

I ある湖の生物群集と水質の調査をした。以下の文章を読み、設問に答えよ。

プランクトンとしてケイ藻類、緑藻類、ラン藻類(シアノバクテリア類)、ワムシ類、ミジンコ類などが観察された。その他の生物としてクロモ、マツモなどの沈水植物、カラスガイ、ヌマガイなどの貝類、ワカサギ、ヤリタナゴなどの魚類も観察された。日中の水温、溶存酸素量および栄養塩類としての窒素(NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^-)の全量をそれぞれ水面から1mごとに湖底近くまで測定した(下図)。

問 1 栄養段階の生態学的な定義を述べよ。

問 2 ラン藻類(i)、ワムシ類(ii)、ヤリタナゴ(iii)の属する生物群集の栄養段階をそれぞれ答えよ。

問 3 クロモ(i)、ワカサギ(ii)、カラスガイ(iii)の属する水生生物群集の名称をそれぞれ答えよ。

問 4 湖底近くでは、栄養塩類は非常に高濃度である。この原因となっている生物群集の栄養段階を何というか。

問 5 栄養塩類に含まれる、植物プランクトンの増殖を制限する要因となる窒素以外のおもな元素は何か。

問 6 水深1mの水温での溶存酸素飽和量は5.6 mL/Lである。水深1mでの酸素飽和度(%)を求めよ。(有効数字1桁)

問 7 変温層はどの範囲と考えられるか。

問 8 変温層での溶存酸素量の特徴を述べよ。

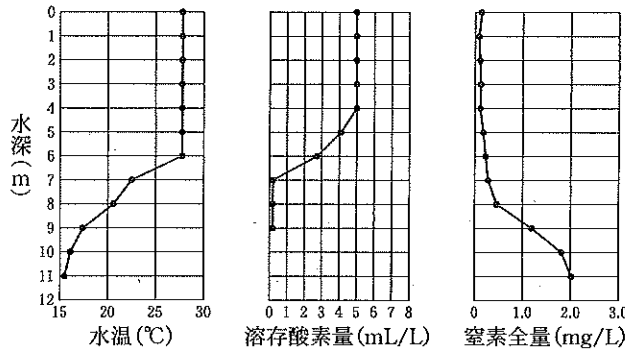


図 水温、溶存酸素量および窒素全量の垂直分布 高田・三田(1974)より

II 以下の文章を読み、設問に答えよ。

現在、大腸菌を用いてヒトのタンパク質を生産できるようになっている。これには、①目的とするタンパク質を指定する遺伝子をベクターとなるプラスミドに組み込んで大腸菌に導入する、という方法が利用されている。ただし、②多くの場合ヒト染色体上の遺伝子をそのまま用いてプラスミドに組み込み大腸菌に導入するだけでは、ヒトのタンパク質を生産することはできない点に留意しなければならない。

プラスミドを導入した大腸菌を寒天培地に広げて37℃で一晩培養すると、培地上に大腸菌のコロニーができる。通常、プラスミドを大腸菌に導入する操作を行っても、すべての大腸菌にプラスミドが導入されるとは限らない。そこで、プラスミドが導入された大腸菌のみを選別できるように、プラスミドには様々な工夫がなされている。一例として、③アンピシリン(抗生物質の1つ)を分解する酵素を指定する遺伝子を組み込んだプラスミドを利用する方法がある。

これらの実験には同一のDNAが多量に必要な場合が多く、その場合はポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法がよく用いられる。

問 1 (1) DNA と RNA を構成する糖の名称をそれぞれ答えよ。

(2) 「RNA 鎖の中のアデニンを含むヌクレオチド」と生体エネルギー代謝に重要な「ATP」の構造上の違いを述べよ。

問 2 下線部①の方法を何というか。

問 3 下線部②の理由を真核生物と原核生物の遺伝子発現の違いに留意して説明せよ。

問 4 下線部③の場合、プラスミドが導入された大腸菌だけを選別するためにはどうすればよいか。

問 5 PCR 法を行う際、増幅したい DNA 配列の両端の塩基配列と相補的な配列を持つ 1 組の短い 1 本鎖 DNA (プライマー) が必要である。それは、PCR 法に利用する DNA ポリメラーゼ (DNA 合成酵素) の性質と関連がある。その性質はどのようなものと考えられるか。

問 6 PCR 法の一例として、実験操作(1)~(3)を 30 回繰り返した。各操作の目的は(A)~(C)のどれか。

(1) 94℃で30秒間反応させる (2) 60℃で30秒間反応させる (3) 72℃で1分間反応させる

(A) プライマーを結合させる (B) DNA を合成する (C) 2本鎖DNAを2本の1本鎖にわせる

Ⅲ 真核細胞の「核」に関する以下の設問に答えよ。

- 問 1 ヒトの体をつくる結合組織の一部の細胞には、核が存在しない場合がある。その細胞の名称を2つあげよ。
- 問 2 成熟したヒト骨格筋(横紋筋)細胞は1つの細胞内に多くの核が存在する細胞(多核細胞)である。この多核細胞はその元となる細胞(筋芽細胞)からどのような過程を経て多核となると考えられるか、仮説を2つ述べよ。
- 問 3 透過型電子顕微鏡で観察される核の断面の模式図を描き、核膜と核小体を矢印で示してそれぞれの名称を入れよ。
- 問 4 ヒトの口腔上皮細胞の核の大きさを光学顕微鏡を用いて測定するのに必ず必要な測定器具の名称を2つあげよ。
- 問 5 核膜が消失および再形成されるのは、細胞周期のどの時期か。
- 問 6 アメーバを核を含まない部分(無核細胞)と核を含む部分(有核細胞)に切り分けた後、培養して経過観察を行った。得られる観察結果を無核細胞と有核細胞についてそれぞれ答えよ。また、それらの結果から得られる結論を述べよ。
- 問 7 1962年、ガードンは、紫外線を照射したアフリカツメガエル^{アフリカツメ}の未受精卵に、オタマジャクシの小腸上皮細胞から取り出した核を移植する実験を行い、その結果、核を移植された卵の発生は正常に進行することを確認した。
- (1) 紫外線を照射した目的を答えよ。 (2) 実験結果から、何が結論されたか。

Ⅳ 以下の文章を読み、設問に答えよ。

フグは、体内にテトロドトキシン(TTX)という化合物を蓄積することが知られている。これまでの多くの研究から、フグはTTXをエサから摂取していると考えられている。TTXを与えた時のフグの反応を調べるため、実験1を行った。

実験1：水槽を用意し、水槽内にTTXを含む寒天または含まない寒天を置いた。水槽にトラフグの幼魚を入れ、それぞれの寒天を一定時間内につつき行動を調べた。実験は、何も処理をしないフグ、鼻腔内の嗅上皮に加熱した針金を当てて嗅上皮を破壊したフグ、加熱した針金を鼻腔付近の皮膚に当てたフグ(嗅上皮は破壊しない)でそれぞれ行った。実験の結果を右表に示す。

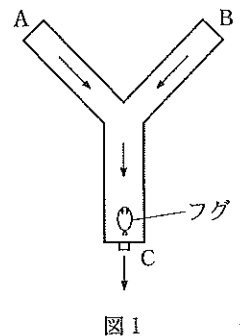
処 理	寒 天	つつき行動
なし	TTX入り	あり
なし	TTXなし	なし
嗅上皮	TTX入り	なし
嗅上皮	TTXなし	なし
皮 膚	TTX入り	あり
皮 膚	TTXなし	なし

- 問 1 何も処理しなかったフグのつつき行動から、フグのTTXに対する反応について何がわかるか。
- 問 2 加熱した針金を鼻腔付近の皮膚に当てたフグで実験を行うのは何のためか。その理由を答えよ。
- 問 3 フグにおいて、(1)TTXを受容した際に生じる感覚は何か。(2)また、環境中の化学物質に対する感覚として、(1)で答えたもの以外には何があるか。

Okitaら(2013)より改変

トラフグの近縁種のクサフグは、初夏に大きな群れを作って産卵することが知られている。繁殖期のクサフグにおけるTTXに対する反応を調べるため、実験2を行った。

実験2：図1の装置で、上流から下流に海水を流した(矢印は海水の流れる向きを示す。海水はCから水槽の外に流れ出る)。分岐点の上流で、Aの側からTTX溶液を、Bの側から水をそれぞれ連続的に滴下した。その時、水槽の下流に入れた繁殖期のクサフグ(オスまたはメス)が1回の実験(5分)の間に、A、Bそれぞれの側にどのくらい滞在するかを調べた。また対照実験として、両方の側から水を滴下した。実験の結果を図2に示した。図2より、対照実験ではA、Bそれぞれの側における滞在時間にほとんど差がないことがわかる。



- 問 4 図2から、TTXに対する繁殖期のクサフグの反応について何がわかるか。
- 問 5 繁殖期のフグの卵巣には、特に高濃度のTTXが蓄積されており、産卵の際には体外にTTXが放出される。このことから、TTXはフグの生殖行動においてどのような役割を持つと考えられるか。
- 問 6 以下の文章中の空欄に適切な語句を入れよ。

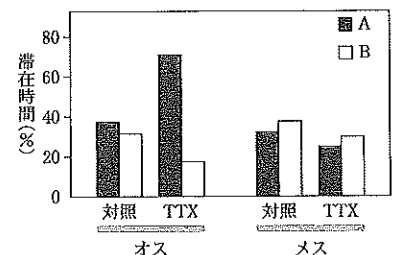


図2 滞在時間(%)とは、5分間にA、Bそれぞれの側に滞在した時間の割合を示す。

Matsumura(1995)より改変

TTXは多くの動物にとっては猛毒である。TTXには神経細胞の細胞膜の(あ)チャンネルを阻害する働きがあり、(あ)イオンの(い)からの受動輸送が抑えられ、神経細胞の(う)電位が生じにくくなる。