

科目記号	科目名
C	海洋環境科学

解答（解答例）・出題の意図

出題内容：海洋化学

出題番号 75

【解答例】

(1) 数億年のような長い時間スケールでは、玄武岩質が風化して陸水や海水に溶解して海水中にカルシウムイオンが供給される。カルシウムイオンは海水中の炭酸系イオンと結合、炭酸カルシウム粒子が生成される。その炭酸カルシウム粒子が海底に堆積、地殻中に隔離されることで、大気や海水中の二酸化炭素が低下する。地殻中の炭酸塩岩が火山活動で熱分解して、大気中に二酸化炭素として供給されることで炭素が地球表層を循環している。千年程度の時間スケールでは、海洋が大気中の二酸化炭素を吸収、深層循環で炭素を海洋内部に隔離する効果が生まれる。海洋植物や陸上植物による光合成で炭素が有機炭素として固定される。その一部が難分解化して、土壌や堆積物中に長期間保持される効果が生まれる。

(2) 海水中の窒素の多くは硝酸イオンとして存在する。海洋植物による基礎生産により、硝酸イオンが利用されると、植物体内でアミノ酸などになる。その海洋植物由来の有機物が分解されると、海水中にアンモニウムイオンが再生する。アンモニウムイオンは、微生物により酸化されて、亜硝酸イオン、硝酸イオンに戻る。還元的な環境にある堆積物中では、硝酸イオンが微生物により還元されて、窒素分子になる「硝酸還元（もしくは脱窒）」が起こっている。植物プランクトンやバクテリアの働きで、窒素分子がアンモニアになる窒素固定も起こっている。海洋では、海洋微生物を中心として窒素が循環している。

出題番号 76

【解答例】 海水を採取したら、ガラス繊維フィルターで海水をろ過する。ろ紙をジメチルホルムアミドに浸して、色素を抽出する。プラスチック容器に入れてある抽出液は、分析直前まで冷凍庫・暗所で保管しておく（保存中における分解を避けるため）。分析の1時間前に冷凍庫より出して、室温に戻す（ガラスチューブの結露を抑えるため）。抽出液をガラスチューブに入れて、蛍光光度計で測定する。クロロフィルに光を照射（励起光すると）、クロロフィルが光を吸収、蛍光を発する。その蛍光強度を測定することで、クロロフィル濃度を求める原理である。一般的には、青色（波長 430 nm くらい）を励起光として、赤色（波長 680 nm）を蛍光として検出する。

【出題の意図】

進学後に海洋物質循環研究を希望する受験者は海洋化学を選択すると考えられる。海洋化学の研究では、炭素循環や窒素循環を理解している必要があるため、その知識を問う問題（出題番号 75）を出題した。また、海洋植物プランクトン量の指標となるクロロフィル a 濃度の測定も基本事項なので、その原理を問う問題（出題番号 76）を出題した。

出題内容：海洋物理学

出題番号 81

【解答例】

(1) $F_G = GMm/a^2$

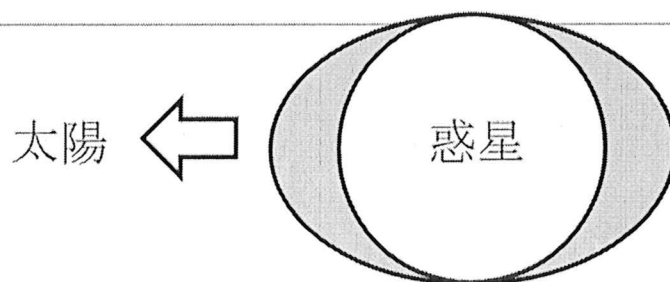
(2) $T = 2a\pi/v$

(3) $F_c = mv^2/a$

(4) (2)と(3)から v を消去した後, $F_G = F_c$ を整理すれば, $a^3/T^2 = GM/(4\pi^2) = \text{定数}$ を得る。

(5) 起潮力 (潮汐力でも可)

(6)



【出題の意図】 海洋環境学的には「海洋潮汐を駆動する起潮力」の理解を問う場合が多い。本設問では、その前知識として、ケプラーの第3法則をもとに「惑星と太陽の間で働く力学バランス」を理解しているかを問う。

出題内容：海洋物理学

出題番号 82

【解答例】

- (1) 海水の温度を、ある深さで直接測定して得られる水温を現場水温という。現場水温は、圧力の効果が加わった値である。これに対し、この海水を断熱的に海面に持ち上げたとき、その海水の示す水温をポテンシャル水温と呼ぶ。
- (2) 4°C より低い。ポテンシャル水温は、現場水温から「3000 m 深における圧力によって収縮した（仕事加わった）際の昇温」を取り除いたものであるため、ポテンシャル水温は現場水温より低くなる。
- (3) 現場密度は、現場水温と塩分を用いて計算した海水密度。ポテンシャル密度は、圧力の効果を取り除いたときの海水密度。
- (4) 密度は増加する。海水の密度は、水温・塩分・圧力の非線形の式として表される。このため、水温塩分ダイアグラムに掲載されている等ポテンシャル密度線は曲線を描いており、その形は高温低塩側が凸となっている。このため同じ密度を持つ高温高塩の海水と低温低塩の海水を混ぜたとき、例えば水温・塩分が元の海水の平均となったとき、その平均水温塩分はもとの等ポテンシャル密度線上には載らず、右下（高密度側）に位置する。このため、混合水のポテンシャル密度は元の海水のポテンシャル密度より大きくなる。

【出題の意図 海洋物理学 82】

進学後に海洋物理学に関する研究を希望する受験者が、進学後にこの分野を研究するために必要な考えと知識を身につけているかを確認するため、海洋物理学に関する基礎的な問題を出題した。

出題内容：海洋環境科学

出題番号 115

【解答例】

- (1) 強い成層。海水がくさび型に河口内に進入。
河川流量が多く（成層を強める）、潮汐が小さい（成層をこわさない）
日本海側。例えば由良川沖
- (2) 強い鉛直混合。上下一様な性質。
河川流量が少なく（成層を作らない）、潮汐が大きい（混合して、成層をこわす）
有明海など
- (3) 塩水くさび型エスチュアリー。
進入した海水が留まって孤立水塊となり、酸素の供給がなくなりがちだから。
- (4) 湾口部にシルがあり、湾内底層と外海水または（特に夏季には）表層水との交換が悪く、酸素が供給されないから。
- (5) 塩分の時空間変化が大きい河口域では、浸透圧調整にエネルギーがかかるため、広塩性の生物しか生息できない。そのような広塩性生物は種数が少ない。また、しばしば出水が起こり、多くの生物が海域へと流出してしまう。このため、生息している個体数が少なくなり、多様性が低い。
河川を通じて陸域から多量の栄養塩が供給される。また、波浪により浅い海底から栄養塩や有機物が常に巻き上げられる。このため、その栄養塩を使って植物プランクトンがたくさん増殖できるため、生産性が高い。

【出題の意図】

進学後に海洋環境科学講座での研究を希望する受験者は海洋環境学を選択すると考えられる。海洋環境科学講座では研究の主軸を海洋の基礎的な知識に基づいた海洋環境学においている。進学後にこの分野を研究するために必要な考えと知識を身につけているかを確認するため、この分野に深く関連するエスチュアリーについての問題を出題した。

出題内容：海洋環境科学

出題番号 116

【解答例】

- (1) B の位置する有明海は南北に細長い形状をしており、東シナ海から到達した潮汐波が湾奥まで到達する際に、湾の固有振動周期と共振することで潮位差が大きくなる。これに対し C の位置する日本海は、海水の出入り口（主に対馬海峡、津軽海峡、宗谷海峡）が狭く浅い。そのうえ、日本海の水深は 3000 m を超えるほど深い。そのため潮流による水の出入りが日本海全体の容量に比べて小さく、潮汐は大きくなりません。以上の理由により、B の水位変化が最も大きく、C の水位変化が最も小さい。
- (2) 潮汐は主に、月が地球に及ぼす引力と、地球が月と地球の共通重心の周りを公転することで生じる慣性力を合わせた起潮力によって生じる。月の南中時と月がその反対側に来た時に海水（潮位）が最も強く引っ張られ、その後ほぼ一定時間経過すると満潮になる。地球は 1 日に 1 回自転するので、多くの場所では 1 日に 2 回の満潮と干潮を迎える。
- (3) 起潮力は月や太陽の地球に対する相対的位置や距離に関連し、非常に複雑である。そこで、実際の月や太陽の代わりに、天球の赤道を一定の距離を保ち一定の周期で運行する複数の仮想天体を想定し、それらによって規則正しい潮汐が起こっていると考える方が便利である。実際に観測される潮汐は、これらの複数の仮想天体による潮汐が合成されたものであると考え、この一つ一つの仮想潮汐を分潮という。実際に観測された潮汐を各分潮に分離し、それらの振幅と位相のずれを求めることを調和分解という。ある海域における各分潮の振幅と位相のずれをあらかじめ調べておけば、任意の時間の潮位を精度よく推定することができる。
- (4) ・高気圧、低気圧の通過などによる気圧の変化。大気圧が上がると海面は下がり、大気圧が下がると海面は上がる。気圧 1hPa で約 1cm の海面の上下を生むことが知られている。
・風による海水の吹き寄せ。一定方向の風が吹き続けると海水が風下方向に吹き寄せられ、風下では水位が上がる。

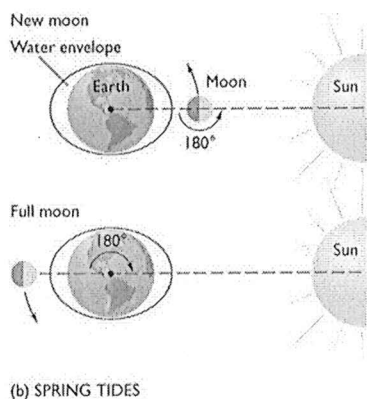
【出題の意図】

進学後に海洋環境科学講座での研究を希望する受験者は海洋環境学を選択すると考えられる。海洋環境科学講座では研究の軸を海洋の基礎的な知識に基づいた海洋環境学においている。進学後にこの分野を研究するために必要な考えと知識を身につけているかを確認するため、この分野に深く関連する潮汐についての問題を出題した。

出題内容：海洋環境科学

出題番号 117

【解答例】



(1) 左図がテキストに記載されている大潮時の位置関係。新月・満月はどちらでもよい。直線的な位置関係。

(2) 約 24 時間なので「日周潮」

K1：日月合成日周潮，O1：主太陰日周潮
などでもよいが，問題条件からは断定できない。

(3) 最大上げ潮時：4 時
最大下げ潮時：16 時

(4) 満潮時：10 時，干潮時：22 時

(5) 上層：南下流，下層：北上流

(6) 平均流（潮汐残差流）で上層は流出の南下流，下層は流入の北上流があること，湾内には河川水が多く流れ込んでいる事から，低塩の低密度水が上層から流出し，高塩の高密度水が下層から流入するエスチャリ型の循環が考えられる。大潮時なので潮汐流に対して残差流が小さいが，日周潮による潮汐流で湾内水と外洋水の交換が盛んに行われていると考えられる。

【出題の意図】

潮汐は沿岸生態系への影響が最も大きい海洋現象の一つであり，その基本となる事項を問う問題としている。測定された潮汐流のデータから，観測現場の潮汐状況や湾内外水の交換の環境条件を，推定できることが要求される。

出題内容：海洋環境科学

出題番号 118

【解答例】

(1)

水中の溶存気体の溶解量が多くなるのは、水温が低い時、塩分が低い時である。

(2)

水和した塩イオンは個々の H_2O 分子にしがみつき、氷の結晶構造に並ぼうとする水分子の邪魔をするからである。 -1.8 度になる。

(3)

ナンキョクオキアミは、キーストーン種（キーストーン種とは、存在する個体数は少なくとも、その種がいなくなると、生態系が大きく変化してしまうような、生態系の安定性や多様性を保つうえで不可欠な種をさす）であり、植物プランクトンと大型動物の間を単独で繋ぐ最も重要な植食生物である。オキアミ類は、魚類、イカ類、海鳥類、ヒゲクジラ類などの非常に様々な肉食動物に捕食される。鯨類の多くは高密度のオキアミ類の群れなくしては存在できない。鯨類は得られる餌よりも多くのエネルギーを、海水を濾すことに費やしてしまうため、短時間のうちに死んでしまう。

【出題の意図】

海洋環境科学講座では、海洋中のガス成分や結氷現象に着目した研究を展開している。また、様々な海洋生物が海洋生態系や海洋環境に与える影響についての評価も実施している。進学後にこの分野を研究するために必要な考えと知識を身につけているかを確認するため、気体溶解量、結氷と氷点低下、オキアミと海洋環境の関係に関して問う問題を出題した。