

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30年度 研究活動報告書

風力発電とビオトープ

～ぐんまの空っ風をとらえて～

ぐんま国際アカデミー高等部
科学部

1. 研究の背景と目的

日本は災害大国と言われるほど、あらゆる自然災害が毎年日本を襲います。そして毎回の自然災害の際、「節電・節水」が呼びかけられ、被害が大きかった場所では、日常生活を送ることもままならなくなります。しかし、電気・水は日々生活する中で必要不可欠な資源であり、災害時にも恒常的に使える電力を確保することが、今求められているのではないかと思いました。ビオトープについては自然の生き物を自然の力で守るビオトープの仕組みに魅力を感じ、私たちの学校の生徒が日本の自然環境や生物多様性に触れ合い、理解を深められたらと思いました。

よって、私たちの研究の目的は、「風力発電機を用いた、災害リスクに対応できる非常電源システムの構築」より具体的には『「発電システムの構築」と「発電システムの恒常的な稼働確認を兼ねたビオトープポンプの運用条件の確立」が整えられた非常電源システムの構築』を目的として研究が始められました。

2. 活動の内容

2.1 見学

日時: 2018年9月22日(土)

場所: 東京理科大学 川村研究所

研究の目的: 風力発電班で東京理科大学の川村研究所にアドバイスをいただきに伺いました。これは、川村研究所に所属している学生が、私たちと似ている発電機の仕組みを取っていて、その論文に載っていた図に不明瞭な点があったため、アドバイスも兼ねてお話を聞きに行きました。

2.2 研究成果の発表

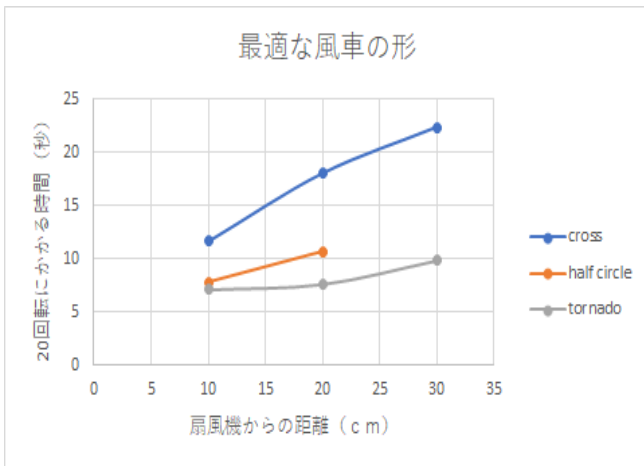
日時: 2018年12月23日(日)

発表の場: サイエンスキャッスル 関東大会

発表題目: 「ぐんまのからっ風に乗って太田に最適な風力発電機開発」

3. 研究の成果

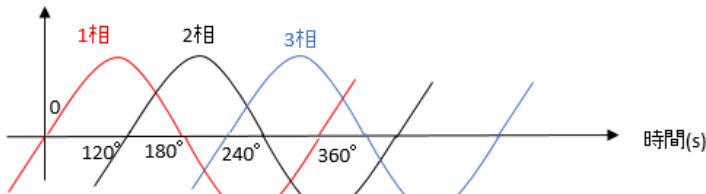
昨年度から東京理科大学様からの支援もあり、風力発電の製作、開発を始めました。今回、スペースを取らないという理由から、平行型ではなく垂直型風車の作成に取り掛かった。垂直型風車と一棹で言いつつも、たくさんの種類があるため、すぐに本物の羽の作成には取り掛からず、発泡スチロールや紙などを使った簡単で、小さい模型を作って実験を行いました。実験をする際には、微風でも羽が回転し始めるようにしたい、大きい風が吹いても風を逃がしやすいという要素を入れることを意識して型選びを行いました。例として、いくつかの種類風車を扇風機から決まった距離を取った時、20回転に何秒かかるかという実験を行いました。



様々な形の風力発電が20回転するために必要な時間/sec(それぞれ5回計測)

風車と扇風機の距離/cm	クロスフロー型	半円型	トルネード型
30cm	23.8	9.41	9.41
	20.9		11.0
	21.4		8.95
	20.5		10.9
	25.3		9.10
20cm	18.9	9.60	7.52
	17.8	9.34	7.63
	16.7	11.5	7.65
	18.9	12.3	6.88
	18.1	10.8	8.50
10cm	11.0	7.65	6.09
	12.2	6.94	6.61
	11.2	7.19	7.00
	13.2	9.71	7.19
	11.0	7.74	8.03

この実験によって、微風で一番回る型の選別などを行いました。また、強い風が吹いても勢いを相殺してくれる、揚力によってより速く回転する、などの理由から上下双方向回転型トルネード風車の作成に取り掛かりました。本体をなるべく軽くするために、羽の部分にはプラダンを用い、また、経費削減のため、羽は廃自転車ホイールなどを使い、固定しました。全体的な設定については、上下双方向させる羽を取り付けることで、風車本体や、アングルへの負担を小さくしました。発電機については、アングルに取り付けた自作の発電機を、プーリーなどを使って動かそうとしましたが、摩擦などによってエネルギーが無駄に消費されてしまったため、発電機の外付けは断念した。そこで、新しくディスク型の発電機の製作に取り掛かった。製作のしやすさ、風車本体への設置のしやすさを考慮し、コイルと磁石を逆方向に回すことで起こる電磁誘導の仕組みを使う、ディスク型発電機を製作しました。また、恒常的な発電が欲しかったため、コイルは三相交流の仕組みをとりました。



上図のように、三相交流のメリットとしては、発電量が0になる瞬間がないことがあげられます。最初、私たちは18個のコイル、18個の磁石を用いて発電機のシステムを構築しました。以下のように、2つ飛ばしではんだを用いて導線を接続し、この際コイルの向きを意識しながら行いました。



三相交流は、3つの単相交流を120°ずらしたものであるため、ちょうど120°の位置にあるコイルは違う単相交流のものでなくてはなりません。18個コイルを用いていた場合、120°の位置には同じ単相交流のコイルがきてしまっていて、三相交流の役割を持っていなかったため、私たちはコイルの数だけ15個に減らし、120°の角度には違う単相交流のコイルが来るよう設置しました。さらに、電力の出力に必要なスリップリングの製作も行いました。

これは、銅パイプ3つにコイルをはんだ付けし、樹脂版を切り抜いたものを絶縁体として製作したもので、簡単な作りではありますが、電力の出力は可能となりました。

今回、私たちは電流の計測までしかできませんでしたが、その計測の際は、交流電



流計とラズベリーパイをしようしたIoTの技術を駆使したセンサーを用いました。この装置はセンサーで風速や電流、電圧を測り、Wi-Fiを用いることでパソコン上からデータを取れる仕組みになっています。（今はそのサーバーの契約が終わり使用不可能）

実際に計測した結果、磁石とコイルの間の距離は10mmで0.01A程度、5mmで0.1A、5mm以下で最高0.4Aであることがわかりました。磁場は距離の二乗に比例して減衰するため、コイルと磁石の距離を極小にする必要があることに気づきました。コイルとディスクが触れるくらい接近させなければいけないので今後発電機の固定方法を熟慮していく必要があります。

また、このコイルと磁石から電磁誘導を発生させるために電動ドリルを用いたため、回転数は一分間に200回と、実際に風車として観測できる回転数よりはるかに多い値となっています。今回は、電流の確認が目的であったため、このような方法をとりましたが、現状のまま風車に取り付けると、ごくわずかの電流しか発生しないことになってしまいます。よって、今後、運動エネルギーがもっとも効果的に電気エネルギーに変わるような仕組みを考えていく必要があります。

層	電流 (A)
1	0.183
2	0.18
3	0.135

左図が、異なる単相交流で出力が認められた電流の平均値です。この図より、どの単相交流も同じような量の電流が流れていることがわかり、三相交流の仕組みがきちんとできていたら、出力は安定することがわかります。

4. 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

この度は、「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」様より支援していただき、とても有意義な研究をする機会をいただいたことに、感謝の気持ちでいっぱいです。

約2年間本活動を続けていますが、本事業に参加できたことで、ただ風力発電を製作する、ビオトープを製作するだけでなく、いかに私たちの活動・興味が環境安全に結びつくのかを改めて考える機会になりました。しかし、風力発電においては、回転数がとても多くても、発電される電流の量はわずかだったことから、日々私たちの生活を支えてくれている火力発電などの力の強さを改めて思い知らされました。

また、私たちの学校は工業高校ではないため、高度な工具や材料はありません。だから2年前からいかに身近にある廃品をリユースできるか、安い材料で済ませられるかを第一に考えて活動してきました。このような私たちの心がけは、「環境安全」という観点から見ても評価していただけたと思うので、これからも高度な技術ばかりに頼るのではなく、自分たちの想像力を働かせて工夫を凝らしていきたいと思えます。

本事業には、中間発表など、その時点までの成果と改善点などをグループ全員で考える機会もあったため、無計画さが一つの課題であった私たちも、より明確なビジョンを持って研究ができたと思っています。

5. 今後の課題

まず風力発電製作に関しては、ある程度の発電量を保ち安定させるために、発電機の磁石とコイルの構造を考察し直すこと、また発電した電気を蓄電できるように6Vの蓄電システムを確立することが、今後の課題としてあげられます。

ビオトープに関しては、限られた予算でビオトープの湖底に、しっかりと防水を行うことが大きな課題となっています。防水処理をベントナイトと土で混ぜる、水田から客土を行う、天然の粘土を掘り利用するなどの工夫をし、持続可能な防水処置を確立していきたいと思えます。

6. まとめ

本研究課題では、それぞれのグループに分かれて二つの活動を同時進行させるプロジェクトマネジメントを行いました。当初、盛り込みすぎで二つの目標を達成できるかどうか危ぶまれたこともありましたが、現在の所どちらのグループも非常に活発に活動しており、それぞれの成果が出ています。これまでに風力発電製作班は発電機的设计、ビオトープ班は全体デザインの確立を達成しました。今後、最終的に二つのプロジェクトが統合された「発電システムの恒常的な稼働確認を兼ねたビオトープポンプの運用条件の確立」を行い、非常電源システムの構築を行うことを目指していきます。