

筆記試験【専門科目】 問題紙

令和6年8月20日（火）

解答上の注意

1. 試験開始の合図があるまで問題紙を開いてはいけない。
 2. 自分が志望する「専攻名」「講座名」が、下欄に正しく表示されているか確認すること。
 3. 解答用紙は、出題番号（＝出題内容）ごとに1枚である。4題を選択解答することになるため、解答用紙は合計4枚になる。
 4. 解答用紙には必ず、「受験番号」「科目記号」「出題番号・出題内容」を記入すること。記入しなかった場合は無効となることもあるので注意すること。
 5. 別紙の「選択した出題内容記入票」は、答案とともに回収するので、試験終了までに記入を終えること。
 6. 問題紙によっては複数ページにわたるものがあるので注意すること。
 7. 試験開始の合図があったらまず最初に、問題紙に落丁、印刷の不鮮明等がないか確かめること。
- ※ この問題紙は、試験終了後回収する。

専攻名： 海洋生物資源科学専攻
講座名： 海洋環境科学講座

科目記号	科目名	出題番号	出題内容	備考
C	海洋環境科学	75	海洋化学	出題番号 75, 76, 81, 82, 115, 116, 117, 118 の計8題から、 4題を選択解答
		76	海洋化学	
		81	海洋物理学	
		82	海洋物理学	
		115	海洋環境科学	
		116	海洋環境科学	
		117	海洋環境科学	
		118	海洋環境科学	

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題番号75, 76, 81, 82, 115, 116, 117, 118の計8題から, 4題を選択して解答しなさい。

解答用紙には, 科目記号・科目名, 出題番号を記入すること。

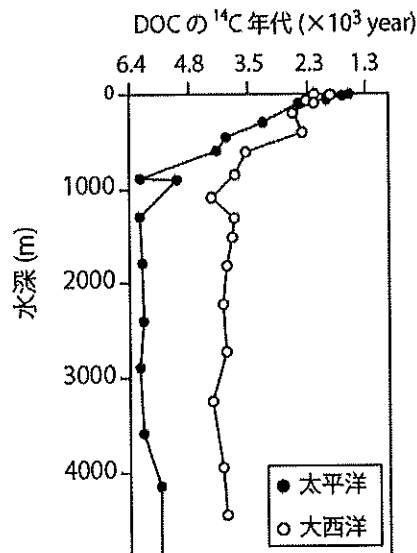
出題内容: 海洋化学

出題番号75

海洋の深層循環と放射性炭素同位体比測定について以下の問いに答えなさい。

(1) 北大西洋中緯度(サルガッソー海)と北太平洋中緯度(中央太平洋)における深層水中の溶存無機炭素(DIC)の ^{14}C 年代推定値を比べると, 後者の方が1300年古いことが報告されている。海洋表層では場所によらずDICの ^{14}C 年代推定値は0年である。このような結果になる理由を説明しなさい。(12点)

(2) 下の図は, 北大西洋中緯度(サルガッソー海)と北太平洋中緯度(中央太平洋)で表層から深層までの水を採取して, 溶存有機炭素(DOC)の ^{14}C 年代推定を行った結果である。この図によると, 両海洋の表層では ^{14}C 年代推定値がおおよそ2000年で同じくらいなのに対して, 深層では大西洋と太平洋で2000年程度の違いがあることが示されている。DOCの ^{14}C 年代の分布を特徴づける要因を説明しなさい。(13点)



(Biogeochemistry of Marine Dissolved Organic Matter, p420-421)

出題番号 76

海水中の粒子に含まれる炭素成分の含有量と濃度を計算する。海水 1.0 L (有効数字の桁数 2 桁) をメスフラスコではかりとり、その水をガラス繊維フィルターでろ過し、フィルター上に残った物 (残渣物) の乾燥重量を求めた。酸素雰囲気内 (燃焼空気) にて高温でフィルターを燃焼して、炭素成分を全て二酸化炭素にした。その二酸化炭素濃度を測定して、フィルター上の粒子状物質に含まれる炭素量を求めた。

(1) 粒子に含まれる炭素成分の含有量 (E) と炭素成分の海水中濃度 (F) を、以下の数値と計算式を使って、有効数字の桁数を考慮して計算しなさい。(13 点)

数値

ガラス繊維フィルターの乾燥重量 (使用前) : $w_1 = 0.1012 \text{ g}$ (有効数字の桁数 4 桁)
 海水をろ過して乾燥させた後のフィルター乾燥重量 : $w_2 = 0.1021 \text{ g}$ (有効数字の桁数 4 桁)
 燃焼空気中 (燃焼前) の CO_2 モル分率 : $x_1 = 0.1 \text{ ppm}$ (有効数字の桁数 1 桁)
 燃焼空気中 (燃焼後) の CO_2 モル分率 : $x_2 = 210.4 \text{ ppm}$ (有効数字の桁数 4 桁)
 燃焼空気中のモル数 : $y = 0.0131 \text{ mol}$ (有効数字の桁数 3 桁)

計算式

フィルター上粒子の乾燥重量 (g) : $A = w_2 - w_1$
 燃焼空気中の CO_2 モル分率の差分 : $B = x_2 - x_1$
 燃焼した炭素のモル数 : $C = y \times (x_2 - x_1) \times 10^{-6}$
 燃焼した炭素の質量 (g) : $D = y \times (x_2 - x_1) \times 10^{-6} \times W_c$

W_c は炭素の原子量 (12) で定数とする (原子量については、有効数字の桁数は考慮しない)。

乾燥粒子に含まれる炭素含量 (%) : $E = D/A \times 10^2$ (%)
 海水中粒子の炭素濃度 (mol/L) : $F = C/1.0$

(2) 含有量 (E) と濃度 (F) の有効桁数を増やすには、どの測定値の有効桁数を増やすのが効果的と考えられるか説明しなさい。(12 点)

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：海洋物理学

出題番号 81

海洋における海底摩擦や水平粘性などで生じる指数関数的な減衰過程は、時間 t の関数で減衰する変量 $x(t)$ を示す下記の減衰方程式(A)で表現される。数値モデル計算では、その差分式である下記の(B)式が使用される。

(1) 減衰方程式
$$\frac{dx}{dt} = -x \quad (A)$$

の初期値 (時刻 $t = 0$ における値) が1であるとき、 x の厳密解を求めなさい。(5点)

- (2) (A)の減衰方程式を前方差分スキームで表現すると、次の差分式となる(Δt は時間刻み、下付き添え字の n は時間ステップ)。

$$\frac{x_{n+1} - x_n}{\Delta t} = -x_n \quad (B)$$

フォンノイマン法($x_{n+1} = Gx_n$ としたとき、 G の値を検討する方法)を用いて、(B)式の差分が安定スキームであることを示しなさい。(6点)

- (3) (B)の差分式において初期時間ステップ $n = 0$ の値 x_0 を1とすると、任意の時間ステップ n の値 x_n を Δt と n で表現しなさい。(8点)

- (4) 時間刻みを $\Delta t = 1, 0.5, 0.25$ の3種類としたとき、時刻 $t = 1$ における(B)の各差分式の数値解をそれぞれ求め、(A)式の厳密解と比較しなさい。なお、ネイピア数は $e = 2.72$ で近似し、数値を求める場合は小数点以下第2位まで求めなさい。(6点)

出題番号 82

海洋表層混合層（以下、混合層と呼ぶ）は、水温・塩分・密度が鉛直方向に一様な層のことである。この混合層の深さを具体的に決定する方法は数多く提案されているが、あらゆる観測データに対し、混合層の深さを決定する万能な方法はないことが知られている。これらをふまえて以下の問いに答えなさい。

- (1) 北太平洋中緯度海域では、しばしば数百 m におよぶ深い混合層が観測される。この深い混合層が形成されやすい季節を答えなさい。また、深い混合層の形成メカニズムを一つ挙げて説明しなさい。(10 点)
- (2) ある観測点において、海面から 1000 m 深までの 1 m 間隔の水温・塩分データを得ることができた。このデータから混合層の深さを決定する方法を、一つ挙げて説明しなさい。(5 点)
- (3) (2)で解答した方法によって適切に混合層を決定できると考えられる水温・塩分プロファイル例を一つ挙げ（図でも文章でも良い）、適切に決定できると考えられる理由を説明しなさい。(5 点)
- (4) (2)で解答した方法によって混合層を決定することが困難と考えられる水温・塩分プロファイル例を一つ挙げ（図でも文章でも良い）、困難と考えられる理由を説明しなさい。(5 点)

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：海洋環境科学

出題番号 115

海洋には陸上の岩石の化学的な風化と浸食によって、河川を通じて多量の元素がもたらされている。それなのに、海水中の主要元素の量や比率は過去数億年にわたりほぼ一定で、定常的平衡状態にあることが知られている。これは、各元素の海洋への供給量と海洋から除去される量がバランスしていることを意味する。

下の表は各陽イオンが水中にどれくらいの濃度で溶けているかを示したものである。

溶存イオン	海水中の濃度 (10^{-3} mol/L)	河川水中の濃度 (10^{-3} mol/L)
Na ⁺	479.0	0.315
K ⁺	54.3	0.036
Mg ²⁺	10.5	0.150
Ca ²⁺	10.4	0.367

「地球進化論」(岩波地球惑星科学講座 13) より抜粋

- (1) 各イオンが海水中に溶存し続ける時間の平均的な長さを滞留時間と言い、海洋に流入する量と海水の総量の比によって計算できる。地球上の河川水の年間流入量は 3.6×10^{16} L/年、海水の総量は 1.4×10^{21} L と推定されている。これらの量をもとに、上記の表中の各イオンの海水中での滞留時間を計算しなさい (12 点)
- (2) Na⁺ に比べて Ca²⁺ は滞留時間が短い。その理由として考えられる、海水中で起きているプロセスを説明しなさい。(5 点)
- (3) 各イオンの海水中の滞留時間と海水の流れや循環をもとに、海水中の元素の比率が場所によって変わらず一定である理由を述べなさい。(8 点)

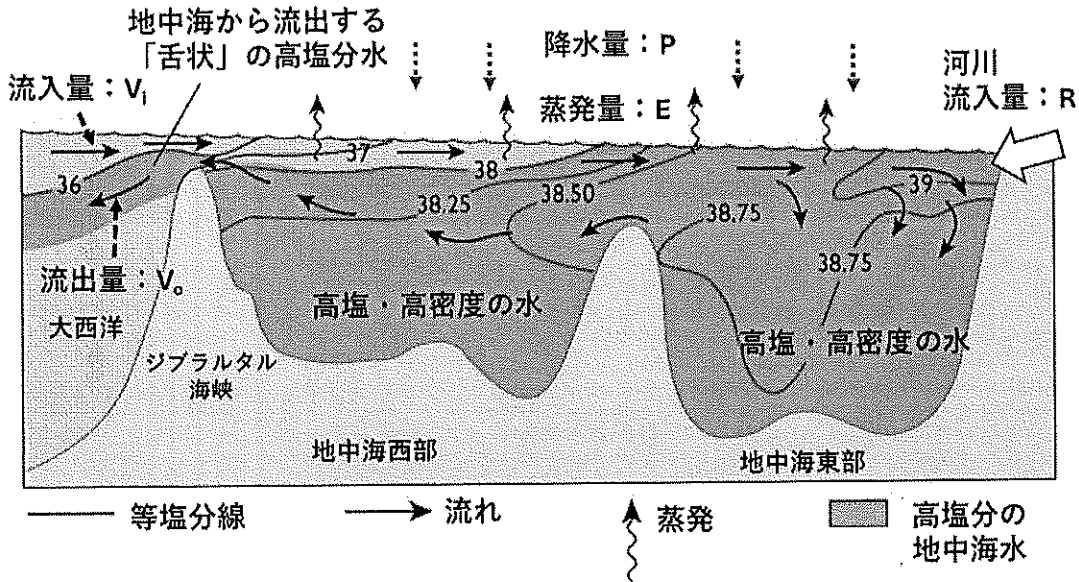
出題番号 116

人間活動は、様々な形で海域に影響を与えている。海洋における行動だけでなく、陸上で日常的に行っている活動さえも、様々な生態系の回復力の弱い部分にダメージを与えることがある。

- (1) 2008年に国連環境計画が発行した Vital Water Graphics によれば、「世界中の閉鎖性海域や半閉鎖性海域では深刻な富栄養化がみられる。」と報告されており、富栄養化が環境問題として取りあげられている。富栄養化とは何か、説明しなさい。(5点)
- (2) 海域が富栄養化する要因を挙げなさい。また、なぜ閉鎖性海域で富栄養化が起きやすいのか、説明しなさい。(5点)
- (3) 近年、瀬戸内海などの日本の沿岸域では、貧栄養化が問題視されるようになった。瀬戸内海が貧栄養化した要因と、その生態系への影響を述べなさい。(9点)
- (4) 沿岸域では、港を作ったり航路を確保したりするために、海底を浚渫^{しゅんせつ}することがある。浚渫が海洋生態系に及ぼす短期的な影響と長期的な影響を、それぞれ挙げなさい。(6点)

出題番号 117

下図は地中海の海水循環の様子を模式的に示したものである。ジブラルタル海峡の海表面を通して大西洋から地中海に流入する流量を V_i 、その下層で地中海から大西洋に流出する流量を V_o 、地中海に降る全降水量を P 、地中海からの全蒸発量を E 、地中海に注ぐ全河川流量を R として、以下の間に答えなさい。 V_i, V_o, P, E, R の単位は全て m^3s^{-1} とする。



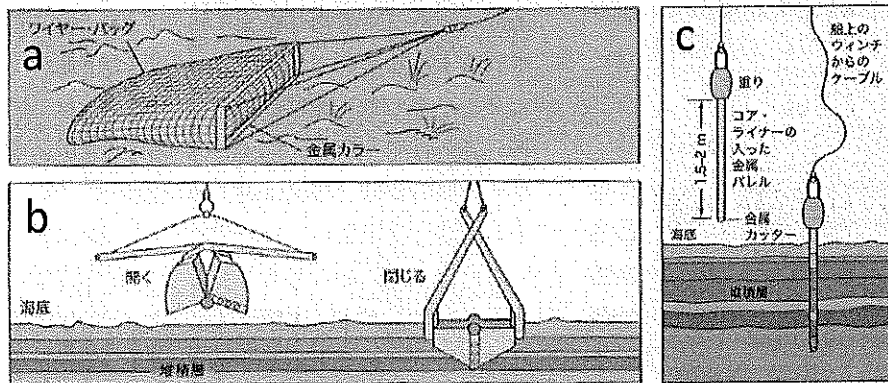
図の出典：Invitation to Oceanography, 5th Ed. by Paul R. Pinet (一部改変)

- (1) 地中海の海水量は変化が無いと仮定すると、全流入水量と全流出水量が等しいと考える事ができる。この等式を上記の与えられた記号を用いて答えなさい。(4点)
- (2) この式を変形して、ジブラルタル海峡を通過する流量の差($V_o - V_i$)が、地中海内での淡水収支に等しい事を示しなさい。(2点)
- (3) また、地中海内の塩分量も保存量と考えられるので、河川や雨水からの塩類供給量が無視すれば、海峡を通じて出入りする塩分収支は釣り合っており、流入海水の塩分を S_i 、流出海水の塩分を S_o とすると、 $V_i \cdot S_i = V_o \cdot S_o$ が成立する。この式を (2) の等式 (答え) に当てはめ V_o を消去して V_i について解きなさい。(4点)
- (4) 地中海への全河川流入量 $R = 1.0 \times 10^4 m^3s^{-1}$ で、降水量は極端に少なく $P = 0.5 \times 10^4 m^3s^{-1}$ 、それに対して蒸発量は多く $E = 8.5 \times 10^4 m^3s^{-1}$ とする。また図から流入塩分の平均値を $S_i = 36.0$ とし、流出塩分の平均値を $S_o = 37.5$ とする。この時地中海に流入する大西洋水の流入量 V_i は幾らか答えなさい。(7点)
- (5) この流入量 V_i から、地中海の全海水量を $3.8 \times 10^6 km^3$ とした場合、地中海の全海水は何年で入れ代るか答えなさい。(8点)

出題番号 118

以下の問い (1) と (2) に答えなさい。

- (1) 海洋底の年齢と堆積物の堆積速度について次の問いに答えなさい。1 年間に平均 5 cm 拡大し続ける海嶺がある。この海域では海洋底に堆積物が 500 年間に平均 10 cm 積もる。この海域の海嶺軸から側面に拡大した 100 km 地点の海洋底の年齢と海洋底の上に降り積もった堆積物の厚さを答えなさい。ただし、堆積物の圧密や生物による分解などはないものとする。また、100 km 地点までの拡大中も海洋底には堆積物が 500 年間に平均 10 cm 積もるものとする。(13 点)
- (2) 海底のサンプルの採取方法について次の問いに答えなさい。下図 a から c は、グラブサンプラー、グラヴィティコアラー、海底ドレッジのどれに相当するか答えなさい。また、a から c の機器それぞれの利点と採取されるサンプルの特徴を答えなさい。(12 点)



海洋学 原著第 4 版ポール・R・ピネ著 東京大学海洋研究所監訳 (東海大学出版会) を改編