

2 (1) 風力発電 (100kW 以上)

地域に吹く強風を発電に利用し、町おこしや売電を行っている事例を紹介します。



デンマーク風車

風車村シンボル風車

対象団体	山形県立川町
対象とする新エネルギー等	風力エネルギー
導入施設の種類・規模・運用開始年	風車 <ul style="list-style-type: none"> ・ 定格出力 100kW × 3 基 (1993 年 ~) ・ 定格出力 400kW × 2 基 (1996 年 ~) ・ 定格出力 600kW × 4 基 (1999 年 ~) 合計 9 基
イニシャルコスト	100kW × 3 : 1.8 億円 400kW × 2 : 2.5 億円 600kW × 4 : 7.0 億円
環境負荷削減効果	年間発電量 657 万 kWh (化石燃料削減量 : 石油約 160 万 L) 二酸化炭素排出削減効果約 2,500 t -CO ₂ また、発電時に大気汚染物質の排出がない。
活用できる支援制度 (参考)	< 補助制度 > <ul style="list-style-type: none"> ・ 風力開発フィールドテスト事業 (風況精査、設置・運転) (NEDO) ・ 地域エネルギー導入促進事業 (NEDO) < 融資 > <ul style="list-style-type: none"> ・ 地域エネルギー開発利用 (発電事業) 普及促進利子補給制度 (新エネルギー財団) < 優遇税制 > <ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー需給構造改革投資促進税制 (国税) ・ ローカルエネルギー税制 (地方税)

1. システムの導入事例（山形県立川町）

（1）導入の背景

立川町では強風を地球にやさしいエネルギーとして活用し、「環境問題への小さな行動とPRを図ること」、「風を多面的に捕らえ風にこだわった地域づくりを図ること」、「町おこしのためにここに風を起こすこと」の3点を基本コンセプトに、風車村計画を総合的に進めています。

1992年には、シンボル風車周辺において、風を見つめ風を理解するスペース「ウインドファーム立川」の整備や風力発電からの電気を利用した子供バッテリーカー広場の整備を実施するなど、観光と教育的要素を兼ね備えた「風車村」の総合的な整備を進めています。

また、1995年には二酸化炭素の排出削減などの地球温暖化問題に対応するため、町全体の年間消費電力量約2200万kWhを風力発電を中心とした新エネルギーでまかなうことを目指した「立川町新エネルギー導入計画」を策定しました。

風力発電施設位置図



風車村シンボル風車 出力 100kW × 3

デンマーク風車 出力 400kW × 2

デンマーク風車 出力 600kW × 4

(2) 導入システムの概要

現在、立川町には3種類9基の風車があります。一つが1993年5月から運転されている定格出力100kWのシンボル風車3基、もう一つが1996年から運転されている定格出力400kW 2基、最後は1999年5月から運転されている4基の定格出力600kWの風車です。

立川町の風力発電施設(2000年1月時点)

機種	台数	出力	年間発電 総出力	町全体の電力利用に占める割合	石油代替効果(200Lドラム缶)
風車村シンボル風車 KWI156-100	3基	100kw×3	17万kwh (1基6万kwh)	1%	190本
デンマーク風車 NEG MICON400/100	2基	400kw×2	120万kwh (1基60万kwh)	5.4%	1,460本
デンマーク風車 NEG MICON600/150	4基	600kw×4	520万kwh (1基130万kwh)	23.6%	6,350本
合計	9基	3,500kw	657万kwh	30%	8,000本

風力発電機の仕様

仕様項目	単位	風車村シンボル風車		
		デンマーク風車	デンマーク風車	
事業実施者		立川町	たちかわ風力発電研究所	
メーカー		アメリカ KWI社	デンマーク NEG-MICON社	
定格出力	kW	100	400	600
型式		ダウンウインド	アップウインド	
ブレード枚数	枚	3	3	3
ブレード材質		ガラス繊維強化プラスチック		
ロータ直径	m	18	31	48
ロータ芯高さ	m	24	36	46
ロータ回転速度		72	36/24	21/14
出力制御		可変ピッチ	固定ピッチ	
風向制御		フリーヨウ	強制ヨウ	
カットイン風速	m/s	5	4	3
定格風速	m/s	13	15	13
カットアウト風速	m/s	20	25	20
耐風速	m/s	56	60	60
ロータ重量	t	1	6	17
ナセル重量	t	4	12	23
発電機形式		三相交流誘導発電機		
発電機	局数	4	4/6	
発電機電圧	V	480		690
電力会社との連携電圧	kV	一般配電線 6.6		特高送電線 33
売電単価及び契約年数	円	15.5		11.5
	年	1		17
総事業費	億円	1.8	2.5	7.0

定格風速・・・風力発電機の定格出力が得られる風速

カットイン風速・・・風力発電機が発電を開始する風速

カットアウト風速・危険防止のため、ロータの回転を止める必要がある風速

(3) 運転状況

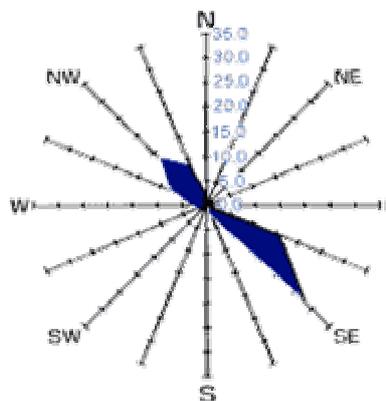
風の性質

立川町の風の特徴は「清川だし」が春から秋にかけて吹くために、年間を通じて平均した風向、風速を有していることが大きな特徴です。

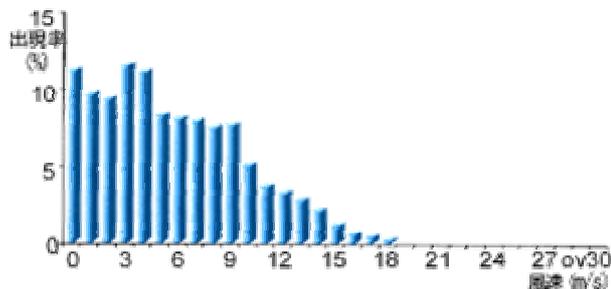
年平均風速

	地上高 15m (m / s)
98年1月	5.0
2月	5.8
3月	5.2
4月	4.7
5月	4.8
6月	6.5
7月	5.3
8月	3.4
9月	4.6
10月	5.4
11月	4.5
12月	5.1
平均	5.0

年間風向別出現率



年間風速別出現率



発電の状況(2000年1月現在)

シンボル風車(100kW×3基)は、年間発電量が約17万kWh、稼働率16%、利用率が6.5%となっています。風車が立っている地域は、小高い丘になっており、周辺の地形や樹木の影響を受け風の乱れが強く、また風車の構造上の問題もあり、低い稼働率となっています。

400kW 風車2基は、1996年1月から運転されており、年間発電量は当初予測の120万kWh(2基)、稼働率55%、利用率17%を達成しており、ほぼ順調に運転されています。

600kW 風車4基が1999年5月から運転されていますが、年間の発電量は1台当たり130万kWhと見込んでいます。

現在この9基で、年間657万kWhの発電が可能となっています。これは、町内で消費される電力の約30%に当たり、化石燃料削減量に換算すると、年間で石油約160万L(ドラム缶8000本)に相当します。

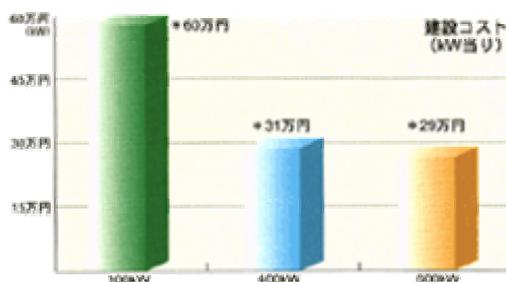
風力発電機運転実績の推移

		平成 5年度	6年度	7年度	8年度	9年度	10年度	平均
平均風速 (m/s)	100kW	5.2	4.5	4.7	4.7	4.6	4.9	4.8
	400kW				5.8	5.5	5.9	5.7
発電量 (kWh)	100kW	240,674	154,687	137,204	144,923	180,923	161,227	169,940
	400kW				1,133,167	1,130,819	1,294,521	1,186,169
発電時間 (hr)	100kW	5,886	4,194	3,415	3,519	4,383	3,854	4,209
	400kW				8,994	9,502	10,195	9,564
設備利用率 (%)	100kW	9.2	5.9	5.2	5.5	6.9	6.1	6.5
	400kW				16.2	16.1	18.5	16.9
設備稼働率 (%)	100kW	22.4	15.9	13.0	13.4	16.7	14.7	16.0
	400kW				51.3	54.3	58.2	54.6
平均出力 (kW)	100kW	40.9	37.0	40.2	41.2	41.3	41.8	40.4
	400kW				125.9	119.0	127.0	124.0

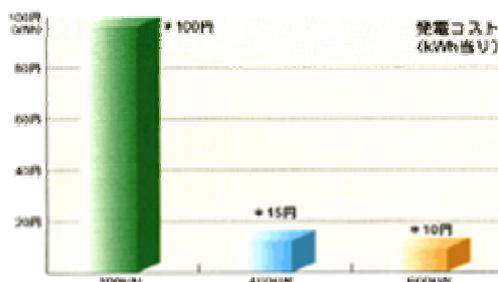
建設コスト・発電コスト

建設コストは、近年導入した 400kW 級、600kW 級では約 30 万円/kW となっています。また、発電コストは、600kW 風車では設備投資額の 1/2 補助金を差し引いた後で 10 円/kWh となっており、業務用電力の平均の料金単価 14 円/kWh に比べて低くなっています。

建設コスト



発電コスト



但し、600kW 風車は設備投資額の 1/2 補助金を差し引いた後で計算した発電コストです。

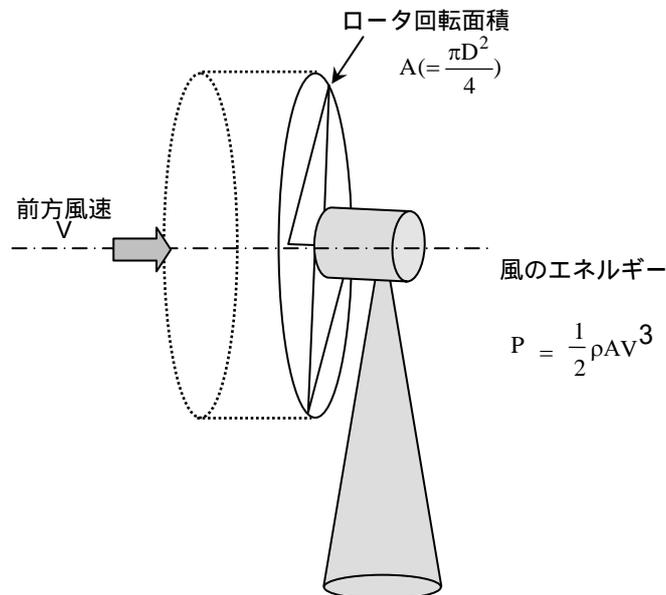
直径の2乗、風速の3乗に比例 ~ 風力エネルギー

風は空気の流れなので、風の持つエネルギーは運動エネルギーです。質量 m 、速度 V の物体の運動エネルギーは $(mV^2)/2$ で表されます。

いま、ロータ直径 D (m)、風車受風面積 A (m^2)の風車を考えると、この面積を単位時間当たり通過する風速 V (m/s)の風のエネルギー P (W)は、空気密度を (kg/m^3) とすると次式で表されます。

$$P = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} (\rho AV)V^2 = \frac{1}{2} \rho AV^3 = \frac{\pi}{8} \rho D^2 V^3$$

すなわち、風力エネルギーは、「ロータ直径の2乗、風速の3乗に比例する」こととなります。したがって、風力エネルギーを活用するうえでは、少しでも風の強いところを選ぶことが重要になります。



参考

「ウィンドファーム立川」(立川町ホームページ)

(<http://www.town.tachikawa.yamagata.jp/windome/>)

・事例紹介中の図表出典は上の資料によります。

2 (2) 風力発電 (100kW 以下)

弱い風でも発電できる 40kW プロペラ型風車の設置を想定します。



スバル小型風力発電システム (富士重工業)

対象とする新エネルギー等	風力発電	
対象の想定	地方自治体、事業者等	
風車の諸元	定 格 出 力	40kW
	ブ レ ー ド 数	3 枚
	ロ ー タ 形 式	水平軸
	ロ ー タ 位 置	アップウインド
	回 転 数 制 御	可変速
	直 径	15m
	定 格 回 転 数	60rpm
	定 格 風 速	11m/ s
	カ ッ ト イ ン 風 速	2m/ s
	カ ッ ト ア ウ ト 風 速	25m/ s
	タ ワ ー (ハ ブ) 高 さ	22m
	騒 音	40dB (A) (風速 8m/ s 時 150m 離れた地点での値)
イニシャルコスト	4000 ~ 5000 万円	
環境負荷削減効果	<ul style="list-style-type: none"> ・発電量分の電力使用抑制効果がある。 ・発電時に大気汚染物質の排出がない。 	
活用できる支援制度	< 融資 > <ul style="list-style-type: none"> ・地域エネルギー開発利用 (発電事業) 普及促進利子補給制度 (新エネルギー財団) 	

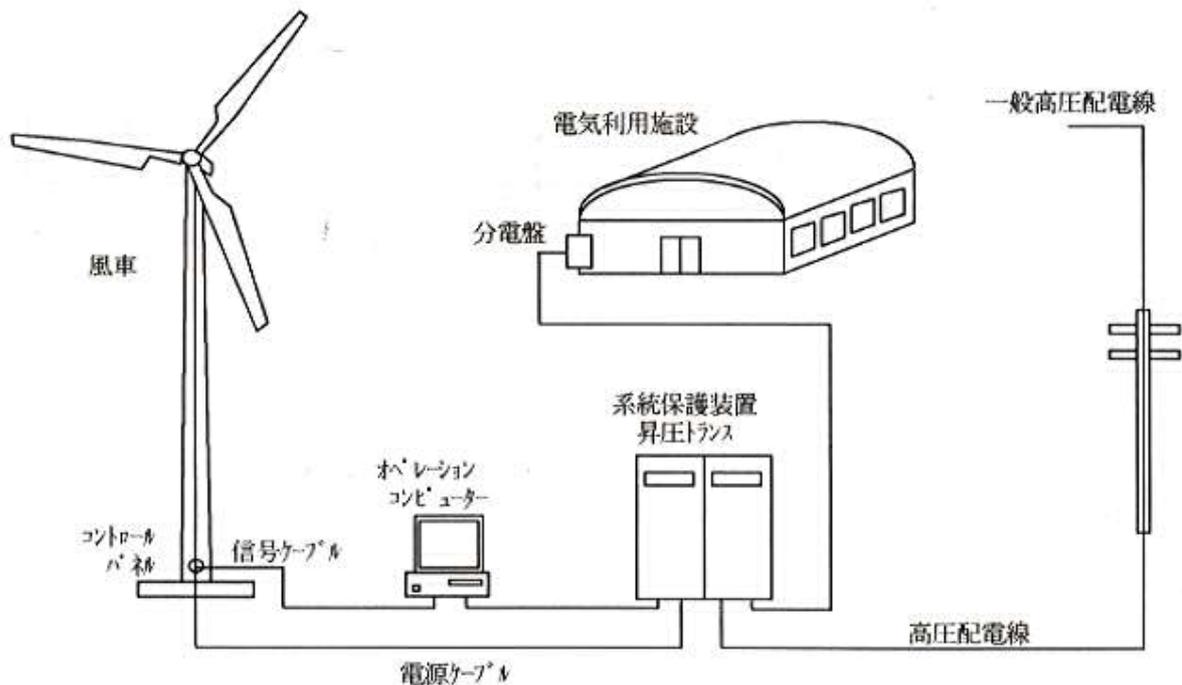
近年、北海道などにおいては、売電を目的とした大型風車の大量導入が進められています。しかし、本県においては、大型風車を大量導入できる適地が非常に少ないため、大型風車よりも一回り小さく、弱い風でも回りやすい風車(発電出力 40kW)の導入を考えます。小型風車は、中程度の風(2m/s以上)があれば発電が可能で、大規模風車が導入できない場所への導入が可能です。さらに、副次的な効果としてシンボル効果や普及啓発効果等が期待できます。

1. 導入システムの設定条件

発電出力 40kW の風車を 1 基設置することを想定します。

システムの概要は下図のとおりです。

なお風車については、発電出力 40kW で、カットイン風速 2m/s という風の弱い地域でもよく回る風車を導入します。



2. 効果の算定

(1) 環境負荷削減効果

発電の際に大気汚染物質を排出しないため、発電した電力量に相当する環境負荷削減効果があります。

(2) 経済性

建設コスト・運転保守費

風力発電システム建設に必要なコストは、風車本体（約2,000～2,500万円）のほか、電気設備、土木工事（整地、基礎、仮設道路等）、風車据付工事、電気工事の費用などから構成されます。また、系統の状況によっては、別途、電力会社への工事費負担金が必要となります。

運転保守については、電気設備関係の点検費用（年間数十万円程度）、風車本体の点検費用（風車本体価格の3%程度）のほか、保険料、税金等があります。

参考

富士重工業資料

小型風車導入に当たっての課題

本県では、風の強い地域が標高の高い自然公園区域内に多いことから、売電を目的とした風車の設置は困難であるといえます。このため、弱い風でも回りやすい小型風車であっても、設置を図る場合は、風車のその他の効用（シンボル効果、普及啓発効果等）が十分に得られるように配慮することが必要です。

クリーンエネルギーのシンボルとしての設置と周辺施設整備

風車は、視覚的にクリーンエネルギーを理解しやすい設備であり、また、ランドマークにもなることから、「エネルギーを感じる」ことをコンセプトに公園等に整備を図ることは、環境・エネルギー教育や地域振興の観点から有効です。

クリーンエネルギーのシンボルとして、小規模で、回りやすい（カットイン風速の小さい）風車を設置するとともに、風車の発電量をわかりやすく示す展示設備を設置したり、太陽エネルギーなど他の新エネルギーを併せて展示することにより、自然エネルギーへの理解を促進し、より効果的な普及啓発を図ることができます。