

F 3 物理 F 4 化学 F 5 生物

この冊子は、**物理**，**化学** および **生物** の問題を 1 冊にまとめてあります。

物理学科は物理指定

応用生物科学科と経営工学科は、物理・化学・生物のいずれかを選択

物理の問題は、1 ページより 18 ページまであります。
化学の問題は、19 ページより 29 ページまであります。
生物の問題は、30 ページより 50 ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号と志望学科をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用マークシートにマークしたものが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(H BまたはB)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえで、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横 1 行について 1 箇所に限ります。2 箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシート上部に記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

生 物

- 1 生殖・発生・進化に関する問題(1)・(2)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って解答用マークシートの所定欄にマークしなさい。(34点)

(1) 次の文章を読み、問題①～④に答えなさい。

ベルギーのファン・ベネーデンは1877年、体細胞の染色体数が生殖の過程で減り、その後、元に戻ることを、ウマの小腸に寄生する回虫の研究から見出した。この染色体数が減る過程は、として知られている。この過程によって、脊椎動物の精巣では、核相が $2n$ のが n のとなり、さらに分裂して4個のを形成する。は形を変化させてとなり、これが卵と融合することで受精卵が作られる。

の頭部には、卵膜を溶解させる酵素を大量に含む先体と呼ばれる部分と、DNAを含むがある。またの中片部にはが含まれている。

受精卵は、卵割と呼ばれる体細胞分裂を通じて細胞数を増やし、ウニやカエルでは順に桑実胚、胞胚、などの時期を経て発生が進んでいく。

の時期には、胚のある部分から細胞が内側に陥入し、後に消化管などへと分化する管状の空所ができあがる。この頃には、胚を構成する細胞は、、に分かれ、その後、組織や器官が形成される。

組織や器官の形成には、胚のある領域の分化の方向が、それに接する他の領域の影響を受けて決定されるという現象が重要な役割を果たすことが知られている。一例として、両生類の眼の形成において、眼胞がとしてはたらき、水晶体がされることが見出されている。

- ① 上の文章中の空欄(ア)～(コ)に入る最も適切な語句を解答群Aから選び、その番号をマークしなさい(番号の中の0という数字もかならずマークすること)。

解答群A

00 刺 激	01 卵細胞	02 一次卵母細胞
03 一次精母細胞	04 抑 制	05 減数分裂
06 二次卵母細胞	07 神経胚	08 精 子
09 第二分裂	10 中心体	11 形成体
12 ミトコンドリア	13 先 体	14 核
15 紡錘体	16 二次精母細胞	17 原腸胚
18 心臓型胚	19 誘 導	20 合 成
21 体細胞分裂	22 ゴルジ体	23 精細胞

② 上の文章中の下線部の現象に関して述べた以下の文のうち、正しいものを1つ選び、その番号をマークしなさい。

- 0 この現象により、受精卵は体細胞と同じ核相である n となる。
- 1 ウニ、カエル、ヒトなどでは通常、1個の卵に1個の(オ)が融合するが、被子植物では1個の卵細胞に2個の動物の(オ)に該当する細胞が融合し、 $3n$ となる。
- 2 一部の裸子植物では、動物の(オ)に該当する細胞に繊毛があり、自力で泳ぐことができる。
- 3 ウニでは、最初に(オ)が卵内に侵入すると栄養膜が形成され、続けて別の(オ)が侵入するのを防いでいる。
- 4 この現象により、卵の細胞膜の外側にある表層粒の内部物質が、細胞膜と卵黄膜の間に放出される表層反応が生じる。

③ 上の文章中の(キ)は、かつては独立した細菌だったものが進化してできたものとして知られる。このことについて述べた以下の文のうち、最も適切なものを2つ選び、その番号をマークしなさい。

- 0 真核生物の細胞小器官のうち、(キ)は好気性細菌が、葉緑体は嫌気性細菌が、それぞれ細胞内に共生した結果、誕生したと考えられている。
- 1 真核生物の細胞小器官のうち、(キ)は嫌気性細菌が、葉緑体はシアノバクテリアが、それぞれ細胞内共生した結果、誕生したと考えられている。

- 2 真核生物の細胞小器官のうち、(キ)は好気性細菌が、葉緑体はシアノバクテリアが、それぞれ細胞内共生した結果、誕生したと考えられている。
- 3 (キ)がかつて独立した細菌だったと考えられる証拠の一つに、(キ)が独自の細胞小器官をもつことが挙げられる。
- 4 (キ)がかつて独立した細菌だったと考えられる証拠の一つに、(キ)が核内のDNAとは異なる独自のDNAをもつことが挙げられる。
- 5 (キ)がかつて独立した細菌だったと考えられる証拠の一つに、(キ)が独自の細胞膜をもつことが挙げられる。

- ④ 上の文章中の(あ)～(う)には、それぞれ次のような特徴がある。このとき、(あ)～(う)に入る語句の組合せとして適切なものを解答群Bから選び、その番号をマークしなさい。

(あ)の特徴：(ク)の時期に内側に陥入した細胞群が含まれる。

(い)の特徴：神経管へと発生していく細胞群が含まれる。

(う)の特徴：脊索や体節へと発生していく細胞群が含まれる。

解答群B

- | | | |
|---------|-------|-------|
| 0 あ：外胚葉 | い：内胚葉 | う：中胚葉 |
| 1 あ：外胚葉 | い：中胚葉 | う：内胚葉 |
| 2 あ：中胚葉 | い：内胚葉 | う：外胚葉 |
| 3 あ：中胚葉 | い：外胚葉 | う：内胚葉 |
| 4 あ：内胚葉 | い：外胚葉 | う：中胚葉 |
| 5 あ：内胚葉 | い：中胚葉 | う：外胚葉 |

(2) 次の文章を読み、問題①～③に答えなさい。

ゲノムの変化は、人間による品種改良の過程で頻繁に起こることが知られている一方で、生物の進化においても重要な過程であることが知られている。

スイカの中には、種子を形成しないいわゆる「種なしスイカ」がある。種なしスイカは、日本の木原均によってその作出法が開発されたもので、発芽後、コルヒチンと呼ばれる を阻害する薬剤を投与することで、通常は2倍体($2n$)であるスイカを4倍体($4n$)とし、その4倍体のスイカを2倍体のスイカと交配させることにより、3倍体($3n$)のスイカを作る、という方法で行われる。^{a)}こうした染色体レベルの変化は、自然界でも起こり得るものであり、生物の進化に大きく関係してきたと考えられている。

ゲノムに生じる も、生物の進化の重要な過程の一つであると考えられている。 のうちコドンの3番目に起こる塩基 の中には、アミノ酸の種類を変えず自然選択に対して有利にも不利にもならない なものもある。塩基配列を種間で比較すると、遠い過去に分岐した^{b)}もののほど塩基の違いが大きくなるため、こうした変化は、複数の種が進化の過程でどのように分岐したかを推定するのに用いられることがある。

① 空欄(サ)～(セ)に入る最も適切な語句を解答群Cから選び、その番号をマークしなさい(番号の中の0という数字もかならずマークすること)。

解答群C

- | | | | |
|----------|----------|----------|--------|
| 00 DNA複製 | 01 重複 | 02 紡錘体形成 | 03 乗換え |
| 04 挿入 | 05 中心体形成 | 06 中立的 | 07 優性 |
| 08 突然変異 | 09 平均的 | 10 欠失 | 11 多型 |
| 12 組換え | 13 隣接的 | 14 核膜形成 | 15 損傷 |
| 16 置換 | 17 逆位 | 18 対立的 | |

② 上の文章中の下線部 a)がなぜ種なしスイカとなるのかについて説明した以下の文のうち、正しいものを一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 0 2倍体の細胞には、両親に由来する相同な染色体は2本ずつあるが、3倍体の細胞の場合、染色体によって2本のものと1本のものが混在しているため、減数分裂による適切な生殖細胞が形成されない。
- 1 3倍体の細胞に存在する染色体は、ある染色体は3本とも雄株由来、ある染色体は2本が雄株、1本が雌株由来という具合に、両親由来の染色体がさまざまな割合で混在しているため、減数分裂による適切な生殖細胞が形成されない。
- 2 2倍体のスイカは、重複受精により $3n$ の胚乳をつくることができるが、3倍体のスイカではそれができないため、適切な種子が形成されない。
- 3 3倍体の細胞には、相同な染色体がそれぞれ3本ずつ存在する。そのため、減数分裂による適切な生殖細胞が形成されない。
- 4 3倍体のスイカも、2倍体のスイカと同様、重複受精により $3n$ の胚乳をつくることができるが、卵細胞と受精すべき精細胞ができないため、適切な種子が形成されない。

③ 上の文章中の下線部 b)の記述に関して、次のような実験を行った。ある種の単細胞生物を三角フラスコの中で培養した後、2つのグループに分け、長期間培養した。その後、さらに2つずつ、計4つのグループに分けて長期間培養し、続けてさらに2つずつ、計8つのグループに分けて長期間培養した。この8つのグループの単細胞生物a～hから遺伝子Aを抽出し、塩基配列を解読して、その変化の有無を解析した。なお、ここでいう「長期間」とは、「単細胞生物の遺伝子Aの塩基配列が変化するのに十分な期間」であることとする。単細胞生物a～hならびに培養途中(図1のiの時点)の単細胞生物の遺伝子Aをそれぞれ解析し、塩基配列を解読したところ、その一部が下の表1のようになった。このとき、iの塩基配列は「5'-ATTGGGCATA-3'」であった。また、この塩基配列をもとに分子系統樹を描いたところ、図1のようになった。なお、分子系統樹における単細胞生物の分岐に関しては、表1に示した塩基配列のうち1個の塩基が変化する毎に1回分岐するものとする。また、塩基の変化に関しては、一度変化した位置の塩基は、その後は変化しないものとし、さらにもとの塩基に戻るような変

化は起こらないものとする。このことは、祖先を同じくする2つの単細胞生物の間では、1個の塩基が異なっていることを意味し(たとえば、aと(ソ)では塩基の違いは1個である)、2つのうち1つの単細胞生物がその祖先と同一の塩基配列をもつことを意味する(たとえば、aは、iから数えて2回分岐しているので、1個もしくは2個の塩基が変化しているか、iと同じ塩基配列をもつ)。

このとき、図1の(ソ)~(ツ)に入る単細胞生物の組合せとして最も適切なものを解答群Dから選び、その番号を解答用マークシートの(あ)欄にマークすると共に、8つの単細胞生物の共通祖先の遺伝子A(表1に該当する部分)と同一の塩基配列をもつ可能性のある単細胞生物の組合せを解答群Eから選び、その番号を解答用マークシートの(い)欄にマークしなさい。

表1

a	5'-ATTAGGCATA-3'
b	5'-ACTGGGCACA-3'
c	5'-ACTGGGTGTA-3'
d	5'-ACTGGGCGTA-3'
e	5'-ATCGGGCATA-3'
f	5'-ATTGGGCATA-3'
g	5'-ATCGGGTATA-3'
h	5'-ACTGGGCATA-3'

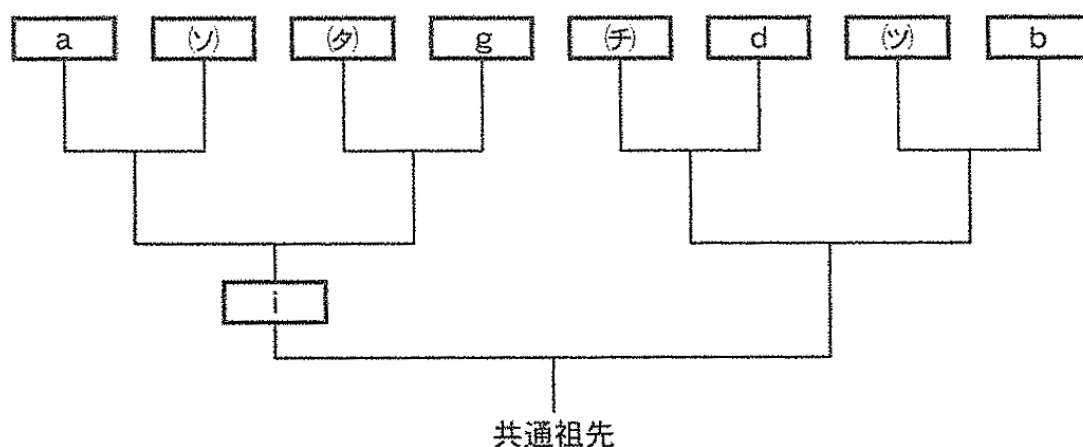


図1

解答群D

- | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|
| 0 | ソ:c | タ:e | チ:f | ツ:h |
| 1 | ソ:c | タ:f | チ:e | ツ:h |
| 2 | ソ:c | タ:h | チ:f | ツ:e |
| 3 | ソ:h | タ:c | チ:e | ツ:f |
| 4 | ソ:h | タ:c | チ:f | ツ:e |
| 5 | ソ:h | タ:f | チ:e | ツ:c |
| 6 | ソ:e | タ:f | チ:c | ツ:h |
| 7 | ソ:e | タ:c | チ:f | ツ:h |
| 8 | ソ:f | タ:e | チ:c | ツ:h |
| 9 | ソ:f | タ:h | チ:c | ツ:e |

解答群E

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 0 a, b | 1 a, d | 2 f, h | 3 g, d |
| 4 a, f | 5 b, c | 6 g, h | 7 c, d |
| 8 c, f | 9 e, f | | |

右のページは白紙です。

- 2 下記の分類に関する文章を読み、問題(1)～(6)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って最も適切なものを解答群から選び、その番号を解答用マークシートの所定欄にマークしなさい。(33点)

地球上には多様な生物が生息しているが、ある生物種に着目すると、その生物と部分的に共通な形質を持つ生物種が存在する。この共通性を基に生物をグループ分けする試みが分類学である。グループ分けの基本単位となるのが種である。種間の共通性の程度に従ってグループをまとめて行くと、グループ分けに階層性が出てくる。よく似た種をまとめたものが属で、更に類似の属をまとめて科に、同様にして順次 (ア) ・ (イ) ・ (ウ) ・ 界にまとめ上げられている。主に生物の形態を基に分類をおこなった場合、生物を大きく5つの界に分類する五界説が支持されてきた。五界説では、核が存在しない生物種を (エ) 界として独立に扱う。さらに、核の存在する (オ) のうち組織分化の程度が低い生物種を (カ) 界に分ける。核の存在する生物のうち、組織分化の発達した生物種は、栄養分の摂取法から、さらに (キ) 界、動物界、植物界に分けられる。

近年、核酸の塩基配列を分類に応用することが可能になったことにより、五界説は大きな修正を受けている。rRNAの塩基配列から、五界説で (エ) 界として1つの界にまとめられていたグループ内に大きな多様性が認められ、細菌と (ク) の2つのグループに分け、残りの四つの界を (オ) としてひとまとめにする三ドメイン説が支持されるようになってきた。

種の名称は世界共通の学名により記述される。学名には (ケ) の提唱による二名法が用いられる。二名法では、まず (コ) が最初に記述され、その後に (サ) が記述される。(コ) ・ (サ) の記述には通常 (シ) あるいは (ジ) 化した言語が用いられる。

このような、生物の形態や塩基配列を基に、進化の過程を考慮した分類法を自然分類法と呼ぶ。これに対し、人為的な基準で生物をグループ分けすることも普通に行われており、このような分類法を人為分類法と呼ぶ。

例えば、エネルギー獲得の方法から見ると、植物のように光合成などにより自前でエネルギーを獲得できる生物は独立栄養生物に分類されるのに対し、動物などは独立栄養生物を直接間接に取り入れてエネルギー源としており、従属栄養生物に分類される。

生態学においては、独立栄養生物は生態系中にエネルギーを供給するので生産者とよばれ、従属栄養生物はそのエネルギーを使うので消費者と呼ばれる。生産者である植物は植食性動物に食べられ、植食性動物は肉食動物に食べられというように、被食－捕食の関係でエネルギーは生態系中に拡散して行くが、植物の遺体や動物の遺体・排泄物を取り込みエネルギーを得ている分解者と呼ばれる生物も存在する。

(1) 文章中の(ア)～(シ)に入る最も適切な語句を解答群Aから選びなさい。

解答群A

00 単細胞生物	01 多細胞生物	02 真核生物
03 原核生物(モネラ)	04 原生生物	05 門
06 目	07 綱	08 古細菌
09 菌	10 接合菌	11 リンネ
12 ラマルク	13 ダーウィン	14 種 名
15 種小名	16 属 名	17 英 語
18 フランス語	19 スウェーデン語	20 ラテン語

(2) 文章中の下線部(A)に関する下記文章を読み問①～④に答えなさい。

光合成は、光のエネルギーを利用して、二酸化炭素を還元して糖をつくり出す反応である。植物の光合成は葉の葉緑体中で行われる。その反応過程は、光のエネルギーを使い、酸化型補酵素の NADP^+ に電子を与え、還元力となる還元型補酵素である NADPH をつくり出し、更に、反応に必要なエネルギー源である ATP を生み出す反応(明反応)と、この明反応産物を使い二酸化炭素を還元する反応(暗反応)に分けられる。

光は電磁波の一種であるが、粒子としての性質を持っており、光量子と呼ばれる。明反応において、光合成色素に吸収された1つの光量子は、光合成色素から1つの電子を放出させる。この電子は、電子伝達系を通じて、最終的に NADP^+ を還元し NADPH を生成する。光合成色素からはぎ取られた電子は、最終的には電子伝達系の存在する膜の内側において (ス) から電子をはぎ取ることにより補充される。2分子の (ス) から4個電子がはぎ取られることにより、4個の (セ) と1分子の (ソ) になる。(ス) から NADP^+ までの電子伝達過程においては、光化学系 I、II の2つの光により駆動される必要のある電子伝達機構が介在している。

光化学系 I と II の間の電子伝達系を電子が流れると、(セ) が膜の外から内側に移動し、膜を介した (セ) の濃度勾配ができる。この濃度勾配を利用してミトコンドリアと類似な仕組みで ATP が合成される。

- ① 文章中の(ス)~(ソ)に入る最も適当な語句を解答群Bより選びなさい。

解答群B

- | | | | |
|----------------|-----------------|------|-----|
| 0 酸素 | 1 水素 | 2 炭素 | 3 水 |
| 4 H^+ | 5 OH^- | | |

- ② 葉緑体中で明反応と暗反応の起こる場の組合せとして正しいものはどれか、解答群Cより1つ選びなさい。

解答群C

- | 明反応 | 暗反応 |
|----------|--------|
| 0 クリステ | ストロマ |
| 1 クリステ | マトリックス |
| 2 ストロマ | クリステ |
| 3 マトリックス | クリステ |
| 4 チラコイド | ストロマ |
| 5 チラコイド | マトリックス |
| 6 ストロマ | チラコイド |
| 7 マトリックス | チラコイド |

③ 下線部(C)に関して、電子が1個電子伝達系を流れると(セ)が2個移動することがわかっている。4個の(セ)が移動するためには、最低何個の光量子が光合成色素に吸収されることが必要か。解答群Dより最も適当な数値を選びなさい。

④ 1分子の二酸化炭素を還元するためには、2分子のNADPHと3分子のATPが必要である。1分子の二酸化炭素が還元されるためには最低何個の光量子が光合成色素に吸収されることが必要であるか。解答群Dより最も適当な数値を選びなさい。ただし、1分子のNADPH産生のためには2個の電子が必要であり、1分子のATP産生のためには、3個分の(セ)の濃度勾配が必要である。また、NADPHとATPの間で変換は起こらないものとする。

解答群D

- | | | | |
|------|-------|-------|------|
| 0 2個 | 1 4個 | 2 5個 | 3 6個 |
| 4 8個 | 5 10個 | 6 12個 | |

(3) 下線部(B)に関し、ある森林において生産者の物質生産量を調べた結果、下記の値が得られた(単位はg乾燥重量/(m²・年))。この値から、この林の純生産量は a b c d となる。この空欄 a ~ d に当てはまる最も適切な数字をそれぞれ一つずつ選びなさい。答えが4桁より小さい場合、左に0を付け加え、4桁の数字として解答しなさい。単位はg乾燥重量/(m²・年)とする。

総生産量 = 2650 植物の呼吸量 = 1450 成長量 = 540 枯死量 = 580

- (4) 上記(3)の森林において生産者の被食量は となる。
この空欄 ~ に当てはまる最も適切な数字をそれぞれ一つずつ選びなさい。答えが4桁より小さい場合、左に0を付け加え、4桁の数字として解答しなさい。単位は g 乾燥重量/($\text{m}^2 \cdot \text{年}$)とする。
- (5) 上記(3)の森林において、植食性動物の同化効率は50%で呼吸量は20 g 植物乾燥重量相当/($\text{m}^2 \cdot \text{年}$)であった。植食性動物の生産者の純生産量に相当する量は植物乾燥重量換算として となる。この空欄 ~ に当てはまる最も適切な数字をそれぞれ一つずつ選びなさい。答えが4桁より小さい場合、左に0を付け加え、4桁の数字として解答しなさい。単位は g 植物乾燥重量相当/($\text{m}^2 \cdot \text{年}$)とする。
- (6) 上記(3)の森林において分解者は200 g 植物乾燥重量相当/($\text{m}^2 \cdot \text{年}$)の有機物を分解するとした場合、1年間で分解されずに新たに滞留する生物遺体など由来の有機物量は植物乾燥重量換算で となる。
この空欄 ~ に当てはまる最も適切な数字をそれぞれ一つずつ選びなさい。答えが4桁より小さい場合、左に0を付け加え、4桁の数字として解答しなさい。単位は g 植物乾燥重量相当/($\text{m}^2 \cdot \text{年}$)とする。ただし、この森林には二次消費者は存在せず、一次消費者の死滅・脱皮などによる有機物の脱離はなかったものと仮定する。

右のページは白紙です。

- 3 酵素に関する次の文章を読み、問題(1)～(7)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って最も適切なものを選び、その番号を解答用マークシートの所定欄にマークしなさい。(33点)

酵素の本体はタンパク質である。タンパク質を構成する各アミノ酸の基本構造は、1つの (ア) 原子に、アミノ基、カルボキシ基、(イ) 原子、および側鎖が結合したものである。ここで (ア) 原子を正四面体の中心におくと、結合している4つはそれぞれ頂点に位置する。これら4つが互いに異なる場合は、鏡像関係の2つの立体異性体が存在する。これらをL体とD体とよぶが、タンパク質はL体のアミノ酸で構成されている。多くのタンパク質は、複数のポリペプチドが集合した (ウ) 次構造をもち、それぞれのポリペプチドをサブユニットという。各サブユニットは非対称形であるが、同じサブユニットが複数集合することによって、タンパク質は全体として安定な対称形をとることができる。もっとも単純な対称形のタンパク質は、同じサブユニットが2つ集合して対称形をつくっているホモ2量体のタンパク質である。また、同一サブユニット4つからなるホモ4量体^(a)のタンパク質では、1つのサブユニットは他の3つのサブユニット^(b)に対して異なる面を向けており、それらのいずれのサブユニットとも対称形をかたちづくっている。さらに、同じサブユニット8つが集合したホモ8量体のタンパク質の場合は、対称形の4つのサブユニット^(c)が2組、対称形となるように集合したものとみることができる。サブユニットが集合するためには、サブユニット間に互いに引きつけ合う相互作用が必要となる。1つのサブユニットは、ホモ4量体では最少で (エ) 個、ホモ8量体では最少で (オ) 個の他のサブユニットと、こうした相互作用を形成する必要がある。

- (1) 文章中の空欄(ア)と(イ)を埋める語として最も適切なものを解答群Aから、空欄(ウ)～(オ)を埋める数字として最も適切なものを解答群Bからそれぞれ1つずつ選びなさい。ただし、同じものを何度選んでもよい。

解答群 A

- | | | |
|-------|----------|---------|
| 0 水 素 | 1 炭 素 | 2 窒 素 |
| 3 酸 素 | 4 フッ素 | 5 リ ン |
| 6 イオウ | 7 マグネシウム | 8 カルシウム |

解答群 B

- | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|------|-----|
| 0 ゼ 口 | 1 一 | 2 二 | 3 三 | 4 四 | 5 五 |
| 6 六 | 7 七 | 8 八 | 9 九 | 10 十 | |

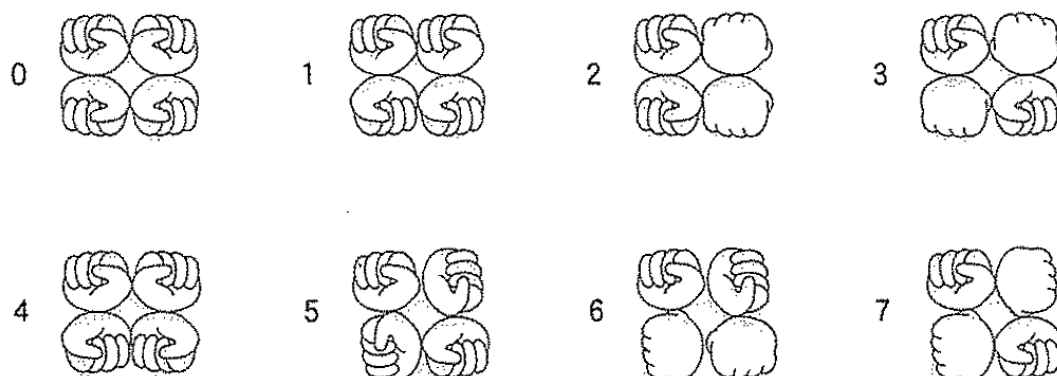
- (2) サブユニットをこぶしの形で模式化した場合、下線部(a)のホモ 2 量体の構造を表す模式図として、もっとも適切なものを解答群 C から 1 つ選びなさい。

解答群 C



- (3) 下線部(b)のホモ 4 量体と、下線部(c)の対称形の 4 つのサブユニットを、(2)と同様に模式化して表した図として、もっとも適切なものを解答群 D からそれぞれ 1 つずつ選びなさい。ただし、同じものを 2 度選んでもよい。

解答群 D



- (4) 下線部(b)のホモ 4 量体構造をもつ乳酸脱水素酵素(LDH)に関する次の文章の空欄(カ)と(キ)を埋める数値として、最も適切なものを解答群 E からそれぞれ 1 つずつ選びなさい。

ヒトには A 型と B 型の LDH 遺伝子があり、骨格筋では主に A 型、心筋では主に B 型の LDH のポリペプチドがつくられる。このため、骨格筋と心筋ではそれぞれ A 型と B 型だけのサブユニットからなる 4 量体、 A_4 と B_4 が多く存在するが、他の組織では、それぞれの混成型 4 量体、 A_3B_1 、 A_2B_2 、 A_1B_3 も多くみられる。もし、A 型と B 型のサブユニットが細胞内でそれぞれ同量ずつつくられ、それぞれが A 型どうし、あるいは B 型どうしと同じように集合しあえると仮定すると、その細胞内では、それぞれの混成型 4 量体の量比は、

$A_4 : A_3B_1 : A_2B_2 : A_1B_3 : B_4 = 1 : \boxed{\text{(カ)}} : \boxed{\text{(キ)}} : \boxed{\text{(カ)}} : 1$ となる。

解答群 E

0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
6	6	7	7	8	8	9	9	10	10		

- (5) 下線部(b)のホモ 4 量体酵素に関する次の文章を読み、設問に答えなさい。

ホモ 4 量体構造の酵素では、1 つのサブユニットの構造が変化すると、他のサブユニットの構造にも変化が波及することがある。一般に、ホモ 4 量体酵素は、各サブユニットに 1 つずつ、合計 4 つの活性部位をもっているが、例えば、1 つのサブユニットに酵素活性が失われるようなアミノ酸置換の変異があると、変異のない他のサブユニットの活性まで失われることがある。また、1 つのサブユニットは、他の 3 つのサブユニットにそれぞれ異なる面を向けているので、これら 3 つにそれぞれ異なる影響を与えることもある。いま、こうしたホモ 4 量体酵素 E で、そのサブユニットの活性部位が酵素活性を 100 % 失う変異を想定してみよう。一対の相同染色体に、野生型(W 型)と変異型(M 型)の酵素 E 遺伝子をもつ生物個体を考える。この個体では、2 種類のサブユニットからなる混成型の 4 量体もつくられ、それぞれの活性によって、この個体での酵素 E の活性は多様に変わる可能性がある。

設問 次の①～③の場合に、この個体をもつ酵素 E の活性は、W 型の遺伝子だけをもつ個体のものと比較して、どれだけになると考えられるか。次の(ク)～(タ)に最も適切な数値を、解答用マークシートの所定欄にそれぞれマークしなさい。ただし、小数点 2 桁以下は四捨五入し、答えが一桁以下の数である場合は十の位に 0 を、答えが小数点以下の数である場合は十の位と一の位にそれぞれ 0 を選びなさい。なお、W 型と M 型遺伝子は同程度に発現し、W 型と M 型のサブユニットは、W 型どうし、あるいは M 型どうしと全く変わらずに 4 量体に集合するものと仮定する。

- ① M 型サブユニットが、他のサブユニットの酵素活性に全く影響しない場合

. %

- ② M 型サブユニットが、他の全てのサブユニットの酵素活性を失わせる場合

. %

- ③ M 型サブユニットは、1 つの面で向かい合うサブユニットの酵素活性を失わせるが、他の 2 つのサブユニットの酵素活性には影響しない場合

. %

- (6) 様々なタンパク質を含む混合液から、他のタンパク質を除去して目的のタンパク質だけを選別する作業を精製という。次の文章を読み、問題①と②に答えなさい。

1 種類のみ LDH をもつ乳酸菌から LDH を精製するために、菌体からタンパク質を抽出した溶液(粗抽出液)を調製した。これを出発材料として 5 段階の精製のための操作を行い、各段階の試料について、それぞれのタンパク質の総含量と酵素活性を測定した結果を表 1 に示す。ここでの酵素活性の単位であるユニットは、一定の条件下で単位時間あたり酵素によって触媒反応を受ける基質の量を表し、試料中の LDH の含有量に比例する。精製の操作では、どう

しても目的のタンパク質も多少は失われることは避けられない。遺伝子組換え技術によって、異種の宿主生物に目的酵素をつくらせることにより、より簡便な精製が期待できるようになった。表1にはこのような簡便な手法を用いて純品にまで精製されたLDHの試料(組換え酵素)の活性とタンパク質総含量も示している。また、この試料中の組換えLDHは、本来の乳酸菌がもつLDHと、活性、分子量の上で完全に同一であった。

表1

精製段階	酵素活性 (ユニット)	タンパク質総含量 (mg)
粗抽出液	900	150
操作1	780	32
操作2	540	5.8
操作3	420	3.8
操作4	345	2.3
操作5	270	1.8
組換え酵素(純品)	6,000	40

- ① 乳酸菌からの精製で、LDHがほぼ完全に精製されたと考えられる操作の段階として、もっとも適切なものを解答群Fから1つ選びなさい。

解答群F

- 0 粗抽出液 1 操作1 2 操作2 3 操作3
4 操作4 5 操作5 6 操作5まででは不十分

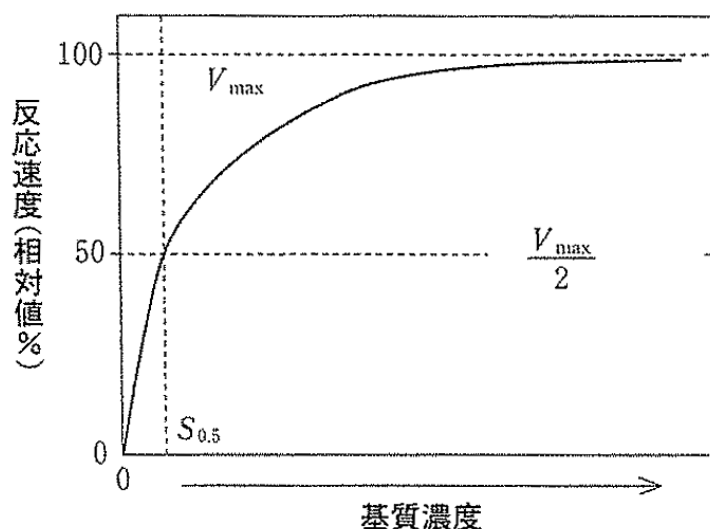
- ② 乳酸菌からの粗抽出液の中に含まれるタンパク質のうち、LDHが占める割合(重量%)を見積もり、空欄(チ)～(テ)に入る適切な数値を解答用マークシートの所定欄にそれぞれマークしなさい。ただし、小数点2桁以下は四捨五入し、答えが一桁の数である場合は十の位に0を、答えが小数点以下の数である場合は十の位と一の位にそれぞれ0を選びなさい。

LDH の占める割合 = . %

(7) 酵素反応に関する次の文章を読み、問題①～③に答えなさい。

酵素の触媒能力はきわめて高いため、酵素反応の速度は、酵素の濃度が基質の濃度と比較してはるかに低い条件下で、基質の溶液に酵素を混合した直後に測定する。酵素量が一定であれば、基質濃度と反応速度は図1に示すような関係を示す。ここで、最大反応速度を $V_{\max}$ 、その半分の反応速度をあたえる基質濃度を $S_{0.5}$ と定義すると、 $V_{\max}$ は反応液中の酵素量に比例するが、 $S_{0.5}$ の値はこれによらず一定となる。多くの酵素反応は可逆的であり、基質と生成物の関係は反応の条件によって逆転する。反応の方向を決める要因は、触媒である酵素ではなく、基質と生成物のもつエネルギーと、それらの濃度比である。

図1



前出の LDH の触媒する反応の場合は、式1のように可逆的である。

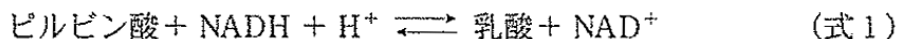
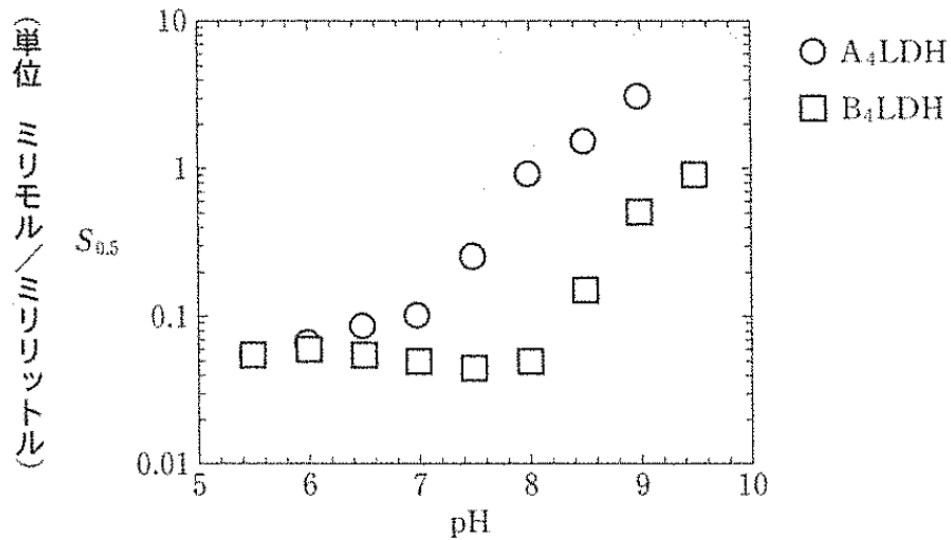


図2は、ヒトの A_4 型と B_4 型の LDH のピルビン酸に対する $S_{0.5}$ 値の pH による変化を示している。一方、同じ酵素量を用いて得られる $V_{\max}$ の値は、2つの酵素でほぼ同じで、pH によって影響をあまり受けない。この結果は、6.5 から 8.0 の間の pH 領域では、 B_4 型 LDH は A_4 型 LDH よりも 活性を示し、この両者の活性の差は、この pH 領域では、pH が ほど、また、基質濃度が ほど顕著に現れることを示している。

図 2



乳酸には、タンパク質の構成アミノ酸と同様に、鏡像関係の立体異性体 L 体と D 体の乳酸が存在し、これら 2 種は同じエネルギーをもつ。一方、ピルビン酸にはこのような異性体はない。ヒトの A 型と B 型の LDH は、いずれもピルビン酸から L 体の乳酸だけを生成し、逆方向の反応では、L 体の乳酸のみを基質とする L 型の LDH である。これに対して、無脊椎動物や微生物には、D 体の乳酸だけを生成物や基質にする D 型の LDH をもつものもある。さらに、一部の微生物には乳酸ラセマーゼという酵素が見出されており、L 体と D 体の乳酸間の異性化反応を触媒する。

- ① 文中の空欄(ト)~(ニ)を埋める語句の組み合わせとして、最も適当なものを解答群 G から 1 つ選びなさい。なお、それぞれの語句の並び順は(ト)から(ニ)の順である。

解答群 G

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| 0 高い, 高い, 高い | 1 高い, 高い, 低い | 2 高い, 低い, 高い |
| 3 高い, 低い, 低い | 4 低い, 高い, 高い | 5 低い, 高い, 低い |
| 6 低い, 低い, 高い | 7 低い, 低い, 低い | |

- ② NADH とピルビン酸が等分子数で含まれる一定体積の pH 7.0 の溶液に A₄型 LDH を添加して、pH を保ちながら反応を進めたところ、一部のピルビン酸と NADH を残した時点で反応が停止した。この溶液中のピルビン酸

と NADH をさらに消費させる方法が次の 1 から 4 の中にあるだろうか。全ての有効な方法をあげた組合せとして、もっとも適切なものを解答群 H から 1 つ選びなさい。なお、いずれの酵素も反応中に活性を失うことはないものとする。

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1 A ₄ 型 LDH をさらに添加する。 | 2 B ₄ 型 LDH を添加する。 |
| 3 乳酸ラセマーゼを添加する。 | 4 D 型 LDH を添加する。 |

解答群 H

- | | | | |
|---------------|--------------|------------------|--------------|
| 00 いずれも有効ではない | 01 1 | 02 2 | 03 3 |
| 04 4 | 05 1 と 2 | 06 1 と 3 | 07 1 と 4 |
| 08 2 と 3 | 09 2 と 4 | 10 3 と 4 | 11 1 と 2 と 3 |
| 12 1 と 2 と 4 | 13 2 と 3 と 4 | 14 1 と 2 と 3 と 4 | |

③ 酵素反応の阻害に関する以下の文章を読み、問題(i)と(ii)に答えなさい。

オキザミド酸はピルビン酸と類似した化学構造をもつため、ピルビン酸と同様に LDH の活性中心に結合してピルビン酸の結合を阻害する。このような阻害を (マ) 阻害という。大腸菌のアスパラギン酸カルバモイル転移酵素 (ACT) は、シチジン三リン酸 (CTP) を合成する代謝経路の最初の反応を触媒するが、その反応は経路の最終生成物である CTP によって阻害を受ける。このような調節を (ネ) 調節という。この酵素では、CTP と基質は、それぞれ異なる部位に結合するにもかかわらず、これら 2 つが同時に酵素に結合することはできない。これは、一方の結合部位への結合が、他方の結合部位の構造を変化させるためと考えられる。また、大腸菌のホスホグリセリン酸脱水素酵素 (PGDH) は、セリン合成経路の最初の反応を触媒するが、その反応はセリンによって (ネ) 調節を受け、阻害される。しかし、PGDH の場合は、セリンは基質の酵素への結合を阻害しない。PGDH は、基質を結合後にその立体構造が変化し、これによって基質を生成物に変換することができるが、セリンの結合はこの立体構造の変化を阻害すると考えられている。

- (i) 文章中の空欄(ㄨ)と(ㄢ)を埋める語として最も適切なものを、解答群 I からそれぞれ 1 つずつ選びなさい。ただし、同じ語を 2 度選んでもかまわない。

解答群 I

- | | | |
|-----------|-------------|-------|
| 0 選択的 | 1 非選択的 | 2 競争的 |
| 3 非競争的 | 4 反保存的 | 5 反 応 |
| 6 フィードバック | 7 フィードフォワード | 8 基 質 |
| 9 生成物 | 10 転 写 | |

- (ii) 次の(ㄨ)~(ㄣ)のそれぞれの場合に、酵素反応(図 1)にみられる変化として、もっとも適切なものを解答群 J からそれぞれ 1 つずつ選びなさい。ただし、同じものを何度選んでもかまわない。

- (ㄨ) LDH の反応に、オキザミド酸を添加した場合
 (ㄣ) ACT の反応に、CTP を添加した場合
 (ㄣ) PGDH の反応に、セリンを添加した場合

解答群 J

- 0 $S_{0.5}$ と V_{max} がいずれも減少する
- 1 $S_{0.5}$ と V_{max} がいずれも増大する
- 2 $S_{0.5}$ は増大し、 V_{max} は減少する
- 3 $S_{0.5}$ は減少し、 V_{max} は増大する
- 4 $S_{0.5}$ は増大するが、 V_{max} はあまり変化しない
- 5 $S_{0.5}$ はあまり変化しないが、 V_{max} は増大する
- 6 $S_{0.5}$ はあまり変化しないが、 V_{max} は減少する
- 7 $S_{0.5}$ は減少するが、 V_{max} はあまり変化しない
- 8 $S_{0.5}$ と V_{max} のいずれもあまり変化しない