

理工学研究科 博士課程前期課程・博士課程後期課程

研究科	専攻	課程	科目名	入試方式	年度	ページ
理工学	生命科学	博士前期	専門科目（生命科学）	一般入学試験（夏季）	2026	1
理工学	生命科学	博士前期	専門科目（生命科学）	一般入学試験（春季）	2026	9
理工学	生命科学	博士後期	専門科目（生命科学）	外国人留学生入学試験	2026	17
理工学	生命科学	博士後期	専門科目（生命科学）	一般入学試験（春季）	2026	19

2026年4月・2025年9月入学
大学院夏季一般入学試験問題
理工学研究科 前期課程 生命科学専攻

生命科学の7問のうち、3問を選択して解答すること。

解答用紙上部の「問題番号」の枠内に、選択した問題番号
(I～VII)を記し、1枚の解答用紙につき1問解答すること。

上記事項が守られていない場合、解答が無効となることがあります
ですので、注意してください。

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

I 以下の問い 1. ~ 2. に答えなさい。

数値を求める問題では、根拠となる量方程式と計算過程も簡潔に記述すること。
必要であれば、以下の【物理定数】に示した値は計算に使用してよい。

【物理定数】プランク定数(h) 6.63×10^{-34} [J s], 真空中の光速(c) 3.00×10^8 [m s $^{-1}$],
アボガドロ定数(N_A) 6.02×10^{23} [mol $^{-1}$], ボルツマン定数(k_B) 1.38×10^{-23} [J K $^{-1}$],
電気素量(e) 1.60×10^{-19} [C]

1. 図1に示すAとBは、緑色硫黄細菌 *Chlorobaculum tepidum* から単離したクロロソームまたは有機溶媒に溶媒に溶解させたバクテリオクロロフィル *c* (BChl *c*) のうち、それぞれどちらかの規格化された吸収スペクトルである。これについて、以下の(i), (ii)に答えなさい。

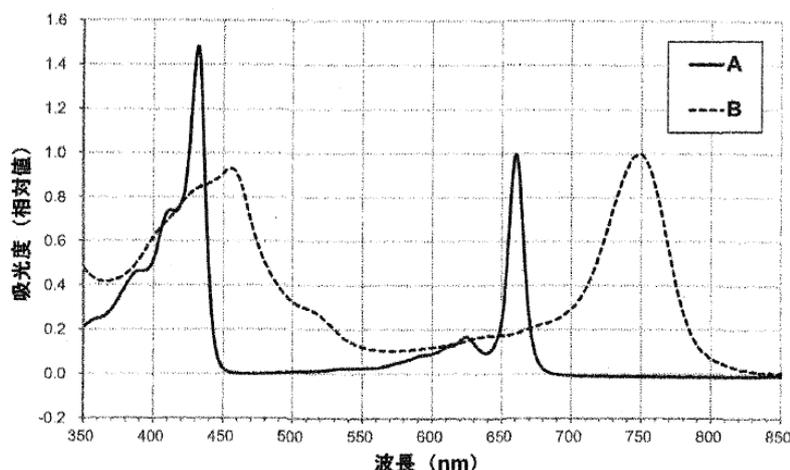


図1 クロロソームと BChl *c* の規格化された吸収スペクトル

- (i) AとBのそれぞれの測定試料に含まれるクロロフィル分子について、基底状態から第一励起状態への電子遷移に必要な光子エネルギーを求めなさい。ただし、光子エネルギーは波数 (cm^{-1}) と電子ボルト (eV) のそれぞれの単位で求め、数値の有効数字は2桁とする。
- (ii) AとBの測定試料のうち、どちらが *Chlorobaculum tepidum* から単離したクロロソームであるかを答えなさい。また、そのようにした同定できる理由を、クロロソームの超分子構造を基に答えなさい。
2. BChl *c* の分子構造は、クロロフィル *a* (Chl *a*) またはバクテリオクロロフィル *a* (BChl *a*) のどちらに類似しているか。また、Chl *a* と BChl *a* の分子構造と吸収スペクトルの違いを基に、任意のクロロフィル分子が、どちらに類似した分子構造をもつかは、概ねその吸収スペクトルから推定できることを説明しなさい。ただし、説明では以下の【語群】の各語は1回以上使用すること。

【語群】 クロリン、バクテリオクロリン、共役二重結合

2026年4月・2025年9月入学 大学院夏季入学試験問題
理工学研究科 前期課程 生命科学専攻
生 命 科 学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

II 以下の問題1, 2について解答しなさい。

1. バイオインフォマティクス (生物情報学) のソフトウェアとして重要な位置を占めるBLASTというアプリケーションは、内部でSmithWatermanのアルゴリズムという計算方法で動作している。このアルゴリズムについて説明しなさい。

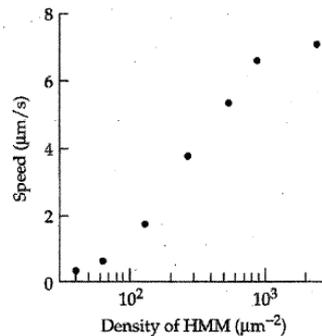
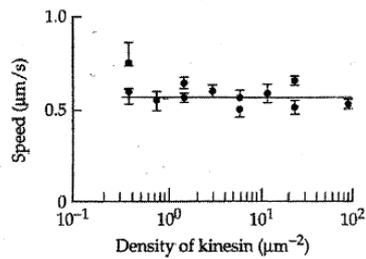
2. ケモインフォマティクス (化学情報学) のソフトウェアとして重要な位置を占めるRDKitというアプリケーションは、内部で化学構造を記述する様々な書式に対応している。代表例としてはPDB、MOL形式、SMILES形式などがある。それらのそれぞれの書式についてのメリットを挙げて説明しなさい。

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

Ⅲ 細胞骨格に関する下記の問い 1) ~ 3) に答えなさい。

1. 真核生物の細胞骨格は、アクチン繊維・微小管・中間径フィラメントの3種に分けられる。この3種の細胞骨格について、以下の点での違いは何か。それぞれ10行以内で簡潔に説明しなさい。
 - ① 構成タンパク質の違い
 - ② 繊維の持つ極性の有無と構造との関連性
 - ③ 機能 (例をあげて説明)
2. In vitro motility assay とよばれるモータータンパク分子の活性を調べる手法が確立している。その実験で、どのような点が明らかにできるのか、簡潔に記しなさい。
3. 下の図は、代表的な2種類のモータータンパク質、神経軸索キネシン (左図) と骨格筋ミオシン (HMM, 右図) の in vitro motility assay の結果である。観察用カバーガラス基板に吸着させたモータータンパク質の密度 (推定分子数/ μm^2) と観察される活性 ($\mu\text{m/s}$) との関係を示す。この実験データから、2つのモータータンパク質の活性には、どのような違いがあると考えられるか。なぜ、そのような違いが生じるのか、考察した結果も簡潔に記しなさい。

Dependence of speed on motor density



(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

IV

ある淡水湖から採取した①堆積物* (水分含量; 93%**) 湿重10gを小型の三角フラスコに正確にはかりとり、純水30 mLを加えて懸濁した。②懸濁液の固形分を除いた溶液中の NH_4^+ がさまざまな濃度 (A) になるように、濃厚な NH_4^+ 溶液をごく少量添加した。

この懸濁液を10分間よく振り混ぜた後、懸濁液の一部を採取し、遠心して得られた上清中の NH_4^+ 濃度 (B) を測定した。(A) を横軸に、測定値 (B) を縦軸にプロットし、さらに、それらの回帰直線 ($y = 0.54x + 66.7$; $r^2 = 0.99$) を実線で示した (図1)。

図1中の破線 (傾きが1で原点を通る直線) は、懸濁液に添加した NH_4^+ (A) が上清から100%回収できたと仮定した場合である。回帰直線 (実線) は、堆積物が懸濁された場合、破線で示されるようにはならなかったことを示している。

つぎの問い(1) ~ (7) に答えなさい。計算問題では、計算の過程も記述しなさい。

[注] *, 湖底の泥のこと。固形分は土壌と同じものと考えて良い。粒形は非常に細かく均質である。
 **, 水分含量が多いので、ここでは、比重を1と仮定する。

1. 下線部①について、湿重10 gの堆積物中の固形分の乾燥重量 (mg) を求めなさい。
2. 下線部②の溶媒 (つまり水の部分) の容積 (mL) を求め、少数点以下第1位までの値で答えなさい。
3. 堆積物の入っていない純水に濃厚な NH_4^+ 溶液を添加した場合、 NH_4^+ は100%回収されるので、Aに対してBをプロットしたときの傾きは1である (破線)。一方、堆積物の懸濁液を用いた上記の実験では、Aに対するBのプロットは直線関係になったものの、傾きはより小さくなった (実線)。その理由を説明しなさい。
4. 実線の傾きは何を示すか。傾きの値を使って答えなさい。
5. 実線の y-切片は何を表すか、理由とともに簡潔に答えなさい。
6. 実線の x-切片は何を表すか、理由とともに簡潔に答えなさい。
7. この図から、もともと堆積物 (土壌粒子) に吸着していた NH_4^+ 重量 (μg) を推定しなさい。少数点以下第1位までの値で解答しなさい。

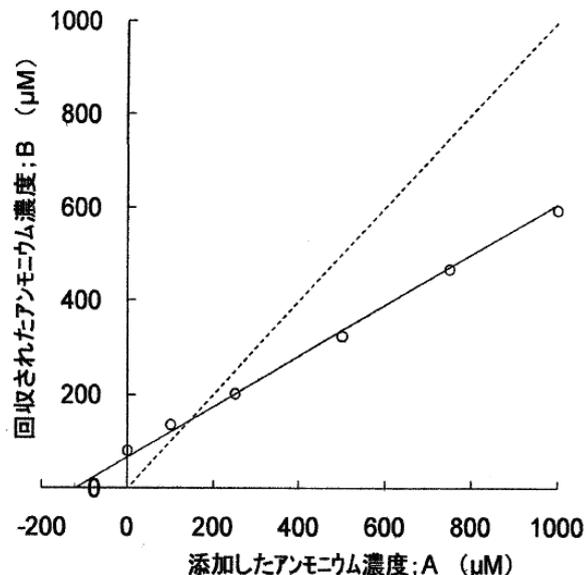


図1. ある淡水湖から採取した堆積物の純水での懸濁液に添加した NH_4^+ の回収。

2026年4月・2025年9月入学 大学院夏季入学試験問題
理工学研究科 前期課程 生命科学専攻
生命科学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

V 以下の文章を読み、問い 1. ～ 3. に答えなさい。

摂食行動や捕食者からの逃避行動のように、生物が自らの生存率や繁殖率（利益）のために行う行動は利己的行動と呼ばれる。一方、生物はときに、自らの利益を犠牲にして他の個体に利益を与える行動を取ることがある。このような行動は (A) と呼ばれる。

(B) 仮説は、かつて (A) の進化を説明する有力な仮説として考えられていた。これは、生物の行動や形質は、個体群および種の保存、維持、繁栄のために行動するという仮説である。つまり、ある個体の (A) によって、その個体が属する個体群や種の全体の生存率が向上する場合、(A) を行う個体が多い集団は存続しやすいという考えである。

1. 空欄 (A) , (B) に当てはまる語句を答えなさい。ただし、(A) は「協利行動」ではない。
2. (B) 仮説は現在ではその有効性が疑問視され、誤りであると広く認識されている。この仮説がなぜ誤りであるとされているのか、その理由を具体的に説明しなさい。
3. (A) の進化を説明するための仮説について、(B) 以外のものを1つ挙げ、そのメカニズムについて具体例を挙げながら詳細に説明しなさい。

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

VI 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

細胞は細胞膜で囲まれた変形しやすい構造である。そのため、動物の体を安定して維持するためには、細胞同士や周辺環境と間での力学的に強度を維持する仕組みが必要である。その仕組みとして、上皮組織では隣接する細胞同士が密に接着し、また基底膜を介して結合組織と連結している。一方、結合組織はグリコサミノグリカンや繊維状タンパク質を主成分とする細胞外マトリクスによって構成されており、これらの構成要素は線維芽細胞などの間質系細胞によって生産される。このように、細胞や組織の構造には、細胞間や結合組織との相互作用が関与している。

1. 隣接する上皮細胞が力学的な強度を保つための接着装置として、「接着結合」がある。接着結合装置を構成する、膜貫通型接着タンパク質、アンカータンパク質、繊維状タンパク質を、その名称とともに図示しなさい。また、膜貫通型接着タンパク質のもつ特徴について答えなさい。
2. 上皮細胞が基底膜と接着する際に用いる固定接着装置の名称を2つあげなさい。また、固定接着装置と結合する基底膜の主要な繊維状タンパク質の名称を答えなさい。
3. コラーゲンは細胞外マトリクスを構成する代表的な繊維状タンパク質である。その構造的特徴、力学的性質、体内での分布について答えなさい。
4. 脊椎動物が体の形態を力学的に維持している仕組みについて、細胞間接着、細胞基質間接着、細胞外マトリクスの構造および機能に言及しながら説明しなさい。既出の語句を使用してもかまわない。

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

VII 中心小体サテライト (以下 CSs) は、中心体の周囲 (核付近) に多数存在する直径 70~100 nm の粒状構造である。繊毛の形成に必要なタンパク質の輸送に関与すると考えられてきたが、詳細は不明である。最近 Pachinger らは、CSs を構成する主要タンパク質 PCM1 のショウジョウバエオルソログ (CMB) の解析により、それまでの認識とは異なる CSs の役割を見出した。

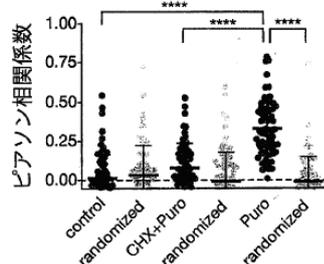
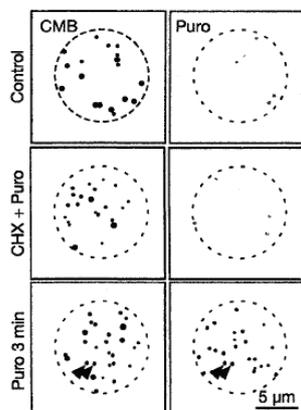
1. まず、TurboID^(注1) を用いた近位依存性ビオチン標識法により、CMB の近傍に存在し、かつ、CMB と相互作用する可能性の高いタンパク質を同定した。この方法のプロセス (以下の A~F) を、実施順に並べなさい。

(注1) 大腸菌のビオチンリガーゼ BirA の改変型酵素で、きわめて高い活性をもつ。

- (A) 目的タンパク質 (ここでは CMB) と TurboID との融合タンパク質をコードする遺伝子を対象細胞 (ここではハエ培養細胞 S2) に導入、発現させる。
- (B) ストレプトアビジンがコーティングされた磁気ビーズを用い、ビオチン化タンパク質を回収する。
- (C) 細胞を PBS バッファーで洗浄する。
- (D) 培養液にビオチンを添加し、一晩おく。
- (E) 界面活性剤を用いて細胞抽出物を得る。
- (F) リシルエンドペプチダーゼおよびトリプシンで処理し、得られた断片を質量分析する。

2. 1. の解析の結果、中心体や繊毛の構成タンパク質に加え、RNA 結合性タンパク質や翻訳に関わるタンパク質、シャペロンやユビキチンなどのタンパク質品質管理に関するタンパク質が多数同定された。そこで、CSs が中心体や繊毛のタンパク質合成のハブとして機能している可能性を検討するため、次に S2 細胞を用いてピューロマイシン^(注2) 標識アッセイを行った。結果 (下図) はこの仮説を支持した。さらに、中心体の近傍に局在するタンパク質 (PCNT) の mRNA が CSs に存在し、かつ、PCNT の翻訳も CSs で行われていることを確認した。以上の結果からどのような解釈が可能か述べなさい。

(注2) ピューロマイシンはチロシル tRNA の構造類似体で、チロシル tRNA の代わりにリボソームに取り込まれることで翻訳を阻害する。翻訳途中のペプチドは、C 末端にピューロマイシンが付加された状態でリボソームから遊離する。



左: ピューロマイシン標識アッセイの結果を示す模式図。未処理 (Control)、シクロヘキシミド存在下でピューロマイシン添加 (CHX+Puro)、ピューロマイシン添加後 3 分 (Puro 3 min) でそれぞれ固定した試料を、CMB 抗体 (左) およびピューロマイシン抗体 (右) で二重染色した。典型的な染色パターンを示した 1 細胞の核部分 (点線) を示す。矢じり (2 箇所) は同一箇所が存在するスポット。

右: CMB とピューロマイシンシグナルの共局在性をピアソン相関係数で見積もったもの。偶発的な共局在を排除するため、一方のシグナルを 90° 回転させた像で同じ解析を行った (randomized)。

2026年度 中央大学大学院春季一般入学試験
理工学研究科 博士課程前期課程

< 生命科学専攻 >

生命科学の7問(I～VII)のうち、3問を選択して解答すること。

解答用紙上部の「問題番号」の枠内に、選択した問題番号を
記し、1枚の解答用紙につき1問解答すること。

上記事項が守られていない場合、解答が無効となることがありますので、注意してください。

2026年度 大学院春季入学試験問題
理工学研究科 前期課程 生命科学専攻
生命科学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

I 以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

数値を求める問題では、根拠となる量方程式と計算過程も簡潔に記述すること。
必要であれば、以下の【物理定数】に示した値は計算に使用してよい。

【物理定数】プランク定数(h) 6.63×10^{-34} [J s], 真空中の光速(c) 3.00×10^8 [m s $^{-1}$],
アボガドロ定数(N_A) 6.02×10^{23} [mol $^{-1}$], ボルツマン定数(k_B) 1.38×10^{-23} [J K $^{-1}$],
電気素量(e) 1.60×10^{-19} [C]

(1) 凍結保護剤を含む緩衝液に分散させたホウレンソウの葉緑体を、液体窒素温度(77 K)で435 nmの単色光で励起すると、その蛍光スペクトルには685 nm, 695 nm, 735 nmの波長で明瞭なピークが観測される。これら3つのピークについて、その光子エネルギーを求めなさい。ただし、光子エネルギーは波数(cm^{-1})と電子ボルト(eV)のそれぞれの単位で求め、数値の有効数字は2桁とする。

(2) 問い(1)の3つの蛍光ピークは異なるクロロフィルaの励起状態に由来しており、いずれもクロロフィルbの蛍光ではない。ホウレンソウの葉緑体にはクロロフィルbが含まれているにも関わらず、クロロフィルbに由来する蛍光が観測されない理由を、以下の【語群】の各語を1回以上使用して説明しなさい。

【語群】光捕集色素, 漏斗モデル, 量子収率

(3) 問い(1)と同様のホウレンソウの葉緑体の分散液をもちいて、室温で蛍光スペクトルを測定すると、700 nmよりも長波長に明瞭な蛍光ピークは観測されない。その原因を、以下の【語群】の各語を1回以上使用して説明しなさい。

【語群】光化学系I, 電荷再結合, 再励起

2026年度 大学院春季入学試験問題
理工学研究科 前期課程 生命科学専攻
生命科学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

II 【リピンスキーの法則 (Rule of Five) の解説】 経口摂取される薬物が、生体膜を通過して良好な吸収性 (ADME) を持つために推奨される物理化学的な基準です。以下の4つの条件のうち、2つ以上を逸脱すると吸収が悪くなる可能性が高いとされています。

1. 分子量 (MW): 500以下
2. 脂溶性 (LogP): 5以下
3. 水素結合ドナー数 (HBD): 5以下 (OH基やNH基の総数)
4. 水素結合アクセプター数 (HBA): 10以下 (N原子やO原子の総数)

以下の化合物のSMILESを読み解き、リピンスキーの法則の4条件のうち、特に抵触 (逸脱) する可能性が高い条件を挙げ、その理由を構造的特徴から論理的に説明しなさい。

問1: 化合物A

CCCCCCCCCCCCCCCC(=O)O

抵触する可能性が高い条件:

論理的理由:

問2: 化合物B

c1ccc(cc1)Cc2ccc(cc2)Cc3ccc(cc3)Cc4ccc(cc4)Cc5ccccc5

抵触する可能性が高い条件:

論理的理由:

問3: 化合物C

O=C(O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(=O)O

抵触する可能性が高い条件:

論理的理由:

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

Ⅲ 骨格筋、および昆虫が有する特殊な弾性タンパクに関する、以下の問い

(1) ~ (4) に答えなさい。

- (1) カエルなどの骨格筋の収縮は、運動神経の興奮、筋繊維の興奮 (10 ms 後)、筋収縮 (80 ms 後) と決まった順序で引き起こされるが、必ず、各事象の間には、時間的な遅延が見られる。この遅延が発生する理由について、筋収縮の機構に言及しながら、簡潔に説明しなさい。
- (2) 表1は、ノミとヒトのジャンプする運動について、運動に関わる種々のパラメータを計測した結果を示す。高くジャンプするには、地面に接している間 (t : 加速時間) に、できるだけ速い速度を獲得する必要がある。2つの動物種について、この加速時間の差が生まれる理由について、表内に記載されている数値を参照しながら考察しなさい。
- (3) ノミとヒトのジャンプする運動機構の違いに関連して、ノミに見られる加速時間を非常に短縮できる運動機構について、知っていることをできるだけ、詳しく説明しなさい。
- (4) 上の機構、あるいは、それに関連するタンパク質は、昆虫を含む、他にどのような運動機構に観察されるか、例を挙げなさい。

	ノミ	ヒト	
体重	0.5 [mg]	70 [kg]	M [kg]
ジャンプする高さ	20 [cm]	60 [cm]	h [m]
加速可能な運動距離	75 [mm]	40 [cm]	L [m]
ジャンプ時の速度	190 [cm/s]	343 [cm/s]	V [m/s]
加速運動の経過時間	0.8 [ms]	233 ms	t [s]
得られる加速度	240 [m/s^2]	1.5 [m/s^2]	a [m/s^2]
重力との比	24.5 g	0.15 g	$a/9.8$ [g]

<参考>

一般に、表中の右側に記載した運動パラメータの間には、理想的な力学運動系では、以下の様な関連式が成り立つ (g は重力加速度、 $9.8 m/s^2$)。

$$a = V/t$$

$$\text{運動エネルギー} = \frac{MV^2}{2}$$

$$\text{到達最高点の位置エネルギー} = Mgh$$

$$V = \sqrt{h \cdot 2g}$$

$$t = 2/V$$

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

IV.

関東には丘陵地が浸食されて形成された谷状の地形が多くみられる (Fig. 1)。谷津田 (やつだ) などとよばれるこうした地形を利用して、しばしば、台地では畑作が、谷 (低地) では稲作が行われる。谷にむかう斜面は林になっており、斜面下で流出する地下水 (湧水) は水田に利用される。台地の畑に施肥された NH_4^+ は作物に供給され、余剰の NH_4^+ の多くは谷津田の生態系で、物質循環 (窒素循環) とよばれる逐次的な微生物の代謝で化学的に変換されてゆく。谷津田の物質循環 (窒素循環) についてのつぎの問い (1) ~ (5) に答えなさい。

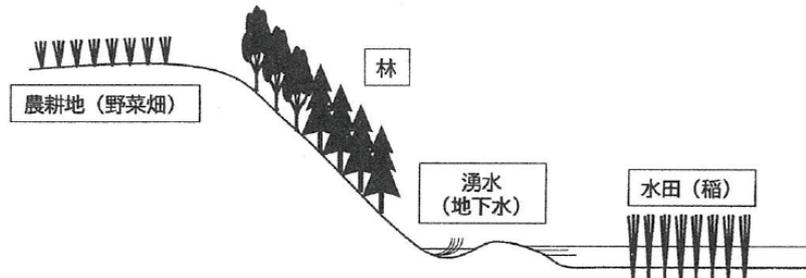


Fig. 1. 谷津田の模式図。縮尺は正しくない。台地では畑作が行われており、低地 (谷) には水田があり稲作が行われている。標高差は2-3階建ての家屋ほどである。斜面は林となっている。水田の田面水はさらに低地 (下流) に流れていき、やがて河川に流出していく。

問い

- (1) 畑に NH_4^+ を肥料として与える (施肥する) 利点は何か。簡潔に記述しなさい。
- (2) 谷津田での硝化についての問い a) および b) に答えなさい。
 - a) 硝化が最も顕著に起こるのは谷津田のどこか、代表的なひとつを答えなさい。
 - b) a) の解答が妥当であることの理由は、硝化の電子供与体および電子受容体の供給源が確保されていることで説明できる。つぎの i) - iii) に答えなさい。
 - i) a) で解答した環境での硝化の電子供与体および電子受容体を答えなさい。
 - ii) 硝化の電子供与体はおもに何として供給されるか、答えなさい。
 - iii) 硝化の電子受容体はおもにどこから供給されるか、答えなさい。
- (3) 谷津田で脱窒が最も顕著に起こるのはどこか、代表的なひとつを答えなさい。さらに、この妥当性を脱窒の電子供与体および電子受容体の供給源を念頭にして記述しなさい。
- (4) 斜面下での湧水を水田に利用することには利点がある。利点を2つ答えなさい。
- (5) これまでに分離されたアンモニア酸化細菌のほとんどは pH 7.5 前後が増殖の最適 pH となっている。中性の pH 域がアンモニア酸化細菌の a) エネルギー源および b) 炭素源の供給に好都合であるためであるが、それぞれの理由を簡潔に記述しなさい。

2026年度 大学院春季入学試験問題
理工学研究科 前期課程 生命科学専攻
生命科学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

V

2025年、本州および北海道において、クマ類（ツキノワグマおよびヒグマ）の市街地等への出没が相次ぎ、過去最多の人身被害を記録する事態となった。

以下の2点について、保全生態学の観点から論じなさい。

1. 出没急増の理由として考えられる要因を多角的に考察しなさい。
2. 1を踏まえ、クマ類の管理と人との共存に向けた方策を考察しなさい。

なお、この問題に正答は存在せず、保全生態学の知見を用いて的確に論じることができているかどうかを評価する。

2026年度 大学院春季入学試験問題
理工学研究科 前期課程 生命科学専攻
生命科学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

VI 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

20世紀の終わりから21世紀にかけて行われたヒトゲノム計画により、ヒトゲノムは約(ア)億塩基対からなるDNA配列として、(イ)対の常染色体とXYの性染色体に保存されていること、ヒトのタンパク質をコードする遺伝子数は約(ウ)個であることが明らかになった。さらに、ゲノム配列の大部分はタンパク質をコードしない非コード領域であり、配列全体の約(エ)%は、トランスポゾンを中心とした繰り返し配列で占められている。残りの非コード領域は、転写制御やクロマチン構造の制御、非コードRNAの産生などに関与することが明らかになってきている。近年では、次世代シーケンサー(NGS)の発展により、個人ゲノム解析や集団ゲノム解析が可能となり、疾患感受性や進化的背景の理解が進んでいる。しかし、ゲノムの配列情報のみから細胞分化や疾患を説明することには限界があり、エピゲノムや転写ネットワークを統合的に解析する必要性が指摘されている。

- 1) (ア) から (エ) に当てはまる数字を答えよ。
- 2) 下線部 a に関連して、ヒトゲノムに存在する主要なトランスポゾンについて、その転移様式の特徴を含め説明しなさい。
- 3) 下線部 b に関連して、ヒトゲノムにおけるシスエレメントの種類を3つ挙げ、それらが遺伝子発現を空間的・時間的に制御する仕組みについて説明しなさい。
- 4) ゲノム配列情報だけでなく、エピゲノム情報を統合して遺伝子機能を理解することが重要である理由を、具体的な解析手法や研究例を挙げて論じなさい。

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

VII 以下の英文を読み、設問に答えなさい。

All genomes have mobile genetic segments called transposable elements (TEs). Here we describe a system, which we term SOS splicing, that protects *Caenorhabditis elegans* and human genes against DNA-transposon-mediated disruption by excising these TEs from host mRNAs. SOS splicing, which seems to operate independently of the spliceosome, is a pattern recognition system triggered by the base-pairing of inverted terminal repeat elements, which are a defining feature of DNA transposons. We identify three factors required for SOS splicing in both *C. elegans* and human cells: AKAP17A, which binds TE-containing mRNAs; the RNA ligase RTCB; and CAAP1, which bridges RTCB and AKAP17A to allow RTCB to ligate mRNA fragments generated by TE excision. We propose that SOS splicing is a previously undescribed conserved and RNA-structure-directed mode of mRNA splicing, and that an identified function of SOS splicing is to genetically buffer animals from the deleterious effects of DNA-transposon-mediated gene perturbation.

(Zhao et al., 2026, Nature Vol. 649 より abstract 部分を引用)

buffer : (動) 保護する deleterious : 有害な

gene perturbation : 遺伝子摂動 (遺伝子の発現や機能を意図的に乱すこと)

1. これは、最近発表されたある論文のアブストラクト (要旨) 部分である。新たに発見された「SOS スプライシング」とは、どのような機構か。以下のうちから選び、(a)~(c)の記号で答えなさい。

- (a) 転写因子をゲノム DNA から取り除く機構
- (b) スプライソソームと同様に、pre mRNA のイントロンを除き、エキソンを正確に連結する機構
- (c) mRNA に挿入された転移性因子を取り除く機構

2. この研究で実験対象とした生物種を2種、日本語で答えなさい。

3. この機構ではたらく3つの因子 AKAP17A、RTCB、CAAP1 は、それぞれ図1のA~Cのどれと考えられるか。A~Cの記号で答えなさい。

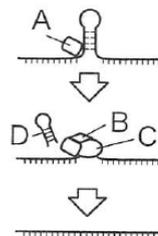


図1 SOS スプライシングの機構 (モデル)

4. 上記3つの因子は、以下の方法でスクリーニングされた。RNAの取り込みに関与するため RNAi に必須の遺伝子 *rsd3* を分断し、その間に図1のDをコードする DNA 配列を挿入した遺伝子発現カセットと、同じくDをコードする DNA 配列を挿入した GFP 発現遺伝子カセットとを、あらかじめ実験生物 (*rsd3* ナル株) に導入したのち、EMS 処理によりさまざまな遺伝子に変異を誘発、その2世代目に対して *utp-20* 遺伝子の RNAi を行った。*utp-20* はリボソーム形成に関与する生育に必須の遺伝子である。3つの因子の遺伝子のいずれかに変異が生じた実験生物は、a) GFP 蛍光を示すか。b) RNAi 後に生存しているか。理由とともに述べなさい。

5. 下線部を和訳しなさい。

2026年度 大学院外国人留学生入学試験問題
理工学研究科 後期課程 生命科学専攻
生命科学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

I 以下の設問(1)～(5)に答えなさい。

(1) 以下のA,Bの情報について、SMILES形式とMol形式のどちらで表現できるか、あるいはどちらの形式でも表現が困難か答えなさい。また、その理由を簡潔に説明しなさい。

- A. 医薬品分子の3次元構造(原子の空間配置)
- B. 医薬品分子の原子間の接続性(トポロジー)

(2) 以下のSMILES表現は、文法的には正しいが、その示す構造は極度の構造的ひずみのためにエネルギー的に極めて不安定であると考えられる。



(2-1) このSMILESが解釈する非水素原子の総数と、構造内に存在する環の大きさ(員数)を答えなさい。

(2-2) この構造がエネルギー的に極めて不安定である理由を、説明しなさい。

(3) 生命現象の鍵となる「分子認識」には、アミノ酸や糖の持つ「立体化学」が不可欠である。Mol形式のファイルには、R/Sなどの不斉配置情報が格納されている。この情報が、SMILES形式では表現されない場合、バイオインフォマテイクス研究におけるデータベース検索において生物学的な活性の有無を判断する際に、どのような致命的な問題が生じるか、簡潔に論じなさい。

(4) Mol形式(V2000)のAtom Blockに格納されるX,Y,Zの座標情報は999原子が上限であり、この形式のままでは1000個以上の分子の記述ができない。生命科学における研究で、このことよってどのような致命的な問題が生じるか、簡潔に論じなさい。

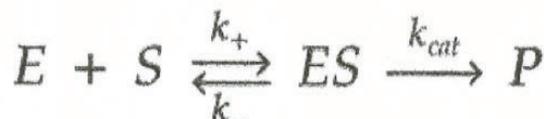
(5) SMILES形式で水素原子の情報を省略できる理由を、情報効率の観点から簡潔に説明しなさい。

2026年度 大学院外国人留学生入学試験問題
理工学研究科 後期課程 生命科学専攻
生 命 科 学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

II 以下の文章を読み、問い(1)～(9)に答えなさい。

ある酵素反応が反応式 a のような化学反応式で進行しているとする。ただし、ここで E は酵素、S は基質、ES は酵素基質複合体、P は生成物である。また、 k_+ 、 k_- 、 k_{cat} は対応する矢印が示す反応速度定数である。この酵素反応は Michaelis-Menten モデルによって定式化することができ、その酵素反応速度は「Michaelis-Menten 式」として知られている。



(反応式 a)

- (1) 反応式 a の酵素反応から Michaelis-Menten 式を導出するとき、定温定圧条件以外に必要な仮定とその条件式(方程式)を答えなさい。
- (2) 反応式 a について、酵素反応速度を V として Michaelis-Menten 式を答えなさい。ただし、Michaelis-Menten 定数を K_M とし、その表式も示すこと。
- (3) k_{cat} は代謝回転数とよばれ、酵素活性の高さを示す指標となる。一方、似た指標として比活性がある。これら 2 つの指標の定義の違いを説明し、それぞれを使い分ける生化学的な意義を答えなさい。
- (4) 任意の酵素と基質の化学反応が、二次反応か Michaelis-Menten モデルに従う酵素反応かを見分ける実験を提案しなさい。
- (5) 任意の非循環的な代謝経路において、その中間代謝物を基質とする酵素では、 k_{cat}/K_M で求められる触媒効率(特異性定数)が細胞内での酵素活性の高さを表す良い指標となる場合が多い。その理由を答えなさい。
- (6) ある物質が反応式 a の酵素反応を競合的に阻害するとき、Michaelis-Menten 式を阻害剤の濃度依存性を含む式に修正しなさい。ただし、阻害剤は I で表し、その酵素に対する結合定数を K_I とする。
- (7) ある物質が反応式 a の酵素反応を非競合的に阻害するとき、Michaelis-Menten 式を阻害剤の濃度依存性を含む式に修正しなさい。ただし、阻害剤は I で表し、その酵素に対する結合定数を K_I とする。
- (8) 一般に、常温常圧下での任意の酵素の触媒効率は概ね $10^9 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を超えない。その理由を説明しなさい。ただし、以下の[語群]中の語句はそれぞれ 1 回以上もちいること。
[語群] 自由拡散、逐次反応、律速段階
- (9) 光合成の明反応では、特定の色素分子の間を 1 ns よりも短い時間で電子が移動する。電子授受に関わる色素分子を基質、電子移動反応が起こる光合成タンパク質を酵素とした場合、この電子移動反応の触媒効率は一見すると $10^9 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を優に超えている。この現象が問い(8)の説明と矛盾しないことを説明しなさい。

2026年度 大学院春季入学試験問題
理工学研究科 後期課程 生命科学専攻
生命科学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

経口投与された薬物が血中に到達するためには、小腸などの細胞膜（脂質二重層）を受動拡散によって通過する必要がある。この「膜透過性」を予測する代表的な指標として、以下の2つが知られている。

リピンスキーの法則 (Rule of Five)

「分子量 (MW) が500以下であれば、膜透過性は良好である可能性が高い」とする。これは、分子が巨大になるほど、細胞膜の隙間を物理的に通り抜けるのが困難になるという経験則に基づいている。

ヴェバーの法則 (Veber's Rules)

「回転可能結合数 (NROTБ) が10以下であれば、膜透過性は良好である可能性が高い」とする。NROTБとは、環に含まれず、かつ末端原子ではない単結合の数を指す。これは分子の「サイズ」よりも「柔軟性」に着目した指標である。

【問題】

次に示す2つの化合物 (AおよびB) のSMILES記法を読み解き、以下の設問に答えなさい。

化合物A: CCCCCCCCCCC(=O)NC

化合物B: C12CCCCC1CC3CCCCC3C2

設問1

化合物AおよびBの化学構造式を、結合のつながりが明確になるように描きなさい。

設問2

化合物AおよびBについて、導入文の定義に基づき、それぞれの回転可能結合数 (NROTБ) を算出なさい。また、どの結合を数え、どの結合を除外したかを簡潔に述べなさい。

設問3

化合物AとBは、炭素数および分子量がほぼ同等である。しかし、実際の膜透過性は剛直な骨格を持つ化合物Bの方が高い傾向にある。なぜ「分子の柔軟性 (NROTБが大きいこと)」が膜透過を阻害する要因となるのか。水溶液中から脂質膜内部へ移動する際の配座エントロピー (Conformational Entropy) の変化に注目し、ギブス自由エネルギーの変化式 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ を用いて論理的に説明しなさい。キーワードとして「配座エントロピー」、「自由エネルギー障壁」、「エントロピー損失」などを使用するのが好ましい。