

環境疫学・健康リスク評価方法論

担当: 中井 里史

人と環境との関わり、環境・生活衛生に対する考え方、さらには環境汚染と健康影響との関係について歴史的に概説するとともに、健康影響を評価するために必要な疫学およびリスク評価の概念・手法の基礎と応用方法について教育研究する。

環境(汚染)によってどのような健康影響があったのか(あるのか)を講義するのではなく、疫学研究やリスク評価の特徴や問題点について考え、得られた結果を環境政策等にどう利用していくかを考える。

環境疫学・健康リスク評価方法論

- 環境、健康影響(病気)の考え方
- 疫学とは? 健康リスク評価とは?
- 疫学研究のデザイン、考え方(曝露、疾病評価など)
- 生物統計学(疫学研究で用いる基礎的事項)
- 健康リスク評価に必要な尺度や評価など
- 事例研究(大気汚染、他)

- 4/13 イントロダクション
- 4/20 環境の考え方、疫学・健康リスク評価の考え方
- 4/27 病気を測る(1)
- 5/ 4 **みどりの日**
- 5/11 病気を測る2、疫学研究のデザイン(1)
- 5/18 疫学研究のデザイン(2)、因果関係
- 5/25 疫学で必要となる影響の尺度
- 5/30(月) 生物統計学(疫学等で必要な基礎的な統計手法)
- 6/ 8 大気汚染研究(環境省SORAプロジェクト)(1)
- 6/15 大気汚染研究(環境省SORAプロジェクト)(2)
- 6/22 DES研究、電磁波と小児白血病
- 6/29 バイアス(研究や結果を歪めるもの)
- 7/ 6 環境疫学研究から健康リスク評価等へ1
- 7/13 環境疫学研究から健康リスク評価等へ2

履修目標・到達目標

- 健康影響の考え方・評価方法を理解し、他者に説明することができる。
- 疫学研究の概念、方法、特徴を理解し、他者に説明することができる。
- 基礎的な生物統計学を理解し、統計計算をすることができる。
- 健康リスク評価に必要な概念・尺度を理解し、他者に説明することができる。

授業方法

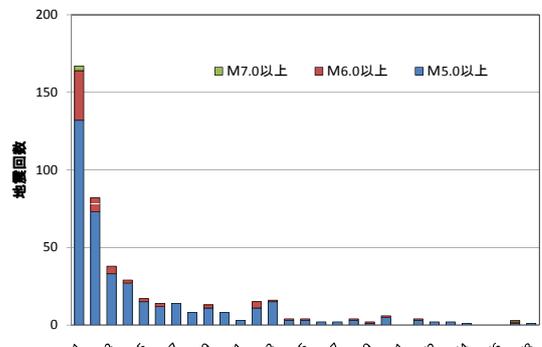
講義および討論を進める。また毎回小テストを実施して、その回の授業の理解度、あるいは学生の考えを探ることとする。

成績評価の基準

出席点(討論への参加状況も含む)+各回の小テスト+宿題: 40%
最終レポート60%

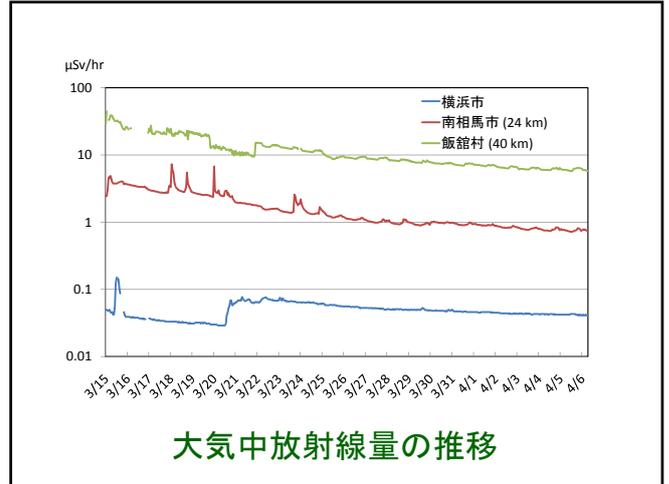
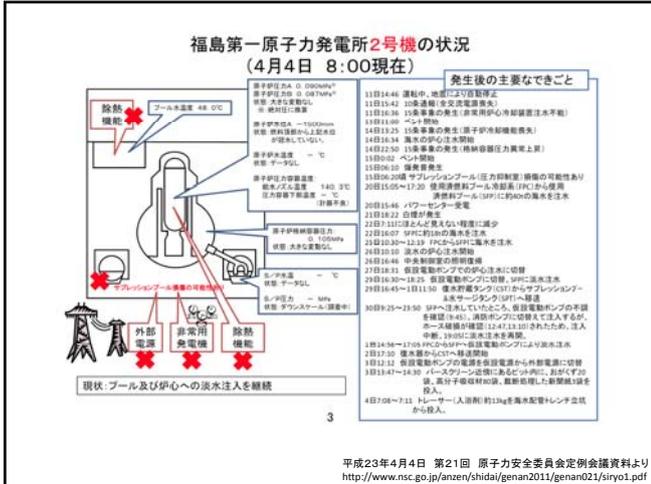
参考書・関連図書

- 豊松逸彦. 疫学とはなにか. 講談社ブルーバックス. 1977.
- 豊川裕之編. 新編健康学講座2巻. 疫学. メヂカルフレンド社. 1997.
- 豊松逸彦, 柳川 洋監修. 新しい疫学. 財団法人日本公衆衛生協会. 1991.
- 丸井英二, 中井里史, 林 邦彦訳. 疫学研究の考え方・進め方—観察から推測へ—. 新興医学出版社. 1996. (Walker, AM. Observation and inference -An Introduction to the Methods of Epidemiology. Epidemiology Resources Inc., 1991.)
- 矢野英二. 根本実樹監訳. ロスマンの疫学. 隆房出版社株式会社. 2004. (Rothman K.J. Epidemiology -An Introduction -. Oxford University press. 2002.)
- 池田貞純, 西田英郎. 社会の中の統計学(統計科学序説1). 内田老鶴園. 1977.
- シェルドン・クリムスキー(松嶋幸彦・齊藤雅子訳). ホルモン・カオス. 藤原書店. 2001. (Sheldon Krimsky. Hormonal Chaos, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 2000)
- デブラ・デヴィス(和波雅子訳). 煙が水のように流れるとき. ソニーマガジンス. 2003 (Devra Davis. When Smoke Ran Like Water. Basic Books. NY, USA. 2002.)
- ジョン・ロス(佐光紀子訳). リスクセンス—身の回りの危険にどう対処するか. 集英社新書. 2001 (John F. Ross. The Polar Bear Strategy. Persus Books Publishing. 1999.)
- ビーター・バーンスタイン(青山隆彦訳). リスク—神々の反逆. 日本経済新聞社. 1998. (Peter L. Bernstein. Against the Gods—The Remarkable Story of Risk. John Wiley & Sons, inc., 1996)
- 関沢純, 花井荘輔, 毛利野夫訳. 化学物質の健康リスク評価. 丸善出版社. 2001. (Environmental Health Criteria 210. Principles for the Assessment of Risks to Human Health from Exposure to Chemicals. IPCS, 1999)
- Beaglehole R, Bonita R, Kjeldstrom I. Basic Epidemiology (2nd Edition). WHO, 2006.
- Gordis L. Epidemiology (3rd Edition). W.B. Saunders Company, 2004.
- Rothman KJ, Greenland S. Modern Epidemiology (2nd Edition). Lippincott - Raven, 1998.
- Aldrich J, Griffith J. Environmental Epidemiology and Risk Assessment. Van Nostrand Reinhold, 1993.
- Steenland K, Savitz D. Topics in Environmental Epidemiology. Oxford University Press, 1997.
- Goldstein I, Goldstein M. How Much Risk? Oxford University Press, 2002.
- Ropicki D, Gray G. Risk: -A Practical Guide for Deciding What's Really Safe and What's Really Dangerous in the World Around You-. Houghton Mifflin Company, 2002.
- リチャード・プレストン(高見浩訳). ホットゾーン. 飛鳥新社. 1994.
- 香村規. 白い狼煙. 講談社文庫. 1994.
- 津田敏秀. 市民のための疫学入門. 緑風出版. 2003.
- 津田敏秀. 医学者は公害事件で何をしてきたのか. 岩波書店. 2004.
- Berton Roueche. The Medical Detectives. Truman Talley Books, 1991 (邦題: 推理する医学)
- ゲルト・モーレンツァー(吉田利孝訳). 数字に聞くあなたの暮らしと危険な生活. 早川書房. 2003(リスク・リテラシーが身につく統計的思考法—初歩からベイズ推定まで. ハヤカワ文庫NF 363(数理を愉しむ)シリーズ. 2010).
- スティーヴン・ジョンソン(矢野真千子訳). 感染地図—歴史を変えた未知の病原体. 河出書房新社. 2007.



M5.0以上の余震回数

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/aftershock/



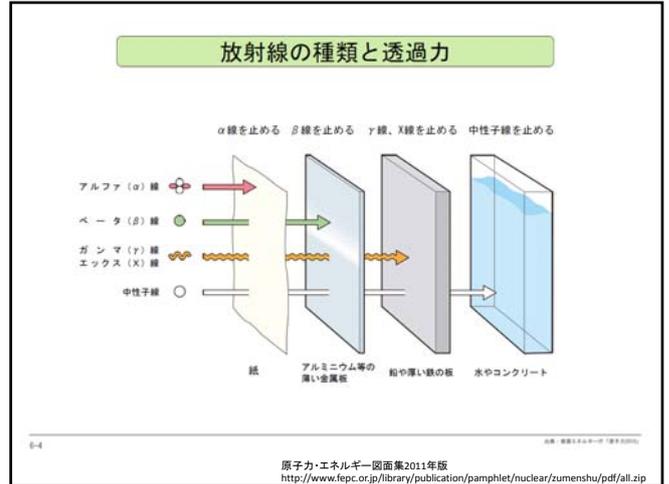
放射線: 高速で飛んでいる小さな粒子、あるいは波長の短い光

1. 電離放射線 (Ionizing radiation)
 生体を通過する際に生体組織の原子から電子を放出させる能力(電離作用)をもつもの

(1) 電磁放射線 (Electromagnetic radiation)
 X線、 γ 線

(2) 粒子放射線 (Corpuscular radiation)
 α 線、重粒子線、陽子線、 β 線、電子線、中性子線

2. 非電離放射線 (Non-ionizing radiation)
 電離作用を持たない
 電波、マイクロ波、赤外線、紫外線、レーザー光など



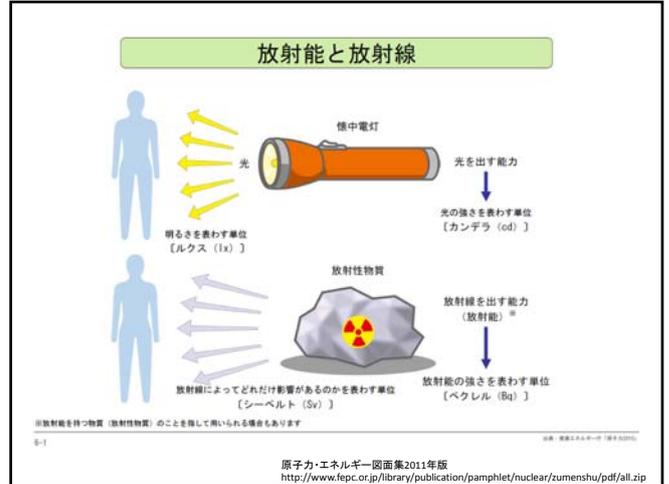
放射線の単位

放射能:ベクレル(Bq)
 ある物体に含まれる放射性同位元素が1秒間に壊れる数(放射性物質の量も表します)。放射性同位元素が1個壊れる時に必ず放射線を1本出すというわけではないので、カウント数と放射能(Bq)は一致しません。放射性物質によって、放射線の性質や、半減期が変わるため、違う種類の放射能を足しあわす事は原則としてできません。以前はラジウムを元にして作られたキュリー(Ci)という単位が使われ、 $1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ でした。

吸収線量:グレイ(Gy)
 ある物質によって、吸収された放射線のエネルギー。1Gyは物質1kgあたりに1Jのエネルギーが吸収されることを意味します。照射された放射線を物体が全て吸収するわけではないので、照射線量と吸収線量は一致しません。以前はラド(rad)という単位が使われ、 $1\text{rad} = 0.01\text{Gy}$ でした。

等価線量or実効線量:シーベルト(Sv)
 放射線の照射による人体への晩発的な影響を表す。吸収線量に放射線荷重係数を掛け合わせた値で示します。X線の場合、1Gy当たった時が1Svになります。

<http://www.nirs.go.jp/rd/faq/radiology.shtml>



(2) シーベルト

しかし、放射線が人に与える影響の大きさは、吸収線量だけではなく、放射線の種類や、放射線が当たる臓器などの組織によっても異なります。この影響の大きさを表す量として、実効線量が次のように決められました。

$$\text{実効線量} = \left\{ \begin{array}{l} \text{組織の吸収線量} \times \text{放射線荷重係数} \times \text{組織荷重係数} \end{array} \right\} \text{を全ての組織で足す}$$

この実効線量の単位が、シーベルトです。

放射線荷重係数は、放射線の種類による影響の違いを表す補正係数で、表のとおり決められています。この違いの主な原因は、放射線によって電離の密度が異なるためです。

放射線の種類	電離の密度	放射線荷重係数
ベータ線		1
ガンマ線		1
엑クス線		1
陽子線		5
中性子線		5-20*
アルファ線		20

*中性子のスピードによって異なります。
http://www.ies.or.jp/japanese/s_note_pdf/s19.pdf

組織荷重係数は、臓器などの組織による影響の違いを表す補正係数で、表のとおり決められています。影響を受けやすい組織は、細胞分裂の活発な組織です。

組織荷重係数	組織荷重係数
甲状腺 0.05	肺 0.12
食道 0.05	胃 0.12
乳房 0.05	結腸 0.12
肝臓 0.05	生臓腑 0.20
膀胱 0.05	赤色骨髄 0.12
皮膚 0.01	
骨表面 0.01	
残りの組織 0.05	

1グレイのガンマ線や엑クス線が全身に均等に吸収された場合、実効線量は1シーベルトになります。

自然放射線から受ける線量

一人あたりの年間線量 (世界平均)

宇宙から 0.39ミリシーベルト

大地から 0.48ミリシーベルト

食物から 0.29ミリシーベルト

自然放射線による年間線量 2.4ミリシーベルト

吸入により(主にラドン) 1.26ミリシーベルト

原子力・エネルギー図面集2011年版
http://www.fepc.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/pdf/all.zip

全国の自然界からの放射線量

宇宙、大地からの放射線と食物摂取によって受ける放射線量 (ラドン等の吸入によるものを除く)

日本全体 0.99 (ミリシーベルト/年)

0.0以下
0.01-0.09
0.10-0.99
1.0以上 (ミリシーベルト/年)

原子力・エネルギー図面集2011年版
http://www.fepc.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/pdf/all.zip

体内、食物中の自然放射性物質

●体内の放射性物質の量 (体重60kgの日本人の場合)

カリウム40	4,000ベクレル
炭素14	2,500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

●食物中のカリウム40の放射線量 (日本) (単位: ベクレル/kg)

干しこんにゃく	2,000	干しいちげ	700	ポキトチップ	400
豆からめ	200	ほうれん草	200	魚	100
牛乳	50	卵	30	米	30
				ビール	10

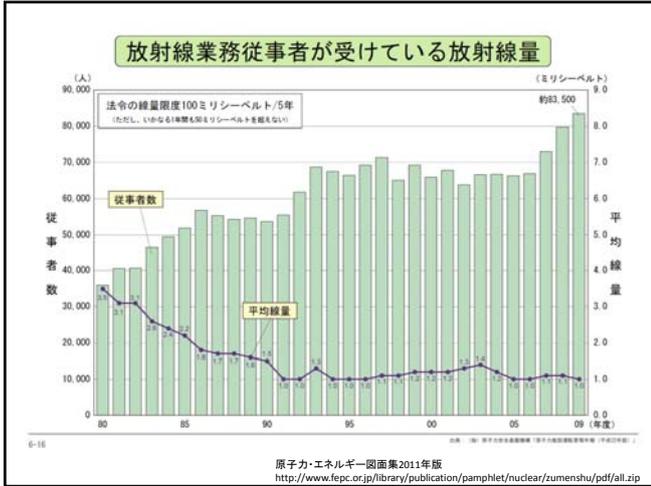
原子力・エネルギー図面集2011年版
http://www.fepc.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/pdf/all.zip

日常生活と放射線

放射線の量 (ミリシーベルト)

- 10: フラジム・ボタリイでの10 (自然界からの放射線 (年間))
- 6.9: 全食(日本)
- 2.4: 世界の1人あたりの自然界からの放射線 (年間・世界平均)
- 1.48: 日本1人あたりの自然界からの放射線 (年間・日本平均)
- 1.0: 一般市民の線量限度 (年間・食源を除く)
- 0.6: 飛行機の線量限度 (年間)
- 0.2: 航空機による宇宙線からの放射線 (年間)
- 0.1: 飛行機の線量限度 (年間)
- 0.05: 日本1人あたりの自然界からの放射線 (年間・日本平均)
- 0.022: 高圧電線の電磁界による工場の放射線 (年間)
- 0.01: 飛行機による宇宙線からの放射線 (年間)
- 0.01: 飛行機による宇宙線からの放射線 (年間)

原子力・エネルギー図面集2011年版
http://www.fepc.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/pdf/all.zip



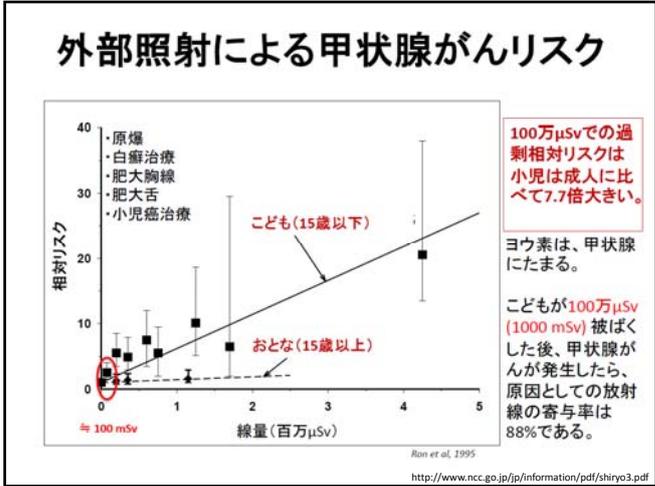
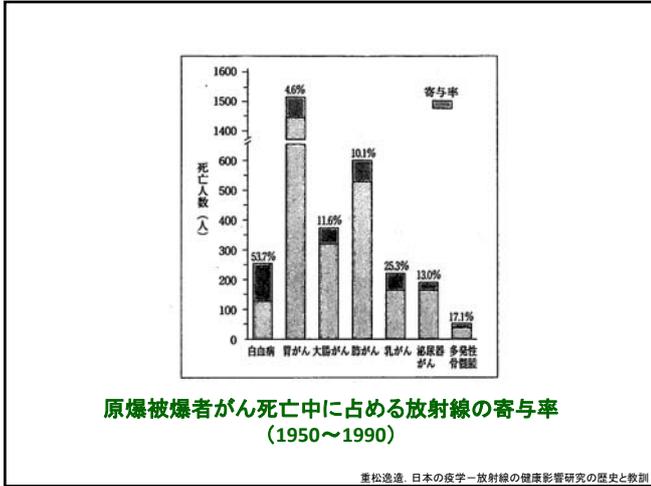
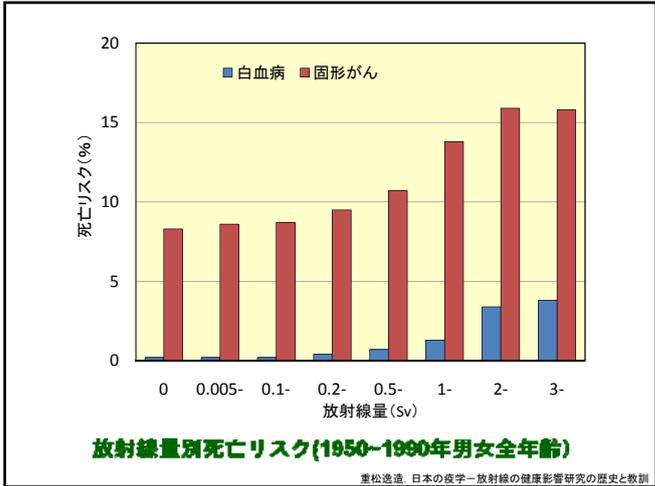
電離放射線の健康影響

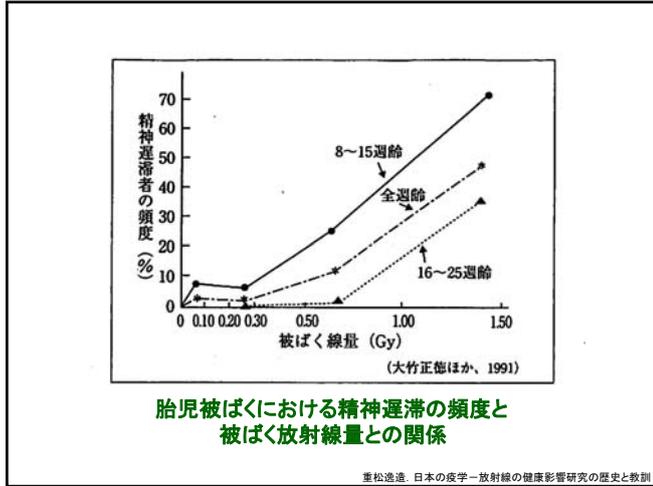
1. 早期影響
放射線急性死(骨髄死、胃腸死、中枢神経死)
脱毛、骨髄抑制、皮下出血、皮膚障害、胃腸障害など
2. 晩発影響
 - ① 遺伝的影響(人においては影響が確認されていない)
 - ② 発がん(白血病、その他のがん)
 - ③ その他の影響
不妊
胎児への影響(胎児死亡、奇形、発育遅滞、精神発育遅滞など)
白内障
寿命短縮(人においては影響が確認されていない)

放射線の健康影響に関する情報源

原爆	広島・長崎; マーシャル群島(米); ネバダ(米); セミパラチンクス(ソ連); ムルロア環礁(仏)など
核事故	南ラウル(ソ連); スリーマイル島(米); チェルノブイリ(ソ連); コイアニア(ブラジル)など
治療	子宮頸がん; 強直性脊椎炎; 甲状腺; 頭部白癬; 乳がん; ラジウム治療など
診断	透視; 妊娠時; トロトラスト(造影剤)など
職業	ウラン鉱山; 蛍光塗料; X線(放射線科医師、放射線技師など); 原子力発電所・核施設など
その他	高自然放射線地域(中国、インド、ブラジル、イランなど)など

重松逸造, 日本の疫学—放射線の健康影響研究の歴史と教訓





放射線の人への影響

広島・長崎の原爆による影響を50年以上にわたって調査した結果、放射線の人への影響が次第に明らかになってきました。短時間に大量の放射線を被ばくした場合には、次のような症状が現れることがわかりました。

がん以外の症状

放射線の量 (ミリシーベルト)	影響
3000~5000	60日以内に半数の人が死亡
500以上	嘔吐、脱毛、白血球減少等の症状
150以上	精巣の一時的不妊

がんの発生

200ミリシーベルト以上の大量の放射線を短時間に被ばくした人には、がんが発生する可能性があることがわかりました。その発生割合は、被ばくした放射線の量とともに増加しています。一方、200ミリシーベルト未満の少量の放射線で、がんが発生するか否かについては明らかになっていません。

<http://www.jaea.go.jp/04/turuga/mext-monju/safety/safe-r05.htm>

放射線のこれまでの調査で明らかになったこと

- 放射線における原爆被爆者の疫学調査から明らかになった放射線の長期的な健康影響は、1シーベルト(1,000ミリシーベルトあるいは100万マイクロシーベルト)の放射線被曝により、平均してがんの確率が約1.5倍に増加するということです。このリスクは被曝した放射線の量に比例すると考えられています。国際放射線防護委員会などの考え方に従うと、100ミリシーベルトでは約1.05倍、10ミリシーベルトでは約1.005倍と予想されます。ただし統計学的には、約150ミリシーベルト以下では、がんの頻度における増加は確認されていません。
- 高線量被爆者(1シーベルト以上)では、がん以外の病気(白内障、甲状腺の良性腫瘍、心臓病など)も増えています。
- これまでの研究では、被爆者の子どもへの遺伝的影響は認められていません。

<http://www.ref.or.jp/refrad.pdf>

放射線防護の基本

- 1. 遮蔽による防護**
放射線物質から遮蔽物を介して防護する。線量率 = (放射線強度) × 防護係数
- 2. 距離による防護**
放射線物質から距離を離れる。線量率 = (放射線強度) / (距離)²
- 3. 時間による防護**
放射線物質から時間を短縮する。線量 = (放射線強度) × (作業時間)

5-12

原子力・エネルギー図面集2011年版
<http://www.fepc.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/pdf/all.zip>

放射線防護の考え方

確定的影響は、しきい線量以下に抑えることで影響をなくす。
確率的影響は、しきい値は無いと仮定し、合理的に線量を低くすることで影響の現れる確率を容認できるレベルにする。

(確定的影響 [眼毛・白内障等])

影響の現れる確率

しきい線量

影響なし

線量

(確率的影響 [ガン・白血病等])

影響の現れる確率

自然発生病率

容認できるレベル

線量

8-15

原子力・エネルギー図面集2011年版
<http://www.fepc.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/pdf/all.zip>

確率的影響と確定的影響の比較

確率的影響: 線量の増加によりA、B、C、Dなどのように頻度が変化する。ただし、いずれの場合も閾値はない。

確定的影響: 被ばくする者の感受性の違いによりa、b、c(感受性 a>b>c)のようになる。

頻度(%)

線量

閾値

頻度(%)

線量

病的状態となる閾値

重篤度

重篤度

線量

線量

7-12

<http://nichijiu.lin.gr.jp/k-ray/bougo/contents/chapter3/3-1-ref27.html>

原子力発電所から人々が受ける放射線の量は、極めて少量です。200ミリシーベルト以上の大量の放射線を短時間に受けた場合の影響は明らかですが、少量の放射線の人々への影響は明らかになっていません。

そのため、国際放射線防護委員会では、200ミリシーベルト以上の発がん率のデータを、それ未満の少量の放射線へと引き伸ばすことによって、少量の放射線の影響を推定しました。

このような根拠と自然放射線などを考慮して、国際放射線防護委員会は、次の線量限度を報告しました。(1990年勧告)

対象者	線量限度
放射線業務従事者	5年間で100ミリシーベルト(年平均20ミリシーベルトに相当)かつ1年間の最大50ミリシーベルト
一般公衆	1年間で1ミリシーベルト

日本の原子力発電所では、周辺の一般公衆が受ける放射線の量を、線量限度のさらに20分の1(0.05ミリシーベルト)以下になるように努めています。

<http://www.jaea.go.jp/04/turuga/mext-monju/safety/safe-r06.htm>

屋内退避及び避難等に関する指標

予測線量(単位:mSv)		防護対策の内容
外部被ばくによる実効線量	内部被ばくによる等価線量	
10~50	100~500	住民は、自宅等の屋内へ退避すること。その際、窓等を閉め気密性に配慮すること。ただし、施設から直接放出される中性子線又はガンマ線の放出に対しては、指示があれば、コンクリート建家に退避するか、又は避難すること。
50以上	500以上	住民は、指示に従いコンクリート建家の屋内に退避するか、又は避難すること。

注1. 予測線量は、災害対策本部等において算定され、これに基づく周辺住民等の防護対策措置についての指示等が行われる。

注2. 予測線量は、放射性物質又は放射線の放出期間中、屋外に居続け、なんらの措置も講じなければ受けると予測される線量である。

注3. 外部被ばくによる実効線量、放射性ヨウ素による小児甲状腺の等価線量、ウランによる骨表面又は肺の等価線量、プルトニウムによる骨表面又は肺の等価線量が同一レベルにないときは、これらのうちいずれが高いレベルに応じた防護対策をとるものとする。

<http://www.nsc.go.jp/anzen/sonota/houkoku/bousai220823.pdf>

防災指針の概要 ~ 防護対策の実施 ~

ERSS: Emergency Response Support System
SPEEDI: System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information

【飲食物摂取制限】
周辺住民等が汚染された飲食物を摂取するまでには時間がかかり、対策を実施するまでに時間的余裕があると考えられるので、モニタリング結果を踏まえ、対策の実施を決定する。

【安定化対策】
放射性ヨウ素による内部被ばくの予測線量が100mSv以上の場合は、医師等の付き添いの下、服用を提案。ただし、効果は限定的であり、他の防護対策を補完する対策であることに留意。

【放射線状態予測】
ERSSにより実施。

【避難】 or 【コンクリート建家内退避】
【屋内退避】

【予測線量】 外部: 50mSv 内部: 500mSv
【予測線量】 外部: 10mSv 内部: 100mSv

<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/seikan/genta/nuclear/bosai/pdf/190713siryou-1.pdf>

ICRP勧告による被曝状況の分類

行為と介入という作業の観点からなる防護手法区分から、計画被曝状況、緊急時被曝状況、既存被曝状況というすべての制御可能な被曝状況へ、正当化、防護の最適化、線量限度の基本3原則を適用した。

計画被曝状況 (planned exposure situation)
計画的に線源を導入、あるいは操業する状況、廃止措置、放射性廃棄物の処分、土地の復旧を含む。

緊急時被曝状況 (emergency exposure situation)
計画された状況からの不測の事態により、また悪意の行為から生じた予期せぬ状況。

既存被曝状況 (existing exposure situation)
自然バックグラウンドや過去の行為の残留物を含む管理の開始時に既に存在する被曝状況あるいは長期被曝状況。

都内の食品・水の放射線量と安全性

基本となる考え方と数値

- 問題にならない年間被ばく量: **3.4mSv**
自然放射能による年間平均被ばく量: 2.4mSv
一般人の年間実効線量限度: 1mSv (職業人: 50mSv)
- 経口摂取による内部被ばくは**預託実効線量(mSv)**で計算
摂取された放射線物質が、**成人50年、子供70年**の間に組織・臓器にあたる実効線量の総和。
(IAEA, 1996; ICRP,1006)

(線量換算係数)

ヨウ素-131(Bq/kg) x 0.000022 mSv/kg
(1歳以下の乳幼児は x 0.00018 mSv/kg)

セシウム-134(Bq/kg) x 0.000019 mSv/kg

<http://www.ncc.go.jp/jp/information/pdf/shiryu4.pdf>

放射能の減り方

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

核種	半減期
ナトリウム24 (²⁴ Na)	15.0時間
ラドン222 (²²² Rn)	3.8日
ヨウ素131 (¹³¹ I)	8.0日
コバルト60 (⁶⁰ Co)	5.3年
ストロンチウム90 (⁹⁰ Sr)	28.8年
セシウム137 (¹³⁷ Cs)	30年
ラジウム226 (²²⁶ Ra)	1,600年
プルトニウム239 (²³⁹ Pu)	2.4万年
ウラン238 (²³⁸ U)	45億年

原子力・エネルギー一面集2011年版
<http://www.tepco.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/pdf/all.zip>

預託線量 (よたくせんりょう)

体内に摂取された放射性物質は、その半減期に従い放射能が減少するとともに、代謝機能により体内から徐々に排泄されます。この間に放出される放射線により組織や臓器が被ばくします。預託線量とは、一般人に対して摂取後の50年間(子供や乳幼児に対しては摂取時から70歳まで)に受ける量を摂取時に受けたと想定した放射線量のことをいいます。

参考: 原子力百科事典 ATCMIDA <http://www.atcmida.jp/atomica/index.html>

Copyright © JAPAN CHEMICAL ANALYSIS CENTER 2005-2008. All Right Reserved. <http://search.kankyo-hoshono.go.jp/food2/Youso/yotaku.html>

放射性核種の摂取量から内部被ばく線量に換算する実効線量係数の例

放射線物質の種類	第1種	第2種	第3種
核種	化学形態等	吸入摂取した場合の実効線量係数 (mSv/Bq)	経口摂取した場合の実効線量係数 (mSv/Bq)
² H	水	1.8×10^{-8}	1.8×10^{-8}
¹² C	酸化物、水酸化物及び無機化合物以外の化合物(経口摂取)		3.4×10^{-5}
¹⁴ C	酸化物、水酸化物及び無機化合物(経口摂取)		2.5×10^{-5}
¹³ C	酸化物、水酸化物、ハロゲン化合物及び硝酸塩以外の化合物	7.1×10^{-5}	
¹⁴ C	酸化物、水酸化物、ハロゲン化合物及び硝酸塩	1.7×10^{-5}	
³⁵ S	チタン酸ストロンチウム以外の化合物	3.0×10^{-5}	2.8×10^{-5}
⁹⁰ Sr	チタン酸ストロンチウム	7.7×10^{-5}	2.7×10^{-5}
¹³¹ I	蒸気	2.0×10^{-5}	
¹³¹ I	ヨウ化メチル	1.5×10^{-5}	
¹³¹ I	ヨウ化メチル以外の化合物	1.1×10^{-5}	2.2×10^{-5}
¹³⁷ Cs	すべての化合物	6.7×10^{-6}	1.3×10^{-5}
²³⁹ Pu	硝酸塩及び不溶性の酸化物以外の化合物(経口摂取)		2.5×10^{-4}
²³⁹ Pu	硝酸塩(経口摂取)		5.3×10^{-5}
²³⁹ Pu	不溶性の酸化物(経口摂取)		9.0×10^{-6}
²³⁹ Pu	不溶性の酸化物以外の化合物	3.2×10^{-2}	
²³⁹ Pu	不溶性の酸化物	8.3×10^{-3}	

(出典) 日本アイソトープ協会(編集・発行)平成12年10月23日、科学技術庁告示第5号(放射線を放出する同位元素の数量等を定める件)別表第2、アイソトープ法令第1(2005年改訂2005年10月)、p.375~

http://search.kankyo-hoshono.go.jp/food2/Youso/j_senkeisu.html

都内の食品・水の放射線量と安全性

- 水 -

採水日	放射性ヨウ素 (131I)	放射性セシウム (セシウム134)	放射性セシウム (セシウム137)
3月26日	34	不検出	不検出
3月28日	77	不検出	不検出
3月24日	79	不検出	不検出
3月23日	190	不検出	不検出
3月22日	210	不検出	不検出

約1300L飲んで1 mSv
 $34 \text{ Bq/kg} \times 0.000022 \text{ mSv/Bq} = 0.000748 \text{ mSv/Kg}$

約216L飲んで1 mSv (乳幼児には問題)
 $210 \text{ Bq/kg} \times 0.000022 \text{ mSv/Bq} = 0.00462 \text{ mSv/Kg}$

約169トン飲んで、1 mSv
 $0.31 \text{ Bq/kg} \times 0.000019 \text{ mSv/Bq} = 0.0000589 \text{ mSv/Kg}$

<http://www.ncc.go.jp/jp/information/pdf/shiry04.pdf>

都内の食品・水の放射線量と安全性

- 農作物 -

品名	放射線量 (Bq/kg)	実効線量 (mSv/Kg)
ヨウ素-131	4300	$4300 \text{ Bq/kg} \times 0.000022 \text{ mSv/Bq} = 0.0946 \text{ mSv/Kg}$
ヨウ素-131	910	$910 \text{ Bq/kg} \times 0.000022 \text{ mSv/Bq} = 0.020 \text{ mSv/Kg}$

約10kg食べて1mSv
 約50kg食べて1mSv

ヨウ素-131は時間とともに減少 (半減期8.04日)

日数	放射線量
0	1
3	0.772
6	0.596
9	0.459
12	0.354
15	0.274
18	0.211
20	0.178

表面の汚染は水洗いで減少

<http://www.ncc.go.jp/jp/information/pdf/shiry04.pdf>

3/15 17:00~4/4 16:00の横浜市大気中の(累積)放射線量: 23.8 μSv
 この線量を浴び続けた場合:
 $23.8 \mu\text{Sv} \times 365 \text{ 日}/20 \text{ 日} = 434.35 \mu\text{Sv} (=0.43 \text{ mSv})$
 cf. 南相馬市の場合: $850.7 \mu\text{Sv} \times 365 \text{ 日}/20 \text{ 日} = 15,525.28 \mu\text{Sv} (=15.5 \text{ mSv})$
 飯館村の場合: $5,720.6 \mu\text{Sv} \times 365 \text{ 日}/20 \text{ 日} = 104,400.95 \mu\text{Sv} (=104.4 \text{ mSv})$

3/22金町浄水場で測定された放射能濃度: 210 Bq/kg(¹³¹I)
 この水を1年間飲み続けたとした場合の預託実効線量:
 $0.00462 \text{ mSv} \times 2.5 \text{ L/日} \times 365 \text{ 日} = 4.2 \text{ mSv}$

15,020 Bq/kg(¹³¹I)のほうれん草を年間36.5kg(=0.1kg/日 × 365日)食べた場合:
 $0.3304 \text{ mSv/kg} \times 36.5 \text{ kg} \approx 12.1 \text{ mSv}$

推定される年間被曝量:
 $2.4 \text{ mSv} (\text{自然放射線からの被曝}) + 0.521 \text{ mSv} + 4.2 \text{ mSv} + 12.1 \text{ mSv} \approx 19.2 \text{ mSv}$
 (南相馬市: 44.9 mSv、飯館村: 172.5 mSv)

放射線被ばくの早見図

人工放射線

- 100 Gy: 全身の放射線被ばく (致死)
- 10 Gy: 皮膚の放射線被ばく (重度)
- 1 Gy: 皮膚の放射線被ばく (軽度)
- 0.1 Gy: 皮膚の放射線被ばく (軽度)
- 0.01 Gy: 皮膚の放射線被ばく (軽度)

自然放射線

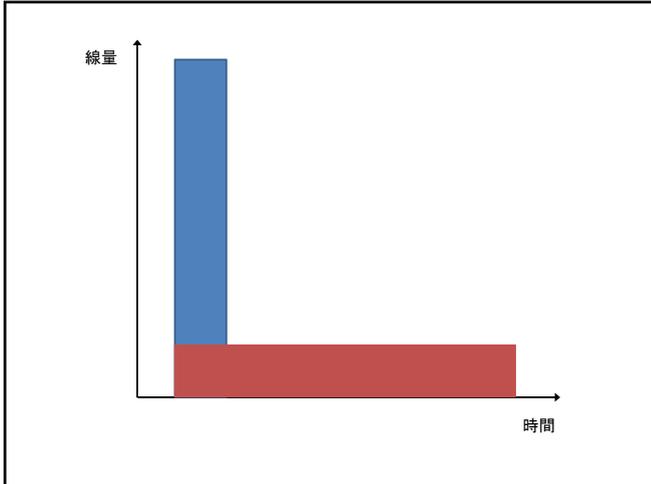
- 平均0.4 mSv/年 (自然放射線)
- ヨウ素-131: 1 mSv/年 (福島第一原子力発電所)
- ヨウ素-131: 0.1 mSv/年 (福島第一原子力発電所)
- ヨウ素-131: 0.01 mSv/年 (福島第一原子力発電所)

飲食物からの放射線 (ヨウ素-131の場合)

- ① 水: 飲えば、300 μSv/140の水を1日2リットル、1ヶ月間飲み続けた → 0.3 mSv
- ② 牛乳: 飲えば、300 μSv/140の牛乳を1日200cc、1ヶ月間飲み続けた → 0.03 mSv
- ③ ほうれん草: 飲えば、2000 μSv/kgのほうれん草を1日50グラム、1ヶ月間食べ続けた → 0.05 mSv
- ④ 空間線量率: 飲えば、空間線量率が0.1 μSv/20cm²/140の場所を1ヶ月間滞在した → 0.07 mSv

大気・大地からの放射線

独立行政法人 放射線医学総合研究所 (NIRS) <http://www.nirs.go.jp/index.shtml>



国立がん研究センターの見解と提案

1. 現時点の放射性物質による健康被害については、チェルノブイリ事故等のこれまでのエビデンスから、原子炉において作業を行っている方々を除けば、ほとんど問題がないといえる。
2. 現在、暫定的に定められている飲食物の摂取制限の指標については、十分すぎるほど安全といえるレベルである。
3. 放射性物質に汚染されたと考えられる飲食物については、放射性物質の半減期を考えれば、保存の方法を工夫すれば、十分に利用が可能である。
4. 放射線量については、定点でかつ定期的に測定し、放射性物質の種類(ヨウ素-131、セシウム-134等)を、定期的に発表を行うことで、国民の方々が安全であることを理解し、安心が得られると考えられる。
5. 今回の問題となっている原子炉について、当該原子炉から放射性物質が含まれるちり等が拡散しないよう、いち早くの対応をお願いしたい。
6. 原子炉での作業が予定されるなど、被ばく可能性がある方々については、造血機能の低下のリスクがあるため、事前に自己末梢血幹細胞を保存しておくことを提案する。
7. 今後、国立がん研究センターでは、長期にわたる放射線の発がんへの影響について、臨床面と研究面から注意深く追跡を行って参ります。

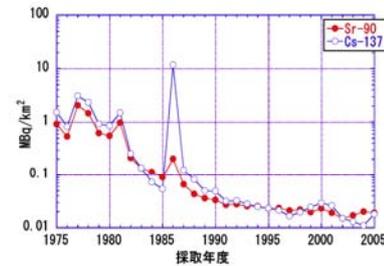
<http://www.ncc.go.jp/>

Q29 福島原発事故に伴う人への放射線リスクはどのくらいと推測されるのですか？

A: 福島第一原発の近辺を除けば、放射線リスクは放出された核分裂生成物の降下物による汚染に起因します。今回の福島第一原発事故のリスクを推測する参考事例としてチェルノブイリとスリーマイル島の事故を引用していますが、核分裂生成物による汚染は、実はそれより以前の方がかなりひどいこととも思い起こす必要があろうかと思えます。1950～60年代、米国などの国連の安全保障理事会常任理事国が大気圏内核実験をくり返したため世界中の大気が汚染され、世界平均で1平方メートルあたり74キロボケレル(UNSCEAR2000 ANNEX C)の放射性セシウム(セシウム137)が降下していました。また、日本の国土にも福島第一原発事故以前の通常検知されていた量(1平方メートルあたりおおよそ0.02～0.2ベクレル)の約1,000～10,000倍(1平方メートル当たり200～2000ベクレル)の放射性セシウムが降下していました。しかもその汚染は核実験が禁止されるまで10年位続いていた(環境モニタリング指針 平成20年3月(平成22年4月一部改訂))。この過去の事実を広く知ってもらうことも不安を和らげるために役立つのではないかと思います。ちなみにチェルノブイリの時も短期間ですが、福島第一原発事故以前の通常検知されていた量の約1,000倍の放射性セシウムが降下していました。現在50-60歳代以上の人は皆これらの被曝を経験していることとなります。この人達にこれらのことによって健康影響が起きているということはありません。くり返しますが、核分裂による放射性同位元素の世界規模での汚染は、福島第一原発事故以前の通常検知されていた量の1,000倍程度の放射性セシウムによる汚染を10年間、すでに経験済みなのです。勿論、このことが安全性を確認するものではありませんが、もし、影響があったとしても、そのリスクは非常に少ないと思われる。どのくらい少ないのかを正確に理解するためには低線量放射線の生体影響研究の今後の進展を待たなければなりません。

(掲載日:平成23年3月27日 平成23年4月6日改訂)

日本放射線影響学会 福島原発事故に伴うQ&Aグループ
代表: 進達正己(京都大学原子炉実験所放射線生命科学部) 敬啓
<http://www.rii.kyoto-u.ac.jp/ri-ri/gimon.html#Q29>



【図G-1】 全国の降下物中のSr-90、Cs-137平均濃度

1980年まで中国で大気圏核爆実験が行われていた。その後Sr-90及びCs-137の濃度は減少したが、1986年のチェルノブイリ原子力発電所の事故により、特にCs-137濃度が高くなっている。

環境放射線モニタリング指針
www.nsc.go.jp/anzen/sonota/houkoku/houkoku20080327.pdf

ICRP文書(2011年3月21日付、ICRP ref:4847-5603-4313)の要点

- ICRPは日本の状況について深い同情の念を表明するとともに、我々の考えを述べる。
- 我々の最近の勧告が役に立つことを望むとともに以下を推奨する。
緊急時の公衆の防護のために、計画される最大の残存線量(防護措置が完全に履行された後に被ると予想される線量)に対する参考レベルを20～100mSvのバンド内で政府が設定すること。
- 線源が管理できるようになれば、汚染が残っていても、人々がその土地を放棄するのではなく、生活を続けられるようにするため、必要な防護策を取るようになる。この場合1～20mSv/年のバンド内のレベルを選び、最終的には1mSv/年の目標に向けて進む。
- 緊急事態の作業員は生命を守るために、500～1000mSvの限度を守ることに。
- 生命救助の作業員は志願者を充て、線量限度は設けないこと。

拘束値と参考レベルの枠(バンド)と適用例

枠(バンド) (予測実行線量 mSv) (急性又は年線量)	適用例
①20～100	放射線事故などで非常時に設定する参考レベル(予想または残存線量)
②1～20	・計画被曝状況での職業被曝拘束値 ・家屋内でのラドンに対する参考レベル ・非常状況での退避参考レベル
③1未満	計画状況での公衆被曝に設定する拘束値

ICRPの文書では、今回のように線源が制御できない場合、上表の①のレベルを採用し、まだ汚染が残っているが、線源が管理できるようになれば、②のレベルに移行する。最終目標は③のレベルであり、それに向かって努力するのがよいとしています。つまり①、②のレベルは好ましくはないが、住民に大きな困難を負わせたり、住民が住みなれた土地を放棄するなどの事態にならないよう、一時的な限度を適用するという考えです。

特に②のレベルは、住居内のラドンが高い地区居住者、及び放射線医薬品による治療を受けた患者の介護者にも適用されるものであり、通常状態で適用されている場合もあります。また放射線作業員にも常時適用されており、健康上の問題のないレベルです。ただし①、②のレベルを適用する場合は、健康状態に問題のある人、乳幼児、妊婦などに対しては特別な配慮が必要になります。

日本原子力学会「被曝による健康への影響と放射線防護基準の考え方」
http://www.aesj.or.jp/information/fnpp201103/com_housyssenbougyo20110405.pdf