

黒ボク土における電流・電圧発生の基本特性 Basic characteristics of current and voltage generations in andosols

坂口哲司*・○諸泉利嗣**・三浦健志**

SAKAGUCHI Satoshi・MOROIZUMI Toshitsugu・MIURA Takeshi

1. はじめに 化石燃料の枯渇や地球温暖化といった現代の課題に対して、自然エネルギーの早急な開発と利用が喫緊の課題である。新エネルギーの一つに土壌電池が挙げられる。土壌電池とは、水田土壌中の有機物や発電菌を利用して微弱な発電ができる微生物燃料電池の一種であり、現場環境モニタリングでの応用が期待されている。

近年の水田土壌を用いた研究の進展は著しい。そこで本研究では、畑地土壌である黒ボク土に着目し、土壌電池の電流・電圧発生に関する基本的特性を明らかにした。

2. 実験概要 炭素棒電極を取り付けた円筒形ユニット式カラムに、黒ボク土と純水を充填して土壌電池を作成した。この土壌電池に対して、電流計と外部抵抗を直列、電圧計を並列に接続して回路を組んだ(図-1)。

本研究で行った8項目の実験を表-1に示す。各実験の測定期間は10日または30日間であり、1日あたり10分間測定した(測定間隔0.05秒)。測定開始の1分間は電圧のみを測定し、その後は電流と電圧を同時に測定した。これは、放電によって電圧の測定ができなくなることを防ぐためである。実験は室温約25°Cの恒温室で行った。

本稿ではExp2, 4, 6, 8の結果について示すが、それぞれの実験目的は以下の通りである。Exp2ではエアポンプによって酸素を供給し、電子の受け取り手の増加を目的とした。本研究では水面と水中への酸素噴射による差異を検討した。Exp4では測定期間を30日間に延長し、発電傾向の把握を目的とした。また、発電時には負極付近の発電菌しか電子授受に関与していない(橋本ら, 2010年)ことから、Exp6では鉄粉を添加し、鉄を媒介として遠方の発電菌も電子を供給できるのかを検討した。Exp8では、有機物含有量が少ない豊浦砂を用いて比較実験を行った。

3. 結果と考察 ①電流・電圧の経時変化 測定結果の一例として、Exp4における測定11日目の結果を図-3に示

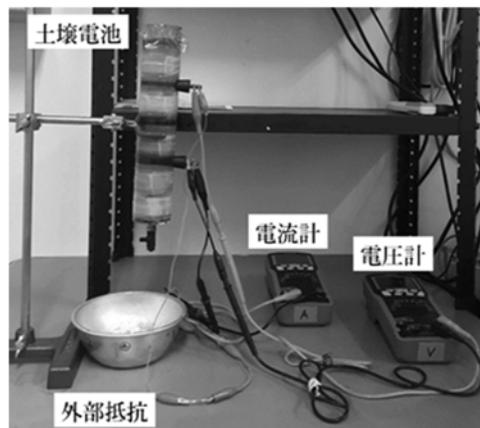


図-1 実験システム

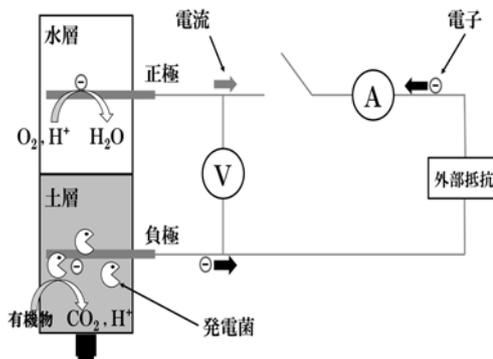


図-2 回路概略図

表-1 実験項目

| No. | 実験項目 | 測定期間 (day) | 外部抵抗値 (Ω) | 実験内容 |
|------|--------------|------------|---------------|-------------------|
| Exp1 | 外部抵抗値の差による試験 | 10 | 1,10,100,1000 | 抵抗値を4種類用いて比較 |
| Exp2 | エアレーション試験 | 10 | 100 | 水層(正極部)に酸素供給 |
| Exp3 | カラム分離試験 | 10 | 100 | カラムを上下に分離して発電を確認 |
| Exp4 | 長期間測定試験 | 30 | 100 | 測定期間を30日間に延長 |
| Exp5 | 電池接続試験 | 10 | 100 | 電池を2本用いて直列、並列で測定 |
| Exp6 | 鉄粉添加試験 | 10 | 100 | 黒ボク土に鉄粉10, 50g添加 |
| Exp7 | 微生物死滅試験 | 10 | 100 | 計3回の炉乾燥により、微生物を死滅 |
| Exp8 | 豊浦砂による比較試験 | 10 | 100 | 豊浦砂、塩素に浸した豊浦砂で発電 |

* 岡山大学大学院環境生命科学研究科 (現 石川県庁) Graduate School of Environment and Life Sciences, Okayama Univ. ,

** 岡山大学大学院環境生命科学研究科 Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama Univ.

キーワード: 黒ボク土, 土壌電池, 微生物燃料電池, 発電菌, 菌相, 放電容量

す。測定開始と同時に初期電圧は0.660Vで一定となった。乾電池1本が約1.5Vであることから、その約半分と予想以上に高いことが判明した。1分後、電流の測定開始と同時に207.7 μ Aまで急激に上昇したが、放電によって電流と電圧は急激に低下した。各ピーク値を比較すると、電圧に対する電流は非常に小さかった。今回、電流計の測定間隔は最小単位の0.05秒に設定したが、その時間内にピークを逃していると推測できる。低下後の電圧は約2.0mV、電流は約20.0 μ Aで推移した。

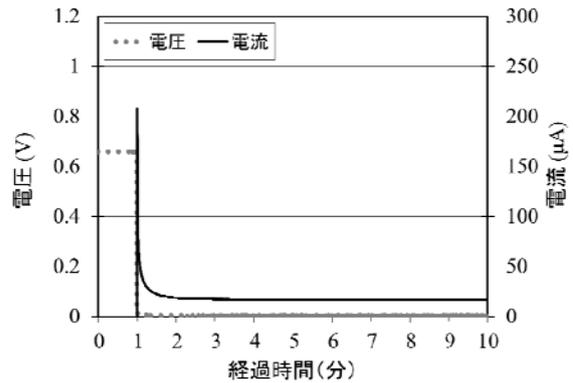


図-3 Exp4：11日目（2017/11/20）における電流・電圧の経時変化

②電流・電圧のピーク値推移 Exp4における電流と電圧のピーク値推移を図-4に示す。電流に着目すると、増減を繰り返しながら上昇している。発電菌は菌相を作り、負極に電子を渡すことで発電する（電極呼吸）が、一定期間で他の集団と入れ替わる（渡辺ら、2013年）ことから、この期間中に発電が一時的に低下したと考えられる。また、日数経過に伴って上昇しているが、カラムに充填された発電菌が新たな環境に順応している段階にあると推測できる。一方で、12日目から19日目にかけて、電流と電圧が追従していない期間がある。電流計内部の接触抵抗や埃などが原因として考えられるが、詳細については今後検討していく必要がある。

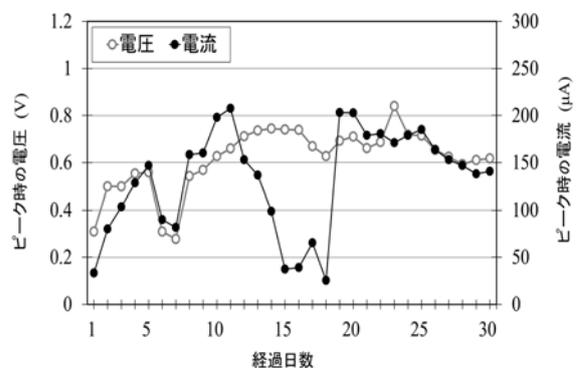


図-4 Exp4：電流・電圧ピーク値の経日変化

③放電容量 Exp2, 6, 8における放電容量の積算値を図-5に示す。比較のため、Exp4における10日間までのデータを対象区として表示した。放電容量とは電池の容量のことであり、電流と放電時間の積によって求められる。

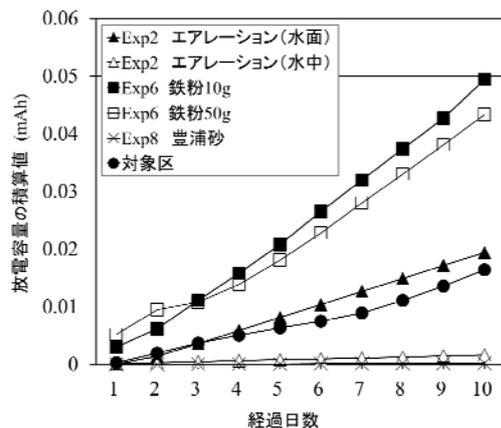


図-5 Exp2,6,8：放電容量の経日変化

鉄粉を添加することで対象区より2倍以上放電容量が増大したことから、鉄を媒介として遠方の発電菌も電子を供給できたことが推察される。一方、水面にエアレーションした場合は予想に反して対象区と大きな差が見られなかった。また、水中に噴射した場合は発電がほとんど起こらなかったが、これは気泡が生じるため、正極における反応に何らかの障害をもたらしたのではないかと考えられる。さらに、有機物含有量が少ない豊浦砂でも発電がほとんど確認されなかった。本実験では微生物の同定を行っていないが、黒ボク土には発電菌が生息している一方で、豊浦砂には生息していないことが推察できる。

4. おわりに 畑地土壌の黒ボク土で発電が確認され、8項目の実験によって電流と電圧の基本的発生特性を明らかにした。今後は各実験を組み合わせ、新たな条件での実験を行う。

<文献> <http://www.mobara.jp/nisimori/2/newpage97.index.html>