

生 物

I (配点 75)

(1) 遺伝子工学に関する次の文章を読み、以下の問い1)～6)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕

遺伝子組換え技術とは、ある生物がもつ特定の遺伝子を別の生物の DNA 中につなぎ込む技術のことである。この技術を利用することで、^{ア)}人間に有用なタンパク質を大量に生産することができるようになった。遺伝子組換えでは、目的遺伝子を切り出すために使用される と DNA 鎖をつなぎ合わせるはたらきをもつ が使用される。つまり、つなぎ合わせたい2つの DNA 鎖を同じ で切断することで同じ切り口ができるため、 を使用すれば互いに接着することができるのである。このようにして組換え DNA がつくられる。組換え DNA は大腸菌などの他の生物に導入して利用されるが、このとき目的遺伝子は、^{イ)}遺伝子の運び屋として使用できる自己増殖する小型の DNA に組み込まれて細胞に導入される。遺伝子組換え実験の一例として、紫外線照射により緑色の蛍光を発するタンパク質である GFP の遺伝子を に組み込み、大腸菌に導入することで^{ウ)}緑色の蛍光を発する大腸菌をつくるというものがある。

遺伝子組換えをはじめとした遺伝子工学の分野では、^{エ)}特定の DNA 領域を試験管内で大量に増幅させることのできる方法である 法が多用されている。この方法では、増幅させたい DNA 領域をもつ鋳型 DNA、合成するときの出発点となる短いヌクレオチド鎖である , 耐熱性の , そして4種類の塩基のヌクレオチドを含む反応液を調製する。反応後、^{オ)}目的の DNA 領域が増幅されたかどうかは、電気泳動を行うことで確認される。

1) 上の文章の空欄 ～ に入る最も適当なものを、次の①～⑯の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | |
|------------|---------|--------------|
| ① DNA リガーゼ | ② TCR | ③ RNA ポリメラーゼ |
| ④ 補酵素 | ⑤ ヒストン | ⑥ 制限酵素 |
| ⑦ リボソーム | ⑧ プライマー | ⑨ DNA ポリメラーゼ |
| ⑩ PGA | ⑪ プラスミド | ⑫ スプライシング |
| ⑬ 脱水素酵素 | ⑭ カタラーゼ | ⑮ プラナリア |
| ⑯ PCR | | |

2) 下線部ア)に関して、現在では大腸菌を用いることで、医薬品として利用可能なタンパク質が大量に効率よく生産されている。そのようなタンパク質の例として最も適切なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 7

- ① ヒストン ② アドレナリン ③ インスリン ④ ロドプシン

3) 下線部イ)に関して、遺伝子組換え実験によく使用される遺伝子の運び屋に関する記述のうち誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。 8

- ① 植物細胞への遺伝子導入では、アグロバクテリウムというウイルスを使う方法がある。
② バクテリオファージは、細菌に感染するウイルスである。
③ 遺伝子の運び屋のことを、一般にベクターと呼ぶ。
④ 大腸菌への遺伝子導入では、自己増殖する小型の環状 DNA を用いる方法がある。

4) 下線部ウ)のような大腸菌をつくることを目的に遺伝子組換え実験を行うことにした。
以下にその方法の概要と実験結果をまとめた表を示した。

方法)

1. GFP の遺伝子を、抗生物質（アンピシリン：Amp）耐性遺伝子をもつ小型の DNA（遺伝子の運び屋として機能）に組込んだ。
2. 組換え DNA を大腸菌に取り込ませた（この大腸菌を＋DNA とする）。
このとき、組換え DNA を取り込ませていない大腸菌も用意した（この大腸菌を－DNA とする）。
3. 以下の寒天培地プレートを用意した。
 - a) LB プレート（通常の培地）
 - b) Amp を添加した LB プレート
 - c) Amp と IPTG（GFP の発現を誘導する物質）を添加した LB プレート
4. 用意した大腸菌をそれぞれの寒天培地プレートにまいた。

結果)

大腸菌をそれぞれのプレートで培養したあと、自然光と紫外線照射下で観察した時のプレートの様子を表 1 にまとめた。

表1 大腸菌を培養したプレートの観察結果の一部

培地 大腸菌	a) -DNA	a) +DNA	b) -DNA	b) +DNA	c) +DNA
自然光での観察	結果1	結果2	結果3	結果4	結果5
紫外線照射下での観察	結果6	結果7	結果8	結果9	結果10

ア. 自然光での観察結果として最も適当なものを、次の①～⑤の中から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 9 , 10

- ① 結果3では、プレートにコロニーが形成されていなかった。
- ② 結果5では、プレートにコロニーが形成されていなかった。
- ③ 結果1では、プレートにコロニーが形成されていなかった。
- ④ 結果1と比べると、結果3の方がコロニー数は多い傾向にあった。
- ⑤ 結果2と4では、結果2の方が形成されたコロニーの数は多かった。

イ. また、紫外線照射下での観察結果として最も適当なものを、次の①～⑥の中から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 11 , 12

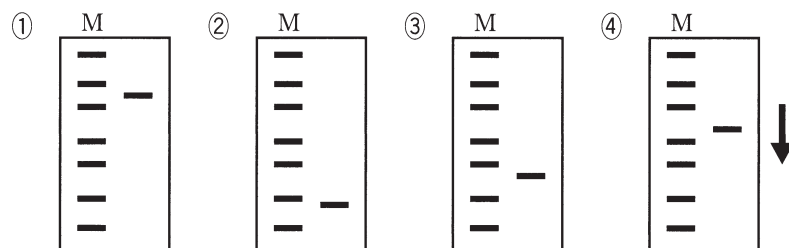
- ① 結果9と10では、結果9の方が緑色に光るコロニーが多かった。
- ② 結果7で緑色に光っていたコロニーは、自然光で見たときは青色であった。
- ③ 結果10において、緑色に光るコロニーが観察できた。
- ④ 結果6では、わずかではあるが緑色に光るコロニーが観察できた。
- ⑤ 結果9では、緑色に光るコロニーは観察できなかった。
- ⑥ 結果6と8では、結果6の方が緑色に光るコロニーが多かった。

5) 下線部エ)に関して、この方法では3つの反応ステップを1サイクルとして、これを繰り返すことで特定のDNA領域を大量に増幅させることができる。反応液に鋳型とするDNAを0.1 pg 入れ、この方法を用いてDNAを増幅させた。反応後、DNAが0.1 μg まで増幅されていたとすると、反応はおおよそ何サイクル繰り返されたと考えられるか。サイクル数として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。ただし、鋳型として入れたDNAの全長が本反応で増幅される領域であり、pg は μg の100 万分の1を表す単位である。 13

- ① 10 サイクル ② 20 サイクル ③ 30 サイクル ④ 40 サイクル

6) 下線部オ)に関して, ある DNA 断片が増幅されたのかを確かめるために電気泳動を行った。目的 DNA 断片の大きさは, 既に大きさの分かっているいくつかの DNA 断片を含むマーカーを同時に電気泳動することで確認する。今回の実験で使用したマーカーには, 500 bp (base pair: 塩基対), 1000 bp, 2000 bp, 3000 bp, 5000 bp, 7500 bp, 10000 bp の DNA 断片が含まれていた。目的 DNA 断片の大きさが 1500 bp であったとすると, その泳動結果はどのようなになるか。最も適当な泳動結果を, 次の①~④の中から 1 つ選べ。ただし, 図中の「M」は, マーカーのレーンである。また DNA は, 図の上部から下部に向かって (矢印の方向に) 泳動されたものとする。

14



- (2) 遺伝情報の発現と制御，そして遺伝情報を用いた系統関係の推定に関する以下の問い
1)～5)に答えよ。〔解答番号 15 ～ 25 〕

1) 遺伝情報の発現の最終段階は翻訳であり，mRNA 中のコドンが指定する通りの順番で
アミノ酸がつなぎ合わされることで，タンパク質が合成される。ある mRNA [X] の配列
の一部を以下に示した。翻訳開始点のコドンが指定するアミノ酸を 1 番目のアミノ酸とす
ると，2 番目 15 ， 5 番目 16 ， 8 番目 17 にあたるアミノ酸はどれに
なるか。表 2 のコドン暗号表を参考にして，最も適当なアミノ酸を，次の①～⑳の中から
それぞれ 1 つずつ選べ。ただし，同じものを何度使ってもよい。

X の塩基配列の一部

...UUCGAAUGUUCGAUCCGGUAGACUAUCGAUACCCAG...

表 2 コドン暗号表

1 番目 の塩基	2 番目の塩基				3 番目 の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU } Phe	UCU } Ser	UAU } Tyr	UGU } Cys	U
	UUC } Leu	UCC } Ser	UAC } Tyr	UGC } Cys	C
	UUA } Leu	UCA } Ser	UAA } 終止	UGA } 終止	A
	UUG } Leu	UCG } Ser	UAG } 終止	UGG } Trp	G
C	CUU } Leu	CCU } Pro	CAU } His	CGU } Arg	U
	CUC } Leu	CCC } Pro	CAC } His	CGC } Arg	C
	CUA } Leu	CCA } Pro	CAA } Gln	CGA } Arg	A
	CUG } Leu	CCG } Pro	CAG } Gln	CGG } Arg	G
A	AUU } Ile	ACU } Thr	AAU } Asn	AGU } Ser	U
	AUC } Ile	ACC } Thr	AAC } Asn	AGC } Ser	C
	AUA } Ile	ACA } Thr	AAA } Lys	AGA } Arg	A
	AUG Met(開始)	ACG } Thr	AAG } Lys	AGG } Arg	G
G	GUU } Val	GCU } Ala	GAU } Asp	GGU } Gly	U
	GUC } Val	GCC } Ala	GAC } Asp	GGC } Gly	C
	GUA } Val	GCA } Ala	GAA } Glu	GGA } Gly	A
	GUG } Val	GCG } Ala	GAG } Glu	GGG } Gly	G

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① Ala | ② Gly | ③ Asp | ④ Glu | ⑤ Asn |
| ⑥ Ser | ⑦ Gln | ⑧ Thr | ⑨ Leu | ⑩ Val |
| ⑪ Ile | ⑫ Tyr | ⑬ Cys | ⑭ Pro | ⑮ Trp |
| ⑯ His | ⑰ Arg | ⑱ Lys | ⑲ Phe | ⑳ Met |

2) 突然変異により遺伝子の塩基配列が変化してしまい、指定されるアミノ酸の種類が変化することがある。その結果、発現するタンパク質の機能が変化したり、失われたりする。しかしながら、変異によっては指定されるアミノ酸の種類が変化せず、正常な遺伝子と同じタンパク質が合成される。つまり影響が生じない変異がある。以下に示した mRNA の塩基配列が元の配列であるとする、表 2 のコドン暗号表を参考にして、影響が生じない変異を示した塩基配列を、次の①～④の中から 1 つ選べ。ただし、選択肢の配列において、太字で示した塩基が元の配列と異なる塩基である。 18

元の mRNA の塩基配列：UUU CUA CGA GAU UCA CUA

- ① UUU CUA **G**GA GAU UCA CUA ② UUU CUA CGA **C**AU UCA CUA
③ UUU CUA **A**GA GAU UCA CUA ④ UUA**A** CUA CGA GAU UCA CUA

3) 原核生物における遺伝子の転写調節に関する記述のうち誤っているものを、次の①～④の中から 1 つ選べ。 19

- ① ラクトースオペロンでは、ラクトースが存在するときに関連遺伝子の転写が促進される。
② 遺伝子の転写を抑制するはたらきをもった調節タンパク質のことをリプレッサーと呼ぶ。
③ トリプトファンオペロンでは、トリプトファンが多いときに関連遺伝子の転写が促進される。
④ RNA ポリメラーゼが DNA のプロモーターと呼ばれる領域に結合することで、転写が開始される。

4) DNA の塩基配列を比較することで、生物の系統関係を推定することができる。DNA の塩基配列の変化速度が一定であると仮定すると、分岐してからの時間が長い生物同士ほど塩基配列の違いが大きくなると考えられる。表3は、ある生物群（種 Y, A, B, C, D）について、ある遺伝子 Z の塩基配列を調べてまとめたものである。

表3 種 Y, A, B, C, D の遺伝子 Z の塩基配列

種	塩基配列
種 Y	T A G C C C T T G A A A G A G G T T A A A C C C G A C A G T
種 A	T A C G G A T T C A A T A A G A T T A A A C G C A A C A A A
種 B	T T A C G A T T C A G T A A G A G T C A A A T C A C C G A C
種 C	T T A C G A T T T A G T A C C T G T C A A A T C A C C G G C
種 D	T T A C G A T T T A G T A C G A G T C A A A T C A C C G G C

また種間の塩基の相違数を数えてまとめたものが表4である。表4の空欄 20 ～ 24 に当てはまる数を、次の①～⑳の中からそれぞれ1つずつ選べ。ただし、同じものを何度使ってもよい。

表4 遺伝子 Z の種間における塩基の相違数

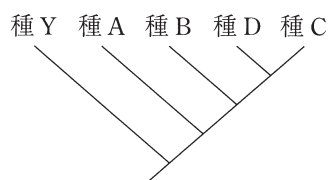
	種 A	種 B	種 C	種 D
種 Y	20	18	21	18
種 A		22	16	23
種 B	—		5	3
種 C	—	—		24
種 D	—	—	—	

- | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 | ⑥ 6 | ⑦ 7 |
| ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 10 | ⑪ 11 | ⑫ 12 | ⑬ 13 | ⑭ 14 |
| ⑮ 15 | ⑯ 16 | ⑰ 17 | ⑱ 18 | ⑲ 19 | ⑳ 20 | |

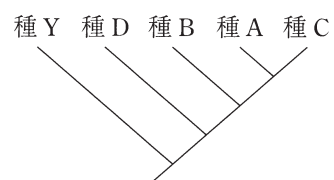
5) 完成した表4をもとに種A～D間の系統関係を推定して分子系統樹を作成したとき、得られる分子系統樹として最も適当な系統樹を、次の①～④の中から1つ選べ。ただし、種Yは最も早く分岐した種であることが分かっているものとする。

25

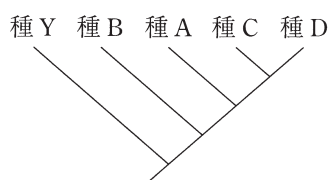
①



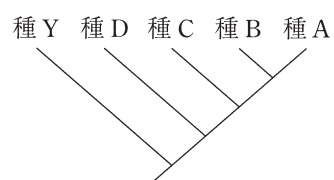
②



③



④



Ⅱ

(配点 75)

- (1) 屋久島の生態系に関する次の文章を読み、以下の問い1)～6)に答えよ。

〔解答番号 26 ～ 42 〕

日本で最初に世界自然遺産に指定されたのは、九州南端から約 60 km の海上にある屋久島、および青森県と秋田県にまたがる白神山地の 2 か所である。このうち屋久島は、年平均気温（1981～2010 年：気象庁）が 19.4℃と暖かく、年降水量の平均値（同）は 4472 mm と多い。島の中央には標高 1936 m の宮之浦岳を最高峰に、1800 m 以上の山々が連なっている。そのため、屋久島では河口付近には熱帯・亜熱帯などの暖かい地域に見られる 26 林が生育し、標高が上がると温帯のうち比較的暖かいところに育ち、葉が厚くて光沢のある 27 などが優占している。さらに標高が高くなると、屋久杉に代表される 28 が優勢となっているように、日本のバイオームの 29 分布が観察される。一方、白神山地において大規模に広がっているブナ林の場合は、低緯度に行くに従って生育場所は標高が 30 所に限られる。つまり緯度の違いによって生じる 31 分布を示している。

- ア) 世界の地上のバイオームについて年平均気温と年降水量の関係をまとめたものを図 1 に示す。

屋久島では、図 1 に示されたバイオームの多くを見ることができる。屋久島の月平均気温（1981～2010 年：気象庁）が 5℃以上の月について、その平均気温から 5℃を引き、1 年を通して積算すると 173 となる。この数値は 32 の指数と呼ばれ、日本における気温と植生の分布をうまく表現できる。

屋久島中央部の土壌の母岩は花崗岩である。母岩の上には花崗岩が風化した層、さらにその上には 33 層があり、最上部は落葉層で構成されている。森林内においては、林床のコケ類から最上層となる 27 の 34 まで、高さに応じた 35 構造が形づくられている。また、屋久島にはヤクシカなど固有の動・植物が多数生息しているが、

- イ) 特定外来生物の侵入による影響により、 ウ) 絶滅が危惧される生物も出てきている。

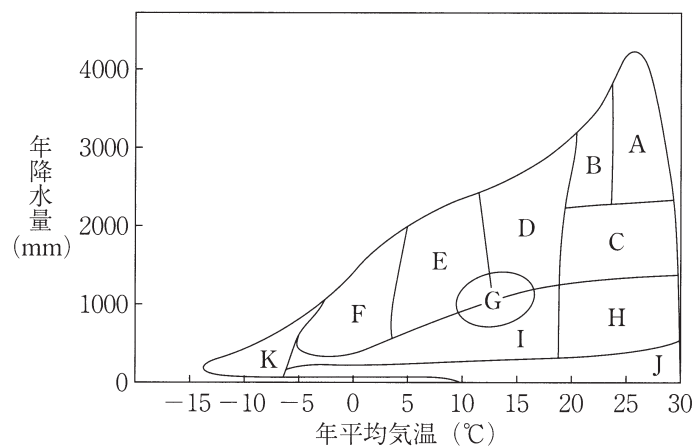


図 1 気温・降水量とバイオームの関係

1) 上の文章の空欄 26 ～ 35 に入る最も適当なものを、次の①～⑳の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | |
|---------|----------|--------|--------|
| ① ガジュマル | ② マングローブ | ③ オリーブ | ④ スダジイ |
| ⑤ 分解 | ⑥ 腐植 | ⑦ 生産 | ⑧ 暖かさ |
| ⑨ 寒さ | ⑩ 湿度 | ⑪ 階層 | ⑫ 層別 |
| ⑬ 垂直 | ⑭ 水平 | ⑮ 林冠 | ⑯ 針葉樹 |
| ⑰ 落葉広葉樹 | ⑱ 混交林 | ㉑ 高い | ㉒ 低い |

2) 下線部ア)のバイオームに関する記述として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。 36

- ① ツンドラと砂漠が分布する地域は、降水量はほとんど同じだが年平均気温は大きく違う。
- ② サバンナは、ステップよりも年平均気温が低い地域に分布する。
- ③ 亜熱帯多雨林は、熱帯多雨林に比べて降水量が多い地域に分布する。
- ④ 硬葉樹林は温帯域にあって、冬が温暖で降水量が多く、夏は暑くて乾燥が著しい地域に分布する。
- ⑤ 熱帯多雨林には落葉広葉樹が分布する。

3) 図1に示されたA～Kは世界のバイオームであり、これらは大きく 37 【A, B, C, D, E, F, G】, 38 【H, I】, 39 【J, K】の3群に分類される。
37 ～ 39 に入る最も適当なものを、次の①～⑩の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | | |
|------|------|------|-------|-------|
| ① 荒原 | ② 砂漠 | ③ 森林 | ④ 草地 | ⑤ 極相林 |
| ⑥ 裸地 | ⑦ 草原 | ⑧ 極地 | ⑨ 低木林 | ⑩ 陽樹林 |

4) 図1のバイオームのうち日本のバイオームに**含まれないもの**を、次の①～⑤の中から1つ選べ。 40

- | | | |
|----------|----------|--------|
| ① 雨緑樹林 | ② 照葉樹林 | ③ 夏緑樹林 |
| ④ 常緑針葉樹林 | ⑤ 亜熱帯多雨林 | |

5) 下線部イ)の特定外来生物に関する記述として誤っているものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。 41

- ① ハブ駆除のために導入されたマングースは、沖縄島の固有種であるヤンバルクイナを捕食している。
- ② ペットとして日本国内に持ち込まれたアライグマによる捕食によって、在来種への影響が危惧されている。
- ③ 雑食性のオオクチバスによる捕食活動は、移入した湖沼の生態系に大きな影響を及ぼしている。
- ④ 受粉目的で導入されたセイヨウマルハナバチは、在来^{くちく}のマルハナバチを駆逐している。
- ⑤ 食用として導入されたウシガエルが定着した池では、在来のカエルの生息数が少なくなったとされている。

6) 下線部ウ)の絶滅危惧種に関する記述として誤っているものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。 42

- ① 野生生物のうち、さまざまな原因によって絶滅の恐れのある生物は絶滅危惧種として指定されている。
- ② 奄美大島に生息するアマミノクロウサギの個体数は、害獣駆除を目的とした特定外来生物の導入後に減少している。
- ③ 絶滅危惧種をリストアップしたものをレッドリストという。
- ④ アホウドリは乱獲により激減し、現在、繁殖地は鳥島などに限られている。
- ⑤ 野生生物の絶滅が危惧される原因は人間活動によるものであり、その主なものは地球温暖化の影響である。

(2) 物質の循環に関する次の文章を読み、以下の問い1)～4)に答えよ。

〔解答番号 43 ～ 50 〕

地球上の炭素はさまざまな生態系を循環している。湖沼や海の中では 43 である植物プランクトンや水生植物によって、太陽の光エネルギーが 44 エネルギーに変換されて有機物に蓄えられる。有機物は 45 である魚類等の動物によって使われ、遺がいや排出物は 46 である菌類や微生物によって利用される。この過程を通じて 44 エネルギーは 47 エネルギーとなって生態系外に放出される。

ア) 生態系ごとの現存量や純生産量は、それぞれの生態系ごとに大きく異なる。このうち水域における生産量を決めるのは光と栄養塩類であり、補償深度の上と下では有機物生産の状況は大きく変わる。湖沼や海域で栄養塩類の濃度が高くなることをイ) 富栄養化といい、富栄養化の進行によってウ) 湖沼や海域ではさまざまな問題が引き起こされている。

1) 上の文章の空欄 43 ～ 47 に入る最も適当なものを、次の①～⑮の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------------|-------|
| ① 生体 | ② 消費者 | ③ 被食者 | ④ 生産者 | ⑤ 分解者 |
| ⑥ 熱 | ⑦ 異化 | ⑧ 光 | ⑨ 同化 | ⑩ 呼吸 |
| ⑪ 成長 | ⑫ 化学 | ⑬ 枯死 | ⑭ 植食性（植物食性） | |
| ⑮ 肉食性（動物食性） | | | | |

2) 下線部ア)の現存量や純生産量に関する記述として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。なお、以下の現存量および純生産量は単位面積当たりの乾燥質量である。

48

- ① 陸上生態系と海洋生態系の純生産量はほとんど同じである。
- ② 森林の現存量と純生産量は陸上生態系の中で最も大きい。
- ③ 熱帯多雨林の純生産量は針葉樹林よりも大きい。
- ④ 海洋の現存量と純生産量は浅海域で大きく外洋域では小さい。

3) 下線部イ)の富栄養化に関する記述として誤っているものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。 49

- ① 陸から栄養塩類が多量に流入する浅海域の表層では、植物プランクトンの異常増殖が起こる。
- ② 湖沼の富栄養化は自然現象ではなく、人間活動に伴う過剰な栄養塩類の流入により起こる。
- ③ 富栄養化した湖沼では、生産層における有機物生産が増加する。
- ④ 湖沼や海域の富栄養化が進んでも、補償深度より下の層では植物プランクトンによる生産がされない。
- ⑤ 外洋の湧昇域では、下層から表層に栄養塩類が供給されている。

4) 下線部ウ)の水域の富栄養化によって引き起こされる問題に関する記述として誤っているものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。 50

- ① 富栄養化した海では水の華（アオコ）が大発生することにより、生態系のバランスに影響を与えている。
- ② 湖沼や海の水面近くで植物プランクトンが大増殖すると水中に光が透過しにくくなるため、水中植物の光合成は低下する。
- ③ 富栄養化した湖沼で大増殖した植物プランクトンの遺骸が分解されると、多量の酸素が消費されるので水中では酸素が減少する。
- ④ ある種の植物プランクトンが大増殖し有毒な物質を産生すると、魚介類に被害を生じることがある。
- ⑤ 湖沼や海で、ある種の植物プランクトンが大増殖すると、それが魚介類のえらに付着して窒息死させることがある。