

東京医科大学 2015年度 生物 解答と解説

略解

第1問

問1 ③、問2 ⑤、問3 ①、問4 ③、問5 ⑤

第2問

問1 ア ③、エ ⑦

問2 オ ③、キ ①

問3 a ⑦、d ⑧、e ④、j ⑨

問4 ⑤

問5 十の位 ③、一の位 ⑧

問6 ③、⑤、⑦

問7 ①、③、④

問8 ①、⑥

第3問

問1 ⑤

問2 ②、⑤

問3 ③

問4 ②、⑤

問5 ②

問6 ①

問7 カ ①、キ ①、ク ②

問8 ③

第4問

問1 ア ④、エ ①

問2 ミンククジラとマッコウクジラの系統の分岐 ②

クジラの共通祖先とクジラに最も近かったホ乳類の分岐 ④

問3 ②

問4 あ ⑦、う ④

解説

第1問(遺伝、神経細胞と興奮、生存曲線、減数分裂、免疫)

問1(遺伝)

原則：さまざまな遺伝

メンデル遺伝の三法則(1)優性の法則、(2)分離の法則そして(3)独立の法則に従わず、遺伝子の働きに応じた下記の様な遺伝がある。

1、不完全優性：マルバアサガオの花の色に関して、対立遺伝子における不完全な優劣関係により、ヘテロ接合体(F₁)において花の色が赤と白の間である桃色となる。

2、致死遺伝子：ハツカネズミの毛の色に関して、黄色にする遺伝子は致死遺伝子とよばれ、そのホモ個体は発生の途中で死亡してしまう。

3、補足遺伝子：2つ以上の対立遺伝子が互いに補足しあって1つの形質を決める場合、それらの遺伝子を補足遺伝子という。ニワトリのとさかの形をバラ冠にする遺伝子とマメ冠にする遺伝子が共存した場合、互いに補足し合ってクルミ冠が生じ、劣性ホモ個体は単冠になる。ハツカネズミの毛色において黒色にする遺伝子は単独の場合に形質をあらわすが、黒色にする遺伝子が存在するときだけ毛色を灰色にする効果を示す遺伝子がある。これを条件遺伝子とよび、補足遺伝子に含まれる。

解答解説(解答は四角部分)

【方針】①、②、④、⑤については原則から正しいと判断できる。③はメンデル遺伝である。

【解説】誤りは③である。③において、丸をA、しわをaとするとF₁の遺伝子型はAaとなり、F₂ではAA:Aa:aa=1:2:1となる。これらを自家受精するとF₃ではAA×AA、aa×aaの交配によりそれぞれ4AAと4aa、Aa×Aaの交配ではAA:Aa:aa=1:2:1となりこれがAaは2セットあるから2:4:2となる。従って、F₃においてはAA:Aa:aaは6:4:6となり、全体に占めるAaの割合は4/16=1/4となる。

問2(神経細胞と興奮)

原則：神経細胞の構造、興奮の伝導と伝達

ニューロンとシナプスの構造を図1に示した。神経細胞間における情報伝達の際はシナプスである。その基本型は軸索末端のやや肥大した部分であるシナプス前細胞がシナプス後細胞の樹状突起に接する構造である。興奮がシナプス前細胞の軸索末端に伝わると、電位依存性のカルシウムチャンネルが開き、カルシウムイオンが軸索内に流入

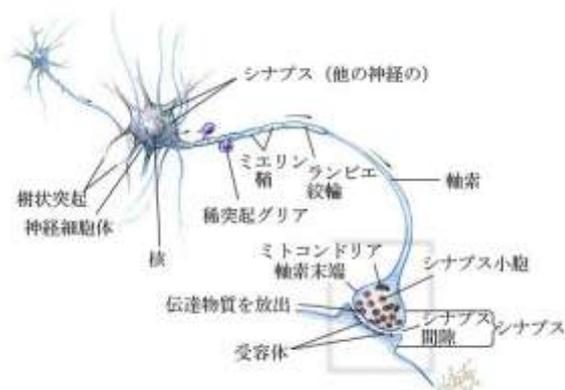


図1 ニューロンとシナプスの構造

<http://www.geocities.jp/tappingtech/synapse.html>

し、それが刺激となってシナプス小胞内の神経伝達物質がシナプス間隙に放出される。放出された神経伝達物質がシナプス後細胞の伝達物質依存性イオンチャンネルに結合し、イオンチャンネルを開口させて膜電位の変化、すなわちシナプス後電位を発生させることにより情報が伝達される。シナプスは神経伝達物質の違いにより興奮性シナプスと抑制性シナプスに分けられている。興奮性神経伝達物質の場合は、伝達物質がシナプス後細胞膜上の受容体に結合するとイオンチャンネルが開き、ナトリウム等の陽イオンが細胞内に流入することでシナプス後細胞が脱分極し、情報の伝達が促進される。これを興奮性シナプス後電位という。抑制性の神経伝達物質では塩素チャンネルが開き塩化物イオンが細胞膜内に流れ込んで静止膜電位は過分極して更に負となり、情報の伝達が抑制され

る。これを抑制性シナプス後電位という。興奮性の神経伝達物質としてアセチルコリンやノルアドレナリン、抑制性のものとしてγ-アミノ酪酸(GABA)やグリシンがある。

解答解説(解答は四角部分)

【方針】原則からわかるように、①～④には正しい内容が記されている。

【解説】誤りは⑤である。ミエリン鞘(髄鞘)を持つ有髄神経線維は髄鞘を持たない無髄神経線維に比べて伝導速度が速い。これは、興奮が髄鞘間のランビエ絞輪を飛び飛びに伝わる跳躍伝導するからである。また、伝導速度は軸索の直径が太いほど速い。なお、髄鞘は絶縁体の機能をもち興奮を伝導しない。

問 3(生存曲線)

原則：生存曲線

ある個体群の生活史において個体が時間経過に伴ってどのように減少するのかをまとめた表を生命表とよび、これをグラフ化したものを生存曲線とよぶ。生存曲線は、A型：晩死型、B型：平均型そしてC型：早死型に分けられる。

解答解説(解答は四角部分)

【方針】原則から判断して、②～⑤の設問内容が正しいとわかる。

【解説】誤りは①である。B型は各時期において死亡率がほぼ一定なタイプである。

問 4(減数分裂)

原則：減数分裂

内容を図2に示した。

解答解説(解答は四角部分)

【方針】原則に示した内容から、③以外は全て正しいことがわかる。

【解説】誤りは③である。図からわかるように、第一分裂時にDNA量は間期の倍となり、第一分裂後のDNA量は母細胞と等量となる。半減するのは第二分裂後に生殖細胞となるからである。

問 5(免疫)

原則：免疫

抗体は、B細胞を起源とする抗体産生細胞により産生され、免疫グロブリンとよばれるタンパク質から構成されている。

血液は、有形成分である赤血球、白血球や血小板を約45%もち、残りは液体成分の血しょうである。白血球は機能面から、食作用をもつ好中球やアレルギー反応に関わる

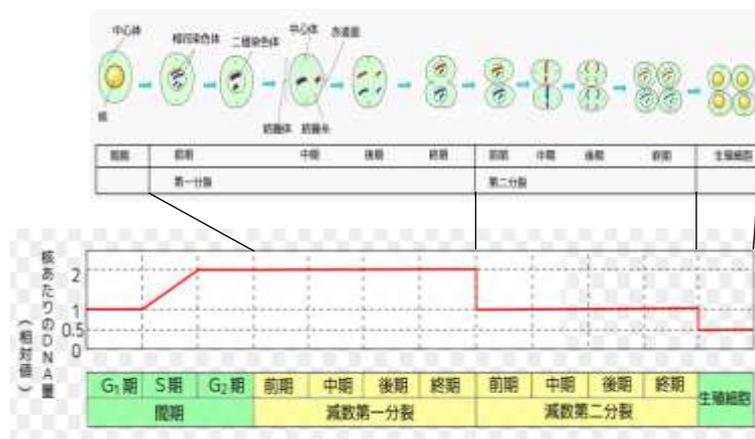


図2 減数分裂の様子(上図)と分裂に伴うDNA量の変化(下図)
https://ja.wikibooks.org/wiki/%E9%AB%98%E7%AD%89%E5%AD%A6%E6%A0%A1%E7%94%9F%E7%89%A9_%E7%94%9F%E7%89%A9%E2%80%90%E7%94%9F%E6%AE%96%E3%81%A8%E7%99%BA%E7%94%9F

好酸球など細胞質に顆粒を含む顆粒白血球、獲得免疫に関わるマクロファージそして免疫に関わるナチュラルキラー細胞やT細胞などのリンパ球に分けられる。

後天性免疫不全症候群（エイズ）を起こすヒト免疫不全ウイルス（HIV）により、免疫機構の中核であるヘルパーT細胞が破壊される。ヘルパーT細胞を破壊された感染者は、細菌やカビ等に対する抵抗性の低下によりカリニ肺炎やカボジ肉腫等に罹患する。

自己あるいは非自己を認識するメカニズムに関わっているのは細胞膜表面にある主要組織適合遺伝子複合体(MHC)という膜タンパク質群である。ヒトの場合は MHC の産物を特にヒト白血球抗原(HLA)という。

抗原の侵入により感染症を発症し、自然免疫の働きにより感染症が治ると、仕事を終えた T細胞の多くは消滅するが、その一部はメモリーT細胞として生残する。この細胞はリンパ節などにおいて長期間生存し続け 2 回目の感染があると、1 回目 비해速くしかも効率よく反応できる。これが免疫記憶のメカニズムである。

解答解説(解答は四角部分)

【方針】原則の内容から、①～④は正しい内容であることがわかる。

【解説】誤りは⑤である。得られた子供は両系統の性質を持つマウスである。従って、子供の皮膚を各親に移植すると異なる親系統に対して MHC による非自己認識機構が働き、拒絶される。

第2問 グルコース

原則：グルコース

問題中の図1を完成させると右図3になる。

食物から摂取された炭水化物は消化により最終的にグルコースとなって、小腸の柔毛から毛細血管に吸収され、肝門脈を経て肝臓に運ばれる。腎臓では、毛細血管の集まった糸球体とボーマン囊から構成された腎小体(マルピーギ小体)において、血液中の物質を濾過した原尿が作られる。原尿中の無機塩類、水やグルコース等は細尿管から毛細血管へと再吸収される。なお、腎小体と細尿管は腎臓の機能的単位でネフロンとよばれる。

解答解説(解答は四角部分)

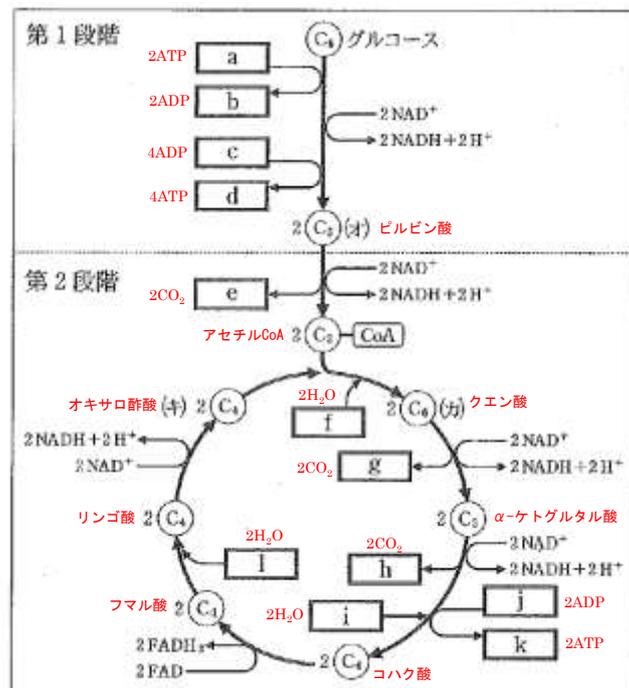


図3 図中の C₁, C₂ などの数字は、1 分子中に含まれる炭素原子の数を表す。

問 1

【方針】原則に記された内容から、下記の解答が得られる。

【解説】ア③肝門脈、イ肝臓、ウ⑥肝静脈、エ⑦細尿管

問 2

【方針】原則の図 3 を参照すると正解が得られる。

【解説】正解はオ③、キ①である。

問 3

【方針】原則の図 3 から正解が得られる。

【解説】正解は a⑦、d⑧、e④、j⑨である。

問 4

【方針】電子伝達系ではミトコンドリア内膜に存在するシトクロムやシトクロムオキシダーゼ等が電子を伝達しながら、 H^+ をマトリックスから膜間に移動させる。 H^+ は移動の結果生じた H^+ の濃度勾配に従って ATP 合成酵素を通過して膜間からマトリックスへと移動する。このとき、濃度勾配による H^+ の輸送は受動輸送であり、エネルギーを必要としないことに注意する。この移動時に生じるエネルギーを使って ADP から ATP が生成される。この ATP 生成に関わる一連の反応を酸化リン酸化という。

注意：赤本の解説(p.86)では、誤りとする根拠に「 H^+ の輸送方向はマトリックスから膜間腔（膜間孔は間違い）である」としているが間違いである。輸送方向は⑤の説明で正しい。設問での間違いは、濃度勾配に従った H^+ の輸送は受動輸送であり、エネルギーを必要としないことである。この過程ではエネルギーが蓄えられ、ATP 産生に使われる。

【解説】正解は⑤である。

問 5

【方針】グルコース 1 分子から ATP は解糖系では 2 分子、クエン酸回路で 2 分子そして電子伝達系で 34 分子、合計 38 分子生成される。これを基礎的知識として確認しておく。赤血球はミトコンドリアを持たないので、1 分子のグルコースから解糖系により 2 分子の ATP を産生するのみである。一方、脳細胞では呼吸により 38 分子の ATP が産生される。

【解説】グルコース 2 分子の場合、脳の産生 ATP 分子数は 2×38 、これを赤血球産生 ATP 分子数 2 で割ると、38 倍となる。正解は十の位③3、一の位⑧8である。

問 6

【方針】問題文には、ホルモン X は上昇した血糖値を通常に戻すとあるから、X はインスリンとわかる。インスリンは血中のグルコースを細胞や組織内に取り込み、グルコースをグリコーゲンあるいは中性脂肪などに変えて蓄積し、血糖値を下げる機能を持つことも知識として必要である。なお、生体内の主要なホルモンに関しては産生部位、機能やフィードバック調節などその量的な調節機構についても、神経系との関連を含めて自分なりに整理しておくことが肝要である。

【解説】正解は③、⑤、⑦である。

①誤り：セクレチンは十二指腸の上皮細胞(S 細胞)で作られる消化管ホルモンで、膵液

の分泌促進や胃酸の分泌抑制等の機能を持っている。

②、④誤り：グルカゴンとアドレナリンはグリコーゲンからグルコースへの分解を促進して血糖値を上げる機能を持つが、産生場所はグルカゴンがランゲルハンス島の A 細胞(α細胞)でありアドレナリンは副腎髄質である。

⑥誤り：バソプレシンは脳下垂体後葉から分泌され、抗利尿や血圧上昇作用をもつホルモンである。

⑧誤り：鉱質コルチコイドは副腎皮質から分泌され、体内ナトリウム等の電解質や水分の調節機能を持っている。

問 7

【方針】問 6 と同様である。細胞内グルコースの消費を促進する機能もあることに留意する。

【解説】正解は①、③、④である。

問 8

【方針】糖尿病にはランゲルハンス島にあるβ細胞の壊死によりインスリンが分泌されなくなる I 型糖尿病と生活習慣に起因するとされる II 型糖尿病がある。図 2A では(あ)において高い値が継続している点、B では(え)において大きな変化を見せないことに注目する。また、様々なホルモンの血中量は作用時に一般に一過性の急激な増加(サージとよぶ)を見せる場合があることを知っておこう。図 2B は血中インスリン濃度の変化であり、I 型糖尿病患者の変化を(え)に示している。A が血糖値である。

【解説】正解は①、⑥である。

第 3 問 発生 of 仕組み

原則：発生 of 仕組み

図 4 に発生 of 仕組みに関わる説明を示した。

解答解説(解答は四角部分)

問 1

【方針】原則 of 図に示された内容を基に各問題を精査することで正解が得られる。

【解説】①誤り：決定後に他のタイプに分化できない。

②誤り：初期神経胚では場所に依存し

形成体と誘導

1. シュペーマンの実験(1921年)：
 スジイモリの褐色の胚とクシイモリの白色の胚を用いて、交換移植を行い、それらがどのように変化して行くかを調べた。
 ◎胚の時期(移植片と移植先)を変えた移植実験：

移植時期	移植片	移植先	移植片の分化結果
原腸胚初期	予定表皮	予定神経	神経胚へ
原腸胚初期	予定神経	予定表皮	表皮へ
原腸胚後期	予定表皮	予定表皮	表皮または表皮へ
原腸胚後期	予定表皮	予定神経	表皮または表皮へ
神経胚初期	予定表皮	予定表皮	表皮へ
神経胚初期	予定表皮	予定表皮	表皮へ

→原腸胚初期の移植片の予定運命は、未決定。
 原腸胚後期の移植片の予定運命は、決定または未決定。
 神経胚初期の移植片の予定運命は、決定済み。

2. シュペーマンらの実験(1924年)：
 イモリの原腸胚初期の原口背管部を切り取って、別の原腸胚初期の胚の予定外胚葉に移植した。その結果、移植した原口背管部を中心に、神経管、体節、腎管、腸管が分化してもう一つの胚が形成された。
 宿主(一次胚に移植された小さな胚(二次胚)は、発生が進み頭となり、双頭の胚となった。

3. 形成体と誘導：
 Spemann (カール・ツォル)らは、原口背管部のように、まだ運命が決まっていない胚の他の部分に作用して一定の分化を引き起こさせる部分を**形成体(organizer)**と呼んだ。
 イモリの二次胚の形成のように、胚の他の部分に働きかけてある種の分化を引き起こす働きを**誘導(induction)**と言う。

4. 誘導の連鎖：
 現在は、原口背管だけが形成体ではなく、胚の発生段階に応じて胚の他の部分も形成体として働くことが判明してきた。
 ◎イモリの眼の形成について：
 ① 原口背管(一次形成体)→(誘導)→外胚葉→(分化)→神経管
 ② 神経管→脳→眼胚→眼
 ③ 眼胚(二次形成体)→(誘導)→表皮→(分化)→水晶体
 ④ 水晶体(三次形成体)→(誘導)→表皮→(分化)→角膜

図 4 形成体と誘導

<http://www.geocities.jp/niginiginomiko/s..seibutuhaseijikken011.htm>

ない。

③誤り：決定時期は初期神経胚以降である。

④誤り：可逆的ではなく元にもどらない不可逆的である。

正解は⑤である。

問 2

【方針】図 4 内の 3 に正解の一部が記載されている。

【解説】正解は②、⑤である。脊索は脊椎動物において胚体形成初期に認められるが、発生が進むと退化し脊椎に置き換わる。

問 3

【方針】イモリの原口背唇部は、他の初期原腸胚に移植されると陥入して脊索や中胚葉に分化するとともに形成体としても機能する、この点を基礎的知識として確認しておく必要がある。

【解説】正解は③である。

問 4

【方針】図 5 に示したように第五卵割では 2 箇所の子割が見られる。

【解説】正解は②、⑤である。

問 5

【方針】以下の内容を十分に把握しておくこと正解が得られる。カエルでは精子は動物極側から進入し、その箇所が将来の腹側、その反対側が将来の背側となる。また、動物極端が頭部、植物極端が尾部になることで頭尾軸と背腹軸が決定される。精子が卵子に到着し、精子の中心体が卵の中に入ると、卵が 30°回転する。これは精子の中心体によって引き起こされる運動であり表層回転とよばれる。紫外線は中心体を構成する微小管の重合を阻害する。

【解説】①誤り：卵割は起きていない。

③誤り：すでに形成されている。

④、⑤誤り：紫外線処理卵は移植後にも正常な発生を継続するため、遺伝子への致命的な影響はないと思われる。

正解は②である。

問 6

【方針】中胚葉域にある原口背唇は原腸胚時に陥入し、外胚葉と内側で接し、神経管を誘導する。なお、原口背唇を含む中胚葉は、内胚葉の誘導によって分化したものである。これらの知識の集積があると容易に正解に到達できる。

【解説】正解は①である。

問 7

【方針】表 1 の結果から、問題文の図 1 において最も背側にある細胞 1 が背側中胚葉

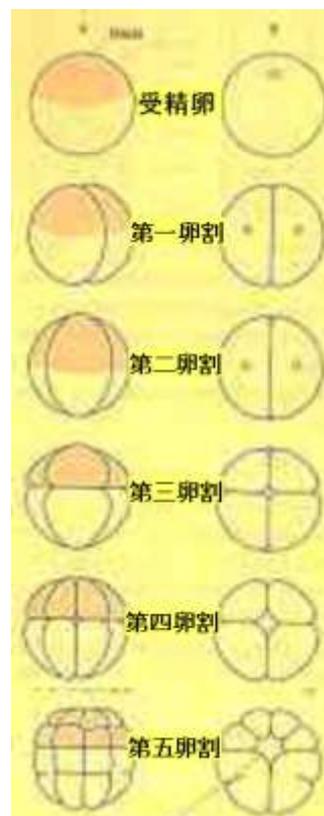


図 5 カエルの卵割

<http://2013bs.up.seesaa.net/image/E381BEE381A8E382818~10.pdf> を改編

を誘導していることがわかる。

【解説】正解は①、①、②である。

問 8

【方針】表 2 において、隣接させて培養した場合の結果をみると、腹側帯域から中間中胚葉が形成されており、単独培養した結果と異なっている。これは何らかの誘導を受けたことを示しており、接したのは背側帯域であるから、この帯域に誘導機能があると推察される。

【解説】正解は③である。

第 4 問 分子進化

原則：分子進化

分子進化とは、核酸の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列など、分子レベルで起こる進化である。1960 年代、ポーリングとフランスのズッカーカンドルは、酸素運搬に関与するヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列を種々の生物間で比較した。その結果、アミノ酸配列の異なる箇所はヒトとゴリラで 1 箇所、ウマとは 18 箇所、イヌとは 23 箇所、イモリとは 62 箇所そしてコイとは 68 箇所と、ヒトと遠い系統にある生物ほどアミノ酸配列の異なる箇所が多く見られた。同様に他の脊椎動物で比較したところ、アミノ酸配列の異なる箇所（生物間での置換数）と比較した生物の分岐年代との間に直線関係、すなわち相関関係があることを二人は発見した。DNA やタンパク質の塩基配列やアミノ酸配列は時間に比例して変化する性質があり、これを時計と見なして分子時計と名付けられた。この変化の割合から生物間の分岐年代を推定できるのである。

解答解説(解答は四角部分)

問 1

【方針】表 1 に示された各生物間における異なるアミノ酸の数から問題文中の図 1 の(ア)から(エ)に入る生物を推定する。図 1 では 2 種のクジラと近縁な生物が(ア)、最も遠縁な生物が(エ)に入る。マッコウクジラの欄にある 18 が最も小さな数であり、次に下欄の 2 種のクジラと横欄の生物との数値を見ると小さな順にカバ(26、21)、イエネコ(31、35)、オオカンガルー(39、36)、フクロネコ(42、35)そしてカモノハシ(45、46)とわかる。

【解説】方針に示した小さな数値順に(ア)から(エ)に入る生物は(ア)④カバ、(イ)②イエネコ、(ウ)③オオカンガルー、(エ)①カモノハシである。

問 2

【方針】異なるアミノ酸の数が 18 個であるから、共通の祖先からクジラ 2 種が分岐した結果、それぞれの生物で $18/2=9$ 個のアミノ酸が変化したことになる。(ア)カバと 2 種のクジラとは異なるアミノ酸の数がそれぞれ(26、21)であるから、カバと 2 種のクジラの間ではそれぞれ $(26+21)/2=23.5$ 個のアミノ酸が変化しているとわかる。

【解説】アミノ酸 1 個の置換に 600 万年かかるから、クジラ 2 種の分岐は $600 \times 9=5400$ 万年前②に起こったことになる。同様に共通祖先とカバの分岐は $23.5/2=11.75$ 、 $600 \times 11.75=7050$ 万年前④となる。

問 3

【方針】ホ乳類は、胎盤を持たずに卵生である単孔類、胎盤を持たないか極めて未発達なため育児嚢で子供を育てる有袋類そして胎盤を持ち子宮内で子供を育て出産する高度な胎生を示す有胎盤類（真獣類）に分けられる。表 1 においてクジラ 2 種、カバ、イエネコは有胎盤類、オオカンガルーとフクロネコが有袋類そしてカモノハシが単孔類である。①から⑤の各設問を精読し、正誤の判定を行う。

【解説】①正：23 番目のアミノ酸は分岐後にマッコウクジラでは Asp、フクロネコでは Ala に変化しているが、共通祖先のアミノ酸は Glu と推測できる。

②誤：56 番目のアミノ酸は有胎盤類では Lys、有袋類では Glu であることから、共通祖先のアミノ酸は Lys と推定できる。これは異なるアミノ酸の数が有袋類で多いことに起因している。

③から⑤全て正：①や②と同様な観点から判定できる。

問 4

【方針】問題文中の図 3 より Pro の DNA 配列は GGC であるから、対応する mRNA 配列は表 2 の CCG となる。この配列において 1 塩基に変異があったのであるから Ala のコドンは CCG の 1 つに変異がある GCG とわかる。他のコドンは 2 つの変異を示しており題意に当てはまらない。次に GCG の DNA 配列を読むと正解が得られる。

【解説】(う)の DNA 配列は④CGC である。(い)の Gly のコドンは GGG、DNA は CCC であり、Glu コドンは GAG、DNA は(あ)⑦CTC とわかる。