放射線のはなし

～基礎から防護の考え方まで～

東京大学　准教授
博士（工学）　飯　本　武　志

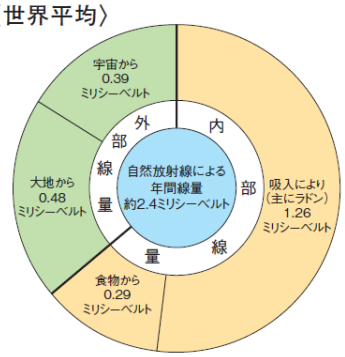
講演の論点

- **放射線防護のための「基準値」の考え方**
  - 安全のためのルールの決め方
- **放射線（能）に関する基礎的情報の整理**
  - 用語　　放射線、放射能、放射性物質
  - 単位　　ベクレル、グレイ、シーベルト
  - 特徴　　放射線の種類、半減期
  - 身のまわりの放射線、利用、リスクと安全
- **放射線被ばくによる人体影響の考え方**
  - しきい値のある影響　と　しきい値がないと考える影響
  - 低線量領域の被ばく　と　低線量率での被ばく

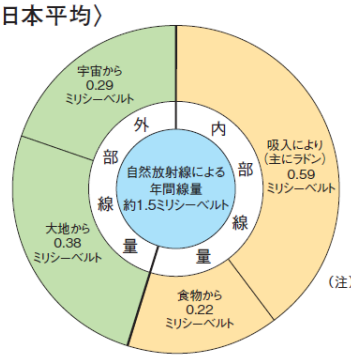
◆自然界から受ける放射線量

一人当たりの年間線量

〈世界平均〉

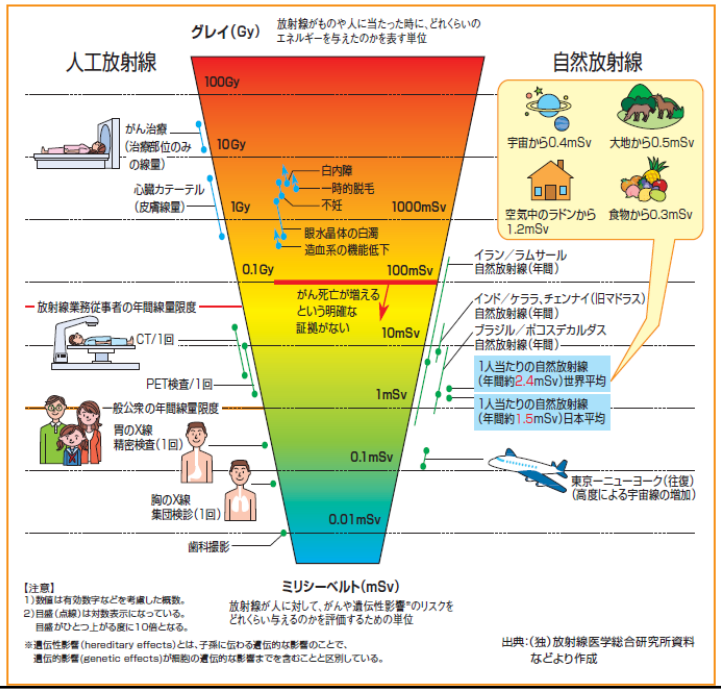


〈日本平均〉

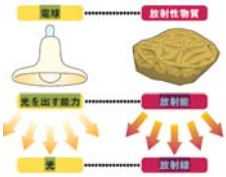


(注)2005年に日本分析センターから、自然界から受ける年間の放射線量2.2ミリシーベルトという数値が公表されています。

◆身の回りの放射線被ばく



放射線に関する単位



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。

放射線

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

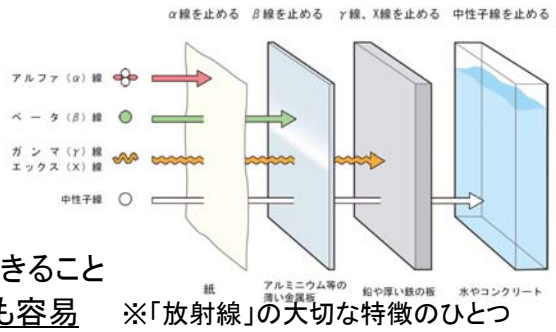
シーベルト（Sv）
人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位
　放射線を安全に管理するための指標として用いられます。

単位「シーベルト（Sv）」

- 放射線の人体影響の程度を数値表現するための単位
  → **線量**の単位のひとつ。「がん」のリスクを指標に。

◆放射線の種類によって人体に影響を与える効果は異なる
◆放射線被ばくの生じた部位によって人体影響の程度は異なる

≪“シーベルト”の利点≫
どの放射線でも、
どの被ばく部位でも、
同じものさしで
人体影響の程度
をひとつの数値で表現できること
　⇒　線量の測定も容易



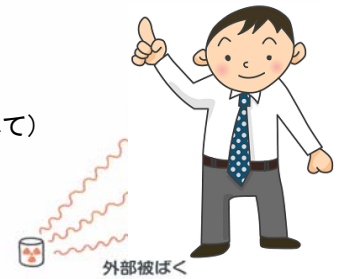
※「放射線」の大切な特徴のひとつ

外部被ばくと内部被ばく

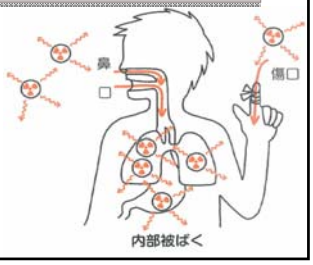
- 内部被ばくの評価の工夫
  - 「預託線量」の考え方： Sv/Bq

  （線量換算係数←“年齢”や“実効半減期”も考慮して）
- 「防護の方策」の整理
  - 外部被ばく： 遮蔽/距離/時間
  - 内部被ばく： 吸入/経口/経皮
- 内部被ばくの方が危険？…の噂
  - 重要なのは“線量”の大小
  - 線量が同じであれば放射線による人体影響の程度は等しい

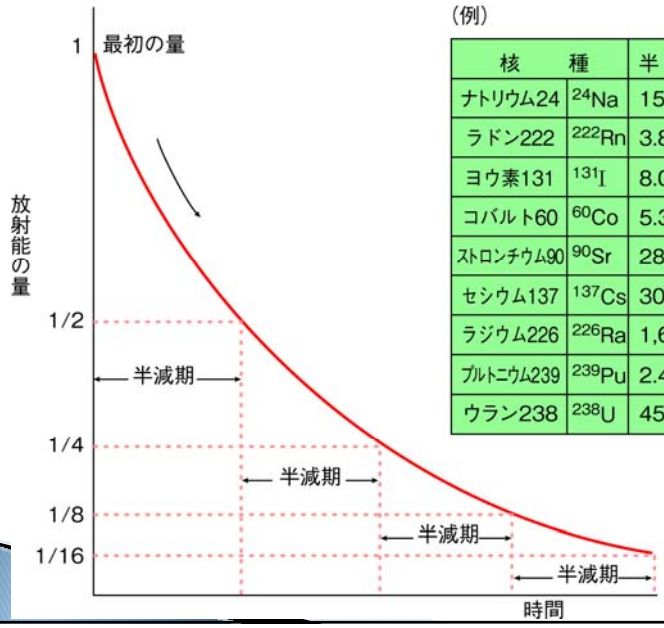
    ← 単位「シーベルト」の設計思想



★「合理的に」「最適化」



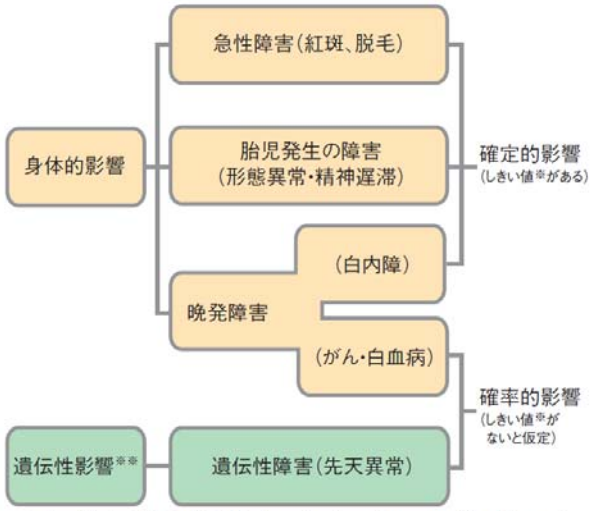
放射能の減り方



（例）

核種		半減期
ナトリウム24	^{24}Na	15.0時間
ラドン222	^{222}Rn	3.8日
ヨウ素131	^{131}I	8.0日
コバルト60	^{60}Co	5.3年
ストロンチウム90	^{90}Sr	28.8年
セシウム137	^{137}Cs	30年
ラジウム226	^{226}Ra	1,600年
プルトニウム239	^{239}Pu	2.4万年
ウラン238	^{238}U	45億年

放射線の人体影響

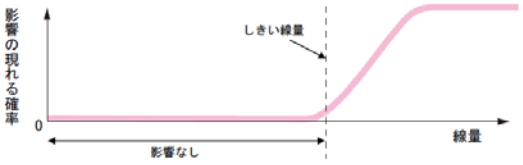


※しきい値:ある作用が反応を起こすか起こさないかの境の値のこと
※※遺伝性影響(hereditary effects)とは、子孫に伝わる遺伝的な影響のことで、遺伝的影響(genetic effects)が細胞の遺伝的な影響までを含むことと区別している。

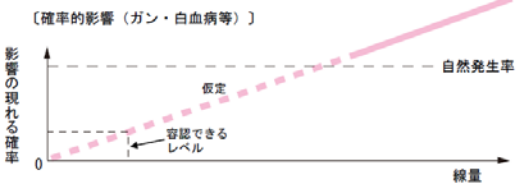
放射線防護の考え方

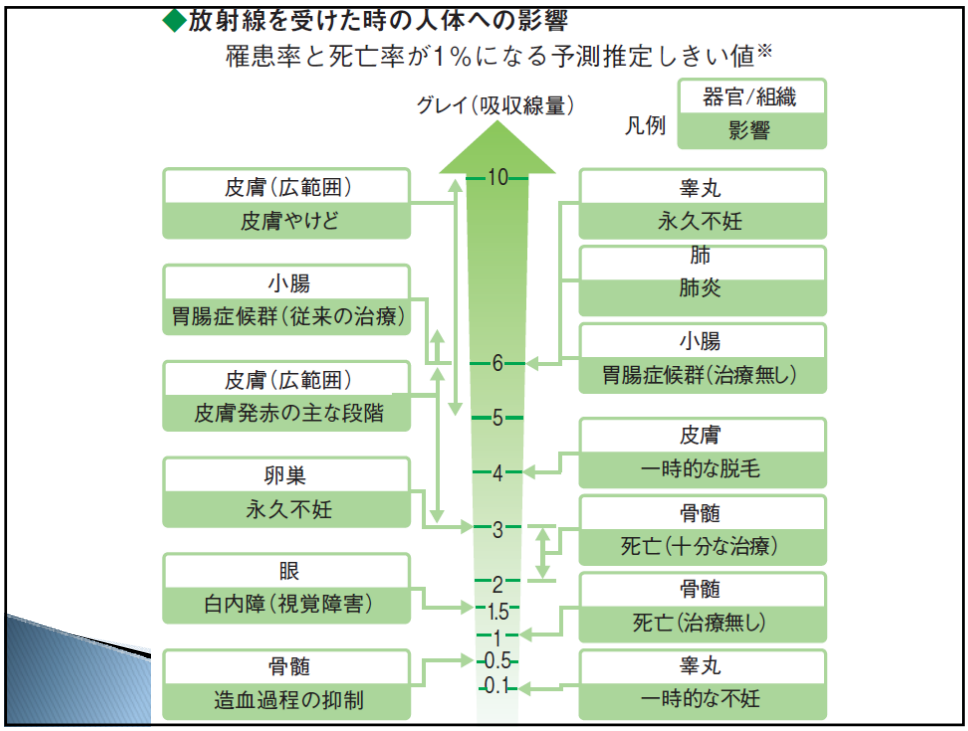
確定的影響は、しきい線量以下に抑えることで影響をなくす。
確率的影響は、しきい値※は無いと仮定し、合理的に線量を低くすることで影響の現れる確率を容認できるレベルにする。

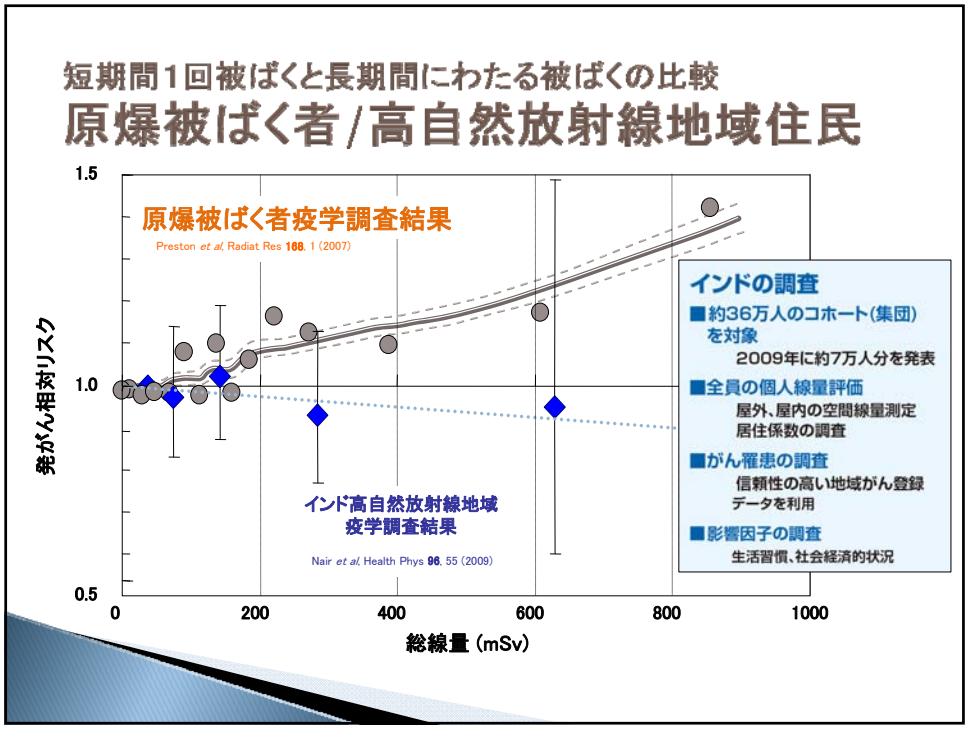
〔確定的影響（脱毛・白内障等）〕

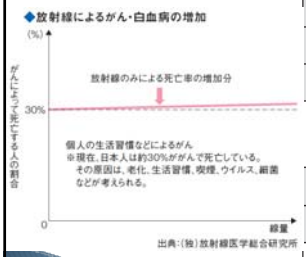


〔確率的影響（ガン・白血病等）〕




◆放射線を受けた時の人体への影響
罹患率と死亡率が1%になる予測推定しきい値※
グレイ（吸収線量）
凡例
器官/組織
影響
皮膚（広範囲）
皮膚やけど
小腸
胃腸症候群（従来の治療）
皮膚（広範囲）
皮膚発赤の主な段階
卵巣
永久不妊
眼
白内障（視覚障害）
骨髄
造血過程の抑制
10
6
5
4
3
2
1.5
1
0.5
0.1
睾丸
永久不妊
肺
肺炎
小腸
胃腸症候群（治療無し）
皮膚
一時的な脱毛
骨髄
死亡（十分な治療）
骨髄
死亡（治療無し）
睾丸
一時的な不妊


短期間1回被ばくと長期間にわたる被ばくの比較
原爆被ばく者/高自然放射線地域住民
原爆被ばく者疫学調査結果
Preston et al, Radiat Res 168, 1 (2007)
インド高自然放射線地域
疫学調査結果
Nair et al, Health Phys 96, 55 (2009)
インドの調査
■約36万人のコホート（集団）を対象
2009年に約7万人分を発表
■全員の個人線量評価
屋外、屋内の空間線量測定
居住係数の調査
■がん罹患の調査
信頼性の高い地域がん登録データを利用
■影響因子の調査
生活習慣、社会経済的状況
発がん相対リスク
1.5
1.0
0.5
0
200
400
600
800
1000
総線量（mSv）



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

放射線はどのように「危ない」のか？

- 多量の放射線をあびたら、それは当然に「あぶない」。
- しかし、ほどほどなら人体影響を指標として問題とはならない
  → 12万人規模の疫学で影響を認知できないレベル
  ＝100mSv （**※重要！「100mSv以下 は安全」の意味ではない**）
- 放射線の被ばくすべてが
  「怖い、あぶない」と言うのは、言い過ぎ。
  ※「ごく小量の被ばくで発がんリスクが上がる」との仮定モデル（「LNTモデル」と呼ぶ）を使うのは、保守的な放射線防護の目的で。→ 確率的影響

【ポイント】

放射線安全の議論で重要となるのは

「量」の概念　＋α

放射線安全の仕組みを構築するために

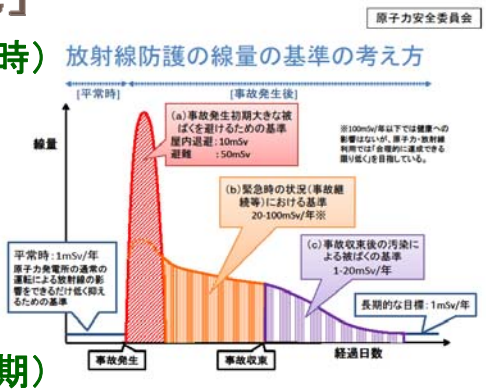
- 放射線の安全　←「放射線防護体系」が基盤
- 放射線安全のルールの策定手順

国連科学委員会（UNSCEAR）：各国**データ**提示
↓　国際放射線防護委員会（ICRP）：安全**理念**勧告
↓　国際原子力機関（IAEA）：国際**基準**策定
↓　各国の法令とり入れへ（日本もIAEAメンバー国）

【放射線影響に関するデータ】
・広島/長崎の原爆被災者の疫学　・ウラン鉱夫疫学
・高線量被ばく医療患者の疫学
・細胞実験　・動物実験　　など

防護理念を整理するための「3つの被ばく状況」

- **計画被ばく状況（平常時）**
  - 線量限度
  - 施設の設計目標値
- **緊急時被ばく状況**
  - 屋内退避、避難、移転
  - ヨウ素剤の投与
  - 飲食物の（暫定）規制値
- **現存被ばく状況（復旧期）**
  - **（例）　広範囲の放射能汚染環境への対応**
  - （例）　高放射能自然線源/高線量自然環境への対応

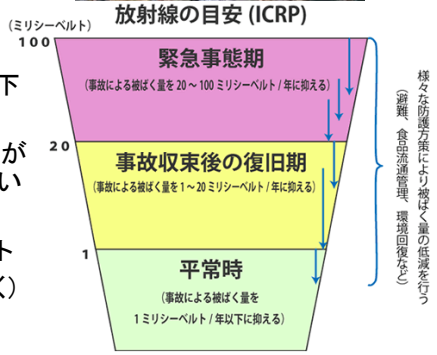


←　利害関係者（ステークホルダー）を含む議論。
　　決定プロセスの透明性。

国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告に基づく線量基準値

- 「非常時」の放射線の管理基準は「平常時」とは異なる
- 「非常時」を「緊急事態期」と事故収束後の「復旧期」に分けて考える

放射線の目安 (ICRP)



【基準値の目安】

- 平常時＝年間1ミリシーベルト以下に抑える（計画被ばく）
- 緊急事態期：事故による被ばく量が20～100ミリシーベルトを超えないようにする（緊急時被ばく）
- 復旧期：年間1～20ミリシーベルトを超えないようにする（現存被ばく）

（基準値の例1） 環境の除染長期目標

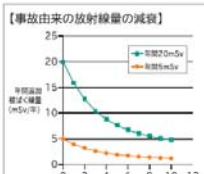
除染はどのように進めていくの？

長期的な目標とする年間追加被ばく線量は1ミリシーベルト以下です。
子どもの生活環境を最優先にしながら、地域ごとに進めます。

目標

❶長期的な目標として、追加被ばく線量を年間1ミリシーベルト以下とします。
❷平成25年8月末までに、一般公衆の年間追加被ばく線量を平成23年8月末と比べて、放射性物質が自然に減っていく量を含めて約50%減少した状態を実現します。
❸学校、公園など子どもの生活環境を優先的に除染することによって、平成25年8月末までに、子どもの年間追加被ばく線量が平成23年8月末と比べて、放射性物質が自然に減っていく量を含めて約60%減少した状態を実現します。

【事故由来の放射線量の減衰】



放射性物質の性質により、空間線量は自然に減っていくので、図のように年間追加被ばく線量も同様に減っていくことになります。除染することでさらに減らすことができます。

除染事例1 放射線量が比較的低い地域の除染方法の例

除染事例2 放射線量が比較的高い地域の除染方法の例（上記の例に加えて除染する方法）

（基準値の例2） 食品の基準値

東京電力福島第一原子力発電所の事故後、厚生労働省では、食品中の放射性物質の暫定規制値を設定し、原子力災害対策本部の決定に基づき、暫定規制値を超える食品が市場に流通しないよう出荷制限などの措置をとってきました。暫定規制値を下回っている食品は、健康への影響はないと一般的に評価され、安全性は確保されています。しかし、**より一層、食品の安全と安心を確保するために、**事故後の緊急的な対応としてではなく、**長期的な観点から新たな基準値**を設定しました（**平成24年4月1日から**施行）。

新たな基準値の概要

放射性物質を含む食品からの被ばく**線量の上限**を、年間５ミリシーベルトから
年間１ミリシーベルトに引き下げ、これをもとに放射性セシウムの基準値を設定しました。

○放射性セシウムの暫定規制値

食品群	規制値（単位:ベクレル/kg）
野菜類	500
穀類	
肉・卵・魚・その他	
牛乳・乳製品	200
飲料水	200

※ 放射性ストロンチウムを含めて規制値を設定

●食品の区分を変更
●年間線量の上限を引き下げ

○放射性セシウムの新基準値

食品群	基準値（単位:ベクレル/kg）
一般食品	１００
乳児用食品	５０
牛乳	５０
飲料水	１０

※放射性ストロンチウム、プルトニウムなどを含めて基準値を設定

シーベルト：放射線による人体への影響の大きさを表す単位　　ベクレル：放射性物質が放射線を出す能力の強さを表す単位

新たな基準値設定の考え方

年間の線量の上限値１ミリシーベルトから、飲料水による線量（約0.1ミリシーベルト）を引き、残りの線量を一般食品（乳児用食品、牛乳を含む）に割り当てます。

①「一般食品」の基準値

まず、年齢や性別などにより10区分に分け、それぞれの区分ごとに一般食品の摂取量と体格や代謝を考慮した係数を使って限度値を算出しました。その結果から、最も厳しい値（13～18歳の男性：120ベクレル/kg）を下回る、**100ベクレル/kg**を全区分の基準としました。これは、**乳幼児をはじめ、すべての世代に配慮した基準**です。

食品からの線量の上限値
１ミリシーベルト/年

★飲料水の線量（約0.1ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ）を引く

一般食品に割り当てる線量を決定

年齢区分	性別	限度値（ﾍﾞｸﾚﾙ/kg）
1歳未満	男女	460
1歳～6歳	男	310
	女	320
7歳～12歳	男	190
	女	210
13歳～18歳	男	120
	女	150
19歳以上	男	130
	女	160
妊婦	女	160
最小値		**120**

各年齢層等ごとに、通常の食生活を送れば、年間線量の上限値を十分に下回る水準に設定

100ベクレル/kg に基準値を設定

★すべての年齢区分の限度値のうち最も厳しい値（120）を下回る数値に設定

厚生労働省　医薬食品局食品安全部