

平成 16 (2004) 年度

慶應義塾大学入学試験問題

医 学 部

理 科

- 注 意
1. 受験番号と氏名を解答用紙に必ず記入してください。
  2. 受験番号は、所定欄のわく内に一字一字記入してください。
  3. 解答は、必ず解答用紙の所定の欄に記入してください。
  4. 問題用紙の余白は計算および下書き用です。
  5. この冊子の総ページ数は24ページです。試験開始の合図とともにすべてのページが揃っているか確認してください。ページが抜けていたり重複していたら直ちに監督者に申し出てください。

# 生物

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

I 以下の文を読み、問1～8に答えなさい。

最近映画の主演として話題となったクマノミという魚はイソギンチャク<sup>(1)</sup>に隠れる習性があり、共生の例として紹介されることがある。共生といえば、生物の歴史においてとりわけ重要なものとして、好気性細菌の細胞内共生という事件があったと考えられている。大昔のいつの頃<sup>(A)</sup>か、好気呼吸能力を獲得した細菌が別の細胞内に共生した結果、細胞小器官<sup>(B)</sup>として共存することになったという。さらに、酸素発生光合成をするシアノバクテリア（ラン藻）が細胞内共生した結果<sup>(C)</sup>、植物が誕生した。マーグリスの提唱したこの説は、現在の細胞に残るさまざまな証拠<sup>(D)</sup>から実際に起こった可能性があると思われられるようになった。現在の真核細胞はその子孫であり、わたしたちの細胞もその歴史を負っている。

現在の生物世界では、シロアリ<sup>(2)</sup>の共生微生物が有名である。シロアリは森林にある大量のセルロース資源を利用して繁殖<sup>(E)</sup>しているが、セルロースを消化するのは、その腸内微生物なのである。草食動物であるウシ<sup>(3)</sup>も、消化管内に棲む多様な微生物のはたらきによって植物を消化している。ウシの胃は4室に分かれており、食べたえさはまず第1胃で消化される。ここには多数の嫌気性微生物が生息しており、えさを嫌氣的に分解する結果として水素を生じる<sup>(F)</sup>。これをメタン生成細菌が利用して副産物メタンを外に出す。したがって、ウシのげっぷにはメタンが多量に含まれており、地球温暖化にも関係していると考えられる。生物はすべて地球という物質循環系を共有しているのだ。

わたしたちヒトの消化管にも大量の細菌が生息しており、重さにすれば1kg以上といわれる。そして糞便の半分がこれら細菌のからだで占められている。腸内細菌には、腐敗菌のように有害な物質をつくる細菌もいるが、逆にビタミン類などの有用物質を生産する細菌もいる<sup>(G)</sup>。また、腸内細菌の存在は免疫系にも関係すると考えられる。便はヒトの健康状態の指標ともなるが、そのもとはこれら腸内細菌の活動によっている。

問1. 下線(1)～(3)に系統関係が近い生物を次の語群から1つずつ選んで答えなさい。

タラバガニ	スルメイカ	ベニシダ	サナダムシ	ダイダイイソカイメン
アサクサノリ	コンブ	クロマグロ	バフンウニ	エチゼンクラゲ
ゾウリムシ	シャジクモ	カイチュウ		

問2. 下線(A)に近いと考えられるのは次のうちどれか、1つ選び記号で答えなさい。

(a) 50億年前 (b) 20億年前 (c) 5億年前 (d) 2億年前 (e) 5千万年前

問3. 下線(B)の細胞小器官とは何か、名称を答えなさい。また下線(C)の結果生じたと考えられる細胞小器官の名称を答えなさい。

問4. 下線(D)としてふさわしい実例を次から2つ選び記号で答えなさい。

- (a) 細胞外に出て増殖する細胞小器官が存在する。
- (b) 核とは異なる独自のDNAをもつ細胞小器官が存在する。
- (c) 原核細胞には特有の細胞小器官が存在する。
- (d) 2重の膜で包まれた細胞小器官が存在する。
- (e) 真核細胞には核膜でつまれた核が存在する。

問5. 豊かな森林は光合成によって炭酸ガスを吸収して温室効果を抑制してくれるように思えるが、実際にはどうなのだろうか。炭素の行方について下線(E)に注目して考察しなさい。

問6. 植物細胞1つをあらわす図を描き、主要な名称5つを図中に示しなさい。また、それらのうち主成分としてセルロースを含むものの名称1つを四角で囲みなさい。

問7. 下線(F)に関連して、ウシ自身がおこなう好気呼吸においても反応中に水素を生じるが、これは最終的に  と反応して  となる。(ア)、(イ)に入る適当な分子式を答えなさい。

問8. 下線(G)のように、腸内細菌について、乳酸菌や腐敗菌などという分け方が一般におこなわれているが、このような分類法を生物学的な観点から批評しなさい。

II 以下の文【1】・【2】を読み、問1～6に答えなさい。

【1】 ヒトのからだは常に細菌や寄生虫・ウイルスなどの病原体の脅威にさらされており、これらを排除する免疫の仕組みが高度に発達している。免疫に関係するおもな器官や組織としては、  
〔(1)〕・脾臓・〔(2)〕・リンパ節などがあげられ、血液やリンパ液の中にはリンパ球<sup>(1)</sup>や〔(3)〕などの免疫を担当する細胞が存在している。これらの細胞は〔(2)〕に存在する血球系幹細胞から生み出されるが、同じリンパ球であってもB細胞が〔(2)〕で成熟するのに対し、T細胞は〔(1)〕を経て成熟するという違いがみられる。〔(3)〕は大型の白血球であり、細菌などの異物を取り込んで消化する作用を持つ。免疫系がうまく機能しない状態を免疫不全と呼び、適切な治療を受けなければ生命の危険にもつながる。免疫不全は先天的なものと後天的なものに大別されるが、前者は遺伝子変異などによって引き起こされることが知られている。後者については、近年 HIV<sup>(2)</sup> の感染によって引き起こされる〔(4)〕のひろまりが問題視されている。

問1. 空欄(1)～(4)に入る適切な語句を答えなさい。

問2. 下線(1)に関連して、リンパ球のうち、臓器移植の際の拒絶反応でもっとも重要な役割を果たすのはどの細胞か、答えなさい。

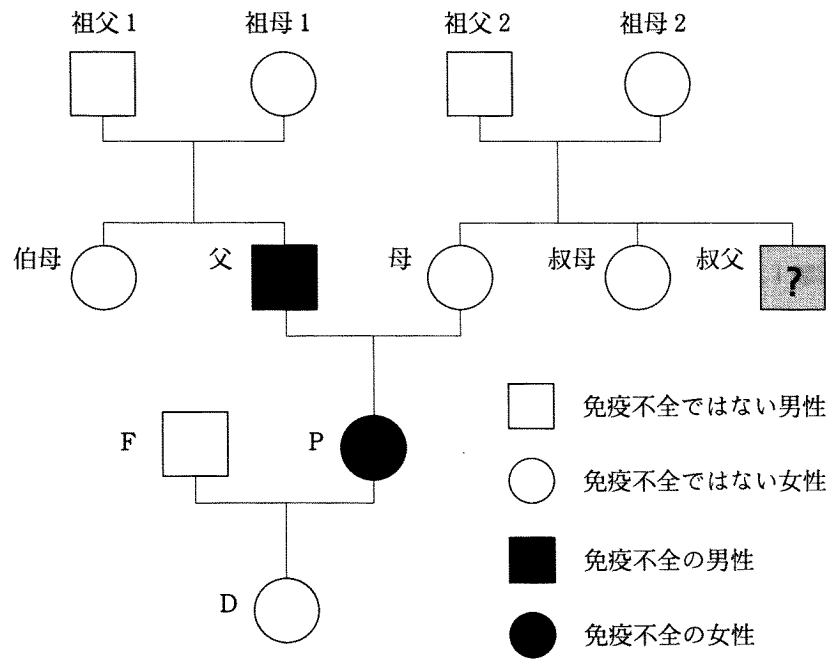
問3. 下線(2)に関連して、HIVはT細胞に侵入してT細胞を破壊する一方、B細胞には直接の影響を与えないことが知られている。それにも関わらず、HIVに感染した患者さんではB細胞がうまく機能しなくなっている。その理由を簡潔に答えなさい。

【2】 ヒトを含む哺乳類の雌では、2本のX染色体のうち1本は個々の細胞において発生初期から一貫して不活性化されていて、その染色体上の遺伝子が発現することはない。どちらの染色体が不活性化されるかはまったくの偶然であるため、女性のからだを構成する細胞の半分は父親由来X染色体上の遺伝子を、残りの半分は母親由来X染色体上の遺伝子を発現することになる。先天的な免疫不全の患者Pさんの家系を調べたところ、図のような結果になった。この病気の原因となる遺伝子はX染色体上に存在することがわかっている。そこでPさんとFさんとの間に生まれた女兒Dさんの血液中に含まれるリンパ球を分離し、X染色体上の遺伝子の発現について調べてみた。すると、すべてのB細胞においてFさん由来遺伝子の発現がみられたのに対し、T細胞ではFさん由来遺伝子を発現する細胞とPさん由来遺伝子を発現する細胞が1対1の比率で存在することがわかった。

問4. この病気の原因となる遺伝子は正常遺伝子に対して優性・劣性のいずれか、そう考えた理由とともに答えなさい。

問5. Pさんの母方の叔父さんは免疫不全であるかどうか、そう考えた理由とともに答えなさい。

問6. Pさんにはどのような免疫系の異常が認められると予想されるか、簡潔に答えなさい。ただし、この病気の原因となる遺伝子はリンパ球以外の細胞には影響を与えないものとする。



図

Ⅲ ヒトのからだは、外界の環境の変化に適応するため、いろいろな反応を示す。以下の文を読み、問1～6に答えなさい。

ふだんは平地で暮らしている K 君が、食糧を入れたリュックサックだけを背負い、標高 4,500 m の山に登った。しばらく山頂に滞在して、滞在 2 日目に血液検査を受けたところ、登山前に比べて、血液中のタンパク質 E の量が増えていた<sup>(1)</sup>。タンパク質 E は、赤血球の数を増やす働きのあるホルモンで、からだの中の細胞 A がつくって分泌する。分泌されるタンパク質 E の量は、タンパク質 E のアミノ酸配列を決める遺伝子 (DNA) の情報を伝令 RNA に書き換える<sup>(2)</sup>速度で決まる。さらに、タンパク質 E の遺伝子のきまった場所にタンパク質 H が結合することによって、伝令 RNA への書き換えの速度が増すことが知られている。

山頂にいる K 君の血液中にタンパク質 E が増えた仕組みを詳しく調べるため、細胞 A を培養して下記の実験 I, II, III を行った。

【実験 I】細胞 A を培養して、細胞の中にあるタンパク質 H の量を調べてみた。正常酸素濃度環境 (約 20% 酸素濃度環境) の中で 37℃ で培養すると、細胞の中にタンパク質 H は検出されたが、その量は少なかった。今度は、他の培養条件は同じで、酸素濃度だけを低くした低酸素濃度環境の中で細胞 A を培養してみた。すると、低酸素濃度環境で培養した細胞 A では、正常酸素濃度環境で培養した時に比べて、細胞の中にあるタンパク質 H の量が増加していて、さらに、タンパク質 H の核への局在もみられた。正常酸素濃度環境で培養した細胞 A の中でも低酸素濃度環境で培養した細胞 A の中でも、タンパク質 H のアミノ酸配列を指定する伝令 RNA の量は同じであり、また、伝令 RNA からタンパク質 H が作られる<sup>(3)</sup>速度にも差はみられなかった。

問1. 下線 (1) について、血液中のタンパク質 E の量が増えたのは、(a) どのような環境の変化に対し、(b) どのように適応するため、と考えられるか。(a) (b) について、それぞれ簡潔に述べなさい。

問2. 下線 (2), (3) の過程を、それぞれ何と呼ぶか。答えなさい。

さらに研究を進めていったところ、正常酸素濃度環境で培養した細胞 A の中に、タンパク質 H と結合する 2 つのタンパク質が見つかり、それぞれタンパク質 V、タンパク質 P と名づけた。細胞 A の中のタンパク質 V とタンパク質 P の量は、正常酸素濃度環境で培養しても低酸素濃度環境で培養しても同じで差はなかった。タンパク質 V とタンパク質 P が細胞 A の中で何をしているのかを明らかにするために、実験 II を行った。ただし、タンパク質 H、タンパク質 V、タンパク質 P 以外のタンパク質の関与はないものとする。

【実験 II】正常酸素濃度環境で培養した細胞 A の中にあるタンパク質 H、タンパク質 V、タンパク質 P を取り出して精製し、それぞれタンパク質 H [N]、タンパク質 V [N]、タンパク質 P [N] と名づけた。また、低酸素濃度環境で培養した細胞 A からタンパク質 H、タンパク質 V、タ

ンパク質 P を取り出して精製し、それぞれタンパク質 H [L]、タンパク質 V [L]、タンパク質 P [L] と名づけた。ここで、タンパク質 V [N] とタンパク質 V [L]、タンパク質 P [N] とタンパク質 P [L] は、それぞれ全く同じ構造の分子であることがわかったため、以下の実験では、区別しないでタンパク質 V、タンパク質 P と表す。

精製したタンパク質 H [N]、タンパク質 H [L]、タンパク質 V、タンパク質 P を、表 1 と表 2 に示す組み合わせで、適切な条件 (pH など) を満たす緩衝液に入れ試験管の中で混ぜ、正常酸素濃度環境 [表 1, 試験管 (ア) ~ (ク)] あるいは低酸素濃度環境 [表 2, 試験管 (ケ) ~ (タ)] の状態にした。そして、37℃ に置いて、時間を追って試験管内に入れたタンパク質の量を測定した。十分な時間が経過した後の最終的なタンパク質 H [N]、タンパク質 H [L] の量の変化を表 1, 表 2, それぞれの右欄に示す。例えば、試験管 (ア) では、タンパク質 H [N]、タンパク質 V、タンパク質 P を混ぜて、正常酸素濃度環境の状態にしておくと、最終的にタンパク質 H [N] の量が減少したことを示す。ただし、すべての試験管において、タンパク質 V とタンパク質 P の量には変化がなかった。また、タンパク質 V とタンパク質 P だけを混ぜた試験管でも、正常酸素濃度環境、低酸素濃度環境いずれにおいても、タンパク質 V とタンパク質 P の量に変化はみられなかった。

試験管 (ア) (イ) (ウ) (エ) の実験結果から、タンパク質 P は (4) を基質として分解する (5) であると考えた。そして、試験管 (キ) (ク) の実験結果は、(6) 濃度環境で培養した細胞 A 中にあるタンパク質 H は、タンパク質 P によって (7) ことを示す。表 1, 表 2 に示す実験結果をさらに考察していくと、タンパク質 V のはたらきがわかった (8)。

正常酸素濃度環境の状態にした場合

	試験管に入れたタンパク質	H [N], H [L] の変化
試験管 (ア)	H [N] V P	H [N] ↓
試験管 (イ)	H [N] V	H [N] →
試験管 (ウ)	H [N] P	H [N] ↓
試験管 (エ)	H [N]	H [N] →
試験管 (オ)	H [L] V P	H [L] ↓
試験管 (カ)	H [L] V	H [L] →
試験管 (キ)	H [L] P	H [L] →
試験管 (ク)	H [L]	H [L] →

{ ↓ は減少, → は変化なし }

表 1

低酸素濃度環境の状態にした場合

	試験管に入れたタンパク質	H [N], H [L] の変化
試験管 (ケ)	H [N] V P	H [N] ↓
試験管 (コ)	H [N] V	H [N] →
試験管 (サ)	H [N] P	H [N] ↓
試験管 (シ)	H [N]	H [N] →
試験管 (ス)	H [L] V P	H [L] →
試験管 (セ)	H [L] V	H [L] →
試験管 (ソ)	H [L] P	H [L] →
試験管 (タ)	H [L]	H [L] →

{ ↓ は減少, → は変化なし }

表 2

問3. , , ,  に最も適当な言葉を下記の語群から選び答えなさい。

〔語群〕 タンパク質 E, 補酵素, 分解される, タンパク質 H [L], 酵素, タンパク質 V, 低酸素, タンパク質 P, 正常酸素, タンパク質 H [N], 分解されない

問4. 下線(8)について、タンパク質 V のはたらきについて、わかったことを簡潔に述べなさい。

【実験Ⅲ】 細胞 A の遺伝子に細工をしてタンパク質 V をつukれない細胞を作り、細胞 A [V-] と名づけた。そして、細胞 A [V-] を正常酸素濃度環境あるいは低酸素濃度環境で培養し、細胞の中のタンパク質 H の量を調べてみた。すると、細胞 A [V-] の中のタンパク質 H の量は、正常酸素濃度環境で培養した場合は、低酸素濃度環境で培養した場合と比べて {(a) 多かった (b) 同じだった (c) 少なかった}<sub>(9)</sub>。

問5. 下線(9)について、(a) (b) (c) のいずれと考えられるか。記号で答えなさい。

問6. 実験 I, II, III の結果を考え合わせて、山頂にいる K 君の血液中にタンパク質 E が増えた仕組みを推察しなさい。酸素濃度・タンパク質 H (H と省略してよい)・タンパク質 V (V と省略してよい)・タンパク質 P (P と省略してよい)・タンパク質 E (E と省略してよい) の単語は必ず使って簡潔に述べなさい。

ただし、正常酸素濃度環境で培養した細胞 A の中にあるタンパク質 H (タンパク質 H [N]) と低酸素濃度環境で培養した細胞 A の中にあるタンパク質 H (タンパク質 H [L]) では、細胞の核の中での作用には差がないとする。