

報 告 書

四国カルストにおける風力発電基本構想（案）

2012年2月

こうち再生可能エネルギー事業化検討協議会
風力発電検討部会

目次

1. 四国カルスト地域の概要	1
1-2. 梶原町の概要	1
2. 梶原町のまちづくりの基本「第6次総合振興計画」	1
(1) 「人と自然が共生し輝く梶原構想」～梶原人、絆の杜に生きる～	1
(2) 振興計画におけるエネルギー施策の位置づけ	2
3. これまでの風力発電事業	2
(1) 風力発電施設の建設経緯	2
(2) 発電実績	3
4. 風力発電事業の未来イメージ	4
(1) 風力発電事業の概要	4
① 目標	4
② 規模	5
③ 整備計画	5
(2) 実現への主要プロセス	6
① 発電施設の設置場所	6
② 仲間づくり（周辺自治体の連携・調整）	6
③ 発電施設の規模	7
(ア) 風車の選定	7
(イ) 設置機数および総発電容量	8
(ウ) 配置計画	8
(エ) 輸送計画	9
④ 系統連系	11
(ア) 連系場所	11
(イ) 概算連系費用	14
⑤ 概算事業費	15
⑥ 収支	16
⑦ 事業性評価	17
⑧ 資金調達方法	20
⑨ 許認可	23
⑩ スケジュール	24
5. 今後の課題	25

1. 四国カルスト地域の概要

四国カルストは、愛媛県と高知県との県境に広がるカルスト台地である。日本三大カルストのひとつで、標高 1485m の天狗森を最高峰に東西 25 km にわたって広がり、晴れた日には南に太平洋、北に瀬戸内海を望むことができる。笹原に白い石灰岩群がつづく夏の高原では、里から登ってきた牛たちが放牧され、のどかに草を食んでいる。冬は、四国の地には珍しく一面雪に覆われるが、その景色には自然が醸し出す幻想的な美しさがあり、多くの人々を魅了している。

四国カルストに接する自治体は、高知県が津野町、仁淀川町、梶原町、愛媛県が久万高原町、西予市の計 5 市町となる。高知県側の津野町は人口約 7,000 人、約 3,000 世帯の町であり、仁淀川町は人口約 7,000 人、約 3,000 世帯の町である。愛媛県側では、久万高原町は人口約 10,000 人、約 5,000 世帯の町であり、西予市は人口約 42,000 人、約 18,000 世帯の市である。

これらを合わせたカルスト地帯の人口・世帯規模は、70,000 人、31,000 世帯となる。

また、カルスト地域のもう一つの特徴として東に仁淀川、南に四万十川、西に肱川という、四国における大きな三河川の源流地域であり、それぞれの河川に中小規模の発電用ダムを有し、「風力」と並ぶ「水」の再生可能エネルギーの供給地帯であり、これからの時代に可能性のある特性を持った地域である。



1-2 梶原町の概要

梶原町は、この四国カルスト地帯の南部で位置する町面積の 91% を森林が占める自然豊かな人口約 4,000 人の山村である。

町の中央を南に流れる梶原川は、豊かな水資源を湛える。

また、町域は南北に 220～1,455m の標高差を持つ 236km² の面積を有する。

地形は、急峻で平地が少ないことから斜面を利用した棚田が発達し、中でも「神在居の千枚田」が有名で、坂本龍馬と共に勤王の志士たちが維新を夢見て、駆け抜けた道「梶原街道」として故司馬遼太郎氏の名作「街道をゆく」の中に紹介されている。

2. 梶原町のまちづくりの基本「第 6 次総合振興計画」

(1) 「人と自然が共生し輝く梶原構想」

～梶原人、絆の杜に生きる～

町は、第 6 次総合振興計画「人と自然が共生し輝く梶原構想」に基本理念として、

光・風、土、森林、水をはじめとする自然の恵に与るとともに、その自然を大切に活かし、自然と共生する「共生と循環の思想」と先人たちの築き上げてきた人と人の「絆」を掲げ、環境、健康、教育、産業、文化、暮らしの6つのキーワードを定めて①梶原ならではの保健・医療・福祉が充実した社会、②高齢化と過疎地域でも災害に強い社会、③暮らしの安定と産業の進行・発展した社会、④自信あふれる梶原人を育てる教育の確立した社会、⑤人の尊厳が守られた「絆」を大切にする社会、⑥「対話」と「満足度」を高める役場がある社会の実現を目指している。

(2) 振興計画におけるエネルギー施策の位置づけ

町は、この振興計画において、「エネルギー自給型社会」、「持続可能な社会」を施策推進する上の基準として掲げ、

- ① 「エネルギー自給型社会」においては、農山村の良さ（強み）を活かして、食糧、木質バイオマス、風水力発電や自然エネルギーを利用して熱エネルギーなどできる限り自給できるものは自給する。
- ② 「持続可能な社会」においては、自然への負荷の低減やものを大切にする思想の普及、健全な地域社会を持続させるための新たな命の誕生を促す。

ことを基準として施策を進めることとしている。

また、平成 21 年度には「環境モデル都市」としての選定を受け、「森の資源が循環する公民協働の“生き物に優しい低炭素なまちづくり”」宣言を行い、

① エネルギー自給率の向上

小水力発電、太陽光発電、風力発電の積極的な整備により、産業、業務、家庭部門における電力自給率100%を実現する。

② 低炭素社会づくり

地域最大の資源である森林を活かした「木質バイオマス地域循環モデル事業」により、未利用材のカーボン・ニュートラル、CO2削減対策とエネルギー自給率向上に向け森林資源の積極的な利用を図り、地域循環型低炭素社会を実現する。

③ 地域資源利用の継続

地域資源「光・水・風」を活かした自然エネルギー（太陽光発電、水力発電、風力発電）を積極的に活用し、地産地消型エネルギーへの取組みにより住民DNAを高める。

取組みを進めることとし、現在アクションプランを策定し実行している。

3. これまでの風力発電事業

(1) 風力発電施設の建設経緯

町は、明治40年頃より村営（当時は、「梶原村」）による自家用発電設備創設の動きが

始まり、昭和3年にはこれらの動きが発展して「電気利用組合」を設立するとともに、村営の電気事業に挑んだ。翌4年には、高知県電気局の斡旋により、村内に特別高圧電線路を持つ伊予鉄との受電契約に変更し、電気事業を推進した。

昭和11年電気事業の統制により、村営の電気事業の一切を高知県に委譲し、さらに同17年には四国配電（現：四国電力）に統合され現在に至るとい歴史を持つ。

このように、梶原町は、地域を上げて電気エネルギーの確保に前向きに取り組んできた。

こうした地域特性が、平成11年の「梶原町地域新エネルギービジョン」の策定、同年の四国カルストへの600kW風車2基の「梶原風力発電所」建設へとつながってきた。

その後、平成16年から18年にかけて烏帽子山において風況精査を実施し風力発電の導入に向けて検討を行ったが、アクセス道路がないことが課題となり保留された。また、平成19年には全国風サミットが開催されるなど、風力発電の導入拡大にむけた積極的な取組みを展開し今日に至っている。

(2) 発電実績

平成11年に、四国カルストに建設された「梶原風力発電所」は、平均風速が7.2m/sという全国的にも恵まれた風況のもと、台風被害の大きな自然災害を除くと、年平均値で設備利用率28%、発電量2,900MWh/年、売電料は3,560万円/年で、維持管理費1,940万円/年を差し引くと1,620万円/年が収益となっている（H11年度からH22年度の実績）。

表 3-1-1：発電実績表（平成11年度～平成16年度）

発電所名	稼働月	11年度		12年度		13年度		14年度		15年度		16年度	
		発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率
梶原町風力発電所	3月	-	0%	422,170	47%	334,450	37%	448,950	50%	266,550	30%	350,570	39%
	4月	-	0%	313,560	36%	225,770	26%	348,810	40%	358,260	41%	298,560	35%
	5月	-	0%	208,260	23%	258,060	29%	234,520	26%	315,860	35%	278,390	31%
	6月	-	0%	138,190	16%	207,230	24%	159,530	18%	205,120	24%	184,000	21%
	7月	-	0%	92,890	10%	92,590	10%	210,190	24%	202,870	23%	230,540	26%
	8月	-	0%	133,230	15%	168,320	19%	270,860	30%	95,120	11%	148,939	17%
	計	-	0%	1,308,300	25%	1,286,420	24%	1,672,860	32%	1,443,780	27%	1,490,999	28%
	9月		0%	170,180	20%	192,520	22%	148,400	17%	192,820	22%		-
	10月	29,170	3%	181,570	20%	225,610	25%	210,080	24%	288,510	32%		-
	11月	118,140	14%	238,720	28%	351,630	41%	270,830	31%	275,670	32%		-
	12月	417,620	47%	375,460	42%	505,750	57%	269,360	30%	614,980	69%		-
	1月	248,370	28%	515,750	58%	470,820	53%	257,850	29%	402,090	45%		-
	2月	437,330	54%	379,090	45%	352,130	44%	391,720	49%	467,920	58%		-
計	1,250,630	24%	1,860,770	36%	2,098,460	40%	1,548,240	30%	2,241,990	43%		-	
合計	1,250,630	12%	3,169,070	30%	3,384,880	32%	3,221,100	31%	3,685,770	35%	1,490,999	28%	
備考												概要：台風災害により12月以降1号機休止	

表 3-1-2：発電実績表（平成17年度～平成22年度）

発電所名	稼働月	17年度		18年度		19年度		20年度		21年度		22年度	
		発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率	発電電力量 (kWh)	設備利用率
梶原町風力発電所	3月		-	312,840	35%	250,330	28%	381,200	43%	349,550	39%	92,880	10%
	4月		-	227,660	26%	109,030	13%	350,430	41%	225,310	26%	311,520	36%
	5月		-	299,360	34%	158,700	18%	220,610	25%	261,940	29%	251,750	28%
	6月		-	144,440	17%	195,010	23%	139,670	16%	178,220	21%	89,210	10%
	7月		-	221,500	25%	213,940	24%	68,170	8%	187,740	21%	50,860	6%
	8月		-	101,360	11%	170,480	19%	143,320	16%	163,480	18%	104,430	12%
	計	-	-	1,307,160	25%	1,097,490	21%	1,303,400	25%	1,366,240	26%	900,650	17%
	9月		-	45,840	5%	145,720	17%	123,080	14%	123,630	14%	95,490	11%
	10月		-	164,530	18%	177,110	20%	223,580	25%	201,510	23%	188,230	21%
	11月		-	346,190	40%	285,450	33%	231,620	27%	145,550	17%	340,800	39%
	12月		-	383,270	43%	532,620	60%	133,660	15%	136,860	15%	323,303	40%
	1月		-	195,160	22%	300,680	34%	385,620	43%	11,390	1%	520,677	58%
	2月		-	166,140	21%	473,130	59%	320,290	40%	70,270	9%	81,590	10%
	計	-	-	1,301,130	25%	1,914,710	37%	1,417,850	27%	689,210	13%	1,550,090	30%
合計	-	-	2,608,290	25%	3,012,200	29%	2,721,250	26%	2,055,450	20%	2,450,740	24%	
備考	摘要：12月10日1号機復旧（2機稼働開始）									2号機 12/中旬～3/末 故障停止		2号機 3/末 復旧 2号機 5/22～10/5故障再停止	

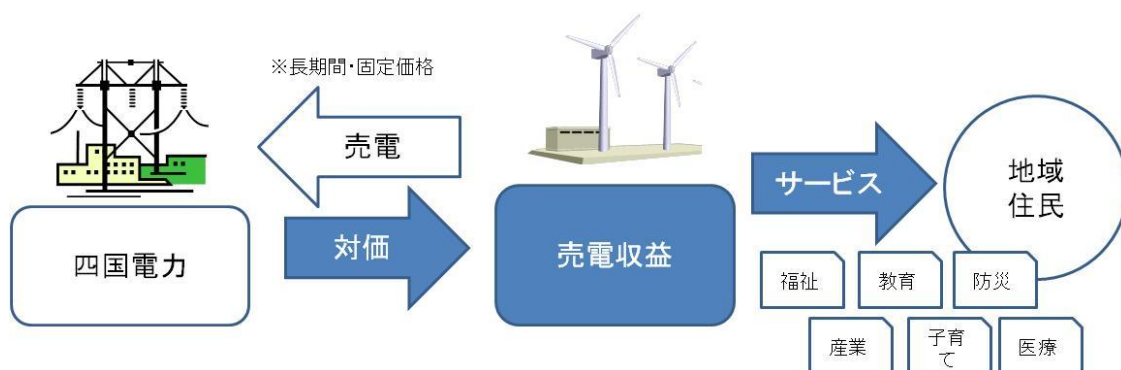
町は、この収益を使い町内の公共施設に太陽光発電パネルの設置、梶原中学校に小型水力発電機の設置、道の駅「ゆすはら」に地熱利用の温水プールを建設している。また、町民の太陽光発電パネルや太陽熱温水器の設置、間伐材を利用するペレットストーブの購入などに補助を行うと共に、森林の間伐支援なども行っており、環境モデル都市としても、地域資源を活かすうえでも周辺地域と共同して取組を加速させたいと考えている。

4. 風力発電事業の未来イメージ

(1) 風力発電事業の概要

① 目標

2050年度までに、四国カルストにメガワット級の風力発電施設40基を建設し、関係地域の家庭部門における電力エネルギー自給率100%の地域社会を実現する。



※四国カルストの恵まれた風力エネルギーから生まれる収益を、さまざまな住民サービスや新たな産業づくり、雇用の創出に向けて活用し地域に還元することを目指す。

②規模

現在、梶原町では、風力・太陽光・小水力などの自然エネルギーを利用し、年間に約5,200MWhの電気を発電している。一方、梶原町全体での年間電気使用量は、約18,400MWhであるため、町内の電気エネルギー自給自足率は約28.5%となっている。

この基本構想で目標としている、梶原町と隣接する関係地域（津野町、仁淀川町、久万高原町、西予市）の住民65,600人、29,000世帯の年間電気使用量は約104,400MWhであり、自給率100%を達成するためには、1,000kW級の風車（設備利用率28%と仮定した場合の年間発電量約2,450MWh）を設置すると仮定した場合には40基が必要となる。

なお、梶原町の家庭部門の年間電気使用量（約5,900MWh）についてのみを考慮した場合は1,000kW級を3基設置することで自給率100%を達成でき、梶原町全体での年間の電気使用量（約18,400MWh）を考慮した場合には、1,000kW級を6基設置することで自給率100%を達成できる計算となる。

*電気事業連合会HPの数値をもとに推計（3.6MWh/年/世帯）

将来的には、40基の構想を見据えながら、この基本構想（案）の策定にあたっては、町内全域の年間の電気使用量の自給率100%を達成することを前提に、梶原町が主体的に取り組む目標規模として1,000kW級の風車10基を整備することの検討を行うものとする。

ただし、効率的な事業の実現と収益性の確保を考慮し、風車の発電能力や設置基数については柔軟に対応することとする。

③整備計画

2050年までに40基建設の構想があるが、全ての建設には多額の費用と工期が必要であるため、手法は以下の3フェーズに分けて考える。

○ フェーズ1： 10基

五段城から姫鶴平にかけての梶原町の町有地に梶原町主導で10基建設し、梶原町でのエネルギー自給自足の確保を目指す。そのため、送電線敷設や景観などで、愛媛県や久万高原町と連携して事業を進める。

○ フェーズ2： 20基

源氏ヶ駄馬から牛城へ向けた大野ヶ原一体で20基建設する。建設適地が愛媛県側に多いため、愛媛県や近隣市町村と連携して計画する。建設や事業は民間事業者主体で進める。

○ フェーズ3： 10基

姫鶴平から牛城へ 10 基建設する。この建設予定地は、輸送道路や風況など課題も多いため、入念な調査や関連自治体との協議が必要となる。建設や事業は民間主体で進める。

各フェーズの計画地点と連系候補先を次に示す。



図 4-1：風力発電計画地点と連系候補先

以下、この基本構想（案）では、梶原町が主体的に取り組むフェーズ 1 の構想について整理する。

(2)実現への主要プロセス

①発電施設の設置場所

フェーズ 1 事業（10 基）における風車の設置場所として、四国カルストの中でも比較的緩やかな地形を有する五段城から姫鶴平にかけての東西 2km のエリアが施工面で有利であると考えます。

このエリアは、標高 1,300m～1,450m に位置し、愛媛県および高知県の県立自然公園の普通地域に指定されており、四国カルスト放牧場として利用されている。周辺に民家は存在せず、当該エリアの東側約 1km 地点に国民宿舎「天狗荘」が、西側約 1km 地点に公社経営の「姫鶴荘」がある。

②仲間づくり（周辺自治体との連携・調整）

風車の設置場所は愛媛県との県境に位置しており、また、最寄りの系統連系ポイントに接続するためには久万高原町側に送電鉄塔を建設することが適当と考える。

また、将来的に 40 基構想を実現するためには、西予市の理解と協力が不可欠であるこ

とから、四国カルストの豊かな自然エネルギーを共有する仲間であることを強く意識し、関係自治体や地域住民と共に学びながら、地域の資源を地域で活用するための事業として進めていくことが重要であるとする。

③発電施設の規模

(7)風車の選定

最近の風車は大型化の傾向にあり、2,000kW級の機種が主流になりつつあるが、個々の開発地点における耐風速強度や輸送条件、またパワーケーブルと初期コスト、メンテナンスなどを総合的に判断し選定する必要がある。

フェーズ1事業計画エリアは、地上高20mでの平均風速が7.2m/sと、国内有数の強い風が吹く地域であるとともに、台風による暴風も頻繁に発生するため、適用可能な風車は耐風速強度で限定される。参考として、現在適用可能と思われる風車の仕様を、国産メーカーと海外メーカーに分けて以下に示す。

表 4-1：国内メーカーの風車仕様

製造メーカー	三菱重工業		日本製鋼所	富士重工業
	MWT-1000A	MWT-92/2.4		
型式	MWT-1000A	MWT-92/2.4	J82-2.0	SUBARU-80/2.0
定格出力	1,000kW	2,400kW	2,000kW	2,000kW
ローター直径	61.4m	92m	83.3m	80m
回転数（定格）	19.8rpm	9.0～16.9rpm	19rpm	11～19.5rpm
ブレード長さ	29.5m	44.7m	40m	39.2m
ハブ高さ	68m	70m	65m, 77m	60m, 78m

表 4-2：海外メーカーの風車仕様

製造メーカー	ベスタス		エネルギーコン	
	V52-850	V80-2.0	E44	E70
型式	V52-850	V80-2.0	E44	E70
定格出力	850kW	2,000kW	900kW	2,300kW
ローター直径	52m	80m	44m	71m
回転数（定格）	14～31.4rpm	10.8～19.1rpm	12～34rpm	6～21.5rpm
ブレード長さ	25m	39m	(21m)	(34.5m)
ハブ高さ	44～74m	60m,67m,78m	55m	64m

風車の選定にあたっては、一般的に大型機種（2,000～3,000kW）が事業性に有利であると言われているが、国内における発電実績を調査すると共に、次のことにも留意しな

ればならない。

- ・ 風況に適したパワーカーブを保有していること
- ・ 事業計画地点の風条件に適合する性能を有する風車であること（風車の設計要件を定めた国際規格 IEC 61400-1 で設定される風条件との比較）
- ・ 輸送車両が輸送経路を通行可能、または道路拡幅などの対応で輸送可能となること
特にブレードの輸送が支障となるケースが多い
- ・ 輸送路にある橋梁が輸送車両の重量に耐える、もしくは補強で対応が可能となる輸送仕様であること
- ・ 落雷対策が施されていること、また落雷に対する耐用実績があること
- ・ 故障時の対応・体制が整っていること
- ・ 補償条件が整っていること（例えば運開後一定期間の発電補償など）

(イ) 設置機数および総発電容量

複数の風車を主風向に対し直角方向に配置する場合、ローター直径の 3 倍程度の間隔を設けることが望ましい。五段城から姫鶴平の約 2km 間へ、その間隔のみを考慮すれば、1,000kW 級機種であれば 10 基、2,000kW 級機種であれば 8 基程度が配置可能となる。

したがって、

$$1,000\text{kW} \times 10 \text{ 基} = 10,000\text{kW}$$

$$2,000\text{kW} \times 8 \text{ 基} = 16,000\text{kW}$$

程度の総発電容量が期待できる。

また、フェーズ 1 事業のエリアには平成 11 年に建設された 2 基の既設風車が存在するが、耐用年数を 17 年であることを考えると、平成 28 年頃に撤去を予定しなければならない。そのため、フェーズ 1 事業にあわせて新しい機種に建て替えることが望ましいと考える。

なお、設置できる基数は、地形的条件による建設可否の検討や土地の造成が景観に与える影響も考慮しなければならず、また四国電力へ連系できる容量にも制約があるため、それらを総合的に検討し決定する必要がある。

(ウ) 配置計画

前述の設置基数検討より、8 基から 10 基程度の風車建設が期待できるが、ここでは、五段城から姫鶴平の間に 10 基の風車を設置した場合の配置想定図および完成イメージ図

を示す。



図 4-2 : フェーズ 1 事業配置想定図



図 4-3 : フェーズ 1 事業完成イメージ図

(エ) 輸送計画

輸送仕様

輸送仕様の例として、1,000kW 風車 (三菱重工業製 MWT-1000A) と 2,000kW 風車 (日

本製鋼所製 J82-2.0) の輸送寸法および重量を以下に示す。

表 4-3 : MWT-1000A の輸送寸法

名称	長さ	幅	高さ	単重量	個数
	(m)	(m)	(m)	(ton)	
タワー最下部	15.5	4.2	4.2	41.0	1
タワー中間部	23.0	3.7	3.7	40.5	1
タワー最上部	27.4	3.1	3.1	26.7	1
ナセル	78.4	3.4	3.9	43.2	1
翼 (ブレード)	30.2	2.1	2.7	5.9	3
ロータヘッド	3.8	3.4	3.5	16.5	1

表 4-4 : J82-2.0 の輸送寸法

名称	長さ	幅	高さ	単重量	個数
	(m)	(m)	(m)	(ton)	
タワー最下部	18.1	4.3	4.5	63.9	1
タワー中間部	28.6	4.3	4.5	61.1	1
タワー最上部	28.0	3.6	3.8	35.9	1
ナセル (サブフレーム)	10.1	2.9	2.9	36.0	1
発電機	4.3	3.9	2.9	60.5	1
翼 (ブレード)	40.4	2.9	2.6	7.5	3
ロータヘッド	3.8	3.8	2.8	21.2	1

これらを輸送車両に積載した状態で通行できる輸送経路が必要となる。一般的には、道路直線部で 5m 以上の幅員が必要と言われており、カーブにおいては道路台帳図などを利用し、輸送車両と積載機材の線形を描くなど個別の検討が必要となる。

輸送経路

風車は、国内メーカーであってもブレードやタワーを海外で製作することが多いため、それら風車機材を水切りする港は、外航船が入港可能であることが条件となる。また、複数の風車をできるだけ一度に水切りすることが経済的であるため、ある程度の仮置き場所が確保できることも条件となる。

これらの条件を満たす、フェーズ 1 事業計画地点に最も近い港としては、須崎港が有

力な候補として選定される。

須崎港からの輸送経路は、一般的な風車輸送車両が通行可能であれば、国道 197 号線から森林公園幹線林道（東津野・城川線）および県道 48 号線を経て、県道 383 号四国カルスト公園縦断線を通るルートが想定される。（図 4-1 参照）

輸送経路を検討する際には、輸送する風車機材のうち最も長いブレード運搬が支障となることが多いため、このルートでは、県道 48 号線にあるヘアピンカーブと県道 383 号四国カルスト公園縦断線にある天狗トンネルの通行に対する検討が必要と考えられる。天狗トンネルの通行が不可能な場合は、ブレード起立装置を用いた特殊車両（写真 4-1 参照）による別ルートの運搬を選定することも考えられる。

〈ブレード起立装置〉

従来横向きに倒した状態で運搬していたブレードを、起立させた状態で運搬できる装置。この装置により、ヘアピンカーブの拡幅工事などを大幅に減らすことができる。本装置をトランスポーターと呼ばれる自走式多軸台車に搭載し使用する。なお、輸送に際しては時速 2～3km 程度の走行速度のため、長距離の運搬には適さない。



写真 4-1：起立装置車両を使用した道路運搬例

④系統連系

(7) 連系場所

フェーズ 1 事業規模の発電容量を四国電力の系統と連系するには、電圧 66kV 系統への接続となる。連系場所は、当該事業計画地点からできるだけ近くであることが連系送電線の距離を短縮でき、初期コストを抑える上で重要である。

連系候補地としては、第五黒川発電所（フェーズ1事業計画地点から直線距離 5km）、梶原第1発電所（同 13km）、小田変電所（同 20km）などが、想定される。連系の可否は、四国電力による検討を必要とするが、20万kWの風力発電の連系受入予定が発表されたことより、今後風力発電連系の公募が行われると思われる。

フェーズ1事業の計画地点と最も距離が近い第5黒川発電所の位置関係を示す。

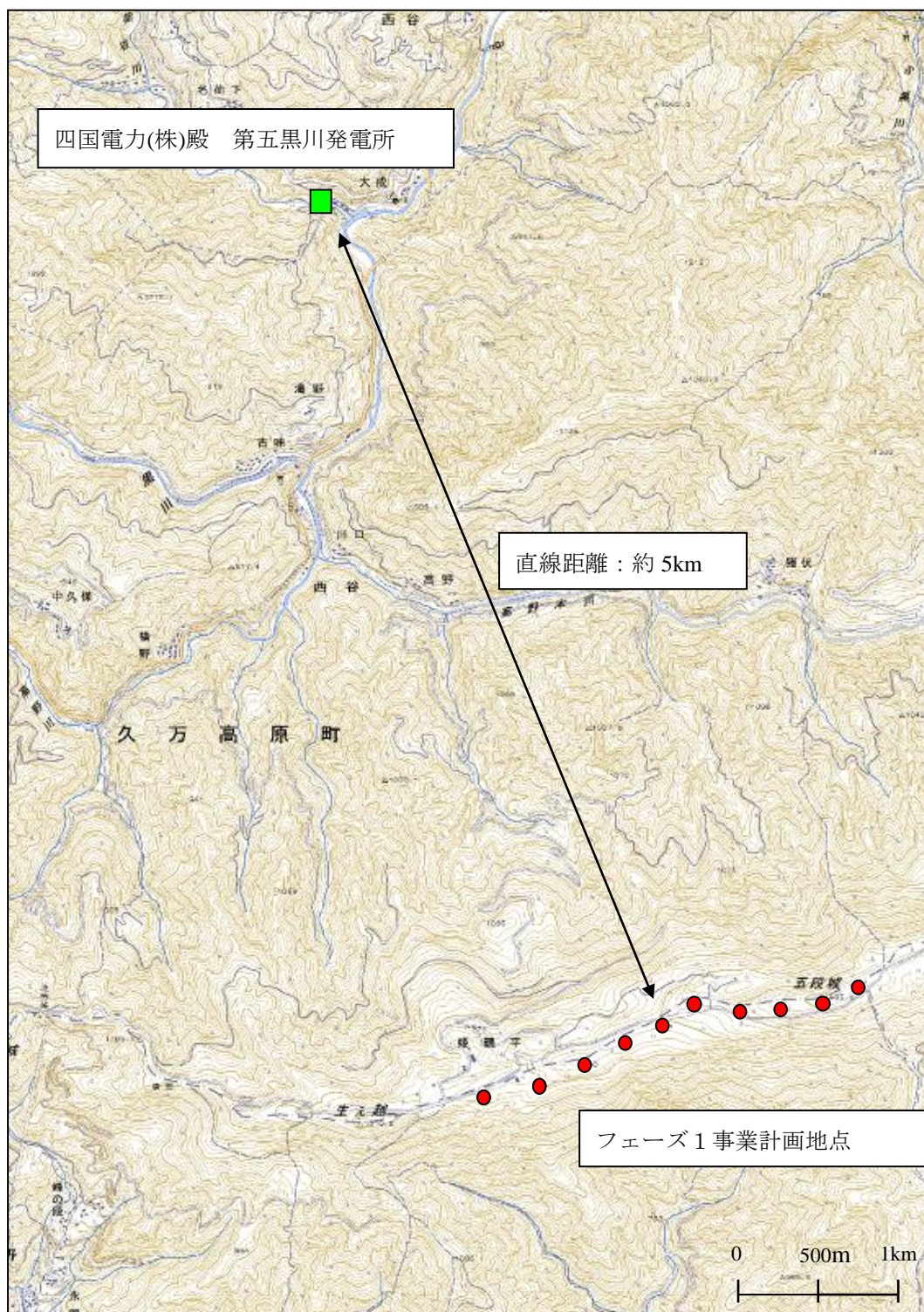


図 4-4：フェーズ1 事業計画地点と第5 黒川発電所との位置関係

(イ) 概算連系費用

四国電力の系統への連系方法としては、

- 鉄塔方式による 66kV 特別高圧架空送電線
- 地中管路方式による 66kV 特別高圧埋設ケーブル
- 電柱方式による 22kV 特別高圧架空送電線

などの方式が考えられる。

それぞれのメリットとデメリットを以下に述べる。

表 4-5：連系方式によるメリット・デメリット

方式	メリット	デメリット
鉄塔方式による 66kV 特別高圧架空送電線	<ul style="list-style-type: none">・ 距離が短く工事費が安い	<ul style="list-style-type: none">・ 景観に影響を与える・ 定期的メンテナンスが必要・ 地役権、線下補償が必要
地中管路方式による 66kV 特別高圧埋設ケーブル	<ul style="list-style-type: none">・ 景観に影響を与えない・ メンテナンスが容易・ 落雷の影響が少ない	<ul style="list-style-type: none">・ 距離が長くなり工事費が高くなる
電柱方式による 22kV 特別高圧架空送電線	<ul style="list-style-type: none">・ km あたりの単価は安い・ 景観に与える影響が小さい	<ul style="list-style-type: none">・ 既設道路沿い延線が基本であり、距離が長くなると工事費が高くなる・ 道路沿いで伐採が必要・ 既設電柱によりルートに制約が発生する・ 連系地点近傍に連系変電所の土地確保が必要・ 送電ロスが大きい・ 定期的メンテナンスが必要

送電線ルートは、机上での検討により 3 案程度の候補を選定し、更に現場踏査により最終決定する必要がある。

最近の風力発電建設における実績では、鉄塔方式による 66kV 特別高圧架空送電線の建設費用は 1km あたり 50,000 千円程度である。仮に第 5 黒川発電所へ連系する場合は、全線路長を直線距離の 1.2 倍程度の 6km と仮定すると、 $50,000 \text{ 千円} / \text{km} \times 6 \text{ km} = 300,000 \text{ 千円}$ 程度の予算が必要になる。

また、将来フェーズ 2、フェーズ 3 の実施を視野に 40 基を前提とした送電線や系統連系に対する考え方も整理しておく必要がある。

⑤概算事業費

フェーズ1事業における初期コストとして必要となる概算事業費を試算する。

一般的に風力発電事業を開始するまでに要する主な費用は、次のとおりである。

- 事前費用
 - ◇ 風況精査 : 地上高 60m 程度で 1 年間以上風況観測し予測発電量を算出
 - ◇ 環境影響調査 : 環境アセス法に則る環境影響調査
 - ◇ 基本設計 : 基本プランを策定し導入可能性を検討
- 実施設計費用
 - ◇ 実施設計 : 建設工事を行うための詳細設計
- 建設工事費
 - ◇ 風車設備費 : 風車の購入費ならびに水切り港までの海上輸送費
 - ◇ 土木工事費 : 搬入道路・敷地造成・風車基礎などの工事費
 - ◇ 電気設備費 : 電力系統へ連系するための変電設備などの購入費
 - ◇ 電気工事費 : 連系変電所・構内電線路などの工事費
 - ◇ 連系送電線工事費 : 連系する電力会社設備までの送電線建設費
 - ◇ 風車輸送据付工事費 : 水切り港からの陸上輸送費と現地での組立費
- 電力負担金工事
 - ◇ 電力設備改造費 : 連系先設備の増設や改造費

フェーズ1事業においては、これ以外に、既設風車設備および既設基礎の撤去工事費用も考慮しなければならない。

なお、最近の風力発電事業の事例を参考にすれば、フェーズ1事業の規模における概算事業費は、1,000kW 級風車 10 基の場合、2,000kW 級風車 8 基の場合、各々以下に示す程度の子算が必要となる。

表 4-6 : 想定概算事業費 (最近の事例から試算)

項目	金額 (千円)		備考
	1,000kW 級×10 基	2,000kW 級×8 基	
事前費用 (開発費用)	100,000	100,000	
実施設計	50,000	50,000	
建設工事費	3,000,000	4,800,000	
電力負担金工事	100,000	100,000	
既設風車撤去工事	80,000	80,000	
合計	3,360,000	5,130,000	

一般的に風力発電所の建設工事では、風車購入費が事業費の半分近くを占めるため、今後の事業化に向けて風車メーカーからの見積徴収が必要となる。

⑥収支

売電による収入と、維持運営するための費用（支出）については、以下の考えが基本となる。

収入

フェーズ1事業により発電した電力は、全て四国電力へ売電するものとする、その収入は次のように計算される。

$$\text{年間収入（円／年）} = \text{年間発電電力量（kWh／年）} \times \text{売電単価（円／kWh）}$$

ここで、

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

仮に、設備利用率を既設風車の稼働実績より 28%と想定した場合の年間発電量と、売電単価をそれぞれ 16, 18, 20 円/kWh と仮定した場合の年間売電収入は、1,000kW 風車 10 基の場合、2,000kW 風車 8 基の場合、各々以下に示す値となる。

表 4-7：設備利用率を 28%とした場合の発電量と売電収入

項目	1,000kW 級×10 基			2,000kW 級×8 基		
	16 円	18 円	20 円	16 円	18 円	20 円
年間発電量（kWh／年）	24,528,000			39,244,800		
年間売電収入（千円／年）	392,448	441,504	490,560	627,916	706,406	784,896

なお、風力発電事業においては、発電量予測が非常に重要であるため、実測データを利用した風況解析により、発電量を算出することが望ましい。

支出

風力発電事業における主な支出は、メンテナンス費、操業保険料、租税公課などがある。メンテナンス費には交換部品なども考慮しなければならない。また、フェーズ1事業においては、梶原町が事業主体となるか民間企業がなるかによって、租税公課の考え方も大きく異なる。

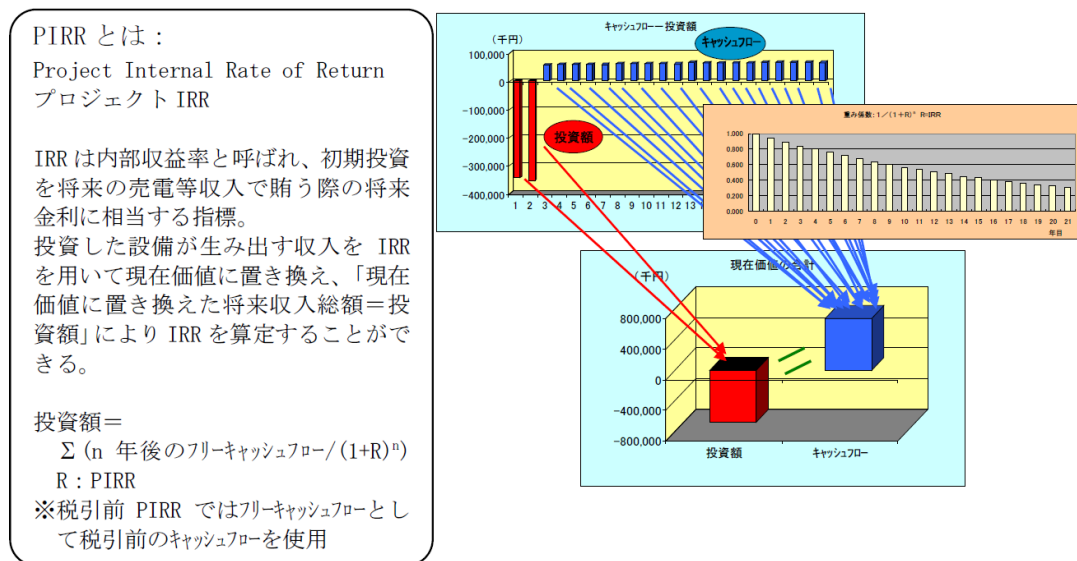
最近の風力発電事業の事例から想定される概算支出を次に示す。

表 4-8：想定概算支出（最近の事例から算出）

項目	支出金額等		備考
	1,000kW 級×10 基	2,000kW 級×8 基	
風車他メンテナンス費	80,000 千円/年	67,000 千円/年	
一般管理費、操業保険他	19,000 千円/年	26,000 千円/年	
固定資産税	1.4 %		町が事業主体の場合は不要
事業税	1.3 %		〃
法人税	30 %		〃
返済利息	借入機関により異なる		町が 100% 自己負担で事業化する場合は不要

⑦ 事業性評価

⑤において算出された概算事業費と、⑥において算出された収支をもとに、キャッシュフローによる事業性を評価する。評価指標には、プロジェクト IRR 手法を用いる。プロジェクト IRR の概念図を示す。



出典：平成 22 年度環境書委託事業「平成 22 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」

図 4-5：プロジェクト IRR の概念図

ここで、キャッシュフローの設定条件を次のとおり整理する。

表 4-9：キャッシュフローの設定条件

項 目	設 定 値					
	風車単機容量	1,000kW			2,000kW	
基数	10 基			8 基		
総発電容量	10,000kW			16,000kW		
初期コスト	3,360,000 千円			5,130,000 千円		
設備利用率	28%					
年間発電量	24,528,000kWh/年			39,244,800kWh/年		
売電先・売電期間	四国電力・17 年間					
売電単価 (／kWh)	16 円	18 円	20 円	16 円	18 円	20 円
年間売電収入 (千円／年)	392,448	441,504	490,560	627,916	706,406	784,896
年間支出 (千円／年)	99,000			93,000		
固定資産税	1.4 % (町が事業主体の場合は不要)					
事業税	1.3 % (")					
法人税	30 % (")					
返済利息	プロジェクト I R R 計算には反映しない					

(7) 梶原町が事業主体の場合

梶原町を事業主体とし、税金を考慮しない場合のプロジェクト IRR を算出した。

表 4-10：梶原町が事業主体となる場合のプロジェクト IRR

項 目	1,000kW×10 基			2,000kW×8 基		
	売電単価 (／kWh)	16 円	18 円	20 円	16 円	18 円
プロジェクト IRR	3.91%	6.01%	7.95%	6.48%	7.49%	10.35%

(イ) 民間企業が事業主体の場合

民間企業を事業主体とし、税金を考慮したプロジェクト IRR を算出した。

表 4-11：民間企業が事業主体となる場合のプロジェクト IRR

項 目	1,000kW×10 基			2,000kW×8 基		
	売電単価 (／kWh)	16 円	18 円	20 円	16 円	18 円
プロジェクト IRR	3.16%	4.74	6.10%	5.30%	6.69%	8.01%

風力発電事業においては、各事業者によって期待する収益率は異なるが、プロジェクト IRR の値が想定する収益率を上回るかどうかは事業性評価の一つの目安となる。風力発電を主とする民間企業においては、6～8%程度のプロジェクト IRR を指標としていることが多い。

今回の検討結果を見ると、まず、1,000kW×10 基の場合と 2,000kW×8 基の場合の IRR を比較すると、2,000kW×8 基の方が IRR 値が高く、明らかに事業性の面では有利である。これは、メンテナンス費用が風車の容量に比例するのではなく風車の基数に比例することに起因する。つまり、2,000kW×8 基の方が総発電容量が大きくなるにもかかわらず基数が少ないことより、メンテナンス費用を中心とする毎年の支出が少なくなるためである。

また、2,000kW×8 基の場合は、事業主体が梶原町になれば事業性は非常に高く、また民間であってもある程度の売電単価が確保できるか、売電単価が低くても初期コストの低減や年間支出の節減策により事業性が成立する可能性は高い。

しかしながら、1,000kW×8 基の場合に事業性を見出そうとすると、梶原町が事業主体であっても 18 円以上の売電単価が必要となり、民間の場合はさらに高い単価を要するため、やはり大型機種種の導入が事業性を向上させる傾向にあることがわかる。

このように、梶原町が事業主体となる体制と、大型機種種の導入という組合せが、事業性には最も有利な条件である。

これら結果を一覧表にまとめる。

表 4-12：事業性評価結果

		1,000kW×10 基			2,000kW×8 基		
売電単価		16 円	18 円	20 円	16 円	18 円	20 円
事業主体	梶原町	3.91%	6.01%	7.95%	6.48%	7.49%	10.35%
		×	△	◎	○	◎	◎
	民間企業	3.16%	4.74	6.10%	5.30%	6.69%	8.01%
		×	×	○	△	○	◎

◎：十分な事業性が見込める

○：一定の事業性が見込める

△：初期コストの低減やメンテナンス費の節減などで事業性の可能性有り

×：事業性は難しいと思われる

今回の事業性評価に用いた概算事業費と収支は、最近の事例などを参照した簡易計算によるため、今後、以下の事項に留意し精度の高い事業性評価を行わなければならない。

- ▶ 現在、風車や太陽光発電などによる電力を電力会社が買い取る「全量買取制度」の導入が検討され平成 24 年 7 月から施行予定であるが、現時点ではその詳細は決定されていない。この制度により決まる売電単価（固定買取価格）の値により、事業性は大きく左右されるため、制度化の動向に注視する。
- ▶ 地形測量や地質調査などの基礎調査を実施し、その結果を反映した基本設計を行い、事業費の精度を上げる。
- ▶ 1 年以上の風況観測を実施し、風況解析により予測発電量を算出する。

⑧ 資金調達方法

風力発電所の建設には、多額の初期コスト（事業費）が必要となる。ここでは、風力発電事業における資金調達の事例を紹介する。

- ▶ 市民ファンド
市民風力発電

NPO 法人が市民風車サポート組織、事業監視機関として、有限責任中間法人自然エネルギー市民基金を設立。有限責任中間法人は出資金を集めることを中間法人法で禁止されているため、中間法人の全額出資により設立された株式会社自然エネルギー市民ファンドが匿名組合出資の受け皿となり、事業者へ貸付を行っている。

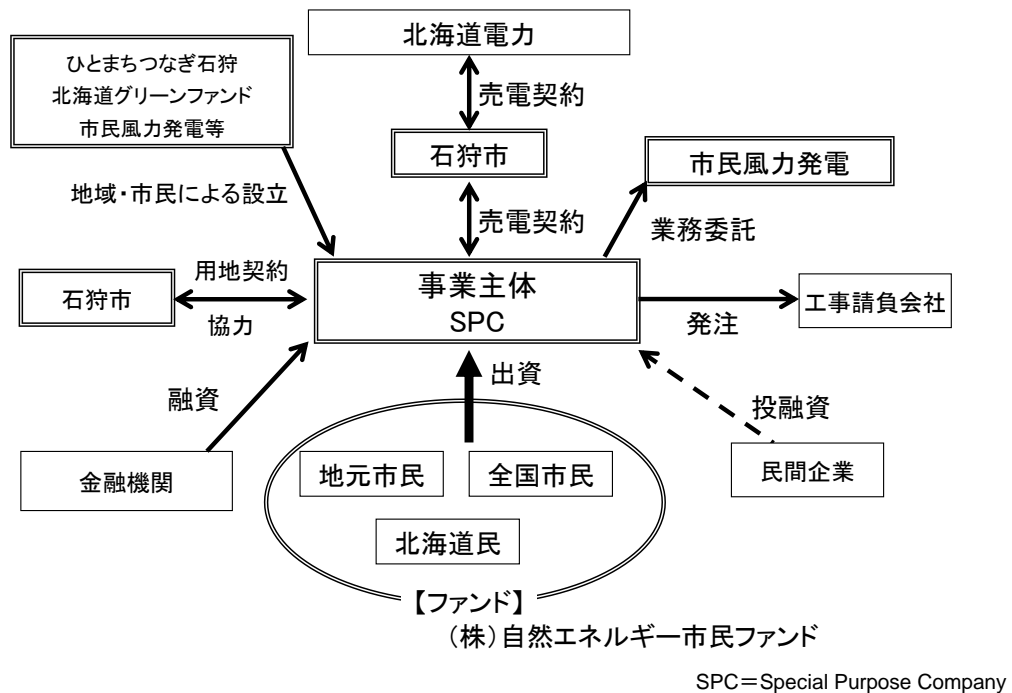
- 平成 13 年に NPO 法人北海道グリーンファンドが事業主体となり、北海道浜頓別において全国初の市民風車「はまかぜちゃん」を建設、総事業費 2 億円（市民出資 1 億 4,000 万円、金融機関借入 6,000 万円）
- 平成 14 年に NPO 法人「グリーンエネルギー青森」が青森県内の市民から 1 億 2,000 万円の出資を集め、平成 15 年青森県鱒ヶ沢に「市民風車わんず」を建設
- 平成 15 年に NPO 法人北海道グリーンファンドが事業主体となり、地元組織である「市民風車の会あきた」とともに、市民から 6,700 万円の出資を受けて、「天風丸」を建設
- 2005 年 3 月には、北海道石狩市に北海道グリーンファンドが中心となって、4 億 7,000 万円（1 口 50 万円）の出資を受けて「いしかりかぜるちゃん」と「いしかりかりんぷう」という 2 つの市民風車を建設

- さらに、2006年には、秋田県秋田市で「風こまち」「竿太郎」、青森県大間町で「まぐるんちゃん」、茨城県神栖町で「なみまる」、千葉県旭市で「かざみ」の合計5箇所で、8億6,000万円（1口50万円）の出資を受け建設された。

➤ 自治体と民間事業者の連携事業：

北海道電力の2008年「風力発電事業者募集・抽選枠／自治体枠（募集量1万kW）」に石狩市が応募し、2009年4月に当選した案件を民間事業に提供するスキーム。2,000kW風車を2基（計4,000kW）設置し、発電した電力は石狩市を通じ北海道電力へ売電する。石狩市と北海道電力は2009年10月に電力需給基本契約を締結済み。

厚田市民風車事業 スキーム図



出典：石狩市および北海道グリーンファンド

➤ 住民参加型地方公募地方債（ミニ公募債）

地方債の個人消化、資金調達が多様化、住民の地域参画意識の高揚を図るために2001年（平成13年）度から導入された。（第1号案件は平成14年3月に群馬県が発行した「愛県債」）

毎年度2,000～3,000億円程度の発行があり、地方公共団体の資金調達手法として定着している。平成22年度は2,441億円、91団体が発行している。

その趣旨から、当該自治体の住民等を対象とし、防災や福祉・教育施設など地域

住民の事業への参画意識が高まるような事業に充当するのが望ましいが、発行対象及び対象事業を特に限定する必要はない。形態として、証券発行、満期一括償還を原則とし、地元金融機関がいったん引受け、その後応募者に販売されている。

発行ロットは、都道府県が平均 60 億円であるのに対し、市区町村では 5 億円弱の規模となっている。発行年限は、5 年債が主流であるが、これは購入者に占める高齢者の割合が多いことや、最初の発行事例が 5 年債であったことなどが理由と言われている。

利率は、同年限の国債（個人向け国債含む）、あるいは全国型市場公募債の利率に上乘せ金利（スプレッド）を加算して設定する銘柄が多い。また、同年限国債、全国型市場公募地方債よりも低い利率とし、金利軽減分を他の事業に充当したり、基金積立するなどの工夫をしている事例も散見される。

例) 横浜市ハマ債風車（自治体主導の市民風車事業）

Vestas 社製（V80-2MW）愛称「ハマウイング」平成 19 年 3 月竣工

横浜市では、自然エネルギーの利用促進や地球温暖化対策の一環として、そして、環境行動都市の実現に向けて、市民一人ひとりが具体的行動を起こす契機とすることを目的として、風力発電事業を進めている。

➤ プロジェクトファイナンス：

風力発電事業における売電収入のみを借入れの返済原資としたファイナンススキームのことで、最も多く使われている融資方法である。事業者の信用や資金力に依存せず、事業のキャッシュフローにより資金調達が可能であることが、メリットである。

⑨ 許認可（各種規制）

風力発電を行う場合、立地調査、実施設計および建設工事の各段階で、以下に示すような関連法規があるため、該当する許認可を取得する必要がある。

表 4-13：風力発電に必要とされる許認可一覧

日本国内における主要な許認可			
	許認可項目(関係法規概要)	決裁窓口・担当窓口	国側窓口
立地調査	環境影響評価	都道府県知事	経済産業省
	自然公園法・自然環境保全法 (指定保全地域内行為の許可)	都道府県知事	環境省
	砂防法、地滑り防止法 (指定地区内行為の制限・禁止)	都道府県知事 土木事務所長	国土交通省
	文化財保護法(現状変更届出・許可)	都道府県知事(市町村)(教育委員会)	文部科学省文化庁
	農地法(農地転用の規制・許可)	都道府県知事 (4ha以下)	農林水産省(4ha超)
	農業振興地域の整備に関する法律 (農業振興地域整備計画変更)	都道府県知事 (市町村経由)	農林水産省
	国土利用計画法(国土利用の権利の変更)	都道府県知事 (市町村経由)	国土交通省
	都市計画法	都道府県知事	
	景観条例 (景観保全に関する規制・許可)	都道府県知事 (市町村経由)	
	森林法(森林計画区・保安林内行為の規制)	市町村長(伐採届) 都道府県知事(林地開発)	農林水産省林野庁
	保安林、国有林、県有林、 公社造林地、市町村有林	権利者及び管理者 (行政機関)	
	海岸法 (海岸保全区域の規制・許可)	都道府県知事 (土木事務所)	国土交通省
実施設計	電気事業法(工事計画届・保安規定届・主任技術者選任届・使用前安全管理審査申請等)	原子力安全 保安院産業保安監督部	経済産業省
	系統連系技術要件ガイドライン (系統連系協議・受給契約)	電力会社	
建設工事	建築基準法 (建築物・工作物の建築確認申請)	市町村長もしくは都道府県の建築主事	国土交通省
	道路法 (道路占有行為の許可・承認)	市町村長(市町村道)・土木事務所(一般国道)・国土交通省工事事務所(指定国道)	国土交通省
	道路交通安全法 (設備及び重機運搬の規制・許可)	警察署長	内閣府
	電波法 (無線設備の機能の保護)	市町村、海上保安庁出先防衛庁出先、NTT等	総務省、国土交通省、防衛庁
	航空法 (航空機の航行の安全・障害防止)	国土交通省航空局	国土交通省
	消防法 (危険物製造所等設置許可)	市町村長もしくは都道府県知事	総務省消防庁
	騒音規制法(騒音の規制)	都道府県知事	環境省
	振動規制法(振動の規制)	都道府県知事	環境省

⑩ スケジュール

風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーで作られた電力を、電力会社が一定の価格で買い取る、いわゆる全量買取制度が平成 24 年 7 月に施行される予定である。施行にあたっては、集中的な再生可能エネルギーの利用の拡大を図るため、制度施行後 3 年間は、再生可能エネルギー電気の供給者の利潤に特に配慮するとされている。

フェーズ 1 事業における現状考えられるスケジュールでは、来年度から関係各所への合意形成を開始し、それが整った後に環境影響評価（環境アセス）や風況調査に取りかかることになる。また、環境アセスには 3 年程度の期間が必要とされている。しかしながら、国ではそのアセス期間が風力発電導入の妨げになるとの意見もあることから、今後のアセス簡素化も念頭に置き、早期に事業化できるようにスピード感を持って進めることが重要である。

環境影響評価を 3 年間とした場合の、概略スケジュールを以下に示す。

表 4-14：概略スケジュール

年度	H24			H25			H26			H27			H28			H29					
合意形成	■																				
基本調査		■																			
風況調査				■																	
環境影響 評価				■																	
実施設計										■											
建設													■			...	■			▽運開	

5. 今後の課題

今後、四国カルストへ風力発電を導入するにあたり、想定される課題を整理する。

➤ 近隣自治体や国などとの協議および住民の合意形成

四国カルストは、高知県と愛媛県の県境に位置する。フェーズ1においては、極力梶原町内への配置を検討するが、その眺望と風車の発する風切り音などは共有され、またブレードの旋回範囲が愛媛県側にかかる可能性が大きい。さらに、最も近い第五黒川発電所へ連系する場合は、その送電線が久万高原町を通ることとなる。したがって、愛媛県および久万高原町また、津野町とも十分な事前協議を行い、事業に対する理解と協力を得る必要がある。また、風力発電に関する国との許認可対応や四国電力との連系枠協議などにも取り組む必要があるため、平成24年度は高知県が調整役となり、当風力発電検討部会もその役割を担い、超高齢化や過疎に対するまちづくりの一環としての住民および近隣自治体との合意形成を目指す。

➤ 景観

風車を組み立てるためには、風車機種とその工法にもよるがクレーンや機材の配置、ブレードの地組等のために、最低でも1,000m²程度のフラットな敷地造成が必要となる。したがって、土地の改変は避けられないが、極力造成が少なくなる工法の検討や、風光明媚な四国カルストの景観へ与える影響をシミュレーションするなどし、住民の合意を求めながら進める必要がある。



写真 5-1：敷地造成の事例（徳島県大川原ウインドファーム）

➤ 環境影響評価

総出力が 7,500kW 以上の風力発電所は環境影響評価（環境アセス）法の対象となることが政府において閣議決定され、平成 24 年 10 月より施行予定である。10,000kW 以上はアセスが必須の第一種事業、7,500kW 以上 10,000kW 未満は条件付きでアセスが不要となる第二種事業に指定されるが、当該計画地域は、県立自然公園にも指定されていることより、より詳細な調査の必要性も予想される。また、調査期間は、2 年から 3 年を要することも、事業化スケジュールに大きく影響を与えるため、国に対しアセスの簡素化を働きかけることも重要な取り組みである。

➤ 輸送路

事業性評価の結果より、導入する風車は大型機種が有利であることがわかる。2,000kW 級機種を一般的な輸送車両で運ぶ場合、県道 383 号線が考えられるが、天狗トンネル通行時にブレードが通過できない可能性が大きい。また、天狗トンネルがある地域は県立自然公園の特別地域であるため、トンネルを迂回する仮設道路などの建設もできない。したがって、ブレード起立装置などの特殊車両を用いて運搬が可能な輸送路を確保する計画づくりも必要である。

➤ 風況精査

四国カルストでは、過去に NEDO フィールドテスト事業で風況精査を行っているが、その時の観測高度は 20m であるため、60m 高における風況精査を 1 年以上行うことが望ましい。

また、フェーズ 2、フェーズ 3 にわたる将来構想では、東西 14km のエリアとなるため、複数地点での観測が必要である。

➤ 四国電力との連系協議

四国電力管内において 20 万 kW の風力発電受入が発表されたが、今後の動向を把握するとともに、フェーズ 1 の連系候補地点として想定される第五黒川発電所への連系可否や連系可能容量などの協議を行う必要がある。

➤ 落雷、台風や故障対策

既存の「梶原風力発電所（600kW×2 基）」の平成 22 年度までの故障件数は、大小併せて 50 件あるが、そのうちの 15 件（30%）は落雷を要因とするものであり、落雷によるブレード破損では長期の停止を余儀なくされた。落雷に対する対策については、「日本型風力発電ガイドライン（落雷対策編）平成 20 年 3 月 NEDO」に詳しく述べられているが、風車選定にあたっては、耐雷対策も重要なポイントである。ま

た、接地抵抗の低減策や避雷器等の設置なども配慮しなければならない。

落雷以外の故障原因として、台風による基礎の損傷で長期停止を余儀なくされたが、現在の法律では強風や地震に対する評価が当時より相当厳しくなっており、その問題は解決されている。

▶ 事業スキームと地元への利益還元

事業スキームにより、自己資金額や資金調達方法が異なるため、フェーズ1の実施主体のあり方について、関係市町とも調整を図ることが必要である。

自治体が行う先進的発電事業モデルとして、例えば、梶原町と近隣自治体が連携協力し、高知県の支援を得ながら進めるとともに、地元金融機関の支援を受け、自治体や地元団体に資金調達するなど、地元での持続可能な事業継続をはかり、農業、林業、高齢化対策などに貢献できるスキーム構築を検討する。

また、将来的にフェーズ2およびフェーズ3の計画に際しては、民間企業の事業参画を視野に入れたスキームづくりが必要である。