

平成 22 年度

前期日程

理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left[\begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 13 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 14 \text{ ページから } 21 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 22 \text{ ページから } 33 \text{ ページ} \end{array} \right]$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理 3 枚、化学 4 枚、生物 4 枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄に 1 枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1 ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科，化学科，生物科学科生物科学コースを志望する者は，物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は，物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は，物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

生物問題

(解答はすべて生物解答用紙に記入すること)

〔1〕 光合成に関する以下の文章を読み、問1～問3に答えよ。

光合成とは、光のエネルギーを利用してデンプンのような炭水化物を合成する反応である。植物の細胞内で光合成に関与するタンパク質を調べるために、ランダムな突然変異を誘発する手法を用いて、ある植物について葉の色が緑色から黄色に変わった変異体(突然変異が起こった植物)を得た。葉の色以外には、野生型と変異体の大きさや葉の数などには違いはなかった。この変異体と野生型の植物について、次のような実験を行った。

【実験1】

照射する光の強さを変えて、葉の単位面積当たりの二酸化炭素の吸収速度を調べたところ、図1に示す結果を得た。

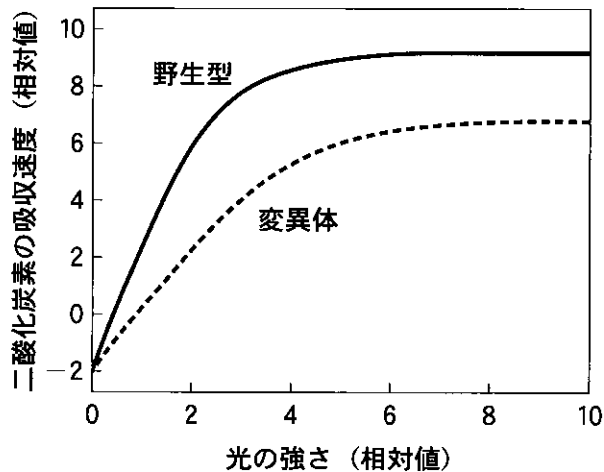


図1 光の強さと二酸化炭素の吸収速度

(縦軸の値が負の場合は、二酸化炭素を放出していることを表す。)

【実験 2】

葉緑体中のクロロフィル(葉緑素)は、チラコイド膜に埋め込まれたクロロフィル結合タンパク質に結合した状態で働いている。野生型と変異体の細胞から葉緑体を精製し、そのチラコイド膜内に含まれるクロロフィルの分析を行ったところ、野生型に比べて変異体ではクロロフィルの量が大きく減少していた。さらに、界面活性剤(弱い洗剤の作用をもつ物質)などを用いてチラコイド膜からクロロフィル結合タンパク質を単離し、その量を調べたところ、野生型に比べて変異体ではその量が減少していた。

【実験 3】

変異体において突然変異が生じた遺伝子を同定したところ、活性酸素を除去する酵素 A の遺伝子であることが分かった。活性酸素は、電荷が不安定で非常に強い酸化力をもっている。タンパク質などの生体高分子は、活性酸素による酸化損傷を受けると分解しやすいことが知られている。特に葉緑体内では細胞内の他の場所より活性酸素が生成しやすい。そこで、葉緑体内の活性酸素レベルを調べたところ、野生型よりも変異体のほうが活性酸素レベルが高かった。さらに、変異体のゲノム DNA に酵素 A の正常な遺伝子を組み込んで育てたところ、葉の色は緑色になり、二酸化炭素の吸収速度も野生型と同程度になった。

問 1 図 1 において、光が非常に弱い条件では野生型も変異体も二酸化炭素を放出していた。このような現象が生じた理由を 50 字以内で説明せよ。

問 2 【実験 1】で測定した二酸化炭素の吸収速度において、野生型と変異体との間で違いが生じた理由を、【実験 2】の結果に基づいて、50 字以内で説明せよ。

問 3 【実験 1】の結果において野生型と変異体との間で違いが生じた理由を、さらに【実験 3】の結果をふまえて推定し、100 字以内で答えよ。

〔2〕 細胞内のタンパク質輸送に関する以下の文章を読み、問1～問3に答えよ。

細胞の中には細胞小器官として小胞体やゴルジ体が存在し、これらが細胞内のタンパク質輸送に関与することが知られている。タンパク質が小胞体やゴルジ体間でどのように輸送されるかを知るため、GFP(green fluorescent protein：緑色蛍光タンパク質)^{注1)}を用いて、細胞の表面に分布し細胞膜を貫通するタンパク質(膜貫通タンパク質)Xについて、以下のような実験を行った。このタンパク質Xは温度によって構造が変わり、異なる細胞小器官に蓄積することが知られている。

注1) GFPは、下村脩博士がオワンクラゲから精製したタンパク質であり、特定の波長の光を吸収し緑色の蛍光を発する。GFPと様々なタンパク質との融合タンパク質を細胞に発現させ、そのタンパク質の動きを生きた細胞で蛍光を指標に観察することができるようになり、生物学研究に飛躍的な進歩がもたらされた。この功績により、下村博士らは2008年のノーベル賞を受賞した。

【実験】

膜貫通タンパク質XとGFPの融合タンパク質(これをX-GFPと呼ぶ)の遺伝子を培養細胞に導入して40℃で1晩(約12時間)培養し、X-GFPを細胞に合成させた。

その後、

A群の細胞は引き続き40℃で2時間培養した。

B群の細胞は32℃で2時間培養した。

C群の細胞は温度を急激に20℃にして20℃のまま2時間培養した。

温度を40℃から32℃や20℃に変化させてからはタンパク質合成はないものとし、細胞死は起こらないものとする。

その結果、X-GFP の蛍光の 2 時間後の分布は以下のようになった。

- ・ A 群の細胞：小胞体のみ分布した。
- ・ B 群の細胞：細胞膜に主に分布した。
- ・ C 群の細胞：ゴルジ体に主に分布した。

小胞体は膜貫通タンパク質の合成の場所として重要なことが知られており、ゴルジ体の役割はタンパク質の加工(修飾や濃縮)であることが知られている。そして、小胞体とゴルジ体の間や、ゴルジ体と細胞膜の間では膜の袋(小胞)でタンパク質の輸送が行われていることが知られている。

そこで、X-GFP が細胞内でどのように輸送されるかを知るために、細胞内の分布の時間経過を観察した結果は以下のようであった。

A 群の細胞では、観察開始から 2 時間に渡り、X-GFP の蛍光は細胞質全体に網目状に観察された。

B 群の細胞では、40℃ から 32℃ に変化させてから 30 分までは、X-GFP の蛍光は網目状に観察され、その網目状の構造物の近くで小さな球状となり、それが細胞の周辺部から細胞の中心に向けてすばやく輸送され、核近傍に集積した。その後、X-GFP の蛍光がやや大きい細長い構造物として、核近傍に集積した場所から辺縁部に移動し、細胞の辺縁部の蛍光が増強することが分かった。

C 群の細胞では、核近傍に X-GFP の蛍光が集積していた。

問 1 観察された X-GFP の細胞内での動きについて、以下の文の①～③に適切な文字を入れよ。

X-GFP は、40℃ では(①)から出られず、20℃ では(②)から出ることができないが、32℃ では(①)から(②)を通過して(③)に行くことができることが分かる。

また、40℃ から 32℃ にしてから 30 分までと、30 分から 2 時間までの間では、各々どの細胞小器官からどの細胞小器官への動きを主に観察することができるか、④～⑦に適切な文字を入れよ。

30 分まで：(④)から(⑤)

30 分から 2 時間まで：(⑥)から(⑦)

問 2 C群の温度を 20℃ から 32℃ に上げると X-GFP の蛍光の分布はどうかと考えられるか、30 字以内で答えよ。

問 3 B群の細胞で観察された事象について、以下の問に答えよ。

(1) 下線部の細胞小器官は何か答えよ。

(2) 小胞体から細胞膜への X-GFP の輸送について、以下の言葉を用いて 100 字以内で説明せよ。

(小さい球状の構造物、やや大きい細長い構造物、細胞の核近傍、ゴルジ体)

〔3〕 細菌の突然変異に関する以下の文章を読み、問1～問4に答えよ。

突然変異誘発能を持つ低分子有機化合物 A、B と、ヒスチジン合成に関わる遺伝子 *his* に変異を有する細菌 C、を用いた以下の実験で、図1～図3のような結果を得た。なお細菌 C は無機塩類とグルコースのみを栄養源として含む最少培地では生育できず、増殖のためにヒスチジン添加が必要である。

【実験の概要】

1. 各種濃度の化合物 A と一定数の細菌 C を試験管内の最少液体培地中 37℃ で 20 分間混和した。
2. 試験管内容物をシャーレ内の最少寒天培地上に滴下し 2 日間 37℃ で培養した。生じたコロニーを計数し、その結果を図1に示した。
3. 生じた任意のコロニーのいくつかより細菌を回収し、その細菌の *his* の塩基配列を解析した。元の細菌 C の *his* の塩基配列も同様に解析した。
4. 図1の D (10 mg/L の化合物 A 添加条件) から得たあるコロニーの *his* の配列と元の細菌 C の *his* の配列を比較して違いを認めた部位を図2に示した。
5. 各種濃度の化合物 B と一定数の細菌 C を試験管内の最少液体培地中 37℃ で 20 分間混和した。この反応の際に、添加物(実験動物の肝臓から得られたもの)を加える試験管と、加えない試験管をそれぞれ用意した。
6. 試験管内容物をシャーレ内の最少寒天培地上に滴下し 2 日間 37℃ で培養した。生じたコロニーを計数し、その結果を図3(イ)に示した。
7. 実験の概要5において反応に加える添加物に対し、熱処理、タンパク質分解酵素処理、または DNA 分解酵素処理を施した場合の結果を図3(ロ)に示した。

注) 化合物 A、B はヒスチジンおよびその類似体ではない。添加物、タンパク質分解酵素、DNA 分解酵素は細菌 C に影響を与えないものとする。

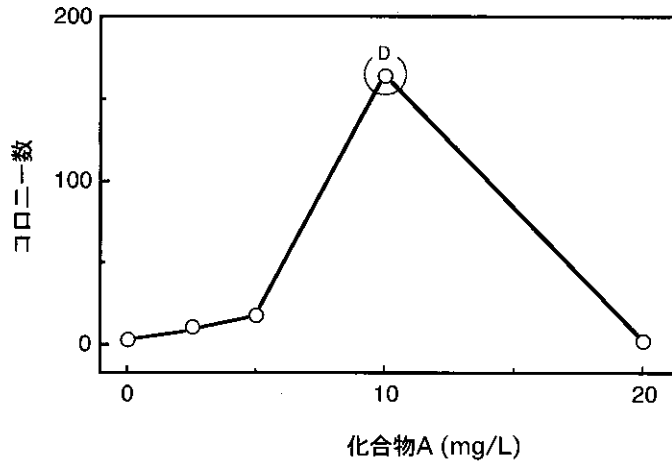


図 1

表 1 伝令 RNA の暗号表(コドン表)

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 番目の塩基
	U	C	A	G	
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	**	**	A
	Leu	Ser	**	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	*Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

* 開始コドンとしても機能

** 終止コドン

1 11 21 31 41 51

配列Ⅰ ATGCCCCATG TCAAGTCTCT ACCTACTTCA AAATTACATA GGGGGTAAAC GTTTGCAACG

配列Ⅱ ATGCCCCATG TCAAGTCTCT ACCTACTTCA AAATTACATA GGGGAAACG TTTGCAACGT

図 2

配列Ⅰは細菌 C, 配列Ⅱは化合物 A (10 mg/L) を添加して出現したコロニー由来の細菌よりそれぞれ得られたものであり, 翻訳開始点から表示している。なお *his* 遺伝子が翻訳されたタンパク質は約 300 個のアミノ酸から構成されているものとする。

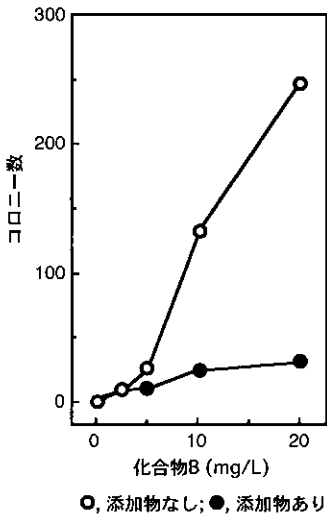


図 3 (イ)

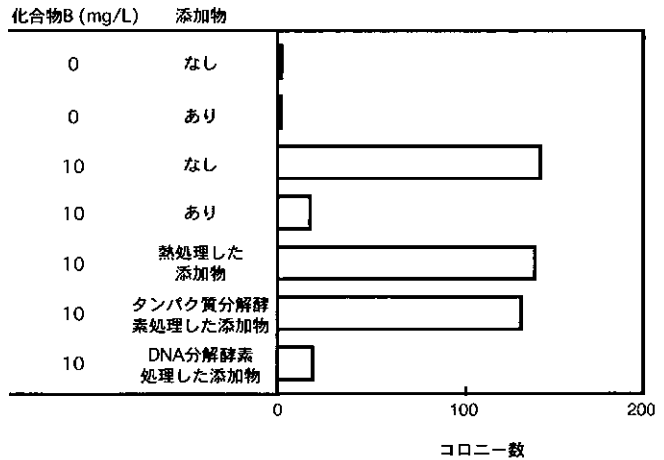


図 3 (ロ)

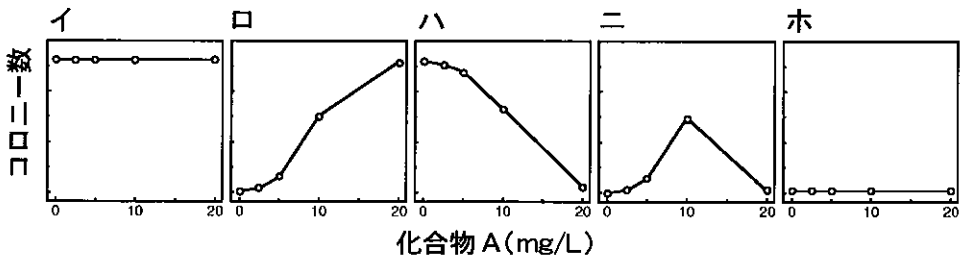
問 1 図 1 の結果を説明する以下の文章を読み, 正しいものに○, 誤っているものに×をつけよ。

- (1) 化合物 A を 10 mg/L の濃度で加えた条件でコロニーが出現したのは突然変異により細菌 C の増殖にグルコース添加が不要となったためである。
- (2) 化合物 A を 10 mg/L の濃度で加えた条件でコロニーが出現したのは突然変異により細菌 C の増殖にヒスチジン添加が不要となったためである。

問 2 図 2 の塩基配列を解析し、表 1 を利用して以下の問に答えよ。

- (1) 細菌 C のヒスチジン合成活性を測定したところ検出されなかった。その理由を塩基配列の結果から考察し、40 字以内で述べよ。
- (2) 化合物 A (10 mg/L) を添加して出現したコロニー由来の細菌はヒスチジン合成活性を有していた。その理由を塩基配列の結果から考察し、40 字以内で述べよ。

問 3 図 1 において 20 mg/L の化合物 A による処理で、10 mg/L の場合と比較してコロニー数が減少している。これは化合物 A が *his* に対して復帰変異を起こすが、高濃度では細菌 C の生存・増殖に対して抑制的に働くためにコロニーが減少している可能性が考えられる。その仮説を検証するために以下の実験を行った。化合物 A を 0 mg/L ~ 20 mg/L の濃度で添加した試験管を用意し、それぞれ細菌 C と混和し、20 分後に ヒスチジンを含む 最少寒天培地に植えた。上記の仮説が正しい場合、2 日間培養後のコロニー数は化合物 A の濃度によりどのように変化すると考えられるか。イ～ホから一つを選択せよ。



問 4 図 3 (イ) および (ロ) において添加物の有無で化合物 B の作用に違いが観察されている。添加物の物性、機能について以下の問に答えよ。

- (1) 添加物の存在でコロニーが減少した理由について考察し、40 字以内で説明せよ。
- (2) 添加物はどのような物質と考えられるか、理由と共に 40 字以内で答えよ。

〔4〕 免疫に関する以下の文章を読み、問1～問4に答えよ。

移植医療は現代の医学で重要な分野となっている。一般に、免疫抑制剤などの投与なしに他人の細胞、臓器を移植すると、それらは生着せず拒絶される。拒絶反応は、自己と非自己を区別し、非自己を排除する免疫反応、その中でも特にリンパ球の一種であるT細胞の働きにより起こる。臓器を構成する各細胞には各個人特有の(ア)の目印となる“組織適合性抗原”というタンパク質が発現している。移植された臓器が拒絶されるのは、T細胞が(イ)の組織適合性抗原を認識し、それを発現する細胞を攻撃するためである。一方、(ア)の皮膚を移植しても、拒絶が起こらず生着するのは、(ア)の組織適合性抗原を認識し、それを発現する細胞を攻撃するT細胞が存在しないためである。

組織移植の基礎研究は純系(近交系)マウス間での皮膚移植実験により大きく進展した。純系マウスとは、全ての個体が遺伝的にほぼ同一になったマウス系統のことであり、近親交配を20代以上継続することにより得られる。純系マウスにおいては、組織適合性抗原遺伝子を含め、全ての対立遺伝子をホモ接合体として持つ。したがって、同系統のマウスはすべて同じ組織適合性抗原を発現している。皮膚移植実験において、移植する皮膚を提供する個体をドナー、移植を受ける個体をレシピエントと呼ぶ。異なった組織適合性抗原をもつ異系統間での皮膚移植において拒絶が起こるのは、主としてレシピエントの(ウ)がドナーの皮膚の細胞に発現する(エ)の(オ)を認識し、移植された皮膚を攻撃するためである。以下の皮膚移植実験を行い、皮膚が生着するかどうかを観察した。

【実験 1】

ドナーから採取した皮膚をレシピエントに移植した。実験には A 系統, B 系統, a 系統の純系マウスを用いた。以下にその結果を示す。A 系統と a 系統は同じ組織適合性抗原を持つが, a 系統においてはある遺伝子異常のためにリンパ球が存在しない。A 系統と B 系統の組織適合性抗原は異なる。

		ドナー		
		A 系統	B 系統	a 系統
レシピエント	A 系統	生 着	拒 絶	(カ)
	B 系統	拒 絶	生 着	(キ)
	a 系統	生 着	(ク)	生 着

【実験 2】

A 系統マウスと B 系統マウスの子に生まれた子供(A×B マウスと呼ぶ)の組織には, A 系統および B 系統の両系統の組織適合性抗原が発現している。そのようなマウスを用いた皮膚移植実験の結果を以下に示す。

		ドナー	
		A 系統	A×B マウス
レシピエント	A 系統	生 着	(ケ)
	A×B マウス	<u>生 着</u>	生 着

問 1 上記の(ア)～(オ)に入る言葉を以下の中から選んで番号で答えよ。同じものを繰り返し用いても構わない。

- 1 免 疫 2 自 己 3 T細胞 4 B細胞 5 非自己
6 抗 体 7 組織適合性抗原 8 好中球

問 2 実験 1 と実験 2 の結果を示した表の(カ)～(ケ)に入る言葉を以下から選んで番号で答えよ。

- 1 生 着 2 拒 絶

問 3 実験 2 において、下線に示すように、A 系統由来の皮膚を A×B マウスに移植したときに生着する理由を、以下の言葉を用いて 80 字以内で答えよ。
(組織適合性抗原, T 細胞)

問 4 近年、分化した体細胞から多能性幹細胞(個体を構成する様々な細胞になりうる細胞, induced pluripotent stem cell (iPS 細胞))を作製する方法が発見された。この方法を用いれば、自己の体細胞, 例えば皮膚から多能性幹細胞を作製し、それを源として様々な細胞, 組織を作り出すことが原理上可能であると考えられる。そのような細胞あるいは組織を用いれば、臓器移植における拒絶反応の問題は解決されるのではないかと注目を浴びている。その理由を、以下の言葉を用いて 100 字以内で答えよ。
(自己の体細胞, iPS 細胞, 組織適合性抗原, T 細胞, 拒絶反応)