

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	バイポーラ電気化学に基づく流動電位駆動電解系の開発
Title(English)	Development of Streaming Potential-Driven Electrolysis Systems Based on Bipolar Electrochemistry
著者(和文)	岩井優
Author(English)	Suguru Iwai
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第351号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:稲木 信介,荒井 創,富田 育義,平山 雅章,和田 裕之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第351号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名	岩井 優	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	稲木 信介	教授	審査員	和田 裕之	准教授
	審査員	荒井 創	教授			
		富田 育義	教授			
	平山 雅章	教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Development of Streaming Potential-Driven Electrolysis Systems Based on Bipolar Electrochemistry (バイポーラ電気化学に基づく流動電位駆動電解系の開発)」と題し、英語で書かれ、全 5 章から構成されている。

第 1 章「General Introduction」では、本論文の礎となるバイポーラ電気化学や流動電位現象の概要ならびにその応用例に加え、有機電気化学分野の代表的な電解反応の例として電解重合反応や電気化学発光 (ECL) ならびにフロー有機電解合成を具体的に紹介したうえで、現在のバイポーラ電気化学に関する問題点を挙げ、本研究の意義と目的について述べている。

第 2 章「Power Supply-Free Electropolymerization with Cotton-Filled Channel」では、流動電位の発生条件の検討ならびに流動電位駆動バイポーラ電極での芳香族モノマーの電解重合を検討している。流動電位発生条件の検討では、流動電位発生の理論式である Smoluchowski の式に着目し、圧力損失の発生ならびに流路表面積の拡張のため流路に脱脂綿を充填することにより、9.6 MPa の圧力損失および 2.2 V の流動電位の観測に成功している。さらに、電解質や溶媒を変更することにより、流動電位の極性が逆転する現象を見出している。次に、流動電位駆動のバイポーラ電極系による電解重合を目的として、ピロールあるいは 3,4-エチレンジオキシチオフェン (EDOT) を含む電解液を流動電位セルに送液した結果、陽極となる上流の電極に目的の高分子膜が析出することを明らかにしている。サイクリックボルタンメトリー測定により、これら導電性高分子に特徴的なドーブ・脱ドーブの酸化還元挙動を観測している。

第 3 章「Improvement of Streaming Potential Generation System」では、流動電位発生効率の更なる向上を目的として、共連続構造を有する多孔質材料である樹脂モノリスの使用を検討している。フェノール樹脂モノリスを充填物として使用することにより、脱脂綿充填流路と比較して低い圧力損失 (3.9 MPa) で大きな流動電位 (6.4 V) が発生することを見出している。また、モノリスの孔径が流動電位ならびに圧力損失に大きな影響を与えることを明らかにしている。一方で、充填物をエポキシ樹脂モノリスに変更することにより、流動電位の極性が反転することを見出している。この増大した流動電位を用いて電解重合を検討した結果、第 2 章において達成されたピロールおよび EDOT に加え、チオフェンおよびルテニウム錯体モノマーの電解重合にも成功している。さらに、本系の汎用性向上を目的として、陽極と陰極が分離している分離型流動電位セルを開発し、二つの異なる電解液が下流で合流するセル構成において従来の流動電位セルと同等の流動電位が発生することを見出している。また、シミュレーションと実験の両面からこのセル構成の有効性を示している。

第 4 章「Electrochemiluminescence Using Streaming Potential for Amine Detection」では、環境に有害なアミン類の検知を目的として、流動電位セルを用いて凝集誘起発光材料の共反応物型 ECL を検討している。共反応物のアミンや溶液組成などを最適化した結果、アミンを含む溶液を送液することによりデジタルカメラで撮影できる程度の強い発光を観測することに成功している。また、本系は支持電解質を含まない水道水にも適用可能であることを見出している。さらに、シリンジを用いた手動での送液でも検出に足る発光を観測することに成功している。流動電位駆動による外部電源フリーの ECL デバイスは、環境水からのアミン検出システムとしての実用可能性を示している。

第 5 章「General Conclusion」では、本研究を総括するとともに、今後の展望について述べている。

これを要するに、本論文は、流動電位駆動のバイポーラ電極系を確立し、その特性制御から各種電気化学反応への応用に至るまで実証していることから、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。