

令和 6 年度入学試験問題

生 物

---

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は7枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて20ページあります。問題は4ページから16ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。





1 次の文章を読み、問に答えよ。

体内を循環する体液中で、白血球は生体内に侵入した病原体や異物を排除するために働く多くの免疫細胞を含む。白血球には病原体を食作用によって細胞内に取り込んで消化・分解する(①)、(②)、(③)などの食細胞や、様々なリンパ球が含まれる。(③)は異物(抗原)の情報をリンパ球に提示し、適応免疫(獲得免疫)を開始させる。

細胞内に侵入するウイルスのような病原体には、(①)や(②)は作用できない。ウイルスに感染した細胞は、正常細胞と比べて細胞表面に特有の変化が起こる。リンパ球の一種である(④)は、細胞表面のわずかな違いを正確に認識してウイルス感染細胞を攻撃する。さらに、(④)は、腫瘍免疫や移植免疫にも関与していると考えられている。

さて、適応免疫(獲得免疫)には細胞性免疫と体液性免疫の2種類があり、これらが協調して働くことにより、より強い免疫力を発揮する。

体内に侵入したウイルスなどの抗原は(③)に取り込まれ、(③)は(⑤)に移動する。(⑥)が抗原情報を提示している(③)によって活性化され、(⑦)や(⑧)となり増殖する。(⑦)や(⑧)はその後、感染部位に移動し、(⑧)は抗原を持つ感染細胞を殺し、(⑦)は(②)を活性化させて食作用を強化する。以上が細胞性免疫の仕組みである。

一方、体液性免疫では(⑨)が中心的な役割を果たす。特異的に抗原を捕らえた(⑨)はその抗原を取り込み分解し、その一部を提示する。既に同一の抗原によって活性化した(⑦)がその情報を認識すると、(⑨)を活性化させ、増殖して一種類の抗体のみを大量に分泌する(⑩)に分化させる。(⑩)が分泌した抗体は感染部位に運ばれて抗原と結合して無毒化する。さらに病原体に結合した抗体が目安となり、(①)や(②)の食作用が促進され、病原体の増殖と細胞への感染を防御する。

問1 文章中の(①)~(⑩)に入る適切な語句を下の(a)~(j)から選び記号で答えよ。

- |              |                      |          |
|--------------|----------------------|----------|
| (a) 樹状細胞     | (b) ナチュラルキラー細胞(NK細胞) | (c) リンパ節 |
| (d) マクロファージ  | (e) キラーT細胞           | (f) 好中球  |
| (g) ヘルパーT細胞  | (h) 形質細胞             | (i) B細胞  |
| (j) ナイーブT細胞* |                      |          |

\*：抗原にさらされていないT細胞のこと

問2 抗体についての下記の文章で、( ① )～( ⑧ )に入る適切な語句および日本人名を答えよ。

抗体分子は( ① )と呼ばれる( ② )字状のタンパク質で、( ③ )鎖2本と( ④ )鎖2本のポリペプチドから構成されており、アミノ酸配列が一定の( ⑤ )と、抗原と結合する部分を含む( ⑥ )からなる。( ⑥ )は、それぞれの抗体分子でアミノ酸配列が異なり、立体構造が変化するため、膨大な種類の抗原に対応できる。そのような多くの種類の抗体を、限られた遺伝子領域から発現できるのは、遺伝子の( ⑦ )によるものであることを、ノーベル賞を受賞した( ⑧ )らが解明した。

問3 ウイルスは生物が共通して持つ特徴のいくつかを欠くため、生物と非生物の中間の存在とされている。ウイルスが生物と共通している特徴を1つと、共通していない特徴を3つ答えよ。

都合により問4は削除



2 次のA～Cの文章を読み、問に答えよ。

A

培養中の細胞にある種の刺激が加わると、細胞が自ら死ぬ場合があり、そのような細胞の死に方の1つにアポトーシスがある。このような刺激を受けた細胞では、様々な分子が秩序だって働くことで細胞死が起こる。このアポトーシスが起これ死ぬまでの一連の反応経路をアポトーシス経路とよぶ。また、アポトーシスの際には図1に示すような特徴的な形態変化が見られ、DNAの断片化をアポトーシスの指標として用いることができる。

アポトーシス経路を調べる目的で、実験1と2を行った。

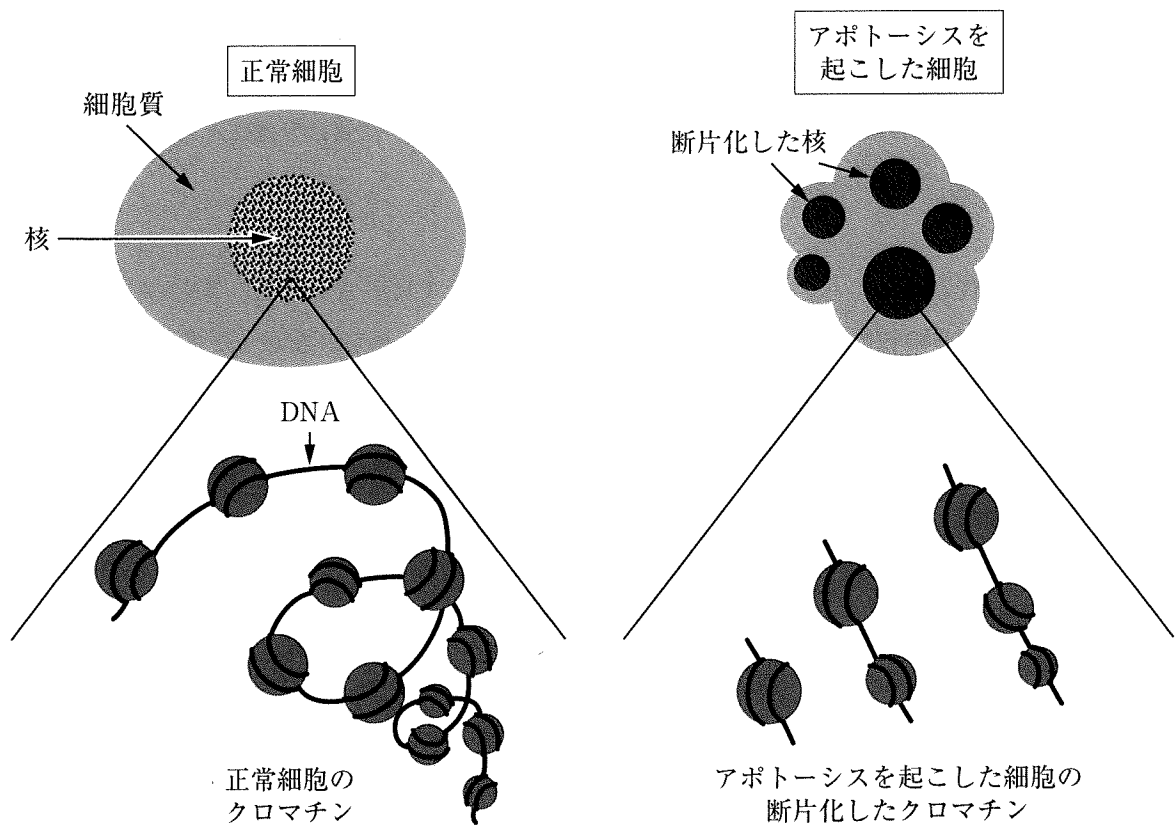


図1 正常細胞とアポトーシスを起こした細胞の形態とクロマチン構造の模式図

実験1 無処理の肝臓細胞(細胞a)と、アポトーシスを誘導する処理を行いアポトーシス経路が活性化されている肝臓細胞(細胞b)を、細胞小器官を傷つけないように注意して破碎した。強さの異なる2回の遠心分離を行い、ミトコンドリア・核・それら以外の細胞小器官を含む細胞質(細胞質分画とよぶ)、の3つの成分に分画した。

これらの分画を用いて、次の反応(i)~(iii)を行った。

- (i) 細胞 a と b からの細胞質分画それぞれに、ミトコンドリアを添加せずに、細胞 a からの核を加えて反応させた。
- (ii) 細胞 a と b からの細胞質分画それぞれに、細胞 a からのミトコンドリアを破碎せずに添加し、細胞 a からの核を加えて反応させた。
- (iii) 細胞 a と b からの細胞質分画それぞれに、細胞 a からのミトコンドリアを破碎した後に添加し、細胞 a からの核を加えて反応させた。

1 時間後に(i)~(iii)の反応液中の DNA を抽出し、核の DNA の断片化が起こっているかどうか調べた。その結果を表 1 に示す。

なお、細胞質分画にはアポトーシス経路の活性化に必要なヌクレオチド・無機塩類などの低分子成分が含まれている。また、分画した破碎前のミトコンドリア内のタンパク質は分画前とほぼ同じ状態に保たれており、反応中にミトコンドリア外に流出していない。

表 1 細胞質分画とミトコンドリアの混合液に核を加えて反応させた後の DNA の状態  
細胞 a からの核の DNA に断片化が見られた場合を+、見られなかった場合を-で示す。

	ミトコンドリアを 添加しない(i)	混合液に添加したミトコンドリア	
		非破碎(ii)	破碎(iii)
細胞 a の細胞質分画	-	-	+
細胞 b の細胞質分画	+	+	+

実験 2 正常な肝臓細胞を、アポトーシス経路で働くタンパク質分解酵素 X に特異的な阻害剤で処理した(細胞 c)。この細胞 c の一部をとり、タンパク質分解酵素 X の阻害剤が存在する状態で、実験 1 と同様のアポトーシスを誘導する処理を行った(細胞 d)。その後、細胞 c と d を破碎・分画し、実験 1 の反応(i)と同様の処理を行い、1 時間後に反応液中の DNA を抽出し、核の DNA の断片化が起こっているかどうか調べた。その結果、いずれの場合も DNA の断片化は見られなかった。

なお、タンパク質分解酵素 X は、特定のタンパク質のみに作用し、DNA を直接分解することはない。また、タンパク質分解酵素 X の阻害剤はタンパク質分解酵素 X 以外には影響を与えない。



問1 実験1の下線部について、ミトコンドリア・核・細胞質分画の各細胞成分を、弱い遠心力と強い遠心力による2回の遠心分離によって分画する操作の手順を、次の用語をすべて用いて記せ。同じ用語を何度用いてもよい。

用語：上澄み液、沈殿、弱い遠心力、強い遠心力

問2 実験1の結果のみから判断して、次の(ア)~(ケ)から適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 細胞aの細胞質分画のみでは、核のDNAの断片化を起こすことができない。
- (イ) 細胞aの細胞質分画のみで、核のDNAの断片化を起こすことができる。
- (ウ) 細胞aの細胞質分画のみで、核のDNAの断片化を起こすことができるかどうかは、わからない。
- (エ) 細胞bの細胞質分画のみでは、核のDNAの断片化を起こすことができない。
- (オ) 細胞bの細胞質分画のみで、核のDNAの断片化を起こすことができる。
- (カ) 細胞bの細胞質分画のみで、核のDNAの断片化を起こすことができるかどうかは、わからない。
- (キ) 細胞aの細胞質分画と、破碎したミトコンドリアを混ぜても、核のDNAの断片化を起こすことができない。
- (ク) 細胞aの細胞質分画と、破碎したミトコンドリアを混ぜることで、核のDNAの断片化を起こすことができる。
- (ケ) 細胞aの細胞質分画と、破碎したミトコンドリアを混ぜることで、核のDNAの断片化を起こすことができるかどうかは、わからない。

問3 実験1と2の結果から、タンパク質分解酵素Xと、DNAの断片化に働くDNA分解酵素の関係を推察し、理由とともに記せ。

B

実験1の細胞bの細胞質分画から、アポトーシス経路の活性化に関わる物質として、タンパク質分解酵素Xとともに、タンパク質分解酵素活性をもたないタンパク質Yが同定された。タンパク質Yは、酸化型と還元型で異なる性質を示すことが知られている。タンパク質Yの酸化還元状態と、アポトーシス経路で働くタンパク質分解酵素Xとの関係を調べるために実験3を行った。

実験3 タンパク質Yを還元剤と酸化剤で処理することで、還元型と酸化型のタンパク質Yを得た。

実験1で用いた細胞aの細胞質分画と、これらのタンパク質Yを用いて、次の処理(iv)~(vii)を行った。

- (iv) タンパク質分解酵素Xの阻害剤を添加しない細胞質分画に、還元型のタンパク質Yを混ぜた。
- (v) タンパク質分解酵素Xの阻害剤を添加した細胞質分画に、還元型のタンパク質Yを混ぜた。
- (vi) タンパク質分解酵素Xの阻害剤を添加しない細胞質分画に、酸化型のタンパク質Yを混ぜた。
- (vii) タンパク質分解酵素Xの阻害剤を添加した細胞質分画に、酸化型のタンパク質Yを混ぜた。

(iv)~(vii)のそれぞれの混合液に、細胞aからの核を加えて反応させて、核のDNAの断片化とタンパク質分解酵素Xの活性について調べた。その結果を図2に示す。

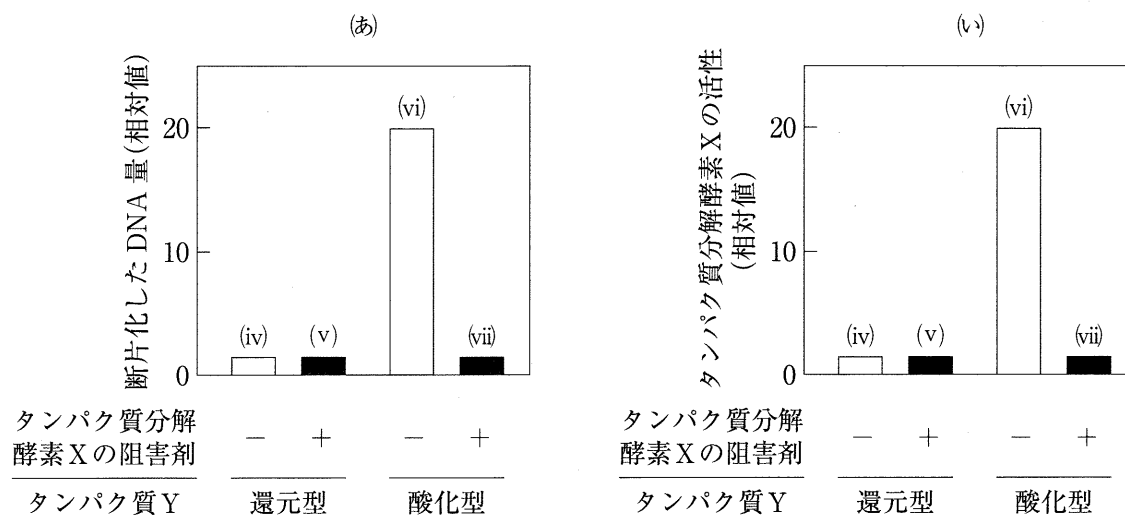


図2 DNA断片化(a)とタンパク質分解酵素活性(i)

タンパク質Yの酸化還元状態、およびタンパク質分解酵素Xの阻害剤のある場合(+)と、ない場合(-)について示す。

問4 アポトーシス経路の活性化におけるタンパク質Yの酸化還元状態とタンパク質分解酵素Xの働きについて、実験3の結果から適切と考えられるものを、次の(ア)~(キ)からすべて選び、記号で答えよ。ただし、タンパク質Yはタンパク質分解酵素Xの基質とはならない。

- (ア) 還元型のタンパク質Yが、アポトーシス経路を活性化する。
- (イ) 酸化型のタンパク質Yが、アポトーシス経路を活性化する。
- (ウ) タンパク質Yの酸化還元状態と、アポトーシス経路の活性化には関係はない。
- (エ) タンパク質Yの酸化還元状態と、アポトーシス経路の活性化に関係があるかどうかは、わからない。
- (オ) タンパク質Yの働きによるタンパク質分解酵素Xの活性化が、核のDNAの断片化に必要である。
- (カ) タンパク質Yの働きによるタンパク質分解酵素Xの活性化は、核のDNAの断片化に必要ではない。
- (キ) タンパク質Yの働きによるタンパク質分解酵素Xの活性化と、核のDNAの断片化との関係はわからない。

C

細胞の種類によって、同じ刺激を受けてもアポトーシスが起りやすい細胞と起りにくい細胞がある。細胞PとQについて、アポトーシスの起りやすさに違いが生じる原因を調べるために実験4を行った。

実験4 培養中の細胞PとQに、同じ刺激を加えたところ、細胞Pは正常な状態を維持していたが、細胞Qはアポトーシスを起こして死んだ。アポトーシスを誘導する刺激を加えていない細胞PとQでは、タンパク質を還元的に保つ働きのあるグルタチオンの含有量に違いが認められた。

グルタチオンは細胞で常に合成・分解されているが、細胞によりその合成量が異なるため、含有量に違いが生じる。グルタチオン合成阻害剤を添加して培養した細胞と、何も添加しないで培養した細胞を準備し、それぞれについてグルタチオン含有量を測定した(図3-あ)。また、グルタチオン合成阻害剤を添加して培養した細胞と、何も添加しないで培養した細胞を同様に準備し、それぞれの細胞にアポトーシスを誘導する刺激を加え、断片化した核内DNA量を調べた(図3-い)。

なお、用いたグルタチオン合成阻害剤は、グルタチオンの合成を阻害する以外には影響を与えない。また、アポトーシス経路にも直接的な影響を与えない。

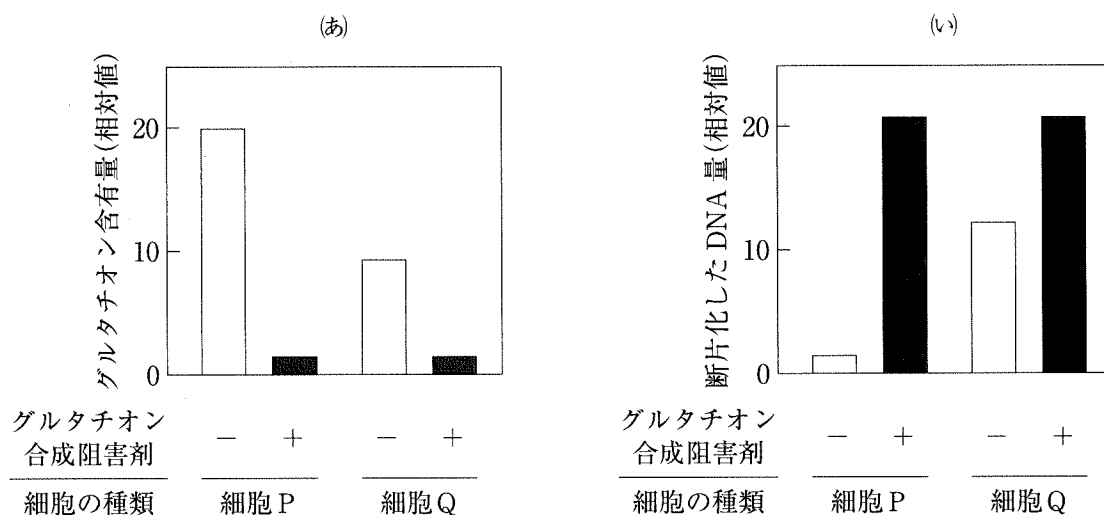


図3 細胞PとQのグルタチオン含有量(あ)と断片化したDNAの量(い)

グルタチオン合成阻害剤のある場合(+)と、ない場合(-)について示す。

問5 実験4の結果から、用いた細胞PとQのグルタチオンの含有量と、アポトーシスの起こりやすさとの関係について、どのように推察されるか。(ア)~(カ)からもっとも適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 細胞Pは細胞Qに比べてグルタチオン含有量が多いため、アポトーシスが起こりやすい。
- (イ) 細胞Pは細胞Qに比べてグルタチオン含有量が多いため、アポトーシスが起こりにくい。
- (ウ) 細胞Pは細胞Qに比べてグルタチオン含有量が少いため、アポトーシスが起こりやすい。
- (エ) 細胞Pは細胞Qに比べてグルタチオン含有量が少いため、アポトーシスが起こりにくい。
- (オ) 細胞Pと細胞Qのグルタチオン含有量と、アポトーシスの起こりやすさには、関係はない。
- (カ) 細胞Pと細胞Qのグルタチオン含有量と、アポトーシスの起こりやすさとの関係は、わからない。

問6 グルタチオンがタンパク質Yに直接作用をおよぼしたために実験4の結果が得られたと仮定すると、アポトーシスを誘導する刺激を加えた細胞において、グルタチオン含有量が多い場合にはどのようなことが起こると考えられるか。次の用語をすべて用いて説明せよ。

用語：アポトーシス経路，タンパク質Y，グルタチオン

**3** 次の文章を読み、問に答えよ。

多くの植物は、特定の時期になると花芽を形成して開花する。これらの植物は日長の変化によって花芽形成に適した季節を認識している。このように、生物の生理現象が日長の変化に反応することを(ア)という。

植物には、日長が一定以上になると花芽を形成する(イ)と、日長が一定以下になると花芽を形成する(ウ)がある。また、日長に関係なく、ある程度の大きさに生育すると花芽を形成する(エ)もある。

日長による花芽形成は、明期の長短によってではなく、連続する暗期の長さによって引き起こされる。(イ)において、花芽形成が起こる最長の暗期の長さ、および(ウ)において、花芽形成に必要な最短の暗期の長さを(オ)という。(オ)の長さは植物によって異なる。また、暗期の途中で光を照射すると暗期の効果が失われ、(ウ)は花芽を形成しなくなる。このような効果をもつ光処理のことを(カ)という。(カ)に有効な光は(キ)で、その受容体として(ク)が働いている。

問1 文章中の(ア)～(ク)に入る適切な語句を答えよ。

問2 下線部の(ア)は植物にとってどのような利点があるのか。20字以内で説明せよ。

問3 花芽形成の仕組みについて以下の設問に答えよ。

設問1 今世紀になって、その実体が明らかになった花成ホルモンの別名を答えよ。

設問2 植物が日長を感受して花芽形成を誘導する仕組みについて60字以内で説明せよ。

問4 花芽形成には日長だけではなく、低温の影響を受ける場合もある。この現象について以下の設問に答えよ。

設問1 この現象の名称を答えよ。

設問2 この現象の植物にとっての利点について、秋の日長が十分長い地域で栽培される秋まきコムギを例にして150字以内で説明せよ。

(下書き用紙)

4 次の文章を読み、問に答えよ。

ある森林では、生産者の最初の現存量が  $10000 \text{ g/m}^2$  であった。1年間、この森林の物質収支に関する測定をおこなったところ、表1の結果が得られた。

表1 ある森林における1年間の物質収支に関するデータ ( $\text{g/m}^2$ )

純生産量	被食量	枯死量	呼吸量
1200	60	640	1500

- 問1 この森林の1年間の総生産量を求める式を書き計算せよ。
- 問2 この森林において1年間測定した後の現存量を求める式を書き計算せよ。
- 問3 この森林における一次消費者の不消化排出量は、1年間で  $10 \text{ g/m}^2$  であった。一次消費者の1年間の同化量を求める式を書き計算せよ。
- 問4 樹齢のほぼ等しい同種の木ばかりからなる人工林において、林齢が上がるにつれて単位面積当たりの純生産量はどのように変化するか。「総生産量」と「呼吸量」の語句を用いて140字以内で説明せよ。
- 問5 陸上生態系における単位面積当たりの純生産量は、低緯度地域ほど大きい傾向がある。この純生産量の分布パターンに影響する要因を2つ答えよ。
- 問6 熱帯多雨林と針葉樹林を比較すると、単位面積当たりの植物体量は熱帯多雨林で大きい、逆に土壌有機物量は熱帯多雨林で小さい場合が多い。この理由を60字以内で説明せよ。



(下書き用紙)





