

# 生物基礎・生物

(全 問 必 答)

**第1問** 次の各問い(問1～3)に答えよ。〔解答番号  ～  〕 (配点 23)

**問1** 対立遺伝子Aとa(Aはaに対し顕性(優性))について、ハーディ・ワインベルグの法則が成立しているある生物集団Xがあり、集団Xにおいて、遺伝子型AAの個体は9216個体、遺伝子型Aaの個体は768個体、遺伝子型aaの個体は16個体であった。次の問い(1)～(4)に答えよ。

(1) 集団Xがもつ遺伝子全体を表す語として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① 遺伝子集合

② 遺伝子プール

③ 遺伝的浮動

④ 遺伝子平衡

(2) 集団Xにおける遺伝子Aの頻度として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

①  $\frac{4}{100}$

②  $\frac{96}{100}$

③  $\frac{9216}{10000}$

④  $9216 \times 2$

(3) ハーディ・ワインベルグの法則が成立するための条件として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① 集団を構成する個体の数ができるだけ少ないこと。

② 任意な交配が起こること。

③ 個体の移出入が起こらないこと。

④ 突然変異が起こらないこと。

- (4) ある感染症が流行り、遺伝子型 aa の個体がすべて、遺伝子型 Aa 個体はその半数が死亡した。感染症流行後の集団 X における遺伝子 a の頻度として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

①  $\frac{1}{100}$

②  $\frac{2}{100}$

③  $\frac{3}{100}$

④  $\frac{4}{100}$

- 問2** 血糖濃度の低下時に分泌されるホルモンの名称と、そのホルモンに関連する事項の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

| ホルモン       | 関連事項                  |
|------------|-----------------------|
| ① グルカゴン    | 組織においてタンパク質からの糖新生を促す。 |
| ② アドレナリン   | 副交感神経により分泌が促される。      |
| ③ 糖質コルチコイド | 副腎皮質刺激ホルモンにより分泌が促される。 |
| ④ パラトルモン   | 副甲状腺から分泌される。          |

問3 シロイヌナズナの花は、基本的に外側から内側に向かって、がく片・花弁・おしべ・めしべの4種類の花器官が配置された構造をもち、花器官の形成にはホメオティック遺伝子群がはたらいている(図1)。花器官の形成に関わるホメオティック遺伝子群はA・B・Cの三つのクラスに分類され、領域1～4において、それぞれ異なる組合せの遺伝子クラスがはたらき、花器官の分化が調節されている。これをABCモデルという。下の問い(1)～(3)に答えよ。

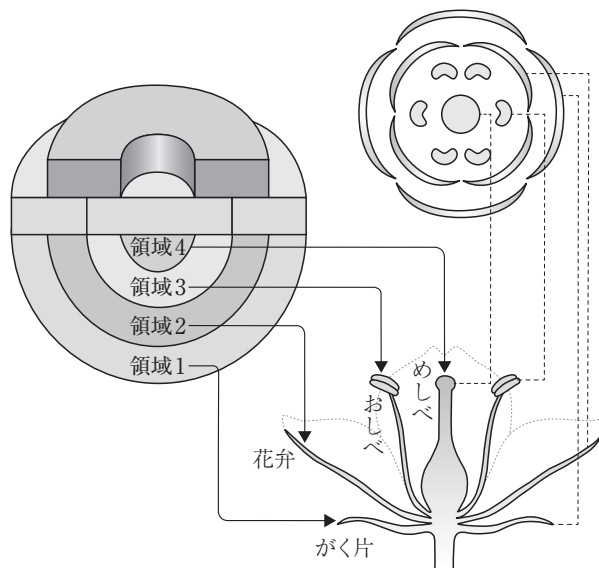


図 1

(1) 下線部のシロイヌナズナ(被子植物)に関する記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

6

- ① コケ植物と同様、葉緑体をもつ。
- ② シダ植物と同様、維管束をもつ。
- ③ 裸子植物と同様、種子をつくる。
- ④ 子房の有無に関わらず、胚珠をもつ。

(2) ABCモデルにおいて、AクラスとCクラスの遺伝子は拮抗的にはたらいっているため、野生型では、「Aクラスの遺伝子のみはたらく」「AクラスとBクラスの遺伝子がはたらく」「BクラスとCクラスの遺伝子がはたらく」「Cクラスの遺伝子のみはたらく」の4パターンで四つの花器官が分化している。そして、Bクラスの遺伝子がはたらかなくなるとおしべと花弁が形成されなくなり、Cクラスの遺伝子がはたらかなくなるとめしべとおしべが形成されなくなる。以上より、野生型の領域3においてはたらくホメオティック遺伝子群を考え、最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 7

- |            |                     |
|------------|---------------------|
| ① Aクラスの遺伝子 | ② Aクラスの遺伝子とBクラスの遺伝子 |
| ③ Bクラスの遺伝子 | ④ Bクラスの遺伝子とCクラスの遺伝子 |

(3) Aクラスの遺伝子がはたらかなくなった場合の記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 8

- ① 領域1と2にめしべ、領域3と4におしべが形成される。
- ② 領域1と3にめしべ、領域2と4におしべが形成される。
- ③ 領域1と4にめしべ、領域2と3におしべが形成される。
- ④ 領域2と3にめしべ、領域1と4におしべが形成される。

**第2問** ヒトの代謝と筋収縮に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～7)に答えよ。〔解答番号  ～  〕 (配点 26)

A ATPは、炭水化物・脂肪・タンパク質などの有機物を取り込んだ細胞がそれらを分解する呼吸や解糖で合成される。 やグルコースを呼吸基質とした筋細胞(筋繊維)における呼吸は、解糖系・クエン酸回路・電子伝達系の三つの過程に分けられ、生じたATPは筋収縮に利用される。

問1 上の文章中の に入る多糖類として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- |         |          |
|---------|----------|
| ① デンプン  | ② グリコーゲン |
| ③ セルロース | ④ スクロース  |

問2 解糖系およびクエン酸回路に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 解糖系には、ATPを合成する反応以外に、ATPを消費する反応も含まれる。
- ② 解糖系は、嫌気条件下では進行しない。
- ③ クエン酸回路では、脱水素酵素と炭酸脱水酵素により基質の分解が進む。
- ④ クエン酸回路では、酸素が消費される。

**問3** 電子伝達系はミトコンドリアで進行し、解糖系やクエン酸回路で生じた水素(電子)から水素イオン( $H^+$ )の濃度勾配を形成し、ATPを合成する。次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) ミトコンドリアにおいて $H^+$ の濃度勾配が形成された際に $H^+$ 濃度が高くなる部位、およびその形成を促す輸送の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

| $H^+$ 濃度が高くなる部位 | 輸 送  |
|-----------------|------|
| ① 内膜の内側の基質部分    | 受動輸送 |
| ② 内膜の内側の基質部分    | 能動輸送 |
| ③ 外膜と内膜の間の膜間腔   | 受動輸送 |
| ④ 外膜と内膜の間の膜間腔   | 能動輸送 |

(2)  $H^+$ の濃度勾配の維持には、ミトコンドリアの内膜がもつ $H^+$ を透過させない性質が関わる。仮に内膜の $H^+$ 透過性を高める薬剤をミトコンドリアに作用させた場合、どのようなことが起こると予想されるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① 薬剤の作用前と比べ、同量の基質において合成されるATP量が増加し、電子伝達が促進される。
- ② 薬剤の作用前と比べ、同量の基質において合成されるATP量が増加し、電子伝達が抑制される。
- ③ 薬剤の作用前と比べ、同量の基質において合成されるATP量が減少し、電子伝達が促進される。
- ④ 薬剤の作用前と比べ、同量の基質において合成されるATP量が減少し、電子伝達が抑制される。

問4 激しい運動時における生体の反応に関する記述として誤っているものを、次の

①～④のうちから一つ選べ。

5

- ① 筋細胞において、解糖系で生じたピルビン酸から乳酸が生じる。
- ② 筋細胞において、ミオグロビンと結合している酸素が解離される。
- ③ 筋細胞を取り巻く毛細血管(動脈側)を流れる血液において、赤血球内のヘモグロビンの酸素親和性が高くなる。
- ④ 筋細胞を取り巻く毛細血管(静脈側)を流れる血液において、血液のpHが低くなる。

問5 タンパク質が呼吸基質として利用された場合、脱アミノ化によりアンモニアが生じ、肝臓で尿素に代謝される。このはたらき以外の肝臓のはたらきに関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

6

- ① 消化酵素を含む胆汁を生成する。
- ② 白血球を破壊する。
- ③ アルコールや薬物に対し解毒反応を行う。
- ④ 血液凝固を促すトロンビンやフィブリンを合成する。

B 横紋筋の筋細胞における筋原繊維では、イ フィラメントと ウ フィラメントという2種類のフィラメントが平行に並び、エ という仕切りで区切られた筋節(サルコメア)と呼ばれる単位が繰り返されている。イ フィラメントを構成するタンパク質にはATP分解酵素活性があり、ATPの分解により生じたエネルギーを利用し、イ フィラメントと ウ フィラメントが相互作用することで筋収縮が起こる。

問6 上の文章中の イ ～ エ に入る語として最も適当なものを、次の①～⑦のうちからそれぞれ一つずつ選べ。イ 7 ウ 8 エ 9

- ① トロポニン      ② アクチン      ③ カドヘリン      ④ チューブリン  
⑤ Z 膜          ⑥ ミオシン      ⑦ トロポミオシン

問7 図1は、ある筋節の長さ(μm)と張力(%)の関係を示したものである。この筋節における暗帯の長さ(μm)として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

10 μm

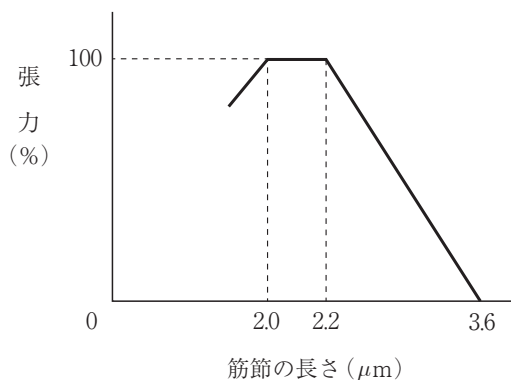


図 1

- ① 1.0                      ② 1.2                      ③ 1.4                      ④ 1.6

### 第3問 免疫に関する次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 9〕 (配点 25)

ヒトでは、病原体などの異物の侵入を ア物理的・化学的防御で防ぎ、体内に侵入した異物に対しては、生まれつき備わる イ自然免疫と生後獲得する適応免疫(獲得免疫)で対処している。適応免疫では、異物を取り込んだ樹状細胞の一部は ウ に移動し、分解した異物の断片をヘルパー T細胞に抗原提示する。ヘルパー T細胞は、提示された抗原を エ により認識すると増殖し、同じ抗原を提示するB細胞を活性化・増殖させる。増殖したB細胞は抗体産生細胞に分化し、抗体を産生する。分泌された抗体が抗原と出会うと、抗原と特異的に結合して複合体を形成し、複合体は食細胞により処理される。このような抗体が異物除去にはたらく適応免疫を オ 免疫と呼ぶ。また、適応免疫には、抗体は関与せず、感染細胞や移植細胞などを カ 細胞が直接攻撃して除去するものもある。

問1 下線部アおよびイに関する記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① 皮膚の表面は死細胞からなる角質層で覆われ、ウイルスの侵入を防いでいる。
- ② 汗には、アルブミンという細菌の細胞壁分解酵素が含まれている。
- ③ 好中球は、体内に侵入した異物を食作用により処理する。
- ④ 胃酸には、食物に付着した細菌の増殖を抑制する効果がある。

問2 上の文章中の ウ と エ に入る語の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- |   | ウ    | エ   |
|---|------|-----|
| ① | 骨 髄  | MHC |
| ② | 骨 髄  | TCR |
| ③ | リンパ節 | MHC |
| ④ | リンパ節 | TCR |

問3 前ページ文章中の **オ** と **カ** に入る語の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つずつ選べ。 **3**

- | オ     | カ     |
|-------|-------|
| ① 体液性 | NK    |
| ② 体液性 | キラー T |
| ③ 細胞性 | NK    |
| ④ 細胞性 | キラー T |

問4 ABO式血液型において、A型とAB型の血液を混ぜると、赤血球表面にある凝集原と血しょう中に存在する凝集素が抗原抗体反応を起こし、赤血球が凝集する。この凝集反応に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **4**

- ① A型の赤血球の凝集原AがAB型の血しょうに含まれる凝集素 $\alpha$ と抗原抗体反応を起こす。
- ② A型の赤血球の凝集原BがAB型の血しょうに含まれる凝集素 $\beta$ と抗原抗体反応を起こす。
- ③ AB型の赤血球の凝集原AがA型の血しょうに含まれる凝集素 $\alpha$ と抗原抗体反応を起こす。
- ④ AB型の赤血球の凝集原BがA型の血しょうに含まれる凝集素 $\beta$ と抗原抗体反応を起こす。

問5 X系統およびY系統のラットを用いて、次の皮膚移植の**実験1～4**を行った。  
下の問い(1)～(3)に答えよ。

**実験1** X系統ラットどうし、Y系統ラットどうしで皮膚を移植すると、拒絶反応は起こらず、皮膚は生着した。

**実験2** X系統ラットにY系統ラットの皮膚を移植すると拒絶された。その一ヶ月後、再び同じX系統ラットにY系統ラットの皮膚を移植した。

**実験3** 生後すぐに胸腺を切除したX系統ラットにY系統ラットの皮膚を移植した。

**実験4** Y系統ラットの脾細胞(ひ臓の細胞をばらばらにしたもの、アルコール処理を施してある)を生後間もない時期にX系統ラットに注射した。そのX系統ラットが成体になった後、Y系統ラットの皮膚を移植した。

(1) **実験2**の結果に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 

|   |
|---|
| 5 |
|---|

- ① 1回目の皮膚移植時よりも2回目の皮膚移植時の方が拒絶反応が起こるタイミングは早くなる。これには免疫記憶が関わる。
- ② 1回目の皮膚移植時よりも2回目の皮膚移植時の方が拒絶反応が起こるタイミングは早くなる。これには免疫寛容が関わる。
- ③ 1回目の皮膚移植時よりも2回目の皮膚移植時の方が拒絶反応が起こるタイミングは遅くなる。これには免疫記憶が関わる。
- ④ 1回目の皮膚移植時よりも2回目の皮膚移植時の方が拒絶反応が起こるタイミングは遅くなる。これには免疫寛容が関わる。

- (2) **実験3** および**実験4** の結果(移植したY系統ラットの皮膚が生着するか, 拒絶されるか) についての組合せとして最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 6

**実験3**

**実験4**

- |         |       |
|---------|-------|
| ① 生着する  | 生着する  |
| ② 生着する  | 拒絶される |
| ③ 拒絶される | 生着する  |
| ④ 拒絶される | 拒絶される |

- (3) X系統ラットとY系統ラットの交配で生じたF1ラットと, X系統ラットまたはY系統ラットの間で皮膚移植を行った次のカ～ケのうち, 皮膚が生着すると予想されるものを, 下の①～④のうちから二つ選べ。ただし, 解答順序は問わない。 7 8

カ X系統ラットの皮膚をF1ラットに移植する。

キ Y系統ラットの皮膚をF1ラットに移植する。

ク F1ラットの皮膚をX系統ラットに移植する。

ケ F1ラットの皮膚をY系統ラットに移植する。

- ① カ                      ② キ                      ③ ク                      ④ ケ

- 問6** 免疫と疾患および医療に関する記述として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 9

- ① II型糖尿病や花粉症は, 自己免疫疾患により引き起こされる。  
 ② HIVはマクロファージに感染し, 炎症反応を引き起こす。  
 ③ 本庶佑は, 抗体医薬によるがんの治療法を開発した。  
 ④ 北里柴三郎は, 予防接種の開発に貢献した。

**第4問** DNAの構造，遺伝子の形質発現に関する次の文章(A・B)を読み，各問い(問1～6)に答えよ。〔解答番号 1 ～ 9〕 (配点 26)

A 図1は，DNAの二重らせん構造(ただし，らせん状にはなっていない)を模式的に示したものである。

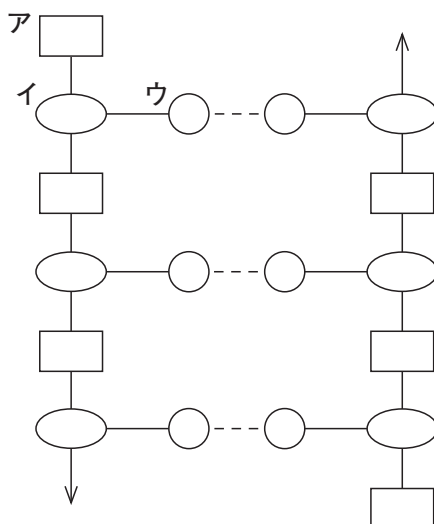


図 1

**問1** 図1中のア，イ，ウが一つずつ結合した化合物をヌクレオチドという。ヌクレオチドを構成する物質イの名称と，図1中の --- が示す結合の名称の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- |   | イ        | 結 合   |
|---|----------|-------|
| ① | リン酸      | 水素結合  |
| ② | リン酸      | S-S結合 |
| ③ | デオキシリボース | 水素結合  |
| ④ | デオキシリボース | S-S結合 |

**問2** ヒトの場合，生殖細胞には23本の染色体が含まれており，これらの染色体を構成するDNAの全塩基配列が1組のゲノムである。そして，1組のゲノムにはヌクレオチドが60億個含まれており，ヌクレオチド対間の長さは0.34nmである。以上より，1本の染色体に含まれるDNAの平均の長さ(cm)として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 2 cm

① 2.2

② 4.4

③ 6.6

④ 8.8

B 真核生物における形質発現では、まず 工 遺伝子領域において2本鎖DNAの一部がほどこけ、その領域において、一方のヌクレオチド鎖(鋳型鎖)の塩基配列をもとに、これに相補的な塩基配列をもつmRNA(伝令RNA)の前駆体が合成される。この過程を転写と呼ぶ。次に、mRNA前駆体から **オ** を取り除き、 **カ** どうしを連結する **キ** が行われる。 **キ** で生じたmRNAは、核内から細胞質のリボソームへ移動する。リボソームは、mRNAの塩基配列を読み取ってアミノ酸配列に置き換え、リボソームにはtRNA(転移RNA)によってアミノ酸が運ばれ、タンパク質(一次構造)が合成される。一次構造は主に **ク** により折り畳まれ、ケ **三** 次構造を形成する。

問3 下線部工の領域において、鋳型鎖をX鎖、DNAにおけるもう1本鎖をY鎖とする。いま、X鎖におけるG(グアニン)とC(シトシン)の占める割合は60%、Y鎖におけるA(アデニン)が占める割合は15%であった。次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) X鎖におけるAが占める割合(%)として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **3** %

- ① 15                      ② 20                      ③ 25                      ④ 30

(2) X鎖とY鎖からなるDNAにおけるAが占める割合(%)として最も適当なものを、問い(1)の①～④のうちから一つ選べ。 **4** %

問4 上の文章中の **オ** ～ **キ** に入る語の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **5**

|   | オ     | カ     | キ       |
|---|-------|-------|---------|
| ① | エキソン  | イントロン | 遺伝子組換え  |
| ② | エキソン  | イントロン | スプライシング |
| ③ | イントロン | エキソン  | 遺伝子組換え  |
| ④ | イントロン | エキソン  | スプライシング |

問5 前ページ文章中の ク に入る語，および下線部ケの三次構造をとり，機能するヒトのタンパク質の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 6

| ク          | ヒトのタンパク質 |
|------------|----------|
| ① フォールディング | ヘモグロビン   |
| ② フォールディング | ミオグロビン   |
| ③ シャペロン    | ヘモグロビン   |
| ④ シャペロン    | ミオグロビン   |

**問6** 図2は、ある細菌がもつタンパク質X(アミノ酸250個からなる)のアミノ酸配列をコードする遺伝子DNAの鋳型鎖の塩基配列の一部を示したものである。図3(遺伝暗号表)を参考に、下の問い(1)～(3)に答えよ。ただし、図2の塩基配列には開始暗号に相当する塩基配列が含まれており、図2に示されたそれ以降の塩基配列はアミノ酸配列をコードするものとする。

Y側 CCTTTACAAAGATCCCAACT Z側

图 2

|     |          |     |       |      |         |       |       |
|-----|----------|-----|-------|------|---------|-------|-------|
| UUU | フェニルアラニン | UCU | セリン   | UAU  | チロシン    | UGU   | システイン |
| UUC |          | UCC |       | UGC  |         |       |       |
| UUA |          |     |       | UCA  |         | UAA   |       |
| UUG | UCG      |     | UAG   | UGG  | トリプトファン |       |       |
| CUU | ロイシン     |     | CCU   | プロリン | CAU     | ヒスチジン | CGU   |
| CUC |          | CCC | CAC   |      |         | CGC   |       |
| CUA |          | CCA | CAA   |      | グルタミン   | CGA   |       |
| CUG | CCG      | CAG | CGG   |      |         |       |       |
| AUU | イソロイシン   | ACU | トレオニン | AAU  | アスパラギン  | AGU   | セリン   |
| AUC |          | ACC |       | AAC  |         | AGC   |       |
| AUA |          |     |       | ACA  |         | AAA   | リシン   |
| AUG | メチオニン    | ACG |       | AAG  |         | AGG   |       |
| GUU | バリン      | GCU | アラニン  | GAU  | アスパラギン酸 | GGU   | グリシン  |
| GUC |          | GCC |       | GAC  |         | GGC   |       |
| GUA |          | GCA |       | GAA  | グルタミン酸  | GGA   |       |
| GUG |          | GCG |       | GAG  |         | GGG   |       |

3

(1) 図2の遺伝子DNA(鋳型鎖)において、5'末端側はY側、Z側のいずれであるか。最も適当なものを、次の①・②のうちから一つ選べ。 7 側

① Y

②  $Z$

- (2) タンパク質Xにおいて、メチオニンを1番目のアミノ酸として数えると、3番目のアミノ酸は何か。また、このアミノ酸を運搬するtRNAのもつアンチコドンの塩基配列は何か。その組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 8

| アミノ酸   | アンチコドン        |
|--------|---------------|
| ① ロイシン | 3' - GAU - 5' |
| ② ロイシン | 5' - GAU - 3' |
| ③ バリン  | 3' - CAA - 5' |
| ④ バリン  | 5' - CAA - 3' |

- (3) 図2の左から数えて18番目の塩基Aが欠失した場合、転写・翻訳の結果生じるタンパク質にどのような変化がみられると予想されるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 9

- ① 欠失が起こった以降のアミノ酸配列がまったく異なるタンパク質が合成される。
- ② アミノ酸配列が約半分になったタンパク質が合成される。
- ③ 極端に分子量小さいペプチドが合成される。
- ④ アミノ酸が1カ所別のアミノ酸に置換されたタンパク質が合成される。

(下書き用紙)

(下書き用紙)

