

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

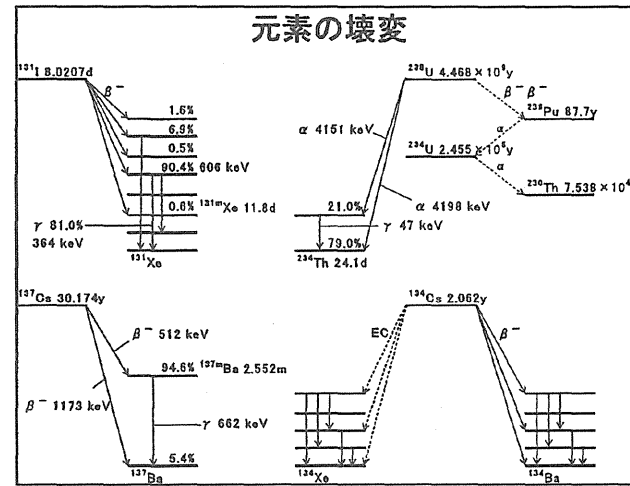
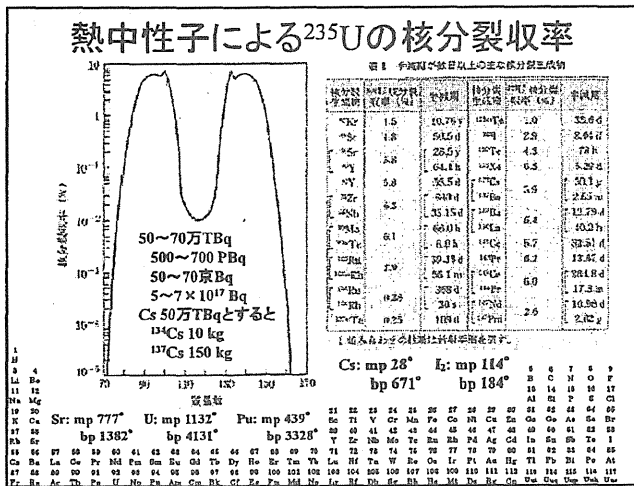
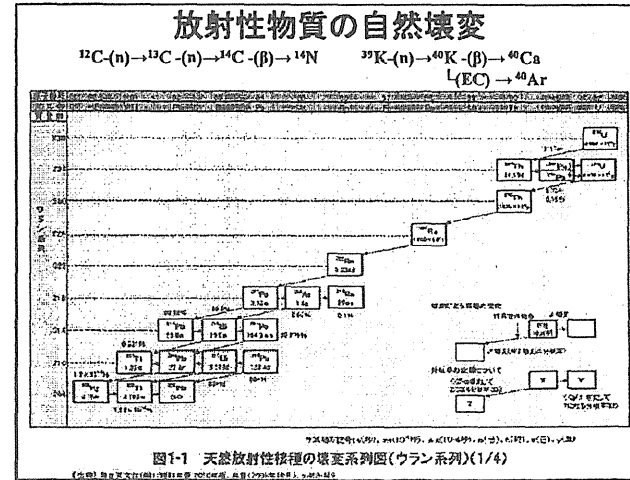
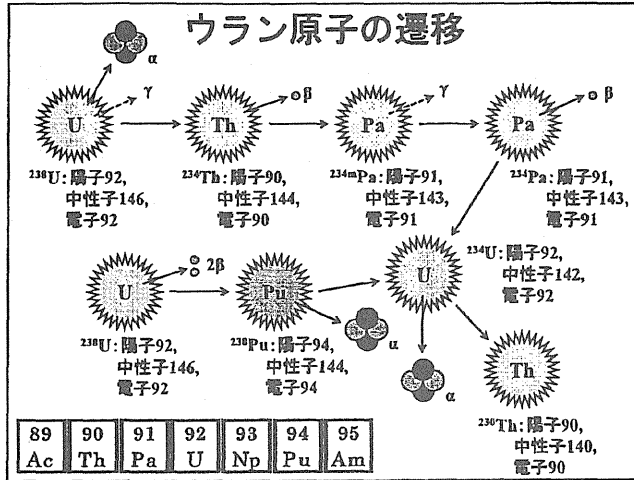
1																	2																															
H																	He																															
3	4															10																																
Li	Be	5	6	7	8	9							17	18																																		
11	12	13	14	15	16	17	18							35	36																																	
Na	Mg	Al	Si	P	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	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71														
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150

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 ^3He : 陽子2, 中性子1, 電子2

中性子 β: 電子

1																	2																															
H																	He																															
3	4															10																																
Li	Be	5	6	7	8	9							17	18																																		
11	12	13	14	15	16	17	18							35	36																																	
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	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71														
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150



放射線

アルファ線 : α ($p_2, n_2; {}^4\text{He}^{2+}$)
 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

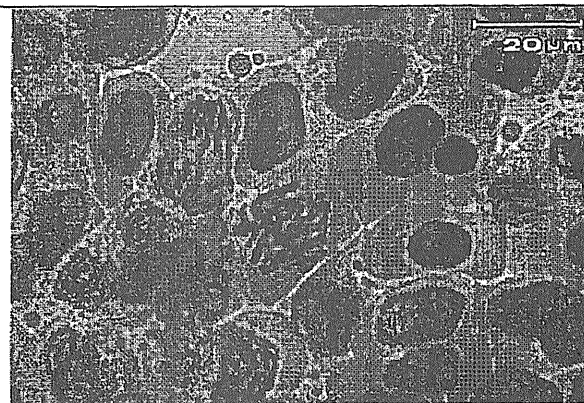
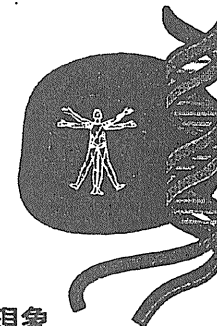
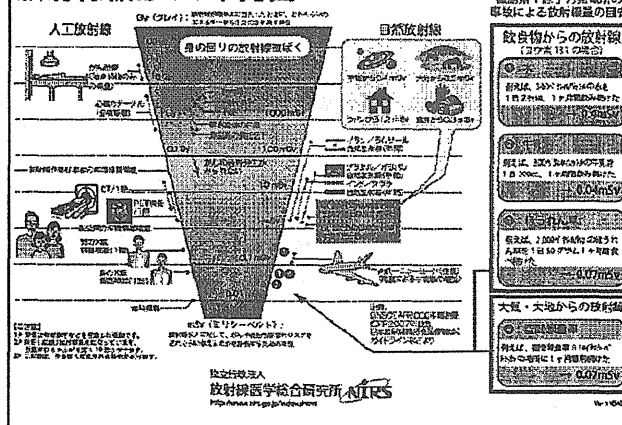


図27 タマネギ(種子)の体細胞分裂中の細胞 遠藤ら, 山形大学紀要(教育科学), 14, 65 (2007)より

放射線被ばくの早見図



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。

* ^{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

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

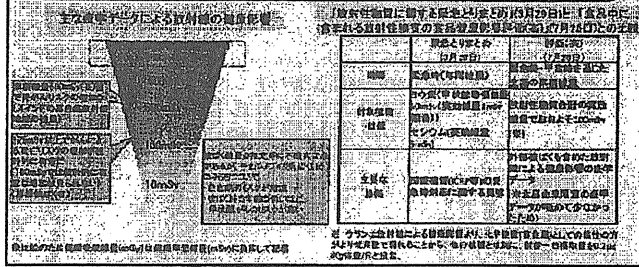
放射性ヨウ素について、年間50mSvとする甲状腺等価線量（実効線量として2mSvに相当）は、食品由来の放射線曝露を防ぐ上で相当な安全性を見込んだものと考えられた。

(2) 放射性セシウム

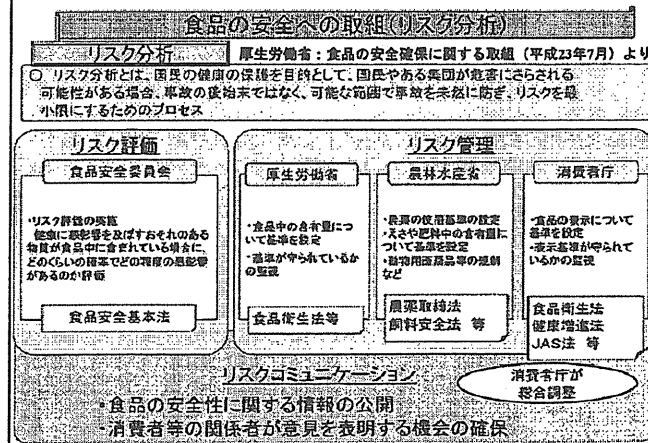
自然環境下においても10mSv程度の曝露が認められている地域が存在すること、10～20mSvまでなら特段の健康への影響は考えられないとの専門委員及び専門参事人の意見があったこと等も踏まえ、ICRPの奨励線量として年間10mSvという値について、緊急時にこれに基づきリスク管理を行うことが不適切とまで考える根拠も見いだせていない。これらのことから、少なくとも放射性セシウムに関し奨励線量として年間5mSvは、食品由来の放射線曝露を防ぐ上でかなり安全側に立ったものであると考えられた。

食品に含まれる放射性物質の食品健康影響評価（案） 2011.7.26

食品における放射性物質の暴露の年間線量は約100mSv以下（食料に由来する放射線曝露）
 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。



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
- ・急性遅発性神経毒性
- ・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日間反復投与遅発性神経毒性
- ・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（NOAEL：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 ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs			
	飲料水	牛乳・乳製品	野菜・果物	その他	飲料水	牛乳・乳製品	野菜・果物	魚類・肉類・卵・その他
日本	300	300	2,000	農産物 2000	(10) 100	(50) 200	(100) 500	(100) 500
Codex	100	100	100	100	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
タイ	100	100	100	100	500	500	500	500
韓国	900	150	300	300	370	370	370	370
中国	-	20	100	農産物 1000	-	350	210	200
香港	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000
台湾	300	50	300	300	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
ベトナム	100	100	100	100	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
米国	170	170	170	170	1,200	1,200	1,200	1,200
EU	300	300	2,000	2,000	200	300	500	500

(注) Codex については、飲料水の指標値(100)は、Sr-90、Ru-106、Tc-99、I-131、U-235の合計放射性セシウム濃度(1000)に Sr-90、Ru-106、Tc-99、I-131、U-235の合計放射性セシウム濃度(1000)に Sr-90、Ru-106、Tc-99、I-131、U-235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) ICRP 国際放射線防護委員会
 飲料水 50 Bq/L
 (飲料) 500 Bq/Lの濃度を1年間平均
 300 Bq/L 2 x 10⁻⁴ x 2 x 365 = 0.14 Bq/L
 野菜・果物 50 Bq/kg
 (飲料) 200 Bq/Lの濃度を1年間平均
 100 Bq/L 2 x 10⁻⁴ x 2 x 365 = 0.14 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	0 *	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	80	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
薬草	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

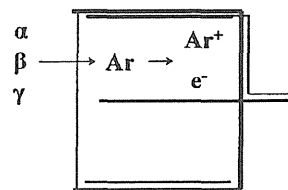
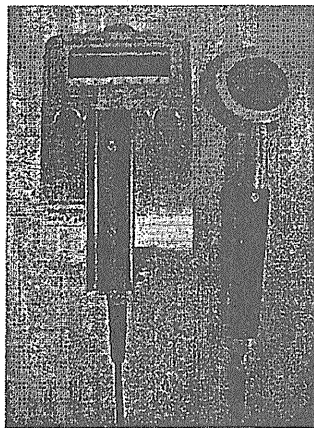
ガイガー・ミュラー計測管
電離された不活性ガスを測定
 α, β, γ (計測効率各80, 80, 5%)

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

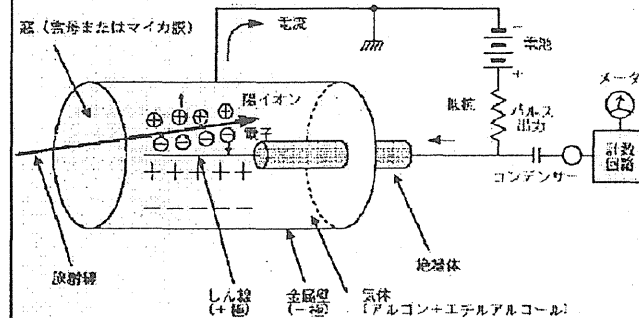
ガイガー・ミュラー計測管



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

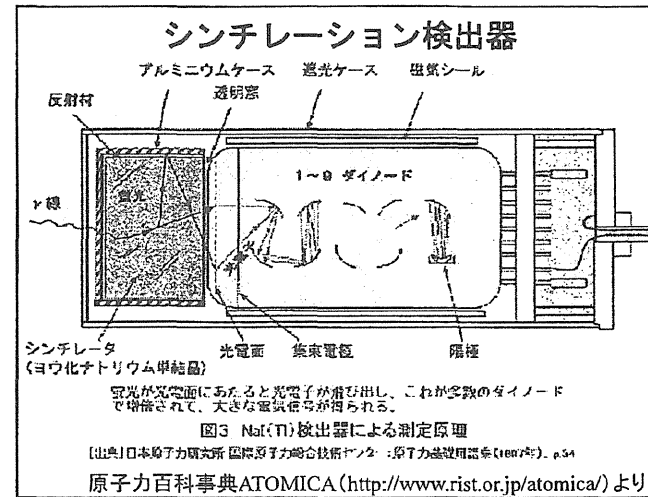
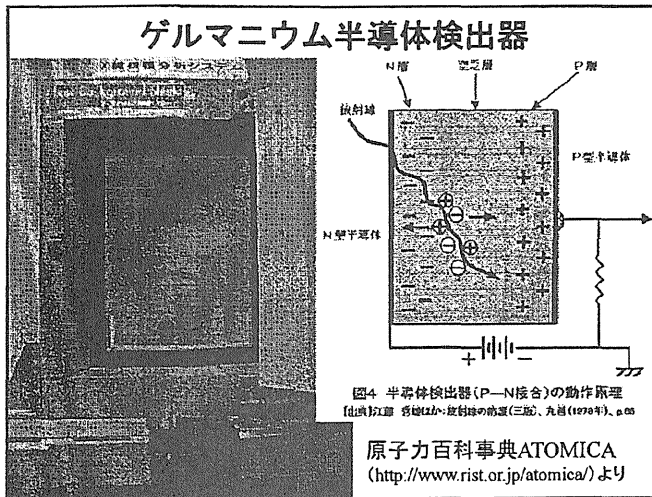
GM管の測定原理



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：原子力基礎用語辞書、p.10(1997年)

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



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

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、測定値分布の99%上限が基準値未満

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

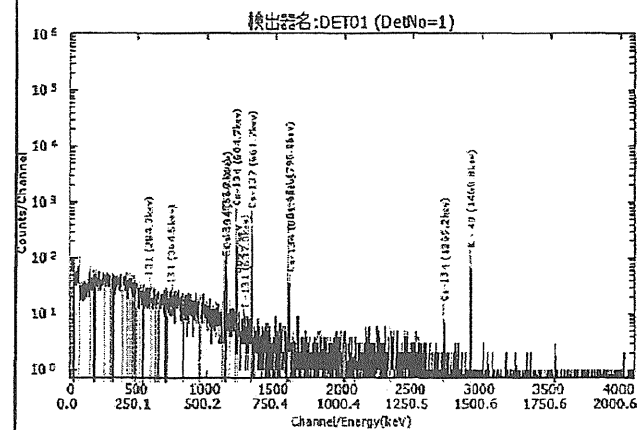
測定

- 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

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

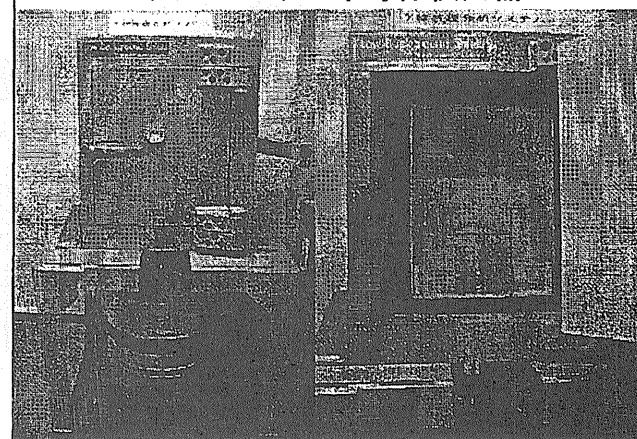
ガンマ線スペクトル



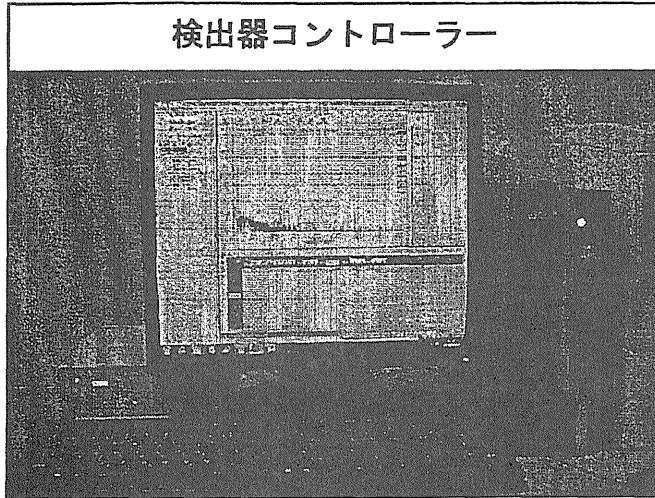
Ge半導体 γ 線スペクトロメトリー

- ・ 測定原理
- ・ 校正・補正
- ・ 測定時間と検出限界
- ・ 食品等の放射能検査の実際

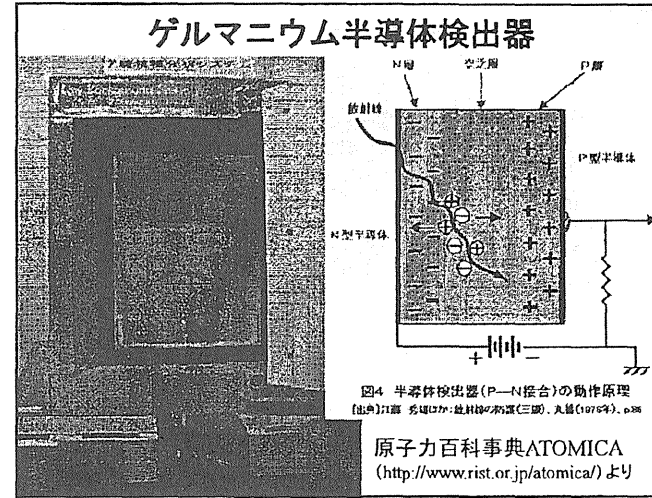
ゲルマニウム半導体検出器



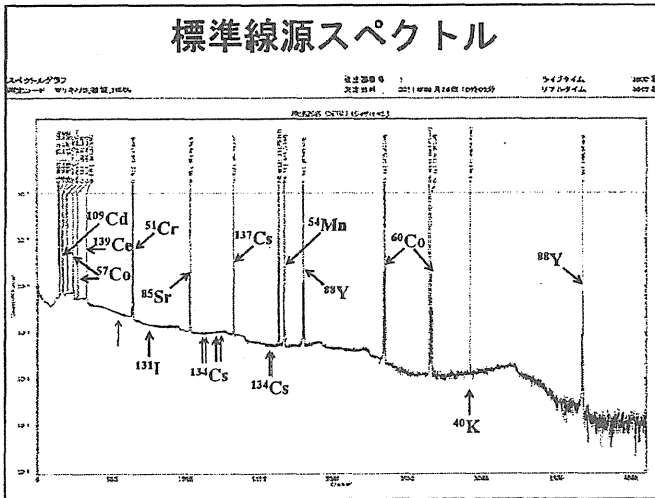
検出器コントローラー



ゲルマニウム半導体検出器

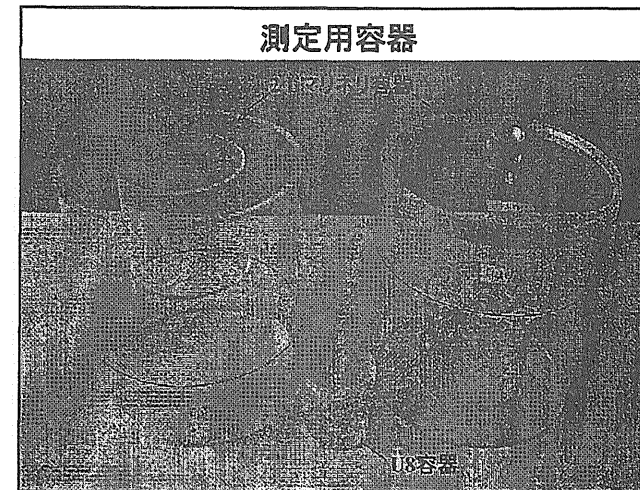
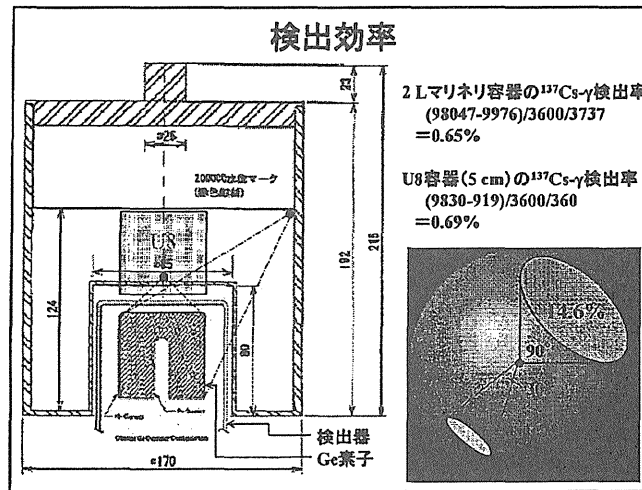


標準線源スペクトル



ガンマ線エネルギー

核種	半減期	keV	%
^{131}I	8.0207d	284.30	6.0
		364.48	81.0
		636.97	7.2
^{134}Cs	2.032y	563.26	8.4
		569.29	15.4
		604.66	97.6
		795.76	85.4
		801.84	8.7
^{137}Cs	30.174y	661.64	85.0




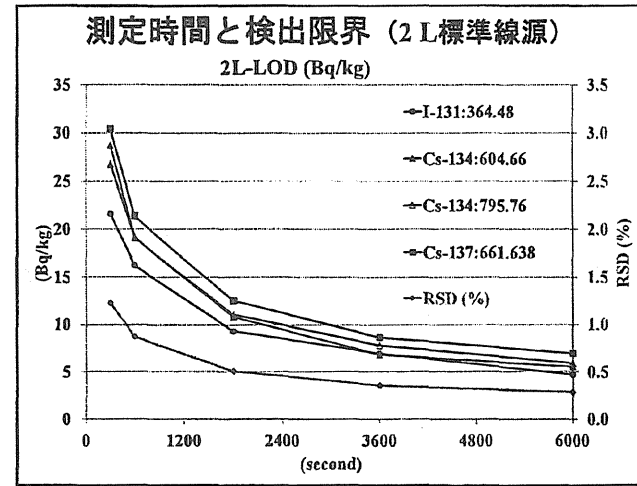
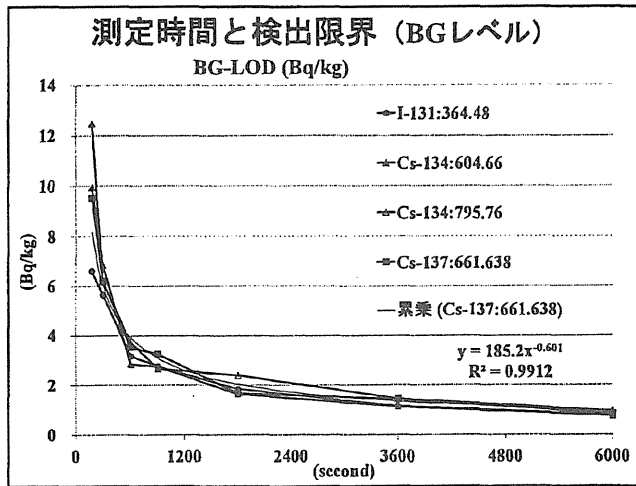
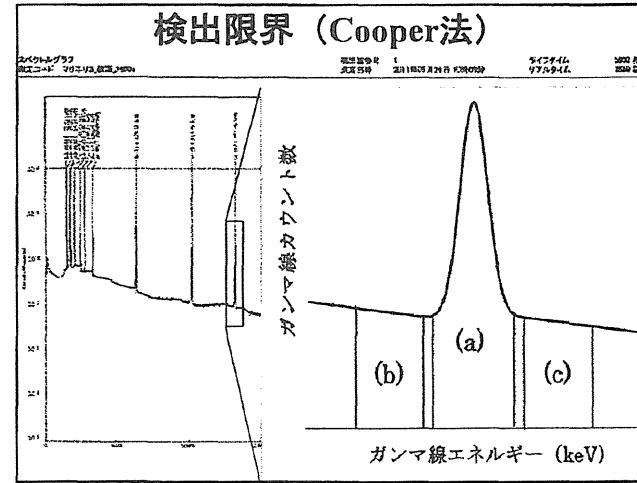
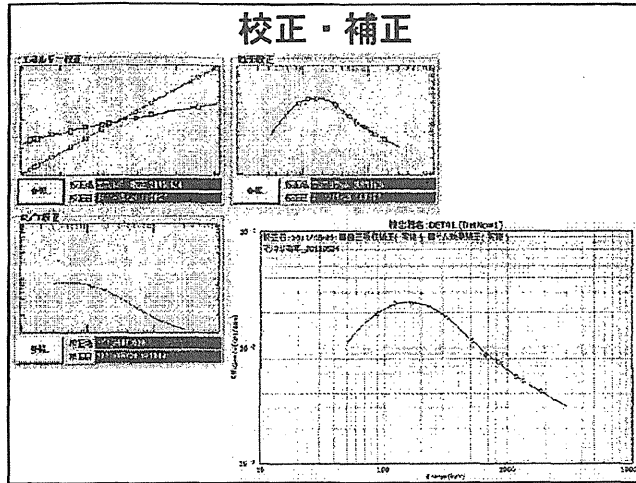
検査の信頼性確保

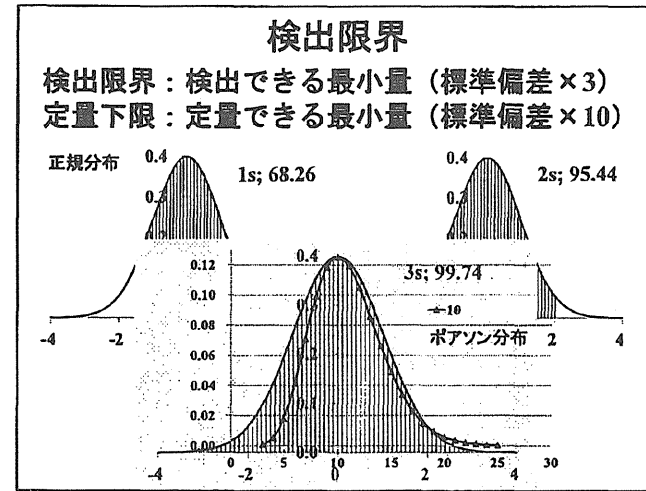
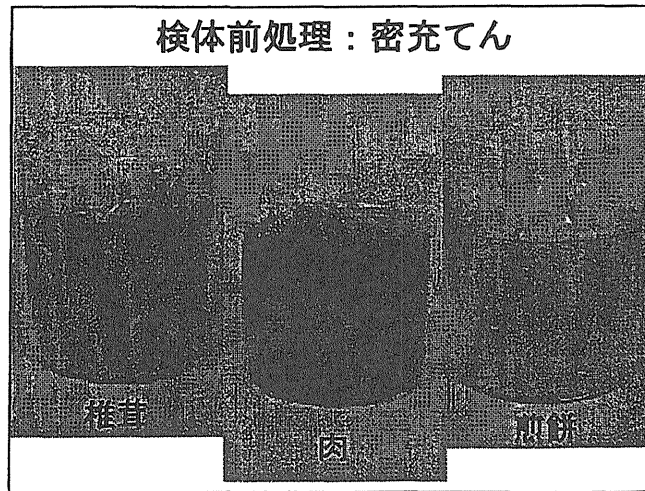
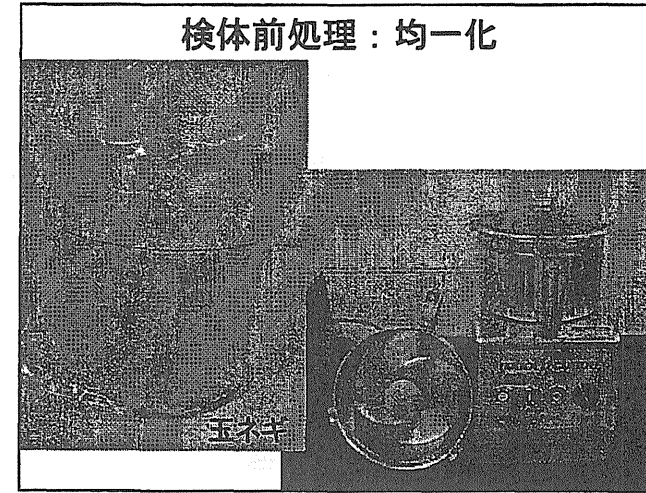
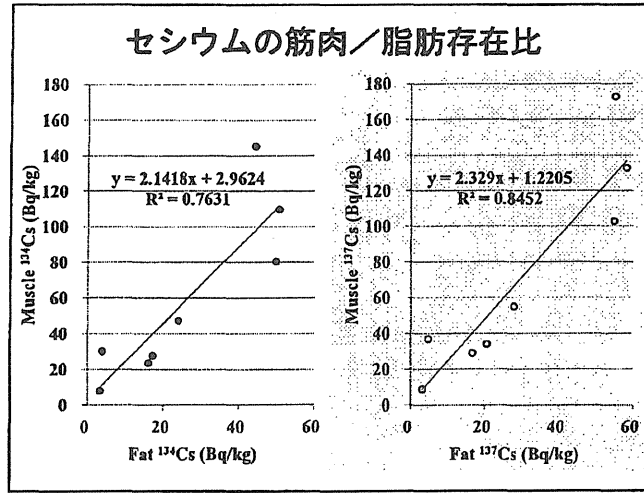
測定装置の管理
エネルギー校正、ピーク効率校正、
サム効果補正 (ピーク・トータル比校正)
自己吸収補正、バックグラウンド管理

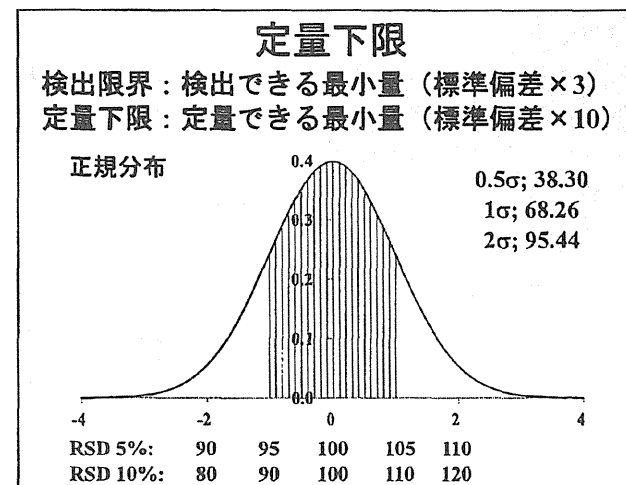
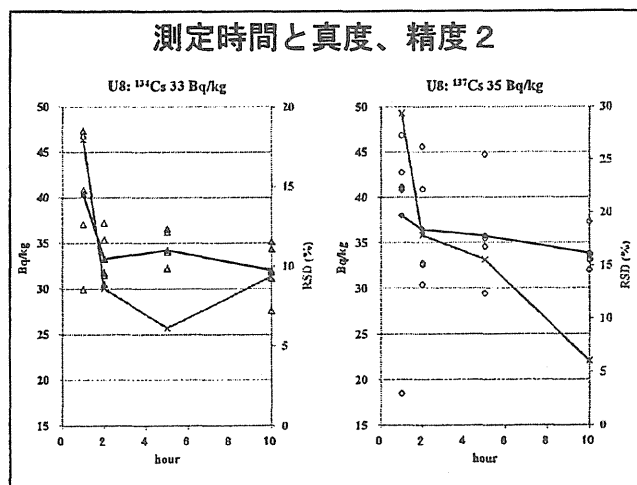
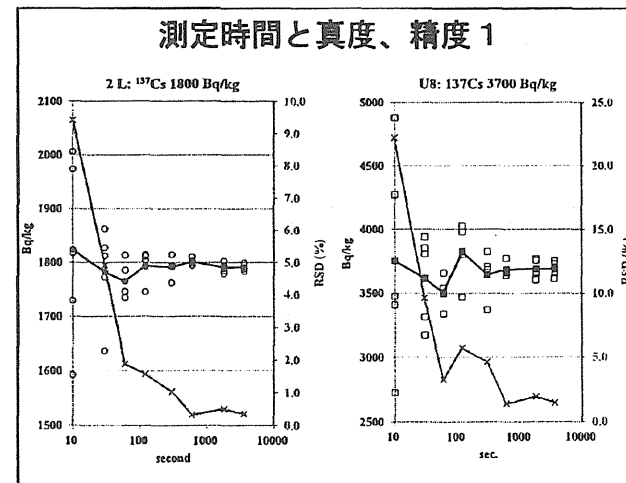
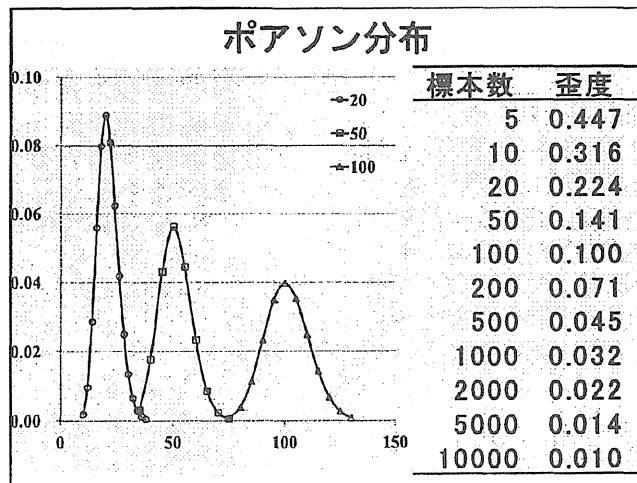
検体の調製
均一化、空隙
汚染防止

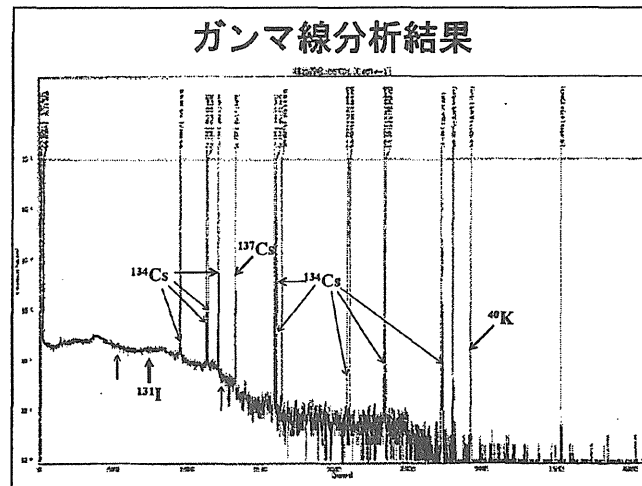
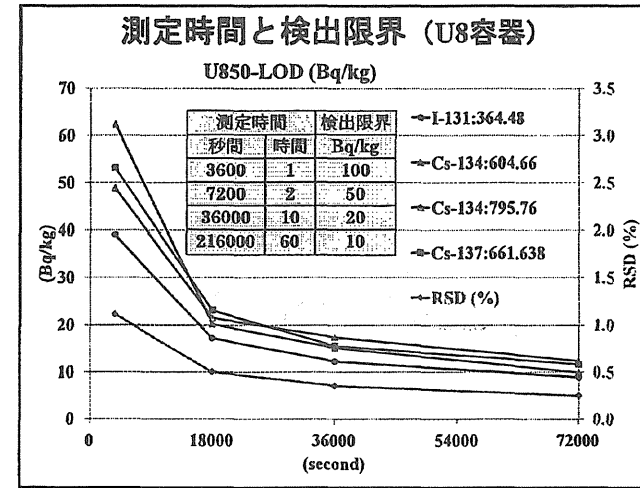
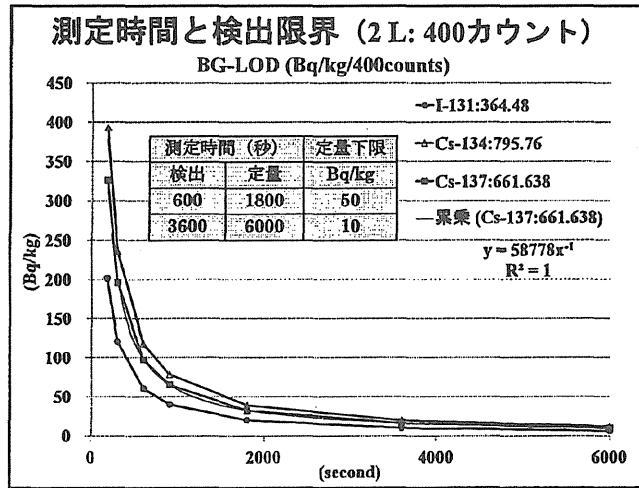
測定結果の確認
ピーク位置
測定値、再現性、検出限界











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

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	不検出	検出レベル (Bq/kg)			
			<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

食品中の放射性物質に係る自主検査における信頼できる分析等について

24年度第4号 国産食品の検査

2012年4月20日

科学的に信頼できる分析結果を得るためには、以下の事項を遵守していただくことが必要です。

- 分析結果の信頼性
 - 1. 分析結果の信頼性
 - ① 分析結果の信頼性を確保するため、分析結果の信頼性を確保するための措置を講ずることが必要です。
 - ② 分析結果の信頼性を確保するための措置を講ずることが必要です。
- 分析結果の信頼性
 - 1. 分析結果の信頼性を確保するための措置を講ずることが必要です。
 - 2. 分析結果の信頼性を確保するための措置を講ずることが必要です。

科学的に信頼できる分析結果

過剰な規制と消費段階での混乱を避けるため、自主検査においても食品衛生法の基準値(一般食品: 100ベクレル/kg、牛乳及び乳児用食品: 50ベクレル/kg、飲料水: 10ベクレル/kg)に基づいて判断する

食品の除染方法

外部汚染：水洗

内部汚染：水洗

プルシアンブルー：Cs吸着剤

- ・医薬品；内部被曝軽減
- ・土壌、水等の除染
(土壌汚染対策法の特定有害物質)

取込防止

- ・農作物：土壌、水、肥料等の除染
- ・畜水産物：水、飼料等の除染

セシウム除去方法

セシウム吸着剤

- 活性炭
- ゼオライト
- プルシアンブルー
 - ・医薬品；内部被曝軽減
 - ・土壌、水等の除染
(土壌汚染対策法の特定有害物質)

植物による除染

- ヒマワリ、ソルガム、菌糸類

食品中の放射性物質はどうなったか
 ~2011年3月11日から現在、
 そしてこれから~

- 放射線
- 食品中の放射性物質の規格基準
- 放射性物質に係る食品の安全確保対策



第9回食品衛生講演会 平成24年10月1日
 (社)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															10		
Li	Be															Ne		
11	12															18		
Na	Mg															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	
																		119
																		120
																		121
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

^4He : 陽子2, 中性子2, 電子2

中性子

β^- 電子

1																	2
H																	He
3	4															10	
Li	Be															Ne	
11	12															18	
Na	Mg															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 ($p^2, n^2; {}^4\text{He}^{2+}$)
 ベータ線 : β^\pm ($e^-; e^+$)
 ガンマ線 : γ (電磁波)
 中性子線 : n

単位

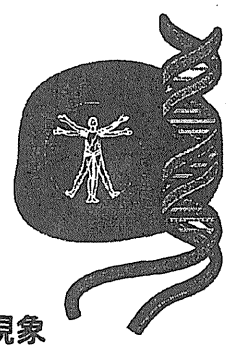
放射能 : Bq ; 1秒間に崩壊した原子核数
 (ラジウム1gの放射能 = 37 GBq = 1 Ci)
 吸収線量 : Gy (1 Gy = 1 J/kg = 100 rad)
 実効線量 : Sv ; 人体の吸収放射線の影響度
 (α : 1 Sv = 1 Gy \times 20; β, γ : 1 Sv = 1 Gy \times 1;
 n : 1 Sv = 1 Gy \times 5; 1 Sv = 100 rem)
 ${}^{137}\text{Cs}$ の実効線量係数 (mSv/Bq)
 吸入摂取 : 6.7×10^{-6} , 経口摂取 : 1.3×10^{-5}

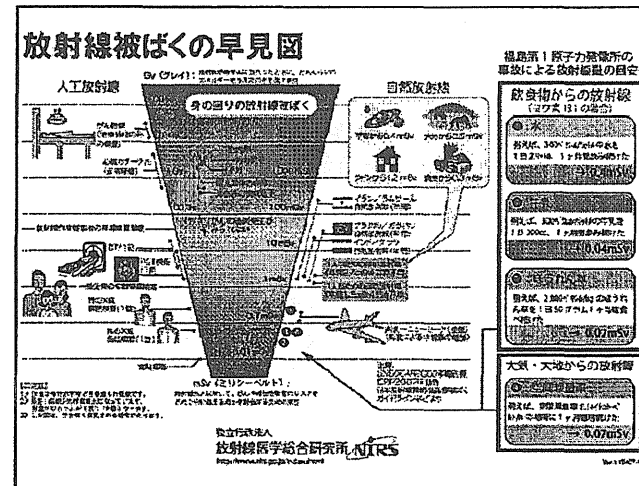
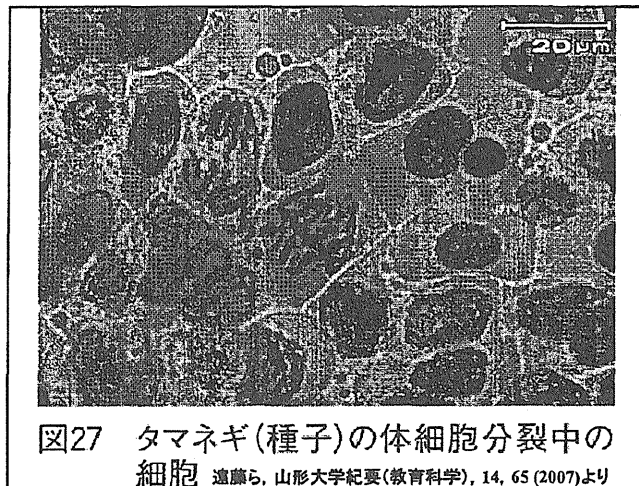
放射線による障害

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
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(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		