

# 学科試験【専門科目】 問題紙

令和元年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。

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	

ページ数 1 ～ 8

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。

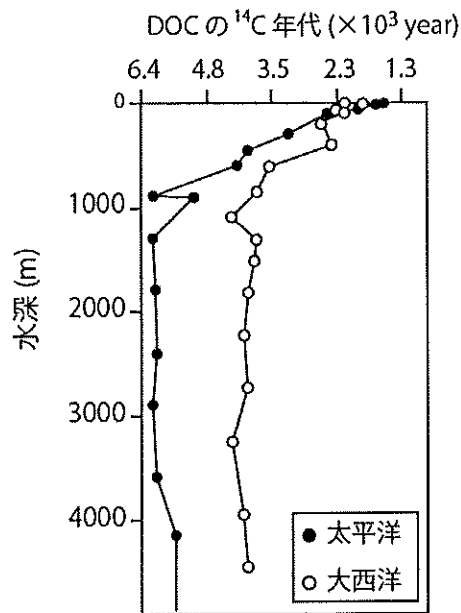
解答用紙には, 科目記号・科目名, 出題番号を記入すること。

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) 環境試料中の炭素化合物の放射性炭素同位体( $^{14}\text{C}$ )を測定して,  $^{14}\text{C}$ 年代推定が行われる。 $^{14}\text{C}$ 年代推定の原理を説明しなさい。(10点)
- (2) 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 $^{14}\text{C}$ 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 $^{14}\text{C}$ 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。(8点)
- (3) 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 $^{14}\text{C}$ 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 $^{14}\text{C}$ 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 $^{14}\text{C}$ 年代の分布を特徴づける要因を説明しなさい。(7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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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 (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)

出題内容：海洋物理学

出題番号 81

下記の①～④の式は、4種類の波動の分散関係式（周波数 $\omega$ と水平波数 $k$ の関係式）である。

$$\omega^2 = gk \tanh(kH) \quad \text{①}$$

$$\omega^2 = N^2 k^2 / (k^2 + m_0^2) \quad \text{②}$$

$$\omega^2 = f^2 + k^2 gH \quad \text{③}$$

$$\omega = -\beta k / (k^2 + l_0^2) \quad \text{④}$$

ここで、 $g$ は重力加速度、 $N$ は浮力振動数、 $m_0$ は鉛直波数、 $l_0$ は水平波数 $k$ に直交した方向の水平波数、 $f$ はコリオリパラメータ、 $H$ は水深、 $\beta$ は惑星ベータであり、これらのパラメータは全て正の定数とする。

- (1) ①～④式の分散関係式は「内部波」・「慣性重力波」・「ロスビー波」・「海面重力波」のどれに対応するかを解答しなさい。(9点)
- (2) ①～④式の分散関係式について分散曲線（縦軸を周波数 $\omega$ 、横軸を水平波数 $k$ ）の模式図（各特徴を表現した4つの図）を描きなさい。なお、周波数は常に $\omega > 0$ （正值）とし、符号は水平波数 $k$ の正負の領域で示しなさい。(16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。以下の問いに答えなさい。

- (1) 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)
- (2) (1)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)
- (3) (1)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)
- (4) 混合層の深さは季節変動することが知られている。北太平洋中緯度海域ではどの季節に混合層が最も深く、また浅くなるか、おおよその月を答えなさい。また、混合層の深さの季節変動の要因（深くなる要因、浅くなる要因）を説明しなさい。(10 点)

出題内容：海洋環境学

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。それにもかかわらず、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。

下の表はナトリウムイオンとカルシウムイオンが水中にどれくらいの濃度で溶けているか（世界中の平均値）を示したものである。

溶存イオン	海水中の濃度 ( $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ )	河川水中の濃度 ( $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ )
$\text{Na}^+$	479.0	0.315
$\text{Ca}^{2+}$	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ひ、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  $3.8 \times 10^{16} \text{ L}$ 、海水の総量は  $1.4 \times 10^{21} \text{ L}$  と推定されている。これらの量をもとに、ナトリウムイオンとカルシウムイオンの海水中での滞留時間を計算しなさい。(10 点)
- (2) 上の表にあるとおり、ナトリウムイオンとカルシウムイオンは河川水中では同程度の濃度なのに、海水中では大きく異なっている。それを反映して、ナトリウムイオンに比べてカルシウムイオンは海水中での滞留時間が短い。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。(7 点)
- (3) (1)で求めた各イオンの海水中の滞留時間と、地球規模の海洋表層における風成循環や深層の熱塩循環をもとに、海水中の主要イオンの比率が場所によって変わらず、ほぼ一定である理由を述べなさい。(8 点)

出題番号 116

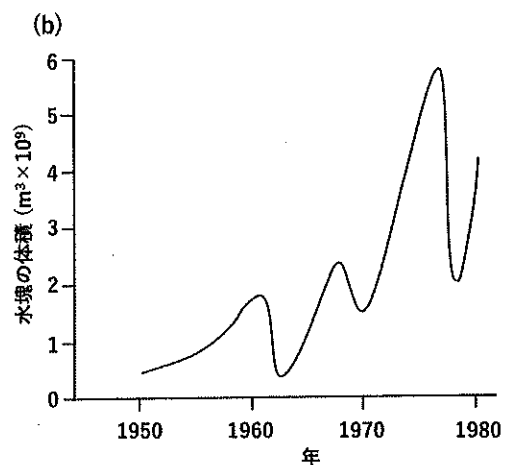
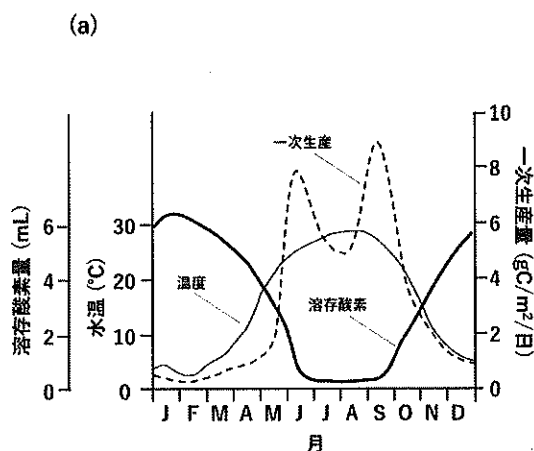
エスチュアリーに関する下記の問題に答えなさい。

(1) 下記の文章の空欄を埋めて文章を完成させなさい。同じ番号には同じ言葉が入ります。(5点)

淡水と海水が混合するエスチュアリーでは、塩分勾配が大きいため、外洋とは異なる流れがおきる。エスチュアリーにおける循環には、①\_\_\_\_\_と②\_\_\_\_\_が大きく関与している。①\_\_\_\_\_の影響が②\_\_\_\_\_の影響を圧倒すれば、水柱は強く③\_\_\_\_\_する。このタイプを塩水くさび型エスチュアリーと呼び、④\_\_\_\_\_方向の塩分勾配が大きくなる。一方、②\_\_\_\_\_の影響が①\_\_\_\_\_の影響を上回れば、水柱は十分に混合されて、③\_\_\_\_\_はなくなる。このタイプは強混合型エスチュアリーと呼ばれ、④\_\_\_\_\_方向よりも⑤\_\_\_\_\_方向の塩分勾配が大きい。これら両極端のタイプの間が、緩混合型エスチュアリーである。

(2) 強混合型、緩混合型、塩水くさび型のどのタイプのエスチュアリーが貧酸素になりやすいか、理由とともに述べなさい。(5点)

(3) 下の図はアメリカ東海岸のチェサピーク湾における (a) 海面水温、一次生産量、海底の溶存酸素濃度の季節変化と (b) 夏季に溶存酸素が 0.5mL/L 以下になる水塊の体積の年変動を示したものである。



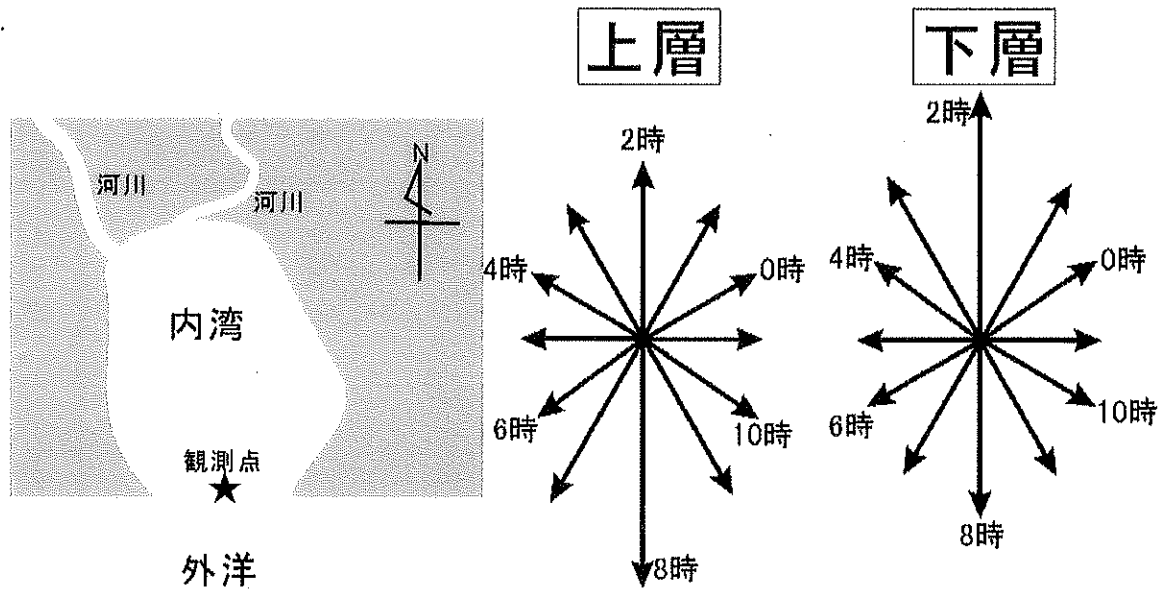
Paul R. Pinet 海洋学第 4 版の図を改変

(a)の図をもとに、溶存酸素の季節変化の特徴を述べるとともに、なぜそのような季節変化を示すのか、理由を述べなさい。(10点)

(b)の図によると、年によって変動はあるものの、1950年代から1980年代まで長期的に夏季の貧酸素水塊は増大している。その原因として考えられる要因を述べなさい。(5点)

出題番号 117

南側を外洋に開いた小さな内湾があり、その湾口部の上下二層で流向流速を観測した(左下図参照)。また、この内湾の湾奥には河川が流れ込んでおり、その海岸線や海底地形は比較的単純である。観測された流向流速データを1時間ごとにベクトル表示すると、右下図のように約12時間で反時計回りに流向が1周した。上下層で流向は一致したが、流速は図のように異なっていた。以下の間に答えなさい。



- (1) 観測時は「小潮」であった。その時の太陽・地球・月の位置関係を図示しなさい。(3点)
- (2) 観測海域で卓越している潮汐は何か答えなさい。(3点)
- (3) 最大の上げ潮時は何時か、また最大の下げ潮時は何時か答えなさい。(4点)
- (4) 湾内が満潮を迎えた時間は何時か、また干潮を迎えた時間は何時か答えなさい。(4点)
- (5) ベクトルの長さの違いから、上層と下層の一潮時の平均流向を推察しなさい。(4点)
- (6) この湾の湾内水と外洋水との海水交換はどのような形で行われていると考えられるか、理由を添えて説明しなさい。(7点)

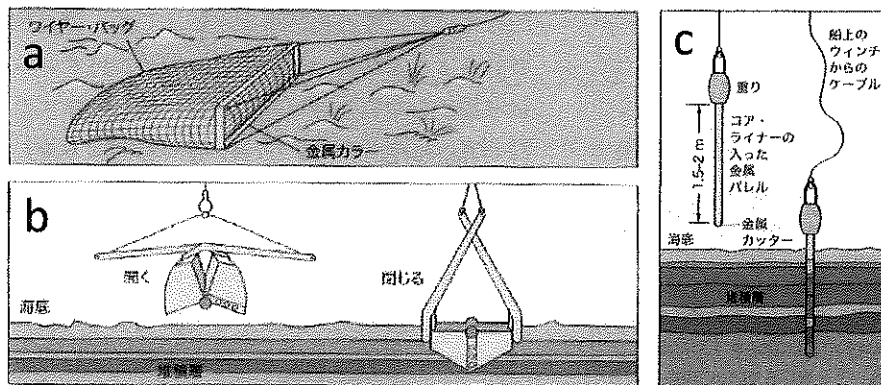


出題番号 118

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 4 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 1000 年間に平均 5 cm 積もる。この海域の海嶺軸から側面に拡大した 400 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、400 km 地点までの拡大中も海洋底には堆積物が 1000 年間で平均 5 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、グラヴィティコアラー、グラブサンプラー、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