

# 麻布大学 入試対策特別講座（生物）

## 【傾向・対策】

- 基本的に、高校の教科書（「生物基礎」・「生物」）の内容に忠実な出題である。
- 「生物」の生態系分野や進化と系統分類からの出題はやや控えめであるものの、高校の教科書の全分野から出題されている。
- 知識を問う設問，思考型問題，計算問題がバランスよく出題されている。
- 「適切なもの」や「誤っているもの」をすべて選ぶ（複数解答）問題が目立つ。

⇒ 教科書の本文内容のほか，記載されている図や表についての理解を深めておく。参考扱いや欄外からの出題も見られる。具体的な生物例などについても正確に記憶しておく。そのためには，教科書を分野ごとに区切って精読した上，苦手な分野についてはノート整理などを通じて正しい理解を構築していく。教科書傍用問題集を利用した問題演習は，理解の確認や問題解法のマスターにかなり有効と考えられる。未履修の分野があるとそこが出題された場合に致命的な失点につながる。ヤマを張ることなく，「生物基礎・生物」の全範囲にわたる学習を心がけよう！計算問題や思考型問題では点差が開きやすいため，定型的なものについてはよく練習しておこう！

<教科書に掲載されている図版は正確に理解しておく>

1 攪乱をもたらす共存 ⇒ 図1

…自然に起こる、台風、洪水、火山噴火のほか、人為的な森林伐採など、外界から生物に影響を与える要因を攪乱という。適度にはたらく攪乱(中規模攪乱)が、生態的地位が近い種間の競争的排除を防ぎ、共存を可能にすることがある。

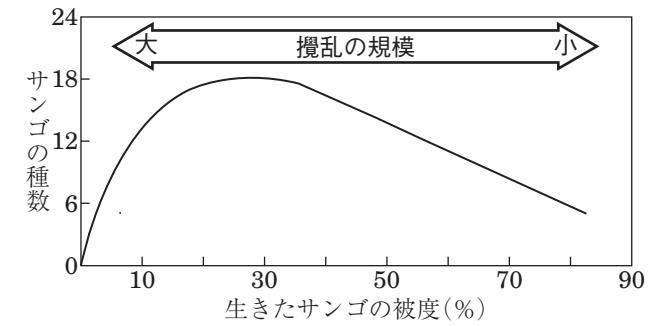
例) 台風などの攪乱を受けにくく、その頻度が低いところでは、岩盤のほとんどが競争力の高い少数のサンゴに覆われている。高い頻度で、大規模な攪乱を受けやすいところでは、攪乱に強い少数のサンゴだけが生育し、岩盤のサンゴによる被度が低い。中規模の攪乱が起こるところが、サンゴの種類数が最も多く、生態的地位の近いサンゴが共存できるようになる。

2 キーストーン種 ⇒ 図2

…捕食者の存在が、被食者の競争的排除を妨げ、その共存を可能にすることがある。個体数としては少なくとも、ある生物群集の種のバランスを保つことに重要な役割を果たす最上位の捕食者は、キーストーン種とよばれる。

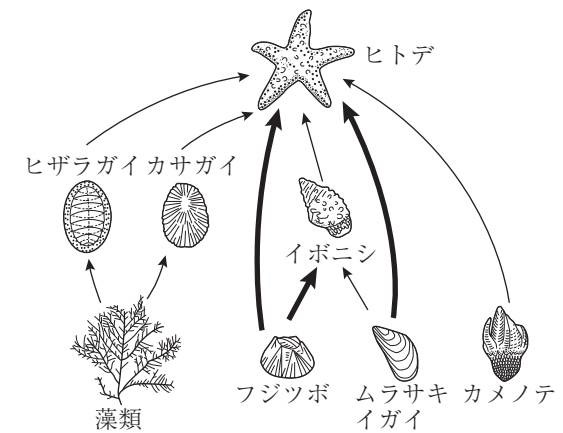
例) ヒトデを人為的に除去したところ、ムラサキガイが岩の大部分を占め、その他の生物の個体数が激減した。ヒトデがムラサキガイを盛んに捕食することで、その他の多くの種が共存できるようになっていたのである。

図1 サンゴ礁における攪乱の規模と種の共存



●サンゴ礁を形成するサンゴは、体内に共生する藻類による光合成で栄養を得る。そのため、太陽の光がよく当たる岩盤を好み、多くの種で生態的地位が似通っている。

図2 海岸の岩場でみられる食物網



●ヒトデはフジツボとムラサキガイを、イボニシはフジツボを主に捕食する。フジツボ、ムラサキガイ、カメノテは、水中のプランクトンを食べる。ヒザラガイとカサガイは、岩に生える藻類を食べる。

<定型的な計算問題の解法には習熟しておく>

3 いろいろな進化学説 ⇒ 表 1

- ① 用不用説(提唱者：ラマルク, 著書：動物哲学)  
…生物がよく用いる器官は発達し, その獲得形質が子孫に代々遺伝して, 環境に適応した新種を形成する。
- ② 自然選択説(提唱者：ダーウィン, 著書：種の起原)  
…生物は多くの子を産み, さまざまな個体変異をもつ子の間で生存競争が起こり変異の選択が起こる(適者生存)。その結果, 長い間に環境に適応した新種が形成される。
- ③ 突然変異説(ド=フリース)  
…進化は突然変異が原因で起こる。
- ④ 総合説  
…突然変異によって生じた子に遺伝する変異に自然選択がかかり, 進化が生じる。これに隔離が加わり, その速度を加速する。

- 獲得形質, すなわち環境変異は子に遺伝しないので, ラマルクの考え方は現在では誤りを含んでいる。
- ダーウィンは南米ガラパゴス諸島を巡る調査旅行のなかで, 自然選択説を確信するに至った。
- 生物がある環境において有利な形質を備えるようになることを適応という。この適応は長い進化の過程での, 自然選択の結果であると考えられている。
- 総合説…突然変異説+自然選択説+隔離説(遺伝的浮動)
- 集団間の遺伝子の交流が妨げられることを隔離という。隔離をもたらす要因には, 地理的あるいは地形的障壁などによるもの(地理的隔離)と, 集団間の遺伝的な差異に起因するもの(生殖的隔離)がある。ただし後者は, 前者に付随的に発達すると考えられている。
- 1つの種から異なる種ができることは種分化という。

表 1 進化に関する学説

人物	説・著作	説の要点
ラマルク (1809)	用不用説 『動物哲学』	生物は前進的に発達。用いた器官は発達し, 用いない器官は退化。獲得形質は遺伝。
キュビエ (1825)	天変地異説	生物は何度も絶滅。新に創造された。
ダーウィン (1859)	自然選択説 『種の起原』	個体変異のうち環境に適応しているものがより多く子孫を残し, 長い間に進化。
ワグナーら (1868)	隔離説	地理的・生殖的に隔離されることによって種の分化が起こる。
ヘッケル (1872)	反復説	個体発生は系統発生を反復する。
アイマーら (1885)	定向進化説	一定の方向が決まると, その方向に進化。
ワイスマン (1885)	生殖質説	獲得形質の遺伝を否定, 生殖質のみを通じて遺伝。
ド=フリース (1901)	突然変異説	進化は突然変異によって起こる。
ヨハンセン (1903)	純系説	純系内の個体差(個体変異)は遺伝しない。
木村資生 (1968)	中立説	分子進化における突然変異の多くは中立。
グールド (1972)	断続平衡説	種は長い間平衡を保つ。新種への変化は短期間に起こる。

●『種の起源』と表記する場合もある。

4 ハーディ・ワインベルグの法則

…ある集団において、遺伝的浮動、突然変異、自然選択、個体の移出入がなければ、対立遺伝子の遺伝子頻度は世代を経ても変化することはない。また、自由交配も行われていれば、遺伝子型の頻度も一定に保たれる。

(1) 5条件

- ① 集団の個体数が十分多い。(隔離(遺伝的浮動)がない) ⇒ 図3, 図4
- ② 突然変異が起こらない。(突然変異がない)
- ③ 個体の形質に有利・不利がない。(自然選択がない)
- ④ 他集団との間で個体の移出入がない。
- ⑤ 自由(ランダム・任意)交配が行われる。

(2) 証明

ある世代における遺伝子A, aの遺伝子頻度をそれぞれp, q (ただし,  $p + q = 1$ )とする。

この集団が自由交配によって得られたものであったとすると、集団内の遺伝子型の比は、

	pA	qa
pA	$p^2AA$	pqAa
qa	pqAa	$q^2aa$

または、

$$(pA + qa)^2 = p^2AA + 2pqAa + q^2aa \quad \text{より}$$

$$AA : Aa : aa = p^2 : 2pq : q^2$$

ここで、これらの個体が2個ずつの配偶子をつくると考えると、

- AA → A, A
- Aa → A, a
- aa → a, a

となり、これより次世代の遺伝子頻度は、

$$\begin{aligned} A : a &= p^2 \times 1 + 2pq \times \frac{1}{2} : 2pq \times \frac{1}{2} + q^2 \times 1 \\ &= p(p + q) : q(p + q) \quad (\because p + q = 1) \\ &= p : q \end{aligned}$$

となり、もとと変化していない。

したがって、(1)の①~④の条件が守られている限り、集団の遺伝子頻度は変化しない=進化は起こらない  
⇒これらのうち1つの条件でも欠けると遺伝子頻度が変化し、進化が起こる。

●イギリスの数学者ハーディとドイツの医者ワインベルグが1908年に独立に発表した法則である。

●有性生殖の可能性を通して結ばれた同種個体の集合をメンデル集団とよぶ。最大のメンデル集団は種で、それ以下にさまざまなレベルのメンデル集団が存在する。例えば、日本人全体は一つのメンデル集団を形成している。メンデル集団がもつ遺伝子の総体を遺伝子プールという。

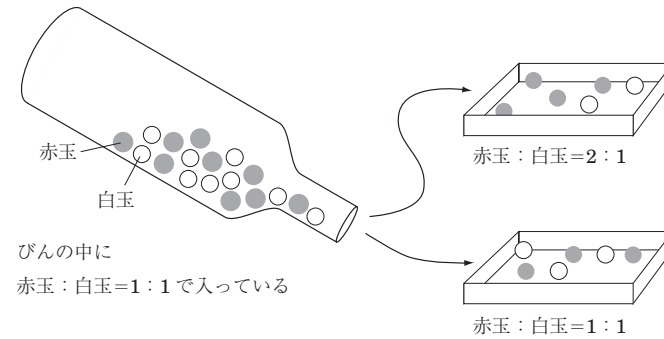
●5条件は、自然状態ではありえない、仮想的な状況を考えている。

●遺伝子頻度の総和は常に1と考える。

●Aaの個体は、AAの個体に比べて半分量のAの配偶子と、aaの個体に比べて半分量のaの配偶子をつくる。

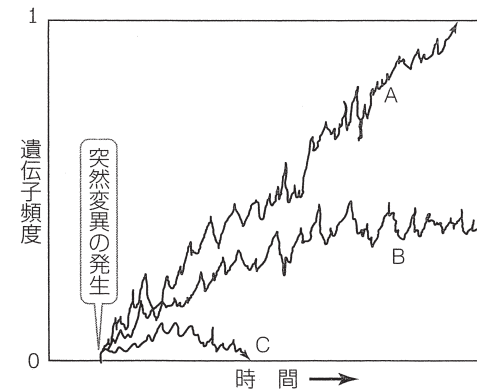
●進化とは、遺伝子頻度の変化であると考えられる。

図3 遺伝的浮動(びん首効果)の考え方



●赤玉と白玉の大きさや重さは同じだが、びんの首が細くなっているため少数の玉しか外に出ない。そのため、必ずしも赤玉:白玉=1:1とならない。

図4 遺伝的浮動による突然変異遺伝子の頻度の変化



●突然変異によって生じた遺伝子は、すべての個体に広まる(A)ことも、集団から消失する(C)こともある。また、従来の遺伝子と共存し続ける(B)こともある。遺伝子やタンパク質などの分子レベルの変異の多くは、生存や繁殖に有利でも不利でもない中立なもので、遺伝的浮動によって遺伝子頻度が変化するものと考えられている。このような考えを中立説といい、木村資生によって提唱された。

<適応的な意義を考える>

5 オペロン説

…ジャコブとモノーによって提唱された、原核生物の遺伝子発現の調節機構。⇒ 図5, 図6

(1) 酵素合成の誘導(ラクトース分解酵素の場合)

グルコースを含む培地で培養した大腸菌は、ラクトース分解酵素を合成しないが、ラクトースを含む培地に移すとこれを合成するようになる。

- ① グルコースを利用している条件では調節遺伝子の産物である調節タンパク質(リプレッサー、抑制物質)がオペレーターに結合しているため、RNAポリメラーゼがプロモーターに結合できない。
- ② ラクトースの存在下ではラクトースからの物質(誘導物質)が調節タンパク質と結合し、調節タンパク質はオペレーターに結合できなくなる。
- ③ RNAポリメラーゼがプロモーターに結合し、ラクトース分解酵素遺伝子の発現が促進される。

(2) 酵素合成の抑制(トリプトファン合成酵素の場合)

トリプトファンを含まない培地で培養した大腸菌は、トリプトファン合成酵素を合成しているが、トリプトファンを含む培地に移すとこの合成を抑制するようになる。

- ① トリプトファンを含まない培地では調節遺伝子の産物である不活性な調節タンパク質(アポリプレッサー)がオペレーターに結合せず、RNAポリメラーゼがプロモーターに結合することでトリプトファン合成酵素を合成している。
- ② トリプトファンが培地に存在する条件では不活性な調節タンパク質はトリプトファンと結合し、活性型の調節タンパク質となってオペレーターに結合する。
- ③ RNAポリメラーゼはプロモーターに結合できなくなり、トリプトファン合成酵素遺伝子の発現が抑制される。

6 アラビノースオペロン

…アラビノースを含まない培地で培養した大腸菌は、アラビノース分解にはたらく酵素を合成していないが、グルコースがなくアラビノースを含む培地に移すとこれを合成するようになる。

- ① アラビノースを含まない培地では調節遺伝子の産物である活性化因子はプロモーターから離れた調節領域に結合する。その結果、RNAポリメラーゼがプロモーターに結合せず、アラビノース分解にはたらく酵素の遺伝子の転写は活性化されない。
- ② グルコースがなく、アラビノースが培地に存在する条件では活性化因子はアラビノースと結合し、プロモーターに隣接する調節領域に結合する。その結果、RNAポリメラーゼがプロモーターに結合し、アラビノース分解にはたらく酵素の遺伝子の転写が促進される。

●同一のプロモーターによって制御される、原核生物の遺伝子発現と調節の単位をオペロンという。同一オペロンに属する遺伝子群は機能的に互いに関連しているものが多い。

●細胞がおかれた環境に応じて遺伝子発現が変化している。これを調節的発現といい、主に転写開始段階の調節によっている。

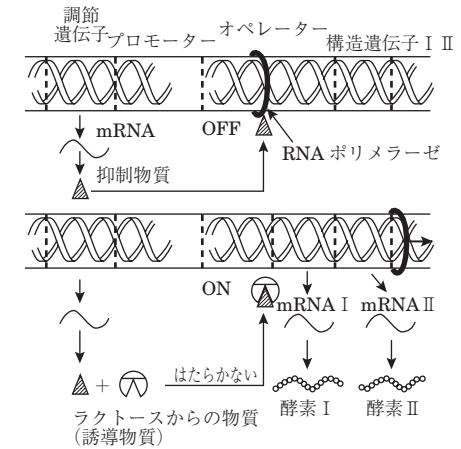
一方、ATP合成酵素遺伝子のように、細胞の生存に必須なものは常に転写されており、これは構成的発現とよばれる。

●このような、リプレッサーによる調節を負の調節という。

●アラビノースオペロンの活性化因子は、アラビノースがないとき、転写抑制に作用するリプレッサーとしてはたらくしている。

●このような活性化因子による調節を、正の調節という。

図5 酵素合成の誘導



- 調節遺伝子…調節タンパク質(リプレッサー、アポリプレッサー)をつくる遺伝情報をもつ部分。
- プロモーター…DNA上のRNAポリメラーゼの最初の結合領域。
- オペレーター…リプレッサーが結合する、DNA上の調節領域。

図6 酵素合成の抑制

