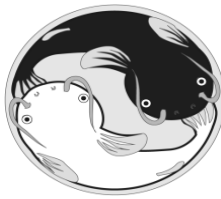
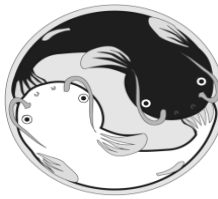


2012年 9月20・21日  
東京大学食の安全研究センター／神戸大学食の安全・安心科学センター  
共同開催フォーラム 第2回「日本の食の安全を考える」



# 食品と放射性物質

東北大学 加齢医学研究所 福本 学  
・被災動物線量評価グループ



## 概要

1. 放射線、内部被ばくと外部被ばく
2. 東日本大震災
3. 原発事故に伴う被災家畜事業の提起と組織
4. 本事業から得られつつある成果
5. 科学と規制



# 1. 放射線、内部被ばくと外部被ばく

# 外部被ばくと内部被ばく



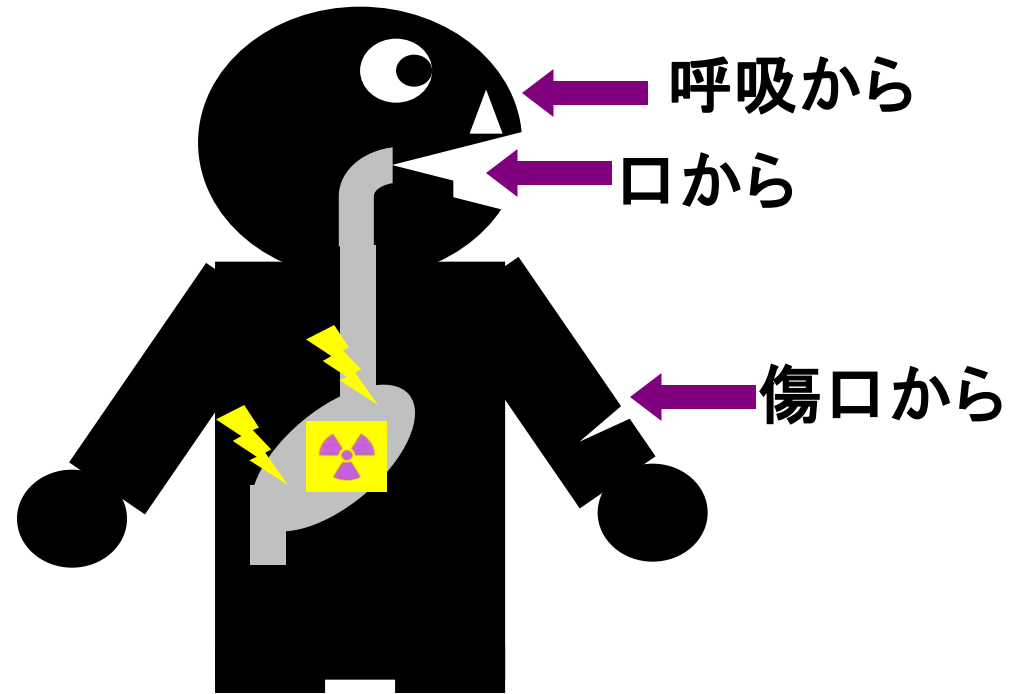
## 外部被ばく

被ばくは**短期間のことが多い**  
**全身の臓器すべてが被ばくする**

$\gamma$ 線など低LET放射線による

被ばくが問題になる

原爆のデータが基礎となる



## 内部被ばく

放射線物質が**長期間**体内に留まる  
**特定臓器に局所大量被ばくが生じる**

$\alpha$ 線など高LET放射線による

被ばくが問題になる

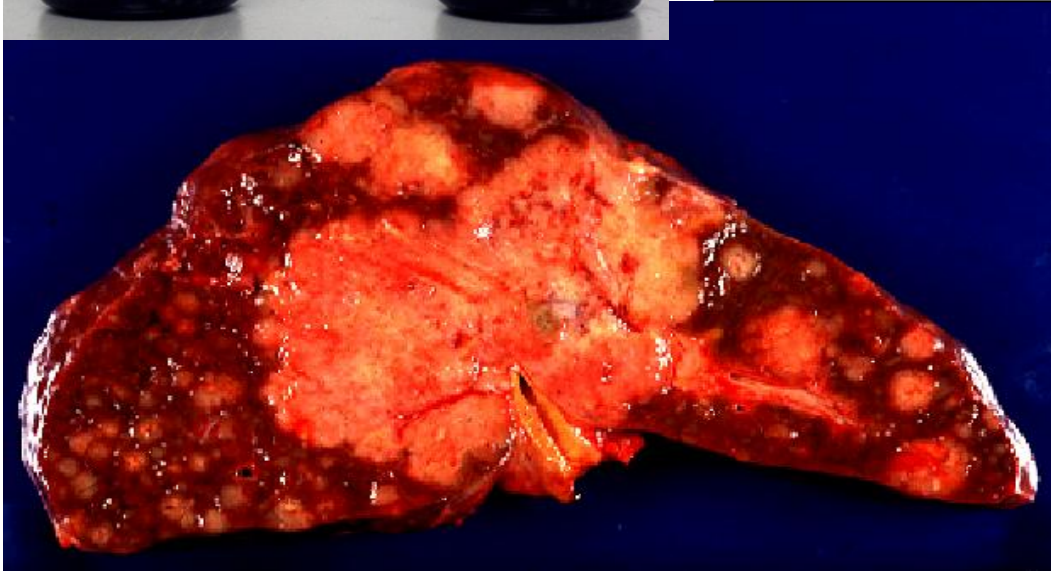
核種により体内動態が異なる



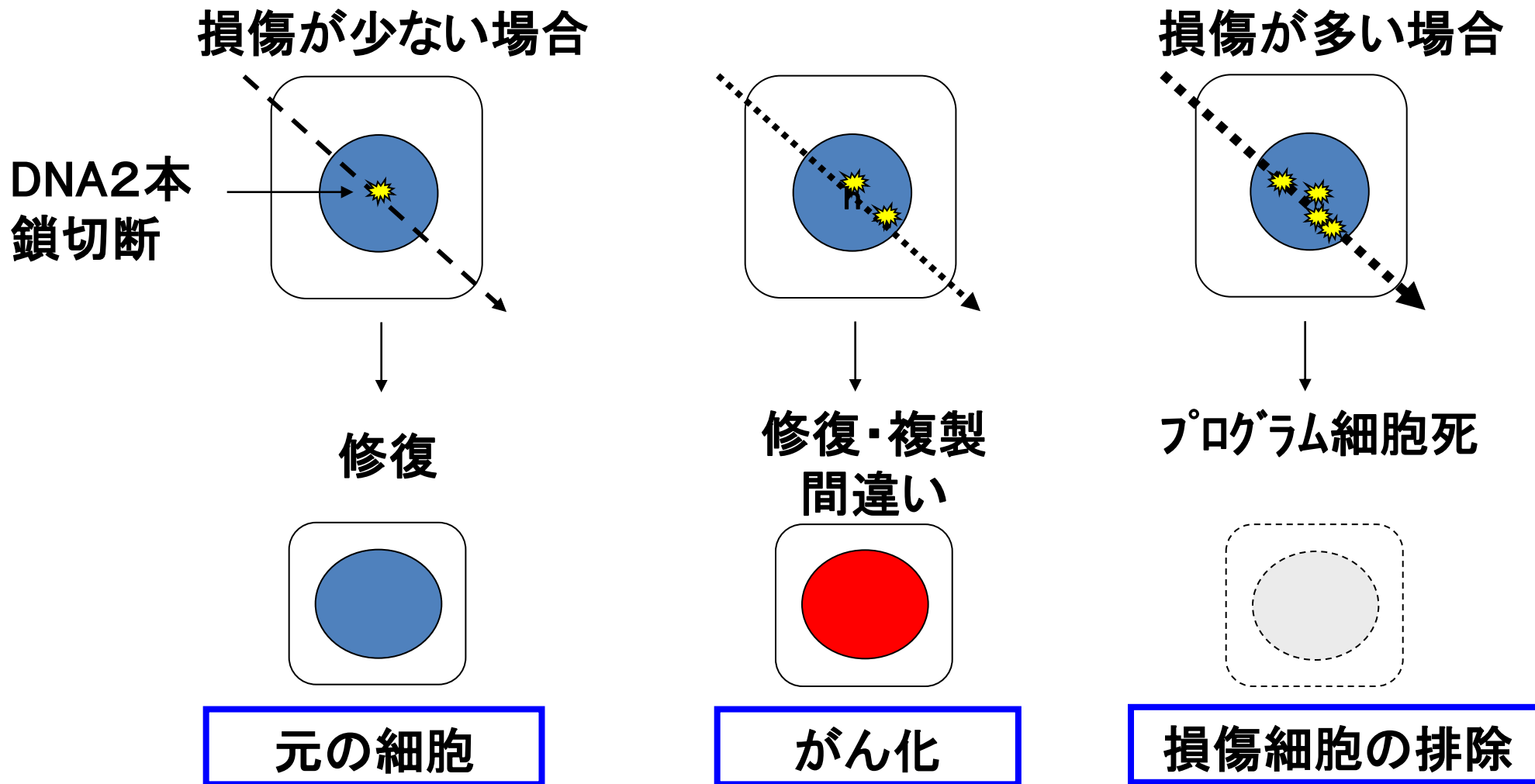
# トトロラスト誘発肝腫瘍



	トトロラスト症 日本	非トトロラスト症 ヨーロッパ	非トトロラスト症 日本 (%)
胆管細胞癌	45.2	52.9	9.6
血管肉腫	21.5	22.9	0.2
肝細胞癌	14.9	15.4	81.5



# DNA損傷の細胞影響(従来の考え方)

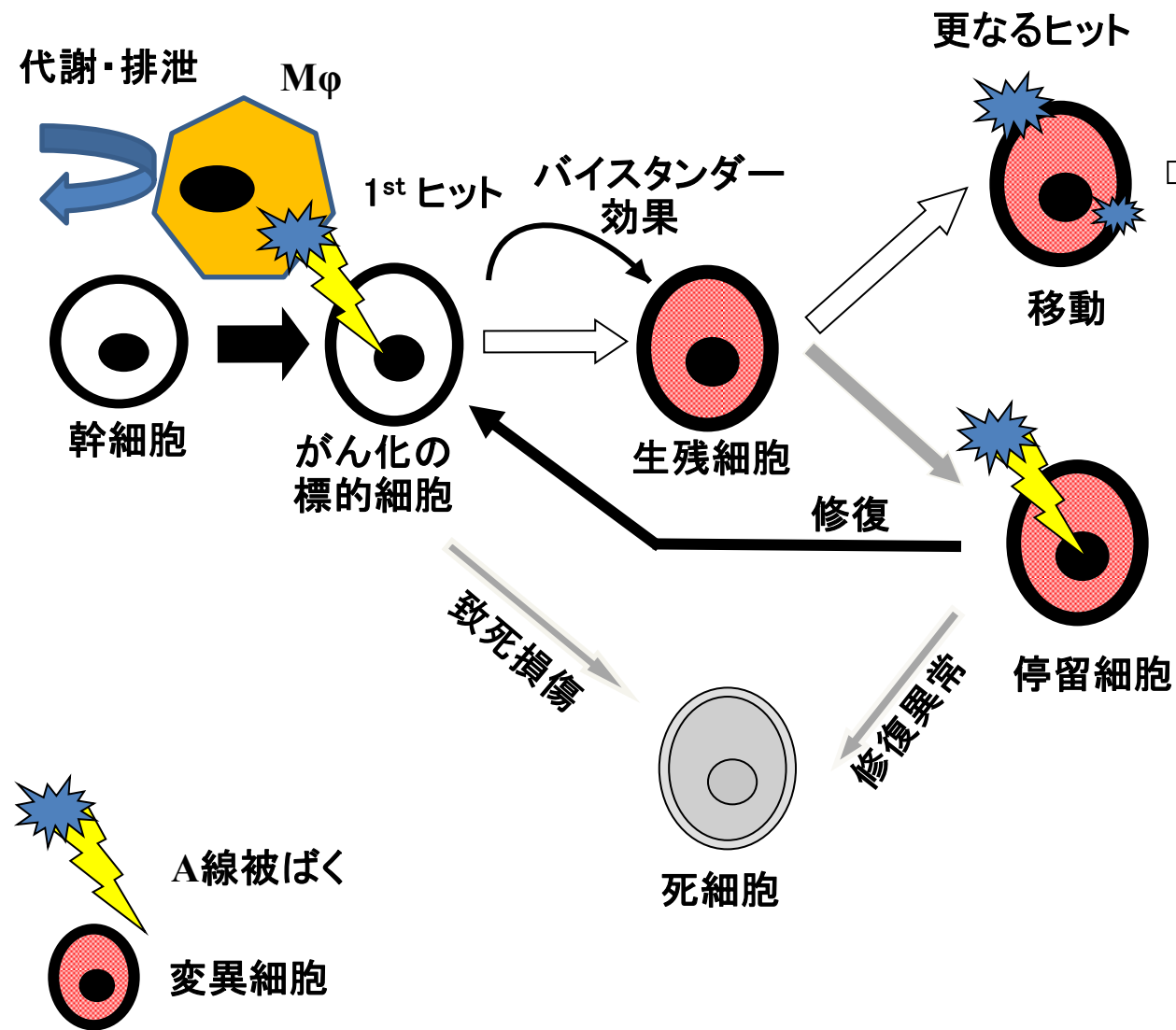


# 内部被ばくによる発がん機構の考え方

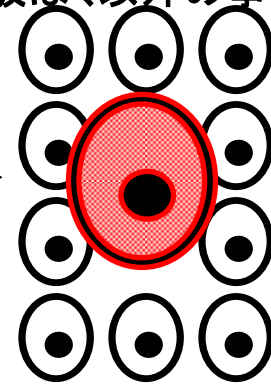


## 放射線被ばくに関する事象

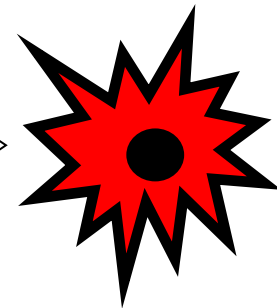
## 放射線と無関係な事象



被ばく以外の事象



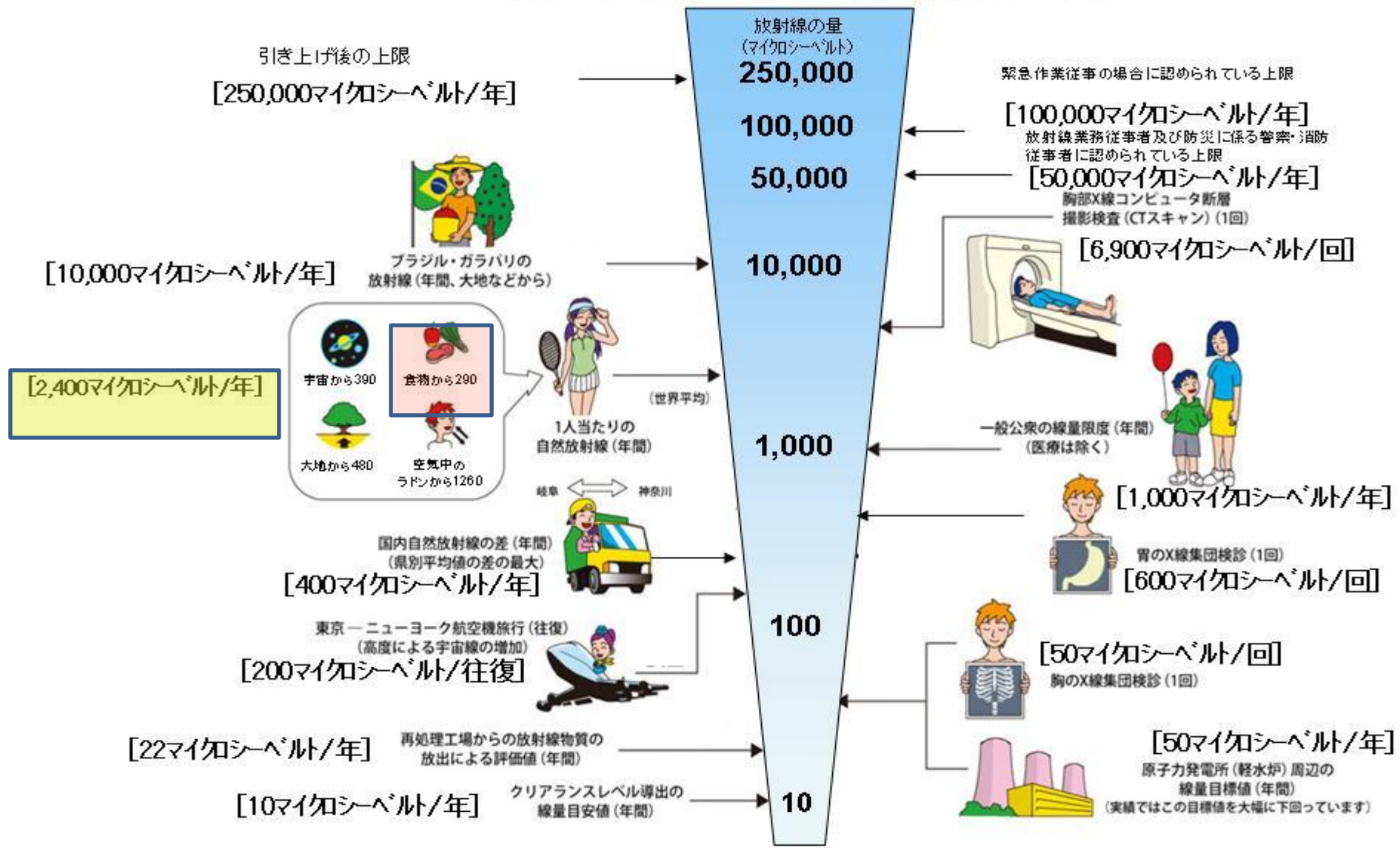
がん前駆細胞



がん細胞



# 《 日常生活と放射線 》

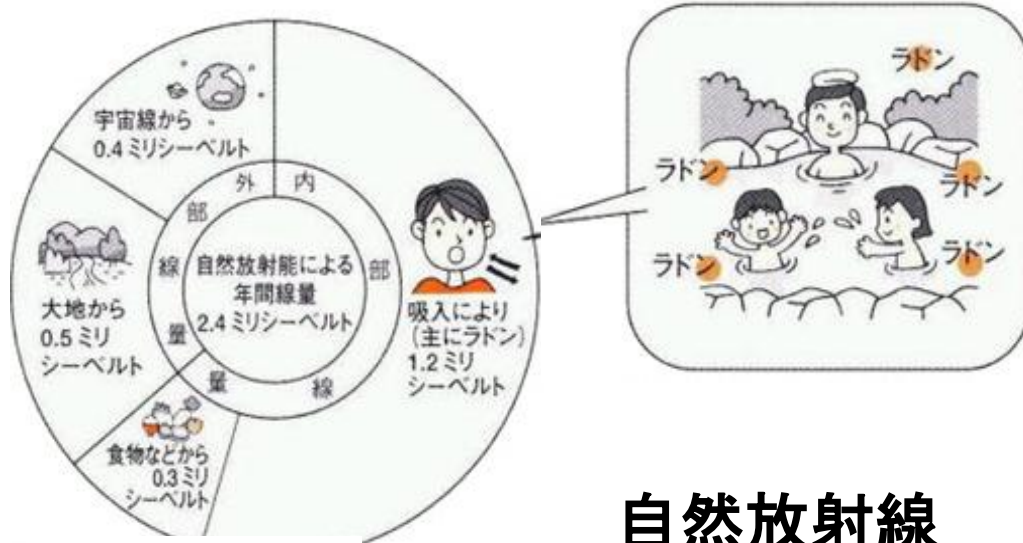


※ Sv【シーベルト】=放射線の種類による生物効果の定数(※) × Gy【グレイ】  
 ※ X線、γ線では 1





# 放射線：健康影響を知る難しさ



参考：「原子力」図面集2002-2003

## 自然放射線



## 人工放射線

### 全身被ばくでわかっていること

- ◆ 0.1Gy: ヒトへの影響が不明
- ◆ 4 Gy: ヒトの体温が0.001度上昇するに過ぎない程度のエネルギーなのに…  
→ 60日以内に半数の人が死ぬ
- ◆ 生き残ったヒトでは発がんリスクが上昇
- ◆ 被ばく時年齢が低いと生涯がん死亡リスクが高い

### 疑問

- ◆ 『直ちに影響ない』は安心？  
ガンにならない？子孫への影響は？
- ◆ 低いレベル：健康に良い？
- ◆ 人工放射線：健康に悪影響？
- ◆ 内部ひばく：外部被ばくよりも危険？



## 体内に取り込まれた放射性物質による 長期微量の内部被ばくが問題化

福島第一原子力発電所事故を契機として、  
日本国民ばかりでなく世界中の人々が

「直ちに健康に影響のないレベル」と言われる  
放射線被ばく量が将来に亘って本当に影響がないのか？  
どの程度の被ばく量なら健康障害が起こらないのか？

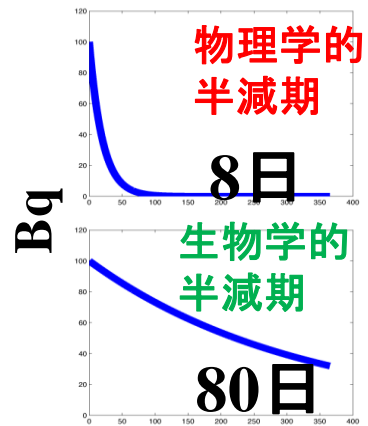
等について解答を求めている状況にある。



# 内部被ばく線量評価(Bq→Sv)のむずかしさ

## 実効半減期

$^{131}\text{I}$

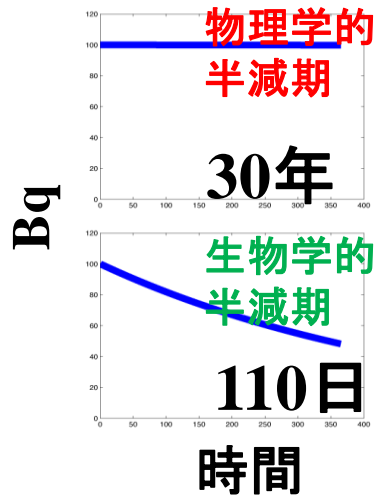


7.27日

物理的半減期のほかに、生物学的半減期(代謝・排泄)の影響→実効半減期

$$1/\text{実効半減期} = 1/\text{物理的半減期} + 1/\text{生物学的半減期}$$

$^{137}\text{Cs}$



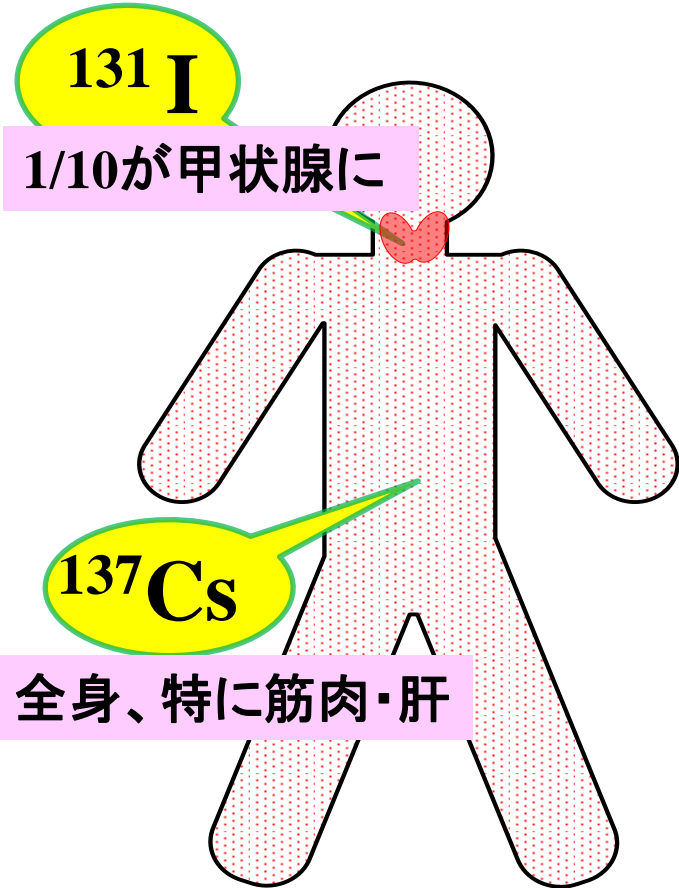
70日

単位はBq

以上はあくまでも全身の話



# 核種ごとに異なる



摂取経路によっても  
分布に違い

化学的性質：  
体内分布

物理学的性質：  
放射線の種類  
エネルギー

生物学的性質：  
臓器・細胞の放射線感受性

(Bq)



(Sv)

そのため、  
個体への影響が異なってくる



# シーベルト(Sv)とベクレル(Bq)

## ■お金に例えてみると…

放射性物質の放射エネルギー「ベクレル」の大小だけでは、人体への影響度合いはわかりません。  
お金に例えてみると、下図のようになります。

硬貨の枚数が放射エネルギー(ベクレル)に相当し、合計金額が人体への影響度合い(シーベルト)に相当します。





## 2. 東日本大震災



### 3. 原発事故に伴う被災家畜事業 の提起と組織

# 放射線の人体影響は事故からしか学べない



ヒロシマ  
ナガサキ



チェルノブイリ



フクシマ

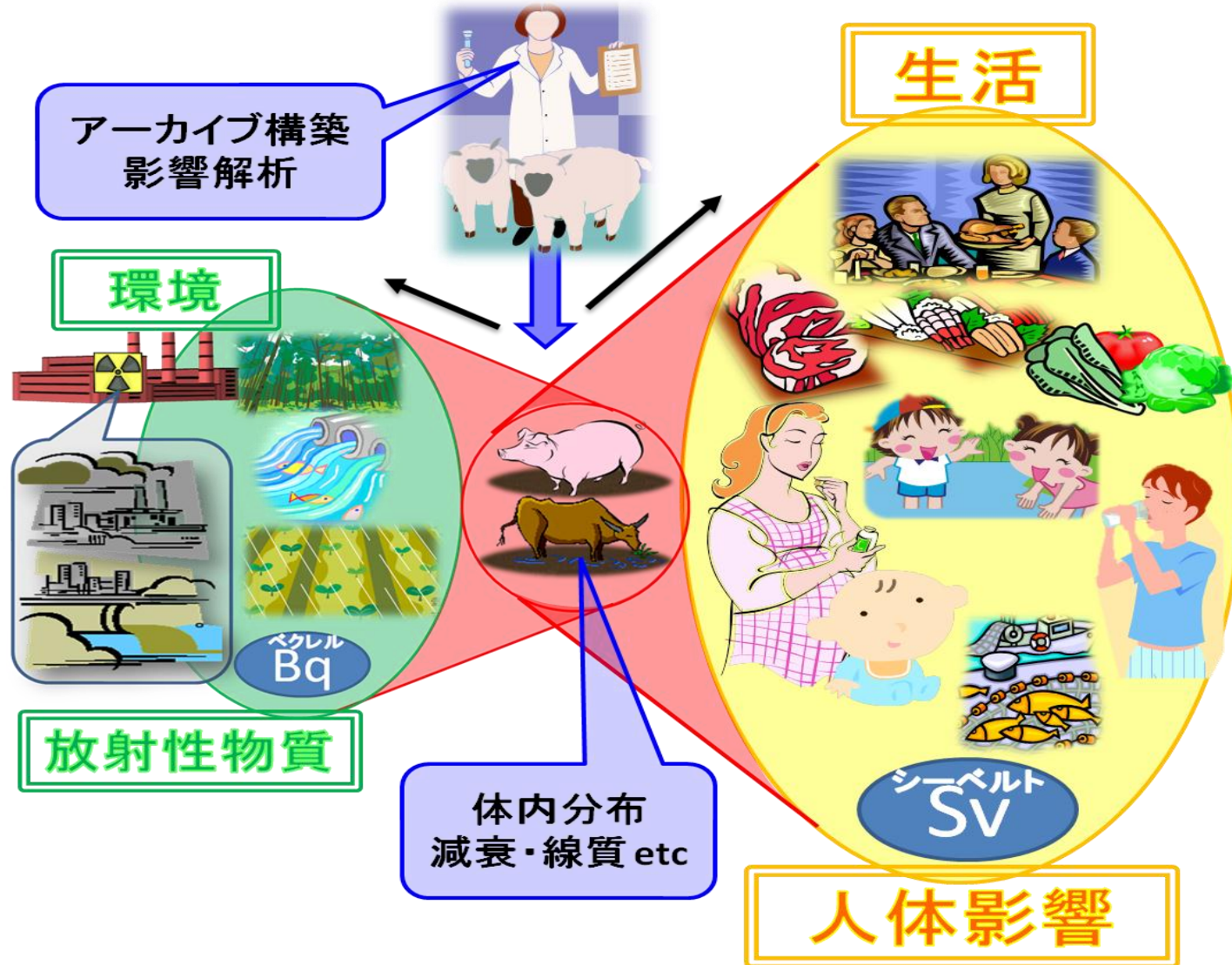
大きな災害のデータを蓄積することで、  
放射線影響と防護の研究は進展してきた。

フクシマの事故の影響調査を行い  
信頼できるデータを後の世に残すことは  
日本の責務





# 人体における臓器別内部被ばく線量 算出根拠の確立



# 検体採取からデータ化まで



高等教育開発推進センター  
草・土壌のサンプリング  
環境線量評価

東北大学理学研究科  
草・土壌のサンプリング  
環境線量評価

山形大学工学部  
卵巣の解析・保存・管理  
生殖細胞影響解析

長崎大学原爆後障害  
医療研究施設  
DNA/RNA抽出  
保存・管理

東北大学加齢医学研究所  
全体の統括  
解剖と臓器搬出  
組織保存・管理

大阪医科大学  
末梢リンパ球二本鎖切断

日本遺伝子  
末梢白血球の染色体解析

放射線医学総合研究所  
放射線防護研究センター  
アーカイブ構築調査  
線量・放射能測定

東北大学農学研究科  
解剖と臓器搬出  
行動調査

東北大学歯学研究科  
解剖と臓器搬出  
歯・骨の線量評価

新潟大学農学部・  
宮城県立大  
精子の解析・保存・管理  
継世代影響解析

理化学研究所バイオ  
リソースセンター  
組織保存・管理



# データから情報へ

東北大学加齢医学研究所  
病態臓器構築研究分野

アーカイブの構築  
全体の統括



人体における臓器別  
内部被ばく線量の算定根拠

# 安樂殺・埋却・解剖



# 環境測定用サンプリング・読経

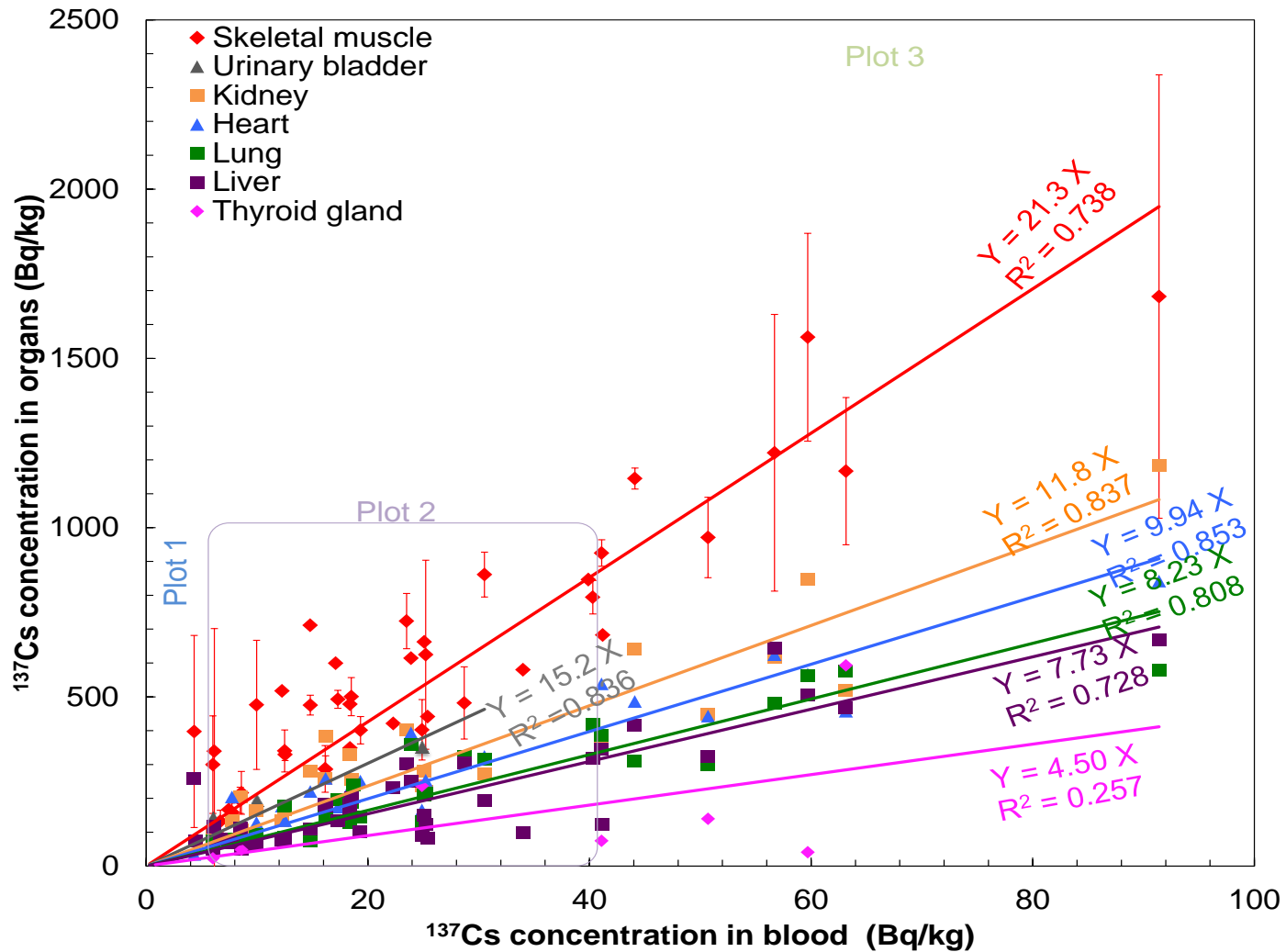




## 4. 本事業から得られつつある成果

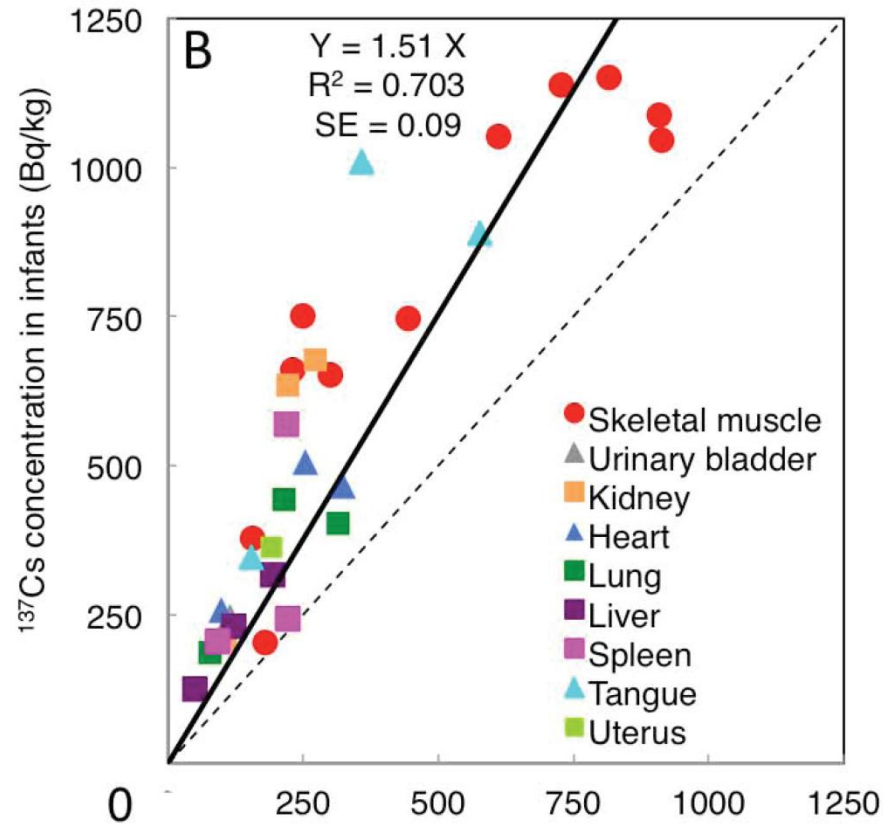
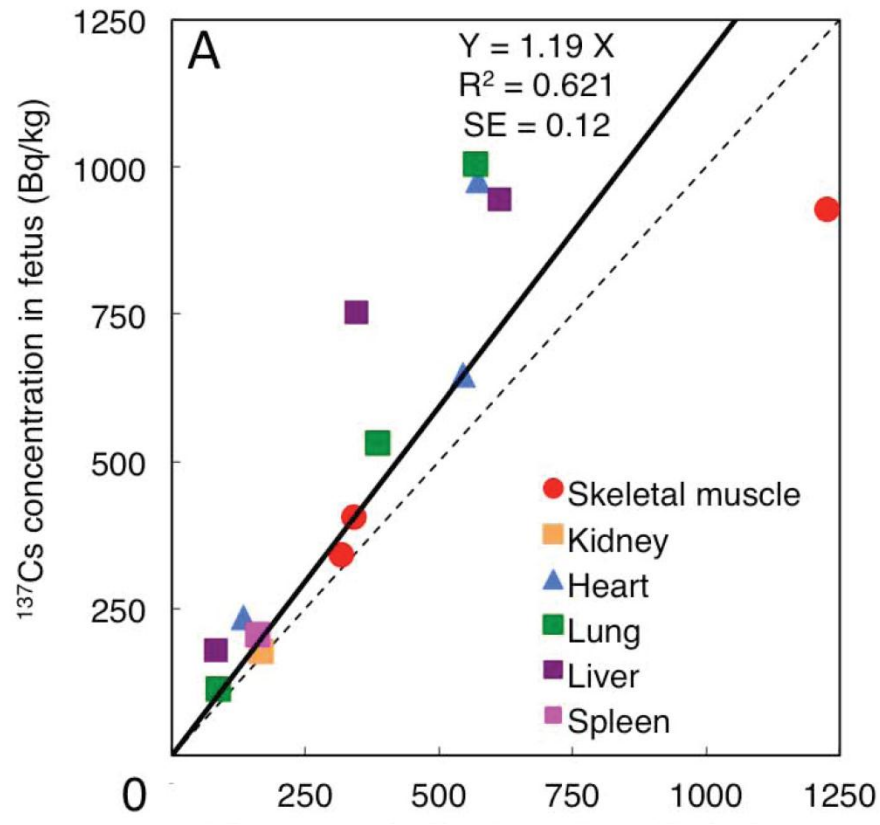


# $^{137}\text{Cs}$ : 血中と臓器濃度の相関





# $^{137}\text{Cs}$ : 母・胎仔 と 母・仔 相関

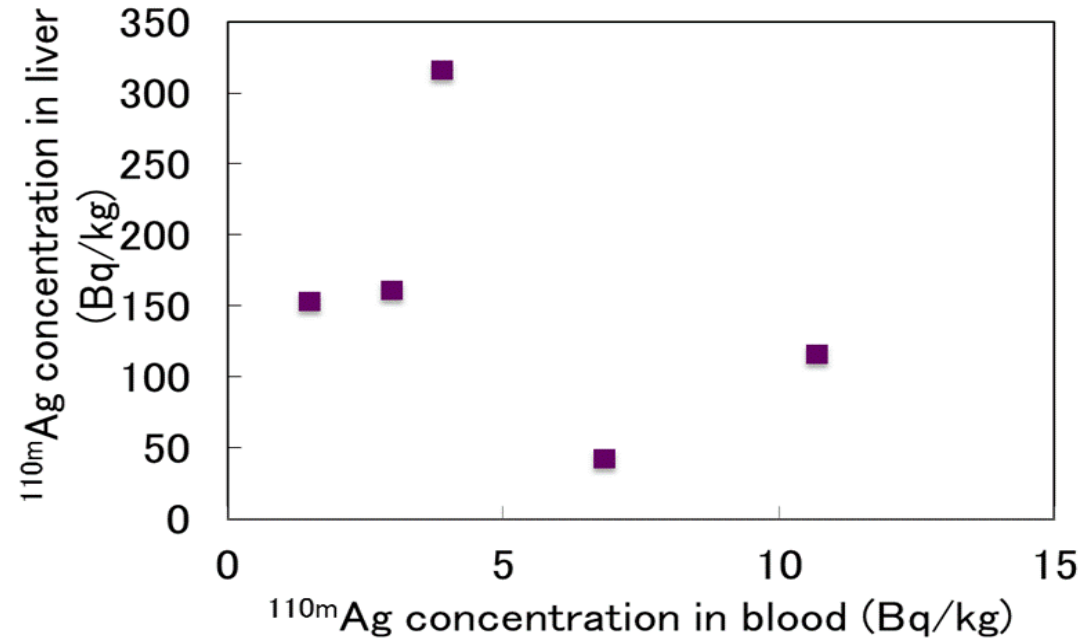
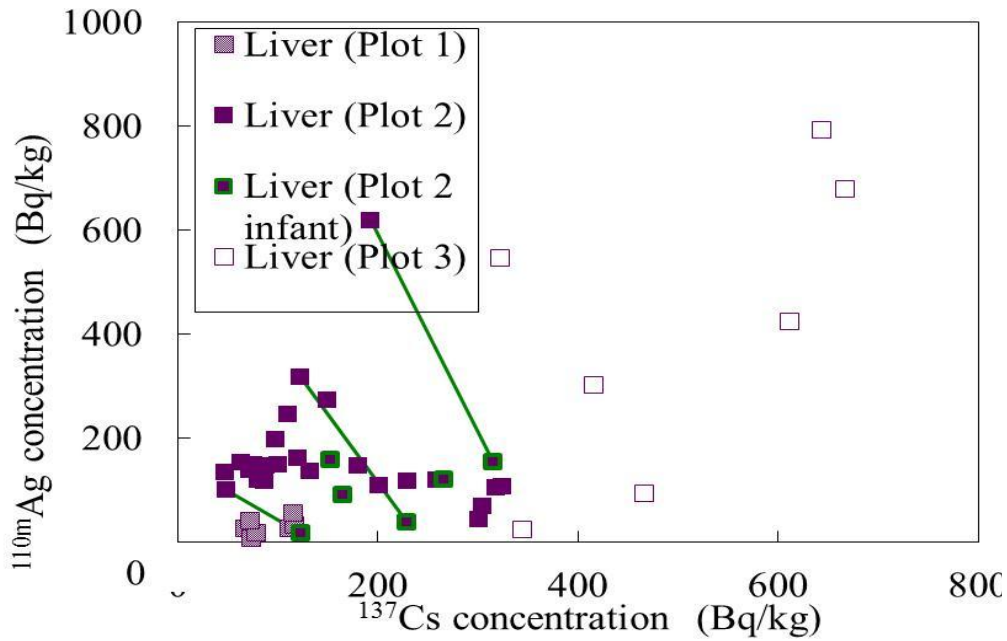


$^{137}\text{Cs}$  concentration in mother



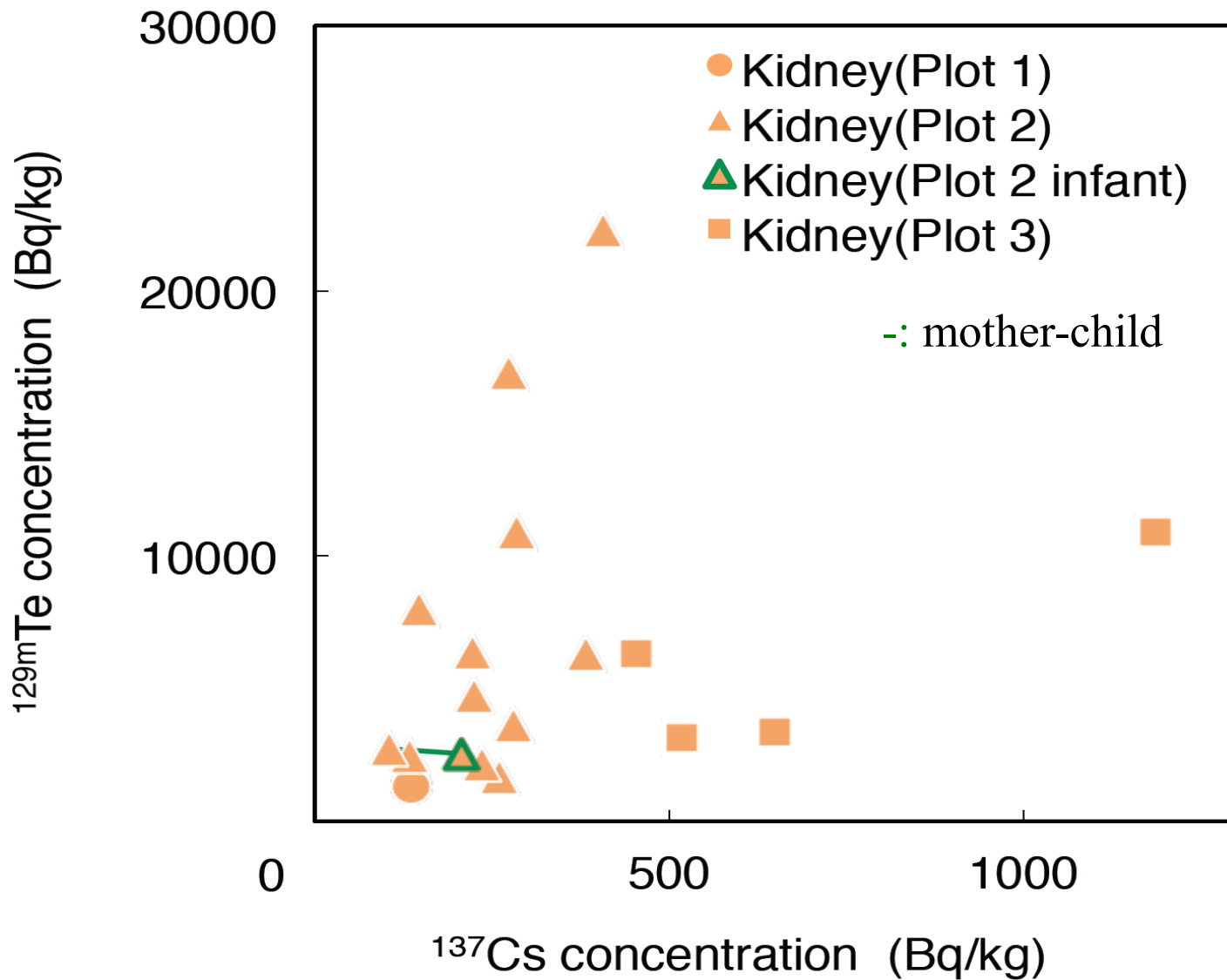


# 肝における $^{110m}\text{Ag}$ 濃縮





# 腎における $^{129m}\text{Te}$ 濃縮



# まとめ



1. 大学内外のエキスパートからなる集団が極めて短時間で構築された。
2. 殺処分された警戒区域内的の被災家畜の試料の収集と臓器別の放射性物質の同定し、放射能を計測した。
3. 血中放射性セシウムの放射能は環境に影響を受け、臓器への集積量を推定するパラメーターとなるが、種差がある。
4. 甲状腺へのセシウム沈着はほとんどない。
5. セシウムは母体から胎児へ移行し、約1.3倍高い。
6. 銀-110mは肝にTer-129mは腎に集積する。両者とも胎児では検出できない。
7. 生物学的半減期の概念を見直す必要がある。



# 筋肉内セシウム濃度推定プログラム

推定くん1号 ver1.00

(1) はじめに予測してみたい筋肉の部位を選択してください  
※ラジオボタンをクリックして選んでください

頭長筋     胸最長筋     大腿二頭筋     咬筋

(2) 血中濃度を入力してください (右側の水色の上下ボタンからも数値入力できます)  
(3) 「計算」ボタンを押してください (下の欄に予測濃度が表示されます)  
(4) 「クリア」を押すとデータがクリアされます。「閉じる」を押すと終わります

血中濃度(Cs137)

20

計算    クリア    閉じる

選択した筋肉の予測濃度が表示されます。  
注意:あくまで計算による予測値なので結果を確約するものではありません。  
推定結果の誤差として考えられる自動計算上の下限値と上限値もご参考ください。

筋肉の濃度(推定結果)

530.12    放射能濃度 (Bq/kg)

上限予測 888.3 (Bq/kg)  
↑  
↓  
下限予測 171.8

ラジオボタンによる  
筋肉の選定

血中濃度をそのまま入力  
もしくは設定 >> 計算  
ボタンを押す

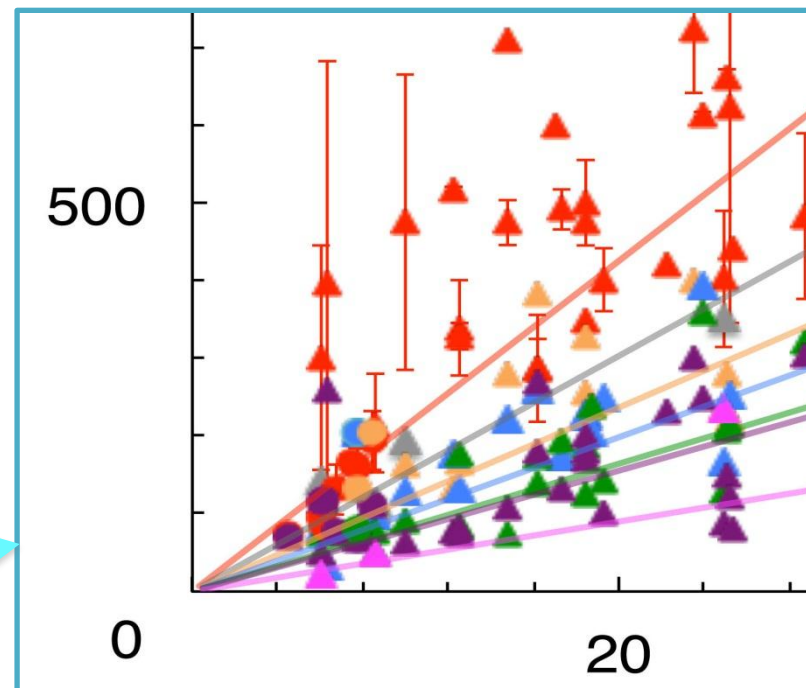
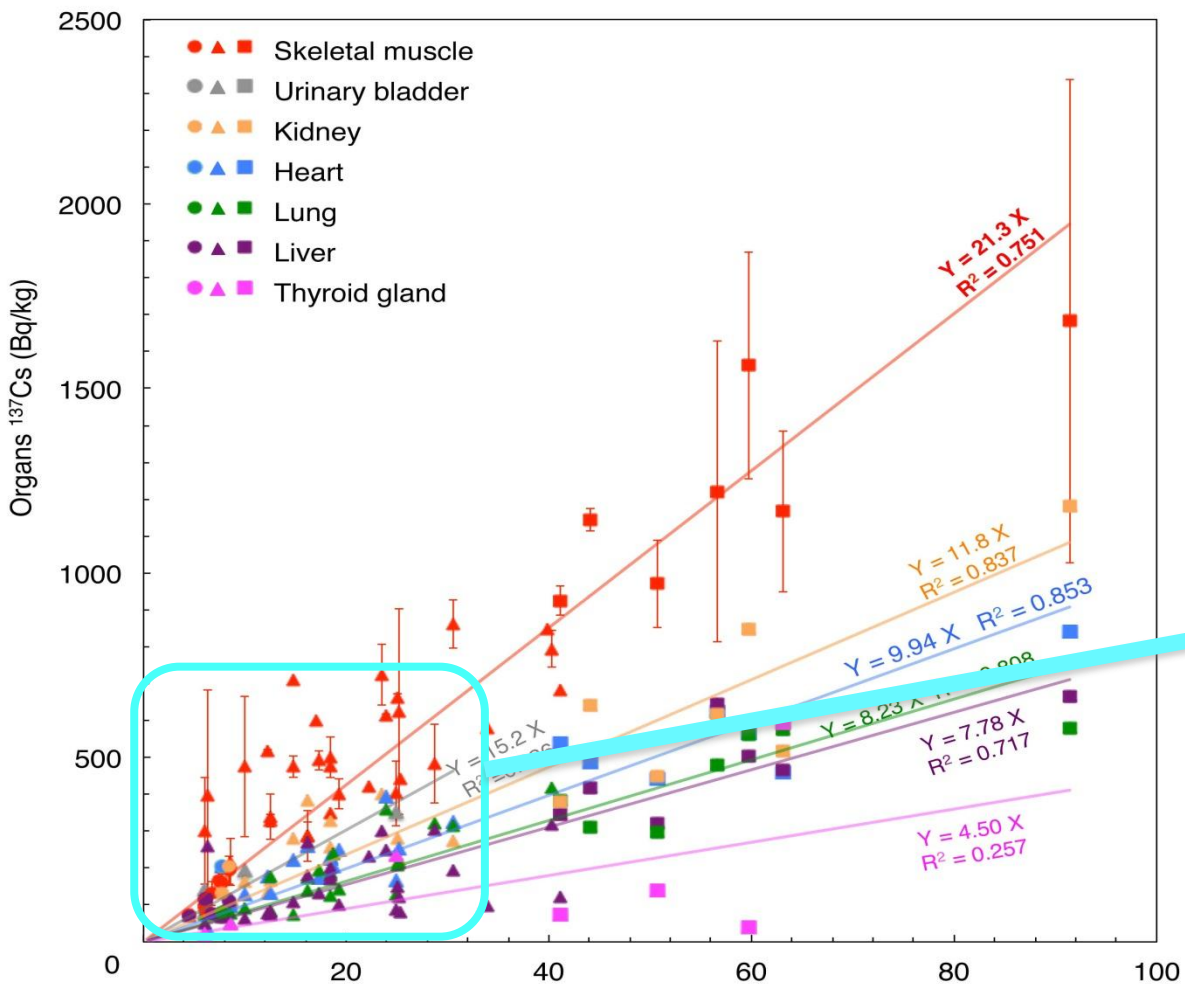
そのまま推定結果が示  
される。  
上限予測、下限予測も。

日付から換算し、Cs134  
とCs137を含めた総量を  
算出する推定2号も既  
に完成見込み

通称: 推定くん1号



# 推定プログラムの問題



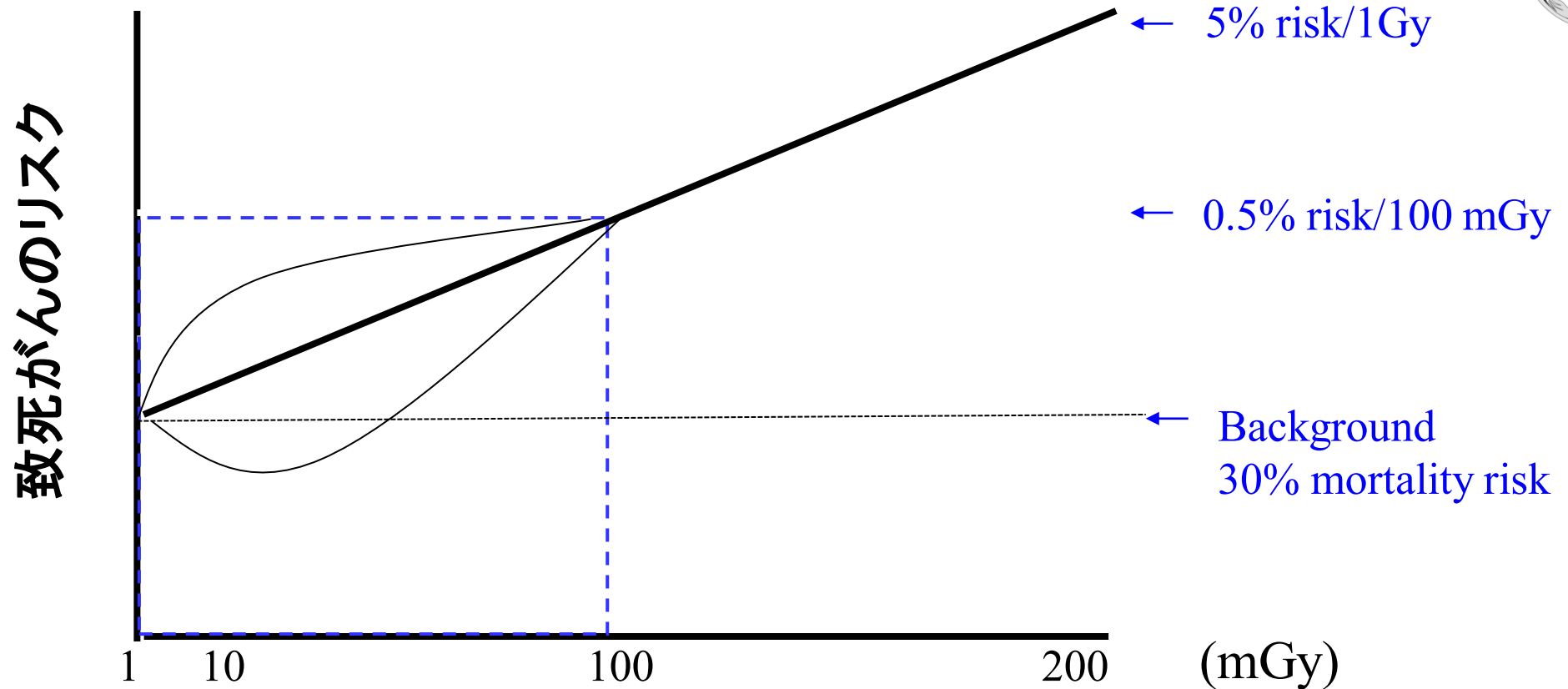
暫定基準値が100 Bq/kgに設定された現在  
は特に問題

低濃度領域においても果たして相関はあるのか？



## 5. 科学と規制

# 放射線防護の考え方：LNT モデル



我が国のがん死亡率：30%

100 mGy：がん死亡率に0.5%上乗せ

自然放射線（1 – 10 mGy/年）：健康障害は知られていない

**集団の話であっても個人の話ではない。**



# ベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)

ベクレル(Bq): **放射能の強さ**を表す単位

【放射能とは、放射線(X線、β線など)を出す能力のこと】

【1ベクレルは1秒間に1個の原子核が崩壊して放射線を出す放射能の強さのこと】

シーベルト(Sv): **放射線を浴びた時の  
人体への影響度**を示す単位

〇〇ベクレルの放射性物質による  
人体への影響(シーベルト)の算出方法

$$\text{ミリシーベルト} \quad \text{ベクレル} \\ \text{mSv} = \text{Bq} \times \text{実効線量係数}$$

核種(例えばヨウ素131)ごと、摂取経路(例えば経口、吸入など)ごとに  
国際放射線防護委員会(ICRP)等で示された係数

(例)放射性ヨウ素131が1kgあたり300Bq(飲料水、乳製品等の暫定規制値(成人))  
検出された飲食物を1kg食べた場合の人体への影響

$$300(\text{Bq}) \times \underline{1.6 \times 10^{-5}} = 0.0048(\text{mSv})$$

(実効線量係数)

(食品安全委員会)





# 原子力安全委員会

原子力基本法、原子力委員会及び原子力安全委員会設置法及び内閣府設置法に基づき設置されています。原子力を安全に利用するための国による規制は、直接的には経済産業省、文部科学省等の行政機関によって行われていますが、原子力安全委員会は、これらから独立した中立的な立場で、国による安全規制についての基本的な考え方を決定し、**行政機関ならびに事業者を指導**する役割を担っています。このため、内閣総理大臣を通じた**関係行政機関への勧告権**を有するなど、通常の審議会にはない強い権限を持っています。



## 薬事・食品衛生審議会

法律または政令の定めにより**厚生労働省内**に設置された審議会

### 規制対象核種：半減期>1年

放射性ヨウ素、放射性セシウム、放射性ストロンチウム、放射性ルテニウム  
ウラン並びにプルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種



# 食品安全委員会

食生活が豊かになる一方、食生活を取り巻く環境は近年大きく変化し、食に対する関心が高まっています。こうした情勢の変化に的確に対応するため、**食品安全基本法**が制定され、これに基づいて新たな食品安全行政を展開していくことになり、これにともない、食品安全委員会が平成15年7月1日に、新たに**内閣府**に設置されました。

食品安全委員会は、国民の健康の保護が最も重要であるという基本的認識の下、規制や指導等のリスク管理を行う**関係行政機関から独立**して、科学的知見に基づき客観的かつ中立公正に**リスク評価**を行う機関です。

専門調査会は、企画等専門調査会に加え、添加物、農薬、微生物といった危害要因ごとに11の専門調査会が設置されています。

1. リスク評価
2. リスクコミュニケーションの推進
3. 緊急事態への対応



## 放射線審議会

**放射線障害防止の技術的基準に関する法律**(昭和33年5月21日法律第162号)に基づき、放射線障害の防止に関する技術的基準の斉一を図ることを目的として、**文部科学省**に設置されている**諮問機関**です。

関係行政機関の長は、放射線障害の防止に関する技術的基準を定めるときは、放射線審議会に**諮問しなければならぬ**こととされています。また、放射線審議会は、放射線障害の防止に関する技術的基準の斉一を図るために関係行政機関の長に**意見を述べる**ことができるとされています。



# Codex Alimentarius

(“Food book”, International Food Standards)

SAFE, GOOD FOOD FOR EVERYONE.

The Codex Alimentarius Commission, established by FAO and WHO in 1963 develops harmonised international food standards, guidelines and codes of practice to **protect the health of the consumers** and ensure **fair trade** practices in the food trade. The Commission also promotes coordination of all food standards work undertaken by international governmental and non-governmental organizations.

## 飲食物介入レベル

ICRP: 上限レベル50 mSv、下限レベル5 mSv

(最初の1年間で与えられる預託線量当量)

IAEA: 放射性Cs, I 各<1,000Bq/kg、

牛乳・乳児食品・飲料水<100Bq/kg

WHO: < 5 mSv/年

Codex: < 1 mSv/年(但し汚染食品が10%と仮定)

# 「放射性物質に関する緊急とりまとめ」 (平成23年3月29日 食品安全委員会)

## 食品安全委員会 緊急とりまとめ

((実効線量) 単位:mSv(ミリシーベルト)/年))

## 国際機関等の評価

10mSv/年(ICRP1992年)は不適切とまで  
いえる根拠は見いだせず

### 放射性セシウム(セシウム134, 137)

5mSv/年はかなり安全側に立ったもの

### 放射性ヨウ素(ヨウ素131)

甲状腺等価線量として50mSv/年(実効線量として  
は2mSvに相当)は相当な安全性を見込んだもの

### <今後の課題>

・今回の検討では、遺伝毒性発がん性のリスクについての

100

13

10

自然からの放射線量  
(1~13mSv/年)

5

2

1

どの組織も臨床的に意味のある機能障害を示さないと考えられる値  
(ICRP2007年)

・正当化される介入レベルは、1種類の食品に対して1年間に回避される実効線量で10mSv(ICRP1992年)

・多くの人口集団がおよそ10mSv/年程度で何年もの間生活(ICRP1992年)  
・インドや中国の高自然放射線地域に住む住民では、がんの罹患率や死亡率に増加が認められていない(UNSCEAR2010)

・食品の規制に関する介入レベルは5mSv/年が適当(WHO1988年)

・事故時の飲食物制限の介入の下限は5mSv/年(ICRP1984年)

ヨウ素131により甲状腺のみが被ばくしたと仮定した場合の影響から甲状腺等価線量として50mSv/年(実効線量2mSv/年)を制限値とする(WHO1988年)

# 内閣府 食品安全委員会 (リスク評価機関)

# 厚生労働省 (リスク管理機関)



## 医薬品局食品安全部長通知

2011年

厚生労働大臣がリスク評価を  
諮問(3月20日)

食品衛生法に基づく食品の暫定規制値(※)を設定し、  
流通規制(3月17日～)

- ・原子力安全委員会の防災指針の指標を準用 (2011年3月)
- ・緊急を要するため、食安委のリスク評価を受けずに設定

食品由来の放射線の量と健康  
影響の関係を緊急とりまとめ  
(3月29日)

食品安全委員会委員長から  
緊急とりまとめを通知  
(3月29日)

食品安全委員会、原子力安全委員会等  
の検討を踏まえ、暫定規制値(※)を維持  
することとした(4月4日)

ICRPの実効線量10mSv/年  
不適切とまで言える根拠は見いだせず

放射性セシウム(セシウム134, 137)  
5mSv/年はかなり安全側に立ったもの

放射性ヨウ素(ヨウ素131)  
甲状腺等価線量として50mSv/年(実効線量としては  
2mSv/年に相当)は相当な安全性を見込んだもの

今後、必要な管理措置について検討する

(※)暫定規制値(3月17日～)

放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種: <sup>131</sup> I)	飲料水 牛乳・乳製品(注)	300Bq/kg
	野菜類(根菜、芋類を除く。)、 魚介類(4月5日以降)	2000Bq/kg
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	500Bq/kg
ウラン	乳幼児用食品、飲料水、牛乳・乳製品	20Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	100Bq/kg
プルトニウム及び超ウラン元素 のアルファ核種 ( <sup>238</sup> Pu, <sup>239</sup> Pu, <sup>240</sup> Pu, <sup>242</sup> Pu, <sup>241</sup> Am, <sup>242</sup> Cm, <sup>243</sup> Cm, <sup>244</sup> Cm放射能濃度の合計)	乳幼児用食品、飲料水、牛乳・乳製品	1Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	10Bq/kg

(注) 100Bq/kgを超えるものは、乳児用調製粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること。

今後、諮問を受けた内容範囲を  
継続してリスク評価



## 食品中の放射性物質に関する規制値の見直しまでの経過

- 厚生労働省から食品中の放射性物質の暫定規制値を通知(平成23年3月17日)
- 厚生労働大臣から、食品安全委員会に放射性物質の食品健康影響評価を要請(3月20日)
- 食品安全委員会の食品健康影響評価書の厚生労働大臣への答申(10月27日)
- 小宮山厚生労働大臣が、閣僚懇談会で、今後の基本的方針について発言(10月28日)
- 厚生労働大臣から厚生労働省の薬事・食品衛生審議会への諮問。薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会・放射性物質対策部会合同会議において今後の論点を整理(10月31日)
- 放射性物質対策部会において、新しい基準値について議論(11月24日)
- 放射性物質対策部会において、基準値案を作成(12月22日)
- 厚生労働大臣から放射線審議会(文部科学省)への諮問・答申(12月27日諮問・2月16日答申)
- パブリックコメントの実施(平成24年1月6日～2月4日)、WTOへの通報(1月17日～2月10日)、リスクコミュニケーションの実施(1月16日～2月28日)等
- 厚生労働省の薬事・食品衛生審議会からの答申(2月24日)
- 基準値の告示の交付(3月15日)
- 基準値の施行(4月1日)





## 新たな規制値設定のための基本的な考え方

— 厚生労働大臣発言要旨(平成23年10月28日閣僚懇談会)—

1 現在の暫定規制値は、食品から許容することのできる線量を、放射性セシウムでは、年間5ミリシーベルトとした上で設定している。

この暫定規制値に適合している食品は、健康への影響はないと一般的に評価され、安全は確保されているが、厚生労働省としては、より一層、食品の安全と安心を確保するため、来年4月を目途に、一定の経過措置を設けた上で、許容できる線量を年間1ミリシーベルトに引き下げることが基本として、薬事・食品衛生審議会において規制値設定のための検討を進めていく。

2 年間1ミリシーベルトとするのは、

- ① 食品の国際規格を作成しているコーデックス委員会の現在の指標で、年間1ミリシーベルトを超えないように設定されていること
- ② モニタリング検査の結果で、食品中の放射性セシウムの検出濃度は、多くの食品では、時間の経過とともに相当程度低下傾向にあること

から、国民の皆さまの御意見の大勢を踏まえ、多くの専門家の御意見も伺った上で、判断したものである。

3 今後、こうした考え方を基本として、

- ① 子どもへの影響について具体的にどのような配慮を行うか
  - ② 規制値を設定する際の食品のカテゴリーとその割り当て方法をどうするか
  - ③ 放射性セシウム以外の放射性元素の取扱いをどうするか
- 等について科学的知見に基づく検討を進めていく。



# 被ばく状況の考え方

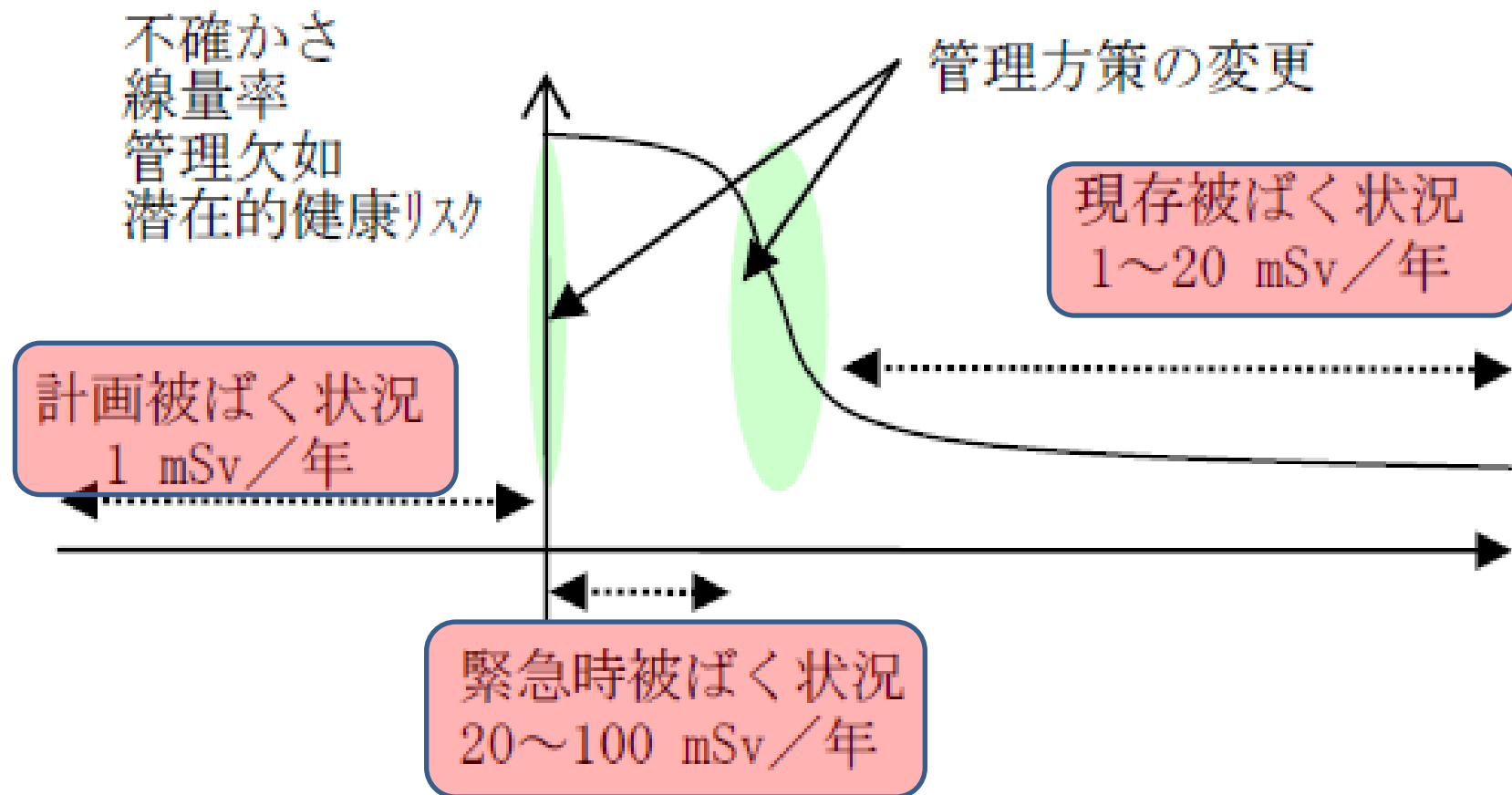
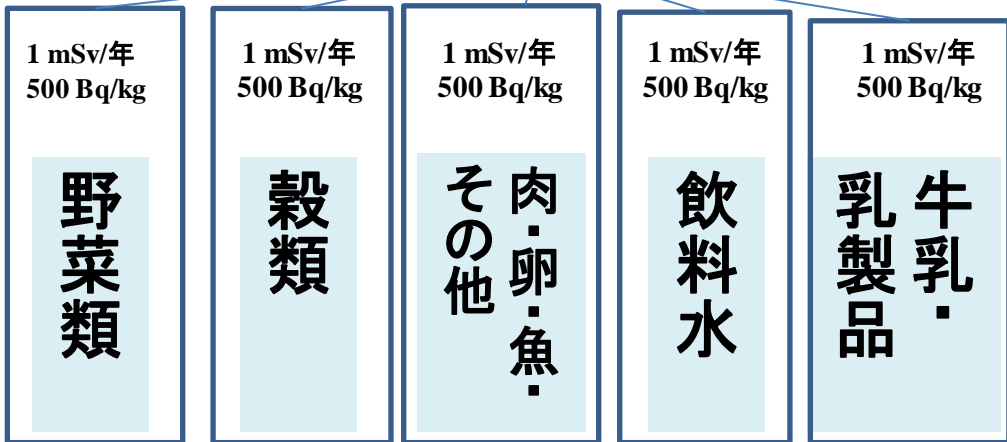


図1 時間の経過に伴う緊急時被ばく状況の進展及び現存被ばく状況への移行 (ICRP Pub. 109 図9.1.を改編)

# 放射性セシウムの食品基準



年間5 mSv



## 暫定規制値

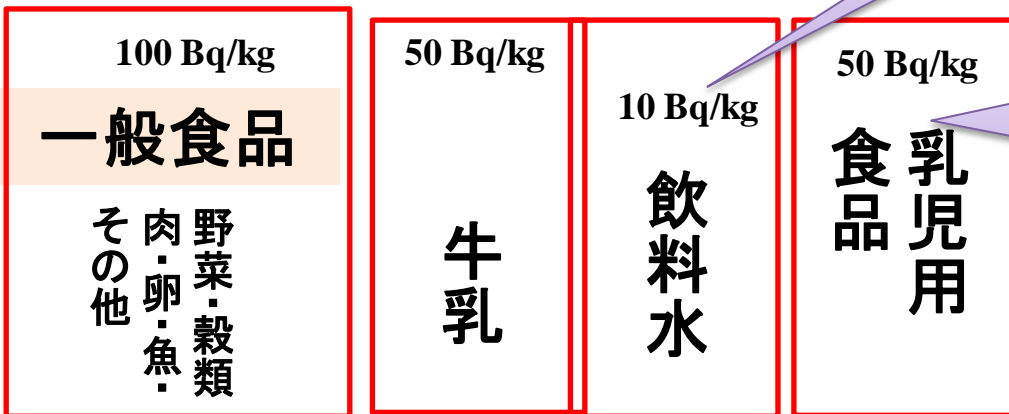
- ・食品の区分を変更
- ・年間線量の上限を引き下げ

### Codex委員会

食品からの被ばくを1 mSv/年とする。  
汚染率:10%

いずれも汚染率50%を想定

年間1 mSv



### WHOの値

## 新基準値

乳幼児の  
高感受性配慮

シーベルトは放射線による人体への影響を表す単位。  
ベクレルは放射線の強さの単位。



# 放射線審議会の答申

## 新基準値案を了承

一般食品100Bq/kg

飲料水10Bq/kg

乳児用食品と牛乳50Bq/kg

## 別紙意見

**暫定基準でもリスクは十分に低い**

新基準にしてもリスクの低減はごく小さい(年 8 mSv)

乳児用食品や牛乳に特別枠を作る必要はない

100Bq/kgのままでも乳幼児は十分守られる

検査体制の整備が重要、でも民間の自助努力に依存

基準の改定よりも**リスクコミュニケーション**が重要

**地域社会の適正な社会経済活動の維持・復興**が重要

ステークホルダーの意見を最大限に考慮すべき

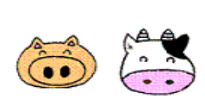


**規制**：科学的根拠を以って論ずるべきである。  
低く設定すると善人にみえる。

**科学**：物理・化学量と生物量の相関を明らかに  
する。

**現場での混乱を最小にする。**

**放射能は安定：除染はありえない。**

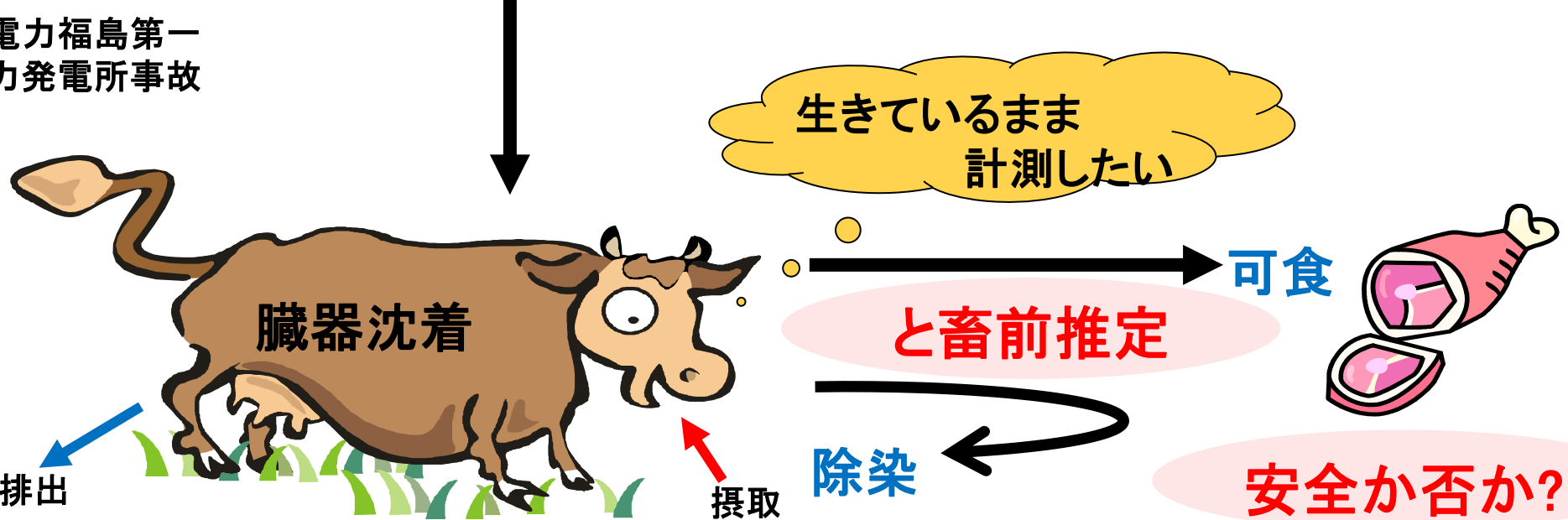


# 食について我々のできること



東京電力福島第一  
原子力発電所事故

放射性物質  
の拡散



1. と畜前推定 (血液から筋肉の放射性Csを推定)
2. 体内動態 (臓器沈着・糞尿)
2. 生体影響 (個体・継世代)
3. 環境測定 (草・土壌・水)



# 自ら結果を出すことによる有用性の証明

## 課題：定年後の保存・管理

---

### 福島家畜プロジェクトグループ(採材)：

木野康志, 磯貝恵美子, 福田智和, 関根勉, 篠田壽, 千葉美麗, 鈴木温, 桑原義和,  
志村勉, 鈴木正敏, 井上和也, 高橋慎太郎, 福本基  
東北大学学部学生(医・農)  
いわき家畜保健衛生所・相双家畜保健衛生所  
福島県・市町村  
多くの人々