



風車のソリディティとエネルギー変換効率の関係

戸山高校 SSⅡ 物理コース 新井葵



日本の現状

震災での原発事故もあって新しい
再生可能エネルギーに注目が

風力発電は環境に
優しい

日本には山地が多くて大型の
風車を設置するのは難しい

都市部でも発電できる
マイクロ風車！



マイクロ風車とは

マイクロ風力発電



大きさ：直径約1メートル
設置場所：屋上など
異なる強さの風それぞれで最大の性能
を出すことが大切。

大型の風力発電



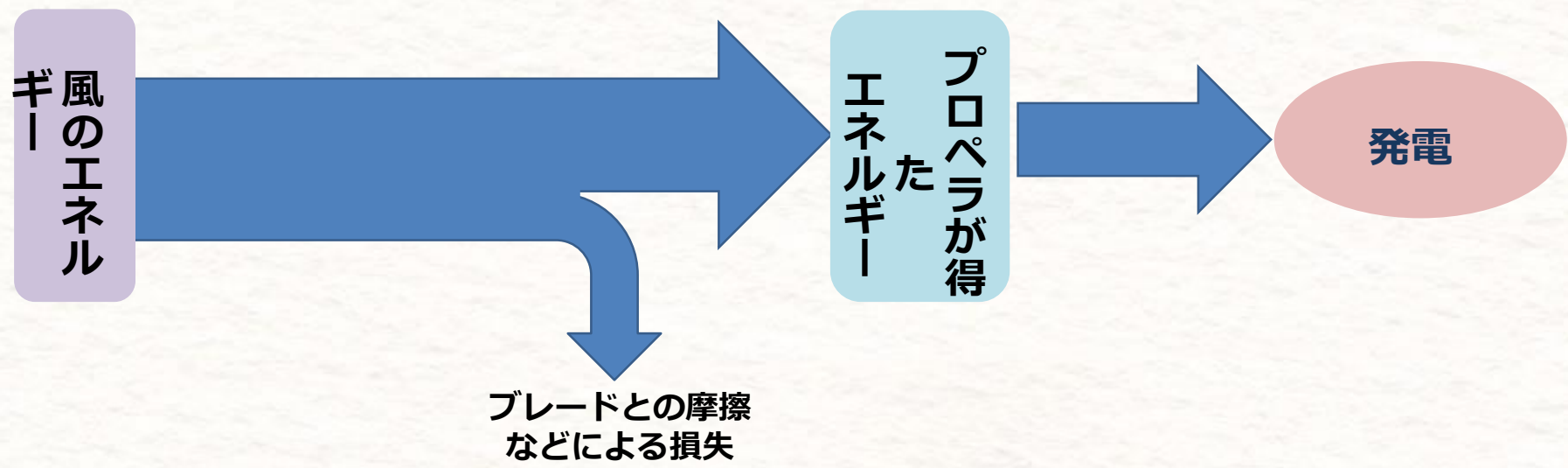
大きさ：数十メートル
設置場所：風の強いところ
強い風で効率よく発電することが大切。

本研究全体の目的

設置場所の風況に応じた
マイクロ風力発電用風車の設計

風車の性能

○パワー係数 C_p 風の中から風車を利用して取り出すことのできるエネルギーの割合



$$C_p = \frac{P_e}{\frac{1}{2} \rho A V_\infty^3}$$

風車が得られるパワー : P_e
空気密度 : ρ [kg/m³]
受風面積 : A [m²]
風速 : V_∞ [m/s]

○周速比 λ . . . 風車のブレード先端速度と風速の比

$$\lambda = \frac{\omega R}{V_{\infty}} = \frac{2\pi R n}{V_{\infty}}$$

λ :周速比
 ω :ロータ角速度[1/s]
 R :ロータ半径[m]
 n :風車回転数[rps]
 V_{∞} :風速

ブレードの先端速度

風速

風速に比べてどれくらいの先端速度で回転しているか

大きい風車ほど、値が高くなる！

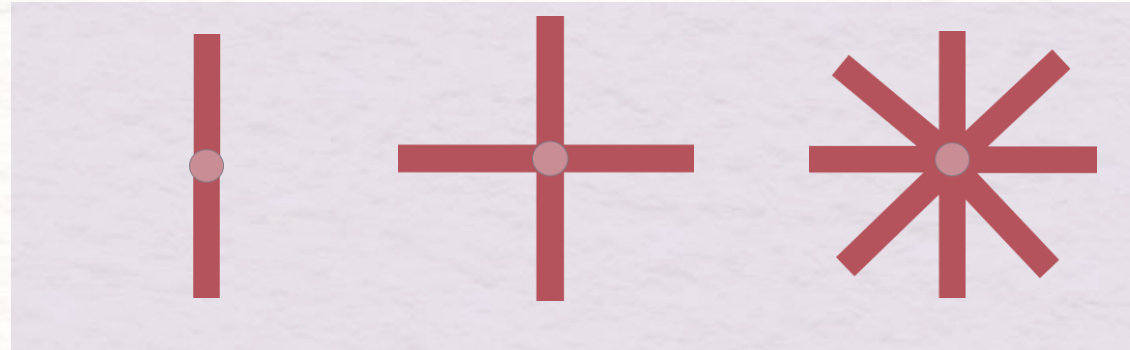
$$P_e = Q\omega$$

トルク : $Q[N \cdot m]$
回転角速度 : $\omega[\text{rad/s}]$

風車の性能を考える上では、
トルクと回転数を考える事が重要になってくる

○ソリディティ

- ・・・正面から見たときのプロペラの掃く面積に対するブレードの面積の比



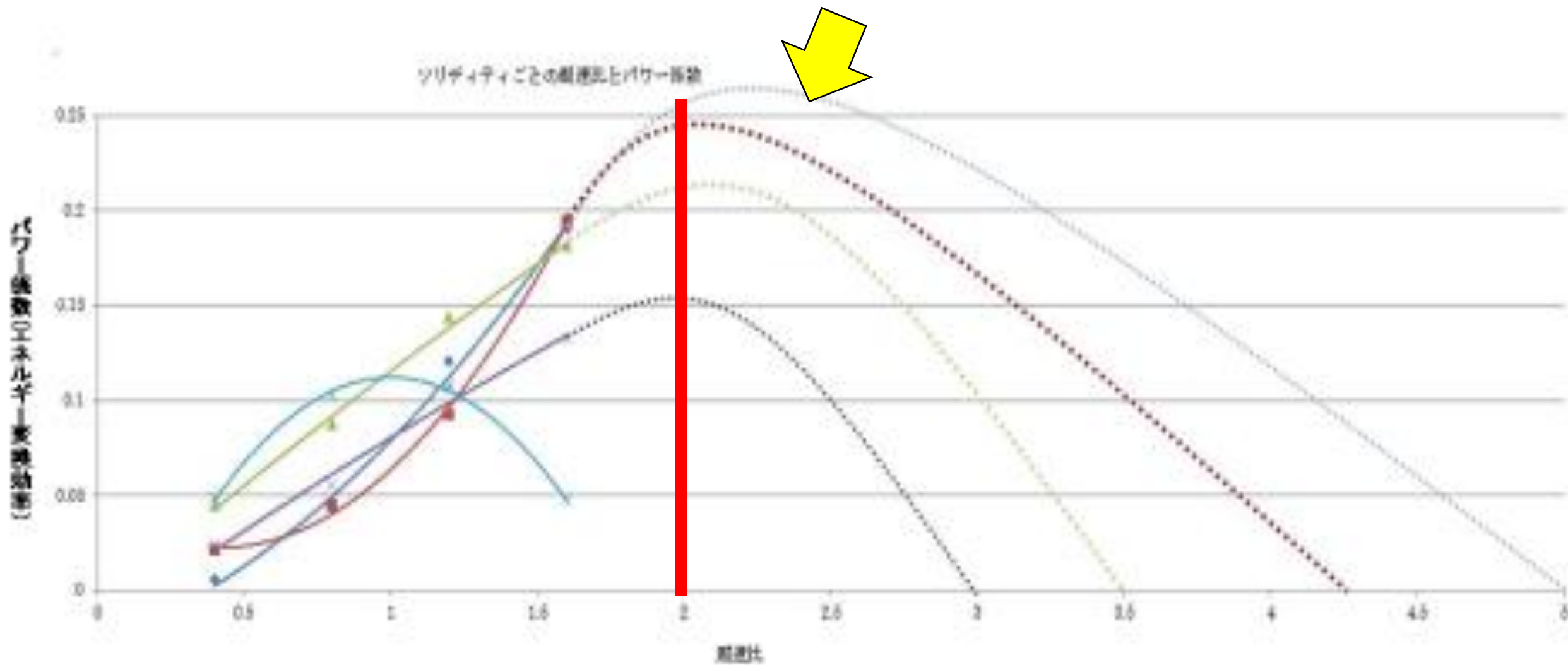
小 ← ソリディティ → 大

小 ← トルク Q → 大

大 ← 回転角速度 ω → 小

本実験の目的

↓以下のグラフを作成すること↓

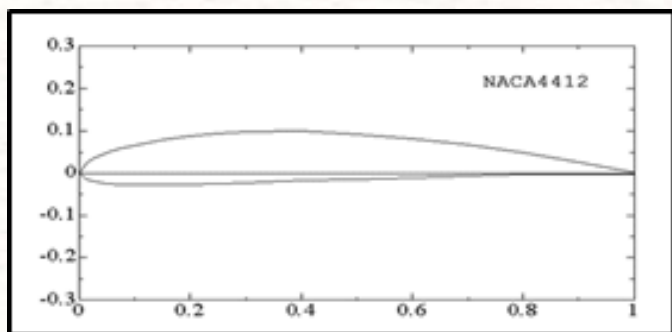


実験方法

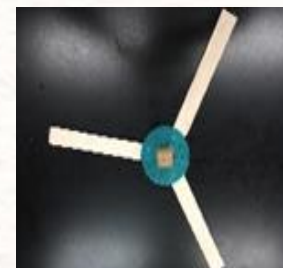
素材：バalsa材

直径：60cm

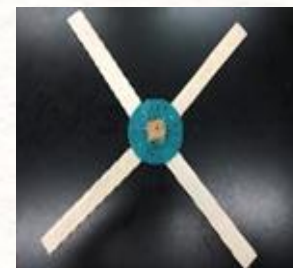
翼形：NACA4412〔下図〕



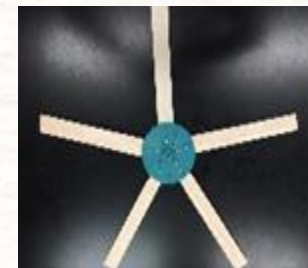
9.8%



13.6%



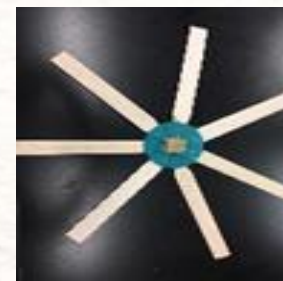
18.1%



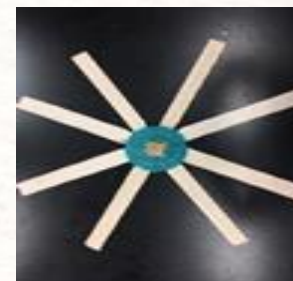
22.7%



27.3%



31.8%

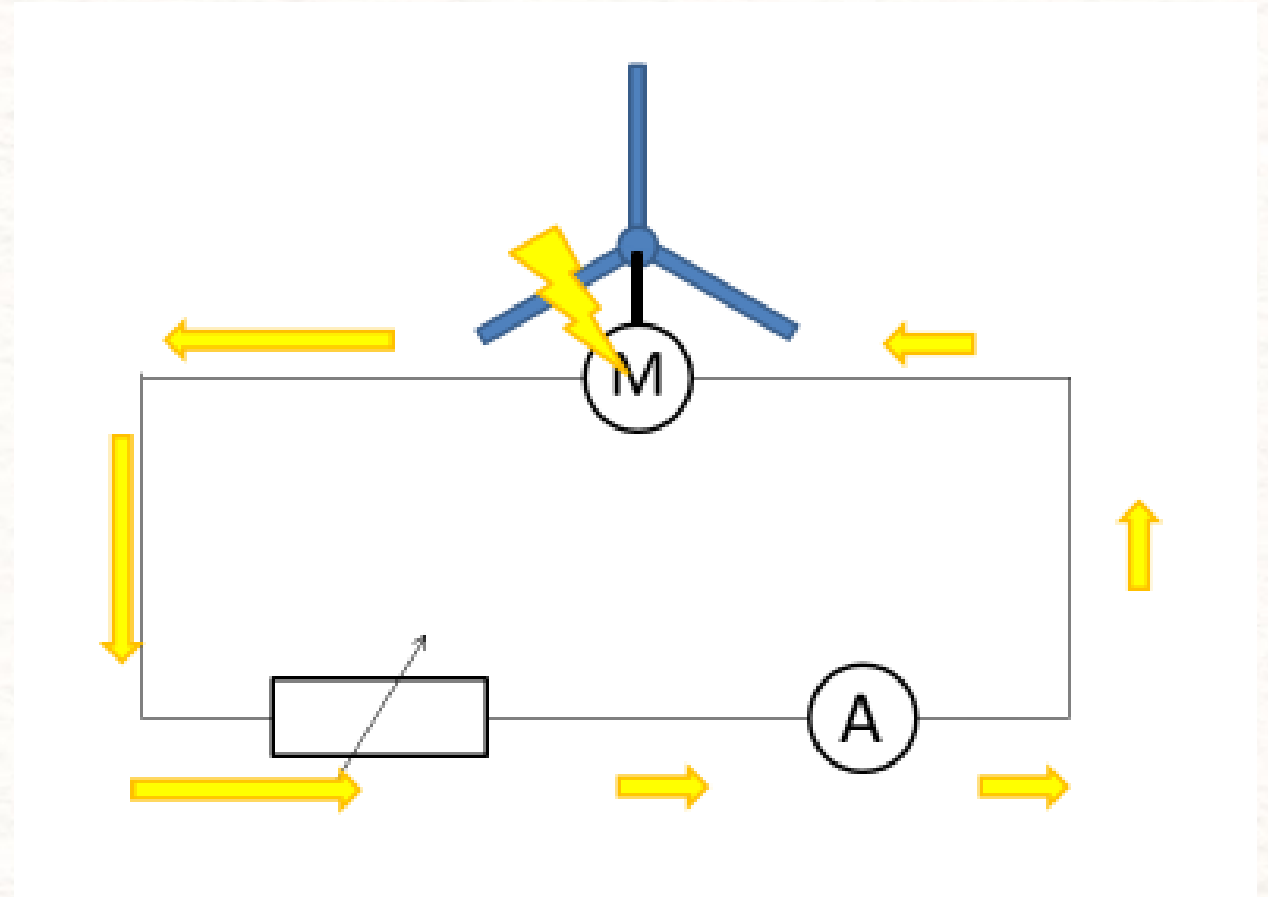


36.4%

実験方法

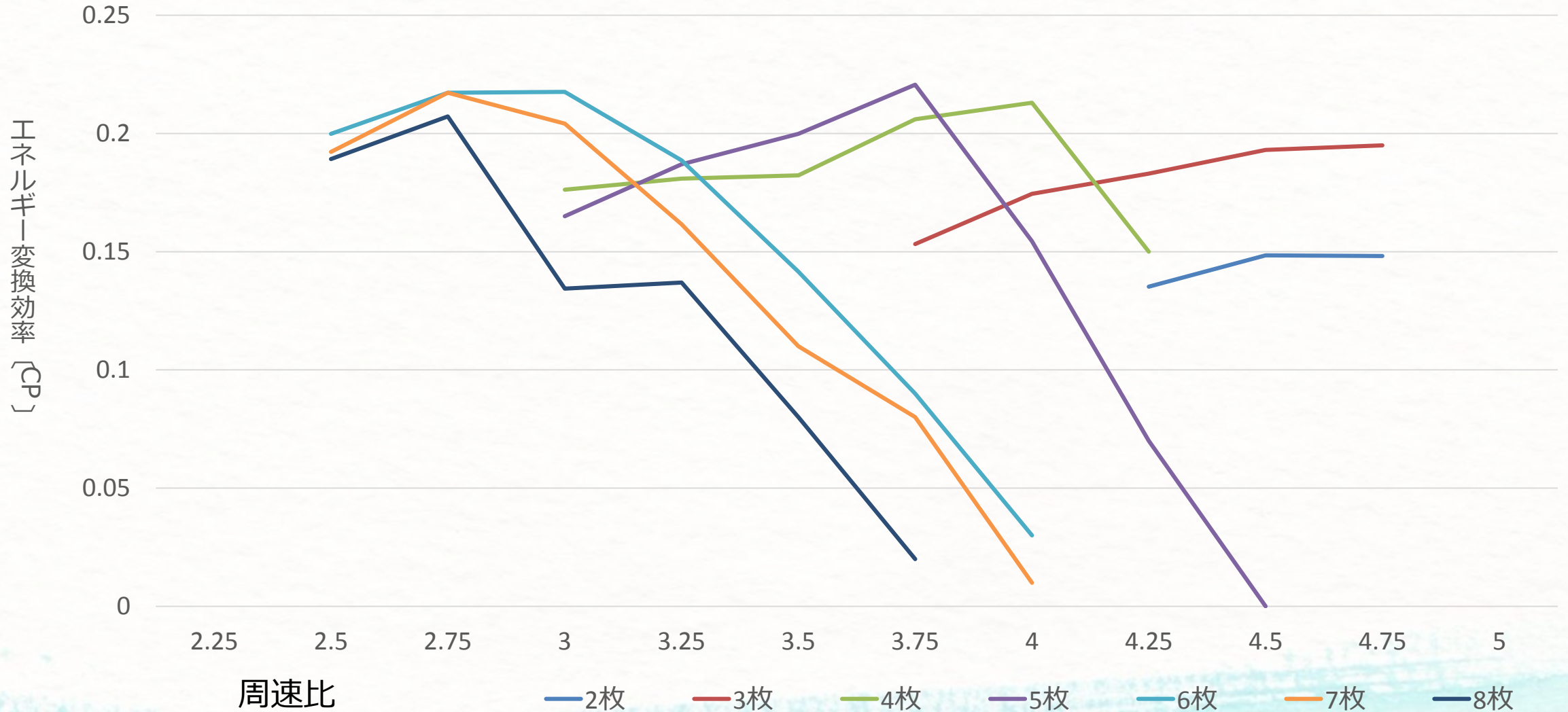
発電用モーターに風車をつなぎ、風車の奥から風を受けて回転させる。

この時モーターにつないである可変抵抗で抵抗値を変えて、風車の回転数を制御する。



実験結果

ソリディティごとのエネルギー変換効率と周速比の関係



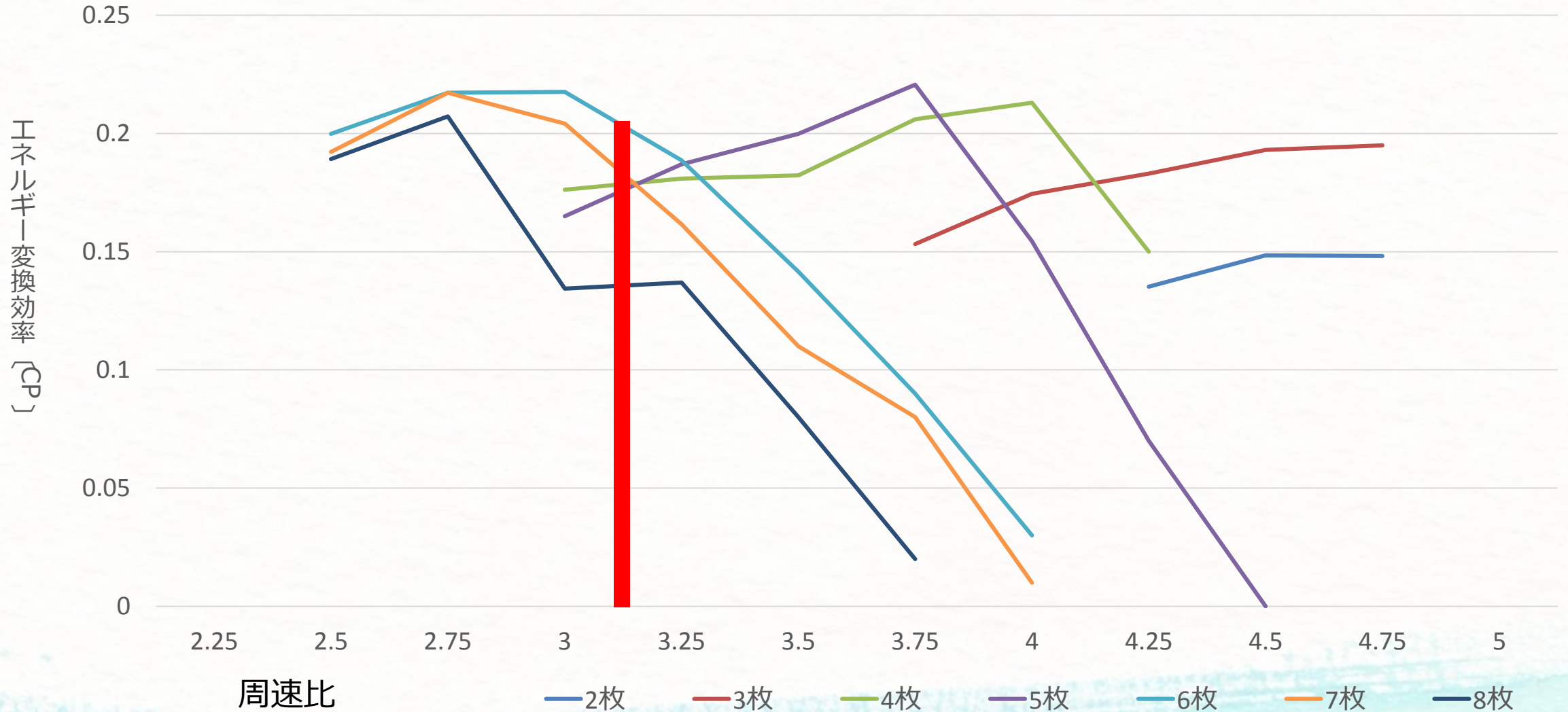
考察

東京都の平均風速 (2.9m/s) の場合
周速比は3.2



実験結果

ソリディティごとのエネルギー変換効率と周速比の関係



考察

東京都の平均風速 (2.9m/s) の場合
周速比は3.2



6枚羽風車 (ソリディティ27.3%) が
最もエネルギー変換効率が高い

総合考察

周速比とエネルギー変換効率のグラフを作成することができた

東京都でこの風車を作成し発電する場合ソリディティ27%前後の風車が最も発電効率がいいことが分かった



謝辞

戸山高校SSH物理コース担当の小林一人先生
足利工業大学の根元泰行教授

また、本研究は日本科学協会のサイエンスメンター事業の支援を受けて行われました。

参考文献

1. 牛山泉『風車工学入門 第二版』（森北出版2013年）。
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年）
3. 岡本遼太郎 中尾直己 古川拓馬 「風車の性能とソリディティの関係」
（ポスター発表、日本物理学会第11回Jr.セッション）



ご清聴ありがとうございました

