

## 令和2年度 入学試験問題

### 理科問題用紙(前期)

試験時間	120分
問題用紙	物理 1～8頁
	化学 9～18頁
	生物 19～29頁

### 注意事項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 携帯電話等の電子機器類は電源を必ず切り、鞆の中にしまうこと。
6. 机上には、受験票と筆記用具(鉛筆、シャープペンシル、消しゴム)および時計(計時機能のみ)以外は置かないこと。(耳栓、コンパス、定規等は使用できない。)
7. 問題用紙および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白は自由に用いてよい。
10. 質問、トイレ、体調不良等で用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は、問題用紙および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後、解答用紙は裏返し、問題用紙は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

# 生 物

[ I ] ヒトの血液に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

赤血球に含まれるヘモグロビンの多くは、肺胞で酸素と結合して酸素ヘモグロビンになり、酸素濃度が低い組織に運ばれると、酸素を放出してヘモグロビンに戻る。組織内の細胞は、酸素ヘモグロビンから酸素を受け取って呼吸を行い、(1)有機物を分解して効率よくATPを合成し、生命活動を維持している。下図のように、全ヘモグロビンに対する酸素ヘモグロビンの割合と酸素濃度との関係を示す曲線を、 曲線という。 曲線は、二酸化炭素濃度や温度などによって変化することが知られている。

赤血球は、他のすべての血球と同様に、骨髄に存在する  細胞からつくられ、古くなると壊される。ヘモグロビンが分解されてできる  は、(2)胆汁の成分となり、最終的に体外へと排出される。

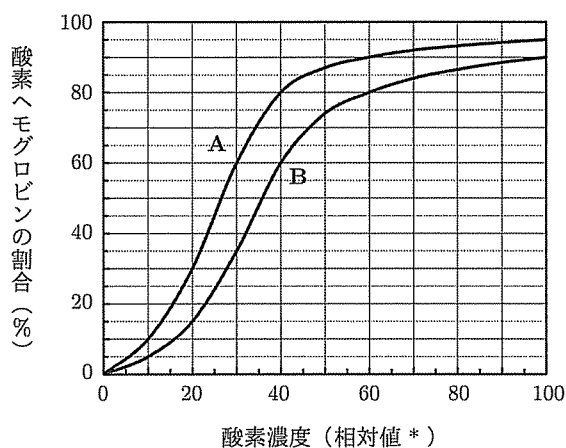


図1 肺胞およびある組織(組織T)での  曲線

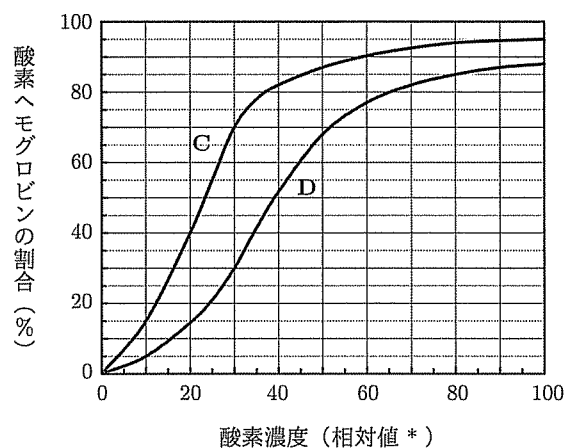


図2 胎盤での  曲線

\*肺胞での酸素濃度を100としたときの相対値を示す。

問1  ~  にあてはまる語句を入れよ。

問2 図1の曲線A, Bは, 肺胞の血液またはある組織(組織T)の血液について測定した結果を示している。下記の設問に答えよ。

① 組織Tでの測定結果を示す曲線はA, Bのどちらか, 記号で答えよ。また, その理由としてあてはまるものを, 以下の(あ)~(え)より2つ選び, 記号で答えよ。

- (あ) 二酸化炭素濃度は, 肺胞の方が組織Tよりも高いから。
- (い) 二酸化炭素濃度は, 肺胞の方が組織Tよりも低いから。
- (う) 酸素ヘモグロビンの割合は, 二酸化炭素濃度が高いほど上昇するから。
- (え) 酸素ヘモグロビンの割合は, 二酸化炭素濃度が高いほど低下するから。

② 肺胞での酸素濃度を100としたとき, 組織Tで酸素を放出したヘモグロビンの割合は, 全ヘモグロビンの60%であった。このときの組織Tでの酸素濃度はいくつか, 整数値で答えよ。また, このとき, 血液100 mL中のヘモグロビンは, 肺胞で受け取った酸素を組織Tで何 mL 放出するか, 有効数字3桁で答えよ。ただし, 血液1 mLにヘモグロビンは150 mg 含まれ, 血液中の酸素ヘモグロビンの割合が100%であるとき, 1 gのヘモグロビンは1.40 mLの酸素と結合できるものとする。また, 血液が肺胞から組織Tに到達するまでの間に, 酸素ヘモグロビンから酸素の放出は起こらないものとする。

問3 図2のC, Dは, 胎盤での胎児の血液または母体の血液について測定した結果を示している。胎盤では, 胎児の血液は母体の血液と混じり合うことはなく, 胎児のヘモグロビンは母体のヘモグロビンよりも酸素と結合しやすいことが知られている。胎児の血液での測定結果を示す曲線はC, Dのどちらか, 記号で答えよ。また, 胎盤での酸素濃度が, 問2の②で求めた組織Tの酸素濃度と同じであるとしたとき, 胎児の血液の酸素ヘモグロビンの割合は全ヘモグロビンの何%であるか, 整数値で答えよ。

問4 下線部(1)において、細胞が有機物としてグルコースを分解するとき、呼吸のどの過程で①酸素が消費され、②二酸化炭素が放出されるか。あてはまる過程をI群よりすべて選び、それぞれ記号で答えよ。また、③I群の各過程が主として起こる場所をII群より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

I群：

- (あ) 解糖系                      (い) クエン酸回路      (う) 電子伝達系

II群：

- (a) 細胞膜                      (b) 核                      (c) 細胞質基質  
(d) 葉緑体のストロマ                      (e) 葉緑体のチラコイド  
(f) ミトコンドリアの外膜                      (g) ミトコンドリアの内膜  
(h) ミトコンドリアのマトリックス

問5 下線部(2)の胆汁は、どのような経路で体外に排出されるか。排出までの経路に含まれる構造を以下の(あ)～(こ)より3つ選び、胆汁の成分が通過する順に左から右へと記号を並べよ。

- (あ) 胃                      (い) すい臓                      (う) 胆管                      (え) 肝門脈                      (お) 肝静脈  
(か) 大腸                      (き) 十二指腸                      (く) 腎臓                      (け) 輸尿管                      (こ) ぼうこう

問6 ①酸素ヘモグロビンの割合が高い血液が通る場所はどこか。中を通る血液の酸素ヘモグロビンの割合が最も高いものをI群より2つ選び、記号で答えよ。また、②ヒトのヘモグロビンに関する記述として正しいものをII群より2つ選び、記号で答えよ。

I群：

- (あ) 大動脈                      (い) 大静脈                      (う) 肺動脈                      (え) 肺静脈                      (お) 肝門脈  
(か) 腎静脈                      (き) 右心室                      (く) 左心室

II群：

- (a) 同じ種類のポリペプチド2本からできている。  
(b) 同じ種類のポリペプチド4本からできている。  
(c) 2種類のポリペプチドが1本ずつ、計2本からできている。  
(d) 2種類のポリペプチドが2本ずつ、計4本からできている。  
(e) ポリペプチド1本あたり、1分子のヘムが結合している。  
(f) ヘモグロビン1分子あたり、1分子のヘムが結合している。

問7 生物の進化は、地球上の酸素濃度の変化と密接に関連している。① 地球上の酸素濃度はどのような生物が繁栄することにより上昇したか。以下の(あ)～(か)より最もあてはまるものを2つ選び、記号で答えよ。また、② (あ)～(か)は、進化の過程でどの順番で出現したか。早く出現した順に、左から右へと記号を並べよ。

- (あ) 羊膜類                      (い) 両生類                      (う) シダ植物  
(え) シアノバクテリア                      (お) 呼吸を行う好気性細菌  
(か) ミトコンドリアが共生した真核生物

[ II ] DNA と遺伝情報の発現に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

遺伝子の本体である DNA は、ヌクレオチドが多数連結した鎖状の分子である。DNA のヌクレオチドを構成する塩基には 4 種類 (A, C, G, T) がある。A は T と結合し、C は G と結合する。このような関係性を塩基の [ ア ] という。多くの生物では、ゲノムは 2 本鎖 DNA として存在し、一方の鎖のある位置が A ならば、もう一方の鎖の対応する位置には T が存在し、ある位置が C ならば、もう一方の鎖の対応する位置には G が存在する。そのため、一方の鎖の塩基配列が決まれば、もう一方の鎖の塩基配列も決まる。また、ゲノム DNA 中の A と T の割合は等しく、C と G の割合も等しい。鎖状の DNA は、そのままでは核内におさまらないため、真核生物では [ イ ] と呼ばれるタンパク質に巻きついて、[ ウ ] を形成している。[ ウ ] のつながりは折りたたまれ、クロマチン構造を形づくっている。

遺伝情報を娘細胞に正確に伝えるために、細胞周期の [ エ ] 期に、母細胞の DNA と同じ塩基配列をもつ DNA がつくられる。2 セットの DNA は分裂期に分配され、体細胞分裂では同じ DNA をもつ細胞が 2 つできる。

遺伝情報を発現するときには、まず DNA の配列を写しとって RNA が合成される。この過程を [ オ ] という。合成された RNA のうち、mRNA の配列をもとにタンパク質がつくられる。この過程を [ カ ] という。

問 1 [ ア ] ~ [ カ ] にあてはまる語句を入れよ。ただし、[ ア ]、[ オ ]、[ カ ] は漢字で答え、[ エ ] はアルファベット 1 文字で答えよ。

問 2 ある動物細胞の DNA の塩基組成を調べたところ、C と G の合計が全体の 56% であった。この DNA の一方の鎖の全塩基のうち A の割合が 20% である場合、もう一方の鎖における A の割合は何 % であるか。整数値で答えよ。

問 3 ゲノム DNA を抽出するための生物材料として適切でないものを、以下の(あ)~(き)より 2 つ選び、記号で答えよ。

- |               |            |           |
|---------------|------------|-----------|
| (あ) カエルの筋繊維   | (い) ソラマメの根 | (う) タラの精巢 |
| (え) ニワトリ卵の卵白  | (お) ヒトの赤血球 | (か) ブタの腎臓 |
| (き) ブロッコリーの花芽 |            |           |

問4 原核細胞にあてはまり、真核細胞にはあてはまらない性質を、以下の(あ)～(お)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 開始コドンは AUG である。
- (い) ゲノム DNA には末端がある。
- (う) 複製起点(複製開始点)は1カ所である。
- (え) スプライシングの過程を経て mRNA がつくられる。
- (お) 合成途中の mRNA にリボソームが付着して カ が始まる。

問5 ツメガエルの純系 P の雌雄 1 匹ずつと、純系 Q の雌雄 1 匹ずつの、合計 4 匹を 1 つの水槽で飼育した。すると、交配により胚が得られた。そのうち 2 つ(胚 1 と胚 2) を選び、両親を特定することにした。また、純系 P を両親とする胚、純系 Q を両親とする胚もそれぞれ用意した。これらの胚から DNA を抽出し、核 DNA とミトコンドリア DNA それぞれの特定の領域を PCR 法により増幅した。プライマーは両方の系統に共通な塩基配列部分とした。増幅した DNA (PCR 産物) を電気泳動により分離すると、図 A のようになった。次に、これら PCR 産物をおある制限酵素で切断してから電気泳動により分離すると、図 B のようになった。ただし、精子のミトコンドリア DNA は、受精の際に卵には入り込まない。

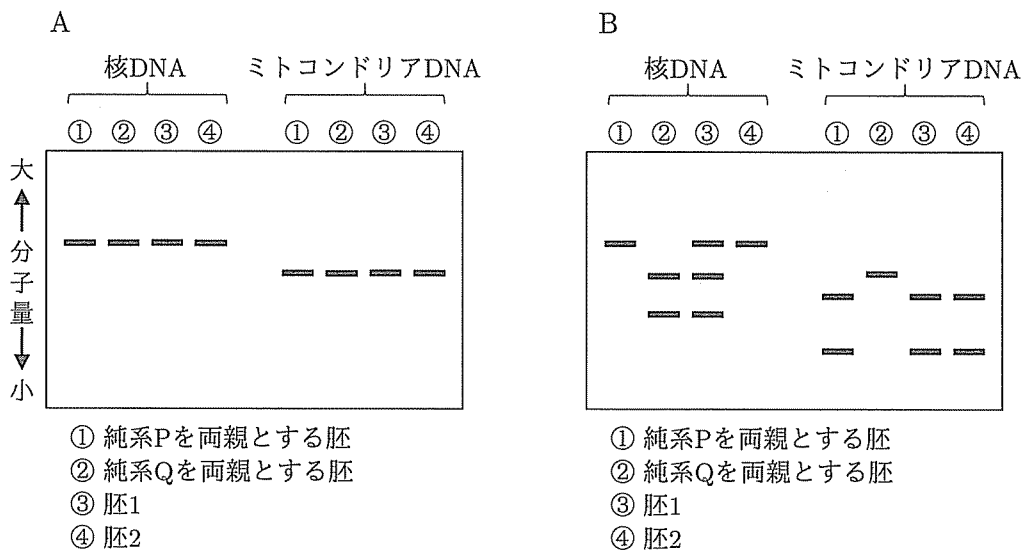


図 電気泳動の結果 DNA はバンド (—)として検出される。A: PCR 産物をそのまま泳動した結果。B: PCR 産物を制限酵素で切断してから泳動した結果。

これらの結果から、胚 1 と胚 2 の父親と母親のそれぞれの系統を、以下の(あ)と(い)より 1 つずつ選び、記号で答えよ。同じ記号を使ってもよい。

- (あ) 純系 P                      (い) 純系 Q

[III] 動物の骨の形成に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

マウス成体の骨は、破骨細胞による古い骨組織の分解・吸収（骨吸収）と骨芽細胞による新しい骨組織の形成（骨形成）のサイクルが適切に行われることで、量と質が保たれている。破骨細胞は破骨前駆細胞から分化した後、骨吸収を行うようになる。骨芽細胞は前骨芽細胞から分化した後、骨形成を行うようになる。その後、骨芽細胞は成熟して骨細胞となり、骨組織を構成する。骨吸収と骨形成のサイクルを適切に制御するためには、これらの細胞が連絡を取り合い、互いの細胞の分化や機能を調節する必要がある。

破骨前駆細胞と破骨細胞には膜タンパク質であるタンパク質 A が発現しており、前骨芽細胞、骨芽細胞および骨細胞には膜タンパク質であるタンパク質 B が発現している。破骨前駆細胞が破骨細胞へと分化するためには、タンパク質 A にタンパク質 B が結合する必要があるが、破骨前駆細胞は前骨芽細胞および骨芽細胞に接触することができない。そのため、破骨細胞への分化には、骨細胞のタンパク質 B が利用される（図 1）。しかし、前骨芽細胞から骨芽細胞への分化のメカニズムはよくわかっていない。そこで、マウスの培養細胞を用いて、以下の各実験を行った。ただし、骨芽細胞へと分化する過程で、調節タンパク質であるタンパク質 D をコードする遺伝子 D が一時的に発現する。また、細胞内タンパク質 C はタンパク質 D にのみはたらきかけ、その活性を調節することが知られている。

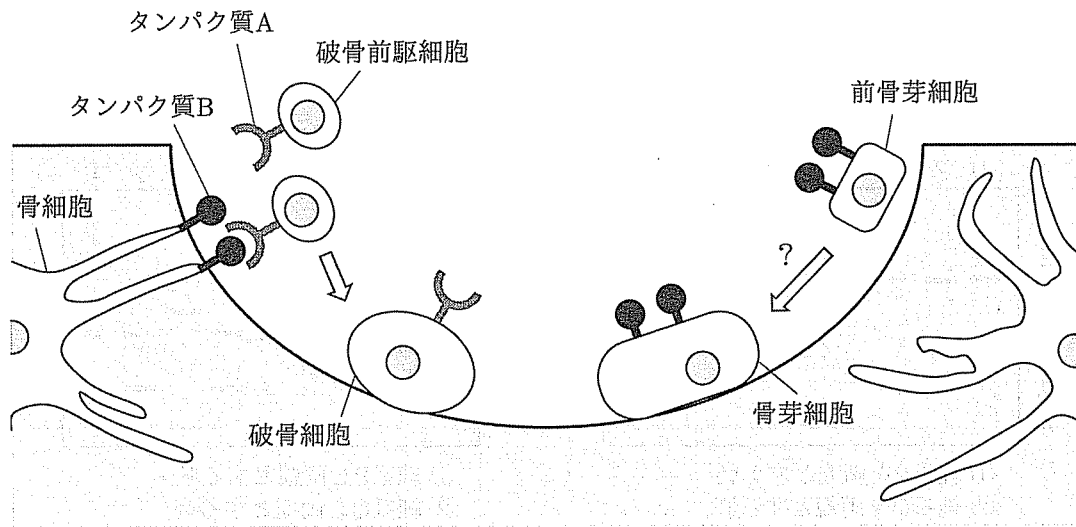


図 1 マウス骨組織の模式図

【実験 1】 タンパク質 B のうち、タンパク質 A との結合領域のみ（タンパク質 B2）を人工的に合成した。タンパク質 B2 を加えた培養液（M1）と、加えなかった培養液（M2）を用意し、それぞれの培養液で破骨前駆細胞を 6 日間培養したところ、M1 で培養した細胞のみ破骨細胞へと分化し、タンパク質 A の発現が培養前に比べて上昇していた。この細胞を M1 でさらに 3 日間培養したところ、タンパク質 A の発現は培養前と同程度まで低下した。M2 で培養した細胞では、いずれの時点でもタンパク質 A の発現に変化はなかった。



【実験 2】 細胞膜を通過することができない水溶性の生体分子は、エキソサイトーシスにより細胞外へと分泌される。エキソサイトーシスにより分泌されるものの中には、生体膜で構成されている非常に小さな粒子（これを細胞外小胞という）もある（図 2）。細胞外小胞には、タンパク質 A のようなさまざまな膜タンパク質が含まれている。

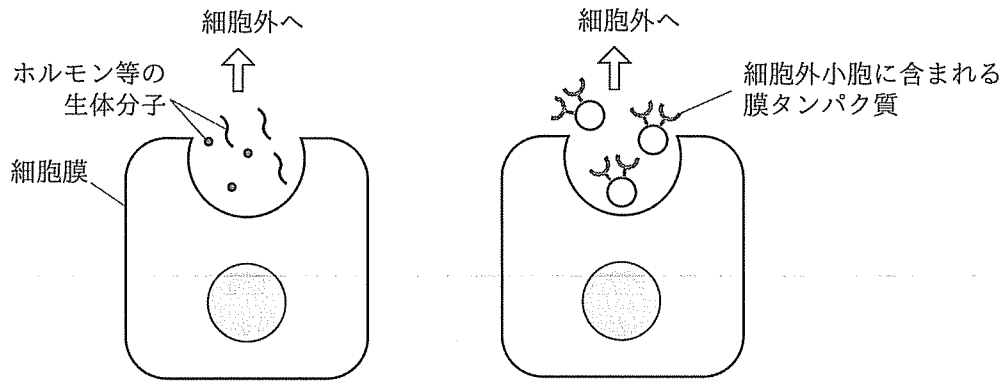


図 2 エキソサイトーシスによる 2 種類の分泌様式

M1 と M2 それぞれの培養液で破骨前駆細胞を 6 日間培養した。培養後に、細胞を取り除いた培養液を遠心分離機にかけ、細胞外小胞を沈殿させた。その後、上澄み液と沈殿のそれぞれについて、タンパク質 A が含まれるかどうか調べた。結果を表 1 に示す。ただし、いずれの画分にもタンパク質 B2 は含まれていなかった。

表 1 培養液中のタンパク質 A

培養液	M1	M2
上澄み液	—	—
沈殿	+	—

「+」はタンパク質 A が含まれていたことを、「—」は含まれていなかったことを、それぞれ示す。

【実験 3】 新たに M2 を用意した。実験 2 の M1 より得られた細胞外小胞をこれに加えた培養液 (M3) をつくり、M2, M3 それぞれの培養液で前骨芽細胞を 3 日間培養した。培養後に遺伝子 D の発現を調べたところ、M3 で培養した細胞でのみ遺伝子 D が発現していた。また、タンパク質 D は核内でのみ検出された。これらの細胞を、M2 でさらに 3 日間培養した。培養後に遺伝子 D の発現を調べたところ、いずれの細胞でも遺伝子 D は発現していなかったが、最初の 3 日間を M3 で培養した細胞のみ、骨形成を行うようになった。結果を表 2 に示す。

表 2 前骨芽細胞の培養

最初の 3 日間に使用した培養液	M2	M3
3 日間培養後の遺伝子 D の発現	—	+
6 日間培養後の遺伝子 D の発現	—	—
骨形成	×	○

「+」は遺伝子 D が発現していたことを、「—」は発現していなかったことを、それぞれ示す。「○」は骨形成を行うようになったことを、「×」は行うようにならなかったことを、それぞれ示す。

【実験 4】 実験 2 の M1 より得られた細胞外小胞とタンパク質 B2 を混合した。この混合物を M2 に加えて、前骨芽細胞を 3 日間培養したところ、培養後の細胞で遺伝子 D は発現していなかった。この細胞を、M2 でさらに 3 日間培養したが、骨形成を行うようにはならなかった。

【実験 5】 M3 にタンパク質 C の阻害剤を加え、前骨芽細胞を 3 日間培養した。培養後の細胞で遺伝子 D は発現していたが、タンパク質 D は細胞質でのみ検出された。この細胞を、M2 でさらに 3 日間培養したが、骨形成を行うようにはならなかった。

【実験 6】 前骨芽細胞を M3 で 6 日間培養したところ、培養後の細胞で遺伝子 D は発現していたが、骨形成を行うようにはならなかった。そこで、新たに用意した前骨芽細胞を M3 で 3 日間培養し、タンパク質 C の阻害剤を加えてから、さらに 3 日間培養したところ、培養後の細胞で遺伝子 D は発現していたが、骨形成を行うようになった。

問1 タンパク質 A について正しく述べているものを，以下の(あ)～(お)より 2 つ選び，記号で答えよ。

- (あ) 前骨芽細胞から骨芽細胞への初期の分化（最初の 3 日間）に必要である。
- (い) 前骨芽細胞から骨芽細胞への後期の分化（最後の 3 日間）に必要である。
- (う) 細胞外小胞に含まれずに，破骨細胞から分泌される。
- (え) 細胞外小胞に含まれて，骨芽細胞から分泌される。
- (お) 前骨芽細胞から骨芽細胞への分化の過程で，遺伝子 D の発現を促進する。

問2 タンパク質 C について正しく述べているものを，以下の(あ)～(お)より 1 つ選び，記号で答えよ。

- (あ) 遺伝子 D の発現を促進する。
- (い) 遺伝子 D の発現を抑制する。
- (う) タンパク質 D を分解する。
- (え) タンパク質 D を核内へ移行させる。
- (お) タンパク質 D を細胞質にとどめる。

問3 実験 3 で最後の 3 日間を M2 で培養した理由として，最も適切なものを以下の(あ)～(え)より 1 つ選び，記号で答えよ。また，その根拠となる実験として，最も適切なものを実験 3 の他に 1 つ選び，実験番号を数字で答えよ。

- (あ) タンパク質 A の機能を促進することで，骨芽細胞へと分化させるため。
- (い) タンパク質 B の機能を抑制することで，骨芽細胞へと分化させるため。
- (う) タンパク質 C の機能を促進することで，骨芽細胞へと分化させるため。
- (え) タンパク質 D の機能を抑制することで，骨芽細胞へと分化させるため。

問4 実験4を行った理由として、最も適切なものをI群より1つ選び、記号で答えよ。また、細胞外小胞とタンパク質B2の混合物の代わりに、どのようなものをM2に加えると実験4と同じ目的の実験を行うことができるか。最も適切なものをII群より1つ選び、記号で答えよ。

I群：

- (あ) タンパク質Aとタンパク質Bが結合することを示すため。
- (い) 破骨細胞への分化の過程で、タンパク質Aが必要であることを示すため。
- (う) 実験3で得られた骨形成が、タンパク質Aにより引き起こされたことを示すため。
- (え) 細胞外小胞にはタンパク質A以外にどのようなタンパク質が含まれるか調べるため。
- (お) 実験2でのタンパク質Aの発現が、タンパク質B2により引き起こされたことを示すため。

II群：

- (a) タンパク質Aのみを取り除いた細胞外小胞
- (b) タンパク質Bのみを膜タンパク質として含む細胞外小胞
- (c) タンパク質B2のみ

問5 破骨前駆細胞、破骨細胞、前骨芽細胞および骨芽細胞をすべて取り除いたマウスの骨組織を用意した。図1のように、骨細胞のそばに破骨前駆細胞を置き、破骨前駆細胞と接触しない位置に前骨芽細胞を置いた。このとき、①破骨前駆細胞から破骨細胞への分化と、②前骨芽細胞から骨芽細胞への分化は、どのような順番で起こるか。最も適切なものを以下の(あ)～(う)より1つ選び、記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。

- (あ) ①が先に起こる。
- (い) ②が先に起こる。
- (う) ①と②が同時に起こる。