

以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

(1) 土壌細菌による有機物の酸化に関する以下の問いに答えよ。

土壌の表層は、岩石が風化して生じた鉱物粒子と、生物の残渣などの有機物からなる (A) で構成される。土壌細菌が (A) を酸化して獲得する電子は、細胞内の (B) に運ばれる。その際に生じるエネルギーは (C) の合成に使われ、土壌細菌自身の生体活動に必要なエネルギーが得られる。この反応にて電子は最終的に電子受容体に送られ、電子受容体が還元されるが、使用される電子受容体によって、産生エネルギーの大きさが異なる。産生エネルギーが最も大きい電子受容体は (D) であり、いわゆる好気性細菌はそれを使う。(D) の乏しい (E) 環境では、①硝酸イオンや Fe(III)イオンなどを電子受容体として用いる細菌が主体となって生育している。 ②硝酸イオンを電子受容体とする有機物の酸化反応に伴う窒素化合物の還元は (F) と呼ばれ、自然界の窒素循環に大きく寄与している。

(1-1) 空欄 A~F にもっとも適切な語句を以下の語群から選べ。

活性炭, 腐植, 粘土鉱物, 好氣的, 嫌氣的, 酸素分子, 窒素分子, 二酸化炭素,
電子伝達鎖, カルビン回路, ペントースリン酸経路, 窒素固定, 脱窒,
アデノシン三リン酸, デオキシリボース

(1-2) 土壌細菌が酸素分子を電子受容体として用いたとき、グルコース ($C_6H_{12}O_6$) を二酸化炭素と水に分解する反応の反応式を示せ。また、この土壌細菌が 1 モルのグルコースを分解したときに得られるエネルギーを求めよ。ただし、 $C_6H_{12}O_6(aq)$, $CO_2(aq)$, $H_2O(l)$ の標準生成 Gibbs エネルギーはそれぞれ、 -910.6 , -386.2 , $-237.2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ である。

(1-3) 下線①のような細菌による有機物分解反応の産生エネルギーならびに最終産物について 50 字程度で述べよ。

(1-4) 下線②の反応において窒素化合物の最終産物は窒素分子であるが、硝酸イオンから窒素分子への化学種の変化を順に記述せよ。

(次ページに続く)

環境化学 ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

(2) 地球環境に関する以下の問いに答えよ。

オゾン層は大気を構成する (A) 圏に存在し、オゾン層の存在により生物にとって有害な (B) から地球環境が守られている。大気中でのオゾンの生成過程を以下に説明する。まずは (C) が (B) を吸収し、2 個の (D) になる。(D) が (C) と結合することでオゾンが生成する。オゾンは (B) を吸収することで分解されるが、分解量と生成量が等しければオゾン濃度は定常に保たれる。しかし、フロンが大気に放出されることでオゾン層の破壊が進む。フロンは (B) を吸収することで (E) を生成し、その (E) がオゾンと反応することで、オゾンが (C) へと分解される。①上記の反応過程で生成する (E) が繰り返し反応することでオゾンの分解が促進される。

フロンによるオゾン層の破壊に関しては、1984 年に (F) 上空の大規模なオゾンホールが報告されることで大きな問題となり、1987 年に (G) 議定書が国際的に取り交わされることでその後のフロン生産の削減ならびに全廃への足掛かりとなった。

(2-1) 空欄 A~G にもっとも適切な語句を以下の語群から選べ。

酸素分子、酸素原子、窒素分子、窒素原子、二酸化炭素、一酸化炭素、塩素分子、塩素原子、亜硫酸、硫黄原子、対流、成層、海洋、地殻、紫外線、赤外線、可視光線、モントリオール、パリ、ストックホルム、グリーンランド、アフリカ大陸、北極、南極、北アメリカ大陸

(2-2) 下線①に示すオゾンの分解に関して化学反応式を示しながら説明せよ。

(3) 大気中成分の化学反応に関する以下の問いに答えよ。

(3-1) 大気中の微量成分であるメタン (CH_4) は大気中の酸素分子と反応して、二酸化炭素ならびに水を生成することがわかっている。この化学反応式とともに、各成分の分圧を用いて平衡定数 (K) を示せ。

(3-2) 問(3-1)で示した平衡定数 (K) は 10^{140} と非常に大きな値となる。問(3-1)で示した各成分の分圧が下記の場合、平衡状態にあるメタンの分圧 (Pa) を求めよ。

酸素分子 : 2.1×10^4 Pa, 二酸化炭素 : 36 Pa, 水 : 1.0×10^3 Pa

(3-3) 大気中で実測されるメタンの分圧は、問(3-2)で求めたメタンの分圧よりもはるかに高い値を示す。その理由を以下の語群をすべて用いて説明せよ。

入力、出力、定常状態、滞留時間