

堆積物燃料電池のチョウバエ抑制作用機構の検証

日本大学 学生会員 ○矢部 一大
日本大学 正会員 中野 和典

1. 背景および目的

堆積物燃料電池(SMFC)とは電流生産微生物が堆積物中の有機物を利用して発電するシステムである。アノード(負極)側の電極を嫌気的な堆積物中に、カソード(陽極)側の電極を好気的な環境に設置することで構成される。前任者は、図-1 に示すような下水汚泥を使用した SMFC により鉄などの金属がチョウバエのライフサイクルに及ぼす効果を検証し、下水汚泥中に多く含まれる鉄が SMFC の発電を持続させる効果を有し、その結果としてチョウバエの発生抑制が持続するという機構を提案した。そこで本研究では、この機構を検証することを目的とし、汚泥に依存しないチョウバエの完全培養系及び汚泥を燃料として利用しない SMFC を確立し、SMFC の発電と鉄の影響を完全に区別可能な実験系によりチョウバエ抑制作用を検証した。

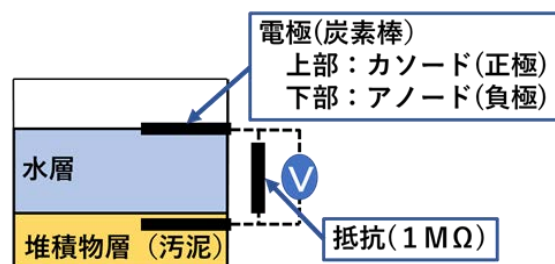


図-1 堆積物燃料電池

2. 実験方法

2.1 金属を含まない SMFC の確立

汚泥に代わる SMFC の燃料として生酵母、酵母が含まれている魚の飼料(テトラミンベビー)、乾燥酵母が含まれている整腸剤(エビオス)を使用した。生酵母は乾燥重量で蒸留水との重量比が 1:9 となるように混合して使用した。テトラミンベビーおよび粉末状に破砕したエビオスは、蒸留水との重量比が 1:240 となるよう混合して使用した。確立した SMFC の概要を図-2 に示す。負極の炭素棒の位置は燃料混合物の沈殿中に、正極の炭素棒の位置は水面となるようにし、 $1\text{M}\Omega$ の抵抗とつなぎ、データロガーで 30 分ごとに生じた電圧を記録した。

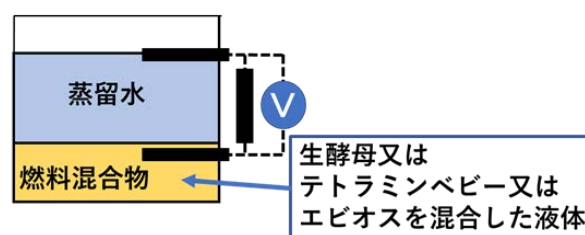


図-2 汚泥を使用しない SMFC の概要

2.2 チョウバエの完全培養系の確立

チョウバエの産卵場所となる円錐状に折ったろ紙を設置した培養装置の概要を図-3 に示す。汚泥に代わるチョウバエの餌として 2.1 と同様の重量比に混合した生酵母、テトラミンベビー及びエビオスそれぞれを水深が約 1cm となるようにした装置にチョウバエの成虫 6 匹を投入し、毎日チョウバエの生態状況を観察した。

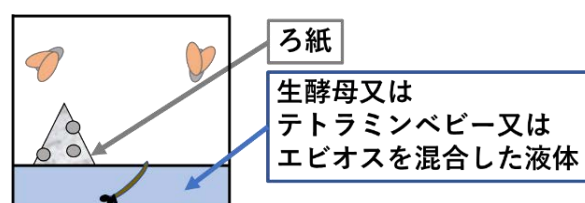


図-3 チョウバエ培養装置の概要

2.3 金属を含まない SMFC でのチョウバエ抑制作用の検証

水深がチョウバエの生育に適した約 1cm になるように砂利を敷き詰め、チョウバエの産卵場所となるろ紙を設置した SMFC の概要を図-4 及び写真-1 に示す。負極の炭素棒の位置は砂利中とし、正極の炭素棒の位置は水面とした。発電のない開回路と発電のある閉回路の 2 系列の装置を準備し、閉回路の系では $1\text{M}\Omega$ の抵抗とつなぎ、データロガ

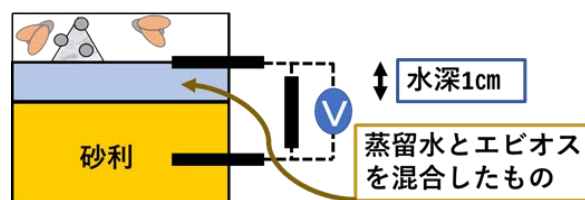


図-4 SMFC と組み合わせた
チョウバエ培養装置

キーワード: 堆積物燃料電池、衛生害虫、発電、金属

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学工学部 土木工学科 環境生態工学研究室

一で 30 分毎に電圧を記録した。それぞれの装置にチョウバエの幼虫 15 匹を投入し、2.2 で確立した餌条件でエビオスを与え、毎日チョウバエの生態状況を観察した。

2.4 鉄の濃度とチョウバエ抑制作用の関係の検証

2.2 で確立した完全培養系を用いて鉄の濃度とチョウバエ抑制作用の関係を検証した。鉄濃度として 5、0.5 及び 0.1mmol/L の 3 条件を設定し、扱いが容易な幼虫を投入してチョウバエを発生させ、毎日チョウバエの生態状況を観察し、図-5 に示す手順に従いチョウバエ抑制効果を判定した。

3. 結果と考察

3.1 金属を含まない SMFC の確立

汚泥に代わる SMFC の燃料として使用した生酵母、テトラミンベビー及びエビオスのすべてで発電を確認できた。中でもエビオスが安定して発電したため、以後のチョウバエに対する発電の影響を確認する実験ではエビオスを使用することにした。

3.2 完全培養系の確立

生酵母を餌とした場合には、チョウバエは 5 日以内に死滅した。これに対しテトラミンベビー及びエビオスを餌とした場合には、2 世代目のチョウバエの成虫が 60 匹ほど確認できた。餌を追加すると 3 世代、4 世代目のチョウバエも確認できたことから、チョウバエのライフサイクルの評価が可能な完全培養系を確立することができた。

3.3 金属を含まない SMFC でのチョウバエ抑制作用の検証

開回路と閉回路で観察されたチョウバエの継代サイクルを図-6 に示す。どちらの回路でもチョウバエの発生が 3 世代以上継続する結果となった。閉回路では発電が起きており、金属を含まない SMFC では、発電条件下でもチョウバエ抑制作用が働かないことが明らかとなった。

3.4 鉄の濃度とチョウバエ抑制作用の関係の検証

3.3 の結果により、発電がチョウバエ抑制作用に直接的な影響を与えていない可能性が示されたことから、改めて鉄の濃度とチョウバエ抑制作用の関係を検証したところ、5 及び 0.5mmol/L の 2 条件においてチョウバエの蛹の羽化は確認できたが、孵化や幼虫の蛹化は確認できなかった。0.1mmol/L の条件ではチョウバエの継代が確認できたことから、発電がなくても 0.5mmol/L 以上の鉄が存在するとチョウバエの抑制作用が働くことが明らかとなった。5 及び 0.5mmol/L の 2 条件で蛹が羽化したことから、鉄はチョウバエのライフサイクルの中で卵と幼虫に影響を与えることが明らかとなった。

4. まとめ

前任者の研究では、SMFC の発電下においてチョウバエの孵化が抑制されることが示されていたが、本研究では SMFC の発電下でもチョウバエの孵化が確認された。前任者の実験ではチョウバエの産卵は汚泥中であつたのに対し、本研究ではろ紙上であつた。導電性の低いろ紙上ではチョウバエの卵が発電の影響を受けなかった可能性があり、抑制作用が働かなかつたことが考えられた。これを検証するためには、産卵用のろ紙を導電性材料に代えて、SMFC の発電下でチョウバエの抑制作用を確認する必要がある。



写真-1 チョウバエ培養装置の外観

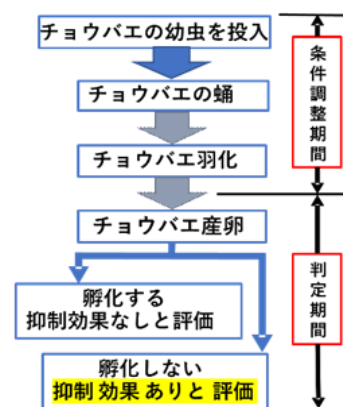


図-5 チョウバエ抑制効果の判定手順

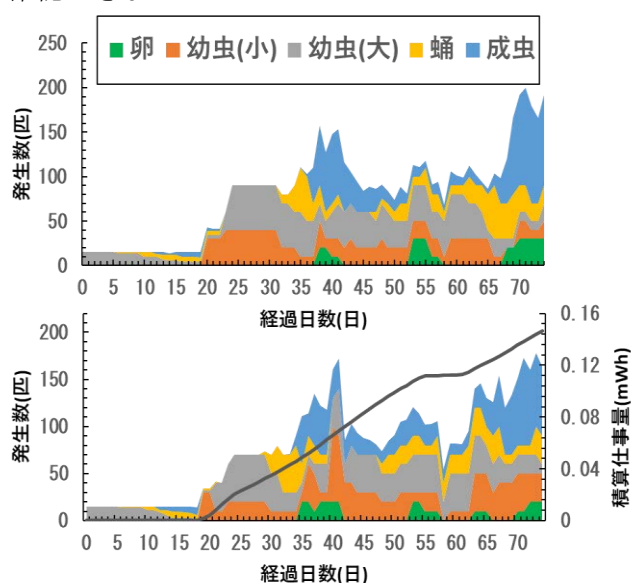


図-6 継代サイクルに及ぼす発電の影響