

田んぼから電気を収穫

～電気も自給自足の時代へ～

宮城県加美農業高等学校 グリーンライフ専攻班

板垣丈士 菅原麻衣 高橋希望 武田和馬 長沼康輝 野口恵士朗

はじめに

2011年3月11日、東日本大震災によって多くの尊い命が奪われ、自然災害の恐ろしさを痛感させられました。また、それに伴い東京電力福島第一原子力発電所の事故により、原子力の安全神話が崩壊し原子力をコントロールすることがいかに難しいかが明確になりました。そこでこれからのエネルギー問題を私たちの力で解決できないだろうかと考えるようになりました。そして、身近なところから安全安心な電気エネルギーを得ることができないかと模索した結果、水田のような大気と遮断された環境下、つまり嫌気的な条件下でしか生きられない微生物の中に電流発生菌という電子を放出する菌が存在しているということを知りました。私たちの学校には12.3haもの広大な水田があります【図1】。もし、その広大な水田から学校で使用する電気を効率よく獲得できたら電気の自給自足も夢ではありません。そんな思いを馳せながらこのプロジェクトを立ち上げました。これからの故郷のために私たちができること。近い将来の原子力ゼロシナリオを目指して一から挑戦してみたいと思います。



図1 水田土壌の採取

事前調査

前に示した通り、電流発生菌は大気と遮断された湛水状態の水田土壌や海底の泥などに存在していることがわかりました。また、電流発生菌は有機物を餌として、それを分解する過程で電子を放出することがわかりました。つまり、水田においては日中、稲や光合成細菌が光合成を行う過程で有機物を生産するので、その間電流発生菌の活動が活発化し、電子がより多く放出されることで電気が流れやすくなるのではないかと予測しました【図2】。

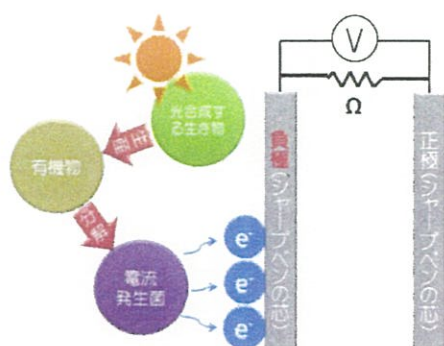


図2 電気発生メカニズム

測定および方法

まず、実験をするための正極、負極になりそうな電極を探しました。その中で炭素素材を検討し、身近な素材としてシャープペンの芯を電極として使うことにしました。できるだけ太い0.9 mmのシャープペンの芯を選びました。芯と銅線をはんだ付けし、接点をエポキシ樹脂でコーティングしたものを準備しました。苗を植えたポットを準備

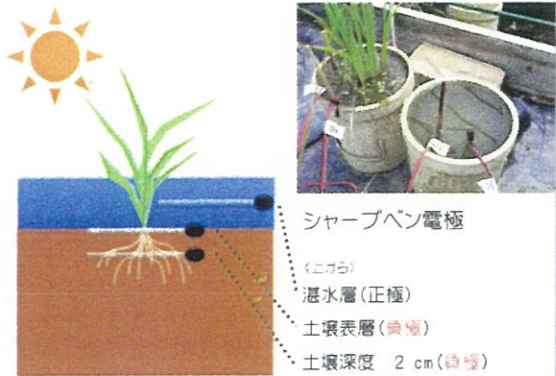


図3 水田モデルの概略図

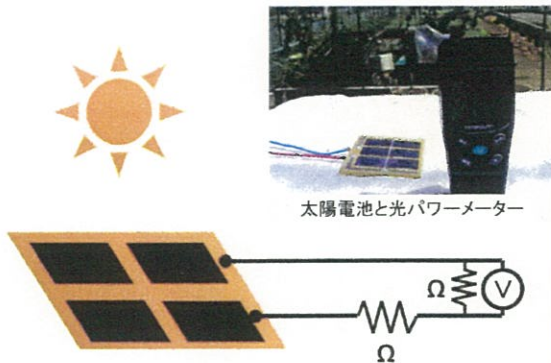


図4 太陽電池を用いた日射計の概略図

太陽電池から出力される電圧を市販の日射計と対応させ、校正を行った結果、非常に信頼性の高い太陽電池を用いた日射計を作製することができました【図 5】。測定場所として雨の影響がないビニルハウス内で行いました。それぞれの電圧値はデータロガーで10分ごとに回収しました。

結果①

7日間連続した電圧の変化をみると、毎日、日中は電圧が上昇し、日が沈むとともに電圧が減少するという日周変化が確認できました【図 6】。また、土壤表層と土壤深度 2 cmでは土壤表層のほうが土壤深度 2 cmに比べて振幅が大きくなりました。

し、湛水層に正極、土壤表面と根のたくさんある土壤深度 2 cm程度のところに負極を土壤面に対して水平に設置しました【図 3】。また、日射量を継続的に測定するために市販の太陽電池を用いて簡易的な日射計を作製しました【図 4】。

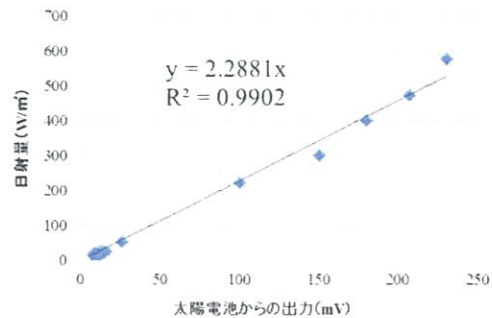


図5 太陽電池と光パワーメーターのキャリブレーション式

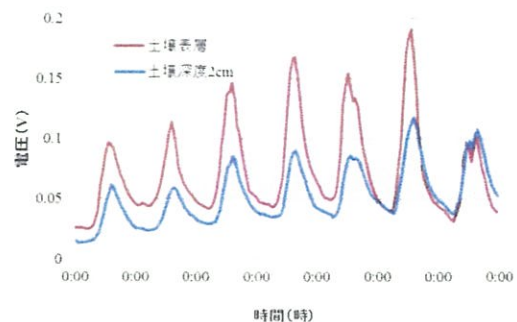


図6 10分毎の電圧の変化(連続する7日間)

考察①

結果①から、電圧の変化は日射が大きく関係していることが考えられました。つまり、事前調査を行った通り、土壌表層では直接光を受けた光合成細菌が有機物を生産し、それを電流発生菌が分解することでより多く電子を放出していることが考えられました。また、土壌深度 2 cm の電圧の変化は土壌中に光が入りにくいと予想されることから、光合成細菌によるものではなく、稲の光合成によって作られた有機物が根から放出され、それを電流発生菌が分解し電子の放出をしているため、少し遅れて電圧が上昇・下降すると考えられました。

検証①

では、実際に光の強さがどの程度影響するかどうかを遮光ネットで遮光することによって確認しました。今度は同時に日射量を測定しながら行いました【図 7】。結果、遮光ネットで覆ってからは電圧の変化は小さくなりました。このことから、電圧の振幅は光の強さ、つまり光合成量(有機物量)に大きく依存していることがこの実験から明らかになりました。

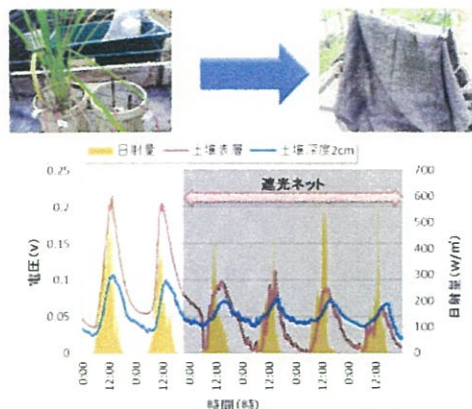


図7 遮光ネットで覆ったときの電圧の変化

結果および考察②

電圧の変化が光合成量によるものということを踏まえて、もう少し詳しく見てみることにしました。グラフはある一日の電圧の変化を表しています【図 8】。土壌表層では、日射量の増大に伴って電圧が上昇しているのに対して、土壌深度 2 cm ではそれに遅れて変化している様子

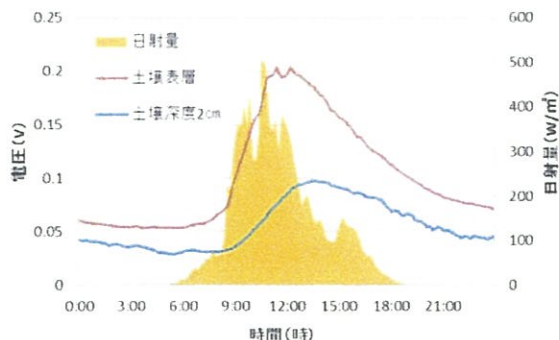


図8 一日の電圧の変化

はっきりとわかりました。つまり、土壌表層では直接光を受けた光合成細菌が即座に有機物を排出し、電流発生菌に電子を渡しているのに対して、土壌深度 2 cm では稲の光合成で作られた有機物が根っこに届くまで時間がかかるのでその分電圧の上昇が遅れるのではないかと予想し、考察①を含めた根っこから本当に有機物が排出されているかどうかを次の実験によって明らかにしました。

検証②

【図 9】の写真で示した通り、稲の光合成を阻止するために思い切って稲を根元からはさみで切ることになりました。その結果、考察した通り、土壌深度 2 cm では、日中電圧の変化がほとんどありませんでした。このことから、土壌深度 2 cm の変化が稲の光合成によるものということが決定的になりました。

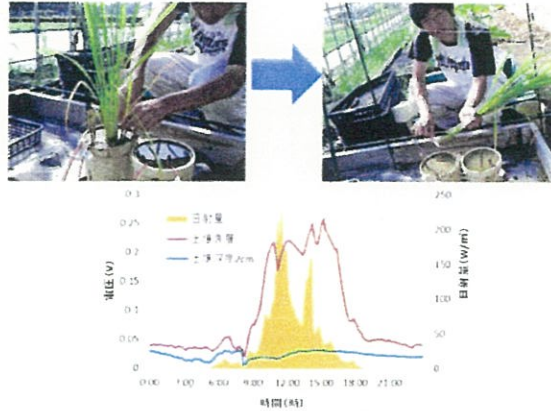


図9 稲を切った時の電圧の変化

検証③

最後に、土壌表層の変化が光合成細菌によるものかどうかの確認を行いました。土壌表層の変化が光合成細菌によるものかどうかを明らかにするためにアオコや雑草を生えにくくする除草剤を添加し、電圧の変化を確認しました。結果から、考察した通り、除草剤添加後の次の日は前日とほぼ同じ日射量に関わらず電圧の振幅は小さくなりました。つまり、除草剤添加によって光合成細菌による光合成量が少なくなったといえます。これで、土壌表層および土壌深度 2 cm の一日における電圧の変化の理由を証明できました。

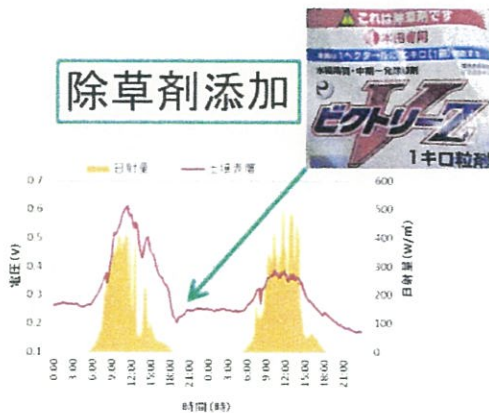


図9 除草剤を添加した時の電圧の変化

まとめと今後の課題

私たちは、原子力に代わる代替エネルギーを自分たちの力でなんとかできないかどうか考えの下、今回の実験を行いました。そして、まだまだ現実的とは言えませんが、原子力でもなく、化石燃料を多大に消費しながら作られる太陽電池を使うわけでもないとてもシンプルなシステムで電子を獲得することができました。また、これからの私たちももっと考えていかなければいけない自然との共生のしかた、素晴らしさをこの実験を通して実感することができました。今回の実験はまだ始まったばかりで、改良する点は多々あります。一つに電極素材の再検討です。今回は身近な素材を利用しましたが、それ以外にも効率よく電子が獲得できる素材があると思われます。今後はこの結果を踏まえてより多くの電子を獲得できる電極素材と検討してい

