

強者の戦略

研伸館化学科、森 上総です。2015年度の、強者の戦略のウェブサイト、化学の最終回です。

今年、化学の記事を担当してきた私も古谷先生も、研伸館高校生課程でどのレベルの講座も担当しており、いわばオールラウンダなのですが、二人に共通する幅の広さはそれだけではありません。二人とも研伸館中学生課程での講座も担当しており、名門中高一貫校の中学生にもハイレベルな指導を行っています。今年は「生徒に実際に解いてもらって添削」ということをしてきましたが、最終回は中学生課程の生徒に協力を願いました。果たして、中学生はどれ程の完成度の答案を仕上げるのが出来たのでしょうか。もし、これを読んでいるみなさんが高校生以上でしたら、負ける訳にはいきませんね！

今回の問題は2015年の岡山県立大学の「原子・結合・結晶」に関する問題です。目新しい核反応に関する問いもあります。差が付きそうな論述も出題されています。はたして、中学生はこの問題を攻略できたのでしょうか。みなさんも、来週までに解いてみておいてください。解答用紙も最終ページに載せておきますので、実践的に解いてみてはいかがでしょうか。

【問題】

【1】 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

物質を構成する最小単位の粒子である原子は、原子核とそのまわりを運動する電子からなる。電子は内側の電子殻にあるほど原子核に強く引きつけられ、エネルギーの低い安定な状態にあり、それぞれの電子殻に収容できる電子の最大数は決まってくる。最外殻電子は内殻電子に比べて不安定で、原子が安定化するためにイオンになったり、他の原子と結合するときに重要な役割を果たすことから価電子とも呼ばれる。

元素を原子番号順に並べ、さらに性質の似た元素が縦に並ぶように配列した表を周期表という。この周期表において、⁽¹⁾イオン化エネルギーや電子親和力、原子半径、単体の沸点・融点などに周期性がみられる。

炭素には価電子が4個存在するので、元素の中でも最も多い4組の共有結合をもつことが可能である。炭素原子間の共有結合でつながり合った結晶に、⁽²⁾ダイヤモンドと黒鉛(グラファイト)がある。これらは互いに同素体の関係にあり、構造も性質も大きく異なる。

同一元素でも質量の異なる原子が何種類も存在し、それらは同位体と呼ばれ、化学的性質にはほとんど差がない。たとえば、自然界には、¹²C、¹³C、¹⁴Cの炭素原子がある一定の割合で存在し、どの単体・化合物においてもその存在比はほぼ一定である。同位体のうち¹⁴Cのように原子核が不安定で崩壊していくものもあり、これを放射性同位体という。¹⁴Cは崩壊する一方で太陽からの宇宙線の影響により⁽³⁾大気中の窒素原子に中性子が当たって絶えずつくられているので、大気中で¹²C：¹⁴C=1：1×10⁻¹²とほぼ一定している。自然界の生物体内においても同様な存在比であり、⁽⁴⁾その生物が死滅すると外界からの¹⁴Cの補給がなくなるため¹⁴Cの存在比は減少していく。一般に、放射性同位体が崩壊して、もとの半分の量になるまでの時間を半減期という。

強者の戦略

問1 周期表において、価電子が 0 である第 3 周期の元素の原子番号と元素名を答えよ。また、その元素の単体の特徴をよく表している文章を選択肢①～④の中からすべて選び、記号で答えよ。

[選択肢]

- ① 大気中に体積比として約 1%の割合で存在する不活性ガスである。
- ② 無色・無臭の気体で水によく溶ける。
- ③ 単原子分子からなる。
- ④ 反応性の低さを利用して気球や飛行船などに使われている。

問2 下線部(1)について、次の問に答えよ。

- (a) イオン化エネルギーが最も大きいアルカリ金属元素は何か、元素名で答えよ。また、それが水と反応するときの化学反応式を書け。
- (b) 電子親和力が最も大きい元素の族番号を答えよ。また、その族に属する原子がもつ電子配置の特徴を 30 字以内で説明せよ。

問3 下線部(2)に関連して、黒鉛の性質は、「炭素原子が価電子 4 個のうち 3 個を用いて正六角形状の平面網目構造をつくり、残る 1 個の価電子は平面構造の中を自由に動けるので、電気を通す」と説明できる。これと対応させて、ダイヤモンドの性質を 60 字以内で説明せよ。

問4 黒鉛は図 1 に示すように、炭素原子のつくる正六角形が無限につながった平面構造が一定の距離間を保って層状に重なった構造をもっている。ただし、第 2 層は第 1 層や第 3 層とずれた配置をとり、第 2 層の半分の炭素原子は上下に重なる位置にあるが、もう半分の炭素原子は上下の層の正六角形の中心の位置にある。黒鉛に関する次の問に答えよ。

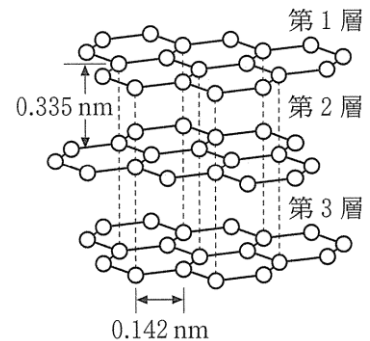
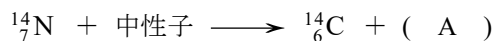


図 1

- (a) 6 個の炭素原子のつくる正六角形を底面とし、第 1 層と第 3 層の間の距離を高さとする正六角柱を黒鉛の単位格子とすると、その中に含まれる原子数はいくつか答えよ。
- (b) 図中の数値を用いて黒鉛の密度を求め、有効数字 3 桁で答えよ。

問5 下線部(3)の原子核の変化は次式のように表される。(A)にあてはまる適切な語句を答えよ。



問6 下線部(4)に関連して、木材や貝殻などの ${}^{14}\text{C}$ の存在比を調べることによって、それらが生存していた年代を推定することができる。たとえば、古い地層から発掘された貝殻の ${}^{14}\text{C}$ の存在比が自然界の 8 分の 1 まで減少していたとする。その貝殻は何年前のものと推測できるか答えよ。なお、 ${}^{14}\text{C}$ の半減期は 5730 年とする。

強者の戦略

【解答用紙】

問 1	原子番号	
	元素名	
	記号	
問 2	(a)	元素名
		反応式
	(b)	族番号
問 3		
問 4	(a)	(b)
問 5		
問 6		
氏名		
ペンネーム		