

研究成果報告会

# 放射線の影響を探る

平成 19 年度

財団法人 環境科学技術研究所

## 目次

1. 青森県における環境中の放射線と放射性物質について	1
1.1 放射線とは	2
1.2 天然放射線による被ばく	3
青森県民が大地からのガンマ線によって受ける被ばく線量	7
青森県民が大気中ラドンから受ける被ばく線量	15
青森県民の内部被ばく線量の推定	21
1.3 再処理施設からの放射性物質による被ばく	29
2. 低線量放射線の生物への影響について	37
2.1 放射線の生体影響	37
2.2 マウスを用いた寿命試験	40
低線量率放射線長期連続照射による影響（寿命試験）	41
2.3 新たに進めている調査	46
マウス悪性リンパ腫の遺伝子解析	47
用語説明	53

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字家ノ前1番7

財団法人 環境科学技術研究所 広報・研究情報室

TEL 0175-71-1240

## 青森県における環境中の放射線と 放射性物質について

(財)環境科学技術研究所  
環境動態研究部長  
久松 俊一

## 青森県における環境中の放射線と 放射性物質について

1. 放射線とは
2. 天然放射線による被ばく
  - 1) 大地からのガンマ線
  - 2) ラドン
  - 3) 人体内の放射性物質
  - 4) 宇宙線
3. 再処理施設からの放射性物質による被ばく

- 現在のレベルを知る
- 変動範囲を調べる
- その原因を探る

- 放射性物質の挙動を予測する

## 天然放射能の発見



ベクレル



ウラン化合物が黒い紙を通して  
写真乾板を感光させる(1896年)

謎の放射線はベクレル線と呼ばれた。放射線を出す能力をマリー・キュリーが放射能と名づけた。

## ベクレル線の正体



ラザフォード

ベクレル線には2種類有る (1899年)

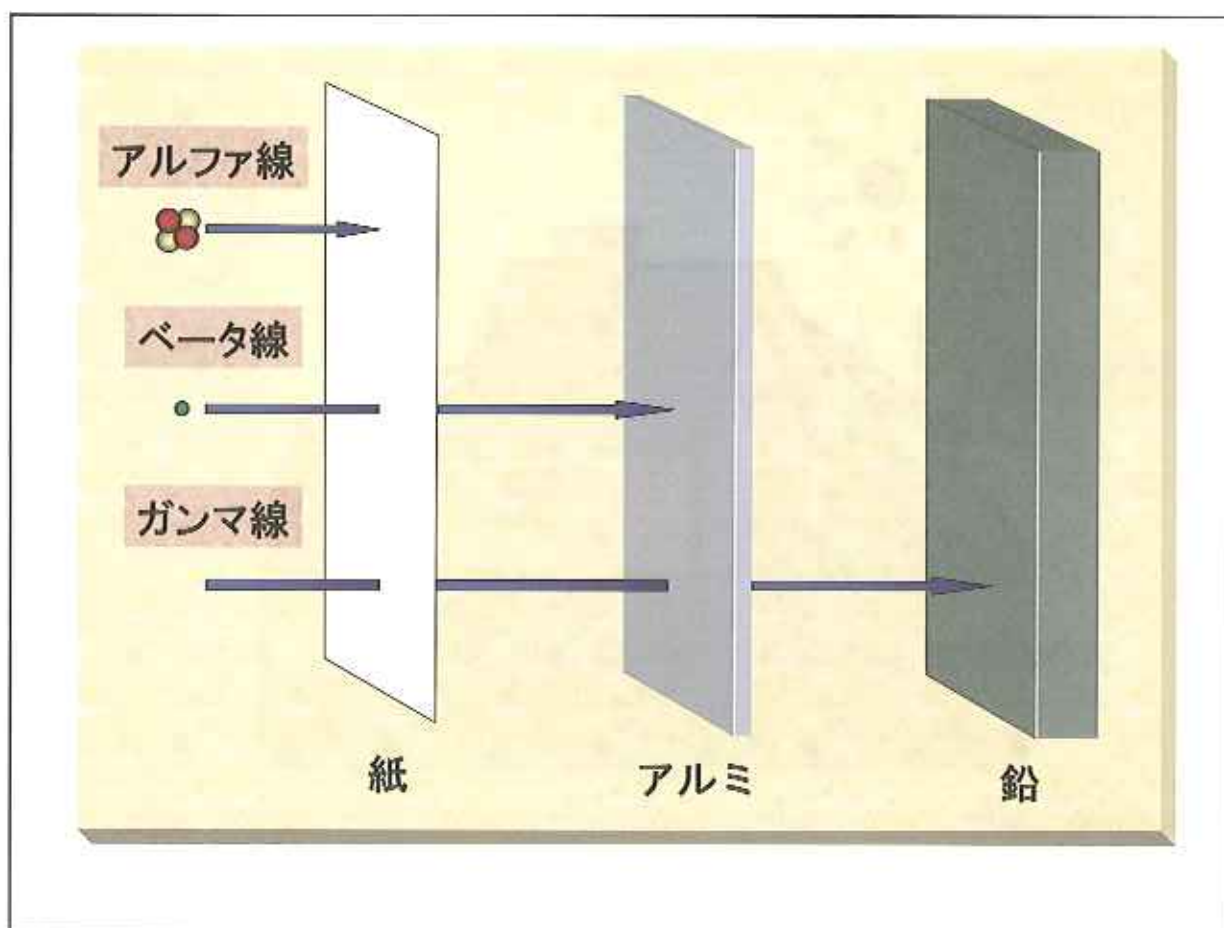
透過力が弱い (後のアルファ線)

透過力が強い (後のベータ線)



ヴィラール (P. Villard)

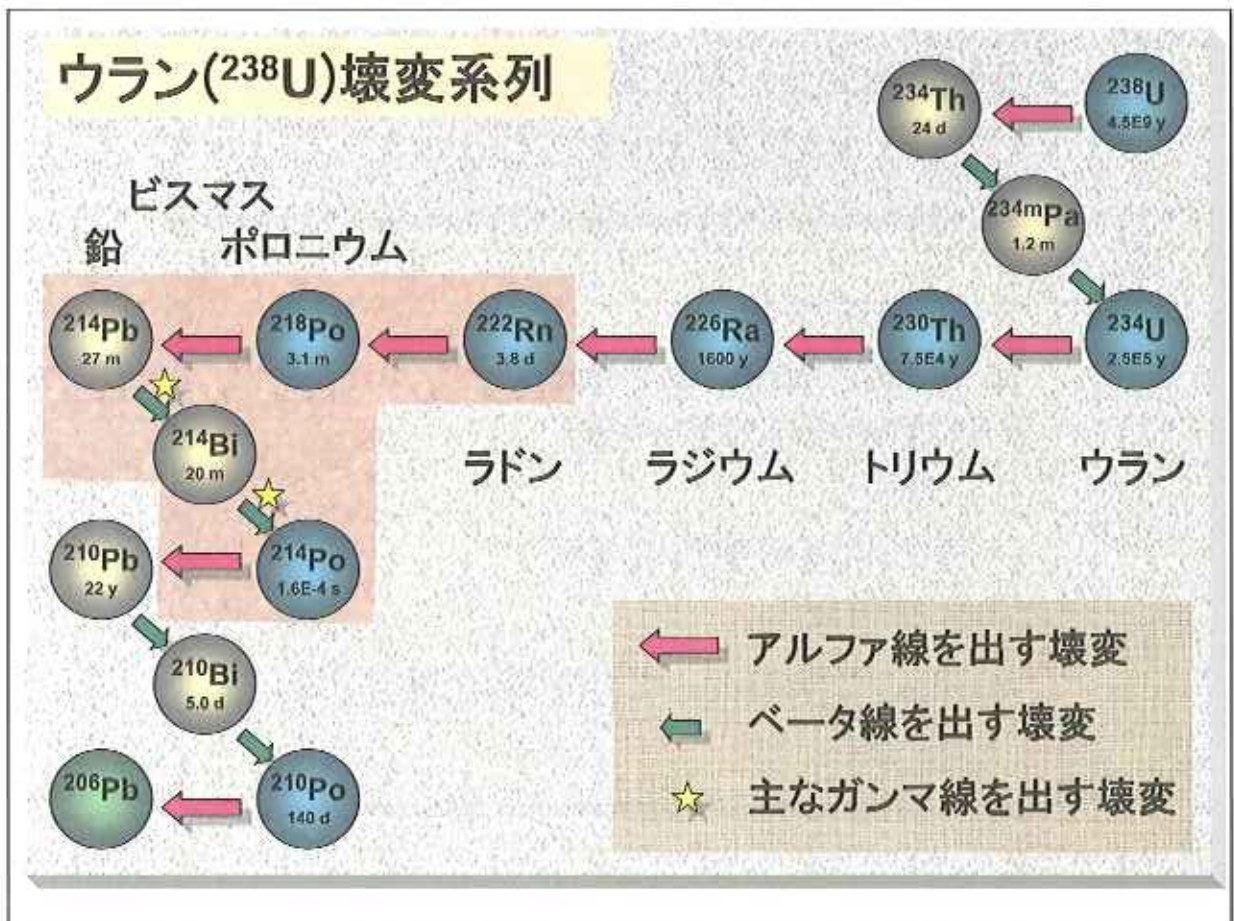
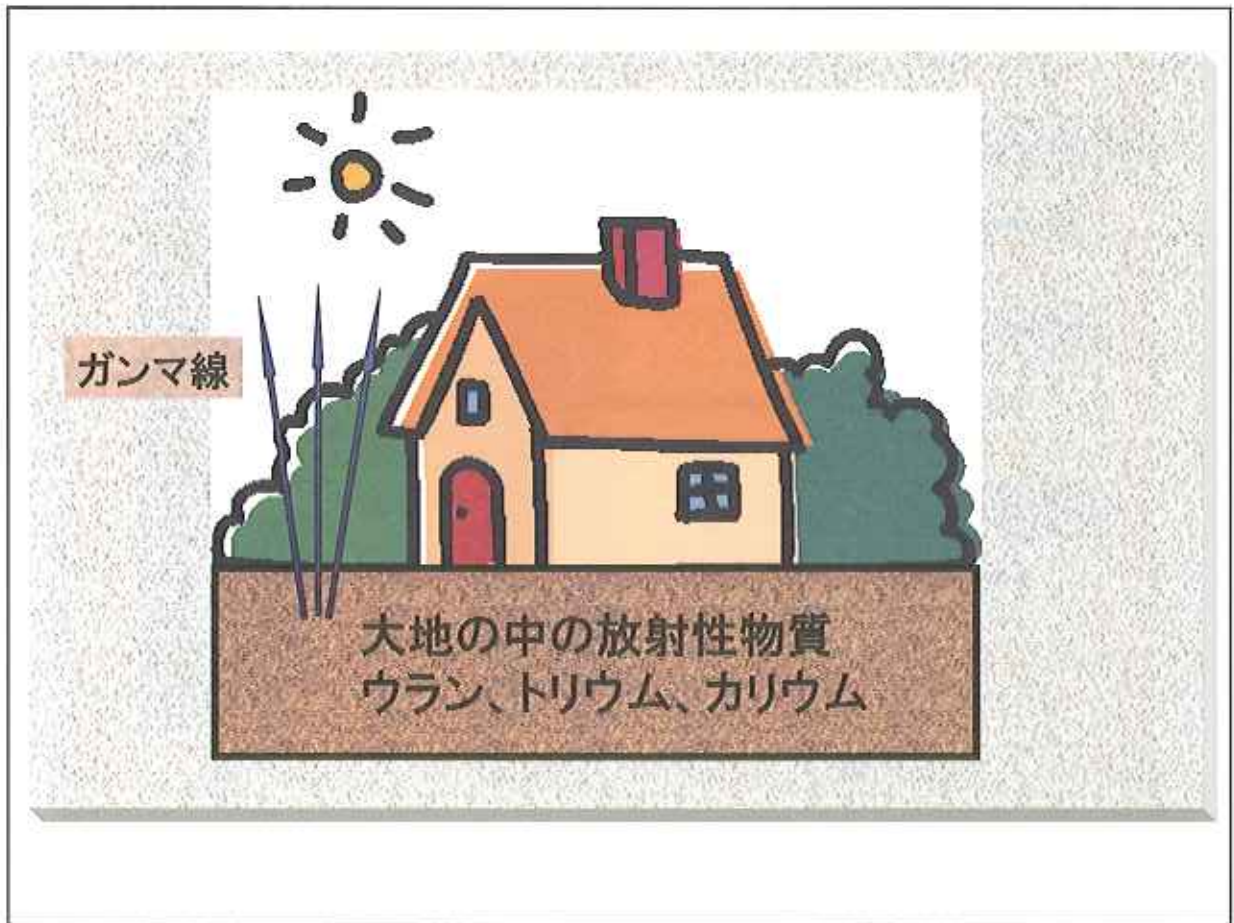
透過力が更に強く、電磁場で曲がらない  
(後のガンマ線、1900年)



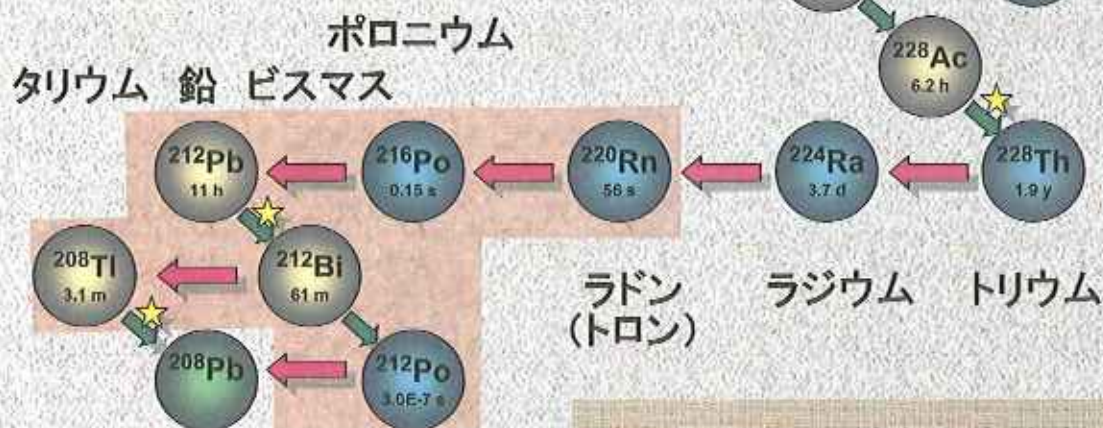
## 1.2 天然放射線による被ばく

### 青森県における環境中の放射線と放射性物質について

1. 放射線とは
2. 天然放射線による被ばく
  - 1) 大地からのガンマ線
  - 2) ラドン
  - 3) 体内の放射性物質
  - 4) 宇宙線
3. 再処理施設からの放射性物質による被ばく



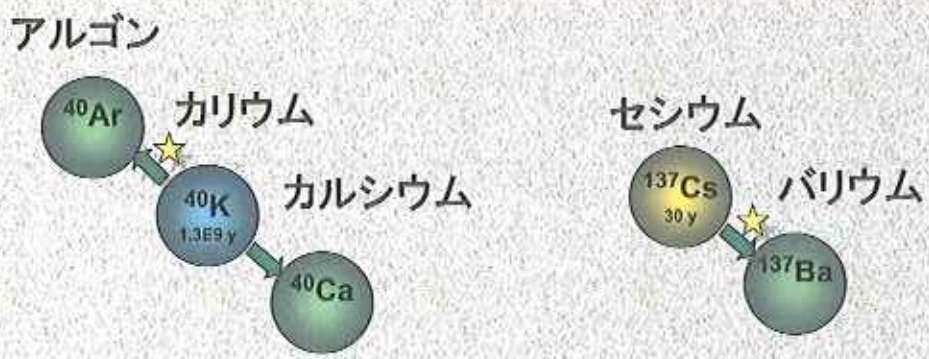
# トリウム( $^{232}\text{Th}$ )壊変系列



- ← アルファ線を出す壊変
- ベータ線を出す壊変
- ☆ 主なガンマ線を出す壊変

# カリウム-40( $^{40}\text{K}$ )

# セシウム-137( $^{137}\text{Cs}$ )



- 安定
- >1000年
- >1年
- ← ベータ線を出す壊変
- ☆ 主なガンマ線を出す壊変

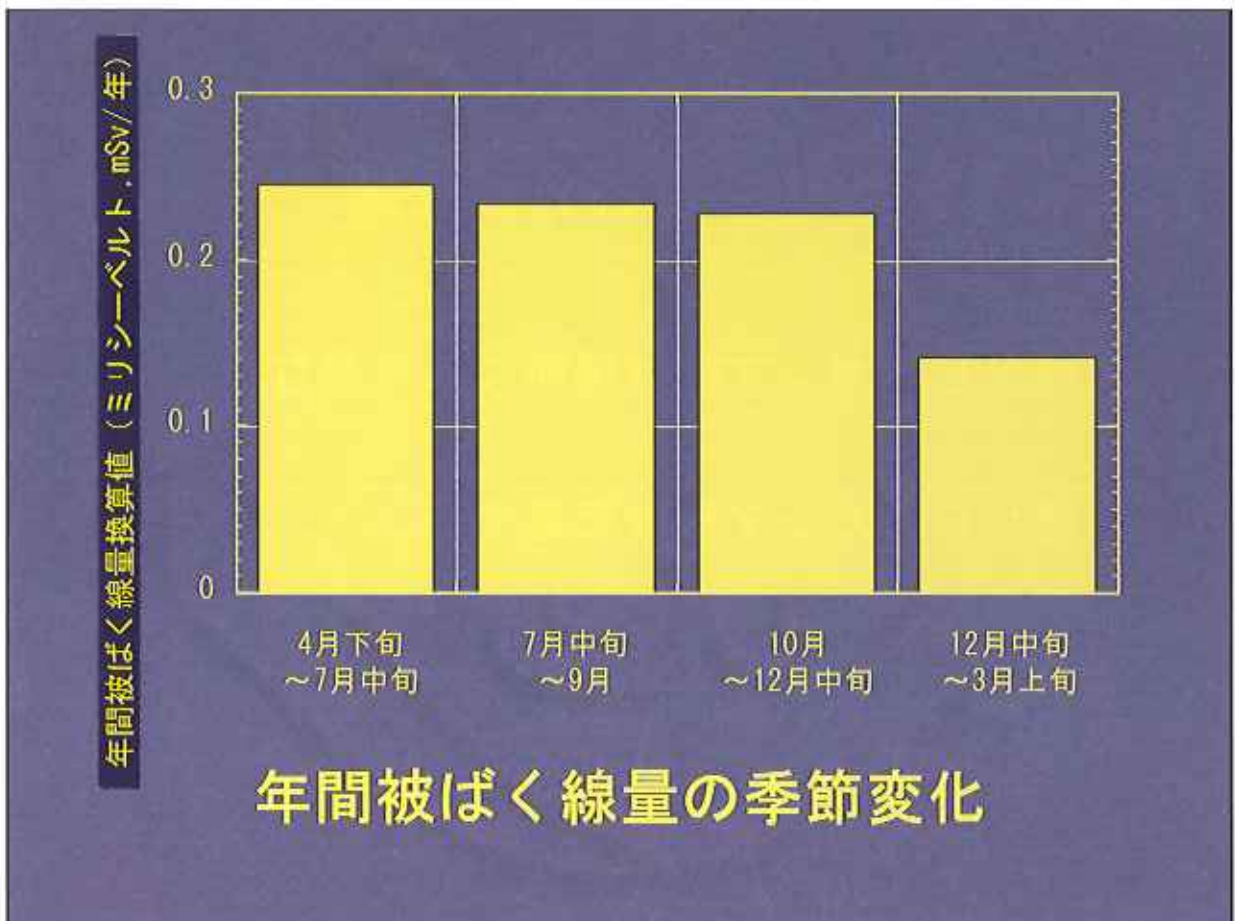
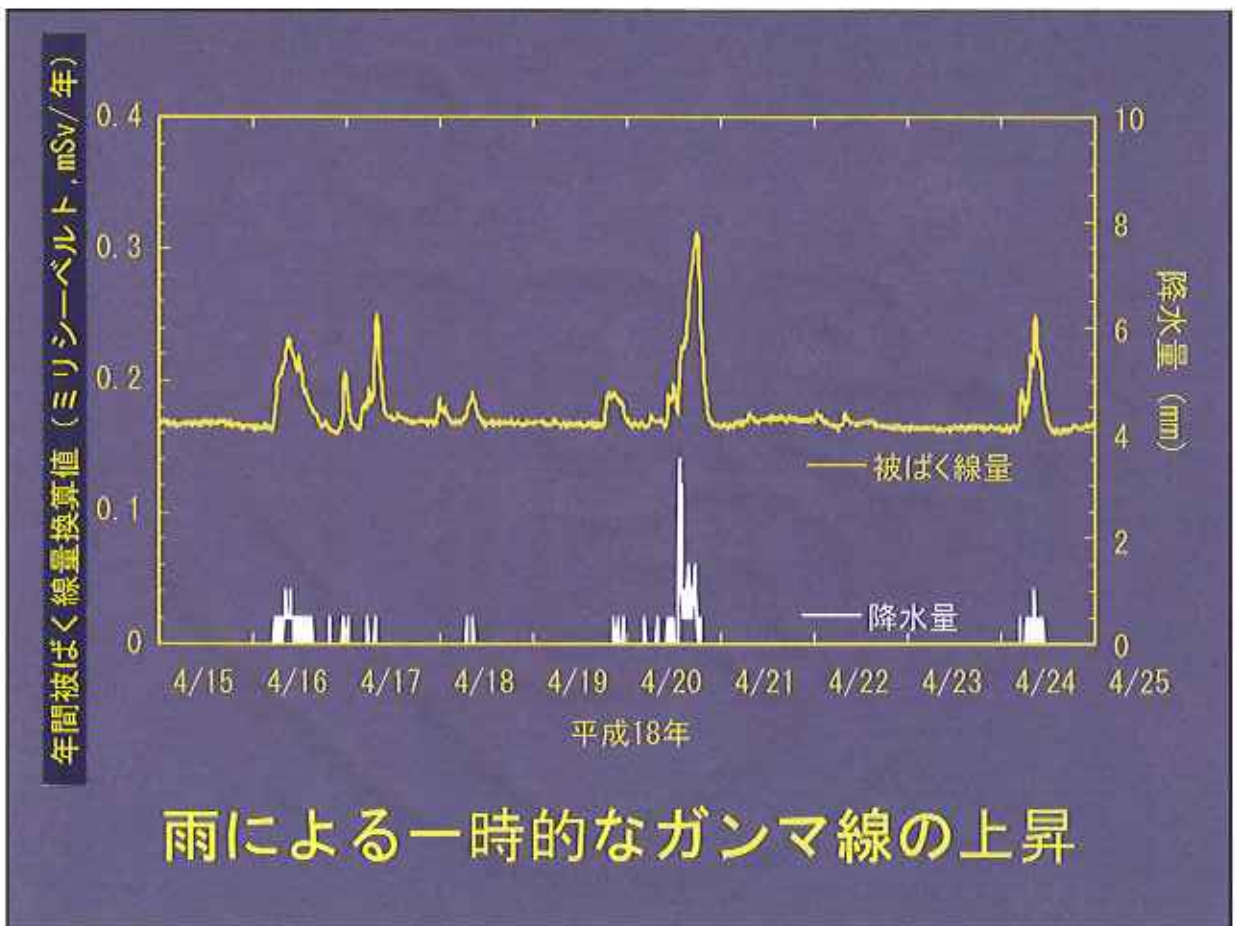
# 青森県民が大地からの ガンマ線によって受ける 被ばく線量

(財) 環境科学技術研究所  
環境動態研究部  
五代儀 貴

## 大地からのガンマ線

- ・ 大地からのガンマ線は場所により異なる
- ・ 大地からのガンマ線は変動する
  - ① 雨等により大地の放射性核種濃度が高くなる
  - ② 雪等により地面が覆われる





## 測定方法

### ①積算線量の測定（平均的な線量率の把握）

測定器：ガラス線量計

設置期間：約1年間（3ヶ月弱×4期）



ガラス線量計

設置箱

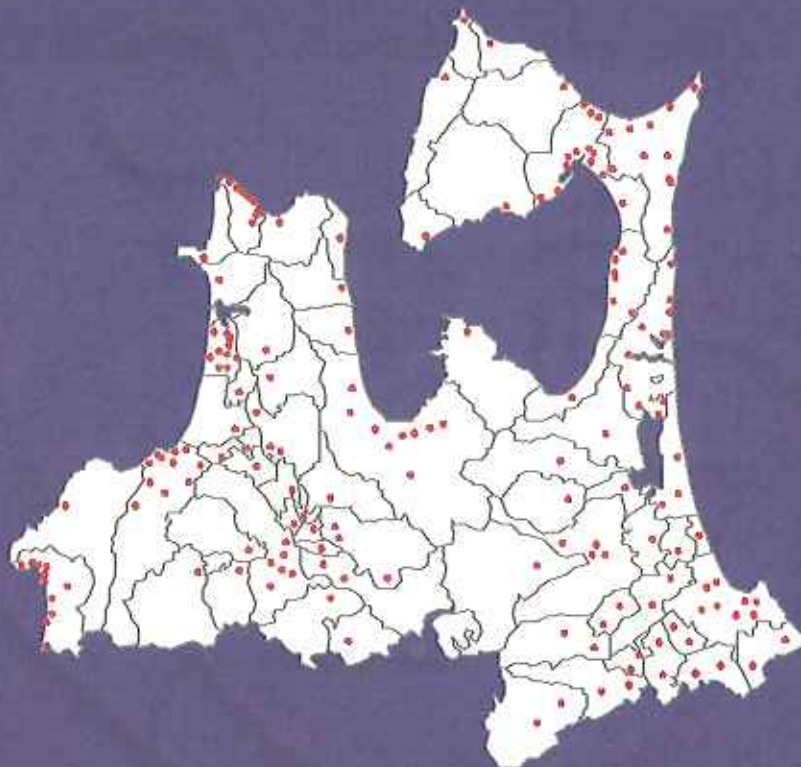
### ②γ線スペクトル測定（核種寄与の把握）

測定器：現場測定型ゲルマニウム半導体検出器

測定期間：代表的な時期・場所において90分間



現場測定型  
ゲルマニウム半導体検出器



調査地点（184地点）

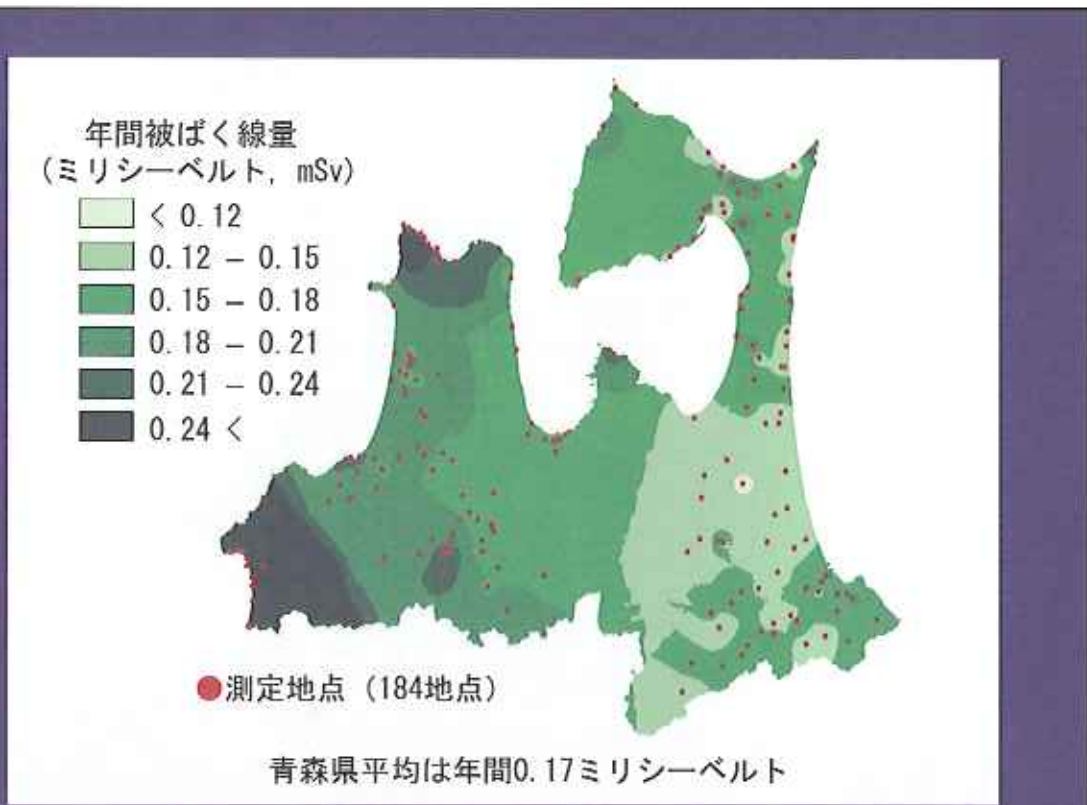
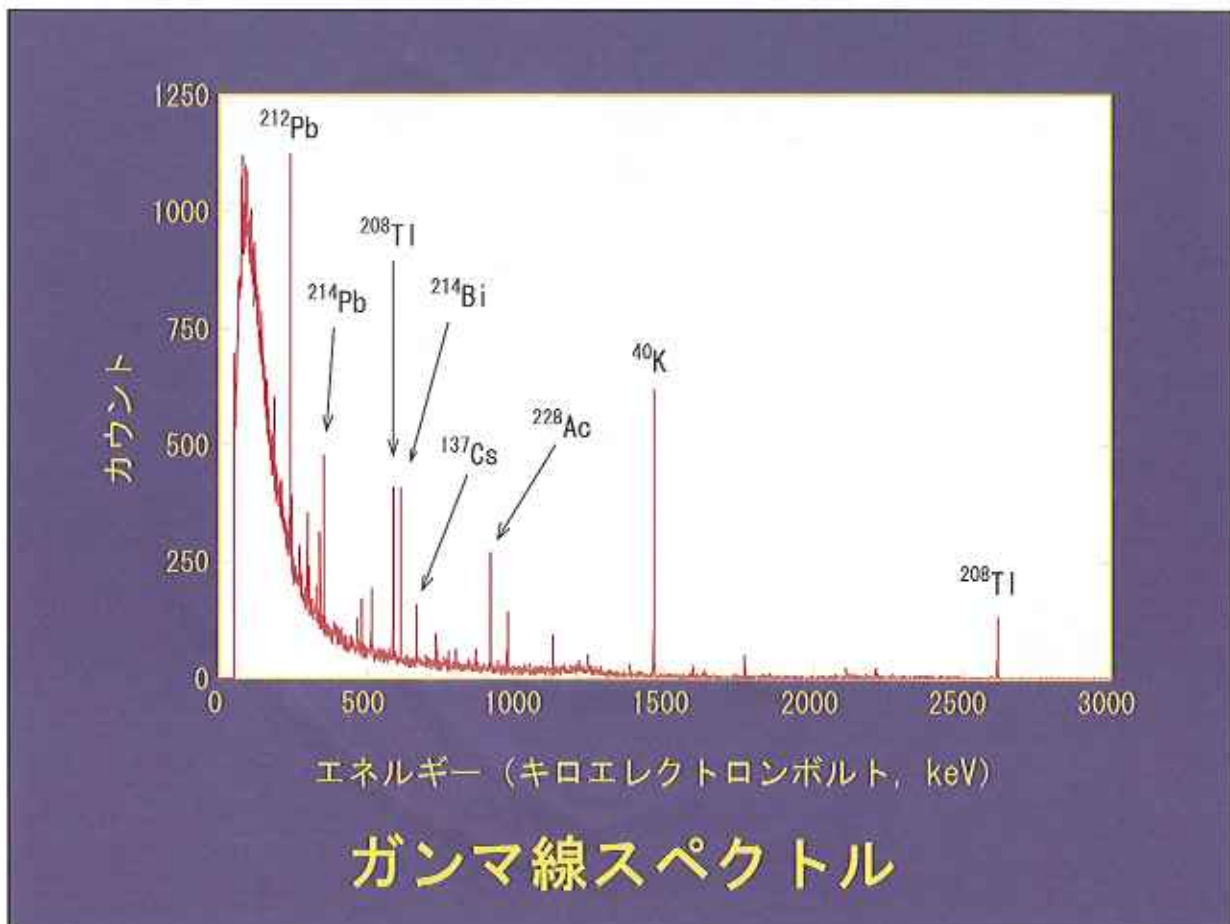
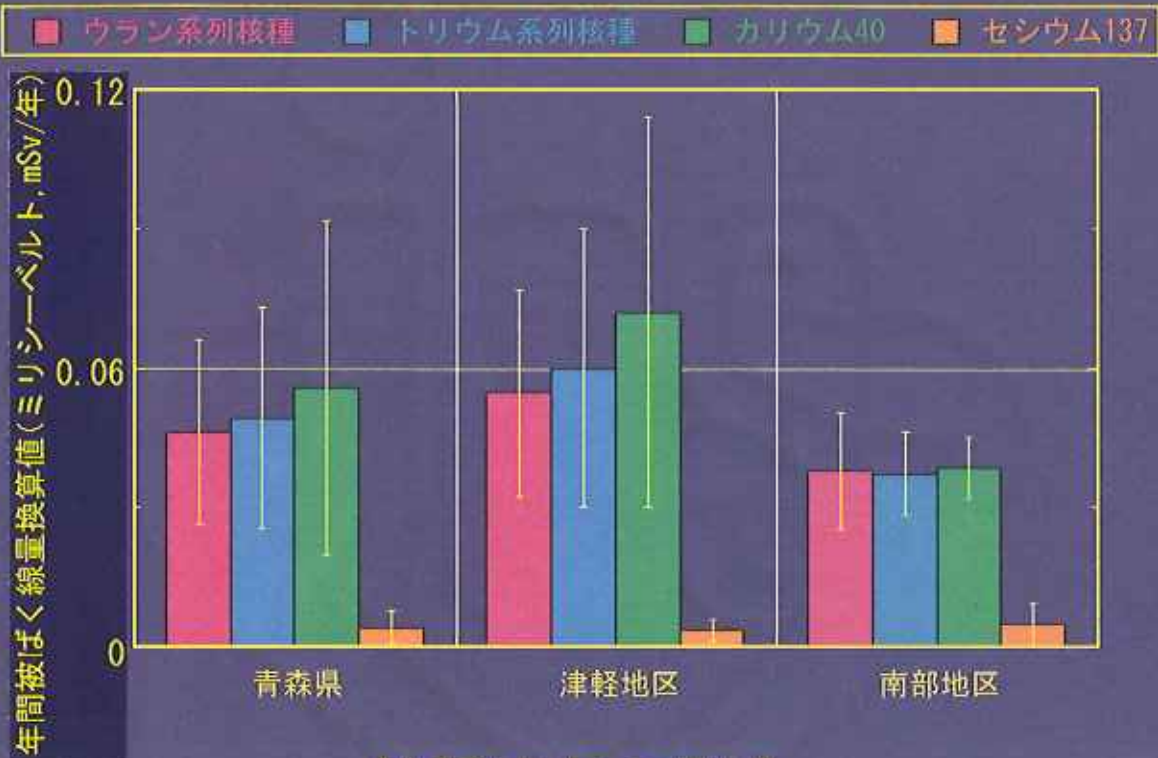


図 大地からのγ線による被ばく線量



ガンマ線スペクトル



## 核種寄与の割合

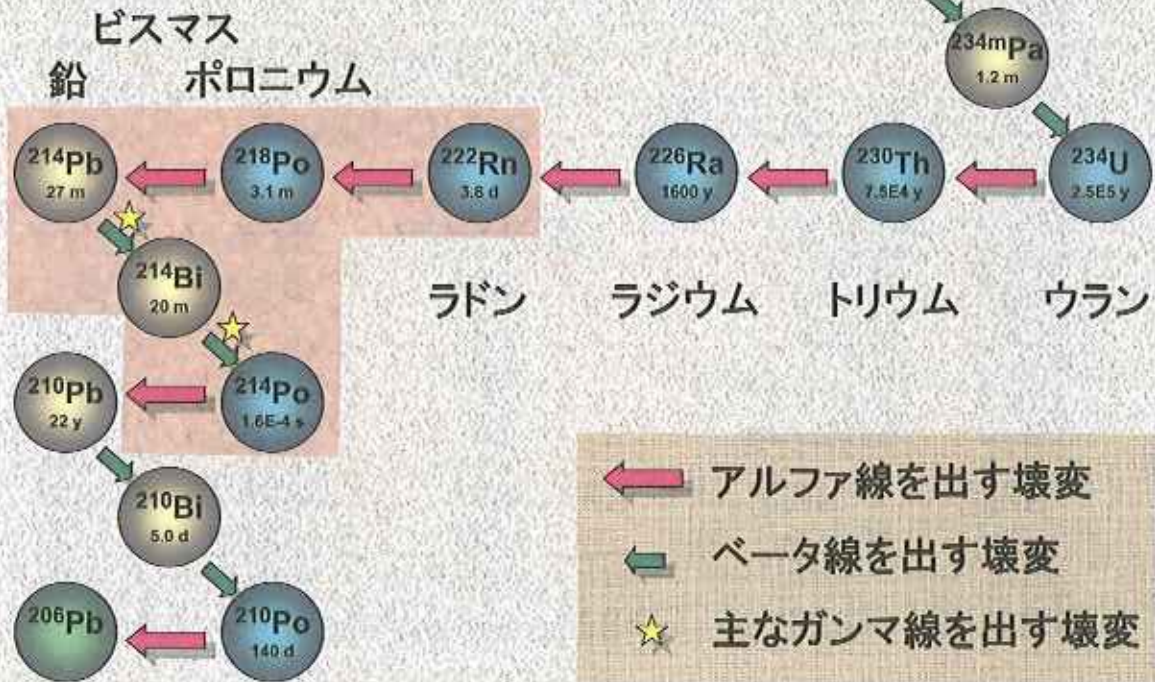
## まとめ

- ・ 青森県内の大地からのガンマ線による年間被ばく線量は平均0.17ミリシーベルトであり、日本の平均0.37ミリシーベルトに比べて低いものであった。
- ・ 大地からのガンマ線による被ばく線量は、津軽地区で高く、南部地区で低い傾向があった。

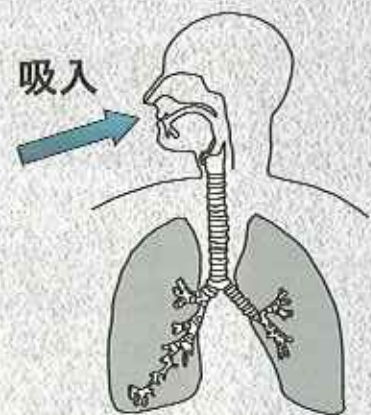
## 青森県における環境中の放射線と 放射性物質について

1. 放射線とは
2. 天然放射線による被ばく
  - 1) 大地からのガンマ線
  - 2) ラドン
  - 3) 人体内の放射性物質
  - 4) 宇宙線
3. 再処理施設からの放射性物質による被ばく

# ウラン( $^{238}\text{U}$ )壊変系列



## 土壌中のラドンが大気に出てくる



気管、気管支、肺の被ばく

## 空气中ラドン濃度の例

ベクレル/m <sup>3</sup> (Bq/m <sup>3</sup> )		
排気しないU鉱山	94000-190000	
一般住宅	幾何平均	最大
日本	13	310
USA	25	
スエーデン	56	3900
西ドイツ	34	3100
フィンランド	84	20000
ザクセン等	190	115000

ラドンは発がん性の天然の放射性ガスです。目に見えませんが、香りや味もありません。家の中のラドンはご家族の健康を損なうかもしれません。...



- Indoor Air Quality Home
- National Radon Action Month
- Who Can Test or Fix Your Home for Radon?
- Radon and Real Estate
- Updated Radon Risk Assessment
- Radon Resistant New Construction (RRNC)
- FDA Map of Radon Zones
- Radon in Drinking Water
- State Indoor Radon Grants (SIRG)
- Frequent Questions
- Health Risks
- Publications
- Glossary of Terms
- Related Links
- Radon Student Guide

Radon is a colorless, odorless radioactive gas that you can't see, smell or taste. Its presence in your home can pose a danger to your family's health. Radon is the leading cause of lung cancer among non-smokers.

家のラドン濃度を測りましょう。簡単で安くできます。

### Radon Public Service Announcements (PSAs)

自分でも計れますし、専門家にも頼めます。もし、150 Bq m<sup>-3</sup>以上なら、対策を。

Exposure Lung cancer kills thousands of Americans every year. The untimely deaths of Peter Jennings and Dana Reeve have raised public awareness about lung cancer, especially among people who have never smoked. Smoking, radon, and secondhand smoke are the leading causes of lung cancer. Although lung cancer can be treated, the survival rate is one of the lowest for those with cancer. From the time of diagnosis, between 11 and 15 percent of those afflicted will live beyond five years, depending upon demographic factors. In many cases lung cancer can be prevented; this is especially true for radon.

### Test Your Home for Radon -- It's Easy and Inexpensive

The U.S. Surgeon General and EPA recommend that all homes be tested. Read about radon health risks. [En Español]

You can test your home yourself or hire a professional. [En Español] Fix your home if you have a radon level of 4 pCi/L or more [En Español].

Discounted radon test kits are available from the National Safety Council [En Español] (or call 1-800-SOS-RADON). Some home improvement stores sell test kits.

To find a qualified testing or mitigation contractor, contact your state radon office (see our list of state contacts) or either of the private radon proficiency programs.

- Read "A Citizen's Guide To Radon"
- Also read the "Home Radon Testing Methods"

アメリカ環境保護庁 ラドンホームページ

# 青森県民が大気中ラドンから 受ける被ばく線量

(財)環境科学技術研究所  
環境動態研究部  
五代儀 貴

## 調査概要

一般家屋環境（平成4～7年度）

屋内 109地点

屋外 15地点

職場環境

屋内 107地点（平成8～9年度）

屋外 116地点（平成10～11年度）

特殊環境 28地点（平成12年度）



## 調査方法

### ①年間を通じた平均的なラドン濃度の測定

測定器 : ラドン・トロン弁別測定器

測定期間 : 約1年間 (3ヶ月弱×4期)



ラドン・トロン  
弁別測定器

### ②ラドン濃度の日変化の測定

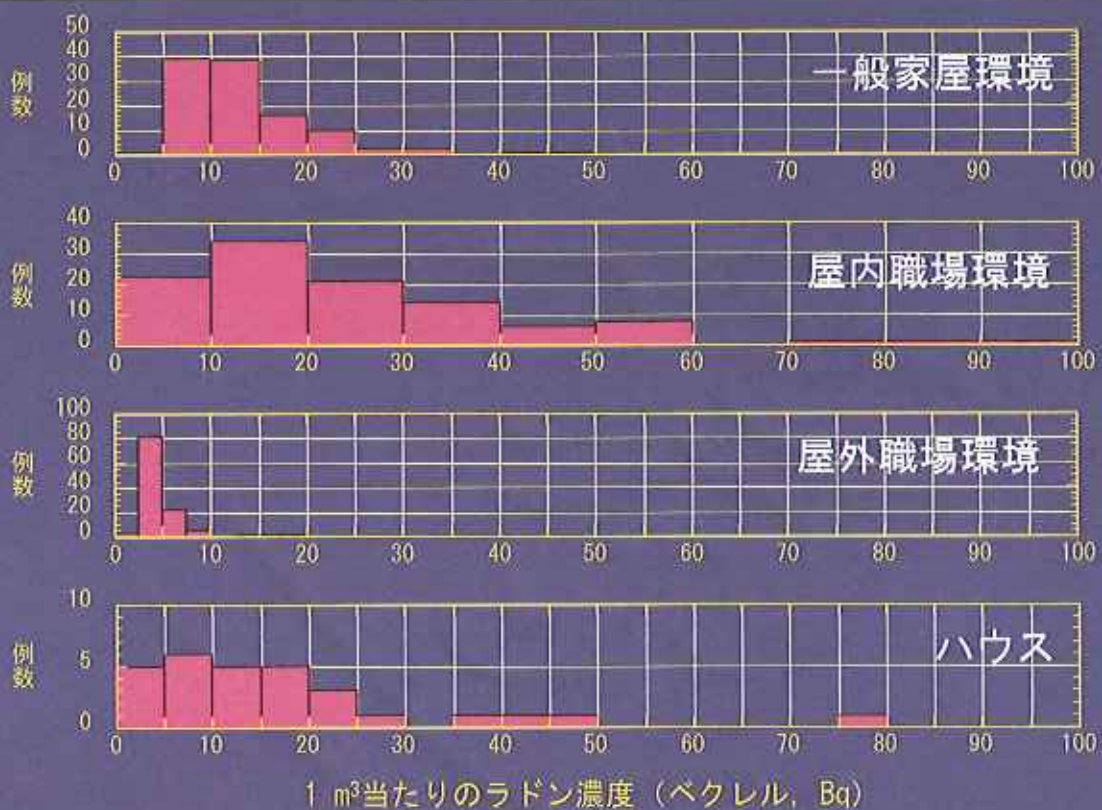
ラドン濃度 : アルファガード (電離箱)

測定期間 : 1時間間隔で1週間

(代表的な地点、時期に)

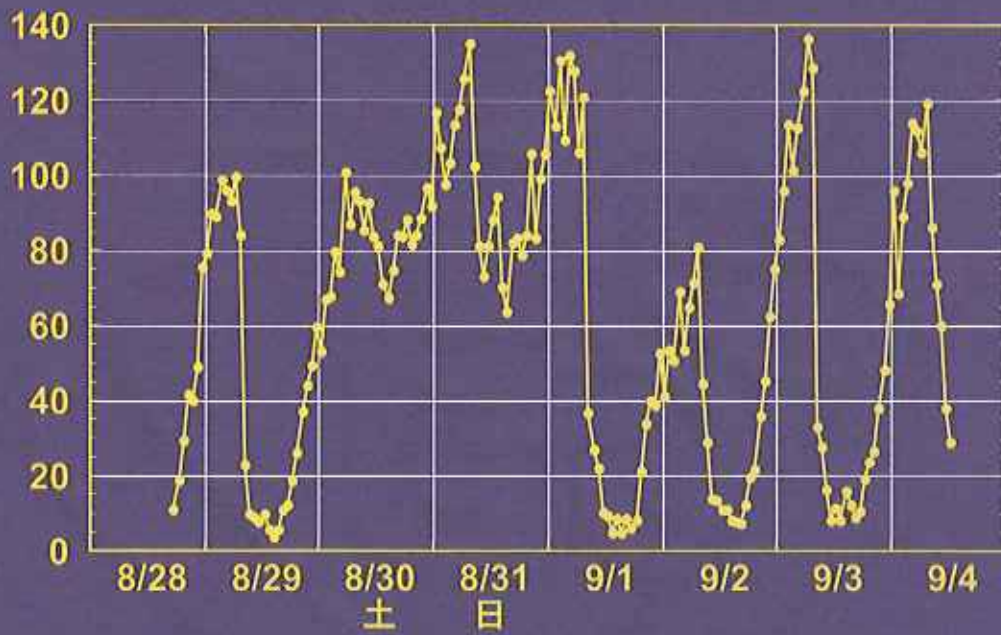


アルファガード



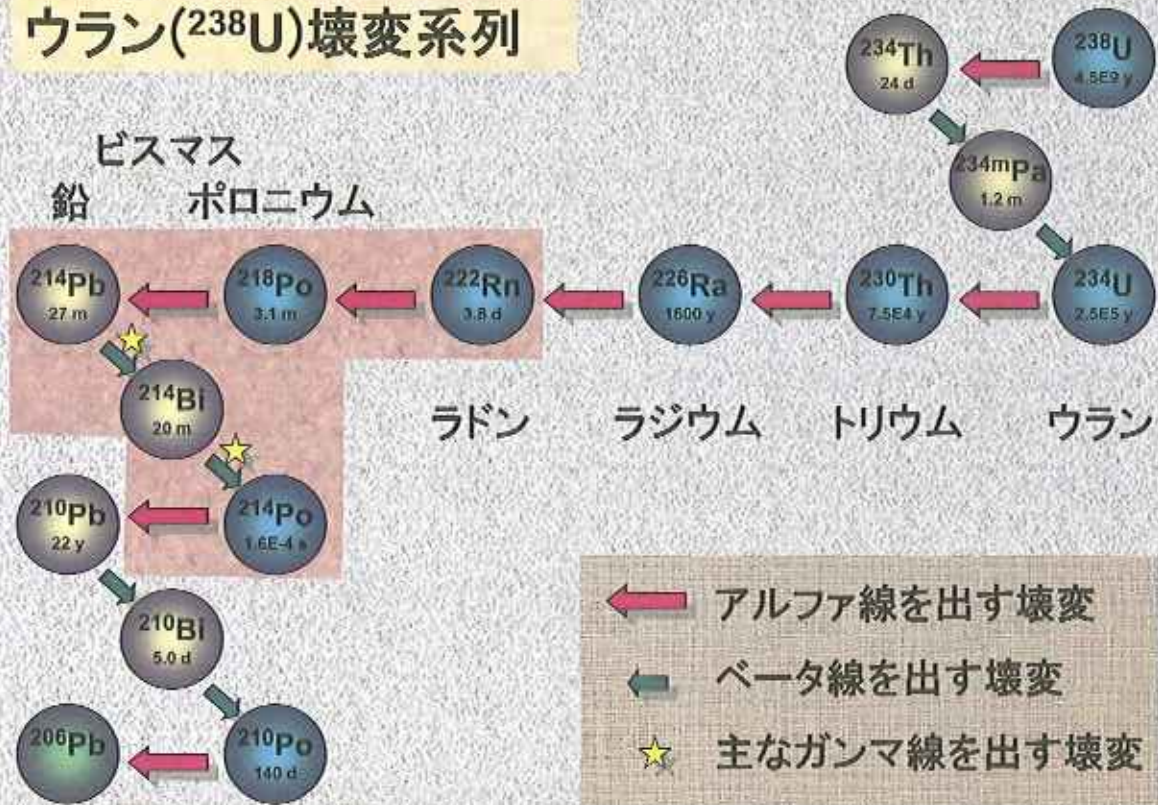
## ラドン濃度測定結果

1 m<sup>3</sup>当たりのラドン濃度 (ベクレル, Bq)



ラドン濃度の日変化測定結果例

### ウラン(<sup>238</sup>U)壊変系列



## ラドンによる被ばく線量算出

ラドン自体は希ガスなので、被ばく線量は低い

ラドンの子孫核種が空気中のほこり等に付着 ← 被ばく源

↓  
気管支や肺に沈着

↓  
被ばく線量は高い

$$\text{ラドンによる被ばく線量} = \text{ラドン濃度} \times \text{平衡係数} \times \text{居住係数} \times \text{線量換算係数}$$

平衡係数 : ラドンの子孫核種の内、どれくらいがほこり等に付着し、被ばく源となるかを表す指標

## 青森県民が大気中ラドンから受ける被ばく線量

	一般家屋環境		職場環境		合計
	屋内	屋外	屋内	屋外	
1 m <sup>3</sup> 当たりのラドン濃度(ベクレル)	14	4.5	11 <sup>d</sup>	3.7 <sup>e</sup>	
平衡係数	0.4 <sup>a</sup>	0.6 <sup>a</sup>	0.38 <sup>d</sup>	0.54 <sup>e</sup>	
居住係数	0.73 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.17 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	
年間被ばく線量(ミリシーベルト) <sup>c</sup>	0.32	0.0043	0.056	0.013	0.39

a: ラドン濃度測定・線量評価委員会、ラドン濃度測定・線量評価最終報告書

b: 総務庁統計局、平成8年社会生活基本調査報告 第3巻 地域生活時間編

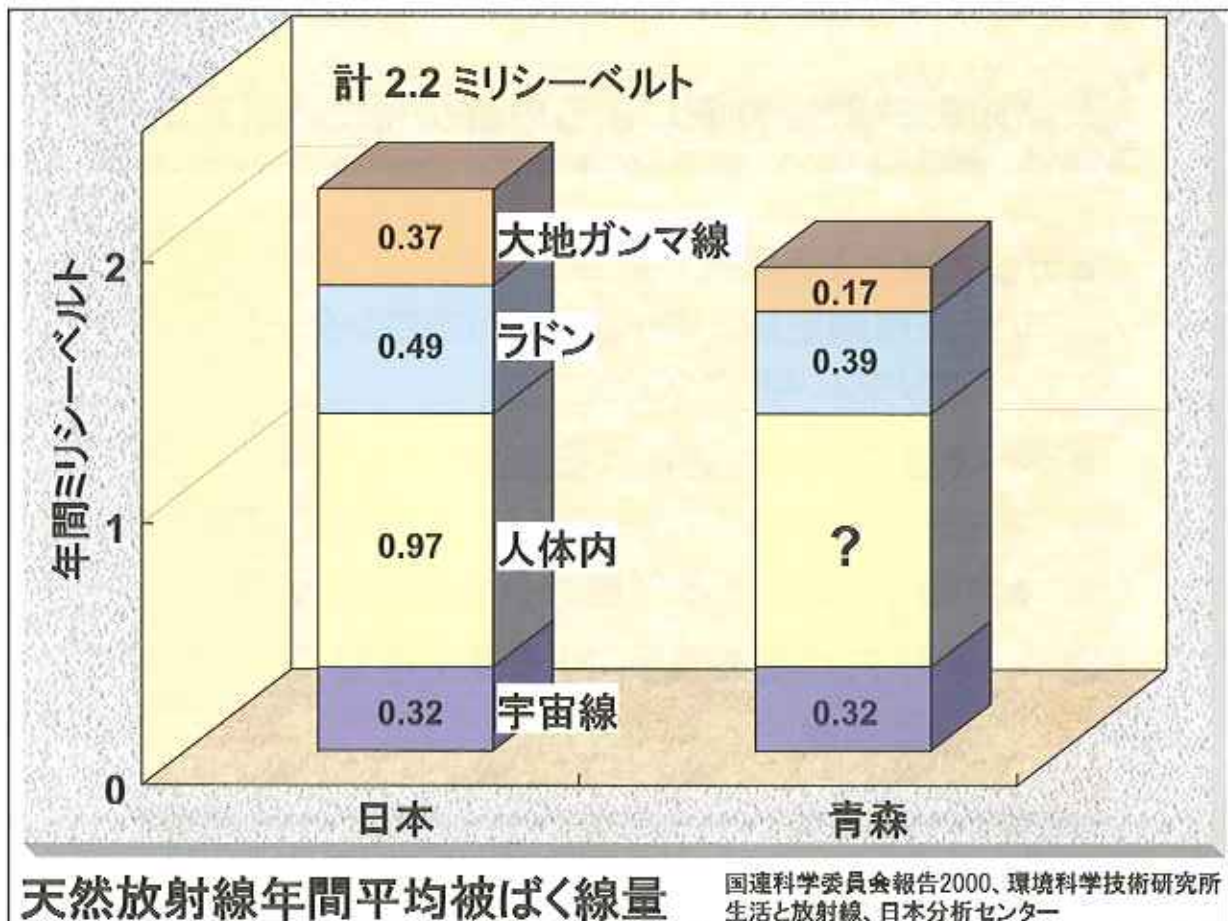
c: 国連科学委員会2000年報告の線量換算係数 ( $9.0 \times 10^{-6}$  ミリシーベルト (ベクレル h m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup>) を使用

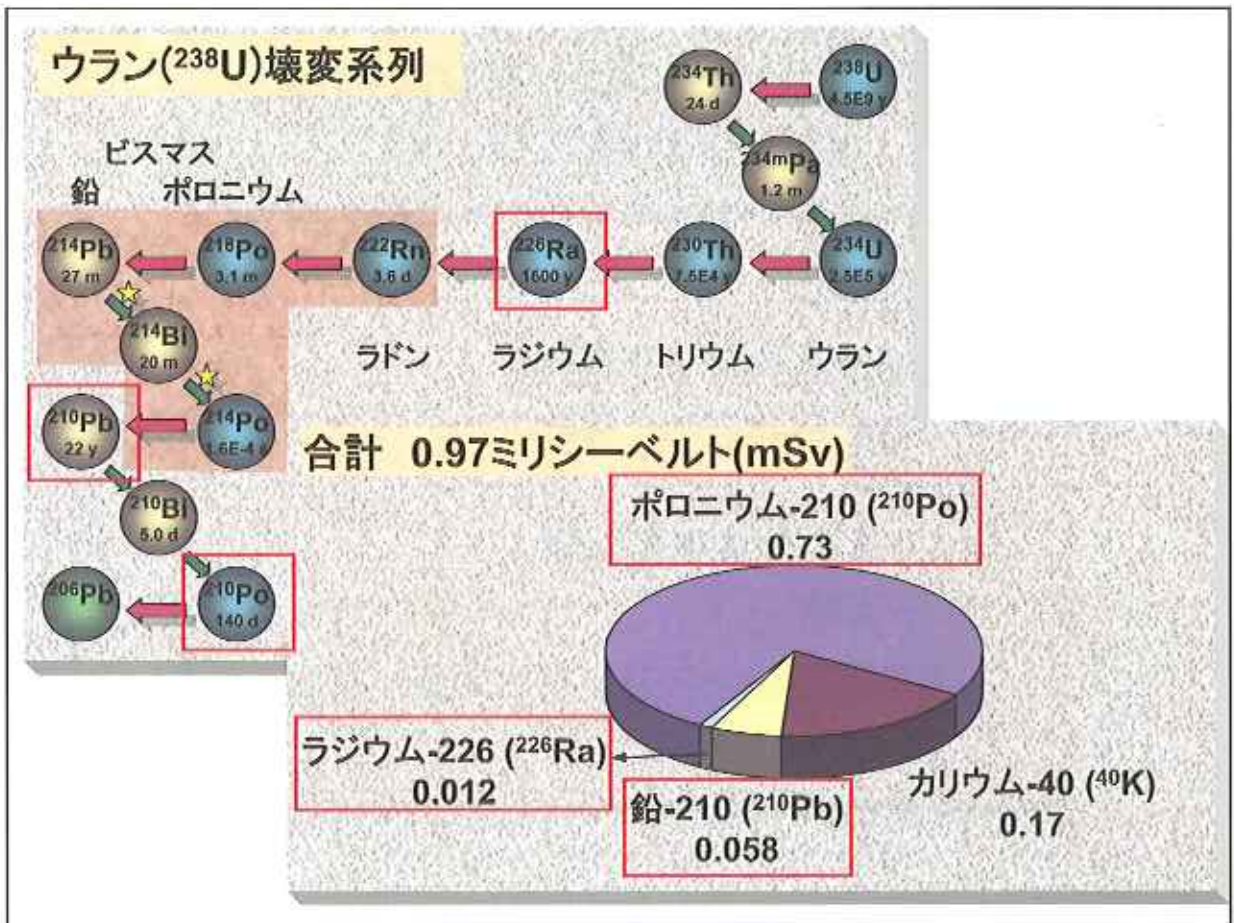
d: 労働時間の実質的な値

e: 労働時間の実質的な値に労働人口の重み付けをした値

## 青森県における環境中の放射線と放射性物質について

1. 放射線とは
2. 天然放射線による被ばく
  - 1) 大地からのガンマ線
  - 2) ラドン
  - 3) 人体内の放射性物質
  - 4) 宇宙線
3. 再処理施設からの放射性物質による被ばく





## 人体内の放射性物質による内部被ばくの測定法

- ガンマ線による被ばく
  - 全身用測定器 (ホールボディカウンター)
  - カリウム-40 ( $^{40}\text{K}$ )
- ベータ線・アルファ線による被ばく
  - 人体臓器を分析し、放射性物質濃度を求める
  - 食物を分析して放射性物質摂取量を推定
  - ▼ 人体内代謝モデルによる濃度推定
  - ▼ 線量予測

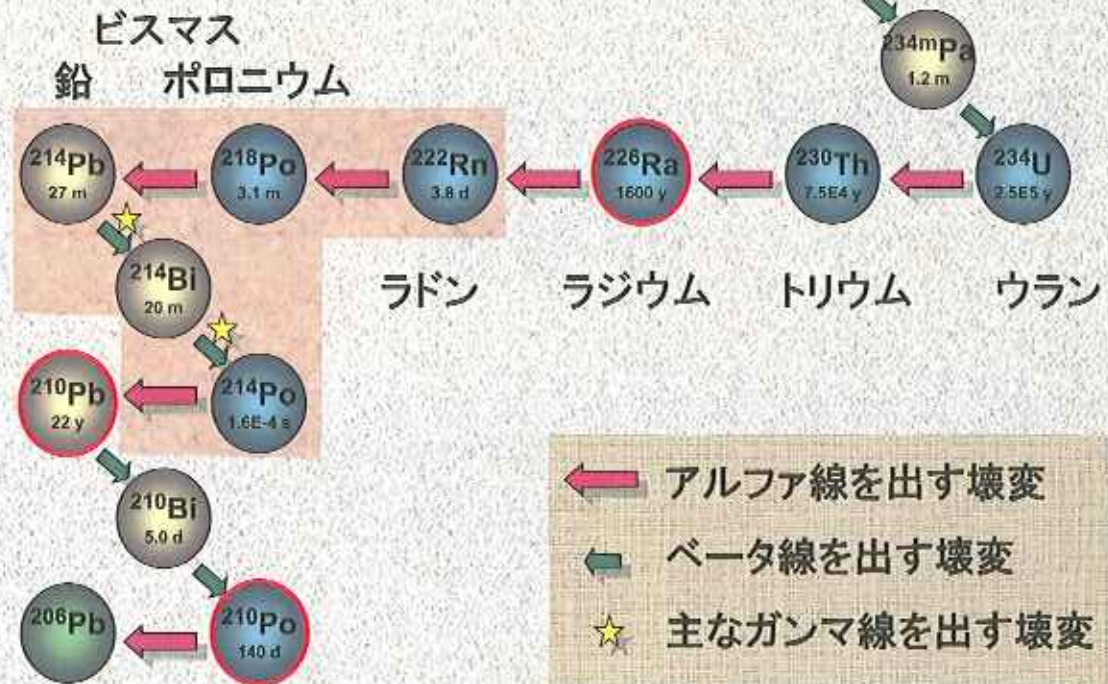
# 青森県民の内部被ばく線量の推定

(財)環境科学技術研究所  
環境動態研究部  
大塚 良仁

## 天然放射性核種

- 
- 1) 壊変系列をつくるもの  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 等
- 
- 2) 壊変系列を作らないもの  $^{40}\text{K}$ 、 $^{87}\text{Rb}$ 等
- 
- 3) 誘導放射性核種  
宇宙線と大気との反応で生成される放射性核種  
( $^3\text{H}$ や $^{14}\text{C}$ 等)
-

## 壊変系列の例 ウラン( $^{238}\text{U}$ )壊変系列



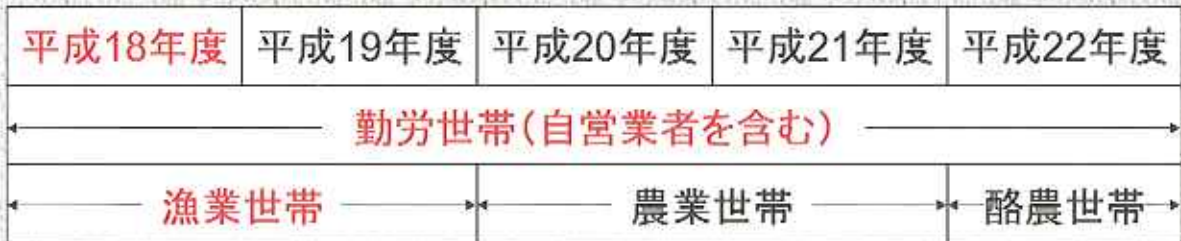
## 分析した天然放射性核種

- |                |   |
|----------------|---|
| 1) 壊変系列をつくるもの  | $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$<br>$^{232}\text{Th}$ 、 $^{228}\text{Ra}$ |
| 2) 壊変系列を作らないもの | $^{40}\text{K}$ 、 $^{87}\text{Rb}$  |
| 3) 誘導放射性核種     | $^{14}\text{C}$   |

# 調査について

## 日常食調査

一日に摂取する天然放射性核種の量を、六ヶ所村と青森市において、職業別に調べる。



## 調査の方法

### 試料の採取



一日分の食事

### 調査の対象

六ヶ所村 勤労世帯(5名)  
漁業世帯(5名)  
青森市 勤労世帯(5名)  
漁業世帯(5名)

5人分を混ぜて  
一試料にする

調査は年4回実施  
したので、試料数  
は全部で16試料

前処理

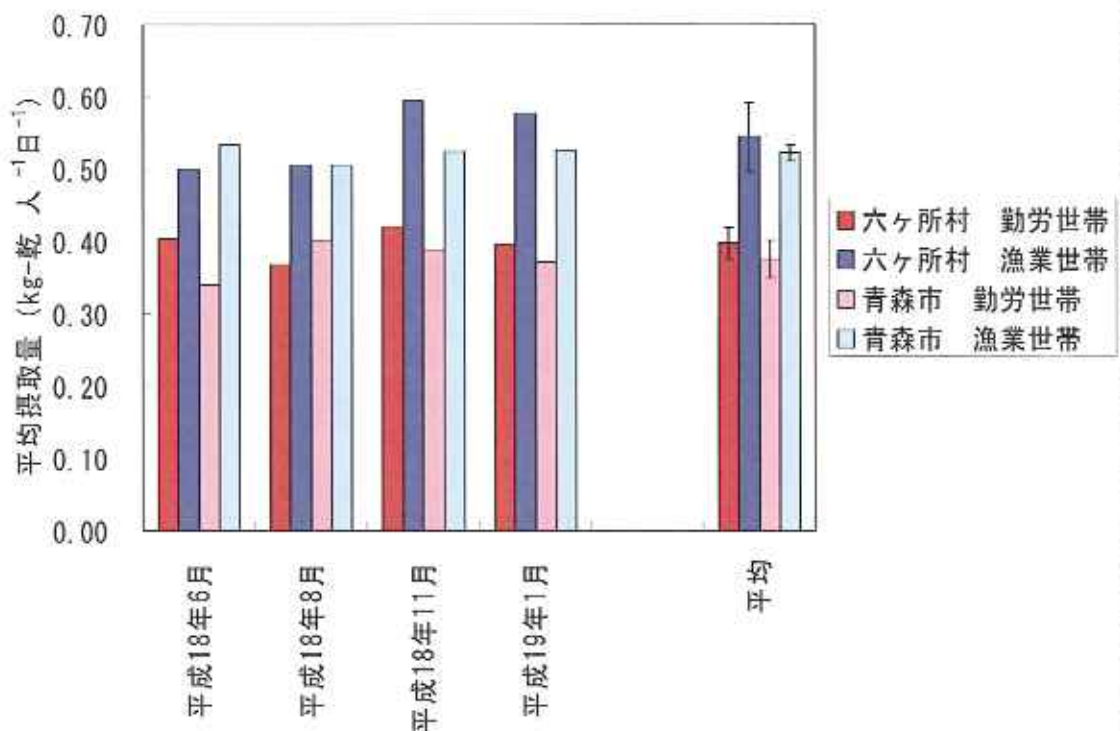
↓  
化学分離

↓  
分析

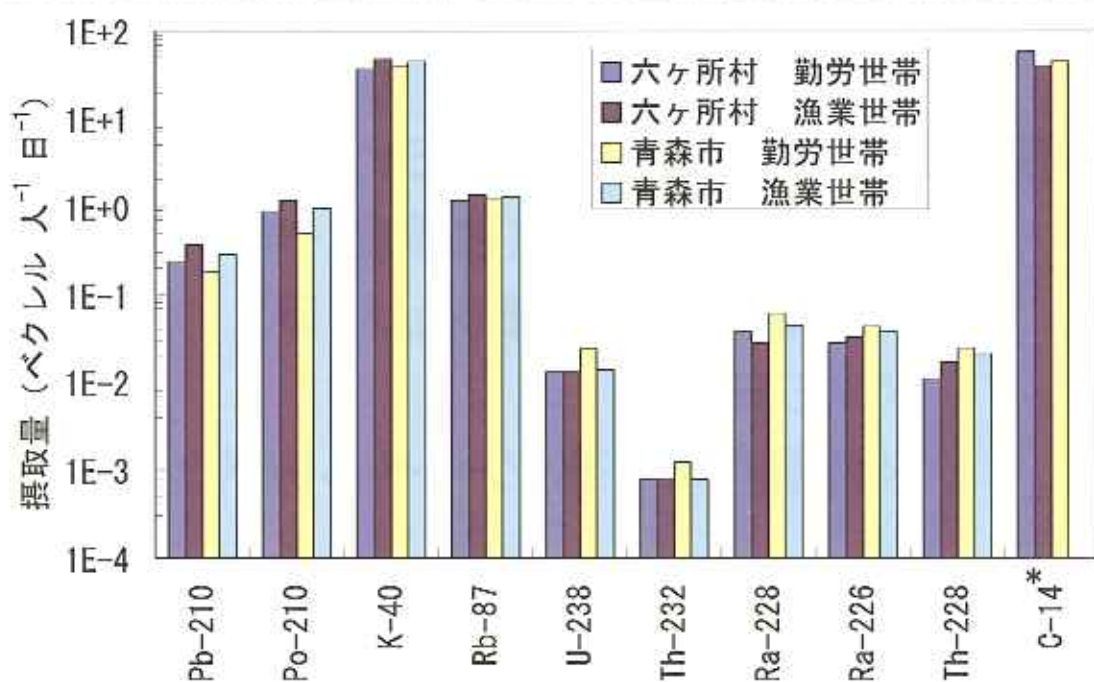


# 結果

## 食事摂取重量



## 天然放射性核種の摂取量(4回の平均値)



\* : <sup>14</sup>Cは3回の平均

## 預託実効線量

### • 預託実効線量(単位:シーベルト、Sv)

— 放射性核種を摂取した後50年間(成人の場合)の被ばく線量を積算した値(成人の場合、年間被ばく線量より小さいが、それに近い値となる)

— <sup>40</sup>Kについては、体内でカリウム(K)濃度を一定に保つ働き(ホメオスタシス)があるために、<sup>40</sup>K摂取量から内部被ばく線量を求めることができないので、日本人の体内<sup>40</sup>K含量から推定された実効線量(0.17 mSv y<sup>-1</sup>[1])を使用した。

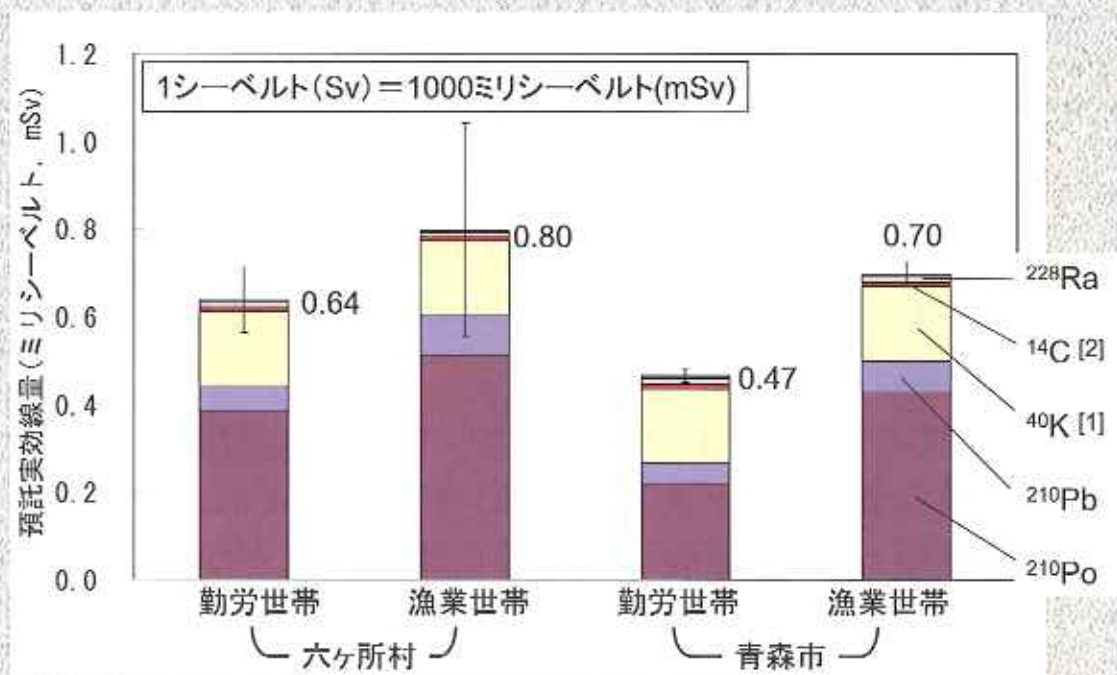
[1] Uchiyamaら(1996) Health Physics,71, pp. 320-325.

# 預託実効線量の計算

- 預託実効線量(シーベルト、Sv)
  - = 食事中的放射性核種濃度(ベクレル/kg)
  - × 食事の摂取重量(kg/人/日)
  - × 365日
  - × 線量換算係数(シーベルト/ベクレル)\*

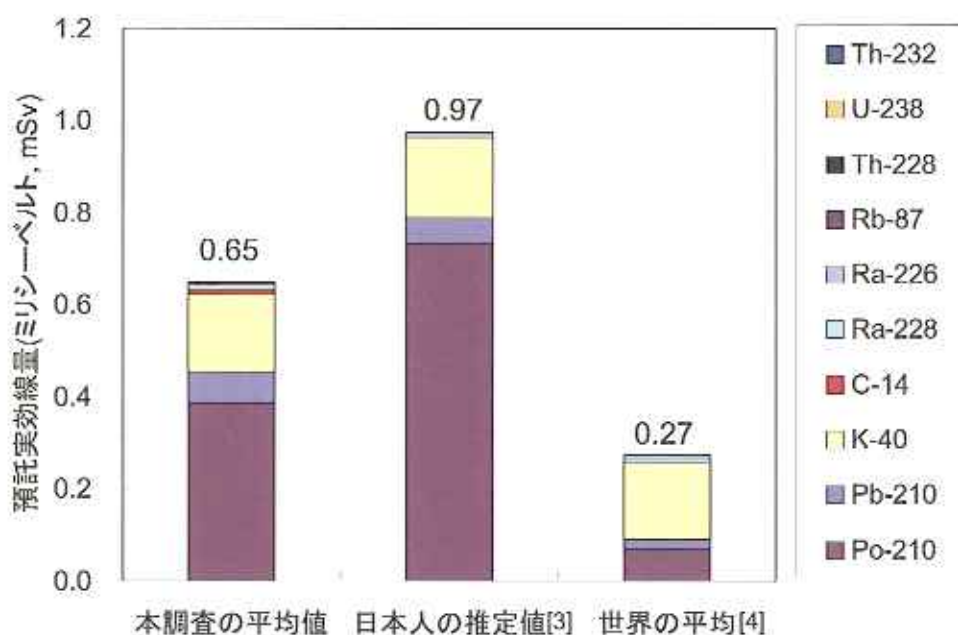
\*: ICRP (1995) Publication 72

## 六ヶ所村及び青森市の勤労世帯 及び漁業世帯の預託実効線量



<sup>40</sup>Kについては、体内の<sup>40</sup>Kによる実効線量[1]を使用。誤差は95%信頼区間を示す。  
 [1] Uchiyamaら(1996) Health Physics,71, pp. 320-325.  
 [2] <sup>14</sup>Cの平均摂取量(48 Bq 人<sup>-1</sup> 日<sup>-1</sup>) × 365日 × <sup>14</sup>Cの線量換算係数(ICRP.Pub.72)

## 平成18年度の調査結果と 日本人の推定値及び世界の平均値との比較

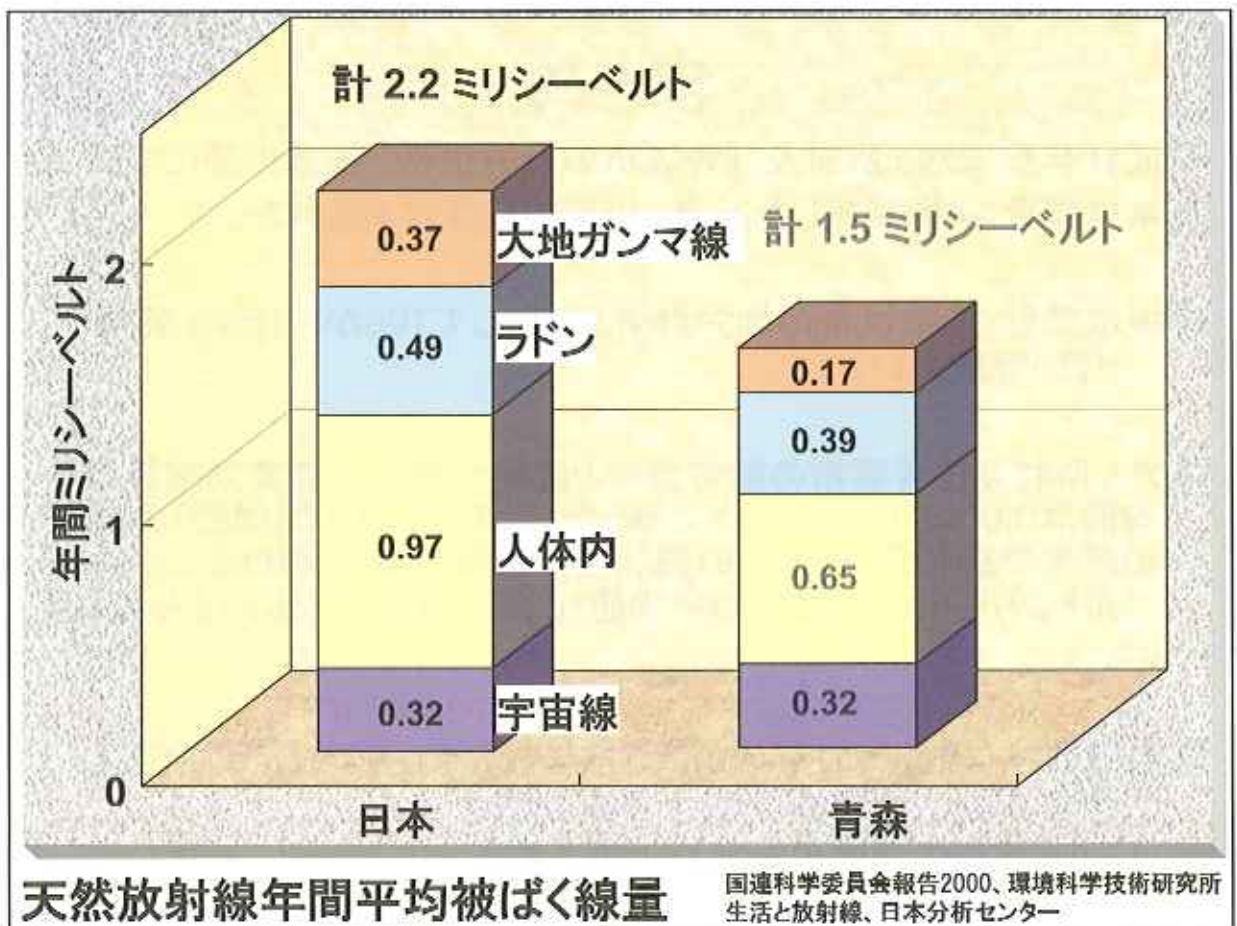


(<sup>40</sup>Kについては、体内の<sup>40</sup>Kによる実効線量[0.17 mSv y<sup>-1</sup>]を使用。誤差は95%信頼区間を示す。)  
 [3] 太田ら(2005) 第47回環境放射能調査研究 成果論文抄録集, pp. 95-103.  
 [4] UNSCEAR (2000) Exposures from natural radiation sources, pp. 83-156.

## まとめ

平成18年度に六ヶ所村及び青森市の勤労世帯と漁業世帯について、日常食調査を4回実施した結果、以下の結果が得られた。

- ① 摂取重量: 漁業世帯が勤労世帯と比較して100から150 g-乾燥人<sup>-1</sup>日<sup>-1</sup>程度多い。
- ② 六ヶ所村及び青森市の勤労世帯と漁業世帯の預託実効線量の平均値は0.65 ミリシーベルトであった。この値は1年間(4回)の調査の結果であるが、日本人の預託実効線量の推定値0.97 ミリシーベルトよりも小さく、世界の平均値(0.27 ミリシーベルト)よりも大きい。
- ③ 内部被ばく線量への寄与が大きな核種<sup>210</sup>Po(59%)、<sup>40</sup>K(26%)、<sup>210</sup>Pb(10%)、<sup>228</sup>Ra(1.7%)、<sup>14</sup>C(1.6%)  
(この5核種で全体の98%以上を占める)



## 青森県における環境中の放射線と放射性物質について

1. 放射線とは
2. 天然放射線による被ばく
  - 1) 大地からのガンマ線
  - 2) ラドン
  - 3) 人体内の放射性物質
  - 4) 宇宙線
3. 再処理施設からの放射性物質による被ばく



## 大気放出

大気中移流・拡散  
外部被ばく  
呼吸による吸入

地表への沈着  
外部被ばく

作物・牧草への取り込み  
表面への沈着  
根からの吸収

家畜への移行  
牛乳への移行

食品調理  
食品摂取

## 海洋放出

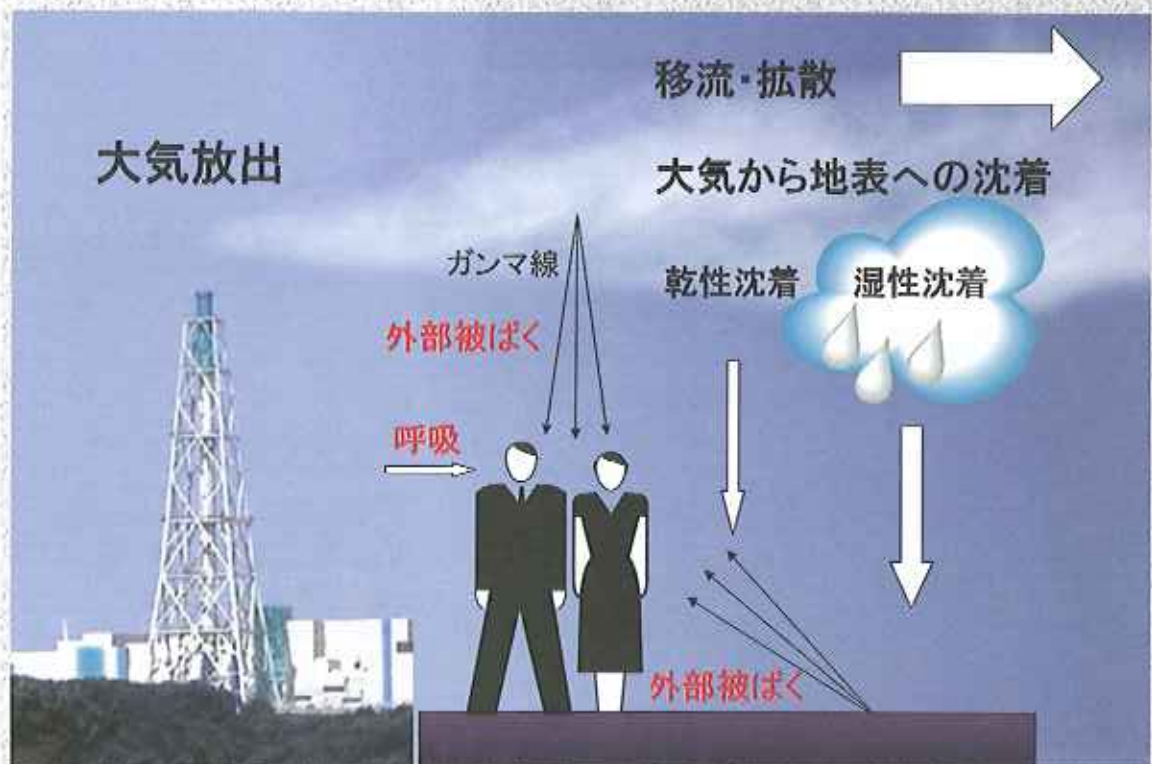
海水中移流・拡散  
船上での外部被ばく  
海中作業での外部被ばく

魚網への付着  
外部被ばく

船体への付着  
外部被ばく

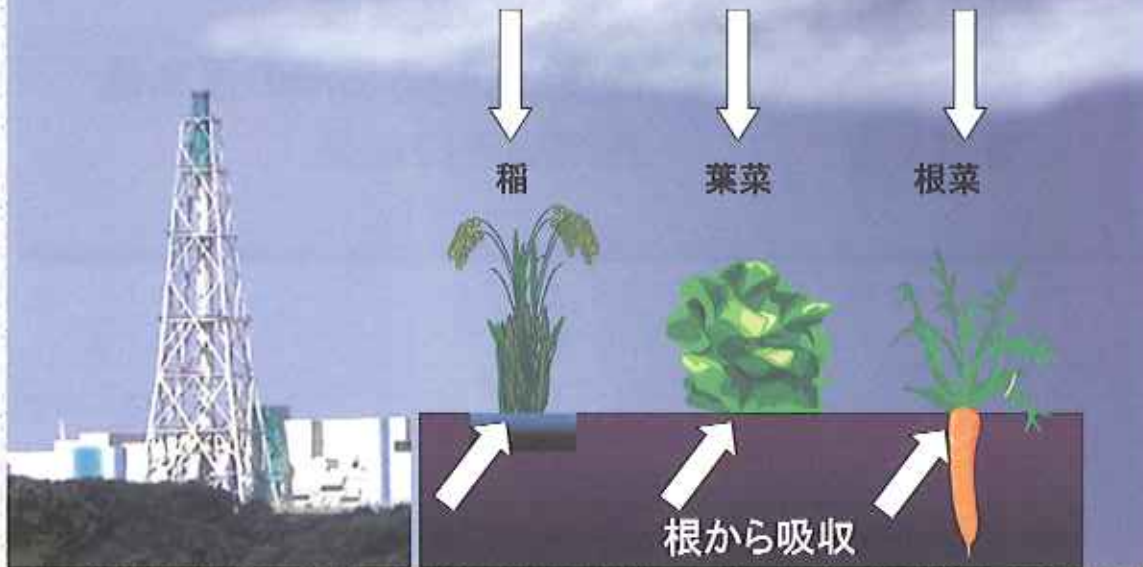
海産物への取り込み  
食品調理  
食品摂取

安全評価で考慮されている六ヶ所村再処理施設から放出される放射性核種の被ばく経路



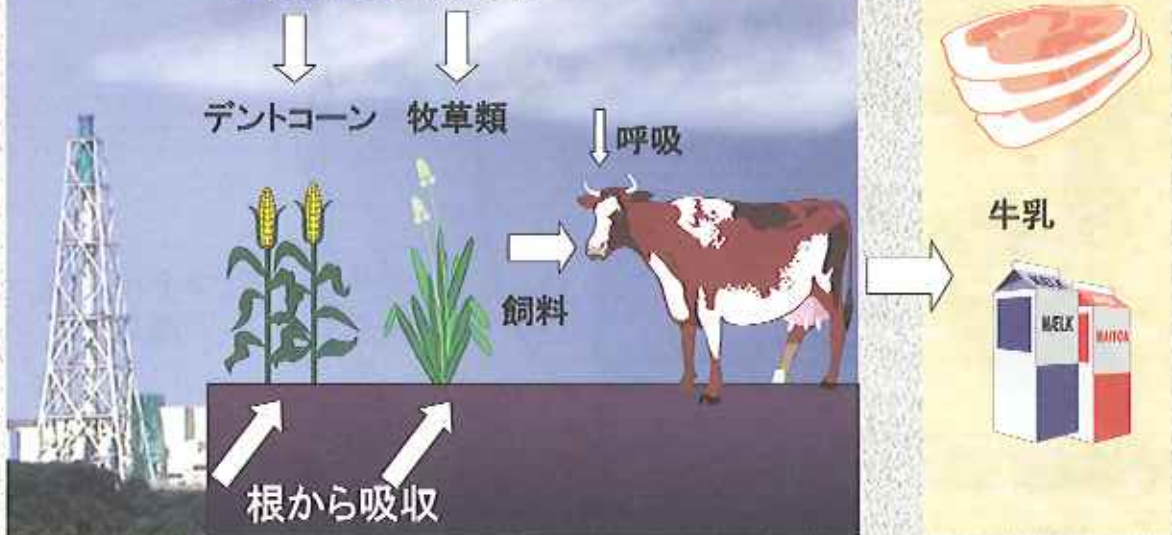
# 農作物

大気から直接沈着



# 畜産物

大気から直接沈着





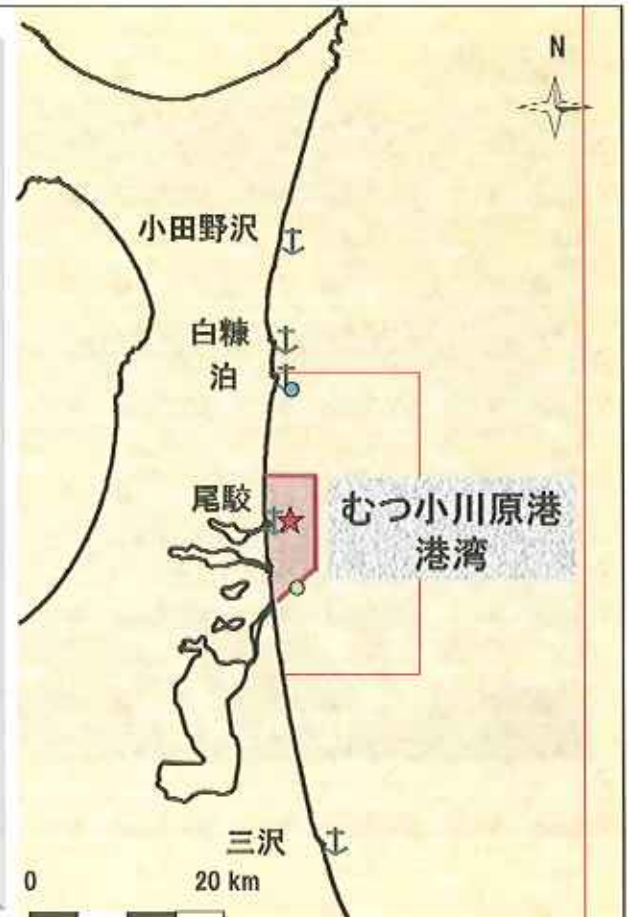
## 線量評価

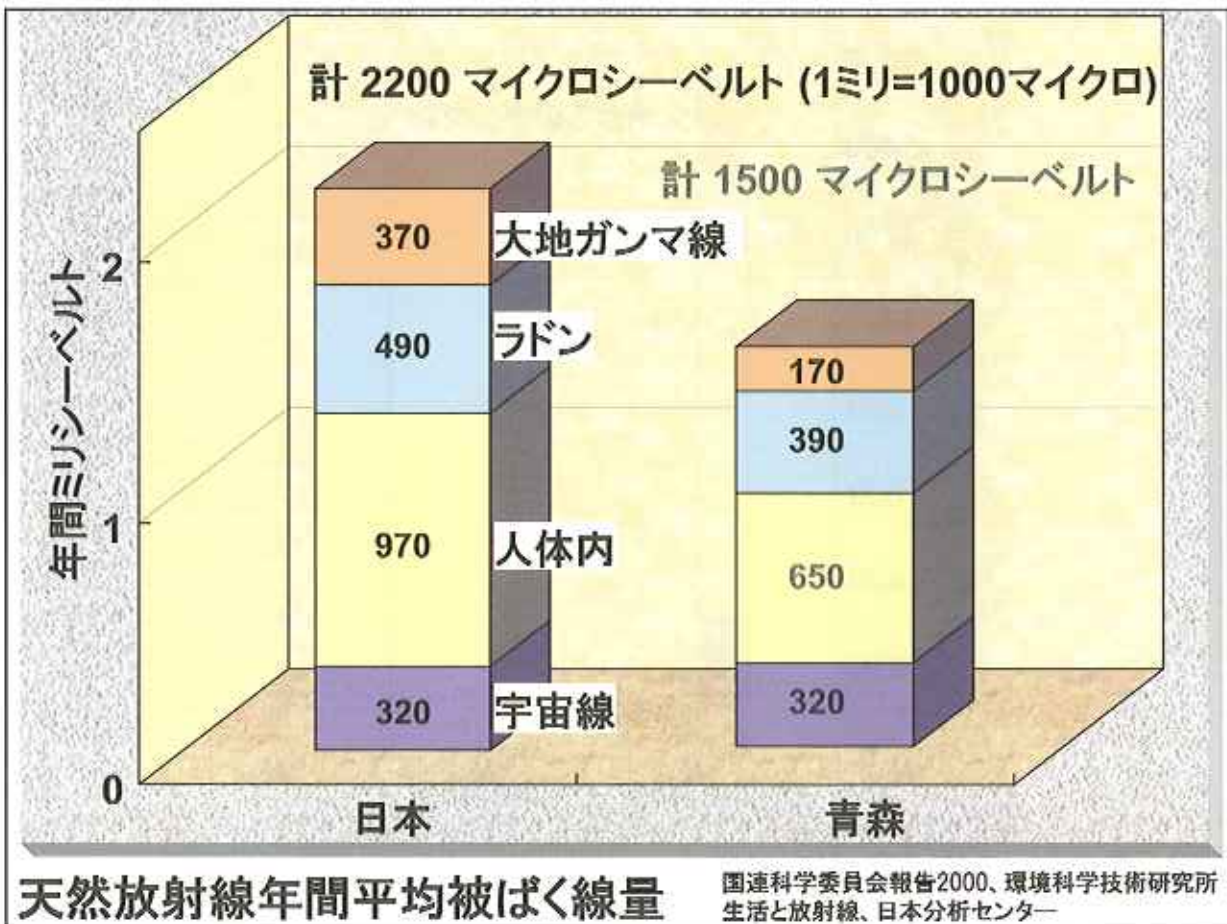
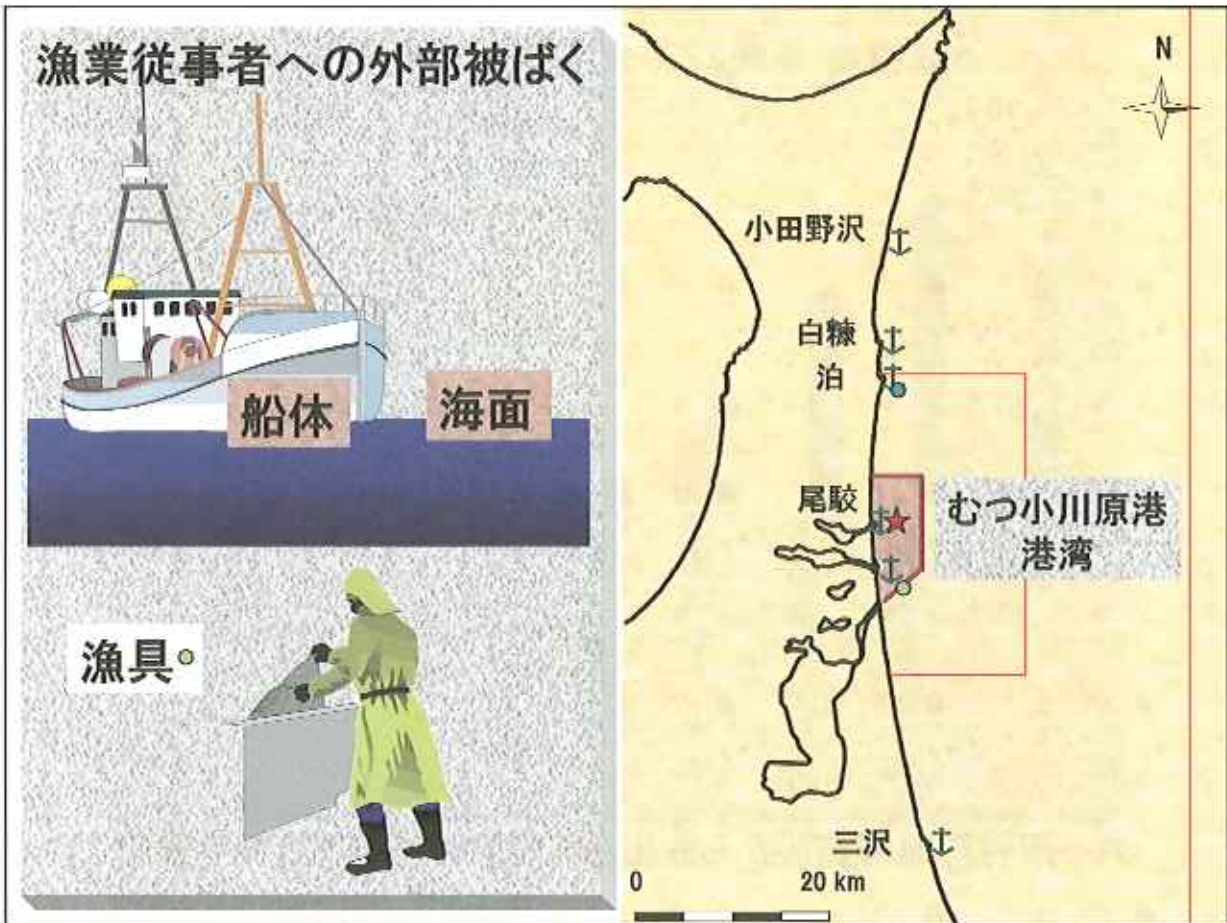
外部被ばく・呼吸：敷地外の最高値  
農畜産物：生産している場所の最高値  
食べる量：地域調査の結果

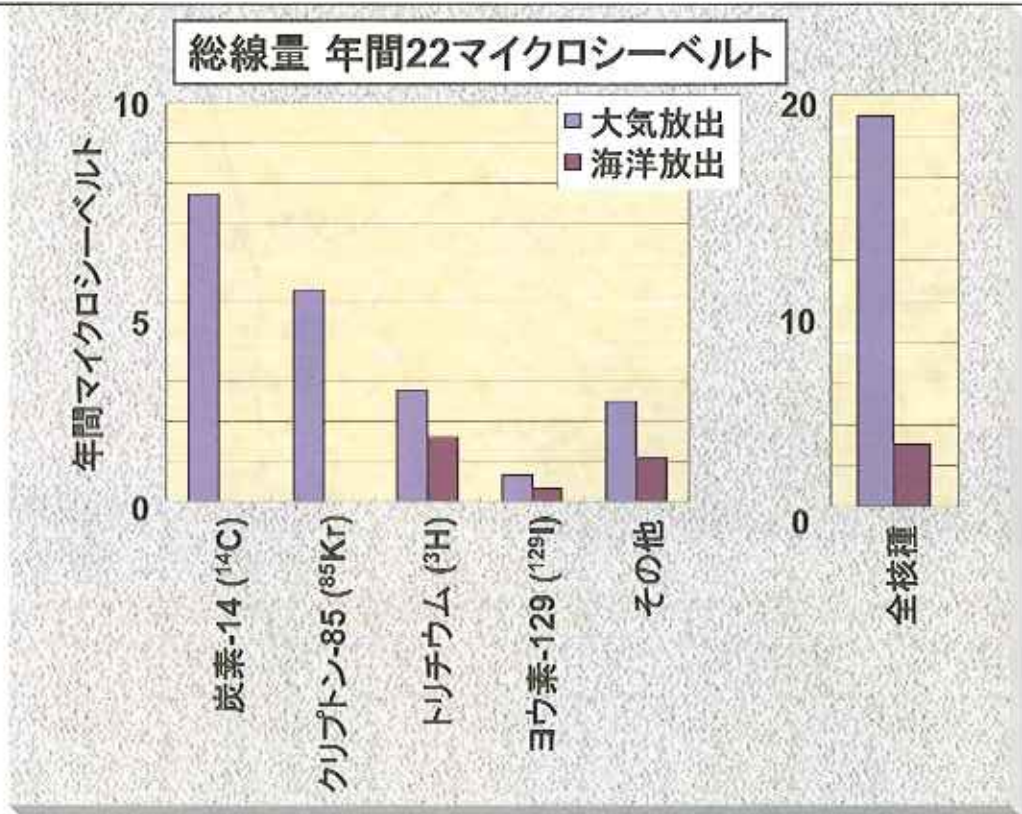
## 海洋放出

沖合い約3 km 水深48 m ★

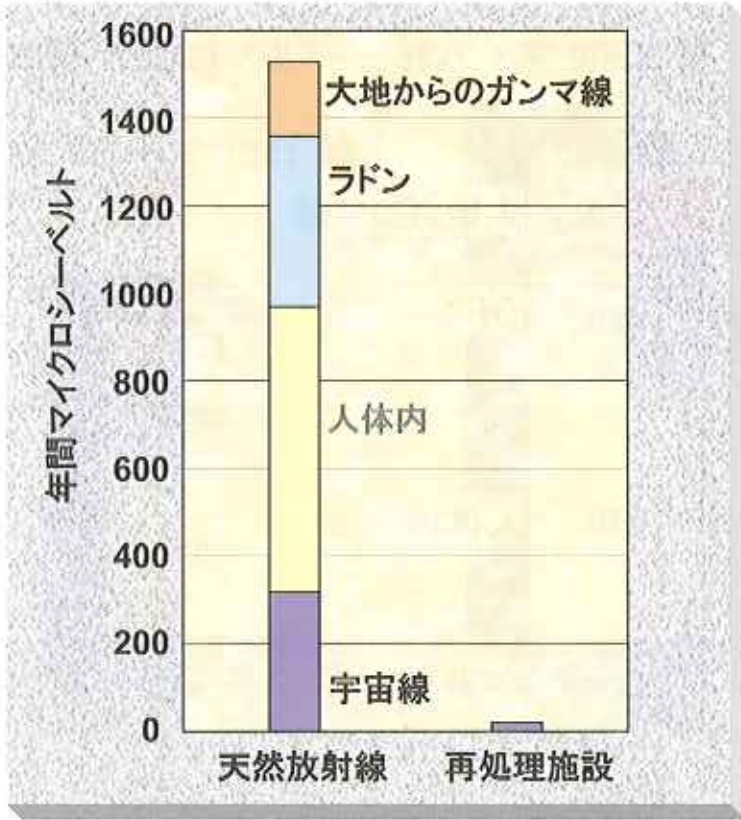
### 海産物摂取



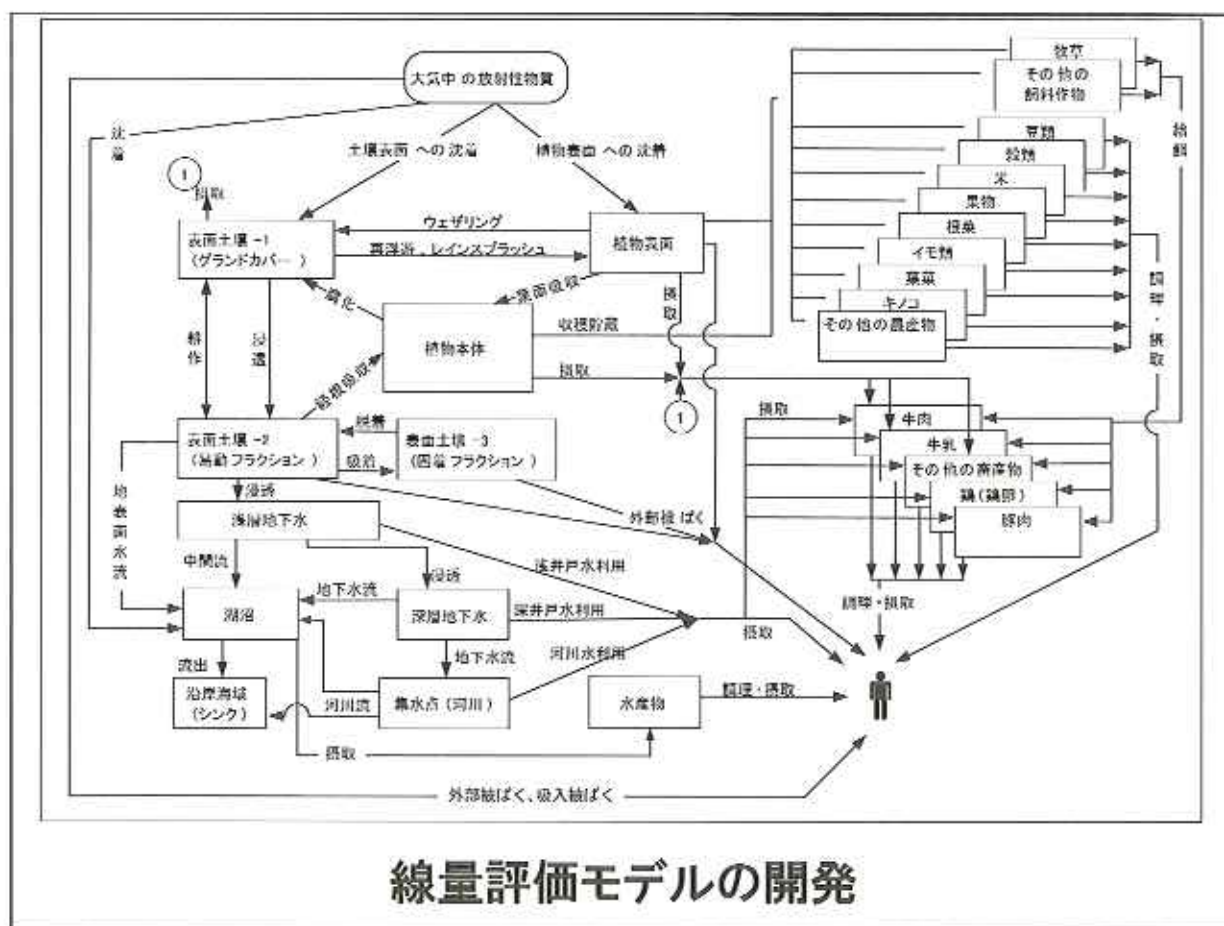




六ヶ所村再処理施設から放出される放射性核種と実効線量  
(日本原燃 再処理事業指定申請書)



青森県民の被ばく線量



## モデル開発の今後

- **大気拡散モデル**
  - 比較的簡易な拡散モデル
  - ▼
  - 降雨等をシミュレートできる高度なモデル
  
- **陸域移行モデル**
  - 作物の生長を考慮した移行モデル
  - ▼
  - 葉面吸収等の移行予測精度向上
  - 形態別移行係数を使用
  
- **水圏移行モデル**
  - 尾駈沼モデル
  - ▼
  - 陸地から川を通じて尾駈沼に入る分を計算
  - 海中放出管から拡散して尾駈沼に入る分を計算

## 2. 低線量放射線の生物への影響について

### 低線量放射線の生物への影響について

(財)環境科学技術研究所  
生物影響研究部  
小木曾洋一

#### 2.1 放射線の生体影響

### 放射線の生体影響

原爆被爆者、事故被ばく者等の調査から、人体が高線量(多量)の放射線を受けた場合に現れる影響について、以下のような分類がされている



確定的影響：ある一定量(「しきい値」と云う)以上の放射線被ばくにより、現れる影響

確率的影響：「しきい値」がなく、低線量(微量)の放射線被ばくでも、受けた線量に応じて、ある確率で現れる影響

## 線量率と線量の区分

	低	中	高
線量率 (mGy/分)	< 0.1	0.1~99	100 ≤
(mGy/日)	< 144	144~144,000	144,000 ≤
線量 (mGy)	< 200	200~2,000	2,000 ≤

(国連科学委員会1993年報告)

## 低線量放射線の影響 -これまでの研究の概要-

### 疫学調査

原爆被爆者、核兵器工場作業員、原子力施設作業員、自然放射線レベルの高い地域の住民等を対象としたがん等健康影響調査

調査対象数の限界、線量・線量率の精確さ、性差・人種差・個人差、喫煙・環境変異原等の影響など、解析データの不確実性が問題となる

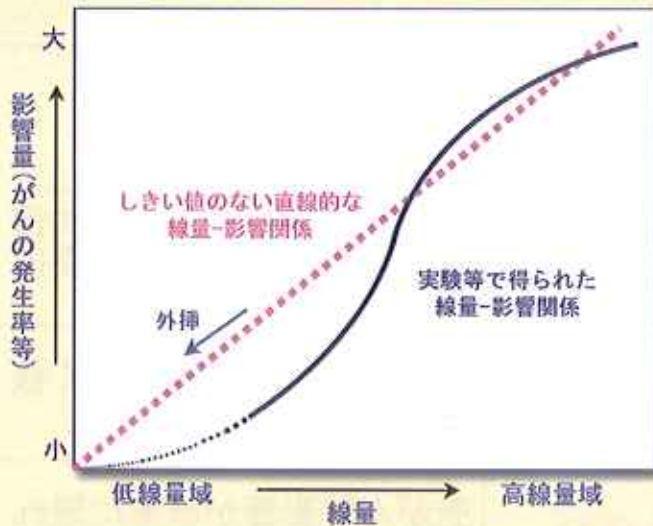
性質の均一な動物、放射線照射線量、飼育環境・実験条件、複合要因・修飾要因等、設定された条件で実験データをとる必要がある

### 動物実験

マウスやラット等の実験動物を用いた、寿命に与える影響、がんの発生率、遺伝的影響などの実験研究(高線量率・高線量、高線量率・低線量のデータが主)

低線量率・低線量放射線の影響についてはわかっていないことが多く、動物実験で精度のよい実証的なデータをとる必要がある

## しきい値のない直線 (LNT) モデル



原爆被爆者の調査や動物実験等から、放射線によるがんの発生率等確率的影響と線量との関係(線量効果関係)は、左図の曲線(青)で表される。その高線量域での影響量から、直線で低線量域に外挿した関係(赤)がLNTである。

- ①高線量放射線被ばくと低線量放射線被ばくでは、生体の反応は質的に同じ
  - ②高線量率放射線被ばくと低線量率放射線被ばくでは、生体の反応は質的に同じ
- という仮定に基づいたもの。

低線量域でも適用できるのかどうか実験的に明らかにする必要がある

## 低線量域へのLNT適用に関する異なる見解

1. 米国科学アカデミー(BEIR VII)報告(2005&2006)
  - ・低線量域でもLNT適用による発がんリスク推定は有効との考えに基づく
  - ・100 mSvの被ばくで100人中1人(10 mSvの被ばくでは1,000人中1人)ががんを発症すると推定している
  - ・低線量放射線の影響について複雑なメカニズムを理解するにはデータが不十分であり、100 mSv以下の低線量域でもしきい値は存在しないと仮定するのが妥当である
2. フランス科学及び医学アカデミー報告(2005)
  - ・200 mSv以上の線量域では、LNTは適用できる
  - ・近年得られた新たな研究成果から、100 mSv以下の低線量放射線では、生体の防御機能(抗酸化作用、DNA修復、細胞死による損傷の除去・修復、細胞間相互作用や免疫細胞によるがん化細胞の排除等)が働くため、結果として低線量放射線の影響は少なくなり、しきい値の存在も示唆される
  - ・そのため、数10mSv以下の低線量域でLNTを適用することは発がんリスクの過大評価につながる

## 2.2 マウスを用いた寿命試験

### マウスを用いた寿命試験の実施

マウスに以下の3種類の低線量率放射線を長期間連続照射\*し、その寿命や死因等に及ぼす影響について調べる実験調査を1995(平成7)~2003(平成15)年度まで行った。

線量率 (mGy/22時間/日)	マウスが受ける 総線量 (mGy)	総線量のレベル
0.05	20	自然放射線レベルの約20倍 職業人の年平均線量限度に 相当
1.0	400	原爆被爆者の平均被ばく線 量の範囲に相当
20	8,000	発がん等影響が確実に現れ る線量と予測

\*照射期間は約400日間

### 低線量放射線生物影響研究と再処理施設との関連性





# 低線量率放射線長期連続照射による影響 (寿命試験)

## 寿命の変化とその原因

財団法人 環境科学技術研究所  
生物影響研究部  
田中 聡

## 実験方法

使用動物: 医薬品等の試験に使われるマウス(B6C3F1)

方法:

非照射対照群 (オス 500、メス 500匹)



→ 終生飼育

照射群 (各オス 500、メス 500匹)

ガンマ線



0.05 mGy/22時間/日 × 約400日 = 20 mGy

1 mGy/22時間/日 × 約400日 = 400 mGy

20 mGy/22時間/日 × 約400日 = 8,000 mGy

←→ 終生飼育

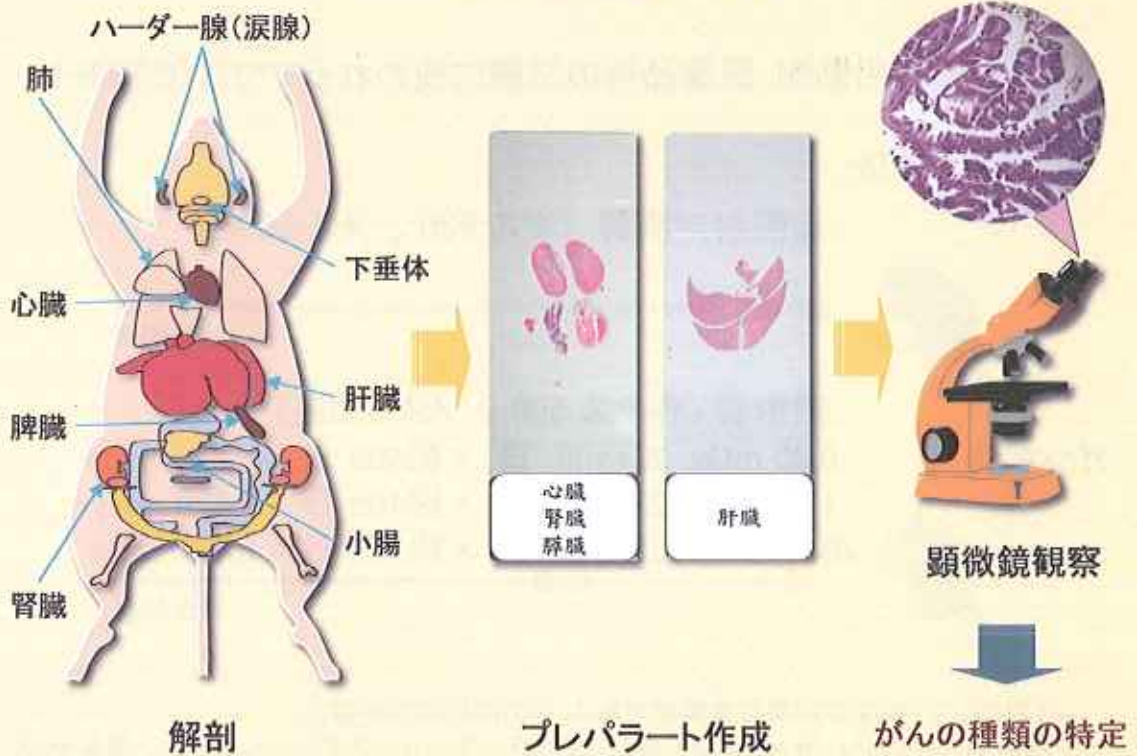
▶ 1日のうち2時間は飼育作業時間であり、その間は照射を停止。

▶ 照射期間400日は 20 mGy/日で照射しても死亡するマウスがほとんどでない最長期間

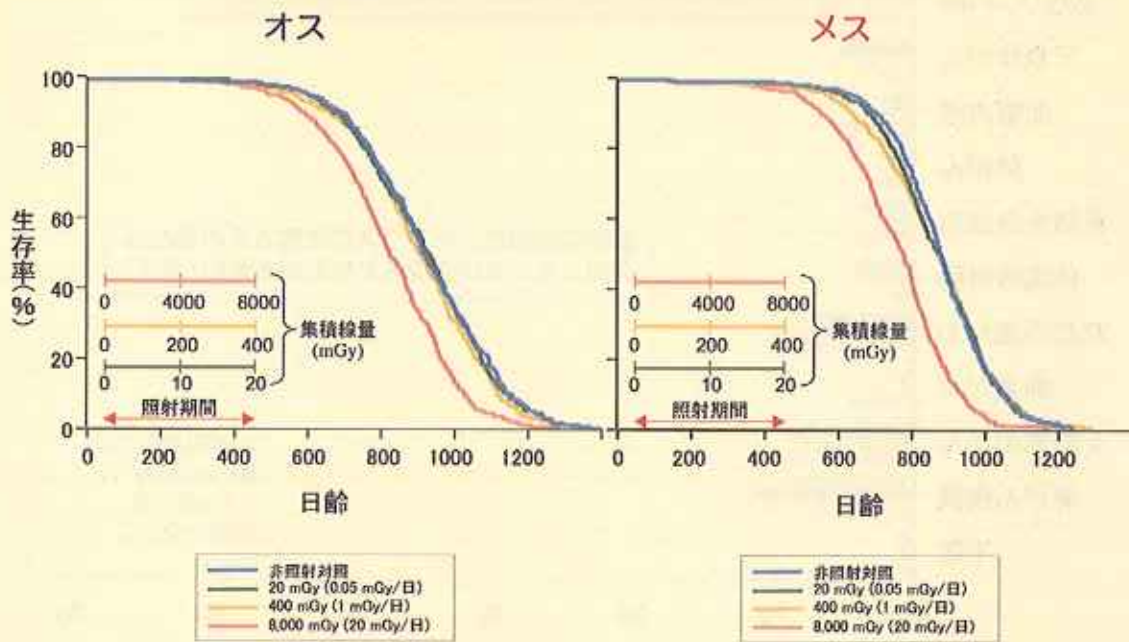
## 照射室



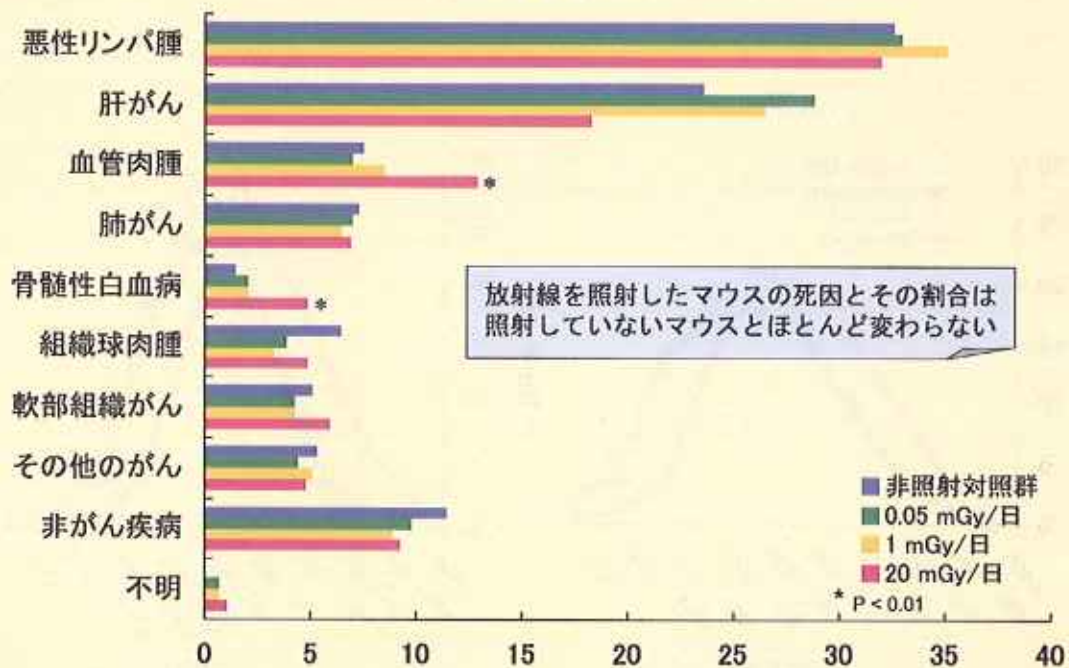
## マウスの死因を調べる

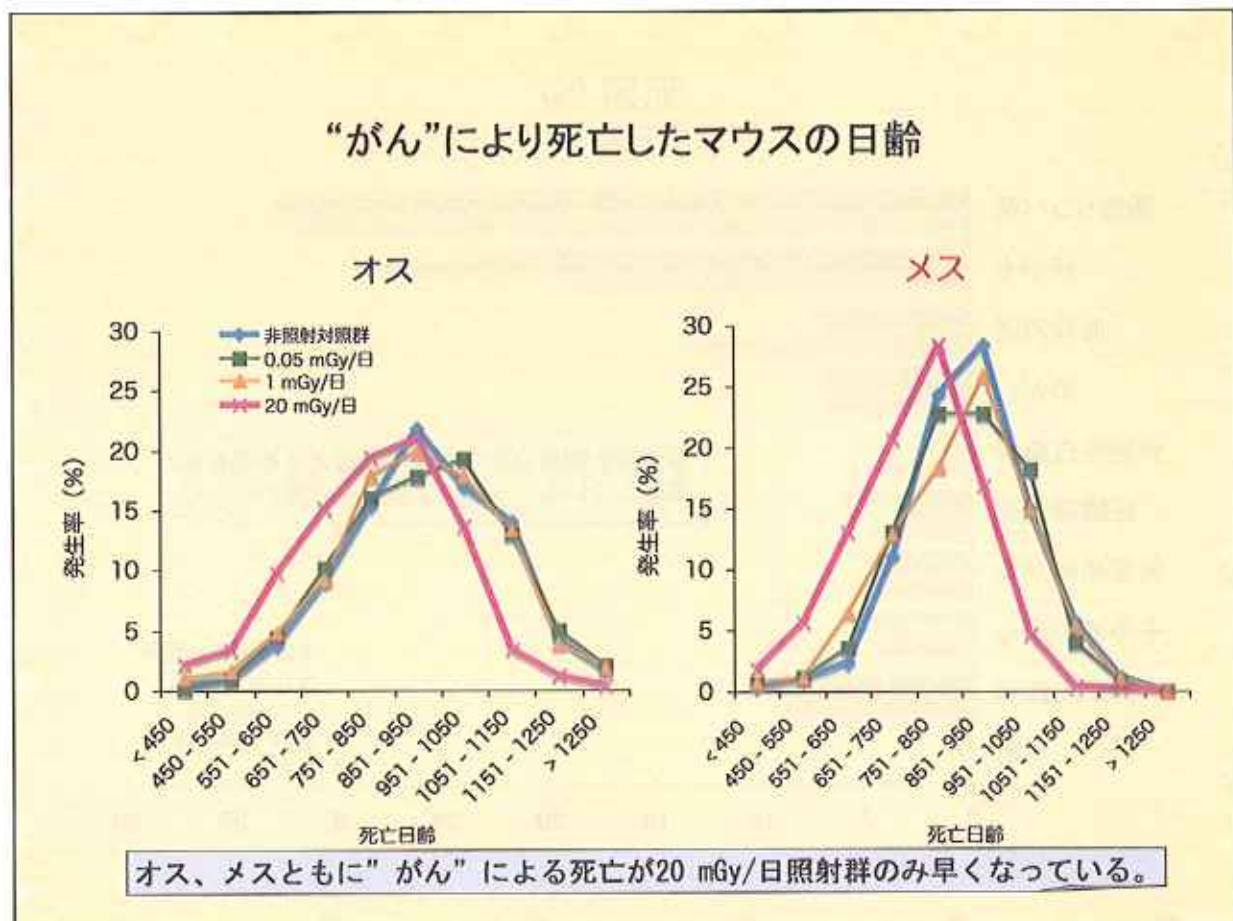
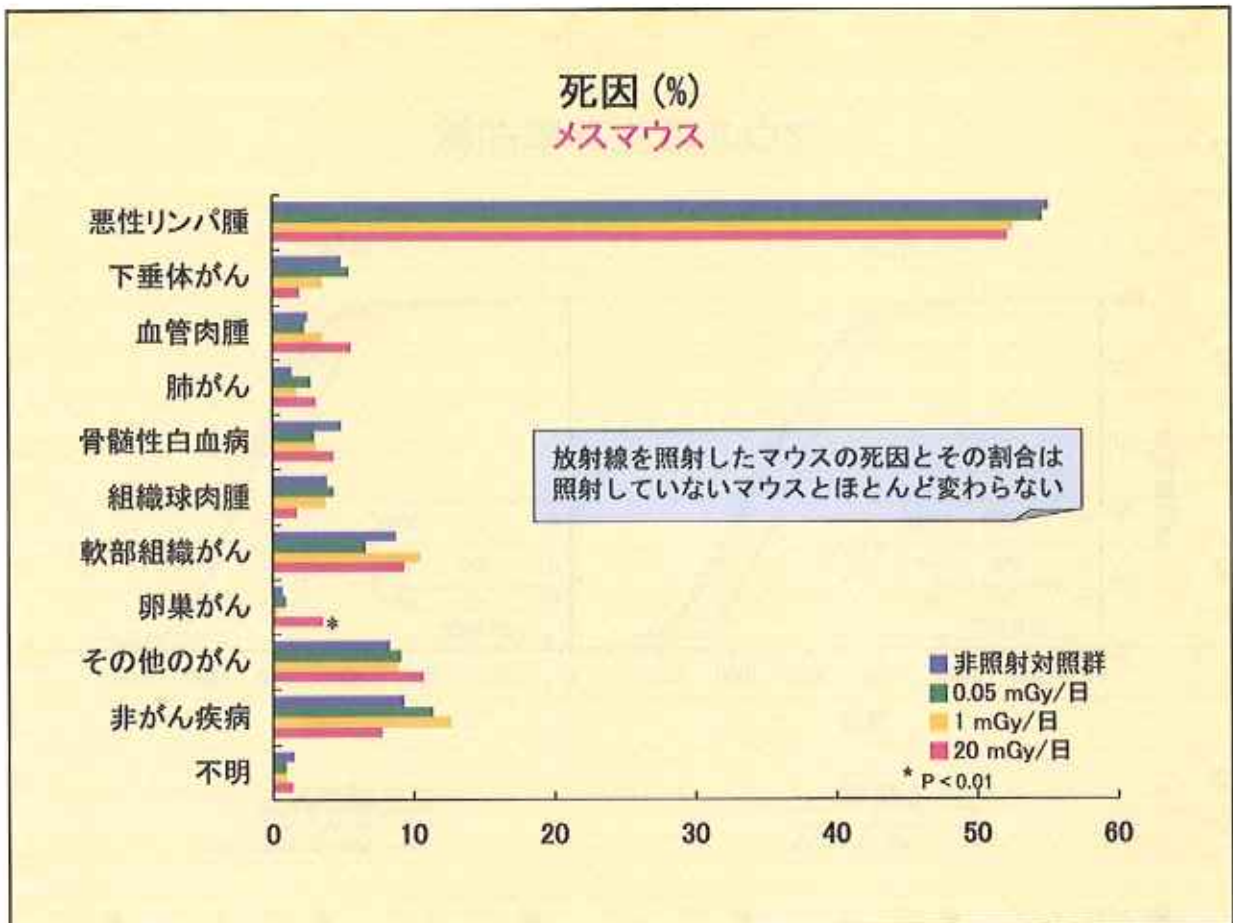


## マウスの生存率曲線



## 死因 (%) オスマウス





## 寿命試験でわかったこと

照射条件	寿命	寿命短縮に関連した"がん"
オス		
0.05 mGy/22時間/日	有意な変化なし	非照射対照群と変わらず
1 mGy/22時間/日	有意な変化なし	非照射対照群と変わらず
20 mGy/22時間/日	有意な短縮	悪性リンパ腫、肺腫瘍、血管肉腫
メス		
0.05 mGy/22時間/日	有意な変化なし	非照射対照群と変わらず
1 mGy/22時間/日	有意な短縮	悪性リンパ腫
20 mGy/22時間/日	有意な短縮	悪性リンパ腫、軟部組織腫瘍、血管肉腫

## 寿命試験結果から考える

### 1. 次世代(仔・孫)における影響は?

・照射された親マウスの生殖細胞の遺伝子変異は次世代に伝達されるのか?

### 2. 寿命短縮とがん等による早期死は何故起きるのか?

・加齢の促進、発生時期、遺伝子の変異、生体防御機能の変化等はあるのか?

### 3. がん発生率の線量・線量率効果は?

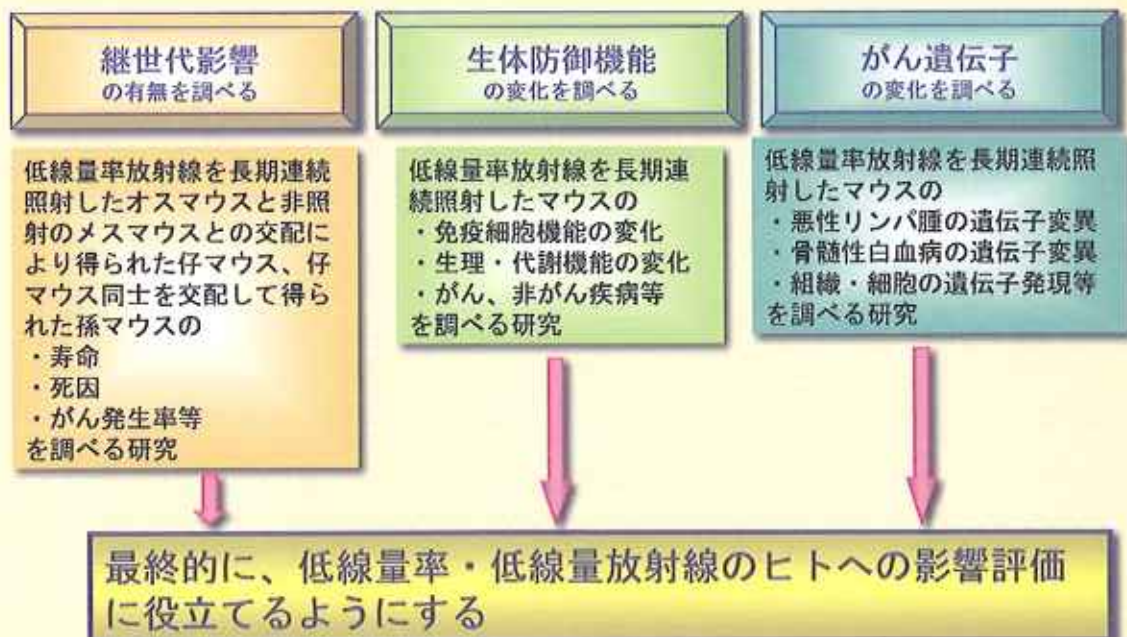
・照射開始時期(日齢)、照射時間等による違いはあるのか?

### 4. 低線量率放射線の連続照射に対する生体の応答機構は?

・遺伝子・タンパク質発現、細胞内および細胞間シグナル伝達等に特異的な応答はあるのか?

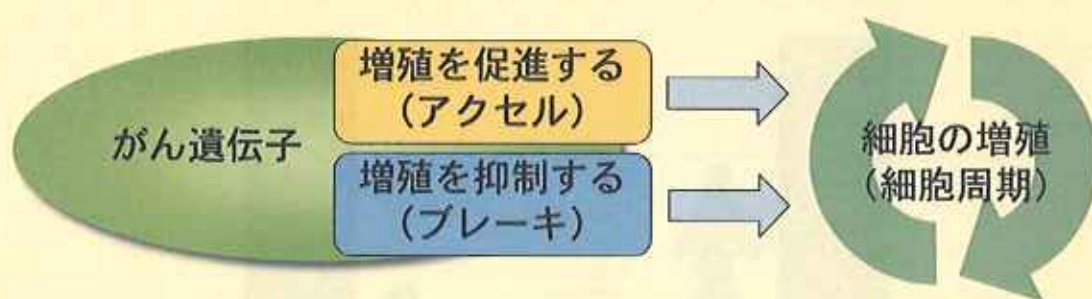
## 2.3 新たに進めている調査

### 新たに進めている調査

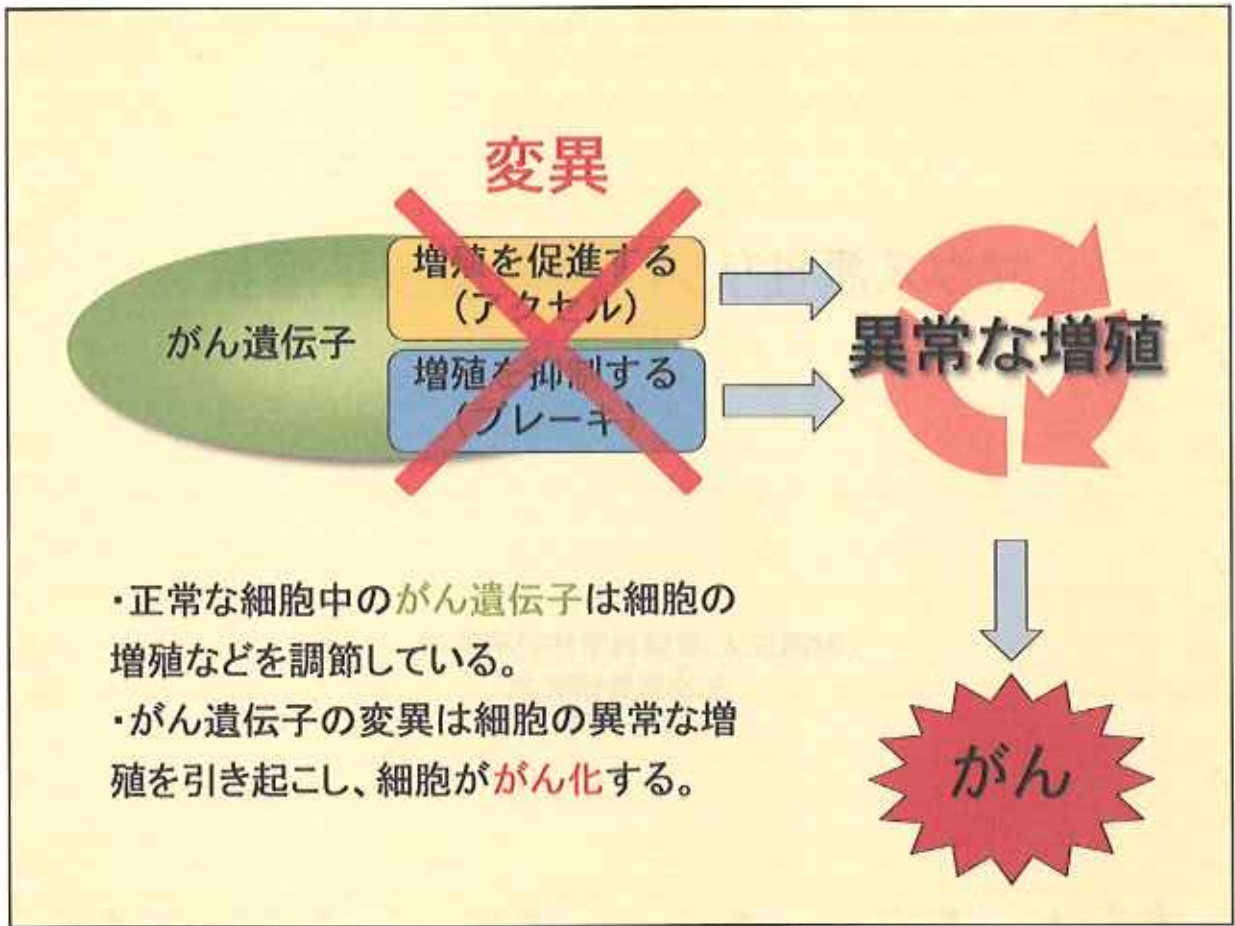


# マウス悪性リンパ腫の遺伝子解析

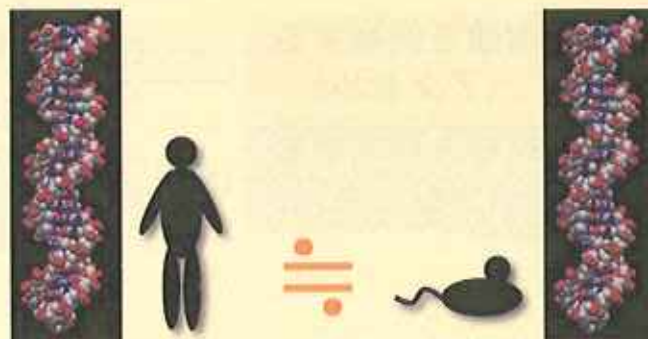
財団法人 環境科学技術研究所  
生物影響研究部  
藤川 勝義



・正常な細胞中のがん遺伝子は細胞の増殖などを調節している。



なぜマウスで実験するか、マウスの結果をヒトにどう適用するか  
ヒトとマウスの放射線に対する反応には違いがある。



ヒトとマウスの遺伝子は99%以上同じ※1

マウスを用いて低線量率放射線長期照射により生じた遺伝子の変化を調べる。

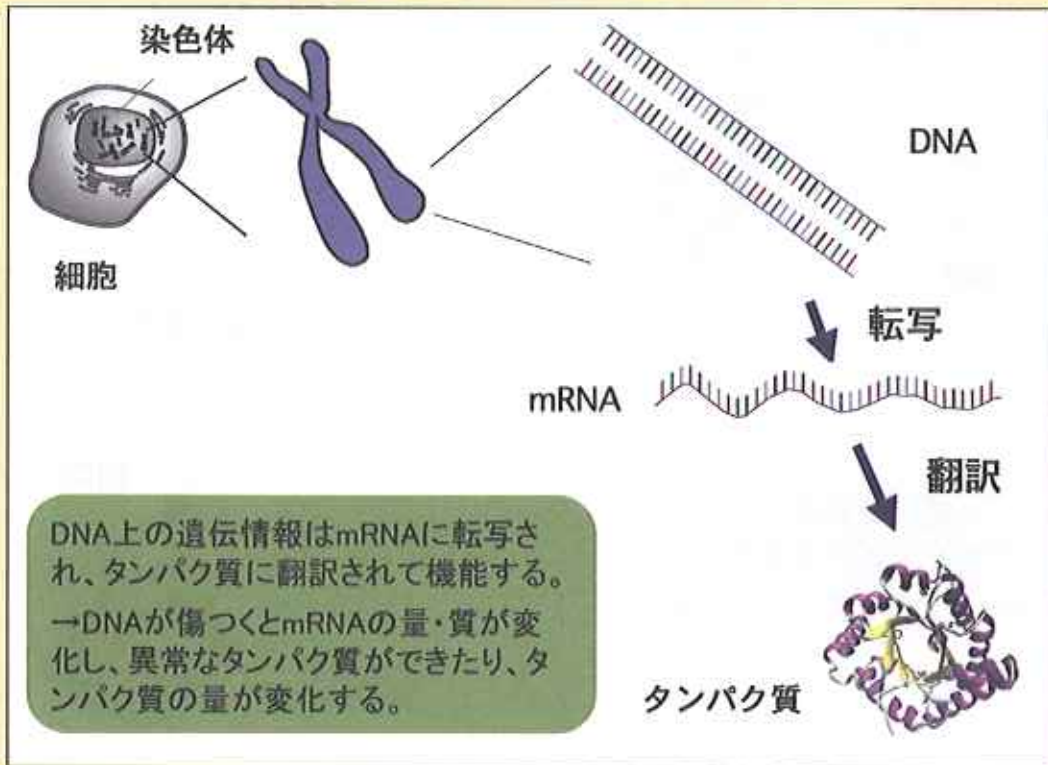
→ヒトへの影響を推定する。

※1 塩基配列がよく似ている遺伝子の数のこと

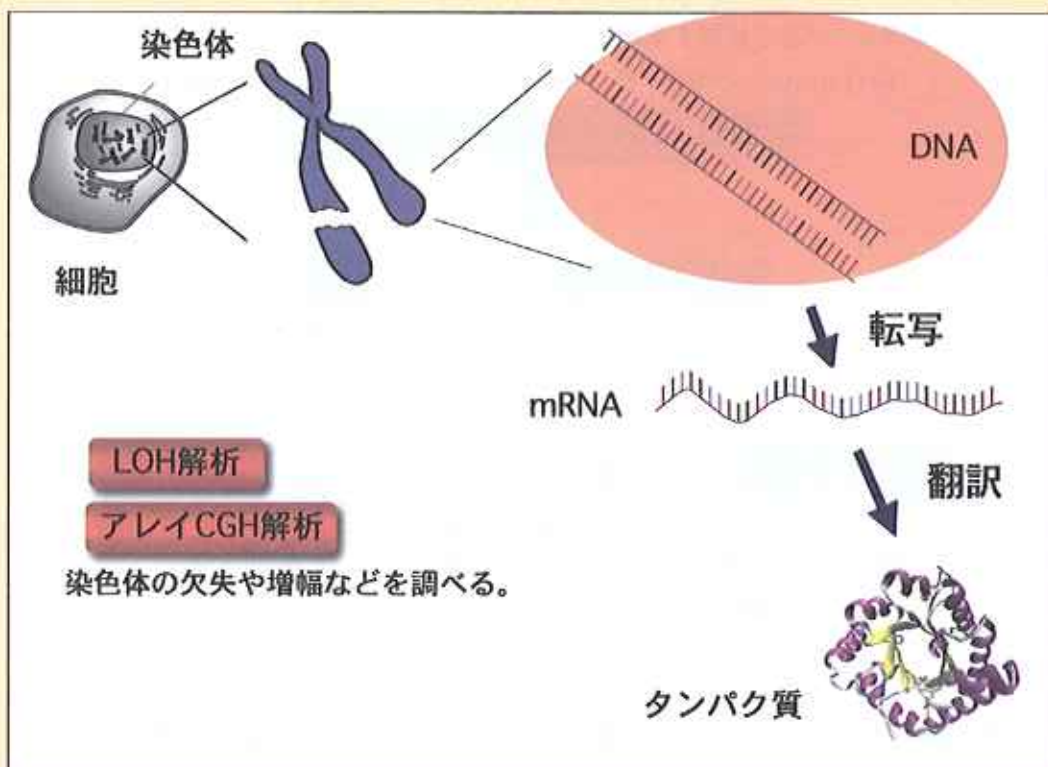
(R.H. Waterston et al. (2002) NATURE 420: 520-562による)



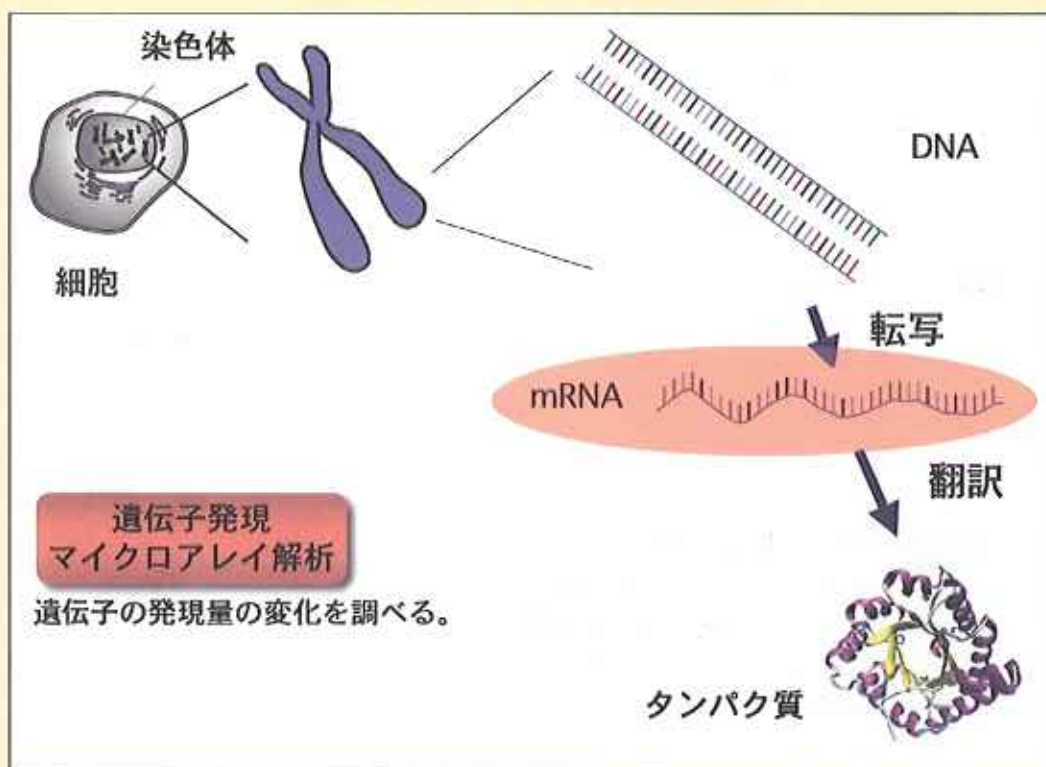
## 遺伝子の傷と遺伝情報の変化



## 遺伝子の傷と遺伝情報の変化



## 遺伝子の傷と遺伝情報の変化



## マウス悪性リンパ腫の遺伝子解析の手順

悪性リンパ腫を好発する系統のマウスに低線量率ガンマ線を長期照射  
(20 mGy/22 時間/日、400日間、総線量は8000 mGy)

悪性リンパ腫の試料を採取

DNAの解析 (LOH解析)

設計図であるDNAの変異を調べる。

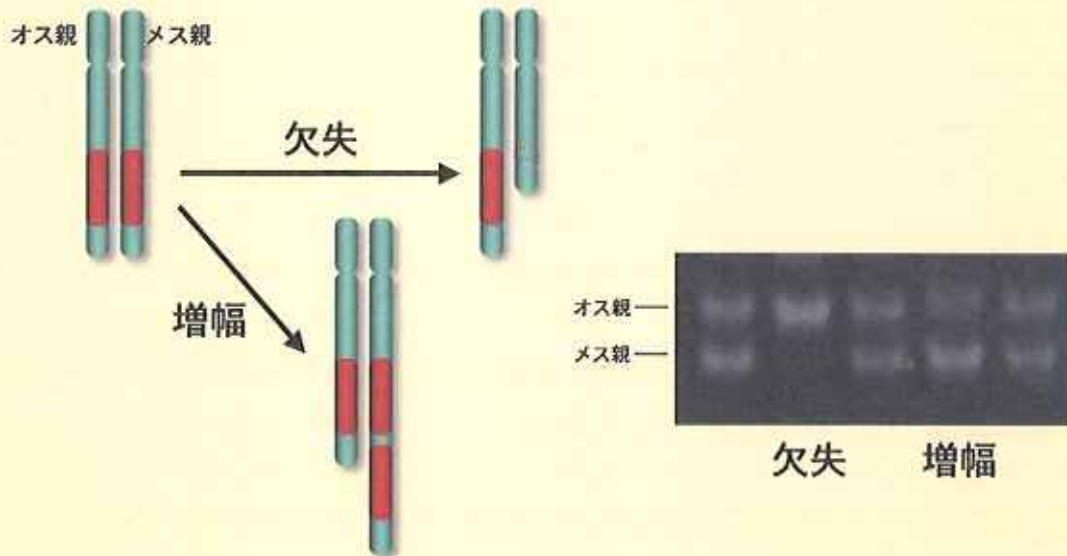
mRNAの解析 (遺伝子発現マイクロアレイ解析)

マウスゲノム上の全ての遺伝子について、  
働いている遺伝子の量 (mRNA量) の変化を調べる。  
遺伝子発現パターンを分類する。

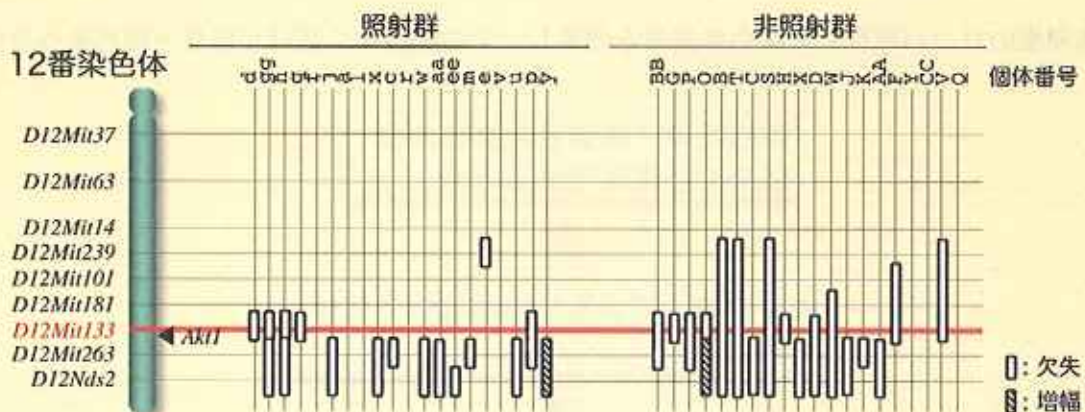
照射群と非照射群の悪性リンパ腫を比較して違いのある遺伝子を見つける。

## マウス悪性リンパ腫のLOH解析

- ・低線量率ガンマ線長期照射マウスに発生した悪性リンパ腫20検体
- ・非照射マウスに発生した悪性リンパ腫20検体
- DNAを抽出し、LOH(ゲノム変化の一つ)を調べた。



## マウス悪性リンパ腫のLOH解析



悪性リンパ腫の12番染色体にLOHが集中する領域がある。

- ・ *D12Mit133* 領域におけるLOH頻度：  
照射群(5/20=25%) < 非照射群(12/20=60%)
- ・ *D12Mit133* 領域には細胞増殖の調節などに関わる遺伝子*Akt1*がある。  
(≒アクセルに相当)

## 染色体異常から被ばく線量を推定する

末梢血のリンパ球などの染色体異常を測定し、その頻度から被ばく線量を推定する方法

高線量率・高線量放射線の被ばくでは推定できる方法



低線量率・低線量放射線被ばくに使えるか



マウスを用いた実験等で低線量率・低線量放射線(数10 mSv~100 mSv)の長期被ばく時の染色体異常を検出し、線量を推定する技術の確立

## 用語説明

### シーベルト (Sv) とグレイ (Gy)

生物の組織に吸収された放射線のエネルギーを吸収線量といい「グレイ」という単位で表す。

人間の被ばくでは、吸収線量に、放射線の種類による違い（放射線荷重係数）と組織の違いによる影響の受けやすさ（組織荷重係数）を掛けた実効線量を使い「シーベルト」という単位で表す。【 $Sv = Gy \times \text{放射線荷重係数} \times \text{組織荷重係数}$ 】

放射線荷重係数は、ガンマ線、エックス線、ベータ線とも1で、アルファ線は20、中性子線は5～20とされている。

組織荷重係数は、人間で設定され、胃、肺、骨髄などが0.12、食道、甲状腺、乳房、肝臓などが0.05、皮膚、骨の表面が0.01とされている。

### 活性酸素

放射線により細胞中の水分子が分解された結果生じる、生物活性の強い酸素基や水酸基。

### 線量効果関係

放射線の量(線量)と、がんの発生率等影響(生物効果)量との関係。

### ゲノム

生物がもつ染色体1組の中にある全ての遺伝子のセット。

### DNA(デオキシリボ核酸)

生物の遺伝情報の設計図である遺伝子本体で細胞の核やミトコンドリア内に存在している。

### RNA(リボ核酸)

細胞質および細胞核内に分布し、DNAの遺伝情報をもとにタンパク質合成に関わる。

### mRNA(メッセンジャーRNA)

細胞中のタンパク質を合成する場所へDNA上の遺伝情報を伝える(messenger)役割をもつリボ核酸(RNA)。

### がん遺伝子

正常の細胞にも存在し、細胞の増殖などを調節しているが、変異が生じると細胞ががん化するような遺伝子。

### **遺伝子発現**

DNA上の遺伝情報に基づくタンパク質の合成。

### **LOH(ヘテロ接合性の消失)**

両親からそれぞれ1つずつ受け継いだ染色体の片方に起きる欠失や重複などゲノムの変化で、がん細胞の染色体でよくみられる。

### **DNA マイクロアレイ (DNA チップ)**

マウスやヒトなどのゲノムや遺伝子発現の変化を調べるため、数万から数十万種類のDNA配列をスライドガラス上に高密度に貼付けたもの。

### **アレイ CGH**

がん細胞などのゲノム中の特定部位の増加や減少といった数の異常を、上記マイクロアレイを用いて、数百から数十万箇所にあたって一度に調べる方法。