

問題 5 地球化学(100点)

以下の問い(問1、問2)に答えよ。

問1 炭素は地球の表層を、主に有機炭素、二酸化炭素、炭酸水素イオンとして、循環している。その循環を議論する際に、同位体比は重要な情報を与える。炭素の同位体比に関連した以下の問いに答えよ。

(a) 炭素の同位体比は次式によって定義される  $\delta$  表記を用いて表される。

$$\delta_{\text{試料}}^{13\text{C}} (\text{‰}) = (R_{\text{試料}}/R_{\text{標準}} - 1) \times 1000 \quad \text{式 1}$$

ただし、 $R$  は  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  である。二つの異なる物質 A, B が混合したとき、その混合物の示す同位体比は、二つの物質に含まれる炭素の量をそれぞれ  $M_A$ ,  $M_B$  とすると、以下の式によって与えられる。

$$\delta_{\text{混合物}}^{13\text{C}} = (M_A \delta_A^{13\text{C}} + M_B \delta_B^{13\text{C}}) / (M_A + M_B) \quad \text{式 2}$$

式2を導け。

(b) 大気中の二酸化炭素の同位体比は、産業革命以降減少傾向にあり、産業革命以前の値  $-7.0\text{‰}$  から現在の値  $-8.5\text{‰}$  に減少した。化石燃料の炭素同位体比を  $-30\text{‰}$  として、現在の大気中の化石燃料由来の二酸化炭素の寄与の割合を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、産業革命以前の大気に、化石燃料由来の二酸化炭素の寄与はないとする。

(c) 大気中の二酸化炭素を炭素固定する植物では、大気中の二酸化炭素の  $\delta$  値と固定された炭素の  $\delta$  値の間に、おおよそ次の関係が存在する。

$$\delta_{\text{固定}}^{13\text{C}} - \delta_{\text{二酸化炭素}}^{13\text{C}} = -21 \quad \text{式 3}$$

陸上に生物が登場して間もない頃の大気中の二酸化炭素濃度が現在の 100 倍であったとする。当時の大気中の二酸化炭素の  $\delta$  値と現在の大気中の二酸化炭素の  $\delta$  値の大小を比較し、理由とともに答えよ。

(d) 閉鎖系においては式 2 の左辺が定数になる。海水中の溶存二酸化炭素、炭酸水素イオン、炭酸イオン間には同位体交換平衡が存在し、式 4、式 5 が成り立つ。

$$\delta_{\text{炭酸水素イオン}}^{13\text{C}} - \delta_{\text{溶存二酸化炭素}}^{13\text{C}} = 8.0 \quad \text{式 4}$$

$$\delta_{\text{炭酸イオン}}^{13\text{C}} - \delta_{\text{炭酸水素イオン}}^{13\text{C}} = -3.0 \quad \text{式 5}$$

海水が閉鎖系であると仮定し、溶存二酸化炭素、炭酸水素イオン、炭酸イオンの量比が 1:10:1 の時、それぞれの同位体比はいくらか。小数点以下 1 桁の  $\delta$  表記で答えよ。ただし、海水中の全溶存二酸化炭素の  $\delta^{13\text{C}}$  を  $-3.0\text{‰}$  とする。

(次ページに続く)