

ハイブリッド（風力・太陽光）発電方式融雪システムとペットボトルリサイクルの断熱システムの融合

秋田県立秋田工業高等学校
工業化学科 化学同好会

1. はじめに

戦後、日本は石油資源利用と共に発展してきたと言える。その反面、大量生産・消費を繰り返し、四日市ぜんそく等の公害病に始まり、近年では、地球温暖化等環境破壊が問題となっている。そして、石油資源枯渇が囁かれており、それに代わるクリーンエネルギーということで風力、太陽光、燃料電池等が注目を浴びている。また、同時にゴミの分別、環境リサイクル等あらゆる物を消費するだけでなく循環させる取り組みが、世界各国で盛んに行われている。

このような時代背景を受け、化学同好会は「クリーンエネルギー」、「環境の3R(Reuse, Reduce, Recycle)」をキーワードとした環境に関する研究課題を模索し取り組んだ。本研究が、環境問題解決に少しでも役立てればと期待している。

2. 研究背景

(1) ハイブリッド発電と融雪

秋田県沿岸部には風力発電システムが多数設置され、また、大潟村はワールドソーラーカーラリー大会のメッカとなっている。そんなことから本県は、風力とソーラーのハイブリッド方式でエネルギーを得ることが可能な地域であると言える。一方、内陸部は豪雪地帯であり、冬期間の除雪、自動車スリップ事

故等、雪害（公害）に悩まされている現状である。以上のことから、風力とソーラーのハイブリッド方式発電をエネルギー源とした融雪システムがつかれないものかと考えたのが、この研究の発端である。

(2) ペットボトルのリサイクル研究

最近、リサイクルに関する研究が多々行われているが、「ペットボトルから再生繊維をつくる」という研究報告に興味を抱いた。実際、その通り試みたが、我々の技量不足で結果が思わしくなく、「誰でも、綺麗に」をキーワードに、もっと容易な方法を確立しようと、13年度から工業化学科3年生が課題研究で取り組んできた。取り出した繊維を、工業高校らしく「断熱材」として有効利用させようと研究を進め、さらに暖房もしくは冷房に発展させ、その電力をハイブリッド発電から得ることに結びつけた。

(3) クラスでのチャレンジ

本校は、ラグビーをはじめ駅伝、野球等全国で活躍する部活動が多く、今年度の創立100周年を飾ろうと各部とも頑張っている。工業化学科3年生も、さまざまな部活で中心選手として全国大会を目指しており、活気溢れるクラスである。上述のペットボトルの研究は、多数のペットボトルや空缶を必要とし、我々だけで収集するのは困難である。そこで、

化学同好会からクラスに呼びかけ、皆で集めたペットボトルや空缶で研究すれば、学校祭、運動会等の学校行事とはまたひと味違うクラス全員での達成感を味わうことができると考えた。

(4) 産業財産権教育

本校は「産業財産権教育実験協力校」として、さまざまな形で産業財産権に触れてきている。昨年度は「秋工パテントコンテスト」を行った。この研究でも特許取得を目指している。

3. 本研究のテーマ

研究背景を受け、以下の三つを融合させることを目的として取り組んだ。

- a. 風力とソーラーのハイブリッド発電の研究
- b. ペットボトルの繊維化に関する研究
- c. ペットボトル繊維を断熱材とし電力をハイブリッド発電から得る融雪システムの開発

具体的には、ペットボトルのリサイクル品である繊維を融雪システムの断熱材として再利用し、そのエネルギー源をハイブリッド発電から得るというものである。また、学校規模での成果につなげること、特許取得を目指すことも視野に入れている。



4. 研究報告

(1) ハイブリッド発電の研究

研究背景を受け、小規模ながらハイブリッド発電システム製作にチャレンジした。

①ハイブリッド（風力・ソーラー）発電機の設置

準備した風力発電機はゼファー製Z 500L、ソーラー発電は、本校ソーラーカーチームからソーラパネルを譲り受け製作した。設置場所、安全基準や強度、太陽の入射角度、冬期間の降雪対策等工夫を凝らしながら設置していった。このシステムの発電量は表1のとおりである。

表1 発電能力

風力発電機	定格450Wh (定格風速12.5m/s時)
ソーラー発電	1枚48Wh 3直2並列288Wh
合計発電能力	738Wh

②実際の発電量

図1は昨年5月の発電量であるが、このシステムはソーラーによるところが大きいことがわかった。次に、特異日として図2,3を

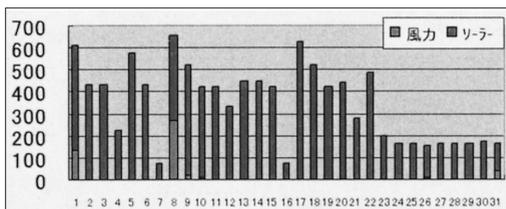


図1 2003年5月の発電量

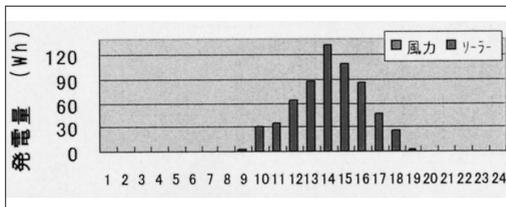


図2 2003.5.17発電量(晴) 平均風速1.5m/s

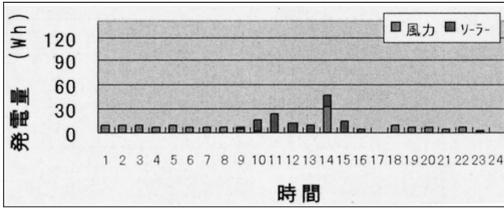
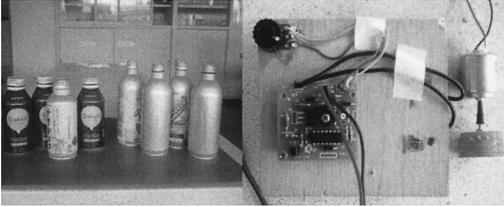


図3 2003.10.24発電量(曇) 平均風速6.9m/s



キャップ付きアルミ缶ボトル モーターコントローラ部
図 4

見ると、晴れた日はソーラー発電量が多く、平均風速が3.0mを超えると風力発電量が多くなることがわかった。

(2) ペットボトルリサイクルの研究

一昨年度までの研究で、ペットボトルリサイクルとして繊維化する方法はある程度確立していたが、昨年度からは繊維化する過程での科学的根拠、合理的に繊維化する方法について研究した。

①実験準備

初めにペットボトルは 1cm^2 以下のチップに裁断した。それを溶解し繊維化するための反応器として「キャップ付きアルミ缶ボトル」に着目し、410, 500mlを中心に集め、繊維取り出し口としての穴をドリルで開けた。次にモーター回転数を制御するコントローラを製作し、それにモーターをつなぎ、直径2mmの虫ゴムでアルミ缶ボトルのキャップに直結させ、安全上キャップが高速回転で緩むことのないように右回転とした。これにより、下部の缶を次々と取り

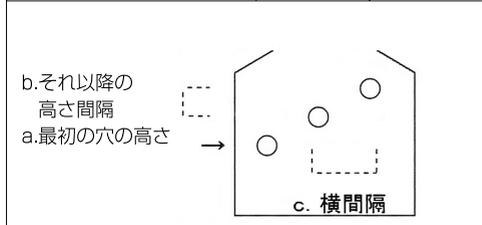
替えることが可能となった。加熱装置にはホットプレート(300,600W)を用い、熱効率を考慮し、アルミ缶ボトルとホットプレートの直径に合わせ、ステンレス板で円錐状の囲いを製作した。最後に、放出した繊維を受け止めるボックス(80×80×100cm)を段ボールで製作した。

②穴の位置

一昨年までの研究は500ml缶で行っていたが、学校内の自動販売機でこの種類の商品が撤去され、それに代わり410ml缶の種類の商品が置かれるようになった。最初500ml缶と同様の穴の位置で410ml缶の実験を行っていたが、缶の直径、高さ、重量の違いで同様な結

表3 アルミ缶ボトルの穴の位置

各項目	500ml缶	410ml缶
缶の直径(cm)	6.5	6.6
缶の高さ(cm)	19.5	16.3
缶口直径(cm)	2.0	3.0
缶重量(g)キャップなし	23.4	21.6
a.最初の穴の高さ(cm)	底から6.0	底から6.0
b.それ以降の高さ間隔(cm)	1.0	0.8
c.横間隔(cm)	4.0	5.0
d.穴数	五つ	五つ
e.穴の大きさ(cm)	1.8	2.0



果が得られないことから、410ml缶用の穴の位置を決定することから始めた。表3には、500, 410ml缶それぞれのデータを示す。

③加熱方法

綺麗で均一な繊維を放出させるために、時間、ワット数等さまざまな要因が影響を与え

るものと考えられる。誰でも同じように繊維が出せるように、最適な方法を研究した。ペットボトルの融点は254 であることから、繊維放出は260 以上で行うことにした。試行錯誤の結果、表4 のようになった。この方法で行うと、260 に約15分で達し、白く綺

表4 最適な加熱方法

- ① 缶にフタをして600Wで加熱開始
 - ② 120～130 で煙が生じる
 - ③ 200 でフタを外し、300Wにする
(フタを外すのは急激な温度上昇をさせると繊維化せず、液体で放出するのを防ぐためと、煙が缶内にこもると繊維が着色するため)
 - ④ 缶とコントローラをつなぎ、繊維を放出させる
- 注：チップが均一に溶解するよう、時々振りながら行う

表5 データ化した数値

1. 繊維量...放出された繊維のみの重量
 2. 総放出量...放出された繊維と蒸発分及び繊維化できず液体として放出されたもののトータル
 3. 転化率..総放出量に対する繊維量の割合
- $$\text{転化率 (\%)} = \frac{\text{繊維量}}{\text{総放出量}} \times 100$$

麗な繊維が放出されることがわかった。

④繊維放出実験

最も効率の良い繊維放出方法を導くために、温度及びチップ量による繊維放出量を測定し、転化率を表5 から求めた。図4 はチップ量を統一して温度と繊維放出量及び転化率の関係を示したものであるが、どちらの缶も280 の時、最も転化率が高いことがわかった。次に図5 は280 でのチップ量と繊維放出量及び転化率の関係を示したものであるが、500ml缶ではチップ量50g、410ml缶ではチップ量70gの時、転化率が最も高いことがわかった。このチップ量の違いは、缶の重量が表3 を見ても410ml缶が約1割軽いことが要因と考えられる。また、チップ量をさらに増加させると転化率が減少するが、重量増加によるモータ回転数低下が原因と考えられる。チップ量に対してモータを変えることにより結果が違ったものとなることが予測でき、モータの回転数の影響は今後の課題である。

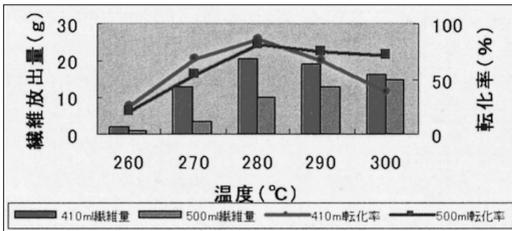


図4 PETの繊維化 - 温度による効果

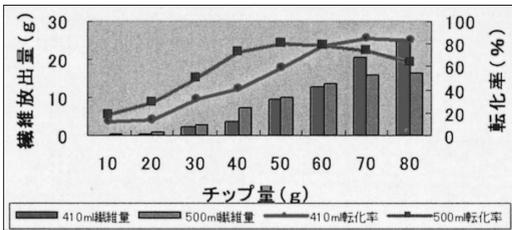


図5 PET繊維化 - チップ量による効果

(3) 融雪システムの開発

ハイブリッド発電をエネルギー源としてペットボトルリサイクル研究で生成した繊維を、断熱材として有効利用するため研究を進めた。

①実験準備

融雪システム試作器 (47×38×9cm) を製作するに際し、材料として合板、アクリル板、ステンレス板を準備した。また電熱線は中古電気毛布から取り出し、蓄熱材はレンガを用いた。

②試作器の製作

合板を長方形に切断し土台として、その端に沿ってアクリル板を接着した。また保温効果を高めるためその内

側にアクリル板を1cm離して接着させ2重構造とした。その間は空気層とした。最後に、土台と同じ大きさの合板でフタをして、その上にステンレス板をのせた。

③試作器に配置してのレンガの蓄熱効果

図6のように試作器上に9個のレンガを配置し、レンガ番号1から順に9まで電熱線を巻き付けていった。9個のレンガが密集していることもあり、それぞれのレンガの温度が、40 くらいまで上昇することがわかった。

④繊維の保温効果実験

初め試作器の効率的な加熱時間を調べた

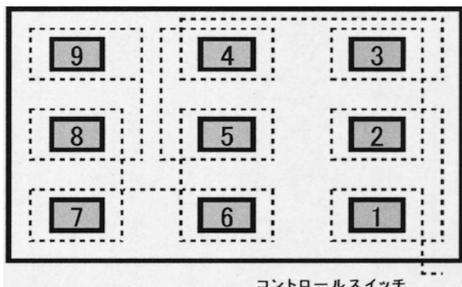


図6 試作器上のレンガの配置図

表6 試作器内部の条件

条件	表記
①繊維を詰めた状態	繊維のみ
②繊維を詰めない状態	なし
③試作器内部にアルミホイルを敷き繊維を詰めた状態	繊維+アルミホイル
④試作器内部にアルミホイルを敷き繊維を詰めない状態	アルミホイルのみ

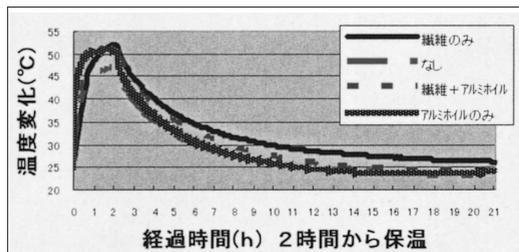


図7 2時間加熱の内部保温効果

が、1時間加熱では47 までしか上昇しないのに対し、2時間では50 以上まで上昇し、それ以後加熱を続けても変化がみられず、効率的な加熱時間は2時間と設定した。

次に繊維の断熱材としての保温効果を調べるため、内部と表面に温度計を設置し、表6に示す四つの条件で、2時間加熱後保温したときの温度変化を測定した。図7は試作器内部の温度変化を示しているが、保温効果をみると「繊維のみ」が最も高温を保持していることがわかった。また、試作器表面でも同様な結果が得られた。伝熱効果を期待して、試作器内にアルミホイルを敷いてみたが、加熱の際は効果があるものの、保温には放熱しやすいことが原因で適さないことがわかった。

以上のことから、「なし」と「繊維のみ」では保温効果に平均3.5 の差が生じることから、ペットボトルの繊維は断熱材として利用でき、この試作器は融雪可能であると考えられる。

5. まとめ

(1) 研究結果から

初めにハイブリッド発電をエネルギー源とする研究は、天候、バッテリー容量等にかなり影響を受けるものの、今回のような規模においては十分その機能を果たすことがわかった。

次にペットボトルの繊維化の研究は、「誰でも、綺麗に」をキーワードに進めてきたが、過去3年間のデータも整理され、実際、確立した方法で化学同好会以外の生徒が試みても同様の結果が得られた。

また、その繊維を融雪システムの断熱材として有効利用する研究では、保温効果がみられ、十分可能なシステムと考えられる。

いずれ、この一連の研究は、小規模ではあるが融合が可能であったといえる。

(2) クラスでの成果

この研究はペットボトルと空缶が大量に必要だと、クラス全体に協力を呼びかけたところ、競ってキャップ付きのジュースやペットボトルジュースを購入するようになり、合わせてゴミの分別がきちんとなされるようになった。またコンビニでアルバイトをしている生徒は、店長も巻き込み空缶を集めたというエピソードもある。この研究自体は、化学同好会が行ったが、他の生徒の協力によるところが大きい。他の生徒の寄せる期待も大きく、メンバーは感謝の気持ちを持ちつつ、張り切って研究ができた。缶やペットボトルを集めるという簡単なことから、クラスのチームワークが育成されたといえる。

(3) 学校全体での取り組み

融雪システムは、ロードヒーティング等で使用する場合、さまざまな知識が必要で、工業化学科だけではなかなかできないことが予測される。そこで、図8に示すように、この

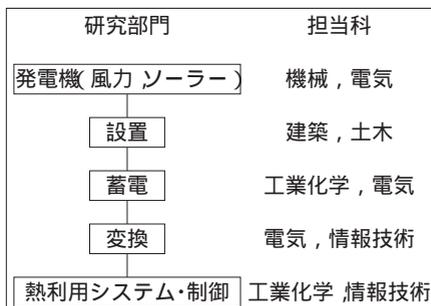


図8 将来的構想

表7 今後の課題

ハイブリッド発電	月毎, 年毎のデータ
ペットボトルリサイクル	モータの回転数の制御 安全性(引火点の上昇)
融雪システム	高気密・高断熱 冷却システムへの発展

システムの将来的な構想を考えてみた。本校は7学科あり、各科目得意な分野分担して行うことで、学校全体で取り組み、「ものづくり」の成果をあげることが可能と思われる。

(4) 今後の課題

課題を記述した。いずれ、更に発展させることも含め継続的に研究を行っていきたい。

続 資料日本工業教育史

定価4200円

小林一也/浅岡廣一/岩本宗治/佐藤義雄/松林巧/三浦基弘/山下省蔵
国際化・情報科・少子高齢化などが教育の現場に大きな変化をもたらした
平成期以降の工業教育をまとめ、さらに今後の展望も収録