

ダイオキシン・環境ホルモン対策国民会議 講演

2013年1月20日 東京都

「放射線の放射線の人体への影響
-甲状腺異常など内部被曝を中心に-」



ウィルヘルム・レントゲン (1845-1923年) 1895年にX線を発見
アンリ・ベクレル (1852-1908年) 1896年ウランが放射したα線(放射能)を発見
マリー・キュリー (1867-1934年) 1898年ラジウム発見
ピエール・キュリー (1859-1906年) 「放射性物質」の命名



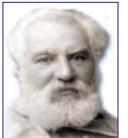
世界最初のX線写真
レントゲン夫人の写真
(1896年1月23日)



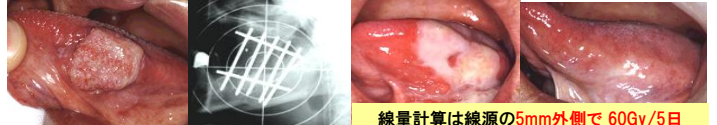
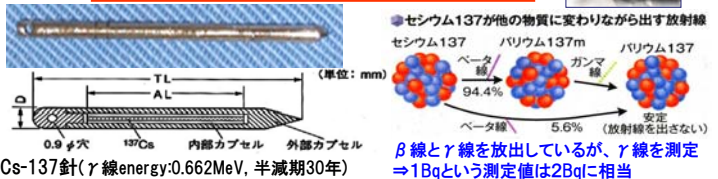
ロルフ・シーベルト
(1896-1966年)
人体への影響の研究

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)



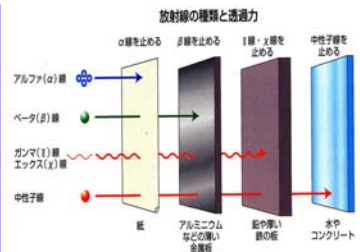
- ・ X線: 表在癌に有効、深在癌に無効
- ・ Ra線源: 癌病巣の中心に直接刺入を推奨



線量計算は線源の5mm外側で 60Gy/5日
局所被曝した腫瘍が約10gとすると、60Kgの人に全身化換算すると10mSv
内部被曝では全身化換算し、被曝線量は低減化する

主な放射線の種類

電磁波の放射線	X線(原子核の外でできる) ガンマ線(原子核から出る)
電気をもちた粒子線	ベータ線(原子核から飛び出る電子) 陽電子線(原子核から飛び出る陽電子) 電子線(加速器で作られる) アルファ線(原子核から飛び出るヘリウムの原子核) 陽子線(加速器で作られる) 重陽子線(加速器で作られる) 種々の重イオンや中間子線(加速器で作られる)
電気をもちない粒子線	中性子線(原子核、加速器、アイソトープなどを利用して作られる)



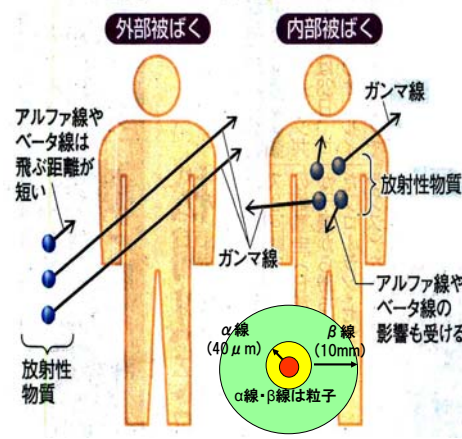
電磁波の波長

波長	10 ¹² m	10 ¹¹ m	10 ¹⁰ m	10 ⁹ m	10 ⁸ m	10 ⁷ m	10 ⁶ m	10 ⁵ m	10 ⁴ m	10 ³ m	10 ² m	10 ¹ m	10 ⁰ m	10 ⁻¹ m	10 ⁻² m	10 ⁻³ m	10 ⁻⁴ m	10 ⁻⁵ m	10 ⁻⁶ m	10 ⁻⁷ m	10 ⁻⁸ m	10 ⁻⁹ m	10 ⁻¹⁰ m	
名称	電波		短波	中波	長波	超短波	電波	短波	可視光線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線	赤外線
種類	電離放射線		非電離放射線																					

放射線重量係数 ICRP1990 (ICRP2007)

放射線の種類	エネルギー範囲	放射線重量係数
光子(X線, γ線)	全エネルギー	1
電子(β線)	全エネルギー	1
中性子	E<10 keV	5 (連続線)
	10 keV-E<100 keV	10
	100 keV-E<2 MeV	20
	2 MeV-E<20 MeV	10
	20 MeV-E	5
陽子(荷電ハイオン)	E<2 MeV (Eに無関係)	5 (2)
α粒子, 核分裂片, 重い陽子線		20

外部被ばくと内部被ばくの違い

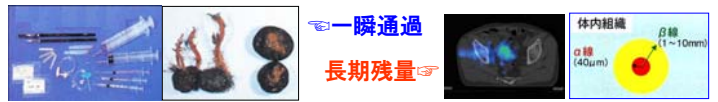


組織重係数 (ICRP2007)

組織・臓器	組織重係数
生殖腺	0.20
骨髄(赤色)	0.12
結腸	0.12
肺	0.12
胃	0.12
膀胱	0.05
乳房	0.05
肝臓	0.05
食道	0.05
甲状腺	0.05
皮膚	0.01
骨表面	0.01
骨表面	0.05
残りの組織・臓器 (脳)	0.01

外部被ばくと内部被ばくを考える

実効線量(Sv) = 吸収線量(Gy) × 放射線重係数 × 組織重係数

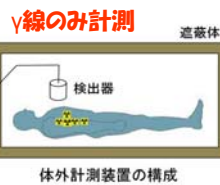
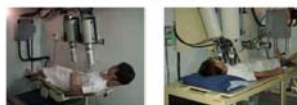


- * 100~20mSv以下でも健康障害の医学的な証拠が多数存在
- * 極低線量での細胞レベルでの異常が判明 (バスタンダー効果, ゲノムの不安定性, ミニサテライト突然変異)
- * 不問に付され未解明の問題
 - エネルギーの問題 (数eV~KeV~MeV)
 - LET(Linear Energy Transfer, 線エネルギー付与)の問題
高LET順: 核分裂生成物 > α線 > 中性子線 > 陽子線, 電子線, X線, γ線
 - 細胞周期と放射線感受性の問題 (G2・M期の細胞が影響大)
 - 放射線の影響の物理量としての評価単位の問題 (1Gy=1J/Kg)
 - 線量の全身化換算の問題 (目薬一滴を全身投与量としている)

内部被ばく線量評価のための個人モニタリング

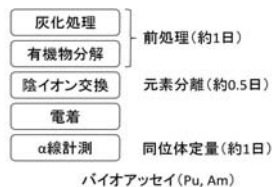
体外計測法(直接法)

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

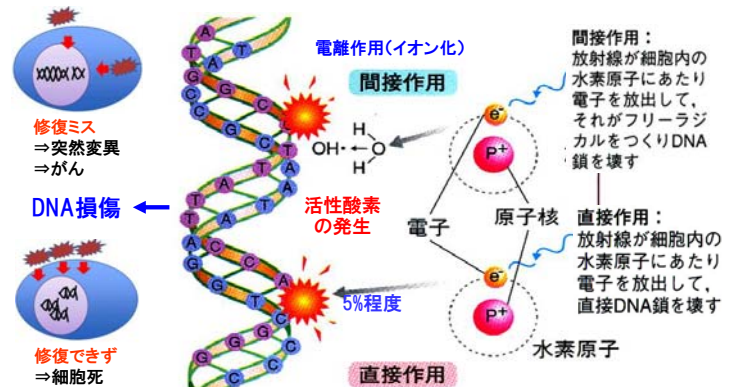


バイオアッセイ法(間接法)

- > 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: 測定に時間を要する

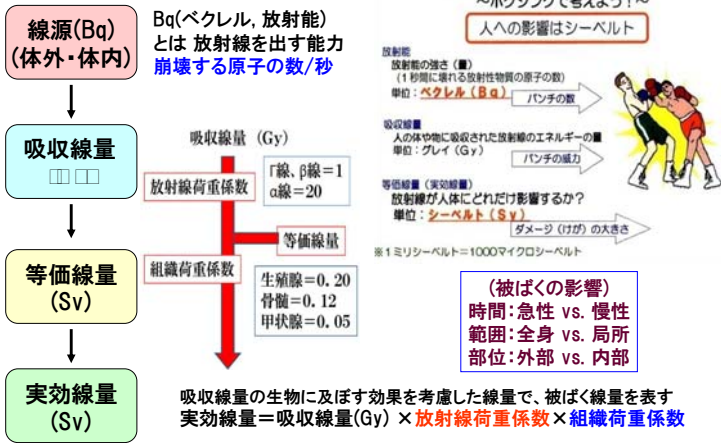


放射線により水のO-H 結合が切断され活性酸素が発生



* 活性酸素の増加は放射線だけによる特別なことではない。活性酸素による遺伝子、細胞膜、血管壁の傷害はがん、動脈硬化、循環障害、老化の原因になる

放射線に関する概念と単位



放射線感受性に関する (Bergonie-Tribondeau の法則)

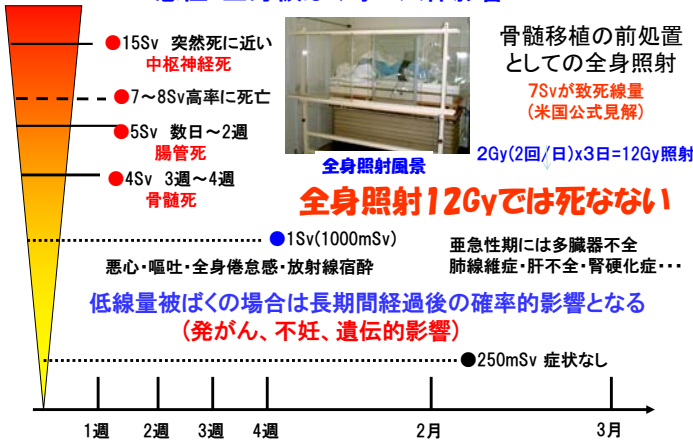
- 細胞分裂が盛んなもの
- 増殖力、再生能力が旺盛なもの
- 形態及び機能の未分化なもの

臓器・組織の細胞再生系の区分(放射線感受性)

区分	臓器・組織
1 細胞再生系	造血臓器、生殖腺、小腸(消化管)、水晶体上皮、皮膚上皮(表皮) (分裂が盛んな細胞、未分化な細胞・臓器)
2 潜在的再生系	肝臓、腎臓、末梢(循環)血液中のリンパ球 (平時は静止状態だが、刺激により細胞分裂が活発化)
3 非再生系	神経、脳、筋肉等の分裂しない細胞・臓器

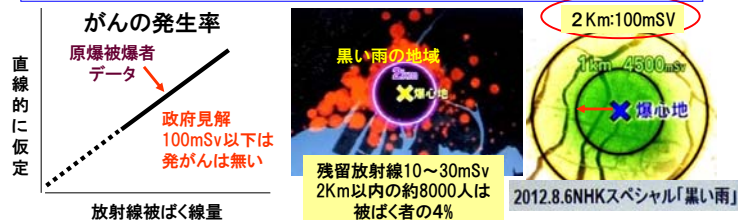
* 末梢血液中のリンパ球は潜在的再生系としては、例外的に放射線感受性が高い

急性・全身被ばく時の人体影響



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、それ以前の死亡者は除外
- * 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, Yukiko Shimizu, Akihiko Suyama, Fumiyoshi Kasagi, Midori Soda, Eric J. Grant, Ritsu Sakata, Hiroshi Sugiyama and Kazunori Kodama

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被曝した人が70歳になった時に固形がんで死亡するリスクは、被曝していない人に比べて42%増加。被曝時の年齢が20歳の場合、リスクは54%増加。被爆者の死亡率と被曝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

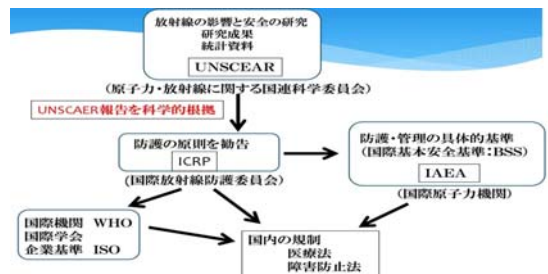
ICRP103勧告(2007)

- 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)

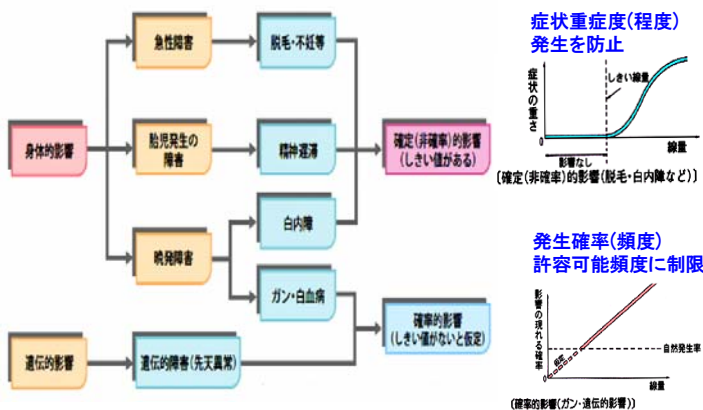
1 Sv被ばくの過剰発がん(5.5%増加) → 実際には約50%

放射線の事項に関する国際的機関



① 公衆被曝	② 医療被曝	③ 職業被曝
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	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)	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

放射線による人体への影響



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)
等価線量	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)

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

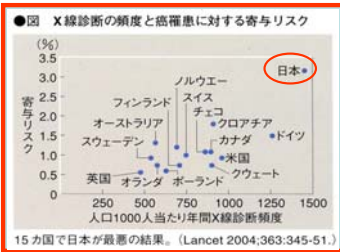
一般公衆の被曝限度:1mSv ⇒ 20mSv

放射線管理区域: 1.3mSv/3月=0.6μSv/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=2.28μSv ⇒ 管理区域の3.8倍)





読売新聞

2004年11月10日 1頁

がん3.2% 診断被ばく原因

英の大学推定

C T普及背景

「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」

Magill University (Canada/Montreal) team's paper

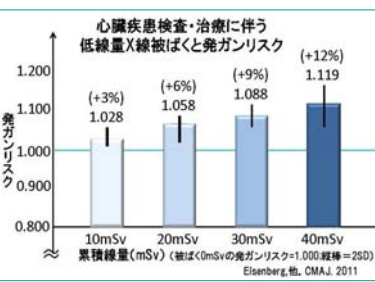
Early release, published at www.cma.ca on February 7, 2011. Subject to validation.

CMAJ RESEARCH

Cancer risk related to low-dose ionizing radiation from cardiac imaging in patients after acute myocardial infarction

Mark A. Eisenberg MD, PhD, Louise Thibeault MD, PhD, Patrick R. Lawler MD, Michael Abramowitz PhD, Stephen Edward MD, Louise Thibeault MD, PhD

1. 血管造影、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
2. 10~40mSvの被ばくでも10mSv毎にがんリスクが3%増加する(有意)



⇒1Svの被ばくでがんリスクが300%増加する

⇒原爆被爆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(2):2160-9,2010.

Eisenberg, et al:CMAJ. 2011年3月

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)

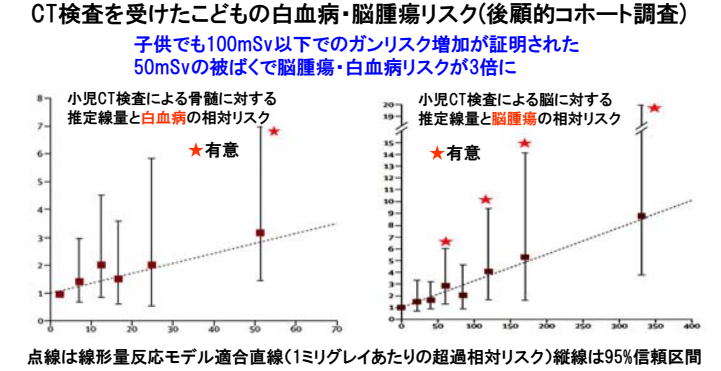
論文の内容

- * X線診断の頻度と線量から集団実効線量を推定し、発症のリスクを、「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歳までの発症者を推定
- * 日本の年間X線検査数は1477回/千人で15カ国平均の1.8倍被曝量になった例は年間7587例と推定
- * 放射線診断による被曝による発症は年間の全癌発症者の3.2%

Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study

(Pearce,他, Lancet 2012年)

Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Keran McHugh, Choonsik Lee, Kwang Pyo Kim, Nicola J Howe, Cecile M Ronckers, Pratheek Rajaraman, Sr Alan W Craft, Louise Parker, Amy Berrington de Gonzalez



「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」

Papers

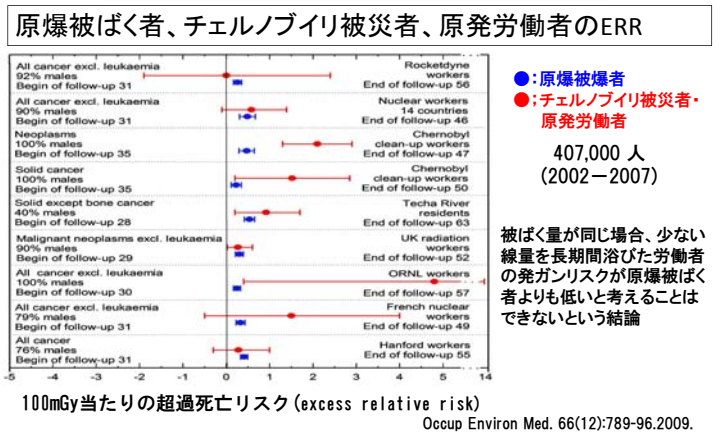
Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries

E Cardis, M Vrijheid, M Blettner, E Gilbert, M Holmes, C Hill, G Howe, J Kadlubar, C R Mairiaux, M Schaberg-Bertin, T Tachibana, F Tommasi, G Cooper, J Fie, C Huetter, B Hirschler, M Marshall, J Thierthy-Coff, D Unterhaid, YO Aha, E Amoneo, P Aulic, A Avramovic, J M Bar, J Bernier, Sotoca, A Bana, R Constatin, P Dobos, A Dose, H Maki, A Rogot

- * 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
 - * 国際基準で許容されている上限値(5年間で100mSv)まで被曝した場合、がんによる死亡率が約10%増加する
 - * 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、1Sv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、このコホートの中でがん死亡した人の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)

Is cancer risk of radiation workers larger than expected?

P. Jacobs, W. Rubin, L. Walsh, M. Blettner, G. Hammer, H. Zeeb



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(平成2~21年度調査)(観察年数は222.7万年)
 - 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

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/129014

結論:全悪性新生物による死亡率は、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・飲酒率が高いため

チェルノブイリと福島の放射能汚染地図:縮尺同

大気中の放射性物質放出量(Bq)

2011.03.11~16(1~3号機 合計)

(2011.06.06 原子力安全・保安院 IAEAへの報告書資料)

核種と物理的半減期(年) 放出量試算値(Bq)

セシウム137	30.0年	1.5 × 10 ¹⁶
ストロンチウム90	29.9年	1.4 × 10 ¹⁴
プルトニウム239	24065年	3.2 × 10 ⁰⁹
ヨウ素131	8.0日	1.6 × 10 ¹⁷

比較

チェルノブイリ	福島	
ヨウ素131	1.8 × 10 ¹⁸ Bq	1.5 × 10 ¹⁷ Bq
セシウム137	8.6 × 10 ¹⁶ Bq	1.2 × 10 ¹⁶ Bq

放出量は少ないが範囲が狭く、実質的には同程度の汚染

日本(全国) ~8μSv/h 8~4μSv/h 4~1μSv/h 1~0.25μSv/h 0.25~0.05μSv/h

チェルノブイリ(上空) 3700~1480Bq/m³ 1480~555Bq/m³ 555~185Bq/m³ 185~37Bq/m³ (日本の)

衆議院チェルノブイリ原子力発電所事故等調査議員団報告書

(2011.10.5~10.13.)

http://www.shugin.go.jp/itdb_annai.nsf/html/statics/shiryo/cherno10.pdf/\$File/cherno10.pdf

チェルノブイリの長い影

~チェルノブイリ核事故の健康被害~

Dr. Olha V. Horishna 著

発行:チェルノブイリの子も達への支援開発基金(2006年)
(Children of Chernobyl Relief and Development Fund)

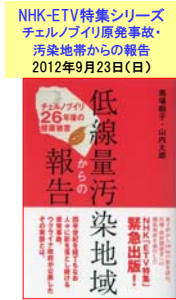
- ### 子供の染色体異常誘発因子の割合
- 高度汚染ナロジチ地区 > 事故処理作業員 > リクヴィダートルの子供 > 体外で放射線暴露した子供 > 汚染の少ない地域の子供 > イスラエルの子供 > フランスの子供の順番
- (ナロジチ地区は100%、キエフの子供は32.8%、リクヴィダートルの子供は30.8%、フランスの子供は0.8%)

報告書の注目点(1)

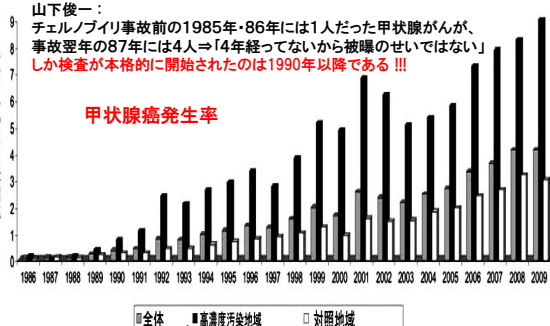
- ◎罹患率が高いのは、事故処理作業員、避難者、汚染区域居城者
- ◎1987-2004年の比較
 - 小児の新生物または腫瘍は8倍以上増大。
 - 小児の行動障害及び精神障害はおよそ2倍
 - 小児の泌尿器系、生殖器系の罹患率はほぼ7倍
 - 先天性異常はおよそ5倍
- ◎特有の免疫学的疾患が生じると、放射線による影響を受けた子供らの生体に細菌やウイルスがいつまでも残存することによって起こる症状が、さらに急ピッチで増大するおそれがある
- ◎妊娠女性の胎盤内における放射性核種の濃度を明らかにする研究が、イギリスのプリストル大学との共同研究であきらかとなっている
 - α放射性核種のBq/kgも測定されていて、さらに、胎盤の隔膜の変化や細胞破壊の兆候がある細胞量の増大もあきらかにされている
- ◎この調査対象の女性たちの33.6%が子宮内で胎児の発育が停止
- ◎胎盤は胎児そのものよりも、はるかに放射性核種を蓄積する

報告書の注目点(2)

- ◎被曝した女性から生まれた第一世代は発育不全で生まれやすい。生後1年で病氣
- ◎生後2年で虫歯や窩洞などができはじめる。生後5年で甲状腺の過形成
- ◎ウクライナで毎年2000人を超える新生児が心臓異常、もしくは胸部異常で死亡
- ◎多指症、臓器奇形、四肢の欠損または変形。発育不全と関節拘縮症 事故前より優位に
- ◎ベラルーシ。汚染区域で育てられた子供。母乳と粉ミルク
 - 母乳の方が子供のセシウム体内量がはるかに多い
- ◎ベラルーシ。甲状腺がんの発症が80倍という報告
- ◎プリチャビの子供。標準年齢に達している脳波。2.8%
- ◎汚染区域の子供に赤血球の浸透圧安定性が低下。
- ◎汚染区域の女児。8~12歳。79.7%が骨線維症。
- ◎内分泌系疾病は汚染被害を受けた子供は国全体の3倍の発生
- ◎汚染地域に住み続けている子供の血液系統の疾病は他地域の2倍~3倍



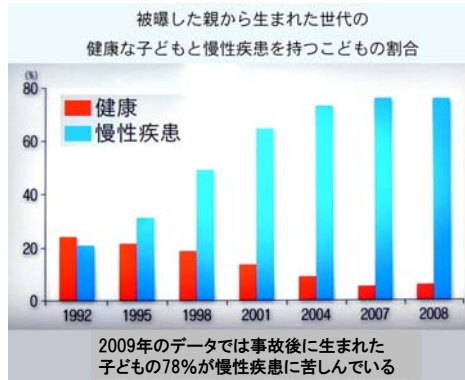
チェルノブイリ事故当時14歳以下だった子どもの甲状腺がん発病率



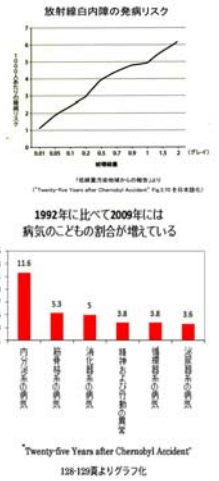
“Twenty-five Years after Chernobyl Accident” Fig.3.41を日本語化

IAEAは1996年になってようやく甲状腺がんを放射線の影響と認めた
放射性ヨウ素はなくなったのに、今だに甲状腺がんが増えている不思議

「被曝した親」：合計193万人⇒その親から生まれた第2世代は約32万人
①事故処理作業に従事した「リクビダートル」と呼ばれる人約32万人
②原発周辺の立ち入り禁止区域からの避難民約8万人
③低線量汚染地域(年間外部被曝5ミリシーベルト未満)の住民約153万人



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

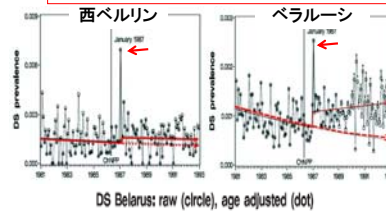


放射線被ばくが起す病気はガンだけではない：先天障害(ダウン症)

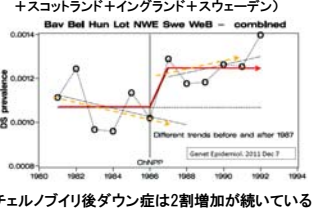
Evidence for an Increase in Trisomy 21 (Down Syndrome) in Europe after the Chernobyl Reactor Accident
Karl Sperling,¹ Heidemarie Neitzel,¹ and Hagen Scherb^{2*}
¹Institute of Medical and Human Genetics, Charité - Universitätsmedizin Berlin, Germany
²Institute of Biometrics and Biometry, Helmholtz-Zentrum München - German Research Centre for Environmental Health, Neuherberg, Germany

「100mSv以下の被曝では、胎児に異常は起きない」(ICRP)
しかし、チェルノブイリ事故直後5mSv以下の被曝でもダウン症が増加

ピーク時卵巣被ばく線量<5mSv



ダウン症発生率のトレンド



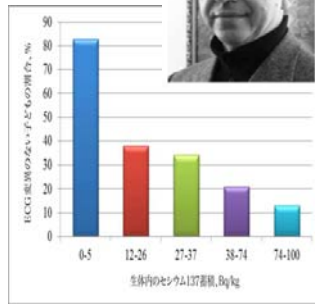
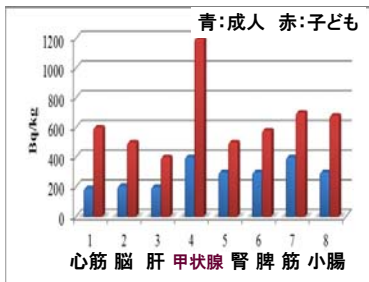
ユーリー・バンダージェフスキー教授

(医師・病理解剖学者、ゴメリ医科大学初代学長)

- ①少量でも放射性セシウムは生殖細胞に遺伝的影響を与える。
- ②心臓異常に注意を向けるべき



病理解剖各臓器別セシウム137の蓄積



セシウム137蓄積の度合いと心電図変化のない子どもの割合 [%、セシウム137体内蓄積線量(Bq/kg)別]

Y. I. Bandazhevsky : Chronic Cs-137 incorporation in children's organs. SWISS MED WKLY 133:488490,2003.

Dose Formation and Medical Aspects

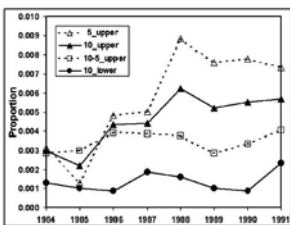
Congenital Malformation and Stillbirth in Germany and Europe Before and After the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident

Hagen Scherb^{*} and Eveline Weigelt

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

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

チェルノブイリ事故とドイツ・ヨーロッパの先天奇形



36~54kBq/m²
27~54kBq/m²
27~32kBq/m²
3~5kBq/m²

ゴメリ・モギリョフ:
555kBq超/m²汚染地域



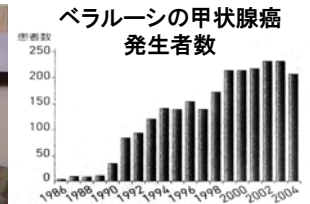
<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/cher-index.html>

汚染度別先天性心疾患発生率(バイエルン州)



英訳本の編集にかかわった
ジャネット・シャーマン

『チェルノブイリ大惨事が人々と環境に及ぼした影響』
ニューヨーク科学アカデミー 2010年10月刊



チェルノブイリ事故(1976年4月) 25年後

ジャネット・シェルマン博士が報告(2011.3.5)

IAEAでは4000人死亡としているが、真実を語っていないと批判
1986-2004年の期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

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さむ出費を減らすために、しきい値があると主張

急性被ばくモデル
外部被ばくのみ

50年間の予測
過剰発がん者
→ (ICRP) 6,158人
→ (ECRR) 42万人

ECRRの立場

- 核施設周辺地域の白血病発生(セラフィールド)
- チェルノブイリの子供達
- 核実験放射性降下物によるがん(ピキニ環礁)
- 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

慢性被ばくも考慮
内部被ばくも考慮
臓器平均化への批判

2011年3月
東電社員の
被曝線量

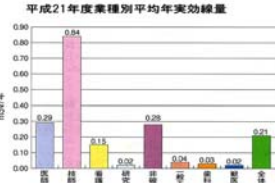
30代社員678mSv (外部被曝= 88mSv, 内部被曝=590mSv)
40代社員643mSv (外部被曝=103mSv, 内部被曝=540mSv)
20代社員335mSv (外部被曝= 35mSv, 内部被曝=300mSv)

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



防護衝立



手指用リング プロテクター(0.25mm鉛相当)

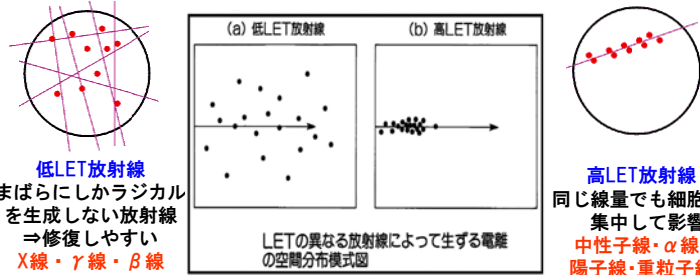
医療用放射線(KeV)と放射性物質(MeV)のエネルギーは桁違い

- 被ばく実効線量は0.21mSv/年
- 年間1mSv以下の人は94.5%
- 年間1mSv以上の人は13,587人

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割合

1μm進んだ時に平均何keVのエネルギーを与えたか?(keV/μm)

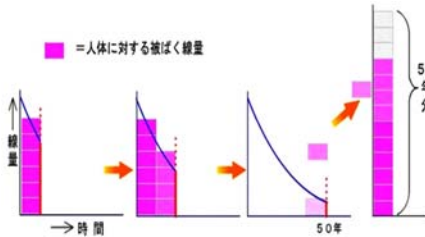


LETの高い順に並べると

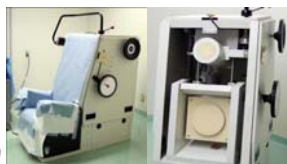
- 核分裂生成物
- 低原子番号の原子核
- α線
- 中性子線
- 低エネルギーの陽子線, 電子線, X線, γ線
- 高エネルギーの陽子線, 電子線, X線, γ線

預託実効線量 とは?

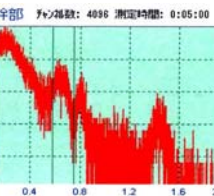
体内摂取後に受ける実効線量の積算



内部被ばくの線量は放射性物質を摂取した後の、半減期、体内分布を考慮したうえで、線量率の時間積分値を計算し、摂取した時点で被ばくしたものと、預託実効線量として表現 (一般では50年、乳幼児は70年)

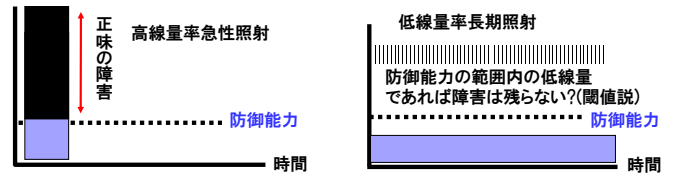


「ホールボディカウンタ」
検出限界: 250Bq/body

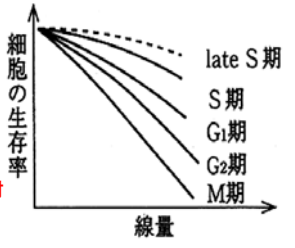
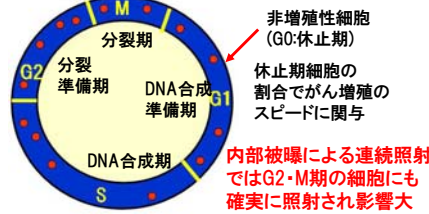


作業員:2011年7月10日
外部被曝 6.68mSv
内部被曝 36.18mSv

急性被ばくと慢性被ばく



細胞周期と放射線感受性



低線量放射線の影響

バイスタンダー効果

(照射された細胞の隣の細胞も損傷されることがある)

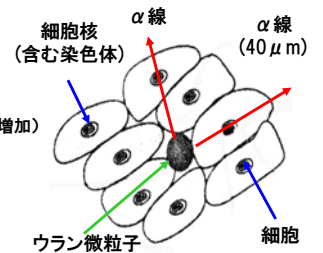
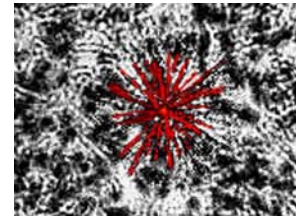
ゲノムの不安定性

(細胞およびその子孫内の継続的、長期的突然変異の増加)

ミニサテライト突然変異

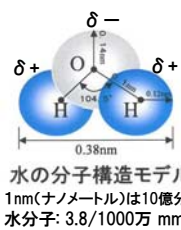
(遺伝で受け継いだ生殖細胞系のDNAが変化する)

DNAを損傷するα線 (ホットパーティクル)



肺組織内の2ミクロン(2/1000mm)酸化Pu粒子による星形のα飛跡
⇒second eventどころか無数event

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・β・γ線は紫外線の数千倍から数万倍以上のエネルギー

1Gy=1J/kg 吸収がある時の線量(γ線の場合:Gy=Sv)
『放射線への被曝によって引き起こされる細胞の損傷は、電離エネルギー密度の関数として表現されている』
⇒「損傷」は「Sv=実効線量」という物理量として表現

- 8 Sv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 8Jx60=480J=115.2cal
- 115.2cal 摂取すれば死にますか?

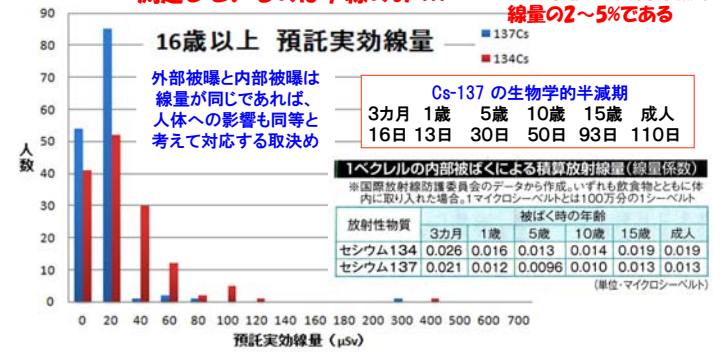
⇒ 熱量換算による被ばく線量で人体の分子レベルの変化は説明できない。また内部被ばくの線量を外部被曝と同様に1kg当たりのエネルギー値として評価することは無意味

⇒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

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



ネツクファントム中に100mSv相当の線源を入れ外部より測定⇒ 0.2μSv/h
外部より測定して0.2μSv/h = 内部被曝 100mSv (1歳児、等価線量)
鈴木敏和(放射線被曝研究室)

チェルノブイリより4倍も高い日本の避難基準

年間放射線量	日本の区分	チェルノブイリ区分
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

食品中の放射性セシウム規制値(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	食品群	新基準値
野菜類	500	一般食品	100
穀類	500	牛乳	50
肉・卵・魚・その他	500	乳児用品	50
牛乳・乳製品	200	飲料水	10
飲料水	200		

作付土壌:5000Bq/m²
2012年4月以降は
⇒1/5の線量にすべき

輸入食品規制は370Bq/Kg
国際法の原発からの排水基準:90Bq/Kg

セシウム137を経口摂取した場合の体内放射能の推移
毎目10ベクレル摂取した場合
毎目1ベクレル摂取した場合
初日に1000ベクレル摂取し、その後はゼロだった場合

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

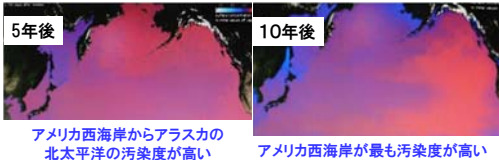
福島原発は4月1~6日の6日間でセラフィールド核燃料再処理工場の1年間分
⇒30Km圏外のお海底土で8000Bq/Kg

日本近海の海洋汚染図



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、まさに「海のチェルノブイリ」で、これは人類的犯罪である (出典: GEOMAR Kiel)



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 (ベルリンのターゲットスビューゲル紙電子版2012年7月11日)

国土 ⇒ 河川 ⇒ 海 ⇒ 魚介類 ⇒ 人

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)

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
- ★ 結節とこ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



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、この頻度は欧米・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りますが、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、さらに言うならば年齢依存性にもリスクが高まるということが判明。
- ★ 主として20歳未満の人たちで、過剰な放射線を被ばくと、10~100mSvの間で発がんが起こりうるというリスクを否定できません。

山下俊一: 日本臨床内科医会誌第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!!!

甲状腺に対する放射線照射歴有無別組織学的変化出現率

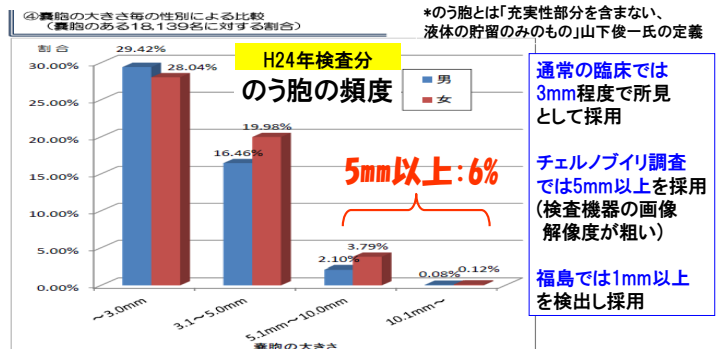
組織学的変化	放射線照射歴	
	あり群	なし群
非特異性変化	% (実数)	% (実数)
コロイド貯留(のう胞形成)*colloid accumulation	80(75/90)	15.6(128/821)
結節性過形成nodular hyperplasia	79(59/75)	16.4(135/821)
膨大細胞腺腫oncocytic hyperplasia	17(13/75)	0.6(5/821)
良性腫瘍	32(29/90)	33.0(272/821)
濾胞性腺腫Follicular adenoma	66(19/29)	82.0(224/272)
膨大細胞性腺腫Oncocytic adenoma	31(9/29)	5.0(14/272)
乳頭状腺腫Papillary adenoma	14(4/29)	6.0(17/272)
Embryonal adenoma	3(1/29)	6.0(17/272)
橋本病(慢性甲状腺炎)	30(27/90)	2.6(21/821)
がん	26(23/90)	2.1(17/821)

18歳以下の約36万人を対象 甲状腺超音波検査の結果概要

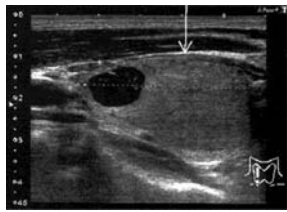
判定結果	判定内容	H23年度		H24年度	
		人数	割合	人数	割合
A判定	(A1) 結節や嚢胞を認めなかったもの	24,469人	64.2%	23,702人	56.3%
	(A2) 5.0mm以下の結節や20.0mm以下の嚢胞を認めたもの	13,459人	35.3%	18,119人	43.1%
B判定	5.1mm以上の結節や20.1mm以上の嚢胞を認めたもの	186人	0.5%	239人	0.6%
C判定	甲状腺の状態等から判断して、直ちに二次検査を要するもの	0人	0.0%	0人	0.0%

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しては、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と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。

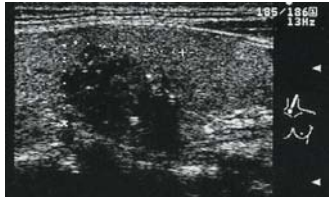
福島県民健康管理調査の資料より
「甲状腺検査の実施状況(平成24年度)及び検査結果(平成23年度・24年度)について」
<http://www.pref.fukushima.jp/imu/kenkoukanri/240911siryou2.pdf>



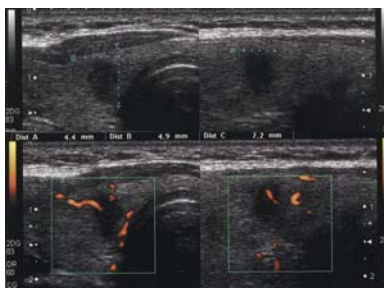
保有率	チェルノブイリ	福島
のう胞(5mm以上)	0.5%(10年後)	2.5%(1年後)
結節(5mm以上)	0.5%(10年後)	0.5%(1年後)



甲状腺のう胞



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



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!

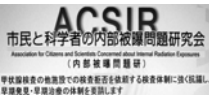
超音波検査の問題点

- ★ 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

⇒ 全国の甲状腺専門医による診断が最も正確で効率的である



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)

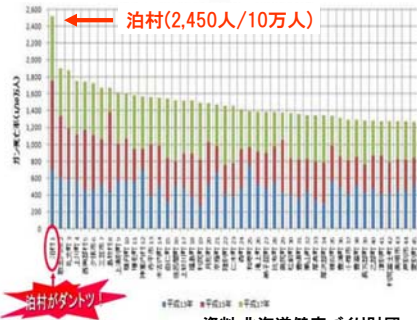
- ★ 非被曝遠隔地の小児のエコー検査を行ない比較すること
- ★ 全国の他施設でも甲状腺の検査が行えること(被ばく者の定義が必要)
- ★ 所見のある被験者は年一回の検査を実施をすべきであること
- ★ 検査データを本人に渡すこと
今後の経過観察の比較資料として保管
医師法24条：診療録は5年間保存義務
21条：画像資料は2年間保存義務
- ★ 移住・転居しても検査の継続性を担保すること



草稿:西尾正道

北海道の180市町村別の3年間の「がん死亡率」の比較

最大は泊村(2,450人/10万人)、最少は千歳市(600人/10万人)、中間:1,120人/10万人



最大は泊村(2,450人/10万人)
最少は千歳市(600人/10万人)
中間: 1,120人/10万人

近年のがん罹患患者数の増加は高齢化だけでは説明できない

再計算結果

道内の市町村別「がん死亡率」(SMR)	
2009年～2009年 県別死亡率 資料:北海道健康づくり財団	
泊村	144.9
岩内町	125.5
福島町	124.0
松前町	122.5
積丹町	119.6
全国	100
全道	104.8

□□年からの□□年間でがん罹患患者数は□倍となっている。高齢化だけで説明は可能か□

セバスチャン・プフルークバイル博士 京都講演用資料
「ドイツの原子力発電所周辺の癌と白血病 - KiKK 調査」



原子力施設の周辺の健康障害を調査(1992年と1998年に2度調査)
ドイツマインツ小児癌登記所(German Childhood Cancer Registry GCCR)
結果: 原子力施設周辺5 km以内の5歳以下の子供には明らかに影響がある
5 km 以内の範囲では、白血病の相対危険度が5 km超に比べて2.19。
癌発病の相対危険度は1.61。10 km 以内の範囲では白血病の相対危険度が
10 km 超に比べ1.33。癌発病の相対危険度は1.18。
以上のすべての値は有意である

原発からの距離が遠くなるにつれ、発病率は下がった。
調査地域50 km の範囲の全ての癌発病(p=0,0034)と
白血病(p=0,0044)に対しての結果は有意(確率)で偶然とは考えにくく、意味があると考えられた。

アルフレート・ケルブライン:
『Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der umgebung von Kernkraftwerken(原発)』、
略称『KiKK-調査』。



原発の通常運転で大量のトリチウムを発生させ、環境に放出

トリチウム(tritium,三重水素,³H)

水素の同位体の一つで、放射性同位体であり、原子核は陽子1つと中性子2つから構成

³Hはβ崩壊し³Heに変化
液体シンチレーション計測法で検知

三重水素	
名称、記号	トリチウム、トリトン、 ³ H
中性子	2
陽子	1
核種情報	
天然存在比	微量
半減期	12.32年
崩壊生成物	³ He
同位体質量	3.0160492 u
スピンの運動量	1/2+
余剰エネルギー	14,949.794 ± 0.001 keV
結合エネルギー	8,481.821 ± 0.004 keV
崩壊モード	崩壊エネルギー
ベータ崩壊	0.018590 MeV

関西電力の3原子力発電所が10年間で放出した液体の形でトリチウム				
年度	美浜発電所	高浜発電所	大飯発電所	総合計
2001	17	53	13	
2002	18	63	64	
2003	23	59	90	
2004	16	63	98	
2005	15	69	66	
2006	14	68	77	
2007	20	60	89	
2008	18	40	74	
2009	23	43	81	
2010	13	65	56	
合計	177	583	708	1468

関西電力は美浜、高浜、大飯の3原子力発電所から2010年度(2010年4月～2011年3月)の1年間で13.4兆Bqのトリチウムを液体の形だけで(若狭湾に)放出している
(独)原子力安全基盤機構:「原子力施設運転管理年報平成23年度(2011年度)版」



焼却炉と「がん死」の関係⇒生態医学学会(英国)に掲載されたスペインの論文

「都市の焼却炉と有害廃棄物のリサイクル・処理施設近隣のがんによる死亡率」
焼却炉の周辺住民にはがん死のリスクが高い

研究対象&期間:1997-2006, 8098のスペインの市町村の、129施設
(うち14が一般廃棄物の焼却炉と特別廃棄物の焼却炉)
PRTR(有害物質の登録・移動・排出制度)にもとづき、33種類のがん死を分析

- 129施設の種類
- 1 焼却炉
 - 2 金属スクラップと車輛の最終廃棄物処理施設
 - 3 廃油とそれを含む廃棄物
 - 4 容器リサイクル施設(金属及びプラスチック)
 - 5 溶剤の再利用施設
 - 6 廃棄物槽(酸による処理)
 - 7 その他の廃棄物の物理的・化学的処理施設
 - 8 産業廃棄物再利用施設
 - 9 その他の廃棄物処理施設

129施設より
2007年の一年間の
有害物質を排出量は
大気中に525,428トン
水系に4984トン



焼却炉と「がん死」の関係⇒生態医学学会(英国)に掲載されたスペインの論文

「都市の焼却炉と有害廃棄物のリサイクル・処理施設近隣のがんによる死亡率」
焼却炉の周辺住民にはがん死のリスクが高い

焼却炉は肺、胸膜、胆嚢の腫瘍(男性)、胃の腫瘍(女性)に関連がある
「工業活動によるリスクを分層化すると、1焼却炉(全人口に対し)、2金属スクラップ施設(男性)、6廃棄物処理施設(男性)、と「複合有害物質の処理施設」(男女とも)がある町において、統計的に高い有意性のあるリスクがあることがわかった。

「結論として、男性も女性も、焼却炉や有害廃棄物の処理施設の近くに
住む人々は、あらゆるガンで死ぬリスクが、統計的に相当高くなる」
危険な焼却炉でがれきを燃やすと、がん死の危険性は高まる可能性大

クリアランス制度について

- * 原子力施設の資材等について、それに含まれる放射性物質の濃度が「クリアランスレベル」以下であることを国が確認する制度
- * 原子炉等規制法の規制から解放され、通常の産業廃棄物又は有価物として、廃棄物・リサイクル関係法令の規制を受けることとなる
- * 原子力発電所内から排出される放射性Csが100Bq/Kg以下「原子炉等規制法」の低レベル放射性廃棄物は、鋼やフライパンなどの台所用品や公園のベンチなどへのリサイクルが認められている

Cs-137のクリアランスレベルは100Bq/kg (⇒焼却前は3Bq/Kg以下)

- ① 作業者が1mSv/年以下となる
- ② リサイクルとして使用可能な程度のもの
- ③ 原発敷地外への持ち出し基準

瓦礫の放射性Cs濃度(国の基準)⇒焼却灰の放射性Cs濃度8000Bq/Kg
 焼却で最大33倍に濃縮⇒焼却前の瓦礫は約242Bq/kg

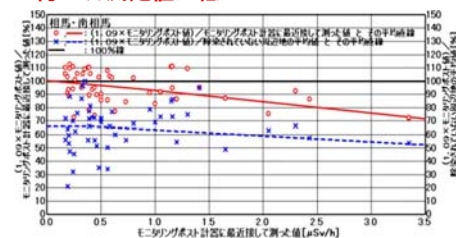


JR福島駅近くの高架下
 (0.625 μSv/h, 2012.12.31.)
 0.6 μSv/h⇒約5mSv/(1800Km²)
 福島県全体の1割以上の面積



約500カ所の奇妙な光景

右(アルファ通信): 0.49 μSv
 米国製の国際標準の精度を持つ
 文科省により「放射能測定器の指示値を低減させるように業者に対して指示したが従わず、2011年11月に文科省から契約解除される(落第ポスト)
 左(富士電機): 0.29 μSv(40%低い)
 日本標準の機器(文科省合格ポスト)
 約40%測定値が低い

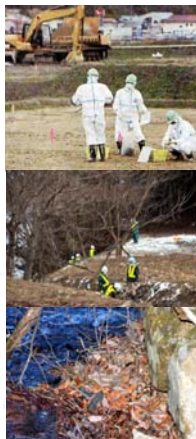


除染 除染か? 移住か?

目標50%減(自然減弱40%+除染効果10%)
 放射性物質は最少的には地下・川・海へ
 2011-2013年の3年間で約1兆5千億円
 (最終的には10兆円規模)
 ゼネコンを儲けさせるための公共事業
 除染作業者の被曝被害は軽視・無視

移住(飯館村の例)

6千人(農業・畜産・酪農)
 (帰村するつもりはない: 49.1%)
 移住資金1億/人⇒6千億
 2010年の農業生産額: 17億円
 除染費用試算は農地だけでも850億円
 (17億x50年=850億)



手抜き除染、苦情殺到
 環境省、対応おざなり

湯沸かし技術を考える

- 安全神話の崩壊...科学を相対化・客観化して考えるべき
- 安価神話の崩壊
 原発交付金、廃炉費用、賠償費用
 使用済み燃料処理の費用
- Risk-Benefitの見識
 核分裂による熱の3割利用
 送電ロス3割
- 実測被ばく線量による調査体制の構築
 外部被ばく(空間線量率)
 内部被ばく(α・β・γ線⇒WBC, ハイオアッセイ, 質量分析)

電力9社の普及開閉関係
 2011年10月31日現在

北海道	1266億円
東北	2616億円
北陸	1188億円
東京	6445億円
中部	2554億円
関西	4830億円
中国	1736億円
四国	922億円
九州	2624億円
合計	2兆4179億円

内未済分あり

「弁証論の諸問題」

自然認識における「武谷三段階弁証法」

- * 現象論的段階 - 現象をありのままに記述する段階
- * 実体論的段階 - 対象の構造を研究する段階
- * 本質論的段階 - 対象がどのような相互作用の下に、どのような運動法則に従っているかを明らかにする段階

「技術とは客観的自然法則の意識的適用である」

許容量(値)、線量限度

有害さとひきかえに有利さを得るバランスを考えて、「どこまで有害さをがまんするか」が、許容量というものである。つまり許容量とは利益と不利益とのバランスをはかる社会的な概念である

【自主】・【民主】・【公開】の3原則を提言

「技術とは客観的自然法則の意識的適用である」



武谷三男(1911-2000)



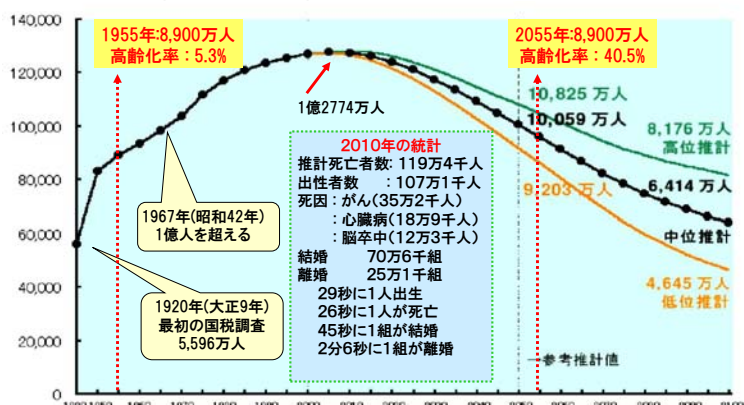
岩波新書 1976年

今後の対策 (2011年3月末時点に報告した内容)

- * 情報隠蔽はしないこと。核種の種類と線量の公開
 『頑張ろう、日本!』と100万回叫ぶより、真実を一度語れ!
- * 原発事故収束に向けた作業員数の確保と被曝線量の管理(全線貫)
- * 移住する ⇒ 土地・家屋の買上と支援金の給付により新天地へ
 国有地として汚染物質の最終処分場とする
- * 移住しない ⇒ 住民の被ばく線量の把握
 (環境汚染軽減)
 個人線量計(ガラスバッジ)の配布
 ランダム抽出による内部被曝線量の測定
 排泄物、髪の毛、等のバイオアッセイによる内部被曝線量測定
 食物摂取による内部被曝線量の検計
 暫定規制値の見直し
- * がん登録の体制を確立する(福島県はがん登録未実施)

放射線の低線量被ばくによる健康被害はなお不明な点が多く定説はない。科学的に分析できるデータ収集の体制が必要である⇒放射性物質との闘いの時代(内部被曝も考慮した健康被害の分析が必要である)。(ウランの埋蔵量は約100年)放射能測定器を医療機器(薬事法)⇒精度管理し、被曝量の測定は保険診療へ

総人口は2006年(平成18年):1億2774万人をピークとして減少
 2050年に1億人、2100年にはおよそ6400万人にまで減少と予測



出典:日本の総人口の推移(社会保障・人口問題研究所)

市民のためのがん治療の会
 Citizen Oriented Medicine
 ホームページ
<http://www.com-info.org/>

ACSIR
 市民と科学者の内部被曝問題研究会
 主な呼びかけ人
 肥田舜太郎(被曝医師)
 澤田昭二(名古屋大学名誉教授)
 矢ヶ崎克馬(琉球大学名誉教授)
 松井英介(岐阜環境医学研究所)
 高橋博子(広島平和研究所)
 中須賀徳行(岐阜大学名誉教授)
 幸田おりえ(岐阜大学名誉教授)
 西尾正道(北海道がんセンター)

放射線健康障害の真実
 内部被曝はなぜ危険なのか?!

NHK出版(2002年)の本とその増補改訂版(1,000円)
 が受ける治療の本当の姿
 がん医療を通じて日本社会の問題がわかる本