

令和2年度 入学試験問題

理科問題用紙(後期)

試験時間	120分
問題用紙	物理 1～8頁
	化学 9～20頁
	生物 21～33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] 動物の神経誘導に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

スーパーマンらは、イモリ胚の初期原腸胚から原口背唇部を摘出し、これを同じ時期の他のイモリ胚の (1) 将来腹側になる部分に移植した。その結果、本来の胚 (一次胚) の他に、神経管などをもつ二次胚が形成された。このことから、スーパーマンは、原口背唇部が [ア] としてはたらき、二次胚を誘導すると考えた。

正常な発生では、原口背唇部の細胞は、原腸形成の進行に伴って胚の内部へ陥入し、その大部分は [イ] となる。(2) [イ] の近くでは背側に神経管が形成され、やがて神経管の前方は膨らんで脳に、後方は前後に伸びて [ウ] に分化する。

近年、原口背唇部および [イ] から分泌される物質が、BMP と呼ばれる分泌タンパク質と細胞外で結合し、BMP のはたらきに影響を与えることにより、神経誘導に関わることが明らかになった。そこで神経誘導のしくみを調べるため、イモリ胚の原口背唇部から分泌される物質 P および物質 Q を使い、以下の各実験を行った。ただし、培養に用いた胞胚では、胚全域で BMP は細胞外に均一に存在するが、物質 P と物質 Q はどちらも存在せず、BMP の受容体は予定外胚葉 (将来外胚葉になる部分) の細胞膜に常に存在するものとする。また、各培養液に加える物質は十分量であり、BMP 以外の受容体は予定外胚葉の細胞分化に関わらないものとする。

【実験 1】 後期胞胚より動物極周辺の予定外胚葉の一部を切り出し、そのまま、さまざまな培養液に入れて培養した。一定期間培養した後、何に分化したのかを調べた結果を、表 1 に示す。

表 1 予定外胚葉をそのまま培養した結果

培養実験 No.	培養液に加えた物質	分化した組織
①	なし	表皮
②	物質 P	神経
③	物質 Q	表皮
④	BMP	表皮

【実験 2】 後期胞胚より動物極周辺の予定外胚葉の一部を切り出し、細胞外に存在する分泌タンパク質をすべて除去する処理を行った。その後、実験 1 と同様に、さまざまな培養液に入れて培養した。一定期間培養した後、何に分化したのかを調べた結果を、表 2 に示す。

表 2 細胞外の分泌タンパク質を除去後、予定外胚葉を培養した結果

培養実験 No.	培養液に加えた物質	分化した組織
⑤	なし	神経
⑥	物質 P	神経
⑦	物質 Q	神経
⑧	BMP	表皮

問 1 ア ~ ウ にあてはまる語句を入れよ。ただし、 イ、 ウ は漢字で答えよ。また、 ウ に関する記述として正しいものを、以下の(あ)~(き)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 頭骨に囲まれている。
- (い) 脊椎骨に囲まれている。
- (う) 瞳孔反射の中樞である。
- (え) 屈筋反射の中樞である。
- (お) 中心部(髄質)は灰白質、周辺部(皮質)は白質である。
- (か) 周辺部(皮質)にはニューロンの細胞体が集まっている。
- (き) 受容器で生じた興奮が、腹根を通る神経を介して灰白質へ伝わる。

問 2 下線部(1)の将来腹側になる部分の外胚葉は、正常な発生では何になる運命か。以下の(あ)~(か)よりあてはまるものを 1 つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 神経管 (い) 表皮 (う) 体節
- (え) 腎節 (お) 側板 (か) 腸管

問3 BMP に関して実験結果から導かれる結論として正しいものを、以下の(あ)～(か)より2つ選び、記号で答えよ。また、それぞれの根拠となる結果は、どの培養実験から得られたか。培養実験①～⑧より、最も適切なものを1つずつ選び、番号で答えよ。

- (あ) BMP がはたらくと、外胚葉は表皮に分化する。
- (い) BMP がはたらくと、外胚葉は神経に分化する。
- (う) BMP がはたらくと、外胚葉は表皮か神経のいずれかに分化する。
- (え) BMP のはたらきが完全に阻害されると、外胚葉は表皮に分化する。
- (お) BMP のはたらきが完全に阻害されると、外胚葉は神経に分化する。
- (か) BMP のはたらきが完全に阻害されると、外胚葉は表皮にも神経にも分化することができない。

問4 ①, ⑤ 以外の培養実験において、培養液に加える物質の量が十分ではないとき、表皮と神経の両方の細胞が分化すると予想される培養実験を2つ選び、番号で答えよ。また、それぞれの培養実験において、異なる種類の細胞が分化する理由として最もあてはまるものを、以下の(あ)～(か)より1つずつ選び、記号で答えよ。

- (あ) BMP の量が減り、BMP が結合する受容体が増えるため。
- (い) BMP の量が減り、BMP が結合しない受容体が増えるため。
- (う) 物質 P と結合する BMP が増え、BMP が結合しない受容体が増えるため。
- (え) 物質 P と結合しない BMP が増え、BMP が結合する受容体が増えるため。
- (お) 物質 Q と結合する BMP が増え、BMP が結合しない受容体が増えるため。
- (か) 物質 Q と結合しない BMP が増え、BMP が結合する受容体が増えるため。

問5 実験結果より、下線部(2)の神経管は、どのようなしくみで の近くに形成されると考えられるか。神経管の形成において重要な現象を、以下の(あ)～(け)より4つ選び、形成過程で早く起こる順に左から右へと記号を並べよ。

- (あ) 物質PがBMPに結合する。
- (い) 物質QがBMPに結合する。
- (う) からBMPが分泌される。
- (え) から物質Pが分泌される。
- (お) から物質Qが分泌される。
- (か) 表皮の分化に関わる遺伝子が失われる。
- (き) 神経の分化に関わる遺伝子が発現する。
- (く) の近くの外胚葉がもつ受容体に、BMPが結合できる。
- (け) の近くの外胚葉がもつ受容体に、BMPが結合できなくなる。

問6 一生のうちいずれかの時期または終生、 をもつ動物をI群よりすべて選び、記号で答えよ。また、これらの動物が属する門は、進化の過程でいつ出現したか。出現時期に最も近い時期に起こった現象をII群より1つ選び、記号で答えよ。

I群：

- (あ) ウニ (い) エビ (う) サメ (え) タコ
- (お) ヒト (か) ニワトリ (き) プラナリア (く) ナメクジウオ

II群：

- (a) 三葉虫類の絶滅 (b) アンモナイトの絶滅 (c) カンブリア大爆発
- (d) 真核生物の出現 (e) 多細胞生物の出現 (f) 動物の陸上進出

問7 BMPのように細胞外に分泌され、別の細胞がもつ受容体に結合し、その細胞に特定の情報を与える物質をI群より3つ選び、記号で答えよ。また、それぞれの物質を分泌するものをII群より1つずつ選び、記号で答えよ。

I群：

- | | | |
|------------|--------------|-------------|
| (あ) GFP | (い) 糖質コルチコイド | (う) アセチルコリン |
| (え) ダイニン | (お) トリプシン | (か) トロポニン |
| (き) バソプレシン | (く) ペプシン | |

II群：

- | | | |
|-----------|--------------|------------|
| (a) 胃腺 | (b) すい臓の外分泌腺 | (c) 筋繊維 |
| (d) 副腎髄質 | (e) 副腎皮質 | (f) 交感神経 |
| (g) 副交感神経 | (h) 脳下垂体前葉 | (i) 脳下垂体後葉 |

問8 細胞膜に存在するタンパク質をI群より2つ選び、記号で答えよ。また、それぞれのタンパク質の主なはたらきをII群より1つずつ選び、記号で答えよ。

I群：

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| (あ) アクアポリン | (い) インテグリン | (う) オーキシン |
| (え) キネシン | (お) ノーダル | (か) ヒストン |

II群：

- (a) 糖を通す。
- (b) 水分子を通す。
- (c) 細胞の成長を調節する。
- (d) 細胞内の物質輸送を担う。
- (e) 細胞と細胞を結びつける。
- (f) 細胞と細胞外基質を結びつける。
- (g) 近くの細胞を中胚葉へと誘導する。
- (h) ミクロソームを形成し、遺伝子発現を調節する。

[II] エネルギー代謝に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

真核生物は細胞内で呼吸を行い、酸素を用いて有機物を分解して ATP を合成する。グルコースを分解して ATP を合成する過程では、グルコースは解糖系で [ア] にまで分解される。次に、[ア] はミトコンドリアのマトリックスに取り込まれ、[イ] に変えられ、クエン酸回路に入る。解糖系とクエン酸回路で生じた還元型補酵素は、電子伝達系に運ばれる。ミトコンドリアの内膜に存在する電子伝達系では、還元型補酵素を使って、内膜の内外に水素イオンの濃度勾配が形成される。この濃度勾配を利用して ATP 合成酵素により ATP が合成される。呼吸にはグルコースだけでなく、脂肪やタンパク質も利用される。脂肪が分解されてできた [ウ] は解糖系に、[エ] はクエン酸回路に入る。タンパク質はアミノ酸に分解された後、アミノ酸のアミノ基を [オ] として遊離する。アミノ基が取り除かれて生じた有機酸は、クエン酸回路などに入る。

植物や藻類は光合成を行い、光エネルギーを利用して ATP を合成し、その ATP を用いて有機物を合成する。光合成の電子伝達系では、チラコイド膜の内外に水素イオンの濃度勾配が形成される。呼吸と同様に、この濃度勾配を利用して ATP が合成される。電子伝達系で生じた還元型補酵素と ATP は、ストロマで行われるカルビン・ベンソン回路に利用され、[カ] が固定され、有機物が合成される。

問 1 [ア] ~ [カ] にあてはまる語句を入れよ。

問 2 呼吸で生じる還元型補酵素を、以下の(あ)~(か)よりすべて選び、記号で答えよ。

- | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| (あ) NAD^+ | (い) NADP^+ | (う) FAD |
| (え) NADH | (お) NADPH | (か) FADH_2 |

問 3 哺乳類において、[オ] を尿素に変える器官はどれか。以下の(あ)~(お)より最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|----------|
| (あ) すい臓 | (い) 肝臓 | (う) 腎臓 | (え) 副腎 | (お) ぼうこう |
|---------|--------|--------|--------|----------|

問4 光合成での ATP 合成において、① チラコイド膜にある ATP 合成酵素を通る水素イオンの輸送について正しく説明しているものを、以下の(あ)～(え)より1つ選び、記号で答えよ。また、② このような光エネルギーに依存して ATP が合成される反応を何というか答えよ。

- (あ) ストロマからチラコイド内腔への濃度勾配に逆らった輸送
- (い) ストロマからチラコイド内腔への濃度勾配にしたがった輸送
- (う) チラコイド内腔からストロマへの濃度勾配に逆らった輸送
- (え) チラコイド内腔からストロマへの濃度勾配にしたがった輸送

問5 独立栄養生活を営む細菌をI群より2つ選び、記号で答えよ。また、それぞれの細菌の炭酸同化についてあてはまる記述をII群より1つずつ選び、記号で答えよ。II群の記号は同じ記号を使ってもよい。

I群：

- (あ) 乳酸菌 (い) 大腸菌 (う) 硝酸菌 (え) ゾウリムシ
- (お) 根粒菌 (か) 緑色硫黄細菌 (き) アカパンカビ

II群：

- (a) 硫化水素を酸化して、化学合成を行う。
- (b) 硝酸イオンを酸化して、化学合成を行う。
- (c) 亜硝酸イオンを酸化して、化学合成を行う。
- (d) 水を分解して電子を受け取り、光合成を行う。
- (e) 硫化水素を分解して電子を受け取り、光合成を行う。

[III] 動物の幹細胞に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

動物組織では、細胞が分泌した物質からつくられる細胞外基質が細胞の足場となり細胞の形や機能を制御している。細胞は接着する細胞外基質の硬さを物理的刺激として感知し、その情報を細胞内に伝えるしくみをもつ。

哺乳類の成体の脳には、増殖できる能力（増殖能）をもった神経幹細胞が存在するが、⁽¹⁾加齢に伴い神経幹細胞の増殖能は低下する。幹細胞と細胞外基質の関係について調べるために、マウスの脳から取り出した神経幹細胞（以下、「幹細胞」と略す）を用いて、以下の各実験を行なった。細胞膜にあるイオンチャンネル A は、物理的刺激を受容すると、チャンネルを開口してカルシウムイオン (Ca^{2+}) を通す（図 1）。ただし、幹細胞では、受容した物理的刺激が伝わるのはイオンチャンネル A のみであり、他にカルシウムイオンチャンネルはないものとする。また、 Ca^{2+} は細胞外基質内を自由に拡散でき、細胞外基質に存在する Ca^{2+} の濃度は、細胞内の Ca^{2+} の濃度よりも常に高く、どちらの Ca^{2+} 濃度も加齢により変化しないものとする。

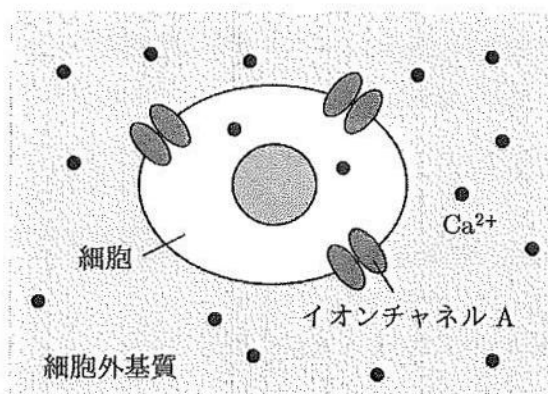


図 1 幹細胞に存在するイオンチャンネル A
物理的刺激により、イオンチャンネル A が開く。

【実験 1】 細胞外基質の役割を調べるために、若齢マウスと老齢マウスの脳からそれぞれ取り出した細胞外基質に、若齢マウスと老齢マウスのいずれかの幹細胞を埋め込んで培養した（図 2）。3 日間培養した後、培養前後の細胞数を数え、細胞の増加率を算出した（図 3）。ただし、幹細胞は培養中に死んだり分化したりせず、増殖しても細胞どうしは接着しないものとする。

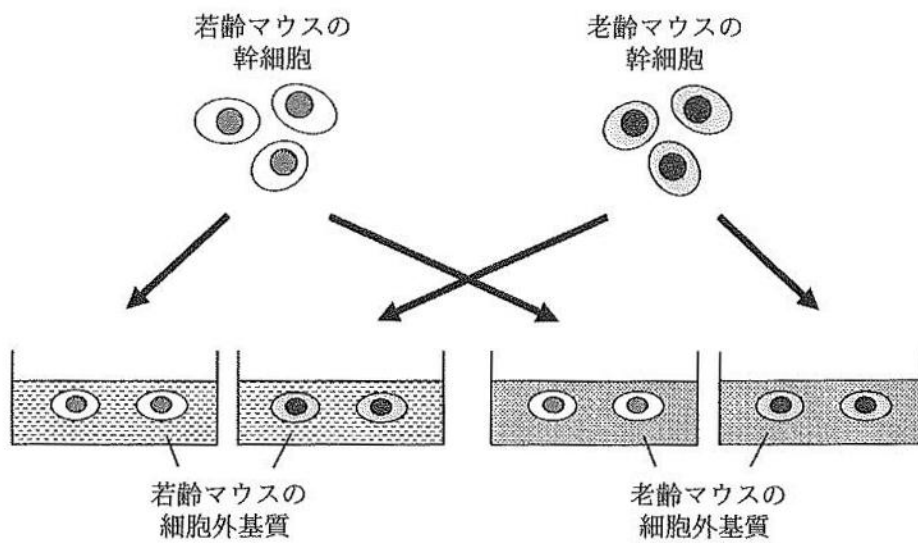


図2 細胞外基質内での幹細胞の培養実験

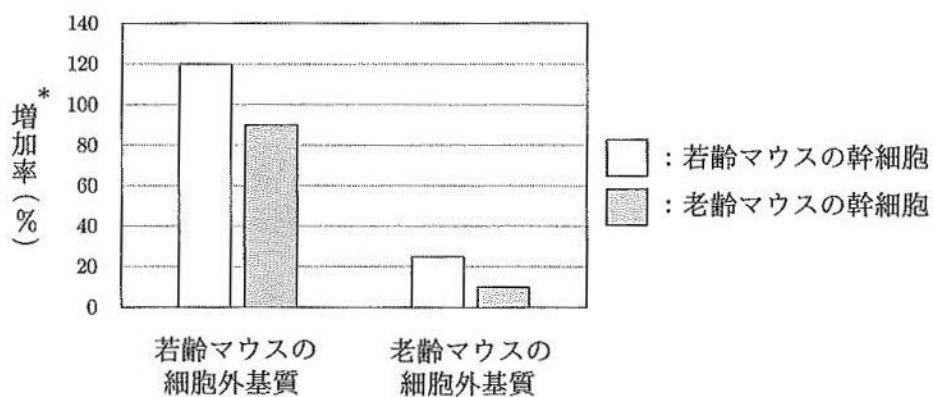


図3 細胞外基質内で培養した幹細胞の増加率

$$* \text{増加率} (\%) = \frac{\text{培養後の細胞数} - \text{培養前の細胞数}}{\text{培養前の細胞数}} \times 100$$

【実験2】 若齢マウスと老齢マウスの細胞外基質の違いを調べるために、両者の細胞外基質の硬さを測定した(図4)。次に、細胞外基質と同じ濃度のCa²⁺を含むが他の生体分子は含まない物質を材料として2種類のゲルを作製し、若齢マウスと老齢マウスの細胞外基質の硬さをそれぞれ再現した。実験1の細胞外基質の代わりに作製したゲルを用い、若齢マウスと老齢マウスのいずれかの幹細胞を埋め込んで3日間培養した。どちらの幹細胞も、若齢マウスの細胞外基質の硬さをもつゲルで培養した場合には、老齢マウスの細胞外基質の硬さをもつゲルで培養した場合よりも増加率が高かった。

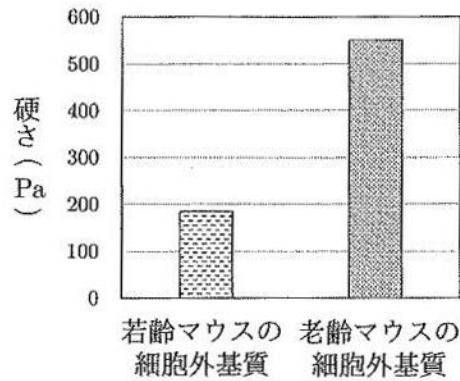


図4 細胞外基質の硬さの測定結果

【実験3】 若齢マウスと老齢マウスの幹細胞1個あたりに存在するイオンチャンネルAの量を調べたところ、老齢マウスの方が3倍多かった。次に、若齢マウスと老齢マウスの細胞外基質それぞれに老齢マウスの幹細胞を埋め込んで3日間培養した。培養中の幹細胞への Ca^{2+} の流入を調べたところ、どちらの細胞外基質で培養しても Ca^{2+} は常に細胞内へ流入していたが、若齢マウスの細胞外基質で培養した場合に比べて、老齢マウスの細胞外基質で培養した場合は常に流入量が多かった。そこで、イオンチャンネルAのはたらきを阻害する薬剤(阻害剤B)を老齢マウスの細胞外基質に加え、この細胞外基質に老齢マウスの幹細胞を埋め込んで3日間培養した後、増加率を算出した(図5)。対照群として、阻害剤Bを加えない老齢マウスの細胞外基質でも同様に培養し、増加率を算出した。また、培養中に、対照群では Ca^{2+} は常に細胞内へ流入していたが、阻害剤Bを加えた場合には Ca^{2+} の細胞内への流入は起こらなかった。

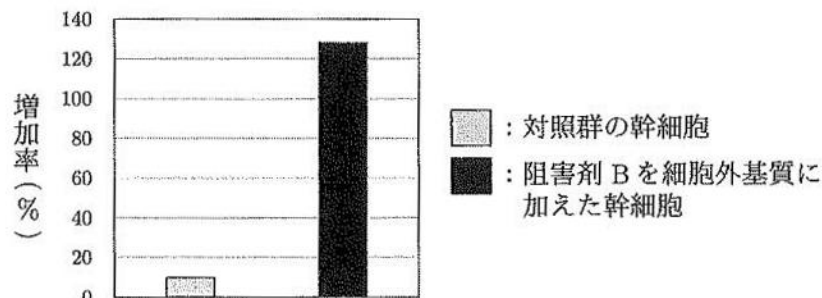


図5 阻害剤Bを加えたときの幹細胞の増加率

問1 下線部(1)の幹細胞の増殖能が低下する理由として、正しいものをI群より1つ選び、記号で答えよ。また、その根拠となる結果を得た実験はどれか。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) 細胞外基質の硬さが増すから。
- (い) 細胞外基質の硬さが減るから。
- (う) 細胞外基質の硬さが変化しないから。

II群：

- (a) 実験1と実験2
- (b) 実験1と実験3
- (c) 実験2と実験3

問2 ① 老齢マウスの細胞外基質に、老齢マウスの幹細胞を埋め込んで3日間培養するとき、細胞外基質から Ca^{2+} を取り除いた場合と取り除かなかった場合では、幹細胞の増加率はどちらが高いか。適切なものをI群より1つ選び、記号で答えよ。また、② Ca^{2+} を取り除いた場合、培養中の幹細胞に起こっている現象として実験結果から考えられるものをII群より2つ選び、記号で答えよ。ただし、 Ca^{2+} を取り除いても細胞は死なないものとする。

I群：

- (あ) Ca^{2+} を取り除いた場合。
- (い) Ca^{2+} を取り除かなかった場合。
- (う) どちらも同じ。

II群：

- (a) イオンチャネルAが開いている。
- (b) イオンチャネルAが閉じている。
- (c) 細胞1個あたりのイオンチャネルAの量が減少している。
- (d) 細胞1個あたりのイオンチャネルAの量が増加している。
- (e) Ca^{2+} が幹細胞内へ流入している。
- (f) Ca^{2+} が幹細胞内へ流入していない。

問3 実験1において、老齢マウスの細胞外基質に埋め込んで培養したとき、老齢マウスの幹細胞が若齢マウスの幹細胞より増加率が低かったのはなぜか。その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。

- (あ) 老齢マウスの幹細胞の方が細胞1個あたりのイオンチャンネルAの量が少なく、細胞内への Ca^{2+} の流入量が少なかったから。
- (い) 老齢マウスの幹細胞の方が細胞1個あたりのイオンチャンネルAの量が少なく、細胞外への Ca^{2+} の流出量が少なかったから。
- (う) 老齢マウスの幹細胞の方が細胞1個あたりのイオンチャンネルAの量が多く、細胞内への Ca^{2+} の流入量が多かったから。
- (え) 老齢マウスの幹細胞の方が細胞1個あたりのイオンチャンネルAの量が多く、細胞外への Ca^{2+} の流出量が多かったから。

問4 老齢マウスの幹細胞を以下の(あ)～(う)のゲルに埋め込んで培養するとき、細胞の増加率が高くなる順に左から右へと記号を並べよ。また、その順番をつけた根拠を説明せよ。

- (あ) 実験2で用いた若齢マウスの細胞外基質の硬さをもつゲル
- (い) 実験2で用いた老齢マウスの細胞外基質の硬さをもつゲル
- (う) 実験2で用いた老齢マウスの細胞外基質の硬さをもつが、 Ca^{2+} を含まないゲル

問5 増殖している幹細胞では、細胞周期は4つの時期に分けられる。①これらの時期を以下の(あ)～(お)より選び、DNAが合成される時期から始めて、細胞周期の進行順に左から右へと記号を並べよ。また、②細胞1個あたりのDNA量が変化しない時期を以下の(あ)～(お)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) G_0 期 (い) G_1 期 (う) G_2 期 (え) M期 (お) S期