

放射線・放射能に 不安と疑問がいっぱい!!

— 科学的根拠ある答えを探る —



冊子をPDFでご覧になりたい方は、
シニアネットワーク東北のホームページより、
ダウンロードできますので、ご活用ください。

シニアネットワーク東北

検索

URL:<http://www.snwtohoku.jp/>

2011年3月11日午後2時46分、歴史に残る東日本大震災が発生した。
本稿は、震災に伴う社会的大混乱の中、誰もが必要とした情報の一部である。

2018年6月 シニアネットワーク東北



はじめに	01
------	----

第1章 放射線・放射能に対する不安と疑問の原点は原爆です	03
-------------------------------------	-----------

1.1 原子力の平和利用	03
1.2 わが国のエネルギー政策は中東戦争による 石油危機(オイルショック)が大きな転機でした	04
1.3 福島第一原子力発電所の事故に伴う新たな社会問題が生じています	05

第2章 日常の生活環境を取り巻く放射線・放射能の実像を見極めよう	06
---	-----------

Q 1 身近にある自然放射線、人工放射線、放射能とは？

第3章 福島第一原子力発電所から環境に飛散した 放射性物質(放射性元素)を見極めよう	09
---	-----------

Q 2 福島第一原子力発電所から飛散した人工の放射性物質(放射性元素)は？

3.1 健康への影響(発がんのリスク)を見極めよう	10
3.2 福島県は甲状腺の追跡調査をしています	11

- Q 4 福島でもチェルノブイリのように子どもの甲状腺がんが増えるのですか？
- Q 5 子どもは大人より放射線の影響(発がんのリスク)を受けやすいのですか？
- Q 6 放射性ヨウ素や放射性セシウム以外の放射性物質(放射性元素)の影響を考えなくていいのですか？
- Q 7 放射線は人体にどのようにして影響を与えるのですか？
- Q 8 放射線をどれくらい受けると「発がん」の影響が出てくるのですか？
- Q 9 妊娠中に放射線を受けると胎児に影響しますか？

第4章 放射性物質(放射性元素)に関する食の安全を確かめよう	16
---------------------------------------	-----------

Q10 わが国の食品中の放射性物質(放射性元素)の基準値は欧米より厳しいといえますか？

- Q11 食品中の放射性物質(放射性元素)の基準値は、胎児、乳幼児、子どもへの影響に配慮していますか？
- Q12 放射性物質(放射性元素)を身体の中に取り込むのを防ぐにはどうすればいいですか？
- Q13 原材料やそれを加工した食品に、基準値はどのように適用されますか？
- Q14 基準値を超える食品が見つかった場合の具体的対応は？
- Q15 給食やスーパーの食材は安全なのでしょう？
- Q16 農業、漁業の現場ではどのような検査が行われているのですか？
- Q17 牛乳、肉、卵の放射線・放射能に対する安全性の確保は、どうなっていますか？
- Q18 基準値以下なら食べ続けても問題ないのですか？
- Q19 私たちは毎日、食品からどのくらいの放射性セシウムを取り込んでいるのですか？

第5章 福島第一原子力発電所の事故で発生した放射性廃棄物の 安全な処理・処分を探る	24
--	-----------

Q20 放射性廃棄物は安全に処理・処分できるのですか？

第6章 放射線の利用は身の回りでたくさん見られます	25
----------------------------------	-----------

Q21 身の回りにおける放射線の利用例は？

第7章 緊急事態に対する備え	26
-----------------------	-----------

Q22 原子力防災(緊急避難)について知りたい！！

第8章 セミナー参加者からの質問に答える	27
-----------------------------	-----------

- Q23 原子力施設など放射線下作業での放射線管理はどうなっているのですか？
- Q24 トリチウムの健康への影響は？
- Q25 ホルミシス効果とは？
- Q26 医療放射線量に制限がないのはなぜ？
- Q27 低線量放射線の影響について分かっていないことは？

む す び	30
出典について	32
マスコミで報ぜられる用語の解説	33
付 属 資 料	37



2011年(平成23年)3月11日、1,000年に一度といわれる東日本大震災の襲来で、死者行方不明者合わせて約2万人が犠牲になりました。また、福島第一原子力発電所の壊滅的な損壊で放射性物質(放射性元素)が広範囲に拡散し、一時は約16万人の住民が避難を余儀なくされました。世界中の人びとは津波の恐ろしさと、1986年(昭和61年)のチェルノブイリ以来の大きな原子力発電所の事故の恐ろしさを痛感しました。

事故直後、福島県をはじめ多くの人々が放射線・放射能の対処に深刻な悩みをかかえました。落ち着きを取り戻した今も、日常的に受けている「低線量放射線」による健康への影響、特に、がん発症などのリスクに対する不安から「風評被害」や「いじめ」などの社会問題が生じています。

一方、エネルギー資源のほとんどを輸入に頼っているわが国は、福島第一原子力発電所の事故を目の当たりにしながらも、エネルギー自給率の向上(グラフ1)や地球温暖化対策(グラフ2)などを念頭に、エネルギー政策として、原子力発電を「重要なベースロード電源」と位置づけざるを得ません。

このため、政府は原子力発電所の再稼働について円滑に地元の同意が得られるよう、放射線・放射能に関する多くの情報をマスメディアやインターネットを通じて発信しています。

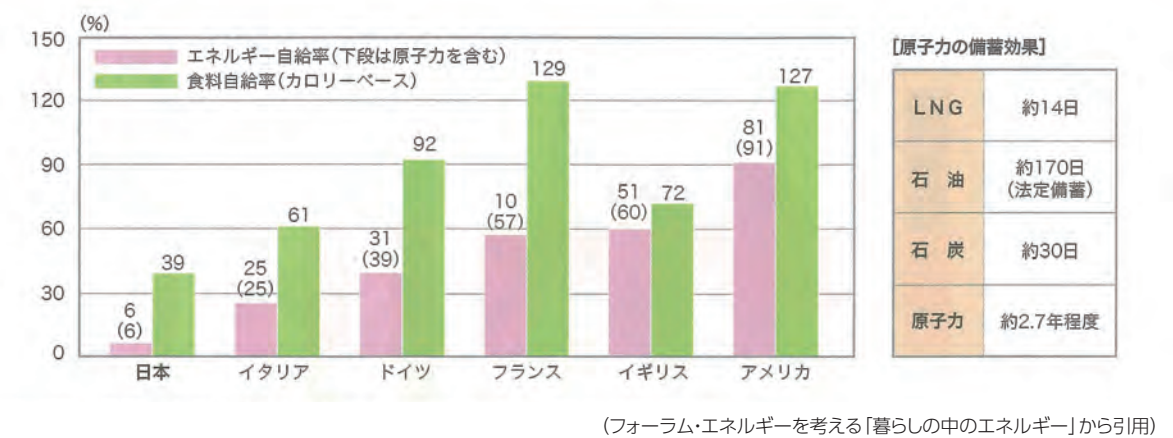
しかし、1970年代の「ゆとり教育」などの影響で、原子力や放射線・放射能の基礎教育が削られ、2012年度に復活するまで、ほぼ30年間にわたり、誰もが基礎教育を受けられなかったため、たくさんの情報があっても不安や疑問を解消するのにあまり役立っていないように思われます。

本稿は、学生や地元の方々などとの対話から、関心の高い「低線量放射線」に関する不安や疑問について、国の関係機関からの情報をわかりやすくお伝えすることを念頭に編集しました。地元の方々や教育関係者、海外からの留学生や旅行者の皆さまなどにも有意義な情報となれば幸いです。

下図は本論に入る前に、東日本大震災を契機に問われている「原子力の位置づけ」を考えるための「わが国の一次エネルギー資源確保に関わるデータ」および、「地球温暖化に関わるデータ」の一つです。

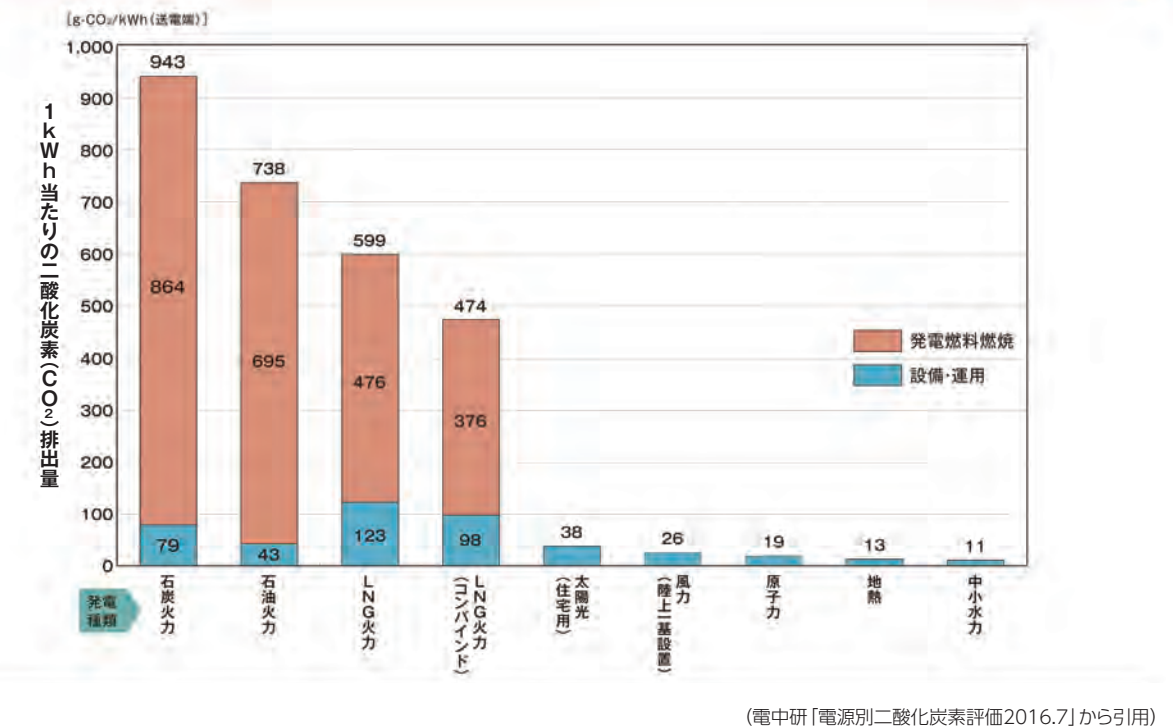
グラフ1

各国のエネルギーと食料の自給率



グラフ2

各種電源別の1kWh当たりの二酸化炭素(CO₂)排出量



図からわかるように、わが国は、地球温暖化対策を念頭にある程度、備蓄効果が大きく、また、温暖化対策にも有効な原子力発電に頼らざるを得ないと思われま



1.1 原子力の平和利用

日本人と原子力との最初の関わりは**1945年(昭和20年)の原爆**でした。この原爆投下で広島、長崎合わせて約20万人といわれる多数の人が無差別に犠牲となりました。放射線・放射能と聞いただけで、誰もが危険とか怖いという思いが先立ちます。

2016年(平成28年)5月27日、広島市の原爆死没者慰霊碑の前で、日米両首脳は核兵器廃絶の願いを込めて握手しました。



オバマ大統領と安倍首相は広島市を訪問

それよりはるか前の1953年(昭和28年)12月、米国のアイゼンハワー大統領は国連総会の演説で「大量破壊兵器に用いられた**原子力(核)**を平和利用にも広げる」という画期的な提案をしました。

これを契機に、世界中で原子力発電が急速に広まるとともに、例えば、医療では検査や治療で、生産工場では品質管理などで、また農業では品種の改良などで、積極的に利用されるようになり、原子力や放射線はわれわれの身近なものになりました。(Q21参照)



アイゼンハワー大統領

1.2 わが国のエネルギー政策は中東戦争による石油危機(オイルショック)が大きな転機でした

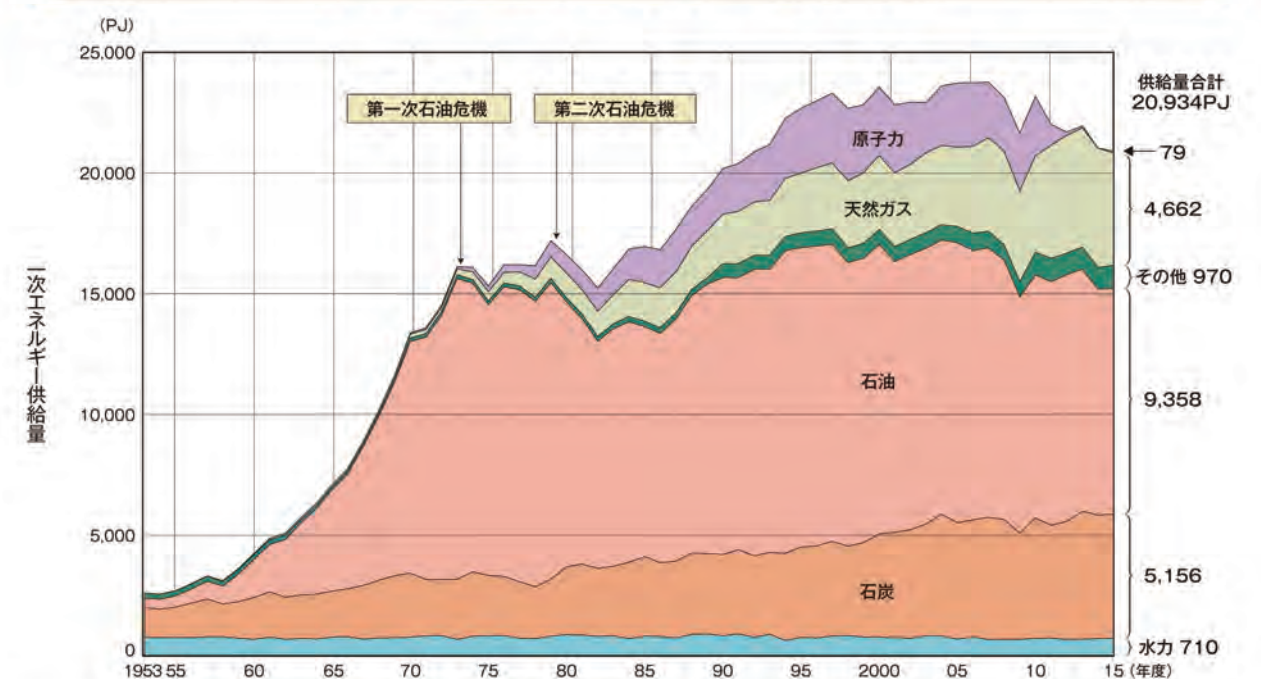
わが国が急速に、かつ、積極的に原子力発電に取り組んだ背景に、1970年代の中東戦争による石油危機(オイルショック)があります。このオイルショックで社会・経済全般にわたり大混乱に陥りました。

これを契機に、わが国のエネルギー政策は、過度な国際石油市場依存から、比較的安定している人工資源、あるいは技術資源ともいえる原子力発電の積極的な利用へと切り替わり、2011年(平成23年)3月11日の東日本大震災直前には、わが国の電力需要の約30%を原子力が支えていました。

この大震災に伴う東京電力(株)の福島第一原子力発電所の重大な事故によって、一時、約16万人が避難を余儀なくされ、今もなお、帰還困難地域を含め多くの住民が元の生活に戻れない状況が続いています。

一方、日本のエネルギー事情に目を向けると、再び石油、天然ガスなどの化石燃料に大きく依存する状況となっています。

日本の一次エネルギー供給実績



(資源エネルギー庁「平成27年度(2015年度)エネルギー需給実績(確報)」から引用)

1.3

福島第一原子力発電所の事故に伴う新たな社会問題が生じています

震災後の混乱は多少落ち着いたものの「見えない、におわない、聞こえない、味もない」放射線・放射能が検出されたと聞くと誰もが不安になり、生産者や消費者を困惑させる「風評被害」や福島から避難した小中学生に対する「いじめ」が大きな社会問題になりました。

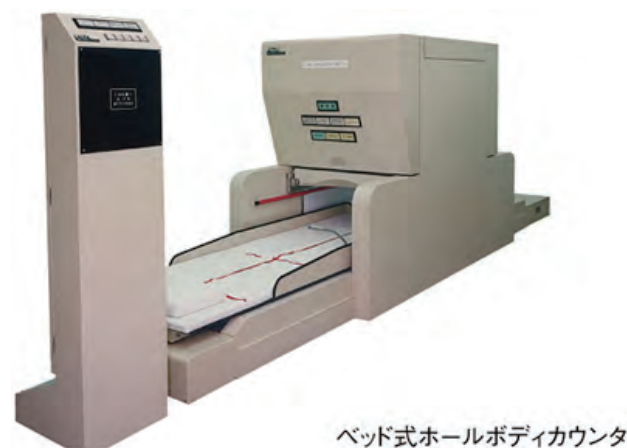
どこに、どれだけ、どんな種類の放射線や放射能があるか、例えば、下図のような測定器によって正確に計測できることを知れば、少しは不安を緩和できるのではないのでしょうか。放射能が検出されたらまず、健康に影響する量なのか見極めることが大事です。

1970年(昭和45年)3月にわが国最初の商用原子力発電所である日本原子力発電(株)の敦賀原子力発電所が運転を開始して以来、福島の事故を含め原子力発電所で働く人で、放射線を浴びて犠牲になった方は一人もいません。いろいろな計測器を用いて正確に計測できると、一人ひとりを守る放射線管理体制が整っているからです。

福島第一原子力発電所の事故では放射線による直接的な人体への影響はないにしても、事故後の生活環境の変化などにより、**多数の関連死**が報告されています。また、1999年(平成11年)9月に東海村にある核燃料を作る施設で臨界事故(ウランの核反応の暴走)があり、3名が被ばくし、うち2名が犠牲となりました。



空間線量測定器



内部放射線測定器

出典:「小学校教師用解説書」(文部科学省)
(http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/attach/1314125.htm) (2018年6月9日に利用)

Q1

身近にある自然放射線、人工放射線、放射能とは？



人間の五感では感知できない放射線・放射能ですが、誰もが、いつでも、どこでも、宇宙や大地などから自然放射線を受けています。その線源は宇宙からの放射線や自然界(例えば温泉)に存在するラドンやラジウムなどです。

一方、人工放射線の線源は、原子力発電所の核燃料や医療機器などであり、また、過去の実験で大気中に拡散した放射性物質(放射性元素)です。

これらの放射性物質(放射性元素)をマスコミを含め一般に「放射能」と表現しています。(P33参照)

ところで、ヒトは誰でも身体の中に放射性物質(放射性元素)を持っています。日常食べている米や野菜などに含まれる炭素やカリウムの同位元素^{※1}には、半減期^{※2}5,700年の炭素14や、半減期13億年のカリウム40などの放射性同位元素が含まれていることから、誰もが身体の中に、成人で約7,000ベクレル(Bq)^{※3}の放射能を持っています。



日本ではラドン温泉やラジウム温泉が人気です

身の回りの日常的な例でいうと、約100人乗っている電車の車両には約70万ベクレル(Bq)の放射性物質(放射性元素)があります。

自分の身体の中にある放射性物質(放射性元素)から出る放射線によって、自ら年間約1ミリシーベルト(mSv)^{※4}ほど、内部放射線を受けています。

このように、自然放射線など外からの「外部放射線」と食べ物による「内部放射線」を合わせると、誰もが年間約2.1ミリシーベルト(mSv)の放射線を受けています。(P7～8の第1図・第2図参照)

なお、原子力発電所周辺の放射線量は年間0.05ミリシーベルト(mSv)の目標値が設定され、24時間測定・監視されています。



約100人乗車している場合、約70万ベクレル(Bq)の放射能を運んでいます

※1 「同位元素」は、化学的性質が同じで質量(陽子と中性子の総数)が違う元素。例えば、セシウム134とセシウム137など

※2 「半減期」は、放射性物質(放射性元素)がだんだん減衰して半分になる時間

※3 「ベクレル(Bq)」は、食べ物や放射性廃棄物などに含まれる放射能の量を表す単位

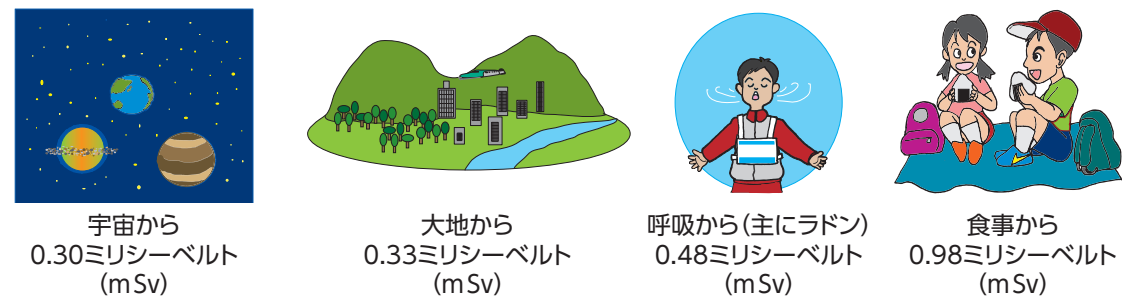
※4 「ミリシーベルト(mSv)」は、放射線の身体への影響の度合いを管理・評価する放射線管理用の単位。なお、この単位で評価すれば自然放射線か人工放射線かに関係なく放射線の健康への影響を評価できます



ところで、(医療用放射線を別にして)原子力発電所の事故などで、突然追加の放射線量が年間**1ミリシーベルト(mSv)**を超すおそれが生じると、国と地方自治体を中心となって住民の保護に乗り出します。福島では、除染作業を行うと共に「帰還困難区域」と指定して、継続的に放射線の線量測定が行われています。

■第1図 外部放射線と内部放射線の線源

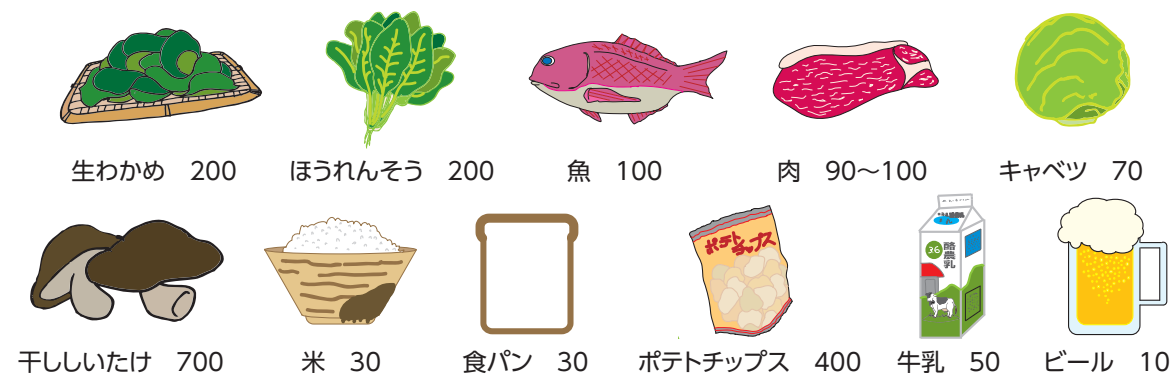
身の回りの自然放射線



(日本原子力文化財団「いま知りたい からだと放射線」から引用)

食品中のカリウム40のおおよその量

単位:ベクレル(Bq/Kg)



出典:「食品と放射能 Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf) 「食品と放射能 Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf) を加工して作成

■第1表 体内の天然の放射性物質(放射性元素)

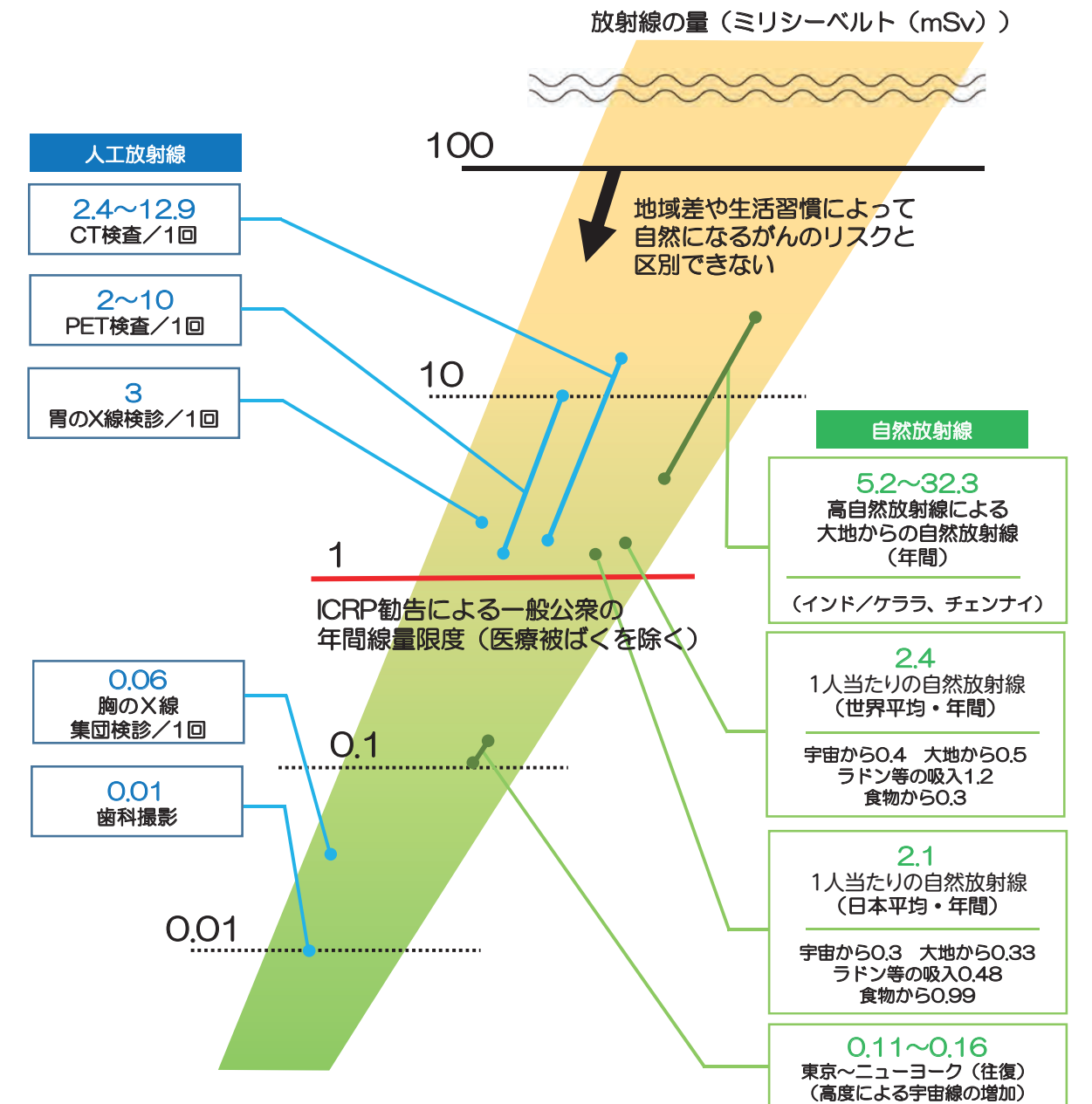
日本人男性(体重約60kg)の場合(ベクレル(Bq) / 人)

カリウム40	約4,000
炭素14	約2,500
その他	約 520

出典:「食品と放射能 Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf) 「食品と放射能 Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf) を加工して作成

年間1ミリシーベルト(mSv)を基準に、われわれの日常生活の中でどれくらい放射線を受けているかを第2図で見てみましょう。わが国では、X線検診やCT検査などによる医療放射線(1回当たり0.01~12.9ミリシーベルト(mSv))が外国に比べてかなり多いといわれています。(Q26参照)

■第2図 日常生活の中で年間に受ける放射線の量



(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答えるたいせつな放射線の話」から引用)



Q2

福島第一原子力発電所から飛散した人工の放射性物質(放射性元素)は？



A

原子炉の中でウランの原子核が核分裂すると、陽子と中性子の組み合わせでいろいろな放射性元素が生まれます。健康への影響を考える上で注目しなければならないのは、ヨウ素(元素記号 I)とセシウム(元素記号 Cs)です。

ヨウ素は甲状腺で作られるホルモンの構成成分なので、甲状腺に集まります。ヨウ素の同位元素^{*}には、I-131(半減期約8日)と、I-133(半減期約21時間)があります。いずれもセシウムに比べ半減期が短いので、福島第一原子力発電所のヨウ素の影響はもうなくなっています。しかし、事故当時18歳未満だった子どもについては、福島県が事故後甲状腺がんの発症が無いか追跡調査しています。(追跡調査についてはQ4参照)

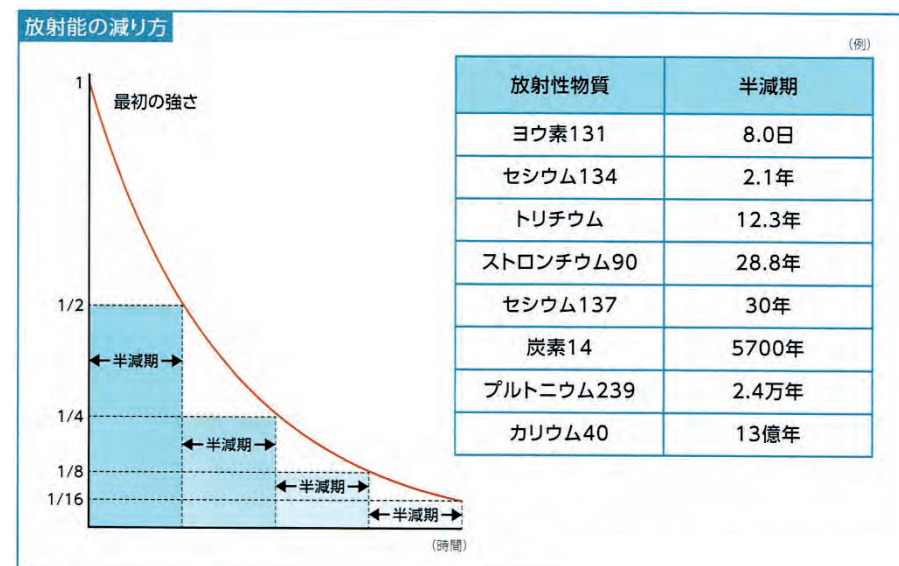
半減期の長いプルトニウムやストロンチウムも大気中に飛散しましたが、健康への影響が心配されるほどの量ではありませんでした。検出されたとしても事故前の全国各地の測定値と同程度ですから、過去の核実験によるものです。

セシウムには、Cs-134とCs-137の2つの同位元素があり、半減期はそれぞれ、約2年と約30年です。セシウムは化学的性質がカリウム(元素記号 K)に似ていて、筋肉を中心にからだ全体に分布します。しかし、からだの代謝で常に体外に排出されています。

(環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」から引用)

※化学的性質が同じで質量(陽子+中性子)が違う元素

■第3図 放射性物質(放射性元素)の半減期(物理的半減期)



(日本原子力文化財団「おかあさんの「？」に答えるたいせつな放射線の話」から引用)

3.1

健康への影響(発がんのリスク)を見極めよう

Q3

体内に入った放射能による健康への影響は長期間続くのですか？



A

どんな放射性物質(放射性元素)でも時間とともに減衰するという物理的性質がありますから、時間とともに身体や環境への影響は少なくなっていくます。また、ヒトは代謝で体内の老廃物を排泄する際、体内の放射性物質(放射性元素)も排出します。

体内のセシウムは、代謝の激しい子どもの場合は約38日で、大人は約90日で、半分になります(生物学的半減期といいます)。特に、乳幼児は代謝が早いので、体内に留まる時間が短くなり影響は軽減されます。どれほど早く半減するのか物理的半減期と生物学的半減期とを合わせて、実効半減期(体内の半減期)を表したのが第2表です。

■第2表 放射性物質(放射性元素)の実効半減期

	対象	物理的半減期	生物学的半減期	実効半減期
ヨウ素131	乳児	約8日	11日	約5日
	5歳		23日	約6日
	成人		80日	約7日
セシウム137	～1歳	約30年	9日	約9日
	～9歳		38日	約38日
	～30歳		70日	約70日
	～50歳		90日	約90日

(消費者庁「食品と放射能 Q&A」から引用)

物理的半減期は、加熱や冷凍などの調理には影響されません。また、体内の放射能は常に体外に排出されることから水銀や薬物のような蓄積現象は生じません。

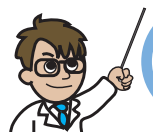
なお、われわれの日常生活の中では、どのような放射線(α線、β線、γ線や中性子線)をどれだけ浴びたかを心配しなければならないような特異なケースは生じません。原子力発電所などの原子力施設、医療機関、研究所などで放射性物質(放射性元素)を取り扱う方々の「放射線管理」や「放射線防護」のためには、放射線の種類と浴びた量は大事な情報です。

(環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」から引用)



3.2 福島県は甲状腺の追跡調査をしています

Q4 福島でもチェルノブイリのように子どもの甲状腺がんが増えるのですか？(関連Q8)



A

国連科学委員会(UNSCEAR)は、福島事故当時、幼少期および小児期で被ばくした子どもたちの間で「甲状腺がん」の発生率が増えるかどうかの結論を保留していますが、「チェルノブイリと比較して甲状腺の放射線量が大幅に低いため、甲状腺がんが多数発生することは予想されない」としています。1986年(昭和61年)のチェルノブイリ事故では、事故後すぐ食品規制がなされなかったため、放射性ヨウ素に汚染された牛乳を大量に飲んだ子どもたちの間に甲状腺がんの発症が多く見られました。チェルノブイリ事故の教訓から、福島では事故後直ちに牛乳などの流通を制限しました。また、福島県は事故当時18歳以下だった子どもたち**約30万人の甲状腺検診**を毎年行っています。予想以上に多数の結節(しこり)やのう胞などが見つっていますが、これは事故の影響ではなく、従来このような入念な検査の機会が無かったためと考えられています。

(日本原子力文化財団「おかあさんの「？」に答えるたいせつな放射線の話」から引用)

福島県は、上記約30万人の継続的な甲状腺検診で平成28年度末集計で「悪性ないし悪性疑い」はゼロ人となっていることから、今後は25歳、30歳の節目検診としています。

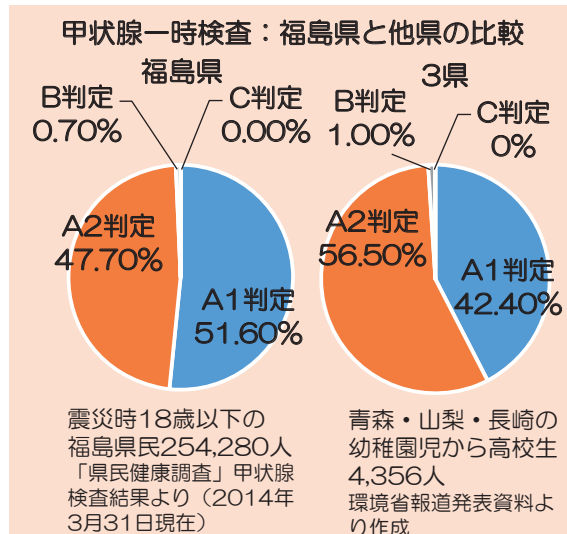
(「福島県ホームページ」から引用)

第4図は福島県が毎年実施している甲状腺検診の結果を青森、山梨、長崎3県の同じ検査と比較したもので、2014年(平成26年)11月の検診結果の例です。

AのうちA1はのう胞や結節(しこり)のない者、A2は5mm以下の結節(しこり)ないし20mm以下ののう胞あり、Bは5.1mm以上の結節(しこり)や20.1mm以上ののう胞ありで2次検査対象、Cは甲状腺の状態から判断して直ちに2次検査対象。

第4図からA1、A2の比率をみると両者に差は見られません。また、福島県のB、Cの109人のうち、手術を受けたのは85人(良性結節1人、乳頭がん81人、低分化がん3人)でした。一方、チェルノブイリでは発症年齢が乳幼児であるのに対し、福島では「悪性ないし悪性疑い」の多くは10代後半ですから、事故が影響したとはいえません。

■第4図 福島県と他県との比較



(市川陽子「日本原子力学会誌『ATOMOS』,Vol.57,No.4(2015)」から引用)

Q5

子どもは大人より放射線の影響(発がんのリスク)を受けやすいのですか？(関連Q4)



A

細胞分裂が活発な子どもは、大人より放射線の影響を受けやすく、原爆被ばく者の調査結果からは、同じ放射線量でも子どもの発がんのリスクは、大人より2~3倍程度高いとみなされています。しかし、100ミリシーベルト(mSv)以下では子どもの場合でも自然にがんになるリスクと区別できないほど、そのリスクは低いとされています。

(日本原子力文化財団「おかあさんの「？」に答えるたいせつな放射線の話」から引用)

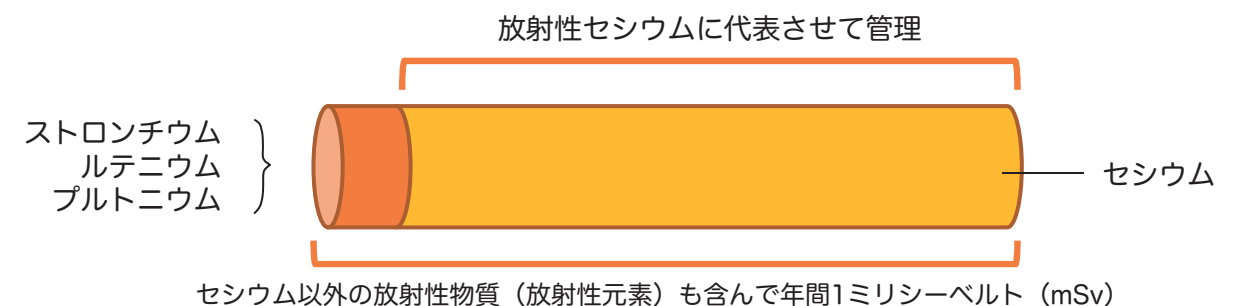
Q6

放射性ヨウ素や放射性セシウム以外の放射性物質(放射性元素)の影響を考えなくていいのですか？



A

半減期(放射能が半分になる期間)が1年以上の放射性物質(放射性元素)が規制対象になりますが、土壌のモニタリングの結果、食品への移行の大部分はセシウムで、セシウム以外の、例えば、ストロンチウムやプルトニウムなどについては、1割程度ということがわかっていますので、その影響を考慮に入れて、放射性セシウムで全体を代表させて年間1ミリシーベルト(mSv)の基準値を定めています。



出典:「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf) 「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf) を加工して作成



Q7

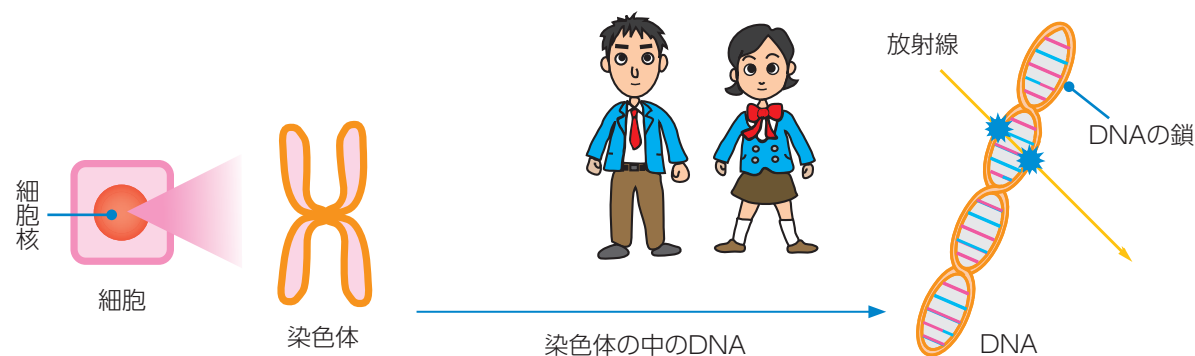
放射線は人体にどのようにして影響を与えるのですか？



A

人体は約60兆個の細胞で構成され、毎日約1%、6,000億個の細胞が死んで、新しい細胞と入れ替わります。(脱毛、皮膚の垢などとして代謝)

細胞の中には遺伝情報をもつDNA(デオキシリボ核酸)がありますが、日常生活の中で、放射線のほか、ストレスやタバコ、化学物質などにより、DNAは絶えず損傷しています。しかし、**生物にはDNAを修復する仕組み(生体防御機構)があります**ので損傷しても修復されます。修復されなかった細胞のほとんどは死んで、新しい細胞と入れ替わります。このようなことは普段の生活で意識されません。



(日本原子力文化財団「いま知りたい からだと放射線」から引用)

通常の生活環境ではあり得ないような、例えば、**500ミリシーベルト(mSv)以上**の放射線を浴びますと、同時多発的にDNAが切断されるため修復が間に合わず、大量の細胞が死んでしまうため、細胞分裂が盛んな造血器官、生殖腺、腸管、皮膚などの組織に急性の障害を生じます。

つまり、放射線の影響は、「放射線を受けたか否か」ではなく、「一度に受けた量」によって決まります。一生の間にゆっくり100ミリシーベルト(mSv)受けるのと、一度に100ミリシーベルト(mSv)受けるのでは健康への影響は違います。ゆっくりの場合は、上述の生体防御機構の働きで影響(発がんのリスク)は緩和されます。また、放射線の影響が細菌のようにヒトからヒトへ伝染することはありませんし、遺伝的影響について、**国際放射線防護委員会(ICRP)**は、100ミリシーベルト(mSv)以下では胎児への影響は認められないと結論付けています。

なお、大量に被ばくした場合の具体的障害例は、500ミリシーベルト(mSv)超で白内障など目の障害、1,000ミリシーベルト(mSv)超でリンパ球現象などの骨髄障害、4,000ミリシーベルト(mSv)超で脱毛などの皮膚障害、6,000ミリシーベルト(mSv)超で肺炎、などの肺障害が現れます。

(消費者庁「食品と放射能Q&A」、中川恵一「放射線医が語る被ばくと発がんの真実」、日本原子力文化財団「いま知りたい からだと放射線」、宇野賀津子「低線量放射線を越えて 福島・日本再生への提案」から引用)

Q8

放射線をどれくらい受けると「発がん」の影響が出てくるのですか？



A

放射線影響研究所^{*}は、原爆で被ばくした人の集団**約93,000人**と被ばくしていない人の集団**約27,000人**を対象に、現在まで60年以上にわたり追跡調査しています。

この調査によると、**100ミリシーベルト(mSv)以下では、喫煙や飲酒などの生活習慣によって自然にがんになるリスクに比べても区別できないほど「がんになるリスクは低い」とされており、このことは国際的に合意された科学的知見となっています。(Q7、Q27参照)**

(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答えるたいせつな放射線の話」、消費者庁「食品と放射能Q&A」から引用)

^{*}放射線影響研究所は外務省と厚生省が所管し、日米両国政府が共同で管理運営する公益財団法人の研究機関(1975年4月発足)

Q9

妊娠中に放射線を受けると胎児に影響しますか？



A

放射線量と妊娠時期によって影響は違います。腹部に受けた線量が100ミリグレイ(mGy)^{*}未満の場合は妊娠を継続して差し支えないとされています。

2013年(平成25年)7月、福島県立医科大学は「福島第一原子力発電所の事故発生当時妊娠していて事故後に生まれた新生児の異常の割合は、自然発生する異常の割合と変わらない」という調査結果を公表しています。

2014年(平成26年)4月には、国連科学委員会(UNSCEAR)も「福島第一原子力発電所の事故による妊娠中の被ばくによる流産、周産期死亡率、先天的影響、または、認知障害がおこることは予測していない」としています。

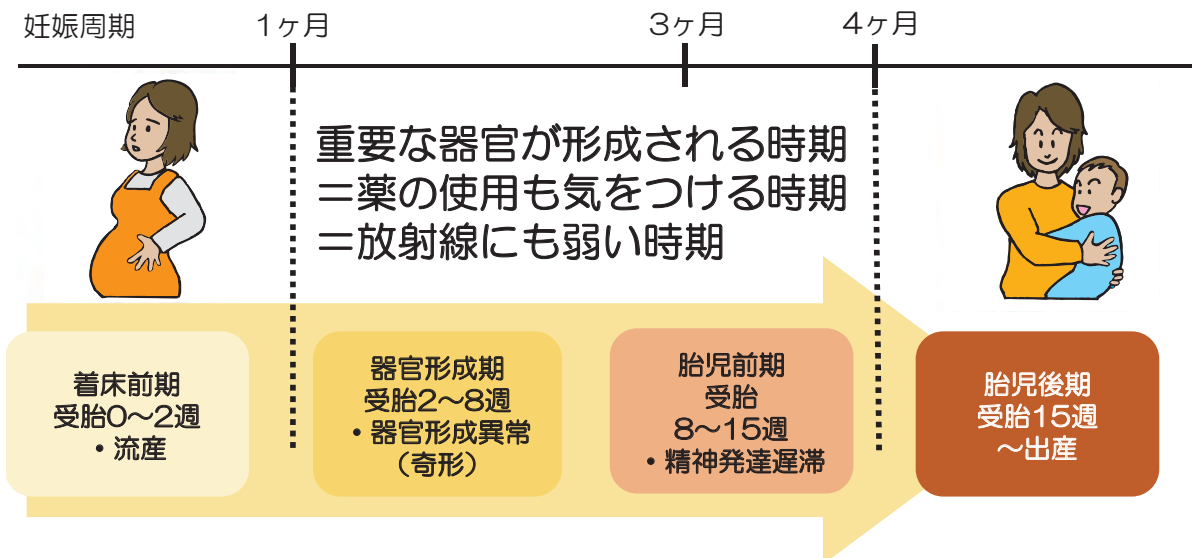
^{*}細胞の「吸収エネルギー」を表す単位です。ほぼ100ミリシーベルト(mSv)と同じ

国際放射線防護委員会(ICRP)も「万一妊娠に気付かず放射線を受けた場合、(母体の放射線量とは必ずしも同じではないので)精密な胎児の放射線量が100ミリグレイ(mGy)未満であれば、放射線だけの理由で妊娠中絶を考えるのは合理的ではない」と勧告しています。

(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答えるたいせつな放射線の話」から引用)

しきい値(境界値)線量を
超えた場合の胎児への影響

しきい値(境界値)は
100ミリグレイ(mGy)[※]



※「グレイ」は、細胞の「吸収エネルギー」を表す単位です。一方、「シーベルト」は、同じ吸収エネルギー(放射線量)でも臓器ごとに影響は異なるので、「からだ全体としての影響を評価」して、放射線管理に万全を期すように設けられた単位です(P34参照)。なお、ミリはグレイ、シーベルトの1,000分の1です

妊娠中は放射線検査や治療を控えるのが原則ですが、症状によって患者の同意を得てX線検査をする場合があります。腹部X線検査1枚で胎児の受ける線量は0.2ミリグレイ(mGy)程度です。

(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答えるたいせつな放射線の話」から引用)

本稿編集者注:妊娠中に放射線をたくさん受けるような検査や治療が生じた場合は、よくお医者さんと相談することが大事です。

Q10

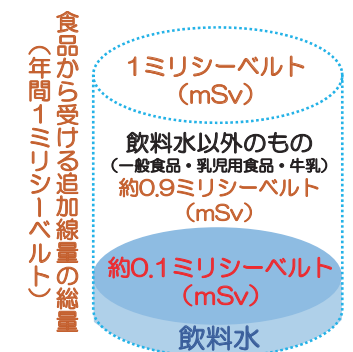
わが国の食品中の放射性物質(放射性元素)の基準値は欧米より厳しいといえますか?



A 政府の食品安全委員会は「自然放射線および医療放射線を除いて放射性セシウム134、137から一生の間に受ける累積放射線量は100ミリシーベルト(mSv)以下に抑えるべきだ」としています。そこで、最も食べ盛りの13～18歳の男性の食生活などのデータに基づき、100ベクレル(Bq)/kgを基準値とし、これによって毎日食べる食品からの追加的に受ける放射線量は年間約0.9ミリシーベルト(mSv)を超えないように、基準値を設定しています。

まず、飲料水による放射線量は、WHO(世界保健機関)の指標値(ガイダンスレベル)と同じく10ベクレル(Bq)/kg、毎日の摂取量を2リットルとして計算すると、飲料水から受ける放射線量は年間0.1ミリシーベルト(mSv)になります。

飲料水以外は「一般食品」「乳児用食品」「牛乳」に分類して、年間1ミリシーベルト(mSv)から飲料水の0.1ミリシーベルト(mSv)を引いた約0.9ミリシーベルト(mSv)を超えないように、基準値を設定しています。



(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答えるたいせつな放射線の話」、出典:「食品と放射能Q&A」(消費者庁)(http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)「食品と放射能Q&A」(消費者庁)(http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)を加工して作成

なお、基準値を定めるに当たって、**放射性物質(放射性元素)を含む食品の割合**を欧米より厳しく、50%(日本以外は10～30%)と仮定した上、1日の食品摂取量は、1歳未満の乳幼児は0.4kg、13歳以上の男性は約2.1kgとして算出し、**年間0.9ミリシーベルト(mSv)以下になるように基準値**を定めています。その結果、第3表の通り、欧米よりかなり厳しい基準になっています。

■第3表 食品中の放射性物質(放射性元素)に関する基準値の国際比較 (単位:ベクレル(Bq)/kg)

	日本	コーデックス [※]	EU	米国
放射性セシウム	飲料水 10 牛乳 50 乳児用食品 50 一般食品 100	乳児用食品 1,000 一般食品 1,000	飲料水 1,000 乳製品 1,000 乳児用食品 400 一般食品 1,250	全ての食品 1,200
追加線量の上限設定値	1ミリシーベルト(mSv)	1ミリシーベルト(mSv)	1ミリシーベルト(mSv)	5ミリシーベルト(mSv)
放射性物質(放射性元素)を含む食品の割合の仮定値	50%	10%	10%	30%

※コーデックス:国際連合食糧農業機関(FAO)と世界保健機関(WHO)の合同会議体

出典:「食品と放射能Q&A」(消費者庁)(http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)「食品と放射能Q&A」(消費者庁)(http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)を加工して作成

流通している食品はそれぞれ基準値を下回っていますから、実際の放射線量はかなり小さくなります。



Q11 食品中の放射性物質(放射性元素)の基準値は、胎児、乳幼児、子どもへの影響に配慮していますか？

A 基準値は乳幼児をはじめ、全ての世代に配慮して決められています。1kg当たりのセシウムの基準値は、飲料水、乳幼児食品、牛乳、一般食品に分類して、一般食品は100ベクレル(Bq)/kgに対し、子どもが飲む量が多い牛乳と乳幼児食品は50ベクレル(Bq)/kg、飲料水は10ベクレル(Bq)/kg以下と厳しく制限しています。

なお、前述Q10の通り、基準値を定めるに当たっては、最も食べ盛りの13歳から18歳の男性が食べ物によって追加的に受ける線量が年間0.9ミリシーベルト(mSv)以下になるように定めています。

(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答えるたいせつな放射線の話」、消費者庁「食品と放射能Q&A」から引用)

Q12 放射性物質(放射性元素)を身体の中に取り込むのを防ぐにはどうすればいいですか？(関連Q19)

A 一般的には、身近な所で放射性物質(放射性元素)が見つかった場合、屋内に「避難する」などして、線源からの「距離をとる」こと、放射線を「遮るモノを置く」こと、および放射線を受ける「時間をできるだけ短く」することが有効な対策です。

一方、体内に放射性物質(放射性元素)を取り込まないためには、マスクの着用が有効です。また、子どもを外で遊ばせない、外出させない、野菜を食べさせないなどの過剰な心配は、むしろ放射線よりも健康への影響を大きくすることもありますから、バランスのとれた考え方が大切です。

(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答えるたいせつな放射線の話」から引用)

Q13 原材料やそれを加工した食品に、基準値はどのように適用されますか？

A 乾燥したきのこ類など水戻しを行ってから食べる食品は、原材料の生の状態と、水戻した状態で計測し、一般食品の基準値**100ベクレル(Bq)/kg**を適用します。

のり、煮干し、するめ、干しブドウなどの原材料を乾燥させそのまま食べる食品は、加工された製品の状態で**100ベクレル(Bq)/kg**を適用します。また、濃縮されたスープ、たれなどの濃縮食品とその加工食品も**100ベクレル(Bq)/kg**を適用します。

なお、調理に使われる木炭や薪などは、放射性セシウムが食品に移行せず、約9割が灰に留まることがわかっていますので、木炭や薪が燃えた後の灰は、一般廃棄物の基準**8,000ベクレル(Bq)/kg**以下になるように、木炭は**280ベクレル(Bq)/kg**、薪は**40ベクレル(Bq)/kg**以下で管理しています。

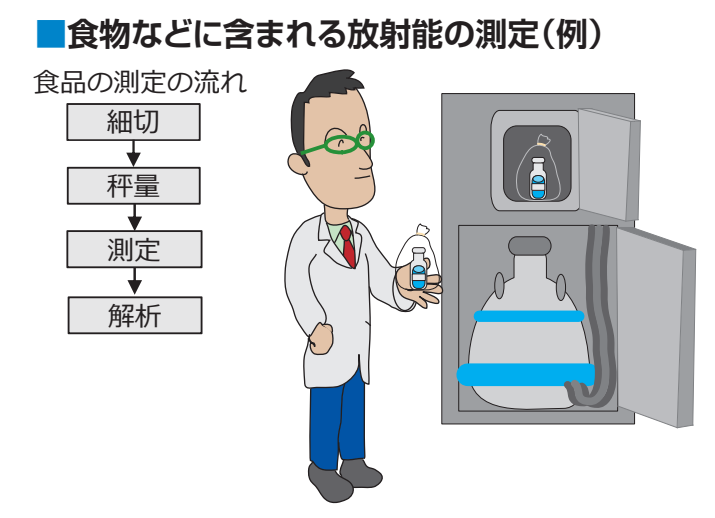
(消費者庁「食品と放射能Q&A」から引用)

Q14 基準値を超える食品が見つかった場合の具体的対応は？

A いま流通している食品は、各自治体などが国のガイドラインに基づいて行う放射線の検査をパスしたものです。万一基準値を超えたものが見つかった場合、地域や品目ごとに「出荷制限」して、流通を止めます。

出荷制限の解除は、1市町村当たり3か所で、週1回の検査を行い、直近の1カ月で規制値を超えてはならないなどの条件があります。

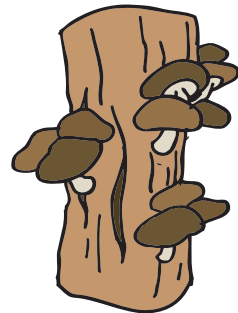
検査は、セシウムなどの放射性物質(放射性元素)が検出される可能性の高い「きのこ」「山菜」「食べる量の多い品目」は専用の測定器で長時間測定し、放射性物質(放射性元素)の量をチェックしています。



(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答えるたいせつな放射線の話」から引用)



■きのこ類における放射性物質(放射線元素)の検査結果



	検査期間	検査点数	基準値超過点数*	超過割合
菌床しいたけ	～2011年度	358	9	2.5%
	2012年度	868	0	0%
	2013年度	869	0	0%
	2014年度	830	0	0%
	2015年度	754	0	0%
	2016年度	617	0	0%
	2017年度(～12月26日)	435	0	0%
原木しいたけ	～2011年度	1,093	364	33.3%
	2012年度	1,513	213	14.1%
	2013年度	1,298	2	0.2%
	2014年度	1,996	3	0.2%
	2015年度	2,139	0	0%
	2016年度	2,362	0	0%
	2017年度(～12月26日)	1,947	4	0.2%
その他きのこ	～2011年度	1,881	268	14.2%
	2012年度	2,257	195	8.6%
	2013年度	2,230	50	2.2%
	2014年度	2,169	38	1.8%
	2015年度	2,117	24	1.1%
	2016年度	2,084	23	1.1%
	2017年度(～12月26日)	1,641	16	1.0%

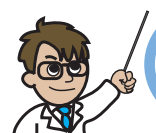
※2012年(平成24年)4月から設定された基準値100ベクレル(Bq)/kgを超過した点数

※検査結果の集計対象は、「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」(原子力災害対策本部決定)の対象自治体の17都県

※2017年(平成29年)12月26日現在

出典:「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)を加工して作成

Q15 給食やスーパーの食材は安全なのでしょうか? (関連Q19)



A

国や自治体などの検査で基準値を超える食品は「廃棄処分」もしくは「出荷制限」されることから、現在では基準値を超える食品は出回っていません。そのため**安心して食べられます**。

もしも事故が発生し、ある日、ある地域で放射性セシウムが検出された場合、まず、その地域と周辺地域の検査を重点的に行い、地域的な広がりをチェックし、原子力災害特別措置法に基づき、原子力災害対策本部長(総理大臣)から関係知事あてに当該品目の出荷、販売制限が指示され、知事は関係事業者**に制限を要請**することになります。

(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答える たいせつな放射線の話」、消費者庁「食品と放射能Q&A」から引用)

コメ

■米における放射性物質(放射性元素)の検査結果

	検査期間	検査点数	基準値超過点数*	超過割合
米	～2011年産	26,464	592	2.2%
	2012年産	約1,037万	84	0.0008%
	2013年産	約1,104万	28	0.0003%
	2014年産	約1,102万	2	0.00002%
	2015年産	約1,050万	0	0%
	2016年産	約1,026万	0	0%
	2017年産(～12月26日)	約963万	0	0%

※2012年(平成24年)4月から設定された基準値100ベクレル(Bq)/kgを超過した点数

※検査結果の集計対象は、「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」(原子力災害対策本部決定)の対象自治体の17都県

※2017年(平成29年)12月26日現在

※福島県では、2012年度から全袋検査を実施しており、検査点数が多くなっています

■魚介類における放射性物質(放射性元素)の検査結果

	検査期間	検査点数	基準値超過点数*	超過割合
福島県内海水魚	～2011年度	3,074	1,077	35.0%
	2012年度	6,270	791	12.6%
	2013年度	7,847	181	2.3%
	2014年度	8,753	48	0.5%
	2015年度	8,633	0	0%
	2016年度	8,842	0	0%
	2017年度(～12月26日)	6,372	0	0%

※2012年(平成24年)4月から設定された基準値100ベクレル(Bq)/kgを超過した点数

※検査結果の集計対象は、「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」(原子力災害対策本部決定)の対象自治体の17都県

※2017年(平成29年)12月26日現在

出典:「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)を加工して作成

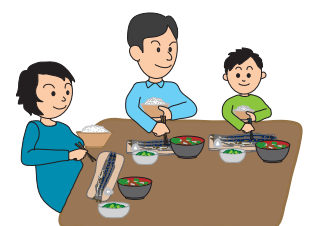
Q16 農業、漁業の現場ではどのような検査が行われているのですか?



A

米、大豆、そばなどについては、化学的性質の似ているカリウムの土壌中の濃度を上げて、セシウムの吸収を妨げるように工夫しています。その結果、2015年(平成27年)産の米については、**17都県の約1,050万点**の検査で、基準値を超えた米はありませんでした。

魚介類で前年度に50ベクレル(Bq)/kgを超えたことのある**主要な水産物は、原則週1回程度**のモニタリングを実施し、基準値に近い値が検出された場合、その水産物の調査を強化することとしています。その結果、基準値100ベクレル(Bq)/kgを超える事例の割合は時間経過と共に低下しています。基準値を超えた放射性セシウムが検出された魚や海産物は、農産物と同様に流通しない、させない仕組みになっています。なお、2015年(平成27年)、2016年(平成28年)のモニタリングでは基準値を超えた海産物は見つかりません。



(消費者庁「食品と放射能Q&A」から引用)



Q17 牛乳、肉、卵の放射線・放射能に対する安全性の確保は、どうなっていますか? (関連Q19)

A 各酪農家が生産する原乳は、クーラーステーションに集められ、**クーラーステーション単位**で検査を行っています。基準値を超える原乳が、牛乳・乳製品の原料として使用されることはありません。

牛肉は2013年度以降、5県(岩手、宮城、福島、栃木、群馬)で3か月に1度、全戸検査(一部で全頭検査)を実施しています。

下表で示すように原乳は2011年度以降、牛肉、豚肉、鶏肉、鶏卵は2013年度以降、抜き取り検査で基準値(100ベクレル(Bq)/kg)を超えたモノはありません。

■乳、肉および卵における放射性物質(放射性元素)の検査結果



	検査期間	検査点数	基準値 超過点数※	超過割合
原乳	2011年3月	173	8	4.6%
	2011年度	1,746	0	0%
	2012年度	2,421	0	0%
	2013年度	2,040	0	0%
	2014年度	1,846	0	0%
	2015年度	1,414	0	0%
	2016年度	1,420	0	0%
牛肉	2017年度 (~12月26日)	595	0	0%
	2011年度	78,095	1,052	1.3%
	2012年度	153,238	6	0.004%
	2013年度	193,268	0	0%
	2014年度	186,937	0	0%
	2015年度	224,701	0	0%
	2016年度	211,288	0	0%
豚肉 鶏肉 鶏卵	2017年度 (~12月26日)	159,228	0	0%
	2011年度	867	6	0.7%
	2012年度	1,595	1	0.06%
	2013年度	1,486	0	0%
	2014年度	1,180	0	0%
	2015年度	942	0	0%
	2016年度	752	0	0%
	2017年度 (~12月26日)	467	0	0%

※肉および卵は、2012年(平成24年)4月から設定された基準値100ベクレル(Bq)/kgを超過した点数。原乳は、基準値50ベクレル(Bq)/kgを超過した点数

※検査結果の集計対象は、「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」(原子力災害対策本部決定)の対象自治体の17都県

※2017年(平成29年)12月26日現在

出典:「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf) 「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf) を加工して作成

Q18 基準値以下なら食べ続けても問題ないのですか?

A 基準値は、基準値ぎりぎりのものを**1年間食べ続けても1ミリシーベルト(mSv)以下**に納まるように定めています。

また、基準値の食品を一定の割合で食べた場合、乳幼児は細胞分裂が活発なため、体内からの排出が早く、放射線の**影響は大人の半分程度**とされています。

(日本原子力文化財団「おかあさんの「?」に答える たいせつな放射線の話」から引用)

例えば、大人が1kg当たり100ベクレル(Bq)のセシウム137を含んだ食物を毎日0.5kg食べた場合の放射線量は、下記の計算例の通り0.00065ミリシーベルト(mSv)なので、それを1年間毎日食べた場合は、約0.24ミリシーベルト(mSv)(0.00065ミリシーベルト(mSv)×365日)になります。

■食品からの放射線量の計算例

(例)成人が**セシウム137**を
100ベクレル(Bq)/kg含む食品を0.5kg食べると

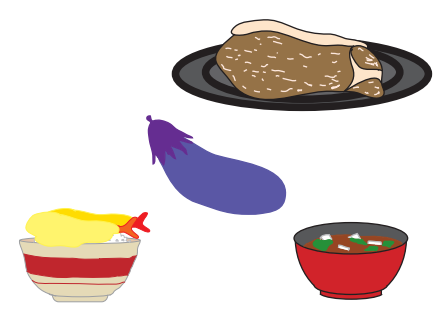
$$100 \times 0.5 \times 0.013 = 0.65 \mu\text{Sv}$$

(Bq)/kg kg (μSv/Bq)

$$= 0.00065 \text{mSv}$$

Bq: ベクレル μSv: マイクロシーベルト mSv: ミリシーベルト

※μSv(マイクロシーベルト)はミリシーベルトの1/1,000



実効線量係数 (μSv/Bq)

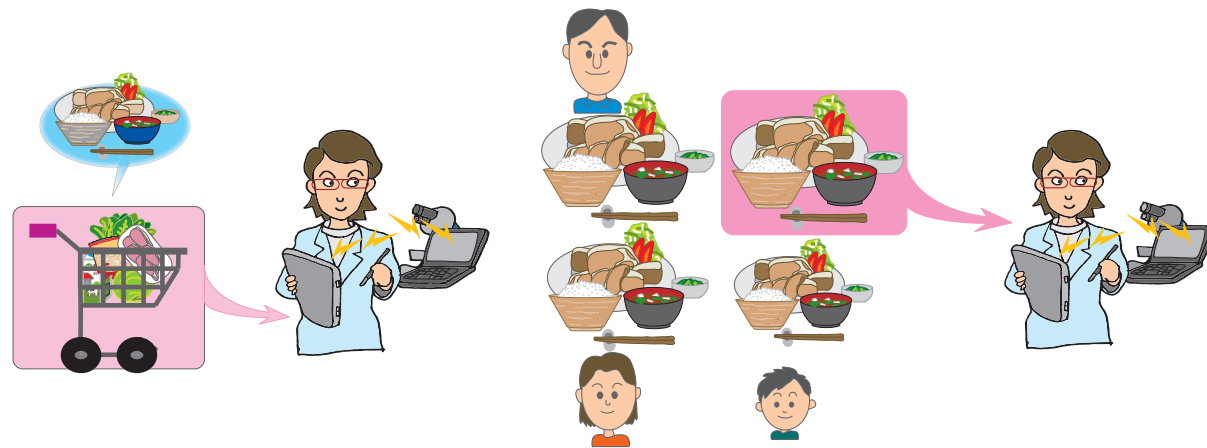
	ヨウ素131	セシウム137
3か月児	0.18	0.021
1歳児	0.18	0.012
5歳児	0.10	0.0096
成人	0.022	0.013

出典:国際放射線防護委員会(ICRP),ICRP Publication119,Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication60,2012(https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo/pdf_h29/2017tk1whole.pdf) 「食品からの被ばく線量(計算例)」(環境省) (https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo/pdf_h29/2017tk1whole.pdf) を加工して作成

Q19 私たちは毎日、食品からどのくらいの
放射性セシウムを取り込んでいるのですか？

A 厚生労働省は、2012年(平成24年)2～3月、9～10月、2013年(平成25年)2～3月、9～10月にかけて全国各地で実際に流通している食品を使って家庭料理を作り、放射性セシウムの量を精密に測定し、国民健康・栄養調査の摂取量から推計しました。これが「マーケットバスケット」(MB)方式による推計です。

もう一つは「陰膳方式」による推計で、2012年(平成24年)3～5月、2013年(平成25年)3月に、実際に一般家庭で調理された家庭料理を収集し、含まれる放射性セシウムの線量を推計しました。



マーケットバスケット(MB)方式
(流通食品での調査)

陰膳方式
(家庭の食事での調査)

これらの調査結果では、1年間に放射性セシウムから受ける線量は、食品衛生法で定める年間1ミリシーベルト(mSv)の1%(0.01ミリシーベルト(mSv))を下回りました。なお、**自然の放射性物質(放射性元素)である放射性カリウムから受ける線量(年間約0.2ミリシーベルト(mSv))と比較しても十分低い値です。**

このような調査で、生産者や流通業者、加工関係者および地方自治体が行っている食品中の放射性物質(放射性元素)の管理措置がきちんと機能し、**食品から取り込んでいる放射性セシウムは健康に影響を及ぼす量ではないことを確認しています。**

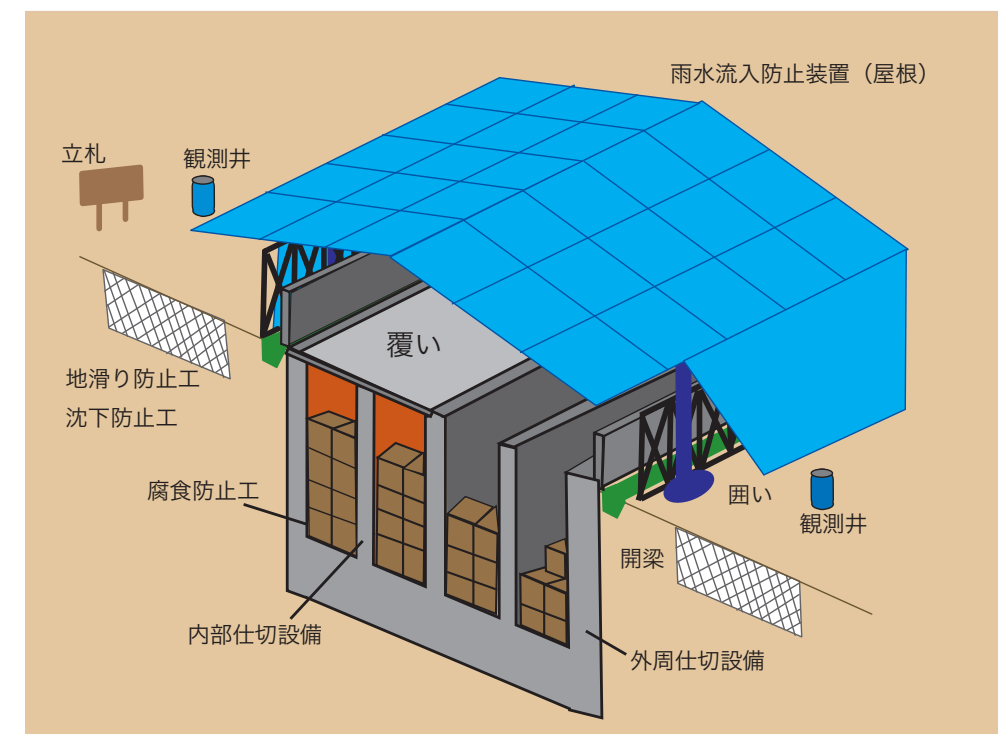
出典:「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)「食品と放射能Q&A」(消費者庁) (http://www.caa.go.jp/disaster/earthquake/understanding_food_and_radiation/material/pdf/180308_food_qa.pdf)を加工して作成

Q20 放射性廃棄物は安全に処理・処分
できるのですか？

A 放射性物質(放射性元素)で汚染された廃棄物の処理は、法律(放射性物質汚染対処特措法)に基づいて、放射能濃度が**8,000ベクレル(Bq)/kg**を超える廃棄物は**指定放射性廃棄物**として、国が責任をもって処分します。各県内に保管されている指定放射性廃棄物の放射能は、**8,000ベクレル(Bq)/kgから10万ベクレル(Bq)/kg程度**ですが、焼却処理する場合、たとえ10万ベクレル(Bq)を超える場合でも、**放射性セシウムは、高性能の排ガス処理装置(バグフィルター)でほぼ完全に除去できます。(P34参照)**

焼却に伴う排ガスは冷却室で冷却し、放射性セシウムの微粒子を灰に付着させ、この灰を、排ガス処理装置で除去しますので、大気中への放射性セシウムの放出を防ぐことができます。福島県内の焼却施設から出る排ガス中の放射性セシウム濃度は、いずれも検出下限値未満となっています。

また、指定放射性廃棄物の長期管理施設で作業する人の追加放射線量は、焼却炉の近くで作業する時間を年間1,000時間と想定したした場合、1ミリシーベルト(mSv)/年以下になります。



最終処分場(遮断型構造の場合)のイメージ図

出典:環境省ホームページ(http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/memo20120330_waste-shori_gaiyo.pdf)「指定廃棄物の今後の処理の方針について(概要)」(環境省) (http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/memo20120330_waste-shori_gaiyo.pdf)を加工して作成

Q21 身の回りにおける放射線の利用例は？



A

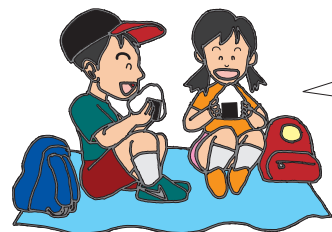
放射線のモノを透過する性質、電子をはじく作用、モノの性質を変える作用などを積極的に利用した技術が、私たちの身の回りにたくさんあります。

医療分野	がんの精密検査、診断、治療、器具の滅菌など、例えば、X線、CT、カテーテル検査や、放射線治療(最近粒子線治療)などの技術が長足の進歩をとげており、高齢化社会の中で、放射線は一層身近なものになっています。
工業分野	タイヤの品質向上(耐熱性、耐水性、硬さの向上)、機能向上など
農業分野	ジャガイモの発芽防止、害虫駆除、品質改良など
自然・人文学	年代測定、化学分析、産地特定、美術品の研究など
日常生活	X線検査、煙感知、グロー管など

(文部科学省・経済産業省 資源エネルギー庁「チャレンジ!原子力ワールド」から引用)

■ガンマ線・エックス線・電子線を当てた食品を食べても大丈夫？ (WHOの見解)

適切な放射線を適切に当てれば・・・



人の健康に悪い影響を与えるような化学物質ができることはありません。

放射線を当てることによって起きるいろいろな変化は、その他の加工方法(加熱、乾燥など)で起きる変化と同様です。



栄養成分はほとんど変化しません。



出典:農林水産省Webサイト(<http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/training/pdf/091225.pdf>)「食品への放射線利用について」(農林水産省) (<http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/training/pdf/091225.pdf>)を加工して作成

福島第一原子力発電所の事故での経験を踏まえ、原子力施設に事故が発生した場合の緊急時対応は進化しています。

Q22 原子力防災(緊急避難)について知りたい!!



A

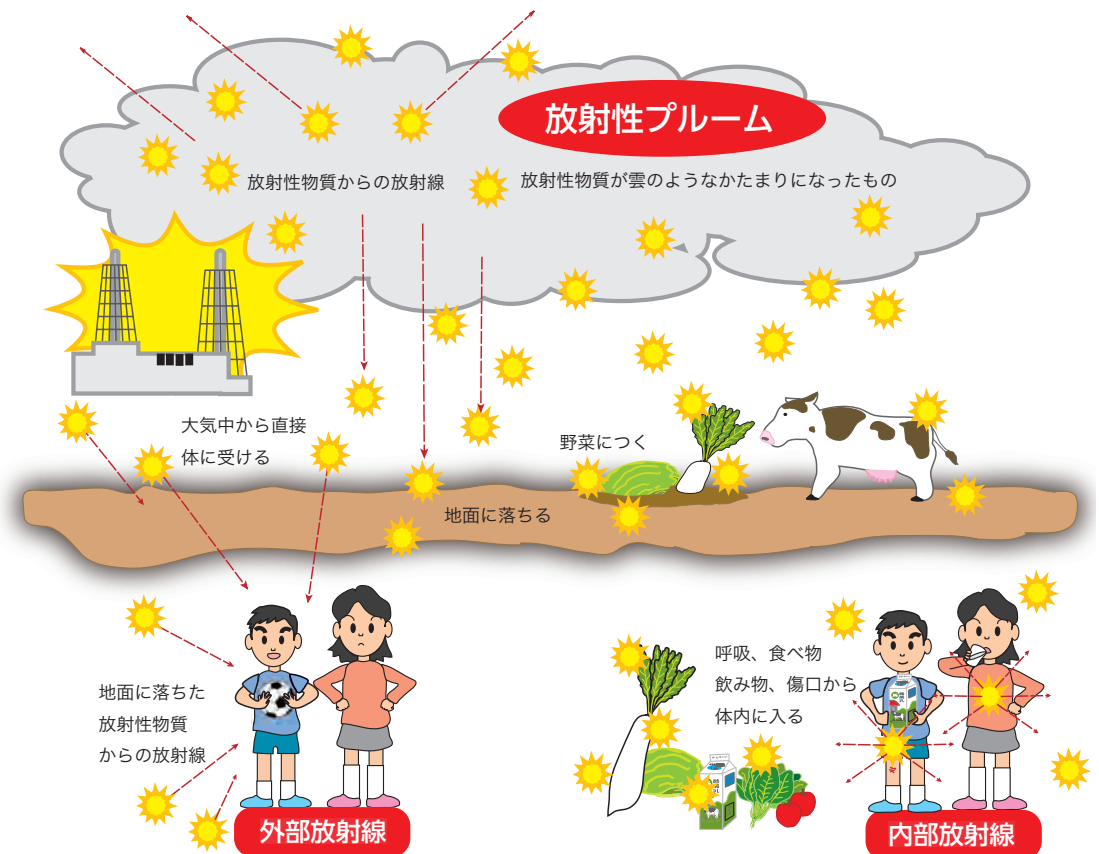
2011年(平成23年)3月の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故の経験を踏まえ、緊急事態が発生すると直ちに、内閣総理大臣を本部長に危機管理体制が敷かれ、原子力施設の事故の収束と同時並行して、各立地自治体の「避難計画」に基づく地域住民の防護に当たります。

「緊急事故」とは、追加的被ばく線量が年間1ミリシーベルト(mSv)(空間線量で1時間当たり0.23マイクロシーベルト(μ Sv)程度)に達するような事態です。(P35参照)

「避難」は放射性物質(放射性元素)の拡散状況を見ながら、立地市町村(発電所から概ね5km圏内(PAZ^{*1})の住民が、次に30km圏内(UPZ^{*2})の住民が避難することになっています。

※1 PAZ:(Precautionary Action Zone) 予防的防護措置準備区域

※2 UPZ:(Urgent Protective action planning Zone) 緊急防護措置準備区域



(文部科学省・経済産業省 資源エネルギー庁「チャレンジ!原子力ワールド」、宮城県「原子力防災の手引」から引用)

シニアネットワーク東北が実施しているセミナーでは、参加者からいろいろな質問が出ますが、その中の放射線に関するいくつかの質問の例です。

Q23

原子力施設など放射線下作業での放射線管理はどうなっているのですか？



A

わが国では、医療、研究従事者などを含め原子力関連施設で働いている人たちの放射線量について、国際放射線防護委員会(ICRP)の勧告に基づく法令で定められた限度を超えないように**厳格に管理**されており、これまでの放射線量低減の努力と相まって、近年の1人当たりの年間放射線量は1ミリシーベルト(mSv)程度(1994年度実績は1.1ミリシーベルト(mSv))です。

なお、法令では5年間に100ミリシーベルト(mSv)、ただし、1年間では50ミリシーベルト(mSv)を超えないこと(女性は、5ミリシーベルト(mSv)／3ヶ月、妊娠期間中は腹部表面2ミリシーベルト(mSv))となっています。

英国、米国、および、日本でも原子力施設作業員の疫学調査が行われていますが、いずれも「がん」による死亡率が特に高いというような結果は出ていません。なお、参考までに近年の海外を含む原子力施設作業員の疫学調査(統計的調査)によると；

英国で放射線業務従事者約**10万人**を対象に行われた調査(**1945年～1988年(昭和20年～昭和63年)**)では、調査対象者の平均線量は33.6ミリシーベルト(mSv)でしたが、「がん」および「がん以外の病気」による死亡率はいずれも英国国民平均に比べて**15%以上低い値**でした。

また、がん死亡者について線量と死亡率の関係を調べましたが、線量の多い人が特に死亡率が高いというようなことはありませんでした。

なお、白血病については、線量が大きくなるにつれてわずかに死亡率が高くなるという結果になっていますが、症例数が少ないため、偶然そうだったと考えられなくもありません。(白血病の死亡率は、もともと低いため死亡者が1人増えただけで結果が大きく変わります)。

米国では、ハンフォード原子力施設の放射線業務従事者約**3万7千人**について、**42年間**にわたり調査が行われ、その結果は、骨髄の腫瘍が線量に比例して増加する傾向が見られる(**広島・長崎**の原爆被ばく者の調査では、その傾向はみられていない)ものの、どんな「がん」についても米国民平均に比べて特に高いということはありませんでした。

日本でも最近、原子力発電所などの放射線業務従事者について疫学調査が行われ、生死の判明した**約11万5千人**について解析した結果、「がん」および「がん以外の病気」による死亡率は日本国民の**平均より低く**、また、被ばく線量の増加に従って死亡率が増加するといった、いわゆる**線量反応関係**も認められませんでした。解析対象者の平均線量は13ミリシーベルト(mSv)でした。

(放射線影響協会「放射線の影響がわかる本」から引用)

Q24

トリチウムの健康への影響は？



A

トリチウム(三重水素)は、水素の仲間放射線(ベータ線、電子の流れ)を出し、半減期がやや長く12.3年です。そのエネルギーはセシウムなどと比較して弱く、皮膚の表面でとまりますから、外部放射線の影響は小さいとされています。

一方、内部放射線については、化学的性質が水素と似ていますから、水と同じように体内に蓄積されにくく、汗や尿として排出され、健康に影響が出るとは考えにくいとされています。例えば、1ベクレル(Bq)のトリチウムを体内に取り込んだ場合の放射線による影響は、1ベクレル(Bq)のセシウムを取り込んだ場合の1,000分の1程度です。

■1ベクレル(Bq)の放射性物質(放射線元素)を取り込んだ場合の放射線量(実効線量)

放射性物質(放射性元素)	放射線量(実効線量) [※] (ミリシーベルト(mSv))
トリチウム	0.000000018
セシウム134	0.000019
セシウム137	0.000013
ヨウ素131	0.000022
ストロンチウム90	0.000028

トリチウムの
影響はセシ
ウム134の
1/1,000程度

※成人の経口摂取の場合

(日本原子力文化財団「おかあさんの「？」に答えるたいせつな放射線の話」から引用)

Q25

ホルミシス効果とは？



A

(福島などで被災された方々には、受け入れ難いと思いますが)「少量の放射線は健康にいい」というホルミシス効果(ホルモンのように生物の持つ機能を活性化する効果)があるという学説があります。

このホルミシス効果は、日本人の温泉好きと相まって、玉川温泉や三朝温泉などの健康作用として有名です。また、最近「笑うとがんに対する免疫力が向上する」という学説もあります。

(宇野賀津子「低線量放射線を超えて 福島・日本再生への提案」から引用)



Q26 医療放射線量に制限がないのはなぜ？



A

遺伝子DNAへの影響などを考えると、余分な被ばくは「できるだけ避けること」が基本ですが、国際的合意として、デメリットよりメリットの方が遥かに大きい医療については制限値を設けていません。

(中川恵一「放射線医が語る被ばくと発がんの真実」から引用)

■自然および人工放射線から受ける線量(Q1参照)

日常生活における年間放射線量(ミリシーベルト(mSv))



出典:国連科学委員会(UNSCEAR)2008年報告、(公財)原子力安全研究協会「生活環境放射線」(平成23年)より作成
(https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo/pdf_h29/2017tk1whole.pdf)、[年間当たりの被ばく線量の比較](環境省)(https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo/pdf_h29/2017tk1whole.pdf)を加工して作成

Q27 低線量放射線の影響について分かっていないことは？



A

例えば、100ミリシーベルト(mSv)の放射線量では、がんのリスクの上昇はみとめられていません。一方で、100ミリシーベルト(mSv)を超えると100ミリシーベルト(mSv)ごとにリスクは0.5%上昇しているのは、広島・長崎の調査で300ミリシーベルト(mSv)でリスクが1.5%上昇した**実測値からの推計**です。国際放射線防護委員会(ICRP)は放射線防護の観点から、放射線量と発がんのリスク上昇とは**比例関係にあると「仮定」**しています。仮定ではなく真の低線量のリスクを評価するための基礎データはまだ不足しています。

(宇野賀津子「低線量放射線を超えて 福島・日本再生への提案」から引用)

本稿は、「低線量放射線」について、国が発信している科学的根拠のある情報を中心に編集したものです。科学者が個人的に発信する情報と異なり、国際的研究機関の専門家が多数参加して集約した最も権威ある知見です。

例えば、「国連科学委員会」(UNSCEAR)は80名以上の国際的に著名な科学者が、「福島事故による放射線の影響について」解析に取り組み、その解析結果は2013年(平成25年)5月、委員会の年次総会で報告され、27加盟国によって精査されました。参加科学者は全員利益相反の有無の申告が義務付けられました。(**「国連広報センター情報、2014年4月」**から引用)

一方、一部の学者やマスコミ報道は、例えば、低線量放射線によるDNAへの影響や内部放射線の評価手法などで学者間の議論が収束していないことなどを指摘し、「国の見解は将来否定される可能性がある」と懐疑的です。

しかし、国際的に認知された国の情報を信用することによって、個人的不利益を被る選択を回避できるのではないのでしょうか。**風評被害やいじめ**を防ぐ「最良のワクチンは知識」といった方がおられます。

本稿は、「基礎知識」や「信頼できる情報」の提供を試みたもので、ワクチンになれば幸いです。

なお、国が発信している情報に対して批判的な論調の著作が多数あります。例えば、

「放射能から子どもの未来を守る」 ディスカヴァー携書(2012年1月)

対談:東京大学アイソトープ総合センター長 児玉 龍彦
慶応義塾大学経済学部教授 金子 勝

「100ミリシーベルトでも大丈夫」という暴言(P62)、科学者の云うことがどこおかしい(P64)、医者のおさんからの伝聞で山下俊一長崎大教授の講演を非難(P64)、発がんのリスク説明に対し、放射線による遺伝子の損傷で小児甲状腺がんに至ることを強調(P126)などの記述があります。

「放射線から子どもの命を守る」 幻冬舎ルネッサンス新書(2011年7月)

札幌医科大学教授 高田 純著

放射線で生殖細胞が異変を生じた場合、将来遺伝的な影響が現れるかもしれません。ただし、長年の研究結果、遺伝的影響を裏付ける証拠は見つかっていません(P56)などの記述があります。

いずれも、遺伝子の損傷による発がんの可能性を強調していますが、バックデータの記述がありません。**臓器ごとの影響を評価すべきだとするHot Particleの議論でタンプリン、コランの論文や、発がんのリスクに関するJ.コフマンの論文を引用している著作もありますが、国が発信している情報はこれらの論文に触れていません。**



一方、100ミリシーベルト(mSv)以下では発がんの心配はないとする著作は多数あります。しかし、**飲酒、喫煙、ストレスなどの影響を取り除き、100ミリシーベルト(mSv)以下の低線量放射線の影響を単独に検証しようとする**と**莫大な時間と費用を要しますので、学者の間でも懸案のままです。**

次に中学校の理科教科書、および、副読本の例です。

理科教科書の例:

「**トップレベルのわかりやすさ かわいい 理科 中3(新訂版)**」 文英堂
東京学芸大学教授 鎌田 正裕、東京学芸大学講師 中西 史 共編
電気エネルギー／原子力発電(P68)
長所;少量の燃料で大量のエネルギーを取り出せる。
二酸化炭素や二酸化硫黄などを出さない。
短所;事故が起こると放射能の汚染が心配、廃棄物の処理の仕方で問題が残っている。

副読本の例:

「**チャレンジ!原子力ワールド 中学生のためのエネルギー副読本**」文部科学省、経済産業省 資源エネルギー庁編
原子力施設で事故が起きた場合の防災対策(P31、32)
内閣総理大臣は原子力緊急事態を宣言し、官邸に原子力災害対策本部を設置する。同時にオフサイトセンターを設置し、原子力防災専門官を中心に国と地元都道府県が連携して住民の防護に当たる。

教科書や副読本には、「低線量放射線の影響について」の記述はないようです。本稿が現場の教師の皆さまのご参考になれば幸いです。

謝辞までに、本稿編集にご協力いただいたコメンテーター各位に謝意を表します。

1)文中引用した研究機関;

- ・公益財団法人 放射線影響研究所 日米共同研究機関(放影研)
外務省および厚生省が所管し、また日米両国政府が共同で管理運営する公益法人の研究機関(1975年4月発足)
- ・国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 (放医研)
放射線と人々の健康に関わる総合的な研究開発機関(1957年7月発足)

2)引用した政府系刊行物等

- 1.「暮らしの中のエネルギー2018」 「フォーラム・エネルギーを考える」事務局
- 2.「日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価(2016.7)」 一般財団法人 電力中央研究所
- 3.「平成27年度(2015年度)エネルギー需給実績(確報)」 経済産業省 資源エネルギー庁
- 4.「いま知りたい からだと放射線」 一般財団法人 日本原子力文化財団
- 5.「食品と放射能Q&A」 2018(平成30)年3月8日(第12版) 消費者庁
- 6.「おかあさんの「?」に答えるたいせつな放射線の話」 一般財団法人 日本原子力文化財団
- 7.「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成29年度版」 環境省
- 8.「指定廃棄物の今後の処理の方針について(概要)(平成24年3月30日)」 環境省
- 9.「チャレンジ!原子力ワールド 中学生のためのエネルギー副読本」 文部科学省・経済産業省 資源エネルギー庁
- 10.「食品への放射線利用について」 農林水産省
- 11.「放射線の影響がわかる本」 公益財団法人 放射線影響協会
- 12.「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置(2018年3月9日)」 警察庁ウェブサイト
(<https://www.npa.go.jp/news/other/earthquake2011/pdf/higaijokyo.pdf>)
- 13.「放射線ってなんだろう?」 公益財団法人 放射線影響研究所 日米共同研究機関ウェブサイト
(<http://www.rerf.jp/general/whatis/index.html> 平成30年6月9日引用)
- 14.「放射線等に関する副読本掲載データ 高等学校生活用」 文部科学省(<http://www.mext.go.jp/>)

3)上記以外の引用ないし参照した文献例

- 15.「県民健康調査の概要」 福島県ホームページ
- 16.「日本原子力学会誌「ATOMOS」,Vol.57,No.4(2015) 『放射線と子どもの健康』」 市川陽子
- 17.「放射線医が語る被ばくと発がんの真実」 中川恵一、ベスト新書
- 18.「低線量放射線を超えて 福島・日本再生への提案」 宇野賀津子、小学館101新書
- 19.「原子力防災の手引」 宮城県ホームページ
- 20.「放射能から子どもの未来を守る」 児玉龍彦(東京大学アイソトープ総合センター長)、金子勝(慶應義塾大学経済学部教授)、ディスカヴァー携書
- 21.「放射線から子どもの命を守る」 高田純(札幌医科大学教授)、幻冬舎ルネッサンス新書
- 22.「トップレベルのわかりやすさ かわいい 理科 中3(新訂版)」 鎌田正裕(東京学芸大学教授)、中西史(東京学芸大学講師)共編、文英堂
- 23.「原発事故と放射線のリスク学」 中西準子、日本評論社
- 24.「原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR) 報告書:福島での被ばくによるがんの増加は予想されない(2014年4月2日)」 国際連合広報センター
- 25.「原子力災害に学ぶ 放射線の健康影響とその対策」 長瀧重信、丸善出版
- 26.「人は放射線になぜ弱いのか 放射線恐怖症をやわらげる」 近藤宗平、講談社 B1238
- 27.「放射線利用の基礎知識 半導体、強化タイヤから品種改良、食品照射まで」 東嶋和子、講談社 B1518

出典に関わる関係省庁と刊行物(例示)

- i) 内 閣 官 房:低線量被ばくのリスク管理に関するワーキンググループ報告書
- ii) 原子力委員会:発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針
- iii) 厚 生 労 働 省:食品中の放射性物質の新たな基準値
食品中の放射性物質に係る基準値の設定に関するQ&Aについて
- iv) 農 林 水 産 省:農畜水産物等に含まれる放射性物質の検査結果
放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について
原発被災地における「米の作付等に関する方針」について
- v) 水 産 庁:東日本太平洋における生鮮水産物の産地表示方法について
- vi) 林 野 庁:野生きのこの採取にあたっての留意点
- vii) 環 境 省:放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成29年度版
- viii) 復 興 庁:放射線リスクに関する基礎的情報
- ix) 消 費 者 庁:食品の検査結果や出荷制限に関する情報

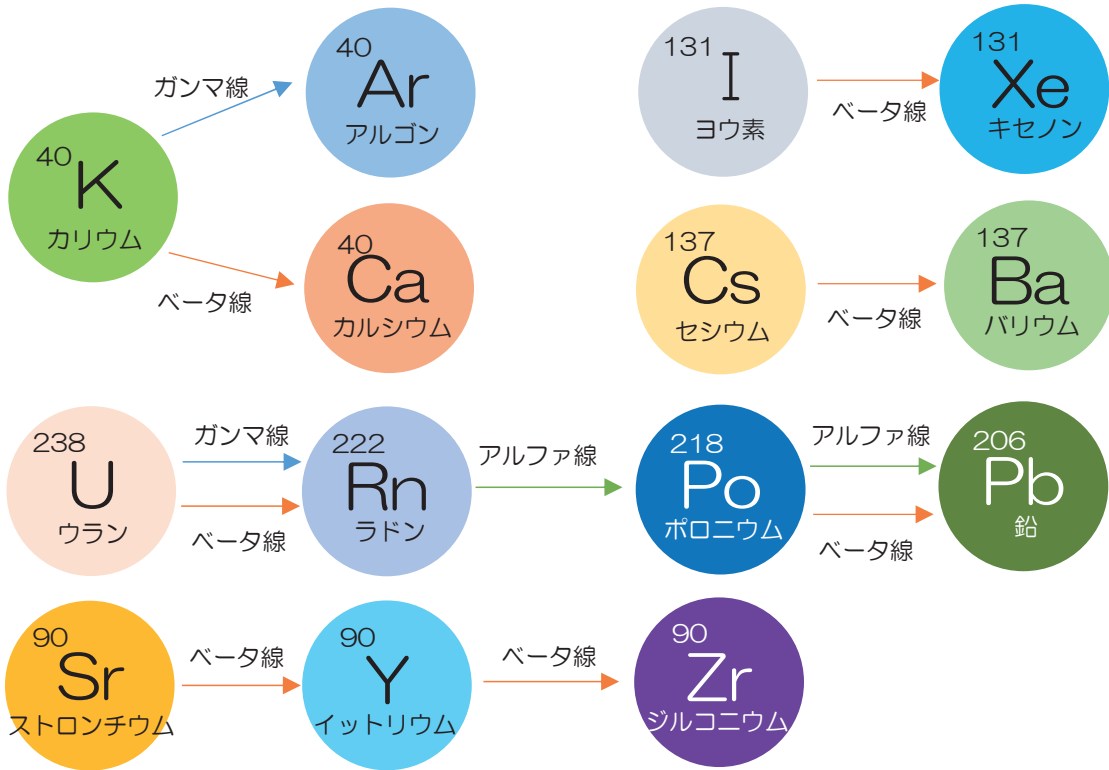


•原子核：
陽子と中性子で構成されています。

•核分裂：
原子炉の中でウラン原子が核分裂すると陽子の数と中性子の数の組み合わせで、いろいろな放射性物質(放射性元素)や同位元素(アイソトープ)が生じます。例えば、ヨウ素(元素記号 I)I-131、I-133、セシウム(元素記号 Cs)Cs-134、Cs-137、が誕生します。このほか、プルトニウムやストロンチウムなども生じます。

•核壊変(放射性壊変)：
核分裂で誕生した放射性物質(放射性元素)は放射線(α線、β線、γ線、中性子線)を出しながら減衰し、時間と共に半減します(半分になる時間を半減期といいます)。例えば、**だれもが体内にもっているカリウム-40はβ線とγ線を出して89%は別の原子カルシウム-40に、11%はアルゴン-40に変身(壊変)します。**
また、ラドン温泉のラドンはウランが減衰する過程(壊変)で地上に存在します(下図参照)。健康への影響という点で、放射性元素が壊変過程でどんな放射線を出すか注目しなければなりません。(Q3 関連)

核壊変の例



•放射能：
放射線を出す能力(エネルギー)のことです。マスコミなどでは、放射性物質(例えば、ヨウ素-131、セシウム-134、-137、トリチウム、カリウム-40、プルトニウム、ストロンチウムなどの放射性元素)を放射能と表現しています。

•身体の中の放射性物質(放射線元素)：
人間のからだは半減期5,730年の炭素と半減期13億年のカリウムなどで構成されていますので、体重60kgの成人で約7,000ベクレル(Bq)の放射性物質(放射性元素)を持っています。

•指定廃棄物：
「放射性物質汚染対処特措法」で**濃度8,000ベクレル(Bq)/kg以上、10万ベクレル(Bq)/kg以下**の放射性廃棄物は国の責任で処分します。

福島第一原子力発電所から大気中に放出された放射能の推計値

	大気への放出量 (PBq=10 ¹⁵ Bq)	チェルノブイリ/福島
ヨウ素-131	160	11.3 倍
セシウム-134	18	2.4 //
セシウム-137	15	5.7 //
ストロンチウム90	0.14	57 //
プルトニウム239	0.000003	10,000 //

東京電力の推計によれば、海域への直接的な放出量は4.7PBq
※PBqはペタベクレル(千兆ベクレル)。チェルノブイリの放出量が福島の何倍かを示す
(中西準子「原発事故と放射線リスク学」から引用)

•単位について
①シーベルト(Sv)/ミリシーベルト(mSv)：
放射線の種類によって、個々の臓器などへの影響は異なりますので、これを全身放射線量(ミリシーベルト(mSv))に換算して、各個人の放射線による影響を管理するために導入された放射線管理用の単位です。健康への影響をミリシーベルト(mSv)(1/1,000シーベルト(Sv))で管理すれば自然放射線でも人工の放射線でも同じように「からだへの影響」や「がんのリスク」を評価できます。
なお、ラドンやラジウムを含む玉川温泉、三朝温泉の放射線は毎時10マイクロシーベルト(μSv)(マイクロシーベルト(μSv)は1/1,000ミリシーベルト(mSv))程度です。
(宇野賀津子「低線量放射線を超えて 福島・日本再生への提案」から引用)

②グレイ(Gy)：
放射線はエネルギーを持っているので、臓器などへの吸収エネルギーの単位です。(1グレイ(Gy)=1ジュール(J)/臓器・1kg)

③ベクレル(Bq)：
放射性物質(放射性元素)が放射線を出す能力を表す単位で、1秒間に原子核が1個崩壊(壊変)するのが1ベクレル(Bq)です。例えば、370ベクレル(Bq)の放射性カリウムは、毎秒370個の原子核が壊変して、ほとんどがカルシウムに変わります。食べ物の放射能の量は通常ベクレル(Bq)/kgで表します。



・放射線のもれと放射能のもれ；

例えば、黒い布で覆った虫かごの中のホタルの光が外から見えるのが放射線のもれ、ホタルが外に飛び出したのが放射能のもれです。原子力施設から出る放射線や放射性物質(放射性元素)は基準値を超えて施設周辺に漏れることがないように常に管理されています。

法令で定める基準値は、**ICRPの勧告に従って、原子力施設周辺での放射線量は年間で1ミリシーベルト(mSv)以下と定められています。通常は、敷地近傍で0.05ミリシーベルト(mSv)を目標値として管理されています。**

・事故による追加年間放射線量；

事故発生後、屋外に8時間、屋内に16時間いるとして、また、空間線量が平常時の1時間当たり0.04マイクロシーベルト(μSv)から0.24マイクロシーベルト(μSv)へ上昇したとして、 $(0.24 - 0.04) \times \{(8\text{時間} + (16\text{時間} \times 0.4(\text{屋内効果}))\} \times 365\text{日} \div 1.1\text{マイクロシーベルト(mSv) / 年}$ となります。(1ミリシーベルト(mSv)は1,000マイクロシーベルト(μSv))

(環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」から引用)

・ICRP(International Commission on Radiological Protection)国際放射線防護委員会；

放射線防護の基本的な枠組みと防護基準を勧告することを目的に設立された国際的な専門家の委員会です。放射線防護に関する勧告は、わが国など、各国の放射線防護基準の基本として採用されています。

・IAEA(International Atomic Energy Agency) 国際原子力機関；

核技術の安全保障と平和利用を推進(核物資の軍事転用を厳しく監視)するための国連傘下の機関です。本部はウィーンにあります。

・UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)原子放射線の影響に関する国連科学委員会；

国際的に著名な科学者で構成。例えば、「福島」の被ばくの影響」を解析し、結果を年次総会に報告して、27加盟国によって精査されています。参加科学者は全員利益相反の有無の申告が義務付けられています。

(「国連広報センター情報、2014年4月」から引用)

・東日本大震災；

2011年3月11日14時46分ごろ発生したマグチュード9.0の巨大地震。地震・津波による死者15,895名、行方不明者2,539名であった。

(警察庁ウェブサイト「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置(2018年3月9日)」から引用)

監修

清野 浩 SNW東北(シニアネットワーク東北^{※1})(元)代表幹事

医学博士,東北大学医療短期大学部名誉教授

(元)原子力平和利用連絡協議会委員

(元)青森大学副学長

※1 SNW東北は平成20年設立、エネルギーや環境問題に関する理解促進活動を展開する団体

編集

菅原 剛彦 SNW東北(元)代表幹事

科学技術庁(現・文部科学省)原子力留学生(1967年 米国ウエスティングハウス原子力部)

日本原子力発電(株)敦賀原子力発電所^{※2}、東北電力(株)女川原子力発電所^{※2}ほか、

原子力発電所の設置許可(安全審査)対応を担務

※2 敦賀原子力発電所は、わが国最初の商用原子力発電所、女川は東北電力最初の原子力発電所

コメンテーター(順不同)

阿部 勝憲 東北大学・八戸工業大学名誉教授

菊地 新喜 東北学院大学名誉教授

早坂 明夫 福島大学名誉教授

矢野 歳和 (元)宮城大学教授

工藤 昭雄 (元)(株)バブコック日立、SNW東北代表幹事

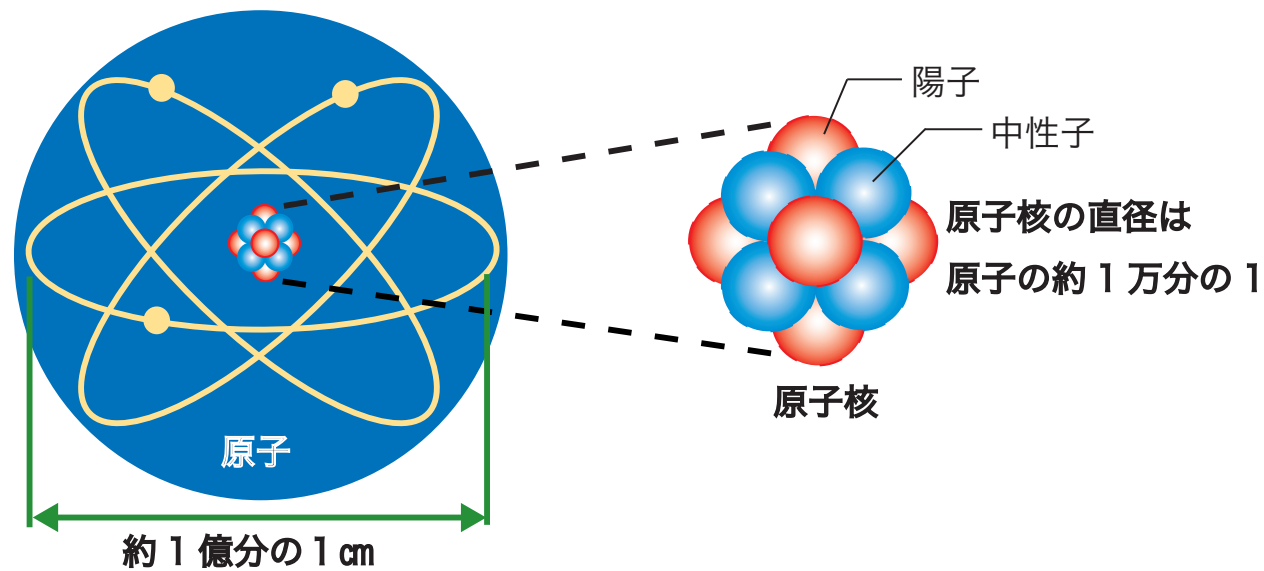
山田 信行 (元)日立造船(株)、SNW東北副代表幹事

松野 秀男 (元)三菱重工業(株)、SNW東北監事



放射線はどのようにして生まれるか

原子は1億分の1cm程度、原子核は1兆分の1cm程度で原子のおおよそ1万分の1で、原子核を太陽になぞらえれば、電子は太陽を回る地球になぞえられる関係にあります。原子核は陽子と中性子で構成されていて、互いに固く結びついています。「陽子の数」は化学の「周期表」にある原子番号に対応し、元素を表しています。



(文部科学省・経済産業省 資源エネルギー庁「チャレンジ!原子力ワールド 中学生のためのエネルギー副読本」から引用)

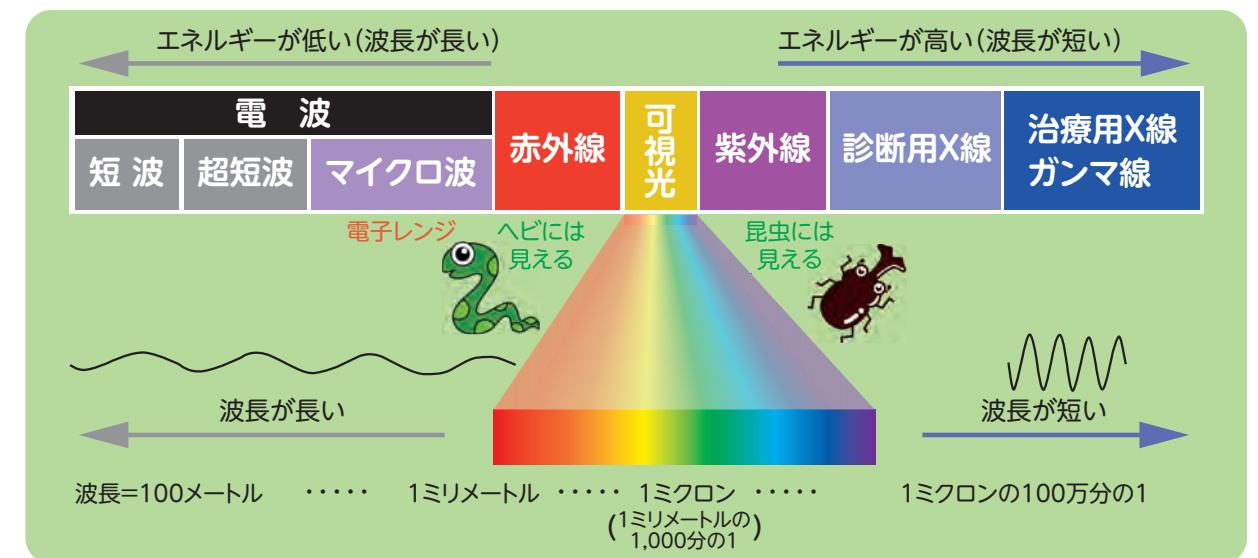
原子番号が大きくなると、(つまり、原子核の中の陽子や中性子が多くなると)原子核は不安定になり、アルファ線(α線)やベータ線(電子)などを放出して別の原子核になる場合があります。これを放射性壊変(放射性崩壊)といいます。壊変するごとに、元の原子核の数は減少して、半分になるまでの時間を半減期といいます。例えば、カリウム-40はβ線とγ線を出して89%は別の原子核のカルシウム-40に、11%はアルゴン-40に変身します。クリプトンはγ線やβ線をだしてアルゴンとカルシウムに変わります。ラドン温泉のラドンはウランの壊変過程で地上に存在します。(P33図参照)

人間の体にはカリウムや炭素が含まれていますが、その中のカリウムの0.0117%は放射性物質(放射性元素)のカリウム40です。また宇宙線とちっ素が反応してできる炭素-14は多くの食べ物を通して体内に入るので、体重60Kg位の成人はカリウムと炭素で約7,000ベクレル(Bq)の放射性物質(放射性元素)をもっています。(P34参照)

陽子と中性子が固く結びついている原子核に、中性子を衝突させると、核分裂して、エネルギーと中性子を放出する場合があります。その中性子がさらに次の核分裂を引き起こすことが可能なので、持続的にエネルギーと中性子を取り出しているのが原子力発電です。例えば、ウラン235やプルトニウム239のように陽子の数の多い(原子番号が高位の)重い原子核に中性子を当てると、これらの原子核は多くの場合ほぼ二つに分裂しますが、陽子の数と中性子の数の組み合わせで、さまざまな放射性物質(放射性元素)や同位元素が生まれます。例えばヨウ素131、133、セシウム134、137、ほかにプルトニウムやストロンチウムなども生成します。

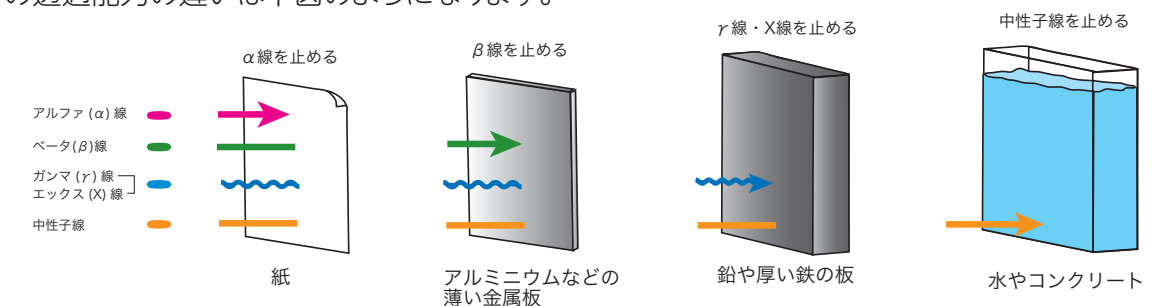
放射線の種類と性質

放射性元素の原子核から出るアルファ線はヘリウムと同じ陽子2ケと中性子2ケの粒子で構成される粒子線、ベータ線は電子線、ガンマ線やエックス線は通常の光より波長の短い電磁波、中性子線は原子核から飛び出した中性子の束です。これらの共通の性質は物質を通り抜ける(透過力)を持っていることです。



(放射線影響研究所「放射線ってなんだろう?」から引用)

その透過能力の違いは下図のようになります。



出典:文部科学省ホームページ(<http://www.mext.go.jp/>)「放射線等に関する副読本掲載データ 高等学校生徒用」(文部科学省) (http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/attach/1314239.htm)を加工して作成

例えば、人の体に対して、外部放射線がガンマ線であれば、身体の中まで届くのにに対し、アルファ線やベータ線は身体の内側まで届きませんが、食べ物を通して内部放射線の線源になります。ガンマ線や中性子線を閉じ込める(遮蔽)するためには、厚いコンクリート壁が必要になり、そのため原子力発電所の建物は大きくなります。



Handwriting practice area on page 39, featuring 18 horizontal dashed lines for text entry.

Handwriting practice area on page 40, featuring 18 horizontal dashed lines for text entry.