

生物 出題意図

生物（学）は生命の本質を探る学問です。生物も究極的には素粒子から構成されていますが、物理学だけでは理解されません。また、生物を構成する分子であるアミノ酸、ヌクレオチドなどは明らかに分子から構成される生命ですが、化学だけでも生命の理解には及びません。細胞という生物の持つ「らしさ」があってこそその生命といえます。生命の全容を正確に理解する上で、生物の基礎知識の理解に加え、観察や実験結果を考察し、論理的に言語化する力が必要です。その観点から、以下の三つの大問を出題しました。

第1問

蛇紋岩植物の進化をテーマとして、生物の進化、遺伝情報の発現に関する基礎的な知識を問うとともに、与えられた観察・実験結果をもとに論理的に考察する力を評価しています。

第2問

生物の代謝とその進化を、地球環境の変化と統合して理解・考察できるかを問うことを主眼としています。教科書的な炭素循環の理解を基盤として、与えられた情報を基に生物を物質循環の一要素として捉え、代謝を進化の産物として論理的に解釈できる力、さらに地球環境と生物進化の相互関係を推論できる力を評価しています。

第3問

ヒドラのような単純な2胚葉性の動物でも、発生や生体防御などの基本的なしくみを備えていることを、実験結果から読み取り、教科書で学んだ基礎知識を活かしながら生物学的に説明できるかどうかを評価します。

I

問1 蛇紋岩地帯では、重金属類への耐性を示す対立遺伝子を持つ個体が繁殖や生存に有利となるため、そのような対立遺伝子が世代を経て集団内に広まり、蛇紋岩植物を生じた。

問2 遺伝的浮動：(有性生殖の際における配偶子の選ばれ方などの)偶然により遺伝子頻度が変動すること。

中立進化：遺伝的浮動の結果、生存に有利でも不利でもない中立的な対立遺伝子が集団内に広まること。

問3 (あ)液胞 (い)(選択的)スプライシング (う)逆転写
(い)の機構が働く細胞内の場所：核

問4

・ mRNA-TgX1用のプライマーの位置と理由：

領域(エ)は mRNA-TgX1に含まれるが mRNA-TgX2には含まれないため、領域(エ)を含むように設計すればよい。

・ mRNA-TgX2用のプライマーの位置と理由：

mRNA-TgX2では、領域(エ)が含まれず、領域(ウ)と(オ)が直接連続しているため、領域(ウ)と(オ)の境界をまたぐ位置に設計すればよい。

問5 分子TgX2より分子TgX1の方が亜鉛の輸送能が高く、分子TgX1より分子TgX2の方がニッケルの輸送能が高い。カドミウムとコバルトの輸送能における両者の差は小さい。

問6 植物Tgでは選択的スプライシングにより、ニッケル輸送能がより高い分子TgX2を発現するとともに、ニッケル濃度に関わらず分子TgX1と分子TgX2を高発現することで、ニッケル耐性を獲得している。

問7 重金属類を葉に蓄積することで食害から身を守ることができる、など。

II

問1 1. 二酸化炭素 (CO_2) 2. 酸素 (O_2) 3. カルビン (カルビン・ベンソン)
4. 炭素固定 (炭酸同化)

問2 (A)独立栄養生物 (B) 従属栄養生物

問3 アセチル CoA

問4 クエン酸回路 (TCA 回路)

問5 酸素の非存在下では電子伝達系が止まり、 $\text{NADH}/\text{FADH}_2$ が酸化されなくなる。これにより NAD^+/FAD が不足し、クエン酸回路の酸化反応が進まないため。

問6 取り込んだ細菌が酸素を還元してエネルギーを生み出すことで、宿主細胞は酸素増加に伴う毒性から身を守りつつ、環境に適応できたこと。

問7 (2) が妥当であると考えられる。原始の地球環境では可逆的な化学反応が連結して代謝の原型が生まれ、環境変化に伴う進化の過程で、酵素が一部の反応の方向性を生存に有利な方向へと固定したと考えられる。

問8 原始の地球環境は有機物に乏しく、有機物の分解を起点とした炭素循環は成立しにくい。(E) のような炭素固定により有機物が合成され炭素循環が始まり、その後、地球環境の酸化的变化に伴い、(E) の逆反応として (C) の代謝経路が発達したと考えられる。

III

問1 ジャガイモが栄養生殖で殖える。ミドリムシが分裂によって殖える。etc.

問2 (ア) 二名法 (イ) 種小名 (ウ) 刺胞動物

問3 移植によってヒドラ頭部を形成させる能力は触手ではなく口丘に存在する。

問4 ヒドラは自己と非自己を認識できる／ヒドラには自然免疫の能力がある。etc.

問5 (エ) イモリ (オ) オーガナイザー(形成体)

移植された口丘は周りの組織にはたらきかけて、頭部形成を誘導する。

問6 低温条件に移されて30日後までに幹細胞が体細胞ではなく生殖細胞へ分化し、表皮細胞の増殖も低下するため、摂食などの生命活動も衰えていき、無性生殖世代のヒドラは約6ヶ月で死滅した。

問7 水温の高い春から夏には、ヒドラは出芽による無性生殖で個体数を殖やす。秋に水温が低下すると有性生殖に転換し、受精卵を残して死滅する。翌年の春、越冬した卵から成長した次世代は、ふたたび無性生殖を行う。

問8 6

問9 出芽によって殖える世代は遺伝的に均一なクローン集団だが、一方、有性生殖する世代では高い遺伝的多様性がみられる。