

農作物の放射性物質汚染について考える
-福島原発事故を踏まえて-

東京大学大学院農学生命科学研究科

中西友子 20170206

放射性元素(物質)とは

- 不安定な元素(核種)

どんな元素にも放射性のものが存在する。天然のものと人工的に作ったものがある。

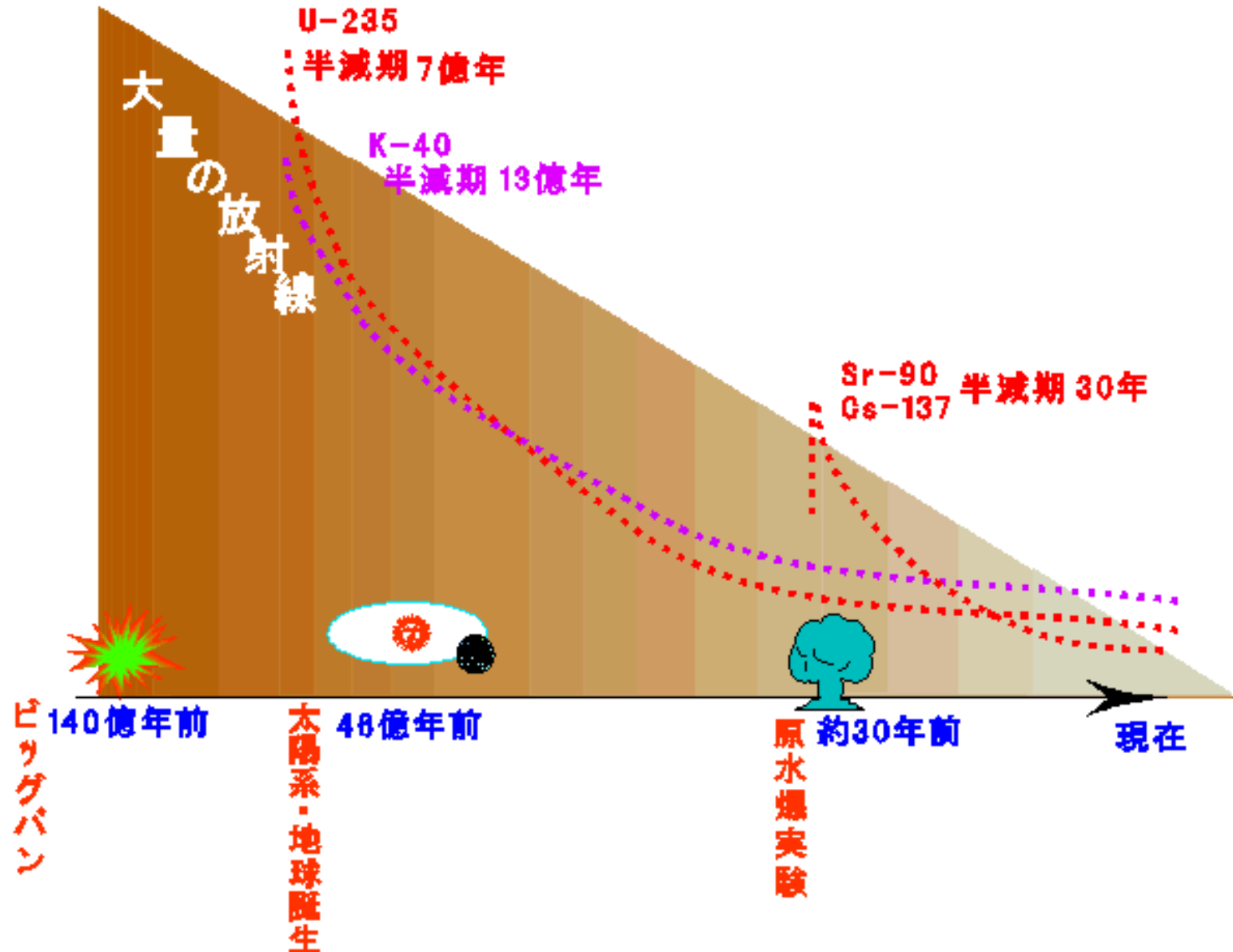
- 放射線を出して崩壊する元素(核種)
一定の割合で崩壊する(半減期)

私たちの身近な放射線とは？

天然の放射性元素

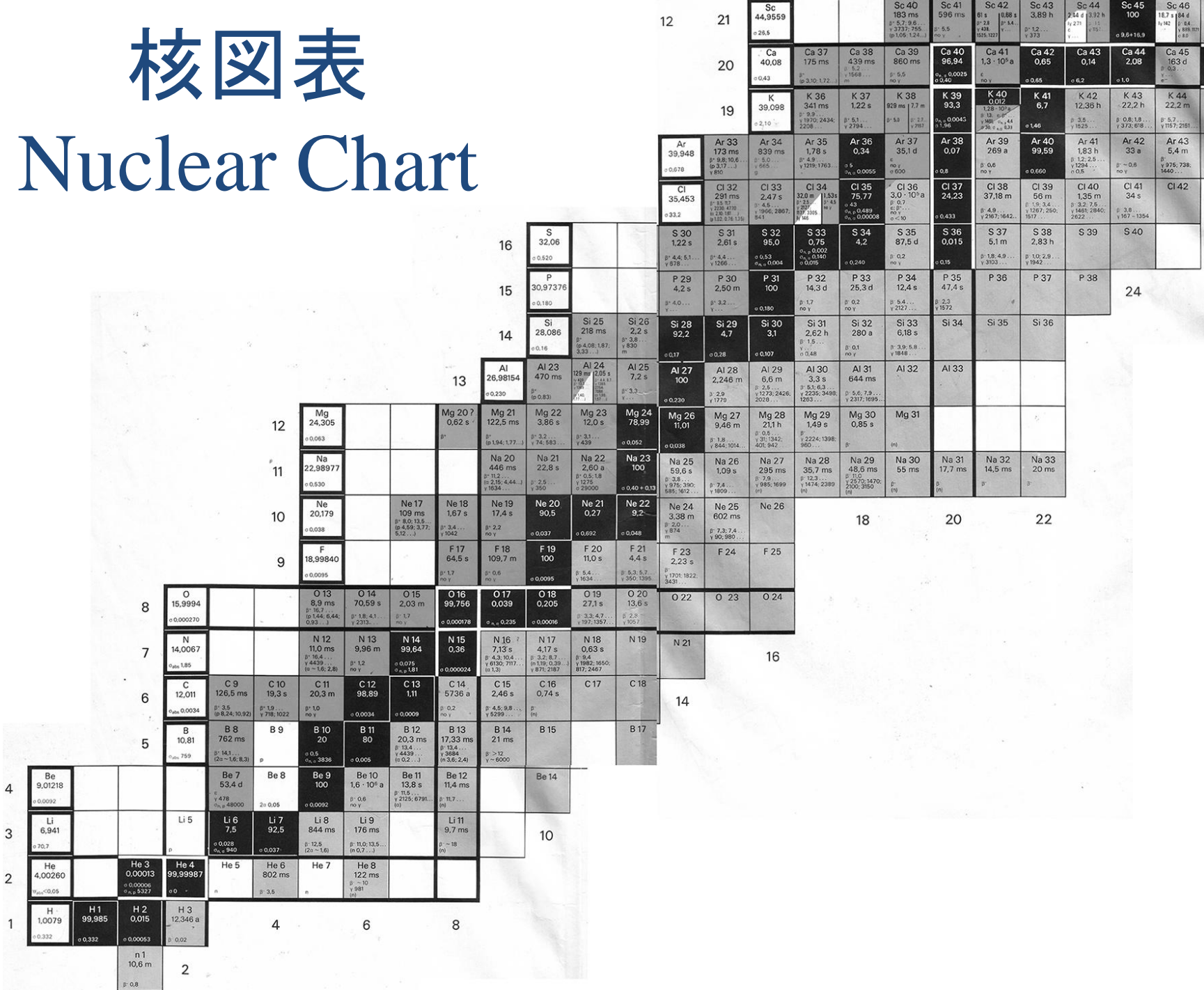
- 地球ができたときから地殻に存在するもの
系列をつくるもの
ウラン(U)、トリウム(Th)
系列をつくらないもの
カリウム(K)
- 宇宙線によって常時生成しているもの
炭素14、トリチウム、ベリリウム(Be)

自然の放射線 (太古からの放射線と人工の放射線)

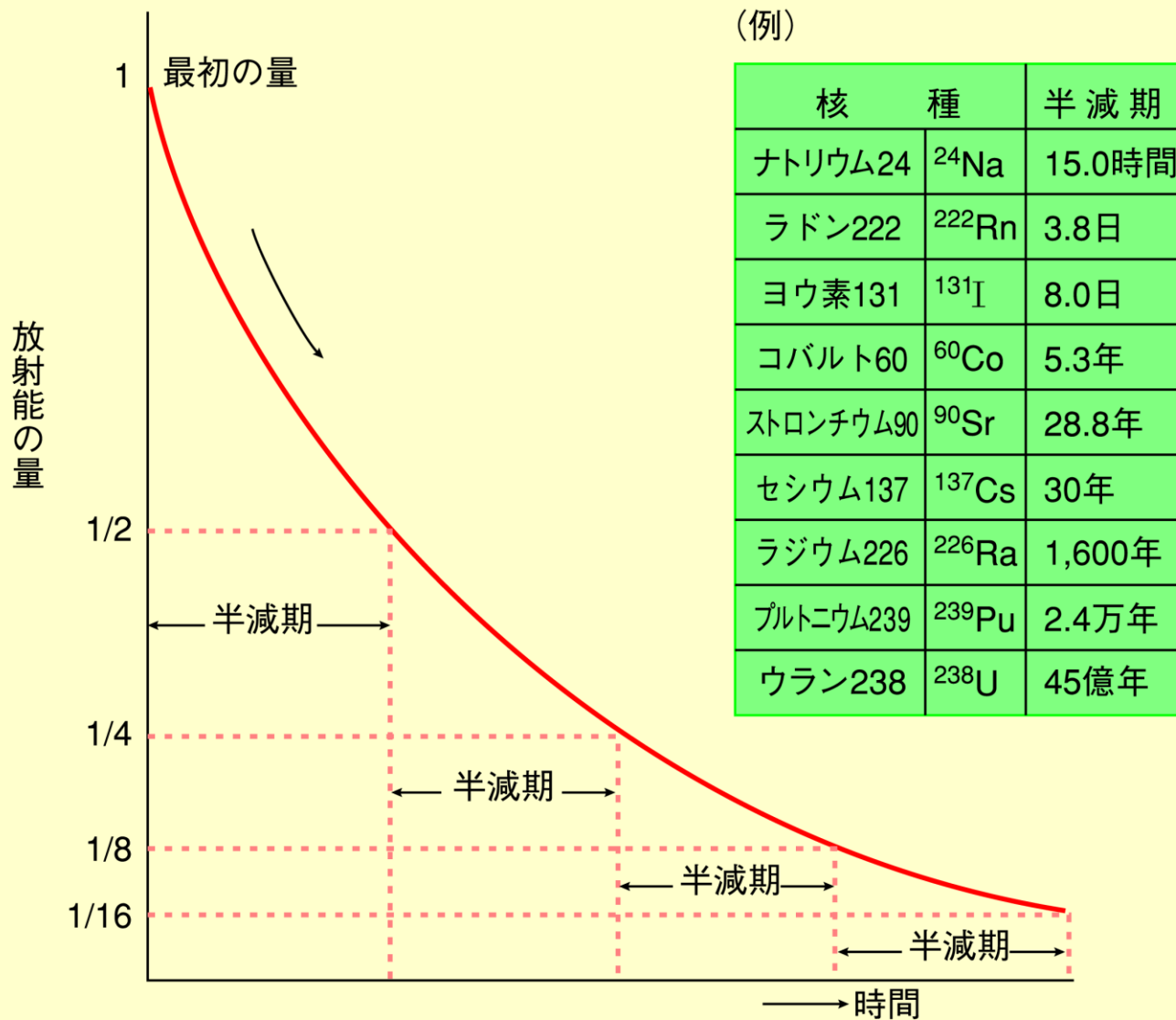


核図表

Nuclear Chart



放射能の減り方

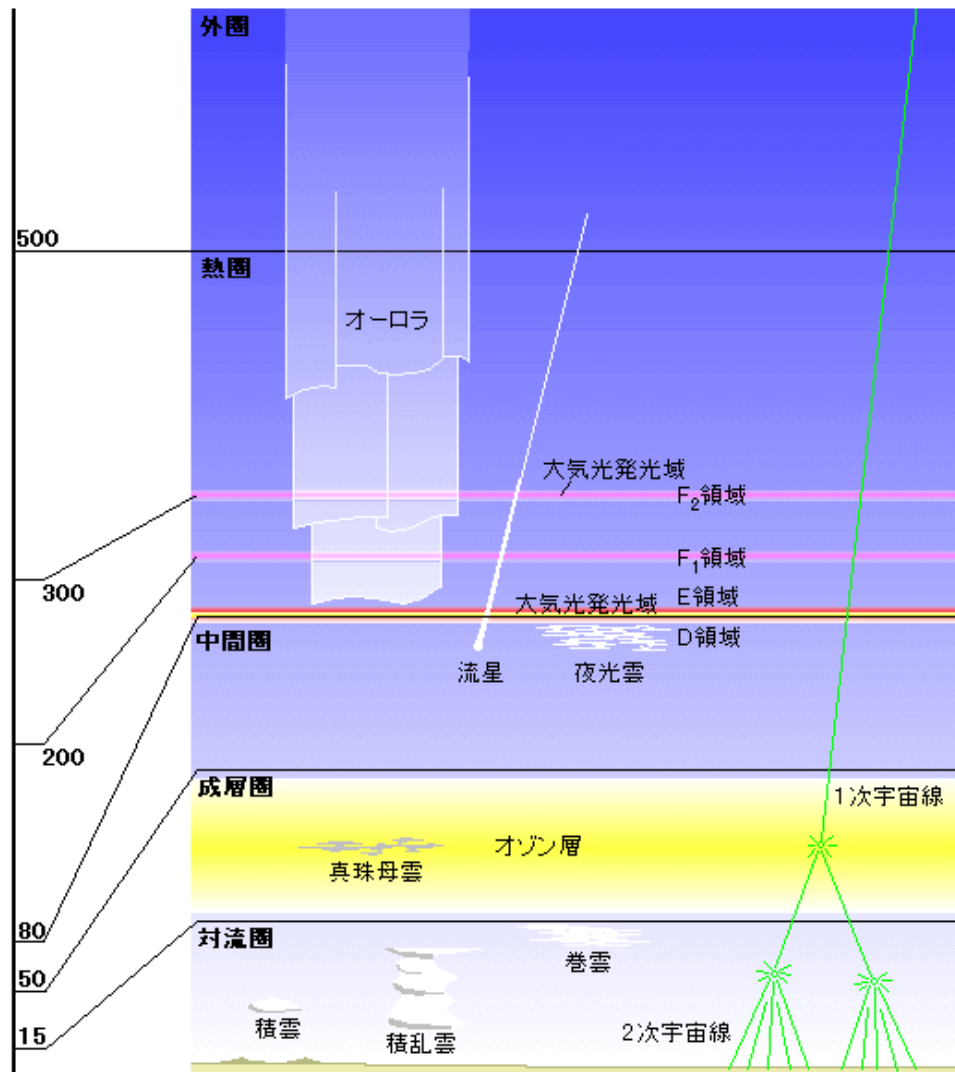


単独に存在する原始放射性核種

核種	^{40}K	^{87}Rb
半減期	1.26×10^9 年	4.8×10^{10} 年
典型的な放射能濃度 岩石ならびに土壌中 の濃度 (pCi/g)	2~30	3
人体における濃度 (pCi/kg)	1600	230

[出典] W. マーシャル (編) ・加藤和明 (監修) : 放射線とその応用 - 上、
筑摩書房 (1987. 7) , p 35

核種	^3H	^7Be	^{14}C	^{22}Na
半減期	12.3年	53.6日	5730年	2.26年
地表の単位面積単位時間 あたりに生成する原子数 ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	0.25	8×10^{-2}	2.5	9×10^{-5}
地球全体での総量 (MCi)	34	1	300	0.01
その分布 (%) :				
対流圏ならびに成層圏	8	72	2	27
地表ならびに生活圏	27	8	4	21
海洋	65	20	94	52

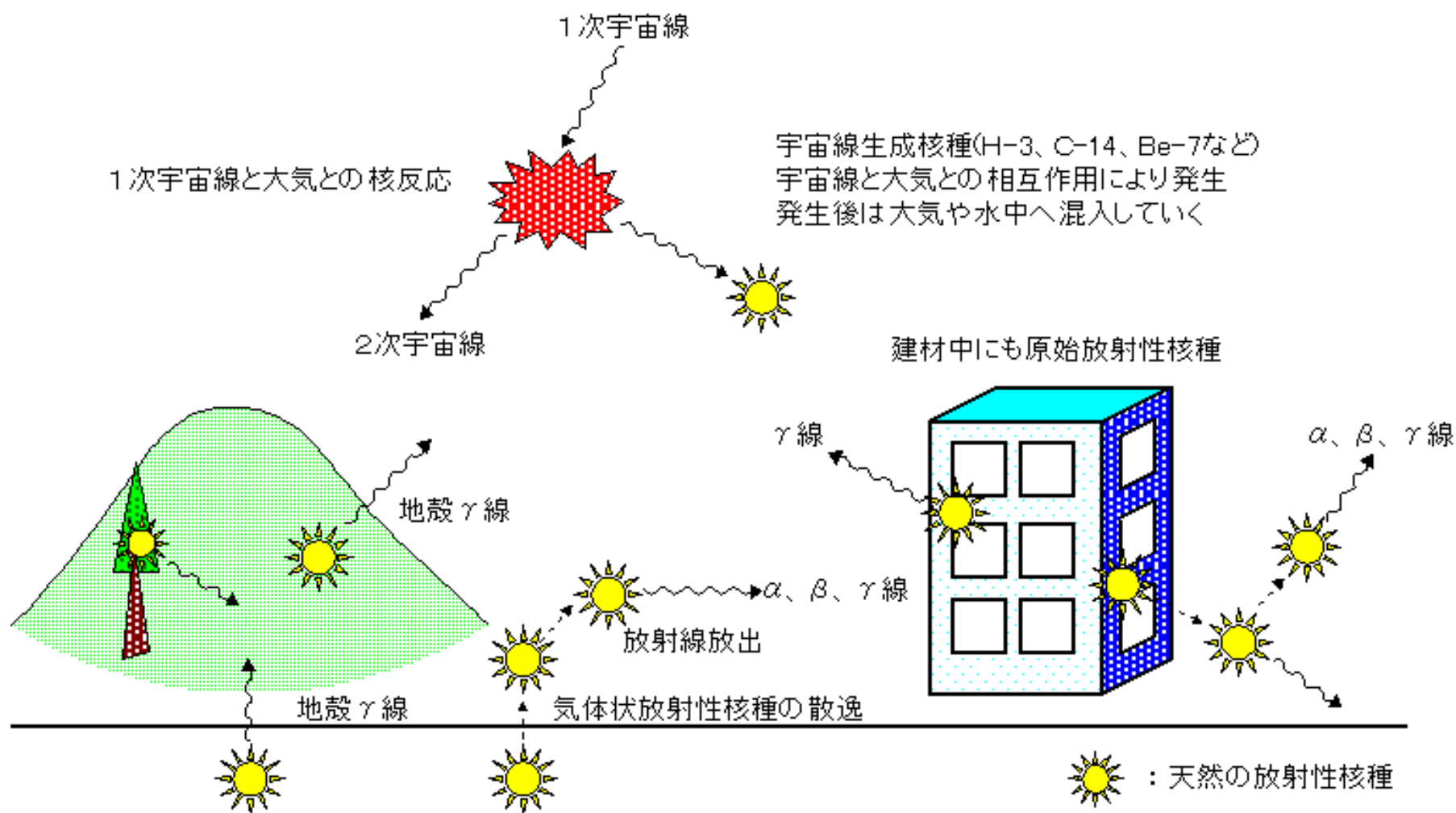


単位: km

下記の出典をもとに作成した。

図1 大気の高度(km)と大気圏の構造との関係

[出典]オリバー・E・アレン(著)、小川 利紘(訳・監修):ライフ地球再発見 大気、
(株)西武タイム (1984) p.62-63



地殻中原始放射性核種: U-系列核種(半減期45億年)、Th-系列核種(140億年)、
K-40(13億年)など。地球上のあらゆる場所に存在し、自然環境にある全ての
物質(土、空気、水、生物等々)の中に微量ずつ存在する。

天然の放射性核種とその起源

公衆の放射線被ばく量(年間)

日本での自然放射線による被ばく

宇宙線 0.29 ミリシーベルト

大地 0.38

ラドン 0.40

体内放射能 0.41

(計) 1.5 (世界の平均は2.5ミリシーベルト)

日本人の医療による被ばく2.25 ミリシーベルト

(世界一多い)

自然放射線が高い地域での健康調査

インドケララ州(7倍) 調査7万人ガン増加は認められず

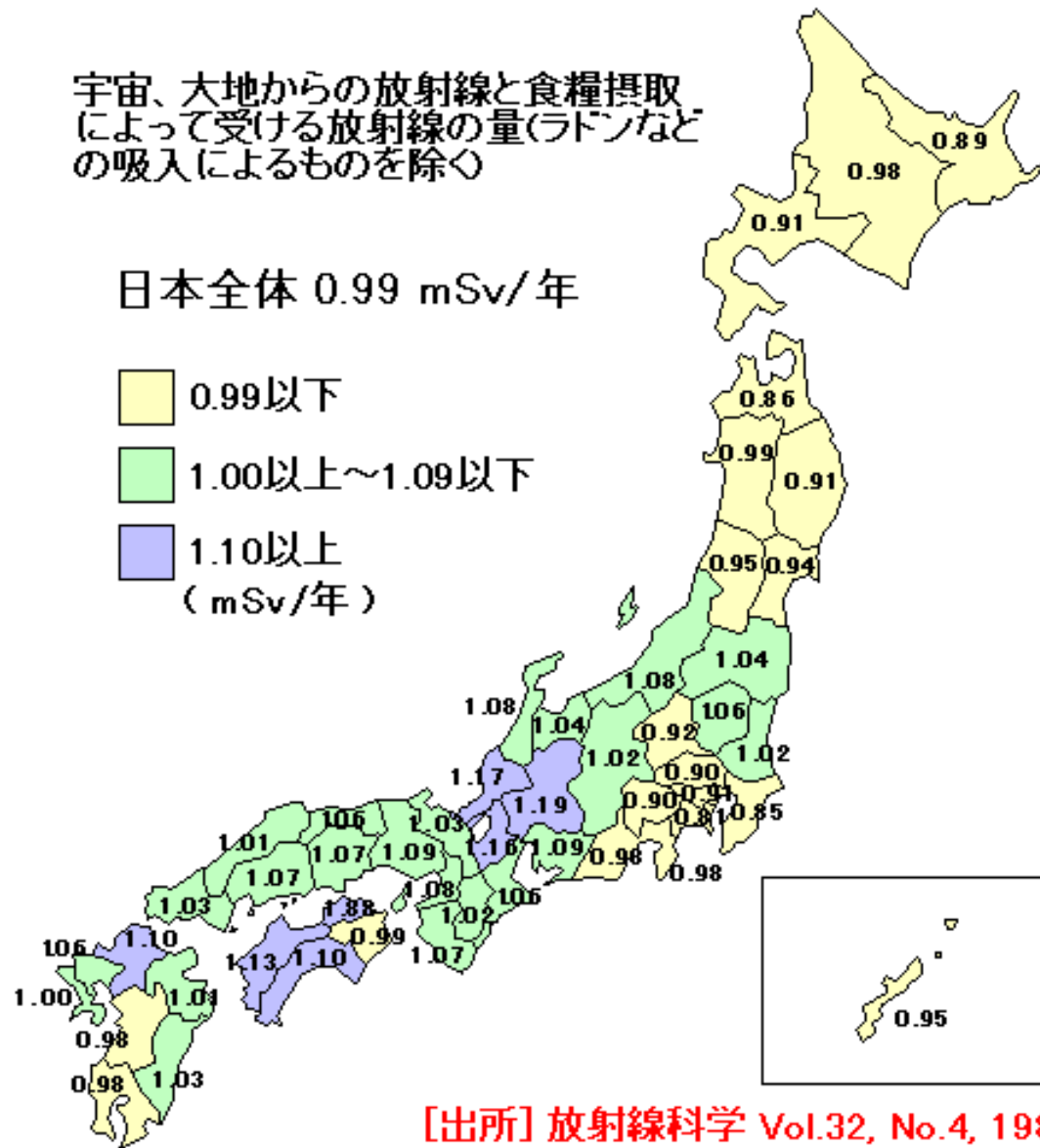
中国広東州(3倍) 調査12.5万人全ガン相対リスク0.99

出典元国立がんセンター放射線部長田ノ岡宏

宇宙、大地からの放射線と食糧摂取
によって受ける放射線の量(ラドンなど
の吸入によるものを除く)

日本全体 0.99 mSv/年

- 0.99以下
- 1.00以上~1.09以下
- 1.10以上
(mSv/年)

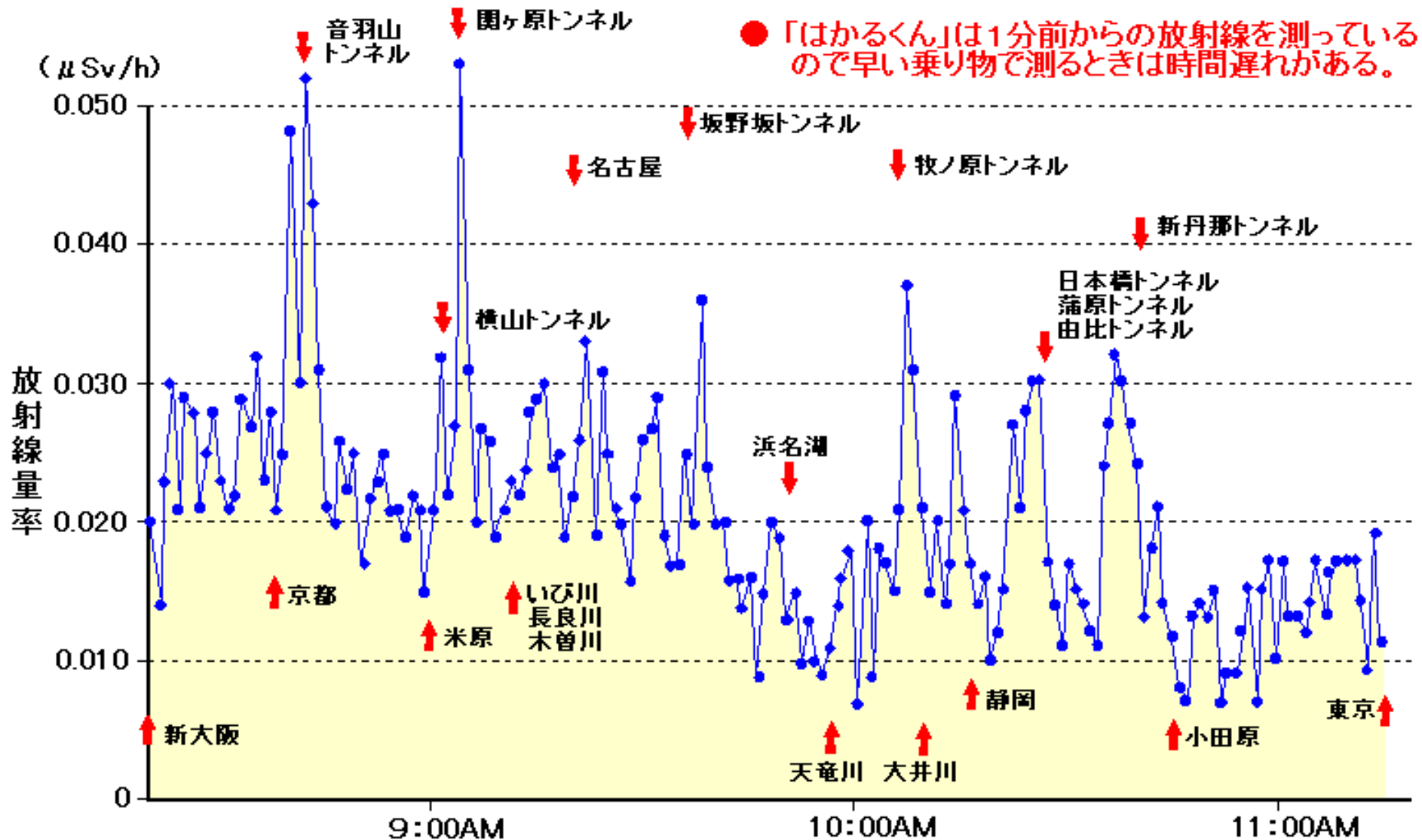


[出所] 放射線科学 Vol.32, No.4, 1989

図1 わが国における自然放射線量

[出典] 電機事業連合会:「原子力」図面集、(2000) p.120

1990年8月19日、ひかり216号／新大阪→東京



「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/(財)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

天然原子炉

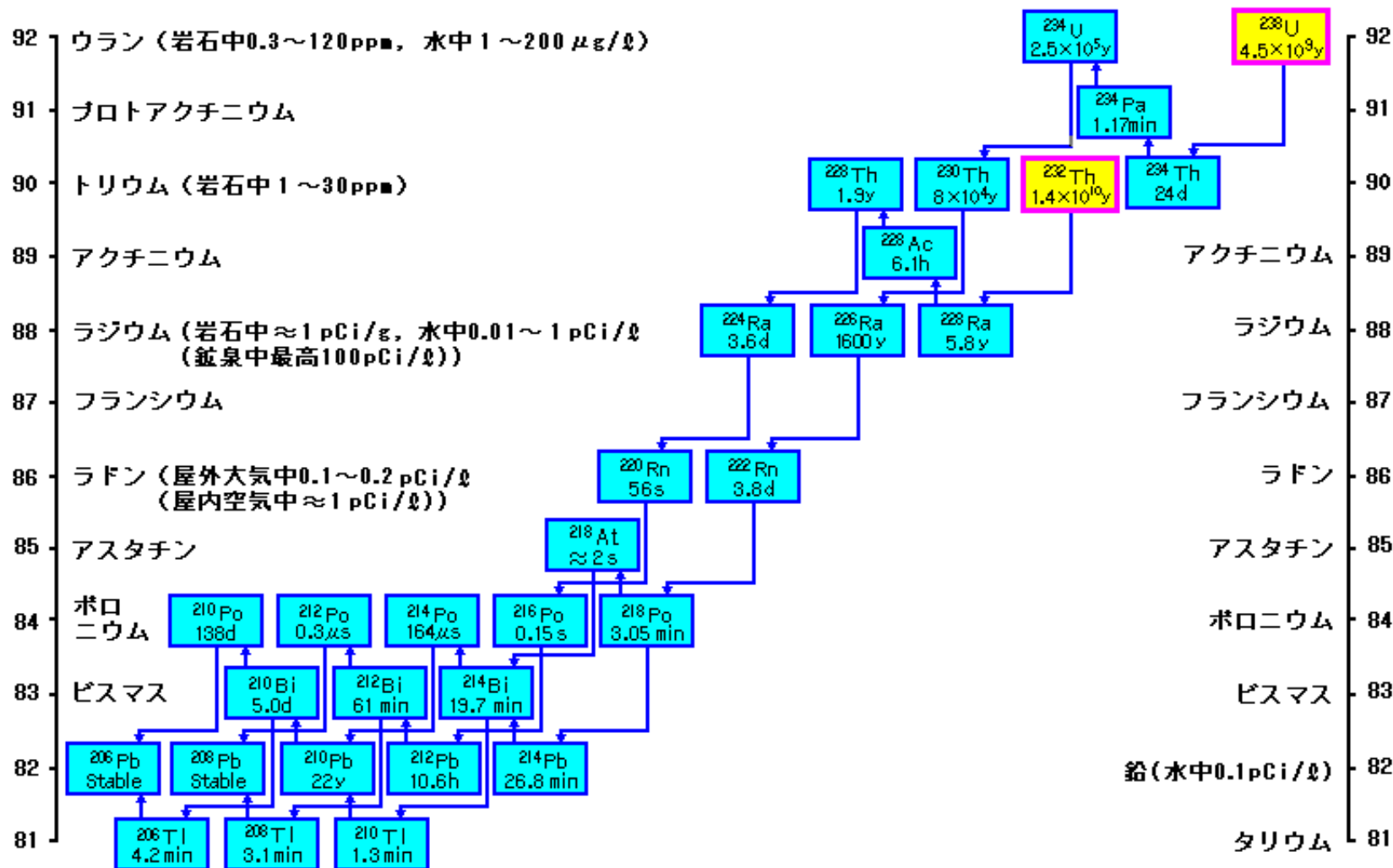
予言したのは日本人科学者(1956年)

アーカンソー大 Prof.P.K.Kuroda

ウラン238とウラン235(半減期:7億年)

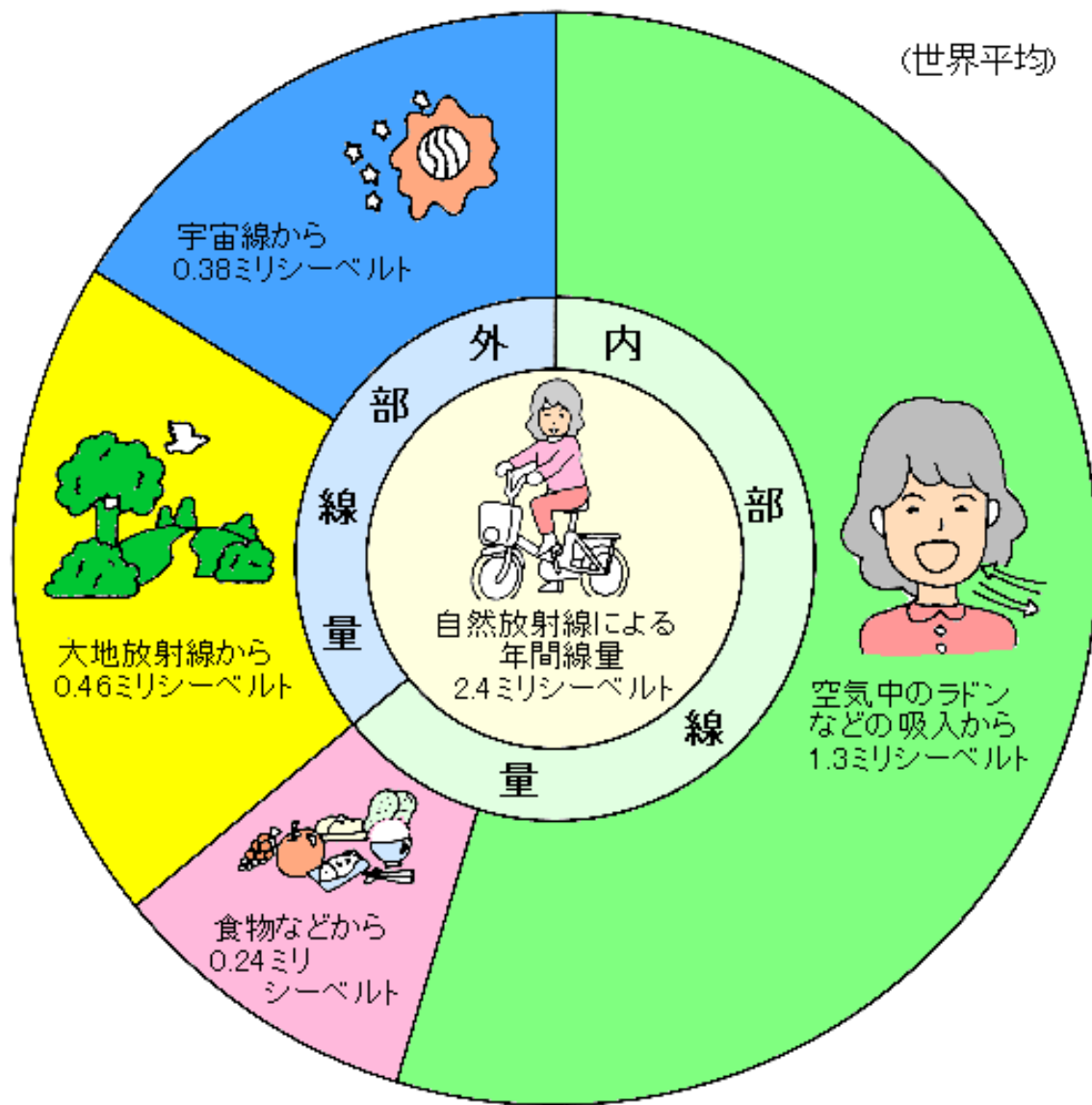
20億年前は環境には濃縮ウランだらけ

フランス領オクロで発見



ウラン-238とトリウム-232の崩壊系列

[出典] W. マーシャル (編) ・加藤和明 (監訳) : 放射線とその応用 - 上、筑摩書房 (1987.7) 、 p 36



[出所] 1993年国連科学委員会報告

図1 自然放射線の内訳

[出典] 電気事業連合会(編):原子力図面集-1998年版-, p118

表1 食品中のカリウム-40のおおよその放射能

食品名	放射能 (ベクレル/kg)	食品名	放射能 (ベクレル/kg)
干し昆布	2000	魚	100
干し椎茸	700	牛乳	50
お茶	600	米	30
ドライミルク	200	食パン	30
生わかめ	200	ワイン	30
ホウレンソウ	200	ビール	10
牛肉	100	清酒	1

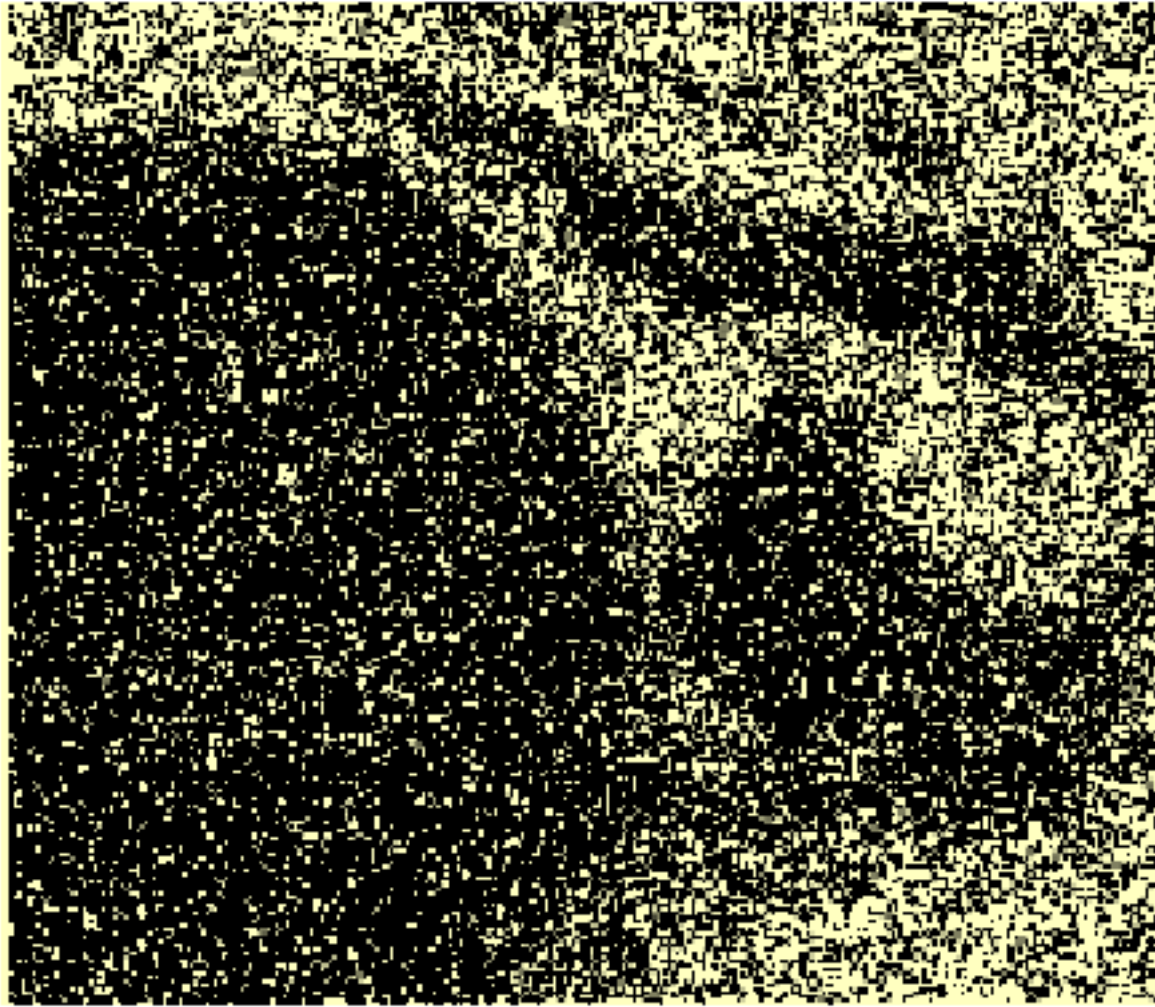
[出所] 放射線医学総合研究所資料)

[出典] 渡利 一夫、稲葉次郎 編:放射能と人体、研成社(1999), p45

主な自然放射性核種の標準的な濃度

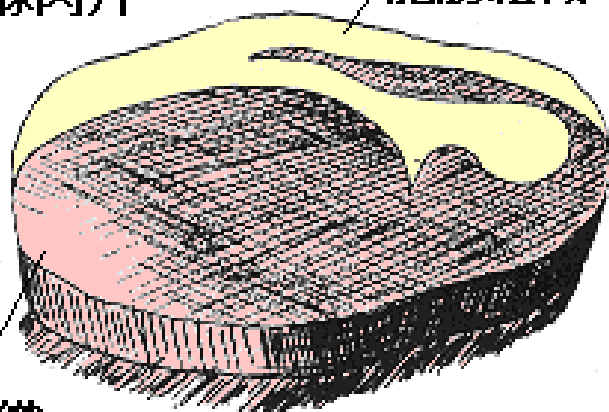
食品	生の食品の放射能濃度 (mBq/kg)					
	Ra-226	Pb-210	Po-210	Th-232	Ra-228	Th-228
牛乳製品	5	40	60	0.3	5	0.3
肉製品	15	80	60	1	10	1
穀物製品	80	100	100	3	60	3
葉菜	50	30	30	15	40	15
根菜および果実	30	25	30	0.5	20	0.5
魚製品	100	200	2000	-	-	-

【出典】 放射線医学総合研究所(監訳)：放射線源と影響、実業広報社（1995）、p74

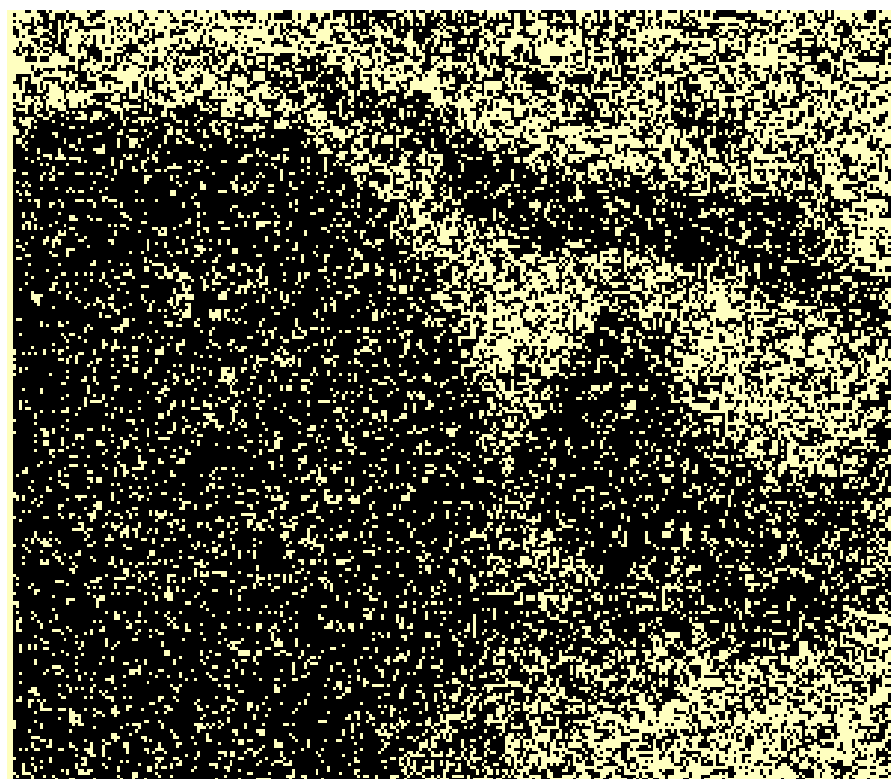


脂肪の部分には放射性物質がほとんど含まれず白く(黄色に着色)写っている。人体の中にはカリウム40のほかにも炭素-14、水素-3(トリチウム)などのいくつかの種類の放射性物質が、かなりの量含まれている。

豚肉片 脂肪組織



筋肉組織

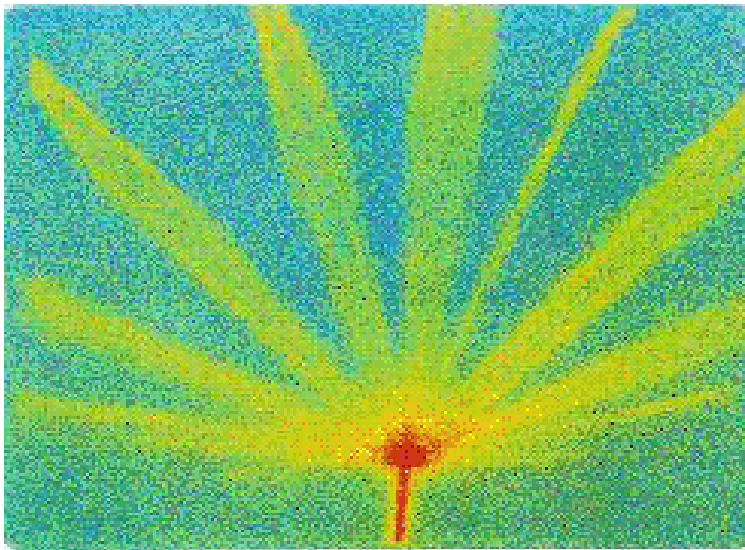
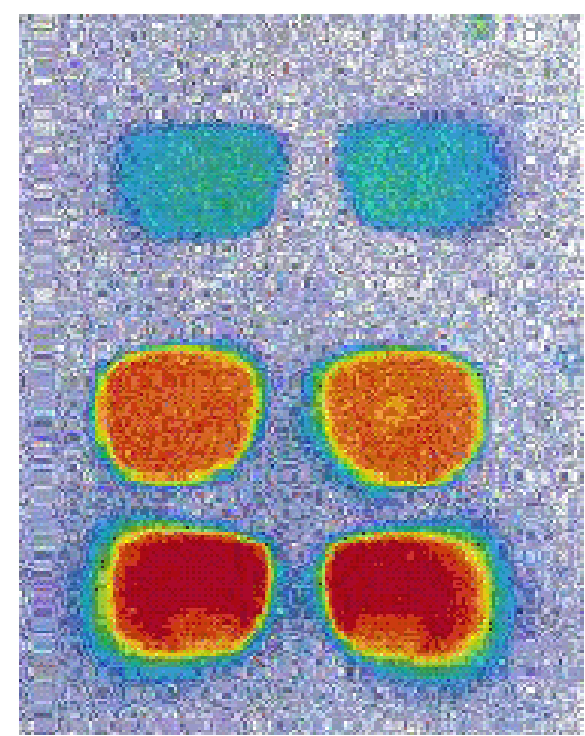
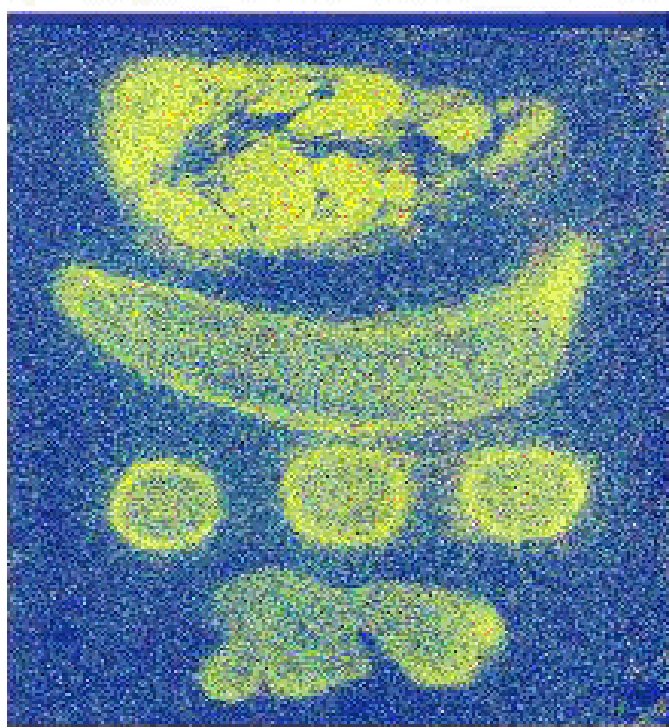


下記の出典より作成した

[出所]名古屋大学工学部原子核工学科森研究室提供

図1 豚肉片の放射能分布像

[出典]日本原子力産業会議 中部原子力懇談会:目で見える自然放射線、p.9



上左図は豚肉、バナナ、しょうがをイメージプレート（IP）の上（位置）に置き、厚さ10cmの鉛箱（内側放射）をCd, Cu, アクリル樹脂（食器）の間に25日間置き、線強度を1/20に減らした画像である。豚肉では、脂肪の部分が写る。上中図は眼鏡の写真である。上右図はそれをIP上に1週間露出したもので、ガラスの光がほとんど含まれていないが、良質なガラスはカリウムが多く含まれている。左図はしゅろの葉である。

図2 イメージングプレートによる自然放射能分布の測定例

表1 人体を構成している元素組成

元素	重量(g)	体重に対する重量(%)
酸素	43,000	61
炭素	16,000	23
水素	7,000	10
窒素	1,800	2.6
カルシウム	1,000	1.4
リン	780	1.1
硫黄	140	0.20
カリウム	140	0.20
ナトリウム	100	0.14
塩素	95	0.12
マグネシウム	19	0.027

[出典] ICRP Publication 23, Report of the Task Group on Reference Man (1974),p.327

表3 人体中の放射性核種

体重60kgの日本人の場合

アイソトープ	放射能
カリウム-40	4,000ベクレル
炭素-14	2,500ベクレル
ルビジウム-87	500ベクレル
鉛-210・ポロニウム-210	20ベクレル

[出典] 科学技術庁資料:「生活環境放射線」、(財)原子力安全研究協会

私たちは生まれたときから、ずっと内部被ばくを受けている。

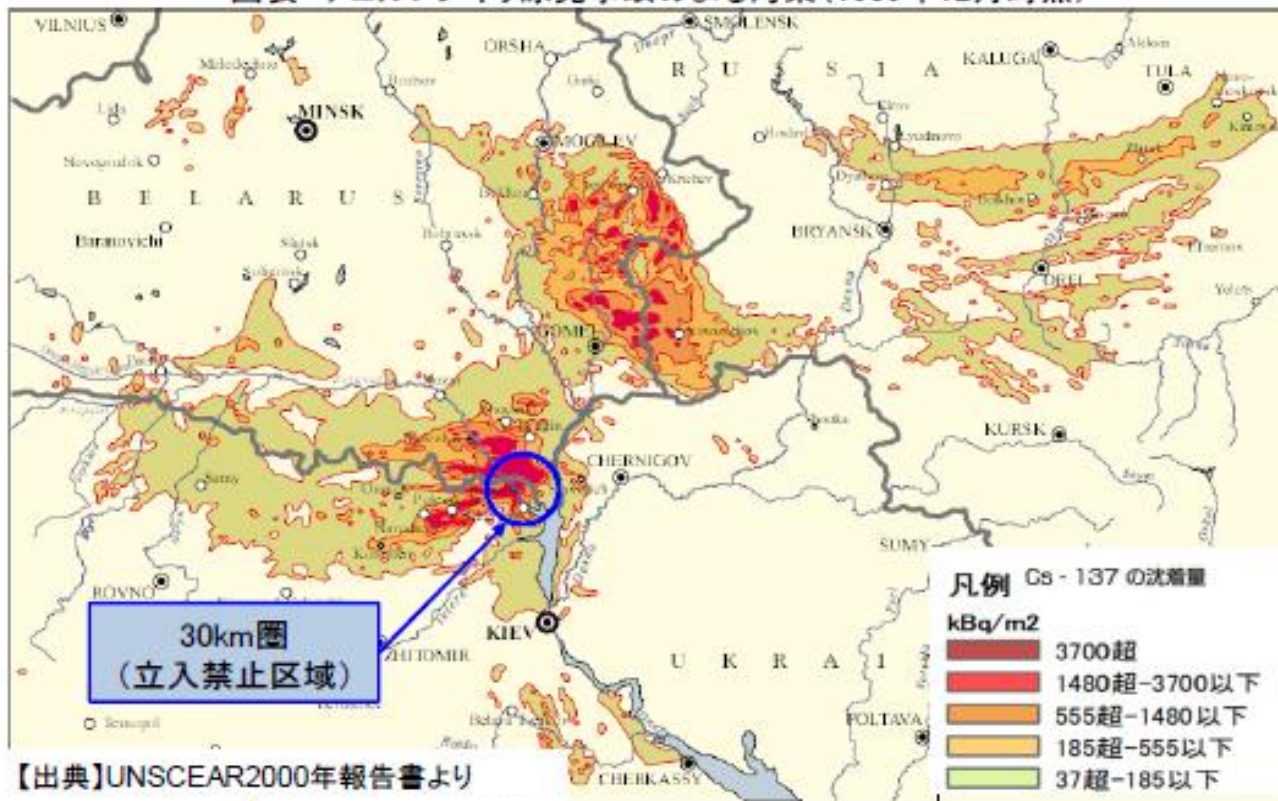
60kgの体重の体内には、常に7000ベクレル程度の放射能がある。

その中で、最も多いのがK-40でCsと同様にガンマ線とベータ線を放出する。

私達は、食物から摂取する放射能により年間0.4mSv程度の内部被ばくをしている。

放射能を含まない食品は地球上にない。

図表 チェルノブイリ原発事故による汚染(1989年12月時点)



【出典】UNSCEAR2000年報告書より

両図を同縮尺
で記載



図表 福島第一
原発事故による汚染
(2011年11月時点)

【出典】文部科学省発表資料(2011年11月)より作成

汚染面積:~6%
放射性セシウムの量: ~1/6
放出距離:~1/10

東京大学農学部における震災復興支援への取り組み

東京大学 災害対策本部

東日本大震災に関する救援・復興支援室

福島県農業総合センター

農学生命科学研究科

(1) 高放射能の農畜水産物産業への影響

- ① 作物・穀物
- ② 家畜・畜産物
- ③ 土壌・微生物
- ④ 魚介類、海水
- ⑤ 放射線測定
- ⑥ 科学コミュニケーション他

演習林

牧場

生体調和農学機構

(圃場)

水産実験所

食の安全センター

放射性同位元素施設

応用生命化学・工学

生産・環境生物

獣医学

応用動物科学

森林化学

生物環境工学

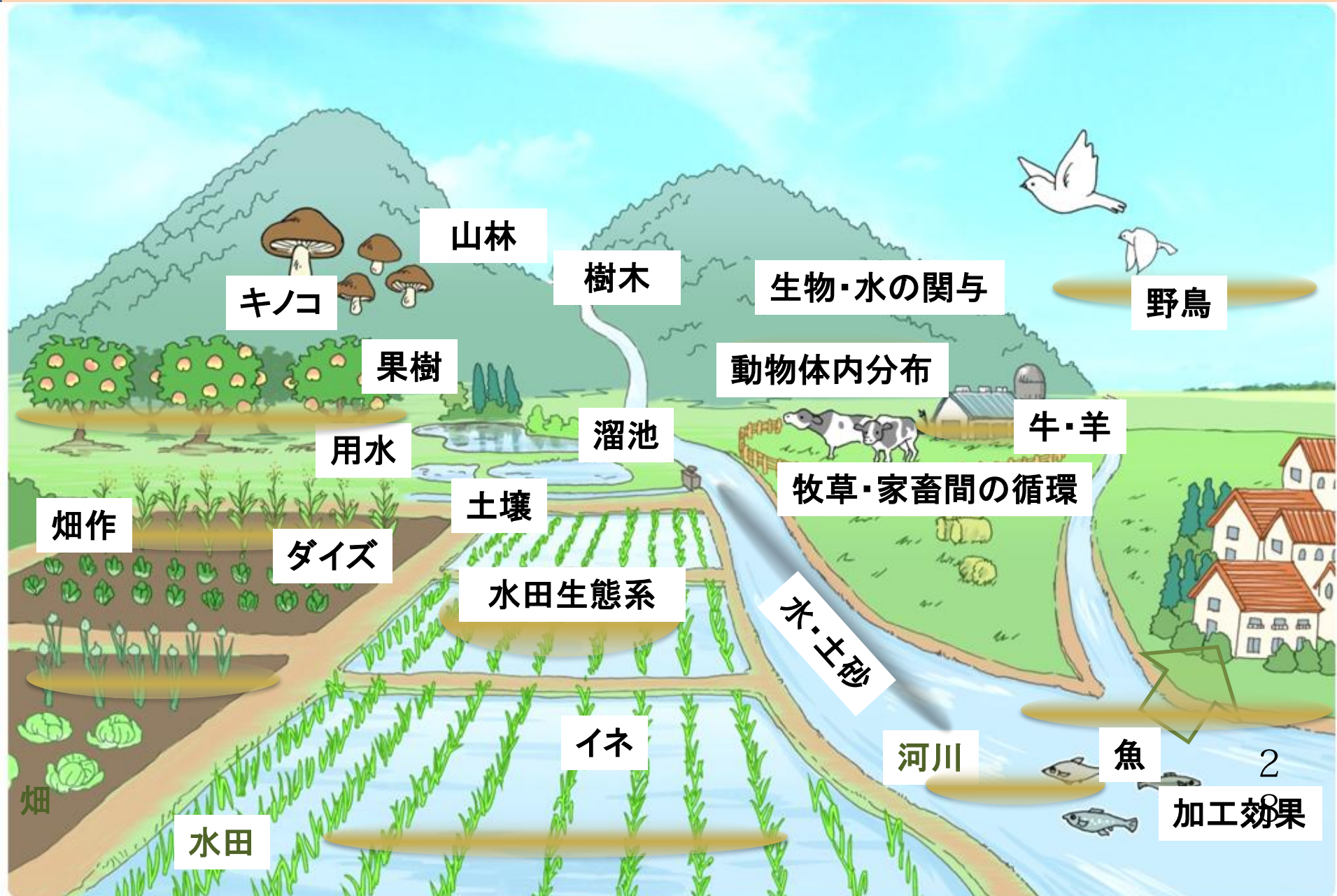
生物材料科学

水圏生物学

(2) 被災地農業回復についての研究開発

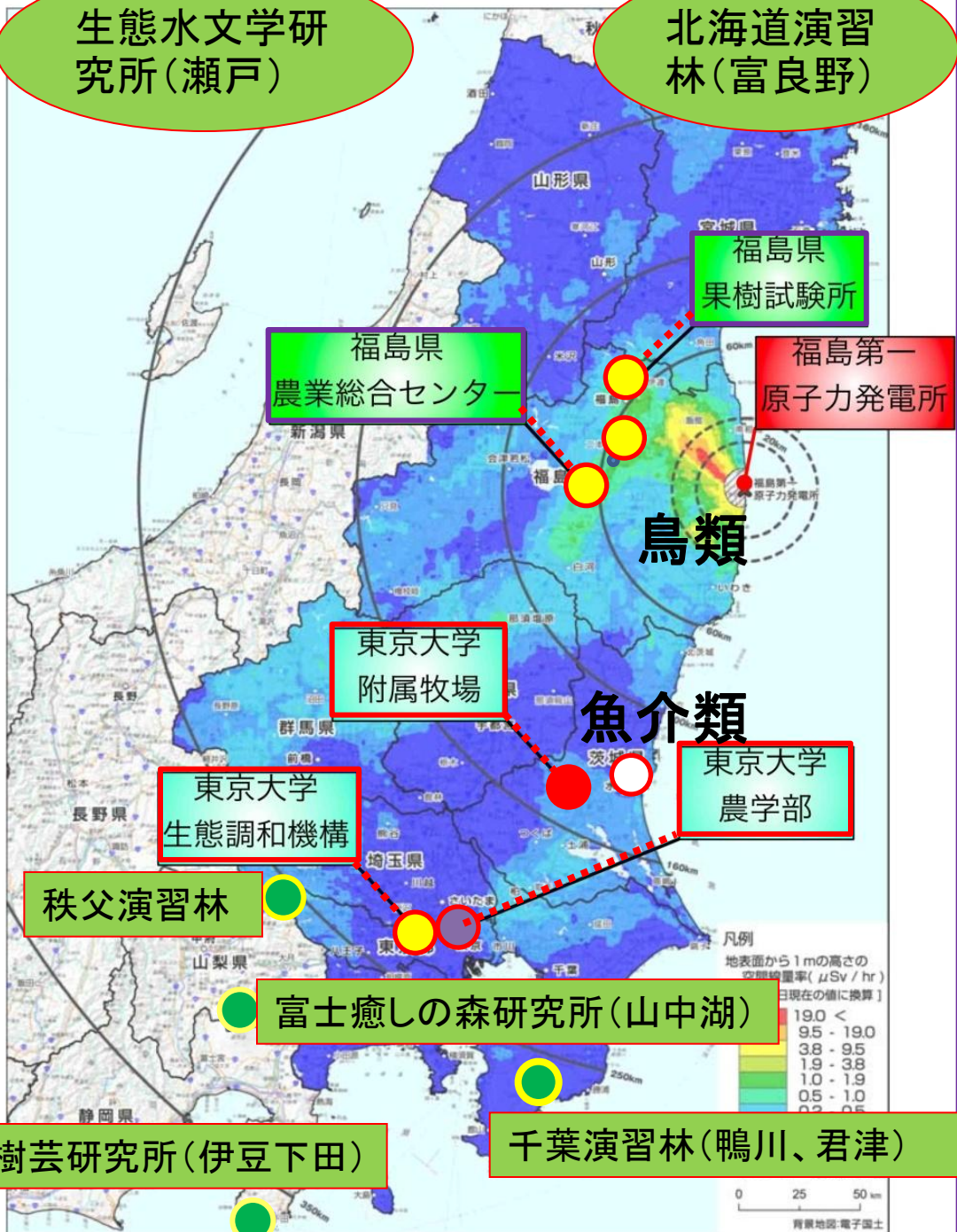
- ① 作物生産・土壌学
- ② バイオマス生産

東京大学農学部で進行中のプロジェクト



生態水文学研
究所(瀬戸)

北海道演習
林(富良野)



原発事故近く

伊達市 : イネ、環境

飯館村 : イノシシ、
(村からの要請) 水田除染、

南相馬市 : ブタ

白河市 : ヒツジ

鮫川村 : 果樹、野菜

福島市 : 果樹

郡山市 : センター

笠間市 : ヤギ

田村市 : 森林
(2014 4月避難指示解除)

野生生物調査



森林の専門家

放射性物質の移動

水理の専門家

イネ育種の専門家

土壌の専門家

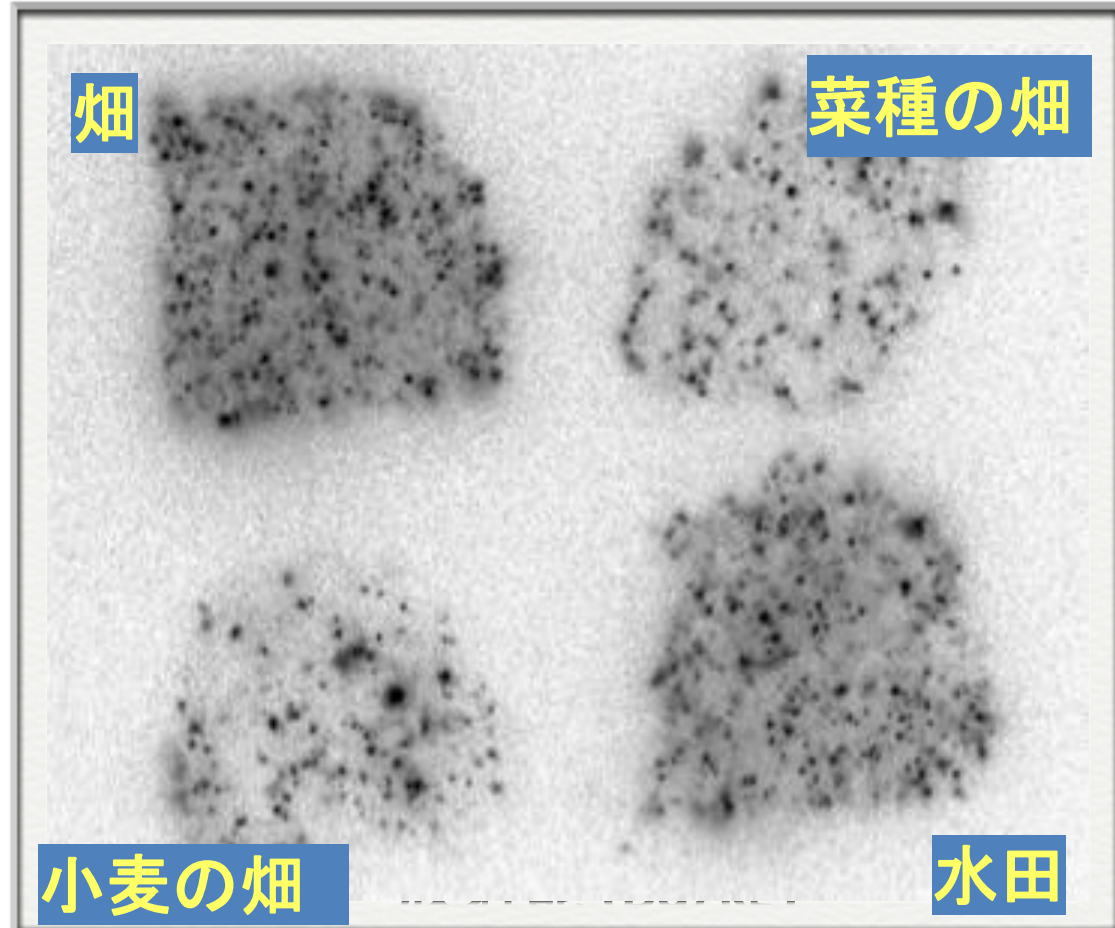
土壌の汚染は不均一

4/21サンプリング

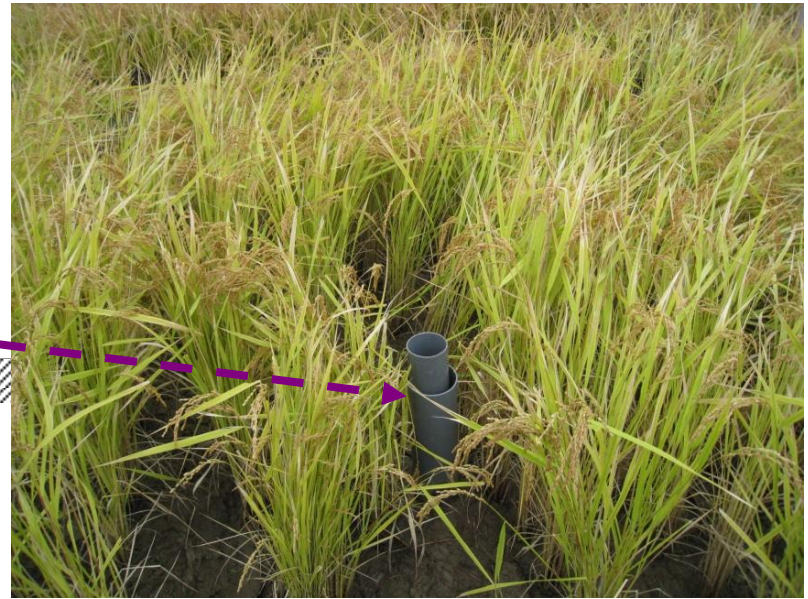
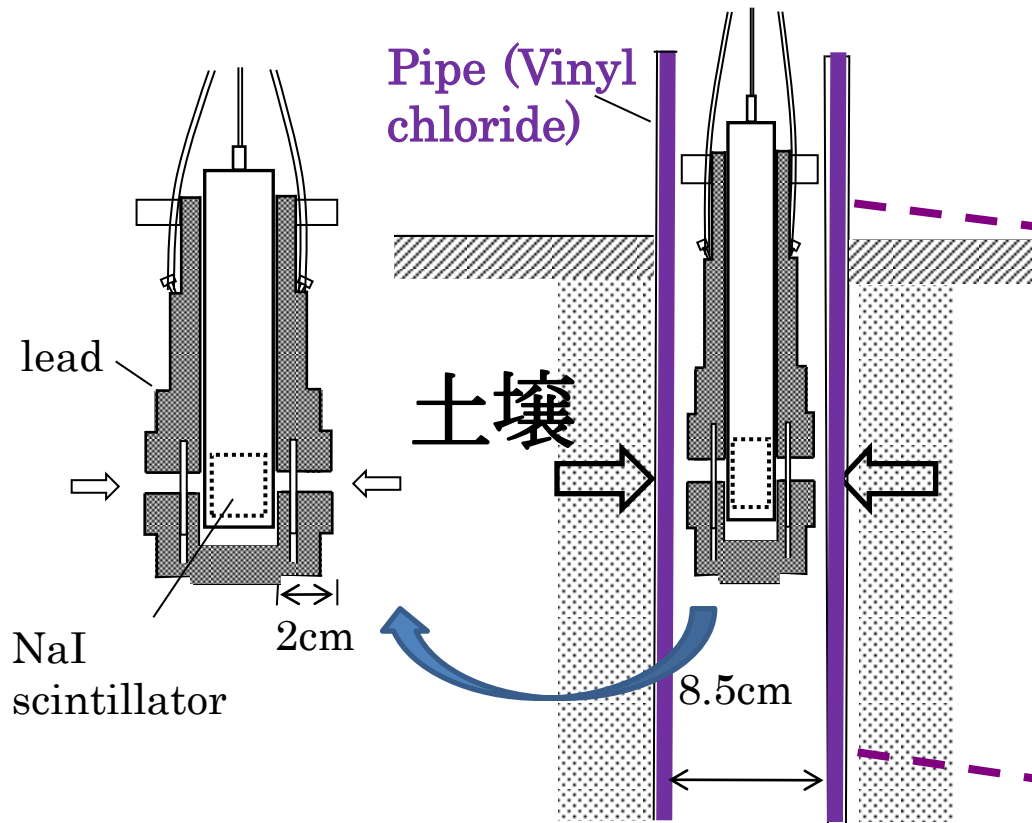
畑(植生なし)



小麦の畑



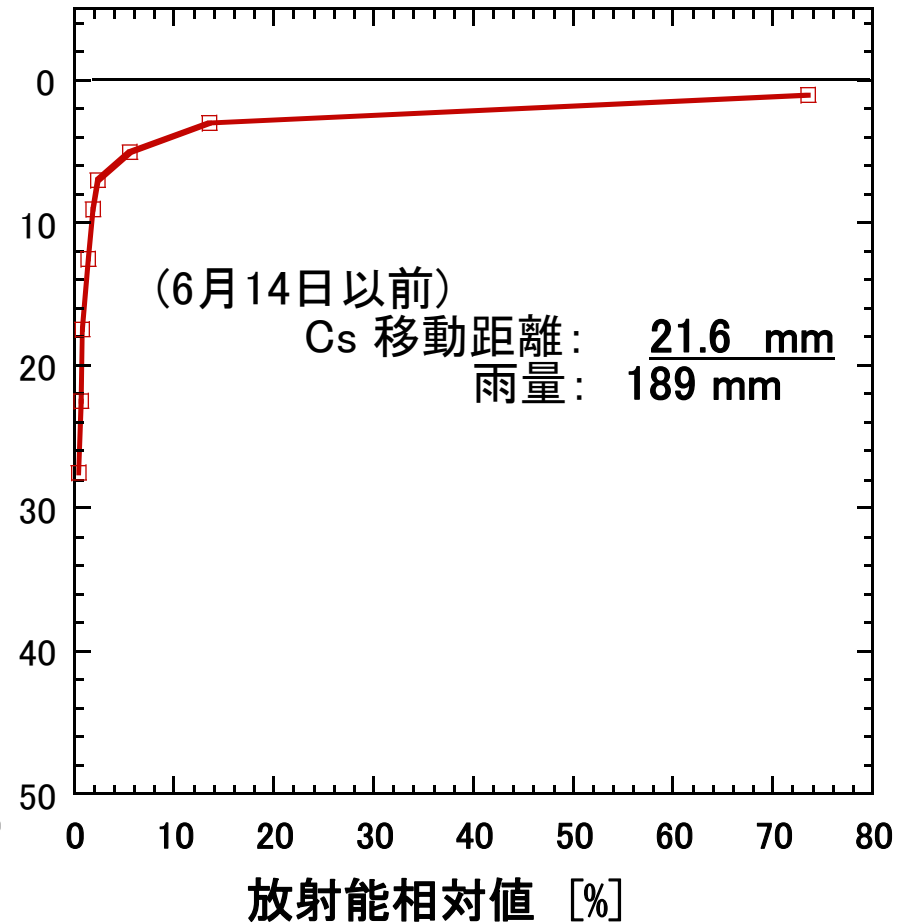
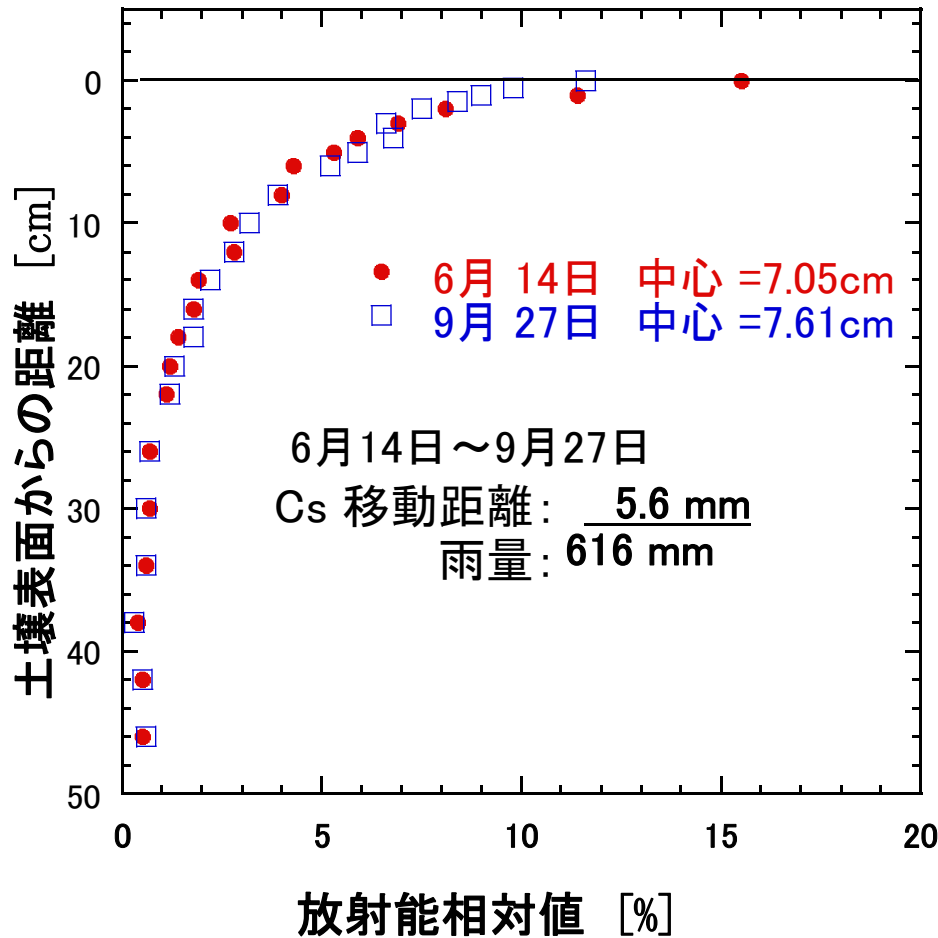
土壤深度別 γ 線測定



by S.Shiozawa

土壤放射線の変化(郡山市)

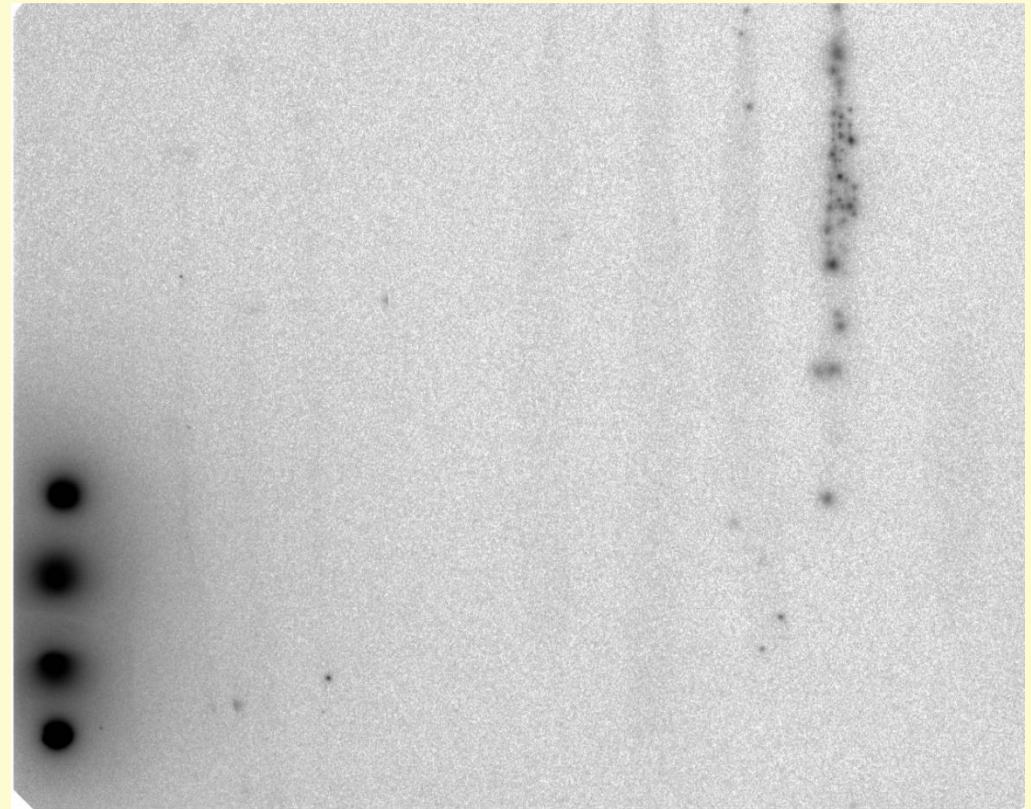
(深度別 γ 線強度変化)



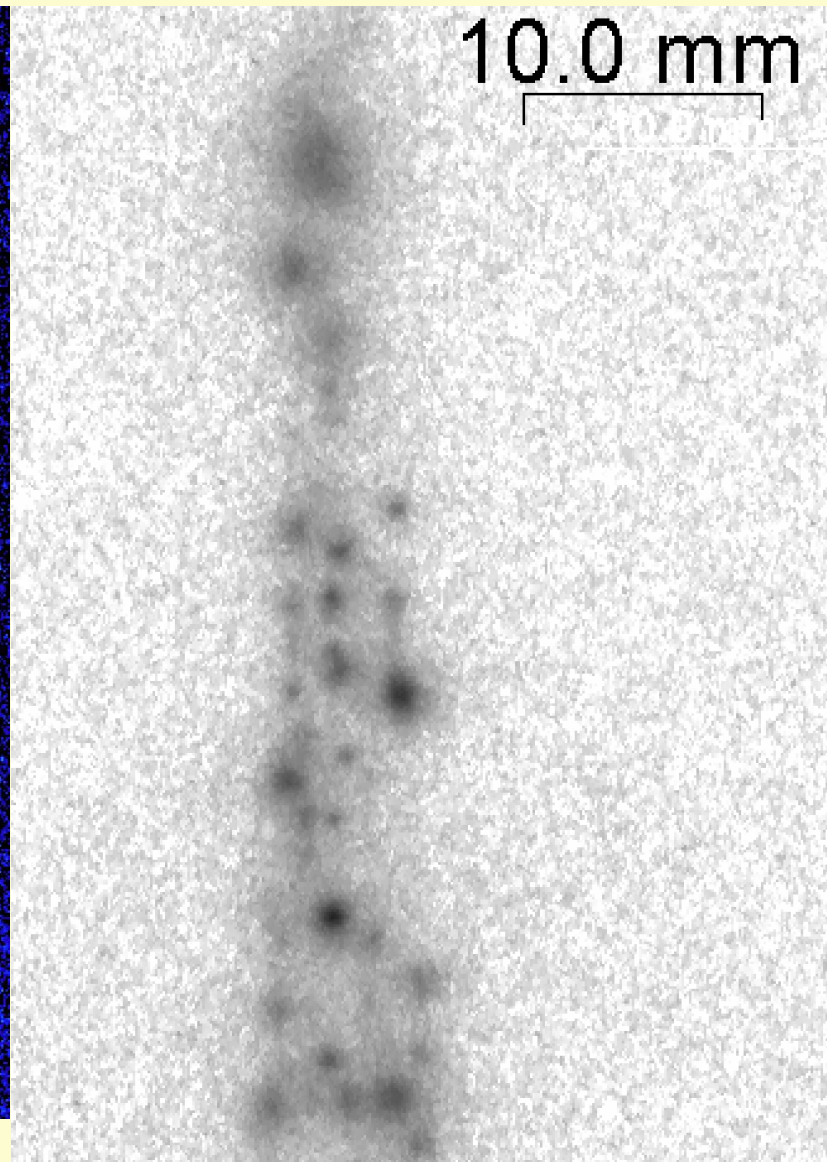
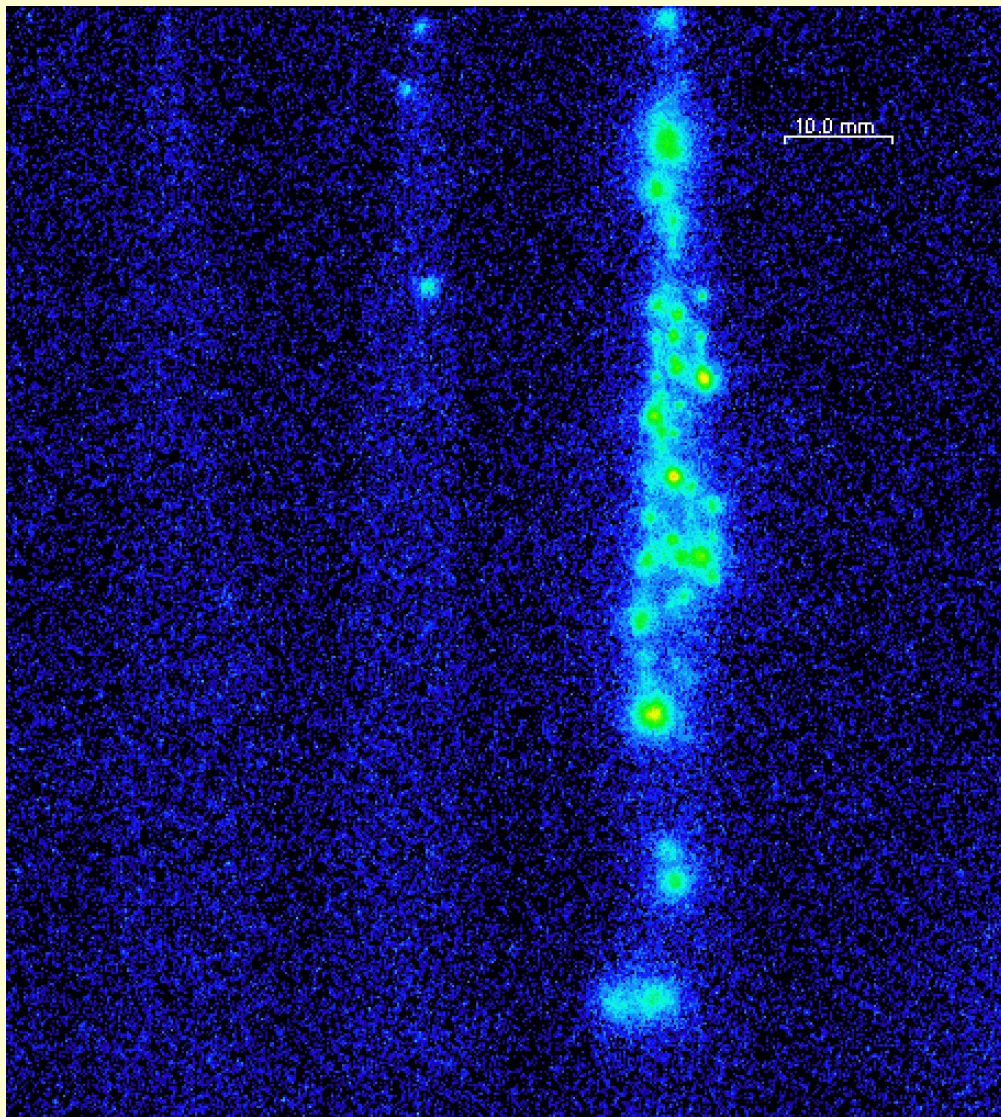
コムギの放射能の可視化 (2カ月経って採取)



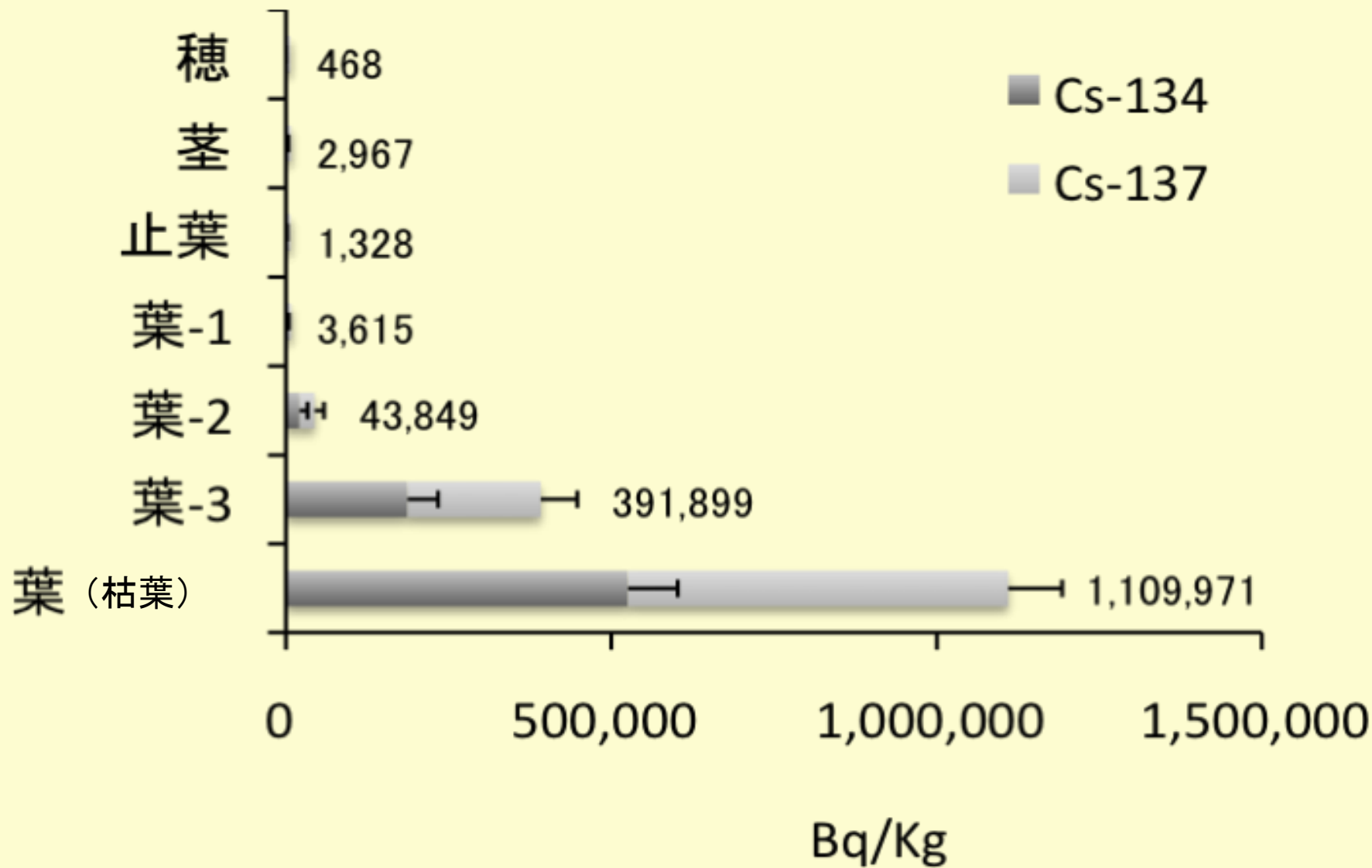
http://www4.pref.fukushima.jp/nougyou-entre/bu_aizu/suitouh...



by K.Tanoi



- ・事故当時、展開した葉に降ってきた。
- ・他の葉も、少量の放射線が検出された。



by K.Tanoi

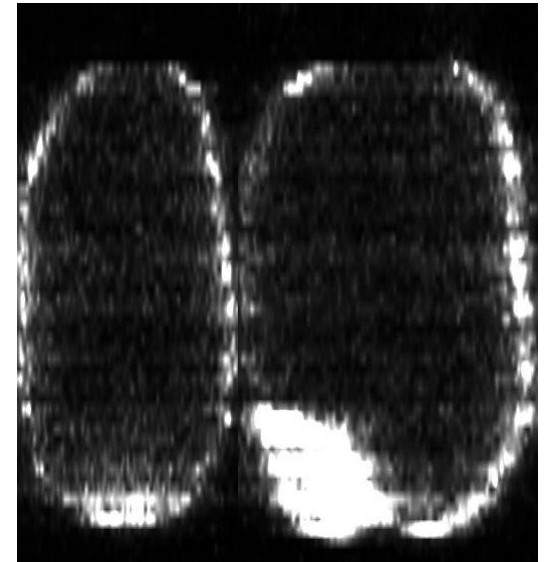
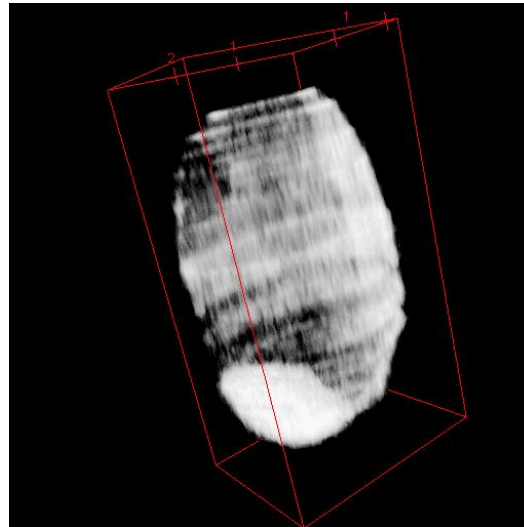
食品中の放射性セシウムの基準値

食品群	基準値 (Bq/kg)
飲料水	10
牛乳	50
一般食品	100
乳児用食品	50

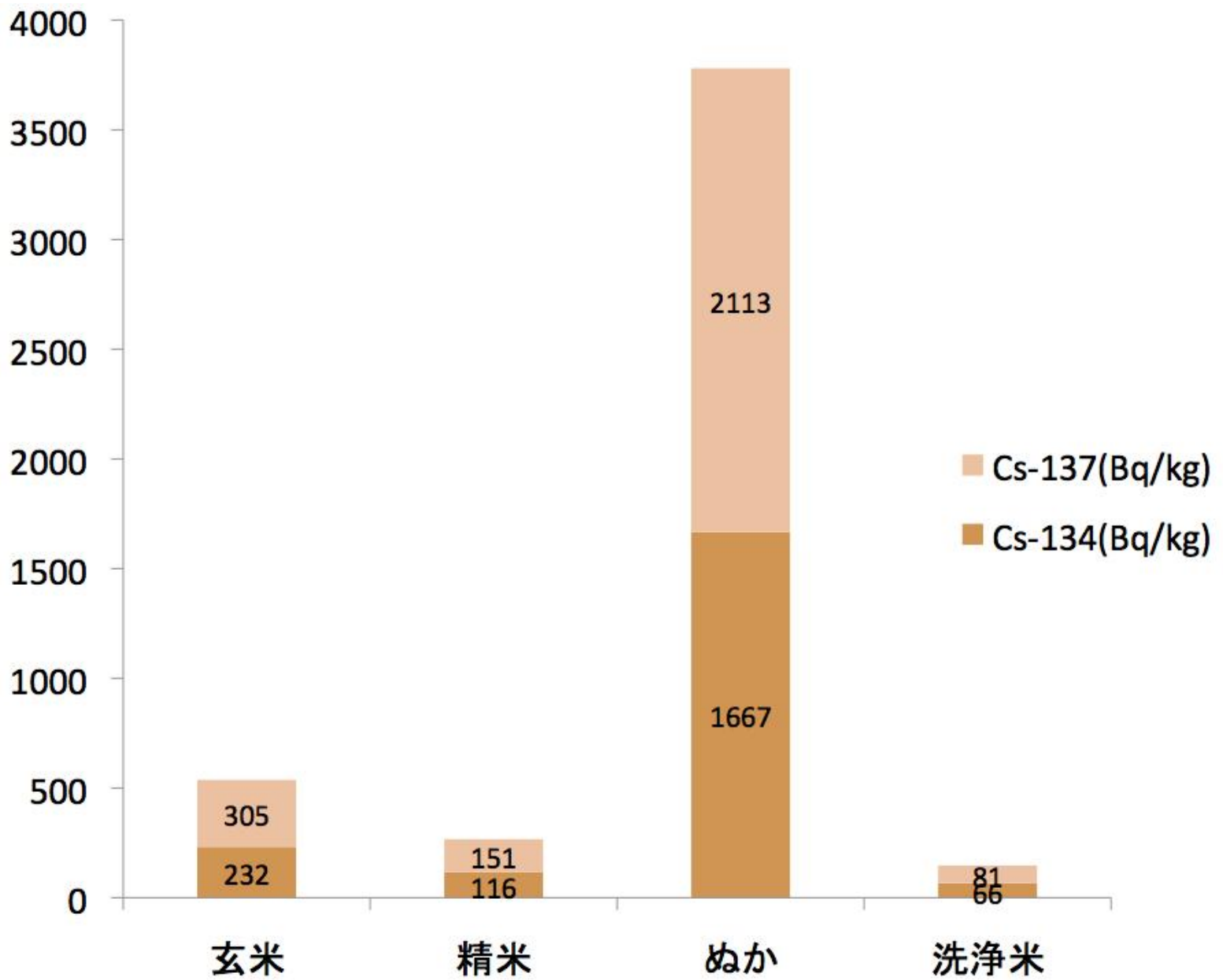
玄米の全袋検査

- ・毎年100000000を超える玄米を測定
- ・平成25年から100Bq/kgを超える玄米袋はゼロ。

Distribution of ^{137}Cs in a rice grain.
after 3, 5, 7, 9, 12 and 15 days of flowering
by an Imaging Plate (IP)

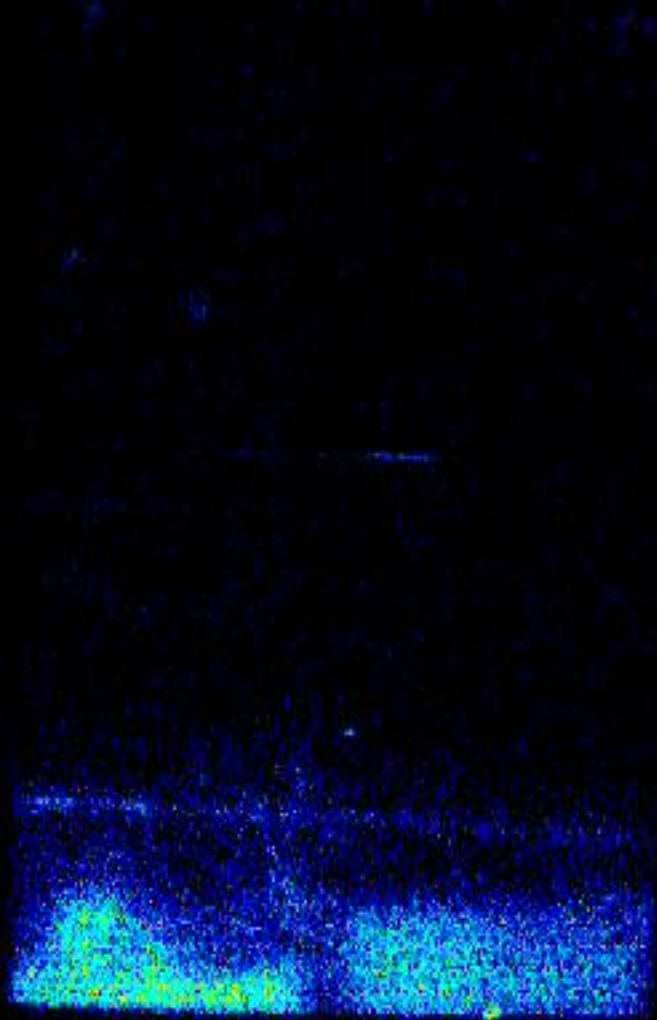


3D image of ^{137}Cs

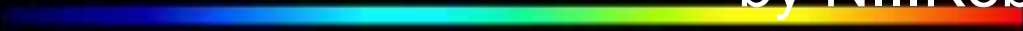




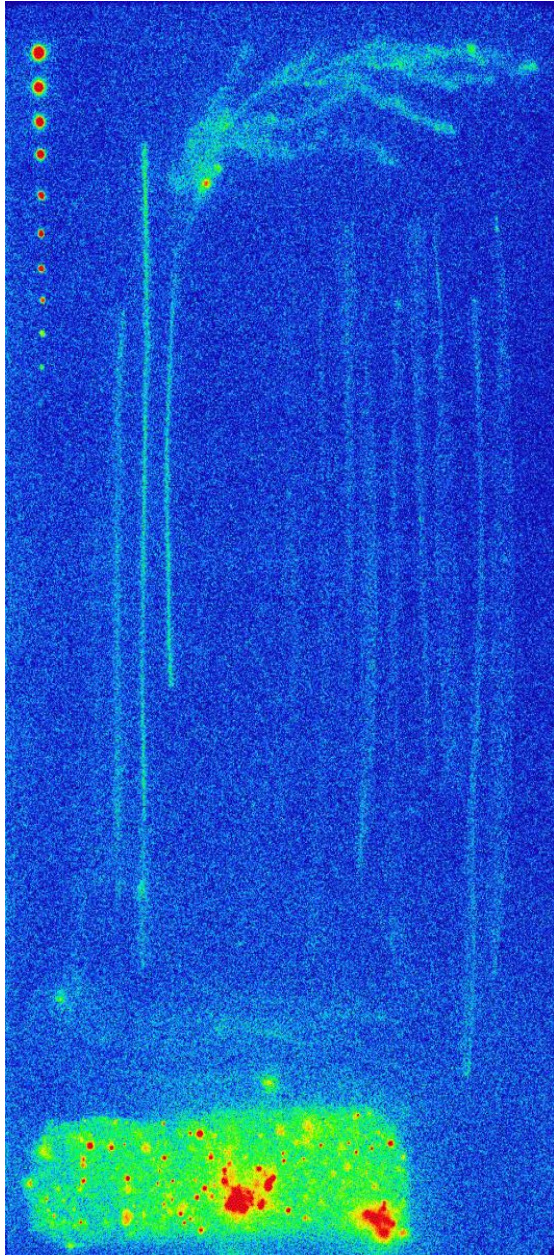
water



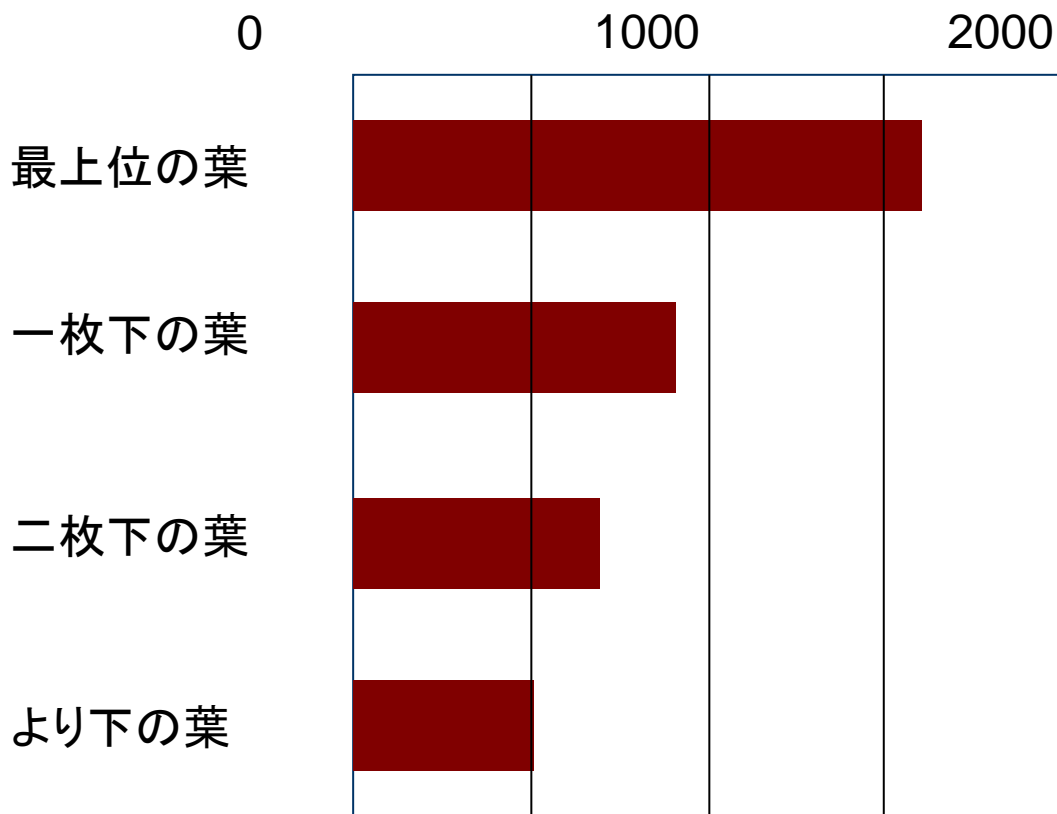
by N.I.Kobayashi



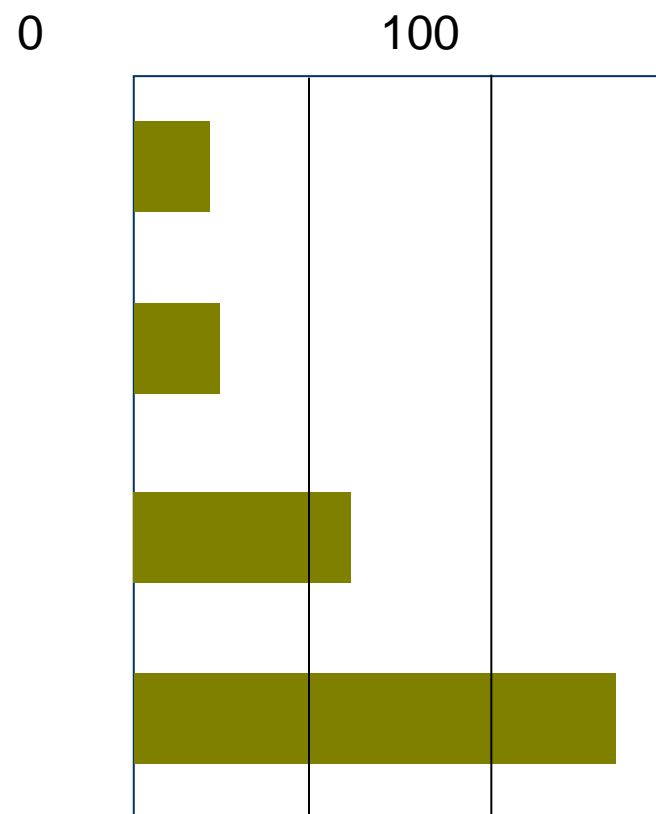




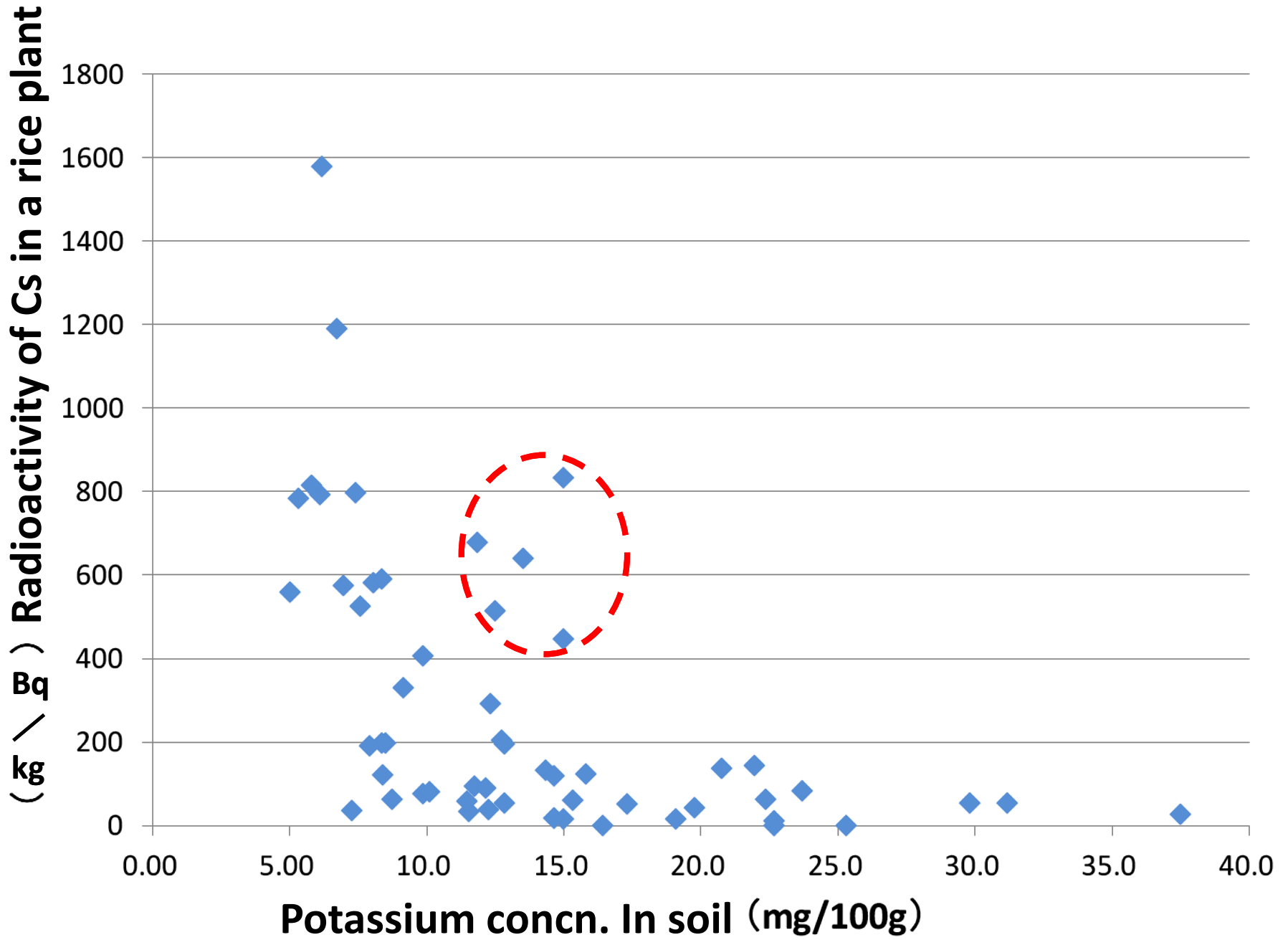
セシウム137の濃度(ベクレル/kg乾燥重)



山間地の谷地田

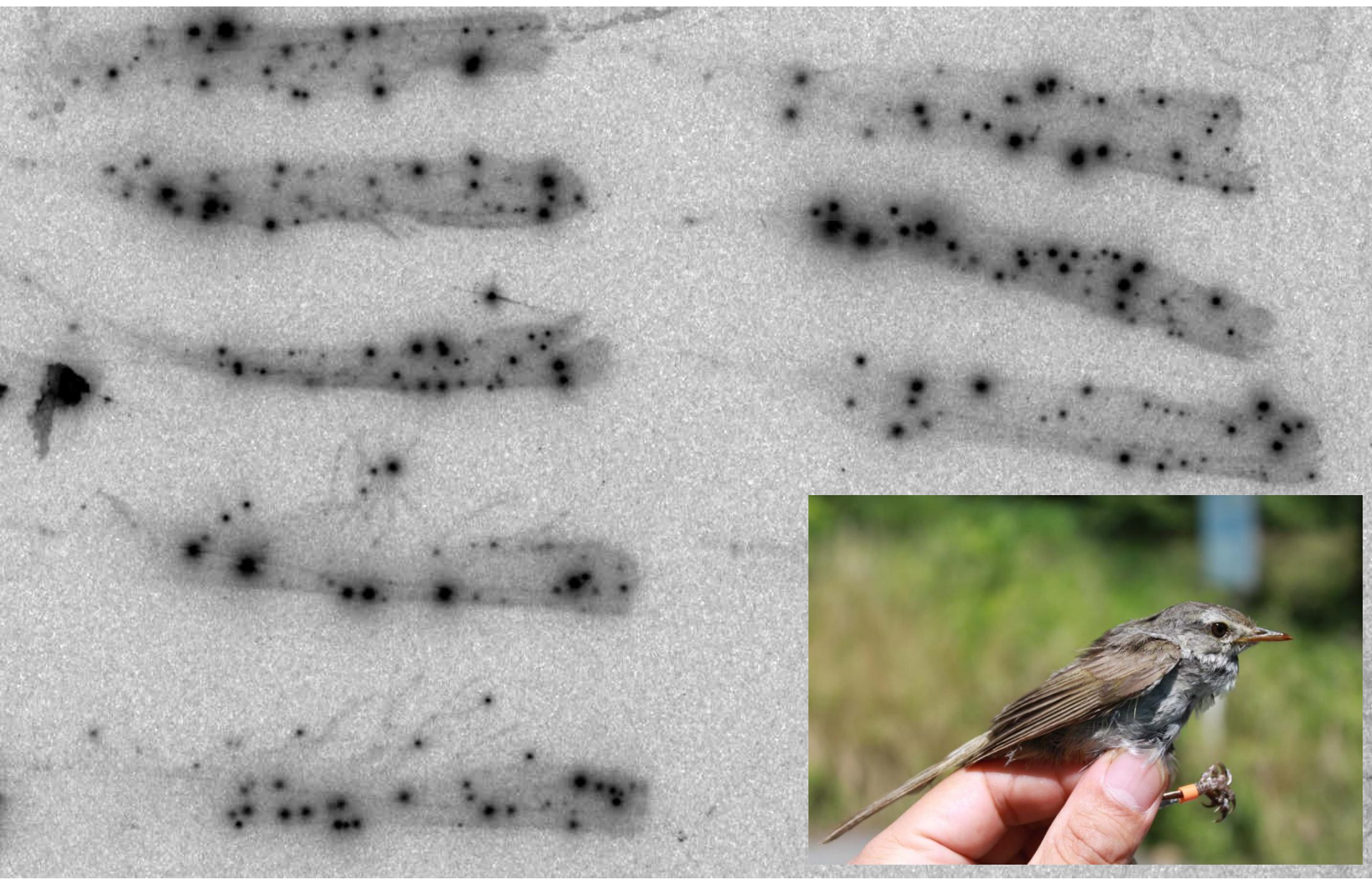


農業総合センター水田



by K. Nemoto

ウグイスの羽根(*Cettia diphone*) By Prof. Ken Ishida



by K. Ishida

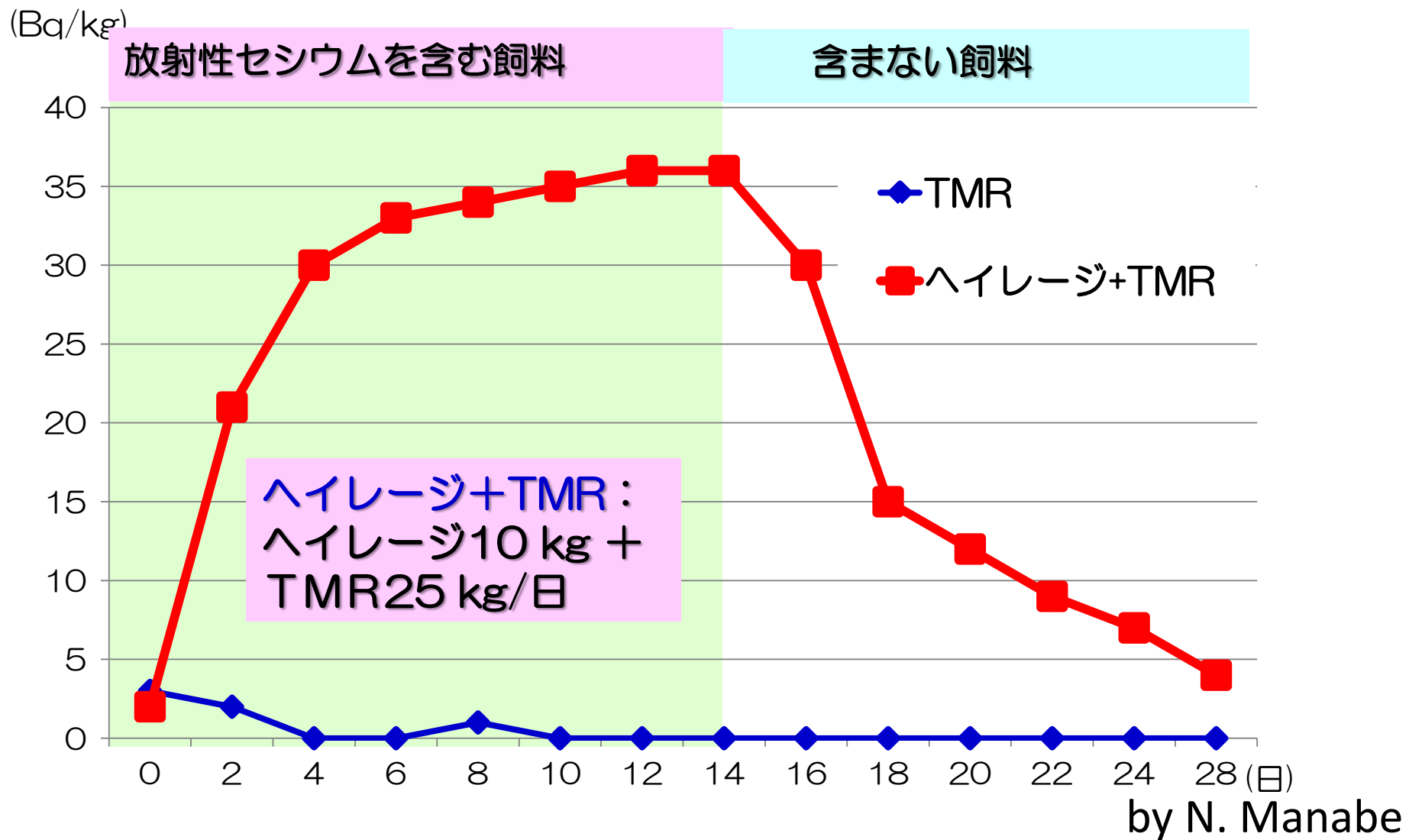
放射性ハイレージでの飼育実験

TMR 14日間	TMR 14日間	TMR 14日間
TMR 14日間	ハイレージ+TMR 14日間	TMR 14日間

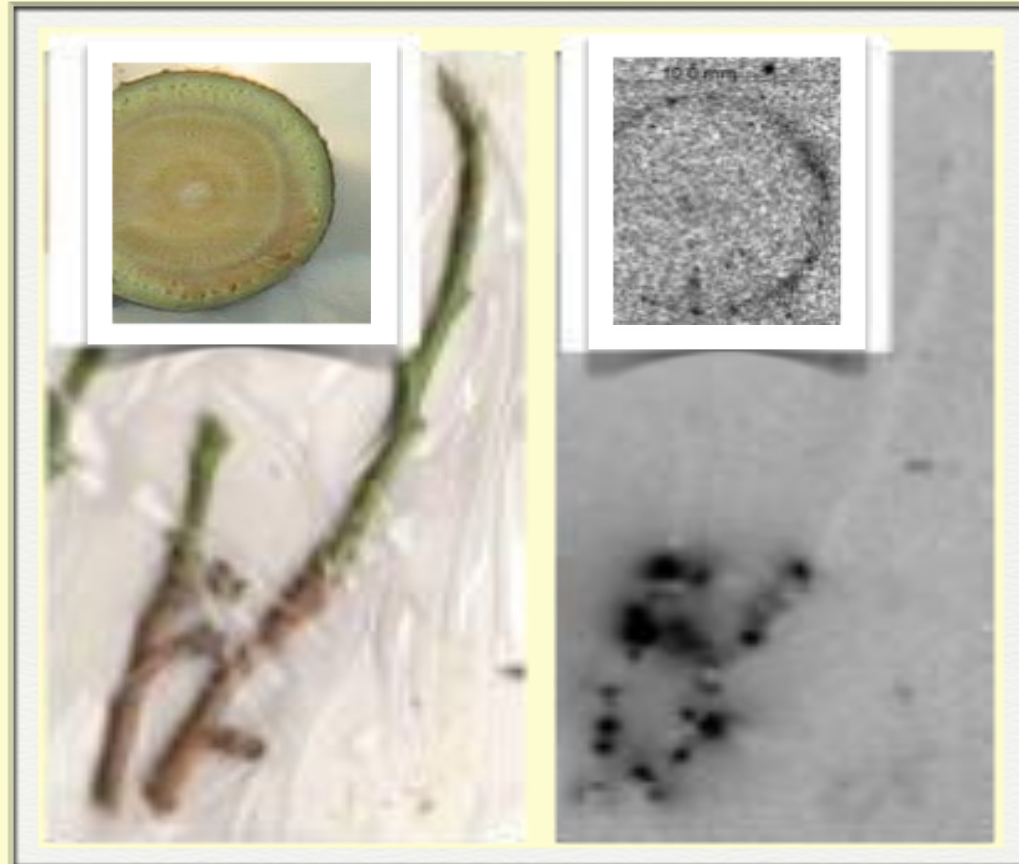
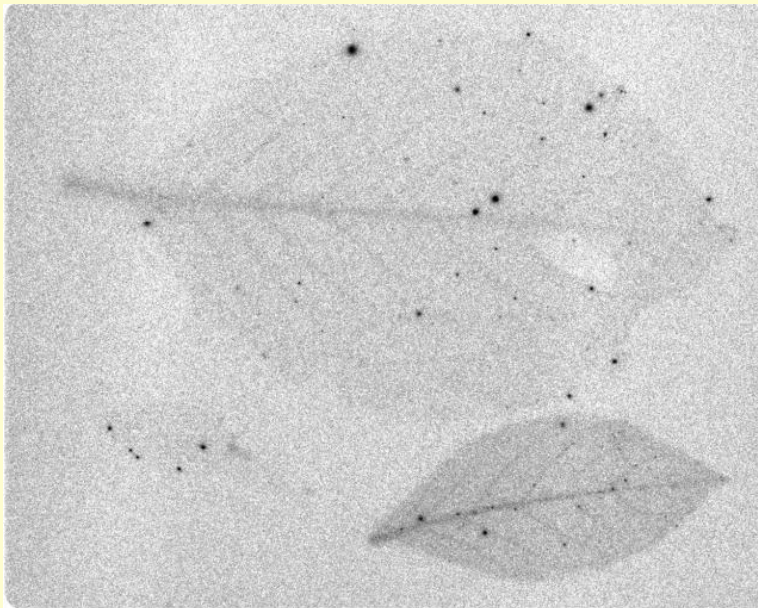
- **TMR（配合飼料）**：
毎日35キロ
- **ハイレージ + TMR**：
毎日ハイレージ10キロ + TMR
25キロ
(合計35キロ)



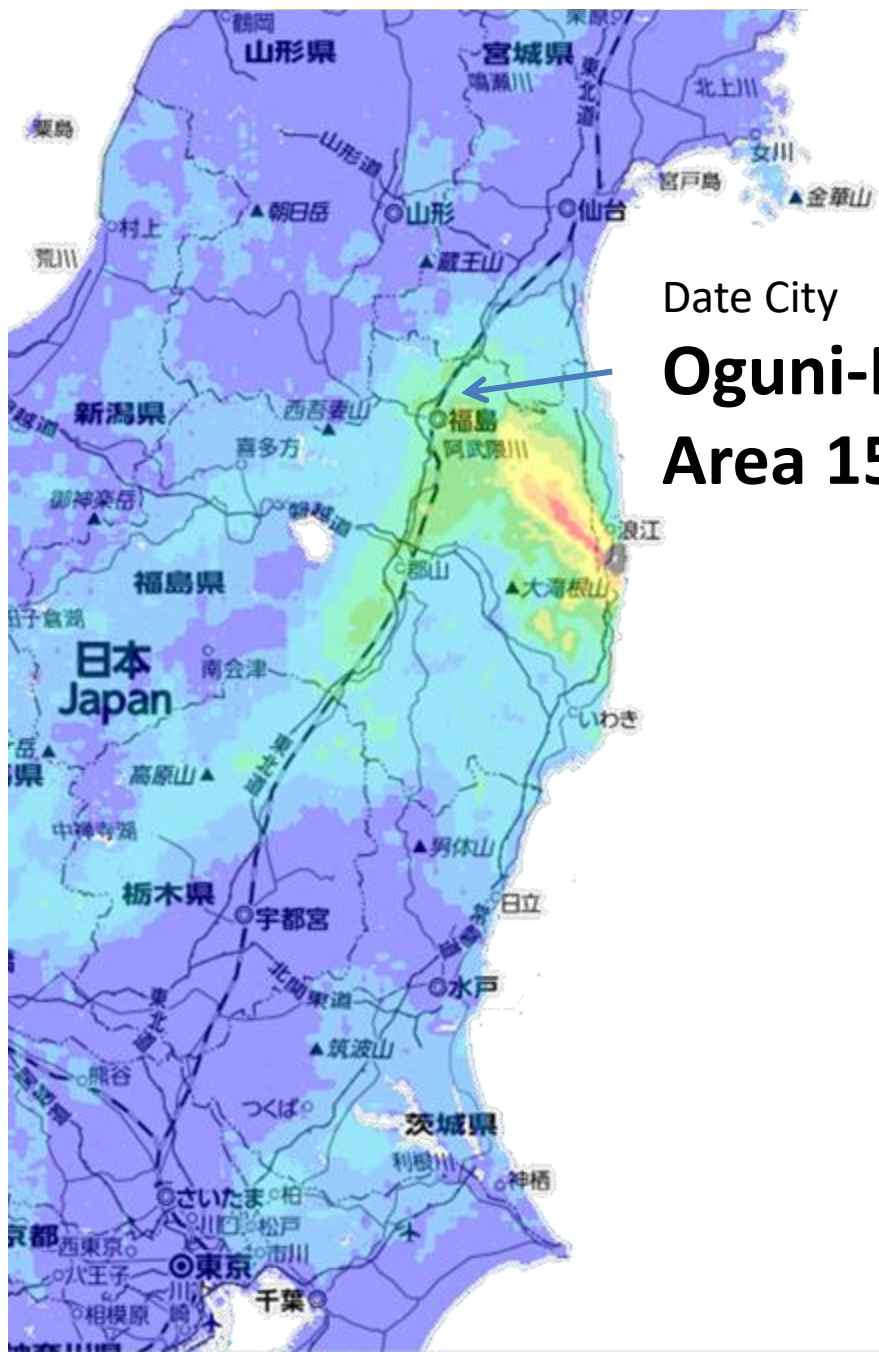
牛乳の放射能濃度の推移



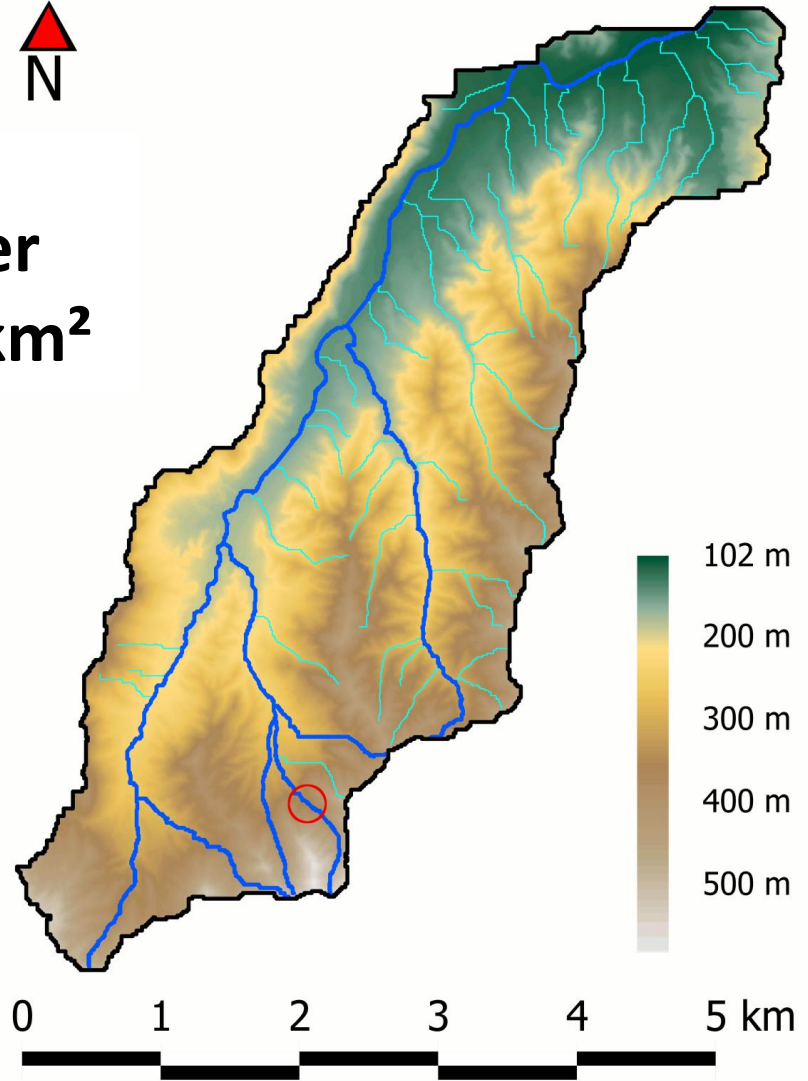
葉・枝の汚染は不均一



桃の1年枝



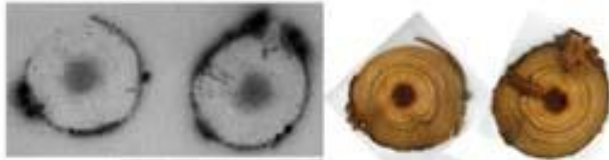
Date City
Oguni-River
Area 15.6km²



by N. Ohte

Height

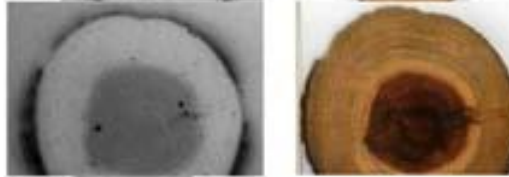
19 m



16 m



13 m



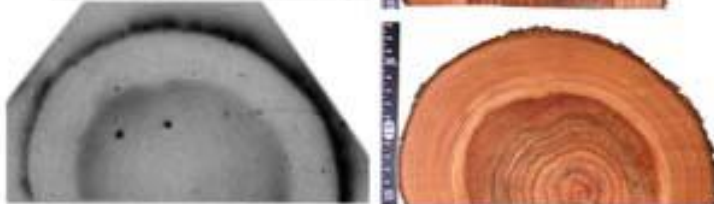
10 m



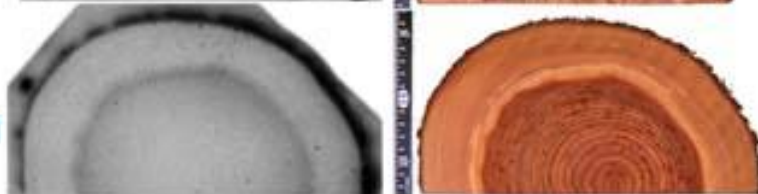
7 m



4 m



1.3 m



radiograph

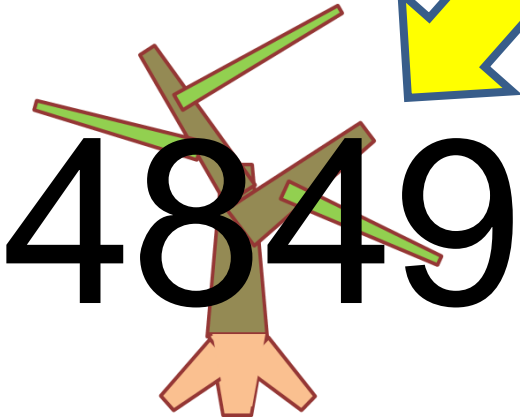
picture



^{137}Cs movement in tree

When the total amt. within the tree is 5000

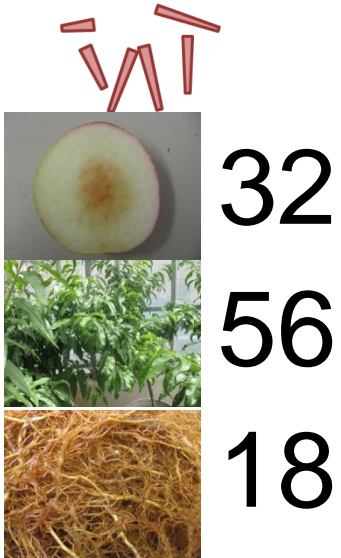
Old tissue



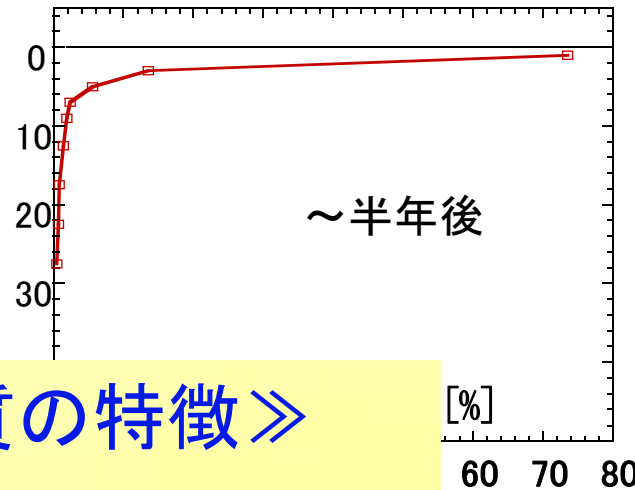
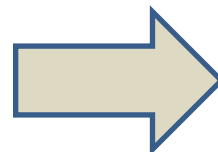
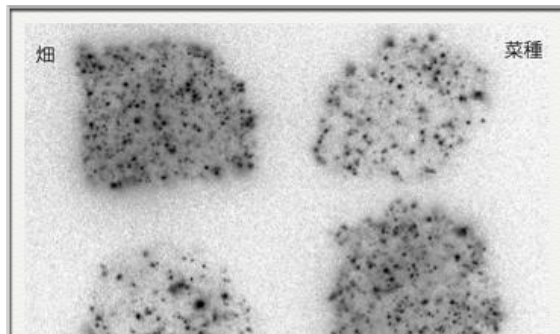
New tissue



Soil



土壌



《降ってきた放射性物質の特徴》

スポット状 ・ 表面にくっつく

時間と共にほとんど動かない

[%]
60 70 80

Cs-134

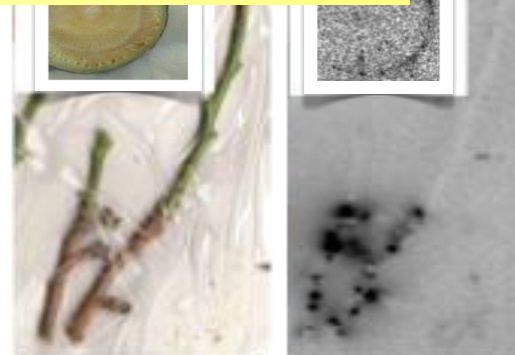
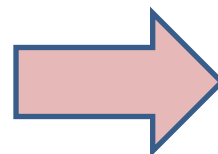
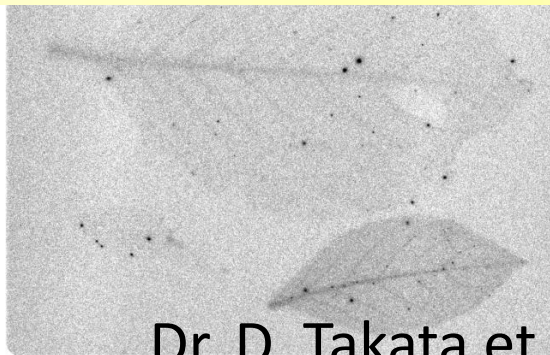
Cs-137

1,109,971

1,500,000

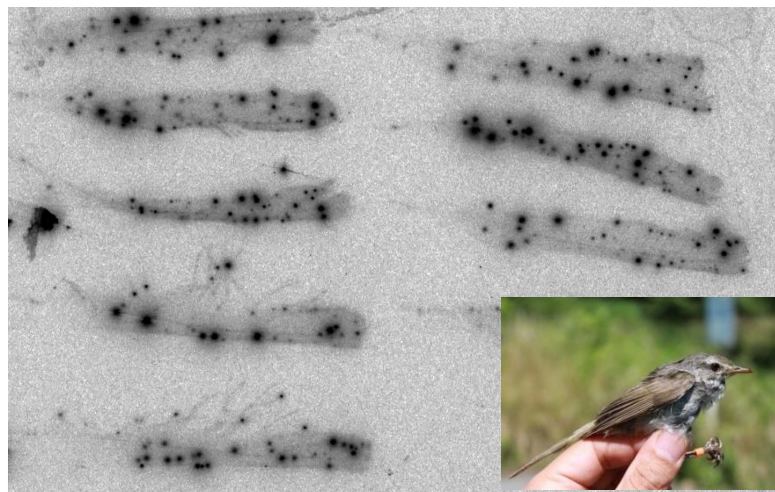
作物

樹木



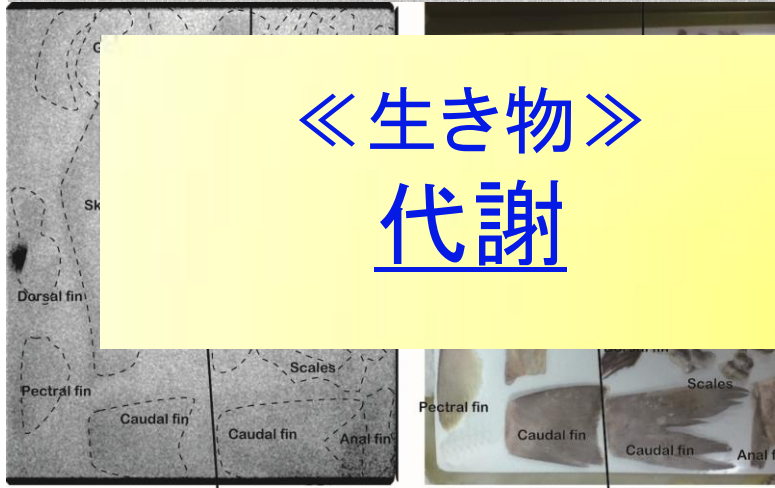
Dr. D. Takata et al.

鳥類



A. Prof. K. Ishida et al.

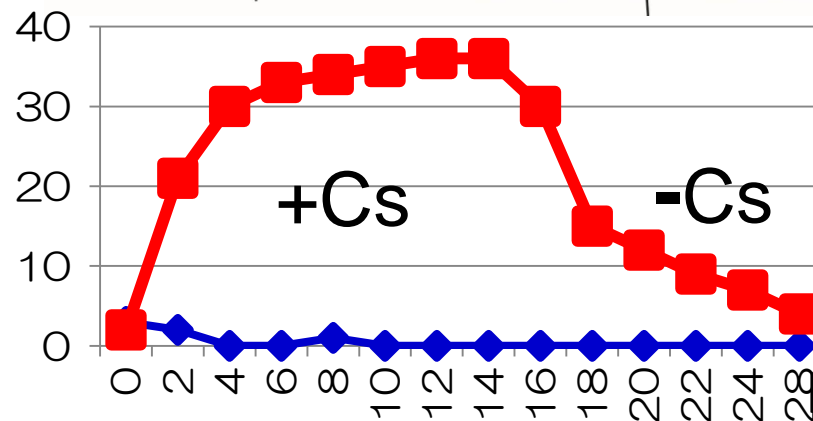
魚類



《生き物》 代謝

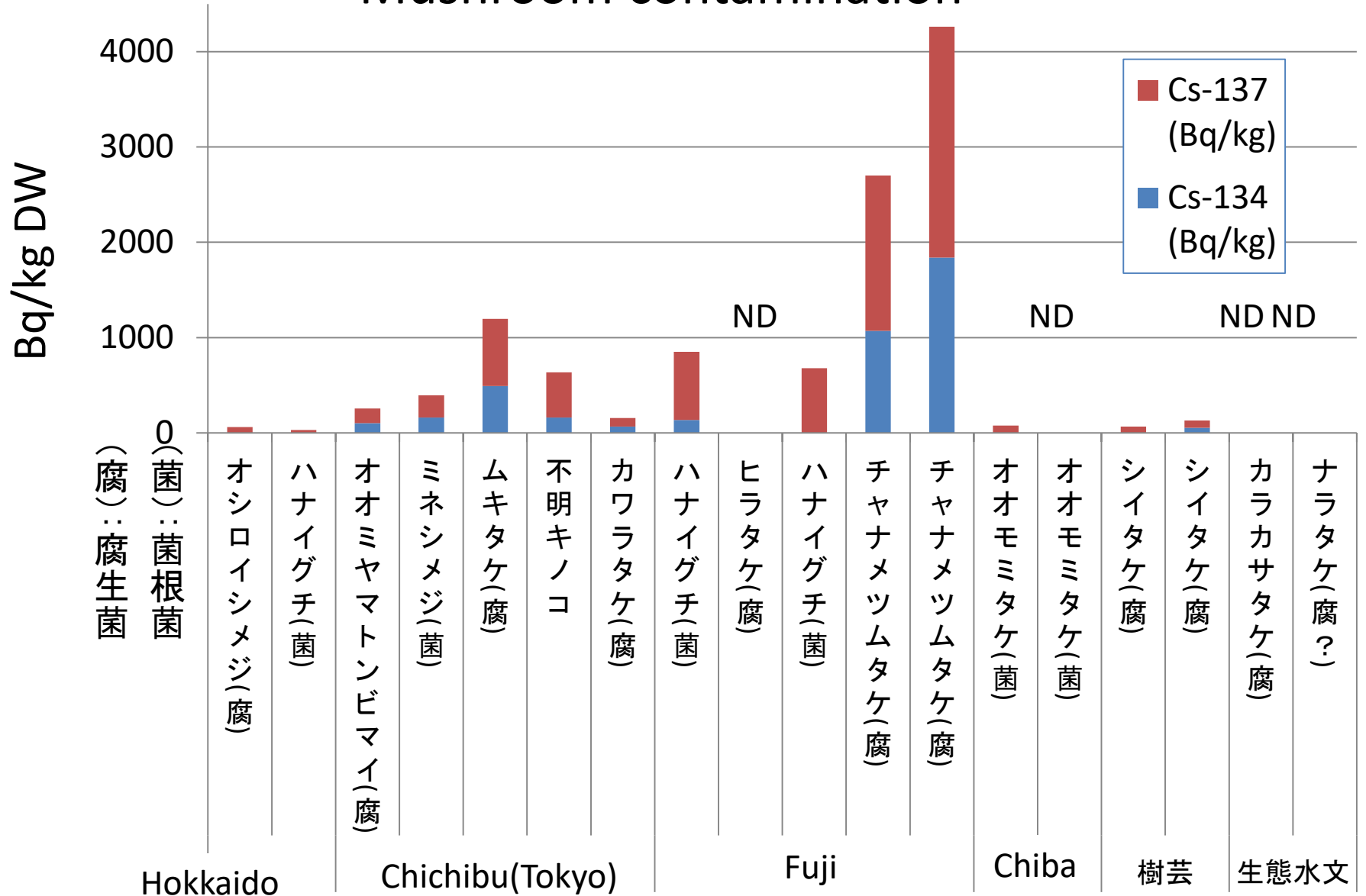
Prof. S. Watabe et al.

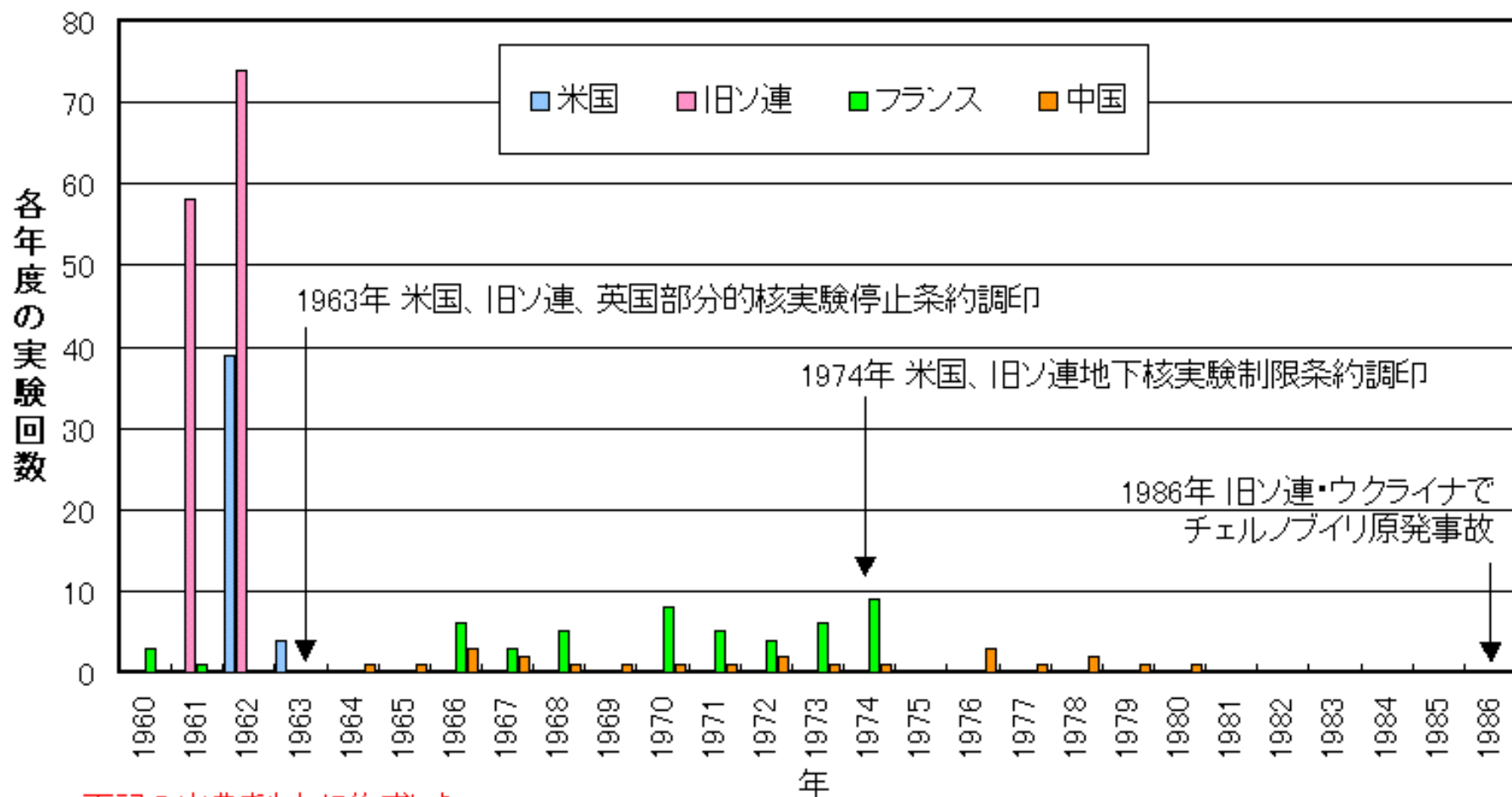
動物



Prof. N. Manabe et al.

Mushroom contamination



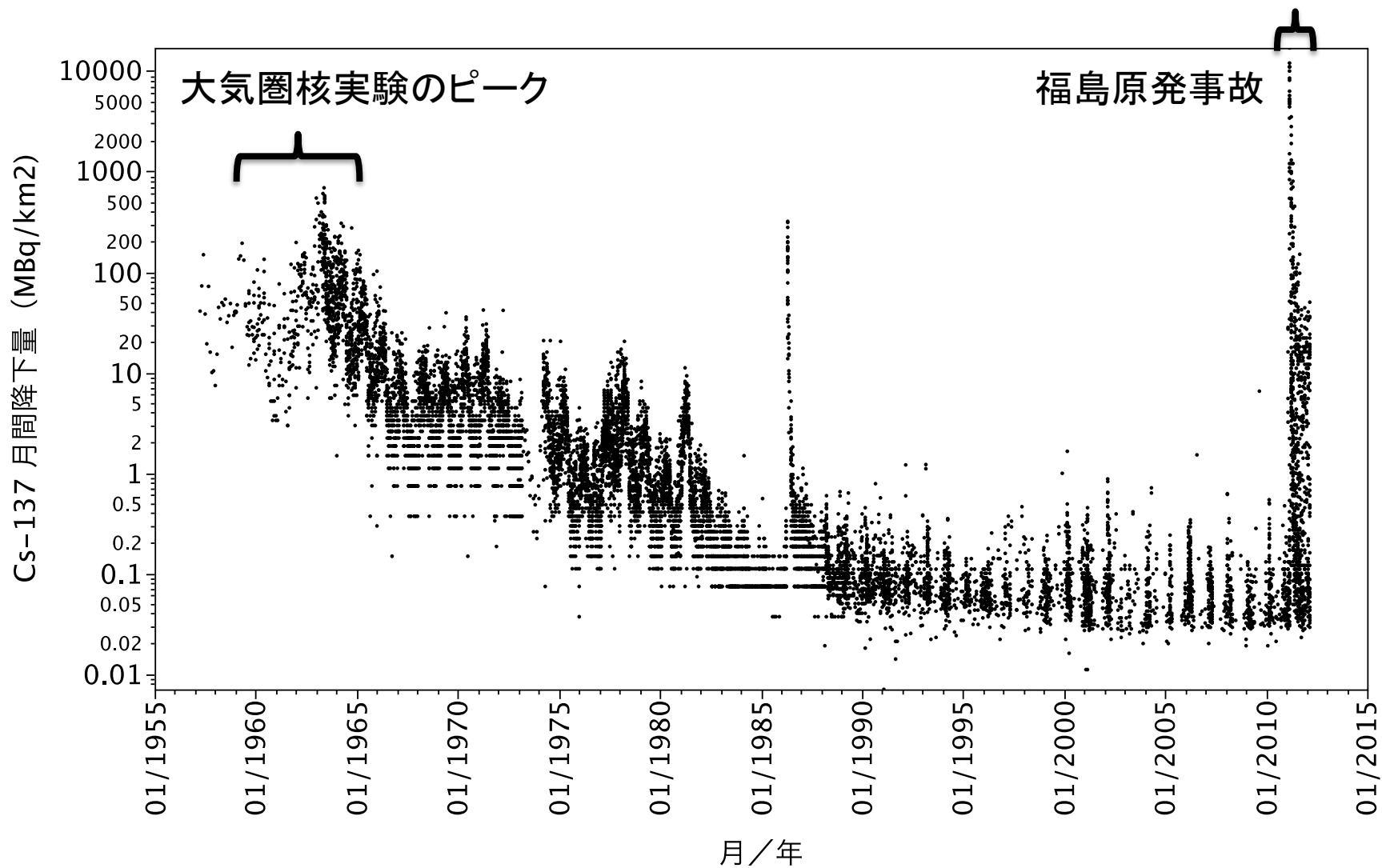


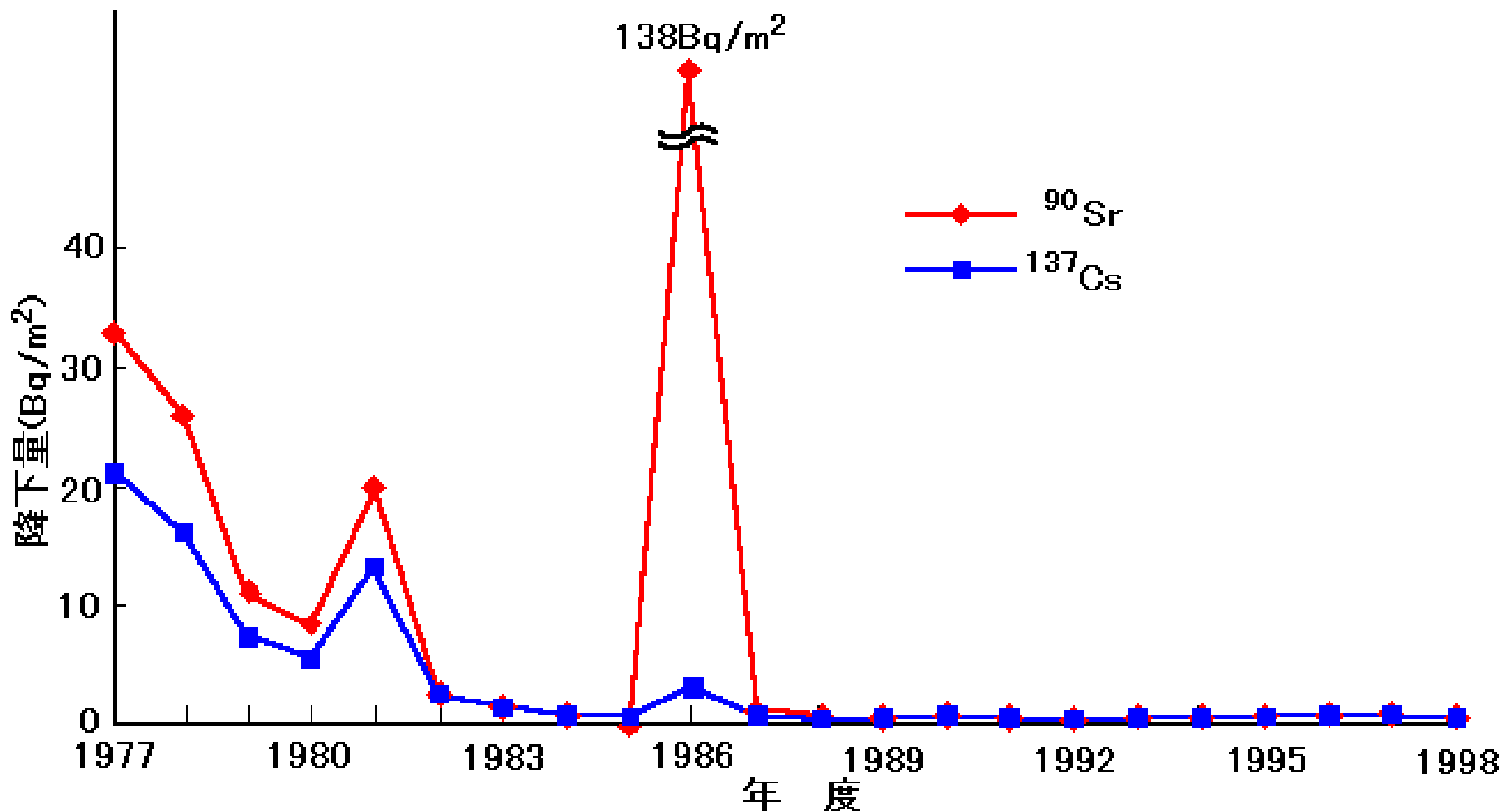
下記の出典をもとに作成した。

過去の年度別大気圏内核実験回数

[出典] NRDC ホームページ(<http://www.nrdc.org/nuclear/nudb/datab15.asp>)

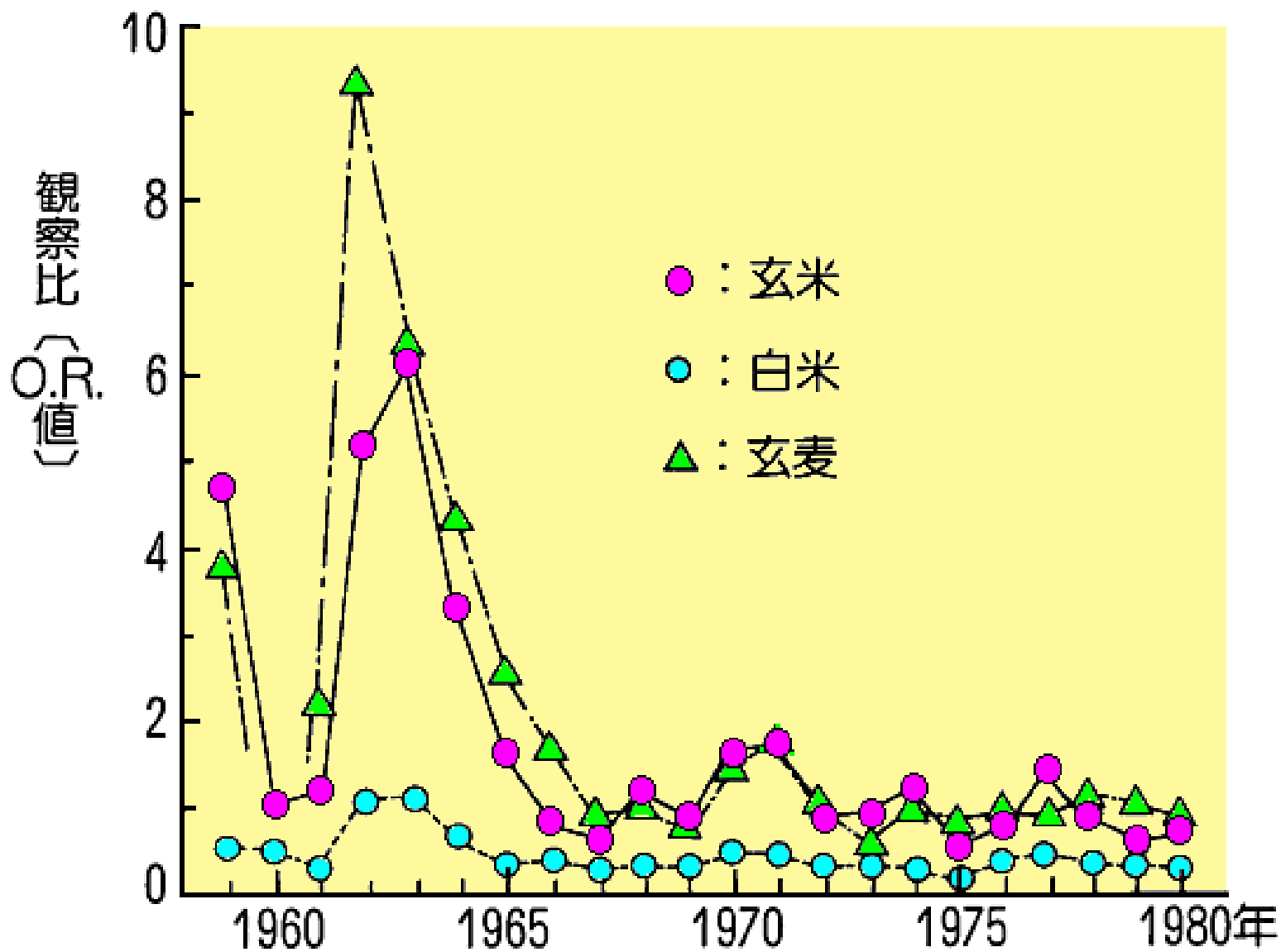
日本全国におけるCs-137月間降下量の推移



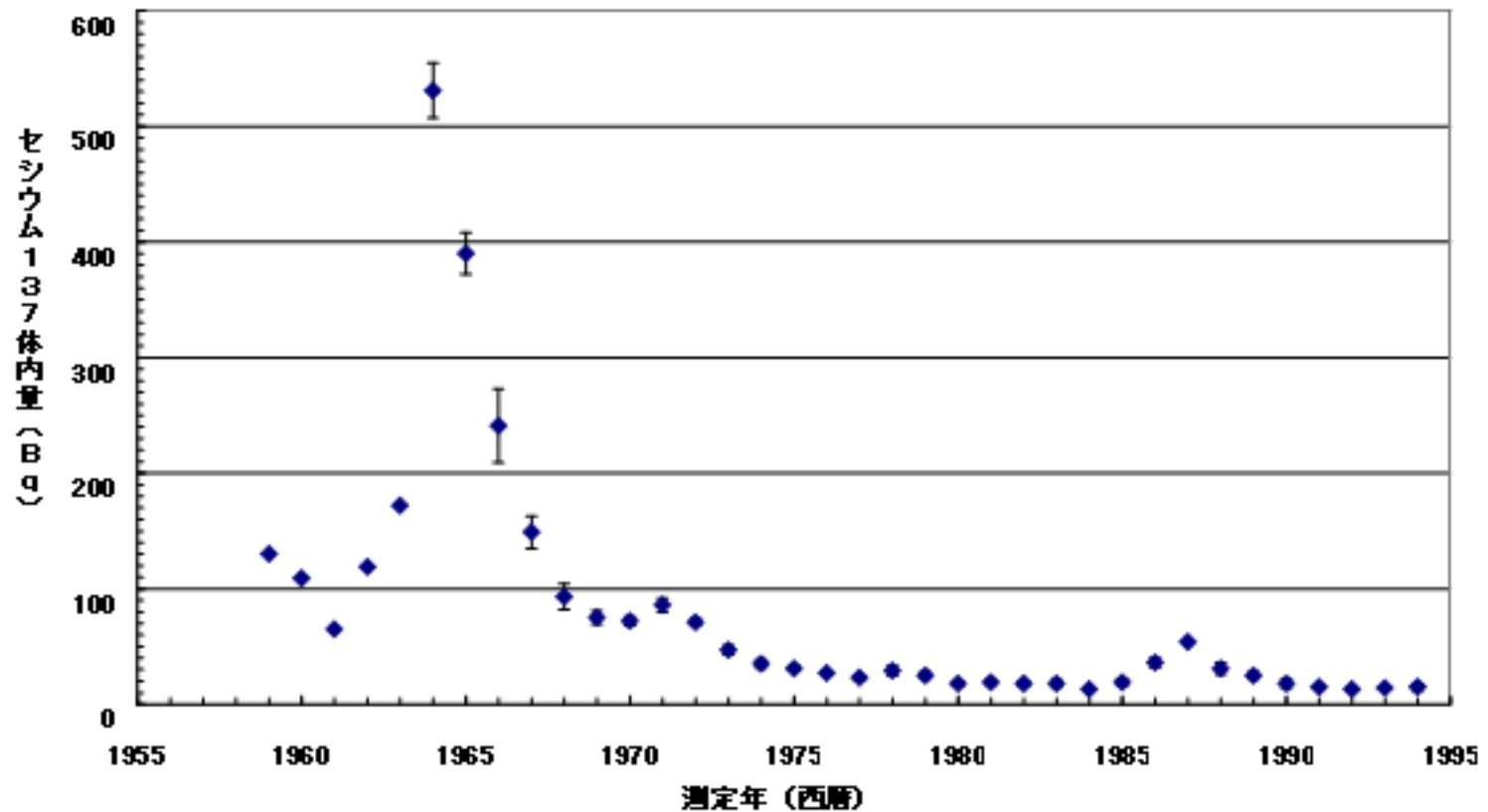


^{90}Sr 、 ^{137}Cs 降下量の経年変化(水戸市)

[出典] 茨城県公害技術センター:表やグラフで見る茨城の環境、第5版(2000年3月)p.19



作土・子実間の観察比の経年推移



(1959-1994)

下記出典のFig.2の不要部分を消し、1994年値を追加し、さらに図2,3から推定した1959年から1962年まで4年間の体内量を追加して改変

図4 日本人成人男子群のセシウム137体内量の推移

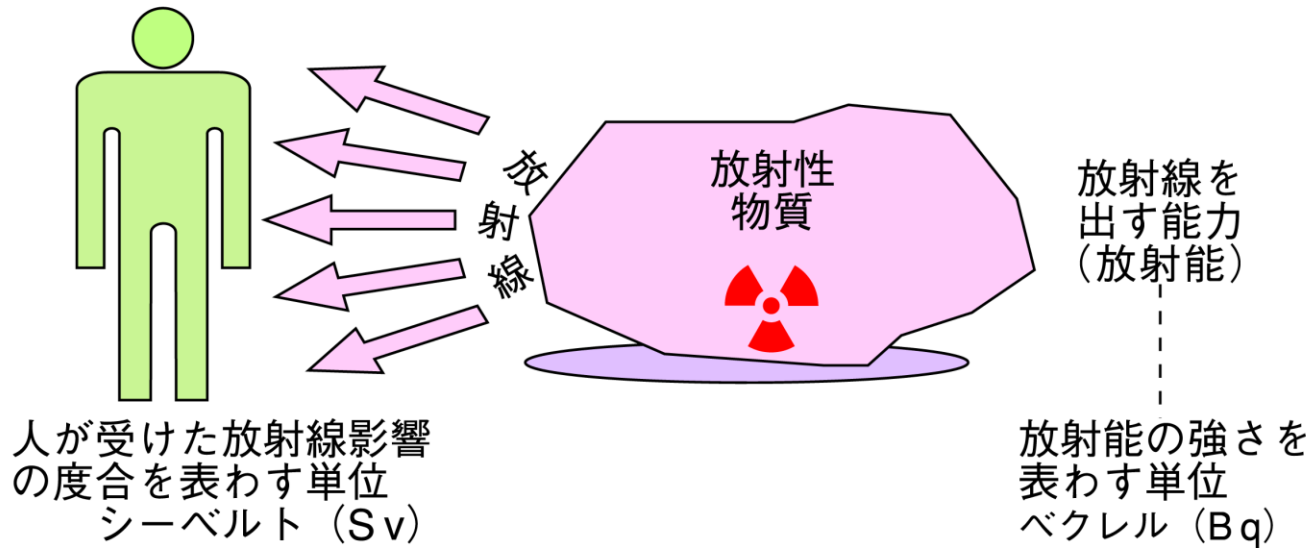
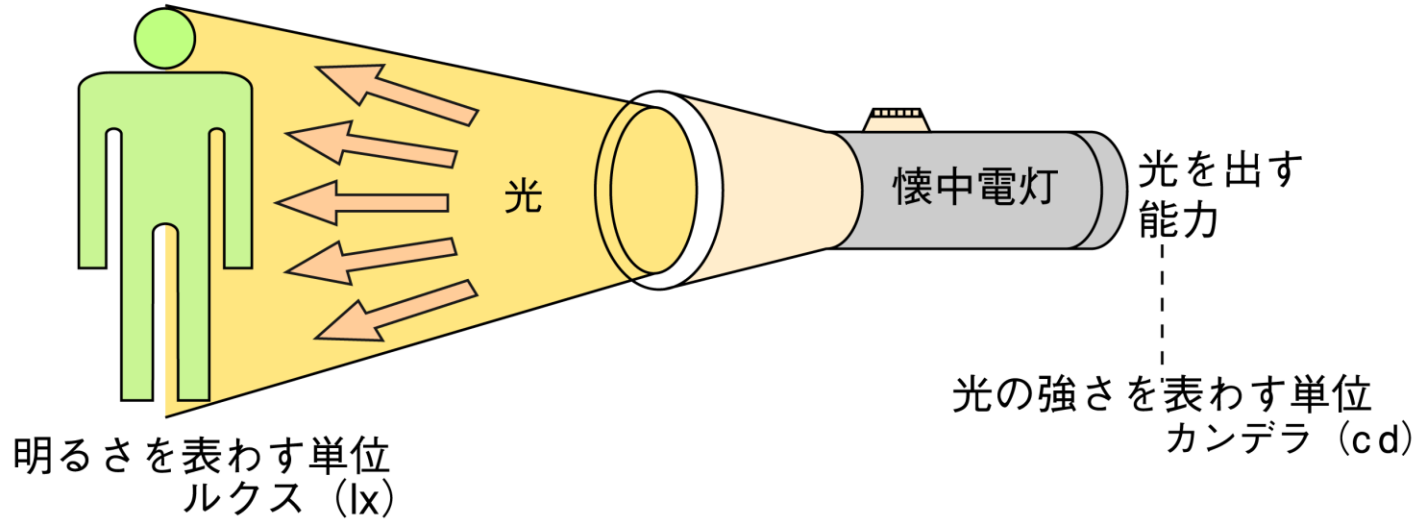
[出典]Health Physics 71, 322 (1996)

米国・旧ソ連により1961, 62年に行われた大気圏内核実験の影響

ご清聴有難うございました。

おわり

放射能と放射線





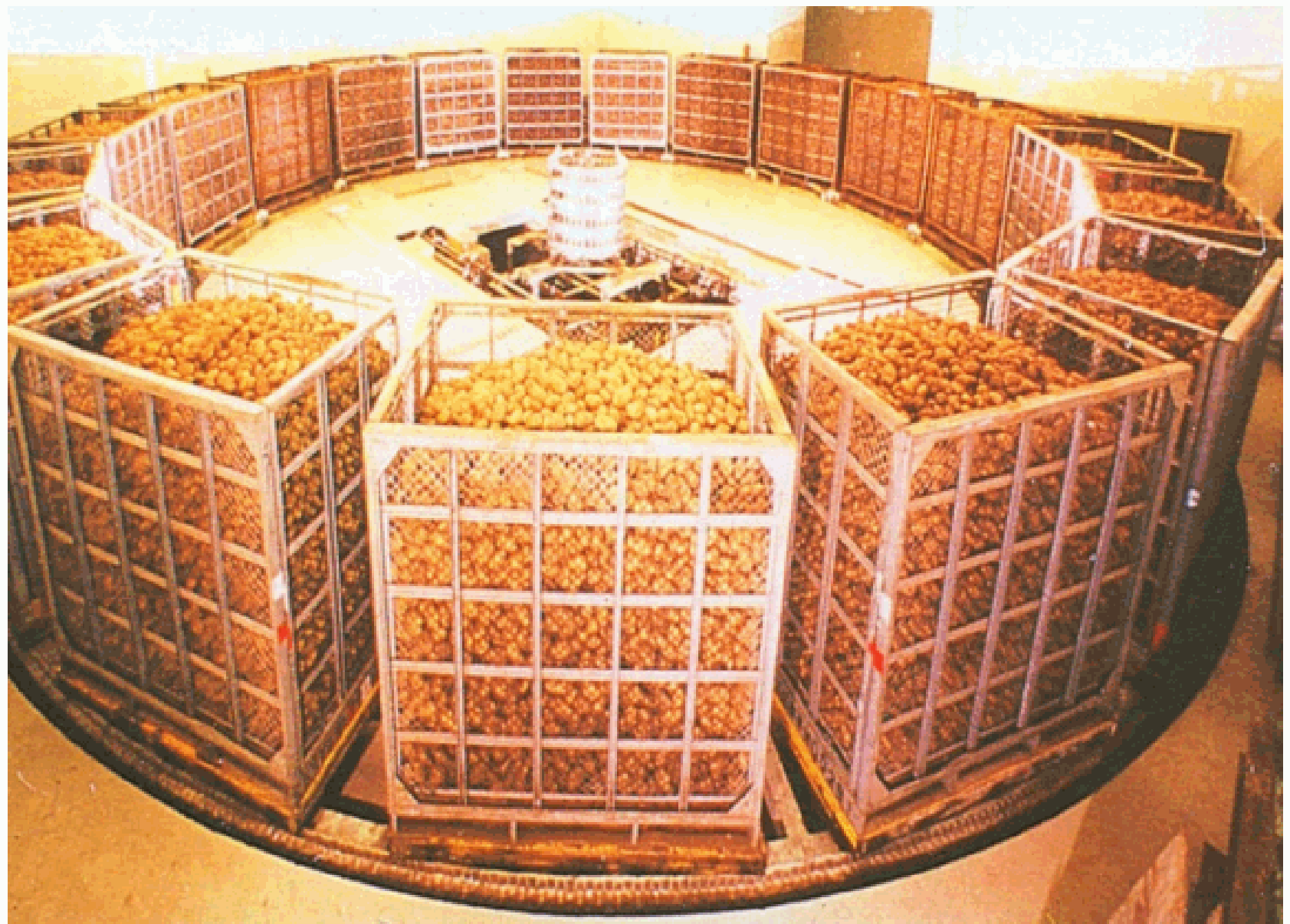
a) 黒班病梨「二十世紀」 b)耐病性梨「ゴールド二十世紀」

ガンマ線照射によって選抜された 耐病性品種

[出典] 放射線育種場テクニカルニュース、No.29、p.1-2(1986)



図 2 ディisposable医療用具



ジャガイモ照射施設(北海道 士幌農協)

[出典]食品照射データベース (<http://takafoir.taka.jaeri.go.jp/>)