

# 放射線・放射能に関する 基礎知識

小佐古 敏荘  
東京大学大学院教授

1

小佐古 敏荘(こさこ としろう)



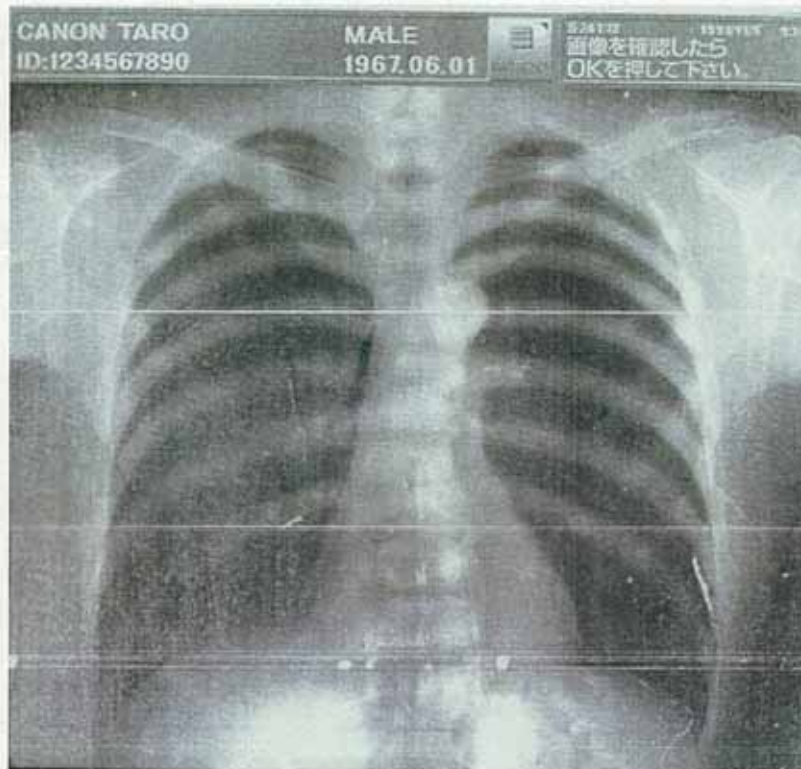
**現 職** 東京大学大学院  
工学系研究科原子力専攻 教授

**略 歴** 広島県生まれ  
1972年 東京大学 工学部原子力工学科 卒業  
1977年 東京大学 大学院工学系研究科博士課程修了(工学博士)  
同 年 東京大学 原子核研究所助手  
原子力研究総合センター助教授 を経て現職

**専門分野** 放射線安全、遮へい、計測

**職歴等** 日本保健物理学会会長, アジアオセアニア放射線防護学会会長, 日本アイソトープ協会理事, 前ICRP 第4委員会委員, 経済産業大臣賞, 文部科学大臣賞, 環境庁局長賞, 日本保健物理学会賞, 放射線影響協会賞 等。

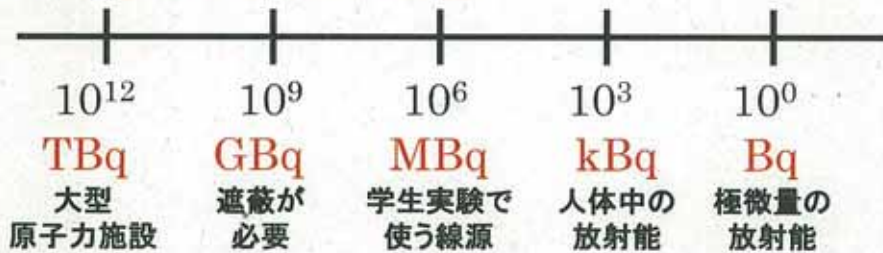
# 1. 放射線・放射能の発見



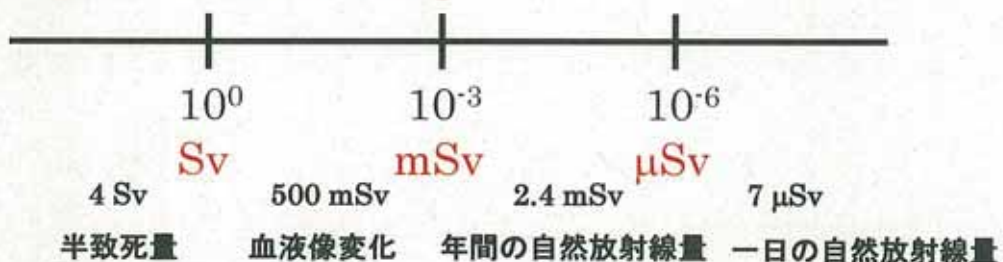
3

# 2. 放射線・放射能の基礎

## • 放射能 [ベクレル: Bq]



## • 線量 [シーベルト: Sv]



4



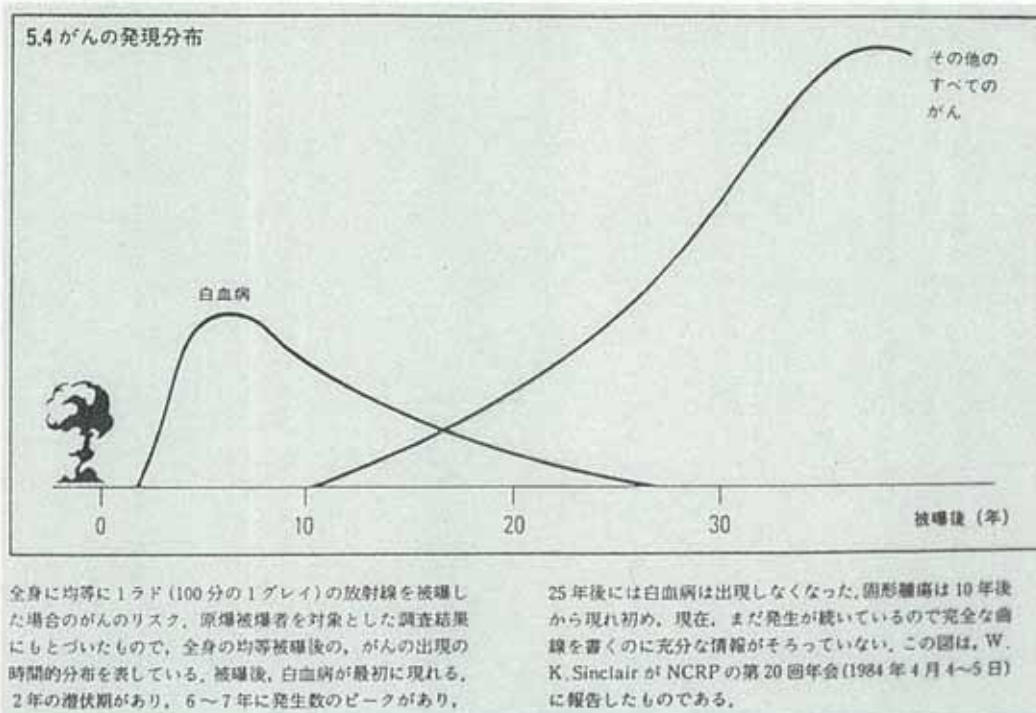
### 3. 放射線の安全基準

- 放射線の安全基準は  
どのようにして決めてきたのか？
  - 人の作った有害物の安全基準
  - 人はマウスか？
  - 唯一ひとつの、人を使った安全基準
  - 日本人の貢献
  - 最強のリスク・マネジメント・システム
  - 安全を体系(学問)で語ることの重要性

5

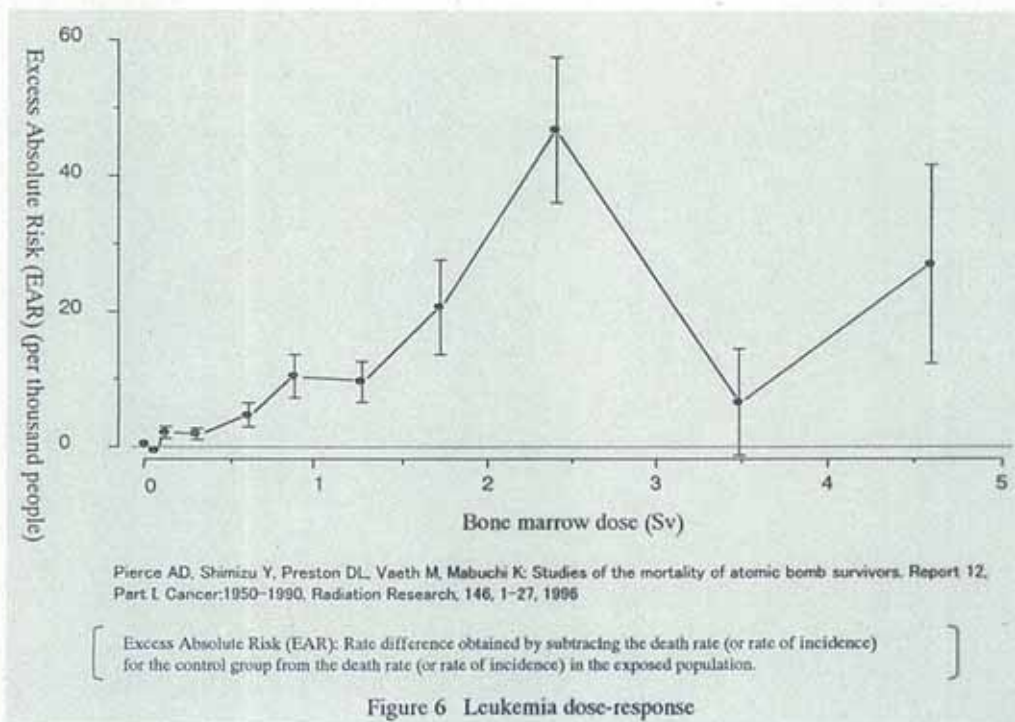


## 3-2 放射線の安全基準



7

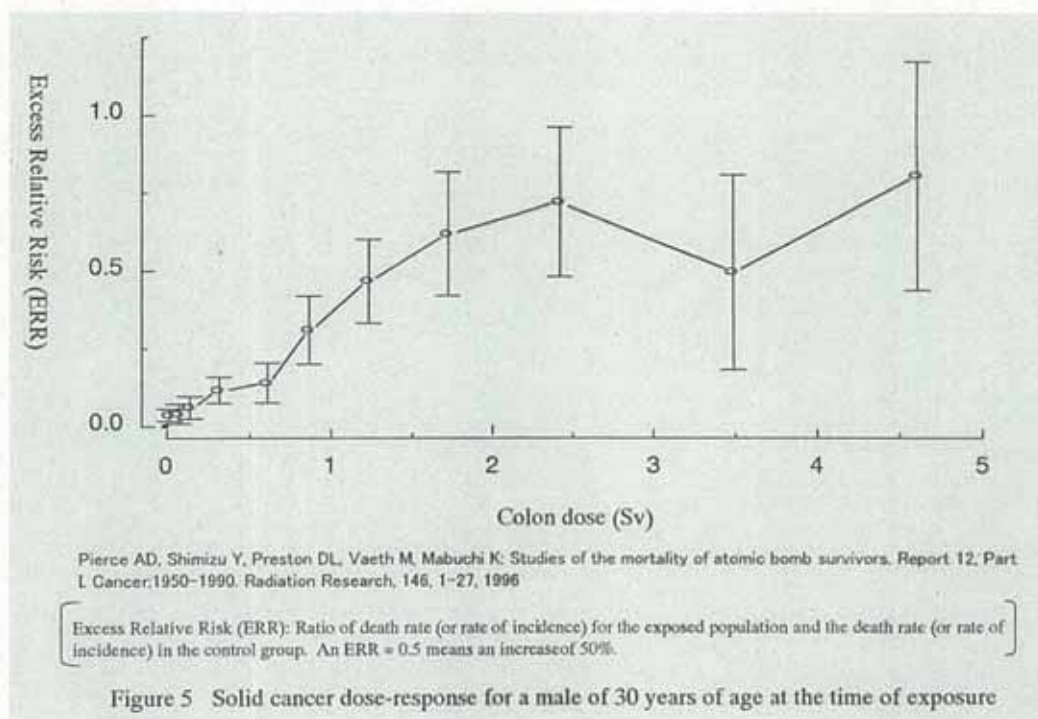
## 3-2 放射線の安全基準



8

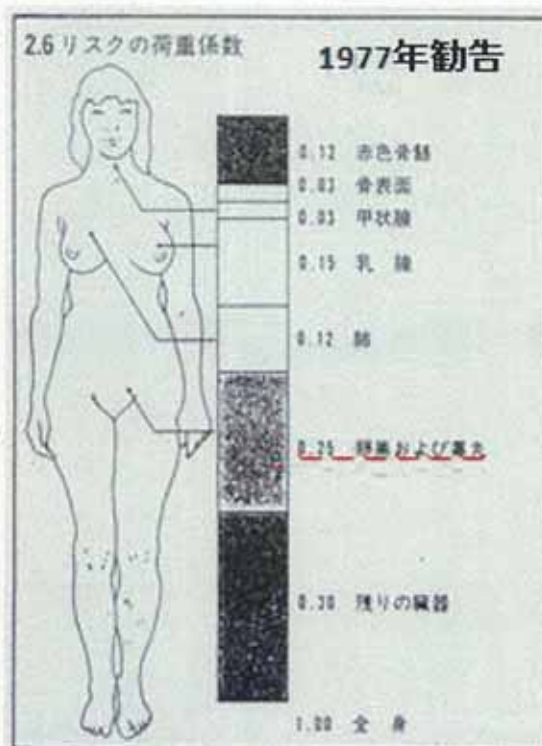


## 3-2 放射線の安全基準



9

## 放射線の臓器ごとの加重の変遷



1990年勧告 2007年勧告

生殖腺	0.20	0.08
骨髄	0.12	0.12
結腸	0.12	0.12
肺	0.12	0.12
胃	0.12	0.12
膀胱	0.05	0.04
乳房	0.05	0.12
肝臓	0.05	0.04
食道	0.05	0.04
甲状腺	0.05	0.04
皮膚	0.01	0.01
骨表面	0.01	0.01
唾液腺	—	0.01
脳	残りの臓器	0.01
残りの組織・臓器	0.05	0.12

# 放射線安全の基準

1. 国際放射線防護委員会(ICRP):任意団体
2. 国際原子力機関(IAEA):国連(UN)
3. 世界保健機構(WHO), 世界食料機構(FAO), 世界労働機構(ILO), WTO, など
4. 国内法  
原子力規制委員会, 文部科学省, 厚生労働省, 農林水産省, (総理官邸, 国土交通省, 防衛省, 都道府県, 市町村, 等)  
放射線審議会, 食品安全委員会

## 3-3 線量限度

- |                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| • 放射線作業者                  | 20mSv/年<br>(100mSv/5年,50mSv/年) |
| • 公衆                      | 1 mSv/年                        |
| • 医療被曝<br>胸部レントゲン<br>胃の検診 | 0.3mSv/年<br>数 mSv/年            |
| • 自然界の放射線                 | 2.4mSv/年                       |

# 発ガンについて

13

## 発がんを理解する

- ガンは、既に、特別な病気ではない。
- 生涯の発ガン確率は、約0.3である。
- 発ガンの原因は様々である。

14



# ご存知ですか？「ガン」は死因の第1位です。

「ガン」をはじめとする3大成人病は30代・40代の働き盛りから急激に増加しています。

3大成人病で死亡する人口は交通事故の**57.5倍**

●年代別にみた主な死因の状況(死亡数数の割合)

	ガン	脳血管疾患	心疾患	肺炎	不慮の事故	その他
20代	1.0	1.2	32.6			44.5
30代	25.1	6.1	10.4	1.6	13.4	41.4
40代	37.3		10.0	10.9	3.5	9.0
50代	44.0		10.6	11.4	1.9	6.0
60代	47.1		9.4	12.3	3.3	4.1
70代	37.4		15.3	15.5	6.8	3.5

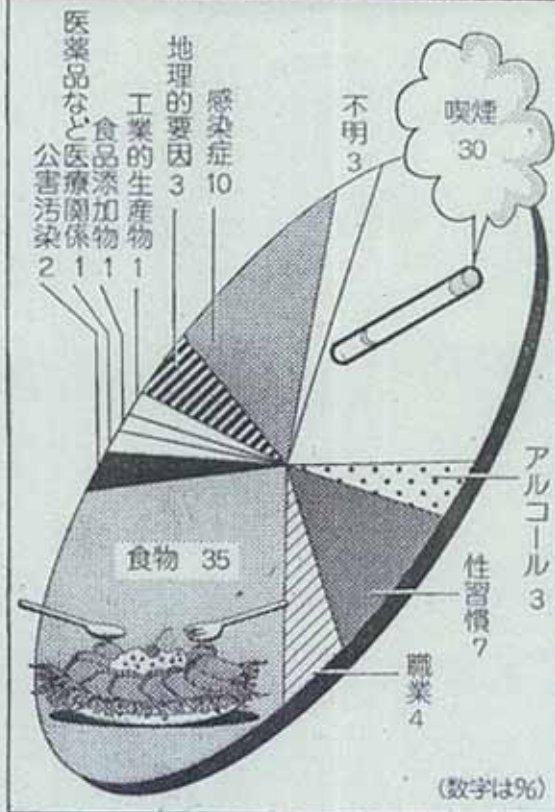
※1996年厚生省「人口動態統計」概況

●死亡原因の割合

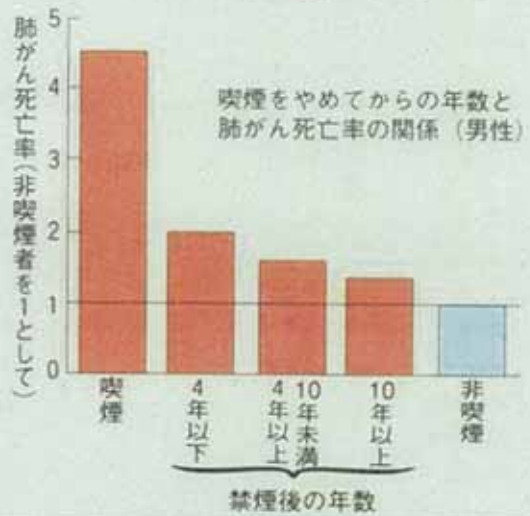


15

## がんの原因 (ドル、ベト岡博士による)



## たばこをやめると肺がん死亡率が下がる



資料=「喫煙と健康」第2版(厚生省編)

16



# 自然放射線

# 人工放射線

17

## 環境の放射能を理解する

- 環境中の放射能は特別な存在ではない

### 自然放射線

- 外部被曝(宇宙線、大地)は0.8mSv/年
- 内部被曝(空気-呼気、食品-人体)は1.6mSv/年

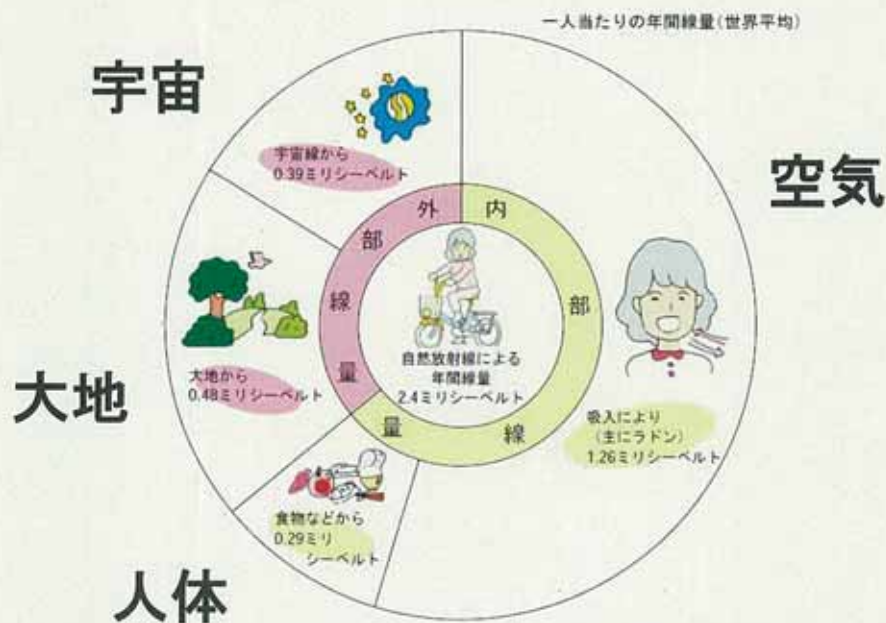
### 人工放射線

- 人工放射線は医療から約1mSv/年
- 大気圏核実験による放射性降下物

18

# 2. 放射線・放射能の基礎

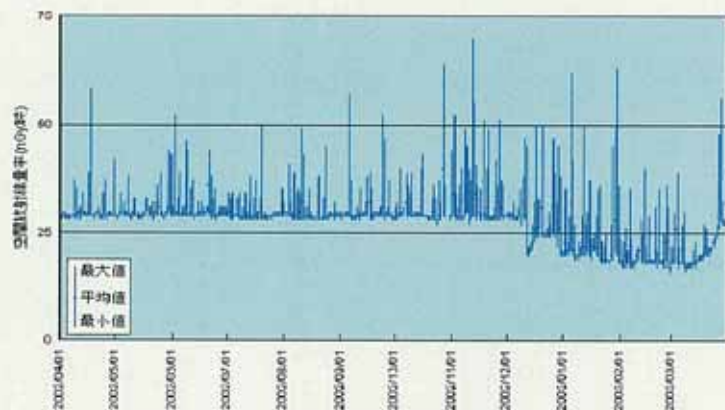
## 自然界の放射線



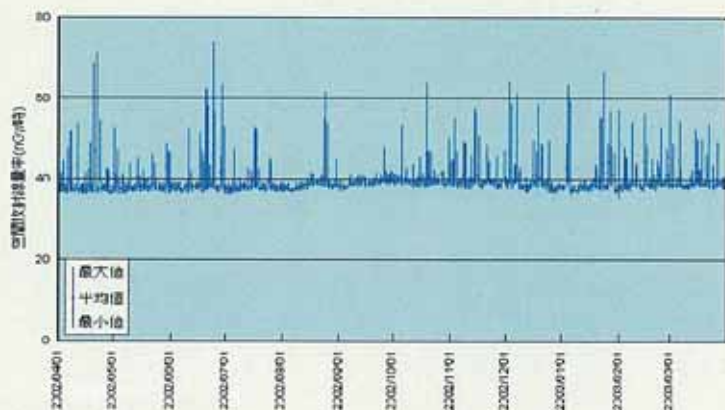
出典：国連科学委員会(UNSCEAR)2000年報告

19

### 実際の環境モニタリング



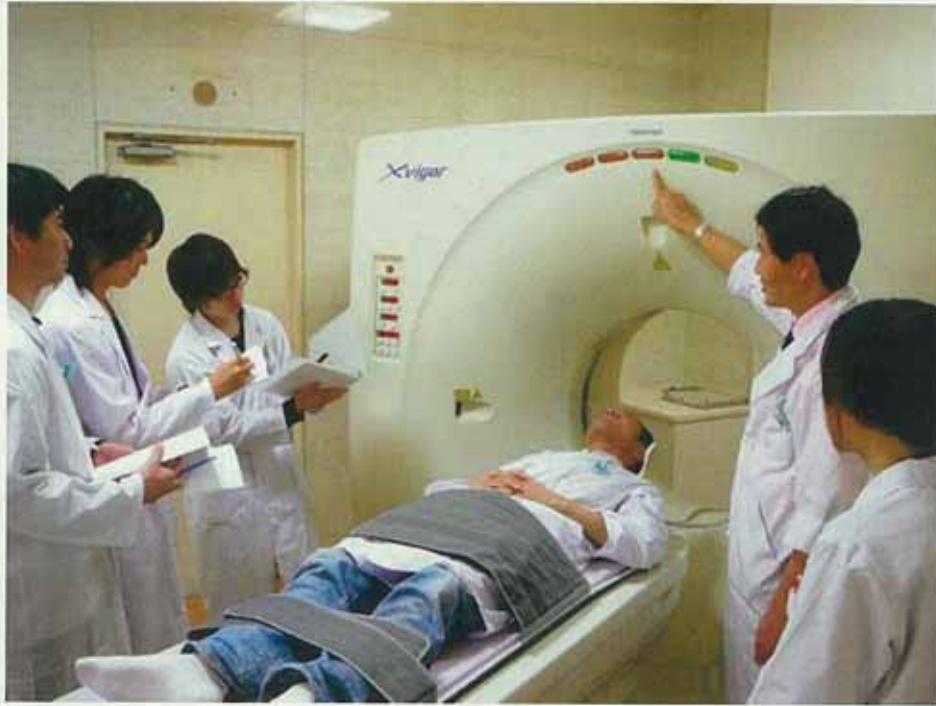
青森県における空間放射線量率(2002年度)



鹿児島県における空間放射線量率(2002年度)

グラフ出典：日本分析センターHP  
環境放射線(能)データベースより





東京電子専門学校

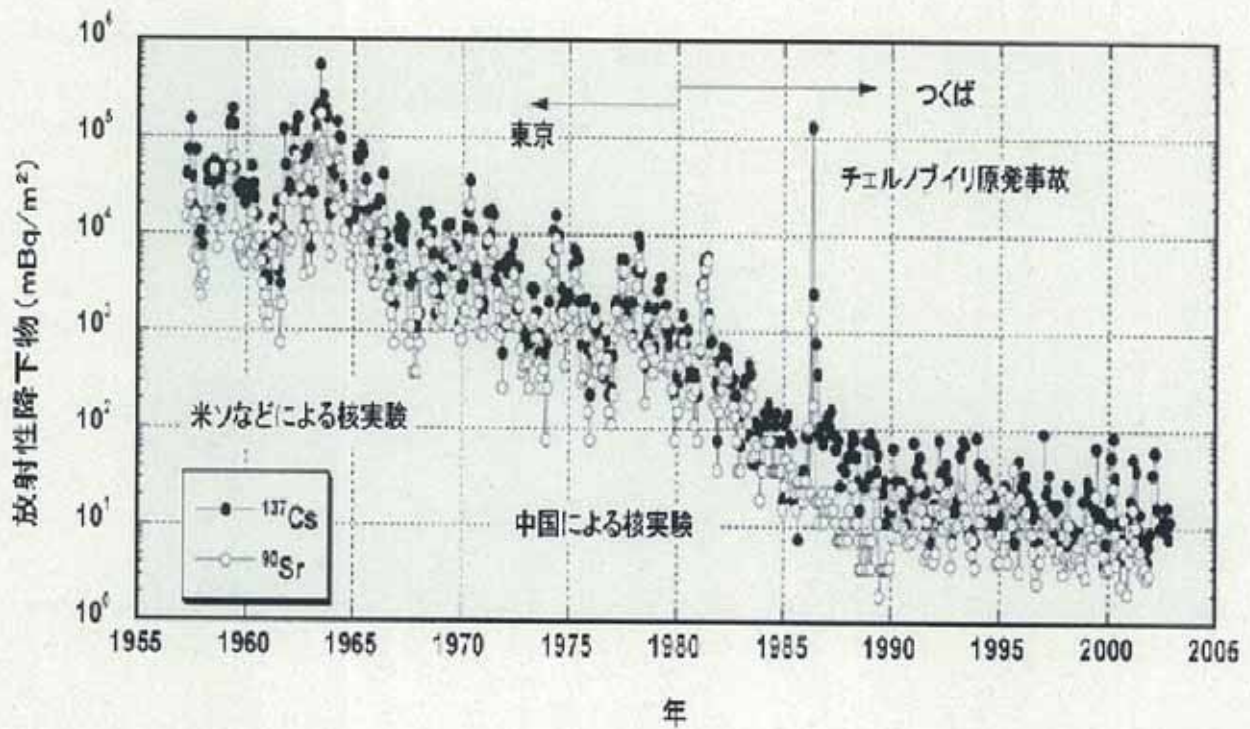


図1 人口放射性降下物の経年変化

[出所]気象研究所地球化学研究部:環境における人口放射能の研究2003、  
[http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/2003Artifi\\_Radio\\_report/coverJP.htm](http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/2003Artifi_Radio_report/coverJP.htm)

# 福島原子炉事故と放射線防護

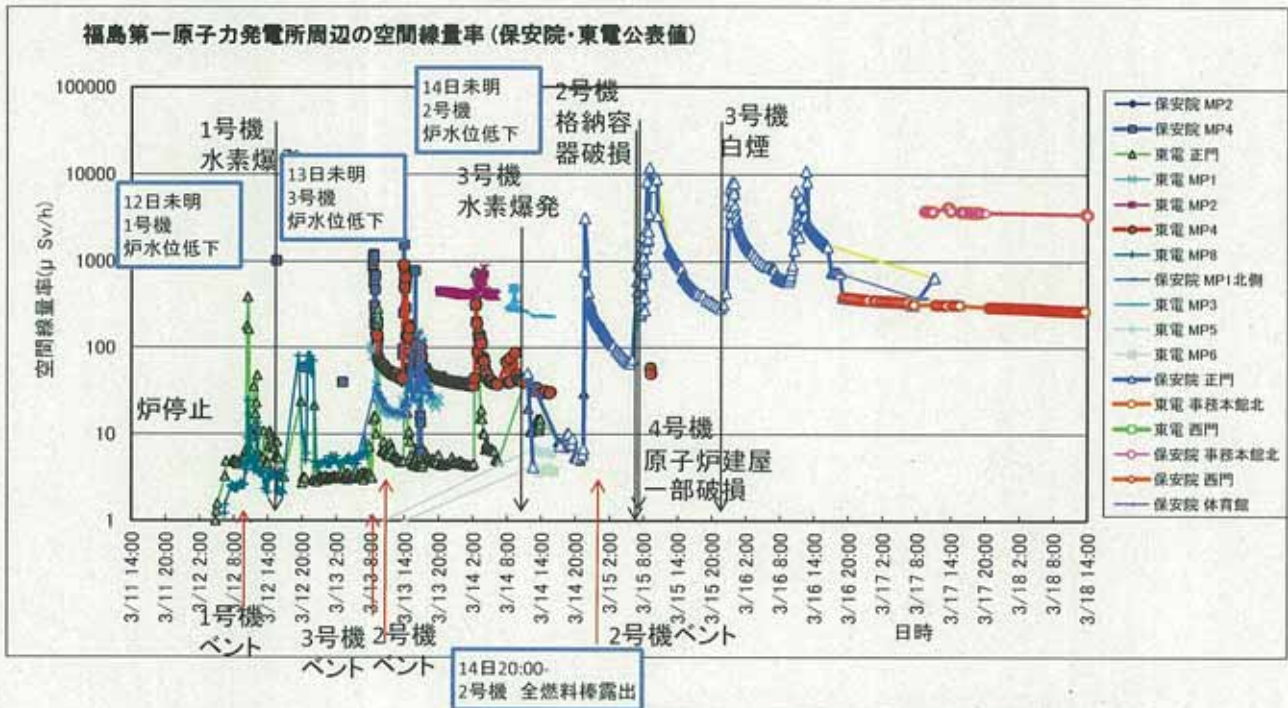
1

## 東日本大震災

- ・発生： 2011年3月11日 14:46
- ・マグニチュード 9.0 – 世界で4番目に大きい  
– 日本で最大
- ・震央： 対岸より70km 深さ24km
- ・地震エリア： 400km x 200km



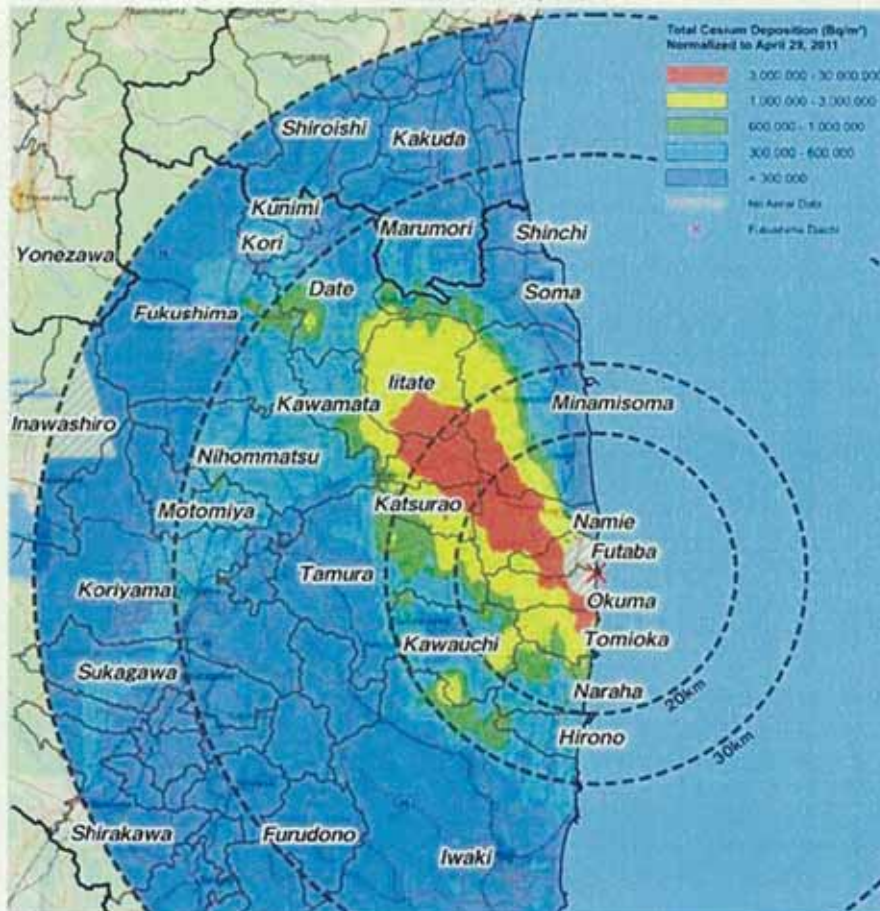
# 福島第一原子力発電所事故による放出



出典 原子力安全保安院HP、東京電力HP、美浜の会HP

## Aerial Measuring Results

Joint US / Japan Survey Data





# 混乱を招いている事象

## 事象

## 原因

屋内退避・避難

- ・ 解除する時期
- ・ 国の関与が大きい
  - ・ 現場での指示を地方自治体に移行

非常事態宣言の解除

- ・ 非常事態宣言解除のタイミング

飲食物の規制

- ・ 規制値の妥当性・柔軟性
- ・ 土壌汚染に対する作付け基準
- ・ 海洋汚染による海産物への影響評価

健康影響の推定

- ・ 住民の正確な線量評価の実施
- ・ 低線量による健康影響

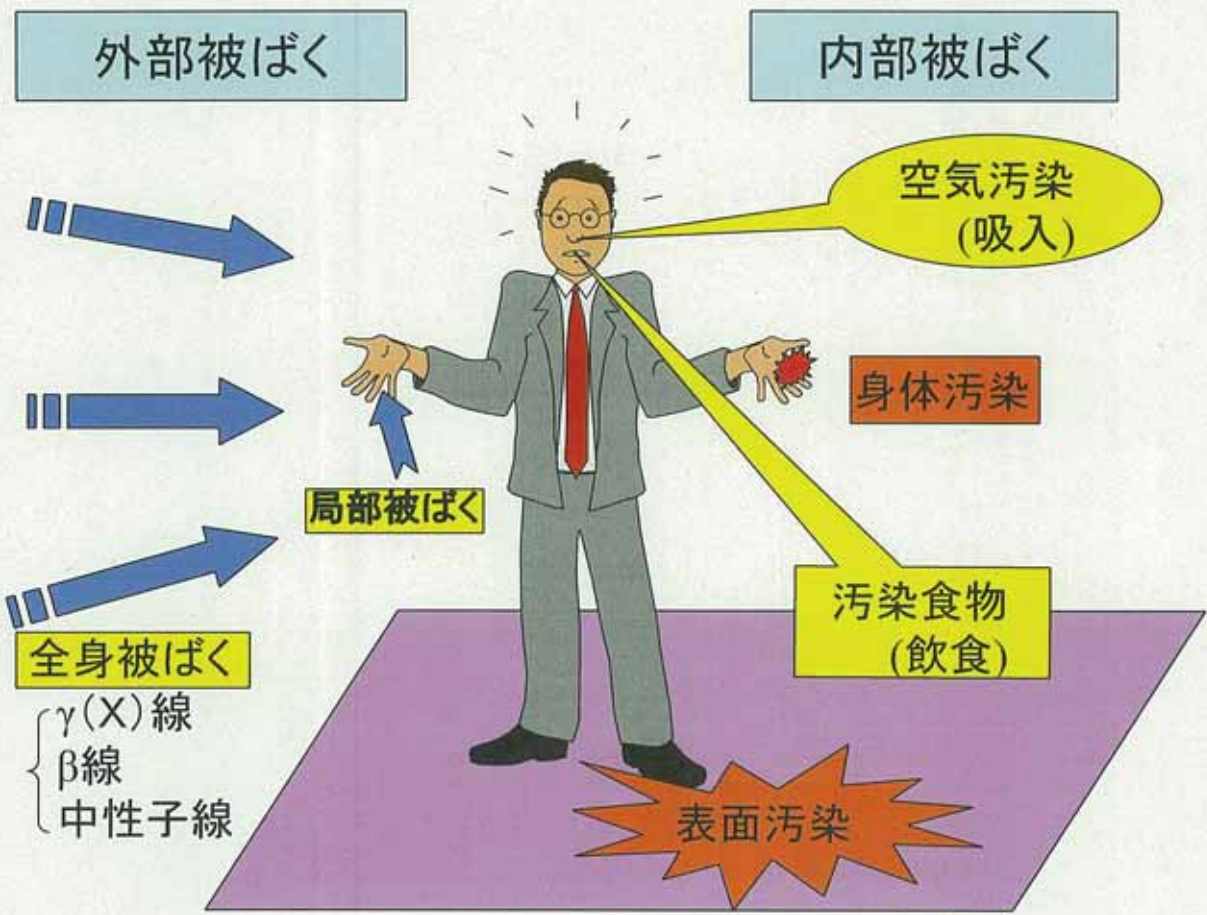
環境修復

- ・ 環境除染(基準、方法論、資金、労力etc.)
- ・ 農地の回復
- ・ 放射性廃棄物の処分

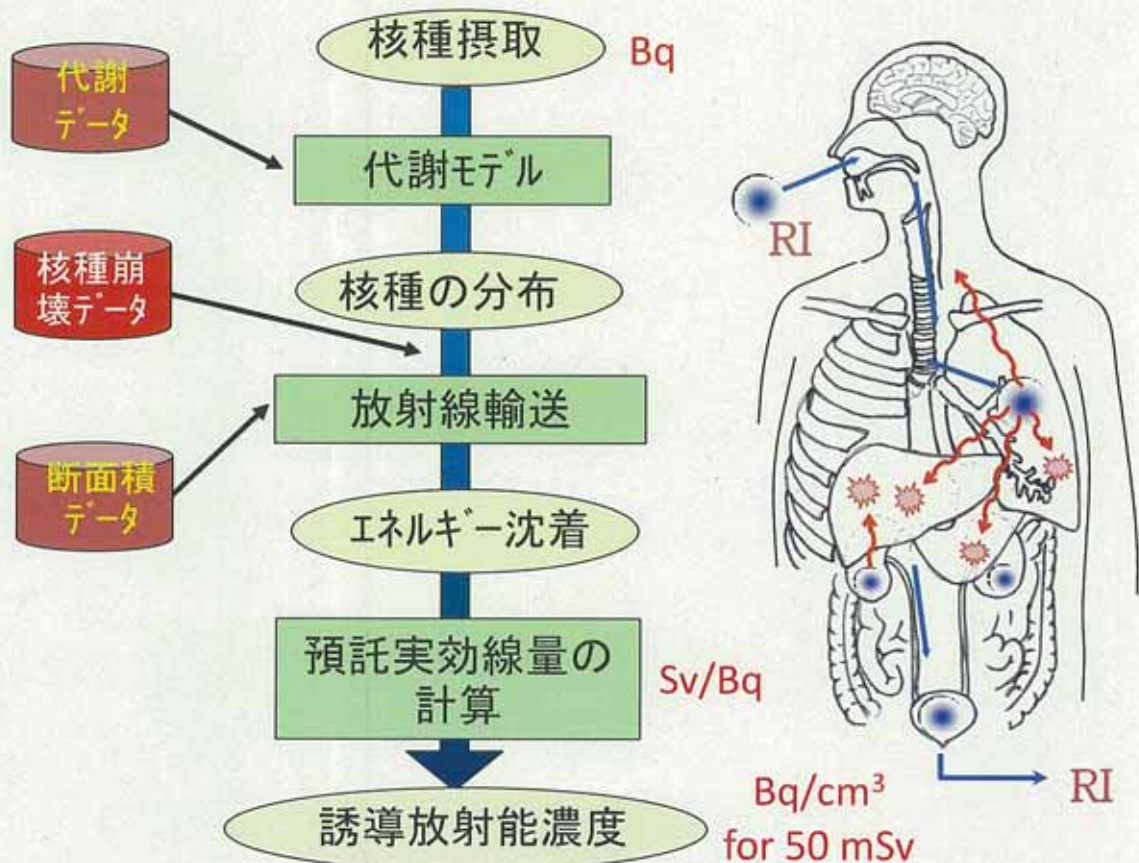
## (1) 人体影響

＋外部被ばくと内部被ばくの基礎について  
＋短期的な影響、長期的な影響  
(特に甲状腺)、遺伝影響について。  
年齢ごとの感受性。



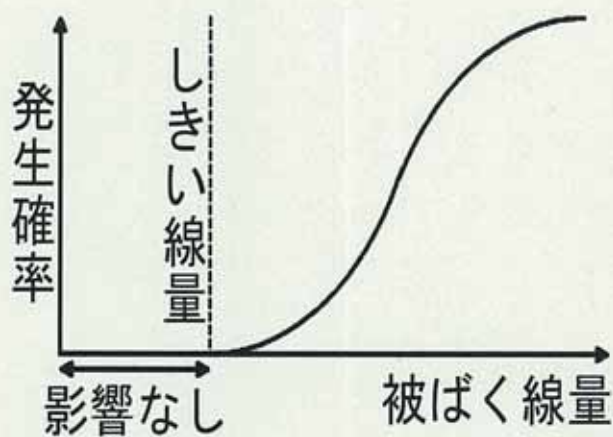


### 内部被ばく線量評価の考え方

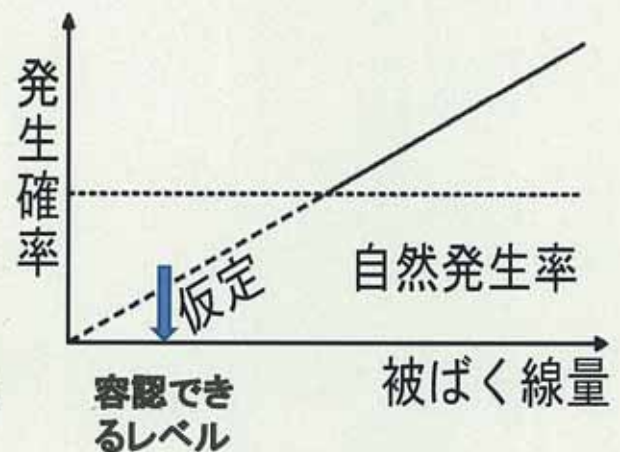


## 放射線防護の観点からの 放射線影響の分類と特徴

種類	影響の例	しきい線量	線量の増加に伴う変化
確率的影響	発がん 遺伝的影響	存在しない (と仮定)	発生確率
確定的影響	白内障 脱毛 不妊 など	存在する	症状の重篤度



確定的影響



確率的影響



## 線量限度

適用	線量限度	
	放射線業務従事者	一般公衆
実効線量	100mSv/5年 50mSv/年 女子 5mSv/3月 妊娠中の女子 1mSv/期間(内部被ばく)	1mSv/年
等価線量 眼の水晶体 皮膚 妊娠中女子腹部 表面	150mSv/年 500mSv/年 2mSv/期間	15mSv/年 50mSv/年

## 被曝の様態

計画被曝状況(通常の被曝状況)

緊急時被曝状況

現存する被曝状況

# 緊急時被曝状況

表1 屋内退避及び避難などに関する指標

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	・放射性ヨウ素による甲状腺の等価線量 ・ウランによる骨表面または肺の等価線量 ・プルトニウムによる骨表面または肺の等価線量	
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またはガンマ線の放出に対しては、現地災害対策本部の指示があれば、コンクリート建家に退避するか、または避難すること。
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、または避難すること。

- (注)1. 予測線量は、災害対策本部等において算出され、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が行われる。
2. 予測線量は、放射性物質また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。
3. 外部被ばくによる実効線量、放射性ヨウ素による甲状腺の等価線量、ウランによる骨表面または肺の等価線量、プルトニウムによる骨表面また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か高いレベルに応じた防護対策をとるものとする。

【出典】原子力安全委員会:「原子力施設等の防災対策について」(2007年5月)p.22



## 中2階

### ☆緊急時被曝状況

### △現存する被曝状況

### ○計画被曝状況 (通常の被曝状況)

### リスクのバンド表示

100 mSv/年以上 : 極めて大きなリスク

20 - 100 mSv/年 : 大きなリスク

1 - 20 mSv/年 : 中程度のリスク

1 mSv/年 以下 : 小さなリスク

0.01 mSv/年 : 極めて小さなリスク

計画被ばく、現存する被ばく、緊急時被ばく

# 公衆のための放射線防護基準

## 平常時における基準

線量限度(法令上の規制値)

1 mSv/y (実効線量)

50 mSv/y (皮膚), 15 mSv/y (目の水晶体)

## 緊急時における基準

20—100 mSv/y

現存する被爆状況における基準(復興期など)

1—20 mSv/y

## (2) 食品の基準

＋食品の基準値の根拠

(被ばく線量限度、空間線量率、  
食品の暫定基準値、  
年齢依存の考慮)

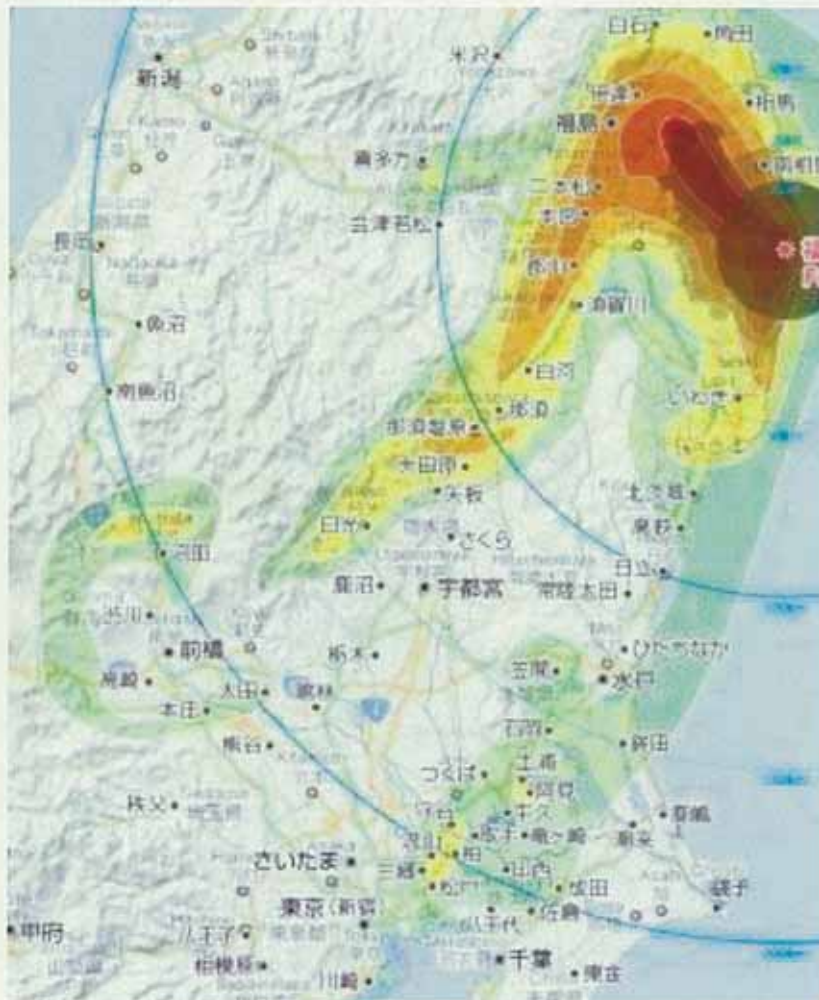
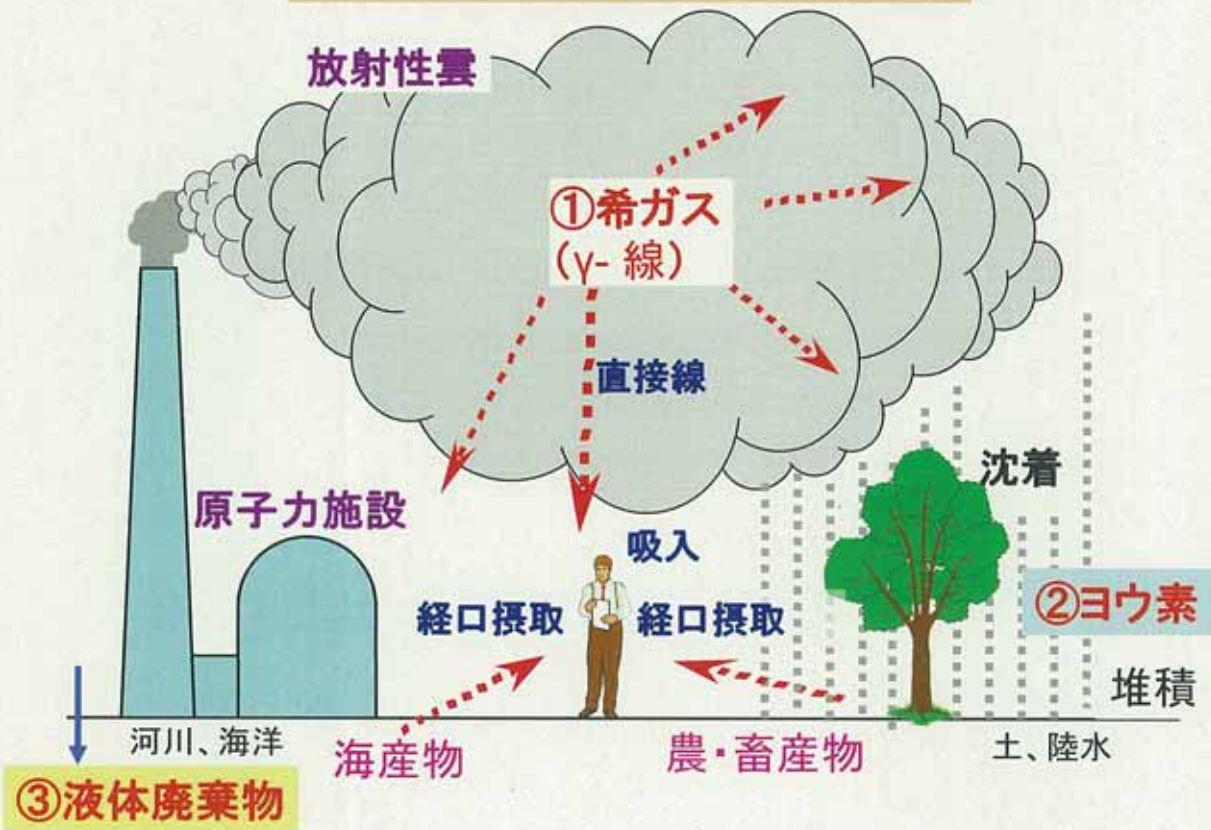
＋食品の影響について

(産地の違い、水産物の注意点)

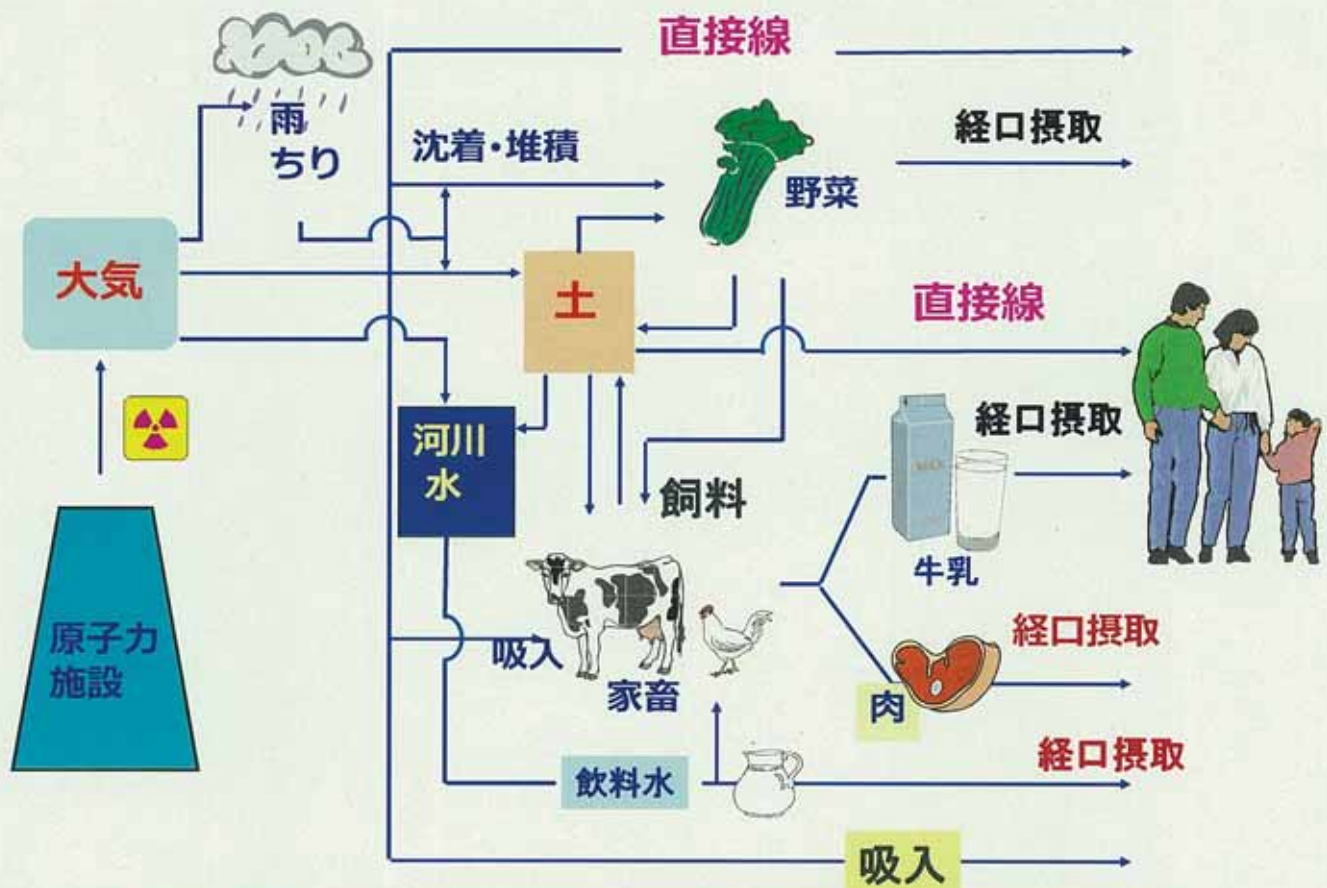




## 線量評価のための被ばく経路







気体状放射性物質による被ばく経路

### 食品の放射能汚染基準値

※単位は1<sup>キ</sup>グラム当たりの放射エネルギーを表す「ベクレル」

	飲料水	乳牛乳製品	ミルク、乳幼児用	野菜	穀類	肉・卵・魚・その他
ヨウ素	300	100	2000	—	—	—
セシウム	200			500		
ウラン	20			100		
プルトニウムなど	1			10		

放射線物質が含まれる  
飲食物の摂取制限値の指標



放射性セシウム 暫定規制値		放射性セシウム 新基準値	
平成24年3月まで		平成24年4月より	
食品群	規制値	食品群	規制値
飲料水	200	飲料水	10
牛乳・乳製品	200	牛乳	50
野菜類	500	一般食品	100
穀類			
肉・卵・魚・その他			
		乳児用食品	50



(参考) 放射性核種に係る日本、各国及びコーデックスの指標値

(単位: Bq/kg)

	放射性ヨウ素 $^{131}\text{I}$				放射性セシウム $^{134}\text{Cs}$ $^{137}\text{Cs}$				
	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類 (海藻類・芋類)	その他	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類	穀類	肉・卵・魚・その他
日本	300	300	2,000	魚介類 2000	200	200	500	500	500
Codex	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
シンガポール	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
タイ	100	100	100	100	500	500	500	500	500
韓国	300	150	300	300	370	370	370	370	370
中国	-	33	160	魚肉・水産物 400 穀類 100, 芋類 100	-	330	210	280	肉・魚・卵類 100 芋類 200
香港	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
台湾	300	55	300	300	370	370	370	370	370
フィリピン	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ベトナム	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
マレーシア	100	100	100	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
米国	170	170	170	170	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
EU	300	300	2,000	2,000	200	200	500	500	500

(注) Codex においては、放射性ヨウ素の欄に記載した数値(100)は、Sr90, Ru106, 1129, 1131, U235の合計  
放射性セシウムの欄に記載した数値(1000)は、S35, Co60, Sr89, Ru103, Cs134, Cs137, Ce144, Ir192の合計

日本(2011年)		EU(1987年)		ウクライナ(1997年)	
飲料水	200	飲料水	1000	飲料水	2
牛乳・乳製品	200	乳製品	1000	牛乳・乳製品	100
野菜類	500	一般食品	1250	ジャガイモ	60
穀類	500	乳幼児用食品	400	野菜(根菜、葉菜)	40
肉・卵・魚その他	500			野生イチゴ・キノコ(生)	500
				野生イチゴ・キノコ(乾燥)	2500
				幼児食品	40
				⋮	⋮

● 食品の  
放射性セシウムに関する  
規制値の比較 (Bq/kg)

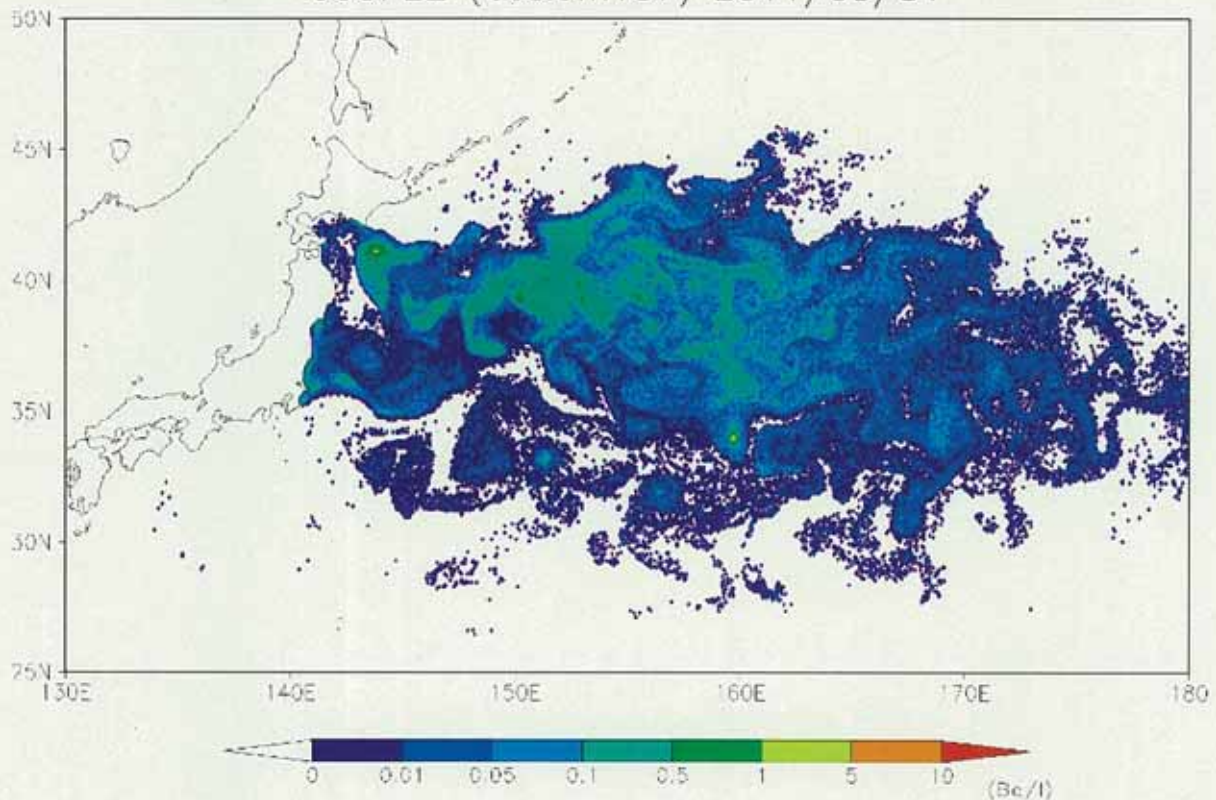


◆放射性物質による水産物の汚染経路





JCOPE2 (Cesium137) 2011/08/31



### (3) 放射線計測、環境

＋測定機器の基礎(測定値の見方、誤差)

＋セシウムによる汚染の今後の推移  
(元々存在している自然界の放射線  
との違い(種類、レベル))

## 個人モニタリング4つの方法

- 1) 外部被ばく測定・・・個人線量計による測定
- 2) 内部被ばく測定・・・全身カウンタなど
- 3) 汚染密度測定・・・皮膚、髪などの汚染の測定
- 4) 場のサーベイ結果からの推定  
(作業場のモニタリング)







GM管式線量率計



シンレーション式線量率計



電離箱式線量率計



中性子線量率計



GM管式汚染検査計(β)



シンレーション式汚染検査計(α)

いろいろな種類のサーベイメータ

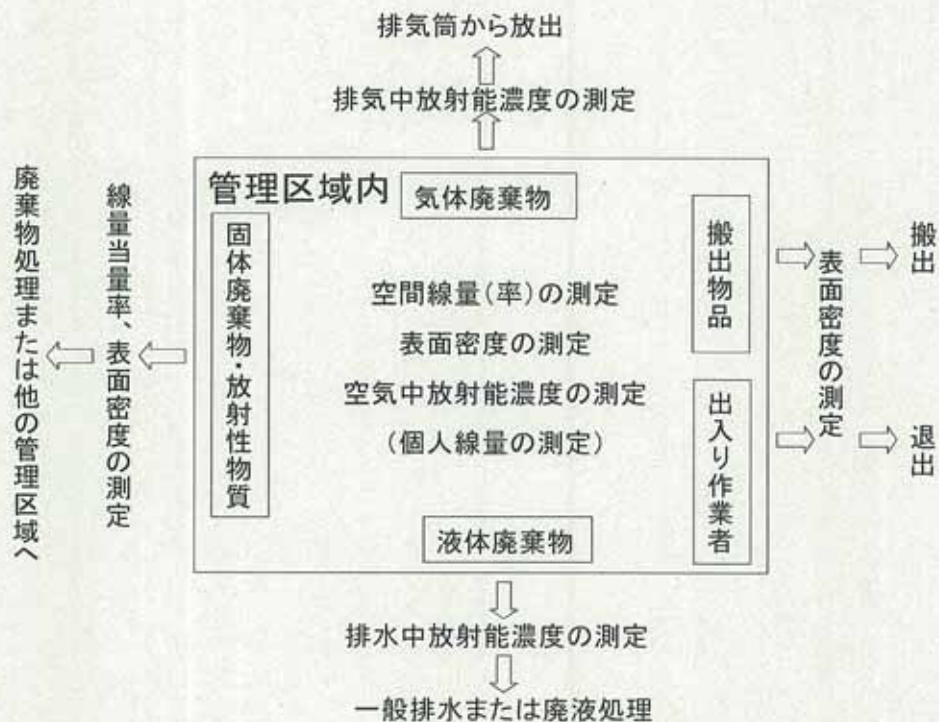
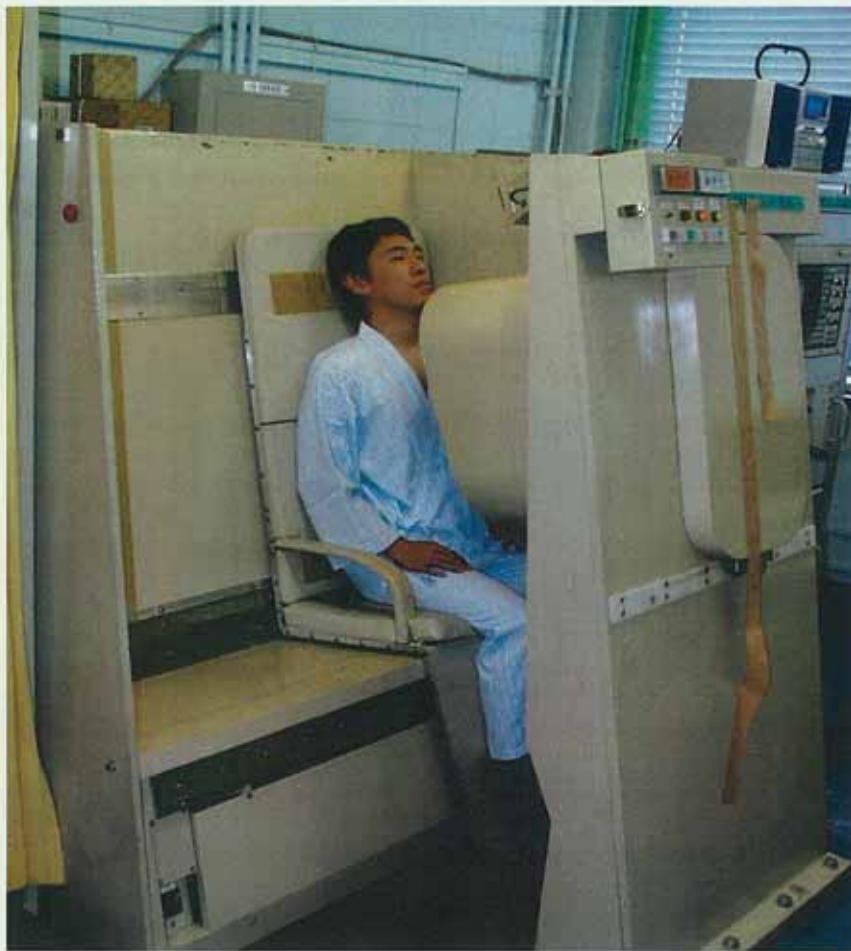
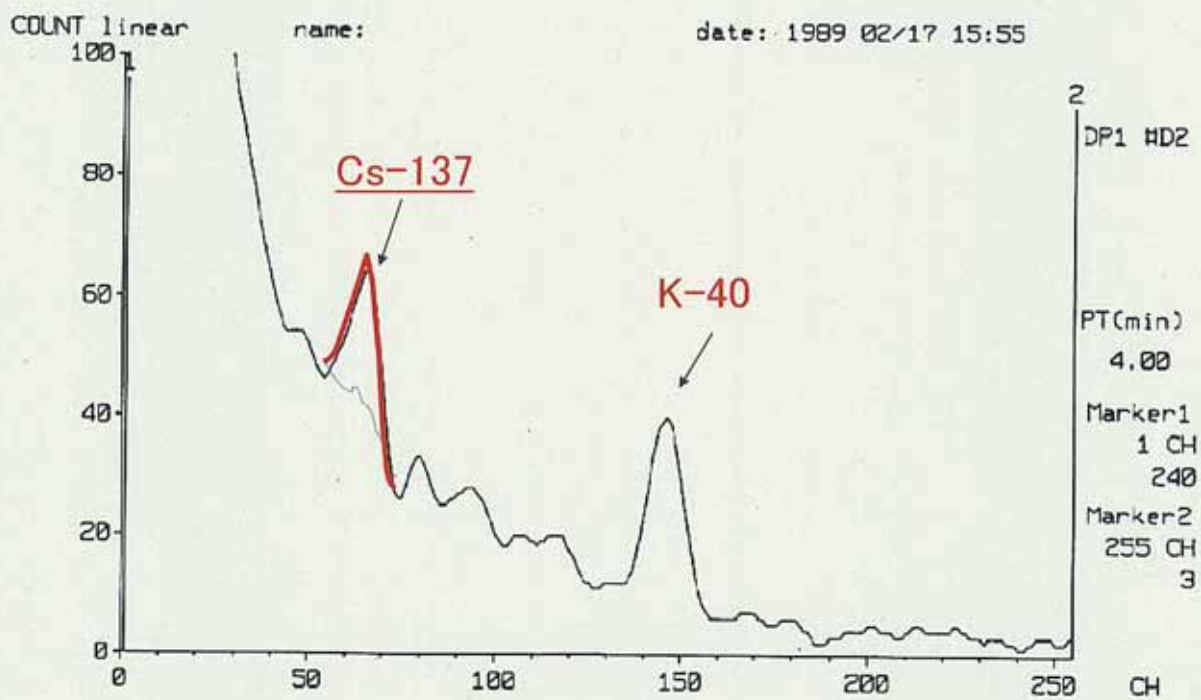


図6.2.1管理区域におけるモニタリングの項目



体内に放射性物質( $^{137}\text{Cs}$ )を取り込んだ人の例

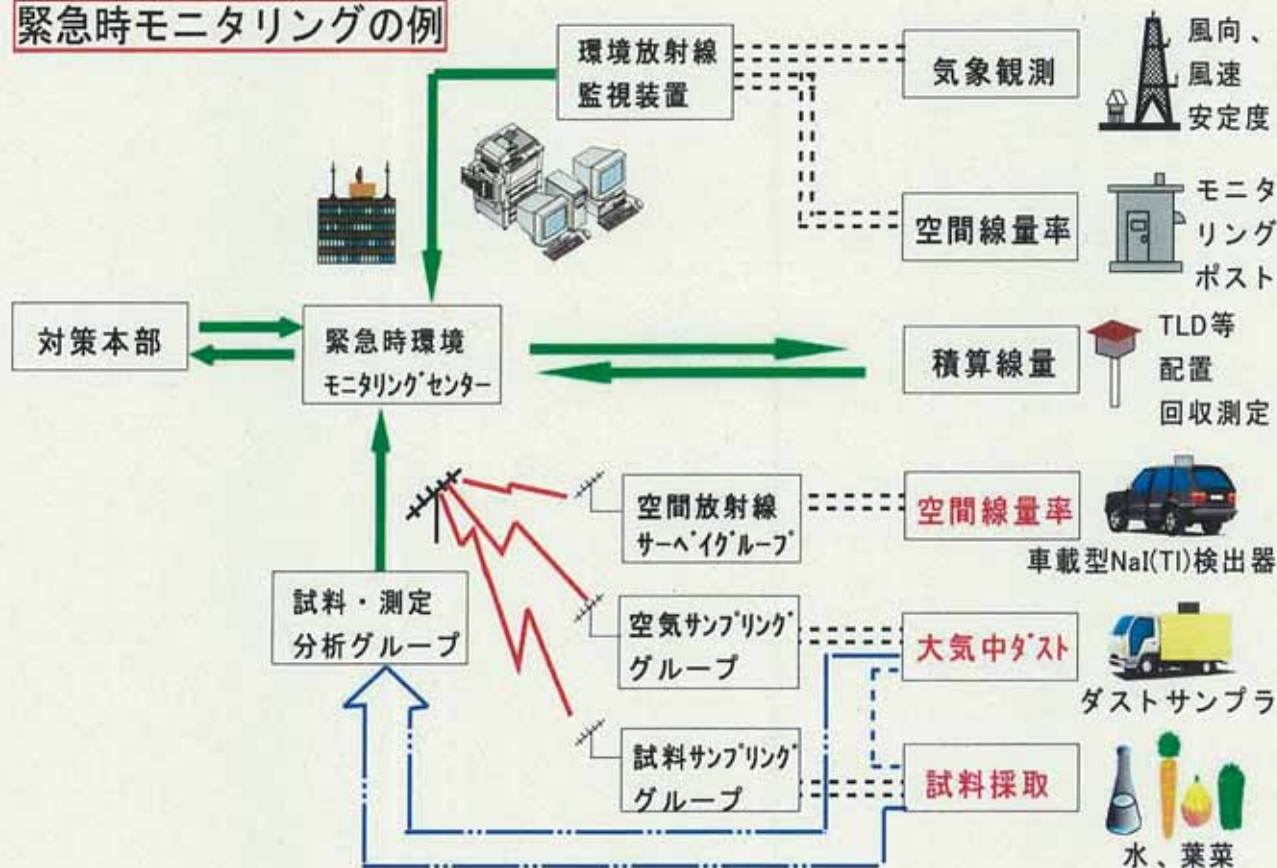


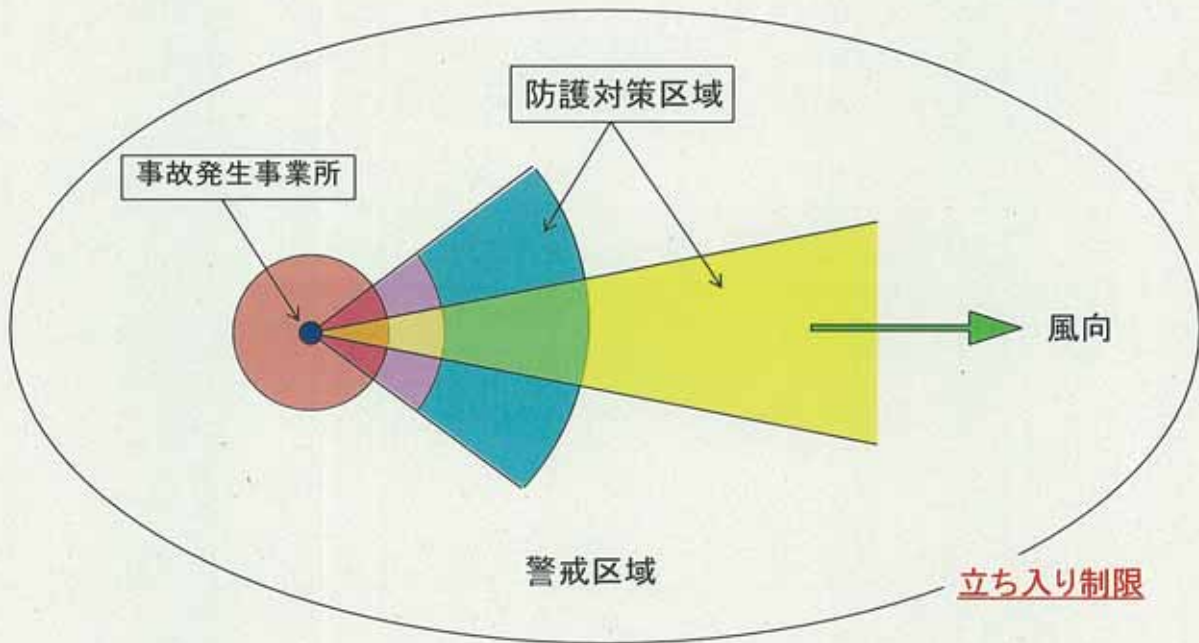


# 利用可能なバイオアッセイ試料

- |             |  |
|-------------|--|
| 1) 尿        | ・・・最も一般的                                     |
| 2) 糞        | ・・・非移行性核種                                    |
| 3) 鼻汁、鼻孔スミヤ | ・・・吸入汚染の判定                                   |
| 4) 血液       | ・・・傷汚染、中性子被ばく                                |
| 5) 呼気       | ・・・ $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、Ra、Th など |
| 6) 唾液       | ・・・ $^3\text{H}$                             |
| 7) 毛髪       | ・・・中性子被ばく                                    |
| 8) 痰        | ・・・吸入汚染の判定                                   |
| 9) 組織       | ・・・傷口の汚染                                     |

## 緊急時モニタリングの例





防護対策区域及び警戒区域

#### (4) 学校対応(小中高、幼稚園)

＋学校菜園は安全か

(農作物の摂取、農作業の注意点)

＋給食(調理法の工夫、野菜の洗浄による低減効果)

＋修学旅行、林間学校の安全性

＋校庭利用の判断(体育の安全性)、

校内での注意すべき場所、除染の必要性・方法

＋学校からの説明の仕方

児童への注意事項、ポイント

保護者への説明事項、ポイント

(特に砂場、給食、校外活動を心配している)







## 対応方法

1. きちんと放射線を計測する。
2. 安全・安心のための情報を得る。
3. ステークホルダー（利害関係者としっかり話をする）
4. 決定のための手順を決め、実行する。
5. 情報をきちんと開示、説明する。
6. 以上の手順は繰り返し、常にフィードバックをかける。



# 新防災指針

平成23年3月：東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故

平成24年3月：原子力安全委員会の原子力施設等防災専門部会  
防災指針検討ワーキンググループから「『原子力  
施設等の防災対策について』の見直しに関する  
考え方について 中間とりまとめ」

各報告書の問題点指摘：

住民等の視点を踏まえた対応の欠如、  
複合災害や過酷事象への対策を含む教育・訓練の不足、  
緊急時の情報提供体制の不備、  
避難計画や資機材等の事前準備の不足、  
各種対策の意思決定の不明確さ等に関する見直し  
他、多数の提言

平成24年10月：原子力規制委員 原子力災害対策指針 策定。

施設の種類 重点区域の目安(半径)

原子力発電所	PAZ:	約5km
	UPZ:	約30km

再処理施設	約5km
-------	------

試験研究の用に供する原子炉施設施設(50MW以下)

熱出力 $\leq 1\text{kW}$	約50m
$1\text{kW} < \text{熱出力} \leq 100\text{kW}$	約100m
$100\text{kW} < \text{熱出力} \leq 10\text{MW}$	約500m
$10\text{MW} < \text{熱出力} \leq 50\text{MW}$	約1500m

加工施設及び臨界量以上の核燃料物質を使用する使用施設

約500m

それ以外の施設

約50m

廃棄物埋設施設及び廃棄物管理施設	約50m
------------------	------

使用済燃料中間貯蔵施設	約50m
-------------	------

① 緊急事態の段階

準備段階・  
初期対応段階・  
中期対応段階・  
復旧段階

② 緊急事態初期における防護措置の考え方

(i) 緊急時活動レベル(EAL)

初期対応段階における避難等の予防的防護措置を確実に迅速に開始するための判断基準  
深層防護を構成する各層設備の状態、放射性物質の閉じ込め機能の状態、外的事象の発生等の原子力施設の状態等で評価する。

(ii) 運用上の介入レベル(OIL)

確率的影響の発生を低減するための防護措置を実施する際の判断基準放射線線量率や環境試料中の放射性物質の濃度等の環境において計測可能な値で評価する運用上の介入レベル  
(Operational Intervention Level)

原子力災害対策重点区域

実用発電用原子炉に係る原子炉施設の場合

(イ) 予防的防護措置を準備する区域(PAZ:Precautionary Action Zone)  
確定的影響等を回避、「原子力施設から概ね半径5km」を目安

(ロ) 緊急時防護措置を準備する区域  
(UPZ:Urgent Protective Planning Action Zone)  
確率的影響を最小限に抑えるため、「原子力施設から概ね30km」を目安

(ハ) プルーム通過時の被ばくを避けるための防護措置を実施する地域  
(PPA:Plume Protection Planning Area)  
プルーム通過時には放射性ヨウ素の吸入による甲状腺被ばく等の影響もあることが想定。30kmの範囲外。