2015 年度 東京大学 前期 生物

第 1 問　ヒトと淡水魚と海水魚の腎臓の機能, オキシトシン遺伝子ノックアウトマウスの交配実験

出題範囲	排出系，循環系，植物ホルモン，物質輸送，遺伝
難易度	★★★★☆
所要時間	25 分
傾向と対策	恒常性の維持が中心的なテーマではあるが，排出系や循環系，植物ホルモン，遺伝など幅広い分野からの出題である。記述量は合計で 11 行程度とやや多く，データの使い方に迷う問題が多い。また，I-D の計算問題はそれほど難しくはないが，計算問題を苦手とする受験生は多いため，差がつく問題だっただろう。これだけの問題を 25 分という時間内ですべて解くには，かなりの演習が必要となる。I-B のような東大でよくみられる形式の問題に慣れ，問題文の重要そうなところに線を引くなどして問題を読み返す時間を減らすことにより，全体にかかる時間を短縮できるだろう。

解答

I

A　1：再吸収　2：透過性

B　(c) 糖尿病患者の尿中にグルコースが含まれるのは，グルコースを再吸収しきれないためであるから。(44 字)

(d) アブシシン酸が合成されて気孔が閉じるのは，水分が不足したときであるから。(36 字)

C　3－④　4－①　5－⑦　6－⑨　7－⑥　8－⑪　9－⑫　10－⑫　11－⑪

D　淡水魚：4.9 ミリ mol/L　　海水魚：52.3 ミリ mol/L

E　ヒト：水，Na^+ともに約 99%再吸収される。(19 字)

淡水魚：Na^+は約 98%再吸収されるのに対し，水は約 31%しか再吸収されない。(35 字)

F　海水魚は糸球体でろ過されたうちの約 66%の水を排出するのに対し約 23%程度の Na^+しか排出しないので，多量の尿を排出すると体液中の Na^+濃度が上昇してしまうから。(81 字)

II

A　父，仔マウスの遺伝子型は仔マウスの生存率に影響を及ぼさない。一方，母マウスの遺伝子型が *ot*/*ot* の場合は生存率が 0%となるが，*OT*/*ot* の場合は約 98%となる。(80 字)

B　(5)　仔マウスの生存率に影響を及ぼすのは母マウスの遺伝子型なので死因は母マウスにあり，母マウスの生育は正常であるから。そのうえ，オキシトシン受容体は乳腺の平滑筋に分布するから。(85 字)

C　*ot*/*ot* の母マウスが出産した仔マウスに人為的に乳を与えると，24 時間後まで生存する仔マウスが存在するようになる。(57 字)

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

解説

I

A　難易度：★☆☆☆☆

文 1 の第 2 段落を読んでいこう。

第 2 段落の 1，2 文目ではネフロン（腎小体と細尿管）における尿生成について書かれている。細尿管において，有用物質は原尿から毛細血管内の血液へと再吸収される。よって，［ 1 ］には再吸収が入る。

次に，再吸収とホルモンの関係について書かれている。バソプレシンは脳下垂体後葉から分泌されるホルモンで，抗利尿ホルモンともよばれ，集合管における水の再吸収を促進し，尿の量を減少させる。ここで，［ 2 ］を見てみよう。バソプレシンが作用すると集合管の何かが上昇して，水の再吸収，すなわち集合管内から集合管外への水の移動が促進される。上昇するのは集合管の水に対する透過性以外考えられないだろう。この透過性の上昇は，バソプレシンが集合管の細胞のバソプレシン受容体に結合することで，集合管の細胞内のアクアポリンが細胞内の小胞から集合管の内腔側の細胞膜へ移動することによる。

以上より，解答は **1：再吸収，2：透過性**が入る。

◆Check!!

腎臓の構造と機能

腎臓は尿を排出する排出系の器官の 1 つで，尿の生成と体液浸透圧の維持を担う。腎臓で作られた尿は，輸尿管を通ってぼうこうに移動し一時貯められたあと，尿道から排出される。腎臓の内部には，外側の腎皮質と内側の腎髄質が存在している。腎皮質と腎髄質を通り抜けるようにして腎臓の基本単位であるネフロン（腎単位）が密に詰まっており、周囲を毛細血管が取り巻いている。毛細血管と腎髄質のさらに内側にある腎うにはネフロンで作られた尿が集められ，ぼうこうへと送られる。

ネフロンはヒトの片方の腎臓に約 100 万個存在する。ネフロンは腎小体（マルピーギ小体）とそれに続く 1 本の細尿管からなる。腎小体は細尿管の末端が膨大したボーマンのうと毛細血管の球体である糸球体からなり，ボーマンのうが糸球体を包み込むような構造をしている。糸球体では，血圧により血液がボーマンのうに向かってろ過される。このろ液を原尿とよぶ。糸球体でろ過された原尿は細尿管を通った後，集合管に集まって尿となり，腎うへと送られる。血球やタンパク質は糸球体を通過できないが，グルコース，アミノ酸，無機塩類などの成分は糸球体を通過できるので，これらが原尿の成分となる。細尿管や集合管内の原尿には有用な物質が存在するため，原尿中の有用な物質が毛細血管の血液へと戻る再吸収が起こる。また，原尿中に物質が移動する分泌という現象も起こる。

腎臓には 1 日に約 1600L の血液が流れ，1 日に約 180L の原尿が生成される。しかし，この原尿中の約 99%の水，ほぼすべてのグルコース，アミノ酸，ビタミンなどが再吸収され，1 日につき 1~2L の尿

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

が生成される。また，K^+やアンモニアなどは毛細血管から原尿中に分泌され，排出される。尿素などの原尿中の老廃物は水に比べてわずかしか再吸収されないため，細尿管と集合管で濃縮される。

このような過程を経た腎臓における尿生成は，体内の恒常性に重要な役割をもっている。

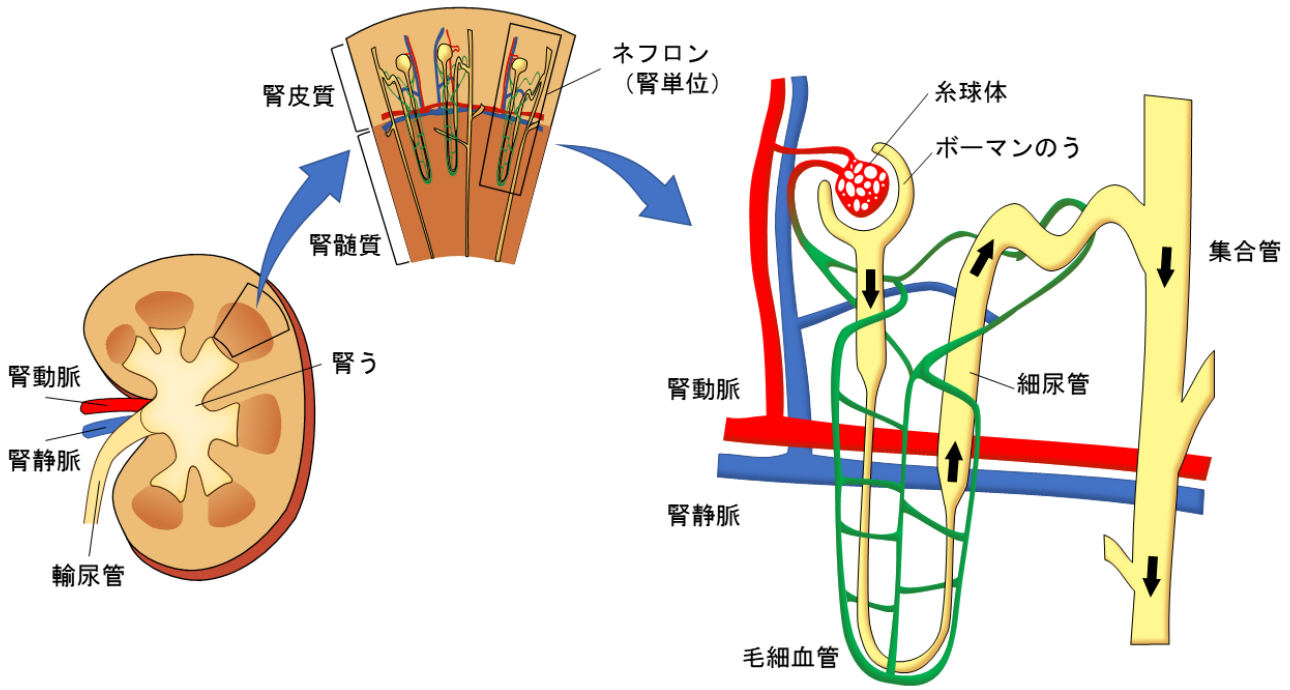


図 A　腎臓の構造

B　難易度：★★★☆☆

選択肢を 1 つずつ見ていこう。

(a)　正しい。細胞の物質の交換は血液によって行われる。例えば，呼吸に必要なグルコースや酸素は血液によって組織に運ばれ，細胞に供給される。呼吸によって生じた二酸化炭素は血しょうに溶けて肺まで運ばれ，排出される。このように，血液循環が細胞の恒常性をもたらしている。

(b)　正しい。ここで心臓について軽く触れておこう。下の図はヒトの心臓の図で，ヒトの正面から見たものである。この図を見てわかるように，左心室が酸素に富む動脈血を大動脈から全身に送るのに対し，右心室は酸素が少ない静脈血を肺動脈から肺に送る。距離を考えればわかるように，心臓から全身に血液を送るのには，心臓から肺に血液を送るよりも大きな力が必要である。よって，右心室よりも左心室のほうが筋肉壁は厚い。

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

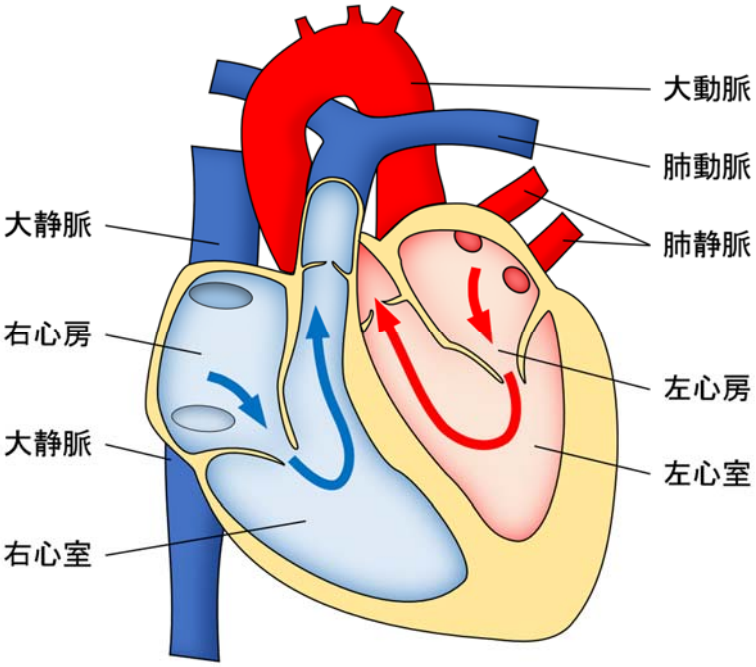


図 B　心臓の構造

(c)　誤り。糖尿病は血糖値の低下を促すホルモンであるインスリンが不足，または標的細胞のインスリンへの反応の低下により，血糖値が上昇する病気である。糖尿病患者では，血糖値が高すぎるため，腎臓でグルコースを再吸収しきることができず，残されたグルコースが排出される。そのため，この病気の診断の 1 つには尿中の糖の存在が用いられる。

(d)　誤り。アブシシン酸は水分が不足しているときに気孔閉鎖を促す。そもそも，水分が過剰なときは，気孔が開いて蒸散が促進されなくてはおかしいので，間違いであることは明白である。

以上より，正しくない選択肢は(c)，(d)で，理由は以下。

(c)の解答例

糖尿病患者の尿中にグルコースが含まれるのは，グルコースを再吸収しきれないためであるから。(44 字)

(d)の解答例

アブシシン酸が合成されて気孔が閉じるのは，水分が不足したときであるから。(35 字)

この形式の問題は東大では頻出で難しくなることが多いが，今回の問題はそれほどでもない。正確な知識をもつ人ならば解けただろう。また，この形式の問題で悩ましいのはどのように正しくない理由を書くべきか，ということだと思う。もしどう書けばいいか迷ったなら，誤文を正しく直して，文末に「から」と書けばよいだろう。

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

C　難易度：★★☆☆☆

ナトリウムポンプは Na^+を細胞外へ，K^+を細胞内に能動輸送する膜貫通タンパク質である。能動輸送とは，ATP を ADP とリン酸に分解するときに得られるエネルギーを用いて，濃度勾配にかかわらず一定の方向に物質を移動させる輸送のことである。よって，[3]には④，[4]には①，[5]には⑦，[6]には⑨が入る。

ナトリウムチャネルは濃度勾配に従って Na^+を受動輸送する膜貫通タンパク質である。よって，[7]には⑥が入る。

ナトリウムポンプの能動輸送により Na^+は細胞内より細胞外のほうが濃度が高く，K^+は細胞外より細胞内のほうが濃度が高い。したがって，ナトリウムチャネルを介しては，細胞外から細胞内へと Na^+が受動輸送される。よって，[8]は⑪，[9]は⑫，[10]は⑫，[11]は⑪である。

以上より，解答は **3－④，4－①，5－⑦，6－⑨，7－⑥，8－⑪，9－⑫，10－⑫，11－⑪**である。

D　難易度：★★★☆☆

表 1－1 の数字を用いて素直に計算していけばよいのだが，まずは与えられたデータの演算から尿中の Na^+濃度を導出しよう。

$$\text{尿中の Na}^+\text{濃度}=\frac{\text{尿中の Na}^+\text{量（＝Na}^+\text{排出量）}}{\text{尿量}}$$

$$=\frac{\text{Na}^+\text{排出量}}{\text{Na}^+\text{ろ過量}}\times\frac{\text{糸球体ろ過量}}{\text{尿量}}\times\frac{\text{Na}^+\text{ろ過量}}{\text{糸球体ろ過量}}$$

$$=\frac{\text{Na}^+\text{排出量}}{\text{Na}^+\text{ろ過量}}\times\frac{\text{糸球体ろ過量}}{\text{尿量}}\times\text{原尿中の Na}^+\text{濃度}$$

$$=\frac{\text{Na}^+\text{排出量}}{\text{Na}^+\text{ろ過量}}\times\frac{\text{糸球体ろ過量}}{\text{尿量}}\times\text{血しょう中の Na}^+\text{濃度}$$

1 つ目の等号と 2 つ目の等号はおそらくすぐわかるだろう。3 つ目の等号は，糸球体ろ過量が原尿量であり，Na^+ろ過量が原尿中の Na^+の量であることがわかれば容易に理解できるはずである。4 つ目の等号は，糸球体におけるろ過では血球やタンパク質が通過しないだけでほかの物質は通過するので，Na^+の濃度が原尿と血しょうで変化しないということに基づいている。

これであとは，表 1－1 と問題文中の数字を代入し計算するだけである。計算は以下。

$$(\text{淡水魚の血しょう中の Na}^+\text{濃度})=0.024\times\frac{1}{0.69}\times 140\ \text{ミリ mol/L}$$

$$=4.9\ \text{ミリ mol/L}$$

$$(\text{海水魚の血しょう中の Na}^+\text{濃度})=0.23\times\frac{1}{0.66}\times 150\ \text{ミリ mol/L}$$

$$=52.3\ \text{ミリ mol/L}$$

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

よって，解答は**淡水魚**：**4.9 ミリ mol/L**，**海水魚**：**52.3 ミリ mol/L** である。計算問題を苦手とする生物選択者は多いと思うが，この問題の解答を見てわかるように，入試生物の計算問題はさほど難しくはない。しっかりと練習を積めば，確実に点を取れるようになり，周りの受験生に差をつけられるだろう。

E　難易度：★★★☆☆

まずは，海水魚と淡水魚の浸透圧調節について確認しよう。

海水は浸透圧が体液よりも高いので，海水魚の水分は体表から海水中に出て行ってしまう。そこで，海水魚は口から大量の海水を飲むことで体表からの水喪失とのバランスを保っている。海水を飲むことで増えた体内の塩類はえらから能動輸送により排出する。また，脱水を防ぐために少量の等張尿を排出する。

淡水は浸透圧が体液よりも低いので，淡水魚は体表から水が浸入する。そのため，体液浸透圧の低下を防ぐために口から水は飲まず，大量の低張尿を排出する。また，塩類はえらから取り込む。

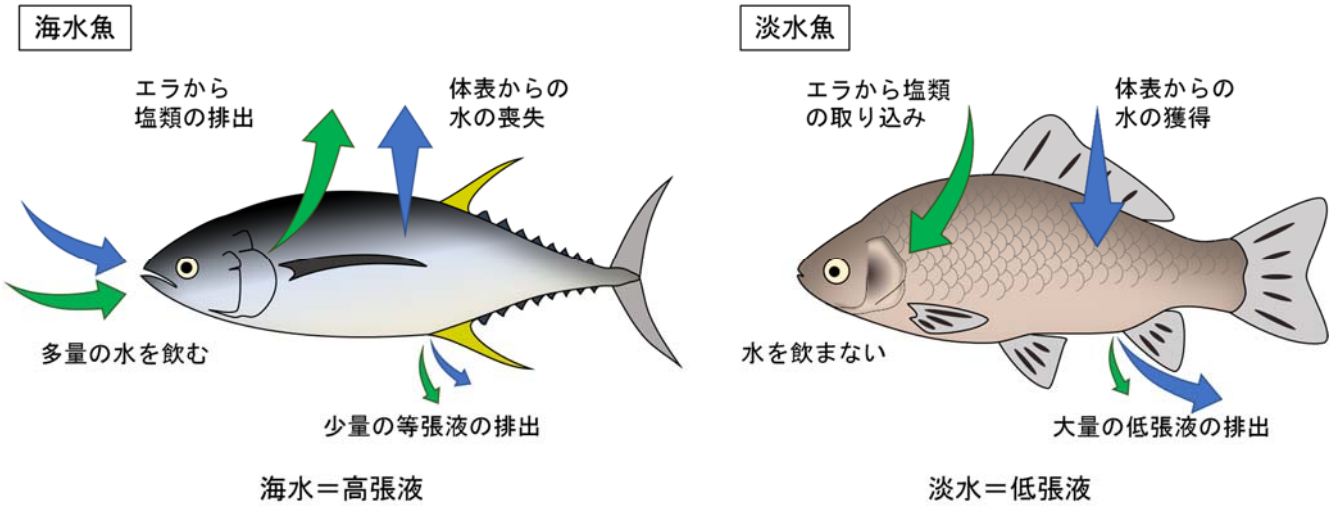


図 C　海水魚と淡水魚の浸透圧調節

ちなみに，サメ類などの海産の軟骨魚類は高濃度の尿素を組織内にもち，体液浸透圧が海水に対してやや高くなっている。これにより，浸透圧の高い海水中での生活に適応している。

以上のことを踏まえて問題を見てみよう。上述のように淡水魚は大量の低張尿を排出する。このことより，細尿管と集合管での再吸収がヒトと異なるのではないか，と容易に推測できる。それを踏まえて，データを見てみよう。ここで，分泌が起こらない物質 X に関して次の式が成り立つ。

$$\text{X ろ過量} = \text{X 排出量} + \text{X 再吸収量}$$

$$1 = \frac{\text{X 排出量} + \text{X 再吸収量}}{\text{X ろ過量}}$$

$$= \frac{\text{X 排出量}}{\text{X ろ過量}} + \text{X 再吸収率}$$

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

$$\therefore 1-\text{X 再吸収率}=\frac{\text{X 排出量}}{\text{X ろ過量}}$$

水も Na^+も分泌が起こらない物質（分泌が起こる物質の代表は K^+やアンモニアなど）であり，水排出量は尿量とほぼ等しく水ろ過量は糸球体ろ過量とほぼ等しいことを考えれば，「尿量/糸球体ろ過量」とは「1－水の再吸収率」に等しく，「Na^+排出量/Na^+ろ過量」とは「1－Na^+の再吸収率」に等しいことがわかる。

このことに気がつけば，ヒトと淡水魚の再吸収における違いは明らかである。その値を下表にまとめてみる。

表 A　ヒトと淡水魚の再吸収率

	水の再吸収率	Na^+の再吸収率
ヒト	0.9906	0.990
淡水魚	0.31	0.976

これをそれぞれ簡単にまとめればよいので，解答は次のようになる。

解答例

ヒト：水，Na^+ともに約 99%再吸収される。（19 字）

淡水魚：Na^+は約 98%再吸収されるのに対し，水は約 31%しか再吸収されない。（35 字）

F　難易度：★★★★★

前の問題で述べたように，海水魚はえらから Na^+などの塩類を排出し，少量の等張尿を排出することで体液浸透圧を維持している。この問題は，なぜ尿の量が少量なのか，ということを聞いている。この段階ではわからない人が多いかもしれないが，「表 1－1 の数値を根拠として」とあるので表 1－1 を見てみよう。下に表 1－1 から海水魚のところだけを取り出してみた。

表 B　海水魚の尿に関するデータ

	海水魚
1 日あたりの糸球体ろ過量（L/kg）	0.013
尿量/糸球体ろ過量	0.66
Na^+排出量/Na^+ろ過量	0.23
尿の浸透圧/血しょうの浸透圧	1.0

1 日あたりの糸球体ろ過量は，設問文中にあるとおり淡水魚やヒトに比べて少ないということがわかるだけで，解答には使えない。また尿の浸透圧/血しょうの浸透圧も 1.0 となっていて，等張の尿を排出するということだが，そこから尿の排出の体液浸透圧に対するデメリットは見出せないので，これも解答には使えない。よって，

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

尿量/糸球体ろ過量と Na^+排出量/Na^+ろ過量を解答に用いることになりそうである。

考えてみると，尿量/糸球体ろ過量が 0.66 であるとは，原尿中の水の 66%が排出されるということであり，Na^+排出量/Na^+ろ過量が 0.23 であるとは，原尿中の Na^+の 23%が排出されるということである。すなわち，水と Na^+の再吸収率が異なっているのである。水の排出率が Na^+の排出率よりも大きいので，もしも大量の尿が排出されたなら，体液の Na^+濃度は上昇し，恒常性が維持できなくなるおそれがある。

このことを 2 行程度でまとめると次のような解答になる。

解答例

海水魚は糸球体でろ過されたうちの約 66%の水を排出するのに対し約 23%程度の Na^+しか排出しないので，多量の尿を排出すると体液中の Na^+濃度が上昇してしまうから。(81 字)

II

A　難易度：★☆☆☆☆

まずは文 2 を読んでいこう。文 2 には，子宮平滑筋の収縮などにかかわるオキシトシンというホルモンについて書かれてあり，その性行動や社会的行動への影響について取り上げられている。問題文中で，オキシトシン遺伝子はマウスの常染色体上に存在し，正常なオキシトシン遺伝子は *OT*，破壊されたオキシトシン遺伝子は *ot* と示すと与えられていることに注意して実験 1 を見ていこう。

実験 1 では，*OT*/*ot* と *ot*/*ot* の交配実験であり，仔マウスの遺伝子型と 24 時間後の生存率を調べている。表 1−2 のどの交配においても，それぞれ遺伝子型に対する総産仔数の比は予測どおりの結果であり，おかしいところは見当たらない。それぞれの交配で産まれた仔の数も 90~100 とどの交配においても変わりがない。注目したいのは，それぞれの交配における仔の 24 時間後の生存率が仔の遺伝子型によって変化しないということである。交配 1，2，3，4 における仔の生存率はそれぞれ，約 98%，0%，約 98%，0%となっている。これを親の遺伝子型と合わせて表にしてみると以下のようになる。

表 C　親の遺伝子型と仔の 24 時間後の生存率

		母マウスの遺伝子型	
		OT/*ot*	*ot*/*ot*
父マウスの遺伝子型	*OT*/*ot*	約 98%	0%
	ot/*ot*	約 98%	0%

この表を見てすぐわかるように，父マウスの遺伝子型にかかわらず，母マウスの遺伝子型が *OT*/*ot* の時は仔

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

の生存率が約 98%，*ot*/*ot* の時は 0%となっている。

以上より，仔マウスの 24 時間後の生存率に対し，父マウスと仔マウスの遺伝子型は全く影響を及ぼさず，母マウスの遺伝子型のみが影響を及ぼすことがわかる。これをまとめると，解答は次のようになる。

解答例

父，仔マウスの遺伝子型は仔マウスの生存率に影響を及ぼさない。一方，母マウスの遺伝子型が *ot*/*ot* の場合は生存率が 0%となるが，*OT*/*ot* の場合は約 98%となる。(80 字)

B　難易度：★☆☆☆☆

実験 2 では，オキシトシンが脳下垂体後葉から分泌されること，オキシトシン受容体は 1 種類で，子宮，乳腺の平滑筋，社会的行動や性行動にかかわるニューロンに存在することが示されている。

実験 3 では，母マウスの遺伝子型は母マウスの保育行動に影響を及ぼさないということが示されている。実験 1 において，妊娠後に父マウスを取り除き母マウスと仔マウスのみで飼育している点，母マウスが正常な遺伝子型のときの仔マウスの生存率は約 98%と非常に高い点を考慮すると，出生後 24 時間の仔マウスの保育は母マウスだけで十分ということができるだろう。

以上を踏まえて，仔マウスが生後 24 時間以内に死んでしまう原因の選択肢を見ていこう。

(1)(2)(6)　不適切。A で述べたように，仔マウスの生存率に影響を及ぼすのは母マウスの遺伝子型である。そのため，原因は *ot*/*ot* の母マウスの形質にあると考えられるので，主語が仔マウスや父マウスとなっている時点で，不適切と判断してよいだろう。また，(6)は上述の「母マウスの保育のみで十分である。」という点からも不適切と判断できる。

(3)(4)　不適切。主語が母マウスである点はよいが，もし腎臓から老廃物を排出できない，あるいは低体温であったならば，母マウスが正常に生育することは難しい。まして，妊娠や出産を正常に行うことはなおさら難しいだろう。実験 1 において，*OT*/*ot* と *ot*/*ot* の雌マウスがほぼ同数の仔を出産していることを顧みると，これらの選択肢は不適切であるといえる。また，オキシトシンの受容体は子宮，乳腺の平滑筋，社会的行動や性行動にかかわるニューロンにのみ存在していて，腎臓のはたらきや体温との関連を見いだせないことからも不適切と判断できる。

(5)　適切。消去法によりこの選択肢が正解であるのは明らかであり，オキシトシン受容体が乳腺の平滑筋に存在することとも合致する。また，母マウスから乳が出なければ仔マウスが死んでしまうというのも納得がいくので，これが適切であろう。

以上より，解答は(5)であり，理由は次のようになる。

解答例

仔マウスの生存率に影響を及ぼすのは母マウスの遺伝子型なので死因は母マウスにあり，母マウスの生育は正常であるから。そのうえ，オキシトシン受容体は乳腺の平滑筋に分布するから。(85 字)

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

この問題のように問題文中にヒントが多くあるのは東大の生物の入試問題の特徴である。分量が多いわりに時間はあまりかけられないので，読み落とさないように丁寧にかつ速やかに問題文を読む力が必要になる。

C　難易度：★★★☆☆

仮説を示すための実験を設定し，結果を予測する問題。難しく考えすぎず，1 つだけ条件を変えることで，仮説を肯定するような結果を導けばよい。

ここでの仮説は，「*ot*/*ot* の母マウスから産まれた仔マウスが母マウスとともに飼育された時に生後 24 時間以内に死亡してしまうのは，*ot*/*ot* の母マウスから乳が出ないためである」ということである。実験 1 で *ot*/*ot* の母マウスから生まれた仔マウスの 24 時間後の生存率が 0%であることはすでに得られているので，同様の環境で仔マウスに人為的に乳を与えた時に仔マウスの生存率が上昇したならば，仮説は正しいと示せるだろう。

したがって，解答は次のようになる。

解答例

***ot*/*ot* の母マウスが出産した仔マウスに人為的に乳を与えると，24 時間後まで生存する仔マウスが存在するようになる。（57 字）**

（西川尚吾，大橋陽樹，後藤暁彦，安藤さくら）

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

2015 年度 東京大学 前期 生物

第 2 問　アブラナ科の植物の自家不和合性と遺伝子変異，助細胞による花粉管誘引

出題範囲	植物の受精，遺伝子，遺伝，植物の配偶子形成
難易度	★★★☆☆
所要時間	24 分
傾向と対策	植物の受精がテーマの大問で，I では自家受精，II では重複受精を扱っている。実験が多いようにみえるが，複雑な実験はない。落ち着いて読んでいって，つまずくことがないようにしてほしい。特に問 I-B のような問題は，焦っているとミスをしやすいので注意しよう。II で扱っている助細胞のはたらきは生物の受験問題で頻出の内容であり，事前に理解しているとかなり有利である。教科書に載っている範囲の知識にとどまらず，資料集などを読んで，受験で定番の題材について理解を深めることも重要である。

解答

I

A　(1)，(2)

B　1：8　2：メチオニン　3：56　4：アスパラギン　5：27

C　予想：すべての花粉が発芽しなかった。

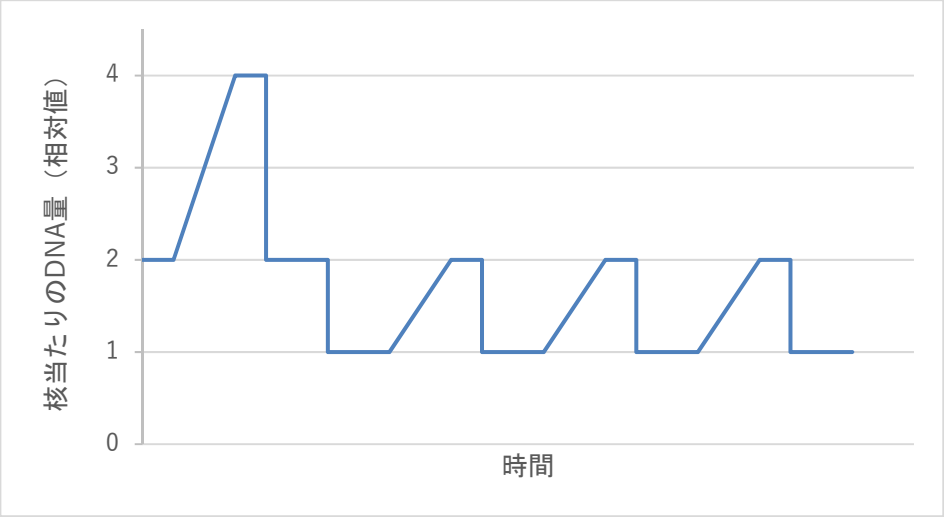
理由：形質転換株の花粉には A1 株と同じ雄性因子のタンパク質 X が，柱頭には B2 株と同じ雌性因子のタンパク質 Y が存在し，両因子は結合して自家不和合性を示すから。(75 字)

D　(1)

E　2 つの遺伝子が同一染色体上かつ極めて近い位置にあることが必要である。これにより，2 遺伝子は完全連鎖になり，組み合わせの変わらないまま次世代に伝えられる。(76 字)

II

A



©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

B　イネ，エンドウ

C　卵細胞：n　胚：2n　胚乳：3n

D　1：助　2：花粉管誘引　3：停止（阻害，抑制なども可）

E　胚のうには助細胞が 2 つあるので，胚のうに進入する花粉管は最大 2 本である。1 本目の花粉管が正常な精細胞をもつ確率は 50%，1 本目は異常な精細胞かつ 2 本目は正常な精細胞をもつ確率は 25%なので，重複受精は 75%の胚のうで成立する。（113 字）

解説

I

A　難易度：★★☆☆☆

自家受精と他家受精それぞれの利点と欠点がわかっているかを問う問題。

自家受精では，自身の精細胞と卵細胞が受精し，種子を作る際に他個体を必要としないため，受精できる確率は高いが，遺伝的多様性の増加にはほとんど寄与しない。一方，他家受粉では，他個体と受精するため，受精できる確率は低いが，遺伝的多様性の増加に寄与する。

(1)　誤り。自家受精では花粉が柱頭につくための媒介者を必要としないのに対し，他家受精では風や虫に花粉を媒介してもらわなければならないため，受粉が成功する可能性が低い。つまり，自家受精せず他家受精のみをする植物種は，自家受精する植物種よりも子孫を残すことが難しいといえる。

(2)　誤り。個体群が小さくなった場合，他家受精では他個体から花粉が送られてくる可能性が低くなるので子孫を残しにくい。一方，自家受精は他個体の存在に関係なく受粉できるので子孫を残すことができる。よって，個体群が小さくなった場合は，自家受精をせず他家受精のみをする植物種のほうが自家受精する植物種よりも不利であるといえる。

(3)　正しい。自家受精では自身の 2 つの配偶子が接合することになるので遺伝子型の多様性は低くなる。他家受精では他個体と遺伝子の交流があるので動物の有性生殖と同じで遺伝子型は多様になる。遺伝子型が多様であれば，環境の変化に対応できる個体の存在する可能性は高くなる。

間違っているものを選ぶので，解答は(1)，(2)。

◆Check!!

自家受精と他家受精

自家受精と他家受精にはさまざまな利点欠点がある。自家受精では受粉が成功しやすいため，作る花粉の量は少なくてすむ。一方他家受精では，花粉が同種の柱頭まで運ばれる可能性は低いので多量の花粉を作る必要がある。自家受精では媒介者を必要としないので，媒介してもらうために必要な構造（鮮やかな花弁や甘い蜜）への投資は少なくてすむ。しかし，遺伝子の多様性は低くなる。また，接合する

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

のは自分の配偶子どうしであるので有害遺伝子がホモになりやすく，近交弱勢が起こる。さらに，花粉の送粉は自身の遺伝子を拡散できる機会であるが，自家受精ではそれができない。

表 A　自家受精と他家受精の比較

	自家受精	他家受精
受粉の成功率	高い	低い
花粉を作るコスト	小さい	大きい
花粉を送るためのコスト	小さい	大きい
遺伝子多様性	低い	高い
近交弱勢	起こる	起こらない
遺伝子の拡散	できない	できる

安定した環境では効率よく子孫を残せる自家受精の方が有利といえ，変化が激しい環境では環境変化に強い他家受精のほうが有利といえる。多くの植物は自家受精か他家受精の一方のみを行うのではなく，両方を行い，さまざまな環境で柔軟に子孫を残せるようにしている。

B　難易度：★★★☆☆

塩基配列の変化に関する問題である。N 番目のアミノ酸は mRNA の塩基の 3N-2 番目から 3N 番目で表されるコドンが対応している。これをもとに塩基配列が変化していた 4 か所についてまとめると，下の表のようになる。

表 B　塩基配列の変化にともなうアミノ酸の変化

アミノ酸	変化前	変化後
8 番目	バリン	メチオニン
21 番目	フェニルアラニン	フェニルアラニン
56 番目	セリン	アスパラギン
63 番目	セリン	終止コドン

この表から，塩基配列の違いによって B2 株のタンパク質 X は 8 番目のバリンがメチオニン，56 番目のセリンがアスパラギン，63 番目のセリンが終止コドンであるという点が A1 株のタンパク質 X と異なることがわかる。63 番目が終止コドンであるので，B2 株の作るタンパク質 X は 62 アミノ酸からなる。問 B の問題文中に A1 株のタンパク質 X は 89 アミノ酸からなるとあるので，B2 株の作るタンパク質 X は A1 株の作るタンパク質 X より 27 アミノ酸短い。

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

以上より，解答は **1：8，2：メチオニン，3：56，4：アスパラギン，5：27** である。

C　難易度：★★★☆☆

自家不和合性にかかわる因子についての考察問題である。実験 1 の結果から考えていかなければならない。

文 1 によると，自家不和合性は同種の株の花粉表面のタンパク質 X と柱頭表面のタンパク質 Y が結合するために起こるとある。異種株のタンパク質では通常結合は起こらないため，受精することができる。ここで，実験 1 の結果を見ると，A1 株の花粉と B2 株の柱頭の組み合わせの場合のみ花粉が発芽していない。これは，A1 株のタンパク質 X（X^{A1}）と B2 株のタンパク質 Y（Y^{B2}）でも両タンパク質が結合し，受精を拒否するのだと推測できる。

さて，実験 3 では野生型の B2 株とその形質転換株を用いている。野生型の B2 株のタンパク質 X は X^{B2}，タンパク質 Y は Y^{B2} であり，形質転換株のタンパク質 X は X^{A1}，タンパク質 Y は Y^{B2} である。これをもとに，表 2-3 をタンパク質 X とタンパク質 Y に着目してみると次の表のようになる。

表 C　実験 3 の交配結果

♀→タンパク質 Y ♂→タンパク質 X	野生型株 →Y^{B2}	形質転換株 →Y^{B2}
野生型株　→　X^{B2}	○	○
形質転換株→　X^{A1}	×	？

これを見ると，♀が野生型株であっても形質転換株であってもタンパク質 Y は同じ Y^{B2} であるので結果は変わらないことがわかる。つまり，(a)は×である。実際，(a)は X^{A1} と YB2 の組み合わせであるので，両タンパク質は結合し自家不和合性を示す。よって，予想は**すべての花粉が発芽しなかった**であり，理由は次のようになる。

解答例

理由：形質転換株の花粉には A1 株と同じ雄性因子のタンパク質 X が，柱頭には B2 株と同じ雌性因子のタンパク質 Y が存在し，両因子は結合して自家不和合性を示すから。（75 字）

D　難易度：★★☆☆☆

雄性因子（タンパク質 X）と雌性因子（タンパク質 Y）が正常に働いていれば自家不和合性がはたらいて自家受精できないはずである。しかし，B2 株では自家受精ができている。この原因がタンパク質 X とタンパク質 Y のどちらにあるのか考える問題である。実験 1 や実験 3 をみると，X^{A1} と Y^{B2} の組み合わせだと自家不和合性が起こることから，Y^{B2} は正常であると考えられる。つまり，異常があるのは X^{B2} である。

よって，解答は(1)。

植物種 A は自家不和合性を示すので，X^{A1} と Y^{A1} も結合する。よって，Y^{A1} と Y^{B2} は類似した（あるいはまった

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

く同じ）タンパク質であると考えられる。一方，実験 2 で示されたとおり，X^{A1} と X^{B2} はアミノ酸配列が異なっている。だから X^{B2} と Y^{B2} は結合できないのは当然である。A1 株のタンパク質 X の遺伝子が変異して自家不和合性を示さなくなったものが B2 株であるという可能性が考えられる。

E　難易度：★★★★☆

タンパク質 X と Y による自家不和合性のしくみが次の世代に受け継がれるには，タンパク質 X の遺伝子とタンパク質 Y の遺伝子が同じ組み合わせのまま受け継がれることが必要である。そのためにはまず，タンパク質 X と Y それぞれの遺伝子が別々の染色体上にあってはならない。別々の染色体上にあれば減数分裂の過程で簡単に組み合わせが変わってしまうからだ。さらに，2 つの遺伝子は同一染色体上の中でも近い距離にあるべきである。これは，減数分裂の際に起こる遺伝子の組換えによって遺伝子の組み合わせが変わってしまうことがあるからである。遺伝子の組換えは染色体上での距離が近いほど起こりにくくなるので，2 つの遺伝子の組み合わせが変わらないためにはその 2 遺伝子間の距離を近くしなければならない。

以上をまとめると，解答は次のようになる。

解答例

2 つの遺伝子が同一染色体上かつ極めて近い位置にあることが必要である。これにより，2 遺伝子は完全連鎖になり，組み合わせの変わらないまま次世代に伝えられる。（76 字）

2 つの遺伝子が十分近接していて常にセットになって遺伝することを完全連鎖という。この言葉は入れても入れなくてもよいだろう。

II

A　難易度：★★☆☆☆

胚のう母細胞が胚のうになるまでの過程に関する問題である。教科書レベルの知識をきちんと覚えていれば難しくない。

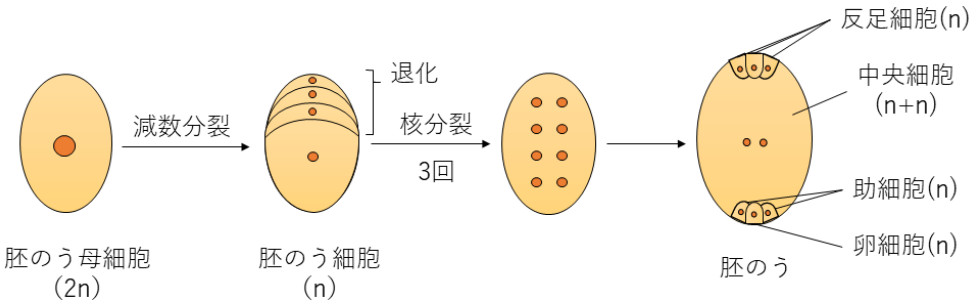


図 A　胚のうの形成

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

胚のう母細胞はまず減数分裂をして胚のう細胞になる。胚のう細胞の核は 3 回分裂して 8 個の核になる。8 個の核は，核分裂後の細胞質分裂で 1 つは卵細胞の核，2 つは助細胞の核，2 つは中央細胞の極核，3 つは反足細胞の核に分かれる。これが卵細胞を含む成熟した胚のうである。

胚のう母細胞の核相は 2n。それが減数分裂してできた胚のう細胞の核相は n である。胚のう細胞が胚のうになるまでの間の核分裂では分裂前に DNA の合成が行われる。よって胚のうの各核の核相は n である。初めの胚のう母細胞内の DNA 量を 2 とすると，DNA 量の変化は次のグラフのとおりである。

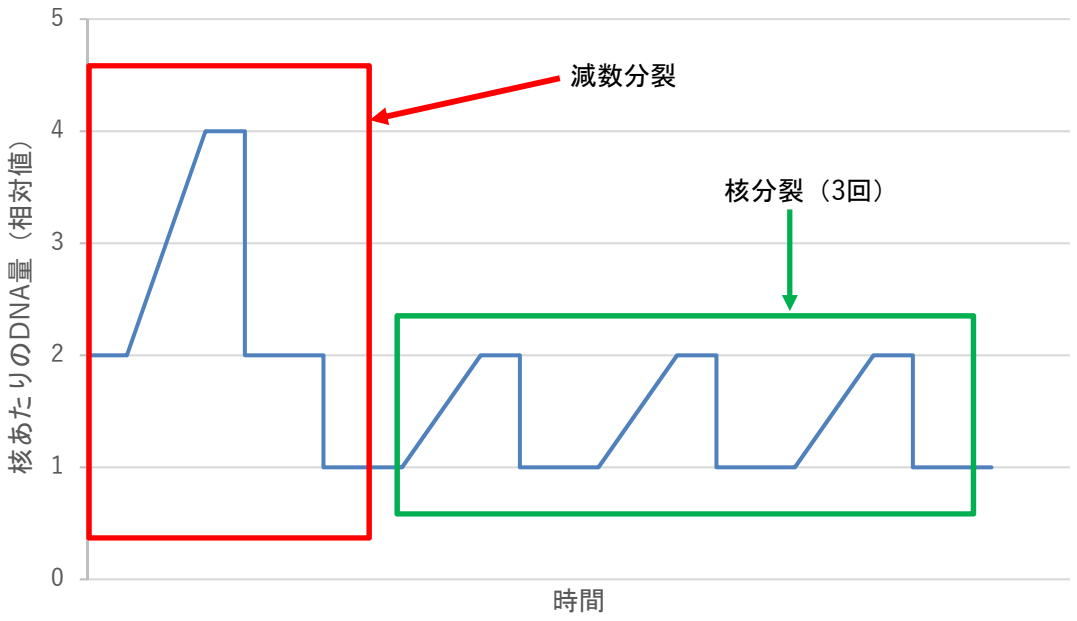
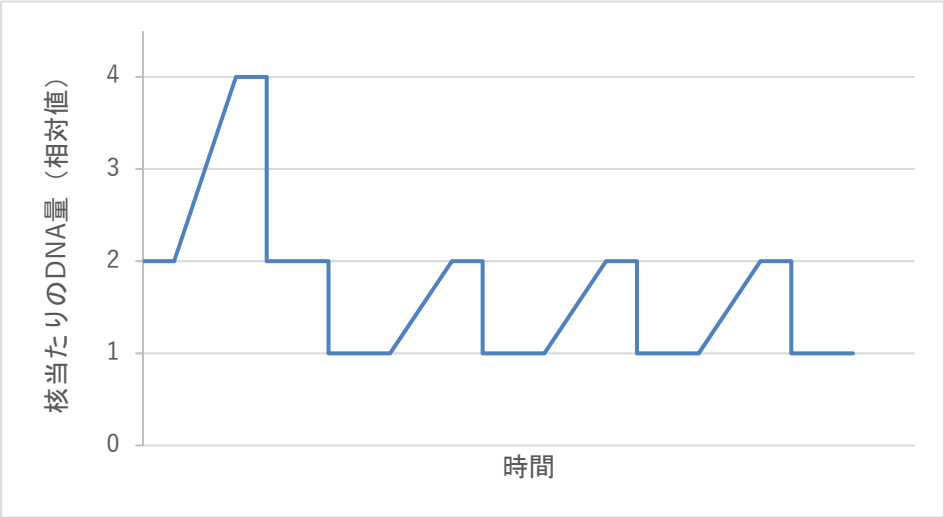


図 B　胚のう形成時の DNA 量の変化

よって、解答は次。



©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

B　難易度：★☆☆☆☆

植物の受精様式に関する問題である。重複受精をするのが被子植物のみであるということがわかっているかが鍵であった。解答は被子植物である**イネ**と**エンドウ**。イチョウ，ソテツは裸子植物，ゼニゴケはコケ植物，ワラビはシダ植物である。それぞれの植物の分類について，代表的なものは覚えておこう。

C　難易度：★☆☆☆☆

卵細胞は受精する前の生殖細胞なので単相（核相：n）である。卵細胞が受精して胚になると複相（2n）になる。胚乳は中央細胞が精細胞と受精することでできる。中央細胞の極核（2n）と精細胞の核（n）が融合しているので，胚乳の核相は 3n である。

以上より，解答は**卵細胞：n，胚：2n，胚乳：3n** である

D　難易度：★★☆☆☆

文 2 に花粉管は助細胞から放出される花粉管誘引物質に誘引されるとある。よって，1 本の花粉管が胚のうへ誘引されたのちにも助細胞からの花粉管誘引物質の放出が続くと，さらなる花粉管の胚のうへの進入が起きてしまうと予想される。助細胞が花粉管を誘引するということはもともと知識として知っていただろう。さらなる花粉管の進入を防ぐためには，助細胞の花粉管を誘引する機能を止めなければならない。

したがって，解答は **1：助，2：花粉管誘引，3：停止（阻害，抑制なども可）**である。

E　難易度：★★★★★

50%の割合で異常な精細胞が生じている変異 m のヘテロ接合体を用いて重複受精の成功率をみる実験。この実験の結果を正確に考察することが求められている問題である。

実験 1 では 75%の胚のうで重複受精が成立しており，そのうちの 67%では花粉管の進入は 1 本であったとある。75%＝3/4，67%≒2/3 だということに気づいてほしい。すなわち，花粉管の進入が 1 本であったのは全体のおよそ半分（3/4×2/3＝1/2）である。重複受精が成立すると助細胞による花粉管誘引がなくなることは問 II-D で考察した。つまり，花粉管が 1 本しか進入しなかった全体の半分の胚のうでは，1 本目の花粉管の進入で重複受精が成立していたと考えられる。

ここで実験 2 を見てみると，実験 2 では助細胞が 1 つ破壊された状態での重複受精の成功率が調べられている。結果は 50%の胚のうで重複受精が成立しており，助細胞が 1 つ破壊された状態であっても重複受精の成功する確率は変わらないということがわかる。これをもとに実験 1 の続きを考える。

1 本目の花粉管の進入では半分の胚のうは重複受精が成立していない。問 II-D の考察より，それらの胚のうにある崩壊していない助細胞は花粉管誘引物質を出しているはずである。実験 2 の結果より，助細胞が 1 つのときに重複受精が成立する確率は 50%である。よって，2 本目の花粉管の進入によって重複受精が成立するのは全体の半分のうちの 50%，すなわち全体の 25%となる。

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

以上より，1 本目の花粉管の進入によって 50%の胚のうが重複受精し，2 本目の花粉管の進入によって 25%の胚のうが重複受精した結果，75%の胚のうで重複受精が成立したと考えられる。解答は以上のことをまとめればよい。

解答例

胚のうには助細胞が 2 つあるので，胚のうに進入する花粉管は最大 2 本である。1 本目の花粉管が正常な精細胞をもつ確率は 50%，1 本目は異常な精細胞かつ 2 本目は正常な精細胞をもつ確率は 25%なので，重複受精は 75%の胚のうで成立する。（113 字）

（大橋陽樹，後藤暁彦，神戸朱琉，西川尚吾）

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

2015 年度 東京大学 前期 生物

第 3 問　さまざまな生態系と物質収支，窒素添加物と草食獣の植物群落の多様性への影響，ため池の生態系と外来種

出題範囲	生体物質，物質生産，バイオーム，代謝，種間競争，系統分類，生態系
難易度	★★★☆☆
所要時間	24 分
傾向と対策	生態系をテーマとする大問。記述量は例年並みである。問題文をしっかり読み考える必要のある論述問題などが出題されているが，全体としての難易度は標準程度であった。III-C などは特に手ごわく，この問題で正解できれば、ほかの受験生に差をつけられるだろう。しかし，実際の受験では，難しい問題には見切りをつけ，ほかで得点を稼ぐほうがよい場合も多いので，わからない問題に固執し過ぎないほうがいいだろう。1 つの小問や大問に長い時間をかけてしまうと，生物のほかの大問やもう 1 つの理科の科目に影響を及ぼしかねないので，手の届く問題を時間内に確実に正解するというのが大切である。

解答

I

A　1：リン　2：セルロース

B　草原で優占するのは非同化器官の割合の低い草本であるのに対し，落葉樹林で優占するのは非同化器官の割合の高い樹木であるため。(60 字)

C　腸内にセルロースやリグニンを分解することのできる共生微生物がいるから。(35 字)

D　92%

II

A　3：窒素化合物　4：光　5：種間競争

B　草食獣による摂食により現存量が減少し，光をめぐる種間競争が緩和されたことで，競争に弱い種が排除されにくくなったため。(58 字)

C　(2)，(3)，(5)

III

A　(2)

B　アメリカザリガニを捕食することで，トンボ幼虫の被食量を減らすという影響。(36 字)
アメリカザリガニや小魚を捕食することで，トンボ幼虫が隠れ家とできる水草の量を増やすという影響。(47 字)

C　雑木林の落葉はアメリカザリガニの直接の餌であり，アメリカザリガニの餌となるイトミミズ・ユスリカ幼虫の餌でもある。よって，ため池に流入する雑木林の落葉の量を減らせばよい。(84 字)

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

解説

I

A　難易度：★★☆☆☆

植物が比較的大量に必要とする主要栄養素は，炭素，酸素，水素，窒素，リン，硫黄，カリウム，カルシウム，マグネシウムの 9 つである。このうち，畑などで特に欠乏しやすい窒素，リン，カリウムは肥料の 3 要素とよばれる。

海洋の一次生産において重要な植物プランクトンは、陸上の植物と同様に窒素、リン、カリウムなどの元素を特に必要とする。このうち、カリウムは海水中に十分に存在しているため、おもに窒素やリンなどの量が海洋の純生産量を決定する。よって、 1 にはリンが入る。

2 には，動物の多くが消化できない物質が入るが，セルロースを入れるのがよいだろう。セルロースは植物の細胞壁を構成する物質で，セルロースを分解できる酵素をもつ生物はほとんどいない。しかし，ある種の微生物はセルロースをグルコースに分解することができ，そのような微生物を胃に共生させているウシや腸に共生させているシロアリは，セルロースの分解産物であるグルコースを吸収しエネルギー源としている。

以上より，解答は **1：リン，2：セルロース**である。単純な知識問題である。

B　難易度：★★☆☆☆

生態系における有機物の収支については下の Check!!を確認してほしい。

この問題では，温帯草原と温帯落葉樹林を比較したとき，現存量の差のほうが純生産量の違いよりも大きい理由が問われている。それぞれのバイオームで優占している植物は，温帯草原では草本，温帯落葉樹林では樹木である。問題文に「摂食以外の観点から」とあるので，別の観点から考えると，樹木は幹などの非同化器官の割合が高いということに気がつくだろう。非同化器官の割合が高くなると，現存量に対して生産量が小さくなると考えられる。そのため，温帯草原の現存量は，温帯落葉樹林の 5%に過ぎないのにもかかわらず，純生産量は 50%ほどであると考えられる。

したがって，解答は次のようになる。

解答例

草原で優占するのは非同化器官の割合の低い草本であるのに対し，落葉樹林で優占するのは非同化器官の割合の高い樹木であるため。(60 字)

◆Check!!

生態系における有機物の収支

生態系内の有機物は生産者によって作られ，動物などの各栄養段階の生物にも利用される。まず

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

は，以下の用語について確認しよう。いずれも一定の面積と期間における量であることに注意しよう。

現存量：存在する生物体の量。

呼吸量：生物体が呼吸によって消費した有機物の総量。

総生産量：生産者が生産した有機物の総量。

純生産量：総生産量から呼吸量を引いた量。

枯死量：生産者の植物体のうち枯れ落ちた有機物の総量。枯れ落ちた有機物の量がなぜ純生産量の中に含まれるのかと疑問に思う人もいるかもしれない。現存量が一定期間で変わらないとしても，植物の一部が枯れ落ちていれば，枯れ落ちた分だけ植物が成長しているはずである。つまり，枯死量は枯れ落ちた分を補うのに要する有機物量である。

死滅量：消費者の生物体のうち死滅した有機物の総量。枯死量同様に，死滅量は死滅した分を再生するのに要する有機物量と等しい。

被食量：生物体のうち消費者に食べられた有機物の総量。

成長量：生物体が成長した量。植物では，純生産量から被食量と枯死量を引いたものと等しい。

摂食量：消費者が摂食した有機物の総量。ある栄養段階の摂食量はその 1 つ下位の栄養段階の被食量に等しい。

不消化排出量：消費者が摂食した生物体のうち，消化されず体外に排出された有機物の総量。

同化量：摂食量から不消化排出量を引いた量。植物の総生産量に相当する。

生産量：同化量から呼吸量を引いた量。植物の純生産量に相当する。

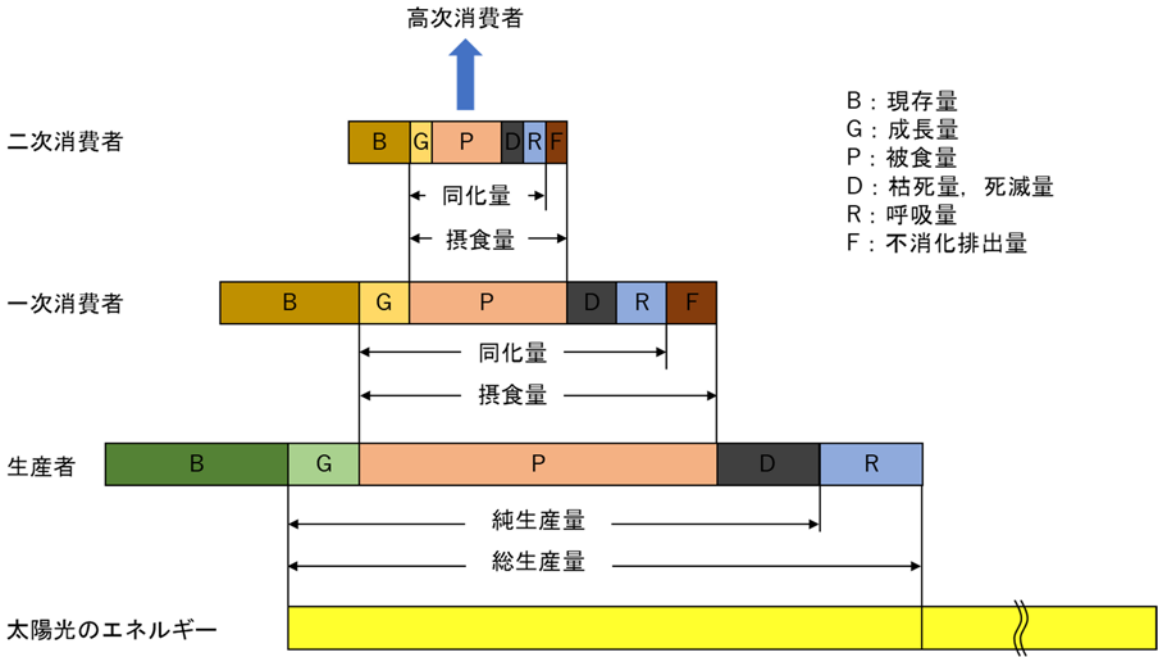


図 A　生態系における有機物の収支

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

図 A は生態系における有機物の収支の図である。また，この図に関して覚えるべき式は次の 4 つである。

純生産量＝総生産量－呼吸量

生産者の成長量＝純生産量－(被食量＋枯死量)

同化量＝摂食量－不消化排出量

消費者の成長量＝同化量－(呼吸量＋被食量＋死滅量)

C　難易度：★★★☆☆

A の解説で述べたように，シロアリは腸内にセルロースを分解できる共生微生物をもつ。リグニンに関しても同様と考えるのが自然であり，解答は次のようになる。

解答例

腸内にセルロースやリグニンを分解することのできる共生微生物がいるから。(35 字)

D　難易度：★★★☆☆

文 1 より，草原の純生産量の 25%が消費者に摂食される，すなわち，生産者の純生産量：生産者の被食量＝100：25 である。また問題文より，草原での生産者の純生産量に対する一次消費者の純生産量の比率が 2%，すなわち，生産者の純生産量：一次消費者の純生産量＝100：2 である。一次消費者の排泄と代謝によって失われるエネルギー量の総和とは，一次消費者の呼吸量と不消化排出量の和であるから，生産者の純生産量：(一次消費者の呼吸量＋不消化排出量)＝100：x とおくと，次の図のようになる。

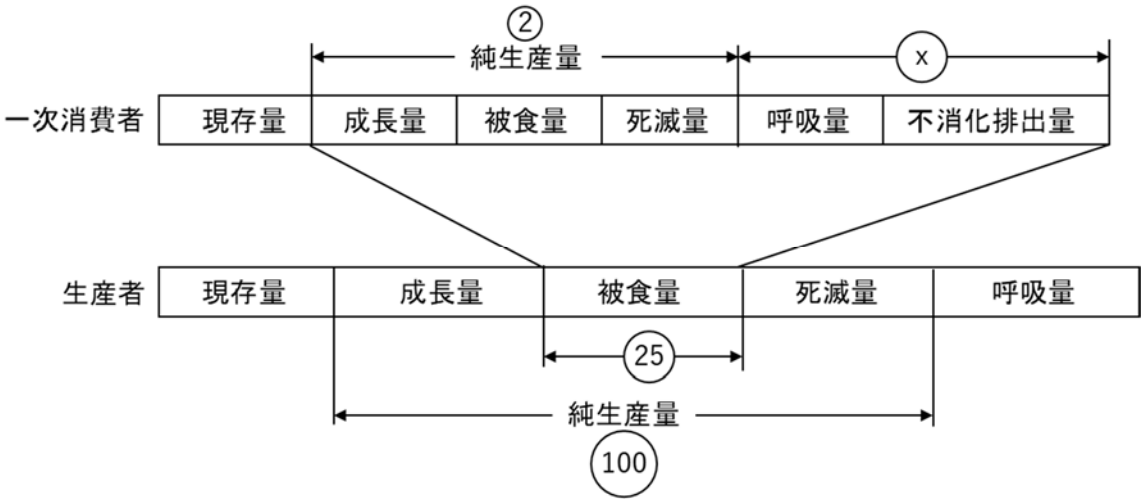


図 B　生産者と一次消費者の物質収支

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

この図より，25＝2＋x であるから，x＝23 となる。よって，一次消費者の摂食量（＝生産者の被食量）に対する一次消費者の呼吸量と不消化排出量の和の割合は次。

$$23 \div 25 \times 100\% = \mathbf{92\%}$$

II

A　難易度：★★☆☆☆

まずは，文 2 を読んでいこう。生物多様性の減少について述べたあとに，実験 1，2 で土壌への窒素化合物の添加と草食獣が草原の植物群落に与える影響を調べるとある。このような実験の目的はおさえておくのがいいだろう。実験 1 では，草食獣の有無と窒素化合物の添加の有無で 4 つの実験区に分け，それぞれの 1 年後の植物群落の現存量，種数，地面に届く光の強さを調べている。

ここで，問題に移ろう。実験 1 に関する考察では，「窒素化合物の添加により～変化した。」とあるので，窒素化合物の添加の有無のみが異なる組み合わせ，すなわち実験区 a と b，c と d をそれぞれ比較しよう。図 3－1 を見ればすぐわかるように，窒素化合物の添加によって現存量は増加，種数は減少，地面に届く光の強さは低下している。このことから，植物の成長を制限している要因が［ 3 ］から［ 4 ］に変化したといえるのだが，窒素化合物の添加以外に何もしていないことを考えると，［ 3 ］は窒素化合物を入れるしかない。また，おもに植物の成長を制限している要因には，二酸化炭素，水，温度，光，栄養分などが考えられるが，窒素化合物の添加により地面に届く光が弱くなっていることから，［ 4 ］には光を入れるのがよい。

また，光をめぐる［ 5 ］の激化により種数が減少したとある。b の現存量は a の現存量よりも多く，d の現存量は c の現存量より多いので，窒素化合物の添加により競争が激化したと考えてよさそうだが，種数が減少したのだから種間競争とすべきだろう。よって，［ 5 ］には種間競争が入る。

以上より，解答は **3：窒素化合物，4：光，5：種間競争**である。

B　難易度：★★★☆☆

草食獣がいるときのほうが，窒素添加物によって種数が減少する効果が緩和される理由を問う問題。確かに実験区 a に対する b の種数の比と c に対する d の種数の比を比べると後者のほうが小さくなっているとわかるだろう。これは図 3－1 からわかるように，草食獣が草を摂食することにより現存量が減少し地面に届く光が強くなるためである。それにより，生育に十分な量の光を得られる植物が増え，草食獣がいなければ光をめぐる競争で排除されてしまう競争に弱い種も生存できるようになる。したがって，解答は次のようになる。

解答例

草食獣による摂食により現存量が減少し，光をめぐる種間競争が緩和されたことで，競争に弱い種が排除されにくくなったため。（58 字）

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

C　難易度：★★★☆☆

実験 2 では，窒素化合物の添加を行わず草食獣を排除した実験区 c と窒素化合物の添加を行わず草食獣（家畜）を高密度に放した実験区 e で種構成に大きな違いがみられたとある。この問題では，e の植物種の特徴として正しいものを選ぶのだが，c では光をめぐる競争が激しく，e では草食獣による摂食量が多いことに注意しよう。すると，c では生き残れず e では生き残る植物は，光をめぐる競争に弱く，草食獣による摂食に強い植物であると考えられる(特に重要なのは後者)。これを踏まえ，選択肢を見ていこう。

(1)　適切。トゲのある植物を草食獣が好んで食べないのは明らかである。

(2)　不適切。葉の柔らかい植物は草食獣に好んで食べられるので，e にはそのような植物種はいないと考えられる。

(3)　不適切。丈の高い植物は光をめぐる競争に強い上に，草食獣も好んで食べる。このような植物種は e ではなく c に多いと考えられる。

(4)　適切。タンニンを知らなければ判断が難しいかもしれないが，タンニンは苦味や渋みをもつ物質で，茶やワイン，渋柿などに含まれる。もちろん苦かったり渋かったりする植物を草食獣は好んで食べないので，このような植物種が e にいても不思議はない。

(5)　不適切。成長の遅い植物は光をめぐる競争に弱いという点では e で生き残っていてもおかしくはないと考える人もいるかもしれないが，草食獣が高密度に存在する e では食べ尽くされてしまう可能性が高い。

以上より，解答は(2)，(3)，(5)である。

III

A　難易度：★★★☆☆

まずは動物の系統分類を図 C で確認しよう。

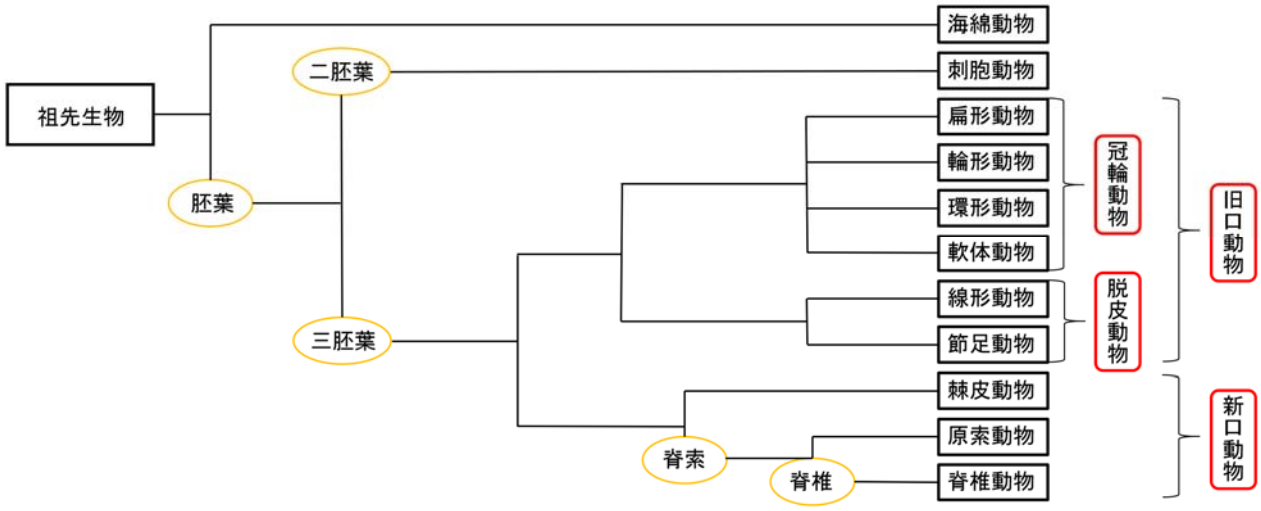


図 C　動物の系統樹

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

この図は覚えてしまったほうがいいだろう。これを踏まえて問題を解いていくわけだが，問題に出てくるヒトデ，ユスリカ，イトミミズ，トンボ，アメリカザリガニがそれぞれ何動物なのかがわからなければ手も足も出ない。これは知識として知らなければどうしようもないので教科書に載っているものや問題演習で出てきたものを覚えていくのがよい。ちなみに，ヒトデは棘皮動物，ユスリカは節足動物，イトミミズは環形動物，トンボは節足動物，アメリカザリガニも節足動物である。ユスリカ，トンボ，アメリカザリガニの 3 種類が節足動物だということだけでは系統樹を決定できないが，ユスリカとトンボが昆虫類，アメリカザリガニが甲殻類であることを知っていれば，ユスリカとトンボが最も近縁で a と b，アメリカザリガニが次に近縁で c と決められる。あとはイトミミズが d に入れば図 C に矛盾しない系統樹ができる。

以上より，解答は(2)である。

B　難易度：★★★★☆

文 3 を読んだうえで問題を考えよう。この問題では，オオクチバスの捕食がトンボの幼虫に与える間接的な正の影響を 2 つ問われている。オオクチバスを駆除したときの影響ではないことに注意をしよう。

オオクチバスはトンボ幼虫のほかにアメリカザリガニと小魚も捕食する。つまり，オオクチバスの捕食は，アメリカザリガニや小魚がトンボ幼虫に与える負の影響を軽減している。これはオオクチバスの捕食がトンボ幼虫に間接的に与える正の影響といえる。

設問文に「小魚やアメリカザリガニが，ユスリカの幼虫やイトミミズに与える影響は無視できるものとする」とあることに注意して，図 3−2 を見てみよう。アメリカザリガニはトンボ幼虫を捕食するので，これはアメリカザリガニがトンボ幼虫に与える負の影響の 1 つである。また，アメリカザリガニは水草も消費し，小魚は水草を隠れ家や産卵場所として利用する。水草はトンボ幼虫の隠れ家となりトンボ幼虫に環境形成による正の影響を与える。よって，アメリカザリガニや小魚によるトンボ幼虫の隠れ家の減少はアメリカザリガニがトンボ幼虫に与える負の影響の 1 つといえる。

よって解答は次のようになる。

解答例 1

アメリカザリガニを捕食することで，トンボ幼虫の被食量を減らすという影響。(36 字)

解答例 2

アメリカザリガニや小魚を捕食することで，トンボ幼虫が隠れ家とできる水草の量を増やすという影響。(47 字)

C　難易度：★★★★★

オオクチバスが完全に駆除できているときにアメリカザリガニを減らす方法を問う問題。図 3−2 を見てわかるように，オオクチバスがいなければ，アメリカザリガニを捕食する生物はおらず，アメリカザリガニに対

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。

して環境形成による正の影響を与えている生物もいない。そのため，アメリカザリガニを減らすにはアメリカザリガニの餌のどれかを減らすしかない。アメリカザリガニの餌は，雑木林の落葉，イトミミズ・ユスリカ幼虫，水草，トンボ幼虫であるが，このうち減らしたときに在来生物への影響が最も少ないのは雑木林の落葉であるのは明らかだろう。また，イトミミズ・ユスリカ幼虫の餌である雑木林の落葉の流入を抑制すると，アメリカザリガニの餌であるイトミミズ・ユスリカ幼虫も減少するので，アメリカザリガニを効果的に減らすことができそうである。

以上より，解答は次のようになる。

解答例

雑木林の落葉はアメリカザリガニの直接の餌であり，アメリカザリガニの餌となるイトミミズ・ユスリカ幼虫の餌でもある。よって，ため池に流入する雑木林の落葉の量を減らせばよい。(84 字)

（西川尚吾，熊井勇介，西浦佑香）

©Foresight Inc.
本サービス・コンテンツの知的財産権その他一切の権利は
株式会社フォーサイトに帰属し，無断転載・引用を禁止します。