平成28年度第1回 東京都健康安全研究センター環境保健衛生講習会 基礎から学ぼう 放射線

ァーマ: 放射線の問題をご一緒に考えてみましょう

今日の内容:

- 放射線・放射能の基礎、身の回りの放射線
- 放射線の測定・測定結果
- 食品の放射線安全
- ・ 放射線の健康影響とその防護
- 医療での放射線利用
- 放射線の性質に関する実習(東京都)
- 質疑応答、グループディスカッション(科学院)

日 時: 平成28年8月26日(金曜日) 場 所: 東京都健康安全研究センター



国立保健医療科学院 生活環境研究部·山口一郎 欅田尚樹

放射線・放射能の基礎知識 身の回りの放射線

放射線・放射能・放射性物質とは

電球 =光を出す能力を持つ
 プット(W)
 ▶光の強さの単位

ルクス (Ix)
 ▶明るさの単位

放射性物質 = 放射線を出す能力(放射能)を持つ放射線を出す能力(放射能)を持つ放射線

ベクレル (Bq)

▶ 放射能の強さの単位

換算係数

シーベルト (Sv)

▶人が受ける放射 線被ばく線量の 単位

環境省:放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 ※ シーベルトは放射線影響に関係付けられる。

放射線と放射能の単位



ベクレル (Bq)

放射能の強さの単位:1秒間に1個 の割合で原子核が変化する(壊変す る)

=1ベクレル

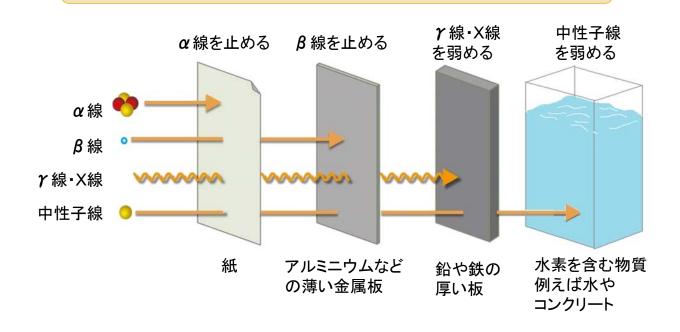
シーベルト (Sv)

- ・人が受ける放射線被ばく線量の単位で、放射線影響に関係
- ・放射線の種類、組織による影響の 違いを考慮
- ・外部被ばくと内部被ばくを同じ尺 度で評価するための単位

環境省:放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料

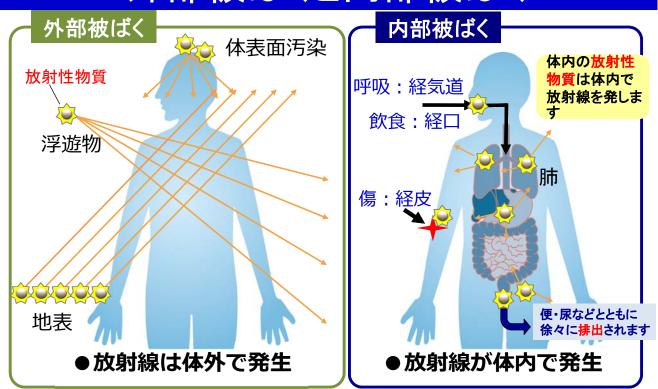
放射線の種類と透過力

放射線は、いろいろな物質でさえぎることができる



環境省:放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料

外部被ばくと内部被ばく

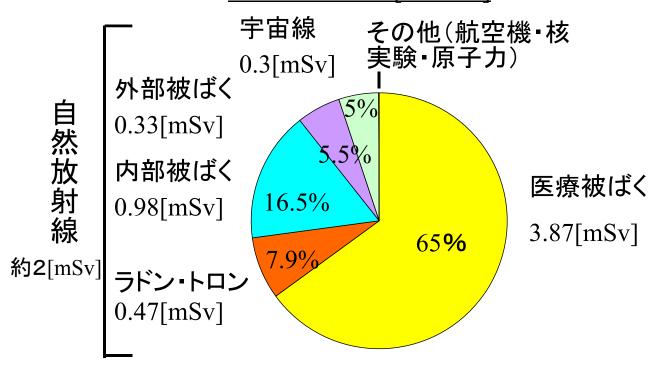


体が放射線を受けるという点は同じ

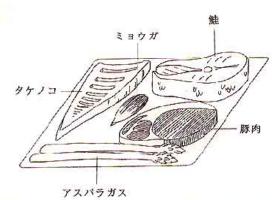
環境省:放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料

事故前の日本の環境放射線

日本平均 5.97[mSv/年]



(原子力安全研究協会:新版生活環境放射線:平成23年12月)



事故前の食品中の 放射能



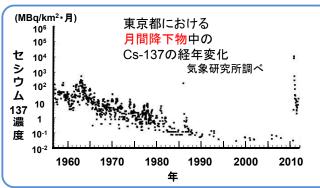
主に ⁴⁰Kのガンマ線。 ⁴⁰Kの存在比は0.012% 半減期は1.26×10⁹年

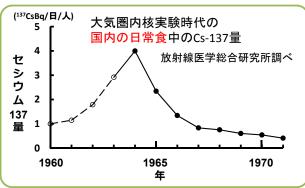
私たちの体の中のカリウムは一定に保たれています。カリウムが多く含まれている食事をしても線量が増えることはありません。しっかり野菜を摂りましょう。

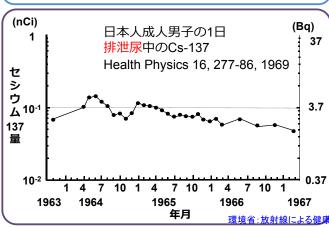
過去の核実験のフォールアウトの影響

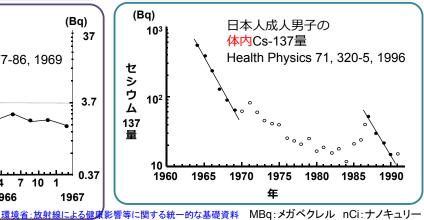
体内放射能:体重60kg

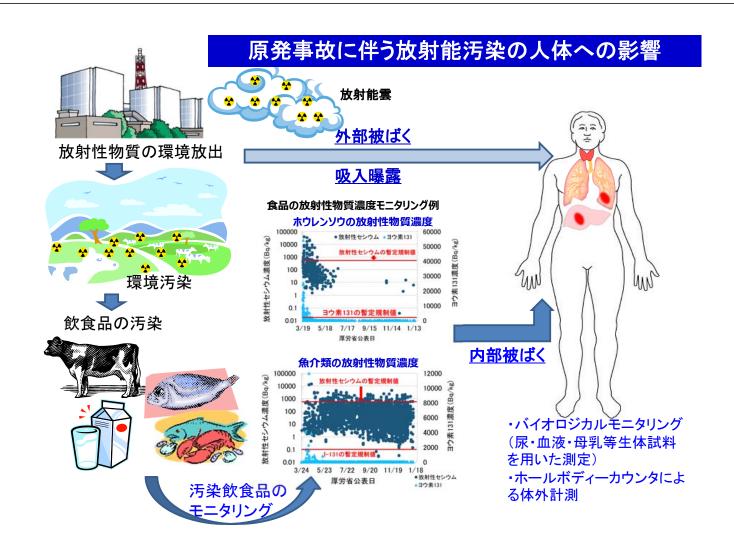
K-40:4000 Bq (ベクレル) C-14:2500 Bq Rb-87:520 Bq





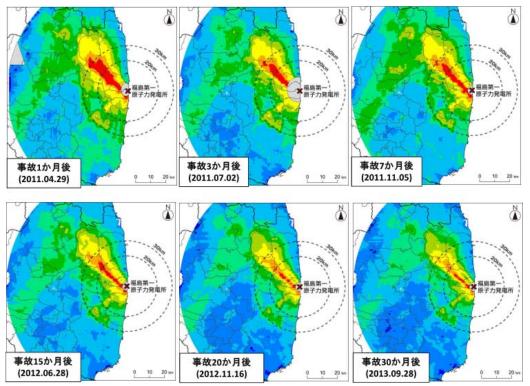






空間線量率マップ(文部科学省)

(福島第一原子力発電所から80km圏内の地表面から1m高さの空間線量率)



原子力規制庁「東京電力福島第一原子力発電所事故から30か月後の航空機モニタリングによる空間線量率について」

さまざまな計測機器



ゲルマニウム 半導体検出器



Nalシンチレーション サーベイメータ



GM型サーベイメータ

さまざまな個人線量計



OSL線量計



ガラス線量計



ポケット線量計

内部被ばく測定用の機器:ホールボディカウンタ等



全身立位型 ホールボディ カウンタ



全身臥位型 ホールボディ カウンタ







甲状腺モニタ



規制値の考え方と 飲食品モニタリングの実際

飲食物摂取制限に関する指標 (H24年、3月末まで)

・原子力防災に関する原子力安全委員会の指針「原 子力施設等の防災対策について「で策定

(チェルノブイリ原発事故、JCO臨界事故の経験を踏まえ改定)

- ・飲食物中の放射性物質が健康に悪影響を及ぼすか **否かを示す濃度基準ではなく**、防護対策の一つとし ての飲食物制限措置を導入する際の目安とする値
- ・緊急時の防護対策を導入すべきかどうかの判断基 準:実効線量 5 mSv/年(国際的な考え方に基づ <)
- ■平成24年4月1日以降の**食品の新たな基準値の設定について**
- 1. 見直しの考え方
 - 現在の暫定規制値に適合している食品は、健康への影響はないと一般的に評価され、安全は 確保されているが、より一層、食品の安全と安心を確保する観点から、現在の暫定規制値で 許容している年間線量5ミリシーベルトから年間1ミリシーベルトに基づく基準値に引き下げる。
 - 〇 年間1ミリシーベルトとするのは、

現存被ばく状況に対応

- ① 食品の国際規格を作成しているコーデックス委員会の現在の指標で、年間1ミリシーベルトを 超えないように設定されていること
- ② モニタリング検査の結果で、多くの食品からの検出濃度は、時間の経過とともに相当程度低下 傾向にあること
- 特別な配慮が必要と考えられる「飲料水」、「乳児用食品」、「牛乳」は区分を設け、それ以外の食品 を「一般食品」とし、全体で4区分とする。
- 2. 基準値の見直しの内容(新基準値は平成24年4月施行予定。一部品目については経過措置を適用。)
 - 〇放射性セシウムの暫定規制値※1

食品群	規制値
飲料水	200
牛乳·乳製品	200
野菜類	
穀類	500
肉・卵・魚・その他	

※1 放射性ストロンチウムを含めて規制値を設定



○放射性セシウムの新基準値※2

食品群	基準値	
飲料水	10	
牛乳	50	
一般食品	100	
乳児用食品	50	

(単位:ベクレル/kg)

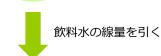
※2 放射性ストロンチウム、プルトニウム等を含めて基準値を設定



「一般食品」の基準値の考え方

年齢区分別の摂取量と換算係数を考慮し限度値を算出

介入線量レベル 1 mSv/年



一般食品に割り当てる線量を決定

年齢区分	摂取量	限度値(Bq/kg)
1歳未満	男女平均	460
1歳~6歳	男	310
1/成, 20/成	女	320
7歳~12歳	男	190
	女	210
13歳~18歳	男	120
	女	150
19歳以上	男	130
	女	160
妊婦 女		160
最小値		120



全ての年齢区分の限度値のうち 最も厳しい値から基準値を決定

く「飲料水」の線量=飲料水の基準値(Bq/kg)×年齢区分別の飲料水の摂取量×年齢区分別の線量係数>

- ●飲料水については、WHOが示している基準に沿って、基準値を10 Bq/kgとする。
- ●一般食品に割り当てる線量は、介入線量レベル(1 mSv/年)から、「飲料水」の線量(約0.1 mSv/年)を 差し引いた約0.9 mSv/年となる。
- ●この線量を年齢区分別の年間摂取量と換算係数で割ることにより、限度値を算出する (この際、流通する 食品の50%が汚染されているとする)。
- ●すべての年齢区分における限度値のうち、最も厳しい(小さい)値から全年齢の基準値を決定することで どの年齢の方にとっても考慮された基準値とする。



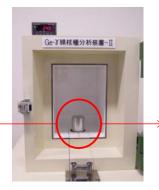
Ministry of Health, Labour and Welfare

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



マリネリ容器 (容量1L)

検出器を覆う



Ge 半導体 検出器

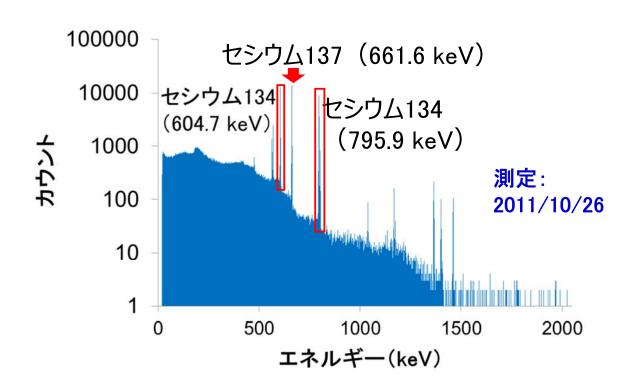


標線まで試料を入れる。



検出器の上に 試料を載せ る。

ゲルマニウム半導体検出器による 牛肉のガンマ線スペクトロメトリ



検査結果の検索サイト

食品中の放射性物質の 検査データ

http://www.radioactivity-db.info

- 厚生労働省の委託により 国立保健医療科学院が運 営・管理
- 産地別・品目別の検索が可能
- ▶ 検査結果をグラフで表示

食品中の放射性物質検査データ

ホーム 産地から探す 品目から探す 詳細検索 出荷制限情報 HOME>品目から探す>農産物>米(玄米)

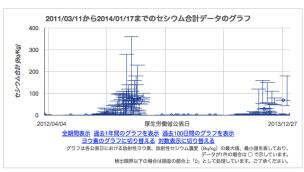
米 (玄米) の検査結果データ

米 (玄米) (農産物)の放射性物質検査データは7469件あります。このうち基準値(暫定規制値)を超える放射性物質が検出されたものは99件です。 (*)

接査された産地は栃木県(3175)、茨城県(1407)、福島県(1368)、群馬県(305)、千葉県(285)、埼玉県(193)、岩手県(169)、秋田県(160)、富山県(93)、青森県(82)、新潟県(81)、石川県(38)、京都府(28)、滋賀県(19)、神奈川県(16)、静岡県(9)、宮城県(8)、和歌山県(8)、山形県(7)、山梨県(7)、長野県(6)、徳島県(6)です。

1週間以内に採取された米(玄米)の検査データは**0**件です。

e) 本サイトにおいては、平成24年4月より適用されている現行基準値の経過措置は考慮しておらず、平成24年4月以降の検査結果は現行基準値、それ 以前の検査結果は暫定規則値を用いて判定しています。



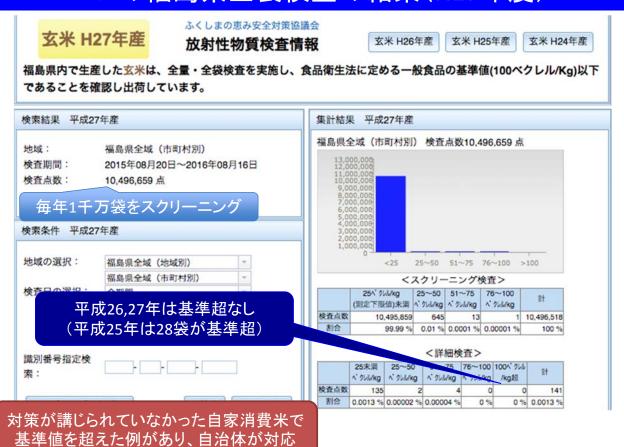
飲食品の新規制値における検査結果の概要

牛肉(検査件数1,024,922件、うち基準値超過2件)を除外



*H24.4.1以降採取分、H28年7月31日厚労省公表分までを集計

コメの福島県全袋検査の結果(H27年度)



福島県での試験操業

- 福島県では原発事故後、沿岸漁業を自粛
 - 平成23年4月以降、魚介類の放射性物質濃度を3 万件以上検査
- 安定的に数値が低く、ほとんどが不検出となっているものを試験操業の対象種
 - 小規模な操業と販売を試験的に実施、出荷先で評価
 - 平成24年6月22日から、タコ類2種、ツブ貝1種を対象に相馬沖から開始され、その後、安全性を確保しながら、魚種、漁法、漁場を順次拡大し、平成28年3月29日現在では、73種の魚介類が対象

http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/gyokai-monitoring.html

池袋本町電車の見える公園の放射線量値(4月24日発表)



http://www.city.toshima.lg.jp/012/kuse/koho/1504281200.html

「池袋本町電車の見える公園」の放射性物質

【日本アイソトープ協会の報告内容】

24日に採取した土壌試料の中から発見された放射性物質と見られる金属塊及び、線源周辺の土壌について、27日、外観検査、核種の同定、放射能の定量、汚染検査の各調査を実施した。

【調査結果の概要】

外観検査

- 土壌試料の中からステンレスカプセルの線源1個を発見
- 1)外観写真
- 2) 線源の形状: 円筒形(3mmφ×3mmH)
- 3)刻印等:カプセル上部に「1」の刻印

核種の同定

測定されたy線スペクトルから「Ra-226」と同定

放射能の定量

線源の概算放射能:37メガベクレル相当(1ミリキュリー)

*線源からの距離20cmにおける1cm線量当量率より換算

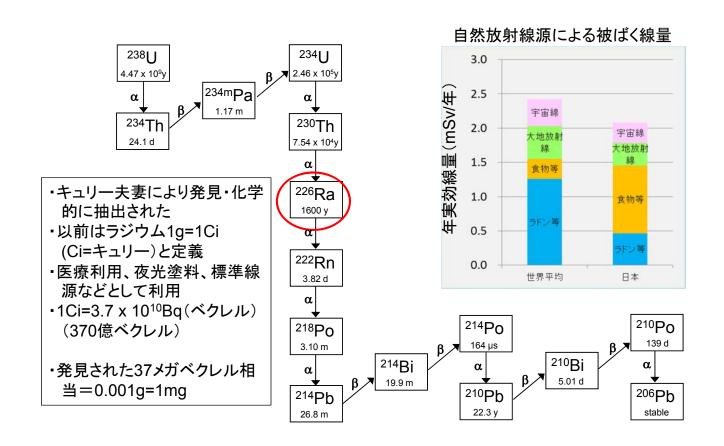
汚染検査

線源を取り除いた土壌から汚染は検出されなかった



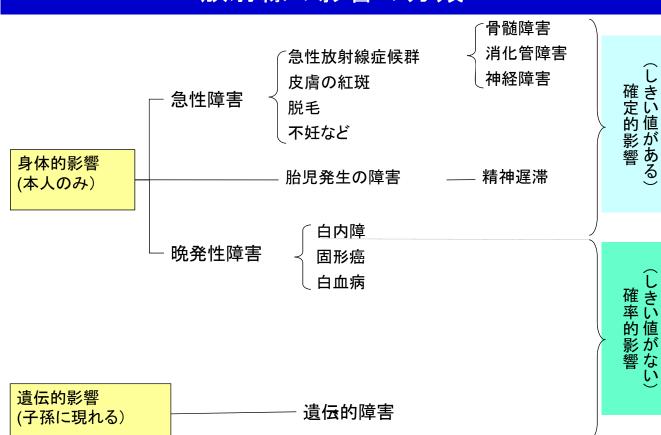
豊島区: http://www.city.toshima.lg.jp/012/kuse/koho/1504281917.html

ラジウムとは?;ゥラン(²³⁸U)壊変系列



放射線による健康影響と防護体系

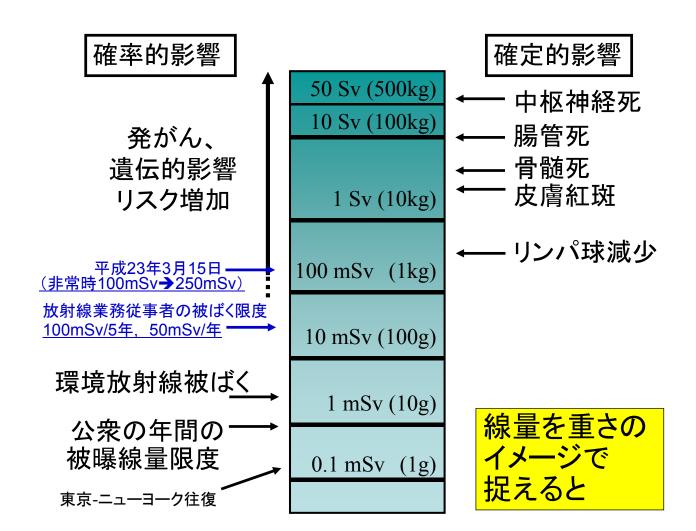
放射線の影響の分類



被ばく線量と身体各部の状態

線量	臨床状態	解説
0~1 Sv	一般的に無症状	事故後3~5週間の白血球数は正常又は事故前レベルからわずかに抑制
1∼8 Sv	造血器症候群 (骨髄症候群)	主な前駆徴候・症状は、食欲不振、悪心、嘔吐であり、時に 皮膚紅斑、発熱、粘膜炎、下痢が認められる。2Svを上回る 全身被ばく例の臨床検査を行うと、初期には顆粒球増多症、 事故後20~30日では明確な汎血球減少症が認められる。 造血器系の急性放射線症候群により生じる全身的な影響 には、免疫機能不全、感染性合併症の増加、出血傾向、敗 血症、貧血、創傷治癒障害などがある。
8 ~ 30 Sv	消化管症候群	早期から重度の悪心, 嘔吐, 水性下痢などの症状が生じ, 事故後数時間以内に認められる場合も多い。重症例では ショック, 腎不全, 心血管虚脱を生じる可能性もある。消化 管症候群による死亡は, 通常事故後8~14日で生じる。造 血器症候群を併発する。
>20 Sv	心血管·中枢神経 症候群	被ばく後数分以内の灼熱感,事故後1時間以内の悪心・嘔吐,疲憊,失調・錯乱の神経学的徴候などが認められる。死亡は不可避であり,通常24~48時間で死亡する。

緊急被ばく医療ポケットブック; p57(一部改変)



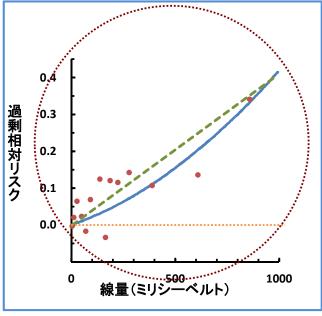
放射線によって誘発される健康影響の要約(ICRP Pub96)

線量	個人への影響	被ばくした集団に対する結果
極低線量:およそ 10mSv 以下(実効線 量)	急性影響なし。非常にわずかな がんリスクの増加	大きな被ばく集団でさえ、がん 罹患率の増加は見られない
低線量:100mSv まで (実効線量)	・急性影響なし。その後、1%未満 のがんリスク増加	被ばく集団が大きい場合 (恐らくおよそ10万人以上)、がん 罹患率の増加が見られる可能 性がある
中等度の線量: 1000mSv まで(急性 全身線量)	吐き気、嘔吐の可能性、軽度の骨髄機能低下。その後、およそ10%のがんリスクの増加	被ばくグループが数百人以上の場合、がん罹患率の増加が 恐らく見られる
高線量:1000mSv 以上(急性全身線量)	吐き気が確実、骨髄症候群が現れることがある;およそ4000mSvの急性全身線量を超えると治療しなければ死亡リスクが高い。かなりのがんリスクの増加	

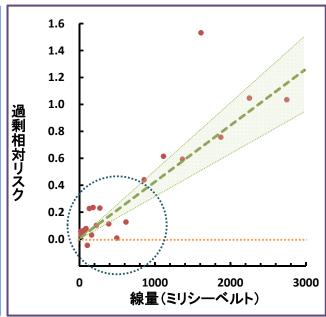
急性外部被ばくの発がん

固形がんによる死亡と線量との関係

固形がんによる死亡(原爆被爆者データ)



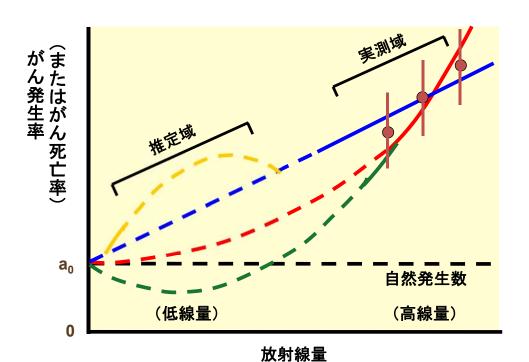
Preston et al., Radiat Res,162, 377, 2004より作成



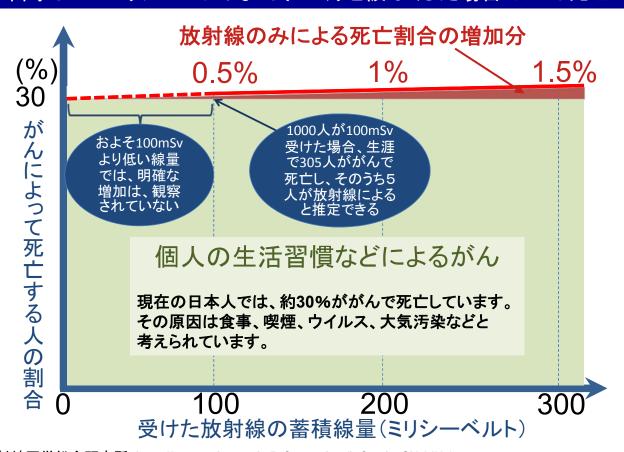
Ozasa et al., Radiat Res, 177, 229, 2012より作成

環境省:放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料

低線量でのがん発生の線量-効果モデル



年間で100ミリシーベルトまでゆっくりと被ばくした場合のがん死亡



放射線医学総合研究所: http://www.nirs.go.jp/information/info.php?i20#01

福島県県民健康調査

甲状腺検査の結果 (第23回福島県「県民健康調査」 検討委員会(平成28年6月6日))

先行調査 細胞診等で悪性ないし悪性疑い(116人)

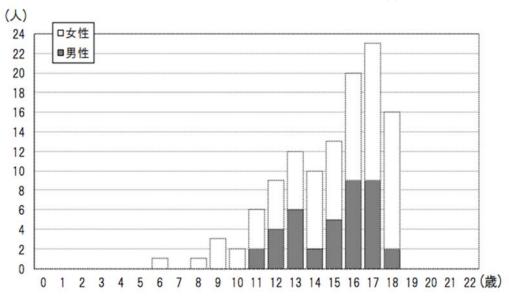


図 3. 平成 23 年 3 月 11 日時点の年齢による分布

第23回福島県「県民健康調査」検討委員会(平成28年6月6日)

本格調査 細胞診等で悪性ないし悪性疑い(57人)

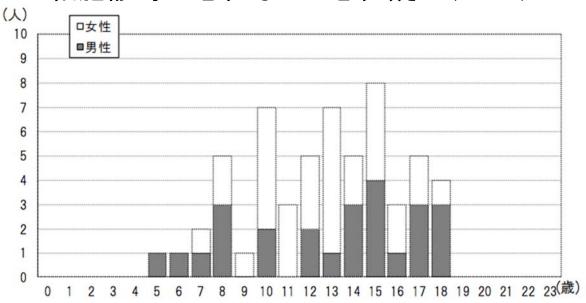


図 3. 平成 23 年 3 月 11 日時点の年齢による分布

第23回福島県「県民健康調査」検討委員会(平成28年6月6日)

がんのリスク(放射線と生活習慣)

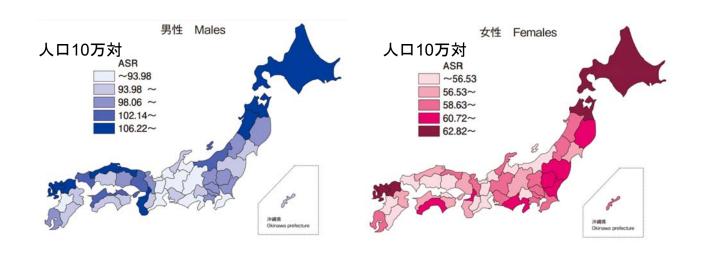
放射線の線量	がんの	
(ミリシーベルト)	相対リスク*	生活習慣因子
(2)2 (3)017	10/1///	
1000 – 2000	1.8	
1000 – 2000		
	1.6	喫煙者
	1.6	大量飲酒(毎日3合以上)
500 – 1000	1.4	712341 (31-14)
300 - 1000		
	1.4	大量飲酒(毎日2合以上)
	1.22	肥満 (BMI≧30)
	1.29	やせ (BMI<19)
200 – 500	1.19	(C (Biiii 110)
200 – 500		
	1.15 - 1.19	運動不足
	1.11 - 1.15	高塩分食品
100 – 200	1.08	1-1
100 – 200		昭共了 日
	1.06	野菜不足
	1.02 - 1.03	受動喫煙(非喫煙女性)
100 以下	検出不可能	
100 %	1XIII 1 100	

出典:国立がん研究センターHP

[※]放射線の発がんリスクは広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ)であり、 長期にわたる被ばくの影響を観察したものではありません。

[※]相対リスクとは、被ばくしていない人を1とした時、被ばくした人のがんリスクが何倍になるかを表す値です。

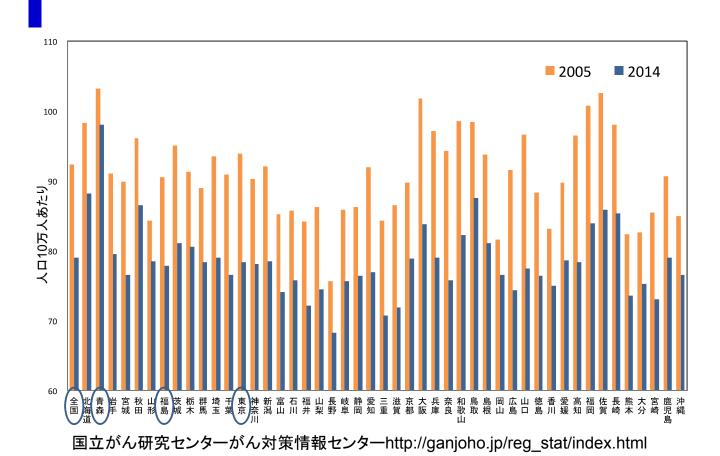
全がん 75歳未満年齢調整死亡率 日本地図(2014年)



ASR: モデル人口を用い年齢調整した死亡率

財団法人がん研究振興財団 http://www.fpcr.or.jp/publication/statistics.html

都道府県別 悪性新生物 75歳未満年齢調整死亡率推移



危険と安全の考え方の例 (リスク論)

り リスク 安全 危険

- ゼロリスクはあり得ない
- リスクとベネフィットはトレードオフの関係
- ・リスクの管理にはコストがかかる。リスクとコストの間にもトレードオフの関係
- ・一つのリスクと他のリスクの間にもトレードオフの関係
- ・大気環境分野:「しきい値のない発がん物質について、現段階においては生涯 リスクレベル10⁻⁵を当面の目標」
- ・WHOの飲料水水質ガイドライン値:「発がん性に関連して遺伝子への悪影響があり、しきい値がないと考えられる物質の場合、生涯にわたる発がん性のリスクの増加分を10⁻⁵以下に抑える」

リスク認知:客観的リスクvs主観的リスクのずれ

リスクが実際より大きく見積もられる傾向があるできごと

- ・リスクの負担が不公平
- ・非自発的(自分からやろうとしたことではない)
- ・悪い影響の及ぶ範囲が広い
- ・一度に多くの被害者がでる(規模が大きい)
- ・次世代に影響を及ぼす
- •人為的
- ・新しいタイプ
- ・リスクがどうやって発現するかが見えにくい

そのずれは、未知なもの、子孫への影響が及ぶもの、負担が不 公平なものなどに、より顕著にあらわれます。

また<mark>受動的なもの</mark>に比べ、自ら選んだものの場合には1000倍も 大きいリスクを受け入れるとも言われます。

内閣府原子力安全委員会・安全目標専門部会「原子力は、どのくらい安全なら、十分なのか」平成14年7月

原子力災害からの回復期における 住民の健康を考える

皆さんで意見を 出し合ってみませんか?

- 基礎情報の確認
- 現場での疑問に沿った データを提示
 - リスク認知は主観的
- 捉え方は各個人で異なる



http://www.niph.go.jp/soshiki/09seikatsu/EMA/radiation/2014comm/

国立保健医療科学院

本院での研究

- 放射線生物学に関する研究
- 食品からの放射性物質の摂取に関する研究
- 電子スピン共鳴法を用いた線量推計に関す る研究
- 医療での放射線防護に関する研究
 - 規制の整備やガイドライン作成に貢献

食品からの放射性物質の 摂取に関する研究

調査方法

陰膳試料中の放射性物質濃度を定量し、その結果から1日摂取量、預託 実効線量を評価



■:成人、幼児とも対象

■:成人のみ対象

● 調査期間

H24:2013年3月

H25:2013年9-11月

H26:2014年12月-2015年3月

試料:2日分の食事

調査対象:成人、幼児(3-6歳児)

各地域とも3名

● 対象核種

放射性Cs、Pu、90Sr、40K、210P

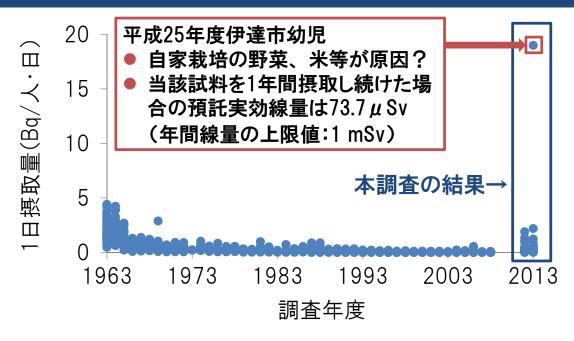
陰膳試料



ガンマ線放出核種の分析

陰膳試料はブレンダーで混合・均一化し、乾熱乾燥した後、450℃で24時間灰化処理した。 灰化物をプラスチック製容器に充填し分析用試料とした。対象放射性物質のガンマ線放出核種(セシウム134、セシウム137、カリウム40)は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により定量した(「文部科学省放射能測定法シリーズ7」に準拠)。

本調査と福島原発事故前の結果との比較 (放射性セシウムの1日摂取量)



原子力規制庁「環境放射線データベース」 http://search.kankyo-hoshano.go.jp/

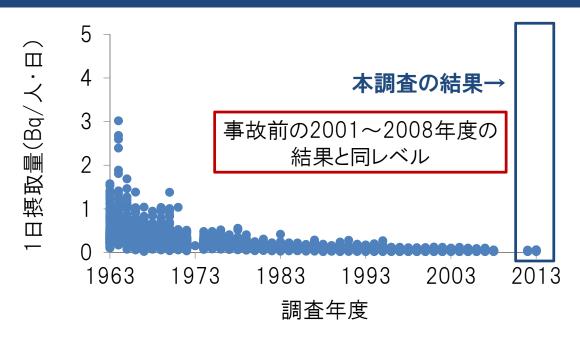
福島原発事故後の放射性セシウムによる 内部被ばく線量(µSv)の推移

都市	H23*	H24**	H25**	H26**
仙台市	12.4	1.1	1.5	0.46
福島市	16.8	1.9	0.43	0.69
東京都	3.8	1.1	0.9	0.89

^{*}マーケットバスケット方式による結果

^{**}陰膳方式による結果の平均値(成人)

本調査と福島原発事故前の結果との比較 (ストロンチウム90の1日摂取量)



原子力規制庁「環境放射線データベース」 http://search.kankyo-hoshano.go.jp/

陰膳試料によるプルトニウムの暴露量 (平成26年度福島県)

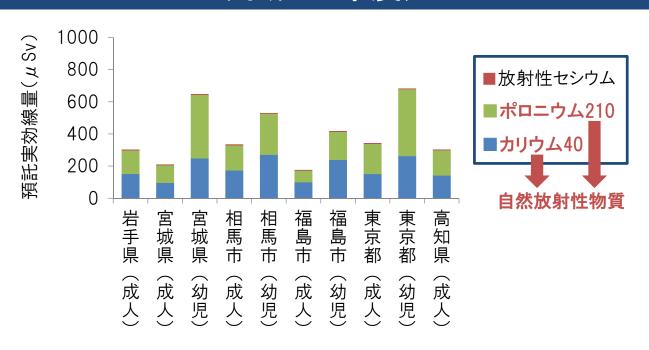
市町村	年齢区分	Pu濃度(Bq/kg)
南相馬市	成人	<0.000437
南相馬市	成人	<0.000518
南相馬市	成人	<0.000438
南相馬市	幼児	<0.000416
南相馬市	幼児	<0.000665
南相馬市	幼児	<0.000424
福島市	成人	<0.000393
福島市	成人	<0.000452
福島市	成人	<0.000185
福島市	幼児	<0.000395
福島市	幼児	<0.000693
福島市	幼児	<0.000887

プルトニウムは平成 25、26年度とも不検出

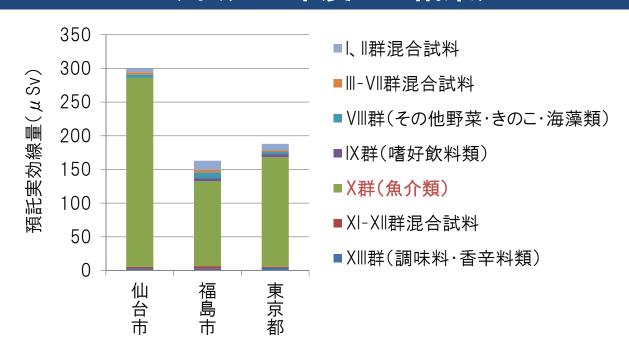
ポロニウム210とは?

- 自然放射性物質
- 線量係数が極めて大きい(1.2×10⁻⁶ Sv/Bq)
- 2006年にロンドンで起きた元ロシア情報部員の 不審死事件への関与?
- 魚介類中の濃度が高い
- ⇒魚介類の摂取量の多い日本においては被ばく への寄与が大きい

放射性物質別の預託実効線量 (平成25年度)



食品群別の²¹⁰Poによる預託実効線量 (平成23年度TDS結果)



陰膳調査のまとめ

- 放射性セシウム濃度の最大値は11.3 Bq/kg(平成25年度伊達市幼児)で、現在の一般食品に対する放射性物質の基準値(100 Bq/kg)の約9分の1であった。
- 当該試料を1年間摂取し続けた場合の預託実効線量は 73.7 μ Svで、現行の食品の基準値を設定する上で基となった 年間線量の上限値1 mSvの約14分の1であった。
- ⁹⁰Srの1日摂取量は事故前の2001~2008年度と同レベル。
- プルトニウムについては平成25、26年度とも不検出。
- 自然放射性物質のポロニウム210による預託実効線量はカリウム40とほぼ同レベルで、被ばくへの寄与については自然放射性物質の方が人工放射性物質よりも大きい。

電子スピン共鳴法を用いた線量 推計に関する研究

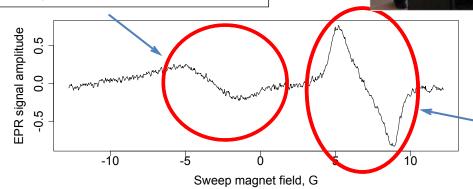
電子スピン共鳴法による

線量測定

生体内の歯を用いた手法の開発

• 放射線が照射された歯に生成される安定なラジカルを計測

1GyのX線照射によるEPR 信号



標準ラジカル 物質による 比較用信号