

入試年度	2026 年度	入試時期	I 期入学試験	実施日	2025 年 9 月 17 日
課程	博士前期課程	研究科	農学研究科	専攻・コース	生命科学専攻
入試方式	一般入学試験 外国人留学生入学試験		試験科目	専門科目	

「出題の意図」および「解答」または「解答例」

問題 1

【出題の意図】

植物は根を大地に固定し移動しない。そのため多くの植物および限られた植物が土壌にある特定の微生物と共生関係を持ち、お互いに友好関係を持っている。本問題は植物と微生物との共生関係の基礎的な知識および基礎知識から発展して、植物と微生物の両者に注目したときにそれぞれの生物にとって、共生関係の「得と損」の思考を組み立て、論文化する能力を問うことを意図としている。

【解答例（採点時の観点）】

動かない植物は、さまざまな病原菌を含む微生物を排除することが知られているが、なぜ特定な微生物が植物と共生関係を持つことが出来るのかを論理的に説明をしているのか。また植物と微生物の共生関係には大きく異なる 2 種のシステムが存在してるが、それぞれの異なる役割を持っており、さらに、植物と微生物との共生の起点のシステムにも違いがある。植物と微生物と共生応答に関わる理解度とそれらをきちんと論理的に考え、考えたことを整理し、文章として組み立て説明できるかどうかを採点時に重視している。

問題 2

【出題の意図】

生物学の基礎であるセントラルドグマについて、正しい知識を得ているか、またその知識を応用した研究活動が行えるか、を確認する意図がある。セントラルドグマには含まれない生物の現象も知った上で幅広い知識や興味を持って大学院生活を送ってほしいと考えた。

【解答例（採点時の観点）】

問 1

セントラルドグマは、生物の遺伝情報が細胞内でどのように伝達されるかを示す基本的な原則です。「遺伝情報は DNA から RNA へ、そして RNA からタンパク質へと一方向に流れる」という概念について説明しています。

1. 複製 (Replication) : DNA → DNA、
2. 転写 (Transcription) : DNA → RNA、
3. 翻訳 (Translation) : RNA → タンパク質

という内容について 50 字程度で説明すれば問題ありません。

【解答】

問 2

- A DNA ヘリカーゼ
- B 3
- C 2
- D リーディング
- E ラギング
- F DNA リガーゼ
- G S 期

問 3

正式名称：ポリメラーゼ連鎖反応

通称：PCR

【解答例】

問 4

サンガー法は、DNA 複製の過程を利用して特定の DNA 断片の塩基配列を読み取る方法です。この方法では、突然変異を含む鋳型 DNA が増幅できるように設計したプライマー を利用し、DNA ポリメラーゼ が デオキシリボヌクレオシド三リン酸(dNTP) を追加して DNA 鎖を複製します。しかし、蛍光色素ラベルされたジデオキシリボヌクレオシド三リン酸(ddNTP) が追加されると、その場で DNA 鎖の合成が停止します。この過程がランダムに起こるため、さまざまな長さの DNA 断片が生成されます。生成された DNA 断片は、長さに基づいてキャピラリー電気泳動 を用いて分離されます。分離された断片の順序に基づいて、各 ddNTP の終点から塩基配列を再構築することができ、突然変異した DNA 配列が明らかになります。

問 5

セントラルドグマは基本的な原則ですが、いくつかの例外も存在します。最も有名なのは、一部のウイルス（レトロウイルスなど）が持つ逆転写酵素です。この酵素は、通常のセントラルドグマの流れとは逆に、RNA を鋳型として DNA を合成することができます。

問題 3

【出題の意図】

プロテオーム解析はゲノム DNA のどのような情報に基づいているのか、発現量解析をする意義は何なのか、またその手法の違いやそもそもタンパク質を解析する意義など、プロテオーム解析における情報、意義、手法について理解度を知るための問とした。

【解答例】

①

タンパク質配列をコードする open reading frame (ORF) は 64 種類の全コドンのうち

3つの翻訳終止コドンで終結するため、平均的には約20個のコドンで終結する。一方で、生物が有するタンパク質を構成するアミノ酸残基数は数百残基であることが多い。それらのことから、タンパク質は一般的に少なくとも約100個以上のアミノ酸で構成されたものであると考えることができる。そのため、100個以上のコドンを含むORFをタンパク質をコードする配列として推定することが一般的である。タンパク質の翻訳にはリボソームの結合が必要であり、そのことと関連してタンパク質をコードする配列の上流には様々な生物種で共通した配列の特徴がある。また、タンパク質として生合成されるには、mRNAとして転写される必要がある。これまでの分子生物学を中心とした研究から、mRNAの転写に必要な調節領域における特徴的な配列が明らかにされてきた。それらの配列をその上流領域に有しているかに基づいて、タンパク質をコードする配列を推定することが出来る。さらに、多くのタンパク質は近縁種においもその配列がORFとして保存されている場合も多い。そのため、とくに近縁種のゲノムDNA配列が明らかな場合には、生物種間で共通のORFであるかに基づいて、ある生物種のタンパク質をコードする配列を推定することができる。

②

ある生物種で発現しているタンパク質では、それらの発現量が高いものと低いもので $10^4 \sim 10^6$ 倍またはそれ以上の大きな違いがある。例えば、発現量の低いものとして、代謝経路の律速段階に関わる酵素が挙げられる。一般的にある代謝経路の反応速度はいくつかの律速段階の反応速度によって調節がなされている。ひとつの反応段階での反応速度には、少なくともその基質と酵素自身の触媒活性によって決定され、その酵素の触媒活性の総量は当然のことながらその酵素タンパク質の量によっても決められる。律速段階ではその反応速度が代謝経路のなかで低いことが必要条件であるため、それに関わる酵素タンパク質の発現量も低いことが律速となる反応段階の調節に大きく影響する。実際に律速段階の酵素はタンパク質の発現量が低いこともこれまで知られている。一方で、例えば発現量の高い場合の例として、タンパク質の翻訳に関わる分子が例として挙げられる。タンパク質の生合成にはリボソームと複数の翻訳因子により駆動され、タンパク質の種類に関わらず共通の分子が機能している。細胞内には全体として $10^8 \sim 10^{10}$ 分子またそれ以上の数多くのタンパク質分子が存在しているが、それら全ての生合成を司るタンパク質はその量的必要性に応じて高い発現量が必要となる。

③

転写産物からタンパク質が生合成される段階で、タンパク質の発現量は合成効率と分解速度の違いにより制御されている。ある遺伝子のmRNAの量に変化がない場合でも、そこから合成されるタンパク質の翻訳効率が大きく変化する場合は数多く知られている。例えば、リボソームがORFの上流領域に結合する効率や、実際にリボソームがORF上を移動し翻訳産物が伸長する速度が、様々な条件や細胞間で変化する。その結果として、mRNAの量に変化がない場合でもタンパク質の発現量が増減する場合がある。タンパク

質の翻訳効率を調べるために広く用いられている方法に、ribosome footprint profiling がある。この方法ではある mRNA にリボソームが結合している量を網羅的に調べることができ、それにより mRNA 分子あたりの各タンパク質の翻訳効率を知ることが可能である。一方で、タンパク質は生命活動の特定のタイミングで積極的に分解される場合がしばしばある。ユビキチン-プロテアソーム系はその 1 つであり、例えば分解対象となるタンパク質の化学的修飾を引き金として特定のタンパク質がエネルギー依存的に分解される。タンパク質の分解速度を調べるためには、例えば薬剤や遺伝子変異株などを用いてタンパク質合成を一時的に阻害し、その後のタンパク質存在量の減少速度を調べることができる。

④

タンパク質の質量分析による解析では、一般的にはペプチドに断片化した分子を分析することから、量を知りたいタンパク質に由来するペプチドが内部標準として活用される。そのとき、安定同位体標識されたペプチドを用意し前もって量を計測しておき、それを解析対象となる試料と混合する。それらを同時に質量分析で検出すると、両者、すなわち内部標準のペプチドと試料由来のペプチドが異なる質量値として同時に計測される。両者の検出強度比を求めることは容易であり、その強度比と用いた内部標準の量から試料由来のペプチドの量を算出することで、タンパク質の量が何分子なのかを知ることができる。一方で、こうした内部標準を用いない方法もある。タンパク質の質量分析での解析では、その断片化された分子が網羅的に検出される。このことは、RNASeq 解析で mRNA が断片化されて得られた部分配列を有する分子が網羅的に解析されることと、類似点がある。実際に、RNASeq 解析と同様にタンパク質の解析でも、断片化分子であるペプチドがどの程度の頻度で検出されたか、その頻度情報に基づいて様々なタンパク質の相対的な量を求めることができる。最終的には、例えばある細胞や組織内での総タンパク質量を知ることができれば、それに上記の相対的な量を乗じることで、試料中にタンパク質が何分子存在しているのかを知ることができる。

問題 4

【出題の意図】

問 1

植物における DNA 損傷応答について、損傷の認識から細胞周期停止、細胞死、再生、DNA 倍加に至るまでの一連の流れを体系的に理解しているかを問う問題である。

問 2

- (1) 遺伝子型から表現型を論理的に読み取れるかを問う問題であり、遺伝学的な思考力を見る問題である。
- (2) 相補性検定の考え方を理解しているかを見ることで、遺伝学的解釈ができるかを問う問題である。

【解答】

問 1

- ① 活性酸素種 (ROS)
- ② ATM
- ③ ATR
- ④ SOG1
- ⑤ 細胞周期
- ⑥ 細胞死
- ⑦ SMR もしくは KRP
- ⑧ 静止中心 (QC)
- ⑨ ブラシノステロイド
- ⑩ DNA 倍加周期もしくはエンドサイクル
- ⑪ CCS52A1

問 2

- (1) 15 : 1
- (2) 突然変異体 a と b を交配したところ、F1 個体では根が正常に形成されたことから、a と b の変異は同じ遺伝子ではなく、異なる遺伝子に生じていると考えられる。すなわち、突然変異体 a では根形成に必要なある遺伝子に変異しており、突然変異体 b ではそれとは別の遺伝子に変異しているため、交配によって互いに正常な遺伝子を補い合い、F1 では根形成能が回復したと考えられる。

問題 5

【出題の意図】

植物の発生と成長を対象とした出題です。細胞の偏りや養分の利用に関わる発生・成長の調節機構についての理解度を評価することを意図しました。

【解答例（採点時の観点）】

問 1

解答例：オーキシンの排出輸送体である PIN タンパク質は、特定の細胞膜領域に分布してそこから局所的にオーキシンを排出することで植物組織におけるオーキシン極性輸送を担っている。オーキシンは濃度勾配を形成し、器官形成の促進や細胞伸長の調節、屈性を制御している。PIN タンパク質の細胞内輸送には、PIN タンパク質のリン酸化による頂端側への輸送や ARF GEF GNOM による基部側細胞膜への輸送が関わっている。

採点時の観点：細胞膜において偏って分布するタンパク質と植物の発生と成長の関連が適切に記述できているかを評価した。

問 2

解答例：植物の生育には 3 大栄養素であるリン、窒素、カリウムに加えてマグネシウム、

鉄、ホウ素、カルシウムなどの微量元素が必要である。植物は周囲のリンの濃度が低い場合には積極的に主根の成長を停止し、根毛や側根を発達させる適応応答を行う。リン欠乏時には、細胞外の鉄を酸化する酵素である LPR の発現が誘導され、それに依存して細胞壁の硬化や CLE ペプチドの発現が引き起こされ、主根の成長が抑制される。一方、側根形成が誘導される分子機構は十分に理解されていないため、リン欠乏時のトランスクリプトーム解析や遺伝学的スクリーニングにより鍵因子を同定することでリン欠乏時の適応応答についての理解が深まると期待される。

採点時の観点：養分に依存した植物の成長制御について、関連する因子の働きと今後の展望を適切に記述できているかを評価した。

問題 6

【出題の意図】

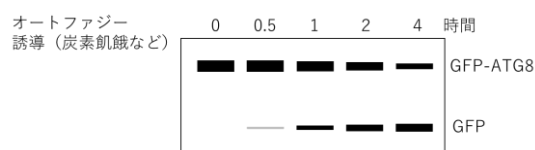
生命維持に重要な細胞内分解系の一つ『オートファジー』を対象とした出題です。正しい解析手法や生理的役割について正しく理解しているかを問う問題である。

【解答例】

(1) オートファゴソームに局在する ATG8 タンパク質に蛍光タンパク質 GFP を融合した融合タンパク質を発現させ、共焦点レーザー顕微鏡などを用いてオートファゴソームを可視化し、その数を計測する。

長所：簡便にオートファジー活性を時空間的に推定することができる。

短所：GFP-ATG8 形質転換体の作出に時間を要する。加えて、オートファゴソームと液胞膜との融合が阻害された場合でもオートファゴソーム数が増加するため、解釈には注意が必要である。このため、ウェスタンブロットによる GFP プロセッシングアッセイを併用し、オートファジーフラックスを評価する必要がある。

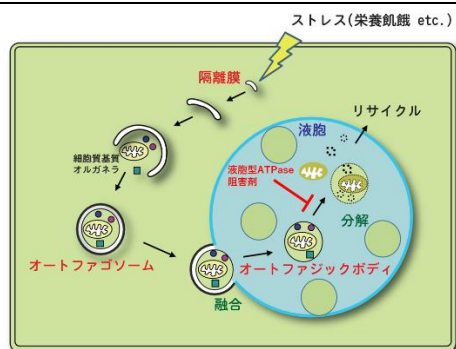


図：GFP プロセッシングアッセイ

液胞型 V-ATPase 阻害剤を植物に処理し、液胞内に蓄積するオートファジックボディを微分干渉顕微鏡法によって検出し、その程度を野生型植物と比較して評価する。

長所：GFP-ATG8 形質転換体の作出を必要とせず、簡便かつ短時間でオートファジー活性を推定することができる。

短所：阻害剤が浸透しにくい器官や組織では観察が困難である。また、本手法は定量的ではなく定性的評価にとどまるため、活性の差がわずかな場合には判断が難しい。



図：オートファジックボディの観察

(2) 酵母や動物においては、オートファジーは細胞内成分を分解して再利用することにより、栄養の供給源として機能することが古くから知られている。植物においても同様に、栄養飢餓ストレスへの適応において極めて重要な役割を果たすことが明らかになってきている。

一方で植物では、栄養が十分に存在する条件下においても、オートファジー能欠損変異体が早期老化（細胞死）表現型を示すことが報告されている。このことは、オートファジーが単なる栄養供給機構にとどまらず、細胞機能の恒常性維持や生理応答の制御にも関与していることを示唆している。

実際にこれまでの研究から、オートファジーは植物ホルモンの一つであり、病原体応答や自然老化に深く関与するサリチル酸シグナルの過剰な活性化を抑制する役割を担っていることが明らかになっている。オートファジーが機能しない場合、サリチル酸シグナルが過剰に活性化し、過度な防御応答や細胞死が誘導され、その結果として早期老化が引き起こされることが考えられている。

このように、オートファジーは栄養リサイクリング機構としての役割に加え、シグナル伝達やストレス応答の制御を通じて個体の恒常性を維持する機構としても機能しており、これらの点は植物におけるオートファジーの重要な生理的意義の一つであると言える。

問題 7

【出題の意図】

生体リズムに関する知識をどの程度持ち合わせているかを問いている。

【解答例（採点時の観点）】

生体リズムに関する事柄について正しく説明できていれば、量と質を評価し採点している。

問題 8

【出題の意図】

問 1：生物学、生命科学分野の大学生として、基礎的に身につけるべき知識の習得度を問

う。

問2：大学の植物生理学・分子生物学で学び、進学後に専門とする植物環境応答分野の理解度を問う。

【解答例】

問1 乾燥：アブシシン酸、冠水：エチレン、重力：オーキシン、温度：アブシシン酸・オーキシン・ジベレリン、接触：エチレン、傷害：エチレン、光：オーキシン、ジベレリン

問2 <光：オーキシン>芽生えの地上部は光の方向に屈曲する正の屈光性を持つ。屈光性をもたらすのは青色光および比較的波長の長い紫外光（UVA）であり、フォトトロピンが光受容体として働く。活性化されたフォトトロピンは、内皮の細胞膜に存在するオーキシン排出タンパク質、PIN3の局在性を陰側に変化させる。これにより、陰側のオーキシン濃度が相対的に高くなり、陰側の細胞（主に表皮細胞）の伸長がオーキシンにより促進され、芽生えの先端部は光の方向に屈曲する。

合否判定の方法及び基準

入学試験は農学研究科のアドミッションポリシーに基づき、これを満たす学生を募集することを目的に実施しています。

合否判定については、本研究科のアドミッションポリシーを満たすことを、総合的な視点により合否を判断しております。