

審査の結果の要旨

論文提出者氏名

申 東 潔

本論文「High electrochemical performance of conductive diamond electrodes and its application integrated with electrophoretic microseparation techniques (和訳：導電性ダイヤモンド電極の電気化学特性と電気泳動分離分析への応用)」は六章から構成されており、センシング技術の分野におけるダイヤモンド電気化学の優れた特性を明らかにすることを目的としている。ダイヤモンド電極はその卓越した特性ゆえに、一般的に使用されている電極材で知られている多くの重大な欠点を克服できる可能性がある。本論文では、ダイヤモンド電極によって数多くの電気化学分析が改良された結果だけでなく、分析性能が良好で機能上シンプルな分析システムを構築した結果についても述べている。

第一章は序論であり、化学気相合成によるダイヤモンド電極の合成、特性、そして類まれな電気化学的特性について述べている。また、ダイヤモンド電極に関する主な研究結果を紹介し、全体の問題の設定と研究の方向付けがなされている。後半では、電気化学検出システムに的を絞って電気泳動分析法について解説している。第二章では、本研究でおこなった実験の詳細が述べられており、ダイヤモンド薄膜の作製と電気化学測定およびキャピラリー電気泳動装置について詳しく解説している。

第三章では、電気泳動マイクロカラム分離技術におけるダイヤモンド電極による電気化学検出について述べている。検出部は高性能な分析機器の中でもとりわけ重要な構成要素である。論文提出者は世界で最初に、ボロンドープダイヤモンド電極を CE-ED システムのアンペロメトリック検出器に組み込んで、検出性能が他の電極材よりもはるかに勝っていることを検証している。そしてその卓越した特性はダイヤモンド電極の有する魅力的な特性である、良好なシグナル対バックグラウンド特性、高電圧に影響を受けづらいこと、および電極失活に強い抵抗があることに起因することを明らかにしている。さらに、ダイヤモンド電極は、簡便で優れた分析が行えること、そして簡単で実用的な分析が実現できる CE-ED システムを設計できる可能性を有すること示唆している。

第四章では、ダイヤモンド電極を使用したマイクロチップ CE 分析で、芳香族アミンの検出をおこなった結果について述べている。小型化した CE 分析システムによって、分析操作処理のさまざまな新規なスキームに基づいて、大幅な進展がなされ、高速分析などのすばらしい長所が得られた結果を示している。ダイヤモンド電極は、環境分野および工業分野で有害な化合物をモニタリングするために、簡便かつ高速な信頼性あるマイクロチップ CE-ED に有望であることを見出している。ダイヤモンド電気化学検出器によって、一般的な電極材では感度が足りず、また、重大な電極の失活が見られた芳香族ア

ミンの分析を、高感度にそして再現良くおこなえた結果について述べている。ダイヤモンド電気化学は近い将来、マイクロチップ技術のような洗練された製膜およびエッチング技術と融合できることを示唆している。

第五章では、界面活性剤のファウリング効果への抵抗性について、導電性ダイヤモンド電極で検証した結果について述べている。電極表面に表面活性物質が吸着することは実際の電気化学測定において重大な問題を引き起こすことが知られている。通常、界面活性剤によるファウリングを抑えるのに、選択性透過膜もしくはポリマー保護膜による電極表面のコーティング処理がなされているが、ダイヤモンド電極に表面活性物質がほとんど吸着しないことを見出し、界面活性剤が豊富に含まれた試料にたいしても安定な電気化学測定を可能とし、保護膜を必要としないことを示している。実際に、牛血清アルブミン、ゼラチン、およびトリトン X-100 といった界面活性剤のもと、矩形波ボルタンメトリーによるアスコルビン酸の検出を報告している。AFM による表面局所解析の結果、ダイヤモンド薄膜には界面活性剤の妨害がほとんどないことを確認しており、その要因として、表面活性物質の吸着に影響のある酸素含有基や表面サイトが少なく、他の疎水性表面をもつ電極とは異なった表面特性であることを示唆している。

第六章では、本研究で得られた成果を総括し、今後の展望について述べている。本論文における結果は、小型化した分析システムに高性能なダイヤモンド検出システムが有効であることを示している。その上、ダイヤモンド薄膜が界面活性剤の妨害に強い抵抗を示すことを明らかとしたことは、高分子表面界面研究において、基礎、応用いずれの見地からも高く評価でき、かつこれらの分野における今後の発展に大きく寄与するものと認められる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。