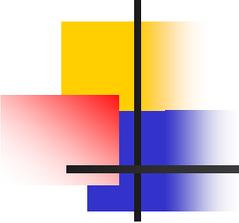


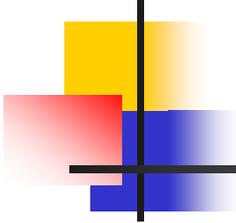
放射性物質と 食品の安全について

秋田大学名誉教授
滝澤 行雄



目次

- はじめに
- 放射能汚染の来歴
- 緊急時汚染対策
- 飲食物に関する暫定規制値
- 放射性物質の食品への移行
- 食品・飲料水からの放射能線除去
- 放射線安全の許容量
- むすび



放射能汚染の来歴

放射性降下物による汚染

『原子の火』 汚染源

人類史上初の核爆発

広島・長崎への原爆投下

ビキニ環礁の核実験

度重なる大気圏核実験

原子力発電所の事故

ウインズケール再処理施設

米国スリーマイル島(TMI)原発

旧ソ連チェルノブイリ原発

セラフィールド工場周辺に多発した白血病

英国西南部カンバーラン州ウインズケール(現セラフィールド)

原子力開発

コールダー・ホール原子炉 4基

ウインズケール改良型ガス冷却炉 4基

1952年 再処理工場(B-204)

1964年 (B-205)(天然ウラン)

1994年) (THORP)(濃縮ウラン)

ウインズケール原子炉事故 1957年10月 発生

天然ウラン黒煙減速炉から約1kmの大気モニター: 50 Bq/m^3 (平常時の10倍)

外部線量: 1.6 km風下の線量: 最高 1 C/kg (4mR)

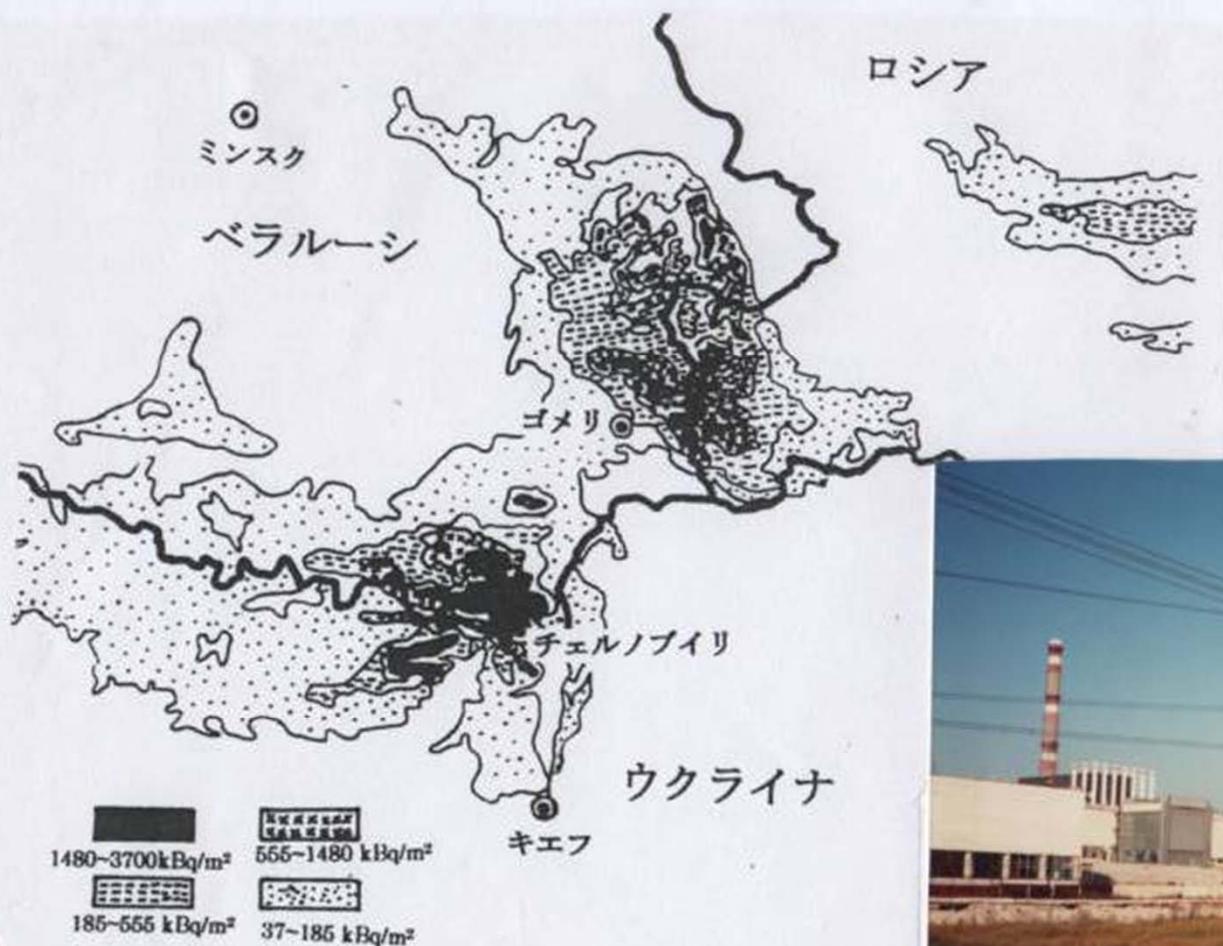
5 km 地上の降下物: 平均 0.05 C/kg (0.2mR)

♣ 再処理工場に隣接するシースケール村 若年者(25歳以下) 1950~1985年
白血病・リンパ腫瘍の発生率が異常に高い

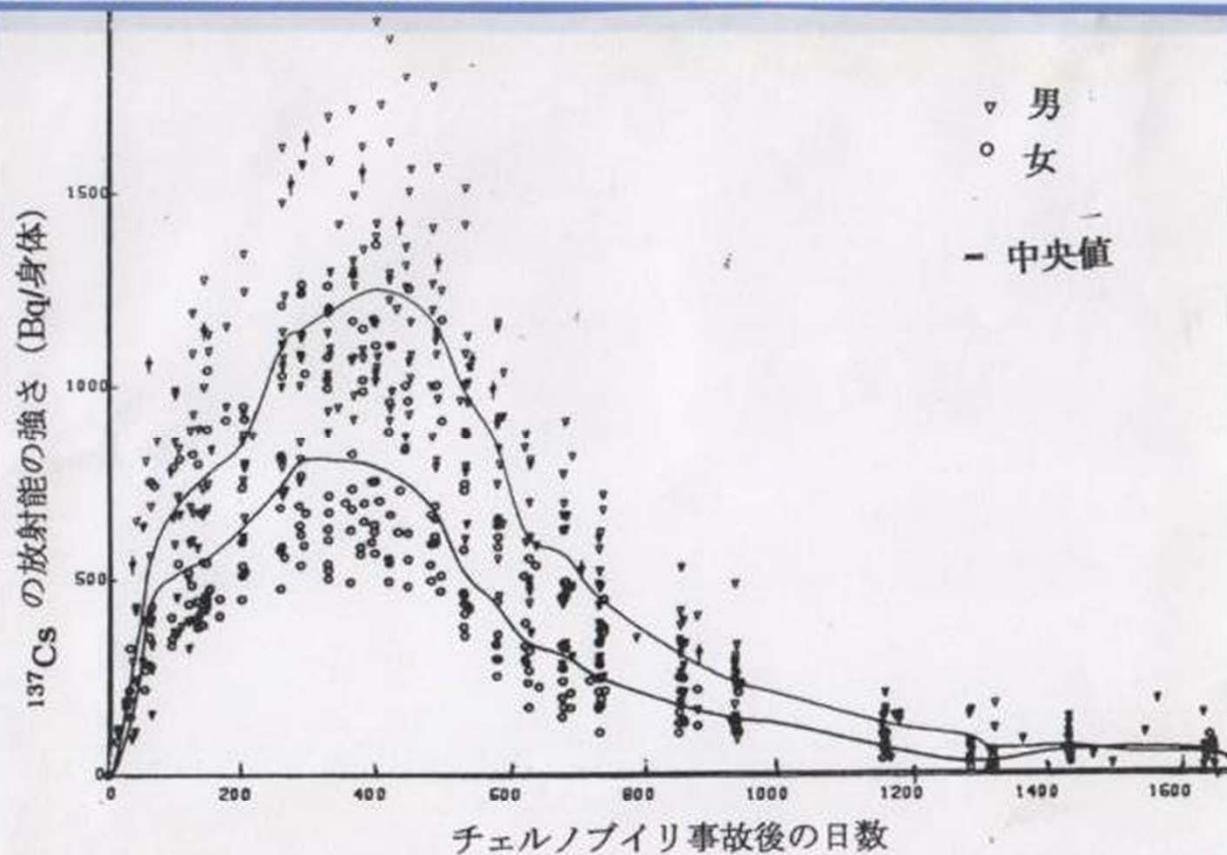


チェリノブイリ原発事故

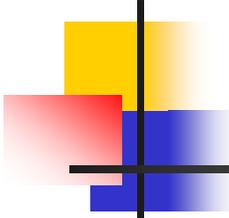
放されたセシウム-137の地上分布



チェルノブイリ事故後のセシウム-137 の体内摂取量の時間変化

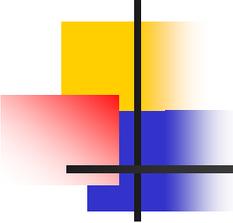


被ばく直後から4年半、ブタペストの成人市民にホールボディカウンタでセシウム測定、約1年後に最大値(男1, 200Bq, 女800Bq)に達し
3年後にはムシできる程度に減少(半減期は30年) (近藤、1993)



避難した住民の外部被ばくの集団線量

発電所周辺の地域	人口 (1000人)	集団線量 (10^6 rem)	平均線量 (rem)
プリピアチ市	45	0.15	3.3
3-7km	7.0	0.38	54
7-10km	9.0	0.41	45
10-15km	8.2	0.29	35
15-20km	11.6	0.06	5
20-25km	14.9	0.09	6
25-30km	39.2	0.18	4.5
合計	134.9	1.56	



チェルノブイリ4号炉事故の教訓

1. **Csの重要性**: Csの放出がなければ、事故による影響は1年を待たずに終了したであろう。
2. **避難の有効性**: 放射性雲の中の避難
3. **降雨、降雪による放射能沈着**: 被ばく源として最も長期かつ多いのは、地表に沈着した放射能からの **γ線**、およびこれが汚染した飲食物の摂取によるもの。Wetの場合は Dry depositionの場合の一桁以上、気象条件と放射能雲の濃度によっては二桁違うこともある。
4. **長期にわたる防護基準**
5. **広域汚染、除染技術**

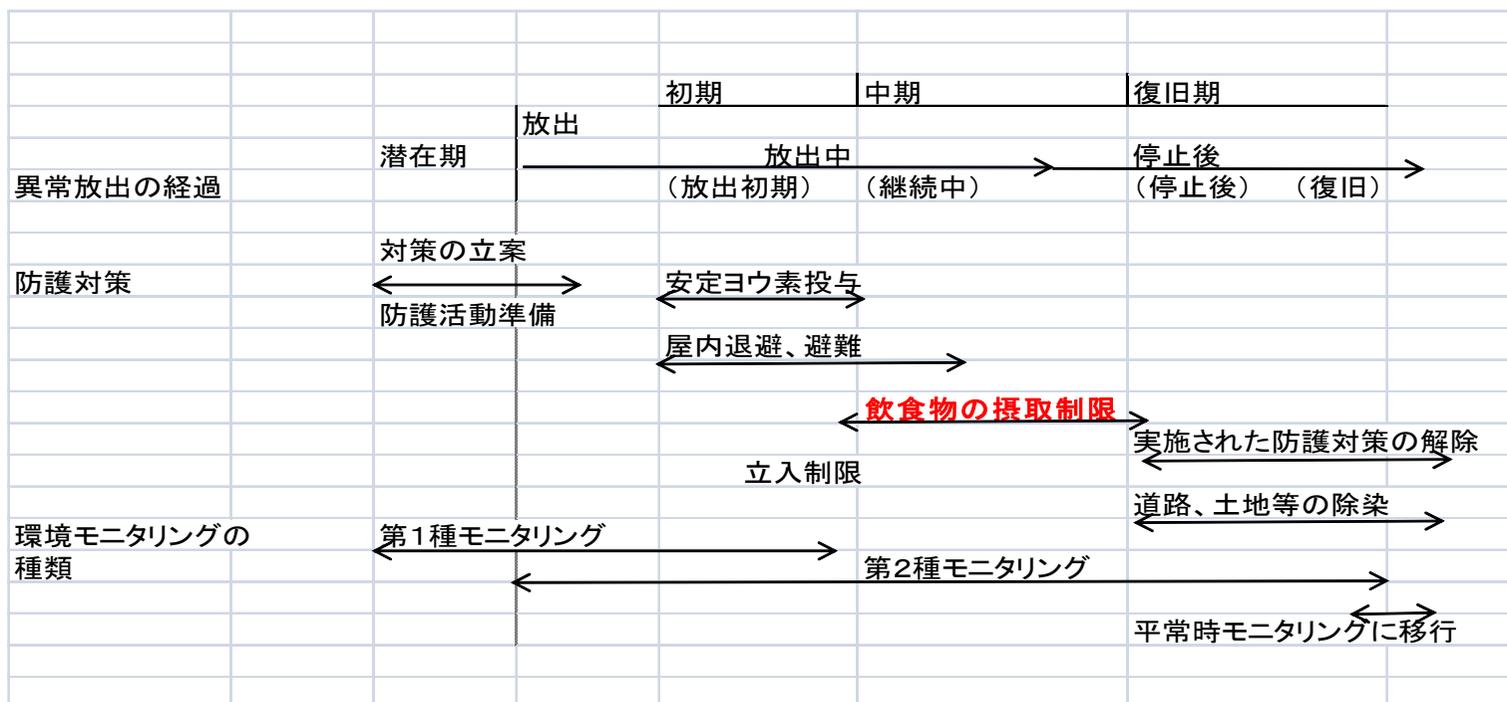
(宮永一郎: 放医研環境セミナーシリーズ、No17、153, 1991)

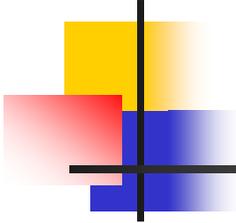
緊急時防護対策の基本的考え方

昭和55年6月「原子力発電所周辺の防災対について」

昭和59年6月「緊急時環境放射線モニタリング指針」

緊急時における線量当量の経時変化





日本における食品中の放射能制限の暫定基準

厚生省は 1986年10月に ECの基準などを参考に下記のような暫定基準を定めている。

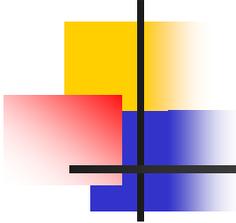
食品中の放射能制限の基準

^{131}I	牛乳	220 Bq/l
	野菜	7,400 Bq/kg
$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	全食品	370 Bq/kg

この基準は輸入食品に対する勧告値

ヨーロッパにおける食品中の放射能制限の基準

国名	核種	食品群	対処レベル (Bq/kgまたはBq/l)
フィンランド	^{131}I	ミルク	2,000
	^{137}Cs	ミルク	1,000
		牛肉および豚肉	1,000
スウェーデン	^{131}I	全食品	2,000
	^{137}Cs	全食品	300
ポーランド	全 β 線	乳児及び6歳までの小児用ミルク	1,320
ヨーロッパ共同体(EC)	^{137}I	ミルク	500
		野菜	350
	$^{137}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	ミルク・乳幼児食品	370
		その他の食品	600



飲食物に関する暫定規制値について

東北地方太平洋地震に伴う原子力発電所事故

食品安全委員会

『食品の安全性について』平成23年3月17日通達

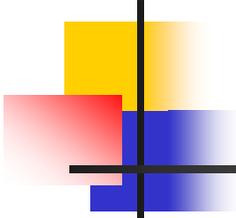
厚労省が原子力安全委員会が定めた防災指針の指標値を食品衛生法に基づく暫定的な規制値とし、これを上回る食品については、食品衛生法第6条第2号に当たるものとして食用に供されることのないよう対処する。

〔飲食物に関する暫定規制値〕

放射性ヨウ素(混合核種の代表核種: ^{131}I)

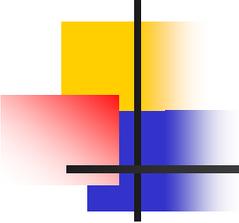
{ 飲料水 牛乳・乳製品 }	300Bq/kg
野菜類(根菜、芋類を除く)	2000Bq/kg

注:100Bq/kg を超えるものは、乳児用調整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



飲食物に関する暫定規制値

対象	放射性ヨウ素	放射性セシウム
飲料水	300Bq/kg	200Bq/kg
牛乳・乳製品	300Bq/kg	200Bq/kg
野菜類	2000Bq/kg (根菜、芋類を除く)	500Bq/kg
穀類		500Bq/kg
肉・卵・魚・その他		500Bq/kg



緊急モニタリング検査結果

農作物(茨城県内市町村)

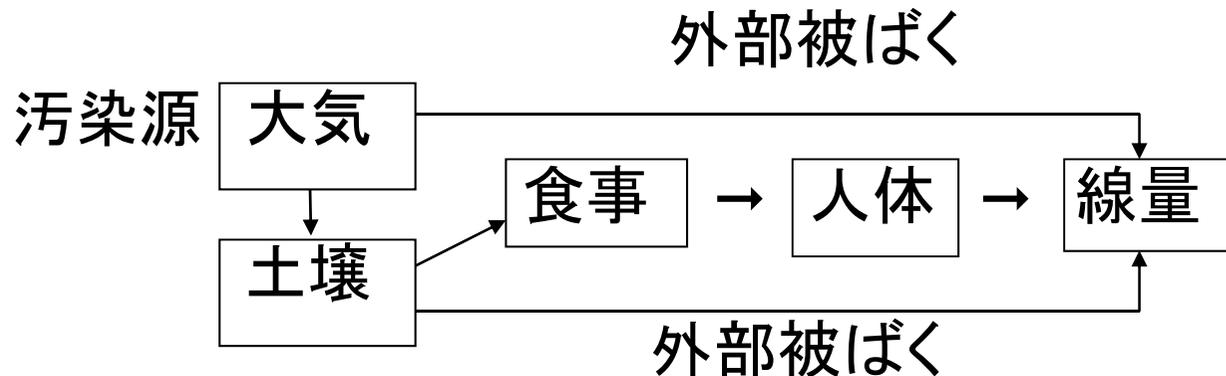
緊急モニタリング検査結果

原乳（福島県伊達郡川俣町）

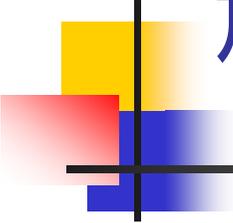
採取日時	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
平成23年3月16日 14:25(1回目)	1,190	検出せず	18.4
平成23年3月17日 6:00(2回目)	1,510	検出せず	検出せず
平成23年3月18日 6:00(3回目)	932	検出せず	検出せず

放射性核種の陸上での移行経路と 人体に与える線量(1)

土壤に沈着した放射能核種



大気中に放出された核種は、移動中に減衰するか、比較的短期間に地表面に沈着。その後、陸上表層の核種は一般的には長い期間をかけて減衰し、その地域に住んでいる人々に外部被ばくと線量を与える。



放射性核種の陸上での移行経路と 人体に与える線量(2)

植物: 大気放出にて直接・間接的な汚染を受ける。

地球規模のフォールアウト研究では ^{90}Sr と ^{137}Cs の総沈着量の90%程度が湿性沈着(雨)による。

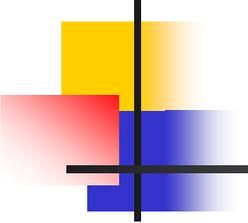
事故後の最初の期間は、植物表面沈着が支配的。長期間においては、人間の食物汚染は、経根吸収に依存。

移行に影響する主な土壌汚染は、粘土質および有機物含量、pHなど。

動物: 食物連鎖 (ミルクと卵、魚肉→動物)

人間への主要な経路として、

- ① ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs は ミルクの摂取
- ② $^{239,240}\text{Pu}$ は 甲殻類の摂取,
- ③ ^{210}Po は 魚と海産物の摂取

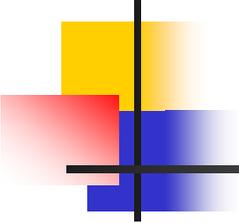


放射性核種の食品への移行

ビキニ水爆被災: 焼津港に水揚げされたマグロ類は、放射性降下物が体表に付着した表面汚染であった。
それ以降は、体内汚染が主体となっている。

魚介・藻類: 海水から元素を選択して取り込む傾向が著しく(食物連鎖)、生体成分として蓄積する。

農作物: 表面汚染と体内汚染とがあり、体内汚染は根を通しての吸収のみでなく、葉などの表面に付着した核種の一部も吸収されて、植物体内の他部位に転流し蓄積する。



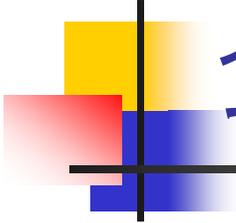
食品摂取量

食品摂取量は、食物を通じて人体に移行する放射性物質等の移行量を推定する場合に必要とされるパラメータのひとつ。

食品安全評価では、対象地域住民の平均的食品の摂取量を求める。

ALARAの考え方に立ち、食品摂取量の特徴を挙げると、

- 農作物が全食品の約61%を占め、次いで畜産物が24%、水産物が12%
- 日本人の食品摂取量
- 食品摂取量の経年変化
- 日本国内の地域特性



食品摂取による内部被ばく線量の推定

◇食品中の放射性核種濃度

農畜水産物の食品群ごとの放射性核種濃度

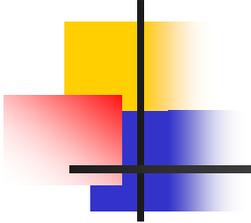
福島原発事故以前は、人工放射性核種の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 239 、 ^{240}Pu の微量検出は、すべて過去の大気各実験等の由来するものと考えられてきた。

◇内部被ばくによる預託実効線量の推定

預託実効線量 (mSv/年) =

$$\begin{aligned} & \text{摂取量 (g/人/日)} \times 1/1000 \times \text{平均核種濃度 (Bq/kg生)} \\ & \times 365 \text{日} \times \text{実効線量係数 (mSv/Bq)} \end{aligned}$$

(原子力委員会:環境放射線モニタリング指針、2008)



日常生活での被ばく線量(1)

生活場所の外部被ばく(1)

1年間に受ける外部線量(平均)

	世界	日本
大地放射線	0.48mSv	0.38mSv
宇宙放射線	0.39mSv	0.29mSv

大地放射線: 土壌や岩石に含まれる ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ウランやトリウムが壊変して生成された ^{208}Tl , ^{208}Pb , ^{214}Bi

宇宙放射線: 太陽や銀河系から陽子などが降り注ぎ、その多くは磁場で跳ね返され、磁場を通り抜けた宇宙線も窒素、酸素などと衝突して消滅。しかし、その際に中性子、ミュー粒子、パイ粒子、 ^3H , ^6Be などを生成。

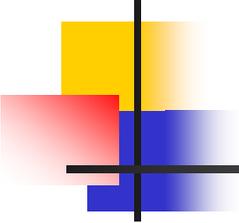
日常生活での被ばく線量(2)

飲食による体内被ばく 各食品群の実効線量

食品群の摂取量、放射能濃度、
実効線量係数等を用いて算出。
評価の核種： ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra ,
 ^{210}Po , ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$

食品群	実効線量 (mSv)
穀類・いも類・砂糖類・豆類など 	0.022
野菜類・果物類・きのこ類 	0.010
藻類 	0.014
魚類・貝類 	0.64
肉類 	0.0029
乳製品・油脂類・嗜好飲料・調味料など 	0.11
合計	0.80

(NPO安心科学アカデミー、2009)



食品からの放射能除去

野菜

果菜(キュウリ、ナス): 水洗で ^{90}Sr の 50~60%

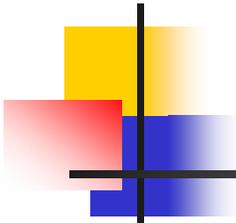
葉菜(ホウレンソウ、シュンギク等): 煮沸処理(あく抜き)
で ^{137}Cs , ^{131}I , ^{106}Ru の 50~80%

酸漬け(キュウリ): 放射性降下物の 90%

畜産物

牛乳: ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{131}I の 80% は脱脂乳に移り、精製
したバターへの移行は 1~4%。

(原子力環境整備センター、1994)



フォールアウト核種による野菜表面の汚染の除去 (チェルノブイリ原発事故)

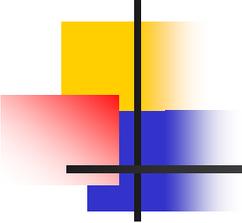
対象：葉菜類（ホウレンソウ、コマツナ、ミヤマイラクサ）中
 ^{103}Ru 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、および ^{131}I

方法：洗浄または煮沸による調理方法

1.	調理法	Ru-103	Cs-134	Cs-137	I-131
	水洗い	0.28	0.35	0.36	0.17
	あく抜き	0.48	0.67	0.66	0.58

結果：調理法による除去に違いがみられない。

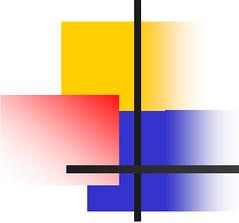
(久松、滝澤、阿部：J. Radiat. Res., 28, 110-118, 1988)



水道水、牛乳からの除去

- 飲料水中の $^{123}\text{I}^-$ は、フェロシアン化鉄イオン交換樹脂により100%除去される。
 $^{123}\text{IO}_3^-$ の場合は、フェロシアン化鉄により90%除去できるが、他のフェロシアン化陰イオン樹脂では低い。
- 牛乳中の $^{123}\text{I}^-$ および $^{123}\text{IO}_3^-$ は、フェロシアン化物陰イオン交換樹脂により、振とう時間30分で80～85%が除去される。

(渡利、今井、大桃ら: J. Nucl. Sci. & Tech., 25, 495-499, 1988)



肉中¹³⁷Csの除去

- ◆食塩水(1.7M)と硝酸カリ(29.7mM)を含む水溶液に、重量比の1/8に当たる汚染肉を1週間浸しておくと、¹³⁷Csは徐々に減少して、最終的には初期濃度の約5%にまで減少。

(R. Wahl & E. Kallei: Nature, 323, 208, 1986)

- ◆あらかじめ肉を凍結しておき、解凍して4～5時間食塩水処理(10%食塩水)するだけで、90～95%の¹³⁷Csを除去。

(Z. Franic et al.: Health Phys., 65, 216-217, 1993)

放射線被ばくの規則(線量限度)

一般人 1年間 1ミリシーベルト(mSv) (ICRP)

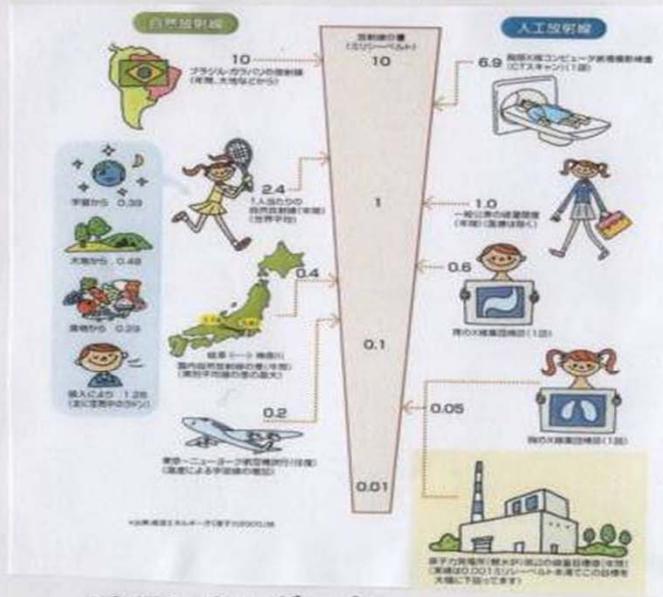
- ◇自然放射線による年間被ばく量: 2.4mSv (世界平均)
- ◇低線量域の放射線発がん: 1,000mSvの被ばくでがん死亡が生涯5%増加
- ◇日本人 がん死亡 約30%(2009年) これに5%を加えると35%になる。
- ◇被ばく500mSvでは増加分が1/2の2.5%、計37.5% である。
- ◇被ばく200mSvになると、増加分はわずかで、はっきりとしない。



放射線によるリスク

放射線レベルと危険度

日常生活での放射線被ばく量



(資源エネルギー庁『原子力2005』ほか)

急性 (1回)	レベル	慢性 (年間)
JCO 事故 O 氏死亡 (16,000)	危険レベル	危険レベル
JCO 事故 S 氏死亡 (6,000) JCO 事故 Y 氏退院 (1,000) 疫学調査から精神発達遅延症発生率激増 (1,000)	10,000	マウス実験、β線による胸腺リンパ腫 20%以上発生 (20,000)
疫学調査から遺伝的影響の心配はない (500) 妊婦 15 週期被ばくによる精神発達遅延症発生なし (200) 胎児被ばくリスクなし (100)	注意レベル	注意レベル
医療検査：頭部 CT (46) 医療検査：腹部 CT (20)	100	マウス実験、β線によるガンの危険性はない (300) 自然放射線によるガン死亡率の増加なし (200) ブラジル、ガラバリ海岸の一部自然放射線 (175)
胸のX線集団検診 (4)	10	英国放射線科医の疫学調査問題なし (30) 小児白血病の年間発生率に有意差なし (50/5年)
胸のX線検診 (0.3)	1	インド、ケララ地域の自然放射線 (3.8)
	1	日本の大地からのγ線 (0.44) 日本における宇宙線 (0.28) K-40 による体内被ばく (0.2)
	0.1	自然放射線の 1/3 遮蔽環境下で哺乳動物細胞の成長抑制を確認
	注目レベル	注目レベル

安心科学アカデミー作成 / 大阪大学名誉教授近藤宗平氏監修

放射線安全の許容量は50mSv

中国の高自然放射線地区住民

自然放射線 3.5mSv/y 16年 総被ばく線量54mSv SMR **0.87(13%減)**

英国の放射線科医

X線 5mSv/y 20年 総被ばく線量 100mSv SMR **0.71(29%減)**

ヨーロッパの定期航空便のパイロット

宇宙線 ~3.5mSv/y 35年 総被ばく線量 5~123mSv SMR **0.6(40%減)**

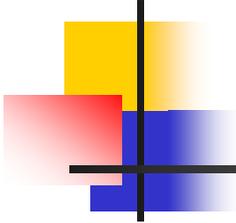
原子力船修理・造船工

Co-60, γ -線 3mSv/y 15年 総被ばく線量 45mSv SMR **0.85(15%減)**

近藤宗平(阪大名誉教授)

「放射線は年間50mSv 以下なら浴びても安全」

(FBNews, No.401, 2010)



チェルノブイリ事故によるパニック

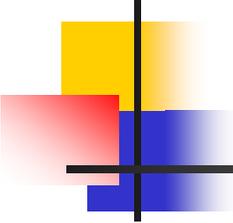
ポーランドでは、事故の2日後に通常の約50万倍の強い放射能が各地で検出された。

心理的放射能ショックが発生

Jaworowski博士の進言:ヨウ素剤が甲状腺腫瘍の予防として政府から1,850万人に配布された。

その後の再評価: **ヨウ素剤の予防内服は無意味** であった。
ヨード予防をしなかった人たちの甲状腺被ばく線量は約50mSvであり、このレベルの放射線を照射しても甲状腺腫瘍の誘発率はゼロであることが医学的研究で明らかになったからである。

(Jaworowski, Z. : ELR Science & Technology, May7, 2004)

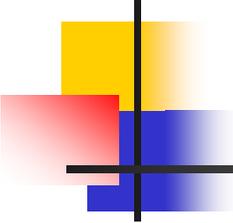


スウェーデンの放射能対策

国立放射線防護研究所 (SSI) の対策基準 (1986)

- 窓の開閉は差し支えない
- ヨード剤の予防内服は必要ない
- 妊婦への心配はなく、母乳を中止しなくてよい
- 屋根などで集めた雨水を飲んではいけない
水道水や個人の井戸水は飲用してもかまわない
- 牛乳は規制しないが、大気中に数日ばく露された牧草は飼料に供さない

(国立防衛研究所 (FOA) が協力、策定)



一口メモ(1)

放射線(電離放射線)

大きなエネルギーをもって飛び回っている粒子や電磁波(光子)

X線 **λ 線** **β 線** **γ 線**

放射性物質

放射線を出す物質(元素)

放射能/放射能濃度

放射能とは、放射性物質が放射線を出す能力 **放射線濃度**とは、単位量当たりの放射能の量 [例えば Bq/kg または Bq/l]

線量(放射線量)

人体の組織・臓器や物質が放射線を浴び、その結果として影響を受けた放射線の量

一口メモ(2)

放射線の特徴(透過力)

放射線(能)の単位

照射線量 クーロン/キログラム C/kg

吸収線量 グレイ Gy

線量当量 シーベルト Sv

旧単位との換算関係

$1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ $1\text{Bq} = 2.7 \times 10^{-11}\text{Ci}$

$1\text{R} = 2.56 \times 10^4\text{C/kg}$ $1\text{C/kg} = 3876\text{R}$

$1\text{rad} = 0.01\text{Cy}$ $1\text{Gy} = 100\text{rad}$

$1\text{rem} = 0.01\text{Sv}$ $1\text{Sv} = 100\text{rem}$

