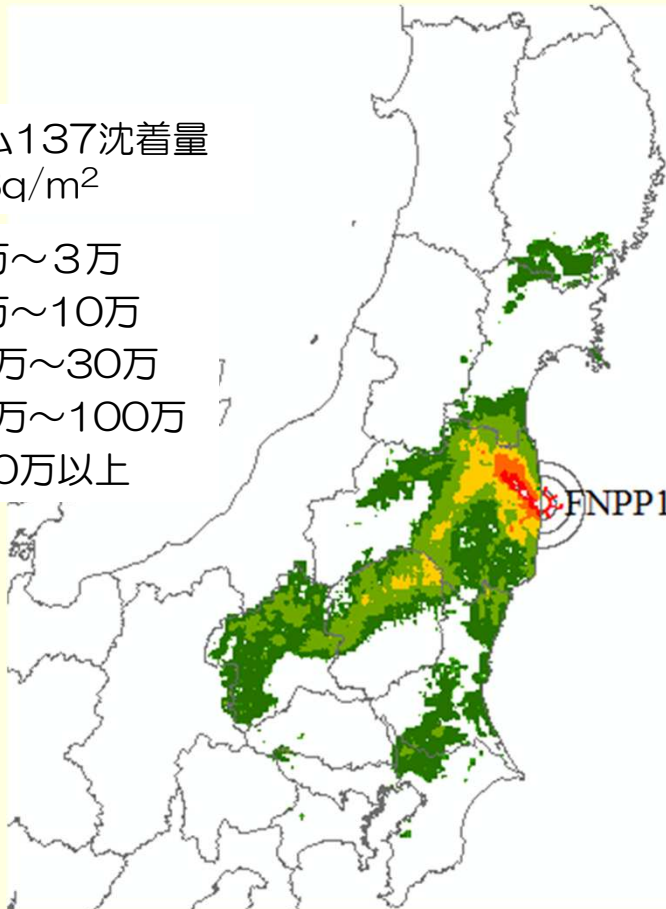


年1ミリシーベルト基準の由来と 低線量放射線被曝のリスク

～放射線・放射能の発見から福島原発事故までを辿りながら～

セシウム137沈着量
Bq/m²

- 1万～3万
- 3万～10万
- 10万～30万
- 30万～100万
- 100万以上



東日本のセシウム137汚染

今中哲二

京都大学複合原子力科学研究所

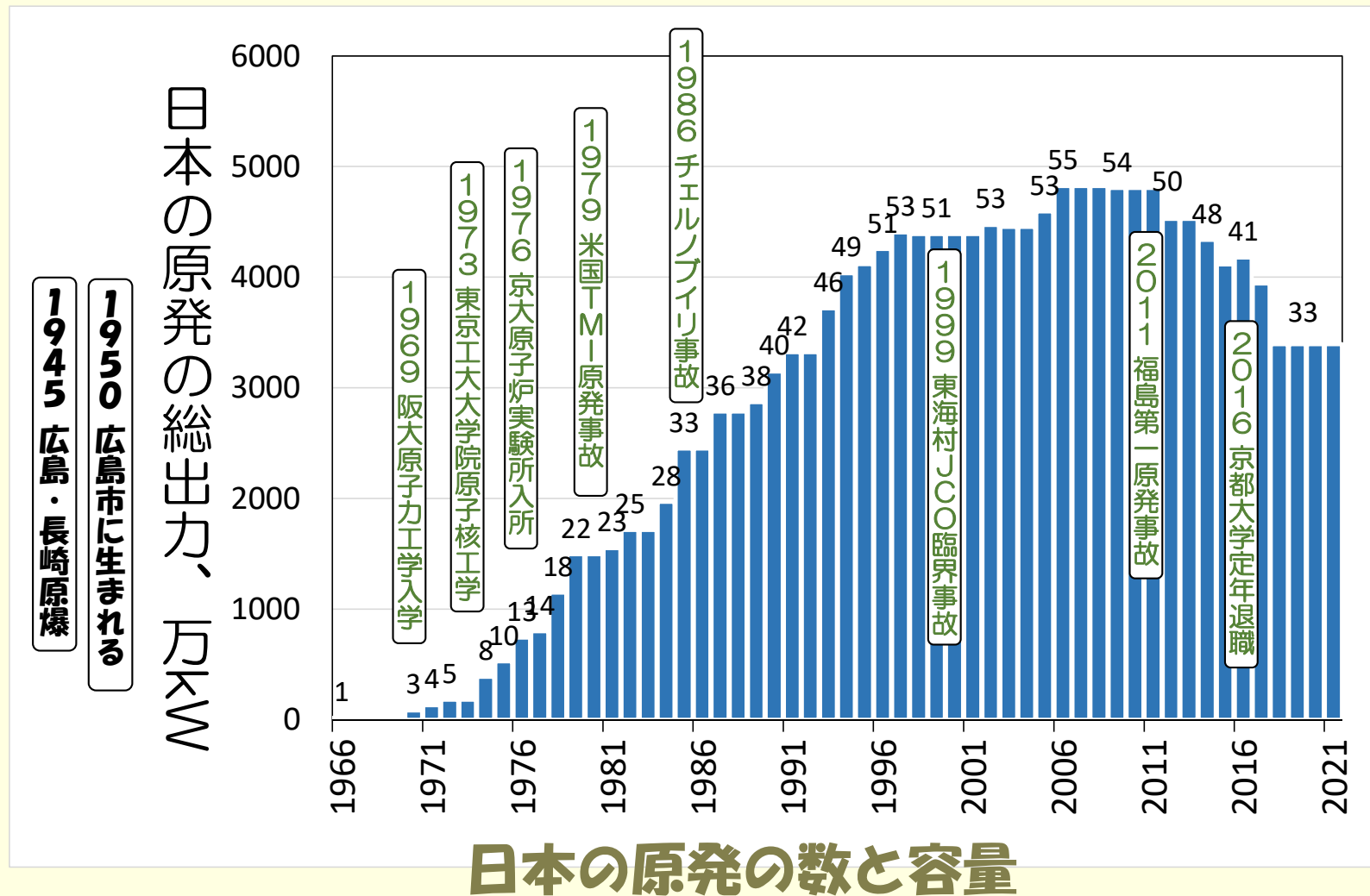
2023年2月19日

大崎市古川教育会館

**主催：大崎耕土を放射能汚染
させない連絡会**

<自己紹介がてら>

広島で生まれて70年余り、原子力と付き合って50年余り

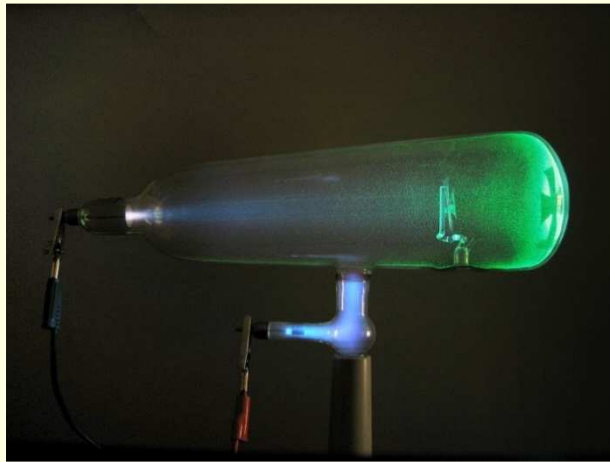
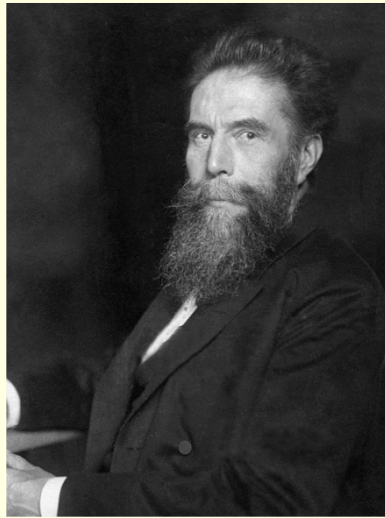


大学に入った頃『原発はフェイルセーフ、フルフルーフの思想で設計されているので事故は起きない』、『2000年頃には、すべての原発は高速増殖炉になり、21世紀半ばには核融合が主役になる』と教わった。

今日の話題

- **放射線と放射能の基礎知識：研究のはじまりから福島原発事故まで**
- **放射線被曝による健康被害の歴史と1ミリシーベルト基準の由来**
- **放射能汚染への向き合い方についての私見**

1895年 レントゲンによるX線の発見



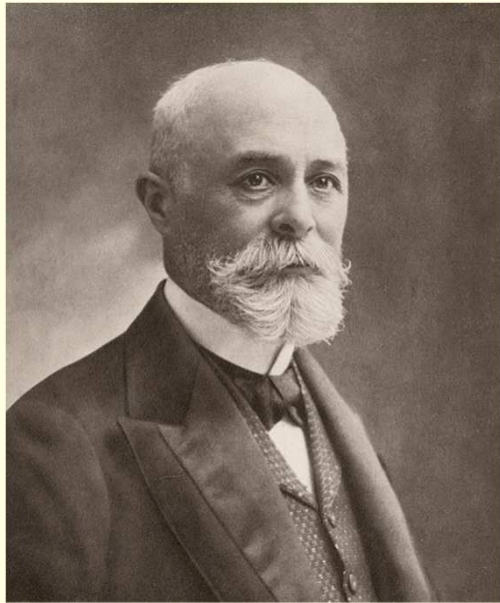
陰極線の実験



1896年1月23日にレントゲンが撮影

レントゲンは、陰極線の実験から、紙を透過し蛍光板を光らせる何かが発生していることを発見し、正体が分からないので『X線』と名付けた。

1896年 ベクレルによる放射能の発見



レントゲンの報告を受けてベクレルは、太陽光の刺激によってウラン化合物が、燐光とともにX線を出していることを確認する実験を始めた。

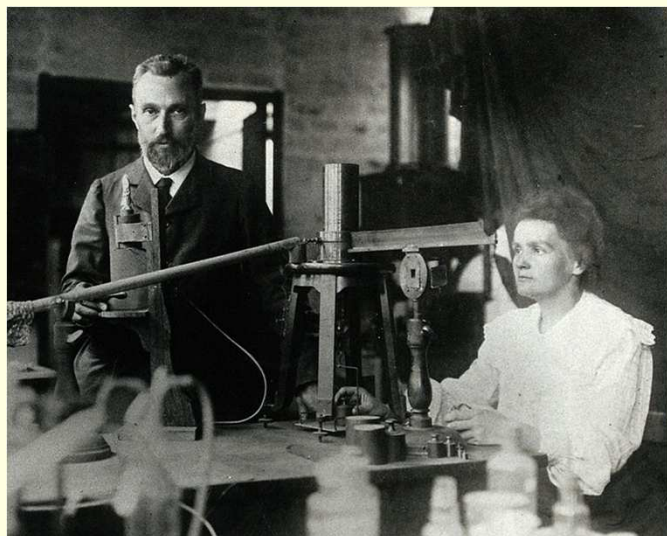


曇天のため机の中にしまっておいた、太陽光を受けていない試料でも写真乾板の感光が認められた。

ベクレルは、ウラン化合物やウランそのものが、『自発的に見えない光のようなもの』（ベクレル線）を出していることを発見した。

1898年 キュリー夫妻によるポロニウム、ラジウムの発見

マリー・キュリーは、ベクレル線の正体を明らかにする研究をはじめ、精錬後のウラン化合物より、ウラン鉱石の方が強くベクレル線を出していることを発見した。



ピエールが考案した測定器による放射能測定風景



ラジウムが新元素であることを証明するため、チェコのウラン鉱山より鉱滓を譲り受け、化学処理しているシーン(映画より)

<1903年の論文の結び>

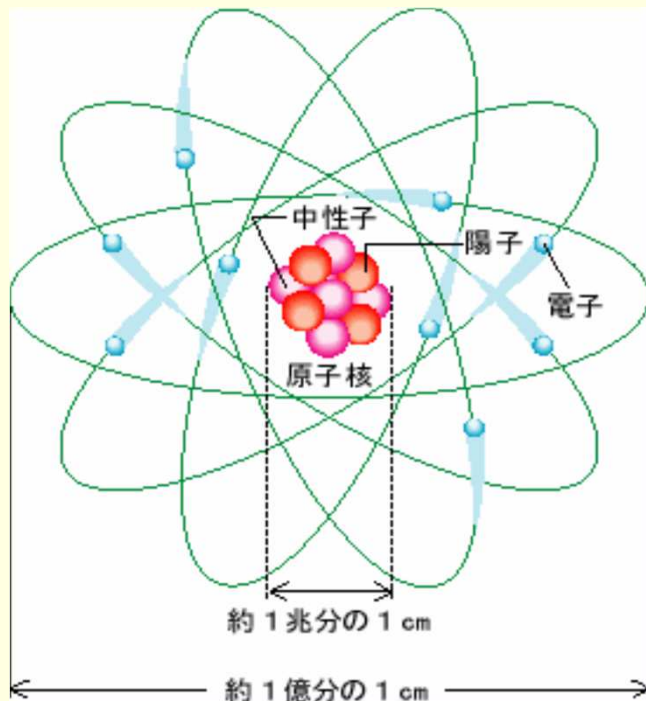
- ・ベクレル線のエネルギー源は何であろうか？
- ・それを放射体物質の内部に求めるべきだろうか、あるいは、外部に求めるべきか？

放射線、放射能、原子力研究のはじまり

- 1895 レントゲンによるX線の発見
- 1896 ベクレルによる放射能の発見
- 1897 トムソンによる電子の発見
- 1898 キュリー夫妻によるRa、Poの発見
- 1903 ソディ、ラザフォードによる放射性壊変法則の発見
- 1912 ラザフォードによる原子核の発見
- 1913 モーズリーによる元素と原子核電荷数の関係の発見
- 1932 チャドウィックによる中性子の発見
- 1938 ハーン、シュトラスマン、マイトナーによるウラン核分裂の発見

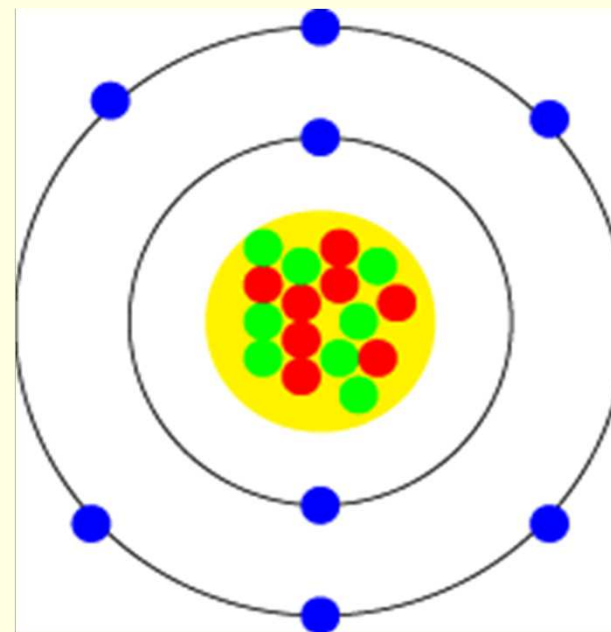
放射能、放射線は地球が出来たときからそこら中にあったが、人類がその存在を知ったとは、約130年前のことだった。それから40年の間に、原子の仕組みを知り、核分裂を発見した。

放射線・放射能の研究を通じて 原子、原子核の仕組みが解明された



- 原子は、真ん中の原子核とまわりの電子でできている
- 原子核には、陽子と中性子が集まっている

原子核の中の陽子の数で
元素がきまる



酸素の原子核：陽子が8つで

ふつう中性子も8つ $^{16}_{8}\text{O}$

物質世界は『陽子と中性子、それに電子
の3つ』で出来ている

周期表：原子を軽い順に並べた表

地球上の万物は原子の組み合わせで出来ている

1																	18
1 <u>H</u>	2 <u>He</u>																
3 <u>Li</u>	4 <u>Be</u>																
11 <u>Na</u>	12 <u>Mg</u>																
19 <u>K</u>	20 <u>Ca</u>	21 <u>Sc</u>	22 <u>Ti</u>	23 <u>V</u>	24 <u>Cr</u>	25 <u>Mn</u>	26 <u>Fe</u>	27 <u>Co</u>	28 <u>Ni</u>	29 <u>Cu</u>	30 <u>Zn</u>	31 <u>Ga</u>	32 <u>Ge</u>	33 <u>As</u>	34 <u>Se</u>	35 <u>Br</u>	36 <u>Kr</u>
37 <u>Rb</u>	38 <u>Sr</u>	39 <u>Y</u>	40 <u>Zr</u>	41 <u>Nb</u>	42 <u>Mo</u>	43 <u>Tc</u>	44 <u>Ru</u>	45 <u>Rh</u>	46 <u>Pd</u>	47 <u>Ag</u>	48 <u>Cd</u>	49 <u>In</u>	50 <u>Sn</u>	51 <u>Sb</u>	52 <u>Te</u>	53 <u>I</u>	54 <u>Xe</u>
55 <u>Cs</u>	56 <u>Ba</u>	*1	72 <u>Hf</u>	73 <u>Ta</u>	74 <u>W</u>	75 <u>Re</u>	76 <u>Os</u>	77 <u>Ir</u>	78 <u>Pt</u>	79 <u>Au</u>	80 <u>Hg</u>	81 <u>Tl</u>	82 <u>Pb</u>	83 <u>Bi</u>	84 <u>Po</u>	85 <u>At</u>	86 <u>Rn</u>
87 <u>Fr</u>	88 <u>Ra</u>	*2	104 <u>Rf</u>	105 <u>Db</u>	106 <u>Sg</u>	107 <u>Bh</u>	108 <u>Hs</u>	109 <u>Mt</u>	110 <u>Ds</u>	111 <u>Rg</u>	112 <u>Uub</u>	113 <u>Uut</u>	114 <u>Uuq</u>	115 <u>Uup</u>	116 <u>Uuh</u>	117 <u>Uus</u>	118 <u>Uuo</u>

水素の同位体

^1_1H : 普通の水素 (軽水素)

^2_1H : 重水素

^3_1H : 三重水素 (トリチウム)

*1 ランタノイド:

57 <u>La</u>	58 <u>Ce</u>	59 <u>Pr</u>	60 <u>Nd</u>	61 <u>Pm</u>	62 <u>Sm</u>	63 <u>Eu</u>	64 <u>Gd</u>	65 <u>Tb</u>	66 <u>Dy</u>	67 <u>Ho</u>	68 <u>Er</u>	69 <u>Tm</u>	70 <u>Yb</u>	71 <u>Lu</u>
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

*2 アクチノイド:

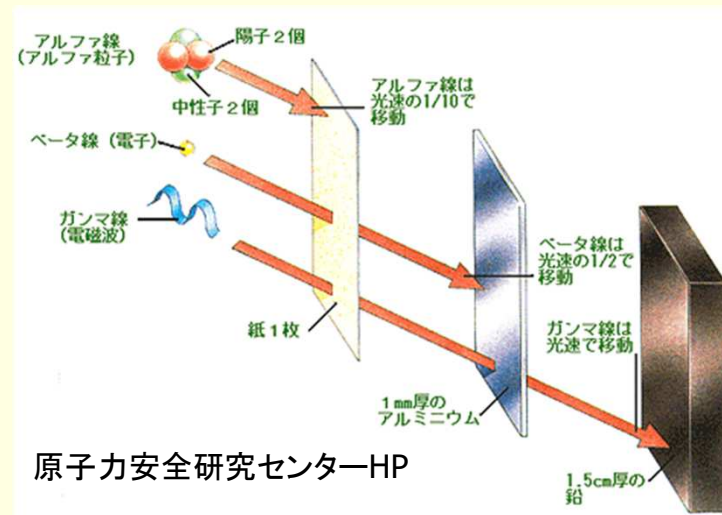
89 <u>Ac</u>	90 <u>Th</u>	91 <u>Pa</u>	92 <u>U</u>	93 <u>Np</u>	94 <u>Pu</u>	95 <u>Am</u>	96 <u>Cm</u>	97 <u>Bk</u>	98 <u>Cf</u>	99 <u>Es</u>	100 <u>Fm</u>	101 <u>Md</u>	102 <u>No</u>	103 <u>Lr</u>
-----------------	-----------------	-----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------

周期表の順番（原子番号）は、原子核の中に陽子が何個含まれているかで決まる。ウランは自然界に存在している最も重たい元素。ウラン235の原子核には、92個の陽子と143個の中性子が含まれている。

放射線を出す物質の正体 放射性同位体の発見

原子核の中の“陽子と中性子の数のバランス”が悪いと、
原子核が変身して、放射線を出してより安定な別の原子核
になろうとする。

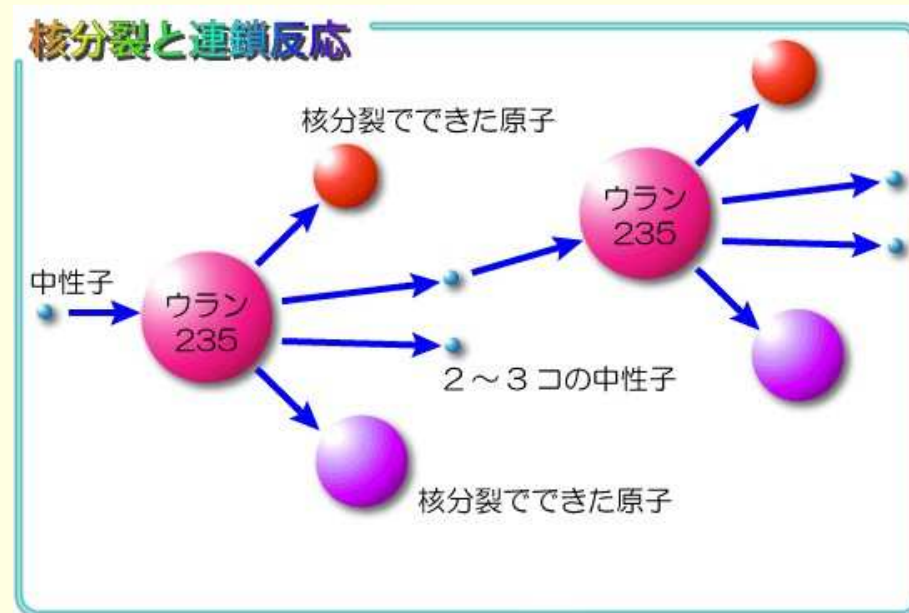
- アルファ線：陽子が多いと、アルファ崩壊により、陽子2個と中性子2個の塊であるアルファ線が飛び出す。
- ベータ線：中性子が多めだと、ベータ崩壊により、中性子が電子（ベータ線）を出して陽子に変身する。
- ガンマ線：アルファ崩壊やベータ崩壊の際に余分なエネルギーが電磁波として放出される。



原爆と原発

第2次大戦直前の1938年、ドイツのハーンらは、ウランに中性子を当てると原子核が分裂する現象を発見した。

各国の物理学者が、核分裂連鎖反応の研究に取り組みはじめた。



<原爆>

連鎖反応を瞬間的
(100万分の1秒) に行う。

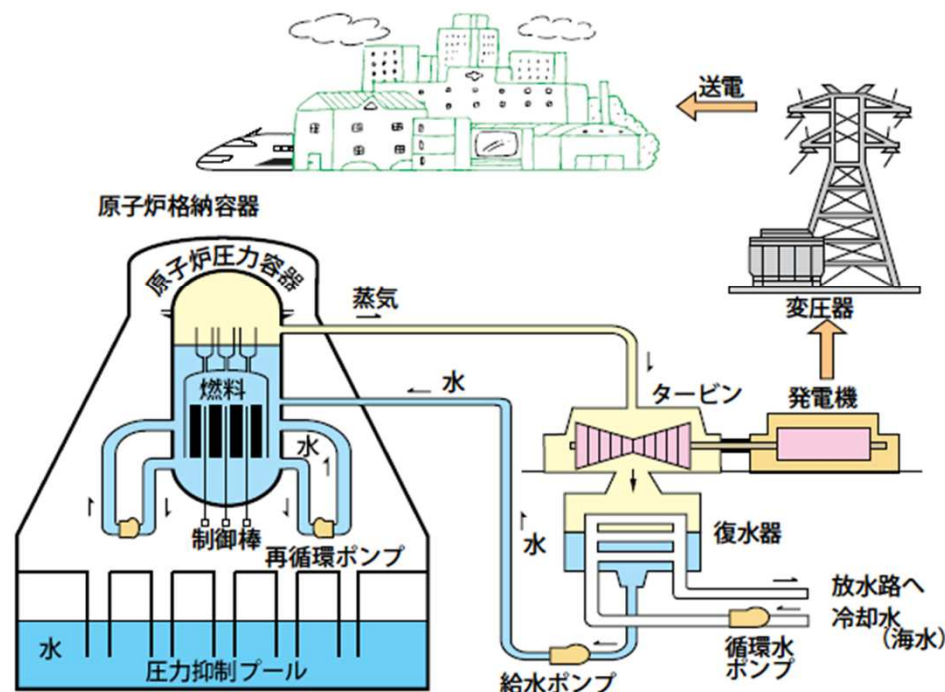
<原発>

制御棒を用いて
連鎖反応を制御する。

第2次大戦が終わると、核分裂エネルギーを使って電気を作る試みが始まった

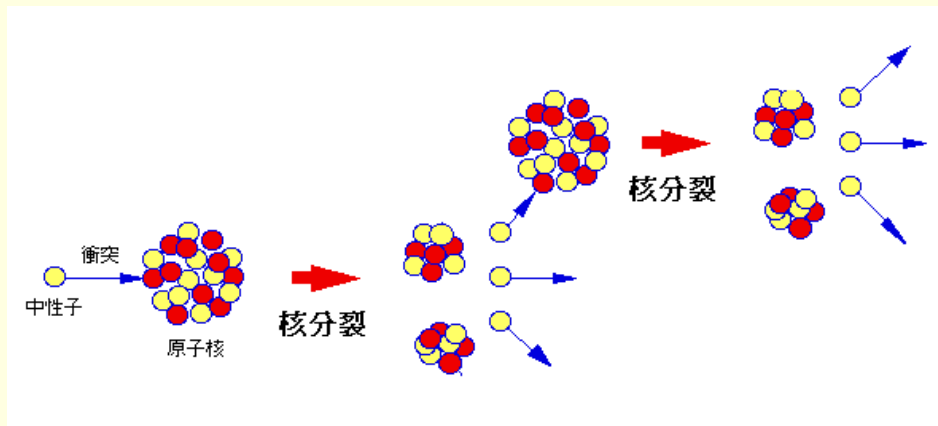
原発の仕組み（BWR原発）

沸騰水型炉(BWR)原子力発電のしくみ



核分裂の熱で、水を沸騰させて、その蒸気でタービンを回して発電する。余
分な熱は温廃水として海に出す。

核分裂と核分裂生成物



92個の陽子と144個の中性子が2つの破片に分布する

1																	18		
1																	2		
H	2													13	14	15	16	17	He
3	4													5	6	7	8	9	10
Li	Be													B	C	N	O	F	Ne
11	12													13	14	15	16	17	18
Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
55	56	*1	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
87	88	*2	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118		
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo		
*1 ランタノイド:			57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
*2 アクチノイド:			89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

元素の番号は原子核に含まれる陽子の数で決まる：ウランは92個

原子核の割れ方は決ま
っていない！

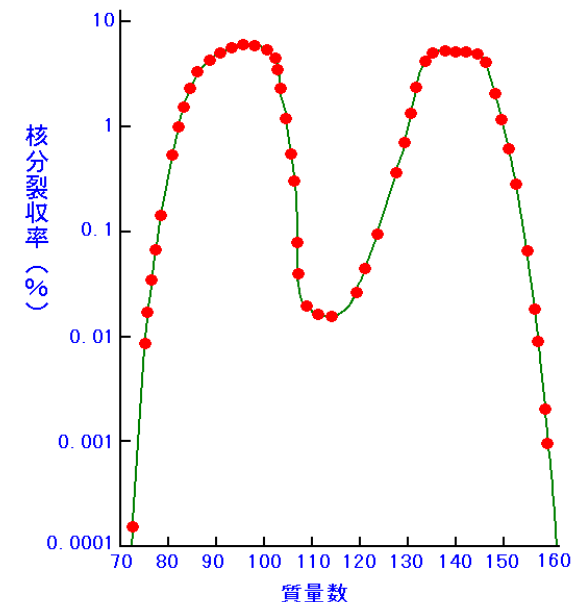
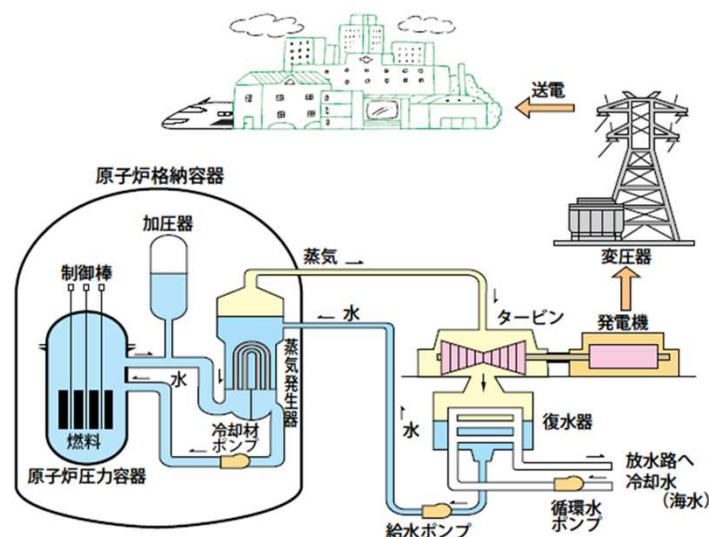


図1 ^{235}U の核分裂生成物収率曲線

原子核の割れ方によって、様々な核分裂生成物が生まれる。核分裂生成物のほとんどは、放射性物質（放射性同位元素）である。

原発の仕組みと危険性

加圧水型炉(PWR)原子力発電のしくみ



●広島・長崎原爆では約1kgのウランやプルトニウムが核分裂を起こした。

●100万kWの原発では1日に約3kgのウランが核分裂を起こす(1年で約1000kg)。

原発大事故 その1：核分裂の制御に失敗する。

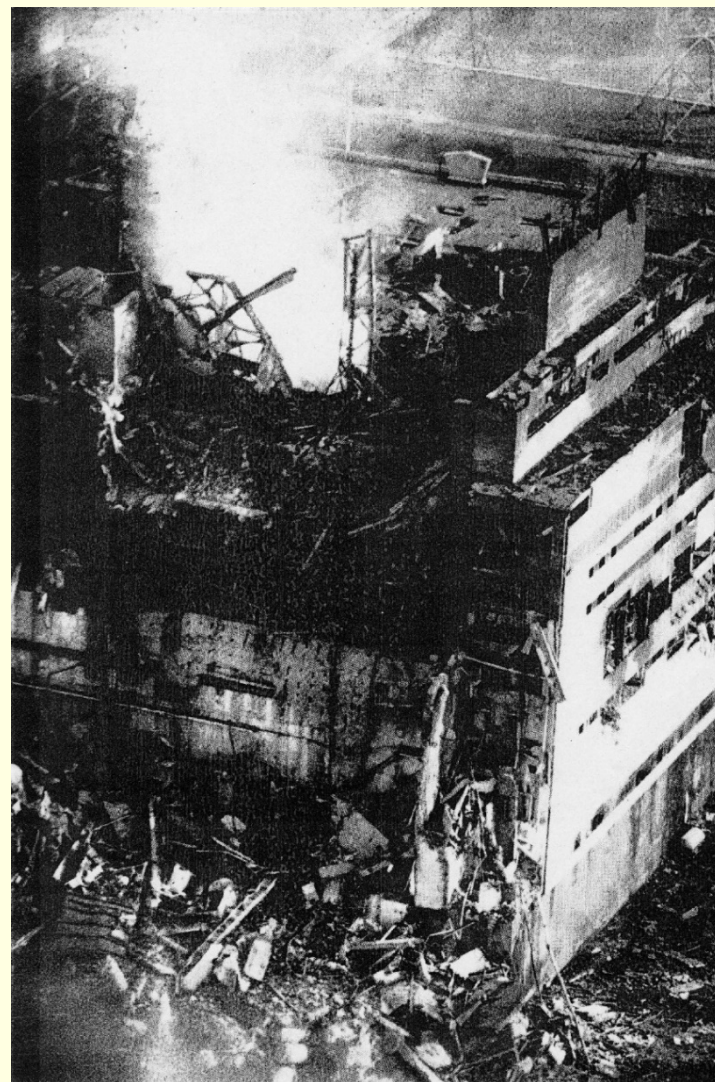
原発大事故 その2：原子炉の冷却に失敗する。

ついに起きた最悪の事態



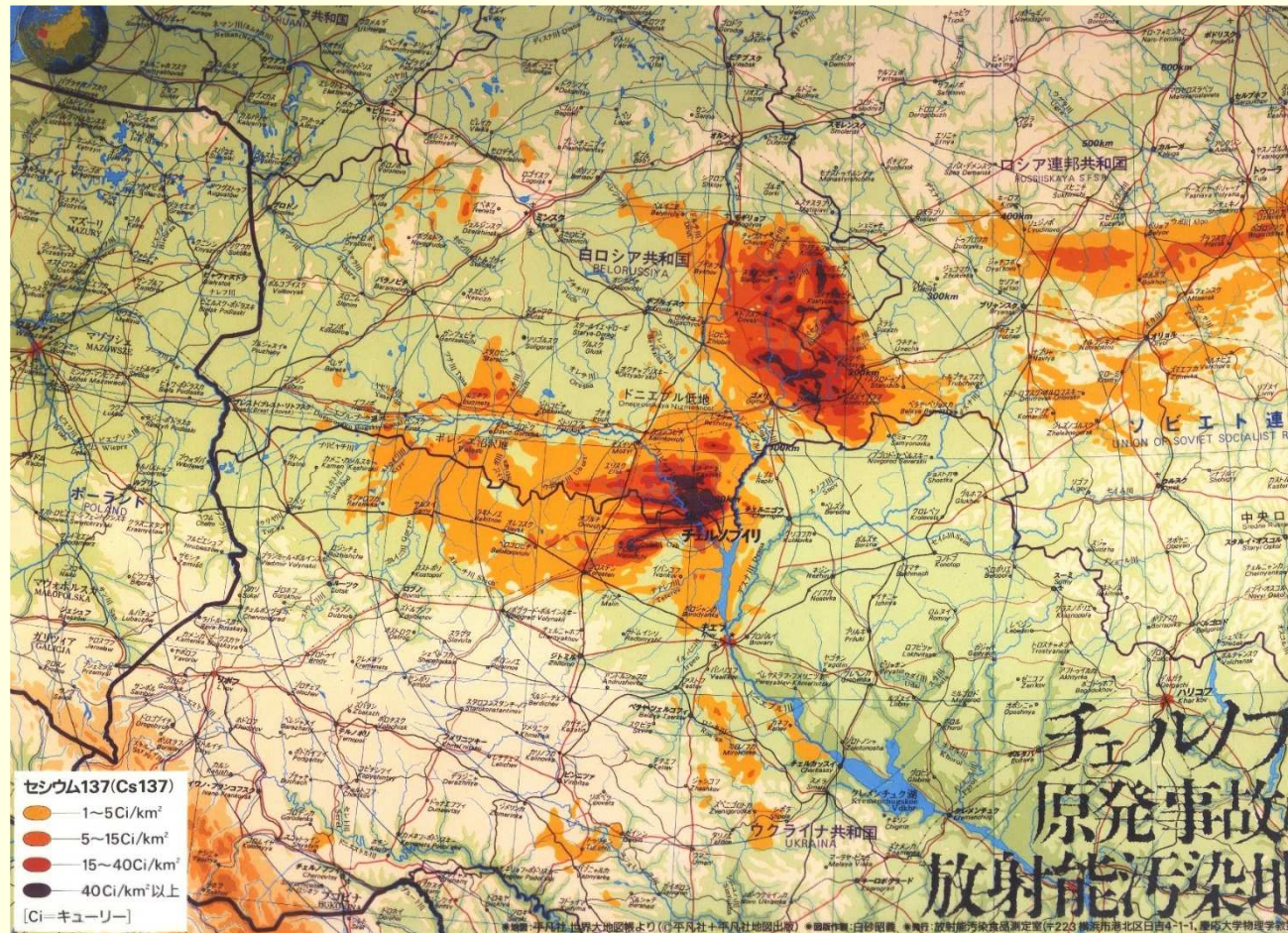
**1986年4月26日
午前1時23分49秒
チェルノブイリ原発
4号炉が爆発炎上**

Чернобыльский репортаж (1988)



**核分裂のコントロールに失敗する暴走事故により、原子炉と建屋
が一瞬のうちに破壊された**

3年たって明るみに出た放射能汚染 ーチェルノブイリ周辺セシウム137汚染地図ー

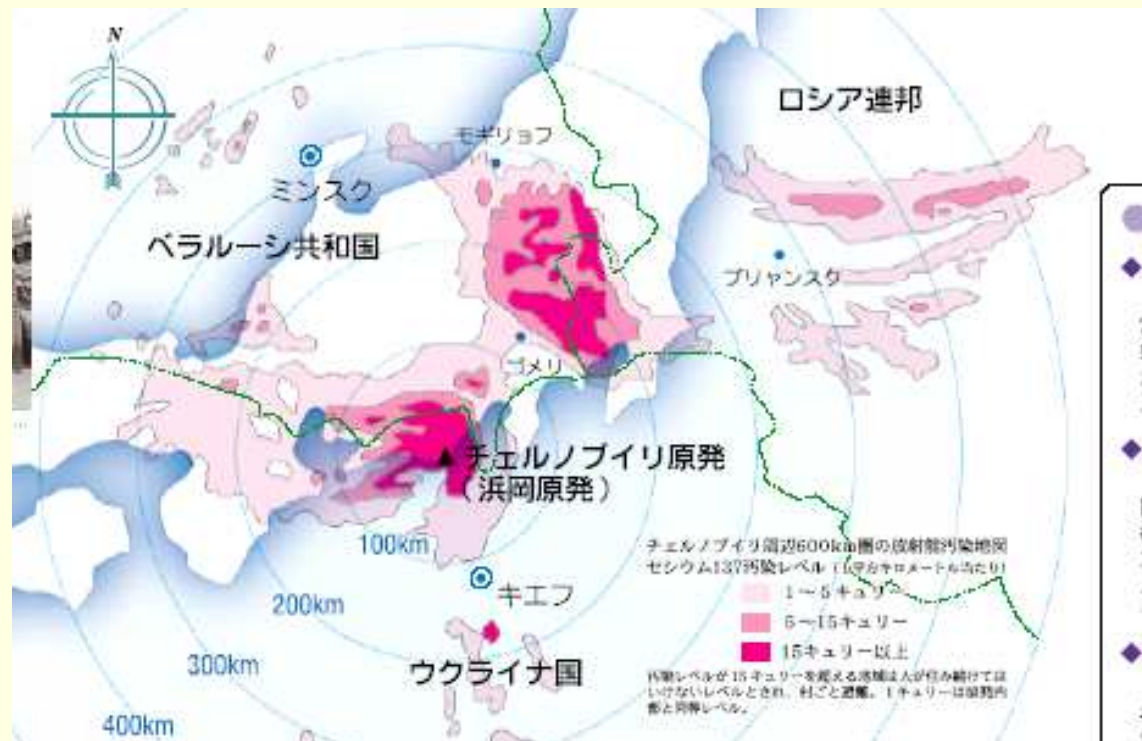


事故が起きたのは米ソ冷戦の末期で、はじめの3年間、汚染の情報はほとんど出て来なかった。1989年の春になって数100km離れた所にも深刻な汚染のあることが判明した。

チェルノブイリ事故調査 から今中が学んだこと

- 原発で大事故がおきると周辺の人々が突然に家を追われ、村や町がなくなり地域社会が丸ごと消滅する
- 原子力の専門家として私に解明できることは、事故による被害全体の一側面に過ぎず、被災者にもたらされた災難の大きさを放射線測定器で測ることはできない

東海地震が心配されている、浜岡原発でチェルノブイリのような事故が起きたら！ 東京も住めなくなるかも知れない



『原発震災を防ぐ全国署名連絡会』リーフレット

2011年3月までは、『日本でもチェルノブイリのような事故
が起きる可能性がある』と警告していればよかった。

An aerial photograph of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. The plant's complex of buildings and containment domes is visible, surrounded by a large body of water. A long, straight breakwater extends from the plant into the sea. In the background, there are green hills and some residential areas. The sky is blue with some light clouds.

2011年3月11日、何が起きたのか！

**きっかけは地震・津波だったが
福島原発事故は人災だ！**

**『2008年に、東電内部チームから、福島原発で
10mを越える津波の可能性の報告があった』**

政府事故調・吉田調書

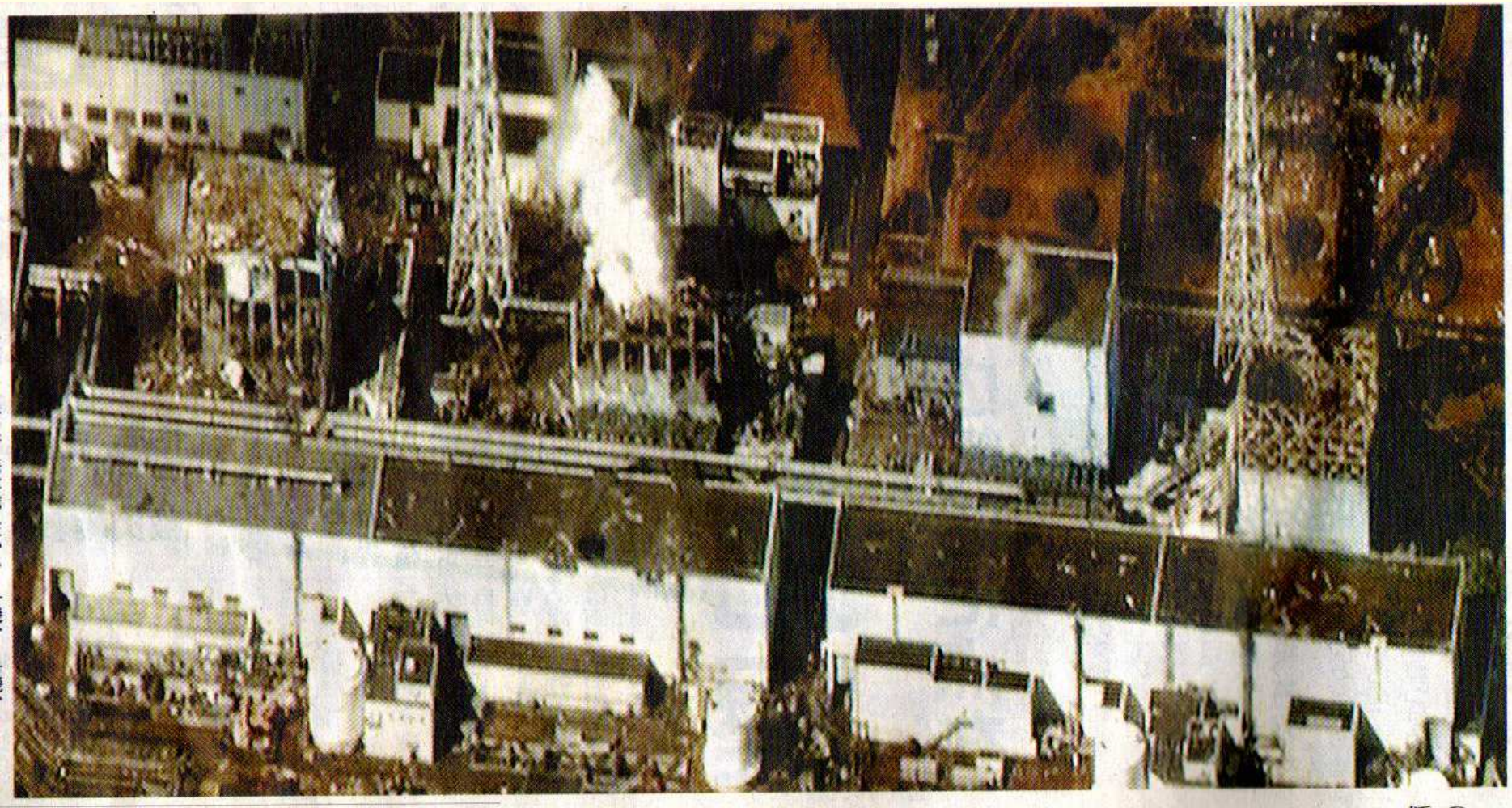


**3月12日, 1
号機水素爆発**



**3月14日、3
号機水素爆発**

2011年3月16日

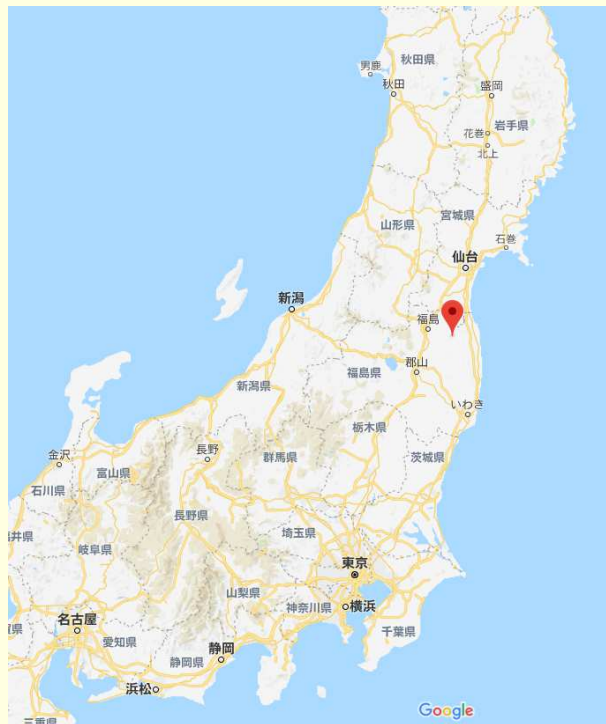


右端が1号機。2号機は原子炉建屋の壁から白煙、3号機は大量の白煙。4号機には、共用排気筒を経由して3号機から水素が流れ込んで爆発した。

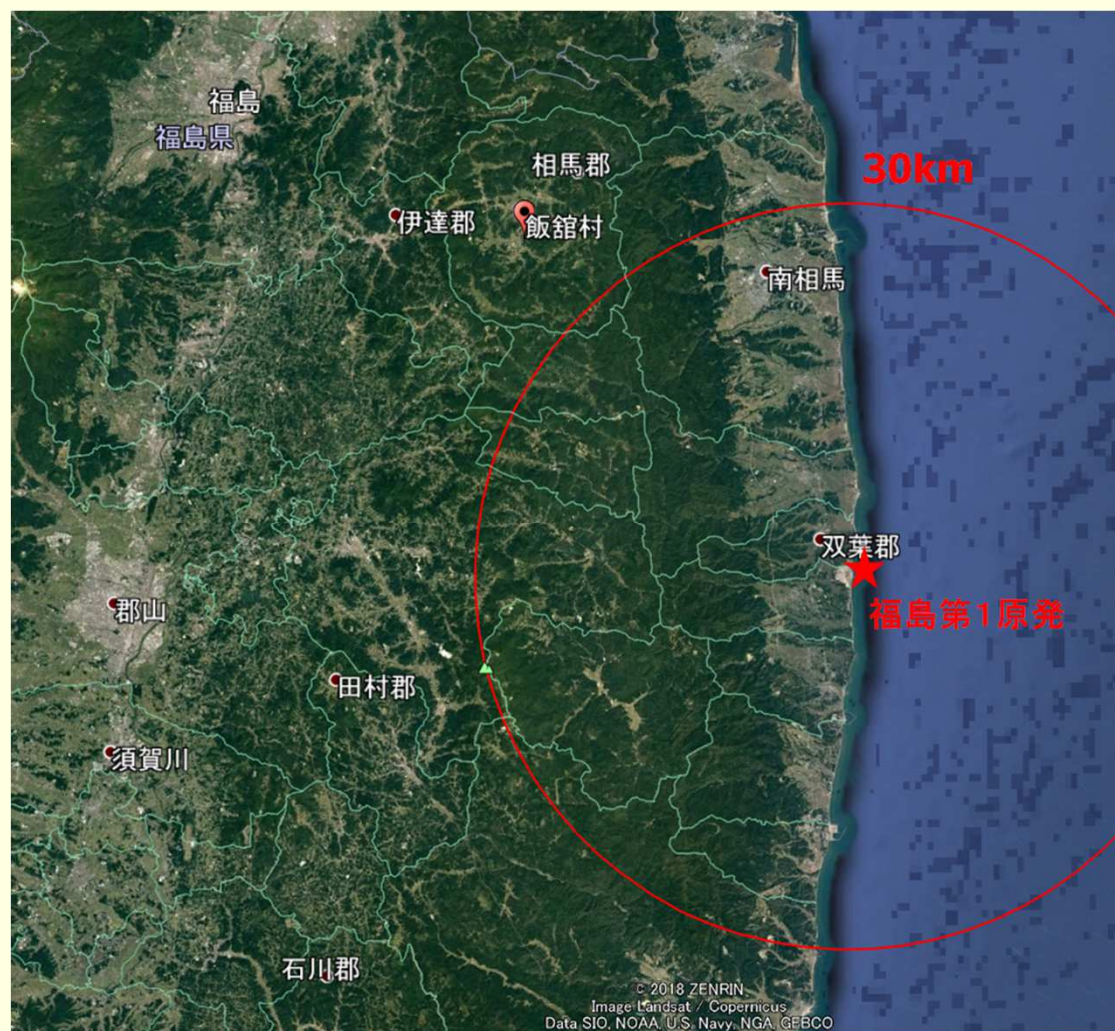
たいへんな放射能汚染が起きていることは明らかだったが、まったくと言っていいほど情報が出てこなかった！

とにかく、自分たちで測っておかなくては！

3月末、福島県飯舘村の汚染調査へ



阿武隈山地に乗っかっているような農業を主とした人口6000人の村



それまで原発とは関係なく暮らしていた飯舘村に突然、
大量の放射能が降って来た

2011年3月29日の飯舘村調査 長泥曲田 $30 \mu\text{Sv/h}$

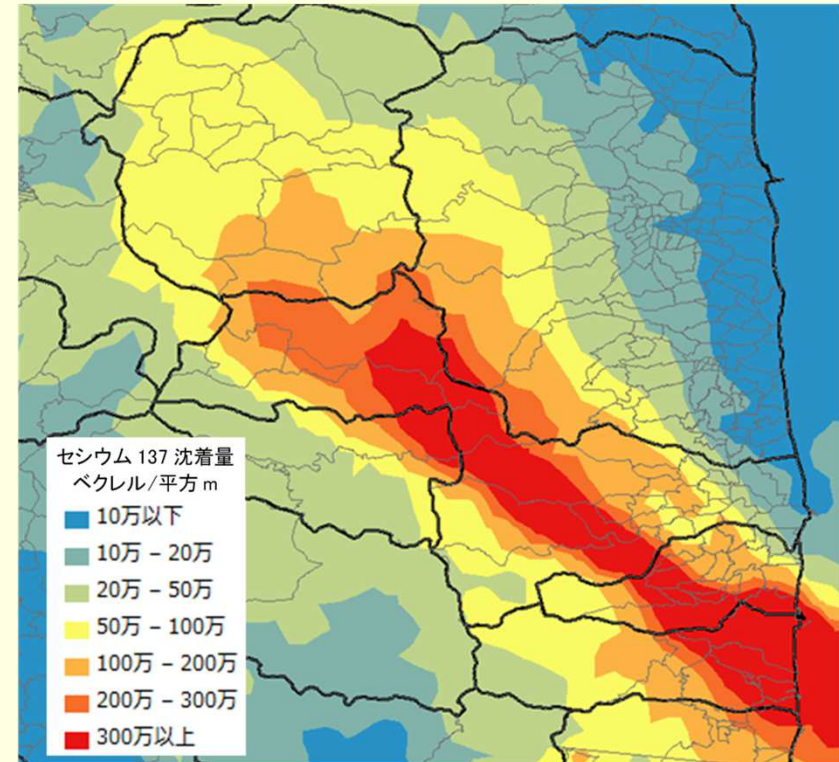


このような放射能汚染の中で、飯舘村の人々は普通に暮らしていた！

どうやら、福島原子炉と期を同じくして、日本の原子力防災システムもメルトダウンしていたようだ！

2011年4月22日

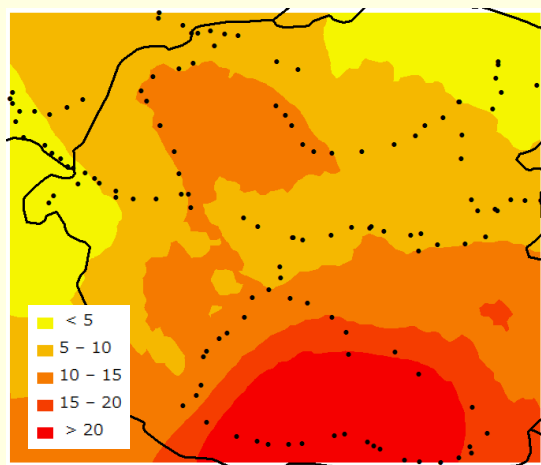
飯舘村など20km圏外の汚染地域が計画的避難区域に



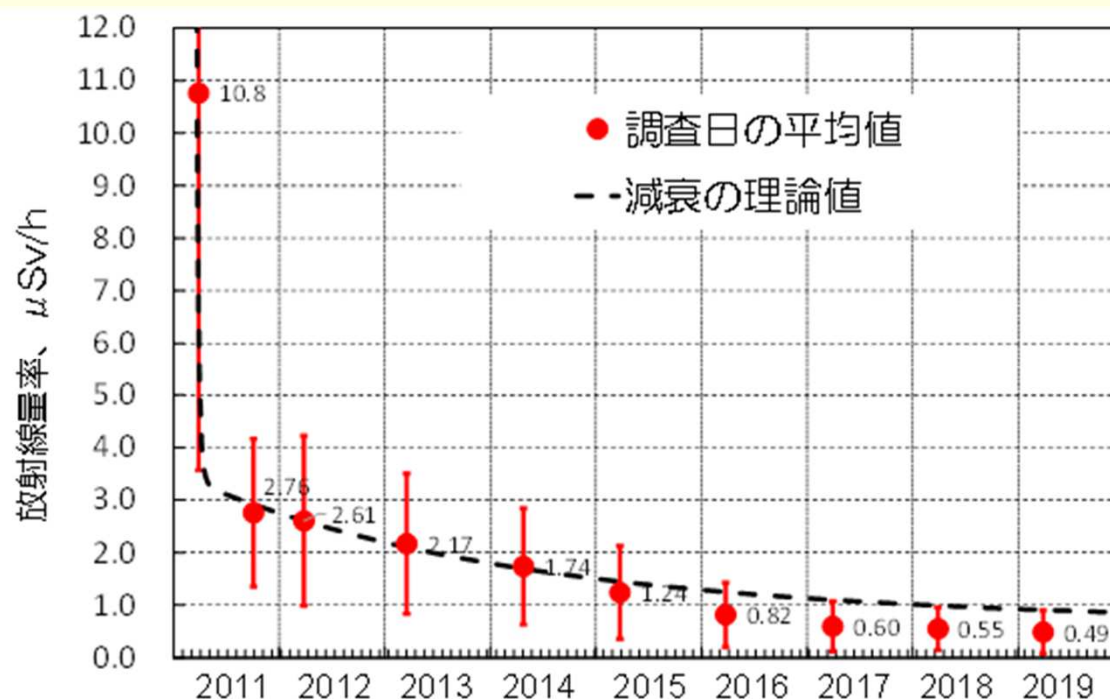
北西方向セシウム137汚染

20km圏内は3月12日に避難指示が出たが、飯舘村などの人々は1カ月余り汚染の中で生活を続けた。

私たちのグループは飯舘村の調査を続けている 飯舘村の汚染と放射線量の推移



2011年3月29日の飯舘村の放射線量分布. 今中らの測定



飯舘村の平均放射線量の推移

8年間で飯舘村の放射線量は20分の1になった。
放射能の自然減衰で10分の1に減ったが、大規模除染の効果は2分の1程度しかなかった。

飯舘村の現状



- 福島原発事故前 1700戸 6200人
- 2011年4月22日 計画的避難区域
- 2014年～2016年 国直轄の全面除染
 - 230万個のフレコンバッグ
- 2017年3月31日 長泥地区を除いて避難指示解除
- 2022年6月現在 居住者 約1500人
(転入 約200人)



事故前



モデル除染(2012)



仮仮置場(2016)

汚染地域で暮らすとは

- 余計な被曝はしない方がいい
- ある程度の被曝は避けられない

この相反する2つのことに
どう折り合いをつけるか！

●福島原発事故による汚染が余計なものである以上、私たちに『1ベクレル、1マイクロシーベルトたりともイヤだ』という権利はある。

●専門家の役割は、放射能汚染、被曝量、被曝リスクについて、できるだけ確かな情報を提供し、人々が自分で判断するのを手伝えることにある。

今日の話題

- 放射線と放射能の基礎知識：研究のはじまりから福島原発事故まで
- 放射線被曝による健康被害の歴史と1ミリシーベルト基準の由来
- 放射能汚染への向き合い方についての私見



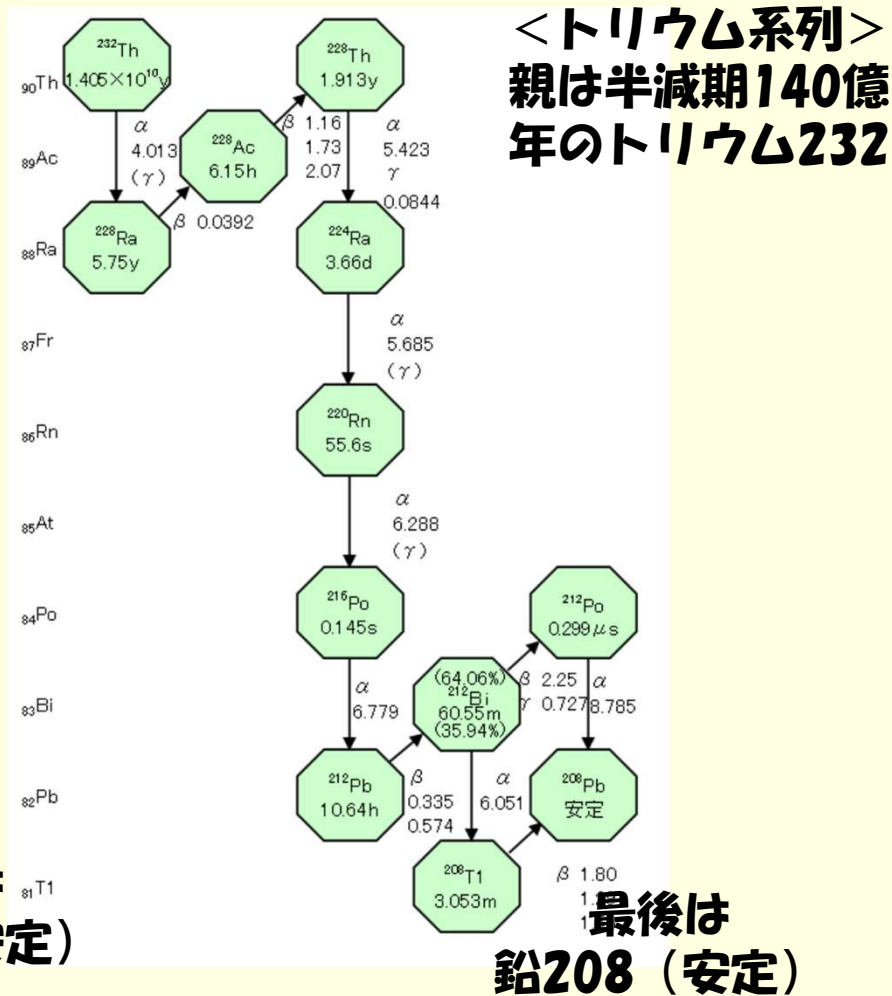
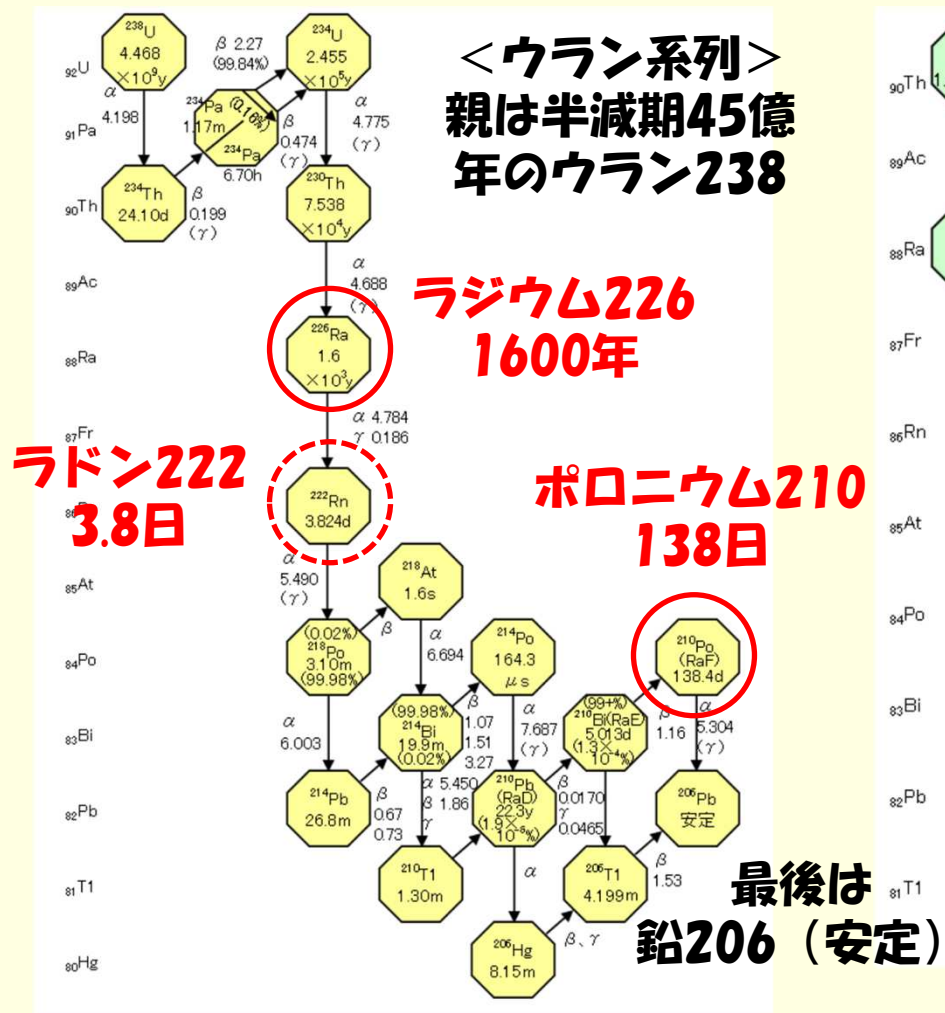
2019年、パリのキュリー博物館を見物してきました



**実験室は立入禁止
入口で毎時0.19 μ Sv**

**マリーキュリーは66歳で再生不良貧血、娘イリーナは58歳で
白血病、娘婿ジョリオも58歳で白血病により死亡**

自然界に元々存在している放射能



放射平衡：

親の半減期は、子や孫に比べずっと長いので、地下深くにあるウランやトリウムでは、子や孫の放射能の強さ（ベクレル数）は、親と同じになる。³¹

万能と宣伝されたラジウム製品

**“STANDARD”
RADIUM
PREPARATIONS**



**“Standard” Radium
Solution for Drinking**

Each bottle contains two micrograms radium element in 60 cc. aqua dist.

—

Maximum-equilibrium constant of radium emanation, 5400 mache units.

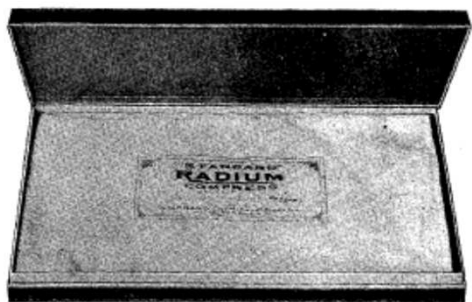


**“Standard” Radium
Solution for Intravenous Use.**

—

In Ampoules of 2 cc. N. P. S. S. containing 5, 10, 25, 50, or 100 micrograms radium element.

PERMANENT



PERMANENT RADIO-ACTIVITY

**“Standard”
Radium Compress**

—

A means of applying radium locally for the relief of pain.

—

A flexible pad of standardized, guaranteed radium element content.

INDICATIONS

Subacute and Chronic Joint and Muscular Conditions.
High Blood Pressure. Nephritis.
The Simple and Pernicious Anemias.

飲むラジウム、注射用ラジウム、
貼るラジウムの宣伝 1916年



5 lb. Can Pre-paid \$1.00

RADIUM MAKES THINGS GROW

In July, a little food, a little water, and a little loving care, insure a beautiful lawn and flowers. Top dress your lawn with Radium Plant Food, dig it in around your flowers and shrubbery—they will respond with spring vigor. Plants are living things and need food while growing.



RADIUM

FERTILIZER (Plant Food)

Contains nitrogen, phosphoric acid, potash and radium. One pound will fertilize 50 sq. ft., or a plot 10x5 ft. Sold by dealers, or prepaid East of Mississippi River (West, add 5c lb.) as follows:

12 oz. can, \$.25	2 lb. can, \$.50
5 lb. can, 1.00	10 lb. can, 1.75
25 lb. can, \$3.75	

Our famous booklet, “Radium Makes Things Grow,” free for the asking.

RADIUM FERTILIZER CO.
206 Vanadium Building PITTSBURGH, PA.

ラジウム肥料の宣伝
1915年

ラジウムダイヤルペインターの骨肉腫

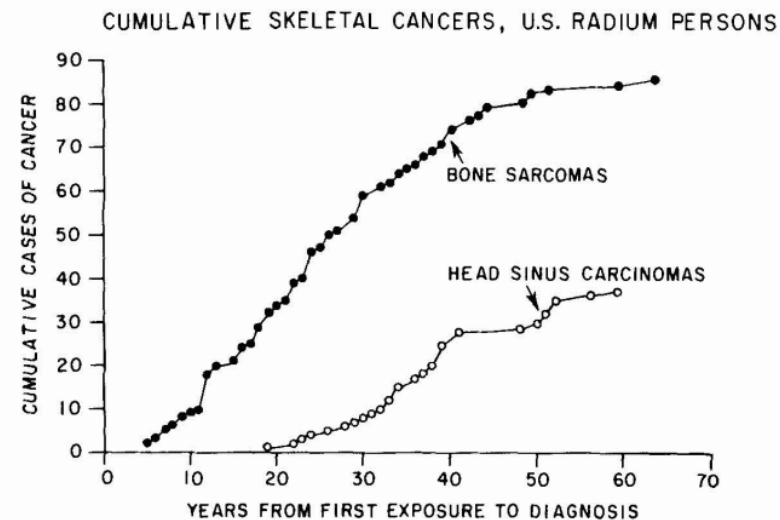
1910年頃から、夜行時計の文字盤にラジウムを塗るため、筆先を舐めながら作業した。



ALPHA-PARTICLE-INDUCED CANCER IN HUMANS*†

Charles W. Mays‡

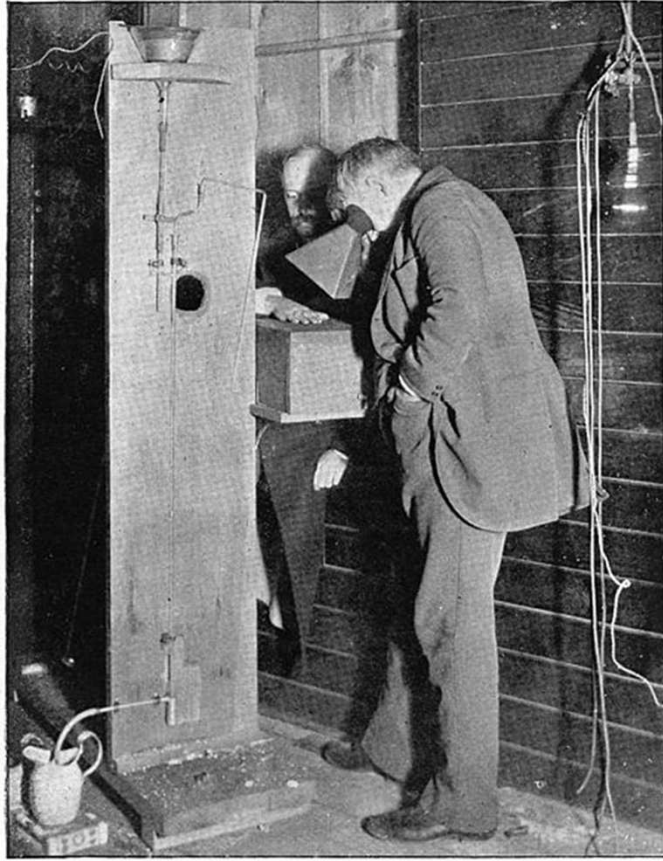
Radiobiology Division, Building 351, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112



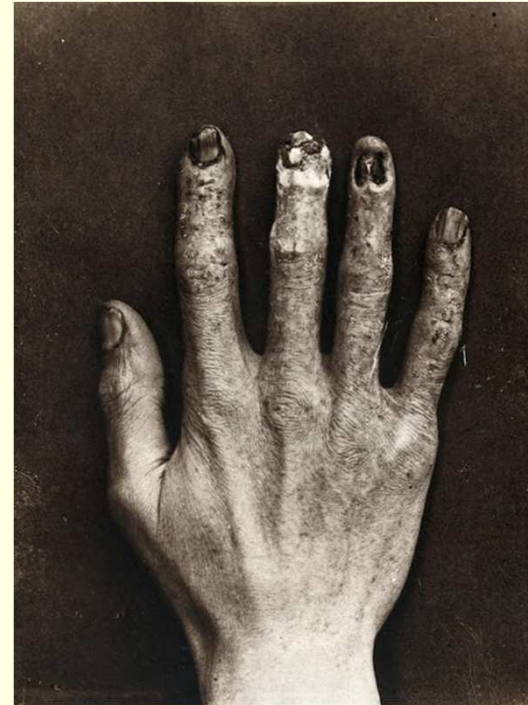
Mays. Health Physics 1988

米国では、約3000人の作業員から約100件以上の骨がんと頭洞部がんが発生

1896年3月 トーマス・エジソンもX線の研究を始めた



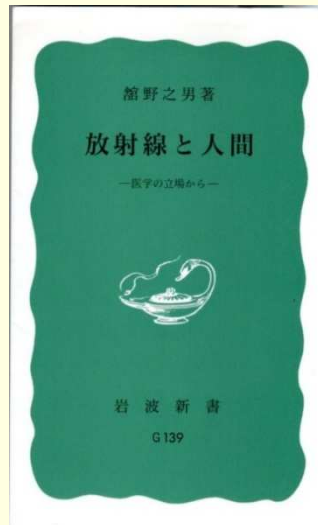
助手の手のX線透視を
のぞき込むエジソン



助手の手に潰瘍ができ、さらにガン化し転
移して1904年に死亡した。
米国で最初のX線による犠牲者。

1903年エジソンは『X線のこととは話したくない。X線はこ
わい』と述べたそうだ。

X線利用にともなう医療従事者の皮膚炎・皮膚ガン死



館野之男「放射線と人間」岩波新書(1974)より

第2表 第2版『顕彰書』に採録されている日本の放射線障害物故者

花室憲章(医師)	宮原立太郎(医師)	渡辺安太郎(技師)
林静一郎(技師)	中村慎一(医師)	大山馨(技師)
今城信貫(技師)	白井講一(技師)	今村岩松(技師)
松田政次郎(技師)	浦野多門治(医師)	小林寅市(技師)
永井隆(医師)	林直紀(技師)	永原義雄(医師)
柴田利吉(技師)	伊貝幸次郎(技師)	佐藤元吉(技師)
宮原敏也(医師)	勝野井素一(医師)	鈴木孝喜(医師)
大谷国吉(医師)	宮田太喜男(医師)	吉野源蔵(技師)
肥田七郎(医師)	小沢清躬(医師)	
敏峰竹吉(技師)	末次逸馬(医師)	

第4表 放射線障害物故者数の国際比較

年代	イギリス	ドイツ	アメリカ	フランス	日本	全世界
1900—10	3	2	8	3	—	16
1911—20	5	4	10	8	—	34
1921—30	10	10	5	25	4	84
1931—40	10	18	22	18	7	105
1941—50	8	11	6	4	10	58
1951—60	6	14	4	4	13	55
1961—					9	

日本以外は第2版『顕彰書』から、日本は日本医学放射線学会の調査から。

ドイツ放射線学会「全世界レントゲン学者・放射線学者顕彰書 第2版」1959.
物故者総数360名。うち日本人28名。

世界中のお医者さんが診断と治療に用い始めたX線の濫用で、皮膚潰瘍や皮膚ガンが医者や技師に多発した。

1928年 国際X線ラジウム防護委員会 (IXRP) の勧告

- X線被曝について
 - 1日当り0.2R（約2mSv）の被曝に制限
 - ラジウムについて
 - 取扱うときに指で直接触れない
 - 取扱うとき身体を鉛で遮蔽する
 - 保管は鉛の金庫で行う
- などなど

被曝影響には、それ以下であれば健康障害は起きないという『耐用線量がある』と考えられていた。

いまは、放射線障害は2つに分けて考える

■ 急性放射線障害(確定的影響)

- 大量の被曝により、多くの細胞が死亡し臓器機能がやられる



広島 爆心から1kmの兵隊さん

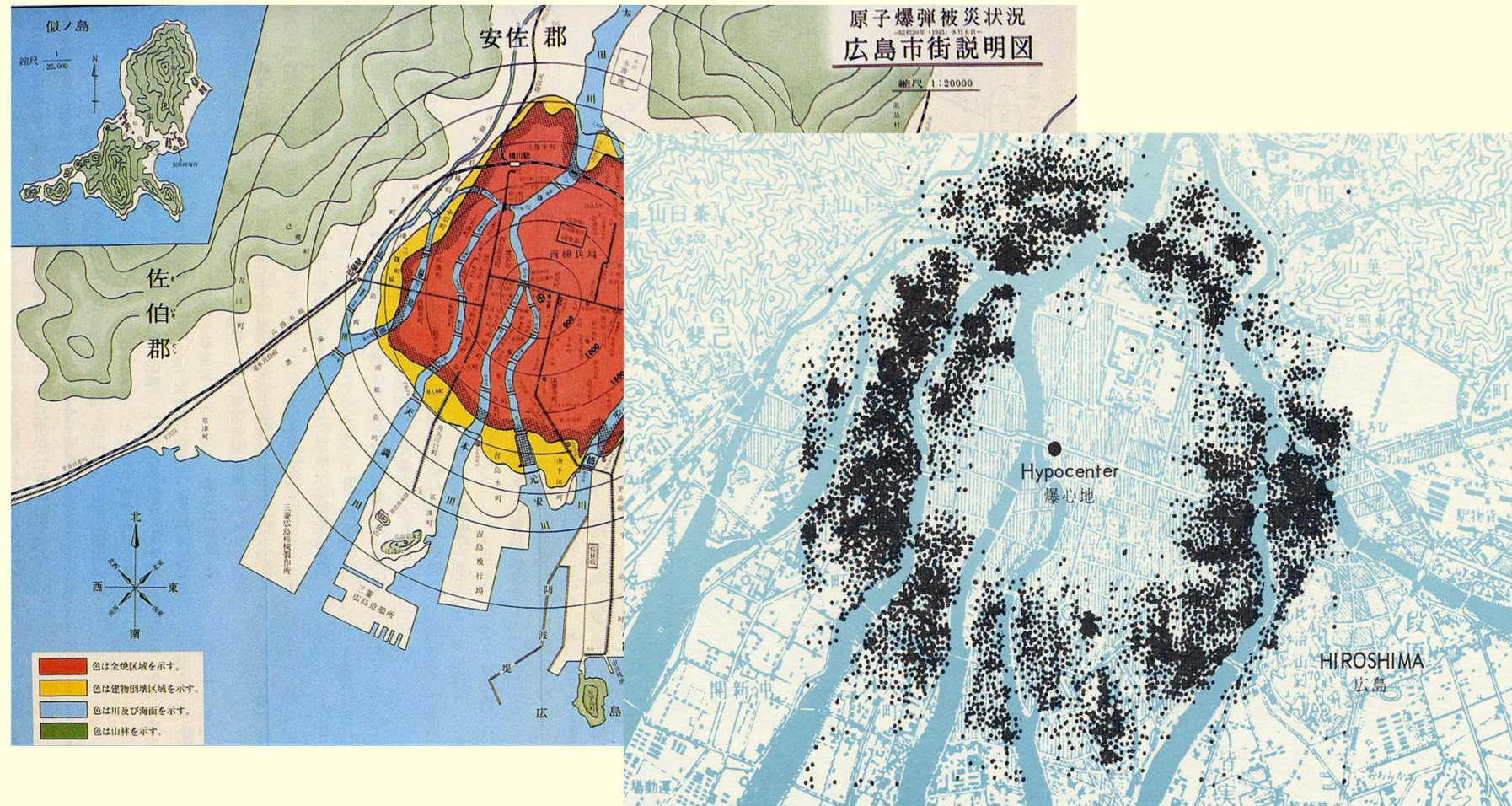


チェルノブイリ原発の
職員と消防士

■ 晩発性放射線障害(確率的影響)

- 細胞の変異により、後になってガン・白血病や遺伝的障害として現われる

広島・長崎被爆生存者示一々



原爆投下後、日本を占領統治した米国は、広島にABCC（原爆障害調査委員会）を設置し、被爆の長期的影響を調べはじめた。上右図の黒い点は、被爆生存者が、原爆を受けた場所を示している。

<晩発性障害疫学データ>

広島・長崎被爆生存者の寿命調査 LSS (Life Span Study) 1950.10.1~

	Number of survivors (1950 Census)	Life Span Study Cohort (1950)		
		Exposed	Not-exposed	Total
Hiroshima	159,000	62,000	20,000	82,000
Nagasaki	125,000	32,000	6,000	38,000
Total	284,000	94,000	26,000	120,000

1950年国勢調査の附帯調査を基に、ABCCは12万人の固定追跡集団を設定。戸籍を基に定期的に生死をチェック。死亡の場合は、死亡診断書で死因を確認。一方、各被爆生存者の被曝量を推定。



RERF in Hiroshima

<広島・長崎データ>

被曝量とガン死の線量・効果関係

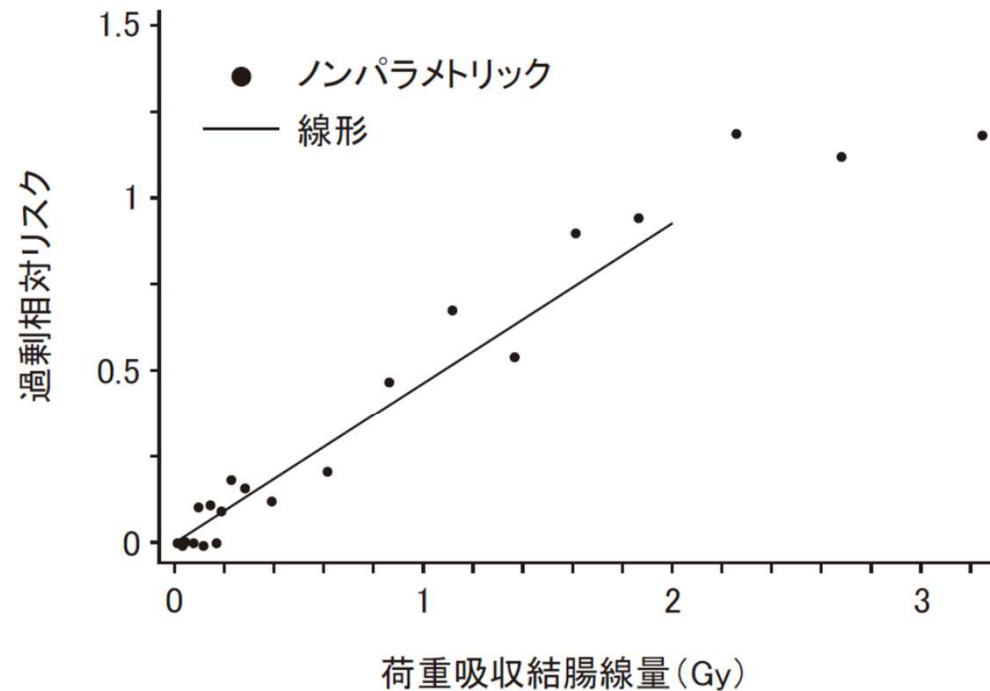


図 9. LSS 集団における固形がん罹患過剰相対リスクの線量反応関係²²より改変

広島・長崎データのメリット

- 男女・年齢に偏りの少ない、人数の大きな一般集団であること
- 戸籍制度を利用して生死の追跡がたしかであること
- 全身にほぼ均等な被曝で、個人別に被曝量が推定されていること

調査結果

- 直線しきい値なしモデルを示唆

放射線影響研究所要覧 2014

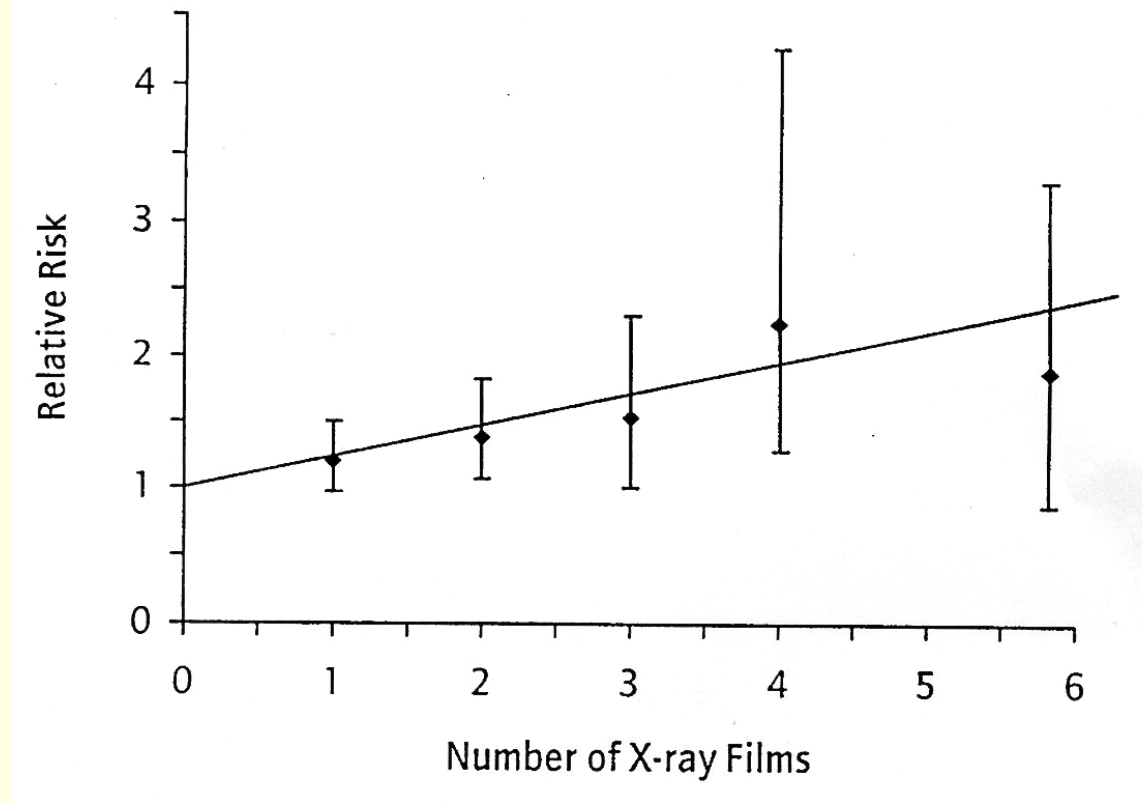
広島・長崎原爆被爆者追跡調査データは、被曝量の増加に直線的に比例してガン死が増加することを示している。

オックスフォード小児ガン研究

妊娠中に受けたX線検査の数と危険度の関係: 1953-1972

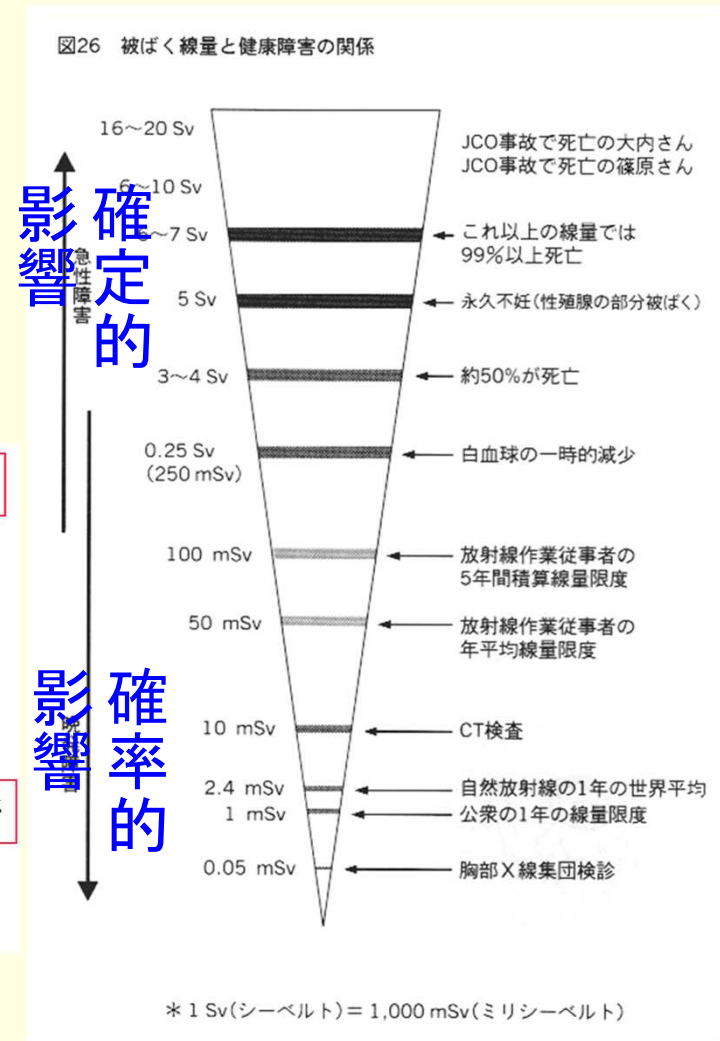
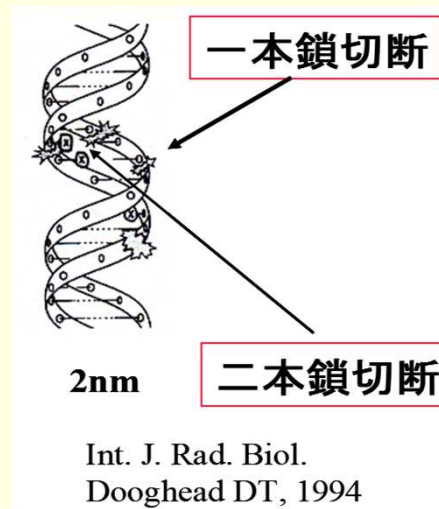
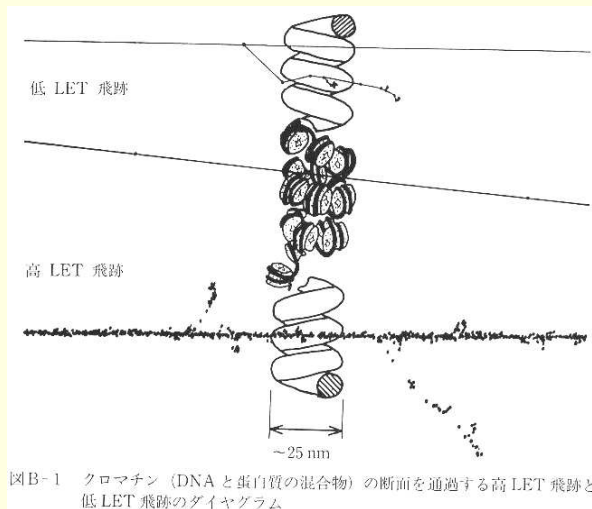
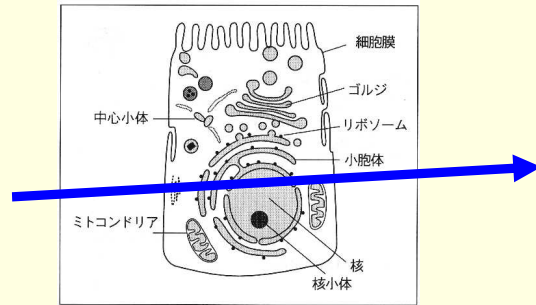
R Doll, British J Radiology (1997)

X線検査1回(約5ミリグレイ)当り20%のリスク増加



1956年、英国のAlice Stewartは、妊娠中にX線診断を受けた母親の子供に小児ガンが多いことを報告した。この結果は後の研究でも確認された。

放射線に被曝すると！



放射線によるDNA損傷の特徴は、修復が難しい2本鎖切断の割合が、化学物質の場合より大きいこと

<被曝量と比例する放射線影響>

DNAの2重鎖切断（DSB）は照射線量に比例する

Evidence for a lack of DNA double-strand break repair in human cells exposed to very low x-ray doses

Kai Rothkamm and Markus Löbrich*

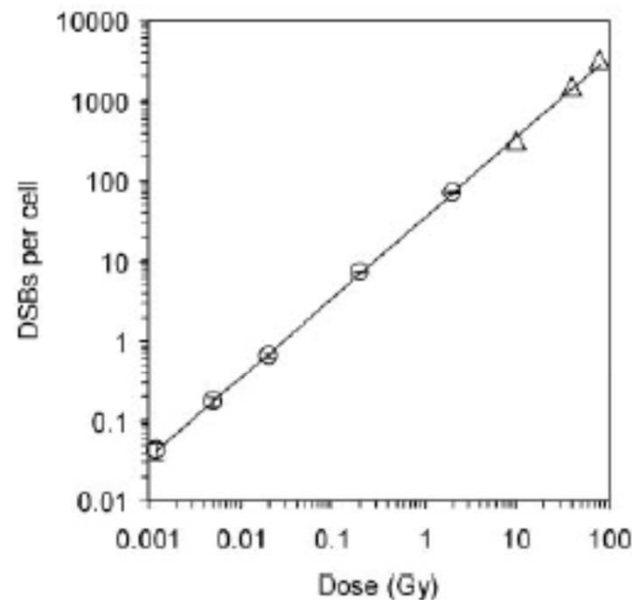
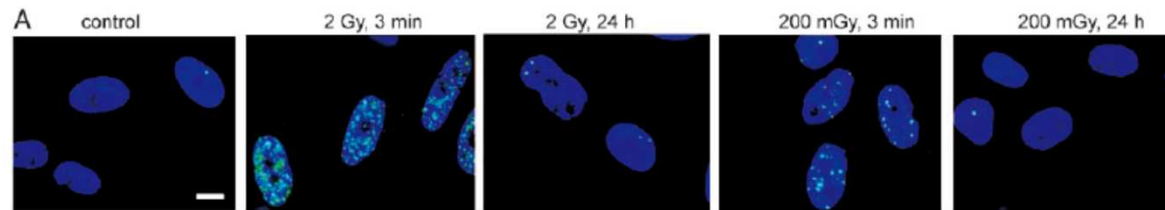


Fig. 2. DSB induction in MRC-5 cells. γ -H2AX foci were counted 3 min after irradiation, and the mean values of foci per cell are shown (circles). Triangles represent DSB induction data obtained from PFGE analysis. The line is a linear fit to the data points with a slope of 35 DSBs per cell per Gy.

Rothkammら
PNAS 2003

1細胞当りDSB数：
1 Gyで40個
1 mGyで0.04個

ICRPによる被曝防護基準

■ 基本的考え方

- 確定的影響（急性障害）をもたらさない
- 確率的影響（晩発性影響）は、容認できる範囲に押さえる

< 1977年勧告 >

■ 公衆の線量限度：年間5ミリシーベルト

- 『一般公衆の構成員に関する確率的現象についてのリスクの容認できるレベルは．．．公共輸送機関の利用に伴うリスクである．．．この根拠から、**年当り 10^{-6} ～ 10^{-5} の範囲**のリスクは、公衆の個々の構成員のだれにとっても多分容認できるだろう』

ICRPによる公衆線量限度 1985年パリ声明

- **公衆の線量限度：年間1ミリシーベルト**
 - 『**委員会は原則として年間1ミリシーベルトを勧告する。**しかしながら、生涯にわたる平均年間被曝量が1ミリシーベルトを越えないという制限の下で、数年間にわたる年5ミリシーベルトも数年間であれば許容される』
 - ★**広島・長崎の被曝生存者追跡データに基づく、ガン死リスク係数は、以前に考えられていたより、ずっと大きいことが明らかになりはじめた。公衆の被曝リスクを一定に保つには、線量限度を引き下げざるを得なくなった。**

米国科学アカデミー BEIR-VII報告 (2005)

☆発ガンに関する線量・効果関係は、「しきい値なし直線」である

☆1ミリシーベルトの被曝により後に発ガンする確率は(人間集団の平均で)1万分の1である

(第3種郵便物認可) 毎日新聞

放射線被ばく

【ワシントン共同】放射線被ばくは低線量でも発がんリスクがあり、職業上の被ばく線量限度である5年間で100ミリシーベルトの被ばくでも約1%の人が放射線に起因するがんになるとの報告書を、米科学アカデミーが世界の最新データを基に30日までにまとめた。報告書は「被ばくには、これ以下なら安全」と言える量はないと指摘。国際がん研究機関などが日本を含む15カ国の原発作業員を対象にした調査でも、線量限度以内の低線量被ばくで、がん死の危険が高まることが判明した。

米調査 CT1回、1000人に1人

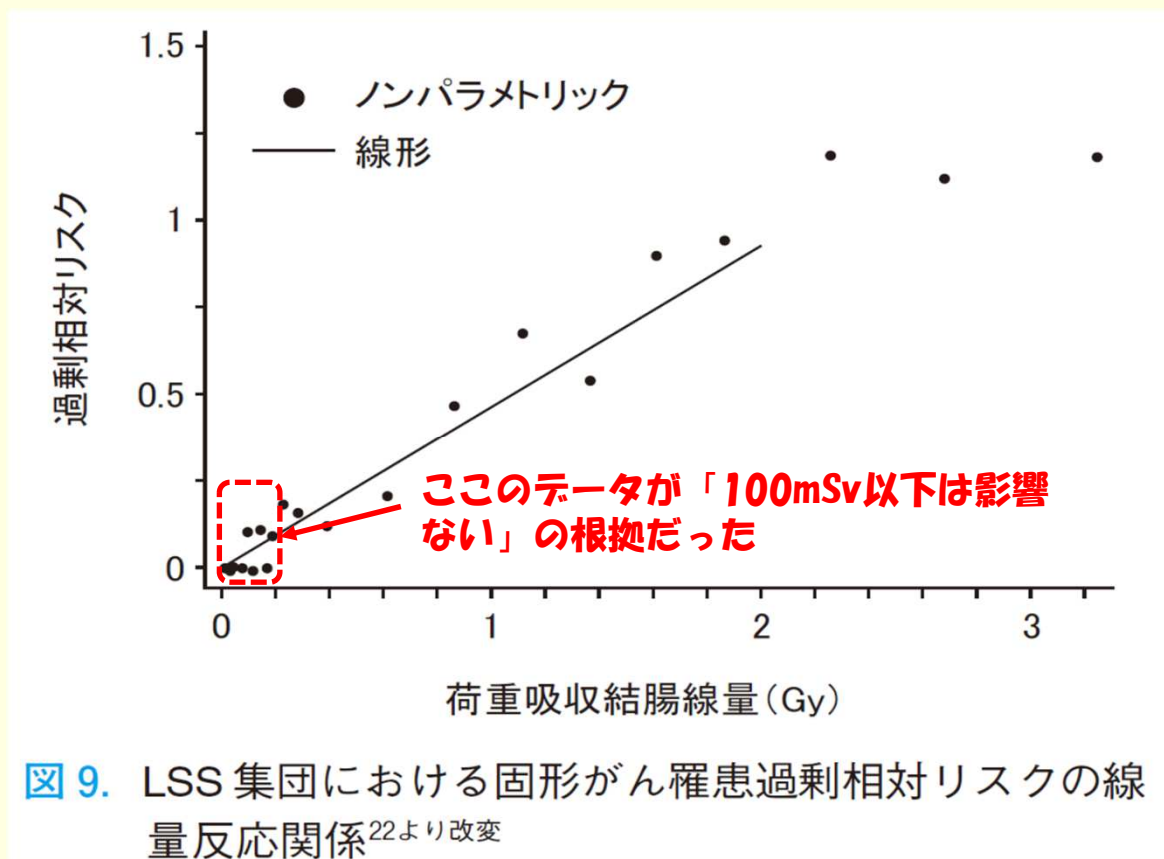
低線量でも発がん

7/1

福島原発事故が起きて驚いたこと！

多くの専門家が「100mSv以下は影響ない」といった発言をし始めた....

彼らの根拠は広島・長崎データのようにだった....



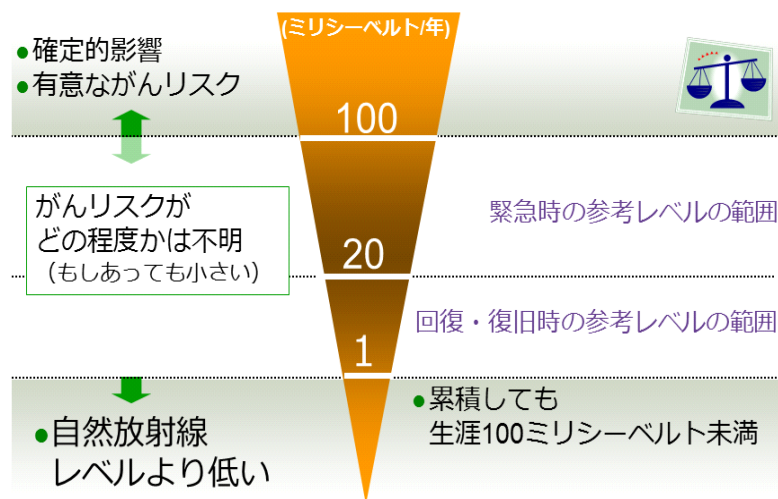
放射線影響研究所要覧 2014

広島・長崎被爆者追跡調査データ全体は、被曝量の増加に直線的に比例してガン死が増加することを強く示している。

福島原発事故が起きて驚いたこと！

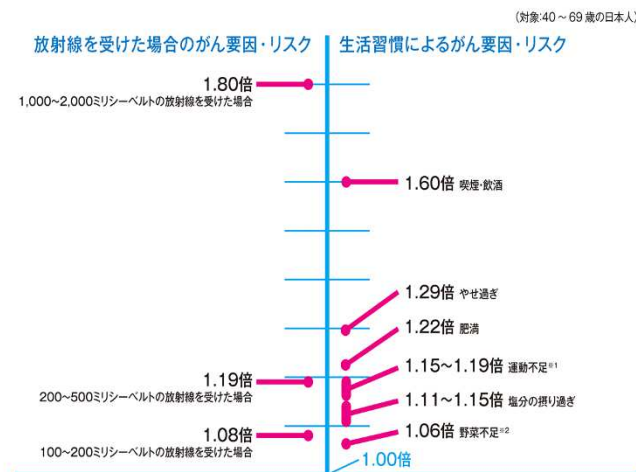
がんリスクがあったとしても『100mSvで野菜不足程度』だそう

線量限度 被ばく線量と健康リスクとの関係



出典：国際放射線防護委員会（ICRP）の2007年勧告より作成

放射線と生活習慣によってがんになる相対リスク



(注) 放射線は、広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ)であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではない

※1 運動不足:身体活動の量が非常に少ない

※2 野菜不足:野菜摂取量が非常に少ない

6-3-12

出典：(財)国立がん研究センター調べのデータより作成

原子力・エネルギー図面集

環境省HP

原子力文化振興財団HP

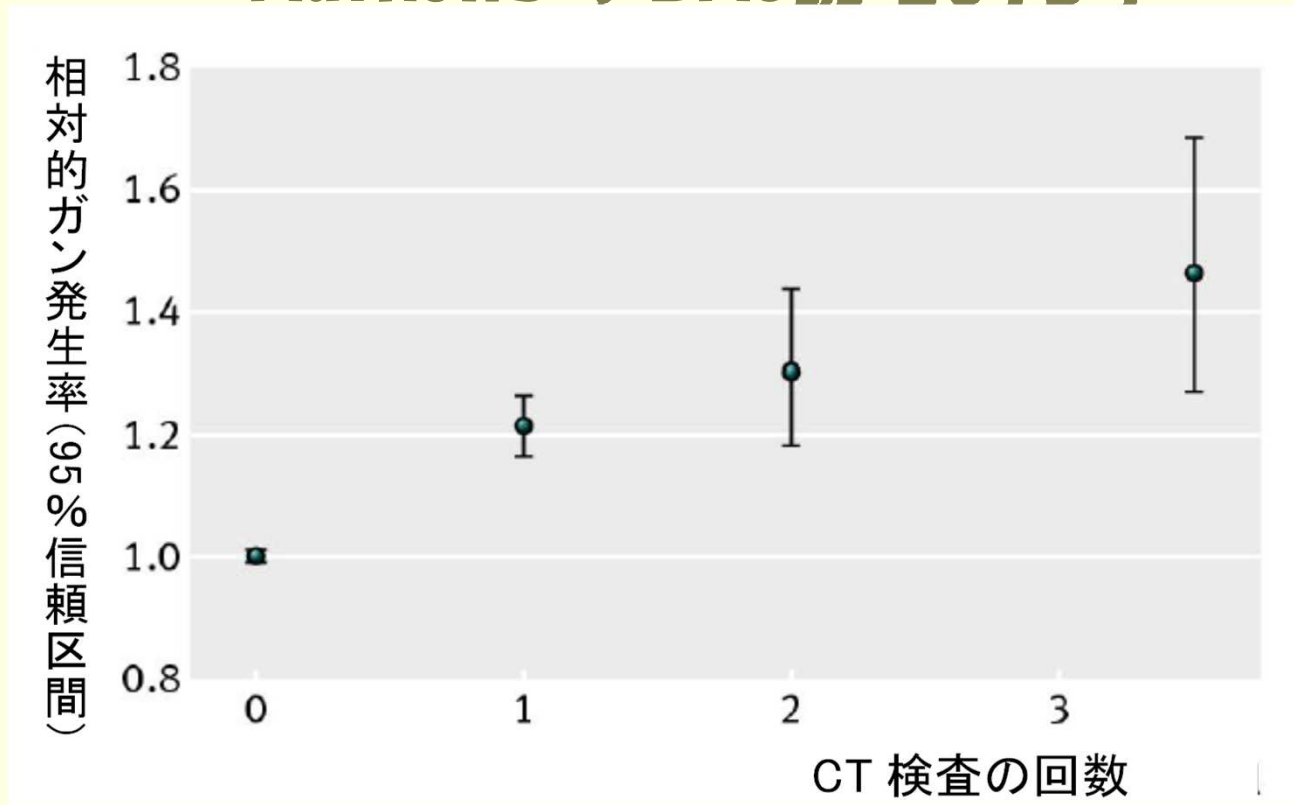
環境省などは『低線量被曝にもリスクがある』つまり『直線・しきい値なし』説での議論を、徹底的に嫌がった。

福島原発事故後、低線量被曝に関する論文が次々と発表された

オーストラリアでCT検査を受けた子供68万人の追跡調査

CT検査によるガン増加データ

Mathewsら BMJ誌 2013年



**CT 1 回当りの被曝量は4.5ミリシーベルト。
CTの回数とともに有意なガン増加が認められた。**

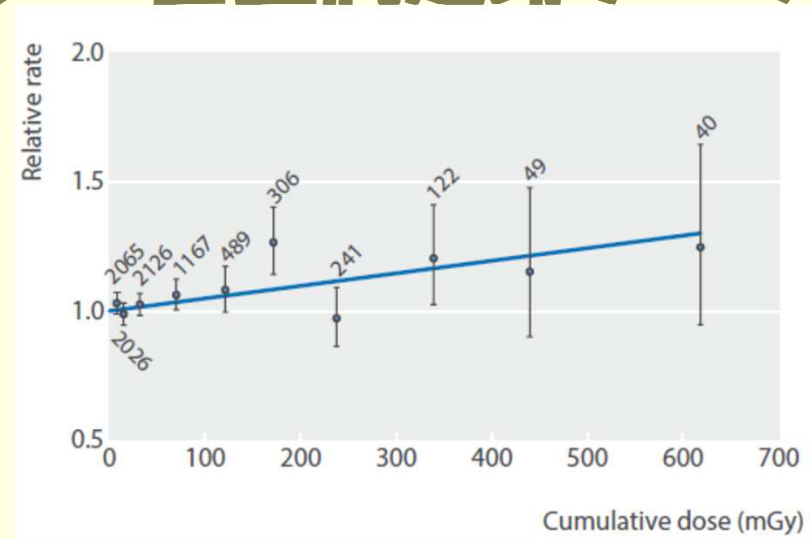
INWORKSデータ：英米仏3カ国の原子力労働者30万人のガン・白血病追跡データ

白血病以外の全ガン BMJ 2015

Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS)

David B Richardson,¹ Elisabeth Cardis,^{2,3,4} Robert D Daniels,⁵ Michael Gillies,⁶ Jacqueline A O'Hagan,⁶ Ghassan B Hamra,⁷ Richard Haylock,⁶ Dominique Laurier,⁸ Klervi Leuraud,⁸ Monika Moissonnier,⁹ Mary K Schubauer-Berigan,⁵ Isabelle Thierry-Chef,⁹ Ausrele Kesminiene⁹

- ・平均骨髄被曝量 21mGy
- ・被曝の相対過剰リスク 0.51/Gy



白血病 Lancet Haematology 2015

Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study

Klervi Leuraud, David B Richardson, Elisabeth Cardis, Robert D Daniels, Michael Gillies, Jacqueline A O'Hagan, Ghassan B Hamra, Richard Haylock, Dominique Laurier, Monika Moissonnier, Mary K Schubauer-Berigan, Isabelle Thierry-Chef, Ausrele Kesminiene

- ・平均骨髄被曝量 16mGy
- ・被曝の相対過剰リスク 2.96/Gy

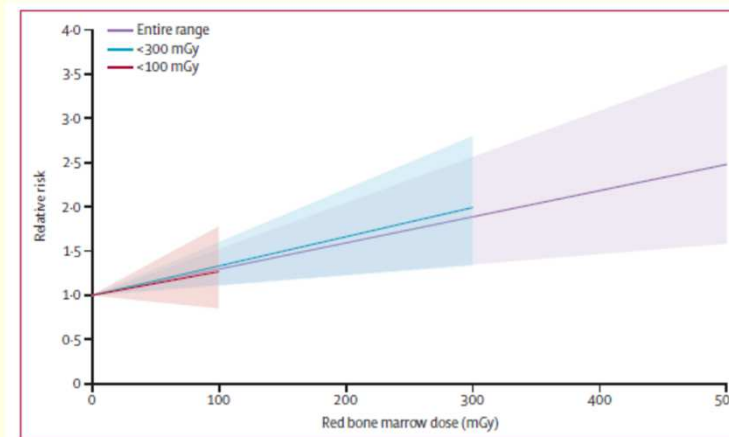


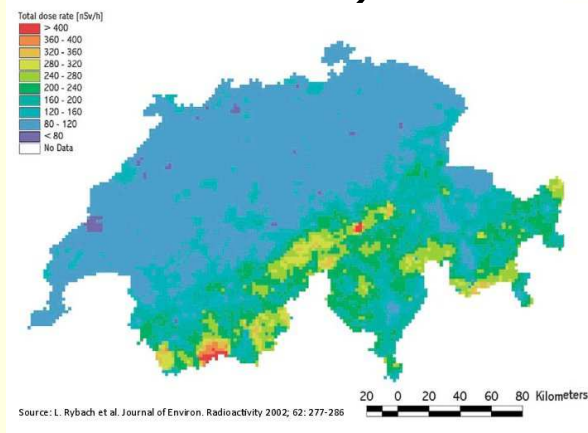
Figure: Relative risk of leukaemia excluding chronic lymphocytic leukaemia associated with 2-year lagged cumulative red bone marrow dose
The lines are the fitted linear dose-response model and the shading represents the 90% CIs.

全ガン、白血病ともに積算被曝量が大きくなるとともにリスクが増加している。リスクの大きさ(直線近似したときの傾き)は広島・長崎データと同じ程度である。 50

自然放射線と小児ガン

スイスの200万人追跡データ

Spycher et al,
EHP 123:622-8
(2015)



スイスの自然放射線量率分布

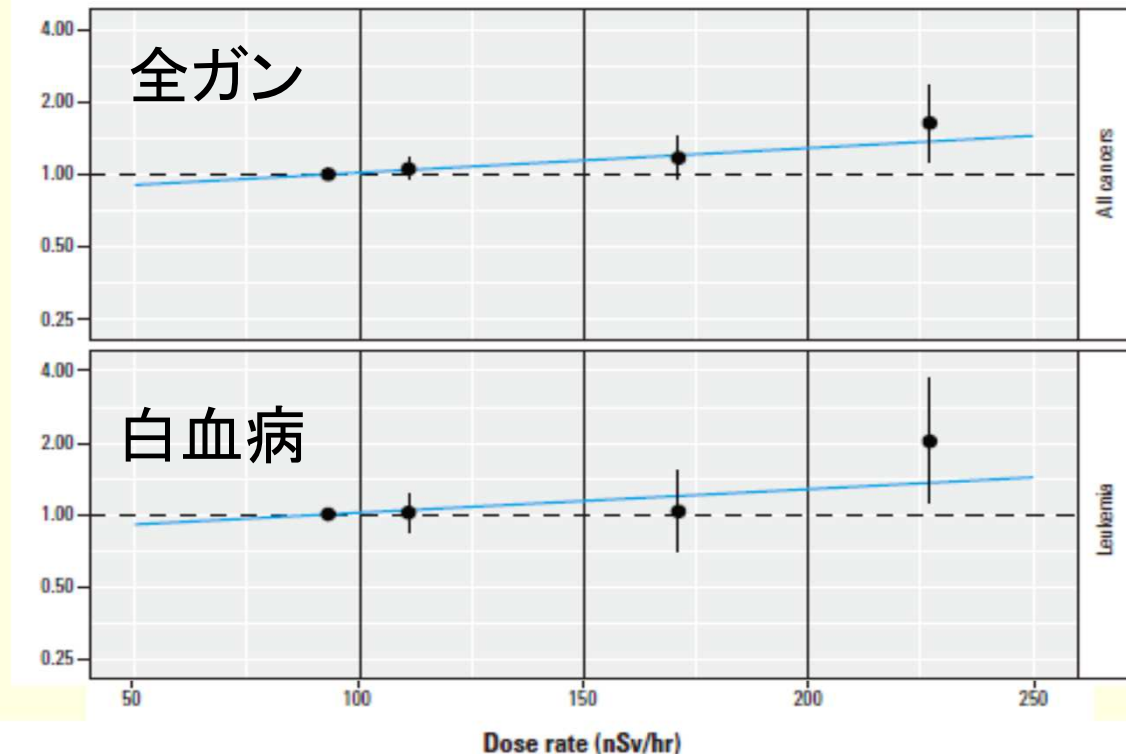


Figure 2. Hazard ratios for cancer by dose rate of external ionizing radiation among children < 16 years of age in the Swiss National Cohort. Results from Cox proportional hazards models adjusting for sex and birth year using a categorized exposure [points and bars (95% CIs) placed along the x-axis at mean dose rates within categories; categories delineated by vertical lines] and a linear exposure term (blue line). Dose rates < 100 nSv/hr are the reference category.

スイスで16歳以下の子供たち200人を、居住地域の自然放射線量で4つの区分に分けて固定集団調査したところ、自然放射線量が高い地域でガン・白血病が多かった。

被曝影響についてのまとめ

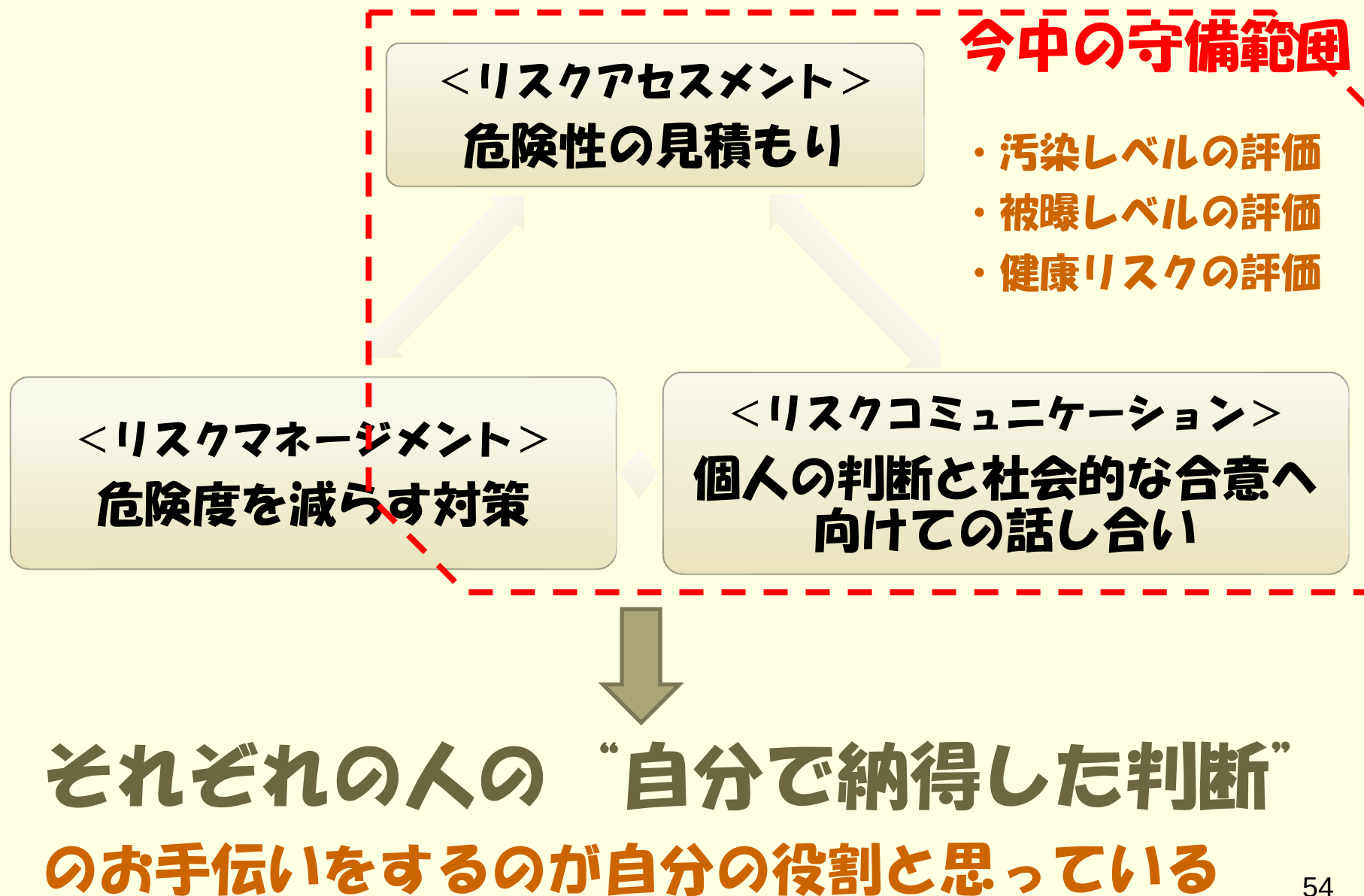
- 放射線被曝に安全量はなく、『被曝の害は被曝量に比例する』と考えるべきである。
- 自然放射線も日常的に私たちの身体を傷つけている。
- 医療放射線も当然、害をもたらしている。
- 福島原発事故は、その上に不条理な被曝をもたらしている。

1 mSvには1 mSvの、1 μ Svには1 μ Svのリスクがある！

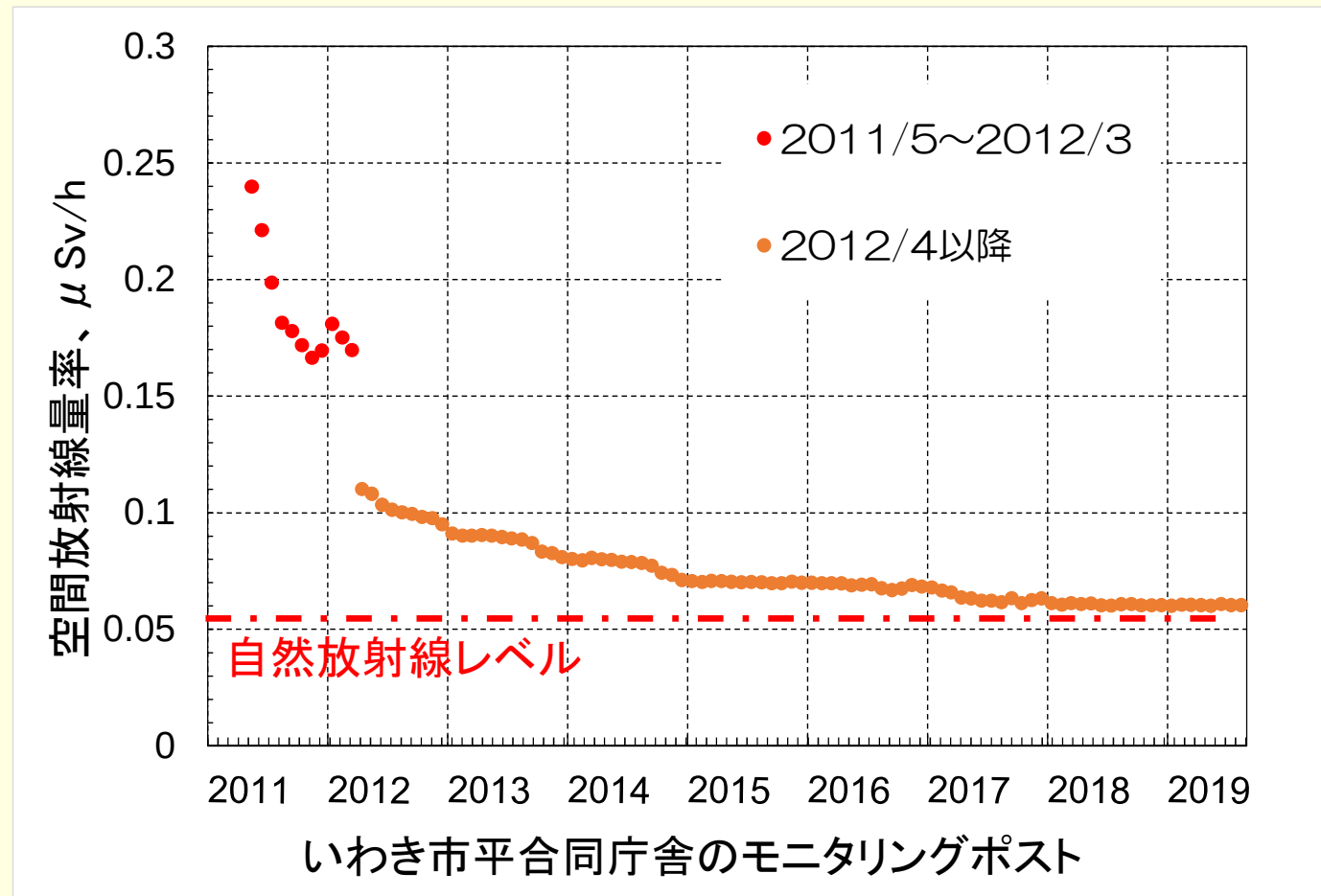
今日の話題

- 放射線と放射能の基礎知識：研究のはじまりから福島原発事故まで
- 放射線被曝による健康被害の歴史と1ミリシーベルト基準の由来
- 放射能汚染への向き合い方についての私見

放射能汚染との向き合い方



いわき市の市街地モニタリングポスト



ここ数年は $0.06\mu\text{Sv/h}$ 程度で落ち着いてきた。

自然バックグラウンドの値が確かでないが、現在の汚染の寄与は $0.01 \sim 0.02 \mu\text{Sv/h}$ くらいと思われる。

広島市内の放射線量



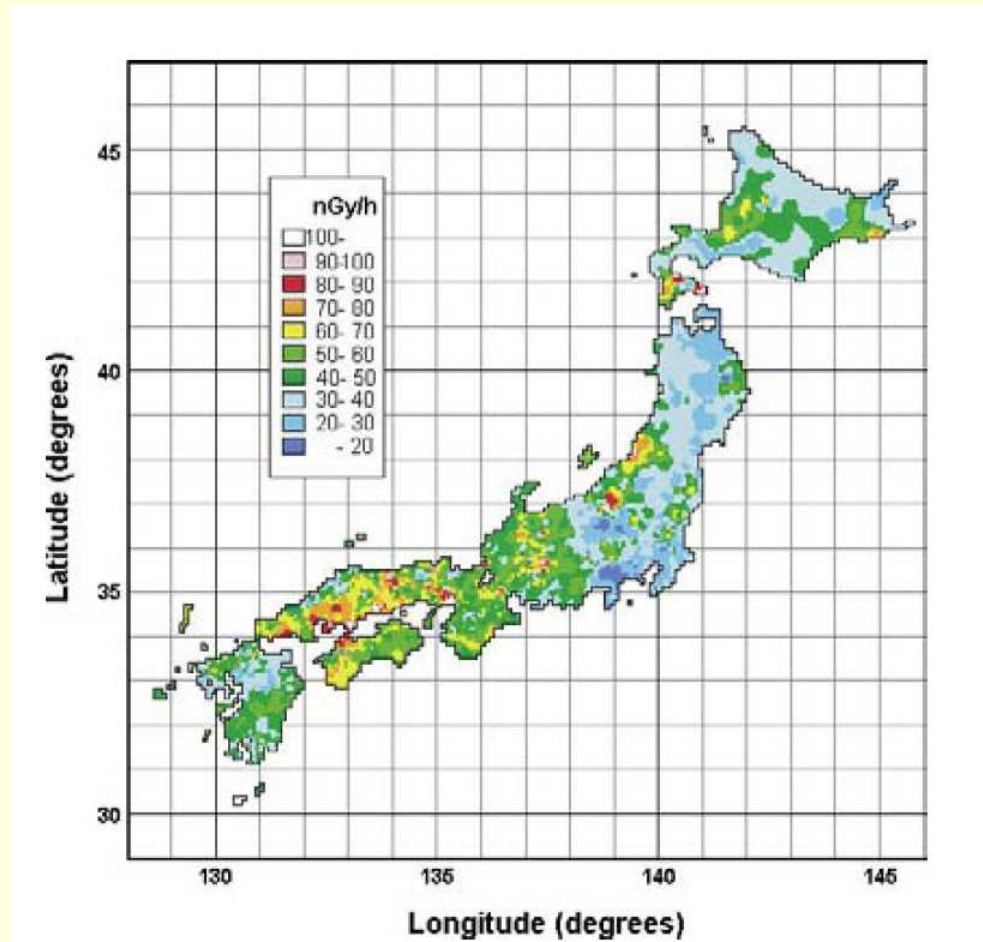
平和公園
2015年11月23日
放射線量: 0.08 $\mu\text{Sv/h}$



広島市内比治山
2017年8月29日
放射線量: 0.10 $\mu\text{Sv/h}$

自然の放射線量も場所によって結構違っている

日本の自然放射線 地面からのガンマ線量率分布

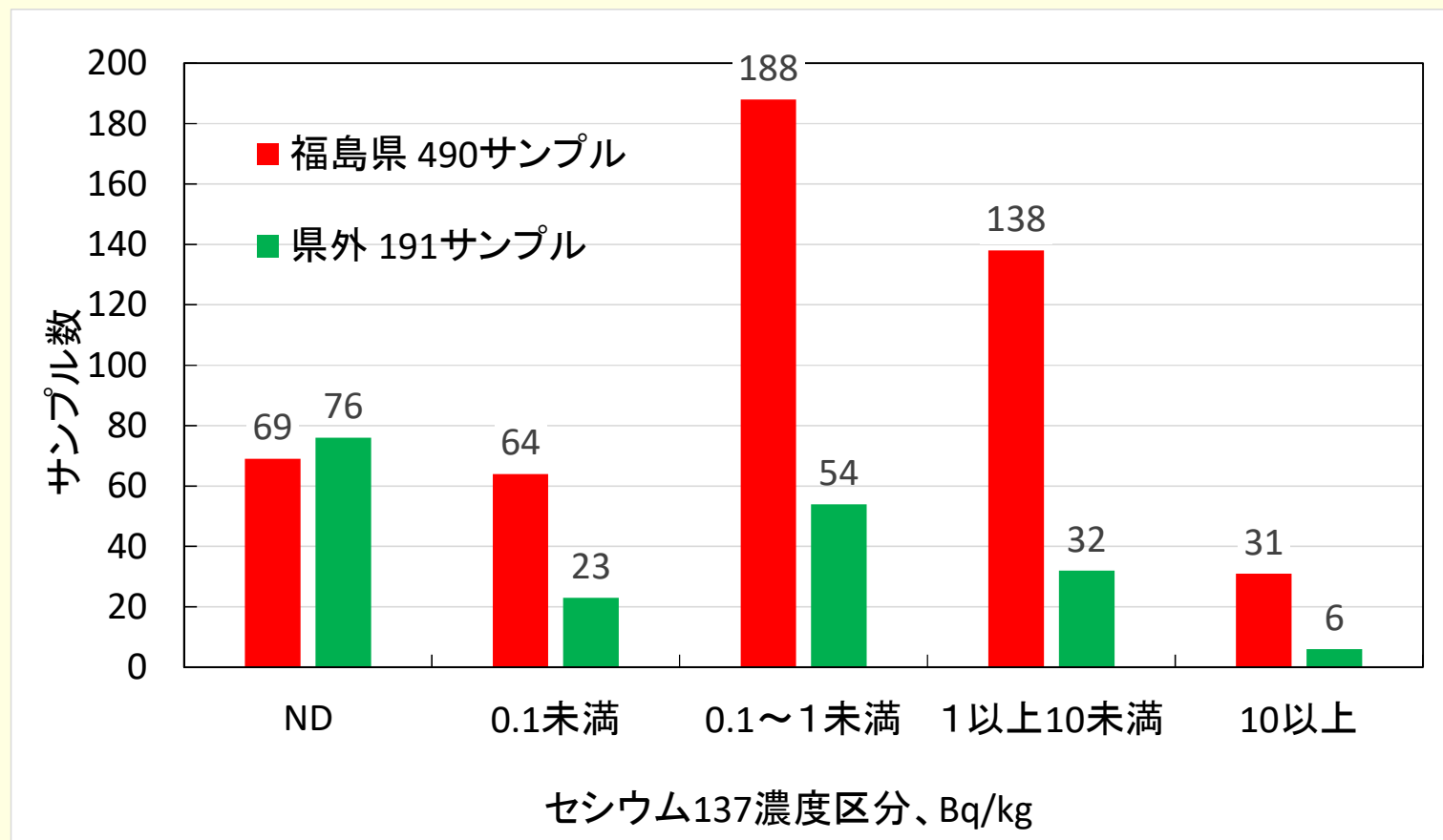


Minato, J Geography, 2006

私たちは常時、地面に含まれている、ウラン系列、トリウム系列、カリウム40といった放射性物質から被曝を受けている。東日本に比べ、西日本の方が高めなのは、ウラン、トリウムの含有量の大きい花崗岩地帯が多いからである。

2019～2022年 たらちねからの 食品681サンプルの測定結果

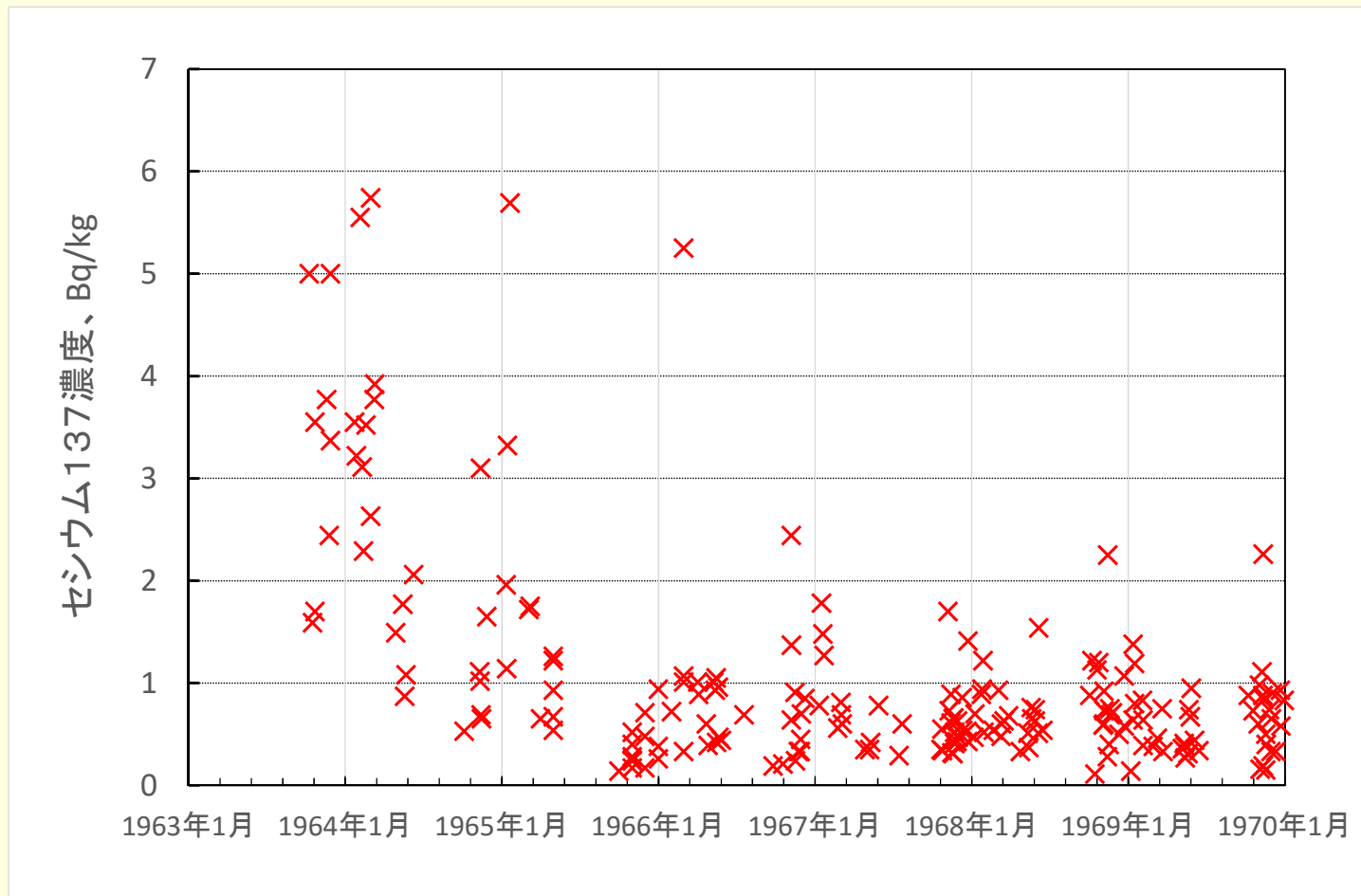
100Bq/kgを越えたサンプルはなかった
福島県の最大は菌床生シイタケ（塙町）の71Bq/kg
福島県外の最大は乾燥シイタケ（熊本県）の80Bq/kg



福島県の66%、福島県外は74%は 1Bq/kg以下だった

1960年代には大気圏内核実験で世界中が汚染されていた

日本各地のホウレンソウのセシウム137汚染



「日本の環境放射能と放射線」HPデータより作成

福島後の時代

結局、私たちは
どこまでの被曝をがまんするのか？
一般的な答はない

<参考>

- 原子力施設からの一般公衆の線量限度：年間1ミリシーベルト
- 放射線作業従事者の線量限度：年間20ミリシーベルト
- 自然放射線による年間1ミリシーベルトの被曝を受けている

国や東電には、被災者がどのような選択をしようと、その選択を支援する責任がある。

2022年1月、福島のア甲状腺がん患者6人が 東電相手に損害賠償裁判を提訴

福島原発事故後、甲状腺がん

2011年3月の東京電力福島第1原発事故後に甲状腺がんになった17〜27歳の当時福島県内に住んでいた男女6人が27日、発症は原発事故による被ばくが原因として、東電に計6億1600万円の損害賠償を求める訴訟を東京地裁に起こした。「声を上げられない他の患者のためにも、因果関係を明らかにしたい」。原告の女性(26)が取材に応じ、提訴に込めた思いを語った。

当時18歳以下 東電提訴

「原発が爆発した!」。東日本大震災が起きた翌日の11年3月12日午後、福島県の中通の地方に住み、当時中学3年生だった女性は、祖母から伝えられた。どれだけ危険なのかぴんとこなかったが、母親は「危ないから家の中にいて」と慌てた様子で告げた。それから、近くの畑の野菜や井戸水は口にしなくなった。4月に進学した近くの高校は、原発から50m以上離れていたが、「周囲の放射線量は高い。気をつけて生活をして」

た。受診すると、気管の近くに腫瘍が見つかった。甲状腺がんだった。医師は「成長すると全身に転移する」と手術を勧めた。ショックと「やばい」という気持ちもあった。翌年、甲状腺の片側を手術で取ると、毎月のように風邪を引くようになった。甲状腺から出るホルモンの量が減ることで免疫が低下した可能性があった。大学卒業後に広告代理店に就職したが、ぜんそくなどを患い休職。体の負担が少ない事務の仕事に転職した。21年からホルモン剤の服用を始めて風邪の症状は出づらくなったが、「残った甲状腺にがんが再発するのでは」という不安は消えない。

女性は、甲状腺がんの原因は被ばくだとずっと考えてきた。県の検査では、女性を含め266人が、甲状腺がんやその疑い例と診断された。だ

被ばくの影響究明を



東電への損害賠償を求める訴訟を起こし、記者会見する原告の女性—東京都千代田区で27日、小川昌宏撮影

『差別を受けるのではないかと恐怖を感じ、甲状腺がんであることを誰にも言えずに過ごしてきた。声を上げてこの状況を変えて行きたい』

福島県での原発事故後の甲状腺がん

検討委員会で公表された甲状腺がんの人数

Our Planet-TV HP

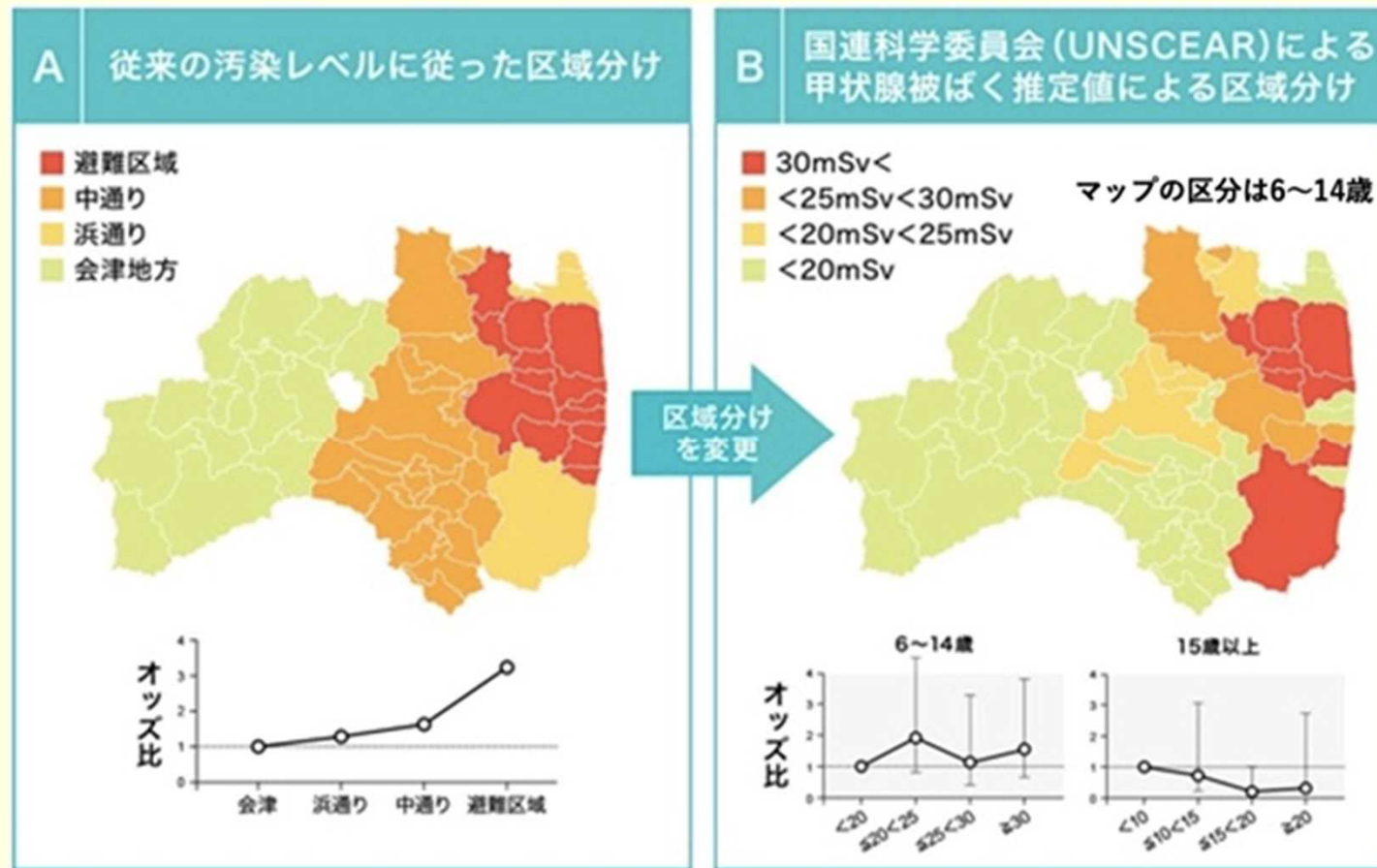
	対象者数	受診者数	B・C判定	2次検査 受診者	診断確定	A判定以外				手術済み
						穿刺細胞診			がん	
						受診者数	経過観察	悪性疑い		
1巡目	367,637	300,472	2,294	2,130	2,019	1,380	547	431	116	102
		81.7%	0.62%	92.9%	98.2%	66.0%	39.6%	78.7%	29.3%	101
2巡目	381,237	270,552	2,230	1,877	1,834	1,404	207	136	71	56
		71.0%	0.8%	84.2%	97.7%	76.6%	14.7%	65.7%	34.3%	56
3巡目	336,667	217,992	1,502	1,104	1,068	959	79	48	31	29
		64.7%	0.7%	73.5%	96.7%	89.8%	8.2%	60.8%	39.2%	29
4巡目	294,228	183,410	1,394	1,036	1,016	922	91	52	39	34
		62.3%	0.8%	74.3%	98.1%	90.7%	9.9%	57.1%	42.8%	34
5巡目	252,908	80,205	939	583	531	478	48	25	23	7
		31.7%	1.2%	62.1%	91.1%	90.0%	10.0%	52.0%	47.9%	7
節目	108,713	9,841	504	353	345	320	31	15	16	10
		9.1%	5.3%		97.7%	92.8%	9.7%	58.0%	42.9%	10
合計						5,367	987	703	296	がん237

1巡目は2018年3月30日、3巡目は2021年3月31日、2、節目は2022年3月31日、4、5巡目は2022年6月30日現在のデータ

「県民健康調査」検討委員会が昨年12月3日に開かれ、新たに12人が甲状腺がん
と診断された。これまでに県の検査によってがんと診断された子どもは296人とな
り、がん登録で把握された集計外の患者43人をあわせると、事故当時、福島県内に
居住していた18歳以下の子どもの甲状腺がんは338人となった。

甲状腺がん多発は明らかだが、検討委員会は『原発事
故が原因とは考え難い』としている。

甲状腺がん検討委員会のいい加減さ



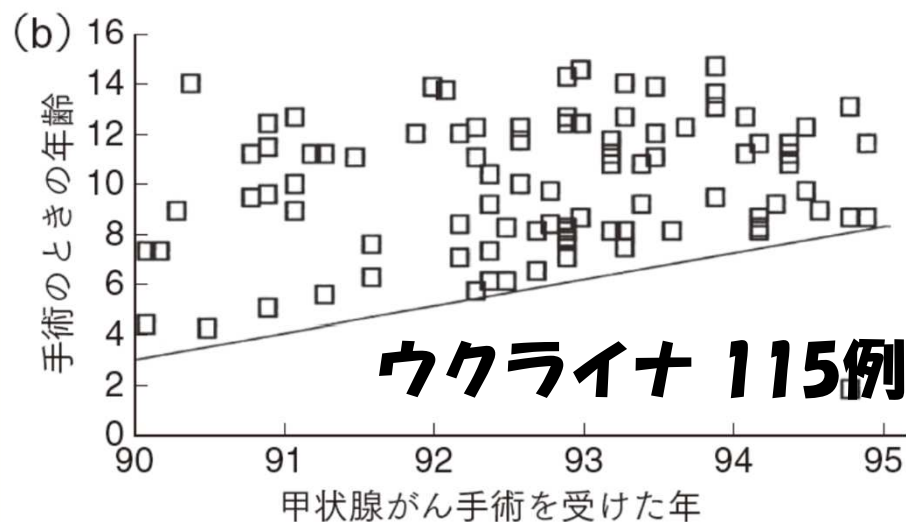
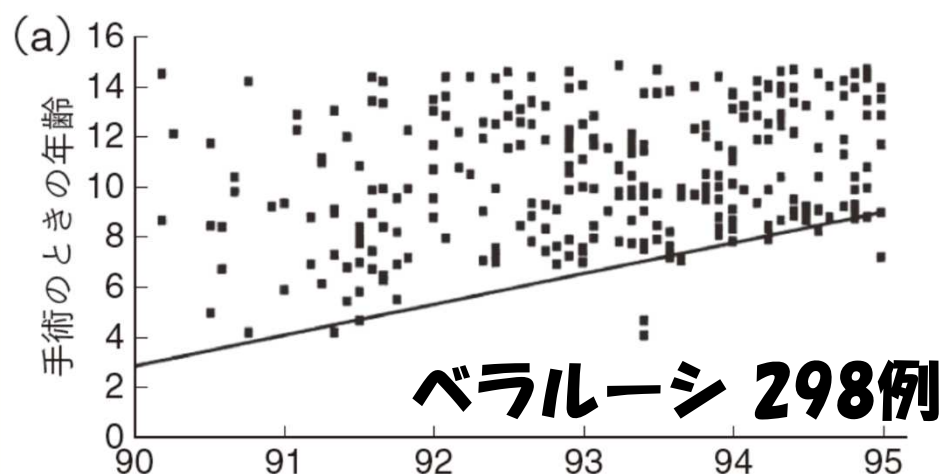
3・11 甲状腺がん子ども基金HP

2巡目調査で明らかだった汚染レベルと甲状腺がんの関係(左図)を、地域区分を変えて関係がないように書き換えた(右図)。

行政が従うべき原則

- **因果関係が不確かな場合の立証責任を、被災者の側に求めてはならない。**
- **被害事実が確かで、因果関係が不確かな場合の問題には、被災者の側にたって行政は判断すべきである。**

「過剰診断」を理由に、福島県は子ども達の甲状腺検査を縮小しようとしているが、原因をはっきりさせるためにも、検査をもっと充実させるべきだ



チェルノブイリでは、原発事故以降に生まれた子ども達には甲状腺がんはほとんど出なかった

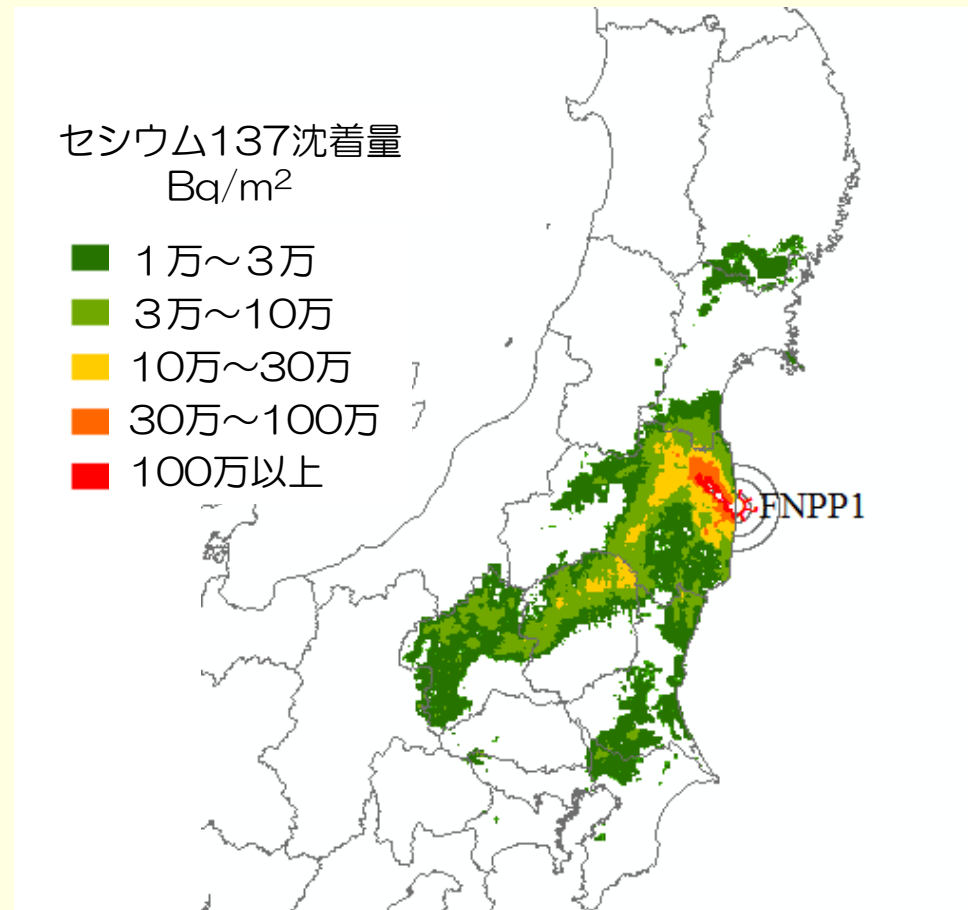
直線は1986年11月26日に生まれた子どもの年齢

Williamsら 1996

放射能汚染の環境基準が必要だ！

避難指示の解除が進められているが、除染の対象となっていない山林などの汚染は『放ったらかし』にされている

2011年8月に成立した『放射性物質汚染対処特別措置法』によって、原発事故による汚染は、従来の規制の枠外となり、除染対象ではない山林などの放射能汚染は、『放ったらかしでも構わない』ことにされた。



放射能汚染の環境基準が必要だ！

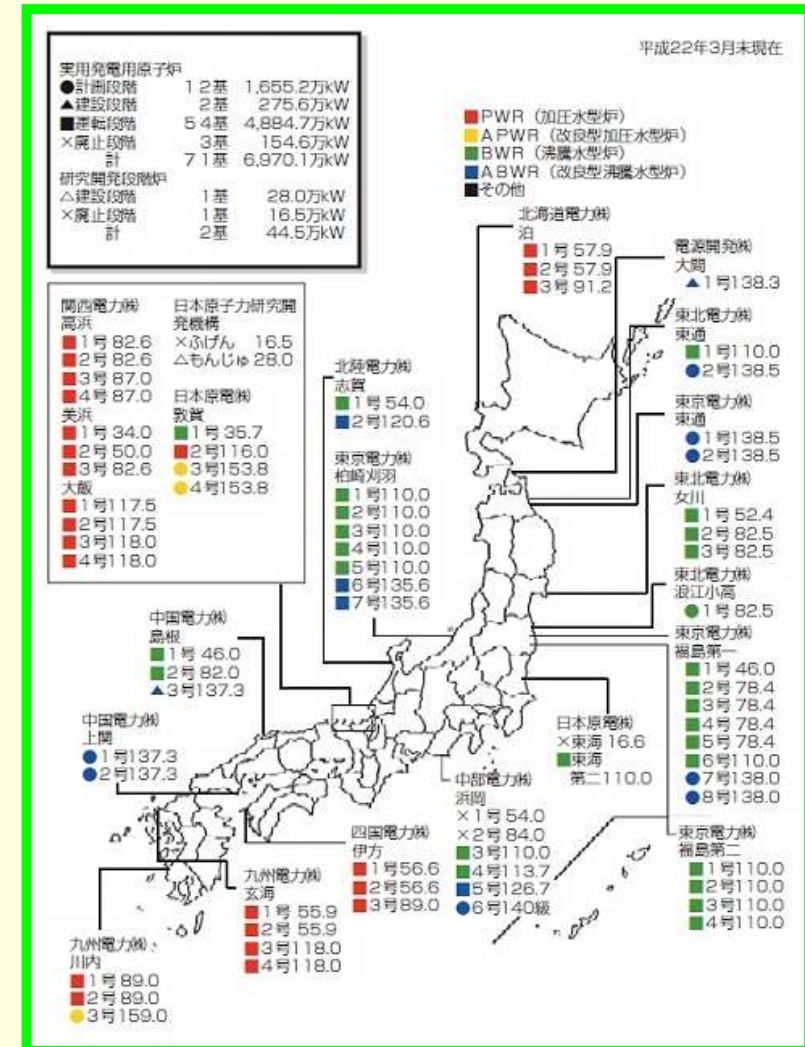
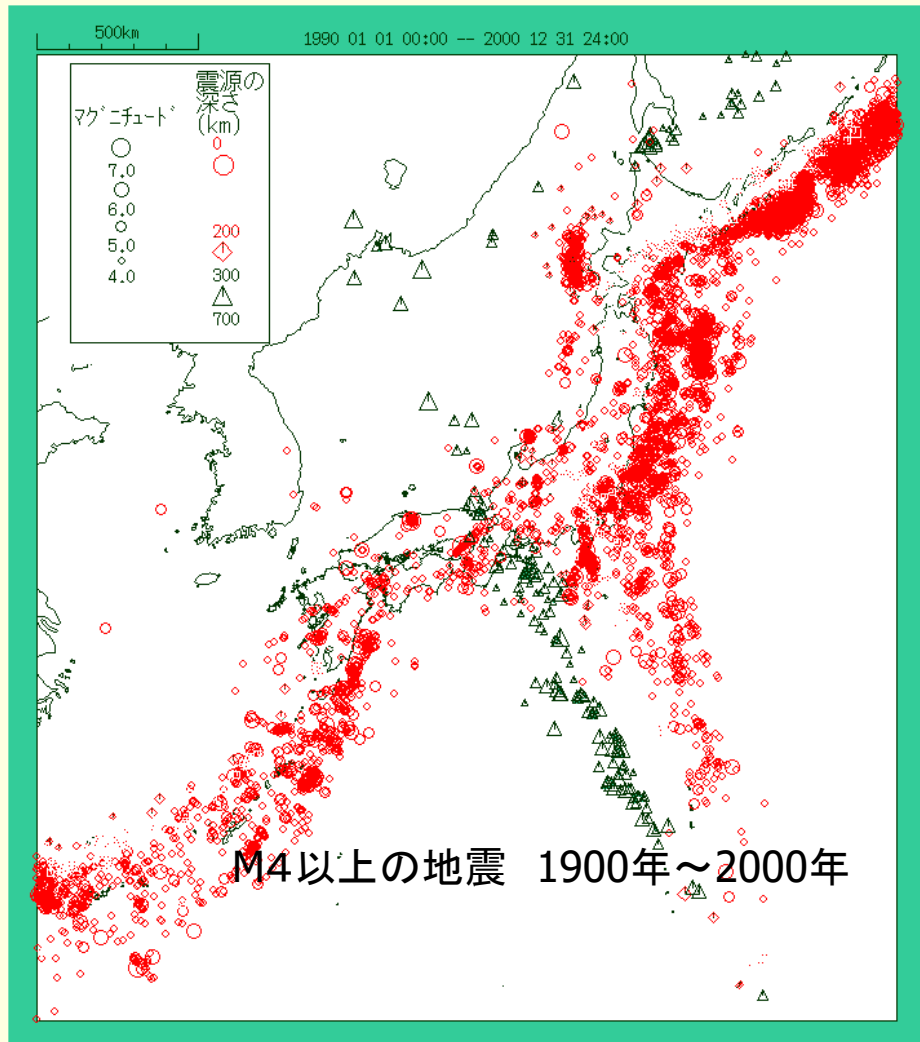
福島原発事故が起きるまで、放射性物質は『環境基本法』の適用除外とされていた。原発事故を受けて2012年に適用除外は削除されたものの、その後の作業が進められていない。

政府は速やかに、環境基本法の考え方に基づいて放射性物質について『環境基準』を設定すべきである。

放射能汚染の環境基準が必要だ！

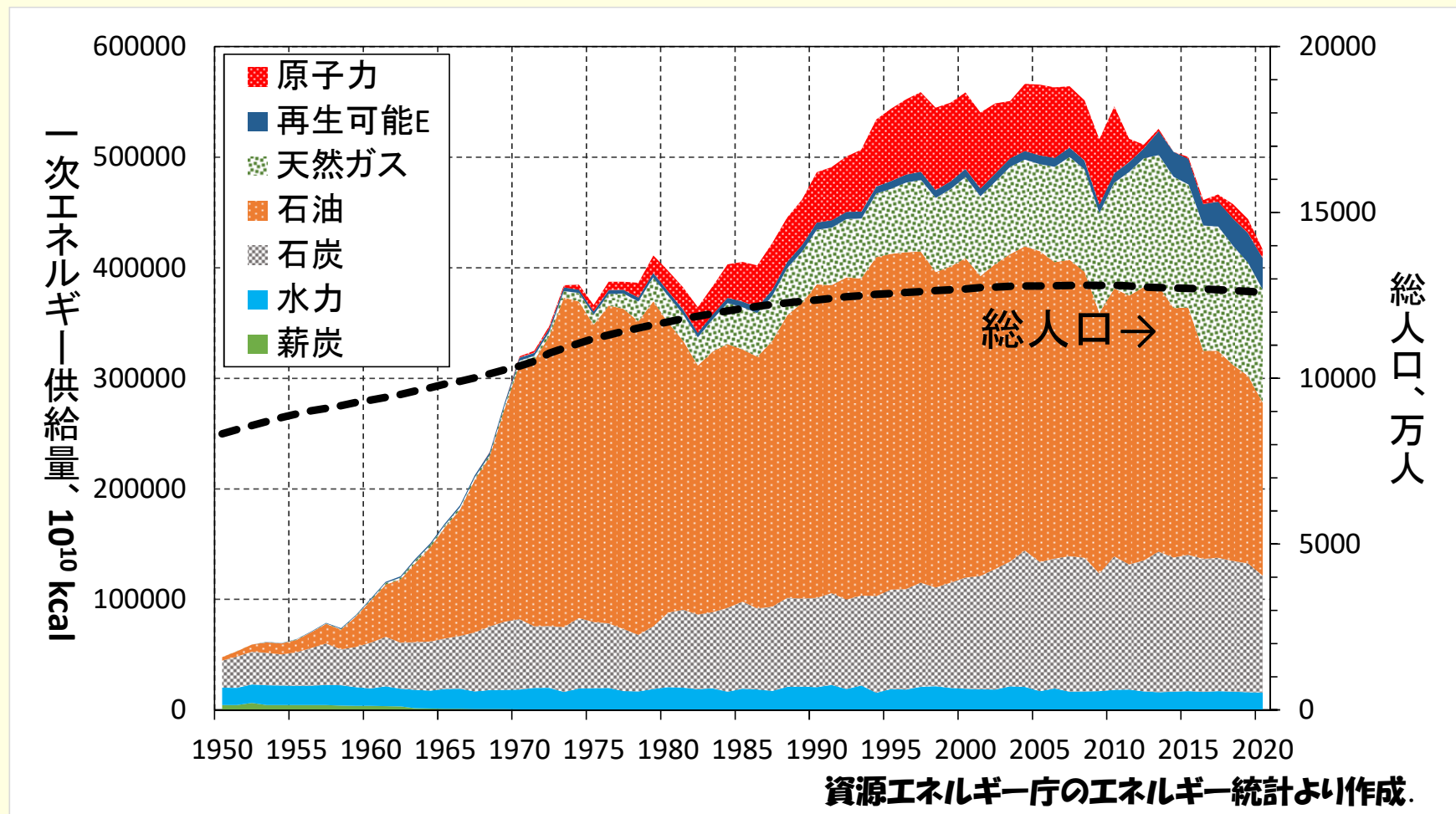
土壌汚染については年0.1mSv、水と空気については年0.01mSvを基に、放射線や放射性物質の『環境目標値』を設定し、自治体はハザードマップを作成して住民に周知すべきである。

そもそも、地震だらけの日本にこんなに原発 を作ったのが間違っていた！



間違いを素直に認めて、原発の再稼働はやめるべきである！

日本のエネルギー需要の変遷



**事故が起きたら周り30kmで人が住めなくなるようなものまで
使って電気を作る必要があるのか？
何がホントに大事なのかももう一度考えてみよう！**

なぜ私は原発に反対か

- 原発の抱える「事故の危険性」と「放射性廃棄物の厄介さ」を考えると、私たちの社会は、エネルギー源として原子力を利用すべきではない。

ウクライナに平和を！

