

受 験 番 号					

東京大学大学院新領域創成科学研究科
先端生命科学専攻

平成 30 (2018) 年度修士課程入学試験問題

専門基礎生命科学及び小論文

実 施 日：平成 29 年 8 月 1 日 (火)

時 間：9：30 ～ 11：30

注意事項：

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答には、必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
3. 問題には「問題 1 及び問題 2 (専門基礎生命科学)」と「問題 3 (小論文)」があります。以上、すべての問題について解答しなさい。
4. 解答用紙は緑色のもの 2 枚(問題 1 及び 2 用)、水色(マス目付き)のもの 1 枚(問題 3 用)の計 3 枚が配られます。確認しなさい。
5. 問題 1 及び問題 2 の解答には、解答用紙 1 枚ずつを使用しなさい。解答は英語で書いても構いません。
6. 各解答用紙および問題冊子の所定欄に、受験番号を必ず記入しなさい。
7. 3 枚の解答用紙右上の問題番号欄に問題 1、問題 2、問題 3 と記入し、また、問題 1～問題 3 の解答欄には解答ごとに問の番号(例：問 1-4-1))をそれぞれ記入して解答を記しなさい。
8. 各問題において、行数、図や化学式などの使用についての指示がある場合には、それに従いなさい。
9. 解答用紙に、解答に関係のない文字、記号、図、式などを記入してはいけません。
10. 解答できない場合でも、解答用紙すべてに受験番号を記入して提出しなさい。
11. 解答用紙を、草稿用として使用してはいけません。草稿用には問題冊子中の余白を使用しなさい。
12. 問題冊子・解答用紙を持ち帰ってはいけません。
13. 試験時間は 2 時間です。ただし、試験開始後 1 時間を経過した後は、問題冊子・解答用紙を試験監督に提出したうえで、退室しても構いません。

問題 1

以下の問 1-1～問 1-7 について、解答せよ。

問 1-1 次の文章を読み、(1)～(3)の間に答えよ。

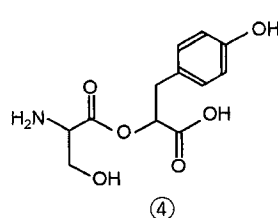
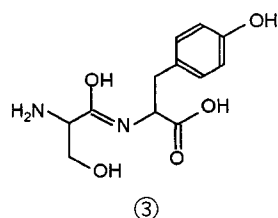
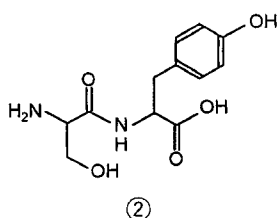
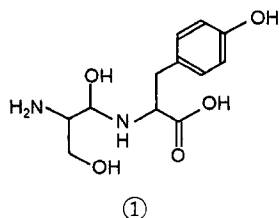
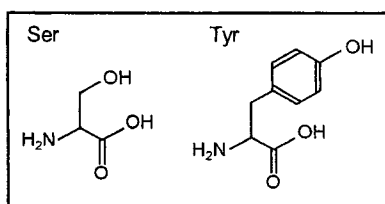
以下のような9種類のアミノ酸がある。

Glu、His、Trp、Ser、Tyr、Gly、Leu、Arg、Pro

(1) 上の9つのアミノ酸の中で、不斉炭素がないものはどれか。

(2) 上の9つのアミノ酸の中で、最も強い塩基性を示すものはどれか。

(3) Ser と Tyr の構造は、下の枠内に示した通りである。これらがペプチド内で結合するときの構造をもっとも正しく示した図はどれか、下図の①～④から選べ。



問 1-2 次の説明文について、(あ)～(う)にあてはまるもっとも適切な語句を記せ。

遺伝子発現の調節について、その機構が初めて明らかにされたのは、大腸菌の β ガラクトシダーゼ遺伝子である。この遺伝子の上流には(あ)とよばれる特定の塩基配列が存在する。ここに、*lacI* 遺伝子から構成的につくられている(い)が結合することで、RNA ポリメラーゼの働きが阻止される。ラクトースの代謝産物であるアロラクトースが(い)に結合すると、(い)は(あ)に結合できなくなる。したがって、ラクトース存在下では、RNA ポリメラーゼが(う)に結合し、 β ガラクトシダーゼ遺伝子の mRNA が合成される。

問 1-3 次の文章を読み、(え)～(こ)に入る適切な語句を答えよ。

アドレナリンが細胞表面に存在する受容体に結合すると、(え)を介して、アデニル酸シクラーゼとホスホリパーゼ C が活性化される。アデニル酸シクラーゼによって(お)から(か)が作られ、(か)は細胞内でセカンドメッセンジャーとして働き、タンパク質リン酸化酵素である(き)を活性化する。また、ホスホリパーゼ C はホスファチジルイノシトール 4,5-ビスリン酸を加水分解して、(く)とイノシトール 1,4,5-トリスリン酸を生成する。(く)はタンパク質リン酸化酵素であるプロテインキナーゼ C を活性化し、イノシトール 1,4,5-トリスリン酸は細胞内小器官である(け)からのカルシウムイオンの動員を引き起こす。カルシウムイオンはセカンドメッセンジャーとして働き、カルシウムイオン結合タンパク質である(こ)に結合し、(こ)依存的タンパク質リン酸化酵素を活性化する。

問 1-4 次の文章を読み、(1)、(2)の間に答えよ。

被子植物では、めしべの柱頭に付着して発芽した花粉から花粉管が伸長する。花粉管は花柱の中を伸長して胚嚢に達する。花粉管の中の2つの精核のうち、ひとつは(さ)と融合して受精卵の核になり、もうひとつは2つの極核と融合して(し)となる。この過程では2か所で核の融合がみられるが、これを(す)と呼ぶ。

(1) (さ)～(す)に適切な語句を記入せよ。

(2) 花粉管の胚嚢への誘導には、胚嚢中の卵細胞、助細胞、中央細胞のいずれかが関与していると考えられた。これら3種の細胞のいずれが関与しているかを明確に示すにはどのような実験を行えばよいか。2～3行で述べよ。

問 1-5 哺乳類の獲得免疫機構に関する次の文章を読み、(1)、(2)の間に答えよ。

獲得免疫を担うリンパ球には、(せ)で分化し、抗体を産生するB細胞と、(そ)で分化し、(た)と抗原ペプチドの複合体を認識するT細胞が存在する。抗体のタンパク質としての名称は免疫グロブリンであり、健常な成人の血液中に存在する主要な免疫グロブリンであるIgGの分子量は約(ち)である。免疫グロブリンの抗原認識部位は無限に近い多様性を持ち、多様な抗原に対応することが可能である。このような免疫グロブリンの抗原認識部位の多様性の形成は、免疫グロブリン遺伝子の(つ)によって、実現されている。

(1) (せ)～(た)、(つ)に入る適切な語句を答えよ。

(2) (ち)に入るもっとも適当な数値を以下の選択肢から選べ。

1, 500 15, 000 150, 000 1, 500, 000

問 1-6 以下の説明文について、(て) ～ (ね) に入るもっとも適切な語句を記せ。

脊椎動物は三胚葉性の生物であり、表皮や神経は(て)、脊索や骨格筋は(と)、肺や消化管は(な) と呼ばれる胚葉に、それぞれ由来する。胚発生と比較的初期に、胚の表面の細胞群が胚の内側へ入り込む(に) と呼ばれる現象が起こり、それによって三胚葉が形成される。発生が進むと、(て) の一部は陥入して(ぬ) と呼ばれる管状の構造を作り、それが中枢神経系へと分化する。(て) の残りの多くの部分は表皮となるが、表皮と(ぬ) の間に挟まれた一群の細胞は、遊走性の(ね) となり、体のさまざまな場所へ移動し、末梢神経系や顔面軟骨などに分化する。

問 1-7 次の文章を読み、(1) ～ (4) の間に答えよ。

一般に、動物の精子は鞭毛を持ち、その屈曲によって運動する。鞭毛の運動を担う基本構造は、(の) + (は) 構造と呼ばれる微小管の軸糸とその間に配置される(ひ)、さらにはこれらを取り巻く(ふ) から成っている。微小管は(へ) が重合して形成されており、(ひ) が(ふ) の産生する(ほ) を加水分解することで放出されるエネルギーによって隣り合う微小管同士が滑り、これが鞭毛の屈曲を生み出す。

(1) (の)、(は) にあてはまる数字を入れよ。

(2) (ひ)、(へ)、(ほ) に入る適切な語句を記せ。

(3) (ふ) にあてはまる細胞内小器官を記せ。

(4) 動物の精子と同様の構造を持つものを以下からすべて選び、その記号で答えよ。

- (a) ゴウリムシの繊毛 (b) 緑膿菌の線毛 (c) 大腸菌の鞭毛
(d) ミドリムシの鞭毛

問題 2

以下の問 2-1～問 2-4 について、解答せよ。

問 2-1 次の文章を読んで、以下の (1)～(4) の問に答えよ。なお有効数字は 2 桁とする。

血液中のグルコース濃度のことを血糖値と呼ぶ。食後は血糖値が一時的に上昇するが、その後次第に減少し定常状態に戻る。定常状態の基準値は 70-109 mg/dL とされる。血液検査により基準値を超える血糖値が検出された場合、糖尿病などの糖代謝異常があると考えられる。体重が 63 kg の A さんは定期健康診断の血液検査で、血糖値が 120 mg/dL であると告げられた。血糖値が基準値を超えていたため、A さんはグルコース負荷試験を受けることになった。ア) 75 g のグルコースを摂取し、その 2 時間後に採血を行った。血糖値を測定したところ 210 mg/dL であることがわかり、糖尿病であると診断された。

(1) ヒトでは体重の 8 % が血液であるとした場合、A さんの血液量は何 L であるか答えよ。なお、血液の比重は 1.05 とする。

(2) 定期健康診断の際、A さんの全血液中に、グルコースは何 g 含まれていたか答えよ。

(3) 下線部ア) の負荷試験の際、摂取したグルコースのうち、何 % が血液中存在していたか答えよ。ただし、グルコース摂取直前の血糖値は、120 mg/dL であった。

(4) A さんにおいてどのような異常が糖尿病の原因として考えられるか、以下の用語をすべて用いて 2～3 行で説明せよ。

インスリン、グルコーストランスポーター、インスリン受容体、膵臓

問 2-2 次の文章を読んで、(1) ～ (4) の間に答えよ。

DNA の複製が完了すると、元の二本鎖 DNA と同じ塩基配列をもつ二本鎖 DNA が 2 つできる。二本鎖のうち 1 本は鋳型となった元の鎖 (親鎖)、もう 1 本は複製によって合成された新しい鎖 (娘鎖) で、このような複製方法を (ま) という。

実際に (ま) が起こることは、メセルソンとスタールが行った実験により証明された。その実験手順は以下の通りである。

手順 1 : 窒素源として ^{15}N を含む培地で大腸菌を、何代も培養する。

手順 2 : 手順 1 で得られた大腸菌を、 ^{15}N を含まない通常の培地に移す。

手順 3 : 一定時間ごとに大腸菌を回収し、精製した大腸菌の DNA を遠心管に移し、密度勾配遠心法 (注 1) により遠心分離する。

注 1 : 密度勾配遠心法とは、密度に応じて物質を分離する方法のこと。

(1) (ま) にあてはまるもっとも適切な語句を記せ。

(2) 下線部イ) について、ある容量あたりの大腸菌の数を経時的にカウントし、グラフ上にプロットしたところ図 1 のようになったとする。大腸菌が 1 回分裂するために必要な時間を答えよ。

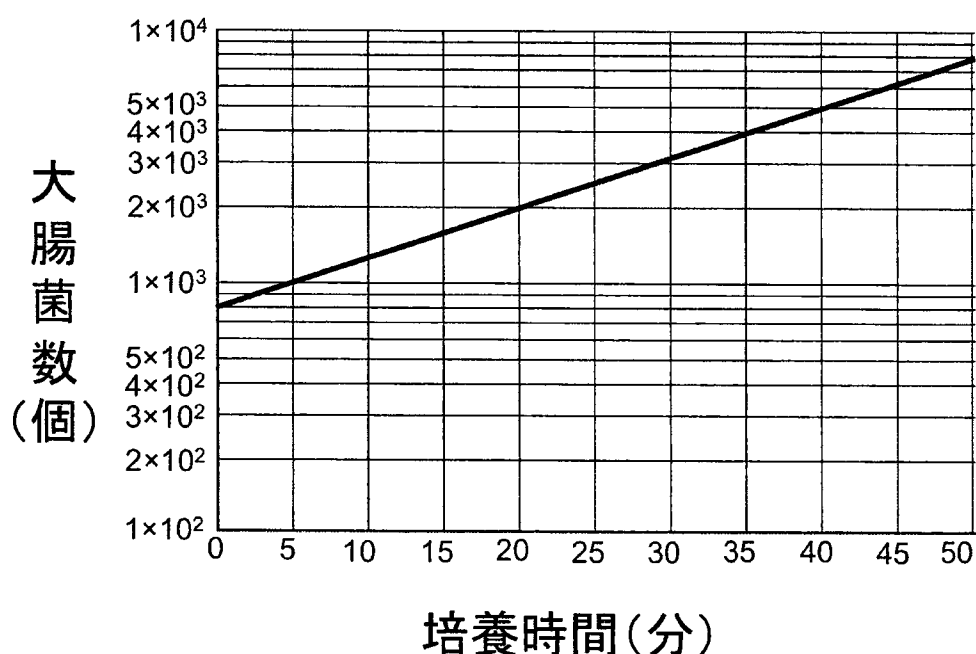


図 1. 培養時間に伴う大腸菌数の変化

(3) 手順3の遠心分離により、図2に示すような結果が得られた。通常の培地に移して1回目の複製を終えた大腸菌のDNAのバンドが、図中のBの位置にみられた理由について、以下の語句をすべて用い、2～3行程度で説明せよ。

^{15}N ^{14}N 密度

(4) 通常の培地に移して2回目の複製後に回収した大腸菌のDNAを同じ手法により遠心分離した場合、どのような結果が得られると予想されるか。以下の説明の中からもっとも適切なものを1つ選び、記号で答えよ。また、その理由について2～3行程度で説明せよ。

- a. Aに相当するバンドのみがみられる。
- b. Cに相当するバンドのみがみられる。
- c. Aに相当するバンドとCに相当するバンドがみられる。
- d. Aに相当するバンドとBに相当するバンドがみられる。
- e. Bに相当するバンドとCに相当するバンドがみられる。
- f. AとBの間に位置するバンドがみられる。

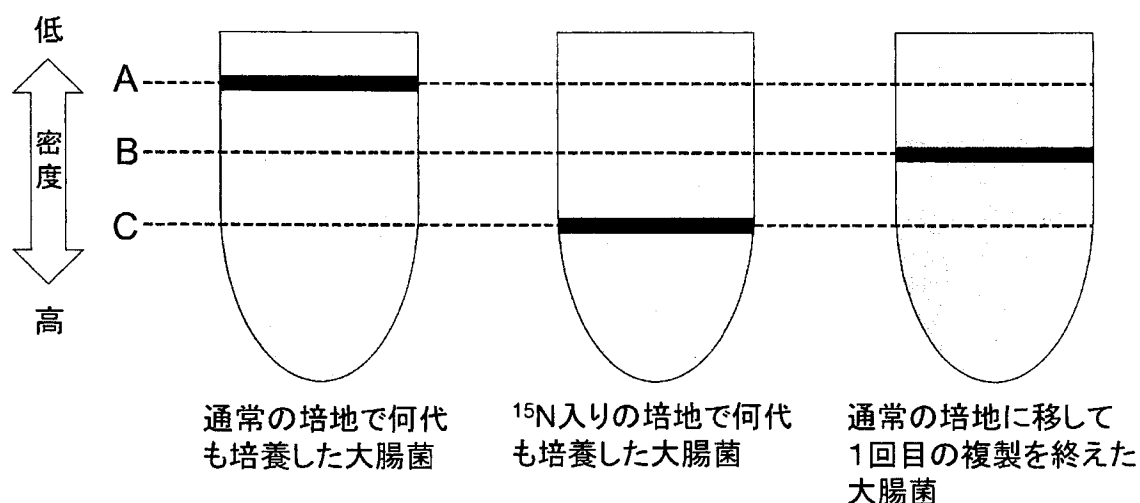


図2. 密度勾配遠心法による遠心分離の結果を表した模式図。密度が等しいDNAは遠心管内にバンド（図中太線）として観察される。

問 2-3 次の文章を読んで、以下の（１）～（５）の問に答えよ。

シヨウジョウバエのある組織で、図の左側のように、遺伝子 B が領域 X で、遺伝子 A と遺伝子 C が領域 Y で発現しており、遺伝子 D は領域 X と領域 Y の両方で発現しているものとする。遺伝子 A, B, C, D の間には、図の右側に示すような相互発現制御関係が予想されている。特に、遺伝子 B の発現は、遺伝子 A と遺伝子 C の両方が発現した場合にのみ抑制される（協調的な発現抑制）と考えられている。ただし、発現の抑制は活性化よりも効果が強く、また、遺伝子 D の発現は遺伝子 A, B, C に制御されていない。

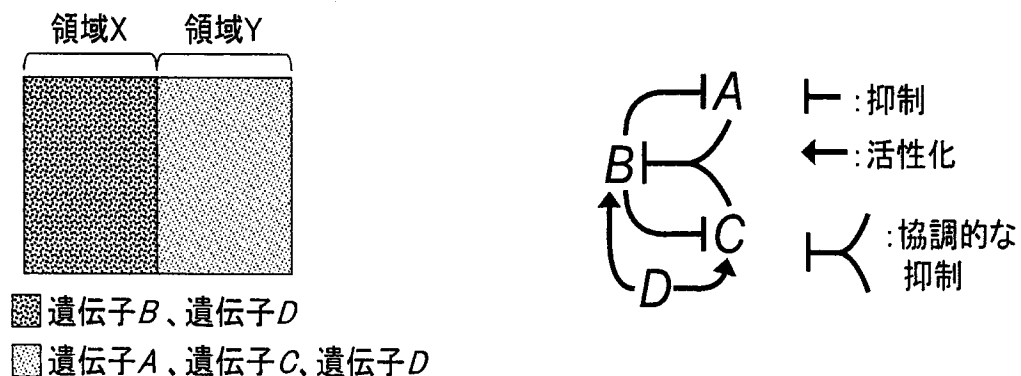


図 ある組織における遺伝子 A, B, C, D の発現様式（左）と相互発現制御関係の仮説（右）

この作業仮説を検証するために、以下の（i）～（vi）に示す遺伝学的な実験を行った。

（実験）

- （i） 領域 X で、遺伝子 B の発現を消失させる。
- （ii） 領域 Y で、遺伝子 B を強制的に発現させる。
- （iii） 領域 Y で、遺伝子 A の発現を消失させる。
- （iv） 領域 Y で、遺伝子 C の発現を消失させる。
- （v） 領域 X で、遺伝子 A を強制的に発現させる。
- （vi） 領域 X で、遺伝子 C を強制的に発現させる。

（１）（i） について、仮説が正しい場合、領域 X における遺伝子 C の発現はどうなると考えられるか、答えよ。

(2) (ii)について、仮説が正しい場合、領域 Y における遺伝子 C の発現はどうなると考えられるか、答えよ。

(3) (iii)について、仮説が正しい場合、領域 Y における遺伝子 B の発現はどうなると考えられるか、答えよ。

(4) (v)について、仮説が正しい場合、領域 X における遺伝子 B の発現はどうなると考えられるか、答えよ。

(5) (i)～(v)までは予想通りの結果が得られたが、(vi)については、予想に反して領域 X での遺伝子 B の発現が消失した。このことから、最初の作業仮説は不完全なものであることがわかった。正しいと考えられる発現制御関係について、図の右側にならって示せ。ただし、遺伝子 A, B, C, D 以外の遺伝子の関与は考えないものとする。

問 2-4 次の文章を読んで、以下の（１）～（３）の問に答えよ。

ヒトのある常染色体性遺伝子 X には対立遺伝子 A と a が存在する。ある地域で一万人の集団調査を行い、遺伝子 X の遺伝子型を調査したところ、 AA は 8011 人、 Aa は 1978 人、 aa は 11 人であった。 a を持つ個体は栄養吸収に障害があり、障害の程度は aa では重篤で Aa では軽微であるとする。一方で、 a を持つ個体はこの地域に多発するある感染症に対して抵抗性をもつとする。抵抗性の程度は aa と Aa で同程度とする。これらの要因により Aa は AA と aa より高い適応度をもつとする。

（１） A の遺伝子頻度と a の遺伝子頻度を求めよ。

（２）ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っていると仮定して、遺伝子型 AA 、 Aa 、 aa のそれぞれについて、人数の期待値を求めよ。

（３）以下の A～D のそれぞれの状況において、対立遺伝子 a の頻度はどのような変化をたどると予想されるか。A～D のそれぞれについて、選択肢 1～5の中から正しいものを選び。

状況

A：栄養吸収障害を軽減する治療法が開発され、 aa の適応度は AA とほぼ等しくなった。

B：この感染症が撲滅された。

C：栄養吸収障害の完全な治療法が開発され、この障害が完全に克服された。

D：この感染症が撲滅され、かつ、栄養吸収障害の完全な治療法が開発され、この障害が完全に克服された。

選択肢

1： a の頻度は上昇を続け 1 に近づく。

2： a の頻度はしばらく上昇したのち、50%程度でプラトーに達する。

3： a の頻度は乱高下する。

4： a の頻度は変化しない。

5： a の頻度は下降を続け 0 になる。

ただし、次の 6 つの条件がすべて満たされているとする。

- この集団の人口は十分に大きい。
- 婚姻は遺伝子 X の遺伝子型とまったく無関係に行われている。
- 婚姻相手選択において集団内の居住地域に対する偏りはない。
- 突然変異率や他の集団との間の移住率は無視できるほど小さい。
- ここで想定する栄養吸収障害の治療法は、 a の持つ感染症抵抗性には影響を及ぼさない。
- A と a はここで挙げた栄養吸収と感染症抵抗性以外の点では表現型に及ぼす影響に違いがない。