


■本資料のご利用にあたって(詳細は「利用条件」をご覧ください)

本資料には、著作権の制限に応じて次のようなマークを付しています。
本資料をご利用する際には、その定めるところに従ってください。

***** : 著作権が第三者に帰属する著作物であり、利用にあたっては、この第三者より直接承諾を得る必要があります。

CC : 著作権が第三者に帰属する第三者の著作物であるが、クリエイティブ・コモンズのライセンスのもとで利用できます。

 : パブリックドメインであり、著作権の制限なく利用できます。

なし : 上記のマークが付されていない場合は、著作権が東京大学及び東京大学の教員等に帰属します。無償で、非営利かつ教育的な目的に限って、次の形で利用することを許諾します。

- I 複製及び複製物の頒布、譲渡、貸与
- II 上映
- III インターネット配信等の公衆送信
- IV 翻訳、編集、その他の変更
- V 本資料をもとに作成された二次的著作物についての I からIV

ご利用にあたっては、次のどちらかのクレジットを明記してください。

東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2015, 飯本武志

The University of Tokyo / UTokyo OCW The Global Focus on Knowledge Lecture Series
Copyright 2015, Takeshi Iimoto

2015年度S Semester 學術俯瞰講義

宇宙・物質・社会 — 物質の成り立ちから応用まで

放射能・放射線

～さまざまな顔をもつ放射線とどう向き合うか～

環境安全本部
飯本武志

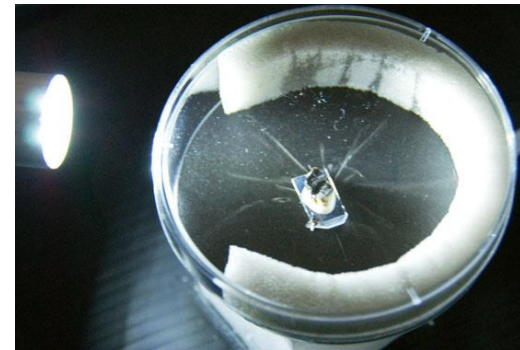
放射線のリスクと防護の科学

- 我々と放射線のかかわり
 - 人工放射線の利用
 - 自然放射線の存在
 - 事故後の新たな環境放射能との闘い
- 放射線の正体
 - 放射線の種類と特徴、単位
 - 放射線の視覚的理解
- 放射線リスクの理解
 - 疫学データの整理
 - 広島・長崎原爆被災者
 - 高線量自然放射線量地区居住者
 - リスクの考え方と防護への展開
- 放射線防護の科学
 - 放射線防護のための基盤となる議論
 - 放射線防護のための基準値の理解

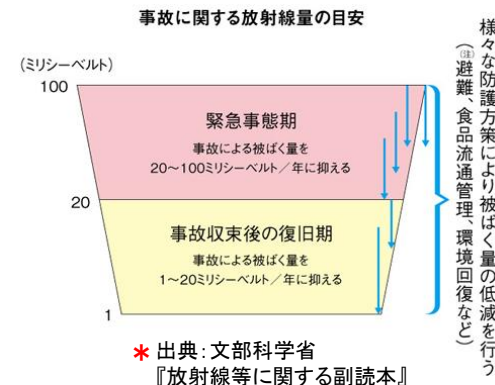


出典:放射線
* 教育サイト“らでい”

* 出典:放射線
教育サイト“らでい”

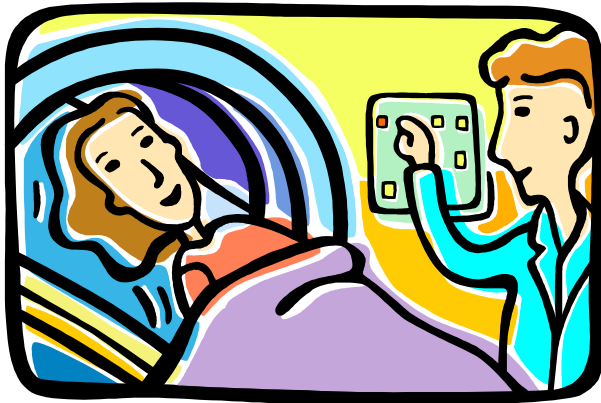
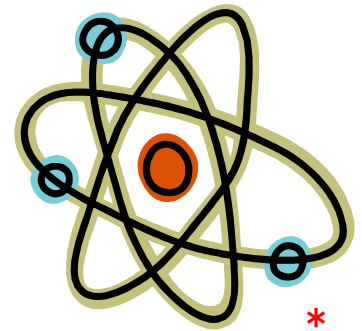
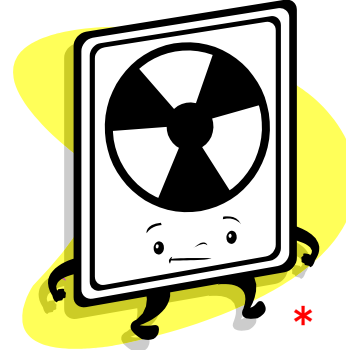
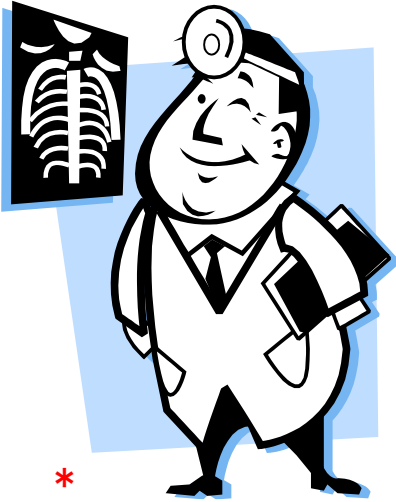


* 出典:原子力・エネルギー
図面集2013



我々と放射線の関わり

～放射線や放射性物質の利用～



*

*

*

*

*

*

*

放射線の利用



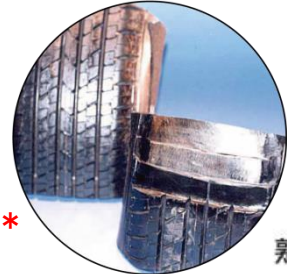
* 水分を保つ傷当て材

流速・流量の調査

非破壊検査



* 仏像を壊さずに内部を調査



強化プラスチック

* 強度を高めた自動車のタイヤ

溶接検査

厚みの測定

熟成等の調整

ゲーシング

品種改良

新薬開発

発芽防止

化合物構造の研究

エックス線検査

アイソトープ電池

エックス線CT

がんの治療



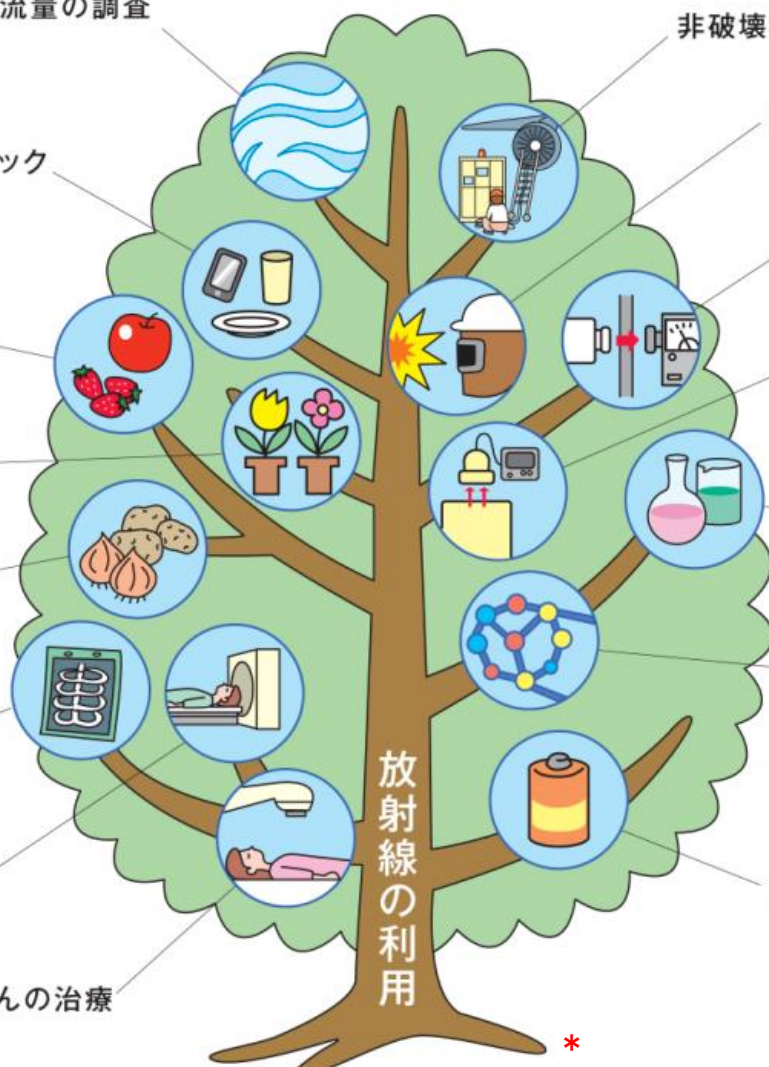
* ジャが芋への放射線照射



* 医療品の滅菌

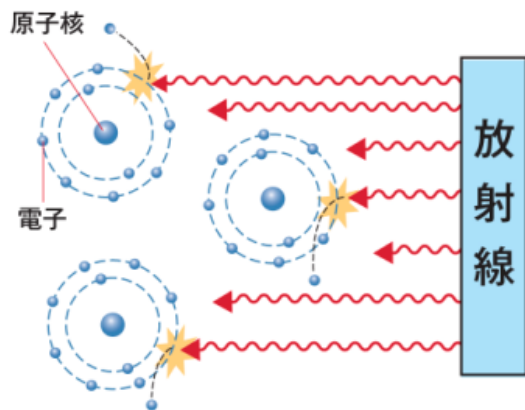


* ゴヤーやスイカに卵を産み付けてしまうウリミバエ

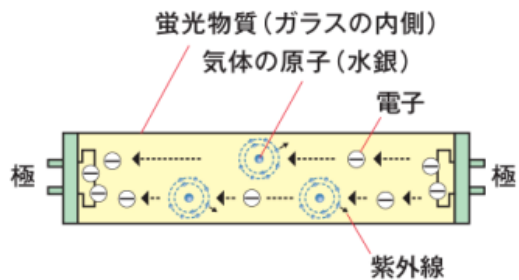


放射線の性質 (物質との相互作用)

電離作用



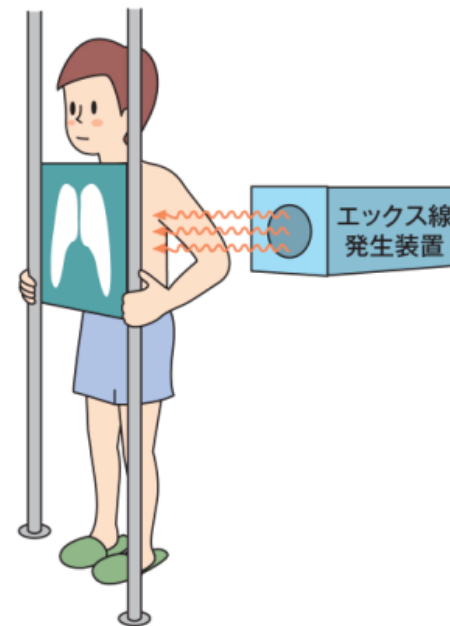
蛍光作用



蛍光灯の仕組み

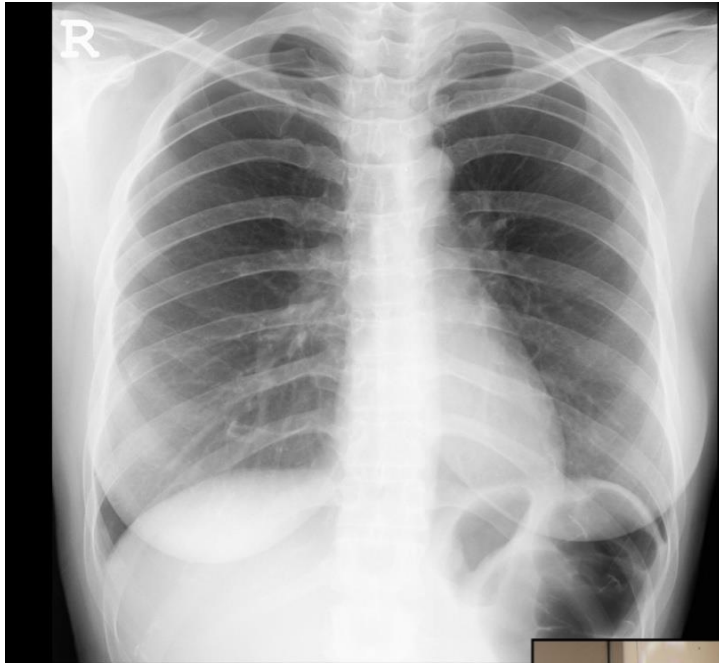
管の両端に電圧が加わると、極から極に電子が流れます。電子が管に封入された水銀に衝突すると、紫外線が発生します。紫外線は蛍光物質を光らせます。

透過作用



【医療分野】検査、治療

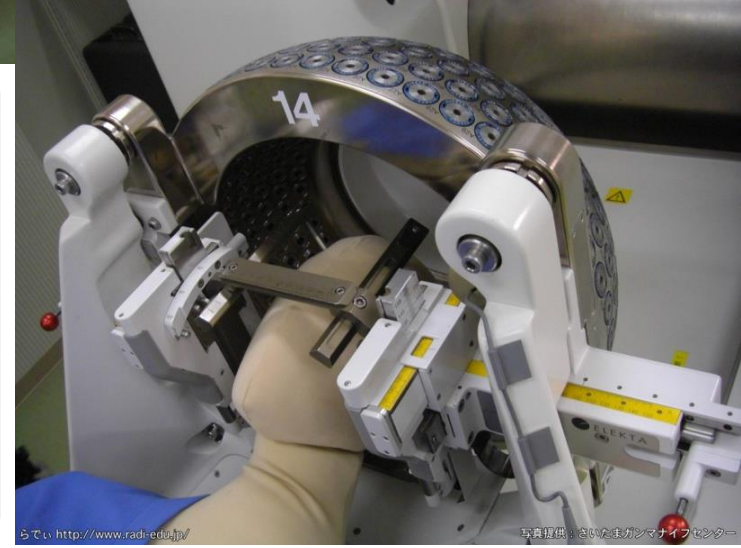
胸部レントゲン撮影、ガンマナイフ



らでい <http://www.radi-edu.jp/>

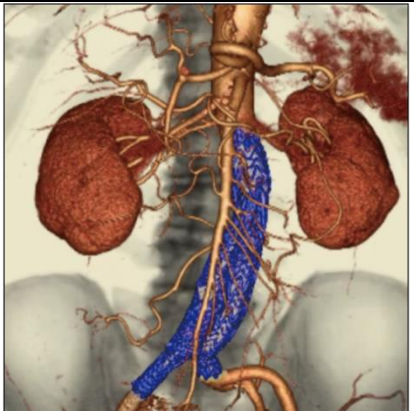


重粒子線がん治療照射室



らでい <http://www.radi-edu.jp/>

写真提供:さいたまガンマナイフセンター



人の腎臓周辺の立体画像

らでい <http://www.radi-edu.jp/>

*

*

*

*

【工業分野】品質検査 厚さ計



らでい <http://www.radi-edu.jp/>

写真提供：王子ネピア名古屋工場

* 出典：放射線教育サイト“らでい”



厚さ計

*
出典：
文部科学省
『放射線等
に関する副
読本』



らでい <http://www.radi-edu.jp/>

写真提供：王子ネピア名古屋工場

* 出典：放射線教育サイト“らでい”

【工業分野】材質強化、着色 テニス用ガット、カラーダイヤモンド



出典(すべての画像)：
放射線教育サイト“らでい”

【工業分野】滅菌

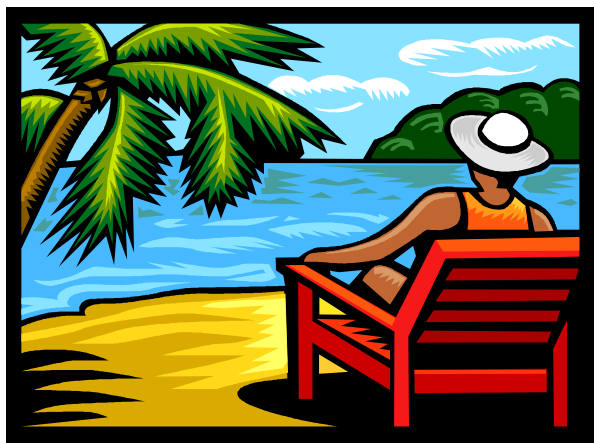
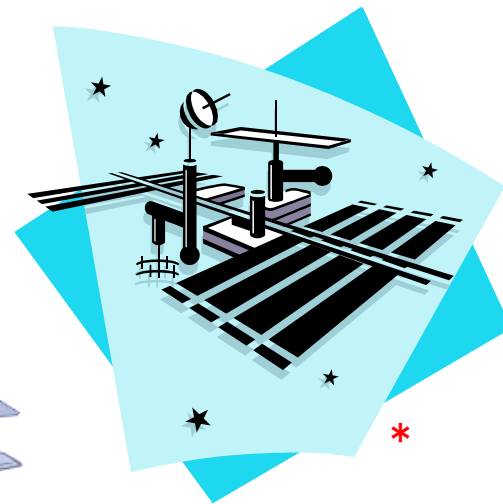


【農業分野】品種改良 菊(花色変異)、梨(対黒斑病)



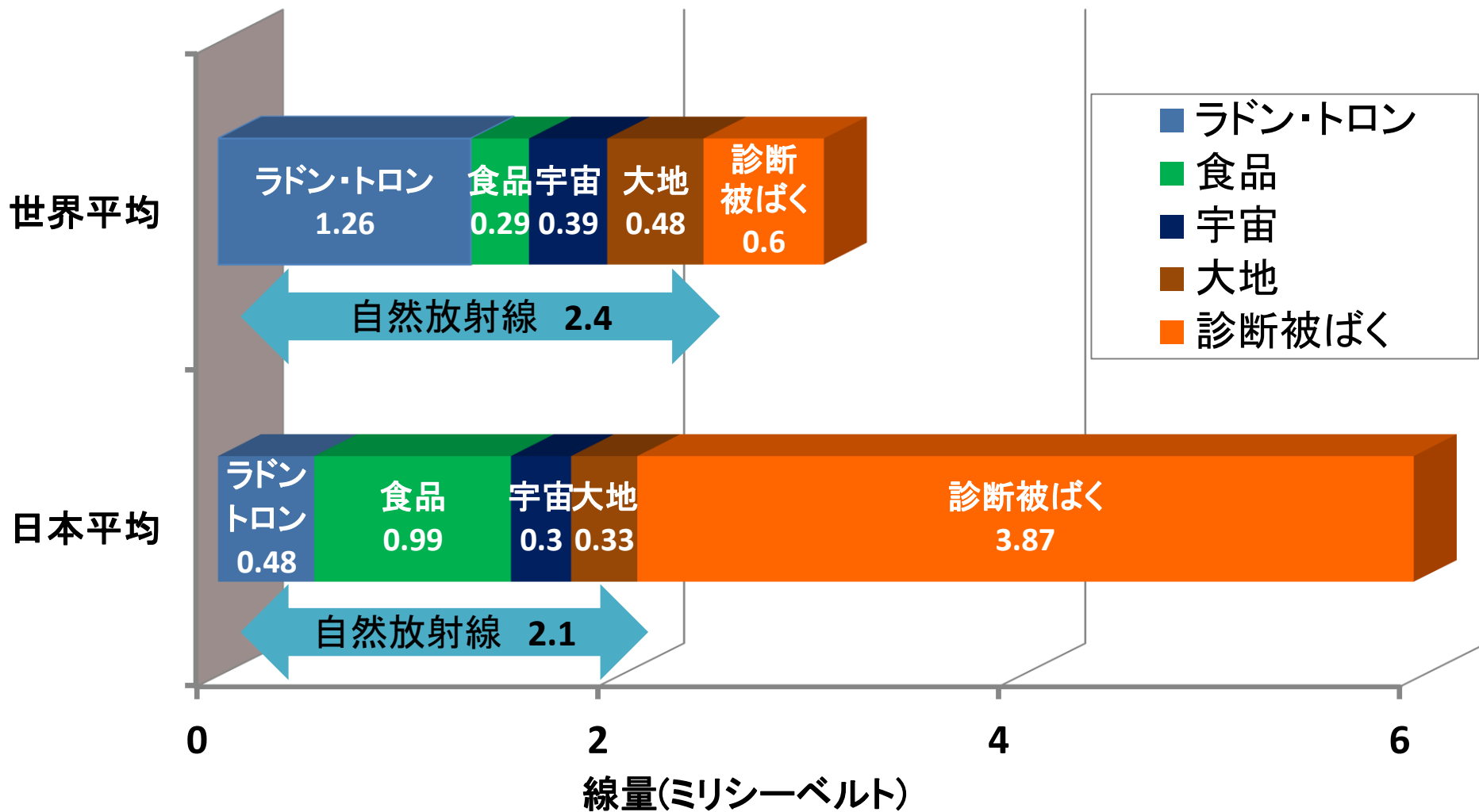
我々と放射線の関わり

～生活環境と放射線～



年間当たりの被ばく線量の比較

日常生活における被ばく(年間)



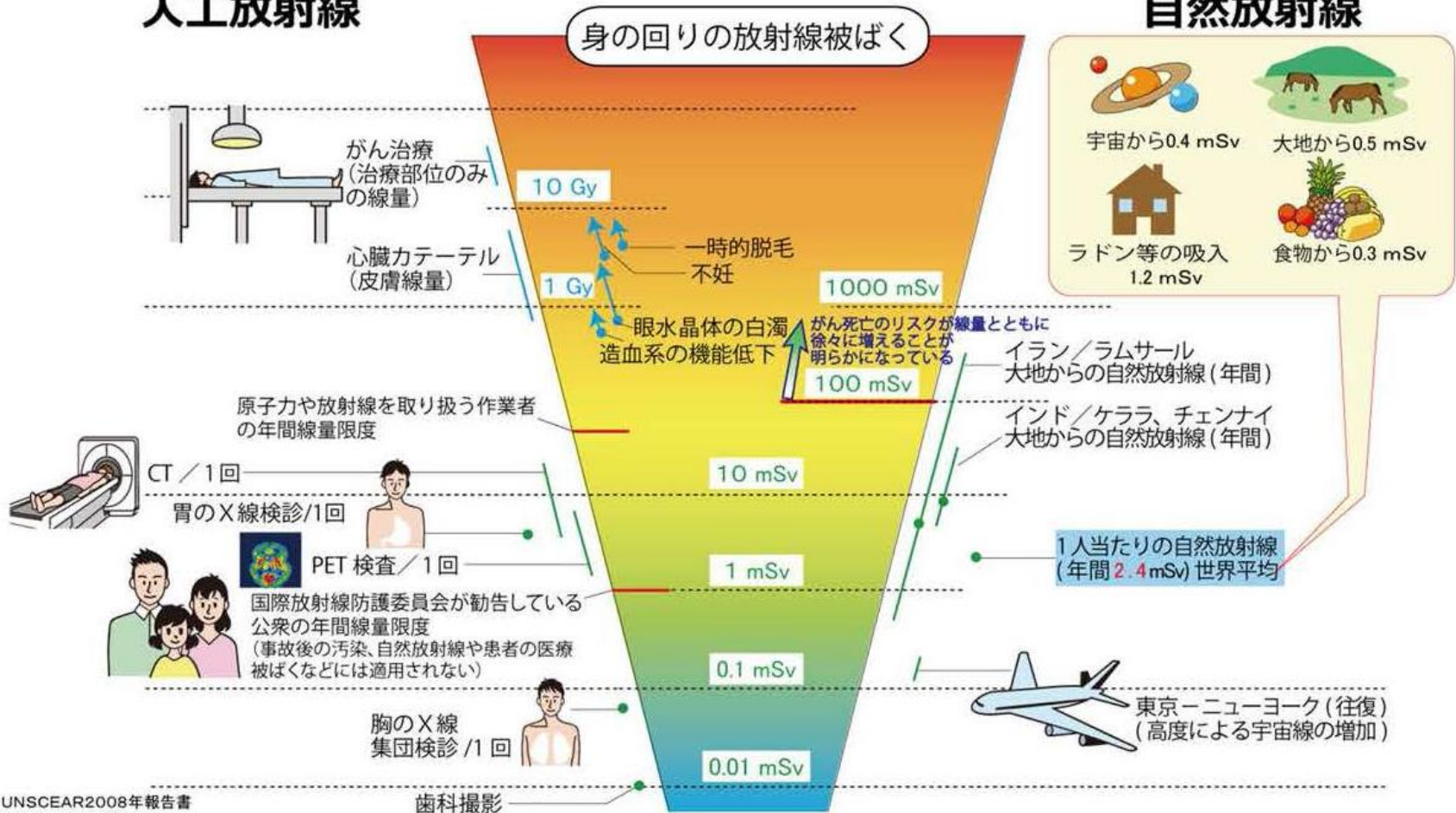
* 出典: 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成25年度版 ver.2013001
2008年国連科学委員会報告、原子力安全研究協会「生活環境放射線」(2011年)より作成

日常生活と放射線

* 出典:放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料
平成25年度版 ver.2013001

人工放射線

自然放射線



・UNSCEAR2008年報告書
・ICRP2007年勧告
・日本放射線技師会医療被ばくガイドライン

mSv : ミリシーベルト

放射線のリスクと防護の科学

- 我々と放射線のかかわり
 - 人工放射線の利用
 - 自然放射線の存在
 - 事故後の新たな環境放射能との闘い



* 出典:放射線教育サイト“らでい”

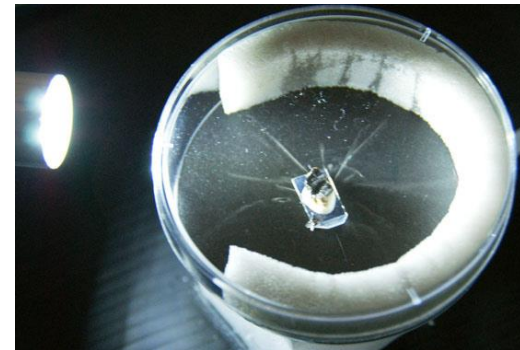
放射線の正体

- 放射線の種類と特徴、単位
- 放射線の視覚的理解

出典:放射線教育サイト“らでい”

放射線リスクの理解

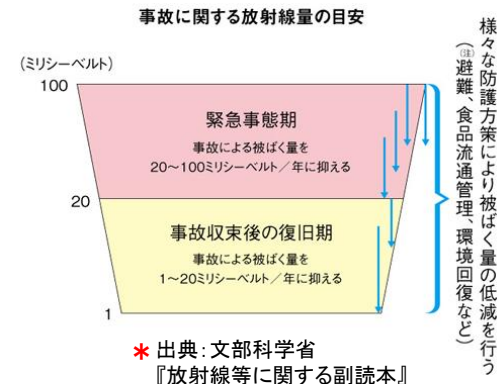
- 疫学データの整理
 - 広島・長崎原爆被災者
 - 高線量自然放射線量地区居住者
- リスクの考え方と防護への展開



* 出典:原子力・エネルギー図面集2013

放射線防護の科学

- 放射線防護のための基盤となる議論
- 放射線防護のための基準値の理解



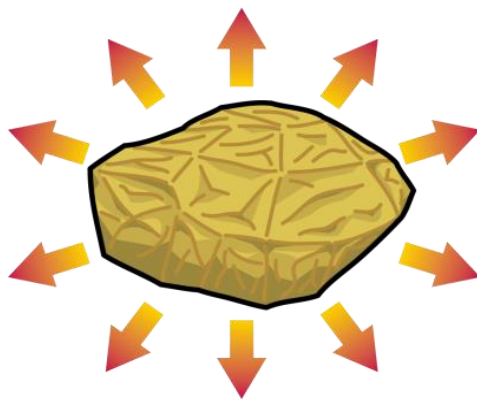
放射線に関する重要な単位

ベクレル(Bq)

放射性物質が放射線を出す能力を表す単位

1ベクレルとは、1秒間に一つの原子核が壊変(崩壊)^{*}することを表します。例えば、370ベクレルの放射性カリウムは、毎秒370個の原子核が壊変して放射線を出しカルシウムに変わります。

※壊変(崩壊)とは原子核が放射線を出して別の原子核に変わる現象のことです。



放射性物質



グレイ(Gy)

放射線のエネルギーが物質や人体の組織に吸収された量を表す単位

放射線が物質や人体に当たるともっているエネルギーを物質に与えます。1グレイとは、1キログラムの物質が放射線により1ジュール^{*}のエネルギーを受けることを表します。

※ジュール:エネルギーの大きさを表す単位

シーベルト(Sv)

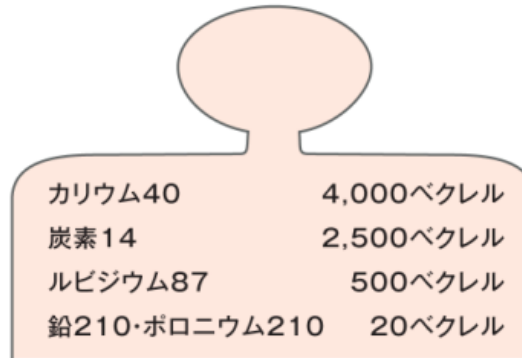
人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位

放射線を安全に管理するための指標として用いられます。

体内・食物中の放射能

●体内の放射性物質の量

(体重60kgの日本人の場合)



●食物中のカリウム40の放射性物質の量(日本)

(単位:ベクレル/kg)



* 出典: (公財)原子力安全研究協会「生活環境放射線データに関する研究(1983)」、
「新版 生活環境放射線(平成23年)」(「原子力・エネルギー図面集2013」より)

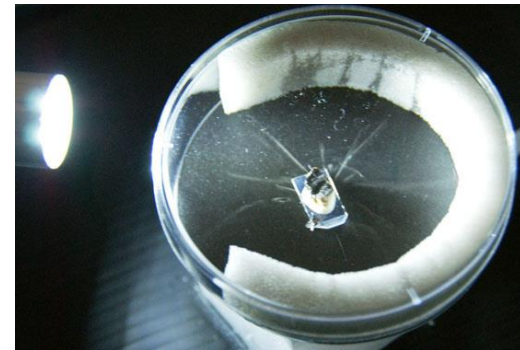
放射線のリスクと防護の科学

- 我々と放射線のかかわり
 - 人工放射線の利用
 - 自然放射線の存在
 - 事故後の新たな環境放射能との闘い
- 放射線の正体
 - 放射線の種類と特徴、単位
 - 放射線の視覚的理解
- 放射線リスクの理解
 - 疫学データの整理
 - 広島・長崎原爆被災者
 - 高線量自然放射線量地区居住者
 - リスクの考え方と防護への展開
- 放射線防護の科学
 - 放射線防護のための基盤となる議論
 - 放射線防護のための基準値の理解

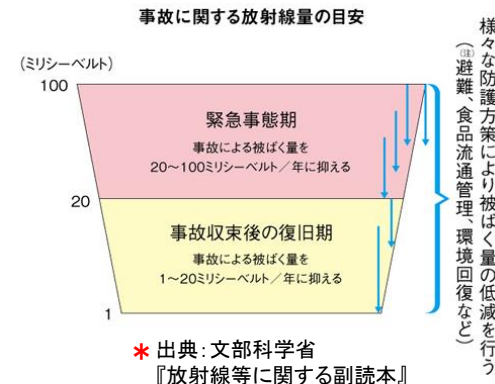


出典:放射線教育サイト“らでい”
* 教育サイト“らでい”

* 出典:放射線教育サイト“らでい”

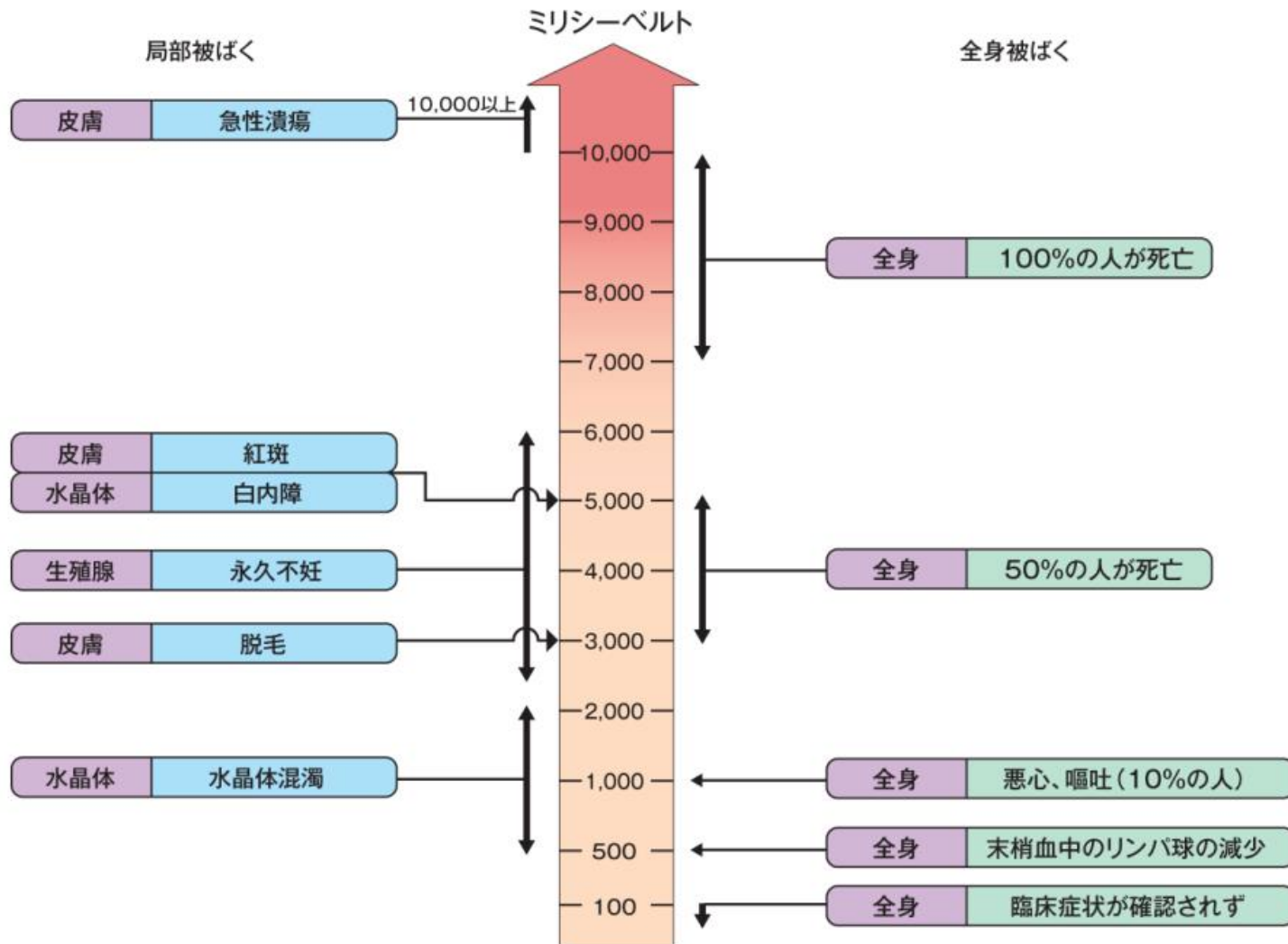


* 出典:原子力・エネルギー図面集2013



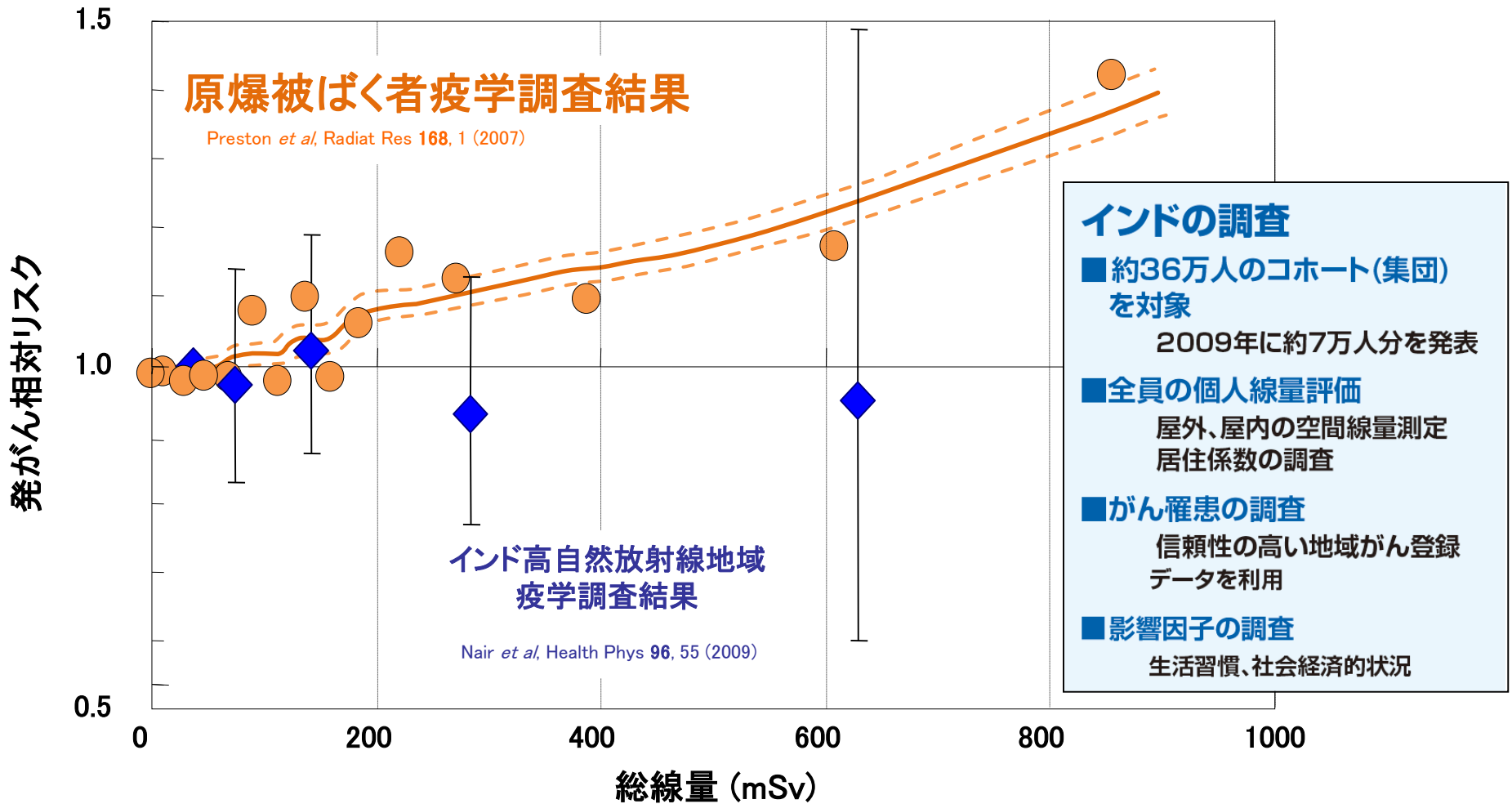
放射線を一度に受けたときの症状

凡例 部位 症状



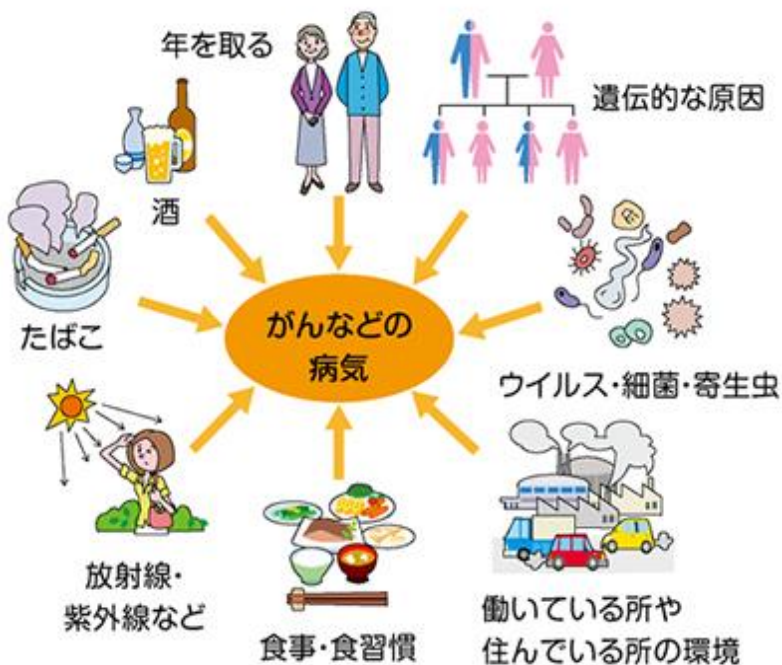
* 出典：(公財)放射線影響協会「放射線の影響がわかる本」より作成(「原子力・エネルギー図面集2013」より)

短期間1回被ばくと長期間にわたる被ばく影響の比較 原爆被ばく者/高自然放射線地域住民



生活習慣とがんのリスク

◆がんなどの病気を起こす色々な原因



出典:(社)日本アイトープ協会
「改訂版 放射線のABC」(2011年)などより作成

参考〈放射線と生活習慣によってがんになる相対リスク〉

下の表は、国立がん研究センターが発表した調査結果である。がんになるリスクの数値は、喫煙なら、非喫煙者など基準となるグループと比べ、何倍がんになるリスクが高くなるか(相対リスク)を示している。

要因	がんになるリスク
1000～2000ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.8倍
喫煙 飲酒(毎日3合以上)	1.6倍
痩せ過ぎ	1.29倍
肥満	1.22倍
200～500ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.19倍
運動不足	1.15～1.19倍
塩分の取り過ぎ	1.11～1.15倍
100～200ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.08倍
野菜不足	1.06倍

- 放射線は、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ない。
- その他は、国立がん研究センターの分析したデータである。

※対象:40～69歳の日本人

運動不足:身体活動の量が非常に少ない

野菜不足:野菜摂取量が非常に少ない

出典:(独)国立がん研究センター調べ

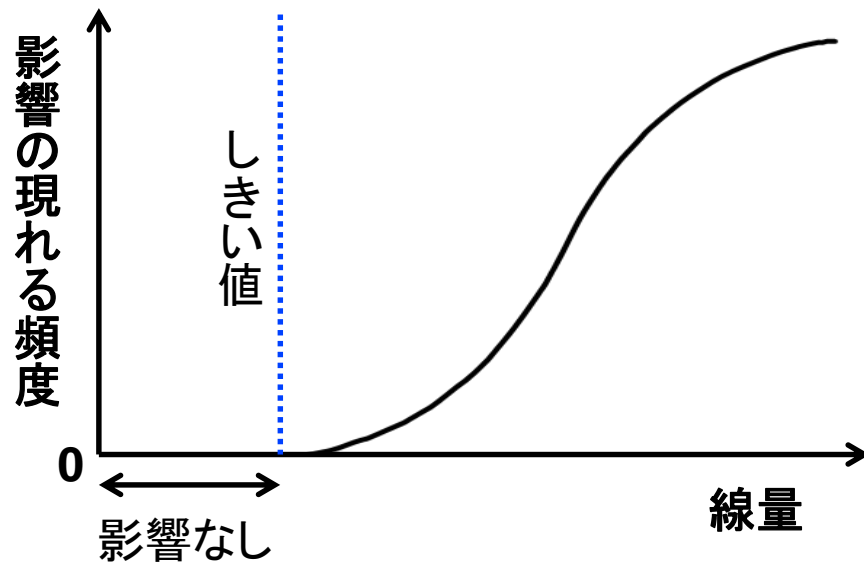
* 出典:文部科学省
『放射線等に関する副読本』

* 出典:文部科学省
『放射線等に関する副読本』

確率的影響と確定的影響

確定的影響

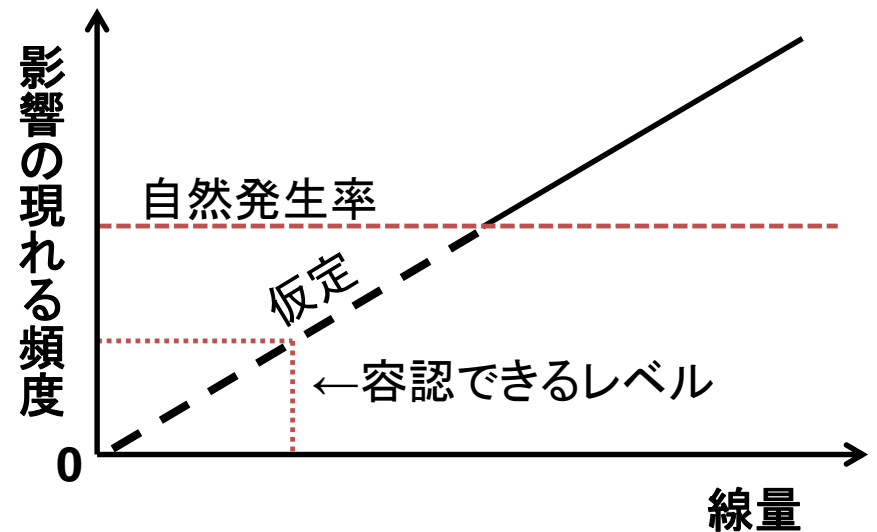
放射線を受けた人のうち最も放射線に対して感受性が高い1%の人が発症する線量を「しきい値」としている。
(ICRP2007年勧告)



確定的影響(脱毛・白内障・皮膚障害等)

確率的影響

一定の線量以下では、喫煙や飲酒と言った他の発がん影響が大きすぎて見えないが、ICRPなどではそれ以下の線量でも影響があると仮定して、放射線防護の基準を定めることとしている。

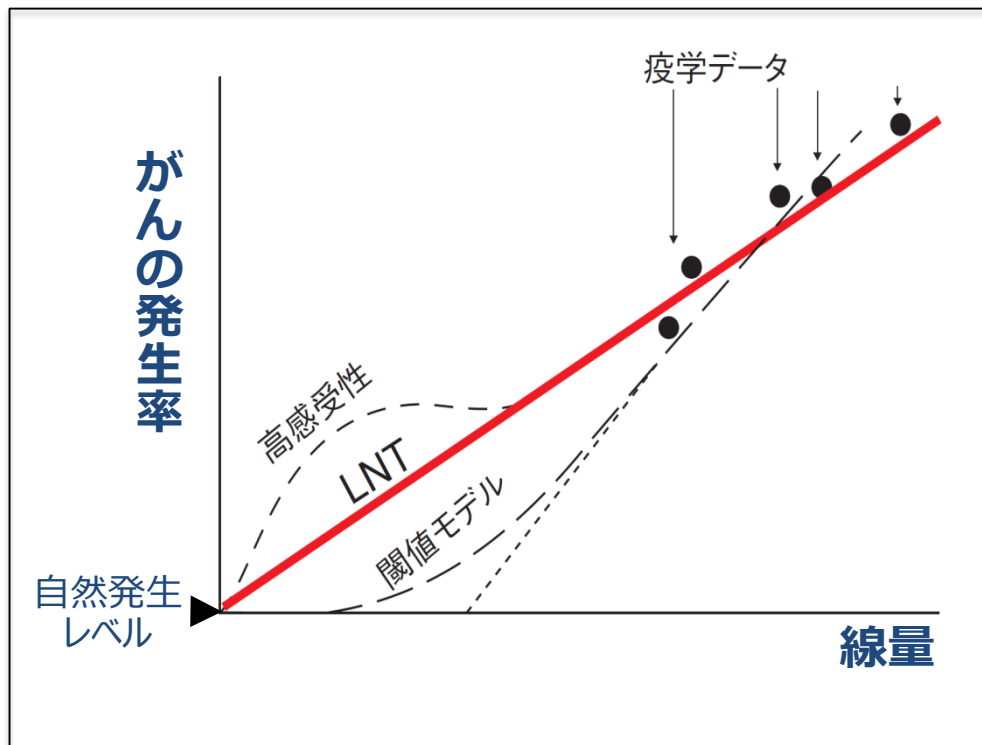


確率的影響(がん・白血病・遺伝等)

LNTモデルをめぐる論争

◎ 支持：
米国科学アカデミー（2006）
放射線被ばくには「これ以下なら
安全」と言える量はない

◎ 批判的：
フランス医学・科学アカデミー（2005）
一定の線量より低い放射線被ばく
では、がん、白血病などは実際
には生じず、LNTモデルは現実
に合わない過大評価



⇒ICRPは、放射線防護の目的上、
単純かつ合理的な仮定としてLNTモデルを採用

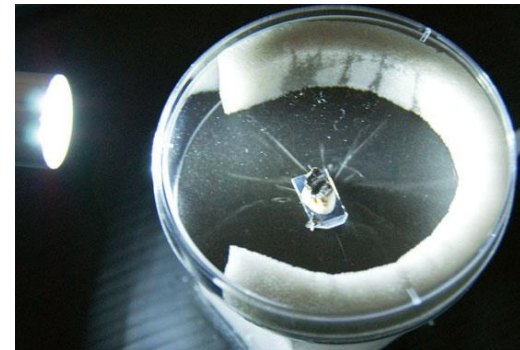
放射線のリスクと防護の科学

- 我々と放射線のかかわり
 - 人工放射線の利用
 - 自然放射線の存在
 - 事故後の新たな環境放射能との闘い
- 放射線の正体
 - 放射線の種類と特徴、単位
 - 放射線の視覚的理解
- 放射線リスクの理解
 - 疫学データの整理
 - 広島・長崎原爆被災者
 - 高線量自然放射線量地区居住者
 - リスクの考え方と防護への展開



出典:放射線教育サイト“らでい”
* 教育サイト“らでい”

* 出典:放射線教育サイト“らでい”



* 出典:原子力・エネルギー図面集2013

事故に関する放射線量の目安



* 出典:文部科学省『放射線等に関する副読本』

- 放射線防護の科学
 - 放射線防護のための基盤となる議論
 - 放射線防護のための基準値の理解

放射線安全のための基盤

【安全に関する国際機関／組織の役割】

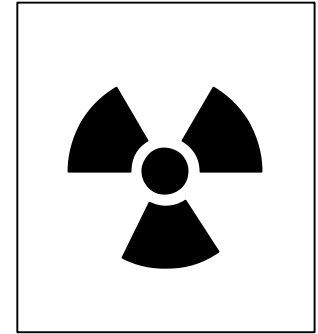
- 国連科学委員会 (UNSCEAR) = 現状の整理
 - 国際放射線防護委員会 (ICRP) = 理念の整理
 - 国際原子力機関 (IAEA) = 国際ルールの整備
- ※ 他にも、ICRU、WHO、OECD/NEA等

United Nations Scientific
Committee on the
Effects of Atomic
Radiation,
*Sources and Effects of
Ionizing Radiation:
UNSCEAR 2008 Report,*
Vol.1: Sources, New York:
United Nations
Publication, 2010

ICRP, 2007
*Recommendations of the
International Commission
on Radiological,*
ICRP Publication 103,
Annals of ICRP, vol.37
(no.2-4), 2007

IAEA, *International Basic Safety Standards for
Protection against Ionizing Radiation and for the
Safety of Radiation Sources,*
Safety Series No.115, Vienna: IAEA, 1996

放射線防護の目的



ICRP2007年勧告 (28)～(30)目的

1) **人**の健康を防護すること

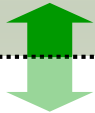
- 確定的影響(有害な組織反応)を防止
- 確率的影響(がんまたは遺伝的影響)のリスクを合理的に達成できる程度に減少させること

2) **環境**を防護すること

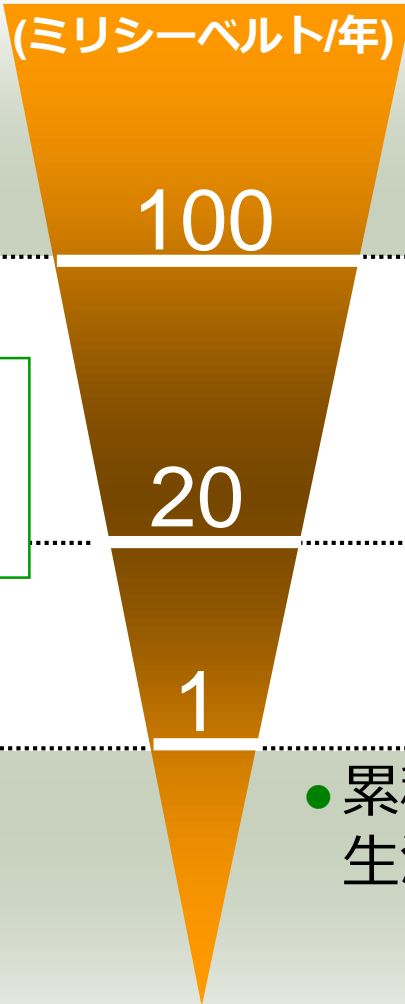
- 生物多様性の維持、種の保全、または自然の生息環境、群集及び生態系の健康と状況についてインパクトが無視できるレベルになるように、有害な放射線影響の発生を防止、又は頻度を低減すること

被ばく線量と健康リスクとの関係

- 確定的影響
- 有意ながんリスク



がんリスクが
どの程度かは不明
(もしあっても小さい)



緊急時の基準の範囲

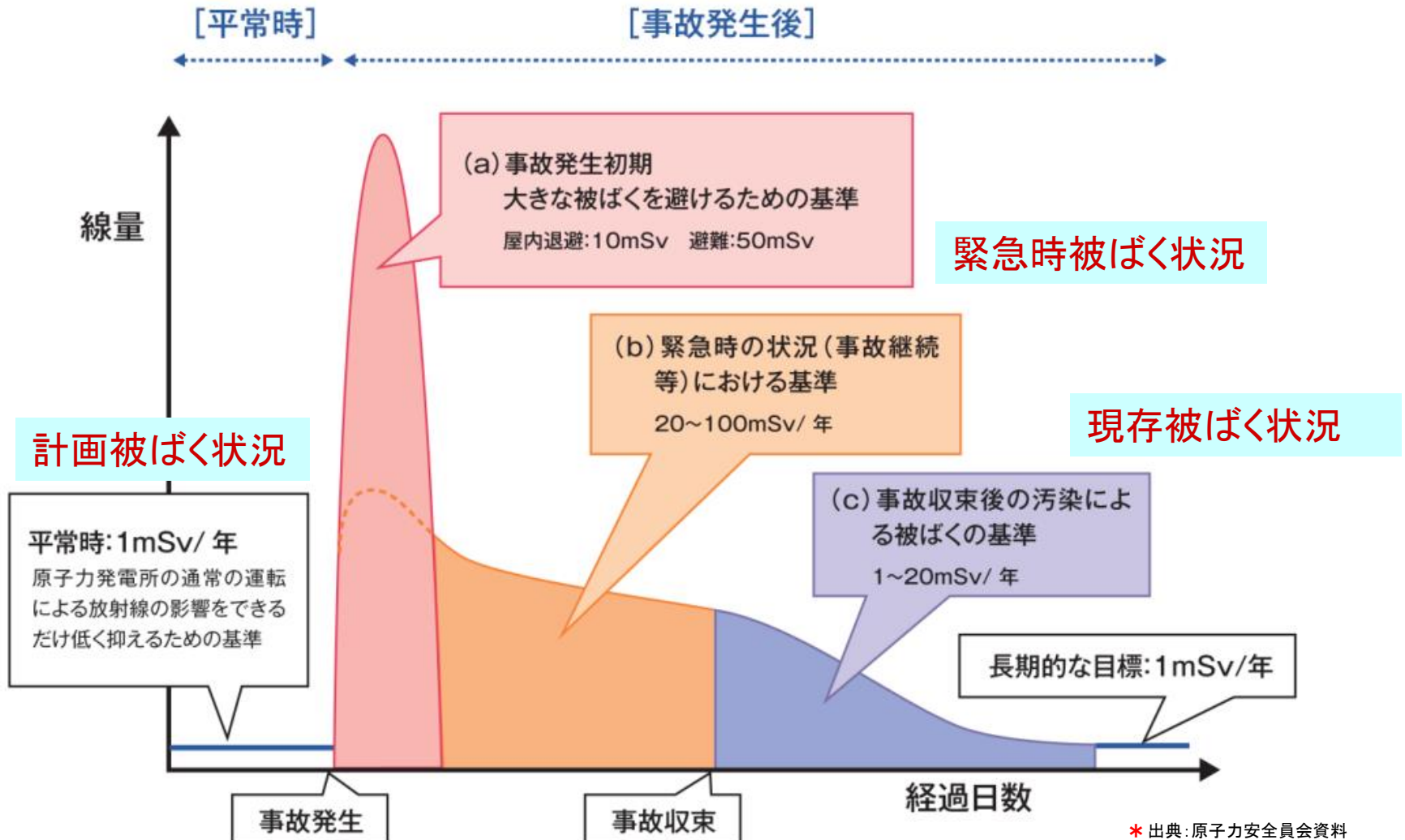
事故収束後の基準の範囲

- 自然放射線
レベルより低い

- 累積しても
生涯**100**ミリシーベルト未滿

国際放射線防護委員会2007年勧告

放射線防護のための基準値の意味

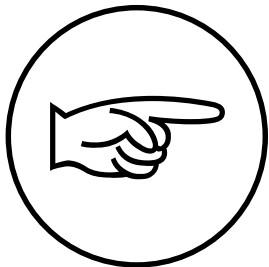


* 出典: 原子力安全委員会資料
(「原子力・エネルギー図面集2013」より)

【放射線との上手なつきあい方】 まとめにかえて

「放射線」＝有用な面もあるがリスクは避けられない
人類の発展、環境との共栄 ← 英知の結集

- ハザードとリスクの現状認識と分析に始まり、
- 安全の理念が構築され、
- 放射線防護体系(システム)が確立し、
- 現場に適用されるまで の道筋の理解



- ◆放射線防護における「最適化」の主軸化
- ◆「安全」と「危険」の境界線の議論
- ◆利害関係者(ステークホルダー)の役割

《バランス感覚》

- ★多角的な視点に基づく論点の理解
- ★科学的知見に基づく安定的な判断
- ★大切にしてほしい個々の価値観と直感