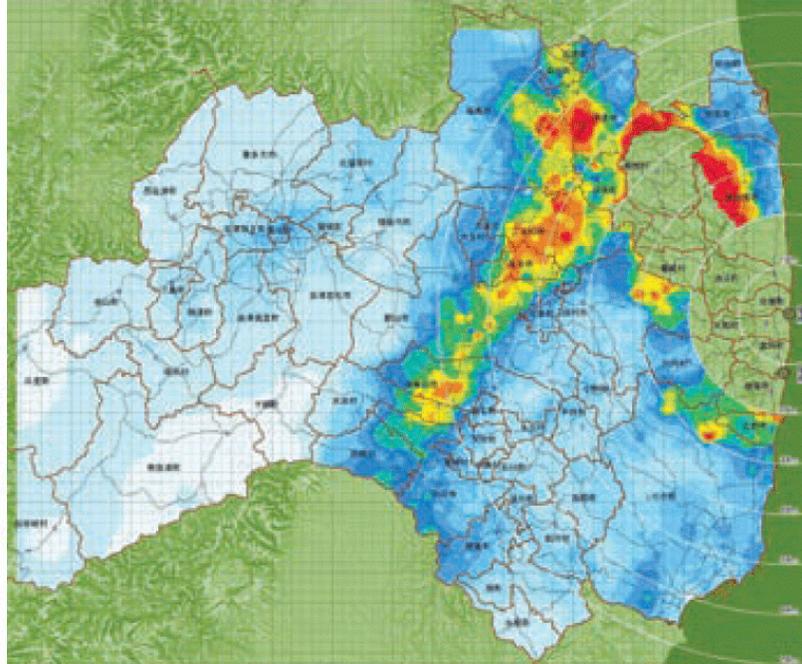
○奥羽山脈、飯豊山脈、越後山脈、下野山地、関東山地等の地形に沿って、放射性セシウムが沈着している傾向が確認されている。



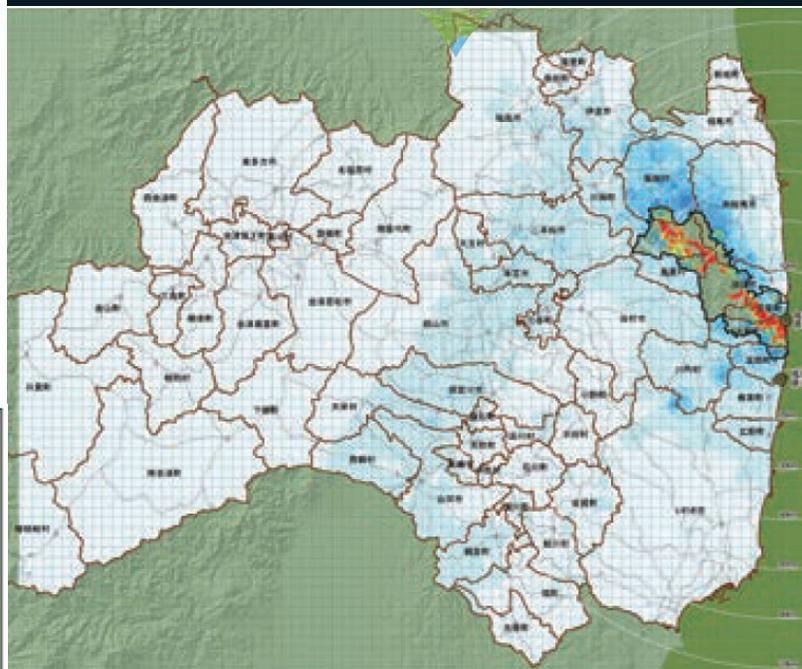
文部科学省, Oct. 2011

※放射性セシウム(セシウム134、137の合計)の沈着量が $100\text{Bq/m}^2$ 以下の測定値は、地形と放射性セシウムの沈着量の関係を確認しやすくするため、表記していない。

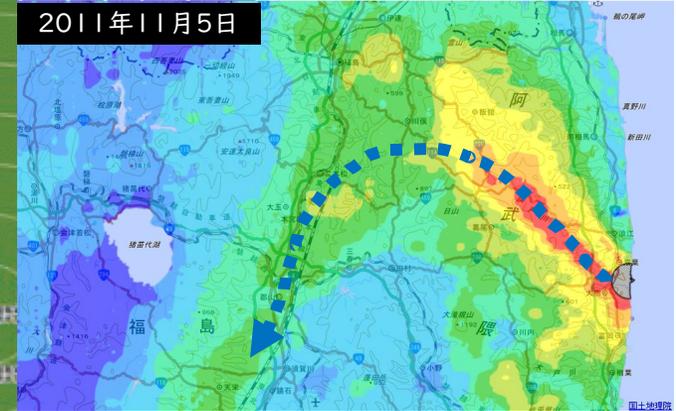
奥羽山脈以東の地域や関東地方に原発事故由来の放射性セシウムが降下、土壌表面に沈着した。



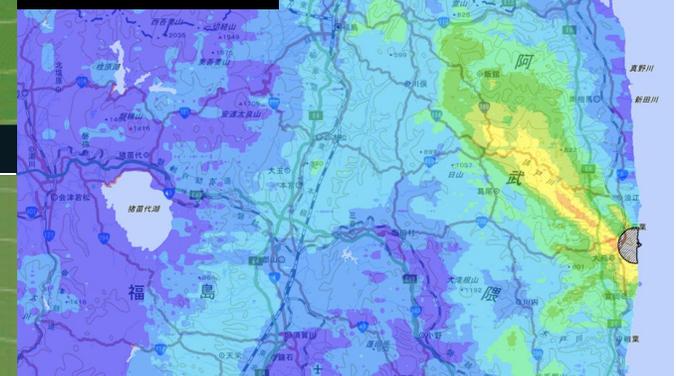
2011年4月12日~16日



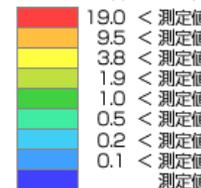
2019年4月8日~7月3日



2017年11月16日



地表面から1mの高さの空間線量率( $\mu\text{Sv/h}$ )

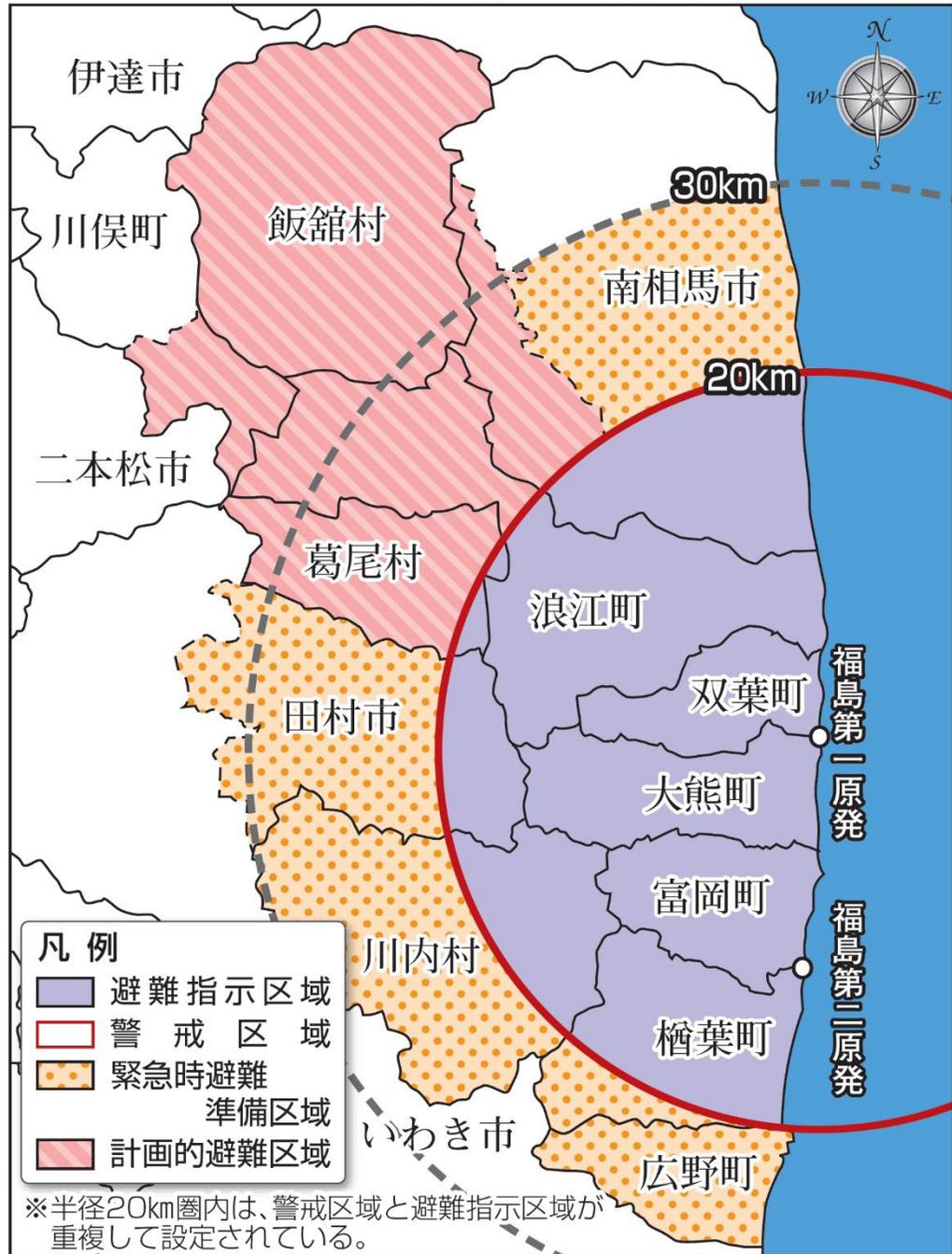


※本マップには天然核種による空間線量率が含まれていません。

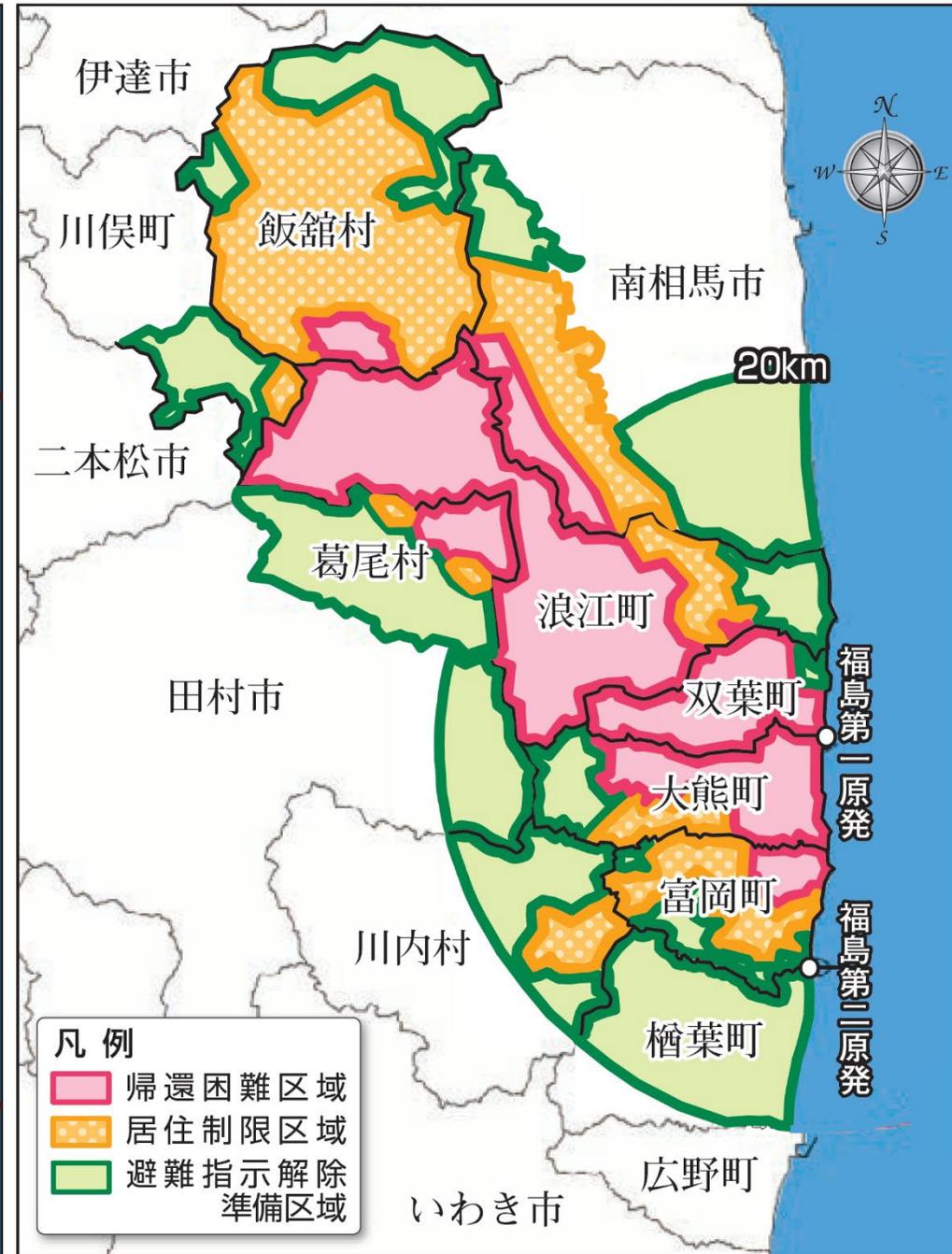
凡例		◇ 県庁市町村役場	□ 帰還困難区域	— 主要道路										
推定値 ( $\mu\text{Sv/h}$ )														
3.0	2.5	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	未
3.0	2.5	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	未
未	未	未	未	未	未	未	未	未	未	未	未	未	未	未
満	満	満	満	満	満	満	満	満	満	満	満	満	満	満

福島民報  
「データで見る 東日本大震災・東電福島第一原発事故」  
[https://www.minpo.jp/pub/sinsai\\_data](https://www.minpo.jp/pub/sinsai_data)

①2011年4月22日現在



②2013年8月8日現在



**帰還困難区域**

バリケード等で封鎖  
立入りには各市町村長の許可が必要

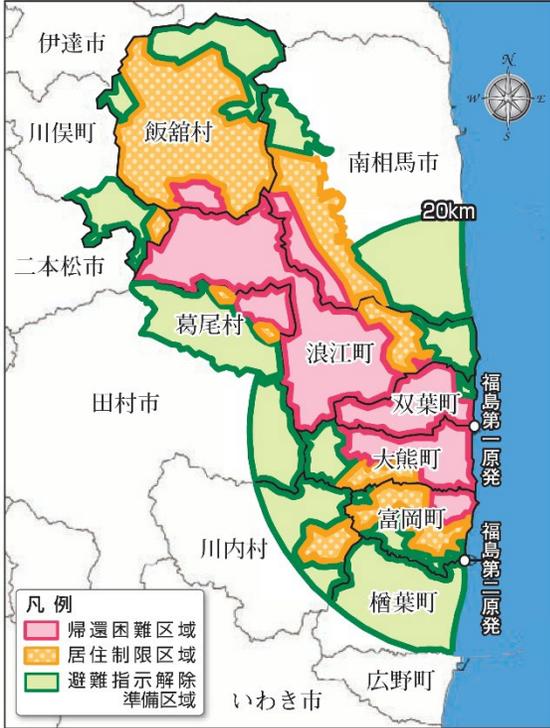
**居住制限区域**

立ち入りは自由だが  
宿泊等は禁止

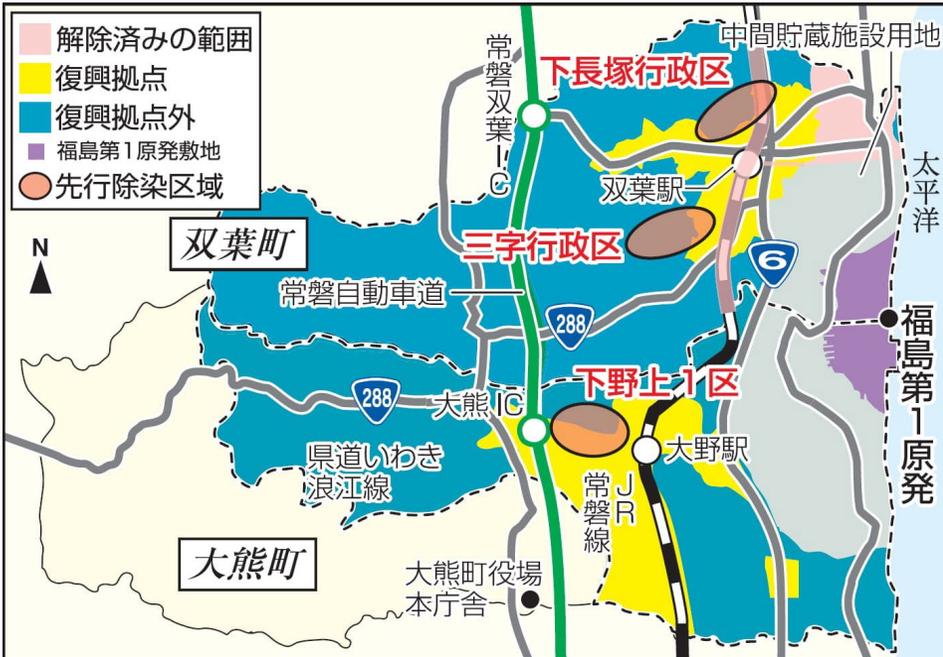
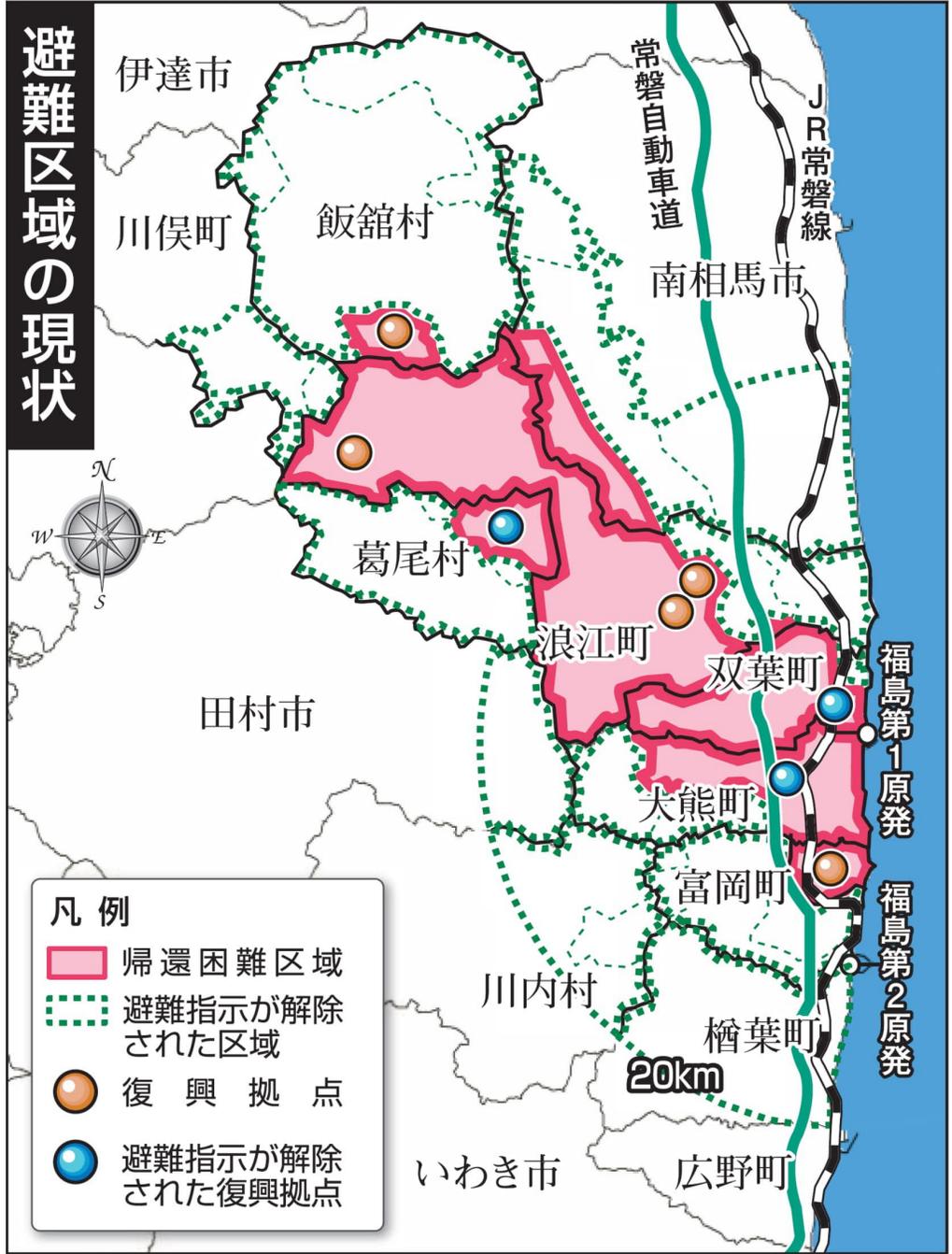
**避難指示解除準備区域**

居住可能

②2013年8月8日現在



⑧2023年3月8日現在



福島民報  
 「データで見る 東日本大震災・東電福島第一原発事故」  
[https://www.minpo.jp/pub/sinsai\\_data](https://www.minpo.jp/pub/sinsai_data)

**1**

放射性物質  
と放射線

**2**

くらしの中  
の放射線

**3**

放射線は  
危ない？

**4**

放射線利用の  
恩恵とリスク

**5**

リスクとどう  
向き合うか

## なぜ住民の帰還が進まないのか？

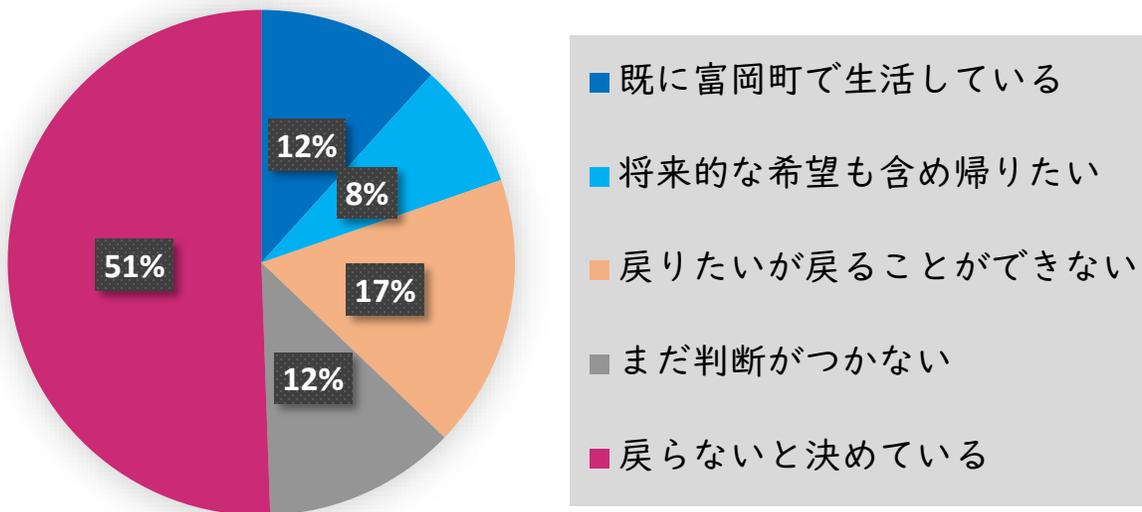


- ✓ インフラ（電気・ガス・上下水道）
- ✓ JR常磐線、高速常磐道、主要幹線道路
- ✓ 復興住宅
- ✓ 学校・病院・スーパー等

・・・すべて整備・復旧完了  
(帰還困難区域等の一部地域を除く)

ところが、住民の多くは帰還しておらず、**地域コミュニティーの崩壊**の危機にある。

2025年9月 復興庁・福島県庁・富岡町役場「富岡町住民意向調査」  
回答 2,176世帯（回答率37.3%）

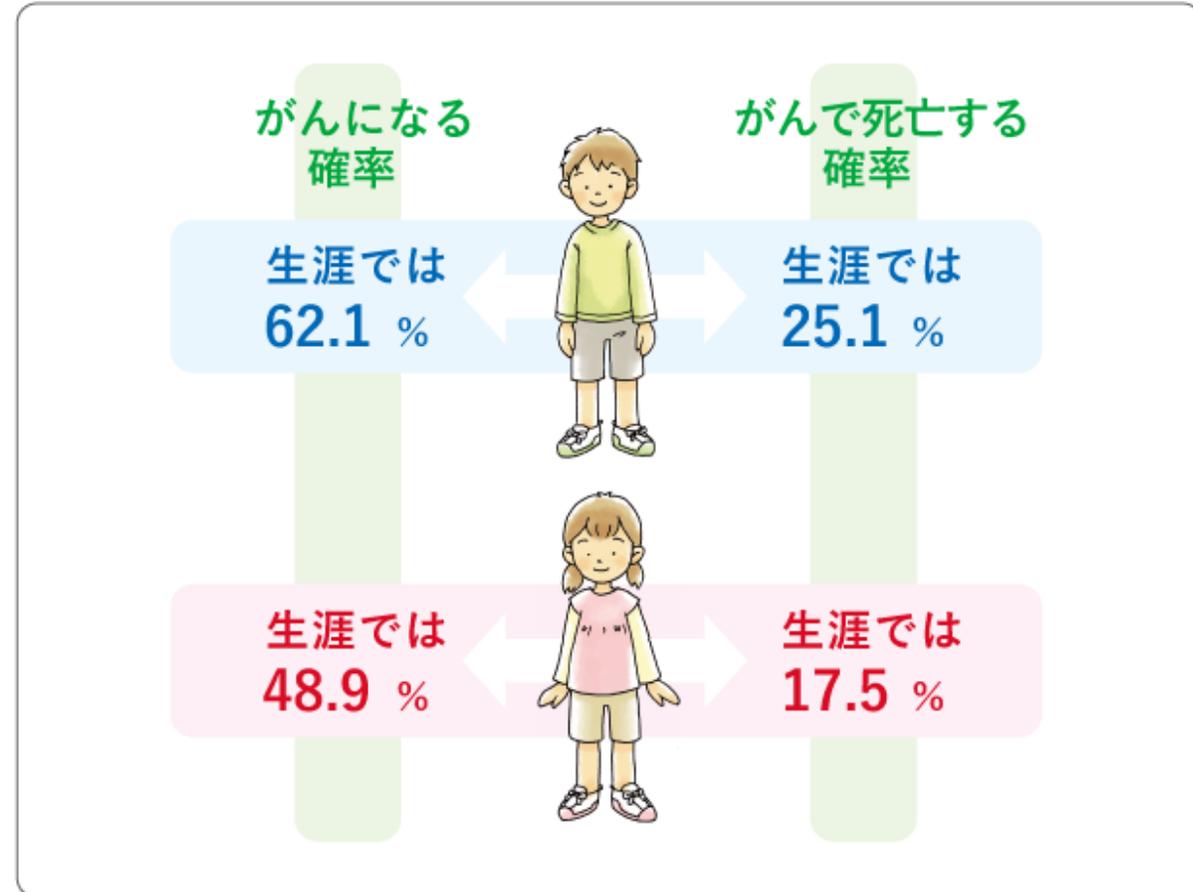


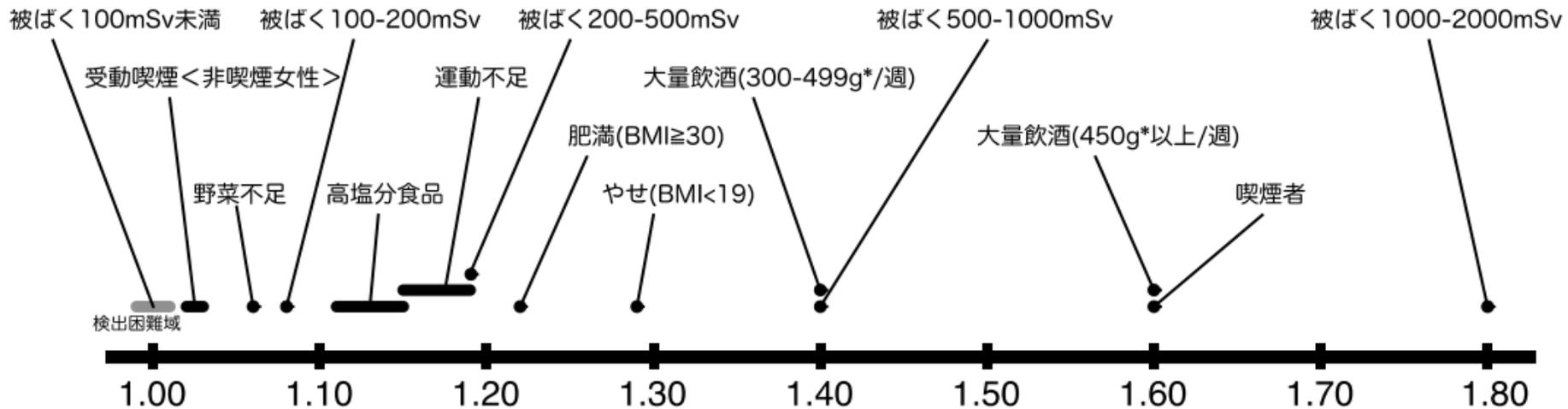
### ※ 帰還が進まない理由は？

1. 帰還しても仕事が無い。
2. 避難長期化により、避難先での暮らしに順応した。
3. 低線量の放射線被ばくへの不安 など

日本人が一生のうちに  
がんと診断される確率は  
(2020年データに基づく)  
男性62.1% (3人に2人)  
女性48.9% (2人に1人)

日本人が  
がんで死亡する確率は  
(2022年のデータに基づく)  
男性25.1% (4人に1人)  
女性17.5% (6人に1人)





## がんの相対リスク

### リスク がんのリスク (放射線)

放射線の線量 (ミリシーベルト)	がんの相対リスク*
1,000 ~ 2,000	1.8 [1,000mSv当たり1.5倍と推計]
500 ~ 1,000	1.4
200 ~ 500	1.19
100 ~ 200	1.08
100 未満	検出困難

出典：国立がん研究センターウェブサイト

### リスク がんのリスク (生活習慣)

生活習慣因子	がんの相対リスク※ <sup>1</sup>
喫煙者	1.6
大量飲酒 (450g以上/週) ※ <sup>2</sup>	1.6
大量飲酒 (300~449g以上/週) ※ <sup>2</sup>	1.4
肥満 (BMI ≥ 30)	1.22
やせ (BMI < 19)	1.29
運動不足	1.15 ~ 1.19
高塩分食品	1.11 ~ 1.15
野菜不足	1.06
受動喫煙 (非喫煙女性)	1.02 ~ 1.03

出典：国立がん研究センターウェブサイトより作成

## 被爆二世に関する調査結果

原爆で親が  
放射線被ばく



親の放射線被ばくによる  
子孫への遺伝性影響は確認されていません

染色体異常に関する調査

放射線影響研究所ウェブサイト  
「被爆者の子供における染色体異常（1967-1985年の調査）」

染色体異常の  
増加なし

20歳までに発症した白血病、  
遺伝性の可能性のある腫瘍等の死亡  
に関する調査

Y. Yoshimoto et al.: *Am J Hum Genet* 46: 1041-1052, 1990.

死亡と  
親の生殖線量との  
関連なし

がん罹患率に関する調査  
(1958-1997)

S. Izumi et al.: *Br J Cancer* 89: 1709-13, 2003.

腫瘍と  
親の線量との  
関連なし

生活習慣病有病率に関する調査  
(2002-2006)

S Fujiwara et al.: *Radiat Res* 170: 451-7, 2008.

生活習慣病と  
親の線量との  
関連なし

被爆二世

# 普段から危険性（リスク）について話し合う機会を

「リスク・コミュニケーション（ステークホルダー間での話し合いや情報共有）」  
がとても大切です。

知識や想いを共有

市民

政府  
自治体

学校

NPO

科学者  
専門家

企業



医療や産業での利用

損害

利益

人体への悪影響  
環境汚染

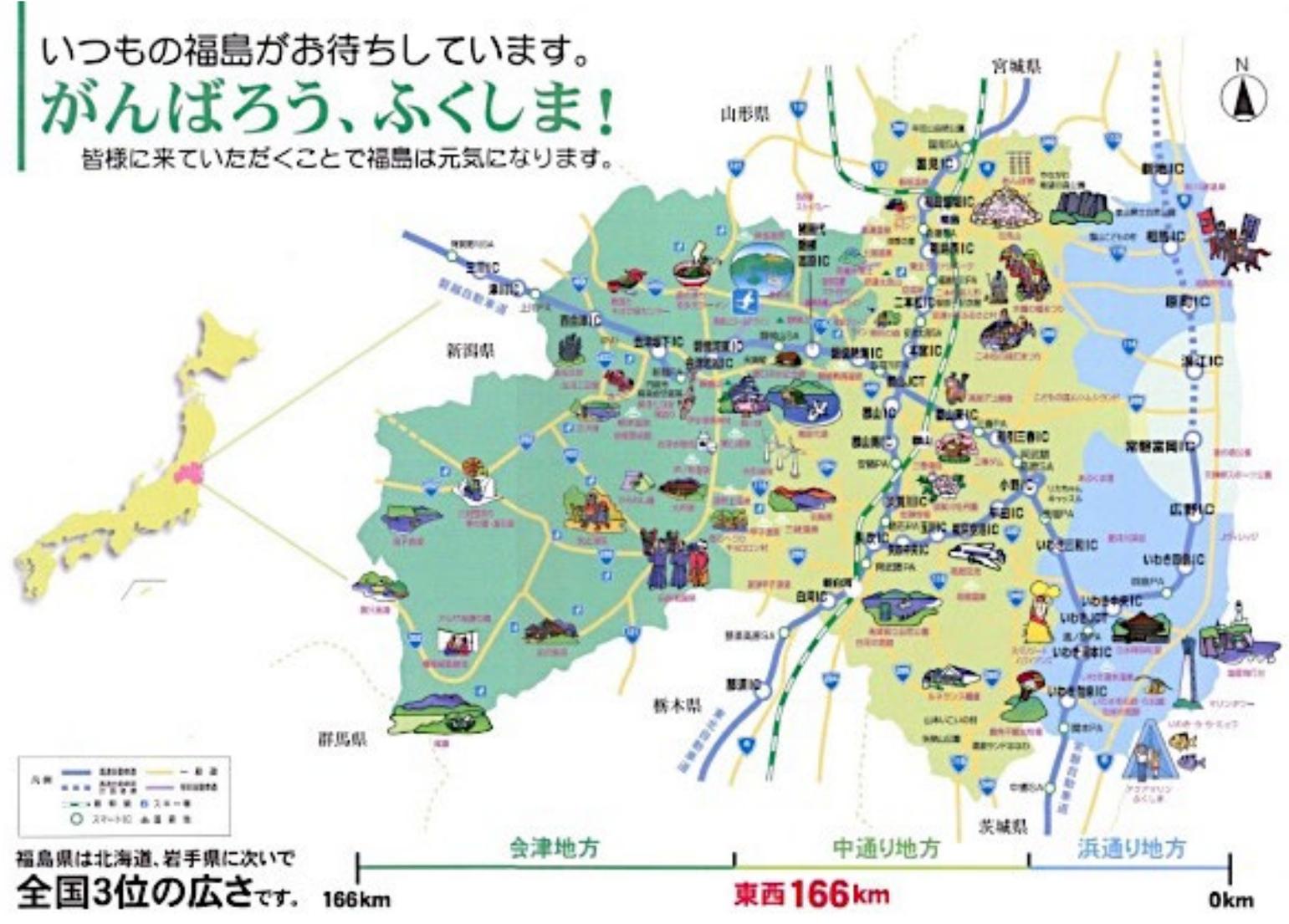
利用による恩恵と  
リスクのバランス  
を考え続ける機会に

福島県の面積：  
13,780 km<sup>2</sup>

帰還困難区域の面積：  
約337 km<sup>2</sup>  
(約2.4%)

2025年10月  
福島県の推計人口：  
1,717,454人

2025年2月  
県避難者数：  
24,639人  
(約1.4%)





第一原発から40km北西に位置する飯舘村の冬景色

