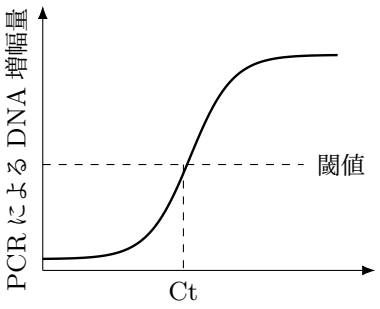
三重大学

2024 年度　前期日程　生物

（2 科目　150 分）

1 次の文章を読み，**問 1**〜**問 6** に答えよ。

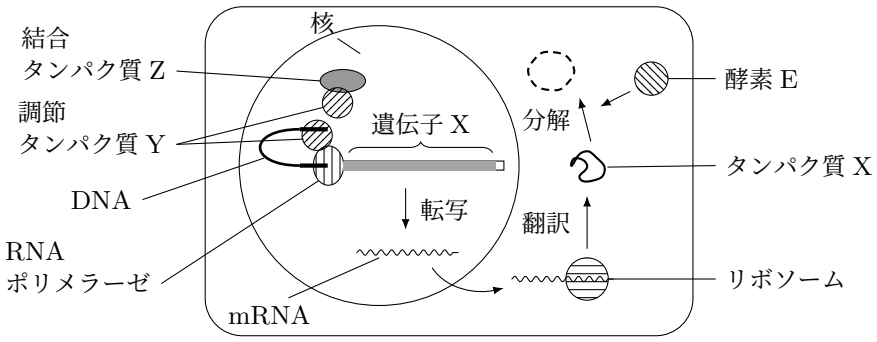
DNA の遺伝情報は RNA に転写され, RNA からタンパク質へと翻訳される。この一連の遺伝情報の流れを［（ア）］と呼び，遺伝子発現の基本原理である。しかし，この遺伝情報の流れには一部の例外があり，mRNA を鋳型として DNA を合成する酵素も存在する。このように，mRNA を鋳型として合成した DNA（あ）の量を測定することで，特定の遺伝子の mRNA への転写量を調べることができる。DNA 量の測定法の一つとしては，定量的 PCR 法（qPCR 法）がある。qPCR 法では，測定したい遺伝子の DNA 配列を特異的に増幅させるプライマーを用いて PCR 法による DNA 増幅を行い，1 サイクルごとに増幅された DNA 量を測定することで，遺伝子の増幅曲線が描かれる。増幅曲線のグラフの縦軸に PCR による DNA 増幅量を，横軸に PCR サイクル数をとり，一定の DNA 量の閾値の増幅にかかる PCR サイクル数（Ct）をサンプル間で比較することで，PCR に用いた DNA の鋳型となった mRNA の量を相対的に比べることが可能となる（参考図 1)。この qPCR 法を用いて，以下のような実験を行った。



（参考図 1：qPCR 法における DNA 量の増幅曲線）

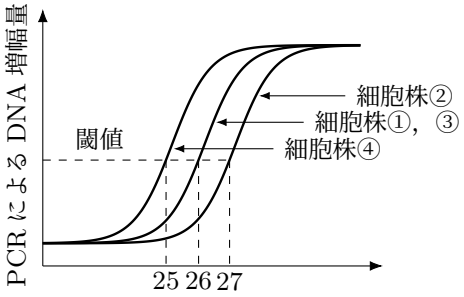
【実験 1】

遺伝子 X は調節タンパク質 Y により転写調節を受ける遺伝子である。調節タンパク質 Y は遺伝子 X の転写調節配列に結合し，遺伝子 X の転写を正に制御している。また，調節タンパク質 Y は結合タンパク質 Z が結合すると，転写調節配列への結合が阻害される。さらに，この遺伝子 X から翻訳されたタンパク質 X は，酵素 E により分解される（参考図 2)。



（参考図 2：遺伝子 X の細胞内における発現量制御に関わる因子）

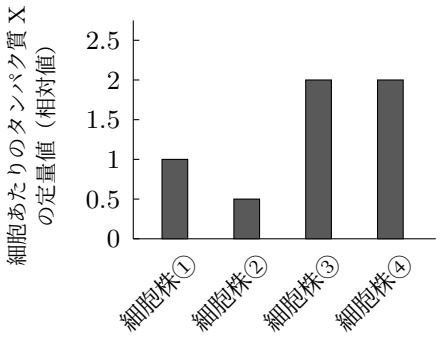
これら X，Y，Z，E すべてのタンパク質を発現する細胞株①を作製した。さらに，細胞株①の遺伝子を改変して，細胞株②，③，④を作製した。細胞株②，③，④は Y，Z，E の遺伝子のいずれか 1 つの発現が減少している細胞株である。これらの細胞株①〜④から遺伝子 X の mRNA を抽出し，それを鋳型として DNA を合成した。その DNA を qPCR 法で定量したところ，図 1 のような結果になった。



（図 1：実験 1 の qPCR 増幅曲線）

【実験 2】

実験 1 の細胞からタンパク質 X を抽出し，細胞あたりのタンパク質 X の存在量を調べたところ，図 2 のような結果になった。



（図 2：実験 2 のタンパク質 X 定量値）

問 1　問題文の［（ア）］にあてはまる語句を記入せよ。

問 2　下線部 (あ) の名称を答えよ。

問 3　実験 1 および 2 の結果から，細胞株②，③，④において，それぞれ 1 つずつ発現が減少している遺伝子はどれか答えよ。

問 4　実験に用いた細胞株①を改変して，細胞株⑤を作製した。細胞株⑤は調節タンパク質 Y の発現量が増加しており，その結果転写される mRNA の量が細胞株①の 8 倍であった。この細胞株⑤を用いて，実験 1 と同じく qPCR を行った場合，閾値でのサイクル数はいくつになるか答えよ。ただし，1 サイクルあたりの DNA 増幅率は 100 % であるものとする。

問 5　さらに細胞株①を改変して，細胞株⑥を作製した。細胞株⑥では qPCR による遺伝子 X の閾値でのサイクル数は細胞株①と同じであり，細胞から抽出したタンパク質 X の量は細胞株①の半分であった。この細胞株⑥において，細胞株①と比較して発現変動している可能性があるものを以下の a〜d の中から全て選べ。

a.　遺伝子 E の調節タンパク質
b.　遺伝子 Z の調節タンパク質
c.　遺伝子 X の基本転写因子
d.　遺伝子 X の mRNA の核外輸送に関わるタンパク質

問 6　この qPCR で用いたプライマーを同じ細胞から抽出したゲノム DNA を鋳型として増幅させたところ，その塩基対の長さは qPCR で増幅されたものより大きかった。その理由について，30 字以内で記せ。

2 次の文章を読み，**問 1**〜**問 7** に答えよ。

動物の胚は受精卵から生じ，卵割により細胞数を増やし，［ (ア) ］胚を経て胞胚となる。陥入が起こって［ (イ) ］を形成する［ (イ) ］胚では，3 種類の胚葉(あ)が形成される。カエルの胚では，胞胚期には胚全体で骨形成タンパク質（BMP）が分泌され，細胞表面には BMP 受容体が存在している。原口背唇部の領域から分泌因子が広がると外胚葉は神経組織へと分化し(い)，分泌因子の影響を受けない外胚葉は皮膚へと分化する(う)。この分化の運命の選択には分泌因子と BMP の結合が関与している。

また，脊椎動物のからだには3 つの軸(え)が存在し，発生が進むにつれて非対称性を獲得するが，節足動物のショウジョウバエでは受精卵に存在する極性に基づき体軸が形成される。タンパク質の濃度勾配に基づきギャップ遺伝子，ペア・ルール遺伝子，セグメント・ポラリティ遺伝子の分節遺伝子が順に発現して体節が形成され，最終的に［ (ウ) ］遺伝子がはたらく。［ (ウ) ］遺伝子と相同な遺伝子は哺乳類にも存在し，マウスでその遺伝子の 1 つを欠損させると腰椎が胸椎に変化し肋骨の形成がみられる例がある(お)。

からだの一部分がなんらかの理由で失われたとき，それに該当する部分が復元される現象を［ (エ) ］といい，イモリでは水晶体や四肢でみられる(か)。ヒトでは通常，造血幹細胞や神経幹細胞などの組織幹細胞しかその能力をもたないが，2007 年に山中伸弥らが成人のヒトの皮膚からつくり出した細胞は医療への応用が大いに期待されている(き)。

問 1　文章中の［ (ア) ］〜［ (エ) ］にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2　下線部 (あ) について，中胚葉および内胚葉から分化するものを次の①〜⑦から 2 つずつ選び，番号で答えよ。

① 毛　② 爪　③ 肺　④ 肝臓
⑤ 腎臓　⑥ 脊髄　⑦ 骨格筋

問 3　次の (1)〜(3) の問いに答えよ。

(1) 下線部 (い) の現象の名称を記せ。

(2) 原口背唇部のように分化を促す領域の名称を記せ。

(3) 下線部 (い) と (う) の説明について，次のア〜カから適切なものをそれぞれ選び，記号で答えよ。

ア　BMP は BMP 受容体に結合し，細胞内へ情報伝達され，神経に分化する。
イ　BMP は BMP 受容体に結合し，細胞内へ情報伝達され，皮膚に分化する。
ウ　BMP は分泌因子に結合し，細胞内への情報伝達が阻害され，神経に分化する。
エ　BMP は分泌因子に結合し，細胞内への情報伝達が阻害され，皮膚に分化する。
オ　分泌因子は BMP 受容体に結合し，細胞内へ情報伝達され，神経に分化する。
カ　分泌因子は BMP 受容体に結合し，細胞内へ情報伝達され，皮膚に分化する。

問 4　下線部 (え) について，3 つの軸とは何か。それぞれの名称を記せ。

問 5　下線部 (お) について，これに類似するハエの変異体はどれか。次のア〜オから 1 つ選び，記号で答えよ。

ア　眼の色が白くなる
イ　剛毛が太く短くなる
ウ　からだの色が黒くなる
エ　触角があしに変化する
オ　はねが上向きに曲がる

問6　下線部 (か) について，イモリの水晶体を除去すると虹彩の先端部の細胞は色素が抜ける。その後，虹彩先端部の無色の細胞がもつ特徴について，適切なものを次のア～オから 1 つ選び，記号で答えよ。

ア　細胞死を起こす

イ　角膜を誘導する

ウ　網膜の性質をもつ

エ　無色の虹彩のままである

オ　未分化の状態に戻り，増殖する

問7　下線部 (き) について，以下の (1)，(2) に答えよ。

(1)　細胞の名前を次の選択肢から選べ。

〔選択肢〕

EC 細胞　　EG 細胞　　ES 細胞　　HeLa 細胞

iPS 細胞　　ntES 細胞

(2)　医療応用が期待されている理由について細胞の特徴を踏まえて 50 字以内で述べよ。

3　次の文章を読み，**問 1**～**問 6** に答えよ。

［A］

われわれのからだには，熱や紫外線，病原体や化学物質などからからだを守る生体防御(あ)の仕組みが備わっている。体内に病原体が侵入すると，まず顆粒白血球の一種である［（ア）］や単球から分化した［（イ）］が侵入部位に集まり，［（ウ）］によって異物を排除する。また，異物を認識(い)し，活性化した［（イ）］は周辺の毛細血管に働きかけ，これにより免疫に関わる細胞を侵入部位に集める。侵入部位では，毛細血管が拡張して他の白血球などが通りやすくなり，血液量が増えるので赤く腫れた状態となる。これを［（エ）］反応という。

問1　下線部 (あ) に関して，生体防御には，①物理的防御，②化学的防御，③自然免疫，④獲得免疫の大きく 4 つの仕組みがある。下記の (1)～(7) の働きは，①～④のどの仕組みに該当するか。適する仕組みの番号を答えよ。

(1)　食べ物に含まれる多くの病原体は，強酸性の胃酸により殺菌される。

(2)　キラー T 細胞が，感染細胞やがん細胞を直接攻撃する。

(3)　NK 細胞が，感染した細胞を排除する。

(4)　気管粘膜の繊毛運動によって，呼吸器に侵入した異物の肺への侵入を防ぐ。

(5)　血液中に存在する抗体が，異物と特異的に結合して排除する。

(6)　皮膚の最外層にある角質によって，病原体の侵入を防いでいる。

(7)　リゾチームは唾液や涙に含まれ，細菌の細胞壁を分解する。

問2　文中の［（ア）］～［（エ）］にあてはまる適切な語句を答えよ。

問3　下線部 (い) に関して，［　(ア)　］や［　(イ)　］などに存在し，病原体の認識に用いるタンパク質の名称を下記の選択肢から選び，番号で答えよ。

［選択肢］

1　TCR　　2　G タンパク質　　3　MHC　　4　HLA　　5　TLR

［B］

あるウサギに，これまでに体内に侵入したことがない毒素 A を注射し，その 40 日後に同じウサギに毒素 A を再び注射した。以下の図(う)は，毒素 A に対して 1 回目の注射後からウサギが産生する抗体量の時間的推移を示したものである。

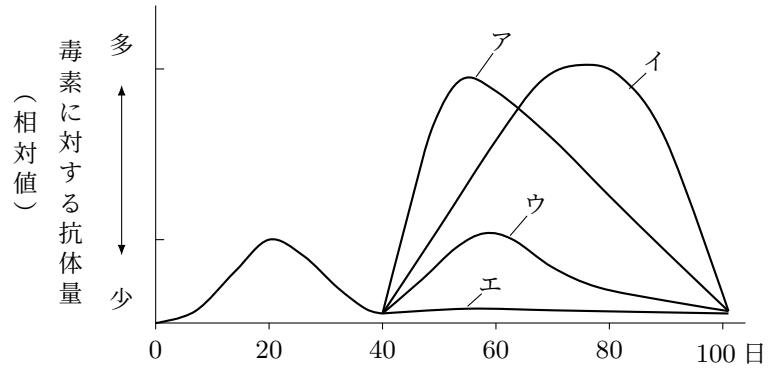


図　毒素注射後の抗体量の推移

問4　下線部 (う) に関して，毒素や病原菌がはじめて侵入すると，B 細胞や T 細胞の一部が特定の細胞として体内に残る。この細胞のことを何というか答えよ。

問5　2 回目の注射後の毒素 A に対する抗体量の変化について，最も適切な曲線を図中のア～エから 1 つ選び，記号で答えよ。

問6　2 回目の注射の時に，毒素 A ではなく，別の毒素 B を注射したところ，毒素 A に対する抗体量の変化と類似した曲線を示した。その理由について，50 字以内で説明せよ。

4 次の文章を読み，**問 1**〜**問 7** に答えよ。

［A］

温帯地域の多くの動植物では，季節の進行をあらかじめ知る手段として，光や温度等の環境要因を感知する仕組みを持っている。とくに，1 日の中の昼間（明期）と夜間（暗期）の長さの影響を受けてそれに反応する生物の性質を［（ア）］という。温帯地域には季節に応じて花をつける植物があり，その多くは日長に反応して花芽分化することが知られている。日長が一定以上になると花芽分化する植物を［（イ）］，花芽分化に日長が関与しない植物を［（ウ）］という。なお，日長に反応する植物が実際に感知しているのは暗期の長さであることが知られており，花芽分化が起こり始める暗期の長さを［（エ）］という。

彩花さんはある植物の花芽分化への日長の影響を知るため，以下の実験①を行った。この植物は，温帯地域の 1 つの場所で 1 つの種の集団を採取して栽培・維持されたものである。

室温 25 ℃の部屋の中に大きな箱を 7 個用意し，それぞれ，タイマーで 1 日 24 時間のうち一定時間だけ照明が点灯するようにした。点灯時間は箱ごとに 9 時間から 15 時間まで 1 時間刻みで異なるようにし，それぞれの中に植物 100 個体を配置して花芽分化が生じるか記録した（実験①）。この結果を図 1 として示す。折れ線の上の数値は，各点の縦軸方向の値を示す。

問 1　上の文章の［（ア）］から［（エ）］までにあてはまる語句を解答欄に記せ。

問 2　彩花さんの得た結果からわかることとして正しいものを以下の a〜i から 2 つ選び，記号で答えよ。

a　花芽分化の始まる日長は実験に使ったすべての個体で同じである。

b　この植物はキクである。

c　この植物は日長が長いほうがより多くの個体で花芽分化する。

d　この植物は日長が短いほうがより多くの個体で花芽分化する。

e　この植物はアブラナである。

f　この植物は日長と関係なく花芽分化する。

g　この植物は個体によって日長反応が異なる。

h　この植物は 6 月に開花する。

i　この植物は 9 月に開花する。

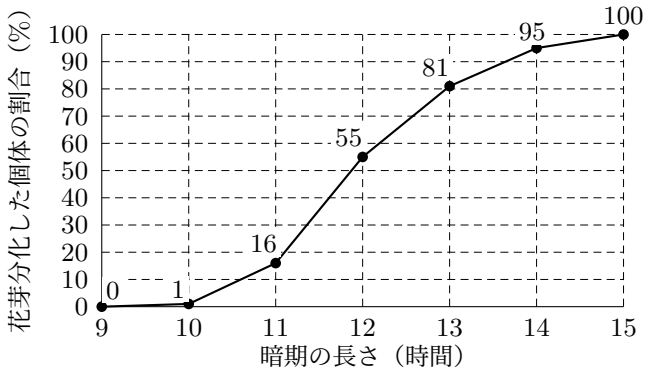


図 1

問 3　50 % が花芽分化する暗期の長さは何時間何分と推定されるか。図 1 の折れ線グラフの折れ線が 50 % を通る座標を計算して求めよ。秒以下は切り捨てて分までを記せ。

問 4　秋に開花する草本植物は，開花後種子を形成し，冬にはその個体は枯れてしまうことが多い。これは，冬の低温を種子としてやり過ごすことが有利（適応的）であるからだと考えられる。一方，気温が高い期間はなるべく長い間成長して，できるだけ多くの種子を次世代に残すことが有利と考えられる。では，今後気温が高く冬が短い状態が続くとすると彩花さんが調べた植物の日長への反応はどのように進化していくと考えられるか。20 字以内で記せ。

［B］

冬の長さのような外部環境が変化すると，それに適応した個体がその種の集団中で大きな割合を占めるようになると期待される。実際に日長への反応は進化するのか，彩花(あ)さんは 2 つめの実験（実験②）を試みた。まず，実験①に使った個体の中で最も元気な個体を 1 つ選び，大きく育てた後で挿し芽を行ってたくさんの個体に分けた。挿し芽とは株の一部を切り取って土などに挿し，発根させて育てる技法である。そして，得られた個体を使って実験①と同様の光条件で反応を調べると図 2 のような結果が得られた。

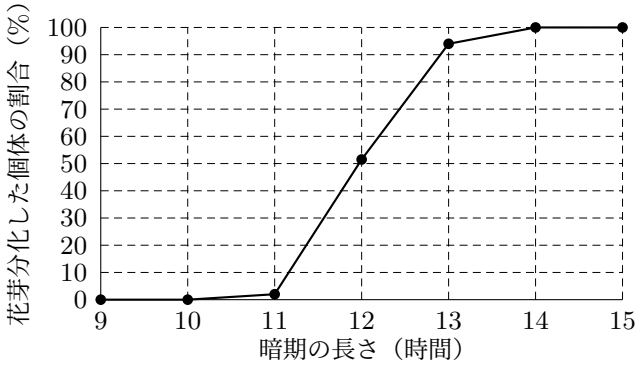


図 2

図 2 では暗期が 9 時間と 10 時間では花芽分化した個体はなかったうえ，11 時間でもほとんど花芽分化しなかった。一方，暗期が(い) 13 時間でほぼ全ての個体が，14 時間と 15 時間では全個体が花芽分化したので，11〜13 時間暗期の時(う)に花芽分化した個体のみからさらに挿し芽をして同様の実験をもう一度行った（実験③）。

問 5　(a)　下線部 (あ) のように，集団内で生存や生殖に有利な遺伝的形質をもつものが次世代に多くの個体を残すことを何というか，漢字 4 文字で記せ。

(b)　(a) の現象は，温度，光，競争，その他様々な要因によって引き起こされる。これらの要因のことを何というか，漢字 3 文字で記せ。

問 6　下線部 (い) は図 1 で得られた結果とは異なり，これは日長への反応の個体間のばらつきが，存在しているが小さいことを示している。なぜこのようなことが生じたのか，40 字以内で記せ。

問 7　下線部 (う) の実験③の結果を折れ線グラフとして図 2 に重ねて描き入れるとすると，それは図 2 の元の折れ線と比べてどのようなものになると考えられるか，以下の (a)，(b) からアルファベットを 1 つずつ選んで最も適切な組合せを作れ。

(a)　変化の度合い（12 時間付近の傾き）

A：大きい　　B：小さい　　C：ほぼ同じ

(b)　大きく変化している部分の位置

X：左寄り　　Y：右寄り　　Z：ほぼ同じ

5 次の文章を読み，**問 1**〜**問 6** に答えよ。

［A］

植生の中で，個体数が多く，背丈が高くて葉や枝の広がりが大きい種類を［ (ア) ］といい，それによって特徴づけられる植生の外観的な様相を［ (イ) ］という。［ (イ) ］によって分類されたその地域に生息しているすべての生物の集まりをバイオームという。バイオームの違いは主に年平均気温と年降水量の違いに対応している。世界の陸上のバイオームは，森林，［ (ウ) ］，および植物がまばらにしか生えない［ (エ) ］に大別される。年降水量が多く，年平均気温が極端に低くない地域では樹木の生育が可能となり，森林のバイオームが発達する。樹木が生育できないほど年降水量が少ない地域では［ (ウ) ］のバイオームになる。年平均気温が極端に低い地域では，年降水量も少なく低温や乾燥に適応した植物だけがまばらにしか生育できない［ (エ) ］のバイオームが見られる。これらのバイオームは，さらに［ (イ) ］にもとづいていくつかの型に分かれる。

問 1　文中の［ (ア) ］〜［ (エ) ］にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2　生物が環境へ適応した結果が形態に現れているとき，それを生活形という。

(1) デンマークの植物学者のラウンケルは，休眠芽の位置に着目して生活形を 6 つ（地上植物，地表植物，半地中植物，地中植物，一年生植物，水生植物）に分類した。植物の環境への適応という点から，ラウンケルの生活形について 50 字以内で説明せよ。

(2) 図 1 は，熱帯多雨林とツンドラにおける植物のラウンケルの生活形の割合を示したものである。それぞれで一番多くを占める生活形①，②を上記の 6 つの分類から最適なものを答えよ。

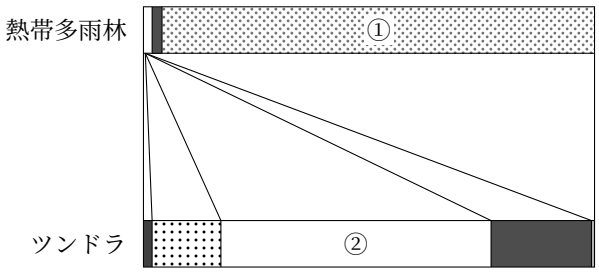


図 1

［B］

日本はほぼ全域にわたって年降水量が十分にあるので，森林が成立する条件を備えている。そのため日本の陸上のバイオームを決める主な限定要因は年平均気温である。年平均気温は，標高と対応しているため，標高に対応したバイオームの分布(あ)が見られる。図 2 は本州中部のバイオームの分布を示す。

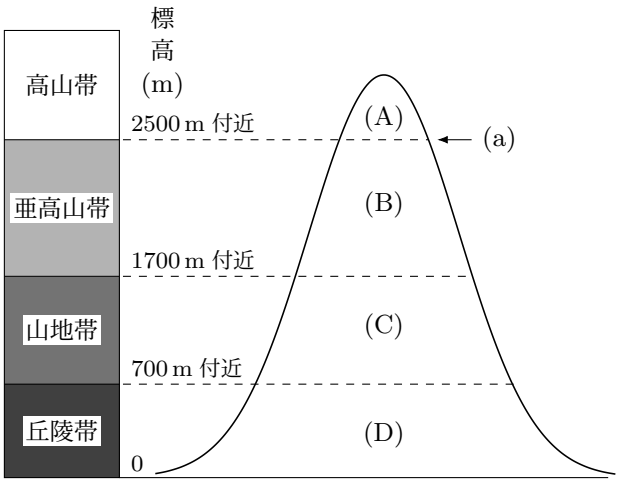


図 2

問 3　文中の下線部 (あ) の分布を何というか答えよ。

問 4　図 2 中の (A)〜(D) のバイオームの名称を答えよ。

問 5　図 2 中の (A)〜(D) のバイオームを最も特徴づける植物をそれぞれ次の中から重複をさけて 2 つずつ選べ。

クスノキ	コマクサ	コメツガ	シラビソ
スダジイ	トチノキ	ハイマツ	ブナ

問 6　近年，地球温暖化により図 2 中の (a) の破線が上昇し，(A) に分布する植物が絶滅する可能性が危惧されている。(a) は何というか答えよ。