

生 物 基 礎

(解答番号 ~)

第 1 問 次の文章(A・B)を読み、後の問い(問 1～6)に答えよ。(配点 19)

A ホタルの腹部にある発光器には、(a)酵素の一つであるルシフェラーゼと、その基質(酵素が作用する物質)となるルシフェリンが多量に存在する。ルシフェリンは、ルシフェラーゼの作用で(b)ATPと反応して光を発する。この発光量を測定することで細胞内のATP量を測定できるキットが作られている。現在はこの方法をさらに応用し、(c)測定されたATP量から、牛乳などの食品内に存在している、あるいは食器に付着している細菌数を推定するキットも開発されている。

問 1 下線部(a)に関する記述として誤っているものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 化学反応を促進する触媒として働く。
- ② 口から摂取した酵素は、そのままの状態での体内の細胞に取り込まれて働くことはない。
- ③ タンパク質が主成分であり、細胞内で合成される。
- ④ 細胞内で働き、細胞外では働かない。
- ⑤ 反応の前後で変化しないため、繰り返し働くことができる。

問 2 下線部(b)に関連して、次の細胞小器官①~③のうち、ATPが合成される細胞小器官はどれか。それを過不足なく含むものを、後の④~⑦のうちから一つ選べ。 2

① 核 ② ミトコンドリア ③ 葉緑体

④ a ⑤ b ⑥ c ⑦ a, b

⑧ a, c ⑨ b, c ⑩ a, b, c

問 3 下線部(c)について、次の記述①~④のうち、ATP量から細菌数を推定するために、前提となる条件はどれか。その組合せとして最も適当なものを、後の⑤~⑧のうちから一つ選べ。 3

- ① 個々の細菌の細胞に含まれるATP量は、ほぼ等しい。
- ② 細菌以外に由来するATP量は、無視できる。
- ③ 細菌は、エネルギー源としてATPを消費している。
- ④ ATP量の測定は、細菌が増殖しやすい温度で行う。

⑤ d, e ⑥ d, f ⑦ d, g

⑧ e, f ⑨ e, g ⑩ f, g

生物基礎

B ナツキさんとジュンさんは、DNA の抽出実験について話し合った。

ナツキ：今日の授業で、ブロッコリーの花芽から DNA を抽出したけど、花芽を使ったのはなぜかな。茎からも花芽と同じように抽出できるんじゃないかな。放課後に実験して調べてみようよ。

ジュン：じゃあ、授業と同じ簡易抽出方法(図1)で、花芽と茎を比べてみよう。



図 1

ナツキ：花芽を使ったときと同じように、茎を使っても白い繊維状の物質が出てきたよ。でも、同じ重さの花芽と茎を使ったのに、茎のほうが花芽より少ないね。

ジュン：その理由を考えようよ。花芽と茎の細胞を顕微鏡で観察したら違いが分かるんじゃないかな。

二人は、(d)花芽と茎を酸で処理し、細胞を解離した後、核を染色して、光学顕微鏡で観察した。

ナツキ：濃く染まっているのが核だね。

ジュン：花芽と茎とを比較すると、花芽のほうが、**ア**から、DNA を多く得やすいんだね。だから、花芽を材料にしたんだね。

ナツキ：ところで、この(e)白い繊維状の物質は全部 DNA なのかな。

ジュン：RNA は DNA と同様にヌクレオチドがつながってできた鎖状の物質だから、(f)白い繊維状の物質には DNA のほかに RNA も含まれているんじゃないのかな。調べてみようよ。

問 4 下線部(d)について、図 2 は二人が観察した花芽と茎の細胞の写真である。

この写真を踏まえて、DNA の抽出実験の材料に関する上の会話文中の

ア に入る文として最も適当なものを、後の①～⑤のうちから一つ選べ。4

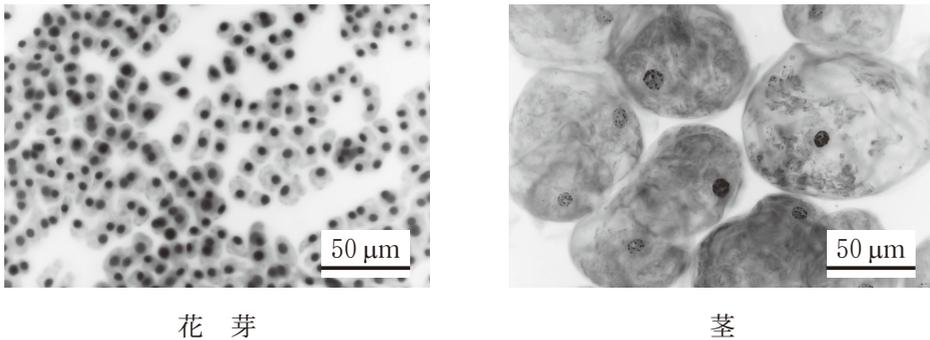


図 2

- ① 核がより濃く染まっているので、核の DNA の密度が高い
- ② 核が大きいのので、核に含まれている DNA 量が多い
- ③ 細胞が小さいので、単位重量当たりの細胞の数が多い
- ④ 一つの細胞に複数の核が存在しているので、単位重量当たりの核の数が多い
- ⑤ 体細胞分裂が盛んに行われているので、染色体が凝縮している細胞の割合が高い

生物基礎

問 5 下線部(e)に関連して、白い繊維状の物質に含まれる DNA 量を、試薬 X を用いて測定した。試薬 X は DNA に特異的に結合し、青色光が照射されると DNA 濃度に比例した強さの黄色光を発する。図 3 は、DNA 濃度と黄色光の強さ(相対値)の関係を表したグラフである。

花芽 10 g から得られた白い繊維状の物質を水に溶かして 4 mL の DNA 溶液を作り、試薬 X を使って調べたところ、0.6(相対値)の強さの黄色光を発した。この実験で花芽 10 g から得られた DNA 量の数値として最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 5 mg

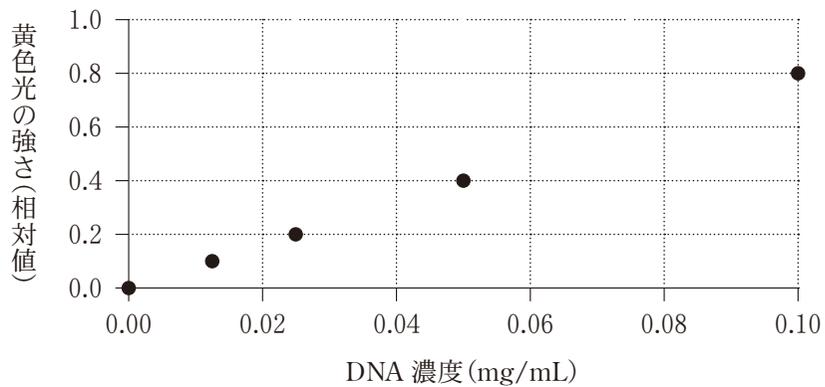


図 3

- | | | | |
|---------|---------|---------|--------|
| ① 0.019 | ② 0.030 | ③ 0.075 | ④ 0.19 |
| ⑤ 0.30 | ⑥ 0.75 | ⑦ 1.9 | ⑧ 3.0 |

問 6 下線部(f)について、二人はこの仮説を確かめるため、DNA と RNA に結合する試薬 Y を用いた実験を計画した。試薬 Y は青色光が照射されると、DNA および RNA の量に比例した強さの黄色光を発する。白い繊維状の物質を水に溶かした溶液を三等分して、表 1 の実験 I ～ III を行ったところ、仮説を支持する結果が得られた。表 1 中の ・ に入る結果の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑨のうちから一つ選べ。

表 1

実験	実験操作	結果
I	試薬 Y を加え、青色光を照射した。	光を発した
II	DNA 分解酵素を加え、反応させた。その後、試薬 Y を加え、青色光を照射した。	<input type="text" value="イ"/>
III	RNA 分解酵素を加え、反応させた。その後、試薬 Y を加え、青色光を照射した。	<input type="text" value="ウ"/>

	イ	ウ
①	実験 I の結果より強い光を発した	実験 I の結果より強い光を発した
②	実験 I の結果より強い光を発した	実験 I の結果より弱い光を発した
③	実験 I の結果より強い光を発した	全く光を発しなかった
④	実験 I の結果より弱い光を発した	実験 I の結果より強い光を発した
⑤	実験 I の結果より弱い光を発した	実験 I の結果より弱い光を発した
⑥	実験 I の結果より弱い光を発した	全く光を発しなかった
⑦	全く光を発しなかった	実験 I の結果より強い光を発した
⑧	全く光を発しなかった	実験 I の結果より弱い光を発した
⑨	全く光を発しなかった	全く光を発しなかった

生物基礎

第2問 次の文章(A・B)を読み、後の問い(問1～5)に答えよ。(配点 16)

A ヒトでは、細胞の呼吸に必要な酸素は、赤血球中のヘモグロビン(Hb)に結合して運ばれる。動脈血中の酸素が結合したヘモグロビン(HbO_2)の割合(%)は、図1のような光学式血中酸素飽和度計を用いて、指の片側から赤色光と赤外光とを照射したときのそれぞれの透過量をもとに連続的に調べることができる。図2は、Hbと HbO_2 が様々な波長の光を吸収する度合いの違いを示しており、縦軸の値が大きいほどその波長の光を吸収する度合いが高い。(a)光学式血中酸素飽和度計では、実際の測定値を、あらかじめ様々な濃度で酸素が溶けている血液を使って調べた値と照合することで、動脈血中の HbO_2 の割合を求めている。



図 1

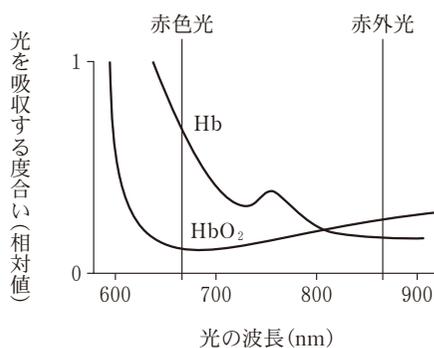


図 2

問 1 下線部(a)に関連して、図2を参考に、光学式血中酸素飽和度計を用いた測定に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

7

- ① 動脈血では、赤色光に比べて赤外光の透過量が多くなる。
- ② 組織で酸素が消費された後の血液では、赤色光が透過しやすくなる。
- ③ 血管内の血流量が変化すると、それに伴い赤色光と赤外光の透過量も変化するため、透過量の時間変化から脈拍の頻度を知ることができる。
- ④ 赤外光の透過量から、動脈を流れるHbの総量を知ることができる。

問 2 ある人が富士山に登ったところ、山頂付近(標高 3770 m の地点)で息苦しさを感じた。そこで、光学式血中酸素飽和度計を使って HbO_2 の割合を計測すると、80 % だった。図 3 を踏まえて、山頂付近における動脈血中の酸素濃度(相対値)と、動脈血中の HbO_2 のうち組織で酸素を解離した割合の数値として最も適当なものを、後の①~⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。なお、山頂付近における組織の酸素濃度(相対値)は 20 であるとする。

山頂付近における

動脈血中の酸素濃度(相対値)

8

動脈血中の HbO_2 のうち組織で酸素を解離した割合(%)

9

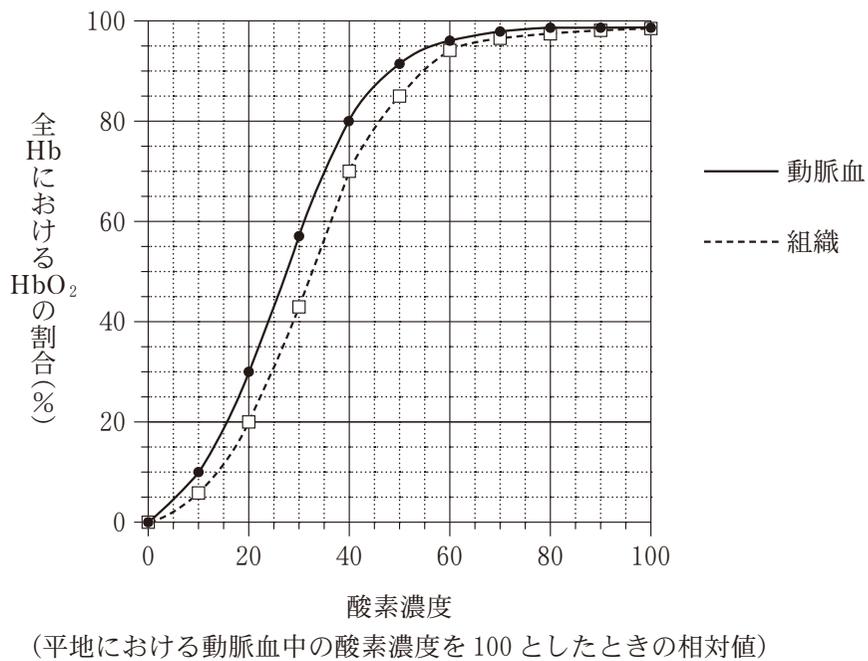


図 3

- ① 30 ② 40 ③ 60 ④ 75 ⑤ 80 ⑥ 95

生物基礎

B 免疫には、(b)自然免疫と(c)獲得免疫(適応免疫)とがある。獲得免疫には、細胞性免疫と(d)抗原抗体反応の関与する体液性免疫とがある。

問 3 下線部(b)について、細菌感染の防御における役割を調べるため、実験 1 を行った。実験 1 の結果から導かれる後の考察文中の ・ に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。

実験 1 大腸菌を、マウスの腹部の臓器が収容されている空所(以下、腹腔)に注射した。注射前と注射 4 時間後の腹腔内の白血球数を測定したところ、図 4 の実験結果が得られた。

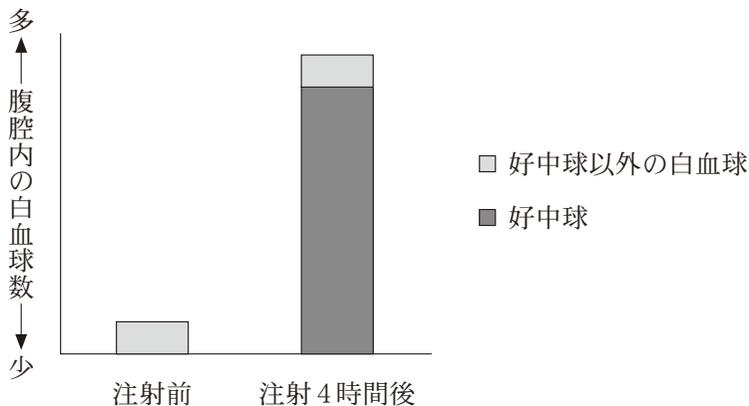


図 4

大腸菌の注射により、多数の好中球が から周辺の組織を経て腹腔内に移動したと考えられる。好中球は、 とともに、食作用により大腸菌を排除すると推測される。

	ア	イ
①	胸 腺	マクロファージ
②	胸 腺	ナチュラルキラー(NK)細胞
③	血 管	マクロファージ
④	血 管	ナチュラルキラー(NK)細胞
⑤	リンパ節	マクロファージ
⑥	リンパ節	ナチュラルキラー(NK)細胞

生物基礎

問 4 下線部(C)に関連して、移植された皮膚に対する拒絶反応を調べるため、**実験 2**を行った。**実験 2**の結果から導かれる考察として最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。

11

実験 2 マウス X の皮膚を別の系統のマウス Y に移植した。マウス Y では、マウス X の皮膚を非自己と認識することによって拒絶反応が起こり、移植された皮膚(移植片)は約 10 日後に脱落した。その数日後、移植片を拒絶したマウス Y にマウス X の皮膚を再び移植すると、移植片は 5～6 日後に脱落した。

- ① 免疫記憶により、2 度目の拒絶反応は強くなった。
- ② 免疫記憶により、2 度目の拒絶反応は弱くなった。
- ③ 免疫不全により、2 度目の拒絶反応は強くなった。
- ④ 免疫不全により、2 度目の拒絶反応は弱くなった。
- ⑤ 免疫寛容により、2 度目の拒絶反応は強くなった。
- ⑥ 免疫寛容により、2 度目の拒絶反応は弱くなった。

問 5 下線部(d)に関連して、抗体の働きを調べるため、**実験 3**を行った。後の記述①~④のうち、**実験 3**でマウスが生存できたことについての適切な説明はどれか。それを過不足なく含むものを、後の①~⑩のうちから一つ選べ。

12

実験 3 マウスに致死性の毒素を注射した直後に、毒素を無毒化する抗体を注射したところ、マウスは生存できた。

- ① 予防接種の原理が働いた。
- ② 血清療法の原理が働いた。
- ③ このマウスの T 細胞が働いた。
- ④ このマウスの B 細胞が働いた。

- ① a
- ② b
- ③ c
- ④ d
- ⑤ a, c
- ⑥ a, d
- ⑦ b, c
- ⑧ b, d
- ⑨ a, c, d
- ⑩ b, c, d

生物基礎

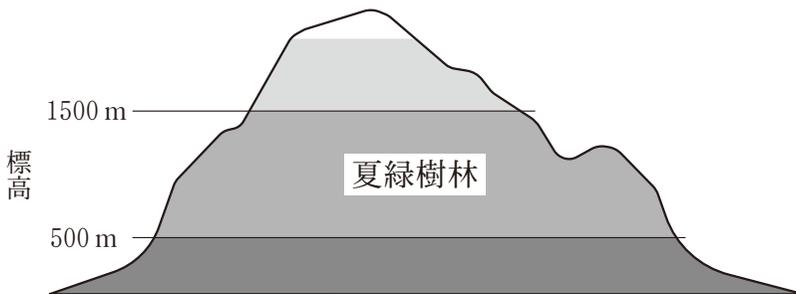
第3問 次の文章(A・B)を読み、後の問い(問1～5)に答えよ。(配点 15)

A 年降水量の多い日本列島では、主に(a)気温によってバイオームが決まる。中部地方の内陸から東北地方を経て北海道南部にまで主に見られるバイオームは、ブナなどの落葉広葉樹が優占する夏緑樹林と、そこに生息する生物とから成立している。

ブナの葉を食うガであるブナアオシャチホコ(以下、ブナアオ)の幼虫は、しばしば大発生して一帯の葉を食いつくすことがある。(b)この幼虫は、日当たりの良い林冠につくられる陽葉よりも、日当たりの悪い下層につくられる陰葉から食いを始める。

(c)ブナアオが大発生すると、その幼虫を食う甲虫のクロカタビロオサムシが追いかけるように大発生する。同様に、ブナアオの蛹を栄養源とする菌類のサナギタケも大発生する。そのため、ブナアオの大発生は長続きしない。

問1 下線部(a)について、地球温暖化の進行により、今後100年間で年平均気温は2～4℃上昇すると見積もられている。これにより、現在の中部地方において見られる図1のようなバイオームの分布が変化したとすると、標高500mと標高1500mではそれぞれどのようなバイオームが成立すると予測されるか。予測の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。



注：濃さの違いは異なるバイオームを示す。

図 1

	標高 500 m	標高 1500 m
①	夏緑樹林	夏緑樹林
②	夏緑樹林	針葉樹林
③	夏緑樹林	照葉樹林
④	針葉樹林	夏緑樹林
⑤	針葉樹林	照葉樹林
⑥	照葉樹林	夏緑樹林
⑦	照葉樹林	針葉樹林

生物基礎

問 2 下線部(b)に関連して、図2は陽葉と陰葉における、光の強さと二酸化炭素吸収速度との関係である。図中の下向きの矢印は、陽葉か陰葉のいずれかが日中に受ける平均的な光の強さを示している。大発生したブナアオが陽葉と陰葉を共につけるブナ個体の葉を食い進むと、二酸化炭素吸収速度はどのように変化すると予測されるか。ブナ1個体当たりの変化の傾向を示すグラフとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 14

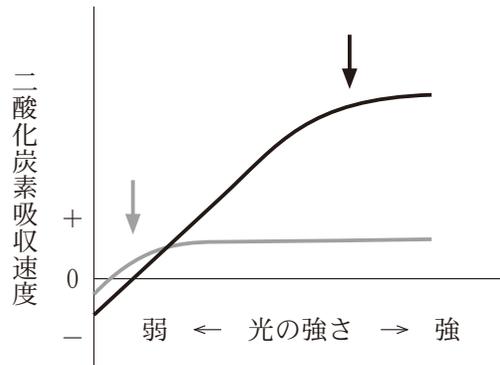
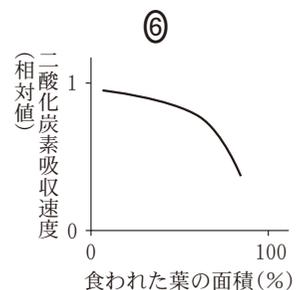
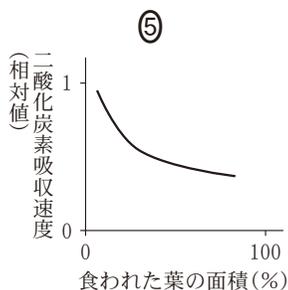
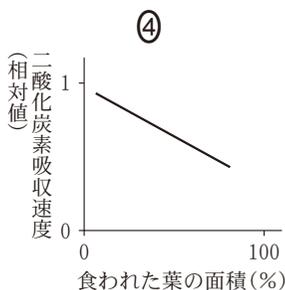
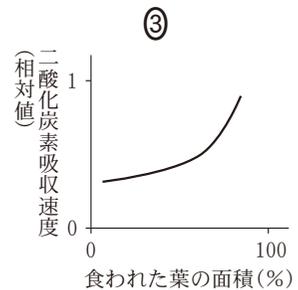
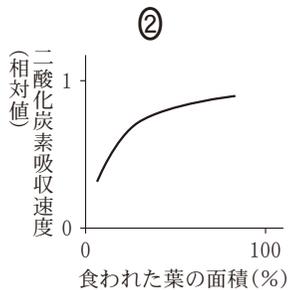
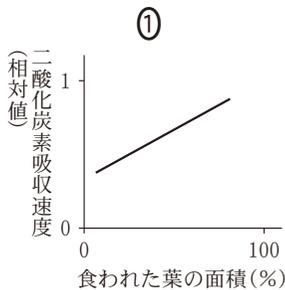


図 2



問 3 下線部(C)について，このような食物連鎖を含む生態系におけるブナアオ，クロカタビロオサムシ，およびサナギタケの栄養段階の組合せとして最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 15

	ブナアオ	クロカタビロオサムシ	サナギタケ
①	生産者	一次消費者	一次消費者
②	生産者	一次消費者	二次消費者
③	生産者	一次消費者	三次消費者
④	一次消費者	二次消費者	一次消費者
⑤	一次消費者	二次消費者	二次消費者
⑥	一次消費者	二次消費者	三次消費者

生物基礎

B 自然の生態系内で窒素は循環しているが、人間活動はその経路や量を変化させることがある。農地では、農作物が収穫されて食物として利用される。食物に入っていた窒素は排泄物として下水道に入り、その後、河川に出ていく。この場合、(d)下水中の窒素を取り除かないと、河川や海の富栄養化を引き起こす。また、森林では、(e)樹木の伐採および除草剤の散布による植生の一時的な消失が窒素の循環に影響することが知られている。

問 4 下線部(d)について、下水処理場では、生物を利用して下水から窒素を取り除いている。この下水処理過程の順序として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

16

- ① 無機窒素化合物の生成 → 脱窒
- ② 無機窒素化合物の同化 → 脱窒
- ③ 窒素固定 → 脱窒
- ④ 窒素固定 → 無機窒素化合物の生成
- ⑤ 窒素固定 → 無機窒素化合物の同化

問 5 下線部(e)について、人間活動によって森林植生の大部分が一時的に消失した後、そこから流れ出す河川水の窒素濃度の変化に関する記述として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 17

- ① 植生が消失すると上昇し、植生の回復後も高い状態が続く。
- ② 植生が消失すると上昇し、植生の回復後に低下して元に戻る。
- ③ 植生が消失しても変化しないが、植生の回復後に上昇する。
- ④ 植生が消失しても変化しないが、植生の回復後に低下する。
- ⑤ 植生が消失すると低下し、植生の回復後に上昇して元に戻る。
- ⑥ 植生が消失すると低下し、植生の回復後も低い状態が続く。