

第2回 インフラマネジメントテクノロジーコンテスト 最優秀賞受賞

あつまれ！ グンマの風

～風レンズを用いた垂直軸型風車による高効率発電～

群馬工業高等専門学校 機械工学科 流体研究室 准教授 やぐち ひさお
矢口 久雄

1. はじめに

このたび、インフラマネジメントテクノロジーコンテスト 2021 にて、群馬工業高等専門学校(以下、「本校」という)のチーム「あつまれ！ グンマの風」が提案した、風レンズを用いた垂直軸型風車による高効率発電が最優秀賞をいただきましたこと、指導教員として大変驚くとともに、学生たちの取り組みを高く評価いただいたことを心よりうれしく思っております。応援いただいた皆さまやコンテストの関係各位に、この場をお借りして、心より感謝申し上げます。

当該コンテストには土木系や建設系のチームが多く参加しておられ、機械系のそれも専攻科生を中心とする私たちのチームはやや異色の存在であったように思えます。本チームは、本校専攻科生産システム工学専攻の2年生2名、1年生4名、本科機械工学科の5年生2名からなる8名のチームです(学年は受賞時のもの)。チームリーダーは専攻科1年生の清水敬太君(写真-1)が務め、動画作成やプレゼンなど、あらゆる面でリーダーシップを発揮してくれました。

ちなみに、前述の専攻科はあまり一般には知られていないかもしれませんが、高専において5年制の本科の後に設けられた2年制の専門教育課程です。専攻科修了時には独立行政法人大学改革支



写真-1 チームリーダーの清水敬太君

援・学位授与機構の審査を経て、一般的な4年制の大学卒業に相当する「学士」の学位が授与されます。本校では専攻科の人气が高く、毎年、専攻科受験に勝ち抜いた優秀な学生たちが、専攻科生として学んでおります。

本稿では、本提案内容の概要について、ご紹介させていただきます。

2. 問題意識と着想

温室効果ガスの排出削減に向けて、再生可能エネルギー利用の動きが世界的に加速する中、日本では政府が掲げるグリーン成長戦略の重要分野のひとつである洋上風力発電に関連したビジネスが急速に拡大しています。政府は、2050年までに

温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指しており¹⁾、洋上風力発電は再生可能エネルギー利用の切り札とも目されています。すでに、洋上風力発電プロジェクトの入札において、大手商社をはじめとする企業連合がしのぎを削っており、その動きは国内外から大きな注目を集めています。

しかし、群馬県などの内陸県は、このような洋上風力発電の動きから完全に取り残されています。「このままで良いのか」という危機感が本提案の根底にある問題意識です。もちろん、内陸県でも風力発電は可能ですが、発電効率の高い大型プロペラ風車を陸上に設置した場合には、周辺地域への低周波騒音や景観破壊などの問題が発生します。

また、そもそも大型プロペラ風車は導入や維持管理のコストが非常に大きく、それらを回収できるだけの安定した発電量の確保が必須です。残念ながら、群馬県は「からっ風」で有名な強風地域であるにもかかわらず、その不安定な風速や風向が妨げとなり、これまでに商業的成功を収めた風力発電事業は皆無です。

ゲンマを愛する学生たちは、その「からっ風」を地域の資源と位置づけ、それを活かした風力発電を実現できないかと模索しました。その結果、本提案の小型垂直軸型風車と風レンズの組み合わせによる高効率発電という着想に至りました。垂直軸型風車とは、図-1に示すように、風車の軸が風の流れに対して垂直になっている風車の総称です²⁾。

垂直軸型風車にはサボニウス型、クロスフロー型、直線翼型、ダリウス型などのさまざまなタイプが知られています。小型の垂直軸型風車は構造がシンプルであることから、導入や維持管理にかかるコストを大型プロペラ風車よりも大幅に抑えることができます。

しかし、垂直軸型風車はプロペラ型風車よりも発電効率が低いという致命的な欠点があり、既存の垂直軸型風車の多くは、ショッピングモールや学校などのモニュメントといった教育用設備とし

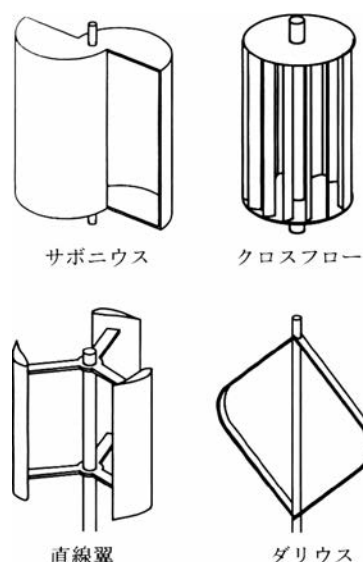


図-1 垂直軸型風車の代表的な形式²⁾

での役割にとどまっているのが現状です。垂直軸型風車の利点を最大限に活用するためには、発電効率の低さを克服することが不可欠です。

発電効率を向上させる技術としては、風車に集風装置を取り付ける方法が古くから知られており²⁾、特にディフューザ（拡放管）を取り付けた風車はDAWT（Diffuser-Augmented Wind Turbine）などと呼ばれています³⁾。国内では九州大学の大屋ら^{4),5)}のグループが、つば付きディフューザを「風レンズ」と呼称して、当該分野の研究をリードしてきました。

本提案では、小型の垂直軸型風車に最適化された風レンズの研究開発に取り組みます。これまでのDAWTや風レンズ風車はプロペラ型を対象としているものがほとんどである中、垂直軸型風車を対象に社会実装を目指す点が本提案の特徴です。風レンズを用いることで小型垂直軸型風車の発電効率を実用レベルにまで改善し、災害時の非常用電源や山間部などでの独立電源としての活用を目指します。

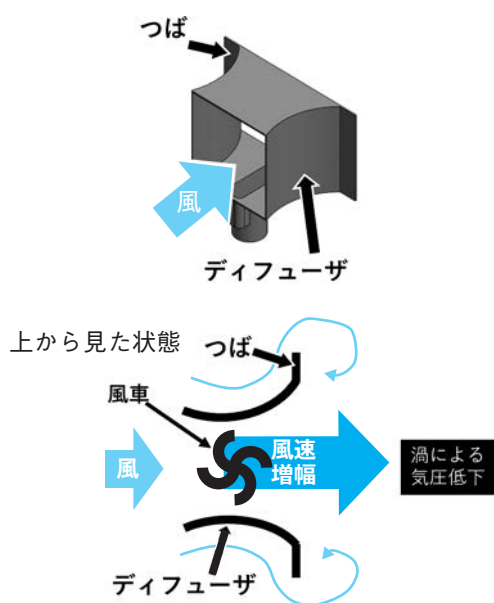
当然ながら、洋上風力発電のスケールには及びませんが、群馬県の「からっ風」を再生可能エネルギーとして積極的に活用する地域性に、本提案の独創性が現れています。また、本提案はカーボンニュートラルに向けた小さな一歩でもあり、SDGsの中では目標7, 9, 13に対応します。

3. これまでの取り組みの概要

図－２に示すように、風レンズはディフューザ（拡大管）部分と後方のつば部分からなり、レンズ後方に発生させた渦によって気圧を低下させ、前方から流れを引き込むことにより、風車に当たる風速を増幅するしくみです。形状として興味深いのは、風を取り込む入口側の流路断面積が狭く、出口側に向かって広がっていくという点です。風レンズを初めてご覧になる方は、むしろ逆向きの流れを想像することが多いようで、このような部分にも流体力学の奥深さが現れているように思います。

また、つばの部分は後方の渦発生に重要な役割を担っていますが、これはちょうど、自動車レースなどでウイングに用いられるガーニーフラップと呼ばれるＬ字型の空力部品と類似した効果を与えているものと考えられます。

写真－２は、３Ｄプリンタを用いて試作した小型垂直軸型風車用の風レンズです。ここでは、風レンズ内の様子が分かるように、上面を外した状態にしています（実際は上面がふさがった状態で使用します）。また、垂直軸型風車を取り付けるイメージが分かるように、市販品の風車模型を取

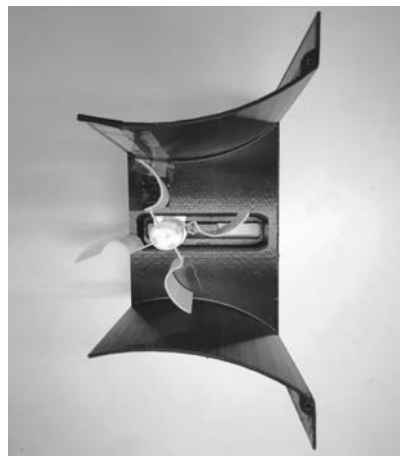


図－２ 風レンズの模式図と風速増幅のしくみ

り付けてあります。

風洞と呼ばれる任意の風速の気流を作り出すことのできる実験装置の中に風レンズを設置して、実際に風速の増幅効果がどの程度まで見込まれるのかを実験で検証しました（写真－３）。

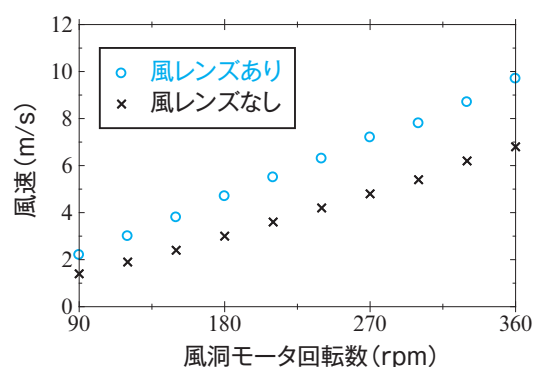
図－３は風洞実験で得られた風レンズの風速増幅効果に関する結果のグラフで、ここから風レン



写真－２ 3Dプリンタによる風レンズの試作品
※上から見た状態



写真－３ 風洞で実験する学生たち



図－３ 風レンズの風速増幅効果

ズの有効性が確認できます。ここで、縦軸は風速、横軸は風洞のモータ回転数を表しており、風レンズなしの場合の風速と、風レンズを設置した場合の風レンズ内部の風速を比較しています。

モータ回転数の上昇とともに、風速も上昇していきますが、風レンズなしの場合よりも、風レンズありの場合の方が風速が大きいことがわかります。特に、モータ回転数 360 rpm では、風速 6.8 m/s の気流を 1.4 倍の 9.7 m/s に増幅することに成功しました。風のエネルギーは風速の 3 乗に比例するため、発電量としては 3 倍近い増幅効果になります。

また、本提案の風レンズは、流体力学的な作用により、自動的に風上方向を向くようになっていることも大きな優位性といえます。このような特性は、風見鶏効果もしくはパッシブヨー制御などと呼ばれており、風車の重要な特性のひとつです。一般に、垂直軸型風車は無指向性の風車（どの方向からの風にも対応できること）として知られていますが、風レンズを取り付けた場合にも、そのような長所を損なうことはありません。

これに対して、よく知られているプロペラ型風車には指向性があり、ダウンウインド方式などの一部の方式を除いて、一般的な大型プロペラ型風車では、風向きに応じて風車の向きを制御しなければなりません。

4. おわりに

ゲンマの「からっ風」を攻略したいという学生たちの熱い想いから、地域に寄り添う風力発電の実現を目指した本提案ではありますが、3D プリントで次々と試作品を作っては風洞実験を繰り返す学生たちの強烈なパワーに圧倒され、指導教員である私自身も本提案の社会実装を実現したいと

いう夢を抱くようになりました。

先はまだまだ長いというのが実際のところではありますが、インフラテクコンで本当に多くの皆さまに応援いただくとともに、興味を持ってくださった企業からも問い合わせをいただいております。また、最近、同じ本校の土木系教員が某町役場とともに取り組んでいる河川監視 IoT システムにおける補助電源として、本提案の風レンズ風車を活用できないかとのお話もきており、風力発電から最先端の IoT に至る予想以上の展開に驚くばかりです。

学生たちは今回の経験を通じて、研究は狭い研究室の中だけで完結するのではなく、社会とのつながりの中で発展していくものであると強く感じ、ひと回り大きく成長してくれたようです。このような機会を与えてくださったインフラテクコンの関係各位に改めて心より感謝を申し上げますとともに、本稿執筆の機会を与えてくださった一般財団法人経済調査会の関係各位にも厚くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 脱炭素ポータル（環境省ホームページ）
https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/about/（2022 年 6 月 23 日閲覧）
- 2) 松本文雄，牛山泉，西沢良史，“垂直軸風車製作ガイドブック”，パワー社，2011.
- 3) A. Agha, H. N. Chaudhry, and F. Wang, “Diffuser Augmented Wind Turbine (DAWT) technologies: A review”, International Journal of Renewable Energy Research, Vol. 8, No. 3, 2018, pp. 1369-1385.
- 4) 大屋裕二，“集風技術を用いた流体エネルギーの高効率取得に関する実験と CFD 研究について”，第 29 回数値流体力学シンポジウム講演論文集，2015.
- 5) Y. Ohya and T. Karasudani, “A Shrouded Wind Turbine Generating High Output Power with Wind-lens Technology”, Energies, Vol. 3, No. 4, 2010, pp.643-649.