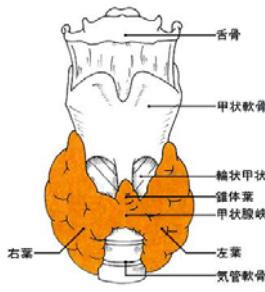


「甲状腺被曝をめぐる放射能リテラシー」 ～福島原発事故後の子どもの健康をめぐって～

「放射線とからだ～甲状腺異常をはじめとする内部被曝について～」

独立行政法人国立病院機構
北海道がんセンター 西尾 正道
2012年11月23日 東京大学



甲状腺が分泌するホルモン

代謝率の調節に関係する
濾胞上皮細胞によって合成(ヨウ素が必要)
チロキシン(サイロキシン、T4)
トリヨードリチノン(T3)
血液中のCa濃度を低下させる
濾胞上皮や濾胞の間隙(かんけい)に存在する
濾胞傍細胞が合成
カルシトニン

葉の高さ平均:3.5cm、幅:1~2cm
厚さ:1~2cm、重量:約20~40g

エネルギー代謝、タンパク・核酸代謝、成長
糖代謝、脂肪代謝、ビタミン等に影響

★ 最大の問題点は正確な甲状腺の被ばく線量が不明であること!!!



サーベイメーターによる甲状腺測定
⇒問題なし(バカたれ!)

内部被ばく進まぬ検査



2012年3月3日 北海道新聞朝刊



ソックワットム中に100mSv相当の
線源を入れ外部より測定
⇒0.2 μSv/h
=内部被曝 100mSv(1歳児、等価線量)
鈴木敏和(放医研:被曝研究室)

甲状腺超音波診断画像の異常所見発見頻度(%)の年次推移(1991~1996)

チェルノブイリ原発事故被災児の検診成績
チェルノブイリ笹川医療協力プロジェクト
1991~1996より
「放射線科学 第42巻第10号~12号
(1999年9月~11月)掲載」

論文の要旨

- 甲状腺結節に注目してその発見頻度をまとめると、高い放射能汚染地域であるゴメリ州に結節が多くみられる
- チェルノブイリ周辺では、1000人の子供のうち2~5人には甲状腺結節が発見される
- 日本や欧米のデータでは小児甲状腺がんは極めてまれで、100万人に対して年間1~2名。その大半は思春期以降で、10歳未満の甲状腺がんをみることはまずない。
- しかし、本プロジェクトを開始した1991年5月には、既に6歳、すなわち事故当時の年齢が1歳以下の小児に頸部リンパ節が腫張した甲状腺がんが発見された。
- その後、いかにも早く小さな結節をみつけても、がんは周囲のリンパ節に既に転移していることが多く、早期に適切な診断が必要である。

放射線に関する概念と単位

線源(Bq)
(体外・体内)
Bq(ベクレル、放射能)
とは 放射線を出す能力
崩壊する原子の数/秒

吸収線量(Gy)
吸収線量(Gy)
放射線荷重係数
「線、β線=1
α線=20

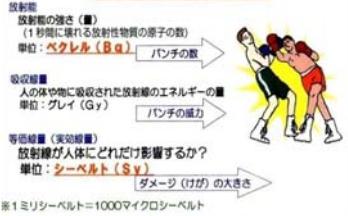
等価線量(Sv)
組織荷重係数
生殖腺=0.20
骨髄=0.12
甲状腺=0.05

実効線量(Sv)
実効線量=吸収線量(Gy) × 放射線荷重係数 × 組織荷重係数

放射線や放射能のいろいろな単位

～ボクシングで考えよう～

人への影響はシーベルト



(被ばくの影響)
時間:急性 vs. 慢性
範囲:全身 vs. 局所
部位:外部 vs. 内部

※1ミリシーベルト=1000マイクロシーベルト

チェルノブイリ笹川プロジェクト(山下俊一報告) 1991年5月から1996年4月までの5年間で現地周辺12万人を調査

1. 甲状腺検診の結果

12万人の検診で60例以上の小児甲状腺がんを発見、
多くは事故当時0から5歳の年齢層に集中

2. 小児甲状腺がんの特徴

結節患者の細胞診で7%に甲状腺がん(大部分は乳頭がん)を発見
患者の半数以上が周辺リンパ節転移や肺などへの遠隔転移も認め、
術後のヨード131治療を必要とした。

病理学的には、硬化型、纖維化病変が多く見られ、砂粒状石灰化や浸潤傾向が強い。

3. 小児甲状腺がんの遺伝子異常

4. 今後の展望

半減期の長いセシウム137などによる慢性持続性低線量被ばくの問題が危惧される。
現在、特に小児甲状腺がんが注目されているが、今後、青年から成人の甲状腺がんの増加や、他の乳がんや肺がんの発生頻度増加が懸念されている。

「転ばぬ先の杖」としての守りの科学の重要性を普段から認識する必要がある。

Childhood Thyroid Diseases around Chernobyl Evaluated by Ultrasound Examination and Fine Needle Aspiration Cytology

超音波検査および吸引細胞診による
チェルノブイリの小児甲状腺疾患の検討
MASAHIRO ITO, SHUNICHI YAMASHITA, KIYOTI ASHIKAWA, HIROYUKI NAMBA, MASAHIRO HOSHI,
YOSHISADA SHIBATA, ICHIRO SEKINE, SHIGENOBU NAGATAKI, and ITSUZO SHIGEMATSU.
Thyroid. October 1995, 5(5): 365-368. doi:10.1089/thy.1995.5.365.

チェルノブイリ周辺のこどもの甲状腺異常率推定値 by 超音波検査・細胞診(1993~1994年)

| | 検診総数 | ガン | のう胞 |
|------|-------|-------|-------|
| モギレフ | 12285 | 0.00% | 0.16% |
| ゴメリ | 8949 | 0.24% | 1.19% |

(注): ①モギレフはゴメリより放射能汚染が少ない ②のう胞は直径5ミリ以上

1. 超音波検査による甲状腺異常所見は放射線汚染の高度な地域で有意に多かった
2. のう胞の発生率は、放射線被ばくの大きさと関連している可能性がある

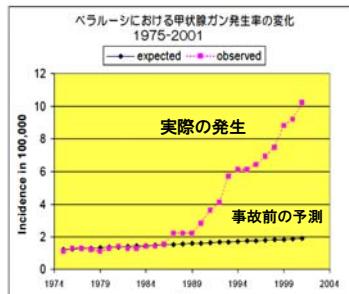
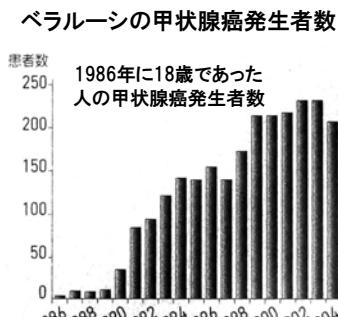
ペラルーシ共和国ゴメリー州における小児甲状腺癌登録 (事故当時年齢別・年次、国家がん登録1999年 BelCMT)

| 年 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 計 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 登録数 | 1 | 1 | 4 | 3 | 5 | 15 | 47 | 35 | 45 | 56 | 63 | 57 | 66 | 52 | 448 |



<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/bunka5/siryoy5/siryoy42.htm>
山下俊一: 放射線による甲状腺 病医学のあゆみ197(3): 225-227,2001.

ペラルーシの甲状腺癌発生者数



6,000人以上の甲状腺癌患者(2006年頃での死亡者は15人)
小児甲状腺癌は日本や欧米では、年間100万人の子どもに1人の割合
甲状腺癌の発生確率は被ばく時の年齢が18歳未満の者では成人の3倍
放射線誘発甲状腺癌の発生確率は若年者、特に乳幼児が高くなる

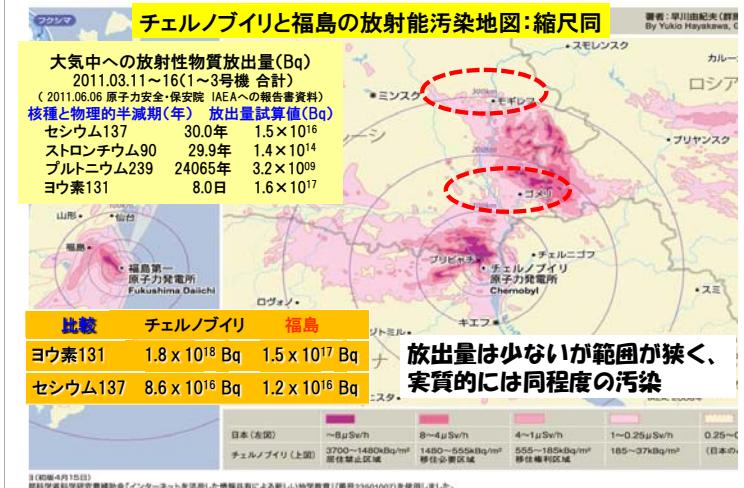
ペラルーシにおける甲状腺ガン発生率の変化
1975-2001
実際の発生
事故前の予測
http://www.ri.yto-u.ac.jp/NSRG/seminar/No91/Malko_comments.pdf

チェルノブイリの20万人子供の大規模調査

- ★ 事故当時0~10歳の子供に、甲状腺の発がんリスクがあることを疫学的に証明（2009年3月）。一方、日本では思春期を超えた子供の甲状腺がんは稀。
- ★ その頻度は、**年間100万人に1人**といわれ、この頻度は歐米・日本ほぼ同じ。
- ★ 大人では、結節をさわるとだいたい100人に1人か2人ががんの可能性があるが、**子供の場合には約20%ががんでした。**
- ★ 放射線誘発性の甲状腺がんはすべて乳頭がんでした。
- ★ 大人と異なり、**小児甲状腺がんの約4割は、この小さい段階(超音波で甲状腺結節を見つけて、1センチ以下、数ミリの結節の事)**でみつけてもすでに局所のリンパ節に転移があった。
- ★ 現在チェルノブイリ周辺では、約5000例の子供の甲状腺がんが手術された。
- ★ 長崎・広島のデータは少なくとも低線量率あるいは高線量率でも発がんのリスクがある一定の潜伏期をもって、そして線量依存性に、さらに言うと被ばく時の年齢依存性にがんリスクが高まることが判明。
- ★ 主として20歳未満の人たちで、過剰な放射線を被ばくすると、**10~100mSv**の間で発がんが起りうるというリスクを否定できません。

山下俊一：日本臨床内科学会誌第23巻第5号,2009.

しかし、県民健康管理センターの見解は
放射線ヨウ素100mSv(等価線量)以下では発癌は無い!!!



寄稿

チェルノブイリ原発事故から学ぶ安定ヨウ素剤の甲状腺ブロックについて

金塊の薬に助けられたポーランドでは甲状腺癌の増加なし

福島原発事故の政府情報に基づけば甲状腺ブロックは不要だった

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 国際保健医療福祉学研究分野

関谷 悠以 高村 昇

福島県立医科大学

山下 優一

ポーランドでは、16歳以下の小児の甲状腺被ばく線量が年間50mSvを超えないように安定ヨウ素剤が配布された。

全小児の9割に配られました。その結果、1歳から4歳までの小児の4分の3は甲状腺被ばく線量を6割、残りの4分の1の小児は4割減らすことができ、牛乳の規制などの予防措置も含め、16歳以下の小児の9割は甲状腺被ばく線量を50mSv以下に保つことができました。

2011年9月号『DRUG magazine』

福島県 福島県立医科大学

放射線医学県民健康管理センター

最大の問題は

正確な被曝線量が不明なこと

甲状腺検査の目的

☆ 子供(18歳まで)の甲状腺の結節の有無を超音波で検査(スクリーニング)

☆ 保護者の不安の解消

☆ 現時点での甲状腺の状態を把握し、今後長期にわたる**甲状腺がん**の増加が無いことを確認するための調査である
(健康管理センターの基本的な姿勢は発癌はないと考えている)

LOGIQ e

ノートタイプの比較的安価な超音波装置



超音波スクリーニング検査の問題

★ 検査技師が行い、画像を後で評価⇒専門医のリアルタイムの検査が必要

★ 結節とのう胞のみに分類し評価しており、詳細な所見は把握していない

★ 画像を被験者に渡さないため、長期的な画像の比較ができず、情報量は半減

★ 採血によるT3, T4, TSH等の機能異常のチェックが行われていない

平成23年度 甲状腺検査の結果概要 (平成24年3月末日現在)

| 検査実施総数 | | 38,114人 | |
|--|-----------------------------------|---------|--------|
| 判定結果 | 判定内容 | 人数(人) | 割合(%) |
| A判定 | (A1) 結節や囊胞を認めなかったもの | 24,468人 | 64.2% |
| | (A2) 5.0mm以下の結節や20.0mm以下の囊胞を認めたもの | 13,460人 | 35.3% |
| B判定 | 5.1mm以上の結節や20.1mm以上の囊胞を認めたもの | 186人 | 0.5% |
| C判定 | 甲状腺の状態等から判断して、直ちに二次検査を要するもの | 0人 | 0.0% |
| 〔判定結果の説明〕 | | | |
| ・ A1、A2判定は次回(平成26年度以降)の検査まで経過観察 | | | |
| ・ B、C判定は二次検査(二次検査対象者に対する二次検査日時、場所を改めて通知して実施) | | | |
| ※ A2判定であっても、甲状腺の状態等から二次検査を要すると判断した方については、B判定としています | | | |
| 〔参考〕 | | | |
| 判定結果 | 人数(人) | 割合(%) | 計 |
| 結節を認めたもの | 5.1mm以上 | 184人 | 0.48% |
| | 5.0mm以下 | 202人 | 0.53% |
| 囊胞を認めたもの | 20.1mm以上 | 1人 | 0.003% |
| | 20.0mm以下 | 13,379人 | 35.10% |
| ※ 結節、囊胞双方の所見に該当しているケースも存在 | | | |

甲状腺検査の結果概要①

| 検査実施総数 | | H23年度 | | H24年度 | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------|--------|--------------|--------|--|--|--|--|
| 判定結果 | 判定内容 | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 | | | | |
| A判定 | (A1) 結節や囊胞を認めなかったもの | 24,469人 | 64.2% | 23,702人 | 56.3% | | | | |
| | (A2) 5.0mm以下の結節や20.0mm以下の囊胞を認めたもの | 13,459人 | 35.3% | 18,119人 | 43.1% | | | | |
| B判定 | 5.1mm以上の結節や20.1mm以上の囊胞を認めたもの | 186人 | 0.5% | 239人 | 0.6% | | | | |
| | 甲状腺の状態等から判断して、直ちに二次検査を要するもの | 0人 | 0.0% | 0人 | 0.0% | | | | |
| 〔判定結果の説明〕 | | 合計 38,114人 100% | | 42,060人 100% | | | | | |
| ・ A1、A2判定は次回(平成26年度以降)の検査まで経過観察 | | | | | | | | | |
| ・ B判定は二次検査(二次検査対象者に対する二次検査日時、場所を改めて通知して実施) | | | | | | | | | |
| ※ A2の判定内容であっても、甲状腺の状態等から二次検査を要する判断した方については、B判定としています。 | | | | | | | | | |
| ※ H24年度の検査結果については、検査結果が確定している8月24日検査分までを集計しています。 | | | | | | | | | |
| 〔参考〕 | | | | | | | | | |
| 判定結果 | | H23年度 | | H24年度 | | | | | |
| 判定結果 | 人数 | 割合 | 計 | 人数 | 割合 | | | | |
| 結節を認めたもの | 5.1mm以上 | 184人 | 0.48% | 385人 | 0.55% | | | | |
| | 5.0mm以下 | 202人 | 0.53% | 153人 | 0.37% | | | | |
| 囊胞を認めたもの | 20.1mm以上 | 1人 | 0.003% | 13,383人 | 35.11% | | | | |
| | 20.0mm以下 | 13,379人 | 35.10% | 18,136人 | 43.12% | | | | |
| ※ 結節、囊胞双方の所見に該当しているケースも存在 | | | | | | | | | |

福島調査の「のう胞」保有率は、過去のどの調査よりも高率である

以上の4つの調査結果を一覧表にまとめてみると、今回発表された「福島県民健康管理調査」のことの甲状腺検診の結果は、驚くべきものであることが分かります。三分の一のことの甲状腺に「のう胞」ができていたからです。

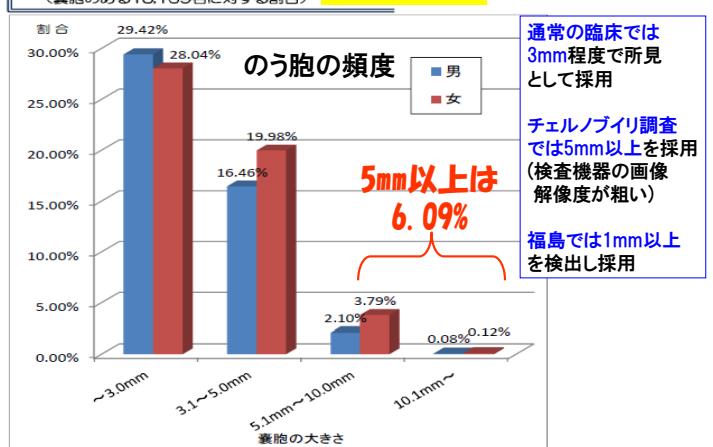
「のう胞」とは液体のたまつた袋です。これがあるからと言って、直ちに甲状腺がんが起きる恐れがあるとは言えませんが、甲状腺の内側に何か普通とは違ったこと(ただれ=炎症あるいは細胞の性質の変化)が起きていることを指示していると考える必要があります。

| 検討対象 | 事故による放射線被ばく | のう胞保有率 |
|-----------------------|-------------|--------|
| 1 福島県 0~18才児(平均年齢10才) | あり | 35% |
| 2 長崎県 7~14才児 | なし | 0.8% |
| 3 米国等 10才児 | なし | 0.5~1% |
| 4 チェルノブイリ原発周辺 18才未満児 | あり | 0.5% |

④囊胞の大きさ毎の性別による比較

(囊胞のある18,139名に対する割合)

H24年検査分



甲状腺のう胞検出数

| | 全体 | 男 | 女 |
|-------------|--------|--------|--------|
| なし | 24,730 | 12,890 | 11,840 |
| ~5.0mm | 12,414 | 5,957 | 6,457 |
| 5.1~10.0mm | 949 | 341 | 608 |
| 10.1~15.0mm | 18 | 4 | 14 |
| 15.1~20.0mm | 2 | 0 | 2 |
| 20.1~25.0mm | 1 | 0 | 1 |
| 25.1mm~ | 0 | 0 | 0 |
| 計 | 38,114 | 19,192 | 18,922 |

5.1mm以上のう胞陽性率

2.54%(970/38114)

チェルノブイリ山下調査では
0.5%程度なので、事故から数年後の
チェルノブイリの5倍

<http://www.pref.fukushima.jp/imu/kenkoukanri/kenkoukanri/shiryou.pdf>

甲状腺の結節検出数

| | 全体 | 男 | 女 |
|-------------|--------|--------|--------|
| なし | 37,729 | 19,036 | 18,693 |
| ~5.0mm | 201 | 99 | 102 |
| 5.1~10.0mm | 126 | 45 | 81 |
| 10.1~15.0mm | 26 | 3 | 23 |
| 15.1~20.0mm | 18 | 5 | 13 |
| 20.1~25.0mm | 9 | 2 | 7 |
| 25.1~30.0mm | 4 | 2 | 2 |
| 30.1~35.0mm | 1 | 0 | 1 |
| 35.1mm~ | 0 | 0 | 0 |
| 計 | 38,114 | 19,192 | 18,922 |

5.1mm以上の結節陽性率

0.48%(184/38114)

チェルノブイリ山下調査では
0.5%程度なので、事故から数年後のチ
エルノブイリと等しい

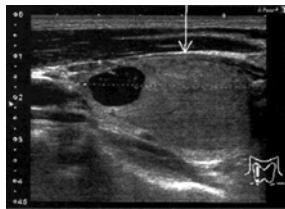
福島の甲状腺異常はチェルノブイリを越えているようだ

| 保有率 | チェルノブイリ | 福島 |
|------------|------------|-----------|
| のう胞(5mm以上) | 0.5%(10年後) | 2.5%(1年後) |
| 結節(5mm以上) | 0.5%(10年後) | 0.5%(1年後) |

チェルノブイリ

- 放射線被ばくが多いほどう胞が多くなる可能性あり?
- 甲状腺ガンの発生率は、5ミリ以上のう胞保有率の10分の1というデータあり

ヨウ素摂取量の影響は?



甲状腺のう胞



1cm以下の微小癌では低エコー腫瘍のみで
石灰化を伴わないことが多いが、形状不整で
境界不明瞭で内部に貫通する血流を認める

超音波検査では術者が
リアルタイムでプローブを動かして
診断することが重要!



形状不整で境界不明瞭の低エコー腫瘍
石灰化(微細～粗大)を伴う

超音波検査の問題点

- 検査は臨床検査技師が行い、後に静止画像で判定していること
- 結節とのう胞のみの所見を拾い上げているだけであること

甲状腺腫瘍の超音波所見による良悪の鑑別について

| エコー所見 | 感度 (%) | 特異度 (%) |
|---------|---------------|--------------|
| 微細石灰化 | 52 (26 ~ 73) | 83 (69 ~ 96) |
| haloの欠如 | 66 (46 ~ 100) | 54 (30 ~ 72) |
| 境界不整 | 55 (17 ~ 77) | 79 (63 ~ 85) |
| 内部低エコー | 81 (49 ~ 90) | 53 (36 ~ 66) |
| 結節内血流増加 | 67 (57 ~ 74) | 81 (49 ~ 89) |
| 縦横比≥1 | 84 | 82 |

⇒ 全国甲状腺専門医による診断が最も正確で効率的である

ACSIR

市民と科学者のための被曝問題研究会
(内閣被曝問題研究)

甲状腺検査の他施設での検査拒否を依頼する検査体制に強く抗議し、早期発見・早期治療の体制を要請します

甲状腺検査の他施設での検査拒否を依頼する検査体制に強く抗議し、早期発見・早期治療の体制を要請します

2012年8月9日 提出(⇒厚労大臣・県知事・山下俊一)

★ 非被曝遠隔地の小児のエコー検査を行ない比較すること

★ 全国の他施設もで甲状腺の検査が行えること(被ばく者の定義が必要)

★ 所見のある被験者は年一回の検査を実施をすべきであること

★ 検査データを本人に渡すこと

今後の経過観察の比較資料として保管

移住・転居しても検査の継続性を担保すること

医師法24条：診療録は5年間保存義務

21条：診療録以外の画像資料は2年間保存義務

★ 移住・転居しても検査の継続性を担保すること

草稿:西尾正道

検査実施過程での問題点と今後の望まれる対応

★ 検査結果の「情報開示」を受けるための4つの閑門(現状)

- 「同意書」を事前に求める
- 戸籍謄本を役場で買い、健康センターに送る
そのチェックを経て、まず「情報開示請求費用振込み用紙」をもらう
- 銀行・郵便局で振込み、初めて「情報開示請求」に必要な書式が送られてくる
- 「情報開示請求用紙」を書き込み送ると、超音波検査の静止画像が送付される

★ 「検査結果は誰のもの」なのか。

研究者や県民健康管理センターのものなのか?
医療情報は基本的に被験者のものである。

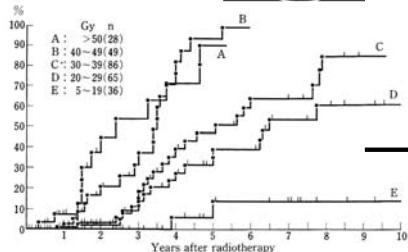
★ 費用の問題

「原発事故被ばく者」の定義を確立し、無料化
(全国どの施設でも・長期の期間・治療費)

放射線治療後の視力障害について(白内障,N=283例)

4施設集計

北海道がんセンター
東京医科歯科大学
愛知県がんセンター
大阪大学



→ 障害発生率と発生期間は
線量依存性
(線量が少ないとほど晩発性)

癌の臨床 33巻10号1167-1174,1987.

一般的な甲状腺悪性腫瘍の予後

- 乳頭癌：予後良好。10年生存率90%
- 滤胞癌：予後良好。10年生存率70~80%
- 未分化癌：非常に予後不良。5年生存率0%
- 髓様癌：予後やや不良。10年生存率60%
- 悪性リンパ腫：予後は組織型、stageによる。
5年生存率60% (5~85%)

患者の年齢が若く、小さい癌(直徑2cm以下)で、
転移がないほど予後良好である。

甲状腺悪性腫瘍の組織型



人の癌における
平均的増殖分画と倍加時間

| がん種 | 増殖分画 (%) | 倍加時間 (日) |
|--------|----------|----------|
| 生殖細胞がん | 90 | 27 |
| リノバ腫 | 90 | 29 |
| 肉腫 | 11 | 41 |
| 扁平上皮がん | 25 | 58 |
| 腺がん | 6 | 83 |

★ 一般的に甲状腺乳頭癌は腺癌の中でも
最も進行が緩慢な腫瘍である
★ 小児甲状腺癌の natural history は不明

乳頭癌生存率(癌研病院, 1976-1998): 60.4%
(微小癌除外、平均観察期間10.7年)
高危険群: 遠隔転移例、50歳以上で他臓器浸潤あり、
または3cm以上のリンパ節転移あり



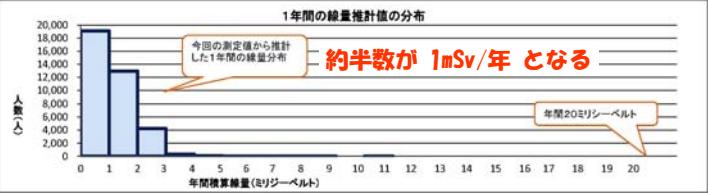
●もっと市民のために シリーズ がん医療の今

HOME > がん医療の今 > No.124 2012.10.10

福島原発事故で市民はどの程度被ばくしたか
『原子力発電所の事故で放出された放射性物質による地域住民の被ばく線量の測定』



| 内訳 | 3か月間測定者数 | 人數(人) | 割合(%) |
|-------------|----------|--------|-------|
| 0.1未満(X) | 3,313 | 9.01% | |
| 0.1以上～0.5未満 | 28,763 | 78.23% | |
| 0.5以上～1.0未満 | 4,581 | 12.48% | |
| 1.0以上～1.5未満 | 93 | 0.25% | |
| 1.5以上～2.0未満 | 10 | 0.02% | |
| 2.0以上～2.5未満 | 2 | 0.005% | |
| 2.5以上～3.0未満 | 5 | 0.014% | |



●もっと市民のために シリーズ がん医療の今

HOME > がん医療の今 > No.124 2012.10.10

福島原発事故で市民はどの程度被ばくしたか

『原子力発電所の事故で放出された放射性物質による地域住民の被ばく線量の測定』 (コメント) 北海道がんセンター院長 西尾正道

- 原発事故直後にガラスバッジを手配し、2011年7月より測定を開始
- 対象者が中学生以下の就学児童、及び0歳～6歳までの未就学児童、妊婦
- 事故後3ヶ月経過しているため、放出された放射性物質の約9割を占めていたヨウ素はすでに消失しているため、この測定値はほぼCs-134とCs-137のガムマー線のみの測定値
- この測定値は被曝線量の一部でしかなく、内部被ばくが全く含まれていない外部被ばくだけのデータであること
- 一般公衆の線量限度は法律で年間1mSvとされているが、1年間の線量推計値が1mSvを超えるものが約1万8千人前後であること(約50%)
- 平成21年度(2009年4月～2010年3月)の期間に医療分野を中心として職業被曝(線量限度は5年間で100mSv)と同じガラスバッジで測定している個人線量当量の集計(244,025名)では、一人平均年間被ばく線量は0.21mSvである。その中で、年間1mSv以上の人々は13,587人(5.5%)にすぎない。

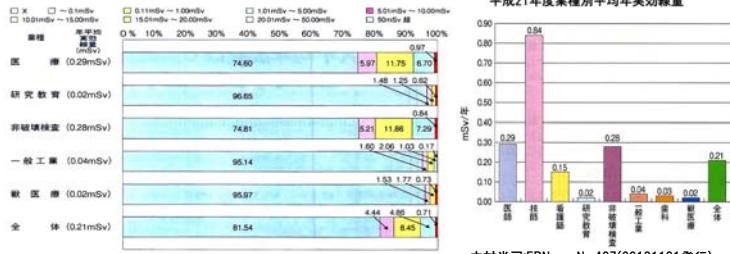
平成21年度(2009.4.1～2010.3.31)個人線量当量の集計(244,025名)

平均年間被ばく実効線量は0.21ミリシーベルト

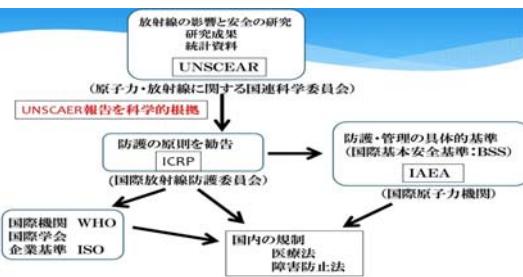
- 医療分野の集団線量が全体の90%以上
- 検出限界未満($50\mu\text{Sv}$)の人は全体の81.5%
- 年間1mSv以下の人々は94.5%
- 年間1mSv以上の人々は13,587人(5.5%)

- 年間50mSv以上:1名
- 年間20～50mSv:63人(0.03%)
- 年間15～20mSv:73人(0.03%)
- 年間10～15mSv:283人(0.12%)
- 年間5～10mSv:1,306人(0.54%)
- 年間1～5mSv:11,861人(4.86%)

平成21年度業種別平均年実効線量の分布



放射線の事項に関する国際的機関



①公衆被曝

日常生活の中で受ける被曝
例: 宇宙線、大地からの放射線、
食品からの被曝、呼吸(ラドンなど)による被曝

②医療被曝

医療行為によって受ける被曝
例: X線検査、核医学検査
★線量限度なし
★医療被曝は等価線量

③職業被曝

放射線を取り扱う職業上の被曝
例: 病院、原子力発電所、核燃料製造所、非破壊検査、など

放射線業務従事者に対する線量限度(ICRP)

| 実効線量 | 100 mSv / 5y (1年間に50mSvを越えない) |
|----------------------------|----------------------------------|
| 眼の水晶体 | 150mSv/年 |
| 皮膚 | 500mSv/年 |
| 妊娠可能な女子の実効線量 | 3ヶ月につき5mSv |
| 妊娠中である女子の線量限度 (出産までの期間) | 腹部表面の等価線量 2mSv 内部被ばくについて 1mSv |
| 緊急作業 実効線量 | 100mSv ⇒ (250mSv) |

緊急時作業者の年線量限度: 重大任務:100mSv, 一般の防災活動:50mSv



一般公衆の被曝限度:1mSv ⇒ 20mSv

放射線管理区域: 1.3mSv/3月 = 0.6 μSv/h
* 管理区域内では18歳未満の作業禁止(労働基準法)
* 飲食の禁止
(20mSv/年 = 2.28 μSv ⇒ 管理区域の3.8倍)



医療法
電離則

「追跡! 真相ファイル『低線量被ばく 摂らぐ国際基準』」
NHK放送(2011年12月28日)

- スウェーデン北部のヴェベテルボッテン県
(低線量被曝地域で当時の放射線量は年間0.2mSv
⇒ ICRP基準の5分の1の低線量地域で、がんが34%増加)
- 米イリノイ州シカゴ郊外では原発の排水中に放射性トリチウムが含有
⇒ 過去20年の住民1,200万人を調査
⇒ 原発周辺地域住民だけが脳腫瘍・白血病が30.2%増加
なかでも小児がんは2倍以上も増加)
- チャーリズ・マインホールド氏の証言
(米エネルギー省、70年代から90年代にICRPの基準づくりに関与)
* 「核開発や原発を担う人達の要請で、「原発や核施設の労働者の基準を甘くした」
* 基準が引き上げられれば、「施設の安全対策に莫大な金額がかかる」
* 「低線量のリスクは科学的根拠はなかったがICRPの判断で決めたのだ」



ICRP内部委員会(1951年)は廃止⇒カール・モーガン(初代委員長):

(40年保健物理(放射線防護・安全)の職に専念)

「ICRPは原子力産業界の支配から自由ではない。…(中略)

この組織がかつて持っていた崇高な立場を失いつつある理由がわかる」

『原子力開発の光と影—核開発者の証言』 昭和堂, 153頁, 2003年.



⁵⁴ 今次事故においては、放射性物質の多くは気体として放出されているので、放射性物質が固体のまま体内に取り込まれた場合の影響を考慮する必要性は小さいと思われる。

⁵⁵ ICRPも内部被ばくの評価は外部被ばくのそれよりも難しいことを指摘している(Pub103の4.5)。

相変わらず内部被ばくを切り捨てている!

ICRP & IAEA の立場(原子力推進派)

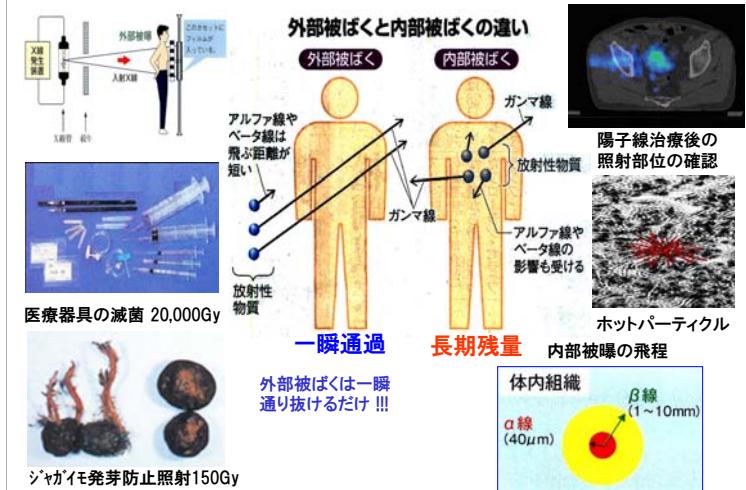
- ・原子炉の保守・点検・修理・燃料棒の交換
- ・大気中核実験
- ・放射性廃棄物処分の費用、原子力施設の老朽化・廃炉
- ・兵器製造工場の廃止措置
- ・残留汚染を低レベルに抑えるのに費用がかかるため、しきい値があると主張

ECRRの立場

- ・核施設周辺地域の白血病発生(セラフィールド)
- ・ Chernobyl の子供達
- ・核実験放射性降下物によるがん(ビキニ環礁)
- ・劣化ウランに被曝した湾岸戦争帰還兵
- ・イラクの子供達
- ・「トロトラスト=トリウム」による肝癌

2011年3月
東電社員の→
被曝線量

30代社員 678mSv (外部被曝= 88mSv, 内部被曝= 590mSv)
40代社員 643mSv (外部被曝= 103mSv, 内部被曝= 540mSv)
20代社員 335mSv (外部被曝= 35mSv, 内部被曝= 300mSv)



内部被ばく線量評価のための個人モニタリング

体外計測法(直接法)

- ・全身または特定器官中の残存放射能を測定
- ・長所: 被検者への負担少ない
- ・短所: 検出線種は γ (X)線のみ



γ 線のみ計測



バイオアッセイ法(間接法)

- ・便や尿などの生体試料を測定
- ・長所: 線種を問わない(α , β 放射体)
- ・短所: 測定に時間要する

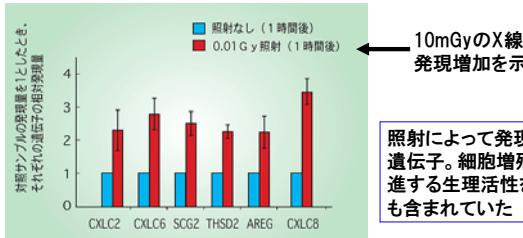


研究レポート

線量 10mGy の放射線が正常ヒト細胞の蛋白発現に影響
HiCEP を使った共同研究で明らかに

藤森 亮: 放射線安全研究センター(比較環境影響研究G)「放医研ニュースNo.111」

ヒト胎児肺織芽細胞の初期培養系(HFL III)の細胞が培養皿一杯になった状態で、10mGy(線量率 60mGy/min)のX線を照射して、1時間毎に時間経過した時点での mRNA を抽出し、それぞれの遺伝子発現プロファイルを作成。(高精度網羅的遺伝子発現解析技術(HICEP 法)を使用)
照射サンプルと非照射サンプルの間に遺伝子発現プロファイルを比較

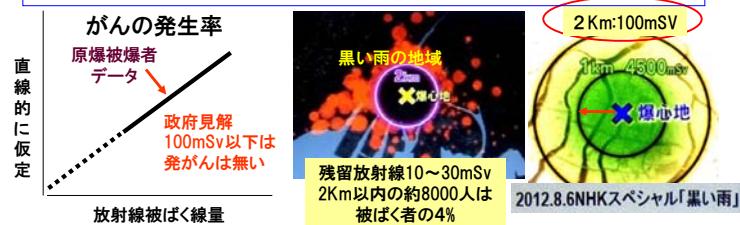


内部被ばくの問題を考える

- * 100~200mSv以下でも健康障害の医学的な証拠が多数存在
- * 極低線量での細胞レベルでの異常が判明
(バイスタンダード効果, ゲノムの不安定性, ミニサテライト突然変異)
- * 不間に付され未解明の問題
 - 一瞬通過する外部被ばくと低線量連続被ばくの内部被曝の違い
 - エネルギーの問題 (数eV~KeV~MeV)
 - LET (Linear Energy Transfer, 線エネルギー付与)の問題
高LET順: 核分裂生成物 > α 線 > 中性子線 > 陽子線, 電子線, X線, γ 線
 - 細胞周期と放射線感受性の問題 (G2-M期の細胞が影響大)
 - 放射線影響の評価単位が不適切 (1Gy=1J/Kg)
 - 線量の全身化換算の問題 (目薬一滴を全身投与量としている)

ABCC—放影研の疫学研究での問題点

- * 「被爆者」(爆心地2Km以内) ⇄ 「非被爆者」(2km以遠)を比較対照
- * 残留放射線や放射性降下物で内部被曝した人を調査対象としなかった
- * 調査対象を1950年10月1日に生存していた被爆者を対象とし、それ以前の死者は除外
- * 調査対象は1950年10月1日に広島・長崎両市に在住したものに限定 (爆心地近くの移住者や就職などで市外に在住した人を除外)
- * 調査対象は「12万人:最大規模」と称しているが、28万人以上いた原爆健康手帳保持者の4分の1に過ぎない
- * 癌以外の障害の研究を軽視し、また遺伝的影響を否定



Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003:
An Overview of Cancer and Noncancer Diseases

Kotaro Ozasa,^{a,*} Yukiko Shimizu,^a Akihiko Suyama,^a Fumiyoishi Kasagi,^{a,*} Midori Soda,^a Eric J. Grant,^b Ritsuo Sakata,^c Hiromi Sugiyama^c and Kazunori Kodama^c

被爆でがんリスク42%増加—50年余の追跡調査(放影研)

日米共同の研究機関「放射線影響研究所」の研究報告

1950年から2003年まで広島、長崎の被爆者約12万人を追跡調査研究。個人線量が推定できる約8万7千人を解析対象

死亡者約5万1千人のうち約1万1千人が肺がんや胃がんなどの固形がんで死亡。
30歳で1Sv被爆した人が70歳になった時に固形がんで死亡するリスクは、被爆していない人に比べて42%増加。被爆時の年齢が20歳の場合、リスクは54%増加。

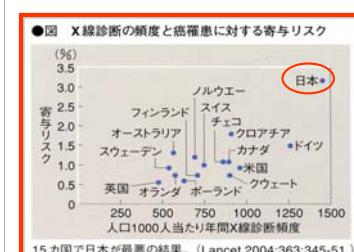
被爆者の死亡率と被爆していない人の死亡率の比較でも、被爆者の方が固形がんで亡くなる人が1万人当たり26人多かった

ICRP103勧告(2007)

- ・がん発症リスクは被曝線量1Svにつき5.5%↑
- ・1mSv/人 被曝するとがんの確率は0.0055%↑
- ・1億人が1mSv被曝⇒総被曝線量は10万Sv
⇒ 5500人が過剰発がん⇒20mSvでは11万人

ICRP報告(2007年)

- 1 Sv被ばくの過剰発がん(5.5%増加)
→ 実際には約50%



讀賣新聞

2004年1月21日 1面

がん3.2% 診断被ばく原因

英の大学推定

CT普及背景

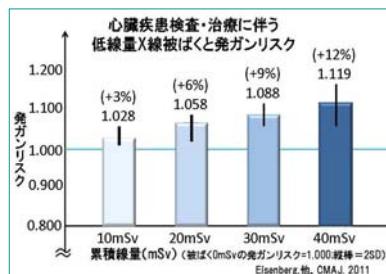
放射線診断での被曝でがん発症、日本トップ 英オックスフォード大学研究 (2004/02/10)

- <論文の内容>
- * X線診断の頻度と線量から集団実効線量を推定し、発癌のリスクを、「直線しきい値なし仮説」に基づいて推定
- * 15カ国の放射線診断による被曝量から75歳までの発癌者を推定
- * 日本の年間X線検査数は1477回/千人で15カ国平均の1.8倍被曝癌になった例は年間7587例と推定
- * 放射線診断による被曝による発癌は年間の全癌発症者の3.2%

「低線量X線検査を受けた急性心筋梗塞患者のがんリスク」

マギル大学(カナダ・モントリオール)チームの論文

- 血管撮影、CT等のエックス線を用いた検査・治療を受けた心筋梗塞患者82,861名を追跡⇒12,020名のがん発生
- 10~40mSvの被ばくでも10mSv毎にがんリスクが3%増加する(有意)



⇒ 1 Svの被ばくでがんリスクが300%増加する
⇒ 原爆被ばくデータを適用すると原爆被ばく以外の放射線被ばくの影響が6分の1に過小評価される恐れあり
*心筋梗塞患者の入院中平均X線被ばく量は15mSv Kaul et al Circulation. 23;122(21):2160-9,2010.

Eisenberg, et al: CMAJ. 2011年3月

Cite this article as: BMJ, doi:10.1136/bmj.38499.596881.EO (published 29 June 2009)

Papers

「低線量電離放射線による発がんリスク: 15カ国の原子力施設労働者の調査」

Risk of cancer after low doses of ionising radiation: cohort study in 15 countries

E Cardis, M Vrijland, M Blotman, E Gilman, M Hakama, C Hitte, G Horan, J Kaldoer, C R Lubin, Schubauer-Berigan, T Stansfeld, P Tamm, J Puk, C Verhaeghe, B Holmdahl, L Hogdall, C Hrubec, A Ito, S Kogure, O Kondo, Y Amemiya, F Ahnssen, A Axelson, A Babisch, A Bannerman, A Bartsch, C Cakmakci, A Dizerega, S Elford, M Engels, G Engelin, G Gruber, R Hebil, K Holan, H Hyonson, A Kerekin, J Kortesniemi, H Moller, M Mazzanti, A Montanari, A Moretti, M Moret, M Pearce, D B Richardson, T Rodriguez-Artalejo, A Roy, et al

- * 放射線従事者を対象に、被曝線量とがんリスクとの関係を統計的に調査
国際標準で許容されている上限値(5年内で100mSv)まで被曝した場合、がんによる死亡率が約10%増加する。
- * 15カ国の原子力施設労働者 40万7,391人の追跡調査で、約520万人・年分の調査
- * 被曝線量は、集団の90%は50mSv以下、500mSv以上被曝した人は0.1%以下で、個人の被曝累積線量の平均は19.4mSv。
- * 調査期間中の全死亡数は2万4,158人で、1 Sv被曝すると、白血病のリスクが被曝していない人の約3倍になる。
- * この調査結果から100mSv被曝すると白血病を除く全がん死のリスクが9.7%増加し、慢性リンパ性白血病を除く白血病で死亡するリスクは19%増加する。
- * この結果から計算すると、このコホートの中でがん死した人の1~2%は放射線が原因。

E Cardis, et al: Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries. (BMJ, 2005.6.29)

REA 放射線影響協会

放射線疫学調査

Radiation epidemiological studies

<http://www.rea.or.jp/ire/gaiyo>

10mSvの被曝で増加

全ガン死が4%

肝臓ガン死が13%

肺ガン死が8%

(文科省:日本の原発労働者調査)

- 日本原子力施設労働者コホート
- 対象:男性:203,904人
(観察年は222.7万人年)
 - 平均観察期間は10.9年
 - 観察期間内の死亡数は14,224人
 - がん死亡は5,711人
 - 解析対象者の平均年齢は54歳
(2007年12月31日現在)
 - 平均累積線量は13.3mSv
 - 10年以上の累積被曝によるリスクを計測

結論: 原子力発電従事者を対象に平成2~21年度まで調査。「低線量域の放射線が悪性新生物の死亡率に影響を及ぼしている明確な証拠は認められなかった」と言える。」と評価。
白血病を除く全悪性新生物による死亡率は、外部比較において日本人男性の死亡率より有意に高く、また内部比較において累積線量との有意な関連が認められていますが、生活習慣等による影響の可能性を否定できません。

不都合な事実に対する言い訳
⇒ 原発労働者は喫煙率・飲酒率が高い



3.11の1年前に発表された
日本の原発労働者の長期追跡調査
<http://www.rea.or.jp/ire/pdf/report1.pdf>

口腔悪性黒色腫に対するAu-198線源モールド治療



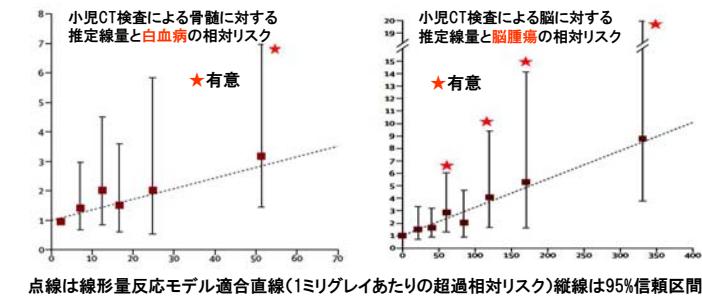
診療報酬2万円の治療を被曝してまで行う医師がいますか?
照射による細胞死は「突然死」ではなく、「分裂死」である



(Pearce,他, Lancet 2012年)

CT検査を受けたこどもの白血病・脳腫瘍リスク(後顧的コホート調査)

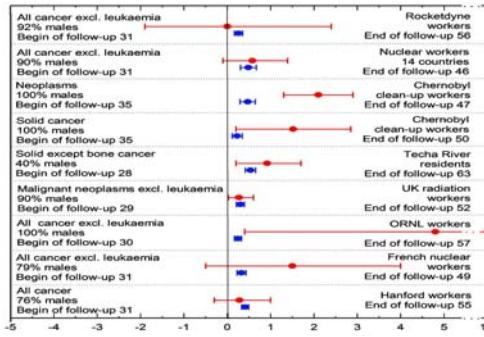
子供でも100mSv以下でのがんリスク増加が証明された
50mSvの被ばくで脳腫瘍・白血病リスクが3倍に



Is cancer risk of radiation workers larger than expected?

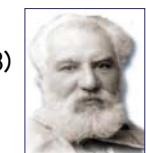
P Jacob,¹ W Röhm,¹ L Walsh,² M Blettner,² G Hammer,¹ H Zeeb¹

原爆被ばく者、チェルノブイリ被災者、原発労働者のERR



100mGy当たりの超過死亡リスク (excess relative risk)

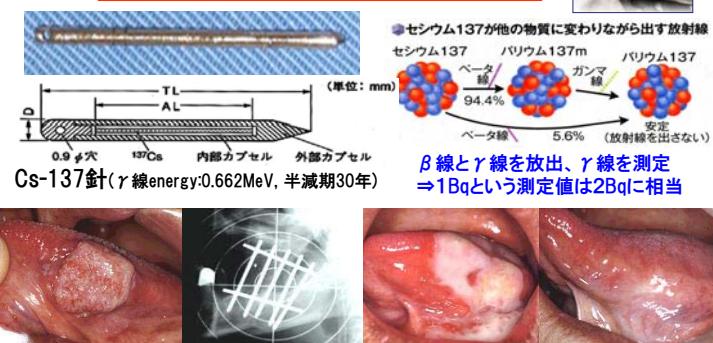
Occup Environ Med. 66(12):789-96,2009.



効果の高い小線源治療

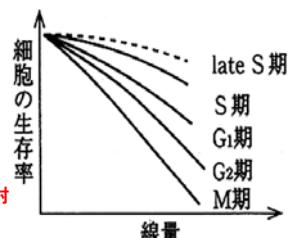
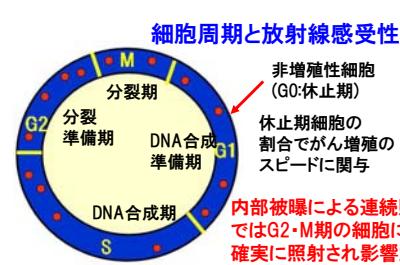
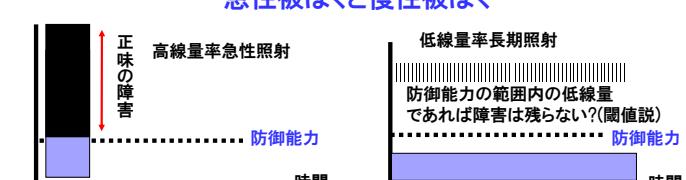
Bell A.G. が米国医学雑誌編集長宛に出した書簡(1903)

- X線: 表在癌に有効、深在癌に無効
- Ra線源: 癌病巣の中心に直接刺入を推奨



β線とγ線を放出、γ線を測定
⇒ 1Bqという測定値は2Bqに相当

急性被ばくと慢性被ばく



モニタリング（業務従事者の個人被ばく線量測定）

ガラス線量計



手指用リング

プロテクター
(0.25mm鉛相当)



防護衝立

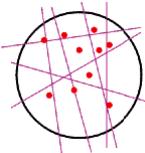
3cm鉛

医療用放射線(KeV)と放射性物質(MeV)のエネルギーは桁違い

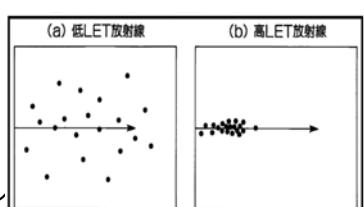
LET (Linear Energy Transfer, 線エネルギー付与)

「トラック」に沿ってラジカルを生成する度合

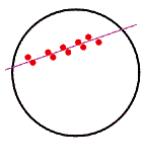
1 μm進んだ時に平均何keVのエネルギーを与えたか?(keV/μm)



低LET放射線
まばらにしかラジカルを生成しない放射線
⇒修復しやすい
X線・γ線・β線



LETの異なる放射線によって生ずる電離の空間分布模式図

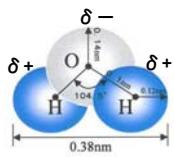


高LET放射線
同じ線量でも細胞に集中して影響
中性子線・α線・陽子線・重粒子線

LETの高い順に並べると

- ①核分裂生成物
- ②低原子番号の原子核
- ③α線
- ④中性子線
- ⑤低エネルギーの陽子線、電子線、X線、γ線
- ⑥高エネルギーの陽子線、電子線、X線、γ線

被曝線量を体全体へのエネルギー(J)で表現する評価の問題点



- * 体内の電気化学的な反応は数eVのエネルギー
- * 一桁高いエネルギーの紫外線は皮膚がんの原因となる
- * A・B・γ線は紫外線の数千倍から数万倍以上のエネルギー

$$1\text{Gy}=1\text{J/kg} \text{ 吸収がある時の線量}$$

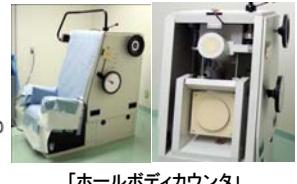
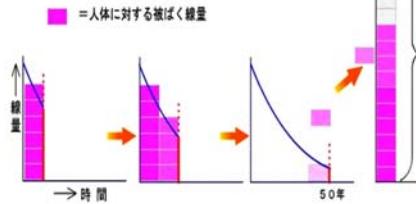
- ・エネルギーの単位ジュール(J)とカロリー(cal)の関係
 $1\text{cal} = 4.184\text{ J}$ ($1\text{J}=0.24\text{cal}$)
- ・電力の出力の単位: ワット(W)=1秒間に1J(J/s)
エネルギーはワット×時間

- * 8Svの全身被曝で100%死亡 (米国公式見解, γ線の場合: Gy=Sv)
エネルギー換算すると、体重60Kgの人では $8\text{J} \times 60 = 480\text{J} = 115.2\text{cal}$
- * 115.2cal摂取すれば死にますか?
⇒ 熱量換算による被ばく線量で人体の分子レベルの変化は説明できない。また内部被ばくの線量を外部被曝と同様に1kg当たりのエネルギー値として評価することは無意味
- ⇒ ①放射線影響の評価単位が不適切 ②線量の全身化換算による低減

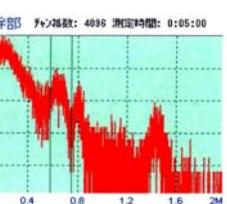
預託実効線量とは?

体内摂取後に受ける実効線量の積算

=人体に対する被ばく線量



「ホールボディカウンタ」

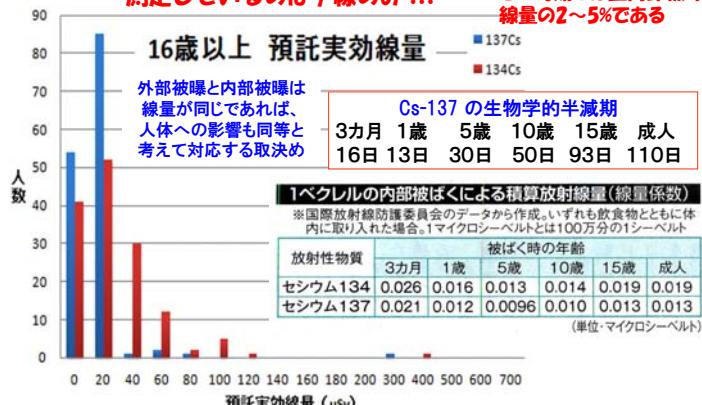


作業員:2011年7月10日
外部被曝 6.68mSv
内部被曝 36.18mSv(5.4倍)

北海道がんセンター Whole body counter 検査結果 (2011年7~9月)

測定しているのはγ線のみ!!!

この時期では全内部被曝線量の2~5%である



南相馬市立総合病院での内部被曝検査結果

2011年9月26日～2012年3月31日、南相馬市民9,502人(大人7,814人、子供1,688人)(キャンベラ社製、検出限界:約250Bq/50Kgの人は250÷50=5Bq/Kg)

検出限界以下が、全体で65%、大人で62%、子供で84%という結果

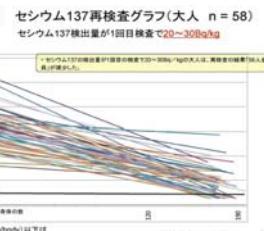
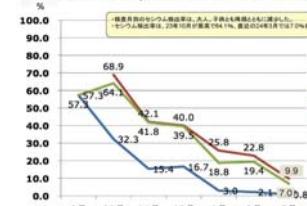
小児: 235/1,432人(16.4%) ⇒ 身体当たり210～2,953Bq/body (中央値590Bq/body)

体重当たり2.8～57.9Bq/kg (中央値11.9Bq/kg)

成人: 3051/8,066人(37.8%) ⇒ 身体当たり210～12,771Bq/body (中央値744Bq/body)

体重当たり 2.3～196.5Bq/kg (中央値11.4Bq/kg)

検査(受診)月別セシウム検出率の推移



Masaharu Tsubokura, et al Internal Radiation Exposure After the Fukushima Nuclear Power Plant Disaster. *JAMA*. 2012;308(7):669-670.2012.

小児・胎児への放射線の影響は？世代を超えて影響はあるか？

放射線被ばくと先天異常

| 受精後 | 着床前期 | | 器官形成期 | | 胎児期 | | しきい値 (mSv) | チェルノブイリのデータなど |
|-------|------|------|-------|--------|------|--------------------|---|---------------|
| | 0～8日 | 2～8週 | 8～15週 | 15～25週 | 25週～ | | | |
| 流産 | +++ | + | - | - | - | 100mSv以上 | 数mSvで有意に増加 | |
| 奇形 | - | +++ | - | - | - | 100～200mSv | 10mSvでも有意に増加 | |
| 発育遅延 | - | + | + | + | + | 100mSv以上 (動物実験) | | |
| 精神遅滞 | - | - | +++ | + | - | 120mSv | | |
| 悪性腫瘍 | - | + | + | + | + | 50mSv以上 | 1～2mSvの体内被曝で白血病増加 | |
| 遺伝的影響 | - | - | - | - | - | 1000～1500mSv | 被ばく2世に白血病が多いようだ。その他のガン、心臓病等についても追跡期間が短いのまだ不明。 | |

日本産婦人科学会発表資料*

*<http://www.jaog.or.jp/japanese/jigyo/SENTEN/kouhou/hibaku.htm>

(1) Kasama T, Ota K.: Congenital Anomalies 42,10～14, (2002)



ドゥミトリ・ミハイロヴィチ・フロシンスキ
Dmitry M. Gorodzinsky

1929年ウクライナのキエフ州ペーラ・ツェルクヴァ市生まれ。モスクワ大学卒業。ウクライナ国立科学アカデミー会員及び同理事、教授。生物学博士、ウクライナ議会附設放射能生物学委員会委員長。1962年から科学アカデミーの細胞生物学、遺伝工学研究所長。1986年のチュルノブイリ事故から放射能生物学的、放射能生態学的研究に従事。900編以上の論文と20冊以上の著書と教科書の著者。1992年および1998年に国家勲章受章。

放射線環境学、放射線生物学(疫学・分子生物学・細胞遺伝学)など多彩な領域の研究が必要

有意な統計データ

10～440mSvの被曝で、非腫瘍性疾患の罹患率増大

血液循環器系：高血圧症・血管障害・貧血・脳血管障害

消化器系：胃粘膜萎縮

10～60mSvで、染色体変異の出現頻度の増加 羊の奇形(イラク)

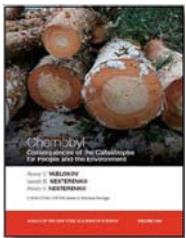


巨大化したエゾマツの針葉

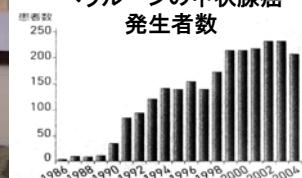


エゾマツの変異した芽

LiveLeak



ペラルーシの甲状腺癌 発生者数



『 Chernobyl Disaster and Its Impact on People and the Environment』
ニューヨーク科学アカデミー 2010年10月刊



Chernobyl Disaster (1986 April) 25 years later

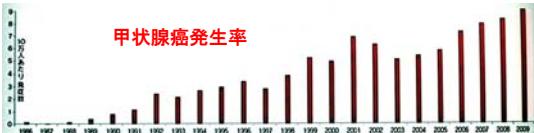
Janette Sherman, M.D., Internal Medicine

IAEAでは400人死んでるが、実際を語っていないと批判

1986-2004年の間に医学データをもとに 98.5万人が死亡と報告
その他に奇形・知的障害が多発

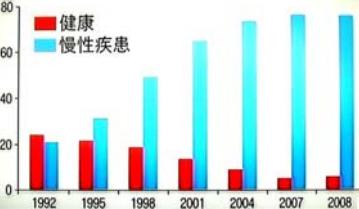
ETV特集シリーズ： Chernobyl Disaster - Radiation and Health Effects

第2回 2012年9月23日(日) 22時00分～23時00分 放送



ウクライナ政府(緊急事態省)報告書

『 Chernobyl Disasterから25年 "Safety for the Future"』より
(2011年4月20-22日、 Chernobyl 25周年国際科学会議資料)



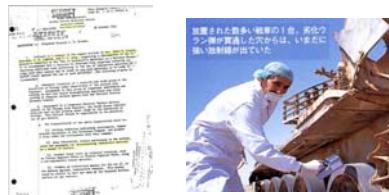
2009 compared to 1992

内分泌系疾患: 11.61倍 筋骨格系疾患: 5.34倍
消化器系疾患: 5.00倍 循環器系疾患: 3.75倍

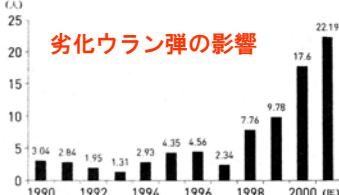
子どもの健康悪化は深刻で、2009年のデータでは事故後に生まれた子どもの78%が慢性疾患に苦しんでいる



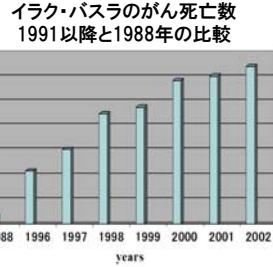
米軍は「劣化ウラン」兵器の研究(1943年)



1990年～2001年のバストラにおける
先天障害の発生率(対1000人比)



劣化ウラン弾の影響



Dose Formation and Medical Aspects

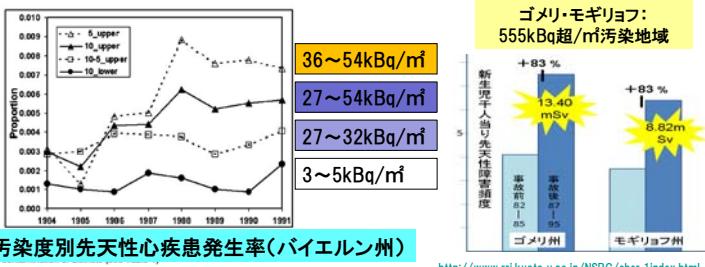
Congenital Malformation and Stillbirth in Germany and Europe Before and After the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident

Hagen Scherf^a and Eveline Weigert^b

GSF - National Research Center for Environment and Health, D-85764 Neuherberg, Germany

Environ Sci & Pollut Res • Special Issue 1 (2003): 117 – 125

Chernobyl Disaster and German-Yeager's Congenital Anomalies



汚染度別先天性心疾患発生率(バイエルン州)

<http://www.rki.vito-u.ac.jp/NSRG/cher-1index.html>

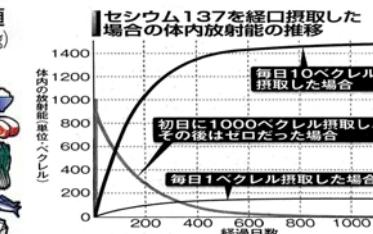
食品中の放射性セシウムの規制値(単位:Bq/Kg)

食品中の放射性セシウムの新基準値
(単位はベクレル/kg)

食品群 暫定基準値



作付土壌: 5000Bq/m²
2012年4月以降は
⇒ 1/5の線量にすべき



牛乳の規制値: 50Bq/Kg
⇒ 200ml 每日飲めば 10Bq/日
蓄積して 1400Bq となる
20Kgの幼児であれば 70Bq/Kg

輸入食品規制は370Bq/Kg
国際法の原発からの排水基準: 90Bq/Kg

<放射能の危険性をインタビュー>

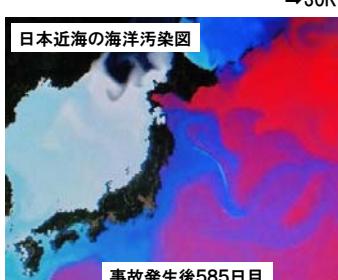
野村大成・大阪大学名誉教授

福島原発は4月1～6日の6日間でCs:940兆Bqを海洋漏出

(ヨウ素を含めると4700兆Bq)

⇒ 6日間でセラフィールド核燃料再処理工場の1年間分

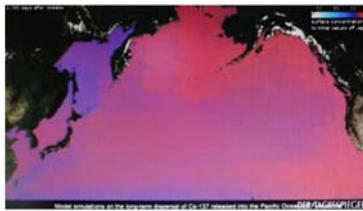
⇒ 30Km圏外の海底土で8000Bq/Kg



人類的犯罪フクシマ事故の太平洋
放射能汚染長期シミュレーション
(ドイツ・キール海洋研究所、2012年7月13日)

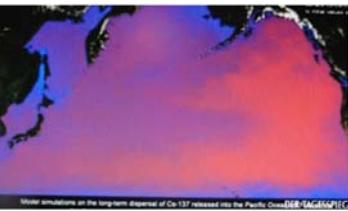
北海道の太平洋沿岸は内浦湾
から全体にかなり汚染されている
まさに「海の Chernobyl」で、
これは人類的犯罪である
(出典: QEMAR Kiel)

食品に暮らしの安全
お茶: 10Bqなら茶葉は600Bq(お茶の放射能濃度は60分の1)



5年後の放射能汚染

アメリカ西海岸からアラスカの
北太平洋の汚染度が高い



10年後の放射能汚染

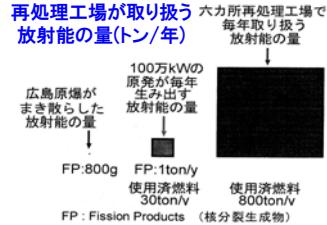
アメリカ大陸西海岸が最も汚染度が高い

黒潮と寒流の南北からの海流で長期的には北半球の太平洋全体に汚染が広がり、海流の逆流に乗って日本海から中国沿岸にも汚染が拡散する

ペリリンのターゲシュピーゲル紙電子版(2012年7月11日)

国土 ⇒ 河川へ ⇒ 海へ ⇒ 魚介類へ ⇒ 人へ

- * 原発100万キロワット級で、年間900兆(10^{12})Bqを日常的に排出してよい
 - * 再処理工場については、六ヶ所村の施設がフル稼働した場合、年間33京(ケイ, 10^{16}) Bqの排出規制(福島原発事故:90京Bqの37%) (この量を年間日常的に出してよいとする管理目標数値)
 - * 大気中の放射性物質の濃度 現在の濃度は“核の時代”以前の1000倍で、 $1\text{Bq}/\text{m}^3$ 以上
- 核実験と再処理工場からの放出が主原因だが、原発の使用済み燃料の再処理の寄与が大



Chernobylより4倍も高い日本の避難基準

| 年間放射線量 | 日本の区分 | Chernobyl区分 |
|------------|--------------------|---------------------|
| 50mSv以上 | 帰還困難区域 | |
| 20~50mSv未満 | 居住制限区域 (一時帰宅可能) | 注)赤の区分は原則的に立ち入り禁止です |
| 20mSv未満 | 避難指示解除準備区域 | 強制避難ゾーン |
| 5mSv以上 | (居住可能) | 移住の義務ゾーン |
| 1~5mSv未満 | (居住可能) | 移住の権利ゾーン |
| 0.5~1mSv未満 | (居住可能) | 放射能管理ゾーン |

