

大阪大学大学院理学研究科生物科学専攻
平成29年度入学試験問題

生物学・数学・物理学・化学
(平成28年7月30日 13:00 - 15:00)

注意事項

- ◆ この問題冊子には**9問**あります。
- ◆ 開始の合図の後、ページ数を確認し、不足のある場合は監督者に申し出なさい。なお、頁の表記法は、例えば右肩に「【1】1/3」の記載がある問題用紙の場合、「【1】の問題は3頁からなり、そのうちの1頁目」という意味です。
- ◆ **【1】は必須問題**で、必ず解答しなければなりません。さらに、**【2】から【9】の選択問題**から2問を選んで解答しなさい（どの2問でもよい）。
- ◆ 選択問題の2問を**【2】から【5】**（生物学）から解答した場合には、入学後にB（生物科学）コースとなります。いっぽう、少なくとも1問を**【6】から【9】**（数学・物理学・化学）から解答した場合には、A（生命理学）コースとなります。
- ◆ **【1】以外に3問以上**解答した場合は、採点しません。
- ◆ 解答用紙は、問題毎に1枚ずつ使用しなさい。各解答用紙の上部に「受験番号」と「氏名」を記入し、1行目を空白にして、2行目に**【1】**のように問題番号を記入し、解答して下さい。

- ◆ この問題用紙は持ち帰っても良い。

【1】 以下の問題文(1)～(19)の文中の(ア)～(ヨ)に当てはまる語句あるいは数字を答えよ。

- (1) アミノ酸などからグルコースが合成されることを(ア)と言う。
(ア)は(イ)などのホルモンにより促進される。
- (2) 解糖の第1反応では、(ウ)により、グルコースから(エ)ができる。
- (3) DNA複製の際、DNA鎖の3'末端と(オ)の(カ)基との間に(キ)結合がつくられる。
- (4) 淡水性のゾウリムシは体内の余分な水を(ク)にためて細胞外へ排出することにより水の浸透による膨張を防いでいる。
- (5) 筋収縮の際、神経末端から放出された神経伝達物質は筋細胞膜に興奮をもたらす。そしてこの興奮が(ケ)からの(コ)イオンの放出を促す。
- (6) ニューロンが興奮性の刺激を受けると、膜電位は(サ)分極する。その電位変化が充分大きいと、軸索にある電位依存性(シ)チャネルが最初に関き(ス)電位が生じる。
- (7) 植物の主な貯蔵多糖は(セ)であり、動物の主な貯蔵多糖は(ソ)である。
- (8) ほ乳類の成体に存在するヘモグロビンは、(タ)種類のグロビン鎖を持ち、1つのヘモグロビン分子は酸素分子(チ)つを結合することができる。これらのグロビン遺伝子は、遺伝子(ツ)と変異によって生じたと考えられている。
- (9) 細菌に最も多い動く遺伝因子は(テ)とよばれ、(テ)内には転移に必要な(ト)という酵素の遺伝子配列が含まれる。

- (10) ヒトゲノムには、タンパク質情報を持つ遺伝子が約 (ナ) 個存在する。
- (11) 植物の細胞壁に引っ張り強度を与える繊維は多糖類の (ニ) である。
- (12) 動物の分泌細胞は、ホルモンなどの物質を (ヌ) に蓄える。そして、(ヌ) が細胞膜と融合し内容物を細胞外へ放出する。この過程を (ネ) と呼ぶ。
- (13) タンパク質の一つの部位へリガンドが結合すると、他の部位へのリガンド結合に影響が出た。このような場合、(ノ) 効果があるという。
- (14) ミトコンドリアの電子伝達系では、標準還元電位の大きさにしたがって電子供与体/受容体が並んでおり、標準還元電位の (ハ) 方から (ヒ) 方へ電子が流れる。
- (15) 植物の光合成における主な光受容体は (フ) であり、中央に金属イオン (ヘ) を持つ。
- (16) 光を照射すると、植物は酸化的リン酸化とは別の経路で酸素を消費し二酸化炭素を発生する。これは (ホ) として知られ、この反応には、葉緑体、(マ)、ミトコンドリアといった細胞小器官が関与する。
- (17) 真核細胞では、(ミ) が標的タンパク質と結合すると、多くの場合、これが目印となり (ム) により ATP を使ってタンパク質が分解される。
- (18) コレステロールは (メ) ホルモンの前駆体である。また、コレステロールは肝臓で (モ) となり、脂肪の消化や吸収のための乳化剤となる。

(19) 細胞骨格は、中間径フィラメント、(ヤ)、(ユ) の3種類のタンパク質繊維で構築されている。細胞が有糸分裂を始めると、(ユ) が(ヨ) を形成する。(ヨ) は染色体を二つの娘細胞へ等しく分配する過程に関わっている。

【2】 DNA 修復に関する以下の文章を読み、問に答えよ。

A

DNA は様々な要因により損傷を受けることが知られている。例えば、加水分解によりプリン塩基が失われる脱プリン反応はヒト細胞では1時間に約 1,000 回も起こる。しかし、生物は DNA 損傷を修復する能力を持っている。塩基除去修復 (BER)、ミスマッチ修復 (MMR)、ヌクレオチド除去修復 (NER) の研究により、2015 年のノーベル化学賞は T. Lindahl 博士、P. Modrich 博士、A. Sancar 博士に授与された。

問1 DNA に含まれるプリン塩基を全て答えよ。

問2 脱アミノ反応を起こしたシトシン (図1の丸印) は塩基除去修復 (BER) により修復される。その仕組みを以下のカッコ内の語句を全て用い、図1の DNA 二本鎖を元に図解して説明せよ。

図1



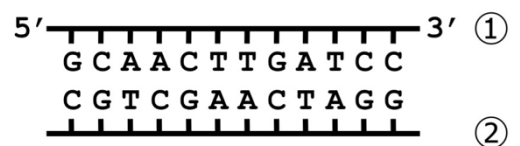
(グリコシラーゼ、ヌクレアーゼ、ポリメラーゼ、リガーゼ)

問3 シトシンの脱アミノ反応を考慮した場合、DNA と RNA のどちらが遺伝情報をより安定に維持できると考えられるか。その理由と共に答えよ。

B

DNA 複製のときに誤った塩基が新生鎖に付加されることがある (図2、上の DNA 二本鎖)。しかし、こうした誤塩基対の多くはミスマッチ修復 (MMR) によって、正しい塩基対となるように修正される (図2、下の DNA 二本鎖)。

図2



ミスマッチ修復



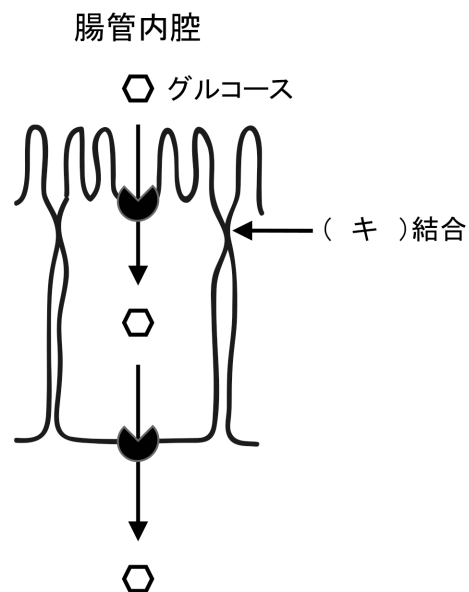
問4 図2の①と②のどちら DNA 鎖が複製の際に新たに合成された新生鎖であるか。その理由と共に答えよ。

- 問5 大腸菌では DNA をメチル化修飾する Dam メチラーゼが機能しないと突然変異が高頻度で起こるようになる。この理由を以下のカッコ内の語句を全て用いて説明せよ。
(DNA 複製、ヘミメチル)
- 問6 DNA ポリメラーゼのアミノ酸置換により突然変異が高頻度で起きるようになった。DNA ポリメラーゼのどのような機能に異常が生じたと考えられるか。可能性を2つ挙げて説明せよ。
- 問7 DNA 修復が働く正常細胞でも約 10^9 塩基に1塩基の割合で複製エラーに起因する自然突然変異が生じる。ヒトのゲノムサイズは約30億塩基対である。そして、受精卵から始まり一生の間に細胞分裂をおよそ 10^{16} 回繰り返す。ヒトは一生の間にいくつの自然突然変異を生じると考えられるか、数式と共に答えよ。

【3】 膜輸送に関する以下の文章を読み、問に答えよ。

細胞膜の基本的な構成物質である（ア）は、一つの分子内に（イ）性の頭部と（ウ）性の尾部を持ち、水中では尾部を内側に向けた二重層を作る。(a)この（ア）から成る二重層は内側が（ウ）性であるため、物質の透過にはさまざまな制約がある。そのため、栄養分など細胞が必要とする物質を取り込んだり、不要な廃棄物を排出したりするために（エ）と総称される分子がはたらく。（エ）は（オ）と（カ）に分類される。（オ）は（イ）性の小孔を持ち、小さな無機イオンなどの物質を電気化学的勾配に従って通過させる。一方、（カ）は物質に結合して自ら構造変化することで、その物質を膜の片側から反対側へ通過させる。（カ）は(b)エネルギーを消費することで、物質を電気化学的勾配に逆らって通過させることもできる。

下に腸の上皮細胞を模式的に示す。腸の上皮細胞は互いに接着して単層の上皮組織を作る。細胞同士は（キ）結合の部分で隙間なく接着しているため、グルコースなどは細胞と細胞の間を通過して上皮組織を通過できない。このため、(c)上皮細胞の腸管内腔側の細胞膜に存在する（エ）からいったん上皮細胞内に取り込まれ、（キ）結合を隔てた反対側の細胞膜に存在する別種の（エ）により細胞外に排出されることで上皮組織を通過し、腸管内腔から体内に吸収される。



- 問1 文章中の（ア）～（キ）に当てはまる語句を答えよ。
- 問2 下線部 (a) について、水素イオン、酸素、水、グルコースは（ア）の二重層を透過できるかそれぞれ答えよ。
- 問3 下線部 (b) について、エネルギーを利用して特定物質を電気化学的勾配に逆らって移動させる現象を何と言うか答えよ。また、利用されるエネルギー源について三つ事例を挙げよ。
- 問4 （キ）結合で鎖状に並び、細胞同士を接着している接着分子の名称を二つ答えよ。
- 問5 上皮細胞は細胞どうしで接着しているだけでなく、底面側の基底膜にも接着している。この接着構造の名称を答えよ。またその接着に直接関わる細胞側の接着分子を一つ、基底膜を構成する分子でその接着分子に結合するものを二つ、それぞれ名称を答えよ。
- 問6 下線部 (c) について、腸の上皮細胞でグルコースの吸収に関わる2種類の（エ）のうち、エネルギーを利用してグルコースを濃度勾配に逆らって移動させるものは腸管腔側とその反対側のどちら側の細胞膜に存在するか、その理由とともに五行以内で答えよ。
- 問7 エネルギーを利用してグルコースを濃度勾配に逆らって移動させる（エ）にはいくつかの種類が存在するが、その一つ SGLT2 は主に腸ではなく腎臓ではたらいている。この SGLT2 の分子機能を阻害する物質が糖尿病の治療薬として用いられており、この薬を服用すると血液中のグルコース濃度が低下する一方で、尿中のグルコース濃度は上昇する。これらの事実に基づいて SGLT2 が腎臓で果たしている生物学的役割について考察し、五行以内で説明せよ。

【4】 ショウジョウバエの卵にみられる遺伝子産物の局在に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

動物の卵形成過程では、多種類の mRNA が多量に合成され、卵母細胞内に蓄えられている。ショウジョウバエの卵母細胞では、胚の前後軸の決定に深く関わる *bicoid* と *nanos* と呼ばれる遺伝子の mRNA がよく知られている。これらの mRNA は卵母細胞内で偏った分布をしている：*bicoid* の mRNA は卵の前方に局在し、一方 *nanos* の mRNA は卵の後方に局在している（図 1a）。また、それらの関連遺伝子として *caudal* と *hunchback* と呼ばれる遺伝子も知られるが、それらの mRNA は卵母細胞内に均一に分布している（図 1a）。受精後、mRNA の翻訳が始まると、Bicoid タンパク質と Nanos タンパク質はそれぞれの mRNA が局在する領域でつくられ、胚の前方もしくは後方に局在する（図 1b）。一方、*caudal* と *hunchback* の mRNA は胚の全域で均一に分布するが、タンパク質はそれぞれ Bicoid タンパク質と Nanos タンパク質の分布領域とおおよそ重なるように胚の前方と後方を中心とした濃度勾配を形成する（図 1b）。

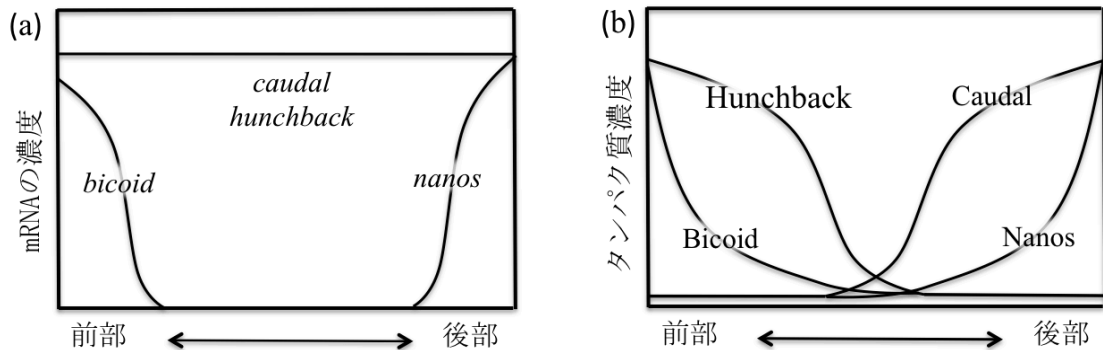


図1 未受精卵のmRNAの分布 (a) と受精後の胚のタンパク質の分布 (b)

問1 卵母細胞内では *caudal* と *hunchback* の mRNA は卵の全域で均一に分布しているが、タンパク質は図 1b で示したように、受精後では濃度勾配を形成している。このタンパク質の局在が、*bicoid* と *nanos* の mRNA の局在と関連があるかどうか確かめるため、実験を行い以下のような結果を得た。

- (a) *bicoid* 欠損メスと野生型オスとの交配で得られた受精卵では、Caudal タンパク質の分布は均一に分布したままで変化はみられなかった。しかし、受精直後の卵に Bicoid タンパク質を注入すると、Caudal タンパク質の増加がとまった。
- (b) *nanos* 欠損メスと野生型オスとの交配で得られた受精卵では、Hunchback タンパク質は均一に分布したままで変化はみられなかった。しかし、受精直後の卵に Nanos タンパク質を注入すると、Hunchback タンパク質の増加がとまった。
- (c) *nanos* と *hunchback* がともに欠損したメスと野生型オスとの交配で得られた受精卵では、Hunchback タンパク質は胚の前方に局在した。また、この受精卵に Bicoid タンパク質を注入すると *hunchback* の転写活性が高まった。

これらの実験結果から、Caudal タンパク質と Hunchback タンパク質の局在がどのように形成されるか、それぞれについて考えられる仕組みを説明せよ。

問2 *bicoid* 欠損メスと野生型オスとの交配で得られた受精卵の前部域に *bicoid* の mRNA を注入すると、胚は正常に発生した。この受精卵の中央部に *bicoid* の mRNA を注入すると、胚中央部に頭部が形成され、前部と後部には尾部が形成された。次に野生型の受精卵を用いて、*bicoid* の mRNA の注入実験を行った。その結果、胚の前部と後部の両端に頭部が形成された。これは、野生型受精卵でどのような実験を行った結果であるか説明せよ。

問3 発生では、卵から始まる一連の細胞分裂（卵割）が起こり、これが進むにつれて各細胞が分化し異なる形質を示す必要がある。発生において、ショウジョウバエの卵にみられる *bicoid* と *nanos* の遺伝子産物の濃度勾配は、どのような意味をもつか説明せよ。

【5】 植物の光周性に関する以下の文章を読み、問に答えよ。

多くの植物は日長を感知することで季節を知り、花成時期を調節する。その振る舞いにより、(a)長日植物、短日植物、中性（中日）植物（花成決定に日長が影響しない植物）に分類できる。(b)これらの植物の存在割合は、緯度によって違っている。花成は茎頂分裂組織の変化に至る過程であり、茎頂分裂組織の側生器官として花芽を形成するようになる。植物はどのようにして日長を感知するのだろうか。

（実験1）シロイヌナズナを8時間の明期／16時間の暗期（ここではこの条件を短日条件と呼ぶ）で栽培したところ、花成が起きるまでに平均40日かかった。16時間の明期／8時間の暗期（ここではこの条件を長日条件と呼ぶ）では22日で花成が起きた。しかしながら、変異体 *a* においては、どちらの条件でも平均40日で花成が起きた。

変異体 *a* では遺伝子 *A* が失われており、そのことが表現型を引き起こしていること、また、野生型植物において遺伝子 *A* の mRNA は葉や茎には存在するが、茎頂分裂組織には存在しないことが示された。

（実験2）長日条件で育てた発芽10日後の変異体 *a* の茎頂分裂組織を含む部分（接穂）を、長日条件で育てた発芽10日後の変異体 *a*（台木）の上に接木し、長日条件で育てたところ、発芽時から数えて平均40日で花成が起きた（図1A）。一方、長日条件で育てた発芽10日後の変異体 *a* の茎頂分裂組織を含む部分（接穂）を、長日条件で育てた発芽10日後の野生型植物（台木）の上に接木し、長日条件で育てたところ、発芽時から数えて平均22日で花成が起きた（図1B）。

（実験3）短日条件と長日条件で育てた野生型シロイヌナズナから2時間ごとにRNAを抽出し、(c)遺伝子 *A* の mRNA の量を定量したところ、図2A, Bのような日内変動が検出された。(d)これらの mRNA の量の変動は、概日時計の制御によるものであることが知られている。

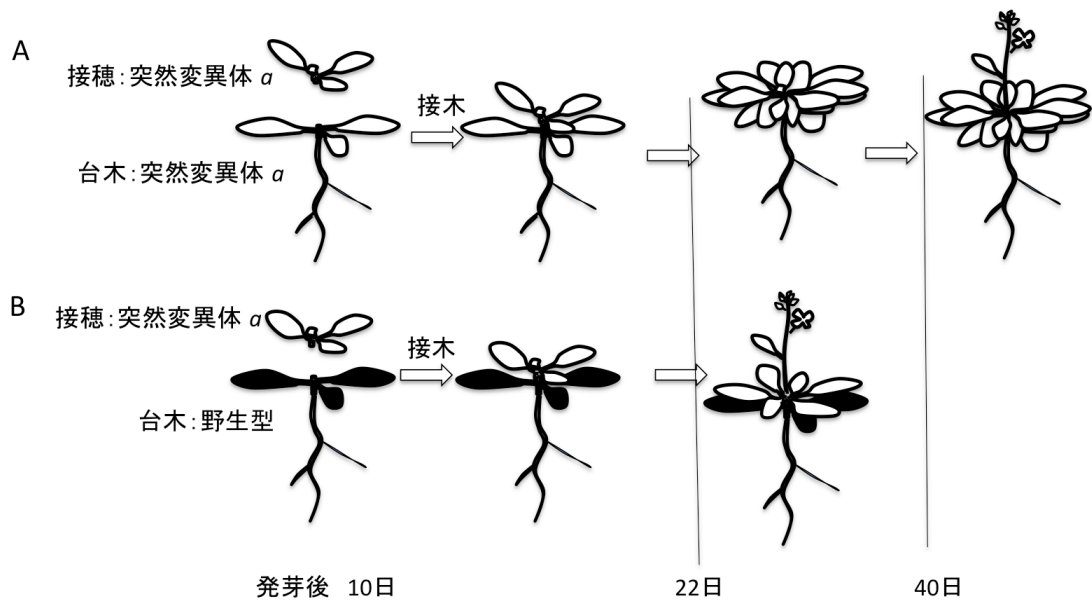


図1. 長日条件(16h 明 / 8h 暗)で育てた植物を接木し、同じ条件で育てた。

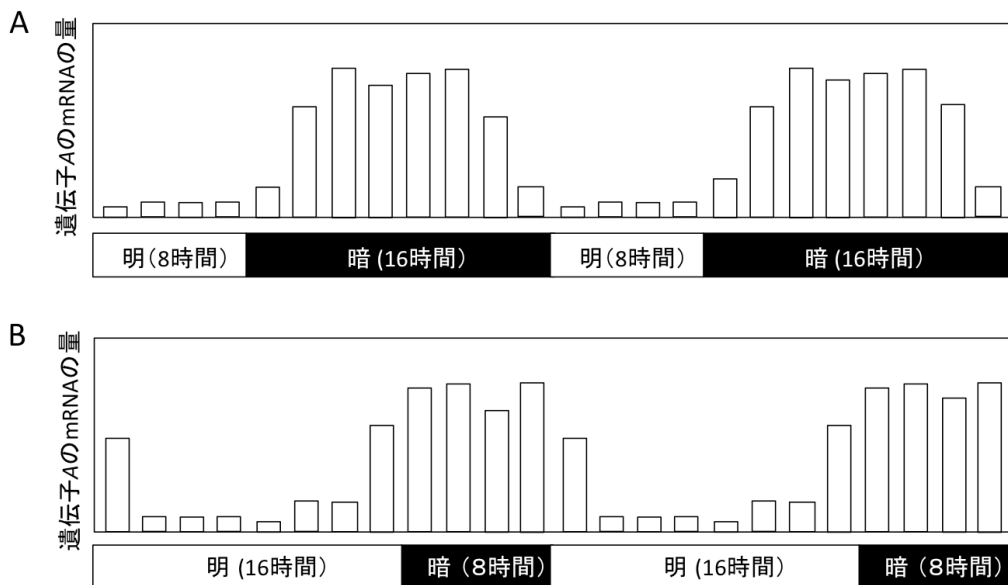


図2. 短日条件(A)と長日条件(B)で育てている野生型植物の遺伝子AのmRNA量の変動。

(実験4) 常に同じ活性を示すプロモーター制御下に遺伝子 A を連結し、突然変異体 a に導入してトランスジェニック植物を作製すると、短日条件でも長日条件でも早期に花成に至った。

このトランスジェニック植物を長日条件で7日育てた後に、恒暗条件及び恒明条件で育てた。遺伝子 A の mRNA は恒暗条件でも恒明条件でも常に一定量検出されたが、タンパク質 A の量は恒暗条件では速やかに減少して検出されなくなり、恒明条件に置くとタンパク質 A は常に検出された。

- 問1 下線部 (a) に関して、長日植物、短日植物とはどのような植物のことを言うのか、説明せよ。
- 問2 下線部 (b) に関して、赤道直下は3種のうちどの植物が多いと考えるかを、理由とともに答えよ。
- 問3 実験1と実験2の結果から考えられるタンパク質 A の働きについて複数の可能性を挙げて説明せよ。
- 問4 下線部 (c) に関連して、特定の mRNA の量は一般的にどのような方法で調べることができるか。名称を2つ書き、各々の方法について簡潔に説明せよ。
- 問5 下線部 (d) に関して、遺伝子 A に対応する mRNA の量が概日時計によって制御されているのかどうか確かめるにはどのような実験をするべきかを答えよ。
- 問6 実験4では遺伝子 A の mRNA の量は光条件に関わらず一定であるのに、タンパク質 A は恒明条件でのみ検出された。その違いは、シロイヌナズナが光に応答してどのような過程を制御したことによると考えるか。可能性を2つ挙げよ。
- 問7 ここに示した実験をもとに、植物が日長を感知して花成を調節する仕組みについて仮説を立てよ。

【6】 生体高分子の構造解析に関する以下の文章を読み、問に答えよ。

生体高分子の機能を詳細に理解するには、その構造を解析するのが有効である。生体高分子の構造解析手法のうち、最も広く用いられているのが^(a)X線解析である。DNAの二重らせん構造はX線写真を基に提案された。図1にその例を示す。

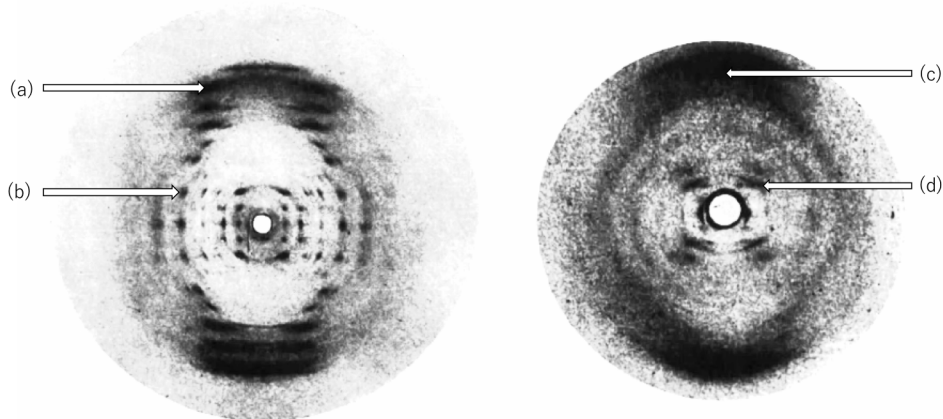


図1. DNAのX線繊維写真 (*Acta Cryst.*, 6, 673 (1953)の図を改変)

タンパク質を構成する長いポリペプチド鎖がどのように球状に^アするのは、ミオグロビンの単結晶X線解析によって世界で初めて明らかにされた。タンパク質の単結晶にX線を照射すると、斑点状の回折点がたくさん検出される。^(b)結晶は規則正しく分子が並んでできているので、各原子から散乱されたX線が干渉しあい、特定の方向に強い回折点が観測される。それぞれの回折点には整数 hkl で表されるミラー指数がつけられ、数学的には回折X線の強度 $I(hkl)$ は、結晶構造を反映している構造因子 $\mathbf{F}(hkl)$ の二乗であることが判っている。

構造因子 $\mathbf{F}(hkl)$ を得るには、回折強度から求められる $|F(hkl)|$ の他に、^イ $\varphi(hkl)$ が必要で、何らかの方法により推定する必要がある。 $\varphi(hkl)$ を実験的に求め、構造因子 $\mathbf{F}(hkl)$ が求まると、ついに結晶構造を解くことができる。単位胞の (x, y, z) の位置における^ウ $\rho(x, y, z)$ は次の式で表される。

$$\rho(x, y, z) = \frac{1}{V} \sum_h \sum_k \sum_l |F(h, k, l)| \exp[-2\pi i(hx + ky + lz) + i\varphi(hkl)]$$

この式で結晶内の^ウをくまなく計算できる。言い換えると、^ウは結晶中の電子の地図であり、炭素、窒素、酸素などの原子核の周りに存在する。

^ウに原子を当てはめていけば、分子構造を組み上げることができる。ミオグロビンの^ウに見られるチューブ状構造は^エ、最も高い^ウには^オが位置している。

- 問1 下線部 (a) にある X 線解析法以外に、生体高分子の原子構造を実験的に決定する手法を 2 つ挙げ、その構造決定原理を簡潔に説明せよ。
- 問2 A 型と B 型 DNA からの X 線写真を図 1 に示す。B 型 DNA の二重らせんモデル (Watson-Crick モデル) を構成する周期的な塩基対の構造は、写真の(a)~(d)のどの部分に反映されているのか。DNA 試料の向きと合わせて説明せよ。
- 問3 DNA からの X 線写真をとるために CuK α 線 ($\lambda=1.541\text{\AA}$) を用いた。回折 X 線の波長を答えよ。
- 問4 下図左のような仮想的な 1 次元の周期構造をもつ金属タンパク質を考える。

-Fe-X-X-X-X-Fe-	<u>h</u>	<u>I(h)</u>	<u>θ (°)</u>
← a →	1	16.5	5.53

この周期構造をもつタンパク質から回折強度 $I(h)$ と回折角 θ を $\lambda=1.541\text{\AA}$ の X 線を使って測定した。その結果の一部を右に示す。この時の $\sin\theta/\lambda$ は 0.063 と計算された。周期単位 **a** の長さを求めよ。

- 問5 空欄 ア ~ オ に適当な語句を入れよ。
- 問6 ミラー指数 (0 1 1) を有する回折面を単位胞と共に図示せよ。
- 問7 下線(b)のように、隣り合うタンパク質は結晶学的な対称で関係づけられることが多い。構造解析の結果 Tyr 115 の主鎖は以下の様な分率座標で求められ、b 軸に沿って結晶学的 2 回軸が存在した。原点を通る 2 回軸で関係づけられる隣のカルボニル酸素の原子位置を分率座標で示せ。

		<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
Tyr 115	N	0.514	0.422	0.176
Tyr 115	CA	0.514	0.553	0.176
Tyr 115	C	0.522	0.404	0.824
Tyr 115	O	0.566	0.340	0.002

【7】 バイオインフォマティクスのアルゴリズムに関する以下の一連の解説を読み、間に答えよ。

A

Burrows-Wheeler 変換 (以下、BW 変換と略す) は、マイケル・バローズ (Michael Burrows) とデビッド・ホイーラー (David Wheeler) が開発した文字列データ可逆変換アルゴリズムで、ブロックソートとも呼ばれる。

バイオインフォマティクスの分野では、次世代ゲノム DNA シーケンサー (NGS) 対応のゲノムマッピングソフトウェア BWA、Bowtie、SOAP2 など様々なソフトウェアで BW 変換が活用されている。

例として、文字列 `cgatata$` の BW 変換を行ってみよう。ここで、末尾の「\$」は、元の文字列の末尾を示す特別な文字とする。

まずは、元の文字列の末尾の 1 文字を先頭に移動させた文字列 `$cgatata`、その文字列の末尾 1 文字を先頭に移動させた文字列 `a$catat`、...のように、文字列の末尾文字を 1 文字ずつ先頭に移動させる操作を元文字列の先頭に至るまで繰り返し、元の文字列を含めた全部を列挙する。すると、下図 X のように、元文字列の文字数 (特別な文字「\$」を含む) と同じ個数の文字列からなる文字列セットができる。

次に、その文字列セットを、名簿や辞書を作るときのようにアルファベット順に並び替える (ソートする) と、下図 Y になる。なお、ここでは、特別な文字「\$」の並び順はアルファベットの後とする。

そして、下図 Y の各行の末尾の文字 (背景色をグレーに着色してある) を順に並べた文字列 `gtt$caaaa` が、BW 変換後の文字列となる。

X	<pre>cgatata\$ \$cgatata a\$cgatat ta\$cgata ata\$cgat tata\$cgatata\$cg gatata\$c</pre>	Y	<pre>atata\$cg ata\$cgat a\$cgatat cgatata\$ gatata\$c tata\$cgat ta\$cgata \$cgatata</pre>
---	--	---	---

その変換方法から自明なように、BW 変換後の文字列は、元の文字列の文字の順番が入れ替わっただけの文字列となる。

BW 変換後の文字列には、同じ文字が連続して出現する傾向が見られる。この性質を利用して、データ圧縮の前処理などに使用されている。それに留まらず、BW 変換は圧縮接尾辞配列や FM-index などの高度なデータ解析・検索アルゴリズムの基礎となる重要なデータ解析アルゴリズムであることが知られている。

問1 文字列 `tagcatgca$` の BW 変換後の文字列を答えよ。

B

BW 変換は可逆変換アルゴリズムであり、BW 変換後の文字列から元の文字列を復元することが可能である。

例として、前述の BW 変換後の文字列 `gtt$caaa` から、元文字列を復元してみよう。そのためには、図 Y の「アルファベット順に並び替えた文字列セット」全体を復元するとよいことが知られている。BW 変換後の文字列は、「アルファベット順に並び替えた文字列セット」の末尾の 1 文字を上から順に並べたものだから、次ページの図①のように、各行の末尾の文字だけが判明した状態から復元作業を開始することになる。文字がわからない所は仮に ? で埋めている。

ここで、図①は「元の文字列の末尾文字を 1 文字ずつ先頭に移動させる操作を、元文字列の先頭に至るまで繰り返して得た文字列セット（元文字列を含む）」をアルファベット順に並び替えたものであるから、図①の各行の先頭文字を上から順に見ると、元文字列の各文字を 1 文字ずつ分解して、それをアルファベット順に並び替えたものになる（わかりにくければ、前ページの図 Y を見て確認せよ）。そして、BW 変換では、文字列を構成する文字の種類と個数は元文字列から変化しないから、BW 変換前の元文字列の各文字を 1 文字ずつ分解してアルファベット順に並び替えた結果は、BW 変換後の文字列に対して同じ操作を行った結果と完全に同一となる。このため、BW 変換後の文字列（今回の例では `gtt$caaa`）の各文字を 1 文字ずつ分解してアルファベット順に並び替えたもの（今回の例では `aaacgtt$`）によって、図①各行の先頭文字を上から順に埋めることができる。これを図に反映させると、図②となる。

ここで、BW 変換で文字列セットを作成する際に、「末尾 1 文字を先頭に移動」を繰り返したことを再度思い出してほしい。そして、文字列セット内の全文字列に対してこの「末尾 1 文字を先頭に移動」操作を行っても、文字列の出現の順番は変化するが、文字列セットの構成文字列自体は変化しないことに気が付

いてほしい。(わかりにくければ、図Yを使って確認せよ。)そこで、図②に対して、「末尾1文字を先頭に移動」を行うと、図③になる。すなわち、文字列セットの全文字列について、先頭2文字が判明したことになる。



図③の文字列セットを再度アルファベット順に並び替えると、図④になる。ここで、BW 変換後の文字列が「アルファベット順に並び替えた文字列セット」の末尾の文字を上から順に並べたものであることを再び思い出すと、図④の末尾の文字は、上から順に、BW 変換後の文字列 `gtt$caaa` になることがわかる。これを反映したのが図⑤である。そして、図⑤に対して、先ほどと同様に「末尾1文字を先頭に移動」を行うと、図⑥になる。これで、先頭3文字が判明したことになる。

さらに、図⑥をアルファベット順に並び替えると図⑦、BW 変換後の文字列 `gtt$caaa` で末尾の文字を埋めると図⑧になり、それに対して「末尾1文字を先頭に移動」を行うと図⑨になるが、図⑦、図⑧、図⑨は掲載を省略する。

このように、アルファベット順に並び替える(ソートする)、末尾の文字をBW 変換後の文字列により縦方向に埋める、末尾1文字を先頭に移動、の操作を繰り返すことにより、図Yを復元することができる。そして、図Yの文字列セッ

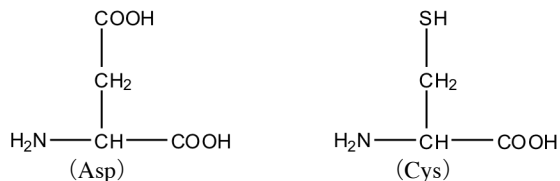
トのうち、末尾の文字が \$ なのが元の文字列となる。

問2 解説B内で掲載を省略した図⑦、図⑧、図⑨を作図せよ。文字の背景の着色などの装飾は不要である。

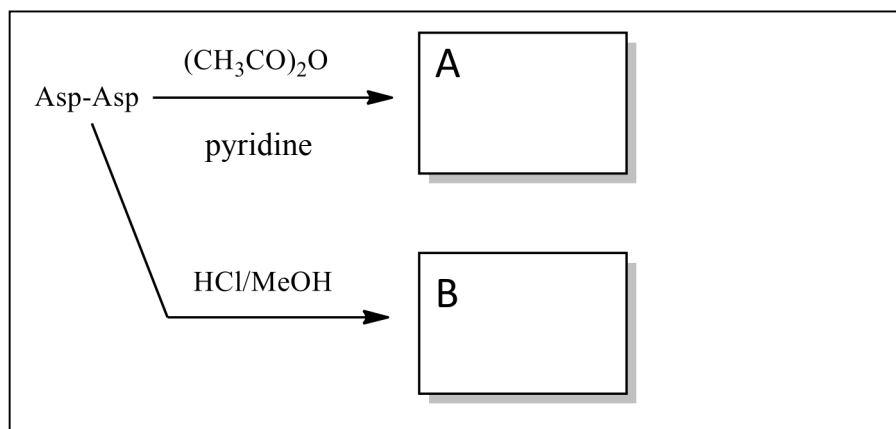
問3 ある文字列の BW 変換後の文字列が `cc$ttaaac` であった。元の文字列を答えよ。

【8】 以下の反応に関する問1～問4に答えよ。

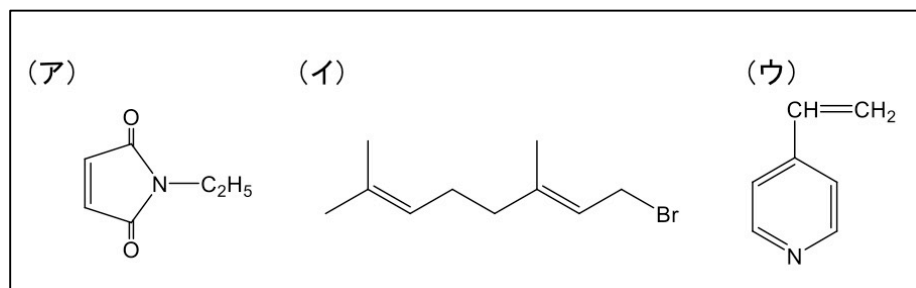
なお、次のアミノ酸の構造式を参考にしてよい。原子量は H=1.0, C=12, N=14, O=16, S=32, Br=79 とする。標準状態のモル体積は 22.4 L とする。



問1 ジペプチド Asp-Asp に対し、以下の2通りの処理を行った。各々処理で得られた反応産物の分子量を測定したところ同じであった。A, B に適切な構造式をあてはめ、分子量を記せ。



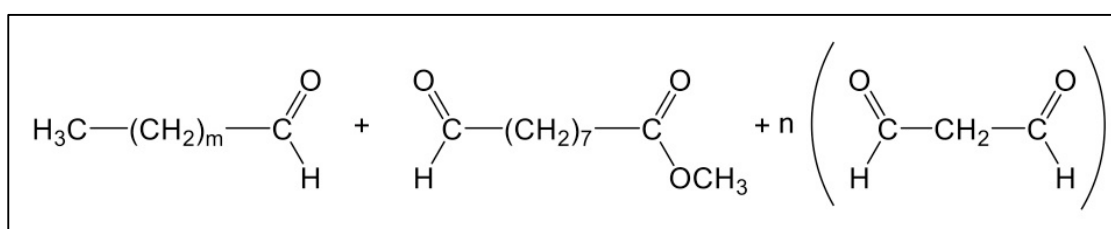
問2 以下の(ア)～(ウ)の試薬をそれぞれ弱アルカリ性の溶媒中で Cys と反応させた。反応生成物の分子量が最も大きいものと最も小さいものをそれぞれ構造式で示せ。ただし光学異性体は考慮しなくてよい。



問3 ある脂肪酸 C の二重結合の数と位置を決定するために以下の実験を行った。

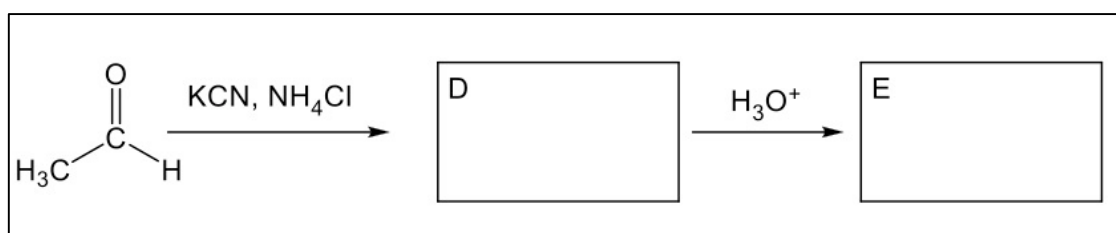
(実験1) 25 mg の直鎖不飽和脂肪酸に白金触媒存在下で気体水素を反応させると、標準状態で 4.0 mL の水素が消費され、分子量 284 の直鎖飽和脂肪酸が得られた。

(実験2) 脂肪酸 C をメタノールと反応させてエステル化した後にオゾン分解すると、以下に示す 3 種類の化合物が得られた。



- 1) 実験1の結果から決定される脂肪酸 C に含まれる二重結合の数を書け。また、計算過程も示せ。
- 2) 実験2で得られた3種の化合物で m、n にあてはまる数字を記せ。
- 3) 脂肪酸 C の構造式を記せ。なお、幾何異性体は考慮しなくてよい。

問4 以下はアセトアルデヒドからアラニンを合成する反応である。D、E に適切な構造式をあてはめよ。ただし光学異性体は考慮しなくてよい。



【9】 古典力学の運動方程式に関する以下の文章を読み、問に答えよ。

床の上に質量 m の質点が2つのバネでつながれている (図1)。バネのもう一方の端は壁とつながれて動かない。それぞれのバネは自然長 l , 弾性定数 k である。全ての間で、床と質点の間の摩擦、空気の抵抗、バネの質量、重力は無視してよい。

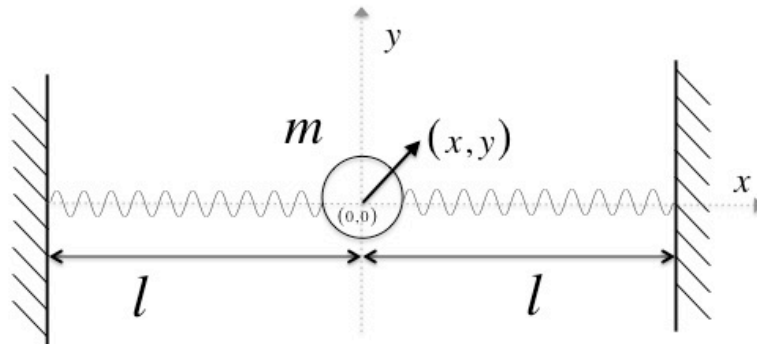


図1

- 問1 つりあいの位置 $(0, 0)$ から質点を $(x, 0)$ だけ変位したときに、質点に働く力の x, y 成分を求めよ。
- 問2 質点の運動方程式を x および y の時間微分を含む形で導け。
- 問3 つりあいの位置 $(0, 0)$ から質点を (x, y) だけ変位したときに、左右それぞれのバネの長さを x, y, l を用いて表せ。さらに、質点に働く x 方向および y 方向の力を求めよ。

床の上に質量 m の質点が4つのバネでつながれている (図2)。つりあいの位置 $(0, 0)$ から質点を (x, y) だけ変位した場合を考える。各バネの性質は問1と同じである。

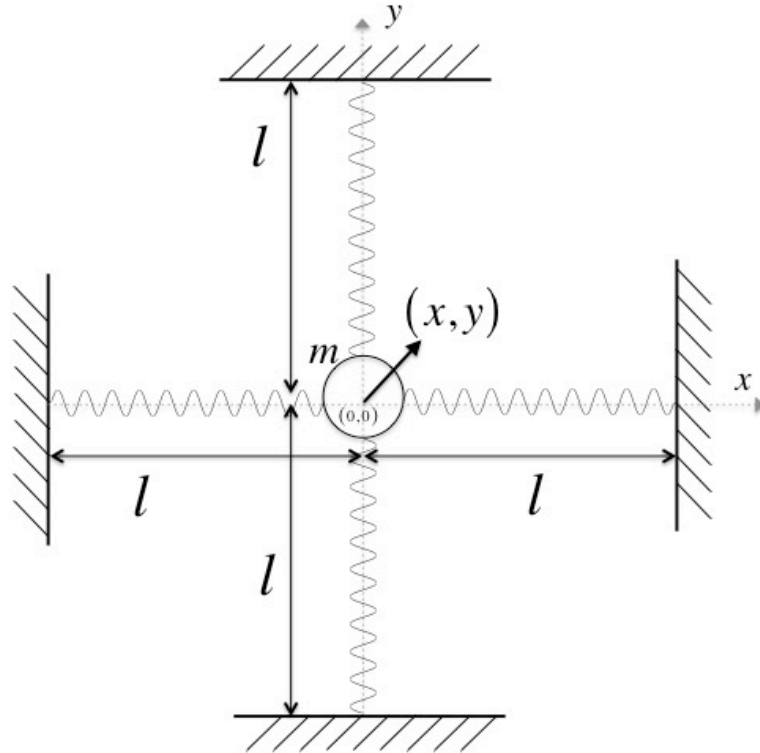


図2

- 問4 質点に働く x 方向および y 方向の力を求めよ。 x, y は l に比べて十分に小さいとして $x/l, y/l$ の2次以上の項 ($x^2/l^2, y^2/l^2, xy/l^2$, 他) を省略せよ。
- 問5 質点の運動方程式を導け。
- 問6 以下の (ア)、(イ) の2つの場合について、運動方程式を解いて質点の時間発展 $(x(t), y(t))$ を表す式を求めた上で、横軸 t 、縦軸 x, y のグラフと横軸 x 、縦軸 y のグラフに表せ。グラフには a を明示すること。 a は l に比べて十分に小さいとして a/l の2次以上の項を省略してよい。
- (ア) 時刻 $t=0$ で質点を $(a, -a)$ に置いて x および y 方向に速度ゼロで離れた場合
- (イ) 時刻 $t=0$ で質点を $(a, 0)$ に置いて x 方向に速度ゼロ、 y 方向に速度 $a\sqrt{2k/m}$ で発射した場合