

(令8志理) 総合問題 II

[第1問： 4 ～ 6 ページ]

[第2問： 8 ～ 9 ページ]

[第3問： 10 ～ 15 ページ]

注意事項

- (1) 使用できるもの：黒鉛筆・シャープペンシル・プラスチック製の消しゴム・小型鉛筆削り・時計等、「受験者心得」で指示したもの。
- (2) 受験番号欄は各答案用紙の解答欄と評点欄の2か所、氏名欄は解答欄に1か所あります。受験番号は5けたの数字を枠内に1字ずつ明確に記入してください。
- (3) 受験番号及び氏名を指示されたところ以外に記入した場合や受験番号の数字が判別できない場合、採点の対象になりません。
- (4) 解答は、黒鉛筆またはシャープペンシルで答案用紙の所定の欄に、明確に記入してください。
- (5) 答案用紙の裏面には何も記入してはいけません。
- (6) 答案用紙に指示された以外のことを記入しても採点の対象になりません。
- (7) 医学部保健学科以外の志願者は、第1問～第3問より 2 問を選択・解答してください。医学部保健学科の志願者は、第1問～第3問より 1 問を選択・解答してください。
- (8) 選択・解答した問題番号を、別紙「選択問題登録用紙」に登録してください。登録した選択問題以外の問題を答案用紙に解答しても、採点の対象とはなりません。

問題は次のページから始まります。

第1問

計算のために必要であれば、以下の値を用いなさい。

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 絶対零度： -273°C 水素の原子量：1 酸素の原子量：16

I (配点率 24% 医学部保健学科のみ配点率 48%)

以下の各問いに答えよ。

問1 以下の文章の(ア)～(ク)にあてはまる語句、数字、元素記号あるいは化学式を解答欄に記入せよ。

(1) 周期表の中で室温、大気圧下で単体が液体の元素が2つある。それは(ア)および(イ)である。

(2) 二酸化炭素(CO_2)は温室効果ガスと呼ばれている。その大きな理由は(ウ)線を吸収する特徴にある。

(3) 植物は CO_2 と(エ)から太陽光線をエネルギー源として炭水化物を合成することができる。これを(オ)と呼ぶ。

(4) 太陽の光球を構成している成分は1位が(カ)で2位が(キ)である。この2成分で重量の98%以上を占めている。(カ)から(キ)が作られ大量のエネルギーが発生する。この反応を(ク)と呼ぶ。

問2 塩素系の漂白や殺菌に用いられる洗浄剤に酸性液体を混ぜてはいけないとの注意書きが記載されている。その理由を説明せよ。

問3 飲み物に氷をいれると飲み物が冷やされる。この理由を説明せよ。

II (配点率 26% 医学部保健学科のみ配点率 52%)

過酸化水素の分解反応について以下の各問いに答えよ。なお、計算問題においては有効数字2桁で解答せよ。

問1 過酸化水素水溶液に二酸化マンガンを加えると気体が発生する。過酸化水素の分解反応の反応式を所定の解答欄に記入せよ。また、この反応において二酸化マンガンはどのように変化するか解答欄に記入せよ。

問2 市販の過酸化水素水溶液(35重量%)をイオン交換水で10倍に希釈し、その溶液10 mLを用いて分解反応を行う。反応装置は図1に示した。あらかじめ反応装置の三角フラスコ内に1.0 gの二酸化マンガンの粉末を投入してある。同じくマグネティックスターラーで二酸化マンガンを含んだ反応溶液(過酸化水素水溶液)を攪拌する。

調製した過酸化水素溶液を10 mL注射器に入れ、三角フラスコ内に溶液を一気に注入し、攪拌を開始する。注入と同時にストップウォッチで時間を計測しながら発生する酸素の量を記録する。

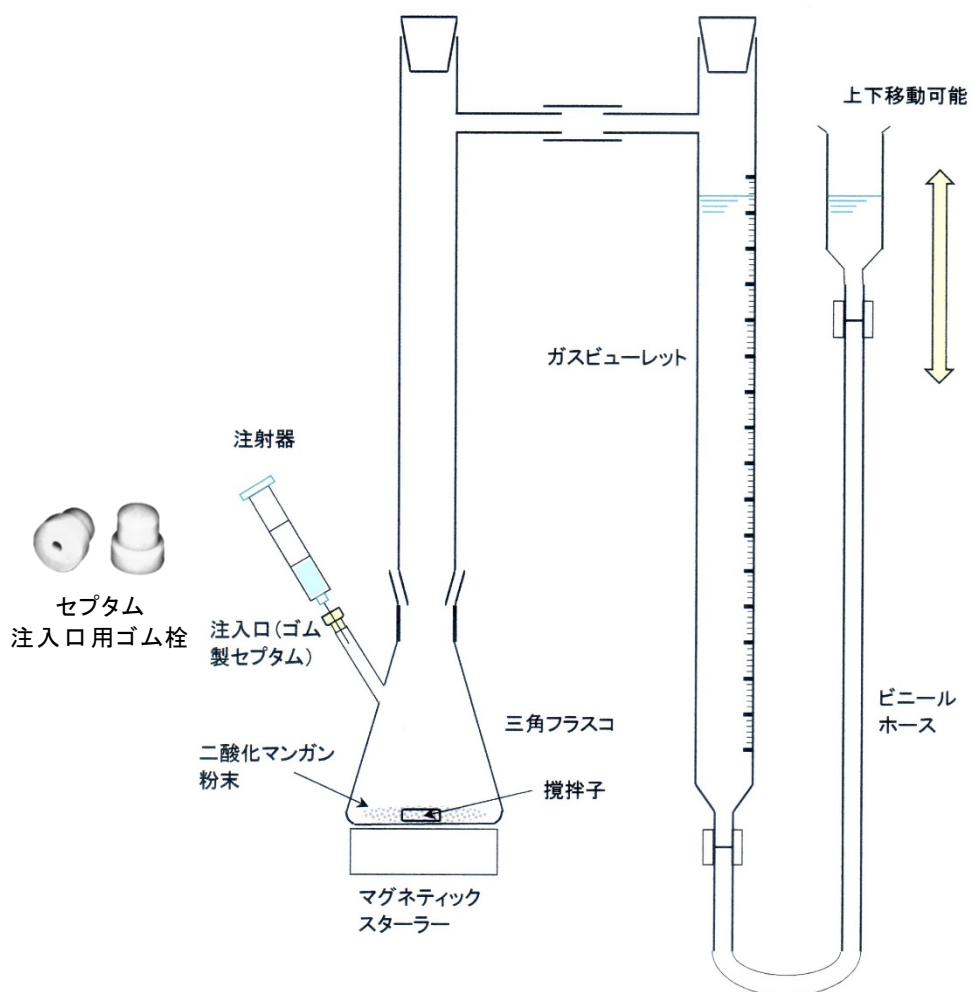


図1 過酸化水素分解反応装置図

2-1 三角フラスコ内に注入された過酸化水素のモル数を求めよ。なお市販および希釈した過酸化水素水の密度は 1.0 g/mL とし計算しなさい。

2-2 酸素の発生量は、図 1 のガスビューレットで求める。ガスビューレットはビニールチューブを介してガラス容器と接続されている。ガラス容器は高さを変えられるように固定されていない。図に示したようにガスビューレット、ビニールチューブ、ガラス容器には一定量のイオン交換水が導入されている。時間とともに発生する酸素の量を実験的にどのように求めるか、その原理と操作方法を説明せよ。

問 3 問 2 の 2-2 の方法で時間とともにガスビューレットのメモリを記録したものが表 1 である。実験開始時の実験室内の温度は 25 °C，大気圧は 1,000 hPa であった。各反応時間の発生した酸素量を計算し解答欄の表中に記入しなさい。ここで反応中液体の体積は変化しないものとし、気体は理想気体と考えてよい。

表 1 反応時間とガスビューレットのメモリの読み

時間 [秒(s)]	0	20	40	60	90	120	180
ガスビューレットのメモリの読み [mL]	5.5	17.6	28.6	38.5	51.7	63.0	81.1

問 4 問 3 の酸素生成量から各反応時間での過酸化水素水溶液中の過酸化水素濃度 [mol/L] を計算し解答欄の表中に記入せよ。

問 5 過酸化水素分解反応の速度（濃度の時間変化，単位は [mol/(L・s)]）の過酸化水素濃度依存性を検討したい。隣合う 2 点のデータを用いてその 2 点の中間の時間での反応速度を推定する。2 点間の中間の時間における濃度は 2 点間の濃度の平均値とし，2 点間の中間の時間における反応速度は 2 点間の濃度差を 2 点間の時間で割ることで求める。過酸化水素の反応速度は濃度が減少するので負値（マイナス）となるが，絶対値をとり正值（プラス）として表す。解答欄に反応時間，過酸化水素濃度および反応速度を計算し該当する解答欄の表中に記入せよ。

問 6 問 5 で得られた 2 点間の中間の時間における反応速度を縦軸に，その時の過酸化水素濃度を横軸にとり，解答欄の該当するグラフ用紙にデータを記入せよ。作成したグラフから反応速度の濃度依存性について考察し，解答欄に記入せよ。

問 7 反応速度は原料 A の濃度を C_A とすると kC_A^n （ここで n はべき乗）で表される場合が多く，定数 k は反応速度定数と呼ばれる。ここで，反応速度を r [mol/(L・s)] とし，過酸化水素濃度 [H_2O_2] [mol/L] の関数式として表せ。

また，グラフから反応速度定数 k を求めよ。（速度定数の単位も必ず記入すること）

第 1 問は, ここまでです。

第 2 問は, 次のページから始まります。

第 2 問

I (配点率 20% 医学部保健学科のみ配点率 40%)

固定点 O から糸(質量を無視できる)でつなげられた物体 A (質量 m_A [kg])が, 図 2-1 の破線の位置でぶら下げられ, 平面に接している。平面上には, 物体 A に接するように物体 B (質量 m_B [kg])が置かれている。この物体 A を糸が張られた状態で持ち上げ糸が水平になるように保持されている。ぶら下がっている位置での点 O から物体 A の重心までの高さを L [m]とする。物体 A を離すと物体 A は落下し, 物体 B と衝突する。衝突時の時間を 0 s とする。この衝突は完全弾性衝突とし, 衝突時の重心の位置は物体 A と物体 B で同じ高さであるとする。また, 区間 a - b (長さ d_0 [m])の平面は摩擦を考えない平滑面, b より遠方の区間は動摩擦係数 μ の粗い面とする。なお, 物体 B の運動は重心で考え, その大きさを考慮しない。重力加速度を g [m/s²] とする。

以下の問い(問 1~8)に答えよ。 解答で使用できる記号は, m_A, m_B, L, g, d_0, μ とする。

問 1 物体 A が物体 B に衝突する直前の速度 v_A [m/s]を求めよ。

問 2 衝突直後の物体 B の速度 v_B [m/s]を求めよ。

問 3 物体 A が元の方向に跳ね返る条件を示せ。

問 4 物体 B が地点 b に到達する時間 t_1 [s]を求めよ。

問 5 衝突から物体 B が静止するまでの物体 B の速度の変化を, 横軸を時間とした図に示せ。

問 6 物体 B が静止する時間 t_2 [s]を求めよ。

問 7 地点 a から物体 B が静止する地点 c までの距離 d [m]を求めよ。

問 8 物体 B が静止するまでに摩擦によって失われたエネルギーを求めよ。

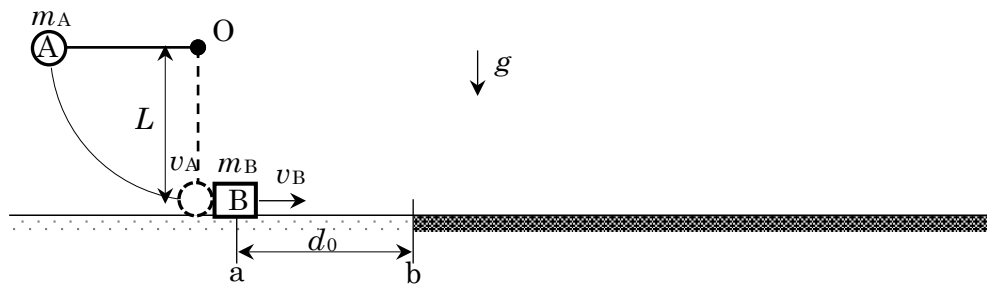


図 2-1

II (配点率 10% 医学部保健学科のみ配点率 20%)

図 2-2 のように可動ピストンを有する容器内に温度 T [K]の水(密度を ρ_w [kg/m³]とする)が封入されている。水の中には樹脂膜で作製された小さな容器 A が入れられており, モル数 m [mol]の理想気体が封入されている。理想気体の気体定数を R [J/(mol·K)], 密度を ρ_g [kg/m³], 大気圧を P_0 [Pa]とする。樹脂膜の質量は無視することができ, 膜にかかる張力を無視して体積を変化することができる。容器 A には重り B が取り付けられている。重力加速度を g [m/s²] とする。

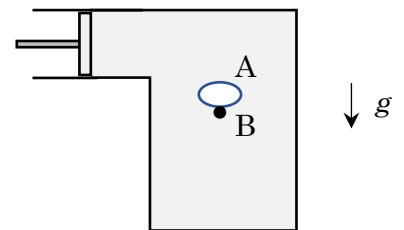


図 2-2

以下の問い(問 1~3)に答えよ。

問 1 ピストンに外力をかけていないときの容器 A の体積 V [m³]を求めよ。

問 2 容器 A を浮いた状態で静止させるために必要な重り B の質量 M [kg]を求めよ。

重りの密度は水に対して十分に大きく, その体積の影響を無視できるものとする。

問 3 ピストンに力を加えた時の容器 A の動きを説明せよ。

押し込む力を $+F$ [N], 引き出す力を $-F$ [N]とする。

Ⅲ (配点率 10% 医学部保健学科のみ配点率 20%)

図 2-3 のように、直流電源、2つのコンデンサー、電気抵抗、そして2つのスイッチ S_1 , S_2 で構成される電気回路がある。最初は、スイッチ S_1 , S_2 が開いた状態にあり、コンデンサーには電荷は蓄えられていない。直流電源の起電力を E [V], コンデンサーの静電容量を C_1 , C_2 [F], 電気抵抗の抵抗値を R [Ω]とする。以下の問い(問 1~3)に答えよ。

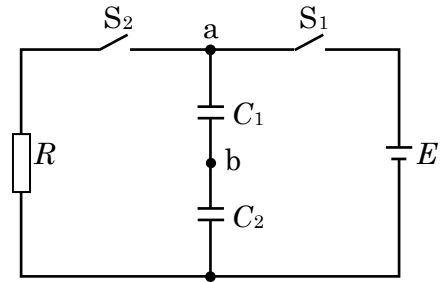


図 2-3

問 1 2つのコンデンサーの合成容量を求めよ。

問 2 スwitch S_1 を閉じてから十分に時間が経過したときの点 a , b 間の電位差を求めよ。

問 3 コンデンサーに電荷を蓄えた後、スイッチ S_1 を開き、スイッチ S_2 を閉じた。コンデンサーと電気抵抗において、エネルギーや電流など、スイッチ S_2 を閉じることによる変化を説明せよ。

Ⅳ (配点率 10% 医学部保健学科のみ配点率 20%)

図 2-4 のように、板 A のスリット S_0 を通過した単色光を、板 A と平行に設置した板 B の2つのスリット S_1 , S_2 に通したところ、板 B から距離 L [m] 離れ、A, B に平行に設置されたスクリーン上に明暗の縞模様が観察された。板 A, B の距離を l [m], 単色光の波長を λ [m] とし、スリット S_1 , S_2 は間隔 d [m] であり、スリット S_0 から等距離にあるとする。なお、距離 L は、 l および d より十分大きい。以下の問い(問 1~3)に答えよ。

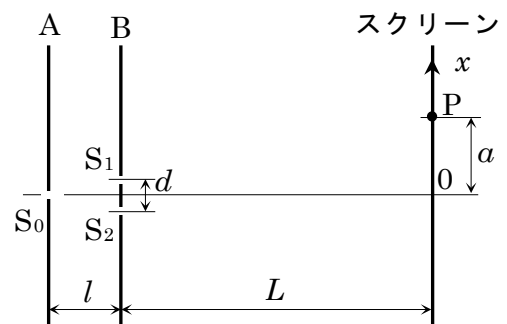


図 2-4

問 1 原点 0 より x 方向に a [m] 離れたスクリーン上の点 P へのスリット S_1 , S_2 からの光路差を求めよ。

問 2 縞模様の間隔を求めよ。

問 3 スリット S_0 を x 方向に b [m] (b は l より十分小さい) ずらした時の縞模様の変化を説明せよ。

第3問

I (配点率 14% 医学部保健学科のみ配点率 28%)

動物の行動に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。

動物は外界からの刺激に応じて行動する。行動の様式には生まれつき備わった生得的なもの、経験によって獲得する習得的なものがある。

生得的な行動の例として、カイコガの婚礼ダンスがある。カイコガの成虫は、雄が激しく羽ばたきながら雌に近づき交尾を行う。この行動は、雄の眼を黒い塗料で塗りつぶしても起こるが、雄の(1)を切り取ると起こらなくなることから、雄は視覚ではなく(2)をたよりに雌に近づくものと考えられる。このときの雌の位置を知る手がかりとなるのが、雌から分泌される(3)である。婚礼ダンスは、種に特有の定型的な行動であることから、本能行動に分類されるが、このうち、雌が発する刺激に向かって移動する性質は(4)と呼ばれる。

一方、習得的な行動には学習による行動がある。学習行動には、単純なものから複雑なものまでさまざまなものがあり、アヒルなどの鳥類でみられる、刷込みも広義の学習に含まれる。

ショウジョウバエは、口吻や脚にある受容器によって水溶液中の化学的刺激を受容し、特定の化学物質に対して選択的あるいは忌避的な反応を示す。化学刺激に対する反応とそれに関わる受容器の応答性を調べる目的で、以下の実験1・2を行った。

【実験1】 図3-1のようにシャーレの中に4個の容器を入れ、その容器に同量の水と糖溶液を入れる。このシャーレの中に約100匹のショウジョウバエを放し、一定時間後にそれぞれの容器内に集まったハエを数え、糖の選択率を求めた。選択率(%)は、水に集まったハエの数(N_w)と糖溶液に集まったハエの数(N_s)から下の式で求められる。

$$\text{選択率}(\%) = \frac{N_s}{N_w + N_s} \times 100$$

糖については、スクロース、グルコース、ラクトースで実験し、それぞれの場合について糖濃度(mol/L)と選択率(%)の関係を調べたところ、図3-2の結果を得た。

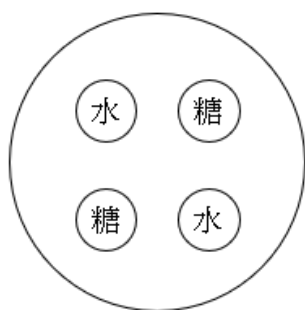


図 3-1

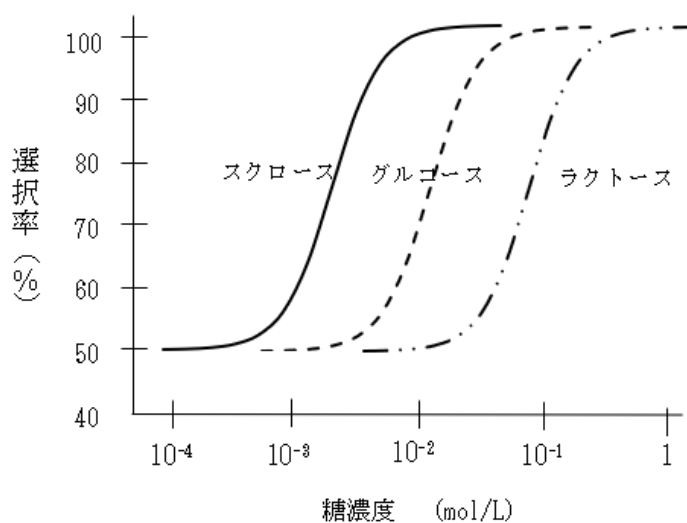


図 3-2

【実験2】 実験1と同様の装置を用い、4個の溶液のうち2個には 10^{-1} mol/L スクロース溶液を、残りの2個には 10^{-1} mol/L スクロース溶液に塩酸キニン、カフェイン、アセトアミドのいずれかをさまざまな濃度で加えたものを同量置き、これら3種の化学物質濃度に対するそれぞれの選択率を調べたところ、図3-3の結果を得た。

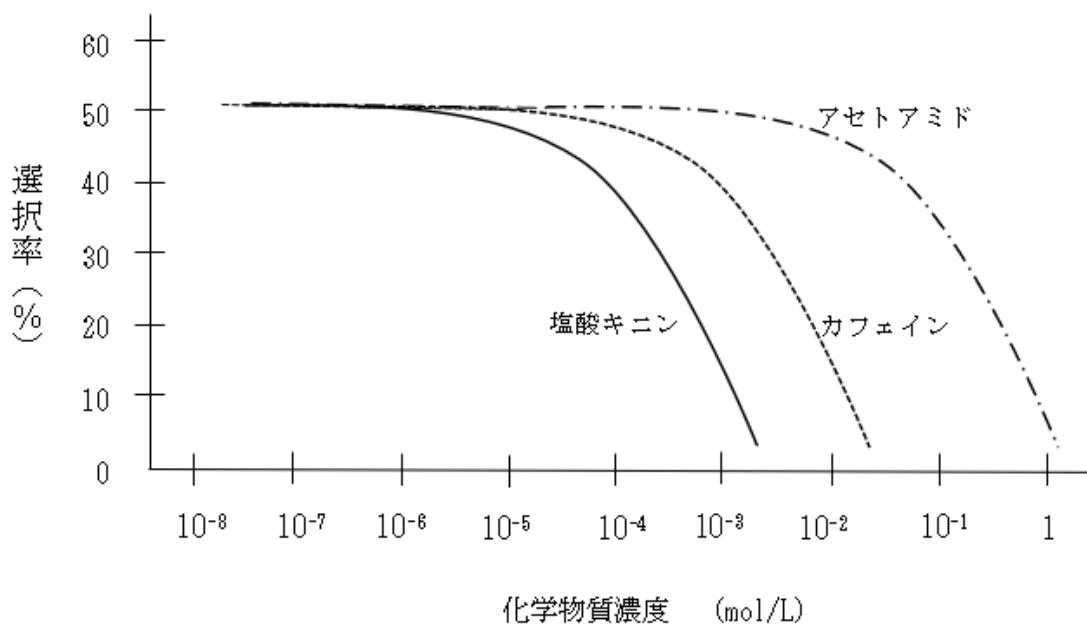


図 3-3

問1 文章中の(1)～(4)に入る適当な語を記せ。

問2 下線部aについて、本能行動を起こさせるきっかけとなる刺激を何というか。

問3 下線部bについて、刷込みが通常の学習と異なる点を二つあげ、それぞれ20字程度で述べよ。

問4 実験1について、次の(1)～(3)に答えよ。

(1) 糖の選択率が50%であることは何を意味するのか、30字程度で答えよ。

(2) 3種の糖のうち、ハエにとって最も閾値が低いと考えられる糖はどれか。

(3) 4個の容器のうち、ハエを誘引するのに十分な濃度のグルコースとラクトースをそれぞれ2個ずつ同量入れた。どの容器も選択率が等しくなると予想される濃度比(グルコース:ラクトース)はいくらか。最も適当なものを次のア～クから1つ選び、記号で答えよ。

- | | | | |
|---------|--------|--------|---------|
| ア 1:100 | イ 1:10 | ウ 1:2 | エ 2:3 |
| オ 3:2 | カ 2:1 | キ 10:1 | ク 100:1 |

問5 実験2の結果(図3-3)から、3種の化学物質に対するハエの反応について考えられることを60字程度で述べよ。

II (配点率 18% 医学部保健学科のみ配点率 36%)

海洋生態系に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。

図 3-4 は、海洋の生態系における炭素循環の概略を示したものである。海洋の生態系では、主要な生産者は a 植物プランクトン であり、それらを捕食する動物プランクトン、さらにそれらを捕食する動物プランクトン、さらにそれらを捕食する魚類というように、被食-捕食の関係でつながった食物連鎖がみられる。しかし、海洋の生態系は複雑で、海域によってかなり異なっている。

図 3-5 は、外洋域、沿岸域、および湧昇域(常に深層水が表層に移動し、表層水と混合する海域)における食物連鎖の概略を示したものである。また、表 3-1 は、それぞれの海域における生産者の平均総生産量($\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)とエネルギー平均転換効率(%)を示したものである。ここで、エネルギーの平均転換効率とは、ある栄養段階の総生産量(消費者では同化量)に対する1つ上の栄養段階の同化量の割合の平均であり、栄養段階を1つ移行するごとに、有効に利用できるエネルギーの割合(%)の平均を示している。図 3-5 と表 3-1 から、b 栄養段階の最高位にある生物の同化量($\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)を各海域で比較すると、湧昇域が圧倒的に大きいことがわかる。

なお、平均総生産量、および同化量の単位($\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)は、 1m^2 あたり1年間に生産(同化)される有機物量を炭素の重さ(g)に換算した値(グラムカーボン)である。

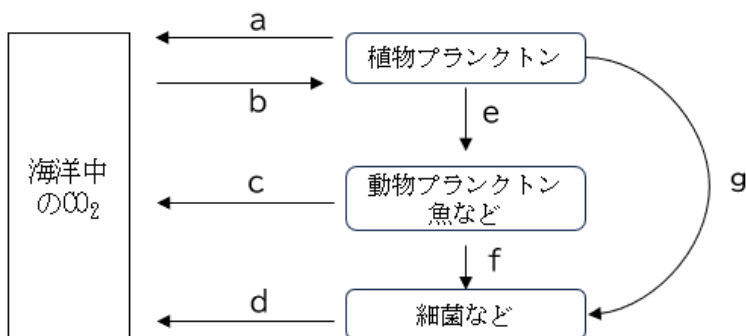
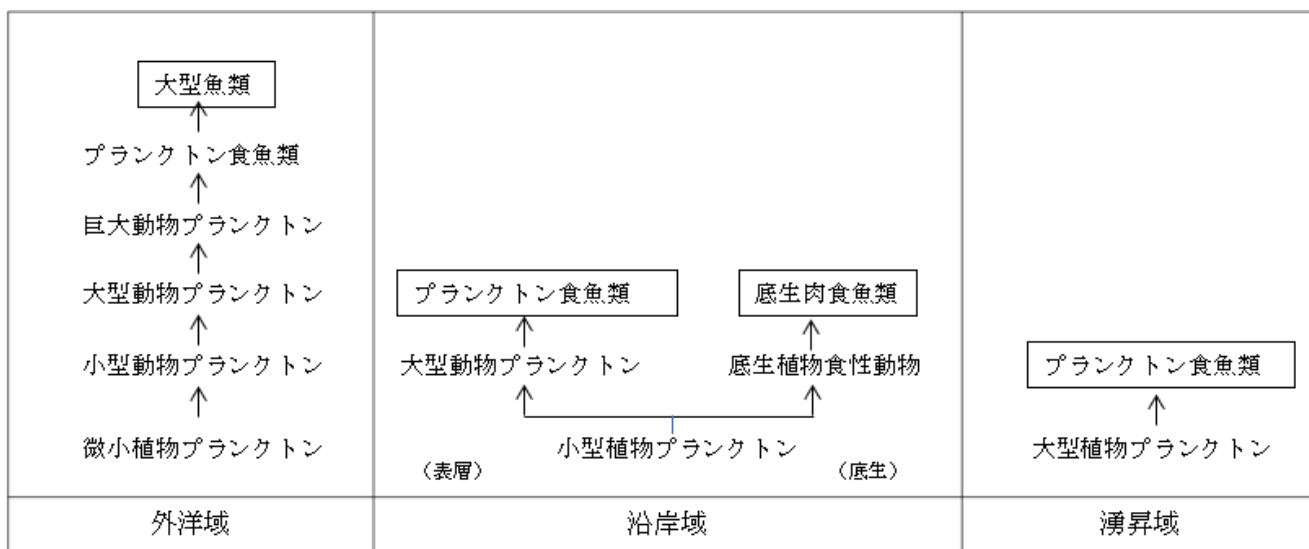


図 3-4



* は、各地域での栄養段階の最高位にある生物

図 3-5

表 3-1

	外洋域	沿岸域	湧昇域
平均総生産量 ($\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)	50	100	300
エネルギーの平均転換効率 (%)	10	10	20

問 1 図 3-4 について、次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 呼吸を示す矢印を a～g からすべて選び、記号で答えよ。
- (2) 植物プランクトンの (i) 純生産量と (ii) 成長量を、それぞれ a～g の記号を用いて、次の(例)のように式で示せ。 (例) $a-(b+c)$
- (3) 細菌類の海洋生態系における役割を 40 字程度で述べよ。

問 2 下線部 a について、次の(1)・(2)に答えよ。

- (1) 海洋の植物プランクトンを次のア～クから 2 つ選び、記号で答えよ。
 ア オキアミ イ ケイソウ ウ ケンミジンコ エ ヤムシ
 オ ゴカイ カ クラゲ キ ウズベンモウソウ ク イワシ
- (2) 陸上の森林生態系の生産者である木本植物と海洋生態系の生産者である植物プランクトンを比較すると、木本植物では現存量に対する純生産量の割合が圧倒的に小さい。この理由を 60 字程度で述べよ。

問 3 図 3-5 と表 3-1 について、次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 表 3-1 において、湧昇域の平均総生産量 ($\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$) が最も高い理由を 50 字程度で述べよ。
- (2) 下線部 b について、(i) 外洋域 (ii) 沿岸域 (iii) 湧昇域のそれぞれについて、栄養段階の最高位にある生物の同化量 ($\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$) を、図 3-5 と表 3-1 を用いて計算し、答えよ。
- (3) (2) の計算結果の差は、主に何の要因で生じているか。次のア～ウから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア 栄養段階の数 イ 平均総生産量 ($\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$) ウ エネルギーの平均転換効率 (%)

Ⅲ（配点率 18% 医学部保健学科のみ配点率 36%）

遺伝子に関する次の A・B の文章を読み、以下の各問いに答えよ。

A 核酸には、DNAとRNAの 2 種類がある。これらの構成単位は、塩基・糖・リン酸からなり、(1)と呼ばれている。DNAの糖は、(2)であり、RNAの糖はリボースである。1953年に(a)はDNAが二重らせん構造をしていることをモデルによって提唱した。このモデルではアデニンとチミン、およびグアニンとシトシンがそれぞれ互いに結合しやすい性質をもち、塩基対を形成していることが示された。この性質を、塩基の(3)と呼ぶ。DNAの複製機構には、以下のような可能性が考えられた。

- ① 半保存的複製 :複製されてできた 2 本鎖DNAは、鋳型となった親鎖 1 本と新たに合成された娘鎖 1 本からなる。
- ② 保存的複製 :一方の 2 本鎖DNAはそのまま親鎖 2 本を受け継ぎ、もう一方の 2 本鎖DNAは新たに合成された娘鎖 2 本からなる。

1958年に(b)は、DNAの複製が半保存的に起こることを次に示す実験で証明した。

【実験】窒素の同位体である ^{15}N (窒素 ^{14}N より質量が大きい)のみを窒素源として含む培地で、大腸菌を長期間増殖させ、DNA中の窒素原子が全て ^{15}N に置き換わった大腸菌をつくった。この大腸菌を第 0 世代と呼ぶことにする。この第 0 世代の大腸菌を、 ^{14}N のみを窒素源とする培地に移して 1 回目、2 回目、3 回目の分裂を行わせた。分裂のたびに大腸菌を採取して、それぞれ第 1 世代、第 2 世代、第 3 世代とし、各世代のDNAを抽出した。さらに塩化セシウム密度勾配遠心によってDNAを分離したところ、図 3-6 の結果が得られた。ただし、グラフは全体のDNA量を 1.0 として示してある。

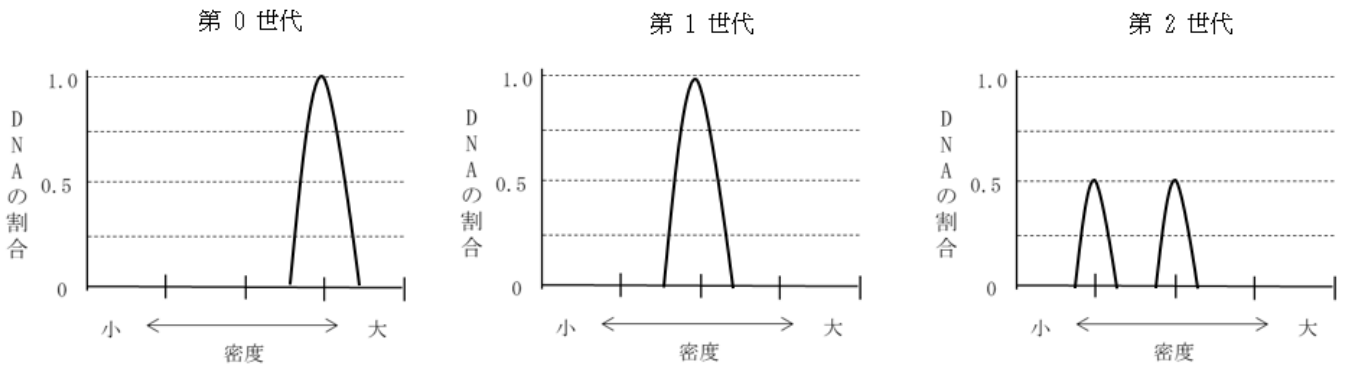


図 3-6

問 1 文章中の (1) ~ (3)に入る適当な語を記せ。

問 2 文章中の(a),(b)に入る科学者として、正しいものを次のア~カから一つずつ選び、記号で答えよ。

- ア グリフィスとアベリー イ ビードルとテータム ウ ジャコブとモノー
- エ メセルソンとスタール オ ハーシーとチェイス カ ワトソンとクリック

問 3 【実験】について、次の(1), (2)に答えよ。

(1) 第 3 世代はどのようなグラフになるか。図 3-6 にならって、解答用紙のグラフに記入せよ。

(2) もし、大腸菌が保存的複製によってDNAを複製しているとする、第 1 世代はどのようなグラフになるか。(1)と同様に、解答用紙のグラフに記入せよ。

B 生物の生存に必要な1組の遺伝子セット,あるいはそれを含むDNA全体をゲノムといい,ヒトでは配偶子に含まれる約30億塩基対のDNAで構成された全遺伝子情報にあたる。a ヒトの体細胞では細胞分裂に先立ってDNAが複製されるが,この複製は非常に正確に行われている。それは, b DNAを合成する酵素が,誤って合成したDNAを自ら分解して修復する機能をもっているからである。

ある細菌のDNAを合成する酵素は929個のアミノ酸からなるタンパク質である。この細菌のDNA修復機能が正常に働くためには,この酵素の590~613番目のアミノ酸配列が必要不可欠であることがわかっている。図3-7に,この領域のアミノ酸配列に対応しているDNAの塩基配列の一部を示す。

.....CCCGTAATTTGGCGACTTC.....

図 3-7

問4 下線部 a について,ヒトの体細胞1個の核内にあるDNAを1本につなぐとその全長はおよそ何mになるか。小数第1位まで求めよ。ただし,塩基対10対あたりのDNAの長さは3.4 nm (1 nm=10⁻⁹ m)である。

問5 下線部bの酵素は何と呼ばれているか。その名称を答えよ。

問6 図3-7について,下の遺伝暗号表を参考にして,次の(1)・(2)に答えよ。

(1) 図3-7の領域のDNAを鋳型にして合成される伝令RNA(mRNA)の塩基配列を答えよ。なお,伝令RNAは図3-7の左から右へと合成されることとする。

(2) (1)で求めた伝令RNAの塩基配列をもとにして,合成されるタンパク質のアミノ酸配列を答えよ。ただし,翻訳は図3-7の左から右へと行われる。また,両端部分で判明しないアミノ酸については記す必要はない。

遺伝暗号表

		mRNAのコドンの2番目の塩基					
		U	C	A	G		
mRNAの1番目の塩基	U	UUU } フェニルアラニン UUC } UUA } ロイシン UUG }	UCU } UCC } セリン UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } UAA } 終止コドン UAG }	UGU } システイン UGC } UGA } 終止コドン UGG } トリプトファン	U	mRNAのコドンの3番目の塩基
	C	CUU } CUC } ロイシン CUA } CUG }	CCU } CCC } プロリン CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } CAA } グルタミン CAG }	CGU } CGC } アルギニン CGA } CGG }	U	
	A	AUU } イソロイシン AUC } AUA } AUG } メチオニン (開始コドン)	ACU } ACC } トレオニン ACA } ACG }	AAU } アスパラギン AAC } AAA } リシン AAG }	AGU } セリン AGC } AGA } アルギニン AGG }	U	
	G	GUU } GUC } パリン GUA } GUG }	GCU } GCC } アラニン GCA } GCG }	GAU } アスパラギン酸 GAC } GAA } グルタミン酸 GAG }	GGU } GGC } グリシン GGA } GGG }	U	