

水素・ヘリウム同位体模型で原発汚染水について考える

対象：小中連携学校生徒(12～15歳)、高校生

1 この教具がなぜ必要か

- ①分子模型はいろいろな用途のもと、多彩な立体的教具が販売されている。一方、原子模型は少なく、さらに原子核模型の教具が販売されていない（日本、アメリカなど）。
- ②福島原発事故以後、放射性物質（放射線を出して崩壊する放射性同位体）に関心が高まっている。
- ③高校の必修選択科目「化学基礎」「物理基礎」では、放射性同位体と放射線の説明がある（図1、図2）。しかし、生徒は原子核に関する実感をともなった理解をしていない。
- ④外国では中学校でも放射線（ α 粒子、 β 粒子、 γ 線）についてしっかりと教えている。日本の中学校理科でも放射線の説明はある。

同位体	^1_1H	^2_1H	^3_1H
● 陽子	1	1	1
● 中性子	0	1	2
● 電子	1	1	1
原子番号	1	1	1
陽子の数	1	1	1
中性子の数	0	1	2
質量数	1	2	3

図1 実教「化学基礎」より

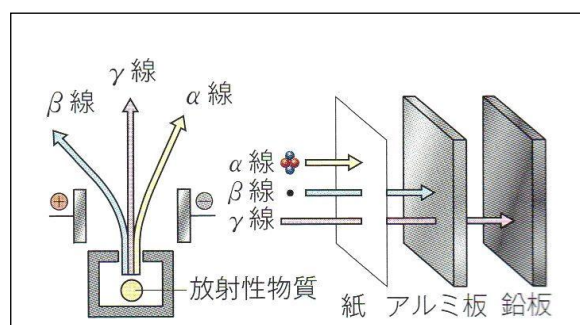


図2 実教「物理基礎」より

2 模型と同位体の対応

この模型教具は、陽子を意味する黄玉と中性子を意味する白玉を用いて、水素・ヘリウムの同位体を立体的に表現することによって、原子核に関する実感をともなった理解をうながすものである。核子を表す玉の取り付け・取り外しによって核子の数を変えることにより、1セットで次のような5種類の同位体を表現できる（図3）。

- ア) 水素核（陽子）、重水素核、三重水素（トリチウム）
- イ) 3ヘリウム、4ヘリウム（ α 粒子）

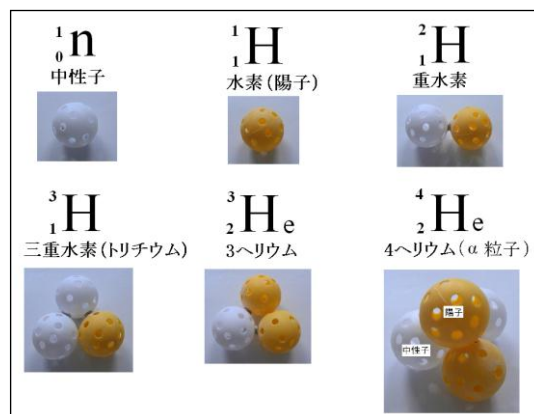


図3 水素・ヘリウム同位体セット

この模型を用いると、 ^3_1H と ^3_2He の違いが実感をもって理解できる。4ヘリウム（ α 粒子）は正四面体構造になる。

3 教具を使った指導法

- ①生徒はHが水素、Heがヘリウムを意味する元素記号であるという予備知識はもっていると仮定する。生徒に元素Hの原子核の資料を見せる（図4）。
 - ・図4のように、原子核には3種類あることを教える。

- ・数字の意味や同位体という言葉は言わない。
- ・元素記号の左上および左下の数字が玉の数や色にどう対応しているかを考えさせる。
- ・この時点では、左上の数字が玉の数であることが推論できればよい。

②次に、同じように作った元素 **He** の原子核の資料を見せる (図5)。**H** の原子核と **He** の原子核を見比べたとき、元素記号の左上にある数字と左下にある数字が模型の何を指しているのかを気付かせる。

- ・左上の数字が玉の数であることが確かなものになってくる。
- ・左下の数字が黄玉の数であることがわかる。

③左下の数字で元素が決まる (水素かヘリウムか) ことがわかる。

- ・黄玉が陽子であることを教える。
- ・左下の数字が陽子の数であることがわかる。
- ・陽子数が元素を決めることがわかる。
- ・陽子数を原子番号であるということを教える。
- ・白玉が中性子であることを教える。
- ・陽子数と中性子数の和は元素に質量を決めるので、それを質量数とよぶことを教える。

④同位体 (同じ原子番号で質量数が異なる) を理解する。

・同じ水素同士、ヘリウムを同士見比べ、質量数が変わっても陽子の数は変わらないということに気づき、同位体のつくりを説明することができる。

- ・質量数3の水素と同じく質量数3のヘリウムの違いがわかる。
- ・4ヘリウムの粒子が放射線の一つであるα線 (α粒子) であると教える。

※選択科目「物理」のα崩壊のところでも使える (図6)。

- ・同位体には、安定同位体と不安定同位体 (放射性同位体) があることを教える。
- ・ ${}^2_1\text{H}$ は安定同位体であるが、 ${}^3_1\text{H}$ は放射性同位体であることを教える。

⑤模型を分解したり結合させたりして同位体をつくる経験をして、**H** 核、**He** 核についての粒子像 (粒子概念) ができる。

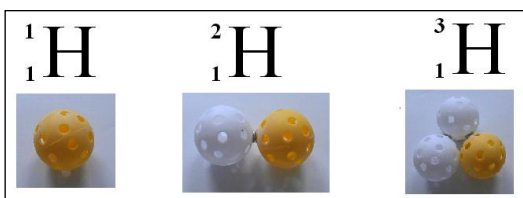


図4 H元素の同位体

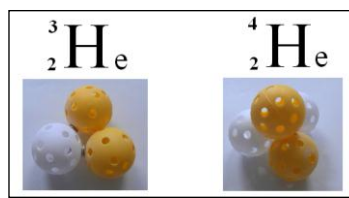


図5 He元素の同位体

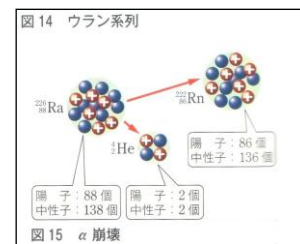
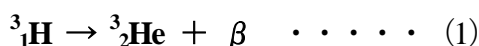


図6 実教「物理」より

4 現実の問題への活用

2013年7月現在、福島原発の汚染水蓄積問題 (および地下水汚染、海への流出問題) は最も深刻な問題になっている。汚染水はなぜ廃棄できないのか? 同位体模型を基にして考える。原子炉内で発生したトリチウム (三重水素 ${}^3_1\text{H}$) は、半減期約12年でβ崩壊をしてヘリウムの同位体 (${}^3_2\text{He}$) に変化する。このような同位体を放射性同位体という。



ここで、βは高エネルギー電子でβ粒子とよばれる放射線である。式(1)は抽象的であり実際わかりにくいものである。ここで、生徒が図4、5のような同位体模型を作った経験から粒子概念がで

きているとき、式 (1) を次のようにイメージできる。



●は陽子を、●は中性子を、●はβ線を意味する。ベータ崩壊の本質は次のようなものになることが推測される。



ベータ崩壊は中性子が電子を放出して陽子になる現象であることが理解される（この電子はなぜ高エネルギーなのかということはこの模型ではわからない）。汚染水が地面や海洋に廃棄されると、このβ線による被曝という問題がおこるため、廃棄することはできない。