

生物

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

I 動物がからだの一部を失っても、それが補われる場合がある。この現象を再生という。このような現象は非常に古くから知られ、不老不死への渴望とともに人間の想像力をかきたててきた。再生に関する科学的な研究は18世紀からさまざまな動物を用いておこなわれてきた。その代表的なものとして、ヒドラ、プラナリア、イモリなどがある。この中には現代生物学でモデル生物として花形となったショウジョウバエやマウスなどが含まれていない。皮肉にも、これらのモデル生物は再生能力が弱く、再生の研究対象とはなりにくかったのである。近年、再生医学あるいは再生医療ということばが良く聞かれる。全身の9割を超す火傷を負いながらも、患者自身の皮膚を培養し移植することによって回復できた例もある。こうして、失われた人体の一部を取り戻したいという古来からの期待に対して、少しずつだが、答えられるようになってきた。しかし、イモリの肢は切断しても元通り生えてくるのにヒトの手足ではそうならないのは何故か、という素朴な疑問に答えるためには、まだ多くの謎が残されている。ショウジョウバエやマウスなどのモデル生物を対象として発生に関する理解が飛躍的に進むと同時に、再生とはどういう現象なのかを理解するために、ヒドラ、プラナリア、イモリなど再生能力の高い生物がふたたび脚光をあびている。

1. つぎ(1~4)の動物にもっとも近縁と思われるものを下の語群(あ~と)から一つずつ選び記号で答えなさい。

(1) ヒドラ (2) プラナリア (3) イモリ (4) ショウジョウバエ

【語群】 (あ) ヒトデ (い) カイメン (う) ゾウリムシ (え) ヒル
(お) ワムシ (か) カニ (き) ナメクジウオ (く) カイチュウ
(け) シャジクモ (こ) サナダムシ (さ) アメーバ (し) ヒト
(す) タコ (せ) ミミズ (そ) ミドリムシ (た) サンゴ
(ち) マボヤ (つ) シャミセンガイ (て) ヤムシ (と) ユムシ

2. プラナリアは『刃物の下では不死身』といわれるほど再生能力が高い(図1)。モーガン(1898)がしらべた種では、1/279の細片からも個体が再生した。しかしある種のプラナリアにおいて再生能力を調べたところ、図2のような実験結果が得られた。

(1) 図2について文章による簡潔な説明を付けなさい。

(2) モーガンがしらべたようにバラバラにすればどの断片からも再生可能な種で、同様なグラフを描くとどのようになるか。解答欄の図に記せ。

3. 再生に関与する細胞についてはつぎの二つの考え方がある。A) 未分化のまま分裂能とさまざまな分化能を保つ細胞（幹細胞）が待機していて、傷の刺激を受けることによって増殖を開始し分化をする。B) すでに分化した細胞が未分化の状態に戻り（脱分化という）再生に参加する。たとえば後者Bの例として、イモリの眼の水晶体が失われると虹彩の細胞が脱分化して水晶体に分化することは良く知られている。プラナリアの再生ではどちらが正しいのか、今なお議論が続いている。一般に、他の細胞が影響を受けない程度のX線があたっても、幹細胞では分裂能が失われることが知られている。プラナリアのからだ全体にX線照射をしたのち頭部を切断しても再生しないが、からだの前半部だけにX線照射した場合、頭部を切断するとX線をあてなかった個体より時間はかかるが再生現象がみられた（図3）。

- (1) この実験結果について、上記Aの立場から解釈してみよう。この場合X線は何に対して影響をおよぼしたと考えられるか。またX線部分照射ではなぜ再生が可能となったのか。「幹細胞」の語を用いて答えなさい。ただし実験で用いた種は図1と同様の再生能力を持つものとする。
- (2) この実験結果は幹細胞の存在を示唆する状況証拠ではあるが、Bの立場からの解釈も可能である。どのように考えられるだろうか。

4. 医療の現場において臓器移植による治療がおこなわれているが、移植された臓器が正常に機能しない場合もある。再生医学が発達すれば、こうした臓器移植による治療の問題点が部分的には解決されると期待される。その理由を述べなさい。

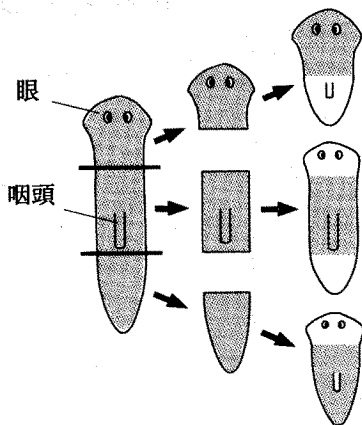


図 1

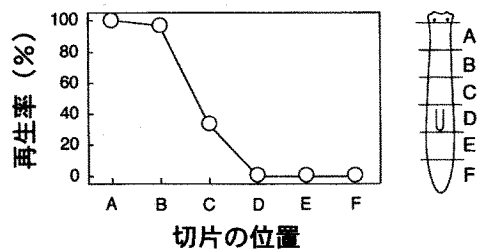


図 2

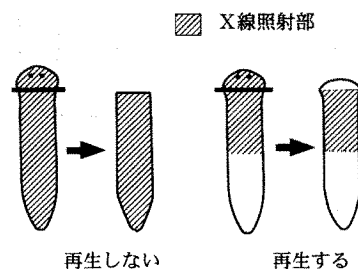


図 3

II 高等動物の免疫について次の A-C の問いに答えなさい。

A. 以下(1-3)の文章中の空欄 1-6 に当てはまる最も適切な語を解答欄に記入しなさい。

- (1) 高等動物の生体防御の中心となっているのは免疫反応である。免疫には大きく分けて二つある。一つ目は抗原抗体反応による免疫で、 1 と呼ばれる。抗体は、 2 というタンパク質からなる。二つ目は、免疫担当細胞が直接、抗原を認識して攻撃する細胞性免疫である。たとえば、臓器移植のときの 3 は細胞性免疫による反応である。
- (2) イギリスのエドワード・ジェンナーは、1796年に 4 の接種によって天然痘を予防できることを発見した。これが、 5 療法の始まりである。
- (3) 好中球という細胞は白血球の一種であり、細菌感染などに対する生体防御に重要な役割を演じている。好中球は感染により炎症をおこしたからだの部位に移動し、そこに集まる性質をもっている。好中球は、炎症部位から出される誘引物質を感知し、その物質の濃度の濃い方向に向かって移動する。このように、細胞がある物質を感知してその方向に移動する性質を 6 と呼ぶ。

B. 免疫による生体防御は、様々な病原体や異物から自己を守るしくみである。A(1)の問題文の中にある 2 による 1 で、非常に多くの種類の抗原に対応できるのはなぜか。その理由を述べなさい。

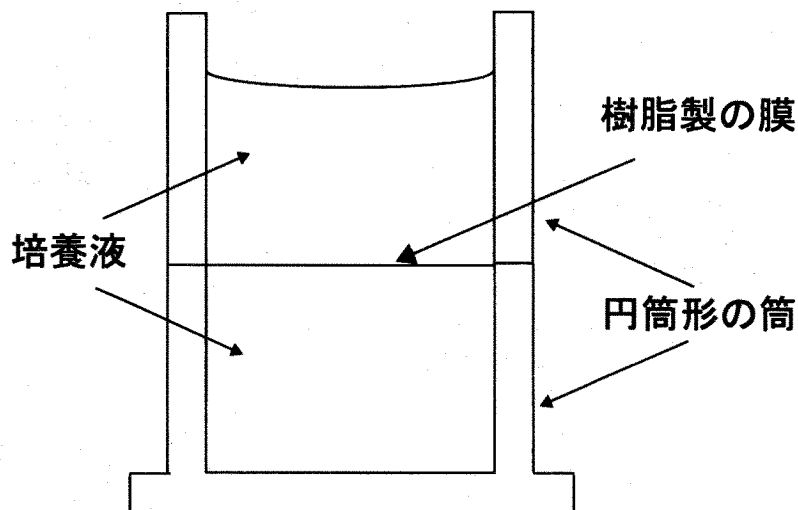


図 4

C. A (3) の問題文に関連して、次のような実験を行った。下の問いに答えなさい。

図4は、実験のために細胞を入れる容器を示している。この容器は筒状で下の筒の底面は閉じている。上の筒は下の筒にのせて、はめ込むことができるようになっているが、上の筒の底面は閉じていない。二つの連続した筒の間を合成樹脂でできた薄い膜で仕切る。この膜には、好中球が通過できる程度の微小な穴が数多くあいている。この容器の下の筒を、Xという物質を含む細胞培養液で満たした。上の筒には、Xを含まない細胞培養液を入れてある。この上の筒にのみ、細胞数5万個の好中球を入れた。このようにセットした容器を、37℃で1時間静置した。この後、それぞれの筒をはずし、間の膜を取り出した。この膜を、細胞を染める色素で染色し、容器にセットしていたときに下側を向いていた膜表面を顕微鏡で観察した。この膜の下側の面には、好中球が数多く観察されたので、Xは好中球を誘引する物質であると結論付けた。この実験から導き出された結論は正しいと言えるかどうかを判断し、その判断がどのような考察に基づいてなされたのかを述べなさい。

III 以下の文章を読んで、1から4の問いに答えなさい。

ヒトのからだの内部環境は、ホルモンや自律神経系の働きにより維持されている。血糖量（血液中のグルコース量）が増加した状態は人体に種々の障害をもたらす。逆に血糖量の減少はグルコースを必須の栄養源とする神経細胞の活動に影響して、意識障害などの重篤な状態につながる。従って、血糖量を一定に保つことは正常な生命活動に欠かせない。血糖量の調節は、のにあるβ細胞（B細胞）から分泌されるインスリン、にある細胞から分泌されるグルカゴンとともに、から分泌されるアドレナリン、から分泌される糖質コルチコイドなどのホルモンにより行われている。グルカゴン、アドレナリン、糖質コルチコイドは血糖量を増加させる作用がある。一方、インスリンは血糖量を減少させる作用が知られている唯一のホルモンである。人体は、これらのホルモンによって血糖量を一定に保っている。

食事をして糖質を摂取した場合を考えてみる。食後、血糖量は増加する。血糖量の増加はのにあるβ細胞からのインスリン分泌を増加させ、インスリンの標的細胞である肝臓、骨格筋、脂肪などの細胞におけるグルコースの取り込みや代謝を高めて、食後に増加した血糖量を減少させる。このインスリンによる血糖量減少作用をもう少し物質レベルで考えてみる。

血液中のグルコースがβ細胞に達すると、一部のグルコース分子はβ細胞内に取り込まれる。細胞内に取り込まれたグルコースがグルコキナーゼ（解糖系の第1段階反応で働く酵素）によりリン酸化され、解糖系、クエン酸回路、の反応過程が進んでATPがつくられる。このATP生成が引き金となってβ細胞からのインスリン分泌が促される。つまり、血糖量が増加し、より多くのグルコース分子がβ細胞内に取り込まれてATP生成量が増加すると、インスリンの分泌量が増加することになる。そして、血液中に分泌されたインスリンが標的細胞に達してと結合することにより、標的細胞内へグルコースが取り込まれ、さらにグリコーゲンの合成などが促進されて、血糖量が減少する。

1. 上記の空欄～に適切な語句を（ア～ニ）の中から選んで記号で答えなさい。

- （ア） 甲状腺 （イ） カルビン・ベンソン回路 （ウ） 酸素伝達系 （エ） 副腎髄質
（オ） 脳下垂体前葉 （カ） μ (M) （キ） 産生細胞 （ク） 受容体
（ケ） ランゲルハンス島 （コ） 副腎皮質 （サ） 肝臓 （シ） 阻害物質
（ス） 細胞核 （セ） α (A) （ソ） δ (D) （タ） 腎臓 （チ） 脾臓
（ツ） 遺伝子 （テ） 水素伝達系 （ト） すい臓 （ナ） ろ胞上皮 （ニ） 外分泌腺

2. 糖質を摂取直後に血液中のグルカゴン濃度を測定した場合、摂取前と比較して下記のいずれになると考えられるか。記号で答えなさい。

- （a） 増加する （b） 変化しない （c） 減少する

3. 血糖量調節の異常が原因となる疾患が知られている。下記の事例 A および B において、糖質を摂取した後に血糖量がどのように変化すると予想されるだろうか。インスリンによる血糖量調節作用を中心に、その理由を含め簡潔に述べなさい。ただし、事例 A, B には下記以外の異常はみられないとする。

A : グルコキナーゼ遺伝子（常染色体上に存在）には両対立遺伝子ともに変異が認められ、正常のグルコキナーゼと比較して酵素活性の低下が認められた。

B : ミトコンドリア DNA に変異が存在し、ミトコンドリア機能に低下が認められた。

4. ある遺伝子異常を有するマウスに糖質を摂取させたところ、摂取後に持続的な血糖量の増加がみられ、インスリンを注射により投与したが血糖量の減少は認められなかった。どうしてこのマウスではインスリンを投与しても血糖量が増加したままなのか、考えられることを簡潔に述べなさい。ただし、正常なマウスはヒトと同様な血糖量調節機構をもっており、投与したインスリンの生理活性も正常とする。