

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 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。そんな思いを駆せながらこのプロジェクトを立ち上げました。これから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、稻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】。

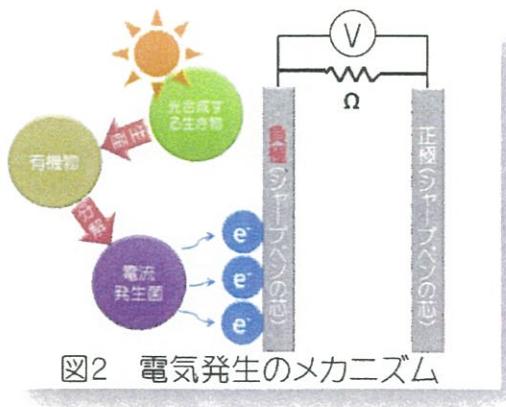


図2 電気発生のメカニズム

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

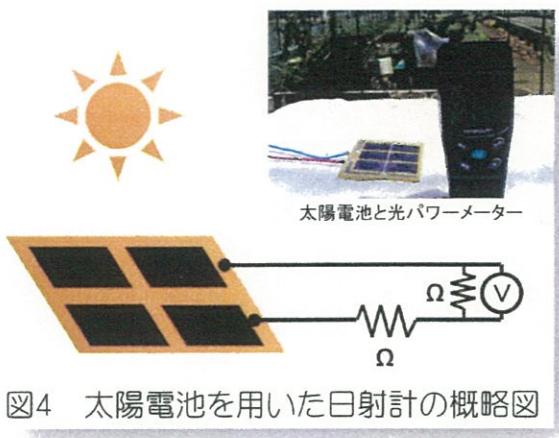


図4 太陽電池を用いた日射計の概略図

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。

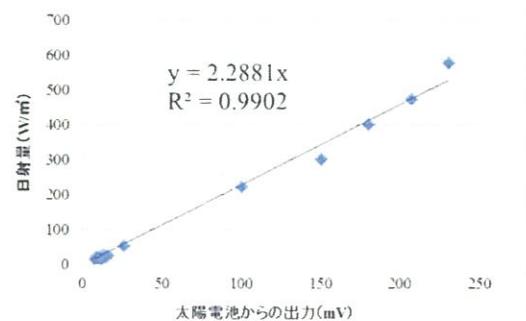


図5 太陽電池と光パワーメーターのキャリブレーション式

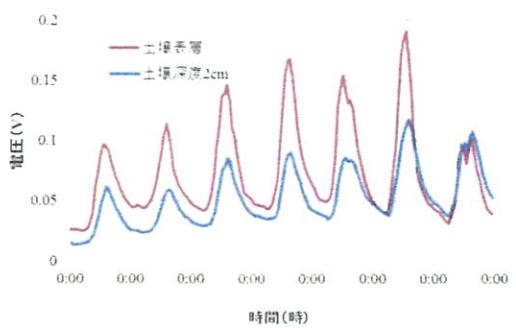


図6 10分毎の電圧の変化(連続する7日間)

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、土壤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、土壤深度 2 cm の電圧の変化は土壤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、稻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。

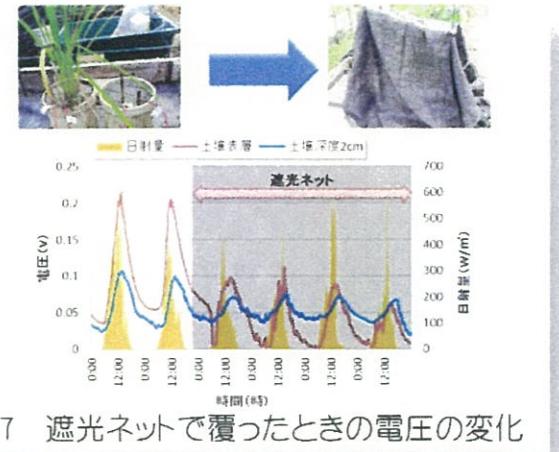


図7 遮光ネットで覆ったときの電圧の変化

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】。土壤表層では、日射量の増大に伴って電圧が上昇しているのに対して、土壤深度 2 cm ではそれに遅れて変化している様子がは

っきりとわかりました。つまり、土壤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、土壤深度 2 cm では稻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。

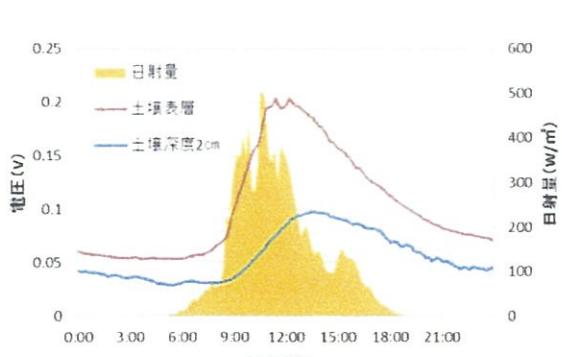


図8 一日の電圧の変化

検証②

【図9】の写真で示した通り、稻の光合成を阻止するために思い切って稻を根元からさみで切ることにしました。その結果、考察した通り、土壤深度 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、土壤深度 2 cmの変化が稻の光合成によるものということが決定的になりました。

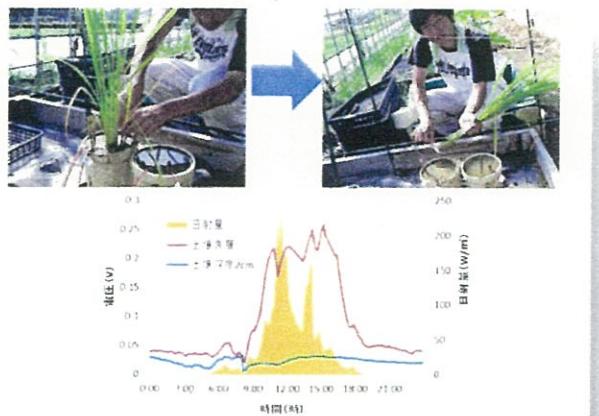


図9 稻を切った時の電圧の変化

検証③

最後に、土壤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。土壤表層の

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、土壤表層および土壤深度 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。

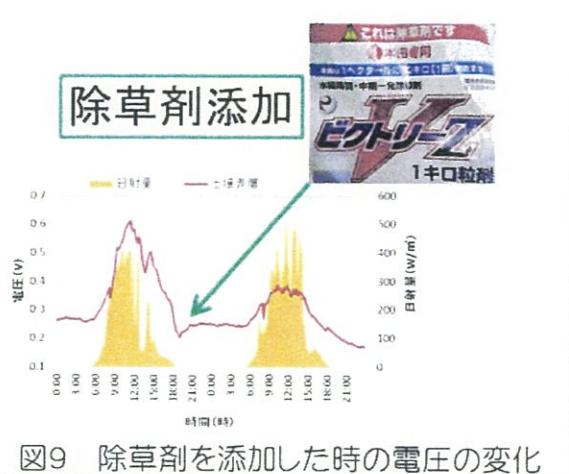


図9 除草剤を添加した時の電圧の変化

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し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、これから私たちが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

きたいと考えています。二つ目に、わが校の広大な水田圃場 12.3ha からどれだけ電気が取れるかどうかの見積りができなかったことです。今回の測定方法では、現象を追うことはできますが、正確な見積りはできません。正確な電気量を見積もるためには新たな手法、および年間を通じてのより多くのデータが必要になると思われます。今後はこれらの課題を克服しながら一歩ずつ確実にアプローチしていきたいと考えています。

未来予想

この研究の先には、【図 10】で示した二つの実用化が期待できると考えます。まず一つは繰り返しになりますが、コメの生産を行ながら副産物として電気を収穫し日常生活に使っていくことです。そしてそれによって水田の需要が増え、農家の高齢化が解消される可能性があります。また、田んぼを持つということは半自然のダムを持つということになります。つまり、自然環境を壊す大がかりなダムを建設するより、個人が水を確保できるようなシステムを持てばダムに頼る必要がありません。一家に一枚の田んぼが義務付けられるのも近い将来あるのではないでしょうか。二つ目は大学等すでに考えられている有機性廃棄物の処理としてこのシステムが使えないだろうかということです。使われないゴミを処理しながら電気を獲得するというシステムが構築されれば環境問題の一つを解決する大きな手立てとなるはずです。このような観点からもこの研究を進めなければと考えています。

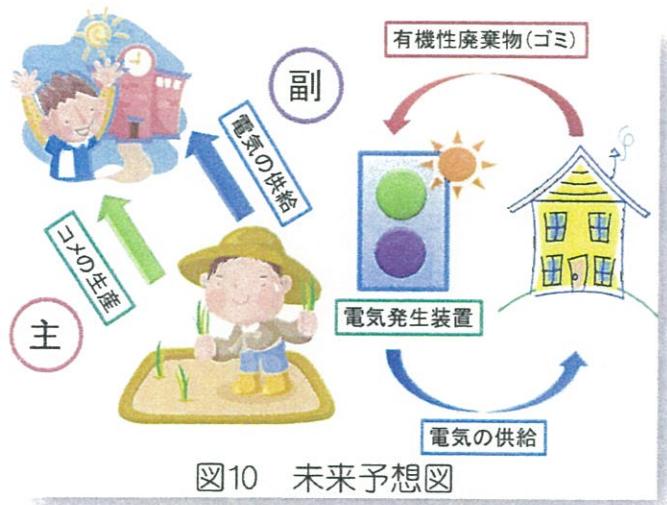


図10 未来予想図

おわりに

水田から電気を効率よく収穫するために最も大事なことは、生き物同士がお互いに助け合えるような自然豊かな水田生態系を形成していくことだと思いました。必要なものを必要なだけ分け合いながら生きていく、まさにこれから私たちの理想の生き方そのものが水田生態系に存在していることを実感しました。今回の結果は出力ゼロの時間帯があるためまだ社会の基盤電源にはなれませんが、今後優秀な蓄電システムが構築されれば、たちまち有力な基盤電源になるはずです。また、このシステムが構築されれば、電気のない国でも携帯電話やインターネットを利用し、電気エネルギーによる通信網を介して世界が一つにつながる可能性も十分にあります。このような見解は考えればきりがないですが、まずは最初に掲げた原子力ゼロシリオを目指すことを念頭に私たちにできることをこれからも行っていきたいと思います。