

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, 111, 112の計10題から、4題を選択して解答しなさい。

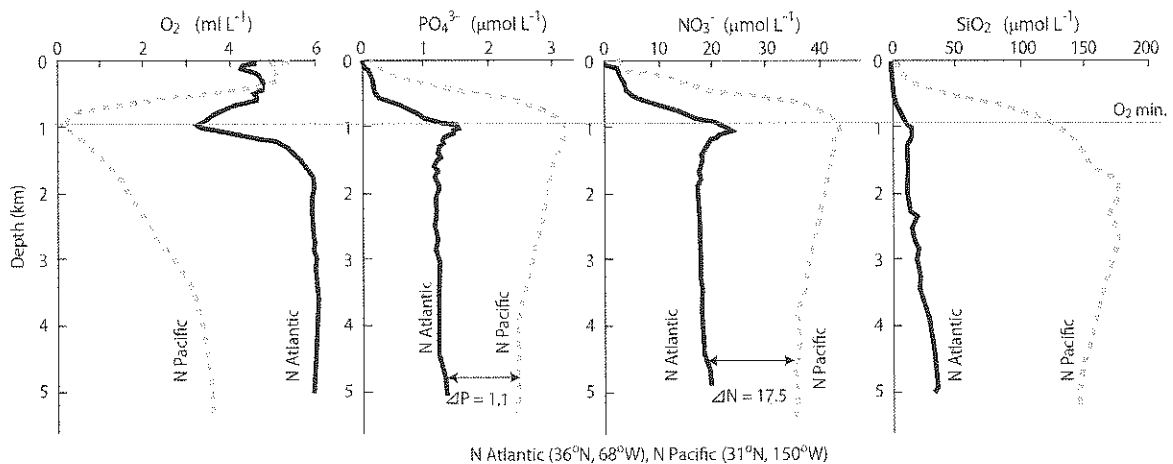
解答用紙には、科目記号・科目名、出題番号を記入すること。

出題内容：化学海洋学

出題番号71

北太平洋(36°N, 68°W)と北大西洋(31°N, 150°W)における溶存酸素(O₂)、リン酸塩(PO₄³⁻)、硝酸塩(NO₃⁻)、珪酸(SiO₂)について、各濃度の鉛直分布を下の図に示す。この図に関して、以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 北太平洋と北大西洋ともに、水深1km付近に溶存酸素濃度の極小が見られる。酸素極小層が形成されるメカニズムと、大西洋に比べて太平洋の溶存酸素濃度が低い理由として考えられることを説明しなさい。(8点)
- (2) 酸素極小層でリン酸塩と硝酸塩の濃度極大が表れることを説明しなさい。また、太平洋と大西洋の深層水中でリン酸塩濃度の差(ΔP)が1.1 μmol L⁻¹、硝酸塩濃度の差(ΔN)が17.5 μmol L⁻¹であった。このΔPとΔNの比が約16になる理由について考えられることを説明しなさい。(8点)
- (3) 珪酸の鉛直分布についてリン酸塩と硝酸塩との違いを述べ、その違いが生じる理由について考えられることを説明しなさい。(9点)



角皆ら, 海洋化学, 産業図書, (1983) より引用改編

出題番号 72

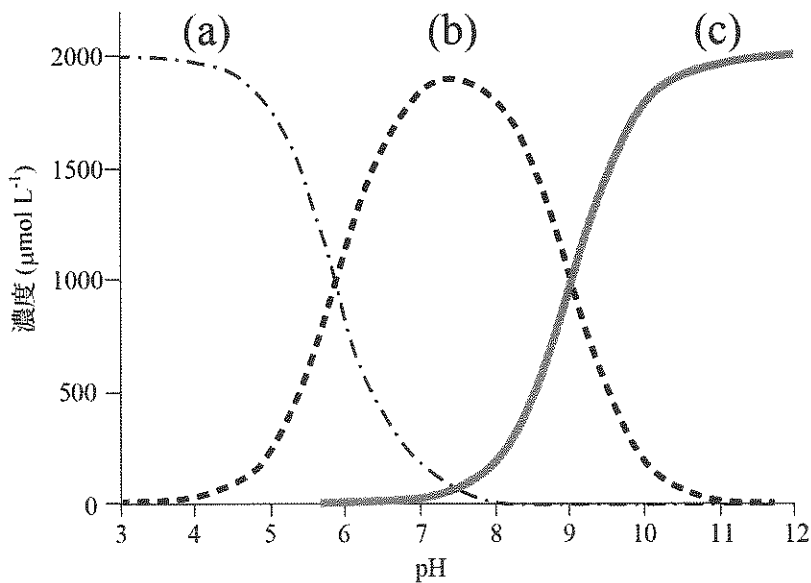
海水中の溶存無機炭酸成分の溶解平衡について、以下(1)～(3)の問いに答えなさい。

大気から海洋に溶け込んだ二酸化炭素は、 H_2CO_3 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} に解離して溶存する。 H_2CO_3 と HCO_3^- の平衡定数を K_1 、 HCO_3^- と CO_3^{2-} の平衡定数を K_2 とおく。海水中の全溶存無機炭酸成分を Dissolved Inorganic Carbonate (DIC)とよび、DIC濃度を以下の式で定義する。

$$[\text{DIC}] = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

ここで、 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ 、 $[\text{CO}_3^{2-}]$ は各成分濃度(mol L^{-1})を表す。

- (1) 海水中での炭酸成分の解離平衡の化学反応式を二つ記したうえで、解離平衡の式を $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ 、 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 、 K_1 、 K_2 を使って表しなさい。(10点)
- (2) $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ 、 $[\text{CO}_3^{2-}]$ のそれぞれの濃度を、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ と $[\text{DIC}]$ 、 K_1 、 K_2 を用いた式で表しなさい。(10点)
- (3) 海水中で溶存無機炭酸成分がどのような割合で存在するかは、海水の水素イオン濃度に依存する。海水のpHを横軸にとり、縦軸に炭酸成分濃度をプロットした図を下に示す。各濃度プロット(a), (b), (c)に該当する溶存無機炭酸成分をそれぞれ答え、pH 8での各成分の存在割合(%)を計算しなさい。なお、 $[\text{DIC}] = 2000 \mu\text{mol L}^{-1}$ 、 $K_1 = 1.4 \times 10^{-6} (\text{mol L}^{-1})$ 、 $K_2 = 1.0 \times 10^{-9} (\text{mol L}^{-1})$ とする。(5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

係数 $a > 0$, $b > 0$ のとき,

$$y = \sqrt{b^2 x^2 + a^2} \quad (A)$$

のグラフを下記の設問に従って描く問題である。この(A)式は、例えば、 y を周波数 σ , x を水平波数 k , b を長波の位相速度 \sqrt{gH} (ここで、 g は重力加速度、 H は水深)、 a をコリオリパラメータ f に置き換えれば、 $k > 0$ の方向へ伝播する慣性重力波の分散関係式になる。

- (1) $x \rightarrow 0$ の極限における(A)式の近似式を示しなさい。(6点)
- (2) $x \rightarrow \infty$ の極限における(A)式の近似式を示しなさい。(6点)
- (3) 横軸に x 軸, 縦軸に y 軸をとり, 設問(1)と(2)で求めたそれぞれの近似式を破線で模式的に描きなさい。(6点)
- (4) 設問(3)のグラフ上に, (A)式のグラフを実線で模式的に描きなさい。(7点)

出題番号 82

係数 $a > 0$, $b > 0$ のとき, $x = x_0 > 0$, $y = 0$ の初期条件(時刻 $t = 0$)のもとに, 次の連立微分方程式を下記の設問に従って解きなさい。

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ay - bx \\ \frac{dy}{dt} = -ax - by \end{cases}$$

これらの式は、例えば、 $x \rightarrow u$ (x 軸方向の速度成分), $y \rightarrow v$ (y 軸方向の速度成分), $a \rightarrow f$ (コリオリパラメータ), $b \rightarrow r$ (線形摩擦係数) に置き換えれば、「時間経過とともに減衰する慣性振動流」を表現することができる。

- (1) はじめに, 複素変数 $z = x + iy$ (ここで, $i = \sqrt{-1}$) を導入して, 上記の二つの微分方程式を z に関する一つの微分方程式に変形しなさい。(7点)
- (2) 設問(1)で導いた方程式から $z(t)$ の一般解を求め, オイラーの公式 ($e^{i\theta} = \cos\theta + i \cdot \sin\theta$) を用いて, $z(t)$ の解を $x(t)$ と $y(t)$ の解に分離しなさい。(10点)
- (3) 横軸に x 軸, 縦軸に y 軸をとり, 設問(2)で求めた $x(t)$ と $y(t)$ の解をホドグラフとして模式的に描きなさい。(8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

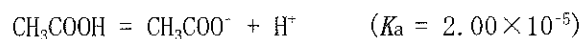
以下の問いに答えなさい。

- (1) 4つの濃度の異なる溶液を吸光光度法で定量分析したところ、透過度($T = I/I_0$)はそれぞれ 0.60, 0.72, 0.75, 0.81 になった。それぞれの吸光度(Abs)を計算しなさい (計算過程も示しなさい)。(8点)

(ただし、常用対数値は $\log 2 = 0.301$, $\log 3 = 0.477$, $\log 5 = 0.699$ とする。)

- (2) 下記に示すように酢酸の酸解離定数 K_a は 25°C で 2.00×10^{-5} である。

- (a) $2.00 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ 及び (b) $4.50 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ の酢酸溶液の pH をそれぞれ計算しなさい (計算過程も示しなさい)。(8点)



(ただし、常用対数値は $\log 2 = 0.301$, $\log 3 = 0.477$ とする。)

- (3) ある一定温度で A から B が生成される。その化学反応は、一次反応式で表す事が出来る。時刻 $t = 0$ の A の濃度 (A_0) は、 t 時間後に濃度 (A_t) に減少した。

- (a) その反応速度定数を k とした場合の A_0 と A_t の関係式を示しなさい。(3点)

- (b) その反応が始まってから 10 分後に、 A_0 が $A_0/4$ に濃度が減少した。その反応速度定数 (k) を計算しなさい。また、 A_0 が $A_0/64$ に濃度が減少するのにかかる時間を計算しなさい (計算過程も示しなさい)。(6点)

(ただし、自然対数値は $\ln 2 = 0.693$ とする。)

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

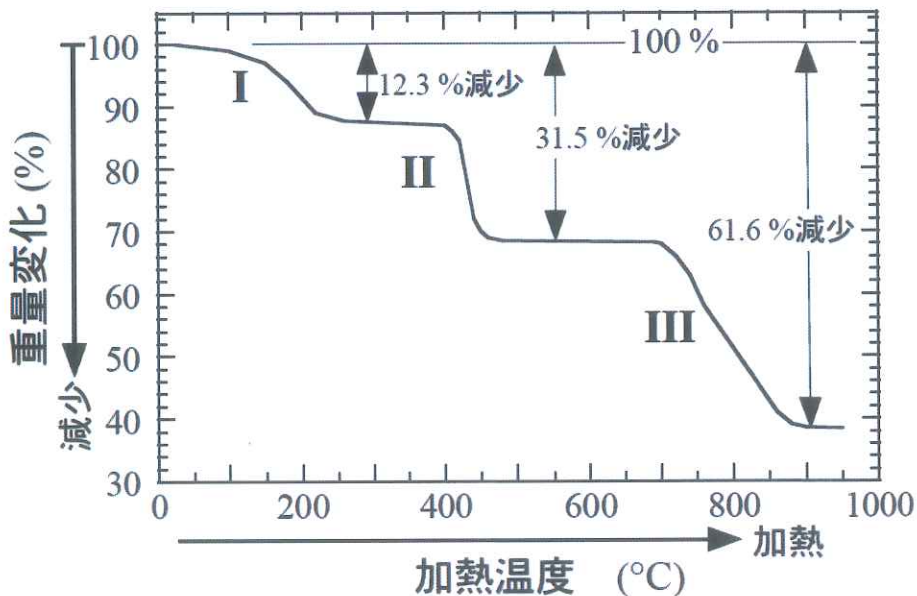
出題内容：分析化学

出題番号 92

化学物質の熱分解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) 図は、下記4つの化学物質の中の1つの熱分解曲線（加熱温度(°C)-重量変化(%))である。この曲線は、加熱することによりその化学物質の一部が脱離や分解による重量変化を示したものである。その化学物質を下記の4つから1つ選びなさい。なぜその化学物質を選んだかを計算過程を含め、説明しなさい。ただし、原子量は $Ba = 137$, $Ca = 40$, $Na = 23$, $Mg = 24$, $S = 32$, $C = 12$, $O = 16$, $H = 1$ とする。(10点)
- (a) $BaC_2O_4 \cdot 1/2H_2O$ (シュウ酸バリウム 1/2 水和物)
 - (b) $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ (シュウ酸カルシウム 1 水和物)
 - (c) $Na_2C_2O_4$ (シュウ酸ナトリウム)
 - (d) $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (硫酸マグネシウム 7 水和物)
- (2) 図に示されているその化学物質の各熱分解過程(I, II, III)での化学分解反応式を示しなさい。また、 $BaCO_3$, $CaCO_3$ 及び Na_2CO_3 の中で、熱分解による重量変化(%)が最も大きなものを示しなさい（計算過程も示しなさい）。(10点)
- (3) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (硫酸銅 5 水和物) を加熱すると、4分子の水が $150^\circ C$ までに、最後の1分子の水は $250 \sim 300^\circ C$ で脱離する。なぜ最後の1分子の水が、他の4分子の水と異なる高い温度で脱離するかを説明しなさい。(5点)

熱分解曲線



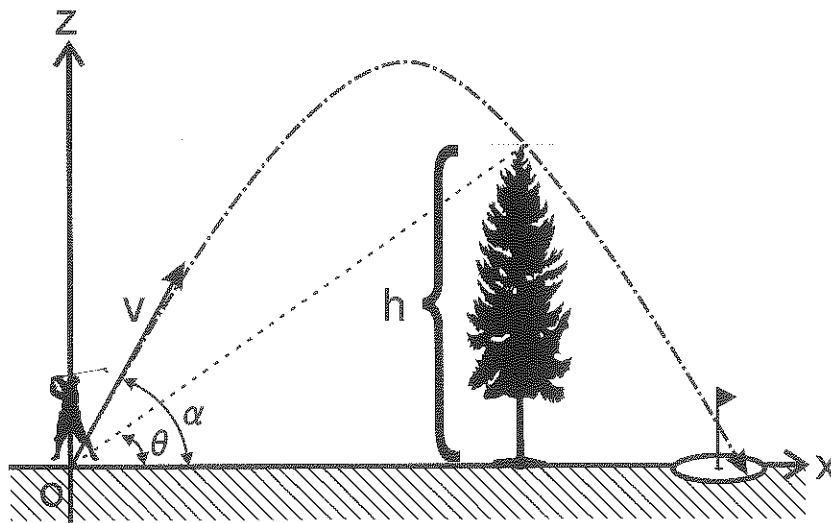
科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：力学一般

出題番号 101

鉛直面内(x - z 面)の運動を考える。高さが h [m]の木を越えてその先にボールを打ち込みたい。原点 O は木の頂点を仰角 θ に見る位置である。初速 v [ms^{-1}], 仰角 α で打ち出した時に木の頂点をかすめて、グリーンにボールを打ち込めた(下図参照)。空気抵抗, 木への接触の影響は無視でき, 重力加速度を g [ms^{-2}]として, 以下の間に答えなさい。

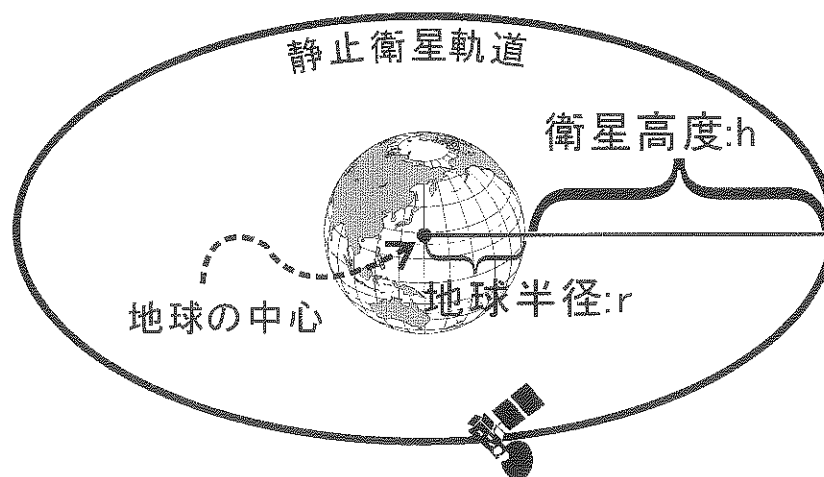
- (1) 木の頂点位置の x, z 座標を与えられた記号を用いて示しなさい。(2点)
- (2) ボールの打ち出しからの経過時間を t [s]として, t [s]時間後のボールの位置を与えられた記号を用いて示しなさい。(3点)
- (3) 上記(2)の両式から t を消去し, ボールの描く軌跡を $\tan \alpha$ の二次方程式の形で示しなさい。(5点)
- (4) 上記(3)の二次方程式が木の頂点を通過する条件は, $\tan \alpha$ が重解(1つの解)をもつ事となる。その条件を式で示しなさい。(5点)
- (5) 上記(4)の条件を満たし, (1)の木の頂点位置を通過する初速 v を g, h, θ を用いて示しなさい。(10点)



出題番号 102

正式運用が開始された静止衛星ひまわり 8 号の軌道高度について考える。静止衛星は赤道上空にあり地球の自転周期と同じ周期で公転している為、地球上からは静止しているように観測される。この静止状態は地球との間の万有引力と公転による遠心力が釣り合っていると考えてよい。地球は真球で密度一様と仮定し、自転周期を 24 時間、万有引力定数： $G = 6.67 \times 10^{-11} [\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}]$ として、以下の間に答えなさい。

- (1) $\pi = 3.14$ として、地球自転の角速度 ω [s^{-1}] を少数 2 桁 ($\times 10^{-5} [\text{s}^{-1}]$) まで求めなさい。(4 点)
- (2) 静止衛星の質量を m [kg]、地球の質量を M [kg] とおき、地球の半径を r [m]、衛星の高度を h [m] とおいて、 G と ω は記号のまま、釣り合いの式を示しなさい。(4 点)
- (3) ω は(1)の結果を用い、地球の質量： $M = 5.97 \times 10^{24} [\text{kg}]$ 、地球の半径： $r = 6.37 \times 10^6 [\text{m}]$ とした時の衛星高度 h を少数 2 桁 ($\times 10^7 [\text{m}]$) で求めなさい。ただし、 $\sqrt[3]{74.93} \approx 4.216$ として計算しなさい。(10 点)
- (4) 放送用静止衛星もこの高度にある。電波速度 $c = 3.00 \times 10^8 [\text{ms}^{-1}]$ で一定として、地上局から発信した電波が衛星を介して地上で受信するまでの往復に掛かる時間を(秒の少数 2 桁まで)求めなさい。(7 点)



科目記号	科目名
C	海洋環境科学

出題内容：海洋環境学

出題番号 111

酸素は、魚類や無脊椎動物を含むほとんどの海洋動物にとって、生命を維持するために必要不可欠である。ところが、沿岸域では夏季にしばしば溶存酸素濃度が低下する貧酸素化という現象がおき、海洋生態系に重大な影響を及ぼす。

- (1) なぜ貧酸素現象が起きるのか、そのメカニズムを説明しなさい。(9点)
- (2) 沿岸域で酸素濃度を観測すると、夏季に貧酸素化していても、秋季には酸素濃度が上がり、貧酸素は解消することが多い。それはなぜか、海洋構造の季節変化を基にその理由を説明しなさい。(8点)
- (3) 青潮とは何かを説明し、その特徴を述べなさい。(8点)

出題番号 112

下記の文章は、東経 140 度から 155 度、北緯 35 度から 45 度における海況について記述したものである。①から⑧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。(25点)

日本南岸を流れる①_____は房総沖付近で離岸し、②_____として蛇行しながら東へ向かって流れる。一方、千島列島から北海道東部に沿って流れる③_____は、しばしば枝状の流路で東北以南に進入するが、沖合では東～北東向きに流れる。日本の東方海域では②や③から派生する様々な形状の分流や、それらから切り離された渦によって複雑な様相を呈する。この海域において特徴的な現象の一つが②から派生した暖水渦である。この暖水渦は周囲よりも低密度であり、海面の水位が④_____。暖水渦中での流れは、コリオリ力の影響で⑤_____となっている。これらに加え、津軽海峡から流入して三陸沿岸に沿って分布する⑥_____が存在し、そこでの水温・塩分などの物理構造や生物相は②とも③とも異なっている。

植物プランクトンの増殖に必要な窒素やリンなどの⑦_____の濃度は、②で低く、③で高い。そのため光環境が良く生産の高まる春季以降のクロロフィル濃度は、②系水より③系水で高い傾向にある。②や③から派生する分流や渦の相互作用は、⑦濃度の異なる海水を混合するほか、密度成層の変化を通して光環境にも影響を及ぼす。

暖水渦は水温が高く、周囲の⑦が豊富な水と接するフロント域は、生産が高くなっている。⑧_____などのいわゆる多獲性浮魚類は産卵のため日本南岸へ回遊し、索餌のため春季から初夏にかけて②から③へ北上する。その過程でこの生産の高いフロント域や暖水渦から派生したストリーマを利用しながら回遊している。