

問1.

- ① *Alexandrium tamarense* は渦鞭毛藻類 (1点) であり、日本で問題になる麻痺性貝毒 (PSP: paralytic shellfish toxins) (1点) の原因藻である。産生する毒素はサキシトキシンやゴニオトキシン (1点) などである。その作用機作はフグ毒 (テトロドトキシン) とよく似ており、神経細胞膜のナトリウム (Na^+) チャンネルブロッカーとして作用し、痺れ、運動障害、呼吸障害などを引き起こす (2点)。
- ② *Gambierdiscus toxicus* は渦鞭毛藻類 (1点) であり、サンゴ礁域の魚類を毒化するシガテラ毒 (CFP: ciguatera fish poisoning) (2点) の原因になる。特徴的なのは温度感覚異常を引き起こすことで、ドライアイスセンセーションと呼ばれる (2点)。
- ③ *Pseudonitzschia multiseries* は珪藻類 (1点) であり、記憶喪失性貝毒 (ASP: amnesic shellfish poisoning) を引き起こす (1点)。これは日本では大きな問題には未だなっていないが、日本の沿岸域にも類縁種が生息する。この記憶喪失を引き起こす原因物質はドーモイ酸 (1点) と呼ばれるものでアミノ酸の中のグルタミン酸と構造が似ており、記憶伝達物質として働くグルタミン酸にこのドーモイ酸が取って代わるために障害が起こる (2点)。

問2.

- ① ecosystem: 生態系のこと。生態系とはある地域に住むすべての生物とその地域内の非生物的環境をひとまとめにして、主として物質循環やエネルギー流に注目して捉えた機能系のこと。
- ② *Coscinodiscus wilessi*: 大型珪藻類。本藻が赤潮を起こすと、ノリと無機栄養塩の競合的取り込みが起こり、ノリの色落ち現象が起こる。ノリ養殖に甚大な被害を及ぼす。
- ③ 季節的水温躍層: 季節的に海洋や湖沼に形成される深さに伴う水温の減少率が特に大きな層のこと。温帯域の夏季、日射が強くなり海面水温が上昇し、同時に風が弱まるときに海水の鉛直混合がなくなり形成される。上層と下層との熱移動、物質の移動が無くなる。
- ④ 絶対塩分: 海水 1 kg に溶解している無機塩の全量 (g) を単位‰ (パーミル) で表わしたもの。
- ⑤ デトリタス: 生物遺体や生物由来の破片や微生物の遺体、あるいはそれらの排泄物を起源とする微細な有機物粒子のことであり、通常、表面や内部に活発に増殖する微生物群集を伴う。マリンスノーはデトリタスの一種であり、サイズが $500 \mu\text{m}$ 以上の有機凝集体のことである。

問3.

- ① *Euphausia superba* 南極オキアミの学名。南極海生態系では一次生産者の植物プランクトンの上に位置する重要な動物プランクトンであり、より高次の動物の主要な食糧源である。
- ② PAR: photosynthetically available radiation の省略形。光合成有効放射のこと。波長が約 400~700 nm の範囲にある可視放射であり、植物プランクトンの光合成に主に利用される波長帯である。
- ③ psu: practical salinity unit の省略形。電気伝導度を測定して塩分に換算する実用塩分の単位の代わりになる。
- ④ copepods: 海産動物プランクトンのカイアシ類のこと。海産甲殻類のなかで最も海洋で優占している。量的に最も多い。
- ⑤ ネクトン: 遊泳生物。水生動物で水の流れて逆らって遊泳する能力を有するものの総称。魚類、エビあるいはクジラなどを指す。

問4.

- ① 呼吸 ② H_2O ③ (CH_2O) ④ O_2

問5. 海水の総面積： $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ 、有光層の平均水深 200 m (=0.2 km)、海洋細菌 1 細胞(cell)の重量： $2.00 \times 10^{-13} \text{ g}$ 、海水中の海洋細菌の平均細胞密度： $1.00 \times 10^9 \text{ cells/l}$ 。有効数字二桁。

有光層の海水の総体積は、 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2 \times 0.2 \text{ km} = 7.22 \times 10^7 \text{ km}^3$ になる。

$1 \text{ km}^3 = 10^9 \text{ m}^3 = 10^{15} \text{ cm}^3 = 10^{12} \text{ L}$ だから $7.22 \times 10^7 \text{ km}^3 = 7.22 \times 10^7 \times 10^{12} \text{ L} = 7.22 \times 10^{19} \text{ L}$

海水 1l に存在する海洋細菌の重量は $2.00 \times 10^{-13} \times 1.00 \times 10^9 = 2.00 \times 10^{-4} \text{ g/L}$

したがって、有光層の全海水中に含まれる海洋細菌の重量は、

$2.00 \times 10^{-4} \text{ (g/L)} \times 7.22 \times 10^{19} \text{ (L)} = 1.444 \times 10^{16} \text{ (g)} = 1.444 \times 10^{13} \text{ (kg)}$

$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$ だから $1.444 \times 10^{13} \text{ (kg)} = 1.444 \times 10^{10} \text{ (t)}$

有効数字二桁 (1 点) だから、 $1.4 \times 10^{10} \text{ (t)}$

答え：有光層の全海水に含まれる海洋細菌の総重量は $1.4 \times 10^{10} \text{ (t)}$ である。

問6.

海面水温の長期変動でもっとも知られているのがエル・ニーニョである。これは元々神の子という意味のスペイン語である。南米のエクアドルからペルーの沿岸域では、北半球の夏季にあたる時期、強い貿易風の影響で表層水がインドネシアの方向へ押しつけられ、その影響により深層の硝酸塩やリン酸塩などの栄養塩の豊富な深層の冷水が湧昇する (2 点)。また南から北上してくる**フンボルト海流**の影響もあって、赤道付近にもかかわらず表面水温が比較的低温で栄養塩の豊富な水域が形成される (1 点)。この豊富な硝酸塩やリン酸塩と太陽エネルギーを利用して、この水域では**植物プランクトンが活発に増殖し、その植物プランクトンを餌にするカタクチイワシが大量に集まり、そのカタクチイワシを捕食するグアノ鳥類が集まる (2 点)。**グアノとはスペイン語で鳥糞という意味であり、このグアノは硝酸塩やリン酸塩などの栄養塩が豊富で畑の肥料として利用されている (1 点)。ところが北半球の冬季になると貿易風が弱まり、表層の栄養塩が少ない貧栄養な暖水が移動しにくくなり、湧昇が起こらず、植物プランクトンが沿岸域で増殖できず、カタクチイワシが減り、グアノ鳥類も減り、浜は休漁期に入る (1 点)。これがクリスマスのころに起こるのでエル・ニーニョという。通常、三、四ヶ月 (12~3 月) で終わるエル・ニーニョが、4 月以降も長引き、漁獲量の減少だけではなく、様々な地域で旱魃や豪雨をもたらすなど異常気象を引き起こすことが判明し、最近ではこの異常気象現象をエル・ニーニョまたはエル・ニーニョイベントと呼ぶ。

問7. 琵琶湖南湖はリン酸、アンモニア、硝酸が豊富で富栄養化しており、初夏にかけて真核生物の緑藻類が赤潮を起こす。緑藻類の細胞数が増加した結果、アンモニアや硝酸などの窒素源が枯渇するが、リン酸は豊富に存在するという水質状態 (2 点)が形成される。窒素源が枯渇しているため、真核細胞性の植物プランクトンは増殖できない。ここで登場するのが、窒素固定能 (2 点)により大量に存在する窒素ガス N_2 を直接利用することのできる**原核生物 (1 点)**のラン藻類アナベナ属である。このような環境条件の変化に伴う植物プランクトン種入れ替わりを**遷移 (1 点)**と呼ぶ。窒素固定を行うためには**ニトロゲナーゼ (1 点)**という酵素の働きが必要だが、この酵素は酸素に触れると不可逆的に失活する。酸素発生型の光合成を行うアナベナ属は、連鎖した細胞に等間隔で窒素固定を専門に行うヘテロシスト (1 点)という異形細胞を形成する。このヘテロシストでは光合成回路の一部が消失しており、光合成による酸素発生がなく、ニトロゲナーゼに都合の良い嫌気状態が保たれるのである。