

## 応用生物学入門 演習問題 解答・解説

### 第1章 環境と生物個体のかかわり合い

(1) 環境とは何か説明せよ.

■解答例

考えている“主体”に対し、それに接して“主体”と何らかのかかわり合いをもつ事物や現象すべてをいう.

(2) 環境形成作用について説明せよ.

■解答例

生物はその働きによって、生物を取り巻く非生物的環境を変化させる能力をもっている. 具体的な例については本文を参照.

(3) 自然生態系と都市生態系, 農地生態系との違いについて説明せよ.

■解答例

自然生態系においては、生産者、消費者、分解者の三者のバランスがとれており、エネルギーを利用して、系内を物質が循環する仕組みとなっている. 都市生態系では緑色植物（生産者）と腐生生物（分解者）の生物体量が極端に小さい. さらにヒトという消費者の生物体量が圧倒的に多く、ヒトが生命活動を維持するためには、系外から食物や水、その他の物資を運び入れないといけない. 農地生態系では、作物という緑色植物（生産者）は豊富であるが、成長した植物は商品として短期間の内に系外へ持ち出される. したがって、動物（消費者）と腐生生物（分解者）の生物体量が極めて少なく、加えて農薬使用による副次的な作用により、貧弱な生物相となり、食物網による物質の移動はほとんどない.

(4) 生物生産力と現存量との違いについて説明せよ.

■解答例

生物生産力とは、速度を示すものであり、一定面積当たり・時間当たりの純生産量（または、総生産量）で表される. 生物生産の結果としての現存量は、ある時点で、ある空間内に存在する生物体の量のことで、純生産量が年々蓄積したものである.

(5) 生物資源とは何か説明せよ.

■解答例

人間が生活していく上で必要な資源として利用される生物のことで、一般に再生可能な資源のことである.

(6) 陸水について説明せよ.

■解答例

地球の陸上に存在する水（陸地に囲まれた水域の総称で、海水に対する語）を陸水といい、多くは淡水であるが内陸部の塩湖や沿岸域にある塩分の高い水域や鉱泉なども含まれる。陸水のおよそ 76%は極氷・氷山・氷河という形で存在しており、およそ 23%は地下水・土壌水として存在している。

(7) 富栄養化について説明せよ.

■解答例

貧栄養湖，中栄養湖，富栄養湖と湖の生産力が上がっていく過程を富栄養化と呼ぶ。

(8) 摂食機能群について説明せよ.

■解答例

底生動物を食物の種類（食性）と食べ方（摂食様式）とで区分する方法。捕食者，<sup>はきい</sup>破碎食者，はぎ取り食者，濾過食性収集食者，堆積物収集食者などに分けられる。

(9) 河川連続体仮説について説明せよ.

■解答例

上流域では、河畔林の影響が大きく河道内の一次生産は小さく、多量のリターの流入により、底生動物群集は破碎者と収集食者が優占し、生物群集の呼吸／生産比は 1 より大きくなる。中流域では川幅の拡大に伴う日射量の増加により一次生産は増加し、上流で算出された細粒状有機物が流入する。底生動物群集ははぎ取り食者、濾過食性収集食者が優占し、上記比は 1 より小さくなる。下流域では水深の増加と透明度の低さから一次生産は減少し、細粒状有機物の流入に依存した堆積物収集食者が優占する。

(10) 土の構造が団粒構造であることが、植物の根の生育がよい理由について説明せよ.

■解答例

団粒構造は構成粒子が土塊（集まった二次的粒子）を形成し、さまざまな大きさの隙間を形成している。この隙間が大変重要であり、大孔隙は、空気の補給（通気性）や、余分な水分（重力水）の通過（排水性）といった機能をもっている。一方、小孔隙は、根の根毛などから吸水可能な水分（吸着水や毛管水）の保持（保水性）に重要な働きをしている。団粒構造は腐植質の接着作用によって土粒子同士が土塊を形成し、微生物の活動も活発で、無機塩類の供給にもつながっている。

## 第2章 動物の感覚センサーと環境応答

(1) 動物の環境応答を引き出す環境要因にはどのようなものがあるか。

■解答例

物理化学的要因として、光、温度、湿度、音、基質振動、静水圧、酸素濃度、有機・無機成分の組成と濃度、pH などがあり、生物的要因として餌、捕食者、寄生者、共生者、感染などが挙げられる。さらに、潮の満ち引きや重力、磁場なども知られている。

(2) 細胞外の刺激は細胞膜タンパク質（感覚センサー）を介して、いかに細胞内に伝達されるのか、具体例を挙げて説明せよ。

■解答例

温度センサー TRP チャンネルや塩味センサー、酸味センサーはイオンチャンネルと呼ばれる分子群に属し、刺激によってイオンがこのチャンネルを介して細胞内に流入し、細胞を興奮させる。また、感覚センサーによっては G タンパク質共役型受容体によって刺激を受け取り細胞内に刺激を伝えるものもある。

(3) 感覚センサーには、本章で取り上げたもの以外にどのようなものがあると考えられるか。

■解答例

聴覚（音波、超音波など）を利用した音声によるコミュニケーションは動物にとって重要であり、これに関わるセンサー分子が存在する。さらに、接触感覚や湿度、潮の満ち引きや月の満ち欠け、浸透圧調節、重力、磁場などに関わるセンサー分子が存在すると考えられる。

(4) 季節的表現多型を誘導する環境要因にはどのようなものがあるか。

■解答例

日長、温度、湿度や餌の条件の季節的な環境変化は、環境変化を予測するための要因となる。なかでも地球の自転と公転により生じる日長（光周期）の変化は、地球の誕生以来、連綿としてつづいてきた最も正確な周期現象であるため、生物は季節の変化を予測する時間の測定に利用し、生存に関係する温度や餌の変化を予知することができる。

### 第3章 植物の環境応答

(1) 植物が好まない環境について，端的にまとめよ．

■解答例

植物には，好ましい温度や光などの範囲があり，それを超えると多くても少なくともストレスになる．

(2) シグナルの受容体はその局在と性質から何と何に大別されるか．

■解答例

細胞表面受容体と細胞内受容体．

(3) 細胞内の主なシグナル伝達の様式について，以下の単語を用いて説明せよ．

活性化／リン酸化／GTP／結合／セカンドメッセンジャー／分解／遺伝子発現調節

■解答例

細胞内に入ってきた情報は，リレー形式でさまざまなタンパク質を活性化しながら伝えられる．その中には，リン酸化によるものもあるし，GTPによって活性化するGタンパクもある．タンパク質とタンパク質の特異的な結合も重要である．また，セカンドメッセンジャーを用いた情報の拡散や，タンパク質の分解の様式をとる場合もある．最終的に，遺伝子発現調節によって応答をする場合には，遺伝子の転写制御因子の活性化が必要となる．

(4) 気孔の開閉はどのように制御されているか．また，光合成への影響はどうか．天気の良いカラッとした日と，薄曇りで湿度の高い日とでは，植物が良く成長するのはどちらか．

■解答例

光が当たると気孔は開いて光合成をしようとするが，乾燥していると気孔は閉じてしまう．その間の微妙なバランスで，光合成を行う．したがって，天気のいい日より薄曇りの日の方が光合成を活発に行えるので成長が早い．

(5) 繰り返し病原菌を撃退したり，乾燥に遭遇すると，植物はおのこのストレスに対してある程度まで強くなっていく．どのような仕組みと考えられるか．また，そのとき成長速度はどうなるか．

■解答例

病気や乾燥などのストレスに会うと，サリチル酸やABAを介して全身にその記憶が残り，次のストレスに備えるために強くなる．植物はその度に一時的に成長を止める方向の反応を行うので，成長は遅くなる．

## 第4章 微生物にみる環境適応

(1) 微生物の増殖にはさまざまな要因が関係してくる。微生物の増殖に関する環境要因を四つあげ、それぞれ要因について簡単に説明せよ。

### ■解答例

- 温度：微生物はある特定の温度範囲で増殖する。細菌の場合、増殖に最適な温度によって、低温（好冷）菌（20℃前後もしくはそれ以下）、中温（常温）菌（35℃前後）、高温菌（50℃以上）に分けることができる。
- 酸素：酸素は微生物の増殖に大きな影響を与える。菌類や藻類、原生動物、一部の細菌は増殖に酸素が必要で、絶対好気性と呼ばれる。一方、一部の細菌は酸素がないところでのみ増殖することが知られ、絶対嫌気性と呼ばれる。多くの細菌や酵母などは酸素の有無にかかわらず増殖できるので通性嫌気性と呼ばれる。
- pH：微生物はある特定の pH 範囲で増殖する。一般には中性付近（pH 6～8）に最適 pH がある場合が多いが、中には強酸もしくは強アルカリ条件下で増殖するものもある。環境の pH は微生物の代謝産物によっても変化することが多い。
- 塩濃度（浸透圧）：微生物はある特定の浸透圧下で増殖する。一般的に生物は急激な浸透圧の変化に弱く、高い塩濃度（高浸透圧）下では生息できないが、中には高い塩濃度に適応して増殖する（好塩性）微生物も存在する。

(2) さまざまな生物が互いに干渉し合いながら形成する生態系のなかで、微生物は独特な増殖戦略を発達させている。微生物の増殖戦略と考えられるもののなかで、結果的に他の生物（微生物を含む）に対して敵対的および協調的な関係を作るものの例を本文で述べているもの以外で調査し、簡単に説明せよ。

（ヒント） 自己の増殖のためプラスになるものは微生物の増殖戦略と考えてよい。次にそれが周りの生物および微生物にプラス（協調）の影響を与えるか、マイナス（敵対）の影響を与えるかを考える。

### ■解答例

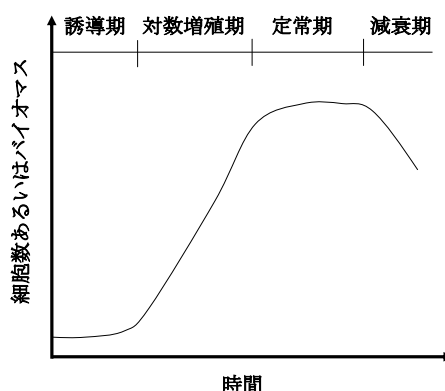
- アグロバクテリウム（敵対的關係）：アグロバクテリウムはグラム陰性の土壌細菌で植物の根元にクラウンガールと呼ばれる腫瘍を形成する。アグロバクテリウムは Ti プラスミドと呼ばれる巨大なプラスミドを含み、その一部（T-DNA）を植物細胞のゲノムに転移させることで、自身でしか利用できない栄養（オピン）を細胞に生産させる。
- シロアリの腸内共生微生物（協調的關係）：シロアリは木造家屋を食害する害虫として知られる。一方、生態系において、枯死植物を分解して他の生物が利用できるようにする非常に重要な役割をもっている。シロアリの木質分解の働きの多くは、腸内に共生する微生物によってもたらされている。腸内共生細菌は増殖の場をシロアリに求め、その代わりに栄養分を供給している。最近、シロアリの腸内に共生する原生生物のさ

らにその細胞内にも細菌が共生しており，空気中の窒素を吸収して必須アミノ酸やビタミンを合成，シロアリや原生生物に窒素源を供給していることが明らかになっている．

(3) 二分裂で増殖する微生物の増殖曲線を模式的に画け．増殖曲線を四期に分けて考え，それぞれの名称とその時期における微生物の状態を簡単に説明せよ．

■解答例

- 誘導期：新しい環境で増殖するため準備（増殖に必要な各種遺伝子発現）が行われる時期
- 対数増殖期：微生物は盛んに分裂し，細胞数も指数関数的に増加する
- 定常期：増殖速度が低下し，細胞数の変化がなくなる時期
- 減衰期：生命が維持できなくなった細胞が死滅して細胞数が減少する時期



(4) 細菌や菌類などの微生物では二成分制御系と呼ばれるシステムで外部環境の変化を素早く感知する．二成分制御系について簡単に説明し，このシステムを用いた環境感知の例をあげよ．

■解答例

二成分制御系は外部環境の変化を感知するセンサータンパク質（ヒスチジンキナーゼ）とそのシグナルを受け取る調節タンパク質（レスポンスレギュレーター）で構成される．外部からの刺激をヒスチジンキナーゼが感知すると，ヒスチジンキナーゼの特定のヒスチジン残基が ATP によって自己リン酸化する．リン酸はいくつかのタンパク質をリレーし，最終的にレスポンスレギュレーターのアスパラギン酸残基に受け渡す．レスポンスレギュレーターは標的遺伝子のプロモーター領域に結合，遺伝子発現を制御することで環境変化などのシグナルに応答する．

例：走性，孢子形成（4.3 環境感知の機構参照）

(5) 自然環境下で微生物相を解析する意義を述べよ.

■解答例

環境が健全で汚染されていなければ, そのような環境を好む微生物が生息し, 反対に汚染が進行していれば, 汚染された環境を好む微生物が出現する. 微生物相を解析することで, 目に見えない環境の状態(変化)を知ることができる.

**第5章 化学物質が生物に与える影響－化学物質と環境問題－**

(1) スtockホルム条約で残留性有機汚染物質 (POPs) として採択された化学物質の化学構造式を示せ。また、それぞれの物質の用途、発生源および毒性について、環境に関する各種資料を参考にして述べよ。

■解答例

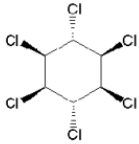
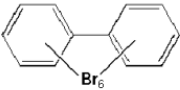
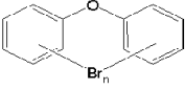

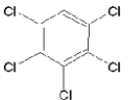
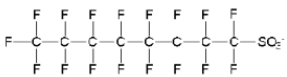
以下の表に示す。

表 ストックホルム条約で対象物質とされたPOPs 類の構造ならびに毒性などの情報

物質名 化学式	構造式	用途・発生源	毒性
アルドリン (Aldrin) C <sub>12</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>		殺虫剤 防虫剤	種々の急性毒性 変異原性 発ガン性の疑い(3 <sup>a</sup> )
エンドリン (Endrin) C <sub>12</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>6</sub> O		殺虫剤 防虫剤	種々の急性毒性 変異原性 発ガン性の疑い(3)
ヘプタクロル (Heptachlor) C <sub>10</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>7</sub>		殺虫剤 防虫剤	種々の急性毒性 変異原性 発ガン性(2B)
ヘキサクロロベンゼン (Hexachlorobenzene) C <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>		殺菌剤 防黴剤 防汚剤 燃焼過程で生成	種々の急性毒性 変異原性 発ガン性(2B)
ディルドリン (Dieldrin) C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> O		殺虫剤 防虫剤	種々の急性毒性
ジクロロジフェニルトリクロロエタン DDT C <sub>14</sub> H <sub>9</sub> Cl <sub>5</sub>	 (ここでは <i>p,p'</i> -DDTを示した)	殺虫剤 防虫剤	種々の急性毒性 変異原性 発ガン性(2B)
クロルデン (Chlordane) C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>8</sub>		殺虫剤 防虫剤 殺ダニ剤	種々の急性毒性 発ガン性(2B)
ポリ塩化ビフェニル (PCB)		絶縁油 熱媒体 感圧複写紙	種々の急性毒性 発ガン性(2A)
トキサフェン (Toxaphene)		殺虫剤 防虫剤	種々の急性毒性 変異原性 発ガン性(2B)
マイレックス (Mirex) C <sub>10</sub> Cl <sub>12</sub>		殺虫剤 防虫剤 難燃剤	種々の急性毒性 発ガン性(2B)
塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン PCDDs		非意図的生成物 農薬の不純物 燃焼過程で生成	発ガン性(1)
ポリ塩化ジベンゾフラン PCDFs		非意図的生成物 燃焼過程で生成	発ガン性(1)

<sup>a</sup> 発ガン性のあとの()内の値はIARCによる発ガン性評価を示す。

表 つづき

物質名 化学式	構造式	用途・発生源	毒性
リンデン ( $\gamma$ -ヘキサクロシクロヘキサン) (Lindane) $C_6H_6Cl_6$		農薬	発ガン性(2B <sup>a</sup> )
$\alpha$ -ヘキサクロシクロヘキサン $\beta$ -ヘキサクロシクロヘキサン		リンデン生産時の副生成物 リンデン生産時の副生成物	発ガン性(2B) 発ガン性(2B)
ヘキサブロモビフェニル (Hexabromobiphenyl) $C_{12}H_4Br_6$		プラスチック難燃剤	発ガン性(2B)
ペンタブロモジフェニルエーテル (Pentabromodiphenylether) $C_{12}H_5OBr_5$		プラスチック難燃剤	肝臓への悪影響
ヘキサブロモジフェニルエーテル (Hexabromodiphenylether) $C_{12}H_4OBr_6$		プラスチック難燃剤	
ヘプタブロモジフェニルエーテル (Heptabromodiphenylether) $C_{12}H_3OBr_7$		プラスチック難燃剤	
テトラブロモジフェニルエーテル (Tetrabromodiphenylether) $C_{12}H_6OBr_4$		プラスチック難燃剤	
クロルデコン (Chlordecone) $C_{10}Cl_{10}O$		農薬	発ガン性(2B)
ペンタクロロベンゼン (Pentachlorobenzene) $C_6HBr_5$		殺菌剤 難燃剤	肝臓への悪影響
パーフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) <sup>b</sup> $C_8F_{17}SO_3^-$		撥水・撥油剤 界面活性剤	
ならびにパーフルオロオクタンスル フォニルフルオリド(PFOSE)			

<sup>a</sup> 発ガン性のあとの()内の値はIARCによる発ガン性評価を示す。

<sup>b</sup> 附属書Bにより使用に制限。

## 第6章 バイオマスとその利用

(1) 本章で示したバイオマスの特徴を述べよ。

### ■解答例

バイオマスは「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石燃料を除いたもの」と定義され、ヒトや家畜などの食料を除くことが大きな特徴である。さらに生物資源は広くそして薄く存在するため利用には回収および輸送システムの構築が必要となる、リサイクル（再生）可能で、製品にもエネルギーにもなる、最後にカーボンニュートラルである。

(2) バイオマス・ニッポン総合戦略で分類されているバイオマスの種類を述べよ。

### ■解答例

バイオマスの種類

- 1) 廃棄物系バイオマス（家畜の排泄物、食品廃棄物など）
- 2) 未利用バイオマス（稲わら、間伐材など）
- 3) 資源作物（トウモロコシ、サトウキビなど）
- 4) 新作物
- 5) すでに利用されているバイオマス（木材、生物繊維など）

(3) バイオマス利用において注意しなければならない基本事項を述べよ。

### ■解答例

バイオマスの利用の基本はリサイクル利用とカスケード利用である。すなわち製品として価値の高い順に可能な限り繰り返し利用する（リサイクル利用）。再利用ができなくなった製品については質的改変を行い利用し、最終的には燃料として利用する多段階的利用（カスケード利用）が重要である。

(4) 日本政府は 2004 年から「バイオマスタウン」の構築を推進している。バイオマスタウンは市町村が中心となって地域内のバイオマスを利活用することを目的としている。バイオマスの特徴（特性）からこのような地域を主体とした利用が有効と考えられているためである。なぜ、このような利活用法が有効と考えられるのか理由を述べよ。

### ■解答例

バイオマスは、生物により生産されるため「広く、薄く」存在するという特性をもつ。そのため利用にはバイオマスの回収と輸送システムの構築が必須である。そこで遠方から集約して利用するより、地域で効率的にエネルギーや製品として利用する地域分散型利用システムの構築が期待されている。さらに地域分散型利用システムはバイオマスの持続的利用のためバイオマスの存在量、利用に対する需要の条件など、地域独自の多様な状況にも対応可能であることもその大きな利用である。

(解答補足) しかし、地域によってはバイオマス資源の量、処理施設の規模およびバイオマス製品の需要などが均衡しないこともある。この場合、適切な情報に基づいた過不足調整などの地域間の連携や広域的な取組みも必要となる。

(5) 京都議定書の特徴を述べよ。

■解答例

議定書では、CO<sub>2</sub>やメタンをはじめとする6種類の温室効果ガス排出量を抑制するため、先進35か国の削減目標値が設定されているが、米国は含まれない。削減目標以外に特徴的なことは、(1) 排出権取引、(2) 共同実施やクリーン開発メカニズム (3) 吸収源活動などを含むことである。

## 第7章 作物の遺伝子資源とその応用

(1) 遺伝子資源とは何か述べてよ。

■解答例

生物は、それぞれ種としての固有の形質があるが、ある形質に関して着目すると、種内でも品種や系統の違いによる多様性がみられる。これらの多様性は現在あるいは潜在的に利用価値のある遺伝（または遺伝子）素材といえる。遺伝子資源とは、このような遺伝的に多様な生物の集団、または、集団の中の個体を指す。さらに、単に特定の表現型（形質，phenotype），さらに特定の遺伝子（型）も含まれる場合がある。

(2) 野生種や原種など、遺伝子資源が重要な理由を述べてよ。

■解答例

現在、新規生理活性物質が未利用植物から含む植物などが発見されるなど、未利用植物を利用する研究が活発化している。さらに、作物に新しい機能を付与することが可能になっている。このような状況下、さまざまな形質が、いつ・どのような状況で必要になるのか、予測がつかない。そのために、できるだけ耐病性のみでなく、植物のもつ遺伝子全般を含む多種多様な遺伝資源（原種、品種、系統、近縁種）を収集・確保し、不測の事態や新たな機能の開発に備えることが必要である。

(3) 分子マーカー育種が従来育種より優れている点について述べてよ。

■解答例

分子マーカー育種はDNAマーカーなどをもとに幼植物の間に選抜を行う。そのため、従来育種法と比較し、農業上有利な形質の選抜に経験や勘を必要とせず、時間や手間が省略できる。また不良形質導入の可能性も低いなどのメリットもある。

(4) 遺伝子組換え作物の第一世代、第二世代および第三世代の特徴を簡単に述べてよ。

■解答例

第一世代の遺伝子組換え作物は、除草剤耐性、虫害耐性などである。これらの作物は、農業従事者にメリットがあることが多い。第二世代の遺伝子組換え作物は消費者にメリットがあるものという特徴がある。たとえば有用成分の添加・増強や医薬品の生産などを行う作物が考えられている。最後に、第三世代の遺伝子組換え作物は地球温暖化による温度上昇や砂漠化に対する耐乾燥性・耐塩性の付与など、環境耐性があるものと定義されることが多い。

## 第8章 微生物の有用物質

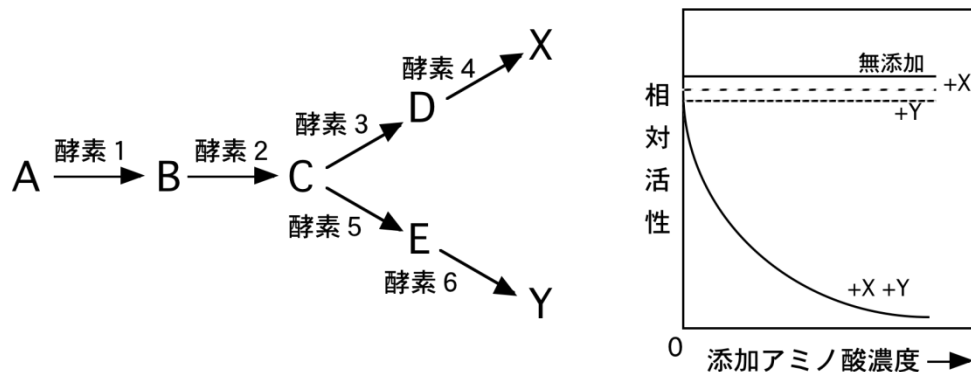
(1) 酵素は食品工業，医薬品製造業，化成品製造業など広い分野で用いられている．同じ反応を触媒する酵素が動物・植物・微生物に分布する場合，動植物の酵素に比べて微生物の酵素が用いられることが多い．この理由を述べよ．

### ■解答例

- 多くの突然変異株の中から酵素生産量が上昇した変異株を選抜することが容易である．
- 耐熱性，耐酸性，耐アルカリ性など生息条件に応じた性質をもつ有用な酵素を得ることができる．
- 微生物は増殖が速く短時間で大量の細胞を得ることができるため，酵素の生産性が高い．
- すべての細胞が目的の酵素を生産しており無駄がない．
- 人為的に制御された条件で培養できるため，季節変動や病害の影響を受けない．

(2) 図(1)はアミノ酸Xとアミノ酸Yの生合成経路を想定したものである．

グラフには精製酵素1の活性に及ぼすアミノ酸XとYの添加効果を示している．このグラフから読みとれる現象を説明しなさい．また，酵素4の欠損変異株はアミノ酸Yの生産に用いることができる．どんな条件で培養するとアミノ酸Yの大量蓄積が期待できるか述べよ．



図(1)

### ■解答例

酵素1は生合成系の最終産物であるアミノ酸Xとアミノ酸Yの両方が存在するときには不活性型に変化するが，どちらか一方のみが存在するときには活性型を保っている．フィードバック阻害という代謝制御の面からみると，どちらか一方のアミノ酸のみが蓄積したときに酵素1を不活性型にしてしまったのでは，もう一方のアミノ酸の合成が止まってしまう不都合である．両者が存在するときのみ阻害がかかる方が代謝制御という目的には適っ

ている。

酵素 4 を欠失した変異株では、アミノ酸 X を合成できないため、変異株細胞を増殖させるためには培地にアミノ酸 X を添加する必要がある。このとき、増殖をかるうじて助けるような制限量のアミノ酸 X を添加して培養する。この条件では、アミノ酸 Y が蓄積してもアミノ酸 X の濃度が低く保たれているため、酵素 1 のフィードバック阻害はほとんどかからない。したがって、アミノ酸 Y 合成の経路が動きつづけるため、多量のアミノ酸 Y が蓄積する。

(3) 抗生物質の濫用はどのようなメカニズムで抗生物質耐性菌の出現をもたらすと考えられるか述べよ。

■解答例

抗生物質の濫用により、抗生物質を分解したり修飾して無毒化したりするような酵素を獲得した細菌が出現することが知られている。これらの酵素遺伝子はプラスミドと呼ばれる小型環状 DNA 分子上の遺伝子にコードされる場合が多い。このプラスミド DNA は種の異なる細菌間でも伝達される現象が知られており、このことが耐性菌の出現を助長する一因と考えられている。

(4) デンプン分解酵素であるアミラーゼの種類と反応の様式について述べよ。

■解答例

一般に、多糖分解酵素には、多糖内部の結合をランダムに切断するエンド型酵素と、端から順に規則正しく切断するエキソ型酵素の 2 種類が知られており、両者の相乗作用によってすみやかな分解が可能となる。アミラーゼの場合には、エンド型酵素として  $\alpha$ -アミラーゼ、エキソ型酵素としては、末端からマルトース（二糖）単位で切断する  $\beta$ -アミラーゼとグルコース（単糖）単位で切断するグルコアミラーゼが知られている。

## 第9章 ゲノム・遺伝子情報から生物資源への利用

(1) DNA, 遺伝子, 染色体, ゲノムとはどのようなものか. それぞれを概念と物体のどちらなのか示した上で説明しなさい.

### ■解答例

#### ● DNA (物体)

DNA は, デオキシリボ核酸と呼ばれる物体である. DNA はリン酸, 糖, 塩基より構成される.

#### ● 遺伝子 (概念)

遺伝子は, ある生物の形を指し示す要素 (因子) のことであり, その実体は DNA の塩基配列が示す情報である.

#### ● 染色体 (物体)

染色体は, DNA が塩基性タンパク質と結合し, コンパクトに凝縮した物体である. 真核細胞の染色体は細胞の核内に収納されているのに対し, 原核細胞の染色体は, 細胞質中で核様体として存在している.

#### ● ゲノム (概念)

ゲノムは, ある生物を形作り, その生物として成立させるために必須な遺伝情報と定義されている. 古典遺伝学の立場から, ゲノムは二倍体細胞の生殖細胞がもつ染色体の総遺伝情報とされていたが, 一倍体細胞である原核細胞では染色体は一つしかないこともあり, 現在では, すべての生物を一元的に取り扱うため, 上述したような定義になっている.

(2) 遺伝子発現 (タンパク質発現) について説明しなさい. なお, 語句としてセントラルドグマを含むこと.

### ■解答例

まず, ゲノム DNA 中の遺伝子が転写されることにより, 遺伝情報が mRNA にコピーされる. このとき, DNA に対する相補的塩基が RNA の塩基となり, グアニン (G) にはシトシン (C), アデニン (A) にはウラシル (U) が対応する (RNA ではチミンの代わりにウラシルとなることに注意). 転写された mRNA にリボソームが結合し, 続けて, アミノ酸と結合した tRNA とともに, mRNA 上の遺伝子情報 (塩基配列) がタンパク質に翻訳される. このとき, 3つの連続した塩基配列 (コドン) が1つのアミノ酸に変換される. DNA から RNA, そして RNA からタンパク質といった遺伝子情報の流れは, 全生物に共通であり, RNA から DNA への逆転写を含めて, 分子生物学のセントラルドグマと呼ばれる.

(3) ゲノム解析プロジェクトによってわかったこと、わからなかったことは何か。それぞれについて簡潔に説明しなさい。

■解答例

● わかったこと

染色体 DNA (ゲノム DNA) の全塩基配列情報と、遺伝子の染色体上における位置。

● わからなかったこと

発見された多くの遺伝子において、それぞれがどのような意味をもつものなのか、あるいは、細胞の中でどのような働きをしているのか。

(4) ゲノム医療 (ゲノム創薬) とはどのようなものか説明しなさい。

■解答例

ゲノム解析によって得られた全塩基配列情報をもとに、疾患原因となる遺伝子を特定し、遺伝子異常がもたらす疾患発生メカニズムを解明することにより、従来の医薬品よりも疾患 (あるいは疾患部位) に対して、直接的かつ効果的な新薬を論理的に開発するというもの。個人のゲノム解析による遺伝性疾患の診断 (遺伝子診断) や患者のゲノム情報をもとに、体質に合わせた薬や治療法を選択するテーラーメイド医療も含まれる。しかし、個人のゲノム解析 (遺伝子診断) は倫理面において問題点が多く、取り扱いには注意が必要である。

## 第 10 章 日本発の生物遺伝資源カイコ — 絹糸生産から昆虫バイオ工場まで —

(1) カイコの祖先はクワコであるとする証拠を述べなさい。

■解答例

カイコとクワコは交雑可能であり、子孫を得ることができる。ゲノムの塩基配列は 97.8% 相同である。他、本文参照。

(2) 明治時代以降の養蚕業（蚕糸業）の盛衰を歴史的な出来事とともに述べなさい。

■解答例

江戸時代に養蚕業は盛んであったので明治初めには生産から輸出の基盤が成り立っていた。フランス・イタリアはヨーロッパで微粒子病が蔓延したため、日本のカイコを必要とした。明治政府が殖産興業・富国強兵策をとり養蚕の振興に努めた。外山亀太郎が雑種強勢を利用したカイコの交雑種利用を提案し、全国的に普及したことから生産性が一気に高くなった。昭和 4 年 1929 年の世界大恐慌によって大打撃を被り、化学繊維の台頭やアメリカの反発もあいまって日本の養蚕業は衰退し始めた。1959 年生糸が完全自由化され、中国から廉価な繭・生糸が輸入されるようになり、国内の養蚕は衰退し続けた。昭和後期から平成になってさまざまな用途の蚕品種がつくられ、養蚕振興のための努力がつづいている。

(3) 平成に入ってからさまざまな用途のカイコ品種がつくられた。その背景を考察するとともに、興味のある品種を一つ選んで説明しなさい。

■解答例

カイコの育種は多糸量品種に偏っていたため、和装用に向くが、ドレスなどには向かなくなっていた。新たな市場を開くため、細織度品種と太織度品種がつくられた。また、絹生産だけでなくバイオリクターとして有用物質を生産するために遺伝子組換えカイコを利用する方法が確立し、絹織物だけでなく医薬業分野にも進出しようとしている。

(4) 限性遺伝と伴性遺伝を説明しなさい。

■解答例

限性遺伝は ZW 型性染色体の場合、W 染色体上の遺伝子が雌のみで発現するので、常染色体の一部の遺伝子を W 染色体に転座した場合、その遺伝子は毎世代雌のみで発現する。このように毎世代同じ性に形質発現する遺伝を限性遺伝という。伴性遺伝はカイコの場合 Z 染色体の突然変異遺伝子にみられ、たとえばカイコの *od* 油は劣性遺伝子であるから、雄 ZZ ではホモ接合体でなければ油蚕にならない。このホモ接合体雄と正常雌 (ZW) を掛け合わせた場合、次世代では雌が油蚕となり、雄は正常となる。このように、伴性遺伝では世代によって突然変異の発現する性が入り替わる特徴がある。ヒトの場合 X 染色体の突然変異である赤緑色盲や血友病は伴性遺伝となる。Y 染色体にある遺伝子は必ず男性で発現するか

ら限性遺伝となる。

(5) カイコの核多角体病ウイルスの組換えの方法と意義について述べなさい。

■解答例

方法：本文参照。意義：基礎的な研究に利用できる。また、実用的なインターフェロンなどの生産に使うことができるため、これまでの絹糸生産としての機能だけでなくカイコをバイオリクター・昆虫工場として利用する新たな道が広がった。

(6) 遺伝子組換えカイコの作成方法とその意義について述べなさい。

■解答例

本文参照。

(7) 日本の蚕糸業の復興にはどのようなことが必要か考察しなさい。

■解答例

養蚕農家の著しい減少のため繭生産基盤がなくなっている。一方、日本の着物産業は数千億円の世界市場となっている。着物産業の世界市場が大きいため、繭生産者から絹織物生産販売者まで再度組織化し、高品質・高付加価値の製品をメイドインジャパン・ジャパンプランドとして海外へ展開するなどして蚕糸業の維持復興をはかることが考えられる。また、バイオリクターとしてカイコの利用を広め、医薬農におけるカイコの利用を拡大することが考えられる。