

実験試験 1 : 動物学 問題解説

第 1 部

問題 1

中胸小楯板には 4 本の剛毛が生えている。前方の 2 本は、後方の 2 本よりも間隔があいている。剛毛の基部には体表にくぼみがあり、ここから後方に向かって剛毛は伸びている。

<http://www.drosophila.jp/jdd//bodyparts/dorsal.html>

図中の前小楯板剛毛および後小楯板剛毛。

問題 2

雄の前肢基附節には性櫛とよばれる太い剛毛列が生えているが、雌にはこれがない。

<http://www.drosophila.jp/jdd//bodyparts/leg.html>

雌雄で外部生殖器の形態が異なる。雌で目立つのは産卵管、雄で目立つのは生殖弓。肛板（尾葉）は雌では尾部末端上部に突き出しているが、雄では左右 2 個に分かれている。雄では腹部末端の体節が融合し、腹部背板および腹部腹板が雌よりも少ない。

http://www.drosophila.jp/jdd//bodyparts/ventral_abdomen.html

http://www.drosophila.jp/jdd//bodyparts/lateral_genital.html

雄よりも雌の方が比較的大きく（翅もふくめて）、腹部がふくらんでいる（卵巣が発達しているため）なども正解とした。外部生殖器の位置の違いから、雌は腹部がまっすぐ伸びているが、雄は腹部末端が下方に曲がっていると感じた受験生が多かったようだ。

第 2 部

問題 3

精巣・貯精囊・付属腺はそれぞれ 2 個ずつある。精巣と貯精囊は直接つながっており（その間は管が細くなっている）、2 個の貯精囊は 1 個の射精管へと開口している。2 個の付属腺の開口部は貯精囊の開口部に近接しているが、やや下部（外側）にある。

http://www.drosophila.jp/jdd//bodyparts/in_male.html

図中では貯精囊は精囊となっており、その開口部が輸精管。また図中では付属腺は副精囊となっている。

問題 4

卵巣中で最も発達した卵の背面前端近くには 2 本の糸状突起が生えている。糸状突起は若い卵母細胞が存在する側に生えている。

<http://www.drosophila.jp/jdd//bodyparts/egg.html>

図中のキイロショウジョウバエ・背面図を参照。これは産卵後の卵であるが、卵巣中でこれらの外見はほぼ完成している。

問題 5

受精嚢の茶色い部分は円盤状（上から見た場合）あるいは筒状（横から見た場合）をしている。その底面から管が出ている

http://www.drosophila.jp/jdd//bodyparts/in_female.html

図中の Spermathecae。

第 3 部

問題 6

単眼は 3 個あり、前方に 1 個、後方に 2 個並んで、三角形をつくっている。

<http://www.drosophila.jp/jdd//bodyparts/dorsal.html>

図中の単眼（中）および単眼（後）。

問題 7

白眼の雌と赤眼の雄。

問題 8

理論的に合っていれば（現実的かどうかは別として）、正解とした。Y 染色体に GFP 遺伝子を挿入するという解答が多かった。

リンク：日本ショウジョウバエデータベース <http://www.drosophila.jp/jdd//>

実験試験 2：進化生態学 問題解説

問題 1

生物学、特に生態学の分野では、生物の特徴を図や表でわかりやすく表記することが一般的であり、作図・作表技術は生物学研究には欠かせない基本的な表現手法である。そこでこの問題では、問題で示した図の例と、解答用紙に与えた表の様式を手がかりに、正しく作表・作図できるか確かめた。また、ここで練習した作表・作図技術を、問題 2 で活かすことを意図している。問題 1 では、観察する対象として、連続的な形質の例として葉身幅と、有か無かという不連続な形質の例として葉面のサインペンの印があらかじめ指定してある。回答者は配布した植物からそれらの形質を実際に測定する必要がある。測定値から 2 つの集団それぞれについて、葉身幅は平均値、最大値、最小値をもとめ、サインペンの印は印がついている個体の割合（孫佐島の割合は $1/6$ 、室堂は $3/6$ ）を計算する。それらの値を正しく測定・集計して、作表・作図することが求められる。作図においては、例示した図のように、軸の値、軸ラベル、図の説明、図の値等がもれなく正しく書かれているか、表が正しく埋められているかを評価した。

問題 2

問題 2 では、測定する形質を指定せず、集団間でどのような形質に差がありそうかを回答者が自由に選び、問題 1 で練習したように測定・作表・作図を行う。4 つの形質が独立であるか（たとえば、花茎有無と花数は独立でないので減点される）、形質に集団間差があるか（差のない形質を選ぶと減点となる）、選んだ形質は独創的か（誰でも気づくありきたりな形質より、出題者でも思いつかない面白い形質を抽出した人には加点される）、を評価した。さらに、問題 1 同様、表と図の正確性や完成度を評価した。

問題 3

この問題は、進化生態学の理論的土台となる「形質の適応的意義」についての、理解度を問う問題になっている。問題 2 で抽出した 4 つの形質のうち 1 つを選び、その形質の集団間の差には、どのような適応的な意味があるのかを説明させる。ここでは、説明の論理性と生物学的妥当性を評価した。そのため、実際の現象とは違っていても、論理的に妥当であり、説明に矛盾や飛躍がなければ高い評価となる。

問題4

この問題は、進化生態学の根本原理となる「遺伝変異と進化の仕組み」についての理解度を問う問題になっている。以下の4つの要素を含み、それらが論理的につながって説明できているかを評価した。

1. 同一栽培環境で表現型に違いがあるので、これは遺伝的な違いであること。
2. 各集団内に遺伝的変異（遺伝子の違い、多様性等）がもともと存在していたか、新たに生じたこと。
3. （野外環境での）自然淘汰によって、（適応に、または、生存・繁殖に、等）有利な遺伝子が選ばれた（選択、淘汰）こと。
4. 世代を経るごとに集団によって遺伝子の頻度や有無に違いが生じたこと。

実験試験 3 : 生理学 模範解答

解答用紙 I

受験番号 _____

氏名 _____

問 1

結果 : 最初のエリア 100-200 程度 2 回目のエリア 100-200 程度 平均 100-200 程度

保存血 1.0 mL に含まれる赤血球の数 :

(計算式)

エリアあたりの体積は、

$$0.1 \text{ cm} \times 0.1 \text{ cm} \times 0.01 \text{ cm} = 10^{-4} \text{ cm}^3$$

よって、計数した赤血球の平均が x 個だとすると、希釈した血液の赤血球密度は、

$$x \text{ 細胞個} / 10^{-4} \text{ cm}^3 = x \times 10^4 \text{ 細胞個} / \text{cm}^3$$

これは、もともとの保存血を 1/20 に希釈し、さらに 100 倍希釈したものであるため、保存血 1 mL に含まれる赤血球の数 (N_c) は、

$$N_c = x \times 20 \times 100 \times 10^4 = 2x \times 10^7 \text{ 細胞個} / \text{cm}^3$$

例えば、 $x = 150$ の場合

$$N_c = 2 \times 150 \times 10^7 = 3.0 \times 10^9 \text{ 細胞個} / \text{cm}^3$$

(答え) $2x \times 10^7 \text{ 細胞個} / \text{cm}^3$

問 2

80 kg の羊 1 頭に含まれる全赤血球細胞の数 :

(計算式)

ヒツジ 1 頭の血液量は、

$$80 \text{ kg} \times 0.06 = 4.8 \text{ kg}$$

血液の密度は 1.0 g / mL なので、4.8 kg の血液は、

$$4.8 \text{ kg} \div 1.0 = 4.8 \text{ L}$$

よって、4.8 L に含まれる赤血球の数は、

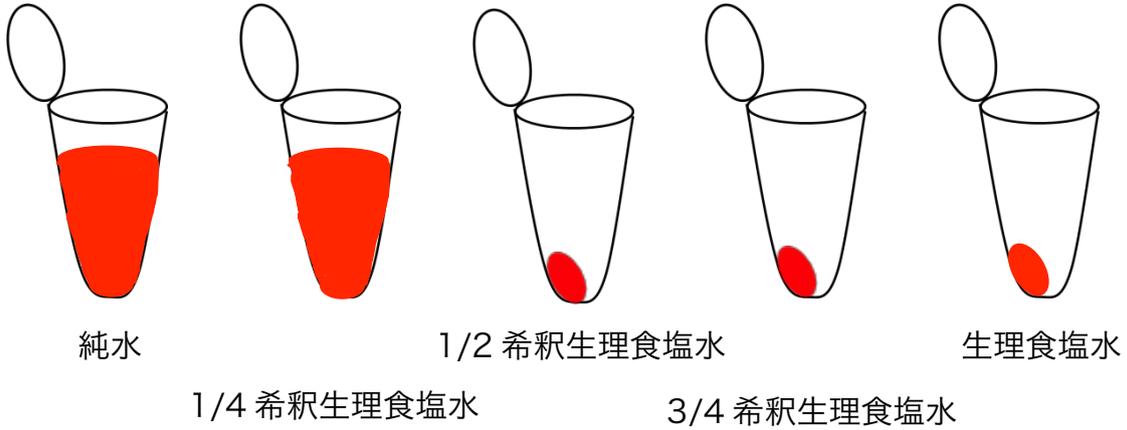
$$4.8 \times 10^3 \times 2x \times 10^7 = 9.6x \times 10^{10} \text{ 個}$$

例えば、 $x = 150$ の場合

$$9.6 \times 150 \times 10^{10} = 1.4 \times 10^{13} \text{ 個}$$

(答え) $9.6x \times 10^{10} \text{ 個}$

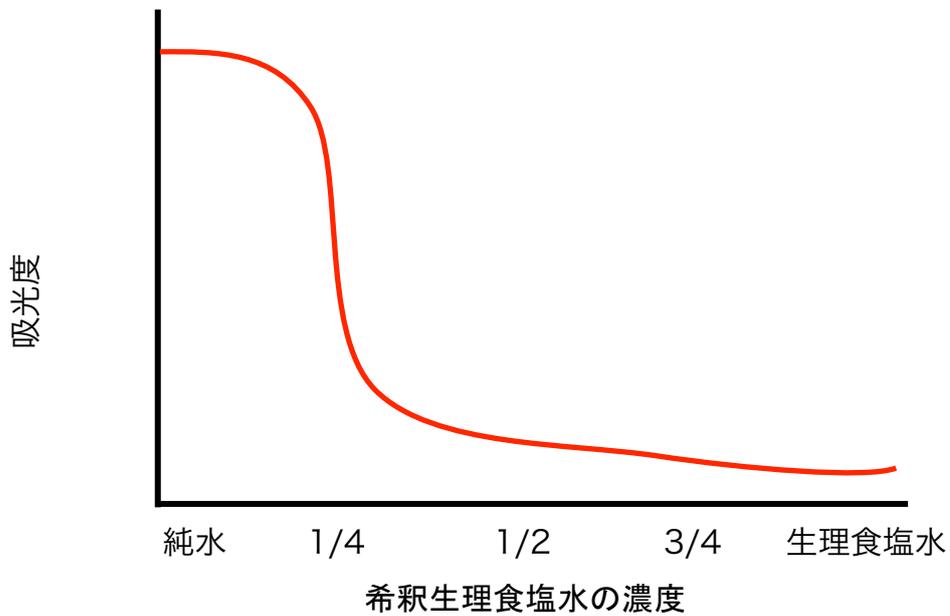
問3



特徴：

1/4 希釈生理食塩水から 1/2 希釈生理食塩水の間で、急激に溶血が起こる。このことから、血液中の赤血球は、大きさ、構造、構成する物質の質や量にばらつきがほとんどないことがわかる。

問4



最高濃度 1/4 希釈生理食塩水

問5

(計算式)

吸光度の最高値を A 、5 倍希釈前のヘモグロビンのモル濃度を C (mol/L) とすると、

$$C = 5 \times A / 13.0$$

これは、20 倍希釈された血液の濃度であるから希釈前の血液 (もともとの血液) におけるヘモグロビンのモル濃度は、

$$C = 20 \times 5 \times A / 13.0 = 7.7 \times A$$

例えば、 $A = 0.300$ の場合

$$C = 7.7 \times 0.30 = 2.3 \text{ mol / L}$$

(答え) $7.7 \times A \text{ mol / L}$

問6

(計算式)

希釈前の血液 (もともとの血液) 1 mL 中のヘモグロビン分子数 (N_h) は

$$N_h = 6.0 \times 10^{23} \times 7.7 \times A \times 10^{-3}$$

$$= 4.6 \times 10^{21} \times A \text{ (分子 / mL)}$$

一方、エリアあたり x 個とカウントされた希釈前の血液 (もともとの血液) 1 mL 中の赤血球の数 N_c は問1より、

$$N_c = 2x \times 10^7 \text{ 細胞個 / mL}$$

よって、赤血球 1 個あたりのヘモグロビンの分子数は、

$$N_h / N_c = 4.6 \times 10^{21} \times A / 2x \times 10^7$$

$$= 2.3 \times 10^{14} \times A / x \text{ (分子 / 赤血球)}$$

例えば、 $A = 0.300$ 、 $x = 150$ だとすると、

$$N_h / N_c = 2.3 \times 10^{14} \times 0.30 / 150 = 4.6 \times 10^{11} \text{ (分子 / 赤血球)}$$

(答え) $2.3 \times 10^{14} \times A / x \text{ (分子 / 赤血球)}$

実験試験4：植物分子生物学 模範解答

受験番号：	氏名：
-------	-----

実験試験4 植物分子生物学

解答用紙

(1/3)

問1

制限酵素処理のための反応液

溶液	1 反応液あたりの液量 (μL)
DNA 溶液	8
緩衝液 (10 倍濃度)	2
蒸留水	8
制限酵素溶液 (<i>Hind</i> III)	2
合計	20

合計が 20 μL なので緩衝液 (10 倍濃度) は 2 μL 必要。蒸留水は必然と 8 μL となる。

問2

推測できるかどうか：できない

そのように考えた理由：同じ遺伝子を導入しても、その発現量の違いにより形質は異なる。また、用いた宿主により形質は影響を受ける。これらの理由により、見た目だけで、パンジー由来青色遺伝子導入カーネーションかペチュニア由来青色遺伝子導入カーネーションかを区別することはできない。

問3

酵素は温度、pH、塩濃度が最適な時に、効率的にはたかすることができる。緩衝液を添加することで、塩濃度、pH を最適化し、37°C で保温することで温度を最適化した。これらの理由により、緩衝液および加温が必要となる。

問4

花粉の生産量が少ない品種を用いており、組換え体ではさらに有意に健全な葯の数が少なく、花粉の充実程度が低く、花粉の発芽率が低いことを確認している。また、アレロパシー（他の植物の成長を抑えたり、動物、微生物を防いだりする効果）の影響が非組換え体と変わらないことを確認している。

受験番号：

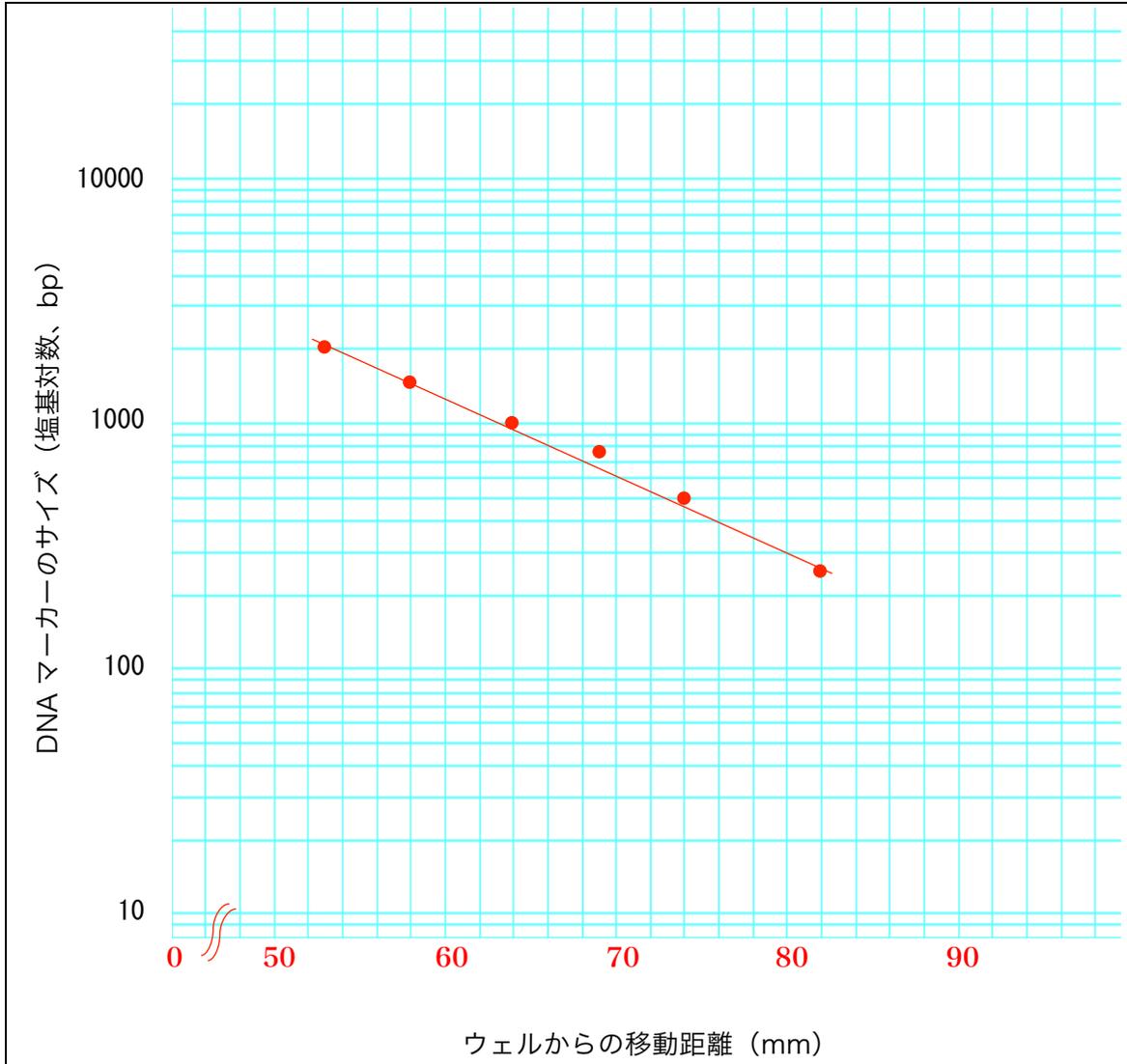
氏名：

実験試験4 植物分子生物学

解答用紙

(2/3)

問5



問6

DNA 溶液	バンドサイズ (塩基対数, bp)
①	300 700
②	300 700
③	1000
④	1000
⑤	300 700

受験番号：

氏名：

実験試験4 植物分子生物学

解 答 用 紙

(3/3)

問7

パンジー由来の青色遺伝子が導入されているカーネーション：①、④

理由：パンジー由来青色遺伝子を増幅した PCR 産物内にも、*Hind*III 認識部位が存在する。*Hind*III によって切断された DNA は①、④だったから。

問8

バンドパターンが似ている DNA 溶液：①、④

説明：ゲノム DNA は全細胞が同じものをもつ。つまり葉においても花においても同じゲノム DNA が存在するため、葉から増幅した場合でも同様の PCR 産物が得られる。

問9

遺伝子組換えカーネーションではイントロンを含まないペチュニア由来青色遺伝子の cDNA が導入されている。一方、ペチュニアではイントロンを含む青色遺伝子がゲノム DNA 中に存在する。そのため、ペチュニアから DNA を調製し PCR を行うと、2300 bp 付近にバンドが得られる。