

令和5年度 お茶の水女子大学 理学部化学科

後期日程入試 論述試験問題

注意事項

試験の開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。

解答はそれぞれの答案用紙の所定欄に記入すること。

答案用紙の裏面に記入する場合は、表面の区切り線より下に記入すること。

答案用紙には受験番号と氏名を記入すること。

問題冊子や答案用紙に印刷の不具合がある場合は申し出ること。

化学実験を行うに当たっては、目的とする実験の成否だけでなく、実験者の健康・安全、環境保全など、様々な準備・配慮が要求される。化学実験の環境・安全に関する以下の問いに答えよ。

問1 実験を行う前に行うべき準備を3つ挙げ、それらを行なわなければならない理由をそれぞれ3行程度で述べよ。

問2 実験に際しては、図1のような服装が一般に推奨されている。このような対処が必要な理由について、起こりうる災害をあげつつそれぞれ3行程度で述べよ。

さらに、これらの他に避けるべき服装を1つ指摘し、その対策について3行程度で述べよ。

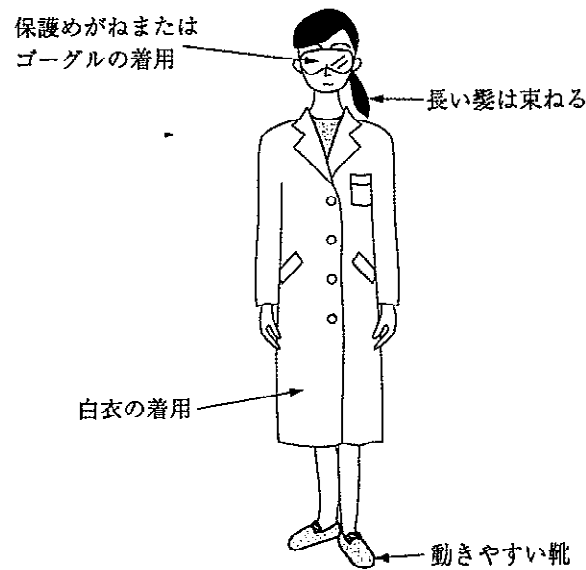


図1 化学実験を行う際の服装

(『イラストで見る化学実験の基礎知識』 第3版 飯田隆ほか編 丸善 より一部改変)

問3 実験後には後処理について考慮せねばならない。今、試薬瓶一本分の硫酸 900 g が余ってしまったとする。そこで、水酸化ナトリウムを用い中和し、廃棄することにした。

その中和作業の流れ図を、図2を参考に、安全性に注意し、試料の量等の条件および理由も含めて作成せよ。作業に際しては、氷を用いて溶液が室温以上にならないように考慮せよ。硫酸は100%含有として、この中和作業で最低限必要とする水と氷の量を概算せよ。

計算においては、98 g (1.0 mol) の濃硫酸を 1.0 kg に希釈したときの発熱は 95 kJ、40 g (1.0 mol) の水酸化ナトリウムを 1.0 kg の水に溶解したときの発熱は 45 kJ、98 g (1.0 mol) の硫酸の中和熱は 113 kJ、1.0 kg の氷の融解熱は 333 kJ とする。

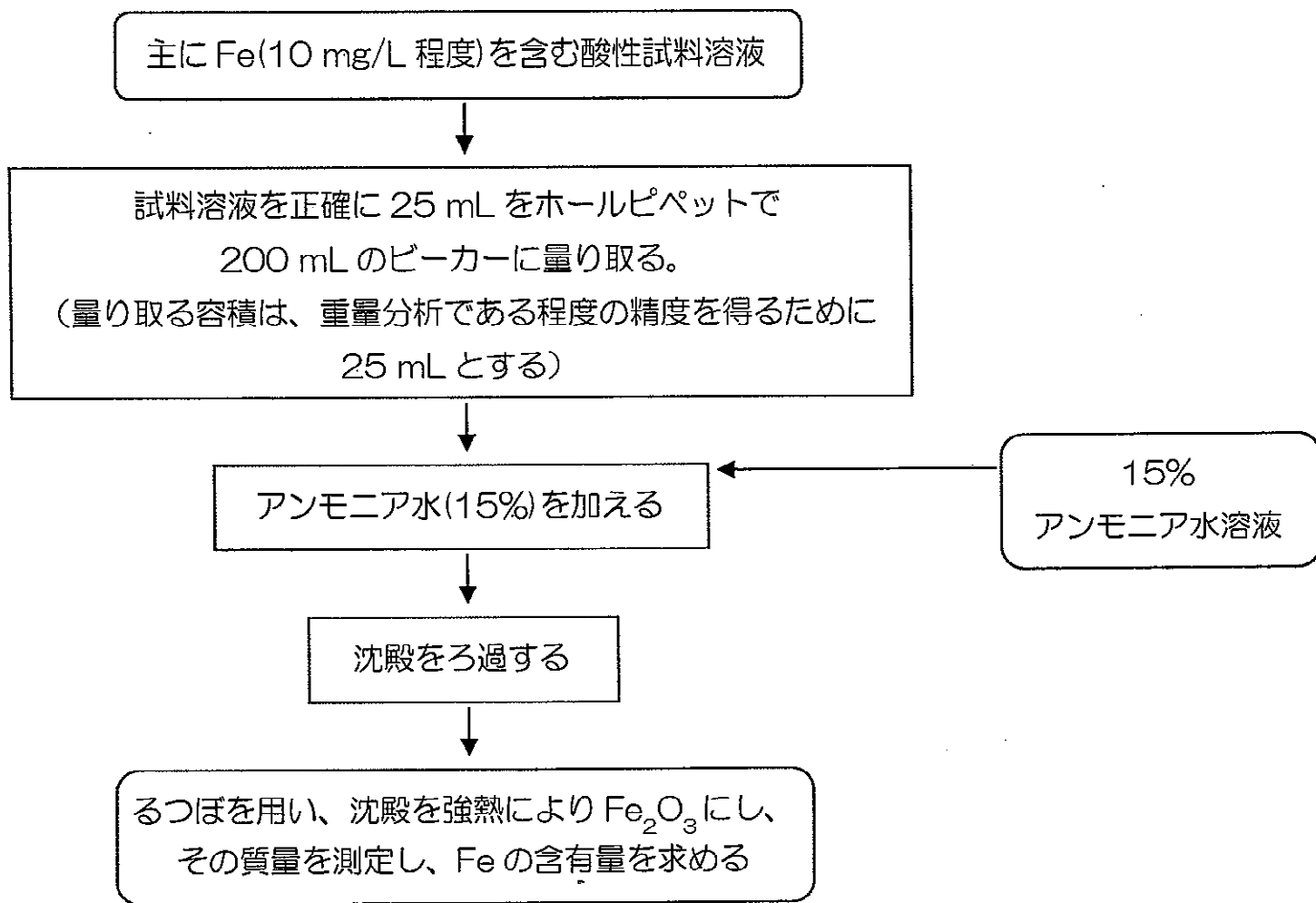
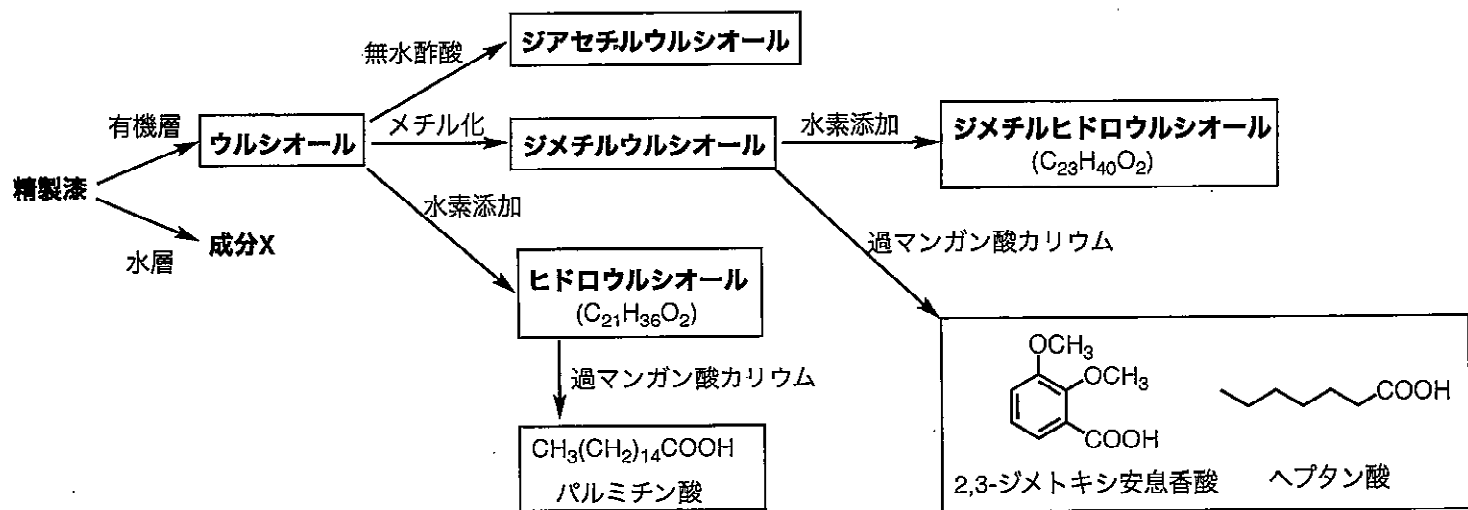


図2 水溶液中の鉄の重量分析操作手順の流れ図

下記の文章を読み、以下の問いに答えよ。

漆器は、日本の伝統工芸品の一つであり、木製の器等にウルシの樹液から精製・加工した天然樹脂塗料である漆を塗り重ねて得られる。精製した漆は透明から薄い褐色であり、木製の器に塗った後、(a)温度・湿度が一定の条件で長時間置くことで硬化が進む。この過程を繰り返すことで漆器が作られる。漆の硬化反応に関わる主成分はウルシオールであり、成分 X が酸素を利用してウルシオールの重合反応を進めるとともに、酸素単独でもさらに架橋反応が進むとされている。一般的な漆器の色としては、黒色と朱色がある。黒色の漆を作るには、(b)精製漆に対して $\text{Fe}(\text{OH})_2$ を加えて混合するといった作業が行われ、朱色の漆を作るには精製漆に朱色の辰砂 (HgS) やベンガル (Fe_2O_3) といった顔料を加えて着色する。

ウルシオールの構造は真島利行らにより 1918 年に決定された。下記の図と A-E の実験結果は、構造決定に到るまでの実験結果の一部である。



- A) ウルシオールは、漆の有機溶媒抽出液から減圧蒸留により精製された、類似した構造の化合物の混合物であった。弱酸性を示したことから、ウルシオールと命名される前は、漆酸と呼ばれた。成分 X は水層に含まれていた。
- B) ウルシオールを無水酢酸で処理するとジアセチルウルシオールが得られる。また、ウルシオールをメチル化するとジメチルウルシオールが得られた。
- C) ジメチルウルシオールを常圧の水素中で白金触媒を用いて水素添加したところ、分子式 $\text{C}_{23}\text{H}_{40}\text{O}_2$ のジメチルヒドロウルシオールが単一成分の結晶として得られた。同様にウルシオールを水素添加により還元すると、分子式 $\text{C}_{21}\text{H}_{36}\text{O}_2$ のヒドロウルシオールが得られた。
- D) ヒドロウルシオールを過マンガン酸カリウムにて処理したところ、ベンゼン環の酸化分解が起こり、パルミチン酸が生じた。
- E) ジメチルウルシオールの過マンガン酸カリウム処理からは、2,3-ジメトキシ安息香酸および二重結合の酸化分解で生じたヘプタン酸が得られた。

問1 下線部(a)の条件は、成分 **X** が触媒として働くために必要な条件である。漆の硬化反応は 4°C 以下や 80°C 以上ではほとんど進行しない。また、精製漆を 100°C で加熱した後で下線部(a)のような条件にもどしても十分に硬化反応が進行しない。成分 **X** はどのような成分と考えられるか推測し、理由とともに答えよ。

問2 成分 **X** は金属イオン **Z** を含み、青みがかった色を持つ。金属イオン **Z** は、アンモニア水を加えると青白色の沈殿を生じ、さらにアンモニア水を加えると溶解して深青色の溶液となるものである。金属イオン **Z** が何か答え、アンモニア水を加えた時に起こる変化を説明せよ。

問3 ウルシオールは、複数の類似化合物の混合物である。そのうち分子式が $\text{C}_{21}\text{H}_{34}\text{O}_2$ である化合物の構造を描け。またその根拠を説明せよ。ただし、幾何異性体は考慮しなくて良い。

問4 下線部(b)の操作によりなぜ黒い色がつくのか。考えられる可能性を 5 行程度以内で述べよ。

2015年の国連サミットで加盟国の全会一致で採択された持続可能な開発目標（SDGs: Sustainable Development Goals）には、次の17のゴール（目標）がある。将来、自分自身が化学を学んだ立場で、どのようにSDGsに貢献できるかを考え、以下の問いに答えよ。なお、各問いにおいて他の目標との矛盾が考えられる場合には、そのことについてもふれること。

目標1：貧困をなくそう

あらゆる場所のあらゆる形態の貧困を終わらせる

目標2：飢餓をゼロに

飢餓を終わらせ、食料安全保障及び栄養改善を実現し、持続可能な農業を推進する

目標3：すべての人に健康と福祉を

あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を推進する

目標4：質の高い教育をみんなに

すべての人々に包摂的かつ公正な質の高い教育を確保し、生涯学習の機会を促進する

目標5：ジェンダー平等を実現しよう

ジェンダー平等を達成し、すべての女性及び女児の能力強化を行う

目標6：安全な水とトイレを世界中に

すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する

目標7：エネルギーをみんなに そしてクリーンに

すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する

目標8：働きがいも経済成長も

包摂的かつ持続可能な経済成長及びすべての人々の完全かつ生産的な雇用と働きがいのある人間らしい雇用（ディーセント・ワーク）を推進する

目標9：産業と技術革新の基盤をつくろう

強靱（レジリエント）なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の推進及びイノベーションの推進を図る

目標10：人や国の不平等をなくそう

各国内及び各国間の不平等を是正する

目標11：住み続けられるまちづくりを

包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する

目標12：つくる責任 つかう責任

持続可能な生産消費形態を確保する

目標 13：気候変動に具体的な対策を

気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる

目標 14：海の豊かさを守ろう

持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する

目標 15：陸の豊かさも守ろう

陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、ならびに土地の劣化の阻止・回復及び生物多様性の損失を阻止する

目標 16：平和と公正をすべての人に

持続可能な開発のための平和で包摂的な社会を推進し、すべての人々に司法へのアクセスを提供し、あらゆるレベルにおいて効果的で説明責任のある包摂的な制度を構築する

目標 17：パートナーシップで目標を達成しよう

持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化

する
(環境省 HP「<https://www.env.go.jp/policy/sdgs/index.html>」より抜粋)

問 1 目標 6「安全な水とトイレを世界中に」では、化学者は水の浄化に対して貢献できると考えられる。例えば、雨水や河川の水から砂や土などの浮遊物を取り除くには、「ろ過」という化学実験に用いられる操作が適用できる。きれいで安全な水を得るための化学的処理法をこの他に 2 つあげよ。また、それぞれの処理によって何が除かれるかも述べよ。

問 2 日本では電気エネルギーの大半を、二酸化炭素を排出する火力発電に頼っているのが現状である。目標 7「エネルギーをみんなに そしてクリーンに」では、電気エネルギーを安全に、かつクリーンに得ることに広い意味で化学者が貢献できると考えられる。安全に、かつクリーンに化学的に電気エネルギーを得られると考えられる方法を、2 つあげてそれぞれ 3 行程度以内で説明せよ。

問 3 問 1 の目標 6 および問 2 の目標 7 以外で、広い意味で化学者が貢献できると考えられる目標を 2 つあげ、それぞれの目標において、どのような問題点に対してどのように貢献できるかを、それぞれ 5 行程度以内で論ぜよ。複数の目標を合わせて 1 つとしてもよい。その場合、複数の中には目標 6 や目標 7 を含めてもよい。