

## 2016 年度入学試験問題(後期)

# 理 科 ( 問 題 )

### 注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 29 ページあり、問題数は、物理 4 問、化学 4 問、生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子、解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 途中退場または試験終了時には、解答が他の受験生の目に触れないように解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて、監督者の許可を得た後に退出すること。

# 生 物

I 次の(1)~(4)の問に答えなさい。ただし、複数回答で順番を問題にしていない場合は、アルファベット順あるいは番号順に並べなさい。

(1) ホルモンおよびその作用について誤っているものをすべて選び記号で答えなさい。

- A 微量で作用する。
- B 脂溶性ホルモンは遺伝子の転写調節に関わる。
- C 血液によって運ばれる。
- D 受容体がなくても標的器官に作用する。
- E フィードバック調節がある。
- F 1種類のホルモンは1つの標的器官のみに作用する。
- G 多くのものが間脳による調節を受けている。
- H 脳下垂体前葉ホルモンは神経分泌によって放出される。

(2) 真核生物の mRNA には存在していないものをすべて選び記号で答えなさい。

- A アンチコドン                      B イントロン                      C エキソン
- D 開始コドン                      E 終止コドン                      F プロモーター

(3) 日本の本州には照葉樹林と夏緑樹林が多くあるが、それらの代表的な植物をすべて選び番号で答えなさい。

- 1 ラン                      2 カシ                      3 コケ                      4 ブナ
- 5 サボテン                      6 カエデ                      7 シイ                      8 イネ

(4) DNA の二重らせん構造から直接予測・説明できるものをすべて選び記号で答えなさい。

- A 半保存的複製機構の存在                      B 遺伝暗号の解読
- C 翻訳のメカニズム                      D リーディング鎖とラギング鎖の存在
- E PCR の原理                      F シャルガフの発見(規則)

(5) 従属栄養生物をすべて選び記号で答えなさい。

- A アオカビ                      B 亜硝酸菌                      C イネ  
D シアノバクテリア          E 大腸菌                        F バクテリオファージ  
G 根粒菌

(6) 国外からの外来生物をすべて選び記号で答えなさい。

- A メダカ                                      B ライチョウ  
C ウシガエル                                D ヤンバルクイナ  
E スイカ                                      F オオクチバス  
G ハブ                                        H タガメ  
I チューリップ

(7) 動物の細胞を構成する物質のうち質量の多いものを順に2つ選び、多い順に記号を並べなさい。

- A 脂質                                      B タンパク質                      C 無機塩類  
D 核酸                                      E 水                                      F 炭水化物

(8) イヌワラビにおいて、単相(n)の器官をすべて選び番号で答えなさい。

- 1 前葉体                                      2 造精器                              3 胞子  
4 孢子体                                      5 胞子のう

(9) 以下のA～Eについて人体の中で数が多い順に記号を並べなさい。

- A 酸素分子                                      B 赤血球                              C 白血球  
D ヘモグロビン                              E T細胞

(10) ミトコンドリアの断面図を描きなさい。

Ⅱ 生命活動とエネルギーに関する以下の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

生産者は、光エネルギーを利用してATPを合成し、有機物の中に  エネルギーとして蓄える。<sup>A</sup>  エネルギーは、食物連鎖を通じて様々な生物に受け渡され、生命活動に利用される。この過程で利用されたエネルギーは、最終的には  エネルギーとして生態系から失われる。生体内で、酸素を用いて有機物からエネルギーを取り出す過程を  という。この様に、複雑な物質を単純な物質に分解し、エネルギーを放出する過程を  という。

問1  ～  に当てはまるもっとも適切な語句を答えなさい。

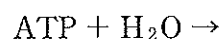
問2 (1)  では、下線部Aと似た反応系により多くのATPが合成される。この反応系ではATP合成酵素はどこに存在するか。(2)また、そのATP合成反応を何というか。以下の語群1～12の中からもっとも適切な番号を選んで番号1～12で答えなさい。

- |           |              |              |
|-----------|--------------|--------------|
| 1 化学合成    | 2 核膜         | 3 発酵         |
| 4 光化学反応   | 5 光リン酸化      | 6 酸化的リン酸化    |
| 7 ストロマ    | 8 脱アミノ反応     | 9 チラコイド膜     |
| 10 マトリックス | 11 ミトコンドリア外膜 | 12 ミトコンドリア内膜 |

問3 (1) ATPは3種類の物質で構成されている。3種類の物質名を答えなさい。

(2) ATPはある生体高分子の材料となりえる。この高分子の名称を答えなさい。

問4 生体内でATPが加水分解する時の反応式を書きなさい。無機化合物については、分子式で書きなさい。



問 5 問 4 の加水分解で、ATP 1 mol あたり 30.5 kJ のエネルギーが放出される。

また、1 mol のグルコースが二酸化炭素と水に完全に酸化・分解され、すべてが  エネルギーとして放出されると、そのエネルギーは 2870 kJ である。 で 12 mol の酸素が消費され、最大限の ATP が合成された時、 エネルギーとして放出されたエネルギーは何 kJ か。なお、ATP として取り出したエネルギー以外はすべて  エネルギーとして放出されるものとする。

問 6 呼吸商について次の問に答えなさい。

- (1) ある動物を用いて呼吸商の測定を行ったところ、呼吸商は 0.86 であった。この動物が呼吸により 215 ml の  $\text{CO}_2$  を排出したとき、何 ml の  $\text{O}_2$  を消費したか。答えに小数点がある場合は、小数点第二位を四捨五入して答えなさい。
  
- (2) この動物で呼吸基質として炭水化物と脂肪のみが利用されたとすると、呼吸によって利用された炭水化物と脂肪の割合として、一番近いのはどれか。以下の(a)~(e)から適当な記号を選んで答えなさい。ただし、炭水化物および脂肪の呼吸商はそれぞれ 1 および 0.708 とする。

炭水化物：脂肪

- (a) 1 : 1    (b) 15 : 13    (c) 7 : 6    (d) 13 : 12    (e) 10 : 7

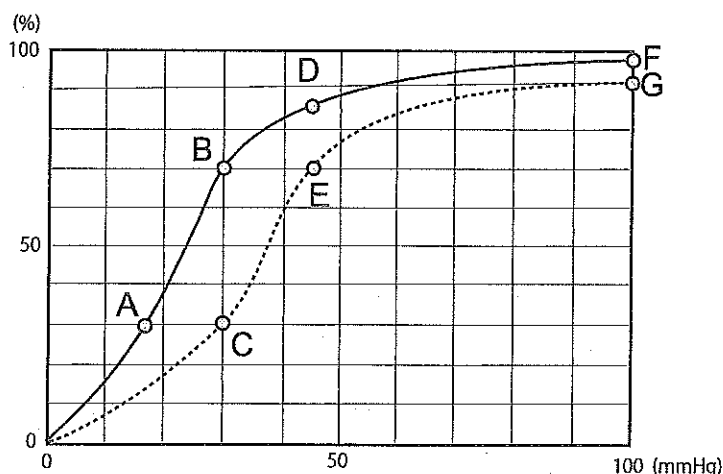
Ⅲ ヘモグロビンによる酸素の運搬についての以下の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

ヘモグロビンは、赤血球内に存在する鉄イオンを含む色素タンパク質である。2種類のサブユニットからなる4量体で、サブユニット間の相互作用により酸素への結合効率が変化する性質をもつ。ヘモグロビンはこの性質を利用して、肺で酸素と結合し、組織で酸素を放出する。筋肉にはヘモグロビンとアミノ酸配列が類似した1量体のミオグロビンがあり、筋肉の毛細血管を流れる血液から酸素を得ている。また、胎児は肺呼吸をしていないので、特殊なヘモグロビン(胎児型ヘモグロビン)で母体の血液から酸素を受け取っている。

問1

- (1) 肺の膨張や縮小に主要な役割を果たしている肋骨以外の構造物の名前を答えなさい。
- (2) 肺胞内に吸い込まれた酸素分子がヘモグロビンに結合するまでに酸素分子は何枚の脂質二重層を通過するか、数字で答えなさい。ただし、肺胞は一層の細胞層からできている。

問2 次の図はヘモグロビンの酸素解離曲線である。横軸は酸素分圧で、縦軸は酸素飽和度(酸素ヘモグロビンの割合)を表している。実線はCO<sub>2</sub>分圧が40 mmHgの時、破線はCO<sub>2</sub>分圧が60 mmHgの時の酸素解離曲線を表す。A～Gの酸素飽和度はそれぞれA = 30%、B = 70%、C = 30%、D = 86%、E = 70%、F = 97%、G = 90%であり、肺胞と組織での酸素飽和度はこれらのいずれかに相当するものとする。末梢の組織の酸素分圧は30 mmHgとする。



(1) 肺胞と組織の酸素飽和度はそれぞれ A～G のどれにあたるか記号で答えなさい。

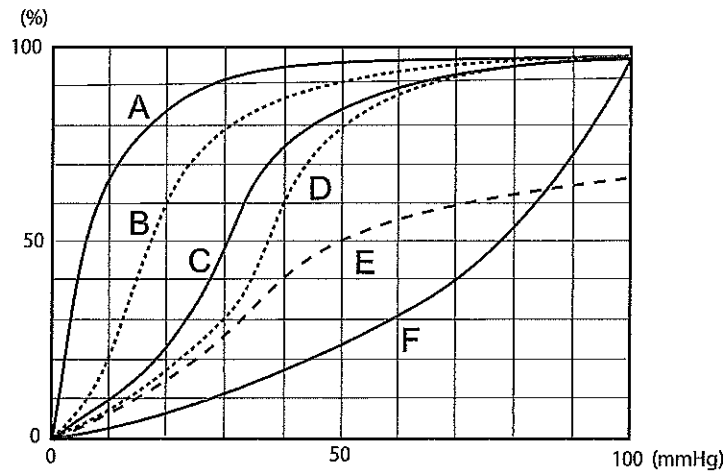
(2) 体内を循環している血液中のヘモグロビンの酸素解離曲線はどのようなものか。解答用紙の図中に明確に書き込みなさい。

(3) 肺胞で飽和した酸素ヘモグロビンが組織で酸素を放出するとき、放出された酸素は血液 100 ml あたり何 ml か答えなさい。ただし、血液 100 ml には飽和状態で 20 ml の酸素が含まれているものとする。計算の答えに小数点がある場合は、小数点第二位を四捨五入して答えなさい。

(4) 酸素解離曲線が単純な曲線ではなく“S 字状”と表現される曲線になっている意義はなにか。最も適当なものを以下から選び番号で答えなさい。

- 1 1 分子のヘモグロビンに結合する酸素分子の量が増加する。
- 2 1 分子のヘモグロビンに結合する酸素分子の量が減少する。
- 3 酸素の結合速度が速くなる。
- 4 酸素の結合速度が遅くなる。
- 5 肺胞で酸素と結合しやすく、組織で放出しやすい。
- 6 肺胞で酸素を放出しやすく、組織で結合しやすい。

問 3 下の図はヘモグロビンおよびミオグロビンの酸素解離曲線と、無関係なくいくつかの曲線が描かれている。横軸は酸素分圧で、縦軸は酸素飽和度を表している。



(1) 成人のヘモグロビンの酸素解離曲線がCであるとすると、胎児型ヘモグロビンおよび筋肉にあるミオグロビンの酸素解離曲線をA~Fの中から選び、記号で答えなさい。

(2) 胎児型ヘモグロビンの酸素解離曲線が(1)で選択した曲線であることにどのような意義があるか。最も適当なものを以下から選び番号で答えなさい。

- 1 胎児の酸素要求量を減らすことができる。
- 2 胎児の血液から効率よく二酸化炭素を放出することができる。
- 3 母体の血液から効率よく酸素を受け取ることができる。
- 4 母体の負担を軽減することができる。

(3) 母体と胎児が酸素の受け渡しをする臓器の名称を書きなさい。



IV 形質転換と生体分子に関する以下の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

肺炎双球菌には炭水化物のさや(カプセル)を持つ病原性のS型と、さやを持たない非病原性のR型の2種類の型が存在する。グリフィスは死んだS型菌の中に、R型菌をS型菌に変化させる能力を持つ物質が存在することを形質転換の実験により明らかにした。

今回、死んだS型菌から取り出した未精製の物質(粗抽出物)から、(A)～(E)の5種類の純粋な物質をそれぞれ精製した。また、(A)～(E)の5種類の物質をそれぞれ特異的に分解する酵素を準備した。これらを用いて実験を行ったり、各物質の性質等を調べてわかったことは以下の1)～6)である。

- 1) 粗抽出物をあらかじめそれぞれ(A)分解酵素～(E)分解酵素のいずれかで処理してからR型菌に混ぜて実験したところ、(A)、(B)、(D)、(E)の各分解酵素で処理した場合は形質転換が起こったが、(C)の分解酵素で処理した場合のみ形質転換が起こらなかった。
- 2) あらかじめ(A)分解酵素と(C)分解酵素を混ぜて37℃で30分おいてから粗抽出物を処理し、その後R型菌に混ぜて実験したところ、形質転換が起こった。
- 3) あらかじめ(C)分解酵素と(D)分解酵素を混ぜて37℃で30分おいてから粗抽出物を処理し、その後R型菌に混ぜて実験したところ、形質転換は起こらなかった。
- 4) 物質(A)(D)(E)にビタミンとミネラルを合わせたものは、五大栄養素と呼ばれる。
- 5) 物質(B)は物質(C)とよく似た構造をしているが、その構成要素(構成単位)の構造が少し異なっている。
- 6) 物質(E)はリパーゼという酵素で分解された。

問1 物質(A)～(E)の名前を書きなさい。

問2 物質(C)の構成要素のうち、物質(B)には存在しないものを2つ答えなさい。

問 3 以下の実験操作の結果、形質転換が起こると予想されるものをすべて選び、記号ア)～ク)で答えなさい。ただし各物質の分解酵素は反応により基質を完全に分解し、加熱処理により完全に失活するものとする。

ア) (A)分解酵素～(E)分解酵素の5種類の分解酵素を混ぜて37℃で30分おいてから粗抽出物进行处理する。それをR型菌に作用させる。

イ) (C)分解酵素で粗抽出物进行处理した後に加熱し、そこに(A)分解酵素を加えて処理する。それをR型菌に作用させる。

ウ) (A)分解酵素で粗抽出物进行处理した後に加熱し、そこに(C)分解酵素を加えて処理する。それをR型菌に作用させる。

エ) (C)分解酵素で粗抽出物进行处理した後に加熱し、そこに(D)分解酵素を加えて処理する。それをR型菌に作用させる。

オ) (D)分解酵素で粗抽出物进行处理した後に加熱し、そこに(C)分解酵素を加えて処理する。それをR型菌に作用させる。

カ) 物質(C)を(C)分解酵素で処理した後に加熱する。それを粗抽出物に混ぜたものをR型菌に作用させる。

キ) 加熱した(A)分解酵素と非加熱の(C)分解酵素を混ぜて37℃で30分おいてから粗抽出物进行处理する。それをR型菌に作用させる。

ク) 加熱した(C)分解酵素と非加熱の(D)分解酵素を混ぜて37℃で30分おいてから粗抽出物进行处理する。それをR型菌に作用させる。

問 4 物質(A)～(E)に関する以下の文のうち、間違っているものをすべて選び記号a)～h)で答えなさい。

a) 物質(C)の分子量は物質(B)よりも大きい。

b) 物質(C)は肺炎双球菌の核の中に存在する。

c) 物質(B)と(E)は共に細胞膜の構成要素である。

d) 最も水に溶けにくいのは物質(E)である。

e) 転写の反応には物質(B), (C), (D)が関係している。

f) リボソームを構成しているのは物質(A)と(B)である。

g) ヌクレオソームでは物質(A)の周りを物質(C)が巻き付いている。

h) T<sub>2</sub>ファージでは物質(C)を物質(D)でできた殻が取り囲んでいる。

V 抗体を用いたタンパク質の検出について以下の文章を読み、問1～問2に答えなさい。

抗体は抗原に結合するが、実際に抗体が結合しているのは抗原のごく一部の構造(この部分のことをエピトープという)である。従って、通常抗原上には多数のエピトープが存在し、それぞれのエピトープには異なる抗体が結合する(図1)。抗体と抗原上のエピトープとの結合は非常に特異性が高いので、特定のタンパク質を検出するために抗体を利用することができる。

あるタンパク質を抗原として動物に接種すると、抗原にある多数のエピトープに反応する多様な抗体ができる(これをポリクローナル抗体といい、pAbと略す)。一方、特定の抗体を産生する抗体産生細胞をある方法によって増殖させて、1つのエピトープに対する1種類の抗体のみを多量に生産させることができる(これをモノクローナル抗体といい、mAbと略す)。これらの抗体を用いて抗原タンパク質を検出する方法としては、以下の手順に従う。

1 サンプルの調整 細胞からタンパク質を抽出し、負の電荷をおびた界面活性剤を加えて加熱する。すると、タンパク質は界面活性剤に結合して負の電荷を帯びるとともに、ポリペプチドが伸びきった変性状態になる。

2 電気泳動および膜への固定 変性したタンパク質は電気泳動するとゲルの中を+極方向に移動する。この時ゲルが“ふるい”と同様に働き、タンパク質を分子量の大きさで分離することができる。分子量の小さいものほど遠くへ移動し、移動距離は分子量の対数と逆比例の関係にある。電気泳動後、ゲルに含まれるタンパク質を相対的な位置関係は保ったままニトロセルロース膜上に吸着・固定させる。

3 検出 タンパク質が固定された膜に、特定の抗原(分子量100 kDa)上にあるエピトープ1に対する抗体1を反応させる(図1左)。ポリクローナル抗体の場合は、複数の抗体が同じ抗原上の別のエピトープに反応する(図1右)。抗体にあら

かじめ色素を発色する酵素をつけておくことによって、その酵素の基質を加えると、抗原のポリペプチドのみを膜上で発色させ 100 kDa のバンドとして検出できる(図 2 レーン 1)。なお、タンパク質の分子量は、あらかじめ色素をつけた分子量マーカー(図 2 レーン 2)と比較することによって知ることができ、Da であらわす。

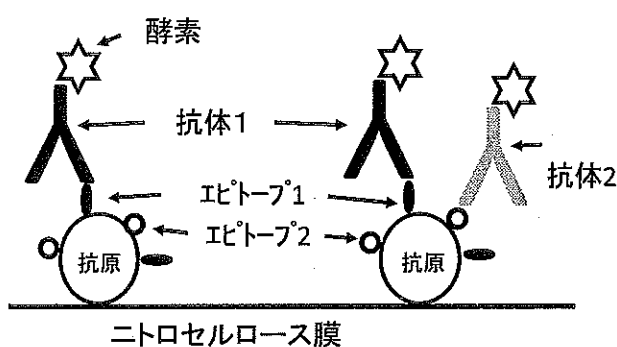


図 1 抗体による抗原の検出の原理

星印は発色酵素を示す。左はモノクローナル抗体の場合、右はポリクローナル抗体の場合を示す。

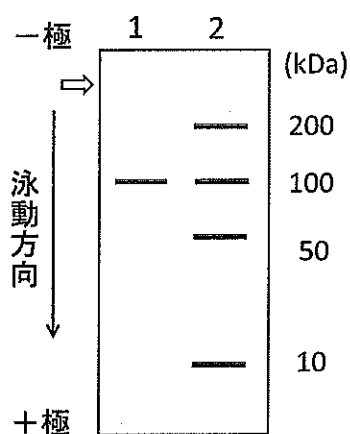


図 2 電気泳動後の抗原タンパク質の検出例

白矢印は電気泳動の開始点を表す。レーン 1 は細胞の抽出物を泳動したもの。レーン 2 は分子量マーカー(10 kDa, 50 kDa, 100 kDa, 200 kDa)のバンドを示す。

問 1 以下の(1)~(4)のそれぞれの状況で行ったタンパク質の検出結果の原因について答えなさい。

- (1) 異なる動物種の脳からタンパク質を抽出して、あるタンパク質に対する mAb を用いると、7 種では約 100 kDa のバンドが検出できたが、3 種ではバンドが全く検出できなかった。同じタンパク質に対する pAb を用いても同様の結果となった。この 3 種の動物の進化の過程で何という現象が起こったか、最も可能性が高いものを以下の選択肢の中から 1 つ選び番号で答えなさい。

(2) ある動物種を交配させ、第1世代および10世代後の子孫の脳からタンパク質を抽出してあるタンパク質の検出を行った。第1世代のサンプルでは、このタンパク質に対する pAb と mAb いずれの抗体を用いても 100 kDa のバンドが検出できた。しかし、10世代後のサンプルでは、同じ pAb を用いるとすべてのサンプルから 100 kDa のバンドが検出できたが、mAb を用いると1個体ではバンドが検出できなかった。この1個体に何という現象が起こったか、最も可能性が高いものを以下の選択肢の中から選び番号で答えなさい。

(3) 同じ動物種の大きな集団の中でランダムに 100 個体の脳からタンパク質を抽出したとき、ある pAb を用いるとすべてのサンプルから 100 kDa のバンドが検出できた。しかし、同じタンパク質に対する mAb を用いると 76 個体では 100 kDa のバンドが検出できたが、24 個体ではバンドが検出できなかった。この集団で見られる現象を何というか、最も可能性が高いものを以下の選択肢の中から選び番号で答えなさい。

[(1)~(3)の選択肢]

- |         |                |         |
|---------|----------------|---------|
| 1 SNP   | 2 変性           | 3 遺伝子重複 |
| 4 遺伝子欠失 | 5 遺伝子の再編成(組換え) | 6 点突然変異 |
| 7 乗換え   |                |         |

(4) 同じ個体で 10 種類の組織からタンパク質を抽出したとき、ある pAb を用いると 6 種類の組織では 100 kDa のバンドが検出できたが、4 種類の組織では 75 kDa のバンドが検出された。この 100 kDa のタンパク質の末端部分に対する mAb を用いるとその 4 種類の組織においては全くバンドが検出できなかった。2つのグループの間でタンパク質が合成されるまでに何という現象が起こったか、最も可能性が高いものを語句で答えなさい。

問 2 実際の実験では予期せぬことが起こり、しばしば誤った判断をすることがある。従って、適切な対照実験を行い得られた実験データを正しく解釈することが大切である。

(1) 細胞を破碎しタンパク質の抽出を行った。4℃に冷やしながら抽出し、タンパク質 A に対する pAb を用いると 100 kDa のバンドが検出できた。しかし室温で抽出を行い同じ pAb を用いると、100 kDa のバンドが薄くなり、新たに 40 kDa, 35 kDa, 25 kDa の 3 つバンドが検出できた。室温において何が起きた結果であるか、以下の選択肢 1～4 の中から最も適当なものを 1 つ選び番号で答えなさい。また、正常な細胞内で主に同様の現象に関わっている細胞小器官の名称を書きなさい。

- 1 これらは細胞質中で新たにタンパク質 A の翻訳が部分的に起こった結果である。
- 2 これらは抗原上に新たにエピトープができた結果である。
- 3 これらのバンドはタンパク質 A が分解した結果である。
- 4 これらのバンドは全く別の抗原が発現した結果である。

(2) ある mAb は、組織 A ではタンパク質 X (100 kDa) に結合することがわかっている。しかし、実際にこの抗体を用いて組織 A と組織 B 由来のタンパク質を隣同士で電気泳動しタンパク質 X の検出を試みたところ、A 組織と B 組織の両方のサンプルでバンドは検出できなかった。この実験のデータの解釈として最も適当なものを以下の 1～3 の中から 1 つ選び番号で答えなさい。

- 1 B 組織にはタンパク質 X が含まれていない。
- 2 B 組織にはタンパク質 X が含まれている。
- 3 どちらともいえない。

- (3) ある mAb は、組織 A 由来のタンパク質 Y (100 kDa) に結合することがわかっている。この時、組織 B にタンパク質 Y が存在するかを調べるために、組織 B からタンパク質を抽出してこの mAb を用いると、100 kDa のバンドが検出された。しかし、対照実験をしなかったため、このバンドがタンパク質 Y ではないという 1 ~ 3 の可能性が排除できない。1 ~ 3 のそれぞれの可能性を排除するための最も有効な検証方法を A ~ F から 1 つずつ選び記号で答えなさい。

<可能性>

- 1 組織 B の 100 kDa のバンドは、一部同じ構造をもつが Y とは全く別のタンパク質である。
- 2 組織 B の 100 kDa のバンドは、抗原抗体反応とは関係なく抗体の定常領域と結合する性質をもつ、Y とは全く別のタンパク質である。
- 3 組織 B の 100 kDa のバンドは、変性条件下でも使用した基質を発色させる酵素活性をもつ、Y とは全く別のタンパク質である。

<方法>

- A 再度全く同じ操作を繰り返して、同じ結果が出るかを確かめる。
- B タンパク質 Y と結合しない無関係の抗体を用いて同様の検出を行う。
- C 抗体を反応させるときの温度を変えて検出を行う。
- D 抗体を用いずに発色反応の基質のみを用いて反応を行う。
- E タンパク質 Y の別のエピトープに対する mAb を用いて検出を行う。
- F 抗体の濃度を変えて検出を行う。