

大気中に酸素分子が出現し現在の濃度にまで増加するに至った事情につき、生物学の観点から述べよ

地球近隣の惑星を調べることにより、生物がいなかったと仮定したときの地球環境を類推できる。もし地球に生物がいなかったら、大気の主成分は二酸化炭素であり、その強烈な温室効果により地表面温度約 300℃であったと考えられる。現在の地球は生物生存に適した環境となっているが、その原因は生物（主に植物）の存在にある。30 億年前、大気成分の 100 万分の 1 しかなかった酸素は、生物による光合成の結果徐々に増えていった。そのとき主役となった生物は最も古い光合成生物である原核生物のシアノバクテリア＝藍藻類であったが、後に細胞内共生によりシアノバクテリアを取り込んだ真核藍藻に引き継がれる。このときの藍藻の活動は、化石として残されたストロマトライトを調べることで明らかになった。現在の大气中酸素濃度の 1%になったのが 6 億年前のカンブリア紀、10%となったのが 4 億年前のシルル紀と推定される。シルル紀には生物にとって有害な太陽光の紫外線がオゾン層に吸収されるようになったため生物が上陸した。それ以後は陸上植物も大気に酸素を供給し、現在の酸素濃度を含む大気をつくり上げてきた。石炭紀・二畳紀において酸素濃度が現在以上に高くなっているのは、シルル紀・デボン紀の植物の陸上への進出、その後の石炭紀におけるシダ植物群の大繁殖、その結果引き起こされた光合成による大気中の二酸化炭素の消費と酸素の放出が主な原因であったと思われる。

原核生物と真核生物の違いについて論ぜよ

前者は核・核膜が存在せず、後者はそれらが存在する。真核生物は、原核生物が地球の環境変化に適応しようと進化して誕生した。そのため真核生物は代謝系にすぐれ、膜に囲まれた細胞小器官が発達している。原核生物には膜に囲まれた器官はない。原核生物は嫌氣的だが、ミトコンドリアを細胞内共生として取り込んだ真核生物は好氣的である。真核生物は体が大きく、原核生物の約 20～100 倍程度ある。原核生物は全て単細胞であるが、真核生物は主に多細胞であることが多い。進化の過程で「体細胞分裂」「生殖」「死」を獲得したからである。核膜の存在も真核生物に多様性をもたらした。細胞分裂の際、DNA から mRNA への転写の過程で、スプライシング（不要な情報であるイントロンの除去）を行う空間的余裕を与えたからである。スプライシングは常に完全なものではなく、イントロンを残したまま転写してしまうこともある。そのため同じ DNA から少しずつ異なった生成物がつくられる可能性を残し、結果として真核生物の多様性をもたらした。原核生物には核膜がないのでスプライシングを行うことができない。その DNA もイントロンを含んでいない。

同種異個体間におけるコミュニケーションについて論ぜよ

ミツバチは 8 の字ダンスによって餌場の場所を仲間に教えている。人間は声や身振り、表情によってコミュニケーションし、多くの哺乳類は鳴き声、所作により意思を伝達する。

このようにコミュニケーションの方法は様々である。化学物質を用いたコミュニケーションとして、フェロモンによる異個体間交信がある。フェロモンの特徴として、低分子で揮発性、種類が豊富、微量でよく作用する、ということが挙げられる。揮発性であることにより、短時間でリセットされるシグナルとして、スムーズに作用することが可能になっている。例として、女王バチの女王物質（ほかのハチを女王バチのように大きく成長させない）や、アリの道しるべフェロモンなどがある。フェロモンは異種間化学交信の媒体としても作用するケースがある。

現生の生物は、全て共通の祖先に由来する（単系統である）といわれているが、その根拠について述べよ

生命系の概念からみれば、ヒトは 38 億年の遺伝子を背負っている。ヒトの DNA にはイントロン（不要な部分）として、ヒトのたどってきた進化過程で獲得した全ての遺伝子が保持されている。全ての生物に共通な DNA 部分がある。このことから、全ての生物は共通部分の DNA から構成された一匹のバクテリアから進化したことが分かる。全ての生物に共通のエネルギー通貨として、ATP がある。このことから、生物進化の単系統性が分かる。また体のパターン形成をつかさどるホメオティック遺伝子に着目すると、個々の生物で細部は違うものの、遺伝子の対応する部位の順番（頭→尾）は同じ（コリニアリティという）で、生物が系統的に進化してきたことが分かる。

生物を 5 界に分類することが多いが、5 界のそれぞれにつき名称と特徴を述べよ

原核生物（モネラ）界：原核細胞のみからなる単細胞生物の集まり。バクテリアや古細菌など。核膜を持たず、真核生物に比べ多様性に欠ける。

原生生物（プロティスタ）界：原生生物や藻類など。真核生物の中でも原始的な生物の集まり。

菌界：カビやキノコなど。細胞壁を持つが、葉緑体を持たないので、光合成を行わないことで植物と区別される。生態系の中では、有機物を無機物に変換する分解者の役割を担う。

植物界：細胞壁、葉緑体を持ち光合成を行う生物の集まり。生態系の中では、無機物から有機物を合成する生産者の役割を担う。

動物界：細胞壁を持たない生物の集まり。生態系の中では消費者の役割を担う。

細胞小器官をひとつ選びその構造と機能につき述べよ

細胞膜、核、核小体、ミトコンドリア、葉緑体、ライソゾーム、リボソーム、ER、ゴルジ体、選べ。要点：膜の内外、代謝系、細胞内共生、セントラルドグマの流れ、など。

酸素発生型光合成について述べよ

光合成とは光エネルギーを利用してグルコースを合成する生体反応のことである。その担い手は植物細胞の葉緑体である。二酸化炭素と水を利用し、副産物として酸素を排出する。 $(6\text{CO}(2)+12\text{H}(2)\text{O}\rightarrow\text{C}(6)\text{H}(12)\text{O}(6)+6\text{H}(2)\text{O}+6\text{O}(2))$ 光合成は明反応と暗反応に区別できる。明反応において光エネルギーは ATP の形で化学エネルギーに変換される。副産物である酸素はこのとき排出される。明反応はチラコイドが重なってできたグラナで行われ、クロロフィル a などの色素を必要とする。暗反応は明反応において生成された ATP を用い、カルビン回路を回してグルコースを合成する。この反応はストロマで行われる。30 億年前以前に誕生したとされる紅色細菌や緑色硫黄細菌などの光合成細菌は、硫化水素や硫黄を電子供与体とした非酸素発生型光合成生物であった。このような光合成細菌の光化学系をもとに、水を電子供与体とする酸素発生型光合成生物が生まれた。その後、酸素発生型光合成細菌は、フィコブリンやクロロフィル b といった光合成色素を獲得し、藍藻や原核緑藻へと多様化していく。そのなかのある原核型光合成生物が、真核型非光合成生物の細胞内に共生することで、葉緑体が誕生した。この酸素発生型光合成生物が出現して繁栄した結果、地球表層が好氣的、酸化的になり、酸素呼吸をする生物が進化してくるようになった。

化学物質を介した同種異個体間におけるコミュニケーションについて論ぜよ

前出とほぼ同じ。

ヒトの活動が生態圏に与えている影響を生物学の観点から述べよ

ヒトは約 10 万年前に誕生し、10 万年という短い期間で世界中に広まった生物学的に特殊な種である。ほかの生物種と違い、農耕、牧畜などの活動を通じて、多種生物を支配するという活動をヒトは行ってきた。近年では、遺伝子組み換え技術やクローン技術などを用いて、自然環境そのものを変えてしまおうとしている。ヒトは社会の発達に伴って、哺乳類を中心にさまざまな種を絶滅させてきた。産業革命以降、ヒトは指数関数的に激増し、地球環境を大きく変えてきている。地球温暖化はその顕著な例である。ヒトの排出する二酸化炭素などの温室効果ガスによって、近年全球的に地表温度が増加している。ヒトのアクティビティは環境を変え、その反動はヒト自身に返ってくる。生命系の視点から見れば、そのことを正しく認識した上で活動することこそ、重要である。

生物が地球の物理化学的環境に与えた影響につき述べよ

地球近隣の惑星を調べることにより、生物がいなかったと仮定したときの地球環境を類推できる。もし地球に生物がいなかったら、大気の主成分は二酸化炭素であり、その強烈な温室効果により地表面温度約 300℃であったと考えられる。現在の地球は生物生存に適した環境となっているが、その原因は生物（主に植物）の存在にある。30 億年前、大気成分の 100 万分の 1 しかなかった酸素は、生物による光合成の結果徐々に増えていった。その

とき主役となった生物は最も古い光合成生物である原核生物のシアノバクテリア＝藍藻類であったが、後に細胞内共生によりシアノバクテリアを取り込んだ真核藍藻に引き継がれる。このときの藍藻の活動は、化石として残されたストロマトライトを調べることで明らかになった。現在の大気中酸素濃度の 1% になったのが 6 億年前のカンブリア紀、10% となったのが 4 億年前のシルル紀と推定される。シルル紀には生物にとって有害な太陽光の紫外線がオゾン層に吸収されるようになったため生物が上陸した。それ以後は陸上植物も大気に酸素を供給し、現在の酸素濃度を含む大気をつくり上げてきた。非生命圏にはポリマーは存在しない。現在地球上には多様な有機化合物が存在しているが、それらはみな生物由来のものである。生物はその進化とともに、さまざまな有機物を生み出していった。

ヒト *Homo sapiens* の生物学的特徴につき述べよ

ヒトは約 10 万年前に、アフリカ大地溝帯東側の草原で誕生した。地殻変動によって、森を失ったサルが二足歩行を始めたことが、ヒトの起源とされている。二足歩行により手が自由になり、喉が広がり言葉が使えるようになった。そのため脳の発達が促され、猿人、原人、旧人、新人と進化していったと考えられている。ヒトは 10 万年という短い期間で世界中に広まった生物学的に特殊な種である。ほかの生物種と違い、農耕、牧畜などの活動を通じて、多種生物を支配するという活動をヒトは行ってきた。近年では、遺伝子組み換え技術やクローン技術などを用いて、自然環境そのものを変えてしまおうとしている。ヒトは社会の発達に伴って、哺乳類を中心にさまざまな種を絶滅させてきた。産業革命以降、ヒトは指数関数的に激増し、地球環境を大きく変えてきている。地球温暖化はその顕著な例である。ヒトの排出する二酸化炭素などの温室効果ガスによって、近年全球的に地表温度が増加している。ヒトのアクティビティは環境を変え、その反動はヒト自身に返ってくる。生命系の視点から見れば、そのことを正しく認識した上で活動することこそ、重要である。

細胞の構造につき述べよ

無理。

生物に見られる一様性（共通性）と多様性につき述べよ

要点（一様性）：単系統、共通のエネルギー通貨 ATP、DNA の共通部分、Hox 遺伝子のコリニアリティー、社会（多細胞体、群体）、など。

（多様性）：種、分子進化、呼吸・排出システム、C3、C4、CAM 植物、Hox 遺伝子の重複、フェロモン、集団の増え方（K-戦略、γ-戦略）行動における遺伝と学習様式、など。