



# 環境放射線 ポケットブック

財団法人 環境科学技術研究所

# 目次

放射線の種類と被ばくの関係 25頁  
・放射線の単位 26頁

受けている放射線の量はどのくらいか 27頁  
・自然放射線をどのくらい被ばくしているのか 29頁

放射線の人への影響 31頁  
・被ばく線量に関する規制値 33頁  
・低線量率放射線の影響をどのように調べているか 35頁

自然放射線のある環境で生活している 1頁

空気中に出された放射性物質はどのように動くのか 19頁

原子力施設からどのように放射性物質が出るのか 7頁

環境中に出される放射性物質の濃度が測定されている 11頁  
・放射性物質の性質 13頁  
・青森県内の原子力施設 15頁

放射線物質はどのようにしてできるのか 5頁

環境中の放射性物質は監視されている 21頁

海に出された放射性物質はどのように動くのか 20頁

放射線の種類と被ばくの関係 25頁  
・放射線の単位 26頁

受けている放射線の量はどのくらいか 27頁  
・自然放射線をどのくらい被ばくしているのか 29頁

放射線の人への影響 31頁  
・被ばく線量に関する規制値 33頁  
・低線量率放射線の影響をどのように調べているか 35頁

自然放射線のある環境で生活している 1頁

空気中に出された放射性物質はどのように動くのか 19頁

原子力施設からどのように放射性物質が出るのか 7頁

環境中に出される放射性物質の濃度が測定されている 11頁  
・放射性物質の性質 13頁  
・青森県内の原子力施設 15頁

放射線物質はどのようにしてできるのか 5頁

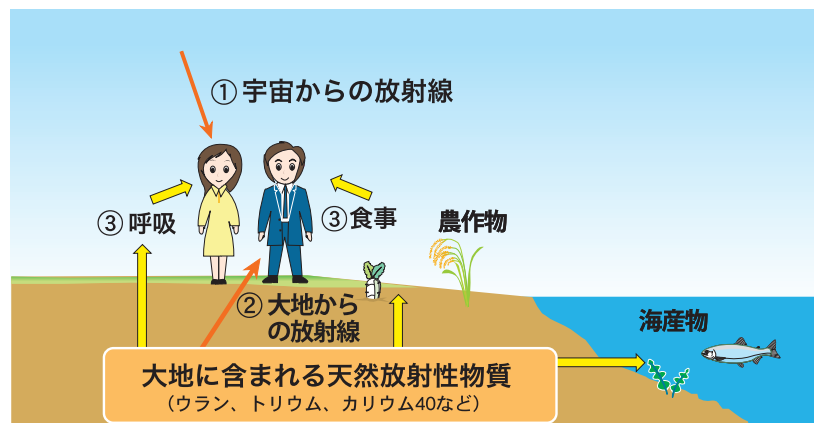
環境中の放射性物質は監視されている 21頁

海に出された放射性物質はどのように動くのか 20頁

呼吸  
食事  
農作物  
畜産物  
原子力施設  
大気中へ  
天然放射性物質  
海水中へ  
海産物

→ : 放射線  
→ : 放射性物質の動き

## 自然放射線のある環境で生活している



### ①宇宙からの放射線

宇宙から放射線が飛んで来ています。宇宙線と呼ばれています。

### ②大地からの放射線

大地の岩石や土に放射性物質（ウラン、トリウム、カリウム40）が含まれ、放射線を出しています。これらの放射性物質は地球が誕生した時に既に存在していました。

### ③体内からの放射線

大地に含まれている放射性物質は、次のようにして私たちの体内にも入っています。

- ・農作物に吸収されているほか、海に流れ出て海産物に取り込まれ、食事によって体内に入っています。
- ・空気中に出て、呼吸によって体内に入っています。

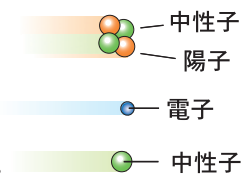
体内に入った放射性物質からも放射線が出ています。

## 関連説明 放射線ってどんなもの

放射線には様々な種類がありますが、大きく分けると以下の2種類に分けられます。

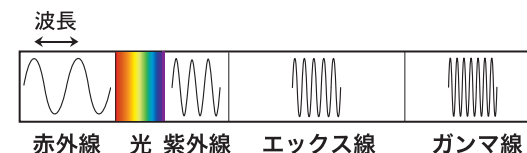
### ①小さな粒が速く飛んでいるもの

- ・**アルファ線**は、陽子2個と中性子2個がひとかたまりで速く飛んでいる粒です。
- ・**ベータ線**は、電子が速く飛んでいる粒です。
- ・**中性子線**は、中性子が速く飛んでいる粒です。
- ・**宇宙線**には、様々な粒の放射線が含まれています。



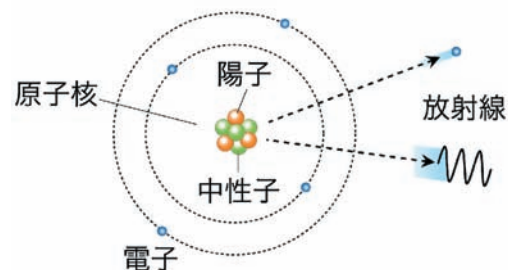
### ②光や紫外線より波長の短い波

- ・**ガンマ線**や**エックス線**は、光や紫外線より波長の短い波です。



## 関連説明 放射性物質ってどんなもの

放射性物質は、普通の物質と同様、原子が集まって出来ており、その原子核から放射線を出します。

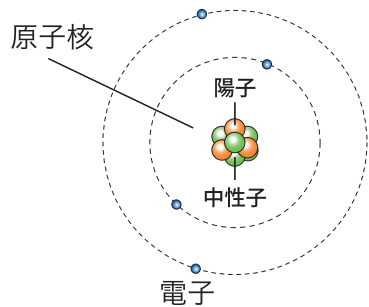


放射性物質から出る放射線には、アルファ線、ベータ線とガンマ線があります。

## 関連説明 放射線を出すもの出さないもの

○水素、酸素、炭素、カリウム、鉄、ウランなどは元素の名前です。

### 元素を作っている原子の中身



○同じ元素でも中性子数の違いで重さの違うものがあります(同位体)。

○その中には不安定な状態のものがあり、放射線を出して安定なものになると変化します。これを放射性物質、この変化を壊変といいます。

○例えば、炭素には、炭素12、炭素13、炭素14があり、このうち炭素14が放射性物質です。

○ウランなどの重い元素(陽子と中性子の数の合計が210以上のもの)では、全てが放射性物質です。

### 元素と放射性物質の例

黄色い欄のものが放射性物質です。

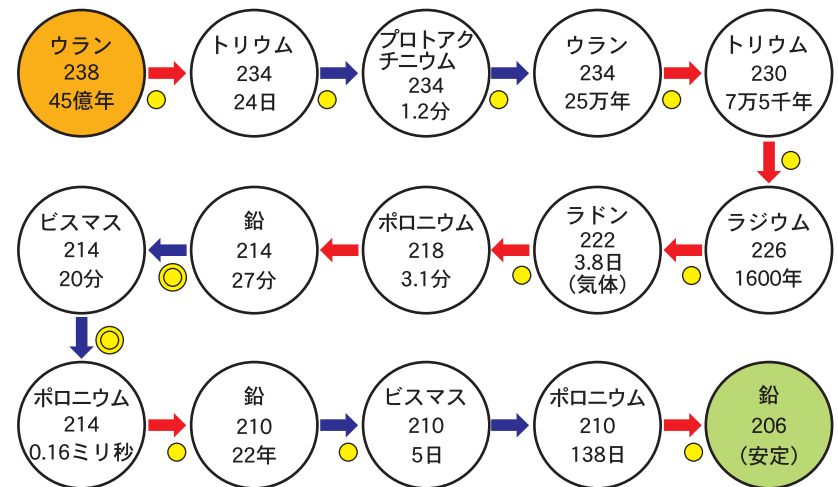
元素	同位体	陽子数	中性子数	存在比(%)
水素	軽水素	1	0	99.99
	重水素	1	1	0.01
	三重水素(トリチウム)	1	2	微量
炭素	炭素12	6	6	98.93
	炭素13	6	7	1.07
	炭素14	6	8	微量
カリウム	カリウム39	19	20	93.26
	カリウム40	19	21	0.01
	カリウム41	19	22	6.73
ウラン	ウラン234	92	142	0.01
	ウラン235	92	143	0.72
	ウラン238	92	146	99.27

(注)存在比の数値は、四捨五入しています。

## 関連説明 ウランの“子孫”の放射性物質(ウラン壊変系列)

○ウランが変化してできる元素も放射性物質です。それが変化してできる元素もまた放射性物質です。このように次々と元素が変化し、最後に鉛になって安定します。

### ウラン壊変系列の放射性物質と放射線



← アルファ線を出す壊変  
← ベータ線を出す壊変  
 ガンマ線が出る場合 { ● ガンマ線放出率の高い壊変 ● ガンマ線放出率の低い壊変 (放出率が数%以下)

元素名  
質量数  
半減期

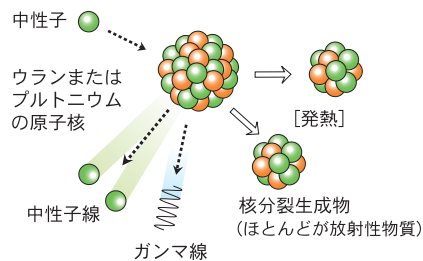
○これらの放射性物質は、ウランと同様に大地や海に含まれています。この中には、温泉にあるラジウムやラドンという放射性物質も含まれています。

○トリウムもウランと同様の壊変系列を持っています。

## 放射性物質はどのようにしてできるのか

原子力発電では次の反応によって、放射性物質ができます。

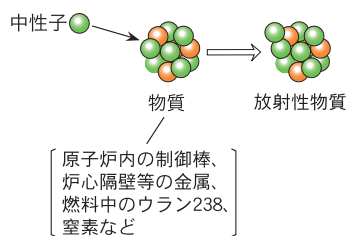
### ① 核分裂



ウランやプルトニウムの原子核は、中性子が当たると二つに割れ、熱と放射線が発生します。

割れたものは核分裂生成物といい、ほとんどが放射性物質です。

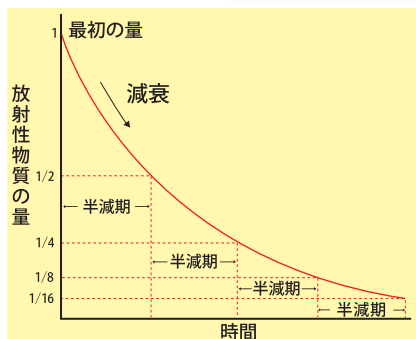
### ② 放射化



普通の物質でも、中性子が当たると放射性物質に変化する場合があります。これを放射化といいます。

ウランなどの重い放射性物質に中性子が当たった時に、割れずに中性子が捕獲されて、より重い放射性物質（超ウラン元素）ができる反応もあります。

## 関連説明 半減期



放射性物質は、放射線を出して変化することにより減少します。これを減衰といいます。放射性物質の量が半分に減衰するまでの時間が半減期です。

最初の量が半分になる時間だけでなく、どの時点からでも半分になる時間は同じ半減期です。

## 原子力発電で燃料棒にできる放射性物質

原子力発電では被ふく管という金属製のさやにウランを詰めた燃料棒を使用しています。使用した燃料棒には、次の放射性物質が生成しています。

### ① 核分裂生成物

- ・クリプトンやキセノンという希ガス
- ・ヨウ素やトリチウムという蒸発しやすい物質
- ・セシウムやストロンチウムなど

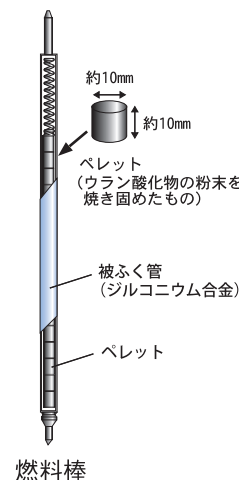
### ② 超ウラン元素

- ・プルトニウム：ウラン238に中性子が捕獲されてできます。
- ・アメリシウムなど：プルトニウムに中性子が捕獲されてできます。

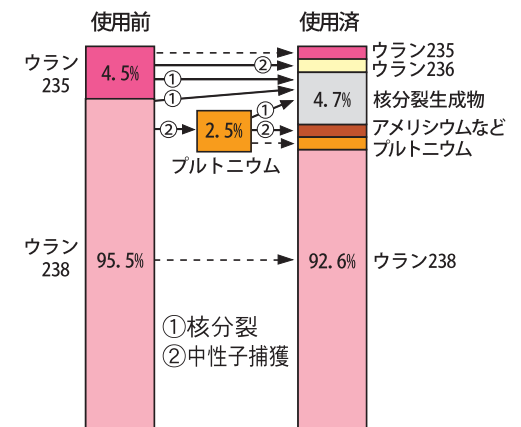
その他に、燃料棒に閉じ込められた窒素不純物が中性子で放射化されて、炭素14ができます。

これらの放射性物質は被ふく管の中に閉じ込められています。

なお、大量の放射性物質から出た放射線が燃料棒を加熱するので、核分裂が停止した後も燃料棒を冷却しています。



燃料棒

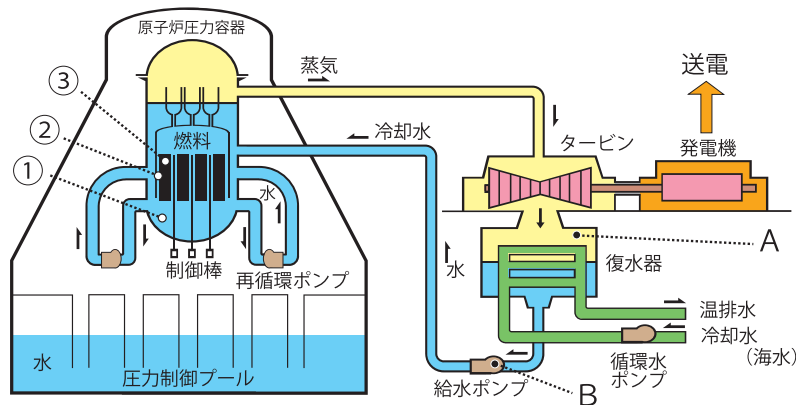


原子力発電で3～4年間使用した燃料の組成変化

## 原子力施設からどのように放射性物質が出るのか

### (1) 原子力発電所

原子力発電は、燃料のウランやプルトニウムの核分裂で発生する熱で冷却水を蒸気に変え、その蒸気でタービンを回して発電します。



冷却水は図のように循環しているので、冷却水が施設外に直接出ることはありません。その冷却水に、次のように放射性物質が入ります。

- ①冷却水に含まれる不純物などが放射化されて、トリチウム、コバルト60などの放射性物質になります。
- ②燃料棒の被ふく管の材料であるジルコニウムに天然ウランが不純物として極微量含まれているほか、燃料製造時に被ふく管の外面に微量のウランが付着する場合があります、それらが核分裂して他の放射性物質ができます。それらの一部が冷却水に入ります。
- ③まれに被ふく管に微小な孔が開くことがあります。その場合には、被ふく管の中に閉じ込められていた放射性物質が冷却水中に出てきます。

主として次のものが、放射性廃棄物になります。

- <気体>
  - A. 蒸気に含まれる放射性の希ガスなど
- <液体>
  - B. ポンプなどの機器からの排水
  - C. 作業員の衣服の洗濯や機器などの洗浄をした排水

### 関連説明 原子力発電所の廃棄物処理方法

#### ①気体廃棄物

- ・放射性の希ガスは、活性炭にしばらく滞留させて放射能を減衰させた後に、フィルタを通して排気筒から出されます。
- ・その濃度は連続して測定されています。

#### ②液体廃棄物

- ・機器からの排水、放射性物質が付着した作業服などの洗濯排水をろ過や蒸発処理して、放射性物質を減少させます。
- ・ろ過や蒸発処理した水の大部分は再利用しますが、一部が海に出されます。
- ・出される時には、その濃度が測定されています。

#### ③固体廃棄物

下記のもの、ドラム缶にセメントで固化するなどして詰め、発電所内に貯蔵後、六ヶ所村の低レベル放射性廃棄物埋設センターに埋設します。

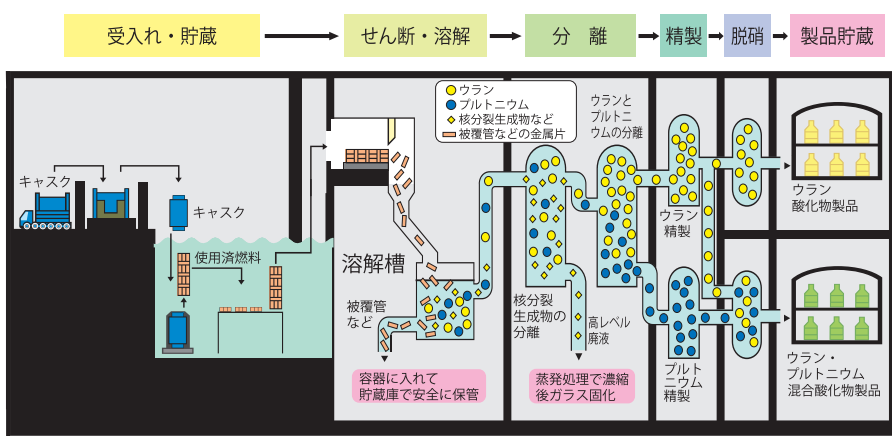
- ・作業に使用した可燃物（紙や布など）や不燃物（金属など）
- ・液体廃棄物を蒸発処理する際に生じた濃縮廃液
- ・使用済みのイオン交換樹脂やフィルタを保管して放射能を減衰したもの

## (2) 再処理工場

再処理工場は、原子力発電の使用済燃料から核分裂生成物などの不要な放射性物質を除去し、ウランとプルトニウムを回収する施設です。

せん断・溶解工程で、燃料棒を切断して溶解槽に投入することにより、被ふく管内に閉じ込められていた放射性物質が硝酸溶液に溶け出します。

分離工程では、溶液をウランとプルトニウムを含む溶液および核分裂生成物などの放射性物質を含む高レベル廃液に分離します。



(出典：日本原燃資料)

## 放射性廃棄物

- ①気体状の放射性物質（主にクリプトン85、トリチウム、炭素14、よう素）が、溶解槽から取り出され、廃ガスになります。
- ②高レベル廃液は、蒸発処理して放射性物質を濃縮した後にガラスで固化され、高レベル放射性廃棄物になります。
- ③高レベル廃液を蒸発処理した蒸気や精製工程などの廃液を蒸発処理した蒸気を液化したものが、低レベル廃液になります。

廃ガスと低レベル廃液は、右ページに示した方法で処理後、放出されます。

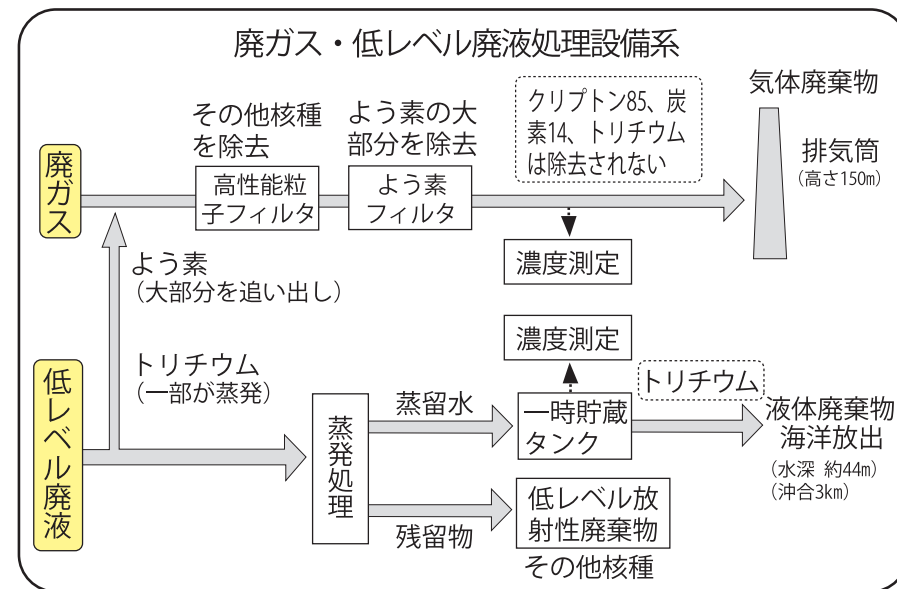
## 関連説明 再処理工場の廃棄物処理方法

### ①気体廃棄物

- ・気体（廃ガス）をフィルタに通して放射性物質を減少させた後、排気筒から空气中に放出します。
- ・放出される放射性物質のうち、主なものは、クリプトン85、トリチウム、炭素14、よう素などです。

### ②液体廃棄物

- ・低レベル廃液は、主に高レベル廃液を蒸発処理した蒸気を液化したもの（蒸留水）です。
- ・低レベル廃液はさらに蒸発処理されて、放射性物質の減少した蒸留水が海に出されます。
- ・出される放射性物質で量の多いものはトリチウム（三重水素）であり、トリチウムは水になっているため除去できません。



廃棄物を出す際に放射性物質濃度を測定して、放出管理目標値を超えないよう管理することになっています。

## 環境中に出される放射性物質の濃度が測定されている

気体または液体の放射性物質を出す際には、放射性物質の濃度が種類ごとに測定されます。

### (1) 原子力発電所

「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」〔以下、測定に関する指針〕（原子力安全委員会が決定）に基づいて、下表の放射性物質の濃度が出される時に測定されます。

気 体		液 体
ガス状物質	放射性希ガス <sup>(注1)</sup>	ガンマ線放出核種 <sup>(注2)</sup>
揮発性物質	よう素131	ストロンチウム89
	よう素133	ストロンチウム90
	トリチウム	トリチウム
粒子状物質	ガンマ線放出核種 <sup>(注2)</sup>	全ベータ放射能
	ストロンチウム89	全アルファ放射能
	ストロンチウム90	
	全ベータ放射能	
	全アルファ放射能	

(注1) 放射性希ガス：クリプトン、キセノン

(注2) ガンマ線放出核種：クロム51、マンガン54、鉄59、コバルト58、コバルト60、セシウム134、セシウム137など（液体では、よう素131も含まれる。）

### (2) 再処理工場

原子力発電所の「測定に関する指針」を準用するとともに、安全審査で評価された放射性物質の種類ごとの出される量に基づいて、下表の放射性物質の年間の放出管理目標値が保安規定に定められています。出す時の放射性物質の量を確認するために、放射性物質の濃度が測定されます。

気 体	液 体
クリプトン85	トリチウム
トリチウム	よう素129
炭素14	よう素131
よう素129	
よう素131	
その他核種	その他核種
・アルファ線を放出する核種	・アルファ線を放出する核種
・アルファ線を放出しない核種	・アルファ線を放出しない核種



## 関連説明 放射性物質の性質

天然の放射性物質や原子力施設から出される可能性のある人工の放射性物質の性質です。

### (1) 天然の放射性物質

(物質名：放出放射線、半減期)

- ①ウラン238： アルファ線、約45億年
  - ・ウランには3種類の同位体があり、その中で最も多いものです。
  - ・原子炉の中で少し核分裂しますが、多くはプルトニウムに変わります。
- ②トリウム232： アルファ線、約141億年
  - ・ウランと同様の重い元素であるため、放射線を出して軽くなるうとします。
  - ・中性子を捕獲するとウラン233に変化し、核分裂性を有します。
- ③ラドン222： アルファ線、3.8日
  - ・ウラン壊変系列に属しています。
  - ・気体であるため、地面から出て空気中を漂っています。
- ④ポロニウム210： アルファ線、138日
  - ・ウラン壊変系列に属しています。
  - ・魚介類に多く含まれています。
- ⑤カリウム40： ベータ線とガンマ線、約13億年
  - ・カリウムには3種類の同位体があり、その中で0.01%存在しているものです。
  - ・カリウムは植物の栄養素ですので様々な食品に含まれ、人体にも入っています。

### (3) 天然と人工の両方に属する放射性物質

(物質名：放出放射線、半減期)

- ①炭素14： ベータ線、5730年
  - ・天然のものは、空気中の窒素が宇宙線によって放射化されてできます。
  - ・人工のものは、原子力発電所で燃料棒中の窒素不純物が中性子によって放射化されてできます。
  - ・ベータ線のエネルギーは低い。

### (2) 人工の放射性物質

(物質名：放出放射線、半減期)

- ①セシウム137： ベータ線とガンマ線、30年
  - ・カリウムと似た化学的性質を持っています。
  - ・原子力施設では、異常放出の際に影響を評価します。
  - ・高レベル放射性廃棄物の主要な放射性物質です。
- ②セシウム134： ベータ線とガンマ線、2.1年
  - ・カリウムと似た化学的性質を持っています。
  - ・原子力施設では、異常放出の際に影響を評価します。
- ③キセノン133： ベータ線とガンマ線、5.2日
  - ・希ガスと呼ばれる気体です。
  - ・希ガスは他の物質と反応しないので、人体には吸収されません。
- ④ヨウ素131： ベータ線とガンマ線、8日
  - ・甲状腺に集まりやすい性質があります。
  - ・放射線を出さないよう素が甲状腺に十分ある場合には、それ以上放射性のよう素が集まることはありません。
- ⑤ヨウ素129： ベータ線とガンマ線、1570万年  
(ヨウ素131と同じ特徴があります。)
- ⑥ストロンチウム90： ベータ線、29年
  - ・体に入った場合、骨に集まりやすい性質があります。
  - ・原子力施設では、異常放出の際に影響を評価します。
  - ・高レベル放射性廃棄物の主要な放射性物質です。
- ⑦クリプトン85： ベータ線とガンマ線、11年
  - ・希ガスと呼ばれる気体です。
  - ・希ガスは他の物質と反応しないので、人体には吸収されません。

- ②トリチウム： ベータ線、12年
  - ・天然のものは、空気が宇宙線によって放射化されてできます。
  - ・人工のものは、原子力発電所で燃料の核分裂や冷却水中の不純物の放射化によってできます。
  - ・ベータ線のエネルギーは最も低い。

## 関連説明 青森県内の原子力施設

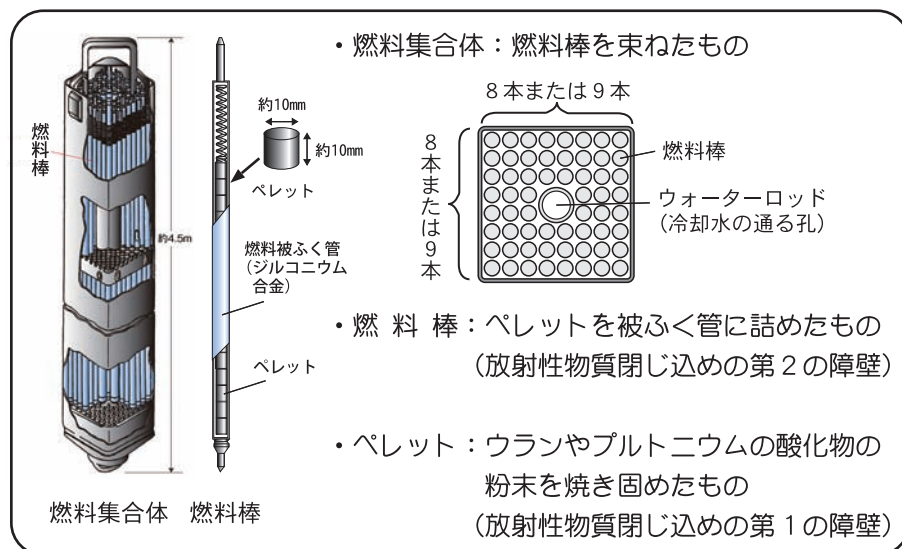
### (1) 原子力発電所

#### ①東北電力 東通原子力発電所

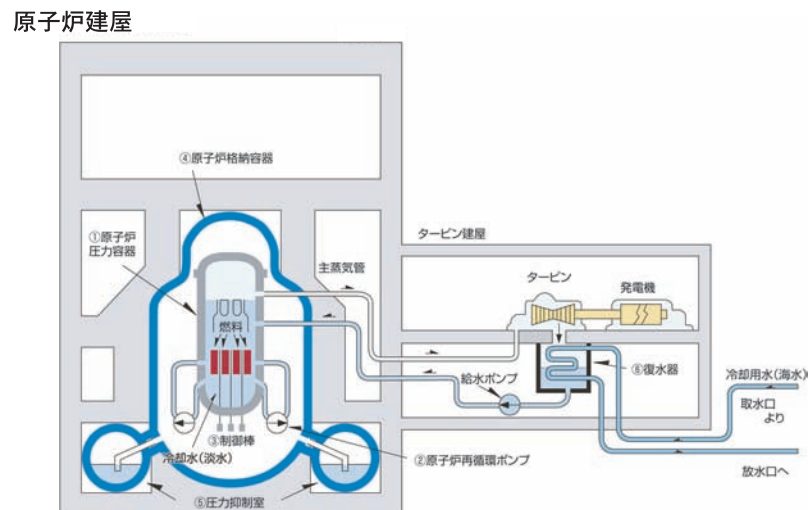
- 原子炉のタイプ 沸騰水型軽水炉 (BWR)
- 電気出力 110万kW
- 燃料の種類 ウラン燃料 (天然ウランの中の核分裂しやすいウラン235の割合 (0.7%) を、濃縮によって約3.7% [平均] に高めたもの。)
- 燃料集合体 764体 (燃料棒を9×9本束ねたもの)

#### ②電源開発 大間原子力発電所 (平成21年度末現在建設中です。)

- 原子炉のタイプ 改良型沸騰水型軽水炉 (ABWR)
  - 再循環ポンプを原子炉圧力容器内に設置した。
  - 格納容器を鉄筋コンクリート製にした。
- 電気出力 138万3千kW
- 燃料の種類 MOX燃料 (ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料) とウラン燃料
- 燃料集合体 872体 (燃料棒を8×8本束ねたもの)

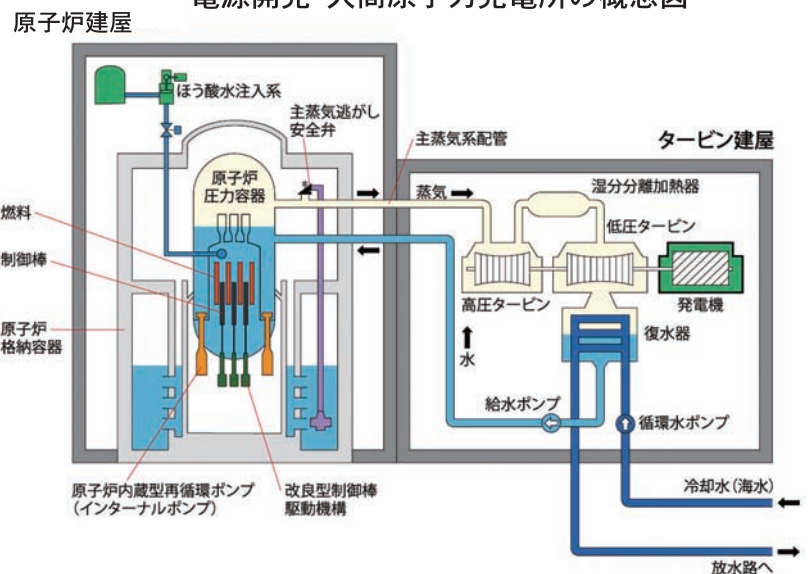


東北電力 東通原子力発電所の概念図



(出典：東北電力資料)

電源開発 大間原子力発電所の概念図



(出典：電源開発資料)

## 関連説明 青森県内の原子力施設

### (2) 中間貯蔵施設 (平成21年度末現在国の安全審査中です。)

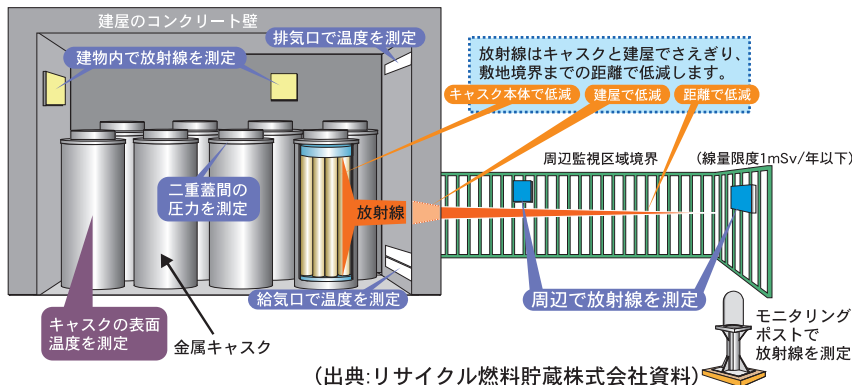
- 原子力発電所で使われ発電所内で冷却された使用済燃料を、再処理するまでの間貯蔵する施設です。
- 使用済燃料は金属製の容器(キャスク)に二重蓋で密閉され、建屋内に貯蔵されます。
- 建屋は、使用済燃料中の放射性物質がキャスクから出ないとして、設計されています。
- 使用済燃料中の放射性物質から発生する放射線のほとんどは、キャスクや建屋で止められます。一部は、キャスクや建屋を透過して出てきます。
- 使用済燃料から発生する熱は、空気によって除熱されます。
- 敷地境界での放射線被ばく量は評価されています。

### リサイクル燃料貯蔵株式会社 リサイクル燃料備蓄センター

1棟目の仕様は次の通りです。

- ・金属キャスクの収容数 最大288基
- ・金属キャスク1基に貯蔵できる燃料集合体 最大69体
- ・貯蔵能力(ウラン重量) 約3000トン

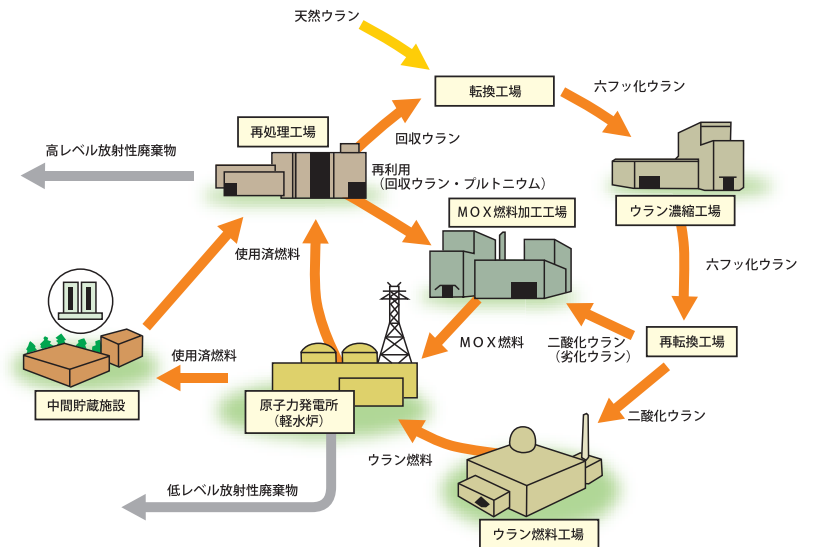
### 安全機能概念図



### (3) 再処理工場 (平成21年度末現在試験運転中です。)

- 再処理工場は、原子力発電の使用済燃料からウランとプルトニウムを回収する施設であり、核燃料サイクルの要にある施設です。
- 原子力発電所で3~4年間使用した使用済み燃料は、発電所のプールで冷却後、直接、または中間貯蔵を経て再処理工場に搬入されます。
- 再処理工場で回収されたプルトニウムは、ウランと混合して燃料に加工されます。
- 再処理工場でガラス固化された高レベル放射性廃棄物は、貯蔵管理されます。
- 使用済燃料の処理能力は、1年間の最大で800トンUです。  
(使用前の金属ウラン重量に換算した数値)

### 原子燃料サイクル



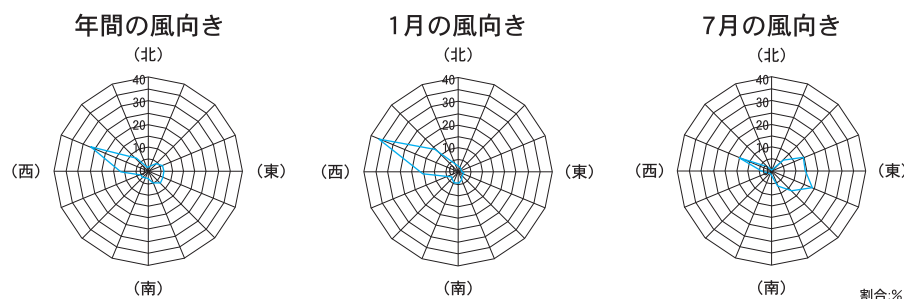
## 空気に出された放射性物質はどのように動くのか

原子力施設から空気に出された放射性物質は、風で運ばれながら広がって薄まって行くものと、地表に落ちてくるものがあります。

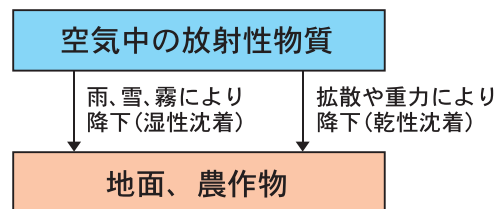
### ①風による拡散

六ヶ所村における風向きは、年間を通じて見ると西北西の風が多いと言えます。夏季には東寄りの風が多くなる傾向があります。

六ヶ所村内の環境研で測定した風向き  
(2005年～2009年の5年間の測定結果の平均)



### ②地表への動き



空气中的放射性物質は、次のように降下します。

- ①雨や雪、霧に取り込まれて、降下する。(湿性沈着)
- ②雨などによらず、拡散や重力によって降下する。(乾性沈着)

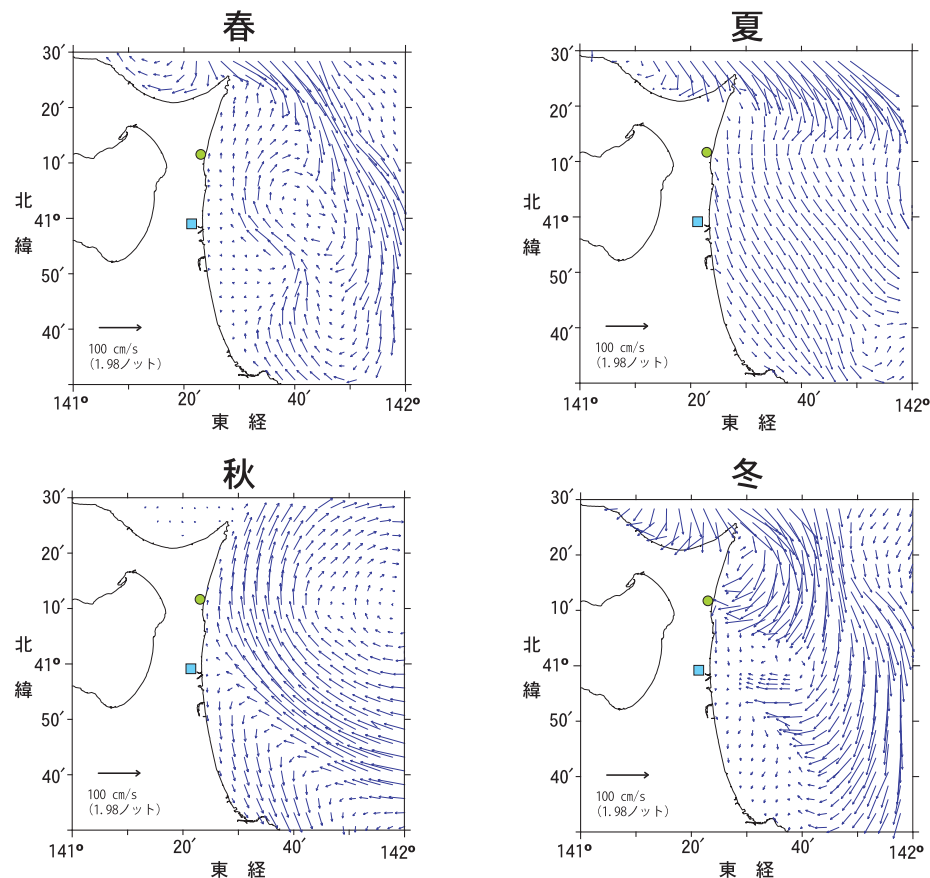
降下した放射性物質は、地面に達して一部が根から農作物に吸収されるほか、葉に付着して農作物に入ります。また、光合成などによって農作物に取り込まれるものもあります。

## 海に出された放射性物質はどのように動くのか

原子力施設から海中に出された放射性物質は、海流により広がり薄まっていきます。

海中に出された放射性物質がどのように拡散するか、コンピュータシミュレーションにより予測する手法の開発が行われています。

海流を季節ごとに計算した例



- 東通原子力発電所の位置
- 再処理工場の位置

(日本海洋科学振興財団による計算)

## 環境中の放射性物質は監視されている

- 原子力施設周辺の環境中にある放射性物質を、青森県と事業者が監視（モニタリング）しています。
- 測定しているのは、空間放射線と環境試料中の放射性物質です。

### (1) 空間放射線の測定

環境中にある放射性物質から発生する放射線の量を測定するもので、下記のような設備を設置しています。



**モニタリングステーション**  
次の装置を備え、常時監視しています。

- ガンマ線測定器
- 空気中の放射性物質からのアルファ線、ベータ線、大気中ヨウ素などを測定する装置
- 雨量計、積雪量計



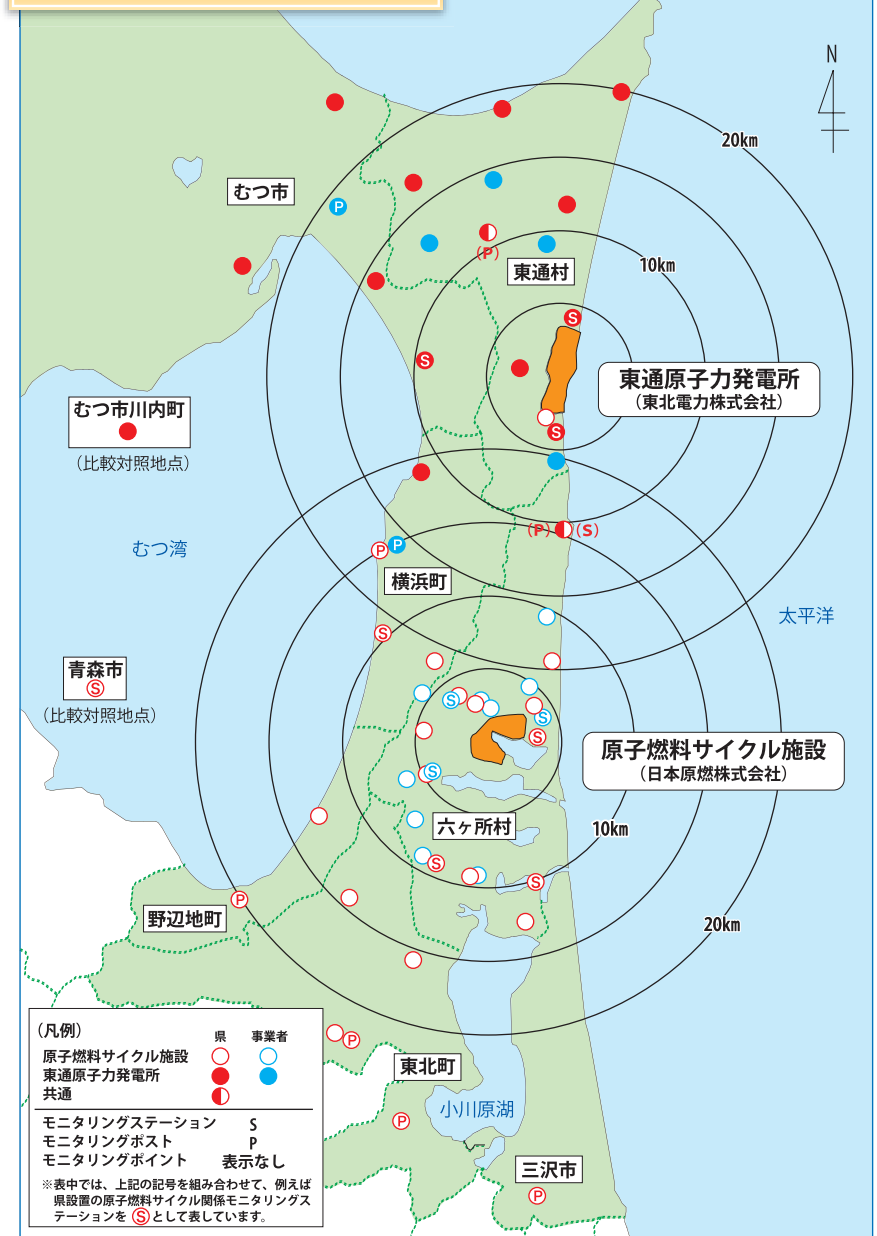
**モニタリングポスト**  
ガンマ線測定器を備え、常時監視しています。



**モニタリングポイント**  
積算線量計を備え、3ヶ月に一度交換して、測定したガンマ線の積算量を調べています。

- 原子燃料サイクル施設（再処理工場等）を対象とした空間放射線の測定は、施設周辺（六ヶ所村及び周辺地域）と青森市で行っています。ステーション9地点、ポスト6地点、モニタリングポイント37地点です。
- 東通原子力発電所を対象とした空間放射線の測定は、発電所周辺（東通村及び周辺地域）とむつ市川内町で行っています。ステーション3地点、ポスト4地点、モニタリングポイント21地点です。
- 平成24年7月操業予定のリサイクル燃料備蓄センターについては、事前調査を行っています。

### 空間放射線の測定場所



出典：青森県原子力センター ホームページ

## (2) 環境試料中の放射性物質の測定

### 原子燃料サイクル施設(再処理工場等)

- 採取場所：六ヶ所村、周辺の陸・海域及び青森市の58カ所で採取
- 採取試料：空気、水、土、農作物、牧草、牛乳、海水、海産物など
- 測定している放射性物質
  - ・ベータ線またはアルファ線を放出するもの：トリチウム、炭素14、  
よう素129、ストロンチウム90、プルトニウム、ウランなど
  - ・ガンマ線を放出するもの：マンガン54、コバルト60、ルテニウム  
106、セシウム134、セシウム137、セリウム144など



### 東通原子力発電所

- 採取場所：東通村、周辺の陸・海域の44カ所で採取
- 採取試料：空気、水、土、農作物、牧草、牛乳、海水、海産物など
- 測定している放射性物質
  - ・ベータ線またはアルファ線を放出するもの：トリチウム、スト  
ロンチウム90、プルトニウム
  - ・ガンマ線を放出するもの：マンガン54、鉄59、コバルト60、  
コバルト58、セシウム134、セシウム137など



出典：青森県原子力センター ホームページ

## 放射線の種類と被ばくの関係

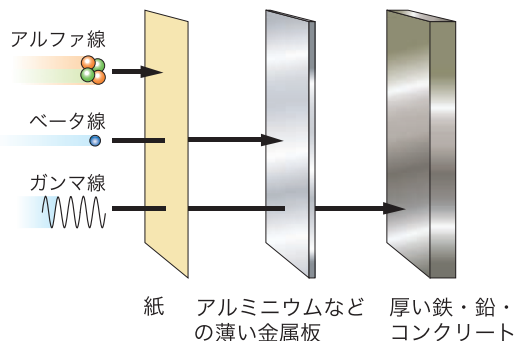
人が放射線を受けることを被ばくと言います。

**外部被ばく**：人の近くの空気中や地面などに存在する放射性物質からの放射線を、体の外側から被ばくする場合。主にガンマ線を被ばくします。

**内部被ばく**：食物の食事または空気の呼吸によって体内に入った放射性物質からの放射線を、体の内側から被ばくする場合。主にベータ線とアルファ線を被ばくします。

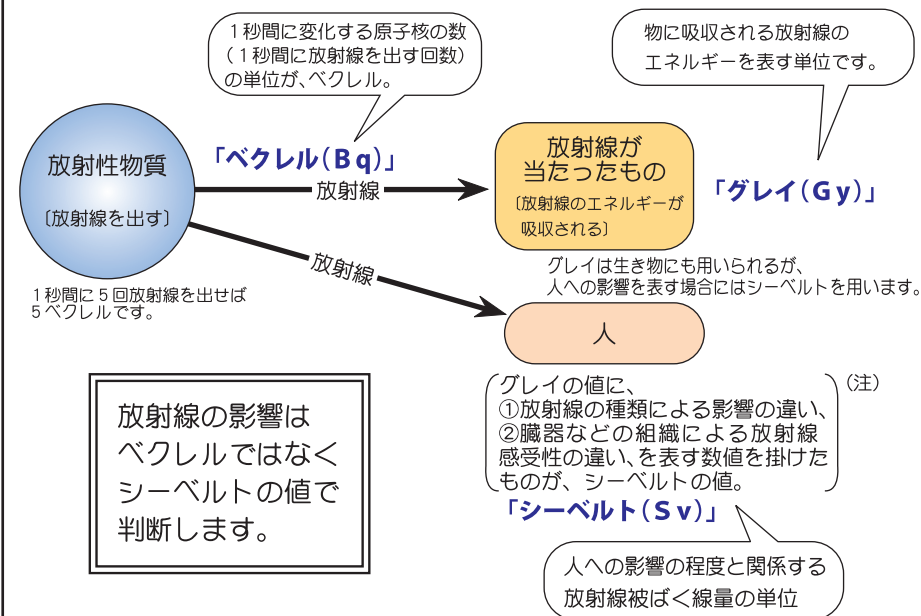
### 放射線の透過力

放射線は種類によって物を透過する力が異なります。放射線が止められたり物を通過する時には、持っているエネルギーを物に与えることでエネルギーを失います。



- ①アルファ線は、物に衝突するとエネルギーのほとんどを失うので、ごく短い距離しか進めません。体内に取り込まれた放射性物質がアルファ線を出す場合に、その影響を考慮することになります。
- ②ベータ線は、物に衝突するとエネルギーの一部を失いながらアルファ線よりは長い距離を進むことができます。その影響の考慮は、体内に取り込まれた放射性物質からのベータ線が主になります。
- ③ガンマ線は、物に衝突するとエネルギーの一部を失いながら、長い距離を進むことができます。透過力が大きいので、体の外から受けるガンマ線の影響を主に考慮します。

## 関連説明 放射線の単位



シーベルトの値 = グレイの値 × 放射線荷重係数 × 組織荷重係数

**放射線荷重係数**：放射線の種類による影響の違いを表す。

- ・ベータ線、ガンマ線が 1
- ・アルファ線が 20

**組織荷重係数<sup>(注)</sup>**：臓器などの組織別の影響の受けやすさを表す。

- ・肺、胃、骨髄などが 0.12
- ・食道、甲状腺、肝臓、乳房などが 0.05
- ・皮膚、骨の表面が 0.01

〔注〕 2010年時点で、日本で用いられている値です。

○全身への影響は、各組織への影響を足し合わせたもので示されます。

○ガンマ線が全身に均等に吸収された場合は、シーベルトの値はグレイの値に等しくなります。組織荷重係数の和が 1 であるためです。

## 受けている放射線の量はどのくらいか

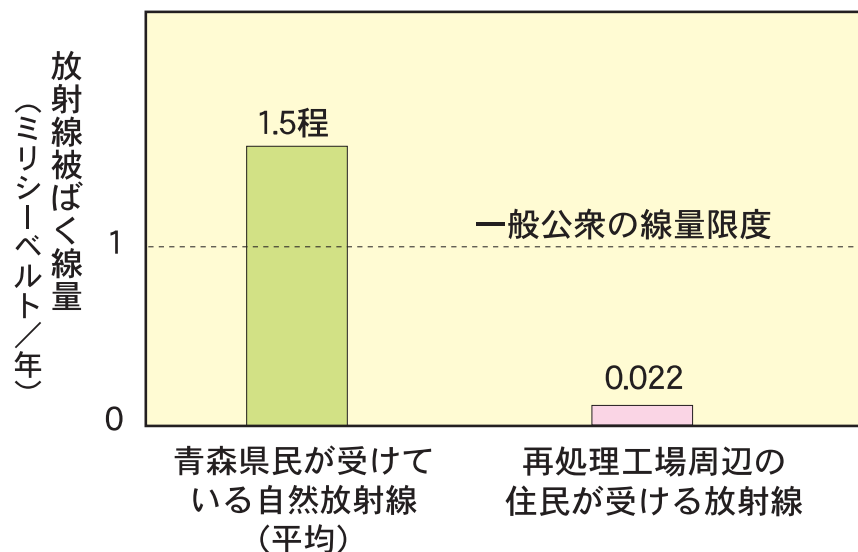
日常生活において自然放射線を受けていますし、近くに原子力施設がある場合には、そこから出される放射性物質からの放射線も受けることになります。

### ①自然放射線

青森県民は、自然放射線を1年間に平均1.5ミリシーベルト程受けています。〔内訳は29ページの通り〕

### ②再処理工場

周辺住民の放射線被ばく線量は1年間に0.022ミリシーベルトと評価されています。〔内訳は右の図の通り〕

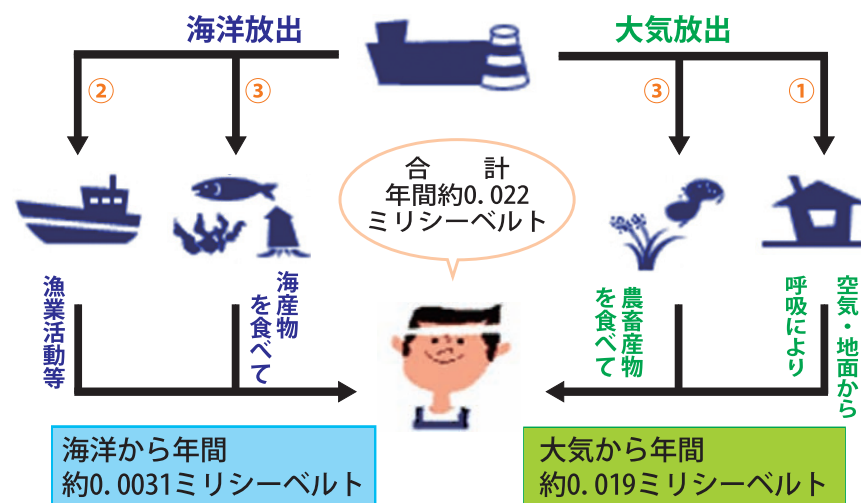


## 再処理工場から出される放射性物質の放射線被ばく線量評価の内訳

次の全ての行為で被ばくする線量を同一人物が受けると仮定して、被ばく線量を計算しています。

- ①敷地外で外部被ばく線量が最も多い場所に、毎日24時間いる。
- ②ほぼ毎日漁業にも従事し、海水や網などに含まれる放射性物質から外部被ばくする。
- ③敷地周辺で生産される農畜産物や海産物のうち、内部被ばく線量が最も多くなるものを毎日食べる。

再処理工場から出される放射性物質の内、放射線被ばくを与える主要なものは、炭素14、クリプトン85、トリチウム、よう素129です。



出典：日本原燃ホームページ



## 自然放射線をどのくらい被ばくしているのか

青森県民が受けている自然放射線を、環境科学技術研究所で調査しました。

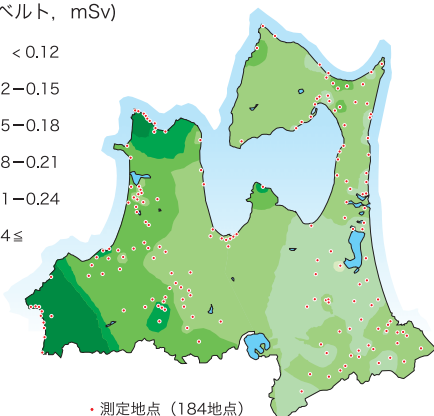
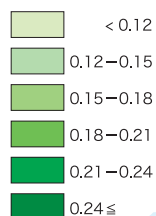
### ①大地からのガンマ線

大地中のウラン、トリウム、カリウム40などの放射性物質から出るガンマ線によって、外部被ばくを受けています。

青森県内の測定結果の平均は、1年間で0.17ミリシーベルトです。

#### 大地からのガンマ線による被ばく線量の分布

年間被ばく線量  
(ミリシーベルト、mSv)



### ②ラドン

大地から空気中に出ているラドンという気体の放射性物質が、呼吸によって肺に入ることによって、内部被ばくを受けています。

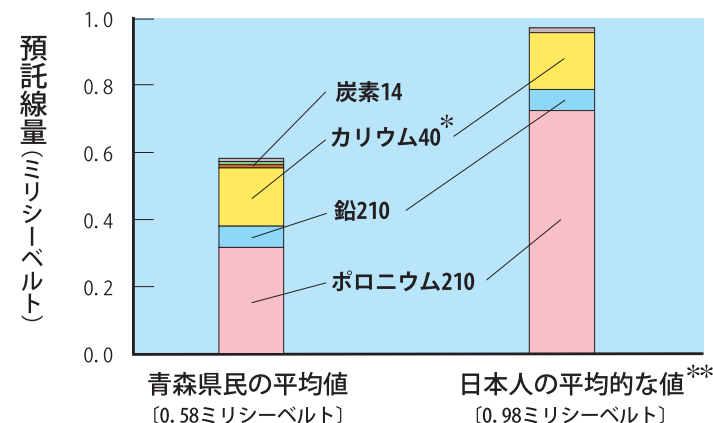
青森県内の測定結果の平均は、1年間で0.39ミリシーベルトです。

### ③食べ物からの放射性物質

食物中にもカリウム40、ポロニウム210などの自然起源の放射性物質が含まれています。それらを食事によって体内に取り込むことで、内部被ばくを受けています。

青森県内の測定結果の平均は、1年間で0.58ミリシーベルトです。

#### 1年間の食事によって体内に取り込んだ放射性物質からの内部被ばく線量



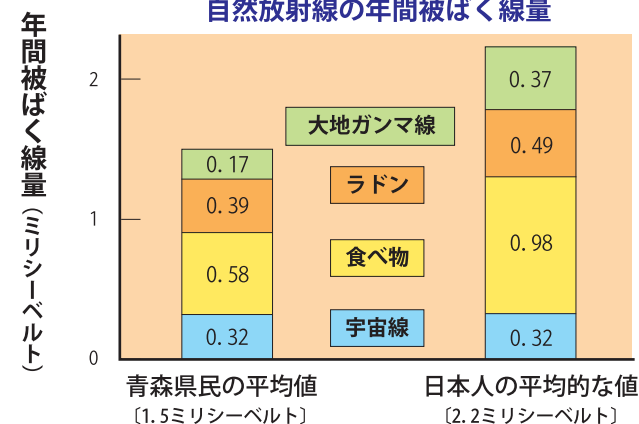
### ④宇宙線

宇宙線によって、外部被ばくを受けています。

被ばく線量は計算で得たものですが、青森県内の計算結果は、日本の平均と同じで、1年間で0.32ミリシーベルトです。

すべての自然放射線を合計すると、青森県民は1年間に平均1.5ミリシーベルトを被ばくしています。

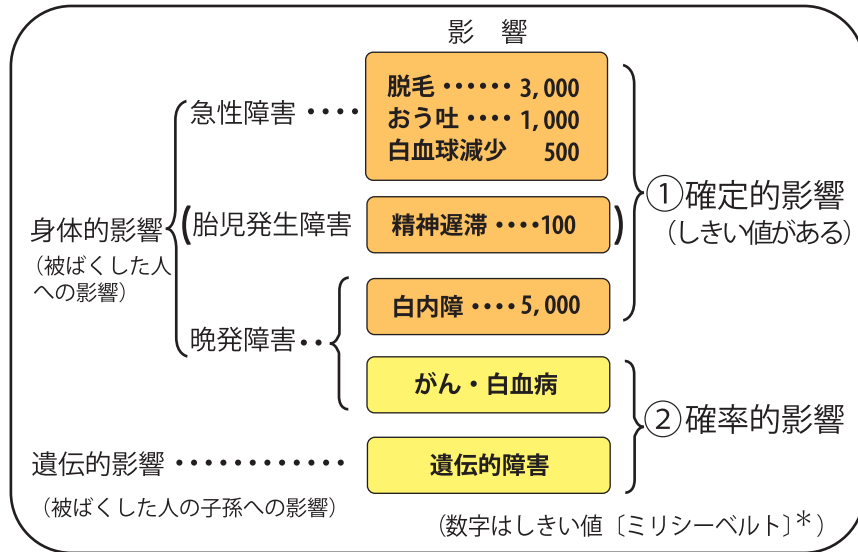
#### 自然放射線の年間被ばく線量



\*Uchiyamaら(1996)Health Phys.,71, pp.320-325.  
\*\*Otaら(2009)Jpn. J. Health Phys.,44, pp.80-88.  
Shiraishiら(1996)Health Phys.,71, pp.700-704.

# 放射線の人への影響

放射線を体に受けた場合の影響は、次のように考えられています。



\*出典「放射線の影響がわかる本」放射線影響協会

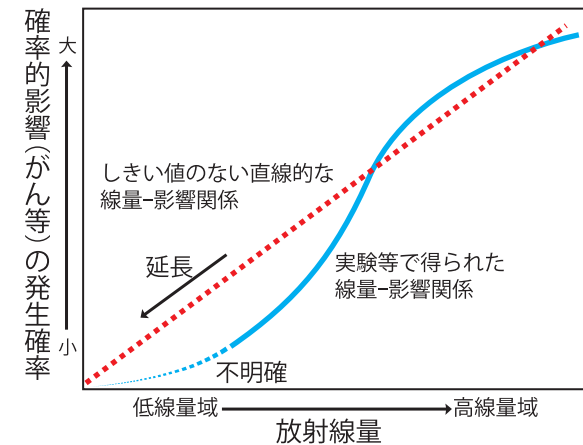
① 確定的影響は、上に示した数値（しきい値）以上の量の放射線を受けると現れます。

② 確率的影響は、受ける放射線の量が増えるとともに、発生する人の割合（確率）が増えます。がんが代表的なものです。

遺伝的障害は、動物実験では認められています、人の場合は原爆被爆者の調査などでも認められていません。

## 受ける放射線の量と確率的影響の関係

受ける放射線の量が少なくなるとともに、がんの発生する確率は小さくなります。さらに少ない約100ミリシーベルト以下の低線量域でのがん発生確率については、明らかにすることが困難です。



[低線量率放射線の影響をどのように調べているか 33ページ参照]

## 低線量放射線による影響の考え方

原子力施設の従業員や周辺の一般公衆が受けるような低線量放射線について、安全に管理するための規制値を定める目的で、以下の仮定をしています。

- 低線量でもがんの発生する確率がある（しきい値がない）と仮定
- その確率は、高線量でのがん発生確率と放射線量との比例関係を低線量にまで直線で延長することにより推定（図の赤い点線）

この考え方を「しきい値のない直線仮説」と呼んでいます。

## 被ばく線量に関する規制値

原子力施設では従業員や一般公衆の安全を守るため、放射線管理が行われています。

①原子力施設で働く放射線業務従事者と施設周辺の一般公衆について、線量限度が法律で定められています。

- 放射線業務従事者の線量限度：5年間で100ミリシーベルト  
(その内1年間の最大は50ミリシーベルト)
- 一般公衆の線量限度：1年間で1ミリシーベルト

②原子力発電所については、周辺の一般公衆の被ばく線量をできる限り少なくするために、線量目標値の指針が定められています。

- 一般公衆の線量目標値：1年間で0.05ミリシーベルト  
(この値は、一般公衆の線量限度の20分の1、青森県民が受けている自然放射線1.5ミリシーベルト程の約30分の1です。)

③再処理工場については、再処理事業指定申請書で周辺の一般公衆の被ばく線量を評価するために設定した各放射性物質の放出量を、管理目標値にしています。

- 一般公衆の線量評価値：1年間で0.022ミリシーベルト  
(この値は、一般公衆の線量限度の約50分の1、青森県民が受けている自然放射線1.5ミリシーベルト程の約70分の1です。)

## 関連説明 線量限度の設定根拠

一般公衆の線量限度を設定するため、以下の2つの根拠がICRP（国際放射線防護委員会）で検討されました。

①がん発生確率を計算

- がん発生確率に関する「しきい値のない直線仮説」に基づいて、低線量でのがん発生確率を計算しました。

低線量放射線による影響の考え方 32ページ

- 社会で受け入れられているがん発生確率と同じがん発生確率を与える放射線被ばく量は、年間1ミリシーベルト程度でした。

②自然放射線の場所による変動を考慮

- 平均値：ラドンを除く自然放射線の被ばく線量の世界平均は、年間約1ミリシーベルトです。  
(例えば、青森県民はラドンを除くと1.1ミリシーベルトの自然放射線を被ばくしています。)
- 地域差：世界的にみて、海拔の高い場所やある地域では、自然放射線の被ばく線量が平均値の少なくとも2倍あります。

これらの根拠に基づき、社会的に容認できる放射線被ばく量として、1年間で1ミリシーベルトが一般公衆の線量限度とされました。

## 低線量率放射線の影響をどのように調べているか マウスを用いた動物実験

### ①被ばくした人の調査

- 原子力関連施設作業員、医療放射線技師、高自然放射線地域住民などに対して、がん発生率などが調べられている。

しかし、人の調査については次のような課題があります。

- 調査集団の人数が少ない（低線量になるほど多くの人数が必要）。
- タバコ、食物などの化学物質の影響がある。

そのため、マウスを用いた動物実験で低線量率放射線の影響を調べ、人への影響を推定する研究が、環境研で進められています。

### ②マウスを用いて行った調査

環境研では最初に、低線量率の放射線を受けたマウスの寿命について調べました。

- マウスに右表の通りの放射線（ガンマ線）を約400日間照射

照射しないで育てたマウスと比較しました。

- 総線量で20ミリグレイの低線量放射線を照射したマウスでは、寿命の短縮は認められなかった。



放射線照射室

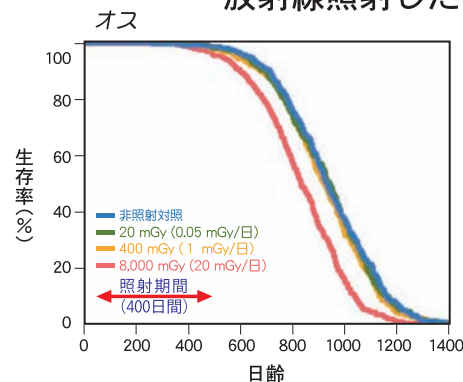
部屋の中央にセシウム137という放射性物質を置いて、ガンマ線をマウスに照射しています。

### ③寿命試験の結果を受け、さらに遺伝子レベルで低線量率放射線の影響を調査しています。

マウスに照射した放射線量のレベル

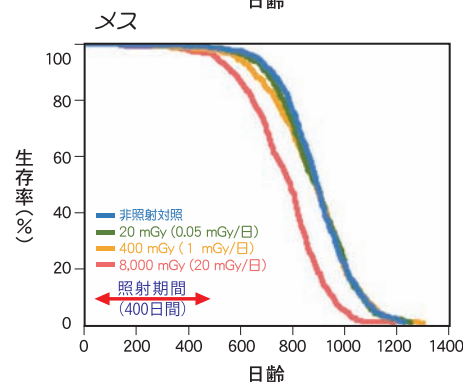
線量率 (ミリグレイ/日)	総線量 (ミリグレイ)	総線量のレベル
0.05	20	自然放射線レベルの約20倍 放射線業務従事者の線量限度の 年平均に相当
1	400	原爆被爆者の平均被ばく線量の 範囲に相当
20	8,000	発がん等の影響が確実に現れる 線量と予測

放射線照射したマウスの生存曲線



オスマウス  
20ミリグレイと400ミリグレイ照射したマウスは、非照射マウスに比べて、寿命の短縮は認められませんでした。

8000ミリグレイ照射したマウスは、約100日寿命が短縮しました。



メスマウス  
20ミリグレイ照射したマウスは、寿命の短縮は認められませんでした。

400ミリグレイ照射したマウスは約20日、8000ミリグレイ照射したマウスでは約120日、寿命が短縮しました。

放射線の単位 26ページ

## 低線量率放射線の影響をどのように調べているかなぜ遺伝子レベルの実験が必要か

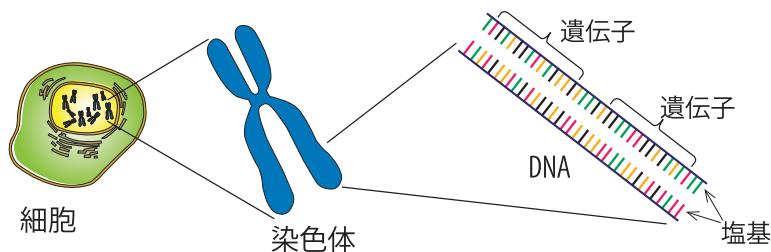
### 人とマウスを結びつける実験

環境研では、人への低線量率放射線の影響を、マウスを用いた動物実験の結果から推定するため、次の実験を行っています。

- 放射線によりがんの発症する仕組みを、遺伝子や免疫細胞の変化などから調べる。

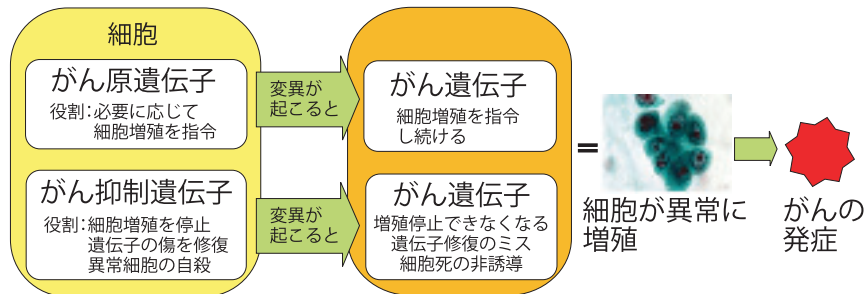
### 関連説明 遺伝子は細胞内のDNA上にある

遺伝子は生物の体の設計図であり、細胞内のDNA上にあります。



### 関連説明 がんに関する遺伝子の役割の変化

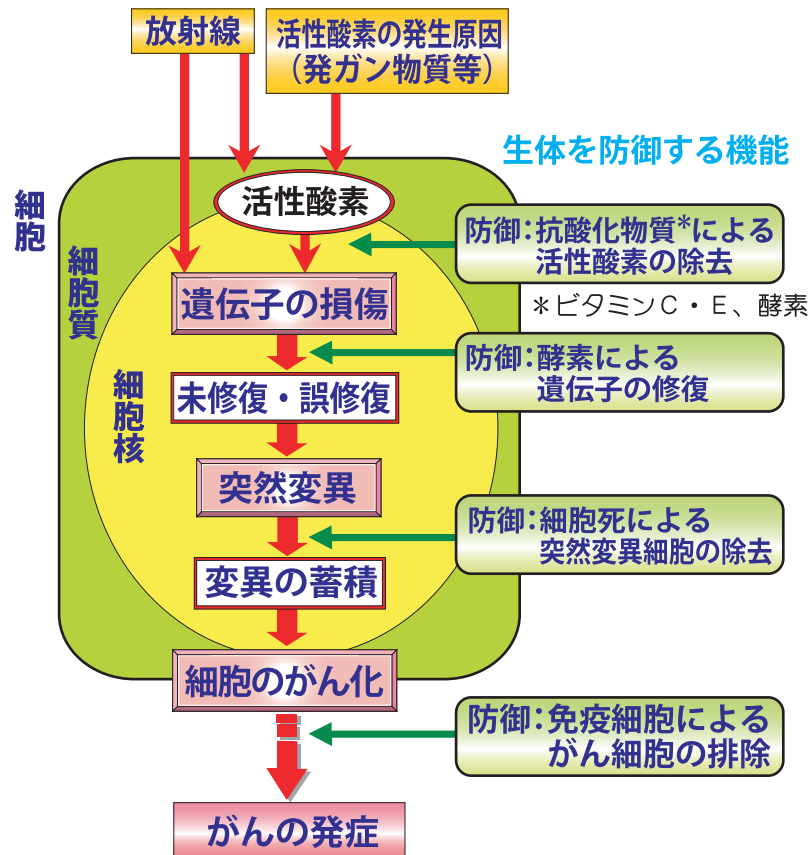
がんに関する遺伝子は、正常な細胞中では細胞増殖などに関係しています。これらの遺伝子に変異が起こると細胞が異常に増殖し、がんが発症します。



## 関連説明 がんは遺伝子の損傷から始まる

- 放射線の被ばく後、がんを発症するまでには様々な段階を経ます。その出発段階は、細胞の増殖に関する遺伝子の損傷です。
- 生物には、生体を防御する機能もあります。その機能が正常に働かなかつた場合に、細胞が異常に増殖しがんになります。

### がん発症までの段階



財団法人 環境科学技術研究所 総務部 広報・研究情報課

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駁字家ノ前1番7  
TEL 0175-71-1200(代表)・FAX 0175-72-3690