奈良県立医科大学

2026 年度　後期日程　化学

（2 科目　180 分）

化学の全問を通して，必要ならば次の数値を用いよ．

原子量：H = 1.0，C = 12.0，N = 14.0，O = 16.0

1 次の文章を読んで，問 1〜問 12 に答えよ．

アンモニアは，肥料，医薬品，繊維などの原料として重要な物質であり，2020 年には世界で約 1 億 8500 万トン生産されている．現在用いられているアンモニアの工業的な製造法は（　ア　）法である．この製造法では，（　イ　）℃程度の高温と（　ウ　）Pa 程度の高圧の下で（　エ　）を主成分とする触媒を①用いて，窒素と水素からアンモニアが合成されている．この製造法が開発される前には，工業的製法として石灰窒素法 (フランク・カロ法) が用いられていた．石灰窒素法では，炭化カルシウムと窒素を 1000 ℃で反応させて得られた②カルシウムシアナミド ($CaCN_2$) に，水蒸気を反応させることでアンモニアを合成する．カルシウムシアナミドは石灰窒素の主成分であり肥料としても利用できる．土壌にまかれたカルシウムシアナミドは，シアナミド (H_2CN_2) を経て尿素へと段階的に化学変化する．そして③尿素が加水分解されるとアンモニアが生成し，アンモニウムイオンとして植物に吸収される．

アンモニアは硝酸の製造にも使用される．硝酸は金属の表面処理やニトロ化合物合成などに用いられ，硝酸塩は肥料や火薬などの原料である．硝酸は，アンモニアを原料とした（　オ　）法により（　カ　）℃程度の高温で（　キ　）を触媒として用いて工業的に生産される．

さらに，近年④アンモニアは二酸化炭素を排出しない燃料としても注目され，火力発電などへの利用が進められている．⑤アンモニアは，水素と比べて沸点が高く液化しやすいため，輸送時や貯蔵時における損失が少ない．しかし，⑥アンモニアを燃焼させたときに得られる熱量は，水素をアンモニアに変換せずにそのまま燃焼させたときに得られる熱量と比べて少ない．さらに，現在では水素の製造に化石燃料が使用されていることに加えて，アンモニアの製造には多くのエネルギーを必要とする．そのため，実質的に二酸化炭素の排出量が削減されないことが，ゼロエミッション達成に向けて解決すべき課題となっている．

問 1　（　ア　）にあてはまるアンモニアの製造法および（　オ　）にあてはまる硝酸の製造法をそれぞれ答えよ．

問 2　（　イ　）にあてはまる温度として最も適切な数値を次の中から選び，記号で答えよ．

(a) 300　(b) 500　(c) 700　(d) 900　(e) 1100

問 3　(ウ) にあてはまる圧力として最も適切な数値を次の中から選び，記号で答えよ．

(a) 3.0×10^5　(b) 3.0×10^6　(c) 3.0×10^7

(d) 3.0×10^8　(e) 3.0×10^9

問 4　(エ) および (キ) にあてはまる金属元素を元素記号で答えよ．

問 5　(カ) にあてはまる温度として最も適切な数値を次の中から選び，記号で答えよ．

(a) 200　(b) 400　(c) 600　(d) 800　(e) 1000

問 6　下線部①について，窒素と水素の反応によるアンモニアの生成は発熱反応であることから，平衡で考えると低温・高圧の条件が望ましい．それにもかかわらず，工業的にはある程度の高温で合成されているのはなぜか．40 字以内で説明せよ．

問 7　下線部②について，カルシウムシアナミド ($CaCN_2$) が水蒸気と反応すると，アンモニアと炭酸カルシウムが生成する．この反応を化学反応式で表せ．

問 8　下線部③に示した尿素の加水分解反応を化学反応式で表せ．

問 9　下線部④について，窒素酸化物を生成しない理想的なアンモニアの燃焼を化学反応式で表せ．

問 10　下線部⑤について，アンモニアは，メタンなどの同程度の分子量をもつ他の物質と比べて沸点が高い．その理由を 40 字以内で説明せよ．

問 11　下線部⑥について，気体の水素とアンモニアの燃焼エンタルピーはそれぞれ $-286\,\mathrm{kJ/mol}$ と $-382\,\mathrm{kJ/mol}$ である．水素がアンモニアに 100 % 変換されると仮定すると，アンモニアを燃焼させたときに得られる熱量は，同じ量のアンモニアを合成するのに必要な水素をそのまま燃焼させたときに得られる熱量の何 % になるか，整数値で答えよ．

問 12　アンモニアは水によく溶け，質量パーセント濃度が 25〜30 % のアンモニア水が市販されている．質量パーセント濃度が 25.5 % のアンモニア水のモル濃度を有効数字 3 ケタで求めよ．ただし，25.5 % アンモニア水の密度は，$0.900\,\mathrm{g/cm^3}$ とする．

2 水素に関する次の文章を読んで，問 1 から問 6 に答えよ．

エンタルピーを解答する設問では，以下の値を使用し，必ず符号 (+，−) をつけること．

生成エンタルピー

水 (液)：−286 kJ/mol，水 (気)：−242 kJ/mol,

二酸化炭素 (気)：−394 kJ/mol,

メタン (気)：−75 kJ/mol，トルエン (気)：+50 kJ/mol

燃焼エンタルピー

水素 (気)：−286 kJ/mol，炭素 (黒鉛)：−394 kJ/mol,

一酸化炭素 (気)：−283 kJ/mol

水素は宇宙に最も多く存在している元素であるが，単体の水素は，地球上ではほとんど存在しない．実験室では，①亜鉛・鉄などの金属と酸の反応や，亜鉛・アルミニウムなどの金属と強塩基の反応，もしくは水の電気分解によって発生させる．工業的には，②ニッケル触媒を用いてメタンと水蒸気を反応させ，生成物から水素を分離して製造される．

再生可能エネルギーを利用して水の電気分解により水素を製造し，③触媒を充填した反応容器内で 300 ℃程度で二酸化炭素と水素を反応させると，メタンなどの炭化水素を得ることができる．この方法は“Power to Gas (P2G)”と呼ばれ，電気を貯蔵する方法の一つとして期待されているが，水素を効率良く貯蔵する必要がある．水素は常温で気体であり，水素の貯蔵には，④高圧で圧縮，⑤トルエンなどの有機化合物との反応やアンモニアへの化学変換，水素吸蔵合金を用いるなど様々な方法が研究されている．

問 1　下線部①について，次の問いに答えよ．

(1) 亜鉛と塩酸から水素が生成するときの化学反応式を書け．

(2) 亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液から水素が生成するときの化学反応式を書け．

(3) アルミニウムや亜鉛などのように，酸や塩基の水溶液のどちらとも反応する性質を何と呼ぶか，性質名を書け．

問 2　下線部②について，(1)〜(3) に対応する化学反応式を書き，それぞれ反応エンタルピーを求めよ．

(1) メタンと水蒸気から一酸化炭素と水素が生成する反応．

(2) (1) で発生した一酸化炭素と水蒸気との反応．

(3) (1)(2) をまとめて，メタン 1 分子から 4 分子の水素が生成する反応.

問 3　下線部②について，メタン 1 分子から 4 分子の水素が生成した場合，主生成物の水素と副生成物のガスを分離する手法を 1 つ書け．ただし，分離するガスの性質の違いを明確にして，答えること.

問 4　下線部③について，二酸化炭素と水素からメタンを得る反応の反応エンタルピーを求めよ.

問 5　下線部④について，2 つの容器 (ともに体積 V〔L〕) にそれぞれ水素とメタンを一定の速度 v〔mol/s〕で供給し，容器内の圧力が $p = 1.0 \times 10^7\,\mathrm{Pa}$ になるまで $T = 300\,\mathrm{K}$ の等温条件で加圧する．水素とメタンの 300 K における Z(圧縮率因子)$= \dfrac{pV}{nRT}$ が図 1 に示す通りであるとき，先に $1.0 \times 10^7\,\mathrm{Pa}$ に到達するガスはどちらか．理由とともに書け．ただし，n は物質量〔mol〕，R は気体定数〔Pa·L/(K·mol)〕である.

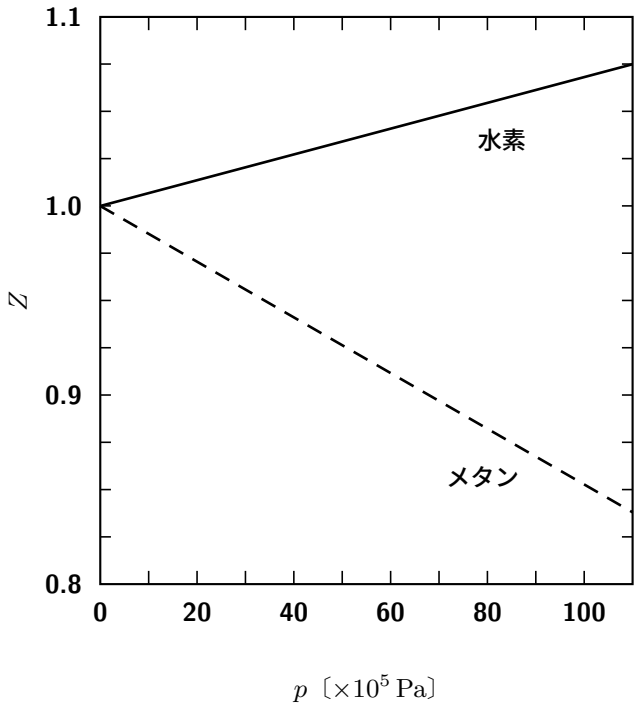


図 1　300 K における Z(圧縮率因子) と p(圧力) の関係

問 6　下線部⑤について，トルエンと水素が反応すると不飽和結合をもたない環状構造の化合物 A が得られ，化合物 A は水素を放出するとトルエンに戻る．以下の問いに答えよ.

(1) 化合物 A に貯蔵されている水素分子の質量は，化合物 A の質量の何 % か．小数第一位まで求めよ．

(2) 9.8 kg の化合物 A から放出された水素全量を 300 K で 16.6 L の容器に圧縮したとき，容器内の圧力はいくらか．ただし，気体定数を 8.3×10^3〔Pa·L/(K·mol)〕，この温度・圧力における圧縮率因子を 1.2 として計算せよ．

(3) トルエン (気) と水素 (気) から化合物 A(気) が生成する反応の反応エンタルピーが −205 kJ/mol であるとき，化合物 A(気) の生成エンタルピーを求めよ．

3 微生物や植物などの生物が産生する天然有機化合物は，様々な生物活性を示し，創薬の手掛かりとなってきた．1835 年にリンゴの樹皮から抽出された化合物 A はフロリジンと命名され，尿中への糖の排泄を促進する薬効を示したものの，消化耐性の低さや副作用の問題により医薬品として利用することができなかった．その後，化合物 A の分子構造を改変した糖尿病治療薬が開発され，現在，広く利用されている．以下の文章を読んで，問 1〜問 9 に答えよ．

- 化合物 A は $C_{21}H_{24}O_{10}$ で表される配糖体 (糖が化学結合した有機化合物) であり，化合物 B のヒドロキシ基と六員環構造をもつグルコースのヒドロキシ基とが脱水縮合した構造 (グリコシド結合) をもつ．化合物 A の水溶液において，化合物 B に結合したグルコースの骨格は鎖状構造をとることができない．
- 化合物 B の分子量は 274 である．
- 化合物 B を水酸化カリウムとともに加熱したのち，pH を調整してろ過すると，図 1 に示すように，カルボニル基の炭素とベンゼン環の炭素が形成する C—C 結合が加水分解され，カルボキシ基をもつ化合物 C とベンゼン環をもつ化合物 D の混合物の固体が得られる．
- 化合物 D はベンゼンの水素が 3 つ，ヒドロキシ基に置換された化合物である．
- 化合物 C と化合物 D は分液操作により分離することができ①，いずれも常温で固体の物質である．
- 化合物 C 830 mg を完全燃焼させると，二酸化炭素 1980 mg と水 450 mg が生成する．
- 化合物 C はベンゼンの 2 置換体であり，不斉炭素原子をもたず，塩化鉄 (Ⅲ) 水溶液を加えると呈色する．
- 化合物 C のベンゼン環の水素原子を 1 つ，ニトロ基で置換した化合物は 2 種類が考えられるが，化合物 D のベンゼン環の水素原子を 1 つ，ニトロ基で置換した化合物②は 1 種類のみである．

- 化合物 D は安定な水和物の結晶を形成する．化合物 D の水和物 2.70 g を 110 ℃に加熱すると，化合物 D の無水物 2.10 g が得られる．③

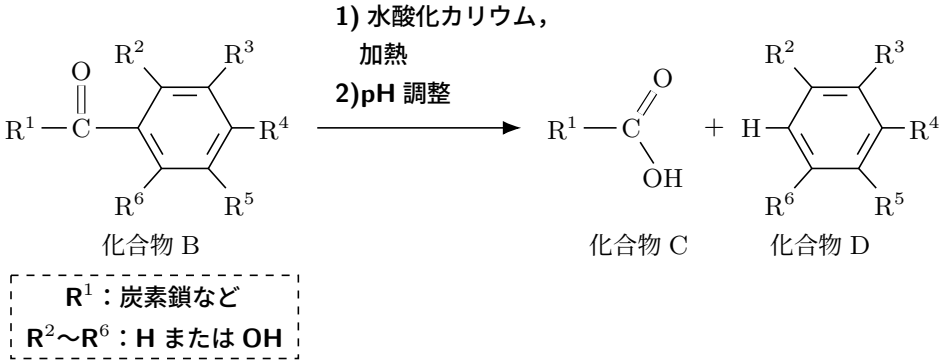
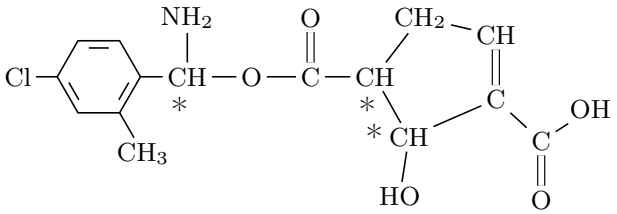


図 1　化合物 B の加水分解反応

構造式は以下の例にならって書け．不斉炭素原子には＊印をつけよ．

例)



問 1　六員環構造を形成しているグルコースの構造式を書け．ただし，不斉炭素原子には＊印をつけ，化合物 B とグリコシド結合しているヒドロキシ基を○で囲み示せ．

問 2　化合物 B のように，R—CO—R′ の示性式で表される化合物の一般名を書け．

問 3　化合物 C の組成式を書け．

問 4　化合物 C の構造式を書け．

問 5　下線部②の化合物の構造式を書け．

問 6　下線部①について，化合物 C と化合物 D を分離する分液操作を以下に示す．

手順 1　化合物 C と化合物 D の混合物をジエチルエーテルに溶かし，分液ろうとに移す．

手順 2　分液ろうとに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて栓をし，ときどき［　(I)　］ながらよく振り混ぜる．

手順 3　分液ろうとを静置して 2 層に分離したら，水層と有機層を別々のビーカーに移す．

手順 4　(水層)　［　(II)　］

手順 5　(有機層)　［　(III)　］

空欄 (I) にあてはまる実験操作を書け．また，空欄 (II) と (III) にあてはまる，水層または有機層から目的の化合物を固体として得る実験手順を，それぞれ化合物 C と化合物 D のどちらが得られるのかを含め 30 字程度で書け．

問 7　下線部③について，1 分子の化合物 D に対し，平均して何分子の水和水が結合しているか求めよ．計算過程も書け．

問 8　化合物 B の構造式を書け．

問 9　本文中の記述には化合物 B とグルコースとの結合様式についての情報が不足しているため，化合物 A の構造を 1 つに決定することができない．問題文の箇条書き部分からは化合物 A の構造はいくつ考えられるか，以下の (あ)〜(く) の選択肢から 1 つ選び，記号で答えよ．ただし，グルコースの α 型，β 型は区別し，グルコースの鏡像異性体については考慮しなくてよいものとする．

(あ) 3　　(い) 4　　(う) 5　　(え) 6

(お) 8　　(か) 10　　(き) 15　　(く) 20

4 次の文章を読んで，問 1〜問 6 に答えよ．

過酸化水素は，水溶液が製紙の際のパルプ漂白，工場排水の処理，半導体の洗浄などに使用されるほか，医療用としては，3 % 程度の水溶液が創傷・潰瘍の殺菌・消毒に使用される．過酸化水素は，(ア) 剤としてはたらくことが多い．このとき，酸素原子の酸化数は (イ) から (ウ) へと変化する．一方，硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に過酸化水素水を加えた場合 (a) には，過酸化水素は (エ) 剤としてはたらく．このとき，マンガン原子の酸化数は (オ) から (カ) に変化する．

過酸化水素水に少量の酸化マンガン (Ⅳ) の粉末を加えると，(キ) が発生する (b)．0.95 mol/L の過酸化水素水 10 mL に少量の酸化マンガン (Ⅳ) の粉末を加え，大気圧 (1.013×10^5 Pa) 下，20 ℃でこの反応の反応速度を求める実験を行った．ただし，発生した気体は適当な装置を用い，全量を水上置換で捕集して正確に体積をはかったものとする．捕集した気体の体積を 60 秒ごとに測定し，解析し

た結果をまとめたものが表 1 である.

表 1　過酸化水素のモル濃度 $[H_2O_2]$ と分解速度 v

時間 〔s〕	捕集した気体		分解した H_2O_2 の物質量 〔mol〕	$[H_2O_2]$ 〔mol/L〕	$[H_2O_2]$ の平均値 〔mol/L〕	$[H_2O_2]$ の変化量 $-\Delta[H_2O_2]$ 〔mol/L〕	分解速度 v 〔mol/(L·s)〕
	体積 〔mL〕	(キ) の物質量 〔mol〕					
0	0	0	0	0.95			
					0.85	0.20	①
60	25	1.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	0.75			
					0.67	0.16	②
120	45	1.8×10^{-3}	3.6×10^{-3}	0.59			
					0.53	0.12	③
180	59	2.4×10^{-3}	4.8×10^{-3}	0.47			
					0.42	0.10	④
240	71	2.9×10^{-3}	5.8×10^{-3}	0.37			

問 1　空欄 (ア)〜(キ) にあてはまる適切な語句を書け.

問 2　下線部 (a) の反応の化学反応式を書け.

問 3　下線部 (b) の反応の化学反応式を書け.

問 4　表 1 に示した，各時間で捕集した気体の体積から (キ) の物質量を計算するためには，大気圧，温度，および気体定数のほかに必要な数値がある．何の数値が必要か答えよ．ただし，気体は理想気体としてふるまうものとする.

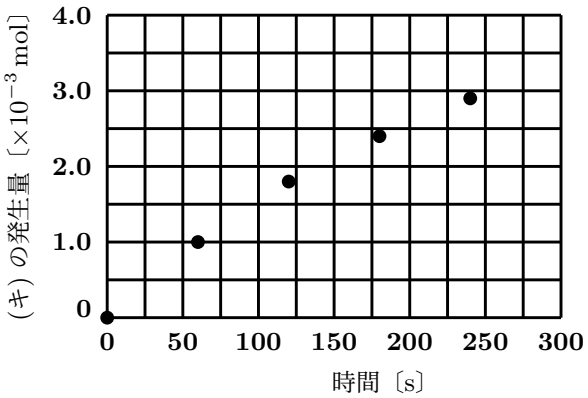
問 5　表 1 の①〜④にあてはまる数値を有効数字 2 ケタで書け.

問 6　過酸化水素の分解速度 v は反応速度定数 k を用いて次の式で表される．

$$v = k[\mathrm{H_2O_2}] \cdots \text{式 (1)}$$

式 (1) に基づいて，k を求めるためのグラフを例にならって書け．ただし，グラフには見出し (タイトル)，軸名，単位，目盛りの数値を必ず記入すること．

(グラフの例)



反応時間と (キ) の発生量との関係

5 酵素に関する次の文章を読んで，問 1〜問 5 に答えよ．

酵素は，分子量 10^4〜10^6 程度のタンパク質を主体とした高分子化合物で，生体内の化学反応の触媒としてはたらく．酵素が触媒となる反応 (酵素反応) においては，反応物を (　ア　) という．例えば，デンプンは (　イ　) の (　ア　) である．酵素には (　ア　) と立体的に結合する (　ウ　) がある．そのため，酵素は特定の (　ア　) にしか作用しない (　エ　) がある．タンパク質分解酵素であるプロテアーゼの中には，より高い (　エ　) をもつ酵素がある．例えば，キモトリプシンは主としてペプチド中の側鎖にベンゼン環等をもったアミノ酸 (芳香族アミノ酸) の，カルボキシ基側のペプチド結合のみを加水分解する．また，トリプシンはペプチド中の塩基性アミノ酸の，カルボキシ基側のペプチド結合のみを加水分解する．ペプチドのアミノ酸組成の分析や N 末端 (注) のアミノ酸の決定とともに，キモトリプシンやトリプシンを用いると，ペプチドの一次構造を調べることができる．以下にアミノ酸 10 分子が脱水縮合したペプチド a の一次構造を調べる一連の実験の結果を示す．ただし，ペプチド a を構成するアミノ酸の側鎖は，ペプチド結合を形成していないものとする．

(注)　ペプチドの末端にアミノ基 (α-アミノ基) をもつ側を N 末端，カルボキシ基 (α-カルボキシ基) をもつ側を C 末端という．

実験 1　ペプチド a のアミノ酸組成を調べたところ，アラニン，セリン，チロシン，リシンから構成されていることがわかった．また，ペプチド a にはセリンが 1 分子しか含まれていなかった．

実験 2　ペプチド a の N 末端はセリンであった．

実験 3　ペプチド a にキモトリプシンを作用させると，ペプチド b，c，d が生じた．

実験 4　ペプチド b，c，d はいずれもビウレット反応とキサントプロテイン反応を示した．

実験 5　ペプチド b はトリペプチドであり，N 末端はセリンであった．

実験 6　ペプチド a にトリプシンを作用させると，ペプチド e，f，g が生じた．

実験 7　ペプチド e の N 末端はセリンであった．

実験 8　ペプチド e，f，g のうち，ペプチド e，g がビウレット反応とキサントプロテイン反応を示した．ペプチド f はどちらの反応も示さなかった．

実験 9　ペプチド f のアミノ酸組成を調べると，アラニンとリシンであった．

問 1　(ア)〜(エ) にあてはまる適切な語句を書け．

問 2　タンパク質 (ペプチド) 水溶液に対して，ビウレット反応を行う実験手順について簡単に述べよ．

問 3　ペプチド水溶液が，ビウレット反応により呈色する原理を簡単に述べよ．

問 4　キサントプロテイン反応は，どのような化学反応により呈色するか，簡単に述べよ．

問 5　ペプチド b，a の一次構造をそれぞれ例にならって書け．アミノ酸は表 1 に示した 1 文字コードで示せ．

(一次構造の表記の例)

(N 末端) ― A ― S ― Y ― K ― (C 末端)

表 1　アミノ酸の分子式と 1 文字コード

アミノ酸名	分子式	1 文字コード
アラニン	$C_3H_7NO_2$	A
セリン	$C_3H_7NO_3$	S
チロシン	$C_9H_{11}NO_3$	Y
リシン	$C_6H_{14}N_2O_2$	K