

筆記試験【専門科目】 問題紙

令和7年8月19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

以下の問いに答えなさい。

- (1) 海水中の溶存有機炭素, 粒子状有機炭素, 溶存無機炭素 (炭酸) の濃度を測定する方法を説明しなさい。(5 点)
- (2) 海洋学では, “海水中の二酸化炭素分圧” という言葉が使われる。二酸化炭素分圧を求めるには, 海水に対する二酸化炭素の溶解度を考慮する必要がある。この溶解度の意味と, 海水中の二酸化炭素分圧を求める方法を説明しなさい。ただし, 以下のキーワードを全て使うこと。キーワード: 海水中の二酸化炭素濃度, 大気中の二酸化炭素分圧, 平衡状態 (5 点)
- (3) 海洋表層でどのような現象が起こると, 海水中の二酸化炭素分圧がどのように変化するかを説明しなさい。ただし, 以下のキーワードを全て使うこと。キーワード: 海水温の上昇, 海水温の低下, 溶解度の上昇, 溶解度の低下, 炭酸カルシウム粒子の形成, アルカリ度 (15 点)

以下の問いに答えなさい。

- (1) 海水中には、生物由来で透明の高分子有機物粒子が存在する。どのような場所で高濃度
存在するか説明しなさい。(6 点)
- (2) 海水に浮遊する、透明の高分子有機物粒子の由来を 3 つ答えなさい。(6 点)
- (3) 海水に浮遊する、透明の高分子有機物粒子について、海洋生態に果たす役割と海洋物質循
環に果たす役割をそれぞれ説明しなさい。(13 点)

非回転系（コリオリ項を無視）における内部波の問題である。鉛直 2 次元の直交座標系 (x, z) の流速成分をそれぞれ $u(x, z, t)$, $w(x, z, t)$ とし、基本場の密度を $\rho_0(z)$ とすれば、水平 x 方向、鉛直上向きを正とした z 方向における線形の運動方程式と連続式は下記の①～③式で表される。

$$\rho_0 \partial u / \partial t = -\partial p / \partial x \quad \text{①}$$

$$\rho_0 \partial w / \partial t = -\partial p / \partial z - \rho g \quad \text{②}$$

$$\partial u / \partial x + \partial w / \partial z = 0 \quad \text{③}$$

ここで、 t は時間、 $p(x, z, t)$ は内部波運動に伴う圧力、 g は重力加速度である。 $\rho(x, z, t)$ は鉛直流速 w による微小な密度変化とすると、線形化することができ、次式で表される。

$$\partial \rho / \partial t + w \partial \rho_0 / \partial z = 0 \quad \text{④}$$

ここでは、鉛直一様な連続成層を考え、浮力振動数 N の二乗 N^2 は定数値の次式とする。

$$N^2 = -(g / \rho_0) (d \rho_0 / dz) \quad \text{⑤}$$

- (1) 上記の①～⑤式を用いて、鉛直流速 w に関する下記の偏微分方程式を導くことができる。その導き方の手順を簡単に説明しなさい（注意：実際に導出する必要はない）。（8 点）

$$\partial^2 / \partial t^2 (\partial^2 w / \partial x^2 + \partial^2 w / \partial z^2) + N^2 \partial^2 w / \partial x^2 = 0 \quad \text{⑥}$$

- (2) 鉛直流速 w の解を下記の⑦式のように仮定したとき、⑥式で表現される内部波の分散関係式（ $\sigma^2 = \dots$ の形式）を求めなさい。（4 点）

$$w \propto e^{i(kx + mz - \sigma t)} \quad \text{⑦}$$

ここで、 e はネイピア数、 $i = (-1)^{1/2}$ 、 k と m はそれぞれ x 方向と z 方向の波数、 σ は周波数である。

- (3) $k > 0$, $m > 0$ の場合を例に、 x 方向と z 方向のそれぞれについて、位相速度 (C_x, C_z) と群速度 (C_{gx}, C_{gz}) を求めなさい。（8 点）
- (4) 上記の内部波において、位相伝播する方向 (k, m) と群速度の方向 (C_{gx}, C_{gz}) が常に直交していることを証明しなさい。（5 点）

出題番号 82

北半球における慣性振動について考える。北半球を想定してコリオリパラメータを正の一定値 f_0 とし、コリオリ力以外の力は働かないと仮定すると、流体の運動方程式は

$$\frac{\partial u}{\partial t} - f_0 v = 0 \quad \text{①}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + f_0 u = 0 \quad \text{②}$$

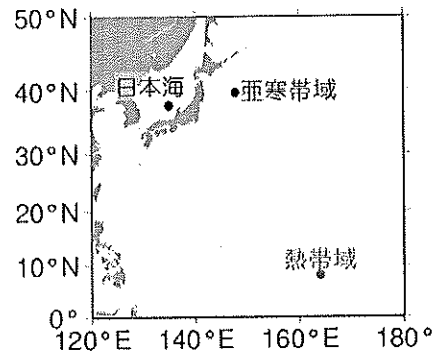
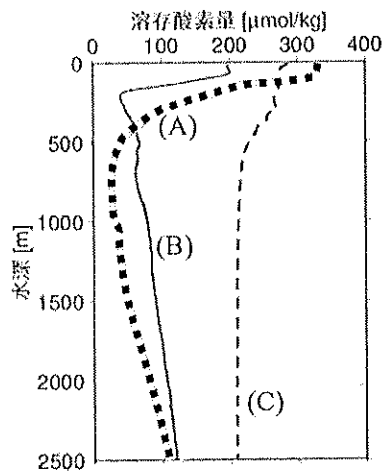
と記述される。ここで、 u は東向き流速、 v は北向き流速、 t は時刻である。

- (1) ①式、②式で表される流体の運動方程式を変形し、東向き流速 u に関する微分方程式（北向き流速 v を含まない）を導きなさい。(5 点)
- (2) (1)で得られた微分方程式を解き、初期条件「 $t = 0$ で、 $u = 0$, $v = V_0$ 」における、東向き流速 u 、北向き流速 v の解を求めなさい。(10 点)
- (3) (2)で得られた流速を積分することで、初期 ($t = 0$) に座標原点 ($x = 0$, $y = 0$) にあった流体粒子の軌跡 (x , y) を時間の関数として表し、流体粒子の軌跡を横軸 x 、縦軸 y の平面上に図示しなさい。(10 点)

出題内容：海洋環境科学

出題番号 115

下記の左図は、右図に示す北太平洋の亜寒帯域と熱帯域そして日本海で測定した、溶存酸素量の鉛直分布である。



(気象庁 HP の図を改変)

- (1) 上の図の (A), (B), (C) のどれがそれぞれ亜寒帯域, 熱帯域, 日本海で測定したものか, 答えなさい。また, そう判断した理由を述べなさい。(9 点)
- (2) (A) と (B) では, 水深数百メートルから千メートル付近で溶存酸素量の低下が見られる。このような層を何というか, 答えなさい。また, このような層で溶存酸素量が低くなるのはなぜか, そのメカニズムを説明しなさい。(8 点)
- (3) 外洋では, 溶存酸素の量が増えると栄養塩の量は減少し, 溶存酸素の量が減少すれば栄養塩の量は増加することが多い。このように両者が相反する変動をする理由を説明しなさい。(8 点)

出題番号 116

下の表は、各海域における魚類生産に関わる要素をまとめたものである。この表をもとに、下記の問いに答えなさい。

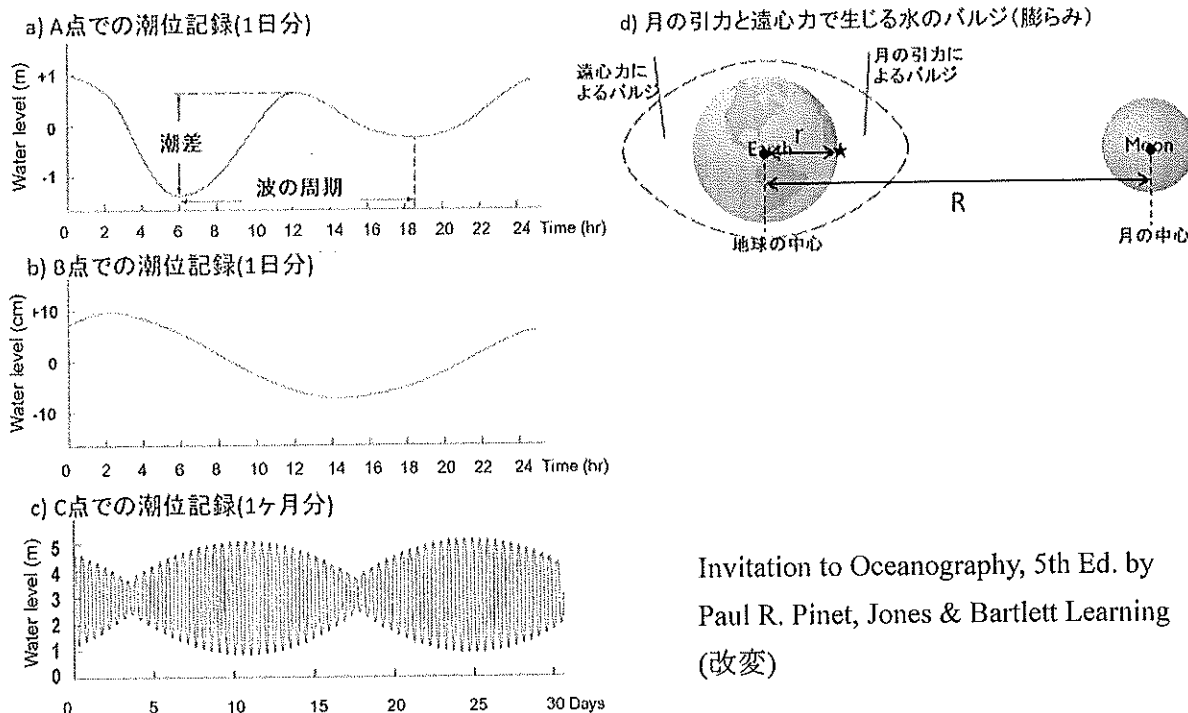
海域	一次生産 $\text{gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$	面積 km^2	総一次生産 tC yr^{-1}	平均栄養 段階数	転送効率 %	魚類生産 t yr^{-1}
外洋域	50	325×10^6	(A)	5	10	1.6×10^6
沿岸域	100	36×10^6	(B)	3	15	120×10^6
湧昇域	300	0.36×10^6	(C)	1.5	20	120×10^6

Ryther, J.H., Science (1969)を改変

- (1) 表中の(A), (B), (C) の値を求めなさい。(6 点)
- (2) 各海域において生態系の最上位に位置する動物の1年間の生産量を求めなさい。但し、計算上、湧昇域の栄養段階数は2としてよい。また、その計算結果から、外洋域と湧昇域に生息する高次生物の資源量について考えられる特徴を述べなさい。(9 点)
- (3) 湧昇域に相当する海域を一つ挙げなさい。またその海域がなぜ湧昇域となっているのか、メカニズムを説明しなさい。(10 点)

出題番号 117

下図 a)～c)はそれぞれ ABC 点での潮位変化の記録であり、d)は月によって生じる地球表面の海水の膨らみ（バルジ）を強調して模式的に描かれている。a), b)は 1 日分（24 時間）の記録であり、c)は 1 ヶ月分（31 日間）の記録であることに注意して、以下の間に答えなさい。

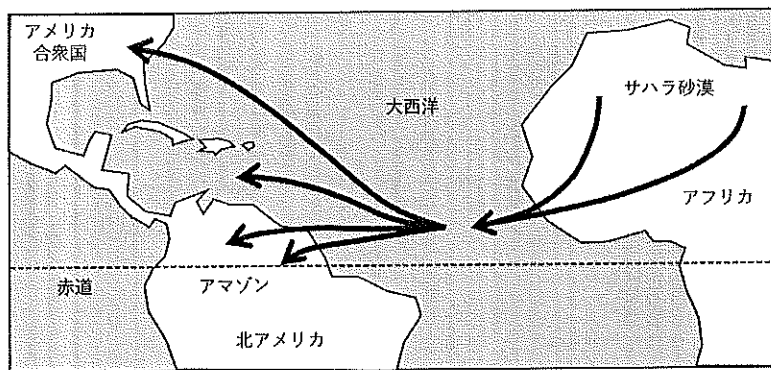


- (1) 図 a)では 0 時頃と 12 時頃に 1 日 2 回の満潮を迎えている。また図 b)では 2 時頃に満潮を迎えて 14 時頃に干潮を迎えている。これらのような潮汐周期をそれぞれなんというか答えなさい。(4 点)
- (2) 図 c)では 11 日頃に潮位変化が最も大きく、16 日頃に潮位変化が最も小さくなっている。これらの日を示す名前とそれぞれの日の太陽・地球・月の位置関係を模式図で示しなさい。(6 点)
- (3) 図 d)において、月と地球の中心間の距離を R とし、地球の半径を r 、月の質量を M_m とする。月－地球システムの質量中心からの遠心力は全地球上で同じであり、月と反対向きに働く。この力は地球と月の距離が変化しないため、地球の中心では月による万有引力と釣り合っていると考える事ができ、遠心力 $= \frac{GM_m}{R^2}$ (G : 万有引力定数)で示される。このとき、月を天頂に迎える点(★印)で月の引力によるバルジが最も大きくなる点の起潮力を G , M_m , R , r を用いて示しなさい。(6 点)
- (4) 上記 (3) で求めた起潮力の式は、 $R \gg r$ を用いて簡略化すると、起潮力 $= \frac{2GM_m r}{R^3}$ と置く事ができ、この式から起潮力は天体間距離(R)の 3 乗に反比例し、天体質量(M_m)の 1 乗に比例することが分かる。月－地球間の距離: $3.84 \times 10^5 \text{ km}$, 太陽－地球間の距離: $1.50 \times 10^8 \text{ km}$, 月の質量: $7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$, 太陽の質量: $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ とした場合、月の起潮力に対する太陽の起潮力は何倍となるか、小数 2 桁までで答えなさい。(9 点)

出題番号 118

ダストに関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 北アフリカの乾燥地帯において巻きあがったダストは、大西洋、アメリカ合衆国南東部、カリブ海、アマゾン熱帯雨林に達する（下図）。上記地域および海域において、このダストの流入が生態系に影響を与えていることが知られている。その影響を3つ答えなさい。
(21点)



海洋学 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）を改変

- (2) 北太平洋に多く流入する主要なダストの名称とその特徴（飛散メカニズムや飛散時期など）を答えなさい。（4点）