

J 3 物理

J 4 化学

J 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 20 ページまであります。
化学の問題は、21 ページより 32 ページまであります。
生物の問題は、33 ページより 53 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及び氏名を記入し、さらに受験番号・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(HB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、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) 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 下記の物質の代謝に関する文章を読み、設問(1)～(5)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。(34点)

生物は一般に、簡単な物質を外界から取り入れて、体を構成する複雑な有機物を合成している。このような物質の代謝過程を (ア) という。植物や藻類、一部の細菌のように (イ) エネルギーを用いて (ウ) と水から炭水化物などの有機物を合成する場合は (イ) 合成といい、一部の細菌のように無機物を (エ) したときに得られる (オ) エネルギーを用いて (ア) を行う場合は (オ) 合成という。

これらに対して、体内の複雑な有機物が簡単な物質に分解され、エネルギーを生産する過程は (カ) という。この例として (キ) があり、炭水化物などの有機物と酸素から (ク) や水などを生じ、エネルギーを生産する反応である。

多くの植物は硝酸イオンを根から吸収する。植物体内で酵素を用いて (ク) に還元し、炭水化物の代謝によって生じた (ケ) と結合して、いろいろなアミノ酸をつくる。

窒素固定細菌は窒素ガスを (ク) に変換し、アミノ酸をつくることのできる B) のので、窒素化合物の乏しい環境でも窒素固定細菌が存在すれば、植物の生育が可能となる。

- (1) 上記文章の空欄(ア)～(ケ)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 異化 | 01 同化 | 02 酸素 | 03 窒素 |
| 04 二酸化炭素 | 05 物理 | 06 化学 | 07 光 |
| 08 位置 | 09 酸化 | 10 還元 | 11 呼吸 |
| 12 発酵 | | | |
| 13 亜硝酸イオン | 14 アンモニウムイオン | 15 硫酸イオン | |
| 16 エタノール | 17 グルコース | 18 有機酸 | |

- (2) 独立栄養的に生育する下線A)として最も適切な組み合わせを解答群Bから選びなさい。

解答群B：

- | | |
|--------------|---------------|
| 0 大腸菌と硫黄細菌 | 1 大腸菌と乳酸菌 |
| 2 大腸菌と硝化(細)菌 | 3 大腸菌と根粒菌 |
| 4 硫黄細菌と乳酸菌 | 5 硫黄細菌と硝化(細)菌 |
| 6 硫黄細菌と根粒菌 | 7 乳酸菌と硝化(細)菌 |
| 8 乳酸菌と根粒菌 | 9 硝化(細)菌と根粒菌 |

- (3) 下線B)のなかまに根粒菌がいる。この細菌は特定の植物の根に共生している。根粒菌と共生植物に関する次の文章を読み、(a)~(d)の設問に答えなさい。

根粒菌Xは植物Aに、根粒菌Yは植物Bにそれぞれ感染し、根粒を形成して共生する能力がある。しかし、根粒菌Xを植物Bに、根粒菌Yを植物Aに感染させても根粒は形成されない。また、根粒菌Xはタンパク質Dを常に合成し、その遺伝情報は遺伝子Dがもっている。同様に、根粒菌Yはタンパク質Eを常に合成し、その遺伝情報は遺伝子Eがもっている。

植物Aは化合物Fを、植物Bは化合物Gをそれぞれ根から分泌している。化合物Fが存在すると、根粒菌Xは因子Mを合成し、化合物Gが存在すると、根粒菌Yは因子Nを合成することができる。また、化合物Fが存在しないと、根粒菌Xは因子Mを合成することができず、化合物Gが存在しないと、根粒菌Yは因子Nを合成することができない。根粒菌によって合成された因子Mもしくは因子Nが植物の根に作用すると根粒の形成が始まる。

なお、タンパク質Dとタンパク質Eとの間、遺伝子Dと遺伝子Eとの間、化合物Fと化合物Gとの間そして因子Mと因子Nとの間に補完作用や相互作用は全く観察されない。

(a) 植物 A に遺伝子操作を行い、化合物 F を合成できない植物 A' をつくった。同様に、植物 B に遺伝子操作を行い、化合物 G を合成できない植物 B' をつくった。根粒の形成が開始される実験はどれか。最も適切な組み合わせを解答群 C から選びなさい。

- (i) 植物 A' に根粒菌 X を感染させた。
- (ii) 化合物 F を大量に植物 A' の根の周りに投与し、根粒菌 X を感染させた。
- (iii) 化合物 G を大量に植物 A' の根の周りに投与し、根粒菌 X を感染させた。
- (iv) 植物 A' に根粒菌 Y を感染させた。
- (v) 化合物 G を大量に植物 B' の根の周りに投与し、根粒菌 Y を感染させた。

解答群 C :

- | | | | | |
|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 0 (i)と(ii) | 1 (i)と(iii) | 2 (i)と(iv) | 3 (i)と(v) | 4 (ii)と(iii) |
| 5 (ii)と(iv) | 6 (ii)と(v) | 7 (iii)と(iv) | 8 (iii)と(v) | 9 (iv)と(v) |

(b) 根粒菌 X に遺伝子操作を行い、タンパク質 D を合成できない根粒菌 X' をつくった。この根粒菌 X' を植物 A や植物 B に感染させたところ、いずれの植物も根粒を形成しなかった。一方、タンパク質 D を植物 A' や植物 B' の根の周りに投与しても根粒を形成しなかった。これらの実験結果および前述の文章や設問から推論した最も適切な文章を解答群 D から選びなさい。

解答群 D :

- 0 タンパク質 D は根粒形成を阻害させる。
- 1 タンパク質 D は単独で因子 M の合成を開始させる。
- 2 タンパク質 D は化合物 F が存在すると、因子 M の合成を開始させる。
- 3 タンパク質 D は化合物 G が存在すると、因子 N の合成を開始させる。
- 4 タンパク質 D は化合物 F が存在すると、因子 M の合成を阻害させる。

(c) 根粒の形成が開始されない実験はどれか。最も適切な組み合わせを解答群 E から選びなさい。なお、根粒菌に遺伝子を導入すれば、その遺伝子は必ず発現し、タンパク質を合成するものとする。

(i) 遺伝子組換えの技術を用いて、根粒菌 X に遺伝子 E と因子 N 合成酵素遺伝子を導入した根粒菌 X' を植物 B に感染させた。

(ii) (i)の文中の根粒菌 X' を植物 A に感染させた。

(iii) 根粒菌 Y に遺伝子操作を行い、タンパク質 E と因子 N の合成ができない根粒菌 Y' をつくり、植物 A に感染させた。

(iv) (iii)の文中の根粒菌 Y' を植物 B に感染させた。

(v) (iii)の文中の根粒菌 Y' に遺伝子 D と因子 M 合成酵素遺伝子を導入した根粒菌 Y'' を植物 A に感染させた。

解答群 E :

- | | | | | |
|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 0 (i)と(ii) | 1 (i)と(iii) | 2 (i)と(iv) | 3 (i)と(v) | 4 (ii)と(iii) |
| 5 (ii)と(iv) | 6 (ii)と(v) | 7 (iii)と(iv) | 8 (iii)と(v) | 9 (iv)と(v) |

(d) 化合物 I を大量に植物 A の根の周りに投与し、根粒菌 X を感染させたところ根粒の形成がみられなかった。この実験結果および前述の文章や設問から推論した最も適切な文章を解答群 F から選びなさい。

化合物 I : 化合物 F の化学構造と似ていて、化合物 F のはたらきのみを阻害する物質であり、根粒菌や植物の生育に全く影響を与えない。

解答群 F :

0 化合物 I は、化合物 F とタンパク質 D による因子 M 合成の開始の誘導を阻害する。

1 化合物 I は、因子 M のみを添加した植物 A の根粒形成を阻害する。

2 化合物 I は、化合物 F と因子 M による因子 M 合成の開始の誘導を阻害する。

3 化合物 I は、タンパク質 D のみを添加した植物 A の根粒形成を阻害する。

- (4) 次の文章を読み、下水処理システムの設計およびそこで起きている現象について述べている最も適切な文章を解答群Gから選びなさい。

生活廃水などに含まれている窒素成分は河川や湖沼の富栄養化の原因になる。そこで下水処理場などでは、地球環境でみられる窒素循環のシステムを用いて窒素成分を除去している。

汚水から窒素成分を除去する微生物として脱窒素細菌がいる。この細菌は酸素がない場合、窒素酸化物を用いて呼吸をし、有機物を分解して生育している。

ここで、効率よく窒素成分を除く浄化システムを構築する目的で、A、B2つの水槽を用意した。A槽はエアープンプで下から通気することにより、好気的な環境を維持している。B槽は特に通気することなく、嫌気的な環境を維持している。なお、各槽内の微生物は下水や大気中から供給される。

解答群G：

- 0 下水をA槽で処理後、B槽で処理する。

A槽では、有機物が分解され、硝化(細)菌によりアンモニウムイオンが硝酸イオンに変換される。B槽では、有機物が少ないが、無機物のみでも生育できる脱窒素細菌により硝酸イオンが窒素となる。

- 1 下水をA槽で処理後、B槽で処理し、一部をA槽に戻す。

A槽では、B槽から戻された有機物の少ない処理水により有機物濃度が下がり、有機物分解の速度が速くなる。B槽では、無機物のみで生育できる硝化(細)菌により硝酸イオンが窒素となる。

- 2 下水をB槽で処理後、A槽で処理する。

B槽では、嫌気的環境でよく生育する細菌が有機物を有機酸に変換している。A槽では、有機酸を栄養とする脱窒素細菌により硝酸イオンが窒素となる。

- 3 下水をB槽で処理後、A槽で処理し、一部をB槽に戻す。

B槽では、有機物が分解されると共にアンモニアが生成し、さらにA槽から戻された硝酸イオンが有機物を分解する脱窒素細菌により窒素となる。A槽では、硝化(細)菌によりアンモニウムイオンが硝酸イオンに変換される。

(5) 江戸時代には硝酸カリウム(火薬原料)の製造に土壤細菌を利用していた。製造法を説明した下の(i)~(v)の文章のうち、効率の悪いと考えられる方法を記述した文章の組み合わせを解答群Hから選びなさい。

- (i) 雨を避けるために、床下に穴を掘り、そこへ白飯の残飯を入れ、土を入れてよく混ぜて土壤細菌を培養した。
- (ii) 雨を避けるために、床下に穴を掘り、そこへ人馬の尿、土を入れてよく混ぜて土壤細菌を培養した。
- (iii) 雨を避けるために、床下に穴を掘り、そこへ魚のはらわた、土を入れてよく混ぜて土壤細菌を培養した。
- (iv) 数十年ほど経った家の便所や馬小屋の床下の土を水で浸出し、煮詰めてから結晶成分を精製した。
- (v) 何度も耕作した水田の土を水で浸出し、煮詰めてから結晶成分を精製した。

解答群H：

- | | | | | |
|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 0 (i)と(ii) | 1 (i)と(iii) | 2 (i)と(iv) | 3 (i)と(v) | 4 (ii)と(iii) |
| 5 (ii)と(iv) | 6 (ii)と(v) | 7 (iii)と(iv) | 8 (iii)と(v) | 9 (iv)と(v) |

2

植物の生殖とホルモンに関する設問(1)～(4)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指定欄にマークしなさい。(33点)

- (1) 被子植物の生殖細胞に関する次の文中の空欄(ア)～(ソ)にあてはまる最も適切な語句を解答群Aから選び、正しい文章を完成しなさい。

被子植物における花は、生殖器官としての役割をはたす。若い花では、めしべの根元にある子房には [ア] があり、その内部に [イ] ($2n$) がつくられる。[イ] は、[ウ] 分裂により [エ] 個の細胞となるが、そのうち3個は消失し、残りの [オ] 個が [カ] (n) となる。

[カ] は、その核が3回の分裂の後に8個になったのち、細胞質の分裂によって、2個の [キ]、3個の [ク]、1個の [ケ] と、[コ] 個の極核をもつ [サ] となる。

若いおしべのやく(葯)の中では、多くの [シ] ($2n$) がつくられる。それぞれの [シ] は [ウ] 分裂により [エ] 個の細胞(n)からなる [ス] となる。このそれぞれの細胞が1回分裂を行い、その後成熟し、[セ] と、後に精細胞を生じる [ソ] を含む花粉へと成熟する。

解答群A：

- | | | |
|-----------|-----------|----------|
| 00 花粉母細胞 | 01 胚 珠 | 02 胚 乳 |
| 03 卵母細胞 | 04 胚のう母細胞 | 05 胚のう細胞 |
| 06 第一精母細胞 | 07 精 子 | 08 雄原細胞 |
| 09 精原細胞 | 10 花粉管核 | 11 主細胞 |
| 12 花粉四分子 | 13 助細胞 | 14 反足細胞 |
| 15 卵細胞 | 16 減 数 | 17 体細胞 |
| 18 核 | 19 細胞質 | 20 細胞膜 |
| 21 中央細胞 | 22 6 | 23 5 |
| 24 4 | 25 3 | 26 2 |
| 27 1 | | |

- (2) 被子植物の受精と種子の形成に関する記述として、最も適切な文章を解答群 B から 2 つ選びなさい。なお、次の文中の(ソ)(サ)(ケ)には設問(1)の(ソ)(サ)(ケ)と同じ語句が入る。

解答群 B :

- 0 花粉は昆虫や風などを利用して運ばれ、めしべの柱頭に付着する。これを受精という。
- 1 柱頭に付着した花粉からは、花粉管が伸び始め、その途中で (ソ) が分裂し、2 個の極核となる。
- 2 精細胞のうちの 1 個は、(サ) と融合(受精)して胚乳核となる。胚乳核を持つ細胞は分裂を繰り返す、胚乳を形成する。
- 3 (サ) の核相は n で、精細胞の核相は n だから、両者が受精してできた胚乳核の核相は $2n$ である。
- 4 イネやトウモロコシなどでは、種子の発芽に利用される炭水化物、タンパク質などの栄養分が胚乳に貯蔵されるが、発達途上で胚乳は退化し、かわりに子葉に蓄えられるようになる。
- 5 被子植物では、受精卵をつくるための精細胞と (ケ) との受精、ならびに、胚乳核をもつ細胞をつくるための精細胞と (サ) との受精が起こる。これを重複受精という。

- (3) 休眠期間を終えた種子は、適度な温度条件の下で吸水することにより、胚が成長を始め、やがて発芽を迎える。種子の発芽には様々な物質が関与するが、そうした物質に関する記述として適切な文章の組み合わせを、解答群Cから選びなさい。

- 0 オオムギでは、種子が吸水すると胚の中でアブシシン酸の合成が始まり、それが引き金となって発芽する。
- 1 アミラーゼは貯蔵デンプンを分解する酵素で、ジベレリンが胚乳の外層組織(糊粉層)にはたらくことによって合成される。デンプンを分解する酵素はいろいろあるが、アミラーゼは特殊な酵素であり、植物にしか存在しない。
- 2 デンプンがアミラーゼによって分解されて生じた糖は、胚に供給され、その成長に使われる。
- 3 オオムギの種子から、胚乳の外層組織である糊粉層を取り出し、この糊粉層をアブシシン酸溶液に数日間浸した。その後、その抽出液をデンプンの水溶液と混合して十分に反応させたとする。このとき、ヨウ素溶液を加えて呈色反応を調べると、青紫色を呈さないことが観察される。
- 4 オオムギの種子から、胚乳の外層組織である糊粉層を取り出し、この糊粉層をジベレリン溶液に数日間浸した。その後、煮沸処理を施し、その抽出液をデンプンの水溶液と混合して十分に反応させたとする。このとき、ヨウ素溶液を加えて呈色反応を調べると、青紫色を呈さないことが観察される。
- 5 オオムギの種子から、胚乳の外層組織である糊粉層を取り出し、この糊粉層をジベレリン溶液に数日間浸した。その後、その抽出液に、アミラーゼを認識して結合し、その作用を失わせる能力がある抗体(免疫グロブリン)を加え、抽出液中のすべてのアミラーゼをこの抗体と結合させたとする。この溶液をデンプンの水溶液と混合して十分に反応させ、ヨウ素溶液を加えて呈色反応を調べると、青紫色を呈することが観察される。
- 6 アブシシン酸には、胚の成長を抑制し、種子の休眠状態を維持する以外にも、葉の気孔を閉鎖する作用もある。

解答群C：

00	0と1	01	0と2	02	2と5
03	3と4	04	2と6	05	1と2
06	3と5	07	1と2と3	08	1と3と5
09	2と3と4	10	2と4と5	11	2と4と6
12	2と5と6	13	3と5と6	14	4と5と6
15	2と3と4と5	16	1と2と5と6	17	1と3と5と6
18	2と4と5と6	19	0以外すべて	20	すべて

- (4) 植物ホルモン関連遺伝子の突然変異に関する次の文章を読み、以下の設問 (A)～(D)に答えなさい。

ある植物の栽培実験において、三種類の突然変異体Ⅰ、Ⅱ、Ⅲが得られたと仮定する。このうち、突然変異体Ⅰの葉からDNAを抽出し、遺伝子(a)の塩基配列を調べたところ、突然変異により、遺伝子(a)が指定するあるタンパク質が正常につくられないことがわかった。突然変異体Ⅰの背丈を野生型と比較したところ、野生型より著しく低くなったが、植物ホルモンAを突然変異体Ⅰに与えると野生型と同程度になるまで回復することがわかった。一方、突然変異体Ⅱの葉からDNAを抽出して同様の解析を行ったところ、遺伝子(a)に関する異常はなく、別の遺伝子(b)には突然変異が認められ、遺伝子(b)が指定するあるタンパク質がつくられないことがわかった。突然変異体Ⅱは、真夏の炎天下などに置いておくと水分が蒸発してしまい、野生型に比べてしおれやすいが、植物ホルモンBを与えるとしおれにくくなった。また突然変異体Ⅲの葉からDNAを抽出して同様の解析を行ったところ、遺伝子(a)(b)が正常なのに対し、遺伝子(c)に異常が認められ、それが指定するあるタンパク質が正常につくられないことがわかった。突然変異体Ⅲは、突然変異体Ⅰと同様に、その背丈は野生型より著しく低い、突然変異体Ⅰとは異なり、植物ホルモンAを与えても背丈は回復しなかった。なお、その後の解析により、突然変異体Ⅰは遺伝子(a)の、突然変異体Ⅱは遺伝子(b)の、そして突然変異体Ⅲは遺伝子(c)の単一遺伝子変異によるものであって、変異遺伝子がホモ接合体となったときのみ、突然変異体としての表現型が現れる⁽ⁱ⁾ことがわかった。

- (A) ブドウの花やつぼみを植物ホルモンAあるいはBの水溶液で処理すると、花粉を付着させなくても果実が肥大、成熟して種なしブドウができる。これに関する記述のうち、最も適切なものを解答群Dから1つ選びなさい。

解答群D：

- 0 Aの水溶液でブドウの花やつぼみを処理すると、種なしブドウができる。
- 1 Bの水溶液でブドウの花やつぼみを処理すると、種なしブドウができる。
- 2 どちらの水溶液でブドウの花やつぼみを処理しても、種なしブドウができる。
- 3 どちらの水溶液でブドウの花やつぼみを処理しても、種なしブドウはできない。
- 4 Aの水溶液でブドウで花やつぼみを処理しても、続けてBの水溶液で処理しないと種なしブドウはできない。

(B) 遺伝子(a)～(c)の指定するタンパク質の働きを推測した場合、最も適切なものを解答群Eから選びなさい。

解答群E：

- 0 Aの合成に関与する酵素
- 1 Bの合成に関与する酵素
- 2 Aの合成には関与しないが、Aに対する応答に関与するタンパク質
- 3 Bの合成には関与しないが、Bに対する応答に関与するタンパク質

(C) 遺伝子には、優性や劣性のものがある。下線部(i)の性質をもつこれらの変異遺伝子は、それぞれの正常遺伝子に対していずれになるか。最も適切なものを解答群Fから選びなさい。

解答群F：

- 0 優性である
- 1 劣性である
- 2 不完全優性である
- 3 どちらともいえない

(D) バイオテクノロジーを用いて突然変異体に様々な処理を施す実験を行った。その結果、突然変異体Ⅰ、Ⅱ、Ⅲに正常な遺伝子(a)～(c)をそれぞれ導入すると、これらの遺伝子が指定するタンパク質は、どの突然変異体においても野生型と同程度につくられること、突然変異体のプロトプラストと野生型のプロトプラストを細胞融合して得られた植物体は、野生型と同じ表現型を示すことがわかった。次の実験のうち、得られた植物体が、野生型と同じ表現型を示さないと考えられる実験を、**解答群G**から2つ選びなさい。ただし遺伝子(a)～(c)の過剰な発現は、植物体の形成に影響を与えないものとする。

解答群G：

- 0 突然変異体Ⅰのプロトプラストに正常な遺伝子(a)を導入し、植物体を新たに作製した。
- 1 突然変異体Ⅱのプロトプラストに正常な遺伝子(c)を導入し、植物体を新たに作製した。
- 2 突然変異体Ⅲのプロトプラストに正常な遺伝子(a)を導入した後、突然変異体Ⅱのプロトプラストと細胞融合し、植物体を新たに作製した。
- 3 突然変異体Ⅱのプロトプラストに正常な遺伝子(c)を導入した後、野生型のプロトプラストと細胞融合し、植物体を新たに作製した。
- 4 突然変異体Ⅲのプロトプラストに正常な遺伝子(b)を導入した後、突然変異体Ⅲの別のプロトプラストと細胞融合し、植物体を新たに作製した。
- 5 突然変異体Ⅰのプロトプラストに正常な遺伝子(b)を導入した後、突然変異体Ⅲのプロトプラストと細胞融合し、植物体を新たに作製した。
- 6 突然変異体Ⅰのプロトプラストを、突然変異体Ⅲのプロトプラストと細胞融合し、植物体を新たに作製した。

右のページは白紙です。

- 3 糖代謝に関する次の文章を読み、設問(1)～(4)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)

ほ乳動物が食物から吸収したグルコースの一部は、肝臓や筋肉などで (ア) として貯蔵される。(ア) の合成と分解は血糖値に応じて調節される。食餌後に血糖値が高まるとすい臓から (イ) が分泌され、肝臓や筋肉でのグルコース取り込みと、(ア) の合成を促進する。一方、血糖値が低下すると、すい臓から (ウ) の分泌が促進され、肝臓で (ア) の分解を促進する。さらに、副腎髄質から分泌される (エ) は、肝臓と筋肉で (ア) の分解を促進する。

図1は解糖系を模式的に表しており、中間産物をそれぞれに含まれる炭素(C)数で示している。経路に関わるその他の分子についてはATPとADP、およびNADと NADH_2 のみを記載し、これらに関わる反応ごとに中間産物をグループ分けしている。NADは補酵素であり、酵素反応で基質から水素([H])を受け取って NADH_2 となる。グルコース1分子がピルビン酸2分子になるときに、消費と生産の収支として正味 (オ) 分子のATPが得られ、(カ) 分子のNADが NADH_2 となる。

肝臓では、逆にピルビン酸からグルコースが合成されることもある。一般に、酵素反応は可逆的であり、基質と生成物の濃度比が反応の進行方向を決めている。図中に両方向の矢印で示した酵素反応は、細胞内でも可逆的であり、細胞内の中間産物の濃度比の変動にともなって反応の進行方向が決まる。しかし、1方向の矢印で示した反応1～3は、細胞内で中間産物濃度が変動する範囲では進行方向が逆転しない反応であり、これらが解糖系全体の反応の進行方向を決めている。このため、グルコース合成には、反応1～3とは異なる別の酵素による破線の矢印で示した反応経路が用いられる。ただし、破線の矢印で示した反応1と反応2の逆経路ではATPが得られず、反応3の逆経路ではピルビン酸1分子あたり2分子のATPが消費される。その結果、ピルビン酸2分子から1分子のグルコースを生成するには (キ) 分子のATPの消費が必要となる。

好気呼吸では、ピルビン酸が CO_2 まで分解される過程でさらに多くの NADH_2 が生成するが、 NADH_2 は酸素に[H]を渡してNADにもどされ、ここで得られ

るエネルギーによって大量のATPが合成される。激しい運動をはじめた動物では、グルコースと酸素が血中から大量に消費され、筋肉へのこれらの供給が不足する。筋肉は (ア) の分解と乳酸の生成によってこれを補い、運動に必要なエネルギーを獲得する。ここで、乳酸脱水素酵素はNADをNADH₂から生成して解糖系に供給するとともに、好気呼吸で消費されずに蓄積したピルビン酸を乳酸に変える。生じた乳酸の多くは血液を通して肝臓へ運ばれ、ピルビン酸を経てグルコースに変換された後に、再び血液を通して筋肉に供給される。

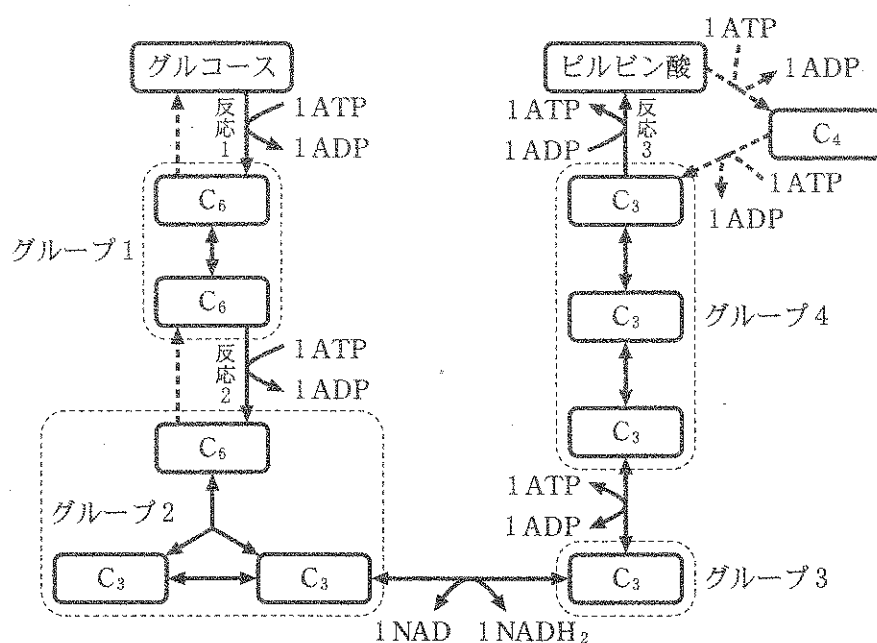


図 1

(1) 空欄(ア)～(エ)を埋める語として最も適切なものを解答群Aから、空欄(オ)～(キ)を埋める数値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、解答群Bでは同じ番号を何度用いてもよい。

解答群A：

- | | | |
|------------|----------|------------|
| 0 脂 肪 | 1 デンプン | 2 クレアチンリン酸 |
| 3 グリコーゲン | 4 コラーゲン | 5 グルカゴン |
| 6 鉱質コルチコイド | 7 チロキシン | 8 糖質コルチコイド |
| 9 アドレナリン | 10 インスリン | |

解答群B：

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

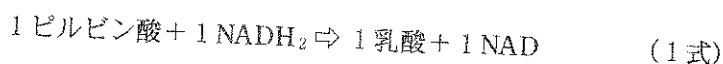
- (2) 下線部(A)の状況下で筋肉と肝臓の解糖系のはたらき(解糖)に起こる変化として、最も適切なものを解答群Cから選びなさい。

解答群C：

- 0 筋肉と肝臓の両者で解糖が促進される。
- 1 筋肉と肝臓の両者で解糖が抑制される。
- 2 筋肉では解糖が促進され、肝臓では解糖が抑制される。
- 3 筋肉では解糖が抑制され、肝臓では解糖が促進される。

- (3) 下線部(B)に関する次の文章を読み、(a)～(e)の設問に答えなさい。

乳酸脱水素酵素(LDH)は、以下の1式の反応を触媒する。



LDHの反応は可逆的であり、(乳酸濃度)/(ピルビン酸濃度)の比と、(NAD濃度)/(NADH₂濃度)の比が極端に (I) 場合には1式の反応の進行方向が逆転する。しかし、生体内では、ほとんどの場合で1式の方向で反応が進むと考えられ、一般に試験管内で反応を測定する際も、この方向の反応を測定する。ただし、これらの濃度比は反応の速度に影響し、特に(NAD濃度)/(NADH₂濃度)比の上昇は反応速度を大きく (II) させる。これは、NADとNADH₂がほとんど同じ構造をもつため、酵素の同じ結合部位に同様な強さで結合することによると考えられる。また、反応速度は基本的に酵素濃度に比例する。このため、反応速度を測定する場合は、酵素濃度を一定にするとともに、まだ生成物がほとんど生じていない反応開始の直後に行なう。さらに、一般にはNADH₂濃度を一定にして反応速度を測定する。このとき、動物のLDHでは、基質であるピルビン酸の濃度と反応速度の関係は図2の曲線1の

ようになる。以後、これを基質飽和曲線と呼ぶ。ここでは、反応液中の酵素分子が、全て基質と結合している状態、いいかえれば基質で飽和されている状態のときに最大反応速度(100 % とする)が得られる。また、最大反応速度の50 % の反応速度が得られるときの基質濃度を半飽和基質濃度と呼び、酵素が基質に作用する際に、基質との結合のしやすさを示す指標となる。半飽和基質濃度は、LDH の種類によって様々に異なる。動物の場合では、心筋のLDHは骨格筋のものより半飽和基質濃度が (Ⅲ) , このことは心筋ではより低濃度のピルビン酸で乳酸生成が起こることを示唆している。

一方、細菌には図2の曲線2のようなS字型の基質飽和曲線を示すLDHが多くみられる。このLDHのように、S字型の飽和曲線を示すタンパク質は多数知られているが、 (ⅳ) はその代表的なものである。一般に、このタイプのLDHにおいては、解糖系のある中間産物(中間産物X)の濃度が増大すると、基質飽和曲線がS字型(曲線2型)から曲線1型に変化し、半飽和基質濃度が減少する。解糖系の経路図(図1)上から、細胞内で中間産物Xの濃度が増大するのは、LDHのはたらきが解糖の進行に特に必要とされるときと判断することができ、このときにLDHの半飽和基質濃度が下がるのは細菌が解糖を円滑に進めるために合理的である。このタイプのLDHでは、中間産物Xが活性部位とは異なる部位に結合する。このような結合部位をアロステリック部位といい、これらのLDHのように、特定の分子の結合によって触媒活性が調節を受けるような酵素をアロステリック酵素という。LDHは同じポリペプチドが4つ集合した構造をもち、これらのポリペプチドに1つずつ、合計4つの活性部位をもつ。このような複数のポリペプチドが集合したタンパク質の構造を (ⅳ) という。アロステリック型のLDHは、4つの活性部位の全てが基質と結合しやすい構造をもつ活性型の立体構造と、4つ全てが基質と結合しにくい構造をもつ不活性型の立体構造をとることができ、LDHがこの2つの間で立体構造を変えるとき、これと連動して4つの活性部位も同時に構造を変化させる。反応液中では、(活性型構造のLDH)/(不活性型構造のLDH)の量比は中間産物Xの濃度が (ⅳ) すると増大する。また、中間産物Xが存在しない場合には、この量比はピルビン酸の濃度の (ⅳ) とともに増大すると考えられる。

さらに、細菌には基質特異性があまり厳密でない LDH も存在する。例えば、ある乳酸菌の LDH は、ピルビン酸と構造が類似するオキサロ酢酸も同じ活性部位に結合し、乳酸のかわりにこれと構造が類似するリンゴ酸を生成しながら NADH_2 から NAD を生成することが知られている。

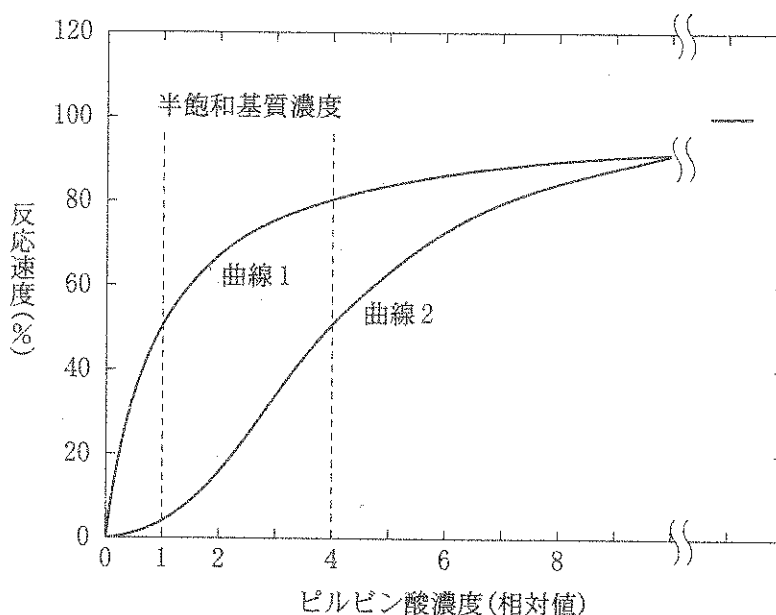


図 2

- (a) 文章中の空欄(I)と(II)にあてはまることばの組合せとして、最も適切なものを解答群Dから選びなさい。

解答群D：

(I)	(II)	(I)	(II)	(I)	(II)	(I)	(II)	
0	高い	増大	1	高い	減少	2	低い	増大
						3	低い	減少

- (b) 文章中の空欄(ク)と(ケ)のそれぞれを埋めることばとして、最も適切なものを解答群Eから1つずつ選びなさい。

解答群 E :

- | | | |
|---------|----------|----------|
| 0 トリプシン | 1 ミオグロビン | 2 ヘモグロビン |
| 3 フィブリン | 4 1次構造 | 5 2次構造 |
| 6 3次構造 | 7 4次構造 | 8 5次構造 |

- (c) 文章中の空欄(Ⅲ)～(V)にあてはまることばの組合せとして、最も適切なものを解答群 F から選びなさい。

解答群 F :

- | (Ⅲ) | (Ⅳ) | (V) | (Ⅲ) | (Ⅳ) | (V) | (Ⅲ) | (Ⅳ) | (V) |
|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| 0 高く | 上昇 | 上昇 | 1 高く | 上昇 | 低下 | 2 高く | 低下 | 上昇 |
| 3 高く | 低下 | 低下 | 4 低く | 上昇 | 上昇 | 5 低く | 上昇 | 低下 |
| 6 低く | 低下 | 上昇 | 7 低く | 低下 | 低下 | | | |

- (d) 下線部(C)に記載されている中間産物 X は、図 1 の解糖系経路のどの位置に存在するか。最も適切と考えられる位置を解答群 G から選びなさい。

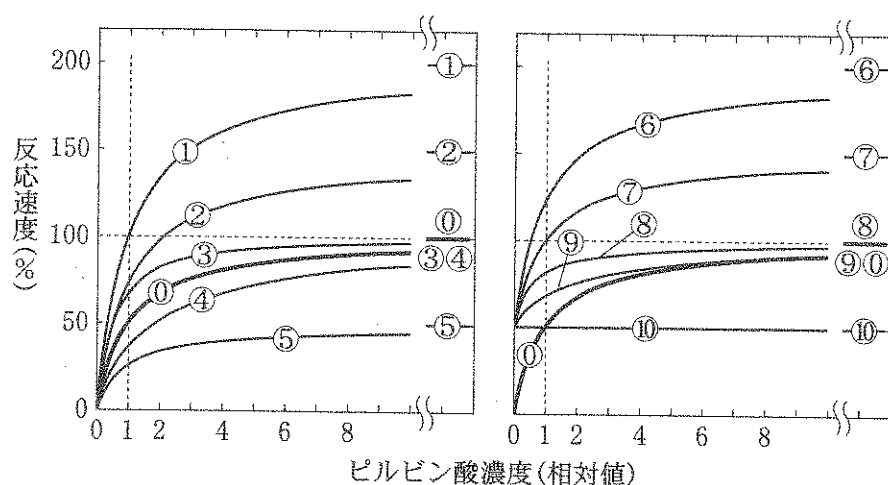
解答群 G :

- 0 グループ 1 1 グループ 2 2 グループ 3 3 グループ 4

- (e) 下線部(D)で説明したある乳酸菌の LDH が、オキサロ酢酸とピルビン酸のどちらを基質とした場合でも、全く同じ半飽和基質濃度と最大反応速度を示すものと仮定する。この LDH を用いて、(i)と(ii)のようにオキサロ酢酸が混入した反応液で、(コ)～(ス)の方法で反応速度を測定すると、結果としてどのようなピルビン酸飽和曲線が得られるだろうか。それぞれの場合に得られる曲線として最も適切なものを解答群 H から 1 つずつ選びなさい。ただし、オキサロ酢酸の混入がない場合には、太線⑩の曲線が得られるものとし、このときの半飽和基質濃度を 1 として、最大反応速度とともに図中に破線で示している。

- (i) 反応液中にピルビン酸と同濃度のオキサロ酢酸が混入しているとき、
 (ロ) 反応速度を NAD の生成速度の測定によってもとめた。
 (サ) 反応速度を乳酸の生成速度の測定によってもとめた。
 (ii) 反応液中に半飽和基質濃度のオキサロ酢酸が混入しているとき、
 (シ) 反応速度を NAD の生成速度の測定によってもとめた。
 (ス) 反応速度を乳酸の生成速度の測定によってもとめた。

解答群 H :



- (4) 生物は多種類のアロステリック酵素をもっている。肝臓の解糖系にもアロステリック酵素が触媒する反応があり、肝臓の解糖作用は、主にその酵素活性の変化によって調節される。図 1 の中で、こうしたアロステリック酵素による反応が存在する位置として、最も適切なものを解答群 I から選びなさい。

解答群 I :

- 0 グループ 1 内の中間産物間の反応
- 1 グループ 2 内の中間産物間の反応
- 2 グループ 4 内の中間産物間の反応
- 3 反応 1, 反応 2, 反応 3
- 4 グループ 2 と 3 の間の反応とグループ 3 と 4 の間の反応

