

乱流環境におけるサボニウス型風車の性能評価

大阪府立四條畷高等学校

研究背景・研究意義

近年、再生可能エネルギーの一つとして風力発電が注目されている。しかし、普及率が高いプロペラ型では多方向の風への対応が不十分なため、風が安定しづらい都市環境での設置は不向きとされている。^[1]

一方で垂直軸型風車の一種であるサボニウス型風車は小型で多方向の風に対応でき、起動性が高いという利点を持つ。乱流が発生しやすい都市環境において高い性能を発揮することができれば、小電力の供給に貢献できると考えた。

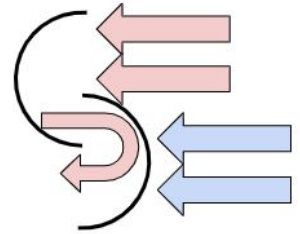


図1 サボニウス型風車の風の受け方

仮説

都市環境としてビル風の一種で建造物の間で強い風が発生する谷間風^[2]を再現する。サボニウス型風車は多方向の風を利用でき、起動性が高いという特徴を持つことから、不安定な風においても、性能は大きく低下しないのではないかと考えた。

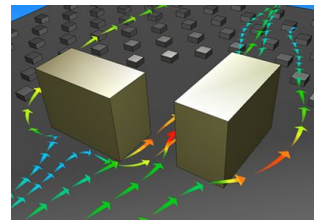


図2 谷間風のイメージ図^[3]

研究手法

【実験環境の構築】

- ・乱流生成格子として網を扇風機から60cm離れた位置に設置した。
- ・建造物に見立てた高さ60cmのL字型の模型を製作し、網から80cm離れた位置に設置した。(図3)
- ・3Dプリンタを用いて直径7cm、高さ14cmの羽根を作成し、風車の中心を模型の先端から20cm、風車の上部を高さ50cmの位置に設置した。

【実験手法】

- ①模型を設置した場合、設置していない場合(以下、模型あり・模型なし)のそれぞれで風速を1分間測定し、10回分の平均風速と乱流強度を算出した。
- ②同様にそれぞれの場合において1分間における風車の回転数を10回測定した。

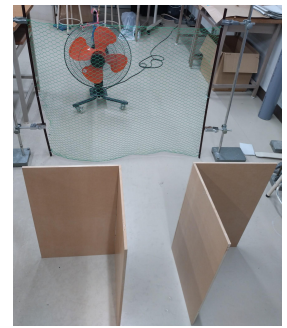


図3 実験装置の写真

$$I = \frac{u'}{U}$$

I: 乱流強度
u': 風速の標準偏差[m/s]
U: 平均風速[m/s]

式1 乱流強度の算出方法^[4]

結果

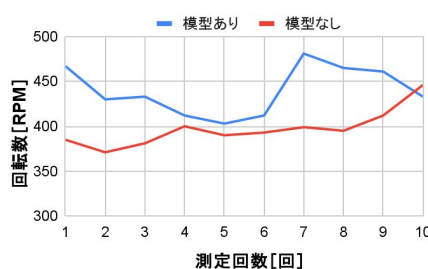


図4 模型あり・なしにおける1分間の回転数

表1 実験①、②の平均値と②の標準偏差

	模型あり	模型なし
風速[m/s]	3.91	2.96
乱流強度	0.0653	0.116
回転数[RPM]	440	397
回転数の標準偏差[m/s]	27.1	20.5

- ・風速、回転数は共に模型ありの方が大きくなった
- ・乱流強度は模型なしの方が大きくなった
- ・回転数の標準偏差は模型ありの方が大きくなった

考察

都市環境の再現が不十分だった

その要因として以下のように考察した

- (1)乱流強度が模型なしの方が大きかったため、模型ありの方が安定した風が発生した
- (2)模型による集風効果が発生し、模型ありの方が風速が大きくなった
- (3)扇風機からの風自体が広範囲に拡散する不安定な風になっており、模型なしではより風速のばらつきが不安定になった
- (4)回転数の標準偏差は模型ありの方が大きいため、模型が安定した風を発生させたとは断定できない

課題・展望

- ・扇風機の角度や位置によって風速が大きく変化してしまう
- ・模型と風車の大きさの比率が実環境と大きく異なるため、乱流発生環境の再現度が低い
- ・扇風機を複数台設置し、風と模型の接触面積を広げて模型に十分な風が接触するようにする
- ・乱流環境構築の十分性を確認する手法を乱流強度以外の要素に注目して考察する

参考文献・引用文献

- [1]牛山 泉. (2003).「市街地への小型風力発電設備の導入とその課題」
- [2]株式会社インプレスホールディングス. (2011).「ビル風とは」.
(2025).<https://drone-journal.impress.co.jp/docs/words/1186757.html>. 2025年7月20日
- [3]株式会社ソフトウェアクレイドル(1995).「建築デザイナー必見！ビル風コラム」.
(2025).<https://www.cradle.co.jp/media/column/a91>. 2025年9月25日
- [4]一般社団法人粉体工学会(2023).「乱流強度 | 粉体工学用語辞典」.
(2025).<https://www.sptj.jp/powderpedia/words/12442/>. 2025年7月18日
- [5]藤原 岳志 金子 憲一 辻川 吉春. (2007).「ビル風を利用したクロスフロー風車の性能に関する基礎実験」