

## 放射線等に関する基礎知識



### 「放射線のカルテット」の授業を通して

平成27年2月に、本校の4～6年生を対象に長崎大学東京事務所の堀口逸子先生に「放射線のカルテット」を用いた放射線教育の授業を行っていただきました。

「放射線のカルテット」については、平成26年6月に行われた福島県教育委員会の指導者養成研修会の後、堀口先生からご紹介いただき、懇親会会場で実際に経験した記憶がありました。それは、私がそれまで考えていた放射線教育の範疇を飛び越えて、「大変楽しい放射線教育」という印象を与えてくれた内容でした。

本校の子どもたちは、どうだろう。カルテットのルールを短時間で理解できるだろうか。内容は、難しくないだろうか。楽しく学習することが可能だろうか。また、実際に授業が始まり、堀口先生の説明を聞きながらも、子どもたちの様子をうかがいながら心配しておりました。授業導入時でアンケートに取り組む子どもたちも自信なさげな様子でした。

しかし、「案ずるより産むが易し」。子どもたちは、とても楽しくカルテットに取り組むことができました。「そうか、さっきのアンケートの答えは、これだったんだ。」と確認しながら、カードを見つめる子。「へえ、ジャガイモに放射線が利用されているの。」と、カードの絵と文を比べながら感心している子。

最初は、ルールを確認するので精一杯だった子どもたちも、慣れるに従って、カードのカテゴリーの色を確認し、文字や絵を読みながら、ゲームに取り組むようになりました。

そして、2回目にも挑戦。ゲーム終了後のアンケートにも、自信をもって書き込む様子が見られました。

授業終了後、「とても楽しかった。」「アンケートの問題が最初は分からなかったけど、最後は分かった。」「もう1回やりたかった。」という声が、笑顔とともに聞かれました。

今回は、4～6年生に授業をしていただきましたが、このカルテットは、どの学年でも子どもたちの実態に合わせて楽しく取り組めると思いました。また、アンケートの設問内容を入れ換えたり、カルテットの進め方を工夫したりと、授業のねらいに沿っていろいろな使い方ができるといことも感じました。いただいたカルテットは、今、各学級で使われています。放射線教育への新しい切り口を教えていただいた一日でした。ぜひ、このカルテットが、多くの学校で試されることを期待しております。

# 1 原子と原子核

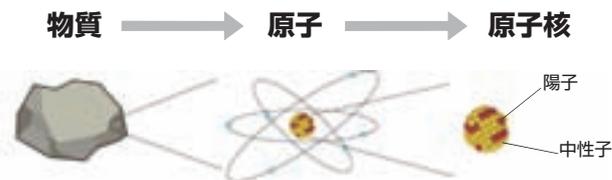
## (1) 原子と原子核

世の中には、およそ 110 種類ほどの元素※があり、私たちの体や食べ物、空気、水、洋服、机など、身の回りのすべての物質は、原子の結びつき(組み合わせ)によって作られている。

原子は、原子核とその周りを動く電子からなり、原子核は、陽子と中性子でできている。

原子は、とても小さく約 1 億分の 1 cm の大きさしかなく、原子核は、さらに小さく約 1 兆分の 1 cm の大きさである。原子の化学的性質は、陽子の数(原子番号)によって決定されている。

原子番号は陽子の数を表し、陽子の数と中性子の数を合わせたものが質量数となる。(電子の質量は、陽子や中性子の質量のおよそ 1840 分の 1 に過ぎないため、原子の質量は原子核の質量にほぼ等しい。) ※元素は、原子番号が同じ原子のグループ。

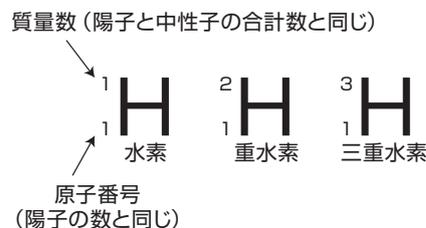


## (2) 同位体・同位元素 (アイソトープ)

同じ原子番号の元素でも質量数が異なる(中性子の数が異なる)ものを同位体または同位元素(アイソトープ)という。

例えば、水素の原子核は、大半が陽子 1 個だけからできている(存在比 99.9885%)が、陽子・中性子ともに 1 個からできた重水素(存在比 0.0115%)や陽子 1 個と中性子 2 個からできた三重水素(ごく微量)と呼ばれるものがあり、地球上の元素の多くは、何種類かの同位体がほぼ一定の割合で混ざって存在している。

同位体の中でも放射線を出さないもの(例えば水素、重水素)を安定同位体、放射線を出すもの(例えば三重水素、トリチウムとも呼びます。)を放射性同位体(ラジオアイソトープ)という。



# 2 放射線に関する基礎知識

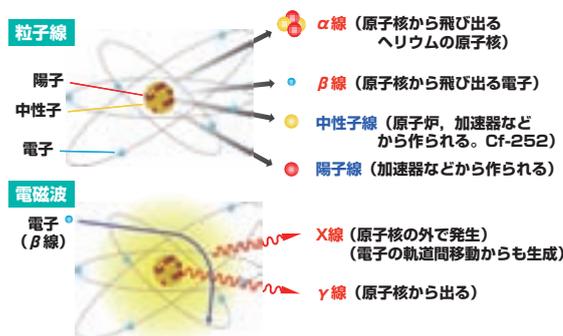
## (1) 放射線の種類

自然界に存在する炭素原子の約 99% は陽子と中性子がともに 6 個の炭素 12 だが、中性子が 8 個の炭素 14 もわずかに存在する。炭素 14 は不安定な同位体で、安定な窒素 14 に変わる際に放射線を出す。

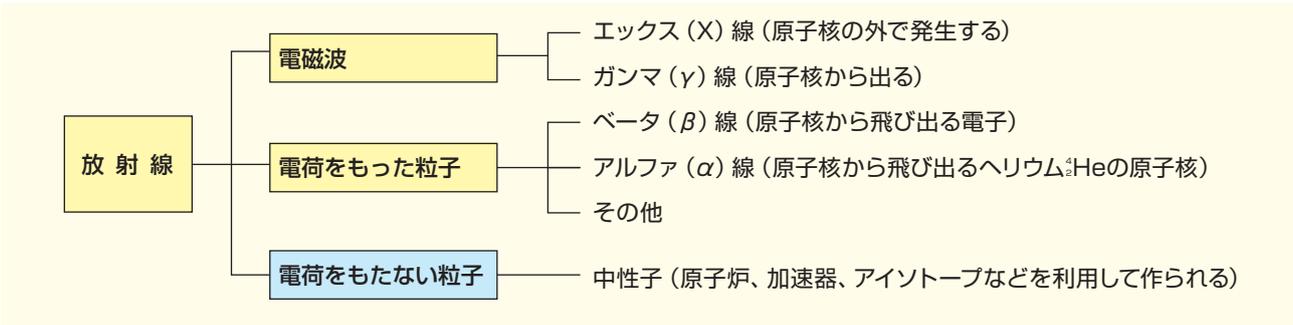
放射線は、高いエネルギーをもった光の速さに近い高速の粒子(粒子線)や電磁波である。放射線は目に見えないが、物質を透過する性質や原子を電離(イオン化: 原子中の電子が増減すること)する性質がある。

高速の粒子の放射線には、 $\alpha$  線、 $\beta$  線、中性子線などがある。

また、電磁波は波の性質をもっていて、テレビやラジオの放送に使われている電波や自然の光なども含まれるが、電磁波のうち波長の短い(エネルギーの高い) X 線や  $\gamma$  線を放射線として区別している。



※本章の内容は、「小学生のための放射線副読本～放射線について学ぼう～」 「中学生・高校生のための放射線のための放射線副読本～放射線について考えよう～」(文部科学省が平成 26 年度に使用するために配布されたもの)の内容等を研修用にまとめたものです。



## (2) 放射性物質と放射能、放射線

放射線を出す物質を「放射性物質」、放射線を出す能力を「放射能」といい、電球に例えると、放射性物質が電球、放射能が光を出す能力、放射線が光といえる。

放射性物質（放射性同位体）の例としては、宇宙線によって生成され空気中に存在する炭素14、植物に含まれるカリウム40、岩石などに含まれるラジウム226、そのラジウムから生まれる空気中のラドン222のほか、ヨウ素131、セシウム137、ウラン238などがある。

なお、人が放射線を浴びても、放射能をもつようにはならない。これは、電球で照らされた人が光を出す能力をもつことにはならないことと同じである。



## (3) 放射線の種類と性質

### ■ 透過作用

放射線には、<sup>アルファ</sup> $\alpha$ 線、<sup>ベータ</sup> $\beta$ 線、<sup>ガンマ</sup> $\gamma$ 線、<sup>エックス</sup>X線、中性子線などの種類があり、どれも物質を透過する能力をもっている。放射線が物質を通り抜けることを透過作用と呼ぶ。その能力は放射線の種類によって異なり、例えば、<sup>アルファ</sup> $\alpha$ 線は紙1枚でも遮（<sup>さえぎ</sup>）られるが、<sup>ベータ</sup> $\beta$ 線はアルミニウム板など、材料や厚さを選ぶことにより遮（<sup>さえぎ</sup>）ることがでる。

放射線（<sup>さえぎ</sup>）を遮（<sup>さえぎ</sup>）ることを「遮へい」という。

病院の<sup>エックス</sup>X線撮影は、原子番号の大きい重い元素ほどX線を吸収することから人体を透過した際に生じる吸収のフィルムに投影して画像を作成している。こうした透過作用の差を利用して、水位や鉄板、紙などの厚さを測ることができる。また、工業的には鉄板や紙などの厚さを測定することに、放射線の透過作用の差を利用している。

**放射線 放射線の透過力**

放射線は、いろいろな物質でさえぎることができる

|            |                |               |                        |
|------------|----------------|---------------|------------------------|
| $\alpha$ 線 | $\beta$ 線      | $\gamma$ 線・X線 | 中性子線                   |
|            |                |               |                        |
| 紙          | アルミニウムなどの薄い金属板 | 鉛や鉄の厚い板       | 水素を含む物質<br>例えば水やコンクリート |

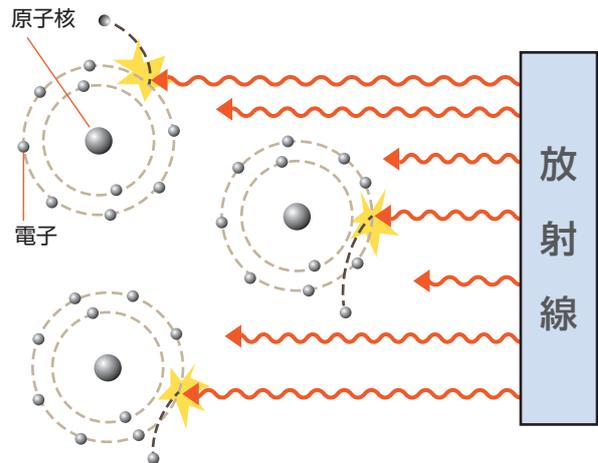
(出典) 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成24年度版 ver.2012001

## ■ 電離作用

放射線が原子を通過する時に、電子をはじき飛ばす働きを電離作用と呼び、残った原子は、プラスの電荷をもった原子（イオン）になる。

これらの作用を用いて原子の構造を変えることができ、例えば、プラスチックなどの高分子に放射線を当てて、原子の結び付きを変えることで、丈夫な素材を作ることができる。

また、放射線測定器であるGM計数管などは、筒の中に入った空気または不活性ガスが放射線によって電離されることを利用して、電離した電荷を集め、これを信号として捉えて放射線を測定している。

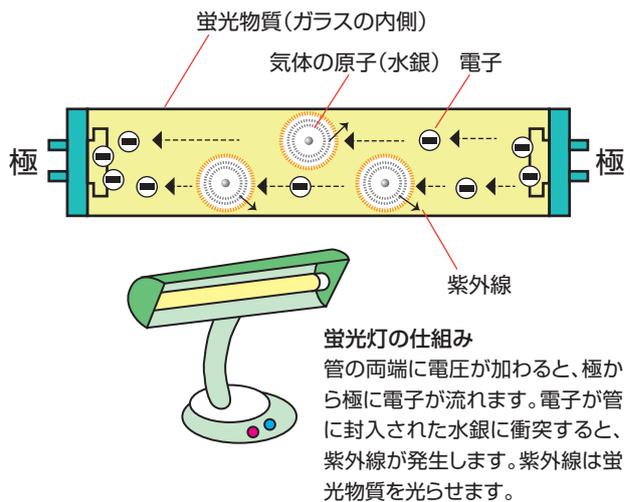


## ■ 蛍光作用

蛍光作用とは、紫外線や放射線などが特別な物質に当たった時、その物質から特殊な光を出させる働きのことである。

この光を蛍光といい、蛍光を出す物質を蛍光物質という。

放射線測定器であるシンチレーション式サーベイメータは、蛍光作用を利用し、放射線が当たると測定器の中の結晶性の物質が光り、これを信号として捉えて放射線を測定している。



## (4) 放射線・放射能の単位

### ■ ベクレル (Bq)

1秒間に壊変(崩壊)する原子核の数のことで、放射性物質が放射線を出す能力(放射線の強さ)を表す単位である。1ベクレルとは、1秒間に一つの原子核が壊変することを表し、数値が大きいほど放射線を放出して壊変する原子核が多いことになる。

なお、放射性物質がどの位の濃度で物質の中に含まれているかを表す表記は  $Bq/kg$  である。

### ■ 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である。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す。

(※ 水1gの温度を1℃上げるのに必要な熱量は約4.2ジュール)

■ 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である。  
 なお、よく使われる単位として、

|                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| 1 mSv (ミリシーベルト)   | = 0.001 Sv (千分の一シーベルト)     |
| 1 μSv (マイクロシーベルト) | = 0.001 mSv (千分の一ミリシーベルト)  |
|                   | = 0.000001 Sv (百万分の一シーベルト) |

県や市町村などが発表している1時間当たりのものとして、

$$\mu\text{Sv} / \text{h} \text{ (マイクロシーベルト・パー・アワー)}$$

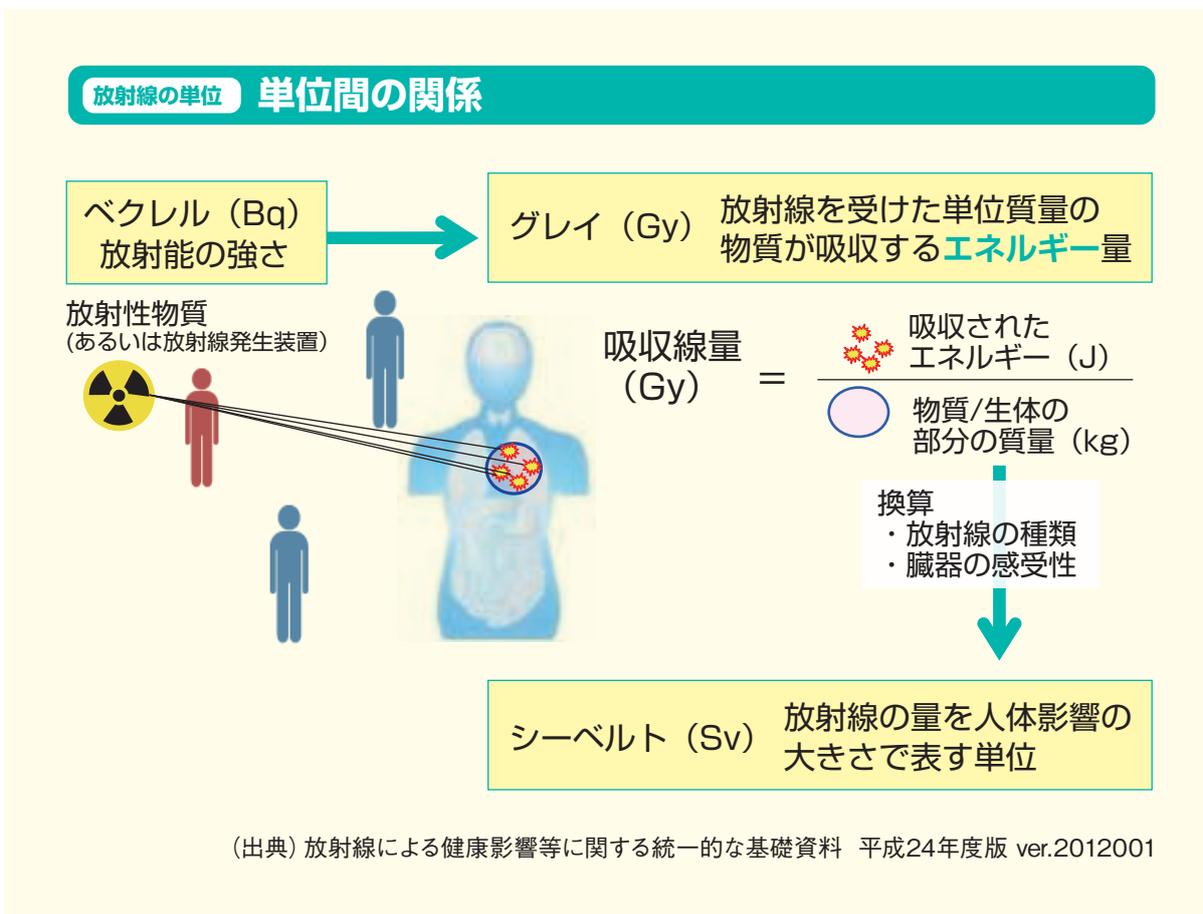
がある。

放射線が人に与える影響は、放射性物質の放射能の強さ (ベクレル) の大小で比較するのではなく、放射線の種類やエネルギーの大きさ、放射線を受けた身体の部位なども考慮した数値 (シーベルト) で比較する必要がある。

放射性物質の種類によって放出される放射線の種類やエネルギーが異なるので、同じ1000ベクレルの放射能であっても放射性物質が違えば、人体に与える影響の度合い (シーベルト) の大きさは異なる。

放射線の物理線量 (グレイ) が同じ場合、<sup>アルファ</sup>α線の方が<sup>ベータ</sup>β線や<sup>ガンマ</sup>γ線より人体への影響が大きいため、α線のシーベルト値はβ線やγ線の20倍に換算することになっている。

また、放射性物質からの距離や遮へい物の有無によっても放射線の強さは異なり、人体への影響も異なる。



## (5) 放射性物質の半減期

### ■ 物理学的半減期

放射性物質の量は時間が経つにつれて減り、放射能は弱まる。放射性物質の量の減り方には規則性があり、ある時間が経つと放射性物質の量は半分に減る。この時間を半減期といい、放射性物質の種類によって一定である。

壊変によって始めの原子核の数が半分になるまでの時間を半減期（物理学的半減期）という。

半減期（物理学的半減期）は、放射性物質によって、数秒のものから100億年を超えるものまでである。

半減期は、考古学などの年代測定に利用されている。生きている動植物には常に自然界と同じ割合の炭素14が含まれるが、死後は炭素が取り込まれないことから、不安定な同位体である炭素14の割合が減少する。遺跡などの出土品に含まれる炭素14の割合から、死後の経過年数が計算できるため、その遺跡の年代を推定することができる。

### ■ 生物学的半減期

体内に取り込まれた放射性物質の量が代謝や排泄により体の外へ排出されて半分になるまでの時間を生物学的半減期という。

### ■ 実効半減期

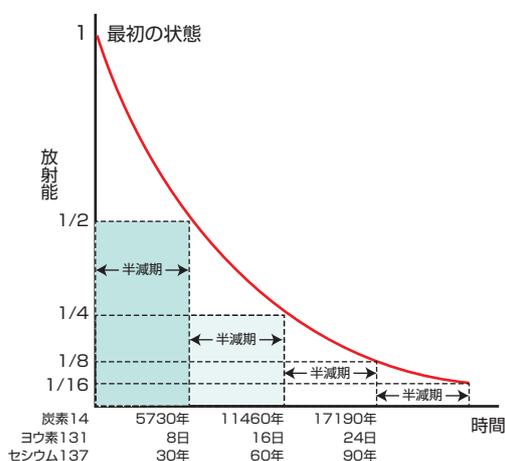
物理学的半減期と生物学的半減期を両方考慮したものを実効半減期といい、体内の実際の放射性物質の量が半分になるまでに要する時間は、

$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_p} + \frac{1}{T_b}$$

$T_e$  : 実効半減期  
 $T_p$  : 物理学的半減期  
 $T_b$  : 生物学的半減期

という関係式から求めることができる。

例えば、ヨウ素131の物理学的半減期は8日、生物学的半減期は80日であるため、実効半減期は約7.3日となる。同様にして、セシウム137の物理的半減期は30年、生物学的半減期は100日であるため、実効半減期は約99日となる。



| 放射性物質(放射性元素) | 放出される放射線*               | 物理学的半減期 |
|--------------|-------------------------|---------|
| トリウム232      | $\alpha, \beta, \gamma$ | 141億年   |
| ウラン238       | $\alpha, \beta, \gamma$ | 45億年    |
| カリウム40       | $\beta, \gamma$         | 13億年    |
| 炭素14 (C-14)  | $\alpha, \gamma$        | 5730年   |
| セシウム137      | $\beta$                 | 30年     |
| ストロンチウム90    | $\beta, \gamma$         | 28.7年   |
| コバルト60       | $\beta$                 | 5.3年    |
| セシウム134      | $\beta, \gamma$         | 2.1年    |
| ヨウ素131       | $\beta, \gamma$         | 8日      |
| ラドン220       | $\alpha, \gamma$        | 55.6秒   |

\*壊変生成物（原子核が放射線を出して別の原子核になったもの）からの放射線を含む

出典：(社)日本アイソトープ協会「アイソトープ手帳10版」

### 3 放射線による影響

#### (1) 身の回りにある放射線

##### ■ 宇宙線

私たちは、宇宙から地球に降り注ぐ放射線の一種である宇宙線を受けており、高度の高い位置に行くほど、より多くの宇宙線を受けることになる。

例えば、ジェット機で東京ーニューヨーク間を往復（約20時間）した時の宇宙線から受ける放射線量は、約0.2ミリシーベルトとなる

##### ■ 大地からの放射線

大地の岩石や土などに放射性物質（トリウム、ウランなど）が含まれているため、大地からも放射線を受けている。

##### ■ 食べ物や飲物、呼吸によって取り込んだ放射性物質からの放射線

例えば、カリウムは自然界に存在するミネラル成分の一元素であり、人間の体内の塩分を低下させ血圧の上昇を制御するなど健康を保つために必要不可欠な元素である。

このカリウムには、カリウム40という放射性物質がごくわずか（0.012%程度）含まれていて、カリウム40は食べ物と一緒に体内に取り込まれる。また、空気には岩石から微量に放出されるラドンというガス状の放射性物質が含まれており、呼吸により体内に取り込まれている。こうした放射性物質は、時間の経過によって少なくなり、また、新陳代謝されるため体内でほぼ一定の割合に保たれている。

#### 体内、食物中の自然放射性物質

##### ●体内の放射性物質の量

|               |           |
|---------------|-----------|
| カリウム40        | 4,000ベクレル |
| 炭素14          | 2,500ベクレル |
| ルビジウム87       | 500ベクレル   |
| 鉛210・ポロニウム210 | 20ベクレル    |

（体重60kgの日本人の場合）

##### ●食物(1kg)中のカリウム40の放射性物質の量(日本)

|   |   |   |
|---|---|---|
| 干しいたけ<br>(700)  | ポテトチップス<br>(400)  | ほうれん草<br>(200)  |
|  |  |  |
| 牛乳 (50)   | 魚 (100)   | 米 (30)  |
|  |  |  |

（公財）原子力安全研究協会「生活環境放射線データに関する研究」（1983年）より作成

#### (2) 自然放射線と人工放射線

##### ■ 自然放射線…宇宙線や大地、飲食物からの放射線

私たちは年間1人当たり約2.1ミリシーベルト（日本平均）の自然放射線を受けている。

##### ■ 人工放射線…医療や工業、農業など色々な用途に利用するために作られた放射線

病院の診断などに用いられる<sup>エックス線</sup>X線撮影やCTなどの<sup>エックス線</sup>X線、核分裂のエネルギーを取り出す原子力発電所で生まれる放射線などがある。

### (3) 外部被曝と内部被曝

#### ■ 外部被曝…放射性物質が体の外部にあり、体外から被曝する（放射線を受ける）こと

外部被曝は、大地からの放射線や宇宙線などの自然放射線とX線撮影などの人工放射線を受けたり、着ている服や体の表面（皮膚）に放射性物質が付着（汚染）して放射線を受けたりすることによって起こる。

放射線は、体にとどまることはなく、

放射線を受けたことが原因で人やものが放射線を出すようになることはない。

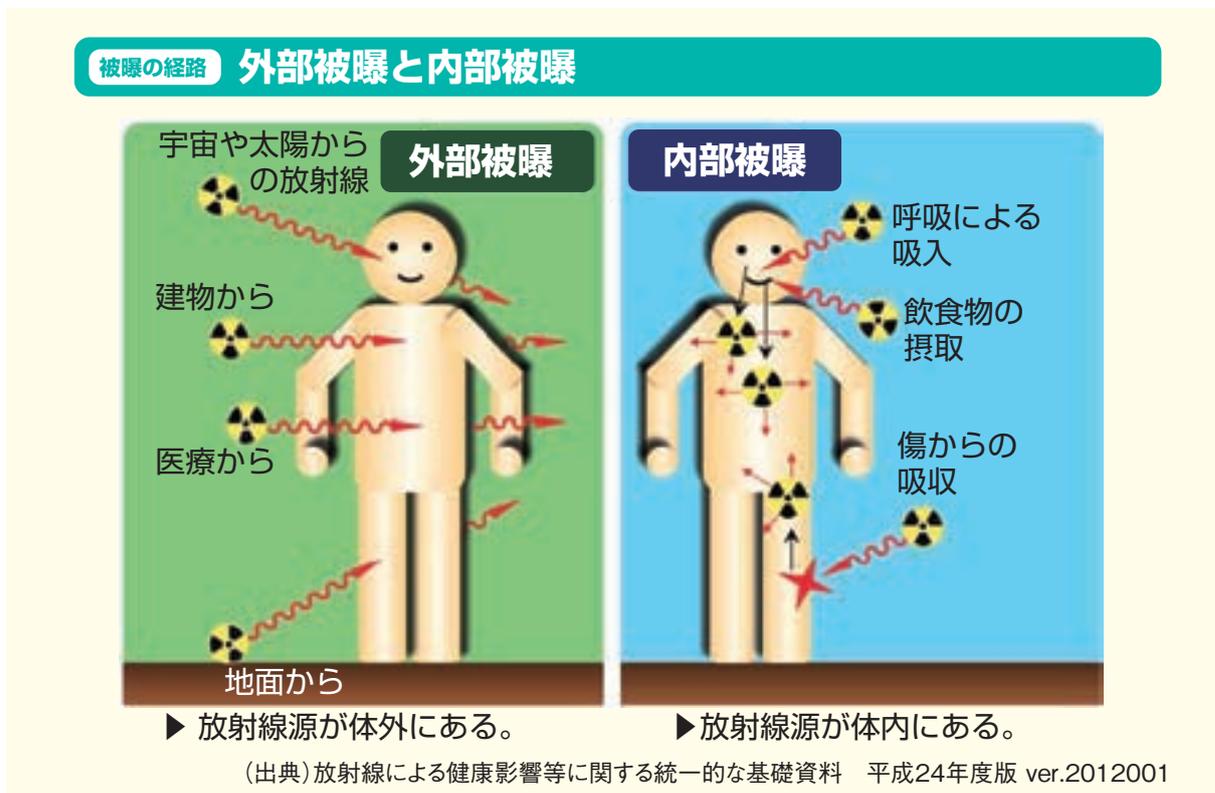
付着した放射性物質の種類や量によっても異なるが、今回の事故の場合は、万一放射性物質が付着してしまっても、シャワーを浴びたり衣類を洗濯したりすれば洗い流すことができる。

#### ■ 内部被曝…放射性物質が体の内部にあり、体内から被曝すること

内部被曝は、空気を吸ったり、水や食物などを摂取したりすることにより、それに含まれている放射性物質が体内に取り込まれると、体内で放射線が出されることによって起こる。放射性物質がいったん体内に取り込まれると、洗い流すように簡単には取り除くことはできないので、その意味では外部被曝よりも注意する必要がある。体内に取り込まれた放射性物質は徐々に体外に排出される（種類によって排出の速さが違う）。

不必要な内部被曝を防ぐには、原子力事故由来の放射性セシウムのような、放射性物質の摂取量をできるだけ少なくすることが大切である。なお、カリウムは生物に必要な元素で、自然界に存在する放射性カリウムは原子力事故以前からほとんどの食品に含まれている。体の中のカリウム濃度は一定に保たれているので、カリウムをたくさん食べたからといって、余計に蓄積するものではない。

体内に取り込まれた放射性物質の量は、ホールボディカウンターや採取した尿や呼気などを検出器によって調べることで、測定することができる。



なお、「被曝」と「被爆」とは意味が異なる。

被曝…放射能（線）にさらされること。被爆…爆撃をうけること。特に原水爆の被害を受けること。

#### (4) 放射線量と健康との関係

放射線による人体への影響に関する研究は、広島・長崎の原爆被爆者の追跡調査などの積み重ねにより進められてきている。しかし、放射線が人の健康に及ぼす悪影響については、まだ科学的に十分な解明がなされていない。

一度に多量の放射線を受けると、人体を形作っている細胞が壊されて、様々な影響が出る。しかし、100 ミリシーベルト (mSv) 以下の低い放射線量を受けることで将来がんなどの病気になるかどうかについては、明確な証拠は得られていない。

普通の生活を送っていても、がんはいろいろな原因で起こると考えられている。放射線によるがんとうような他の原因によるがんは区別がつかないため、少しの放射線が原因でがんになる人が増えるかどうかについて、未だ明確な結論は出ていない。また、これまで、様々な研究がなされているが低い線量の放射線被曝をした人の子孫に放射線の影響が伝わるといった証拠は得られていない。

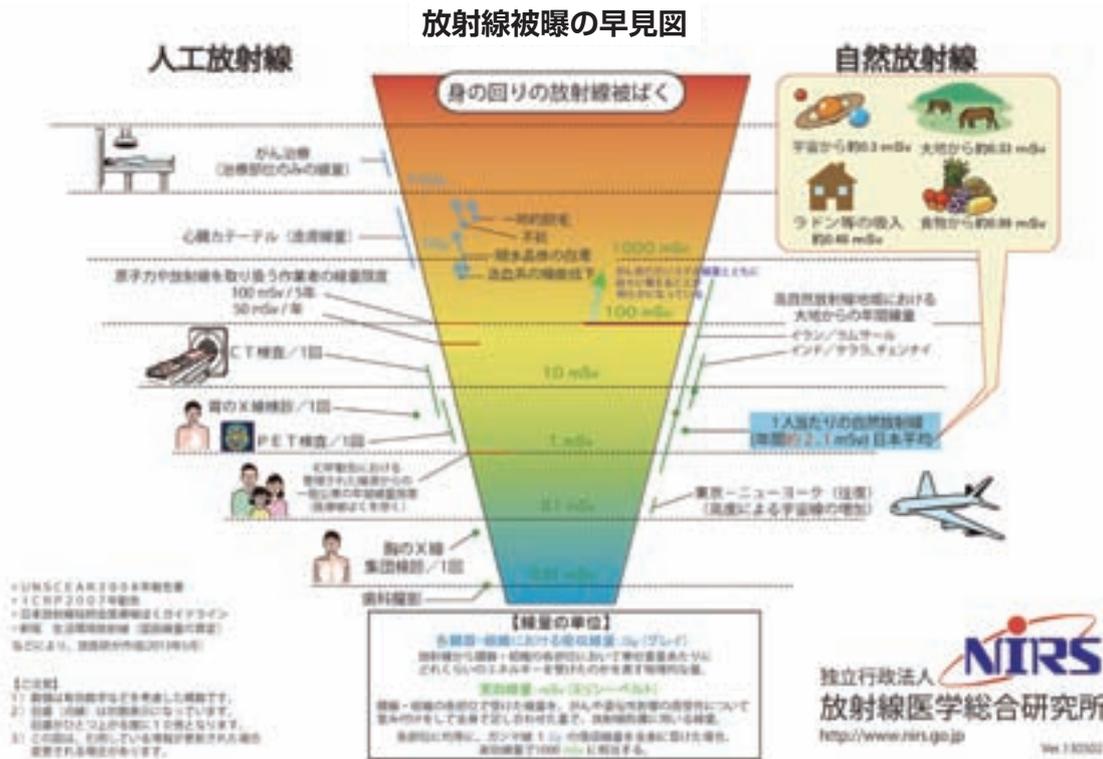
しかし、低線量被曝については、安全性を確保するために、多くの知恵を集めて、早急に検討し、対処することが必要である。

専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行う民間の国際学術組織である国際放射線防護委員会 (ICRP) は、科学的には影響の程度が解明されていない少量の放射線を受けた場合でも、線量とがんの死亡率との間に比例関係があると仮定して、合理的に達成できる範囲で線量を低く保つように勧告している。

高線量被曝が原因で、将来がんになる可能性は大人よりも子供の方が高いことが知られている。一方、低線量被曝による影響は小さくて、大人と子供でどれだけ違うかははっきりとはわかっていない。

ICRP では、低線量率で 100mSv を受けたとすると、がんで亡くなる可能性がおよそ 0.5% 増加すると仮定して放射線防護を考えることにしていた。現在の日本人は、およそ 30% の人ががんにより亡くなっているので、100mSv を受けるとおよそ 30.5% ががんで亡くなるという計算になる。自然放射線であっても人工放射線であっても、受ける放射線量が同じであれば人体への影響の度合いは同じである。

なお、「放射線被ばくの早見図」には、福島第一原子力発電所事故の影響は考慮されていない。今後は、これまでの平常時の被曝量に、事故による被曝量を加算することが必要である。



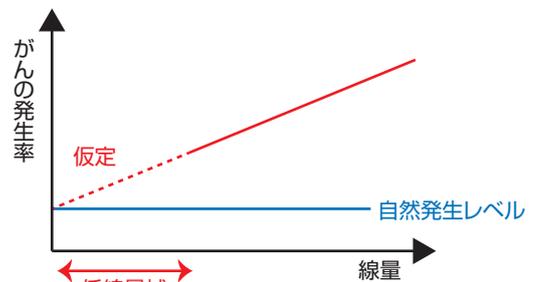
## (5) 確定的影響と確率的影響

### ■ 確定的影響

確定的影響は主に、高線量被曝時に見られる障害である。確定的影響には、ある線量を超える  
と症状が現れる「しきい値(しきい線量)」があり、臓器や組織に症状が現れる。しきい値とは「家  
のしきい」由来の言葉である。

### ■ 確率的影響

発がんを中心とする確率的影響については、1個の細胞にDNAの傷がいくつも蓄積してがん  
が起こりうるという、非常に単純化された考えに基づいて、影響の発生確率は被曝線量に比例す  
るとされている。つまり、確率的影響には、「しきい値」がなく、どんな線量でも線量依存的に  
影響が出てしまうという考えである。しかし、実際には、広島・長崎の原爆被曝者を対象とした  
膨大なデータをもってしても、100ミリシーベルト程度よりも低い線量では発がんリスクの有意  
な上昇は認められていない。これよりも低い線  
量域では、疫学的に示すことができないほど、  
発がんリスクが小さいということである。放射  
線の被曝線量と影響の間にはしきい値がなく、  
直線的な関係が成り立つという考え方を「しき  
い値なし直線仮説」(LNT仮説)という。  
(参考文献)「LNT(しきい値なし直線)仮説に  
ついて」原子力技術研究所放射線安全研究セン  
ター



しきい値なし直線仮説の模式図

## (6) がんの色々な発生原因

人の体を形づくる細胞は、DNA(デオキシリボ核酸)に記録された遺伝情報を使っ  
て生きている。

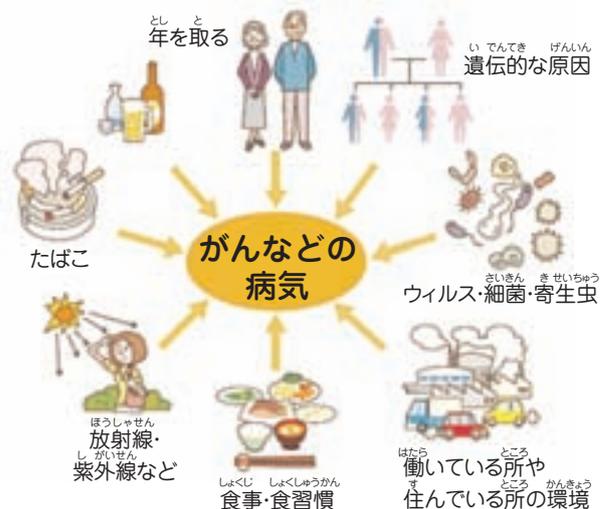
DNAは、物理的な原因や化学的な原因  
などで傷付けられるが、放射線もDNAを  
傷付ける原因の一つである。しかし、細胞  
には傷付いたDNAを修復する能力がある  
ため、細胞の中では、常にDNAの損傷と  
修復が繰り返されている。

DNAが傷付くと遺伝情報が誤って伝え  
られることがあり、誤った遺伝情報をきち  
んと修復できなかった細胞は死んでしま  
うが、ごくまれに生き残る変異細胞の中  
から、さらに変異を繰り返したものが  
がん細胞に変わることがある。

がんは、色々な原因で起こることが分か  
っている。喫煙、食事・生活習慣、ウイルス、

大気汚染などについて注意することが大事であるが、これらと同様に原因の一つとして考えられ  
る放射線についても、受ける量をできるだけ少なくすることが大切である。

### がんなどの病気を起こすいろいろな原因



(出典) (社)日本アイトープ協会「改訂版 放射線のABC」  
(2011年)などより作成

## 4 放射線の利用

### (1) 医療・農業・工業などでの利用

#### ■ 医療…病気の診断、治療

- ・エックス（X）線撮影
- ・CT（コンピュータ断層撮影）：体の外からエックス（X）線を当てて、エックス線の透過度の差を臓器の「形」に画像化する検査
- ・PET（陽電子放射断層撮影）：放射性物質を含む薬を投与して、病気の正確な位置やその程度を調べる検査
- ・医療品の滅菌
- ・がんの治療

#### ■ 農業…害虫防除、品種改良

- ・ウリミバエなどの害虫の防除
- ・病気や寒さに強い品種への改良
- ・キク、カーネーションなどの新品種の開発

#### ■ 工業…材料加工、ラジオグラフィ、厚さ計

- ・ゴムやプラスチックなどの強度や耐熱性の向上
- ・非破壊検査（金属の溶接部分の検査など）
- ・クッキングホイル（アルミはく）やティッシュペーパーなどの厚さの測定

#### ■ 考古学における年代測定



ゴーヤーやスイカに卵を付けてしまうウリミバエ

### (2) 先端科学技術での利用

- ・粒子線治療
- ・兵庫県にある大型放射光施設 S P r i n g - 8  
（小惑星探査機「はやぶさ」が持ち帰った微粒子の解析など）
- ・大強度陽子加速器施設 J - P A R C（素粒子物理学など）



重粒子線がん治療照射室

## 5 放射線の管理・防護

### (1) 環境モニタリング

県内においては、原子力発電所事故により放出された放射性物質による周辺環境への影響を監視するため、敷地周辺にモニタリングポストやモニタリングステーションを設置している。

これらを用いて環境中の放射線量を監視し、事業者や自治体のホームページなどで情報が公開されている。

また、周辺の海底土、土壌、農産物、水産物などについても、定期的に試料を採取して放射能の測定（モニタリング）を行い、放出された放射性物質が周辺に影響を与えていないかどうかを確認されている。

全国の自治体などでは、放射線や放射能を調査しており、空気中のちりや土壌などを調べ放射性物質の分析やモニタリングを行っている。

## (2) 放射線から身を守るには

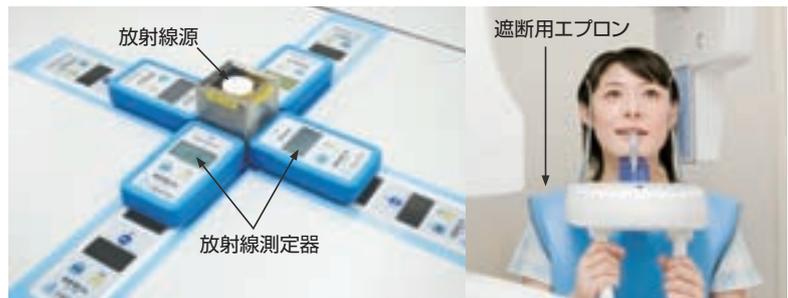
外部からの放射線から身を守る方法には、次の3つがあげられる。

- 放射性物質から距離をとる
- 放射線を受ける時間を短くする
- 放射線を遮る

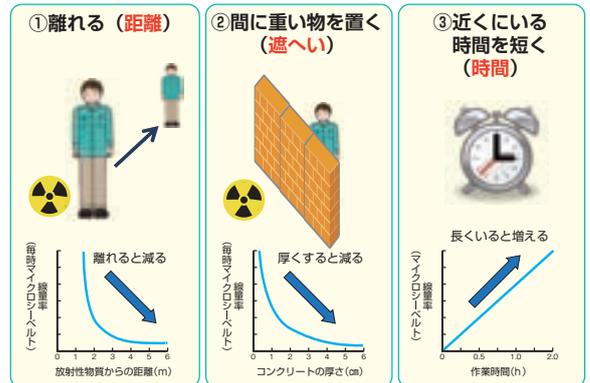
身体が受ける放射線量は、放射性物質からの距離によっても大きく異なり、放射性物質から離れば放射線量も減る。例えば、点状と考えられる放射線源からの距離が2倍になれば線量は4分の1になる。その他、遮蔽物を置いたり被曝する時間を減らしたりすることにより、受ける放射線量を減らすことができる。

このような「放射線の透過と遮蔽」や「放射線源からの距離と放射線量の関係」は、右の写真のような放射線源と測定器のセットにより実験することができる。

また、歯のX線写真の撮影時に重いエプロンを着ることがあるが、これはエプロンに入れた鉛によって撮影の対象としている身体の部位以外に当たるX線を遮蔽するために行っている。(なお、X線撮影は限られた部分に必要な最小限の線量で撮影しており、また、撮影室の壁や扉にも鉛を入れてX線が外に漏れないような設計上の配慮がなされている。)



## 線量低減 外部被曝の低減三原則



(出典) 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24年度版 ver2012001

## (3) 非常時における放射性物質に対する防護

原子力発電所や放射性物質を扱う施設などの事故により、放射性物質が風に乗って飛んで来てしまうこともある。

その際、長袖の服を着たりマスクをしたりすることで、体に付いたり吸い込んだりすることを防ぐことができる。屋内へ入り、ドアや窓を閉めたりエアコン（外気導入型）や換気扇の使用を控えたりすることも大切である。なお、万一、放射性物質が顔や手に付いたとしても、洗い流すことができる。

その後、時間がたてば放射性物質は地面に落ちるなどして、空気中に含まれる量が少なくなっていくので、通常の生活においては、マスクやハンカチは特に必要にはならない。地面等に落ちた放射性物質は除染し、被曝量を減らす対策をとる必要がある。



- 屋外活動(部活動等)中に、土や砂が口に入ったら、すぐにうがいをしましょう。
- 土ぼこりが舞うような風が強いときは、土や砂が口に入らないようにしましょう。
- 川や水たまりの水・土や砂を口に入れないようにしましょう。
- 服についた埃や、靴についた土などを落としてから教室や家に入りましょう。
- お風呂に入ったり、シャワーを浴びるなどして、体の清潔に心掛けましょう。
- 屋外活動(部活動等)の後には、手洗い、うがいをし、顔についた土や砂を洗い落としましょう。

#### (4) 退避や避難の考え方

今回の原子力発電所の事故のように、放射性物質を扱う施設で事故が起こり、周辺への影響が心配される時には、市町村、あるいは県や国から避難などの指示が出される。

テレビ・ラジオなどから正確な情報を得ること、家族や教師などの指示をよく聞き落ち着いて行動することが大切であることを指導する。自分の身を守るためにも、家族や隣人の命を守るためにも、誤った情報や噂に惑わされず、混乱しないようにすることが必須である。

また、事故後の状況に応じて、指示の内容も変わってくるので、情報を的確に捉えられるよう、注意が必要である。

自分で判断、行動できるようになるためには、避難方法や家族との連絡方法を確認しておくとともに、日頃から地域の原子力施設と自宅・学校・職場等の位置関係、放射線モニタリングの情報や気象情報(特に風向や降雨)などに注意を払うとともに、防災、避難訓練に参加することが大切であることを指導する。

### 退避・避難するときの注意点

正しい情報をもとに行動する

- 一斉放送、広報車、ラジオ、防災無線など

退 避

- ドアや窓を閉める
- エアコン(外からの空気を取りこむもの)や換気扇の使用をひかえる
- 食器にふたをしたりラップをかけたりする
- 外から帰ってきたら顔や手を洗う
- 木造家屋より放射線が通りぬけにくいコンクリートの建物への退避指示が行われることもある

ひ 難

- ガスや電気を消す
- 戸じまりをしっかりとる
- 避難場所へは徒歩で
- 持ち物は少なく
- とおり近所にも知らせる

退避と避難は、どちらも放射性物質から身を守ることであり、「退避」は家や指定された建物の中に入ること、「避難」は家や指定された建物などからも離れて別の場所に移ることです。

## 6 身の回りの放射線の測定

### (1) 放射線の飛跡の観察

霧箱を使うと、放射線の飛跡を見ることができる。ここで紹介するのは、アルファ ( $\alpha$ ) 線の飛跡を見ることができる霧箱の作り方である。

#### ① 用意するもの

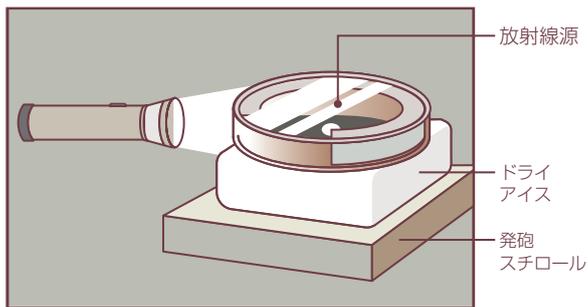
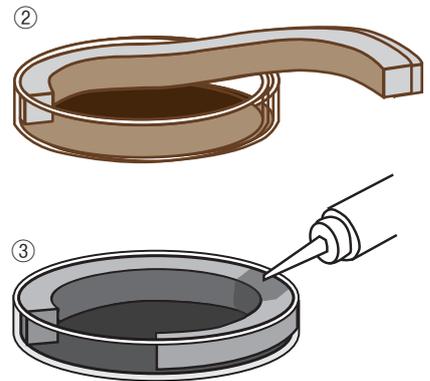
透明な容器、黒い紙、エタノール、スポイト、スポンジテープ、懐中電灯、発泡スチロール、ドライアイス、放射線源 (マントル…キャンプの時などに使用するランタンの芯など)

② 黒い紙を容器の底に入れ、内側にスポンジテープを貼り付ける。

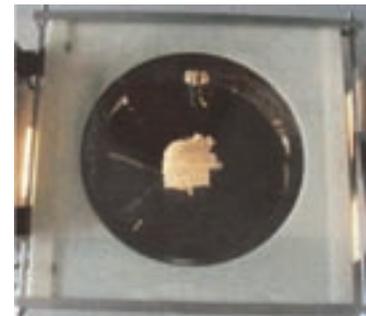
③ スポンジテープにスポイトに入ったエタノールをたっぷり染み込ませる。

④ 放射線源を中央に置き、蓋を閉める。ドライアイスの上に透明な容器をのせる。

⑤ 部屋を暗くし、懐中電灯で横から照らし観察する。



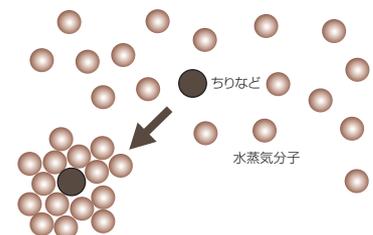
※ドライアイスは、直接手で触らないこと。  
※エタノールは、火の近くで使わないこと。



霧箱で放射線を見る

#### ■ 飛行機雲の原理

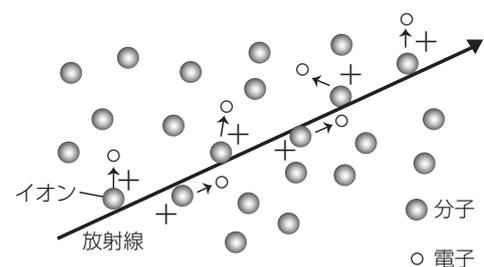
霧箱で見る放射線の飛跡は、飛行機が通った跡にできる飛行機雲と似ている。飛行機が飛ぶ高度1万メートルの気温は、地上から100メートル高くなるごとに0.6℃ずつ下がっていくので、およそ-40℃である。水蒸気が-40℃に冷やされ過飽和となっているところに飛行機が通り、その飛行機の排ガスから出るちりなどが中心となることで水滴または氷の粒 (氷晶) ができ、飛行機雲が発生する。



ちりなどがあると、それに水滴が付く。

#### ■ 飛跡が見える仕組み

霧は、空気中の水蒸気が寄り集まって小さな水滴になったものである。この時、空気中のちりなどが寄り集まって中心となる。空気中の水蒸気が急に冷やされ、限界 (飽和水蒸気圧) 以上に水蒸気を含んでいる不安定な状態 (過飽和) であると霧はできやすくなる。霧箱の中では、過飽和な状態を作りやすくするために、水蒸気の代わりにア



放射線によりはじき飛ばされた電子とイオンの対が中心となる。



アルコール（エタノール）の蒸気を利用する。室温とドライアイスとの温度差から、容器の中に過飽和状態を作る。容器の中の線源から出るアルファ線の飛んだ道に沿ってイオンができ、それが中心となってアルコール蒸気が凝集して飛行機雲のような水滴または氷の粒（氷晶）ができ、それが筋となって見える。これを「放射線の飛跡」と呼んでいる。



## (2) 放射線測定器の活用

放射線測定器を使って、目には見えない放射線を測定し、放射線の存在を確認することができる。

### ■ 身近な放射性物質の例

- ①花こう岩（トリウム、ウラン、カリウム 40 など）
- ②カリウム成分の含有率が高い塩（カリウム 40）
- ③湯の花（トリウム、ウラン）
- ④カリ肥料（カリウム 40）
- ⑤船底塗料（トリウム 232）
- ⑥マントル（トリウム 232）※キャンプの時などに使用するランタンの芯
- ⑦塩化カリウム（カリウム 40）

### ■ 測定場所の例

屋 内：木造やコンクリート建築の他に石造建築、煉瓦建築など  
 屋 外：自宅の庭、道路、田畑、神社、寺院、公園など  
 その他：石材店、トンネル、洞窟、池、湖、海、山など  
 高い所、雨や雪の降り始めの大地など

### ■ 注意事項

測定の際、測定場所の様子（屋内なら壁材や床材など、屋外なら地面や周囲の特徴など）を記録させる。放射線測定器を電子機器などに近付けた場合、電気ノイズの影響で異常に高い値を示すことがあるので、電子機器の近くで測る場合は注意が必要である。



# 参考資料 個人線量計による個人被ばく線量計測結果（福島第一原子力発電所視察時）

## 資料1 測定に使用した個人線量計

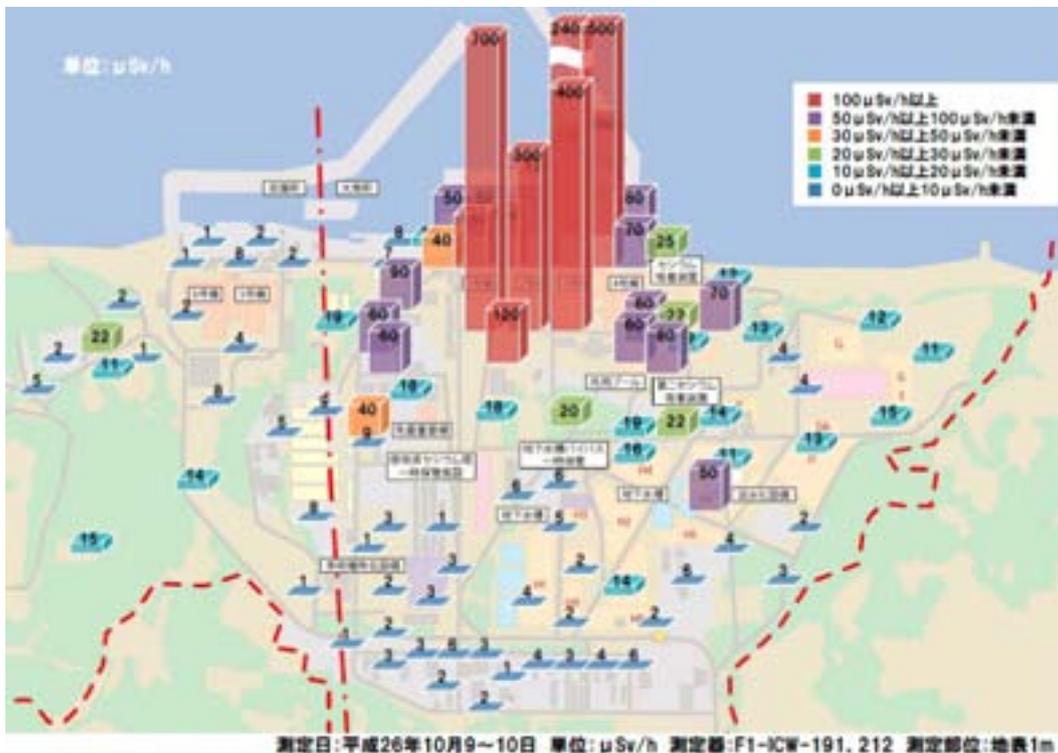
個人線量計は、外部からの放射線による人の被ばく量を測定する計測器で、胸ポケットや腹部につけて計測します。1分～1時間単位で測る機能のある個人線量計を使えば、積算値だけでなく、その人がいつどれだけ被ばくしたかが詳しくわかります。

|      | 富士電機製<br>DOSEe-nano   | 産総研・千代田テクノル製<br>D-シャトル   | 千代田テクノル製<br>ガラスバッジ  |
|------|---|--|---|
| 用途   | 行動と被ばく線量の<br>詳細分析   | 被ばく線量の<br>把握・分析等   | 長期間にわたる<br>被ばく線量調査等   |
| 測定下限 | 0.001 $\mu$ Sv (1nSv)   | 0.1 $\mu$ Sv   | 0.1mSv  |
| 記録   | 最小1分単位の積算線量<br>・時刻（最大9000データ）   | 最小1時間単位の<br>積算線量・時刻  | 積算線量  |
| 外観   |  180g |  23g |  16g |

こちらを使用して測定

※仕様及び外観画像：富士電機株、(株)千代田テクノルHPより引用

## 資料2 福島第一原子力発電所構内の空間線量率と視察ルート



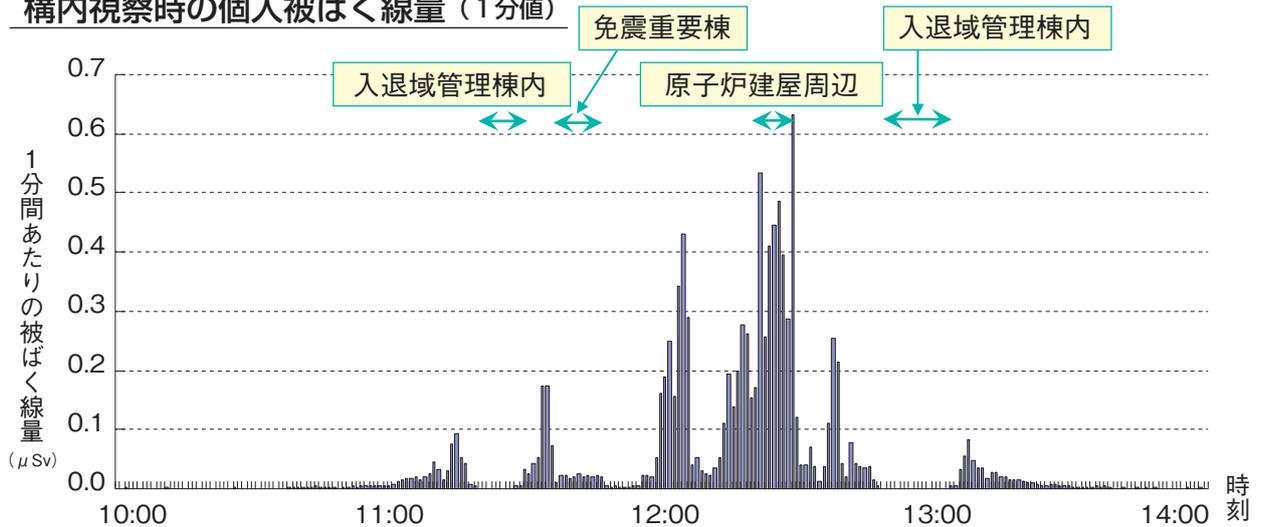
【平成26年7月8日の視察ルート】 ①→②→③→④→⑤→⑥の順番で視察  
入退域管理棟から、バスにて視察（免震重要棟以外は降車せず）

※視察日（H26.7.8）と測定日に差はあるものの、ほぼ近似値と判断できる。

### 資料3 福島第一原子力発電所の構内視察時の個人被ばく線量（1分値）

- ・個人線量計で測定した被ばく線量（個人被ばく線量）は、滞在した場所と時間によって決まります。
- ・構内視察時の個人被ばく線量は、原子炉建屋周辺や管理棟内など、場所によって大きく異なります。
- －〔H26.7.8 視察データ〕 1分間あたりの被ばく線量の最大値：原子炉建屋周辺（車内） 0.631  $\mu\text{Sv}$
- －〔H26.7.8 視察データ〕 1分間あたりの被ばく線量の最小値：管理棟（屋内） 0.001  $\mu\text{Sv}$

#### 構内視察時の個人被ばく線量（1分値）



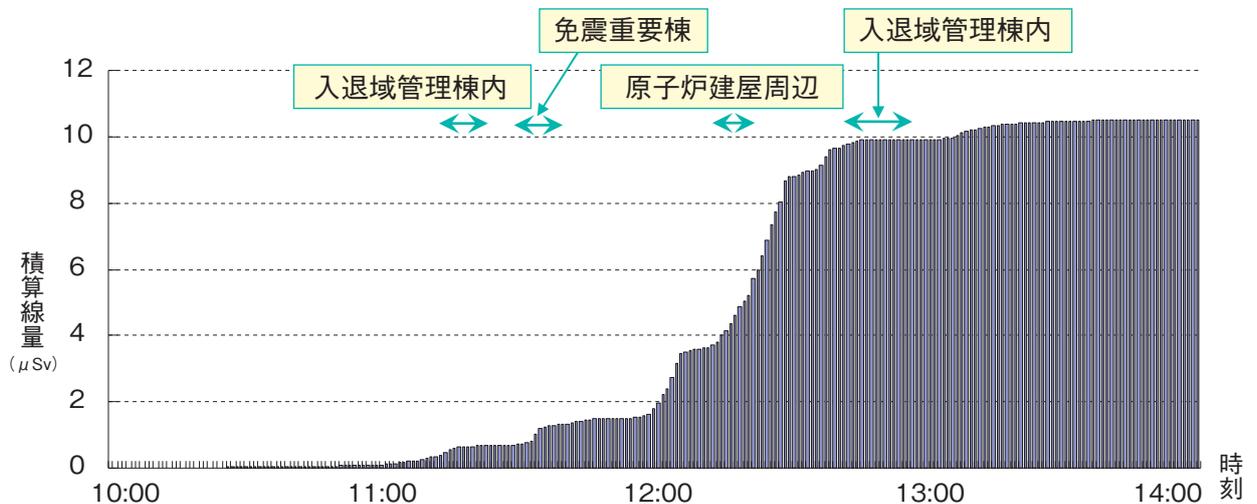
出所：H26.7.8 視察時に計測した福島県教育庁職員の個人線量計データ <参考> 作業員の被ばく線量管理

発電所においては、場所による空間線量率に応じて作業計画（作業時間の制限など）が策定されます。

### 資料4 福島第一原子力発電所の構内視察時の個人被ばく線量（積算値）

- ・構内視察を通じた個人被ばく線量の合計値は、構内に滞在した間の1分毎の個人被ばく線量の積算値となります。
- －〔H26.7.8 視察データ〕 10時から14時までの積算値：10.5  $\mu\text{Sv}$

#### 構内視察時の個人被ばく線量（積算値）



出所：H26.7.8 視察時に計測した福島県教育庁職員の個人線量計データ <参考> 作業員の被ばく線量管理

発電所の作業者は、構内に入る時に必ず、1人ずつ被ばく量が測定され、その積算値が作業者ごとに管理されています。

〔東京電力株〕提供

# 参考資料 「カルテット」ゲームの紹介



## ほべたんと学ぶ コープの食品安全

コープがお届けする商品の食品安全の考え方や取り組みを紹介します。

今回のお題は…

# 放射能について学習しよう①

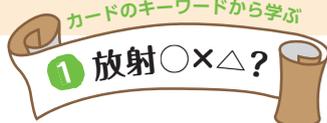


福島第一原発事故により大きな不安を引き起こした「放射能」に関する諸問題。不安に感じている組合員の皆さんには、放射能に関する説明が難しく…わからなくて…わからないからなんとなく不安」という方もいらっしゃると思います。

「ほべたんと学ぶコープの食品安全」では、複数回にわたって、放射能についてわかりやすく学ぶための話題を紹介します。

## 「カルテット」ゲームの紹介

今回は、みんなでゲームをしながら、放射能に関する様々なキーワードが学べるカードゲーム「カルテット」の紹介です。4、5人で遊びます。ご家族で、学校で、学童で、組合員活動で活用してみませんか？



カードのキーワードから学ぶ

①放射 ○×△?

放射能の話をする時、「放射性物質」「放射線」「放射能」の用語が飛び交います。その用語の意味を整理しましょう！放射線を出すものを放射性物質といいます。



大人用

子ども用

放射性物質が放射線を出す能力を放射能といいます。放射能の強さを表す単位をベクレル(Bq)といいます。もうひとつシーベルト(Sv)という単位もよく使いますが、それは次回。

### カードゲーム「カルテット」とは

カードは、8色×各4種類の全32枚あります。放射能にまつわるキーワードとイラストが書かれています。

#### 身の回り

- ①宇宙 ③空気
- ②地面 ④食べ物

#### 利用

- ①エック線ついで ③タイヤ
- ②発電 ④ジャガイモ

#### 働き

- ①通り抜ける ③退治する
- ②強くする ④分解する

#### 放射線

- ①2.1 ③やけど
- ②人工放射線 ④がん

#### 変化

- ①放射性物質 ③半げん期
- ②変化 ④30年

#### 歴史

- ①レントゲン博士 ③原子ばくだん
- ②キュリー夫人 ④原子力発電所

#### はかる

- ①「はかるくん」 ③場所
- ②シーベルト ④年代

#### 防災

- ①じょうほう入手 ③水
- ②ひなん ④かくにん



子ども用(小学校4年生以上)、大人用があります。写真は子ども用です。

### 「カルテット」のあそびかた

同じ色のカードを4枚を集めるゲームです。

- ①カードをよくきって、裏向きにして全てのカードを各プレイヤーに配ります。
- ②最初から同じ色のカードが4枚そろうことはまずありません。他のプレイヤーがもっているはずですが、誰だかわかりません。
- ③じゃんけんで最初のプレイヤーを決めます。最初のプレイヤーは、他のプレイヤーの中で誰が自分の欲しいカードを持っているか考えて…「○○さん!△△の□□をもっていますか?」とききます。
- ④きかれたプレイヤーは、もっていたら正直にわたさなくてはなりません。当てたプレイヤーは続けてプレイできます。
- ⑤外れた場合は、次のプレイヤーにかかります。
- ⑥同じ色のカードが4枚そろったら…「カルテット!」といって前に置きます。
- ⑦カルテットを一番たくさんそろえたプレイヤーが勝ちです。ゲームが終わったら、キーワードについて振り返り、学習を深めます。



「カルテット」ゲーム 監修者:堀口逸子

順天堂大学 医学部 公衆衛生学教室 客員准教授  
長崎大学 広報戦略本部(東京事務所) 准教授  
平成26年度 厚生労働科学研究費補助金(厚生労働科学特別研究事業)「原子力災害からの回復期における住民の健康をささえる保健医療福祉関係職種への継続的な支援に関する研究」(研究代表者:山口一郎 国立保健医療科学院)の研究費により開発。

### 「カルテット」ゲームのお問い合わせ

メールの件名に「放射線カルテット入手問い合わせ」と入力し、以下のアドレス宛にお問い合わせください。  
info@gamesciencecafe.com

品質保証 & 商品検査レポート 2014 (2013年度報告)  
[http://www.coopnet.jp/work/shouhin\\_kensa2014.php](http://www.coopnet.jp/work/shouhin_kensa2014.php)

2015年4月2日

コープデリ宅配や店舗、物流などコープネットグループ全体の品質保証の取り組みを網羅した内容を紹介しています。



co-op deli  
コープデリ

(コープネット事業連合「コープネットの放射性物質の自主検査の取り組みについて」より)