

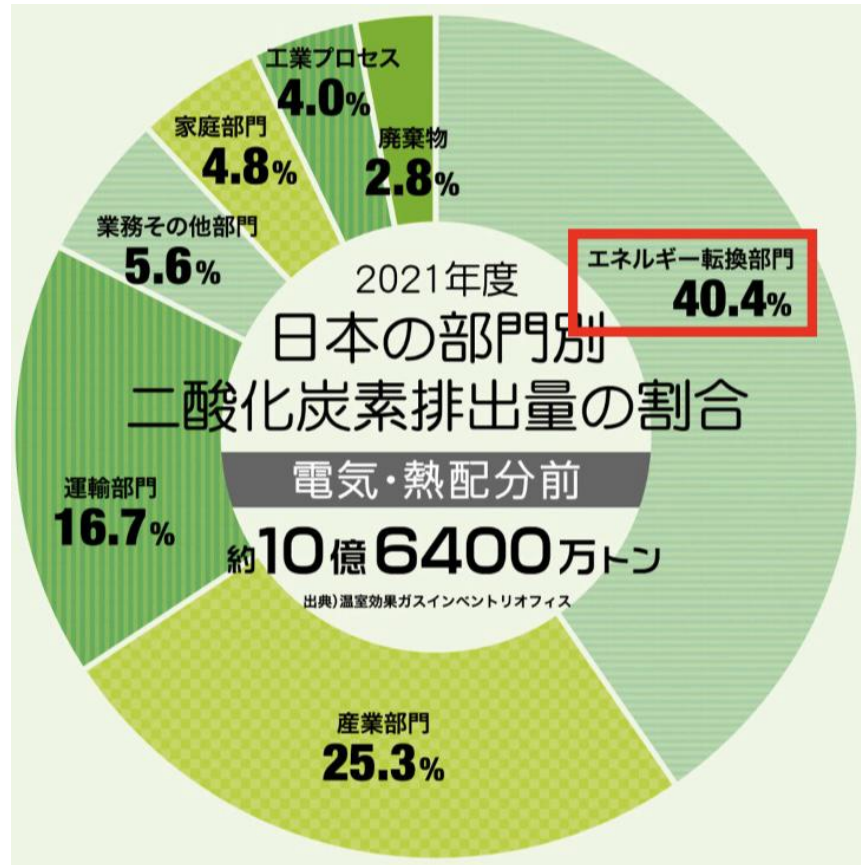
集風装置を用いた風力発電 の実用化に向けて

2年 築山弥央、藤井智暉 1年 大井鉄士、貝沼侑紀

発表の流れ

- 研究の動機
- 先行研究
- 研究の目標
- 実験方法と結果
- 考察
- 今後の展望

研究の動機



日本の二酸化炭素排出量が多い



再生可能エネルギーをより高効率で使えるようにできれば排出量を下げることができる。

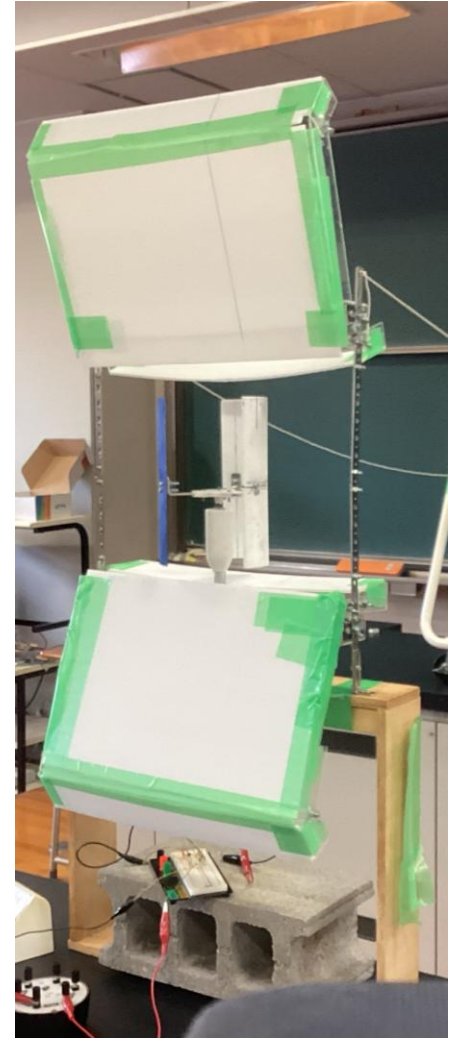
⇒ 風力発電に着目

研究の動機

風力発電をより高効率にするために
風力発電機に集風装置を設置



風力発電機周辺の風の流れが変化
⇒ 発電に適した風に



先行研究

集風装置を風力発電機の左右に設置していた

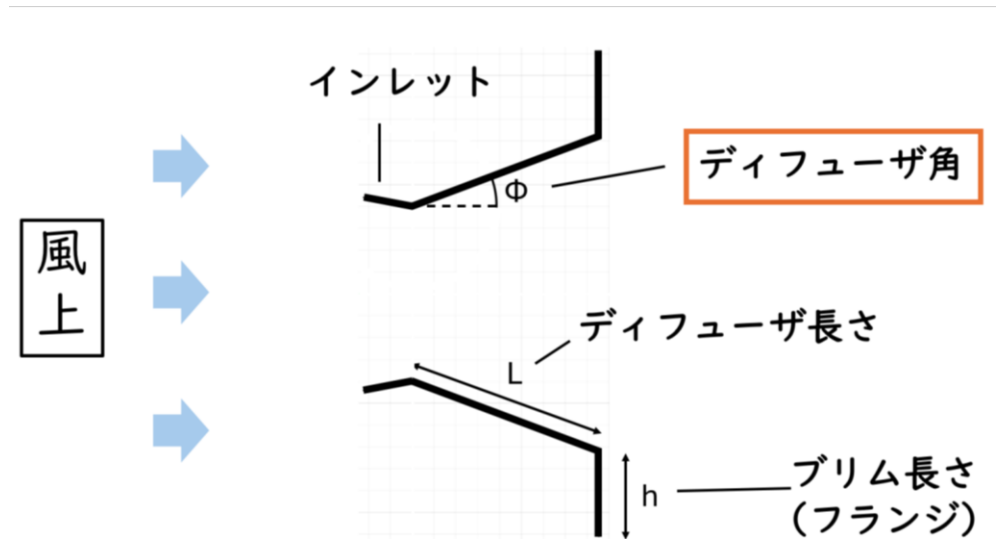
⇒ 上下に設置

↓ その結果

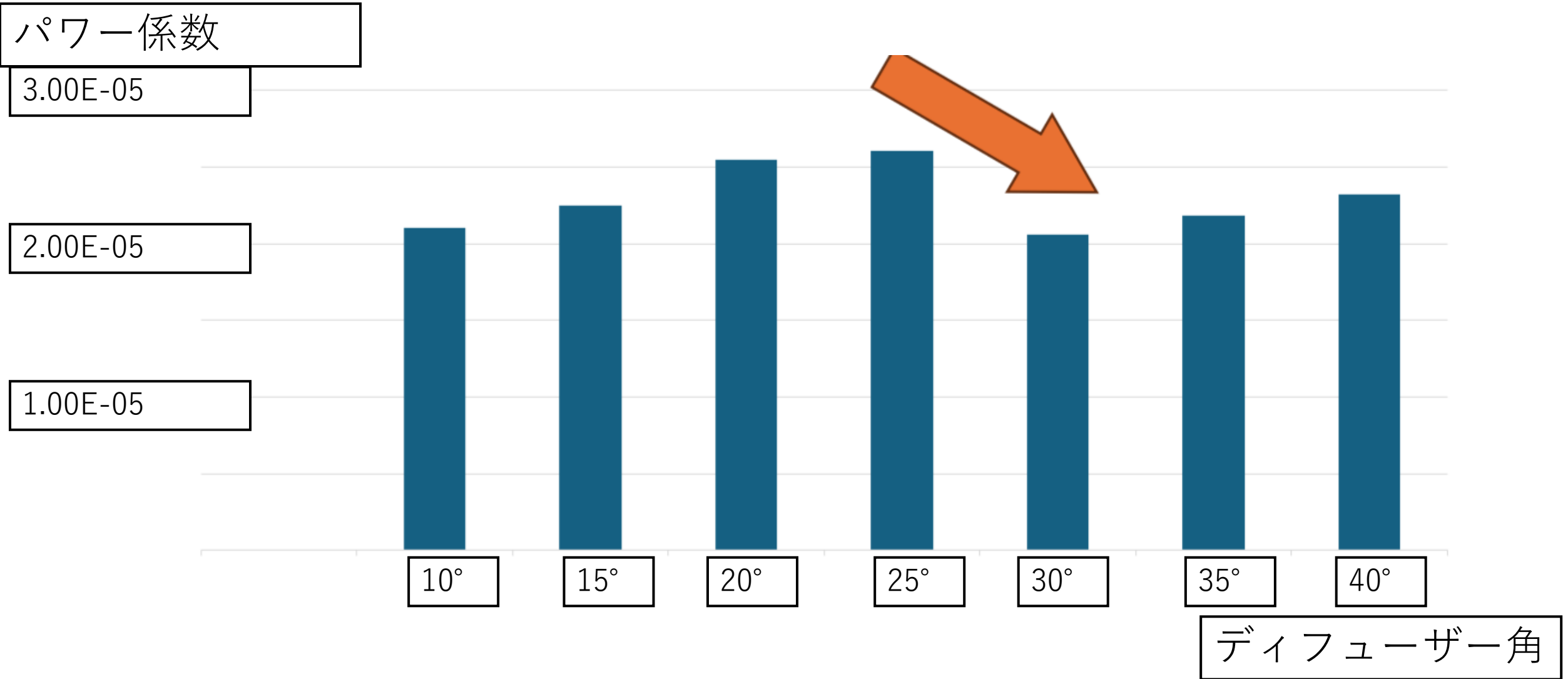
$\phi = 0^\circ \sim 25^\circ$ までパワー係数が上昇
 $\phi = 30^\circ$ の時に急激に発電効率が低下

⇒ 集風装置から風が剥離したのでは

※ ϕ はディフューザ角



先行研究



研究の目標

桃山地域のような平均風速約0.5m/s以下の場所でも高効率で発電できるようにするために取り付けた集風装置が0° ~90° までの間で、発電効率が最大になる角度を調べる。

集風装置にかかる風の流れを可視化する。

仮説

$\phi = 30^\circ$ 以上の時は、
集風装置から空気が剥離したことによって生じた空気の乱れが、入ってくる風の流れを妨げることにより、
パワー係数が小さくなるのではないか

集風装置の角度による
パワー係数の変化と風の流れ
について

実験手順

① $\phi = 0 \sim 90^\circ$ の間で、 5° 刻みでパワー係数を測る。

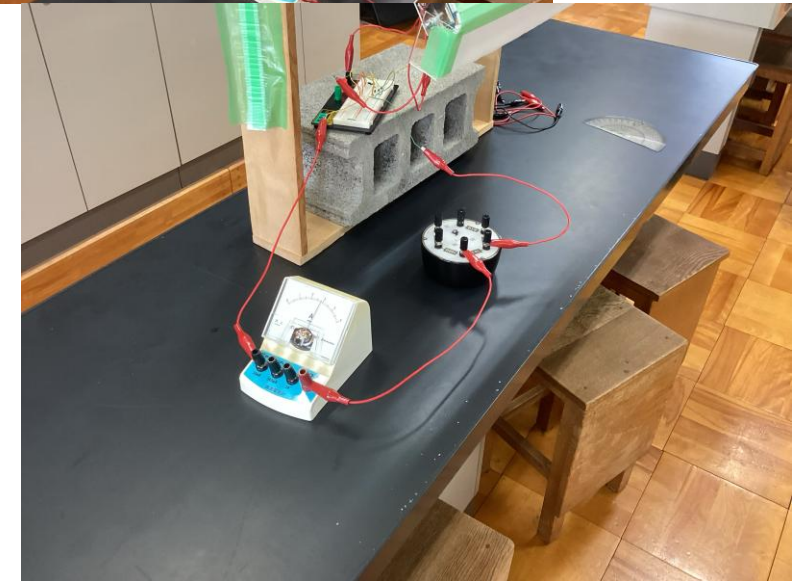
② 求められたパワー係数の中で、目立った変化が起こった角度について、集風装置にかかる風の流れについて調べる。

手順①実験方法

①送風機より、離れたところに集風装置付きの風力発電機を設置



②発電機、抵抗、電流計で回路を製作
発電を行う



③求めた電力から、パワー係数を求める

実験の条件

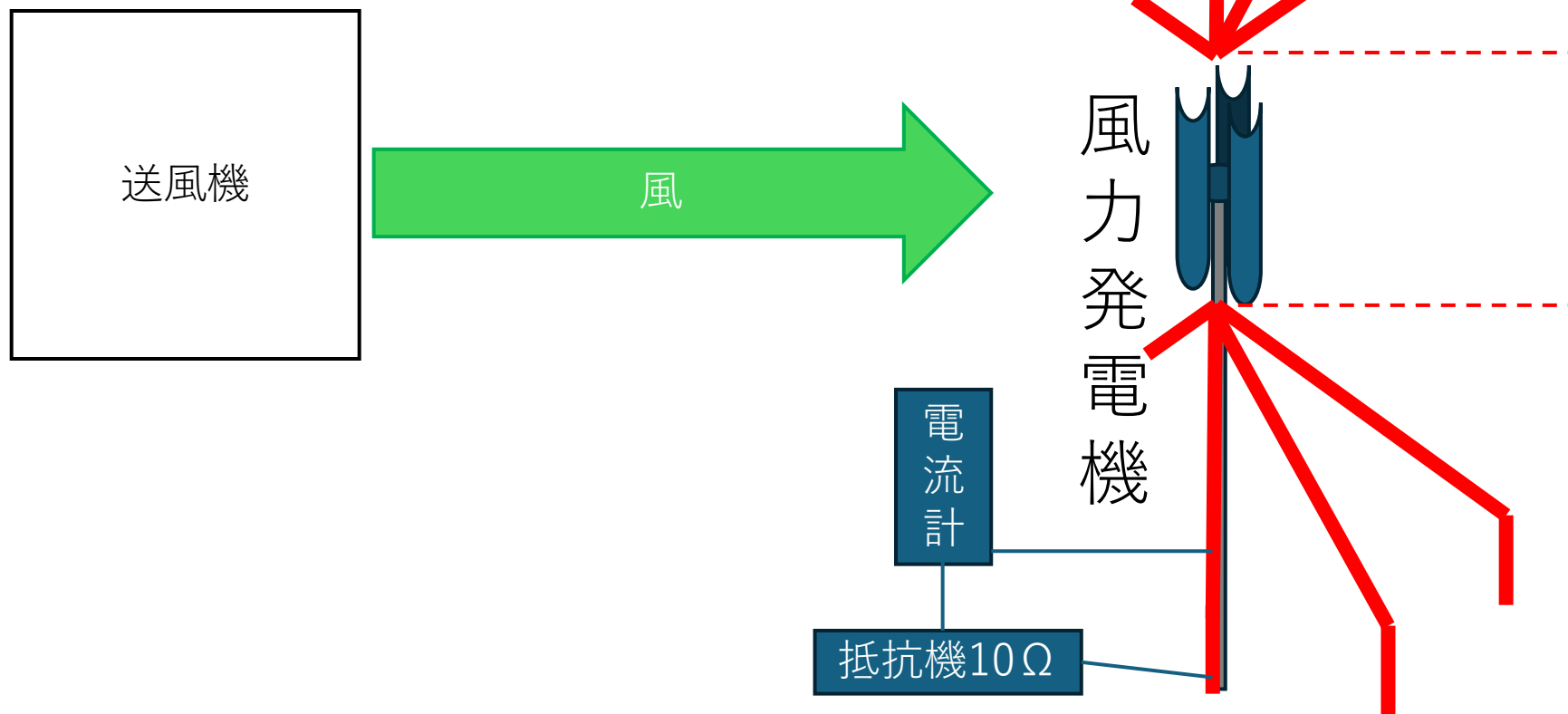


ブリム長さ 65.5 mm

ディフューザ長さ 300 mm

インレット長さ 70 mm

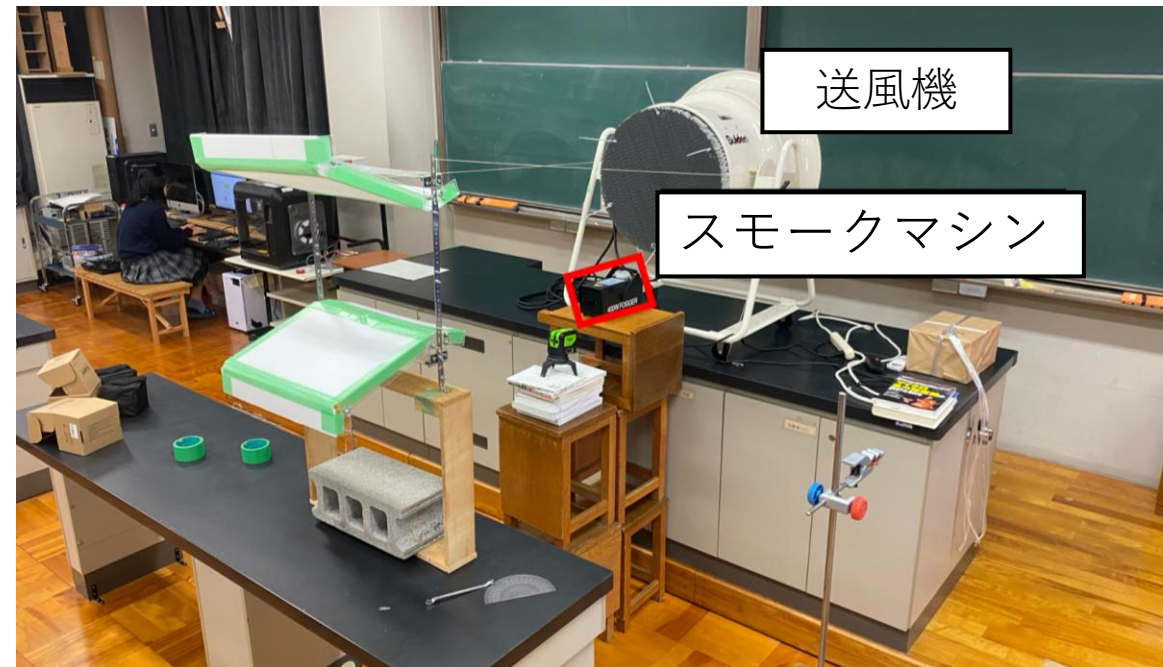
手順①実験配置



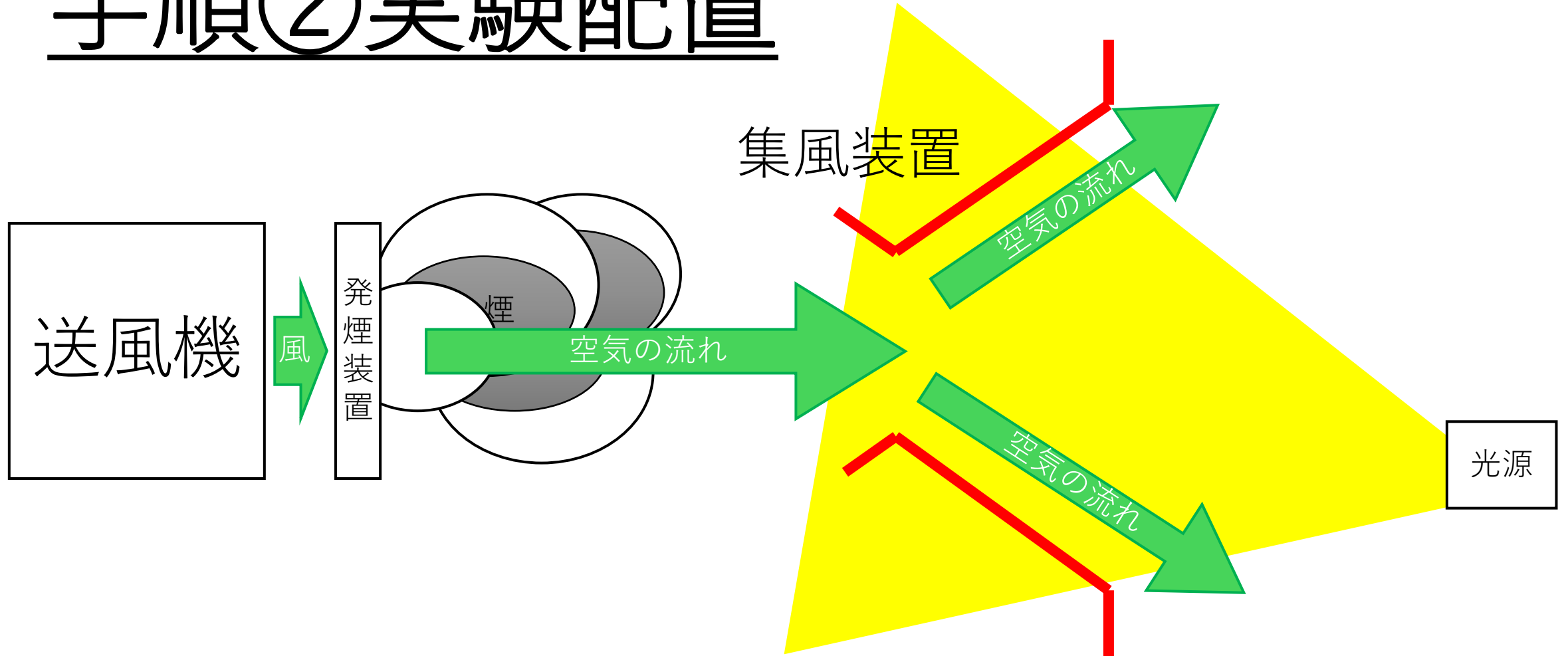
手順②実験方法

①煙を発生させる

②発生させた煙を風に乗せ、
集風装置周辺の
空気の流れ方を可視化し、
観察



手順②実験配置



パワー係数の求め方

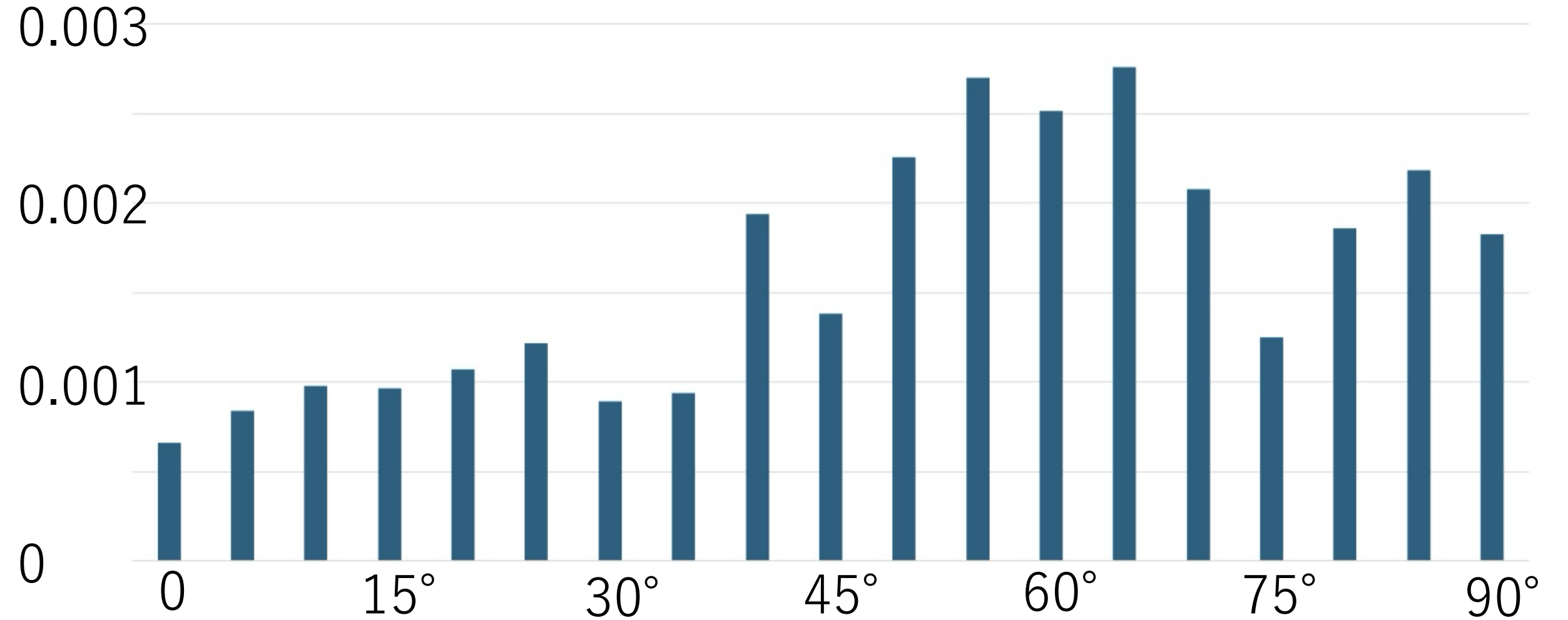
$$C_p = \frac{P}{0.5\rho AU^3}$$

- C_p …パワー係数
- P …発電量（電流の二乗と抵抗の積で算出 3秒ごとの値の平均）
- ρ …空気密度（気温と大気圧を考慮して算出）
- A …受風面積（翼が回転することによりできる円柱の側面積）
- U …風速（1秒ごとの値の平均）

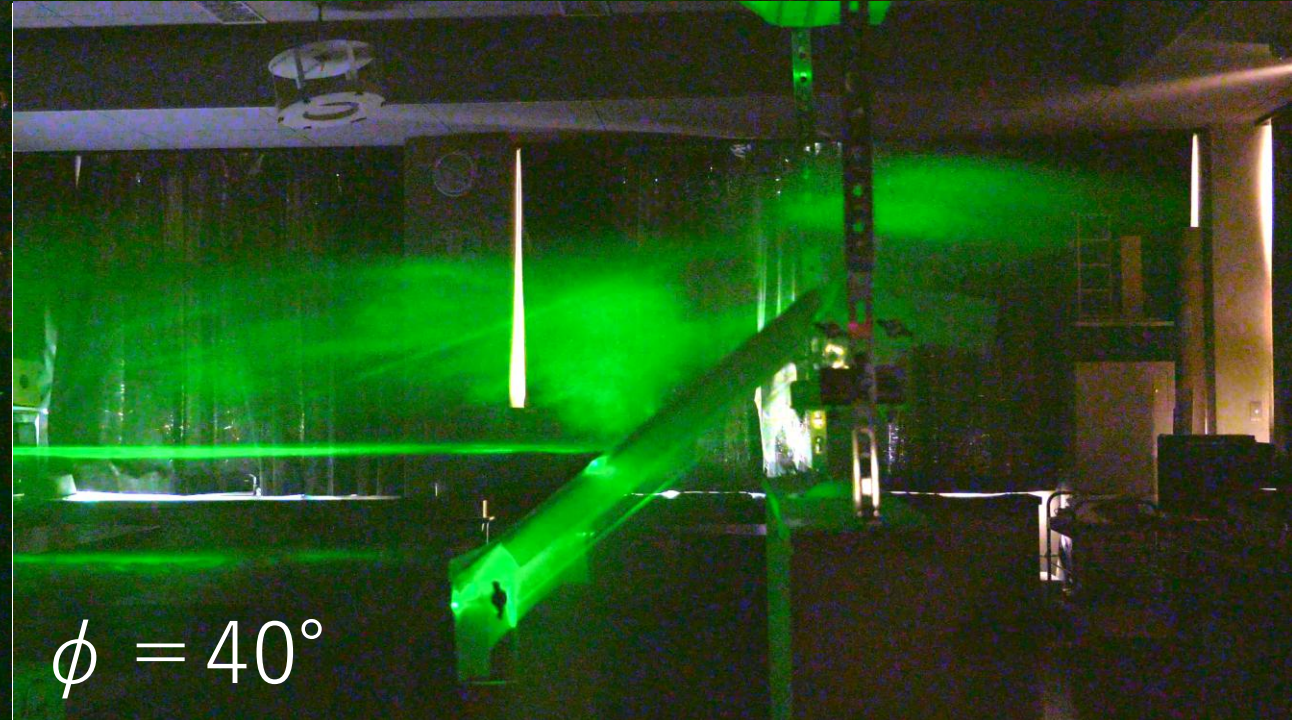
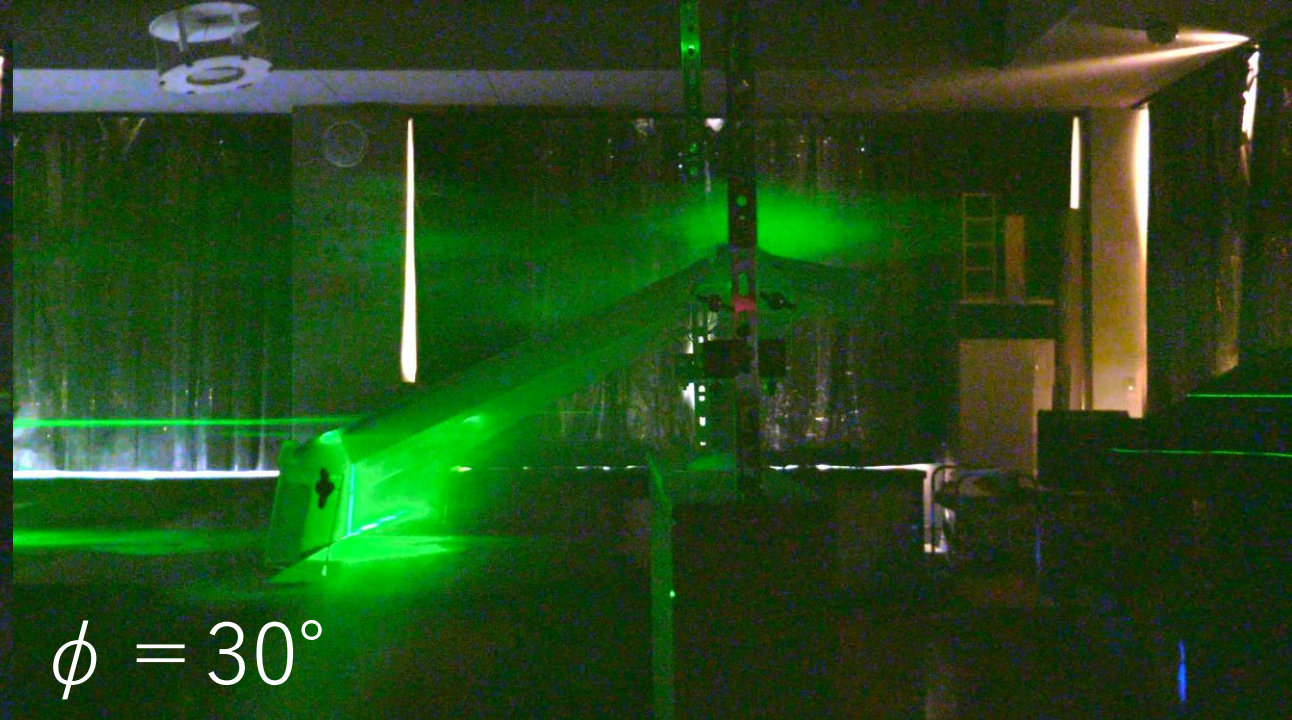
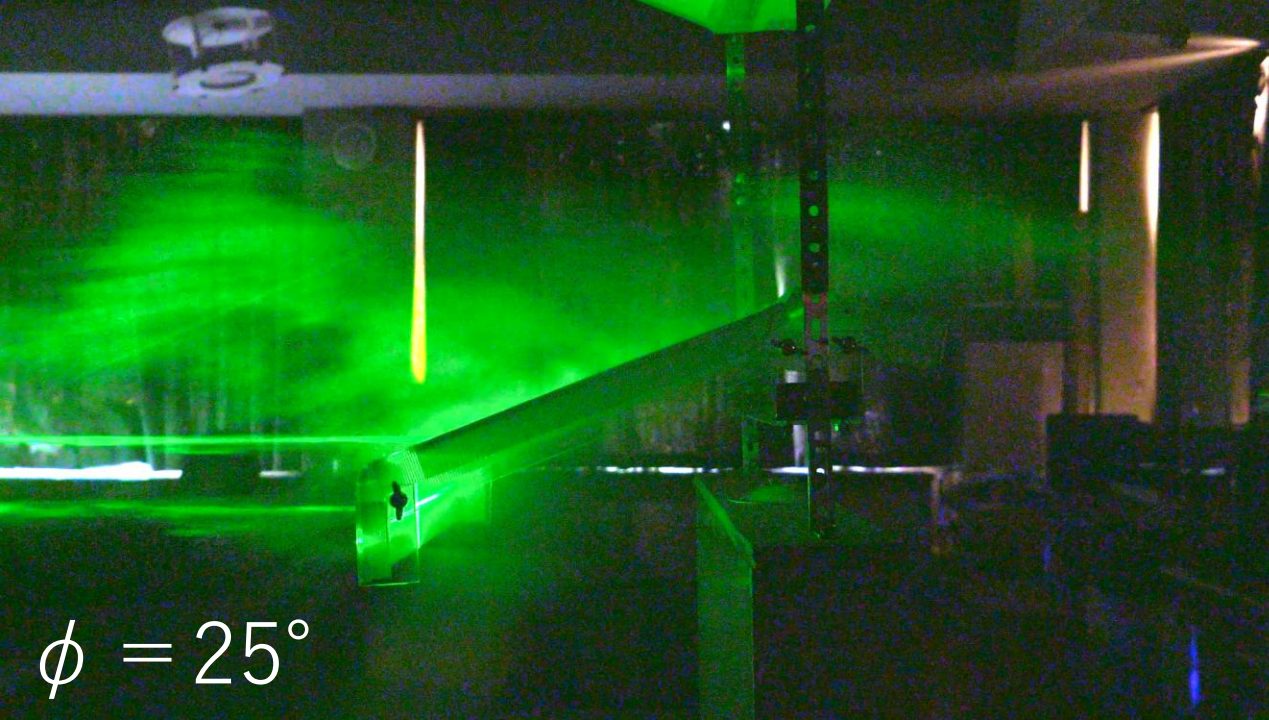
実験結果

パワー係数

※5° 刻み



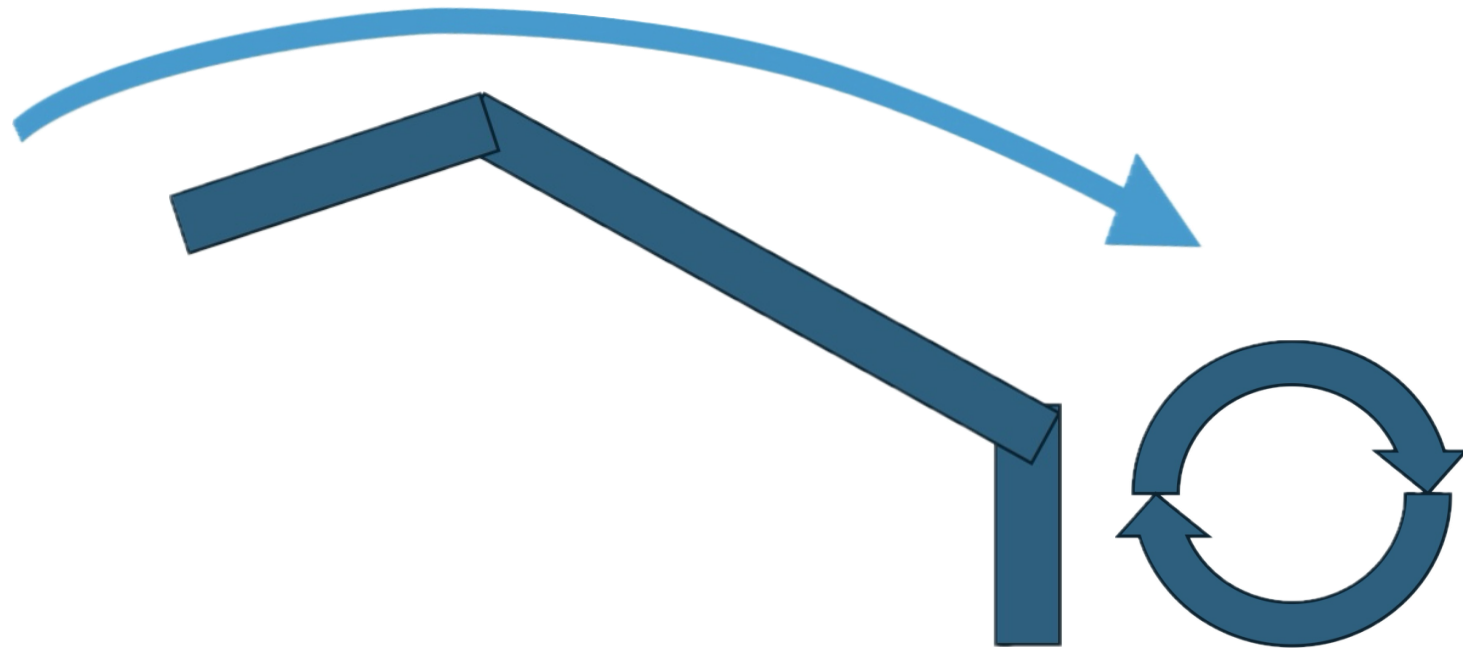
ディフューザー角





考察

$\phi = 0 \sim 25^\circ$ 集風装置後方に風の渦が発生
⇒そこへ空気が流れ込むことによって集風加速が起こる

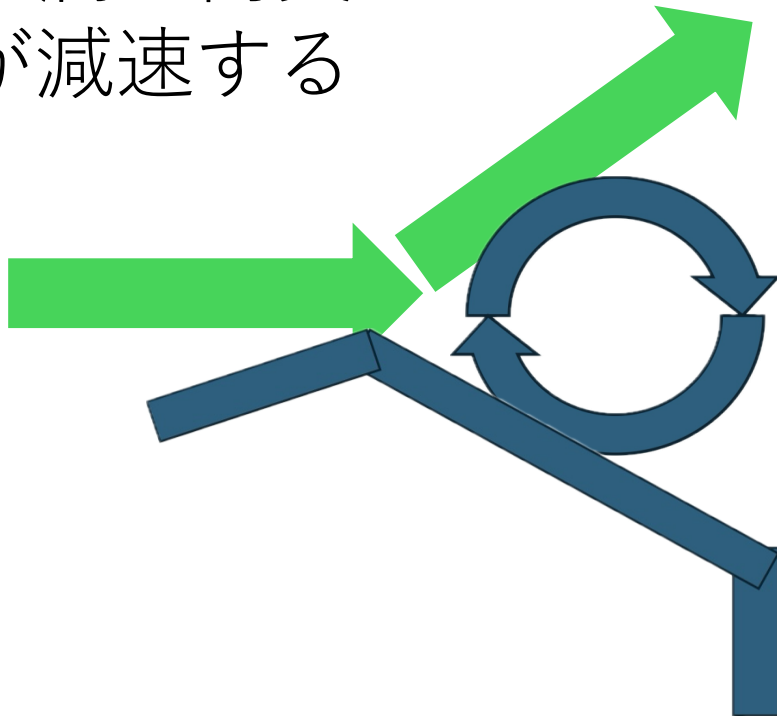


考察

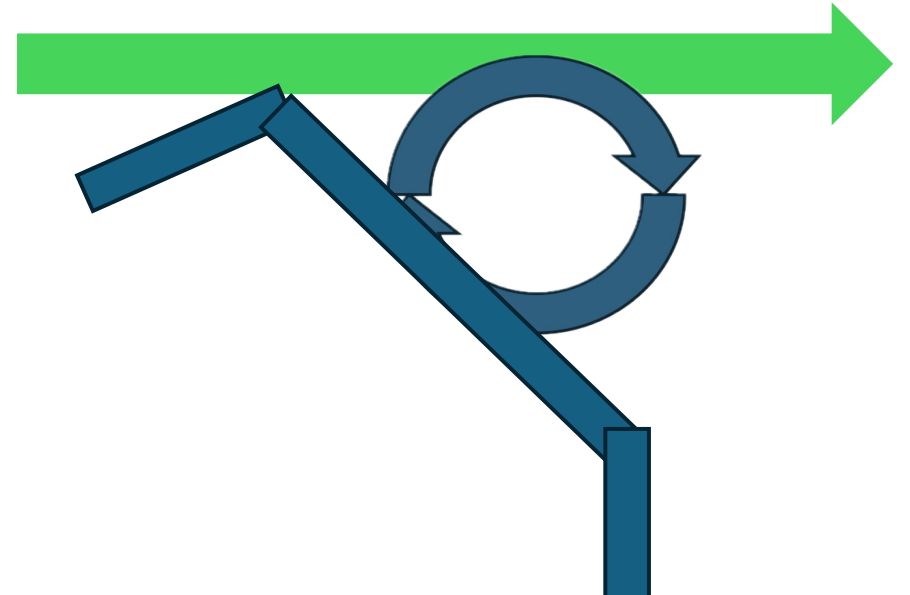
集風装置内にも渦が発生

⇒集風装置内に生じた渦は、その位置によって風への影響が変化する

$\phi = 30 \sim 35^\circ$
風が渦に衝突
風が減速する



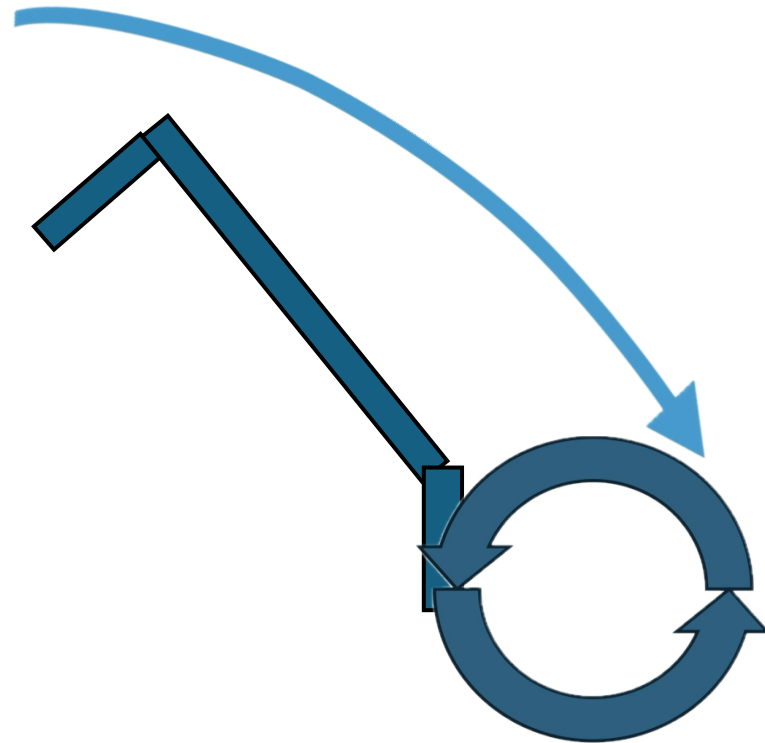
$\phi = 55 \sim 65^\circ$
渦の上部分を掠めるため、
渦の向きと風と向きが同じになり
加速する



考察

$\phi = 85^\circ$ 辺り

またパワー係数が上昇するのは
集風装置下にできる渦の影響



今後の展望

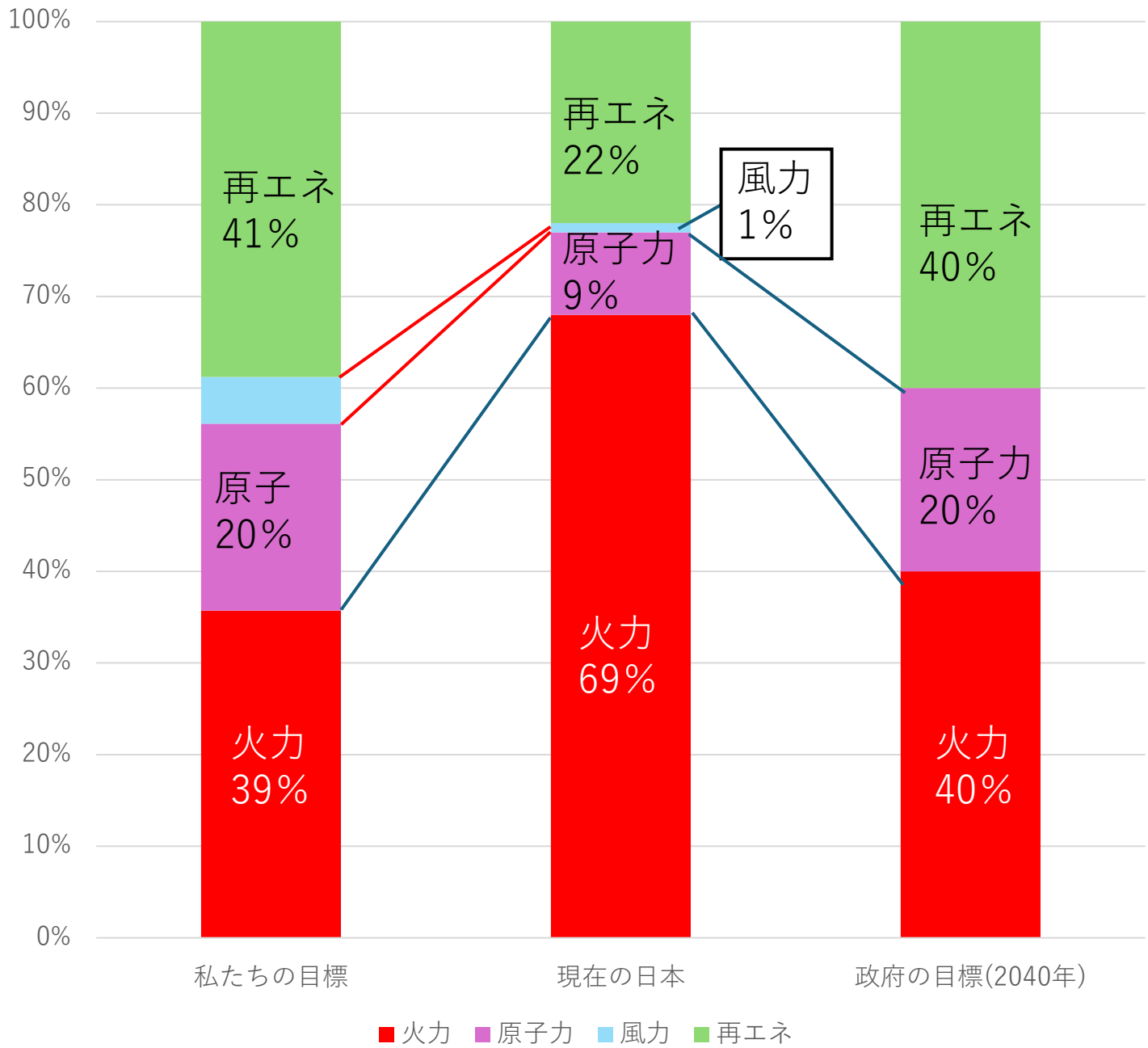
- ◆ある角度におけるパワー係数が最大になる抵抗の値を求める。
- ◆自然風を使用したときにも安定した発電量を出せるように、人工風で計測したデータを基に効率の良い集風装置の設置条件を決定する。

この研究を得て

思い描く理想

➡ 風力発電が占める
日本の発電割合を増やしたい

日本の電源構成



どのように設置するか

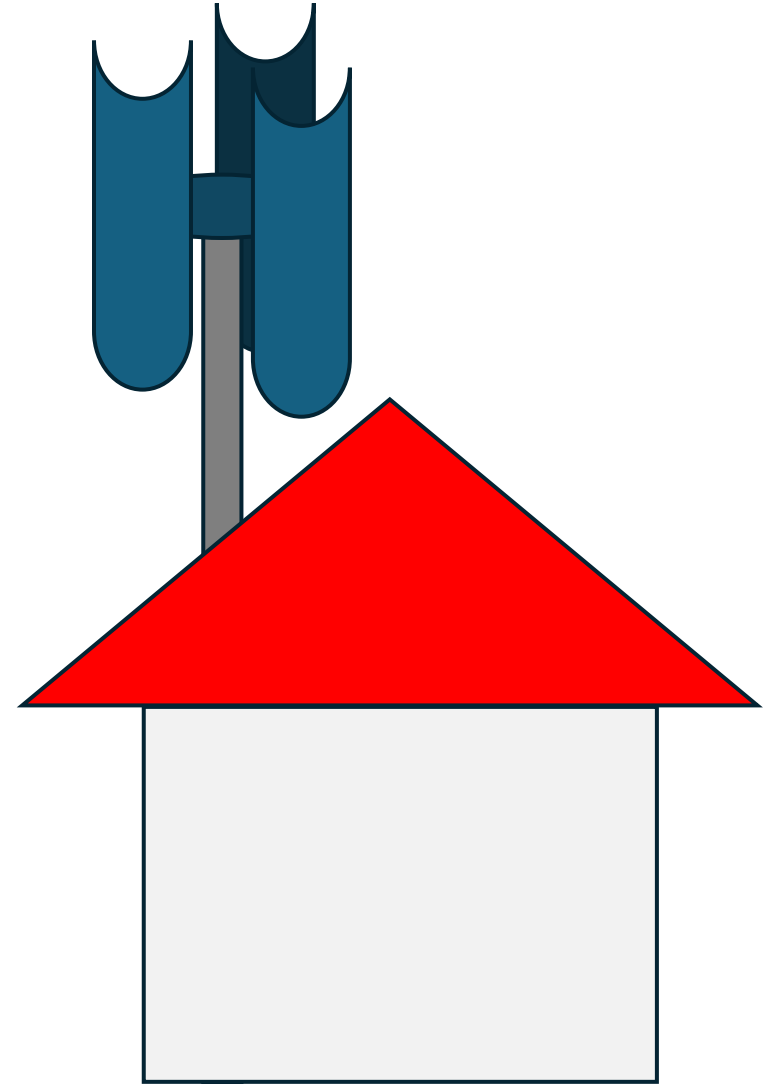
集風装置付き風力発電機をどう設置するか



日本の全家屋の屋根に設置

→ 一つ一つは発電力が小さくても

数が集まればかなりの発電力に



具体的に

風力発電機一つの発電力を100Wと想定

これに全日本家屋数の6502万戸をかけると

$$100\text{W} \times 6.502 \times 10^7 \text{戸} = 6.502 \times 10^9 \text{W} = 6502\text{MW}$$

現在の風力発電の総発電力の5,840.4MWを上回る

→ 発電力だけでみると少し高くなる

さらに

ここから一年間の総発電量を計算すると

$$6.502 \times 10^9 \text{W} \times 6 \text{h} \times 365 \text{日} = 1.423938 \times 10^{13} \text{Wh}$$

└─┬─┘ 京都府で発電出来そうな風がふく時間

となる。現在の風力発電の総発電量 $1.13 \times 10^{13} \text{Wh}$ とほぼ同じ

風力の発電割合が約二倍になる

→ 合計で発電量の2%を風力で賄える

そしてそれを一家庭が使う一年間の電力で割ると

$$1.423938 \times 10^{13} \text{Wh} \div 4.175 \times 10^6 \text{Wh} = \text{約}333 \text{万戸}$$

日本全体の家屋数の5%を賄える

各家庭に一つ普及させるために

- 国、市町村や企業が補助金を出して国民が買いやすくする
- 利用者を雑誌やテレビなどに出演してもらいメリットを紹介する
- 余剰電力買取制度などを行い利用者に設置費用を回収できるようにする

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご支援をいただきました原子力文化財団様、
ならびにご助言をいただいた先生方に深く感謝いたします。

参考文献

[1] 高橋周平、濱田純一、大屋裕二、鳥谷隆、渡辺公彦.

「垂直軸型風車に適した翼型の検討と集風体の適用による出力性能の向上」.

第19回風車工学シンポジウム論文集.2006.pp169-174.(2024/6/22確認)

[2] Koichi Watanabe, Shuhei Takahashi, Yuji Ohya.

Application of a Diffuser Structure to Vertical-Axis Wind Turbines. 2016.(2024/6/22確認)

[3] 日本のエネルギー2023年度版「エネルギーの今を知る10の質問」.資源エネルギー庁.

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2023/05.html>

(2024/6/22確認)

[4] 熱設計の検証 ②流れの可視化技術 https://www.nda.ac.jp/~nhajime/pdf/lecture_KAST-2_20090527.pdf

(2024/10/3)

[5] 日本の部門別二酸化炭素排出量(2022年度). 全国地球温暖化防止活動推進センター.

<https://www.jccca.org/download/65477>. (2024/12/8確認)

[6] 図解でわかる！日本の発電割合（2025年公表データ） | GX・脱炭素といえばエナリス (eneres.jp)

[7] [\(1\) 風力発電の基本：風車の稼働率と設備利用率 | 株式会社ウインドエナジーコンサルティング \(WINC\)](#)

jwinc.co.jp

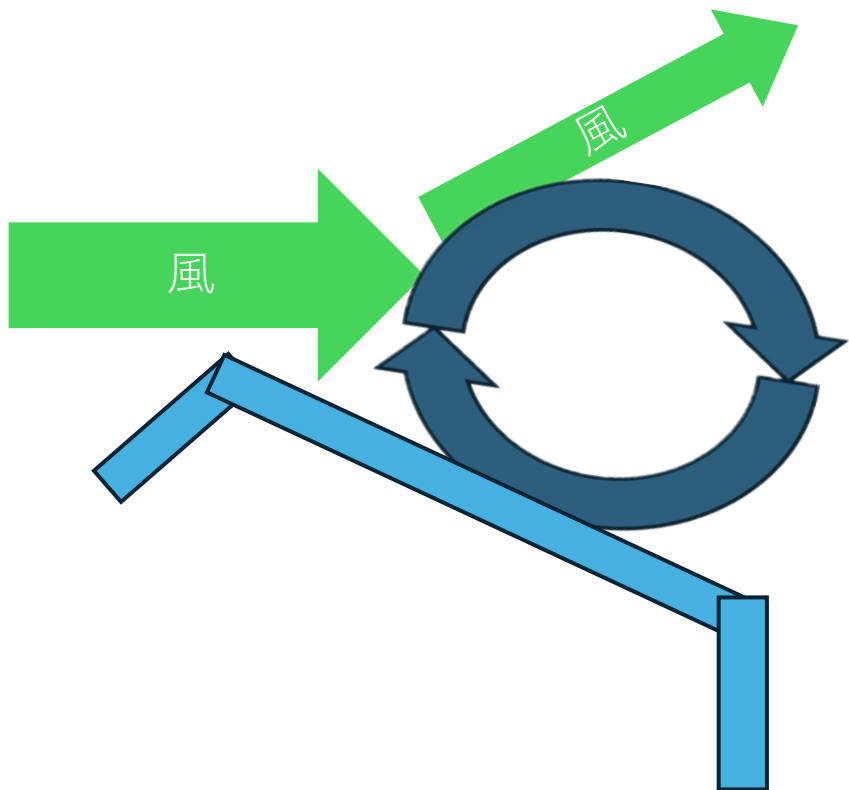
[8] [垂直軸型サボニウス式風力発電機 - サーキュラーエコノミー事業 - マクニカ \(macnica.co.jp\)](#)

ご清聴ありがとうございました

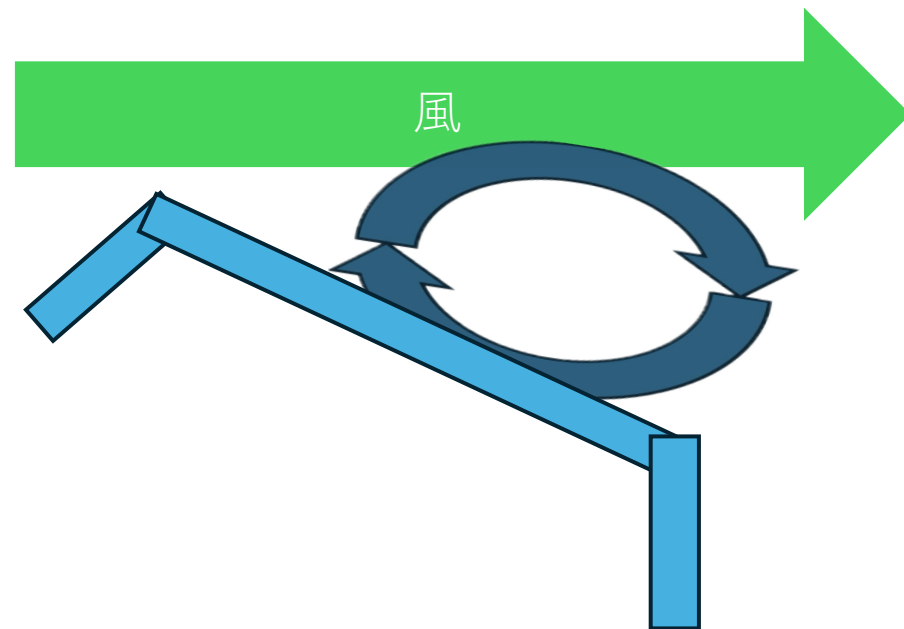


$\phi = 40^\circ$ において

本来の渦



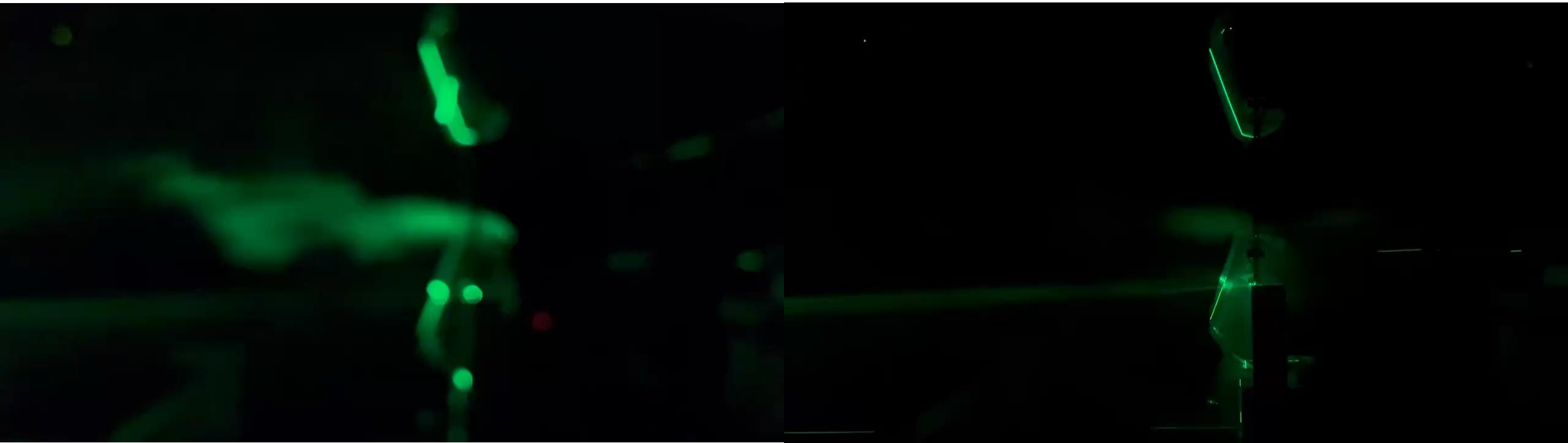
今回の渦



$$\phi = 45^\circ$$



$$\phi = 75^\circ$$



$$\phi = 85^\circ$$



$$\phi = 60^\circ$$

