

COI

- Research grants from Ministry of Environment (2011-2013, 2015-2017)
- UNSCEAR, former consultant /a former member of Japanese delegate

櫻島にある科学不信の碑

「大正三年一月十二日の桜島の爆発は安永八年以来の大災害で、全島が猛火に包まれ、噴石が落下し、降灰が天地をおおい、その光景は凄惨を極め、八つの部落を全滅させ、百四十人の死傷者を出した。この爆発の数日前より、地震が頻発し、山頂には多少の崩壊が認められ、海岸には熱湯が吹き出し、旧噴火口から白煙があがるなど、刻々と容易ならざる現象があったため、

村長は何度も測候所に判断を求めた。しかし桜島は噴火なしという回答であったため、村長は残っていた住民に、狼狽して避難するに及ばないと伝達した。しかし間もなく大爆発が起き、測候所を信用した知識階級の人がかえって災難にかかり、村長一行は難を避ける場所もなく、各自海に飛び込み漂流中、山下収入役、大山書記などはついに悲惨な最期を遂げるにいたった。

櫻島にある科学不信の碑

本島の爆発は、古来の歴史にてらせば、後日また免れないことは必然である。住民は理論を信賴せず、異変を認知する時は、未然に避難の用意をすることをもっとも肝要とし、平素から儉約・貯金し、いつ災害にあっても路頭に迷わない覚悟をしなくてはならない。ここに碑を建て、記録する。

大正十三年一月
東桜島村」

論点1

放射線が
安全か、安全でないかは
線量で決まる???

閾値

がん

なし

水晶体混濁 有り

循環器疾患 ？

遺伝影響 なし？

論点1+

放射線で起きた病気とそれ以外の原因で
起きた病気を区別できる???

論点2

直ちに健康に影響を与える量ではない」
と言われても、将来は
どうなる？



論点2+

放射線被ばくの影響は、子孫にも出る？

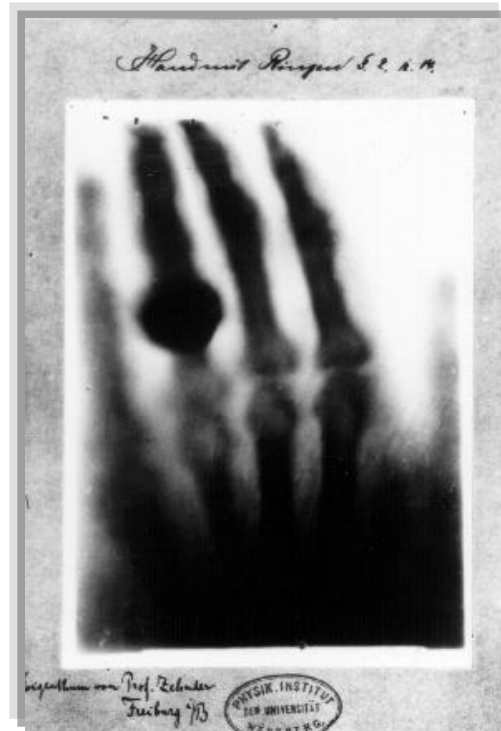
**放射線は、
電離放射線と非電離放射線に区別
される。**

**通常、放射線と言えば、電離放射
線のことを指している。**

X-Rays = レントゲン線

ドイツのヴィルヘルム・レントゲンが1895年11月8日に発見した。

“未知数”を表す「X」を用いて、X線と命名



	その正体は？	体を通り抜ける？
エックス線	電磁波（光子）	通り抜ける
ガンマ線	電磁波（光子）	通り抜ける
ベータ線	電子）	皮膚は通り抜ける
アルファ線	ヘリウム原子核）	皮膚で止まる
中性子線	中性子	通り抜ける

天然の放射性物質

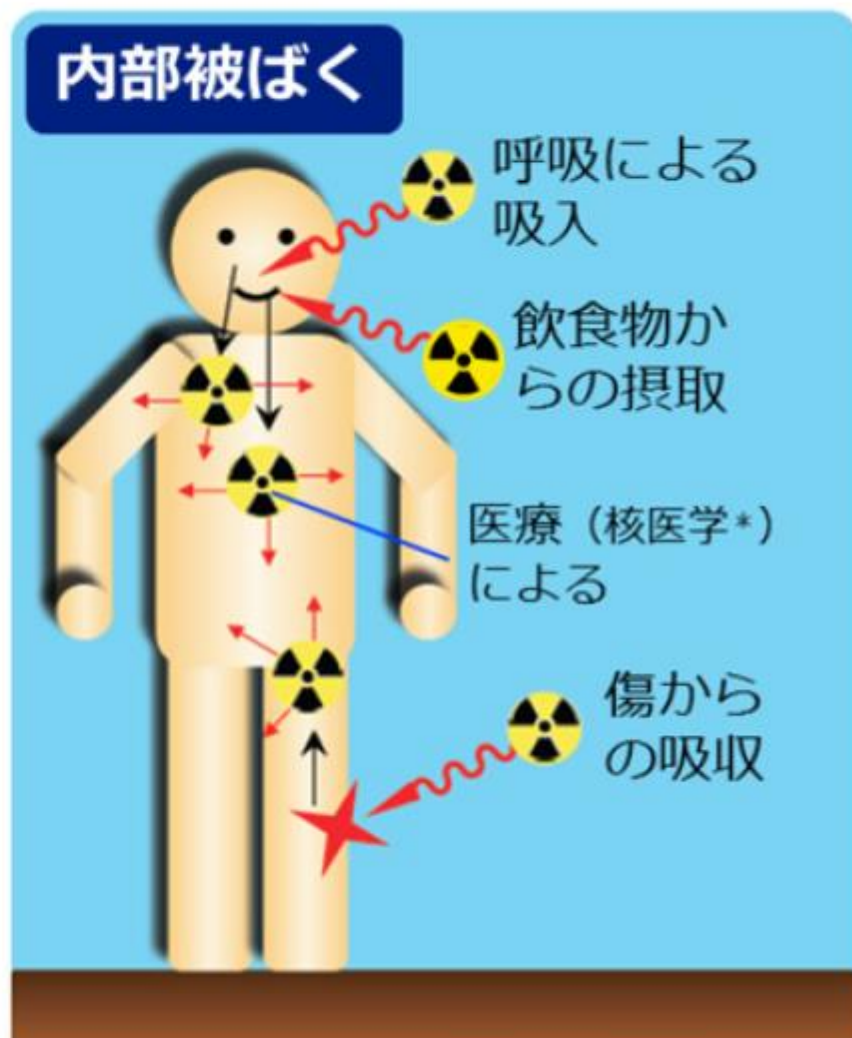
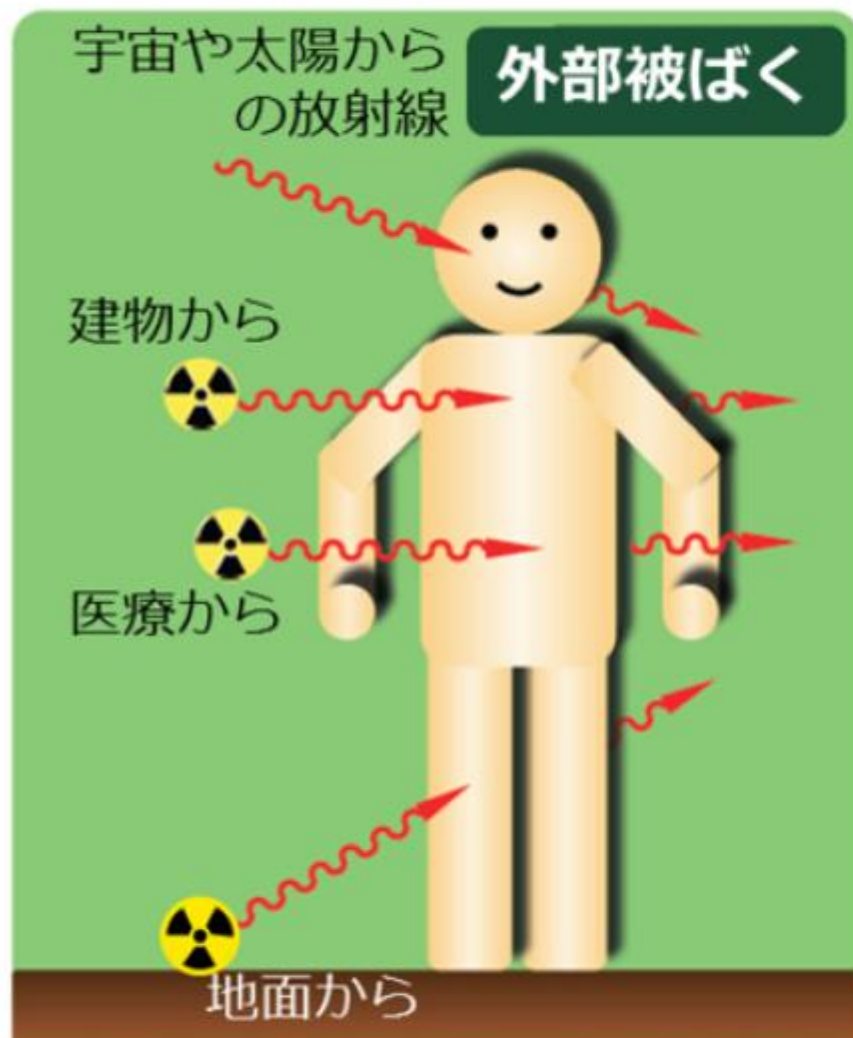
- 大地には、ウラン238、トリウム232、カリウム40などの天然の放射性物質が含まれています。これらは、約46億年前に地球ができたときから存在しています。
- 宇宙線が大気中の窒素などにあたることで、トリチウム（三重水素）や炭素14などの天然の放射性物質が常に作られています。

放出する放射線の種類	天然の放射性物質の例	核実験や原子力施設に由来する放射性物質の例
アルファ線	ウラン(238)、トリウム(232)、ラジウム(226)、ラドン(222)	プルトニウム(239、240)
ベータ線	炭素(14)、トリチウム(3)	ストロンチウム(89、90)
ベータ線とガンマ線	カリウム(40)	ヨウ素(129、131)、セシウム(134、137)

注:()内は質量数

天然の放射性物質から出る放射線でも、核実験や原子力施設に由来する放射性物質から出る放射線であっても、同じ種類・同じエネルギー・同じ量の放射線が人体の同じ部位に当たった場合の影響は同じです。

外部被ばくと内部被ばく



▶放射性物質（線源）が体外にある場合 ▶放射性物質（線源）が体内にある場合

*核医学とは、放射性同位元素(RI)を用いて診療や治療及び病気が起こる仕組み等の解明を行うことです。核医学検査で使用されている放射性医薬品は、人体に投与する影響等から、非常に半減期が短いRIが使用されています。

(国立研究開発法人 放射線医学総合研究所のウェブサイトより作成 <http://www.nirs.go.jp/usr/medical-imaging/ja/qa/q02/> 他)

影響の種類

- ▶ 放射線を受けた後にどのような健康影響が生じるか、生じないか、受けた放射線の量、受けた場所（全身、局所）、時間的経過（被ばくの様式）を考慮する

確定的影響

（しきい値がある）

急性障害

数週間以内に症状が出る
（分裂が盛んな細胞が障害を受ける）

胎児発生障害

晩発障害

数か月～数年以上の経過後に症状が出る

遺伝的障害

通常の遺伝性疾患の発生頻度の増加

急性放射線症候群

皮膚紅斑
脱毛
等

胚/胎児の障害
精神遅滞
等

白内障
緑内障

白血病
がん

骨髄障害
胃腸管障害
中枢神経障害

主な後影響(late effect)

白内障、水晶体混濁

がん

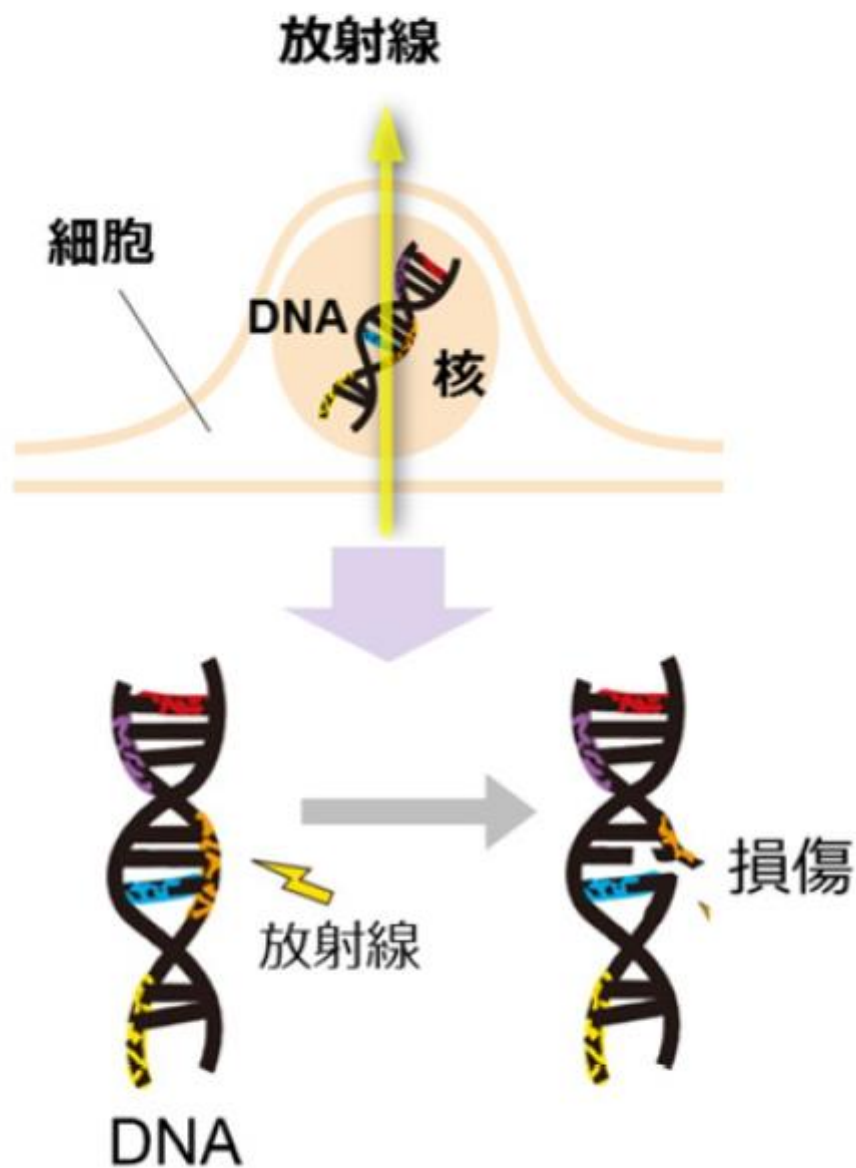
循環器疾患

遺伝性影響

人間では、両親の放射線被ばくが子孫の遺伝病を増加させるという証拠は見つかっていません。

ICRPは遺伝性影響のリスクを0.2%/Gyと見積もっています。これはがんの死亡リスクの20分の1にも満たない値です。

放射線によるDNAの損傷



**X線 1ミリグレイ当たりの損傷
(1細胞当たり)**

塩基損傷 2.5 箇所

1 本鎖切断 1 箇所

2 本鎖切断 0.04 箇所

年間平均被ばく線量

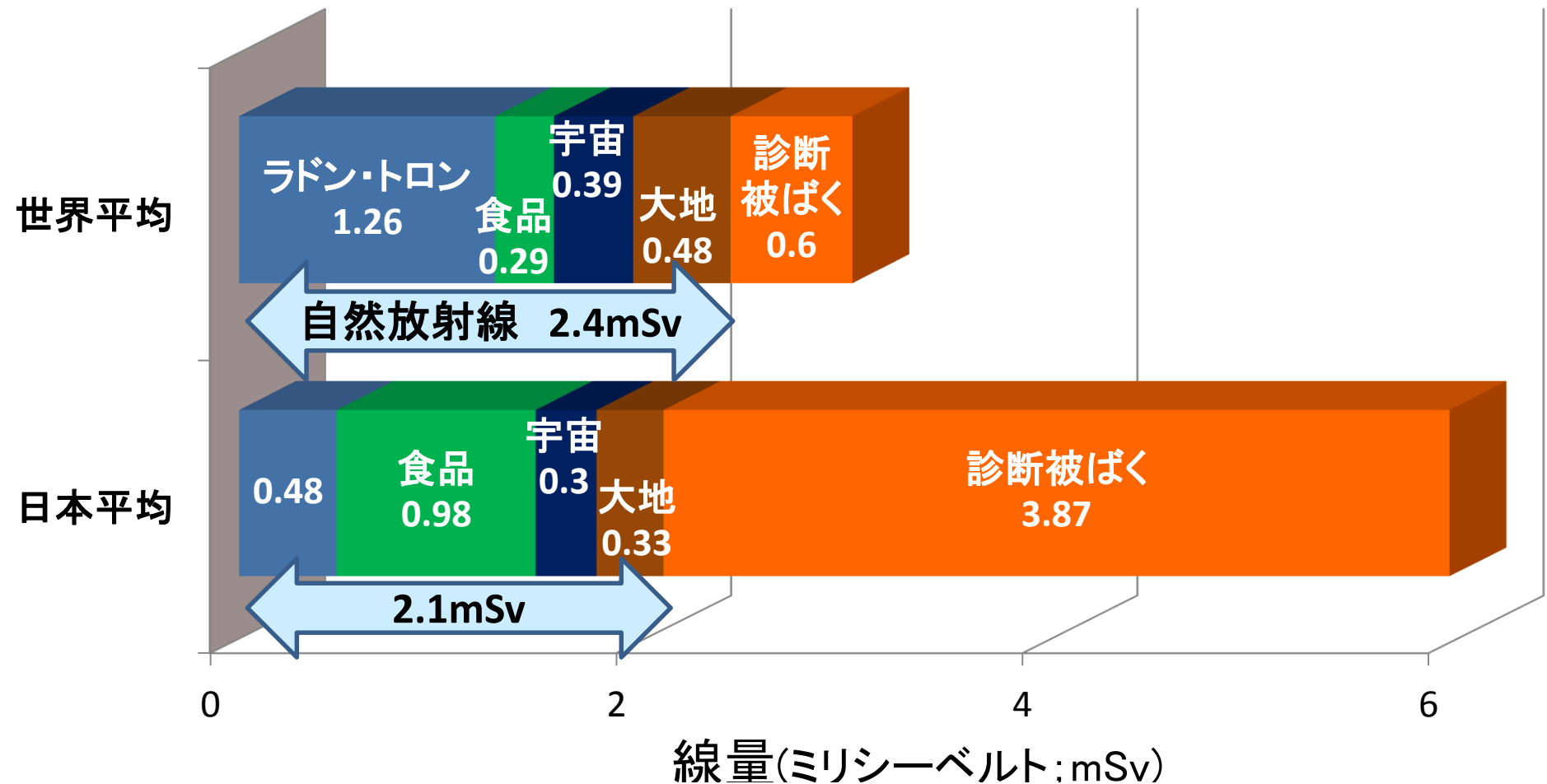
■ ラドン・トリウム

■ 食品

■ 宇宙

■ 大地

■ 診断被ばく

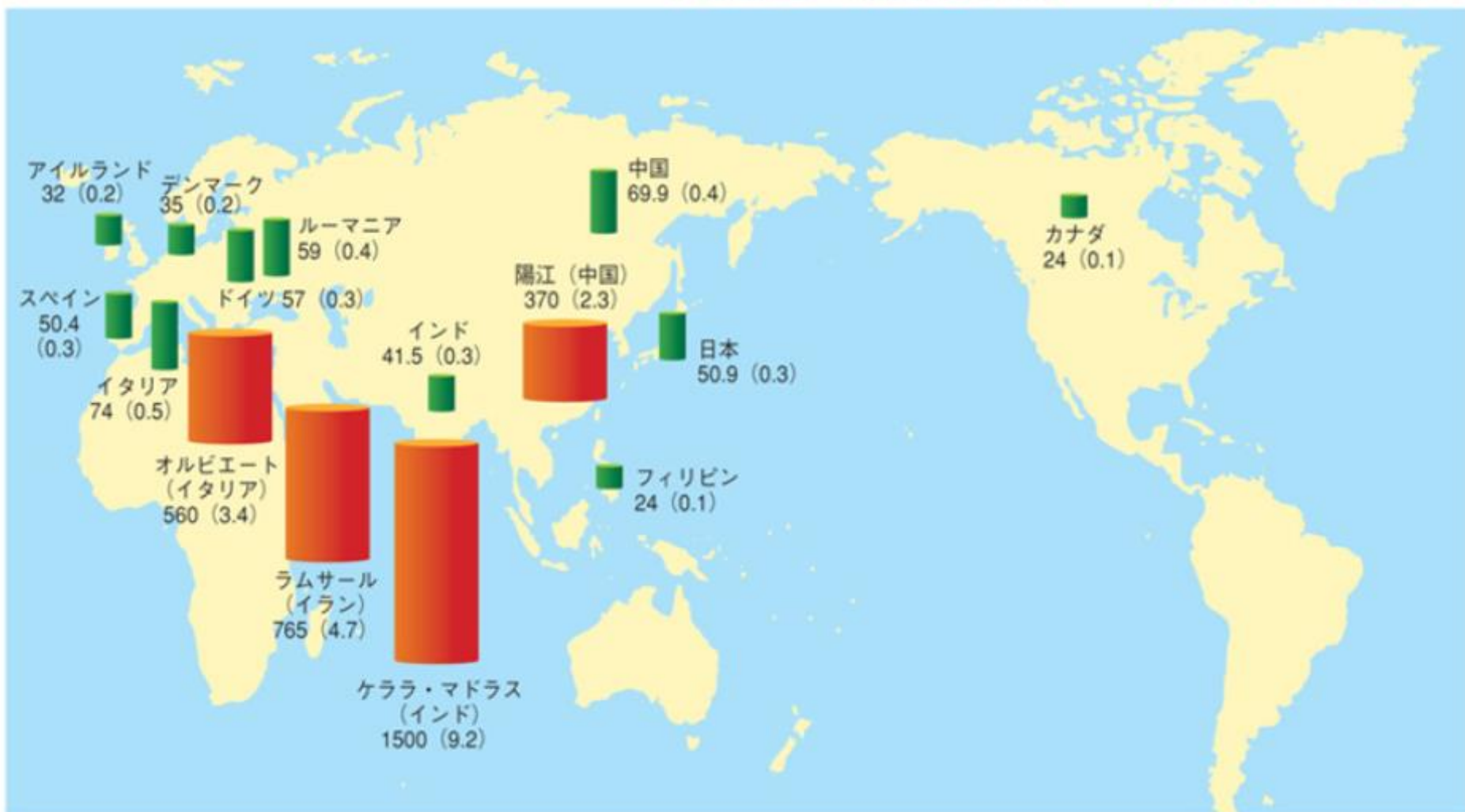


2008年国連科学委員会報告、2011年原子力安全研究協会「生活環境放射線」より

大地の放射線（世界）

ナノグレイ/時 （ミリシーベルト/年）

実効線量への換算には0.7シーベルト/グレイを使用

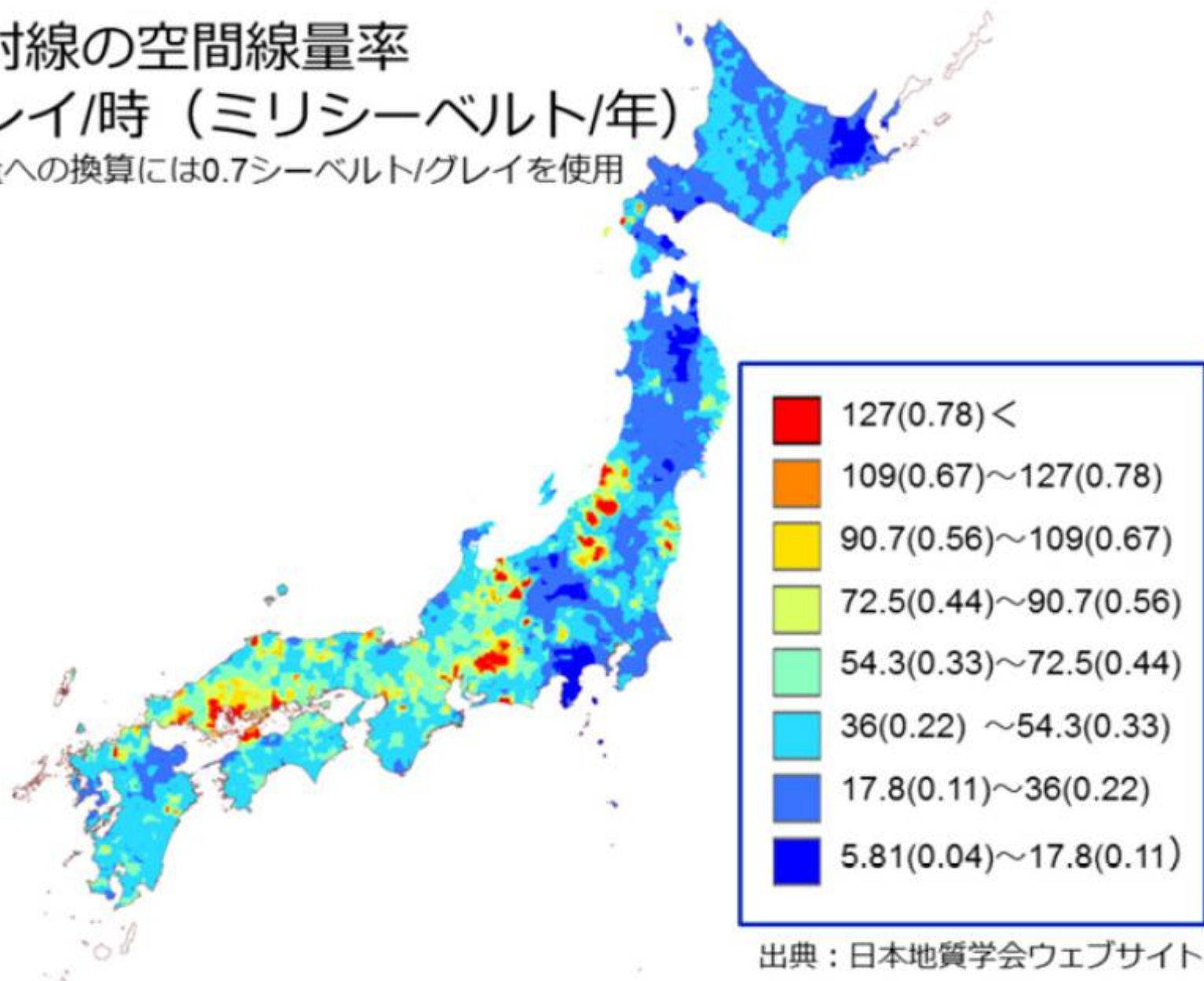




自然放射線の空間線量率

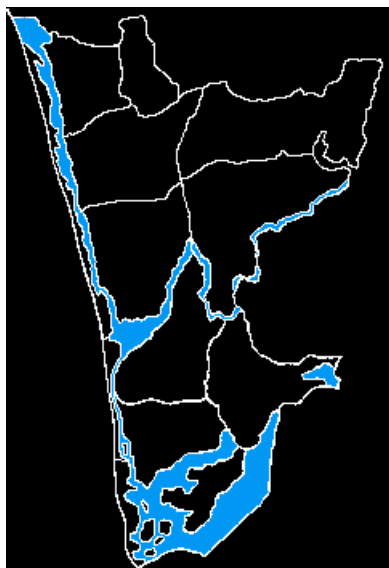
ナノグレイ/時（ミリシーベルト/年）

・実効線量への換算には0.7シーベルト/グレイを使用

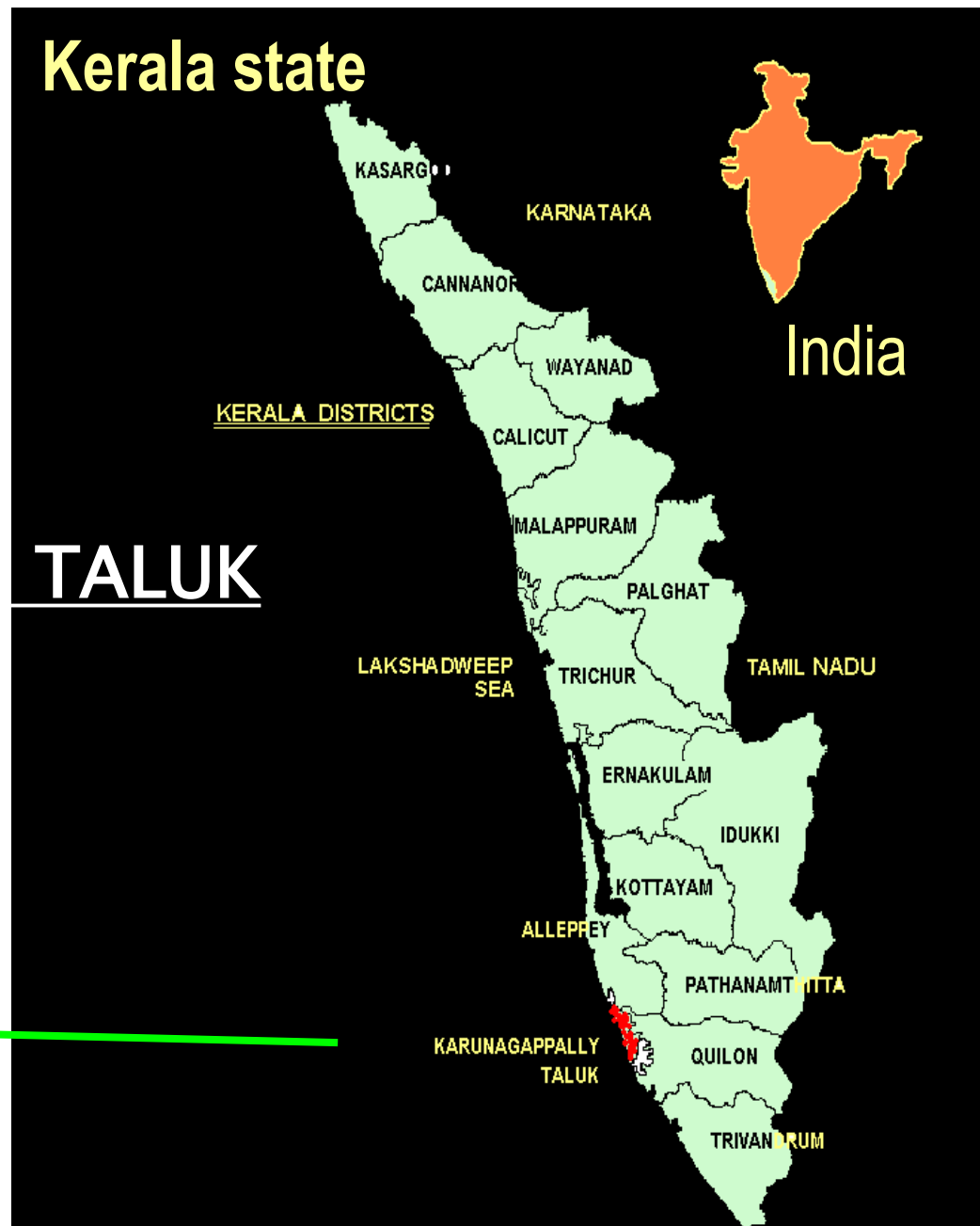


高自然放射線地域で有名なカルナガパリ地域は、インド南端のケララ州にあります。

KARUNAGAPPALLY TALUK



Kerala state





この地域で放射線レベルが高いのは、砂浜に打ち上げられた黒い砂にモナザイトと呼ばれる放射性物質が含まれるためです。
ガンマ線のレベルが、年に5－10mSvに達する地域が少なくありません。

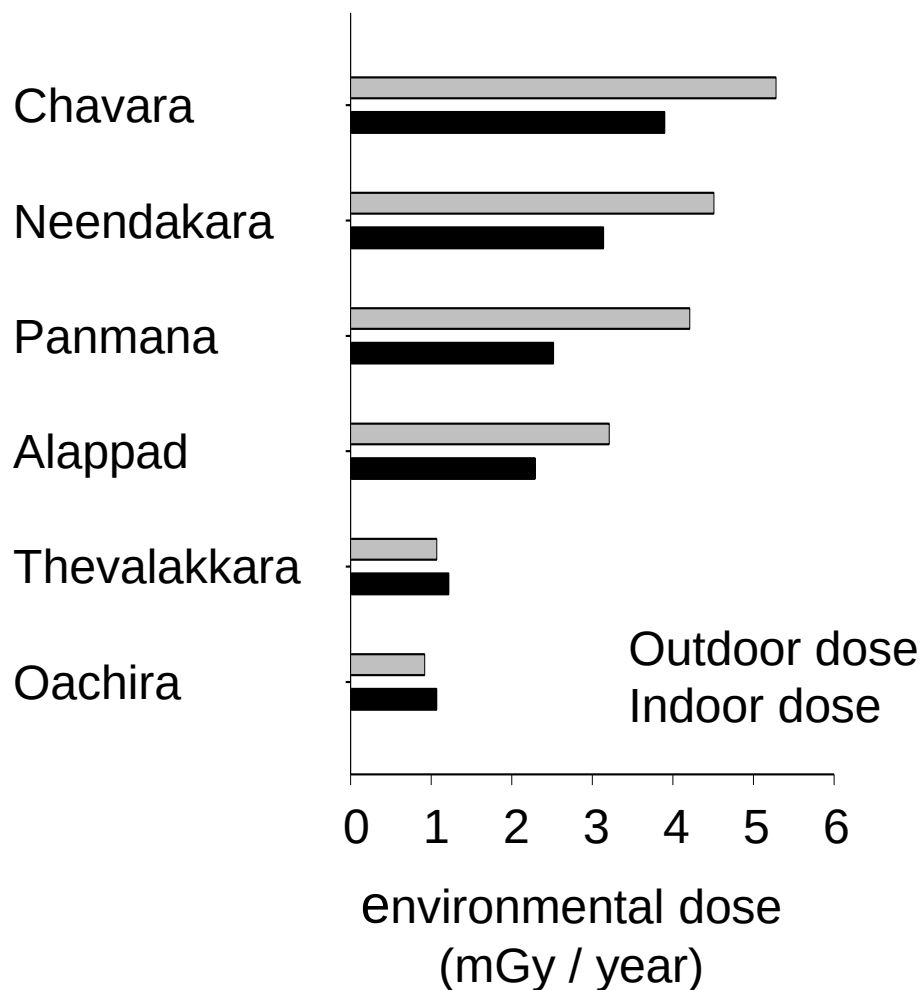


福島県二本松市のマンション室内から
屋外より高い放射線量が測定された。

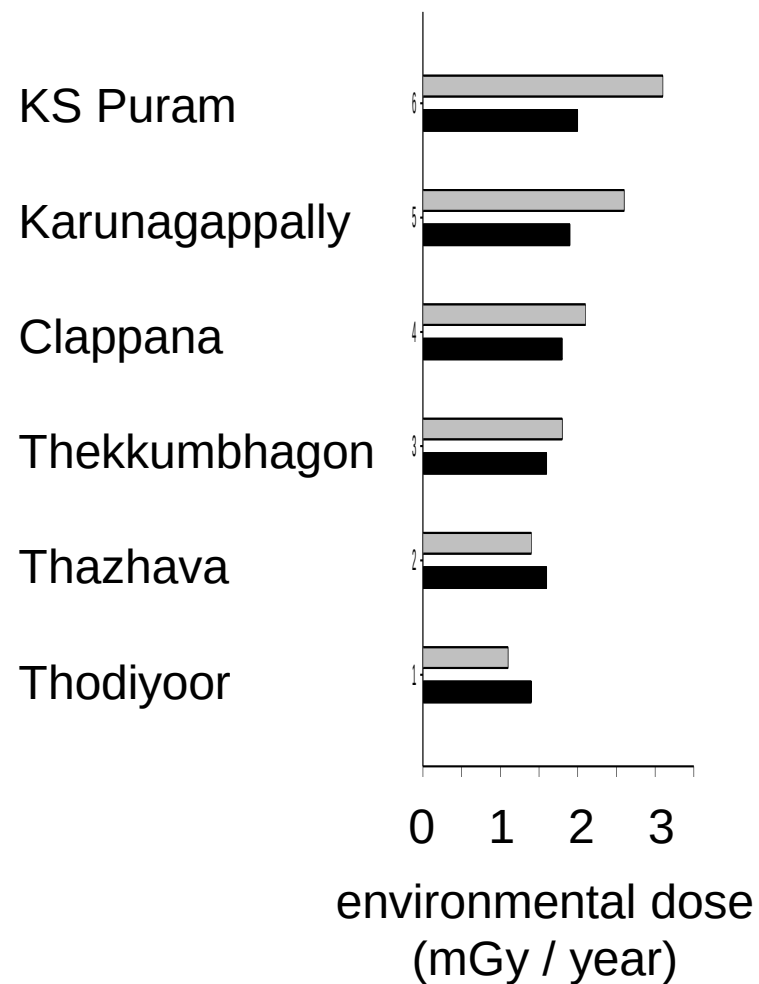


放射性物質が付着した碎石を使ったのが
原因とみられてる

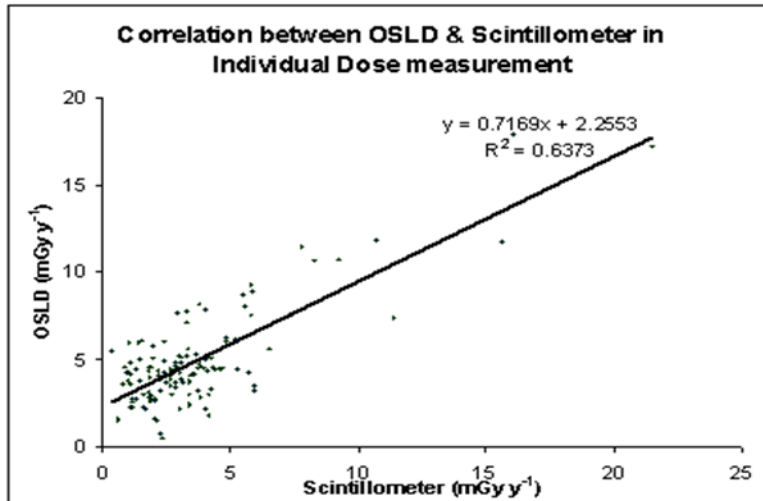
放射線コホートの6地域



放射線コホート以外の6地域



推定線量と測定線量の比較



Luxell badge

,based on optically stimulated luminescence
from element of aluminum oxide, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$



A luxell badge was carried by each individual for 2 months.

線量

年齢ゼロから現在までの被ばく線量を測定するのは不可能

→ 線量の推定が必要

推定方法

累積線量推定

=測定された屋内線量 x 居住係数
+測定された屋外線量 x (1-居住係数)

**放射線被ばく者10万人を10年追跡し、
がん患者の数を調べた。**

その結果

がん患者100人が見つかった

この調査結果から、がんが放射線被ばくで起きたかが分かるか？

放射線被ばく群

放射線曝露群

放射線暴露群

**放射線被ばく者10万人を10年追跡し、
がん患者の数を調べた。**

その結果

がん患者100人が見つかった。

この調査結果から、がんが放射線被ばくで起きたかが分かるか？

放射線被ばくで起きたがん (放射線誘発がん)を 他のがんと区別できない

したがって、
比較するための非被ばく群
(対照群、コントロール群) が必要

被ばく群

100,000人年



がん100人

対照群

100,000 人年



がん10人

被ばく群の方で、がん患者の発生率が10倍多い。

この場合、

相対リスク=10と表現する。

Karunagappally taluk

人口: 385,103 in 12 panchayats

1. **ベースライン調査**(1990-97):
社会経済状態、主な生活習慣など

1. **症例の把握:**

2. The cancer registry of Karunagapally (1990設立).
(included in **Cancer Incidence in Five Continents**, published by IARC)

3. **線量測定・推定**

- 3a. **全家屋での屋内と屋外のガンマ線測定** (N=71,764)

- 3b. **居住係数の調査**

対象: 住民 7,711 人 (男性3,783、女性 3,928) --a random sample (2% of all houses in each ward).

放射線コホートの解析 (N=173,067)

年齢 30-84 : N=71,399 (1990年の「国勢調査」

以下を除外

ベースライン調査時までに、

すでに死亡、がん罹患、移動、

残り: 69,958

累積線量: 固形がんではラグタイムを10年、白血病では2年とした

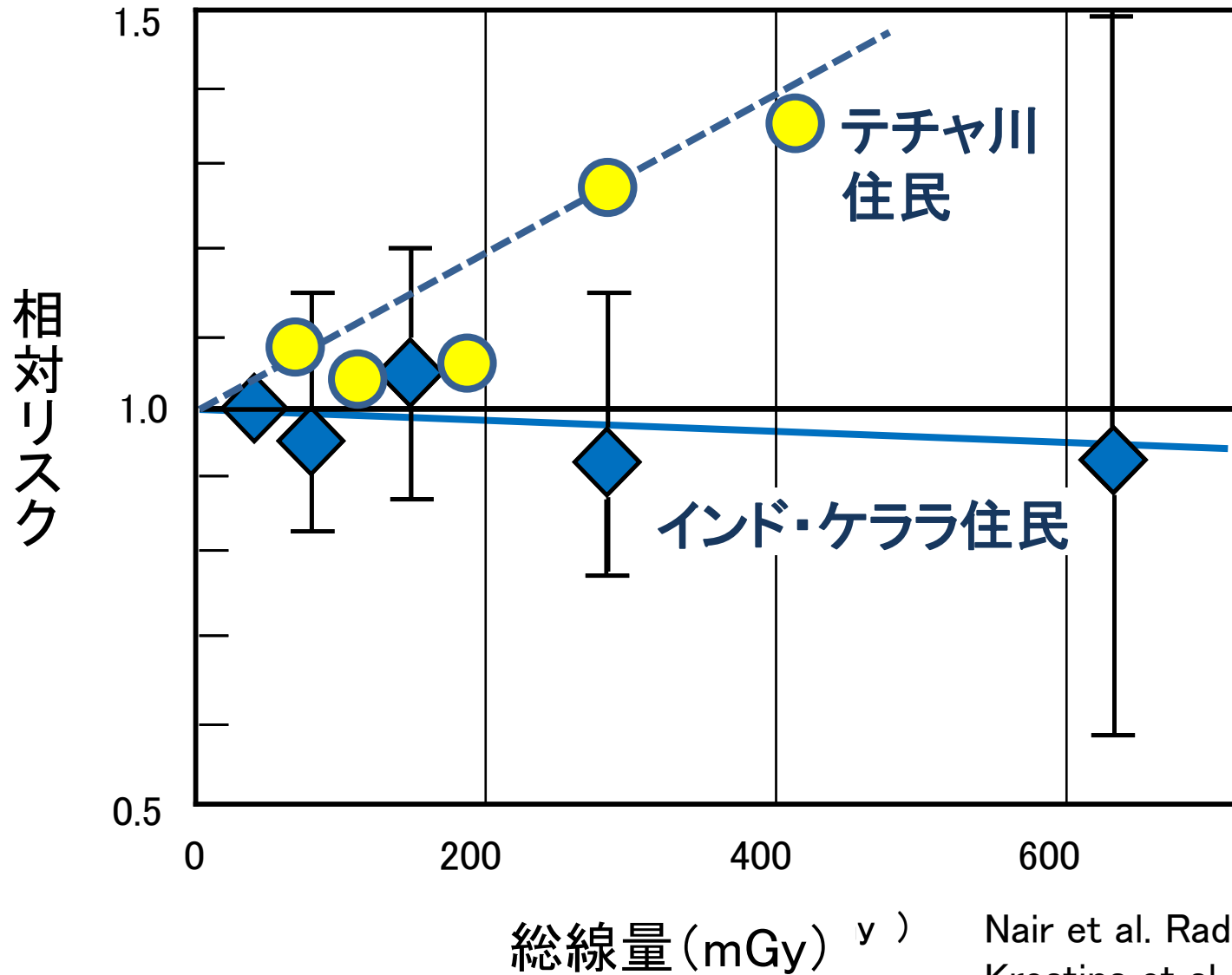
過剰相対リスクERRs: Poisson回帰モデルで推定

調整因子: 性、到達年齢、追跡期間、bidi 喫煙、教育、職業

白血病以外の全がんリスク(罹患リスク) と累積線量の関連

	累積線量 (mGy)			傾向性のP値		
	0-	50-	100-	200-	500-	
平均線量 (mGy)	36	74	141	283	628	
SD	6	9	17	49	118	
症例(男女)	Case	282	371	463	211	22
RR*	1	0.97	1.02	0.93	0.95	>0.5
男性症例	149	196	254	135	13	
RR	1	0.97	0.97	0.98	0.81	>0.5
女性症例	133	175	209	76	9	
RR	1	0.98	1.08	0.86	1.25	>0.5
病理学的に確認された症例						
Case	204	284	348	134	17	
RR	1	1.07	1.16	0.93	1.21	>0.5

蓄積線量とリスク：疫学研究による差異



Nair et al. Radiat. Res. 2009
Krestina et al. IJE. 2007

被ばく群

100,000人年



がん100人

対照群

100,000 人年



がん10人

被ばく群の方で、がん患者の発生率が10倍多い。

この場合、

相対リスク=10と表現する。

喫煙による交絡がある場合

被ばく群
100,000人年



がん100人

対照群
100,000 人年



がん10人

被ばく群
= 全員喫煙

対照群
= 10%が喫煙

調査地域での喫煙習慣

70歳以上の男性の70%以上が
Bidiタバコを吸い、

70歳以上の女性の50%が
噛みタバコを使用。

Bidi (beedi)
is sun-dried flaked tobacco (0.15–0.25g) rolled
into a conical shape in a dried rectangular piece
of Temburni (*Diospyros melanoxylon*) leaf.





A: betel leaf (=paan)

B: lime

C: areca nuts (=betel nuts)

D: tobacco



がん罹患率

(/100,000)

	広島 1991-95		Karunagappally 1993-97	
	Male	Female	Male	Female
Solid ca	348	202	91	71
Oropharynx	6	2	17	6
Stomach	86	34	5	2
Colorectum	86	40	3	3
Lung	40	12	19	3
Liver	43	6	4	0
Breast		37		15

胎児被ばく(原爆の場合)

がんは増加(小児がんは増加せず)

がんリスクの大きさ:

胎児被ばく $\leq$ 小児被ばく

妊娠8－15週の被ばくで

小頭症・知能遅滞

胎児では染色体異常は出にくいが、
なかに、感受性の高い児がいる。

安定型染色体異常：

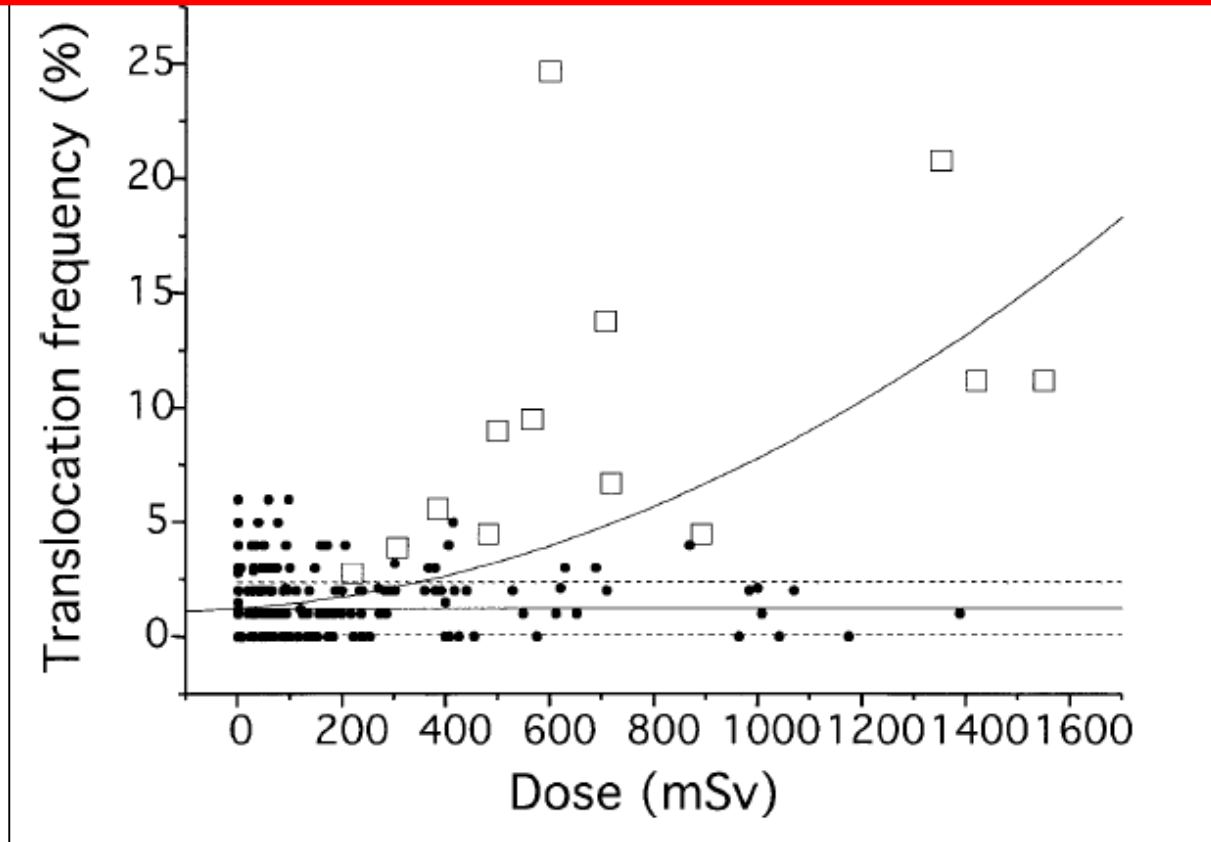
がんリスクが増加する。

放射線だけでなく、喫煙でも増加。



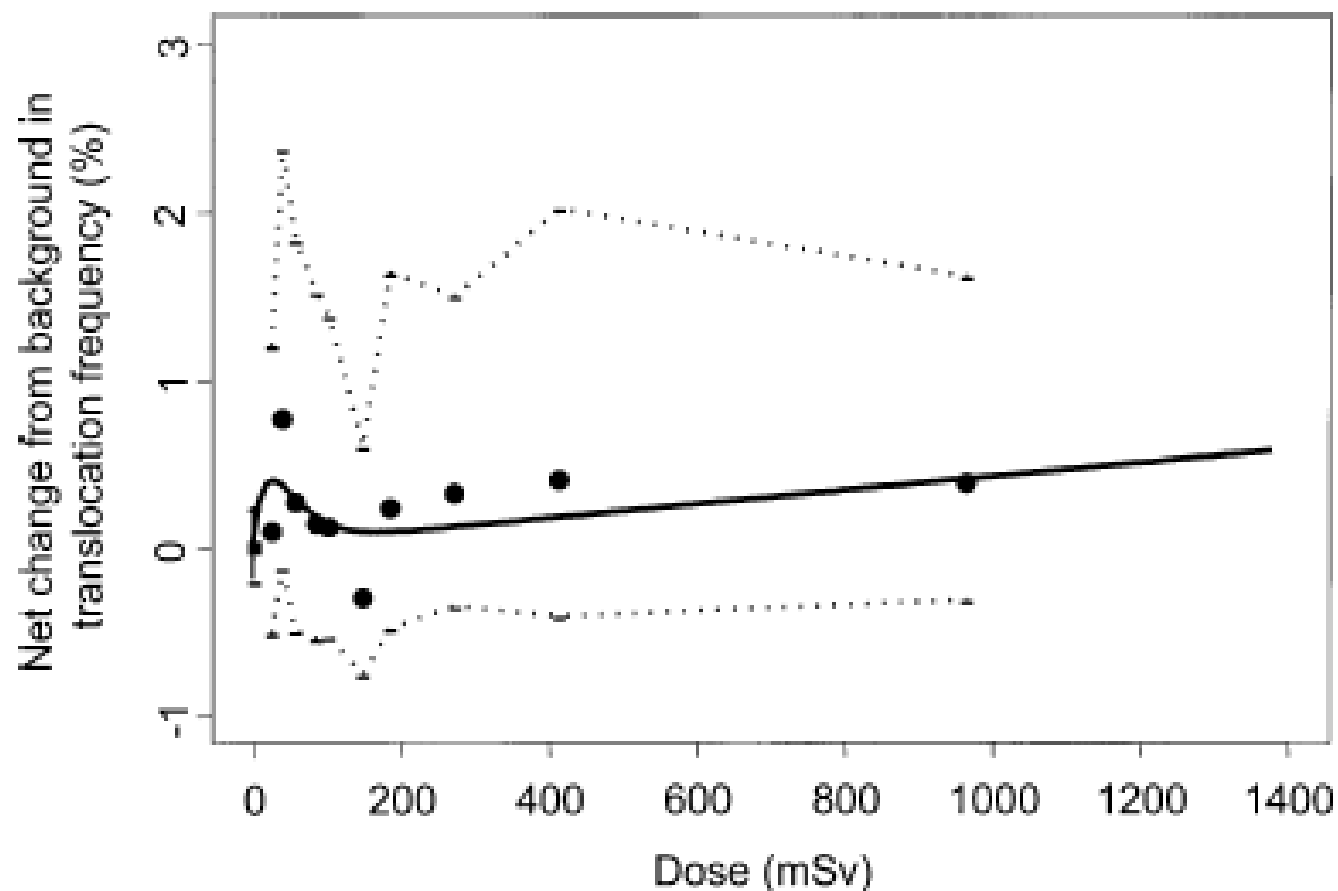
妊娠中に原爆に被ばくした母と、そのこども（胎児で被ばく）

母では被ばく線量とともに染色体異常の頻度が増加
児では、染色体異常の増加無し。



K. Ohtaki, Y. Kodama, M. Nakano, M. Itoh, A. A. Awa, J. Cologne and N. Nakamura.
Radiat Res 2004

児の染色体異常を詳細に調べてみると、
低い線量で染色体異常が増加している。



不安定型染色体異常：

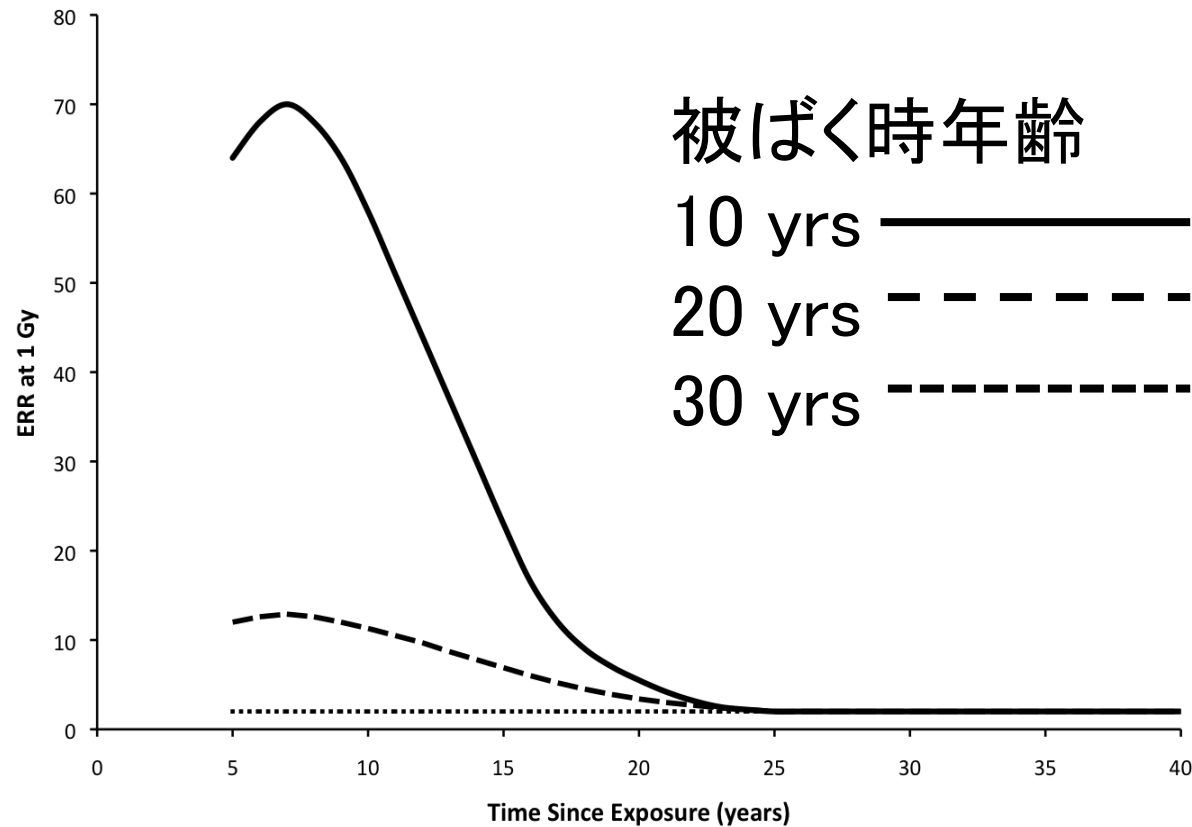
- ①主に電離放射線被ばくで生ずる。
- ②がんリスクと関連しない。



画像の読み込みに失敗しました。



原爆被爆者の白血病リスク



Richardsonらは原爆被爆者の死亡データを解析した

被ばく時年齢 0-19で、
被ばくから20年以内の線量あたりの過剰相対リスク(ERR/Gy)の
平均は
約35/Gy.

高自然放射線地域での年間被ばく線量が 20 mGyであれば、
0-19歳の累積被ばく線量は400 mGy.

原爆被爆者であれば、400mGyでの過剰相対リスク(ERR)は、
 $35 \times 0.4 = 14$.

仮にDDREFが2としても、これはERR/Gy=7に相当.

高自然放射線地域での調査の特長
医療被ばくが少ない
住民が比較的均一
移動者が少ない

ケララでの調査での長所
生活習慣などの情報が得られている
がん罹患調査

短所
内部被ばくが無視されている。
過去の居住係数を知るのは難しい

低線量被ばくの健康影響

放射線の健康影響に関する 主な疫学調査（原爆被爆者以外）

チェルノブイリ事故での被ばく者

ロシア テチャ川流域住民

放射線治療を受けた患者

高自然放射線地域住民の調査