

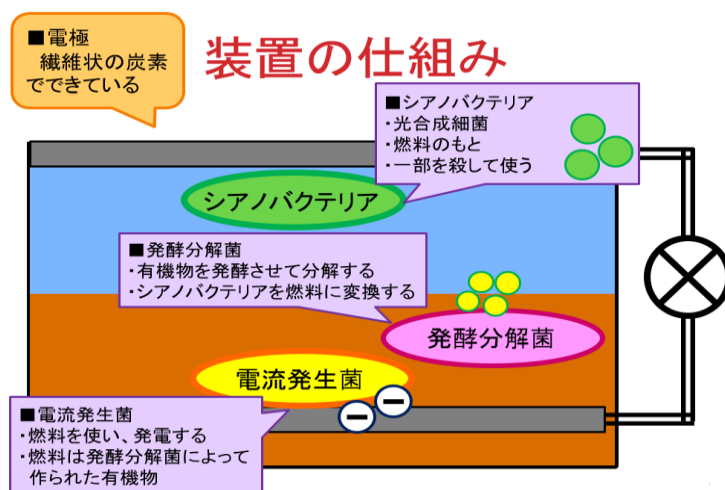
REHSE「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」
平成29年度 研究活動報告書

1. 背景

近年、化石燃料の枯渇や継続性、環境への影響が懸念され、エネルギーの需要量は年々増加し、とりわけ太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーが着目されている。それらに切り替える動きを世界が見せる中、私たちは微生物の力を借りた微生物燃料電池の作成を考えた。確かに、上記のような再生可能エネルギーの効率は良い。だが、コストや場所の確保、また2011年に起きた福島原発事故もあり、身近且つ持続可能、非常時にも対応することができるエネルギー源を確保する必要があると考えた。そのため、私たちは微生物燃料電池の研究を行うこととした。

前年度は微生物班、菌班、有機物班の3班に分かれてそれぞれ微生物燃料電池の実現に向けて最適な環境を調べた。結果としては、微生物班はシアノバクテリアの活動には限界があるのではないかということ、そして培養をするにあたって明暗のリズムはあまり関係しないことがわかった。菌班は自然の土からは十分な電力が得られないことがわかり、有機物班は水分量が多いほど養分が行き届きやすくグラフトフェルトをいれると行き届きにくいということがわかった。

本年度は、シアノバクテリア班と電流発生菌班にわかれたうえで、前年度の研究を踏まえより詳しい内容を調べることとプロトタイプを作成を目標に研究にあたった。



【図1】微生物燃料電池の仕組み

2. 目的

微生物燃料電池の作成に向けて、3種の生物が共存できる条件や最も効率よく発電を行える環境を調べる。

3. 活動の内容

3.1 見学

①日時：平成29年10月7日(土)

場所：東京薬科大学

見学の目的：電流発生菌をいただくこと

研究のアドバイスをいただくこと

3.2 その他の活動

平成29年11月15日の読売新聞の「新聞@スクール」で「高度な研究 大学と連携」というテーマで紹介された

4. 研究の成果

[シアノバクテリア班]

目的

シアノバクテリアがどのような状況でより活発に光合成を行うのかということ、また菌の量を一定にする方法を調べる。

実験 1

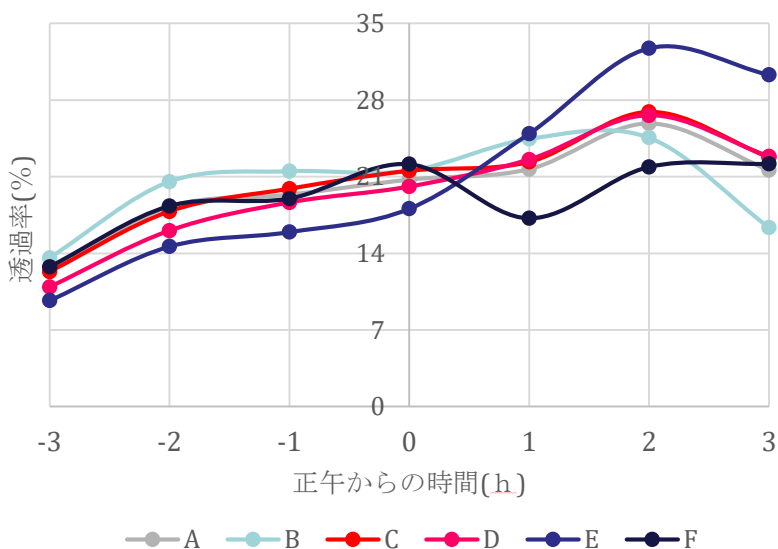
光の量と時間経過によるシアノバクテリア(※1)の菌の量の変化を調べた。

〈方法〉

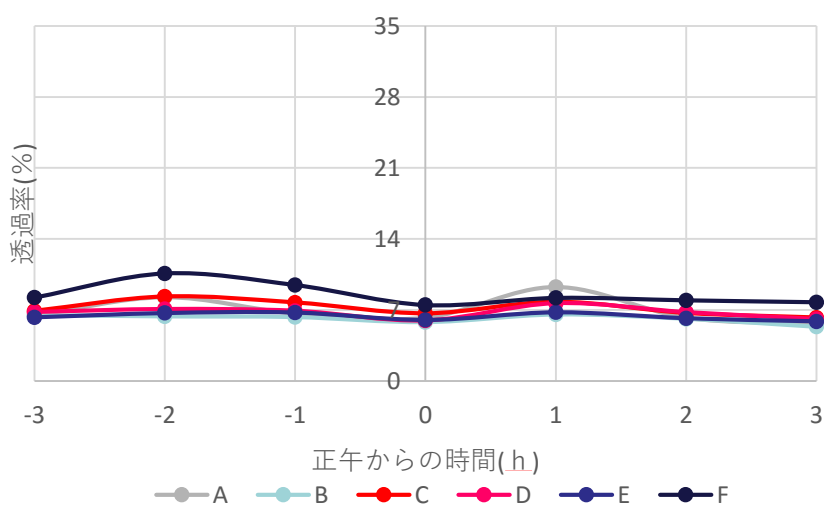
- ①液体培養したシアノバクテリアの入った試験管数本を混ぜた後、それを6本の試験管に分ける
- ②LEDの前(AB)、窓際(CD)、暗所(段ボールの中、EF)にそれぞれ2本ずつ設置し、9時から15時の間、1時間毎に分光光度計で計測する
- ③上記の実験を7/24から8/3の期間のうち8日間行う
*今回は1日に7回すべてのデータをとれた3日間のみ使用する

〈結果〉

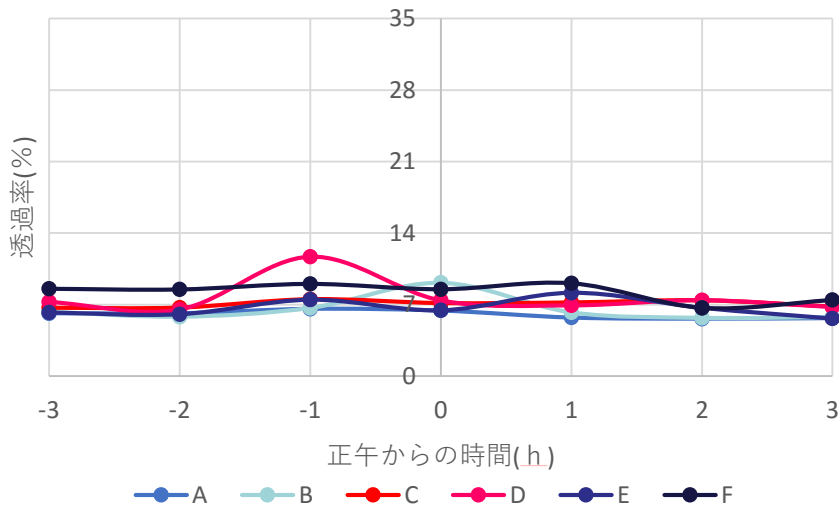
- ・グラフ横軸は0を正午12時とし、+1時間、2時間・・・と増える



【図2】7/25の透過率のグラフ



【図3】7/28の透過率のグラフ



【図4】8/1の透過率のグラフ

日にち	平均気温(°C)
7/25	29.4
7/28	26.8
8/1	26.3

【表1】平均気温

〈分析〉

透過率が上がったということはシアノバクテリアが減ったことを表し、透過率が下がったということはシアノバクテリアが増えたことを表すと考えられる。

〈考察〉

初日の値の変動が大きかった理由として考えられるものの一つ目は、培養し始めたばかりでシアノバクテリアが環境に順応しておらず安定していなかったことである。二つ目の理由として考えられるのは、気温である。25日のみ気温が高くシアノバクテリアに適した気温でなかった可能性がある。

実験2

光の色による菌の量の変化を調べた。

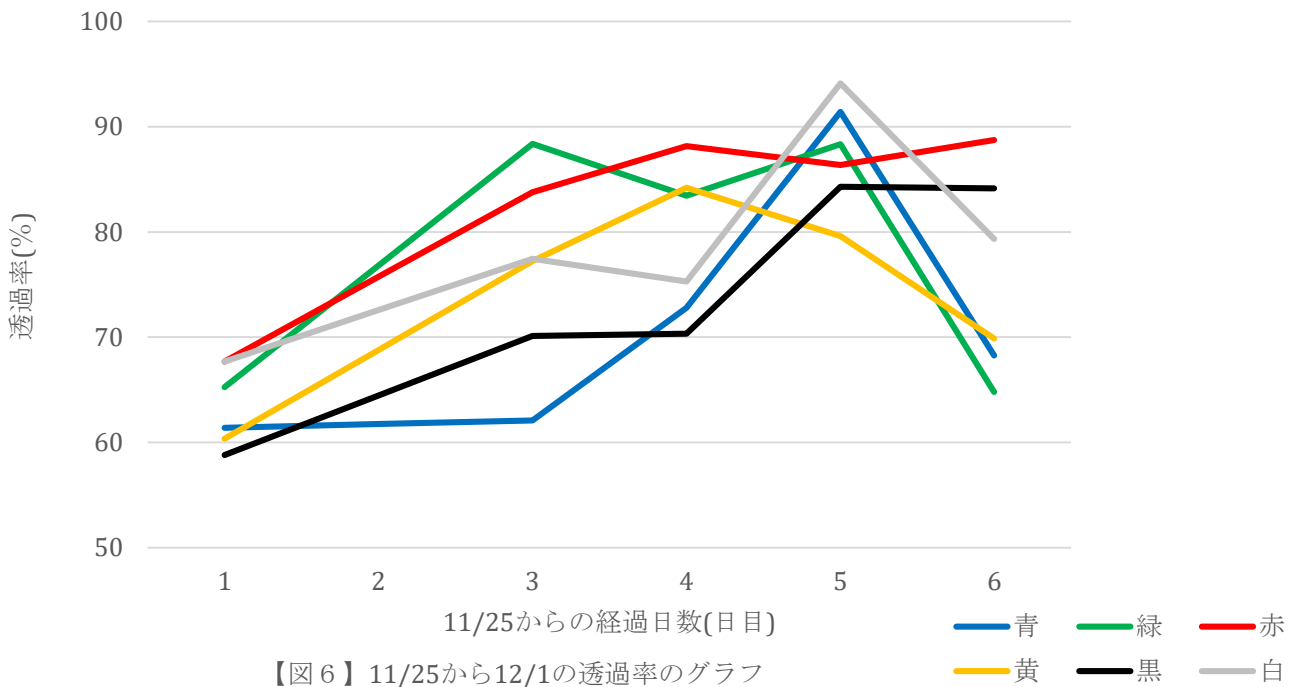
〈方法〉

- ①培養したシアノバクテリアの入った試験管数本を混ぜた後、6本の試験管に分ける
- ②黒い画用紙を内側に巻いたフィルムケースに、LEDライトがついたガラス容器に入れ蓋をする
*今回は赤・青・黄・緑・白・ライトなし(黒)の6種類で実験を行った
- ③LEDライトに電池をつなぎ、一箇所にとめて放置する
- ④11/25・28・29・30・12/1の15時頃に透過率を実験1と同様に測定した



【図5】実験の様子

〈結果〉



光を当てていなかったものが常に濃度が減り続けていたのは光合成をせず栄養を得られなかったためであると考えられる。また、赤色 LED を当てたものも減少傾向にある。

〈考察〉

黄色と緑色の光合成有効光量子束密度(※3)と透過率の変化の仕方が似ていることから、光合成には光合成有効光量子束密度が関係しているのではないかと考える。

また、赤い光を当てたシアノバクテリアの濃度が一番低くなっていることから、赤い色の光にはシアノバクテリアの活動を阻害する要因があると推測できる。

LED色	波長 nm	照度 lx	光合成有効光量子束密度(PPFD) M mol・m ⁻² ・s ⁻¹
青	455	434	50.26258717
緑	530	971	7.29411799
赤	680	1450	708.6192469
黄	585	950	8.317917822
黒	—	7	—
白	—	2370	—

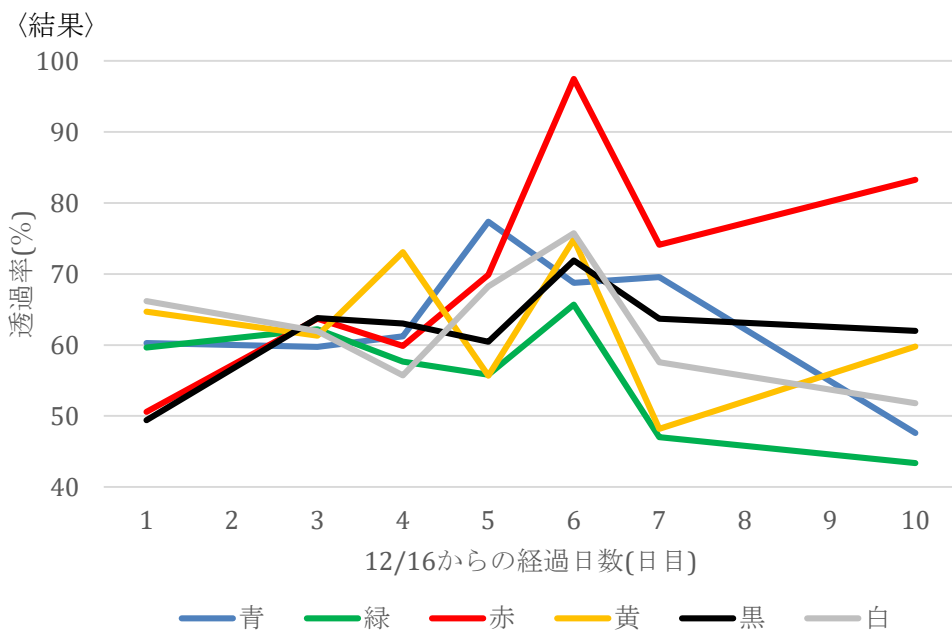
【表2】 光合成有効光量子束密度

実験 2-2

1 回目の実験のみでは傾向を読み取れなかったため同じ実験をもう一度行った。

〈方法〉

実験 1 と同様で 12 月 16 日から 12 月 25 日の 7 日間に行った。



【図7】12/16から12/25の透過率のグラフ

〈考察〉

赤色LEDをあてたシアノバクテリアが減少していくという点では1回目の実験と似ている。実際に赤色LEDで培養したものの写真を見てみると、ほかのものに比べて色がくすんでいる。このくすんでいるシアノバクテリアとくすんでいないシアノバクテリアを顕微鏡で観察してみたところ、一つ一つの中に含まれる緑色の割合が違うことがわかった。このことから、赤色LEDの培養液の色がくすんでいたのは、シアノバクテリア内の光合成色素がなくなっていたためであると考えられる。

ほかにも実験1と実験2を照らし合わせて見てみると、培養開始から5、6日目に全体的にシアノバクテリアの量が大きく変化することが読み取れる。この理由としては、培養液内の環境の変化や活動リズムが関係しているのではないかと思います。



【図8】培養液の写真



【図9, 10】顕微鏡で見たシアノバクテリア(左はくすんでいないもの、右はくすんでいるもの)

- ※1 シアノバクテリア…藍藻とも呼ばれる光合成細菌。
- ※2 透過率…どれくらい光を通したかを表す。
- ※3 光合成有効光子束密度…単位時間に単位面積を通過する光子のうち、光合成に有効な400nm～700nmまでの波長域の光子の数。

[電流発生菌班]

目的

電流発生菌(※4)がどのような状況でどれ位発電するのかを調べる。

実験観察

自作の装置を使って毎日電圧とpH(※5)をはかる。

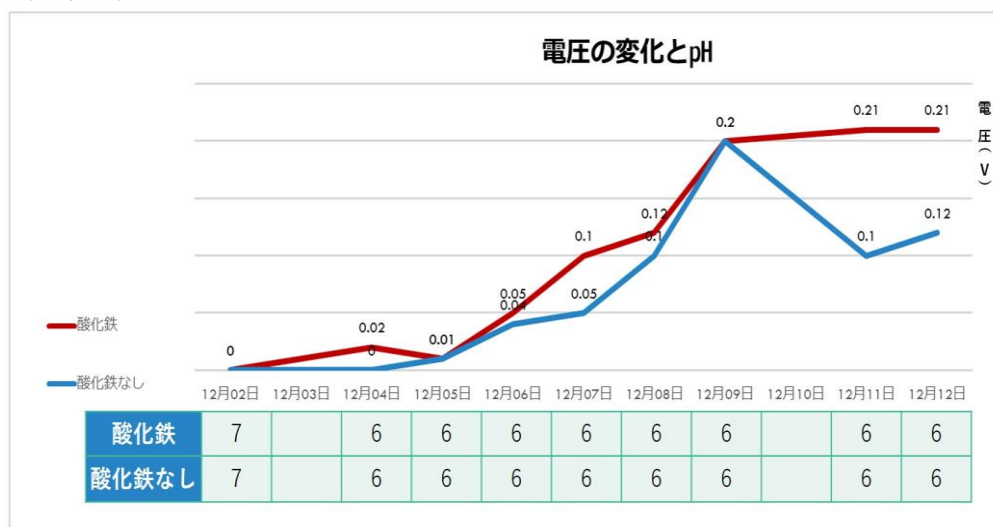
予備実験では嫌気性を高めることと電子を電極まで届けることが課題として見つかった。

実験1 →嫌気性を高めるため装置2つに赤玉土をいれ、電子を電極に届けるために酸化鉄を片方の土に混ぜた。

実験2 →嫌気性を高めれば高まるほど発電量も上がり、酸化鉄を入れたものと入れていないものの差も顕著になると仮定し、実験1の装置をさらに脱気したものを使って同様の実験をした。(写真)

結果

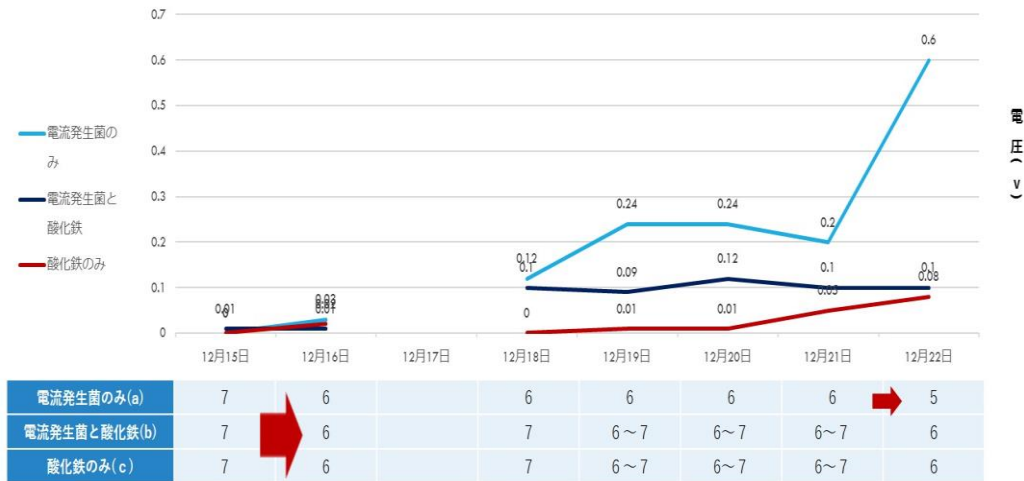
〈実験1〉



- ・ pHの値が最初に減少し、その後安定している。
- ・ 僅かな差ではあるが酸化鉄を入れたほうの電圧が大きい。

〈実験2〉

実験2 電圧とpH



- 全体的に $a > b > c$
- a は実験 1 とおおむね同じ数値だが、b は実験 1 と比べ後半の上昇がない。
- 溶存酸素量(12/22)
→電流発生菌のみを入れたもの(a)が 0.7、電流発生菌と酸化鉄を入れたもの(b)が 2.1、酸化鉄のみを入れたもの(c)は 0.8(mg/L)であった。
※普通の水だと 10.8mg/L

考察

- 実験 1 : ・土と酸化鉄を入れた環境での培養が最も発電に適しているのではないか。
・pHの値の変化から電流発生菌は同じ状況下であれば少なくとも1週間以上は発電量を保つことができしており、実験の数値に反映されていないだけである。
- 実験 2 : ・予想に反し、酸化鉄を入れたものの電圧が低くなってしまったのは、溶存酸素量の値から、脱気の仕方にばらつきがあったことが一因としてあげられる。
・他、酸化鉄を入れすぎて逆に電流が阻害された可能性や、菌体量に差があったなどの要因が考えられる。
・aの数値が後半実験1と比べても大きくなっている要因
→嫌気が十分だったことに加え、菌体量が多かったのではないかと

今後の課題

- 土や酸化鉄以外にも電圧をあげることができる物を探す。
- 脱気の回数を揃え、菌体量や酸化鉄の量にも注目して実験を行う。
- もっと長い期間観察を行い、その後の変化を観察する。

※4 電流発生菌…酸素がない状態であれば、二酸化炭素を出す代わりに電子を放出する菌である。今回の実験ではシュワネラ菌という菌を用いて実験を行った。

※5 pH…電流発生菌が電子(e^-)を発生させると同時に H^+ も発生し、pHが下がる。そのため、pHの値の変化で電流発生菌が活動しているかどうか知ることができる。

5. 研究成果の発表

- ①日時：平成29年5月15日（月） 14時00分～17時00分
発表の場：日本学術会議ワークショップ Future Earth と学校教育
：Co-design/Co-production をどう実現するか（Ⅱ）
発表題目：「持続可能な微生物燃料電池の開発」
発表形態：口頭発表
発表者名：河口 祐葵（2年）、田之畑 有紗（2年）、山本 愛琳（2年）
- ②日時：平成29年6月17日（土） 14時00分～16時30分
発表の場：第3回SSH理系女子生徒による研究発表交流会
発表題目：「持続可能な微生物燃料電池の開発」
発表形態：ポスター発表
発表者名：河口 祐葵（2年）、田之畑 有紗（2年）、水尾 愛（2年）、山本 愛琳（2年）
- ③日時：平成29年9月3日（日） 13時00分～17時00分
発表の場：日本学術会議主催学術フォーラム
中高生と考える『Future Earth と学校教育』
発表題目：「持続可能な微生物燃料電池の開発」
発表形態：口頭発表
発表者名：河口 祐葵（2年）
- ④日時：平成29年12月16日（土） 13時30分～16時45分
発表の場：日本生物工学会東日本支部 高校生セミナー
発表題目：「持続可能な微生物燃料電池の開発」
発表形態：ポスター発表
発表者名：河口 祐葵（2年）、小袖 靖二（2年）、水尾 愛（2年）、山本 愛琳（2年）
- ⑤日時：平成29年12月23日（土） 9時00分～16時00分
発表の場：東京都SSH指定校合同発表会
発表題目：「持続可能な微生物燃料電池の開発」
発表形態：ポスター発表
発表者名：河口 祐葵（2年）、小袖 靖二（2年）、水尾 愛（2年）、山本 愛琳（2年）
- ⑤日時：平成30年2月4日（日） 12時30分～16時20分
発表の場：第6回戸山サイエンスシンポジウム
発表題目：「持続可能な微生物燃料電池の開発」
発表形態：ポスター発表
発表者名：河口 祐葵（2年）、小袖 靖二（2年）、水尾 愛（2年）、山本 愛琳（2年）

6. 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

「環境安全とリスク」は、これからの地球の未来を担っていく私たち高校生が中心となって働きかけていかなければならないテーマである。しかしながら、行動に移す人はほとんどいない。それどころか、高校生はもちろんのこと、多くの人は日常生活を送っていく上でこのテーマについて考えたり議論したりする機会さえ少ない。だからこそ、まずは「環境安全とリスク」について考える機会を作っていくことが大切である。私たちがこのREHSEの支援を受けながら研究活動を行うことは、私たち自身がそれについて考えることができるだけでなく、私たちの周りの高校生や大人たちにも発信できる良い機会になるだろう。

実際に前年度からの研究をとおして、私たちと同じ考えを持つ同年代の人たちと交流でき、良い刺激となった。また、研究発表会に参加し積極的に意見交換をすることで「環境安全とリスク」について多くの人に考えていただきたい。

7. 今後の課題

発電装置の課題としては、発電効率が悪く実用化に必要な電力が得られない点と、長期間にわたって発電量を一定に保てていない点があげられる。今後の活動としては、2年生が中心となっていた研究を1年生に引き継ぐとともに、これまでの研究成果を統合し、微生物燃料電池の問題点を克服し開発に応用していく。

8. まとめ

本研究では、シアノバクテリアの光合成が活発になる条件や電流発生菌の発電が活発になる条件を見つけることができた。ただし発電効率や発電量を長期間保つことに課題は残っているため、今後の活動としては、2年生が主体的に進めてきた研究を1年生に引継ぎ、シアノバクテリア班と菌班の研究成果を生かして発電機の製作を行う。