


(K—52—M)


令和3年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

1. 指示があるまでこの冊子の中を見てはいけません。
2. 生物、物理、化学の中から2科目選択しなさい。
3. 1科目につき1枚の解答用紙を使用しなさい。
4. 解答用紙のマーク数字は、次の「良い例」のように、濃く正しく塗りつぶしなさい。正しく塗りつぶされていない場合、採点できないことがあります。

良い例……………

悪い例……………

5. 各解答用紙には解答欄の他に次の記入欄があるので、正確に記入しなさい。
 - ① 氏名欄……………氏名を漢字とフリガナで記入しなさい。
 - ② 受験番号欄……………6桁の受験番号を算用数字で記入し、マーク欄の数字を正しく塗りつぶしなさい。
 - ③ 解答科目欄……………解答する科目名を記入し、該当科目のマークを塗りつぶしなさい。
6. 解答方法は、問題の解答に対応した解答欄の数字を塗りつぶしなさい。
 例えば
 - ・

ア

 と表示のある解答欄に対して②と解答する場合、解答用紙の解答欄 ア の②を塗りつぶしなさい。
 - ・

ア

 と表示のある解答欄に対して③⑤⑦と解答する場合、解答用紙の解答欄 ア の③⑤⑦を塗りつぶしなさい。
7. この問題冊子の余白を下書きに用いて構いません。
8. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れなどに気がついた場合は、手を上げて申し出なさい。
9. 試験中に質問がある場合は、手を上げて申し出なさい。
10. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。
11. 途中退場は認めません。
12. この冊子は、全部で27ページです。生物、物理、化学の順になっています。

目 次

生 物	1～11 ページ(問題Ⅰ～Ⅳ)
物 理	12～17 ページ(問題Ⅰ～Ⅳ)
化 学	18～27 ページ(問題Ⅰ～Ⅲ)

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 以下の動物のなかで新口動物であるものを①～⑧からすべて選べ。 ア

- ① 海綿動物 ② 環形動物 ③ 棘皮動物 ④ 原索動物
⑤ 節足動物 ⑥ 線形動物 ⑦ 軟体動物 ⑧ 扁形動物

問 2 植物の根の根冠のコルメラ細胞内にあり、重力刺激の感知に関与する細胞小器官として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。 イ

- ① アミロプラスト ② カロテン ③ ストロマ
④ フィトクロム ⑤ 葉緑体

問 3 ヒトの血しょうに関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。 ウ

- ① 血しょうの Na^+ 濃度は細胞内よりも低い。
② 血しょうの塩類濃度は、海水の塩類濃度に近い。
③ 肺胞の赤血球において、血しょう中の HCO_3^- から CO_2 がつくられる。
④ 血しょう中のグルコースの多くはヘモグロビンと結合して、組織に輸送される。

問 4 植物におけるアブシシン酸の働きとして適切でないものを①～④から1つ選べ。 エ

- ① 葉の老化を誘導する。
② 種子の発芽を抑制する。
③ 孔辺細胞に作用して気孔を閉じさせる。
④ 細胞壁を強化して病原体に対する物理的な障壁をつくる。

問 5 ヒトの排卵から胚発生についての記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

オ

- ① 一次卵母細胞が卵巣から排卵される。
② 卵核と融合できなかった精子核は、極体として放出される。
③ 受精後、胚は桑実胚期に子宮内膜に着床する。
④ 着床後、発生が進んだ胚は胎盤を通して母体と栄養分や老廃物の交換を行う。

問 6 バイオームに関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

カ

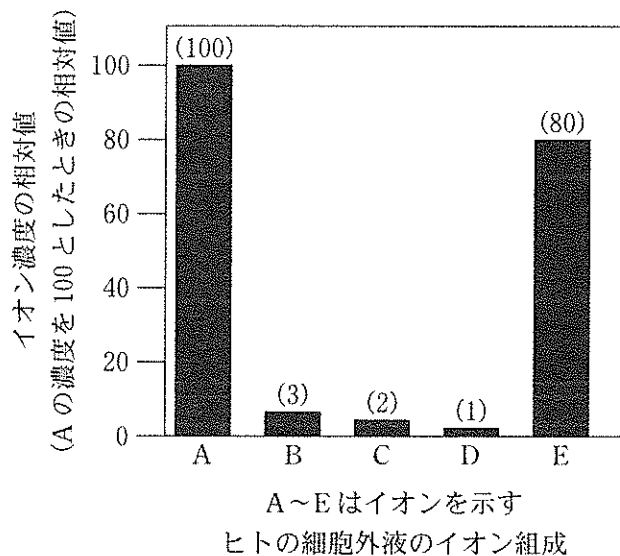
- ① 針葉樹林は、ツンドラが広がる寒帯の地域に見られる。
- ② 雨季と乾季が繰り返される亜熱帯の地域には、雨緑樹林が見られる。
- ③ 亜熱帯多雨林は、年間を通して高温多湿である熱帯の地域に見られる。
- ④ ステップは、年降水量が1000 mmよりも少ない熱帯の地域に見られる。

II 以下の問いに答えよ。

問 1 下図は、ヒトの細胞外液(体液のうち細胞成分を除いたもの)における、塩化物イオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、ナトリウムイオン、マグネシウムイオンの濃度(モル/L)の相対値を示したものである。図中のイオンEとして、最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

ア

- ① 塩化物イオン ② カリウムイオン ③ カルシウムイオン
 ④ ナトリウムイオン ⑤ マグネシウムイオン

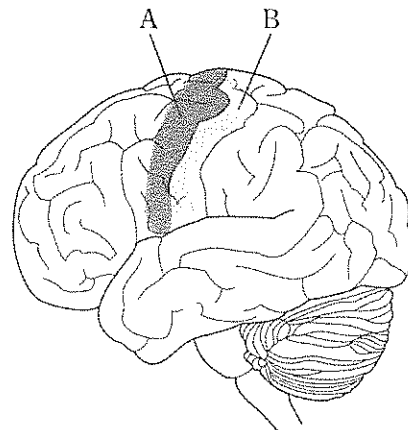


問 2 ヒトの腎臓は血しょうから不要な物質を取り除いて排出する役割を持っている。イヌリンは糸球体で濾過され、尿中に全て排出される物質である。イヌリンのこの性質を利用して、糸球体が1分間に濾過する血しょう量を調べた。イヌリンを持続的に静脈に注射し、一定時間後に測定したところ、血しょう中のイヌリン濃度は1 mg/mL、尿中のイヌリン濃度は70 mg/mLで安定し、尿の生成速度は1.5 mL/分であった。この時、糸球体が1分間に濾過した血しょう量は何 mLか、小数第1位を四捨五入した値で答えよ。例えば、答えが1.1 mLの場合は、

mL とせよ。

mL

問 3 下図はヒトの脳の左側側面の表面を模式的に示している。



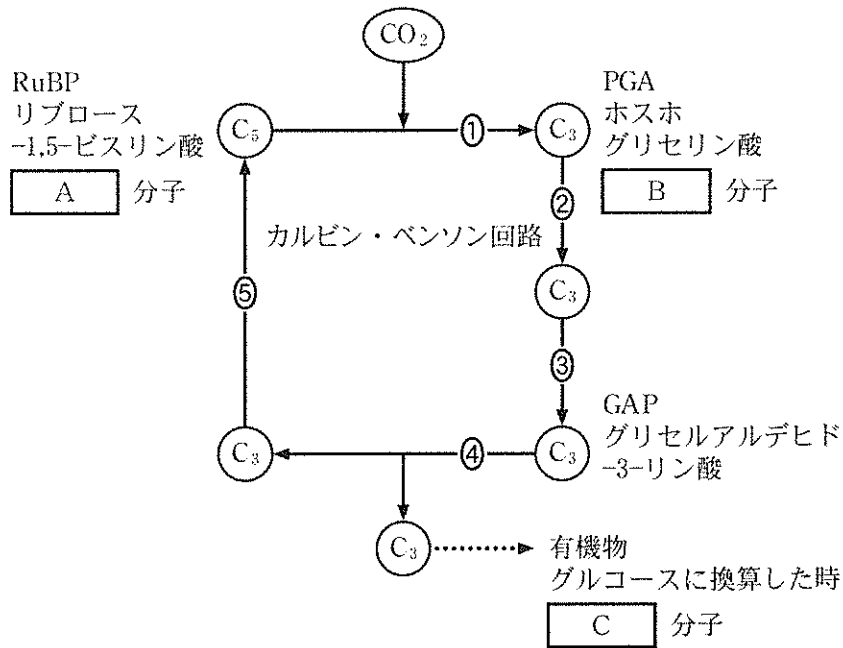
ヒトの脳 左側側面の表面

領域 A と B の説明として、最も適切なものを①～⑥からそれぞれ1つずつ選べ。

領域 A： 領域 B：

- ① 随意運動の中枢がある。
- ② 体の平衡を保つ中枢である。
- ③ 皮膚感覚の情報を処理する。
- ④ 呼吸運動やくしゃみの中枢がある。
- ⑤ 自律神経と内分泌系の中枢がある。
- ⑥ 言語や意志などの高度な精神活動に関係する。

問 4 下図はカルビン・ベンソン回路における炭素の流れを模式的に示している。



(1) カルビン・ベンソン回路によって、18 分子の CO₂ が固定され、有機物が合成されるとき、図中の A~C に当てはまる分子の数を答えよ。例えば、値が 1 であったときは、 分子とせよ。

A: 分子
 B: 分子
 C: 分子

(2) カルビン・ベンソン回路では ATP と NADPH が消費される。これらは図中の①~⑤のどの過程で使われるか、それぞれについてすべて選べ。

ATP:
 NADPH:

Ⅲ 拒絶反応に関する以下の問いに答えよ。

マウスにおける組織適合抗原の遺伝子座の対立遺伝子に MHC-X と MHC-Y がある。これらのホモ接合体をそれぞれ MHC-XX 型、MHC-YY 型と表記する。MHC-XX 型と MHC-YY 型のマウスを用いて移植片に対する拒絶反応について調べ、以下の結果を得た。

- ・ MHC-XX 型の皮膚を別の MHC-XX 型のマウスに移植したところ、移植した皮膚は長期間定着した。
- ・ MHC-XX 型の皮膚を MHC-YY 型のマウスに移植したところ、移植した皮膚は移植後 10～13 日目に脱落した。

問 1 MHC-XX 型の皮膚を MHC-YY 型のマウスに移植する実験を行い、その 30 日後に同じマウスに再び MHC-XX 型の皮膚を移植した。この 2 回目の移植の結果として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

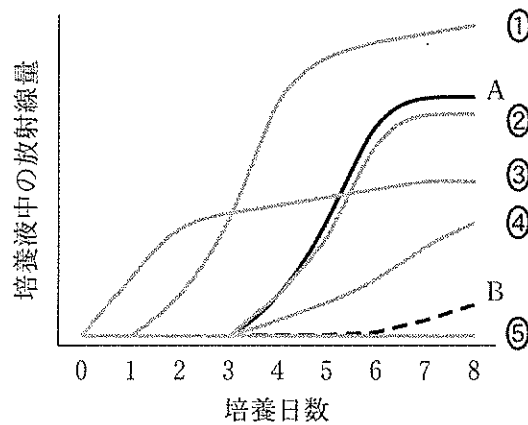
- ① 移植した皮膚は脱落しない。
- ② 移植した皮膚は移植後 5～8 日目に脱落する。
- ③ 移植した皮膚は移植後 10～13 日目に脱落する。
- ④ 移植した皮膚は移植後 60～68 日目に脱落する。

問 2 MHC-XX 型のマウスと MHC-YY 型のマウスを交配し、8 匹の仔を得た。得られた 8 匹の仔すべてに MHC-XX 型の皮膚を移植したとき、移植した皮膚に対して拒絶反応を引き起こすマウスは全体の何%か。最も適切なものを①～⑤から 1 つ選べ。ただし、この拒絶反応において MHC-X と MHC-Y 以外の影響は考慮しないこととする。

- ① 0 %
- ② 25 %
- ③ 50 %
- ④ 75 %
- ⑤ 100 %

放射性標識された物質 F (放射標識物質 F) を含む培養液で細胞を培養すると、細胞は放射標識物質 F を取り込む。取り込まれた放射標識物質 F は、細胞が生存している間は細胞外へ放出されることはないが、細胞が死ぬと培養液中に放出される。これらの性質を利用して以下の実験を行い、移植片に対する拒絶反応について調べた。以下に実験の手順 I ~ III を示す。

- I. 細胞表面に MHC-X 抗原を発現する培養細胞 (MHC-X 細胞) と細胞表面に MHC-Y 抗原を発現する培養細胞 (MHC-Y 細胞) を、それぞれ放射標識物質 F を含む培養液で培養し、その後、放射標識物質 F を含まない培養液で 3 回洗浄した。
- II. MHC-XX 型の皮膚を MHC-YY 型のマウスに移植する実験を行い、その 30 日後に MHC-YY 型のマウスの白血球から、特定の種類の細胞 (細胞 P) を選別・回収した。
- III. 手順 I で得られた 1×10^8 個の MHC-X 細胞と手順 II で得られた 1×10^6 個の細胞 P を混ぜて、放射標識物質 F を含まない培養液で培養した。培養液中の放射線量を 24 時間ごとに測定したところ、図の実線 A で示す結果が得られた。また、手順 I で得られた 1×10^8 個の MHC-Y 細胞と手順 II で得られた 1×10^6 個の細胞 P を混ぜて、放射標識物質 F を含まない培養液で培養した。培養液中の放射線量を 24 時間ごとに測定したところ、図の点線 B で示す結果が得られた。



問 3 細胞表面に MHC-X 抗原と MHC-Y 抗原の両方を発現する培養細胞 (MHC-XY 細胞) を、放射標識物質 F を含む培養液で培養し、その後、放射標識物質 F を含まない培養液で 3 回洗浄した。これにより得られた 1×10^8 個の MHC-XY 細胞と、上記の手順 II で得られた 1×10^6 個の細胞 P を混ぜて、放射標識物質 F を含まない培養液で培養した。培養液中の放射線量を 24 時間ごとに測定して得られた結果として、最も適切なものを図の①~⑤から 1 つ選べ。ただし、MHC-XY 細胞が細胞表面に発現する MHC-X 抗原と MHC-Y 抗原の量は、上記の実験に用いた MHC-X 細胞と MHC-Y 細胞が発現する抗原の量とそれぞれ同じであったとする。 ウ

問 4 細胞 P は何か。最も適切なものを①～⑧から 1 つ選べ。

エ

- ① 単 球
- ② 好中球
- ③ B 細胞
- ④ 樹状細胞
- ⑤ キラー T 細胞
- ⑥ ヘルパー T 細胞
- ⑦ マクロファージ
- ⑧ 形質細胞(抗体産生細胞)

問 5 細胞 P が関わる拒絶反応に最も関連が深い語句を①～⑦から 1 つ選べ。

オ

- ① 自然免疫
- ② 自己免疫
- ③ アレルギー
- ④ 化学的防御
- ⑤ 細胞性免疫
- ⑥ 体液性免疫
- ⑦ 物理的防御

IV 肥満に関する以下の問いに答えよ。

HA 変異マウスは、正常なマウスと比較して体重が3倍以上となる、遺伝性の肥満マウスである。HA 変異マウスは、脂肪細胞から分泌されるホルモン A の遺伝子の塩基配列に変異を持ち、この変異が遺伝性肥満の原因となっている。

正常マウスと HA 変異マウスを、それぞれ下記の 2 群(ホルモン A 非投与群とホルモン A 投与群)に分け、1 日の餌の摂取量と体重を 20 日間にわたり調べた。この結果を図 1 に示す。

- ホルモン A 非投与群：ホルモン A を投与しない
- ホルモン A 投与群：正常なホルモン A を 1 日 1 回、20 日間投与し続ける

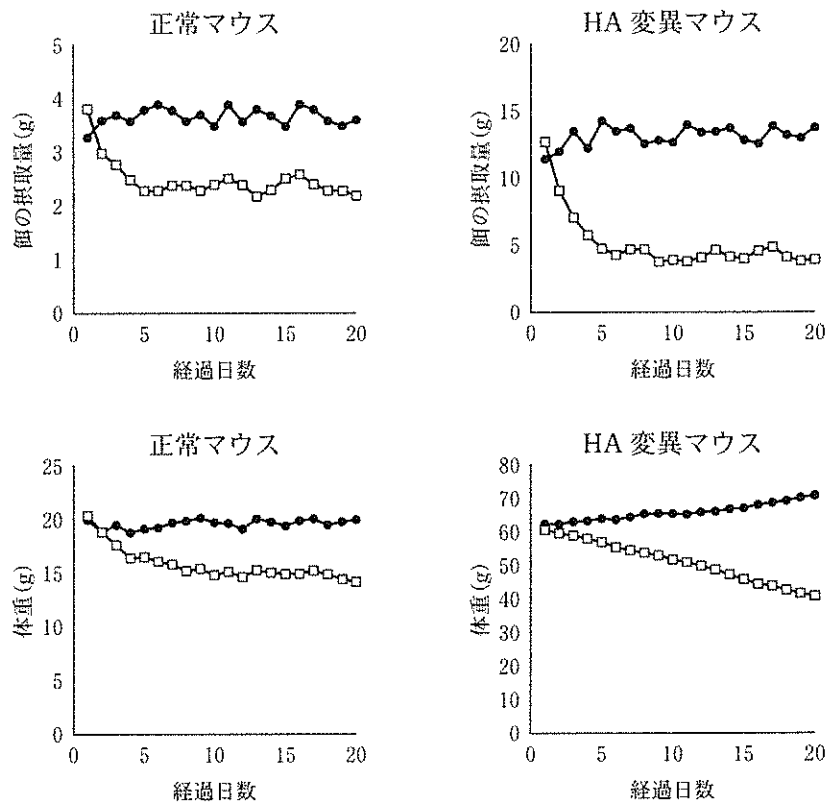


図 1

問 1 図 1 の結果から考えられることとして、最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。 ア

- ① 正常なホルモン A は摂食促進作用をもつが、HA 変異マウスのホルモン A は変異によりその作用が失われている。
- ② 正常なホルモン A は摂食促進作用をもち、HA 変異マウスのホルモン A は変異によりその作用がさらに高まっている。
- ③ 正常なホルモン A は摂食抑制作用をもつが、HA 変異マウスのホルモン A は変異によりその作用が失われている。
- ④ 正常なホルモン A は摂食抑制作用をもち、HA 変異マウスのホルモン A は変異によりその作用がさらに高まっている。

上述のホルモン A の受容体(ホルモン A 受容体)は、主に摂食をつかさどる脳領域に存在していることが知られている。HAR 変異マウスも、遺伝性の肥満マウスである。HAR 変異マウスはホルモン A 受容体の遺伝子の塩基配列に変異を持ち、この変異が遺伝性肥満の原因になっている。この変異により、HAR 変異マウスではホルモン A 受容体が全く機能しない。一方、このマウスは正常に機能するホルモン A を持ち、ホルモン A の血中濃度は正常マウスよりも高い。

問 2 上記の文中の下線部に示す「摂食をつかさどる脳領域」として最も適切なものを①～⑤から 1 つ選べ。

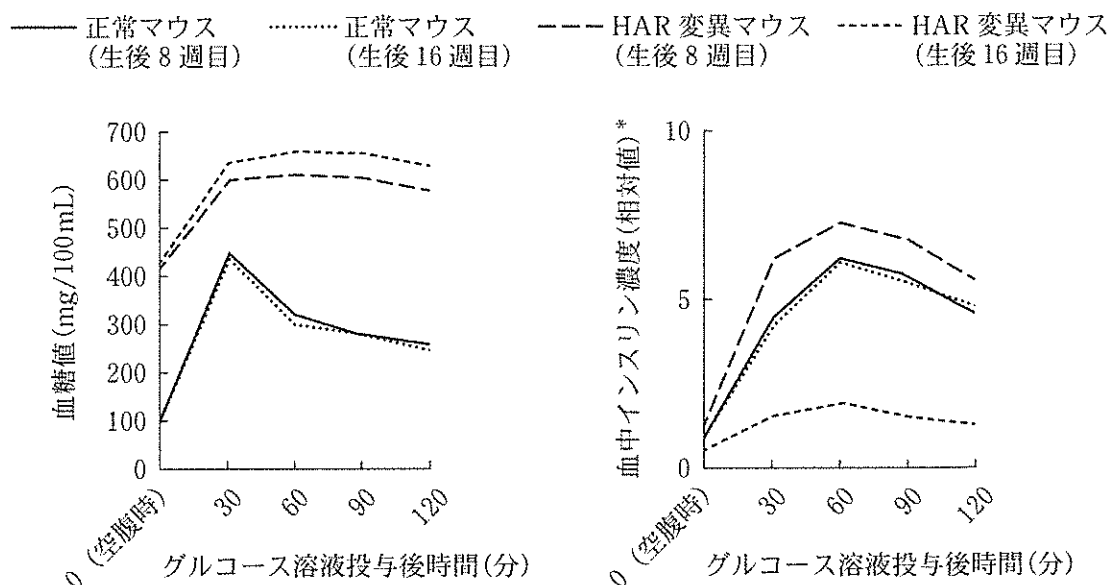
- ① 海馬
- ② 脳梁
- ③ 視床下部
- ④ 脳下垂体後葉
- ⑤ 脳下垂体前葉

問 3 同じ体重の HAR 変異マウスを、ホルモン A 投与群(正常なホルモン A を 1 日 1 回、20 日間投与し続けた群)と、ホルモン A 非投与群(ホルモン A を投与しない群)の 2 群に分け、1 日の餌の摂取量と体重を 20 日間にわたり調べた。ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、20 日目の餌の摂取量と体重はどうかと考えられるか、最も適切なものを①～⑤から 1 つ選べ。ただし、ホルモン A はホルモン A 受容体以外に作用しないものとする。また、投与したホルモン A の量は、上述の実験(図 1)で投与した量と同じである。

- ① ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量も体重もほぼ同じ。
- ② ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量は多く体重は重い。
- ③ ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量は多く体重は軽い。
- ④ ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量は少なく体重は重い。
- ⑤ ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量は少なく体重は軽い。

正常マウスと HAR 変異マウスを用いてグルコース負荷試験を行った。グルコース負荷試験とは、空腹時に血糖値と血中インスリン濃度を測定し、測定直後に一定量のグルコース溶液を投与し、30 分ごとに血糖値と血中インスリン濃度の変化を調べる試験である。

生後 8 週目と生後 16 週目のグルコース負荷試験の結果を図 2 に示す。



*生後 8 週目の正常マウスにおける空腹時の血中インスリン濃度の値を 1 とした。

図 2

問 4 HAR 変異マウスでは、(1) 生後 8 週目までにどのようなことが起こったか、(2) 生後 8 週目までに起こったことに加えて、生後 9～16 週目にどのようなことが起こったか、図 2 の結果から考えられることとして最も適切なものを①～④からそれぞれ 1 つ選べ。

- (1) (2)

- ① 正常マウスに比べてインスリンの分泌能力が低下したため、グルコース溶液の投与によって上昇した血糖値の低下がおこりにくくなった。
- ② 正常マウスに比べてグルカゴンの分泌能力が低下したため、グルコース溶液の投与によって上昇した血糖値の低下がおこりにくくなった。
- ③ 正常マウスに比べて肝臓でのグリコーゲン分解能力が低下したため、グルコース溶液の投与によって上昇した血糖値の低下がおこりにくくなった。
- ④ 正常マウスに比べて骨格筋や脂肪組織へのグルコースの取り込み能力が低下したため、グルコース溶液の投与によって上昇した血糖値の低下がおこりにくくなった。