

生 物 (その1)

第1問 骨とカルシウムに関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ヒトにとって (1) 骨はからだを支える重要な構造であるとともに、カルシウムを貯蔵する組織としての役割も果たしている。 進化の過程で脊椎動物が誕生したとき、最初の脊椎はコラーゲンを主成分とする軟骨でできていたと考えられている。水中では重力の負荷が小さいので、軟骨はからだを支えるのに十分な強度をもっており、(2) サメなどの軟骨魚類は今でも海で繁栄している。 ところがミネラルが豊富な海で誕生した軟骨魚類が海から川に生息域を広げようとしたときに、(3) 生命活動に必須なカルシウムを環境から簡単に入手することが困難になった。 そこで (4) 骨にカルシウムを沈着させて骨をカルシウムの貯蔵庫にすること で、軟骨が硬骨へと変化し、硬骨魚類が誕生したと考えられている。

川に生息場所を移した一部の魚類は、海にいたときよりも多くの太陽光を受けて、硬骨の形成にはたらくビタミンの活性化が容易になったと考えられる。その結果、骨は硬く丈夫になり両生類の陸上進出を有利にした。その後、一部の硬骨魚類は再び海に戻りさまざまな進化をとげたと考えられている。

ヒトの骨は固くて変化しないようにみえるが、実際には破骨細胞によってその一部が溶かされ、その穴を骨芽細胞が埋めることによって骨は絶えずつくり替えられている。(5) 破骨細胞によって骨が溶かされるときにカルシウムイオンが遊離し、血液中のカルシウムイオン濃度は増加する。

問1 下線部(1)について、「からだを支える」と「カルシウムを貯蔵する」と以外にヒトの骨が果たしている役割を2つ記せ。

問2 下線部(2)について、サメ以外の軟骨魚類を1つ記せ。

問3 下線部(3)について、カルシウムはさまざまな生理機能に重要な役割を果たしている。

i) 細胞間接着にはたらくタンパク質のうち、接着にカルシウムイオンを必要とするのものは何か、名称を記せ。

生 物 (その2)

- ii) アクチンフィラメントに常に結合しており, 細胞内に放出されたカルシウムイオンと結合することで, 筋収縮のきっかけとなるタンパク質は何か, 名称を記せ。
- iii) カルシウムイオンの作用により神経末端から神経伝達物質が放出される。神経伝達物質を蓄えている分泌小胞を特に何とよぶか, 名称を記せ。
- iv) カルシウムイオンは, 細胞外から受け取ったシグナルを二次的に細胞内に伝えるセカンドメッセンジャーとしての役割も果たしている。カルシウムイオン以外のセカンドメッセンジャーを1つ記せ。
- v) ウニでは, 精子の先体突起が卵の細胞膜に到達すると, カルシウムイオンの作用により, 卵の小胞に蓄えられた物質が細胞外に放出され, 受精膜が形成される。この分泌小胞を何とよぶか, 名称を記せ。
- vi) ヒトの内耳の前庭には炭酸カルシウムでできている「重し」が存在しており, この重しの動きが内耳の感覚細胞を刺激することによってからだの傾きを知覚する。この重しを何とよぶか, 名称を記せ。

問4 下線部(4)について,

- i) 骨はカルシウムをリン酸カルシウムとして沈着させ貯蔵している。骨以外にリン酸カルシウムが沈着している組織を1つ記せ。
- ii) カルシウムは細胞内にも貯蔵されている。ヒトにおいて赤血球以外のほぼすべての細胞で, カルシウムイオンの貯蔵にはたらいっている主要な細胞小器官は何か, 名称を記せ。

問5 下線部(5)について, このようなしくみで血液中のカルシウムイオン濃度を増加させるホルモンと, それを分泌する器官の名称をそれぞれ記せ。

生 物 (その3)

第2問 バイオームと生態系に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

地球上にはさまざまな植物が生育している。ある場所に生育している植物の集まりを植生とよぶ。植生を外から見たときの様相を相観といい、植生を構成する種のうち最も広く地表をおおっている植物を優占種とよぶ。一般に相観は優占種によって特徴づけられる。植生とそこに生息するすべての生物の集まりをバイオームとよぶ。バイオームの分布は気温(年平均気温)と降水量(年降水量)などの気象条件に対応している。

(1) 陸上の3つの地点(A～C)について、月ごとの気温と降水量の変化を図1に示す。また、世界のバイオーム分布を図2に示す。

生態系を構成する生物は、生産者と消費者に分けられる。生産者が有機物を生産することや、消費者が摂取した有機物から新たに有機物を合成することを物質生産とよぶ。物質生産の大半は植物の光合成による。一定面積・一定時間に生産者が生産した有機物の総量を総生産量とよぶ。また、ある時点における単位空間あたりの生物体の乾燥重量を現存量とよぶ。(2) 極相が森林となるある陸上生態系において、これらの物質量は遷移過程に伴って変化していく。

森林を構成する植物は呼吸によって二酸化炭素を放出し、光合成によって二酸化炭素を吸収している。(3) 光の強さと二酸化炭素の吸収速度の関係は、植物の種類ごとに異なっている。

生産者によって生産された有機物が、栄養段階の順に消費者へ移動することで生態系は成り立っている。消費者が摂食したもののうち、消化・吸収されなかった不消化排出量を除いたものを同化量とよぶ。生態系内の物質がそれぞれの栄養段階でどのように利用されて移動するかは、(4) 各栄養段階における物質の収支を調べることによって明らかにすることができる。

株式会社第一学習社 / 高等学校 新生物基礎
株式会社新興出版社啓林館 / 高等学校 生物
実教出版株式会社 / 高校生物基礎

生 物 （その4）

図 1

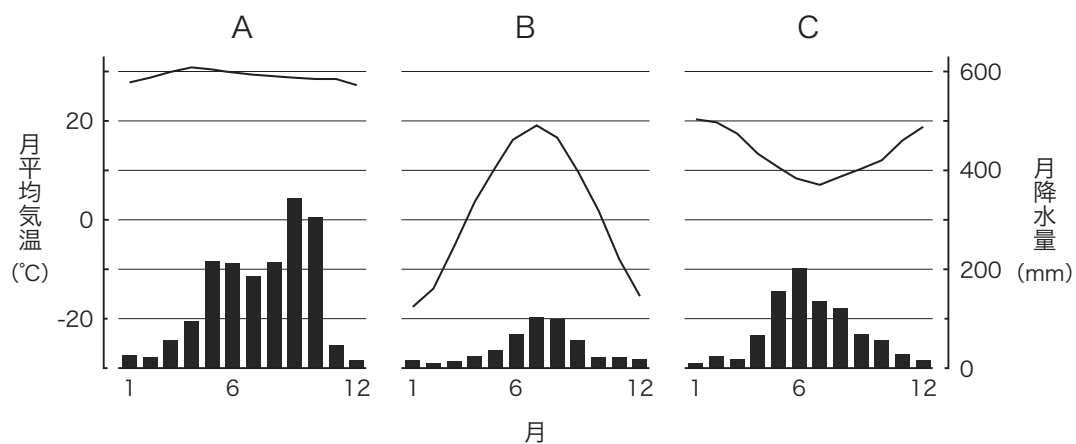
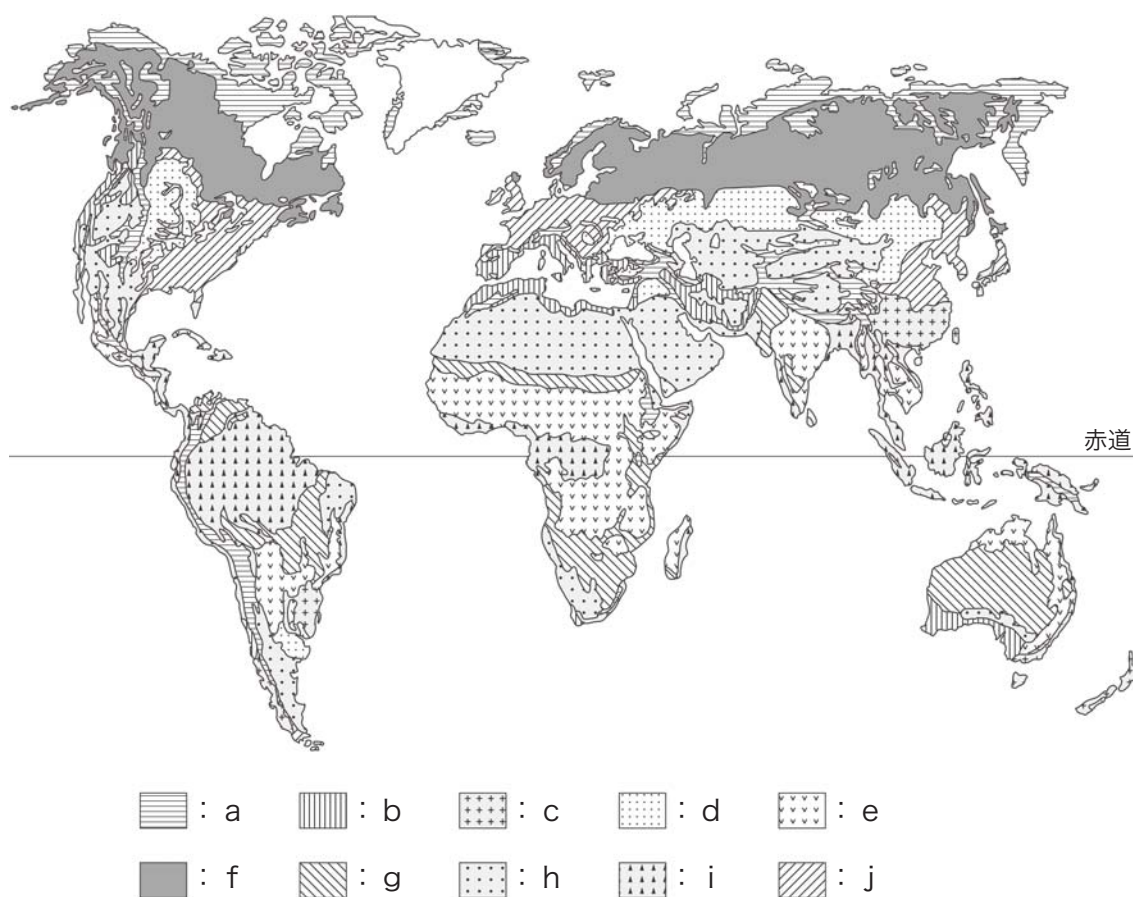


図 2



生 物 (その5)

問1 下線部(1)について、図1の地点A～Cの各地点が属するバイオームに関して、表1の(ア)～(ケ)を下のi)～iii)にしたがって埋めよ。

表1

	A	B	C
i) 名称	(ア)	(イ)	(ウ)
ii) 分布	(エ)	(オ)	(カ)
iii) 代表する植物	(キ)	(ク)	(ケ)

i) それぞれのバイオームの名称は何か。(ア)～(ウ)に次の①～⑩から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

- | | |
|--------|-------------|
| ① 照葉樹林 | ② ツンドラ・高山植生 |
| ③ サバンナ | ④ 硬葉樹林 |
| ⑤ 夏緑樹林 | ⑥ 熱帯・亜熱帯多雨林 |
| ⑦ ステップ | ⑧ 針葉樹林 |
| ⑨ 雨緑樹林 | ⑩ 砂漠 |

ii) それぞれのバイオームの分布はどれか。(エ)～(カ)に図2のa～jから最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、記号で記せ。

iii) それぞれのバイオームを代表する植物は何か。(キ)～(ケ)に次の①～⑩から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

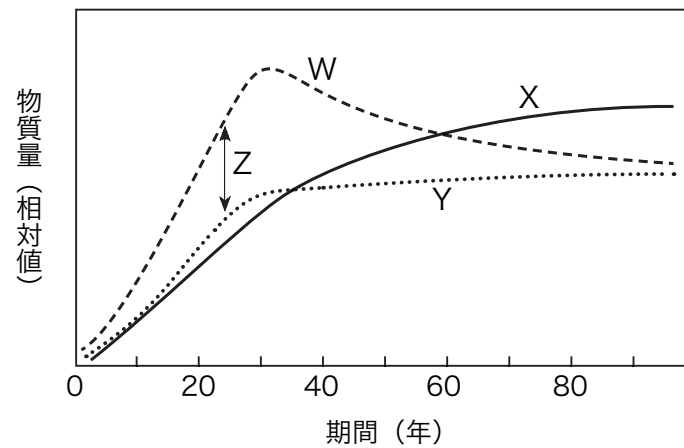
- | | | |
|--------|--------|---------|
| ① 地衣類 | ② トウヒ | ③ フタバガキ |
| ④ タブノキ | ⑤ オリーブ | ⑥ ミズナラ |
| ⑦ アカシア | ⑧ イネ | ⑨ サボテン |
| ⑩ チーク | | |

生 物 （その6）

問2 下線部(2)について,さまざまな物質量(W～Y)の変化を図3に示す。また, ZはWとYの差を示す。図3のW～Zは何を表すか。次の①～④から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び,番号で記せ。

- ① 呼吸量 ② 現存量 ③ 総生産量 ④ 純生産量

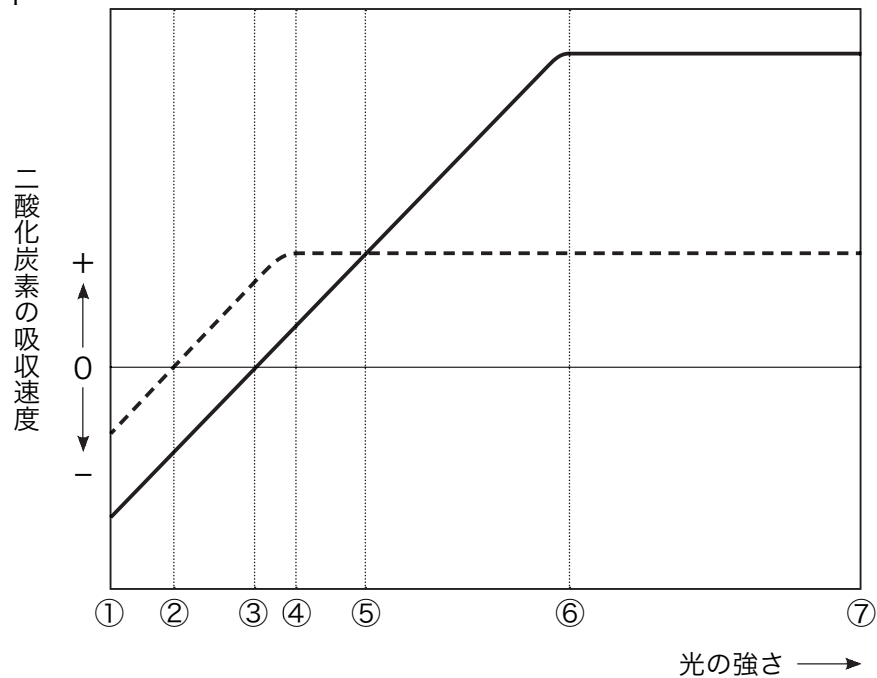
図3



生 物 （その7）

問3 下線部（3）について，陽生植物と陰生植物の例を図4に示す。光合成速度は光の強さとともに大きくなるため，ある光の強さでは呼吸速度と光合成速度が等しくなって，見かけ上は二酸化炭素の出入りが見られなくなる。また，ある光の強さを越えると光合成速度は一定になる。

図4



- i) 陽生植物の光補償点は図4の①～⑦のどれか。最も適当なものを1つ選び，番号で記せ。
- ii) 陰生植物の光飽和点は図4の①～⑦のどれか。最も適当なものを1つ選び，番号で記せ。
- iii) 陰生植物の方が陽生植物よりも成長に有利な光の強さは図4の①～⑦のどの範囲か。例にならって番号で記せ。

(例) ④～⑥

生 物 (その8)

問4 下線部(4)について, ある生態系におけるさまざまな物質量を表2に示す。
ただし, この生態系では二次消費者より高次の消費者は存在しない。

表2

栄養段階	総生産量 (同化量)	呼吸量	被食量	枯死・ 死滅量	成長量
生産者	481.2	121.0	72.2	11.6	276.4
一次消費者	57.7	18.5	13.0	1.3	24.9
二次消費者	10.2	6.3	0.0	0.3	3.6

(単位: $\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{年})$)

- i) この生態系において, 分解者に供給される有機物量 ($\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{年})$) を求めよ。
数値は四捨五入して小数第1位まで記せ。
- ii) この生態系における一次消費者のエネルギー効率(%)を求めよ。数値は四捨五入して小数第1位まで記せ。

生 物 (その9)

第3問 免疫に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ヒトのからだのまわりには多くの病原体が存在している。これに対し、からだには免疫とよばれる生体防御のしくみが備わっている。ヒトでは大きく3つの生体防御機構が段階的にはたらい回しされている。

第1の機構として、物理的・化学的防御機構がある。からだをおおう皮膚や粘膜によって、大部分の病原体の侵入は物理的に抑えられている。また、⁽¹⁾ だ液や涙などには細菌を殺す物質が含まれており、病原体の侵入は化学的にも抑えられている。

第2の機構として、食細胞による食作用がある。物理的・化学的防御で防ぎきれずに体内に侵入してきた病原体は、食細胞により排除される。第1と第2の機構をまとめて自然免疫とよぶ。

第3の機構として、獲得免疫がある。⁽²⁾ 獲得免疫は自然免疫で防ぎきれなかった病原体や毒素を異物として認識し排除する。異物と認識される物質を抗原とよぶ。抗原を認識して特異的に結合するタンパク質に抗体がある。抗原と抗体が結合する反応を抗原抗体反応とよぶ。

抗体は抗原と結合する際、抗原全体を認識するのではなく、抗原の中の小さな特定の部位だけを認識して結合する。この抗体結合部位をエピトープとよぶ。一般に、抗原には複数のエピトープが存在する。

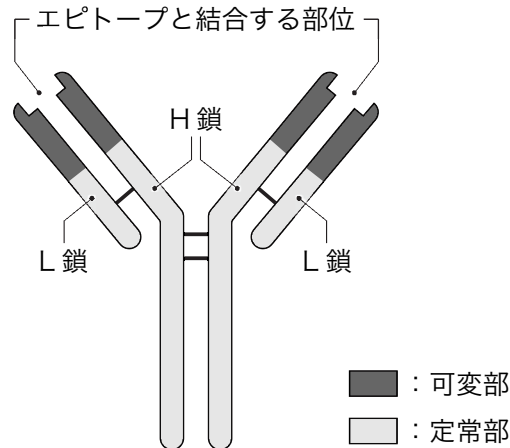
抗体は免疫グロブリンとよばれるタンパク質でY字型をしており、H鎖とL鎖がそれぞれ2本ずつの計4本から構成される(図5)。H鎖とL鎖の先端部を可変部とよび、この部位で特定のエピトープと結合する。可変部のアミノ酸配列は結合するエピトープごとに異なる。ほかの部分は定常部とよばれ、この部分のアミノ酸配列はどの抗体でもほぼ同じである。多様なエピトープに対しては、それぞれのエピトープに対応する可変部をもった抗体が結合する。⁽³⁾ 膨大なエピトープの数に対して抗体の遺伝子の数はきわめて少ないが、遺伝子の連結と再編成によって非常に多くの種類の抗体をつくることができる。

1回目の抗原刺激を受けたときの免疫応答を一次応答とよぶ。その後、活性化を受けたリンパ球の一部は免疫記憶細胞となって体内に残るため、再び同じ抗原が侵入した場合は、速やかに獲得免疫系が誘導される。⁽⁴⁾ 2回目以降の免疫応答を二次応答とよぶ。

抗原抗体反応は免疫応答以外に、⁽⁵⁾ 血液型の判定や⁽⁶⁾ 抗体の特異性を利用した抗原の検査などに利用されている。

生 物 (その10)

図5



問1 下線部(1)について,

i) だ液や涙に含まれていて細菌の細胞壁の成分を分解する物質は何か。次の

①～⑤から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

① ヒスタミン

② デイフェンシン

③ インターロイキン

④ プロスタグランジン

⑤ リゾチーム

ii) 胃において、病原体の侵入を抑えている化学的防御機構とはどのようなものか、簡潔に記せ。

問2 異物が侵入した部位では血管が拡張し、そこへ白血球が集まり異物の排除が促進される。この際、その部位は赤く腫れ、熱を帯びて痛みを生じる。この一連の免疫反応を何とよぶか、名称を記せ。

問3 下線部(2)について、自然免疫から獲得免疫への橋渡しをする細胞はどれか。次の①～⑥から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

① キラー T 細胞

② ヘルパー T 細胞

③ NK 細胞

④ 樹状細胞

⑤ 好中球

⑥ B 細胞

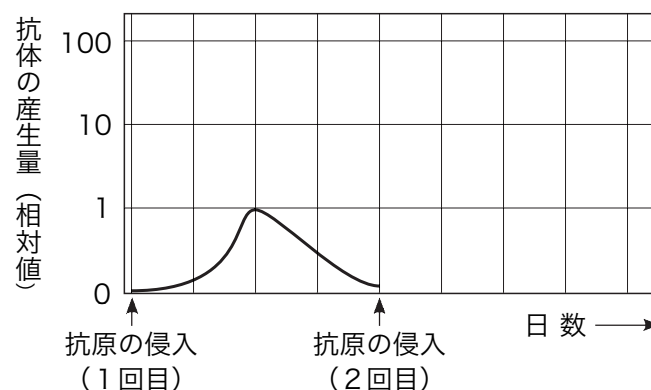
生 物 （その11）

問4 下線部（3）について、ある未分化なB細胞に存在する免疫グロブリンのH鎖の遺伝子領域には、可変部にV領域が40種類、D領域が25種類、J領域が6種類、そして定常部の遺伝子領域が並んでいる。B細胞が成熟する間に、V、D、J領域からそれぞれ1つずつが選ばれて、この順に連結され、再編成される。一方、L鎖の可変部にはH鎖とは異なるV領域とJ領域があり、H鎖と同様の連結と再編成で295通りの組み合わせが生じる。H鎖とL鎖からなる可変部領域の組み合わせは全部で何通りあるか、値を求めよ。

ただし、抗体産生に関しては、対立遺伝子の片方しか使われず、遺伝子再構成の過程で、塩基の欠失や挿入は起きないものとする。

問5 下線部（4）について、一次応答における抗体の産生量変化を図6に示す。二次応答の際における抗体の産生量変化はどうなるか、解答欄のグラフに描け。

図6



問6 下線部（5）について、異なる人の血液を混ぜると、赤血球が集まって塊状になることがある。この反応は凝集とよばれ、凝集は赤血球の表面に存在する抗原(凝集原)と血しょう中に存在する抗体(凝集素)とが抗原抗体反応を起こすことによって生じる。この抗原抗体反応によって血液を分類したものを血液型とよぶ。ABO式血液型の場合、凝集原にはAとBがあり、凝集素には抗A抗体と抗B抗体がある。凝集原Aと抗A抗体が存在するとき、または凝集原Bと抗B抗体が存在するとき凝集が起こる。それぞれの血液型の人々がもっている抗原と抗体の組み合わせを表3に示す。

生 物 (その12)

表3

血液型	A 型	B 型	AB 型	O 型
抗原 (凝集原)	A	B	A と B	なし
抗体 (凝集素)	抗 B 抗体	抗 A 抗体	なし	抗 A 抗体 と 抗 B 抗体

i) 被験者 4 名の赤血球と血しょうをそれぞれ混合させたところ、表 4 に示す結果が得られた。被験者 1 ～ 4 の血液型は何か。次の ① ～ ⑩ から最も適当なものをそれぞれ 1 つずつ選び、番号で記せ。ただし、同じ番号を重複して選んでも構わない。

- | | |
|---------------------|----------------------|
| ① A 型 | ② B 型 |
| ③ AB 型 | ④ O 型 |
| ⑤ A 型か B 型のどちらか判別不能 | ⑥ A 型か AB 型のどちらか判別不能 |
| ⑦ A 型か O 型のどちらか判別不能 | ⑧ B 型か AB 型のどちらか判別不能 |
| ⑨ B 型か O 型のどちらか判別不能 | ⑩ AB 型か O 型のどちらか判別不能 |

表4

		赤血球			
		被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4
血しょう	被験者 1	－	＋	＋	－
	被験者 2	－	－	－	－
	被験者 3	＋	＋	－	－
	被験者 4	＋	＋	＋	－

(「＋」は凝集あり，「－」は凝集なしを示す)

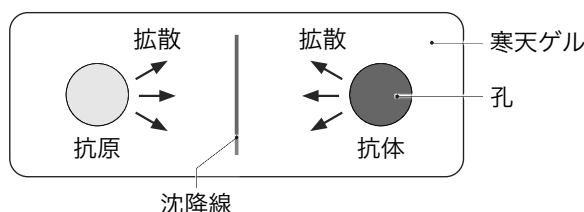
ii) 200 人の被験者に対して ABO 式血液型を判定するための検査を行った。被験者の赤血球に対して抗 A 抗体，抗 B 抗体をそれぞれ混合したところ，抗 A 抗体で凝集した人は 110 人，抗 B 抗体で凝集した人は 60 人だった。また，どちらの抗体でも凝集した人と，どちらの抗体でも凝集しなかった人の合計は 40 人であった。各血液型の人数はそれぞれ何人か，値を求めよ。

生 物 (その13)

問7 下線部(6)について、抗原や抗体は小さいため肉眼で見ることはいかなる。

しかし、適切な割合で両者を混合すると凝集して大きな塊を形成し、肉眼で観察できるようになる。寒天ゲルに2つの孔をあけ、片方に抗原を入れ、もう片方にその抗原に対する抗体を入れると、抗原と抗体は寒天ゲルの中を拡散して出会い、結合する。抗原と抗体の濃度比が適切であれば、2つの孔の間に1本のつながった沈降線が確認できる(図7)。このように、寒天ゲルの中で形成される沈降線によって抗原抗体反応を検出する方法を二重免疫拡散法とよぶ。

図7



- i) 抗原と抗体の濃度比が適切なとき、大きな凝集塊ができるのはどうしてか、簡潔に記せ。
- ii) エピトープXとエピトープYをさまざまな組み合わせでもつ4種類のタンパク質(P～S)がある(図8)。また、エピトープXには抗X抗体が、エピトープYには抗Y抗体が結合する。それぞれのタンパク質と、抗X抗体、抗Y抗体との反応性を、二重免疫拡散法を用いて検討した。図9に示すように、寒天ゲルに3つの孔をあけ、アとイの孔にはタンパク質の溶液を、残りの1つの孔には抗X抗体と抗Y抗体の混合液を入れ、沈降線の形成を観察した(図10)。

図8



生 物 (その14)

図 9

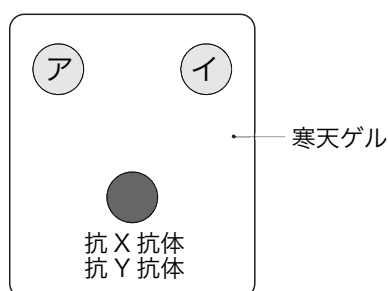


図 10 の Ⅰ ～ Ⅳ の沈降線が形成されるのは、アとイにそれぞれどのタンパク質の溶液を入れたときか。表 5 の ① ～ ⑦ から最も適当な組み合わせをそれぞれ 1 つずつ選び、番号で記せ。ただし、すべてのタンパク質や抗体は寒天ゲルの中を同じ速度で移動するものとする。

図 10

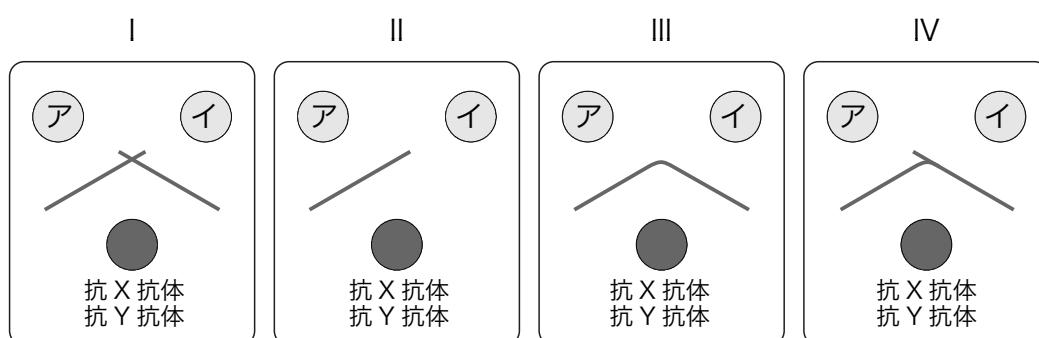


表 5

	ア	イ
①	タンパク質 P	タンパク質 Q
②	タンパク質 Q	タンパク質 R
③	タンパク質 R	タンパク質 S
④	タンパク質 S	タンパク質 P
⑤	タンパク質 P	タンパク質 R
⑥	タンパク質 R	タンパク質 R
⑦	タンパク質 Q	タンパク質 P