

生 物

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子を開かないこと。
2. この冊子は表紙を除いて 15 ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板に掲示または板書してある問題冊子
ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか
確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げて申し出ること。次に、受験番号・
氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに横書きで記入すること。マス目のあ
る記述問題は句読点も文字数に含まれる。

1

以下の文章 1 と文章 2 を読み、問 1 ～ 6 に答えなさい。

文章 1：イギリスの生理学者ベイリスとスターリングは、十二指腸粘膜で産生された「ある物質」が血流で運ばれてすい臓に作用して、すい液分泌を促進することを発見し、この物質をセクレチンと名付けた。その後、セクレチンのように、特定の臓器で作られて血液によって離れた部位に運ばれ、標的臓器に少量作用して効果を発揮する物質のことをまとめて（ア）と呼ぶようになった。

たとえば、（ア）のひとつであるアドレナリンは（イ）から分泌され、心臓に作用して心拍出量の増加をもたらす。また、アドレナリンは肝臓に作用すると血糖濃度が（ウ）する。水に溶けやすい性質を有するアドレナリンの受容体タンパク質は、標的細胞の部位のうち（エ）に分布している。一方、チロキシンは（オ）で産生される。脂質に溶けやすいチロキシンは、アドレナリンとは異なる機序により、標的細胞に作用する。その結果、細胞内のエネルギー代謝が活性化され、体温調節につながる。

問 1. 文章中の（ア）～（オ）に当てはまる用語を答えなさい。

問 2. （オ）に作用してチロキシンの産生を調節する働きをもつ（ア）について、産生される部位と物質名の組み合わせを答えなさい。

問 3. 文章 1 の下線部に関して、チロキシン受容体がチロキシンと結合した後、特定の遺伝子の転写を活性化させる機序について 80 字以内で説明しなさい。

文章 2： 哺乳類の体内には褐色脂肪組織と呼ばれる脂肪組織が存在する。褐色脂肪組織は小型のげっ歯類でよく発達している。特に、左右の肩に挟まれた位置の皮下(肩甲間)に存在する褐色脂肪組織が発達しており、肩甲間褐色脂肪組織には交感神経が分布している。

褐色脂肪組織の働きについて調べるために、以下の実験を行った。褐色脂肪組織が発達した小型げっ歯類である実験用マウスを用い、肩甲間褐色脂肪組織に分布する交感神経を電氣的に1分間刺激したところ、図1の通りとなった。肩甲間褐色脂肪組織に分布する交感神経を外科的に切除した実験用マウス(除神経マウス)と、通常の実験用マウスを一時的に10℃の寒冷環境下に置いて体温を経時的に計測したところ、図2の通りとなった。

次に、褐色脂肪組織に特に多く存在する、あるタンパク質(Xタンパク質)の機能と特徴について調べた。その結果、Xタンパク質はミトコンドリア内膜に局在して、水素イオンチャネルとして働くことがわかった。すなわち、Xタンパク質は、ATP合成を伴わずに、ミトコンドリアのマトリックスと膜間腔との間に生じる、水素イオンの濃度勾配を解消する働きを持つ。

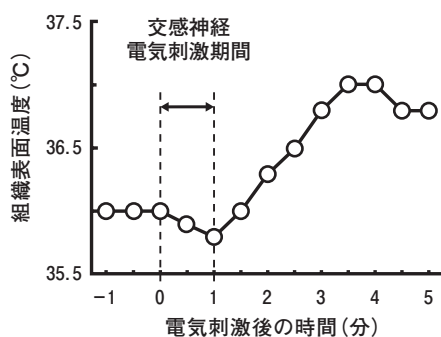


図1 肩甲間褐色脂肪組織の表面温度の変化

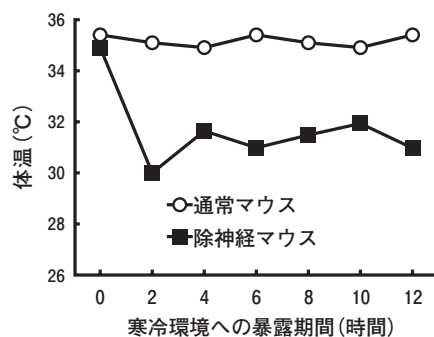


図2 寒冷環境下での体温変化

問 4. 図 1 と図 2 より読み取れる内容をもとに、寒冷環境下においてマウスの体温が維持された機構について、交感神経と褐色脂肪組織の果たした役割を中心に 50 字以上 100 字以内で説明しなさい。

問 5. 文章 2 の下線部に関して、水素イオンの濃度勾配をもたらす反応系の名前を答えなさい。

問 6. 文章 2 の下線部に関して、体温の維持に対する X タンパク質の役割について、ミトコンドリアでみられる水素イオンの濃度勾配を介した酵素反応と関連付けて、100 字以内で説明しなさい。

試験問題は次に続く。

2 以下の文章を読んで問1～5に答えなさい。

ヒトの雄性配偶子形成^(a)では精巣内で減数分裂が起こり、単相(n)の精子が形成される。一方、雌性配偶子は、出生時から卵巣内において減数分裂の第一分裂前期で停止したまま維持される。やがて青年期になると、雌性配偶子は、生殖腺を刺激する生理活性物質の作用により減数分裂を再開するが、第二分裂中期で停止して排卵される。その後、輸卵管に取り込まれた雌性配偶子は、頭部先端で(ア)反応を起こした精子の進入の刺激により減数分裂を完了し、精核と卵核^(b)が融合して受精卵(核相 = $2n$)となる。発生を開始した受精卵(胚)は、発生初期では、卵割という特殊な体細胞分裂を繰り返し、卵割で生じた細胞((イ)とよばれる)^(c)の数を増やしながら発生し、桑実胚を経て約1週間で胚盤胞^(d)となる。胚盤胞では、その表層に1層の栄養外胚葉、内部に内部細胞塊が形成される。

哺乳類の胚盤胞の内部細胞塊の細胞は、胎児のさまざまな種類の細胞や組織に分化する能力である(ウ)を有している。この内部細胞塊を取り出して(ウ)を維持したまま培養を可能としたものが、ES細胞である。ES細胞と同様に(ウ)を有したまま高い増殖能力を備える(エ)が、山中らのグループにより、胚の細胞を用いずにつくり出された。山中らは、成体の皮膚などの分化した細胞に、胚細胞で発現しているいくつかの特定の遺伝子を導入して初期化(未分化な状態に戻すこと)を誘導することにより、(エ)を得ることに成功した。

問 1. 文章中の(ア)～(エ)に当てはまる生物学用語を答えなさい。

問 2. (1)・(2)の問いに答えなさい。

下線部(a)について、図3は、ヒトの配偶子形成について、始原生殖細胞から精子・卵が形成される過程の模式図である。

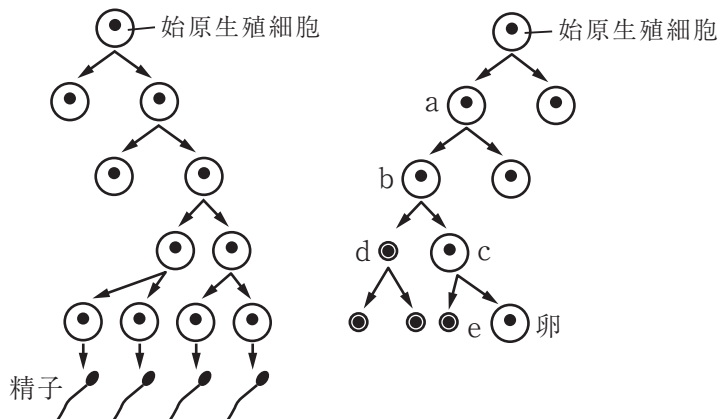


図3 ヒトの配偶子形成

- (1) 図中の細胞 a～e の名称を答えなさい。
- (2) ヒトの卵形成では、減数分裂の途中で停止、再開する期間があるが、精子形成では、減数分裂の途中で停止する期間はない。この相違点以外で、ヒトの精子形成と卵形成における両者の違いを 100 字以内で述べなさい。

問 3. (1)・(2)の問いに答えなさい。

下線部(b)を受けたヒトの雌性配偶子内では、精子との細胞膜融合が始まると、卵細胞膜のすぐ下に多数存在する小胞構造の(オ)が壊れ、その内容物が卵細胞膜と透明帯(ウニのゼリー層に相当する)との隙間(囲卵腔)に放出される。放出された内容物に触れると卵細胞膜の性質が変化し、透明帯は硬化する。^(e)体外で受精するウニの卵細胞内でも、精子との細胞膜融合が始まると卵細胞膜のすぐ下に多数存在する(オ)の内容物の放出がみられ、その内容物に触れて硬化した卵黄膜が細胞膜から遊離して卵全体を覆う(カ)^(f)に変化する。

- (1) 文章中の(オ)と(カ)に当てはまる生物学用語を答えなさい。
- (2) ヒトにおける下線部(e)およびウニにおける下線部(f)のような現象には、どのような働きがあるのか、30 字以内で説明しなさい。

問 4. 下線部(c)に関する(1)・(2)の問いに答えなさい。

(1) 卵割の特徴に関する次の①～⑤の記述について、適当なものを2つ選びなさい。

- ① 卵割では間期が短いため、細胞分裂の進行が速い。
- ② 卵割では分裂ごとに細胞の核相が半減していく。
- ③ 卵割では DNA 複製が伴わないため、S 期がない。
- ④ 卵割では細胞の成長が伴わないため、分裂ごとに細胞は小さくなる。
- ⑤ 卵割ではそれぞれの細胞がランダムな時期に分裂する。

(2) 図 4 は、哺乳類の細胞分裂における細胞 1 個あたりの DNA 量の変化を模式的に示したグラフである。

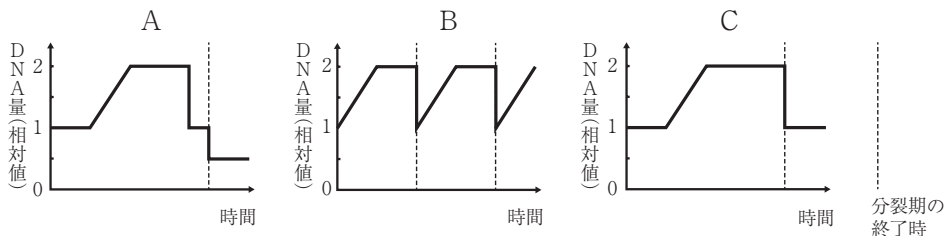


図 4 哺乳類の細胞分裂と DNA 量の変化

A～C は、体細胞分裂、減数分裂あるいは卵割のいずれに当たるか、それぞれ答えなさい。

問 5. (1)～(3)の問いに答えなさい。

下線部(d)に関して、胚盤胞を構成する細胞の分化能力を検証するために、毛色が白色、黒色の異なる 2 系統のマウスを用いて、胚細胞にキメラ作出法(遺伝的に異なる 2 種類以上の細胞が混在して構成される胚や個体を作成する)あるいは核移植法(供与される細胞核を除核未受精卵内に移植する)の操作を用いて実験 1、実験 2 を行い、それぞれの結果を得た。なお、マウスの毛色の遺伝子は常染色体に位置し、白毛系統マウスどうしを交配すると白色の毛のみの子、黒毛系統マウスどうしを交配すると黒色の毛のみの子、白毛系統マウスと黒毛系統マウスを交配すると茶色の毛のみの子が生まれるものとする。

〔実験1〕白毛系統マウスどうしの交配から発生した胚盤胞から分けて取り出した内部細胞塊あるいは栄養外胚葉のどちらか一方の細胞群のみを、黒毛系統マウスどうしの交配から発生した胚盤胞の胞腔内に顕微鏡下の操作で注入してそれぞれキメラ胚を作出した。白毛系統マウスの内部細胞塊の細胞群を注入して作出したキメラ胚を養母の子宮に移植したところ、一部の養母から単色、あるいはぶち模様の毛の子が生まれた。一方、白毛系統マウスの栄養外胚葉の細胞群を注入して作出したキメラ胚を移植した養母の一部からは、単色の毛の子のみが生まれた。
(g)

〔実験2〕まず、白毛系統マウスどうしの交配から発生した胚盤胞から単離した栄養外胚葉の1個の細胞核を、黒毛系統マウス由来の1個の除核未受精卵(顕微鏡下の操作であらかじめ細胞核を取り除いた未受精卵)の中に核移植^(h)して再構築された胚盤胞を発生させた。次に、栄養外胚葉の細胞核移植で発生した再構築胚盤胞から取り出した内部細胞塊の細胞群を、黒毛系統マウスどうしの交配によって発生した胚盤胞の胞腔内に注入してキメラ胚を作出した。これらのキメラ胚を養母に移植したところ、一部の養母から単色、あるいはぶち模様の毛の子が生まれた。
(i)

(1) 下線部(g)について、生まれた子の毛色として、最も適当なものを①～④のうちから1つ選びなさい。

- ① 白色 ② 灰色 ③ 茶色 ④ 黒色

(2) 下線部(i)で生まれた子のぶち模様の毛色の組合せとして、最も適当なものを①～⑥のうちから1つ選びなさい。

- ① 白色と灰色 ② 白色と茶色 ③ 白色と黒色
④ 灰色と黒色 ⑤ 茶色と黒色 ⑥ 白色と茶色と黒色

(3) 下線部(h)の操作は、移植した栄養外胚葉の細胞核にどのような変化をもたらすために用いられたのか、50字以内で説明しなさい。

3

以下の文章を読んで問1・2に答えなさい。

問 1. 次の文章を読み、(1)～(7)の問いに答えなさい。

35 億年前の地球上には太陽から多くの紫外線が降り注いで、乳酸菌や硫黄細菌などの嫌気的原核生物は遺伝子である(A)の損傷を守るため水中深くに生息していた。乳酸菌は酸素を用いず有機物を解糖系で分解し、硫黄細菌は大気中^(ア)にあった(B)を使う化学合成を行った。現在においても乳酸菌は土壌や水中に存在しヨーグルトや黒酢などの発酵食品の生成に寄与している。また、硫黄細菌は比較的浅い鹿児島湾の熱水噴出孔に生息するサツマハオリムシに共生していることが見つかっている。この硫黄細菌は熱水噴出孔にて噴出する(B)を利用して化学合成によって出来た有機物をサツマハオリムシに供している。

27 億年前に発生したシアノバクテリアは紫外線を吸収する色素や紫外線から(A)の損傷を守る修復機構をもつため浅い水中に生息できた。そこでシアノバクテリアは降り注ぐ光エネルギーを用い光合成を行い、水と(C)を使用し^(イ)て有機物を生成し、副産物として(D)を放出した。そして、水中のシアノ^(ウ)バクテリアの爆発的増殖により鉄鉱層が堆積した。原核細胞に^(エ)(D)を利用してエネルギーを作る好気性細菌とシアノバクテリアが共生して^(オ)、6 億年前に植物としての真核細胞となった。

(1) (A)～(D)にあてはまる語句を答えなさい。

(2) 下線部(ア)と下線部(イ)の有機物にはグルコースが含まれる。

グルコースの化学式を答えなさい。

(3) 硫黄細菌のように無機物だけを取り入れて生きる生物の生物学的名称を答えなさい。また、サツマハオリムシのように外からの有機物に依存して生きる生物の生物学的名称を答えなさい。

(4) 下線部(ウ)の結果、5億年前までに紫外線を吸収する大気の層が成層圏に形成された。それは何と呼ばれるか。名称を答えなさい。

(5) 下線部(エ)の理由を 40 字以内で述べなさい。

(6) 葉緑体の光化学系における電子の直接の供給源は何か。また最終的に電子を受け取る分子は何か。以下の選択肢より選び、記号で答えなさい。

- | | | | |
|------------------------|-------------------|-----------------|-------|
| ① H_2O | ② O_2 | ③ CO_2 | ④ FAD |
| ⑤ NAD^+ | ⑥ NADP^+ | ⑦ H^+ | ⑧ ATP |
| ⑨ ADP | | | |

(7) 下線部(オ)の共生の結果、好気性細菌とシアノバクテリアはそれぞれ何という名称の細胞内小器官になったか。名称を答えなさい。

問 2. 進化に関する(1)～(3)の問いに答えなさい。

(1) 共進化が起こったため生殖的隔離が起こった説明には○を、そうでないものには×を記しなさい。

A) カッコウは、他の鳥類の巣に卵を産みつける寄生行動をもつ。卵の模様や雛の特性が進化する過程で、ホスト鳥(宿主)がカッコウの卵を識別し排除する能力が進化した。その結果、カッコウは特定のホスト鳥に特化し、ホスト鳥の卵の模様に似た卵を産み相互生殖不可能な亜種に分化した。

B) 異なるミヤコドリの種は、異なる求愛行動や鳴き声をもっていた。これにより、異なる種の個体間での交配が避けられ、同じ種の個体間でのみ交配が行われるようになった。

C) 同じ湖に住むシクリッドの異なる種は、繁殖期が異なる。ある種は春に繁殖し、別の種は夏に繁殖する。この繁殖期の違いにより、異なる種の個体間での交配が避けられ、それぞれの種が独立して繁殖するようになった。

D) ユリ科の植物は、受粉を特定の昆虫に依存することで、その昆虫が好む花の形状や色や香りに変わり、媒介者に特化した花の種が生じた。この過程で、花の特性や開花時期の違いが生じたため隔離が起こった。

(2) A)～C)は分子進化の現象である。i)～iii)の問いに答えなさい。

A) コドンの3番目の塩基は変異している頻度が高い。

B) 元々は機能をもっていた遺伝子の重複であるが機能を失ってしまった偽遺伝子は変異率が高い。

C) 異なる種の共通祖先からの分岐時期を遺伝子の違いから推定できる。

i) これらの現象の共通の説明原理として考えられる説は何か。8字以内で答えなさい。

ii) A)の現象はその遺伝子がコードするタンパク質の機能に影響が少ない理由を70字以内で説明しなさい。

iii) C)の現象は分子時計という考え方で説明できる。分子時計という考え方を60字以内で説明しなさい。

(3) 遺伝的変異の自然選択によりヒトの集団の遺伝子プールが変化する例を示した説明には○を、そうでないものには×を記しなさい。

A) アジアやヨーロッパの農耕社会ではデンプンを多く含む食事が一般的なので、デンプンを分解するアミラーゼを作る遺伝子の重複数が多い傾向にある。しかし、狩猟採集を主とするアフリカの一部の狩猟採集民では、アミラーゼの遺伝子の重複数が少ないことが多い。

B) 鎌状赤血球症は、ヘモグロビン遺伝子の変異により引き起こされる血液疾患であり、通常は有害な変異であるが、マラリアが流行する地域ではこの変異がマラリアに対する抵抗力を提供するためこの遺伝子変異の頻度が高くなっている。

C) 母乳に含まれる乳糖を分解するラクターゼは乳児期から成人期にかけて減少するが、成人期にもラクターゼが維持されるようなラクターゼ遺伝子の転写調節領域の変異は牧畜が普及した地域で多い。

- D) アシュケナージ系ユダヤ人はいくつかのがん関連遺伝子の変異をもつキャリアが他の民族と比べ高頻度であるため、発がんの可能性が高くなるとされている。
- E) ネアンデルタール人と同時期に生きた類人猿であるデニソワ人は、低酸素に適応する遺伝子の遺伝子発現制御部位に変異をもっていた。チベット高地に住む人々は、その遺伝的変異を保持し低酸素環境に適応している。
- F) メラニン色素は紫外線から遺伝子を守り皮膚がんを少なくする役割を持つ。ナイジェリアでは他のアフリカ諸国に比べメラニン色素合成に必要な遺伝子の変異頻度が高くなり肌が白くなることで皮膚がんの可能性が高くなる。

4

次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。

いのちに対する土の栄養分の大切さを教えてくれるのが、食虫植物・ウツボカズラの生存戦略である。ウツボカズラは、熱帯雨林のなかでも極めて栄養分の少ない酸性土壌や、リンの欠乏した蛇紋岩(超塩基性岩で鉄やマグネシウムが多く、リンが少ない)由来の土壌に特に多く分布している。土に多くの栄養分を期待できない環境で、ウツボカズラは昆虫を捕獲・消化・吸収することで養分欠乏を補う戦略を発達させた。

ウツボカズラの捕食器(図5)はヒトの胃袋のような格好をしているが、実際に、タンパク質を溶かすという意味では同じ仕事をしている。捕食器内ではタンパク質を分解する酵素が分泌され、昆虫を溶かす。消化液に獲物が入ってくると、酵素分解を促進するために、袋の内面から水素イオン(H^+)を放出するポンプが作動し、消化液を酸性化する。

余計なお世話かもしれないが、食虫植物の捕食器はちょっと無駄が多い形をしている。実際、捕食器は生産コストが高い(光合成で作った有機物を大量に必要とする)ため、競争力がない。ライバルの多い日なたや栄養分の多い土壌では、他の植物に生存競争で負けてしまう。これに対し、栄養分の少ない環境では、コストを度外視した捕食が有力な生存戦略になる。獲得した栄養分によって光合成能力が高められるからだ。まさに弱者の戦略である。移動できない植物と異なり、昆虫は(A)やリンのある場所もない場所も移動できる。ウツボカズラからすれば、その体は(A)とリンのかたまりである。栄養分の少ない土よりも魅力的なのは言うまでもない。



図5
ウツボカズラの捕食器

藤井一至「大地の五億年 せめぎあう土と生き物たち」(山と溪谷社ヤマケイ文庫、
2022年、pp.119-121)一部改変

問 1. タンパク質の酵素分解を促進するのに何故水素イオンが必要か。40 字以内で答えなさい。

問 2. (A)は、タンパク質に含まれる元素名である。(A)が多く含まれる栄養豊富な土壌では、その元素は主に 2 種類のイオンとして植物に吸収される。解答用紙内の「記入例」に倣い、2 つのイオン名と化学式を記入しなさい。またそれらのイオンが土壌に供給される過程を、100 字以上 200 字以内でまとめなさい。

問 3. ウツボカズラに吸収されたリンは、生体内に取り込まれた後で、様々な特徴を有する化学物質となる。例に倣い、(1)～(6)の説明で表される物質中にリンが含まれる場合は○印を、持たない場合は×印を記入しなさい。○の場合のみ、その特徴を有する化学物質名を記述しなさい。

(例) 2 重らせん構造を持ち、遺伝情報を保持する

- (1) 生体膜の主成分であり細胞内外や細胞内小器官において物質の出入りを調節する。
- (2) $C_3H_4O_3$ の分子式で示され、解糖系の過程で生成される。
- (3) 生命活動においてエネルギーの受け渡しを行う中心的な役割をもつ。
- (4) グリセリンと脂肪酸でできており、エネルギーの貯蔵物質となる。
- (5) 呼吸基質となり、解糖系を含む過程で分解されてエネルギーが取り出される。
- (6) タンパク質を合成する際にアミノ酸を運搬する構造体となり、アンチコドンと呼ばれる配列をもつ。

問 4. 下線部に関して、どのような植物に、どのような理由で、ウツボカズラは生存競争に負けると考えられるか。日なた(土壌の栄養分は少ない)の例と、栄養分の多い土壌(日かげ)の例のいずれかを選択して丸で囲み、考え得る例を 75 字以上、150 字以内で具体的に述べなさい。

問 5. 図6は、ウツボカズラの存在する生態系における未完成の有機物収支表である。ウツボカズラは生産者である一方で昆虫より高次の消費者でもある。既に記入されている例に倣い、白枠内を埋め、更に矢印を加えて有機物収支表を完成させなさい。白枠内には記号表に従って、アルファベットの記号を記入しなさい。

尚、ウツボカズラが捕食する昆虫は全て1次消費者であり、ウツボカズラを捕食する消費者は全て高次の消費者と仮定する。またウツボカズラも不消化排出があるものと仮定する。その他、判断に迷う事項があった場合は、解答用紙の空欄に新たな仮定または注釈を記入しつつ対応しなさい。

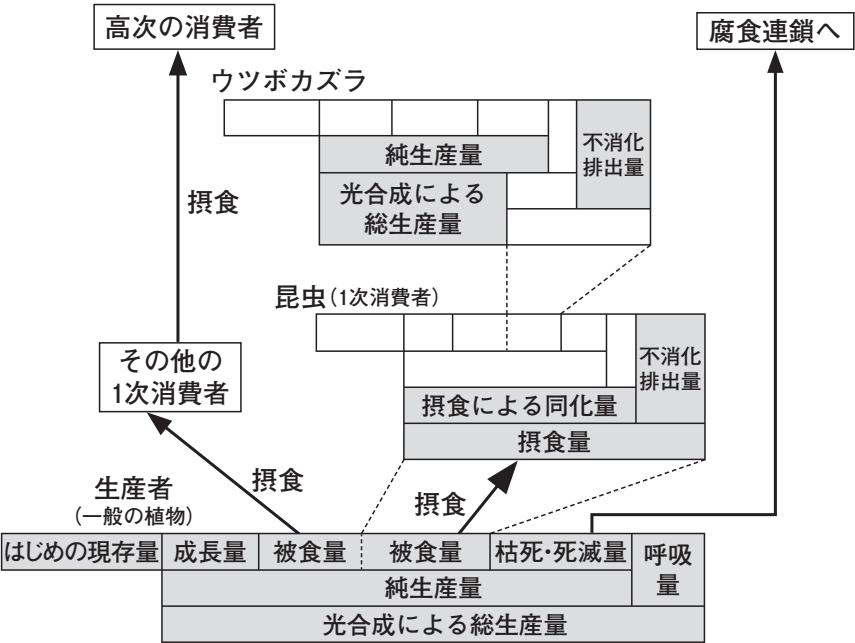


図 6

記号表
PS: 光合成による総生産量
N: 生産量
R: 呼吸量
B: はじめの現存量
G: 成長量
P: 被食量
D: 枯死・死滅量
F: 不消化排出量
A: 摂食による同化量
C: 摂食量

