

# 筆記試験【専門科目】 問題紙

令和3年8月18日（水）

## 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	

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**

海洋の有機物に関して, 以下の問いに答えなさい。

- (1) 海洋学において, 海水中の溶存有機物と粒子状有機物を区分する方法を述べなさい。(5点)
- (2) 海水中の溶存有機炭素の濃度を測定する方法を説明しなさい。(6点)
- (3) 北太平洋と北大西洋の外洋域における, 海水中の溶存有機炭素の鉛直分布を一つの図に描き記しなさい。表層と深層の濃度の違い, 北太平洋と北大西洋の濃度の違いが分かるように記すこと。(7点)
- (4) 海水中の光合成で, 有機物が生産されてからの年齢を求める方法を, その原理を含めて説明しなさい。(7点)

出題内容：海洋化学

出題番号 76

- (1) 海洋起源の有機硫黄ガス成分が、地球の放射収支に影響すると考えられている。その理由を説明しなさい。ただし、以下のキーワードを全部使うこと。(キーワード：植物プランクトン、浸透圧調整、ジメチルスルホニオプロピオネート (DMSP)、ジメチルサルファイド (DMS)、大気、酸化、硫酸分子、硫酸塩の微粒子、雲粒、太陽光、散乱) (12点)
- (2) 自然起源の有機ハロゲンガスは、大気のおゾン収支に影響すると考えられている。そのメカニズムを説明しなさい。ただし、対流圏と成層圏での現象を区別すること。また、以下のキーワードを全て使うこと。(キーワード： $\text{CH}_3\text{Cl}$ 、 $\text{CH}_3\text{Br}$ 、 $\text{CH}_2\text{I}_2$ 、長寿命、短寿命、対流圏、成層圏、光分解、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子、オゾン、触媒的に破壊) (13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

非回転系（コリオリ項を無視）における内部波の問題です。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）

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

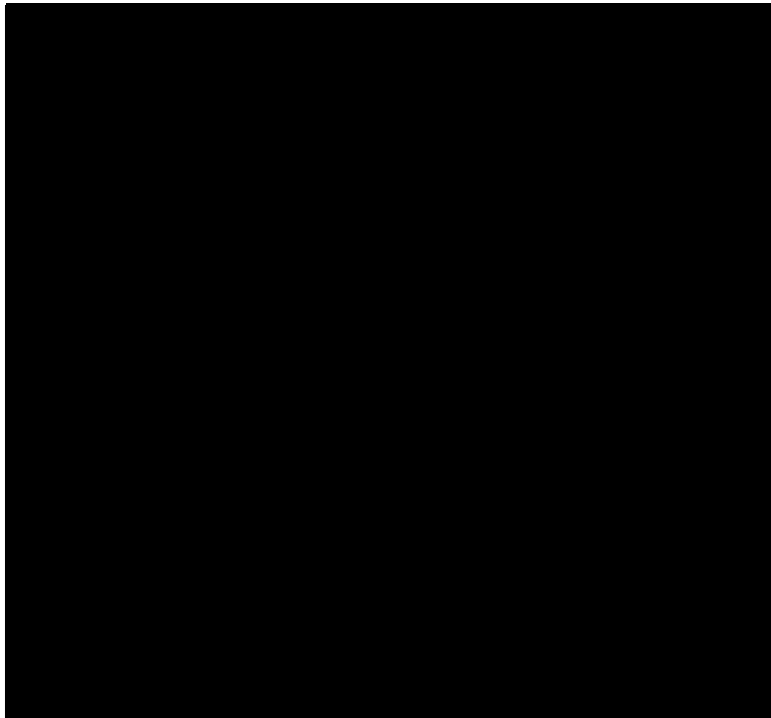
ここで、 $e$  はネイピア数、 $i = (-1)^{1/2}$ 、 $k$  と  $m$  はそれぞれ  $x$  方向と  $z$  方向の波数、 $\sigma$  は周波数である。

- (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 ( $C_{g_x}, C_{g_z}$ ) 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 ( $C_{g_x}, C_{g_z}$ ) 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

海水の性質に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 海水の性質を議論する際に、現場水温、ポテンシャル水温と呼ばれる水温を使うことが多い。現場水温、ポテンシャル水温とはどのような水温のことか、説明しなさい。(4点)
- (2) ある観測から、「2000 m 深での海水」の現場水温が  $3.0^{\circ}\text{C}$  であることが分かった。その「2000 m 深での海水」のポテンシャル水温は、 $3.0^{\circ}\text{C}$  より高いと考えられるか、低いと考えられるか、答えなさい。また、そのように考える理由を簡単に説明しなさい。(8点)
- (3) 現場密度、ポテンシャル密度とはどのような密度のことか、説明しなさい。(2点)
- (4) 同じポテンシャル密度を持つ、高温高塩の海水と低温低塩の海水が混合したとき（等密度面混合が起こったとき）、その混合水のポテンシャル密度はもとの海水のポテンシャル密度と異なることが知られている。この現象はキャベリングと呼ばれる。等密度面混合によって、もとの海水から密度が増加すると考えられるか、減少すると考えられるか答えなさい。また、そのように考える理由を説明しなさい。説明に際し、下図に掲載されている情報を用いても良い。(11点)



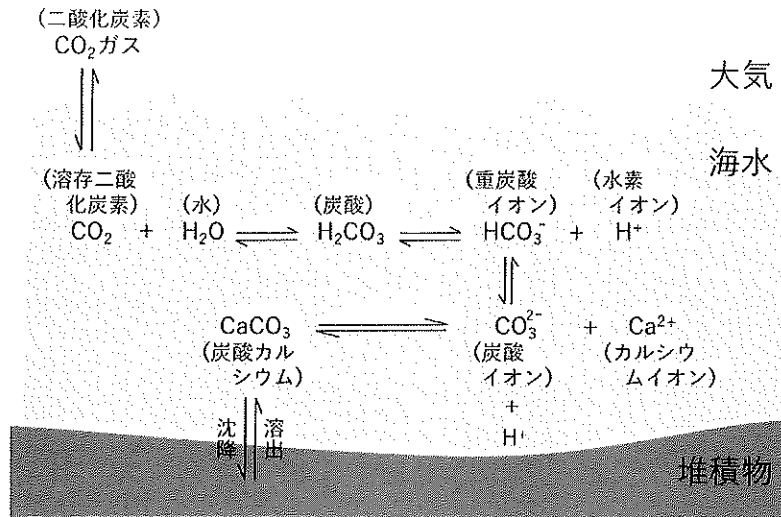
北太平洋亜熱帯海域・亜寒帯海域・混合水域における平均的な水温塩分構造（太線）を示した水温塩分ダイアグラム。細線は等ポテンシャル密度を示す。縦軸の単位は ( $^{\circ}\text{C}$ )。Talley (1997) より抜粋。

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

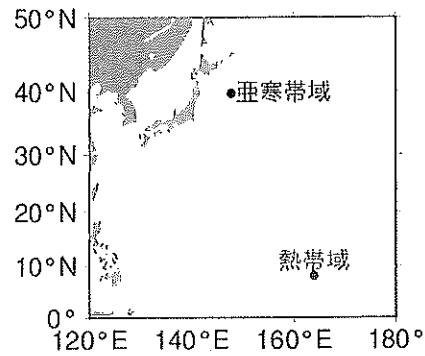
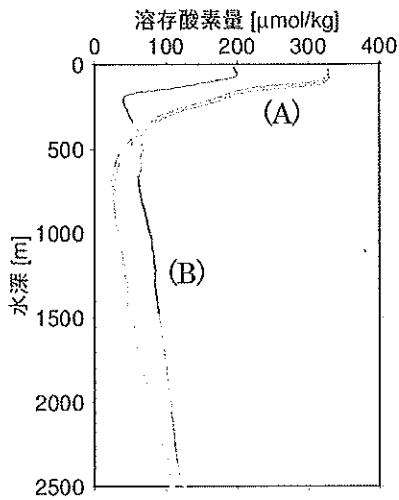
下記の図は、海洋における炭酸系の状態変化を表したものである。



ポール・ピネ (2010) を改変

- (1) 上図をもとに、大気中の二酸化炭素濃度の上昇が海洋酸性化をもたらすメカニズムを説明しなさい。(7点)
- (2) 海洋酸性化が海洋生物に及ぼす影響について説明しなさい。(10点)
- (3) 深海では炭酸カルシウムの殻が溶解しやすい一方で、浅海では溶解しにくい理由を述べなさい。(8点)

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



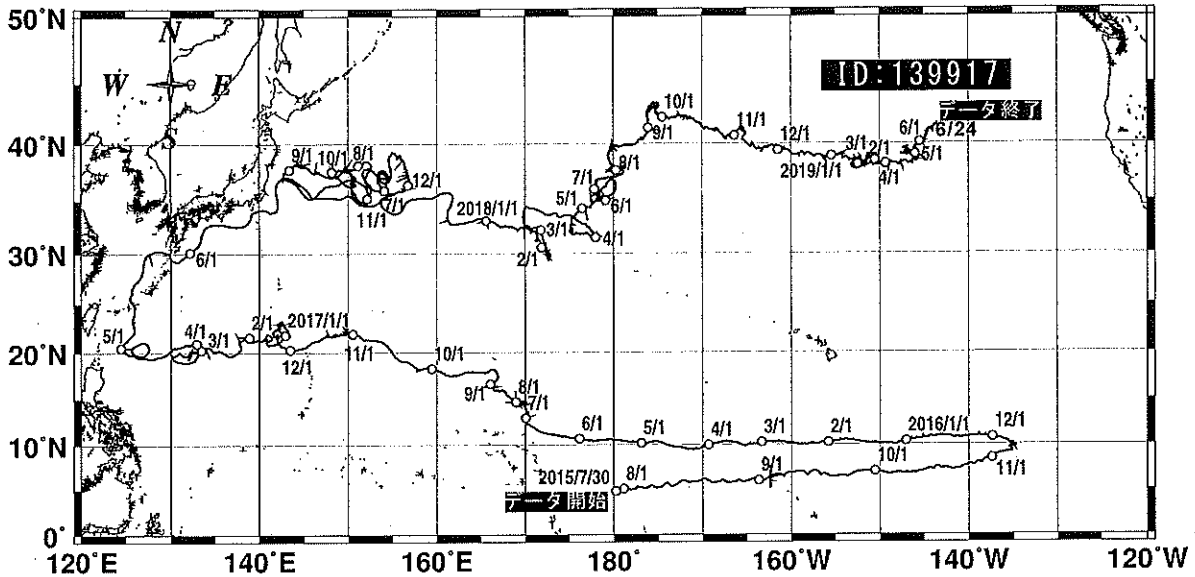
(気象庁作成の図を改変)

- (1) 上の図の (A) と (B) のどちらが亜寒帯域で測定したもので、どちらが熱帯域で測定した  
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) とともに、水深数百メートルから千メートル付近で溶存酸素濃度が低くなってい  
る。このような層を何というか、答えなさい。また、溶存酸素濃度が低くなる層ができる  
メカニズムを説明しなさい。(8点)
- (3) 外洋においては、海水中の栄養塩の量は、溶存酸素の量が増えれば減少し、溶存酸素の量  
が減少すれば増加するといった相反する変動をすることが多い。その理由を説明しなさい。  
(8点)

出題番号 117

下の図は、人工衛星でその位置を追跡した、海面漂流フロート (ID : 139917) の軌跡図である。データは 2015 年 7 月 30 日の北緯 5 度、経度 180 度付近から始まり、北太平洋を東西に大きく移動しながら、約 4 年後の 2019 年 6 月 24 日に、北緯 41 度、西経 145 度付近で記録が終了している。図は 6 時間毎のフロートの位置が線で結ばれており、毎月 1 日 0 時の点を○で示して、その日付が書き込まれている。

この図を見て、以下の間に答えなさい。



- (1) 流れの測定方法には大別して二種類の方法がある。この図の様に流体粒子の座標の時間変化を追跡して流れの様子を捉える観測手法を何というか答えなさい。(3点)
- (2) 大別したもう一つの流れの測定方法で、(1)の手法と対を成し、海底に固定した係留系などで一カ所に留まってその場所を流れる流体の流向・流速(ベクトル)を連続的に測定する手法を何というか答えなさい。(3点)
- (3) (2)の観測手法の中で使用される測定機器の中には様々な種類のものがある。知り得る観測機器の一般名称を列記しなさい。(4点)
- (4) この図のフロートが辿ったと考えられる海流をスタート地点から終了点に向けて順に名前を書きなさい。(5点)
- (5) フロートが日本列島から離れて東に向かった海域(2017年7月~12月)では、流れる方向が反転したり、円軌道を描いたり、複雑な動きが記録されている。この海域でなぜこのような複雑な動きをしたと推察されるか、その理由を答えなさい。(5点)
- (6) このフロートの流れが海面地衡流速に一致したものであったと仮定した場合、西経160度線上の北緯0度から50度までの海面高度の変化をグラフ化しなさい。横軸に緯度、縦軸に海面高度をとり、海面高度の絶対値は問いません。(5点)



出題番号 118

- (1) 水中の溶存気体の溶解量が多くなるのは、水温が高い時であると考えられるか、低い時であると考えられるか、答えなさい。また、塩分が高い時と低い時のどちらが、水中の溶存気体の溶解量が多くなるか答えなさい。(8点)
  
- (2) 海水の氷点について以下の問いに答えなさい。真水の氷点は0度である。一方、その水に塩類を加えると氷点は下がる。その理由を答えなさい。また、一般的な海水の場合(塩分が33ほど)、氷点はおおよそ何度になるか答えなさい。(8点)
  
- (3) 南極海のオキアミ類を大規模に漁獲した場合、南極大陸周辺の海洋生態系に与える潜在的な悪影響について、海洋生物学の知識を使ってその可能性を答えなさい。(9点)