

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題番号 71, 72, 81, 82, 91, 92, 101, 102, 11, 12, 111, 112 の計 12 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：化学海洋学

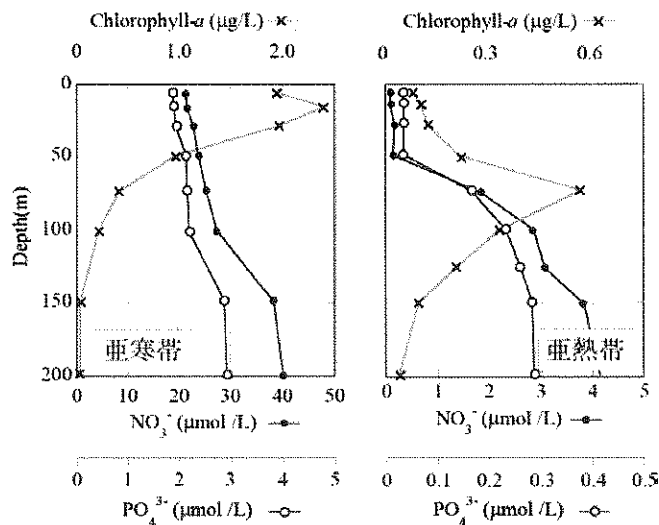
出題番号 71

海洋の生物生産と栄養塩の消費について以下の問いに答えなさい。

(1) 海洋植物プランクトンの生体に含まれる、炭素：窒素：リンの物質量の比率を調べると、おおよそ、106：16：1 になるといい、これをレッドフィールド比という。ある表層混合層内(0~30 m 深)で、硝酸塩濃度が $30 \mu\text{mol/L}$ 、リン酸塩濃度が $1 \mu\text{mol/L}$ あったとする。この水塊内で単位面積当たりの基礎生産が $159 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ で起こった場合、硝酸塩とリン酸塩のどちらが先に枯渇するかを述べた上で、枯渇するまでの日数を計算しなさい。(途中計算式を示し説明すること) (8 点)

(2) 下の図は、北西太平洋亜寒帯海盆域(44°N)と亜熱帯海盆域(30°N)の初夏(6-7 月)におけるクロロフィル-a、硝酸塩、リン酸塩について、各濃度の鉛直分布を表している。混合層深度は両海域とも約 20m であった。亜寒帯と亜熱帯で、栄養塩(硝酸塩とリン酸塩)とクロロフィル-a の鉛直分布の特徴を詳しく述べた上で、その特徴が生じる理由と、両海域の違いが生じる理由について詳しく説明しなさい。ただし、以下のキーワードを全て含むこと。(17 点)

【キーワード】 濃度極大、栄養塩、クロロフィル-a、光透過、冬季鉛直混合、有光層



(JAMSTEC データ公開サイトより引用)

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：化学海洋学

出題番号 72

下の表は、南大洋(SO)、西部太平洋(WP)、東部太平洋(EP)、中央部太平洋(CP)の各海盆域の水深 1000m にセジメントトラップを1年間設置して沈降粒子を集めた結果である。高緯度から低緯度方向の順に全沈降量が少なくなっているのがわかる。全沈降粒子に含まれる化学成分の割合(%)を表に示した。この表に関して以下の問いに答えなさい。

- (1) 高緯度から低緯度方向の順に全沈降量が少なくなる理由を説明しなさい。(5点)
- (2) 全沈降量が多い場所ほどオパールの割合が大きく、逆に炭酸カルシウムの割合が少くなる理由を説明しなさい。(7点)
- (3) 鉍物粒子の沈降量が少ない海域から多い海域を順番に示したうえで(SO など略称でよい)、鉍物粒子の沈降量が多い(少ない)理由を詳しく説明しなさい。ただし、各海域ともに、海水の水平方向への移流による鉍物粒子の輸送は無視できるものとする。また、主要栄養塩(硝酸塩やリン酸塩)の供給が十分あるのに対して、鉍物粒子の供給量が少ないと、生物生産性にどのような影響を及ぼし得るか述べなさい。(13点)

海域	緯度	経度	全沈降量 ($\text{g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$)	化学成分の割合(%)			
				炭酸 カルシウム	オパール	有機物	鉍物
SO	62°S	150°E	394	2	81	15	0.1
WP	41°N	146°E	113	9	55	20	16
EP	37°N	128°W	28	34	28	35	8
CP	15°N	151°W	3	62	9	23	10

SO:南大洋, WP:西部太平洋, EP:東部太平洋, CP:中央部太平洋

(出典：海と地球環境 東京大学出版会)

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：物理海洋学

出題番号 81

地球上(回転系)の流体(海水や大気)は、その水平距離に対して鉛直幅(厚さ)が薄く、水平直交座標系 (x, y) の運動 (u, v) が重要となる。従って海を浅海と考え、さらに簡略化のため密度を均一とし、流れを複雑にする非線形項を無視して線形項だけとした x 方向、 y 方向の運動方程式は下記の①②で表される。さらに静止時の水深を H で一定とすると、連続の式は③で表される。

$$\partial u / \partial t - f v = -g \partial \eta / \partial x \quad \text{①}$$

$$\partial v / \partial t + f u = -g \partial \eta / \partial y \quad \text{②}$$

$$\partial \eta / \partial t + H(\partial u / \partial x + \partial v / \partial y) = 0 \quad \text{③}$$

ここで、 (u, v) は x (東向き)、 y (北向き)方向の流速成分、 t は時間、 η は微小な水面変位、 H は静止時の一定水深、 g は重力加速度、 $f = f_0 + \beta y$ (f_0 は定数、 β は惑星ベータ) はコリオリパラメータである。

- (1) 赤道に捕捉された「赤道ケルビン波」を上記3つの式から考えるとき、 $f_0 = 0$ でコリオリパラメータは $f = \beta y$ となり、 y 方向の流速成分 $v = 0$ が成り立っている。これら二つの条件から①②③の方程式をより簡略な①' ②' ③' の方程式に変形しなさい。(5点)
- (2) 変形した①' と③' 式を用いて、 η に関する波動方程式 $(\frac{\partial \eta^2}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial \eta^2}{\partial x^2})$ の形を導き、「赤道ケルビン波」の東向き位相速度 c が沿岸ケルビン波の位相速度と同じ、 $c = \sqrt{gH}$ となる事を示しなさい。(5点)
- (3) 変形した②' と③' 式を用いて、設問(2)とは別の η に関する方程式を導きなさい。(5点)
- (4) 赤道ケルビン波による水面変位 η を $\eta(x, y, t)$ の関数として示す際、 y 方向には捕捉されて伝播しないため y のみの任意関数 $F(y)$ 、 x 方向には任意関数 $G(x, t)$ の波動解 $G(x-ct)$ とに分けて、変数分離法により $\eta(x, y, t) = G(x-ct)F(y)$ とおく事ができる。これを設問(3)で導いた方程式に代入して整理すると、 y 方向の水面変位 $F(y)$ は $F(y) = \exp(-\beta y^2 / 2c)$ と示す事ができ、南北の水面変位は $y = 0$ (赤道上) で最大となり南北に指数関数的減少となる対称形である事を示しなさい。(10点)

出題番号 82

(1) 下記 a)~d) の4つの「流れ」は、地球流体力学で扱う基本的な「流れ」である。それぞれを運動方程式で示す時に記すべき項(考慮すべき力)を言葉で列記しなさい。

a) 慣性振動流(4点)、b) 表層エクマン流(3点)、c) 地衡流(3点)、d) 傾度流(5点)

(2) 大洋の西岸側には、東岸側に比べて大きな南北流成分をもつ西岸境界流(黒潮や湾流など)が形成される。定常状態における亜熱帯循環内の「渦度バランス」について、東岸と西岸を比較して説明しなさい。(10点)

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：分析化学

出題番号 91

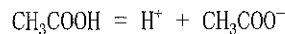
pH について以下の問いに答えなさい（計算過程も示しなさい）。

- (1) 1.0×10^{-3} mol/liter, 1.8×10^{-3} mol/liter, 6.0×10^{-3} mol/liter 及び 9.0×10^{-4} mol/liter の HCl 溶液のそれぞれの pH を計算しなさい。

(10 点)

(ただし、上記 HCl は完全に解離しており、温度は 25°C とする。また、常用対数値は $\log 2=0.301$, $\log 3=0.477$ とする。)

- (2) 下記の式に示されるように、弱酸の一つである酢酸 (CH_3COOH) の酸解離定数 (K) は 25°C で 2.0×10^{-5} であるとする。



$$K = [\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]/[\text{CH}_3\text{COOH}] = 2.0 \times 10^{-5}$$

1.0×10^{-3} mol/liter の酢酸の pH の計算過程を詳しく示し、最も近い pH 値を下記から一つ選びなさい。(15 点)

(a) pH3.0, (b) pH3.3, (c) pH3.8, (d) pH4.3, (e) pH4.5, (f) pH4.8, (g) pH5.2

(ただし、温度は 25°C とする。また、必要ならば常用対数値 $\log 2=0.301$ を使用してもよい。)

出題番号 92

電解質溶液について以下の問いに答えなさい。

- (1) 活量と活量係数について詳しく説明しなさい。また、下記の記号を使用しその関係式を示しなさい。

a_x , $[X]$, f_x はそれぞれ化学種 X の活量、濃度及び活量係数とする。(10 点)

- (2) 溶液のイオン強度 (I) について、下記の記号を使用しその関係式を示しなさい。

c_i , Z_i はそれぞれイオン i のモル濃度と電荷であり、 I はすべての陽イオンと陰イオンについての総和である。(5 点)

- (3) NaCl と MgCl_2 両方を加えて作成した電解質溶液の NaCl と MgCl_2 のそれぞれの濃度は、

0.5 mol/liter と 0.05 mol/liter である。その電解質溶液のイオン強度を計算しなさい。

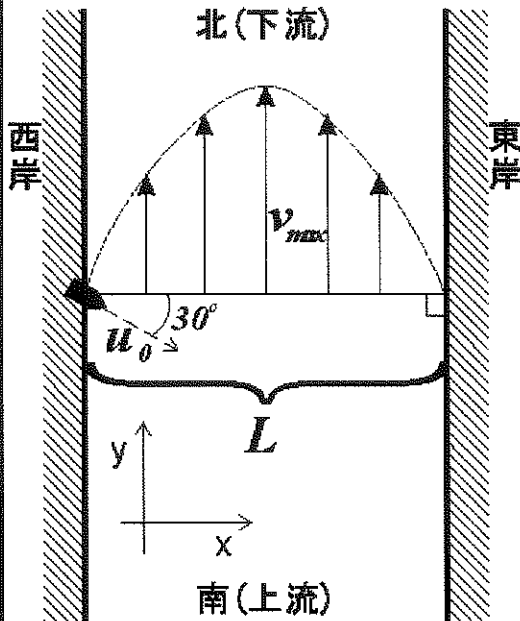
(10 点)

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：力学一般

出題番号 101

川幅が L [m] で南の上流から北向きに流れる川を西から東へボートで横断する。川の流速分布 v [ms^{-1}] は、東西両岸では 0 [ms^{-1}]、河川の中央で最大流速 v_{max} [ms^{-1}] となる放物曲線の分布に従い、東西方向 (x 軸) の関数 $v(x)$ となっている。ボートは川と直交する方向から常に 30° 上流へ針路を向けて、一定の対水速度 u_0 [ms^{-1}] で対岸へ向かうとする(左図参照)。ボートは、川の流れと対水速力の合成ベクトルで対地速力が得られるとして、以下の問いに答えなさい。

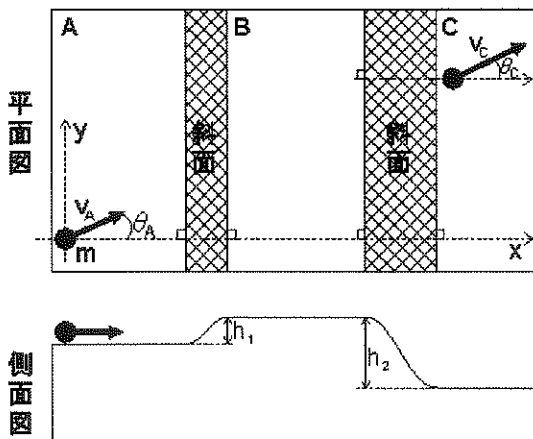


東西方向 (x 軸) の関数 $v(x)$ となっている。ボートは川と直交する方向から常に 30° 上流へ針路を向けて、一定の対水速度 u_0 [ms^{-1}] で対岸へ向かうとする(左図参照)。ボートは、川の流れと対水速力の合成ベクトルで対地速力が得られるとして、以下の問いに答えなさい。

- (1) 上記の条件から、川の流速分布を $L \cdot v_{\text{max}}$ を用いて、 x の関数として示しなさい。(6点)
- (2) ボートの対地速力を x 軸成分と y 軸成分に分けて、 $u_0 \cdot L \cdot v_{\text{max}}$ を用いて、 x の関数として示しなさい。(6点)
- (3) ボートの南北位置 y を $u_0 \cdot L \cdot v_{\text{max}}$ を用いて、 x の関数として示しなさい。ただし、スタート時の y 位置を 0 とする。(8点)
- (4) 東岸への到着位置 $y(L)$ を $u_0 \cdot L \cdot v_{\text{max}}$ を用いて、示しなさい。(5点)

出題番号 102

下図に示すように、高さの異なる3つの水平面 ABC がなだらかな斜面で繋がれている台がある。質量 m [kg] の質点が A 面上から初速 V_A [ms^{-1}] で、斜面と直交する x 軸と水平面の角度が θ_A [°] でスタートし、上り斜面を経て B 面に、下り斜面を経て C 面に至った。C 面での速度を V_C [ms^{-1}]、 x 軸との角度を θ_C [°]、 h_1 [m] (AB 面の高低差) $<$ h_2 [m] (BC 面の高低差) で、重力加速度は g [ms^{-2}]、質点は台から離れず運動し、台上はなめらかで摩擦は無視できるとして、以下の問いに答えなさい。



- (1) 横軸に ABC 面を渡る x 軸をとり、縦軸に質点の加速度を示すグラフを描きなさい。目安として g の大きさも縦軸に書き入れなさい。(8点)
- (2) C 面における速度 V_C を $V_A \cdot h_1 \cdot h_2$ を用いて示しなさい。(8点)
- (3) $\theta_A \cdot \theta_C$ の角度と $V_A \cdot V_C$ の2つのベクトル図の関係が分かるように、ベクトルの起点をそろえて X - Y 平面上に図示しなさい。加えて $\cos \theta_A \cdot \cos \theta_C$ と $V_A \cdot V_C$ の関係式を記述しなさい。(9点)

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：プランクトン学

出題番号 11

沿岸域においては富栄養化に伴い、赤潮の発生件数が増加し青潮も発生するようになっている。関連する以下の問いに答えなさい。

- (1) 富栄養化について説明し、富栄養化に起因する赤潮の発生機構と赤潮によって生じる悪影響を論じなさい。(9点)
- (2) 赤潮によって大量の基礎生産が発生するが、その生産物の動向について、食物網を構成する生物を考慮して論じなさい。(9点)
- (3) 青潮とは何かを説明し、青潮の発生機構と青潮による海洋環境への影響を論じなさい。(7点)

出題番号 12

動物プランクトンに関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 動物プランクトンの定量採集において、プランクトンネットを用いた採集法にはどのような方法があるか述べなさい。また各採集法の特徴と使い分けについて説明しなさい。(15点)
- (2) 亜熱帯域の動物プランクトン相にはウミタル類 (Doliolida) やサルパ類 (Salpida) といったゼラチン質動物プランクトンがしばしば優占する。この理由としてどのようなことが考えられるか説明しなさい。(10点)

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：衛星海洋学

出題番号 111

- (1) 可視・近赤外域，熱赤外域，マイクロ波域の電磁波特性およびリモートセンシング計測の特徴を述べ，各波長域で計測可能な海洋パラメータとその計測原理について述べなさい。(15点)
- (2) 衛星情報から得られた三陸沖における黒潮続流から切離した暖水リング（渦）の変動特性と，漁獲情報から得られた魚類の分布特性を用いて，暖水リング（渦）がカツオなどの回遊性浮魚の漁場形成に及ぼす影響を調査しようとしています。この時，(1)にあげた3種類のリモートセンシングの利点をいかして，どのような衛星データセットを用いて，どのように解析したらよいかを具体的に述べなさい。(10点)

出題番号 112

- (1) 下記の用語を使って，海色リモートセンシングによりクロロフィル a 濃度を推定する方法について説明しなさい。(15点)
- 波長，植物プランクトン，放射照度，放射輝度，反射率，吸収係数，散乱係数，大気補正，エアロゾル
- (2) 海色リモートセンシングによって沿岸域のクロロフィル a 濃度を推定する際の問題点とその原因について説明しなさい。(10点)