

Mie University

## がれき処理における放射線と健康 (医療の現場から)

三重県議会環境生活農林水産常任委員会

【東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理について】

三重大学医学部付属病院

中央放射線部 診療放射線技師長 牧 浩昭

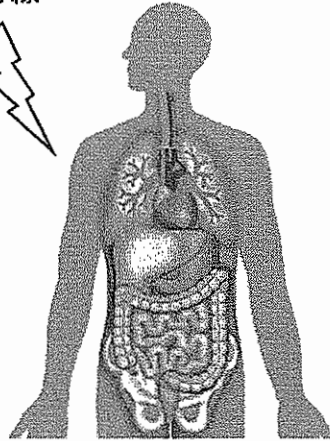
Mie University

### 医療で用いる放射線とがれき処理で問題となる放射線

医療	検査	X線検査(胸部写真・CT・胃透視・血管撮影など)	外部被ばく
		核医学検査=RI検査(骨シンチ・PET-CT検査など)	内部被ばく
医療	治療	放射線治療(ライナック・腔内照射)	外部被ばく
		放射性同位元素=RI 内服療法( <sup>131</sup> I 甲状腺治療)	内部被ばく
がれき処理		がれき(木材チップ)・灰から	( <sup>137</sup> Cs・ <sup>134</sup> Cs) 外部被ばく
		粉じん・灰を吸入(摂取)することにより	( <sup>137</sup> Cs・ <sup>134</sup> Cs) 内部被ばく

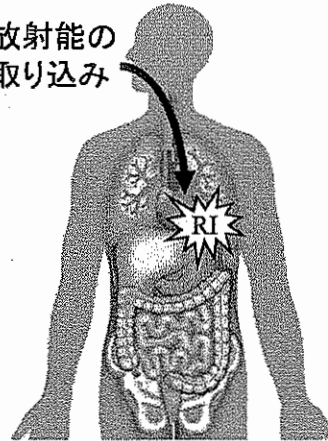
## 外部被ばくと内部被ばく

放射線



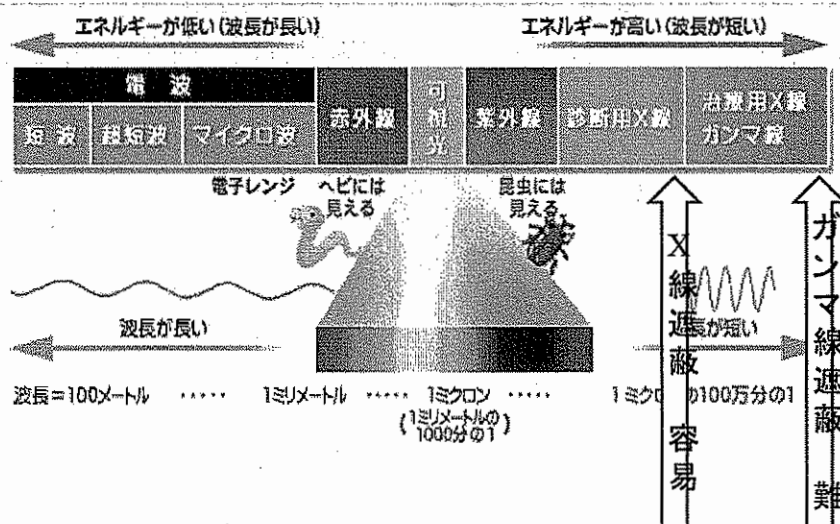
外部被ばく  
(医療の場合X線写真、CT)

放射能の  
取り込み



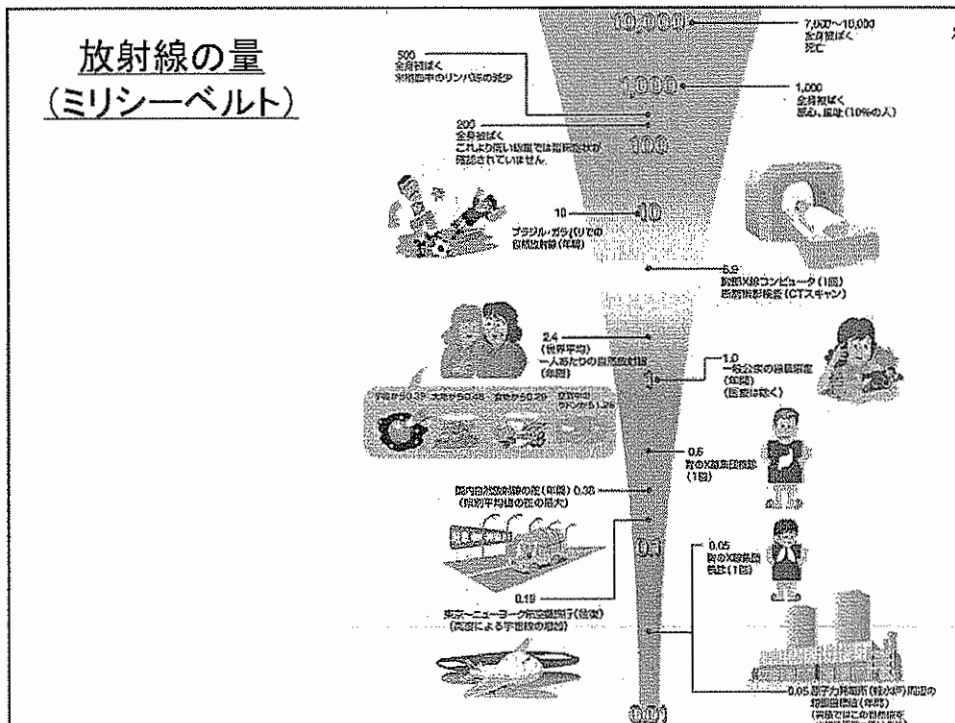
内部被ばく  
(医療の場合核医学検査)

## X線、ガンマ線は波長の短い電磁波 (電離放射線)



		投与量	半減期	γ線エネルギー
がれき	$^{137}\text{Cs}$	2000Bq/Kg	30y	662keV 遮蔽困難
骨シンチ	$^{99\text{m}}\text{Tc-HMDP}$	555MBq	6h	141keV
心筋シンチ	$^{201}\text{TlCl}$	111MBq	72h	71keV
脳血流シンチ	$^{99\text{m}}\text{Tc-EGD}$	800MBq	6h	141keV
甲状腺Ca治療	$^{131}\text{I}$ カプセル	7.4GBq	8d	364keV

診断領域のX線撮影装置	約20~	50keV	2mm鉛で遮蔽可
放射線治療装置	4~	18MeV	2mコンクリート+鉄板



### 言葉の違い

**被爆**      **被曝**      =      **被ばく**

原水爆に  
あたること

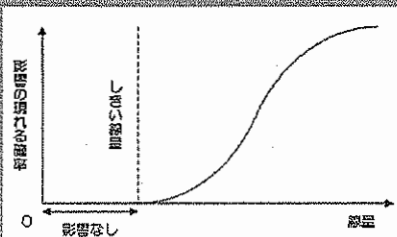
放射線に  
あたること

被曝と同じ  
「曝」が  
常用漢字でないため

### 放射線が人体に与える影響 Mie University

#### 確定的影響

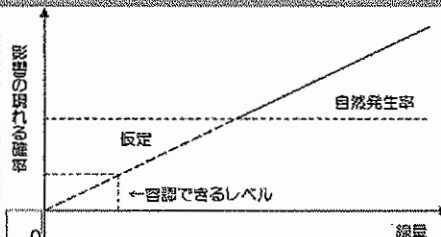
(脱毛、白内障、皮膚障害など)



しきい値があり、  
防ぐことができる。

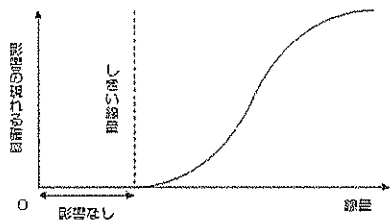
#### 確率的影響

(がん、白血病、遺伝への影響)



出来るだけ影響を  
少なくしよう

確定的影響



個人によってしきい線量は異なる



線量 (Gy)	皮膚被ばく	急性被ばく	全身被ばく	胎児被ばく	線量 (Gy)
0.1				胎児奇形	0.1
0.15		男性一時不妊			0.15
0.2				精神遅滞	0.2
0.25			リンパ球の一時減少		0.25
0.5				発育遅延	0.5
0.85		女性一時不妊			0.85
1				放射線過敏	1
1.5					1.5
2		白内障			2
2.5		女性永久不妊			2.5
3	脱毛、紅斑、色素沈着			骨髄症	3
3.5		男性永久不妊			3.5
4				LD50	4
6					6
7				LD100	7
8					8
10				流産形成 消化管死 腸死	10
20				難治性潰瘍	20
50					50
100				中枢神経死	100

急性被ばく

線量	1-2Gy	2-4Gy	4-6Gy	6-8Gy	>8Gy
潜伏期(日)	30以上	18-28	8-18	7未満	3未満
主な症状	疲労感 脱力感	発熱、感染、 出血、脱毛、 疲労感	高熱、感染、 出血、脱毛	高熱、下痢、 めまい	高熱、下痢、 脱毛、意識 障害
死亡率(%)	0	0-50	20-70	50-100	100

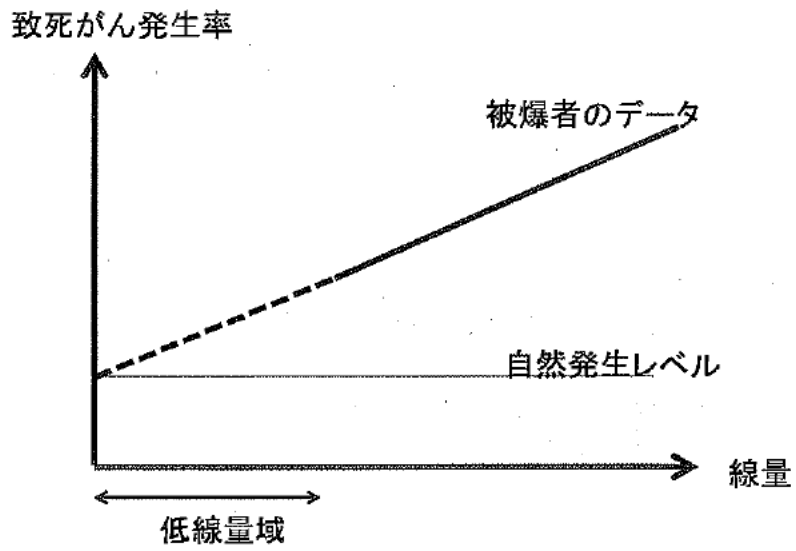
短時間に高線量を浴びたとき(原爆・事故など)

ICRP Publ.96

放射線治療

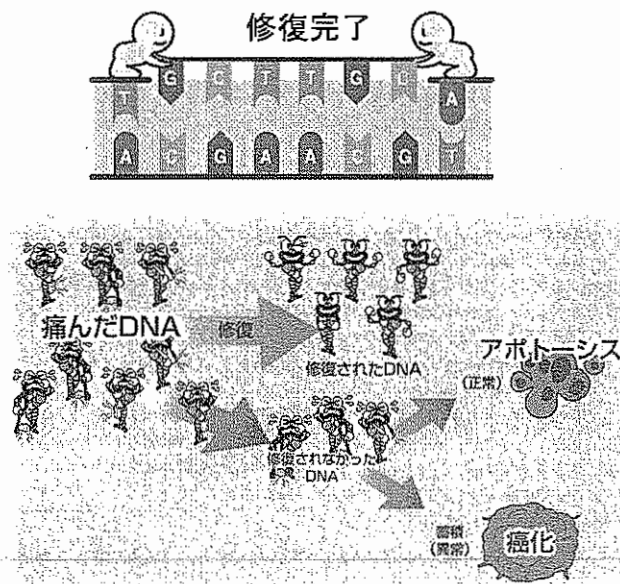
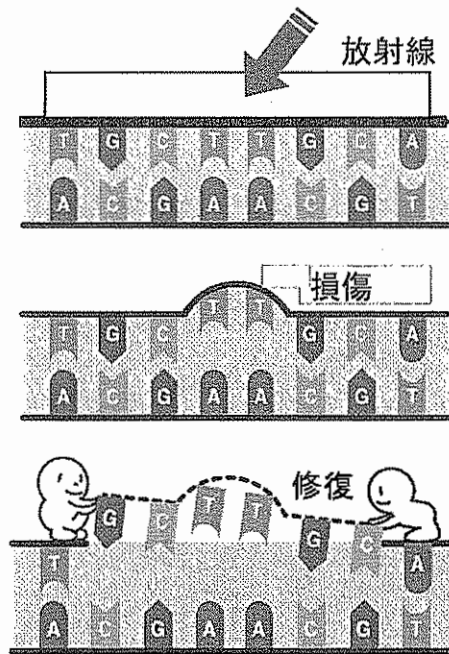
腫瘍(肺がん)に対して2Gyを30日間照射 合計60Gy  
 ↑局所  
 びらん・水泡・潰瘍・難治性潰瘍発生しない = 回復する

確率的影響 (Linear Non-Threshold :LNT仮説)



DNAへの影響





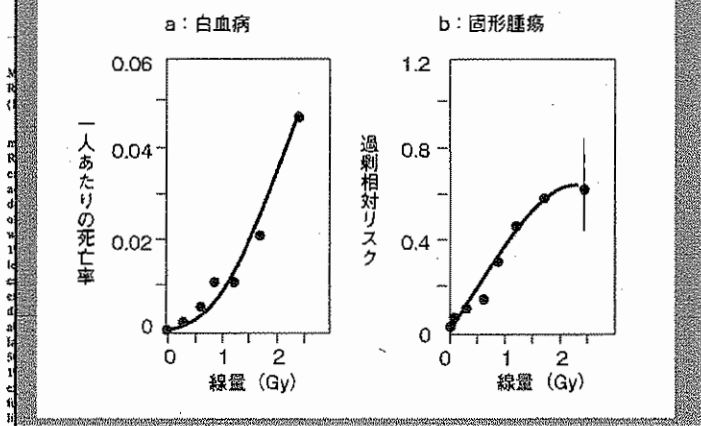
高線領域(>100mSv)では線量と  
 発がん確率との関係は明らか

city

Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors.  
 Report 12, Part I. Cancer: 1950-1990

Donald A. Pierce,<sup>1,2</sup> Yukiko Shimizu,<sup>1</sup> Dale L. Preston,<sup>1</sup> Michael Vaeth<sup>3</sup> and Kiyohiko Mabuchi<sup>1</sup>

白血病と固形がんの線量効果関係 高線量域

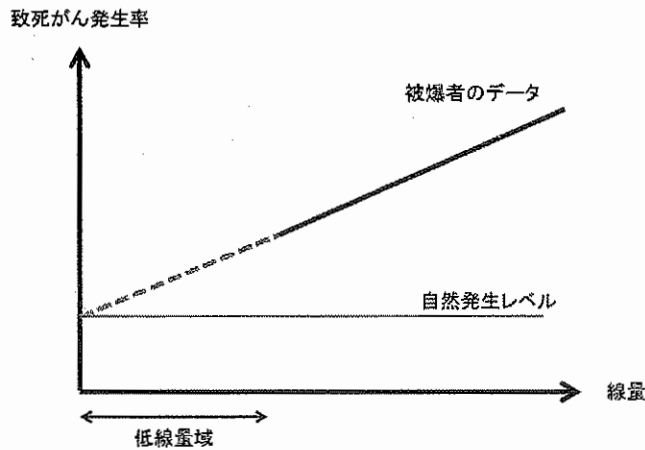


Taking advantage of the lengthening follow-up, increased attention to Nagasaki tumor registry data for analysis of cancer incidence is given to clarifying temporal patterns of the excess cancer incidence for the subcohort within the scope of these registries.

Mie University

現在、ICRPでは、

100mSvで発がん率が0.5%増加





# 低線量被ばくの取り扱い

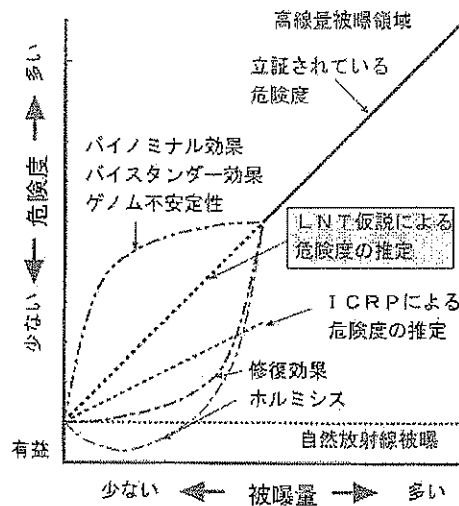
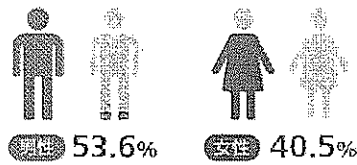


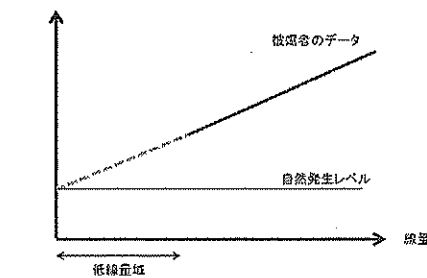
図2 被曝量が低い場合の危険度の考え方

## ●生涯のうちにかんになる確率



財団法人がん研究振興財団「がんの統計'10」より

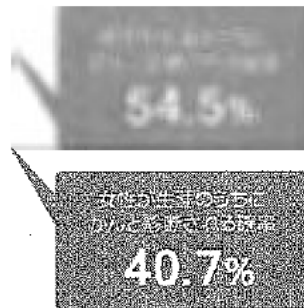
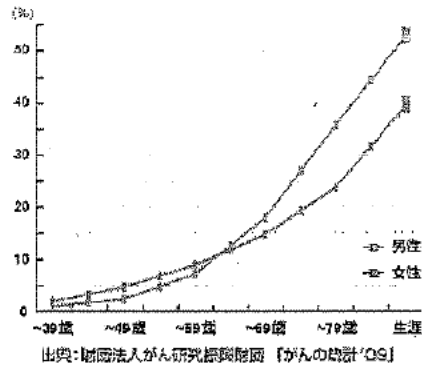
## 致死がん発生率



放射能と生活習慣によりがんになるリスク

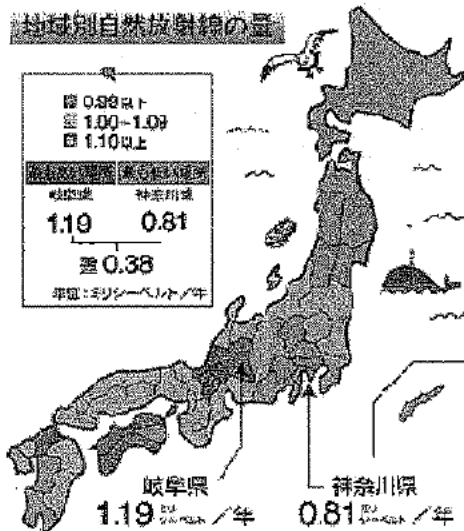
要因	がんになるリスク
2000 <sup>Bq</sup> 未満を浴びた場合	
喫煙	1.6倍
毎日3合以上飲酒	
1000 <sup>Bq</sup> ～2000 <sup>Bq</sup> を浴びた場合	1.4倍
毎日2合以上飲酒	
やせすぎ	1.29倍
肥満	1.22倍
運動不足	1.15～1.19倍
200 <sup>Bq</sup> ～500 <sup>Bq</sup> を浴びた場合	1.16倍
塩分の取りすぎ	1.11～1.15倍
100 <sup>Bq</sup> ～200 <sup>Bq</sup> を浴びた場合	1.08倍
野菜不足	1.06倍
受動喫煙	1.02～1.03倍

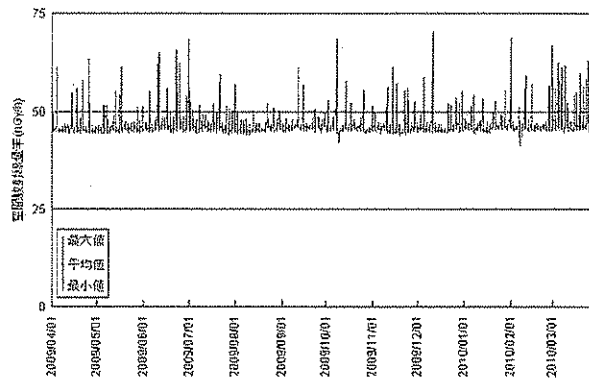
(国立がん研究センター調べ)



100mSvで発がん率が0.5%増加→CT1回(10mSv)で0.05%増加  
 がんの確率が54.500%(10万人あたり54500人)から54.505%(10万人あたり54505人)に増えても統計学的に証明できない。

### 自然放射線の量



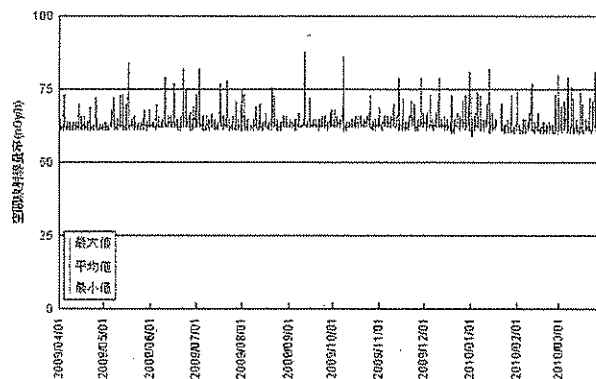


三重県における空間放射線濃度(2009年度)

【解説】

この図は、2009年度の三重県四日市市における空間放射線濃度の1日ごとの最大値、平均値、最小値を表しています。空間放射線の発生源は地面などからの自然放射線および宇宙線がほとんどです。降雨、降雪時には空気中の天然放射線核種が洗い落とされて地面に降下してくるため、降雨などのあった日には線量率が増加します。

文部科学省 環境放射線調査  
(財)日本分析センター

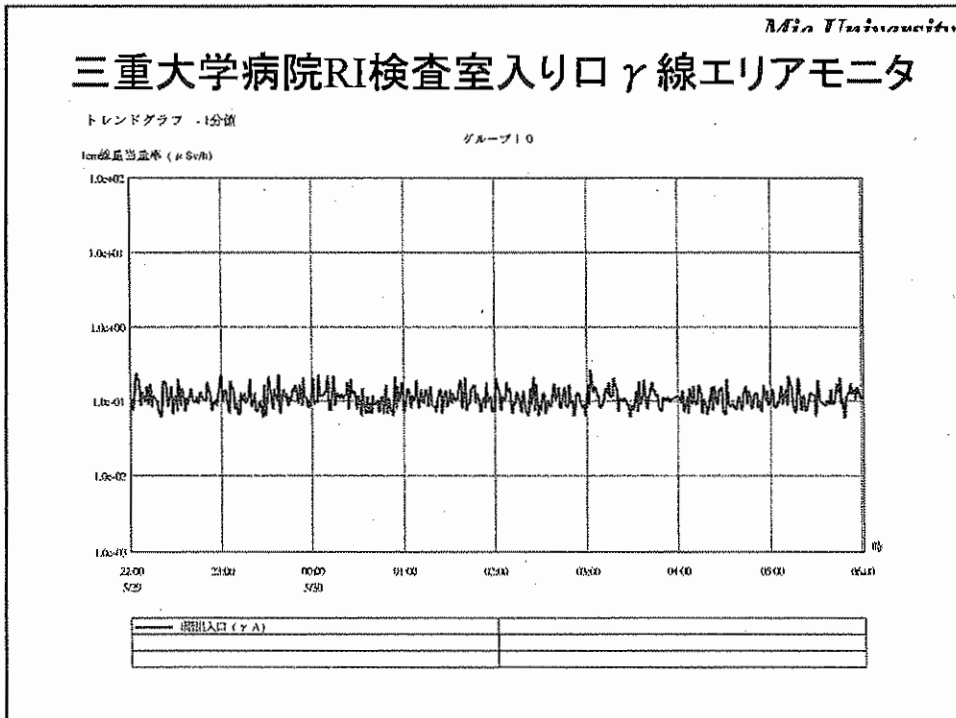
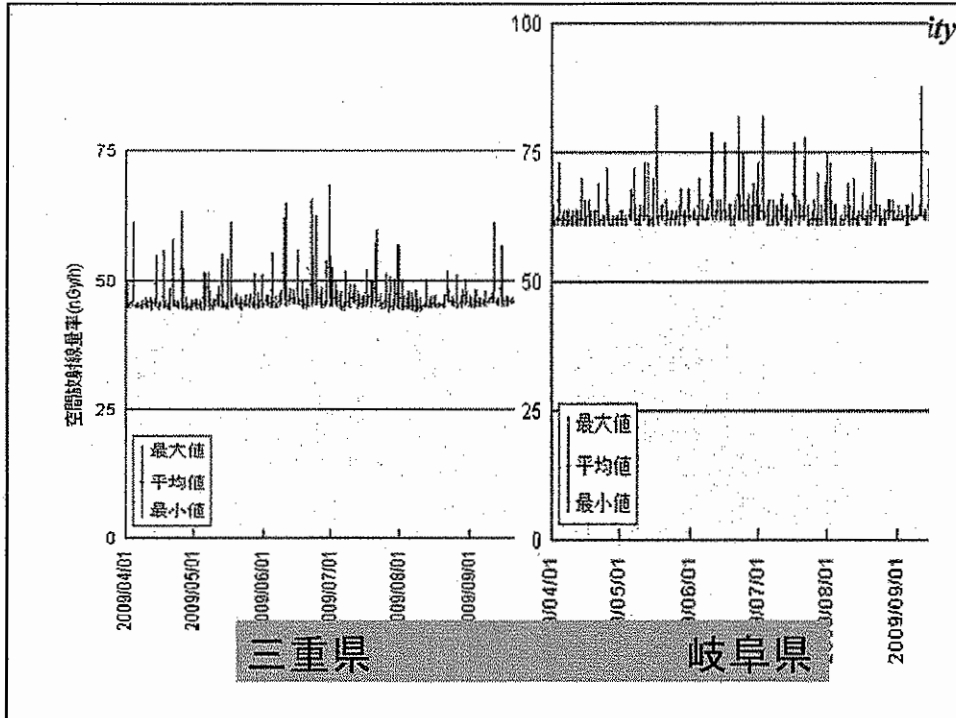


岐阜県における空間放射線濃度(2009年度)

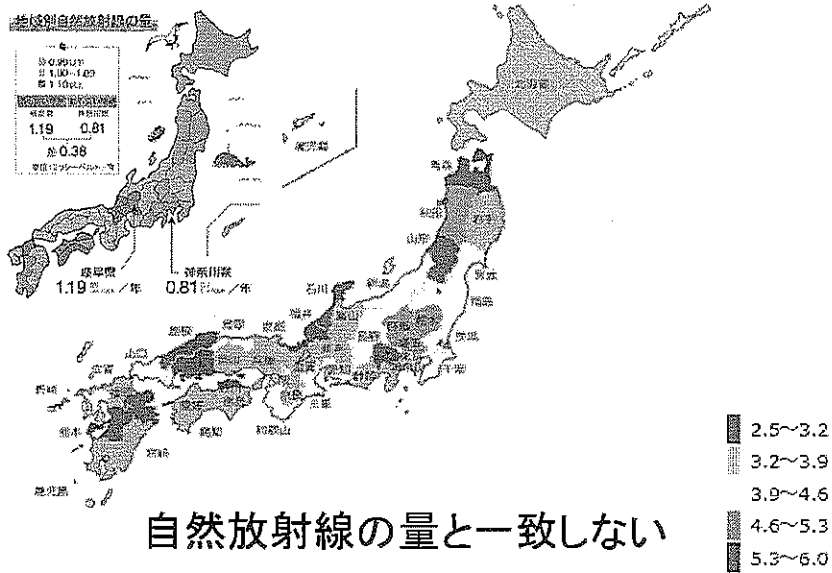
【解説】

この図は、2009年度の岐阜県各務原市における空間放射線濃度の1日ごとの最大値、平均値、最小値を表しています。空間放射線の発生源は地面などからの自然放射線および宇宙線がほとんどです。降雨、降雪時には空気中の天然放射線核種が洗い落とされて地面に降下してくるため、降雨などのあった日には線量率が増加します。

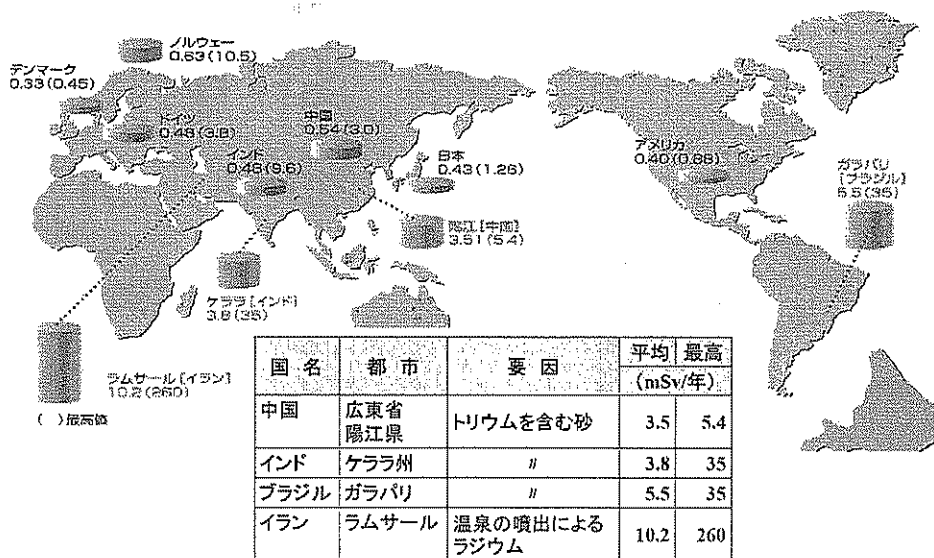
文部科学省 環境放射線調査  
(財)日本分析センター



## 都道府県別がん死亡率

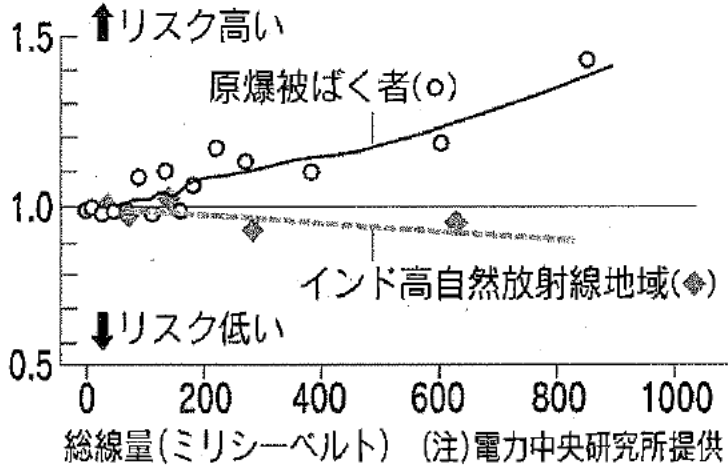


## 自然放射線の量(世界)



### インドの高自然放射線地域での疫学調査に基づくがん死亡リスク

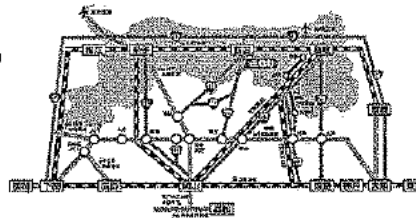
相対的ながん死亡リスク(対照地域のリスクを1とした場合)



### ホルミシス効果

鳥取県三朝温泉(ラジウム温泉)

0.15  $\mu$  Sv/h 年間1.2mSv



三朝地域のガン死亡率は  
全国平均の2分の1

岡山大学医学部 御船先生のグループ

## 低線量被ばくの取り扱い

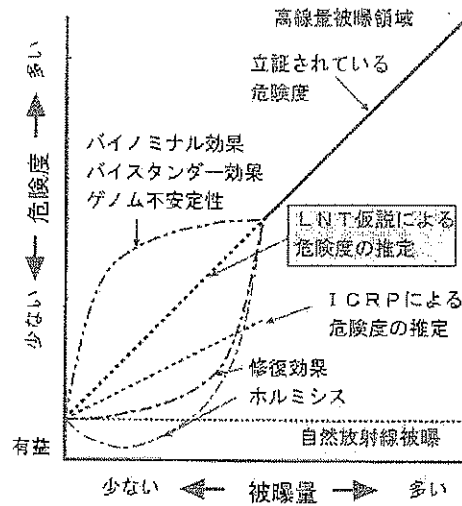


図2 被曝量が低い場合の危険度の考え方

## 放射線障害防止法

・職業被ばく

実効線量	5年の平均が20mSv (かつ1年が50mSv以下)
女性	5mSv/3ヶ月

・公衆被ばく → 1mSv/年

妊娠中  
外部被ばく: 腹部表面の等価線量限度 2mSv  
内部被ばく: 母胎の実効線量限度 1mSv

**安全と危険の境界を示す線量ではない!**

・医療被ばく → 人体への限度はない

しかし、周辺環境には十分配慮している

放射線障害防止法における管理区域境界の線量限度

- ・実効線量限度: 1.3mSv/3ヶ月
- ・空气中濃度限度: 3ヶ月間の平均濃度が空气中濃度限度の1/10
- ・表面汚染密度限度: 表面密度限度の1/10

それぞれの限度との割合の和が1を超えないこと

<sup>137</sup>Csの場合の各限度

空气中濃度限度:  $3 \times 10^{-5}/\text{cm}^3$

表面汚染密度限度:  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$

医療被ばくと原発事故による被ばく

- ・ 医療被ばく
    - ベネフィットがある
    - 病変の早期発見 正確な診断と治療
- ↓
- 寿命の延長、QOLの改善
- ・ 原発事故による被ばく
    - ベネフィットがない



## 単純・造影X線やCTによる被曝

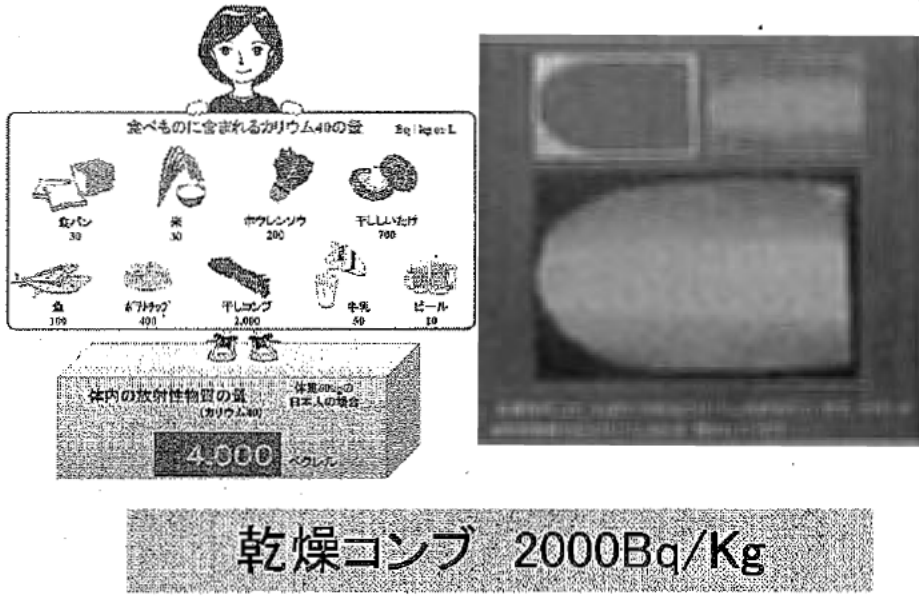
	Effective dose (mSv)	胸部単純比
胸部単純(正面)	0.02	1
頭部単純	0.07	4
腰椎単純	1.3	65
尿路造影(DIP)	2	125
上部消化管	3	150
バリウム注腸	7	350
頭部CT	2	100
腹部CT	10	500
冠動脈CT	15	750

## 体内の自然放射線物質

体重60kgの日本人の場合

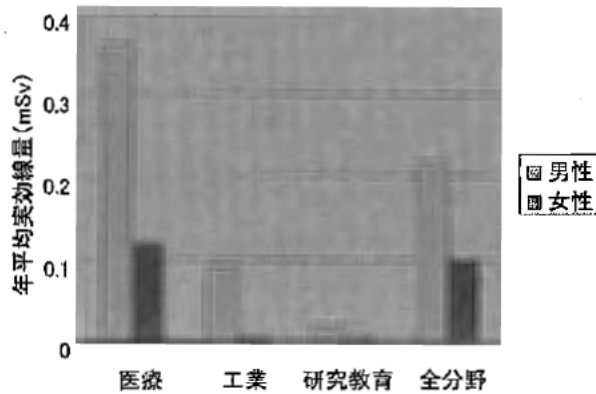
カリウム40	4,000ベクレル
炭素14	2,500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル
セシウム137	20~60ベクレル
トリチウム	50ベクレル

合計 約7000Bq = 117Bq/Kg



職業被ばくにおける  
実効線量の実態

平成15年4月～平成16年3月  
ガラスパッジ(千代田テクノル社)測定結果より



男性 281,000人 女性 64,000人

三重大学医学部附属病院における職業被ばく線量の分布

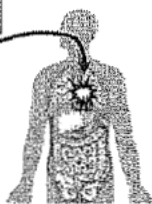
2010/4/1~2011/3/31における年間被ばく線量

mSv	人数
x	263
0.1~0.5	49
0.6~1.0	14
1.1~5.0	22
5.1~10.0	1
10.1~15.0	4
合計	353

0.1mSv以上 90(25%)  
1.1mSv以上 27(5%)  
平均 0.35mSv

計測は個人線量計(ガラスバッジ・SOLなど)


**内部被ばく**



もし焼却灰1kgを体内に取り込んだとすると、  
 預託実効線量(生涯受ける線量)は、  
 $8000\text{Bq} \times (3.9 \times 10^{-5}\text{mSv/Bq}) = 0.31\text{mSv}$

セシウムにおける経口(1.3)・吸入(3.9)摂取による  
 臓器線量係数のうち一番大きな値を採用  
 ICRP Publ.72

**外部被ばく**



もし、焼却灰の山の上で1日6時間、年250日  
 作業した場合は  
 $0.86\text{mSv} \times 4\text{倍} = 3.44\text{mSv}$

大阪府の試算  
(2000Bq/kg)

焼却灰の山から100m離れたところで  
 (間に壁もなく)30年間住み続けた場合、  
 $3.44 \times (24/6) \times (365/250) \times (3 \div 100)^2 = 0.023\text{mSv/y}$

$0.023\text{mSv/y} \times 30\text{年} = 0.69\text{mSv}$

半減期補正なし

137-セシウム 8000Bq/kg

内部被ばくと外部被ばくを合算すると  
 最大に見積もっても30年間の公衆被ばくは  
 $0.31 + 0.69 = 1\text{mSv}/30\text{年}$   
 三重県は8000Bq→2000Bqなので  
 $1\text{mSv} \div (2000/8000) = 0.25\text{mSv}/30\text{年}$

## 出来るだけ被ばくを減らすには

<b>外部被ばく防止の3原則</b>	
遮へい	現実的には無理 (高エネルギー)
距離	出来るだけ離れる
時間	出来るだけ短く
<b>内部被ばく防止の3原則+<math>\alpha</math></b>	
経口摂取の防止	飲食・喫煙の禁止!
吸入被ばく防止	マスク
経皮被ばくの防止	つなぎ・手袋・帽子
専用靴・手洗いなどの励行	汚染拡大防止
<b>線量の測定</b>	(空間線量率・個人被ばく線量計)
リファレンスとの比較	最初のデータが重要
正確なデータの収集	正しい場所への設置・装着