

問題5 地球化学 (100 点)

下の表と文章を参考にして、問1～問3に答えよ。

地球進化の初期の段階で、地球は成層構造へと分化したと考えられている。衝突の際の微惑星からの脱ガスやマントルからの脱ガスに伴って大気の形成が進行した。原始地球において形成された大気（以下、原始大気と呼ぶ）の化学組成を推定した研究の一例を表1に示す。この表では、原始大気中に存在する成分の質量(単位はg)の推定値をまとめ、現在の大気中の存在量と比べている。

表1 原始大気と現在の大気中存在する成分の比較 (推定される存在量をgで示した)

成分	H ₂ O	CO ₂	HCl	SO ₂	N ₂	H ₂	Ar
原始大気	1.6×10^{24}	2.0×10^{23}	3.3×10^{22}	5.0×10^{21}	4.5×10^{21}	4.0×10^{21}	5.0×10^{17}
現在の 大気	$\sim 10^{20}$	4.5×10^{18}	微量	微量	7.5×10^{21}	3.3×10^{14}	1.2×10^{20}

(北野康著「地球化学像と環境問題」表2・16をもとに作成)

問1 以下の設問(1)、(2)に答えよ。

- (1) 表にあるように原始大気的主要成分は、水蒸気(H₂O)、二酸化炭素(CO₂)、次いで塩化水素(HCl)であると考えられている。塩素が塩化水素として原始大気に取り込まれマントルには取り込まれにくかった理由を、その化学的性質にもとづいて説明せよ。
- (2) 酸素(O₂)は原始大気にほとんど存在していなかったが、ある生化学反応の副産物として生成されたものが蓄積し、現在の大気的主要成分の一つとなったと考えられている。この生化学反応により、酸素とブドウ糖(C₆H₁₂O₆)が生成される際の化学反応式を記せ。

問2 次の文章を読んで、以下の設問(1)、(2)に答えよ。

現在の大气中のアルゴン(Ar)存在量が原始大气中の存在量に比べてはるかに多いのは、地殻やマントルに含まれるカリウム(K)から放射壊変によって生成したアルゴンが付加されたためであると考えられている。簡単のため、原始大気が形成された時点から現在まで放射壊変によって生成したアルゴンがすべて大気中に蓄積したと仮定するモデルを考えて、以下の計算を行う。

カリウムには³⁹K、⁴⁰K、⁴¹Kの3つの同位体があり、このうち⁴⁰Kが放射性同位体で半減期12.5億年で放射壊変する(壊変定数は $\lambda = 5.3 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$ である)。そのうち89%はベータ壊変により⁴⁰Caになり、残りの11%は電子捕獲により⁴⁰Arに壊変する。

(次ページに続く)