

令和 7 年度 九州大学大学院生物資源環境科学府
修士課程一般入試問題

科 目 名：専門科目
専 攻：生命機能科学
教育コース：システム生物学
研 究 分 野：家蚕遺伝子資源学

注意

1. 「解答はじめ」の合図があるまで問題用紙を開いてはいけません。
2. 問題用紙は 7 枚（表紙を含む）あります。試験開始後、まずすべての用紙がそろっていることを確認しなさい。
3. 解答のスペースが足りないときには、裏を使用しなさい。

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題 1. 以下の用語のうちから 3 つを選び、それぞれ 200 字程度で説明せよ。選択した用語を明記すること。

用語：細胞周期，有糸分裂，細胞質分裂，アポトーシス，姉妹染色分体，減数分裂

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題2. CRISPR/Cas9 システムによるゲノム編集と, piggyBac トランスポゾンを利用した遺伝子組換えの違いについて, 以下の用語を使って説明せよ.

用語: ガイド RNA, 非相同末端結合, ノックアウト, ノックイン, トランスポゼース, 逆向き末端配列

解答は以下に記述 (足りない場合は裏面を使用すること)

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題 3. 問 1 ～問 4 に答えよ。問 3, 問 4 は次ページに記載されている。

問 1. カイコの一化性, 二化性, 多化性品種の違いについて説明せよ。

問 2. 一化性, 二化性の品種から浸酸処理を行って非休眠卵を得る方法, 二化性の品種から, 浸酸処理を行わずに非休眠卵を得る方法を説明せよ。

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題 3.

問 3. カイコのゲノム編集や遺伝子組換えは，産下後 1 2 時間までの非休眠卵に微量注射を行うことで実現可能である．微量注射を産下直後に行う必要がある理由を，以下の用語を使って説明せよ．

用語：減数分裂，卵核，精核，受精核，核分裂

問 4. カイコでは，尿酸は皮膚の真皮細胞に蓄積されて，白色の色素として機能する．真皮細胞における尿酸蓄積を支配する遺伝子 A を CRISPR/Cas9 の手法によりノックアウトしたところ，皮膚の色が正常な幼虫の他に，皮膚の全域が透明化した幼虫や，皮膚が部分的に透明化したモザイク幼虫が生じた．ゲノム編集実験で得られる注射当代の幼虫形質に，このような差が生じる理由を説明せよ．

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題 4. 以下の文章を読み、問 1～問 3 に答えよ。

近年、ゲノム編集カイコや遺伝子組換えカイコが増大していることにより、カイコの系統保存において凍結保存の活用が重要になっている。カイコの凍結保存では、雄蛾の貯精のうから採取した精子の凍結保存が実用化されている。チョウ目昆虫の精子には、①__と②__の 2 型が存在し、正常な受精には①__と②__の存在が必要である。一方で、②__は①__よりも凍結耐性が劣るために、凍結保存された精子の受精能は低下する。それを補うために、②__しか保有しないために遺伝的に不妊となる 3 倍体の精子をヘルパーとして凍結融解後の精子に加える方法が採用されている。

カイコでは、産下直後卵を炭酸水に 1 時間浸漬すると、3 倍体、4 倍体を誘発することが可能である。この際、卵色の変異体を利用すると、2 倍体と、3 倍体・4 倍体とを卵色で識別可能である。 pe と re は第 5 染色体に連鎖する突然変異であり、 $pe\ re$ 卵や $pe +^{re}$ 卵は白卵、 $+^{pe}\ re$ 卵は赤卵、 $+^{pe} +^{re}$ 卵は黒卵となる。 $pe\ re$ 卵が赤卵とならずに白卵となるのは、色素形成において pe が re の③__で機能しているためである。雌($pe +^{re} / +^{pe}\ re$) × 雄($pe\ re / pe\ re$)の交配では、通常は④__卵と⑤__卵が 1 : 1 の比で得られる。それに対して、産下直後卵を炭酸水に供試した場合、⑥__卵や⑦__卵は⑧__、⑨__卵は⑩__であると推定される。

A カイコの性染色体構成は、雌が⑪__、雄が⑫__である。カイコの性は⑬__の有無で決定されるので、産下直後卵の炭酸水処理によって得られる 3 倍体・4 倍体はすべて⑭__である。産下直後卵の炭酸水処理によって得られた ZZWW 型 4 倍体に 2 倍体を交配することで、3 倍体の雌雄を得ることができる。ZZWW 型 4 倍体の減数分裂において、Z 染色体と W 染色体とがランダムに対合して正しく分配されると過程すると、次代 3 倍体世代における雌雄比は⑮__である。

問 1. 下線①—⑮に適切な用語を入れよ。

①	②	③	④	⑤
⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
⑪	⑫	⑬	⑭	⑮

問 2. 下線 A について、カイコの性決定機構と遺伝子量補正機構について、以下の用語を使って説明せよ。

用語：Z 染色体、W 染色体

問3. カイコの倍数体では、性染色体構成の違いによって形質が異なる。例えば、ZZW 型 3 倍体は不整形卵を産卵し、ZWW 型 3 倍体は 2 倍体よりも大型の卵を産卵する。この現象を、遺伝子量補正機構の観点から考察せよ。

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

解答例

令和7年度 九州大学大学院生物資源環境科学府 修士課程一般入試問題

科 目 名：専門科目
専 攻：生命機能科学
教育コース：システム生物学
研 究 分 野：家蚕遺伝子資源学

注意

1. 「解答はじめ」の合図があるまで問題用紙を開いてはいけません。
2. 問題用紙は7枚（表紙を含む）あります。試験開始後、まずすべての用紙がそろっていることを確認しなさい。
3. 解答のスペースが足りないときには、裏を使用しなさい。

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題 1.

以下の用語のうちから 3 つを選び、それぞれ 200 字程度で説明せよ。選択した用語を明記すること。

用語：細胞周期，有糸分裂，細胞質分裂，アポトーシス，姉妹染色分体，減数分裂

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

【解答例】

細胞周期

細胞が内容物を倍化し二分分裂して増える過程を細胞周期と呼ぶ。真核生物の細胞周期は通常 4 つの時期、つまり G1 期・S 期・G2 期・M 期で構成される。G1 期・G2 期は細胞が大きくなるための時期で、S 期は DNA が複製される時期である。M 期には、有糸分裂と呼ばれる過程により核が分裂し、続いて細胞質分裂と呼ばれる過程により細胞質が分裂する。この過程は正しい順序で起きるように、細胞周期制御系で厳密に制御されている。

有糸分裂

細胞周期における核の分裂過程のことを有糸分裂と呼ぶ。核の分裂、つまり有糸分裂が始まる前に、各染色体はすでに倍加して、2 つのまったく同一の染色分体となっている。これらの姉妹染色分体は、コヒーシンというタンパク質によって 2 列に並ばされている。有糸分裂の間にこのタンパク質が取り除かれて姉妹染色分体が解離し、それぞれ独立した染色体となり、紡錘体によって細胞の両極へと引き離される。

細胞質分裂

細胞質が 2 つに分裂して娘細胞をつくる過程を細胞質分裂と呼ぶ。細胞質分裂は M 期の後期に始まり、2 つの娘核が再形成される終期終了まで続く。動物細胞では、細胞質分裂はアクチンフィラメントとミオシンフィラメントでできた収縮環の働きを介して起こる。収縮環は細胞を締めつけて、それぞれ核を 1 個ずつ持つ 2 個の娘細胞ができる。これに対して植物細胞では、内部に新しい細胞壁が形成されて細胞質を 2 つに分け、細胞を分裂させる。

アポトーシス

アポトーシスは、厳しい制御下にあるプログラム細胞死の一種である。過剰な細胞を成体や発生過程の生物体から除去できるようにする仕組みである。アポトーシスはタンパク質分解カスパーゼ連鎖反応を介してお

り、大部分の動物細胞は、ほかの細胞からの生存シグナルを絶えず受けないとアポトーシスを起こす。細胞が必要なときに必要な場所だけで生存するのは、この戦略のおかげであり、例えばマウスの足指やヒトの手足は、胚発生の間にアポトーシスによって形づくられていく。

姉妹染色分体

S 期に DNA が複製され全ての染色体が倍加する。倍加した染色体の 2 つのコピーは全長にわたって密着しており、各コピーを姉妹染色分体と呼ぶ。姉妹染色分体はコヒーシンと呼ばれるタンパク質複合体によりくっついており、この姉妹染色分体間の接着は染色体が正しく分離するために重要である。姉妹染色分体は有糸分裂の終わりに有糸分裂紡錘体により引き離される。姉妹染色分体の接着に異常があると染色体の分離異常が起こる。

減数分裂

卵と精子が形成される特殊な細胞分裂のことを減数分裂と呼ぶ。減数分裂では連続して 2 回の細胞分裂が起きて遺伝的に異なる 4 つの一倍体細胞が生じる。また、減数分裂では母方と父方の相同染色体がそれぞれ 1 コピーずつ配偶子に分配される。これらの相同染色体の分配はランダムで、相同染色体間にも交差が生じるので、1 つの個体から生じる配偶子の遺伝的な違いは何通りにもなり得る。

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題 2.

CRISPR/Cas 9 システムによるゲノム編集と、piggyBac トランスポゾンを利用した遺伝子組換えの違いについて、以下の用語を使って説明せよ。

用語：ガイド RNA，非相同末端結合，ノックアウト，ノックイン，トランスポゼース，逆向き末端配列

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

【解答例】

CRISPR/Cas 9 システムによるゲノム編集では、ゲノムの特定の位置に二本鎖切断を生じさせることができる。切断が生じる部位は、**ガイド RNA** の配列によって規定される。二本鎖切断が**非相同末端結合**により修復される過程で挿入や欠失などの変異が生じ、遺伝子の機能を**ノックアウト**することが可能である。切断部位の左右の配列と相同な配列を有するドナー配列を供給することで、相同組換えにより特定の配列を**ノックイン**することも可能である。しかし、長鎖の配列のノックイン効率が低いという問題点がある。

piggyBac トランスポゾンを利用した遺伝子組換えでは、ヘルパープラスミドから供給される**トランスポゼース**の作用により、ドナープラスミド内の**逆向き末端配列**に挟まれた領域が切り出され、ゲノム中に散在する AATT 配列を標的としてランダムに挿入される。数キロ bp のサイズを超える長鎖の配列でも効率的にゲノム中に挿入することが可能である。

CRISPR/Cas 9 システムによるゲノム編集では、ゲノム上の特定の位置にノックアウトやノックインを誘導できるのに対して、piggyBac トランスポゾンによる遺伝子組換えでは、目的の長鎖配列をゲノム上に挿入することが可能であるが、挿入部位をコントロールすることはできない点が大きな違いである。

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題 3. 問 1～問 4 に答えよ。問 3, 問 4 は次ページに記載されている。

問 1.

カイコの一化性, 二化性, 多化性品種の違いについて説明せよ。

問 2.

一化性, 二化性の品種から浸酸処理を行って非休眠卵を得る方法, 二化性の品種から, 浸酸処理を行わずに非休眠卵を得る方法を説明せよ。

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

【解答例】

問 1. 一化性品種は環境条件によらず常に休眠卵を産卵する系統である。二化性品種は環境条件に応じて休眠卵, 非休眠卵を産卵する系統である。多化性品種は, 環境条件によらず常に非休眠卵を産卵する系統である。

問 2. カイコの胚の休眠は, 産卵後の卵を塩酸溶液に浸漬する浸酸処理によって打破することができる。産卵後の時間や, 産卵後の卵の保護条件に応じて, 塩酸溶液の比重が異なる。二化性品種においては, 母蛾が胚発生の期間に経験した環境条件に応じて産下卵の休眠性が変化する。すなわち, 母蛾を 15 度暗条件で胚発生させると, 産下卵は非休眠卵となり, 25 度明条件で胚発生させると, 産下卵は休眠卵となる。胚発生期の環境条件として, 前者を低温暗催青, 後者を高温明催青という。

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題 3.

問 3.

カイコのゲノム編集や遺伝子組換えは、産下後 1 2 時間までの非休眠卵に微量注射を行うことで実現可能である。微量注射を産下直後に行う必要がある理由を、以下の用語を使って説明せよ。（用語：減数分裂、卵核、精核、受精核、核分裂）

問 4.

カイコでは、尿酸は皮膚の真皮細胞に蓄積されて、白色の色素として機能する。真皮細胞における尿酸蓄積を支配する遺伝子 A を CRISPR/Cas9 の手法によりノックアウトしたところ、皮膚の色が正常な幼虫の他に、皮膚の全域が透明化した幼虫や、皮膚が部分的に透明化したモザイク幼虫が生じた。ゲノム編集実験で得られる注射当代の幼虫形質に、このような差が生じる理由を説明せよ。

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

【解答例】

問 3. カイコの卵の減数分裂は、減数分裂第一分裂で停止しているが、産卵と同時に精子が卵内に侵入することによって再開される。産卵後、2 時間ほどで卵核と精核が接合し、受精核が形成される。受精核は核分裂を繰り返し、細胞膜を伴わない多核性胚盤葉の状態でお卵表へと移動する。産卵後 12 時間頃には核は卵表に達して、細胞膜に包まれる。細胞膜は、注射溶液と核との相互作用の障壁となるので、ゲノム編集や遺伝子組換えを効率的に行うためには、核が細胞膜に包まれる前に微量注射を行う必要がある。

問 4. 遺伝子 A をターゲットとするゲノム編集実験において、注射当代の個体において、遺伝子 A の機能を喪失させ、幼虫の皮膚を全域にわたって透明化させるためには、受精核の形成後、分裂核の数が少ない時点で、母方、父方に由来する遺伝子 A のアレルの双方をノックアウトする必要がある。分裂核の一部においてのみ、母方、父方の双方のアレルがノックアウトされた場合、その幼虫は正常な皮膚と透明な皮膚を有するモザイクとなる。母方、父方の双方のアレルがノックアウトされている真皮細胞を有さない幼虫の皮膚は、全域に渡って正常となる。微量注射の時期が早いほど、皮膚の全域が透明化した個体やモザイク体の割合が増加し、時期が遅いほど、皮膚の全域が正常型の個体の割合が増す。

第一志望研究分野	受験番号（自筆）
家蚕遺伝子資源学	

問題 4. 問 1～問 3 に答えよ.

以下の文章を読み、問に答えよ.

近年、ゲノム編集カイコや遺伝子組換えカイコが増大していることにより、カイコの系統保存において凍結保存の活用が重要になっている。カイコの凍結保存では、雄蛾の貯精のうから採取した精子の凍結保存が実用化されている。チョウ目昆虫の精子には、①__と②__の 2 型が存在し、正常な受精には①__と②__の存在が必要である。一方で、②__は①__よりも凍結耐性が劣るために、凍結保存された精子の受精能は低下する。それを補うために、②__しか保有しないために遺伝的に不妊となる 3 倍体の精子をヘルパーとして凍結融解後の精子に加える方法が採用されている。

カイコでは、産下直後卵を炭酸水に 1 時間浸漬すると、3 倍体、4 倍体を誘発することが可能である。この際、卵色の変異体を利用すると、2 倍体と、3 倍体・4 倍体とを卵色で識別可能である。 pe と re は第 5 染色体に連鎖する突然変異であり、 $pe\ re$ 卵や $pe +^{re}$ 卵は白卵、 $+^{pe}\ re$ 卵は赤卵、 $+^{pe} +^{re}$ 卵は黒卵となる。 $pe\ re$ 卵が赤卵とならずに白卵となるのは、色素形成において pe が re の③__で機能しているためである。雌($pe +^{re} / +^{pe}\ re$) × 雄($pe\ re / pe\ re$)の交配では、通常は④__卵と⑤__卵が 1 : 1 の比で得られる。それに対して、産下直後卵を炭酸水に供試した場合、⑥__卵や⑦__卵は⑧__、⑨__卵は⑩__であると推定される。

A カイコの性染色体構成は、雌が⑪__、雄が⑫__である。カイコの性は⑬__の有無で決定されるので、産下直後卵の炭酸水処理によって得られる 3 倍体・4 倍体はすべて⑭__である。産下直後卵の炭酸水処理によって得られた ZZWW 型 4 倍体に 2 倍体を交配することで、3 倍体の雌雄を得ることができる。ZZWW 型 4 倍体の減数分裂において、Z 染色体と W 染色体とがランダムに対合して正しく分配されると過程すると、次代 3 倍体世代における雌雄比は⑮__である。

問 1.

下線①—⑮に適切な用語を入れよ.

問 2.

下線 A について、カイコの性決定機構と遺伝子量補正機構について、以下の用語を使って説明せよ。（用語：Z 染色体、W 染色体）

問3.

カイコの倍数体では、性染色体構成の違いによって形質が異なる。例えば、ZZW 型3倍体は不整形卵を産卵し、ZWW 型3倍体は2倍体よりも大型の卵を産卵する。この現象を、遺伝子量補正機構の観点から考察せよ。

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

【解答例】

問1.

① 有核精子	② 無核精子	③ 上位	④ 白卵	⑤ 赤卵
⑥ 白卵	⑦ 赤卵	⑧ 2倍体	⑨ 黒卵	⑩ 3倍体・4倍体
⑪ ZW	⑫ ZZ	⑬ W染色体	⑭ 雌	⑮ 5 : 1

問2. カイコの **W染色体**には雌性決定遺伝子 *Fem*が存在する。また、**Z染色体**には、性決定と遺伝子量補正を担う *Mask* 遺伝子が存在する。雄では、*Mask* 遺伝子の作用により、胚は雄として発育する。また、雌雄間でのZ染色体の個数の差を補正するために、*Mask* 遺伝子の作用で、Z染色体に連鎖する遺伝子の発現量が抑制される。一方雌では、*Fem* の作用により、*Mask* mRNA が分解されてしまう。その結果、胚は雌として発育する。また、*Mask* タンパク質が発現しないため、Z染色体に連鎖する遺伝子の発現は抑制されない。

問3. 卵形成には、常染色体とZ染色体に連鎖する遺伝子の双方が関与すると考えられる。一方で、ZWW 型3倍体や、ZZW 型3倍体では、雌性決定遺伝子の作用により、Z染色体にコードされている *Mask* タンパク質が分解されてしまう。それにより、Z染色体に連鎖する遺伝子の発現抑制は起こらない。その結果、それらの倍数体では、Z染色体に連鎖する遺伝子の発現量と、常染色体に連鎖する遺伝子の発現量の比が、ZW 型2倍体とは異なってしまうため、卵形成に関与するタンパク質間のバランスに異常が生じ、正常な卵形成が妨げられると考えられる。

令和 7 年度 九州大学大学院生物資源環境科学府
修士課程一般入試問題

科 目 名：専門科目
専 攻：生命機能科学
教育コース：システム生物学
研 究 分 野：家蚕遺伝子資源学
出題意図

問 1

家蚕遺伝子資源学分野で研究するために必要な、基礎的な細胞周期や遺伝学の知識を問う。

問 2

家蚕遺伝子資源学分野で研究するために必要な、ゲノム編集と遺伝子組換えの知識を問う。

問 3

家蚕遺伝子資源学分野で研究するために必要な、蚕種管理と初期発生の知識を問う。

問 4

家蚕遺伝子資源学分野で研究するために必要な、遺伝学的な専門知識と思考能力を問う。