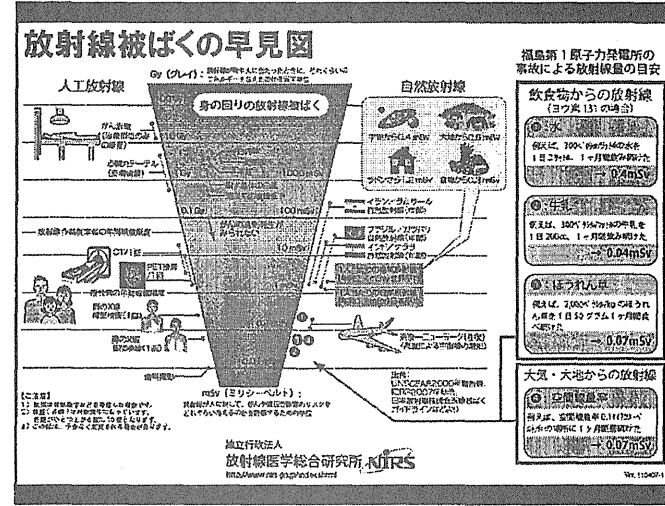


図27 タマネギ(種子)の体細胞分裂中の細胞



食品の放射能汚染

1945～ 核実験
 1963.8.5 部分的核実験禁止条約
 (米, 英, 露) 後に111カ国

1954.3.1 第五福竜丸事件

1986.4.26 チェルノブイリ原発事故
 輸入食品中の放射能暫定限度
¹³⁴Cs, ¹³⁷Csの和として370 Bq/kg

1999.9.30 東海村JCO臨界事故
 緊急時における食品の放射能測定マニュアル

2011.3.11 福島第一原発事故
 飲食物摂取制限に関する指標

2012.4.1 食品衛生法に基づく規格基準

放射能汚染された食品の取り扱いについて

暫定規制値 (2011.3.17)

○ 飲食物摂取制限に関する指標

核種	原子力施設等の防災対策に係る指針における 摂取制限に関する指標値 (Bq/kg)	
放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種: ¹³¹ I)	飲料水、牛乳・乳製品 注)	300
	野菜類(根菜、芋類を除く。)	2,000
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	500
ウラン	乳幼児用食品、飲料水、 牛乳・乳製品	20
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	100
プルトニウム及び 超ウラン元素のアルファ核種*	乳幼児用食品、飲料水、 牛乳・乳製品	1
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	10

注) 100 Bq/kgを超える牛乳・乳製品は、乳児用調製粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること。

* ²³⁸Pu, ²³⁹Pu, ²⁴⁰Pu, ²⁴²Pu, ²⁴¹Am, ²⁴²Cm, ²⁴³Cm, ²⁴⁴Cm放射能濃度の合計

放射能汚染食品の新基準値 (2012.4.1施行)

○飲食物摂取制限に関する指標

核種	摂取制限に関する指標値 (Bq/kg)
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品 200
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他 500

○基準値 (2012.4.1施行)

核種	食品の区分	濃度 (Bq/kg)
放射性セシウム (¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Csの和)	飲料水、(茶飲料)	10
	牛乳、(乳飲料)、乳児用食品	50
	一般食品、(乳製品)	100

経過措置：米、牛肉；平成24年10月1日より適用

大豆；平成25年1月1日より適用

上記原材料食品；指定期日以降、製造、加工、輸入品に適用

各国の規制値

(参考) 放射性核種に係る日本、各国及びコーデックスの指標値

	放射性ヨウ素 ¹³¹ I				放射性セシウム ¹³⁴ Cs ¹³⁷ Cs				
	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類 (除根菜類)	その他	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類	穀類	肉・卵・魚・その他
日本	300	300	2,000	魚介類 200	(10) 200	(50) 200	(100) 500	(100) 500	(100) 500
Codex	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
シンガポール	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
タイ	100	100	100	100	500	500	500	500	500
韓国	300	150	300	300	370	370	370	370	370
中国	-	23	100	魚介類を除く 野菜類・果物 100	-	320	210	260	肉・卵・魚類を除く 1,000
香港	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
台湾	300	55	300	300	370	370	370	370	370
フィリピン	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ベトナム	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
マレーシア	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
米国	170	170	170	170	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
EU	300	300	2,000	2,000	200	200	500	500	500

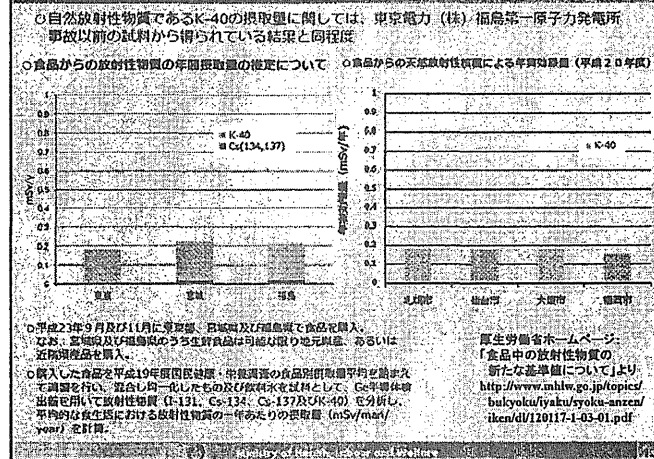
(注) Codex においては、放射性ヨウ素の他に設定した数値(100)は、Sr-90、Ru-106、I-129、I-131、U-236の合計
放射性セシウムの他に設定した数値(1000)は、Cs-60、Cs-64、Ba-135、Cs-134、Cs-137、Cs-144、Ba-142の合計
()内は2012年4月1日以後：牛乳、乳飲料以外の乳製品は100 Bq/kg

(参考) ヨウ素の防護基準 セシウムの防護基準
ICRP 国際放射線防護委員会 2007年 2.2 × 10⁻⁸ Sv × 2 × 365日 = 4.22 mSv/年
200 × 1.3 × 10⁻⁸ Sv × 2 × 365日 = 1.02 mSv/年

米のセシウム汚染状況 (2011年8月～厚生労働省発表)

地域	検査数	検出レベル (Bq/kg)				
		不検出	<10	10 ≤ <50	50 ≤ <100	100 ≤
青森	32	32				
岩手	102	101				
宮城	381	381		1		
秋田	73	73				
山形	291	291				
福島	1281	1081	27	151	14	8
茨城	389	384		1	3	
栃木	252	249		1	2	
群馬	93	91			2	
埼玉	113	113				
千葉	294	293		1		
東京	11	11				
神奈川	2	2				
山梨	51	51				
長野	68	68				
静岡	6	6				
合計	3439	3228	27	155	21	8
(%)	100.00	93.86	0.79	4.51	0.61	0.23

食品からの放射性物質の摂取量推計



放射性物質に係る食品の安全確保対策

政府対応：食品衛生法に基づく規格基準設定

厚生労働省：食品中の放射性物質への対応

http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html

原子力災害対策特別措置法に基づく
食品に関する出荷制限、摂取制限

<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001a3pj-att/2r9852000001a3rg.pdf>

民間対応

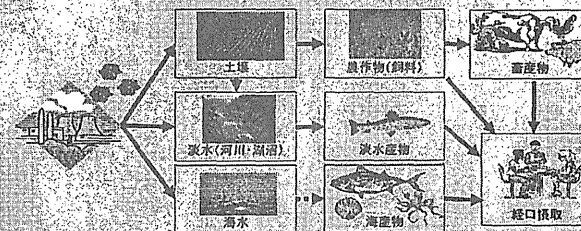
1. 閾値設定（食品衛生法または独自規格）
2. トレーサビリティ確保（出荷制限、摂取制限確認）
3. 検査

規制対象とする放射性核種の考え方について②

●規制値設定の考え方

放射性セシウム以外の核種（ストロンチウム90、プルトニウム、ルテチウム106）は、測定に時間がかかるため、移行経路ごとに各放射性核種の移行濃度を解析し、産物・年齢区分に応じた放射性セシウムの寄与率を算出し、合計して1mSvを超えないように放射性セシウムの基準値を設定する。

※放射性セシウム以外の核種の線量は、例えば19歳以上で約12%。



食品中の放射能測定方法

緊急時における食品の放射能測定マニュアル（2011.3.17厚労省通知）

1. NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによる放射性ヨウ素の測定法
2. ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析法
3. ウラン分析法及びプルトニウムの迅速分析法
4. 放射性ストロンチウム分析法

牛肉中の放射性Csスクリーニング法（2011.7.29厚労省事務連絡）

米及び麦類中の放射性Csスクリーニング法（2011.10.4厚労省事務連絡）

食品中の放射性Csスクリーニング法（2012.3.1厚労省事務連絡）

食品中の放射性セシウム検査法（2012.3.15厚労省通知）

文部科学省放射能測定法シリーズ

7. ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー
24. 緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法

放射線測定

ガイガー・ミュラー計測管

電離された不活性ガスを測定
 α, β, γ （計測効率各80, 80, 5%）

ゲルマニウム半導体検出器

ゲルマニウム結晶に生じた電荷を測定

γ

シンチレーション検出器

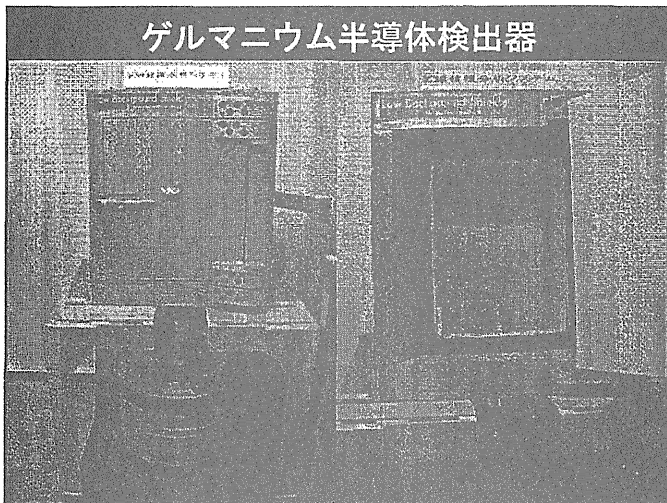
電離作用により生じた蛍光を測定

α, β, γ

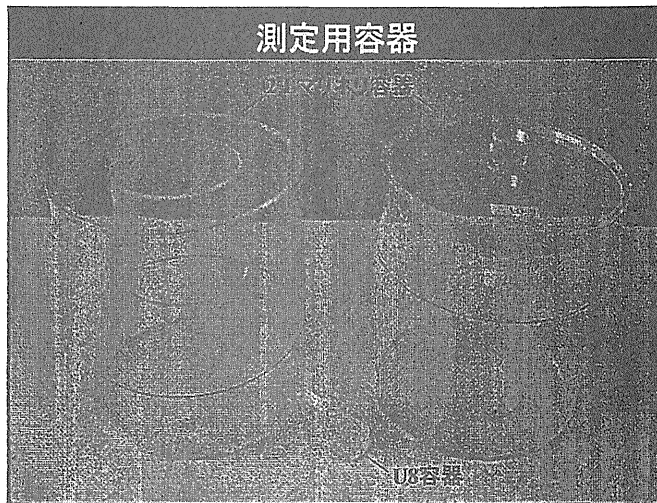
ICP-MS

緊急時における食品の放射能測定マニュアル
U, Puの迅速分析法

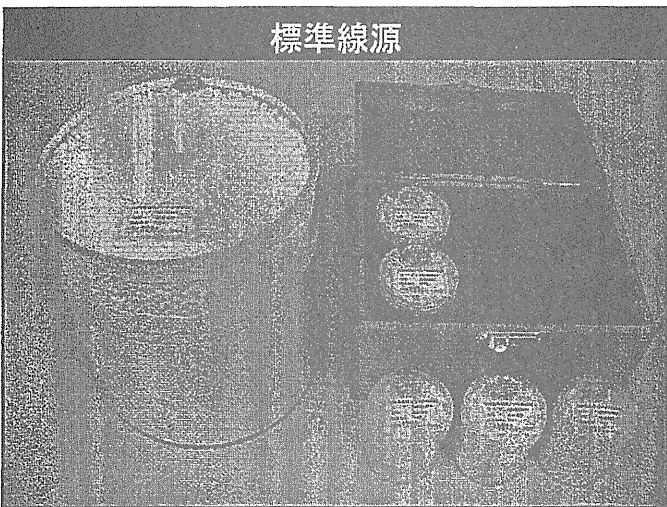
ゲルマニウム半導体検出器



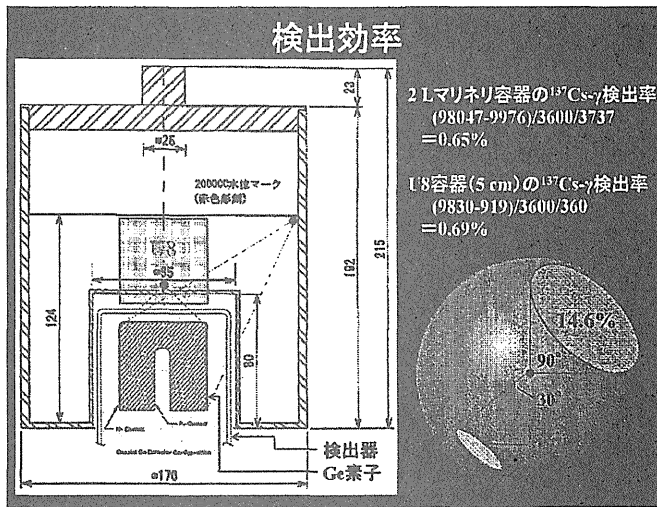
測定用容器

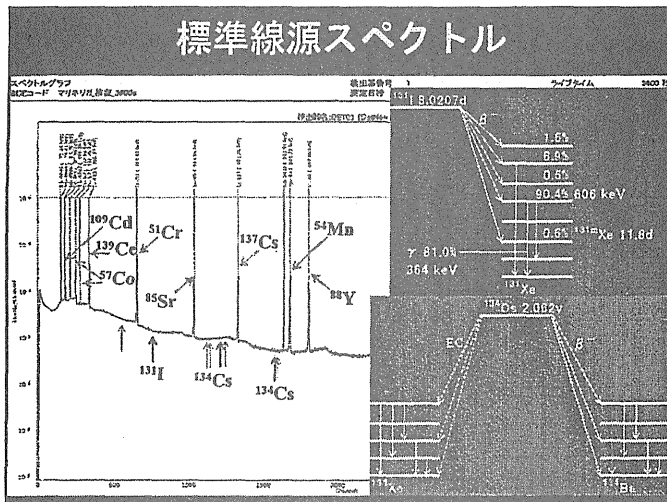


標準線源



検出効率





標準線源分析結果

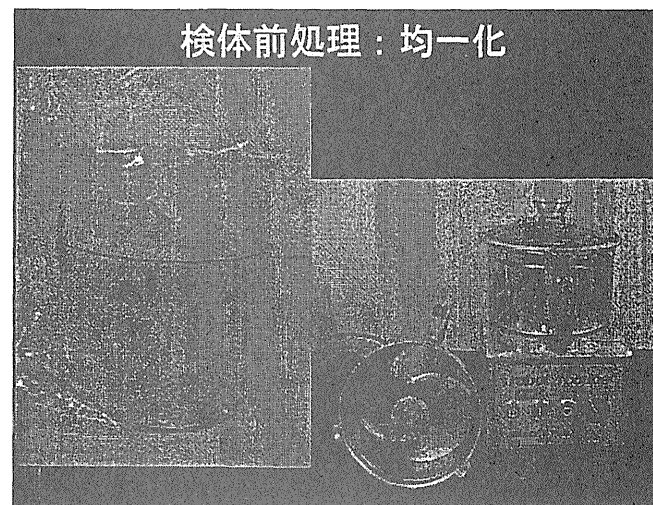
No.	核種名	エネルギー (keV)	半減期	放射能濃度 (Bq/kg)	測定平均放射能濃度 (Bq/kg)	抽出算出値 (Bq/kg)	γ-線
1	04-109	88.03	4.63E+02 D	2.036E+04 ± 0.005E+01	2.036E+04 ± 0.096E+01	2.261E+02	
2	05-57	122.06	2.72E+02 D	1.397E+03 ± 4.011E+00	1.395E+03 ± 2.889E+00	4.017E+00	
3	05-57	133.47	2.72E+02 D	1.265E+03 ± 1.501E+01	1.355E+03 ± 4.889E+00	6.985E+01	
4	05-139	165.85	1.37E+02 D	1.239E+03 ± 2.734E+00	1.236E+03 ± 2.734E+00	6.349E+00	
5	05-61	320.04	2.77E+01 D	1.419E+04 ± 2.823E+01	1.419E+04 ± 2.823E+01	5.189E+01	
6	05-85	514.00	6.49E+01 D	1.233E+03 ± 4.402E+00	1.233E+03 ± 4.402E+00	4.409E+00	
7	05-137	661.84	2.62E+01 Y	1.019E+03 ± 6.872E+00	1.019E+03 ± 6.872E+00	6.951E+00	
8	05-84	834.83	3.12E+02 D	1.908E+03 ± 6.601E+00	1.905E+03 ± 6.591E+00	7.329E+00	
9	Y-88	898.02	1.06E+02 D	1.695E+03 ± 7.191E+00	1.612E+03 ± 6.351E+00	2.283E+00	
10	Co-60	1120.21	5.27E+00 Y	2.412E+03 ± 6.268E+00	2.403E+03 ± 6.023E+00	6.605E+00	
11	Co-60	1332.47	5.27E+00 Y	2.394E+03 ± 6.654E+00	2.403E+03 ± 6.023E+00	5.575E+00	
12	Y-88	1836.13	1.06E+02 D	1.745E+03 ± 8.147E+00	1.812E+03 ± 6.391E+00	2.578E+00	

検査の信頼性確保

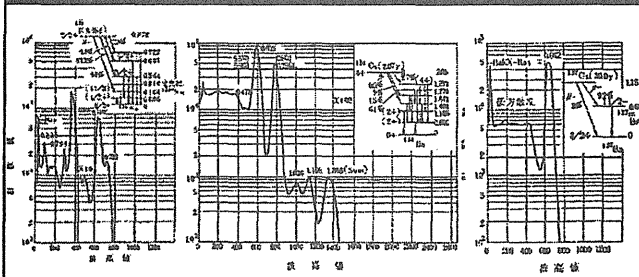
測定装置の管理
エネルギー校正、ピーク効率校正、
サム効果補正 (ピーク・トータル比校正)
自己吸収補正、バックグラウンド管理

検体の調製
均一化、空隙
汚染防止

測定結果の確認
ピーク位置
測定値、再現性、検出限界



NaIシンチレーター分析例



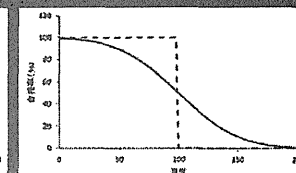
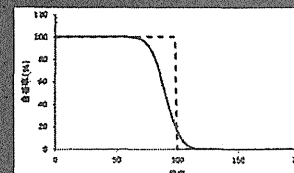
文部科学省：放射能測定法シリーズ 6
NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ機器分析法より

スクリーニング法

食品中の放射性セシウムスクリーニング法
(2012.3.1厚労省事務連絡)

スクリーニングの対象：一般食品（基準 100 Bq/kg）

1. 測定下限値：25 Bq/kg（基準値の1/4）以下
2. スクリーニングレベル：基準値の1/2 以上



検査の流れ

- 検体送付：密封状態で2 L以上
・食品が傷まないように
- 検体受領：受領後直ちに検査開始
- 検査・前処理（必要に応じて）
- ・ 充てん（2 Lマリネリ容器）
 - ・ 重量測定
 - ・ ガンマ線測定
 - ・ 試験成績書作成

結果報告

参考資料

食品中放射性物質の安全確保対策
月刊食料と安全、
9(12), 24-29 (2011)

食品の放射能測定について
クリーンテクノロジー、
22(3), 25-28 (2012)

食品中の放射性セシウム検査の 実際と問題点

- 放射線とは
- 食品の放射能汚染に対する規制
- 食品の放射能測定
- Ge半導体γ線スペクトロメトリ



サイエンスフォーラムセミナー 平成24年5月29日
放射性セシウム規制値への対応策と運用実態
(社)日本食品衛生協会 食品衛生研究所 村山三徳

元素

^1H : 陽子1, 電子1 ^{238}U : 陽子92, 中性子146, 電子92

1																	2		
H																	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													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	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118		
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo		
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					
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					

水素原子の遷移

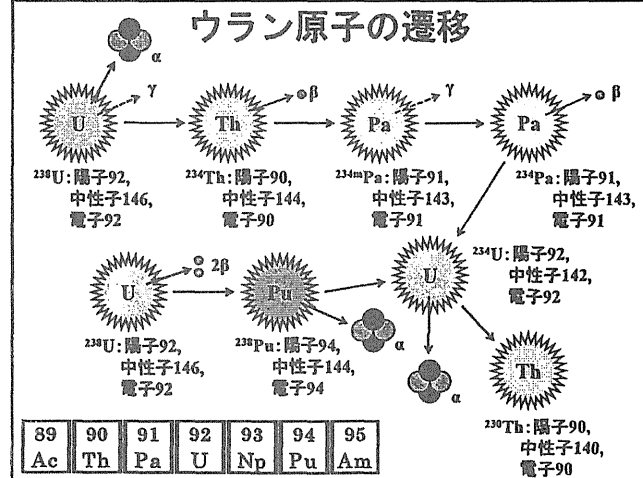
^1H : 陽子1, 電子1 ^3H : 陽子1, 中性子2, 電子1 ^4He : 陽子2, 中性子2, 電子2

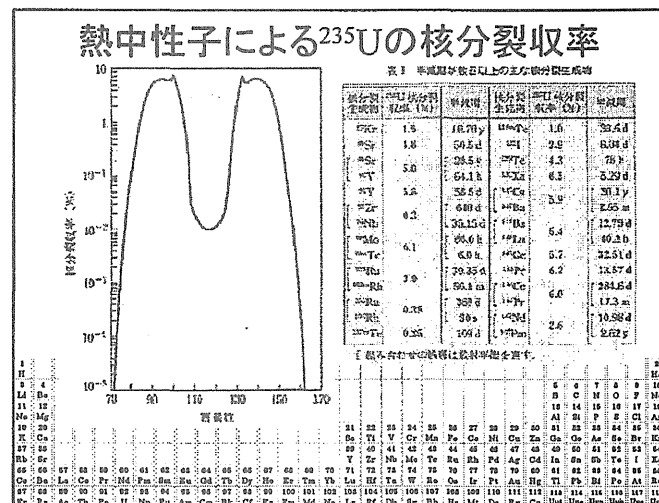
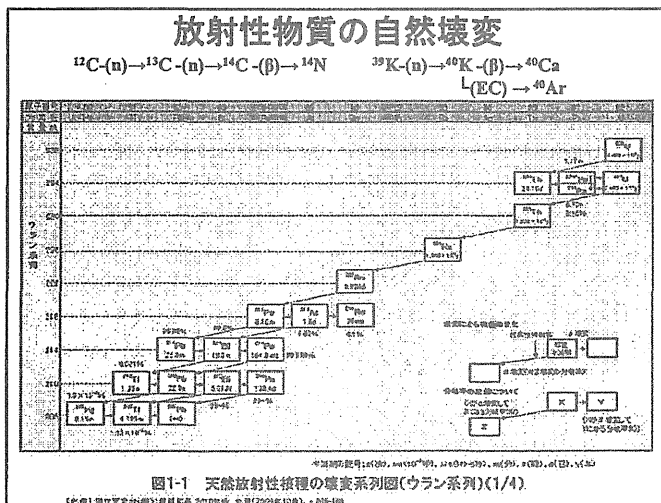
中性子 β: 電子

^3H : 陽子1, 中性子1, 電子1

1																	2		
H																	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													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	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118		
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo		

ウラン原子の遷移





放射線

アルファ線 : α ($p2, n2; ^4\text{He}^{2+}$)
 ベータ線 : β^\pm ($e^-; e^+$)
 ガンマ線 : γ (電磁波)
 中性子線 : n

単位

放射能 : Bq ; 1秒間に崩壊した原子核数
 (ラジウム1gの放射能 = 37 GBq = 1 Ci)
 吸収線量 : Gy (1 Gy = 1 J/kg = 100 rad)
 実効線量 : Sv ; 人体の吸収放射線の影響度
 (α : 1 Sv = 1 Gy \times 20; β, γ : 1 Sv = 1 Gy \times 1;
 n : 1 Sv = 1 Gy \times 5; 1 Sv = 100 rem)
 ^{137}Cs の実効線量係数 (mSv/Bq)
 吸入摂取 : 6.7×10^{-6} ; 経口摂取 : 1.3×10^{-5}

放射線による障害

電離作用 : $\alpha > \beta > \gamma$
 物理作用 : $\alpha > n > \beta$

早発性障害 :
 脱毛、皮膚障害
 悪心、嘔吐、全身倦怠

晩発性障害 :
 放射性白内障、加齢現象
 白血病、悪性リンパ腫、癌

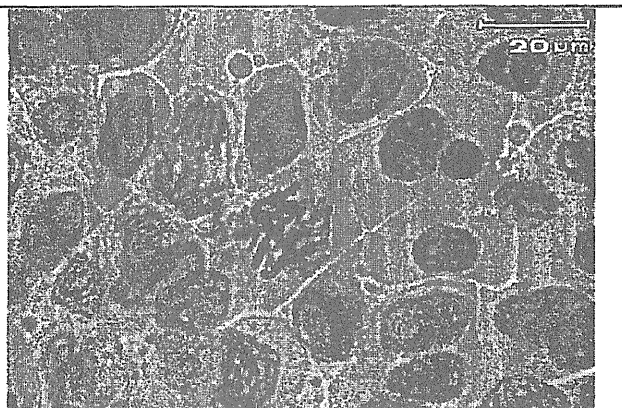
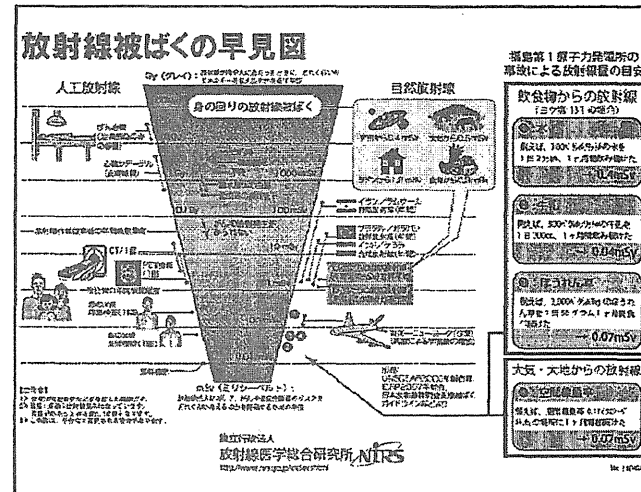


図27 タマネギ(種子)の体細胞分裂中の細胞 遠藤ら, 山形大学紀要(教育科学), 14, 65 (2007)より



食品の放射能汚染

- 1945～ 核実験
- 1963.8.5 部分的核実験禁止条約 (米, 英, 露) 後に111カ国
- 1954.3.1 第五福竜丸事件
- 1986.4.26 チェルノブイリ原発事故
輸入食品中の放射能暫定限度
 ^{134}Cs , ^{137}Cs の和として370 Bq/kg
- 1999.9.30 東海村JCO臨界事故
緊急時における食品の放射能測定マニュアル
- 2011.3.11 福島第一原発事故
飲食物摂取制限に関する指標
- 2012.4.1 食品衛生法に基づく規格基準

放射能汚染された食品の取り扱いについて 暫定規制値 (2011.3.17)

○飲食物摂取制限に関する指標

核種	原子力施設等の防災対策に係る指針における 摂取制限に関する指標値 (Bq/kg)	
放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種: ^{131}I)	飲料水、牛乳・乳製品 (注)	300
	野菜類(根菜、芋類を除く。)	2,000
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	500
ウラン	乳幼児用食品、飲料水、 牛乳・乳製品	20
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	100
プルトニウム及び 超ウラン元素のアルファ核種*	乳幼児用食品、飲料水、 牛乳・乳製品	1
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	10

注) 100 Bq/kgを超える牛乳・乳製品は、乳児用調製粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること。

* ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{242}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm 放射能濃度の合計

放射能汚染食品の新基準値（2012.4.1施行）

○ 飲食物摂取制限に関する指標

核種	摂取制限に関する指標値(Bq/kg)	
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	500

○ 基準値(案)2011.12.22

核種	食品の区分	濃度(Bq/kg)
放射性セシウム (¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Csの和)	飲料水、(茶飲料)	10
	牛乳、(乳飲料)	50
	乳児用食品	
	一般食品、(乳製品)	100

経過措置：米、牛肉；平成24年10月1日より適用
大豆；平成25年1月1日より適用
上記原材料食品；指定期日以降、製造、加工、輸入品に適用

各国の規制値

(参考) 放射性核種に係る日本、各国及びビョークデックスの指標値 (単位: Bq/kg)

	放射性ヨウ素 ¹³¹ I				放射性セシウム ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs				
	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類 穀類等	その他	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類	穀類	肉・卵・魚・その他
日本	500	200	2000	100	(10)	(50)	(100)	(500)	(100)
Codek	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
シンガポール	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
タイ	100	100	100	100	500	500	500	500	500
韓国	200	150	200	200	370	370	370	370	370
中国	-	50	100	100	-	300	210	200	100
香港	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
台湾	200	50	200	200	370	370	370	370	370
フィリピン	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ベトナム	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
マレーシア	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
米国	170	170	170	170	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
EU	200	200	2,000	2,000	200	200	500	500	600

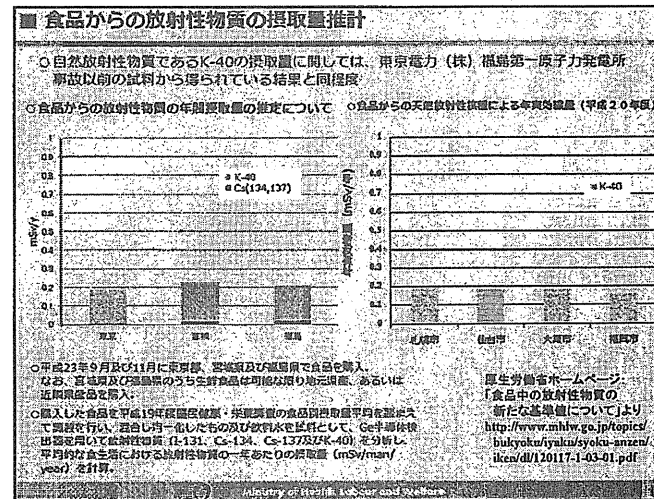
(注) Codek において、放射性ヨウ素の値に記した数値(100)は、Sr-90、Ru-106、I-131、U-235の合計放射性セシウムの値に記した数値(100)は、Cs-134、Cs-137、Cs-137m、Cs-137mの合計

(参考) 内は2012年4月1日以降；牛乳、乳飲料以外の乳製品は100 Bq/kg

【COP】 国際放射線 防護委員会	ヨウ素の指標値		セシウムの指標値	
	飲料水	食品	飲料水	食品
	500	100	500	100

米のセシウム汚染状況（2011年8月～厚生労働省発表）

地域	検査数	検出レベル(Bq/kg)				
		不検出	<10	10 ≤ <50	50 ≤ <100	100 ≤
青森	32	32				
岩手	102	101		1		
宮城	381	381				
秋田	73	73				
山形	291	291				
福島	1281	1081	27	151	14	8
茨城	389	384		1	3	
栃木	252	249		1	2	
群馬	93	91			2	
埼玉	113	113				
千葉	294	293		1		
東京	11	11				
神奈川	2	2				
山梨	51	51				
長野	68	68				
静岡	6	6				
合計	3439	3228	27	155	21	8
(%)	100.00	93.86	0.79	4.51	0.61	0.23



放射性物質に係る食品の安全確保対策

政府対応：食品衛生法に基づく規格基準設定

厚生労働省：食品中の放射性物質への対応

http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html

原子力災害対策特別措置法に基づく

食品に関する出荷制限、摂取制限

<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001a3pj-att/2r9852000001a3rg.pdf>

民間対応

1. 閾値設定（食品衛生法または独自規格）
2. トレーサビリティ確保（出荷制限、摂取制限確認）
3. 検査

食品中の放射能測定方法

緊急時における食品の放射能測定マニュアル（2011.3.17厚労省通知）

1. NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによる放射性ヨウ素の測定法
2. ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析法
3. ウラン分析法及びプルトニウムの迅速分析法
4. 放射性ストロンチウム分析法

牛肉中の放射性Csスクリーニング法（2011.7.29厚労省事務連絡）

米及び麦類中の放射性Csスクリーニング法（2011.10.4厚労省事務連絡）

食品中の放射性Csスクリーニング法（2012.3.1厚労省事務連絡）

食品中の放射性セシウム検査法（2012.3.15厚労省通知）

文部科学省放射能測定法シリーズ

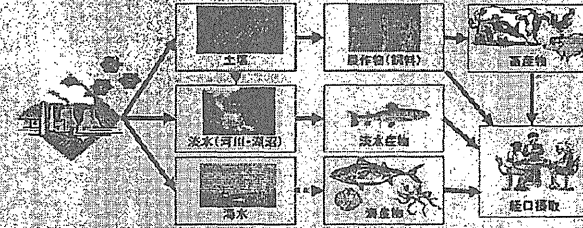
7. ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー
24. 緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法

規制対象とする放射性核種の考え方について②

●規制値設定の考え方

放射性セシウム以外の核種（ストロンチウム90、プルトニウム、ルテチウム106）は、測定に時間がかかるため、移行経路ごとに各放射性核種の移行濃度を解析し、産物・年齢区分に応じた放射性セシウムの寄与率を算出し、合計して1mSvを超えないように放射性セシウムの基準値を設定する。

※放射性セシウム以外の核種の線量は、例えば19歳以上で約12%。



放射線測定

ガイガー・ミュラー計測管

電離された不活性ガスを測定

α, β, γ （計測効率各80, 80, 5%）

ゲルマニウム半導体検出器

ゲルマニウム結晶に生じた電荷を測定

γ

シンチレーション検出器

電離作用により生じた蛍光を測定

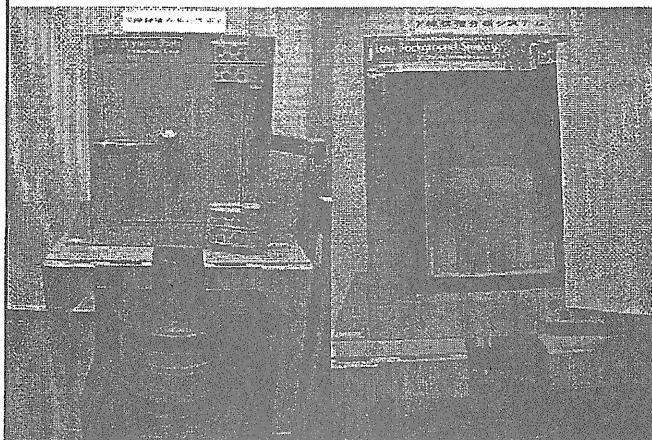
α, β, γ

ICP-MS

緊急時における食品の放射能測定マニュアル

U, Puの迅速分析法

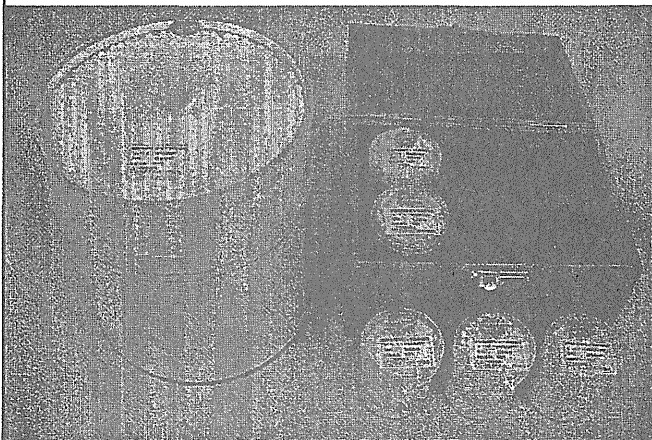
ゲルマニウム半導体検出器



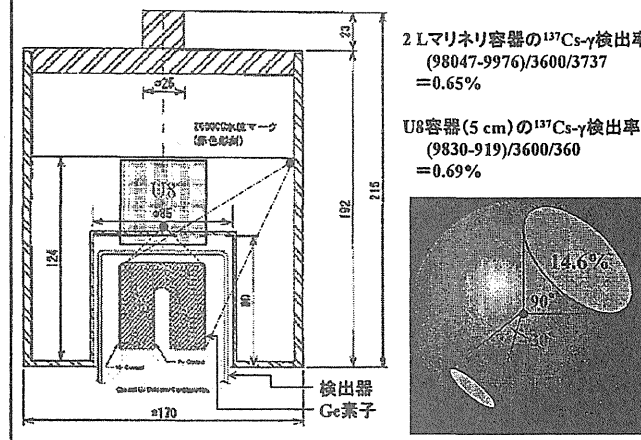
測定用容器



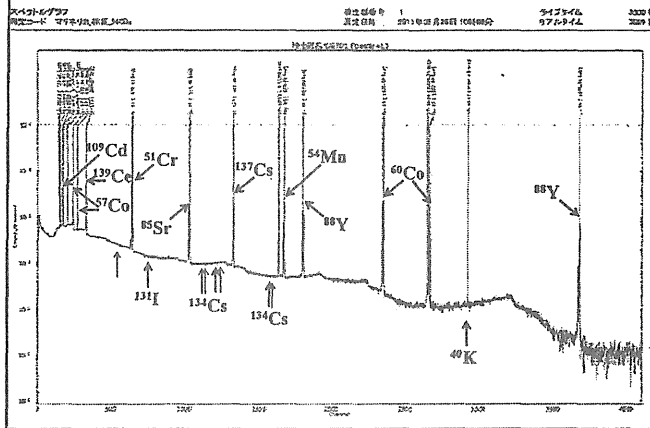
標準線源



検出効率



標準線源スペクトル



検査の信頼性確保

測定装置の管理

エネルギー校正、ピーク効率校正、
サム効果補正 (ピーク・トータル比校正)
自己吸収補正、バックグラウンド管理

検体の調製

均一化、空隙
汚染防止

測定結果の確認

ピーク位置
測定値、再現性、検出限界



食品中の放射性セシウム検査法 (2012.3.15厚労省通知)

検査結果の信頼性管理

- 1) 測定日毎にバックグラウンド測定
- 2) 測定日毎に空の測定容器を用いて測定
- 3) 定期的に標準線源を用いて校正
- 4) 測定日毎にエネルギースケール確認

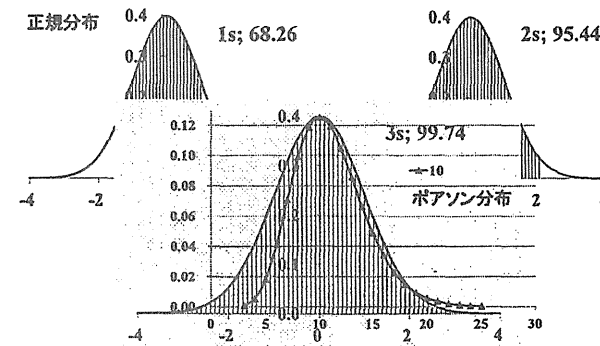
測定

- 1) 検出限界値が基準値の1/5以下
- 2) 基準値濃度における X/σ が10以上
 X : 測定値、 σ : 標準偏差

$$X_{Cs134} + X_{Cs137} \cdot ((\sigma_{Cs134})^2 + (\sigma_{Cs137})^2)^{1/2}$$

検出限界

検出限界: 検出できる最小量 (標準偏差 × 3)
 定量下限: 定量できる最小量 (標準偏差 × 10)



放射性セシウム新基準に伴う 食品等の検査の実際と課題

- ・ 放射線の基礎
- ・ 食品中の放射性物質の規格基準
- ・ 食品中の放射性セシウム検査法
- ・ Ge半導体γ線スペクトロメトリー
- ・ 放射性物質に係る
食品の安全確保対策



工業技術会・講演会 平成24年7月25日
社団法人 日本食品衛生協会 食品衛生研究所 村山三徳

放射線の基礎

- ・ 放射性核種
- ・ 放射線の種類
- ・ 放射線の人体への影響

元素

^1H : 陽子1, 電子1 ^{238}U : 陽子92, 中性子146, 電子92

1																	2				
H																	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															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	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86				
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118				
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo				
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							
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							

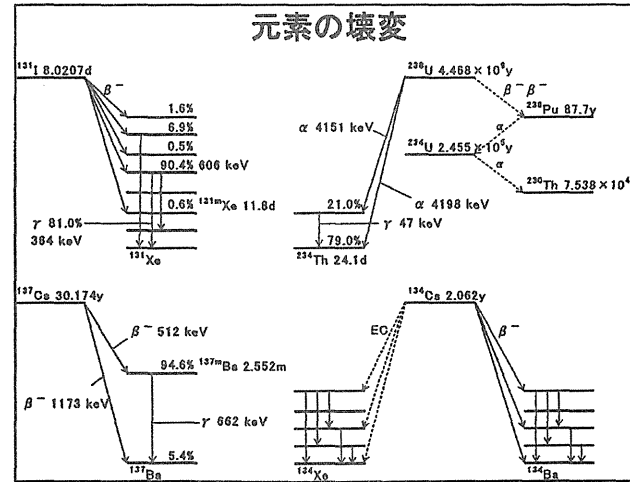
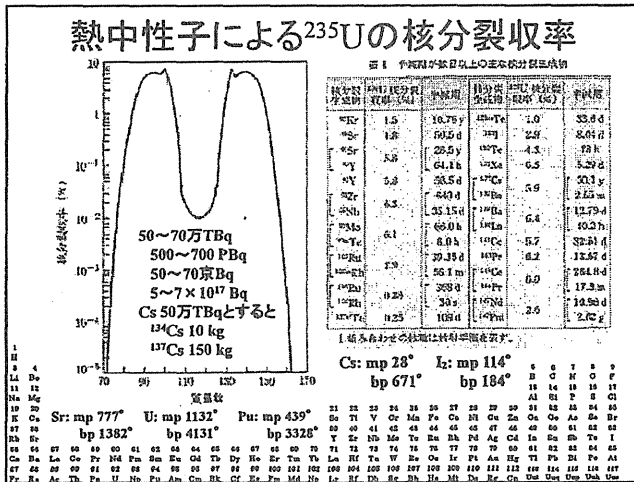
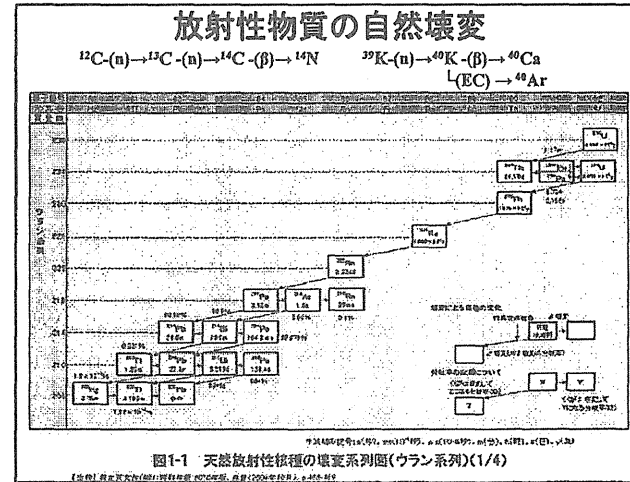
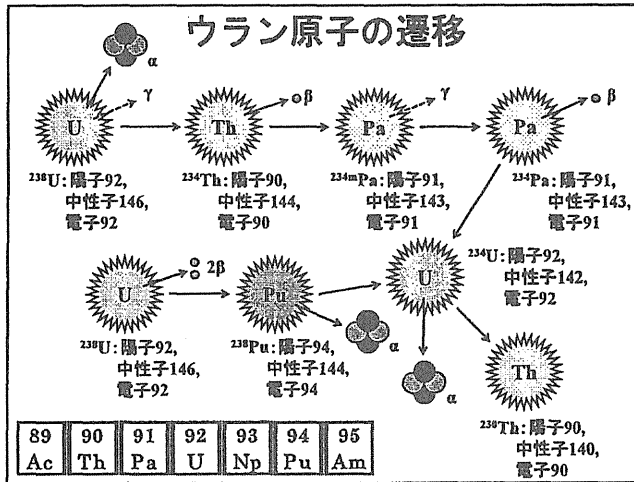
水素原子の遷移

^1H : 陽子1, 電子1 ^2H : 陽子1, 中性子1, 電子1 ^3H : 陽子1, 中性子2, 電子1

^3H : 陽子1, 中性子2, 電子1 ^3He : 陽子2, 中性子1, 電子2

中性子 β: 電子

1																	2				
H																	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															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	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86				
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118				
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo				



放射線

アルファ線 : α ($p2, n2; {}^4\text{He}^{2+}$)
 ベータ線 : β^\pm ($e^-; e^+$)
 ガンマ線 : γ (電磁波)
 中性子線 : n

単位

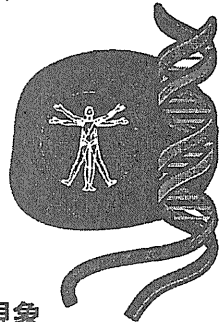
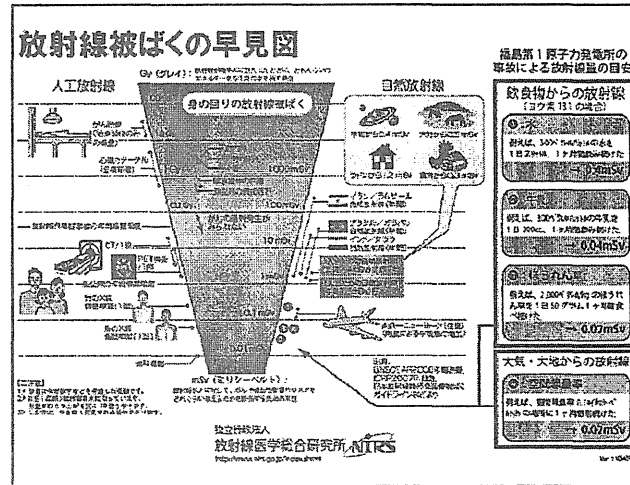
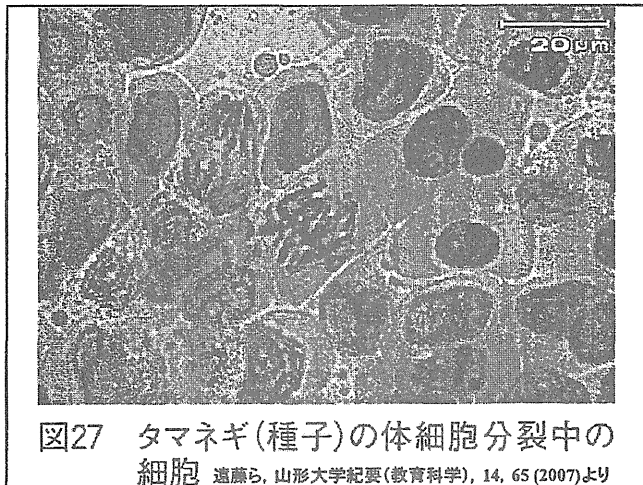
放射能 : Bq ; 1秒間に崩壊した原子核数
 (ラジウム1gの放射能 = 37 GBq = 1 Ci)
 吸収線量 : Gy (1 Gy = 1 J/kg = 100 rad)
 実効線量 : Sv ; 人体の吸収放射線の影響度
 (α : 1 Sv = 1 Gy \times 20; β, γ : 1 Sv = 1 Gy \times 1;
 n : 1 Sv = 1 Gy \times 5; 1 Sv = 100 rem)
 ${}^{137}\text{Cs}$ の実効線量係数 (mSv/Bq)
 吸入摂取 : 6.7×10^{-6} , 経口摂取 : 1.3×10^{-5}

放射線による障害

電離作用 : $\alpha > \beta > \gamma$
 物理作用 : $\alpha > n > \beta$

早発性障害 :
 脱毛、皮膚障害
 悪心、嘔吐、全身倦怠

晩発性障害 :
 放射線性白内障、加齢現象
 白血病、悪性リンパ腫、癌

食品中の放射性物質の規格基準

- ・ 食品等の放射能汚染
- ・ 日本の規制
- ・ 各国の規制

食品の放射能汚染

- 1945～ 核実験
1963.8.5 部分的核実験禁止条約
(米, 英, 露) 後に111カ国
- 1954.3.1 第五福竜丸事件
- 1986.4.26 チェルノブイリ原発事故
輸入食品中の放射能暫定限度
 ^{134}Cs , ^{137}Cs の和として370 Bq/kg
- 1999.9.30 東海村JCO臨界事故
緊急時における食品の放射能測定マニュアル
- 2011.3.11 福島第一原発事故
飲食物摂取制限に関する指標
- 2012.4.1 食品衛生法に基づく規格基準

放射能汚染された食品の取り扱いについて 暫定規制値 (2011.3.17)

○飲食物摂取制限に関する指標

核種	原子力施設等の防災対策に係る指針における 摂取制限に関する指標値 (Bq/kg)	
放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種: ^{131}I)	飲料水、牛乳・乳製品 注)	300
	野菜類(根菜、芋類を除く。)	2,000
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	500
ウラン	乳幼児用食品、飲料水、 牛乳・乳製品	20
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	100
プルトニウム及び 超ウラン元素のアルファ核種*	乳幼児用食品、飲料水、 牛乳・乳製品	1
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	10

注) 100 Bq/kgを超える牛乳・乳製品は、乳児用調製粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること。

* ^{239}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{242}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm 放射能濃度の合計

放射能汚染食品の新基準値 (2012.4.1施行)

○飲食物摂取制限に関する指標

核種	摂取制限に関する指標値 (Bq/kg)	
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	500

○基準値(案) 2011.12.22

核種	食品の区分	濃度 (Bq/kg)
放射性セシウム (^{134}Cs , ^{137}Cs の和)	飲料水、(茶飲料)	10
	牛乳、(乳飲料)	50
	乳児用食品	
	一般食品、(乳製品)	100

経過措置: 米、牛肉; 平成24年10月1日より適用

大豆; 平成25年1月1日より適用

上記原材料食品; 指定期日以降、製造、加工、輸入品に適用

放射性物質に関する緊急とりまとめ 2011.3.29 食品安全委員会

食品中の放射性物質は、本来、可能な限り低減されるべきものであり、特に、妊産婦若しくは妊娠している可能性のある女性、乳児・幼児等に関しては、十分留意されるべきものであると考える。

(1) 放射性ヨウ素

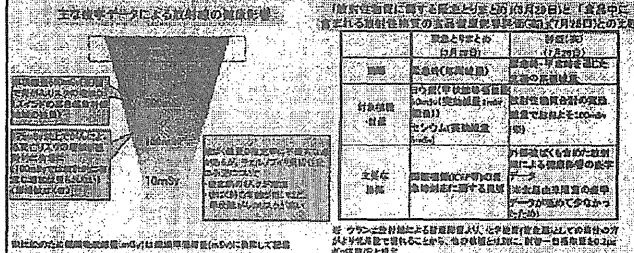
放射性ヨウ素について、年間5.0mSvとする甲状腺等価線量(実効線量として2mSvに相当)は、食品由来の放射線曝露を防ぐ上で相当な安全性を見込んだものと考えられた。

(2) 放射性セシウム

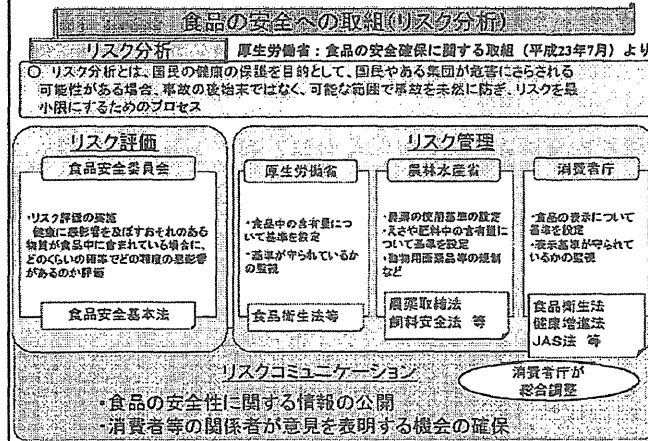
自然環境下においても10mSv程度の曝露が認められている地域が存在すること、10~20mSvまでなら特段の健康への影響は考えられないとの専門委員及び専門参事人の意見があったこと等も踏まえ、ICRPの実効線量として年間10mSvという値について、緊急時にこれに基づきリスク管理を行うことが不適切とまで言える根拠も見いだせていない。これらのことから、少なくとも放射性セシウムに関し実効線量として年間5mSvは、食品由来の放射線曝露を防ぐ上でかなり安全側に立ったものであると考えられた。

食品中に含まれる放射性物質の食品健康影響評価 (案) 2011.7.26

- 生涯における追加(※1)の累積の実効線量がおよそ100mSv以上(※2)で放射線による健康影響(※3)が懸念される(※4)。
- 小児に関しては、より健康影響を受けやすい可能性(甲状腺がんや白血病(※5))が懸念される(※6)。



リスク分析



農薬等の毒性とADI設定

毒性試験

- 急性経口毒性
- 急性経皮毒性
- 急性吸入毒性
- 皮膚刺激性
- 眼刺激性
- 皮膚感作性
- 急性神経毒性
- 急性変異性神経毒性
- 90日間反復経口投与毒性
- 21日間反復経皮投与毒性
- 90日間反復吸入毒性
- 反復経口投与神経毒性
- 28日間反復投与変異性神経毒性
- 1年間反復経口投与毒性
- 発がん性
- 繁殖毒性
- 催奇形性
- 変異原性

毒性試験結果等(代謝試験、残留試験、環境影響試験等)より無毒性量(NOEL: No-Observed Adverse Effect Level (mg/kg体重/日))を求め、安全係数(通常100[10種間差]×10[個人差])で除して一日摂取許容量(ADI: Acceptable Daily Intake(mg/kg体重/日)、一生涯に渡って毎日摂取し続けたとしても、危害を及ぼさないと見なせる体重1kg当たりの1日許容摂取量)を求める

農薬等の残留基準・使用基準の設定

残留基準の設定（厚生労働省）

TMDI、EDIによる推定摂取量を求め、ADI未滿になるように各種食品に対して残留基準を設定する

TMDI (Theoretical Maximum Daily Intake) : 基準値ぎりぎりまで農薬等が残留すると仮定し、暴露量を試算する方法

EDI (Estimated Daily Intake) : 暴露量を農産物に残留した農薬等の量（農薬残留量）を用いて試算する方法

使用基準の設定（農林水産省）

食品への残留基準および環境省評価書（水質汚濁、水産動植物）に適合するよう、使用基準を設定する

規格基準設定の基本的な考え方

・コーデックス規格が定められている食品については、我が国でも規格基準の設定を検討することとし、原則としてコーデックス規格を採用する。

・我が国の食糧生産の実態等からコーデックス規格を採用することが困難な場合には、関係者に対し汚染物質の低減対策に係る技術開発の推進等について要請を行うとともに、必要に応じて関係者と連携し、ALARAの原則※に基づく適切な基準値又はガイドライン値等を設定する。

※合理的に達成可能な範囲でできる限り低くする
(As low as reasonably achievable)という考え方。

・国内に流通する食品中の汚染物質の汚染実態及び国民の食品摂取量等を踏まえると直ちに規格基準の設定が必要でないと判断される場合は、将来にわたって、適宜見直しを行う。

各国の規制値

(参考) 放射性核種に係る日本、各国及びコーデックスの指標値

	放射性ヨウ素 ¹³¹ I			放射性セシウム ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs					
	飲料水	牛乳・乳製品	その他	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類	魚類	肉・卵・豆・その他の食品	
日本	300	300	5,000	10	100	(50) 200	(100) 500	(100) 500	(100) 500
Codex	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
シンガポール	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
タイ	100	100	100	100	500	500	500	500	500
韓国	300	150	300	300	370	370	370	370	370
中国	-	50	100	-	-	500	210	300	1,000
香港	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
台湾	300	50	300	300	270	370	370	370	370
フィリピン	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ベトナム	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
マレーシア	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
米国	100	170	170	170	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
EU	300	300	2,000	200	100	100	300	300	300

(注) Codex に対しては、飲料水等の項に記載した数値(100)は、Sr-90、Ru-106、Tl-201、I-131、U-235の合計
放射性セシウムの項に記載した数値(100)は、Cs-134、Cs-137、Cs-138、Cs-144、Cs-147の合計
()内は2012年4月1日以降：牛乳・乳飲料以外の乳製品は100 Bq/kg

(参考) 5ヶ国の指標値

ICRP 国際放射線 防護委員会	飲料水 50 Bq/L [飲料] 100 Bq/Lの年2回 300 Bq/L、2-10 ⁴ Bq/L、2-300 Bq/L、10 ⁴ Bq/L	セシウムの防護基準
	食品 50 Bq/kg [飲料] 200 Bq/Lの年2回 300 Bq/L、2-10 ⁴ Bq/L、2-300 Bq/L、10 ⁴ Bq/L	

ウクライナ、ペラルーシの規制値

ウクライナ許容濃度 (AL-07)

ペラルーシ許容濃度 (RAL-02)

品名	許容濃度 (Bq/kg or L)		品名	許容濃度 (Bq/kg or L)	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr		¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
パン・パン製品	20	5	飲料水	18.5	0.37
ジャガイモ	60	20	乳・乳製品	111	3.7
野菜	40	20	粉ミルク	740	
果物	70	10	肉・肉製品	600	
肉・肉製品	200	20	ジャガイモ	370	3.7
魚・魚製品	150	35	根菜	370	
乳・乳製品	100	20	パン・パン製品	185	3.7
卵	6 *	2 *	小麦粉・穀類・砂糖・蜂蜜	370	
飲料水	2	2	油類	185	
コンデンスミルク	300	60	野菜・果物	185	
粉ミルク	500	100	野菜・果物の缶詰	185	
野生イチゴ・キノコ(生)	500	50	乾燥キノコ	3700	
野生イチゴ・キノコ(乾燥)	2500	250	調理済み幼児食品	37	1.85
藻草	600	200	調理済みその他食品	370	
その他	600	200			
幼児食品	40	5			

*: 1コあたり

食品中の放射性セシウム検査法

- ・ 放射線測定方法
- ・ NaI(Tl)シンチレーター等による食品中の放射性セシウムスクリーニング法
- ・ Ge半導体 γ 線スペクトロメーターによる食品中の放射性物質検査法

放射線測定

ガイガー・ミューラー計測管

電離された不活性ガスを測定
 α, β, γ (計測効率各80, 80, 5%)

ゲルマニウム半導体検出器

ゲルマニウム結晶に生じた電荷を測定

γ

シンチレーション検出器

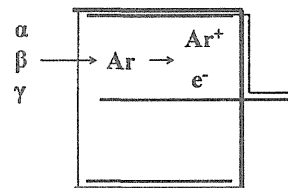
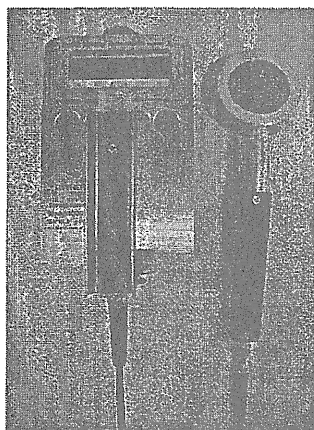
電離作用により生じた蛍光を測定

α, β, γ

ICP-MS

緊急時における食品の放射能測定マニュアル
U, Puの迅速分析法

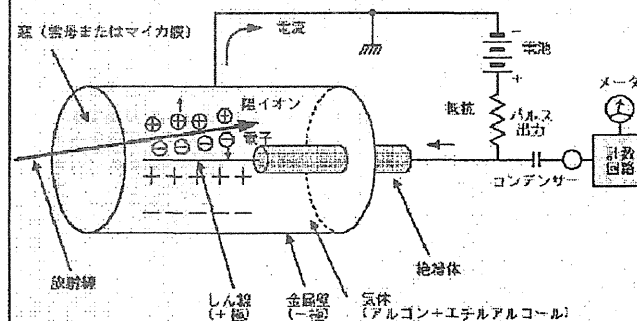
ガイガー・ミューラー計測管



計測効率
 α, β ; 80%, γ ; 5%以下

- ・ 高頻度の校正が必要
- ・ 実効線量換算に注意

GM管の測定原理



GM管による測定原理

【出典】 日本原子力研究所 国際原子力総合技術センター：原子力基礎用語集、p.10(1997年)

原子力百科事典ATOMICA (<http://www.rist.or.jp/atomica/>)より