

2022 年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

物理：2～7 ページ	解答用紙 4 枚
化学：8～19 ページ	解答用紙 4 枚
生物：20～33 ページ	解答用紙 4 枚
地学：34～41 ページ	解答用紙 3 枚

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子や解答用紙に脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ受験番号（最後のページは、左右2箇所）、氏名を必ず記入すること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさず解答すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
- 7 **現代システム科学域の受験者は**、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 8 **理学部の受験者は**、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) **数学科・生物学科・地球学科・生物化学科**を志望する者は「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
 - (2) **物理学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」とその他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) **化学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 9 **工学部の受験者は**、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 10 **農学部・獣医学部・医学部医学科の受験者は**、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
- 11 **生活科学部食栄養学科の受験者は**、「物理」・「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 12 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
- 13 問題冊子及び選択しなかった科目の解答用紙は持ち帰ること。

張 明 附 記

(中國・山東・烟台)

張明君、山東省烟台人、現年二十一歲、
現任山東省立第一中學學生、
其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、
張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

張君之生平、其父張某、現任山東省立第一中學教員、
其母張某、現任山東省立第一中學教員、

生 物

第 1 問 (25点)

遺伝子とタンパク質に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ある微生物は、グルコース、ビタミン、無機塩類のみを含む培地（最少培地）で生育することができる（以下、これを W 株と呼ぶ）。W 株に紫外線を照射したところ、最少培地では生育できないが、最少培地にアミノ酸Ⅰ～Ⅲのうちのいずれか 1 つを加えた培地であれば生育できる X 株、Y 株、Z 株が得られた（表 1）。これら 3 つの株の、生育にアミノ酸を必要とする形質（アミノ酸要求性）は、次の世代以降にも引き継がれることを確認した。W 株は、アミノ酸Ⅳを出発物質として、図 1 の経路でアミノ酸Ⅰ～Ⅲのすべてを合成することができる。しかし、X～Z 株では、図 1 の反応 A～C のうち、いずれか 1 つが進まないために、アミノ酸要求性が現れていることがわかった。

表 1

培地番号	培地の構成	各株の培養実験の結果			
		W 株	X 株	Y 株	Z 株
①	最少培地	○	×	×	×
②	最少培地＋アミノ酸Ⅰ	○	○	○	○
③	最少培地＋アミノ酸Ⅱ	○	×	×	○
④	最少培地＋アミノ酸Ⅲ	○	×	○	○

○は生育できる，×は生育できない，を示す。

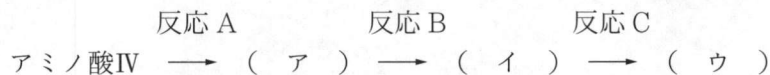


図 1 W 株のアミノ酸合成経路

(ア)～(ウ)には、アミノ酸Ⅰ～Ⅲのいずれかが 1 つずつ入る。

問 1 X～Z 株のうち、反応 A が進まない株は、表 1 のどの培地であれば生育可能か。

当てはまる培地を①～④からすべて選び、培地番号で答えよ。

問2 アミノ酸 I を指定する mRNA のコドンは 4 通りある。これら 4 つのコドンの 3 番目の塩基すべてについて、その名称を片仮名で答えよ。

問3 X 株の形質について、当てはまる可能性のあるものを、次の(a)～(f)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) アミノ酸 I を細胞内に取り込むために必要なタンパク質が合成できない。
- (b) アミノ酸 I をタンパク質の合成に利用できない。
- (c) アミノ酸 I の合成に必要なタンパク質が合成できない。
- (d) アミノ酸 I と結合する tRNA が合成できない。
- (e) アミノ酸 I の合成に必要な遺伝子が転写できない。
- (f) アミノ酸 I の合成に必要な遺伝子を複製するための DNA ポリメラーゼを持たない。

問4 X～Z 株のうち、反応 B が進まない株はどれか答えよ。

問5 図1の（ア）～（ウ）にはそれぞれ、アミノ酸 I～Ⅲのうちのどれが当てはまるか答えよ。

問6 下線部に関して、紫外線の照射により、タンパク質の変性や RNA の損傷などの変化も起こることがある。しかし、X～Z 株のアミノ酸要求性は、タンパク質や RNA の変化ではなく、DNA の一部が変化したために現れたと考えられる。このように考えられる理由を 60 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

問7 反応 B が進まない株では、反応 B を触媒する酵素 B の活性が低く、W 株の酵素 B に比べて、同じタンパク質量あたりの活性が 100 分の 1 以下であった。紫外線照射により変化したのは DNA であるにもかかわらず、タンパク質である酵素 B の活性が低下した理由を推測し、次の語句をすべて用いて、80 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

アミノ酸配列 酵素 B 紫外線の照射 DNA の塩基配列 立体構造

生 物

第 2 問 (25点)

植物の成長と環境応答に関する以下の問いに答えよ。

問 1 離層に関する次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えよ。

バラの花弁の基部には、葉柄の基部のように離層が形成され、離層の細胞壁が分解されることにより花弁の脱離が起こる。離層の細胞壁成分を分解する酵素 G の遺伝子の転写は、調節タンパク質 A と B によって調節される。花弁脱離の調節における、植物ホルモンであるエチレンとオーキシンのはたらきを調べるために、以下の実験を行った。バラの花をエチレンの入った容器に密閉し、あるいは花弁基部にオーキシンを投与し、離層付近の細胞における調節タンパク質 A、B の遺伝子の mRNA 濃度を測定した。その結果、図 1 が得られた。さらに、調節タンパク質 A か B のいずれか一方の合成を抑制する処理を行い、離層付近の細胞において酵素 G の遺伝子の mRNA 濃度を調べた。その結果、図 2 が得られた。ただし、タンパク質の濃度は mRNA の濃度に比例するものとする。

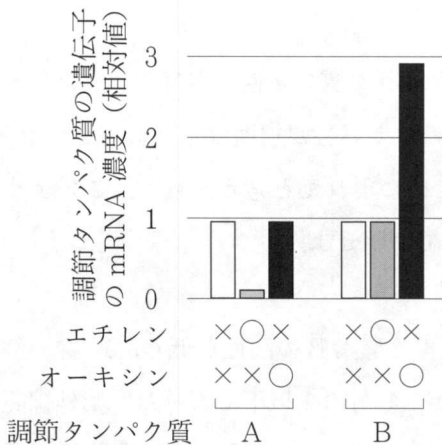


図 1

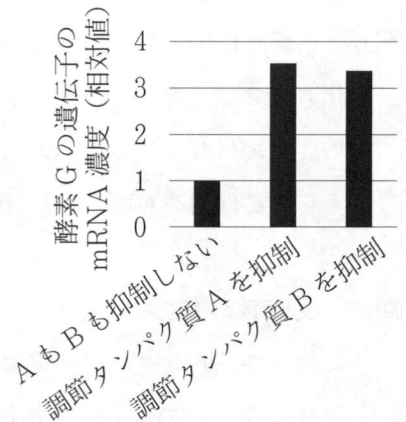


図 2

○は投与あり，×は投与なし，を示す。

(1) エチレンとオーキシンは、それぞれ調節タンパク質 A と B の遺伝子の mRNA 濃度をどのように調節するか、最も適切なものを、次の(a)~(c)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 上げる (b) 下げる (c) 影響を与えない

(2) 調節タンパク質 A と B は、それぞれ酵素 G の遺伝子の mRNA 濃度をどのように調節するか、最も適切なものを、次の(a)~(c)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 上げる (b) 下げる (c) 影響を与えない

(3) エチレンは、花卉の脱離をどのように調節していると考えられるか、次の語句をすべて用いて、70 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

調節タンパク質 酵素G mRNA

問 2 乾燥に対する応答に関する次の文章を読み、(1)と(2)の問いに答えよ。

植物は、蒸散による水の損失を防ぐために気孔を閉じる。気孔の開閉は孔辺細胞の膨圧の変化によって起こる。乾燥状態におかれると、葉で植物ホルモンの 1 つである ① アブシシン酸が合成され、② 孔辺細胞の形状が変化し、気孔が閉じて蒸散が抑えられる。

(1) 下線部①に関して、乾燥条件下で気孔を閉じさせること以外で、アブシシン酸のはたらきは何か。最も適切なものを、次の(a)~(d)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 発芽を抑制する。
(b) 種子が発芽する時アミラーゼの合成を誘導する。
(c) 側芽の成長を促進する。
(d) 花芽の形成を促進する。

(2) 下線部②に関して、気孔が閉じる時、孔辺細胞の形状に変化が起こる原因は何か。最も適切なものを、次の(a)～(d)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 細胞分裂が起こる。 (b) 細胞から水が流出する。
- (c) 細胞に水が流入する。 (d) 細胞壁の分解が起こる。

問3 果実の成長に関する次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えよ。

植物ホルモンのオーキシシンとジベレリンは、果実の成長を調節することが知られている。受粉していないトマトの花にオーキシシンやジベレリンの溶液を与えることで、種子のない果実を成長させることができる。この現象を調べるために次の実験を行った。受粉していないトマトの花からおしべを除去し、子房にオーキシシン溶液、ジベレリン溶液、ジベレリン合成阻害剤溶液を図3の実験番号①～⑤の組み合わせで与えた。10日後に果実の重さを測定した。その結果、図3が得られた。ただし、ジベレリン合成阻害剤はジベレリンの合成を阻害するだけで、他の反応には影響しないものとする。

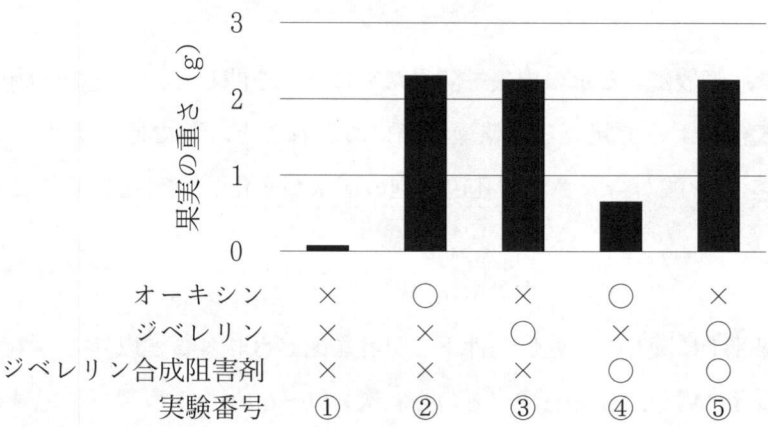


図3

○は投与あり，×は投与なし，を示す。

(1) 実験番号①, ②, ④の比較から推定されることを, 次の(a)~(d)からすべて選び, 記号で答えよ.

- (a) 子房に与えたオーキシンによって子房内でのオーキシン合成が促進される.
- (b) ジベレリン合成阻害剤によって子房に与えたオーキシンによる果実の成長が抑制される.
- (c) 子房に与えたオーキシンによって子房内でのジベレリン合成が抑制される.
- (d) 子房に与えたオーキシンによって子房内でのジベレリン合成が促進される.

(2) 実験番号①, ③, ⑤の比較から推定されることを, 次の(a)~(d)からすべて選び, 記号で答えよ.

- (a) 子房に与えたジベレリンと子房内でのジベレリン合成がともに果実の成長に必要なである.
- (b) 子房に与えたジベレリンは果実の成長を促進する.
- (c) ジベレリン合成を阻害しても子房に与えたジベレリンにより果実は成長する.
- (d) 子房に与えたジベレリンは果実の成長を抑制する.

(3) 図3から, オーキシンによる果実の成長の調節には, ジベレリンが関係していることがわかるが, 果実の成長に対するオーキシンだけの効果は, どの実験間の比較から推定できるか. ①~⑤から2つ選び, 実験番号で答えよ.

生 物

第 3 問 (25点)

神経系の構成と情報の処理に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

脊椎動物の神経系は、①脳と②脊髄からなる（ ア ）と、（ ア ）とからだの各部位との間をつなぐ（ イ ）に分けられる。脳や脊髄は、受容器で受け取った情報の処理および統合を行う。（ イ ）は、体性神経系と（ ウ ）から構成される。体性神経系は、③受容器で受け取った情報を伝える感覚神経と筋肉などの運動器官に指令を伝える運動神経からなる。（ ウ ）は交感神経と副交感神経からなり、筋肉や内臓のはたらきを制御することで恒常性の調節を行う。

問1 文章中の空欄（ ア ）～（ ウ ）に入る最も適切な語句を答えよ。

問2 下線部①に関して、ヒトの脳において、間脳、中脳、小脳、延髄はそれぞれどのような機能を担うか、最も適切な説明を、次の(a)～(e)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 呼吸運動、血液循環（心臓拍動や血管収縮）を制御する。
- (b) 姿勢保持、眼球運動、瞳孔反射を制御する。
- (c) 内臓のはたらき、体温、血糖濃度、摂食、睡眠を制御する。
- (d) 筋肉運動、からだの平衡を制御する。
- (e) 感覚の統合、記憶や思考を行う。

問3 下線部②に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) 図1はヒトの脊髄の断面、および神経細胞を模式的に表したものである。黒丸は神経細胞の細胞体、黒太線は神経繊維を示し、神経繊維上の点a、点b、点c、および点dで膜電位変化を記録した。図1中の点Xを刺激し活動電位を発生させたとき、活動電位が記録されと考えられる部位をa～dからすべて選び、記号で答えよ。

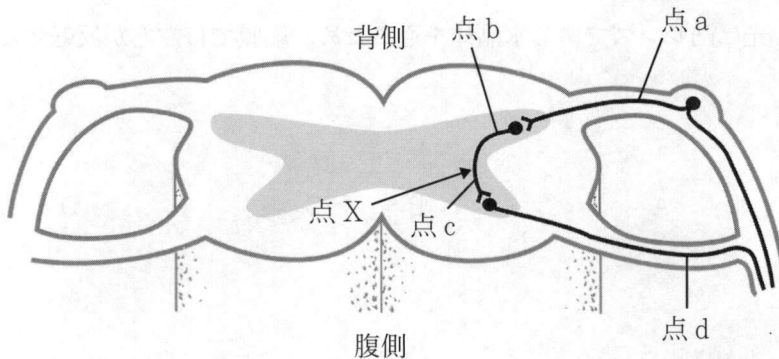


図1

- (2) ヒトの脊髄の白質には、^{すいしょう}髄鞘をもつ有髄神経繊維が多く見られる。有髄神経繊維の興奮の伝導速度は、髄鞘をもたない無髄神経繊維に比べて速い。有髄神経繊維が興奮をすみやかに伝導できるしくみを60字以内（句読点を含む）で説明せよ。

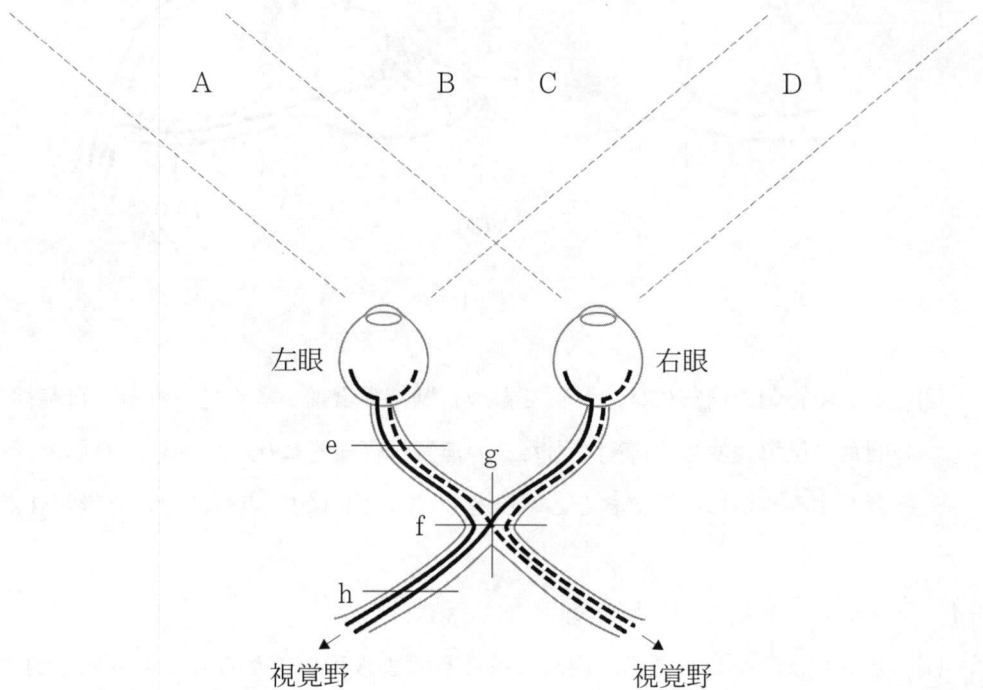
問4 下線部③に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) ヒトでは、音の高低は、内耳にあるうずまき管のはたらきによって区別される。音の高低は、うずまき管でどのように区別されているのか、次の3つの語句をすべて用いて、100字以内（句読点を含む）で説明せよ。

基底膜 聴細胞 聴神経

(2) 図2は、ある霊長類の前に掲示されているA～Dの文字、および両眼の網膜からの視覚情報を伝える経路を示す。両眼から文字のある方向へ向けてのびる灰色の点線（-----）は、それぞれの眼で見える範囲を示す。例えば、左眼からはA、B、Cの文字は見えるが、Dは見えない。

図2のe～hで視神経が損傷を受けて、それぞれの線と交差する経路で情報伝達ができなくなった場合、この個体に見えなくなると考えられる文字をすべて答えよ。ただし、両眼の眼球は正面を向いたままで動かさないものとする。また、網膜に届く光は凸レンズである水晶体を通るため、網膜では左右が反転する。



太実線：両眼の左側の網膜からの経路

太点線：両眼の右側の網膜からの経路

図 2

(余 白)

生 物

第 4 問 (25点)

生物の分類と生態に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生物学では、形態的・生態的に異なる、多様な分類群の生物が研究対象として用いられる。他の生物にも共通する普遍的な現象を説明するために使われる生物は、モデル生物と^①呼ばれ、特定の種が広く研究に用いられている。一方、生物の多様性に注目した研究では、さまざまな生物が用いられる。生態学における個体間関係の研究では、移動能力があり、行動の観察が可能な動物が幅広く用いられる。例えば、群れの研究では、^②小型の魚類やライオンなどの哺乳類が、順位制の研究では、^③ニワトリなどの鳥類やハチなどの昆虫類が研究対象となる。

問1 下線部①に関して、モデル生物の系統分類上の特徴を表1に示した。表1の(ア)～(オ)に入る生物名として最も適切なものを、次の(a)～(h)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|--------------|---------------|-------------|
| (a) ショウジョウバエ | (b) アフリカツメガエル | (c) ヤリイカ |
| (d) 大腸菌 | (e) シアノバクテリア | (f) シロイヌナズナ |
| (g) ゾウリムシ | (h) マウス | |

表1

モデル生物名	核膜をもつ	多細胞生物である	細胞壁をもつ	光合成を行う	脊椎をもつ	羊膜*をもつ	脱皮する
(ア)	○	○	○	○	×	×	×
(イ)	○	○	×	×	○	○	×
(ウ)	○	○	×	×	×	×	○
(エ)	×	×	○	○	×	×	×
(オ)	○	×	×	×	×	×	×

○は該当する、×は該当しない、を示す。*^{はい}胚発生時に形成される、胚と羊水を包む膜。

問2 下線部②に関して、ある小型の魚類では、捕食者の攻撃で同種の個体が傷つくと、捕食者の存在が確認できなくても、傷ついた個体の皮膚から出た体液を感知した他の個体の行動が変化する。また、餌の匂いを感知した個体の行動も変化する。この魚の未成熟個体を水槽に10個体入れ、餌の抽出液（以下、餌の匂い）、同種の傷ついた皮膚の抽出液（以下、傷抽出液）、餌の匂いと傷抽出液の混合液（餌の匂い+傷抽出液）、何も入れていない水を水槽に加える4つの操作を行い、群れの大きさを調べたところ、図1の結果が得られた。この結果について、次の(1)～(3)の問いに答えよ。なお、群れの大きさは、個体間の距離をもとに決定した。どの個体も互いに近接していなかった場合は群れの大きさが1、全個体が近くで一緒に泳いでいた場合は、群れの大きさが10となる。

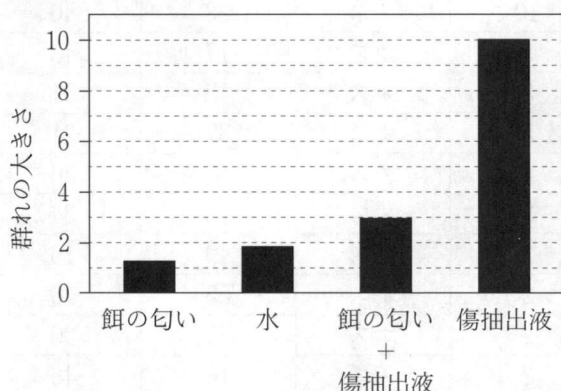


図1

- (1) この実験の傷抽出液のようなはたらきをする、個体間で情報を伝達する物質は何と呼ばれるか、名称を答えよ。
- (2) 図1の結果から、捕食者の攻撃で傷ついた同種個体がいる時といない時のそれぞれについて、この魚が餌を食べる時の群れの大きさを整数で答えよ。
- (3) 図1の結果から、この魚が未成熟な時に群れることの利益としてどのようなことが考えられるか、適切なものを、次の(a)～(f)からすべて選び、記号で答えよ。

(a) 捕食者を発見する率の増大	(b) 摂食効率の増大
(c) 繁殖機会の増加	(d) 生活環境の汚染防止
(e) 被食リスクの減少	(f) 病気のまん延防止

問3 下線部③に関して、カラスの順位を調べた。お互い出会ったことのない14羽から2羽を選び、飼育ケージで対面させ、くちばしで相手をつつく攻撃行動、および、逃避や降参音声を発するなどの服従行動から、勝敗を決定した。14羽の総当たりについて、同じ2羽の組み合わせを5回対戦させ、勝敗数にもとづいて順位を決定したところ、表2の結果が得られた。これらの結果に関して、(1)～(3)の問いに答えよ。

表2

個体	年齢	性別	勝った数	負けた数	順位
A	10	メス	0	65	14
B	10	メス	38	24	6
C	10	オス	63	0	1
D	10	メス	23	40	9
E	8	メス	17	43	10
F	8	メス	13	51	12
G	5	オス	37	21	5
H	4	メス	7	56	13
I	3	メス	28	34	8
J	2	オス	49	16	4
K	2	オス	55	10	3
L	2	オス	35	30	7
M	2	メス	16	46	11
N	2	オス	60	5	2

引き分けの場合は、勝った数にも負けた数にも入れていない。

(1) 表2のカラスの年齢と順位、および、性別と順位の関係を考察した次の文のうち、適切なものを、次の(a)～(f)から2つ選び、記号で答えよ。

- (a) 年齢の高い個体ほど、順位が高い傾向があるため、年齢と順位には関係がある。
- (b) 年齢の高い個体ほど、順位が低い傾向があるため、年齢と順位には関係がある。
- (c) 高年齢、低年齢の個体ともに、高い順位、低い順位のどちらにも見られることから、年齢と順位には関係があるとは言えない。
- (d) オスのほとんどがメスよりも順位が高いことから、性別と順位には関係がある。
- (e) メスのほとんどがオスよりも順位が高いことから、性別と順位には関係がある。
- (f) メス、オスともに、高い順位、低い順位のどちらにも見られることから、性別と順位には関係があるとは言えない。

(2) 順位制には、「独裁型」と「直線型」がある。独裁型では、1 個体だけが強く、他の個体間には明瞭な優劣関係が見られない。直線型では、どの個体も自分より順位の低い個体には勝ち、順位の高い個体には負けるため、全ての個体間に明瞭な優劣関係が見られる。表 2 から、カラスの順位制は、独裁型と直線型のどちらと考えられるか答えよ。また、そう考えられる理由を 45 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

(3) 一方の個体が全勝した組み合わせについて、5 回の対戦で、負けた個体が服従行動をするまでに受けた攻撃回数を調べたところ、図 2 の結果が得られた。また、別の組み合わせでは、ある相手に負けた個体でも、次の相手が初対面の場合、すぐに服従行動をせず、勝敗が決まるまで攻撃を続けた。これらの結果から導かれる考察として適切なものを、次の(a)～(e)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) カラスは、前回負けたことを記憶している。
- (b) カラスは、対戦したことがある相手かどうかを記憶している。
- (c) カラスは、毎回の対戦ごとにお互いの強さを査定している。
- (d) カラスの服従行動は、慣れの一例とみなすことができる。
- (e) カラスの服従行動には、怪我^{けが}などのリスクを避ける役割がある。

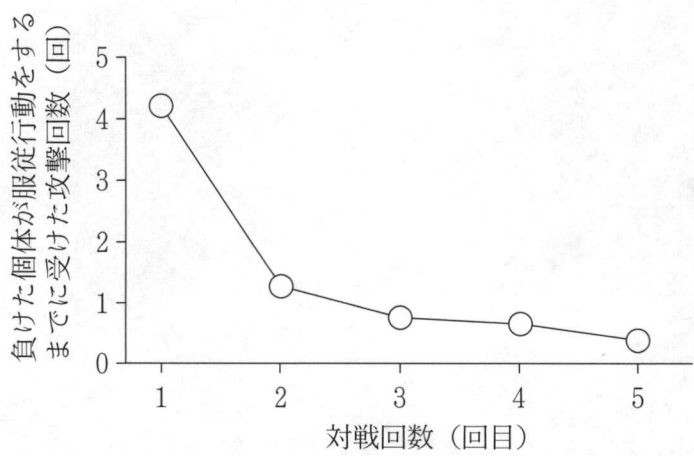


図 2