

令和7年度春季入学秋季募集 熊本県立大学大学院 環境共生学研究科  
博士前期課程 一般選抜（国際協力枠）試験問題 専門科目 解答例

【専門科目番号：② 専門科目名：環境分析化学】

- 問1 (1) 適当量の水試料を逆相系の固相カートリッジに通水させた後、メタノール等の水溶性溶媒を加え、トリクロサンを溶出させる。溶出液を 1ml に濃縮し、液体クロマトグラフタンデム型質量分析計で測定する。
- (2) 適当量の水試料を分液ロートに注ぎ、ヘキサン等の無極性溶媒を加える。その後、液液抽出を行い、クロロベンゼンを有機溶媒相に移す。有機溶媒相を 1ml に濃縮後、ガスクロマトグラフ質量分析計で測定する。
- (3) 水試料をポリエチレンビンに採取し、硝酸を加える。試料を加熱し、定容した後、原子吸光光度計あるいは誘導結合プラズマ発光分光分析装置などを用いて測定する。濁りがある場合はろ過し、ろ液を試験溶液とする。
- (4) ろ過した水試料をイオンクロマトグラフに注入し、溶離液とともにイオン交換カラムに送液し、各イオンに分離する。溶離液の電気伝導度をサプレッサーで低下させた後、各イオンを電気伝導度検出器で検出する。
- 問2 (1) HPLC で汎用される検出器には紫外・可視光 (UV/VIS) 検出器がある。UV 検出器は重水素放電管、可視光検出器にはタングステンランプが用いられる。当検出器により紫外/可視光に吸収帯を持つ物質を測定することが可能である。
- (2) HPLC 分析において、オクタデシルシリル基を化学修飾した充填剤 (C18、ODS) のカラムが汎用されている。C18 のような逆相系カラムは疎水性相互作用によって試料中の測定対象物質が保持、分離される仕組みとなっている。
- (3) 質量分析計 (MS) を連結する理由は、対象物質の検出感度と選択性を向上させることが出来るためである。分離の原理は、まず 1 段階目の MS で目的のイオン（プリカーサイオン）を分離させ、つぎにアルゴンガスなど不活性ガスを用いてプリカーサイオンを衝突誘起解離させてプロダクトイオンを生成させる。その後、プロダクトイオンを 2 段階目の MS で質量分離させることで、バックグラウンドノイズを低減させ、より高い感度で検出、定量することができる。

【専門科目番号：⑦ 専門科目名：水環境科学】

- 問1 ①プラスチックで作られた球状の小さなビーズで、洗顔料やボディウォッシュ、練り歯磨き等の化粧品にスクラブ剤として添加されている。排水処理施設では除去されず、そのまま川を通じて海に流れ込んでおり、環境中の化学物質を吸着し、プランクトンや魚に摂取され、ヒトの健康や生態系への影響が危惧されている。
- ②明治期、足尾銅山から排出された鉱毒ガスや鉱毒水が、渡良瀬川下流域の農地や住民に甚大な被害をもたらした。田中正造は、被害農民を救うため、衆議院議員として議会で政府を追及する一方、明治天皇への直訴を試みた。この日本初の公害事件は、近代化の影を象徴する出来事として、社会に大きな影響を与えた。
- ③化学的酸素要求量 (COD) は、水中の有機物などの汚染物質を酸化剤で分解する際に消費される酸素の量で、湖沼や海域の水質汚濁を示す代表的な指標である。COD 値が高いほど有機物が多く、水の汚濁が進んでいることを示す。魚が生息できる環境や水の自浄作用に影響するため、水質管理に用いられる。
- ④好気性微生物を利用して排水中の有機物を分解する最も代表的な水処理法である。好気性微生物を含む汚泥（活性汚泥）を人為的に排水に加え、長時間空気を吹き込むこと（曝気すること）により、有機物が酸化分解される。曝気後、汚泥を沈降分離や濾過により水中から除去することで、清浄な水を得ることができる。

- ⑤自然の浄化能力とは、自然の働きが汚染物質を浄化する作用で、「自浄化作用」とも呼ばれている。この能力は、希釈、吸着、沈殿、分解といった物理的、化学的、生物的な作用によって成り立ち、大気、河川、湖沼、土壌などで行われている。
- ⑥工場及び事業場の排水の公共用水域への排出及び地下への浸透を規制、生活排水対策の実施を推進することによって、人の健康を保護し、生活環境を保全し、また工場及び事業場から排出される汚水及び廃液により人の健康に係る被害が生じた場合の事業者の責任を定め、被害者の保護を図ることを目的とする法律。
- ⑦水俣病は、1956年に公式認定された公害病である。原因は、チッソ水俣工場のアセトアルデヒド製造工程で使用していた無機水銀の触媒から生じたメチル水銀であり、工業排水として水俣湾に排出され、食物連鎖を介してプランクトンから魚介類中に生物濃縮し、それらを摂食した地域住民に中枢神経系の疾患が発症した。
- ⑧陸上、河川、海上（船舶等）等を発生源とし、海上を漂流して、各地の海岸に漂着するごみのこと。海岸に漂着して海岸機能を低下させ、景観を悪化させる。また、漂流・漂着したプラスチック類を餌と間違えて食べる、あるいは廃棄された漁網などに絡まるなど、海鳥や海洋生物など生態系への影響が懸念される。
- ⑨富栄養化とは、湖沼や海等の水域に窒素やリン等の栄養塩が長期間供給され、生物生産が高くなっていく自然現象をいう。しかし、人口や産業の集中等により、短期間に栄養塩が過剰に流入することで、植物プランクトンが異常繁殖してアオコや赤潮が発生し、水の透明度の低下、魚の死滅、悪臭等の問題が引き起こされる。
- ⑩薬物、毒物などの生体外物質の代謝反応の総称であり、対象物質の極性を増大させ、親水性を高め分解・排出しやすくする。これらを行う酵素を薬物代謝酵素といい、主に肝臓で行われる。薬物代謝によって薬理活性を発揮する場合や、生体にとって毒性の高い化合物に変換される場合もある。
- ⑪半数致死濃度と言い、化学物質に曝露された生物の半数（50%）が試験期間内に死亡する濃度のことで、化学物質の急性毒性の強さを示す指標として利用される。実際には、実験データから濃度・死亡率のグラフを描き、死亡率 50%の濃度（LC50）を求める。50%値が用いられる理由は、統計学的に最もばらつきが小さいからである。
- ⑫無毒性量ともいう。ある物質について何段階かの異なる投与量を用いて毒性試験を行ったとき、有害な影響が観察されなかった最大の投与量のこと。通常、様々な動物試験で得られた個々の無毒性量の中で、最も小さい値をその物質の無毒性量とし、1日当たり体重 1 kg 当たりの物質質量（mg/kg 体重/日）で表す。

- 問2 ①主に水中のイオンや極性分子などの電荷を持つ分子を分離し、同定、定量を行うクロマトグラフ法。分離カラムにイオン交換樹脂を用いて試料中のイオンを分離し、溶離液には電解質の水溶液を用い、イオンの移動速度を標準液と比較することにより成分を特定する。検出器には、電気伝導度計が主に用いられており、イオン濃度に比例して電気伝導度が増加するため、電気伝導度を測定することでイオンの定量が可能となる。検出感度を高めるために、溶離液のイオン成分の影響を低減するサプレッサーが使われることもある。一度の分析で複数のイオンを感度良く分離、定量することができ、環境水、食品、医薬品などの分析に広く利用されている。
- ②気体を移動相とし、吸着剤などを固定相とした分離カラムを用いて、気化させた試料中の化合物を分離するガスクロマトグラフと、分離された化合物をイオン化し、分子イオンやフラグメントイオンを質量対電荷比（ $m/z$ ）に基づいて分離して定量する質量分析機を組み合わせた手法をガスクロマトグラフ質量分析法という。タンデム型質量分析法では、質量分析で得られたイオンが選択され、2度目の質量分析を行い、より詳細なスペクトル情報が得られ、目的成分を正確に特定することができる。多成分同時分析が可能のため、農薬、残留薬物、環境汚染物質などのスクリーニングに最適である。
- ③フーリエ変換赤外分光法（FT-IR）は、赤外線を物質に照射し、分子の振動や回転に対応する特定の吸収スペクトルとして測定することで、その分子構造や化学組成を分析する手法である。従来の分光法と異なり、干渉計を用いて全ての周波数の赤外線を同時に

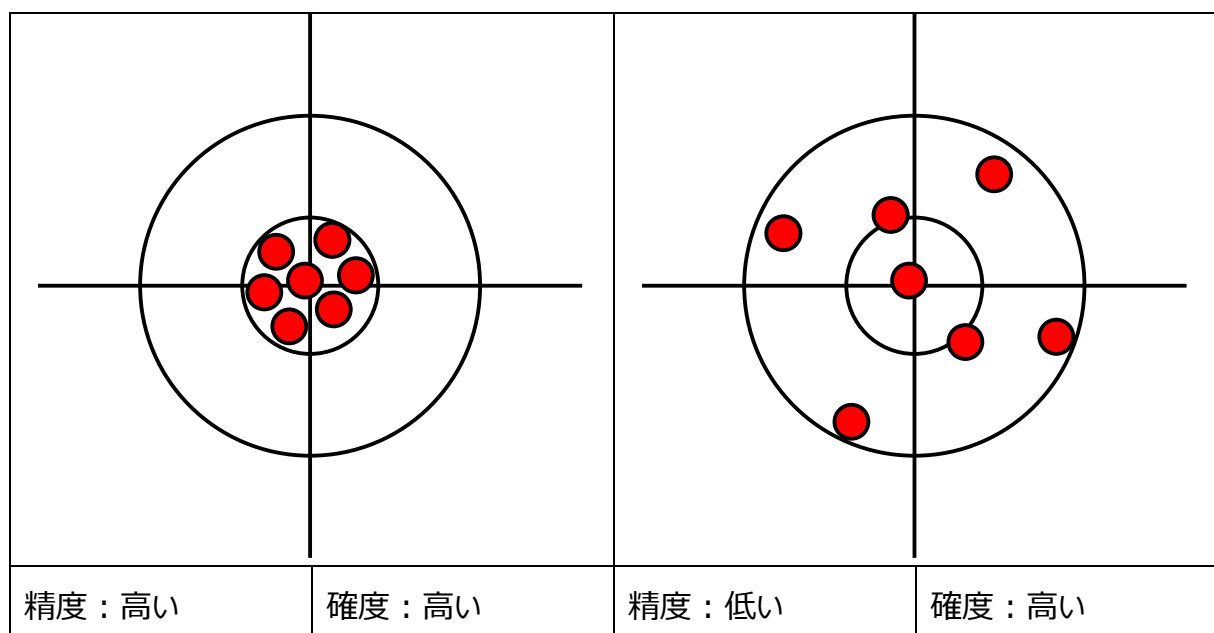
測定し、フーリエ変換という数学的手法で、高速かつ高感度に赤外スペクトル（IR スペクトル）を取得することができる。このスペクトルは、物質固有のパターンを示すため、化合物の同定に利用することができる。また、IR スペクトルのピークの高さや面積は濃度に比例するため、定量分析も可能である。有機化合物の構造解析、ポリマー、医薬品、環境分析などに利用されている。

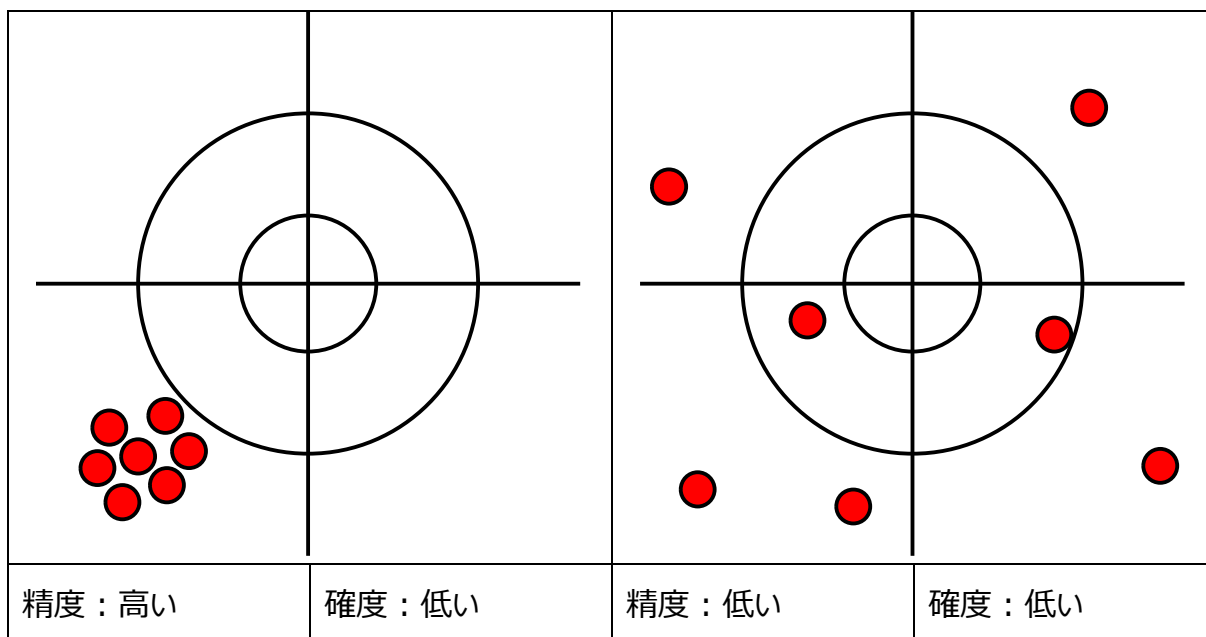
- ④原子吸光光度法（AAS）は、試料を炎（フレイム法）や電気加熱炉（ファーンズ法）で原子化させ、測定対象元素の特有波長の光を吸収する現象を利用して分析する方法。光の吸収の度合いは、試料中の元素濃度に比例する（ランベルト・ベールの法則に従う）ため、吸収された光の減少量を測定することで、試料中の元素濃度を定量することができる。特定元素の吸収波長を使うため、干渉が少なく、選択性が高い。誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）のように多元素同時分析はできないが、装置構成が比較的シンプルなため、ICP-MS よりも低コストで運用できる。環境水、食品、金属材料などの分析に広く使われている。
- ⑤誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）は、ネブライザーでエアロゾル化した液体試料を 6000K 以上と高温のアルゴンプラズマに導入し、試料中の元素をイオン化させ、質量分析計によりイオンの  $m/z$ （質量電荷数比）におけるイオン個数を測定することで、元素およびその同位体の濃度を測定する分析法。多くの元素を一度に、かつ高感度で ppt (10<sup>-12</sup>) レベルまで検出することが可能である。また、ダイナミックレンジが広いため、微量濃度から高濃度まで対応して分析することができる。環境、食品、医薬、ライフサイエンス、マテリアルなど様々な分野の微量元素分析で用いられている。
- ⑥PCR とは、ポリメラーゼ連鎖反応（Polymerase Chain Reaction）といい、DNA を複製して増幅させる方法のこと。DNA の熱変性、一本鎖 DNA へのプライマーの結合、DNA ポリメラーゼという酵素による相補鎖合成という工程を 25～30 回繰り返し、目的の DNA を数時間で 100 万倍に増幅することが可能で、PCR を利用すれば、ごく微量なサンプルであっても、そこに含まれるわずかな DNA から目的の遺伝子配列が存在しているかを知ることができる。この PCR の特性を活かして、体内や食品などに潜む細菌やウイルスを検出し、遺伝子の研究や、DNA 鑑定など幅広い分野で利用されている。

問3 精度：同じ条件でくり返し測られた値がお互いにどれだけ近いのか、つまり値の誤差はあるのかを示す尺度のことで、「再現性」とも呼ばれる。

確度：真の既知の値にどれだけ近いのかを示す尺度のこと。

ダーツの的で例えると、以下のように説明できる。





問 4 熊本の地下水が豊富な理由は、主に 4 つある。1 つ目は、熊本地方の降水の多さが挙げられる。2 つ目は、熊本の地下の帯水層の存在である。これは、過去の阿蘇山の噴火で生じた火砕流でできた地層は、すきまに富み、水が浸透しやすい特徴を持っているため、降水が地下水になりやすい。3 つ目は、加藤清正によって始められた白川中流域における水田開発により、地下水の涵養域を確保することができたことである。4 つ目は、熊本地域では、周囲を阿蘇外輪山西麓などの山塊が基盤岩として囲み、帯水層の下に水を透しにくい地下水盆が形成されているため、地下水を大量に貯蔵することができる。（275 字）

問 5 標準液の濃度と吸光度の関係は、  
 （標準液の濃度） × 0.0014 = （吸光度）

求めたい試料の吸光度が 0.210 なので、留出液の総窒素濃度は、  
 $0.210 / 0.0014 = 150 \text{ } [\mu\text{g}/100\text{mL}] = 1.5 \text{ } [\text{mg}/\text{L}]$

元試料 250mL が 200mL に濃縮されている溶液濃度が 1.5 [mg/L] なので、元試料濃度は、  
 $1.5 \times 200 / 250 = 1.2 \text{ } [\text{mg}/\text{L}]$