

微生物燃料電池MudWattを用いた探求型ワークショップの実践報告

Practical Report of Exploratory Workshop using Microbial Fuel Cell MudWatt

山根 真智子*・熊野善介*・増田俊彦**

*静岡大学教育学部・**静岡STEMアカデミー

本稿ではJSTのジュニアドクター育成塾事業「静岡STEMアカデミー」で行ったワークショップ「最強の土をさがせ！」について報告する。受講生は自由研究を行っている小学5年生から中学3年生である。本ワークショップは微生物燃料電池に適した土をテーマに探究のプロセスを取り入れ実践を行った。受講生はMudWattの観測を通して様々な視点で土について考察できるようになり、さらなる探究へとつながった。

キーワード：STEAM, 微生物燃料電池, 探究的な学び

1. はじめに

本ワークショップはJSTの科学技術イノベーションを牽引する傑出した人材の育成に向けて、高い意欲や突出した能力のある小中学生を発掘し、さらに能力を伸長するジュニアドクター育成塾事業の1つである静岡STEMアカデミーの講座として実践した。静岡STEMアカデミーの受講生はそれぞれ研究テーマを持ち探究活動を行っているのが特徴である。探究活動を主体的に進めていく能力を育成するにはどのような学びが必要なのか、本実践ではSTEAM教材としたMudWatt微生物燃料電池を用いて探究のプロセスに則り、講座を展開し、受講生の考えがどのように変化していったのか報告する。

2. 教材

2.1. 微生物燃料電池 MudWatt について

MudWatt（ケニス（株）1-123-0535）（写真1）は土中微生物発電機のキットである。土中微生物燃料電池とは微生物が糖分やその他の栄養素を土の中から摂取し、それから得られたエネルギーの一部を電力として放出するという微生物の自然代謝を利用して発電する装置のことである。この電力の測定にはMudWattのアプリをスマートフォンやタブレットにダウンロードして測定する。アプリのセンサーをMudWattのLEDの点滅にかざすことによって電力の計測とグラフ作成を行うことが出来る。また、計測された電力により微生物の数が表示される仕組みとなっており、目に見えない土の中で何が起きている

のかをアニメーションを用いて電力数に応じて段階的に表す機能もついていることから、STEM教材として使用することとした。MudWattのSTEAM的な観点としては以下のように考えた。

Science：発電微生物の生態・発電のしくみ・データの解釈

Technology：MudWattの装置を組み立て利用する
Engineering：発電を開始または発電を促すためにどうすればよいのか試行錯誤する。

Arts：現在のエネルギーリスク・SDGs・次世代のクリーンエネルギー

Math：電力をアプリで測定しグラフを作成する



写真1：微生物燃料電池 MudWatt
（ケニス（株）1-123-0535）

3. 実践

3.1. 対象

小学5年生から中学1年生までの静岡STEMアカ

デミー藤枝教室と焼津教室の受講生17名と小学4年生の聴講生1名である。

3.2. 講座の概要

本講座は「最強の土を探せ！！」というタイトルで実践を行った。本講座1回目の1か月前に実験で使用する「よい土・最強の土」を探して持ってくるようにという連絡をした。第1回目では課題設定で現在のエネルギーリスクについて説明し、SDGsの目標7「エネルギー」について触れ、次世代のクリーンなエネルギーとして微生物燃料電池を紹介し、微生物燃料電池に適した土とはどのようなものか調査するミッションを与えた。それぞれが持参した土でMudWattをセッティングし、それぞれの自宅に持ち帰り、観察と計測を行った。発電開始と発電量の報告はMoodleを用いて行った。約3週間、観測を続けた後に第2回を実施し、今までの観測経過と最大発電量、気づいたことをポートフォリオにまとめて発表を行った。最強の土はどの土なのかディスカッションを行い決定した。新たな課題を受講生1人1人が見つけ実験と観測を続けていくという事で講座は終了となった。

表 1：時間配分と内容

	内容	時間数
第1回	SDGs・課題設定・MudWattセッティング	3時間30分
自宅	MudWattの観察と計測（データ収集）	2週間から3週間
第2回	結果のまとめ・発表・考察・新たな課題へ	1時間30分

4. 結果と考察

受講生が講座前に土をどのように選んだのかそして第1回の講座から自宅での観察と計測を経て第2回の講座終了までで受講生の思考がどのように変化したかを受講生の土についてのアンケートおよびワークシートの自由記述から考察する。図1は講座生が講座に使う「最強またはよい土」をどのような理由で選んだのかを自由記述をKHCorderでテキストマイニングした共起ネットワーク図である。このことから、土を選ぶ際にその土にミミズやダンゴムシが生息していること、植物が生育していることが栄養豊富な土すなわち最強の土と考えた受講生が多かった。

逆に植物が生育していると土の栄養を使ってしまっていて、土には栄養が残っていないのではないかと考える受講生もいた。また、土の保水力や団粒構造に注目した受講生もあった。

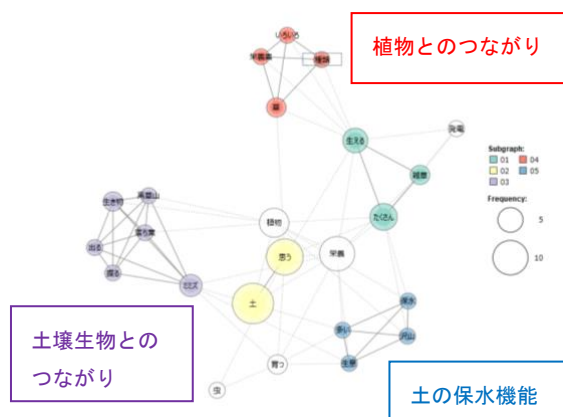


図 1 土を選んだ理由についての自由記述の共起ネットワーク図

第1回目の講座で課題設定とMudWattの微生物燃料電池のセッティングを行った。図2は第1回を終えて「気づいたこと、不思議に思ったこと、感想」の自由記述をKHCorderでテキストマイニングした共起ネットワーク図である。このことから、受講生は土に発電微生物がいることその発電微生物が発電することについての記述が多かった。また、受講生の記述の1例を表2に示す。ここでは受講前には、土は植物やダンゴムシ、ミミズを育てるといった概念であったが、発電微生物が存在すると知ったことで土は発電するという概念を驚きをもって獲得したことがわかる。いったい発電微生物はどれだけ発電するのか、どのくらい持続するのか、発電微生物の数と発電量の関係はどのようなものなのか。次世代のクリーンエネルギーとなりうる土とはどんな土なのか、受講生は予想し、微生物燃料電池MudWattを持ち帰り、観察と発電量の計測を2～3週間行った。受講生は計測結果や発電の経過をMoodleにあげることで講師や他の受講生からアドバイスやメッセージをもらうことができた。発電をなかなか開始しない受講生は他の受講生の様子や講師のアドバイスを受けて試行錯誤を繰り返した。

表2：第1回目を終えた受講生の「気づいたこと、不思議に思ったこと、感想」の自由記述の一例

●いつも当たり前にある土の中にたくさんの微生物がいるということを考えると、なぜか感動した。微生物って人間とくらべられないくらい小さいのにその微生物のおかげでエネルギーの問題が解決するかもしれないのが不思議だと思った

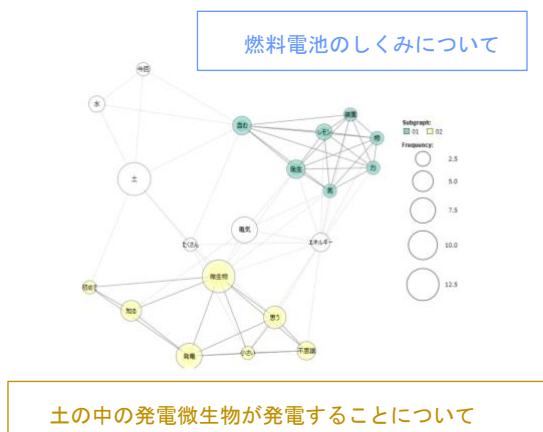


図2 第1回目を終えて「気づいたこと、不思議に思ったこと、感想」の自由記述の共起ネットワーク図

第2回目のワークショップはそれぞれが計測したデータをグラフにしたものを持ち寄り、自宅での観察と計測から気づいたことわかったことをポートフォリオでまとめ、発表を行った。その発表を元に「最強の土とはどの土なのか」各教室で話し合い決定した。最大出力が高い土が最強ということなのかみんな考えて次世代のエネルギーとして考えるならば安定性ということも大切なのではないか、また最大出力が高くても発電するまでに時間がかかるのはよくないのではないかという意見が出て総合的に判断し最強の土を決定した。次に最強の土の候補に挙げた土がどんな土なのかを考察した結果、土壌生物が多くいた土、落ち葉が多く堆積していた土など生物と関わりのある土であることがわかった。反対に発電がしなかった土は市販の赤玉土であり、発電量が低かった土は植物が全く生えていない所の土であることがわかった。図3は発表とディスカッションを終えてわかったこと、気づいたこと、不思議だと思ったこと、感想」の自由記述をKHCorderでテキストマイニングした共起ネットワーク図である。土によって発電量が異なること、MudWattに入れる水の量が適切であること、また気温によって発電量が変化

ることに受講生は気づいた。生物が関係している土がよく発電することに気づいたが、土に含まれている有機物すなわち、発電微生物のエサの量について考察できる受講生は少なかった。生物と関わりのある土を何度もふるいにかけてから、MudWattにセットした受講生が1人いたが、ほとんど発電しなかった。ふるいにかけることで何が除かれたのか考察できる受講生は少なかった。有機物は直接目で見えないので、観察からは気づきにくかったのかもしれない。

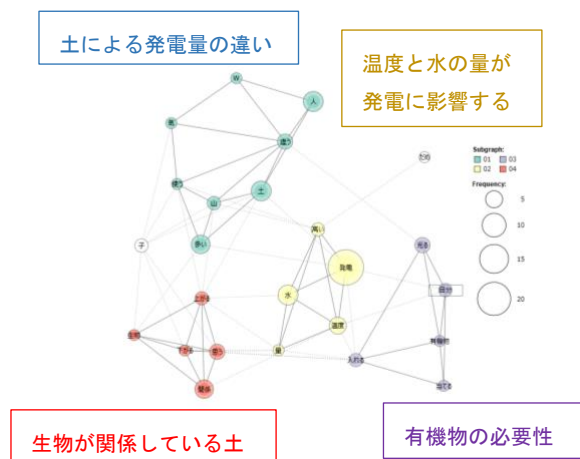


図3 発表とディスカッションを終えて「気づいたこと、不思議に思ったこと、感想」の自由記述の共起ネットワーク図

最後に、受講生それぞれの次の課題は受講生が各自で決めた。表3は受講生の課題のテーマとそれを選んだ人数を示す。温度による発電量の変化をテーマに選んだ受講生は4人で1番多かった。次に発電微生物のエサである有機物を足してみることをテーマにしたのは3人、MudWattの置き場所を明るいと暗いところで置いた時に発電量に違いがあるのではないかと考えた受講生は3人、MudWattに手を加えずそのまま継続観察をしたい受講生は2人、温度・有機物量・水の量で発電に最適な状態を見つけたい受講生が2人、発電に関わっているのは本当に微生物なのか、土を焼いたものをMudWattにセットして確かめたい受講生は1人だった。どの受講生もそれぞれの課題を見つけることができた。

表3 受講生の次のテーマとその人数

テーマ	人数
温度による発電量の変化	4人
有機物を追加する	3人

明るさによる発電量のちがい	3人
そのまま継続観察	2人
よく発電する状態をつくる	2人
発電には本当に微生物が関係しているのか	1人

表4は第2回目を終えた受講生の「気づいたこと、不思議に思ったこと、感想」の自由記述の一例である。受講生それぞれの土が異なるので、発電を開始する時期も異なり第2回目の講座時にまだ発電を開始していないMudWattもあった。トラブルシューティングをした上でなぜ、この土は発電しないのかを受講生全員で考察することでとてもよい学びとなった。このMudWattは第2回終了後数日してから発電を開始した。

表4 第2回目を終えた受講生の「気づいたこと、不思議に思ったこと、感想」の自由記述の一例

●毎朝、どうなっているか観測する時にどうなっているかが気になっておもしろい。もっと発電するために毎日がんばって観測していきたいと思った。

●光り始めると毎日観察したくなる。

●初めの土（市販の赤玉土）は発電しなかったのでプランターの土に変えたら、すぐに光り出し、どんどん発電量が増えていった所がおもしろいと思いました。どんどん発電量が増えていくので、見ていて楽しかったです。これからもさらに発電量を上げるために工夫をしていこうと思います。

●暑すぎても寒すぎても発電せず、適度な温度で発電するところからまるで人間みたいだなと気づきおもしろいとも思った。ぼくのMudWattは発電しなかった。しかし、なぜ発電しなかったのか考えることにより重要な発見をすることができた。

この講座でアメリカ合衆国の21世紀型スキルズより「Communication(コミュニケーション)」「Collaboration(協同)」「Critical thinking(判断的・批判的思考)」「Creativity(創造性)」の4つのCについて受講生がスキルを発揮できたか、もう1つは新たな課題がどの程度出てきたかをアンケートによって調査した。表5はアンケート内容である。アンケートの結果は図4に示した。4つのCおよび新たな探究について概ね達成できていると言える。Critical thinkingについては、MudWattの発電が順調であった受講生では機会が少なかったと思われる。

表5 アンケート内容

	内容
Collaboration	グループでまたは全体で協力して取り組むことができましたか
Communication	グループのメンバーまたは全体でコミュニケーションをとることができましたか
Creativity	MudWattの観察・計測を行った期間、あなたは土の中で何が起きているか想像力をはたらかせ考えることが出来ましたか
Critical thinking	よりよく発電させるためにあなたは試行錯誤しましたか
新たな課題について	講座を終えて、さらに微生物燃料電池MudWattについて知りたいこと、明らかにしたいことが出てきましたか

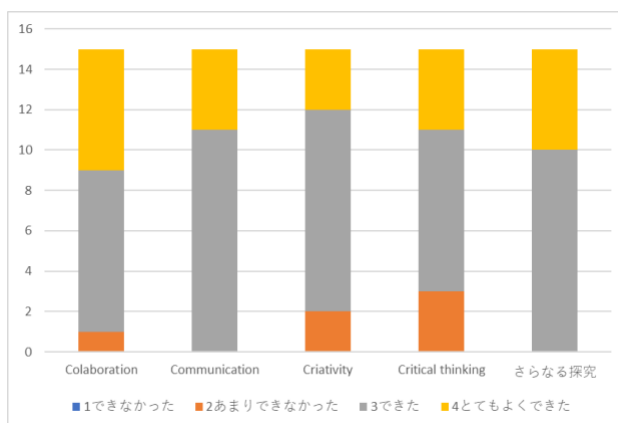


図4 4つのCおよび新しい課題についてのアンケート結果

5. 終わりに

MudWattにセッティングする土は受講生が「最強の土、よい土とは何か」について考えを持ち、採集してきたものであったからこそ発見的に学ぶことができ様々な考察が出来たと考えている。講師の用意したものや、適当なものであったならば深い学びは得られなかったであろう。微生物燃料電池MudWattをただの装置として扱うのではなく発電微生物の生物学的意義と合わせることでより探究的に学べるSTEAM教材として魅力的なものになったと考えている。