



身の回りの放射性物質 カリウム40とは？

東北放射線科学センター 理事 石井 慶造氏



溪流などで貝などの化石が含まれた石をときどき見つけることがあります。恐竜の骨、古代サメなどの歯、アンモナイト、三葉虫などの化石探しは人々の好奇心を掻き立てます。化石を見つけると、これは何の化石でいつ頃の時代に生息していたのだろうかと思いを馳せます。大概、数千万年前のものが多くようです。どうやって年代が分かるかというと、それは自然に存在する放射線を放出する物質(放射性物質)を調べることで分かります。

あまり実感したことがないかもしれませんが、様々な放射性物質が存在しています。46億年前に地球がつくられたとき、その材料となった物質には現在も存在するカリウム40、トリウム232、ウラン238などの放射性物質が元々含まれていました。地球が誕生した後も、宇宙からの放射線によって大気中で炭素14などの放射性物質が生成され続けています。私たちは、これらの天然の放射性物質が放つ放射線と宇宙から注がれる放射線の中で生活しています。今回は、その中で実は最も私たちに馴染み深いカリウム40についての話をしたい

と思います。

カリウムと放射性同位元素

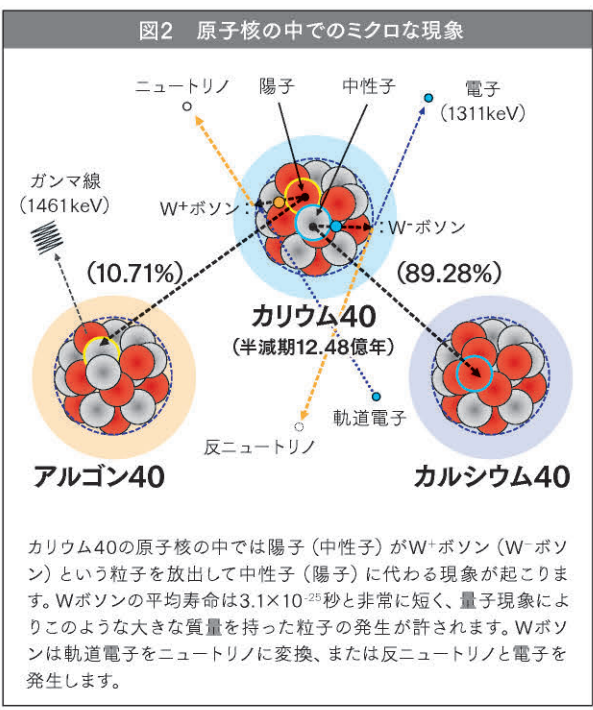
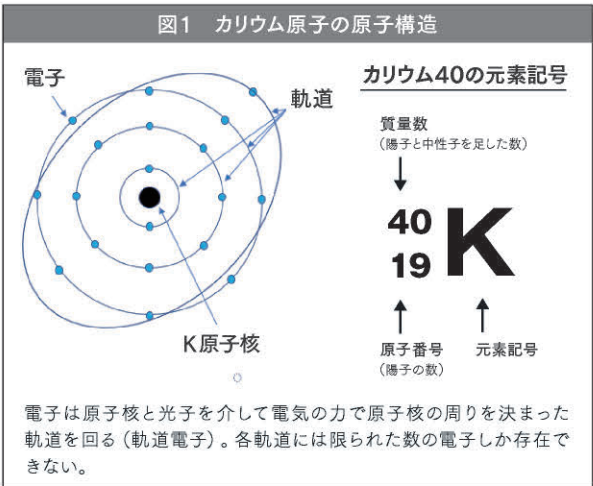
まず、カリウムの元素名の由来について説明します。カリウムはドイツ語の Kalium に由来し、そのドイツ語の語源はアラビア語の「灰」(Kalīn) に由来しています。草および木を燃やした後に残る灰にカリウムが多く含まれることは古くから知られていたようです。原子は中心に原子核があり、その周りを電子が回っています(図1)。原子核は陽子(電子と反対のプラスの電気を帯びています)と中性子(陽子とほぼ同じ質量を持ち、電気は帯びていません)が集まってできています。陽子の数を原子番号と呼び、これによって原子の化学的性質が決まり、元素に関連付けられます。また、元素名の後の「40」などの数字は「質量数」と呼ばれ、その元素の原子1個の質量に比例するものを表します。

原子番号が同じでも、中性子の数が違うものを同位元素と呼び、特に、放射線を放出するものを放射性同位元素と言います。カリウムの同位元素として、カリウム39、カリウム40とカリウム41が自然界に存在しています。このう

ち、カリウム40は放射性同位元素で、その数が半分になる時間(半減期と言います)が12・48億年と非常に長くなっています。カリウム40はその10・71%がその原子番号の一つ小さい原子番号18のアルゴン40に、残りの89・28%が原子番号の一つ多い原子番号20のカルシウム40に変わります(図2)。多くの放射性同位元素は原子番号が増えるか減るかどちらかになりますが、カリウム40は2種類の元素に変わる不思議な放射性同位元素です。

この現象は、電子の16万倍の質量を持つWボソンという電荷を持った光子のような素粒子(物質を構成する最小の単位の粒子)の介在によって説明されています。カリウム40の原子核の中で、中性子がWボソンを出して陽子に変わりカルシウム40になり、Wボソンは電子および反ニュートリノを生成します。一方、陽子がWボソンを出して中性子に変わるとアルゴン40になり、Wボソンは原子内の電子をニュートリノに変換すると考えられています。

カリウム40は、アルゴン40に変わるときには1461keVのエネルギーのガンマ線を、カルシウム



40に変わるときには1311keVのエネルギーのベータ線を放出します。KeV(10eV)はエネルギーの単位です。私たちの眼で見ることができる可視光(1・6eV〜3・2eV)の百万倍のエネルギーを持っています。

現在、大気中に存在するアルゴンの量の割合は、地球ができるときに元々存在していたアルゴン36が0・33%、アルゴン38が0・063%です。カリウム40がかわってできたアルゴン40がほとんどで99・6%を占めています。ア

ルゴン40は常に生成されていますが、その生成量はカリウム40の半減期の逆数に比例するので、増加量は非常に少なく、大気中のアルゴン40の濃度はほぼ一定に保たれています。

カリウム-アルゴン年代測定法

古い岩石ほど、アルゴン40は多く蓄積されています。この性質を利用して、岩石中に閉じ込められたアルゴン40とカリウム40の量の比を測定すると岩石の年齢を知ることができます。つまり、地層の年

代が分かれます。カリウム40が閉じ込められてから現在までの年数をt年とすると、

$$t = 1.8 \times 10^8 \times \log(1 + 9.54 \times (\text{アルゴン40の量} / \text{カリウム40の量}))$$

によって年代を推定できます。この方法はカリウム-アルゴン年代測定法として広く知られ、5万年〜46億年前の地層の年代測定に使用されています。

以上、理学的立場からカリウム40について解説しました。次回はカリウム40の環境への影響について解説したいと思います。