

生 物

問 題

2011年度

< H23050017 >

注 意 事 項

1. この問題冊子は、解答パターンがBおよびCの受験生に配布されます。
2. この試験では、この問題冊子、「物理・化学」の問題冊子、記述解答用紙（2種類）およびマーク解答用紙の計5種類を配布します。
3. 問題冊子および解答用紙は、試験開始の合図があるまで開かないでください。
4. 問題は2～11ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れに気付いた場合は、手を挙げて監督員にお知らせください。
5. 記述解答用紙については、所定欄（2か所）に受験番号および氏名を記入してください。
6. マーク解答用紙については、受験番号を確認したうえ所定欄に氏名のみを記入してください。
7. 解答は解答用紙の所定欄に、黒鉛筆（HB）またはシャープペンシル（HB）で記入してください。
8. マーク解答用紙については、以下の点に注意してください。
 - a) マーク欄は、はっきりとマークしてください。また、訂正する場合は、消しゴムで消し残しがないようにきれいに消してください（砂消しゴムは使用不可）。
 - b) 解答は指定された解答欄にマークし、解答用紙のその他の部分には何も記入しないでください。

良い例	(a)	1	2	3	4	5	6	○の中を正確にぬりつぶす
悪い例	(a)	1	2	3	4	5	6	1. はみ出してぬりつぶす 2. ぬり残す 3. ○で囲む 4. 薄い 5. ✓点(ぬりつぶしていない) 6. ×印(ぬりつぶしていない)

9. 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
10. 問題冊子は持ち帰ってください。
11. 解答用紙は必ず提出してください。

〔I〕 以下の（１）～（１０）の問題文において、（ｉ）に最も適合するものをⅰ群（あ）～（お）から、また（ⅱ）に最も適合するものをⅱ群（ア）～（オ）から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- （１） 親個体のからだの一部が分かれて新しい個体が作られる生殖方法を無性生殖という。単細胞生物は、細胞１つが一個体であるため、細胞が分裂するだけで２つの新しい個体ができる。酵母菌の中には、細胞の一部に芽のような突起を作り、それが大きくなって別個体となるものがある。このような細胞分裂のしかたを特に出芽という。（ⅰ）は多細胞生物であるが出芽でふえる生物として知られている。オランダイチゴも多細胞生物であるが、地上をほう茎の途中から根を出して新しい個体を形成することができる。この無性生殖方法を（ⅱ）という。

ⅰ：（あ）ヒドラ （い）ミドリムシ （う）アメーバ （え）カナダモ （お）ゾウリムシ
ⅱ：（ア）卵片生殖 （イ）栄養生殖 （ウ）幼生生殖 （エ）孢子生殖 （オ）接合

- （２） 下の表１－１は、健康なヒトの血しょう、原尿および尿の成分の濃度（mg/mL）を比較したものである。ただし、原尿中からの再吸収がまったく起こらないイヌリンを事前に静脈注射している。表中の成分A～Dの組み合わせとして正しいものは（ⅰ）である。また、原尿中からの尿素の再吸収率は（ⅱ）％である。

表１－１

成分	濃度（mg/mL）		
	血しょう	原尿	尿
A	0.04	0.04	0.54
B	1.0	1.0	0.0
C	3.0	3.4	3.4
D	74	0	0
カルシウムイオン	0.080	0.100	0.014
尿素	0.3	0.3	20.0
イヌリン	0.2	0.2	24.0

ⅰ：（あ）A：尿酸，B：グルコース，C：ナトリウムイオン，D：タンパク質
（い）A：カリウムイオン，B：タンパク質，C：尿酸，D：グルコース
（う）A：カリウムイオン，B：グルコース，C：ナトリウムイオン，D：尿酸
（え）A：ナトリウムイオン，B：タンパク質，C：尿酸，D：グルコース
（お）A：尿酸，B：タンパク質，C：カリウムイオン，D：グルコース
ⅱ：（ア）20.0 （イ）36.0 （ウ）44.4 （エ）66.7 （オ）80.0

- （３） ヒト（女性）では、卵巣から排卵されるのは、卵形成の過程において第二分裂中期まで減数分裂が進んだ（ⅰ）である。このとき（ⅰ）は（ⅱ）本の染色体を有する。その後精子が進入すると減数分裂を再開し、極体が放出されて卵核と精核が融合し、受精卵となる。

ⅰ：（あ）卵原細胞 （い）一次卵母細胞 （う）二次卵母細胞 （え）三次卵母細胞 （お）卵
ⅱ：（ア）22 （イ）23 （ウ）44 （エ）46 （オ）88

(4) 細胞内で増殖するものとしてウイルスとミトコンドリアがある。以下の文のうち、ウイルスに関する最も適当な文は (i) であり、ミトコンドリアに関する最も適当な文は (ii) である。

- i : (あ) ウイルスに共通する特徴として、DNA とタンパク質からなり、細胞に侵入して増殖する。
(い) ウイルスの中の1つのグループは、宿主なしに増殖できるため生命の起源に関連すると考えられている。
(う) ウイルスの多くは、大腸菌など細菌よりも小さな原核生物である。
(え) ウイルスは、植物を含め真核細胞には感染するが細菌には感染しない。
(お) ウイルスが原因の病気にかかったヒトは、同じウイルスには感染しにくくなる。
- ii : (ア) ミトコンドリアは複雑に折り畳まれた1重の膜が袋状になって作られている。
(イ) 細胞1個あたりのミトコンドリアの数は通常1～4個程度である。
(ウ) ミトコンドリアはもともと独立した原核生物が別の細胞に共生したものに由来すると考えられている。
(エ) 葉緑体は、ミトコンドリアの一部が葉緑素を合成できるように進化したものである。
(オ) ミトコンドリアは、タンパク質合成や細胞内で生じた老廃物の分解に働く細胞小器官である。

(5) 先カンブリア時代に (i) は原始地球において大気中の酸素濃度上昇をもたらした。次に続く古生代は、カンブリア爆発と呼ばれる生物の多様性が生まれた時代である。その後に続く中生代に出現した生物は (ii) である。

- i : (あ) 光合成細菌 (い) ラン藻 (シアノバクテリア) (う) 酵母 (え) 古細菌 (お) 褐藻
- ii : (ア) 魚類 (イ) は虫類 (ウ) 多細胞生物 (エ) 三葉虫 (オ) 被子植物

(6) 肺で酸素を取り込んだ血液は、心臓から拍出され、動脈、静脈を経て心臓にもどり、再び肺に入る。したがって、(i) を流れる血液が最も多くの酸素を含んでいる。また、小腸で吸収された栄養分を含んだ血液が直接送られるのは、主に (ii) である。

- i : (あ) 大動脈 (い) 大静脈 (う) 肺動脈 (え) 肺静脈 (お) 毛細血管
- ii : (ア) すい臓 (イ) 肝臓 (ウ) 大腸 (エ) 心臓 (オ) 腎臓

(7) 細胞は生命の基本単位であり、細胞膜によって細胞内と細胞外の環境が区切られている。細胞内外の環境で大きく異なるものに、イオン濃度の違いがある。神経細胞はイオン透過性の変化によって興奮が生じる。その様子を実験的に調べた。生理食塩水中に1個のマウス神経細胞を置き、ある強度の電気刺激を与えたところ、細胞外に対する細胞内の電位の変化が図1-1の実線のように記録された。興奮が生じていない時(静止電位時)の電位Rと最も興奮したときの電位Aは(i)である。次にある薬物を加え、同じ強度の電気刺激を与えたところ、興奮時の電位の変化は破線ようになった。この薬物の作用として最も可能性が高いと考えられるのは(ii)の障害である。

i : (あ) Rが -70 mV , Aが $+30\text{ mV}$

(い) Rが 0 mV , Aが $+30\text{ mV}$

(う) Rが 0 mV , Aが $+70\text{ mV}$

(え) Rが $-70\text{ }\mu\text{V}$, Aが $0\text{ }\mu\text{V}$

(お) Rが $0\text{ }\mu\text{V}$, Aが $+30\text{ }\mu\text{V}$

ii : (ア) Na^+ チャネル

(イ) Cl^- チャネル

(ウ) Ca^{2+} チャネル

(エ) K^+ チャネル

(オ) H^+ チャネル

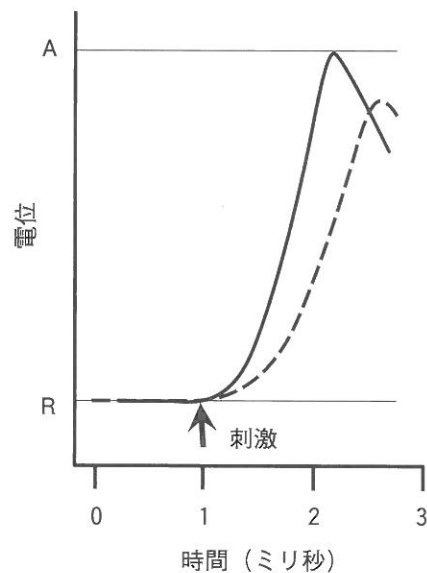


図1-1

(8) 図1-2の実線は、ある陰性植物の光合成における光の強さと二酸化炭素吸収速度の関係を示したグラフである。

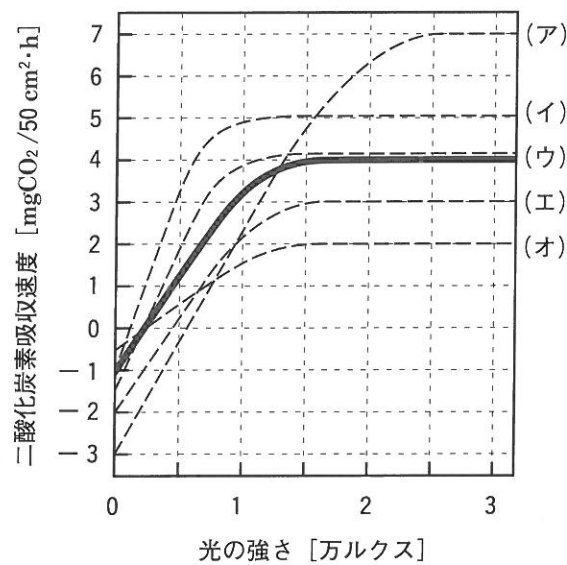


図1-2

この陰性植物の { 補償点, 光飽和点, 光飽和に達した光合成速度 } のそれぞれについて, 単位を省略し数値を順に組み合わせて表示すると, 最も適当な組み合わせは (i) である。また, 陽性植物の光合成における光の強さと二酸化炭素吸収速度の関係を考えた場合, グラフは図1-2の破線の (ii) と予想される。

- i : (あ) { -1.0, 1.0, 4.0 } (い) { -1.0, 4.0, 1.5 } (う) { 0.0, 1.0, 5.0 }
 (え) { 0.2, 1.0, 4.0 } (お) { 0.2, 1.5, 5.0 }
 ii : 図1-2 から選ぶこと。

(9) ハーディー・ワインベルグの法則に従う動物集団がある。この動物の同一世代の集団において, Aとaで表記される対立遺伝子とBとbで表記される対立遺伝子を考える。Aはaに対して完全に優性であり, Bはbに対して完全に優性であるとする。さらに, 対立遺伝子Aとaに関する表現型と対立遺伝子Bとbに関する表現型は, 互いに独立に出現するとする。この集団内の遺伝子Aとaの頻度をそれぞれ0.10と0.90とし, また遺伝子Bとbの頻度をそれぞれ0.70と0.30とすると, 遺伝子A, Bそれぞれの表現型が出現する確率 { A, B } は (i) である。また, この動物の子世代における遺伝子A, Bの頻度 [A, B] は (ii) である。

- i : (あ) { 0.01, 0.42 } (い) { 0.01, 0.49 } (う) { 0.10, 0.70 }
 (え) { 0.18, 0.42 } (お) { 0.19, 0.91 }
 ii : (ア) [0.01, 0.42] (イ) [0.01, 0.49] (ウ) [0.10, 0.70]
 (エ) [0.18, 0.42] (オ) [0.19, 0.91]

- (10) 異物を抗原として抗体が産生される体液性免疫では、一次応答と二次応答が知られており、両者の特徴は図1-3の(i)で表される。抗体は、長いポリペプチド鎖(H鎖)と短いポリペプチド鎖(L鎖)が2本ずつ組み合わさってできており、H鎖とL鎖にはそれぞれ抗原と結合する部分(可変部)がある。H鎖の可変部のアミノ酸配列を決定する遺伝子はV, D, Jの3つの領域、またL鎖の可変部の遺伝子はV, Jの2つの領域を含み、それぞれの遺伝子領域には多数の遺伝子断片が存在する。これら遺伝子領域からは他の領域に依存せずにそれぞれ遺伝子断片が1つずつ選ばれて、1種類の抗体が産生される。H鎖のV, D, Jの遺伝子領域にそれぞれ7, 5, 3種類の遺伝子断片が存在し、L鎖のV, Jの遺伝子領域にそれぞれ7, 3種類の遺伝子断片が存在する場合を考えると、抗体を作り出す遺伝子の組み合わせの理論上の数は(ii)である。

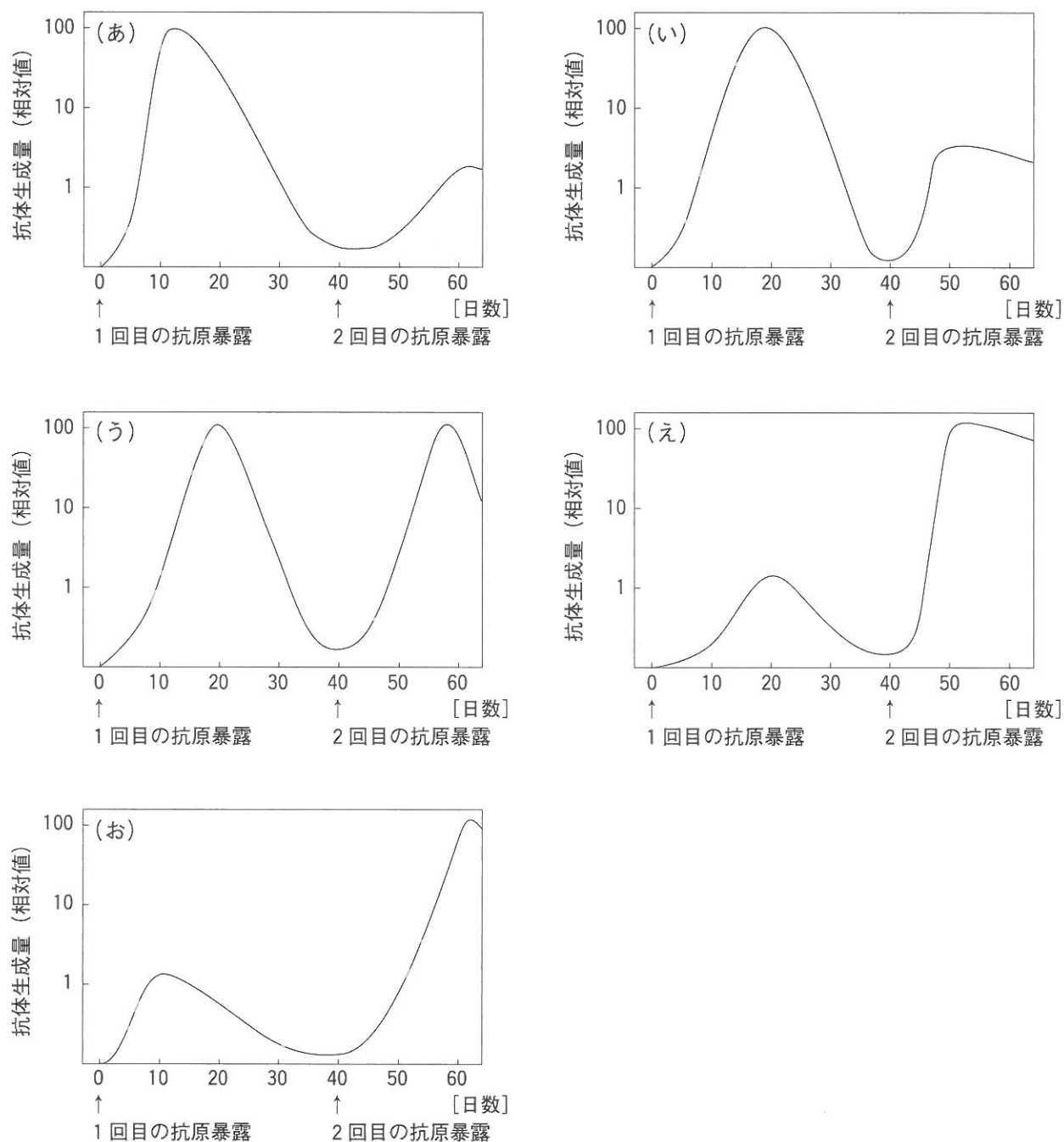


図1-3

i : 図1-3から選ぶこと。

ii : (ア) 25 (イ) 105 (ウ) 2,205 (エ) 11,025 (オ) 4,862,025

8 ページに〔Ⅱ〕が続く

〔Ⅱ〕 以下の文章を読み、答えを解答欄に記入しなさい。

ゲノムとは、ある生物がもっている遺伝情報全体をさす。近年、ヒトゲノムを構成する約30億塩基対のDNA配列の解読がおこなわれ、ヒトゲノム中にはおよそ23,000種類の遺伝子が含まれていると推定された。しかしながら、ヒトの遺伝子のDNA配列は明らかになったものの、これらの遺伝子からどのようなタンパク質が作られ、それらがどのようなに関わりあってヒトの体のつくりや臓器の機能を支えているのかはまだ不明な点も多い（問1）。

遺伝子の本体がDNAであること（問2）は、1920年代のグリフィスによる肺炎双球菌（病原性S型菌と非病原性R型菌）を用いた形質転換の実験（問3）によってヒントが与えられた。1940年代には、エイブリー（アベリー）によって、この形質転換を引き起こす物質がDNAであることが証明された。しかし、当時の研究者の多くは、DNAではなくタンパク質が遺伝子の本体であると考えていた。そのため、DNAが遺伝子の本体であるというエイブリーの主張は、1950年代になってハーシーとチェイスによるバクテリオファージを用いた研究結果が発表されるまでは広く認められなかった。

これらの研究から半世紀以上経った2010年の5月、ベンターらによって Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome（化学的に合成されたゲノムによって制御される細菌細胞の創造）というタイトルの論文が米国科学誌サイエンスに発表された。この論文の主旨は、人工的に細菌の全遺伝子を合成して別の細菌に導入して新しい生命体を創ろうとするものであり、この研究および関連する研究のおおまかな流れは、実験1～実験4のようになる。

実験1

原核生物の一種であるマイコプラズマ・マイコイデスから染色体のDNAを抽出して、その配列情報をすべて決定した。その長さはおよそ108万塩基対もの長さからなっていた。

実験2

化学的な方法と遺伝子工学的な方法を組み合わせて、マイコプラズマ・マイコイデスの染色体DNAを人工的に合成した。

実験3

マイコプラズマ・マイコイデスと近縁の別の細菌マイコプラズマ・カプリコルムからゲノムDNAを除いておき、新たに合成したマイコプラズマ・マイコイデスの染色体DNAを導入した。その結果、導入された細胞（合成ゲノム細胞）は自己増殖能をもつようになった。

実験4

合成ゲノム細胞は次々と分裂して膨大な数に増殖した。その細菌の遺伝子は、合成して導入したものと同一であるか、細胞の性質がマイコプラズマ・マイコイデスとマイコプラズマ・カプリコルムのいずれに近いかを調べた（問4）。

問1 遺伝子の情報をもとにタンパク質が合成される。ヒト細胞において働いているタンパク質の種類は遺伝子の数（約23,000）よりもかなり多い。この現象は、原核生物よりもヒトなどの高等真核生物において顕著である。なぜ、ヒトでは遺伝子数よりもタンパク質の種類が多くなるのか、その理由を説明しなさい。

問2 DNAは一般に、アデニン（A）、チミン（T）、グアニン（G）、シトシン（C）という4種類の塩基を含むヌクレオチドが元になって構成されている。ヌクレオチドは塩基に加えて他の2種類の構成要素からなっているが、この構成要素とはどのようなものか。たとえば、「アミノ酸」といったような一般名称で答えなさい。

- 問3 グリフィスによる肺炎双球菌（病原性 S 型菌と非病原性 R 型菌）を用いた形質転換の実験はどのようなものかを説明しなさい。
- 問4 合成ゲノム細胞の性質は、マイコプラズマ・マイコイデスとマイコプラズマ・カプリコルムのいずれに近いと考えられるか。さらにその理由も答えなさい。
- 問5 長大なゲノム DNA の人工合成には、ほう大な費用と時間を必要とする。実験 1～実験 4 においてゲノム DNA の人工合成を行なう前に、あらかじめ確認しておくべきことがらを答えなさい。本文中に記された 1920～1950 年代の研究を参考にすること。
- 問6 実験 1～実験 4 のような実験は、動物を使っても行うことができるだろうか。そういった実験を試みるときに、動物細胞のどのような性質が障害となる可能性があるか。障害となる点を少なくとも 1 つ挙げなさい。
- 問7 現在の技術では、DNA だけでなく、タンパク質や脂質なども化学的に合成することができる。そのことから、試験管の中で、人工物を組み合わせることによって生きた細菌を作ることができると考えられるか。理由とともに答えなさい。

〔Ⅲ〕 以下の文章を読み、答えを解答欄に記入しなさい。

37℃を成育の最適温度とする細菌から単離された酵素Xと酵素Yを用いて、以下の図3-1（問1）のような高分子量の生体分子Aを低分子量の物質Bに変換する実験を行った。

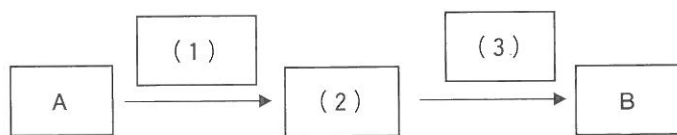


図3-1 反応の流れ

実験では、試験管内のAとBの濃度変化を測定し、ある時間が経ったら反応液を試験管から透析袋に移して透析*を行い、透析袋内の濃度変化を測定すると共に、透析後は透析外液中の物質を回収した。実験の結果を以下に示す。

実験1

Aの溶液の入った試験管にXを添加したところ（問2）、Aの濃度は減少していったが、Bは全く得られなかった。その代わりAよりも分子量の低い別の物質Cが生成した。透析を行ったところ、透析外液は透析前と変化しなかった。

実験2

Aの溶液の入った試験管にYを添加しても、Aの濃度は減少しなかった。透析を行ったところ、透析外液は透析前と変化しなかった。

実験3

Aの溶液の入った試験管にBを加えてからXを添加してもAの濃度は減少しなかった（問3）。

実験4

Aの溶液の入った試験管にXを添加してAの濃度が十分に減少したことを確認してからYを添加するとBの濃度が増加した（問4）。Bの濃度が十分に増加したことを確認してから透析を行ったところ、透析外液にはBが回収された。試験管内および透析袋内のAとBの濃度変化を図3-2に示した。

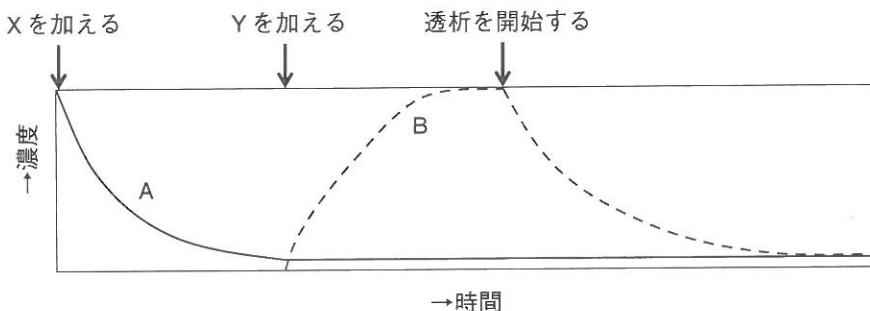
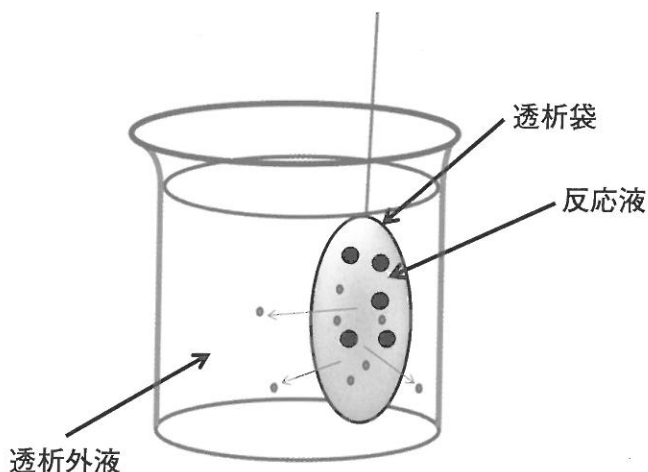


図3-2 実験4における試験管内および透析袋内のAとBの濃度変化

実験 5

A の溶液の入った試験管に X と Y を同時に添加したところ、A の濃度がわずかに減少して B の濃度がわずかに増加したのみであった。この反応液を透析したところ、透析外液から B が回収された。回収量は、透析前の反応液の B の濃度から計算される重量を 1 とすると約 50 であり、図 3-1 の反応が進行したことがわかる。

* 透析：半透膜でできた袋（透析袋）の中に半透膜を透過できる物質が溶けている溶液を入れて透析外液に対して透析を行うと、この物質は濃度勾配により半透膜を透過して透析外液中に出る（図 3-3）。この実験では、透析袋に入れる反応液の体積に対して透析外液の体積は約 50 倍とした。なお、透析中の透析袋の容積は一定とし、透析は十分に時間をかけて行い、透析外液の交換はしなかった。



透析袋内にある●と●では、●は透析袋の半透膜の孔よりも小さいので透過して透析外液中に出るが、●は透過しない。

図 3-3

問 1 図 3-1 の (1), (2), (3) にあてはまる適当な記号を X, Y, C のなかから選んで答えなさい。

問 2 下線の操作の後、試験管を煮沸してから実験 1 を継続すると A の濃度は変化しなかった。その理由を述べなさい。

問 3 下線の結果から、B が X に及ぼす仕組みを表す最も適当な語を答えなさい。

問 4 実験 4 において、Y の添加量を半分にした場合には B の濃度変化はどのようなになるのか、解答欄の図中に実線で描き込みなさい。ただし、実験 4 における各操作の時間は変えないこととする。

問 5 実験 5 における試験管内および透析袋内の A と B の濃度の変化はどのようなになるのか、解答欄の図中に A は実線で B は破線で描き込みなさい。

〔以下余白〕

