

# 持続可能な電力供給に向け 地域資源の持つ可能性を探る

～「那須おろし」を活用した地域発展を目指して～

栃木県立大田原高等学校 課題研究16班

# 研究動機

## 先輩たちの先行研究

2021 「電力自給率向上を目指して栃木県北部の地域資源に秘められた可能性を探る」

2022 「栃木県北部が目指す理想的なエネルギー構成に迫る」

2023 「ゼロカーボンシティ実現に向けた取り組みを活性化させるには

～未来の最前線を行く同世代に向けて～」



- ・ 栃木県北部6市町（大田原市・那須塩原市・矢板市・那須烏山市・那須町・那珂川町）の市役所・町役場への訪問
- ・ 栃木県北部6市町内の地域資源を利用した発電所への訪問
- ・ 発電量と使用料のシミュレーションの実施
- ・ 栃木県北部6市町の高校生へのアンケート実施
- ・ ゼロカーボンシティ宣言の認知度向上を目的としたリーフレットの作成

# 研究動機

## 先輩たちの先行研究

2021 「電力自給率向上を目指して栃木県北部の地域資源に秘められた可能性を探る」

2022 「栃木県北部が目指す理想的なエネルギー構成に迫る」

2023 「ゼロカーボンシティ実現に向けた取り組みを活性化させるには

～未来の最前線を行く同世代に向けて～」



- ①ゼロカーボンシティ宣言の**認知度が低い**が**地球温暖化など環境問題への関心は高い**
- ②各市町村のゼロカーボンシティ宣言後の**取り組みは具体化していない**
- ③栃木県北部 6 市町では再生可能エネルギーだけで家庭電力使用量を賄うことができる
- ④ゼロカーボンシティ宣言の認知度向上を目指した**リーフレットを作成した**

# 研究動機

## 先輩たちの先行研究

- ①ゼロカーボンシティ宣言の認知度が低いが地球温暖化など環境問題への関心は高い
- ②各市町村のゼロカーボンシティ宣言後の取り組みは具体化していない
- ③栃木県北部では再生可能エネルギーだけで家庭電力使用量を賄うことができる
- ④ゼロカーボンシティ宣言の認知度向上を目指したリーフレットの作成

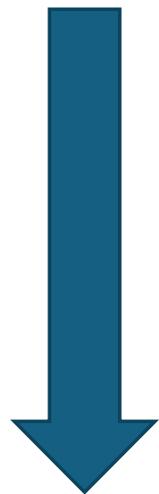


シミュレーションをより詳細に実施し  
リーフレットの内容を充実させたい！

# 研究目的

過去のシミュレーション対象

小水力発電 バイオマス発電 大規模太陽光発電 etc…



栃木県北部（那須地域）特有の  
自然環境に注目できないか…

今年度の研究

**地元である那須野が原に吹く「那須おろし」を  
活用した風力発電の可能性を探りたい！**

# 研究手法

## ① 様々な発電に関する調査

- 風力発電所・再生可能エネルギー利用した発電所の見学
- 脱炭素電源比率の高い地域と栃木県北部の比較  
社会状況、地域資源、気候etc…

## ② 風力発電を中心としたシミュレーションの実施

- 先輩たちのシミュレーション手法を参考に様々な発電方法を比較

## ③ リーフレットの改良

- 先輩たちが作成したリーフレットをより良いものにする

# 研究内容

- ①那須地域は風力発電に適しているのか
- ②風力発電機を置く価値はあるのか
- ③那須おろしによる発電のコストや利益は  
どのくらいか

# ①那須地域は風力発電に適しているのか

<風力発電を設置するのに適した条件>

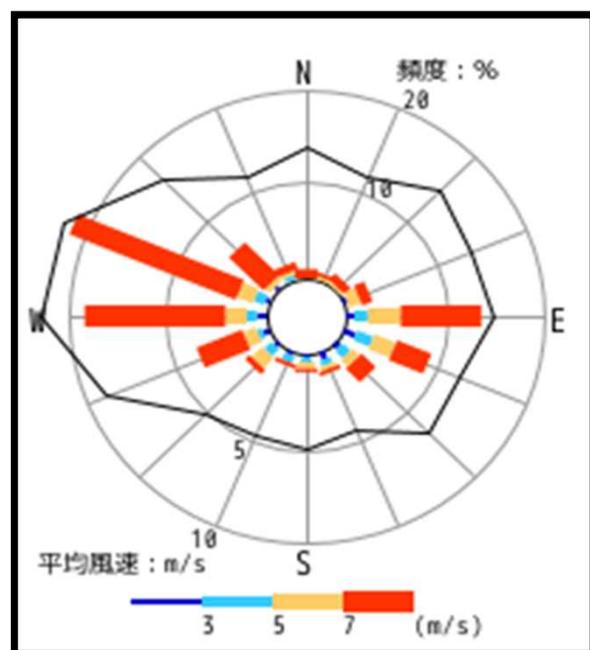
- ・卓越風と180度の位置関係にある2方位に加え、それらに隣接する方位を合わせた6方位における風向の出現率の合計が高いほど、風力発電に適した風向条件となる。
- ・風速が3.5m/sを超える風の出現率が多いほど、風力発電に適した土地といえる。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)  
「風力発電導入ガイドブック」より

# ①那須地域は風力発電に適しているのか

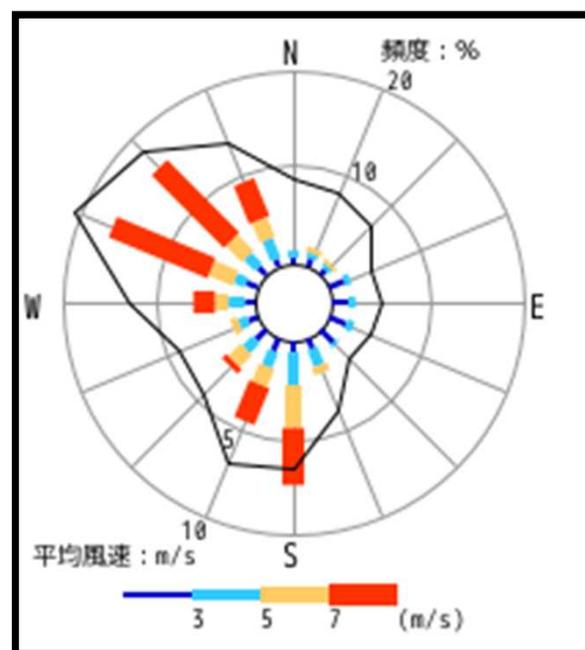
風向図から見る風力発電に適した風向の出現率

六ヶ所村



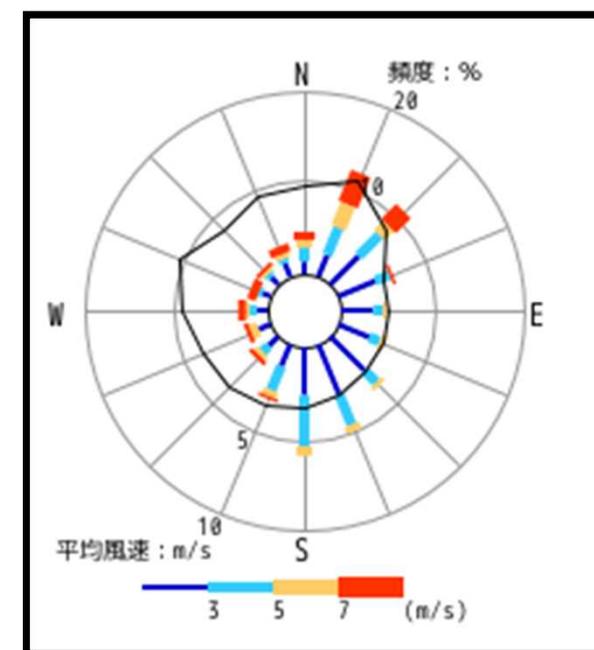
約70%

那須高原\*



約50%

宇都宮\*



約40%

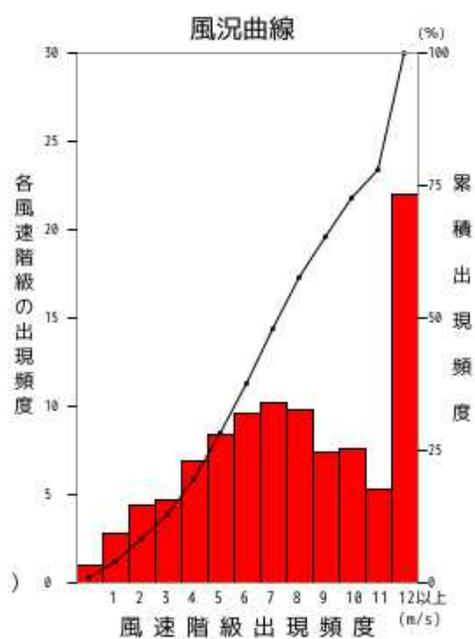
\* 2地点ともアメダスがおかれている場所  
NEDO「局所風況マップ」より引用

# ①那須地域は風力発電に適しているのか

## 風速3m/s以上の出現頻度

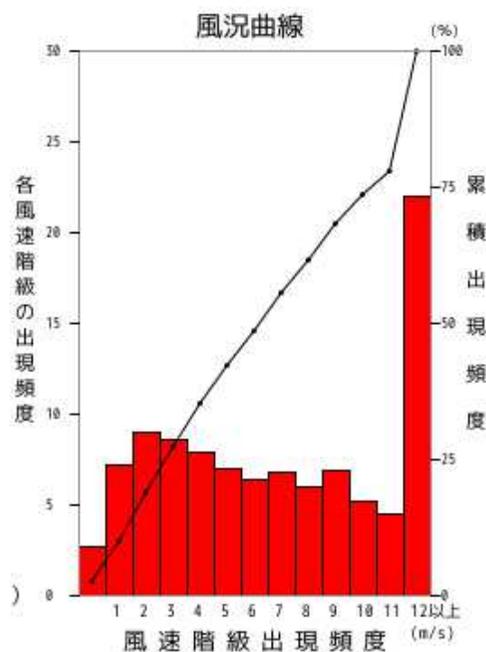
1年間における風速ごとの出現頻度のグラフ

### 六ヶ所村



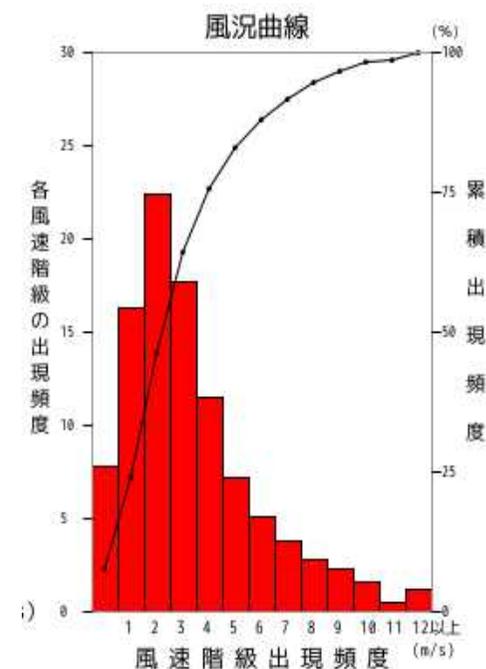
約90%

### 那須高原



約80%

### 宇都宮



約50%

NEDO「局所風況マップ」より引用

# ①那須地域は風力発電に適しているのか

風力発電に適した風向の出現率と

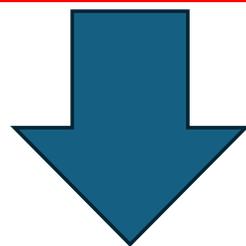
風速3<sup>m</sup>/s以上の出現頻度の比較

風向

六ヶ所村：約70%    那須高原：約50%    宇都宮約40%

風速

六ヶ所村：約90%    那須高原：約80%    宇都宮約40%



那須地域も風力発電に適した土地である可能性は十分ある

## ②風力発電機を置く価値はあるか

<計算式の決定>

○基本式の決定

風力の発電量は風速の3乗に比例 →

$$y = ax^3$$

$x$ :風速( $m/s$ )  $y$ :発電量(kw)  $a$ :定数

○定数 $a$ の決定

<シミュレーションに利用した風力発電機の性能>

- ・高さ70m
- ・風速 $11.6 m/s$ で最大1500kw発電可能
- ・風速 $3 m/s$ から発電開始
- ・風速 $25 m/s$ で安全のため発電停止
- ・風速 $11.6 \sim 25 m/s$ では1500kwの発電量を維持

→定格出力(安定して出力できる最大の電力量):1500kW

→定格風力(定格出力時の風速): $11.6 m/s$

## ②風力発電機を置く価値はあるか

<計算式の決定>

○定数 $a$ の決定

基本式  $y = ax^3$   $x$ :風速( $m/s$ )  $y$ :発電量(kw)  $a$ :定数

定格出力(安定して出力できる最大の電気量):1500kW

定格風力(定格出力時の風速):11.6  $m/s$

風速11.6  $m/s$ で1500kw発電

$$\rightarrow 1500 = a \times 11.6^3 \text{ より } a = 1500/11.6^3$$

<シミュレーションで利用する基本式>

$$y = 1500/11.6^3 \times x^3 \text{ (発電量} = 1500/11.6^3 \times \text{風速}^3)$$

## ②風力発電機を置く価値はあるか

シミュレーションの方法

### ①発電量を計算

風速は平均を使用

発電量(kW) = 風力の出現率(%) × 基本式による発電量 を合計

### ②年間発電電力量を計算

年間発電電力量(kWh/年)

= 発電量(kW) × 風向の出現頻度(%) × 365(日) × 24(時間)

### ③設備利用率を計算

設備利用率(%) = 
$$\frac{\text{年間発電電力量(kWh/年)}}{\text{設備容量(kW)} \times \text{年間時数(365日} \times \text{24時間)}} \times 100$$

**風力発電機の設備利用率の目安は20%以上**

NEDO「風力発電導入ガイドブック」<https://www.nedo.go.jp/content/100079735.pdf> (R6.10.24確認) より

## ②風力発電機を置く価値はあるか

シミュレーションの実施＜那須高原の場合＞

### ①発電量を計算

$$1500/11.6^3 \times 3.5^3 \times \frac{8.5}{100} + \dots + 1500 \times \frac{21}{100} \\ \doteq 597.668176 \text{ (kW)}$$

### ②年間発電電力量を計算

$$597.668176 \times \frac{50}{100} \times 365 \times 24 \\ \doteq 5235573.22 \text{ (kWh/年)}$$

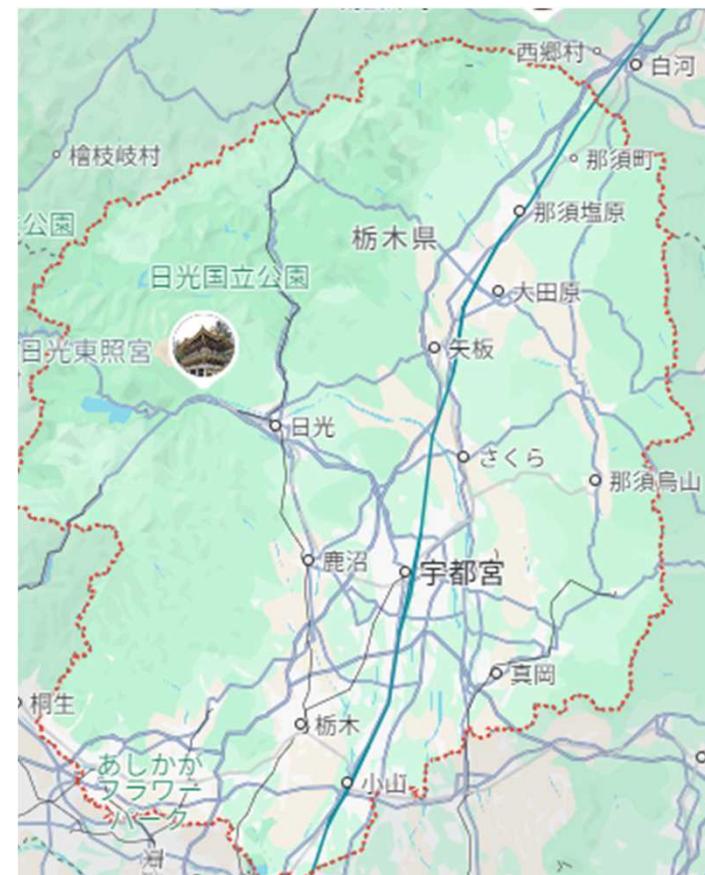
### ③設備利用率を計算

$$\frac{5235573.22}{1500 \times 365 \times 24} \times 100 = 19.9223 \dots \doteq 20(\%)$$

風速 (m/s)	風力の出現 頻度 (%)
	那須高原
3~4	8.5
4~5	8
5~6	7.5
6~7	7
7~8	7.5
8~9	6
9~10	7.5
10~11	5
11~12	4
12~	21

## ②風力発電機を置く価値はあるか

各地域の風速別の風量の出現割合



風速(m/s)	風力の出現頻度 (%)				
	那須高原	大田原	黒磯	宇都宮	六ヶ所村
3~4	8.5	17	14.5	17	4.5
4~5	8	11	12.5	12	7
5~6	7.5	8	8	7	8.5
6~7	7	5	6	5	9.5
7~8	7.5	4.5	4.5	4	10
8~9	6	4	2.5	3	9.5
9~10	7.5	3	3	2.5	7.3
10~11	5	2.5	1.5	2	7.5
11~12	4	2	2	0.3	5
12~	21	3	2.5	1	22

Google mapより

[https://www.google.co.jp/maps/place/%E6%A0%83%E6%9C%A8%E7%9C%8C/@36.6755932,139.1499771,9z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x601f70556b9715ed:0x6d65459eb920d007!8m2!3d36.6714739!4d139.8547266!16zL20vMDE4cWdr?entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI0MTIwNC4wIWXMDSoASAFQAww%3D%3D](https://www.google.co.jp/maps/place/%E6%A0%83%E6%9C%A8%E7%9C%8C/@36.6755932,139.1499771,9z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x601f70556b9715ed:0x6d65459eb920d007!8m2!3d36.6714739!4d139.8547266!16zL20vMDE4cWdr?entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MTIwNC4wIWXMDSoASAFQAww%3D%3D)

## ②風力発電機を置く価値はあるか

### シミュレーション結果の比較

	那須高原	大田原	黒磯	宇都宮	六ヶ所村
発電量(kW)	5235573.22	1850408.51	1635311.03	1234957.84	6058058.21
年間発電電力量 (kWh/年)	2617786.61	740163.40	654124.41	493983.14	4240640.72
設備利用率(%)	約20%	約6%	約5%	約4%	約32%

**那須高原も六ヶ所村と同様に目安の20%に達している**

## ②風力発電機を置く価値はあるか

シミュレーション②

那須町においてどれほどの電力を賄えるのか？

那須町における家庭での消費電力量(2020年)

192.9(TJ) ≒ 53583000(kWh)

「地域エネルギー需給データベース」(国際環境経済研究所) 参照

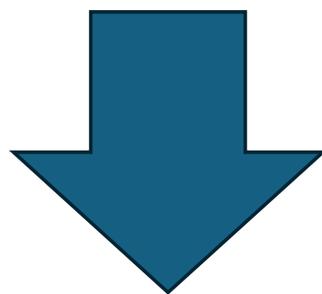
$2617786.61 \div 53583000 \times 100 = 4.88 \dots$



**風力発電機 1 基で那須町の家庭電力消費量の  
約5%を賄うことができる**

## ②風力発電機を置く価値はあるか

- ・ 那須高原も六ヶ所村と同様に目安の20%に達している
- ・ 風力発電機1基で那須町の家庭電力消費量の5%を賄える



**那須町に風力発電機を設置する価値は十分にある**

### ③那須おろしによる発電のコストや利益はどれくらいか 1kWh発電するのにあたりかかる費用を算出

発電コスト(円/kWh)

$$= (\text{設置コスト(円/年)} + \text{維持費(円/年)}) \div \text{年間発電電力量(kWh/年)}$$

\* 風力発電機の利用可能な年数が約20年のため、設置にかかる費用を20年かけて払う場合で計算

\* 年経費率については考慮しない

○設置にかかる費用：20～35万円/kW

→1500kWの発電機の場合3億～5.25億円→中間値の**4.125億円**で試算

$$412500000 \div 20 = 20625000$$

○維持費：0.6万円/kW →1500kWの場合900万円

$$(20625000 + 9000000) \div 2617786.61 \approx \mathbf{11.3} (\text{円/kWh})$$

NEDO「風力発電導入ガイドブック」<https://www.nedo.go.jp/content/100079735.pdf> (R6.10.24確認) 参照

### ③那須おろしによる発電のコストや利益はどれくらいか 利益を計算する

現在（2024年）の風力発電の売電価格は**14円**

\* 経済産業省HP「再生可能エネルギーのFIT制度・FIP制度における2023年度以降の買取価格等と2023年度の賦課金単価を設定します」<https://www.meti.go.jp/press/2022/03/20230324004/20230324004.html>（R6.10.24確認）より

那須高原における風力発電の利益は1kWあたり

$$14 - 11.3 = 2.7(\text{円}/\text{kWh})$$

1年間の利益は

$$2.7 \times 2617786.61 = 7068023.847 \dots \quad \text{約700万円}$$



**那須高原への風力発電の設置は十分な利益も見込める**

# 研究結果のまとめ

①那須地域に風力発電に適しているのか

⇒ 風配図の比較から、適している

②風力発電機を置く価値はあるのか

⇒ 年間発電量の計算結果から、十分に価値はある

③那須おろしによる発電のコストや利益はどれくらいか

⇒ 1kwhの発電コストから、利益は十分に見込める

# 研究結果のまとめ

現状、那須町には風力発電機が設置されていないが…

\*個人の物を除く

那須おろしによる風力発電機を設置することで、  
利益を生み出せる！



那須町が宣言している「ゼロカーボンシティ宣言」の  
達成にも大きく貢献できる！



風力発電機の設置を推進することで  
町おこしにつながる可能性は十分ある！

## これからの展望

- 環境への負荷等様々な視点から、  
より詳細なシミュレーションを実施する。
- 実際に風力発電機を設置して、  
発電量をシミュレーションと比較する。
- 今回の研究結果を踏まえたリーフレットを作成し、  
ゼロカーボンシティ宣言を認知度を高める。

# 謝辞

一般財団法人 日本原子財団の皆様

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 電気ユニット 上級スペシャリスト 村上明子様  
研究にご協力いただきありがとうございました

# 参考文献

- ・ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）  
「局所風力図」 <https://appraw1.infoc.nedo.go.jp/nedo/index.html>（R6.10.24確認）  
「風力発電導入ガイドブック」 <https://www.nedo.go.jp/content/100079735.pdf>（R6.10.24確認）
- ・ フジテックスエネルギーHP「発電量の計算方法」 <https://energy.fjtex.co.jp/blog/post-786/>（R6.10.24確認）
- ・ 環境省HP再生可能エネルギー情報提供システム[REPOS]  
<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/index.html>（R6.10.24確認）
- ・ 経済産業省HP  
「再生可能エネルギーのFIT制度・FIP制度における2023年度以降の買取価格等と2023年度の賦課金単価を設定します」  
<https://www.meti.go.jp/press/2022/03/20230324004/20230324004.html>（R6.10.24確認）
- ・ 令和4年度栃木県立大田原高等学校課題研究32班「栃木県北部が目指す理想的なエネルギー構成に迫る」
- ・ 令和5年度栃木県立大田原高等学校課題研究48班「ゼロカーボンシティ実現に向けた取り組みを活性化させるには」

ご清聴ありがとうございました