

NPO 安全安心科学アカデミー講演会
平成24年5月28日
サンエビル(大阪市中央区南船場)

食品中放射性物質の新しい基準について

滝澤 行雄
(秋田大学名誉教授)

福島第一原子力発電所の事故

平成23年3月11日、世界最大級**マグニチュード 9、震度 7**
未曾有の東北地方太平洋地震が発生。

- ◆直後、制御棒の挿入によって核反応は完全に停止
 - ◆その後起きた15メートルを超える巨大津波が緊急炉心冷却に必要な非常用電源を奪ってしまい、炉心の冷却が不可能となり、液面が下がって、核燃料棒の一部が露出し、崩壊熱によって温度が上がり燃料棒の一部が破損した。
 - ◆さらに、水が高温の被覆管のジルコニウムに接触して分解し、水素を発生し、1号機、3号機の格納建屋で水素爆発を起こし、一部の放射能が環境に放出。
-  米国スリーマイルアイランド事故は設計を超える炉心溶融(苛酷事故)に進展したが、福島原発事故では、設計で想定した規模を超える津波が襲撃したため、停止後の冷却が不十分となり、放射性物質が外部に漏れ出した。

事故炉からの放射性物質の排出量

福島原発1～3号機 電気出力 202.8万kW

大気中への代表核種の放出量(4月11日～4月5日間)(推定)

(原子力安全委員会、2011年4月12日)

	^{131}I	^{137}Cs
炉内総量	$6 \times 10^{18}\text{Bq}$	$7 \times 10^{17}\text{Bq}$
放出量	$1.5 \times 10^{17}\text{Bq}$	$1.2 \times 10^{16}\text{Bq}$

大気中への総排出量 (6月時点)

^{141}I : 約 $1.6 \times 10^{17}\text{Bq}$

^{137}Cs : $1.5 \times 10^{16}\text{Bq}$

海水中への推定流出総量 $4.7 \times 10^{15}\text{Bq}$

(原子力災害対策本部、2011年6月)

広島原爆と比べ、 ^{131}I 放出量は2.4個、 ^{137}Cs 放出量は168個分、

^{90}Sr 放出量は2.4個分 (原子力保安院試算)

原子力緊急事態宣言と食品の暫定規制値の設定

平成23年3月11日19時3分、原子力災害対策特別措置法に基づいて、福島原子力発電所の事故の関わる**原子力緊急事態宣言**を発令。20時50分と21時23分に原発の近隣住民に対する**避難や屋内退避**を指示。

生活環境における放射能レベルの上昇。

・厚生労働省は3月17日と4月5日に急遽、「**食品中の放射性物質に関する暫定規制値**」を設定。これを上回る食品については、食用に供されることのないよう対処する。

・3月16日以降、福島、茨城、栃木、群馬、千葉、東京都で生産された一部の野菜、原乳やに出荷や摂取の制限。3月17日から3月28日まで、福島、茨城、千葉、東京都、栃木、埼玉の一部の水道水に、放射性ヨウ素が検出されたため、水道水摂を一時的に制限。4月20日には、千葉と茨城に住む女性の母乳に放射性ヨウ素が検出。魚介類に暫定規制値を上回る放射性セシウムやヨウ素の検出で一時的

放射能汚染食品の暫定規制値－温故知新

- ◇2011年3月17日に厚生労働省医薬品食品局安全部長が通知した暫定規制値には、原子力安全委員会が「原子力施設等の防災対策について」において示した「**飲食物摂取制限に関する指標値**」（昭和56年6月；平成22年8月14回改訂）が使われている。
- ◇指標値は、原子力災害対策本部等が**食品摂取制限の実施が適切**か検討を開始するための目安として、示された値であり、放射性セシウム、放射性ヨウ素、ウラン、プルトニウムおよび超ウラン元素の α 線放出核種について設定。原発事故時の放出量、食品への移行とヒトへの影響の重要性を勘案し、さらにチェルノブイリ事故やJOC臨界事故の経験を踏まえて選定されている。

内閣府 食品安全委員会 (リスク評価機関)

厚生労働省 (リスク管理機関)

厚生労働大臣がリスク評価を
諮問(3月20日)

食品衛生法に基づく食品の暫定規制値(※)を設定し、
流通規制(3月17日～)
・原子力安全委員会の防災指針の指標を準用
・緊急を要するため、食安委のリスク評価を受けずに設定

食品由来の放射線の量と健康
影響の関係を緊急とりまとめ
(3月29日)

食品安全委員会委員長から
緊急とりまとめを通知
(3月29日)

食品安全委員会、原子力安全委員会等の
検討を踏まえ、暫定規制値(※)を維持する
こととした(4月4日)

ICRPの実効線量10mSv/年
不適切とまで言える根拠は見いだせず

今後、必要な管理措置について検討する

放射性セシウム(セシウム134, 137)
5mSv/年はかなり安全側に立ったもの

放射性ヨウ素(ヨウ素131)
甲状腺等価線量として50mSv/年(実効線量としては
2mSv/年に相当)は相当な安全性を見込んだもの

(※) 暫定規制値(3月17日～)

今後、諮問を受けた内容範囲を
継続してリスク評価

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)	300Bq/kg
	野菜類(根菜、芋類を除く。)、 魚介類(4月5日以降)	2000Bq/kg
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	500Bq/kg
ウラン	乳幼児用食品、飲料水、牛乳・乳製品	20Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	100Bq/kg
プルトニウム及び超ウラン元素 のアルファ核種 (²³⁸ Pu, ²³⁹ Pu, ²⁴⁰ Pu, ²⁴² Pu, ²⁴¹ Am, ²⁴² Cm, ²⁴³ Cm, ²⁴⁴ Cm放射能濃度の合計)	乳幼児用食品、飲料水、牛乳・乳製品	1Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	10Bq/kg

(注) 100Bq/kgを超えるものは、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。

放射能汚染食品等の摂取制限－温故知新

一般環境の放射能汚染で食品等の摂取制限・流通制限が実施されたのは核爆発実験による影響が顕在化した時から

◆ビキニ環礁における水爆実験(1954年3月)

漁獲物(マグロなど)の廃棄処分その他

◆ソ連の大規模核爆発実験によるフォールアウト(1962年12月)

^{131}I : 天水の濾過飲用指示 3000pCi/l(111Bq/l以上)

葉菜類の十分な洗浄指示(3000pCi/l以上)

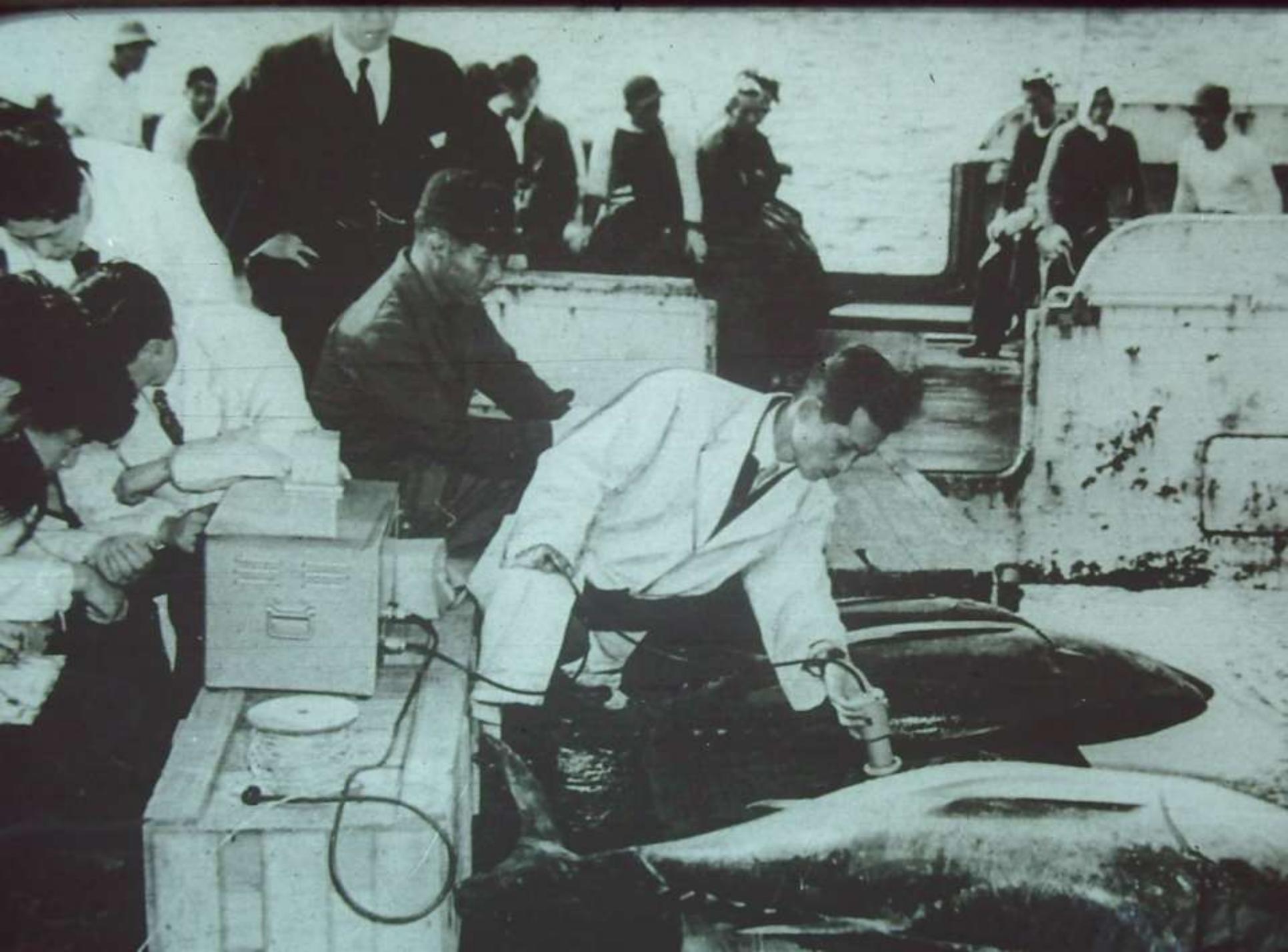
乳幼児の生牛乳の飲用中止指示(6000pCi/l(222Bq/l以上)

^{90}Sr : 積算降下量100mCi/km²以(3700mBq)以上の場合、飲食物の生産、流通への指導助言

◆原子力安全委員会「飲食物摂取制限に関する指標」(1981年6月)

◆ソ連チェルノブイリ原発事故(1986年5月～)

^{137}Cs と ^{134}Cs :、輸入不認 (370Bq /kg 以上)



『防災指針：飲食物摂取制限に関する指標』

ICRP Publ. 63 (1992) 飲食物対策がほとんど正当化され得る介入レベルとして、1種類の食品に対して 1年間に 実効線量で 10mSv と勧告。最適値の範囲は、 β / α 放射体に対して1000～10000Bq/kg, α 放射体として10～100Bq/kg, が相当とした。

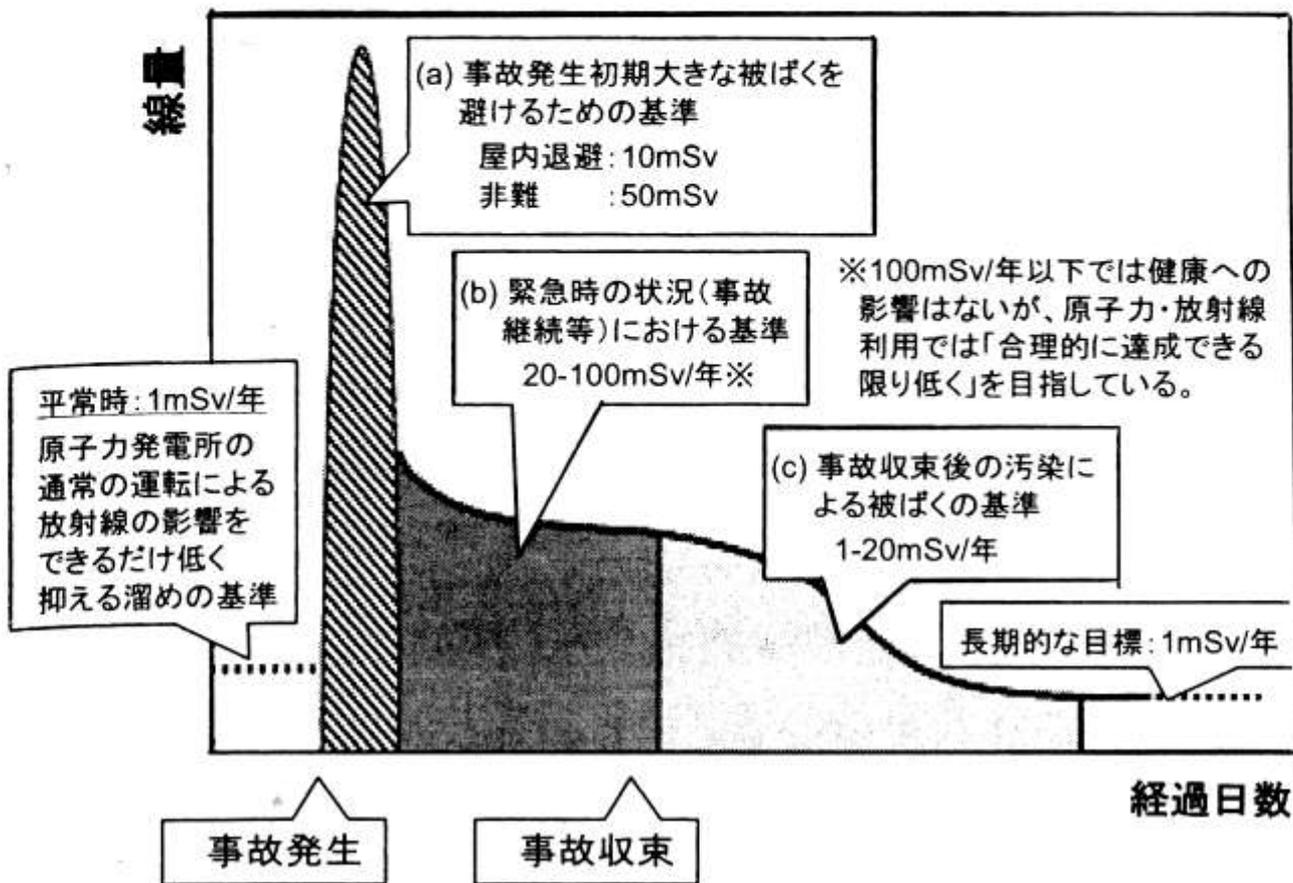
IAEA(Safety Series No. 115) ICRP1996年勧告 に準拠し食糧に対する一般対策レベルとして放射性核種毎に 飲食値卵制限の指標を導入。

わが国の原子力安全委員会はICRP, IAEA等の考え方にに基づき、回避線量(実施することで免れる線量)がそれ以上なら防護対策を導入すべきかどうかを判断する線量として、**実効線量5mSv** (放射性ヨウ素による**甲状腺量等価線量は50mSv・年**)を基にするとともに、わが国の食生活等の実態を考慮して策定。「原子力施設の防災対策について」の改定(14回改訂、平成22年8月)で「**防災指針における飲食物摂取制限に関する指標**」を国内法 として示された。

被ばく線量の制限—基準の考え

(原子力安全委員会、2011)

原子力安全委員会は平成23年4月11日付の「放射線防護の線量の基準の考え方」を示した。原発事故4月時点では、緊急時のための参考レベルとして20~100mSvが適応され、そのもっとも安全側に立った20mSv が一般公衆に適応された。



飲食物摂取制限に関する指標

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 野菜類(根菜、芋類を除く) 魚介類(4月5日以降)	300Bq 2000Bq
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品 野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	200Bq 500Bq
ウラン	乳幼児用食品、飲料水、牛・乳製品 野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	20Bq 100Bq
プルトニウム及び 超ウラン元素のアルファ核種 (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm の放射能濃度の合計)	乳幼児用食品、飲料水、牛乳・ 乳製品 野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	1Bq 10Bq

暫定規制値の算出（原子力安全委員会）

放射性ヨウ素： 甲状腺等価線量 50mSv/年を基礎として、

- ①飲料水、牛乳・乳製品、野菜類（根菜、芋類を除く）の3食品の指標の策定。
- ②指標の算定は、3食品以外の食品の摂取を考慮して、50mSv/年の2/3を基準とし3食品に均等に1/3ずつ割り当てる。
- ③わが国の食品の摂取量を考慮し各甲状腺等価量に相当する3食品の摂取制限指標を算出。

放射性セシウム： 実効線量 5mSv/年を基礎として、

- ①5食品（飲料水、牛乳・乳製品、野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他）の指標の設定。
- ②各食品に均等に1/5ずつ割り当てる、③食品の摂取量を考慮し5食品毎に ^{134}Cs および ^{137}Cs についての指標を算出。

輸入食品の放射能汚染に関する暫定限度

厚生省の「食品の放射能に関する検討会」は1986年5月、輸入可否の判断基準として 暫定限度370Bq/kg を決定

[設定の根拠] 限られた期間の保守的な算定。輸入食品の摂取による被ばく線量を、公衆の個人に対する**年線量限度(1986年の時点で500mrem)の1/3以下**に抑える。

◆わが国は、ICRP 1985年(Pub.26)のパリ声明で提示された「公衆の主たる線量等量限度を1 mSv/年)とする」を国内法に取り入れている。暫定限度施行後の約1年間のヨーロッパ地域から輸入された食品の全食品に対する割合は3.9%、1年間摂取し続けた場合の実効線量当量が0.04mSv。、これは日常食の放射能調査による実態よりかなり少なく、新しい国内法の下でも問題ないとされている。

輸入食品の暫定限度の算定

放射線防護のため、医療被ばくおよび自然放射線被ばくを除くすべての被ばく源からの線量の合計が年間1mSv以下に制限。このうちの1/3を将来予測保留分として割り当てることにし、輸入食品からの被ばく限度をこれにあてる試算がとられた。

$$1.46 \times 10^{-2} (\mu\text{Sv/Bq}) \times 1.4 (\text{kg}) \times 35\% \times A (\mu\text{Sv/Bq}) \times 365 (\text{日}) \\ \leq 5 [\text{mSv}] \times 1/3 \times 66\%$$

$1.46 \times 10^{-2} (\mu\text{Sv/Bq})$: Csの全身に対する換算係数、降下物中のs- ^{134}Cs および ^{137}Cs の放射能濃度比1:2 から計算

1.4(kg): 国民1人1日当たりの食品の摂取量

35%: 輸入食品の割合、A($\mu\text{Sv/Bq}$):輸入食品中の放射能濃度

66(%): 食品から全線量当量のうち食品中の ^{134}Cs と ^{137}Cs からの被ばくの割合。この試算式から $A \leq 421 (\text{Bq/kg})$ を得る。

この値を基にECおよび米国の暫定限度を勘案し、安全を十分見込んで食品中の放射線能度を **放射性セシウム(^{134}Cs および ^{137}Cs)**

として **370Bq/kg** と定めた。

食品の安全を取り巻く状況

食生活をめぐる状況の変化

◇豊かな食生活: 物流の発展により世界各国から多種多様な食品の輸入が可能となっている(国際化の進展)。

◇一方、食品の生産から消費までの過程は複雑化し、消費者にとって不透明なものとなっている(遺伝子組み換え等の新たな技術の開発、分析技術の向上)。

食品の安全確保についての世界の動き

◆国際食品規格委員会 (コーデックス) 2003年の考え方

- ①国民の健康保護の優先、②科学的根拠の重視、③関係者相互の情報交換と意思疎通、④政策決定過程等の透明性確保

◆安全確保の方法

- ①「リスク分析」の導入
- ②農場から食卓までの一貫した対策

放射線防護—緊急時の公衆被ばく

国際放射線防護委員会(ICRP)は、①平常時、②非常事態、③事故後の回復や復旧時期等、3つの状況に分けて放射線防護の仕組みを勧告している。

◆非常事態では平常時の線量限度（公衆：年間 1 mSv）は適用せず、**20－100mSvの間で状況に応じて参考レベルを設定**して、それを目安に防護活動を行う（防護の最適化）。

◆事故後の回復、復旧時期には住民防護の参考レベルを状況に応じて1－20mSv の間に設定することがある。

1990年勧告(緊急時の公衆被ばくの介入レベル)		2007年勧告 同参考レベル
食料	10mSv /年	20～100mSv/年 の枠 内で状況に応じて選定
安定ヨウ素剤の配布	50～500mSv	
屋内退避	2日で5～10mSv	
一時的避難	1週間で50～500mSv	
恒久的な移住	初年度に100mSv または1,000mSv	

放射線被ばく線量の評価と預託線量

◆外部被ばくも、内部被ばくもリスクは同じであるという原則で評価される。両被ばくの影響は、何れも電子であり、吸収線量が同じであれば、放射線影響は同じである。しかし、内部被ばくのリスク評価は線量評価モデルを適用する。

◆内部被ばくは、いったん体内に入った核種が体内から排泄されるか、物理学的半減期で減衰するまでの時間にわたって被ばくを受け続ける。このため、放射線防護・管理上、体内からなくなるまでの総被ばく線量を体内摂取時点において被ばくしたものと見なす線量として預託線量当量が利用される。

預託線量当量: 放射性物質の身体内への摂取後、身体内の臓器または組織が、50年にわたって受ける線量当量。子供に対しては、摂取した年齢から70歳までの積分期間が用いられる。

ICRP 1990 年勧告: 預託実効線量当量を、摂取した年の1年間に受けたものとして、その年の外部被ばく線量当量と加算した値が年間実効線量当量限度を超えないよう、個人の受ける線量を制限すること。

緊急時モニタリングの主な対象食品

第1段階: 農水産食品(素材)が汚染され易い食品

野菜、果物、乳類、穀類、魚介類・海藻類およびその他の6食品(類)

第2段階: 全般的な放射能濃度の把握のため、これらを含む12食品(群)

食品の摂取期間: 基本的には1年。生鮮食品等(冷凍保存や加工処理)では1年より短い適切な摂取期間を設定することが必要

福島原発事故に関わる食品中の放射性物質検査(原子力災害特別措置法)

◆検査は各自治体に任せ、①原則週1回、②普段摂取する量が多い食品、③その産地の特産物。④旬を迎えて出荷が始まる品目は出始めに調査、

◆対象は14都県

『放射性物質に関する緊急とりまとめ』

食品安全委員会は3月29日、「放射性物質に関する緊急とりまとめ」を公表

①対象核種：放射性ヨウ素 (^{131}I) と 放射性セシウム (^{134}Cs , ^{137}Cs)

②放射性ヨウ素：年間50mSv とする甲状腺等価線量は食品由来の放射線ばく露を防ぐ上で相当な安全性を見込んだもの

③放射性セシウム：実効線量として年間5mSvは食品由来の放射線ばく露を防ぐ上でかなり安全側に立ったもの、とした。

日本の規制値と欧米の指標値

	^{131}I (Bq/kg)				$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg)				
	飲料水	牛乳・ 乳製品	野菜類	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	2000	2000	200	200	500	500	500
米国	170	170	170	170	1200	1200	1200	1200	1200
EU	500	500	2000	2000	1000	1000	1250	1250	1250
Codex	100	100	100	100	1000	1000	1000	1000	1000

暫定規制値の算出根拠

[放射性ヨウ素] 甲状腺等価線量50mSv/年を基礎として、①飲料水、牛乳・乳製品、野菜類(根菜、芋類を除く)の3食品の指標の策定。②指標の算定は、3食品以外の食品の摂取を考慮して、50mSv/年の3分の2を基準とし3食品に均等に1/3ずつ割り当てる。③わが国の食品の摂取量を考慮し各甲状腺等価線量に相当する3食品の摂取制限指標を算出。

[放射性セシウム] 実効線量5mSv/年を基礎として、①5食品(飲料水、牛乳・乳製品、野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他)の指標の設定、②各食品に均等に1/5ずつ割り当てる③食品の摂取量を考慮し5食品毎に¹³⁴Csおよび¹³⁷Csについての指標を算出。暫定規制値は、下記の結果から最低値を切り捨てた値を採用している。

(Bq/kg)	成人	幼児	乳児	最小値
飲料水	201	421	228	201
牛乳・乳製品	1,660	843	270	270
野菜類	554	1,686	1,540	554
穀類	1110	3,830	2,940	1,110
肉・卵。魚介類・その他	664	4,010	3,234	664

出荷制限・摂取制限とその品目・区域の設定条件

- ◆食品衛生法に基づく暫定規制値を超える食品が地域的な広がりをもって見つかった場合、地域・品目を対象とする。
- ◆地域については、県域を原則とし、県内を複数のブロックに分割することができる。
- ◆品目については、個別品目ごとに検討する。
- ◆制限設定の検討に当たっては、1週間ごとに、検査結果を集約の上、要件への該当性を総合的に判断。必要に応じて追加的な検査を行う。
 - ・地域的な広がりが不明な場合には周辺地域を検査して、出荷制限の要否を判断。
 - ・著しい高濃度の値が検出された品目については、当該品目のサンプル数にかかわらず速やかに摂取制限を設定。

(原子力災害対策本部、2011)

ヨーロッパの食品中放射能制限の基準

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}Cs	ミルク・乳幼児食品	370
		その他の食品	600

放射性物質の食品健康影響評価

食品安全委員会は、現在の暫定基準値見直しの検討で、「**がんが増えるなど健康への影響がでるのは、生涯で累積100mSv以上被ばくした場合**」という基準案を平成23年7月26日に示した。

- ①**ウラン**: 動物試験の結果から TDI (耐容1日摂取量)を $0.2\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重 /日。これは放射線量としては約 $0.005\text{mSv}/\text{年}$ に相当。
- ②放射性ヨウ素、放射性セシウム、プルトニウム、アメリシウム、キュリウムおよびストロンチウムの各核種は、個別に評価結果をだすのに十分な科学的知見は得られなかった。
- ③線量は、内部被ばくと外部被ばくを含めた累積線量として評価。
- ④被ばくによる健康影響がみられるのは100mSv からである。
- ⑤日常生活での自然被ばくおよび医療被ばくは生涯線量から除く。
- ⑥小児は成人よりも被ばくの影響を受けやすいと考えられる。

新基準値の策定

食品の新基準値

厚生労働省は、薬事・食品衛生審議会および同放射性物質対策部会の合同会議を平成24年2月24日に開催し、事故直後に適用した暫定規制値から新たな基準値を定めた。この基準値は、一部経過措置はあるが、平成24年4月より施行されることになった。

新基準の考え方

食品安全委員会は、緊急時の公衆被ばくに適用する食品の参考レベルを検討し、平成23年7月26日、被ばくによる健康影響がみられるのは生涯で累積100mSvからとして、放射性セシウムについては、ストロンチウムの寄与を10%含んだ上で **年間5mSv** を基準線量と決めている。

この暫定規制値に適合する食品は、健康影響はないと評価され、つまり安全は確保されているが、**厚労省**では、より一層、食品の安全と安心を確保するために、基準線量を **年間1mSv** に引き下げることを基本として新たな基準値の検討を行った。

新基準値の算定の根拠

規制対象核種： ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 Pu 、 ^{106}Ru （半減期1年以上）

新基準値の求め方：規制核種からの線量が合計で1mSvとなるように、放射性セシウム濃度で示すが、産物や年齢により多少の違いはあるが、他の核種からの寄与は10%強とされている。

食品による区分：**飲料水**、**乳児用食品**、**牛乳**、**一般食品**の4区分となっているが、一般食品を一括しているのは、①摂取する食品の偏りの影響を最小限にすること、②分かりやすさ、③国際的な考え方との整合性があげられている。

算出法：①飲料水の基準をWHOの指標値から 10 Bq/kgと定める
②年間1mSv から飲料水からの線量（年間約0.1mSv）を差し引き、一般食品に割り当てる線量（年間約0.9mSv）とする、③年齢区分別の年間摂取量（流通する食品の汚染割合は50%）と線量係数から限度値を算出する、④乳児用食品および牛乳については、流通する食品のすべてが汚染された場合を考慮し、一般食品の基準値を1/2 にした50Bq/kg を基準値となっている。

放射性セシウムの新基準値 (Bq /kg)

新規規制値	(年 : mSv/kg)	暫定規制値(従来)
飲料水	10Bq	200Bq
牛乳	50Bq	200Bq *
一般食品		
野菜類		500Bq
穀類	100Bq	500Bq
肉・卵・魚・その他		500Bq
乳児用食品		50Bq

* 乳製品含む

食品による放射性セシウムの許容線量を年間5mSv から1mSvに引き下げている。平均的食生活より算定し、「飲料水」はWHOの基準に合わせた。

家畜のえさ、キノコ用原木、葉タバコ等の新基準

品目	新基準	旧基準
牛のえさ	100 Bq/kg	300Bq/kg
豚のえさ	80	300
取のえさ	160	300
馬のえさ	100	300
養殖魚のえさ	40	100
キノコ用原木	50	150
キノコ用菌床	200	150
葉タバコ	100	500

日本の規制値と欧米の指標値（再掲）

	^{131}I (Bq/kg)				$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg)				
	飲料水	牛乳・ 乳製品	野菜類	その他	飲料水	牛乳・ 乳製品	野菜類	穀類	肉・卵・ 魚・その他
日本 暫定基準 新基準案 (H24.4)	300	300	2000	2000	200 10	200 50	500 100	500 100	500 100
							[一般食品として]		
					乳児用食品として		50		
米国	170	170	170	170	1200	1200	1200	1200	1200
EU	500	500	2000	2000	1000	1000	1250	1250	1250
Codex	100	100	100	100	1000	1000	1000	1000	1000

新たな検査指針

新指針は、原発事故で影響を受けている生産地の17都県が行う検査が対象

食品検査のあり方

◆対象地区で100Bq /kg超が検出されたら、50Bq 超がでた市町村や主要産地は、サンプル数を3つずつ検査、

◆海産物については、岩手、宮城、福島、千葉の沿岸5県の一部地域で50Bq 超の魚種が出れば、5県すべての漁業区域ごとに週に1サンプルを検査

旧指針は、500Bq /kg 超が検出されたら農協単位(複数の市町村)の2カ所で週に1サンプルずつ検査、としてきた。

農水省は100Bq /kg 超す福島県の昨年産米について、検出された農家のものだけでなく、近接地域の全量(試算:3万7000トン)を買い上げる予定。

食品の放射能調査結果（新基準適用）

新基準超え 出荷停止

4月5日 千葉県木更津市・市原市など県内4市町 タケノコ

宮城県村田町 原木シイタケ（露地栽培）

福島県の酸川支流で採れる川魚 ヤマメ

4月6日 茨城県潮来市、つくばみらい市、小美玉市 タケノコ

千葉県我孫子市、栄町 タケノコ

～4月30日 検査数 1万3,867件，経過処置を含め基準をこえたもの 350件（このうち500Bqを超えたのは55件）
19県の内訳:福島142件、栃木69件、茨城50件、宮城36件、岩手35件、千葉13件、山形・群馬確2件、神奈川1件
品目 農産物ではタケノコ、原木シイタケ、クサソテツ(コゴミ)、フキノトウなど、海産物ではスズキ、ヒラメ など。

新基準値 考え方

新基準の意義

国は緊急事態から平常時に戻していくための基準値を適用。規制の目的は、食品を通じて内部被ばくを減らすことにある。新基準は、食品から被ばくが年1mSv を超えないよう、年齢による食べる量、種類の違いを考慮しており、暫定基準より**1/20~ 1/4**と世界的にも厳しい。新基準が消費者の安心につながるよう、**検査の充実と情報提供**。

効果の賛否

①強化基準で売買されない産品が増加、農家や漁師らは苦境に陥り地域社会にも影響しかねない →**風評被害の再燃**。新基準の施行で「これまでの暫定値はやはり危なかったのか」の**不安や混乱**。

②食品独自基準：食品メーカーや小売業者が『国の基準値の半分』といった数値を決めたり、自主検査：福島県内を中心とする生産地では、農産物を自主的に検査する市町村や農協が増加。流通段階では生協やスーパーなどが自主検査を実施、自治体の給食の食材の検査

放射線の人体への影響

放射線には、物質を電離させ、励起させたりするので人体を通り抜ける間に、細胞をこわし、細胞内のDNAの構造を変える。また、細胞死や細胞分裂の遅れが生じる。被ばく線量が少ない場合には、近くの正常細胞が分裂して、死亡細胞とおきかわり、もとの臓器・組織に戻る。

遺伝物質(DNA)にキズがつくと、細胞再生産の過程のどこかに不都合が生ずる、この不都合が**体細胞に起った場合が、発がんであり、生殖細胞に起った場合は、遺伝影響**となって現れる。

- 1) ヒトは放射線に最も感受性が高い生物の一つ
- 2) 日常生活において、閾値以下の線量を常に被ばくしており、健康障害発生頻度は被ばく線量に比例する。
- 3) 日常的に被ばくする低線量によって発症することがあり得て、その発生頻度は線量に依存し、「**確率的影響**」という直線仮説に従う。

低線量の健康への影響

低線量とは、通常は 100-200mSv 以下の線量のことをいい、放射線被ばくによる健康影響は発がんが中心課題である。

①国内外の調査から100mSvの被ばくは、がん死亡率を0.5%程度増やすと考えられている。100mSv以下でがんリスクを増加させたという明確な証拠はない。

②1999年12月の米国保健物理学会主催Warrenton 国際会議では、「過去50年間の疫学調査結果で、統計的に有意にがんが増える最低線量は100mSv以上である」「しかし、これは閾値の存在を意味しない」ことが合意された。

③低線量率といって、同じ線量であっても、少しずつ時間をかけて被ばくした場合、同じ線量を一度に受けるときより放射線の影響は小さい放射線防護の観点から、低線量率の影響は、急性被ばくの半分(1/2)とされる。

放射線障害の発生機構

国際放射線防護委員会（ICRP） 放射線障害防護の観点から

- ①**確定的影響**：閾値線量があり得るような影響で、その重篤度は線量の大きさと共に変わる ○白内障 ○非悪性皮膚障害 ○骨髓細胞・生殖細胞への影響 ○血管や結合組織への影響、
- ②**確率的影響**：閾値線量が存在しないと考え、影響の発生確率が増加する（LNT仮説：Linear No threshold Theory） ○発がん ○遺伝的影響に分けている。

ICRP 2007年勧告（Publ. 103）

- ◆低線量域（100mSv未満）における**LNTモデルは科学的にplausible**である。
- ◆ゲノム不安定性、バイスデータンダー効果や適応応答は放射線防護目的のためには、知見がまだ不十分で、ここでは考慮しない。
- ◆がんリスクは、死亡率ではなく、**罹患データを重視**する。
- ◆遺伝的疾患は、UNSCEAR 2000年報告に基づき第2世代まで考慮する。
- ◆がん以外の疾患リスクは、**1000mSv未満での線量反応関係は不確か**で、低線量でのリスクが判断できない。

100mSvの放射線がんリスク

『放射線は、どの線量まで安全か、どこから危険か』

○線量100mSvという観点からのリスクの評価について、疫学研究および実験発がん研究のいずれも100mSvの被ばくががんを生じさせる証拠は見つかっていない。

◆放射線の影響は、①白血球の減少、不妊などのように、ある一定以上の量を被ばくした場合にのみ現れる確定的影響 と、②どんなに少量の放射線被ばくでも起り得る(直線しきい値モデル)、また、被ばく線量が増せば発生頻度が増加すると考えられている確率的影響、とに分けられる。ICRP などでは、慎重な立場をとって、この「しきい値仮説」を適応して、「100mSv 当り,がんの確率が0.5%増加する」としている。

◆確率的影響の放射線がんと遺伝影響には「安全」と「危険」と判定する「閾値」がないが、確定的影響は100mSv 以下ではまず起こらない

◆現時点においてがんリスクは、「100mSv 当り0.5%のがんの確率増加以上の悪影響は起こらない」と思考される。

広島・長崎の原爆被ばく者のがんによる死亡リスク

OECD/NEA専門家グループ報告:

Life Span研究において、発がんリスクが有意に観察されるのは200mSvである。(Working Group on Science and Technology Affecting Radiation Protection Sub-Group on Radiation Health Sciences, 1998年)

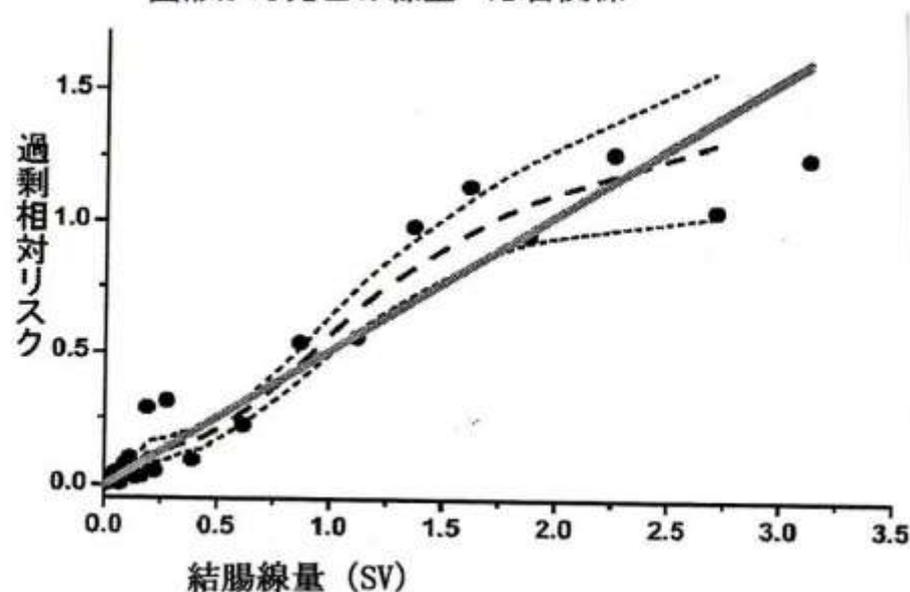
放射線影響研究所報告:

長期的影響として、30歳で被ばく、男女平均70歳において、①固形がん死亡の過剰相対リスクは0~125mSvの範囲では有意な直線性が認められたが、被ばく線量0~100mSvでは相関がなかった。②白血病による死亡の推定相対リスクは、臓器吸収線量0.2Gy以上では対照の0Gyと比べて有意に上昇したが、0.2Gy未満では有意差はなかった。

◆発がんのリスクは閾値仮説で被ばく線量に比例すると考えるならば、100mSvでは約1.05倍、10mSvでは1.005倍と予想される。

◆300mSv未満についての解析では①男性の固形がんの過剰は有意差ではない。②女性の固形がんの過剰は有意であるが、肺がんと乳がんによるものであり他の要因(喫煙、高齢での初産、未経産など)の考慮なしに放射線の影響を論ずることはできない。

固形がん死亡の線量-応答関係



(Pierce, D. A. ら : Radiation Research, 159, 511, 2003)

低線量被ばくの場合は高線量被ばくより DNA修復の効率が高い

方法: ヒト乳房上皮細胞を標的としてX線、鉄イオンビーム照射により、DNAに二重鎖切断(DSB)を発生させ、その修復仮定を追跡した。

結果: 従来の研究から、放射線照射後に細胞核内に生成する放射線誘発フォーカス(RIF)とDSBに1:1の対応があると考えられていたが、この研究ではRIF内に“DSB修復センター”が存在し、RIFの数が時間とともに変化する結果を得た。例えば、0.1Gy照射で73 RIF/Gy、1Gy照射で28 RIF/Gyで、RIFの発生数は照射量と比例しなかった。また、DSBが従来の想定と異なり、2 μ mまでの距離をRiflに向かって移動し、クラスターを作ることを確認した。

考察: 低線量の場合、RIFは高線量の場合よりも緩やかに生じ、より速やかに消滅する(DSBが修復されたため)。また、DSBが存在すると、誤った再結合の可能性が増加するために高線量照射では発がんに導きやすくなると考えられる。

Teresa Neumaier et al.: Evidence for formation of DNA repair centers and dose-response nonlinearity in human cells. Proc. of NAS, First Edition, December, 22, 2011. (原安協だより、第246号、8-9、{2012. 2. 25})

放射線被ばくの“実際のな”閾値

ICRP2007勧告:、直線閾値なし(LNT)モデルを採用

この見解は UNSCEAR2000年報告および米国NAS/NRC2006年報告(BEIR VII) と一致するが、フランス・アカデミーは実際のな閾値を支持し、LNT仮説に反対している。

- ①閾値なし(確率的影響)では、防衛機構が小線量において完全に有効である場合のみに真の閾値が存在する(ICRP-60)。
- ②閾値あり(確定的影響)では、被ばく者の少なくとも1~5%に現れるのに必要な放射線量としている(ICRP-41)。

実際のな閾値: 実際のな閾値以下の被ばくでは、放射線損害はない。したがって、「正当化」および「最適化(ALARA)」の原則は必要ない。ただし、医療被ばくを除く。社会の便益のために個人の放射線損害を許した“正当化”ならびに健康や安全を経済的な利得と引き換えた“最適化”の倫理状の問題は解決できる。

(Jaworowski, Z: Physics Today, 52(9), 24, 1999)

低線量被ばくのリスク管理

『低線量被ばくのリスク管理に関するワーキング』 内閣府有識者会合

5回目会合(11月25日) 環境中に放出された¹³⁷Csがきわめて少量でも膀胱の前がん病変などを引き起こすとの意見陳述が見玉竜彦氏(東大アイソトープ総合センター長)よりあり、低線量被ばくの危険性に警鐘が鳴らされる(“チェルノブイリ膀胱炎”－長期のセシウム137低線量の危険性。医学のあゆみ、238(4)、355、2011)。

会合ではチェルノブイリ事故によって膀胱がんが増加したのか否かを巡り、見玉氏とWG委員との間で激しい意見のやり取りが行われた。

UNSCEAR 2008年報告では「疫学研究で立証されているチェルノブイリの健康影響は甲状腺がんは増加したが、それ以外の固形がんは増加していない」と結論している。

	非汚染地区	0.5- 5 Ci/Km ²	5-30Ci/km ²
患者数	33	58	73
土壌中 ¹³⁷ Cs	0	0.5-5	5-30
尿中 ¹³⁷ Cs	0.29	1.2	6.4
膀胱VCIS + PUC 総数		90/164 (55%)	

(福島昭治ら、Research Project Number 1257 6005)

チェルノブイリ膀胱炎

Romanenko、A. et al.: Cancer Sci ., 94、328、2003

調査対象:放射性セシウムの汚染レベルが異なる3地域の住民で前立腺肥大摘出術を行った男性159例および慢性膀胱炎症状の女性5例

検査法:①入院中の尿中セシウム濃度、②膀胱バイオプシーによる膀胱上皮のがん病変の検索

結果:

高汚染地区	前がん97%	初期がん73%	尿中Cs 量6.47Bq /L
中汚染地区	83%	64%	1.23Bq /L
対照地区	27%	0%	0.29Bq /L

註: **日本人**の1日尿量を平均1.5L とすると、

男性では放射性カリウムが1日平均47Bq /L、女性では37Bq /L含まれると試算され、**生後65年間これらに継続的内部被ばくしても、チェルノブイリ膀胱炎にはならない。**

チェルノブイリ事故の放射線科学的知見

◆数日～数週間以内に30名の作業者が死亡、その他100人を超える放射線障害者、1986年、原子炉周辺の地域から約116,000人が直ちに避難し、1988年以降ベラルーシ、ロシア、ウクライナから約220,000人が移住（UNSCEAR, 2000年報告）

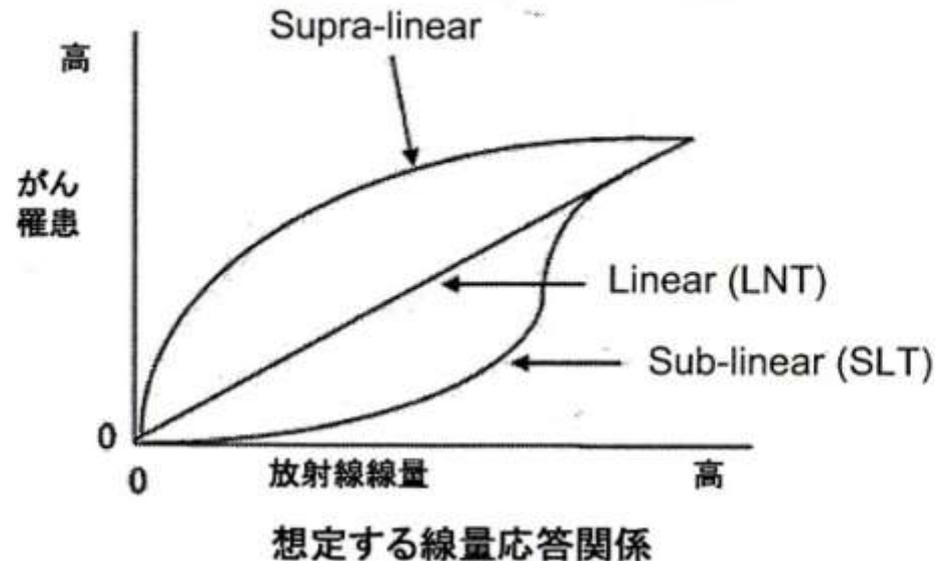
◆小児の甲状腺がん罹患者は約1,800例（放射線に起因）、
一般人では 主要な健康影響（白血病、固形がんなど）の証拠は得られていない。全がんの罹患率・死亡率、また非悪性疾患における増加を裏付ける疫学的研究はない（500万人以上に上る被爆者民）。

Accident and
Special Health Care Programmes, Report of the UN Chernobyl
Forum Expert Group、Health、WHO、2006)

◆除染作業（1986～87年）で約24万人が1年間に100mSv超の被ばく、高線量汚染地に居住した27万人が1986～2005年にかけて累積50mSv超の被ばくにおいて「健康被害は認められない」（WHO、2006年）

線量・応答関係についての科学者の考え

信じる 線量応答関係	米国の 科学者	英国の 科学者	フランスの 科学者	ドイツの 科学者	他のEUの 科学者
Linear Threshold	19.2%	20.9	17.6	22.5	23.2
Sub-Linear Threshold	75.0	70.6	69.7	64.2	68.6
Supra-Linear Threshold	5.8	8.5	12.6	13.4	8.1

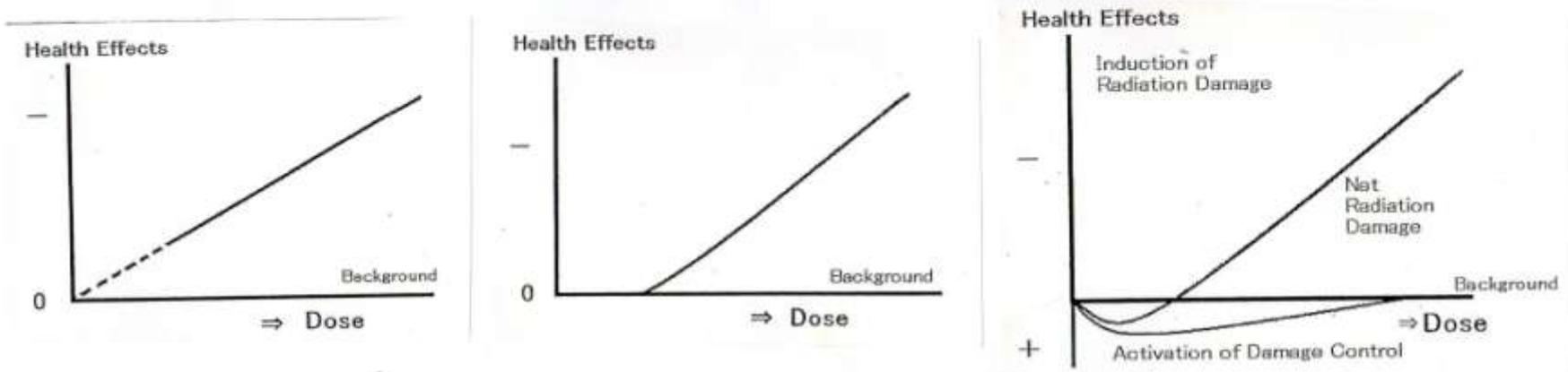


放射線リスクの考え方

低線量放射線被ばくによる健康影響 ➡ 発がんリスク

直線仮説(ICRP) 閾値仮説 放射線ホルミシス仮説

「高い線量で起きた障害は低い線量レベルでも縮小して起るだろう」と仮定し、
「影響の不明な部分は安全側に立って危険なものと同みなして対応することが
放射線の安全管理にもつながる」(1958年国連原子放射線委員会 合意)



大気圏核爆発実験

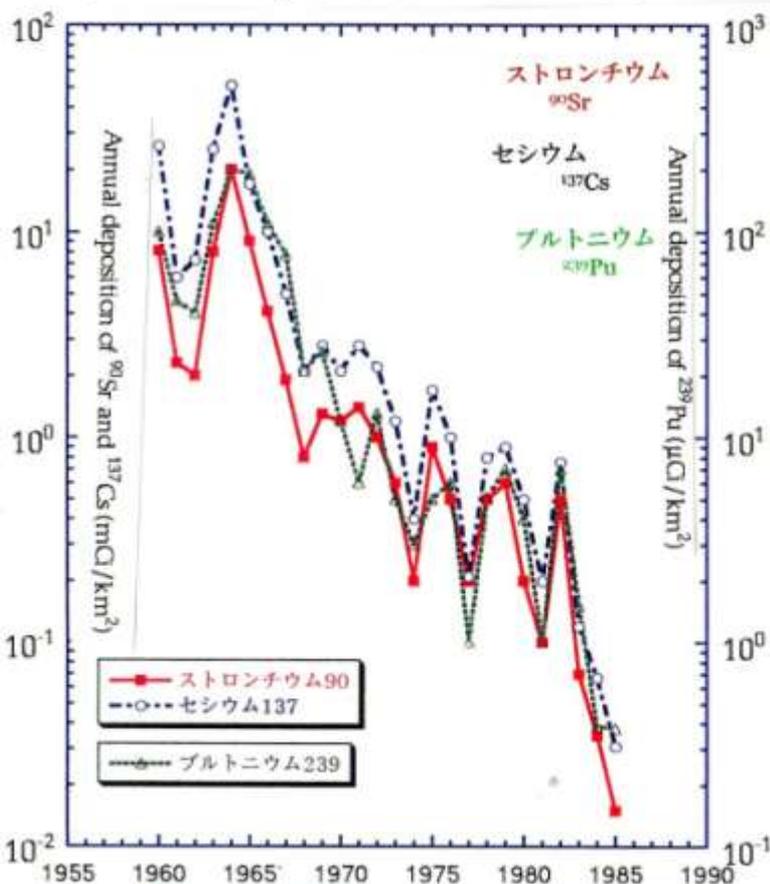
核実験に伴う環境汚染

- ◇1954年：米ニューメキシコでプルトニウム爆弾の炸裂、続く
広島・長崎原爆投下。それ以来、大気圏内核実験の強行は、
528回（米国：215 ソ連：219 フランス：50 中国：28など）
に達した。1962年：史上最多の年間178回行われた。
- ◇主要な核分裂物質： ^{89}Sr ^{90}Sr ^{141}Ce ^{141}Ru ^{137}Cs
 ^{140}Ba ^{140}I ^{85}K など。
- ◇爆発量： 総計440メガトン（TNT火薬換算 爆発力） 当初の
濃縮ウラン、プルトニウム爆弾の爆発量は約20キロトン、そ
の後の水素爆弾は 100キロトン級。
- ◇放射性降下物は北半球中緯度帯の日本に集中降下。

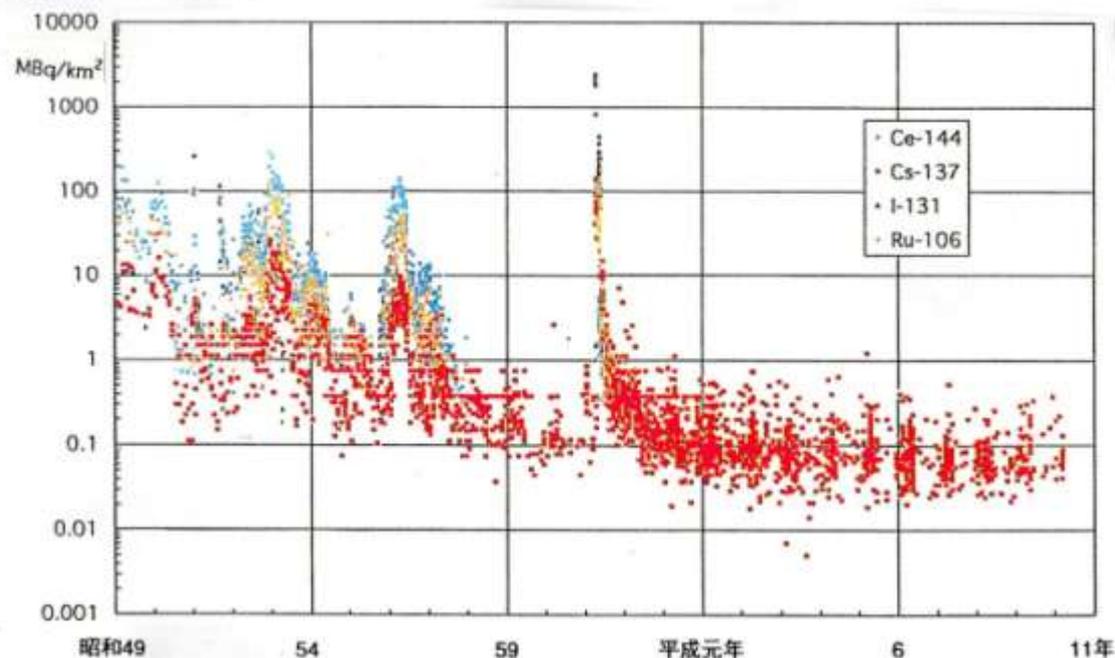
放射性降下物による環境汚染

原子爆弾:核分裂で放出された中性子が周りの原子核と連鎖的な核分裂を起こさせると、原子核が増加し、膨大なエネルギー量に達する。

水素爆弾:核反応によって高中速中性子が放出され、同時に熱エネルギーが供給されて、数億度の高温に達し、この高温下で重粒子どうしの核反応や重水素とトリチウムとの核反応が起こる。



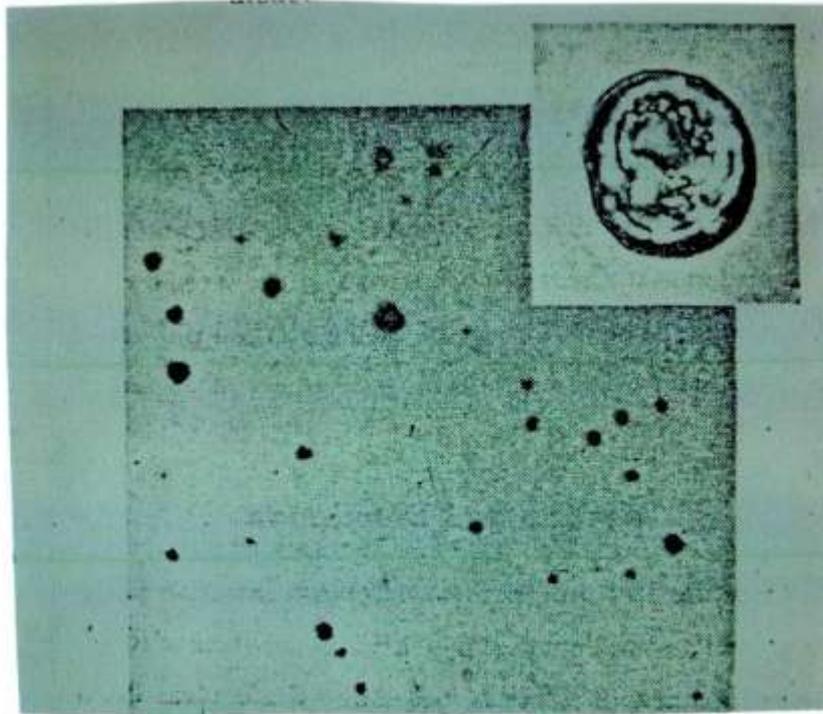
核分裂物質: ^{89}Sr ^{90}Sr ^{141}Ce ^{141}Ru ^{137}Cs ^{140}Ba ^{140}I ^{85}K
爆発量: 総計440メガトン (TNT火薬換算 爆発力) 当初の濃縮ウラン、プルトニウム爆弾の爆発量は約20キロトン、その後の水素爆弾は10キロトン級。



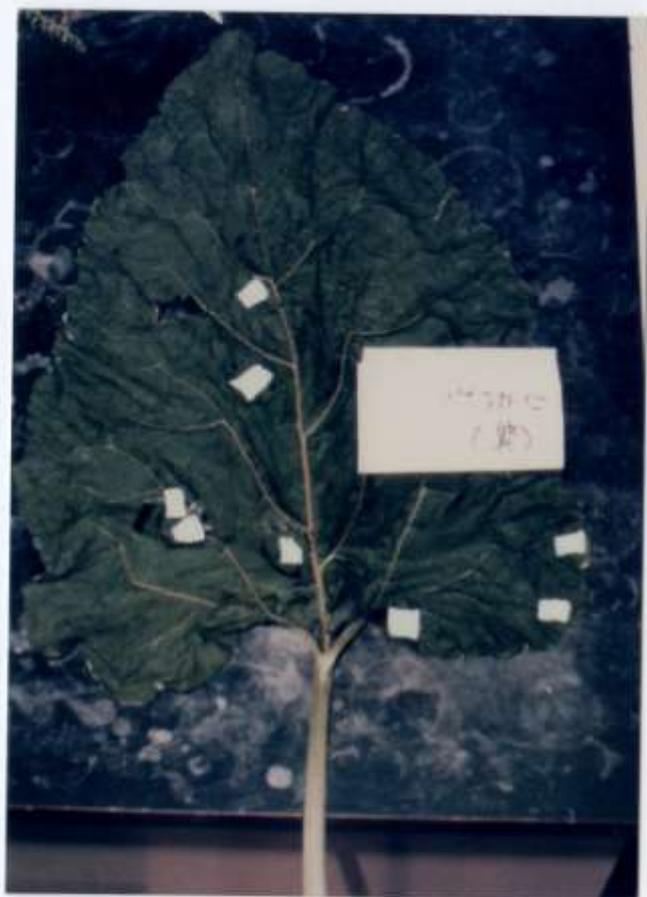
中国核実験の影響

第19回水爆実験（1976年9月）:中国西部ロブノル地区上空から起爆2日後に“死の灰”（強放射性粒子）が日本全土、とりわけ北日本の日本海側地域に大量の放射性降下物が振りまかれた。

秋田大医学部屋上では1㎡2当たり 114個、胸部X線フィルム上に 32個の死の灰が検出された。秋田大学近隣の畑の野菜に多数降下し、最大放射能強度は6万pCi(2,200Bq)、20ミクロンの円形大状をしめした。



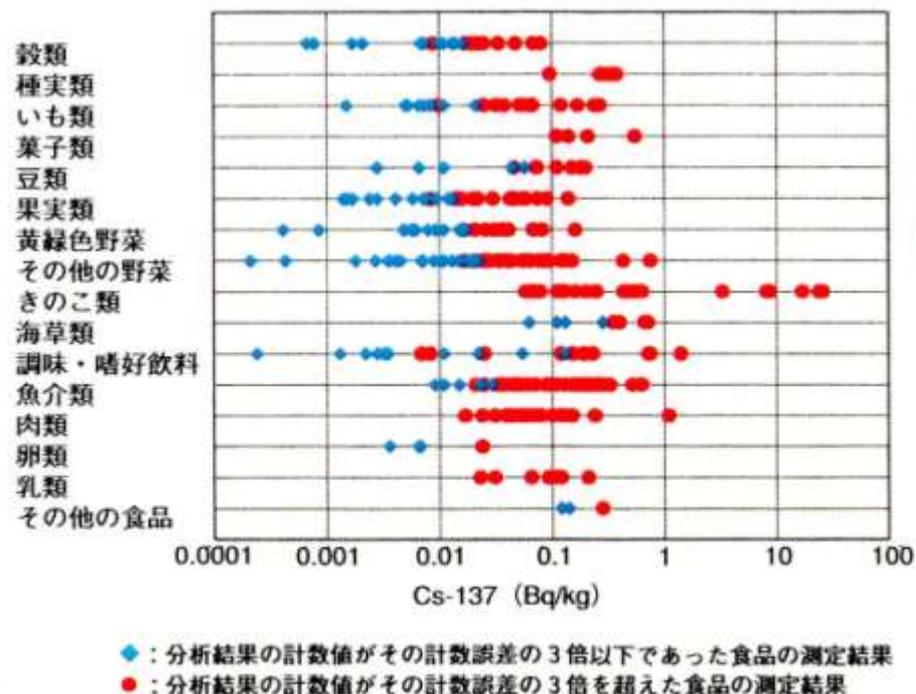
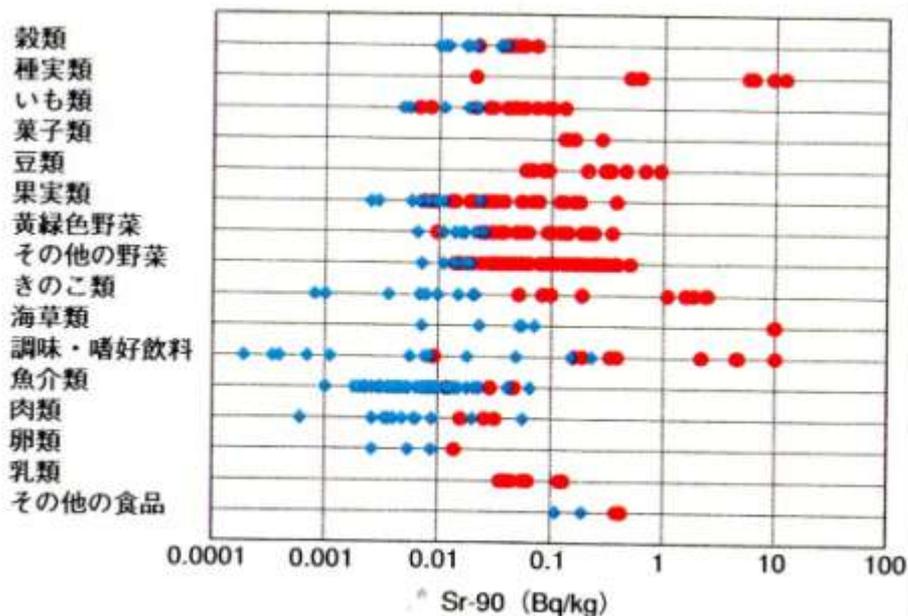
(Takiawa, Y. ら:1978)



食品中の ^{90}Sr と ^{137}Cs の濃度レベル

「食品試料の放射能水準調査」:

日本分析センター(財)は、従来から各都道府県で行われている環境放射能水準調査等とは異なった食品を選定し、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs のほかに ^{14}C 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 ^{236}Ra 、 Th 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 等を測定し、食物摂取による年間実効線量当量の推定評価に資するデータを平成元年から蓄積している。



食品群別線量評価(50年間持続摂取)

秋田県内3地区、国民栄養調査(1977-79年) ICRP Publ.No.2モデルに準拠

	対応する試料	⁹⁰ Sr濃度 MGy/kg	¹³⁷ Cs MGy/kg	摂取量(g) (人/日)	年平均線量率 (μSv/年)	
					⁹⁰ Sr 骨	¹³⁷ Cs 全身(筋肉)
穀類	米	24.05	4.44	321	6.5	1.2
豆	金時豆	203.5	2.368	91	55	0.64
果実	リンゴ	59.2	1.147	233	16	0.31
野菜	キャベツ・大根	592	4.81	314	160	1.3
海藻	ギバサ	1.295	0.0148	9	0.35	0.004
魚介	シジミ貝、マコガイ	55.5	0.74	125	15	0.2
肉	豚肉	0.925	0.629	55	0.25	0.17
卵	鶏卵	1.665	0.0296	42	0.45	0.008
乳	牛乳	24.42	0.814	83	6.6	0.22
計				1, 273	260μSv	4.1μSv

(滝澤行雄:JCA日分析センター、No. 4, 2-11、1981)

日本人の体内¹³⁷Cs および⁹⁰Sr蓄積量 (mBq/kg)

主要臓器中の¹³⁷Cs量

臓器	1962	'63	'64	'65	'66	'67
肝	2.22	5.18	5.18	5.18	4.81	4.44
腎	1.85	5.55	4.81	3.33	3.33	3.70
脾	2.54	4.07	4.81	4.44	5.18	4.07
生殖腺	4.44	5.92	10.36	5.55	5.18	6.29
骨	5.70	9.99	8.88	9.99	9.62	8.88
筋肉	2.59	—	6.66	2.96	4.44	4.07

骨中⁹⁰Sr量の推移

年次、例数	平均値(範囲)
1962 32	22.9 (0.37—54.4)
1963 33	23.7 (5.92—51.1)
1964 26	22.2 (2.59 —51.8)
1965 25	24.1 (2.59—56.6)
1966 21	31.5 (6.29—60.3)
1967 15	39.6 (21.9—67.3)
1968 19	36.6 (15.5 —107.3)

(Takizawa, Y. ら: Arch. Environ. Health, 23, 446, 1971)

日本人の体内¹³⁷Cs 量は、1964年の560Bq が最高である。その後は約1.5年の実効半減期で減少していた。核実験で降下した放射性Csによる累積被ばく量は105μSv程度であると報告されている。

日本人の主要臓器中²³⁹⁺²⁴⁰Pu および²⁴¹Am蓄積量 (mBq/kg-生重量)

²³⁹⁺²⁴⁰ Pu			²⁴¹ Am		
組織	例数	平均値(範囲)	組織	例数	平均値(範囲)
肺	66	4.07(0.85-50)	肺	13	0.50(0.48-1.4)
肝	59	22.9(0.59-93.2)	肝	19	3.4(0.65-1.7)
腎	24	1.11(0.26-2.59)	腎	8	0.38(0.26-1.1)
脾	17	2.96(0.74-13.0)	碑	2	0.62(0.24-1.0)
胸骨	13	2.96(1.96-6.29)	骨	11	1.4(0.85-2.1)
椎骨	16	7.77(1.11-28.86)	筋肉	3	0.094(0.09-0.15)

(Takizawa, Y. : J Radioanal & Nucl. Chemistry, 115, 241, 1987)

(Takizawa, Y. : Radiat. Prot Dosimetry, 62, 591, 995)

福島第一原発事故 放射線による確定的健康影響

事故発生(昨年3月)後の作業中に放射性物質の汚染水に侵襲した2名の作業員について、「当時は2名の足に高度な汚染を認めたため、『β線熱傷疑い』という診断で放医研に搬送されたが、2名とも紅斑は出現しなかった。その後放医研で経過観察が行われているが、現在まで何も症状はでていない。これまで「一部で「β線熱傷」という報道がなされたが、それは間違い」である。

汚染水に浸水したのは3号機タービン建屋の地下で作業をしていた3名。1名は長靴で濡れなかったが、2名は短靴のため下腿下4分の1まで進水した。

原発事故による確定的影響は、住民、作業員、対応要員のいずれにも現在まで観察されていない。

明石真言(放医研 理事): 神戸市での講演会、平成24年4月21日。

(日本医事新報、No4593、22-23、2012)

福島原発事故による住民の被ばく線量

外部被ばく線量

東京都の住民の外部被ばく線量: 都の空間放射線率から3月11日～4月11日(29日間)で0.016mSvと報告されている(文部科学省)。この値は日常、大気中から浴びる放射線量の1/60～1/120の量に相当。

内部被ばく線量

小児の甲状腺被ばく線量: 3月26日～30日、いわき市、川俣町、飯館村の小児1080人(0～15歳)を対象とした体外計測(スクリーニング)では100mSvを超えたものはいなかった(福島県)。

成人の内部被ばく線量: 6月27日～8月31日、川俣町、浪江町、飯館村の住民3373人を対象としたスクリーニング検査では 1mSv未満以下が3366人(約1%)、1mSvが5人、2mSvが2人、3mSv以上の被ばく者はいなかった。

1年間の飲食物摂取に伴う実効線量の推定 (厚生労働省)

乳児(母乳摂取)	0.024mSv		
小児	0.118mSv		
全年齢平均	0.111mSv		
(9か月の妊婦	0.072mSv	胎児	0.039mSv

事故直後の放射能汚染の現況

放射性セシウムの地表面への蓄積量: 文科省・米国エネルギー省共同航空機モニタリング(5月6日)の結果は、事故炉から80km圏内の放射性セシウムの地表への蓄積は主に北西(浪江町・飯館村)の方向に高い値がみられる。

農用地土壌中の放射性セシウム: 20km圏内にある浪江町が最高値(28,957Bq/kg・乾土)(4月12測定)を示している。福島県外では、主に南西方向である関東地方(栃木県那須塩原市)に高い値(1,826Bq/kg・乾土)であった。

プルトニウム・超ウラン元素のアルファ核種: 事故炉から20~30km圏内の土壌の分析結果ではU、Puとも検出されず、または検出されても「思弁の存在比」または「過去の大気核実験によるPuを検出」したものとされている。Srは、7地点でいずれも検出され、飯館村でSr-90が32Bq/kg・湿土、Sr-89が260Bq/kg・湿土、と他の地点に比べ高い値を示しているが、放射性Csに比べ1/1000、から1/4000と、その濃度はきわめて低かった。

食品に含まれる放射性物質の汚染レベル

事故から6カ月経過の時点： **汚染の広がりみられない**

野菜、肉、魚 計 約1万8000件 暫定規制値超 611件(3.3%)

暫定規制値を超えた割合： **月ごとに減少**

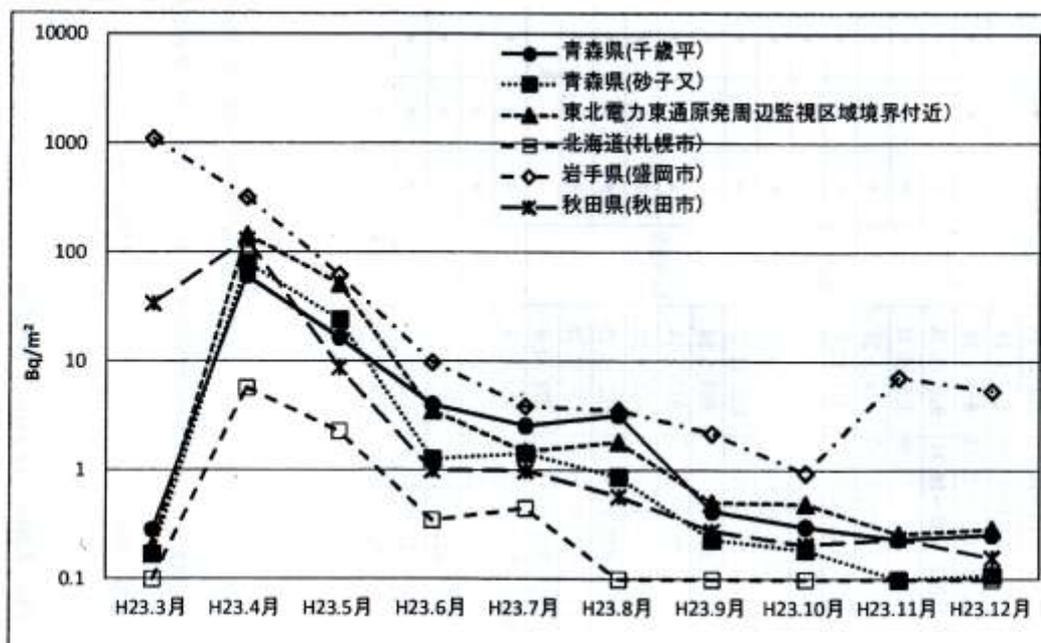
4月末 9.1%、5月末 7.6%、6月末 6.3% (厚労省データより)

食品から摂取ばく線量の推定： **国が定める暫定規制値セシウムの年間5mSvに比べ 非常に低い。**

- ①日常生活における食品からの平均被ばく量 + 福島原発事故以降の食品の実態を考慮した被ばく線量
- ②事故直後から6月末までの4カ月間で、食品から取り込んだ放射性ヨウ素とセシウムの被ばく量は、全年齢平均で0.034mSv(小児は0.065mSv)
- ③この4カ月の状態が今後も続くと仮定すると、年間被ばく線量は、約0.1mSv.

北日本地域における降下物中の ^{137}Cs の推移

北海道〔札幌市〕、青森県（六ヶ所村）、岩手県（盛岡市）、秋田県〔秋田市〕における放射性降下物中の ^{137}Cs の推移（平成23年3月～12月）



^{137}Cs の測定：降水および地表に降下する塵埃を1カ月ごとに採取して分析。

札幌、盛岡、秋田の測定値は国が公表した環境放射能水準調査の結果。
青森県の測定値は原子力施設環境放射能調査の結果。

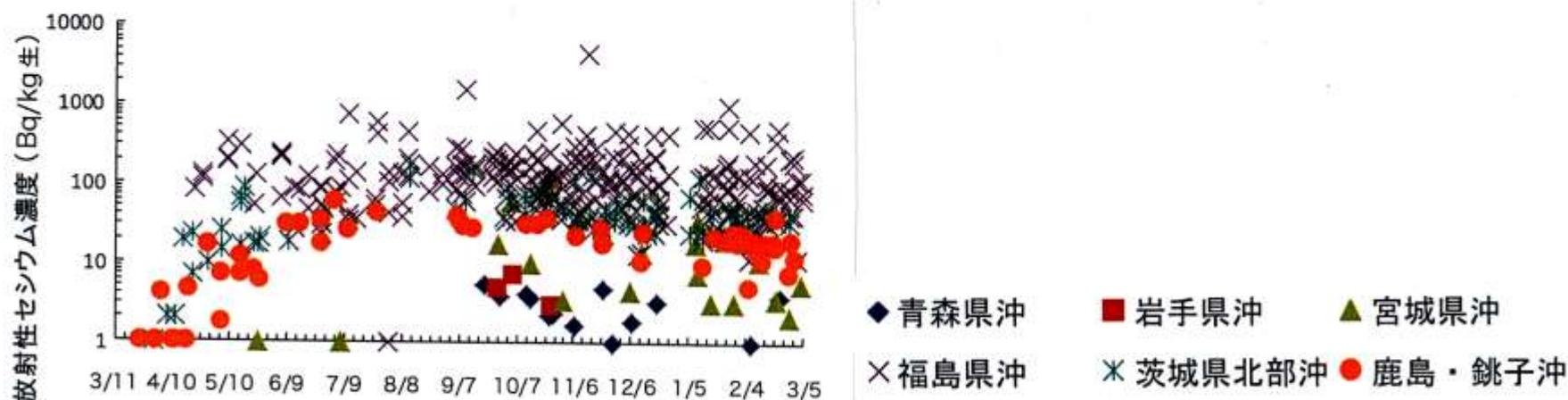
海産生物の放射性セシウム濃度の推移

放射性物質の影響は移動できない海藻や遊泳力の小さいコウナゴ等にまず現れる。

平成23年4月1日 北茨城市沖 コウナゴ ^{131}I 4,080Bq/kg ^{137}Cs 447Bq/Kg

28日、29日には コウナゴ から 1,000Bq/Kg超の ^{137}Cs が検出された。

銚子沖から津軽海峡に至る海域で捕獲された ヒラメ の放射性セシウム
(平成23年3月～24年2月末)

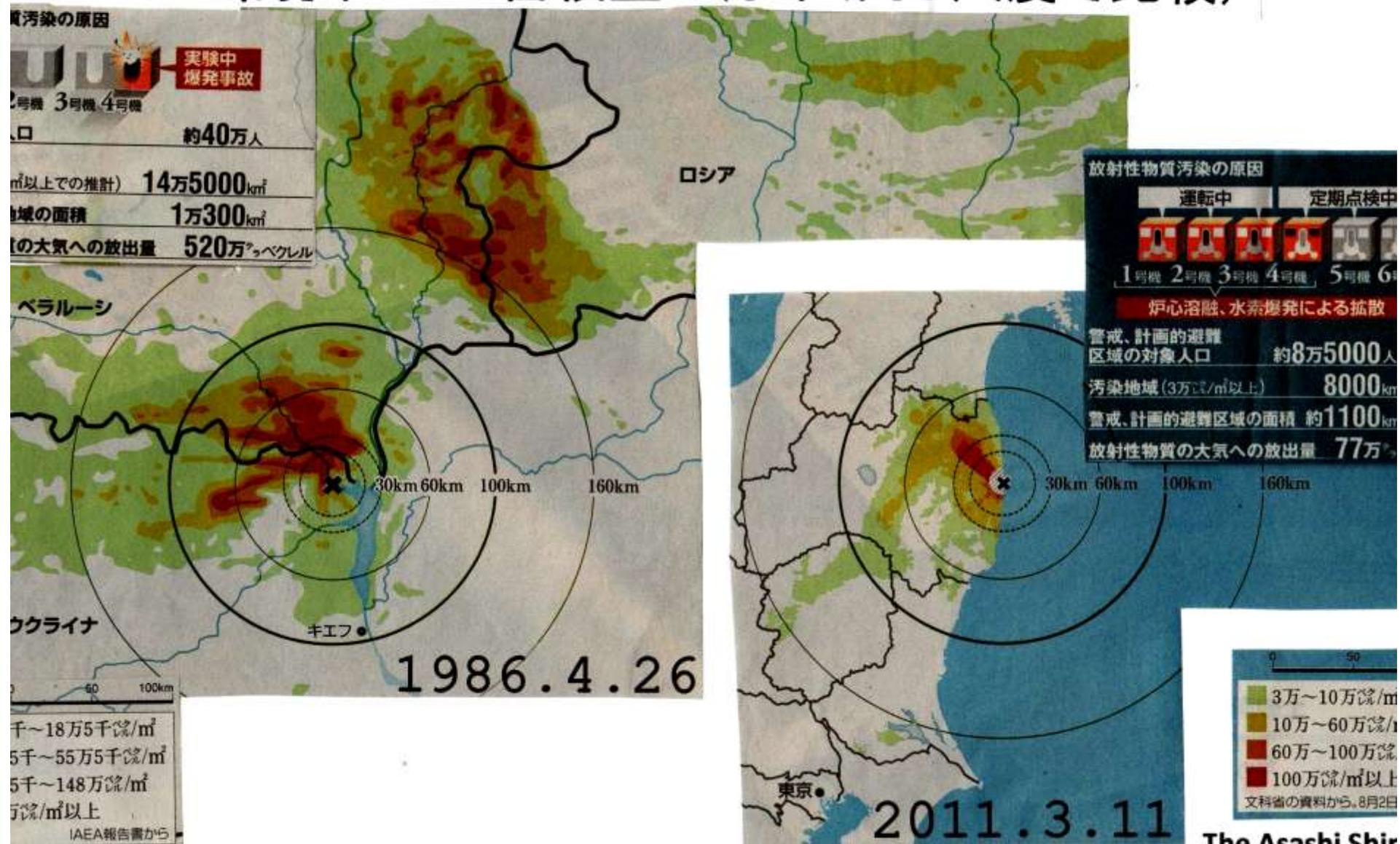


海産生物の ^{134}Cs , ^{137}Cs 濃度は海水の ^{134}Cs , ^{137}Cs 濃度にそれぞれの魚種のセシウム濃縮係数を乗じた値に近づいてくるように見える。

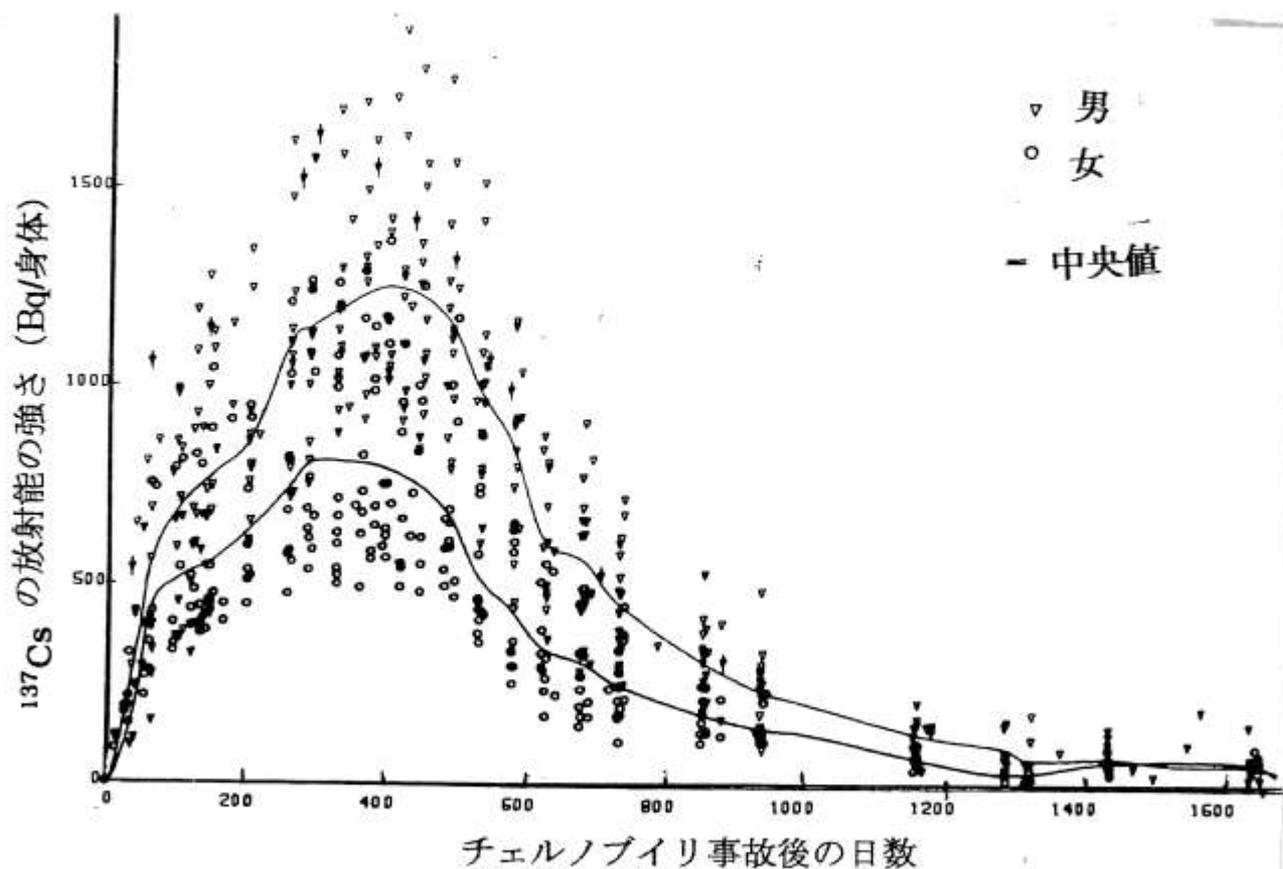
(御園生 淳: 海生研. ニュース, No. 114, 5, 2012年4月)

チェルノブイリ原発と福島原発の事故時

環境中¹³⁷Cs蓄積量の分布(同じ尺度で比較)



チェルノブイリ事故後の ^{137}Cs の体内 摂取量の時間変化



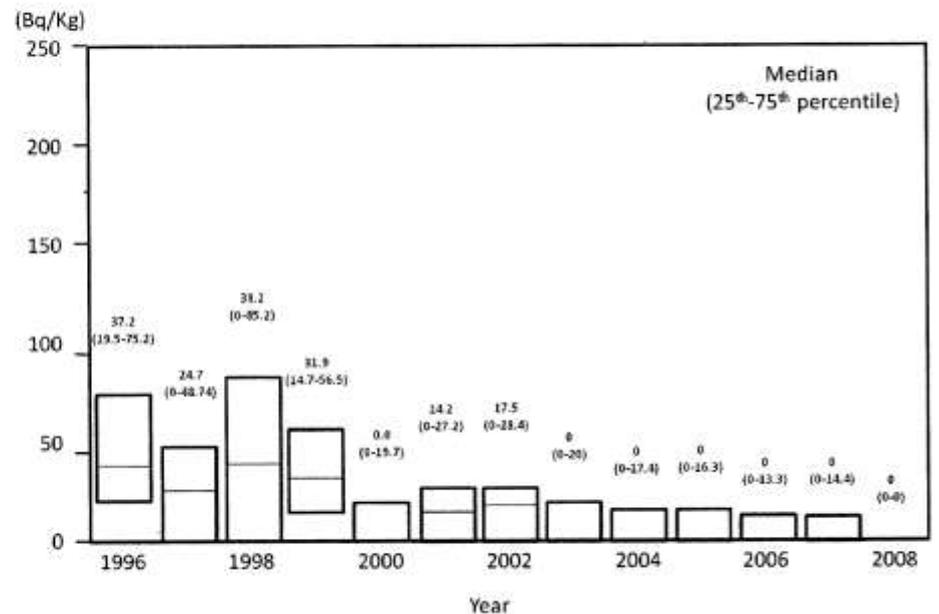
被ばく直後から4年半、ブタペストの市民(成人)にホールボディカウンターで ^{137}Cs 測定、約1年後に最大値(男性は1,200Bq、女性は800Bq)に達し、3年後には無視できる程度に減少している。

(近藤、1993)

チェルノブイリ事故による体内¹³⁷Cs 線量

事故炉の近隣ウクライナのKorosten市の居住者14万4,972人(女性96,149人、男性4万8,823人)を対象として、ウクライナ・Zhitomir州でホールボディ・カウンターを用いて、¹³⁷Cs の体内線量を測定した。

結果は、1996年から2008年にかけて体重当り¹³⁷Csの平均体内負荷量は減少し、特に2003年後には被ばく者の半数以上が検出限界レベル以下を示した。2003年以降の内部被ばく線量は0.1mSv/年、2例のみが2007年以降も5mSv/年を持続した



(Hayashida, N.ら: J. Radiat. Res., 52, 629. 2011)

チェルノブイリ事故による体内 ^{137}Cs 線量

事故炉の近隣ウクライナのKorosten市の居住者14万4,972人(女性96,149人、男性4万8,823人)を対象として、ウクライナ・Zhitomir州でホールボディ・カウンターを用いて、 ^{137}Cs の体内線量を測定した。

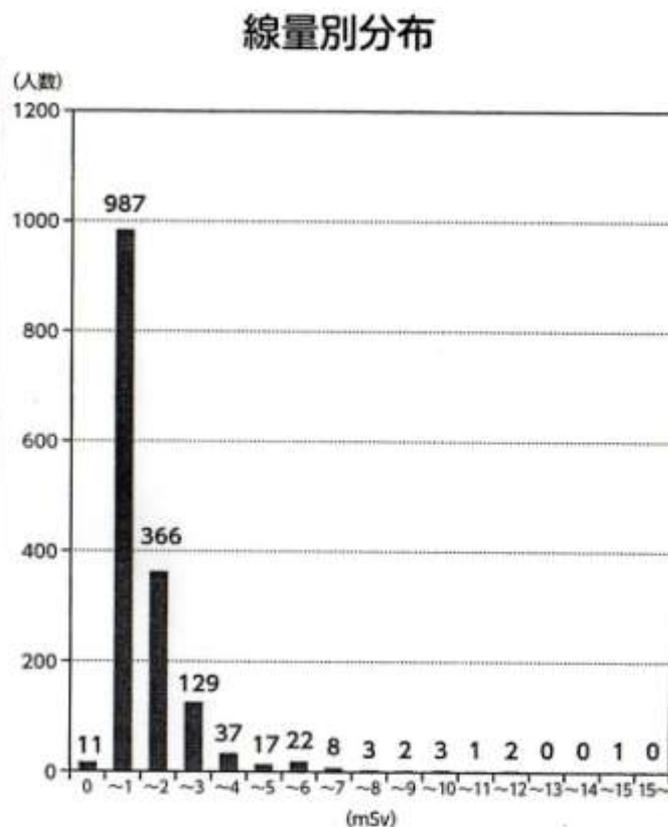
結果は、1996年から2008年にかけて体重当り ^{137}Cs の平均体内負荷量は減少し、特に2003年後には被ばく者の半数以上が検出限界レベル以下を呈した。1997～1999年の測定値には軽微の季節変動がみられたが、その後はこのような影響はなかった。2003年以降の内部被ばく線量は0.1mSv/年、2例のみが2007年以降も5mSv/年を持続した

(Hayashida, N.ら: J. Radiat. Res., 52, 629. 2011)

福島県住民の外部被ばく線量

線量別・地区別内訳

積算線量 (mSv)	市町村名			計	割合 (%)		
	川俣町	浪江町	飯館村				
0	0	11	0	11	0.7	62.8	97.4
～1未満	47	929	11	987	62.1		
～2未満	87	262	17	366	23.0		
～3未満	51	70	8	129	8.1		
～4未満	26	8	3	37	2.3		
～5未満	7	3	7	17	1.1		
～6未満	9	2	11	22	1.4		
～7未満	1	2	5	8	0.5		
～8未満	0	3	0	3	0.2		
～9未満	0	2	0	2	0.1		
～10未満	0	1	2	3	0.2	2.6	
～11未満	0	1	0	1	0.1		
～12未満	0	2	0	2	0.1		
～13未満	0	0	0	0	0.0		
～14未満	0	0	0	0	0.0		
～15未満	0	0	1	1	0.1	0.3	
15以上	0	0	0	0	0.0		
計	228	1296	65	1589	100	100	100



(先行調査地域の結果を12月13日に発表)

福島県県民健康調査・外部被ばく線量の推計: 福島県の「行動記録」と放医研の「線量率マップ」をもとに推計した結果、**97.4%が5mSv 未満に収まり、最大が14.5mSv** であった。

(日本医事新報、No.4575、7、2011)。

緊急時避難準備区域—南相馬市における 小児の内部被ばく線量

原爆事故炉から約25kmの位置にある南相馬市は4月に「緊急時避難準備区域」に指定され、10月に解除されている。

◇ホールボディーカウンター(WBC)による小児の内部被ばく調査:

8月1日～10月11日までに2884人(6～15歳、年齢中央値11歳)が受診、①国産メーカーのWBCによる測定では、8月以前に¹³⁷Cs検出されたのは、2357人中の6人で、そのほか大多数は検出限界以下(検出感度は1400Bq程度)であった。②キャンベラ社製WBCによる測定では527人中268人(51%)に¹³⁷Cs検出(検出感度は200Bq程度、立位で2分測定)されている。

	検出限界以下	0～5	5～10	10～15	15～20	20～25	25～30	30～35	35～	線量(Bq/kg)
人数	259	64	135	54	11	3	0	1	0	
比率%	49.1	12.1	25.6	10.2	2.1	0.6	0.0	0.2	0	

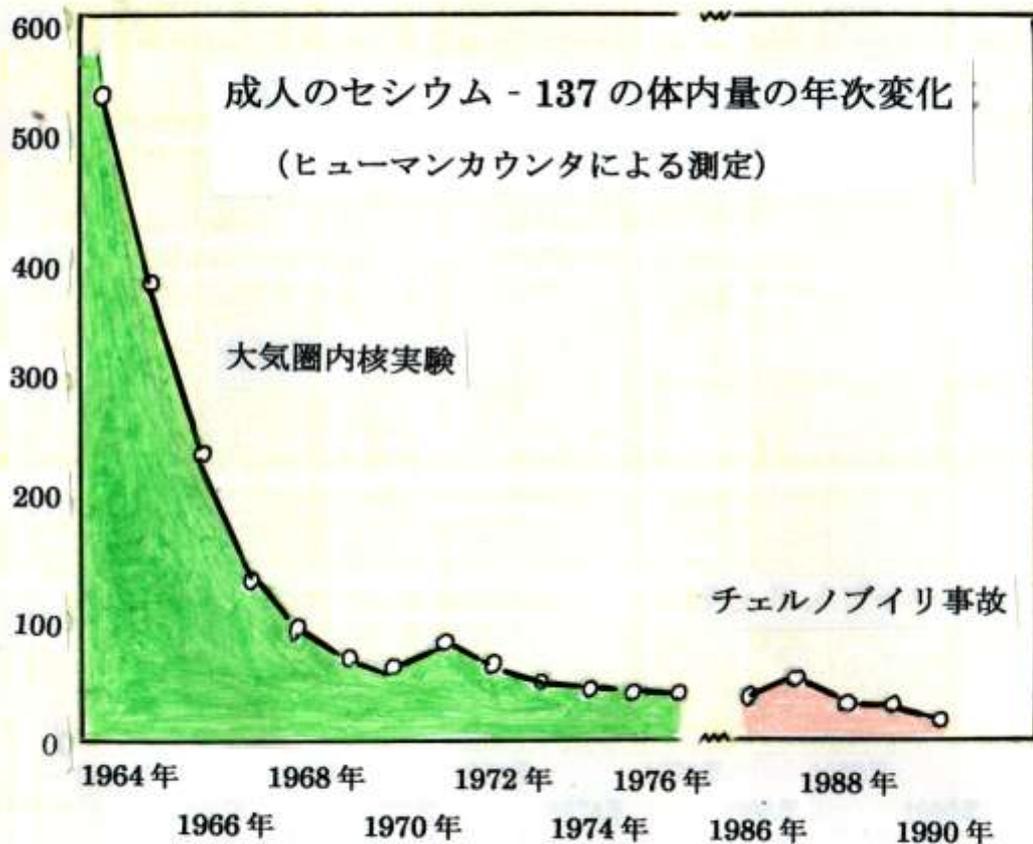
268人(M:F=1:1) 年齢中央値14歳 1.6～31.3Bq/kg(中央値7.2Bq/kg)

(上 昌広; Medical ASAHI, 80, December 2011)

放射性セシウム内部の内部被ばく量(成人)

大気中核実験、チェルノブイリ原爆事故 当時の実態

セシウム - 137 の体内量(ベクレル)



(内山正史: 放射線科学、34(6), 1991)

測定: ヒューマンカウンタ

1964年から放射線医学総合研究所
が開始。

大気核実験は1945年以降 強行され
最大値は1964年 560Bq

その後、減少を続け 1976年頃
約40Bq に低下

チェルノブイリ事故 1986年に発生
1990年頃 約20Bq

内部被ばく量の評価

核実験時の最大値である560Bqを
体内カリウム(K-40)4000Bqと比較
すると、セシウム-137は体外への
排出時間がカリウムより長い
ためk-40の2倍の強さになると
されるので換算すればK-40の
1/4 相当の約20Bqになる
(塩澤昭彦氏による推定
2011)

低線量放射線の刺激作用

放射線感受性: 放射線が体に当たった時、細胞によって影響の受け方が異なる。細胞分裂の頻度が高い細胞、未分化の若い細胞ほど、放射線に対する感受性が高い。

『放射線ホルミシス』: 身体には恒常性機能や異物除去・防御機構、また損傷回復機能、あるいは刺激による活性化など、様々な反応がある。このために、確定的影響が現われず、確率的影響も小さい自然放射線程度の線量では、受けた傷(害)よりも逆に刺激(益)があるという放射線ホルミシスの考えがある。

放射線適応応答反応: あらかじめ低線量を照射しておく、次に高線量の放射線を被ばくしたときに抵抗性が誘導されるもので、いくつもの事例が見出されている。

哺乳動物細胞の放射線ホルミシス

放射線ホルミシス

Planel ら:原生動物細胞; 滝澤ら:哺乳動物細胞

方法 自然放射線遮蔽群:マウス L-5178Y 細胞 1ml当たり
5000個浮遊させ、5mLの培養チューブに密閉 内部を空洞にした鉛容器に入れ、37°Cの実験質にて培養。

対照群:遮光した発泡スチロール製箱で同様に培養。

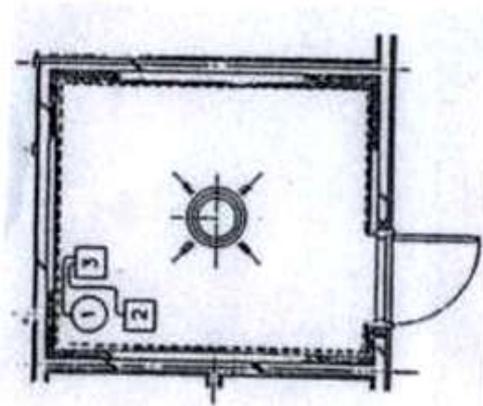
- 結果**
- ①自然放射線の遮蔽群は対照群に比べ 生細胞数が有意に減少
 - ②遮蔽容器に85mCi no60Coをセットして自然放射線レベルまで上げると、対照群とほぼ同じ値に上昇
 - ③³H-Thymidine のDNAの取り込みも、対照群に比べ遮蔽群で低下

Takizawa,Y.& Ymashita,J.:Proceedings of "International Conference on Radiation Effects and Protection," Mito (Japan)



マウスL-5178Y細胞の放射線ホルミシス

試験装置



37°Cの実験室

発砲スチロール製箱

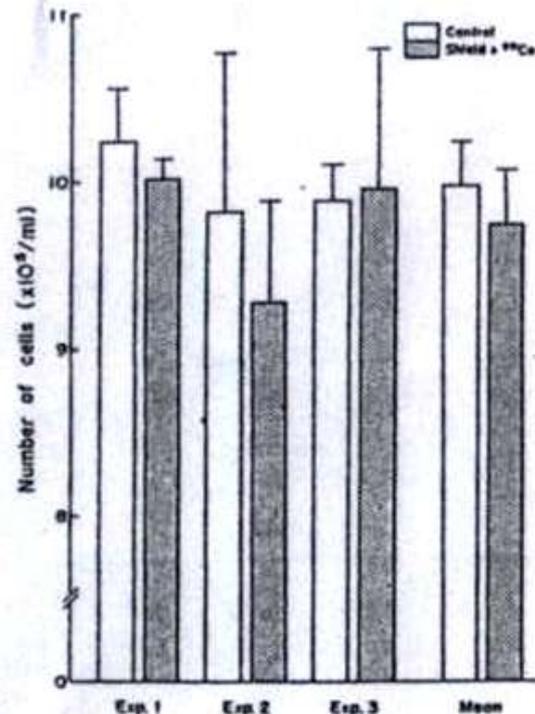
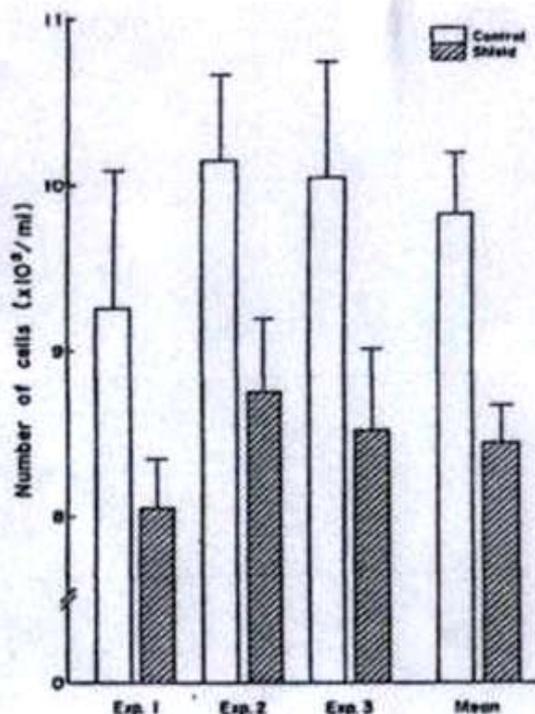
熱蛍光線量計 10素子

パッケージ型空気調和機

電子式記録計(センサー、

熱伝対、CHINO 100-06)

成績



長期被ばく者の放射線適応応答

対象 照射群: 男子放射線技師18名 (25~59歳)
勤務年数5~20年、被ばく線量 月平均0.02~0.22mSv
{1971~1991年}

対照群: 男子健康者18名 {25~59歳} 病院内の他部局

方法 被験者のリンパ球染色体標本の作製、両群に ^{60}Co 1.5Gy
を照射. 照射後に生じた 染色体異常数から、あらかじめ保有し
ていた 染色体数を差引して評価。

結果 ①被ばく群の染色体保有率は対照群より高いが、それは
安定染色体異常が大半 {0.78%} であり、以前の被ばく
によるものと考えられる。

② ^{60}Co 照射後の染色体異常発生率は、被ばく群が有意に低
く、 γ 線による生涯への抵抗性を有することが分かる。

滝澤行雄・山下順助: 文部症核融合特別研究会議、1989

Takizawa, Y et al. : : Excepta Megica (Amsterdam), 1992

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/年 16年間 総被ばく線量: 54mSv

標準化死亡比(SMR): 0.87 (13%低下)

英国の放射線科医師

X線: 5mSv/年 20年間 総被ばく線量: 100mSv **SMR: 0.71**

ヨーロッパの定期航空便パイロット

宇宙線: ~3.5mSv/年 15年間 総被ばく線量: 45mSv **SMR: 0.6**

原子力修理・造船工

^{60}Co 、 γ 線: 3mSv 15年間 総被ばく線量: 45mSv **SMR: 0.85**

(近藤宗平: FBNews、No.401、2010)



中国の高自然放射線地区



高放射線地区
(点描)

对照地区
(斜線部位)

中国広東省「高自然放射線地域」 固型がん死亡率と被ばく線量との関係

線量 (mSv)	がん死 の数	相対リスク	信頼限界 (95%)
0-99	142	1	
100-199	261	0.83	0.65-1.06
200-299	211	0.98	0.76-1.26
300-399	268	0.90	0.68-1.18
≥ 400	82	0.66	0.45-0.98

(Sun ら、2000)



放射能温泉

放射能泉(ラドン温泉) 鉱泉1リットル中に111bq以上のラドンが含まれ、療養泉として 医療効果 が期待されるもの

増富温泉(山梨) 有馬温泉(兵庫) 玉川温泉(秋田) 三朝温泉(岡山)

岡山大学温泉研究所 附属病院三朝分院 ラドン温泉療法

空气中ラドン濃度

分院屋外 3.5~7.5mSv (一般生活環境の値)

男子浴室 592 mSv 女子浴室 266 mSv 熱気浴室 1,332mSv

浴水をかき混ぜるとラドン濃度は 約10倍 に高まる

三朝温泉の浴室は一般環境の50~100倍レベルとなる

- ① 三朝温泉地区住民 再度の健康調査では 胃がん死はやや少ないが、その他のがん死亡は 周辺地区住民と変わらない。

(森永ら、1974)

食品中放射性物質を除去する加工技術

◇食品原料の表面汚染を機械的に洗い流す

温かい流水、時間をかけ、土壌中の病原性微生物やその他の有機物をアルカリ溶液(食品ソーダ)で溶解・除去。

カブ、ネギ、ニンジンは汚染前に汚染度の高い葉等の表面を除く。洗浄後に球根の根菜類(ジャガイモ、ニンジン)は皮を除去、さらに繰り返し温水で洗い流す。果実は洗浄し、皮を剥ぐ。

効果:食品の表面や表面層にある放射性物質の約50%以上を除去

◇調理による汚染除去

放射能高汚染の食品原料や食品(肉類、淡水魚、山野産のキノコ、ワラビイチゴ)は、熱処理(煮物料理では放射性物質や類似の有機物(重金属、亜硝酸塩)を煮汁中に移行させる

効果:肉、魚では約80%の放射性セシウムを煮汁中に移行、鳥肉、ウサギ魚肉の ^{137}Cs ^{90}Sr , ^{131}I は約80%移行

◆焼いたり揚げたりする調理法は禁忌である。すべての核種が食材中に残留する。

野菜や果物類は現状では生物学的に重要

放射性物学的観点からも野菜、果物類は食事に供給されるべきである。

◆野菜、果物はカリウムや多くの微量元素の重要な供給源である食事中のカリウム欠乏は放射性セシウムの蓄積をもたらす。

成人の ^{137}Cs の生物学的半減期を約90日とすれば、カリウムの不足によって、その半減期は140～170日となる。その間の被ばくが増加する。

実例：前菜(キャベツ、きゅうり、トマト、菜園緑野菜、ビート、二十日大根など)の形で、またフタローエ(2番の皿、主食)の付き合わせや野菜スープとしては配膳されている。

◆たんぱく質の不足は ^{137}Cs や ^{90}Sr の体内量が40～50%増加。

◆カリシムの欠乏で ^{90}Sr の吸収率が20～30%から60～70%に上昇

(V.N. コルズンら：『チェルノブイリ：放射能と栄養』(白石久二雄訳)、キエフ 1994年)

食事中の栄養成分としての役割

ビタミンが不足すると、放射線に対する生体の安定性が低下する。ビタミンは放射線を受けて急激に生じたフリーラジカルを不活性化して、油脂の過酸化物の生成反応を止める作用がある。アスコルビン酸(ビタミンC)は放射線被ばくに対して、細胞の抵抗力を高める役割がある。元来、免疫系の促進、酸素のフリーラジカル状態の不活性化を示す。アスコルビン酸は野菜、果物、イチゴ、野生の野菜、昆布などに多く含まれる。

ビタミンB₁₂と鉄分が不足した鉄欠乏性貧血が放射能汚染地域の住民にみられた。シアノコバラミンの主な摂取源は魚や有角動物、豚の肝臓、サバ、アジ、ニシンなどである。

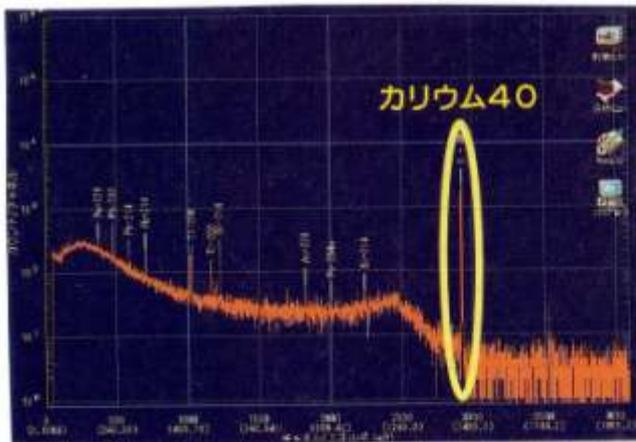
食事中の**カルシウム不足**は放射性ストロンチウムの吸収と蓄積をもたらす。**カルシウムの過剰摂取**はストロンチウムのキュウスウを下げると同時に⁹⁰Srの吸収を20～30%抑える。

(V. N. コルズンら、1994)

日常食品の放射能の由来

野菜からの放射能は、どうやって放射線を放出するのか？

土壌には、植物が育つための3要素あるチツソ、リン酸、カリ(カリウム)が存在する。その土の中のカリには、放射線を出すカリ(^{40}K)が少量(約1万分の1)含まれている。 ^{40}K は栄養分と一緒に根から吸収される。料理(調理・加工)しても、とり込まれた ^{40}K の放射線を出す性質は変化しない。



サイクル機構 放射線安全部



(放射線総合医学研究所)

日本酒のアミノ酸効果と放射線防護作用

アミノ酸類の多くは生体の生命活動に不可欠であり、生体を構成する細胞や組織を合成する。しかし、人体内で生成することができないため、食物から摂取しなければならない。

必須アミノ酸は放射性CsやSrの生体内蓄積を減少させたり、電離放射線に対する抵抗力をもたらし、生存率を上げたり、致命的な線量の照射実験において腫瘍の発生率を低下させる。

動物実験ではメチオニンを十分含む食事が体内に蓄積した ^{137}Cs 、 ^{90}Sr の排泄を早め、照射された動物の寿命を延ばす結果が出ている。このような食事による放射性防護の役割は人においても同様に確認されている。

(V.N.コルズン、ウクライナ医学アカデミー放射線医学研究センター、1994)

ビール成分に放射線防護効果

(放医研・理科大学共同研究(2001年))

ビール中の麦芽由来の甘味成分にはヒトの血液細胞やマウスの血液細胞の染色体異常の発現を最大で34%減少させた。

①ビール摂取前とビール大瓶1本を摂取、3時間後に採取した血液にX線を1Gy～6Gyを照射し、摂取前後のヒトリンパ球染色体の異常を比べると、飲酒後の染色体異常の発現は飲酒前に比べ明らかに低下、

②ビールの微量成分シュードウリジン(チロシン)を血液に添加、またマウスに投与した場合、X線照射によるリンパ球の染色体異常発現率は無添加の対照と比べて34%減少、

③ビール中の成分グリシンベタイン添加時に ^{137}Cs を照射したヒトリンパ球細胞の染色体異常は無添加に比べて30%低下、グリシンベタイン投与マウスに ^{137}Cs 4Gy照射後30日の生存率は対照と比べて50%以上の延長。

(安藤興一・物部真奈美:放医研ニュース、No. 107)

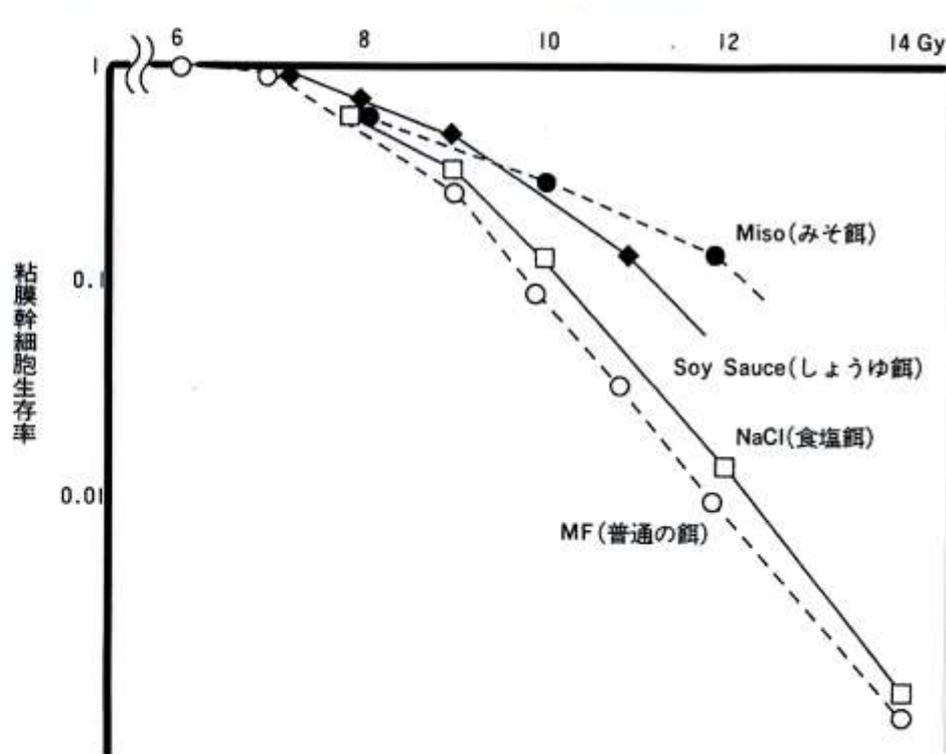
みそ成分の放射線防護作用

広島大学原爆放射能医学研究所

放射線の影響をみるため、マウスにX線を照射し、小腸粘膜幹細胞の生存率を調査した。

X線6~14Gyを全身に照射後、3日後の小腸粘膜幹細胞の生存率は、みそを与えた群で最も高く、照射線量が多いほど有意の効果が見られている。また、マウスに ^{131}I と ^{137}Cs を投与して体内からの排泄、をみると、みそ群で効果が認められた。

X線照射後の小腸粘膜幹細胞の生存率



(伊藤明弘、1995年)

被ばくの安全線量—結語

放射線は多量に浴びると身体に重大な障害を与えるが、微量の場合には健康障害は起きない。

◆大気中での核実験あるいはチェルノブイリ原発事故等の経験、さらには自然放射線被ばくに関する知識から、既に1年を経過した事故で放出されたと推定される放射性物質による線量は、種々の防護措置をとっている限りにおいて、健康上問題となるレベルでないといえる。

◆多くの国民が大きな不安感を抱いている放射線被ばくの評価は、科学的に健康影響線量かどうかの基本であり、放射線防護上の法的規制に合致しているかどうかには焦点をあてた報道や議論が多く、管理規制数値が独り歩きして、そのまま健康影響量と誤解されているきらいがある。微量域の放射線の規制を厳しくする目的は、放射線の扱いにおいて注意を喚起させ、放射線の管理を向上させるためであり(ICRP)、今後は環境放射能レベルに関し適切な監視を行い、その結果を住民に十分に説明し、住民の理解の下で合理性の高い防護措置にしていく努力が肝要であろう。