

放射性物質について (2)

by KENZOU

2011年7月20日

謎好きアリスさんからHPの掲示板に次の質問が寄せられました。以下はそのQ & Aです。

『放射性物質について (2)』

前回の投稿に明快に愉快にお答えいただき感謝いたします。原子くんとだいぶ仲良しになれた気がいたします。さて、それでもお察しのとおりまたもや新たな疑問が発生いたしましたので、性懲りもなくお邪魔いたしました。先生が原子と元素の違いを説明されるのに、「2個の水素原子から構成される水素分子」を例にあげられました。中性子の数の違いによって原子は種類が分かれる。といえいいところを、なぜ「…」しかも“2個”を引き合いに出されるのか?? 陽子と電子は常に数が等しくないといけませんが、中性子は思うがままに? 増えてもいいのか? それがひっかかってまたまた前に進めません。

元素の周期性はなぜ生じるのかという今の私の究極の謎に迫るためにもきっと必要な鍵であるという気がしますのでぜひ教えてくださいませ。また元素の周期表で元素記号の上に記してある原子量とは元素の質量数のことですか? 重さのことかな? こちらのほうもよろしくお願いたします。基本を学ぶ高校生用の教科書が欲しいです…。

***** Q & A *****

・アリス: こんにちは、Kさん、大型の台風6号が近づいているわね。猛暑もちょっと一段落という感じだけど、油断は大敵ね。

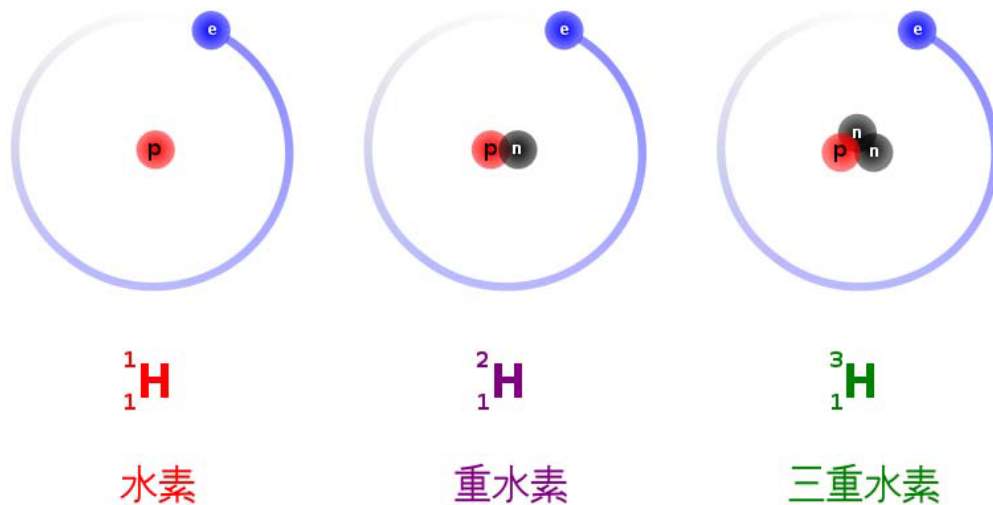
・K氏: いらっしゃい、アリス。相変わらず元気そうで何よりだね。ところで浮かぬ顔をしているようだけど、前回のお話でなにか引っかかるものがあったのかい。

・アリス: そうなの。今日はその引っかかりを取り除こうと思ってお伺いしたの。前回、原子と元素の違いを説明するのに中性子の数の違いによって原子は種類が分かれると、ズバツと言えいいところを何故水素分子の例を引き合いにだされたのか。。それと質量数というのは陽子と中性子の総数ということは前回聞いたけど、周期表で元素記号の上に書かれてる原子量とは元素の質量数のことかしら。。そういうことに引っかかってしまったの。

・K氏: そうなんだ。わかりました。確かにアリスが指摘するように元素と原子の違いを説明するのに2個の水素原子から構成される水素分子の例をあげたけど、これは説明としては確かにまずかった(汗;)。そこでズバツといこう。自然界に水素原子には以下のように3種類あって、それらはまとめて水素元素と呼ばれる。これらは周期表では1番の原子番号だね。つまり、

| 名称 | 電子の数 | 陽子の数 | 中性の数 | 特 長 |
|------|------|------|------|-----------------------------------|
| 軽水素 | 1 | 1 | 0 | 自然界に最も多く存在する |
| 重水素 | 1 | 1 | 1 | 地球上での存在比は0.0026 ~ 0.0184 % (モル分率) |
| 三重水素 | 1 | 1 | 2 | 放射性同位体。半減期 12.32 年 |

『同一の原子番号を持つ原子のグループを元素』と呼んでいるということなんだ。くどいようだけど、水素元素を図に描くと下の図のようになるんだ。ここで p はプロトン (*proton*) つまり陽子、n はニュートロン (*neutron*) これは中性子だね、そして e はエレクトロン (*electron*) つまり電子を表わしている。



・アリス：そういうことね。これですっきりしたけど、前回の説明を理解するのに随分苦悶したわ。

・K氏：すみませ〜ン。少し熱でもあったのかな。。。？

・アリス：まっ、そのことはいいのだけど、上の表で三重水素の特長として放射性同位体、半減期12.32年と書かれたわね。このあたりのことを少し説明していただけるかしら。

・K氏：了解。まず同位体¹について説明しておこう。同位体というのはアイソトープ (*isotope*) とも言うけど、上で示したように中性子の数が異なる原子核、あるいはその原子核から構成された物質同士の関係のことなんだ。アイソトープは「同じ場所」を意味するギリシャ語で、中性子の数が違うにもかかわらず周期表で同じ位置を占めているだろう。

次に放射性同位体だけど、同位体には安定なもの不安定なものがあるんだ。不安定なもので時間とともに放射線（アルファ線、ベータ線、ガンマ線）をだして放射崩壊するものを放射性同位体という。放射線の詳しいことはまた別の機会に説明することがあると思うけど、簡単に書いておくと

- -崩壊：アルファ線 (${}^4\text{He}$ の原子核) を放出
- -崩壊：ベータ線 (電子 ${}^{-}e$ または陽電子 ${}^{+}e$ を放出
- -崩壊：ガンマ線 (光) を放出

三重水素はトリチウムとも呼ばれるけど、 β 崩壊をするんだ。放射線の強さは時間とともに減少し、最初の半分の強さになるまでの期間を半減期と呼んでいる。三重水素の場合、原子核は比較的ゆっくりと崩壊していくんだね。

・アリス：なにか中性子を沢山抱え込んだら原子核が不安定になるというか、中性子を思うがままに沢山啜（くわ）え込むわけにはいかないように自然はなっているのかしら？

・K氏：う〜ん、鋭い点を突いているね。水素原子に中性子をぶち込む実験をやると、中性子が3個、4個、5個、6個のものが創られるけど、これらはすべて不安定な原子核で放射崩壊する

¹同位体とは、同じ元素でも質量数の異なる原子のことをいう。

んだ。半減期は 10^{-22} 秒と、アツという間もなく大変短い。非常に不安定なんだね。
ところで原子核の安定性については次のようなことが知られている。原子番号を Z 、中性子の数を N とすると

- $Z < 20$ では $Z \simeq N$ の原子核が安定
- $Z > 20$ では中性子が過剰の方が安定。ただし中性子が多くなりすぎると不安定
- $Z \geq 84$ ではすべての原子核が不安定

また、原子核が特に安定となる陽子の個数、あるいは中性子の個数のことを魔法数といって、 $2, 8, 20, 28, 50, 82, 126$ という魔法数が知られている。このあたりの放射崩壊のお話はまた別の機会に譲るとして、ここではこれ以上踏み込むことはやめておくよ。

・アリス：わかったわ。その際はよろしくね。

・K氏：うん。最後に原子量の話だけど、これは各元素の原子の質量のことだね。重さは質量 (m) に重力加速度 g をかけたもの²だから、原子量 = 原子の重さではないよね。水素原子の質量 (絶対質量) は 1.67×10^{-24} g、炭素原子は 1.99×10^{-23} g、酸素原子は 2.66×10^{-23} g 程度と極めて小さい値だ。こんな小さい値をいちいち取り上げると大変面倒なので、質量数 12 の炭素原子の質量を 12 と置き換えて、これを基準にして他の原子の質量を表していく³ことにしているんだ。この質量を相対質量とも呼んでいる。ちょっと具体的に計算してみよう。

^{12}C の絶対質量 : 1.99×10^{-23} g, \rightarrow 原子量 12 とする

^1H の絶対質量 : 1.67×10^{-24} g, \rightarrow 原子量は ? (X)

$1.99 \times 10^{-23} : 1.67 \times 10^{-24} = 12 : X \implies X = 1.007 \dots$ 水素原子の原子量

・アリス：周期表に載っている原子量はこのようにして計算された値が載っているということね。

・K氏：そうなんだ。国際純正・応用化学連合というところがそのように規定しているんだね。

・アリス：これで胸につかえていた引っかかりが取れたわ。ありがとう K さん。今日はこのあたりで失礼するけど、まだまだ疑問は沢山あるのよ。究極的には『元素の周期性は何故生じるのか』ということだけど、この究極的な謎の解明に達するまでにはまだいろいろと質問をぶつけてくるけどよろしく願いますわ。

・K氏：わかりました。いつでも門戸を開いているからピシバシと質問をぶつけるといいよ。

・アリス：きょうはありがとう。それじゃね。さようなら。

・K氏：気をつけてねえ～。

²地球が中心に向かって引っ張る力が重さ。

³国際純正・応用化学連合 (IUPAC) : *International Union of Pure and Applied Chemistry* の規定。