



問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	生 物	15

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。
4. 問題〔4〕、〔5〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔4〕、〔5〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その4)の所定の枠内に記入すること。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、すべて(5枚)の解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず記入すること。
2. 理科の選択科目は、出願時に選択したものと異なるものについて解答してはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上に置くこと。解答用紙は、解答していないものも含め、すべて(5枚)を回収する。
5. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

〔1〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えよ。

リボソーム RNA の塩基配列を用いた系統解析により全生物を細菌、アーキア、真核生物の3つのドメインに分ける3ドメイン説が提唱されている。真核生物ドメインには原生生物、植物、菌類、動物が含まれる。

光合成に着目すると、細菌ドメインにはシアノバクテリア、緑色硫黄細菌、亜硝酸菌など多様な光合成を行う生物が含まれる。真核生物ドメインの藻類は様々な色をしており、多様な光合成色素を有している。植物の光合成も環境に適応して多様である。

窒素循環に着目すると、動植物の有機窒素化合物は、遺骸や排泄物の一部となり、土壌中の細菌や菌類などの分解者によりアンモニウムイオンとなる。アンモニウムイオンやその酸化によって生成される硝酸イオンは植物に吸収利用されるが、一部は微生物の働きにより N_2 として大気中に戻る。一方、大気中の N_2 は工業的な窒素固定により窒素肥料として農業に利用されるとともに、窒素固定細菌による窒素固定も行われ、窒素循環に寄与している。

環境問題に着目すると、アーキアドメインには熱水噴出孔など他の生物が生息できないような極限環境に生息するものもいるが、動物の消化管内や水田土壌中など身近な環境に生息しているものもあり、後者は地球温暖化にも関与している。生活排水には多くの窒素化合物が含まれており、そのまま河川に流すと河川や海洋の生態系に大きな影響を与えてしまう。そのため適切な排水処理が行われている。

このように、生物は様々な環境に適応して多様な形態や機能を有しており、なかでも微生物は窒素循環や人間生活を支える大切な役割を果たしている。

問1 下線部①について、次の設問に答えよ。

- (1) シアノバクテリア、緑色硫黄細菌、亜硝酸菌ではそれぞれ炭酸同化に必要なエネルギーの獲得方法が異なる。各細菌のエネルギー獲得方法をそれぞれ答えよ。
- (2) 緑色硫黄細菌の光合成では酸素が発生しない。その理由を答えよ。
- (3) 亜硝酸菌が行う炭酸同化を何と呼ぶか、答えよ。

問 2 下線部②について、海藻のなかでテングサやマコンブなどは水深の深いところにも生息しており、陸上植物にはみられないフィコエリトリンやフコキサンチンなどの光合成色素を含んでいる。これらの海藻にこのような光合成色素が多い理由を答えよ。

問 3 下線部③について、次の設問に答えよ。

- (1) 気温が高く乾燥しやすい環境下において水分が不足すると、気孔を閉じ、蒸散量を減少させる。植物体の水分が不足し、気孔が閉じる際に働く植物ホルモンの名称を答えよ。
- (2) カルビン回路では CO_2 が取り込まれて最初にできる物質は C_3 化合物であるホスホグリセリン酸(PGA)であり、その反応はルビスコという酵素によって触媒される。多くの植物はカルビン回路だけで CO_2 固定を行っており、 C_3 植物と呼ばれている。一方、 C_4 植物は高温で乾燥しやすい環境、CAM 植物は乾燥した環境にそれぞれ適応した光合成のしくみを備えている。 C_4 植物、CAM 植物はそれぞれどのようなしくみによりそのような環境に適応しているのか、両植物に共通するしくみと相違するしくみを CO_2 固定に着目してそれぞれ答えよ。

問 4 下線部④について、次の設問に答えよ。

- (1) 土壌中に存在し、窒素固定を行う嫌気性細菌の生物名を一つ答えよ。
- (2) 根粒菌はダイズなどのマメ科植物と相利共生の関係にある。どのような共生を行っているのか答えよ。

問 5 下線部⑤について、アーキアドメインに属する本生物の名称を答えよ。

問 6 下線部⑥について、排水処理施設では微生物を利用して排水中の窒素を減らしている。この微生物の働きと最も関連の深い部分を本文中より 20 字以内で抜き出せ。

〔2〕 以下の問い(問1～3)に答えよ。

問1 生物は、細胞周辺の環境からさまざまな物質を取り込み利用して、生命活動を営んでいる。微生物も取り巻く環境の変化に応答して生育している。二種類の糖が培地中に存在する環境における糖の利用とその調節について理解するため、大腸菌とラクトース代謝調節系が同じ細菌を用いて、以下の実験を行った。

糖を添加しない液体培地で細菌を一晚培養したのち、培養液を遠心分離にかけて、沈殿した菌体と、上澄みの液体培地に分けた。その後、液体培地を除去して、グルコースとラクトースを含む液体培地で沈殿した菌体を懸濁した。この懸濁液を3等分してフラスコ3本(A, B, C)それぞれに分注し、再び培養を開始した。

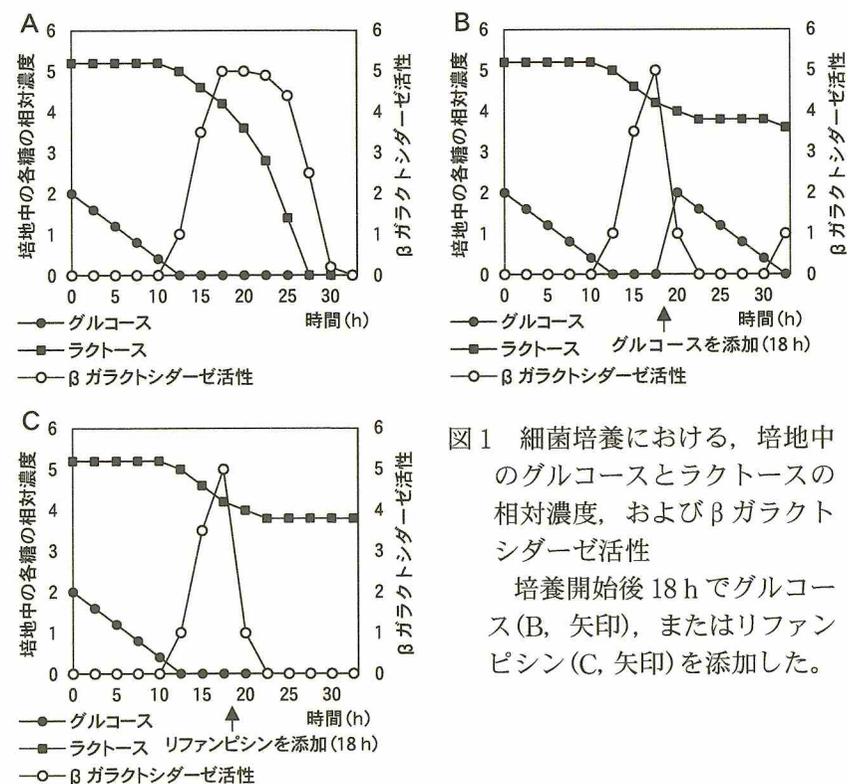


図1 細菌培養における、培地中のグルコースとラクトースの相対濃度、および β ガラクトシダーゼ活性
 培養開始後18hでグルコース(B, 矢印), またはリファンピシン(C, 矢印)を添加した。

問5 下線部⑤に関して、図1～4は野生型および各クラスの遺伝子の欠損変異体の花にできる器官を表している。ではABCモデルにおいて、めしべ、おしべ、花弁、がく片の形成にはそれぞれどの遺伝子が関わっているか答えよ。また2つのクラスが欠損した変異体(AとB, AとC, およびBとC), およびABCすべてのクラスが欠損した変異体にはどのような器官が形成されるか答えよ。

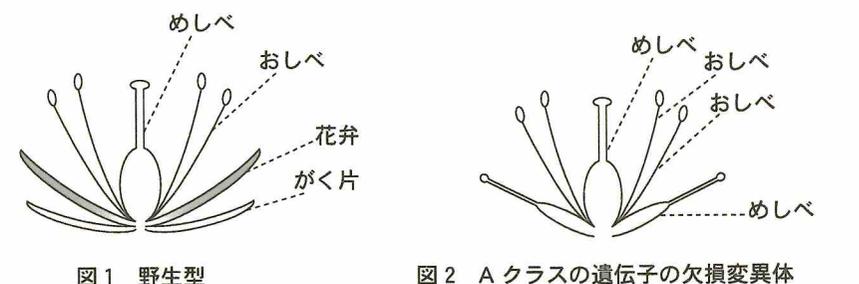


図1 野生型

図2 Aクラスの遺伝子の欠損変異体



図3 Bクラスの遺伝子の欠損変異体

図4 Cクラスの遺伝子の欠損変異体

〔選択問題〕

〔5〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えよ。

太郎は犬の散歩をしていた。街路樹のケヤキやイチョウの葉は、今ではその役割を終えて黄色に染まり、はらはらと舞い落ちている。公園にさしかかると常緑樹のツバキやネズミモチの葉は深い緑色をしていた。これらの植物の葉では、いまだに葉緑体で光合成がおこなわれているのであろう。また公園ではサザンカの花が咲いていた。少し歩いて住宅街に入ると、ある家の庭にザクロの木があり、ザクロの果実が割れて中の種子が見えていた。また別の家の庭には八重のリンドウが咲いていた。太郎は生物の授業で習った花の形態形成のABCモデルを思い出した。

問1 下線部①に関して、落葉は葉の付け根に離層が形成されることで起こる。離層の形成を促進する植物ホルモンと、抑制的に働く植物ホルモンをそれぞれ1つ答えよ。

問2 下線部②に関して、葉緑体のチラコイド膜にはATPを合成するためのATP合成酵素がある。ではこのATP合成酵素はどのようにして生じたエネルギーを利用してATPを合成しているか、「濃度勾配」と「ストロマ」という用語を用いて答えよ。

問3 下線部③に関して、被子植物の花では子房にある胚珠の内部に胚のうが形成される。そして胚のうが成熟すると8個の核と7個の細胞ができる。解答欄の図中に8個の核を黒い点で、7個の細胞を実線で図示せよ。またそれぞれの細胞から点線で引出し線をひいて、その名称についても記せ。

問4 下線部④に関して、被子植物の種子の形成には重複受精がかかわっている。「精細胞」、「極核」、「核相」という用語を用いて重複受精について説明せよ。ただしそれぞれの用語は複数回用いてもよい。

A, B, Cとも培養開始時間を0時間(h)とした。そして、2.5h単位で経時的に培養液を分取し、前述の方法で液体培地と菌体に分けた。液体培地中の糖の濃度を定量するとともに、細菌を破碎して、ラクトースの異化代謝を行うβガラクトシダーゼの活性も測定し、データをグラフにプロットした(図1A-C)。フラスコBでは培養開始後18hでグルコースを添加した(図1B)。フラスコCでは培養開始後18hで、RNAポリメラーゼを特異的に阻害する抗生物質であるリファンピシンを添加した(図1C)。

- (1) 下線部①の用語をエネルギーについても言及して説明せよ。
- (2) 図1Aと図1Bを比較して、細菌の糖利用について何が推定できるか記せ。なお、細胞外で糖は分解されないとする。
- (3) 図1Aと図1Cを比較することで、上記(問1(2))で解答した事項を除き、細菌の糖利用について何が推定できるか記せ。ただし、βガラクトシダーゼに作用して活性を調節する他のタンパク質等は存在しないとする。

問2 ある細菌には、糖Sの分解に関わる酵素をコードするオペロンの転写調節系が存在する。糖S分解系のオペロンの調節タンパク質sugAは二分子で1つの複合体を形成し、条件に応じて3つの転写調節領域sugO, sugI1, sugI2のうち2つに同時に結合する(図2)。糖Sがないとき、sugA複合体は離れた2箇所の転写調節領域sugOとsugI1に結合することで転写を抑制する。一方で、グルコースがなく、かつ糖Sがある場合は、sugA複合体に糖Sが結合して立体構造が変化し、転写活性化因子となり、隣接するsugI1とsugI2に結合することでRNAポリメラーゼによる転写を促進する。



図2 糖S分解系オペロンの遺伝子構造

- (1) 下線部①の効果の名称を答えよ。
- (2) 下線部②の転写抑制の仕組みを考察し、説明せよ。

問 3 大腸菌の野生株は、培地にトリプトファンが過剰にある場合にトリプトファン合成に関わる酵素の合成を抑制する。これに対し、トリプトファンが過剰に存在するにもかかわらず、常にトリプトファン合成酵素が作られる突然変異株を2種類(A株, B株)単離した。これらの突然変異株に野生型のトリプトファンオペロンに関わる領域のDNA(調節遺伝子, プロモーター, オペレーター, トリプトファン合成遺伝子群)を導入すると, A株はトリプトファンが過剰に存在するとトリプトファン合成酵素を作らなくなったが, B株は常に酵素を作り続けた。ただし, 野生型のDNAを導入しても, 突然変異株が元から持っていたトリプトファンオペロンの機能は維持されるものとする。また, 突然変異株に導入した野生株のDNAは野生型の細胞内にあるときと同じように機能するものとする。なお, 突然変異は機能欠損型変異である。

- (1) A株およびB株は, それぞれ, トリプトファンオペロンに関わるDNAのうち, どの領域に突然変異があったと考えられるか答えよ。
- (2) そのように考えた理由を説明せよ。

問 4 上述の と に入る適切な語句を答えよ。

問 5 図2から推察できる2種の種間関係を, その根拠とともに120字以内で記述せよ。

問 6 問5で答えた種間関係を検証するためには, イ, ロ, ハのどの調査地で, どのような実験をしたらよいだろうか。調査地を述べるとともに, 実験方法と予測される結果を120字以内で答えよ。

[4-2] 食物や生息場所をその生物にとっての資源とみなすと、生物はこれらの資源をめぐる異種の生物と競争している。異種間で生じる競争を g という。2種間で資源の利用の仕方が似ているほど g は激しく、同じ場所で2種が生活し続けることはできない。これを h という。しかし、利用の仕方が完全には同一ではなかったり、一方が他方の存在によって行動を変化させる場合、共存が可能となる場合もある。図2は、2種(A種■, B種□)のザリガニがそれぞれ1種しかいない場所(調査地イ, ロ)と、2種が共存していた場所(調査地ハ)の2種の生息場所(川底の基質)ごとの個体数を示している。

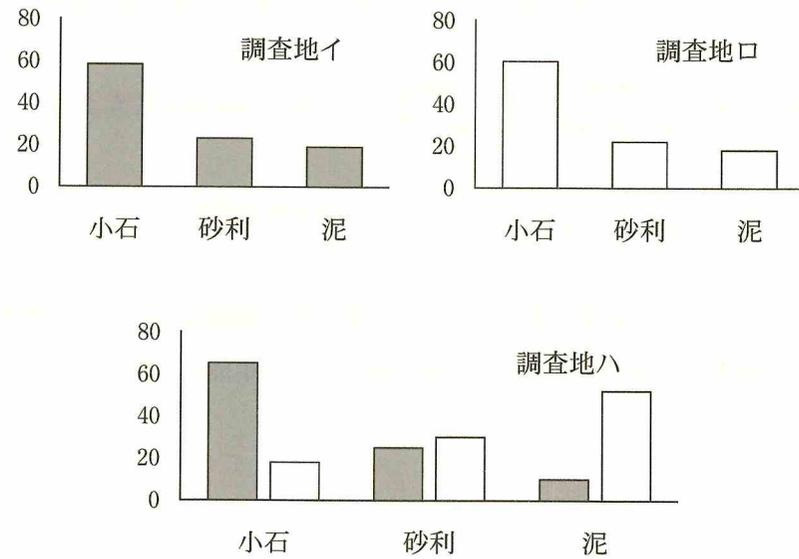


図2. 2種のザリガニの生息場所

試験問題は次に続く。

〔3〕 以下の問い(問1～5)に答えよ。

動物では配偶子を産み出す細胞は発生の初期に形成され、生殖器官となる部位に移動して精原細胞や卵原細胞に分化する。精原細胞・卵原細胞はそれぞれ細胞分裂を繰り返して精子と卵子を形成し、これらが融合して生じた受精卵から再び個体が形成される。受精直後の卵割時の細胞分裂はその後の細胞分裂とは異なる特徴を有しているが、マウス胚を用いた解析により、最初の2回の分裂時と4回目以降の分裂時のDNA複製の態様にも差異が認められることが報告されている。

問1 下線部①について、こうした細胞を何と呼ぶか、記せ。

問2 下線部②について、以下の問いに答えよ。

(1) 精子と卵子はどのようにして産生されるのか、それぞれ解答欄に記した語句に引き続いて記載を加え、説明せよ。なお、それぞれ以下の「」内の語を必ず使用すること。

「一次 減数 第一 第二 体細胞 二次」

(2) 精子のべん毛は精子に運動性を与え、その運動性はべん毛の中心に位置する軸糸と呼ばれる構造体の働きによる。軸糸は細胞骨格を構成するタンパク質の一種を主要な構成因子としているが、このタンパク質の名称を記せ。

(3) 軸糸は細胞内小器官の一つを基盤として形成される。この細胞内小器官の名称を記せ。

問3 下線部③について、以下の問いに答えよ。

(1) 精子と卵子がそれぞれの核も含めて融合して受精卵をつくりだす過程を受精という。多くの動物では受精時に他の精子が卵子に侵入できないようにする多精拒否とよばれる仕組みが働くが、どのような仕組みか、ウニの受精を例に説明せよ。説明にあたっては、なぜ他の精子が受精できなくなるかがわかるように留意すること。

(2) 受精直後、精子の軸糸は受精卵の内部・外部どちらにあることになるだろうか、そのようになる理由とともに記せ。

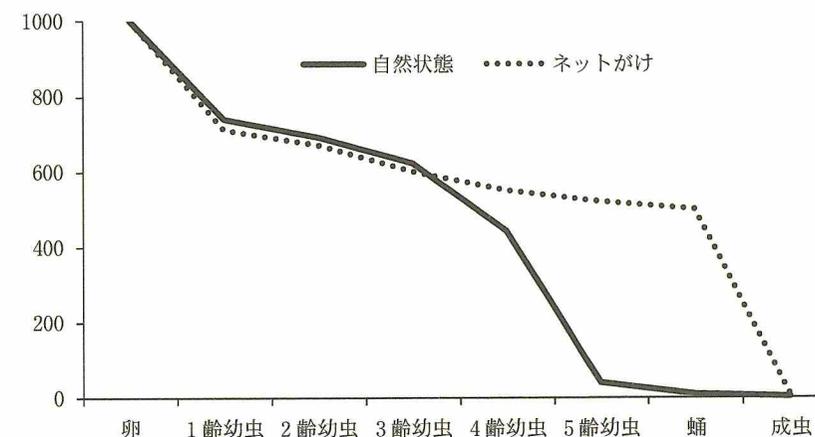


図1. 自然状態とネットで覆った状態での個体数の変化

問1 上述の a ~ c に入る適切な語句を答えよ。

問2 表1の d ~ f に入る数値を答えよ。

問3 図1から幼虫期の前半と後半では死亡要因が異なることが示唆される。この結果から考えられる死亡要因の違いをその根拠とともに120字以内で述べよ。

〔選択問題〕

〔4〕 動物の個体群および種間関係に関する二つの文章を読み、問1～6に答えよ。

[4-1] 昆虫類では、産まれた卵の多くは成虫になる前に発育の過程で何らかの要因で死亡する。成虫になるまでの各発育段階における死亡個体数・死亡率・死亡要因などを明らかにし、時間と共に生存個体数が していく様子を示した表を といい、これを図示したものを という。表1は、とあるミカン園のミカンの木に産卵されたナミアゲハの自然状態での を示している。幼虫期は、さまざまな捕食者が幼虫を捕食していた。また、おなじミカン園で、5ミリメートル四方の網の目のネットで一部の枝を覆い、同様に生存個体数の変化を調べたところ、図1のような結果が得られた。

表1 ナミアゲハの

	当初生存 個体数	死亡 個体数	死亡率(%)	死亡要因
卵	1000	261	26.1	卵寄生蜂
1 齢幼虫	739	48	6.5	幼虫寄生蜂・捕食
2 齢幼虫	<input type="text" value="d"/>	69	10.0	幼虫寄生蜂・捕食
3 齢幼虫	622	180	28.9	幼虫寄生蜂・捕食
4 齢幼虫	442	<input type="text" value="e"/>	91.2	幼虫寄生蜂・捕食
5 齢幼虫	39	30	<input type="text" value="f"/>	幼虫寄生蜂・捕食
蛹	9	7	77.1	蛹寄生蜂
成虫	2			

ナミアゲハの個体数のデータは、次の論文を参考にした。椿(1973) 日本生態学会誌 23:210-217.

問4 下線部④について、どのような特徴を有しているか、2つ記せ。

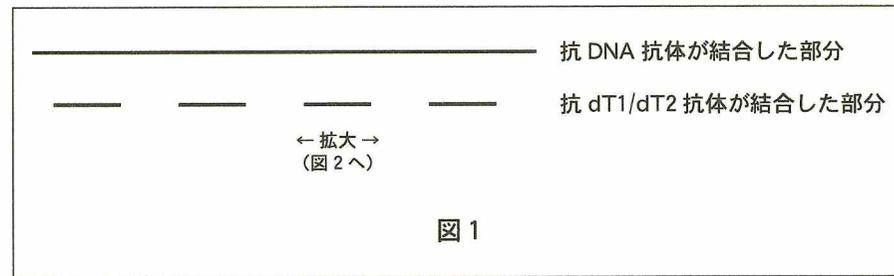
問5 下線部⑤について、この報告は受精後のDNA複製の態様を2種類のヌクレオシド誘導体を用いて解析した結果に基づいている。誘導体とは、ある化合物から置換またはその他の化学反応により分子内の一部を変化させた化合物のことをいい、以下のような手順で可視化して解析した。

- ・チミン塩基の2種類の誘導体 T1, T2 をチミン塩基と置き換えたヌクレオシド誘導体を準備した。これらをそれぞれ dT1, dT2 と呼ぶこととする。培養液に添加された dT1, dT2 は速やかに細胞内に移行して DNA 複製に用いられ、チミン塩基を含んだヌクレオチドと同様に DNA に取り込まれることがわかっている。

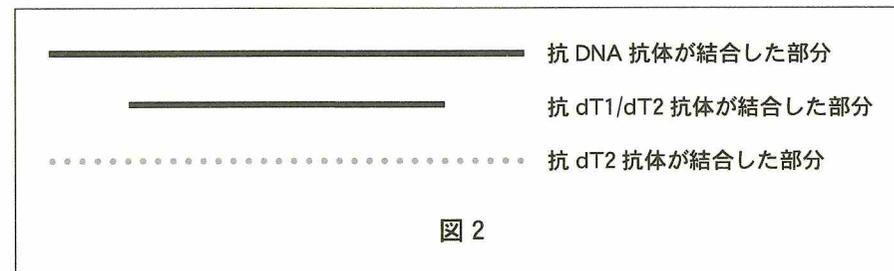
- ・培養液中で人工授精させた受精卵の8細胞期のS期が始まって間もないタイミングを見計らって dT1 を30分間投与した。その後速やかに培養液を入れ替えて dT2 を30分間投与したのち、冷却した培養液に入れ替えて反応を停止させた。

- ・こうして dT1・dT2 を複製中の DNA に取り込んだ受精卵をスライドガラスに移し、適切な方法で DNA をスライドガラス上に線状に展開させた。こうして複製中だった受精卵の DNA を損傷させることなく線状にして、これを顕微鏡で観察する準備を調えた。

- ・スライドガラス上の DNA を適切に処理し、DNA に結合する抗体(抗 DNA 抗体)・dT1 と dT2 の両方に結合する抗体(抗 dT1/dT2 抗体)・dT2 にのみ結合する抗体(抗 dT2 抗体)と反応させた。結合しなかった抗体を洗い流した後、DNA に結合して残っている抗体を、それぞれの抗体を選択的に認識する抗体と反応させた。この「それぞれの抗体を選択的に認識する抗体」にはそれぞれ異なる波長の光を照射すると、それに応じて異なる波長の光を発する色素がついているため、DNA、そのうち dT1 もしくは dT2 が取り込まれた部分、そのうち dT2 が取り込まれた部分をそれぞれ可視化して観察することができる。



(1) 図 1 に代表的な観察結果を模式的に示した。DNA は抗 DNA 抗体によって可視化されて線状に見える。そのうちの dT1 もしくは dT2 が取り込まれた部分を可視化すると、図 1 上の実線のように線状に見える。こうして線状に可視化された DNA のうちの一部が抗 dT1/dT2 抗体が結合した部分として図 1 下の実線のように観察される。図 1 の一部を拡大したものを図 2 に示す。抗 dT2 抗体が結合した部分は、図 2 の点線部分のうちどの部分になると考えるか、解答欄の点線部のうちの該当部分を実線に見えるように適切に塗りつぶすことによって示し、そのように塗りつぶした理由を記せ。なお、塗りつぶしにおいて必要ならば題意に反しない限り任意の仮定をおいても良い。



(2) 同様の実験を 2 細胞期で行ったところ、図 3 に模式的に示すような観察結果を得た。2 細胞期と 8 細胞期における DNA 複製の態様の違いについて、これらの観察結果からわかることをそのように解釈する理由とともに記せ。なお、図 1 と図 3 の観察倍率・縮尺は同じである。

