

令和5年度
医学科一般選抜(前期日程)

問題冊子

理 科

物 理	1 ページ～6 ページ
化 学	7 ページ～12 ページ
生 物	13 ページ～22 ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 22 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち 2 科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始 120 分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

生 物 (4 問題)

I 次の文章を読み、問 1～8 に答えよ。(配点 25)

カエルの未受精卵は、黒い色素顆粒を多く含む動物半球と卵黄を多く含む植物半球があり、動物極と植物極を結ぶ軸に沿って回転相称である。精子が動物半球に進入すると、卵の表層が内部の細胞質に対して約 度回転し、精子進入点の反対側に灰色三日月環が生じる。受精卵は卵割を繰り返して、桑実胚、胞胚、, , と発生が進行し、おたまじゃくしとよばれる幼生になる。1 回目の卵割は、動物極から植物極にかけて、灰色三日月環を等分するように起こり、卵割面により左右が分かれる。2 回目の卵割は、動物極と植物極を結ぶ軸を含み、第一卵割面と直交するように起こる。3 回目の卵割は、動物極と植物極を結ぶ軸に直交するように起こり、その卵割面は赤道面よりやや動物極側に寄っている。

胞胚の動物極側は、将来、外胚葉に分化し、植物極側は内胚葉に分化する。胞胚の動物極側の領域(アニマルキャップ)を切り出して単独で培養すると、外胚葉性の組織に分化する。一方、植物極側の領域を切り出して単独で培養すると、内胚葉性の組織に分化する。

問 1 文中の ① に適切な数字を入れ、②～④ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 (1) について、灰色三日月環は、将来、胚のどちら側になるか。以下の ㉔～㉙ から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ㉔ 頭側 ㉕ 尾側 ㉖ 頭側か尾側かランダムに決まる
㉗ 背側 ㉘ 腹側 ㉙ 背側か腹側かランダムに決まる

問 3 下線部 (2) について、受精後、卵割が 6 回起きるときの変化について、以下の ㉚～㉟ から正しい記述を 1 つ選び、記号で答えよ。

- ㉚ 個々の細胞の体積が増加し、胚全体の体積が増加する。
㉛ 個々の細胞の体積が増加し、胚全体の体積はほぼ変化しない。
㉜ 個々の細胞の体積はほぼ変化せず、胚全体の体積が増加する。
㉝ 個々の細胞の体積はほぼ変化せず、胚全体の体積はほぼ変化しない。
㉞ 個々の細胞の体積が減少し、胚全体の体積が増加する。
㉟ 個々の細胞の体積が減少し、胚全体の体積はほぼ変化しない。
㊱ 個々の細胞の体積が減少し、胚全体の体積が減少する。

問 4 卵割が進むと胞胚の動物極側に胞胚腔が形成される。胞胚から発生が進むと、胞胚腔はどのように変化するか。以下の①～⑩から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 原腸になる ② 脊索になる ③ 神経管になる
- ④ 大動脈になる ⑤ 尿膜になる ⑥ 羊膜になる
- ⑦ 卵黄のうになる ⑧ 口腔になる ⑨ 消失する

問 5 2細胞期の胚を卵割面に沿って2つの細胞に分離した。分離した細胞をそれぞれ培養すると、どのように発生が進行するか。以下の①～⑤から1つ選び、記号で答えよ。

- ① どちらの細胞も完全な幼生に発生する。
- ② どちらの細胞も細胞塊(細胞が集まってできたかたまり)になる。
- ③ 右側の細胞は完全な幼生に発生するが、左側の細胞は細胞塊になる。
- ④ 左側の細胞は完全な幼生に発生するが、右側の細胞は細胞塊になる。
- ⑤ どちらの細胞も正常な幼生の片側半分に相当するような幼生に発生する。

問 6 下線部(3)について、アニマルキャップと植物極側の領域を組み合わせて培養すると、どのような変化が起こるか。以下の①～⑤から1つ選び、記号で答えよ。

- ① アニマルキャップから筋肉が形成される。
- ② アニマルキャップから腸が形成される。
- ③ アニマルキャップと植物極側の領域の両方から筋肉が形成される。
- ④ 植物極側の領域から筋肉が形成される。
- ⑤ 植物極側の領域から神経が形成される。

問 7 上皮組織は、内胚葉、外胚葉だけでなく、中胚葉にも由来する。中胚葉に由来する上皮組織をもつ器官はどれか。以下の①～⑩から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 胃 ② 肝臓 ③ 甲状腺
- ④ 小腸 ⑤ 食道 ⑥ 腎臓
- ⑦ すい臓 ⑧ 大腸 ⑨ 肺

問 8 カエルやマウスは初期発生の研究に用いられてきた。以下のア、イに答えよ。

ア. マウスの胚と比較して、カエルの胚を研究に用いる利点を2つあげて説明せよ。

イ. マウスのような哺乳類の胚では、カエルの胚ではみられない発生過程がある。2つあげて説明せよ。

II 次の文章を読み、問1～7に答えよ。(配点25)

骨格筋は、筋繊維とよばれる多核の細長い細胞が多数集まったもので、腱(けん)によって骨とつながっている。筋繊維の中には、多数の細長い筋原繊維が存在する。骨格筋の筋原繊維を顕微鏡で観察すると、規則的な縞(しま)模様がみられることから、骨格筋は ① ともよばれ、縞模様を構成する繰り返しの単位をサルコメア(筋節)という。筋原繊維は、内部に多量のカルシウムイオン(Ca^{2+})を蓄えた筋小胞体とよばれる袋状の構造で包まれている。

骨格筋の収縮は、運動ニューロンによって制御されている。運動ニューロンは、その末端で筋繊維と神経筋接合部を形成している。運動ニューロンの興奮が神経終末に到達すると、② という神経伝達物質が放出され、筋繊維の伝達物質依存性ナトリウムチャネルが開き、筋繊維が興奮する。この興奮が筋小胞体に伝わると、筋小胞体から Ca^{2+} が放出される。 Ca^{2+} が ③ というタンパク質と結合すると、それがきっかけとなって ④ というタンパク質の構造が変化し、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントが相互作用できるようになり、筋肉は収縮する。

ミオシンフィラメントは多数のミオシンが連結して構成された繊維である。ミオシンの頭部はATP分解酵素としてはたらき、この部分が繰り返しATPを分解しながら、アクチンフィラメントと相互作用することで筋収縮が起こる。ミオシンのように、ATPを分解した際に得られるエネルギーによって細胞の運動を発生させるようなタンパク質は、モータータンパク質と総称される。モータータンパク質には、細胞骨格上を移動することで、細胞内での物質輸送を担っているものもある。

問1 文中の①～④に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(1)について、図1の①～③の名称を答えよ。

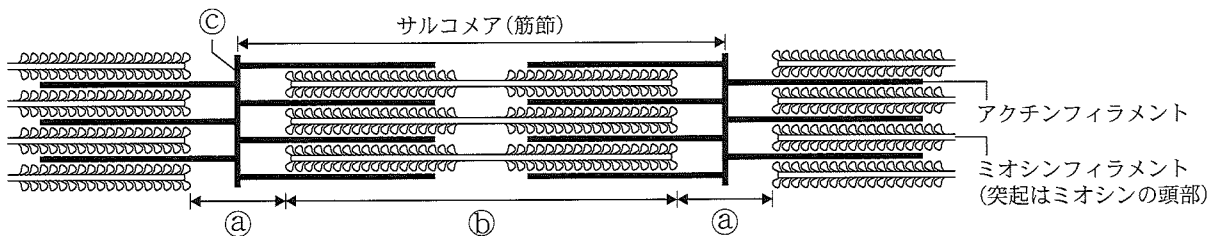


図1

問3 下線部(2)について、骨格筋の収縮は反射によっても起こる。指先に熱いものが触れると無意識に手を引っ込める屈筋反射の反射弓を、「腹根」、「背根」の語句を含めて説明せよ。

問 4 ATPに関して、以下の①~⑤から正しくない記述を1つ選び、記号で答えよ。

- ① 解糖系では、グルコース1分子当たり最終的にATPが2分子合成される。
- ② 光合成では、ATPは葉緑体のストロマにあるATP合成酵素で合成される。
- ③ ATPは、アデニン、リボース、3分子のリン酸で構成される物質で、エネルギーの通貨ともよばれる。
- ④ 植物の窒素同化では、ATPのエネルギーを使って、アンモニウムイオンとグルタミン酸からグルタミンがつくられる。
- ⑤ ATP内のリン酸どうしの結合を、高エネルギーリン酸結合といい、リン酸が切り離されるときに多量のエネルギーが放出される。

問 5 下線部(3)について、以下のア、イに答えよ。

- ア. ミオシンがアクチンフィラメント上を移動することで細胞小器官などが動く現象を何というか答えよ。
- イ. ニューロンの軸索内の物質輸送を担っているモータータンパク質を1つあげよ。また、そのモータータンパク質はどの細胞骨格上を移動するか答えよ。

問 6 図2は、筋繊維が発生する張力とサルコメアの長さの関係を示したものである。図3は、長さが $3.65\mu\text{m}$ と $2.25\mu\text{m}$ のサルコメアの模式図である。図2において、サルコメアの長さが $3.65\mu\text{m}$ から $2.25\mu\text{m}$ まで短くなるにつれて、張力は直線的に増加する。このしくみについて考えられることを、図3を参考にして述べよ。なお、ミオシンの頭部1個がアクチンフィラメントと相互作用して発生する張力は、どの頭部でも同じであると仮定する。

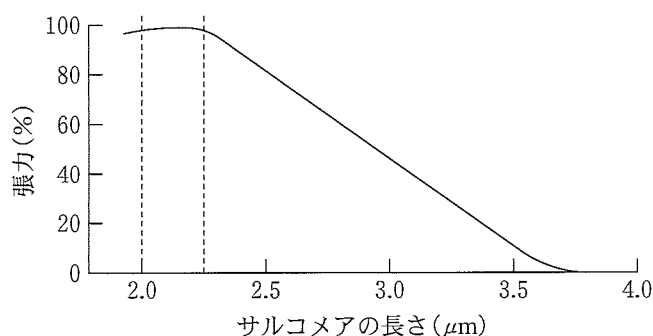


図 2

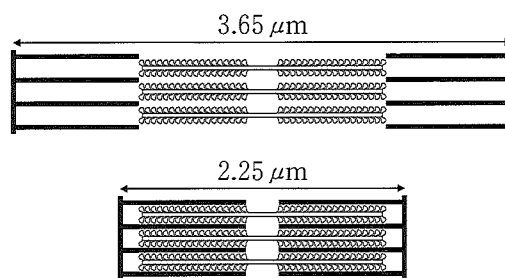


図 3

問 7 図2において、サルコメアの長さが $2.25\mu\text{m}$ から $2.0\mu\text{m}$ の間は、張力はほぼ一定である。この理由として考えられることを、図3を参考にして述べよ。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～8に答えよ。(配点25)

ヒトのからだを構成するほとんどの細胞は、体液に浸されている。ヒトなどの脊椎動物の場合、体液は血液、組織液、リンパ液に分けられる。血管を流れる血液は、心臓から動脈を通過して毛細血管に至り、静脈を通過して心臓に戻る。血液の液体成分は血しょうとよばれ、さまざまな成分を含んでいる。組織液は、血しょうの一部が毛細血管の壁を通過したものであり、細胞に酸素や栄養分を供給し、細胞が放出した二酸化炭素や老廃物を受け取る。組織液の大部分は再び毛細血管内に戻るが、一部は毛細リンパ管に入ってリンパ液となる。このように、血液、組織液、リンパ液は、互いにかかり合って体内を循環している。

体液の調節に大きな役割を果たしている器官に肝臓と腎臓がある。肝臓は、 という機能単位が集まって形成されている。肝臓には、肝動脈だけでなく、消化管やひ臓からくる静脈である からも血液が供給されており、さまざまな化学反応を通して物質の合成、分解、貯蔵を行っている。腎臓は、血しょうから不要な物質を取り除いて尿として排出する器官であり、尿を生成する構造単位を という。腎臓には大量の血液が循環していて、血しょう中に溶けた成分の大半は、糸球体からボーマンのうの中へろ過されて原尿となる。原尿は細尿管へ送られて、グルコース、アミノ酸、無機塩類など必要な成分が再吸収される。原尿中の水は、細尿管とそれに続く集合管を通過する間に、大部分が細胞膜に発現しているアクアポリンを通過して再吸収される。再吸収されなかった物質は、濃縮されて尿として排出される。このように、腎臓は、体液の量と成分の濃度をほぼ一定に保つはたらきをしている。

問1 文中の①～③に適切な語句を入れよ。

問2 ヒトの成人の体液について、以下の①～④から正しい記述を1つ選び、記号で答えよ。

- ① 水分は体重の約3分の1を占める。
- ② 血液は体重の約6分の1を占める。
- ③ 血しょうは血液の重さの約3分の1を占める。
- ④ 細胞の中の水分は体内の水分の約3分の2を占める。

問3 下線部(1)について、細胞は、細胞膜を通して必要な物質を組織液から取り込み、不要な物質を組織液中に排出している。細胞膜を介する物質の移動について、以下の①～⑤から正しい記述を2つ選び、記号で答えよ。

- ① 酸素は細胞膜の脂質二重層を通過できる。
- ② 二酸化炭素は細胞膜に存在する輸送体によって受動輸送される。
- ③ ナトリウムイオンは能動輸送によって細胞内から組織液中に排出される。
- ④ 組織液中のアミノ酸は細胞膜に存在するチャネルを通過して細胞内に移動する。
- ⑤ カリウムイオンは細胞膜のカリウムチャネルが開くと組織液から細胞内に移動する。

問 4 図 1 は、全身の血管の模式図と、対応する部位の血管の総断面積および血流の平均速度を示している。図 1 から毛細血管の特徴を説明し、血液と組織液の間で物質の交換をするうえでどのように都合がよいか述べよ。

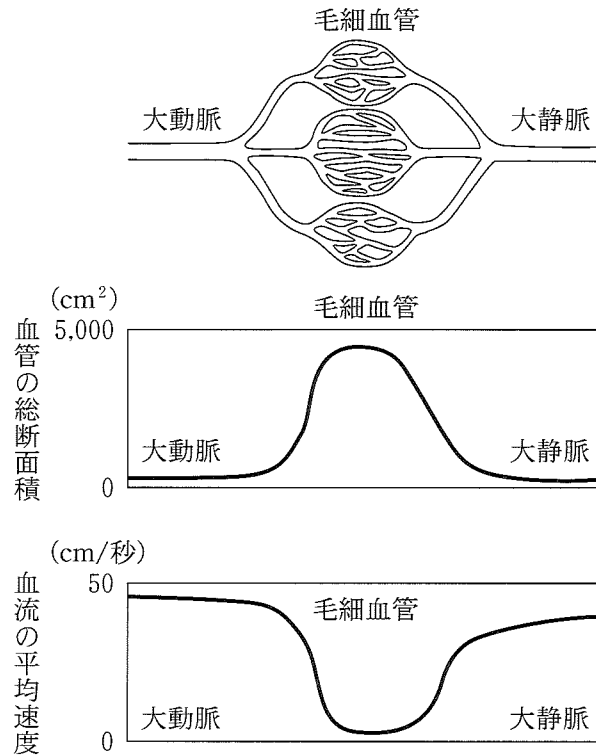


図 1

問 5 下線部(2)について、消化管とひ臓から肝臓に静脈がつながっていることは、肝臓のはたらきにとってどのように都合がよいか説明せよ。

問 6 下線部(3)について、糸球体で血しょうをろ過する力は何か。以下の①~⑤から最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- ① 血しょうの浸透圧
- ② 血しょうの尿素の濃度
- ③ 血しょうのグルコースの濃度
- ④ 毛細血管にはたらいっている血圧
- ⑤ 血しょうのナトリウムイオンの濃度

問 7 表1は、4種類の成分ア～エが、血しょう、原尿、尿にそれぞれどのくらい含まれているかを質量パーセント濃度(%)で示している。ア～エに当てはまる成分を以下の㉔～㉞からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

表1

成分	血しょう中の濃度(%)	原尿中の濃度(%)	尿中の濃度(%)
ア	0.03	0.03	2
イ	0.1	0.1	0
ウ	0.3	0.3	0.35
エ	7.2	0	0

- ㉔ 尿素
- ㉕ タンパク質
- ㉖ グルコース
- ㉗ ナトリウムイオン

問 8 下線部(4)について、脳下垂体後葉から分泌されるバソプレシンは、集合管でのアクアポリンを介する水の再吸収を促進させるホルモンである。バソプレシンによる水の再吸収のしくみに異常があり、大量の尿を排出する2種類のマウスの系統(マウスXとマウスY)が見つかった。マウスXとマウスYにバソプレシンを投与したところ、マウスXの尿量は正常のマウスの尿量とほぼ同じになったが、マウスYの尿量は投与前と比べて変化はみられなかった。マウスYが大量の尿を排出する原因として考えられることを2つあげて説明せよ。

IV 次の文章を読み、問1～7に答えよ。(配点25)

私たちのからだの周囲には、ウイルス、細菌、菌類などが多数存在している。これらのなかには、体内に侵入して病気を引き起こす病原体がある。ウイルスは、ほかの病原体と異なり、生物に共通する特徴の一部だけをもつもので、インフルエンザを引き起こすインフルエンザウイルスや、エイズ(AIDS)の原因となる ① などさまざまな種類がある。2019年12月に発生し、世界的な流行となった新型コロナウイルス感染症は、SARS-CoV-2とよばれる新種のコロナウイルスによって引き起こされる。多くの場合、発熱や咳(せき)などの症状が現れるが、私たちがもつ免疫のはたらきにより、やがて症状は回復する。

一般に、ウイルス感染の検査には、ウイルスを検出する検査と、ウイルスに対する免疫反応を検出する検査がある。ウイルスを検出する検査には、ウイルスの遺伝物質の核酸を検出する方法と、ウイルスのタンパク質を検出する方法がある。SARS-CoV-2の検出には、鼻腔の奥の方をぬぐって採取した液などを試料として用い、試料中のウイルスの核酸をPCR法で検出することができる。一方、ウイルスのタンパク質を検出するためには、そのタンパク質と特異的に結合する抗体が必要で、イムノクロマトグラフィーとよばれる方法が用いられることがある。これは、試料がニトロセルロース膜上をゆっくりと毛細管現象によって流れる性質を応用した測定法で、図1Aに示すように、特定のウイルスタンパク質(抗原P)に結合する抗体に青色の粒子を結合させたもの(抗体Q)、抗原Pに結合する別の抗体で膜上(判定部ライン1)に固定されたもの(抗体R)、抗体Qに結合する抗体で膜上(判定部ライン2)に固定されたもの(抗体S)などから構成される。抗体Rは抗原Pと抗体Qの複合体を捕捉することができ、抗体Sは抗体Qを捕捉することができる。膜の端に試料を滴下すると、試料は抗体Qとともに、毛細管現象によって、もう一方の端に向かって広がる。測定試料中に抗原Pが存在すれば、抗原Pと抗体Qが複合体を形成しながら移動する(図1B)。試料が判定部まで移動し、青色の粒子を結合させた抗体Qが捕捉されると、青色のラインが目に見えるようになる(図1C)。判定部の2つのラインの有無により、検査結果が判定される。

ウイルスに対する免疫反応を検出するためには、ウイルスに対して体内で産生された抗体の検査が行われる。抗体は血液中に存在するので、血液を遠心分離して血球とフィブリンなどを取り除いた ② を試料として用い、抗体の有無をイムノクロマトグラフィーにより判定することができる。

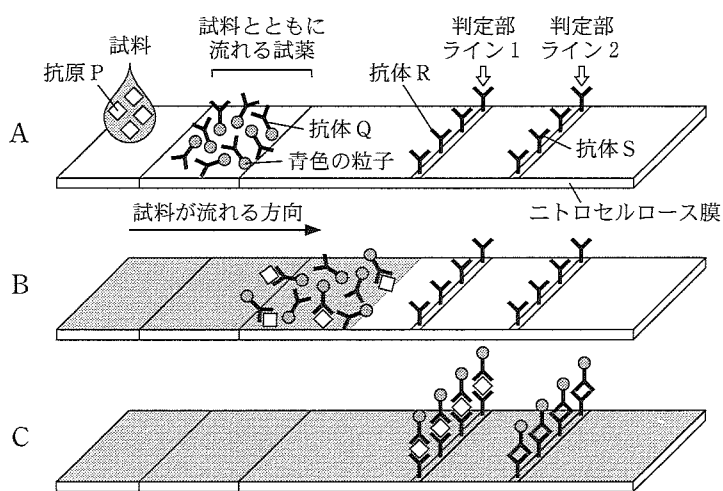


図1

問 1 文中の①と②に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)と(2)の生物の分類に当てはまる記述を、それぞれ以下の②~⑥から2つ選び、記号で答えよ。

- ② 独立栄養生物はいない。
- ③ 核膜をもつものはいない。
- ④ 細胞膜をもつものはいない。
- ⑤ 光合成色素をもつものはいない。
- ⑥ リボソームをもつものはいない。
- ⑦ ミトコンドリアをもつものはいない。

問 3 下線部(3)について、ウイルスがもっていない生物の特徴と関連付けて、ウイルスがどのように増殖するか説明せよ。

問 4 下線部(4)について、ウイルスには、遺伝物質の核酸としてDNAをもつものとRNAをもつものがあるが、SARS-CoV-2はRNAをもつ。SARS-CoV-2の遺伝物質の核酸を検出するために必要な2種類の酵素の名称を答えよ。

問 5 下線部(5)について、検査に用いる抗体は、マウスやウサギなどの動物に抗原を免疫することによって得られる。抗原Pをマウスに免疫したとき、B細胞が抗体産生細胞に分化する過程を、「BCR」、「TCR」、「MHCクラスII分子」、「抗原Pによって活性化されたヘルパーT細胞」の語句をすべて用いて説明せよ。なお、BCRはB細胞抗原受容体、TCRはT細胞抗原受容体、MHCは主要組織適合遺伝子複合体の省略形で、MHCクラスII分子は、樹状細胞、B細胞、マクロファージなどの抗原提示細胞に発現するMHC分子である。また、「抗原Pによって活性化されたヘルパーT細胞」の生成過程は説明しなくてよい。

問 6 下線部(6)について、ある試料を検査したところ、試料中に抗原Pを含むと判定された。検査結果として適切なものを以下の②~④から1つ選び、記号で答えよ。

	判定部ライン1	判定部ライン2
②	青色のラインあり	青色のラインあり
③	青色のラインあり	青色のラインなし
④	青色のラインなし	青色のラインあり
⑤	青色のラインなし	青色のラインなし

問 7 下線部(7)について、抗原 P に対する抗体の有無を判定するためのイムノクロマトグラフィの構成について、パターン 1 とパターン 2 の組み合わせを考えた。パターン 2 では、試料とともに流れる試薬が 2 種類ある。表中の ア～ウ に入る試薬を以下の ㉔～㉞ からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。なお、「マウス抗体」や「ヒト抗体」は、それぞれマウスやヒトの体内で産生された抗体、「マウス抗体定常部に結合できるウサギ抗体」は、マウス抗体定常部をウサギに免疫することによりウサギの体内で産生された抗体で、マウス抗体定常部に結合できるものを示す。ほかの表記についても同様である。

	試料とともに流れる試薬	判定部ライン 1 に固定する試薬	判定部ライン 2 に固定する試薬
パターン 1	ア	イ	マウス抗体定常部に結合できるウサギ抗体
パターン 2	ウサギ抗体に青色の粒子を結合させたものと ウ	ヒト抗体定常部に結合できるマウス抗体	ウサギ抗体定常部に結合できるヤギ抗体

- ㉔ 抗原 P
- ㉕ 抗原 P に青色の粒子を結合させたもの
- ㉖ ヒト抗体定常部に結合できるマウス抗体
- ㉗ ヒト抗体定常部に結合できるマウス抗体に青色の粒子を結合させたもの
- ㉘ マウス抗体定常部に結合できるウサギ抗体
- ㉙ マウス抗体定常部に結合できるウサギ抗体に青色の粒子を結合させたもの
- ㉚ ウサギ抗体定常部に結合できるヤギ抗体
- ㉛ ウサギ抗体定常部に結合できるヤギ抗体に青色の粒子を結合させたもの

