

1. 残留性有機汚染物質に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

残留性有機汚染物質 (POPs) は環境での安定性, 生態系での (A), ①長距離移動性, さらには人の健康や環境への重大な悪影響により, 世界的に懸念される物質である。

(B) 年に発効した「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約」(POPs 条約) では, (C) や (D) および工業化学品のうち (E) 種類の物質の削減や廃絶を定めた。その後対象物質が追加され, 2020 年 4 月の時点では 26 物質が削減や廃絶の対象となっている。また, POPs の中には ②ダイオキシン類や (F) のように他の物質の製造過程などで意図せずに生成される化学物質もある。

POPs のうちエンドリンは過去に (C) として使用され, その③ADI の値は $2.0 \times 10^{-4} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ である。またポリ塩化ビフェニル (PCB) は大気中での半減期が 500 日, ④土壌中での半減期が 38 年といわれている。2018 年度の日本国内の調査では, ⑤ある水域の PCB 濃度が $2.0 \times 10^3 \text{ pg} \cdot \text{L}^{-1}$, その水域に生息する魚の体内 PCB 濃度が $5.6 \times 10^7 \text{ pg} \cdot \text{kg}^{-1}$ であった。

(1) 空欄 A~F に適切な語句あるいは数値を以下の語群から選べ。

語群：1994, 2004, 2014, 4, 8, 12, 16, 生物蓄積性, 揮発性, 水溶性,
爆薬, 殺虫剤, 溶剤, 農薬, 肥料, 医薬品, ジクロロメタン,
ヘキサクロロベンゼン, テトラクロロエチレン

(2) 下線①の POPs が長距離移動するメカニズムについて, 以下のキーワードを使って説明せよ。

キーワード：蒸気圧, 揮発, 凝縮, 大気の流れ, 極 (北極・南極)

(3) 下線②のダイオキシン類は 200 種類以上の異性体の総称であり, 各異性体の毒性はそれぞれ異なっている。このうちでもっとも毒性が強い異性体の名称とその構造式を示せ。

(4) 下線③の ADI の意味するところについて 100 字程度で説明せよ。

(5) 下線④に示されるように土壌中の PCB の半減期が 38 年とする。ある土壌中の PCB 濃度が $2.3 \times 10^5 \text{ pg} \cdot \text{kg}^{-1}$ から $1.5 \times 10^5 \text{ pg} \cdot \text{kg}^{-1}$ まで低下するのに要する時間を求めよ。また 100 年後のこの土壌中の PCB 濃度を求めよ。

(6) 下線⑤に示した水域における魚類への PCB の生物濃縮係数を求めよ。またどのような過程を経て水から魚類に PCB が移行するのかを 100 字程度で示せ。

2. 地球環境に関する以下の問いに答えよ.

(1) 地球は、地圏、(A), (B) で構成されており、今なお海底の中央 (C) では海洋地殻が生まれている。地殻中の元素として最も多い酸素ならびに次に多い (D) がマグネシウムなどの他の元素と化合して (E) を作っている。(B) は主に (F) と酸素で構成されており、その次に多い成分が (G) である。二酸化炭素は (G) よりも少ない。(B) の気体の約 90% が (H) にあり、残りは成層圏にある。成層圏は高度 (I) km の範囲に存在し、(J) を吸収する①オゾン層も成層圏の中にある。(A) を構成する水の大半は海水であり、河川などの陸水は水の全体の (K) % 以下しかなく、しかもほとんどが (L) である。海水は陸水よりもイオン強度が高く、河川水中の主な陽イオンと陰イオンは (M) イオンならびに②炭酸水素イオンであるが、海水中のそれらはナトリウムイオンと塩化物イオンである。

(1-1) 空欄 (A) から (M) にもっとも適切な語句あるいは数値を以下の語群から選んで示せ。

語群：惑星，太陽，水圏，山脈，気圏，列島，海嶺，フッ素，鉄，ケイ素，
ケイ酸塩鉱物，鉛，炭酸塩鉱物，リン酸塩鉱物，窒素，アルゴン，
一酸化炭素，対流圏，中間圏，20~50，100~150，2~5，1，10，
地下水，湖水，雨水，カルシウム，硫黄，紫外線，赤外線

(1-2) 下線①に関して、オゾンの生成と分解反応ならびにフロンによるオゾン層の破壊について説明せよ。

(1-3) 下線②に関連して、河川水の緩衝作用について説明せよ。

(2) 以下の問いに答えよ。

(2-1) 海水の全体積は 1.37×10^{21} L，海水への河川水の年間流入量は 3.60×10^{16} L である。海水の全体積は一定であり、かつ海水への水の流入が河川からのみと仮定して、海水の滞留時間を求めよ。

(2-2) 海水中および河川水中のナトリウムイオンの濃度はそれぞれ、 $4.70 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $2.30 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ である。問(2-1)と同じ条件下で、海水中のナトリウムイオンの滞留時間を求めよ。

(2-3) 溶存酸素の少ない海底に棲む微生物は酸素以外の酸化剤で有機物を酸化してエネルギーを得る。海水中で硫酸還元菌が硫酸イオン (SO_4^{2-}) を利用して有機物 (CH_2O) を酸化する反応式を示せ。また、この反応により発生したイオンによる海底堆積物内部での硫化鉄 (FeS) の生成反応式を示せ。