

2023 年度 静岡大学大学院総合科学技術研究科

修士課程

学部 3 年次学生を対象とする入試(飛び入学)

理学専攻 生物科学コース

入学試験問題 (専門)

2022 年 1 月 19 日(木)

解答時間:9 時 00 分～12 時 00 分

<注意事項>

1. 試験開始前に問題冊子、答案用紙とも開いてはいけません。
2. 問題 I は必修問題である。必ず解答すること。また、選択問題 II～IV のうち 2 題を選んで解答すること。
3. 配布した答案用紙 3 枚すべてに受験番号を記入すること。
4. 答案用紙は問題ごとに別にし、所定欄に問題番号を記入すること。
5. 答案用紙は裏面を使用してもよい。

問題 I. 遺伝子・タンパク質の機能を解析する手法に関する次の文章を読み、問1～8に答えなさい。(配点 36%)

遺伝子の機能を解析するための遺伝学的アプローチとして、順遺伝学と逆遺伝学的手法が知られている。自然発生あるいは人為的に誘発した突然変異(a)によって引き起こされた表現型の原因となる遺伝子を特定する従来の遺伝学的アプローチが順遺伝学 (Forward genetics) である。一方、順遺伝学と対照的なアプローチである逆遺伝学 (Reverse genetics) は、注目する遺伝子の塩基配列情報を利用して、遺伝子破壊や遺伝子発現の抑制・亢進によって生じる表現型の変化を調べ、遺伝子の機能を解析する手法である。2003年にヒトゲノム(b)プロジェクトが完了して以降、逆遺伝学的手法が発展し(c)、ヒトの遺伝疾患の原因遺伝子の解明に大きく貢献した。遺伝子破壊を行う手法として、マウスの分化多能性をもつ細胞(d)を用いて特定の遺伝子を改変したマウス個体を作製することができる遺伝子ターゲティング法 (標的遺伝子組換え法) (e)が開発され、2007年のノーベル生理学・医学賞受賞につながっている。

タンパク質の機能解析においても、順遺伝学・逆遺伝学と同様に、目的タンパク質の酵素活性等の性質に基づいてタンパク質を特定しようとするアプローチと、注目するタンパク質をコードする遺伝子の情報を利用して組換えタンパク質を作製して機能解析を行うアプローチがある。酵素活性等を指標にタンパク質を特定して機能解析を行う場合、目的のタンパク質を分離・分画(f)した後、タンパク質を同定し、一次構造を決定する(g)のが一般的である。一方、注目するタンパク質の組換えタンパク質を用いるアプローチでは、目的タンパク質をコードする遺伝子を大腸菌や酵母等の宿主細胞に導入し、組換えタンパク質を発現させて機能解析を行う。組換えタンパク質を発現させる際には、実験の目的に応じてさまざまな工夫が行われている(h)。

問1. 下線部(a)について、人為的に突然変異を誘発する方法を2つ答えなさい。

問2. 下線部(b)について、ヒトゲノムは1倍体あたり何塩基対か、次の中から正しいものを選びなさい。

3億塩基対 6億塩基対 12億塩基対 30億塩基対 60億塩基対 120億塩基対

問3. 下線部(c)について、逆遺伝学が発展した理由の1つはヒトゲノムプロジェクトが完了したことである。それ以外に逆遺伝学が発展した理由を答えなさい。

問4. 下線部(d)の細胞の名称を答えなさい。また、どのような細胞であるか説明しなさい。

問5. 下線部(e)のマウスの遺伝子ターゲティング法の手法について、次の語句を用いて200字程度で説明しなさい。

相同組換え 選択マーカー 初期胚 キメラマウス ホモ接合体

問6. 下線部 (f) について、タンパク質を分離・分画する方法を1つ挙げ、その原理を説明しなさい。

問7. 下線部 (g) について、タンパク質を同定し、一次構造を決定するための実験の手法を説明しなさい。

問8. 下線部 (h) について、以下の小問に答えなさい。

(1) 発現させた組換えタンパク質が本来活性をもつにもかかわらず、活性を示さないことも多い。その原因と改善策を挙げなさい。

(2) 組換えタンパク質を発現させる際によく行われる技術的な工夫を(1)以外に1つ挙げなさい。

問題 II. 海水魚の浸透圧調節に関する次の文章を読み、問 1～6 に答えなさい。(配点 32%)

海に生息する魚は、海水の浸透圧が体液浸透圧より高いため、常に体内から水を失う状況にある^(a)。海水魚は、海水環境において、エラ、腎臓、腸などの浸透圧調節器官の働きにより(図1)、体液の浸透圧を海水の3分の1程度に維持することができる。浸透圧調節器官の中で腸は、水の吸収、イオン濃度の調整により浸透圧調節に寄与している(図2、3)。海水魚の腸内では Na^+ や Cl^- などの1価イオンは、そのほとんどがイオン輸送体やチャネルの働きにより吸収される。それに対して Ca^{2+} や Mg^{2+} などの2価イオンは、1価イオンより吸収効率が低い。そのため海水魚は、腸内に HCO_3^- イオンを分泌して炭酸塩を合成し^(b)、 CaCO_3 や MgCO_3 の結晶として体外に排出することによって浸透圧の調節を行っている^(c)。表1には、海水および海水で飼育したウナギの血漿と腸内の浸透圧とイオン濃度、図3には、海水魚の腸の上皮細胞におけるイオンの輸送に関わる輸送体およびチャネルが示してある(Takei, Zool Lett, 2021より)。

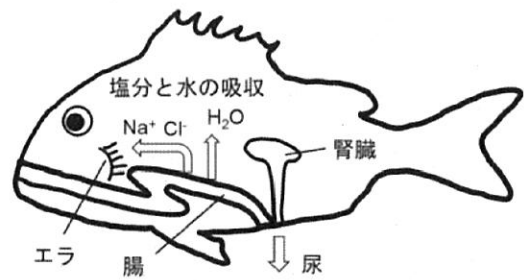


図1. 海水魚における体液浸透圧の調節

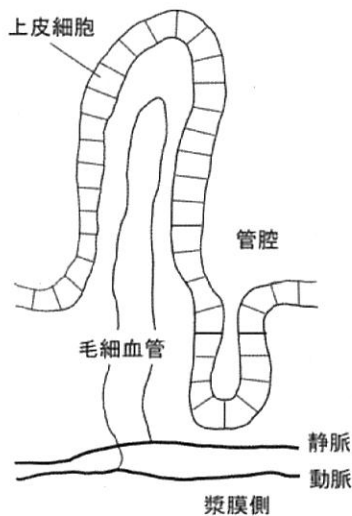


図2. 腸の上皮細胞と血管の配置

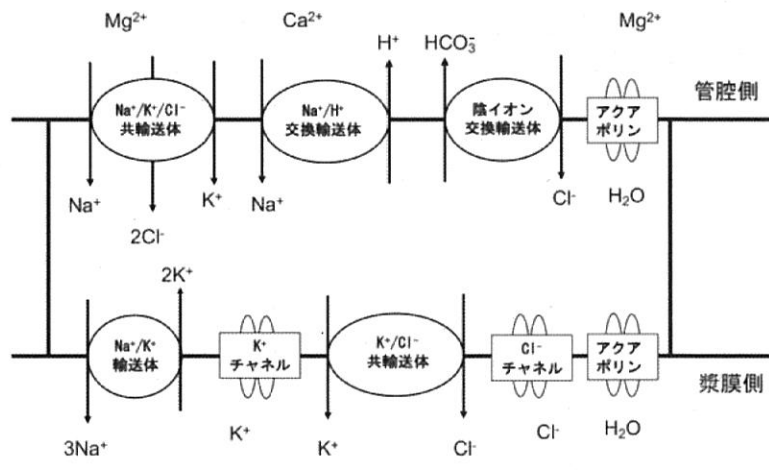


図3. 海水魚の腸上皮細胞に存在するイオン輸送体およびチャネル

表1. 海水および海水で飼育したウナギの血漿と腸内腔液の浸透圧およびイオン濃度

	浸透圧 (mOsm/l)	Na^+ (mM)	K^+ (mM)	Cl^- (mM)	HCO_3^- (mM)	Mg^{2+} (mM)	Ca^{2+} (mM)
海水	1029	450	10	524	2	50	10
ウナギ腸内腔液	295	40	14	68	100	150	12
ウナギ血漿	377	175	3	155	-	3	2

問1. 下線部(a)に関して、海水魚は、失った水分をどのように補っているかを答えなさい。

問2. 海水魚は、海水中でどのような浸透圧の尿を排出するか答えなさい。

問3. 海水魚の体液浸透圧調節におけるエラの働きを答えなさい。

問4. 図1～3と表1を参考にし、海水魚の浸透圧調節について、以下の小問に答えなさい。

(1) 腸管とエラにおけるイオン輸送の点から、NaClの排出について200字程度で説明しなさい。

(2) 腸における水の吸収について、200字程度で説明しなさい。

問5. 下線部(b)に関して、腸内で炭酸塩 (CaCO_3 と MgCO_3) が合成される化学反応式を答えなさい。

問6. 下線部(c)に関して、腸内の2価イオンを炭酸塩の沈殿物として排出することが、浸透圧調節にどのように寄与しているかを説明しなさい。

問題 III. 光合成反応に関する次の文章を読み、問 1～7 に答えなさい。(配点 32%)

光合成反応は葉緑体のチラコイド膜で行われている。チラコイド膜には、①、シトクロム *b₆f* 複合体、②、F_oF₁-ATP 合成酵素が存在している。①と②には光増感反応によって電子を放出する③が結合している。①に結合している③は P680 と呼ばれ 680 nm の光を利用する。②の③は P700 とよばれ 700 nm の光を利用する。

光合成における電子伝達の過程では、図 1 に示す通り、水分子の電子が NADP⁺に移動して NADPH が生成する。水分子から酸素が発生する時の酸化還元電位は+880 mV であり、NADPH が生成する時の酸化還元電位は-320 mV である。このため、自発的に電子は移動できない。水分子の電子はまず、基底状態の酸化還元電位が+1200 mV である P680 に移動する。P680 はエネルギーを受け取って励起状態となる^(a)と、酸化還元電位が-660 mV の P680* となる。このため、酸化還元電位が+100 mV のプラストキノンに電子を渡すことができるようになる。プラストキノンは電子を受け取って還元されると、水素イオンを結合した還元型プラストキノンとなる^(b)。そして、シトクロム *b₆f* 複合体の電子はプラストシアニンを経て酸化還元電位が+450 mV の P700 に渡される。その後、酸化還元電位が+450 mV である P700 から、酸化還元電位が-320 mV の NADP⁺に電子が渡される^(c)。このようにして、光合成反応では本来自発的には進まない反応が進行する。

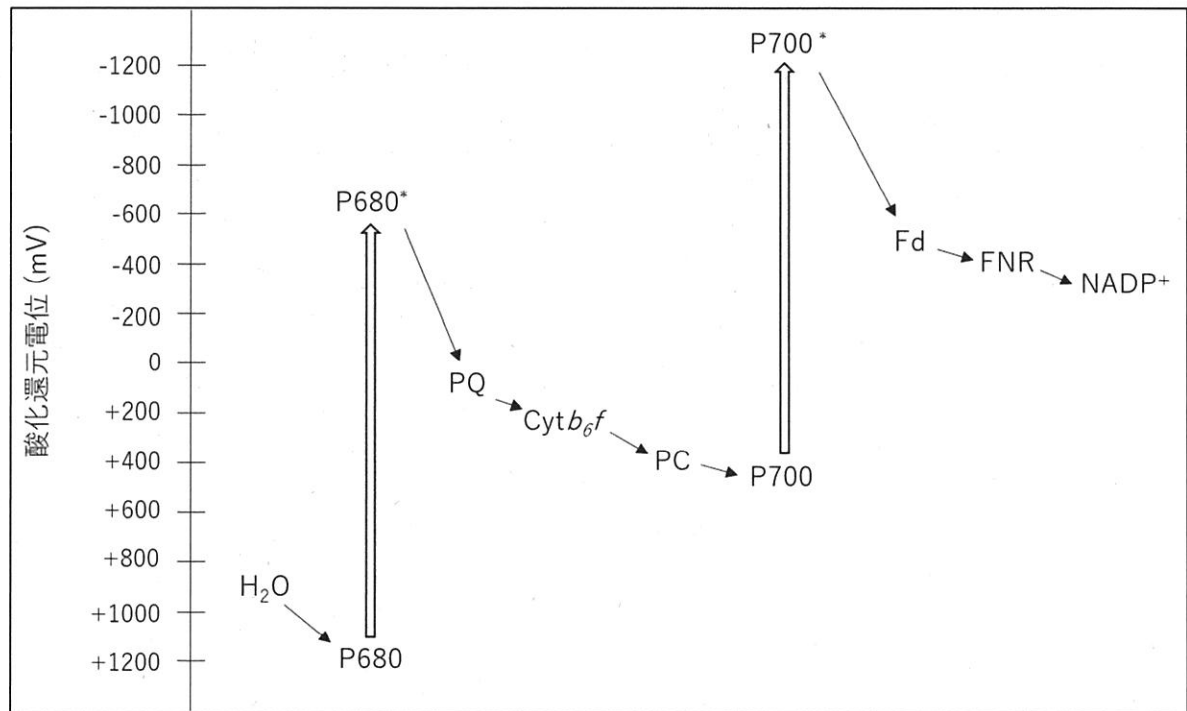


図 1. チラコイド膜における光化学反応

PQ: プラストキノン, Cyt *b₆f*: シトクロム *b₆f* 複合体, PC: プラストシアニン, Fd: フェレドキシン, FNR: フェレドキシン-NADP⁺ オキシドレダクターゼ

問 1. 本文中の①～③に入る適切な語を答えなさい。

問 2. 葉緑体の構造模式図を描画し、外包膜, 内包膜, チラコイド膜, ストロマ, チラコイドルーメンの各語句を模式図中に矢印で指し示しなさい。

問 3. 下線部(a)について, P680 が受け取るエネルギーの種類を答えなさい。

問 4. 下線部(b)について, 光合成ではプラストキノンの酸化還元反応を利用して水素イオンが輸送されている。この反応を説明するモデルの名称を答えなさい。

問 5. 光合成における電子の流れは, 電池と同様に考えることができる。図 2 の電池における電子の流れの方向は A か B のどちらか答えなさい。また, その理由を 200 字程度で説明しなさい。亜鉛と銅の酸化還元電位は, それぞれ -760 mV と $+340\text{ mV}$ とする。

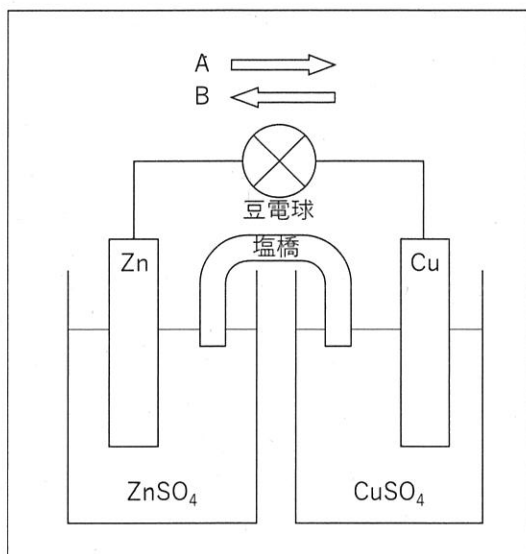


図 2. 亜鉛と銅を電極とした電池の模式図

問 6. 葉緑体にフェリシアン化カリウムを含む溶液中で光を照射すると, P680*から放出された電子はフェリシアン化カリウムに受容される。フェリシアン化カリウムをメチルビオロゲン (1,1'-ジメチル-4,4'-ビピリジニウムジクロリド) に替えた場合, フェリシアン化カリウムと同様の電子伝達反応は起こるか答えなさい。また, その理由を 200 字程度で説明しなさい。フェリシアン化カリウムの酸化還元電位は $+361\text{ mV}$, メチルビオロゲンの酸化還元電位は -446 mV とする。

問 7. 下線部(c)について, P700 に生じる変化に触れつつ, P700 から NADP^+ に電子が移動する反応を 200 字程度で説明しなさい。

問題 IV. 植物の生活環に関する次の文章を読み、問 1～7 に答えなさい。(配点 32%)

陸上植物^(a)に最も近縁な広義緑藻類のアオサの生活環では、が成熟すると植物体の一部に配偶子嚢が形成される。この配偶子嚢の中で配偶子が形成され、成熟すると外界に放出される。放出された配偶子は海水中を移動し、別の配偶子と接合する。受精卵は海水中に単独で存在し、これが分裂を繰り返してへと成熟する。一方、最も原始的な陸上植物のコケ類では、成熟したにある雄器床の上に造精器が、雌器床の下に造卵器が形成される。造精器で形成された精子は雨水を伝って移動し、造卵器の卵細胞と受精する。生じた受精卵は造卵器のなかでに保護されて成長する。このような生活環から陸上植物はとも呼ばれる。また、に依存した胚を従属性胚と呼んでいる。

コケ類から更に進化した裸子植物^(b)の生活環ではコケ類と比較して配偶体世代が縮小する。アカマツの生活環^(c)では、雌の毬果^{きゅうか}にある種鱗の基部にが形成される。は珠皮と珠心からなり、珠心の中心部には大孢子母細胞がある。これは減数分裂して4つの大孢子をつくるが、その4つの大孢子的うち3つは消失する。残った大孢子は細胞分裂を繰り返して多数の細胞からなるを形成し、その珠孔に近い部分に始原細胞が生じる。始原細胞は分裂してと中央細胞を形成し、中央細胞は更に分裂して卵細胞とを形成する。卵細胞は精細胞と受精して胚を形成し、胚は胚乳^(d)から栄養分を得て成長する。このとき、胚はであり、胚乳はである。

問 1. 本文中の①～⑧には「孢子体」か「配偶体」のどちらかが入る。それぞれどちらか答えなさい。

問 2. 下線部(a)に関して、陸上植物には異型孢子と同型孢子的2種類の孢子がある。これらについて以下の小問に答えなさい。

- (1) 異型孢子をもつ植物は大きさの異なる2種類の孢子を生じるのに対して、同型孢子をもつ植物は同じ大きさの1種類の孢子しか生じない。大きさが異なること以外に異型孢子と同型孢子的の違いについて説明しなさい。
- (2) 以下の植物は異型孢子と同型孢子的のどちらをもつのか、それぞれ答えなさい。

ゼニゴケ (タイ類)

ヒカゲノカズラ (ヒカゲノカズラ植物門)

トクサ (トクサ植物門)

ベニシダ (シダ目)

ダイズ (被子植物)

問 3. 本文中の (ア) ~ (エ) に入る適切な語を答えなさい。

問 4. 下線部(b)に関して, 裸子植物には 4 つの分類群 (門) がある。名称を答えなさい。

問 5. 下線部(c)に関して, アカマツの小孢子嚢に小孢子母細胞が形成されてから成熟した花粉に成長するまでの過程を次の語句を使って 200 字程度で説明しなさい。

雄原細胞, 精原細胞, 不稔細胞, 管細胞, 精細胞

問 6. 裸子植物と被子植物の配偶体の違いを説明しなさい。

問 7. 下線部(d)について, 裸子植物と被子植物の胚乳の違いを説明しなさい。