

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

つのやま ゆういち
助教 角山 雄一



京都大学
KYOTO UNIVERSITY



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

トピック

1

放射性物質と
放射線

トピック

2

くらしの中の
放射線

トピック

3

放射線は
あぶないの？

トピック

4

放射線利用の
恩恵とリスク

トピック

5

リスクとどう
向き合うか

3つの言葉と
その意味をご存知ですか？

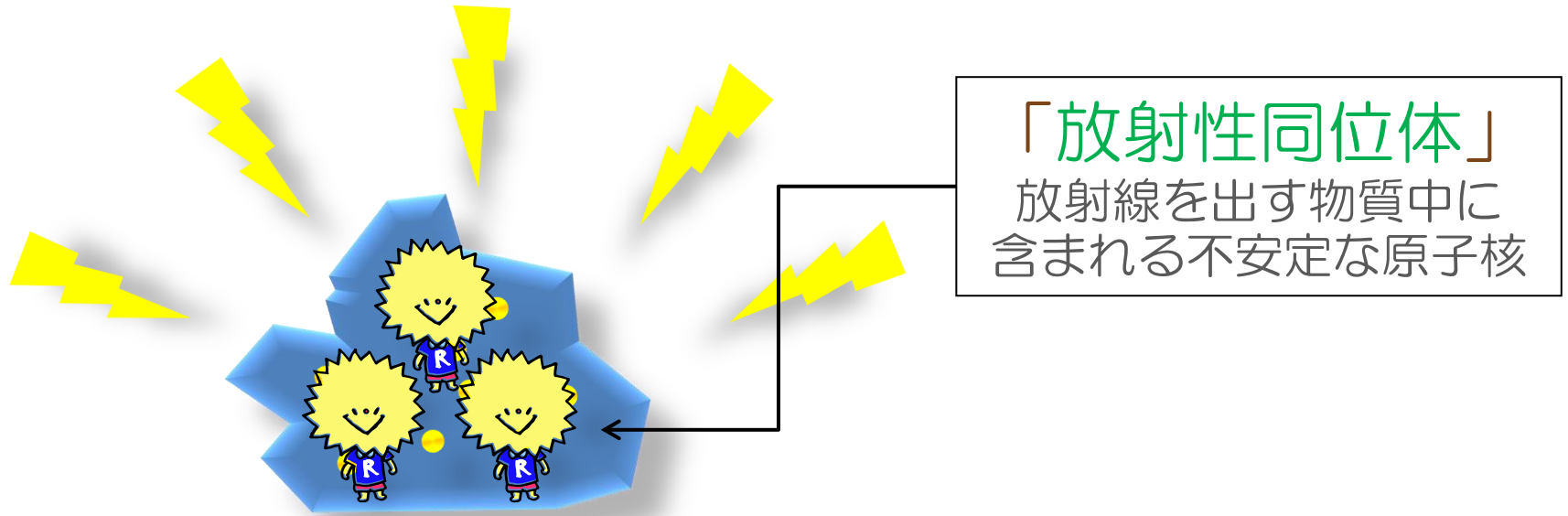
1. 放射性同位体

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？

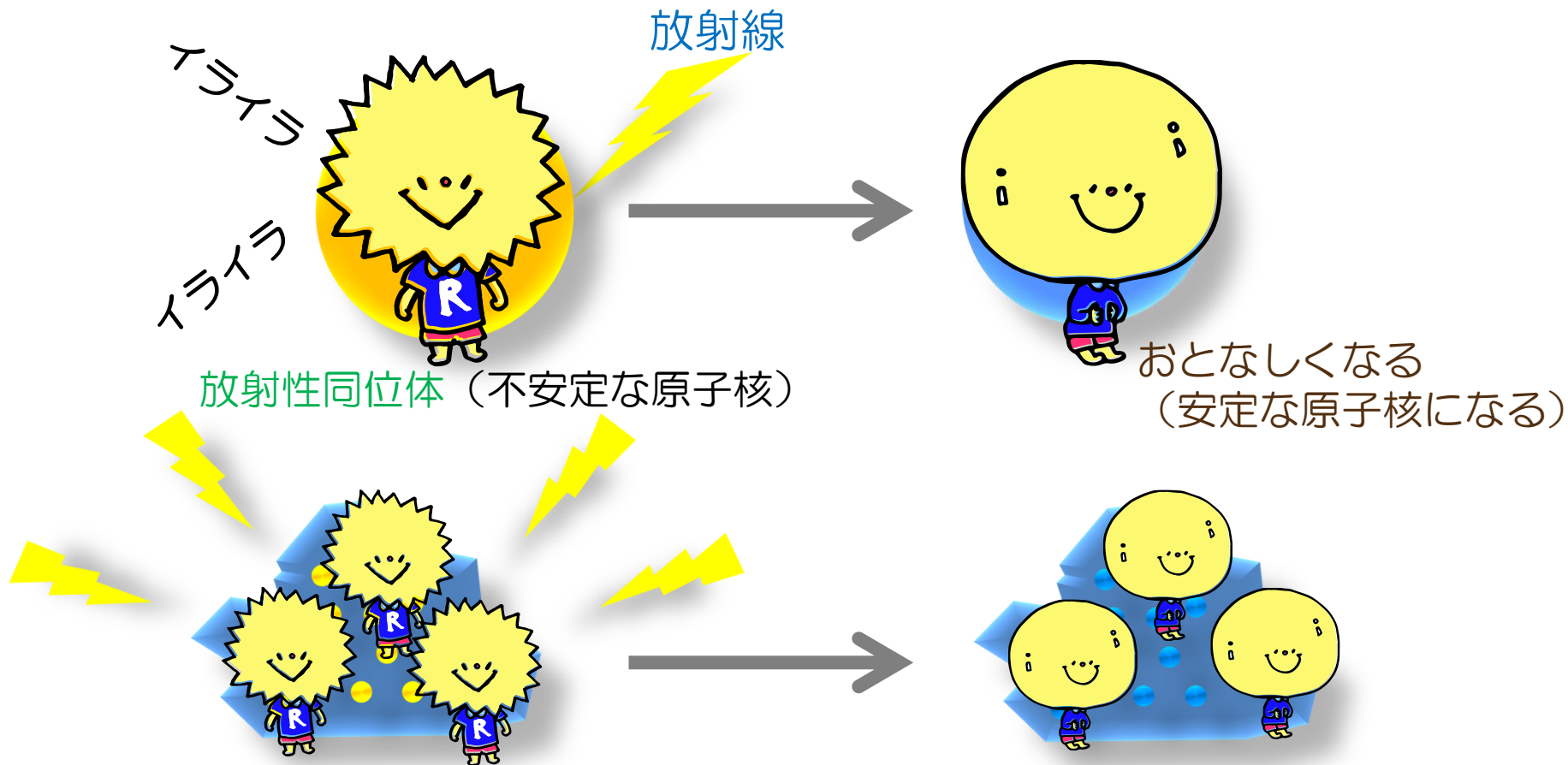


- アールアイ、ラジオアイソトープ ともいう

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）

放射線って何？

放射線＝放射性同位体が出す「エネルギーのかたまり」

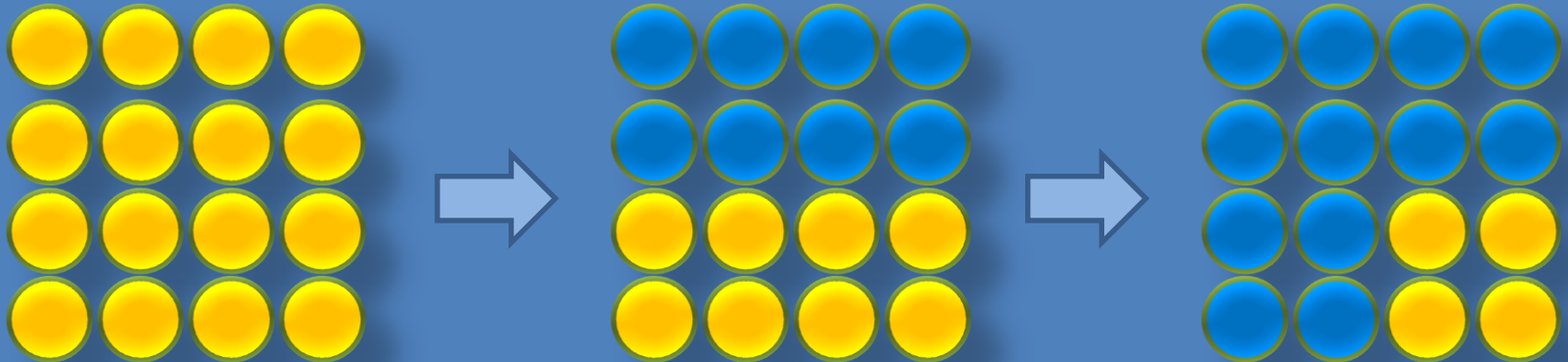


放射性同位体は時間経過とともに無くなる

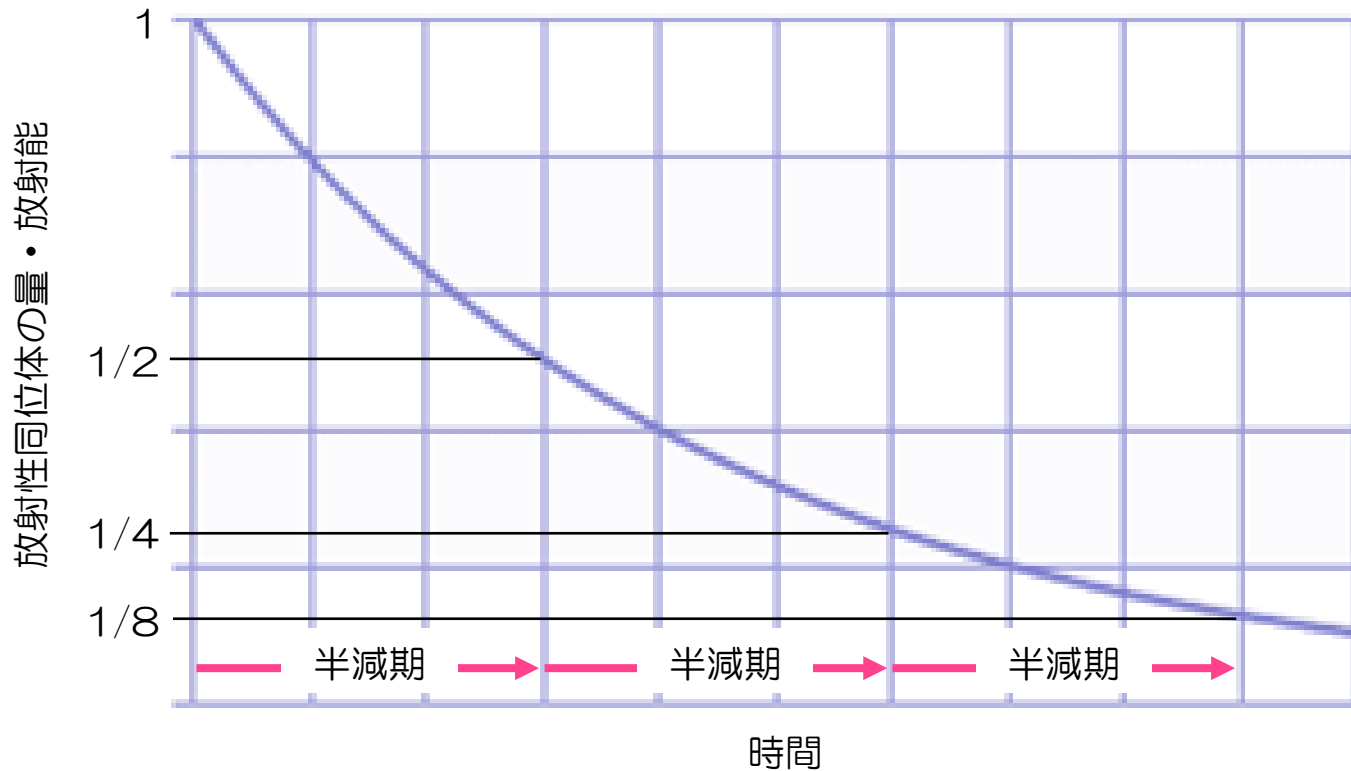
- 放射性同位体は放射線を発し、より安定な核種へと変化して行く（崩壊または壊変といいます）。その崩壊の速度は、放射性同位体の種類によって異なる。

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

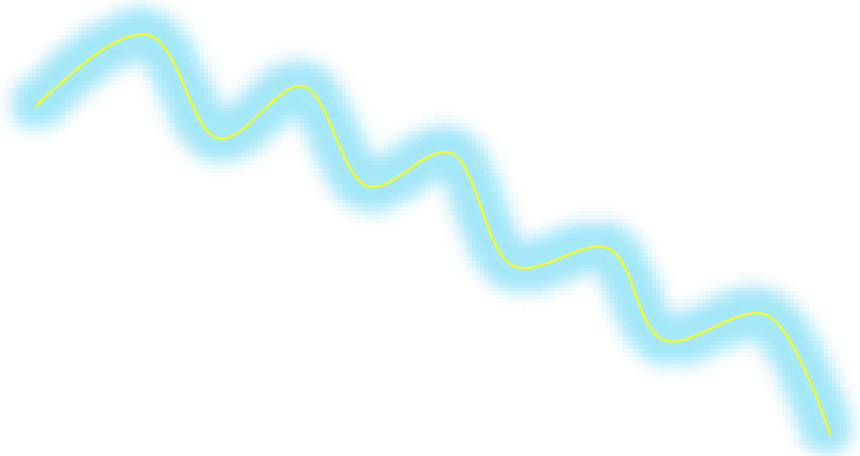


	核種	半減期
福島第一原発事故 で大量に飛散した 放射性同位体	ヨウ素131 (^{131}I)	約8日
	セシウム134 (^{134}Cs)	約2年
	セシウム137 (^{137}Cs)	約30年
天然の 放射性同位体	ラジウム226 (^{226}Ra)	約1,600年
	ラドン222 (^{222}Rn)	約4日
	ウラン238 (^{238}U)	約45億年



放射線にもいろいろな種類があります。

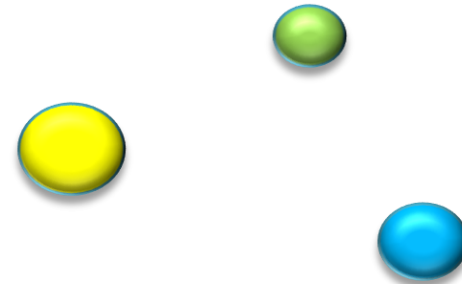
電磁波の仲間



- エックス線
(特性X線, 制動X線)
- ガンマ線
(散乱線,
陽電子消滅放射線)

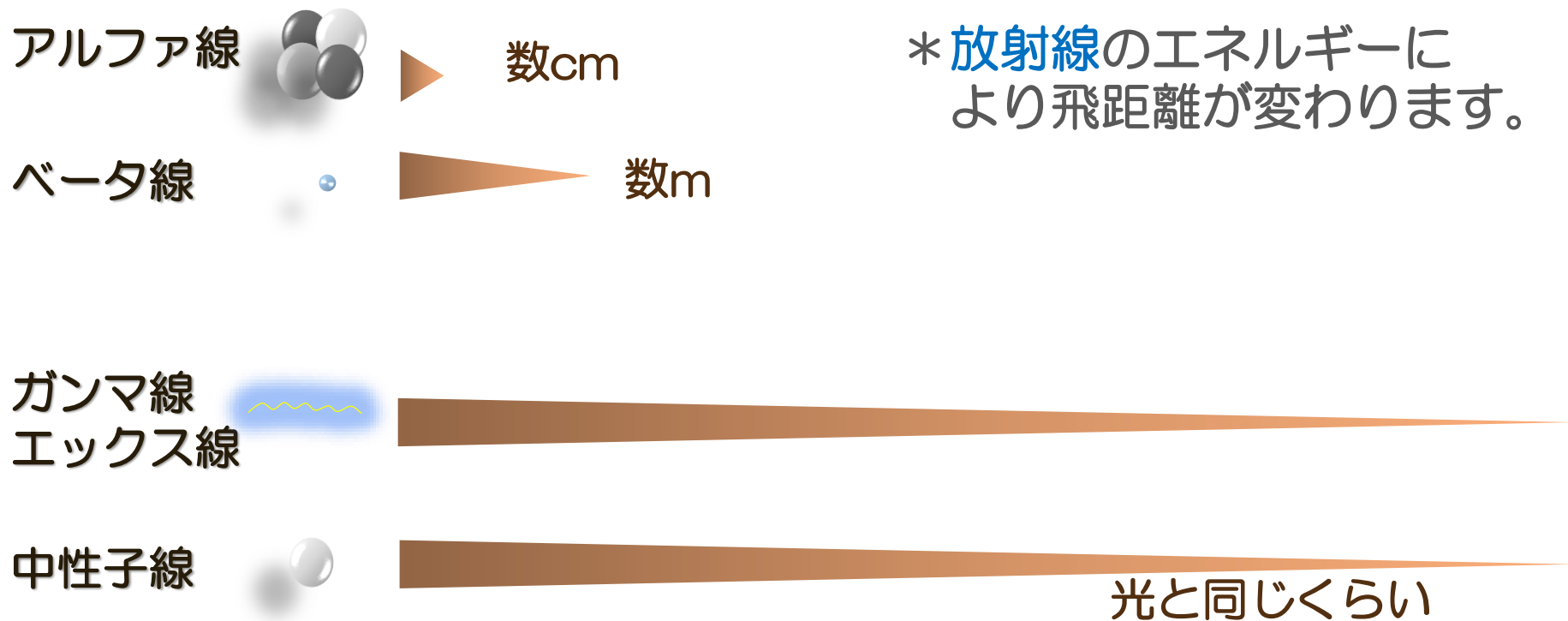
* ガンマ線やエックス線は光子 (電磁波)

粒子線の仲間



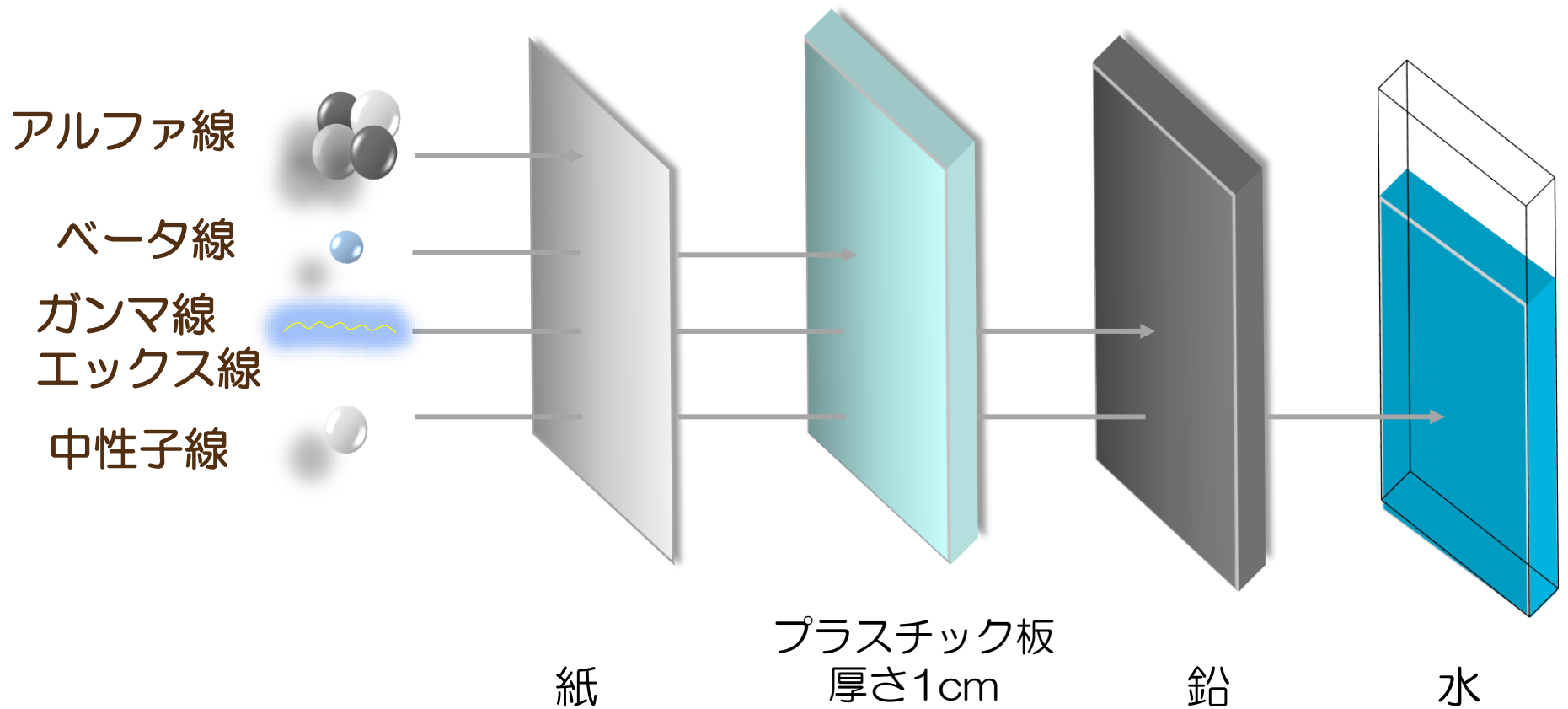
- アルファ線 (He原子核)
- ベータ線 (電子)
- 陽電子線 (陽電子)
- 陽子線
- 重イオン線
- 中性子線 など

代表的な放射線と空気中の飛距離



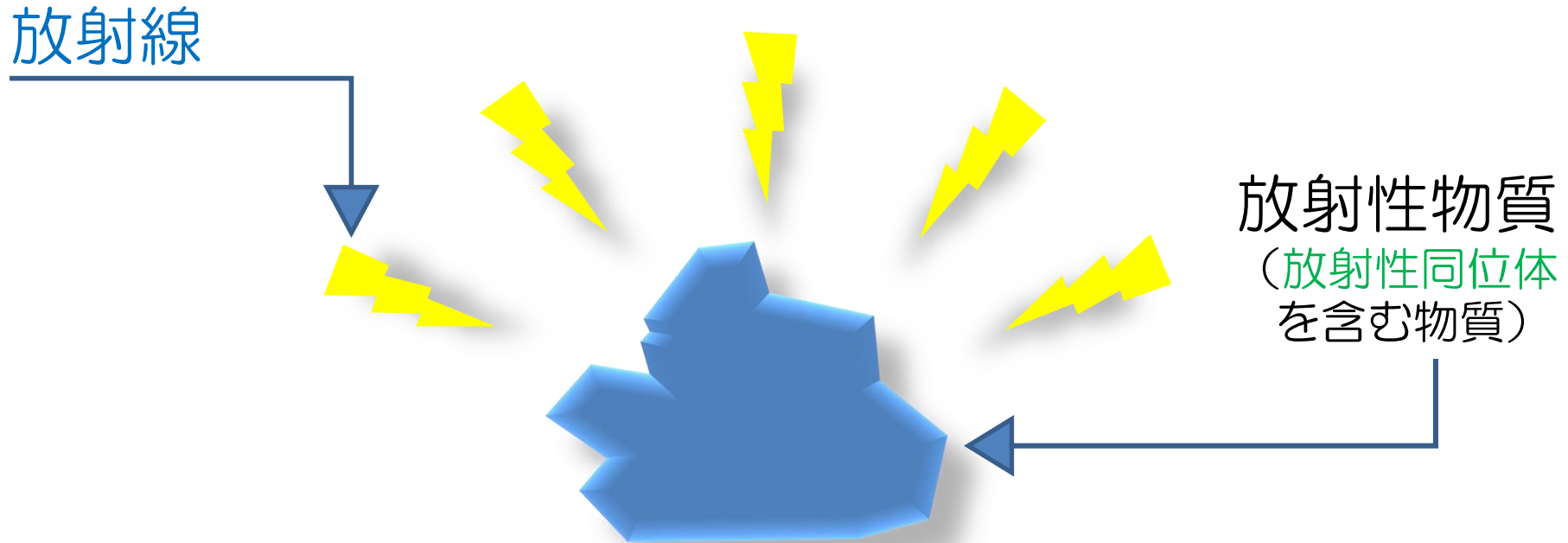
* 放射線の種類により、空気中に漂う物質との相互作用の仕方が異なる。

代表的な放射線と「遮へい」



* 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。

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

トピック

1

放射性物質と
放射線

トピック

2

くらしの中の
放射線

トピック

3

放射線は
あぶないの？

トピック

4

放射線利用の
恩恵とリスク

トピック

5

リスクとどう
向き合うか

皆さんがふだんの暮らしの中で被ばくしている放射線の量をご存知ですか？

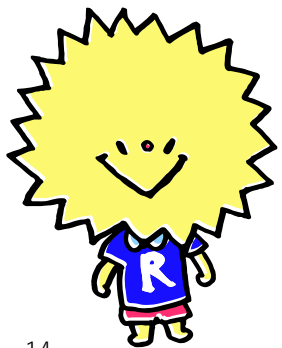
あなたのお部屋は何シーベルト？

シーベルト (Sv) : 放射線リスクの目安
(人間に対してのみ使える単位です)
等価線量…臓器への影響を評価
実効線量…全身への影響を評価 (がん)
線量当量…放射線測定器



あなたのお部屋は何シーベルト？

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 μ Sv)
= 1 mSvの千分の1 (0.001 mSv)
= 1 Svの百万分の1 (0.000001 Sv)

国際宇宙ステーション（ISS）滞在中の宇宙飛行士の被ばく量は…



1日あたり1ミリシーベルト
(約 $40\mu\text{Sv/h}$) *

1日で地球上のおよそ半年分を被ばく



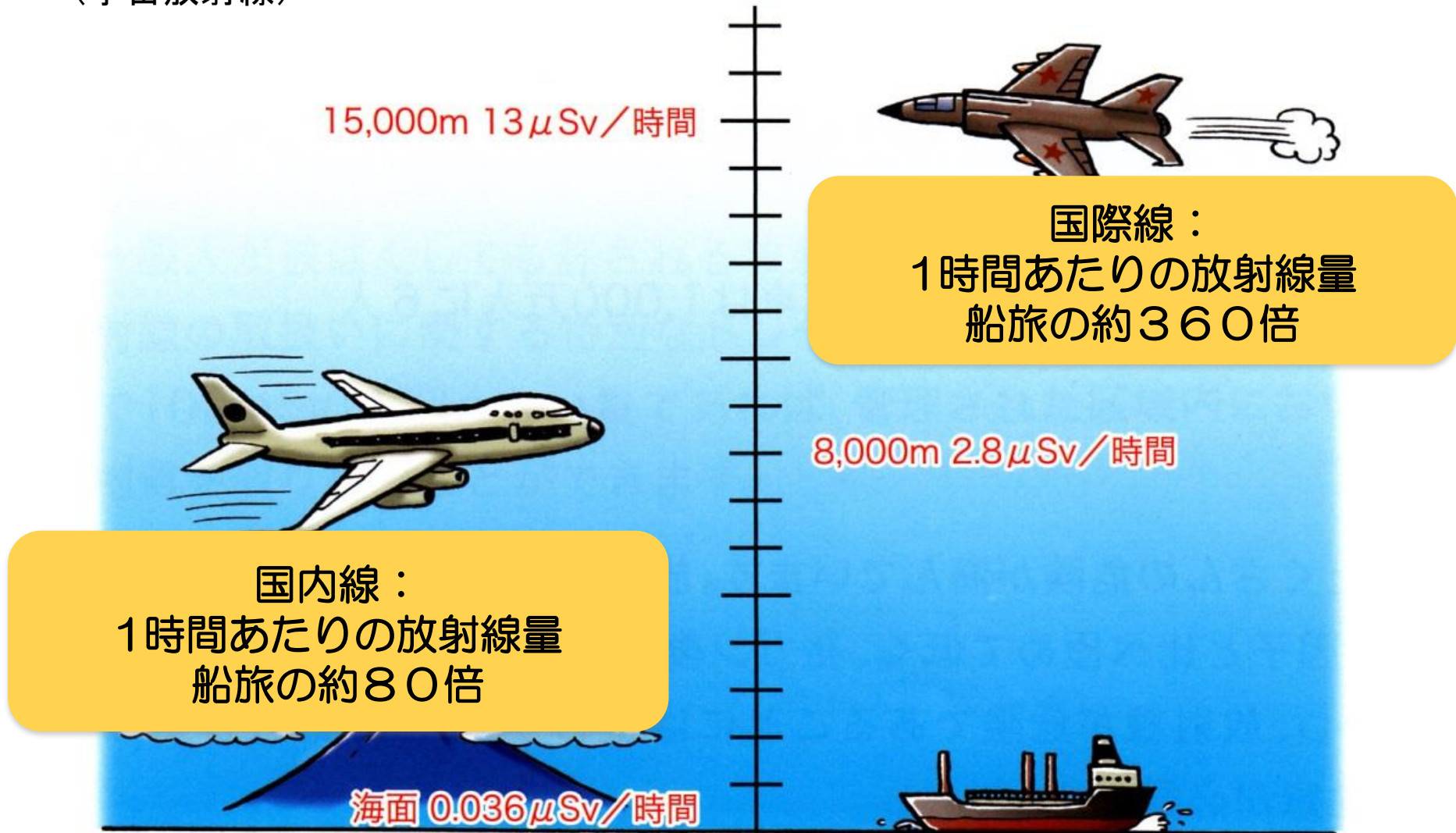
ISS016E032708

* JAXA 広報資料より

飛行機で旅をする

＝宇宙放射線の被ばく量が増える。
(宇宙放射線をさえぎる大気の層が薄くなるため)

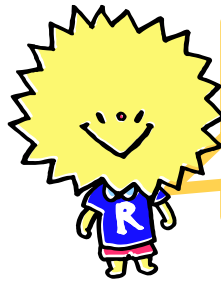
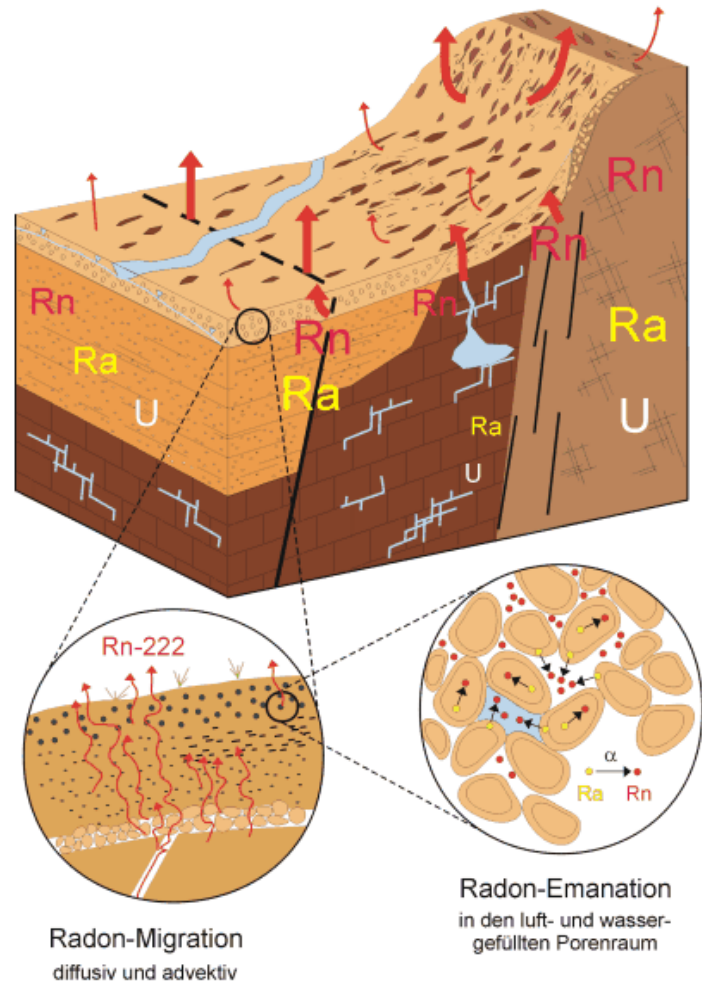
宇宙線の高度変化 (宇宙放射線)



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}Rn
 トロン ^{220}Rn



ラドンは、換気の悪い部屋に
 溜まりやすい！



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)

$0.1 \mu\text{Sv/h}$ 以下であれば緑

京都市から大津市へ抜ける峠道（山中越え）の道中で、
0.1 $\mu\text{Sv/h}$ を超えるところが何か所がありました。これは、地質によるものです。
日本の各地に、天然の放射同位体をたくさん含む地質の場所があります。



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

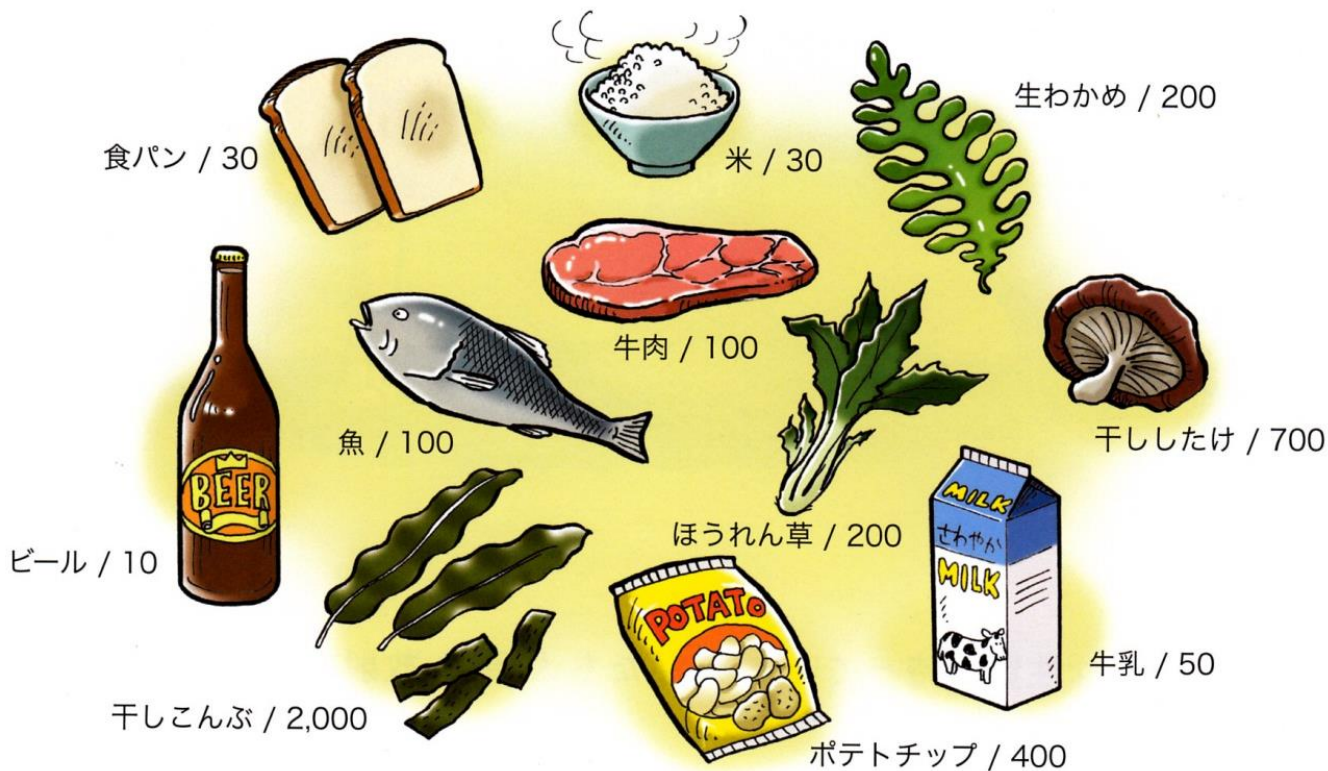
世界の高自然放射線地域

世界には、大地由来の放射線量が高めの地域があります。
このような地域の調査では、放射線による健康被害は見つかっていません。

地 域	年間平均線量 (mSv / y)	最大線量 (mSv / y)
イラン ラムサール	10.2	260
ブラジル ガラパリ	5.5	35
インド ケララ	3.8	35
中国 陽江	3.5	5.4
世界平均	0.50	
日本平均	0.43	1.26

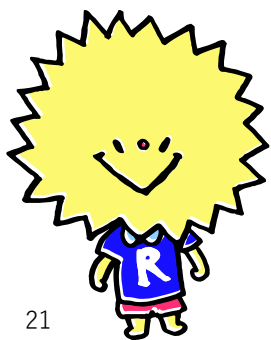
高自然放射線地域の住民と周辺地域の住民とを比較調査した結果、
寿命の短縮やがんの発生などについて、違いは見られなかった。

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}K) です。
K-40はベータ線とガンマ線を放出します。

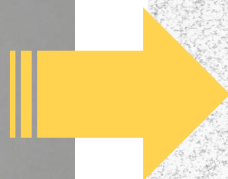


食品中の放射線同位体 ^{40}K の濃度 (ベクレル/kg)

1ベクレル=1秒に1回崩壊すること



北海道利尻産 だし昆布



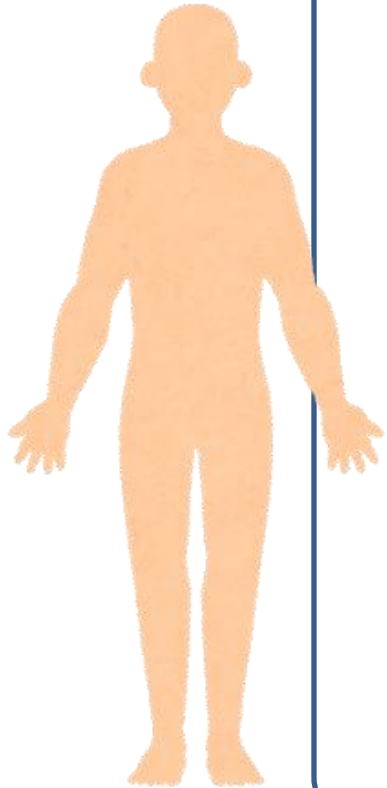
みなさんのからだにも

放射性同位体がふくまれています。

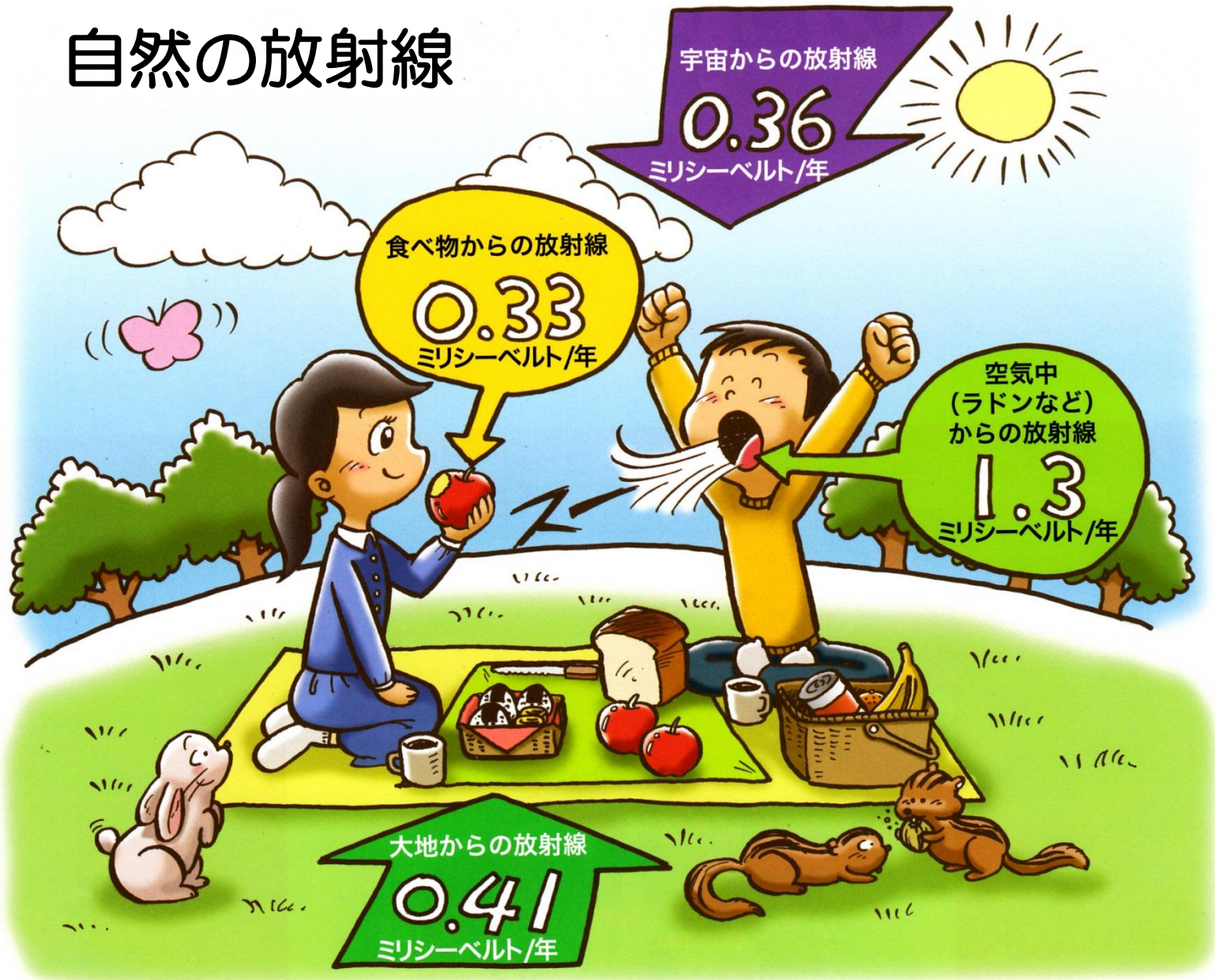
日本人は世界に比べ、魚介類に含まれているPo-210の摂取量が多いとされています。

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



自然の放射線



1年間に1人につき2.40ミリシーベルト (世界の平均値)
1年間に1人につき2.11ミリシーベルト (日本の平均値)

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

トピック

1

放射性物質と
放射線

トピック

2

くらしの中の
放射線

トピック

3

放射線は
あぶないの？

トピック

4

放射線利用の
恩恵とリスク

トピック

5

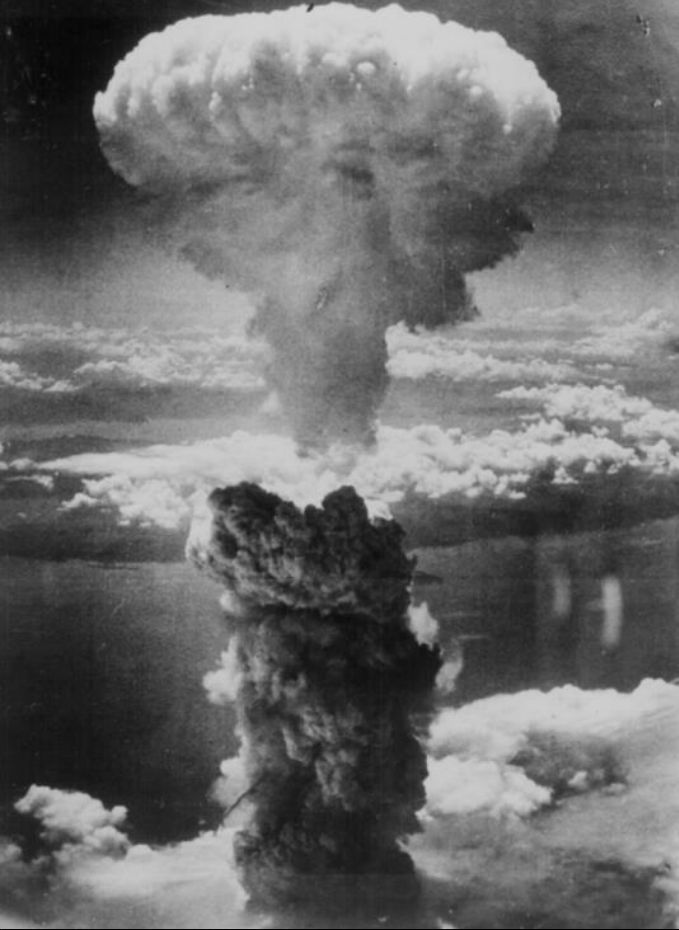
リスクとどう
向き合うか

放射線利用とそのリスク認知の歴史

放射線の利用が進むと同時に、大量の放射線被ばくが人体に悪影響を及ぼすこともわかってきました。

暦年	出来事（発見・被ばく事故の報告例）
1895	11月8日 W.C.レントゲン X線を発見
1896	1月 手のX線皮膚炎
	4月 X線による脱毛、火傷
1902	慢性X線潰瘍による皮膚がん
1911	X線による白血病の誘発
1923	ラジウム顎（内部被ばく）
1924	ラドンガスによる肺がん
1929	ダイアル・ペインターの骨肉種
：	：
1945	広島・長崎への原爆投下

◆ 人類は放射線が人体に及ぼす影響について長年にわたり研究を続けてきました。放射線は、現在知られているさまざまな危険物質の中で、最も詳細に研究され続けてきたものの一つです。そのリスク研究の歴史は大変長きにわたります。



1945年8月6日午前8時15分 広島
1945年8月9日午前11時2分 長崎

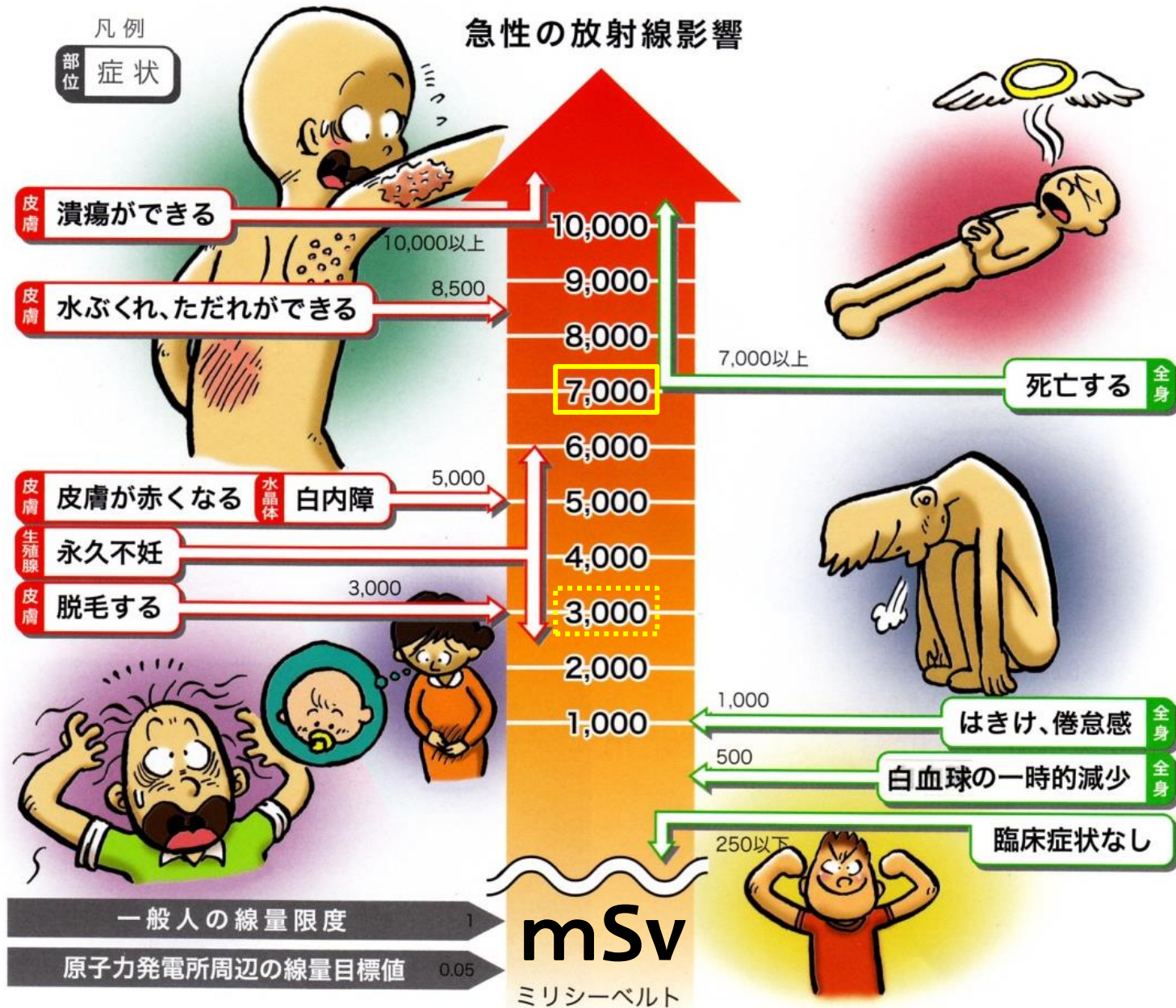


写真：AP Photo/Stanley Troutman

広島爆心地から1km以内の木造家屋内で
被ばくした兵士の例

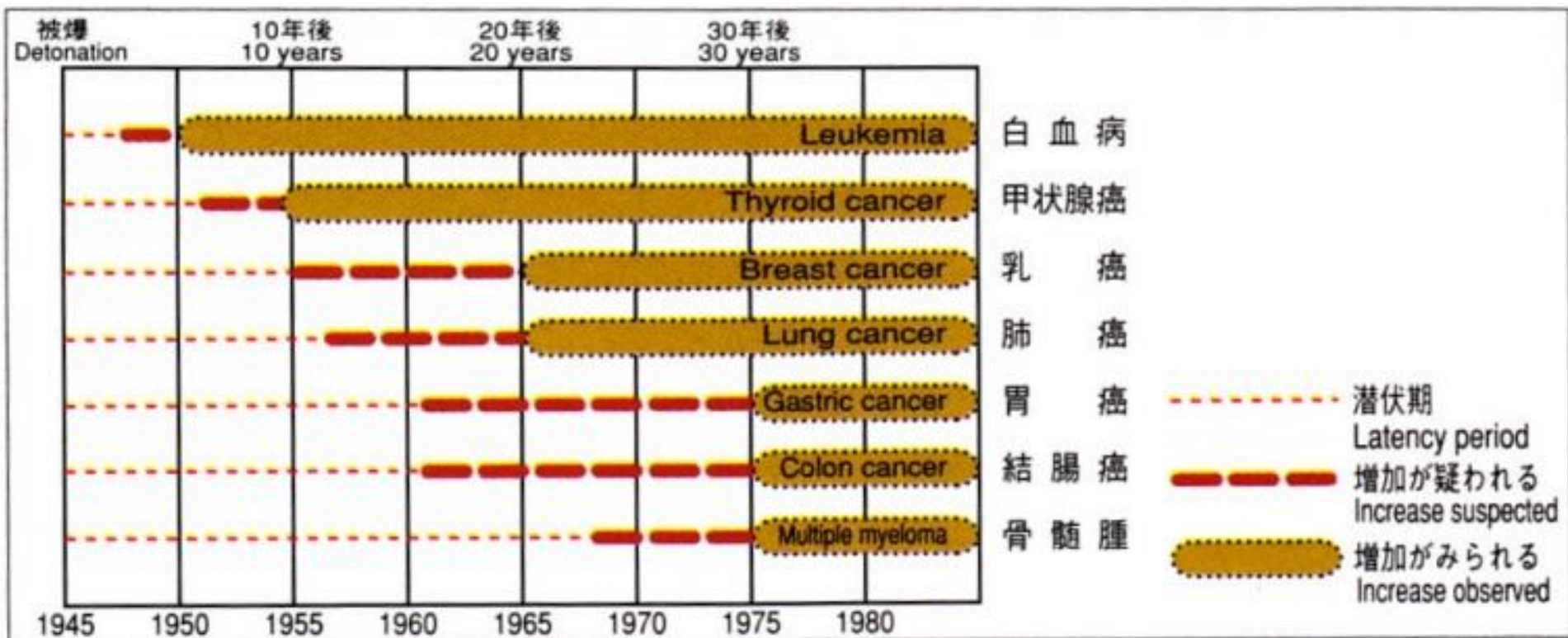
- 12日後 脱毛
- 23日後 皮膚下で出血
- 25日後 発熱
- 28日後 死亡

原爆被爆者の調査や事故の体験などからわかっていること



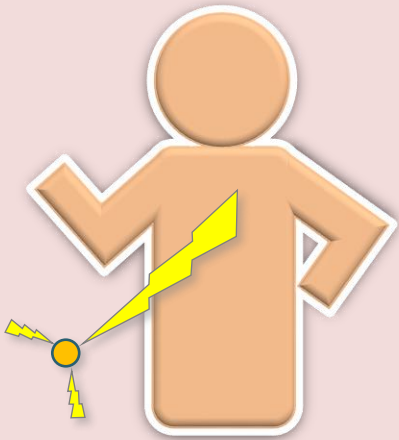
広島・長崎原爆被爆者の疫学調査からわかっていること

晩発影響（数年～数十年後の発ガン）



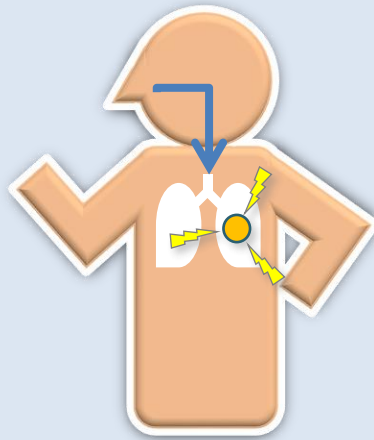
被ばくの経路

外部被ばく

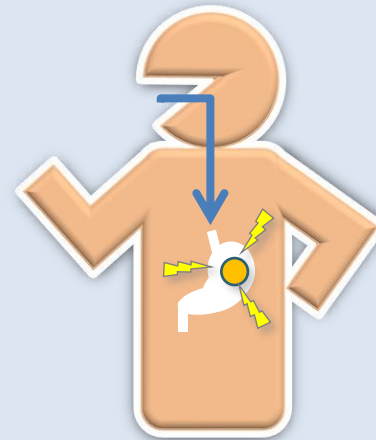


- 放射線源は体外
放射線が体内へ

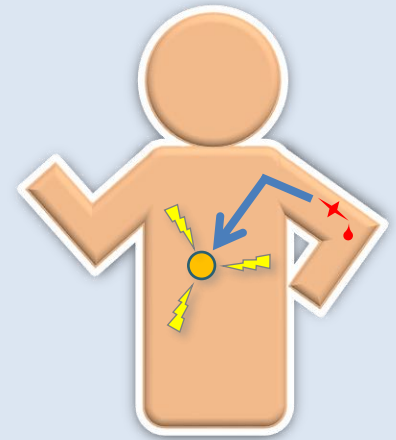
内部被ばく



経気道



経口



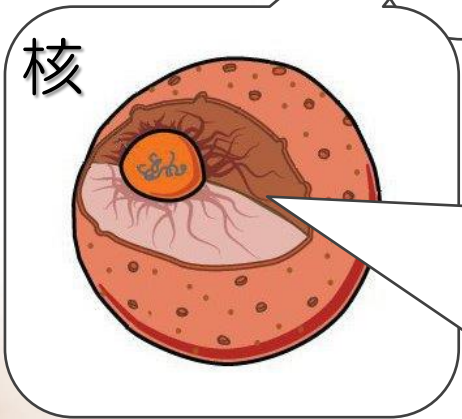
経皮膚

- 体内へ侵入した放射線源由来
の放射線を被ばく

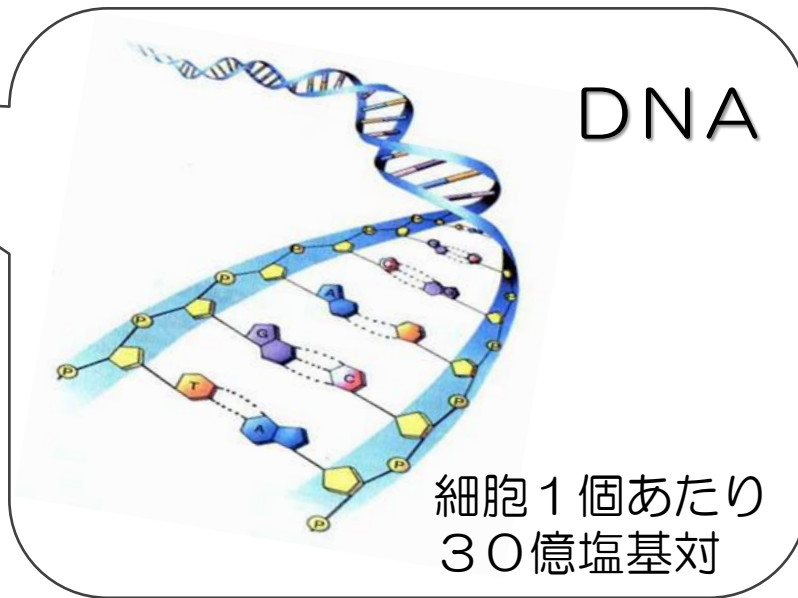


細胞

成人1人あたり
37兆個



核

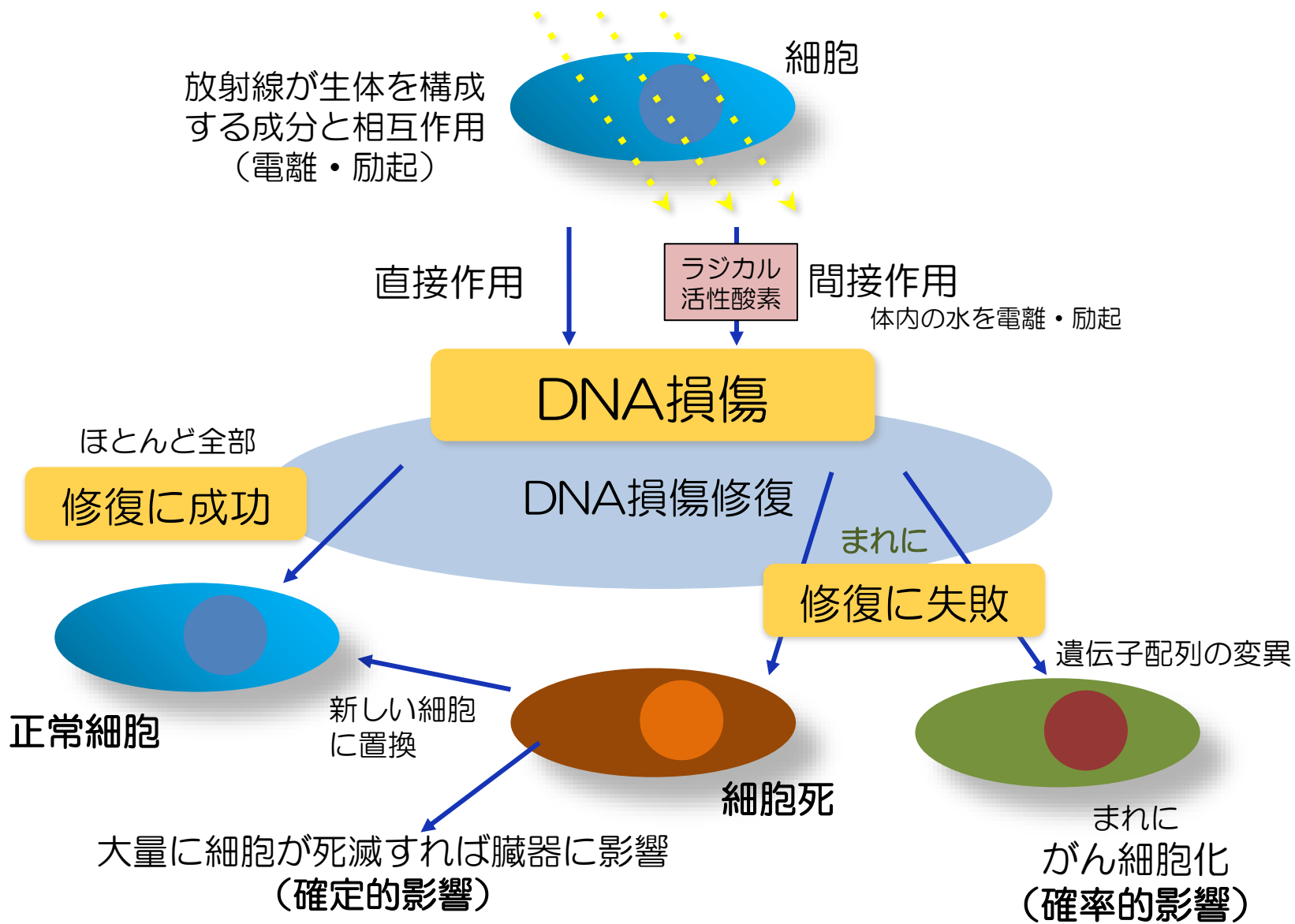


DNA

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



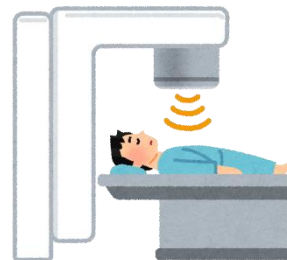
放射線量
多い

…原子爆弾



- 大量の放射線の被ばくは、命を脅かす恐れがあります。
- 放射線が少量の場合は、からだに備わっている仕組みが機能するので被ばくによる悪影響はありません。

…医療や工業で使う放射線



少ない

…自然の放射線



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

トピック

1

放射性物質と
放射線

トピック

2

くらしの中の
放射線

トピック

3

放射線は
あぶないの？

トピック

4

放射線利用の
恩恵とリスク

トピック

5

リスクとどう
向き合うか

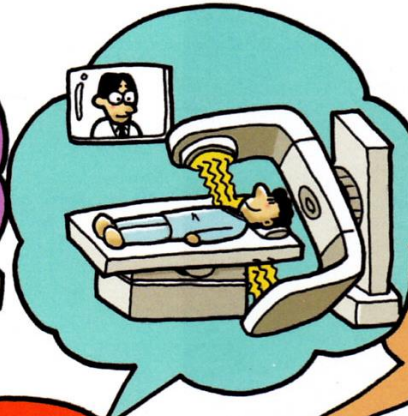
レントゲン撮影



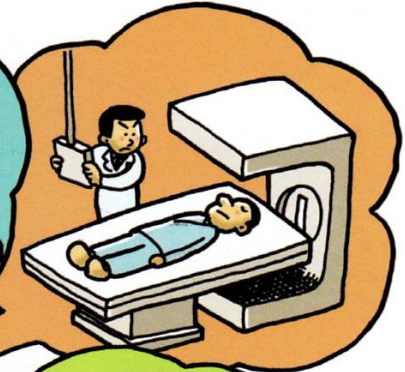
ポジトロン断層診断



放射線治療



加速器でガン治療



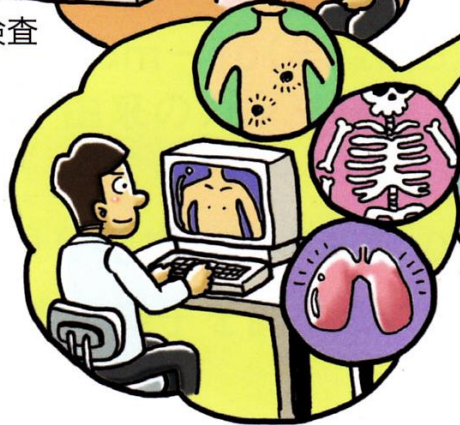
医学 利用



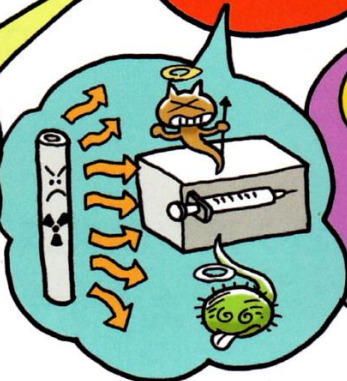
ガンマナイフ



インビドロ検査



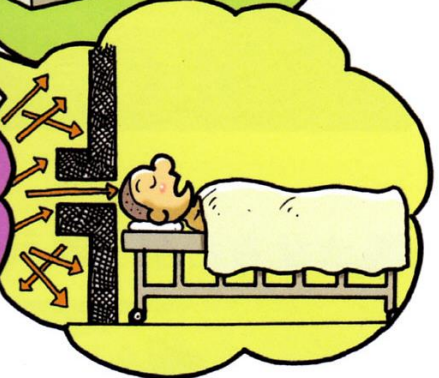
インビボ検査



滅菌消毒



ヨードカプセル



原子炉の中性子を利用した
脳腫瘍の治療



▶ 医療や研究だけでは
ありません。

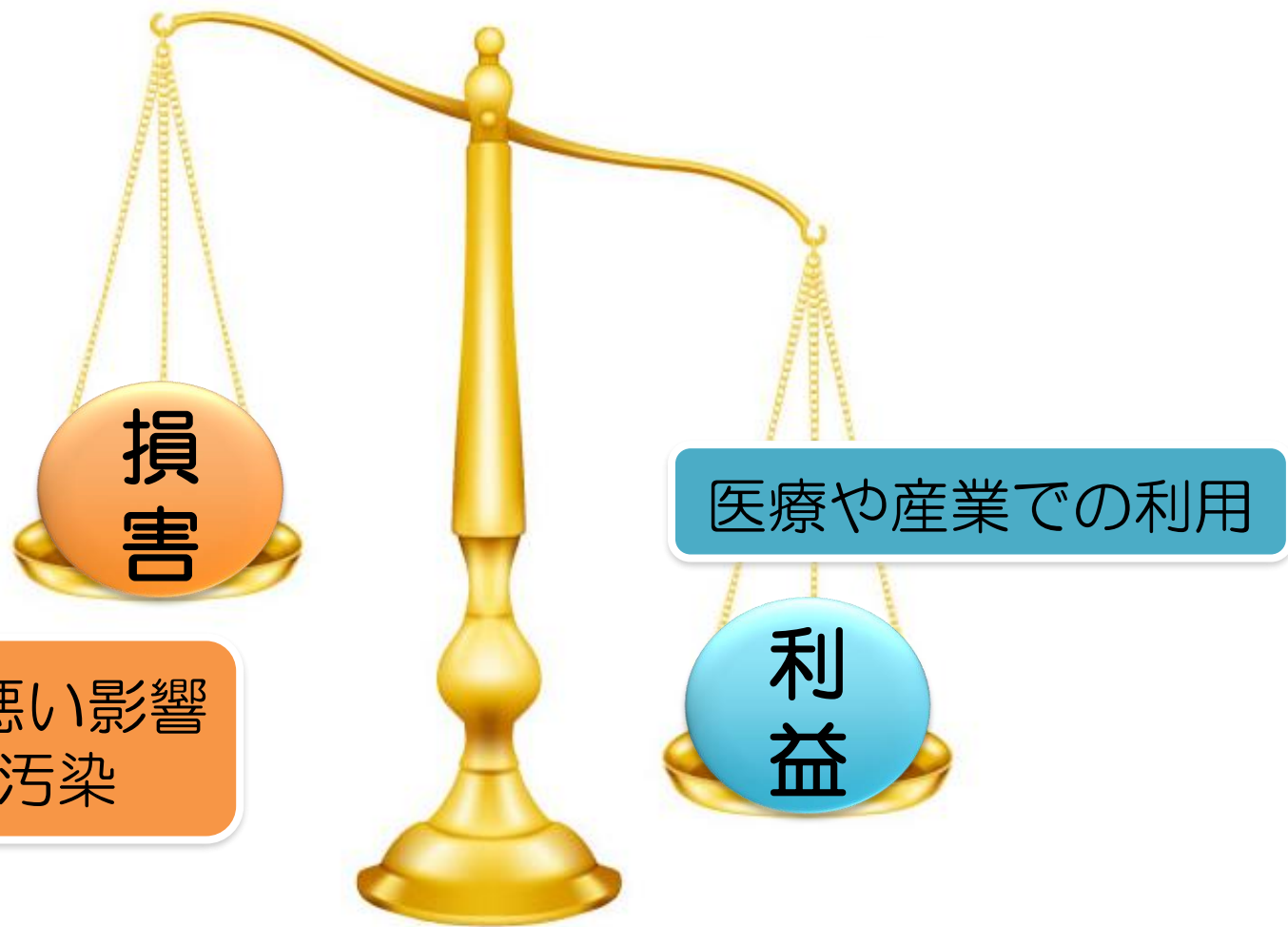
▶ 放射性同位体

や放射線は

工業や**農業**など

様々な分野で

活用されています。

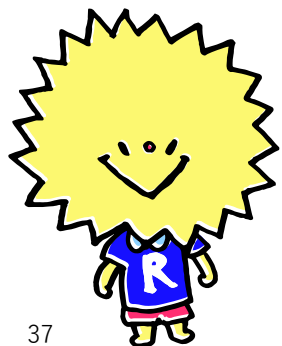


人体への悪い影響
環境の汚染

医療や産業での利用

利益

放射線はたくさんあると危険。
その一方で、上手に使えば人の役に立ちます。
ですから、バランスを考えて使うことが大切！



2020



Nikkei ASIA
<https://asia.nikkei.com/Business/Technology/Japan-s-plan-to-dump-Fukushima-water-into-sea-raises-alarm>

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

← → ↻ 🔒 tepco.co.jp/insidefukushimadaichi/

☆ 📍 🇯🇵 🇺🇸 🇬🇧

JAPANESE | ENGLISH

INSIDE

Fukushima Daiichi

[廃炉の現場をめぐるバーチャルツアー]

TOUR START >

ABOUT >

■ 横内のMAPは、こちらから

↓
SCROLL

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

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)



原子力災害時に飛散する代表的なR I

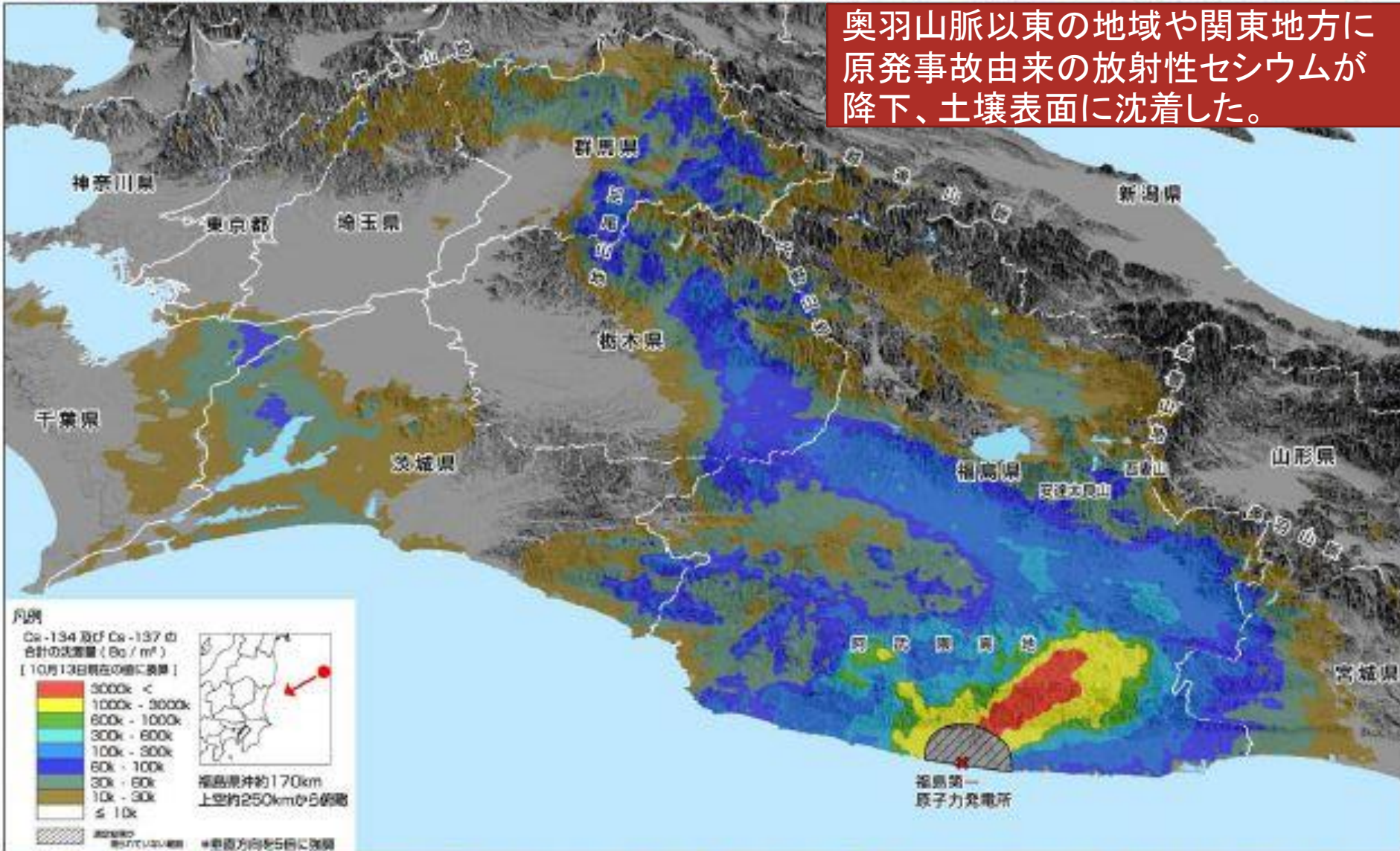
核種	放出放射線	半減期	生物学的半減期	集積する臓器
ヨウ素131	$\beta \cdot \gamma$	8日	甲状腺：120日 その他：12日	甲状腺
セシウム137	$\beta \cdot \gamma$	30年	70~100日	筋肉など 全身
セシウム134	$\beta \cdot \gamma$	2年		
ストロンチウム90	β	29年	50年	骨
プルトニウム239	$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$	24100年	数十日~50年	肝臓、骨

チェルノブイリ原発事故では、ヨウ素131の大量被ばくにより「甲状腺がん」になる子供が事故から5年後に増加しました。そこで、福島県では事故当時18歳以下だった者36万人について超音波を使った甲状腺検査を2年おきに実施し続けています。

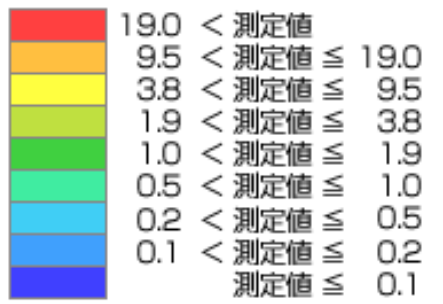
航空機モニタリングで測定された放射性セシウム134と137の沈着量と地形の関係

○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。

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。



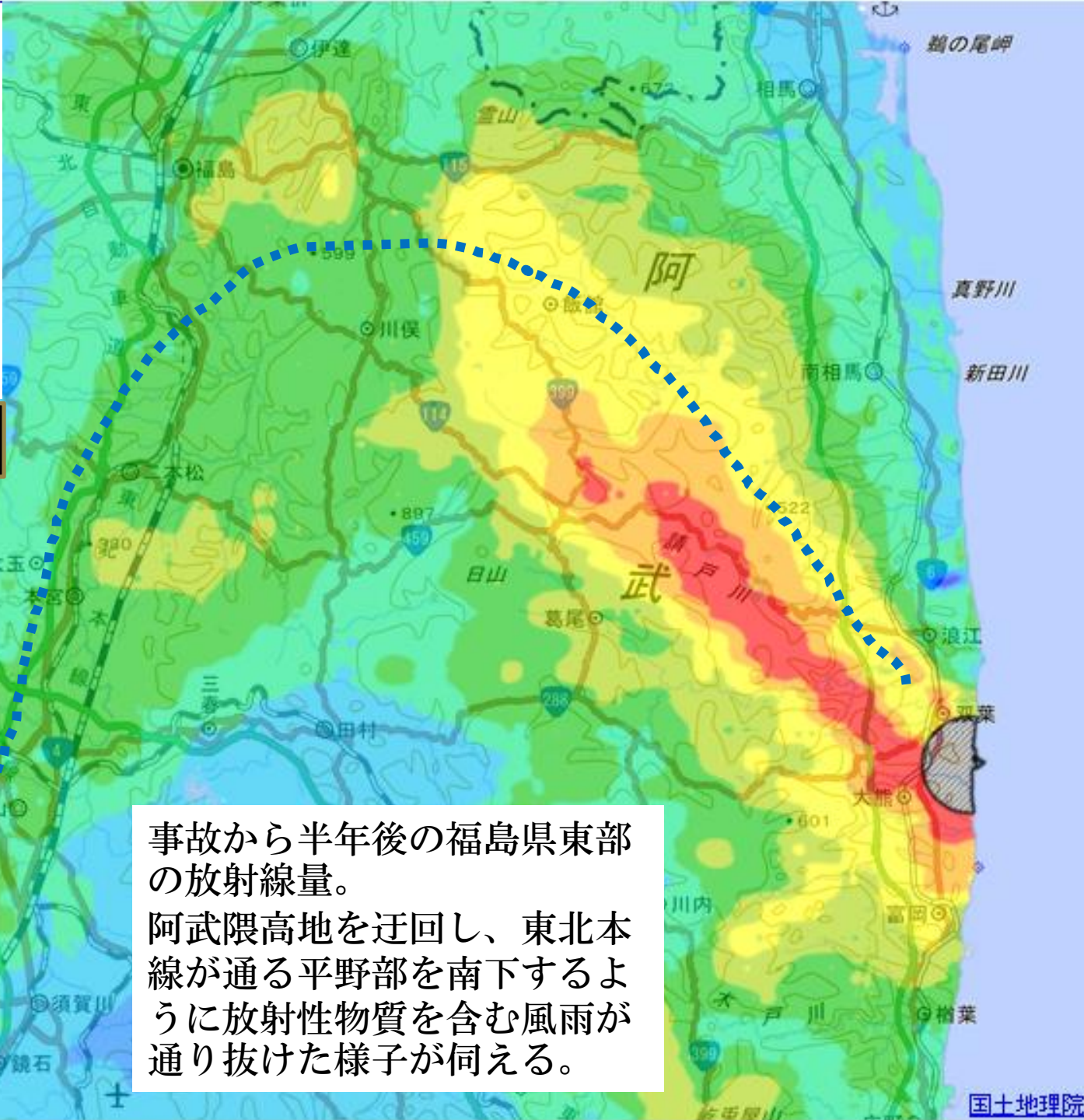
地表面から1mの高さの
空間線量率(μSv/h)



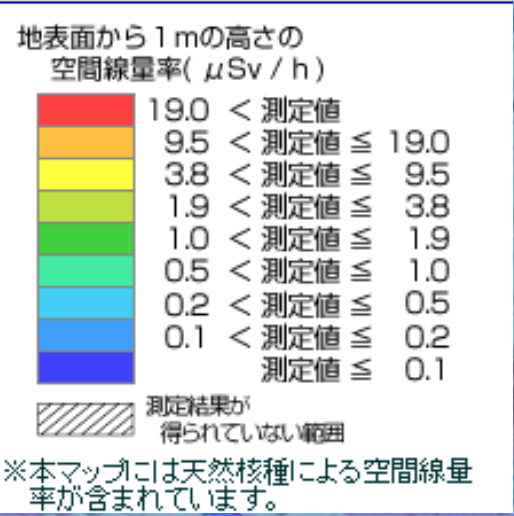
測定結果が
得られていない範囲

※本マップには天然核種による空間線量
率が含まれています。

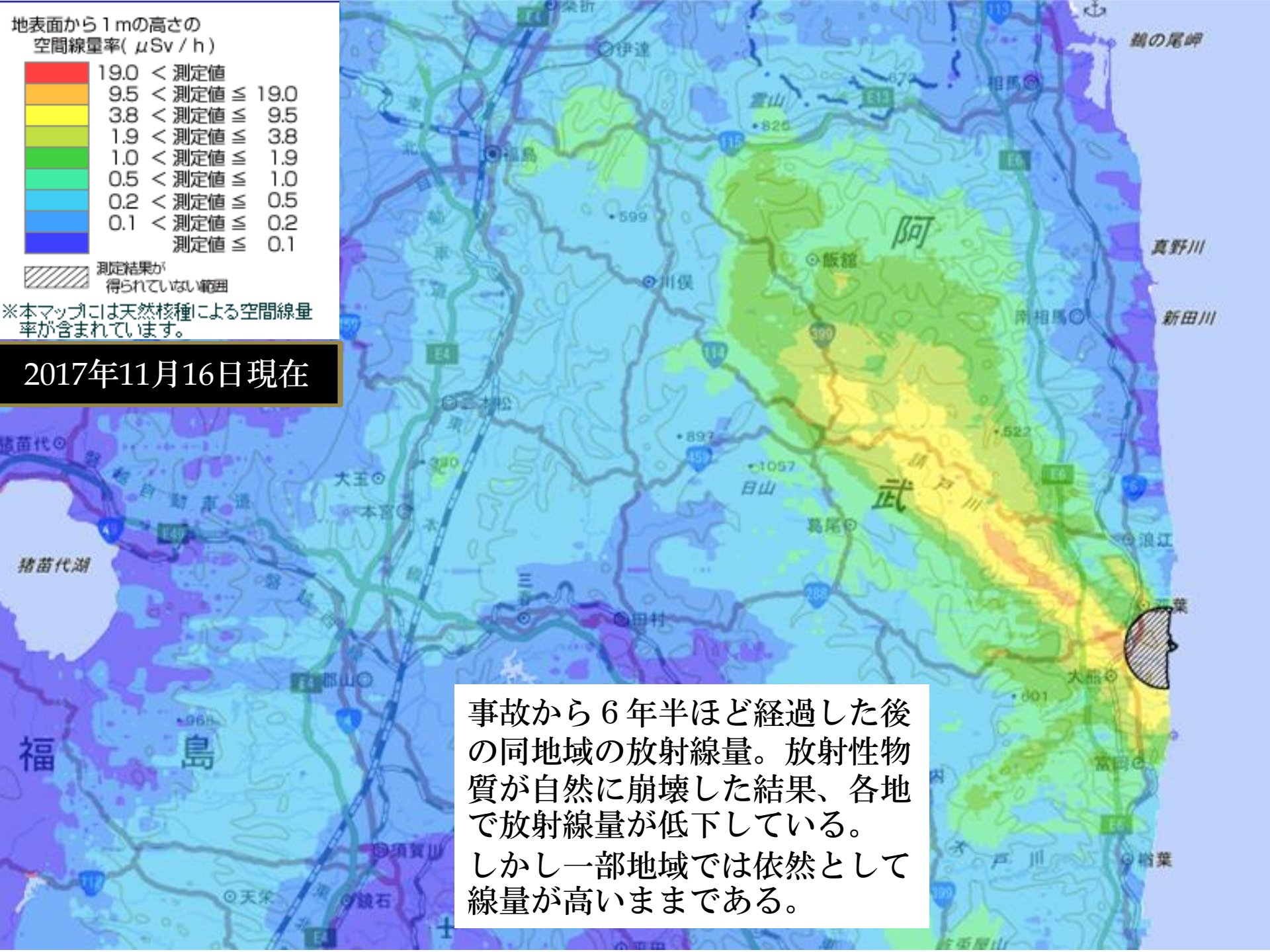
2011年11月5日



事故から半年後の福島県東部の放射線量。
阿武隈高地を迂回し、東北本線が通る平野部を南下するように放射性物質を含む風雨が通り抜けた様子が伺える。



2017年11月16日現在



事故から6年半ほど経過した後の同地域の放射線量。放射性物質が自然に崩壊した結果、各地で放射線量が低下している。しかし一部地域では依然として線量が高いままである。

2016年10月28日時点 における避難区域

帰還困難区域

バリケードで封鎖
立ち入るため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

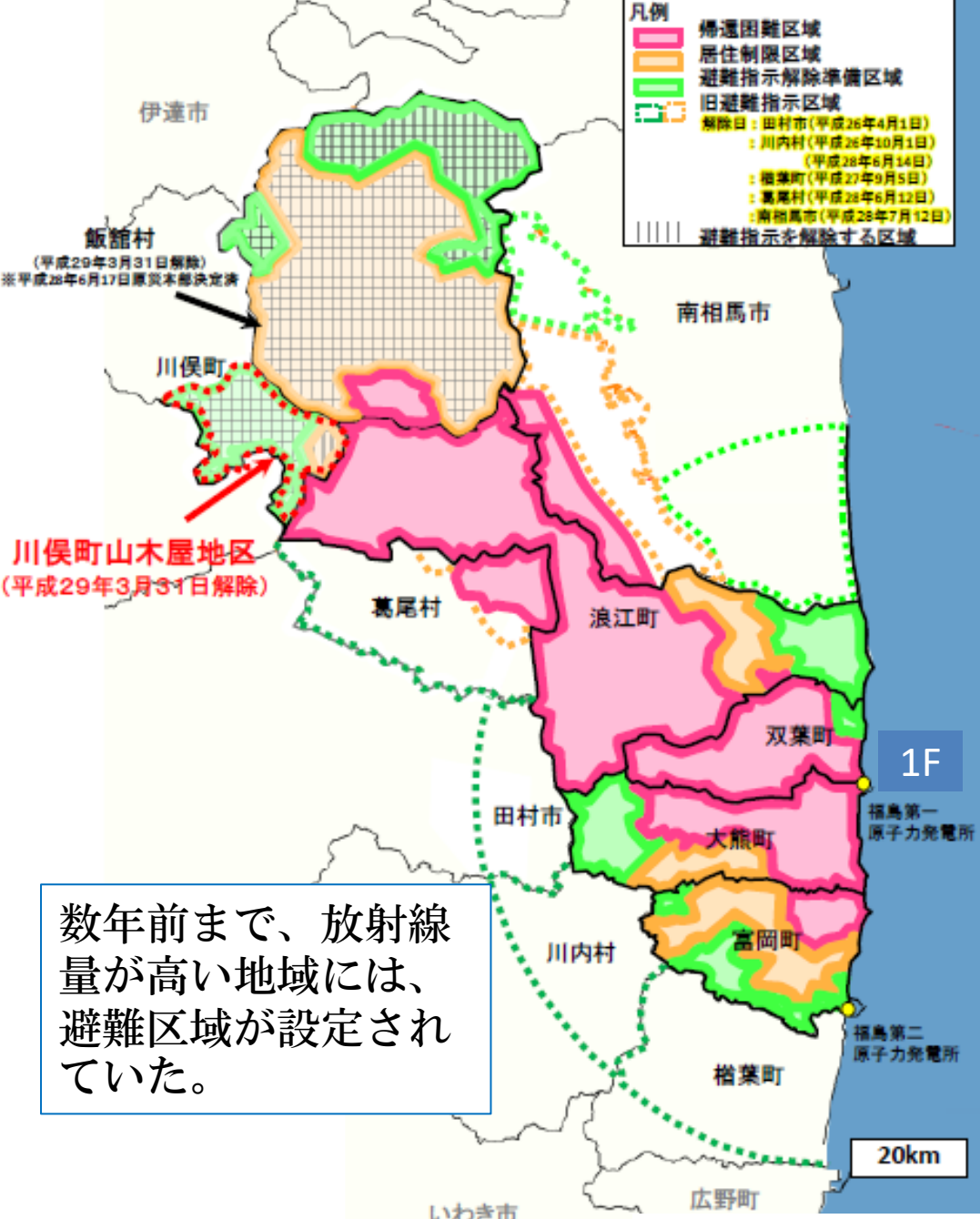
居住は可能

凡例

- 帰還困難区域
- 居住制限区域
- 避難指示解除準備区域
- 旧避難指示区域

解除日：田村市(平成26年4月1日)
川内村(平成26年10月1日)
福葉町(平成28年6月14日)
葛尾村(平成27年9月5日)
葛尾村(平成26年6月12日)
南相馬市(平成26年7月12日)

避難指示を解除する区域



川俣町山木屋地区
(平成29年3月31日解除)

数年前まで、放射線量が高い地域には、避難区域が設定されていた。

28 Oct. 2016

避難指示区域の概念図

令和2年3月10日時点 双葉町・大熊町・富岡町の避難指示区域の解除後



現在、帰還困難区域以外であれば、住民の帰還が可能となっている。

JR常磐線、JH常磐道なども既に開通している。


多くの地域でインフラも復旧し、学校や病院なども再開した。

ところが今も、ほとんどの住民が帰還しないままである。

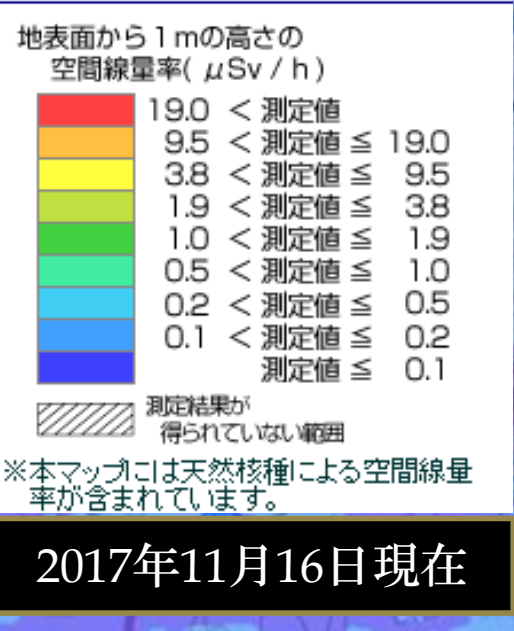
どうしてだと思いますか？

A group of people, including a woman in a white dress and several others in work clothes, are working in a field of tall green grass. The background shows a road, utility poles, and a line of trees under a dark sky.

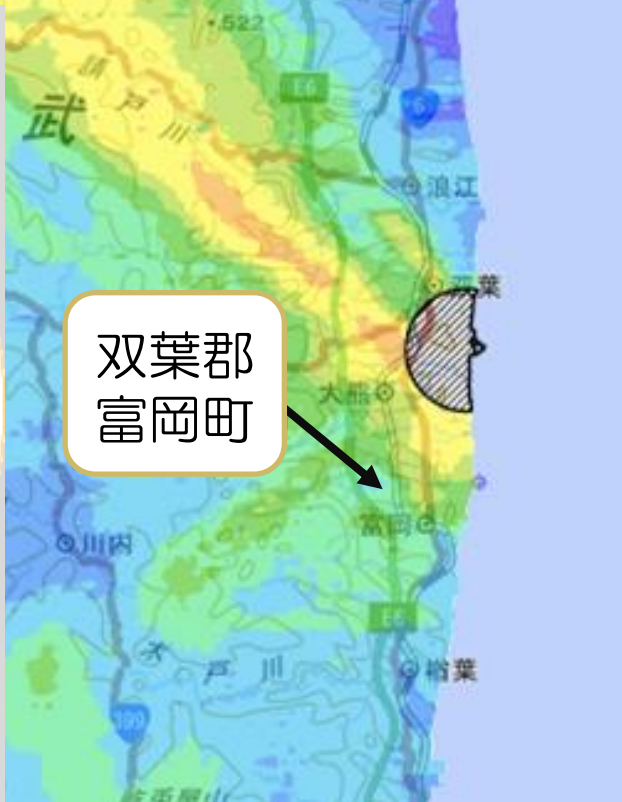
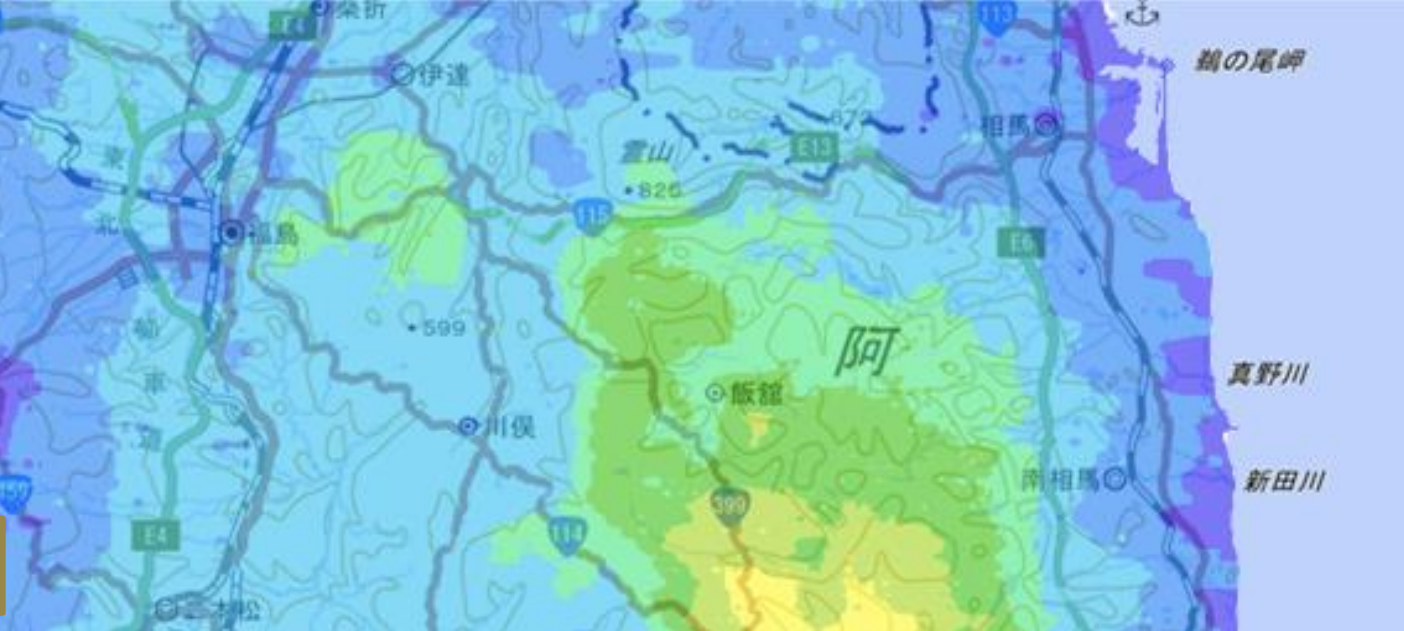
富岡町のあるお宅を見つめ続けて

A woman in a grey long-sleeved shirt and a blue and white plaid skirt is standing in a traditional Japanese home. In the background, there is a red-covered altar with several small figures on it. The room has wooden walls and a sliding door.

現在も続く原発事故がもたらした社会的課題



2017年11月16日現在



国際共同研究棟
〔H29.3完成予定〕

役場（保健センター・本庁舎）
〔H27.10一部再開・H29.4本格再開〕

デイサービスセンター
〔H29.4再開目標〕

総合福祉センター
（社会福祉協議会）
〔H29.4再開目標〕

交流サロン
〔H27.10開設〕

複合商業施設
〔H28秋再開目標〕

富岡駅前整備（ロータリーなど）
〔H29.1整備目標〕

JR富岡駅（竜田駅～富岡駅）
〔H30.3以内を目途にできるだけ早い時期に再開〕

文化交流センター（学びの森）
〔H30.4再開目標〕

公設診療所
〔H28秋開所目標〕

災害公営住宅
〔H29.4から順次入居開始目標〕

県道広野小高線（県事業）
〔H27年度事業着手〕

教育施設（幼稚園・学校）
〔H29.3改修完了目標〕

海岸防災林（県事業）
〔H27年度事業着手〕

富岡川（県事業）
〔H30.3改修完了目標〕

富岡漁港（県事業）
〔H30.3改修完了目標〕

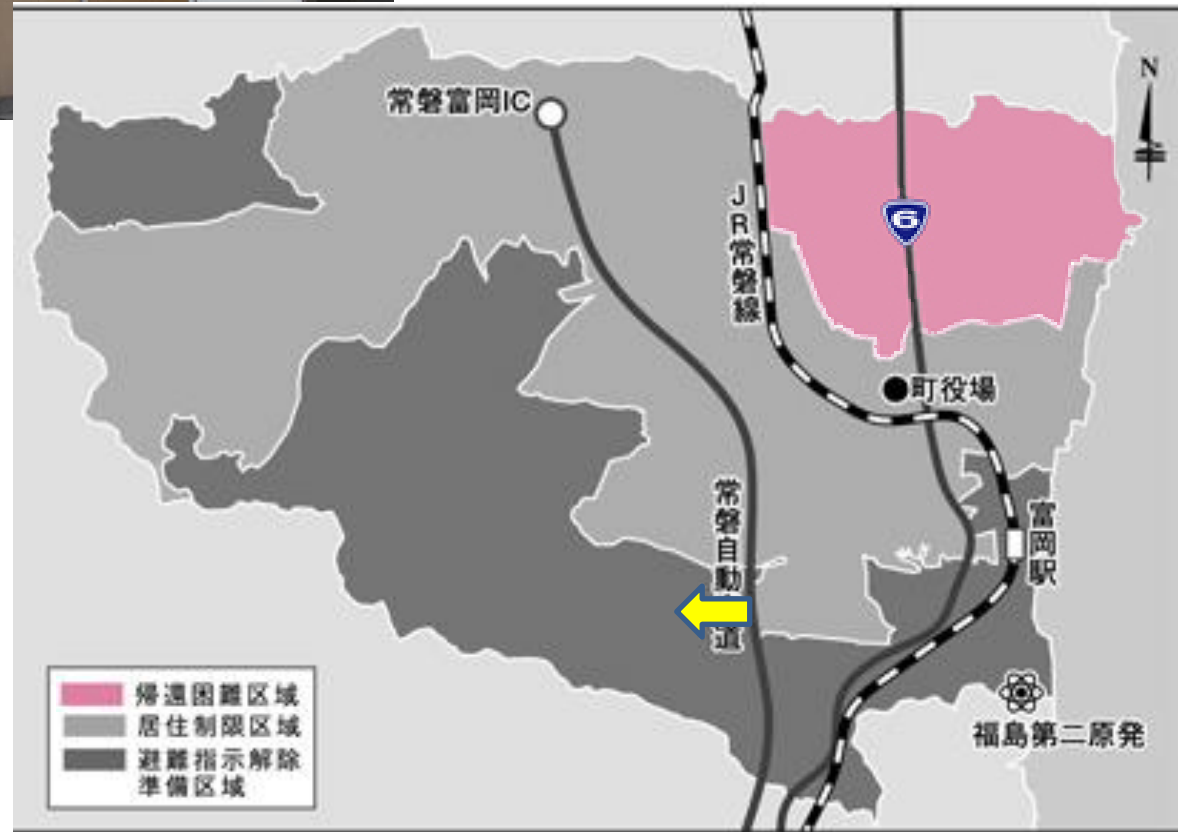
毛萇仏浜地区海岸（県事業）
〔H30.3改修完了目標〕

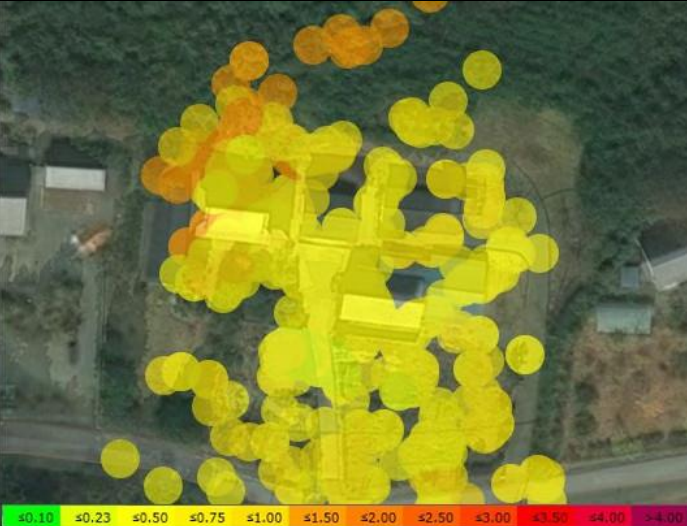


富岡町岩井戸「ワタナベ様宅」(震災前は自宅で糶店を経営)



- 第1回 2016/11/22
- 第2回 2017/2/26
- 第3回 2017/9/13
- 第4回 2018/3/25
- 第5回 2019/8/20
- 第6回 2020/8/31
- 第7回 2021/8/23






空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$), 地上高1m付近



2016.11.22
Tomioka, Iwaido

The illustration shows a brown hillside on the left with four green trees of varying heights. On the right, there is a brown building with a grey roof and a taller brown building. Yellow circles with white outlines are scattered across the scene, representing radioactive hotspots. A yellow speech bubble points from the text to a cluster of these hotspots near the buildings.

傾斜地の際付近はホットスポット（局所的に放射線量が高い場所）が発生しやすい。ホットスポットは一度除染しても、雨が降れば再び発生しやすい。

ホットスポット！！

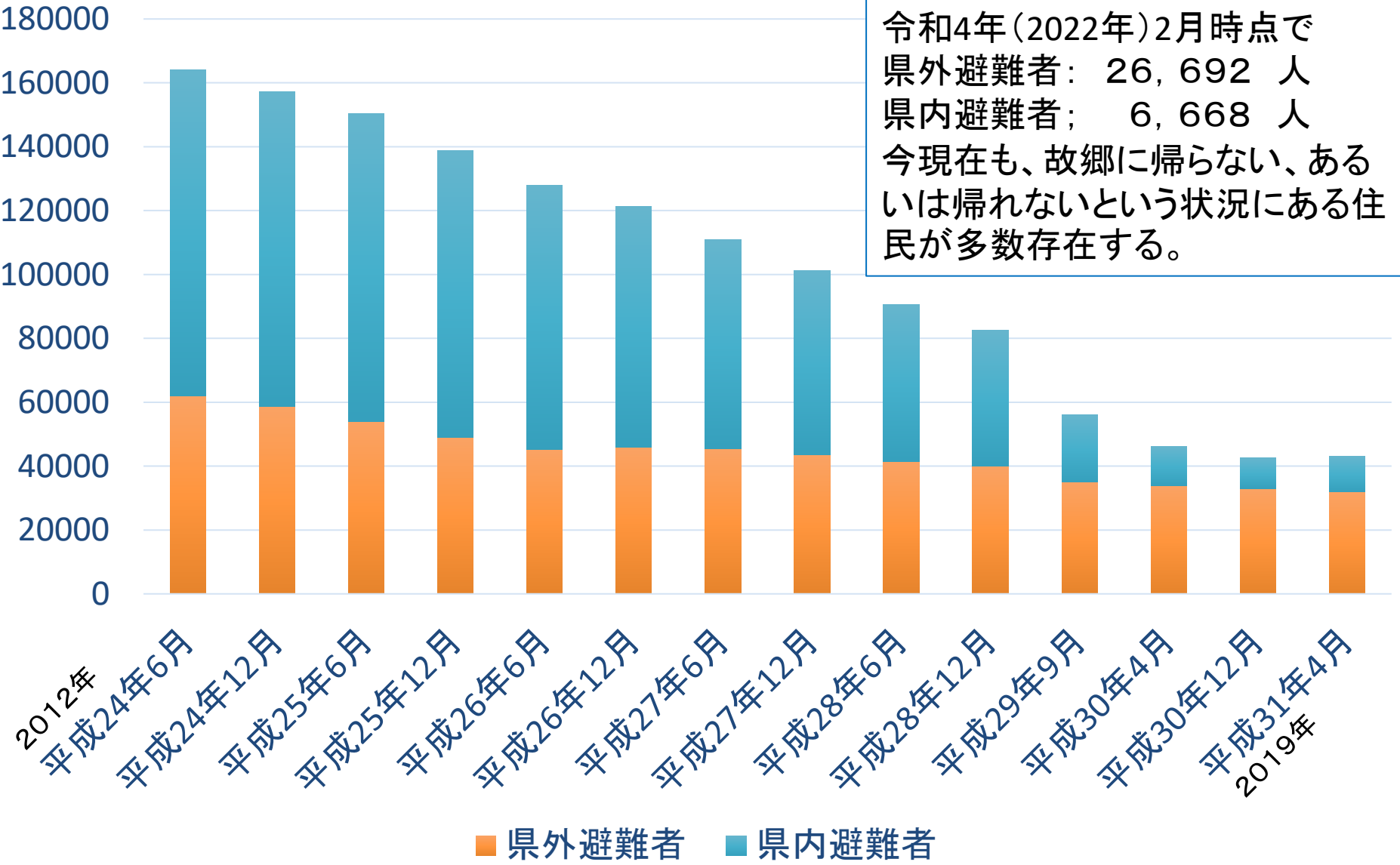
放射性セシウムは
土壌や塵（キュライト類）に
強く結合し、低い場所に集積する。

2021/8/23



福島県民避難者数の推移

令和4年(2022年)2月時点で
県外避難者: 26,692人
県内避難者: 6,668人
今現在も、故郷に帰らない、あるいは帰れないという状況にある住民が多数存在する。



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

トピック

1

放射性物質と
放射線

トピック

2

くらしの中の
放射線

トピック

3

放射線は
あぶないの？

トピック

4

放射線利用の
恩恵とリスク

トピック

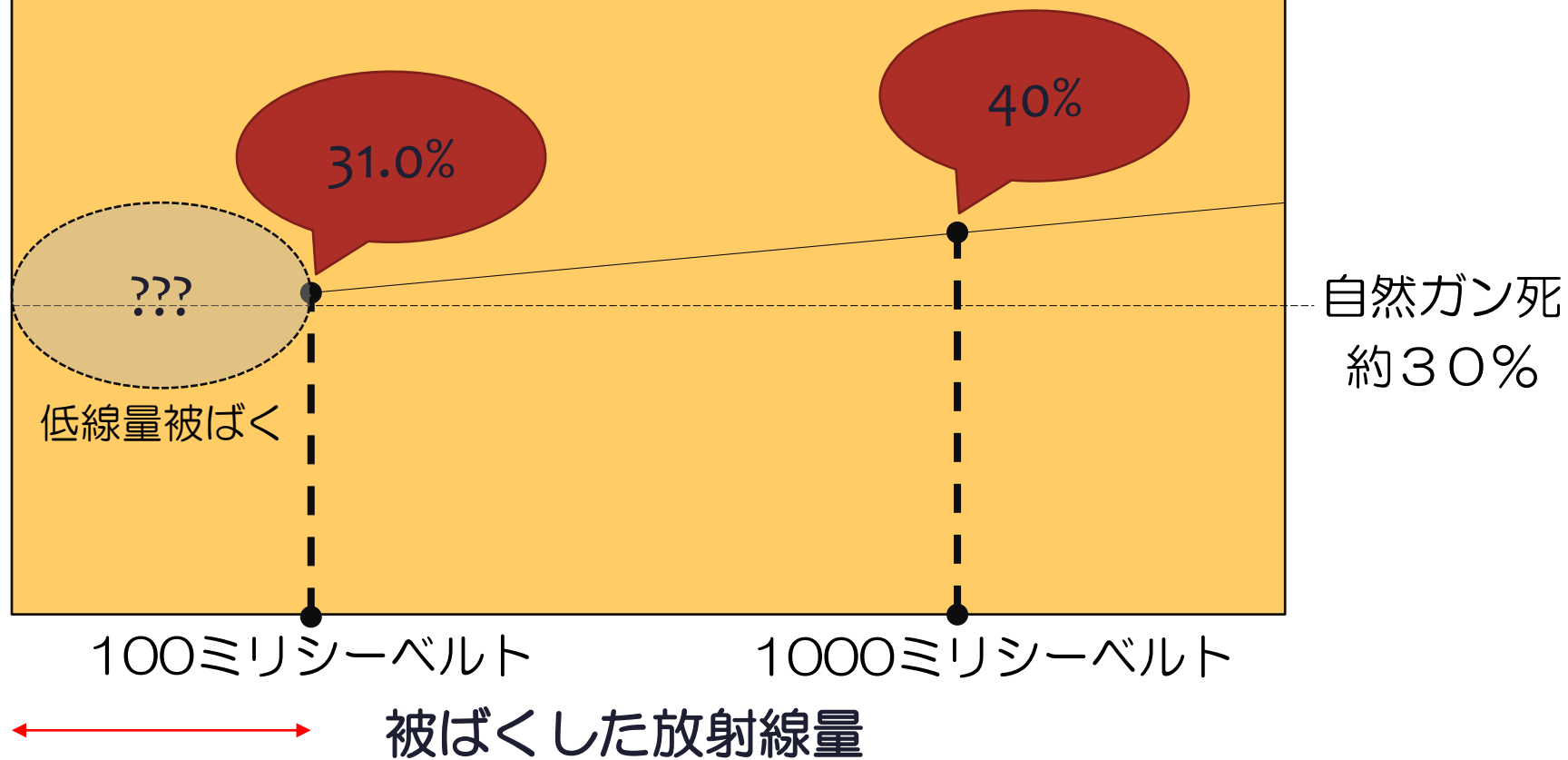
5

リスクとどう
向き合うか

広島・長崎原爆被爆者の疫学調査からわかっていること

長年にわたり被爆者の皆様を調査した結果、一瞬でも大線量の放射線を被ばくした場合は、被ばくした放射線量が大きければ大きいほど、直線比例的にがんで死亡する確率が高くなることがわかっています。

ガンによる死亡率



低線量の放射線（100mSvより低い放射線）については、がんのリスクが上昇するかどうかは判明しませんでした。

私たちは現在
「リスク社会(Risk Society)」
に生きている。

Ecological Politics in an Age of Risk.
London: Polity Press. (1995)

平時における「リスク・コミュニケーション」が大切



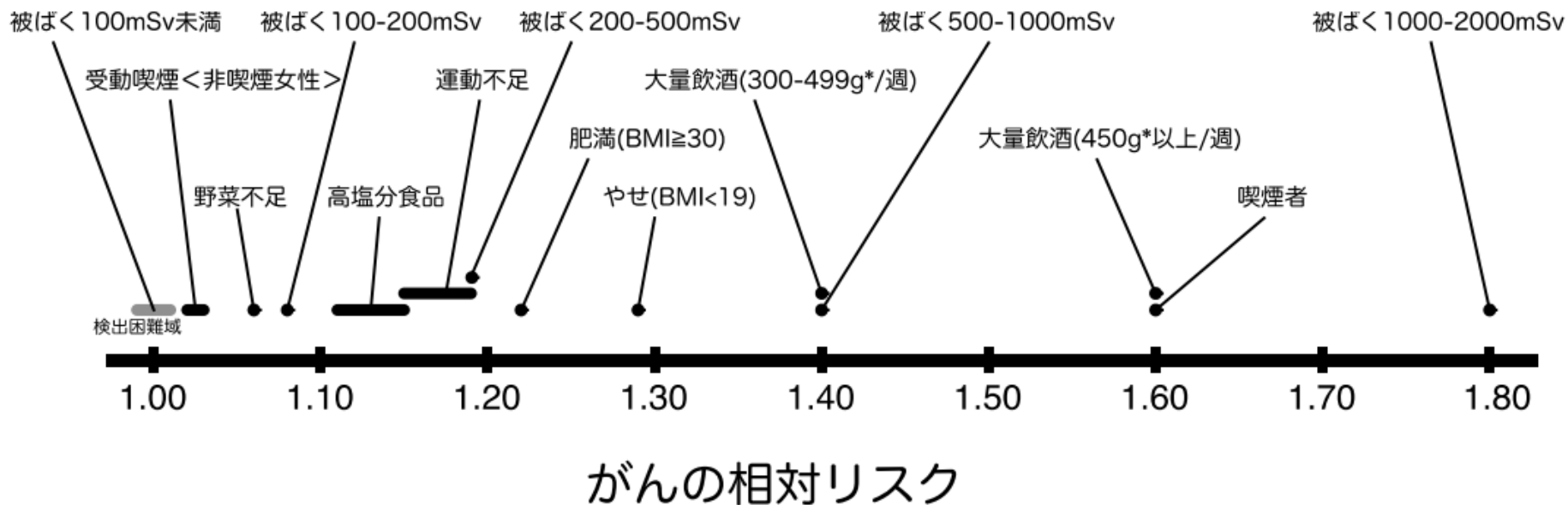
ULRICH BECK

ドイツ 社会学者

ミュンヘン大学教授、

ロンドン・スクール・オブ・エコノミクス教授

放射線と生活習慣 がんリスクの比較



国立研究開発法人国立がん研究センター発表資料（JPHC Study）より引用し
改変した。相対リスクとは、因子（被ばくあるいは生活習慣因子）がない場合
を1としたときに、それぞれの因子がある場合のがんリスクが何倍になるかを
表す値。放射線の発がんリスクは、広島・長崎の被爆者の調査結果（固形がん
のデータ）に基づくもの。

*エタノール換算。たとえば日本酒（アルコール度数 15%）の場合、約三合を毎
日飲み続けると 450g/週となる。

寿命短縮のリスクの比較

リスク因子	寿命短縮予測
喫煙 1日20本	6年
肥満 体重増15%	2年
飲酒 7L/年 (米国や日本の平均摂取量)	1年
事故	207日
自然災害	7日
放射線職業被ばく 3mSv/年	15日
放射線職業被ばく 10mSv/年	51日

(参考) $3\text{mSv/年} = 0.34 \mu\text{Sv/時}$ 、 $10\text{mSv/年} = 1.14 \mu\text{Sv/時}$

ご清聴ありがとうございました！



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

