

風力エネルギー

ブックレット



高知県公営企業局

もくじ

1.風力発電について 1

1-1	風とは	1
1-2	風車とは	3
1-3	発電機とは	5
1-4	風のエネルギーを電気に	7
1-5	高知県の風力発電所	9
1-6	世界と日本の風力発電所	11
1-7	良い点・悪い点	12

2.新エネルギー(再生可能エネルギー)の導入 13

2-1	新エネルギー(再生可能エネルギー)とは	13
2-2	高知県新エネルギービジョン	15
2-3	公営企業局が取り組んでいること	16

参考-1	出前授業の内容	18
------	---------	----

参考-2	雨喜ヶ峰風力発電所の建設写真	21
------	----------------	----

参考文献

メッセージ

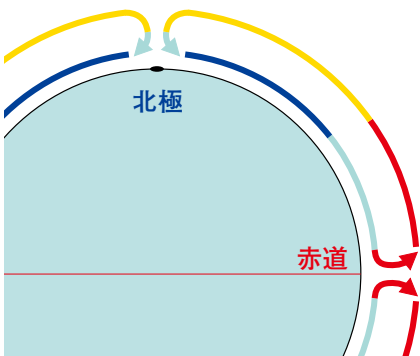
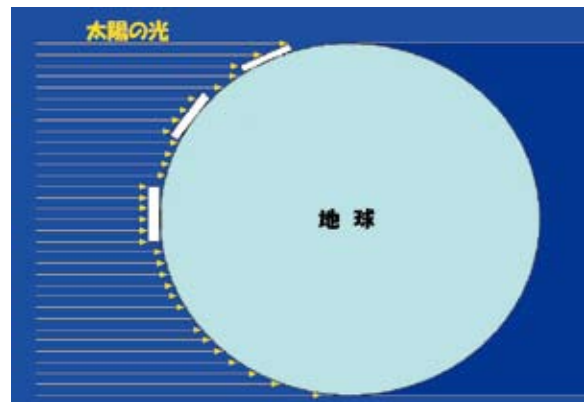
1. 風力発電所について

1-1 風とは

風はどうして発生するのでしょうか？風の起源は、太陽から地球へ降り注ぐ光のエネルギーです。(太陽の光がエネルギーだと知っていましたか？)

地球は丸いので、赤道付近は光がほぼ垂直に当たり、北極・南極(極地)に近づくにしたがって、光を斜めに受けるようになります。光を垂直に受けると、光のエネルギーが集中します。

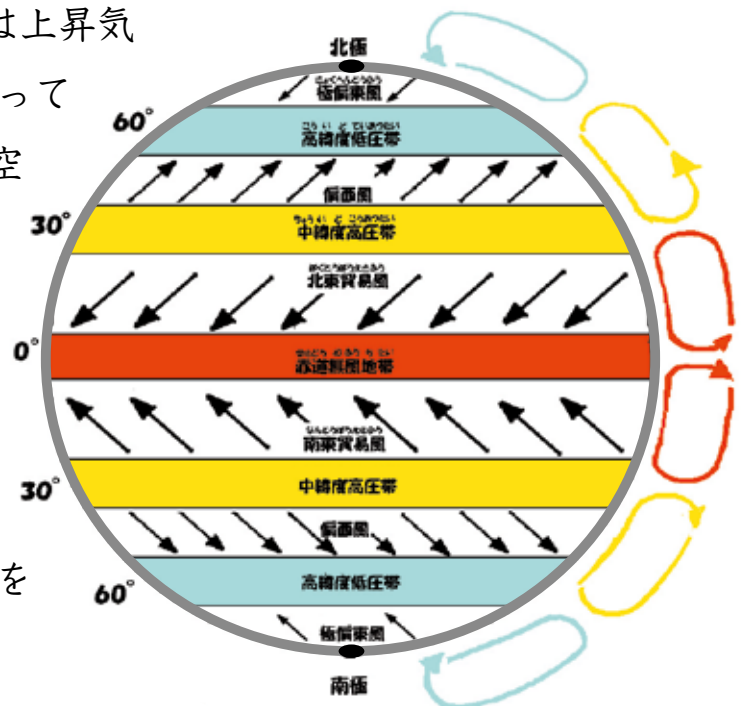
斜めに受けるにつれて、光を受ける面積が広くなり、光のエネルギーが分散されます。ですから、赤道付近は気温が高くなり、極地に近づくと気温が低くなります。



地球は大気(空気)に包まれていますから、地球の表面が暖められると、そこに接する空気が暖められます。暖められた空気は軽くなり、その空気のかたまりは上昇し、その後、横から暖められていない周囲の空気が流れ込んで

きます。ですから、赤道付近では上昇気流が発生し、上空で極地へ広がって流れます。一方、冷たい極地の空気は地表に沿って、赤道付近へ流れ込んでいきます。

また、地球は自転していますから、その気流は北半球と南半球とで逆方向にカーブする力を受けます。(コリオリの力)



さらに、地軸は太陽に対して23.4度傾いていますから、地域によって太陽から受ける光エネルギーの量が異なり、気流も複雑になります。

そのうえ、地球の表面は陸と海が複雑に入り組んでいますので、暖まり方、冷め方がそれぞれ異なります。特に、陸地は、河川、砂漠、湖沼、草原、森林など、多様性に富んでいますので、風の流れへの抵抗や熱を蓄える能力も異なり、これら陸地の形状の全てが風の強さや方向に影響しています。

ですから、風は、それぞれ、私たちの住んでいる地域固有のものなのです。それぞれの場所で全て異なっていて、同じ風はありません。

太陽エネルギーにより、風は何度でも発生する再生可能なエネルギー資源の一つです。



1-2 風車とは

風車はなぜ回るのでしょうか？

それ自身では動く力をもたないものも、ある流れの中に入ると、力が作用して、動きはじめることは身近に体験していることですが、その動き(力のはたらき方)には2種類あります。

一つは、流れに押されて(引きずられて)、流れと同じ方向に動くもの。もう一つは、流れから垂直に力を得て(持ち上げられて)、流れと垂直方向に動くものがあります。

何か例をみてみましょう。みなさんは、タコ揚げをしたことがあると思います。それは、どんなタコだったのでしょうか？

やっこダコのような昔から日本にある和ダコは、どうでしたか？バランスがとりにくく、揚げるのに苦労したのではないのでしょうか？それに、タコは高くというより、遠くへずっと伸びていきませんでしたか？

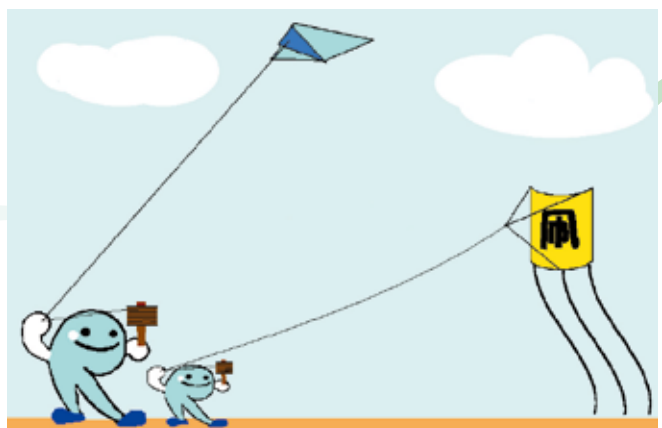
一方、スポーツカイトとか洋ダコと言われるものもあります。これは、弱い風でも簡単に高く揚がったのではないのでしょうか？

このように、タコによって揚がりかたが違うのは、なぜでしょうか？

和ダコは、姿勢が立った感じで風に押され、空高く上がるというより、風の吹く方向に遠く伸びていきます。このように風の流れと平行にはたらく力を「抗力」と言います。

これに対して洋ダコは、飛行機のように水平に姿勢を保ち、風と垂直に、高く持ち上げられる力を風から得ています。このように風の流れと垂直にはたらく力を「揚力」と言います。

和ダコも洋ダコも抗力と揚力の両方の力を受けているのですが、和ダコは抗力を、洋ダコは揚力をうまく利用できる形となっています。



力の方向の^{ちが}違いだけでなく、強さも違います。抗力では風の速さより速くは動きません。これに対して、揚力^{ようりょく}は風の速さよりずっと速く動く大きな力をもっています。



◆ 鳥 (タカ)



◆ ジェット旅客機

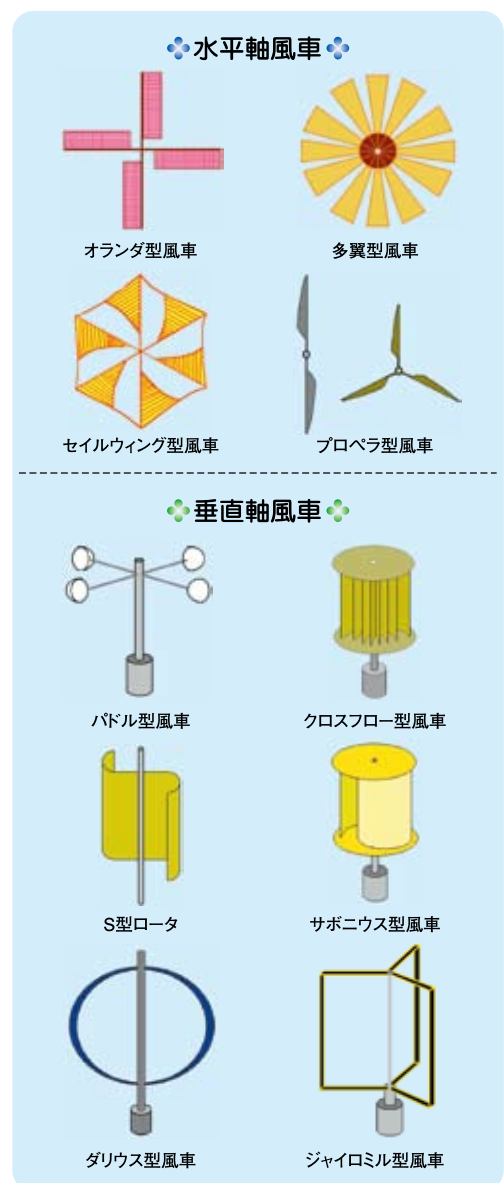
翼^{つばさ}を広げて飛ぶ鳥も、飛行機^{ひこうき}も、この揚力^{りょうう}を利用して浮き上がります。そして、できるだけ抗力を受けない形になっています。

このような風(空気の流れ)の力を回転運動に変えたのが、風車ということになります。風車には、「抗力」と「揚力」とを利用した二つの方式があります。

また、右の図のように、回転軸^{じく}が水平(風と同じ方向)なもの^{すいちよく}と垂直なものとの二通りにも分けることができます。

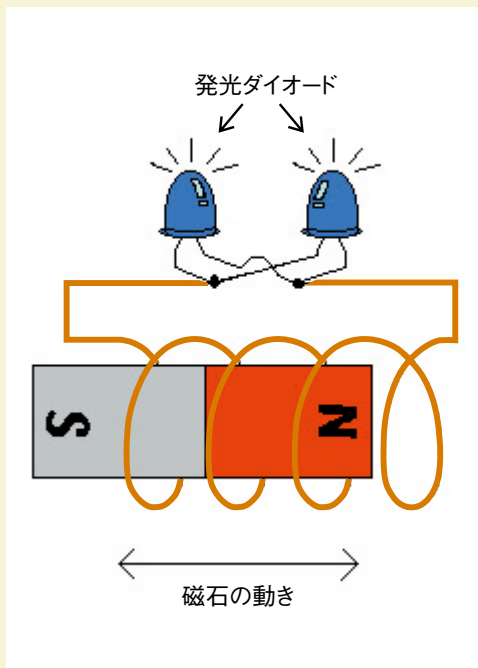
たとえば、「かざぐるま」は、水平軸・揚力利用タイプです。9ページに記載している高知県の風力発電所(数十メートルの高さと羽根を持つ風力発電機)も同じタイプで、羽根の形をより大きい揚力が得られるようにしたものです。

また、ピンポン玉を二つ割したようなもの^{わり}の4個が軸に付いているパドル型風車^{がた}(風速計などによく用いられていました)は、垂直軸・抗力利用タイプです。



1-3 発電機とは

みなさんが使っている電気は、どういうふうになられているのでしょうか？
電気をつくることを発電といい、電磁誘導という現象を利用します。それは下の図のような実験で確かめることができます。



磁石をコイルに近づけたり、はなしたりすることで、電流が流れ左右の発光ダイオード(LED)が交互に点灯します。

注) 発光ダイオードとは、電気を順方向(一定方向)に流したときに光る物体です。テレビやゲーム機などの電源の入切をしめす光として使われています。近年は、信号機や電光掲示板、さらに、いろいろな照明にも使われています。

発電機には、自転車のライト用のものから、水力・火力・原子力などの発電所にあるものまで大小さまざまあり、何かの力を回転力に変えて発電しています。風力発電は、風のを力を回転力に変えて発電します。発電機の構造によっては、発電に必要な回転数にするため、増速機を使って回転数を高くします。

ほとんどの発電機は、回転することにより電気を作るために、コイルを円周状に配置し、その中で磁石を回す構造になっています。そして、コイルは巻く回数を多くするほど、また、磁石は強くしたり、速く回すほどたくさんの電気ができます。

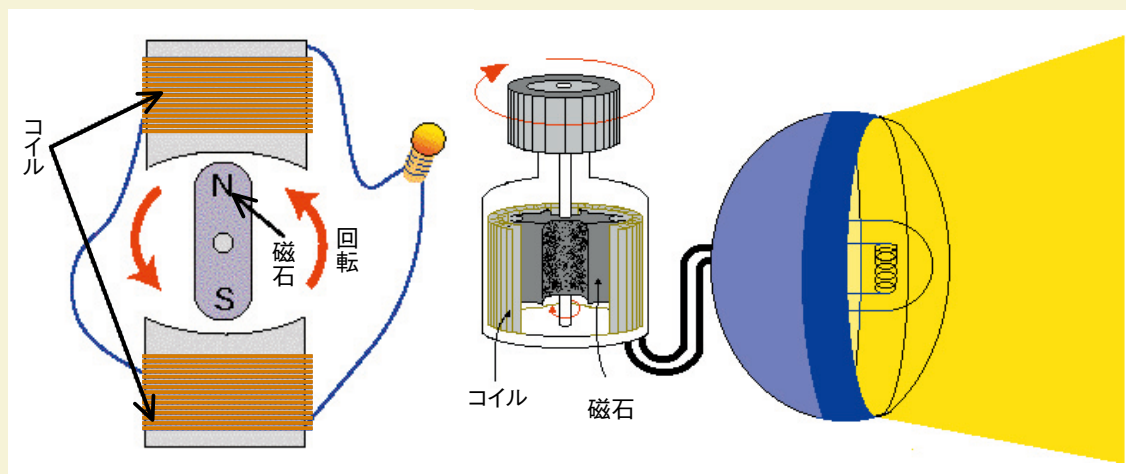


発電機は、^{もけい}模型やおもちゃで使われるモーターと同じしくみです。

モーターを^{かんでんち}乾電池につなぐとモーターが回ります。乾電池の代わりに豆電球をつないで、モーターの^{じく}軸を回すとモーターが発電機になり、豆電球が点灯します。

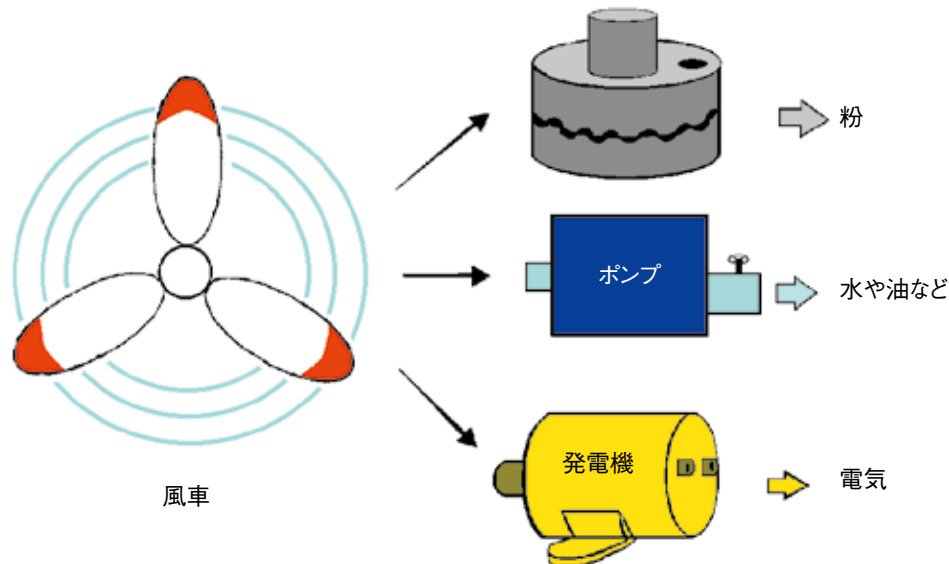
発電機の内部構造図

自転車の発電機の例



1-4 風のエネルギーを電気に

風のエネルギーは、昔から利用されてきました。粉をひいたり、水や油をくみ上げたりする動力源として利用されてきました。現在では、電気を生み出す発電にも使われるようになりました。



風力発電は、風力で風車を回して、それにつながった発電機を回して電気を作り出しています。このときの発電できる風の速さは、風速3～25mくらいです。25mを超えると安全のために止めます。



つぎに風力発電の長所と短所をみてみましょう。



長所

- 1: 風という自然のエネルギーを利用するため、二酸化炭素などを出すことのないクリーンな発電システム
- 2: エネルギー資源が無くなること。

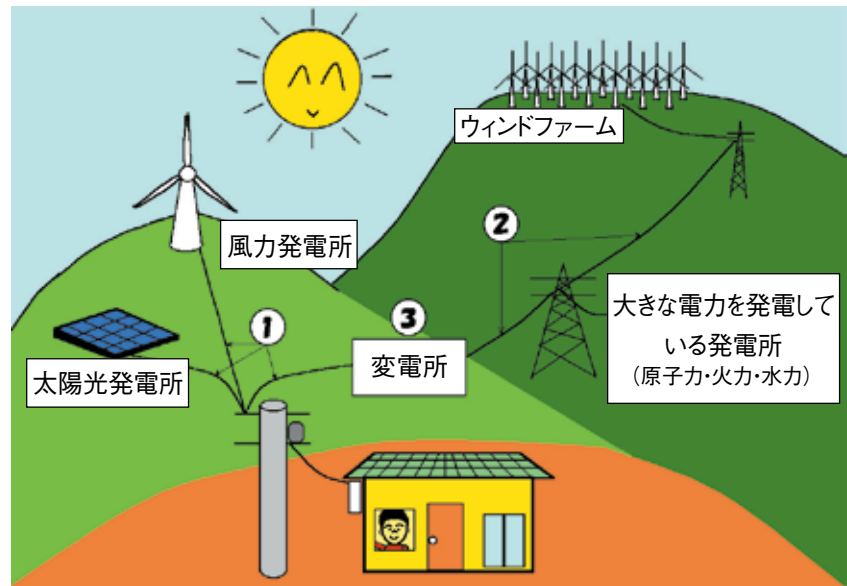


短所

- 1: 風向・風速が絶えず変化するために安定した電気が得られない。
- 2: 風は体積あたりのエネルギーが小さい。

風力により発電された電気は、どういうふうに使われているのでしょうか。
2種類の経路があります。

一つは、直接配電線につながり、各家庭に送られ利用されています。もう一つは、ウインドファームの場合で、送電線に送られ変電所を経由し、そこから配電線につながり、各家庭で利用されています。

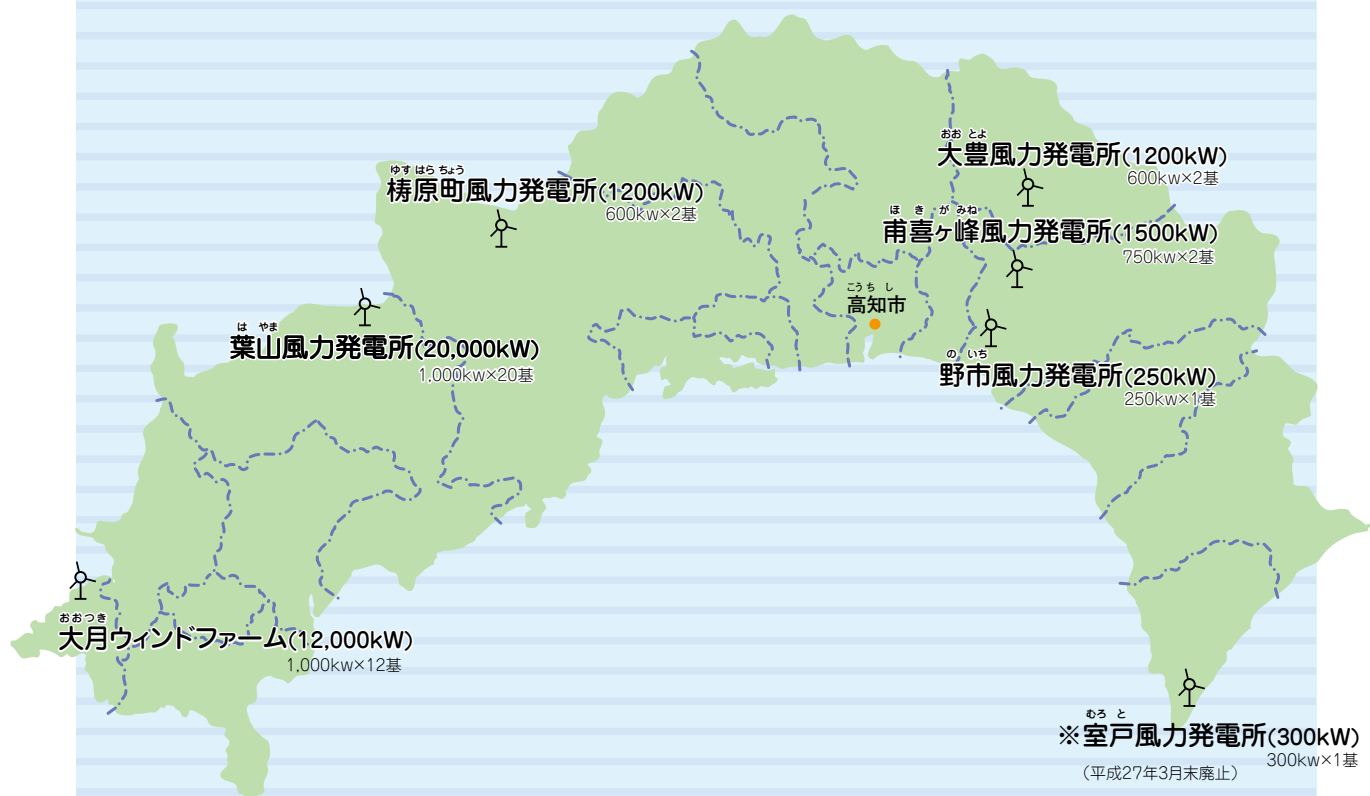


- ①配電線 …………… 変電所から家の近くの電柱まできている線です。電圧は、6,600Vです。
- ②送電線 …………… 大きな発電所から変電所まできている線です。電圧は、66,000Vや187,000Vなどの高い電圧で送られています。
- ③変電所 …………… 発電所から送電線をつかって送られてきた電気を使いやすい電圧に順次下げるところです。一次変電所、二次変電所、配電用変電所などの種類があります。

1-5 高知県の風力発電所

県内には現在 6 箇所の風力発電所があり、その発電能力は全体で 36,150kW です。風況が良く、ブレードを運ぶ広い道路があるなどの建設条件を満たす場所には、今後とも建設が進むものと期待されます。

●高知県の風力発電所設置場所



平成 27 年 9 月現在





おおとよ
大豊風力発電所 (公営企業局)

600kW × 2 基・長岡郡大豊町
ラガウェイ (オランダ)



ゆすほらちよう
栲原町風力発電所 (町営)

600kW × 2 基・高岡郡栲原町
NEG ミーコン (デンマーク)



おおつき
大月ウィンドファーム (民営)

1000kW × 12 基・幡多郡大月町
三菱重工 (日本)



のいち
野市風力発電所 (公営企業局)

250kW × 1 基・香南市野市町
NEG ミーコン (デンマーク)



はやま
葉山風力発電所 (民営)

1000kW × 20 基・高岡郡津野町
三菱重工 (日本)



むろと
※ 室戸風力発電所 (四国電力株)

300kW × 1 基・室戸市
三菱重工 (日本)



ほきがみね
甫喜ヶ峰風力発電所 (公営企業局)

750kW × 2 基・香美市土佐山田町
ヴェスタス (デンマーク)

(平成 27 年 3 月末廃止)

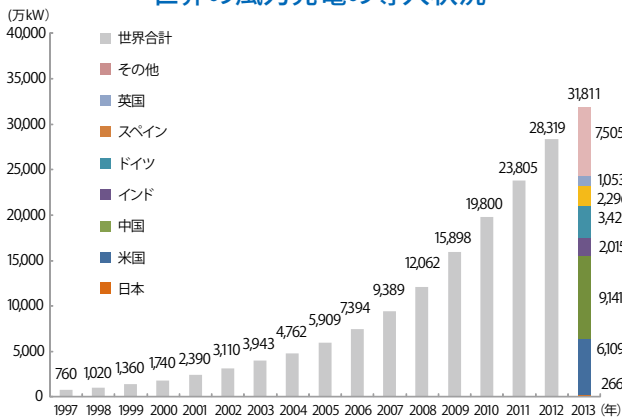
1-6 世界と日本の風力発電所

風力発電所の数は、中国、アメリカ合衆国、ヨーロッパが多く、80%程度がこれらの地域で占められています。要因としては国の政策で他の電源と比べて高い料金で、電力会社に売電できる制度があることや、地形的に建設が容易なことがあげられます。現在も積極的に建設されており、世界で最も急成長しているエネルギー源とされています。

日本でも、近年各地で建設が進み、特に、平坦な地形で風が良く吹く北海道、東北地域で多く建設されています。

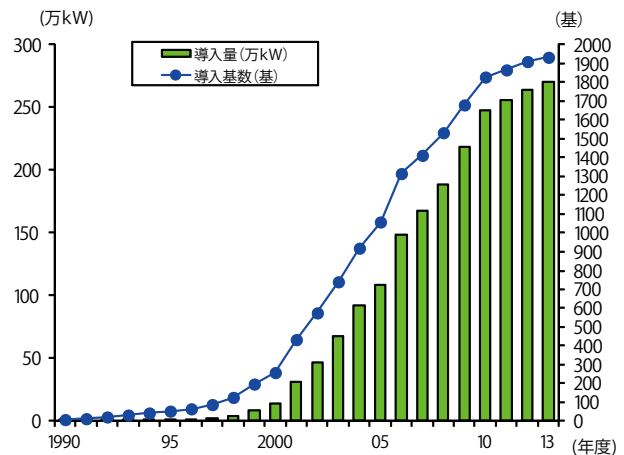
平成24年7月から「固定価格買取制度」がスタートしたことで、日本各地で建設に向けた具体的な取り組みが多く進められています。

世界の風力発電の導入状況



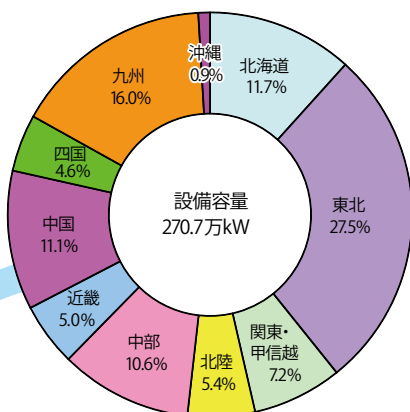
出典：Global Wind Energy Council (GWEC) 資料を基に作成

日本における風力発電導入の推移



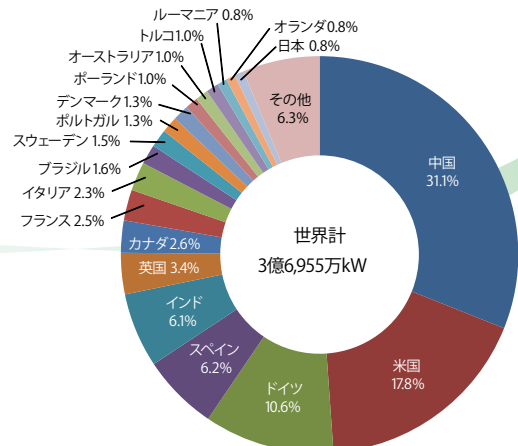
出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) ホームページ

風力発電総設備容量に占める各地域別の割合 (2013年度末)



出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) ホームページ

風力発電導入量の国際比較 (2014年末時点)



出典：Global Wind Energy Council 「Global Wind Statistics 2014 (2015)」を基に作成

1-7 良い点・悪い点

風力発電所を建設するとき、環境へ与える影響として、主に次の4項目を考えています。

① 騒音

風車が回ると、発電機の機械音やブレードの風切音が発生します。その音も、日中と夜間では聞こえ方が違ってきます。最近では、大変静かになっていますが、地域の住民の方々の理解を十分得る必要があります。

② 電波障害

テレビなどの電波に影響を及ぼすことがあります。ですから風車を建設する前にあらかじめ電波状況を調べておき、建設したことによって電波障害が起きるようでしたら、対策を行います。

③ 景観

周囲の景観と調和するように、風車の配置やデザイン、色彩等を考慮します。

④ 野生動植物への影響

事前に動植物への影響を調査します。特に特定鳥類の生息地や、渡りのルート上に位置する場合は、避けるなどして影響をできるだけ与えないような配慮をします。

風車はその独特の外観から地域のシンボルとなります。地域の方々の取り組みによっては「地域おこし」にも役立っています。また、クリーンなエネルギーを作り出すという意味においては地球環境を守る代表選手です。風車が立っていると「環境にやさしい」、「地球にやさしい」というイメージが伝わってきます。

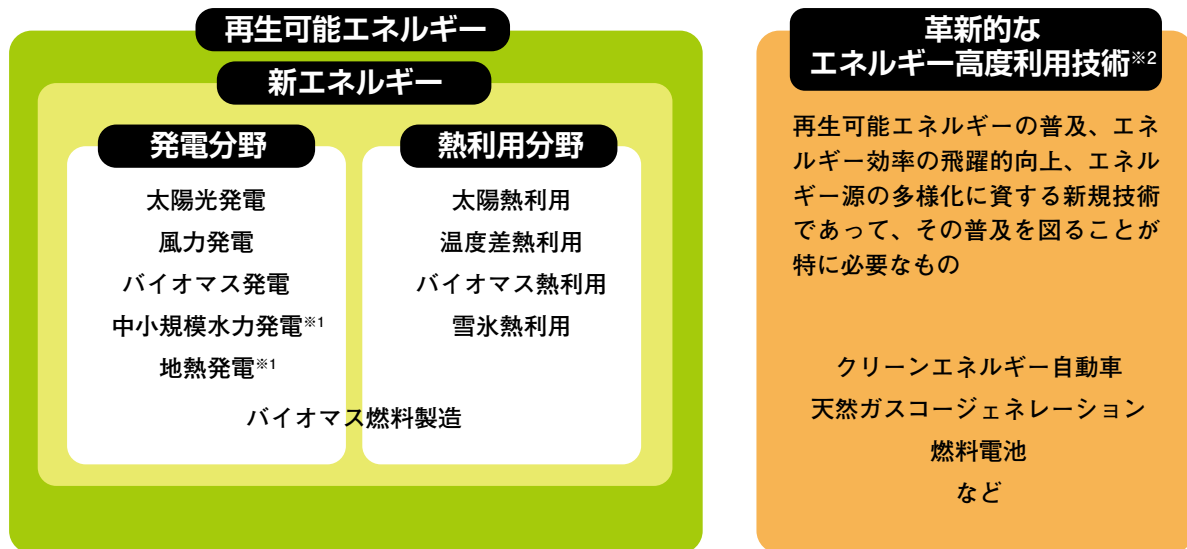


2. 新エネルギー（再生可能エネルギー）の導入

2-1 新エネルギー（再生可能エネルギー）とは

新エネルギーには風力、太陽光、中小水力、木や家畜の糞尿などの生物資源を総称するバイオマスなどがあります。石油や石炭といった化石燃料と異なり無くなることはありませんので「再生可能エネルギー」と言われています。また、このエネルギーは電気だけでなく熱としても利用できます。

望ましいエネルギーですが、化石燃料に比べると経済性に劣ると言われていて、その克服が大きな課題です。



※1 中小規模水力発電は、1,000kW 以下のもの、地熱発電はバイナリー方式のものに限る

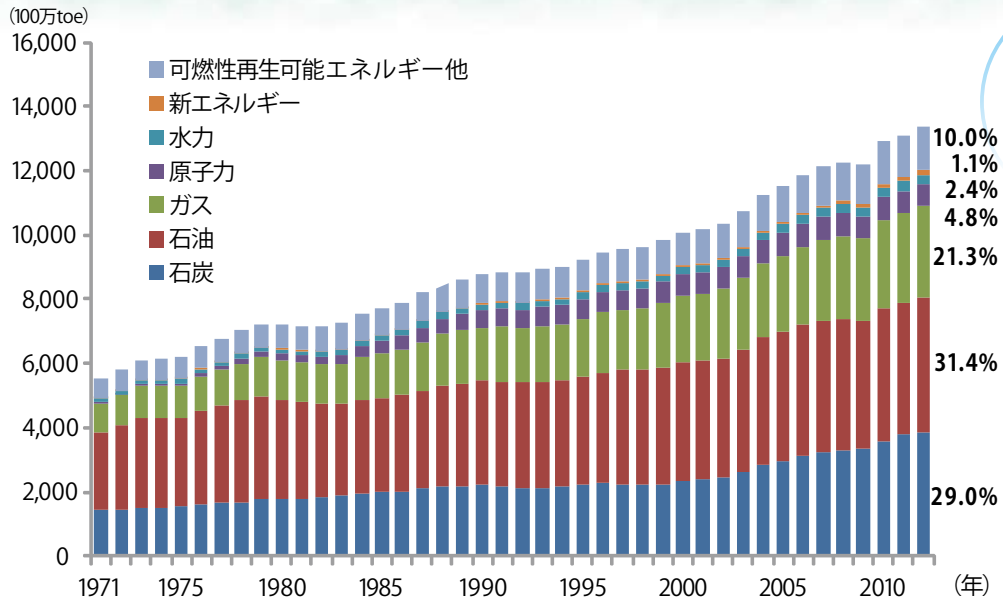
※2 新エネルギーとされていないが、普及が必要なもの

出典：資源エネルギー庁ホームページ

現在わたしたちが使っている電気は、火力発電と原子力発電でほとんどを賄っています。新エネルギーを利用した発電量はまだごく僅かですが、平成24年7月から再生可能エネルギーの「固定価格買取制度」がスタートしたことから、飛躍的に導入が進むものと期待されています。

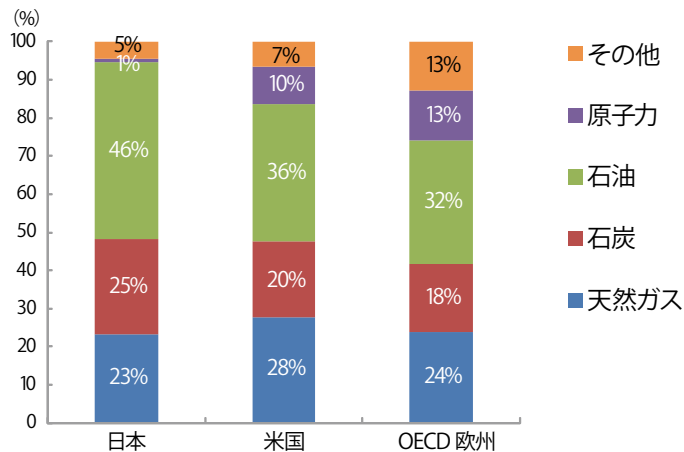
高知県でも新エネルギービジョンを定めて導入促進に努めています。

世界のエネルギー消費量の推移(エネルギー源別、一次エネルギー)



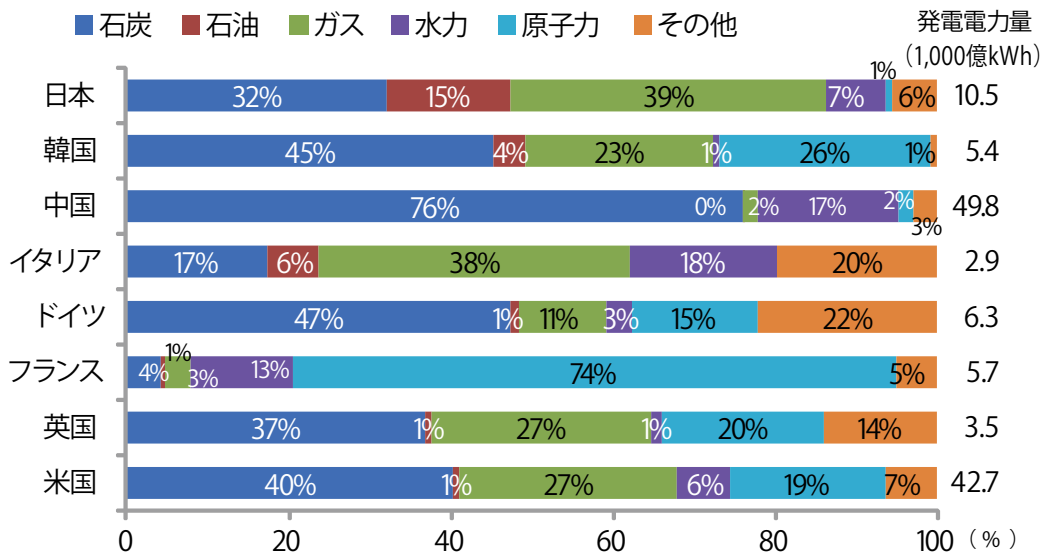
(注)「可燃性再生可能エネルギー他」は、主にバイオマス燃料。 出典:IEA「Energy Balance 2014」を基に作成

日本・米国・OECD欧州の一次エネルギー構成 (2012年)



(注) 端数処理の関係で合計が100%にならない場合がある。 出典:IEA「Energy Balances of OECD Countries 2014」を基に作成

主要国の発電電力量と発電電力量に占める各電源の割合 (2012年)



出典:IEA「Energy Balances 2014」を基に作成

2-2 高知県新エネルギービジョン

高知県は、次のように全国でも優位な再生可能エネルギー資源を備えています。

- 全国一の森林率（84%）による豊富な森林資源
- トップクラスの日照時間（日射量）を誇る太陽光や年間降水量

その強みを十分に生かし、地球温暖化対策に寄与するとともに、産業振興や県民生活の向上につなげていくため、「高知県新エネルギービジョン」を平成23年（2011年）3月に策定（平成25年3月に一部改訂）し、新エネルギーの導入促進に取り組んでいます。

主な新エネルギーとしては、（1）木質バイオマスエネルギー、（2）太陽光発電、（3）小水力発電、（4）風力発電などがあり、これらを、どの場所が良いのか、いろいろな費用や設置後の管理のことも含めて、導入に取り組む地域や企業の人たちと一緒に話し合いながら、地域が元気になることを目指して、新エネルギーの導入を進めています。

高知県新エネルギービジョンや高知県のいろいろな取り組みについて、もっと詳しく知りたい方は、以下のホームページをご覧ください。

高知県 林業振興・環境部 新エネルギー推進課のホームページ

(<http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030901/>)

【高知県新エネルギービジョンが目指す将来の姿】



2-3 高知県公営企業局が取りくんでいること

高知県公営企業局では、物部川水系で3つの水力発電所（永瀬・吉野・杉田発電所）を運営・管理していますが、その他にも、新エネルギーの導入や地球温暖化対策などに対して様々な取り組みを行っています。

(1) 新エネルギーの導入

公営企業局では、県内3か所の風力発電所の運営・管理を行っています。その他にも、平成16年9月に自然エネルギーを利用したハイブリッド発電街路灯を、平成22年1月に10kWの太陽光発電設備を設置しました。

高知県産業振興計画の「新エネルギーを産業振興に生かす」ための具体的な施策を推進するため、公営企業局は小水力発電の導入に向けて、取り組みを進めています。



水力発電(永瀬)



太陽光発電(総合制御所)



風力発電(大豊)



ハイブリッド発電(総合制御所)

(2) 出前授業

子供たちに地球環境やエネルギーに関心を持ってもらうため、県内の小中学校の児童、生徒を対象として、「出前授業」を行っています。これまでに開催した学校の児童、生徒の皆さんや先生からは、「楽しく学べた」「子供たちの理科に対する興味が深まった」など、大変好評をいただいております。詳しくは次ページまたはホームページを参照ください。

(<http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/610301/koueikigyou-chiiki-demae.html>)



(3) 再生可能エネルギー利活用事業費補助金

本県の自然条件等、地域資源を生かした再生可能エネルギーの利活用を促進し、産業振興と地域の活性化を図るとともに、地球温暖化対策に寄与するため、市町村やNPOなどに対して、補助金を交付しています。

- 再生可能エネルギー事業化促進事業
- 再生可能エネルギー利活用促進普及事業

これは、高知県「緑の分権改革」推進事業を継続・発展させるために実施するものであり、再生可能エネルギーの利活用事業およびその担い手を支援するものです。

詳しくはHPを参照ください。

(<http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/610301/2015060100117.html>)

参考－1 出前授業の内容

【ペットボトル風車を使った出前授業】

○所要時間：2時間程度

○人数：10～40人程度

○費用：職員の派遣に係る経費は、公営企業局が負担します。

出前授業を開催する会場や会場の設営等は、学校側で準備していただきます。

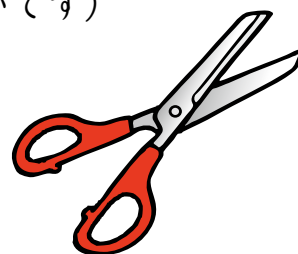
○概要

- (1) プロジェクターを使って講義をします
- (2) ペットボトルで風車を作ります
- (3) どれくらい発電するのかを測定します
- (4) まとめ



○個人で用意していただくもの

- ・ペットボトル（炭酸飲料用の固いものが良いです）
- ・はさみ
- ・筆記用具
- ・ゴミ袋



○学校側で用意していただくもの

- ・プロジェクター、スクリーン（パソコンはこちらで用意します）
- ・テーブル
- ・マーカー

これらは、標準的な出前授業ですので、時間や人数、内容等ご相談に応じます。

じゅぎょうふうけい (授業風景 1) プロジェクターを使って講義こうぎをします



これは、小学校で行われた1コマです。

さいきん さいせいかのう
最近さいきんは、「再生可能エネルギー」についてお話をしています。

「どうして風車が回るのか、発電するのか」の話を通して、風力エネルギーについての理解りかいを深めてもらいます。また、わたし こうえいきぎょうきよく
また、私たち公営企業局の仕事についてもお話します。

(授業風景 2) ペットボトルで風車を作ります



ペットボトル風車工作風景

簡易発電機 (LED が光ります)

ペットボトルを工作して風車を作ります。難しいところがあれば、公営企業局の職員がサポートします。出来上がったペットボトル風車で発電できるのか、かんい はつでんき かくにん
簡易発電機で確認むずかします。

じゆぎょうふうけい
(授業風景3) どれくらい発電するのかを測定します



測定風景



電力測定器

発電できることを確認した後は、どれくらいの電力を発電しているのかを、電力測定器で測定します。一番多く発電できた風車を、最後に発表します。(結構盛り上がります)

(授業風景4) まとめ



まとめ風景



手持ち棒
(公営企業局オリジナル)

最後に今日のまとめをしておしまいです。当日作ったペットボトル風車や、その風車を取り付けることができる手持ち棒は、お持ち帰りいただきます。

参考－2

ほきがみね 甫喜ヶ峰風力発電所の建設写真



① 風況精査

1年間、建設地点で風の強さ、方向を測定します。この測定結果で1年間に発電できる電力量を算出し、建設するかどうか決めます。

測定は地上から20mと30mの2箇所です。



② 船荷の状態

甫喜ヶ峰に建設した風力発電機はヨーロッパで製造されたものですので、船で高知新港まで運びました。

ブレード、発電機、ナセルなどをできるだけ分解した状態で荷造りします。



③ 高知新港での船おろし(「水切り」といいます)

ブレードの材質は傷付きやすいGFRP(ガラス繊維強化ポリエステル)のため、慎重に船から降ろします。



④ 道路での搬送

船から降ろした各部品は道路を管理する機関や警察の許可を得て、特別の大型トレーラーで一般車にできるだけ迷惑をかけないように深夜に運びます。

この際には、交通事故が起こらないように先導車と後続車を付けて慎重に行いますので、甫喜ヶ峰では全ての部品を運ぶのに4日かかりました。



⑤ タワーの組み立て

ブレード、ナセルなどを支えるタワーの組み立てです。タワーは2分割されていますのでボルト・ナットでつなぎ合わせます。



⑥ ブレードの組み立て

3枚のブレードをハブに地上で取り付けます。(「地組」といいます。) 完成後は、この部分が回転します。



⑦ 回転部(ブレードとハブ)とナセルの結合

地組した回転部を大きなクレーンを使い、ナセルにつなぎます。風が強いと揺れてブレードを壊しますので、風が弱くなるのを待って作業を行います。



⑧ 組み立て完了

組み立てが完了した写真です。その後、約半月かけて、正常に発電できるように調整しました。



⑨ 遠くから見た写真

上空から見た全体の写真です。遠くに高知市が見えます。

さんこうぶんけん 参考文献

げんざい かのう
現在、入手可能な主な文献をあげます。

また、インターネット上でも、色々しりょうと資料しりょうがありますので、探さがしてみてください。

- 調べるっておもしろい 風車は地球の未来みらいを救すくえるか？ 樋口清美ひぐちきよみ アリス館かん
- 小学理科かんぺき教科書：教養きょうようのための理科きそへん（基礎編） 後藤卓也ごとうたくや 誠文堂新光社せいぶんどうしんこうしゃ
- 調べてみようエネルギーのいま・未来 槌屋治紀つちやはるき 岩波書店いわなみしよてん
- 現代人のための中学理科：新しい科学の教科書Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ 左巻健男さまきたけお 文一総合出版ぶんいちそうごうしゅつぱん
- 風と太陽と海——シリーズ21世紀のエネルギー3 コロナ社
- 風車工学入門 牛山泉うしやまいずみ 森北出版もりきたしゅつぱん
- 何ゆえロマン風・風車：風・風車のQ&A 120 キューアンドエー 松本文雄まつもとふみお パワー社
- さわやかエネルギー風車入門 牛山泉 三省堂さんせいどう
- 環境かんきょうを守るための自然エネルギー読本 北海道自然エネルギー研究会しぜん けんきゅうかい 東洋書店とうようしよてん
- 手作り風車ガイド 松本文雄・牛山泉 パワー社
- 風力発電機製作ガイドブック 金鋼均かねこうひとし パワー社
- 小型風車ハンドブック 牛山泉・三野正洋みのまさひろ パワー社
- 風力発電技術 清水幸丸しみずゆきまる パワー社
- 風力発電入門 清水幸丸 パワー社
- 自転車の発電機でマイクロ風力発電に挑戦 三野正洋 パワー社
- 風車のある風景——風力発電を見に行こう 野村卓史のむらたかし 出窓社でまどしゃ
- イラストで電気でんきのことがわかる本 酒井雅芳さかいまさよし 新星出版社しんせいしゅつぱんしゃ
- 電気のことがわかる事典 HOME ELECA 西東社せいとうしゃ
- 発電機ガイドブック 葉玉泉はだまいずみ パワー社
- エネルギー白書2015（平成26年度 エネルギーに関する年次報告）
- 高知県新エネルギービジョン

メッセージ

私たちは、今、地球の未来に思いを馳せ、地球環境を守るために真剣に取り組む時代を生きています。

風力発電は、私たちの住む地域に固有の「風」、その恵みを活かしたエネルギー問題への取り組みのひとつです。

世界的にも、それぞれの国や地域に固有のエネルギー源（水・風・バイオマス等）を活かして、潤いのある地球にしていこうとする活動が、今後ますます盛んになっていくと思われま

す。この時代、みなさん一人ひとりが、環境にやさしいあなたの生き方を選択されることを願っています。

疑問・質問等ありましたら、遠慮なく、高知県公営企業局まで問い合わせてください。一緒に、学んでいきましょう。



風力エネルギー ブックレット

発行 2015年9月

高知県公営企業局

電気工水課

〒780-0850 高知県高知市丸ノ内1-7-52 県庁西庁舎7階

Tel)088-821-4622

Fax)088-821-4626

◆メールアドレス610301@ken.pref.kochi.lg.jp

発電管理事務所

〒782-0001 高知県香美市土佐山田町^{ずいた}杉田704

Tel)0887-52-2845

Fax)0887-52-2901

◆メールアドレス620402@ken.pref.kochi.lg.jp

◆公営企業局電気工水課のホームページ◆ <http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/610301/>