

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験

材料・応用化学専攻  
応用生命化学教育プログラム  
応用物質化学教育プログラム

専 門 科 目 Ⅱ

試験日：2025年8月19日（火）

試験時間：90分（13：00～14：30）

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 試験終了時まで退出できません。途中で気分が悪くなった場合などには、手を挙げて監督者に知らせてください。
3. 問題冊子には「問題1」、「問題2」、「問題3」、「問題4」の4つの問題が掲載されていますので、3つの問題を選択し解答してください。
4. 試験時間終了までに、選択した3つの問題を解答紙表紙の「選択問題の申告」欄に○で示してください。○が正しく付けられていない場合には、採点されません。
5. 問題冊子は、表紙および余白を含めて全部で10ページです。
6. 問題冊子または解答紙にページの落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば、手を挙げて監督者に知らせてください。
7. 問題冊子の余白等は適宜下書きに使用してもかまいません。
8. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。

( 余 白 )

## 問題 1 (その1)

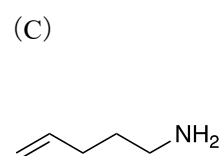
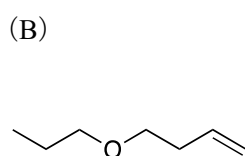
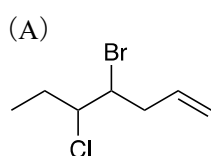
1 以下の問に答えよ。

(問1) アルキンに関する以下の問に答えよ。

- (ア) 2-ペンチン(2-Pentyne)に過剰の HBr を反応させると、2段階で付加反応が進行する。この反応の生成物の構造式をすべて記せ。
- (イ) 3-ヘキシン(3-Hexyne)に過剰の HBr を反応させると、2段階で付加反応が進行する。この反応の生成物の構造式をすべて記せ。
- (ウ) 1-ブチン(1-Butyne)に硫酸を触媒として水を付加させると、最初の生成物としてエノールが得られるが、直ちにケトンに異性化する。得られるエノールとケトンの構造式を記せ。

(問2) アルケンに関する以下の問に答えよ。

(ア) 以下の化合物 A および B、C の体系的名称を記せ。

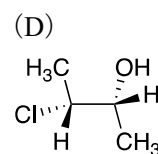
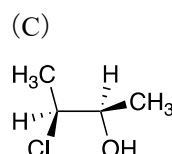
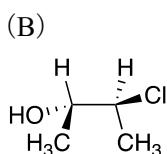
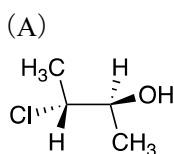


- (イ) 2-ブromo-2,4-ヘキサジエンの 2*E*,4*E* 異性体および 2*Z*,4*Z* 異性体を立体構造がわかるように記せ。
- (ウ) 分子式が C<sub>4</sub>H<sub>6</sub> のアルケンの構造異性体から3つを選び、その構造式を記せ。

(問3) アラニンは側鎖がメチル基のα-アミノ酸であり、2.1 と 9.1 に p*K*<sub>a</sub> を有している。pH が 2.1 および 9.1 の水溶液中における解離構造について、構造式を示しながら説明せよ。ただし、立体構造は考慮しなくてよい。

(問4) 光学異性体に関する以下の問に答えよ。

(ア) 化合物 A および B、C、D のうち、互いにエナンチオマー同士である組み合わせが2組ある。それぞれの組み合わせを選び、記号で答えよ。



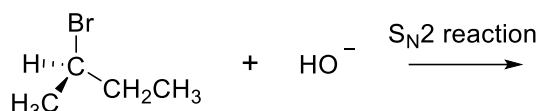
- (イ) あるキラルな化合物 E の *R* 体(*R*-E)の 0.10 mol L<sup>-1</sup> 溶液と *S* 体(*S*-E)の 0.050 mol L<sup>-1</sup> 溶液を調製し、それぞれ 15 mL と 20 mL を混合した。混合溶液の比旋光度を測定した結果、+4.8 であった。*S*-E の比旋光度を求めよ。

## 問題 1 (その2)

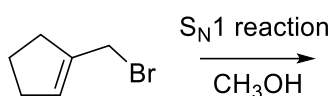
2 以下の問に答えよ。

(問1) 下記のそれぞれの反応で得られる生成物の構造式を記せ。ただし、複数の生成物が得られる場合は、すべての構造式を記せ。また、生成物の立体構造が明らかな場合は、その立体構造がわかるように構造式を記せ。なお、各反応は当量の試薬を用いて行うものとする。

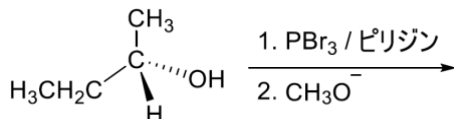
(ア)



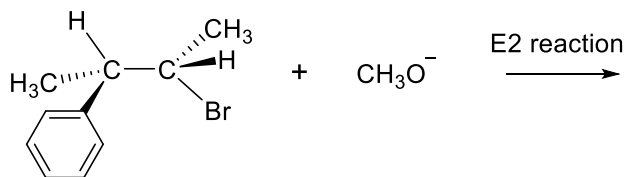
(イ)



(ウ)



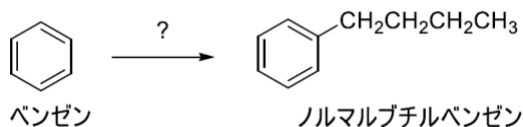
(エ)



(問2) 代表的な有機金属化合物である有機リチウム化合物と有機マグネシウム化合物 (Grignard 反応剤) では、一般的にどちらの反応性が高いか、反応性の高い方を答えよ。また、その理由も答えよ。

(問3) 以下の枠内に記載されている反応を適切に組み合わせて、ベンゼンからノルマルブチルベンゼンを合成する方法を反応式で2つ示せ。その際用いる反応名および反応剤を明記すること。ただし、記載されている反応の中には必要のないものも含まれている。

ハロゲン化 ・ Friedel-Crafts アルキル化 ・ ニトロ化 ・ スルホン化 ・  
鈴木カップリング反応 ・ Friedel-Crafts アシル化 ・ Heck 反応 ・  
還元反応 ・ Sandmeyer 反応 ・ 酸化反応



## 問題 2 (その1)

1 以下の問に答えよ。

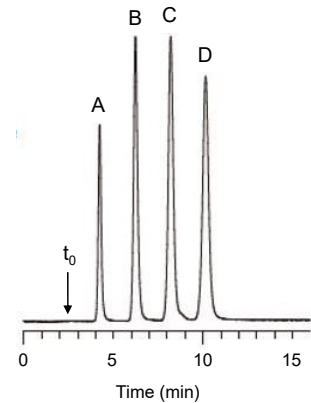
(問1) 炭素(C)および水素(H)、酸素(O)からなる化合物 X に関する以下の問に答えよ。必要であれば、原子量として  $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$  を用いてよい。

(ア) 化合物 X の元素分析の結果、炭素含有量が 62.2 重量%、水素含有量が 10.3 重量%であった。化合物 X の組成式を記せ。

(イ) 化合物 X の質量スペクトル測定の結果、 $m/z = 116$  に分子イオンピークが観測され、FT-IR スペクトル測定の結果、 $2870 \sim 2970 \text{ cm}^{-1}$  付近に複数の吸収を示すとともに、 $1736 \text{ cm}^{-1}$  に強い吸収を示した。また、重水素化クロロホルム中での  $^1\text{H NMR}$  スペクトル(300 MHz)測定の結果、 $\delta = 1.12 \text{ ppm}$  (二重線, 6H)、 $1.21 \text{ ppm}$  (三重線, 3H)、 $2.53 \text{ ppm}$  (多重線, 1H)、 $4.16 \text{ ppm}$  (四重線, 2H) の4つのピークが観測された。化合物 X の構造式を記せ。

(問2) 高速液体クロマトグラフィーに関する以下の問に答えよ。

右図は、固定相としてオクタデシル基を結合させた多孔質球状シリカ粒子を用い、移動相としてアセトニトリル-水(65/35(v/v))混合溶液を用いて、トルエン、アセトフェノン、ナフタレン、ベンゼンの混合物を分析した時のクロマトグラムである。 $t_0$ (保持されない成分の溶出時間)は、2.5 min であり、化合物 A および B、C、D の溶出時間は、それぞれ 4.1 min、6.2 min、8.2 min、10.1 min であった。化合物 A はアセトフェノンである。



(ア) 上記の高速液体クロマトグラフィーの分離モードを、解答欄から1つ選択し、○で囲め。

(イ) 化合物 B、C、D はそれぞれの化合物か、構造式で答えよ。

(ウ) 化合物 C の保持係数を求めよ。

(エ) 化合物 B と化合物 D の分離係数を求めよ。

(問3)  $^1\text{H NMR}$  スペクトルに関する以下の問に答えよ。

4-フェニル-2-ブタノールを重水素化 DMSO に溶解させ、 $^1\text{H NMR}$ (300 MHz)を測定した結果、 $1.23 \text{ ppm}$ 、 $1.75 \text{ ppm}$ 、 $2.53 \text{ ppm}$ 、 $4.03 \text{ ppm}$ 、 $4.8 \text{ ppm}$ 、 $7.22 \text{ ppm}$  にピークが観察された。以下の問に答えよ。

(ア)  $1.23 \text{ ppm}$  および  $2.53 \text{ ppm}$  の各ピークの多重度を記せ。

(イ)  $4.03 \text{ ppm}$  と  $7.22 \text{ ppm}$  の各ピークは何個のプロトンに相当するか。

(ウ) 化合物中のプロトンの電子密度と、シグナルが現れる周波数との関係を説明せよ。

(問4) 紫外・可視吸収スペクトルに関する以下の問に答えよ。

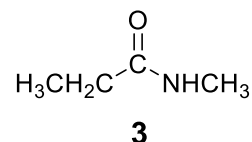
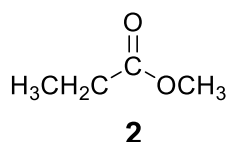
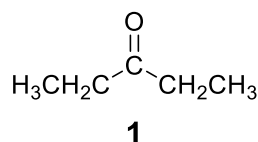
(ア) 濃度が  $2.0 \text{ mmol L}^{-1}$  の化合物 Y のメタノール溶液を、 $1.0 \text{ mm}$  の光路長の石英セルに入れ、紫外・可視吸収スペクトルを測定した結果、 $400 \text{ nm}$  の吸光度は  $0.80$  であった。波長  $400 \text{ nm}$  におけるモル吸光係数を求めよ。

(イ) 化合物 Y の  $0.50 \text{ mmol L}^{-1}$  の溶液を調製し、 $5.0 \text{ mm}$  の光路長の石英セルに入れ、紫外・可視吸収スペクトルを測定した時の  $400 \text{ nm}$  の吸光度を求めよ。

## 問題 2 (その2)

2 以下の問に答えよ。

(問1) 次の化合物 **1**–**3** の名称を答えよ。



(問2) 化合物 **1**–**3** の $\alpha$ 水素の  $\text{p}K_{\text{a}}$  が大きいものから順に化合物の番号で答えよ。また、その順番になる理由を説明せよ。

(問3) 化合物 **1** および **2** を1当量の臭化メチルマグネシウム ( $\text{CH}_3\text{MgBr}$ ) と反応させた後、希酸を加えた際に得られる生成物の構造式を記せ。

(問4) 化合物 **1** を微量の酸が存在する条件下で、ジメチルアミンと反応させた際に得られる生成物の構造式を記せ。

(問5) (問4) で得られた生成物に臭化メチル ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) を反応させ、最後に塩酸を加えることで得られる生成物の構造式を記せ。

## 問 題 3

1 高分子の合成に関する以下の文章を読んで問に答えよ。

高分子の合成法を重合反応で分類すると(ア)と(イ)の2つに分けられる。(ア)は、モノマー間の段階的な結合反応を通じて高分子が生成され、(ウ)や(エ)に分類される。(ウ)では、モノマー同士が反応を起こして副生成物を出しながら重合が進行し、ナイロンやポリエステルがその代表である。(エ)は、副生成物のない反応を段階的に進めて高分子を形成するもので、ポリウレタンなどが該当する。

一方、(イ)は、モノマーが活性中心を介して連鎖的に結合していく反応で、さらに(オ)と(カ)に分類される。(オ)は、モノマーの二重結合を開いて繰り返し単位を形成するもので、重合の活性種により分類される。一方、(カ)は、環状モノマーが開裂して直鎖状高分子を形成する方法で、付加型と逐次型に分類される。

高分子の末端が失活せずに生き続けている重合を(キ)と呼び、(a)単分散ポリマーやブロックポリマーなどの高分子構造の精密な制御が可能である。

(問1) 上の文章の空欄 (ア) ~ (キ) に該当する重合名をそれぞれ記せ。

(問2) (ウ) の重合の際に生じる副生成物の例を示せ。

(問3) ポリウレタン合成で用いられるウレタン結合を形成する二つの官能基の名称と化学式を記せ。

(問4) (オ) に分類される、イオン重合以外の2つの重合形式の重合名とその活性種を記せ。

(問5) 下線部 (a) において、単分散になる理由およびブロックポリマーが合成できる理由を重合反応のメカニズムからそれぞれ説明せよ。

2 高分子の物性に関する以下の問に答えよ。

(問1) 高分子の構造と物性の関係において、高分子の一般的な物性(ガラス転移温度など)は、数平均分子量よりも、重量平均分子量との相関性が高い。この理由を記せ。

(問2) 熱可塑性エラストマーは、熱を加えると可塑性を示し、冷やすとゴム状に戻る性質を持つ。熱可塑性エラストマーがこのような性質を示す原理を、高分子構造と熱特性から説明せよ。

(問3) 貯蔵弾性率( $G'$ )と損失弾性率( $G''$ )をそれぞれ説明せよ。また  $\tan \delta$  (損失正接)を求める式を記せ。

## 問 題 4 (その1)

1 以下の問に答えよ。

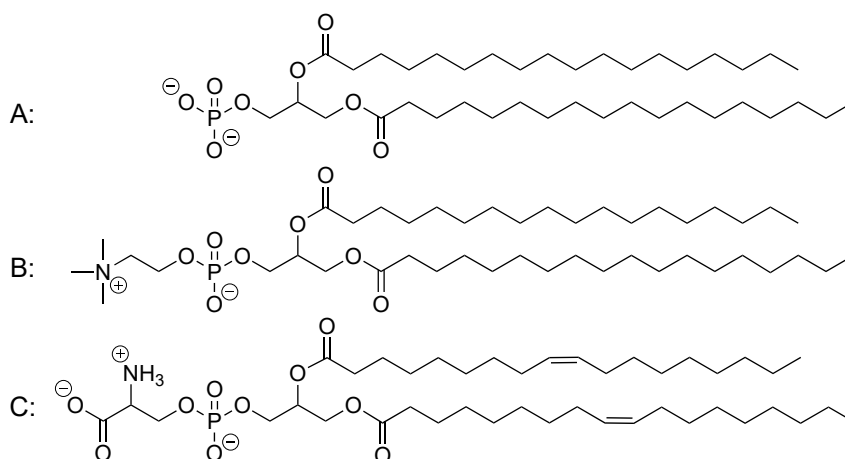
(問1) タンパク質の立体構造について、次の文章の空欄(ア)～(カ)に適切な語句を入れよ。

タンパク質の二次構造はペプチド主鎖のカルボニル酸素とアミド水素の間の(ア)で安定化される。その二次構造が、アミノ酸側鎖間のファンデルワールスカや(ア)、(イ)、(ウ)、ジスルフィド結合で安定化される立体構造を三次構造という。

三次構造は、(エ)と呼ばれる構成単位に分けられることが多い。(エ)は立体的に区別でき、複数の(エ)が集まってできた溝が基質との結合部位になる場合などがある。

ポリペプチド鎖が2本以上集まって一つのタンパク質を形づくる例は多い。これらポリペプチド鎖が会合した構造を(オ)という。それぞれのポリペプチド鎖を(カ)と呼ぶ。ヘモグロビンがそのような構造をもつ代表的なタンパク質である。

(問2) 以下の脂質(A、B、C)の名称を、以下の語句をいくつか組み合わせて書け。語句は複数回用いてもよい。なお、オレイン酸は植物油に多く含まれる脂肪酸である。



イノシトール、ジステアロイル、コリン、エタノールアミン、セリン、ホスファチジン酸、オレイン酸、ジオレオイル、グリセロール、ホスファチジル、アデノシル、グルタル

(問3) デンプンは植物の貯蔵多糖であるが、動物の貯蔵多糖は何か答えよ。また、それは直鎖状の多糖か、枝分かれ状の多糖か、回答欄の選択肢に○をしなさい。

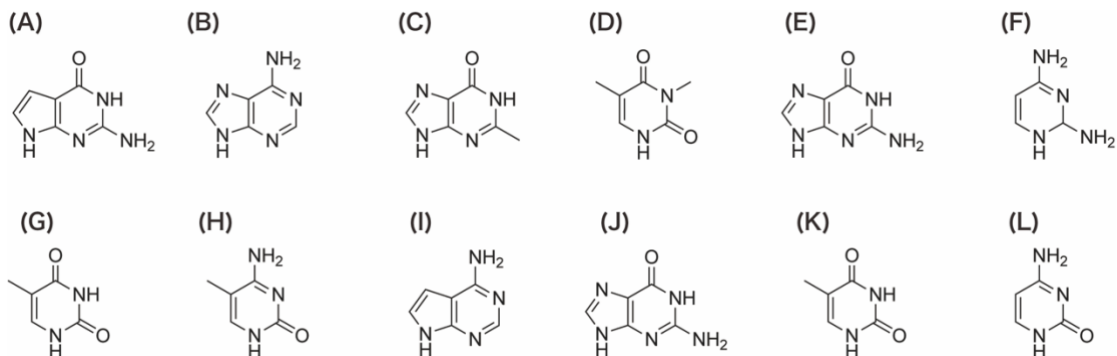
(問4) 光合成の明反応と暗反応について、下記の語句をどちらかで最低1回は使い説明せよ。語句は複数回用いてもよい。

光エネルギー、二酸化炭素、糖、NADPH、ATP、葉緑体、チラコイド膜、ストロマ、水、酸素、電子

## 問 題 4 (その2)

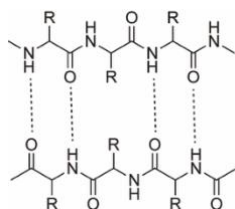
2 以下の問に答えよ。

(問1) 下記の化学構造式からアデニン、チミン、シトシン、グアニン、各塩基の構造式を選択せよ。



(問2) 下記に示したβシートの水素結合の様子を示した例を参考に、グアニン・シトシンおよびアデニン・チミンのワトソクリック塩基対水素結合の様子をそれぞれの構造式、および破線で示しなさい。

例: βシートの水素結合



(問3) 体細胞分裂と減数分裂の違いについて、下記の語句を全て使い説明せよ。語句は複数回用いてもよい。

一倍体、二倍体、相同染色体、交差

(問4) 免疫に関する次の文章の空欄(ア)～(ク)にあてはまる適当な語句を、下記の選択肢の中から選べ。なお選択肢には使用しない語句も含まれている。

免疫の仕組みは大きく分けて(ア)と(イ)に分類される。(ア)は個体に常に備わっている防御機構であり、病原体の侵入直後から即座に働く。これに対して(イ)は特定の異物を認識し、それに応じた強力で特異的な免疫応答を誘導する。(ア)において中心的な役割を担うのは貪食作用であり、主な貪食細胞としては(ウ)、(エ)、(オ)が挙げられる。これらの細胞は異物を主に(カ)によって取り込み、処理する機能を持つ。一方、(イ)には、感染細胞を直接傷害する(キ)や、抗体を産生して病原体を中和する(ク)などの仕組みがあり、それぞれ協調しながら生体の防御を担っている。

抗体依存性細胞障害、自然免疫、マクロファージ、T細胞依存性活性化、エンドサイトーシス、液性免疫、自己免疫、ピノサイトーシス、エクソサイトーシス、補体依存性細胞障害、アレルギー、樹状細胞、好中球、細胞性免疫、獲得免疫、アナフィラキシー

( 余 白 )

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験

材料・応用化学専攻  
応用生命化学教育プログラム  
応用物質化学教育プログラム

専門科目Ⅱ

解答紙表紙

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この表紙を開いてはいけません。
2. この冊子は、専門科目Ⅱの解答紙を綴じたもので、表紙を含め9枚あります。
3. 試験中に、解答紙に落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 試験開始後、表紙も含め全ての解答紙の受験番号記載欄に受験番号を記載して下さい。
5. 試験時間終了までに、選択した3つの問題を「選択問題の申告」欄に○で示してください。○が正しく付けられていない場合には、採点されません。
6. 解答紙には、問題番号が記載されています。解答は、必ず指定された解答紙の所定の欄に記載して下さい。
7. 試験終了後、表紙および選択しなかった問題の解答紙も含め、全解答紙を問題番号順に回収しますので、番号順に重ねて机の上に置いてください。

受験番号

選択問題の申告

問題	問題1	問題2	問題3	問題4
選択問題				

※試験終了までに、選択した問題の欄に○を記入してください。

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験  
材料・応用化学専攻

受験番号

問題 1（その1）

1

(問1)	(ア)		(イ)		
	(ウ)	エノール		ケトン	
(問2)	(ア)	(A)			
		(B)			
		(C)			
	(イ)	2E,4E 異性体		2Z,4Z 異性体	
	(ウ)				
(問3)	pH = 2.1		pH = 9.1		
(問4)	(ア)	と		と	
	(イ)				

※受験者はこの欄に  
記入しないこと

点

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験  
材料・応用化学専攻

受験番号

### 問題 1 (その2)

2

(問1)	(ア)		(イ)	
	(ウ)		(エ)	
(問2)	反応性が 高い化合物			
	理由			
(問3)	合成法1			
	合成法2			

※受験者はこの欄に  
記入しないこと

点

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験  
材料・応用化学専攻

受験番号

問題 2（その1）

1

(問1)	(ア)		(イ)	
(問2)	(ア)	順相モード    イオン交換モード    逆相モード    アフィニティモード		
	(イ)	化合物 B	化合物 C	化合物 D
	(ウ)			
	(エ)			
(問3)	(ア)	1.23 ppm	2.53 ppm	
	(イ)	4.03 ppm	7.22 ppm	
	(ウ)			
(問4)	(ア)		(イ)	

※受験者はこの欄に  
記入しないこと

点

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験  
材料・応用化学専攻

受験番号

## 問題 2（その2）

2

(問1)	化合物 1	化合物 2	化合物 3
(問2)	pK <sub>a</sub>	>	>
	理由		
(問3)	化合物 1	化合物 2	
(問4)			
(問5)			

※受験者はこの欄に  
記入しないこと

点

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験  
材料・応用化学専攻

受験番号

### 問題 3（その1）

1

(問1)	(ア)		(イ)	
	(ウ)		(エ)	
	(オ)		(カ)	
	(キ)			
(問2)				
(問3)	官能基の名称： 化学式：		官能基の名称： 化学式：	
(問4)	重合名： 活性種：		重合名： 活性種：	
(問5)				

※受験者はこの欄に  
記入しないこと

点

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験  
材料・応用化学専攻

受験番号

### 問題 3（その2）

2

(問1)	
(問2)	
(問3)	貯蔵弾性率( $G'$ )
	損失弾性率( $G''$ )
	$\text{Tan } \delta =$

※受験者はこの欄に  
記入しないこと

点

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験  
材料・応用化学専攻

受験番号

### 問題 4（その1）

1

(問1)	(ア)	(イ)	(ウ)
	(エ)	(オ)	(カ)
(問2)	A:		
	B:		
	C:		
(問3)	動物の貯蔵多糖:		
	直鎖状 ・ 枝分かれ状		
(問4)	明反応:		
	暗反応:		

※受験者はこの欄に  
記入しないこと

点

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験  
材料・応用化学専攻

受験番号

### 問題 4（その2）

2

(問1)	(アデニン)	(チミン)	(シトシン)	(グアニン)
(問2)	グアニン・シトシン		アデニン・チミン	
(問3)				
(問4)	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)

※受験者はこの欄に  
記入しないこと

点