

有機堆積物浄化向け微生物燃料電池における 炭素材電極の開発に関する研究

[研究代表者] 中山雄行 (工学部機械学科)

研究成果の概要

有機堆積物（ヘドロ）の浄化と発電を目的とする微生物燃料電池において、間伐等の木材を利用した炭素材を電極に用いることを目的とし、木材の炭化プロセスにおける組織構造の変化について観察した。本研究では、竹の黒炭から白炭化のプロセスにおいて、電気抵抗が 10^6 程度のオーダーで急激に低下する一方で、数十マイクロンのオーダーの組織構造には大きな変化はないことが確認できた。電気抵抗の低下の要因は、黒炭から白炭化の遷移における炭素の化学結合の変化にあると考えられるが、この遷移過程において前述したオーダーの組織構造の収縮等に関する著しい変化はない。従って、微生物の定着に関する特性は炭化プロセスでは維持されると考えられる。

研究分野：微生物燃料電池

キーワード：有機堆積物，木材，炭化，組織構造，導電性

1. 研究開始当初の背景

微生物燃料電池は、微生物の代謝により発生する電子を用いて発電する。即ち、代謝時に電子を放出する特定の微生物に栄養を与え、この電子を電極に収集する。この燃料電池は、火力・原子力・水力発電等と異なり、直接電子を取り出すことができる、という特徴がある。また、有機堆積物（ヘドロ）を用いて微生物燃料電池を構成することができれば、ヘドロを消費しながら電子を取り出すことができ、環境を浄化しつつ発電するという一石二鳥の発電が可能となる。

一方、ヘドロを用いた微生物燃料電池において、ヘドロの浄化の時間スケールは非常に長い。この為、電極等の材料には、長期使用に耐えうる耐腐食性等の材料が必要とされる。また、導電性や電子の収集、微生物との親和性が求められる。白金等の貴金属は、環境浄化の為の大きなスケールの電池には適さない。ここで、炭素系の材料であれば、腐食による微生物燃料電池の性能の経年劣化を防ぐことができる。また、細孔組織を有していれば、微生物との親和性の観点でも期待できる。これらの点において、木炭は腐食の心配がなく、また、細孔組織を有していること等の

複数の観点から有益な材料として考えられる。導電性については、白炭化を行うことにより、電極に要求される十分な低い電気抵抗値に下げることができる。木炭は比較的容易に入手できるだけでなく、特に間伐材の利用は森林保護にもつながる。即ち、間伐材等からヘドロ浄化向けの微生物燃料電池を製作することができれば、森林の保護と河川や海の浄化、また下水等のインフラ設備が整っていない地域では浄水等による貢献が期待でき、SDGs (Sustainable Development Goals)の複数の項目において貢献が可能である。

2. 研究の目的

微生物燃料電池の電極等に用いる炭素材として竹炭を対象とし、黒炭化した竹炭を白炭化させるプロセスにおける竹炭の細孔構造の変化を観察する。

3. 研究の方法

(1) 名古屋市から提供して頂いた竹炭（黒炭化したもの）の電気抵抗値において、デジタルマルチメータを用いて電気抵抗値を測定する。

- (2) 第(1)項の竹炭を電気炉にて 1000 度前後に加熱・保持し、白炭へ遷移させる。
- (3) 第(2)項にて処理した竹炭について、デジタルマルチメータにて竹炭の両端間での電気抵抗値を測定し、白炭化の遷移の可否の確認並びに電気抵抗値を測定する。
- (4) 加熱前後の試料を SEM にて観察する

4. 研究成果

(1) 黒炭と白炭の電気抵抗

黒炭化した竹炭の電気抵抗値は、デジタルマルチメータでの計測では約 50[MΩ]であった。これを電気炉で処理した後の電気抵抗値は約 1.3[Ω]であり、電気抵抗は 10^6 程度のオーダーで急激に低下し、電極として十分な数値であった。この結果より、一度黒炭化させた竹炭の更なる炭化処理により電気抵抗値を十分低下させることが可能であること、かつこれが電気炉にて可能であることが示された。

(2) 組織構造の観察

黒炭化された竹炭、並びに電気炉にて白炭化した竹炭の細孔組織構造を SEM により観察した。これら黒炭化並びに白炭化された竹炭について、SEM 画像による組織構造を図 1、図 2 にそれぞれ示す。これらの図によると、共に数十ミクロン程度のオーダーの細孔が共に確認できる。一方、

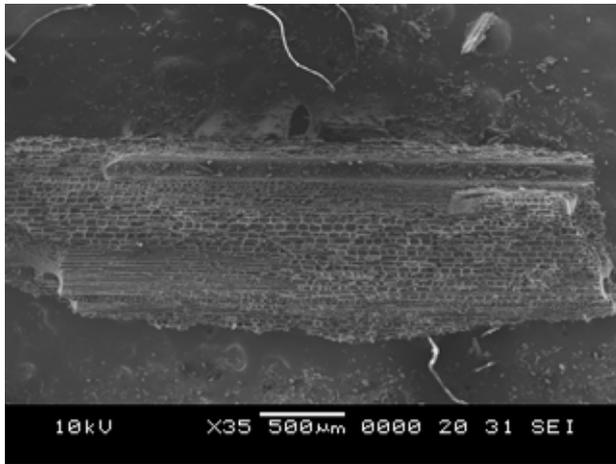


図 1: 竹炭（黒炭化）の SEM 画像

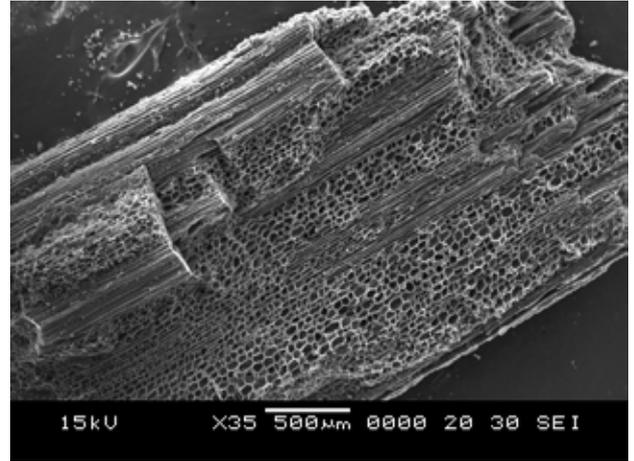


図 2: 竹炭（白炭化）の SEM 画像

これら黒炭化竹炭と白炭化竹炭における組織構造の明確な違いは確認できない。炭素材の電気抵抗値に影響を及ぼす因子は、組織構造よりも小さなスケールの化学結合等にあると考えられる。本観察結果によると、この化学結合の遷移において細孔組織構造の収縮等に関する著しい変化はないと考えられる。

今後も引き続き、加熱条件等を変更して実験を行い、木材を用いた炭素材を電極として使用する為の炭化プロセスを検討する。

5. 本研究に関する発表

なし