

令和 3 (2021) 年度入学試験問題 (前期)

理 科

注 意

1. 台図があるまで表紙をあけないこと。
2. 化学，物理，生物のうちから 2 科目を選択し，別紙解答用紙に受験番号，氏名を記入すること。
(ただし受験票，入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば化学，物理を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号，氏名を記入し，全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 裏表紙は計算に使用する。
6. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合，及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合，その答案は無効とする。
7. 問題冊子は 1 冊，別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
8. 受験票は机に出しておくこと。

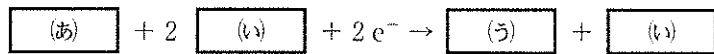
生 物 (前 期)

(その1)

I クエン酸回路に関する以下の設問に答えよ。

問 1 二酸化炭素が放出される過程を図1の①~⑦より全て選び記号で答えよ。

問 2 図1の③の過程における補酵素の反応を示す下式の(あ)~(う)の空欄を埋めよ。なお、略称を用いてもよい。また、(う)が生じる過程を図1の①~⑦より全て選び記号で答えよ。なお、③は解答に含めなくてよい。



問 3 図1の⑤で働く酵素 X の働きを調べるために、[1]~[4]の手順で実験を行った。

[1] ツンベルク管(図2)の主室に動物組織をすり潰したろ過液を、副室にコハク酸ナトリウム水溶液と、青色のメチレンブルー水溶液を入れる。

[2] ツンベルク管の主室と副室を結合し、アスピレーターをつないで排気する。

[3] ツンベルク管の副室の向きを変えてから、つないだアスピレーターをはずす。

[4] ツンベルク管を傾けて、副室内の液を主室に流し込んでよく混ぜ、37℃に温める。

その結果、ツンベルク管の主室内のメチレンブルーが青色から無色に変化したことが観察できた。

(a) X の名称を記せ。また、この反応で還元される補酵素(酸化型)の名称を略称で答えよ。

(b) X の性質をふまえて、下線部が起こる理由を説明せよ。

(c) [2]の後、[3]でツンベルク管の副室の向きを変える理由を述べよ。

(d) [2]で排気をせずに副室内の液を主室に流し込むと、混合液は青色のまま、Y が生成される。Y は何か。また、Y が生成される理由を簡潔に答えよ。

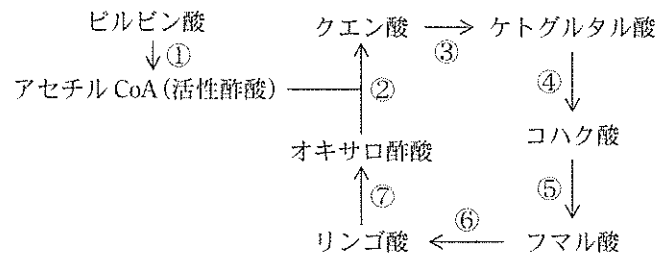


図 1

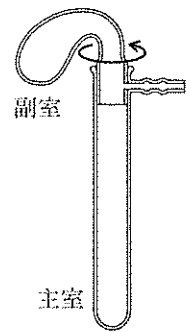


図 2

II ウニの未受精卵には細胞膜の外側に卵黄膜、さらに外側に(ア)がある。精子は、未受精卵から放出されるある化学物質に誘引されて(ア)に到達する。到達すると精子の頭部にある(イ)が壊れ、そこからタンパク質分解酵素などが放出される。そして精子の頭部の細胞質では(ウ)の束が形成され、精子の細胞膜を押し出すように精子の頭部から糸状の(イ)突起を出し、精子は(ア)を突き抜けて卵黄膜を通過する。(イ)突起が卵の細胞膜に接触すると、精子と卵の細胞膜が融合する。この際、複数の精子が一つの卵と受精(多精受精)をしないように、卵はまず膜電位を図1のように変化させ、続いて受精膜の形成を行う。進入した精子の頭部からは(エ)と精核が放出される。(エ)からは微小管が伸び、星状体が形成される。やがて精核は卵の核と融合し、受精が完了する。

問 1 (ア)~(エ)の空欄に適切な語句を入れよ。

問 2 ウニが属する動物門は何か。

問 3 人工受精によってウニの受精を観察する実験を行う際、ウニの口器を取り除き、塩化カリウム水溶液を注入する。その意図は何か。

問 4 下線部のような性質を一般に何というか。また、精子が泳ぐために必要な精子の構造物の名称を答えよ。

問 5 図1は時間0秒で卵に精子の懸濁液を加えた時の、卵の膜電位の時間経過を示している。

1) 膜電位変化が起こる前の一定した電位を何というか。

2) 図1の膜電位変化と、神経細胞の電気刺激による活動電位に共通する点を1つあげよ。

3) 図2は人工海水中のナトリウムイオン濃度と多精受精の関係を示している。どのような関係があるか。

問 6 受精膜の形成過程を「表層粒」と「細胞膜」という語句を用いて説明せよ。

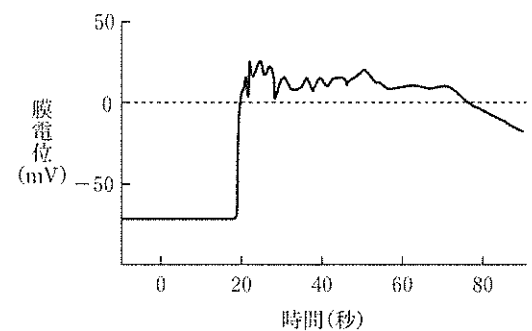


図 1

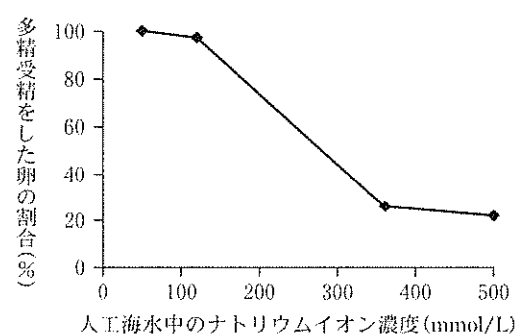


図 2

Jaffe 1980 を改変

Ⅲ 私達は様々な病原体や有害物質などの異物に取り囲まれながらも生きていくことができる。これは免疫というしくみが備わっているからである。ヒトの場合、物理的・化学的防御 → 食作用 → 適応免疫(獲得免疫)の3段階で異物は排除される。物理的・化学的防御と食作用を合わせて、自然免疫という。免疫にかかわる器官系をリンパ系、免疫反応にかかわる細胞を免疫担当細胞といい、食作用を行う細胞も免疫担当細胞に属する。

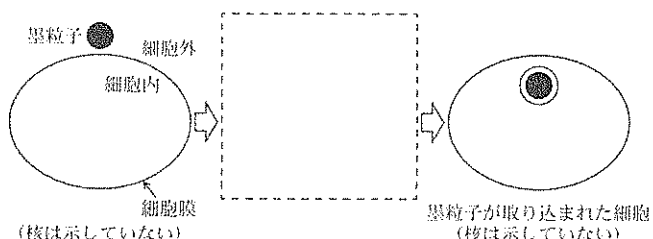
問 1 皮膚と気管・消化管は、物理的・化学的防御にかかわる。

- 1) a. 皮膚は表面と深部からなる。それぞれを何というか。 b. 皮膚の表面の最表層で異物の侵入を防いでいる層は何か。 c. bの層を形成し、物理的防御にかかわるタンパク質は何か。 d. 化学的防御を行うタンパク質としてディフェンシンがある。ディフェンシンはどのようにして細菌の増殖を抑えているか。
- 2) 物理的防御として、消化管の組織ではどのようにして異物の侵入を防いでいるか。

問 2 1)食作用を行う免疫担当細胞を3種類あげよ。 2) 1)の中で適応免疫を開始させる役割をもつ細胞がある。その細胞が行う働きを何というか。 3)自然免疫には、食作用は行わないが、病原体に感染した細胞やがん細胞を排除する免疫担当細胞がある。その細胞の名称を答えよ。

問 3 「食作用」を行う細胞を観察するために次の実験を行った。マウス2匹を用意して、1匹の腹腔には生理食塩水で希釈した墨汁液を約1mL、対照実験として、もう1匹には同量の生理食塩水を注射した後、時間をおいてから、それぞれのマウスから腹腔内の体液(腹水)を採取した。腹水をスライドガラスに滴下して乾燥後、メタノールを1滴落として数分間放置した。その後、核を染色する処理を行ってから、光学顕微鏡で観察した。

- 1)メタノールを加えた理由を答えよ。 2)対照実験として、生理食塩水のみを注射したマウスの腹水を観察した理由を答えよ。
- 3)この標本中には、図のように、墨汁中の墨粒子が取り込まれた細胞が観察された。墨粒子が細胞に取り込まれる途中の一段階(破線で囲った段階)を、墨粒子が取り込まれる様子が見られるように解答欄に模式的に図示せよ。なお、核は示さなくてよい。



問 4 1)リンパ系に属する器官を次から全て選び、A~Hの記号で答えよ。

- | | | | |
|--------|-------|-------|--------|
| A 皮膚 | B ひ 臓 | C 腎 臓 | D リンパ節 |
| E リンパ管 | F 血 管 | G 骨 髄 | H 胸 腺 |

2) 1)のA~Hの中で、免疫反応にかかわる全ての細胞をつくる器官はどれか、記号で答えよ。また、全ての血球のもとになる細胞を何というか。

Ⅳ 遺伝子に関する科学的発見についての以下の文章を読み、設問に答えよ。

エイブリーらは(ア)を、ハーシーとチェイスは大腸菌とバクテリオファージを用いて遺伝子の本体がDNAであることを明らかにした。ビーデルとテータムは(イ)を用いて一遺伝子一酵素説を提唱した。メセルソンとスタールは、DNAの半保存的複製を明らかにし、ニールンバークやコラーナらは、2 遺伝暗号の解読を行い、ジャコブとモノーは、3 オペロン説を唱えた。

問 1 (ア)と(イ)の空欄に適切な生物名を入れよ。

問 2 下線部1における、①DNAの二重らせん構造をほどく過程、②ヌクレオチド鎖を伸長させる過程、③ラギング鎖のDNA断片をつなぎ合わせる過程、で働く酵素の名称をそれぞれ答えよ。また、②の開始点となる短いRNA鎖は何と呼ばれるか。

問 3 下線部2の実験では、大腸菌をすりつぶし、アミノ酸やATPなどとともに、人工的に合成したRNAを加えてポリペプチドを合成させた。この人工RNAはmRNAとして働く。UGGを繰り返した人工RNAからはどのようなポリペプチドが合成されるか。ただし、この実験条件では開始コドンがなくても翻訳が行われる。なお、コドンUGG、GGU、GUGが指定するアミノ酸はそれぞれ、トリプトファン、グリシン、バリンである。

問 4 下線部3について、ラクトースオペロンに関する以下の文章の(1)~(6)の空欄に適切な語句を入れよ。なお、異なる番号の空欄に同じ語句が入る場合もある。

ラクトースがないときは、(1)と呼ばれる転写調節領域に(2)が結合するため、プロモーターに(3)が結合できず、βガラクトシダーゼなどの3種類の酵素の遺伝子の転写が妨げられる。グルコースがなくラクトースがあるときは、(4)がラクトースの代謝産物と結合することによって(5)に結合できなくなり、プロモーターに(6)が結合して転写が始まる。

問 5 大腸菌では、転写が完了する前に転写された部分から翻訳を開始することが可能だが、真核生物ではそのようなことは不可能である。その理由を説明せよ。