HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Domestic wastewater treatment and electricity recovery by a PVDF-based air-cathode MFC coupled with a low voltage booster multiplier [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	KOFFI, N' Dah Joel
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13832号
Issue Date	2019-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/76578
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	NDah_Joel_KOFFI_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　N'Dah Joel KOFFI

審査担当者　主　査　教　授　岡部 聡
副　査　教　授　木村 克輝
副　査　教　授　佐藤 久

学位論文題名

Domestic wastewater treatment and electricity recovery by a PVDF-based air-cathode MFC coupled with a low voltage booster multiplier
(低電圧昇圧増倍器を搭載した PVDF-based air-cathode MFC による都市下水処理および電力回収)

微生物燃料電池 (MFC) は都市下水処理と再生可能エネルギー (電力) 回収を同時に行える有望な技術として近年注目されている。しかしながら、これまでの MFC では、1. 高価な白金をカソード電極材料として用いるため設備費が高いこと、2. 発生する電力が実際に利用できるレベルではないこと、3. 得られる処理水濃度が不十分であることなどが、MFC の都市下水処理への適用の障害となっている。そこで本論文では、高価な白金カソード電極に代わる安価なカソード電極および低 MFC 出力電圧を昇圧倍増する電気回路を搭載した MFC を開発しその性能を評価することを目的としている。

第 1 章では、MFC 技術の実用化の現状と課題および本研究の目的についてまとめている。

第 2 章では、都市下水処理を目的とした MFC 技術に関してこれまでに発表された研究論文をまとめている。MFC の原理と構造、カソード電極材料、運転条件、電力制御システム (PMS)、電力出力および課題等に関して詳細な情報をまとめている。これまでに発表された低電圧昇圧器を用いることにより、MFC の出力電圧 (一般的に <0.5V) を 3~12V まで昇圧することに成功している。

第 3 章では、高価な白金カソード電極に代わる安価なカソード電極として、粉末活性炭とカーボンブラックをポリフッ化ビニリデン樹脂 (PVDF) で包埋した PVDF 空気カソード を構築している。作製した PVDF 空気カソードを蛇行式上向流 MFC に搭載した MFC(MFC-PVDF/ACs) を構築し、実際の都市下水を用いて 6 ヶ月間連続運転を行い、COD および SS 除去性能と電力生産量を評価している。さらに従来の白金を担持した空気カソードを搭載した MFC(MFC-Pt) の性能と比較検討している。その結果、MFC-PVDF/ACs は COD と SS 除去率、および電力密度ともに MFC-Pts よりも高かった。さらに、PVDF 空気カソードは Pt カソードよりも耐久性が高かった。この結果から、都市下水を対象とした場合、高価な Pt カソードは必ずしも必要ではなく安価な PVDF 空気カソードが大規模な MFC に適用できるとことが明らかとなった。MFC-PVDF/ACs の高い COD、SS 除去は達成されたが、出力電圧が低いことと処理水中の残留アンモニア性窒素が高いという 2 つの課題が残されている。

第 4 章では、MFC の低電圧出力 (<0.5V) を解決するため、新たに設計した低電圧昇圧器 (LVB) を開発しその性能を評価している。一般的に市販されている電力制御システム (PMS) は、MFC の出力電圧より高い 0.7V 以上の起電力を必要とするため使用することはできない。そこで本章では、都市下水処理に用いられる MFC 出力レベルへで使用可能な低電圧昇圧器の開発を試みている。

第 5 章では、さらなる MFC の出力電圧を向上させるために、昇圧器と倍増器を組み合わせた低電圧昇倍増幅器 (LVBM) を考案し構築している。考案した LVBM の原理は、まず MFC 出力電圧を自己振動 DC/AC コンバータによって昇圧し、昇圧された電圧をさらに Cockroft-Walton 電圧乗数回路によって増幅するものである。昇圧器に 20 個の電圧乗数回路を組み合わせることにより、MFC の出力電圧 (ca.0.4V) を 89±22 V まで増幅し電圧反転なしに数日間維持することに成功している。この値はこれまで報告された増幅電圧の中で最も高い値であり、本章で構築した低電圧昇圧倍増器は MFC に適用できる可能性が高いことを明らかにしている。

第 6 章では、第 3 章で開発した MFC-PVDF/ACs の処理水中に残留するアンモニア性窒素の除去について検討している。従来の硝化脱窒法は曝気と処理水の返送に多大なエネルギーを必要とする。前段の MFC により COD や SS が除去され COD/N 比が既に低くなっており、脱窒のための電子供与体が不足すると考えた。そこで本章ではアンモニア性窒素を微生物電気化学的セル (MEC) を用いて除去することを試みている。MEC の外部電源として前段に設置した COD 除去を目的とした MFC-PVDF/ACs を用いることにより、MFC で生産された電力の有効利用が可能となっている。実験の結果、MEC のアンモニア酸化速度と全窒素除去速度は無曝気で、それぞれ 0.173±0.01 kg-N/m3/d と 0.095±0.04 kg-TN/m3/d となり MEC 処理としては高い値を示した。この結果から、本システムは利用価値が疑問視されている MFC の電力を MEC の補助電源として利用する新規のエネルギー自立型窒素除去システムになりうる可能性を示すものである。

7 章では、各章の結論をまとめ、MFC の実用化に対する残された課題について論じている。

以上を要するに著者は、安価な MFC-PVDF/ACs と MEC を組み合わせることにより高い COD,SS およびアンモニア性窒素の除去が可能であり、さらに低電圧昇圧倍増器 (LVBM) を搭載することにより低 MFC 出力電圧を実用可能レベルまで昇圧可能であることを示しており、環境衛生工学の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。