福岡大学

2021 年度　一般選抜　生物

（2 科目　120 分）

I ヒトの免疫に関する次の文章を読み，**問 1**〜**問 6** に答えよ。

ヒトには，侵入した異物を排除するための免疫と呼ばれるしくみがあり，大きく自然免疫と獲得免疫に分けられる。

ヒトの自然免疫では，皮膚にできた小さな傷口から病原菌などの異物が体内へ侵入すると，皮膚内でマクロファージや樹状細胞などが，異物を細胞内に取り込んで分解する。(a) 異物を取り込んだマクロファージはサイトカインと総称される物質を分泌し，サイトカインが周りの細胞にはたらきかけ，その結果として炎症がおこる。

獲得免疫では，異物を取り込んだ樹状細胞の一部は（　イ　）に移動し，分解した異物の断片を抗原としてヘルパー T 細胞に提示する。提示された抗原を (b)T 細胞受容体によって認識したヘルパー T 細胞は増殖し，同じ抗原を認識した B 細胞を活性化して増殖させる。増殖した B 細胞は（　ロ　）に分化して，多量の抗体を体液中に分泌する。抗体は，リンパ管を通って血管に入り，抗原と特異的に結合して巨大な複合体を形成する。このように抗体が異物排除に関わる獲得免疫を体液性免疫と呼ぶ。

抗原を認識したヘルパー T 細胞は，B 細胞以外に，同じ抗原を認識した（　ハ　）も活性化する。（　ハ　）は，抗原を表面に提示した細胞を異物として直接攻撃して除去する。このように，細胞が抗原を認識して異物の排除に直接かかわる獲得免疫を細胞性免疫と呼ぶ。

抗体と抗原の複合体を調べるために，以下の**【実験】**を行なった。

【実験】

加熱処理によって病原性を失った病原菌を抗原として，ウサギに皮下注射し，3 週間後にそのウサギから採血した。採血した血液を試験管に入れて室温で静置すると，血清と (c) 血餅に分離した。血清を試験管にとり，抗原とした病原菌を少量加えて室温で静置すると，(d) 血清中に凝集体が形成された。抗原を注射していないウサギの血液で同様な実験を行なっても，凝集体は形成されなかった。

問 1　（　イ　）〜（　ハ　）に適切な語句を記入せよ。

問 2　下線部 (a) で，マクロファージが分泌するサイトカインは何か。

問 3　下線部 (b) の遺伝子は，抗体の遺伝子と同じしくみによって多様化する。このしくみを何と呼

ぶか。

問 4　下線部 (c) に関連して，ヒトの血餅の形成に必須の金属イオンは何か。

問 5　下線部 (c) に関連して，ヒトの血餅に含まれる核をもたない血液有形成分をすべて答えよ。

問 6　下線部 (d) のようになった理由として最も適切なものを，次の (1)〜(4) から 1 つ選び，番号で答えよ。

(1)　病原菌と特異的に結合した抗体どうしが結合したため。

(2)　病原菌どうしが抗体によって架橋されたため。

(3)　病原菌どうしが抗体の結合していない部分で結合したため。

(4)　抗体どうしが結合して網状構造をつくり病原菌を封じ込めたため。

II　骨格筋の収縮に関する次の文章を読み，**問 1**〜**問 6** に答えよ。

骨格筋は，筋繊維と呼ばれる筋細胞から構成されており，その収縮は運動ニューロンによって制御されている。

運動ニューロンの興奮が神経終末に達すると，(a) 運動ニューロンと筋細胞がつくるシナプスでは，アセチルコリンが分泌される。アセチルコリンが，シナプスの筋細胞側の細胞膜に存在するアセチルコリン受容体に結合すると，ナトリウムイオンが細胞内へ流入し，筋細胞に活動電位が発生する。活動電位が筋細胞の細胞膜から内部に陥入している T 管に伝わることで，筋小胞体からカルシウムイオンが放出され，(b) 骨格筋の収縮がおこる。

ニューロンの興奮と骨格筋の収縮との関係を調べるために，以下の**【実験】**を 25 ℃で行なった。

【実験】

カエルのふくらはぎから骨格筋とそれにつながっている坐骨神経を切り出し，神経筋標本とした。**図 1** に示すように，骨格筋と坐骨神経の接合部から 20 mm 離れた A 点と，接合部から 65 mm 離れた B 点に別々に閾値以上の短時間の電気刺激を 1 回だけ与えた。電気刺激後，骨格筋が収縮を始めてから弛緩して元に戻るまでの収縮の強さを時間とともに記録したところ，**図 2** のような結果が得られた。**図 2** の実線は A 点を刺激した結果，破線は B 点を刺激した結果を示す。

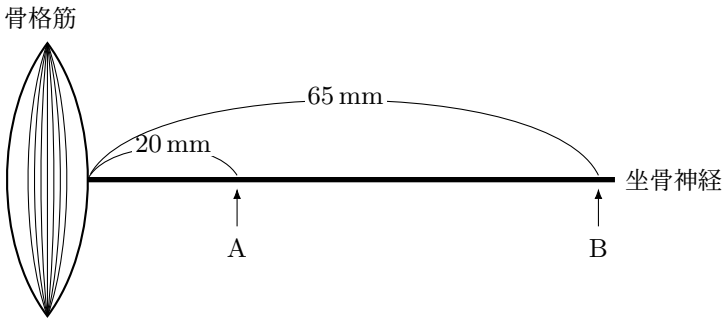


図 1

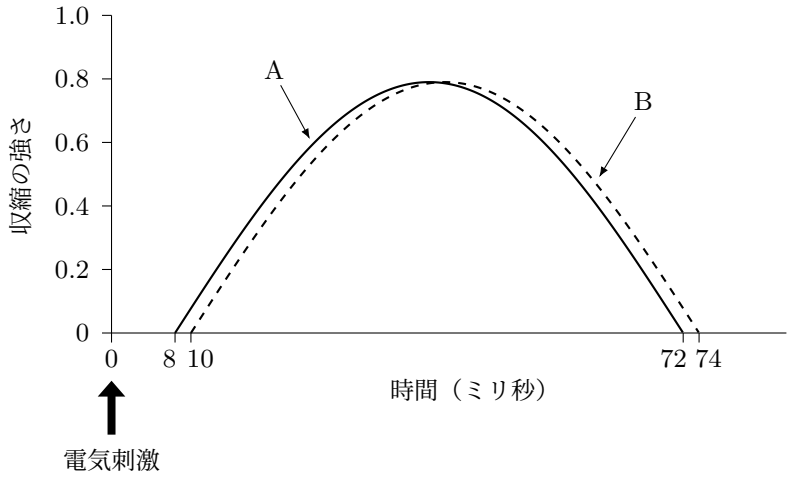


図 2

問 1　下線部 (a) のシナプスを形成している部分を特に何というか。

問 2　筋細胞の中には筋原繊維が束になって詰まっており，下線部 (b) の際，カルシウムイオンは筋原繊維の細いフィラメントを構成するタンパク質と結合する。このタンパク質は何か。

問 3　下線部 (b) によって消費された ATP は，骨格筋に多量に含まれている高エネルギーリン酸化合物からリン酸が ADP に受け渡されることによって再合成される。この高エネルギーリン酸化合物は何か。

問 4　**【実験】**の結果から，興奮が**図 1** の A 点と B 点の間を伝導する速さ（mm/ミリ秒）を求めよ。答えは小数点第 2 位を四捨五入せよ。

問 5　**【実験】**の結果から，興奮が，**図 1** の骨格筋と接合する坐骨神経の末端に到達してから，骨格筋が収縮を始めるまでに要する時間は何ミリ秒か。答えは小数点第 2 位を四捨五入せよ。ただし，

興奮が坐骨神経の A 点から末端まで伝導する速さは，A 点と B 点の間の軸索を伝導する速さと同じものとする。

問 6　**【実験】**の結果から，**図 1** の B 点に閾値以上の短時間の電気刺激を与え，骨格筋に強縮をおこさせるためには，少なくとも 1 秒間に何回以上の電気刺激を与える必要があるか。その回数（回/秒）を答えよ。

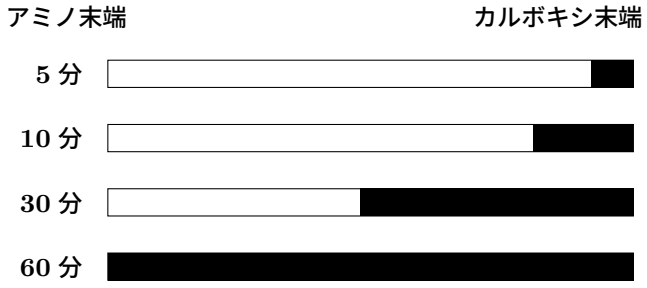
III タンパク質の合成・輸送に関する次の文章を読み，**問 1**〜**問 7** に答えよ。

細胞外へ分泌されるタンパク質（分泌タンパク質）の合成は，(a) 小胞体の表面に付着したリボソームで行なわれる。小胞体は 1 枚の生体膜で囲まれた袋状の構造をしており，合成される分泌タンパク質の多くは，細胞質基質側から生体膜を通過して小胞体の内腔に入り込む。しかし，タンパク質は，(b) 生体膜を自由に通過することができないので，分泌タンパク質の生体膜を介した通過には特殊な機構が関与すると考えられた。

そこで，分泌タンパク質が，どのようにして小胞体の内腔に取り込まれるのかを調べるために，次の**【実験 1】**〜**【実験 3】**を行なった。

【実験 1】

mRNA 以外のタンパク質合成に必要なアミノ酸などの物質をすべて含んだ溶液 1 を用意した。この溶液 1 に mRNA を加えると，その情報に従ってタンパク質が合成される。ある分泌タンパク質 X に対応する mRNA を溶液 1 に添加してしばらく反応させてから，さらに放射性同位体で標識したアミノ酸（放射性アミノ酸）を添加した。その 5 分後，10 分後，30 分後および 60 分後に反応液の一部を取り，完全に合成された分泌タンパク質 X を単離してタンパク質に含まれる放射性アミノ酸の分布を調べると，**図 1** の結果が得られた。



黒塗りの部分は放射性アミノ酸が分布していた部分を示す。

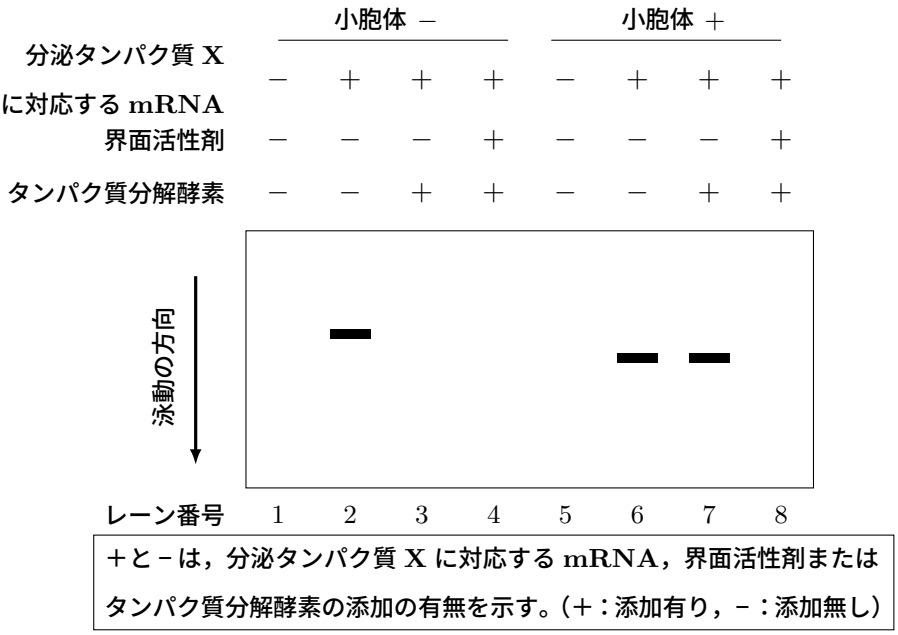
図 1

【実験 2】

【実験 1】の溶液 1 に放射性アミノ酸を加え，これに小胞体画分を添加していない溶液（**小胞体－**）と添加した溶液（**小胞体＋**）を用意した。その後，これら 2 つの溶液に，分泌タンパク質 X に対応する mRNA を添加し，**【実験 1】**と同じ反応を行なった試料（**図 2** のレーン **2，6**）を作製した。

また，これらの反応後の試料に，タンパク質分解酵素を添加して処理した試料（**図 2** のレーン **3，7**），および脂質を可溶化する界面活性剤を添加して処理した後に，タンパク質分解酵素による処理を行なった試料（**図 2** のレーン **4，8**）を作製した。また，mRNA を添加せず，界面活性剤とタンパク質分解酵素による処理を行なわなかった試料（**図 2** のレーン **1，5**）も作製した。

これら 8 つの試料を特殊なゲルを用いて電気泳動し，放射性標識された分泌タンパク質 X を X 線フィルムで検出した。その結果を**図 2** に示す。なお，この電気泳動では小さいタンパク質ほど速く泳動される。ただし，タンパク質の合成は完全に終了し，合成途中のものは存在しないものとする。



＋と－は，分泌タンパク質 X に対応する mRNA，界面活性剤または
タンパク質分解酵素の添加の有無を示す。（＋：添加有り，－：添加無し）

図 2

【実験 3】

図 3 に示す分泌タンパク質 X の変異体 A，B，C に対応する mRNA を準備した。折れ線で示した①〜③は，その箇所でそれぞれ同じ数のアミノ酸が欠失していることを表している。小胞体を添加した溶液（**小胞体＋**）にこれらの mRNA をそれぞれ添加し，**【実験 2】**と同じ実験を行なったところ，**図 4** に示す結果が得られた。

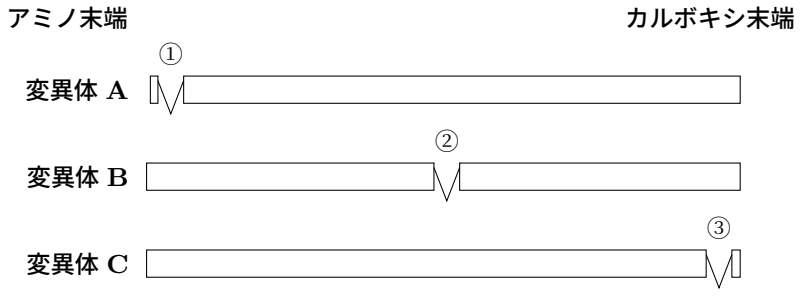
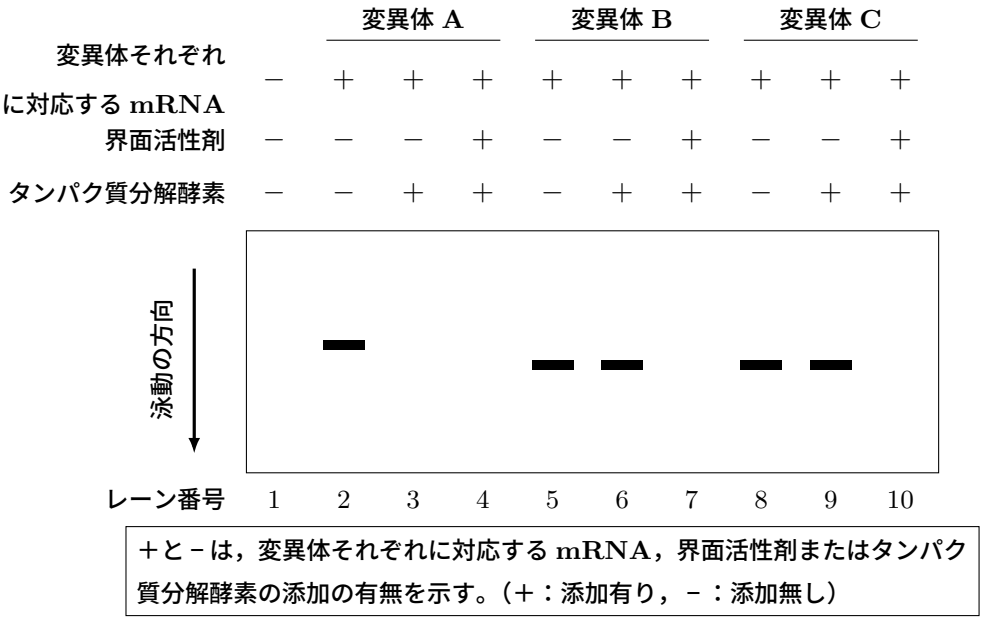


図 3



＋と－は，変異体それぞれに対応する mRNA，界面活性剤またはタンパク質分解酵素の添加の有無を示す。（＋：添加有り，－：添加無し）

図 4

問 1　下線部 (a) のようにリボソームが付着した小胞体を何というか。

問 2　下線部 (b) について，タンパク質のような大きな分子だけでなく，糖やアミノ酸，イオンなどの小さな分子でも，生体膜を横切る物質の移動は制限されている。このような生体膜の性質を何というか。

問 3　小胞体の内腔に入った分泌タンパク質は，糖鎖の修飾を行なう細胞小器官へ輸送される。その細胞小器官の名称を答えよ。

問 4　分泌タンパク質は最終的に細胞外に放出される。このしくみを何というか。

問 5　mRNA には 3′ 末端と 5′ 末端，そしてタンパク質にはアミノ末端とカルボキシ末端がある。生体内ではそれぞれどの向きに合成されるか。**【実験 1】**の結果も参考にして，次の (1)〜(4) から適切なものを 1 つ選び，番号で答えよ。

(1) mRNA は 3′ 末端から 5′ 末端の向きに，タンパク質はアミノ末端からカルボキシ末端の向きに合成される。

(2) mRNA は 3′ 末端から 5′ 末端の向きに，タンパク質はカルボキシ末端からアミノ末端の向きに合成される。

(3) mRNA は 5′ 末端から 3′ 末端の向きに，タンパク質はアミノ末端からカルボキシ末端の向きに合成される。

(4) mRNA は 5′ 末端から 3′ 末端の向きに，タンパク質はカルボキシ末端からアミノ末端の向きに合成される。

問 6　**図 2** に示した**【実験 2】**の結果から，実験者は分泌タンパク質 X が小胞体の内腔に入ったことが確認できると考えた。その理由として適切なものはどれか。次の (1)〜(4) から 2 つ選び，番号で答えよ。

(1) レーン **2** と **3** を比較すると，レーン **3** にはタンパク質が残っていないため。

(2) レーン **3** と **7** を比較すると，レーン **7** にはタンパク質が残っているため。

(3) レーン **7** と **8** を比較すると，レーン **8** にはタンパク質が残っていないため。

(4) レーン **2** と **6** を比較すると，レーン **6** の方が大きなタンパク質が合成されているため。

問 7　**【実験 3】**の結果から考えられることとして，適切なものはどれか。次の (1)〜(4) からすべて選び，番号で答えよ。

(1) 分泌タンパク質 X が小胞体の生体膜を通過するには，**図 3** の①の領域が必要である。

(2) 分泌タンパク質 X が小胞体の生体膜を通過するには，**図 3** の②の領域が必要である。

(3) 分泌タンパク質 X が小胞体の生体膜を通過するには，**図 3** の③の領域が必要である。

(4) 分泌タンパク質 X が小胞体の生体膜を通過した後でも，タンパク質の一部は細胞質基質側にとび出たままである。

IV アフリカツメガエルの発生に関する次の文章を読み，**問 1**〜**問 9** に答えよ。

雌のカエルから排卵された未受精卵はある種の休眠状態にあり，受精によって活性化され，核酸やタンパク質などの高分子物質の合成が開始される。しかし，卵母細胞内での蓄積量，必要になる時期や必要量などの違いによって，高分子物質の種類ごとに合成開始時期や合成速度は異なる。**図 1** は受精後の各核酸の合成開始時期とその後の相対的な合成速度を示したものである。受精後すぐに合成が開始されるのが (a) であり，しばらく発生が進んだ後で合成が開始されるのが (b) や (c) である。また，最も合成の開始が遅いのが (d) と (e) である。(d) は，その前駆体である 1 本の核酸が切断を受けることで 3 種類の核酸となる。(d) の 3 種類の核酸と (e) の 1 種類の核酸は細胞中の (1) 細胞小器官 X の構成成分である。細胞小器官 X はこれらの (2) 4 種類の核酸と約 80 種類のタンパク質が集まって，核の (3) 構造体 Y で組み立てられる。完成した多数の細胞小器官 X は卵母細胞の中に蓄積される。

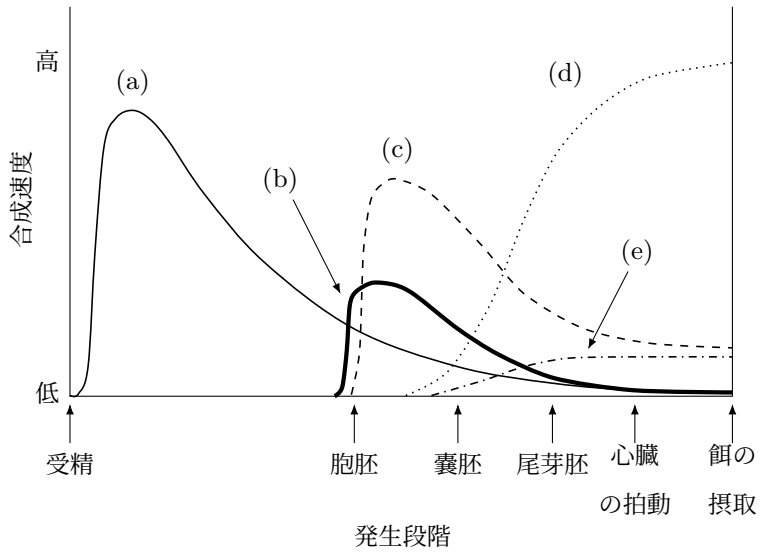


図 1

問 1　**図 1** の (a) の核酸の名称を答えよ。

問 2　**図 1** の (b) の核酸は前駆体として合成され，スプライシングを受けた後，核外に移動する。この核酸の名称を答えよ。

問 3　**図 1** の (a) に含まれ，(b) には含まれない塩基は何か。

問 4　**図 1** の (c) の核酸は特定のアミノ酸を結合する部分とアンチコドンをもった分子である。この核酸の名称を答えよ。

問 5　下線部 (1) の細胞小器官 X の名称を答えよ。

問 6　下線部 (2) の 4 種類の核酸を総称して何と呼ぶか。

問 7　下線部 (3) の構造体 Y の名称を答えよ。

問 8　**図 1** の (d) の合成速度が (e) よりずっと高いのはなぜか。その理由として最も適切なものを，次の (1)〜(4) から 1 つ選び，番号で答えよ。

(1)　ゲノム当たりの (d) の遺伝子のコピー数が (e) の遺伝子のコピー数よりもずっと少ないため。

(2)　(d) の分子量が (e) の分子量よりもずっと小さいため。

(3)　未受精卵の細胞質基質には，(d) の核酸が (e) の核酸より，多量に蓄えられているため。

(4)　(d) の核酸の方が (e) の核酸よりも分解されにくいため。

問 9　**図 1** の (d) のうちの 1 種類に相当する核酸をさまざまな生物から分離し，その塩基配列の比較から，ウーズが提唱した生物分類の説は何か。

V 森林の物質生産に関する次の文章を読み，**問 1**〜**問 6** に答えよ。

図 1 は，森林の林齢の進行にともなう森林の①総生産量または呼吸量の変化および②成長量の変化を模式的に表したものである。総生産量は，林齢の初期に急速に増加した後，しばらく減少し，その後ほぼ一定の値に落ちつく。呼吸量も，はじめ急速に増加するが，一度減少し，その後，(a) 林齢が進むにつれて再び少しずつ増加し続ける。成長量は，ある時点で最大になった後，徐々に減少し，(b) 林齢がさらに進むとほぼ 0（ゼロ）になる。極相に達した森林では，一般的に森林が成立してから十分な年数が経っているため，見かけ上まったく成長していないと考えられる。

表 1 は，2 つの異なる森林 A と森林 B における呼吸量および枯死量と被食量の合計をトン/ha・年で表したものである。森林 A は熱帯多雨林に含まれる。熱帯多雨林は，年中湿潤な地域に分布しており，世界で最も樹木の種類の多い森林である。一方，森林 B は針葉樹林に含まれる。針葉樹林は高緯度地方や標高の高い地域に分布し，耐寒性の強い少数の樹種で構成されている。

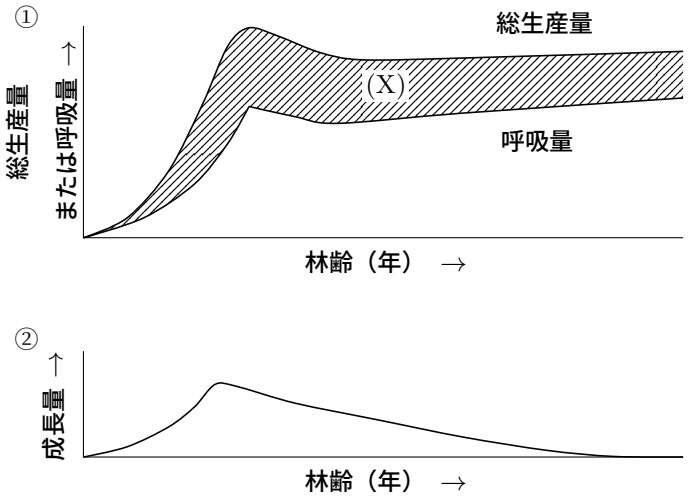


図 1

表 1

	呼吸量	枯死量＋被食量
森林 A	94.6	28.6
森林 B	29.0	11.1

（単位：トン/ha・年）

問 1　**図 1** 中で斜線の部分 (X) は何にあたるか。該当する語句を答えよ。

問 2　呼吸量について，下線部 (a) の変化は何が原因か。次の (1)〜(4) から適切なものを 1 つ選び，番号で答えよ。

(1)　同化組織量および非同化組織量ともに増加するから。

(2)　同化組織量が増加するから。

(3)　非同化組織量が増加するから。

(4)　同化組織および非同化組織の量は変わらないが，全体的に光があたらなくなるから。

問 3　熱帯多雨林と針葉樹林の構成種に該当するものを，次の (1)〜(6) からそれぞれ 1 つずつ選び，熱帯多雨林については**解答欄 I** に，針葉樹林については**解答欄 II** に番号で答えよ。

(1)　フタバガキ　　(2)　ブ　ナ　　(3)　ダケカンバ

(4)　スダジイ　　(5)　アカマツ　　(6)　シラビソ

問 4　熱帯多雨林の土壌の特徴として適切なものを，次の (1)〜(4) から 1 つ選び，番号で答えよ。

(1)　落葉層および腐植層ともに厚い。

(2)　落葉層は薄いが，腐植層は厚い。

(3)　落葉層は厚いが，腐植層は薄い。

(4)　落葉層および腐植層ともに薄い。

問 5　下線部 (b) に関して，林齢の大きな森林では，成長量がほぼ 0（ゼロ）になるのはなぜか。その理由として適切なものを，次の (1)〜(4) から 1 つ選び，番号で答えよ。

(1)　**図 1** の (X) に該当する量のほとんどを呼吸量が占めるため。

(2)　**図 1** の (X) に該当する量のほとんどを枯死量および被食量が占めるため。

(3)　総生産量のほとんどを枯死量および被食量が占めるため。

(4)　総生産量のほとんどを**図 1** の (X) に該当する量が占めるため。

問 6　**表 1** から考えて，森林 A の**図 1** の (X) に該当する量（トン/ha・年）を**解答欄 I** に，森林 B の総生産量（トン/ha・年）を**解答欄 II** に答えよ。ただし，森林 A および森林 B は，いずれも極相林で，成長量は 0（ゼロ）とする。