

2026年度千葉大学大学院融合理工学府博士前期課程
選抜試験学力検査解答用紙

科目名	コース名	受験番号
化学-1(1)	先進理化学・化学	

問1

(1) $P(r)dr = r^2 dr \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^\pi \sin\theta d\theta |\psi(r, \theta, \varphi)|^2 = r^2 dr |R_{10}(r)|^2$
よって $P(r) = r^2 |R_{10}(r)|^2$

(2) $\frac{dP(r)}{dr} = 0$ になる距離で $P(r)$ は最大値をとる。

$$\frac{dP(r)}{dr} = \frac{8}{r_0^3} \left(r - \frac{r^2}{r_0}\right) e^{-\frac{2r}{r_0}} = 0 \text{ より } r = r_0$$

化学-1(1)

裏面に続く


合計

この線より上には書かないこと。

問 2

- (1) 波数 k_x, k_y, k_z の最小単位は $\Delta k_x = \Delta k_y = \Delta k_z = \frac{\pi}{L}$ である。

これより 1 状態あたりの体積は $(\frac{\pi}{L})^3$

- (2) 波数ベクトルの各成分が正の範囲,かつ波数ベクトルの大きさが k_l 以下の体積は $\frac{1}{8} \cdot \frac{4\pi k_l^3}{3}$

これを(1)の 1 状態あたりの体積でわる。

$$\text{状態数} = \frac{(Lk_l)^3}{6\pi^2}$$

- (3) エネルギー $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m_e}$ より 波数 $k = \frac{\sqrt{2m_e E}}{\hbar}$

これを(2)で求めた状態数に代入し、E で微分する。

これより一粒子状態密度 $g(E)$ は

$$g(E) = \frac{L^3}{4\pi^2} \left(\frac{2m_e}{\hbar^2}\right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{E}$$

- (4) $z_1 = \int_0^\infty g(E) e^{-\beta E} dE$

これに(3)でもとめた $g(E)$ を代入し,本文中の公式を用いると

$$z_1 = \frac{L^3}{8\pi^2} \left(\frac{2m_e}{\hbar^2}\right)^{\frac{3}{2}} \beta^{-\frac{3}{2}}$$

**2026年度千葉大学大学院融合理工学府博士前期課程
選抜試験学力検査解答用紙**

科目名	コース名	受験番号
化学-1(2)	先進理化学・化学	

問3

(1) A: $(1 - \alpha)$, B: α , C: α なので,

$$x_A = (1 - \alpha)/(1 + \alpha)$$

$$x_B = \alpha/(1 + \alpha)$$

$$x_C = \alpha/(1 + \alpha)$$

(2) $P_A = \{(1 - \alpha)/(1 + \alpha)\}P$

$$P_B = \{\alpha/(1 + \alpha)\}P$$

$$P_C = \{\alpha/(1 + \alpha)\}P$$

よって K_P は,

$$K_P = \frac{(P_B/P_0) \cdot (P_C/P_0)}{(P_A/P_0)} = \frac{\{\alpha/(1 + \alpha)\}^{[P/P_0]} \cdot \{\alpha/(1 + \alpha)\}^{[P/P_0]}}{\{(1 - \alpha)/(\alpha)\}^{[P/P_0]}} = \frac{\alpha^2(P/P_0)}{(1 - \alpha)^{(1 - \alpha)} \cdot (1 + \alpha)^{(\alpha)}}$$

(3) $P = 1.0 \text{ bar}$, $P_0 = 1.0 \text{ bar}$

$$K_p(500 K) = \frac{(1.0 \times 10^{-5})^2 (P/P_0)}{(1 - 1.0 \times 10^{-5}) \cdot (1 + 1.0 \times 10^{-5})} = 1.0 \times 10^{-10}$$

$$K_p(1000 K) = \frac{(1.0 \times 10^{-4})^2 (P/P_0)}{(1 - 1.0 \times 10^{-4}) \cdot (1 + 1.0 \times 10^{-4})} = 1.0 \times 10^{-8}$$

van't Hoff の式 $d\ln K_p/dT = \Delta H^\ominus / RT^2$ を使って,

$$\ln \frac{1.0 \times 10^{-10}}{1.0 \times 10^{-8}} = \frac{\Delta H^\ominus}{8.314} \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{1000} \right)$$

よって, $\Delta H^\ominus = 3.8 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$

化学-1(2)

裏面に続く


合計

この線より上には書かないこと。

問 4

0 °C の氷が 0 °C の水になるときのエントロピー変化は

$$\Delta S = Q/T = 6.01 \text{ kJ mol}^{-1} / 273 \text{ K} = 22.0 (22.01) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

水の熱容量は、 $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ K}^{-1} (= 4.18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times 18.0 \text{ g mol}^{-1} = 75.2 (75.24) \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

エントロピー変化は、

$$\Delta S = \int_{273K}^{373K} \frac{C_p}{T} dT = C_p [\ln T]_{273K}^{373K} = 75.2 (75.24) \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \ln(373/273) = 23.5 (23.46) \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

100 °C の水が 100 °C の水蒸気になるときのエントロピー変化は

$$\Delta S = Q/T = 40.7 \text{ kJ mol}^{-1} / 373 \text{ K} = 109 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

全エントロピーは $\Delta S = 22.0 + 23.5 + 109 = 155 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

問 5

(1) 両分子とも並進、回転、振動の自由度はそれぞれ3, 2, 4

(2) XYZは対称中心を持たないため、赤外スペクトルとラマンスペクトル共に対称伸縮、非対称伸縮、変角振動（縮退）によるバンドが観測される。XYXは対称中心を持つため、交互禁制則に従い、赤外スペクトルでは非対称伸縮と変角振動（縮退）が観測され、ラマンスペクトルでは対称伸縮による振動バンドが観測される。

(3) XYZは永久双極子モーメントを有するため、マイクロ波スペクトルとラマンスペクトル共に観測される。XYXは永久双極子モーメントを持たないため、マイクロ波スペクトルでは観測されないが、ラマンスペクトルでは観測される。

2026年度千葉大学大学院融合理工学府博士前期課程
選抜試験学力検査解答用紙

科目名	領域・コース名	受験番号
化学-2(1)	先進理化学・化学	

問 1

金属イオンに配位結合したH₂Oの電子が金属イオンに引き寄せられる傾向が強いほど配位水がプロトン解離してOH⁻に変化しやすい。この傾向は、金属イオンの酸化数が大きく、イオン半径が小さく、配位数が小さいほど強くなる。Al³⁺とLa³⁺では、酸化数は同じ(+3)であるが、イオン半径はAl³⁺(0.67 Å) < La³⁺(1.32 Å)、配位数(水の配位数)はAl³⁺(6) < La³⁺(9以上)であり、Al³⁺のほうがLa³⁺よりも配位水の電子を強く引き寄せる。その結果、塩基性水溶液中でAl³⁺は可溶性の[Al(OH)₄]⁻を生成しうるが、La³⁺は難溶性のLa(OH)₃を生成するものの、可溶性の[La(OH)₄]⁻は生じないため溶けない。

問 2

N₂の結合は三重結合で解離エネルギーが非常に大きいが、Cl₂の結合は単結合で解離エネルギーはN₂よりも非常に小さい(約1/4)。このため、N₂が解離するためのエネルギーは常温ではなかなか得られない。これに対しCl₂の場合には、比較的容易に常温でも解離して反応が進行しやすい。

化学-2(1)

裏面に続ぐ


合計

この線より上には書かないこと。

問 3

(1)

(計算過程については、公表を差し控える)

$$\text{答え } 7 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$$

(2)

(計算過程については、公表を差し控える)

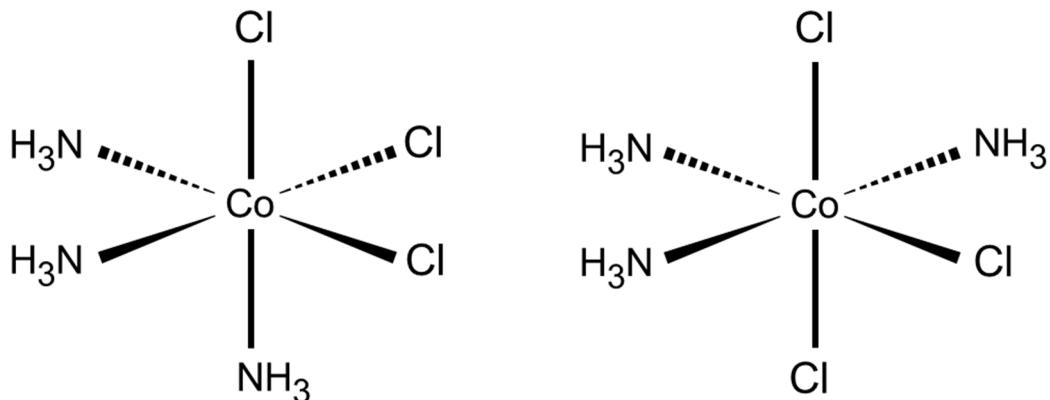
$$\text{答え } 4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

2026年度千葉大学大学院融合理工学府博士前期課程
選抜試験学力検査解答用紙

科目名	領域・コース名	受験番号
化学-2(2)	先進理化学・化学	

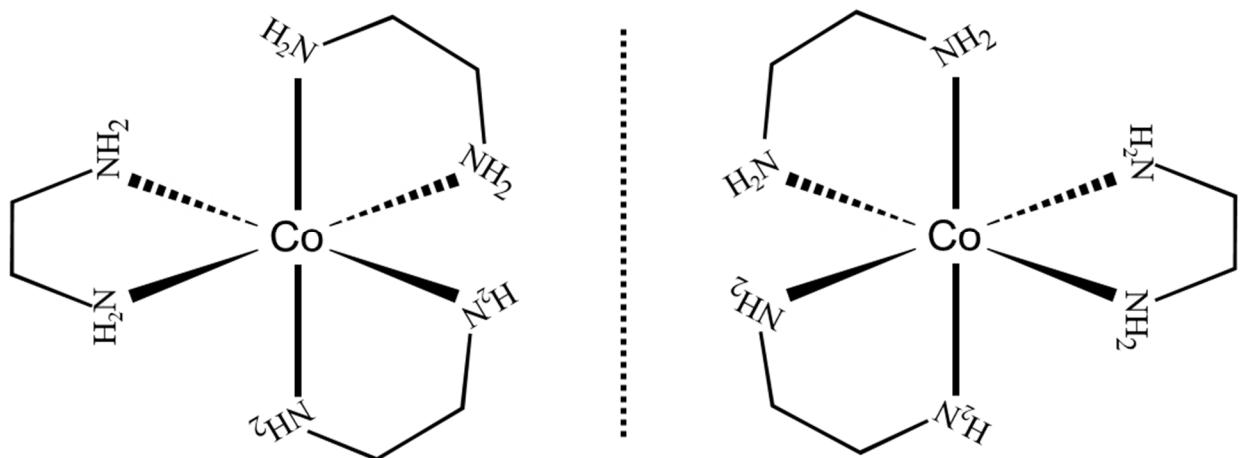


問5 (1)



fac - トリクロロトリアンミンコバルト(III) *mer* - トリクロロトリアンミンコバルト(III)

(2)



化学-2(2)

裏面に続く

合計

この線より上には書かないこと。

問 6 (1) ア : コランダム イ : 六 ウ : 八 エ : 立

(2) a: Cr^{3+} b: Fe^{3+} or Ti^{3+} c: Mg^{2+} d: Al^{3+}

下線部②の化学式 : MgAl_2O_4

(3) 同形置換

(4) 固溶体

(5) 混合金属酸化物 (または、複合酸化物、金属複酸化物)

(6) 下線部③の化学式 : Fe_3O_4

四面体すきまに入るイオン : Fe^{3+}

八面体すきまに入るイオン : Fe^{2+} , Fe^{3+}

(7) 特徴的な性質 応用例

高い硬度 研磨剤, コーティング剤, 乳鉢 など

高い耐熱性 沖材, 耐火物原料, 航空機の壁材 など

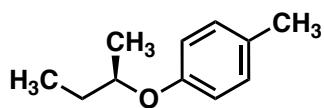
高い耐酸性 強酸を使用する容器 など

2026年度千葉大学大学院融合理工学府博士前期課程
選抜試験学力検査解答用紙

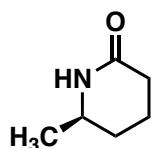
科目名	領域・コース名	受験番号
化学-3(1)	先進理化学・化学	

問1

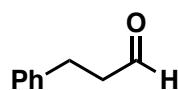
A



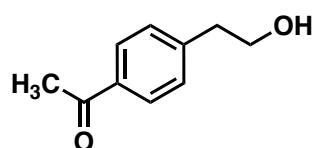
B



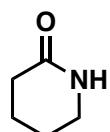
C



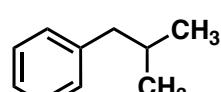
D



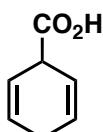
E



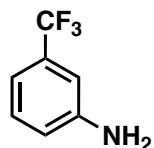
F



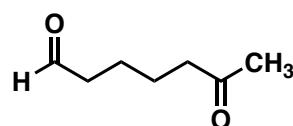
G



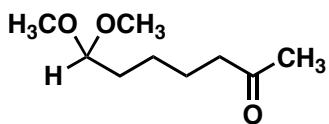
H



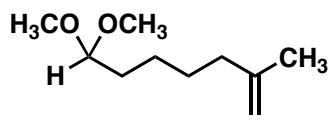
I



J



K



L



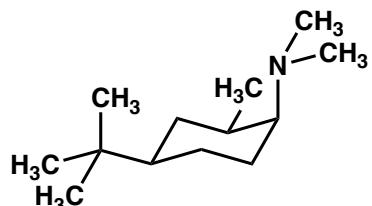
化学-3(1)

裏面に続く

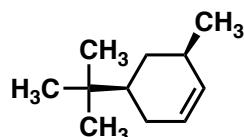
合計

この線より上には書かないこと。

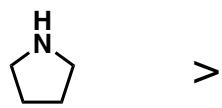
問2 (1)



(2)



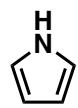
問3 (1)



>



>



塩基性が強い ← 塩基性が弱い

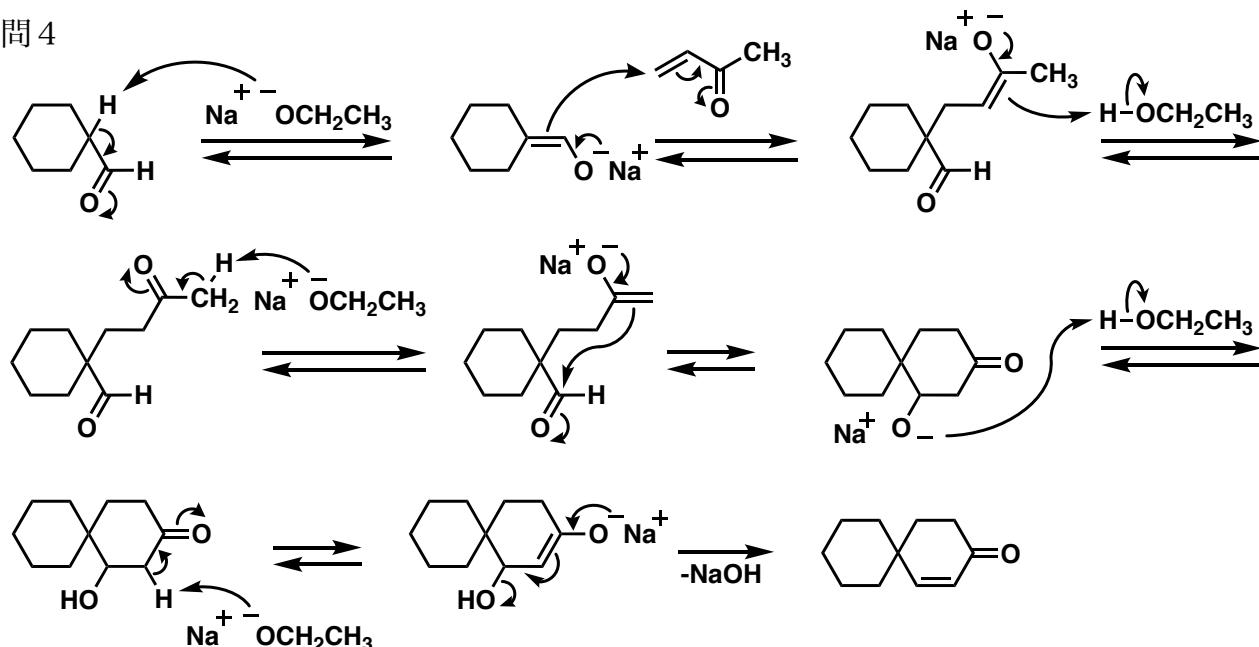
- (2) 窒素の非共有電子対が入る混成軌道のs性が低いほど塩基性が強い。
ピロリジンの窒素はsp³窒素、ピリジンの窒素はsp²窒素である。

- (3) ピリジンは、窒素の非共有電子対が芳香族性に関与しておらず
孤立した状態にあるため塩基性を示す。
一方、ピロールは窒素の非共有電子対が芳香族性に関与しており、
ピロール環上に非局在化しているため、塩基性を示さない。

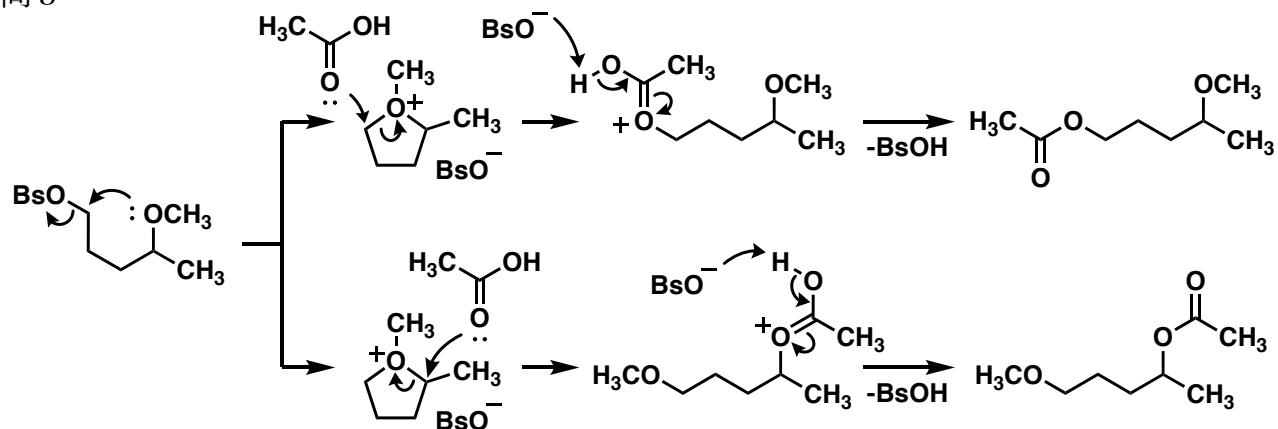
2026年度千葉大学大学院融合理工学府博士前期課程
選抜試験学力検査解答用紙

科目名	領域・コース名	受験番号
化学-3(2)	先進理化学・化学	

問4



問5



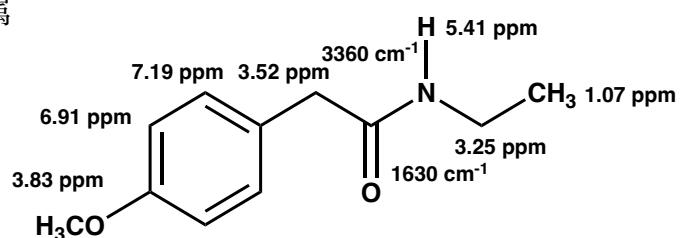
この線より上には書かないこと。

問6 (1) O

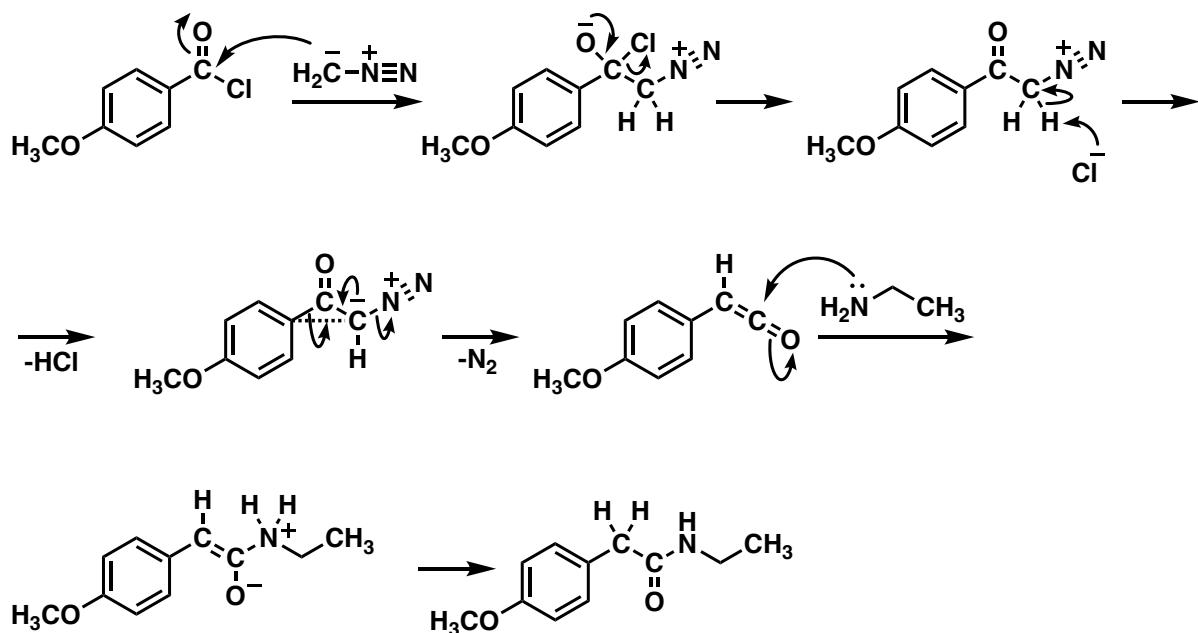
P



(2) Qの構造と帰属



(3) 反応機構



2026年度千葉大学大学院融合理工学府博士前期課程
選抜試験学力検査解答用紙

科目名	コース名	受験番号
化学-4(1)	先進理化学・化学	

問1

実験操作の名称：塩析

原理

硫酸アンモニウムの溶解度が非常に高いため、タンパク質の溶解度の違いで、タンパク質が沈殿してくる。

問2

実験操作の名称：透析

問3

微生物Aが菌体外にセルラーゼ（セルロースを分解する酵素）を分泌していたため、分解されて破れた。

化学-4(1)

裏面に続く


合計

この線より上には書かないこと。

問4

タンパク質はそれぞれ電荷をもっている（等電点がある）。（この特徴を利用し、正電荷を示す塩基性タンパク質は負電荷をもつ担体（陽イオン交換体）に、一方、負電荷を示す酸性タンパク質は正電荷を持つ担体（陰イオン交換体）にイオン結合する。）イオン交換体の結合した担体を詰めたカラムに試料を通液してタンパク質を結合させた後、溶媒の塩濃度を高くしていくと、イオン結合が弱くなつていき、結合力の弱いタンパク質から順に外れて流れ出てくる。このように、タンパク質の電荷（等電点）の違いによって分離する方法。

問5

(1) 以下のいずれかを選択して丸で囲みなさい。

180 nm

260 nm

280 nm

360 nm

380 nm

(2) トリプトファン チロシン フェニルアラニン (順不同)

問6

(1) 比活性

(2) イオン交換カラムクロマトグラフィー

2026年度千葉大学大学院融合理工学府博士前期課程
選抜試験学力検査解答用紙

科目名	コース名	受験番号
化学-4(2)	先進理化学・化学	

問7

(1) エドマン分解

(2) 精製したタンパク質を特異性の高いプロテアーゼや化学反応を用いて切断し、消化断片を分子量や疎水性の違いなどによって分画(精製)したサンプルについて解析する。

問8

(1)

N末端アミノ酸配列から設計したプライマー（センスプライマー）

(Y, N, K, E は 2種類のコドンのうち 1つ, I は 3種類のコドンのうち 1つを選択)

	M	Y	N	K	E	I	
5'-	ATG	TAT	AAT	AAA	GAA	ATT	-3'
		TAC	AAC	AAG	GAG	ATC	
						ATA	

内部のアミノ酸配列から設計したプライマー（アンチセンスプライマー）

(Q, H, C, F, D は 2種類のコドンのうち 1つを選択)

	W	Q	H	C	F	D	
5'-	TGG	CAA	CAT	TGT	TTT	GAT	-3'
		CAG	CAC	TGC	TTC	GAC	
			↓	コンプリメント			
5'-	ATC	AAA	ACA	ATG	TTG	CCA	-3'
	GTC	GAA	GCA	GTG	CTG		

(2)

真核生物のゲノム DNA の場合、目的のタンパク質をコードする遺伝子はエキソンとイントロンが含まれている。そのためイントロンがスプライシングされてエキソンのみとなった mRNA から逆転写反応を行い、合成された cDNA を鑄型として使用する。

化学-4(2)

裏面に続ぐ


合計

この線より上には書かないこと。

問 9

(1) 相同性

(2) 活性中心

(3) 基質特異性

問 10

分子生物学・生化学的な実験手法

糖質分解酵素 X は大腸菌による異種発現系が確立していない。そこで、糖質分解酵素 Y と同様に大腸菌を用いた発現系により発現・精製を試み、酵素活性について調べる。糖質分解酵素 X の活性中心のアミノ酸配列は糖質分解酵素 Y の活性中心と相同性が高いことが判明している。糖質分解酵素 X の活性中心もこの部分にあると推定し、配列の異なる 3 カ所のアミノ酸について変異を導入し、酵素活性の変化・影響を確認する。

構造生物学的な実験手法

糖質分解酵素 X の立体構造を X 線結晶構造解析やクライオ電子顕微鏡の単粒子解析（、または NMR）などで明らかにする。精製した糖質分解酵素 X に、基質である多糖 P を添加することで、活性中心部位の構造情報を明らかにして、糖質分解酵素 Y との立体構造を比較する。

（考えられる別解）

糖質分解酵素 X、糖質分解酵素 Y では基質となる多糖が異なる。糖質分解酵素 Y の活性中心に相当するアミノ酸配列が糖質分解酵素 X の配列では 3 残基、アミノ酸が異なっているので、糖質分解酵素 Y と同じアミノ酸配列に変異導入して酵素活性を調べる。

糖質分解酵素 Y について、既知の立体構造情報を検索する。立体構造情報が取得できれば、糖質分解酵素 Y の構造情報をもとに、AlphaFold などの構造予測プログラムを用いて糖質分解酵素 X の立体構造予測を試みる。この予測構造をもとに酵素の活性中心や基質特異性に関するアミノ酸残基を推測し、アミノ酸変異導入などを行って酵素活性などを調べる。