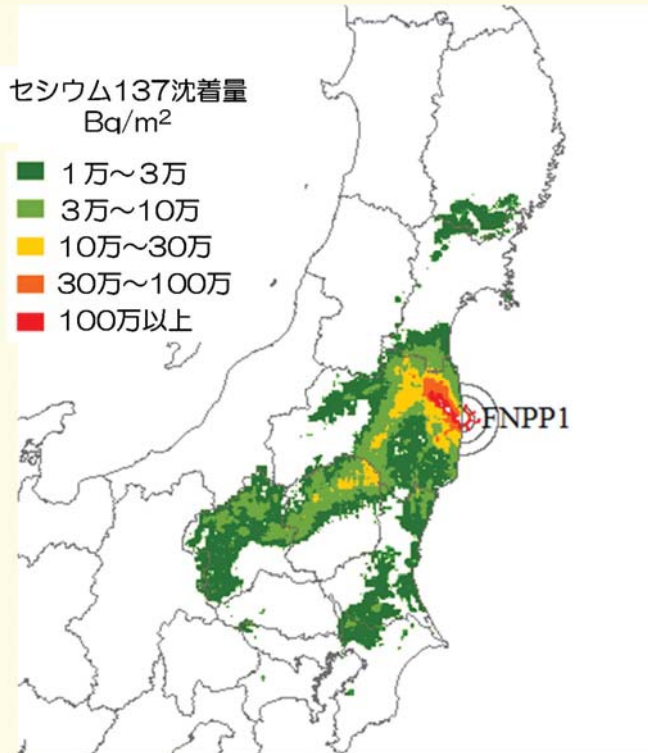


身近な放射能汚染を考える



東日本のセシウム137汚染

**1平方m当り 1万ベクレル以上の
面積は約2万5000平方km**

今中哲二

京都大学

複合原子力科学研究所

2021年2月20日

WEBINAR講演会

1

今日の話題

- **たらちねからの受託研究の報告**
- **放射能・放射線の正体を理解して頂くための復習**
- **放射能汚染との向き合い方**

2

たらちねさんからの受託研究

■ 2016年

「福島第1原発事故にともなういわき市の放射能汚染マップ作成と初期被曝量評価に関する研究」

● 報告書 <https://tarachineiwaki.org/wpcms/wp-content/uploads/20170510.pdf>

■ 2019年と2020年

「福島第1原発事故にともなういわき市の農水産物放射能汚染の現状調査と内部被曝量評価に関する研究」

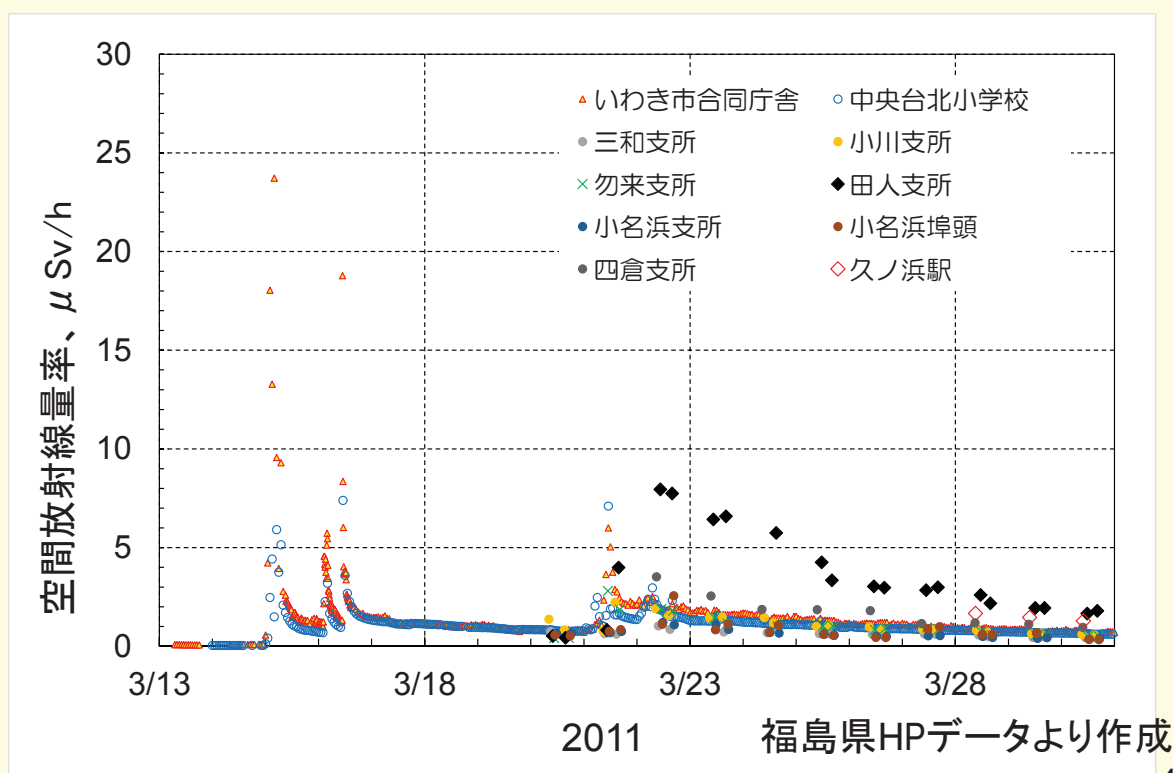
● 中間報告書 https://tarachineiwaki.org/wpcms/wp-content/uploads/shiryou_202002_1.pdf

3

<2016年：いわき市の初期被曝評価>

2011年3月

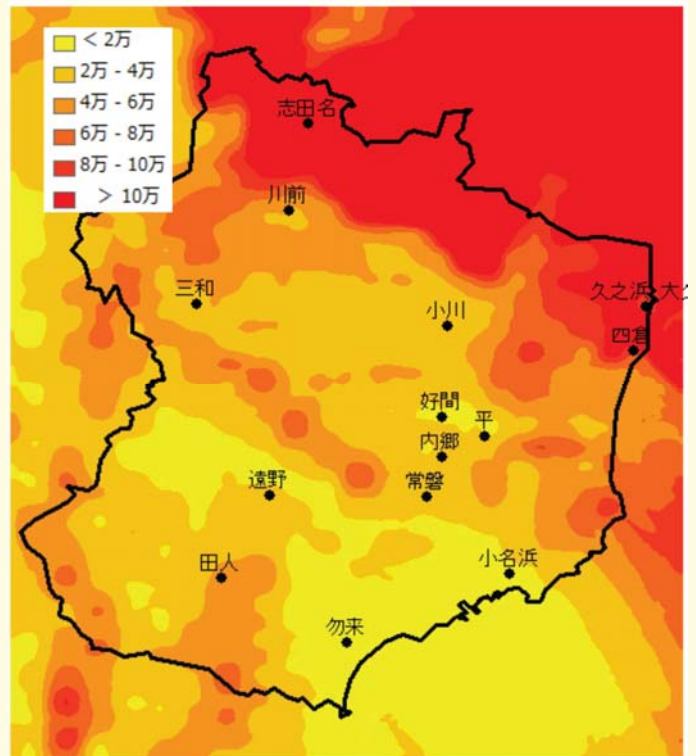
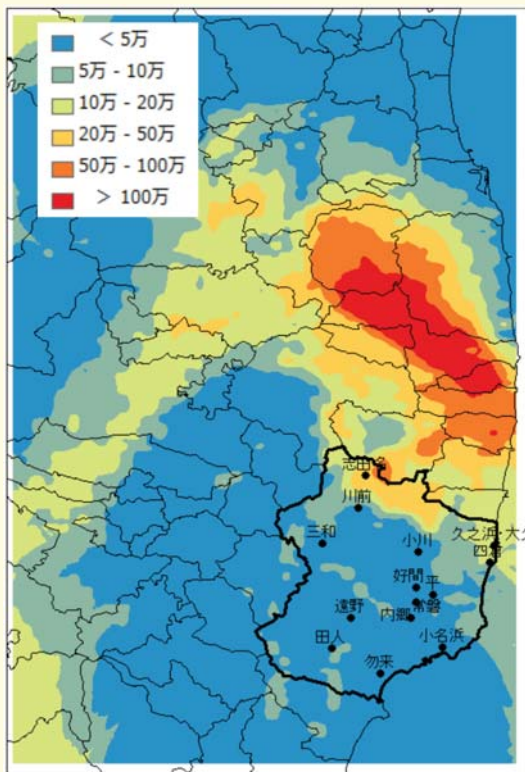
いわき市空間線量モニタリングデータ



4

いわき市のセシウム137初期沈着量マップ

文科省第3次航空機サーベイデータ(2011.6)より作成

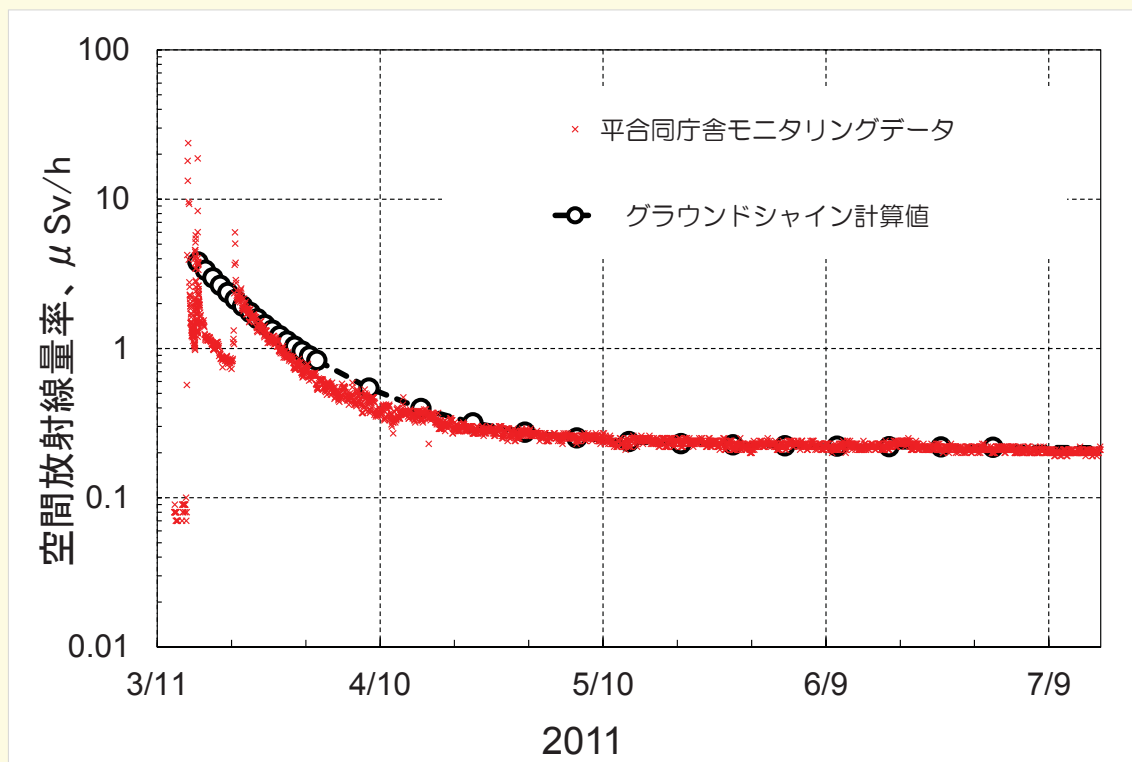


汚染地域の任意の場所のセシウム137沈着量を推定できる。

5

モニタリングデータと沈着量推定値に基づくグラウンド・シャイン計算値の比較：平

Cs137初期沈着 2.2万Bq/m²、I131/Cs137比:72.6、Te132/Cs137比:7.5



6

いわき市の初期外部被曝のまとめ：1年

地区		野外積算空間線 量、mSv	実効線量、mSv		
			大人	10歳	1歳
		A	$A \times 0.36$	$A \times 0.42$	$A \times 0.48$
1	平	1.8	0.7	0.8	0.9
2	小名浜	1.0	0.3	0.4	0.5
3	勿来	0.8	0.3	0.4	0.4
4	常磐	2.0	0.7	0.8	0.9
5	内郷	2.6	0.9	1.1	1.2
6	四倉	2.4	0.9	1.0	1.1
7	遠野	2.1	0.7	0.9	1.0
8	小川	1.4	0.5	0.6	0.7
9	好間	1.7	0.6	0.7	0.8
10	三和	1.4	0.5	0.6	0.7
11	田人	3.4	1.2	1.4	1.6
12	川前	2.9	1.0	1.2	1.4
13	久之浜	3.7	1.3	1.5	1.8
14	志田名	22.2	8.0	9.3	10.7

7

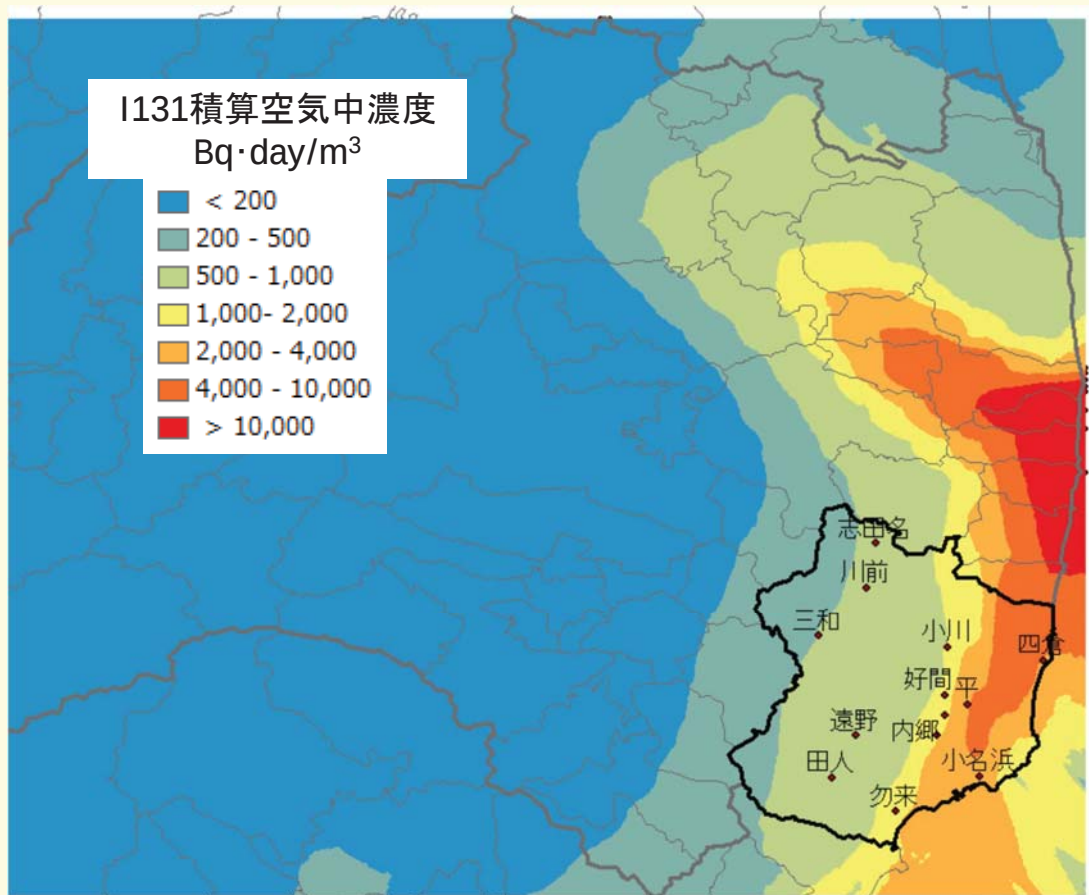
初期内部被曝評価

< 2つの内部被曝モード >

- **吸入摂取**：放射能を含む雲（プルーム）が通過するときの雲中の放射能を、呼吸により肺から取り込む内部被曝
- **経口摂取**：汚染された飲食物を口から取り込む内部被曝
 - 飲料水汚染
 - 食品汚染

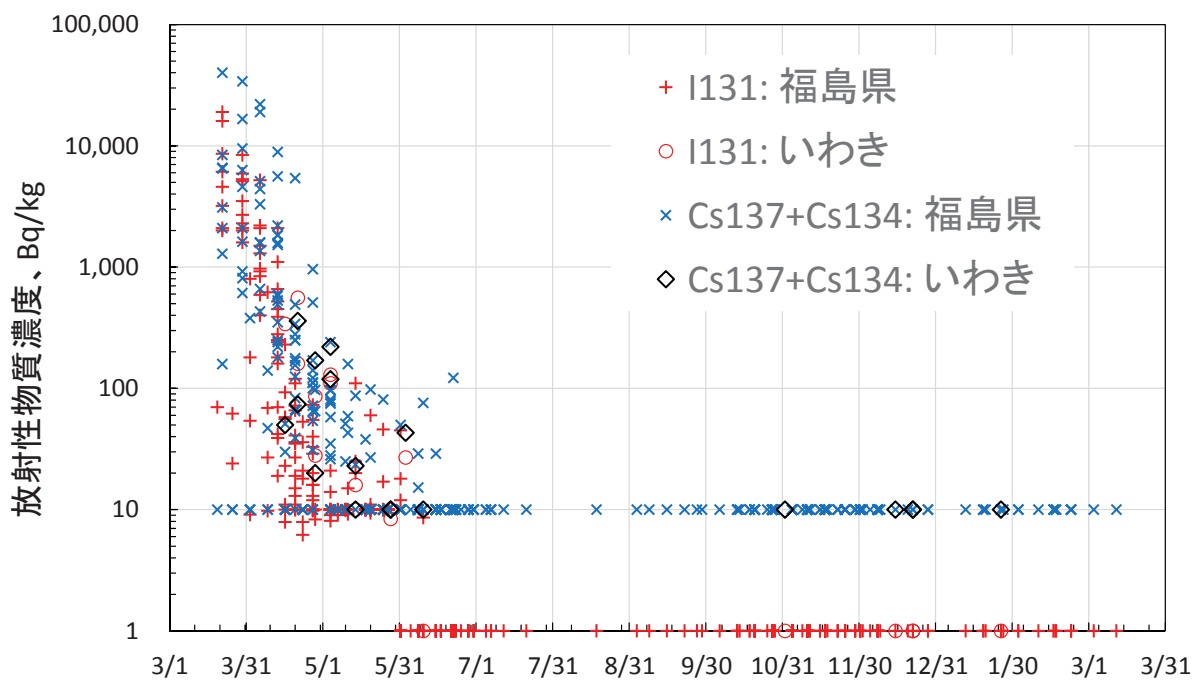
8

UNSCEARシミュレーションデータに基づく ヨウ素131の大気中積算濃度マップ



9

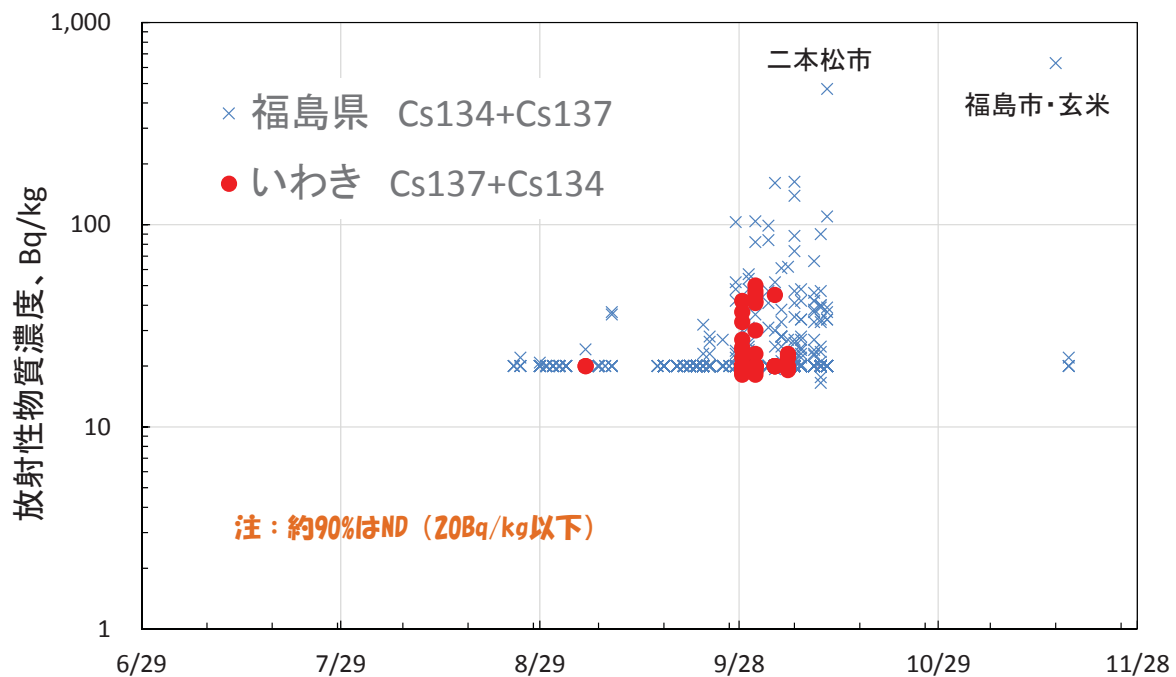
福島県といわきのハウレンソウ



2011年：ハウレンソウ いわき(18) 福島県(385) 農水省データ

10

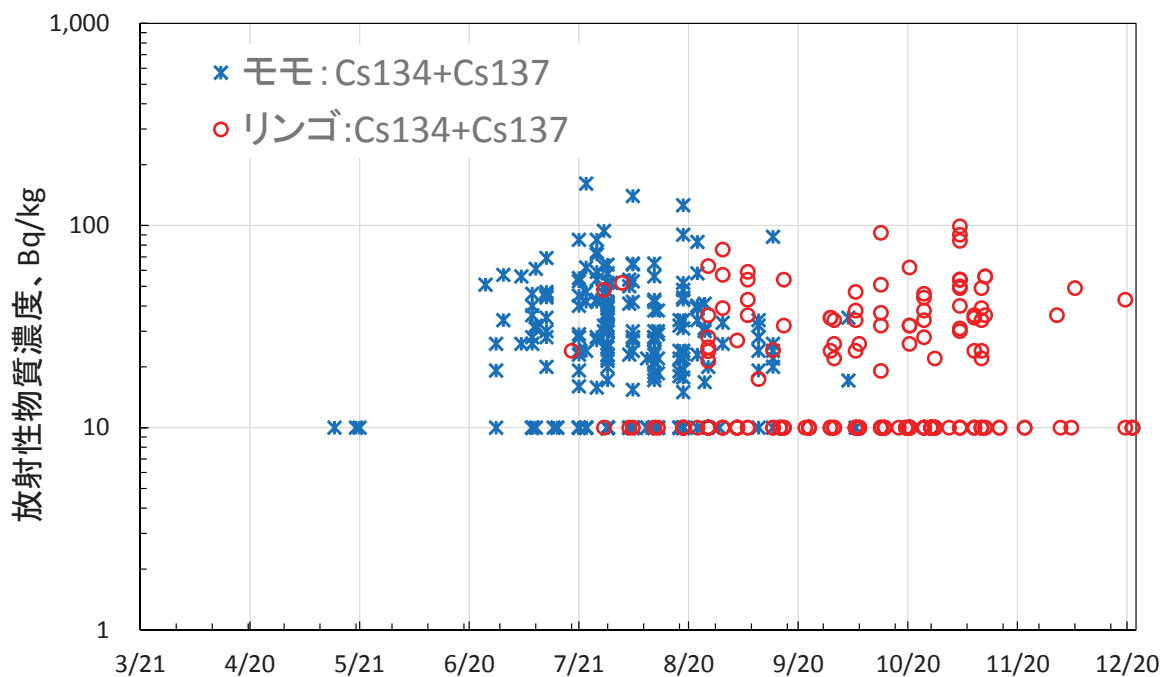
福島県といわきのコメ



2011年：米 農水省データ：福島県(1152) いわき(107)

11

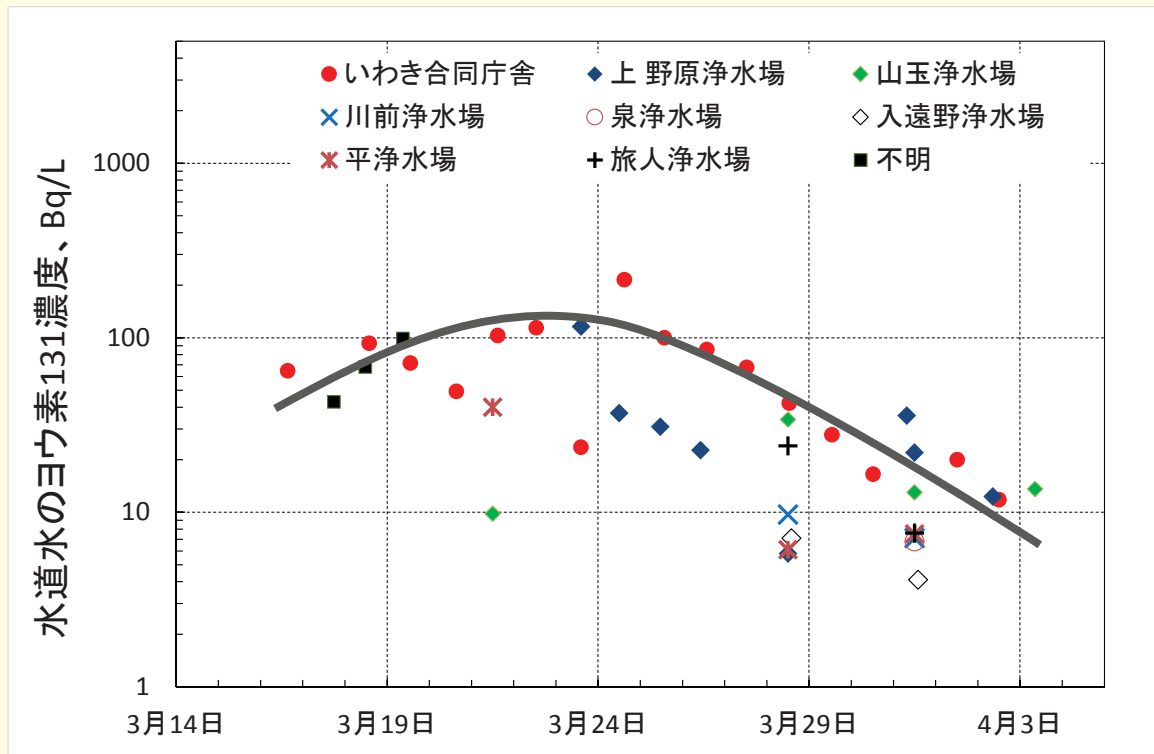
福島県のももとリンゴ



2011年：福島県のもも(247)とリンゴ(222) 農水省データ

12

いわきの水道水のヨウ素131



厚労省HPデータより作成 13

<2016年の受託研究結果>

まとめ① いわき市のヨウ素131による甲状腺被曝、mSv

	大人	子ども (10歳)	幼児 (1歳)
吸入 (14カ所平均)	7.75	13.06	15.60
水道	1.09	1.26	3.41
食物	5.55	10.42	28.36
合計	14.4	24.7	47.4

参考：国連科学委員会の値 16.6 30.1 50.6

<2016年の受託研究結果>

まとめ② いわき市の1年間の実効線量のまとめ、 mSv

	大人	子ども (10歳)	幼児 (1歳)
外部被曝 (14カ所平均)	0.63	0.73	0.84
ヨウ素甲状腺被曝 (実効線量)	0.72	1.24	2.37
セシウム内部被曝 (実効線量)	0.41	0.25	0.22
合計	1.75	2.21	3.42

参考：国連科学委員会の値 **2.19** **3.04** **4.13**

15

<2019年のと2020年の受託研究>

福島第1原発事故にともなういわき市の農 水産物放射能汚染の現状調査と内部被曝量 評価に関する研究

- 目的：

いわき市をはじめとして、原発事故による農産物の放射能汚染の現状を出来るだけ正確に把握し、内部被曝量の見積もりを行う

- 内容：

ゲルマニウム半導体測定器による放射性セシウムの測定
内部被曝量の見積もり

(たらちねのゲルマ設置にともなうスタッフ練習の手伝い)

16

ゲルマニウム半導体測定器（Ge）とNaIシンチレーション測定器



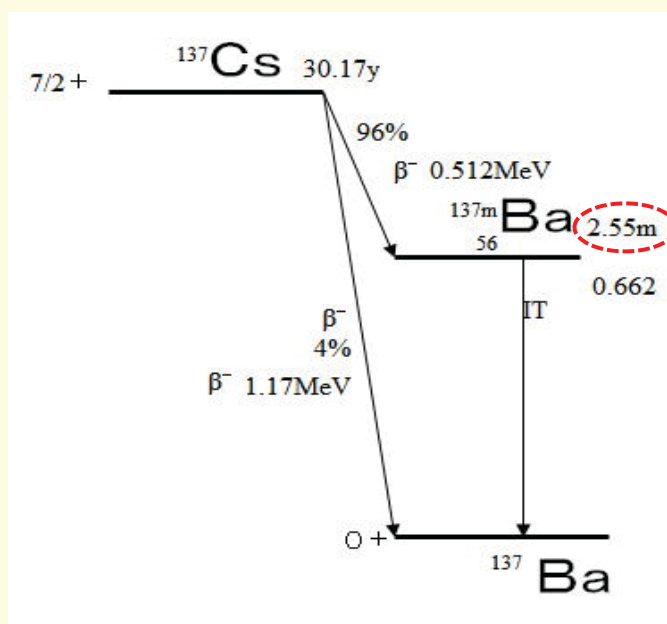
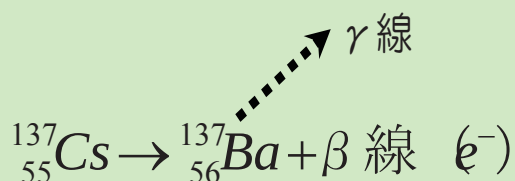
ゲルマニウム測定器

NaI測定器



セシウム137からバリウム137への壊変図

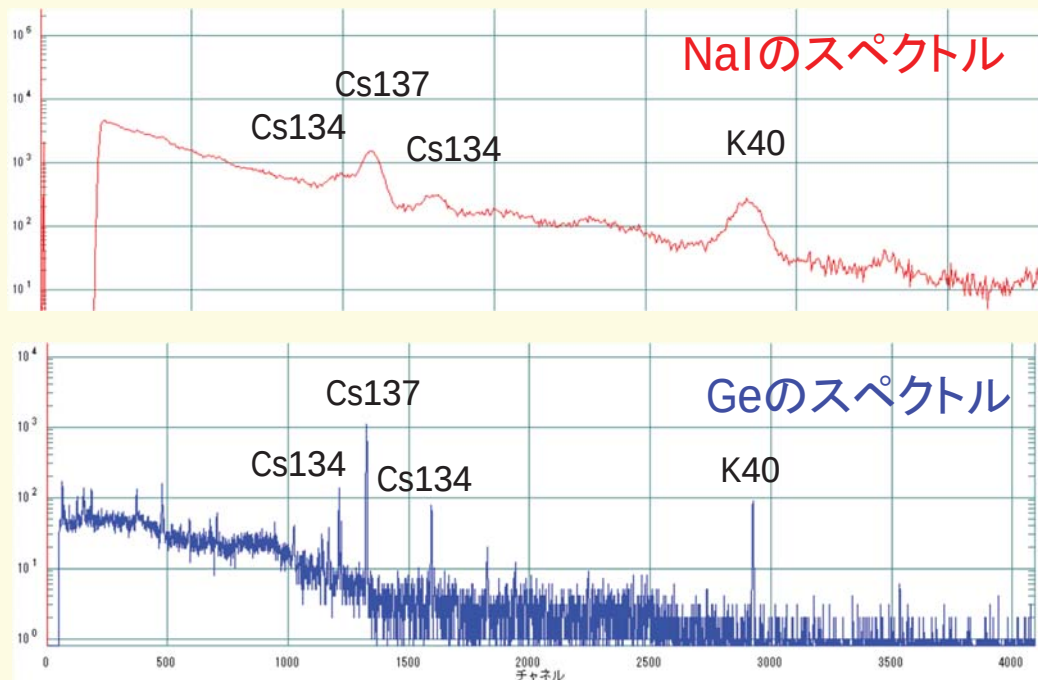
ベータ崩壊: 例えば、セシウム 137



セシウム137（半減期30年）はベータ線とガンマ線を出してバリウム137に変身する。

代表的な核分裂生成物であり、揮発性が高いため事故で放出されやすく、長期的な放射能汚染の主役となる。

GeとNaIのガンマ線スペクトルの比較



**NaI測定器のCs137最小検出量
～ 1 Bq**

**Ge測定器のCs137最小検出量
～ 0.05 Bq**

19

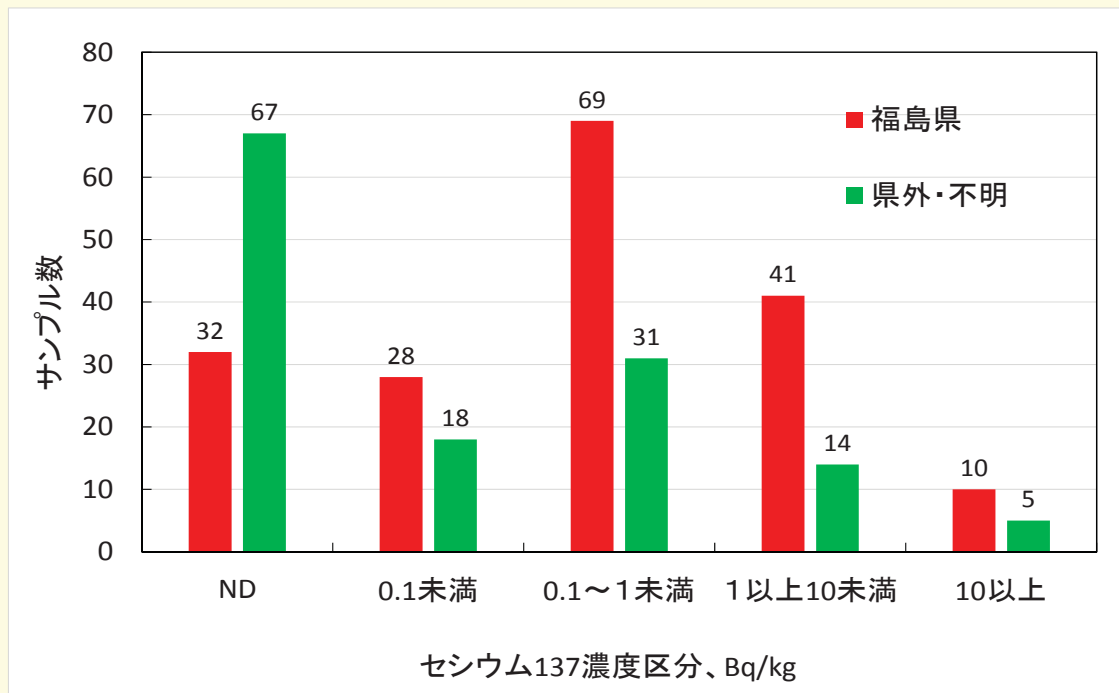
測定サンプルの内訳：2019年1月～2020年12月

種類別内訳

種類	サンプル数	産地別				備考
		福島県	(いわき市)	福島県外	不明	
白米(玄米)	39	28	(6)	11		玄米3、大麦1
野菜	103	74	(29)	29		
山菜	19	12	(9)	7		
キノコ	30	16	(7)	13	1	
果物	31	23	(11)	8		
お茶	5	3	(0)	2		
肉卵乳	19	4	(1)	10	5	
魚・海藻	18	3	(0)	14	1	
加工品	51	17	(3)	25	11	
フィルター	18	15	(13)	3		エアサンプラー
その他	20	12	(5)	8		
合計	353	207	(84)	128	18	

食品315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72%、福島県外は86%は 1Bq/kg以下だった 21

お米の測定結果

	種類	受取No	産地	採取/入手時期	放射能濃度、Bq/kg		
					Cs137	Cs134	K40
1	白米	19-1-1	いわき市遠野町入遠野	18年10月	0.05	ND	24
2	白米	19-1-2	いわき市錦町	18年10月	0.05	ND	20
3	白米	19-2-1	いわき市常磐	18年10月	0.08	ND	16
4	白米	19-5B-1	いわき市渡辺町	18年10月	0.08	ND	29
5	白米	19-6-1	いわき市小川町塩田南	18年10月	0.3	ND	23
6	白米	19-11-2	いわき市遠野町入遠野	19年10月	0.09	ND	26
7	白米	19-8-4	大熊町	18年10月	4.6	0.3	35
8	白米	20-1-1	大熊町	19年10月	1.4	0.09	31
9	白米	19-9-1	飯館村	18年10月	0.25	ND	22
10	白米	19-5B-2	南相馬市鹿島区	18年10月	0.1	ND	34
11	玄米	19-5B-3	南相馬市鹿島区	18年10月	0.1	ND	58
12	大麦	19-5B-4	南相馬市原町区	18年	1.7	0.1	57
13	白米	20-1-3	南相馬市原町区	19年10月	0.09	ND	23
14	白米	19-6-3	田村市船引町堀越	18年10月	0.09	ND	27
15	白米	19-12-1	檜葉町	19年10月	0.3	ND	17
16	白米	19-5-1	広野町	18年10月	0.6	ND	22
17	白米	20-1-2	広野町	19年10月	0.2	ND	21
18	白米	19-3-1	福島市渡利町	18年10月	0.2	ND	21
19	白米	19-8-3	福島市笹谷	18年10月	0.08	ND	23
20	白米	19-8-2	福島県会津	18年10月	0.1	ND	24
21	白米	19-10-2	福島県会津	18年10月	0.07	ND	20
22	白米	19-11-1	会津若松市	19年10月	0.05	ND	23
23	玄米	20-2-1	福島県塙町	18年10月	0.2	ND	63
24	白米	19-1-3	北海道	18年10月	ND	ND	28
25	玄米	19-8-1	新潟県	18年10月	0.03	ND	62
26	白米	19-6-2	栃木県大田原市	18年10月	0.2	ND	19
27	白米	19-11-3	栃木県大田原市	19年10月	0.3	ND	16
28	白米	19-10-1	岐阜県加茂郡	18年10月	0.03	ND	23
29	白米	19-9-2	広島県	18年10月	0.05	ND	25
30	白米	20-1-4	熊本県西原町	19年10月	ND	ND	22

福島県・いわき産のコメのCs137汚染の分布



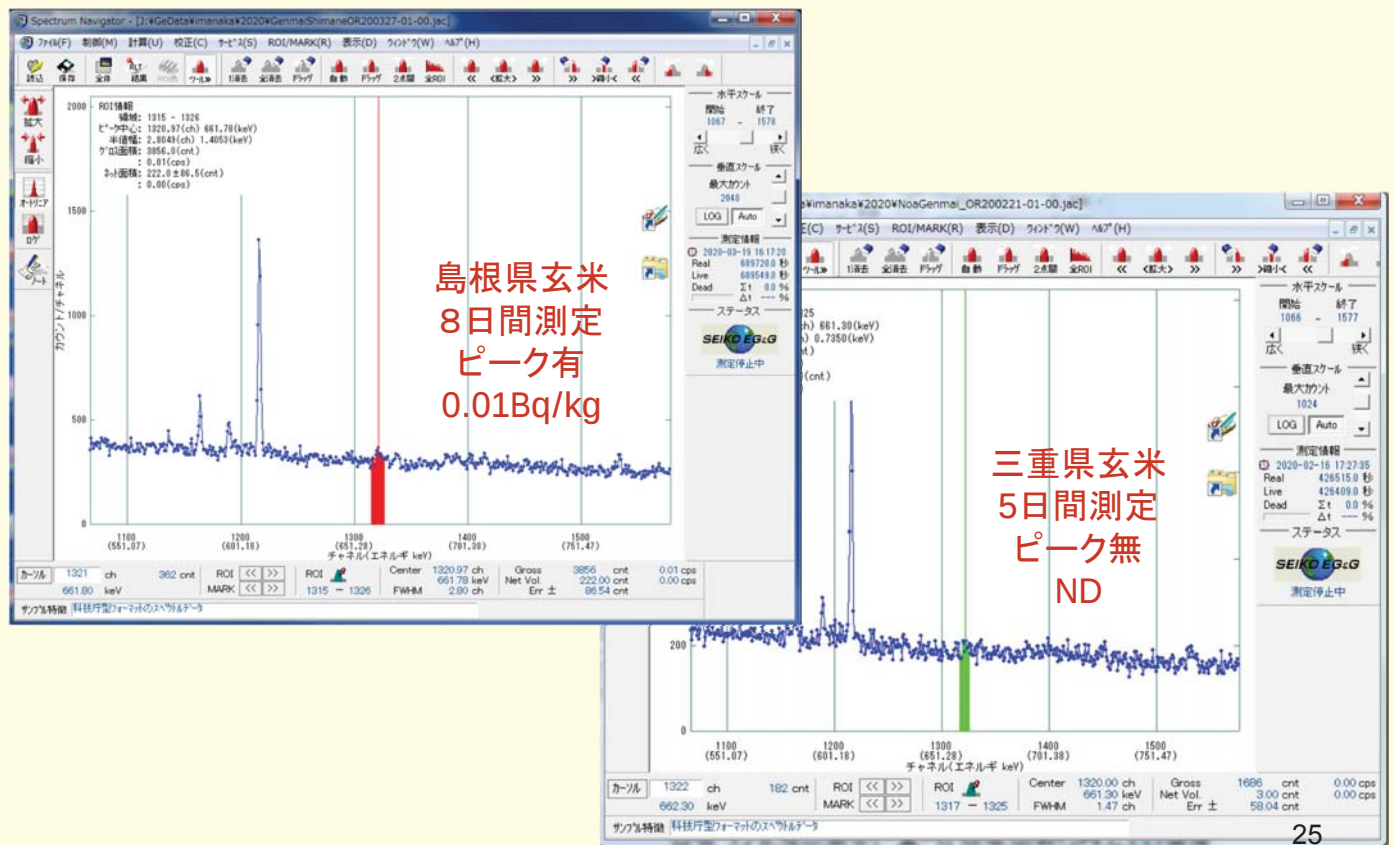
2019～2020年：23サンプル



たらちね以外からのコメの測定結果

サンプル	産地	入手月	測定開始日	放射性物質濃度、Bq/kg		
				セシウム137	セシウム134	カリウム40
白米	二本松	2013/12	14/1/6	0.4	0.1	22
白米	二本松	2014/12	15/1/20	0.3	0.08	29
白米	二本松	2015/12	16/1/7	0.2	0.06	24
白米	二本松	2017/3	17/3/8	0.2	0.03	23
白米	二本松	2018/1	18/1/15	0.6	0.07	25
白米	二本松	2019/1	19/1/28	0.6	0.09	19
白米	二本松	2019/12	19/12/28	0.9	ND	24
白米	二本松	2020/12	20/12/19	0.3	ND	21
白米	飯舘村	2018/2	18/2/22	0.4	0.05	31
白米	飯舘村	2018/12	18/12/25	0.2	ND	27
玄米	大玉村	2018/10	18/10/21	0.6	0.1	65
玄米	島根	2020/3	20/3/19	0.01	ND	70
玄米	三重	2020/2	20/2/16	ND	ND	68

島根県玄米と三重県玄米のガンマ線スペクトルのセシウム137ピークの比較



食品種類別の測定結果(1)

セシウム 137 平均濃度(注 1)			
産地	サンプル数	Bq/kg	備考
●白米			
福島県内	28	0.44	最大 4.6(大熊町)
県外	11	0.09	最大 0.3(栃木県)
●野菜			
福島県内	74	1.1	最大 17(青シソ)
県外	29	0.42	最大 2.6(干し芋)
●山菜			
福島県内	12	3.1	最大 23(わらび)
県外	7	2.2	最大 9.2(タラの芽)
●キノコ			
福島県内	16	12.6	最大 71(菌床椎茸)
県外・不明	14	6.0(注 2)	最大 80(乾燥椎茸)
●果物			
福島県内	23	1.0	最大 5(ブルーベリー)
県外	8	0.2(注 3)	最大 75(ぎんなん)

食品種類別の測定結果(2)

産地	サンプル数	セシウム 137 平均濃度(注 1) Bq/kg	備考
●肉卵乳			
福島県内	4	0.1	最大 0.3(牛乳)
県外・不明	15	0.03	最大 0.1(ウインナー)
●海産物			
福島県内	3	1.2	最大 1.7(ホッキ貝)
県外・不明	15	0.09	最大 0.6(オキアミ)
●加工食品			
福島県内	17	1.1	最大 5.9(こうじ味噌)
県外・不明	34	0.1(注 4)	最大 76(乾燥メンマ)

注 1 ; 平均値の計算では、ND を 0.01Bq/kg とした。

注 2 ; 乾燥椎茸 (熊本県、20-8-3) の 80 Bq/kg は、例外値として平均の計算から除いた。

注 3 ; ぎんなん (宮城県角田市、20-8-1) の 75 Bq/kg は、例外値として平均の計算から除いた。

注 4 ; 乾燥メンマ (宮城県、20-3-11) の 76 Bq/kg は、例外値として平均の計算から除いた。

27

これまでの測定で分かった福島県農水産物のセシウム137汚染レベルの現状

- 白米の汚染レベルは、0.1～1Bq/kg
- 野菜の汚染レベルは、だいたい1Bq/kg以下
- キノコ・山菜は数Bq/kgから数10Bq/kg
- リンゴやモモもだいたい1Bq/kg程度以下
- 肉卵乳、海産物は、サンプルは少ないが低かった
- 加工食品もNDが多かった。例外的に大きなものがあった

＜データは省略したが＞

- 大気塵埃は、10～30 μ Bq/m³程度で最大50 μ Bq/m³
- たらちねラボの水道水は3回測定して、0.8、0.7、0.3 mBq/L

28

いわき市住民の内部被曝量の現状の見積もり

食品からの毎日のセシウム137摂取量

種類	食品の Cs137濃度、 Bq/kg	毎日食品摂取量、 g/日		毎日摂取Cs137量、 Bq/日	
		大人	子ども	大人	子ども
米・穀類	0.5	500	400	0.25	0.2
葉野菜	2	100	80	0.2	0.16
その他野菜	1	200	160	0.2	0.16
果物	1	200	150	0.2	0.15
海産物	1	100	80	0.1	0.08
肉	0.5	90	90	0.045	0.045
ミルク	0.5	80	250	0.04	0.125
その他	1	500	300	0.5	0.3
キノコ・山菜	20	20	10	0.4	0.2
		合計:		1.94	1.42

いわき市住民の内部被曝量の現状の見積もり

セシウム137の取り込みにともなう1年間の内部被曝量

摂取経路	1年間のセシウム137摂取量、Bq		1年間の内部被曝量、 μ Sv	
	大人	子ども	大人	子ども
食品から	694	511	9.0	5.1
水道水から	0.7	0.4	0.009	0.004
呼吸から	0.4	0.3	0.002	0.001
		合計:	9.0	5.1

1年間に、大人で9マイクロシーベルト、子どもで5マイクロシーベルトという被曝は、今中の感覚では、神経質になる量ではない。

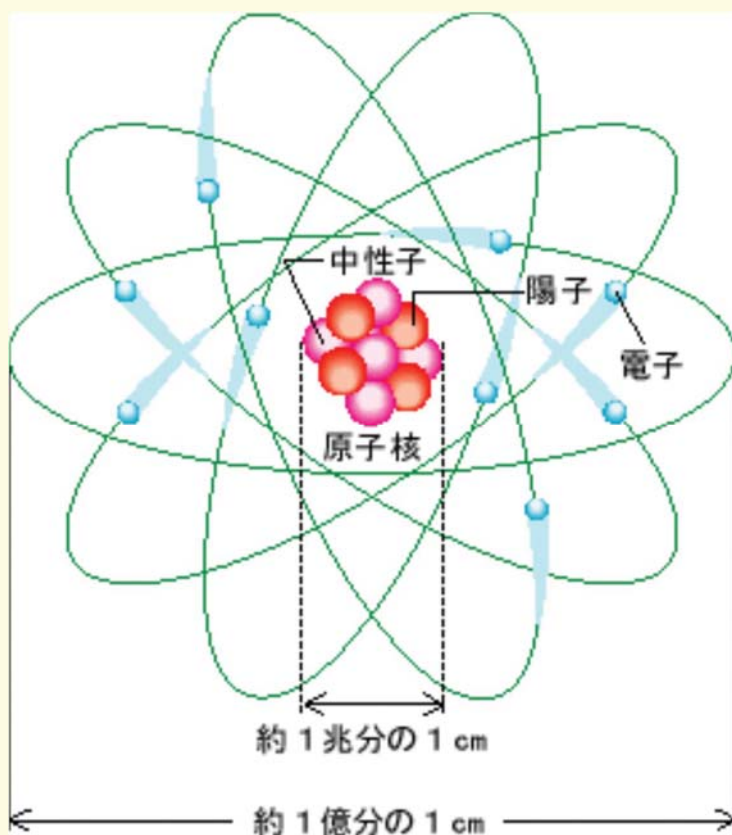
それでも機会を見て、ホールボディカウンター測定を受けるか、尿測定検査を受けておくことが望ましい。

今日の話題

- たらちねからの受託研究の報告
- 放射能・放射線の正体を理解して頂くための復習
- 放射能汚染との向き合い方

31

原子の仕組み



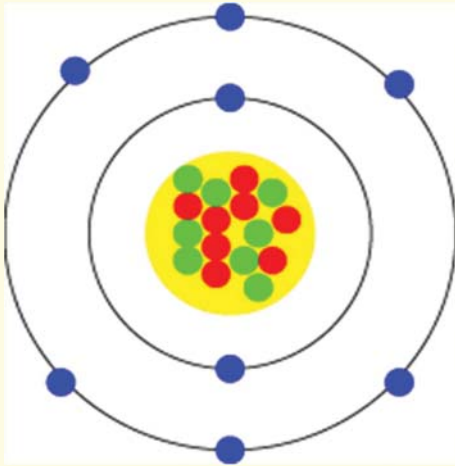
- 原子は、真ん中の原子核とまわりの電子で出来ている
- 原子核には陽子と中性子が集まっている
- 陽子と中性子はほとんど同じだが、陽子にはプラスの電荷がある
- 電子にはマイナスの電荷があり、重さは陽子の1800分の1

原子番号と質量数

● 周期表の順番(原子番号)は、原子核の中の陽子の数で決まる

たとえば、酸素(8)は
8番目なので、陽子が8個

陽子の数と中性子の数を
合わせたものが質量数



普通の酸素原子には中性子が8個
(質量数 = 16、酸素16)

$^{16}_8\text{O}$ と記述する

$^{18}_8\text{O}$ は、中性子10個の酸素18

自然界の酸素原子は、酸素16が
99.7%で、酸素18は0.3%

酸素16と酸素18とは、(周期表では同じ元素なので) 同位体(アイソトープ)と呼ばれる

元素の周期表
The Periodic Table

周期\族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 水素 Hydrogen 1.00798	元素とは：それ以上分けられないもので、 それぞれの元素に特有の原子がある																2 He ヘリウム Helium 4.0026
2	3 Li リチウム Lithium 6.968	4 Be ベリリウム Beryllium 9.01218											5 B 硼(ホウ)素 Boron 10.814	6 C 炭素 Carbon 12.0106	7 N 窒素 Nitrogen 14.0069	8 O 酸素 Oxygen 15.9994	9 F 弗(フッ)素 Fluorine 18.9984	10 Ne ネオン Neon 20.1797
3	11 Na ナトリウム Sodium 22.9898	12 Mg マグネシウム Magnesium 24.306											13 Al アルミニウム Aluminum 26.9815	14 Si 珪(ケイ)素 Silicon 28.085	15 P 燐(リン) Phosphorus 30.9738	16 S 硫黄 Sulfur 32.068	17 Cl 塩素 Chlorine 35.452	18 Ar アルゴン Argon 39.948
4	19 K カリウム Potassium 39.0983	20 Ca カルシウム Calcium 40.078	21 Sc スカンジウム Scandium 44.9559	22 Ti チタン Titanium 47.867	23 V バナジウム Vanadium 50.9415	24 Cr クロム Chromium 51.9961	25 Mn マンガン Manganese 54.938	26 Fe 鉄 Iron 55.845	27 Co コバルト Cobalt 58.9332	28 Ni ニッケル Nickel 58.6934	29 Cu 銅 Copper 63.546	30 Zn 亜鉛 Zinc 65.38	31 Ga ガリウム Gallium 69.723	32 Ge ゲルマニウム Germanium 72.630	33 As 砒素 Arsenic 74.9216	34 Se セレン Selenium 78.971	35 Br 臭素 Bromine 79.904	36 Kr クリプトン Krypton 83.798
5	37 Rb ルビジウム Rubidium 85.4678	38 Sr ストロンチウム Strontium 87.62	39 Y イットリウム Yttrium 88.9058	40 Zr ジルコニウム Zirconium 91.224	41 Nb ニオブ Niobium 92.9064	42 Mo モリブデン Molybdenum 95.95	43 Tc テクネチウム Technetium [99]	44 Ru ルテチウム Ruthenium 101.07	45 Rh ロジウム Rhodium 102.906	46 Pd パラジウム Palladium 106.42	47 Ag 銀 Silver 107.868	48 Cd カドミウム Cadmium 112.414	49 In インジウム Indium 114.818	50 Sn 錫(スズ) Tin 118.710	51 Sb アンチモン Antimony 121.760	52 Te テルル Tellurium 127.60	53 I ヨウ素 Iodine 126.904	54 Xe キセノン Xenon 131.293
6	55 Cs セシウム Cesium 132.905	56 Ba バリウム Barium 137.327	※1	72 Hf ハフニウム Hafnium 178.49	73 Ta タンタル Tantalum 180.948	74 W タングステン Tungsten 183.84	75 Re レニウム Rhenium 186.207	76 Os オスミウム Osmium 190.23	77 Ir イリジウム Iridium 192.217	78 Pt 白金(プラチナ) Platinum 195.084	79 Au 金 Gold 196.967	80 Hg 水銀 Mercury 200.592	81 Tl タリウム Thallium 204.384	82 Pb 鉛 Lead 207.2	83 Bi ビスマス Bismuth 208.980	84 Po ポロニウム Polonium [210]	85 At アスタチン Astatine [210]	86 Rn ラドン Radon [222]
7	87 Fr フランシウム Francium [223]	88 Ra ラジウム Radium [226]	※2	104 Rf ラザホージウム Rutherfordium [267]	105 Db ドブニウム Dubnium [268]	106 Sg シーボーギウム Seaborgium [271]	107 Bh ボーリウム Bohrium [272]	108 Hs ハッシウム Hassium [277]	109 Mt マイタネリウム Meitnerium [276]	110 Ds ダームスタット Darmstadtium [281]	111 Rg レントゲニウム Roentgenium [280]	112 Cn コペルニシウム Copernicium [285]	113 Nh ニホニウム Nihonium [284]	114 Fl フレロビウム Flerovium [289]	115 Mc モスコビウム Moscovium [289]	116 Lv リバモリウム Livermorium [293]	117 Ts テネシン Tennessine [293]	118 Og オガネソン Oganesson [294]
※1 ランタノイド系	57 La ランタン Lanthanum 138.905	58 Ce セリウム Cerium 140.116	59 Pr プラセオジム Praseodymium 140.908	60 Nd ネオジム Neodymium 144.242	61 Pm プロメチウム Promethium [145]	62 Sm サマリウム Samarium 150.36	63 Eu ユウロピウム Europium 151.964	64 Gd ガドリニウム Gadolinium 157.25	65 Tb テルビウム Terbium 158.925	66 Dy ジスプロシウム Dysprosium 162.500	67 Ho ホルミウム Holmium 164.930	68 Er エルビウム Erbium 167.259	69 Tm ツリウム Thulium 168.934	70 Yb イットリビウム Ytterbium 173.045	71 Lu ルテチウム Lutetium 174.967			
※2 アクチノイド系	89 Ac アクチニウム Actinium [227]	90 Th トリウム Thorium 232.038	91 Pa プロトアクチニウム Protactinium 231.036	92 U ウラン Uranium 238.029	93 Np ネプツニウム Neptunium [237]	94 Pu プルトニウム Plutonium [239]	95 Am アメリシウム Americium [243]	96 Cm キュリウム Curium [247]	97 Bk バークリウム Berkelium [247]	98 Cf カリホルニウム Californium [252]	99 Es アインシュタインウム Einsteinium [252]	100 Fm フェルミウム Fermium [257]	101 Md メンデレビウム Mendelevium [258]	102 No ノーベリウム Nobelium [259]	103 Lr ローレンシウム Lawrencium [262]			

表の見方

セル内の表記

原子番号	元素記号
	元素名(日本語)
	元素名(英語)
	原子量

《2018.06 作成: iseri》

セルの色



【元素記号の色】

赤字は、単体の物質が常温・常圧(25℃、1気圧)で気体。

青字は、単体の物質が常温・常圧で液体。

黒字は、単体の物質が常温・常圧で固体である、ことを示す。

ウランは92番の元素で、自然界で最大

の元素は、単体の物質がその中間の(半導体的、半金属的)性質を持つ、ことを示す。

参考文献

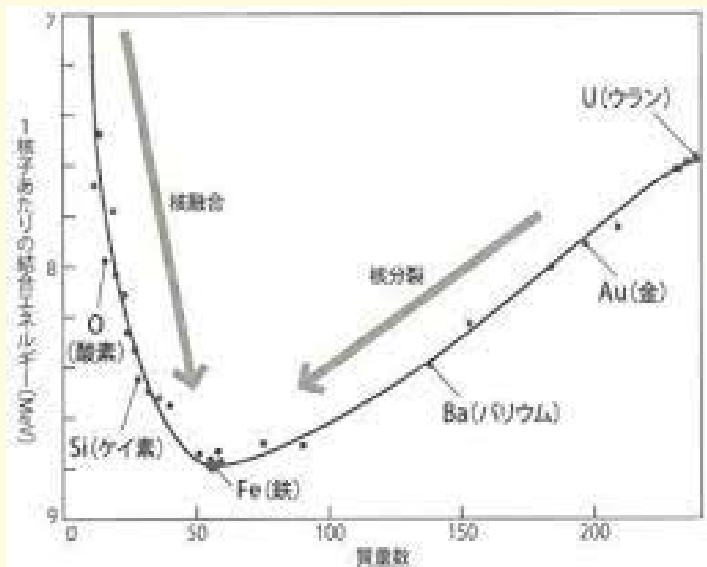
国立天文台編「理科年表 2018年版」、丸善

...他

※ 原子量が範囲で示される元素の原子量は、簡単のため、範囲の中間値を記した。

※ 安定同位体がなく、天然で特定の同位体組成を示さない元素については、その元素の放射性同位体の質量数の一例を [] 内に記した。

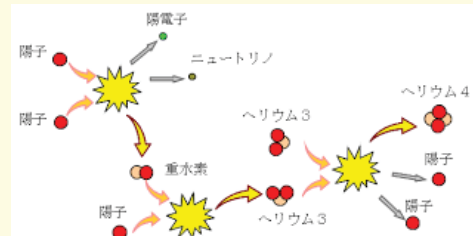
陽子や中性子（核子）の結合エネルギー 核融合と核分裂



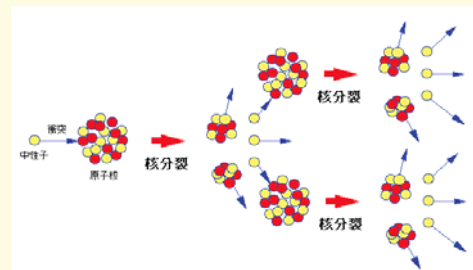
原子核の安定度

**鉄（原子番号26）あたりの
結合力が最も大きい**

●太陽のエネルギー
水素原子核（陽子）の核融合で
ヘリウム4が生成している

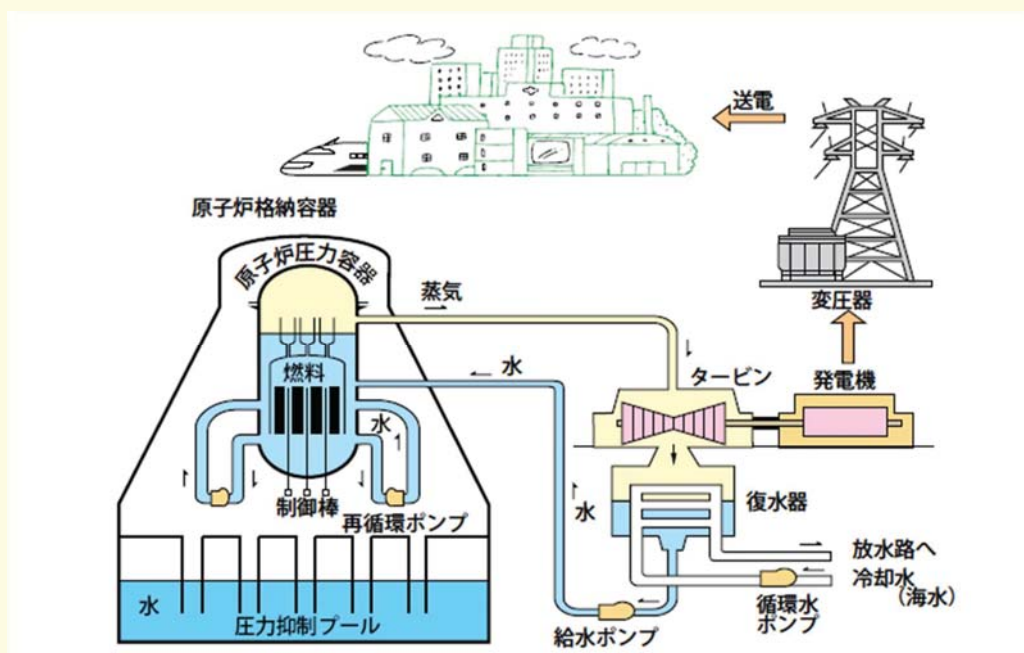


●原発のエネルギー
ウランの原子核が、2つの小さな
原子核に分裂する



35

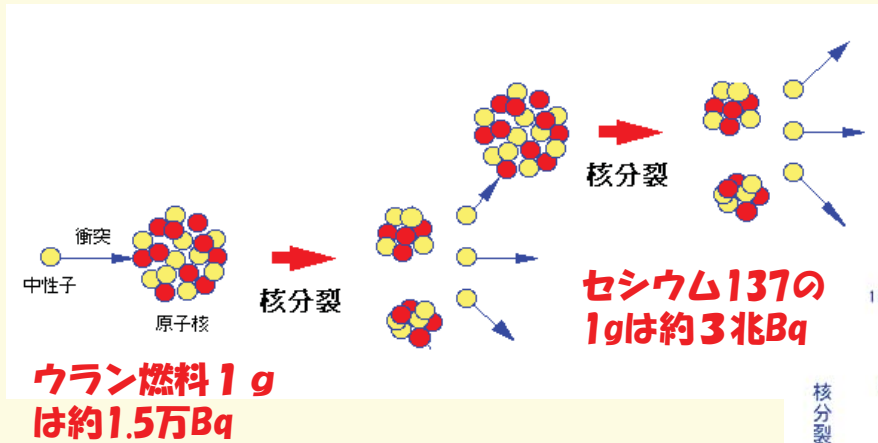
原発の仕組み：BWR 沸騰水型原発



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。

**電気出力100万kwの原発では、毎日3kgのウラン燃料が
核分裂している。 1年では約1000kg.**

核分裂と核分裂生成物



**原子核の割れ方は
決まっていなない！**
92個の陽子と144個の中性
子が2つの破片に分布する

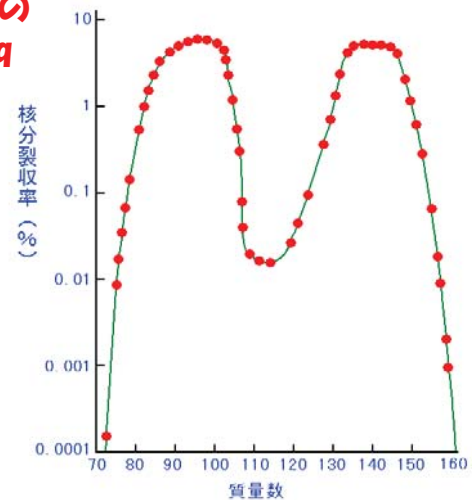
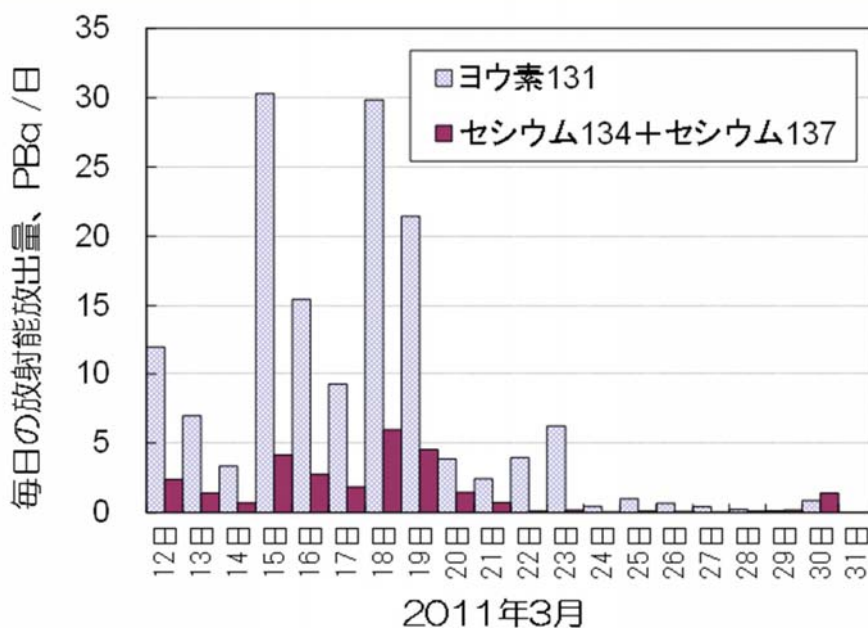


図1 ^{235}U の核分裂生成物収率曲線

37

福島原発事故による大気中への放射能放出 2011年3月の毎日の放出量 単位：PBq = 1000兆Bq



総放出量
I-131: 30京Bq
Cs-137: 1.5京Bq

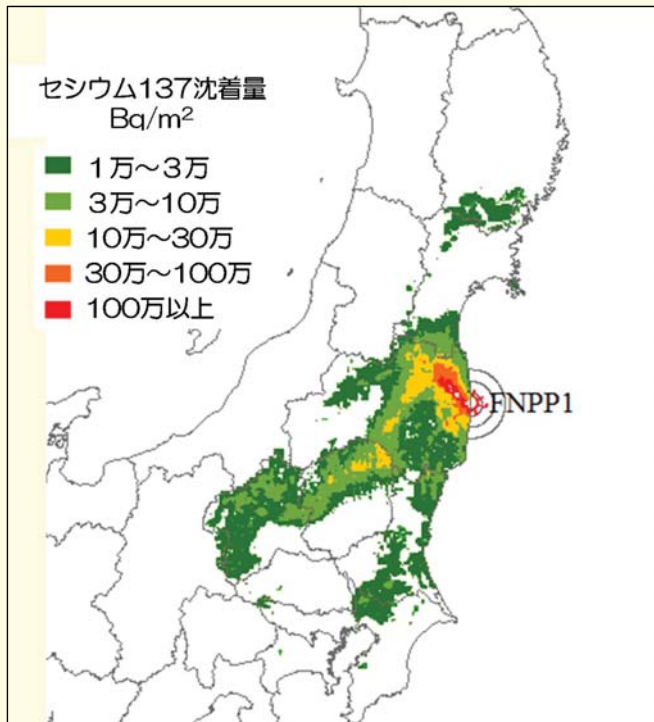
炉内蓄積量
I-131: 740京Bq
Cs-137: 71京Bq

大気中放出割合
I-131: 4%
Cs-137: 2%

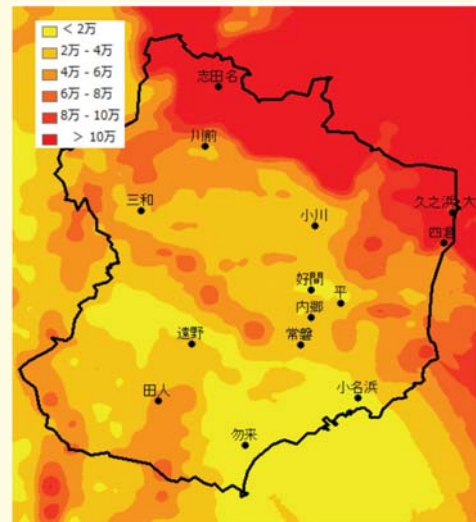
Katataら論文(2015)より作成

38

日本といわきのセシウム137汚染



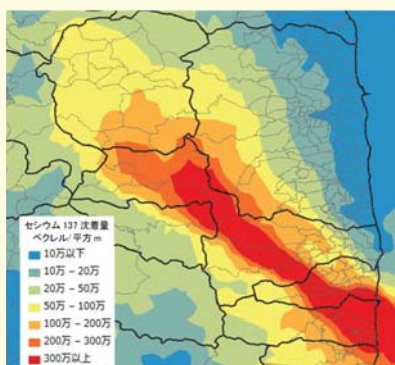
東日本のセシウム137汚染
1平方m当り1万ベクレル以上の
面積は約2万5000平方km



いわきのセシウム137汚染
1平方m当り2万～10万ベクレル

39

飯舘村の汚染と放射線量の推移



北西方向セシウム137汚染
飯舘村は平均100万Bq/m²



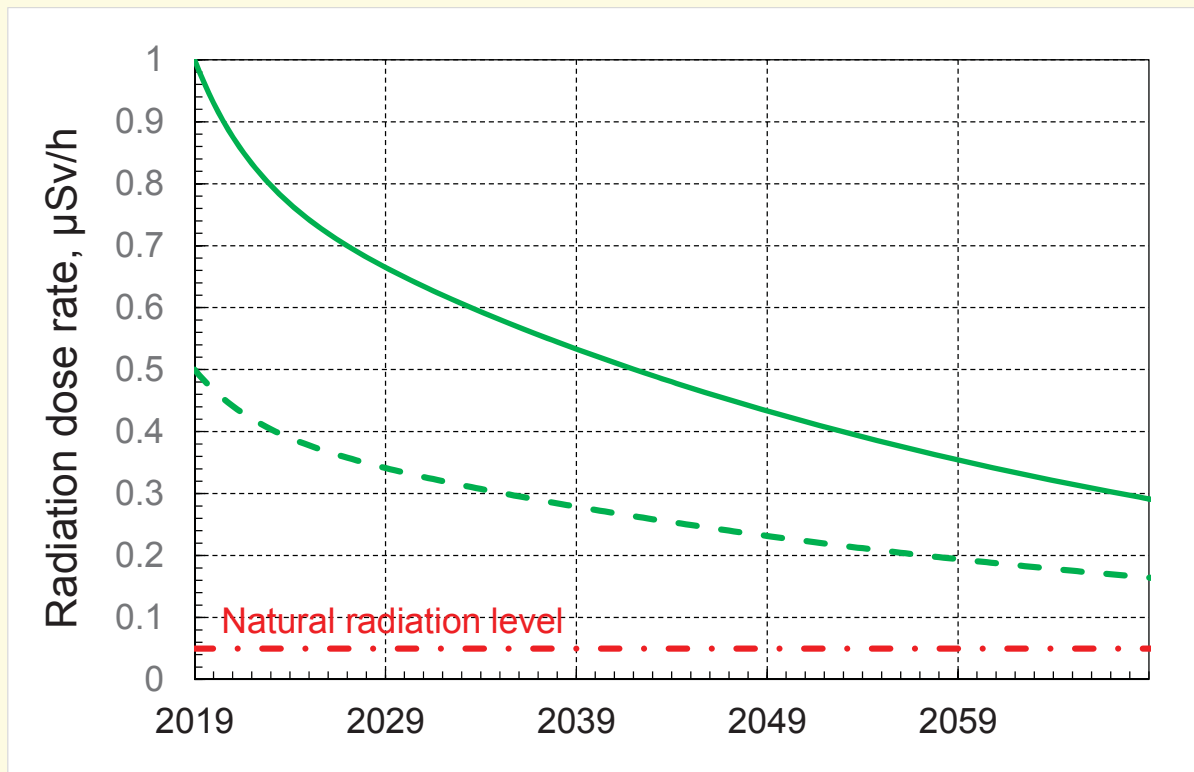
飯舘村の平均放射線量の推移

8年間で飯舘村の放射線量は20分の1になったが、
セシウム137は15%しか減っていない。

40

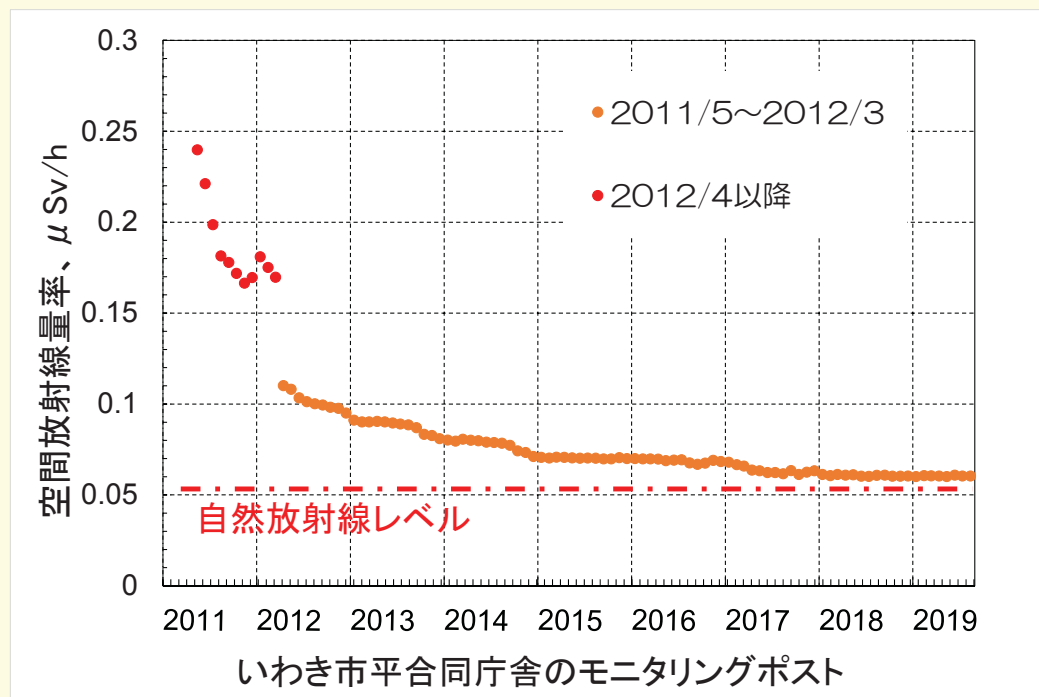
飯舘村での放射線量の今後50年の予測

いま1マイクロシーベルト/時と0.5マイクロシーベルト/時の場合



41

いわき都市部の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、汚染の寄与は $0.01\sim0.02\mu\text{Sv/h}$ くらいと思われる。

42

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

43

今日の話題

- たらちねからの受託研究の報告
- 放射能・放射線の正体を理解して頂くための復習
- 放射能汚染との向き合い方

44

放射能汚染との向き合い方

<リスクアセスメント>
危険性の見積もり

今中の守備範囲

- ・汚染レベルの評価
- ・被曝レベルの評価
- ・健康リスクの評価

<リスクマネジメント>
危険度を減らす対策

<リスクコミュニケーション>
個人の判断と社会的な合意へ
向けての話し合い

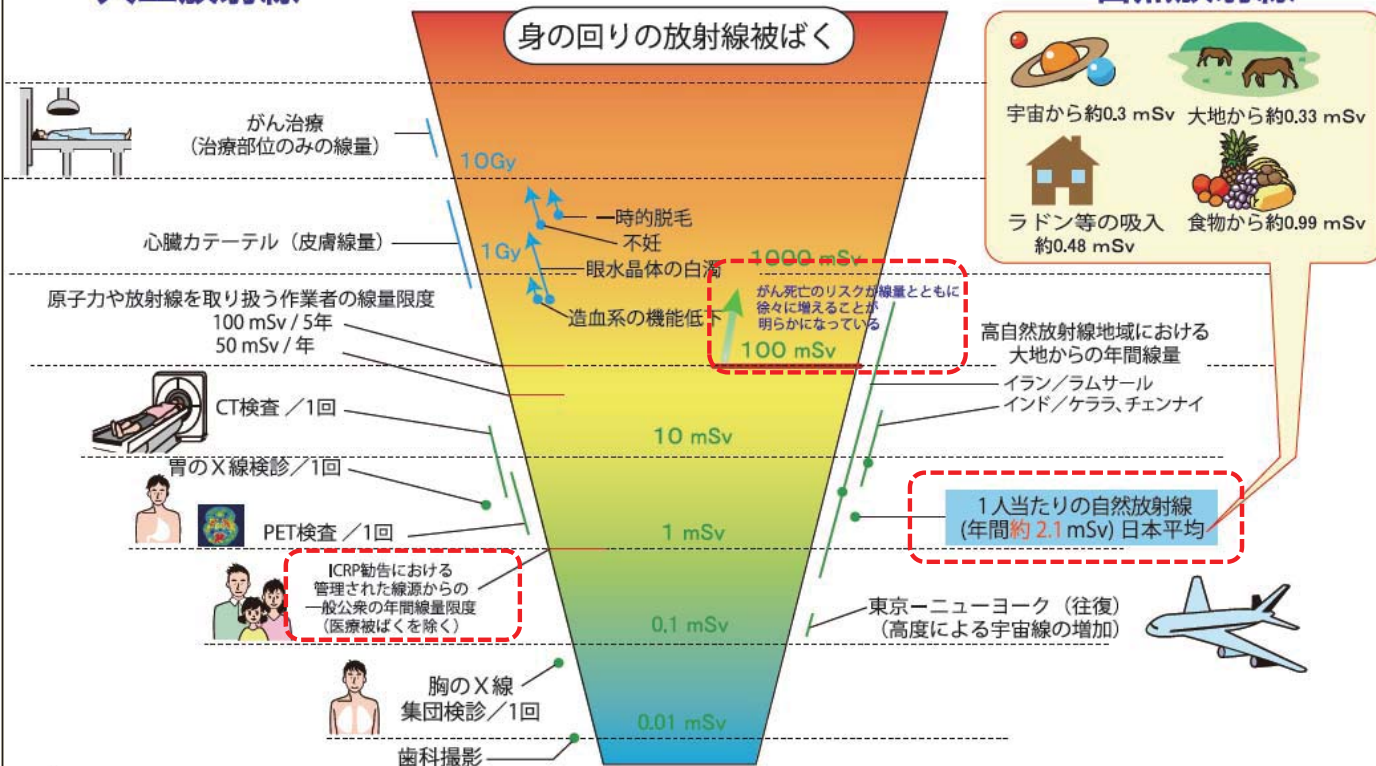
それぞれの人の“自分で納得した判断”

45

放射線被ばくの早見図

人工放射線

自然放射線



放医研HPより

46

今中の基本スタンス

「1ミリシーベルトには1ミリシーベルトのリスクがある」

<資料>

●今中哲二「低線量放射線被曝とその発ガンリスク」岩波『科学』2005年9月号

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/etc/Kagaku2005-09.pdf>

●今中哲二「100 ミリシーベルト以下は 影響ない」は原子力村の新たな神話か？」岩波『科学』2011年11月号

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/etc/Kagaku2011-11.pdf>

●今中哲二「20ミリシーベルトと幻の安全・安心論」岩波『科学』2017年7月号

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/etc/kagaku2017-7.pdf>

●今中哲二「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」学術の動向 2020年3月号

https://www.jstage.jst.go.jp/article/tits/25/3/25_3_52/_pdf/-char/ja

47

放射線障害

■ 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



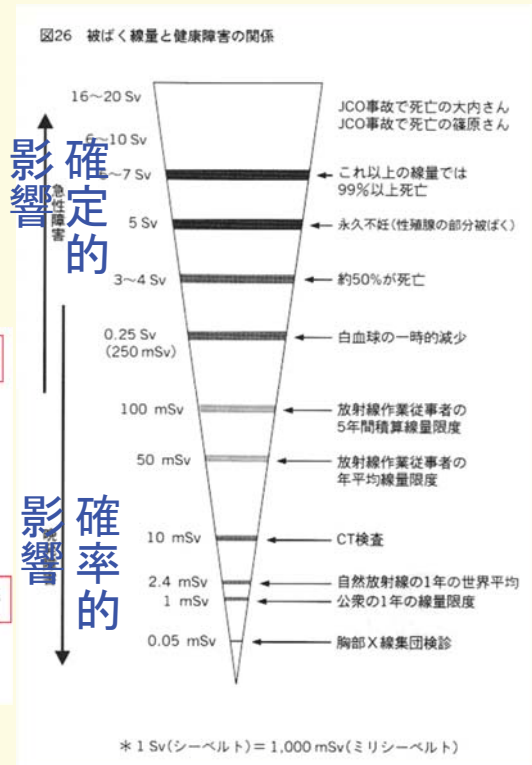
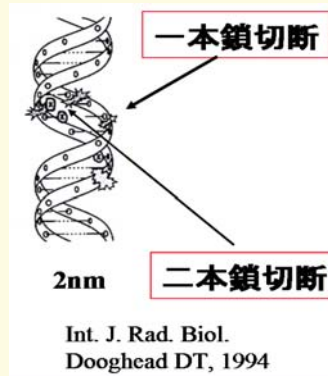
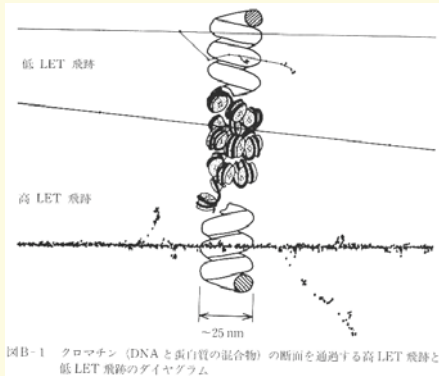
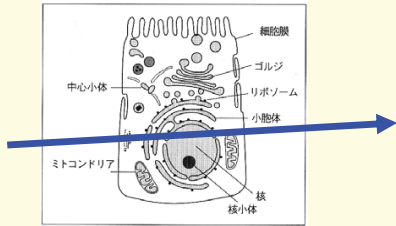
チェルノブイリ原発の
職員と消防士

■ 晩発性放射線障害(確率的影響)

- 細胞の突然変異により、後になってガン・白血病や遺伝的障害として現われる

48

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

49

<被曝量と比例する放射線影響>

ムラサキツユクサ雄しべの毛色の突然変異

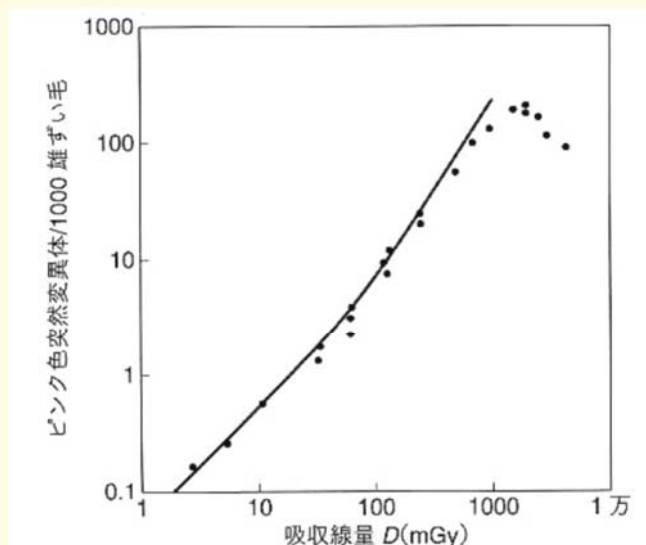


図1—ムラサキツユクサの雄しべの毛の変化を指標とした、250 キロボルト X 線による被曝量と突然変異率との関係 (文献 11 より作成)

Sparrowら 1972

2.5mGyのX線被曝で、雄しべの毛の色の突然変異が増加を示した。

50

<被曝量と比例する放射線影響>

染色体の2重鎖切斷（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*

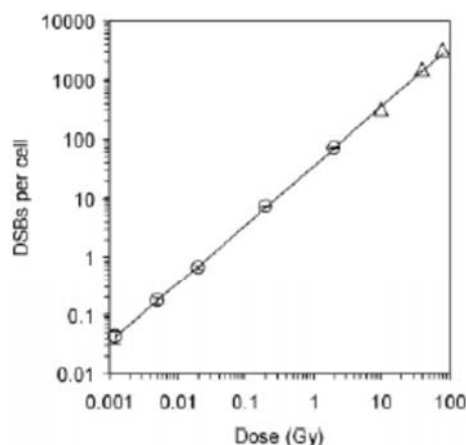
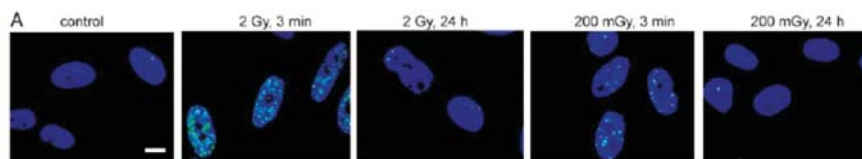


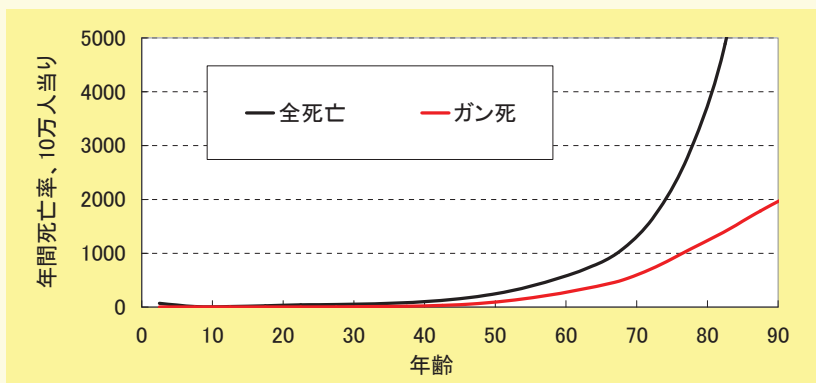
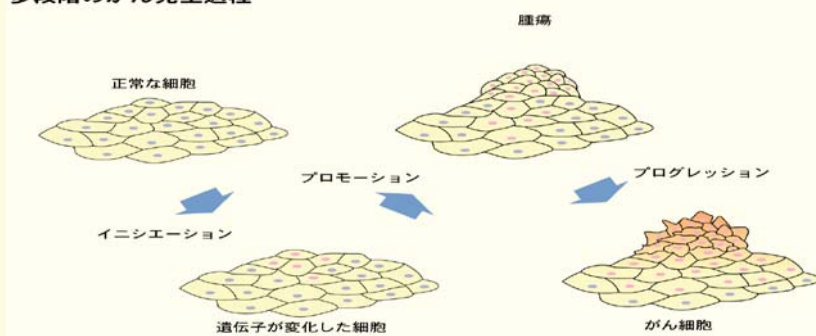
Fig. 2. DSB induction in MRC-5 cells. γ -H2AX foci were counted 3 min after irradiation, and the mean values of foci per cell are shown (circles). Triangles represent DSB induction data obtained from PFGE analysis. The line is a linear fit to the data points with a slope of 35 DSBs per cell per Gy.

Rothkammら
PNAS 2003

1細胞当りDSB数：
1 Gyで40個
1 mGyで0.04個

ガンができる仕組み

多段階のがん発生過程



- ・長い間にいろいろな傷が重なって、ガンになる。
- ・修復が完全だったらガンにはならないだろう。

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

低線量でも発がん

米調査 CT1回、1000人に1人

【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日まとめた。報告書は「被ばくには、これ以下「被ばく安全」と言える量は存在しない」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、がんの危険が高まることが判明した。

53

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・長崎データのようなだった....

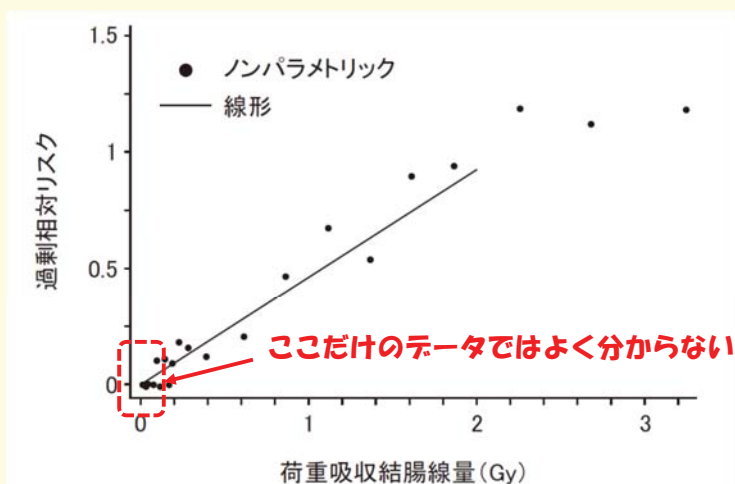
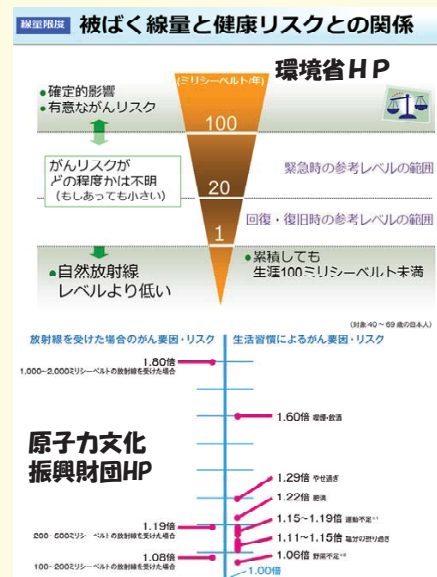


図9. LSS 集団における固形がん罹患過剰相対リスクの線量反応関係²²より改変 放射線影響研究所要覧 2014

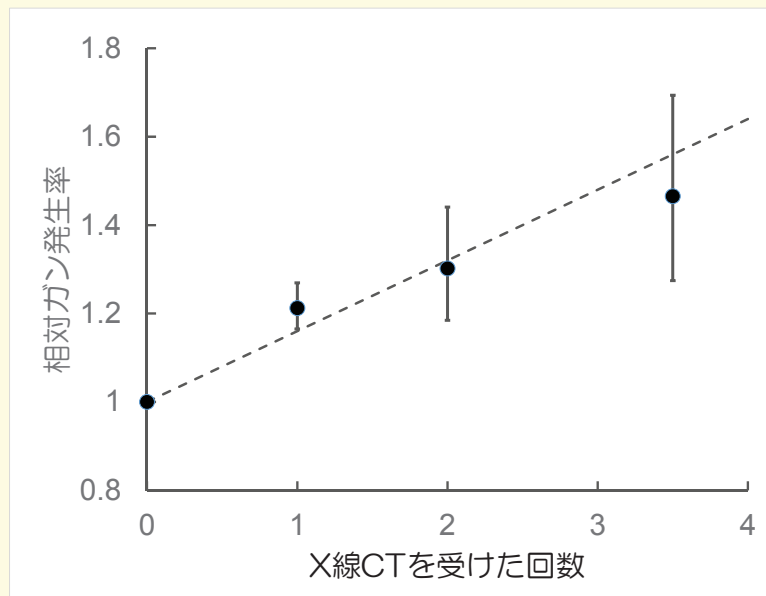


「がんリスクがあったとしても小さい」(100mSvは野菜不足程度)と言い出した

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。

54

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回当たりの被曝量は4.5ミリシーベルト。
CTの回数とともにガン増加が認められた。**

55

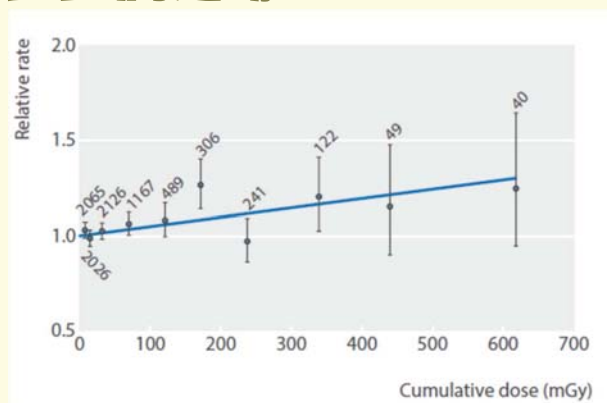
INWORKS調査：英米仏3カ国の原子力労働者30万人のガン・白血病追跡データ

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,⁸ Dominique Laurie,⁹ Klervi Leuraud,⁸ Monika Moissonnier,⁹ Mary K Schubauer-Berigan,⁵ Isabelle Thieny-Chef,⁹ Aurele 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 Laurie, Monika Moissonnier, Mary K Schubauer-Berigan, Isabelle Thieny-Chef, Aurele Kesminiene

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

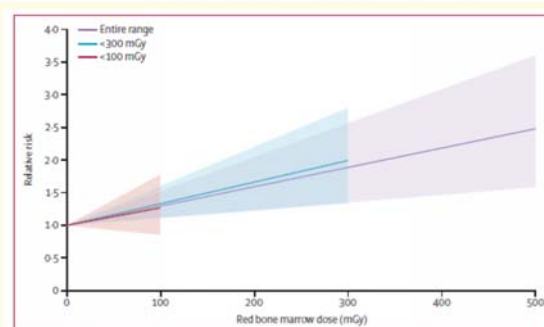


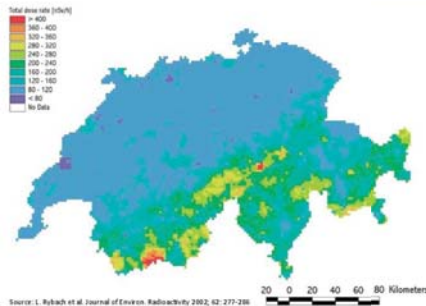
Figure: Relative risk of leukaemia excluding chronic lymphocytic leukaemia associated with 2-year lagged cumulative red bone marrow dose. The lines are the fitted linear dose-response model and the shading represents the 90% CIs.

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。

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

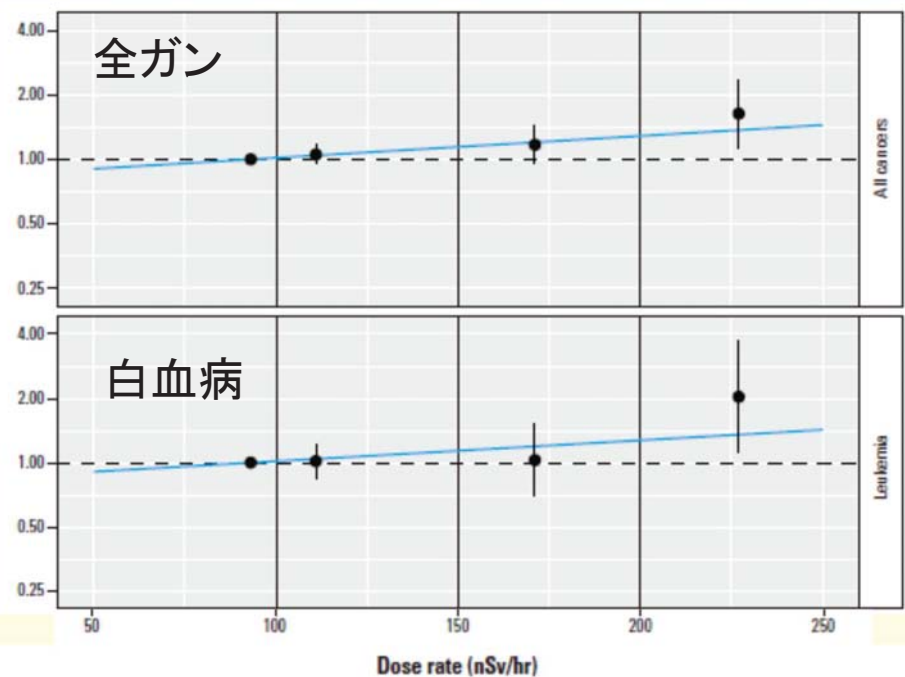
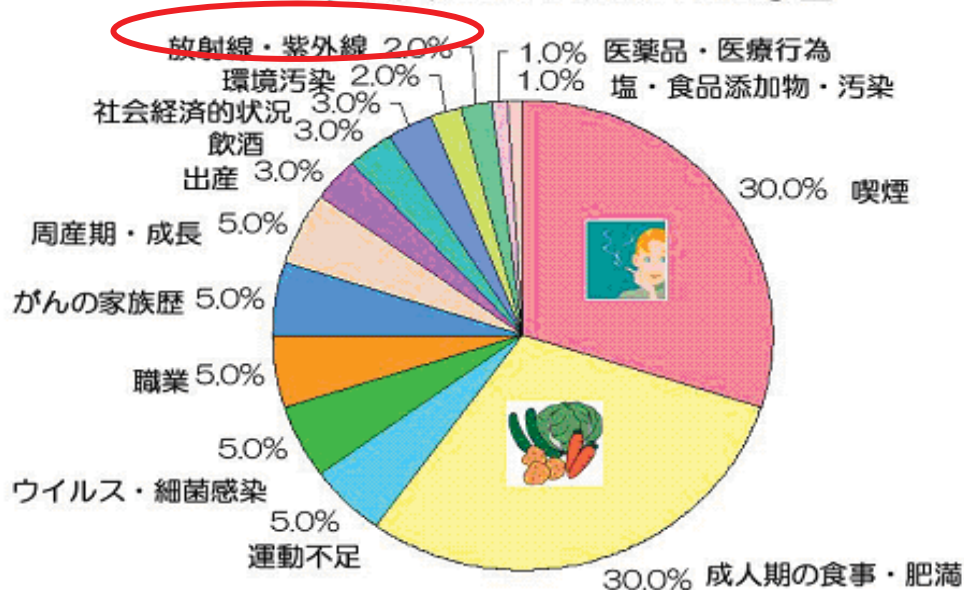


Figure 2. Hazard ratios for cancer by dose rate of external ionizing radiation among children < 16 years of age in the Swiss National Cohort. Results from Cox proportional hazards models adjusting for sex and birth year using a categorized exposure [points and bars (95% CIs) placed along the x-axis at 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.

自然放射線もがんの原因

アメリカ人についてのがんの原因



Harvard Center for Cancer Prevention: Harvard Report on Cancer Prevention, Volume 1: Causes of Human Cancer, Cancer Causes Control 7:S3-S59, 1996.

放射線影響協会HPより

ICRPの1990年勧告附属文書によると、毎年1mSvの被曝を生
涯受け続けた場合のガン死率は0.4%、1000分の4となる。

環境基本法(1993制定)

＜目的＞…環境の保全に関する施策を総合的かつ計画的に推進し、もって現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与するとともに人類の福祉に貢献することを目的とする。

●大気汚染防止法や水質汚濁防止法は、環境基本法の考え方に基づいて『環境基準』を設定している。

福島原発事故まで、放射性物質は環境基本法の対象外とされていたが、2012年に対象外の規定は削除された。

大気汚染については、「 10^{-5} の生涯リスクレベル等を参考にし、目標とすべきリスクレベルを定める必要がある」とされている

原子炉等規制法に基づく一般公衆の被曝限度は年1mSvで、ICRPによると 4×10^{-3} の生涯ガン死リスクである。 10^{-5} の生涯リスクに対応する被曝は、年0.0025mSvとなる。

年1mSvという線量限度は、「そこまではガマンせよ」と原子力産業の都合で決められたものであり、環境基準としては大きすぎる。

『健康で文化的な生活』のためには、年0.1mSvの基準で、放射線や放射性物質についての『環境目標値』を設定すべきである。

放射能汚染との向き合い方

＜リスクアセスメント＞
危険性を見積もり

- ・汚染レベルの評価
- ・被曝レベルの評価
- ・健康リスクの評価

＜リスクマネジメント＞
危険度を減らす対策

＜リスクコミュニケーション＞
個人の判断と社会的な合意へ
向けての話し合い

それぞれの人の“自分で納得した判断”
のために今日の話が参考になったら幸いです。
ご清聴ありがとうございました！