

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	柴田 寛之
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Dr. sc. nat. チツテリオ ダニエル
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 小池 康博
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 白鳥 世明
		慶應義塾大学准教授	博士（情報理工学） 尾上 弘晃
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>学士（工学）、修士（工学）柴田 寛之君提出の学位請求論文は、「Integration of Ionophore-Based Ion-Selective Optodes into Paper-Based Sensing Platforms for Optical Cation Detection」（カチオンの光学検出のためのイオノフォアに基づいたイオン選択性オプトードの紙基板分析プラットフォームへの応用）と題し、5章より構成されている。</p> <p>簡便かつ迅速なカチオンの定量は、医療・環境分析など様々な分析化学の分野での応用で求められている。そのため、イオノフォアを用いたイオン選択性オプトード (ISO) は、分析対象としてイオンの選択的な光学分析が可能であることから、これまでに広く学術分野で研究されてきた。ISO の応答はイオン交換平衡反応に基づいており、疎水性 pH 指示薬（クロモイオノフォア）の H⁺を利用することで分析対象イオンの濃度応答を得るため、液体試料の pH の影響を受けてしまう。そのため、ISO のセンサーとしての実用性を改善するためには、この pH 依存性を克服しなければならない。そこで本研究では、ISO の pH 依存性を克服するとともに、近年注目されている分析基板である「紙」と ISO をインクジェット印刷技術によって組み合わせることに成功している。本論文では、ISO による分析における課題である、(1) pH 依存性の解決（第 2 章、第 3 章）、(2) 比色分析の定量における利便性の向上（第 4 章）について言及している。</p> <p>第 1 章では、最新の研究動向と本研究の優位性について述べている。</p> <p>第 2 章では、従来の ISO 膜を紙にするとともに、pH を制御する機能を持たせることでこれまでの ISO を用いた分析における課題である「pH 依存性」を解決している。また、イオン交換平衡反応を確立するために、デバイス全体をラミネート加工することで分析試料の蒸発を抑制している。そして、ISO に基づいた反応系における分析対象のカチオンとセルロース紙基板材料の相互作用についても定量的に言及している。</p> <p>第 3 章では、pH の影響を受けない ISO による新規カチオン分析に関して述べている。従来の H⁺の脱離によって色変化を示すクロモイオノフォアの代わりに、正電荷を帯びたソルバトクロミック蛍光色素を導入することで、H⁺が反応に関わらない紙基板 ISO の反応系の開発に成功している。そして、ISO を構成する全ての分析試薬を直接ワックスでパターンニングされた紙デバイスに印刷することにより、分析時間の短縮を達成している。</p> <p>第 4 章では、「色変化した線の長さ」を濃度応答として用いることで、ISO による定量分析における更なる利便性の向上について述べている。界面活性剤を用いたミセルに ISO の分析試薬を内包させることで、家庭用サーマルインクジェットプリンターを用いた印刷による高再現性かつ大量生産可能なデバイスの作製を可能としている。また、分析試料のイオン強度を増加させるために電解質塩を予めデバイス基板上に配置し、分析対象のカチオンとデバイス基板である紙との相互作用を抑制し、デバイスの分析感度の改善を達成している。そして、開発したデバイスを用いて飲料水または水道水中における Ca²⁺濃度の簡便な定量を達成している。</p> <p>第 5 章に、結論として本論文での各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果と展望を要約している。</p> <p>以上要するに、本研究では、イオノフォアを用いた ISO の紙基板分析プラットフォームへの導入により pH 依存性を克服した簡便なカチオン分析のためのデバイスの開発に成功している。このような研究は、分析化学分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第 2（マテリアルデザイン科学専修）科目担当者で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>		