

生物基本問題演習

別冊解答

ワトソン

注意事項

1. 必ずよく考え、自分の答案を作成してから解答例を参照すること。
2. 必要に応じて、《解説》、《補足》、《課題》を付したので活用して欲しい。
3. 参照記号 (cf.) に列挙した用語についてもよく調べ、研究すると良い。

1. 次のうちの5つを挙げればよい。 cf. 水素結合, 極性分子
(1) 体温の安定化 (∵比熱が大きい), (2) 化学反応の場 (∵すぐれた溶媒),
(3) 物質の運搬 (拡散), (4) 立体構造の安定化, (5) 光合成の原料 (電子源),
(6) 酸性あるいは塩基性環境を作る, (7) タンパク質と結合してゾルやゲルを形成
《補足》クラゲでは体の96%, ヒトでは70%前後が水である。外部より水をとらないカツオブシムシは脂肪酸の酸化によって水を得るが、その含水量は40%以下である。
2. 細胞なし, 代謝なし, 自己複製能なし。 cf. 生物の共通性, 偏性細胞内寄生体
《課題》「生物」と「生命」の違いを説明せよ。また、「生物の定義」を考えよ。
3. 小さければ小さいほど体積に対して表面積が大きい。 cf. 分解能, 細胞説
《課題》具体計算して確かめよ。また、どのような形状が最も有利か考察せよ。
4. ミトコンドリアや葉緑体は独自の遺伝子と独自のタンパク質合成機能 (リボソーム等) をもち、自立的に分裂する。 cf. 相利共生, アルファプロテオバクテリア
5. 基質特異性, 高温環境下で失活。 cf. EC 番号, 活性化エネルギー, 人工酵素
《補足》一般に無機触媒は高温にすると活性化される。生体触媒には抗体触媒等も含む。
6. 両側を酸素原子に挟まれているためにそれらの反発が大きく、加水分解した際の自由エネルギー変化が大きいから (結合エネルギーが大きいわけではない)。
cf. 高エネルギーリン酸化合物: ATP, ADP, PEP, クレアチンリン酸 etc.
7. ジスルフィド結合が多く、熱に対して耐性がある (変性しにくい)。
cf. PCR 法, 極限環境微生物: 好アルカリ菌, 好酸菌, 好熱菌, 好圧菌, 好塩菌 etc.
8. 汚染調査。 cf. 生物発光, ルシフェリン (C₁₁H₈N₂O₃S₂ など複数種類), GFP
《補足》細菌や残渣などの汚染物質が残っていると ATP が検出される。
9. 【仮説】雄の触覚に雌の分泌する性フェロモンに特異的に結合する受容体が存在する。
【実験】雌の分泌する性フェロモンと部分的に構造が一致する化合物を多数用意し雄が誘引されるものがあるかどうかを調べる (分子レベルの擬態を利用)。

- 別解) 雌の分泌する性フェロモンを部分的に修飾した化合物を多数用意し、雄が誘引されないものがあるかどうかを調べる. *cf.* リリーサーフェロモン, プライマーフェロモン
10. 期間 A は反応が開始される前である. 期間 B で反応が開始され一旦最高速度に達するが, 生成物が増えた結果, 負のフィードバック調整が働き期間 C のようになる. その後再び反応生成物が減少し, 期間 D に入る. *cf.* アロステリック調節, ^{ホメオスタシス}恒常性, 阻害剤
 11. 化学浸透の機構を脱共役によって ATP の合成が阻害されるため, エネルギーを利用することなく基質である糖類や脂肪を分解することになるから. *cf.* 芳香族化合物
 12. リボソーム RNA (rRNA; 約 80~90 %)

cf. tRNA (約 10 %), mRNA (数%), hnRNA, snRNA, miRNA, ncRNA
 13. (1) 1.9×10^4 年前, (2) 二酸化炭素は植物の光合成によって取りこまれるものなので, 肉食動物の場合, 餌に含まれる炭素が, 植物が二酸化炭素を固定してから時間が経ったものである可能性があるから. 《課題》C14 法以外の年代測定法について考察せよ.
 14. アリル化合物が揮発性だから. 《補足》アリル基 ($-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$)
 15. 細胞骨格 (アクチンフィラメント) と細胞内小器官に付着したミオシンの相互作用.

cf. 細胞骨格: 微小管, マイクロフィラメント, 中間径フィラメント
 16. 花粉四分子は 1 回 $n \rightarrow n$ の体細胞分裂を行って雄原細胞と花粉管細胞になる.

別解) 胚囊細胞は 3 回 $n \rightarrow n$ の体細胞分裂を行って胚囊になる.

《課題》動物細胞で $n \rightarrow n$ の体細胞分裂の例はあるか. *cf.* 核相, 核分裂
 17. (2) が最も深く関係している. 光が照射されている際には光化学反応により H^+ がチコライド内に取り込まれるため, ストロマの pH が上昇しルビスコは活性化される.

《補足》ルビスコ (RubisCO) はリブローズ二リン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼの通称であり, 地球上に最も多く存在するタンパク質と言われている. 因みに, 地球上に 2 番目に多く存在するタンパク質は ATP 合成酵素である. *cf.* 光合成, 呼吸
 18. 水の吸収, 養分の吸収 *cf.* ラウンケルの生活形, 寄生植物, 腐生植物
 19. 胃の小片を全く別の場所に移植しても, その移植した小片からの塩酸やペプシンの分泌も促進される.

cf. 消化管ホルモン (セクレチン等), 消化酵素 (アミラーゼ等)
 20. 空気中では鰓小葉同士がくっついて, その総表面積が激減するから. *cf.* 呼吸器官
 21. アルコール (エタノール) は体内でエタノール \rightarrow アセトアルデヒド \rightarrow 酢酸と代謝される. 二日酔いとはこれにより酢酸が大量に生産されることにより, 体液の pH が低下するためである (アシドーシス). したがって, 塩基である重曹を予め服用することによってこれを中和することで二日酔いの症状を予防することができる. *cf.* アルカローシス
 22. 淡水では, あまり水を飲まず, 糸球体濾過量は多くし, 水の再吸収率は低くし, 多量の尿を排出するが, 海水では盛んに水を飲み, 糸球体濾過量は多いままだが水の再吸収率は高くし, 尿量はずっと少なくなる. *cf.* 浸透圧調節, 回遊魚, ファントホッフの法則
 23. 脂肪酸は血液脳関門 (BBB) を通過することができないため, 通常脳に脂肪酸が供給されることはないから. *cf.* ニューロン, グリア細胞, 脳の構造: 大脳, 小脳, 脳幹 etc.
 24. インスリンを経口投与しても胃などで消化 (アミノ酸まで分解) されてしまうから.

タンパク質ホルモンは細胞内には侵入できないので, 細胞膜に存在する受容体^{レセプター}に結合することでシグナルを伝える. 一方, ステロイドホルモンは細胞膜を透過できるので細胞内のタンパク質等に直接作用する. *cf.* 内分泌系, 生理活性物質, 内分泌攪乱物質

- 《課題》有毒なタンパク質の中には経口摂取しても毒性を示すものがあるのはなぜか。
25. シナプス後の細胞の細胞質基質内. cf. コリンエステラーゼ, 神経ガス, 神経毒
26. 左心室内圧は右心室内圧よりも高いために, 心室中隔が欠損していると, 左心室から右心室に血液が流れ, 肺循環の血液量は増加するが, 体循環の血液量が減少して全身の臓器に供給される酸素が不足する. cf. 酸素解離曲線, ヘモグロビン
27. 115,200 回
- 《解説》心室の収縮のみカウントすればよいので, 心房の数値は無関係.
28. pH の急激な低下を防ぎ, 蝕蝕 (虫歯) を予防する. cf. ミュータンスレンサ球菌
- 《補足》ヒトの唾液は 1 日に 1~1.5l 分泌され, pH は 5.6~7.6 程度. 99.5 % が水分で, 他に粘液質・尿素・アミノ酸・無機塩類・アミラーゼなどを含む.
29. ミトコンドリア cf. 再吸収, アクアポリン, 糸球体濾過値, クリアランス値
(理由) 能動輸送によりグルコースの再吸収を行うための ATP を賄う必要があるから.
30. 各々が個別の細胞であるよりも迅速な情報伝達と協調的な収縮が可能という利点.
cf. プラスモディウム (多核体), シンシチウム (合胞体), 変形体 (変形菌)
31. 次のようなことを回答する.
- (1) 力学的機能・内骨格を構成して身体の様々な器官の重量を支持する.
・筋肉の収縮や弛緩に伴い, てこ (支点・力点・作用点) として働く.
・重要な器官を保護する (頭蓋骨, 肋骨, 胸郭など).
- (2) 代謝的機能・カルシウムをはじめとする無機物や脂肪などの物質の貯蔵.
《補足》骨は硬骨と軟骨に分類できる. cf. 骨芽細胞, 破骨細胞, ハーバース管, 骨髄
32. 2 つ決定すると, あと 1 つは必然的に決定するから. cf. 灰色三日月環, 動植物極
- 《補足》体軸とは, 頭-尾, 左-右, 腹-背の 3 軸のこと. 通常, 頭-尾軸が最初に決まる.
33. 母性 mRNA を用いてタンパク質を合成するから. cf. 母性遺伝, 母性効果
34. 胚を周囲の圧迫或いは温度, pH などの変化から守り, また分娩時に流出して出産を容易にする役割.
cf. 羊膜, 有羊膜類 (オムニオタ), 羊水検査
35. (1) 胚に含まれる DNA 量が一定量に達したとき.
《解説》10 回目の分裂を終えた 2 倍体と 11 回目の分裂を終えた 1 倍体で等しくなっている条件を考えると, DNA 量であることがわかる (他の条件は等しい).
cf. 倍数体, 異数体, コルヒチン, 染色体異常 (転座, 重複, 逆位, 欠失 etc.)
- (2) 母性遺伝子が遺伝子 Z をもつときは, 転写された mRNA が未受精卵に存在し, それが受精後に翻訳されて正常に機能する母性効果因子 Z が合成されるから, zz の遺伝子型の胚でも正常に発生できる.
36. 正常原色素体と異常原色素体の両方をもつ受精卵が細胞分裂する際, 正常原色素体だけ, 異常原色素体だけをもつ細胞の他に, 両方をもつ細胞ができる. これらが元となることができる枝がそれぞれ全緑・全白・斑入りとなる.
cf. 色素体: 葉緑体, 有色体, 白色体, アミロプラスト, エライオプラスト
37. 1 倍体は突然変異により劣性遺伝子が出現すると, その遺伝子が必ず形質発現するので, 突然変異の有無がわかる (純系を得るのも容易である). 一方, 2 倍体では遺伝子の優劣関係や相互作用が明らかにされ, 減数分裂により遺伝子間の組換え価を求めて遺伝子地図を作成することができる.
cf. 三点交雑, 染色体地図, 乗り換え, キアズマ

38. この仮説が正しければ、両親とも AB 型の場合でも O 型の子が生まれる可能性があるが、実際には AB 型の両親からは O 型の子は生まれない。
cf. 血液型：ABO 式，Rh 式，MN 式，P 式，Lewis 式，Duffy 式，Kidd 式 etc.
39. 胚乳は、重複受精により胚嚢内の 2 個の極核と花粉管に生じた精細胞の 1 個が受精して受精卵と同時に発生するので、花粉由来の優性形質が交配したあとですぐに種子の形質として発現するから（キセニア）。*cf.* メタキセニア（ナツメヤシ・ワタ・リンゴなど）
40. 伴性遺伝，細胞質遺伝，遅滞遺伝 *cf.* 十文字遺伝，限性遺伝，^{ライオニゼーション}X 染色体不活性化
 《課題》減数分裂の際，X 染色体および Y 染色体はどのように振る舞うか。
41. 黄色:白色 = 1:1, 3:1. *cf.* 重複受精（栄養受精・生殖受精），1 次胚乳，2 次胚乳
 《解説》胚乳の核相は 3n である。よって，黄色と白色の種子が混じった果実ができるのは次のような場合である。
 $\text{♀ Yy} \times \text{♂ Yy} \rightarrow \text{胚乳 YYY:YYy:Yyy:yyy} = 1:1:1:1 \therefore [\text{Y}]:[\text{y}] = 3:1$
 $\text{♀ Yy} \times \text{♂ yy} \rightarrow \text{胚乳 YYy:yyy} = 1:1 \therefore [\text{Y}]:[\text{y}] = 1:1$
 $\text{♀ yy} \times \text{♂ Yy} \rightarrow \text{胚乳 Yyy:yyy} = 1:1 \therefore [\text{Y}]:[\text{y}] = 1:1$
 したがって，黄色:白色 = 1:1, 3:1 となる。
42. 優性ホモ接合体と劣性ホモ接合体 (AABB と aabb) を用いて検定交雑を行っても，これら 2 対の対立遺伝子が完全連鎖してしまうため F2 世代の分離比は [AB]:[ab] = 3:1 となる。これは遺伝子 A(a) のみの場合の表現型の分離比と区別できないから。
43. チミンだけが DNA 以外には用いられないから（RNA ではウラシルに置換される）。
 《補足》アデニン ATP や NAD・FAD・補酵素 A (CoA)，グアニンは GTP，シトシンは CTP など DNA 以外の分子にも用いられる。*cf.* プリン塩基，プリミジン塩基
44. リソソームはタンパク質を分解して他の新しいタンパク質を合成するための材料を供給することが目的なのに対し，プロテアソームは標的タンパク質（多くは細胞にとって害となる可能性のあるもの）を特異的に分解し，細胞から排除することを目的とすること。
cf. 分子シャペロン，熱ショックタンパク質 (HSP)，プリオン，アクロソーム
45. 20 Å
 《補足》DNA には B 型以外にも水分の少ないところでできる A 型や GC の繰り返しでできる左巻きの Z 型の構造がある。
cf. DNA の立体構造：^{スーパーコイル}超らせん構造，パンドローム構造，ステム-ループ構造
46. 発生する熱によって対流が起こり，安定した分離ができない。
 《補足》毛細管を用いれば対流が起こりにくい上，発生した熱も逃しやすい。
47. 原核生物である細菌は mRNA のスプライシング機構をもたないため，ヒト遺伝子のエキソンのみならずイントロンも翻訳してしまったから。*cf.* 自己スプライシング
48. M13 ウイルスのゲノムが一本鎖 DNA だから。*cf.* シャルガフの法則，DNA ウイルス
49. リソソーム酵素はすべて酸性で pH5 付近で高活性を示す。リソソームが破れたとしても，細胞質内の pH7.2 という環境ではほとんど細胞成分に損傷を与えないから。
 《補足》ただし，多数のリソソームが破壊された場合には影響を与えることがある。

50. 次のことを調べてみればよい。 *cf.* 基準遺伝コード, ドレイクの方程式
- (1) タンパク質に含まれるアミノ酸を調べる.
 - (2) DNA の塩基配列を調べ, 地球上の既知の生物のデータベースと比較してみる.
 - (3) 遺伝暗号を分析する.
- 《補足》(1) について, 地球上の生物でも 20 種類のみではないことに注意 (ヒドロキシプロリン, ホスホセリン etc.). ただし, 欠損が見つければ結果は重大である.
51. 単細胞生物では細胞内で生じたすべての変化が次世代に受け継がれるが, 多細胞生物では細胞の大半が体細胞であり, 次世代には関係しないから.
- 《補足》多細胞生物の生殖細胞は通常体内に隔離され, 外部の細胞・ウイルス・DNA とはほとんど接触しない。 *cf.* ウイルス進化説, プラスミド, アグロバクテリウム
52. 5.5×10^{370} (g). *cf.* 必須アミノ酸, ペプチド, 光学異性体, ジアステレオマー
- 《補足》これは, 宇宙の質量 (およそ 10^{80} (g) と見積もられている) を大きく上回る.
53. 電気泳動法による分離, 抗原抗体反応の利用, 酵素阻害剤による活性変化の利用
- 《解説》イソ酵素分析には, 通常の酵素活性分析は利用できないので, 化学的・物理的性質の違いを利用することを考える。この要件を満たす方法であればよい.
- cf.* 相同遺伝子, 同位酵素: 乳酸デヒドロゲナーゼ, ピルビン酸キナーゼ etc.
54. 共通の天敵。 *cf.* 生態的地位 (ニッチ), 種間競争, 種内競争, すみわけ, 食いわけ
- 《解説》多くなった種はより捕食される機会が増え, 少なくなった種の個体が増えられるようになり, 増えれば今度は逆の関係になるため, 両者の競争は緩和される.
55. 熱帯雨林の植物が光合成の際に吸収した二酸化炭素は, 植物が食されたり枯れたりすることによって再び空気中に放出されるため, 熱帯雨林全体で見れば二酸化炭素を循環させているだけだから。 *cf.* 地球温暖化, 生物多様性, 炭素固定
56. 孵化した 3 週間後に初めてタカの模型を警戒音なしに見せると逃避行動を示す.
- cf.* 走性, 反射, 本能行動, 条件づけ, 試行錯誤, 刷り込み, 知能行動
57. 陸上植物では動物が食べることでできる部分は限定されるのに対して, 海洋植物では大半が植物プランクトンから成り, 全身が動物による捕食の対象となるため.
- cf.* プランクトン (浮遊生物), ネクトン (遊泳生物), ベントス (底生生物)
58. 農地で生産された作物は, それが運搬されて都市で消費されるため, 分解されて生じる無機窒素化合物が農地に循環して戻ることがないから。 *cf.* 窒素固定, 硝化菌
59. 【長所】(1) 残留毒性が低い, (2) 標的が耐性をもちにくい, (3) 効果に持続性がある.
- 【短所】(1) 害虫を全滅させることはできない, (2) 天敵生物の維持が難しい,
- (3) 効果が現れるのが遅い, (4) 生態系のバランスを崩す危険性がある.
- 《課題》実際にどのような生物農薬が使用されているか, また, その影響はどうか.
60. 余分な遺伝子コピーは変異しても, もう一方の遺伝子が正常にはたらくことができるので, 自由に変異して別の目的を果たせるようになるから。 *cf.* 側系遺伝子, 遺伝的余剰
61. (十分に効率のよい) 触媒能力をもつ DNA が発見されていないから.
- 《補足》触媒能力をもつ DNA (デオキシリボザイム) は 2004 年に発見されているが, リボザイムや酵素と比べると効率が著しく悪い。もし, 効率のよい触媒能力をもつ DNA が発見されれば DNA ワールド仮説の説得力が増す可能性がある.

62. 生命は、遺伝子が形成されるよりも前に GNC (グアニン, 任意の塩基, シトシン) がコードする 4 つのアミノ酸 (グリシン, アラニン, アスパラギン酸, バリン) からなる GADV タンパク質の擬似複製によって形成された GADV タンパク質ワールドから生まれたとする, 生命の起源に関する仮説。
《補足》RNA ワールド仮説以外にも”生命の起源に関する仮説” (生命起源論) は多々存在する。しかし, 現在のところ生命の起源に関する決定的な解答は得られていない。
cf. コアセルベート, マリグラヌール, ウイロイド (RNA ワールドの痕跡?)
63. 凝集原は自己と非自己の識別が完了する前から存在する。それに対する抗体産生細胞の活動は発生の進行と共に抑制される。 cf. 免疫寛容, 主要組織適合抗原複合体 (MHC)
64. アルボウイルスに対する抗体産生能が低く, 節足動物に吸血されやすい動物。
65. 食作用により異物を分解するマクロファージの欠損は先天性防御の作用を鈍らせる。また, マクロファージは T 細胞に抗原情報を提示する役割を担っているため, その欠損は後天性防御をも鈍らせる。
cf. 細胞性免疫, 体液性免疫, AIDS, 自己免疫疾患
66. 真核生物である真菌は, 原核生物である細菌よりもヒトの細胞に近いしくみをもつため, ヒトの細胞には影響を与えずに真菌のみに選択的に作用する薬剤は少ないから。
《補足》個々のウイルスの分子生物学的な形質の多様性は細菌や真菌に比べて著しく高いため, それぞれのウイルスには異なる抗ウイルス薬が必要であることが多い。
67. 精度 (精密度, accuracy) は複数回の測定による値のばらつき具合を表す尺度なのに対し, 確度 (正確度, precision) はある測定値が真値にどれだけ近いかを表す尺度である。
《補足》「的による例示」がわかりやすく, 有名である。 cf. 再現性, 均一性
68. 仮説 (hypothesis) とは, ある事象や法則について説明するために考案された論理のことである。一方, 理論 (theory) とは個々の現象を法則的・統一的に説明できるように筋道を立てて組み立てられた論理のことである。 cf. 帰無仮説, 対立仮説, 仮説検定
《課題》具体例を挙げて説明せよ。また, 「パラダイム」の意味を説明せよ。
69. (1) 鳥の体内に日長の変化を探知するシステムがあって, これによりホルモンの分泌量が変わって, 渡りという行動が生ずる。 cf. 概日リズム^{サーカディアンリズム}, 生物時計, 視交叉上核
(2) 春に渡りをした方がしなかった場合よりも生存率や繁殖量が多いので, 渡りのメカニズムが進化した。 cf. 戦略, 適応度, トレード・オフ, ESS, ゲーム理論
《解説》至近要因 (proximate factor) とは, 問題となる現象のメカニズムは何かということであり, 英語の “How?” にあたる。一方, 究極要因 (ultimate factor) はそのようなメカニズムが出現したことを含めてなぜそのような現象が起きているかを説明するものであり, 英語の “Why?” にあたる。
70. PC: 細胞 C に薬剤 D を与えたときの酵素 E の活性
NC: 細胞 C に薬剤の溶媒のみを与えたときの酵素 E の活性
《課題》PC と NC を設定する意義を説明せよ。 cf. 処理群, 対照群
71. (解答例) 薬効成分 X の摂取の有無にかかわらず, 実験中グループ A,B の患者は毎日医師や看護師とのコミュニケーションをとっていた。普段は孤独で人とのコミュニケーションが少ないアルツハイマー病の患者が, 医師や看護師とコミュニケーションをとることによって刺激をうけ, 症状が改善した。
cf. β -アミロイド, *in vivo/in vitro*
《補足》紙の上ではうまくいくはずのことが, 実際の現実 (ここでは医療現場) でもうまくいくとは限らない。本問の教訓として, 今後諸君が科学を勉強していくにあたっては, 是非理論ばかりに目がいて現実が目がいけない, つまり「机上の空論」に固執するということがないように注意してもらいたい。