

放射能の基礎知識

安定状態に達するまでの果てしない道

平均的な一般人にとって、「放射能」という言葉には強烈で恐ろしい響きがある。しかし実をいうと、放射性物質は、天然のものも人工のものも私たちの身のまわりにあふれている。そして、特に海洋学者にとっては研究のために重要な道具でもある。海洋学者クローディア・ベナテスネルソン教授は、2012年11月東京で開かれた「海洋放射能汚染に関する国際シンポジウム」の初日発表で、放射能の基礎について概説した。

MIT/WHOI共同プログラムで1999年に博士号を取得し、現在サウスカロライナ大学で海洋科学プログラムのディレクターを務める彼女は、発表の冒頭においてこう説明した。「放射能とは、元素の原子核変化から生じる放射線の自然放射です。私たち放射化学者は、数多くの放射性元素を日頃から利用しています。それらはエネルギー的に不安定な元素であり、不安定さを解消する際に、放射線という形で周囲の環境に余分なエネルギーを放出しています」。

「放射線」には大まかに2つのタイプがある。1)「非電離放射線」は、可視光とマイクロ波を含む。また荷電イオンを生じて原子構造を変化させるほどのエネルギーを持たないため、人の健康に大きな脅威をもたらさない。一方で、2)「電離放射線」は、生体組織の原子構造を変化させる、すなわち細胞を殺し、がんを発生させるおそれがある。そのため、医療用X線や太陽の紫外線には直接さらされないように対策が講じられる。

すべての放射性同位体または放射性核種は、中性子、陽子、電子、または光子などの電離粒子を発して、過剰なエネルギーを失う。その過程で、これらいわゆる親核種は崩壊して、異なる数の陽子と中性子を含んだ娘核種になる。親核種と陽子数が等しい娘核種は、親核種の同位体である。親核種と陽子数が異なる娘核種は親核種と異なる元素であり、化学的性質も異なる。

各変化には固有の半減期がある。放射性同位体の半減期とは、所与の試料に含まれる原子の半分が崩壊するのにかかる時間である。この娘核種は、安定した非放射性元素となる場合もあり、また放射性崩壊系列の別の放射性核種へと崩壊していく場合もある。

たとえば、自然発生するもっとも一般的な放射性核種の1つであるウラン238は、陽子が92個、中性子が146個あり、トリウム234（陽子90個、中性子144個）に崩壊したのち、プロトアクチニウム234（陽子91個、中性子143個）に崩壊し、ウラン234（陽子92個、中性子142個）に崩壊し、トリウム230（陽子90個、中性子140個）に崩壊していく。これら各放射性核種の半減期は、それぞれ44.68億年、24日、1.2分である。そして、これら各元素の反応は化学的に異なる。

「半減期は放射性核種ごとに異なるため、数日から数千年まで様々な時間スケールで起こる多くの海洋過程が進行する時間（速さ）を計る時計として利用できます」と彼女は言う。いわゆる「放射性トレーサー」は、海水の混合速度、地下水が陸から海

に流入する速度、そして例えば炭素等の元素が大気中、海中、海底、大陸を循環する速度を解明するうえで役立つ。なお、放射性トレーサーには、海域に何十億年も存在するものもあれば、空間から入射する宇宙線と大気中の気体の相互作用で形成されるものもあり、さらに人間の活動により地球環境にもたらされるものもある。

自然に存在するいくつかの一般的な放射性同位体であるウラン、トリウム、およびカリウムは、常時海中に存在する。ベナテス

ネルソンによれば、海中に存在するこれらの天然放射性核種は、人工放射性核種の数千倍も大量である。

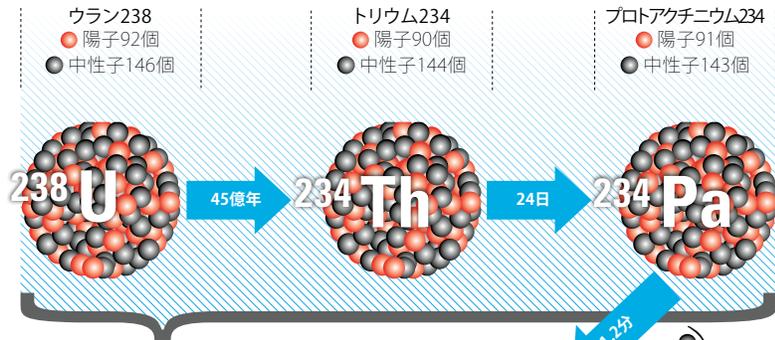
ウッズホール海洋研究所の海洋化学者ケン・ベッセラー博士は、これを「私たちは放射性物質が含まれた海に生きています」と表現する。それでも人と海洋生物に問題は起こらない。というのも、これらの放射性物質は広大な海に存在しているが、わずかな濃度だからである。ベッセラーはこう付け加える。「危険なのは線量です」。

デイビッド・パチオーリ

「私たちは放射性物質に富んだ海に生きています。危険なのは線量です」

—ケン・ベッセラー

放射性崩壊系列



原子

原子は、陽子、中性子、および電子からなる。陽子数が異なる原子は、異なる元素である。陽子数が同じで中性子数が異なる原子は、同じ元素の同位体である。

放射性元素は、放射性同位体または放射性核種と呼ばれ、不安定な状態にあるため自然に「崩壊」して粒子またはエネルギーを放出する。この過程で「親」核種は「娘」核種になる。その後、また各々の娘核種へと崩壊していく場合もある。

半減期

崩壊系列の各崩壊は、それぞれ決まった時間スケールで起こる。親核種の半分が娘核種へと崩壊するのにかかる時間を「半減期」といい、その長さは、1秒未満から数十億年まで様々である。

元素と化学物質の変化

親核種と娘核種は異なる元素になることが多く、その場合、物理的特徴も化学的特徴も異なる。例えば、トリウム230は金属であるが、ラドン222は気体である。トリウム234は海中の粒子に付着しやすいが、プロトアクチニウム234は化学的に「粘着性」ではないため、何世紀も海水に残留する。これらすべての放射性同位体は、岩石や水中に自然に存在する。

崩壊系列の終末

ポロニウム210が崩壊して安定な鉛206 (^{206}Pb) になると、ようやく崩壊が止まって非放射性の金属になる。

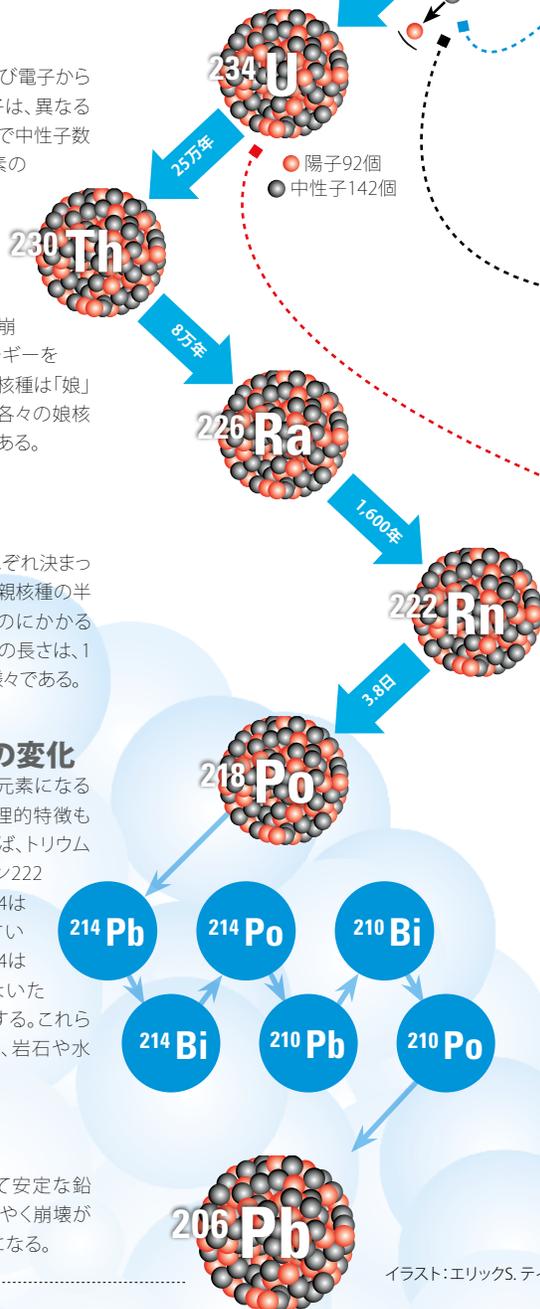


イラスト: エリックS. テイラー

放射性崩壊のタイプ

放射性同位体は、原子核から3種類の電離放射線を発する。

ベータ粒子は電荷を持つ電子または陽電子であり、質量はアルファ粒子の2000分の1である。高速・高エネルギーで、体内深くまで侵入できる。原子核内で中性子から陽子またはその逆の変化が起こると放出される。

ガンマ線は純粋なエネルギー（電磁波）であり、光やX線を含む電磁スペクトル上にある。質量も電荷も持たないが、エネルギーが高いため、アルファ粒子・ベータ粒子よりも体内の奥深くまで到達できる。

アルファ粒子は陽子2つと中性子2つからなり、電荷は+2である。比較的スピードが遅く、空気中では急速にエネルギーを失う。衣類や皮膚はもちろん紙さえ通過できないが、摂取または呼吸で体内に取り込まれる。

放射線と健康

電離放射線は組織、細胞、DNAに当たると、その化学結合を切断し、または細胞のしくみに損傷を与える。人体への影響は多くの要因に応じて異なるが、熱傷（やけど）のようにすぐ生じる場合も、癌のように長期にわたり生じる場合もある。上記3タイプの放射線はすべて何らかの損傷を起こすが、アルファ粒子が呼吸または食事で体内に入った場合に最も生体組織への損傷が大きい。23ページを参照。

