

食事調査から見た 内部被曝の評価

京都大学大学院医学研究科
環境衛生学分野
小泉 昭夫

研究の前提

区分	核種	Bq	備考
大気	希ガス	5×10^{17}	キセノンなど
	^{131}I	5×10^{17}	
	^{134}Cs	1×10^{16}	今回の調査の対象
	^{137}Cs	1×10^{16}	
海	^{131}I	1.1×10^{16}	
	^{134}Cs	3.5×10^{15}	
	^{137}Cs	3.5×10^{15}	
www.tepco.co.jp/cc/press/2012/1204619_1834.html			

セシウムだけを考慮してもよいと思われる根拠

核種	50年間の積算実効線量
プルトニウム ²³⁸	0.027 mSv
プルトニウム ²³⁹⁺²⁴⁰	0.12mSv
ストロンチウム ⁸⁹	0.61microSv
ストロンチウム ⁹⁰	0.12mSv
セシウム ¹³⁴	71mSV
セシウム ¹³⁷	2.0Sv

文部科学省による
平成23年9月30日発表

観測された最大の濃度による外部被ばく及び吸入することによる預託線量を計算。

137セシウムと90ストロンチウム

	137セシウム	90ストロンチウム
体から半分が出てゆく時間(生物学的半減期)	70-100日	50年
物理的半減期	30年	29年
蓄積臓器	筋肉	骨
実効線量係数 (マイクロシーベルト/ベクレル)	0.013	0.028

福島では、ストロンチウム90は、放出量が約100分の一、屋外で測定される地表面の比率は、137セシウムの約1/2000-1/4000が90ストロンチウム

Q1: 海産物におけるSr

放射性物質影響解明調査事業報告書

平成24年3月

3 福島県周辺海域における水産生物の放射性 ストロンチウム濃度水準

独立行政法人
水産総合研究センター

東電福島第一原発からは、12月4日に汚水処理施設から海洋中へ放射性ストロンチウムが漏洩した事が報告されている。福島県沿岸域で12月に測定されたシロメバル試料から半減期が50.5日のSr-89が検出されている事から、Sr-90の起源は過去の大気圏核実験により放出されたものに加え、東電福島第一原発からの漏洩によるものも含まれる事が推察された。放射性ストロンチウム測定を行ったシロメバル試料のCs-137およびCs-134の放射能はそれぞれ580Bq/kg-wetおよび390Bq/kg-wetであり、魚体中に含まれるSr-90の

Cs-137に対する存在比率は、シロメバル試料で1/483となった。12月のムシガレイ、ゴマサバ試料中に含まれるSr-90のCs-137に対する存在比率はそれぞれ1/255および1/140となった。東京電力および文部科学省による福島県沿岸の海水・海底土中の放射性ストロンチウム測定結果によれば、東電福島第一・第二原発近傍を除いた福島県沿岸部における海水中のSr-90/Cs-137比は数分の1～数十分の1、海底土中のSr-90/Cs-137比は10分の1から数千分の1の幅広い桁でばらついており、事故後のセシウム・ストロンチウム比率の放出毎のばらつきや、海洋環境中のセシウムとストロンチウムの挙動の違いを反映しているものと思われる。観測された魚体試料中のセシウム・ストロンチウム比率も、そうした生息環境中の両元素の存在比の違いを反映して変動しているものと考えられる。

海産物においても
137Csに比べ
Srはごく微量。

第一次の研究

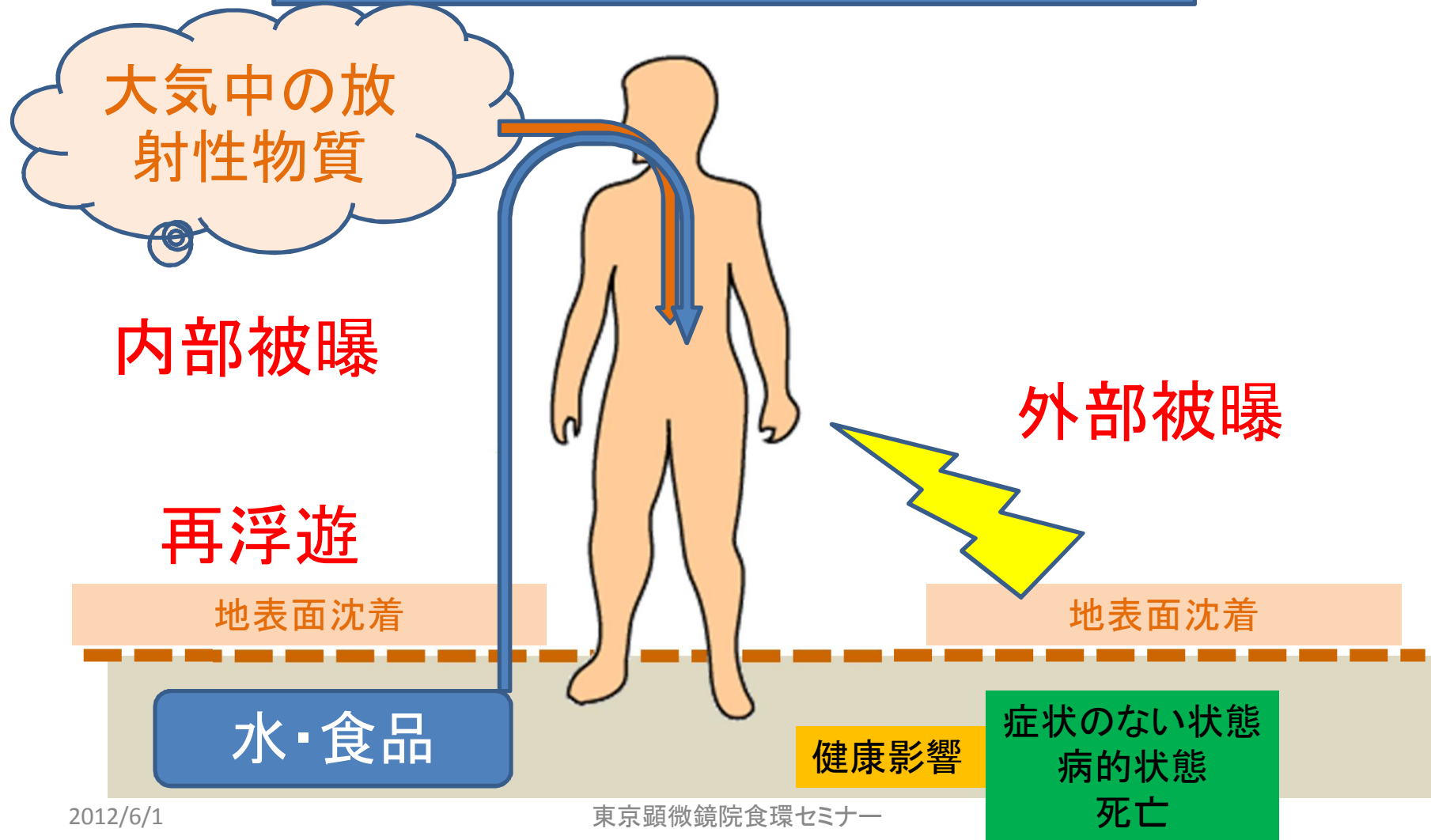
☞ 福島第一原発事故以降の原発周辺の成人の内部被ばくを評価する目的で、2011年7月2日から8日に食事と大気中の放射能被ばくの評価を行った。

☞ 評価の核種は、セシウム134とセシウム137

何を調べているのか？

原発事故による主な放射性物質

^{134}Cs ^{137}Cs ^{131}I ^{90}Sr



方法一食事、野菜と牛乳

- ㊦ 食事：福島第一原子力発電所周囲大よそ20 km-70 kmを訪問し、スーパーマーケットで55日分の食事と飲料水を集め、分析した。
- ㊦ 野菜：調査時に市販の販売所で福島産の野菜を購入した。
- ㊦ 牛乳：調査時に市販の福島産牛乳を購入した。
- ㊦ 対照として京都府宇治市で19人から19日分の食事・間食および飲料水を集めた。また、宇治市で牛乳および野菜を購入した。

食品中の有害物質の含有量の 推定方式に関する補足：採取方法について

㊦ マーケットバスケット方式：食品を準備し、食品中の濃度から、日本人の各食品の平均的な消費量から食事を再構成し一日摂取量を推定する手法。

㊦ 陰膳方式：実際に個人一人が一日に食べるものと同じ内容の食事を複製し、それを採取し、その含有量を測定する方法。

含有放射能の計算法の比較

㊦ マーケットバスケット方式:

預託実効線量(mSv) = 実効線量係数(mSv/Bq) ×
年間の核種摂取量(Bq) × 市場希釈係数 × 調理等による減少補正

㊦ 陰膳方式:

預託実効線量(mSv) = 実効線量係数
(mSv/Bq) × 年間の核種摂取量(Bq)

実態を反映するので 市場希釈係数と調理等による減少補正は不要

食事の実際のサンプル



2012/6/1

病院食環セミナー

方法一大気

- ④ 大容量大気捕集装置を用いて、大気粉じんを石英線維フィルター上に捕集した。全ての地点で地上1.5メートルにおいて、50 m³以上の大気を捕集した。
- ④ アンダーセン式大気捕集装置を用いて、空気力学的直径の異なる大気粉じんをそれぞれ捕集し、福島県における粉じんの吸入可能な割合を推定した。この装置は福島市内に設置された。粉じん試料の粉じん重量を秤量し、放射能を測定した。

大気の補足説明

大気中の粉塵は全て肺胞にまで到達するのではない。大きさとしては5マイクロメートルより小さいと肺胞にまで吸引される。この一方、大きな粒子は鼻や気管に沈着され喀出される。粉塵の大きさを評価することは体内に取り込まれた量を計算する際に重要。

大容量大気捕集装置で粉塵全部を採取しアンダーセン式大気捕集装置で、大きさ別に採取することができる。

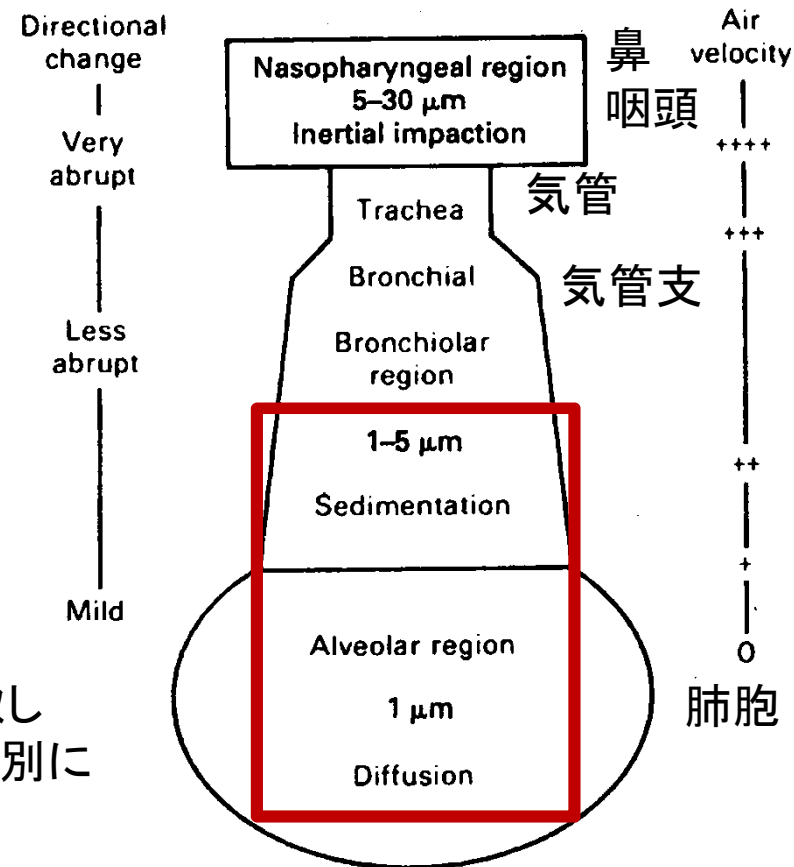


Figure 15-4. Parameters influencing particle deposition. [From Casarett, LJ: The vital sacs: Alveolar clearance mechanisms in inhalation toxicology, in Blood FR (ed): Essays in Toxicology. New York: Academic Press, 1972, vol 3.]

大気サンプリング

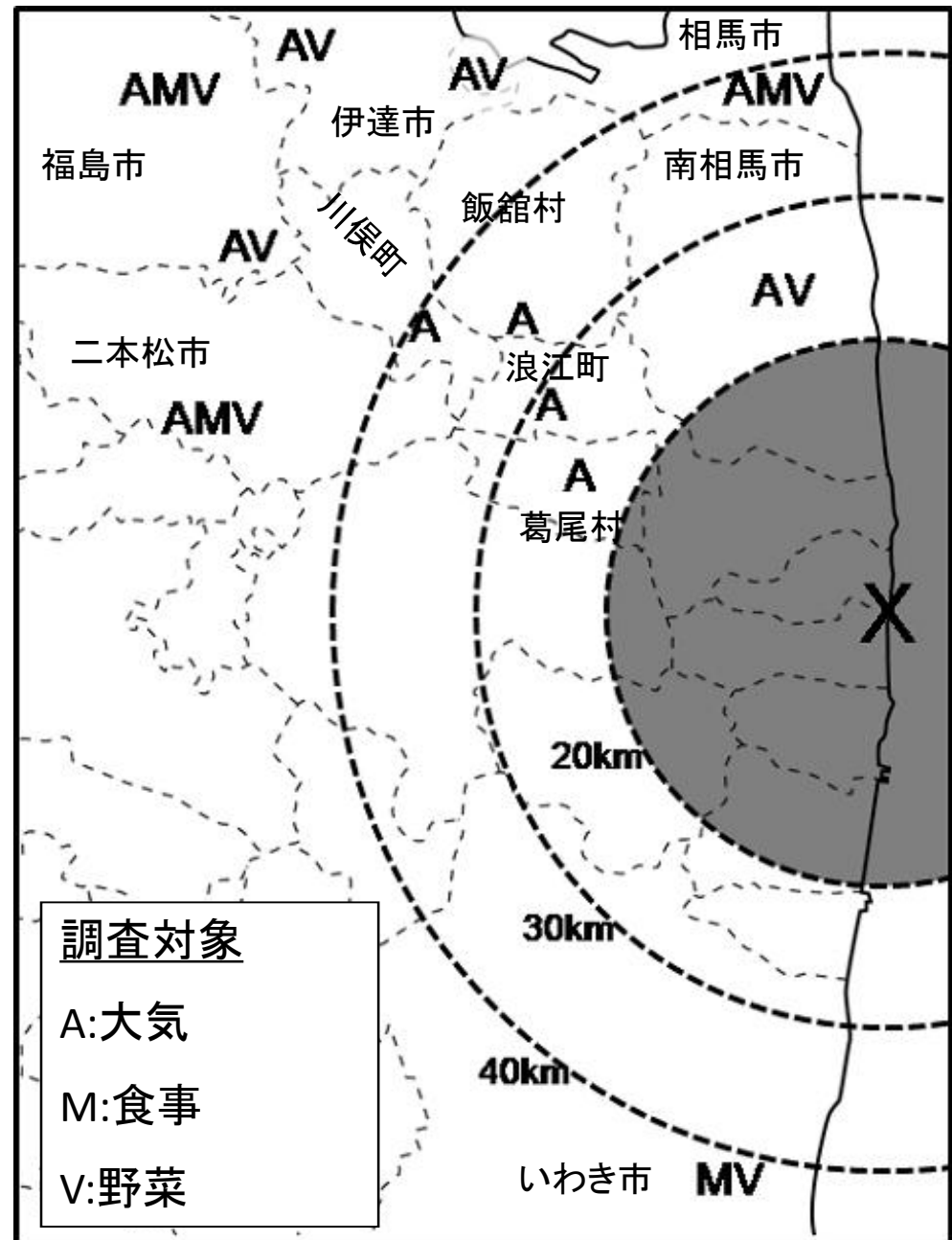


2012/6/1

東京顕微鏡院食環セミナー

調査地域で、男性5人研究員が
地元のスーパーマーケットを訪問し、
一日の食事を購入。

大気のサンプリングも同時に行う。



測定

☞ セシウム134、セシウム137濃度はゲルマニウム半導体検出器を用いて測定しました。

☞ 通常の食品モニタリングより測定時間を長くし、低濃度まで評価できるようにしました。

測定方法の補足：検出下限について(1)

- ☞ 厚生労働省による指針(平成14年3月)：ゲルマニウム半導体検出器で、2000秒間の測定
- ☞ 今回の測定方法：高純度ゲルマニウム検出器を用い20000秒以上計測。土壌は2000秒以上で計測

食品	厚労省分析目標レベル (Bq/kg)	今回の調査 (Bq/Kg)
牛乳・乳製品	20	0.2
野菜類	50	0.2
穀物および肉	50	-
卵	50	-
魚	50	-
食事	-	0.05

測定の補足：検出下限について(2)

☞ 大気中粉塵については、文科省は検出限界を0.3-0.48Bq/m³に設定している。土壌は30分の計測で24Bq/kgの目安を設定している。

サンプル	文科省	今回の調査
大気	0.3 ～0.48 Bq/m ³	0.0002 Bq/m ³
土壌	24Bq/kg (30分)	1Bq/kg

表1

結果

福島県内における放射性セシウムの経口摂取量

調査地点	試料数		食事量 (グラム/日)	含水率 (%)	摂取量(ベクレル/日)		預託実効線量 (マイクロシーベルト/年)
					¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	
福島県合計	55	検出数 (%)	-	-	36(65.5)	35(63.6)	
		中央値 (最小値-最大値)	2053(1,100-3,145)	80.8(73.3-97.6)	0.2(ND-7.2)	0.3(ND-7.0)	3.0(ND-83.1)
		平均±標準偏差	2,178±400	81.9±4.5	0.5±1.1	0.6±1.0	6.4±12.5
いわき市	10	検出数 (%)	-	-	9(90.0)	9(90.0)	
		中央値 (最小値-最大値)	2,241(1,879-2,690)	82.1(76.8-86.1)	0.4(ND-2.5)	0.7(ND-1.6)	6.5 (ND-24.7)
		平均±標準偏差	2,238±272	81.5±3.3	0.7±0.8	0.7±0.5	8.6±7.8
相馬市	10	検出数 (%)	-	-	7(70.0)	8(80.0)	
		中央値 (最小値-最大値)	2,451(2,044-2,795)	80.5(73.3-87.1)	0.6(ND-7.2)	0.9(ND-7.0)	8.2(ND-83.1)
		平均±標準偏差	2,395±293	80.1±4.2	1.4±2.2	1.6±2.2	17.4±25.3
二本松市	10	検出数 (%)	-	-	5(50.0)	4(40.0)	
		中央値 (最小値-最大値)	2,611(1,964-3,145)	79.4(75.1-82.6)	0.1(ND-0.9)	ND(ND-0.9)	1.7(ND-10.4)
		平均±標準偏差	2,529±423	78.9±2.3	0.3±0.4	0.2±0.3	2.9±3.6
福島市	25	検出数 (%)	-	-	15(60.0)	14(28.0)	
		中央値 (最小値-最大値)	1,954(1,100-3,051)	83.7(77.9-97.6)	0.1(ND-0.8)	0.2(ND-1.3)	1.3(ND-11.3)
		平均±標準偏差	1,927±308	84.1±4.8	0.2±0.2	0.2±0.3	2.6±3.1
宇治市	19	検出数 (%)	-	-	1(5.3)	1 (5.3)	-
		最大値	-	-	0.4	0.5	5.3
		平均±標準偏差	2,955±652	87.2±2.5	-	-	-

ND:検出限界以下(0.2ベクレル/キログラム)

預託実効線量は¹³⁴Csと¹³⁷Csの合計である。経口摂取による実効線量係数は¹³⁴Csと¹³⁷Csについてそれぞれ0.019 (> Sv/Bq)、0.013 (> Sv/Bq)である。

食事調査の結果要約

- ㊦ 福島県では55セットの食事の内、36セットで放射能が検出されました。京都府では19セットの内、1セットで検出されました。
- ㊦ 食事由来の預託実効線量の中央値は年間3.0 マイクロシーベルトであり、最小値は検出限界以下（年間1.2マイクロシーベルト以下）、最大値は年間83.1マイクロシーベルトでした。

表2
福島県で流通する牛乳、野菜類における放射性セシウム濃度

結果

調査地点	試料数	重量 (グラム)	放射能 (ベクレル/キログラム)			暫定基準値 ^{a)} (ベクレル/キログラム)
			¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	合計	
牛乳						200
福島県合計	21 検出数 (%)	-	20(95.2)	19(90.5)	-	
	中央値 (最小値-最大値)	-	1.8(ND-4.9)	1.9(ND-5.5)	4.1(ND-10.1)	
	平均±標準偏差	985±119	2.1±1.7	2.4±1.9	4.5±3.6	
いわき市	3 検出数 (%)	-	3(100.0)	3(100)		
	中央値 (最小値-最大値)	-	0.9(0.6-1.2)	1.2 (1.1-1.3)	2.0(1.9-2.3)	
	平均±標準偏差	752±202	0.9±0.3	1.2±1.1	2.1±0.2	
相馬市	6 検出数 (%)	-	6(100.0)	6(100.0)	-	
	中央値 (最小値-最大値)	-	3.1(1.4-3.8)	3.1(1.9-4.4)	6.1(3.3-8.2)	
	平均±標準偏差	1,019±29	2.8±1.0	3.1±1.0	5.9±1.9	
二本松市	3 検出数 (%)	-	3(100.0)	2(66.7)		
	中央値 (最小値-最大値)	-	0.2(0.2-1.3)	ND(ND-1.1)	0.2(0.2-2.4)	
	平均±標準偏差	1,047±15	0.5±0.7	0.4±0.6	0.9±1.3	
福島市	9 検出数 (%)	-	8(88.9)	8(88.9)	-	
	中央値 (最小値-最大値)	-	3.4(ND-4.9)	3.9(ND-5.5)	7.3(0.2-10.1)	
	平均±標準偏差	1,021±18	2.6±2.0	2.3±4.4	5.6±4.4	
宇治市	3 検出数 (%)	-	1 (33.3)	1 (33.3)	-	
	中央値 (最小値-最大値)	-	ND(ND-0.7)	ND(ND-0.7)	ND(ND-1.4)	
	平均±標準偏差	1,037±21	0.2±0.4	0.2±0.4	0.5±0.8	

ND: 検出限界以下(0.2ベクレル/キログラム)

		重量	放射能 (ベクレル/キログラム)		暫定基準値 ^{a)}	
		(グラム)	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	(ベクレル/キログラム)	
野菜・果物					500	
宇治市	ハウレンソウ	1249	検出せず	検出せず	検出せず	
	コマツナ	3044	検出せず	検出せず	検出せず	
福島県 (43試料)						
伊達市	コマツナ	1828	2.6	2.2	4.8	
	ハウレンソウ	1677	0.2	0.3	0.5	
川俣町	ツルナ	1097	29.9	32.7	62.6	
	ツルムラサキ	826	2.1	3.1	5.2	
	キュウリ	1643	3.4	4.5	7.9	
	ネギ	1770	3.3	2.8	6.1	
	ミズナ	504	5.9	7.7	13.7	
	シイタケ	1012	140.4	164.2	304.6	
	ツルムラサキ	503	4.4	3.0	7.4	
	キュウリ	1007	1.3	1.6	2.8	
	ブロッコリー	831	6.4	6.6	12.9	
	ニラ	704	7.2	4.5	11.7	
	あんぽ柿	332	1.8	1.7	3.5	
	ネギ	1455	5.7	6.6	12.3	
	福島市	ニラ	436	1.9	2.0	3.9
		キュウリ	493	2.9	3.9	6.8
	いわき市	ハウレンソウ	1903	0.5	0.9	1.4
		スナックエンドウ	860	3.5	3.6	7.1
相馬市	シイタケ	89	検出せず	検出せず	検出せず	
	青ネギ	571	7.3	8.5	15.8	
	ニラ	615	2.8	3.5	6.3	
	ブロッコリー	1479	0.9	1.1	2.0	
	ツルムラサキ	1079	1.5	2.6	4.0	
	ニンニク	691	0.8	0.5	1.3	
	ネギ	1543	4.1	2.6	6.7	
	モモ	794	9.3	7.9	17.2	
	サクランボ	244	29.3	37.3	66.6	
	ソラマメ	418	4.9	6.0	10.9	
	タマネギ(大)	835	0.5	0.6	1.1	
	タマネギ(小)	430	9.1	9.2	18.3	
	紫タマネギ(大)	589	3.3	5.0	8.3	
	紫タマネギ(小)	524	9.6	11.6	21.3	
	ニンニク	256	9.4	7.2	16.6	
	南相馬市	ジャガイモ	1258	1.0	0.8	1.8
にんじん		1271	1.4	2.1	3.5	
二本松市	しいたけ	417	127.1	154.7	281.8	
	ピーマン	502	検出せず	検出せず	検出せず	
	アスパラ	637	1.3	1.5	2.8	
	ピーマン	390	12.0	10.7	22.7	
	ツルムラサキ	1533	1.7	3.2	4.9	
	キュウリ	2064	3.6	4.3	7.9	
	ネギ	1309	5.4	5.0	10.5	
	サクランボ	352	24.5	28.5	52.9	

検出せず: 検出限界以下(0.2ベクレル/キログラム) 東京顕微鏡院食環セミナー

a) 厚生労働省による暫定基準値 [8]

2012年6月時点での最新の暫定基準

現在、食品中の放射性セシウムの新しい基準は、下の表のとおりです。

放射性セシウムの暫定規制値

食品群	暫定規制値 (Bq/kg)
飲料水	200
牛乳・乳製品	
野菜類	500
穀類	
肉・卵・魚 その他	



放射性セシウムの新基準値

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

㊦ 牛乳、野菜類 のうち、基準値(牛乳50ベクレル/キログラム、野菜類100ベクレル/キログラム)を超えたものは、市販のシイタケを除いてありませんでした。

㊦ シイタケは高い傾向にあります。

質問

Q. 菌根菌と腐朽菌とでは、どちらが高リスクか。

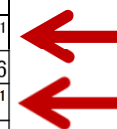
- ☞ 野生のキノコおよび野外の原木栽培のキノコについての質問とすると、外生菌根菌の方がリスクが大きいと考えられます。実際にこれまでの報告では、外生菌根菌のキノコの方が腐朽菌のキノコよりも放射性セシウムを高濃度に集積しています。この理由は以下の通りです。
- ☞ ほとんどの外生菌根菌が土壌表層を中心として菌糸を伸ばすため、表層に集積しているセシウムをより効率的に吸収するためと考えられます。食用とされる木材腐朽菌は木材の内部に菌糸を伸ばして養分を獲得するので、土壌中にまで菌糸を伸ばすことはないと考えられます。したがって木材の表面に沈着したセシウムの吸収は起こりますが、外生菌根菌に比べるとセシウムの影響は少ないと考えられます。ただ、菌の種類による違いについてはまだデータが十分ではありません。落ち葉を分解する腐生性の菌の中には、菌根菌に匹敵する濃度のセシウムを蓄積するものがあるかも知れないと私は考えています。
- ☞ 屋内栽培のキノコについて、培地の放射性セシウム濃度によってリスクが左右され、キノコの種類による違いは少ないものと思います。なお、外生菌根菌では今のところホンシメジでしか人工栽培が成功していません。

Q. 褐藻類にはセシウムが集積しやすいか。ヒジキ、昆布、ワカメの摂食上注意が必要か。

○ 海草に関しては、よく分かりません。海草類についてセシウムの集積性を調べた研究は聞いたことがありません。陸上植物に比べて海草ではセシウムの濃度が一桁低いこと、海水では放射性セシウムが速やかに希釈・均一化されてホットスポットはおそらくないことを考えると、野菜などにくらべてリスクは低いものと予想されます。農水省の測定データをみると福島県周辺では放射性セシウム濃度が高い海草が今年になってからも報告されていますが、国内の他の地域ではほぼ全て検出限界以下となっています。

Q. 今後の魚摂取にあたっての注意。食材でセシウム含量が多くなると予想されるものはどんなものがあるのか。

公表日	採取日	品目	漁港	漁場	放射性セシウム		
					セシウム134	セシウム137	合計
4月2日	3月29日	カタクチイワシ(全体)	銚子漁港	銚子・九十九里沖	検出せず	0.75	0.75
4月2日	3月29日	サワラ	銚子漁港	銚子・九十九里沖	20	28	48
4月2日	3月29日	スズキ	飯岡漁港	銚子・九十九里沖	16	21	37
4月2日	3月29日	カタクチイワシ(全体)	片貝漁港	銚子・九十九里沖	検出せず	検出せず	検出せず
4月2日	3月27日	乾燥ひじき(水戻し)	—	千倉漁場	検出せず	検出せず	検出せず
4月2日	3月27日	乾燥ひじき(水戻し)	—	白浜漁場	検出せず	検出せず	検出せず
4月2日	3月28日	ヒラメ	船形漁港	内房沖	3.6	5.7	9.3
4月4日	3月27日	フナ(全体)	—	印旛沼	15	21	36
4月4日	3月29日	スズキ	銚子漁港	銚子・九十九里沖	9.4	15	24
4月4日	3月29日	サワラ	片貝漁港	銚子・九十九里沖	18	26	44
4月4日	4月1日	スズキ	船橋港	東京内湾	4.0	5.2	9.2
4月5日	4月2日	マイワシ	銚子漁港	銚子・九十九里沖	検出せず	検出せず	検出せず
4月5日	4月2日	カタクチイワシ(全体)	飯岡漁港	銚子・九十九里沖	検出せず	検出せず	検出せず
4月5日	4月2日	スズキ	飯岡漁港	銚子・九十九里沖	13	19	32
4月6日	4月3日	スズキ	銚子漁港	銚子・九十九里沖	9.7	15	25
4月6日	4月3日	ヒラメ	銚子漁港	銚子・九十九里沖	3.6	5.8	9.4
4月6日	4月2日	アユ(養殖・放流用)(全体)	—	柏市	検出せず	6.5	6.5
4月6日	4月3日	アユ(養殖・放流用)(全体)	—	佐倉市	6.4	10	16
4月6日	3月29日	モツゴ(全体)	—	手賀沼	41	65	110 ^{注1}
4月6日	3月29日	スジエビ(全体)	—	手賀沼	28	38	66
4月6日	3月29日	コイ	—	手賀沼	140	190	330 ^{注1}
4月9日	4月6日	キンメダイ	勝浦東部漁港	外房沖	検出せず	1.3	1.3
4月9日	4月3日	ヒラメ	鴨川漁港	外房沖	0.85	1.3	2.2 ^{注1}
4月11日	4月7日	マイワシ	銚子漁港	銚子・九十九里沖	検出せず	1.2	1.2
4月11日	4月5日	スズキ	船橋港	東京内湾	2.6	2.7	5.3
4月11日	4月5日	スズキ	船橋港	東京内湾	2.0	3.0	5.0
4月11日	4月8日	コノシロ	船橋港	東京内湾	検出せず	検出せず	検出せず



水産物（採取日 平成 24 年 5 月 7 日～5 月 17 日）

（単位：ベクレル/kg）

種別	採取場所	海域	放射性セシウム	
			測定値	食品衛生法の規定に基づく放射性物質の基準値
マダラ	歌津沖	金華山以北	4.4	100
マダラ	歌津沖		44	
スズキ	気仙沼市大島沖		19	
クロソイ	気仙沼市大島沖		不検出	
イトヒキダラ	気仙沼湾沖		不検出	
オニヒゲ	気仙沼湾沖		不検出	
マダラ	金華山～江の島沖		17	
ヒガンフグ	金華山～江の島沖		8	
スケトウダラ	金華山～江の島沖		4.1	
ヒガンフグ	金華山沖		26	
マダラ	金華山沖		26	
マダラ	金華山沖		16	
ケガニ	江の島沖		不検出	
マコガレイ	江の島沖		1.2	
マアナゴ	江の島沖		3.8	
ババガレイ	江の島沖		0.88	
アイナメ	江の島沖		4	
ヒラメ	江の島沖		3.8	
ヒラメ	鮫浦湾沖		6.5	
マコガレイ	鮫浦湾沖		3.2	
シロメバル	女川湾		不検出	
アイナメ	女川湾		3.8	
ヒガンフグ	谷川湾沖		8.6	
クロソイ	尾浦沖		2.6	
ギンザケ（養殖）	雄勝湾		不検出	
ギンザケ（養殖）	雄勝湾		不検出	
ババガレイ	雄勝湾沖		2.1	
ヒラメ	雄勝湾沖		29	
アイナメ	雄勝湾沖		3.1	

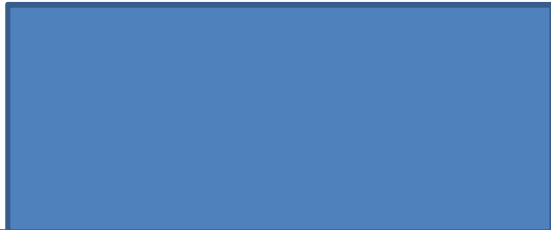
宮城県しらべ

宮城県しらべ

イシカワシラウオ	塩釜市桂島地先	金華山以南	1.3	100
マゴチ	山元町沖		54	
ガザミ	山元町沖		不検出	
ゲンコ	山元町沖		16	
シャコ	山元町沖		不検出	
ヒラツメガニ	山元町沖		不検出	
コモンカスベ	山元町沖		57	
マダラ	山元町沖		5.8	
マダラ	山元町沖		25	
エゾアワビ	松ヶ浜地先		1.9	
ヒガンフグ	松島湾		65	
エゾアワビ	菖蒲田浜地先		1.5	
ババガレイ	仙台湾		7.9	
ミズダコ	仙台湾		不検出	
スズキ	仙台湾		55	
ヒガンフグ	仙台湾		31	
ヌマガレイ	仙台湾		32	
マコガレイ	仙台湾		11	
イシガレイ	仙台湾		16	
マガレイ	仙台湾		18	
アンコウ	仙台湾		30	
ヒラメ	仙台湾		39	
スズキ	仙台湾		30	
マダラ	仙台湾		33	
ネズミザメ	三陸南部沖	沖合魚類	3.6	
クロマグロ	太平洋沖合		不検出	
メカジキ	太平洋沖合		1.2	
マカジキ	太平洋沖合		不検出	
ヨシキリザメ	太平洋沖合		0.73	
イワナ（養殖）	加美郡加美町	川魚	不検出	
ヤマメ（養殖）	加美郡加美町		不検出	
アユ（天然）	旧北上川（登米市）		不検出	
アユ（天然）	広瀬川（仙台市若林区）		不検出	
イワナ（天然）	大倉川支流湯川（仙台市青葉区）		160	

表3 大気調査結果

福島県における大気中放射性セシウムの粒度分布と経気摂取量推定

調査地点	緯度・経度	調査日 (2011年)	アンダーセン式空気捕集装置使用調査, 224 m ³			
			粒度 (マイクロメータール)	粉じん量 (ミリグラム)	放射能 (ミリベクレル/m ³)	
					¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
福島市	37° 45'42" N 140° 28'18" E	7/2-7/8	100-11.4	0.7	0.4	0.3
			11.4-7.4	1.1	0.3	0.3
			7.4-4.9	1	1.0	0.4
						
		合計		8.6	6.5	4.7
		吸入可能分	4.9>	5.8	4.8	3.8

アンダーセン式大気捕集装置から得られたデータから、福島第一原子力発電所由来の放射性核種の大部分は吸入可能画分(空気力学的直径が4.9マイクロメートル未満)に存在することが示された: セシウム134では全体の74% (吸入可能画分4.8ミリベクレル/全体6.5ミリベクレル)、セシウム137では81% (3.8/4.7) であった(表3)。

そこで、人体の被ばく線量を推定するのに、保守的アプローチを採用したため、大容量大気捕集装置で回収された大気粉じん試料中、全てのセシウム134とセシウム137を呼吸性画分に割り当てた(空気動力学的直径<4.9マイクロメートル)。

調査地点	緯度・経度	調 査 日 (2011年) (天候) ^b	大容量空気捕集装置使用調査							土壌中放射能				
			大気採 取量	粉じん量	大気中放射能		預託実効線量 ^a		空間線量率	空間線量率				
					(ミリベクレル /m ³)	(マイクロシーベルト/ 年)	空間線量率			(ベクレル/キログラム)				
							¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs			¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	試料 数	
			(m ³)	(ミリグラ ム)	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	合計	(マイクロシーベル ト/時)	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs		
福島市	37° 45'42" N	2011/7/2												
	140° 28'18" E	(晴)	473	6.8	1.9	3.0	0.3	0.8	1.1	1.2	NA	NA		
伊達市	37° 47'10" N	2011/7/3												
	140° 33'26" E	(曇)	94	3.5	7.9	6.4	1.1	1.8	3.0	0.9	3,232±2,666	3,855±3,047	5	
福島市	37° 39'26" N	2011/7/3												
	140° 32'11" E	(曇)	83	1.9	4.7	1.5	0.7	0.4	1.1	1.0	2,515±859	3,059±1,077	5	
福島市	37° 45'42" N	2011/7/4												
	140° 28'18" E	(雨)	450	8	1.6	1.5	0.2	0.4	0.6	1.2	NA	NA		
相馬市	37° 46'1" N	2011/7/5												
	140° 57'2" E	(晴)	88	0.7	0.6	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	1,710±2,365	2,116±2,976	5	
南相馬市	37° 38'29" N	2011/7/5												
	140° 55'30" E	(晴)	84	2.4	0.7	1.1	0.1	0.3	0.4	0.9	1,772±411	2,151±546	5	
相馬市	37° 46'8" N	2011/7/5												
	140° 43'1" E	(晴)	84	1.3	1.1	2.3	0.2	0.7	0.8	1.6	1,723±1,792	2,047±2,174	5	
福島市	37° 45'42" N	2011/7/5												
	140° 28'18" E	(晴)	220	4	2.9	3.4	0.4	1.0	1.4	1.2	NA	NA		
二本松市	37° 33'21" N	2011/7/6												
	140° 27'34" E	(晴)	93	0.1	0.6	0.6	0.1	0.2	0.3	1.2	12,184±1,170	14,202±1,025	5	
二本松市	37° 33'21" N	2011/7/6												
	140° 30'43" E	(晴)	53	0.3	4.2	7.3	0.6	2.1	2.7	1.9	1,895±674	2,244±755	5	
川俣町	37° 36'14" N	2011/7/6												
	140° 38'49" E	(曇)	72	0.4	6.3	6.1	0.9	1.7	2.7	2.0	3,931±4,856	4,741±5,929	5	
福島市	37° 45'42" N	2011/7/6												
	140° 28'18" E	(曇)	246	4	5.3	7.6	0.8	2.2	2.9	1.2	NA	NA		
福島市	37° 45'42" N	2011/7/7(曇)												
	140° 28'18" E	)	259	5.3	1.9	2.5	0.3	0.7	1.0	1.2	NA	NA		
飯舘村	37° 36'44" N	2011/7/7(曇)												
	140° 44'52" E	)	84	1.7	24.6	38.9	3.6	11.1	14.7	9.0	18,531±1,235	23,185±1,664	5	
浪江町	37° 33'38" N	2011/7/7(曇)												
	140° 45'39" E	)	84	1.7	148.2	194.2	21.6	55.3	76.9	13.0	13,548±1,469	16,216±1,653	5	
葛尾村	37° 31'33" N	2011/7/7(曇)												
	140° 48'21" E	)	84	1.5	65.0	64.0	9.5	18.2	27.7	10.0	16,332±1,170	16,799±1,058	5	

a) 成人の1日標準呼吸量を20m³として、吸入可能分画のセシウムを吸入していると仮定している。NA: 利用不可能

【結果】

㊦ 大気粉じん(ダスト)の吸入による実効線量は9地点で年間3マイクロシーベルト以下と推定されましたが、福島第一原子力発電所から半径20キロメートル地点の近傍では比較的高い線量を示しました(飯舘村:年間14.7マイクロシーベルト、浪江町:年間76.9マイクロシーベルト、葛尾村:年間27.7マイクロシーベルト)。

市販惣菜を用いた陰膳方式の 結果のまとめ

- ☪ 福島県では55セットの食事の内、36セットで放射能が検出されました。京都府では19セットの内、1セットで検出されました。
- ☪ 食事由来の預託実効線量の中央値は年間3.0 マイクロシーベルトであり、最小値は検出限界以下（年間1.2マイクロシーベルト以下）、最大値は年間83.1マイクロシーベルトでした。

一次調査の限界

1. 自給自足するライフスタイルの住民には適応できない:

- 1) 本研究に示すように市場流通で、他の“汚染されていない”食材で希釈することは可能。しかし、農産物を自給自足しているライフスタイルの人々には適応できない。
- 2) 地理的には、すべての食餌試料を30キロメートル圏外に限定。

2. 大気サンプリングの数と季節の限界:

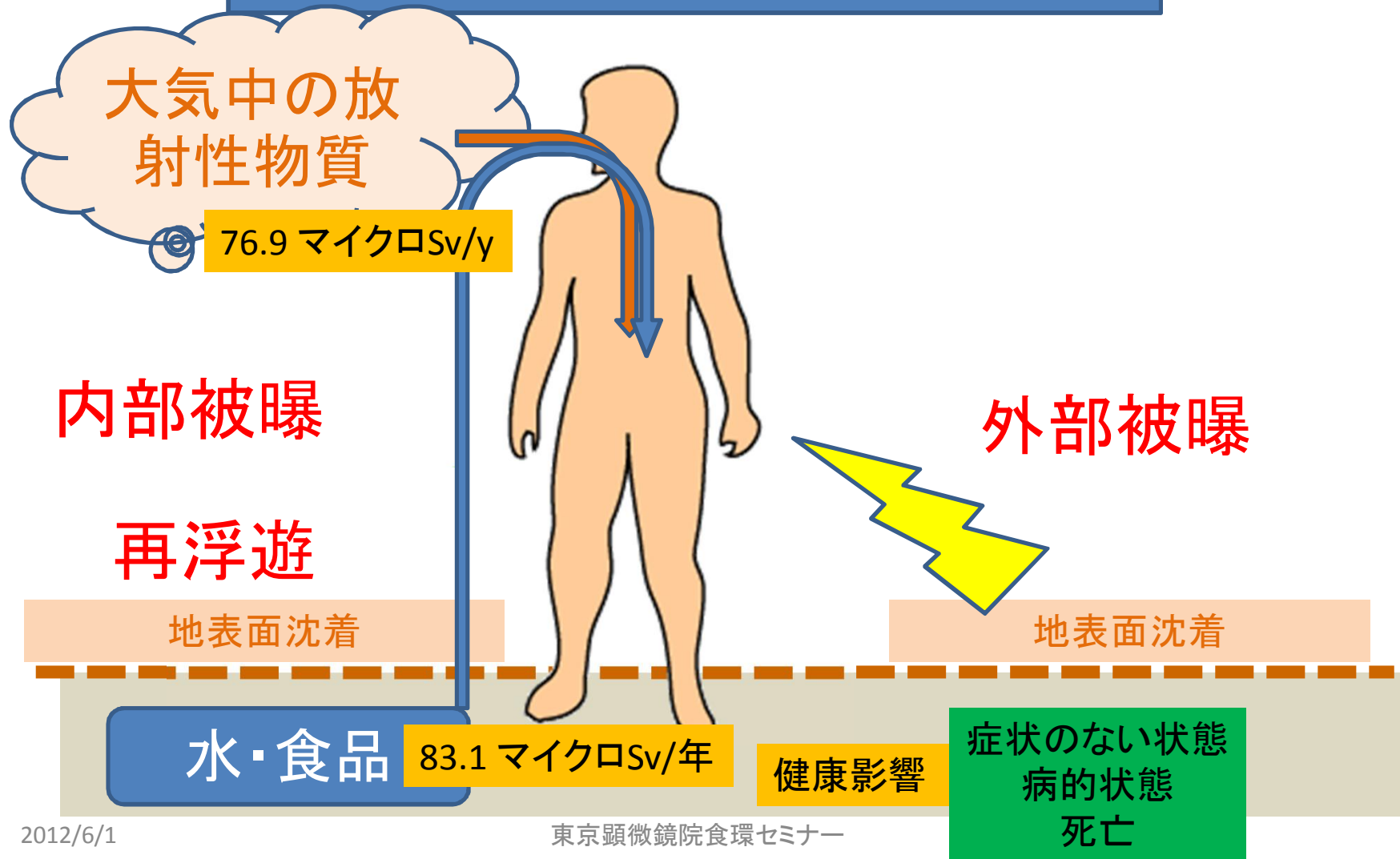
- 1) 少数の限られた限定地域のもの。
- 2) 調査は再浮遊が比較的少ない梅雨のシーズンに行われた。

今回の検討では、これらの限界やバイアス(偏り)が存在する。しかし、より安全側に立つように、線量の推定を最大限にして見積もったことにより、バイアスや限界は一部緩和された。

何を調べているのか？

原発事故による主な放射性物質

^{134}Cs ^{137}Cs ^{131}I ^{90}Sr



2次調査の研究目的

背景：予備調査で一応安全と考えられたが、調理惣菜のため、一般家庭の食事にどれだけの放射性物質が含まれているのか、詳しい調査研究はこれまでほとんど実施されていません。

目的：**今回は市販の惣菜ではなく、地元の食材を使った**一般家庭で食べられている1日の食事に含まれている放射性セシウムの濃度を測る調査研究に取り組むことになりました。これによって、食品による内部被ばくの実態をあきらかにできるものと考えます。

研究母体：京都大学環境衛生学分野と朝日新聞

2011年12月福島食事調査

調査日：昨年12月4日

食料収集(陰膳方式)

食材記録

ホモジネート(ミキサー粉砕)

凍結乾燥

放射線量測定

(京大RIセンター、(財)東京顕微鏡院)



測定

- ☒ セシウム134、セシウム137、40Kはゲルマニウム半導体検出器を用いて測定しました。
- ☒ 通常の食品モニタリングより測定時間を長くし、低濃度まで評価できるようにしました。
- ☒ 凍結乾燥により濃縮して計りました。

40Kというのは？

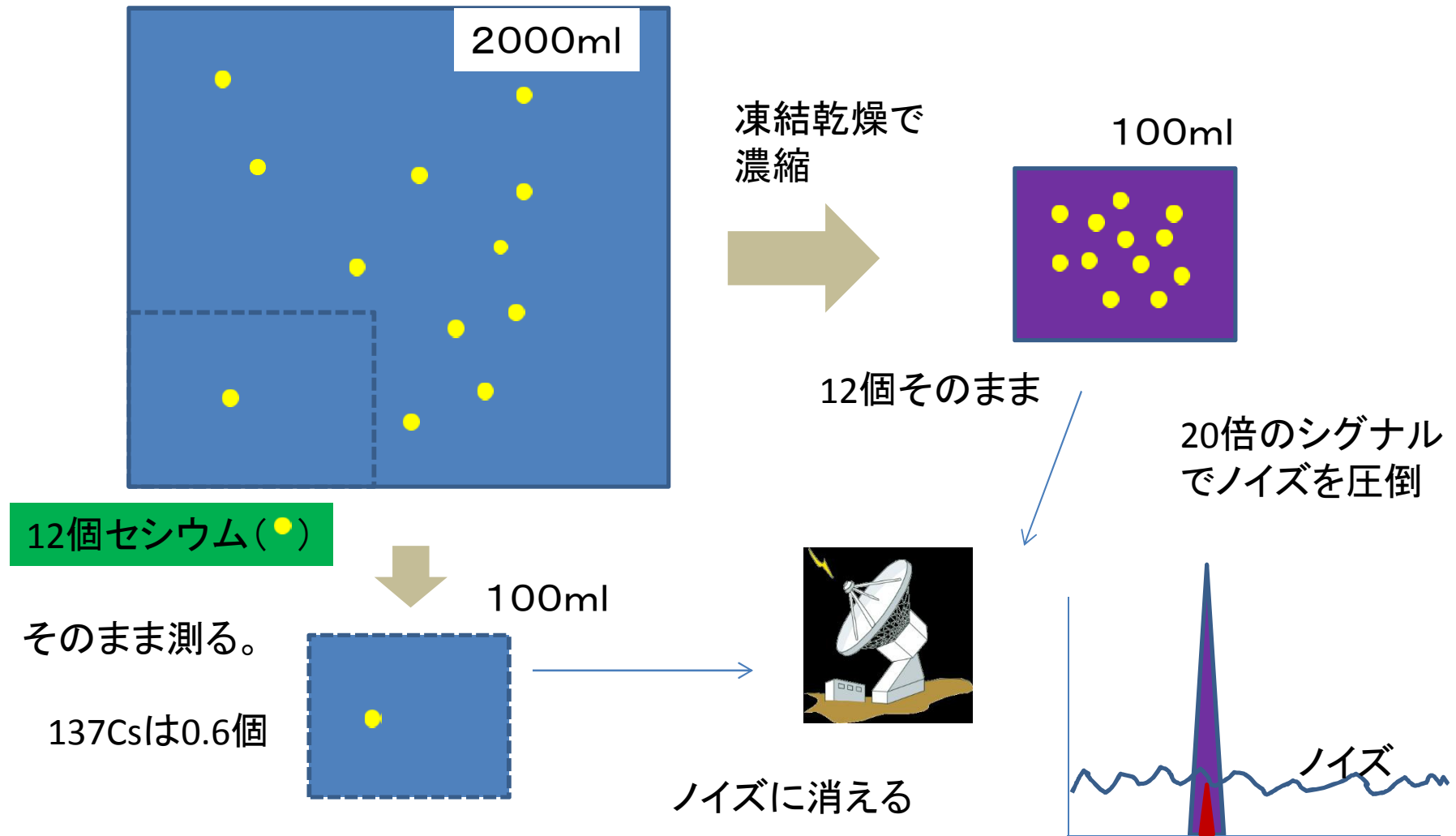
☿ カリウム40と読みます。

☿ 半減期は12.5億年の自然放射能

☿ 岩石に多く含まれる。土壌に多く、農産物に多い。

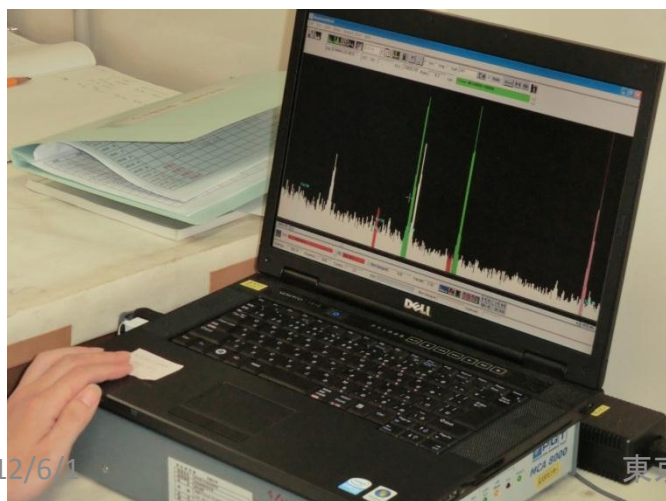
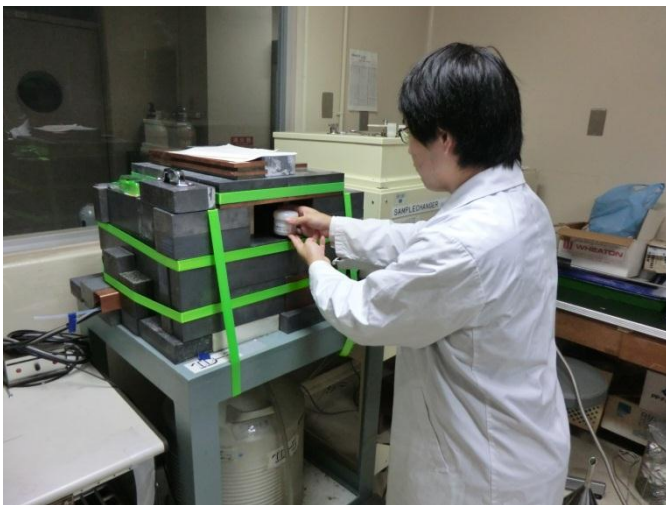
☿ 1日50ベクレル、年間0.17ミリシーベルトの内
部被ばく線量

なぜ凍結乾燥すると測定感度が増すのか？



放射性セシウム測定

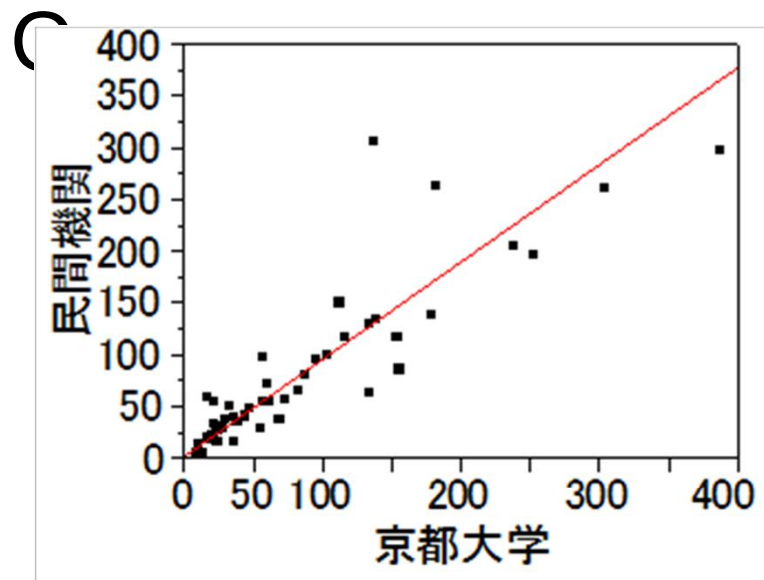
京都大学RIセンター



測定時間(1サンプル当たり)
20,000秒(5.5時間) - 50,000秒(13.75時間)
検出限界: 0.08-0.33 ベクレル/Kg-wet

クロスチェック

財)東京顕微鏡院



— 直交式あてはめ比=1.000

直交回帰

変数	平均	標準偏差	分散比	相関
京都大学	81.58571	81.44562	1	0.8841
民間機関	79.97471	76.77207		
切片	傾き	下側信頼限界	上側信頼限界	Alpha
3.663252	0.935353	0.799303	1.092773	0.05000



2次調査の結果

—朝日新聞社との共同研究—

今回の調査における自然放射能 40Kの値

	1日の食事中のベクレル数	年間のマイクロシーベルト
平均	51. 3	116. 1
標準偏差	37. 4	84. 6
中央値	50. 7	114. 6
最小値	0	0
最大値	126. 1	285. 4

ほぼ日本人の予測値に近い。

ICRPの40Kの取り扱い

☞ 70Kgの成人男子

☞ 4000Bqが常に体内にある。増加も減少もしないと仮定。

☞ この時の内部被ばくは、0.3mSv/年として扱う。

ICRPも結構おおらかにエイやと決めている。

自然界のカリウム40は、どの程度食物カリウムの中にあり
放射線の影響がどの程度あるのか？魚介類などの影
響は大丈夫なのか？

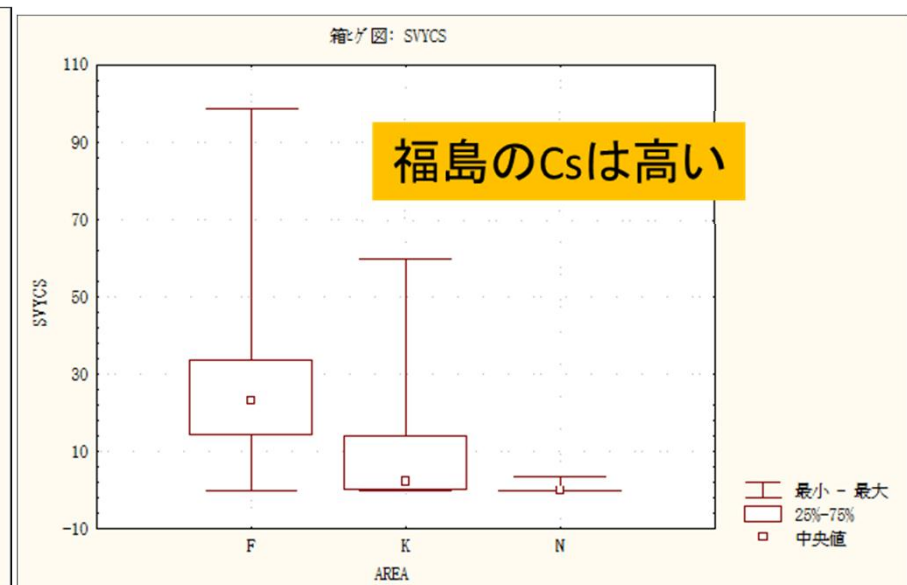
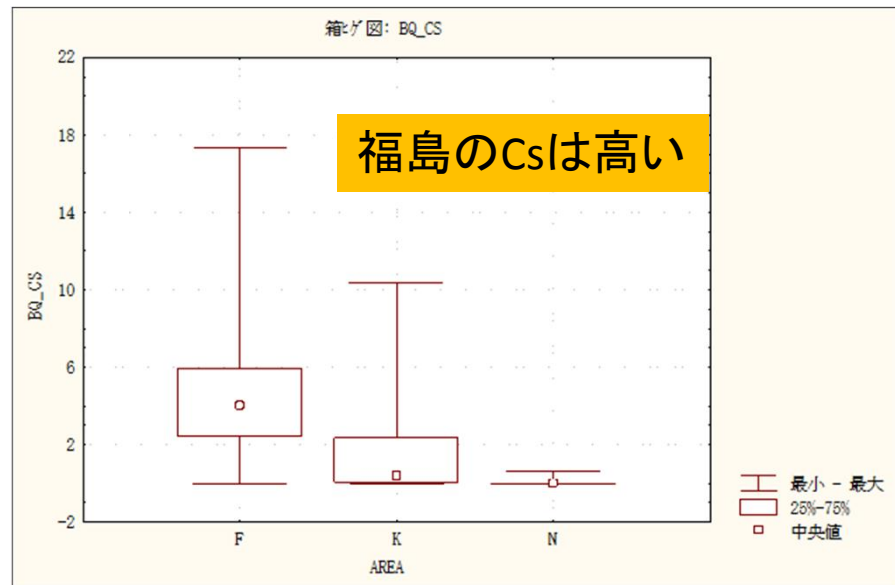
Q バナナなどKの多い食品には多く含まれてお
り、今回の調査の様にかんがりの変動をきたし
ます。

Q 魚介類に特に多いという話は無いと
思います。

食事中Cs(134Cs+137Cs)による 放射線量の比較

ベクレル/日

マイクロシーベルト/年



	中央値(ベクレル/日)	最大-最少	中央値(マイクロシーベルト/年)	最大-最少
福島	4.0	17.3-ND	23.2	98.9-ND
関東	0.4	10.4-ND	2.2	59.7-ND
それ以外	ND	0.6-ND	ND	3.6-ND

Q. 内部被爆を避けるにはどのようにしたらよいのか。少しでも被爆を改善するにはどのような食生活がよいのか。
Q. 管理栄養士として放射能不安に役に立つにはどうしたらよいか？
Q. 妊婦への栄養指導のポイントは

㊦ 現在の市場に出るものは2回の調査でもほぼ安全である。

㊦ しかし、気になる人は、市場希釈をかけるため、できるだけ多様な産地のものを食べる方法が考えられる。

1次および2次調査の結果のまとめ

原発事故による主な放射性物質

^{134}Cs ^{137}Cs ^{131}I ^{90}Sr

大気中: 76.9 マイクロシーベルト

内部被ばくは、前回調査:
最大160マイクロシーベルト
今回調査: 最大で、
175.8マイクロシーベルト

内部被ばく

外部被ばく

????

再浮遊

地表面沈着

地表面沈着

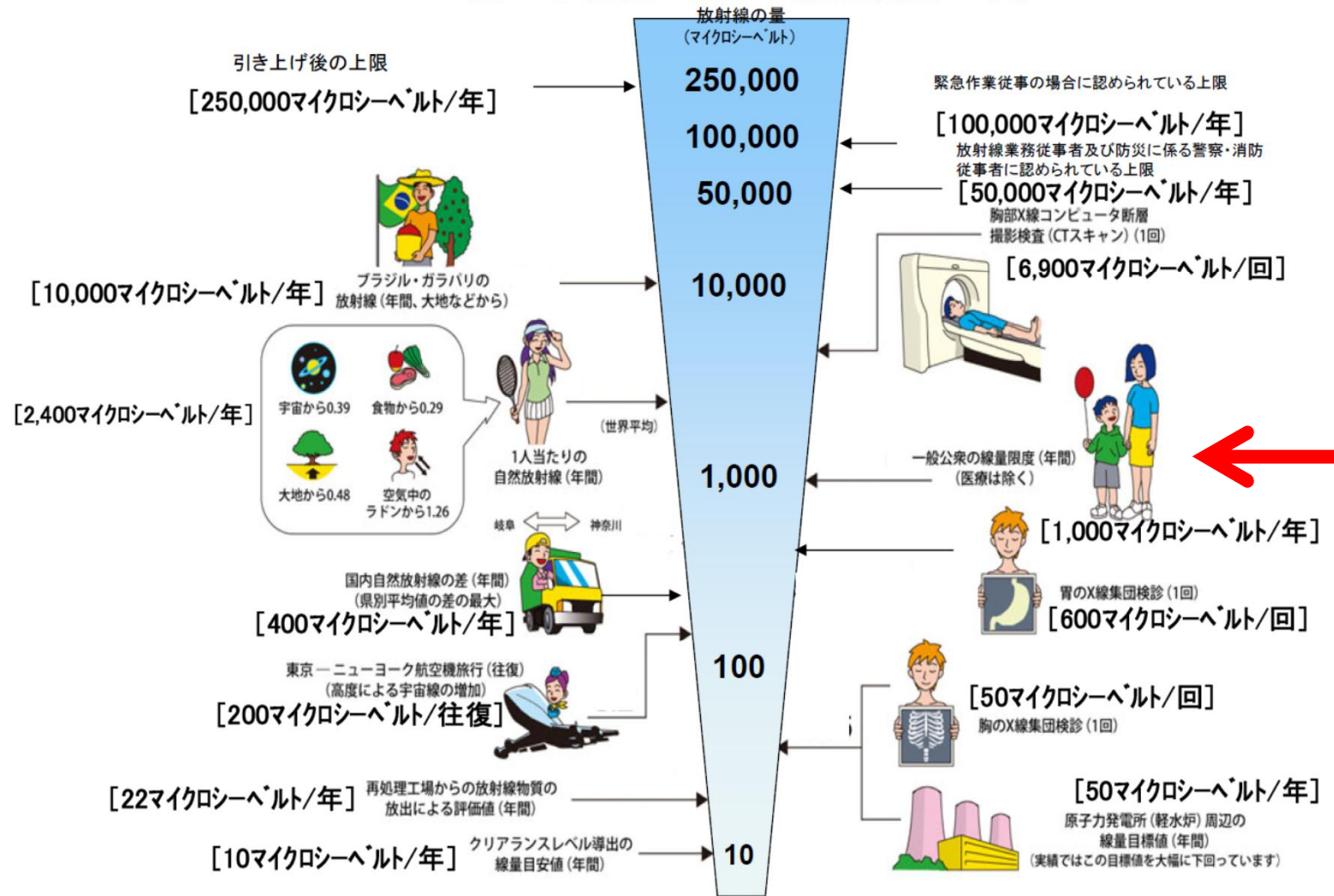
水・食品: 前回83.1マイクロシーベルト
今回98.9マイクロシーベルト

健康影響

症状のない状態
病的状態
死亡

年間の被ばく線量

<< 日常生活と放射線 >>



※ Sv【シーベルト】=放射線の種類による生物効果の定数(※) × Gy【グレイ】

※ X線、γ線では 1

福島県内の全ての学校等における簡易型積算線量計による
モニタリング実施結果（その 7）（概要）

1. 平成 23 年 12 月 1 日（木）～12 月 31 日（土）の測定結果

- 今回の調査対象は、前回同様 1,722 校園であった。
このうち、休校等により 12 月は 8 校園が未測定であったため、1,714 校園の測定結果について、以下報告する。
【1,714 校園の内訳】
保育所 522 園、幼稚園 324 園、小学校 478 校、中学校 236 校、高等学校 114 校、特別支援学校 21 校、高等専修学校等 19 校
- 測定の結果、教職員が受けた積算線量（時間平均）は、 $0\sim 0.6\mu\text{Sv/h}$ で推移しており、全体の平均値は $0.1\mu\text{Sv/h}$ であった。学校滞在時間を 1 日 8 時間、年間 200 日と仮定すれば、平均では年間約 0.2mSv （約 $0\sim 0.96\text{mSv}$ ）の線量を受けることが予測される。
【学校における積算線量予測（年間）】
 0.5mSv 未満：1,710 校園、 $0.5\sim 1\text{mSv}$ 未満：4 校園、 1mSv 以上：0 校
- 屋外活動の制限状況について
制限をしていない：695 校園、1 日の屋外活動の時間を制限：788 校園、屋外活動をしていない：231 校園

全体の年間被ばく線量: 1. 1ミリシーベルト

原発事故による主な放射性物質

^{134}Cs ^{137}Cs ^{131}I ^{90}Sr

大気中: 76.9 マイクロシーベルト

内部被ばく: 前回調査: 最大160マイクロシーベルト。
今回調査: 最大で、175.8 マイクロシーベルト

内部被ばく

外部被ばく

880マイクロシーベルト/年

再浮遊

地表面沈着

地表面沈着

水・食品: 前回83.1マイクロシーベルト
今回98.9マイクロシーベルト

健康影響

症状のない状態
病的状態
死亡

ICRP 勧告

- Ç <大項目> 放射線影響と放射線防護
- Ç <中項目> 原子力施設に係わる放射線防護
- Ç <小項目> 放射線防護の基礎
- Ç <タイトル>
- Ç ICRP勧告(1990年)による個人の線量限度の考え (09-04-01-08)

Ç -----

Ç <概要>

- Ç ICRP(国際放射線防護委員会)による線量限度は、個人がさまざまな線源から受ける実効線量を総量で制限するための基準として設定されている。数値的な根拠は、確定的影響を防止し、確率的影響を合理的に達成できる限り制限するという考え方に沿って設定されている。特定の組織(水晶体、皮膚)については、確定的影響の防止の観点から、それぞれのしきい値を基準にして線量限度が決められている。確率的影響(がん、遺伝的疾患の誘発)に関しては、受け容れられない(Unacceptable)リスクレベルの下限值として被ばく年数によるリスクの蓄積を考慮し、生涯における限られた期間だけのリスク「年あたり 10^{-3} 」を設定し、このリスクをもたらす実効線量を年あたり20mSv(生涯線量1Sv)と見積もっている(作業者の場合)。公衆の(実効)線量限度(1mSv/年)は、これに加えて自然放射線による年間の被ばく線量1mSv(ラドンによる被ばくを除く)を考慮して設定されている。

Ç -----

Ç

Q. 郡山～福島的环境中の高放射線量下における、
内部被爆線量管理は意味があるか。

ㇿ 今回の調査でも内部被ばくは、食事と大気由来のものを合計しても200マイクロシーベルト程度。

ㇿ 一方环境中の空間線量による被ばくはその4倍程度で、空間線量を減らすかが今後の被ばく軽減のカギだと思う。

Q. 昨年の福島第一原発事故の水素爆発により静岡のお茶にセシウムが入っていたり牛が食べる稲わらから放射性物質が検出されたりと私たちは混乱の渦に巻き込まれましたが、その後の汚染状況はいったいどこまで広がっているのでしょうか？

Q. 現在も福島第1原発からの放射線の漏洩が続いていますが、漏洩レベル下がったとしても降雨などにより地上に降り注いでいます。人体への影響はないということで良いですか。

Q. 放射性物質のイメージがつかめません。固体なのでしょうか。どの位の大きさなのでしょうか。目には見えない大きさのものがチリや埃に付いて降ってくると考えればいいのでしょうか？

☞ 内部被曝の一方で、外部被曝は環境中のセシウムによる γ 線

☞ 生態系での放射性セシウムの挙動を知ることが大事

☞ 植物への移行はどのようなになっているのか？

Q. 放射能はなかなかつかみにくいのですがどんなイメージですか？

☞ 植物のRI イメージングが分かりやすいので例をしめします。植物からの放射線を感光板の一種で映像化しました。



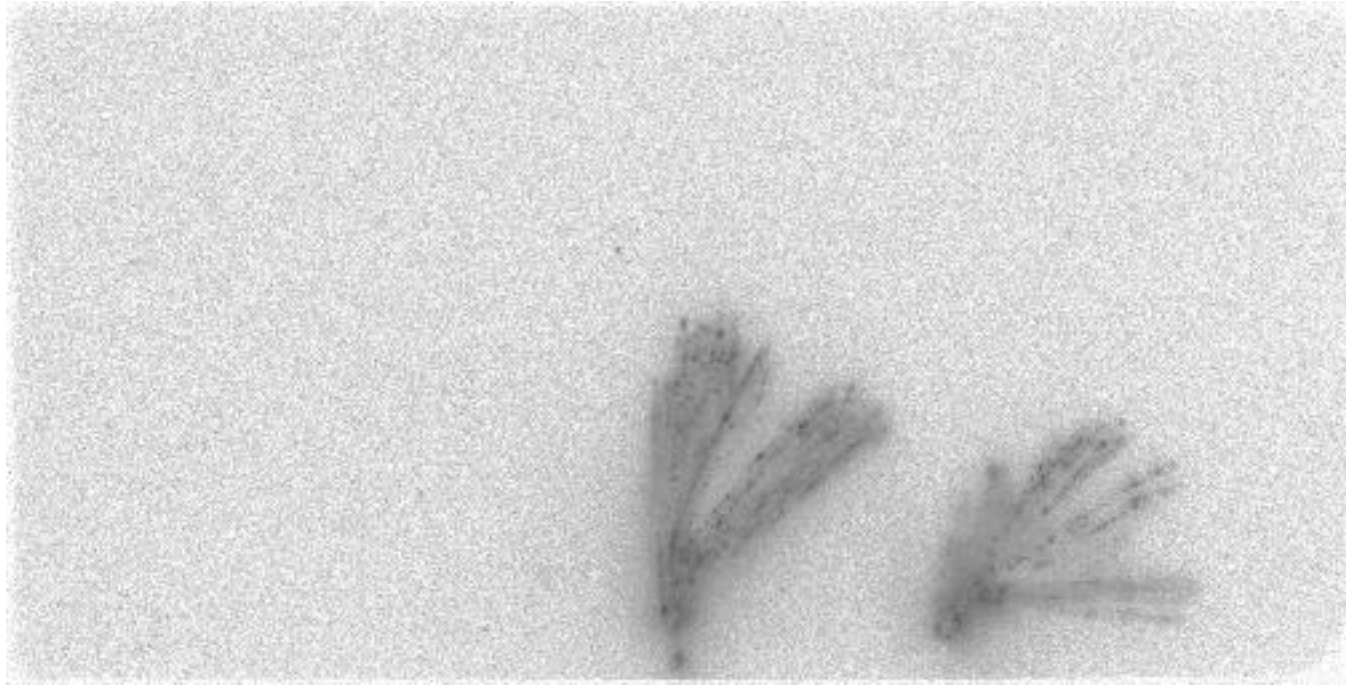
京大周辺のマツ
(対照)

マツ洗淨前

マツ洗淨後

5h11m 感光板に挟み込み

放射線のイメージ



京大周辺のマツ
(ネガコン)

マツ洗浄前

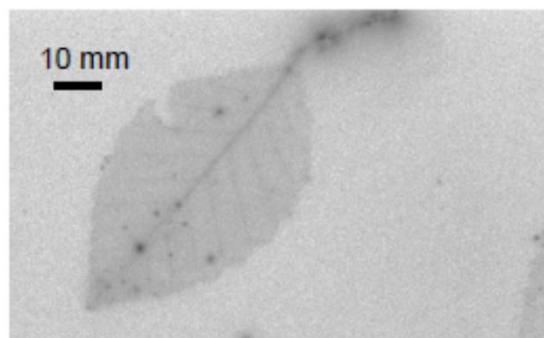
マツ洗浄後

A

ぶな

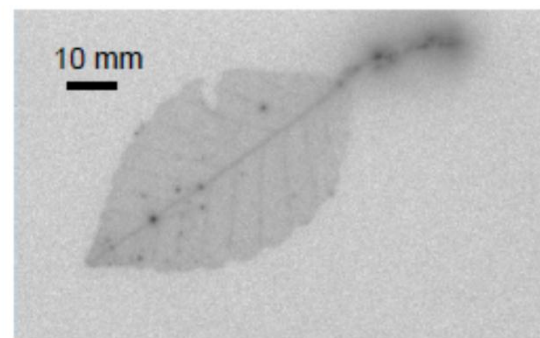
*Fagus
crenata*

前



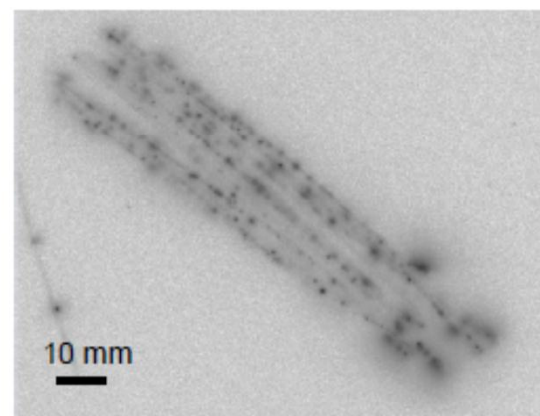
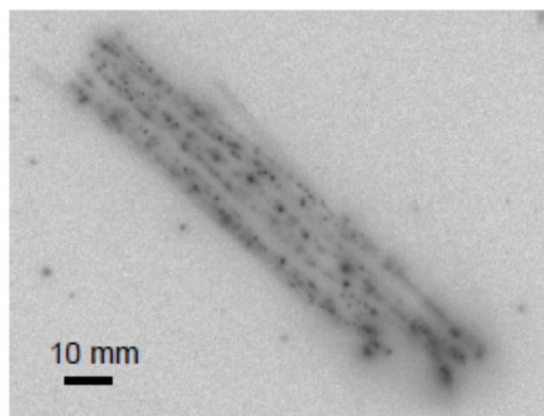
洗浄

後



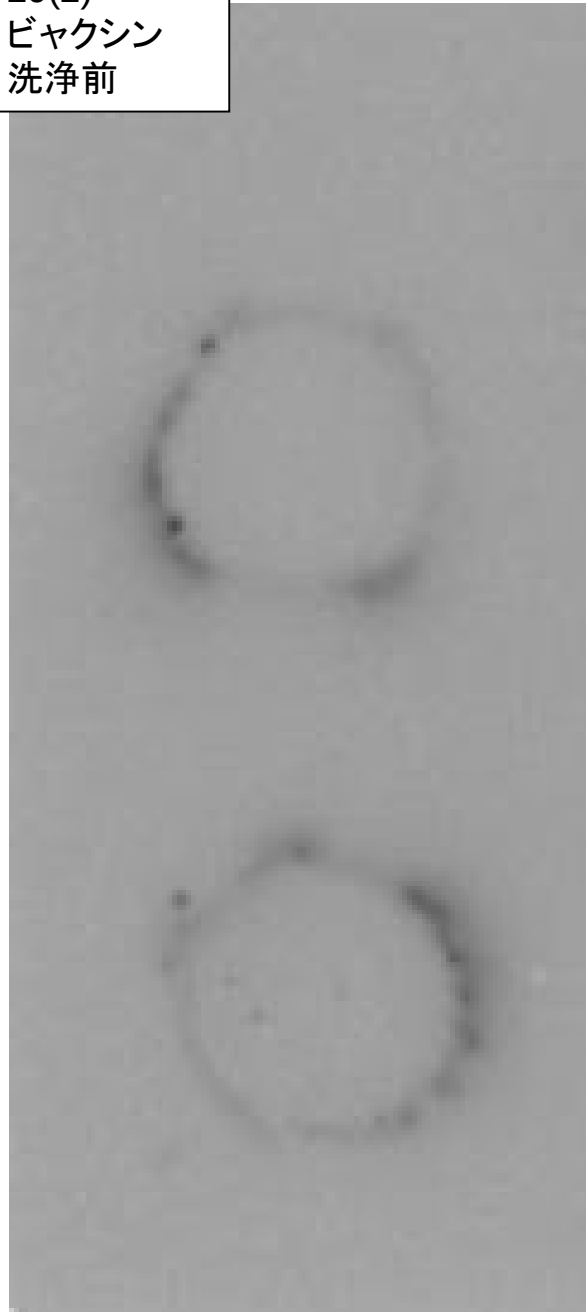
くろま
つ

*Pinus
thunbergii*

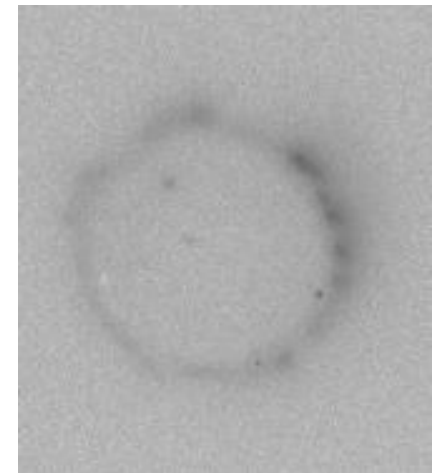
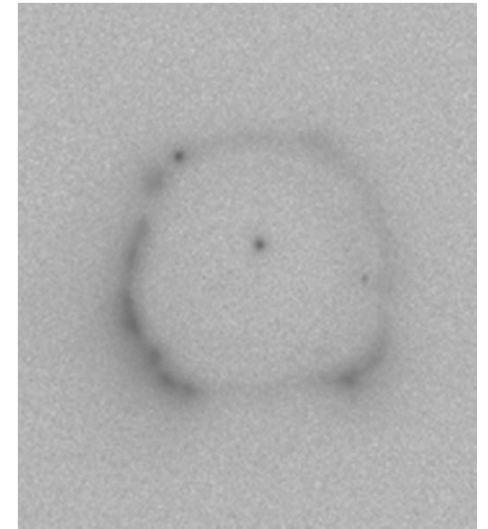




29(2)
ビャクシン
洗浄前



29(2)
ビャクシン
洗浄後



森林への移行

- ㊦ 空間線量率と森林天蓋中 ^{137}Cs 濃度は高い相関がある。
- ㊦ 吸着量のうち、約6割は洗淨不可。
- ㊦ 20km圏内の空間線量率を計算値と実測値を比較したところ、5倍の誤差の範囲で再現できており、相関係数0.67を得た。
- ㊦ 20km圏内の森林天蓋による ^{137}Cs 吸着量は $7.0 \times 10^{13}\text{Bq}$ となった。このうち $4.2 \times 10^{13}\text{Bq}$ は洗淨不可であり、これは総放出量の0.32%に相当する。
- ㊦ 森林に吸着された ^{137}Cs は除染が困難であり、長期にわたって地域に影響を与える続ける可能性がある。
- ㊦ また、天蓋吸着量の $7.0 \times 10^{13}\text{Bq}$ の内、その4割は、急速に河川を通じて流水系に流れ出る。

阿武隈川から海へ1日500億ベクレル 放射性セシウム

福島県中央部を流れる阿武隈川から海に流れ出る放射性セシウムの量が1日あたり約500億ベクレルにのぼることが京都大、筑波大、気象研究所などの合同調査で分かった。福島第一原発事故に伴い、東京電力が4月に海に放出した低濃度汚染水のセシウムの総量に匹敵する。専門家は継続的な監視が必要としている。

阿武隈川は福島県郡山市や福島市を北上、宮城県岩沼市で太平洋に注ぐ。流域面積は5400平方キロで、事故による汚染が大きい地域が広く含まれる。



朝日新聞

Q今後の広がりの予測は？



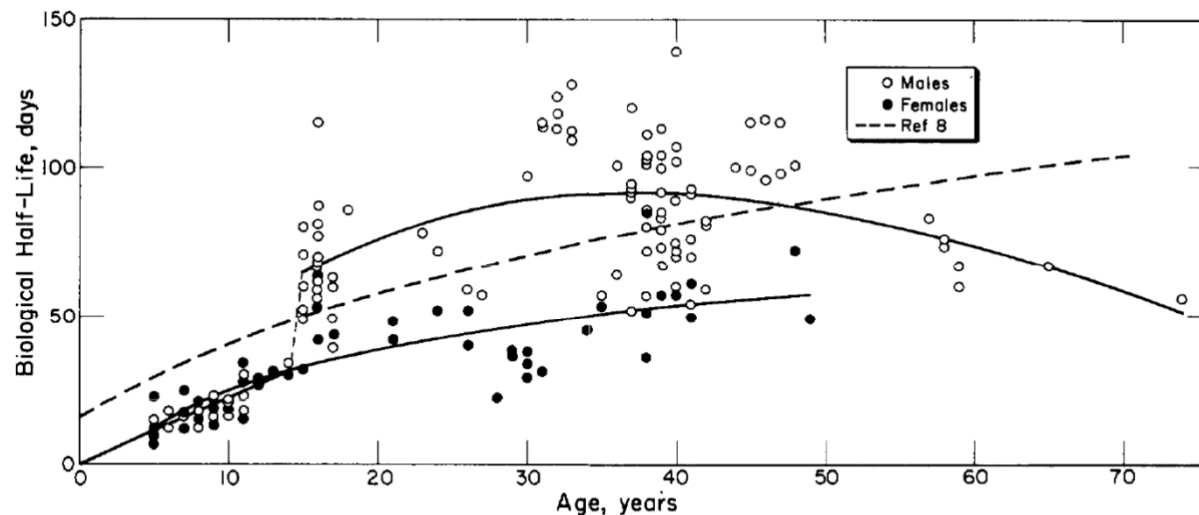
今後の河川を通じた海洋への汚染の広がりが心配。

Q. 体外へ排出された放射性物質はいったいどこへ行きその後どうなるのでしょうか？

Q. 食べ物などによってより早く排出を促す方法はあるのでしょうか

核種	物理的半減期	生物学的半減期
^{137}Cs	30.1年	150-20 日

体に取り込まれた ^{137}Cs は、体内から生物学的半減期で排出され、環境中に放出されます。環境中では、物理的半減期で消えてゆきます。

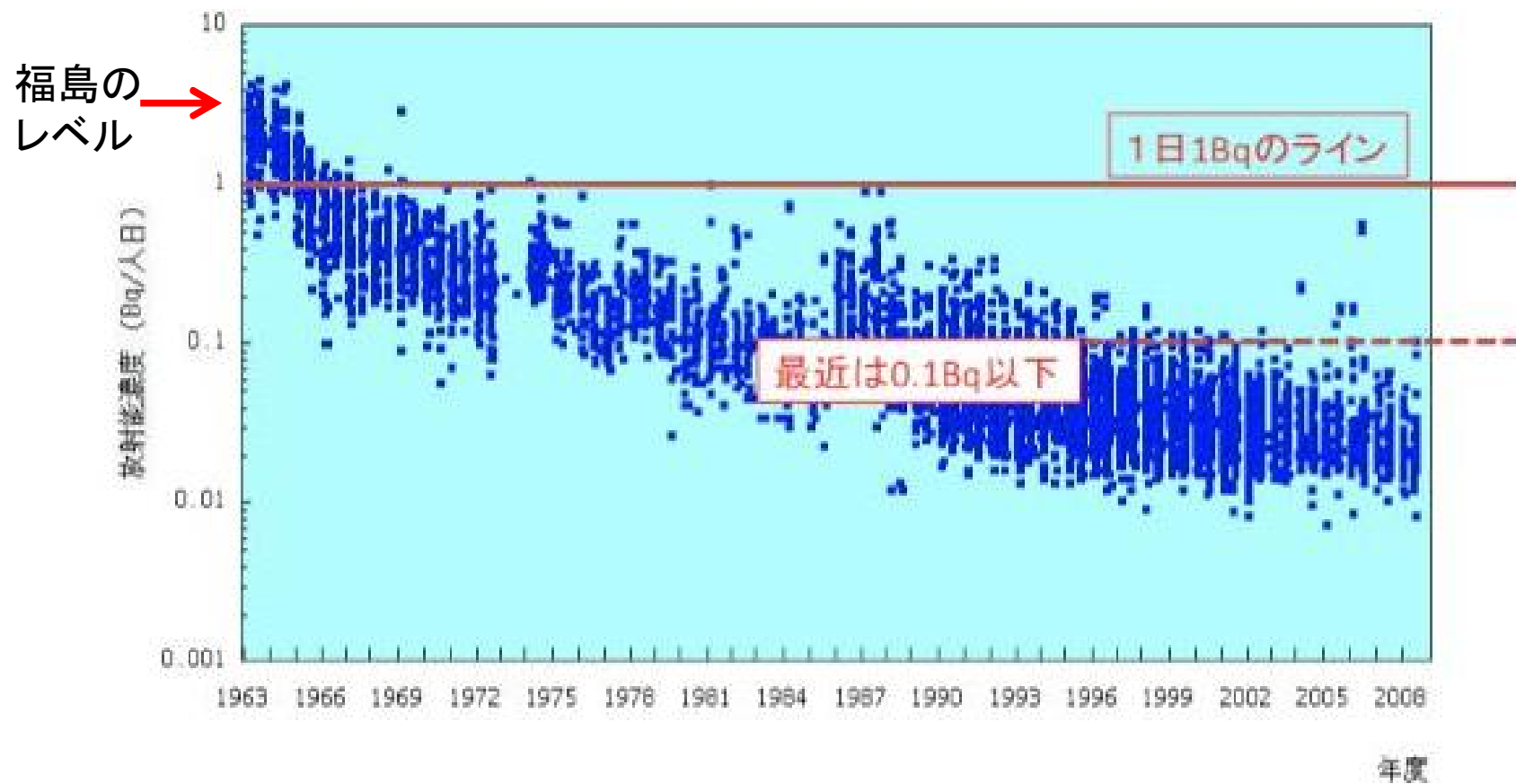


Boni AL
Nature 1969

Fig. 2. Effect of age on biological half-life in males and females.

Q Q. 地球上ではこれまで度重なる核実験が行われたたくさんの放射性物質がばらまかれてきましたが、今更食材の産地や調理方法などを気にしても結局変わらないのでしょうか？

過去の食事と比べて



全国における日常食中のCs-137の経年変化

放射能を減らす調理法

Q. 調理法によって早く排出する方法。

Q. 乳幼児への安全性、食事での内部被曝の予防法などあれば教えてください。

なお、熱によって放射性物質が低減することはありませんが、独立行政法人放射線医学総合研究所によれば、「野菜を洗う、煮る(煮汁は捨てる)、皮や外葉をむく、などによって、放射性物質による汚染の低減が期待できる」とのことです。

放射性物質が特に気になる方は、参考にしてください。

消費者庁Q & A

Q.食品安全委員会の食品健康影響評価では、追加被ばく量100mSv以下では健康への影響は不明とされていますが、「放射線の被ばく量は少ないに超したことはないのだから、食品の基準値が100Bq/Kgだとしても、できるだけ小さい数値、すなわち、50とか10とか、もっと言えば0Bq/Kgの方が安全ではないのか」と訊かれることがあります。このような質問にはどのように回答すればよいのでしょうか。また、相手方は納得できるのでしょうか。

☞ 自然放射能40Kの揺らぎが一日当たりの食事で0ー126.1Bqまでありました。この放射能は野菜や果物に由来します。野菜や果物が体に良いことから多くとることが推奨されています。ICRPでは、40Kは直ちに体から出てゆくので評価しません。個人差等を見逃したかなりおおらかな評価だと思います。

☞ この様に随所におおらかに評価しているので、10と0Bqの差を誤差と重ね合わせて議論すべきだと思います。

個人差は非常に大きい

フィンランド住民における ^{137}Cs と ^{40}K のレベル

Table 2. Amounts of ^{137}Cs , ^{40}K , and potassium (calculated from ^{40}K values) in the people studied and measured by a whole-body counter.

Subject	Sex	Whole-body counting					
		^{137}Cs (Bq)	^{137}Cs (Bq kg ⁻¹)	^{40}K (Bq)	^{40}K (Bq kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	^{137}Cs (Bq gK ⁻¹)
1	F	248	4.51	2520	45.8	1.45	3.11
2	F	248	4.28	3550	61.2	1.94	2.2
3	F	363	6.05	2930	48.8	1.55	3.91
4	F	157	2.75	3120	54.7	1.73	1.59
5	F	124	1.63	3030	39.8	1.26	1.29
6	F	165	2.46	3340	49.8	1.58	1.56
7	F	100	1.72				
8	M	890	11.41	4940	63.4	2.01	5.68
9	M	303	3.48	4530	52.1	1.65	2.11
10	M	367	4.03	4530	49.7	1.58	2.56
11	M	424	4.46	4740	49.9	1.59	2.82
12	M	738	8.68	5200	61.1	1.94	4.48
13	M	187	2.75	4580	67.4	2.14	1.29
14	M	290	2.61	4930	44.4	1.41	1.86
Mean	F	201		3080		1.59	2.28
Mean	M	457		4780		1.76	2.97
Mean		329		3990		1.68	2.65
15	M	8380	88.2				
16	M	21500	239				
17	M	8310	94.5				
18	M	5320	83.1				
Mean		10900	126				

ホールボ
ディカウン
ターで計測
計測はすべ
て1999年
—2001年に
行われた。

チェルノブイリ事故による汚染地区住民

Subjects 1–14 comprise the Helsinki group in southern Finland and subjects 15–18 comprise the Padasjoki group.

Radiation Protection Dosimetry
Vol. 103, No. 3, pp. 255–262 (2003)
Nuclear Technology Publishing

尿中の¹³⁷Cs

Table 3. Excretion of ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, and potassium via urine per day (potassium is calculated from ⁴⁰K values), effective half-lives of ¹³⁷Cs (T_{e137Cs}) and potassium (T_{eK}).

Subject	Sex	Excretion via urine				$A^{(b)}$	T_{e137Cs} (d)	T_{eK} (d)
		¹³⁷ Cs (Bq d ⁻¹)	⁴⁰ K (Bq d ⁻¹)	K ^(a) (g d ⁻¹)	¹³⁷ Cs (Bq gK ⁻¹)			
1	F	1.33	65.3	2.07	0.64	4.83	103	23
2	F	1.84	56.4	1.79	1.03	2.15	75	37
3	F	1.95	81.2	2.57	0.76	5.17	103	21
4	F	1.57	111	3.53	0.44	3.57	55	16
5	F	0.96	98.4	3.12	0.31	4.19	71	18
6	F	1.53	87.4	2.77	0.55	2.83	60	22
7	F	0.81	59.0	1.87	0.43		69	
8	M	4.76	153	4.86	0.98	5.80	104	19
9	M	2.01	108	3.43	0.58	3.60	84	25
10	M	1.64	116	3.68	0.45	5.73	124	23
11	M	2.66	89.2	2.83	0.94	3.00	88	31
12	M	4.69	118	3.73	1.26	3.56	87	26
13	M	1.14	113	3.59	0.32	4.05	91	24
14	M	1.31	139	4.4	0.3	6.25	123	21
Mean	F	1.43	79.9	2.53	0.56	3.79	77	23
Mean	M	2.60	120	3.79	0.69	4.57	100	24
Mean		2.01	99.7	3.16	0.64	4.21	88	24
15	M	55.5	78.4	2.49	22.3			
16	M							
17	M	68.0	102	3.23	21.1			
18	M							
Mean		61.8	90.2	2.86	21.7			

非汚染地域でも
ヒトによって¹³⁷Cs
はかなり差があ
る。しかし、
その差は非汚染
地域に比べて小
さい。

Subjects 1–14 comprise the Helsinki group and subjects 15–18 comprise the Padasjoki group.

^(a)K is calculated from ⁴⁰K values.

^(b) $A = (Q_{137Cs}/Q_{40K}) \cdot (E_{u,137Cs}/E_{u,40K})$. Ratio of whole-body ¹³⁷Cs (Q_{137Cs}) to whole-body ⁴⁰K (Q_{40K}) divided by the ratio of daily ¹³⁷Cs in urinary excretion ($E_{u,137Cs}$) to daily ⁴⁰K urinary excretion ($E_{u,40K}$).