

風力発電設置調査委託業務

報告書

2013年2月

四電エンジニアリング株式会社

目次

1. 業務概要	
(1) 業務の目的.....	1
(2) 履行期間.....	1
(3) 調査項目.....	1
(4) 調査の前提条件.....	1
2. 調査報告	
(1) 風力発電設備設置調査.....	3
① 許認可等調査.....	3
② 輸送路調査.....	7
③ 送電線ルート策定.....	16
a) 架空送電線ルート.....	16
b) 地中送電線ルート.....	17
④ 事業計画検討.....	19
a) 風車機種.....	19
b) 風車レイアウト及び造成計画.....	21
c) 風車基礎.....	31
d) 構内電気設備.....	31
⑤ 事業採算性評価.....	36
3. 今後の課題.....	39

1. 業務の概要

(1) 業務の目的

本業務は、梶原町四国カルスト地域における風力発電の事業化を検討するために必要な調査等を実施するものである。

(2) 履行期間

自 平成 24 年 11 月 20 日
至 平成 25 年 2 月 28 日

(3) 調査項目

【風力発電設備設置調査】

- ① 許認可等調査
 - ・ 建設計画エリアに係る許認可について調査・整理する。
- ② 輸送路調査
 - ・ 水切港の選定ならびに水切港から四国カルストの風車建設計画地点までの輸送路を踏査し、風車機種に応じたルート選定、輸送方法を検討する。
- ③ 送電線ルート策定
 - ・ 四国電力系統への連系候補先である第 5 黒川発電所までの送電線について、地形条件を勘案したルートを机上検討する。
- ④ 事業計画検討
 - ・ 縮尺 1/2500 の地形図をベースに風車レイアウト図を作成する。
 - ・ 風車基礎、構内電線路、連系変電所施設などの基本プランを作成する。
- ⑤ 事業採算性評価
 - ・ 建設に係る初期コストおよびメンテナンス等の維持管理費用から概算事業費を算定し、内部収益率（IRR）の指標を用いて事業採算性を評価する。

【地形図作成】

当該計画地（約 1km²）の縮尺 1/2500 地形図を作成する

(4) 調査の前提条件

平成 24 年度の四国電力風力発電の系統連系受付に際し、梶原町殿申込みの計画を基本とする。

⑥ 計画地

四国カルストでの五段城から姫鶴平にかけての梶原町の町有地

⑦ 計画設備

風力発電設備 2MW×8 機（日本製鋼所製 J82-2.0）

⑧ 連系地点

四国電力 第五黒川発電所

⑨ 基本レイアウト



図表 1-1：基本レイアウト

2. 調査報告

(1) 風力発電設備設置調査

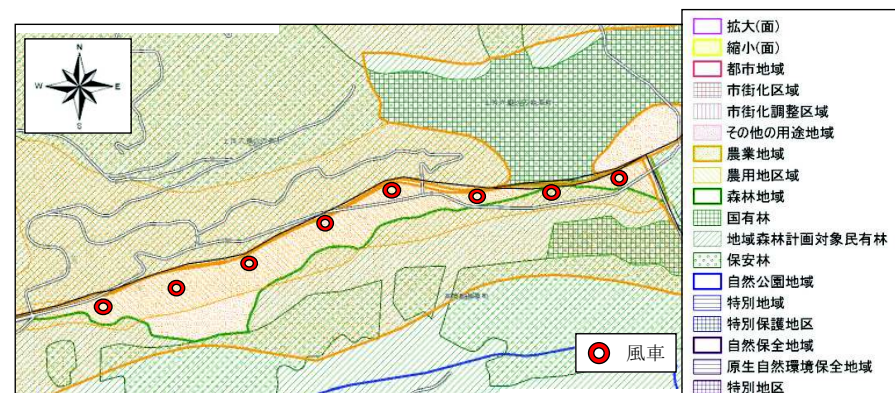
① 許認可等調査

当該計画地における風力発電設備設置に必要な許認可について、立地調査、実施設計および建設工事段階に分けてリストアップする。

図表 2-1：該当する各種許認可一覧

	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
	高知県四十川の保全及び流域の振興に関する基本条例(四十川条例)	梶原町(他地区は知事)	
	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
	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)	
	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
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	
再生可能エネルギー発電設備認定申請		経済産業局	経済産業省
建設工事	大臣認定	指定評価期間	国土交通省
	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
	道路交通法(設備及び重機運搬の規制・許可)	警察署長	内閣府
	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

これら許認可の中で、土地規制に係るものが特に重要となり、指定内容によっては計画の見直しが必要となる場合もある。そこで、当該計画エリアの土地基本計画図から、必要な許認可を確認する。



図表 2-2：風車建設エリアにおける土地利用基本計画図

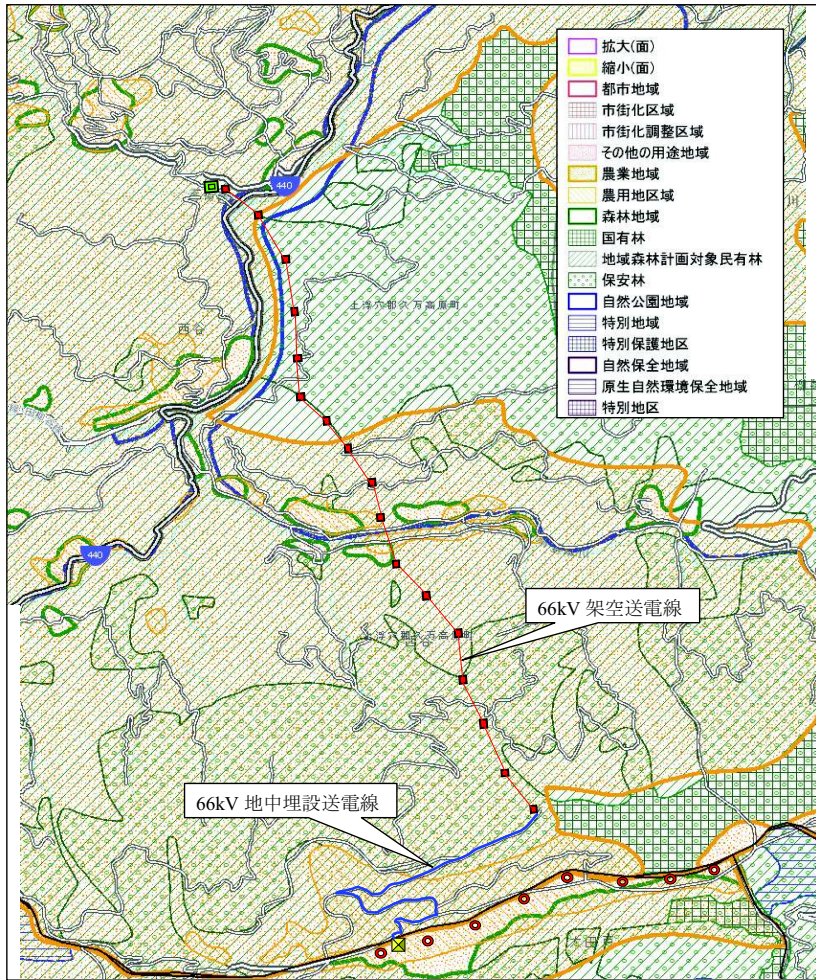
上図は土地利用基本計画図に風車のレイアウトを重ねたものであるが、これを見ると風車 8 基全ての建設地点が、農業地域および農用地区域となっており、また、一部の風車は森林地域に掛かっていることがわかる。

農業地域における風車建設には、農地法により「農地転用」が必要となるが、現状では第 1 種農地(概ね 20 ヘクタール以上の規模の一団の農地、土地改良事業を実施した農地等)の転用理由に風力発電事業は含まれていない。

また、農業振興地域の整備に関する法律では、農用地区域内において行う開発行為について、基本的に農業以外の用途への転用を禁じている。

このような農地問題により中止に追い込まれている風力開発計画もあることより、関係機関との協議が必要である。

次に、連系送電線を土地利用計画図に重ねる。基本ルートは架空送電線であり、保安林内の通過は避けられないため、保安林内作業許可の取得が必要である。一方、経済性の面では不利になるが、ケーブルを既存道路に埋設する地中送電線方式を採用すれば、許認可と地権者協議などの面で有利性が生まれる。



図表 2-3 : 連系送電線ルートにおける土地利用基本計画図

次に、風車建設エリアは、県立自然公園に該当しているため、「四国カルスト県立自然公園区域図および公園計画図」により、その地種区分を確認する。県立自然公園区域図に風車建設地点をプロットしたものを下図に示す。



図表 2-4 : 風車建設エリアにおける県立自然公園区域図

この図より、風車建設地点は県立自然公園の普通地域であることが確認できる。普通地域とは、「特別地域に含まれない地域で、風景の保護を図る地域、特別地域と公園区域外との緩衝地域（バッファゾーン）」と定義されている。

普通地域において工作物を新築または土地の形状変更を行う場合は届出が必要であり、風力発電設備の建設は、高さ 30m を超える鉄塔ならびに面積 200m² を超える土地の形状変更に該当する。

② 輸送路調査

風車の水切り港から当該計画地までの輸送路について、既存道路の利用を基本に調査を行った。

水切り港については、計画地に近い港が経済性の面で有利であるが、風車部材のうちタワーは海外で製作されることが多いため、外航船の入港が可能で、かつ8機分の風車が仮置きできることが重要な条件となる。それらを充足する港として須崎港を選定する。

今回の輸送路調査の対象となる風車（J82-2.0）の輸送寸法を下表に示す。

図表 2-5：J82-2.0 輸送寸法

名称	長さ	幅	高さ	単重量
	(m)	(m)	(m)	(ton)
ナセル（サブフレーム）	10.1	2.9	4.2	39.0
発電機	4.3	3.9	2.7	60.5
翼（ブレード）	40.4	2.9	2.6	7.5
ロータヘッド	3.4	3.4	2.7	17.2
トップタワー	25.0	3.2	3.4	27.8
ミドルタワー	22.6	3.93	4.13	42.0
ボトムタワー	14.5	4.3	4.5	43.1

これら風車部材を対象とした輸送路調査結果を風車輸送ルート調査概要図に示す。基本となるルートは、須崎港から県道 197 号線を通り、津野町の新当別峠トンネルを超え東津野城川大規模林道東線を北へ入るルート A であるが、当該計画地の手前にある天狗トンネルが狭小なため、ブレードおよびタワーの通行可否について検証を行った。検証方法は、トンネルの平面図にそれぞれの部材積載車両について軌跡を描き、またトンネル断面との干渉についても合わせて図化した。

机上検討のみの結果であるが、ブレード、トップタワーおよびミドルタワーの通行は可能、ボトムタワーについてはトンネル壁面との隙間が僅かで、道路面の不陸やトンネルの出来形によっては、トンネル壁面への接触は避けられないと考える。よって、ボトムタワーについては、県道 197 号線高研山トンネルを超え、愛媛県輝北町から東津野城川大規模林道西線へ入るルート B の輸送路を利用することとなる。

また、大規模林道から愛媛県道 36 号線にかけては、ほぼ改修無く通行可能であるが、県道 383 号四国カルスト公園縦断線は、カーブが続く 1 車線道路となるため、下写真のようにトランスポーターと呼ばれる自走運搬台車へ積み替えての輸送となる。

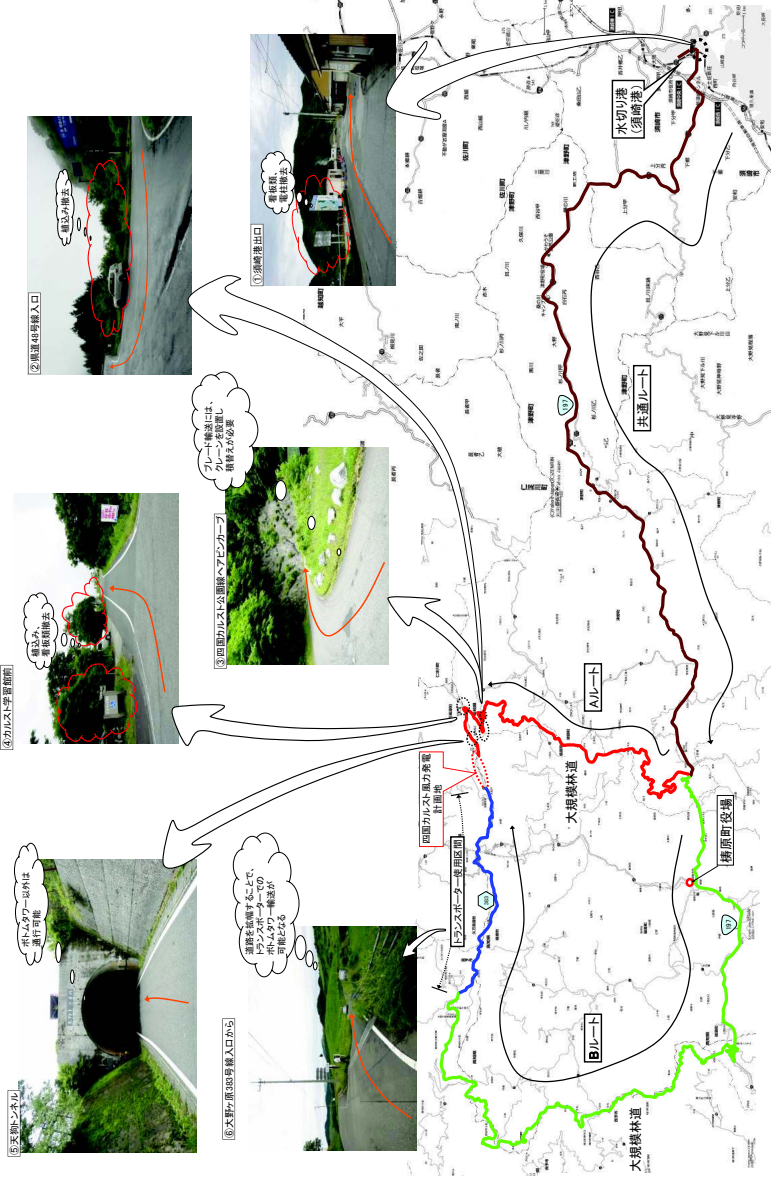


図表 2-6：トランスポーターによるタワー輸送

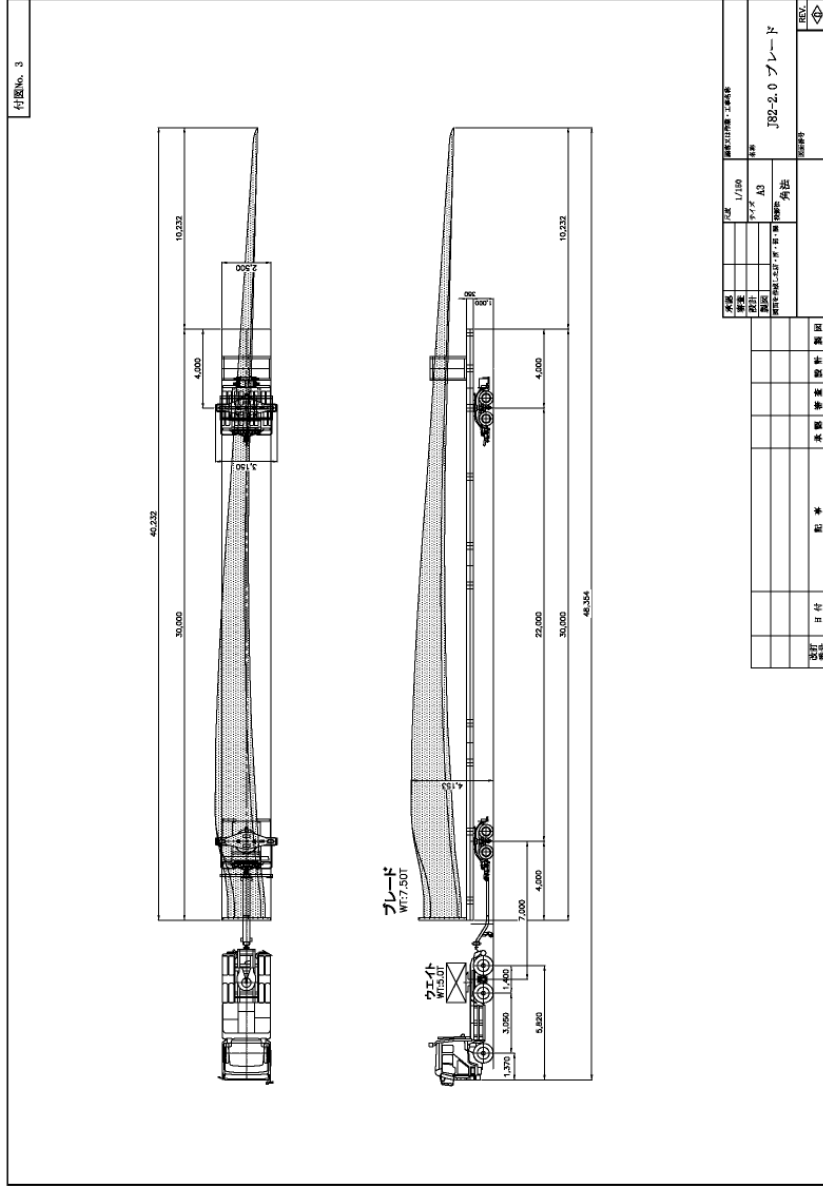
なお、ボトムタワーの重量とトランスポーターの車両重量を合わせると約 80ton になるため、道路補強や拡幅工事は必須である。高知県および愛媛県それぞれの道路管理者と協議を行い詳細な検討の必要がある。

なお、今回の天狗トンネルにおけるブレード、タワーの通行可否検証は、あくまでも既存図面を利用した机上検討にすぎないため、平板測量などによる実寸調査の上、詳細検証が必要とされる。

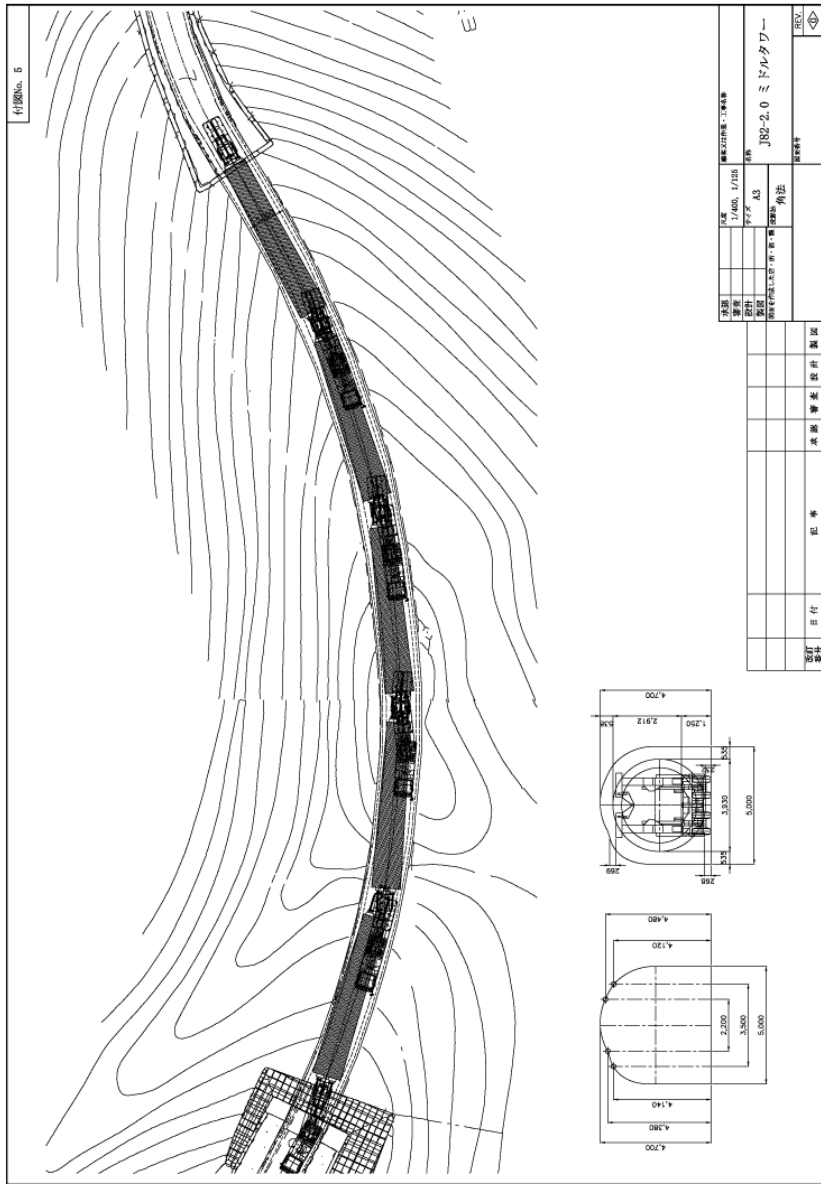
須崎港～四国カルスト風力発電計画地 風車輸送ルート調査概要図



図表 2-7：風車輸送ルート調査概要



図表 2-8：プレート積載車両図

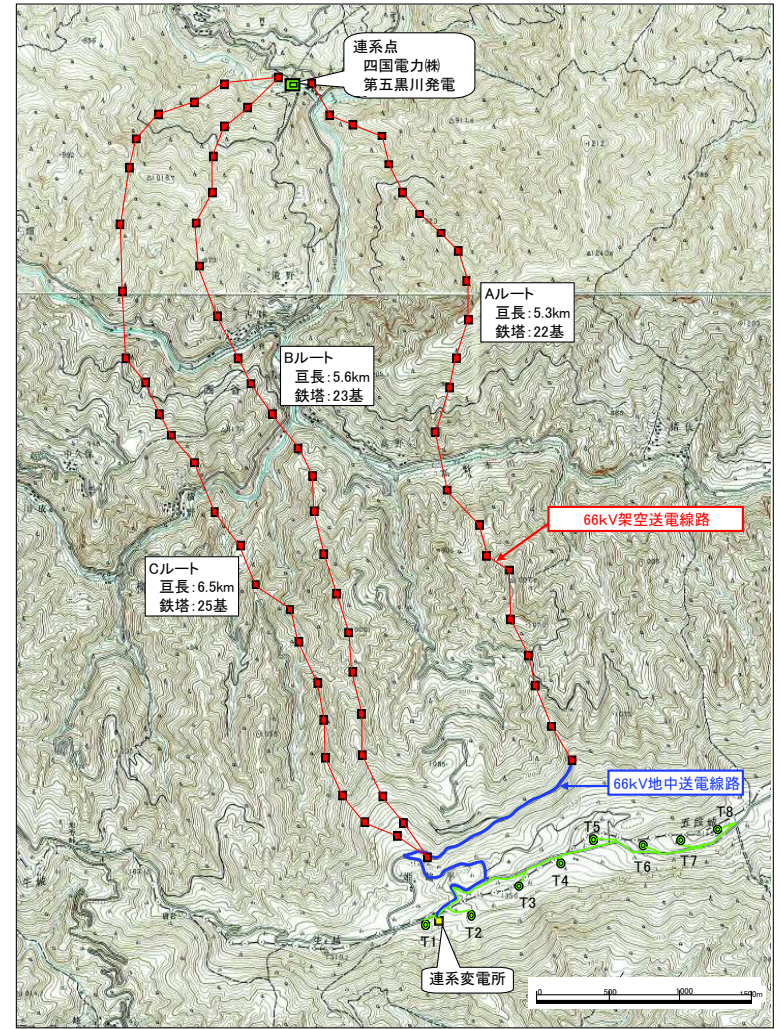


図表 2-13：ミドルタワー積載車両軌跡図

③ 送電線ルート策定

a) 架空送電線ルート

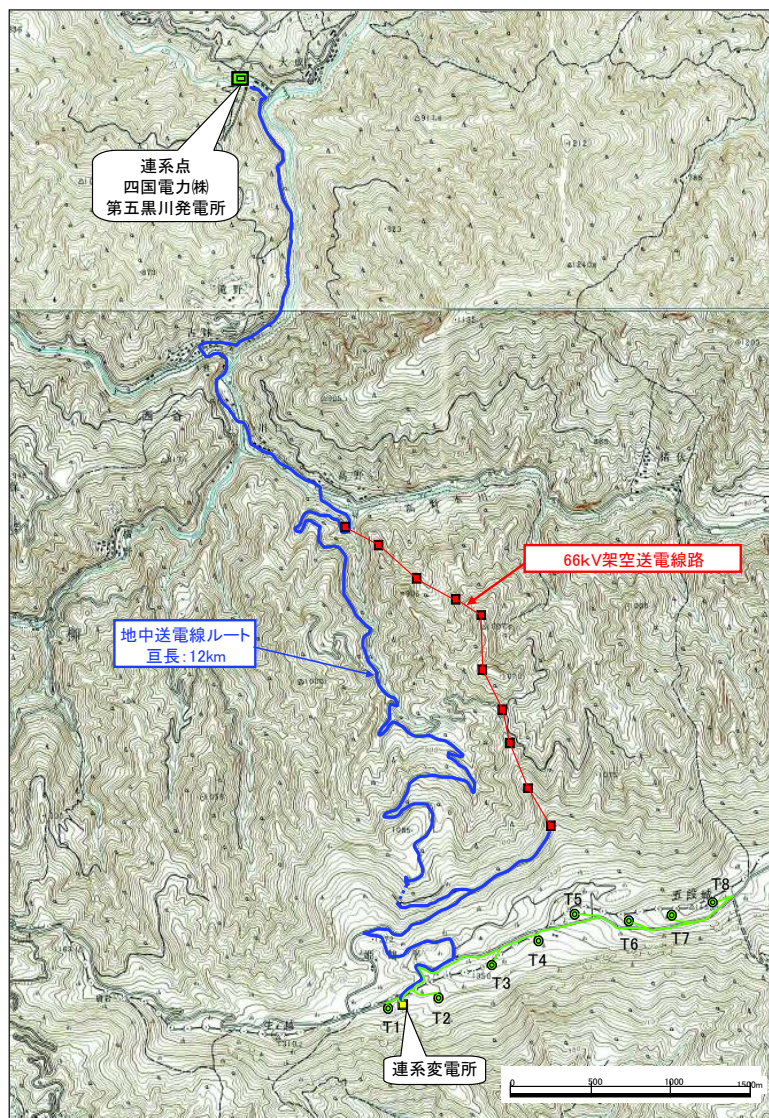
1/25,000の地図をベースに基本プランのルート进行精査し、更に新たなルートを机上検討した。架空送電線の距離は基本プランを精査した A ルートが最も短くなるが、逆に地中送電線部分が長くなる。



図表 2-14：架空送電線ルート案

b) 地中送電線ルート

地中埋設送電のルート案を検討する。



図表 2-15 : 地中送電ルート案

地中送電ルートは既存道路への埋設を基本とした。図に示すように、当該計画地から北方向の県道 303 号線に向けて、一部分を除き林道の存在が確認できるため、ケーブル埋設に利用できる可能性がある。但し、かなり曲がりくねった道路であるため、亘長は 12km に達する。

そこで、架空送電線との併用案が考えられる。直線的な線形を描く道路までは架空送電とし、その後第五黒川発電所まで既存道路への埋設とする。

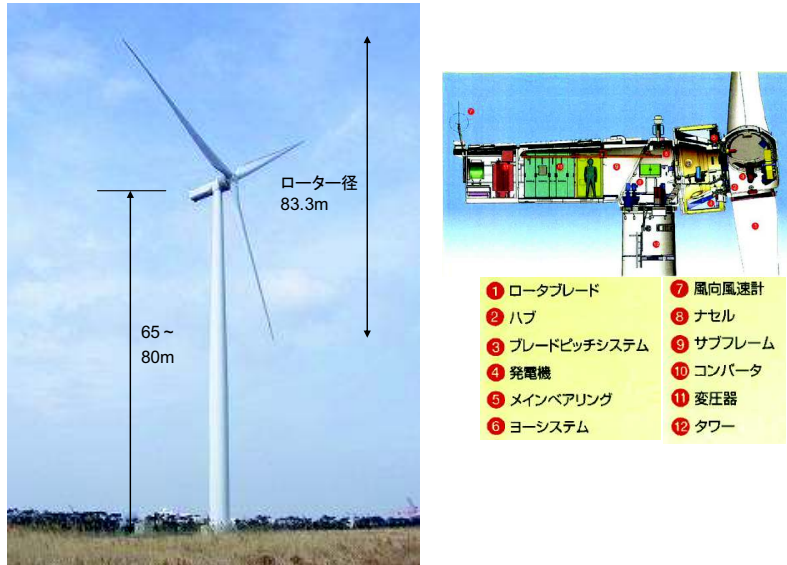
地中送電線を採用することで、架空送電線よりコストアップとなるが、保安林関連の許認可だけでなく、地権者との協議の面でもメリットが発生する。

今後の詳細設計においては、現場踏査を重ね地権者ならびに道路管理者との協議により、最適ルートの選定を行うことになる。

④ 事業計画検討

a) 風車機種

本風力発電計画への導入を検討している、日本製鋼所製の2MW機種(J82-2.0)について、その概要を下図に示す。



図表 2-16 : J82-2.0 風車概要

羽根の直径(ローター径)は83.3m、ハブ高さ(羽根の中心までの高さ)はタワーの種類により65, 75, 77, 80mの4つのラインナップがあり、羽根の先端までの地上高は、高いもので120mに達する。

特徴としては、永久磁石励磁同期発電機の採用によるギアレス化により、信頼性向上とメンテナンスコストの低減、低騒音化を図っている。

技術的な基本仕様を、次の表に示す。

図表 2-17 : J82-2.0 風車仕様

■基本仕様		J82-2.0
主仕様	定格出力	2000kW
	カットイン風速	3.5m/s
	定格風速	13m/s
	カットアウト風速	25m/s
	IEC Class	S
	耐風速 (IEC-I)	70m/s
	設計平均風速 (IEC-III)	8.5m/s (IIa)
	設計乱れ係数 (IEC-III)	0.18 (IIa)
ローター	ブレード材質	GFRP
	ブレード長	40m
	ローター径	83.3m
	定格回転数	19rpm
	回転数	可変速
タワー	ハブ高さ	65/75/77/80m
電気仕様	発電機形式	ダイレクトギアレスドライブ
		永久磁石 多極同期発電機
		AC-DC-ACフルコンバータ
	出力電圧	660V
周波数	50/60Hz	
制御	出力制御	ピッチ制御・可変速制御
	風向制御	アクティブヨー制御
質量	ローター	42t
	ナセル・サブフレーム	34t
	発電機	60t
	タワー	130t(ハブ高さ65m)/160t(ハブ高さ75m) 175t(ハブ高さ77m)/170t(ハブ高さ80m)

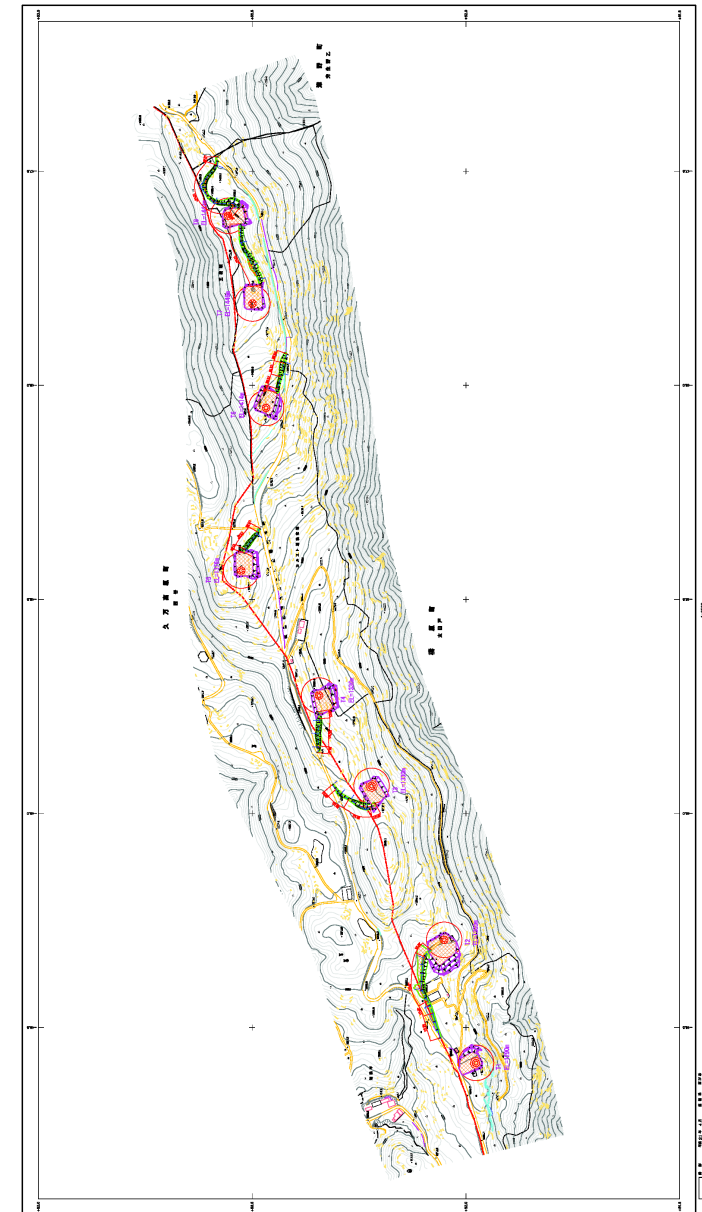
b) 風車レイアウト及び造成計画

当該計画エリアは、過去の風況観測状況によれば、北方向が卓越風向である。よって、現状の基本レイアウトプランをベースに、主風向に対し2.5D（羽根直径の2.5倍）以上の離隔確保と、羽根の旋回範囲が県道383号線上空ならびに愛媛県久万高原町側に入らないことを条件に、詳細レイアウトを策定した。

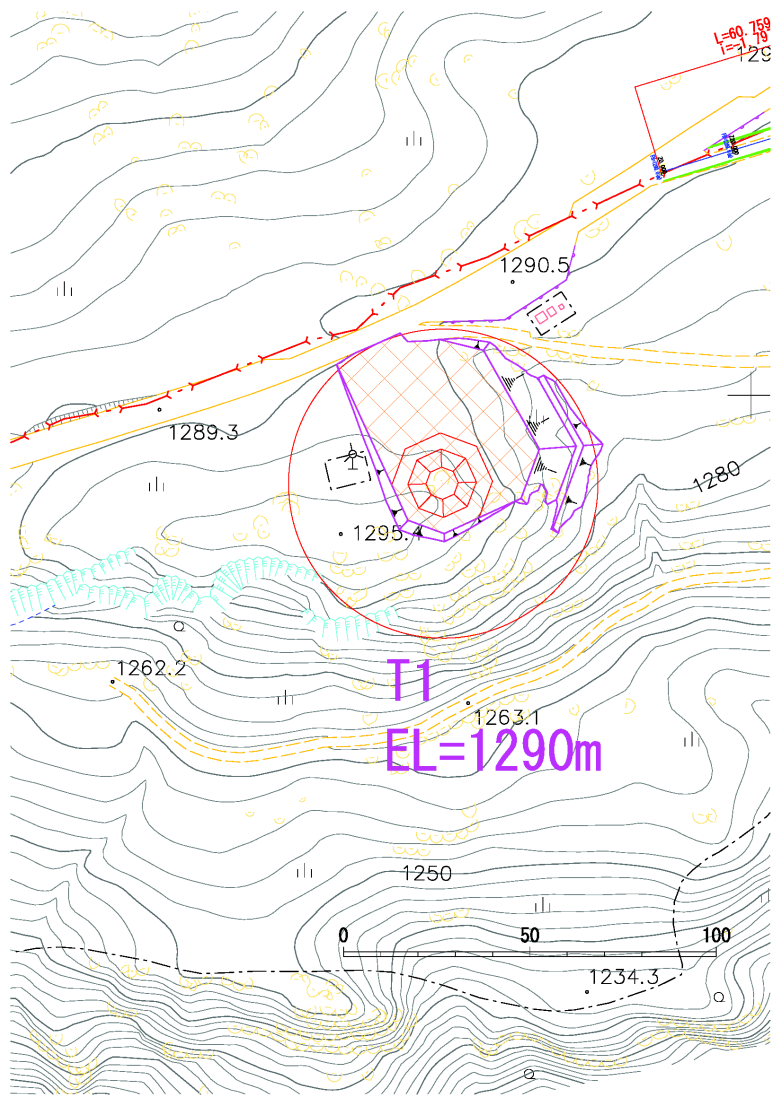
また、併せて風車組立に要する敷地の造成についても検討する。風車を組み立てるためには、大型重機の作業スペースや資機材の仮置き場所とするためのフラットなエリアが必要となる。今回の風車J82-2.0は、羽根3枚を地上で組み合わせてから上空へ吊り上げる地組工法が標準であるが、今回は羽根を1本ずつ上空で取り付ける1本付け工法を採用する。それにより、土地の改変を極力おさえるよう努めるが、それでも1つの面積は2,200m²程度必要である。

今回の造成設計における切盛土量は約4万m³となるが、場外搬出は行わないよう切盛りのバランスを整える。そのため、No.2風車の組立エリアを他より広く設定し盛土を処理するよう工夫した。

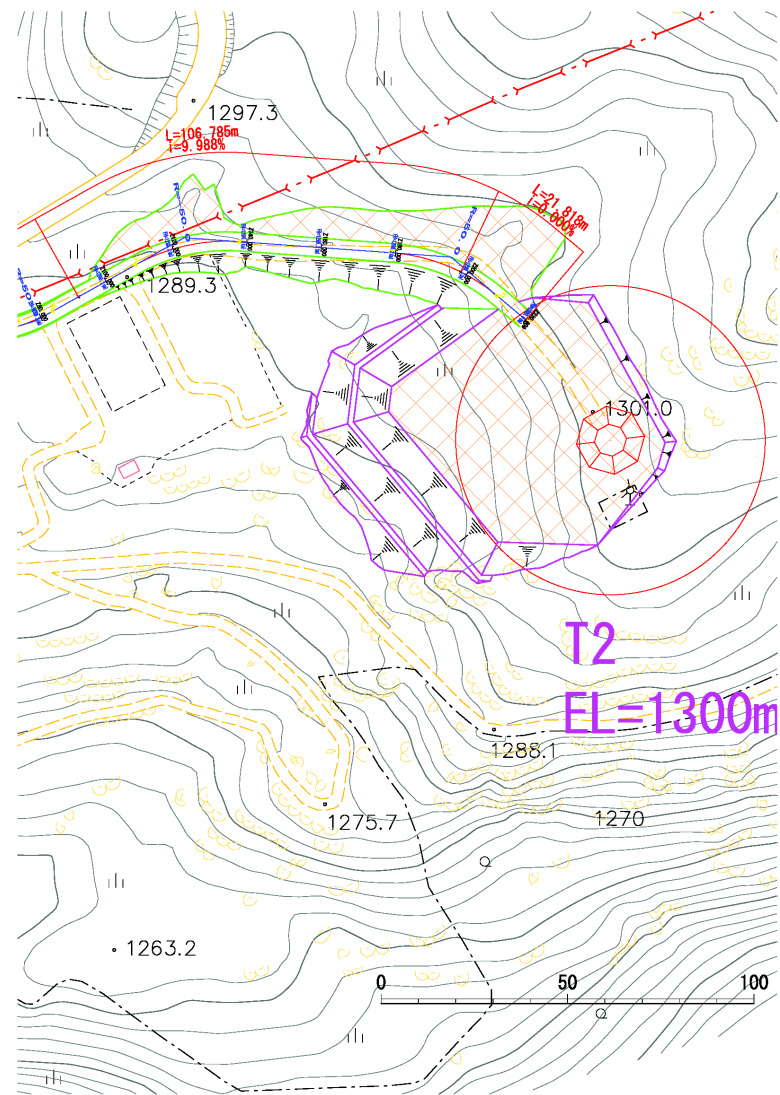
全体のレイアウト図ならびに各風車毎の造成計画図を次に示す。



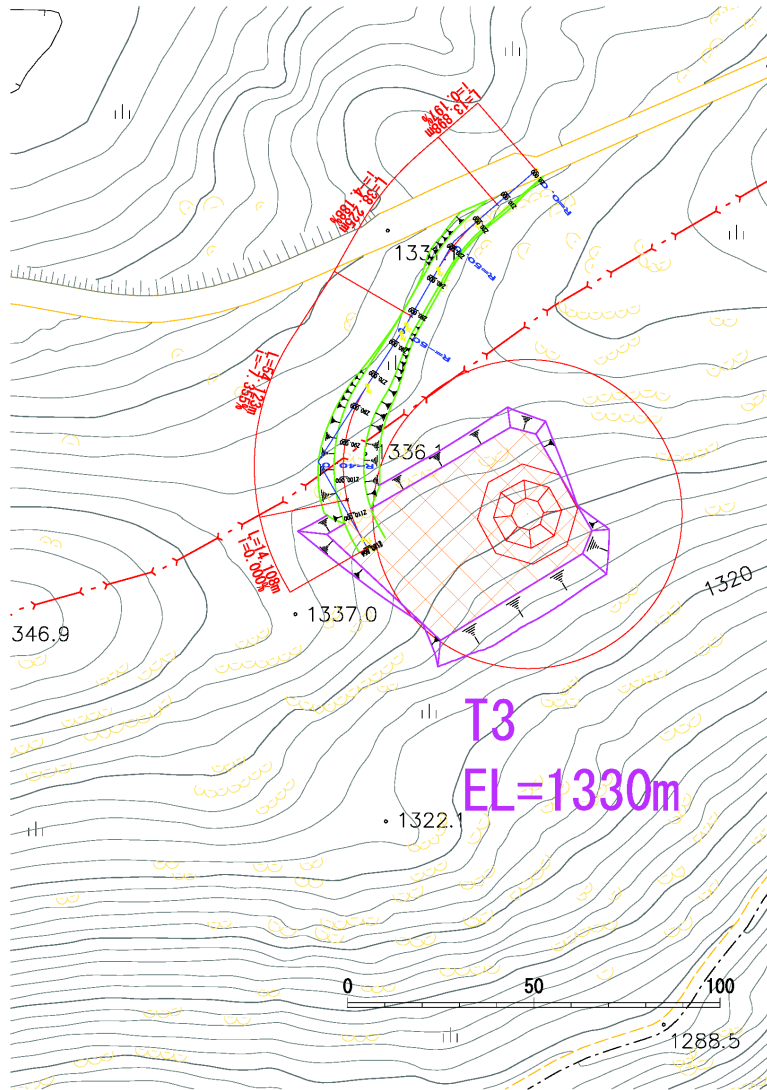
図表 2-18 : 全体レイアウト図



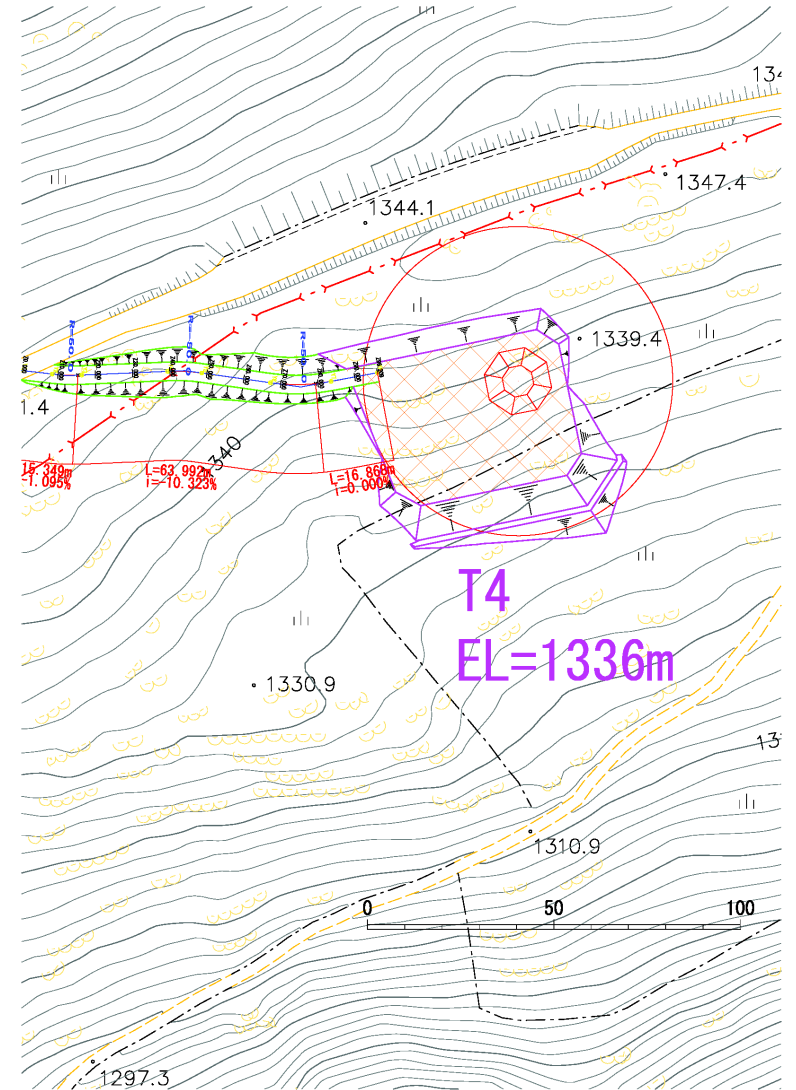
図表 2-19 : No.1 号機 造成計画図



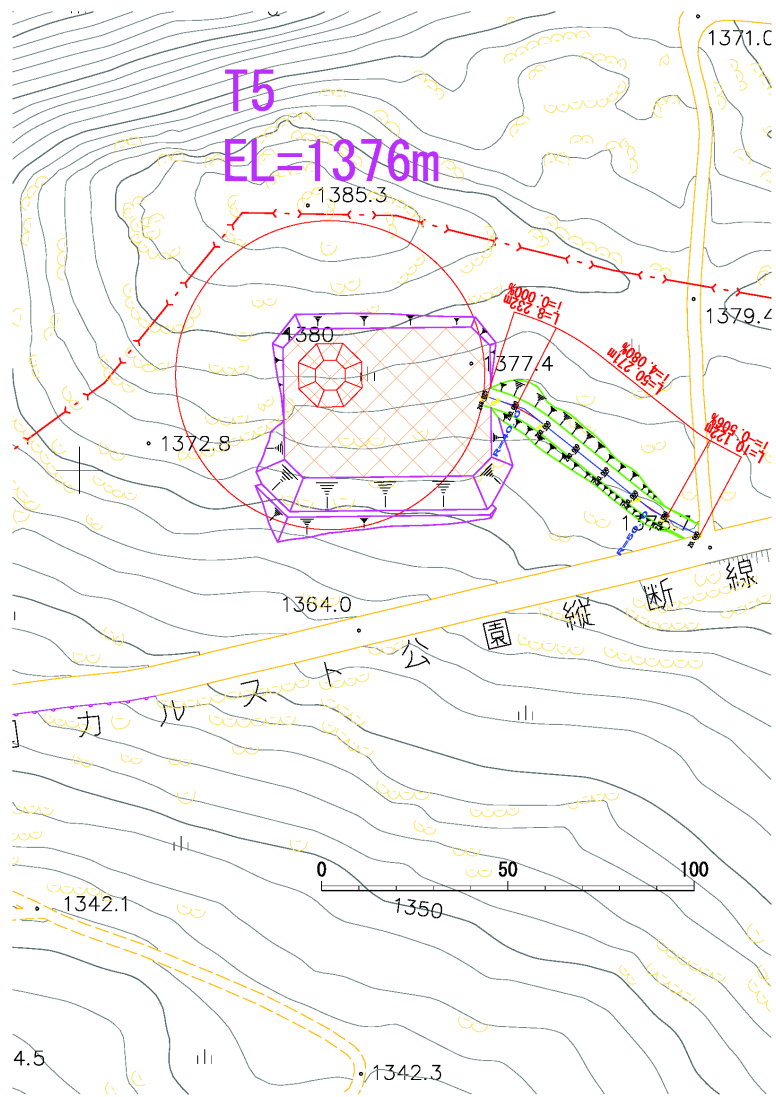
図表 2-20 : No.2 号機 造成計画図



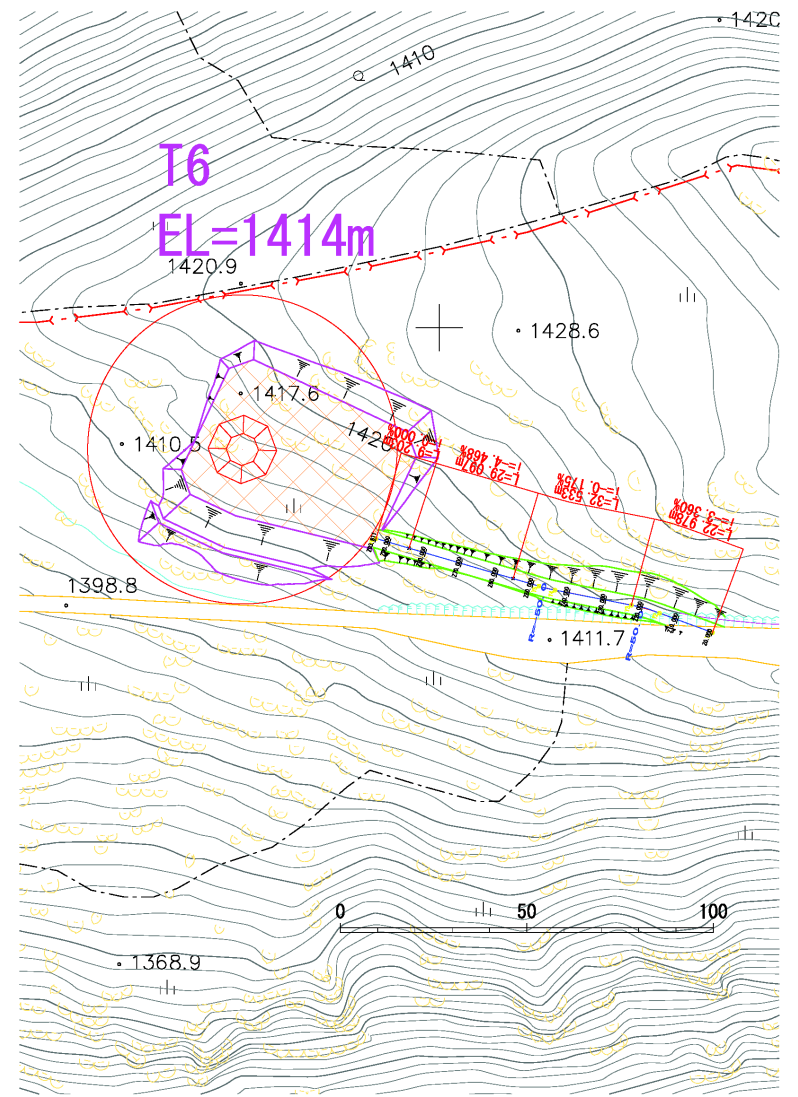
図表 2-21 : No.3 号機 造成計画図



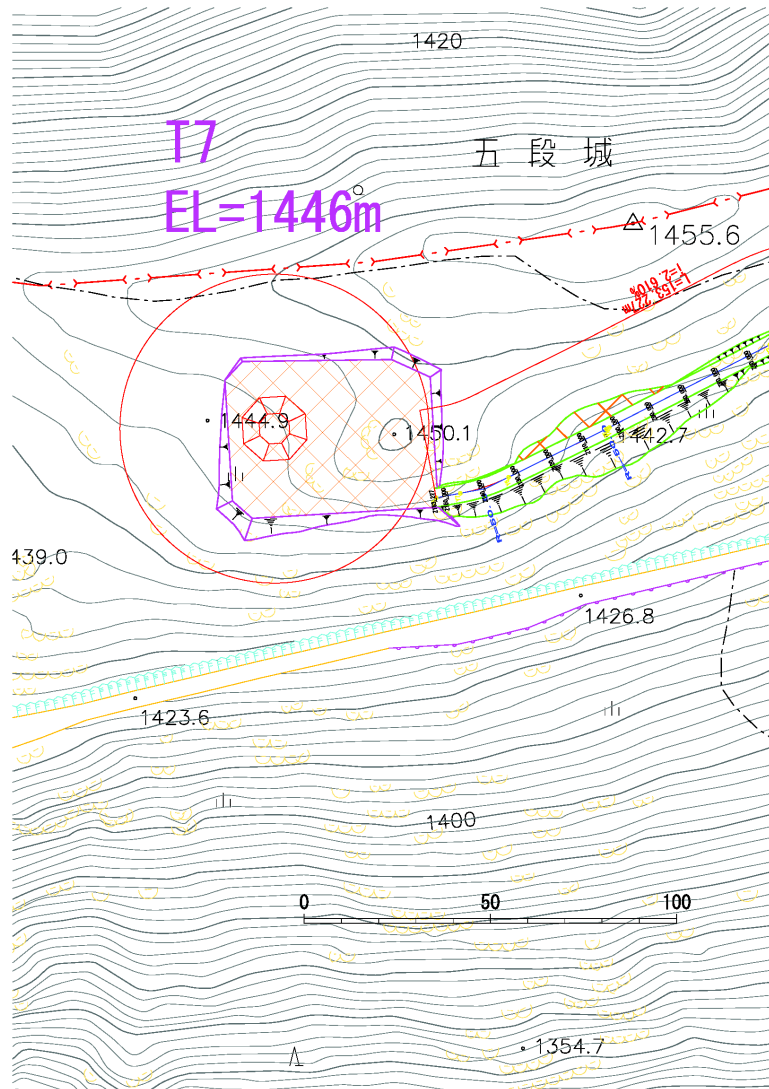
図表 2-22 : No.4 号機 造成計画図



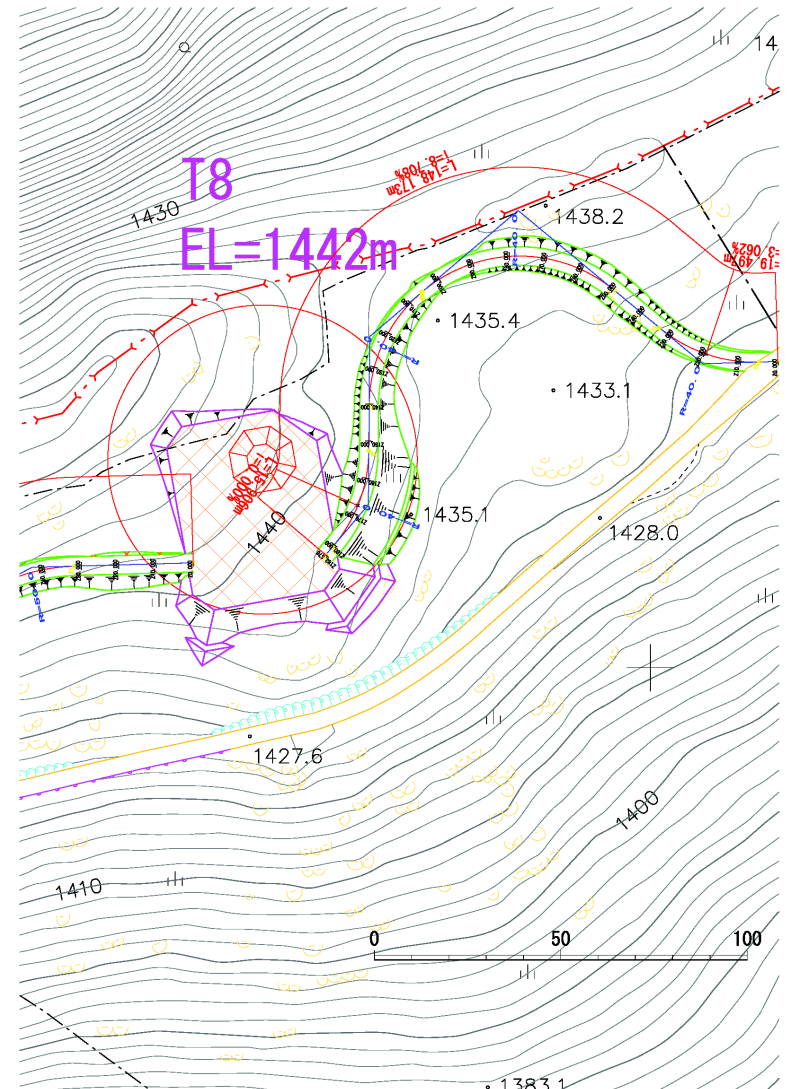
図表 2-23 : No.5 号機 造成計画図



図表 2-24 : No.6 号機 造成計画図



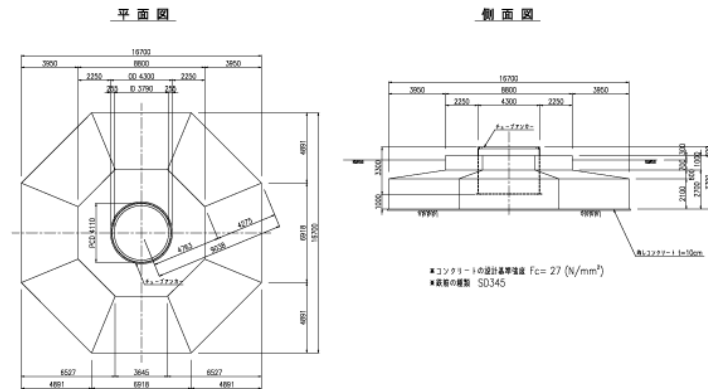
图表 2-25 : No.7 号機 造成計画図



图表 2-26 : No.8 号機 造成計画図

c) 風車基礎

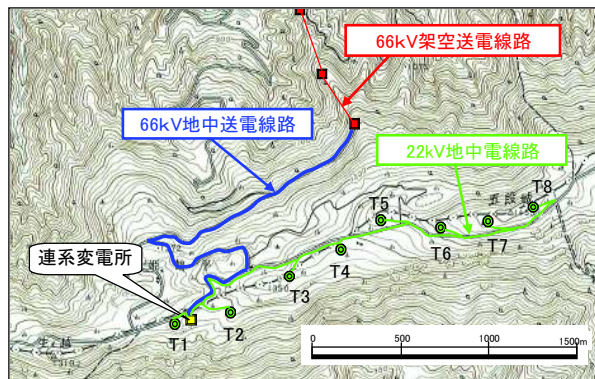
風車の基礎は、通常、風車が受ける風圧荷重や地震荷重などによるローディングデータをもとに設計する。地上高 60m を超える風車については、その設計内容について性能評価機関の審査を受け大臣認定を取得しなければならない。当該計画の風車においても同様な手順が必要とされるため、今回の調査では、同じ風車の基礎構造図の一例を紹介することとする。直接基礎の場合で、軀対の幅は 16～17m、高さは約 4m、コンクリートボリュームは 600m³ 以上になる。



図表 2-27：風車基礎構造図の一例

d) 構内電気設備

各風車で発電した電力を四国電力の系統へ連系するためには、構内電線路および連系変電所が必要である。それぞれの設備について基本仕様を検討する。



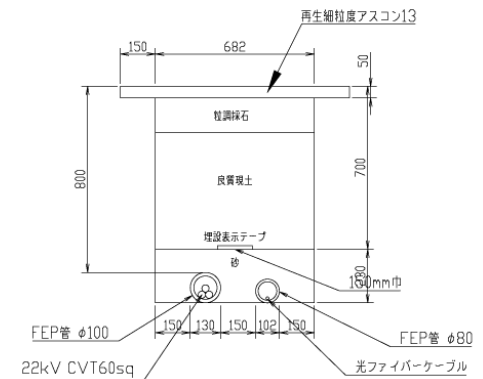
図表 2-28：構内電気設備レイアウト図

風車で発電された電力は、各風車を 1 系列に連結した 22kV 地中電線路（埋設ケーブル）を介し、サイト内に設置する連系変電所へ供給される。連系変圧器により電圧 66kV に昇圧した後、連系点である第五黒川発電所へ送られる。構内電気設備の詳細を次に示す。

i) 構内電線路

複数の風車により構成されるサイトは、各風車が発電する電力を 22kV の電圧で連系変電所まで送るのが経済的である。その設備となる構内電線路には、架空電線方式と地中埋設ケーブル方式がある。架空電線方式は施工性が良く、地中埋設ケーブルは運開後のメンテナンス面で優位である。当該計画エリアは、風光明媚なカルスト地形から成り、県立自然公園に指定されていることなど考慮すれば、景観に対しては最大限の配慮が必要であるため、地中埋設ケーブル方式が望ましい。また、風車の台数が 8 機であることより 1 フィーダ構成とする。

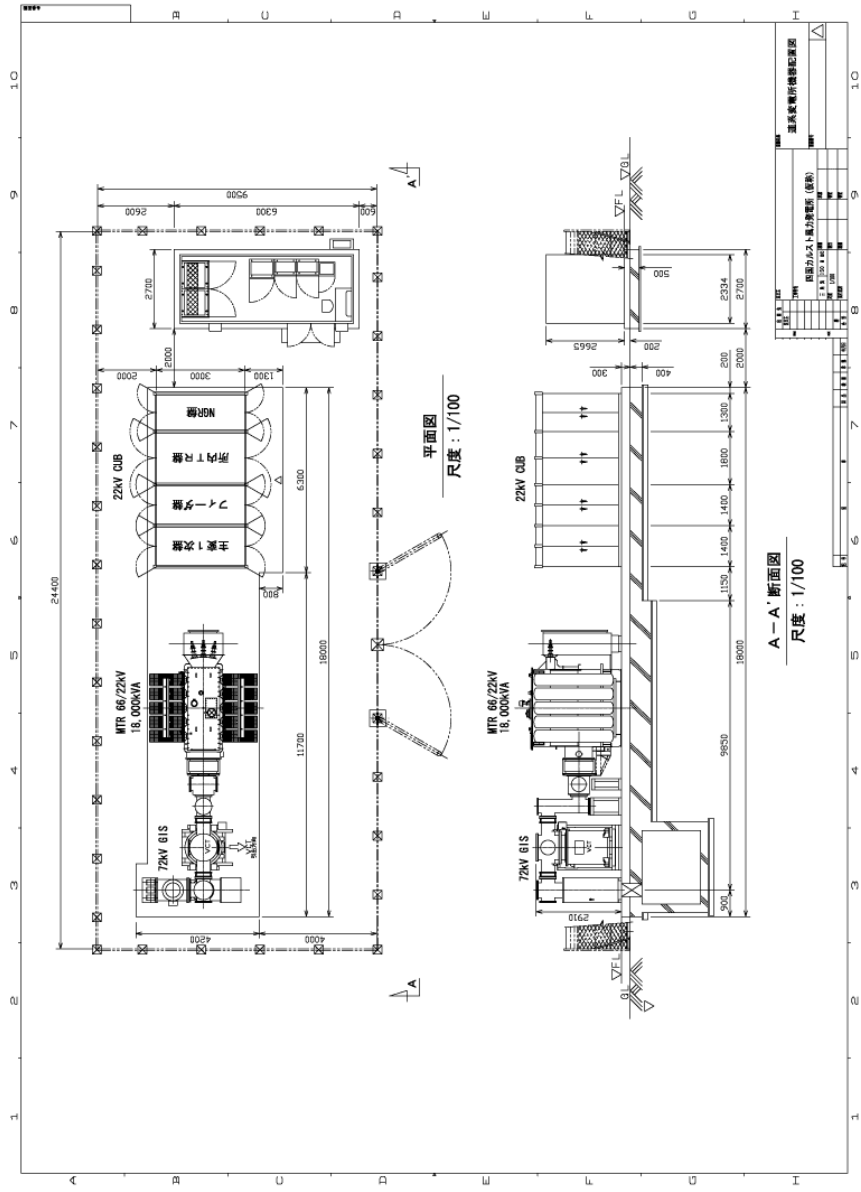
地中埋設ケーブル方式における断面図の例を下図に示す。実際の施工時には、道路管理者との占用協議により埋設深さなどの仕様を決定する。



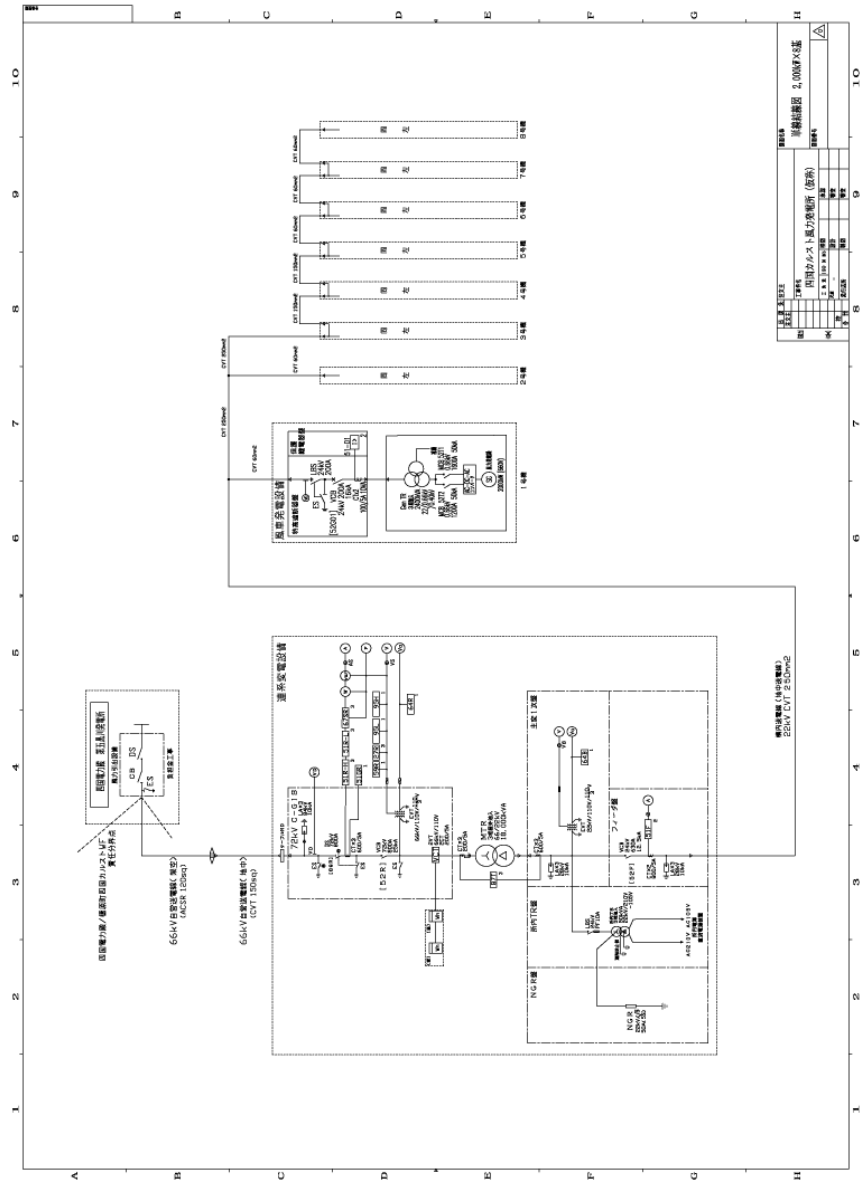
図表 2-29：22kV 構内電線路のケーブル埋設断面図

ii) 連系変電所

各風車から送られた電力を四国電力の系統へ連系するために、連系変電所において系統側の電圧と同じ 66kV に昇圧する。その設備の機器配置と単線結線図を図に示す。約 230m² の敷地を必要とするが、電力協議により電圧変動対策 (SVC 装置など) が必要となれば所用敷地面積は増加する。また、景観面への配慮として、全てを建屋内に収めることも可能である。



図表 2-30：連系変電所機器配置図

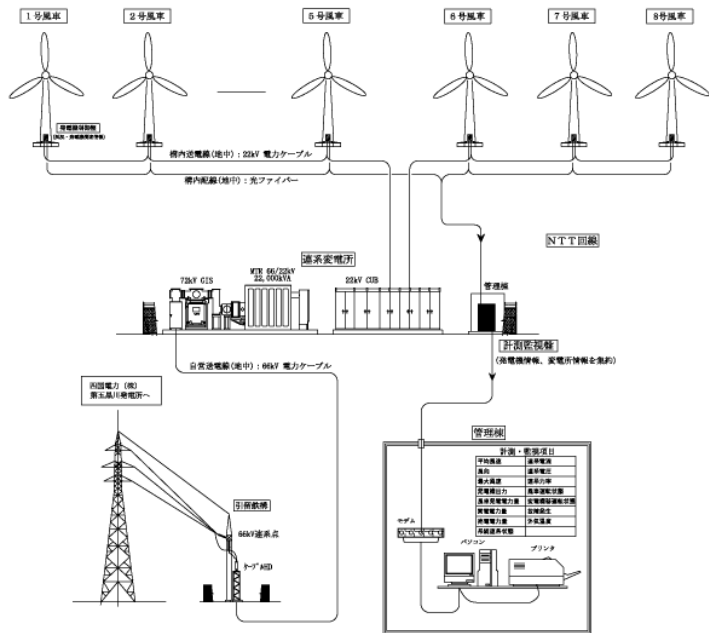


e) 管理設備の検討

風力発電所の監視制御方式には、発電所において常時監視をするものと、常時監視をしないもの、の二つの区分があるが、変圧器の使用電圧（66kV）から、常時監視をしない区分のうち随時巡回方式が適用できる。これは、技術員が適当な間隔において発電所を巡回することにより運転状態の監視を行うものである。また、当該設備の管理者として第2種電気主任技術者の免状を有する者を主任技術者として選任する必要がある。

管理設備として、アクセスが容易な場所に管理棟を設け、メンテナンス業務の拠点とする。管理棟には倉庫を併設し精密機器類を保管し、その他の予備品と機具工具類は利便性の面からサイト内に倉庫棟またはコンテナ等を設置し保管するのが望ましい。

風車の制御は、現地（風車機内制御盤および連系変電所電気室）での操作に加え、インターネット回線を利用し管理棟においても監視制御できるシステムとする。また、インターネット回線により、役場やその他必要な場所からも遠隔監視が可能となる。



図表 2-32 : システム構成図

⑤ 事業採算性評価

今回の計画における事業採算性を評価する。評価指標にはプロジェクト IRRを用いる。

a) 試算条件

固定価格買取制度の買取単価については、22円/kWh、20円/kWh、18円/kWhに設定し、事業採算性に与える影響を分析する。

設備利用率は、発電量予想するだけの十分な風況データがないため、既存風車の実績値を採用する。

事業採算性評価のための試算条件を次の通り設定する。

図表 2-33 : 事業採算性評価の試算条件

項目	試算条件		
風車設備	日本製鋼所 J82-2.0 2,000kW×8機		
設備利用率	28% (既設風車の実績より)		
年間発電量	39,244,800kWh/年		
売電先・売電期間	四国電力・20年間		
売電単価 (円/kWh)	22円	20円	18円
年間売電収入 (千円/年)	863,386	784,900	706,406
初期コスト	4,900,000千円 (図表 2-34 参照)		
運転維持費	120,000千円/年		
固定資産税	1.4%		
事業税	1.3%		
法人税	30.52%		

初期コストの内訳を下表に示す。風車費用はメーカーからの見積を参考にし、建設工事費用は工種毎に積算した。既設風車の撤去に際し、基礎コンクリートは地上部分のみ除去することとしている。なお、電力負担金費用は想定となる。

図表 2-34：初期コスト内訳

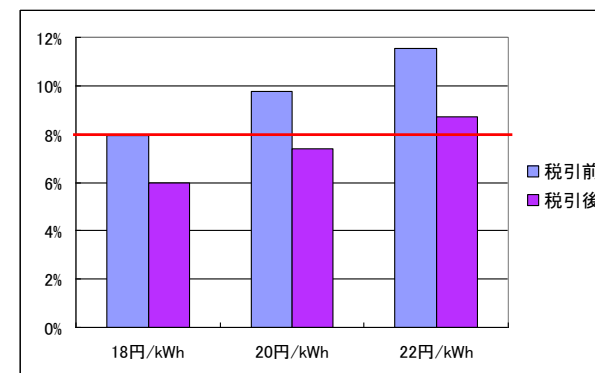
項目	金額 (千円)		備考
事前費用	150,000		風況調査、アセスなど
風車費用	2,500,000		
建設工事費	2,170,000		実施設計含む
	基礎・土木工事	565,000	既設撤去含む
	変電所機器費	303,000	
	風車輸送・組立工事	322,000	
	構内電気工事	179,000	
	連系送電線工事	451,000	
	現場管理費	153,000	
	一般管理費	197,000	
電力負担金工事	80,000		
合計	4,900,000		

b) 試算結果

下図表に試算結果を示す。買取価格が 22 円の時の税引前プロジェクト IRR が 11.5%となり、20 円では 9.7%、18 円では 7.9%となる。このように、18 円の単価であっても、政府が固定買取価格設定の根拠とした税引前 IRR8%の水準をほぼクリアすることより、十分な採算性が見込まれる事業であると評価できる。

図表 2-35：売電単価毎のプロジェクト IRR

項目	2,000kW×8 基		
	18 円	20 円	22 円
売電単価 (／kWh)	18 円	20 円	22 円
プロジェクト IRR (税引前)	7.9%	9.8%	11.5%
プロジェクト IRR (税引後)	6.0%	7.4%	8.7%



3. 今後の課題

本調査によって明らかになった課題について整理する。

- 許認可
 - ◇ 当該計画地は農用地区域であるため、農地法における農地転用が適用される
 - ◇ 当該計画地は農業地域であるため、農振法における農振除外が適用される
 - ◇ 農地転用ならびに農振除外の許可を得ることは、本風力発電計画を進める上での絶対条件であるため、早急に関係機関との協議が必要
- 輸送路
 - ◇ ボトムタワー輸送のためには、県道 383 号線の道路補強と拡幅が必要なため、具体的な施工内容を検討し、愛媛県・高知県の道路管理者との協議が必要
 - ◇ ボトムタワー以外の輸送物について、天狗トンネルの測量による実寸法を用いた詳細検証が必要
- 送電線
 - ◇ 久万高原町および地権者との合意形成が必要
 - ◇ 許認可及び地権者合意リスクの低減が図れる既存道路への地中化を検討
- 景観
 - ◇ 景観、土地の改変などについて、高知県、愛媛県、近隣自治体の了解が必要
- 発電量予想
 - ◇ 確実な事業採算性検証のためには、確度の高い発電量予測が必要
 - ◇ 地上高 60m 高さでの風況観測による 1 年以上のデータ取得が必須
- 事業主体
 - ◇ 早期に事業主体を決定し、事業スキーム、資金調達方法など検討

以上