

タイ王国

タイ地方配電公社 (Provincial Electricity Authority (PEA))

タイ王国  
レンズ風車を用いた風力発電  
普及・実証事業  
業務完了報告書

2018年3月

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

国内
JR(先)
18-147

株式会社リアムウィンド

## 目次

巻頭写真	i
略語表	vii
地図	viii
図表番号	ix
案件概要	xii
報告書内容変更（2016年10月契約変更）	xiii
要約	xiv
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	3
③ 阻害要因	3
④ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	4
⑤ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	7
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	10
2. 普及・実証事業の概要	13
(1) 事業の目的	13
(2) 期待される成果	13
(3) 事業の実施方法・作業工程	13
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	14
① 要員リスト	14
② 資機材リスト	16
③ 相手国政府関係機関側の投入	19
④ その他	20
(5) 事業実施体制	25
(6) 相手国政府関係機関の概要	25
3. 普及・実証事業の実績	28
(1) 活動項目毎の結果	28
① 活動結果 1 事前の風況調査	28
② 活動結果 2-1 系統連系型レンズ風車を用いた発電設備 10kW×1 台の設	

計を行う	39
② 活動結果 2-2 部材中間組み立て（製造）のため部材を発注する	41
② 活動結果 2-3 日本から機材を輸送する	42
② 活動結果 2-4 PEA への系統連系の手続きを実施する。同時に現地仕様のインバーターを用いて電圧の安定度についても調査する	43
② 活動結果 2-5 四電エンジニアリング施工管理のもと、現地業者にて据付工事の実施	44
③ 活動結果 3-1 モニタリングを通して実証地における発電効率、低風速下での発電性能、静粛性等の有用性を実証する	51
③ 活動結果 3-2 PEA の商用電源に系統連系することで、商用電源としても電力提供可能であることを実証する	55
④ 活動結果 4-1 レンズ風車の有用性を広く認知してもらうため竣工式等を行う	56
④ 活動結果 4-2 タイ国の風力発電に係る具体的な施策や規制等を調査し、PEA の取り組み等や具体的な課題を把握する	57
④ 活動結果 4-3 現地調達会社の検討、現地生産を委託する業者の検討、販売会社の検討、海外ディーラー等競合他社の調査等を踏まえ、ビジネス展開策を検討する	59
④ 活動結果 4-4 ディーゼル発電からの電力供給が主であるシーチャン島等について PEA および JICA との協議、方針確認を踏まえ、現地調査を実施し、PEA やエネルギー省等から風況データ等を入手する	61
④ 活動結果 4-5 入手資料の評価やサイト調査の実施等を通して、本事業後のレンズ風車の普及ポテンシャルについて検討を行う	61
④ 活動結果 4-6 レンズ風車導入のインセンティブ策を提案する	67
⑤ 活動結果 5-1 九州において、PEA の技術者を対象に、講義や稼働中のレンズ風車を用いた発電設備の実機を活用した維持管理の指導を実施する	68
⑤ 活動結果 5-2 四国において四電及び四 E の再生可能エネルギーの取り組みを紹介する	70
⑥ 活動結果 6-1 現地作業・渡航に際しては安全対策情報を継続的に収集し、渡航者の安全の確保に努める	71
⑥ 活動結果 6-2 万一の事故発生に備えて保険等日本で可能な対応を行う	72
⑥ 活動結果 6-3 現地作業に際しては安全作業を徹底する（安全靴・ヘルメット着用等基本的な安全作業教育を作業前に実施する）	72
⑥ 活動結果 6-4 台風や地震など自然災害時の対応マニュアルを作成し、	

PEA の管理者および技術者の教育を行う .....	72
(2) 事業目的の達成状況 .....	72
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献 .....	74
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献 .....	74
① 地元企業の生産向上、雇用機会の創出 .....	74
② 九大の開発へのフィードバック .....	74
(5) 環境社会配慮 .....	74
① 環境許認可 .....	74
② 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織 .....	75
③ 事業実施上の環境及び社会への影響 .....	78
④ 環境社会配慮 .....	78
(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について .....	79
(7) 今後の課題と対応策 .....	79
① 製造価格の更なる低廉化 .....	79
② タイ国での小型風力発電設備に適用する基準および許認可の整理 .....	80
4. 本事業実施後のビジネス展開計画 .....	81
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定 .....	81
① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む） .....	81
② 法規制 .....	90
③ ビジネス展開の仕組み .....	92
④ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール .....	94
⑤ ビジネス展開可能性の評価 .....	95
(2) 想定されるリスクと対応 .....	95
① 規制関係 .....	95
② 事業的側面 .....	96
③ 製品関係 .....	96
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果 .....	96
① タイ全土が低風速域（平均 3-4m/s）であること .....	96
② その風況に適した風力技術がないこと .....	97
③ 騒音問題 .....	97
④ 現地企業が育っておらず、風力製品は全て輸入に頼っていること .....	97
⑤ 事業性評価のノウハウが不足していること .....	97
⑥ 適地が、自然公園等の法律にて制約を受ける地域に多く存在すること .....	97
(4) 本事業から得られた教訓と提言 .....	97
① 教訓 .....	97

② 提言 .....	98
参考文献 .....	99

## 巻頭写真

### ●風況観測装置の設置状況（2015年7月13日-17日）

目的：22m ハイポールを建柱し、20m および 10m の高さ位置に風向風速計を取付け、1年間の風況観測を実施する。観測データにより、タイ国に最適なレンズ風車の設計を行うこととする。



基礎掘削



基礎埋設



電線管理設



ハイポール建柱



風向・風速計取付



データロガー設定



風況観測装置設置完了

●LAN 不具合対策・遠隔データ収集（2016年1月25-26日）

目的：LAN 不具合対策とインターネットによる日本へのデータ転送

①150m引き回していた LAN ケーブルに IP03（アンプ）を2か所導入。



データロガー設定



サイト内へデータ転送

②インターネット端末と日本との通信テスト



現地インターネット端末



現地屋外端末



タイ現地パソコン



日本 RW 社パソコン

●今後の方針に関する現地調査（2016年6月12-18日）

目的：1年間の風況観測の結果、当該サイトの風況が当初想定値より大幅に低いこと、および当初計画通りレンズ風車（3kW×2台）を導入したとしても、十分な発電量が見込めないことが判明した。そのため、今後の方針を決めることを目的に、実証サイトの代替候補地調査およびPEAとの協議を実施した。



実証サイトの代替候補地調査風景①



実証サイトの代替候補地調査風景②



PEA との協議風景

●基礎工事（2017年2月6-11日）

目的：10kW マルチレンズ風車建設のため、四電エンジニアリングの施工管理のもと、現地工事業者にて基礎工事（5m×5m×0.7m）、接地工事（接地棒打設、アース線布設）、基礎内埋設物工事（電気配管、アンカーボルト）を実施した。



基礎掘削



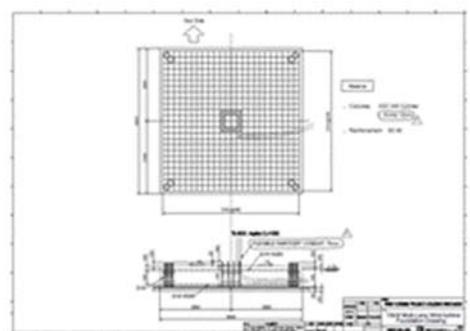
鉄筋組立



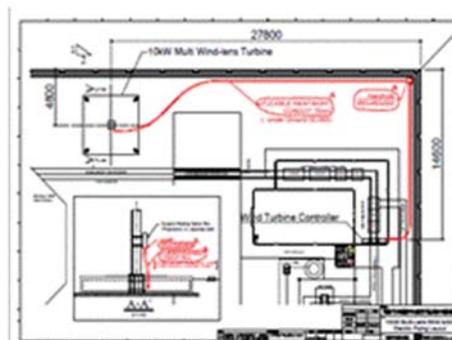
コンクリート打設



基礎完成



基礎設計図



風車サイト内配置図

●風車建設工事（2017年3月11-19日）

目的：四電エンジニアリングの施工管理のもと高所作業車、25t クレーンを用い現地工事業者にて風車本体の建設を実施した。



ボトムタワー据付完了



中間タワー据付完了



風車本体組立（地上）



風車本体吊り上げ



PCS ユニット据付完了



風車組立完了

●6ヶ月メンテナンス（2017年9月12-14日）

目的：リアムウィンド管理のもと、6ヶ月メンテナンス（法定点検）を実施した。



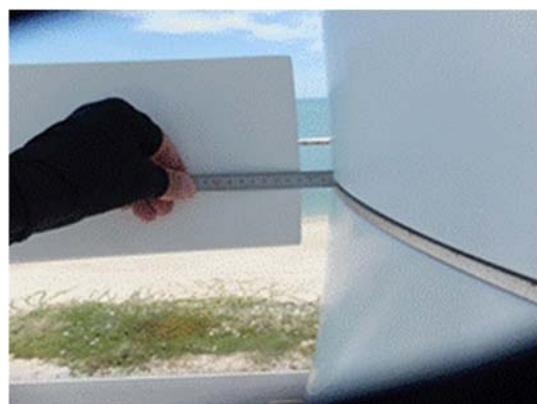
ブレード・集風体・発電機の点検



ボルトの緩み・トルク測定



タワーワイヤーの検査



ブレード・ハブの検査



風速計の検査



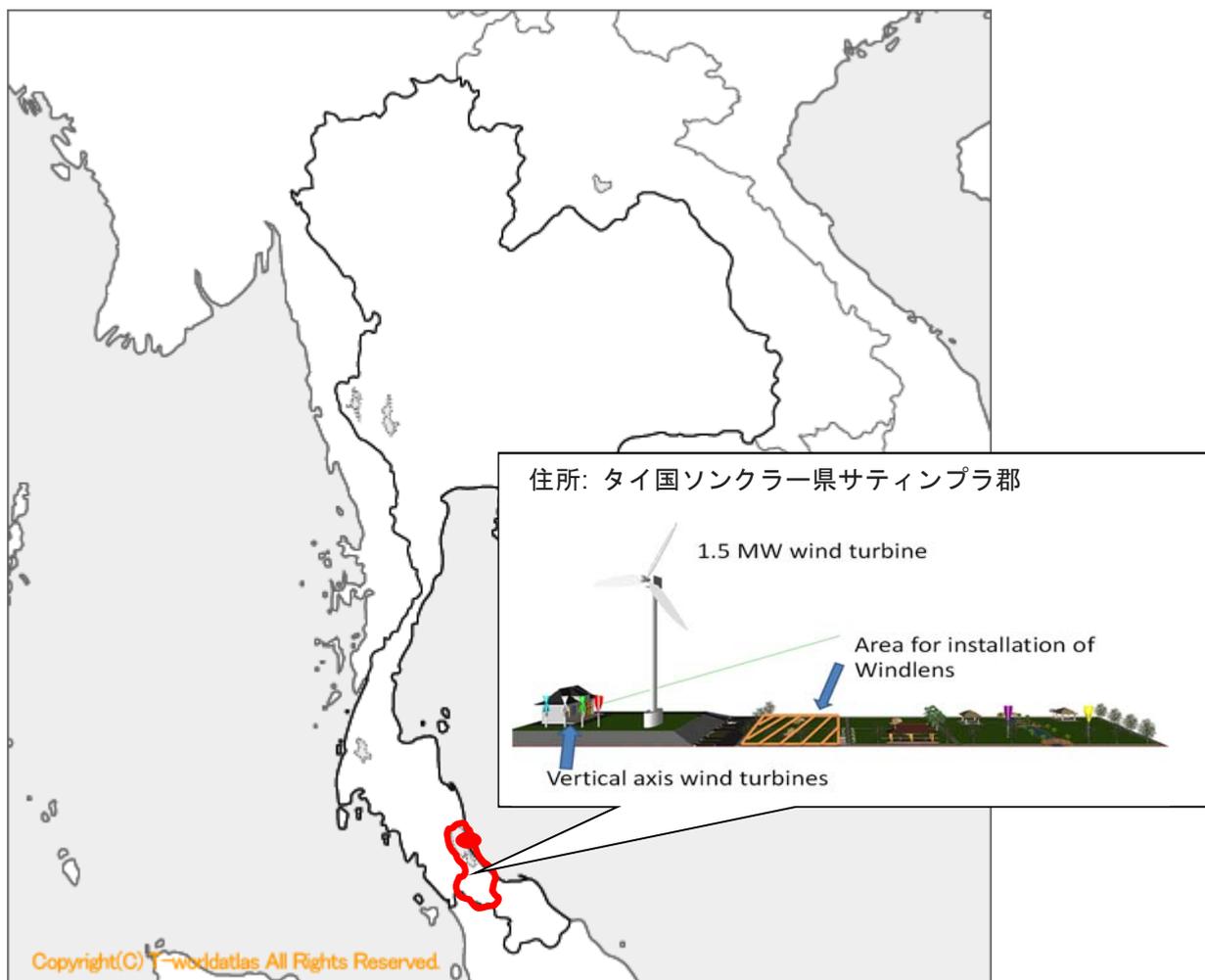
制御器・インバータの検査

## 略語表

略語	正式名称	日本語名称
AEDP	Alternative Energy Development Plan	代替エネルギー開発計画
BOI	The Board of Investment of Thailand	タイ国投資委員会
DEDE	Department of Alternative Energy Development and Efficiency	エネルギー省代替エネルギー開発効率局
DIW	Department of Industrial Works	工業省工場局
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand	タイ国発電公社
EPPO	Energy Policy and Planning Office	エネルギー政策・計画局
ERC	Energy Regulatory Commission	エネルギー規制委員会
MEA	Metropolitan Electricity Authority	タイ国首都圏配電公社
NEPC	National Energy Policy Commission	国家エネルギー政策委員会
ONEP	Office of Natural Resources and Environmental Policy	天然資源環境政策・計画局
PEA	Provincial Electricity Authority	タイ国地方配電公社
ENCOM	PEA ENCOM International	—
SPP	Small Power Producers	小規模発電事業者
TIS	Thai Industrial Standards	タイ工業規格
VSPP	Very Small Power Producers	極小規模発電事業者
九大	九州大学	同左
RW	株式会社リアムウインド	同左
四電	四国電力株式会社	同左
四 E	四電エンジニアリング株式会社	同左

## 地図

レンズ風車を用いた風力発電普及・実証事業（以下、本事業）におけるサイトは下図に示す場所にあり、現在、タイ国地方配電公社（PEA）が自ら他の風力発電技術の実証試験を行うとともに、地域住民への風力技術啓蒙活動の拠点ともなっている。



出典：世界地図 (<http://www.sekaichizu.jp/http://www.sekaichizu.jp/>)

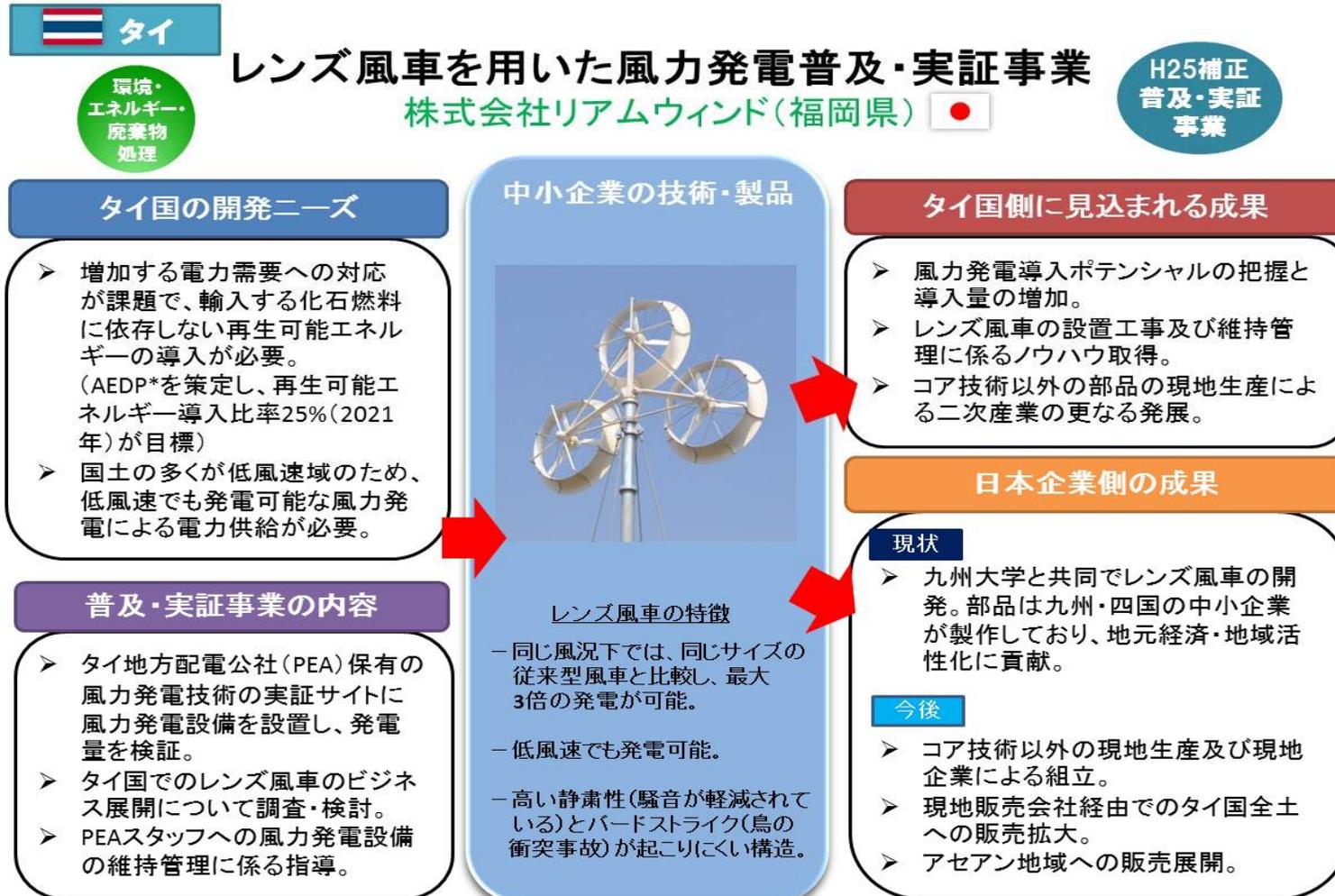
## 図表番号

図 1.1 :	実質経済成長率の推移 .....	3
図 1.2 :	Alternative Energy Development Plan; AEDP (2015 - 2036).....	4
図 1.3 :	電気および料金の流れ .....	5
図 1.4 :	レンズ風車の風力増加メカニズム.....	10
図 1.5 :	10kW マルチ風車の発電量 .....	11
図 1.6 :	100kW 機の騒音測定結果 .....	11
図 2.1 :	作業工程.....	13
図 2.2 :	事業実施体制.....	25
図 2.3 :	タイ国電力規制局関係組織図.....	26
図 2.4 :	PEA の組織図 .....	27
図 3.1 :	建設位置.....	30
図 3.2 :	2015 年度 月ごとの平均風速 2015.7 月-2016.6 月 .....	32
図 3.3 :	2016 年度 月ごとの平均風速 2016.4 月-2017.3 月 .....	32
図 3.4 :	2017 年度 月ごとの平均風速 2017.4 月-2018.3 月 .....	33
図 3.5 :	2015 年度-2017 年度 タイ 10kW マルチ風車サイト実測 月別平均風速 .....	35
図 3.6 :	2018.2 月 1 日-8 日の約 1 週間の風況 (この期間は風向・風速が非常に安定) .....	35
図 3.7 :	2017 年度 (2017.3 月-2018.3 月) 風車導入後の 1 年間 月別平均風速.....	52
図 3.8 :	2017 年度の月別発電量 2017.3 月 18 日-17 日 .....	53
図 3.9 :	年間積算発電量 2017.3 月 18 日-17 日 4,000kWh 達成 at 年間平均風速 3.0m/s .....	53
図 3.10:	例:2018.2 月 1 日-8 日の約 1 週間の発電データ (平均風速 7.3m/s) .....	53
図 3.11 :	例 : 2018.2 月 4 日の 1 の各風車 (No.1-No.3) のパワー曲線 Cp .....	54
図 3.12 :	設備利用率 2017.3 月-2017.9 月 .....	54
図 3.13 :	設備利用率 2017.10 月-2018.3 月.....	55
図 3.14 :	設備利用率 1 年間 2017 年 3 月-2018 年 3 月 .....	55
図 3.15 :	10kW マルチ風車-風速と出力の相関 .....	63
図 3.16 :	シーチャン島の月別平均風速 (補正值) .....	65
図 3.17 :	本事業実施サイト.....	75
図 3.18 :	日本の型式認証制度 .....	80

図 3.19 :	タイ国での小型風力発電設備に関する基準と許認可 .....	81
図 4.1 :	PEA 所有のディーゼル発電所の所在とタイ全土の風況 .....	83
図 4.2 :	フィリピン全土の風況 .....	87
図 4.3 :	ビジネス実施体制図 .....	94
図 4.4 :	ビジネス展開スケジュール .....	94
図 4.5 :	レンズ風車普及のための PEA プロジェクト概念図 (事業者提案 ベース) .....	99
表 1.1 :	2018 年時点の風力導入量 .....	3
表 1.2 :	Adder の料金表 (単位 : パーツ/kWh) .....	6
表 1.3 :	VSPF に関する FiT 料金表 (Duration : 年) .....	7
表 2.1 :	現地業務投入実績 .....	14
表 2.2 :	国内業務投入実績 .....	15
表 2.3 :	資機材リスト .....	16
表 2.4 :	風車本体関係リスト .....	20
表 2.5 :	PEA の概要 .....	25
表 3.1 :	風況データ .....	31
表 3.2 :	2015-2017 年度における年平均風速 (* 高さ 20m データから 1/5 乗則で外挿) .....	32
表 3.3 :	観測した平均風速の比較 .....	33
表 3.4 :	タイにおける風力発電事業実施の際に必要なライセンス一覧表 .....	58
表 3.5 :	シーチャン島の年間風速データ .....	61
表 3.6 :	シーチャン島での 10kW マルチ風車 1 基あたりの発電量試算 .....	63
表 3.7 :	指数則のべき指数 $1/n$ の値 (多くの観測値の平均) .....	65
表 3.8 :	レンズ風車の風速補正結果別年間発電量試算 .....	66
表 3.9 :	各風速に対する投資金額 (販売価格) の回収年 .....	66
表 3.10 :	本邦受入活動日程 .....	69
表 3.11 :	EIA 実施必要プロジェクト .....	75
表 3.12 :	風車クラス (JISC 1400-2) .....	80
表 4.1 :	レンズ風車の導入先候補 .....	82
表 4.2 :	PEA 所有の離島ディーゼル発電系統の一覧 (島以外も含む) .....	82
表 4.3 :	オフグリッド地域の発電単価と SAGR (2009-2013) .....	85
表 4.4 :	各風速に対する投資回収年 (フィリピン国) .....	86
表 4.5 :	PAK PHANANG WINDPARK の概要 .....	88
表 4.6 :	外国人事業法による規制事業「リスト 3」 .....	90

表 4.7 :	タイ国における製品に関する規格・法律.....	92
---------	-------------------------	----

## 案件概要



\* AEDP: Alternative Energy Development Plan

## 報告書内容変更（2016年10月契約変更）

### （1） 背景

本事業は、タイ地方配電公社（PEA）所有の風力実証サイトに、1年間の風況観測の結果を基に、現地設置に適する仕様にレンズ風車（3kW×2台）を改良し、実証事業を行う計画であった。しかし、1年間の風況観測の結果、当該サイトの風況が当初想定値（年平均4.6m/s）より大幅に低い（年平均2.9m/s（高さ10m）、3.7m/s（高さ20m））ことが分かり、この風況下では、改良したレンズ風車（3kW×2台）を導入したとしても、十分な発電量が見込めないことが判明した。そのため、実証サイトの代替候補地の調査を実施したが、サイトを変更しても条件が大きく有利にならないことが明確となったため、実証サイトは変更せず現サイトで事業を継続することで関係者間で合意した。また、併せて関係者間にて協議した結果、本事業の主目的を、レンズ風車の発電量や費用対効果等を評価する「低風速域での発電性能を実証する」ではなく、発電効率や静粛性等を評価する「デモ機として導入し、レンズ風車の有用性を実証する」へ変更するとともに、少しでも多くの発電量を確保すること、またデモ機としての価値を高めることを目的に、3kW×2台から最新型10kW×1台の導入へ変更することで合意し、2016年10月にJICAと契約変更を実施した。

### 【変更内容】

	変更後	変更前
導入するレンズ風車	10kWマルチタイプ 1台	3kWシングルタイプ 2台
本事業の実施期間	2015年4月 - 2018年3月	2015年4月 - 2018年9月
本事業の主目的	レンズ風車の有用性を実証する	低風速域での発電性能を実証する
本事業の成果	成果1:低風速の環境でもレンズ風車を用いた発電設備が所定の発電量を発電可能であることが実証される。	成果1:実証サイトの風況データが計測され、風況データが分析される。

## 要約

I. 提案事業の概要	
案件名	タイ王国レンズ風車を用いた風力発電普及・実証事業
事業実施地	タイ王国ソンクラーク県サティンプラ郡
相手国 政府関係機関	タイ地方配電公社 (Provincial Electricity Authority (PEA))
事業実施期間	2015年4月 - 2018年9月
契約金額	99,990,720円 (税込)
事業の目的	<p>本事業では、地域住民への風力発電技術の啓発活動を実施している PEA の所有地に系統連系型レンズ風車を用いた発電設備デモ機 10kW×1 台を導入し、レンズ風車の有用性を実証するとともに、レンズ風車を用いた発電設備の継続利用のために PEA の維持管理体制を整備する。加えて本事業実施後の普及方法の検討を行う。</p>
事業の実施方針	<p>本事業は、低風速域に適した風車技術を探しているタイ国において、当社が九大とともに開発した系統連系型レンズ風車を導入し、低風速域での風力発電の実証活動を行うものであり、下記事項の検証を行うとともに、普及活動も実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 同国風況下における風況データの分析</li> <li>▶ 低風速域が大半を占める同国風況下において、発電効率や静粛性等のレンズ風車の有用性を検証</li> <li>▶ 現地製造業者等を活用し、製造原価の低減を目指した、同国市場に適したレンズ風車の販売価格の検討</li> <li>▶ ビジネス展開に向けた競争力を担保できる事業性の検討</li> <li>▶ ビジネス展開の可能性の評価</li> <li>▶ 竣工式の実施、等</li> </ul>
実績	<p>事業の実施方針で示した実施事項に関する実績は以下のとおりである。</p> <p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) 風況データ分析</p> <p>サイトに風況観測装置を導入し、1年間の風況データを分析した結果、11月から4月までの半年間の平均風速は 4.82m/s あり、レンズ風車での発電が十分可能であることが判明した。特に、1月から3月にかけては風向・風速共に安定しており、安定した発電が可能であることが判明した。</p>

	<p>(2) レンズ風車の有用性の検証</p> <p>上記の風況データの分析結果を基に、レンズ風車(10kWx1 台)の最適化設計（ブレード／ディフューザー／系統連系制御機等の改良）を実施し、サイトに導入した。</p> <p>導入後、約1年間実証事業を実施し、収集データを基に、発電効率／発電性能／静粛性等について検証を行った結果、タイ国風況下におけるレンズ風車の有用性が確認できた。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>(1) 販売価格の検討</p> <p>シーチャン島／カーンヤイ島にて、PEA 所有ディーゼル発電系統へのレンズ風車の導入に関する実現可能性評価を実施し、タイ離島における普及条件(販売価格 1,000 万円、年平均風速 4.5m/s 以上)が整理された。</p> <p>(2) 販売事業の事業性の検討</p> <p>ENCOM を販売会社に位置付け、当社および N 社が協力する体制の具現化が図れ、検討課題は残るものの、関係者間では実現可能との結論に至った。</p> <p>(3) ビジネス展開の可能性の評価</p> <p>前述の離島における実現可能性評価の結果、普及条件は、販売価格 1,000 万円、年平均風速 4.5m/s 以上と整理された。その結果を踏まえて、普及ポテンシャルは、離島ディーゼル発電系統を対象とした場合、タイ国 6 島／フィリピン国約 1,000 島と評価できた。</p> <p>(4) 引き渡しセレモニー</p> <p>2018 年 3 月 29 日に、サイトにて開催し、本事業で導入したレンズ風車が無事に PEA に譲渡された。</p>
課題	<p>事業の目的に応じて課題を整理すれば以下の通りとなる。</p> <p>●レンズ風車の有用性の実証</p> <p>上記記載のとおり、約1年間の実証を通して、発電効率／発電性能／静粛性等について、タイ国風況下におけるレンズ風車の有用性が評価できたため、課題は特にないと判断できる。</p> <p>●本事業後の PEA 維持管理体制の整備</p> <p>本事業で導入したレンズ風車に関しては、PEA スタッフが維持管理を実施しており、現在まで特段問題はない。また、日本での受入研修および現地での 6 ヶ月点検時にレンズ風車の故障時対応等、ハイレベルな維持管理についても教育を実施していることから、課題は特段ないものと判断する。</p>

	<p>●本事業後の普及方法の検討</p> <p>本事業後の普及については、以下が課題と考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・小型風力発電設備に対する適用基準および許認可の整理</li> <li>・販売価格の更なる低廉化（タイの風況に適したモデルへの再設計）</li> </ul> <p>これらが解決すれば、安全性を担保しつつ、大幅な低廉化が可能となるとともに、許認可関係も整理されることから、これらの点を並行して検討していくことが今後のビジネス展開の可能性を高める上では肝要と考える。</p>
事業後の展開	<p>タイでレンズ風車を普及させていくために、前述のとおり、小型風力発電設備の適用基準および許認可の整理と販売価格の更なる低廉化（タイの風況に適したモデルへの再設計）が重要である。</p> <p>現在、PEA 内部では、レンズ風車普及のためのプロジェクトの立ち上げを検討している。このため、再設計を実施したレンズ風車(10kW)が、ディーゼル発電設備での発電が主となっている離島へ導入されるプロジェクトとなるように働きかけていく。そのプロジェクトにおいて、販売／建設／運用を一貫して実施する中で、日本の JIS 基準をもとにタイ国の風況に適合した風車クラスで設計した小型風力発電設備でも安全性を担保できるかを検討するとともに、建設に適用すべき許認可が整理できれば、レンズ風車の販売が現実味を帯びてくると考えられる。</p> <p>具体的には、PEA が準備したプロジェクト予算にて、まずは PEA 所有のディーゼル発電設備にて発電をしている離島（1 か所）に、本事業内で検討した販売体制にて、再設計したレンズ風車（10kW）を導入し、PEA が運営を行うプロジェクトである。</p>
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社リアムウィンド
企業所在地	福岡県福岡市早良区百道三丁目 10 番 19 号
設立年月日	2012 年 3 月
業種	機械器具製造
主要事業・製品	風力発電機
資本金	900 万円（2016 年 10 月時点）
売上高	7,293 万円
従業員数	5 名

# 1. 事業の背景

## (1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

### ① 事業実施国の政治・経済の概況

#### (ア) 政治概況

タイ国は1932年の立憲革命を経て、政治体制としては国王を国家元首とする立憲君主制であり、議院内閣制を採用している。また、憲法において信仰、言論、出版、集会、結社、政党結成、通信の自由が保障されている。しかし、たびたび軍事クーデターがおき、軍事政権が樹立されて、憲法が停止し、文民統制などの抑止装置が働かない状態が起こる等、軍政と民政の間を行きつ戻りつしている。

近年の政治情勢は、2011年7月に行われた総選挙の結果、タクシン元首相の実妹たるインラック氏を首相とする政権が発足した。発足当初、インラック政権は、北・中部地方を中心に発生した未曾有の洪水被害への対応に追われたが、その後は、経済面を中心に政権公約の実施に着手し、政権にとっての重要な政治課題である憲法改正及び国民和解法案の推進について慎重にとり進めるなど、2012年を通じて比較的安定的に政権運営を行った。しかしながら、2013年に入ると、大胆な政策を打ち出した法案を次々と可決させた反面、タクシン元首相の恩赦、帰国に道を開く内容に修正された大赦法案を2013年11月に強行可決させたことで、それまで安定していた政治情勢は一変した。同法案は、野党や反政府勢力のみならず、汚職を嫌悪する一般市民やビジネス界を巻き込んで強い反発を引き起こし、ステープ元副首相・元民主党幹事長率いる「人民民主改革委員会(PDRC)」が主導する大規模な反政府デモが繰り返されることとなった。

このような状況を受けて、2013年12月、インラック前首相は下院を解散し、翌2014年2月に選挙を行ったが、反政府デモ隊の妨害により、一部の投票所で投票が完了できず、同選挙は無効となった。さらに、2013年5月、憲法裁判所は、公務員の人事異動を巡り、インラック首相の職権乱用を認定する判決を下し、同首相は失職した。しかしながら、反政府デモは鎮静化しなかったため、プラユット陸軍司令官は軍を中心とする「国家平和秩序維持評議会(NCPO)」が全統治権の掌握をすると宣言した。

2013年5月、NCPOは、民政復帰に向けた「ロードマップ」を発表し、7月中に暫定憲法を公布し、9月に立法会議及び暫定内閣を、10月に改革会議をそれぞれ立ち上げた。また、暫定憲法公布から約1年後となる2015年7月を目途として新憲法を公布し、新憲法公布の3ヶ月後に議会選挙を実施し、2015年中に民政復帰する政治プロセスが示された。しかしながら、そのロードマップに則り作成された新憲法の最終素案が2015年9月に国家改革評議会(NRC)にて否決されたため、新憲法の素案作りは一からやり直されることとなり、予定されていた2016年の総選挙は延期となり、当面は現在の軍事政権が継続する見通しである。

## (イ) 経済概況

タイ王国は、プラザ合意（1985 年）後のアジア諸国を中心とした投資拡大により、経済が急速に発展したが、1995 年以降、高金利の影響による民間投資の減少や輸出の伸び悩み、また 1997 年 7 月に為替の固定相場制から変動相場制への移行に踏み切ったことから、パーツが急落し周辺国を巻き込む経済的な混乱を引き起こした。その後、主要国等の支援の下、国際収支改善策やインフレ抑制策等を実施した結果、1999 年から回復基調に転じた。

2001 年には経済成長率が 2.2%に減速したが、タクシン政権による国内経済を重視した政策を展開した結果、2003 年には 7.1%の経済成長率を、また、スマトラ沖地震やインド洋津波で大きな被害を受けた 2005 年においても 4.5%の経済成長率を達成している。

その後、外国人事業法の改正や短期資金注入規制措置の動きをめぐり、一時的に海外投資が減少したものの、経済成長率は 2006 年 5.1%、2007 年に 4.8%を達成している。

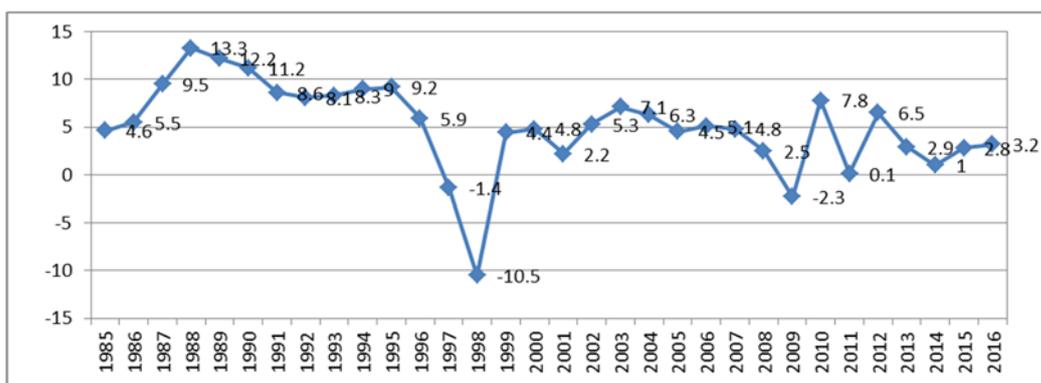
2008 年にはバンコクのスワンナプーム国際空港の閉鎖等の内政の混乱が、観光業を中心に経済全体に悪影響を与え、2008 年全体の成長率は 2.5%となった。2010 年は、上半期に高い成長率を達成したが、下半期に入り、世界経済の減速とともにタイ国経済も減速を始め、2010 年全体の成長率は 7.8%となった。

2011 年度に発生した大洪水による経済への影響は深刻で、工業団地の浸水によるサプライチェーンの混乱から製造業の生産停止、減産が相次いだ他、消費、観光への影響も深刻さを増した。そのため、2011 年全体の成長率は 0.1%に留まった。

また、2013 年は、家計債務の増加懸念により金融機関の与信姿勢が厳格化したこと、また輸出もパーツ高や農産品の国際価格の低迷により 2.9%となっている。

2014 年においては、回復が期待されたが、消費・輸出の停滞、外国人観光客の減少等により 1.0%の穏やかな回復に留まった。2015 年度は輸出の回復、インフラ投資の増加により、2.8%の成長となった。

2016 年のタイ経済は、個人消費が好調だったほか、バンコク周辺部の公共交通機関整備を中心とする公共投資による下支えにより、実質 GDP 成長率が 3.2%となった。また、タイ国政府は産業の高度化を図るため、東部経済回廊（EEC）等の投資奨励策を展開しており、高付加価値産業の誘致に力を入れていることから、今後も同水準以上の成長率を達成することが見込まれている。



出典：ジェトロ・バンコク

図 1.1： 実質経済成長率の推移

## ② 対象分野における開発課題

タイ国のエネルギー消費量は過去 20 年間で毎年約 4%強増加しており、今後 20 年間でも同程度の増加が予想されている。発電用燃料源としては、石油・天然ガス・石炭の化石燃料に依存しており、その比率は約 80%を超えるとともに、国内で豊富に産出される天然ガスを除き、多くを輸入している。電力需要量も年間約 7%の増加と更に顕著な増加を示しており、今後も更なる需要増加が予想されている。これらを背景に、タイ国政府は、エネルギー安全保障の観点から燃料の輸入依存度低減や多様化とともに自然エネルギーの有効活用を図ることに注力している。

一方、風力については、下記の要因により、発電事業者からの風力導入計画の申請数は少ない（表 1.1 参照）。そのため、タイ国政府は、EGAT と PEA に対し、風力導入を促しているが、各社とも、事業性を考慮し風況の良いサイトへの導入に留まっており、更なる導入促進のために、低風速域に対応した風力発電技術の開発へのニーズが高い。

## ③ 阻害要因

- (ア) タイ全土が低風速域（平均 3-4m/s）であること
- (イ) その風況に適した風力技術がないこと
- (ウ) 騒音問題
- (エ) 現地企業が育っておらず、風力製品は全て輸入に頼っていること
- (オ) 事業性評価のノウハウが不足していること
- (カ) 適地が、自然公園等の法律にて制約を受ける地域に多く存在すること

表 1.1： 2018 年時点の風力導入量

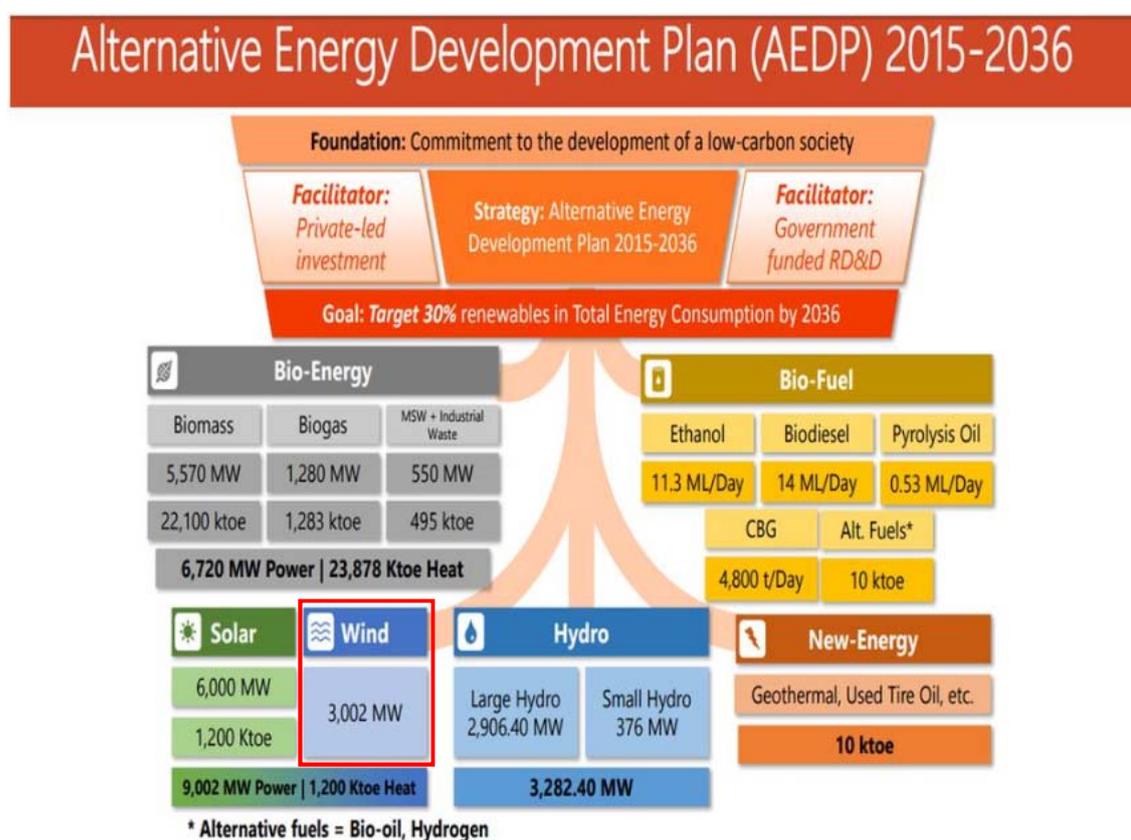
2018年 現在	Target 2036 (MW)	2012年度 (MW)	2013年度 (MW)	2014年度 (MW)	2015年度 (MW)	2016年度 (MW)
	3,002	111.7	222.7	224.5	233.9	507

出典:DEDE

#### ④ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

タイ国政府は再生可能エネルギーの開発に注力するため、2008年にAEDP2008-2022を策定した。同AEDPは、2011年にはAEDP2012-2021に改定され、再生エネルギー導入比率を20.3%(2022年)から25.0%(2021年)と、意欲的な内容に変更された。タイ国政府は、AEDPを達成すべく、再生可能エネルギー発電の高値買取補助制度(Adder)など、再生可能エネルギーの利用促進制度を設け、同エネルギー導入の加速に努めていた。

AEDP2012-2021は、2015年にAEDP2015-2036に改訂され、再生可能エネルギー導入比率を2036年までに30%に引き上げる目標を掲げ、より意欲的な内容となった。これに伴い、太陽光・風力等の各技術の導入目標についても大幅に引き上げられており、風力については導入目標量が3,002MWまで引き上げられている。



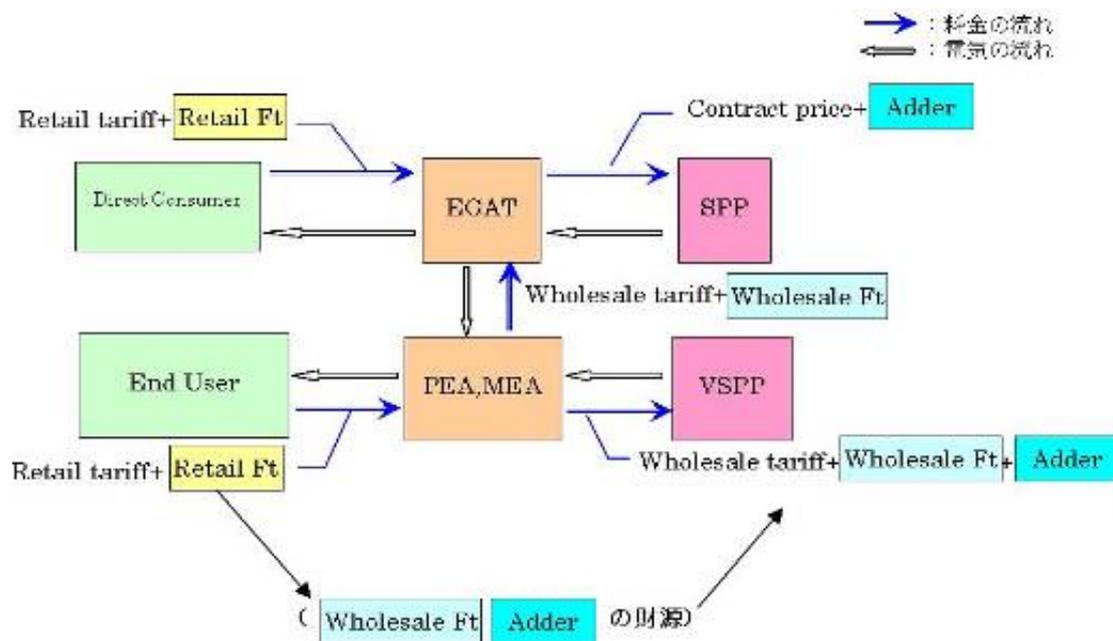
出典：DEDE

図 1.2 : Alternative Energy Development Plan; AEDP (2015 - 2036)

#### (ア) 電力公社等による電力買取制度 (Adder)

電気事業者(EGAT や MEA、PEA)に対しては、SPP(10MW 超かつ 90MW 以下)や VSPP (10MW 以下)からの電力購入を義務化することにより、再生可能エネルギー利用を促進することになった。これら電気事業者の買取価格には補助金 Adder が支払われている。

Adder 制度は、2007 年に SPP および VSPP に対して、再生可能エネルギー発電を促進するために導入された補助金制度であり、通常の売電料金に補助金 Adder が上乗せされた卸売価格で電力会社等(EGAT、MEA および PEA)が買取する。また、補助金 Adder は発電に使用する再生可能エネルギーの種別により補助額および補助期間が異なっており、風力と太陽光に対しては、補助額を手厚くし、補助期間を 10 年と長くするなど、初期投資が高く、あまり導入実績がない再生可能エネルギーに対して手厚い支援をする差別化がなされている。2009 年 3 月には、その容量(規模)によって、中小規模のものに対する Adder を増額する見直しを実施され、また 2010 年 3 月に再び現在の導入状況を踏まえて Adder の補助額を見直す考えがあることが公表され、2010 年 6 月に太陽光については 6.5 バーツ/kWh と減額となった。一方、ディーゼル代替として再生可能エネルギーを導入する場合は、特別な Adder(1 バーツ/kWh)が追加補助されている。これは、既存グリッドから離れているタイ国北部地域や島嶼部では、燃料の輸入・輸送費により発電コストの高いディーゼル発電にて供給されており、コストおよび化石燃料の削減のため、支援を手厚くするものである。また、タイ国南部三地域(Yala, Pattani, Narathivath)において再生可能エネルギーを導入する場合には、治安等の関係から投資リスクが高いことから更に手厚く補助するため、同様に特別な Adder(1 バーツ/kWh)を追加しているが、これについては、それら地域へ再生可能エネルギー産業を誘致することにより、産業・雇用創出などの地域活性化をねらいとしたものである。



出典：DEDE

図 1.3： 電気および料金の流れ

表 1.2 : Adder の料金表 (単位 : バーツ/kWh)

Type of RE	Unit: Baht/ kWh					Years Supported
	2007 Adder Rate	2009 Adder Rate	2010 Adder Rate	Special Adder for Diesel Replacement	Special Adder for Three Southern most Provinces	
<b>Biomass</b>						
Installed Capacity ≤ 1 MW	0.3	0.5	0.5	1.0	1.0	7
Installed Capacity > 1MW	0.3	0.3	0.3	1.0	1.0	7
<b>Biogas</b>						
Installed Capacity ≤ 1 MW	0.3	0.5	0.5	1.0	1.0	7
Installed Capacity > 1MW	0.3	0.3	0.3	1.0	1.0	7
<b>Waste</b>						
Landfill and Digestor	2.5	2.5	2.5	1.0	1.0	7
Thermal Process	2.5	3.5	3.5	1.0	1.0	7
<b>Wind</b>						
Installed Capacity ≤ 50kW	3.5	4.5	4.5	1.5	1.5	10
Installed Capacity > 50kW	3.5	3.5	3.5	1.5	1.5	10
<b>Small/ Micro Hydro</b>						
50kW < Installed Capacity < 200kW	0.4	0.8	0.8	1.0	1.0	7
Installed Capacity ≤ 50kW	0.8	1.5	1.5	1.0	1.0	7
<b>Solar</b>						
	8.0	8.0	6.5	1.5	1.5	10

出典 : DEDE

#### (イ) Feed-in Tariff (FiT)

NEPC は、10MW 以下の VSPP の導入を促進させるために、電気事業者 (EGAT や MEA、PEA) に対して、VSPP からの電力購入に関する電力販売契約において、前述した Adder ではなく、その締結期間中、一定価格で買い取る“Feed-in Tariff (FiT)”に切り替えることを発表した。

また、この発表をもとに、ERC は電気事業者に対して、VSPP に相当する事業の電力販売契約に関して、Adder ではなく FiT を適用させることを義務付けたため、今後、VSPP 事業に発行される電力販売契約については、基本的に全ての事業に対して、FiT が適用されることになる。ただし、この ERC の行政指導以前に申請された VSPP 事業においては、対象技術により条件が異なってくるものの、まだ商業運転を開始していない事業に関して、申請時の内容のまま (Adder の適用) か、または FiT の適用にするかは選択できる仕組みとしている。また、FiT 適用に切り替える場合には、VSPP 事業者は、提出済みの申請書を破棄する旨、ERC に連絡するとともに、FiT を適用した申請書を、2015 年 3 月 31 日 15 時半までに再提出しなければならなかった。

Adder と FiT を比較したところ、10MW 以下となる風力発電事業においては、買取単価が 4.5 THB/kWh から 6.06 THB/kWh と高くなっていること、対象期間が 10 年から 20 年と倍となっていることから、条件が格段に良くなったと評価でき、タイ国政府としては、VSPP 事業に相当する風力発電事業を推進したいと考えていることが読み取れる。

この 6.06THB/kWh は入札の上限価格となり、この上限価格とエリアごとの適用容量を基にした入札制度が実施され、応札価格が安いものから順に落札される形式となっている。

表 1.3 : VSPP に関する FiT 料金表 (Duration : 年)

Capacity(MW)	FiT(Baht/kWhr)			Duration	FiT Premium(Baht/kWhr)	
	Fit <sub>F</sub>	FiT <sub>v.2017</sub>	FiT <sup>(1)</sup>		Bio-fuel projects (first 8 years)	Project in Southern Border Province <sup>(2)</sup> (project lifetime)
<b>1. Waste (integrated waste management)</b>						
Installed Capacity ≤ 1 Megawatt	3.13	3.21	6.34	20	0.70	0.50
Installed Capacity > 1-3 Megawatt	2.61	3.21	5.82	20	0.70	0.50
Installed Capacity > 3 Megawatt	2.39	2.69	5.08	20	0.70	0.50
<b>2. Waste (land fill)</b>						
	5.60	-	5.60	10	-	0.50
<b>3. Biomass</b>						
Installed Capacity ≤ 1 Megawatt	3.13	2.21	5.34	20	0.50	0.50
Installed Capacity > 1-3 Megawatt	2.61	2.21	4.82	20	0.40	0.50
Installed Capacity > 3 Megawatt	2.39	1.85	4.24	20	0.30	0.50
<b>4. Biogas (waste water/ waste material)</b>						
	3.76	-	3.76	20	0.50	0.50
<b>5. Biogas (energy plants)</b>						
	2.79	2.55	5.34	20	0.50	0.50
<b>6. Hydro</b>						
Installed Capacity ≤ 200kW	4.90	-	4.90	20	-	0.50
<b>7. Wind</b>						
	6.06	-	6.06	20	-	0.50

**Remarks**

(1) This Fit rate applies to a project that delivers power into the grid in the year 2017. After 2017, the Fitv rate will be increased based on the core inflation rate. This only applies to waste (integrated waste management), biomass and biogas (energy plants) projects.

(2) Projects located in Yala, Pattani, Narathiwat and 4 Sub-districts in Songkla (Jana Sub-district, Tephra Sub-district, Sabayoi Sub-district and Natawee Sub-district) only.

出典 : DEDE

⑤ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

JICA

円借款

PEA 送電網拡充事業	契約日	2002 年 3 月 28 日	金額 (百万円)	2,326
	概要	13 線路の送電線と 17 カ所の変電所の建設支援		
バンコク 230kV 地中送電線建設事業	契約日	2002 年 9 月 25 日	金額 (百万円)	10,386
	概要	バンコク中心部における 2 変電所間の地中送電用トンネルの整備および送電ケーブル (2 回線) の新設への支援		

技術協力プロジェクト

エネルギー管理者研修センター (PEMTC)	期間	2002 年 4 月 15 日 - 2005 年 4 月 14 日		
	概要	新設されたエネルギー管理者訓練センターのエネルギー管理者等に対するの養成・訓練の実施。国家試験制度等の確立に関する助言等の支援		

科学技術振興分野における制度・人材開発 (太陽電池)	期間	2007年1月24日－2009年3月31日
	概要	太陽電池パネルの標準整備に向けた技術的インプットを行える人材の育成および認証制度等の整備を行える人材の育成への支援

民間連携事業

食品飲料工場の生産工程における全体最適 型省エネルギー事業の案件化調査	時期	2014年度
	概要	全生産工程におけるエネルギー使用の最適化システム適用に係るエンジニアリング技術の案件化調査
伝導性金属酸化物のガラスコーティング技術を活用した省エネ化・温暖化抑止のための ODA 案件化調査	時期	2016年度
	概要	ガラス面に伝導性金属酸化物を透明に塗膜するガラスコーティング技術の案件化調査
送電線の故障点標定装置ならびに故障原因推定技術導入による復旧迅速化に向けた案件化調査	時期	2017年度
	概要	送電線故障標定装置の導入と故障原因推定技術の移転に関する案件化調査

環境省

JCM 資金支援事業 (計 24 件の内、2 件)	(2013 -2017 年度) 2017 年 11 月 6 日時点	
ペイント工場への 1.5MW 太陽光発電システム導入と EMS	開始年	2016 年
	概要	TOA 社工場の屋根に太陽光発電システム (1.5MW) を設置し、発電電力を TOA 社の自家消費へ売電、またエネルギーマネジメントシステムを導入し、工場への高効率かつ最適な電力配分を実施
スーパーマーケットへの 27MW 太陽光発電システム導入	開始年	2016 年度
	概要	Big C 社のスーパーマーケット合計 28 店舗に、屋根置き太陽光発電システム (総容量約 27MW) を導入し、発電電力を各店舗の自家消費に活用

NEDO

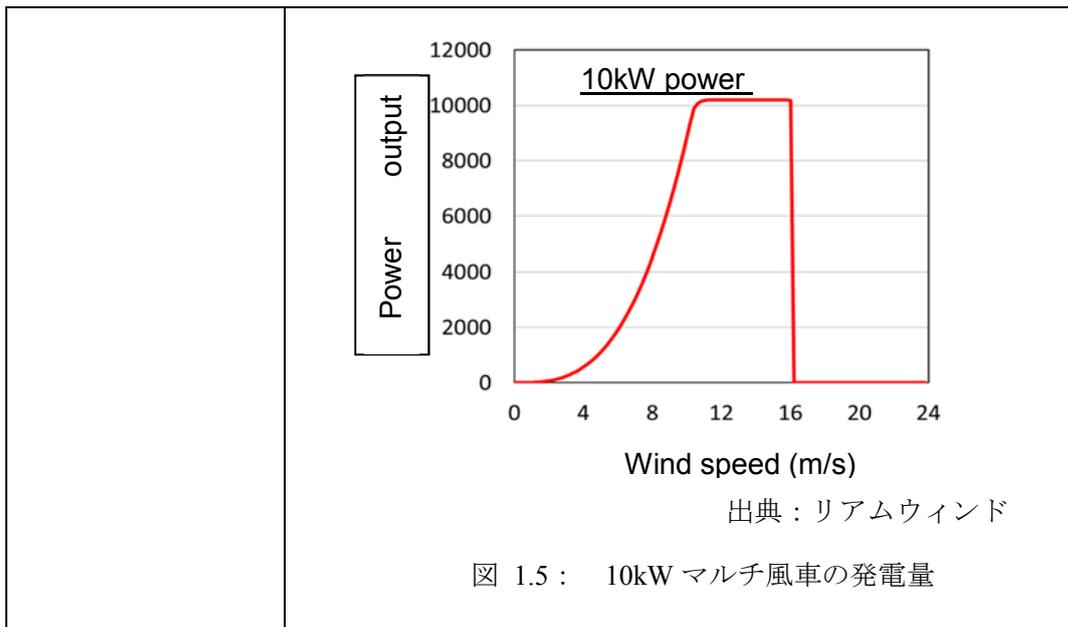
新エネルギーベンチャー技術革新事業

小型レンズ風車を用いた超高効率マルチロータシステムの技術開発	時期	2014年度
	概要	低コスト、高性能の20kW未満の小型風車を実現するため、①強風時の安全運転技術②マルチロータシステムの開発を行う。
アウトロータ発電機を用いた実用10kW超のマルチロータ風車技術開発	時期	2015年度
	概要	実用小型風車を実現するため、①アウトロータ発電機の採用による技術革新②10kWマルチロータ風車システムの開発を行う。
多数の集風レンズ風車によるマルチロータシステムの実証研究開発	時期	2017年度
	概要	集風体付きの風車ユニットを多数の風車としてより大容量化し、同定格のシングル風車より優れていることを示す。これら風車を展開し、分散型エネルギーシステムの実証実験を行う。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	10kW マルチ型レンズ風車（系統連系タイプ）	
スペック（仕様）	定格出力	10kW
	定格風速	10.5m/s
	ロータ直径	2.66m（3kWユニット）
	集風レンズ外径	3.5m（3kWユニット）
	カットイン風速	3.0m/s
	カットアウト風速	16m/s
	出力電圧・周波数	単相3線交流(200V, 50/60Hz)
	重量	約1,220kg
特徴	<p>当社及び九大が開発したレンズ風車は、従来型の風車発電機に“集風レンズ”を付加することで、同風況下における同サイズの風車と比較し最大約3倍の発電を実現可能とする。</p> <p>このメカニズム（図1.4参照）は、集風レンズにより発生する渦（カルマン渦）が風車部分に引き込む空気速度を約1.5倍に加速させる、また、風力エネルギーは風速の3乗に比例することから、理論上約3倍の発電量が得られるというものであり、博多湾洋上風力試験等の複数の国内実証試験において、その効果を検証済みである。（図1.5参照）。</p> <div data-bbox="582 1258 1273 1617" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: right;">出典：リアムウィンド</p>	

図 1.4： レンズ風車の風力増加メカニズム



競合他社製品と比べて比較優位性

①多い発電量  
 同じ風況下では同じサイズの従来型風車と比較し最大約3倍の発電が可能。

②低風速でも発電可能  
 本事業で採用する 10kW 機は、カットイン風速が 3.0m/s と低風速域から発電が可能。

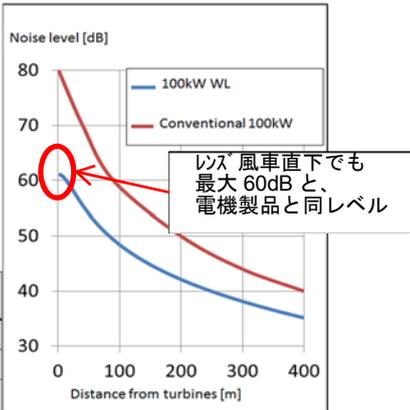
③高い静粛性  
 ブレードから発生する翼端渦が集風レンズの内部壁と干渉し、風切音の原因となるブレード翼端渦を抑制。これにより、従来型風車の弱点であった騒音が大幅に軽減。(小鳥も飛来し、集風レンズに止まるほど)



100kW  
Wind lens



Conventional  
100kW



	100kW WL	Conventional
Rotor D	13 m	22 m
Hub height	25 m	24 m
Rated Power	100 kW	100 kW

出典：リアムウィンド

図 1.6： 100kW 機の騒音測定結果

	<p>④高い環境親和性</p> <p>集風レンズがブレードを囲むことで、柔らかなイメージが醸し出され周辺の風景に溶け込みやすい。また、この構造により、従来型風車で問題となっていたバードストライク（鳥の衝突事故）が起こりにくい。</p>
国内外の販売実績	<p>販売実績なし</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国内2台</li> </ul> <p>①H28年度 NEDO 事業で北九州市響灘に建設、6月に実証試験終了。現在、東レサイトにてデータ継続収集中。</p> <p>②H29年3月に北九州市風車認証サイトに建設。認証取得データ収集中。</p>
サイズ	集風レンズ外径 3.5m（各ユニット）× 標準ハブ高さ 13.4m
設置場所	タイ王国ソクラー県サティンプラ郡
今回提案する機材の数量	1式
<p>価格</p> <p>*タイ国輸出仕様</p> <p>*風況観測設備込み</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1台（1式）当たりの販売予定価格 28,000,000 円+タワー（2,320,000 円）+基礎工事費</li> <li>・本事業での機材費総額（輸送費・関税等含む） 39,546,000 円</li> </ul>

## 2. 普及・実証事業の概要

### (1) 事業の目的

本事業では、地域住民への風力発電技術の啓発活動を実施している PEA の所有地に系統連系型レンズ風車を用いた発電設備 10kW×1 台を導入し、レンズ風車の有用性を実証するとともに、事業が継続されるための維持管理体制を整備する。加えて本事業実施後の普及方法の検討を行う。

### (2) 期待される成果

成果 1：実証サイトの風況データが計測され、風況データが分析される。

成果 2：実証サイトにレンズ風車が導入され、その有用性が実証される。

成果 3：PEA によるレンズ風車を用いた風力発電設備の維持管理体制が構築される。

成果 4：PEA によるレンズ風車の優位性に係る理解が進むとともに、官民によるレンズ風車の普及展開案が提案される。

### (3) 事業の実施方法・作業工程

全工程について以下①-⑦にある内容を下図のとおり実施した。導入設備が 3kW×2 台→10kW×1 台と変更になったことから、それに伴う資機材の発注作業が若干遅れたが、2017 年 3 月に無事、事故もなく建設工事を完了させており、それ以外も予定通り遂行した。

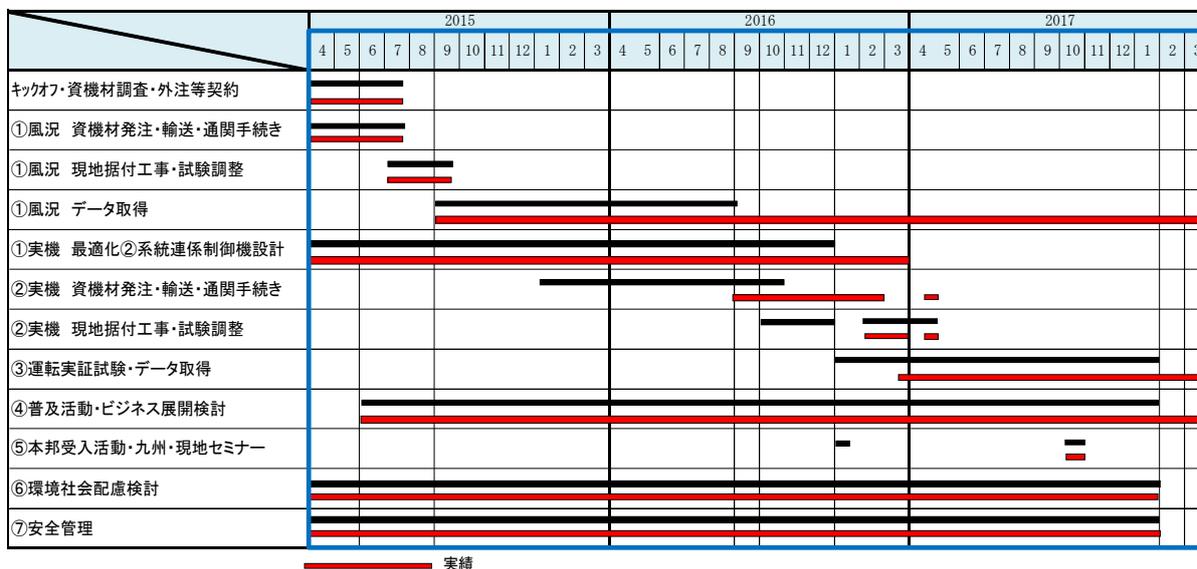


図 2.1： 作業工程

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

① 要員リスト

現地および国内の投入実績は次表の通りである。

表 2.1： 現地業務投入実績

1.【現地業務】

従事者 キー	氏名	担当業務	格付	所属	分類	渡航 回数	計画日数合		実績日数合		計画人月		実績人月	
							計	計	計	計	合計	合計		
1	西村 秀喜	業務主任/設計 補助	2	リマウント	Z	計画	6	42			1.40			
					Z	実績	7		47			1.57		
2	木戸 守 (2016年3月退 任)	普及活動/設 計補助	4	リマウント	Z	計画	0	0			0.00			
					Z	実績	0		0			0.00		
3	山田 実	普及活動/設 計補助	4	リマウント	Z	計画	2	14			0.47			
					Z	実績	2		15			0.50		
4	林田 一樹 (2016年3月退 任)	普及活動/設 計補助	4	リマウント	Z	計画	1	7			0.23			
					Z	実績	1		7			0.23		
5	鳥谷 隆	(外部人材) 風力発電装置 電気設計	4	九州大学	B	計画	2	14			0.47			
					B	実績	1		7			0.23		
8	渡邊 公彦	(外部人材) 風力発電装置 構造設計補助	4	九州大学	B	計画	2	14			0.47			
					B	実績	2		15			0.50		
6	長井 知幸 (2016年3月退 職)	(外部人材) 風力発電装置 構造設計	4	九州大学	B	計画	1	7			0.23			
					B	実績	1		7			0.23		
7	松島 啓二 (2016年4月～ 長井の後任)	(外部人材) 風力発電装置 構造設計	4	九州大学	B	計画	0	0			0.00			
					B	実績	1		6			0.20		
11	大屋 裕二	(外部人材) 風況予測	4	九州大学	B	計画	2	11			0.00			
					B	実績	2		4			0.13		
12	弓指 和敏	(外部人材) 構造設計	4	九州大学	B	計画	2	14			0.47			
					B	実績	2		15			0.50		
13	藤澤 慶哲	(外部人材) ビジネスモデ ル開発・普及 環境社会配慮	3	四国電力	A	計画	10	70			2.33			
					A	実績	12		76			2.53		
14	北村 潤一 (2016年3月異 動)	(外部人材) 環境社会配慮	3	四国電力	A	計画	1	8			0.27			
					A	実績	1		8			0.27		
15	渡辺 公紀 (2016年4月～ 北村の後任) (2017年3月異 動)	(外部人材) 環境社会配慮	3	四国電力	A	計画	1	0			0.00			
					A	実績	0		0			0.00		
16	清水 優司 (2016年3月異 動)	(外部人材) 法制度	4	四国電力	A	計画	2	14			0.47			
					A	実績	2		14			0.47		
17	牧本 和哉 (2016年4月～ 清水の後任)	(外部人材) 法制度/ビジネ スモデル開 発・普及補助	5	四国電力	A	計画	5	35			1.17			
					A	実績	5		35			1.17		
18	佐伯 好彦 (2016年3月異 動)	(外部人材) 事業性評価	5	四国電力	A	計画	2	15			0.50			
					A	実績	2		15			0.50		
19	安芸 稔夫 (2016年4月～ 佐伯の後任)	(外部人材) 事業性評価	5	四国電力	A	計画	0	0			0.00			
					A	実績	0		0			0.00		
20	松木 敦則 (2017年1月異 動)	(外部人材) 施工管理(機 械)/ビジネス モデル検討1	4	四電E	B	計画	5	38			1.27			
					B	実績	4		25			0.83		
22	坂東 順一 (2017年1月 ～、松木の後 任)	(外部人材) 施工管理(機 械)/ビジネス モデル検討1	4	四電E	B	計画	0	0			0.00			
					B	実績	3		21			0.70		
21	岡林 和義	(外部人材) 施工管理(機 械)/ビジネス モデル検討2	4	四電E	B	計画	7	52			1.73			
					B	実績	6		44			0.00		
							355			11.48				
										361			10.57	
							292			9.38				
										292			8.27	

表 2.2： 国内業務投入実績

2.【国内業務】

従事者 キー	氏名	担当業務	格付	所属	分類	渡航 回数	計画日数合	実績日数合	計画人月	実績人月
							計	計	合計	合計
1	西村 秀喜	業務主任/設計 補助		リアムウインド	Z		152		7.60	
								124		6.20
2	木戸 守 (2016年3月退 任)	普及活動/設 計補助		リアムウインド	Z		0		0.00	
								0		0.00
3	山田 実	普及活動/設 計補助		リアムウインド	Z		94		4.70	
								74		3.70
4	林田 一樹 (2016年3月退 任)	普及活動/設 計補助		リアムウインド	Z		40		2.00	
								25		1.25
5	烏谷 隆	(外部人材) 風力発電装置 電気設計	4	九州大学	B		29		1.45	
								29		1.45
8	渡邊 公彦	(外部人材) 風力発電装置 構造設計補助	4	九州大学	B		13		0.65	
								13		0.65
6	長井 知幸 (2016年3月退 職)	(外部人材) 風力発電装置 構造設計	4	九州大学	B		18		0.90	
								18		0.90
7	松島 啓二 (2016年4月、 長井後任)	(外部人材) 風力発電装置 構造設計	4	九州大学	B		6		0.30	
								6		0.30
9	内田 孝紀	(外部人材) 風況予測	4	九州大学	B		3		0.15	
								3		0.15
10	王 茅	(外部人材) 風況予測	4	九州大学	B		3		0.15	
								3		0.15
11	大屋 裕二	(外部人材) 風況予測	4	九州大学	B		3		0.15	
								3		0.15
12	弓指 和敏	(外部人材) 構造設計	4	九州大学	B		0		0.00	
								0		0.00
13	藤澤 慶哲	(外部人材) ビジネスモデ ル開発・普及	3	四国電力	A		23		1.15	
								23		1.15
14	北村 潤一 (2016年3月異 動)	(外部人材) 環境社会配慮	3	四国電力	A		6		0.30	
								6		0.30
15	渡辺 公紀 (2016年4月、 北村の後任)	(外部人材) 環境社会配慮	3	四国電力	A		0		0.00	
								0		0.00
16	清水 優司 (2016年3月異 動)	(外部人材) 法制度	4	四国電力	A		9		0.45	
								9		0.45
17	牧本 和哉 (2016年4月、 清水の後任)	(外部人材) 法制度	4	四国電力	A		8		0.40	
								8		0.40
18	佐伯 好彦 (2016年3月異 動)	(外部人材) 事業性評価	5	四国電力	A		4		0.20	
								4		0.20
19	安芸 稔夫	(外部人材) 事業性評価	5	四国電力	A		2		0.10	
								2		0.10
20	松木 敦則 (2017年1月異 動)	(外部人材) 施工管理(機 械)/ビジネス モデル検討1	4	四電E	B		11		0.55	
								11		0.55
22	坂東 順一 (2017年1月 ～、松木の後 任)	(外部人材) 施工管理(機 械)/ビジネス モデル検討1	4	四電E	B		0		0.00	
								0		0.00
21	岡林 和義	(外部人材) 施工管理(機 械)/ビジネス モデル検討2	4	四電E	B		9		0.45	
								9		0.45
							433		21.65	
								370		18.50
							147		7.35	
								147		7.35

## ② 資機材リスト

現在のところ、実証サイトに風況観測装置および風車本体を導入しており、そのリストは下表の通りである。

表 2.3： 資機材リスト

総称		型番	数量	重量 (kg)	納入年月日	設置場所
1	データ記録BOX・送信器具一式	型番	1 式	53.82	2015/7/18	タイ国ソクラーク県 サティンプラ群PEA サイト
	構成機材名					
001	避雷器(電源用)	Arrester (for Power Source)	MAAC-200	1 pc	0.50	同上
002	避雷器(LAN用)	Arrester (for Ethernet)	MDCAT-5E	1 pc	0.15	同上
003	電源タップ	Power Supply Tap	RD81-4A	1 pc	0.60	同上
004	スイッチングハブ	Switching Hub	EHC-G05MN-HJB	1 pc	0.27	同上
005	ブレーカ 5A	Breaker 5A	ABS-32FB-5A	1 pc	0.31	同上
006	LANケーブル 3m	Ethernet Cable 3m	LD-CTT/BK3/RS	1 pc	0.09	同上
007	LANケーブル 1m	Ethernet Cable 1m	LD-CTT/BK1/RS	1 pc	0.04	同上
008	接地線 2sq	Grounding Wire 2sq	IV-2sq-2m	1 pc	0.10	同上
009	接地線 5.5sq	Grounding Wire 5.5sq	IV-5.5sq-2m	1 pc	0.14	同上
010	測温抵抗体	Resistance Temp. Detector	TCPC3.2-100	1 pc	0.02	同上
011	絶縁支持台	Insulation Support Base	MJSD20-6P	2 pcs	0.02	同上
012	ボルトM6x12	Hex. Head Bolt M6x12	M6x12BT	3 pcs	0.01	同上
013	十字穴付なべ小ね じM6x8	Round Head Phillips Machine Screws	M6x8	8 pcs	0.05	同上
014	大径平座金 M6x19- 1	Oversized Flat Washer M6x19-1	M6x19-1	7 pcs	0.01	同上
015	ばね座金 M6	Split Lock Washer M6	M6 SW	7 pcs	0.01	同上
016	ナット M5	Nut M5	M5 N	5 pc	0.05	同上
017	ゴムシート	CR Rubber Sheet	CRG50X1000-2	3 pcs	0.36	同上
018	タッピングねじ	Flat Head Tapping Screw	SUS 4.1x20mm	20 pcs	0.06	同上
019	ケーブルマウント	Cable Tie Mount	サドル型	20 pcs	0.02	同上
020	フレキ管	Flexible Conduit	MF-16K	1 pk	8.00	同上
021	コネクタ	Tube Connector	FPK-16FK	10 pcs	1.00	同上
022	ブッシング	End Bushing	MTV-16	5 pcs	0.50	同上
023	シールパテ	Seal Putty	MTKB-SP	1 pc	0.30	同上
024	台付サドル	Conduit Clip	SPF-22	50 pcs	0.50	同上
025	ポールバンド	Pole Band	POB10-50M	1 pc	4.00	同上
026	バンド締付金具	Band Clamp	POB-C	20 pcs	0.20	同上
027	ポールバンド用保 護カバー	Protection Cover for Pole Band	POB-P10	10 pcs	1.00	同上
028	配線工具	Fish Tape	BX-4030J	1 pc	0.50	同上
029	計測用PC	PC for Measurement	CF-195W1ACS	1 pc	2.3	同上
030	キャビネット	Cabinet	ORB20-56	1 pc	18.30	同上

031	データロガー	Data Logger	GL820	1	pc	0.90	同上	同上
032	避雷器(LAN用)	Arrester (for Ethernet)	MDCAT-5E	1	pc	0.15	同上	同上
034	避雷器(電源用)	Arrester (for Power Source)	MD7AP-200	1	pc	0.09	同上	同上
035	避雷器(測温抵抗体用)	Arrester (for RTD)	MD7RB-FG0	1	pc	0.07	同上	同上
036	避雷器(2線式信号用)	Arrester (for 2-wires Signal Cable)	MD72W-1600	1	pc	0.07	同上	同上
037	避雷器(3線式信号用)	Arrester (for 3-wires Signal Cable)	MD73W-320	1	pc	0.07	同上	同上
038	電源タップ	Power Supply Tap	RD81-4A	1	pc	0.60	同上	同上
039	信号変換ユニット	FV Converter Unit	NA	2	pcs	0.20	同上	同上
040	測温抵抗体	Resistance Temp. Detector	TCP3.2-100	1	pc	0.02	同上	同上
041	ブレーカ3A	Breaker 3A	ABS-32FB-3A	1	pc	0.31	同上	同上
042	DINレール	DIN Rail	NS35-7.5	1	pc	0.08	同上	同上
043	アースバー	Grounding Bar	EBA-20-5E	1	pc	0.07	同上	同上
044	絶縁支持台	Insulation Support Base	MJSD20-6P	4	pcs	0.04	同上	同上
045	アースねじ M5x10	Grounding Screw M5x10	BP46-M510	4	pcs	0.04	同上	同上
046	等辺山形鋼	Equal Angle Bar	50x50xt6-500	2	pcs	4.48	同上	同上
047	等辺山形鋼	Equal Angle Bar	30x30xt6-500	2	pcs	1.38	同上	同上
048	スタッドボルトM10	Threaded Stud M10x500	M10xL500	4	pcs	0.72	同上	同上
049	ナットM10	Nut M10	M10	20	pcs	0.24	同上	同上
050	平座金M10	Flat Washer M10	M10	24	pcs	0.24	同上	同上
051	ばね座金M10	Split Lock Washer M10	M10	12	pcs	0.12	同上	同上
052	六角ボルト	Hex. Head Bolt M10x30	M10x30	4	pcs	0.10	同上	同上
053	インシュロックタイ(小)	Cable Ties (small)	T18R-W-100	1	pk	0.10	同上	同上
054	インシュロックタイ(中)	Cable Ties (middle)	T30L-W	1	pk	0.20	同上	同上
055	インシュロックタイ(大)	Cable Ties (large)	T60R-W	1	pk	0.24	同上	同上
056	電源ケーブル(制御室内)	Power Cable (for Control Room)	CVV-S 2sqx2C-10m	1	pc	1.30	同上	同上
057	信号線(端子間用)	Signal Cable 2C	CVV-S 1.25sqx2C-10m	1	pc	1.20	同上	同上
058	信号線(温度計用)	Signal Cable 3C	CVV-S 1.25sqx3C-10m	1	pc	1.40	同上	同上
2	工具類一式		型番	1	式	9.08	2015/7/18	タイ国ソクラー県サディンブら群PEAサイト
	構成機材名							
001	工具箱	Tool Box	ツールパワー490	1	pc	1.50	同上	同上
002	デジタルテスター	Multi-meter	KU-1188	1	pc	0.30	同上	同上
003	ソケットレンチセット	Socket Wrench Set	ESR-2346M	1	pc	2.00	同上	同上
004	圧着工具	Crimp Tool	AK15A	1	pc	1.00	同上	同上
005	六角レンチセット	Hex. L-key Set	SLBW09MEL	1	pc	0.50	同上	同上
006	ドライバセット8本組み	Screwdriver Set	ED-790	1	pc	0.20	同上	同上

007	オフセット型メタル スニップス	Steel Metal Snips	TRD-OS	1	pc	0.50	同上	同上
008	コンビネーションレ ンチセット	Combination Wrench Set	12-203	1	pc	0.30	同上	同上
009	ラジオペンチ	Long-nose Plier	TPR-150	1	pc	0.10	同上	同上
010	ニッパー	Wire-cutting Plier	TPN-150	1	pc	0.10	同上	同上
011	ペンチ	Wire-gripping Plier	TPP-200	1	pc	0.20	同上	同上
012	モンキレンチ 250mm	Adjustable Wrench 250mm	TUM-250	1	pc	0.50	同上	同上
013	コンビハンマ	Combination Hammer	NA	1	pc	0.50	同上	同上
014	電工ドライバセット	Insulated Screwdrivers	EDS-C2/S6.0	1	pc	0.20	同上	同上
015	オートマルチスト リッパー	Wire Stripper	PP707A-200	1	pc	0.20	同上	同上
016	ネジアンギラス	Screw Plier	TG200NA	1	pc	0.10	同上	同上
017	モンキレンチ150mm	Adjustable Wrench 150mm	TUM-150	1	pc	0.10	同上	同上
018	カッター	Cutter Knife	192B	1	pc	0.10	同上	同上
019	カラーワイヤ(緑)	Annealed Wire	#12(φ2.6mm)-14m	1	pc	0.30	同上	同上
020	クロス養生テープ	Curing Tape	T-800	1	pc	0.05	同上	同上
021	カラー布粘着テー プ	Duct Tape	#7562	1	pk	0.20	同上	同上
022	ビニルテープ	Electrical Tape	#21	1	pc	0.03	同上	同上
023	絶縁キャップ大	Insulation Tube (Large)	LP TIC-8-WH	1	pk	0.01	同上	同上
024	絶縁キャップ中	Insulation Tube (Middle)	DZ-TCE3.5W	1	pk	0.01	同上	同上
025	絶縁キャップ小	Insulation Tube (Small)	DZ-TCE1.25WL	1	pk	0.00	同上	同上
026	リングスリーブ用絶 縁キャップ	Insulation Cap	PH-621H	1	pc	0.00	同上	同上
027	ナンシーケースM	Plastic Box	N-W	1	pc	0.00	同上	同上
028	丸端子 丸形	Ring Terminal	R2-4S	1	pc	0.01	同上	同上
029	丸端子 先開形	Spade Terminal	2Y-4N	1	pc	0.01	同上	同上
030	丸端子 丸形	Ring Terminal	R2-5	1	pc	0.01	同上	同上
031	丸端子 丸形	Ring Terminal	1.25Y-3.5	1	pk	0.01	同上	同上
032	はんだこて	Soldering Iron	#500	1	pc	0.05	同上	同上
033	はんだ	Solder	FS601-02	1	pc	0.01	同上	同上
034	熱収縮チューブφ6	Heat-shrink Tube D4	D6-0.5m	1	pc	0.00	同上	同上
035	熱収縮チューブφ4	Heat-shrink Tube D6	D4-1m	1	pc	0.00	同上	同上
3	風向・風速センサー・ケーブル類		型番	1	式	15.73	2015/7/18	タイ国ソクラー県 サティンブラ群PEA サイト
	構成機材名							
001	風向計	Wind vane	NRG 200P	2	pcs	0.20	同上	同上
002	風速計	Anemometer	NRG 40C	2	pcs	0.28	同上	同上
003	風速計ケーブル	Electric Cable for Anemo.	2C-20 AWG20(0.5sq)	1	pc	0.90	同上	同上
004	風速計ケーブル	Electric Cable for Anemo.	2C-30 AWG20(0.5sq)	1	pc	1.35	同上	同上
005	風向計ケーブル	Electric Cable for Wind vane	3C-20 AWG20(0.5sq)	1	pc	1.20	同上	同上
006	風向計ケーブル	Electric Cable for Wind vane	3C-30 AWG20(0.5sq)	1	pc	1.80	同上	同上
007	取付ブーム	Mounting Boom	SMB1.5	4	pcs	10.00	同上	同上

③ 相手国政府関係機関側の投入

- (ア) PEA からハイポール (22m 電柱) 1 基の提供
- (イ) 日本から発送した気象観測装置の荷受
- (ウ) 気象観測装置のタイ国税関手続きのサポート
- (エ) 日本側メンバーの現地調査時の同行 (現地出張×5 回)
- (オ) 風況データ取得のサポート
- (カ) PEA から風況測定用ポール (14m 電柱) の提供

④ その他

表 2.4： 風車本体関係リスト

(10kW MULTI ROTOR SYSTEM)

①輸送先 (Ship to) :

1.5 MW Wind Turbine Substation,  
Moo 2, Chathing Phra sub-district, Sathing Phra district,  
Songkhla Province, Thailand 90190

Mr.Yuttachai Kongchoosri

②輸送時期 (Date)

2017年1月 (Jan 2017)

1) 風車部

No.	品名 (Japanese)	Item (English)	品番 (型式)	数量	製品重量
			Part number (Model)		Net Weight
					kg
1	制御器	Power Conditioner	CEPT-WIAB4P5BA	3	47
2	自立盤	Control Box	J-CRW10E01-ZA-S	3	69
		Control Box Stand	CRW10E01-ZA-S	3	
		Date Logger	HBRK-02-S	3	
		Brake Unit System	HBRK-02	3	
		Element	B-1100-2-S	3	
		Element	NE53C 30A	3	
		Element	TS-240C-5M6P	3	
		Brake unit Case	PRV08L01-ZA-S	3	
3	ブレーカーボックス	Circuit Breaker Box	J-PRW10E13-ZA-S	1	3
		Element	PRW10E13-ZA-S	2	
		Plate	PRW10E12-ZA	2	
		Box	S12-2535	1	
		Breaker	NE103C 75A	1	
		Terminal block	TS-240C-5M6P	1	
5	インダクター-(38ポンド/個)	Inductor in Case	195G60-ND	3	18
6	変圧器	Transformer (5kVA)	NTPH-5kS型 5kVA	3	30
7	発電機ユニット	Generator & Hub Assembly	J-WGB3000	3	90
		Generator	WGB3000	3	
		Bearing Spacer	φ 73 × φ 65.9 × φ 37.3L	3	
		Bearing (6013ZZ) & Washer	6013ZZ / BW12	3	
		Hub and others	CRW10H01-ZB-S	1	
		Bearing (6213ZZ)	6213ZZ	3	
		Hub M64	M64	1	
8	中央アームユニット	Center Arm with Nacelle	J-CRW10ND1-YA	1	90
		Nacelle	CRW10ND1-YA	1	
		Center Arm	CRW10A31-ZA	1	
		Eyebolt	EB-M24	1	
		Cap Screw	M2×60	12	
		Arm flange PK	KRW10A03-ZA	1	
9	ヨーアーム組立ユニット	Side Arm with Yaw & Nacelle	J-CRW10TOWER03-ZA-THAI	1	740
		Tower	CRW10TOWER03-ZA-THAI	1	
		Nacelle	CRW10ND1-YA	2	
		Side Arm	CRW10A32-ZA	2	
		Under Support Other	CRW10A33-ZA-S	1	
		Bearing Nut	AN40	1	
		Bearing Washer	AW40X	1	
		Cap Screw	M2×60	24	
		Arm flange PK	KRW10A03-ZA	2	
		10	ブレード (3本/set)	Blade	
11	ディフューザ	Diffuser	10K-DFS-8PAR-001	24	45
12	// ステイ (Asy)	Diffuser Stay Assembly	CRW10D14-ZA-S	9	20
13	// ステイ (Pipe)	Diffuser Pipe Arm	CRW10D12-YA	12	27.5
14	// ステイ (Plate)	Diffuser Stay (A)&(B)&(C)	CRW10D14-YA-S	24	37
15	// スポーク (L&S)	Diffuser Spoke(L)&(S)	SSL6304-S	36	38
16	スポークブラケット	Rear Spoke Bracket	CRW10D19-YA	3	
17	// // キャ	Rear Spoke Bracket Cap	KRW10D17-ZA	3	9
18	スピナー	Spinner	PRW10ND3-YA	3	
19	アームサポート	Arm Support	CRW10A33-ZA	2	28
20	短絡ブレーキボックス	Dynamic Braking Switch Box	J-CR16-56		25
		Box	CR16-56	1	
		Cover	DCS 3P 60A	3	
		Terminal Block	TS-240C-5M6P	3	
		Element		1	

21	抵抗器ボックス	Dump Resistor Box	J-PRW0DU01-YA-S		56
		Dump Register Box and others	PRW0DU01-YA-S	1	
		Resistor	TRH750G 12QJ-CS	15	
		Terminal block	TS-240C-5M6P	1	
22	制御器(予備品)	Power Conditioner	CEPT-WLAB4P5BA	1	47
24	発電機(予備品)	Generator(spare parts)	W0B3000	1	60
25	ブレード(予備品、3本/set)	Blade(spare parts)	3K-BLD-CF-001	1	9
26	短絡Box取付バンド(PM540)	Pole Fix Band	PM540	1	6
27	ボルト類	CS M0×40 P3 SUS	Cap Screw M0×40 P3 SUS	50	15
		CS M8×40 P2 SUS	Cap Screw M8×40 P2 SUS	200	
		ナット M0 SUS	Nuts M0 SUS	200	
		ナット M8 SUS	Nuts M8 SUS	200	
		ワッシャ M8 SUS	Plain Washer M8 SUS	350	
		ワッシャ M0 SUS	Plain Washer M0 SUS	200	
		セットスクリュー M5×8 SUS	Set screw M5×8 SUS	20	
		スプリングワッシャ M8 SUS	Spring Washer M8 SUS	200	
		スプリングワッシャ M2 SUS	Spring Washer M2 SUS	50	
		Uナット M8 SUS	U-Nuts M8 SUS	50	
		CS M2×40 P3 鉄	Cap Screw M2×40 P3 Steel	15	
		CS M0×40 P2 鉄	Cap Screw M0×40 P2 Steel	18	
		ワッシャ M6 鉄	Plain Washer M6 Steel	20	
28	ボルト類	CS M6×45 鉄	Cap Screw M6×45 Steel	60	15
		CS M2×30 鉄	Cap Screw M2×30 Steel	70	
		CS M2×85 鉄	Cap Screw M2×85 Steel	50	
		スプリングワッシャ M6 鉄	Spring Washer M6 Steel	60	
		ナット M6 鉄	Nuts M6 Steel	20	
		CS M8×20 P2 SUS	Cap Screw M0×20 P2 SUS	50	
		ゴムワッシャ M0用	Rubber Washer M0	40	
		傾斜ワッシャ M0用	Tapered Washer M0	15	
29	ケーブル(タワー用、13m)	Cable(for Tower、13m)	SYM F3×5.5SQ (2501) Kツヤケシ	1	40
		Cable(5.5sq×3C、90m)	VCT 5.5sq×3C	1	
		通線	Threading Wire	1	
30	ダクト(2m)	Duct (2m)		1	1
31	圧着端子(22sq) R22-8(6個)	Solderless Terminal R22-8		1	10
		圧着端子(14sq) R14-8(4個)	Solderless Terminal R14-8	1	
		圧着端子(14sq) R14-6s(4個)	Solderless Terminal R14-6S	1	
		圧着端子(8sq) R8-5(14個)	Solderless Terminal R8-5	1	
		圧着端子(8sq) R8-5S(14個)	Solderless Terminal R8-5S	1	
		圧着端子(5.5sq) R5.5-6(10個)	Solderless Terminal R5.5-6	1	
		圧着端子(5.5sq) R5.5-5(16個)	Solderless Terminal R5.5-5	1	
		圧着端子(2sq) R2-5(16個)	Solderless Terminal R2-5	1	
		圧着端子(1.25sq) R1.25-5(10個)	Solderless Terminal R1.25-5	1	
		圧着端子(12.25sq) R1.25-3(20個)	Solderless Terminal R1.25-3	1	
		ビニールテープ	PVC Tape	7	
		結束バンド(大)	Tie-wrap TB-350	1	
		〃(中)	Tie-wrap TB-280	1	
		〃(小)	Tie-wrap TB-150	1	
		絶縁キャップ	Terminal Cap T1C8	1	
		〃	Terminal Cap T1C5.5	1	
		〃	Terminal Cap T1C1.25	1	
		スパイラルチューブ(大) 5m	Spiral Wap KS25×29	1	
		〃(中) 5m	Spiral Wap KS20×23	1	
		〃(小) 5m	Spiral Wap KS12×15	1	
		ケーブル(0.75sq×1C、0.2m)	Cable(0.75sq×1C、0.2m)	4	
		ケーブル(0.5sq×1C、0.2m)	Cable(0.5sq×1C、0.2m)	12	
		ケーブル(5.5sq×1C、1m)	Cable(5.5sq×1C、1m)	6	
		ケーブル(0.75sq×2C、1m)	Cable(0.75sq×2C、1m)	4	
		ビスケース	Case with Screws	1	
		ネジ M4×10 P3 SUS	Screw M4×10 P3 SUS	10	
		ネジ M4×12 P3 SUS	Screw M4×12 P3 SUS	13	
ネジ M4×20 P3 SUS	Screw M4×20 P3 SUS	24			
ネジ M4×20 P2 SUS	Screw M4×20 P2 SUS	10			
ネジ M5×10 P3 SUS	Screw M5×10 P3 SUS	20			
ネジ M5×10 P2 SUS	Screw M5×10 P2 SUS	20			
ネジ M5×15 P2 SUS	Screw M5×15 P2 SUS	6			
ネジ M6×12 P3 SUS	Screw M6×15 P2 SUS	4			
アプセットボルト M8×16 SUS	Upset head bolt M8×16 SUS	30			

31	トラスネジM5×10 SUS	Truss head M5×10 SUS	20	4		
	蝶ネジ M4×12 SUS	Butterfly Screw M4×12 SUS	20			
	ネジM5×10 P3 鉄	Screw M5×10 P3 Steel	20			
	ネジM4×8 P3 鉄	Screw M4×8 P3 Steel	20			
	ビス M4×8(20個入) SUS	Screw 4×8(20pcs) SUS	1			
	ビス M5×10(15個入) SUS	Screw 5×10(15pcs) SUS	1			
	サージプロテクター	Surge Protector	6			
	塩ビパイプ	PVC Pipes	2			
	ケーブルグラウンド	Cable Ground	6			
	グロメット SG-20A	Grommet	4			
	ボルト M0×80 (SW付) 鉄	Bolts M0×80(with SW)Steel	6			
	ナット M0 鉄	Nuts M0 Steel	6			
	ボルト M6×25 (SW付)鉄	Bolts M6×25(with SW)Steel	6			
	ボルト M6×65 (SW付)鉄	Bolts M6×65(with SW)Steel	4			
	止め輪 S-60	Stopring	4			
	金属スペーサ	Metal Spacer	13			
	Oリング D269.4mm	O-ring D269.4mm	3			
	Oリング D115.4mm	O-ring D115.4mm	3			
	Oリング D11mm	O-ring D11mm	20			
	フランジパッキン	Flange packi ng	1			
	継手(Lタイプ)	Joint (L type)	1			
	バンド(付属:締付金具)	Band(accessories Fasteni ng)	1			
	ブレーキユニット (予備)	Brake Unit(spare parts)	1			
	接着剤(20g)	Adhesive agent	1			
	シリコンシーラント(50g)	Silicone sealant	1			
	止め輪用ブライヤー	Stopring plieys	1			
	32	ボルト類 (予備)	Bolts(spare parts)			4
		CS M8×30 P3 SUS	Cap Screw M8×30 P3 SUS		6	
		CS M2×40 P3 鉄	Cap Screw M2×40 P3 Steel		6	
		CS M2×60 鉄	Cap Screw M2×60 Steel		6	
		CS M6×35 P2 鉄	Cap Screw M6×35 P2 Steel		6	
CS M6×60 P2 鉄		Cap Screw M6×60 P2 Steel	6			
皿ネジ M8×20 SUS		Flat Head Bolt M8×20 SUS	6			
ナット M2 鉄		Nuts M2 Steel	6			
ワッシャ M6 鉄		Plain Washer M6 Steel	10			
ワッシャ M6 鉄 Cap用		Plain Washer M6 Steel for cap screw	10			
ワッシャ M2 鉄		Plain Washer M2 Steel	10			
スプリングワッシャ M2 SUS	Spring Washer M2 SUS	10				
スプリングワッシャ M2 鉄	Spring Washer M2 Steel	10				
Total			1588.5			

2) タワー部

Nb.	品名 (Japanese)	Item (English)	数量 Qty.	製品重量
				Net Weight kg
1	下部タワー	Bottom Tower	1	1000
2	中間タワー	Middle Tower	1	1000
3	ガゼットプレート	Bracket	4	220
6	ワイヤーロープ	Wire Rope	J-1 VRC6XV6(36)	4
		Stay	1 VRC6XV6(36) 36φ 12m	4
		Dead Eye Thimble	めっき36mm用	8
7	ターンバックル (付属:ピン4本)	Turn Buckle(accessories Pin)	J-めっき36mm用	4
		Rigging screw	めっき36mm用	4
		Bonding bolt	めっきM45×172L	4
11	ボルトカバー	Bolt Cover	40	3
12	ボルト類	Bolts		8
	ボルト M4×110 鉄	Hexagon Head Bolt M4×110 Steel	20	
13	ボルト類	Bolts		10
	ボルト M2×100 鉄	Hexagon Head Bolt M2×100 Steel	30	
14	ボルト類	Bolts		17
	ナット M4 鉄	Nuts M4 Steel	180	
15	ボルト類	Bolts		10
	平ワッシャ M4 鉄	Plain Washer M4 Steel	150	
	平ワッシャ M2 鉄	Plain Washer M2 Steel	60	
16	ボルト類	Bolts		11
	ナット M2 鉄	Nuts M2 Steel	100	
	スプリングワッシャ M2 鉄	Spring Washer M2 Steel	100	
	スプリングワッシャ M4 鉄	Spring Washer M4 Steel	80	
Total				2779

## 3) 組立治具

Nb.	品名 (Japanese)	Item (English)	数量 Qty.	製品重量 Net Weight
				kg
1	ベース	Base	2	160
2	支柱 A (メインユニット支持台)	Support	1	90
3	パイプ (2m)	Pipes	10	21
4	パイプ用クランプ	Clamp	4	10
	パイプ用ジャッキベース	Jack base	2	
	パイプ用固定ジャッキ	Jack	2	
	パイプ用ジョイント	Joint	6	
	Uボルト	U-Bolts	6	
	M0ナット (20個入) 鉄メッキ	Nuts M0	1	
Total				281

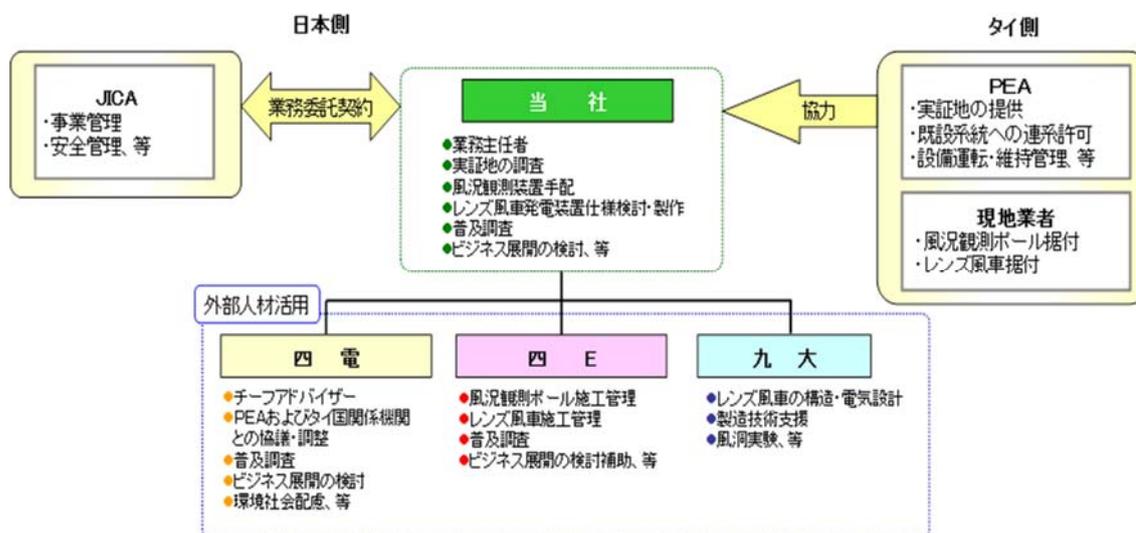
## 4) 工具、治具、消耗品等

Nb.	品名 (Japanese)	Item (English)	数量 Qty.	製品重量 Net Weight
				kg
1	工具箱・A	Tool Box・A	1	30
	ワイヤーストリッパー	Wire Stripper	1	
	圧着工具	Crimping Tool	1	
	ハンダコテ	Soldering Iron	1	
	ハンダ	Solder	1	
	デジタル水平器	Digital Level	1	
	六角軸ドリル (セット)	Drill Set	1	
	六角軸ドリル 4.3mm	Drill 4.3mm	1	
	フレキシブルシャフト	Flexible shaft	1	
	タップハンドル	Tap Handle	1	
	ハンドタップ M2	12mm Tap	1	
	ハンドタップ M0	10mm Tap	1	
	ハンドタップ M8	8mm Tap	1	
	ハンドタップ M6	6mm Tap	1	
	ハンドタップ M5	5mm Tap	1	
	ハンドタップ M4	4mm Tap	2	
	万能はさみ	Cable Cutter	1	
	カッターナイフ	Knife	1	
	ドライバー	Screwdriver	1	
	ペンチ	Pliers	1	
	ニッパ	Cutting Pliers	1	
	ゴムハンマー	Rubber Hammer	1	
	ハンマー	Hammer	1	
	両口スパナ (32×36)	Double-end Wrench	1	
	両口スパナ セット	Double-end Wrench Set	2	
	メガネレンチ セット	Combination Wrench Set	1	
	モンキーレンチ 300mm	Adjustable Wrench	1	
	モンキーレンチ 200mm	Adjustable Wrench	1	
	ソケットアダプター 12.7×19	Socket Adapter	1	
	ラチェット・ソケットレンチ セット	Ratchet・Socket Wrench Set	1	
	六角レンチ セット	Hex Wrench set	1	
	六角レンチ 14mm	Hex Wrench 14mm	1	
	六角レンチ 12mm	Hex Wrench 12mm	1	
	ラチェットレンチ 32×36	Ratchet Wrench 32×36	1	
	電動ドライバーソケット 対辺10mm	Screwdriver Socket 10mm	1	
	電動ドライバーソケット 対辺13mm	Screwdriver Socket 13mm	1	
	電動ドライバーソケット 対辺24mm	Screwdriver Socket 24mm	1	
	電動ドライバー用アダプタ 対辺12.7mm	Screwdriver Socket Adapter 12.7mm	2	
	ソケット 対辺36mm	Socket 36mm	1	
	ソケット 対辺34mm	Socket 34mm	1	
	ソケット 対辺32mm	Socket 32mm	1	
	ロングソケット 対辺36mm	Long Socket 36mm	1	
	ロングソケット 対辺32mm	Long Socket 32mm	1	
	トルクレンチ 小	Torque Wrench	1	
	やすりセット	File and Rasp Set	1	
	ヘキサゴンソケット 幅6mm	Hexagon Socket 6mm	1	
	ヘキサゴンソケット 幅8mm	Hexagon Socket 8mm	1	



## (5) 事業実施体制

本事業の事業実施体制は、図 2.2 に示す通りである。



出典：調査団作成

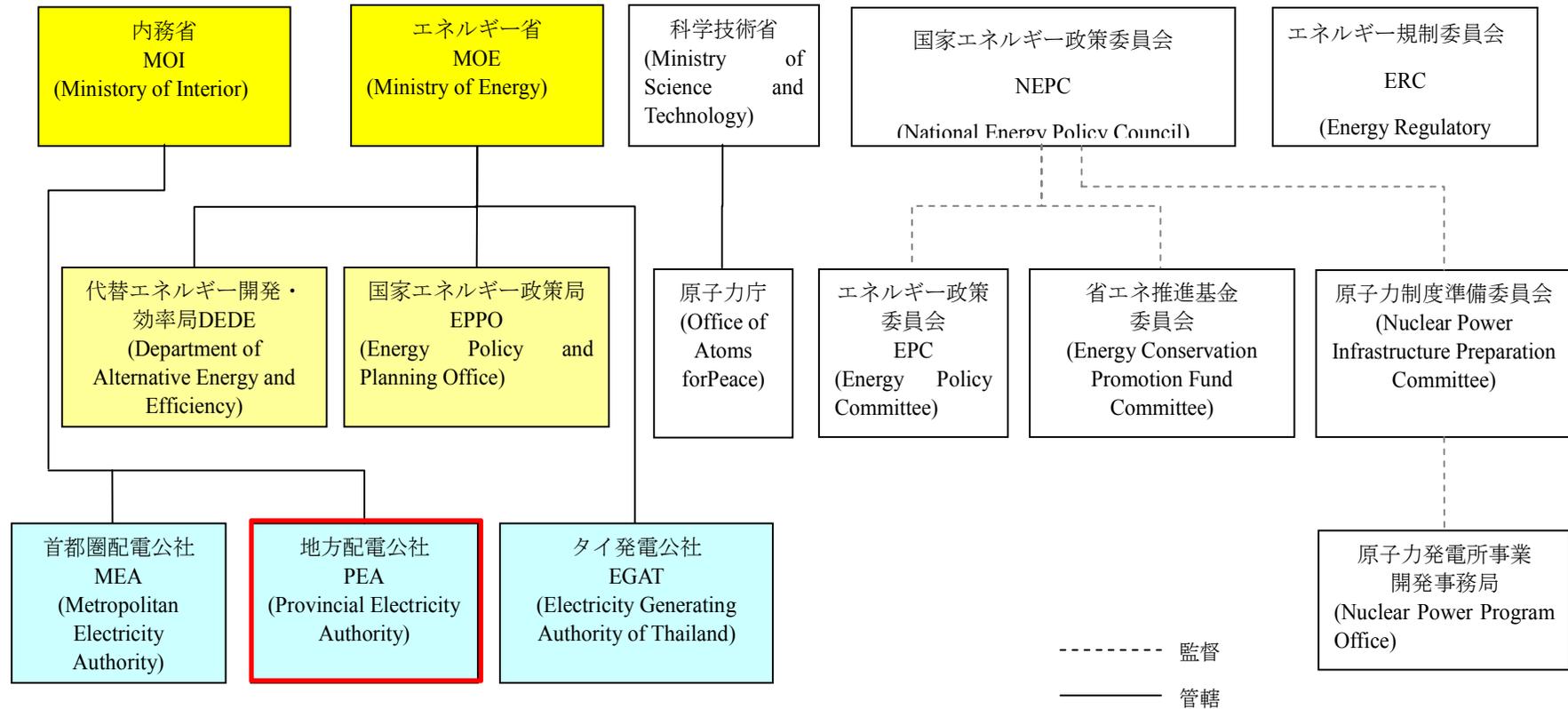
図 2.2： 事業実施体制

## (6) 相手国政府関係機関の概要

本事業のカウンターパートである PEA の情報は下表、図 2.3 および図 2.4 の通りであり、内務省の管轄下に位置し、タイ国内の 76 県中 73 県に電力供給を行っている政府組織である。また、PEA 内での担当は System Planning Department となる。

表 2.5： PEA の概要

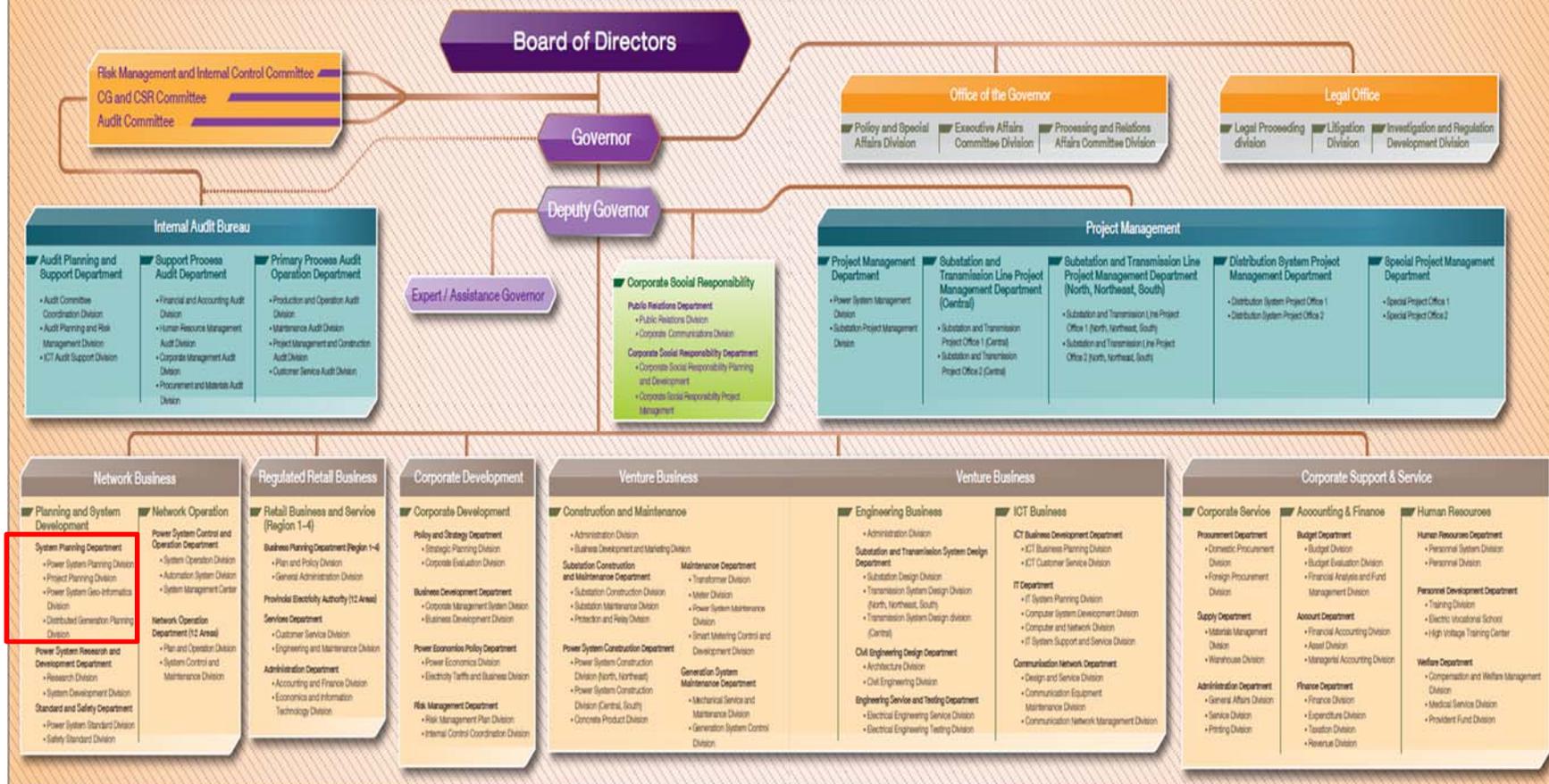
正式名称	PEA (タイ国地方配電公社、Provincial Electricity Authority)
所在地	200 Ngam Wong Wan Rd. Chatuchak Bangkok 10900
設立年	1960 年 9 月 28 日
供給エリア	全土 76 県中 73 県 (約 510,000km <sup>2</sup> 、タイ全土の 99%)
顧客数	約 1,730 万軒 (2014 年 7 月時点)
従業員数	27,804 名 (2014 年 7 月時点)
ピーク需要	約 17,300MW (2014 年 7 月時点) (全電力需要の約 70%)
組織の目的	管轄エリアにおける電力供給
主な業務内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安定的な電力供給</li> <li>・地方電化</li> <li>・再生可能エネルギー／省エネルギーの導入促進、等</li> </ul>



出典：EPPO 資料をもとに調査団作成

図 2.3： タイ国電力規制局関係組織図

# Management Excellence Organization Structure



System Planning Department

出典: PEA

図 2.4: PEA の組織図

### 3. 普及・実証事業の実績

#### (1) 活動項目毎の結果

##### ① 活動1 事前の風況調査

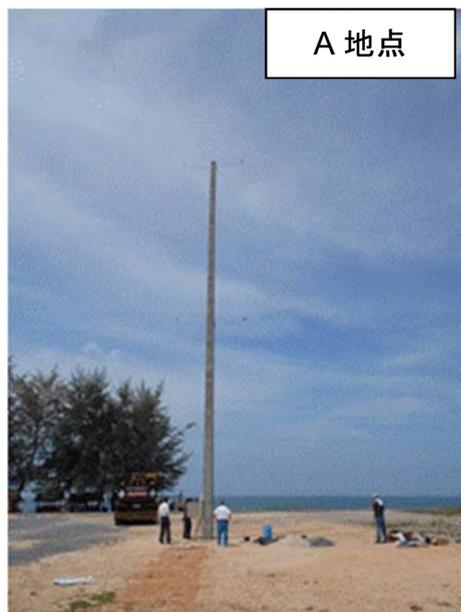
###### (ア) 施工業者との事前打合せ

第1回現地調査(2015年5月)において、サイトにて現地施工業者(TECHNIQUE REFORM社)へ風況観測装置の基礎工事・装置の設置方法、またレンズ風車の基礎工事・レンズ風車の設置方法について、鹿児島高専設置の写真説明を実施したうえで、双方で具体的な風況観測装置、レンズ風車、配管・配線、インバーターの設置場所について確認し理解を得ることができた。

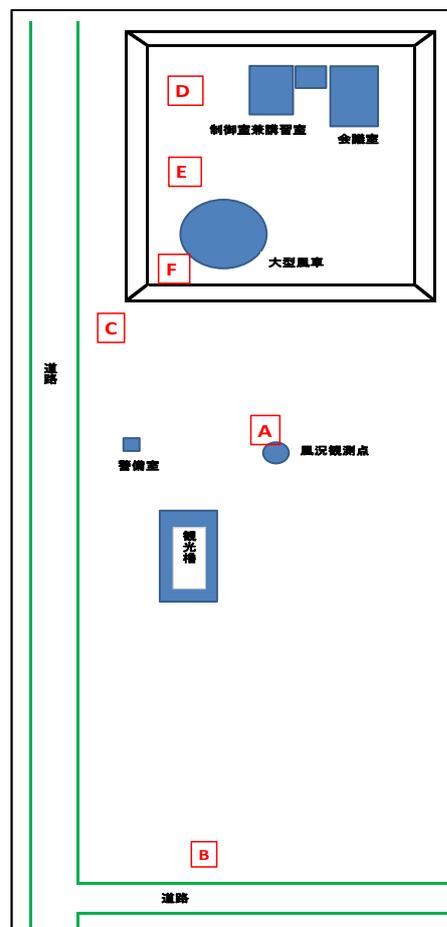
しかしながら、1年間の風況観測の結果、当該サイトの風況が当初想定値より大幅に低いことが判明したことから、導入レンズ風車を当初計画の3kW×2台から10kW×1台に変更することとなった。そのため、この変更に伴う工事内容の変更について、第5回現地調査(2016年6月)にて、現地施工業者と協議を実施し、実施内容・工事金額等について再度合意を得た後に工事を実施している。

###### (イ) 風況観測装置の設置

2015年7月、基礎工事を行い、風況観測装置のためのハイポールを設置(22m)し、ハイポールの10mと20mの高さの位置に風速計・風向計を設置した。

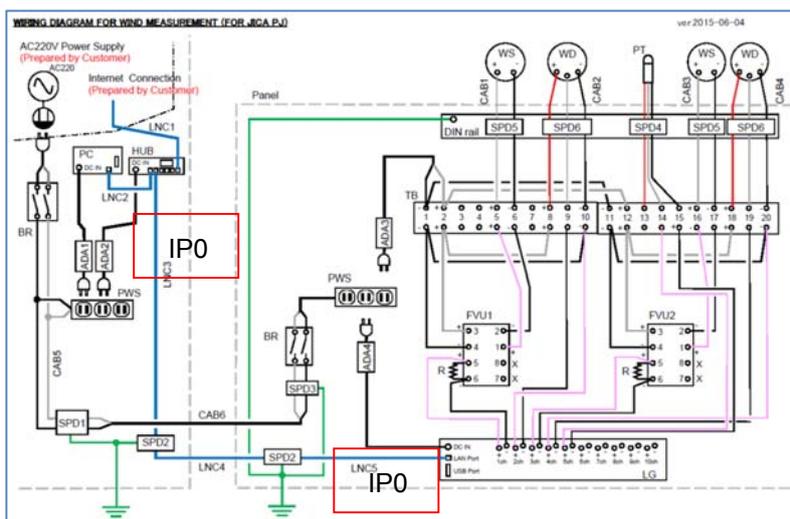


[風況タワー：A 地点]



### (ウ) データロガーBOX、LAN ケーブルの設置

ハイポールの下部にデータロガーBOX を設置し、風況データが記録できることを確認した。LAN ケーブルの設置については、ハイポールから PEA 制御社屋 までの約 150m に LAN ケーブル埋設工事を行った。下記のとおり、制御室に設置した PC と LAN ケーブルを介した接続確認を行ったものの、LAN ケーブルの長い配線が原因で通信不良となり、第 2 回現地調査 (2015 年 7 月) ではインターネットへの接続が確認できなかった。



LAN ケーブルの通信不良に対しては第 4 回現地調査 (2016 年 1 月) にて、IP03 のアンプを導入することで制御室に設置した PC にインターネット接続することが可能となり、現地ロガーに蓄積されているデータを日本で取得することに成功した。現在リアルタイムで風況観測をすることが可能となっている。



[アンプ設置後のサイト画面]



タイ現地パソコン



日本 RW 社パソコン

2016年9月時点で問題となっていたロガーのデータ転送不良はその後の調査でロガーメーカーのソフトバグと判明した。今後は発電量の収集も必要なため、後述する【制御機通信アプリソフトの開発】の中でブレーキユニットにロガー機能を持たせ、円滑にデータ収集ができる対応とした。

### (エ) 風車設置場所の決定

当初、3kW×2台のレンズ風車の設置場所は、ケーブル線の通信不良の問題を回避するため出来るだけサイトの制御室に近く、かつ風況が良い場所として、下図のEおよびF地点を選定していた。



しかしながら、1年間の風況観測の結果、当該サイトの風況が当初想定値より大幅に低いことが分かり、少しでも多くの発電量を確保すること、またデモ機としての価値を高めることを目的に、導入レンズ風車を、3kW×2台から10kWマルチ型×1台と変更することになった。その変更に伴い、設置作業の容易性等を総合的に判断して、導入レンズ風車の建設位置をE地点とした。

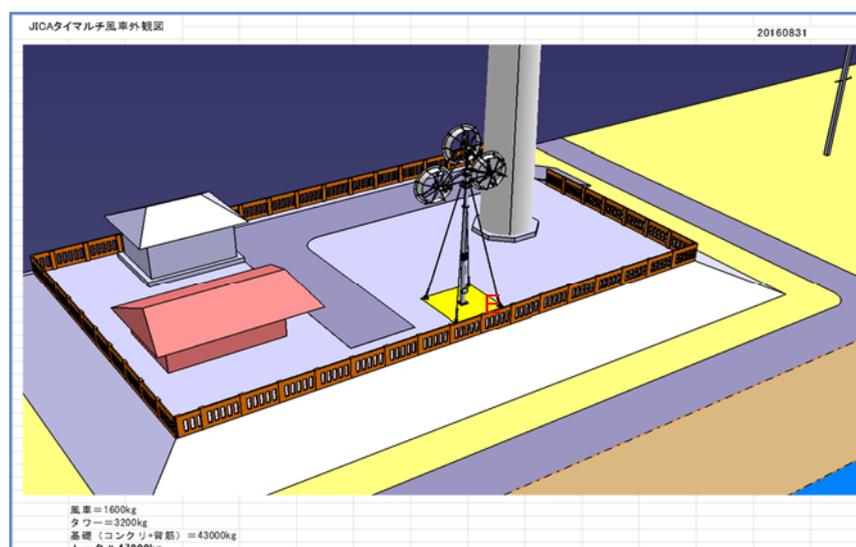


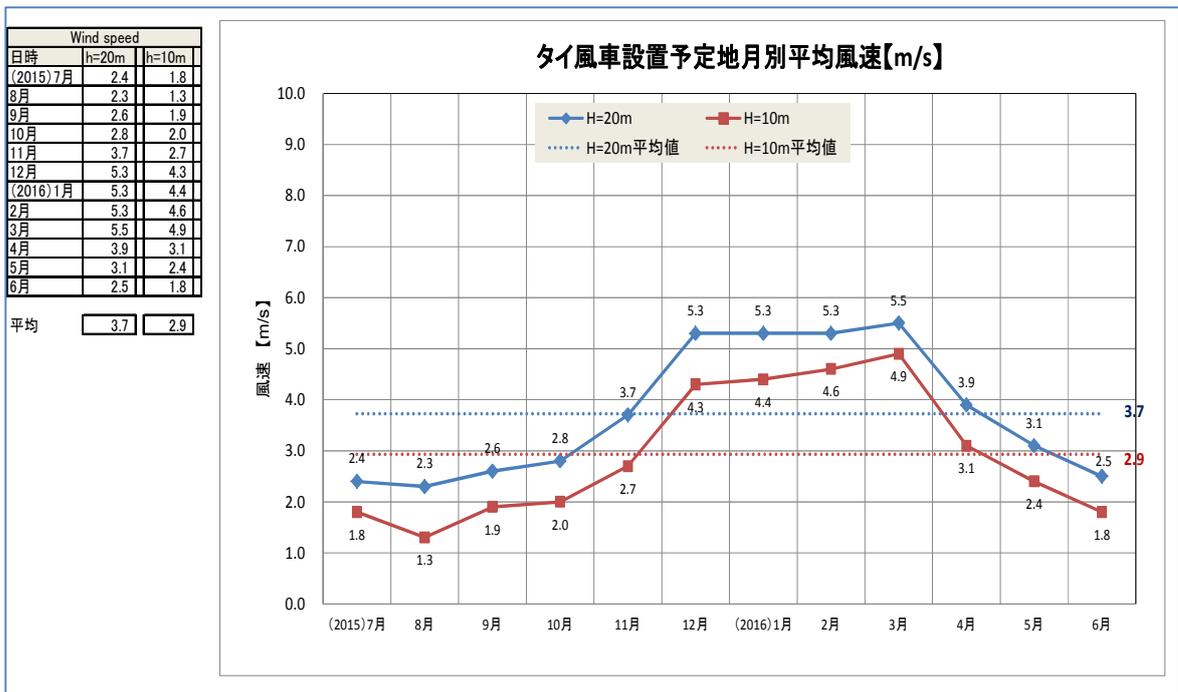
図 3.1 : 建設位置

(オ) 風況データ分析

2015年7月から2016年6月の風況データを分析した結果、当該サイトの風況が当初想定値（年平均4.6m/s）より大幅に低い（年平均2.9m/s（高さ10m）、3.7m/s（高さ20m））ことが判明した。

レンズ風車を導入し、発電量の評価を行うためには、高さ20m以内で年平均風速4.0m/s以上の風況が必要であるが、その必要条件を満たしておらず、発電量の評価を行うサイトとして不十分との判断に至っている。

表 3.1： 風況データ



しかしながら、当該サイトの風況を2018年3月まで計測し、分析した結果、当該サイトの風況について以下の結果を得ることができた。

【年間の風況】

タイの現地サイトで、2015年7月から2018年3月まで2年半に亘り、20mポール（旧風況ポール）で10m高さ、20m高さの風速、風向を計測、および2017年7月からは10kWマルチレンズ風車から約16m離して東側に新風況ポールを設置し、風車重心の海面高さ16.5mの位置で風速、風向を測定した。年間平均風速を上記3カ年について下記の表3.2にまとめる。対応する各年度の月ごとの風速時系列は図3.2から図3.4に示す。

表 3.2 : 2015-2017 年度における年平均風速 (\* 高さ 20m データから 1/5 乗則で外挿)

年度	高さ 20m	高さ 10m	風車高さ 16.5m
2015 年度 (7 月から)	3.91m/s	3.10m/s	*3.76m/s
2016 年度	3.68m/s	2.88m/s	*3.54m/s
2017 年度 (20m ポール と新風況ポール)	—	—	3.10m/s

この結果、風車高さ 16.5m (台地 3m 高さ + 風車重心高さ 13.5m) では上記 3 年間にわたり、年間平均風速は 3.10-3.76m/s で風車導入には不敵な風況である。風向としては海からの風と陸からの風の主に 2 方向であった。



図 3.2 : 2015 年度 月ごとの平均風速 2015.7 月-2016.6 月

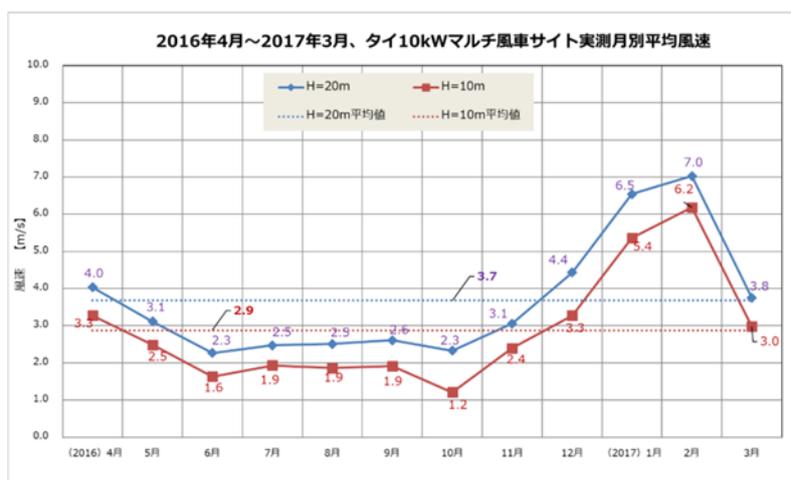


図 3.3 : 2016 年度 月ごとの平均風速 2016.4 月-2017.3 月

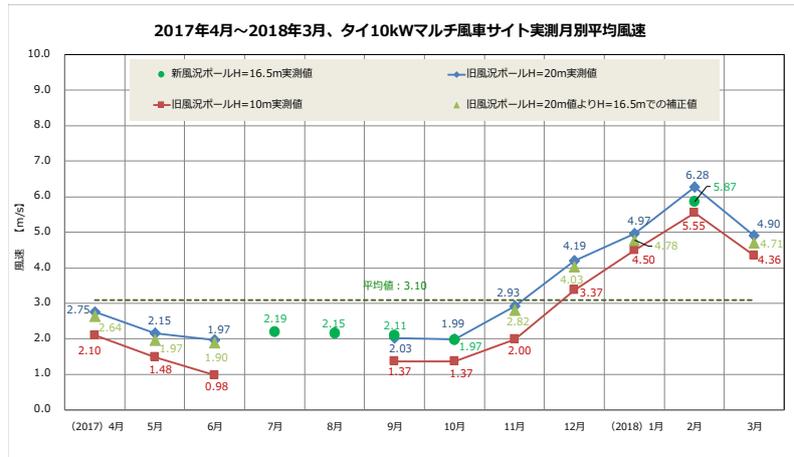


図 3.4： 2017年度 月ごとの平均風速 2017.4月-2018.3月

【新旧の風況ポールでの観測データ比較 高さ 16.5mで比較】

表 3.3： 観測した平均風速の比較

平均風速	2017年 7月	8月	9月	10月	11月	12月	2018年 1月	2月	3月 (17日)	平均
旧: 20mポール 16.5mへ補正(*)	—	—	1.92	1.92	2.82	4.03	4.78	6.04	4.71	
新: 風車横ポール 16.5m高(**)	2.19	2.15	2.11	1.97	—	—	—	5.87	—	

- (\*) (旧ポール) 高さ 20mのデータをべき法則 1/5 で高さ 16.5mのデータへ補正
- (\*\*) (新ポール) マルチ風車重心高さで海拔高さ 16.5m (台地が 3m高さ+風車重心高さ 13.5m)、新ポールは 2017年 6月末に設置された。

2017年 9月、10月および 2018年 2月は両ポールのデータで比べられ、ほぼ等しいが、新ポールのデータは建物の影響を受けている。その理由は下記写真に示すように新ポールは計測室建物のすぐ海側に建設されたため、西風（陸からの風）が建物に阻害されて、正しい風速を評価できないと推測される。2018年 1月-3月において上記兆候の風速データが見受けられたため、2018年 2月を除いて（2月は 16日を除いて海風（東風）でほぼ一定で建物の影響は小さい）、旧風況ポール（20mポール）のデータをすべての評価に使った。



10kW マルチレンズ風車と新風況ポール（2018.3月）

#### 【季節的特徴】

図 3.2 から図 3.4 の月間平均風速の時系列から次の特徴が明らかになった。

1. タイ現地での1年間の風況は風が弱い期間と比較的強い期間に2分割される（図 3.5）
2. 風が弱い期間：5月--10月の半年間、風が比較的強い期間：11月--翌年4月の半年間において、高さ20m地点で以下の風速データが得られた。  
2015年度： 7-10月の弱風期間は2.53m/s、11月-3月の強風期間は5.52m/s  
2016年度： 5-10月の弱風期間は2.55m/s、4月と11月-3月の強風期間は4.80m/s  
2017年度： 5-10月の弱風期間は2.05m/s、4月と11月-3月の強風期間は4.14m/s
3. 3年間のデータより、11月から翌年4月くらいの半年間は平均風速が4.82m/sほどあり、小型風車が十分役に立つ。しかし、それ以外の半年間5月-10月は2.38m/sで非常に低い。
4. 年間平均風速は3.1-3.8m/sで、数値を見ると風車を導入できる平均風速ではないが、11月-翌年4月までの半年間で評価すると、風車運転が可能であり、電力を稼ぐことが可能である。
5. タイの場合、海岸線、離島で使用する場合、このような季節的な特徴を把握し、11月から翌年4月くらいまでは風車を実用できるが、5月から10月の弱風時にはディーゼル発電とのハイブリッド化を検討すべきであろう。

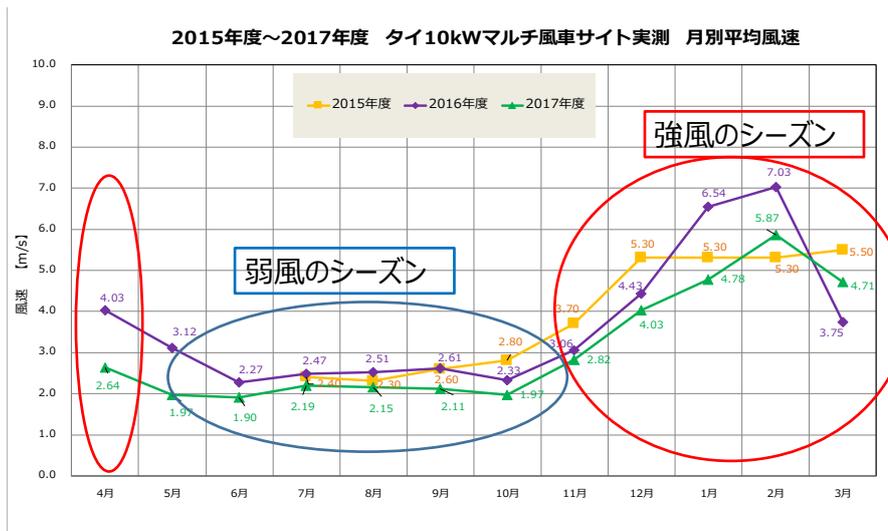


図 3.5： 2015年度-2017年度 タイ 10kW マルチ風車サイト実測 月別平均風速

【風向・風速の安定性】

観測データを月別、日別に分析した結果、当該サイトの風向・風速について以下の結果が得られた。

1. 特に1月-3月の風は海風が卓越し、風向が大変に安定し、かつ風速も変動が小さい（図 3.6）
2. 2018年の2月初旬の1週間データは風向・風速の安定性を示した（図 3.6）
3. 風向の安定は風車発電のロスが小さい。風向変動追従による発電ロスが小さい。

以上の兆候を示す期間、ある風況状態では、日本の同じ風車システムより発電量が大きくなると推測する。

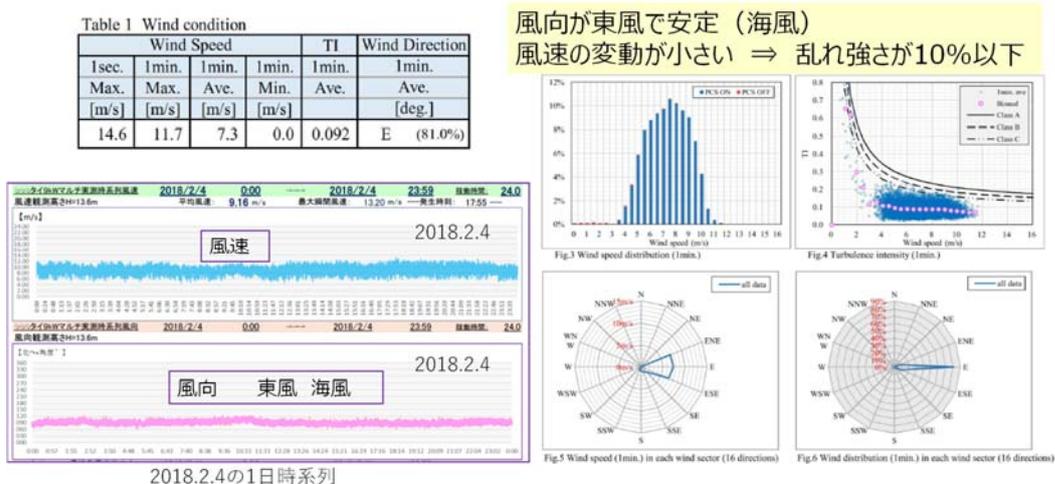


図 3.6： 2018.2月1日-8日の約1週間の風況（この期間は風向・風速が非常に安定）

#### (カ) 実証サイトの代替候補地調査

前述の通り、1年間の風況観測の結果、当該サイトの風況が当初想定値（年平均 4.6m/s）より大幅に低い（年平均 2.9m/s（高さ 10m）、3.7m/s（高さ 20m））ことが分かり、この風況下では、改良したレンズ風車（3kW×2台）を導入したとしても、十分な発電量が見込めないことが判明した。そのため、第5回現地調査（2016年6月）にて、実証サイトの代替候補地の調査を2箇所実施したが（巻頭写真：今後の方針に関する現地調査を参照）、サイトを変更しても条件が大きく有利にならないことが明確となったため、実証サイトは変更せず現サイトで事業を継続した。

#### (キ) 導入設備の変更（3kW 備の台→10kW マルチ型×1台）

前述のとおり、1年間の風況観測の結果、当該サイトの風況が当初想定値より大幅に低いことが分かり、この風況下では、改良したレンズ風車（3kW×2台）を導入したとしても、十分な発電量が見込めないことが判明した。そのため、関係者間にて、本事業の主目的を、レンズ風車の発電量や費用対効果等を評価する「低風速域での発電性能を実証する」ではなく、発電効率や静粛性等を評価する「デモ機として導入し、レンズ風車の有用性を実証する」へ変更するとともに、少しでも多くの発電量を確保すること、またデモ機としての価値を高めることを目的に、3kW×2台から最新型 10kW マルチ型×1台の導入へ変更することで合意し、本事業を実施した。

#### (ク) レンズ風車の現地最適化

##### 【ブレード（羽）の改良】

強風時の制動動作はブレード（羽）の根元に大きな圧縮荷重を発生させるが、軽量化対応の CFRP（炭素繊維プラスチック）ブレードでも同様の現象が発生する。今回 GFRP（ガラス繊維プラスチック）+CFRP の合成構造で急制動時の荷重にも耐え得るブレードの開発を行った。

東南アジア等の台風など、強風時の急制動対策として採用した。試験を実施した結果、10,000回の急制動試験もクリアできた。



##### 【ディフューザ（集風体）の改良】

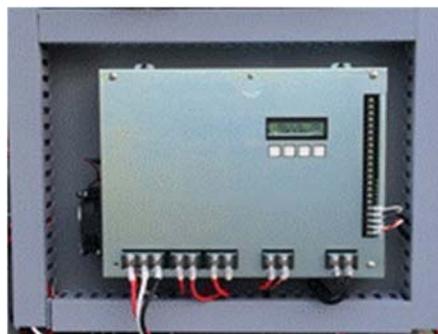
従来の錨高さ 10%のディフューザ（集風体）では風圧抵抗を大きく受けるため、7.5%の錨高さに改良した。渦の変化（負圧）による性能ダウンはブレードの長さを改善（ハブ高さ）することにより、カバーできた。この変更により、強風時のタワーの安全率を向上させることができる。東南アジア等の



万一の強風の対策として採用した。

#### 【系統連系制御機】

タイ現地仕様（230V）の系統連系制御機を開発した。右写真は制御装置の前部に設置するブレーキユニット。この部分で大きく変動する風車の電圧を制御し、安定的に制御装置に電力を供給できるようになった。



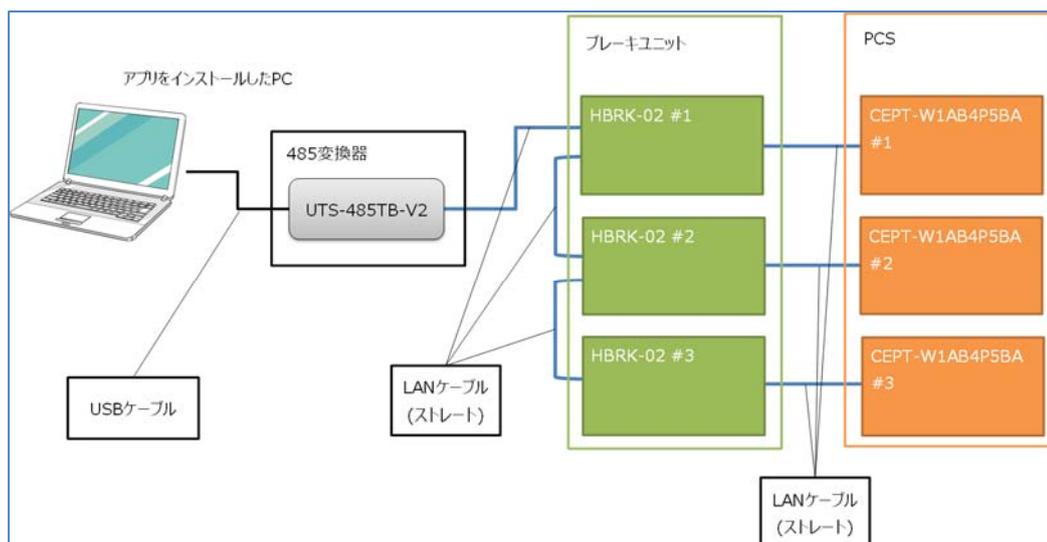
#### 【地盤強度データを基に風車タワーの強度計算】

第6回現地調査（2016年11月）にて依頼していたレンズ風車の建設地点における地盤強度試験の結果をもとに、風車タワーの強度計算を実施し、問題がないことを確認した。

#### 【制御機通信アプリソフトの開発】

先に開発した系統連系制御機に通信専用アプリソフトを開発した。このソフトにより日本からインターネットを介してインバータ内の風車制御パラメータの設定を可能とした。主な特徴は以下のとおりである。

1. 風車制御用パラメータの遠隔設定が可能
2. インバータ（PLC）の遠隔操作が可能
3. 発電量・回転数・電圧・電流の遠隔データ収集が可能
4. 各種メンテナンス設定の遠隔操作が可能



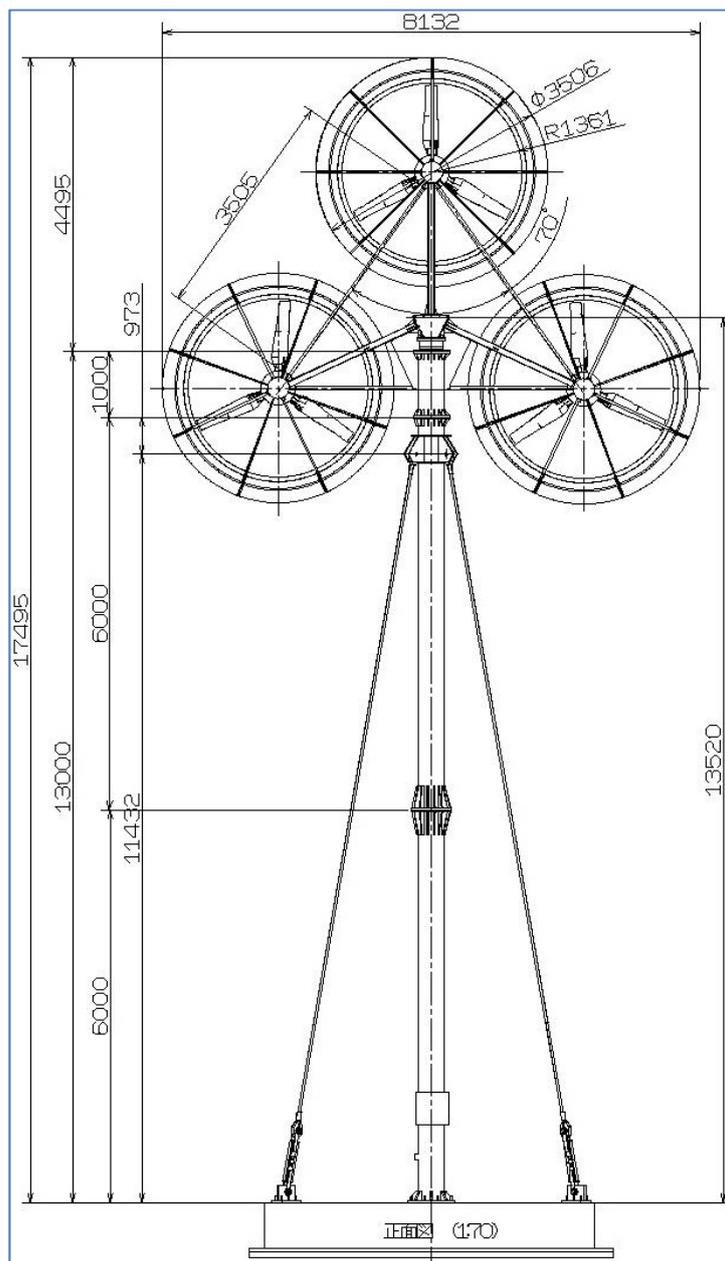
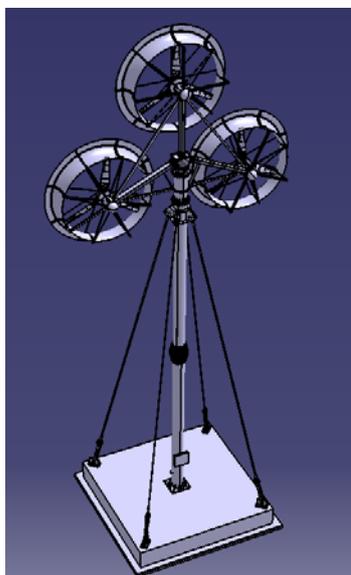
画面表示

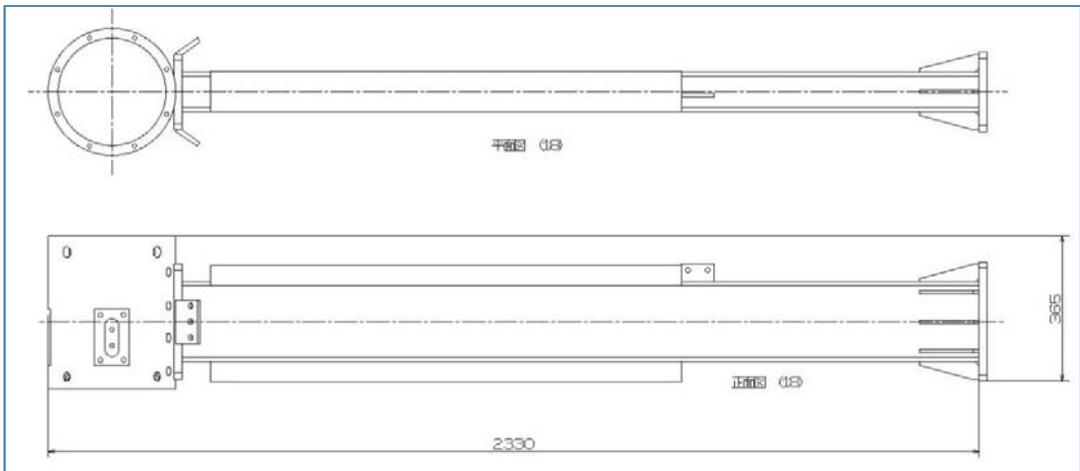
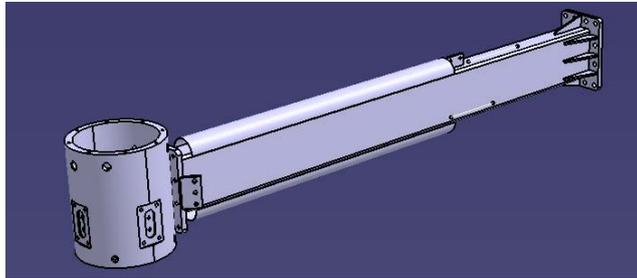
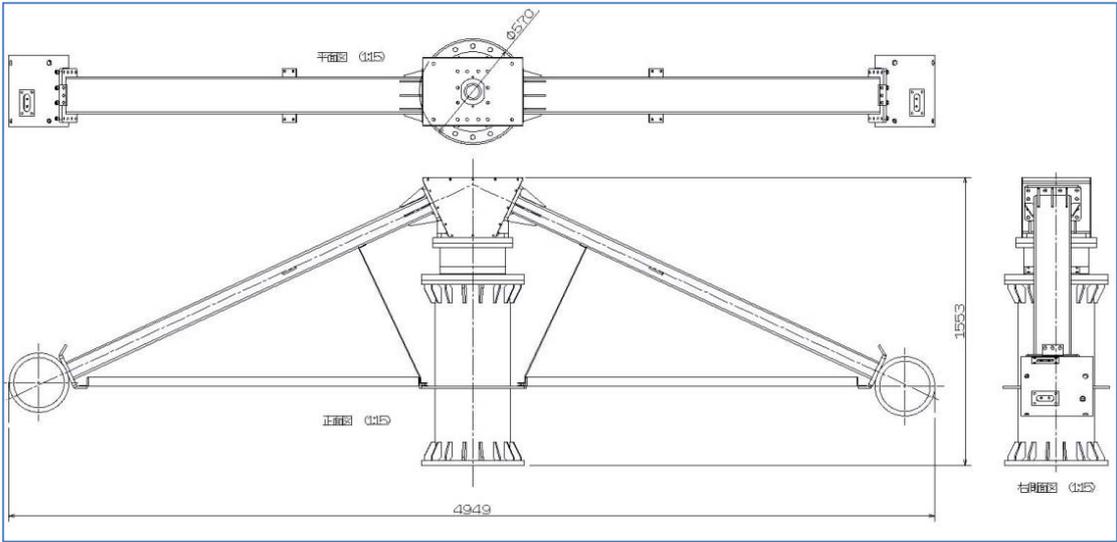
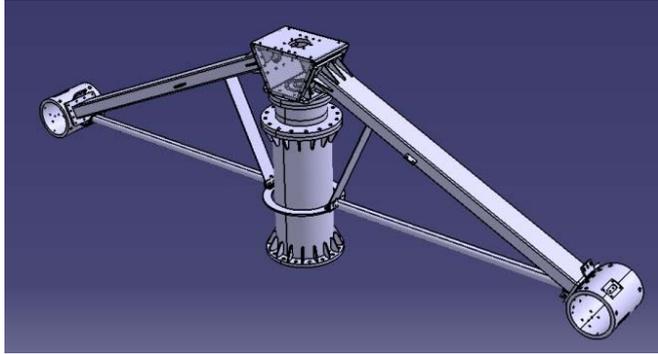


## ②活動2 機材の製作・輸送・設置

### 活動2-1 系統連系型レンズ風車を用いた発電設備 10kW×1台の設計を行う

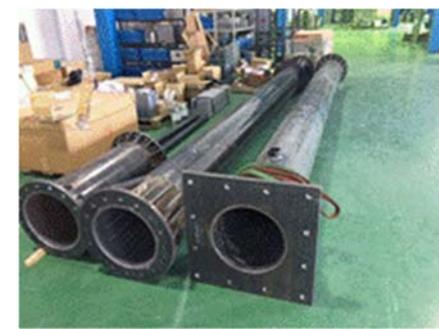
現地輸送コストを考慮し、タワーの設計の見直しを行った。その結果、タワー部を積載可能な6m・6mで構成し、残り部分を支柱構成部とする設計に変更した。





## 活動 2-2 部材中間組み立て（製造）のため部材を発注する

10kW マルチ型建設業務計画（案）を作成し、今後のスケジュールについて検討を行った。その結果、2016年11月中旬までに部品を手配、集荷し、下記内容で大阪ハンダ技研にて検査および中間組立を実施した。また同時にタワー部材の仮組と平行度の確認を実施した。



### 活動 2-3 日本から機材を輸送する

納期短縮のため、先行して基礎工事部材を別送付した。また、それ以外のタワー部材・現地組み立て部材・マルチレンズ風車本体については、輸送の効率化を検討し、博多港から実証地まで、一気通貫で海運貨物取扱業者に委託して輸送することとした。

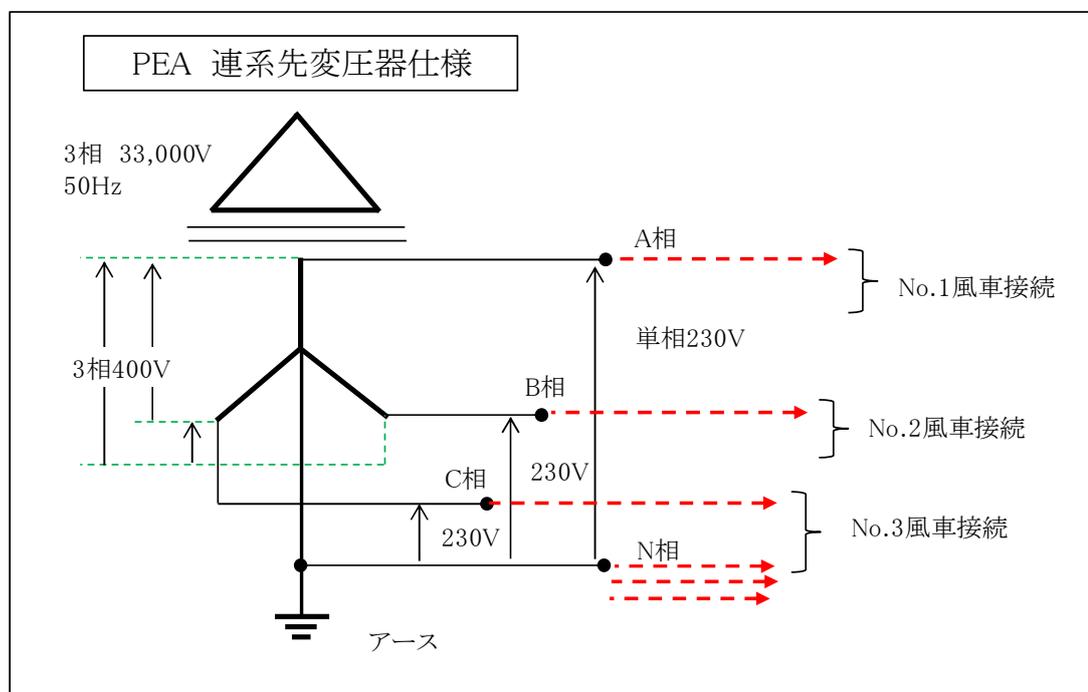


## 活動 2-4 PEA への系統連系の手続きを実施する。同時に現地仕様のインバーターを用いて電圧の安定度についても調査する

サイトの電源構成の調査結果に基づき、電圧安定度面および PCS（パワーコンディショナー）の保護装置との協調面から、安定な運転が維持できるよう連系接続変圧器の仕様設計を行った。

10kW レンズ風車を単相接続する場合は、PEA 側変圧器の電流がアンバランスとなるため、3 台ある風車部分 1 台ずつを A,B,C 各相と中性相に分担する結線法とし、電流のバランス化を図った。（下図参照）

また、PCS が日本の標準品 単三 200V 非接地仕様であるため、風車側に 230/200V の絶縁変圧器を設置した。



また、PEA に対し風車 PCS の仕様を提示するとともに適切な保護協調のもと系統への事故波及が発生しないよう検討協議した。

さらに系統の短時間停電が 2 日に 1 回程度と多いことから、現地据付工事後に実施した PEA との協議により、復電 2 分後に PCS がリスタートする設定を行った。

## 活動 2-5 四電エンジニアリング施工管理のもと、現地業者にて据付工事の実施

### (ア) 基礎工事

#### 【事前打合せ】

第6回現地調査（2016年11月）において所掌範囲、作業手順、スケジュール等について事前打ち合わせを実施した。

また、鉄筋のミルシートならびにコンクリート配合計画書等により、使用材料の品質確認を行った。

#### 【現地作業】

2017年2月6日-2月18日の間において10kW マルチレンズ風車の基礎工事を行い、四電エンジニアリングが施工管理を実施した。

#### 【位置決め】

PEA ならびに現地業者と建設位置を測量し、PEA が所有する既設 1.5MW 風車の埋設高圧電力ケーブルへの影響を避けるため、当初設計位置より若干海側へ移動させる事を決定した。



#### 【掘削】

現地業者にてバックホーを使用して掘削作業を行った。

設計値 縦 6m 以上×横 6m 以上

深さ GL-750mm-50mm-+0m

実測値 縦 6m×横 6.5m 深さ GL-750mm



#### 【平板載荷試験】

掘削面が十分な強度を確保していることを確認するために、平板載荷試験を実施した。試験は日本国内における方法と同様の手順で実施した。



### 【配筋】

強度設計書および施工図に従い、配筋の組立作業を行った。

〈コンクリートかぶり〉

設計地 60mm 以上

実測値 80mm 以上

〈鉄筋ピッチ〉

設計値 200mm±20mm

実測値 200mm



### 【コンクリート打設】

現地の温度が 28℃まで上昇し、暑中コンクリートの打設となったため、型枠、鉄筋を十分に冷やすとともに、コンクリートの温度上昇を抑えるために、コンクリートの練り始めから打ち終わりを 90 分以内（14:00-15:30）で終了させた。



### 【型枠外し】

コンクリート打設より 6 日後、コンクリートが十分固まった事を確認して型枠を外し、表面の仕上げ作業を行った。



【実績工程】

工種	2017年							
	2/6	2/7	2/8	2/9	2/10	2/11	～	2/16
位置出し	■							
掘削	■	■						
捨てコンクリート打設		■						
鉄筋加工			■	■				
配筋				■	■			
埋設物セット				■	■			
型枠					■			
コンクリート打設					■			
平板載荷試験						■	■	
型枠外し								■
埋戻し								■

(イ) 風車据付

2017年3月13日-3月18日の間において四電エンジニアリングの施工管理のもと現地業者により10kWマルチレンズ風車の据付工事を実施した。

【着工前打合せ】

風車建設前に作業手順、スケジュール、安全事項、クレーン作業時の合図確認等について打合せ、安全教育を行った。



【タワー据付】

25t クレーンと高所作業車にてボトムタワーとミドルタワーを基礎上に据付けた。



タワー上部で水準器で測定  
四隅のワイヤーで調整

設計値

1%以内 (水準器で 0.6 以内)

実測値

min0%-max0.3%(水準器で 0.2 以内)



### 【風車組立】

地上でダブル風車とシングル風車のブレード、ナセル、発電機ディフューザの組立、配線等の作業を行った。



ディフューザー、ブレード間のギャップ測定

設計値 30mm±10mm

実測値 min27mm-max33mm



### 【埋設配管・配線】

風車の短絡ボックス-コントロールルームの制御盤までの間に 10sq の動力ケーブル 3 本および 2.5sq の制御ケーブル 3 本を RF フレックスチューブで地中に埋設した。



### 【接地抵抗測定】

風車本体及び短絡ボックスのアース線をアース棒に接続し接地工事を行った。

#### D種接地工事

設計値 100Ω以下

実測値 9.2Ω



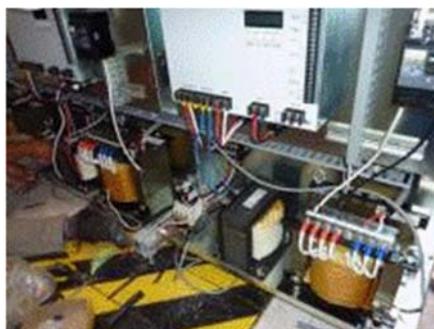
### 【短絡ボックス取付】

短絡ボックスを風車タワーの下部に取付し、風車からの5.5sqの発電機ケーブル3本および0.75sqの信号ケーブル3本、コントロールルーム制御盤への10sqの動力ケーブル3本および2.5sqの制御ケーブル3本の配線作業を行った。



### 【制御盤据付】

コントロールルーム内に制御盤を据付し、既設系統分電盤から受電用ブレーカーまでの配線、PCSユニット、トランスブレーキユニット等、全ての配線作業を行った。



### 【抵抗器盤据付】

コントロールルームの裏(屋外)に抵抗器盤を据付、ブレーキユニット-抵抗器盤の配線作業を行った。



### 【受電電圧測定】

既設系統分電盤-受電用ブレーカーの1次側まで受電後、受電電圧を測定した。

設計値 230V±5%

実測値 233V

周波数 49.95Hz



### 【試運転調整】

系統連系後、試運転を実施し、各種データを測定した。

風車 SCADA

モニター画面表示

風車3台の発電を確認



### 【風車完成】



【実績工程】

工程	2017					
	3/13	3/14	3/15	3/16	3/17	3/18
風車タワー据付	■					
風車組立(地上)		■				
モルタル流し込み		■				
接地抵抗測定		■				
風車上架・組立			■			
抵抗器盤据付			■			
短絡BOX取付			■			
埋設配管・基礎埋戻し			■			
風車制御盤配線・据付				■		
系統連系・試運転					■	■

(ウ) 6ヶ月点検

リアムウインドが風車建設後、6ヶ月が経過した段階で2017年9月12日-9月14日の間において必要な法定点検を実施した。点検は、6ヶ月点検チェックリストおよび工程表に準じて実施した。点検結果は以下のとおりであった。

- ・ ハブとシャフトの隙間に塗装の流れ込みが見つかったため、修繕した。
- ・ 風速計内の配線固定ビスの取り付けミスが見つかったため、修繕した。また、端子キャップからの雨水侵入対策を実施した。
- ・ ボルトのトルク値・腐食状況・各重要管理項目・発電性能等の点検を実施したが、異常は認められなかった。
- ・ 制御機・インバータの点検を実施したが異常は認められなかった。

【実績工程】

工程表  
Process sheet

作成日:2017.09.07

10kWマルチ風車 定期点検

部長	担当
	Yumisashi

時間	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>工事種目</b>									
<b>9月12日</b>									
1、打合せ Meeting		→							
2、高車のセット、ヨー固定 Place the Aerial work vehicle, and Fix the Windturbine		→							
3、風車点検 ・1～3号風車 Inspection of WindTurbine No.1～2～3 ・中間タワー Middle Tower			No.1 →		No.2 →	No.3 →	Middle Tower		
4、風速計点検 Inspection of Anemometer							Anemometer →		
5、ヨー固定解除、高車解除 Release the Aerial work vehicle and Windturbine									→
6、ブレーキユニットの交換3台 Change the Brake unit			→						
7、データ採取 Take Logging data		→							
8、ロガー設定変更 Change Logger setting									→
9、運転確認 Operation									→
<b>9月13日</b>									
1、風車点検 下部タワー、基礎 Bottom Tower, Foundation		→							
2、運転確認 Operation									→
3、通信、データ確認 Confirm communication and logging data									→
4、片付け、その他 Organize									→
<b>9月14日</b>									
1、運転確認 Operation									→
2、通信、データ確認 Confirm communication and logging data									→
3、片付け Organize									→

③ 活動3 実証活動

活動 3-1 モニタリングを通して実証地における発電効率、低風速下での発電性能、静粛性等の有用性を実証する

レンズ風車建設後、1年間の実証結果を以下に示す。

- (ア) 年間平均風速が 3.1m/s (2017 年度) と大変低い (図 3.7) が、年間積算発電量は約 4000kWh (系統接続) を達成した (図 3.8、図 3.9)。
- (イ) 系統への送電効率は 88% の高効率を達成 (図 3.8) した。
- (ウ) 強風時 (例 2018.2.1-2.8) は高いパワー係数  $C_p$  を示す (図 3.10、図 3.11)。
- (エ) 年間設備利用率が 4.6% になり、3.0m/s での通常風車 (3.5-4.0% : 小型風車導入手引書 (第 1 版、2012.7) ) の値より大きい (図 3.12-図 3.14)。
- (オ) 上記の理由は 2 つ考えられる。1 つ目の理由はレンズ風車システムが高効率であること、2 つ目の理由はタイのサイトの風況特性として 1 月-3 月は風向が安定 (図 3.6) しているためである。

図 3.7 には 2017 年度の一年間の月別平均風速の時系列を示し、図 3.8 には対応する月別発電量を示す。年間平均風速が 3.10m/s と非常に低いにも関わらず、年間総発電量は約

4,000kWhに達し、通常の小型風車に比べ高い設備利用率を示す(図 3.9)。

図 3.7 に示すように、特に 2017 年 11 月、12 月は月間平均風速に対して高い設備利用率を示す。2018 年 1 月は数日間、マルチ風車の #3 ユニット機の制御器部品交換などで運転停止した。その関係で少し発電量が低くなり、低い設備利用率となった。2 月も月間平均風速 5.87m/s に割には少し低い発電量である。

一年間を通して 5 月 - 10 月の半年間は発電量が非常に小さい。11 月 - 翌年 4 月は高い発電量を達成しているのが特徴である。

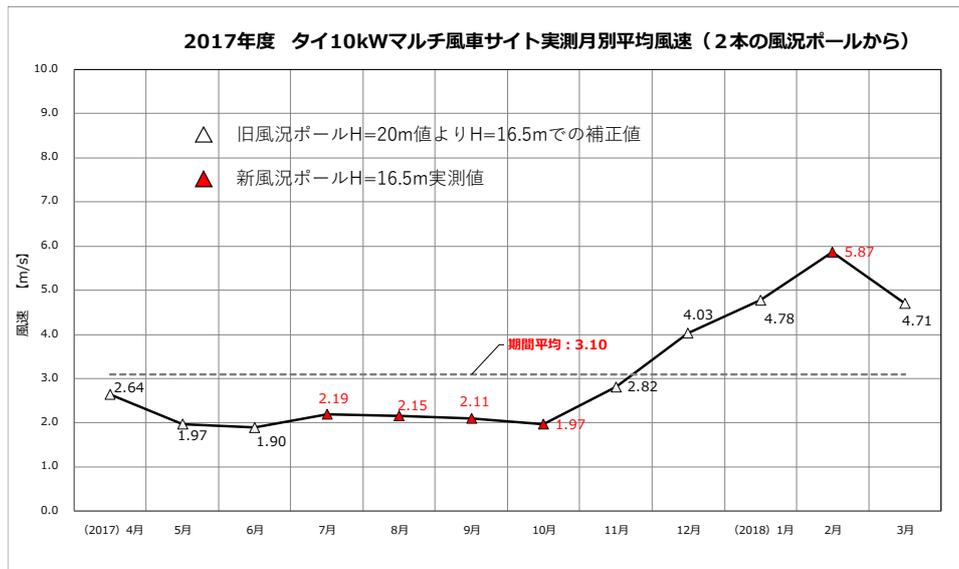


図 3.7： 2017 年度（2017.3 月 - 2018.3 月） 風車導入後の 1 年間 月別平均風速

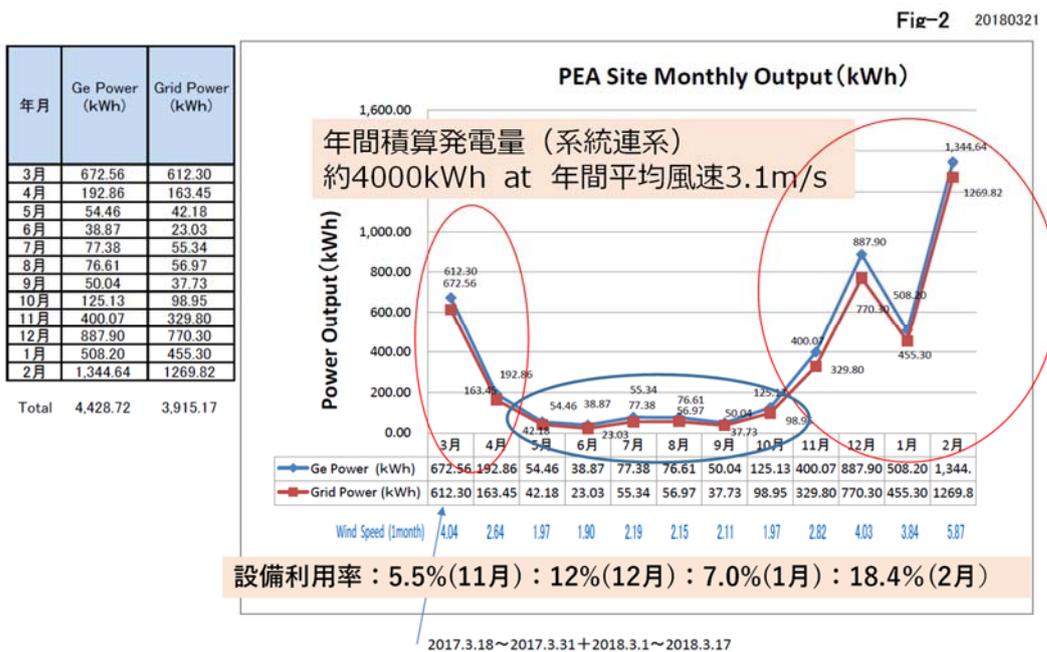


図 3.8 : 2017 年度の月別発電量 2017.3 月 18 日-17 日

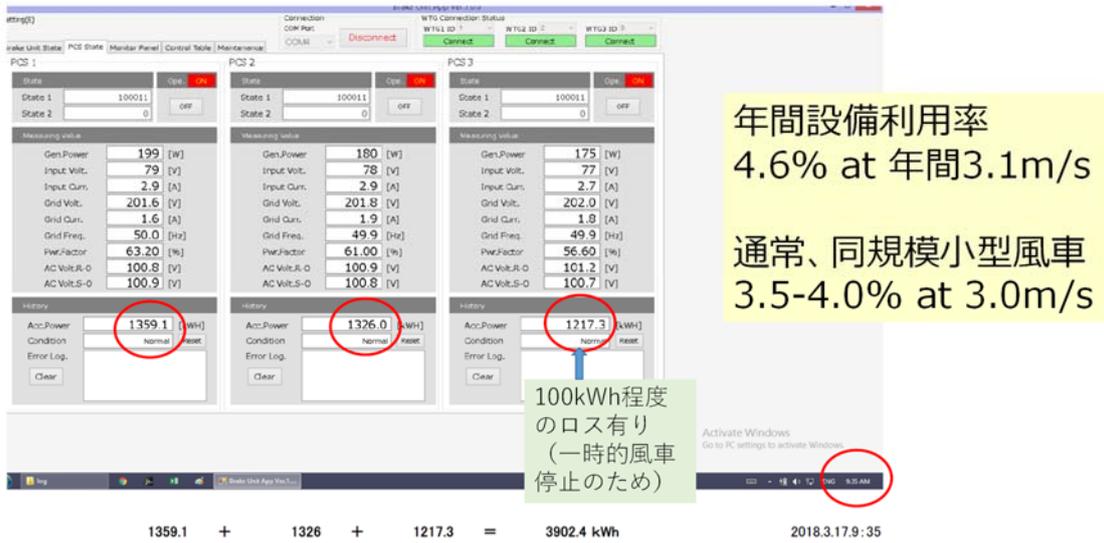


図 3.9 : 年間積算発電量 2017.3 月 18 日-17 日 4,000kWh 達成 at 年間平均風速 3.0m/s

**Performance data of RW10K-M-THAI-3 for PEA Project**

Cha Thing Phra, Sathing Phra, Songkhla, Thailand 90190 (7.460058N, 100.449888E)

RW10K-M-THAI-03

CuIB7.5% Diffuser Dia.: 3.50m Rotor Dia.: 2.66m

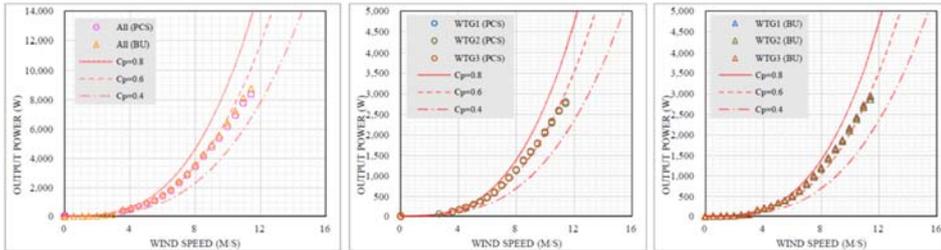
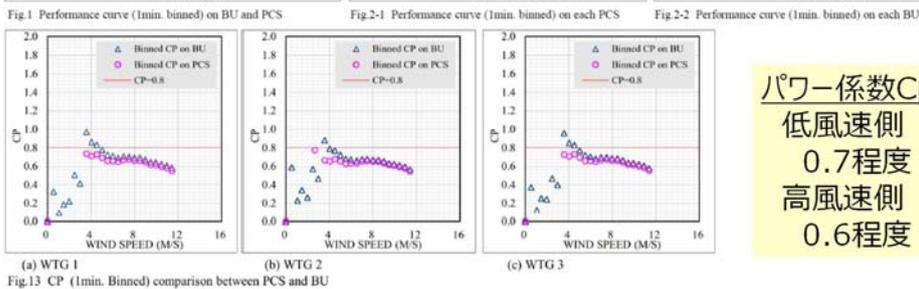


図 9



パワー係数 Cp  
 低風速側 (4-8m/s)  
 0.7程度  
 高風速側 (8m/s以上)  
 0.6程度

図 3.10 : 例 : 2018.2 月 1 日-8 日の約 1 週間の発電データ (平均風速 7.3m/s)

図 3.10, 図 3.11 に示すように強風時 (例 2018.2 月 1 日-8 日) は高いパワー係数 Cp を示す。

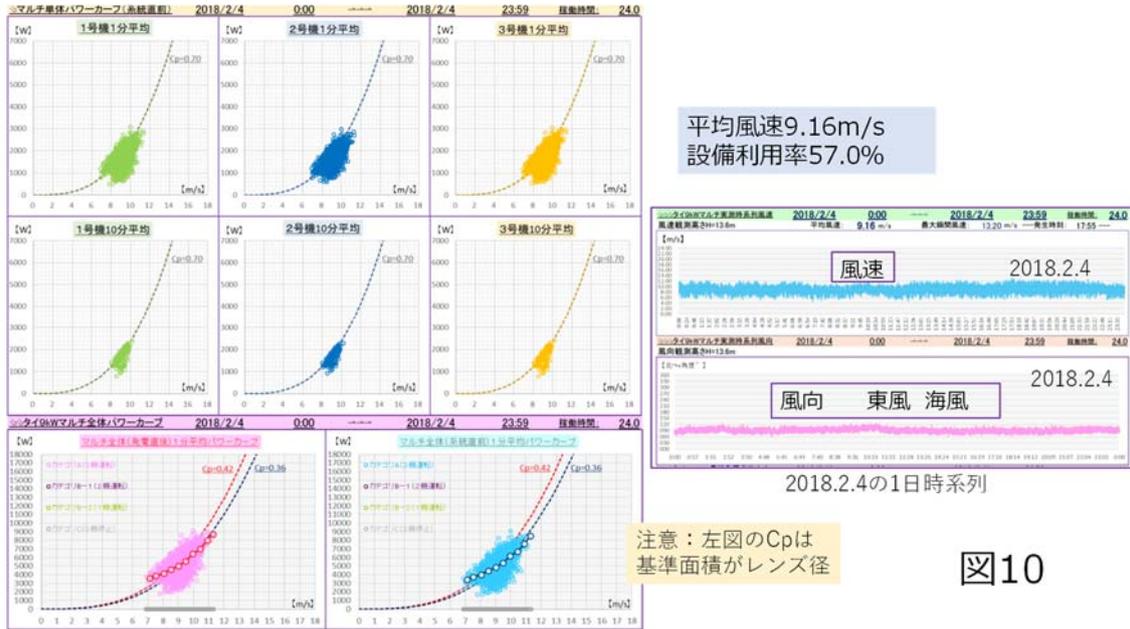


図10

図 3.11 : 例 : 2018.2月4日の1の各風車 (No.1-No.3) のパワー曲線 Cp

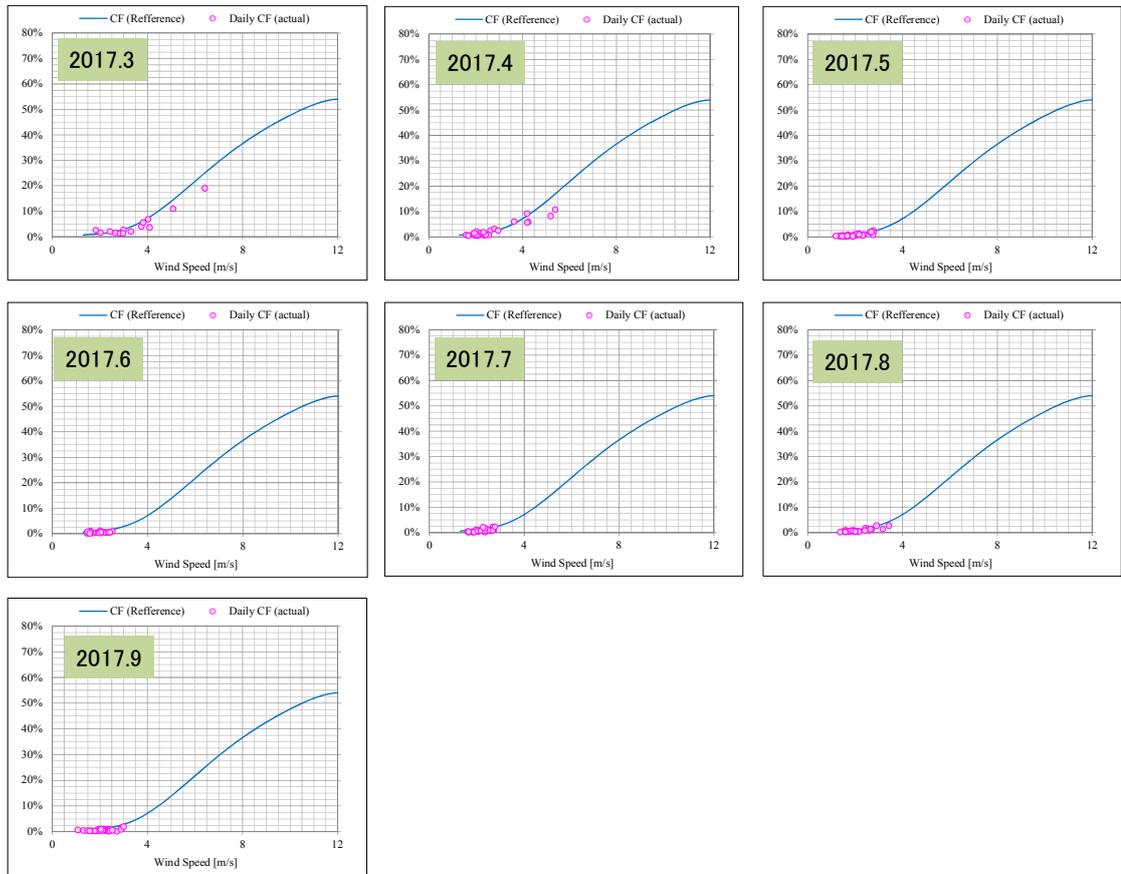


図 3.12 : 設備利用率 2017.3月-2017.9月

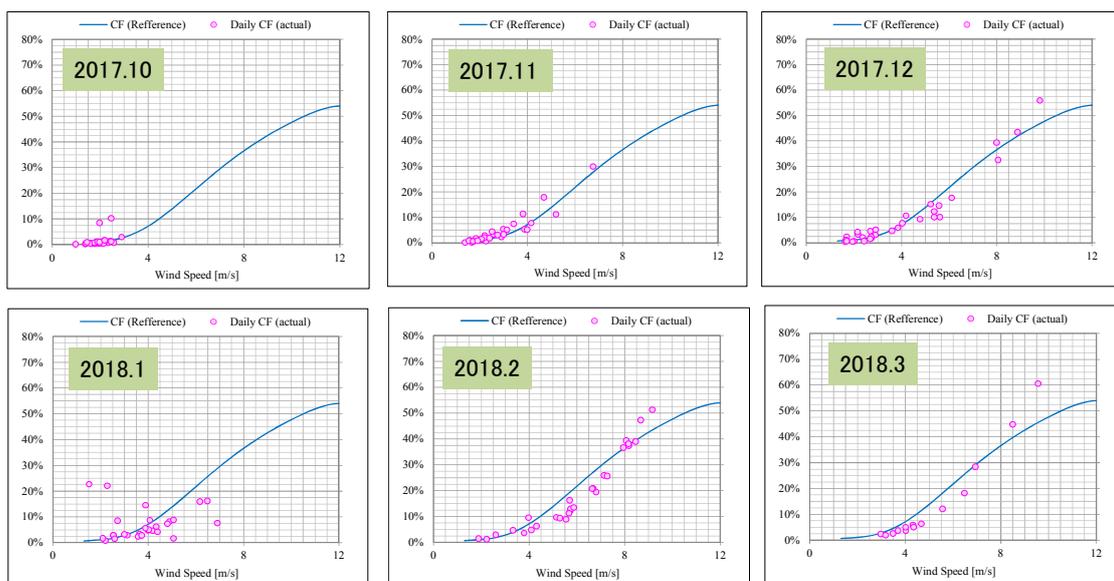


図 3.13 : 設備利用率 2017.10月-2018.3月

図 3.14 に示すように年間平均風速が 3.1m/s で年間設備利用率が 4.6%になり、3.0m/s での通常風車 (3.5-4.0% : 小型風車導入手引書 (第 1 版、2012.7) ) の値より大きい。

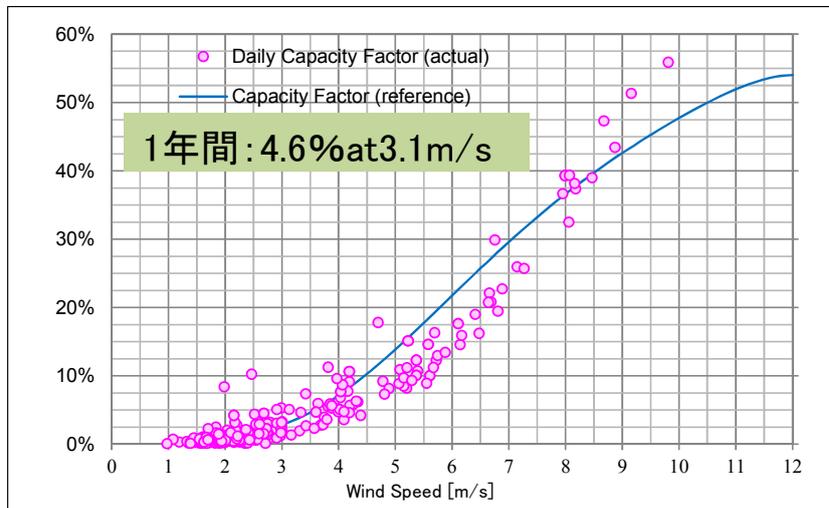


図 3.14 : 設備利用率 1 年間 2017 年 3 月-2018 年 3 月

活動 3-2 PEA の商用電源に系統連系することで、商用電源としても電力提供可能であることを実証する

図 3.8 において、左表は発電した電気がどれだけ系統電力へ接続されるかを示す。Ge power は発電機直後、Grid Power は系統連系への電気量である。

$(Ge \text{ power}) / (\text{Grid power}) = 88\%$  で高い効率で系統へ送電されていることがわかる。

#### ④ 活動4 普及活動

##### 結果 4-1 レンズ風車の有用性を広く認知してもらうため竣工式等を行う

レンズ風車の普及策の一環として、下記日程にてハンドオーバーセレモニーを実施した。

##### (ア) 実施日時

2018年3月29日(木) 13:30 - 15:30

##### (イ) 実施場所

レンズ風車建設サイト

##### (ウ) 参加者

日本側参加者：8名

(JICA、日本大使館、リアムウィンド、九州大学、四国電力、四電エンジニアリング)

PEA側参加者：約100名

(Governor、Deputy Governor 他)

ハンドオーバーセレモニーでは、JICA事業の紹介／レンズ風車技術の紹介／正式譲渡等が実施されるなど盛大に式典が実施された。また、本事業で導入したレンズ風車が無事にPEAに譲渡された。



PEA と JICA の譲渡風景



来賓者代表による集合写真

活動 4-2 タイ国の風力発電に係る具体的な施策や規制等を調査し、PEA の取り組み等や具体的な課題を把握する

(ア) 風力発電事業に係るライセンス調査

JETRO バンコク事務所にてタイにおける風力発電事業実施の際に必要なライセンスについて以下のとおり確認した。

表 3.4 : タイにおける風力発電事業実施の際に必要なライセンス一覧表

No.	必要許可	規制当局・窓口	根拠法令	必要根拠	備考
1	環境安全評価報告書 [Report of Environmental and Safety Assessment]	Enrrgy Regulatory Comission [ERC]		発電所の運転が環境及び安全へ与える影響を事前に評価するため。	風力発電所は工場ライセンスの対象とならない為、原則不要。BOIの恩典を取得する場合等、何らかの申請で必要な場合のみ必要。
2	発電ライセンス		1) Energy Industry Act B.E.2550(2007) Section 5 and Section 47;	発電ライセンス	発電量が1,000kVA以上の場合に必要なとなるが、1,000kVA未満場合はERCへの通知で可能。
3	送電ライセンス		2) Royal Decree Re Determination of Categories,Capacities and Characteristic of Energy Industry that is Exempt From the License Requirement B.E.2552(2009), Section3 (1);	送電ライセンス	送電行為は主に高圧電線などを用いて行う長距離間の送電行為であり、一般発電業者が取扱う事業ではないため、一般発電事業者にとってライセンス取得は不要。
4	配電システムライセンス		3) Notification of ERC Re Prescribing that the Energy Industry Exempted from the License is Subject to the Notification B.E.2551(2008);and	配電ライセンス	一般発電事業者がEGAT,PEAまたはMEAに売電する場合はライセンス取得は不要だがそれ以外に売電する場合は必要。
5	配電ライセンス		4) Notification of ERC Re Prescribing of the Types and Terms of the Energy Industry Operation.	配電ライセンス	
6	特定のエネルギー生産許可 [Permit to Produce Controlled Energy]		1) Energy Development and Promoting Act B.E.2535(1992) Section25; 2) Royal Decree Re Determination of Controlled Power B.E.2536(1993) Section 3;and 3) Ministerial Reguration No.2 B.E.2535(1992) issued under the Energy Development and Promoting Act B.E.2535(1992) Section .1	特定のエネルギーの生産を、ライセンス制度によりコントロールすることにより、国内の発電事業を発展させることを目的とする。「特定のエネルギー」とは、200kVA以上の発電。	各発電所の発電量が200kVA以上であれば、ライセンスを取得する必要が生じる。この生産許可の制度は1992年制定の古い制度に基づくが、現在においても未だ有効な制度であるため、他のライセンス(1,000kVA基準の発電ライセンス)に加えて係る許可の取得が必要。
7	BOI投資奨励(カテゴリー7.1.1.2:再生可能エネルギー発電)	BOI	1) Invetment Promotion Act B.E.2520; and 2)Announcement of the Board of Investment No.2/2557 re Policies and Criteria for Investment Promotion.	投資インセンティブ	以下恩典が付与される ・法人税免除8年間(投資金額の100%が上限:土地代及び運転資金を除く) ・機器輸入関税の免除 ・輸出向け製造のための原材料の輸入関税免除(原則1年) ・その他非税務恩典

出典：JETRO 受領資料をもとに調査団作成

#### 活動 4-3 現地調達会社の検討、現地生産を委託する業者の検討、販売会社の検討、海外ディーラー等競合他社の調査等を踏まえ、ビジネス展開策を検討する

##### (ア) タイ人労働者の雇用状況

タイ人労働者の雇用状況は以下のとおりである。

- ・基本的にスタッフ・クラスとワーカー・クラスに分かれており、スタッフは大体、大学卒業者。マネージャー・クラスまで昇進が可能。
- ・約10年前までは、より良い雇用条件を求めて転職していく者も多かったが、今は安定している。その理由は、高経済成長時期に地方から出てきた初代世代は中高年になり、安定した生活を志向するようになったため。

##### (イ) タイの商習慣

タイの商習慣については以下のとおりである。

- ・設備設置工事の発注については、日系企業（ゼネコン、サブコン等）に対して行っているというのが現状。当初からローカル企業と取引するのは難しいという印象を持っている。
- ・現地工事業者の工事レベルについては日本のものには及ばないが、その分安いので金額相応である。
- ・現地企業と共同するには、事業発足時は日系企業を利用し、事業が軌道に乗りしだい順次、現地企業へ移行するか、付加価値の高いもの、精度が必要なものは日系企業を利用し、その他は現地企業を利用することがリスク回避策として考えられる。

##### (ウ) 現地製造メーカー

販売価格を評価する上では、現地製造メーカーからの見積もり取得が必須となるが、製造業者の選定にあたっては、以下のとおり、様々な組織からのアドバイス等を基に、最終的に4社に対して見積もりを依頼した。

##### 【製造業者選定における協力依頼】

- ・ 公的機関 (JETRO バンコク / NEDO バンコク / 代替エネルギー開発・効率局 (DEDE) / ENCOM / Thailand Wind Energy Association (TWEA) 等) への協力依頼
- ・ 信頼のおける日系企業への協力依頼
- ・ BOI 主催のタイ企業との商談会 (2015年10月5日 於: リーガルロイヤル大阪) に参加し、タイ企業22社の内、技術的に対応可能な2社を選定



[B社]



[C社]

【選定した製造業者（計7社：上記の機関・企業からのアドバイス等に基づき、選定）】

E社（ENCOM紹介）／S社（協力会社紹介）／L社・N社・A社（リアムウインド紹介）  
／B社・C社（BOI主催の商談会にて選定）

【見積もり依頼を実施した製造業者（計4社：事前検討に基づき、選定）】

E社／S社／L社／N社

2017年5月末に、上記4社（E社、N社、L社、S社）から見積もり結果が提出されたため、その見積もり結果を踏まえた各社の体制や知見等を総合的に評価した結果および今後の方針に関して、リアムウインドと協議を行った。その結果、今後はN社1社に絞り込み、引き続き検討を進めることとなった。

【現地販売代理店】

第3回現地調査時（2015年12月）に、PEAからPEAの100%子会社であるENCOMがレンズ風車の販売権を得て、タイ国内のみならず、ミャンマー等の近隣諸国にも販売していくことに興味を持っている旨の説明があった。そのため、ENCOM、リアムウインドおよび四電間にて、ENCOMを販売会社として検討を進めていくことに関して協議を行い、3社間にて合意が得られたことから、MOUを締結し、ENCOMを販売会社とした販売体制に関して、その実現可能性について検討を進めた。その結果、検討課題は残るものの、実現可能との結論に至っている。

**活動 4.4 ディーゼル発電からの電力供給が主であるシーチャン島等について PEA および JICA との協議、方針確認を踏まえ、現地調査を実施し、PEA やエネルギー省等から風況データ等を入手する**

シーチャン島は現在、本土からの海底ケーブルと島内のディーゼル発電機により電力を供給しているが、船の往来による海底ケーブルの破損事故が相次ぎ、電力供給に支障をきたしている。このため、将来は、再生可能エネルギーを含む島内の独立電源での供給に切り替える可能性がもっとも高い島であるため、本事業にて調査を実施した。

第7回現地調査（2017年2月）において、PEA のスタッフ4人と共にシーチャン島およびシーチャン島近郊の島であるカーンヤイ島を調査した。カーンヤイ島は現在、PEA から電力供給を行っておらず、住民が独自にディーゼル発電機を運用し、電力を供給している状況である。しかし、今後は PEA からの電力供給を計画している島であるため、同時に調査することとした。調査概要は4-5に記載のとおりである。

第7回現地調査におけるシーチャン島・カーンヤイ島調査実施後、シーチャン島の風況観測所より、2016年1月-12月まで3時間ごとの年間風速データを入手できたため、月ごとの平均風速に整理した。結果は下表のとおりである。

表 3.5： シーチャン島の年間風速データ

	2016年											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均風速[m/s]	1.17	1.27	1.78	2.11	1.97	1.59	1.22	1.57	1.10	1.06	1.11	1.62

年間平均風速：1.46 [m/s]

最大風速：7.716 [m/s]

データ測定点：12.6 [m]（海拔）

なお、カーンヤイ島については島に風況観測所がなく、正確な風況データを得ることはできなかったが、シーチャン島近傍の島であることから、風況もシーチャン島と同じであると推測される。

**活動 4.5 入手資料の評価やサイト調査の実施等を通して、本事業後のレンズ風車の普及ポテンシャルについて検討を行う**

シーチャン島およびカーンヤイ島での調査により、以下の情報を入手した。得られた情報を用い、まずは現地調査を実施した2島でのレンズ風車普及ポテンシャルを評価する。

**(ア) シーチャン島**

**【調査概要】**

- ・ PEA が所有、運転しているディーゼル発電所の発電機について、現場運転員へのヒアリングおよび現地視察を行い、運用状況や運用コスト、設備仕様、1日あたりの発電量などを調査した。

- ・島の風況観測所を訪れ、島の風況状況についてヒアリングを実施した。
- ・レンズ風車を建設できる候補地について、実際に現地へ赴き、状況を確認した。
- ・現地役所職員らとレンズ風車の建設候補地について協議した。

#### 【入手情報】

- ・島にはディーゼル発電機が3台(1,000kW×2台、1,250kW×1台(バックアップ用))あり、このディーゼル発電機と海底ケーブルからの送電で島全体の電気を供給している。
- ・ディーゼル発電機は24時間稼働しており、1日のうち、ピークは夜7時頃で1.2-1.4MW程度である。
- ・ディーゼル発電の燃料は1日あたり合計5,000L消費されており、PEAは燃料を1Lあたり25THBで購入している。
- ・島民への売電価格は1kWhあたり4THBであり、毎月300万THBの損失が発生している。
- ・現在、島では1,500世帯が生活している。
  - ・島には風況観測所があり、測定データを後日送付してもらうことを合意した。また、PEAよりタイ全土の風況を把握できるインターネットサイト(タイの気象庁提供)を紹介された。
  - ・風車建設候補地は現在、個人所有の土地であるが、所有権を役所へ移す計画があり、所有権が役所へ移行完了後、PEAは候補地の使用を交渉できる。
- ・PEAは風車建設候補地に太陽光発電とレンズ風車を建設することを計画している。



現地ディーゼル発電所  
運転員へのヒアリング



現地役所職員との協議

#### 【普及ポテンシャル検討】

- ・レンズ風車の発電量の試算

表 3.5 および前述のシーチャン島の調査結果より、シーチャン島での10kWマルチ風車1基分の発電量を試算した。結果は下表のとおりであり、風況が悪いことから、年間発電量も非常に少ない結果となった。

表 3.6： シーチャン島での 10kW マルチ風車 1 基あたりの発電量試算

	2016年											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
発電量[kWh]	45.5	65.5	104.0	129.8	114.0	45.1	28.8	69.9	31.8	29.6	52.2	92.5

年間発電量：808.8 [kWh/年]

なお、発電量試算においては以下の風速と 10kW マルチ風車の出力との相関関係からシーチャン島の各 3 時間ごとの風速データを用いて試算した。

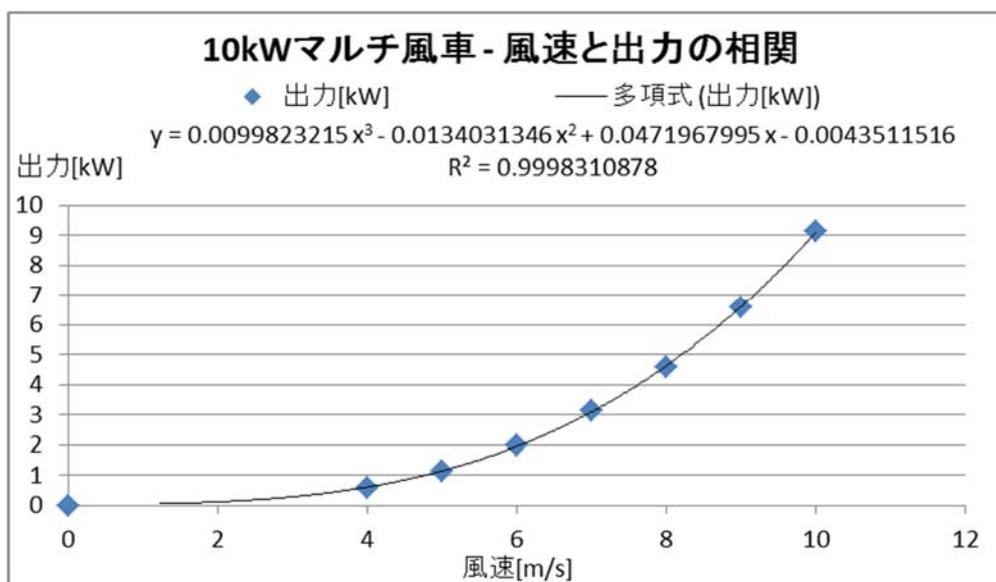


図 3.15： 10kW マルチ風車-風速と出力の相関

・ ディーゼル発電の単価の算出

シーチャン島でのレンズ風車建設による事業性評価においては、島に建設したレンズ風車が発電することで、島のディーゼル発電機による発電量を削減、つまり、ディーゼル発電に用いる燃料を削減できることとした。

評価に当たっては、島のディーゼル発電機の発電単価が必要となるため、シーチャン島でのディーゼル発電設備運転員へのヒアリング結果をもとに調査団が試算したところ、同島におけるディーゼル発電での発電単価は 18.96 THB/kWh (63 円/kWh)であった。

・ レンズ風車の建設コスト

現在、タイにおける 10kW マルチ風車 1 基分の概算建設コストは以下のとおりである。

風車本体 i) 日本国内製造部品		5,500,000 円
ii) タイ国内製造部品		3,000,000 円
ポール		2,500,000 円
基礎		1,500,000 円
合計①		12,500,000 円
日本でのみ製造可能な部品の輸送費②		440,000 円
風車建設工事費③	181,500 THB	604,762 円
	為替レート	3.33202 円/THB
合計建設費①+②+③		13,544,762 円

・ シーチャン島にレンズ風車を建設した場合の単純投資回収年

上記の結果をもとに、シーチャン島にレンズ風車を建設した場合の単純投資回収年を計算したところ、以下の結果となった。

【単純投資回収年】

$$\begin{aligned}
 \text{単純投資回収年} &= \text{レンズ風車建設費} \div (\text{レンズ風車年間発電量} \times \text{ディーゼル発電単価}) \\
 &= 13,544,762[\text{円}] \div (808.8[\text{kWh/年}] \times 18.96[\text{THB/kWh}] \times 3.332[\text{円/THB}]) \\
 &= 265[\text{年}]
 \end{aligned}$$

単純投資回収年でシーチャン島での普及ポテンシャルを評価した場合、265 年となり、事業性が極めて悪いとの評価となる。

・ 高さ補正をかけた場合のシーチャン島の風速について

上記結果より、シーチャン島の風況観測所から得た風況では事業性が悪いことが判明したため、事業性の改善を目的に、その有効な 1 つの手段として、レンズ風車の高さを高くすること、つまり、島の高所に建設した場合を想定して事業性を検討した。

まず、風況観測所のデータに高さ補正をかけた場合の月別風速についてまとめた。結果は以下のとおりである。

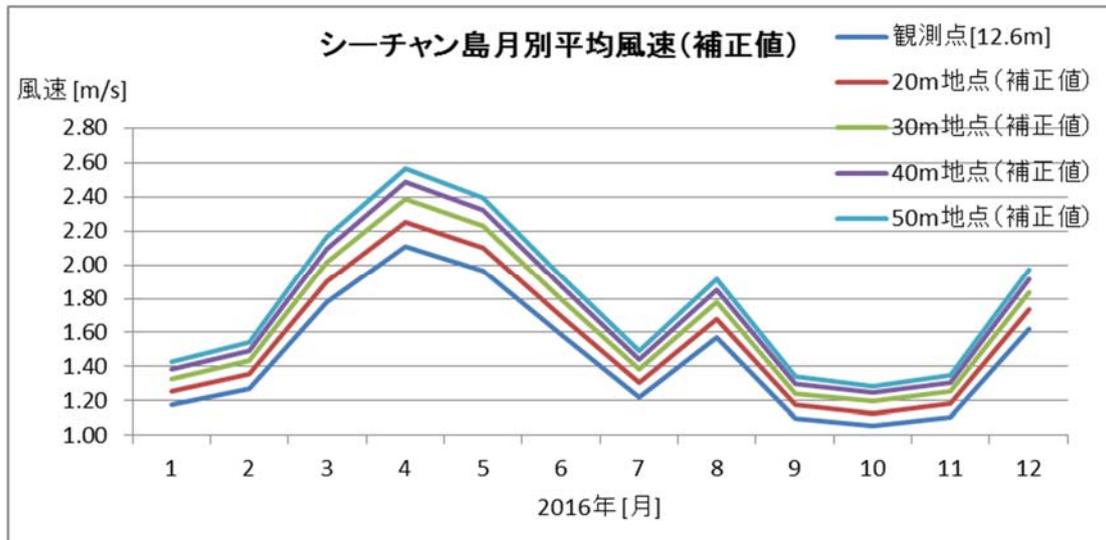


図 3.16 : シーチャン島の月別平均風速 (補正值)

観測点を基に、20m-50m まで評価した結果、高くなれば風況が良くなるものの、50m の場合でも、最大 2.6m/s であり、レンズ風車の事業性を確保するには、非常に厳しい条件であることが分かる。

(補正方法)

風車が設置される高さは地表境界層で、その層内の風速の高度分布については、理論的に大気中立状態の場合には、「対数則」によって  $V = V_1 \{ \ln(z/z_0) / \ln(z_1/z_0) \}$  ( $z_0$  は粗度長) が得られるが、経験則として「指数則 (べき法則)」が成り立つことが知られており、以下の式が用いられる。

$$V = V_1(z/z_0)^{1/n}$$

$V$  : 地上高  $z$  における風速

$V_1$  : 地上高  $z_1$  における風速

$1/n$  : 指数則のべき指数 (分母を  $n$  値と呼ぶ)

表 3.7 : 指数則のべき指数  $1/n$  の値 (多くの観測値の平均)

地表状態	$n$	$1/n$
平坦な地形の草原	7 ~ 10	0.10 ~ 0.14
海岸地方	7 ~ 10	0.10 ~ 0.14
田園	4 ~ 6	0.17 ~ 0.25
市街地	2 ~ 4	0.25 ~ 0.50

出典：石崎撥雄ほか「強風時における突風の拡がり」と突風率について」(1962)

出典：NEDO 風力発電導入ガイドブック (2008年2月改訂第9版)

続いて、風速補正結果を用いた 10kW マルチ風車の発電量について試算した。結果は以下のとおりである。

表 3.8： レンズ風車の風速補正結果別年間発電量試算

風車高さ[m]	12.6m	20m	30m	40m	50m
発電量[kWh/年]	809	969	1,138	1,513	1,654

この結果を用いて、レンズ風車の高さを高くした場合について、再度、事業性評価を行った結果、実現が難しいと思われる 50m の場合でも、単純投資回収年が 129.6 年と改善はみられるものの、シーチャン島の風況では事業性が確保できないことが判明した。

【単純投資回収年】

$$\begin{aligned} \text{単純投資回収年} &= \text{レンズ風車建設費} \div (\text{レンズ風車年間発電量} \times \text{ディーゼル発電単価}) \\ &= 13,544,762[\text{円}] \div (1,654[\text{kWh/年}] \times 18.96[\text{THB/kWh}] \times 3.332[\text{円/THB}]) \\ &= 129.6[\text{年}] \end{aligned}$$

(イ) 離島でのレンズ風車の普及ポテンシャルについて

上記 2 島での普及ポテンシャルの検討結果を踏まえ、タイの離島で事業性を確保するために必要な条件について整理した。シーチャン島のようにディーゼル発電により電気を供給している地域において事業性を確保しようとする場合（タイの FiT 制度では 20 年間の買取期間が設定されているため、20 年で投資費用を回収できるかを 1 つの指標とする）、下表から分かるとおり、本事業でのレンズ風車導入費用である約 1,350 万円では年平均風速が 5m/s 以上必要であること、また目標としている販売価格である 1000 万円まで低廉化できれば、年平均風速も 4.5m/s まで緩和できることが分かった。

表 3.9： 各風速に対する投資金額（販売価格）の回収年

投資回収年	投資金額(販売価格)				
	900万円	1,000万円	1,100万円	1,200万円	1,350万円
年平均風速1.0m/s	412.5年	458.3年	504.1年	550.0年	618.7年
風速2.0m/s	139.8年	155.4年	170.9年	186.5年	209.8年
風速2.5m/s	87.5年	97.2年	106.9年	116.7年	131.3年
風速3.0m/s	56.8年	63.1年	69.5年	75.8年	85.2年
風速3.5m/s	38.3年	42.6年	46.8年	51.1年	57.4年
風速4.0m/s	26.7年	29.7年	32.6年	35.6年	40.1年
風速4.5m/s	19.2年	21.4年	23.5年	25.6年	28.8年
風速5.0m/s	14.2年	15.8年	17.4年	18.9年	21.3年
風速5.5m/s	10.8年	12.0年	13.2年	14.4年	16.1年
風速6.0m/s	8.3年	9.3年	10.2年	11.1年	12.5年

ディーゼル発電単価：18.96THB/kWh

為替レート：3.332 円/THB

## (ウ) カーンヤイ島

### 【調査概要】

- ・現地住民へのヒアリングを行い、ディーゼル発電機の使用状況や燃料使用量、燃料費などの調査を行った。
- ・レンズ風車を建設できる候補地について、実際に現地に赴き、状況を確認した。

### 【入手情報】

- ・島全体の大きさは300RAI(1,600m<sup>2</sup>×300)でそのうち、パブリックスペースは10RAI(1,600m<sup>2</sup>×10)である。このパブリックスペースがレンズ風車の建設候補地となる。
- ・現在、島では約30世帯が生活している。
- ・住民が使用する電気は個人所有のディーゼル発電機でまかなわれている。
- ・3kWのディーゼル発電機1機を3世帯で共有している。(30世帯で10台)
- ・発電機の燃料使用量は1台あたり400L/月であり、燃料コストは8,000-9,000THB/月である。
- ・電気の使用時間帯は朝6時から夕方6時までの12時間である。
- ・家で使われている電化製品は、冷蔵庫、テレビ、照明(10台程度)、扇風機、炊飯器、ポット程度である。



現地住民へのヒアリング



小型ディーゼル発電機調査

### 【普及ポテンシャル検討】

カーンヤイ島はシーチャン島の近傍にある島であるため、風況もシーチャン島と酷似しているため、シーチャン島同様、事業性を確保することは困難であると判断した。

### 活動4-6 レンズ風車導入のインセンティブ策を提案する

タイにおいて、レンズ風車の適用可能性が最も高いインセンティブ策として、Energy Block Grant という制度がある。要点は以下のとおりである。

- ・Energy Block Grant は、エネルギー省が管轄しており、新技術を活用してタイの公共施

設のエネルギー消費量削減を実現することを主目的としたインセンティブ策である。したがって、対象はタイの公共機関であり、私企業への設備導入には適用できない。

- ・再生可能エネルギーも対象であるが、このインセンティブ策を適用する場合は発電した電力は全て自家消費として用いなければならない。
- ・このインセンティブ策を適用するためには、エネルギー省からの承認が必要であり、その承認を得るためには前段として事業実施場所の地方自治体（Municipality）からの承認が必要となる。このため、申請者は Municipality からの承認書を申請書に添付し、エネルギー省へ申請しなければならない。
- ・このインセンティブ策を適用すると初期投資（設備費＋工事費など）の 100%補助が受けられる。
- ・このインセンティブ策の予算は単年度更新であり、現在まで毎年 1 billion THB が予算として割り当てられている。
- ・募集期間は毎年 1 月から 12 月末までの 1 年間であり、基本的に単年度で設備導入工事を完了させなければならない。
- ・このインセンティブ策は公募期間中に予算が未消化となっても、翌年には 1 billion THB まで予算が補充される。
- ・現在のところ、このインセンティブ策の終了年度は未定である。

このインセンティブ策を活用し、シーチャン島のような離島へのレンズ風車導入が実施できないか、PEA や DEDE に提案したところ、PEA より、レンズ風車が発電した電力が売電とならない工夫があれば PEA 施設に導入できる可能性があるとの回答が得られた。

また、本件に関しては PEA としても興味があるため、このインセンティブ策の適用可能性について PEA 自身でも検討していくとのことである。

## ⑤ 活動 5 本邦受入活動

### 活動 5-1 九州において、PEA の技術者を対象に、講義や稼働中のレンズ風車を用いた発電設備の実機を活用した維持管理の指導を実施する

2017 年 10 月 1 日から 7 日までの 7 日間で PEA の技術者を対象とした本邦受入活動を実施し、レンズ風車の維持管理に係る指導を実施した。指導は 10 月 2 日から 4 日までの 3 日間で実施し、来日した PEA 職員に対し、維持管理に関する講義の実施や稼働中のレンズ風車を用いた発電設備の視察を実施した（表 3.10）。

表 3.10： 本邦受入活動日程

日付	時刻	活動内容/移動	研修担当	活動場所
10/1 (日)	00:50-8:00	移動(バンコク→福岡)	(株)リアムウント	
10/2 (月)	9:00-10:30	維持管理に係る講義	九州大学 (株)リアムウント	福岡
	10:30-12:00	通信に係る講義	九州大学 (株)リアムウント	
	13:00-15:00	データ解析に係る講義	九州大学	
	15:00-17:00	データ解析に係る講義	九州大学	
10/3 (火)	9:00-10:30	維持管理に係る講義	(株)リアムウント	福岡
	10:30-12:00	発電機に係る講義	(株)リアムウント	
	13:00-15:00	風車に係る講義	九州大学 (株)リアムウント	
	15:00-17:00	風車に係る講義	九州大学 (株)リアムウント	
10/4 (水)	9:00-10:30	移動(福岡→北九州)	(株)リアムウント	北九州
	10:30-15:00	設備見学(響灘)	(株)リアムウント	
	15:00-17:30	移動(北九州→高松)	四国電力(株)	
10/5 (木)	9:00-10:30	移動(高松→徳島)	四電エンジニアリング(株)	徳島
	10:30-12:00	講義(四電エンジニアリングの再生可能エネルギーへの取り組み)	四電エンジニアリング(株)	
	13:00-16:00	設備見学(大川原ウインドファーム)	四電エンジニアリング(株)	
	16:00-17:30	移動(徳島→高松)	四電エンジニアリング(株)	
10/6 (金)	9:00-10:00	講義(日本の再生可能エネルギーへの取り組み)	四国電力(株)	高松
	10:00-12:00	講義(四国電力の再生可能エネルギーへの取り組み)	四国電力(株)	高松
	13:00-15:00	成果発表(PEA発表)	四国電力(株)	高松
	15:30-18:30	移動(高松→福岡)	四国電力(株)	高松
10/7 (土)	11:35-14:55	移動(福岡→バンコク)	四国電力(株)	



維持管理に係る講義風景



メンテナンス技術指導



浮体式レンズ風車視察



大型レンズ風車視察



10kW マルチ視察①



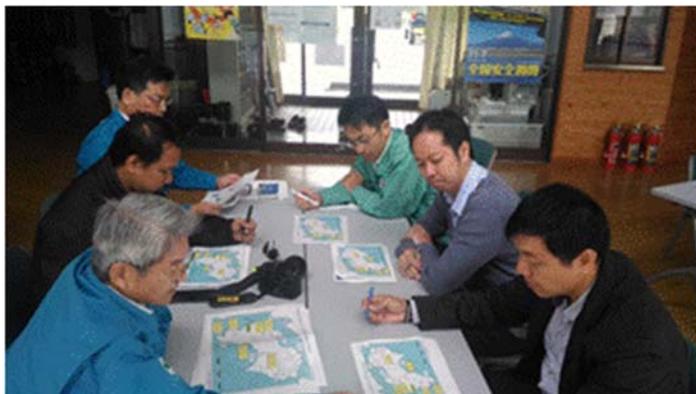
10kW マルチ視察②

#### 活動 5-2 四国において四電及び四 E の再生可能エネルギーの取り組みを紹介する

表 3.10 のとおり、四国では 2 日間の受入活動を通して、四国電力および四電エンジニアリングの再生可能エネルギーへの取り組みについて紹介した。四電エンジニアリングが実施した 10 月 5 日の講義および設備見学では、同社が手掛けた日本での風力発電建設や運用保守実績を紹介した。また、四電エンジニアリングが運営している大河原ウィンドファームの視察では大型風車の内部構造や周辺機器の視察および大型風車の運用保守方法を紹介した。四国電力が実施した 10 月 6 日の講義では日本の FiT 制度についての紹介や風力発電の事故事例、四国の再生可能エネルギーの現状、四国電力が実施している系統の安定化対策などを紹介した。



大川原ウィンドファーム視察



四 E の講義風景



四国電力の講義風景



PEA からの成果発表

## ⑥ 活動 6 環境社会配慮

### 活動 6-1 現地作業・渡航に際しては安全対策情報を継続的に収集し、渡航者の安全の確保に努める

現地作業においては、サイトにて、現地施工業者とともに、本事業全体における作業の実施場所・方法・スケジュール等を確認した。また、導入設備の変更（3kW×2 台→10kW マルチ型×1 台）が発生した際は、変更後の導入設備に関して、現地施工業者と実施方法・スケジュール等について再確認を実施するなどの対策を実施した。

現地調査においては、出発前に外務省の「たびレジ」に登録し、海外の安全対策講座の

動画を視聴した。また渡航先の国、地域における最新安全情報が遅滞なく把握できるよう事前に PC で外務省ホームページ等を確認したほか、渡航中においては PEA および JICA タイ事務所との連絡を密にし、継続的に安全情報を収集した。

#### 活動 6-2 万一の事故発生に備えて保険等日本で可能な対応を行う

第 8 回現地調査（2017 年 3 月）において PEA とレンズ風車に係る保険について協議し、試運転期間の 1 年間は日本側にて保険に加入することで対応し、譲渡後は PEA にて保険に加入することで合意した。

#### 活動 6-3 現地作業に際しては安全作業を徹底する（安全靴・ヘルメット着用等基本的な安全作業教育を作業前に実施する）

安全作業を徹底するために以下の対策を実施した。

- ・ PEA および現地施工業者と基礎工事開始前に現地にて作業手順、スケジュール等の打合せ及び安全教育を実施した。
- ・ 風車建設前に現地にて作業手順、スケジュール等の打合せ並びにクレーン作業時の合図確認等の打合せ及び安全教育を実施した。
- ・ 6 ヶ月点検実施前に現地にて作業手順、スケジュール等の確認ならびに高所作業車使用時の合図確認等の打合せを実施した。
- ・ また、作業時にはヘルメット等の安全具の着用を徹底した。

#### 活動結果 6-4 台風や地震など自然災害時の対応マニュアルを作成し、PEA の管理者および技術者の教育を行う

本邦受入活動において、台風や地震などの自然災害時の対応方法に関する講義を実施することで、PEA 内のレンズ風車管理者および技術者への教育を実施した。なお、その際に用いた講義資料は今後、レンズ風車を運営する上での災害対策マニュアルとしても用いることができる。

#### （2）事業目的の達成状況

本事業では、PEA が風力発電技術の実証試験を行うとともに、地域住民への風力発電技術の啓発活動を実施している同公社の所有地に系統連系型レンズ風車を用いた発電設備 10kW×1 台を導入し、レンズ風車の有用性を実証するほか、レンズ風車を用いた発電設備の継続利用のために PEA の維持管理体制を整備する。加えて本事業実施後の普及方法の検討を行う。本事業における目的の達成状況は以下のとおりである。

#### 成果 1：実証サイトの風況データが計測され、風況データが分析される。

風況観測設備の設置を完了し、データ取得を始めて 1 年が経過した。1 年間の風況観測の結果、当該サイトの風況が当初想定値（年平均 4.6m/s）より大幅に低い（年平均 2.9m/s

(高さ 10m) 、3.7m/s (高さ 20m) ) ことが分かった。

現在、建設したレンズ風車の直近に新たな風況観測装置を導入しており、この風況観測装置を用いて引き続き、風況データを分析している。

### **成果 2 : 実証サイトにレンズ風車が導入され、その有用性が実証される。**

成果 1 のとおり、当該サイトの風況下では、改良したレンズ風車 (3kW×2 台) を導入したとしても、十分な発電量が見込めないことが判明した。そのため、関係者間にて、本事業の主目的を変更するとともに、少しでも多くの発電量を確保すること、またデモ機としての価値を高めることを目的に、3kW×2 台から最新型 10kW マルチ型×1 台の導入へ変更することで合意した。

第 7 回および第 8 回現地調査 (2017 年 2 月、3 月) において 10kW マルチ型の建設工事を実施し、2017 年 3 月に建設工事を完了した。その後、建設したレンズ風車の性能分析を実施した結果、タイの現地サイトの風況について次の事が判明した。

- ① 年間平均風速は 3.1-3.8m/s 程度で風車導入には向いていない。
- ② しかし、5 月-10 月の 6 ヶ月間が極端に低風速で、11 月から翌年 4 月までは平均風速 4.8m/s 程度で風車は実利用できることがわかった。
- ③ 実際、2017 年度に導入した 10kW マルチレンズ風車は年間平均風速 3.1m/s にもかかわらず、1 年間で 4,000kWh 程度を達成した。
- ④ これは 12 月から 3 月において好風況で発電量が大幅に増加したためである。
- ⑤ 平均風速 3.1m/s で設備利用率が 4.6%に達し、通常風車で報告されている 3.5-4.0%を大幅に上回った。
- ⑥ 理由は 2 つ考えられる。一つ目はレンズ風車の高効率性が実証されたこと。二つ目は、現地サイト特有の安定した海風の効果である。

### **成果 3 : PEA によるレンズ風車を用いた風力発電設備の維持管理体制が構築される。**

実証期間の開始後、レンズ風車の維持管理は、PEA で滞りなく実施している。以後も、PEA が安定した維持管理を維持するにあたり、PEA の技術者を対象に、九州にて稼働中のレンズ風車実機を用いた維持管理に係る技術指導を 2018 年 10 月に実施した。

第 10 回現地調査 (2017 年 9 月) においてレンズ風車の 6 ヶ月点検を実施した際、現地にて PEA 担当者にレンズ風車の基盤交換方法の指導など、レンズ風車故障時の維持管理方法について教育を行った。

### **成果 4 : PEA によるレンズ風車の優位性に係る理解が進むとともに、官民によるレンズ風車の普及展開案が提案される。**

引渡しセレモニーでは建設したレンズ風車の発電量や静粛性などが紹介され、PEA への

レンズ風車の理解が進んだ。

PEA としてもレンズ風車を今後はタイ国内全土に展開したいとの考えを示している。そのため、10kW マルチにこだわらず、3kW シングルなどのラインナップを増やし、レジデンス分野への普及も視野に入れているとのコメントがあった。

そこで、PEA 内部にてレンズ風車を普及展開させるためのプロジェクトを立ち上げることを計画しており、予算承認がおりれば、タイ国でのレンズ風車の普及展開を推し進めていく。

### **(3) 開発課題解決の観点から見た貢献**

レンズ風車は、従来型の同じサイズの風車と比べ、同じ風況下で約 3 倍の発電量が得られるとともに、発電を開始するカットイン風速も 3.0m/s と低いことから、風速が年間を通して 6.0m/s 以下となるエリアが多くを占める同国においても、導入促進が期待できる。

### **(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献**

#### **① 地元企業の生産向上、雇用機会の創出**

レンズ風車の部品は、九州・四国の中小企業が製作している。本事業では、タイ国市場に適した販売価格を実現するため、キーコンポーネント（ブレード／発電機／制御装置）以外はタイ国での生産を目指す。これらキーコンポーネントは九州・四国の中小企業で製作することを計画しているため、同国で販売促進できれば、日本の中小企業の活性化に繋がるとともに、生産増加に伴い新規雇用の可能性が高くなるなど、本事業は雇用機会創出にも繋がる。

#### **② 九大の開発へのフィードバック**

風車のシステムは仕様が統一され、例えば強風時の制御パラメータは全世界で共通にしたい。しかし、タイの風を経験して、日本と比べ、非常に安定な強い風が吹き続ける場合、日本で設定した発電機の制御パラメータ（負荷変動制御）をタイ用に変更したほうがもっと発電量を稼ぐことができる。一方、日本のような強い変動（風向、風速）では安全側にパラメータを設定すべきである。安全側とは十分ブレーキがかかる側ということ。そのほかに、マルチレンズ風車を開発するにあたって、サイトの特徴を反映できるようなプログラマブルな制御システムが必要であることが判ったなど。

### **(5) 環境社会配慮**

#### **① 環境許認可**

PEA が自ら他の風力発電技術の実証試験を行うとともに、地域住民への風力技術啓蒙活動の拠点ともなっている以下のサイト（PEA 所有地）を本事業のサイトとした。

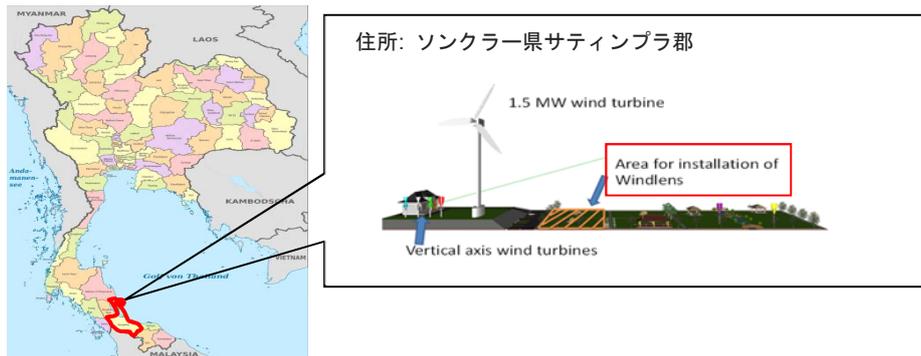


図 3.17： 本事業実施サイト

PEA が環境社会配慮について数年に及ぶ詳細調査を実施した結果、風力発電の実証試験のためには、地域住民の理解が得られれば環境影響評価の承認は不要であることが判明している。また、本事業内にて、再度、PEA 経由で ONEP に確認した結果、本サイトについては、地域住民からの理解が既に得られているため、本事業実施に伴う環境許認可を新たに取得する必要はないことが確認できている。

## ② 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織

### (ア) 組織

天然資源環境省(Ministry of Natural Resources and Environment: MNRE)の管轄下の Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP)が環境影響評価について所管している。

### (イ) 法制度

#### 【風力発電所建設における EIA（環境影響評価）】

表 3.11 に、タイ国にて EIA 実施が必要であるプロジェクト・事業およびその規模を示す。なお、EIA については 2009 年に法改正があり、EIA 実施必要プロジェクトが追加・変更となっており、表 3.11 はこれを反映済みのものである。

表 3.11： EIA 実施必要プロジェクト

No.	プロジェクト・事業の種類	規模
1	Minerals Act に規定される以下の採掘	
	1.1 以下の採掘プロジェクト	
	1.1.1 石炭	全て
	1.1.2 カリ	全て
	1.1.3 岩塩	全て
	1.1.4 セメント工業の用に給する石灰石	全て
	1.1.5 全ての採鉱	全て
	1.2 地下採掘プロジェクト	全て
1.3 以下の場所における採鉱	全て	

	1.3.1 閣議決定により First-class に分類された河口	全て
	1.3.2 海	全て
	1.3.3 森林保護区域	全て
	1.3.4 他国においても重要である地下水	全て
	1.3.5 考古学的価値、歴史的価値、神話的価値、自然公園、歴史公園等に位置する場所	全て
	1.4 爆発物を用いる採鉱	全て
	1.5 上記 1.1,1.2,1.3,1.4 他に Mineral Act で規定されている採鉱	全て
2	石油開発	
	2.1 石油探索	全て
	2.2 石油生産	全て
3	パイプラインによる石油・燃料ガスの輸送プロジェクト	全て
4	工業団地	全て
5	石油化学工業	生産量が 100 トン/日以上のもの
6	石油精製工業	全て
7	天然ガス分析・分離	全て
8	NaCl 用いて Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ,NaOH,HCl,Cl <sub>2</sub> ,NaOCl, さらし粉を製造する塩化-アルカリ工業	生産量が 100 トン/日以上のもの
9	セメント製造業	全て
10	製紙工業	生産量が 50 トン/日以上のもの
11	農薬製造業	全て
12	化学肥料製造業	全て
13	以下の製糖工業	
	13.1 原料糖、白糖、精製白糖	全て
	13.2 グルコース、ブドウ糖、果糖およびその類のもの	生産量が 20 トン/日以上のもの
14	鉄鋼業	生産量が 100 トン/日以上のもの
15	鉄・鉄鋼以外の精錬工業	生産量が 50 トン/日以上のもの
16	アルコール飲料およびアルコール製造業	アルコール飲料およびアルコールの生産量が 600,000 リットル/月以上のも ワインもしくはビールの生産量が 600,000 リットル/月以上の
17	Factory LawFactory Law に規定される廃棄物再生工場	全て
18	火力発電所	発電出力が 10MW 以上のもの
19	高速道路	All capacities
20	Highway Law に規定されるハイウェイおよび道路が以下の場所を通過する場合	
	20.1 森林保護地区	全て
	20.2 自然公園	全て
	20.3 閣議決定により Watershed class2 に指定されている区域	全て
	20.4 マングローブ林	全て

	20.5 ビーチエリアから 50m 以内	全て
	20.6 世界遺産サイトから 2km 以内	全て
	20.7 考古学的・古美術的価値のある場所、古美術品、自然公園、歴史公園、自然ミュージアムから 2km 以内の場所	全て
21	鉄道	全て
22	港	500 総トン数以上の船舶が停泊可能なもの
		100m 以上の波止場をもつもの
		全面積が 1,000 m <sup>2</sup> 以上であるもの
23	クルーズ船用港	50 総トン数以上を停泊可能なものもしくは全面積が 1,000 m <sup>2</sup> 以上の港
24	Man-made land projects 沿岸地域の土地改良	全て
25	海・海沿いにおける以下の建設・拡張工事	
	25.1 ビーチ近傍の障壁	200m 以上のもの
	25.2 堤防	全て
	25.3 防波堤（沖合）	全て
26	Air transportation projects	ランウェイ長が 1,100 以上のもの
27	Building Control Act に規定される以下のプロジェクト	
	27.1 河・海岸沿い・湖・ビーチに隣接した場所、自然公園・歴史公園内もしくは近隣における建造物が環境に影響を与えるもの	高さ 23m 以上もしくは総フロア面積が 10,000 m <sup>2</sup> 以上のもの
	27.2 小売り、卸売業に使用するビル	高さ 23m 以上もしくは総フロア面積が 10,000 m <sup>2</sup> 以上のもの
	27.3 オフィス用ビル	高さ 23m 以上もしくは総フロア面積が 10,000 m <sup>2</sup> 以上のもの
28	居住もしくは商業目的による土地配分	16 ヘクタール以上のもの
29	Medical Premises Law に規定される以下の病院	
	29.1 河、湖、ビーチから 50m 以内	患者用ベッドが 30 以上のもの
	29.1 以外	患者用ベッドが 60 以上のもの
30	Hotel Act に規定されるホテル	80 部屋以上もしくは使用可能エリアが 4,000 m <sup>2</sup> 以上のもの
31	Building Control Law に規定される condominium	80 部屋以上もしくは使用可能エリアが 4,000 m <sup>2</sup> 以上のもの
32	ダム	容量が 100 m <sup>3</sup> 以上のもの
		表面積 15 平方キロメートル以上のもの
33	灌漑	12,800 ヘクタール以上のもの
34	Watershed class 1 に指定されている地域における全てのプロジェクト	全て

出典：Website:Thailand Law Forum および現地聞き取り調査結果より調査団作成

この表より、レンズ風車の高さが 23m を超える場合に、EIA 実施の必要があるのは下記のケースである。

- ・ Watershed Class 1
- ・ 河・海岸沿いなどに隣接する場合
- ・ 自然公園・歴史公園内もしくは近隣に位置する場合

しかしながら、曖昧さの残る表記になっており、事業者にとっては EIA を実施すべきか判断が難しいケースがある。この点について、ONEP への聞取調査の結果によると、EIA 実施が最終的に必要かどうかを判断するのは、発電所建設の許可を与える DIW(Department of Industrial Works : 工場局)がサイト予定地の視察実施等を通して判断するとのことである。

本事業のサイトにおいては、前述したとおり、PEA 経由にて ONEP に再確認した結果、本事業実施に伴う環境許認可を新たに取得する必要はないことが確認できている。

### ③ 事業実施上の環境及び社会への影響

#### (ア) 騒音測定関連

騒音測定については当初、レンズ風車の建設後にブレードの風切り音などによる騒音の問題が報告された場合、騒音測定装置を用いて騒音測定を実施する予定であったが、PEA を通じて定期的な騒音確認を行った結果、特段の問題は発生しなかった。

#### (イ) バードストライク・住民苦情関連

事案が発生した場合には、PEA から実績を四電に連絡することとしていたが、特段の連絡はなかった。

### ④ 環境社会配慮

#### (ア) 住民説明会

環境社会配慮の活動の一環として、近隣住民への説明会を開催した。実績については以下の通りであり、本事業への特段の反対意見はなかった。

- ・ 開催日時：2015年7月13日（月） 13:30-15:00
- ・ 出席者：近隣住民約15名



説明風景



参加者

#### (イ) モニタリング

上記の通り、騒音・バードストライク・住民苦情のモニタリングを実施してきたが、特段の問題はなかった。

#### (6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

事業後も PEA が自立的にレンズ風車の維持管理活動を継続できるよう、以下の事項を実施した。

- ・ キーコンポーネントおよびPCSは1セット分（発電機1台、制御器1台、ブレード3本、PCS1台）は予備パーツとして今回の実証事業に含んでいる。その他の実証後の必要パーツについてはPEAが負担することで合意した。
- ・ 塗装については3年に1度塗装が必要である。PEAへ譲渡後、ペンキは予備として準備するが、塗装作業についてはPEAにて実施してほしい旨説明し了解された。
- ・ 交換部品の調達先について、リストを作成しPEAに提出した。
- ・ 維持管理に関する技術については、本邦受入活動にて指導を実施した。

#### (7) 今後の課題と対応策

##### ① 製造価格の更なる低廉化

製造価格に関しては、前述したとおり、2017年5月末に、4社（E社、N社、L社、S社）から見積もり結果が提出され、その結果をもとに、今後の方針に関して、検討を行った結果、N社1社に絞り込むこととした。ただ、1番安価であったN社からの見積もり回答でも、日本で製造した場合と同程度の製造価格であった。

タイ国での製造においては、レンズ風車の製造価格の低廉化を期待していたことから、レンズ風車の更なる低廉化を目指し検討を進める必要がある。その手段としては、(ア) タイの風況に適したモデルへの再設計、(イ) キーコンポーネントのタイ国製造がある。ただし、(イ)に関しては、見積もり対象部材と比較して、技術的難易度が高くなることから、製造価格が日本より高くなる可能性が高いため、現実的ではないと判断した。一方で、(ア)に関しては、その実現の可能性が高いと判断できる。その理由としては、現在のレンズ風車の設計はJISの風車クラス（表3.12）に準じ、日本の強風地域でも耐えられる強度であるクラスⅡで設計されているが、タイ国における風況は日本よりも格段に穏やかであるため、レンズ風車の地上高である20mで評価すれば、クラスⅣの風速でも強度的には十分であると判断できる。レンズ風車をクラスⅣを基準に再設計を実施できれば、レンズ風車のポール費用および基礎費用等を大幅に削減することができるため、タイ国で普及を目指す販売価格1,000万円の実現の可能性が高くなる。

表 3.12 : 風車クラス (JIS 1400-2)

風車クラス	I	II	III	IV	S
Vref (m/s)	50	42.5	37.5	30	設計者が定める値
Ve50 (m/s)	70	59.5	52.5	42	
Vave (m/s)	10	8.5	7.5	6	

Vref: ハブ高さにおける10分平均基準風速(m/s)

Vave: ハブ高さにおける年平均風速(m/s)

Ve50: 再現期間50年の3秒平均風速(m/s)

## ② タイ国での小型風力発電設備に適用する基準および許認可の整理

日本では小型風力発電を導入する際、JISなどの基準を適用することによって安全性を確保している。また、日本においてFiT制度を小型風車に適用する際には型式認証制度により様々な試験を受けなければならないこととなっている(図 3.18)。



日本海事協会より

図 3.18 : 日本の型式認証制度

一方、タイ国でレンズ風車導入の際に安全性を確保するための基準について調査を実施したが、明確な答えを得ることができなかった。理由としては、タイ国では小型風力発電が普及していないため、小型風力発電設備に適用する基準が存在しないことにあった。

また、タイ国には FiT 制度が存在していることから、日本の FiT 制度のように型式認証制度にて安全性を担保できないかと考え、DEDE と協議したところ、タイ国の FiT 制度上では日本の型式認証制度のようなものは存在しておらず、発電設備に関する安全性は全て事業者委ねられているとのことであった。

加えて、小型風車の建設に関する許認可についても調査を行ったが、小型風力発電設備の建設経験が少ないため、タイ国に存在する許認可のどの部分を当てはめれば良いか同国の関係者も把握しきれておらず、建設に伴う許認可に必要な情報も十分に整理できていなかった。

したがって、今後タイ国でレンズ風車を普及していくためには、以下の対応を実施する必要がある。

- ・タイ国でのレンズ風車の安全性を担保するため、JIS 基準におけるクラスIVのタイ国での適用を検討する。
- ・レンズ風車を建設する過程で必要となる許認可関係の情報を整理する。

そのためには、実際に 1 基、商用ベースでレンズ風車を導入／運用することが有益だと考える。そうすることで、上記 2 点についても明確化を図ることが可能と考える。

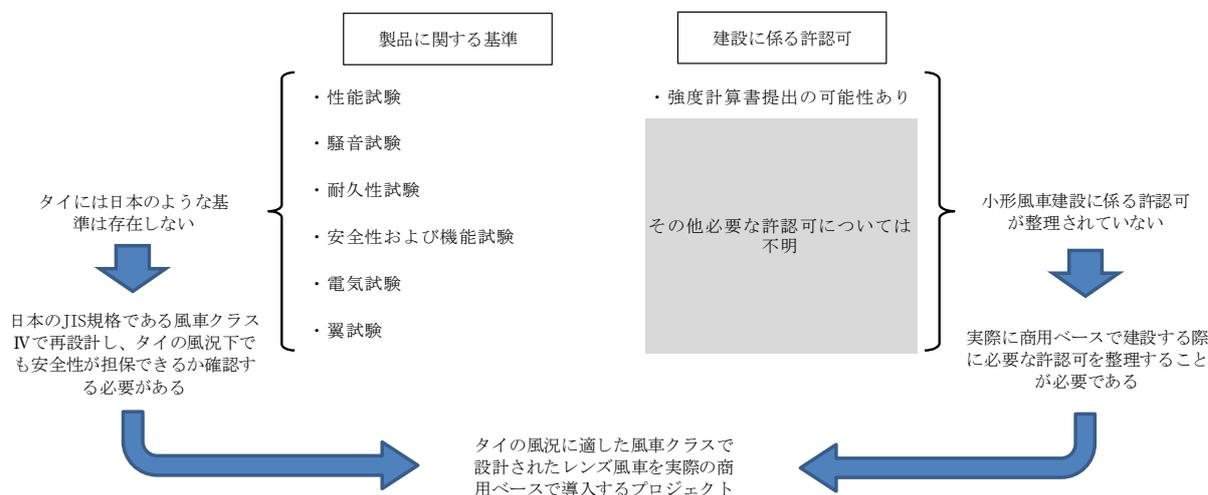


図 3.19： タイ国での小型風力発電設備に関する基準と許認可

## 4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

(ア) 市場性

【経緯】

第3回現地調査（2015年12月）において、第3章(1)④4-3に記載した通り、タイの大手デベロッパーにヒアリングを行っている。その結果と当初予定していたリアムウィンドによるレンズ風車の大型化に向けた技術開発が計画通り進んでいないことから、ビジネス展開のターゲットとして、大型化製品を扱う大手デベロッパーは将来的に可能性があるが、

本事業のターゲットとしては時期尚早との考えに至った。また前述の通り、100kW 級の大型レンズ風車の開発を前提とし、本事業後における導入の可能性を検討する予定としていた PEA/ENCOM 14MW 計画や SPP/VSPP については、PEA と協議した結果、実施の見込みが低いことから中止することとなった。一方で表 4.1 をもとに、PEA と代案に関して協議した結果、①離島におけるディーゼル発電システムへの導入の可能性について検討を進めていくことに整理された。

この結果をもとに、PEA が選定した導入候補の 1 島となるシーチャン島においてサイト調査を実施している。その結果を以下に示す。

表 4.1： レンズ風車の導入先候補

	名称	概要	形態	備考
①	離島	PEA 所有の離島ディーゼル発電システムに導入	独立型	候補は全部で 11 箇所あり (離島のみでは 7 箇所あり)
②	CSR	・マンションの集会所への電力供給 ・モニュメント販売	独立型	・建設ラッシュ中のマンション (年間約 100 台) ・環境意識の高い企業
③	屋根置型太陽光	太陽光+風力(+蓄電池)のハイブリッド化での工場への導入	独立型	タイ国政府は政策として支援。拡大の可能性大
④	近隣諸国	同様な風況を持つ国での販売	・独立型 ・系統連系型	ベトナム、など
⑤	日本への逆輸入	タイで安価に製造でき、輸送費を加えても日本での製造より安価となった場合	系統連系型	日本 FiT55 円/kWh

出典：調査団作成

表 4.2： PEA 所有の離島ディーゼル発電系統の一覧 (島以外も含む)

種別	No.	発電所名/所在県	台数 (台)	総容量 (kW)	総出力 (kW)
独立型 ディーゼル発電	1	ハイタ市 / ウッタラディット県	4	170	119
	2	タオ島 / スラートターニー県	6	8,000	5,600
	3	タファオ島 / スラートターニー県	4	170	119
補助型 ディーゼル発電	4	メーサリエン市 / メーホンソン県	4	4,000	2,800
	5	ターソンヤーン市 / ターク県	4	670	469
	6	ウンパング市 / ターク県	4	2,500	1,750
	7	シーチャン島 / チョンブリー県	5	3,300	2,310
	8	スコーン島 / トラン県	5	970	679
	9	ムック島 / トラン県	3	755	529
	10	クット島 / トラート県	6	2,620	1,834
	11	マーク島 / トラート県	5	1,100	770

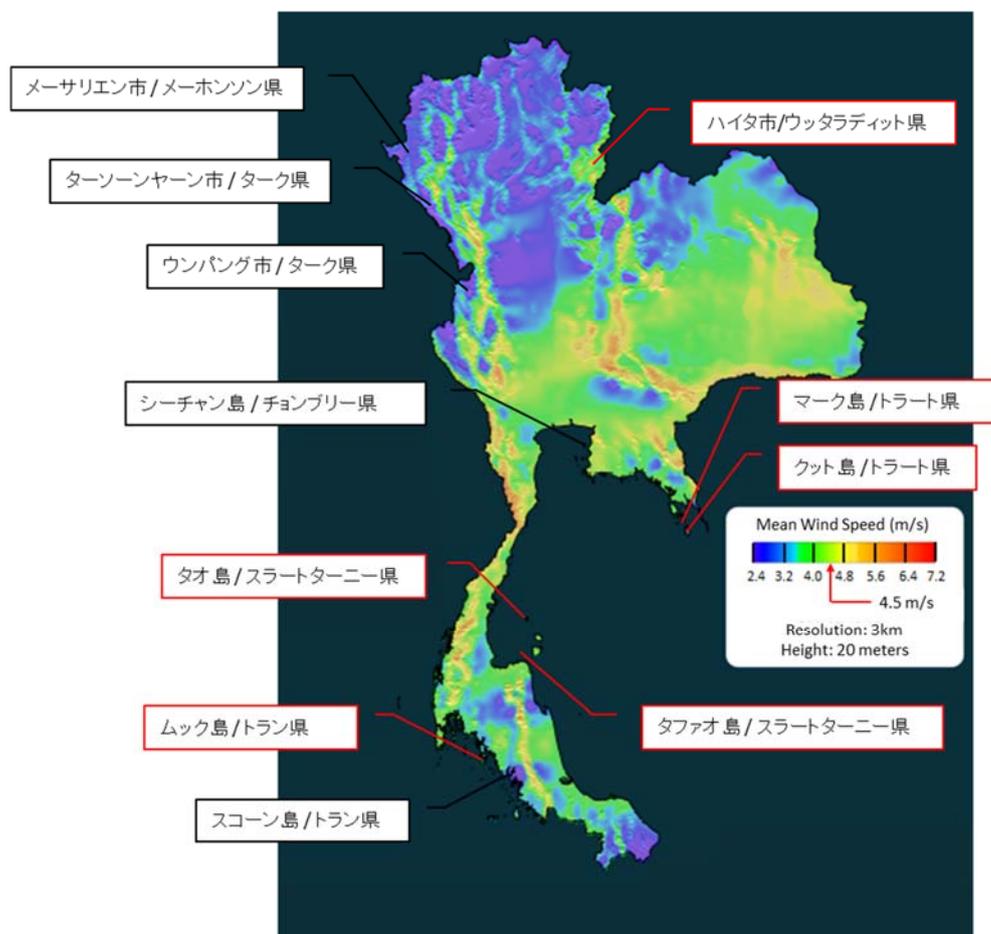
出典：PEA 提供資料をもとに調査団作成

### 【サイト調査】

第7回現地調査（2017年2月）においては、PEAとの協議の結果、調査対象として決定していたシーチャン島を訪問し、ディーゼル発電の運用状況などについて調査を行っている（詳しくは活動4-5参照）。シーチャン島での調査の結果、離島などディーゼル発電を行っている導入候補地へレンズ風車を普及させるためには、販売価格が目標額である1,000万円まで低廉化できれば、年平均風速4.5m/s以上まで緩和できると結論付けた。

そこで、まずは販売価格の1,000万円までの低廉化策について下記の通り検討を行い、その可能性について評価した。レンズ風車の建設コスト低下策としては、前述のとおりレンズ風車をJIS基準の風車クラスIVで再設計することで、部材費や機械加工費などの費用が大幅に低減できることから、1,000万円までの低廉化実現の確度はかなり高いと判断できる。

そのため、タイ全土に点在するPEA所有のディーゼル発電系統へのレンズ風車普及見込みを評価する上で、販売価格を1,000万円とし、年平均風速4.5m/s以上を前提として評価を実施した。



\*高さ100mの風況を「指数則（べき法則）」を用いて補正

図 4.1 : PEA 所有のディーゼル発電所の所在とタイ全土の風況

図 4.1 では、タイ全土の 20m 高さの風況および表 4.2 の地図上の所在を示しており、結果は以下のとおりであり、表 4.2 の内、合計 6 箇所が普及候補地と評価できる。

【普及候補地】

- ・ ハイタ市／ウッタラディット県
- ・ マーク島／トラート県
- ・ クット等／トラート県
- ・ タオ島／スラートターニー県
- ・ タファオ島／スラートターニー県
- ・ ムック島／トラン県

(合計 6 地点)

本報告書においては、PEA と協議した結果、PEA において喫緊の問題となっている離島ディーゼル発電システムへのレンズ風車の導入に関して、その市場性の具体的な検討を行った。検討に際し、PEA から紹介されたディーゼル発電所は発電単価より売電単価の方が安く、その赤字分をディーゼル発電設備を管理運用している PEA が自ら補填している。このため、再生可能エネルギーを導入することで赤字となっているディーゼル発電の稼働率を下げる事ができる本案件は PEA から評価が得られている。

また、PEA はタイ国における FiT の設定／変更の経緯について、特に、Adder (FiT 以前の導入促進施策) から FiT に移行する際に風力発電への補助対象期間が 10 年から 20 年に変更された経緯も熟知しており、タイ国における風力発電事業の投資回収年には 20 年は必要であると理解していることから、今回の事業性評価に用いた単純投資回収年 20 年は妥当であるとの見解を示している。更に、PEA はタイ国では大型風車を導入するために最低限必要な風速 6m/s を確保できる適地が非常に限定的であるのに対し、レンズ風車は 6m/s 以下でも発電が可能であり、離島への活用も可能であることから、上記で述べたディーゼル発電における赤字を少しでも縮小すべく、導入を進めたい意向を示している。

しかし、PEA 所有の離島ディーゼル発電システムは数に限りがあることから、今後は、離島ディーゼル発電後の市場性評価も実施していくことが肝要かと考える。そこで、タイ国以外にも本案件で調査したシーチャン島と同様の課題を抱えている国が存在していれば、レンズ風車の普及先候補として考えられると判断し、タイ国近隣諸国を中心に文献による情報収集調査を実施した。その結果、フィリピン国においても同様の課題を抱えていることが判明した。

【フィリピン国への展開検討】

フィリピン国は 7,109 もの島々から形成されている群島国家であり、主に 3 つのエリア(ルソン、ビサヤ、ミンダナオ)に分かれている。また、フィリピン国の人口は国土を形成する島々に点在しており、電力会社からの電力供給が行き届いていない地域が多数存在して

いる。これら地域は通常、「オフグリッド地域」と呼ばれており、オフグリッド地域への電力供給はフィリピン国の国営企業である National Power Corporation (NPC)が創設した Small Power Utilities Group's (SPUG)が行っているが、発電単価が高いことが課題となっている。また、オフグリッド地域の電力消費者は Socially Accepted Generation Rates (SAGR)により設定された単価で電気料金を支払っているが、SPUG の発電単価が電気料金単価を大きく上回っているため、大きな赤字が発生しており、その費用はフィリピン国全土の消費者に分散・負担されているという課題が存在する。

そこで、タイ国の離島へのレンズ風車普及可能性について検討した場合と同様の評価方法でフィリピン国でのレンズ風車普及可能性について検討した。すなわち、レンズ風車の販売価格を現在の目標である 1,000 万円とし、タイ国の場合と同様の投資回収年 20 年を一つの指標として評価した。この場合、フィリピン国のオフグリッド地域においても、タイ国の離島と同様に現状の発電単価が 63 円/kWh (18.96 THB/kWh)以上、年平均風速が 4.5m/s 以上であれば、普及の可能性が見込めると考えられる。

そのため、まず最初にフィリピン国のオフグリッド地域における代表的な発電単価について調査を実施した。表 4.3 にオフグリッド地域の代表的な発電単価と SAGR の比較を記す。

表 4.3： オフグリッド地域の発電単価と SAGR (2009-2013)

島エリア	発電単価		SAGR	
	[PHP/kWh]	[円/kWh]	[PHP/kWh]	[円/kWh]
ルソン1	15	31	5.6	11
ルソン2	17	35	5.6	11
ルソン3	23	47	4.8	10
ルソン4	23	47	5.6	11
ビサヤ1	17	35	6.3	13
ビサヤ2	14	29	6.3	13
ビサヤ3	17	35	6.3	13
ビサヤ4	36	74	5.6	11
ミンダナオ1	19	39	5.1	10
ミンダナオ2	12	25	5.1	10
ミンダナオ3	10	21	5.1	10
ミンダナオ4	22	45	4.8	10
平均	19	39	5.5	11

\*換算レート：2.05 円/PHP

表 4.3 の結果より、フィリピン国のオフグリッド地域の発電単価は平均で約 39 円/kWh であることが判明した。この発電単価はタイ国の離島で評価した発電単価（63 円/kWh）に比べ、約 6 割程度であるため、レンズ風車の販売価格を 1,000 万円とした場合の投資回収年を 20 年とするためにはタイ国より良好な風況が必要であることが判明した。

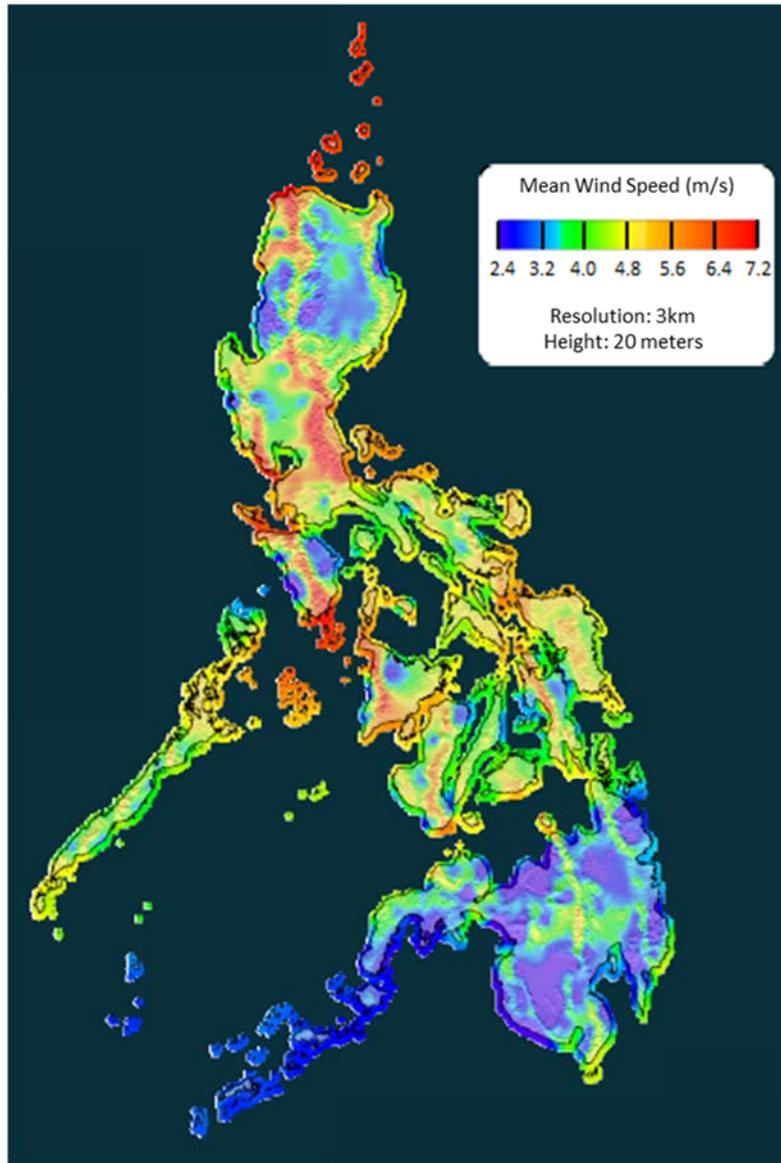
そこで、この平均単価を用いてレンズ風車の投資回収年が 20 年以下となるための風速の条件について検討した。その結果、表 4.4 のとおりフィリピン国のオフグリッド地域では平均風速が 5.5m/s 以上あればレンズ風車普及の可能性が見込めることが分かった。

表 4.4： 各風速に対する投資回収年（フィリピン国）

	平均風速					
	4.5m/s	5.0m/s	5.5m/s	6.0m/s	6.5m/s	7.0m/s
投資回収年	34.6年	25.6年	19.4年	15.0年	11.8年	9.5年

レンズ風車建設コスト	1,000 万円
発電単価	19.00 PHP/kWh
為替レート	2.05 円/PHP
発電時間	8760 h/年

フィリピン国全土の風況（地上高 20m）の調査結果は、図 4.2 のとおりであり、この内、平均風速が 5.5m/s 以上の地域は、ルソンおよびビサヤエリアに集中していることが分かる。一方で、ルソンおよびビサヤエリアの総面積はフィリピン国全体の約 7 割を占めており、フィリピン国に 7,109 ある島のうち、同エリアでは、約 5,000 の島が存在すると考えられる。また、図 4.2 より、地上 20m 高さにおける平均風速が 5.5m/s を超える地域は、ルソンおよびビサヤエリアの面積の約 2 割を占めていると判断できることから、フィリピン国でレンズ風車が普及できる見込みのある島は、同エリアに属する約 1,000 島（約 5,000 島×2 割）と考えられる。



\*高さ 100m の風況を「指数則（べき法則）」を用いて補正

図 4.2： フィリピン全土の風況

以上の結果から、今後、レンズ風車の販売価格を 1,000 万円以下に低下させることができれば、ルソン・ビサヤエリアでのレンズ風車の普及見込みは、約 1,000 島存在する。ただし、今回は文献のみの調査であったため、今後、フィリピン国で本格的にレンズ風車の導入を検討する際には詳細な調査が必要である。

## (イ) 競合製品

### 【小型風車】

タイ国内にて数 kW 程度の同規模風車を開発／販売している企業は 2 社あったが、既に両社ともタイ国から撤退しており、詳しい情報収集が難しかったが、両社の主要商品の情報は以下のとおりである。

企業名	主力製品	
	容量	単価
日系企業	300-500W	約 20-30 万円/kW (工事費除く)
タイ企業	数 kW	約 20-30 万円/kW (工事費除く)

### 【大型風車】

タイ国における風力発電設備導入に係る主な阻害要因は、タイ国全土が低風速域となること、その風況に適した風力技術がないこと、また現地企業が育っておらず、風力製品は全て輸入に頼っていること等が挙げられ、タイ国全土において、風力発電設備の導入は計画通り進んでいないのが現状である。そのような中でも、第 5 回現地調査（2016 年 6 月）では、比較的風況の良い南部地域において、近年運転を開始した以下の大型風力発電所への視察が実施できた。

その視察の結果、比較的風況の良い南部地域においても、大型風力発電所の事業性の成立条件である最低風速（5-6m/s）を確保するためには、120m の高さを確保しなければならず、また 120m の高さを得るには 2MW や 2.5MW といった超大型の風力発電設備を採用せざるを得ない環境であることが分かった。なお、導入設備に関しては、全て中国製であった。

表 4.5 : PAK PHANANG WINDPARK の概要

名称	PAK PHANANG WINDPARK 10MW
運営会社	Inter Far East Wind International Co., Ltd. (Inter Far East Energy Corporation Public Company Limited が親会社)
所在地	Pak Phra, Pak Phanang, Nakhon Si Thammarat, Thailand
導入設備	Goldwind Model GW 121 (中国製) 合計 10MW (2.5MW × 4 台)
備考	・ 2015 年 11 月 6 日運開



PAK PHANANG WINDPARK の全景



2.5MW1 基の全景



運営会社との協議風景

#### (ウ) 太陽光等の代替製品

2010 年からタイ国市場に参入し、製品の納入の他、設備の運営維持管理および事業者として投資も行っており、豊富な実績を有している日系企業 1 社を訪問し意見交換を行っている。

##### 【大型太陽光（メガソーラー）】

メガソーラーに関する今後の展望としては、様々な理由により縮小していくものと予測していた。

##### 【小型太陽光（屋根置き型太陽光発電）】

屋根置き型太陽光発電は、設置した建物の自家消費用として 100%の発電量を使用し、電気料金の削減を目的として適用されるが、メガソーラー市場に替わり、工場や住宅の屋根に太陽光発電を設置する屋根置き型太陽光発電の市場が急速に拡大するものと予測していた。

## ② 法規制

### (ア) 事業環境

詳細は 4. (1)③(ウ)を参照されたいが、本事業を通してビジネス体制を検討してきた結果、図 4.3 に示すとおり、ENCOM を販売会社に位置付け、当社および N 社が協力する体制の可能性が高いとの結論に至っている。

この体制では、当社は日本での活動に限られることから、外国人事業法およびローカル人材の雇用義務等については該当しないと整理できる。

一方で、日本から輸送する製品については、タイ国内での販売に当たり、工業規格 TIS の取得が必須となっている。

#### 【外国人事業法による規制】

タイ国では、国内産業保護等のため、外国人事業法（1999 年改正、2000 年 3 月施行）において、3 段階のネガティブリストにより規制事業を定め、外国企業（外国資本 50%以上の企業）の参入を規制している。

リスト 1 では、「特別の理由から外国人の営業を禁止する事業」を指定しており、新聞事業、農林水産業等が含まれている。リスト 2 は、「国家の安全保障、伝統芸術・文化・工芸、天然資源または環境に影響を及ぼす事業」として、内閣の承認に基づく大臣の認可が必要とされる事業が指定されている。ここには、武器の製造・販売、骨董品・美術品の取引、さとうきびからの製糖業等が含まれている。リスト 3 では、「外国人との競争力がまだ十分ではない事業」として、外国人事業委員会の承認に基づく商務省事業開発局長の認可が必要とされる事業が定められている。（表 4.6）

表 4.6： 外国人事業法による規制事業「リスト3」

1. 精米及び米・穀物の製粉
2. 水産物の養殖
3. 植林による林業
4. 合板・ベニヤ板・チップボード・板紙の製造
5. 石灰の製造
6. 会計サービス
7. 法律サービス
8. 建築設計
9. エンジニアリングサービス
10. 以下の場合を除く建設業
a. 特殊な道具・機器・技術・熟練工が必要な公共施設・公共機関の建設で、5億パーツ以上の外国資本を有する場合
b. 省令で定められたその他の建設
11. 以下の場合を除く仲介業または代理業

- a. 証券売買・商品その他金融先物の仲介または代理
- b. 関係会社間における製造・サービスに必要な物品・サービス取引の仲介または代理
- c. 国際事業としての形態を有する、タイ国内製品または輸入製品の販売のための、国内外双方の取引の仲介または代理で、1 億バーツ以上の外国資本を有する場合
- d. 省令で定められたその他の仲介または代理
- 12. 以下を除く競売業
  - a. タイの美術・工芸・骨董品・歴史的価値のある物以外の物の国際入札形式の競売
  - b. 省令で定められたその他の競売
- 13. 法律で禁じられていない国内農産物の国内取引
- 14. 資本合計 1 億バーツ未満または 1 店舗当たり 20 百万バーツ未満の小売業
- 15. 1 店舗当たり資本が 1 億バーツ未満の卸売業
- 16. 広告業
- 17. ホテルマネジメントサービスを除くホテル業
- 18. 観光ガイド業
- 19. 飲食業
- 20. 植物の種苗・育種業
- 21. 省令で定められたサービスを除くその他のサービス業

出典：JETRO バンコク事務所、タイでの会社設立から抜粋

タイ国において風力発電機器の販売事業を行おうとする場合、リスト 3 の 14（小売業）と 15（卸売業）に該当し得る。ただし、いずれの類型においても資本合計が 1 億バーツ以上あれば、規制対象とはならない。

リスト 3 の事業については、一般的には認可を得るのは難しいと言われているが、同リストは「外国人との競争力がまだ十分ではない事業」の保護を目的としているものであるため、風力発電機器の販売がタイ人による既存事業に悪影響を及ぼすものではないとの判断により、外国人事業ライセンス（Foreign Business License: FBL）が発行される可能性もあるものとみられる。

#### 【ローカル人材の雇用義務等】

タイ国のローカル人材の雇用義務等についての調査結果は以下のとおりである。

- ・タイ国に設立した会社で日本人等の外国人が業務に従事する場合、ビザの発給を行うタイ国移民局の実務取り扱いでは、外国人従業員 1 人当たり 200 万バーツ以上の資本金が必要とされている。

- ・ また、外国人 1 人当たりタイ人 4 人以上を雇用しなければならず、外国人従業員は原則として 10 人が上限となっている。ただし、BOI 投資奨励企業の場合、この条件は適用されない。
- ・ 業務開始時（ワークパーミット取得時）に 4 人雇用しておく必要はないが、ワークパーミット取得の 3 ヶ月後に延長手続きを行う必要があり、その際には、タイ人 4 人以上の雇用が必要である。

### (イ) 製品

JETRO ビジネス情報課の資料によると、『タイで製造された、あるいは輸入された電気用品をタイ国内で流通・販売する際は、タイ工業省に輸入申請を行い（タイ国内で製造された場合は不要）、許可を得なければならない。タイの工業製品は、工業省工業規格局(TISI)の認証が必要な「勅令が定める工業製品」とそれ以外の製品のいずれかに分類されており、前者については工業規格局が制定する工業規格 TIS および首相府消費者保護委員会が定めるラベルを本体に表示しなければならない。レンズ風車においては発電機、インバータなどレンズ風車を構成している部品で TIS 取得の必要がある。TIS についてはキングモンクット工科大学内に設置されている試験機関が所管しており、この機関が実施する約 6 ヶ月間の性能や品質に関する試験に合格すれば、取得できる。

表 4.7: タイ国における製品に関する規格・法律

工業規格関連	消費者関連	輸入関連
工業製品規格法（仏暦 2511）	消費者保護法（仏暦 2522 年）	「関税法（仏暦 2547 年）
工業規格局告示（仏暦 2557 年）	表示に関して規制する仏暦 2541 年の表示規制商品の表示の種類に関する告示	海外移転に伴う家庭内で使用する電気用品の個人の輸入に関する関税局説明（仏暦 2556 年）
危険物扱いの使用済み電気用品や電子部品をタイ国内へ輸入許可を行う際の条件（仏暦 2550 年）		

出典：JETRO 受領資料をもとに調査団作成

### ③ ビジネス展開の仕組み

#### (ア) 対象顧客層

今後の対象顧客層としては、10kW マルチ型レンズ風車の導入対象になる可能性が高い僻地（離島など）におけるディーゼル発電の単独型電源とする。

#### (イ) 製品販売価格

諸々の検討の結果、タイ国および同国と同条件である近隣諸国での普及を目指す販売価格は1,000万円とする。この1,000万円は、レンズ風車の強度設計をタイ国の風況に適したクラスIVで再設計し、タイ国での適用が確認できれば、十分に達成できる価格である。

#### (ウ) ビジネス実施体制

ビジネス展開を検討するにあたり、その方法は大きく分けて下記の2案が考えられる。

- ・現地に拠点を設ける方法
- ・現地に拠点は設けず、日本から何らかの取引をする方法

拠点を設ける方法には、現地法人設立、現地法人との資本提携、支店設立、駐在員事務所を設置等の方法があり、一方で、拠点を設けないやり方としては、輸出入貿易、販売代理店の構築、フランチャイズやライセンス契約等の方法がある。

一般的には、拠点を設けた方が、成功した際のリターンが大きい分、リスクも大きく、一方で拠点を設けない場合は、大きなリターンは期待できないが、リスクは少なく抑えることが可能である。

日系企業等のヒアリング結果より、海外ビジネスの経験がない当社においては、極力リスクを抑制した形で第一歩を踏み出し、海外での経験を徐々に蓄積していき、その後に現地法人設立等の大きな展開にステップアップすることが望ましいとの考えに至った。そのため、まずは“現地企業との代理店／販売店契約”の可能性に注力して検討を行った。

“現地企業との代理店／販売店契約”とは、既存のタイ企業とライセンス契約を行い、販売を実施してもらう体制であり、製品は現地企業を通して供給し、設置についても現地業者の活用する。そうすることで、海外進出のリスクも軽減できるとともに、代理店・販売店のネットワークを活用することにより、不慣れな海外での販路開拓が容易となり、展開スピードを早められる。

第3回現地調査(2015年12月)後のPEA、リアムウィンドおよび四電間の3社間の協議の結果、PEAの100%子会社であるENCOMがレンズ風車の販売会社となることに関して、その可能性について検討することで合意した。

その後、ENCOMを販売会社とする体制を基に、販売体制の強靱化・効率化等を見据え、製造と据付を同一会社に委託する体制について検討を進めてきており、絞り込んだ候補企業1社(N社)において、据付まで対応可能か検討を行った結果、検討課題は残るものの、下図の体制が実現可能との結論に至っている。

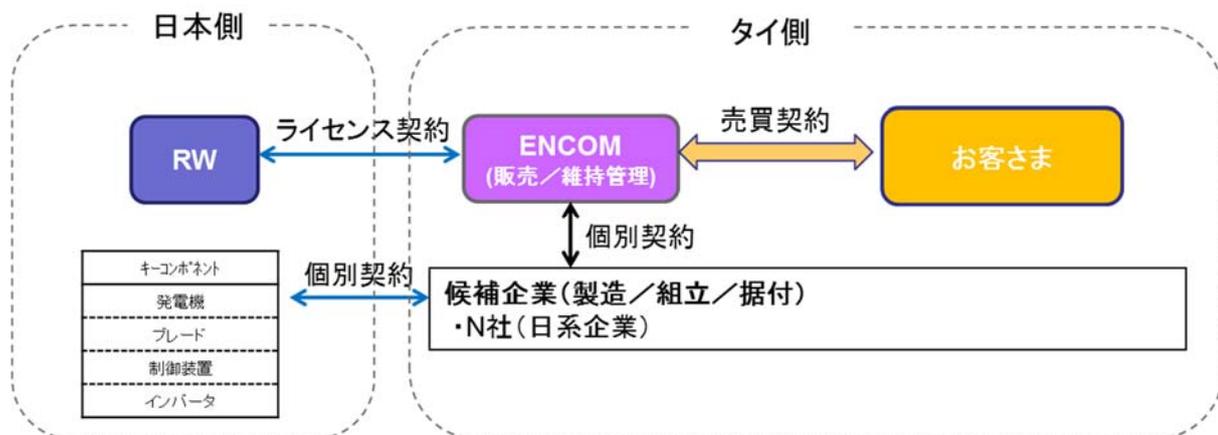


図 4.3 : ビジネス実施体制図

(エ) ファイナンススキームの活用

レンズ風車ビジネスの促進にあたり、機材導入のためのファイナンス面のサポートは非常に重要な役割を果たす。そのため、関連企業と面談を行ったが、レンズ風車への彼らのリース適用は難しいことが分かっている。一方で、エネルギー省と再生可能エネルギー普及に関する補助金制度および FiT 制度について意見交換を行った結果、単独型のレンズ風車に対しては、適用可能な補助金制度 (Energy Block Grant) が毎年設定されていることが分かった。

そのため、PEA および ENCOM としては、離島ディーゼル発電システムへの導入を前提に、Energy Block Grant の適用に関して引き続き検討を実施する予定とのことである。

④ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

販売スケジュールおよび売上規模としては、下表の赤枠のとおり考えている。本事業後には、10kW マルチ型の再設計を活かした製造原価の低減を図り、再設計したレンズ風車の適用性を評価する。その評価結果において適用可と判断できれば、離島におけるディーゼル発電の代替電源やフィリピン国などの近隣諸国に対してレンズ風車の販売を進めていく。

	台数	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2021年度	
本事業		→									
マルチタイプ		→									
再設計したレンズ風車の検証	1台						→				
離島ディーゼル発電(タイ国)	10kW 6台							→	→		
" (フィリピン)	10kW 40台~								→	→	

図 4.4 : ビジネス展開スケジュール

## ⑤ ビジネス展開可能性の評価

今まで述べてきたとおり、ビジネス展開においては以下の点が大きな課題として残る。

- ・ 小型風力発電設備への適用基準および許認可の整理
- ・ 製造価格の更なる低廉化（タイの風況に適したモデルへの再設計）

これらの点が解決すれば、安全性を担保しつつ、日本の製造価格と比較して大幅な低廉化が可能となるとともに、許認可関係も整理されることから、これらを並行して検討していくことが今後のビジネス展開の可能性を高める上では肝要と考える。

また、これら以外については、今後タイ国および同国と同状況である近隣諸国へのレンズ風車販売において安全性は販売者である ENCOM が担保することとなるため、ENCOM 自身が本事業で導入したレンズ風車および本事業後の再設計レンズ風車より得られるデータを活用し、安全性担保の可否について詳細検討を実施していく必要がある。

### （２）想定されるリスクと対応

#### ① 規制関係

##### （ア）免税措置（法人税、輸入関税等）

本事象において、JETRO タイ事務所から関税や輸入に関して以下聞き取り調査しており、日タイ経済連携協定(JTEPA)により、日本・タイ間の関税はゼロか数%程度や、関税がゼロの場合であっても、輸出入時には VAT や通関手数料（業者への委託手数料）が発生することなどが分かっている。

現在、タイ国でレンズ風車を販売するためには、日本での生産が必須となるキーコンポーネント（ブレード、制御装置、発電機）を輸入する必要がある一方、タイ国やその他近隣諸国でレンズ風車を広く普及させるための課題として、レンズ風車の価格の更なる低廉化が残されている。したがって、レンズ風車の価格の更なる低廉化に貢献できるよう、上記の免税措置を上手く活用することも今後の検討課題である。

##### （イ）RoHS（特定有害物質使用制限）指令

タイ国でも同様の規制が存在する。現在、販売可能なレンズ風車には、禁止物質を利用している部品もあることから、代替品の活用等、禁止物質の不使用について部品メーカー等と協議している。現在のところ、日本からの輸出が想定される①ブレード②発電機③制御機（ブレーキユニット）④パワーコンディショナーのうち、②発電機③制御機の検討が終了していない。②発電機③制御器内にタイ国での禁止物質が含まれているかどうかは X 線検査を実施しなければ判断できず、検査費用が高額となることから、慎重に製造メーカーと協議し、対応方法について検討を進めていく。

##### （ウ）タイ国での小型風力発電設備に適用する基準の不在および許認可の整理

本事業における調査にて、タイ国では小型風力発電設備に適用する基準が存在しないこ

と、および許認可が整理されていないことが分かった。ビジネス展開にあたっては、安全性も重要であることから、安全性に関する基準の不在や許認可が整理されていないまま販売を開始することは倫理上現実的ではないと考えられるため、本事業後、タイ国での JIS 基準適用の可能性や許認可の整理についてタイ側関係者と協議し、対応方法を検討していく予定である。

## ② 事業的側面

### (ア) ローカル人材の雇用義務

タイ国入国管理局は、雇用主企業に対し、ビザ延長資格を得るためには、外国人 1 名に対し、最低 4 名の同国人の雇用を求めている。しかしながら、今回の販売体制では、現地法人を開設せず、ライセンス契約にて ENCOM にタイ国での販売を一任するため、この義務は不要と判断する。

### (イ) 現地調達率

タイ国への輸入の条件となる現地での部品調達率（金額、重量）の有無について JETRO タイ等で確認したところ、存在しないことが確認できた。

## ③ 製品関係

### (ア) 雷対策

タイ国では雨期に雷が多く、雷の原因による風車の故障（主に制御器関係が故障）が頻発している。そこで、現在実証中のレンズ風車には各配線部へ雷サージ対策素子を導入することで、雷による機器の故障を予防している。また、雷以外にも制御器メーカーと協議し、電源 1 次側から流入するノイズへの対策を検討している。

### (イ) TIS の取得

レンズ風車をタイ国で販売していくために、レンズ風車を構成している発電機やインバータなどの部品について TIS を取得していく予定である。

### (3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

1. (1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認 に記載の通り、本事業における開発課題は、低風速域に対応した風力発電技術の開発であり、この開発課題を解決するにあたっては、以下の阻害要因への対応が肝要となるため、ここでは、これらの阻害要因に対する開発効果（インパクト）を整理する。

#### ① タイ全土が低風速域（平均 3-4m/s）であること

4. (1) 1) ① (ア) に記述した通り、本事業におけるマーケット分析では、販売価格 1,000 万円／台および年平均風速 4.5m/s 以上を前提として評価を行った。その結果、この前提であれば、タイでの普及が見込まれ、年平均風速が 4.5m/s あれば活用可能であることが証明できたことから、タイ全土における風力発電技術の適用範囲の拡大に、多大な開発効果が

示せたと考える。

#### ② その風況に適した風力技術がないこと

前述の通り、年平均風速 4.5m/s 以上の風速域であれば、事業性も成立することが証明できたことから、レンズ風車の風力技術は、タイ風況にも適用できると言えるため、多大な開発効果が示せたと考える。

#### ③ 騒音問題

前述の通り、本事業を通して、レンズ風車の高い静粛性の適用についても証明されたため、この騒音問題に対しても多大な開発効果を示せたものと考ええる。

#### ④ 現地企業が育っておらず、風力製品は全て輸入に頼っていること

本事業においては、レンズ風車に関するタイでの現地生産の可能性についても検討を行っており、その結果、キーコンポーネントについては日本からの輸入が必要であるものの、それ以外の部品については現地生産が可能との結論に至っている。そのため、レンズ風車のタイでの販売が始まれば、この阻害要因に対して、本事業の開発効果が見込まれるものと考ええる。

#### ⑤ 事業性評価のノウハウが不足していること

事業性評価のノウハウを欲するのはレンズ風車の導入事業者と想定されることから、この阻害要因に対する本事業の直接的な開発効果は見込まれない。一方で、将来的に、レンズ風車が広く普及されれば、レンズ風車の事業性評価が広く認知されるようになることから、この阻害要因に対しても、間接的ではあるものの、ある程度の開発効果が見込まれる。

#### ⑥ 適地が、自然公園等の法律にて制約を受ける地域に多く存在すること

前述の通り、レンズ風車は、年平均風速が 4.5m/s あれば活用可能であることが証明され、タイ全土における風力発電技術の適用範囲の拡大に貢献できることから、法律等による制約を受けない地域への風力発電の導入が促進できるため、この阻害要因に対しても、多大な開発効果が見込まれるものと考ええる。

### (4) 本事業から得られた教訓と提言

#### ① 教訓

タイ国では小型風力発電の普及が進んでいないことから本事業においても様々な問題が発生し、苦労した。具体的には、以下のとおりである。

- ・ タイ国では小型風力発電設備のハブ高さとなる 20m 高さ前後の風況データが乏しく、本事業にて実際に当該サイトの風況を測定したところ、当初想定値より大幅に低いことが判明したことから導入するレンズ風車のモデルを変更することとなった。

- ・ 現地にレンズ風車の部品を製造できる業者や建設業者が少なく、思うようにコストが下がらなかった。
- ・ タイ国では小型風力発電が普及しておらず、これに携わる関係者が少ないため、情報収集が非常に困難であった。特に、小型風力発電設備の安全に関する基準や許認可などの情報収集においては DEDE やタイの建設業者も完全に把握しておらず、明確な回答を得られない状況であった。

しかしながら、上記のような問題に直面しながらもここまで本事業を進められてこられたのは、カウンターパートである PEA 殿、経験のない工事を快く引き受けてくださったタイの工事業者殿、多大な情報を快くご提供くださったタイの製造業者殿、そして、パートナーとして共に本事業を最後まで実施してくださった外部人材の皆さまのご協力のおかげであると感謝する。そして、上記問題解決の経験や海外で事業を実施するうえではたくさんの方々からのご支援が必要であることを再認識したことを本事業の教訓としたい。

## ② 提言

レンズ風車を普及させていくために、まずは安全性の確保のため、レンズ風車に適用すべき基準を整理することが重要である。そのためには、JIS 基準における風車クラスⅣで再設計したレンズ風車(10kW)を用いて、その適用可否を検証する事業を実施することが有益である。その事業にて、販売／建設／運用を一貫して実施することで、日本の JIS 基準をもとに、タイ国の風況に適合した風車クラスで設計した小型風力発電設備でも安全性を担保できるかを評価するとともに、建設に適用すべき許認可を整理できれば、再設計したレンズ風車の販売が現実味を帯びてくると考えられる。現在、PEA 内部でレンズ風車普及のためのプロジェクトの立ち上げを検討していることから、このプロジェクト内で再設計を実施したレンズ風車(10kW)を離島ディーゼル発電系統へ導入できるよう、引き続き PEA と協議していくこととしたい。具体的には、PEA が準備したプロジェクト予算にて、PEA 所有の離島ディーゼル発電系統（1 か所）に、本事業内で検討した販売体制にて、再設計したレンズ風車（10kW）を導入し、PEA が運営を行うプロジェクトである。

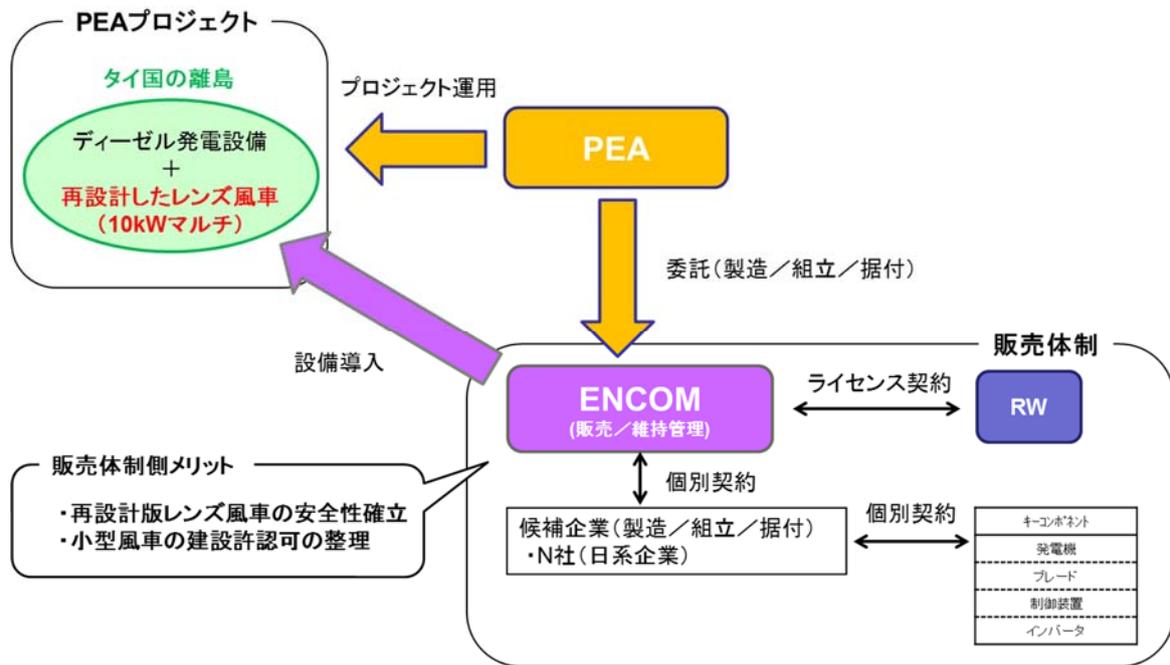


図 4.5 : レンズ風車普及のための PEA プロジェクト概念図 (事業者提案ベース)

## 参考文献

平成 24 年度政府開発援助 海外経済協力事業委託費による 「案件化調査」 の P56 以降の  
第 3 章

[https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kanmin/chusho\\_h24/pdfs/a26.pdf](https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kanmin/chusho_h24/pdfs/a26.pdf)

Kingdom of Thailand  
**Provincial Electricity Authority (PEA)**

## **Kingdom of Thailand**

# **Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Wind Power Generation Utilizing the Wind-lends**

## **Summary**

**March, 2018**

**Riamwind Co., Ltd**

## Table of Contents

<b>Abbreviation Table</b> .....	i
<b>Site map</b> .....	ii
<b>Caption number</b> .....	iii
<b>Overview</b> .....	iv
<b>Outline of the Project</b> .....	v
<b>Outline of Production/Technology</b> .....	ix
<b>1. Outline of the Project</b> .....	1
<b>(1) Purpose</b> .....	1
<b>(2) Project Schedule</b> .....	1
<b>(3) Implementing Structure</b> .....	2
<b>2. Records of Verification Survey</b> .....	3
<b>(1) Activities</b> .....	3
<b>(2) Business development plan</b> .....	19
<b>(3) Issues</b> .....	30
<b>(4) Summary</b> .....	33
<b>(5) Suggestion</b> .....	34

## Abbreviation Table

Abbreviation	Definition
AEDP	Alternative Energy Development Plan
BOI	The Board of Investment of Thailand
DEDE	Department of Alternative Energy Development and Efficiency
DIW	Department of Industrial Works
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand
EPPO	Energy Policy and Planning Office
ERC	Energy Regulatory Commission
MEA	Metropolitan Electricity Authority
NEPC	National Energy Policy Commission
ONEP	Office of Natural Resources and Environmental Policy
PEA	Provincial Electricity Authority
ENCOM	PEA ENCOM International
SPP	Small Power Producers
VSPP	Very Small Power Producers

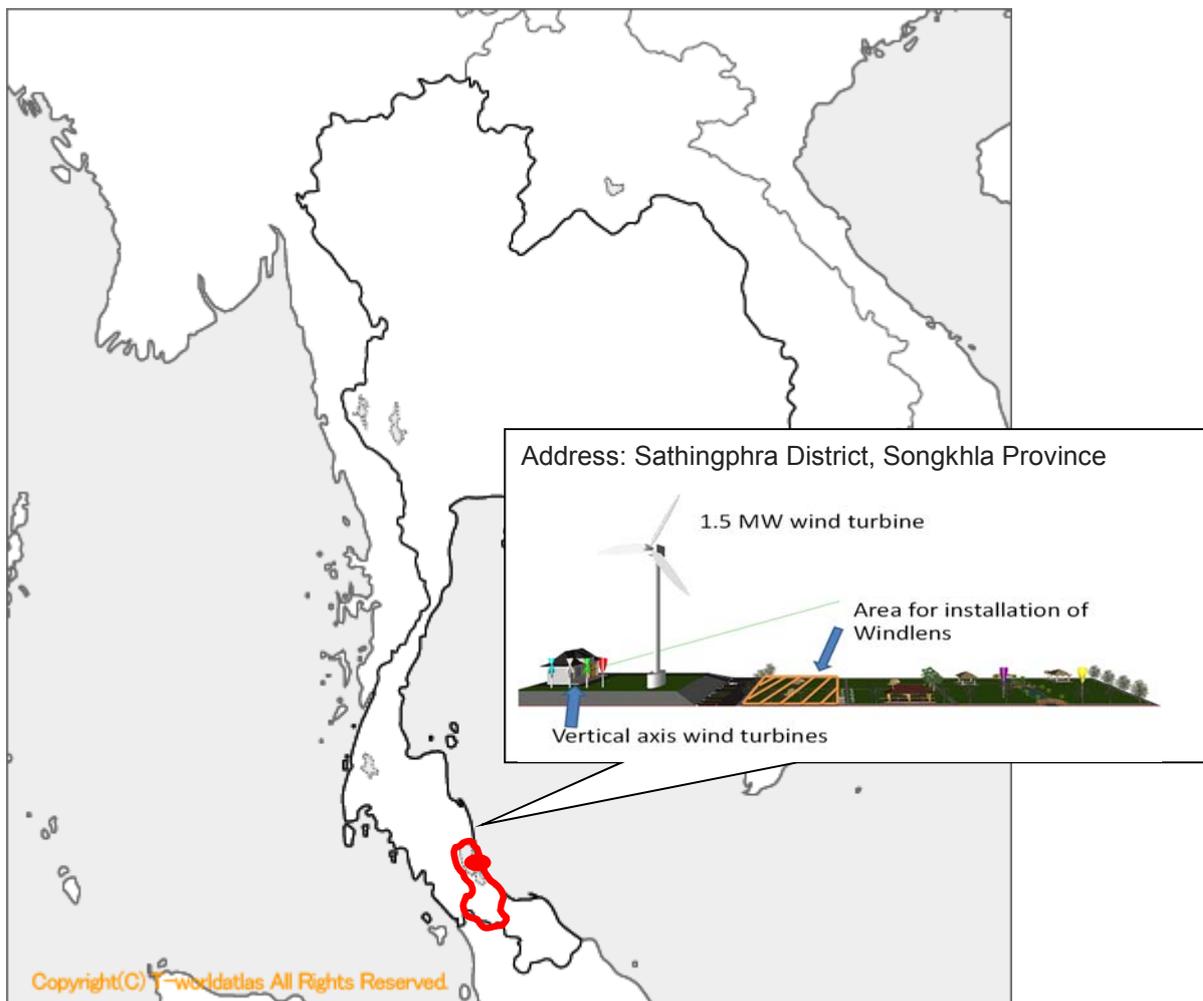
## Attachments

Attachment1\_Report on Wind Condition and Power Output of 10kW Multi-Lens Turbine

Attachment2\_Japan Training Manual

## Site map

The site for the “Pilot Survey for Disseminating SME’s Technologies for Wind Power Generation utilizing the Wind-lens (the Project)” is shown in the below figure. In this site, a demonstrative project for the other wind power generation is being conducted by PEA and the site is the hub for enlightenment activities of wind technology to the local residents.

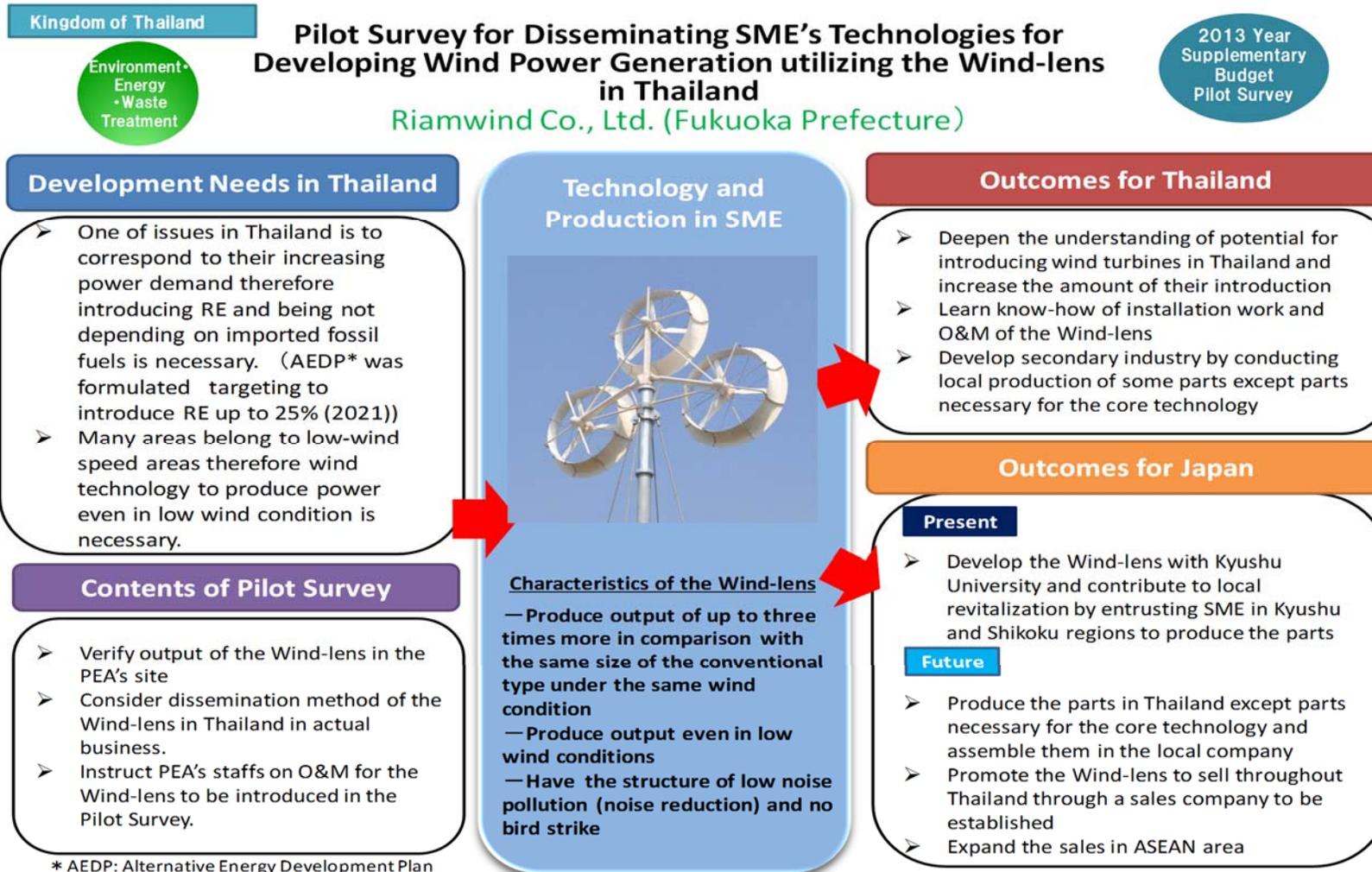


Source: World Map (<http://www.sekaichizu.jp/http://www.sekaichizu.jp/>)

## Caption number

Figure 0.1 :	Output Increase Mechanism of the Wind-lens.....	ix
Figure 0.2 :	Output of the 10kW Wind-lens .....	x
Figure 0.3 :	The result of Noise Measuring Test of 100kW .....	xi
Figure 1.1 :	Schedule of the Project .....	1
Figure 1.2 :	Implementing Structure of the Project.....	2
Figure 2.1 :	Final Installation Point.....	4
Figure 2.2 :	Monthly Wind Speed Data for FY2015-2017 at the Site .....	5
Figure 2.3 :	Monthly Power Output from March 18, 2017 to March 17, 2018 .....	18
Figure 2.4 :	Capacity Factor from March 18, 2017 to March 17, 2018.....	19
Figure 2.5 :	Correlation formula between wind speed and output of Wind-lens .....	22
Figure 2.6 :	Corrected Monthly Wind Speed in the Ko Sichang island at each Height	23
Figure 2.7 :	Business structure .....	25
Figure 2.8 :	The Location of Diesel Generators owned by PEA and Wind Condition in Thailand .....	26
Figure 2.9 :	Wind Condition in the Philippines.....	30
Figure 2.10 :	Type Certification System of Small Wind Turbine in Japan.....	32
Figure 2.11 :	The Standards and Permissions regarding Small Wind Turbine in Thailand .....	33
Figure 2.12 :	Conceptual Diagram of PEA Project for Dissemination of the Wind-lens	34
Table 2.1 :	Summary of Wind Data Analysis .....	5
Table 2.2 :	The list of candidate regarding business development.....	19
Table 2.3 :	The list of diesel power generator which is owned by PEA.....	20
Table 2.4 :	The wind speed data of Ko Sichang island.....	21
Table 2.5 :	Power Output of the Wind-lens in the Ko Sichang island .....	21
Table 2.6 :	The Power Output of the Wind-lens by using the Wind Speed corrected by Height .....	23
Table 2.7 :	Correlation between Wind Speed and Selling Price of the Wind-lens in case of Payback .....	24
Table 2.8 :	Generation Cost of Off-Grid Areas and SAGR (2009-2013).....	28
Table 2.9 :	Payback Period of Each Wind Speed (Philippines) .....	29
Table 2.10 :	The Wind Turbine Class (JIS Class) (JISC 1400-2) .....	31

# Overview



## Outline of the Project

I . Outline of the Project	
Name	Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Wind Power Generation Utilizing the Wind-lens
Site Address	Sathingphra District, Songkhla Province, Thailand
Counterpart in Thailand	Provincial Electricity Authority (PEA)
Period	April, 2015 to September, 2018
Purpose	<p>In the Project, availability of the Wind-lens will be verified by introducing demonstration model of wind power generator composed of grid connected Wind-lens (10kw x 1 unit) into the PEA's site where enlightenment activity is being conducted by PEA to residents.</p> <p>Additionally, the O&amp;M structure will be arranged by PEA for sustainable utilization of the introduced Wind-lens in the Project and dissemination method of the Wind-lens after the Project will be considered as well.</p>
Basic Policy	<p>In the Project, verification activity of wind power generator under low wind condition will be conducted by introducing grid connected Wind-lens developed by Riamwind and Kyushu University into Thailand which is searching technology of wind turbine suitable for low wind condition.</p> <p>Specifically, the below items will be verified and dissemination activity will be conducted as well.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Demonstration &amp; Dissemination Activity           <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Analysis of Wind Data under wind condition of Thailand</li> <li>(2) Verification of Availability (e.g. Power Generation Efficiency/Quietness) of the Wind-lens under low wind condition of Thailand</li> <li>(3) Consideration of suitable selling price for the Thailand Market by pursuing reduction of construction cost as much as possible by utilization of local manufacturer, etc.</li> </ol> </li> <li>2. Business Development Plan           <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Consideration of Business Performance of Selling Structure</li> <li>(2) Evaluation of Possibility of Business Development</li> <li>(3) Handover Ceremony, etc.</li> </ol> </li> </ol>

Records of Activity	<p>According to the items mentioned in the basic policy of the Project, the records were as follows;</p> <p>1. Demonstration &amp; Dissemination Activity</p> <p>(1) Analysis of Wind Data</p> <p>Based on the result of analysis of wind data collected through 1 year by installing the wind measuring device at site, annual average wind speeds were 2.9m/s (10m) and 3.7m/s (20m).</p> <p>(2) Verification of Availability (e.g. Power Generation Efficiency/Quietness) of the Wind-lens under low wind condition of Thailand</p> <p>Based on the result of the above analysis of wind data, optimization design (Modification of Blade / Diffuser / Interconnection Controlling Device, etc.) of the Wind-lens (10kW ×1 unit) was conducted and the optimized Wind-lens was introduced into the site.</p> <p>After the introduction of the Wind-lens, verification survey for 1 year was conducted and verification of Power Generation Efficiency/Power Generation Performance/Quietness, etc. of the Wind-lens was conducted. Based on these results, availability of the Wind-lens under Thai wind condition was evaluated.</p> <p>2. Business Development Plan</p> <p>(1) Consideration of Selling Price</p> <p>By evaluating feasibility of introducing the Wind-lens into PEA's diesel generator in Ko Sichang island, dissemination conditions (Selling Price: 10 million JPY, Annual Average Wind Speed 4.5m/s) were summarized.</p> <p>(2) Consideration of Business Performance of Selling Business</p> <p>Selling business structure centering on ENCOM was embodied with cooperations of Riamwind and N company and concerned parties assume that this selling business structure can be realized in the future.</p> <p>(3) Evaluation of Possibility of Business Development</p> <p>Based on the result of feasibility in island, the dissemination conditions (Selling Price: 10 million JPY, Annual Wind Speed 4.5m/s) were summarized. Based on this result, dissemination potentials are 6 islands in Thailand / approximately 1,000 islands in the Philippines in the case</p>
---------------------	--

	<p>that the Wind-lens is introduced into island diesel generator.</p> <p>(4) Handover Ceremony</p> <p>The Handover Ceremony was held on March 29<sup>th</sup>, 2018 at the site and the ownership of the introduced Wind-lens was transferred to PEA.</p>
Issues	<p>According to the purpose of the Project, issues are summarized as follows;</p> <p>1. Verification of Availability of the Wind-lens</p> <p>As mentioned in the above section, there is no issue because we confirmed of Power Generation Efficiency/Power Generation Performance/Quietness of the Wind-lens and we evaluated the availability of the Wind-lens can be verified through demonstration (1 year).</p> <p>2. Establishment of PEA O&amp;M Structure after the Project</p> <p>PEA is conducting O&amp;M for the installed Wind-lens in the Project and there is no issue until now. Additionally, the high level O&amp;M knowledge has already been transferred to maintenance staff of PEA through Japan training and half-year inspection at site.</p> <p>3. The Way to Expand the Wind-lens after the Project</p> <p>The following actions are necessary in order to expand the Wind-lens in Thailand in the future.</p> <p>(1) Adapting JIS Class IV in Thailand in order to guarantee security (strength) of Wind-lens</p> <p>(2) Summarizing necessary permits and approvals related to installation of Wind-lens</p>
Business Development	<p>In order to expand the Wind-lens in Thailand, consideration of adaptation of JIS Class IV in Thailand in order to guarantee security (strength) of Wind-lens and summarization of necessary permissions and approvals related to introduction of the Wind-lens are important.</p> <p>At present, PEA is considering internally of other projects after the Project in order to expand the Wind-lens. Therefore, we would like to suggest PEA to introduce the re-designed Wind-lens (10kW) into island diesel generator in other projects which are being considered in PEA.</p> <p>If this project will be realized and the above 2 issues will be solved, security (strength) of the Wind-lens can be guaranteed, selling price can</p>

	<p>be reduced dramatically and necessary permissions and approvals can be summarized. Accordingly, this project will be able to enhance the potential of expansion of the Wind-lens on business base.</p> <p>Specifically, PEA will obtain budget from the government of Thailand, the re-designed Wind-lens (10kW) will be introduced to PEA's diesel generator in island by the selling business structure which was considered in the Project and PEA will operate this project by themselves.</p>
II . Outline of Implementing Company	
Name	Riamwind Co., Ltd.
Address	Momochi 3-10-19, Sawaraku, Fukuoka City, Fukuoka Prefecture
Establishment Date	March, 2012
Type of Business	Machinery and Appliances Production
Main Product	Wind Turbine Generator

## Outline of Production/Technology

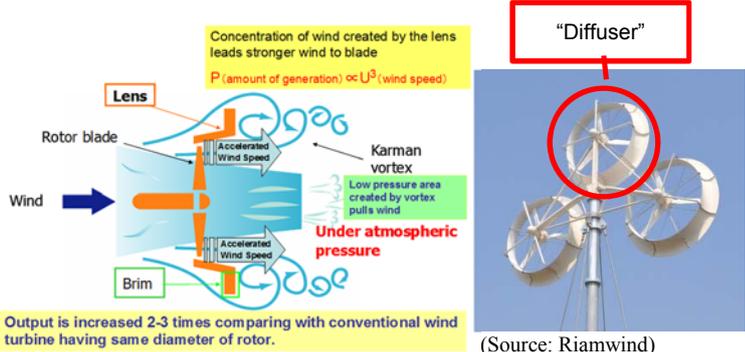
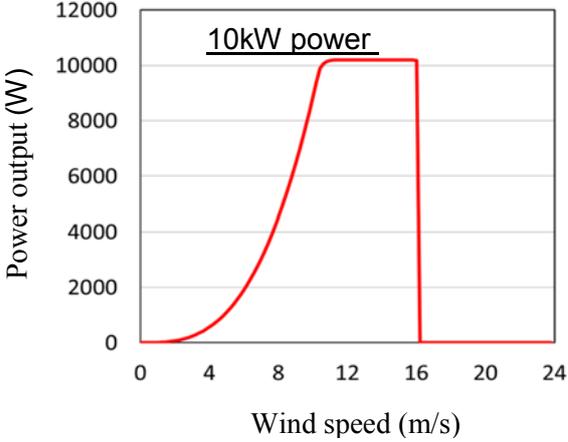
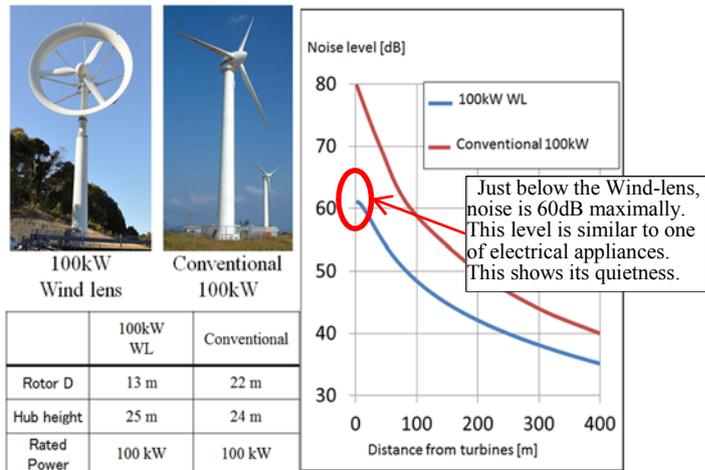
Name	10kW Wind-lens (Grid Connected Type)	
Specification	Rated Output	10kW
	Rated Wind Speed	10.5m/s
	Rotor Diameter	2.66m (3kW Unit)
	Outside Diameter of “Diffuser”	3.5m (3kW Unit)
	Cut-in Wind Speed	3.0m/s
	Cut-out Wind Speed	16m/s
	Voltage and Frequency of Output	Single Phase 3 Line AC (200V, 50/60Hz)
	Weight	Approximately 1,220kg
Characteristics	<p>The Wind-lens jointly developed by Riamwind and Kyushu University can generate electricity approximately 3 times more than the conventional wind turbines having the same rotor diameter under the same wind condition by equipping the “Diffuser” additionally to the conventional wind turbine.</p> <p>This mechanism is that vortices (Karman vortex) generated by diffuser accelerate approximately 1.5 times wind speed pulled into rotor blade and output of the Wind-lens is theoretically provided in 3 times approximately because wind power energy is proportional to a cube of wind speed.</p>  <p>Concentration of wind created by the lens leads stronger wind to blade  <math>P</math> (amount of generation) <math>\propto U^3</math> (wind speed)</p> <p>Output is increased 2-3 times comparing with conventional wind turbine having same diameter of rotor.</p> <p>(Source: Riamwind)</p>	

Figure 0.1 : Output Increase Mechanism of the Wind-lens

	 <p>(Source: Riamwind)</p> <p>Figure 0.2 : Output of the 10kW Wind-lens</p>
<p>Advantages in comparison with products supplied by other companies</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Larger Output <p>The Wind-lens can produce maximally 3 times more output in comparison with conventional wind turbines having the same rotor diameter under the same wind condition.</p> </li> <li>② Production of Output under Low Wind Condition <p>The 10kw facility utilized in the Project can produce output under low wind conditions (Cut-in 3.0 m/s)</p> </li> <li>③ Low Noise Pollution <p>Noise of wind generation is caused by the vortices generated from blade tips. However the Wind-lens can suppress the vortices considerably by the interference with the boundary layer within the diffuse shroud. Therefore, the Wind-lens can reduce considerably the noise which was the week point of conventional wind generation to 60dB approximately.</p> </li> </ul>



(Source: Riamwind)

Figure 0.3 : The result of Noise Measuring Test of 100kW

④ Highly Environmentally-Friendly

Covering the sharp blade with the round shaped diffuser creates friendly images, so the Wind-lens will fit well in the surrounding landscape. Additionally, because of rounded shape, bird strike hardly occurs.

# 1. Outline of the Project

## (1) Purpose

In the Project, availability of the Wind-lens will be verified by introducing demonstration model of wind power generator composed of grid connected Wind-lens (10kw × 1 unit) into the PEA’s site where enlightenment activity is being conducted by PEA to residents.

Additionally, the O&M structure will be arranged by PEA for sustainable utilization of the introduced Wind-lens in the Project and dissemination method of the Wind-lens after the Project will be considered as well.

## (2) Project Schedule

①~⑦ items were conducted as the Figure 1.1. The introduced Wind-lens was changed from 3kW × 2 units to 10kW × 1 unit after analysis of collected wind data (1 year at the site), then procurements of materials were delayed slightly due to consideration of the change. However, construction work was completed on schedule (March 2017) without any accidents and verification work also was completed on schedule (March 2018).

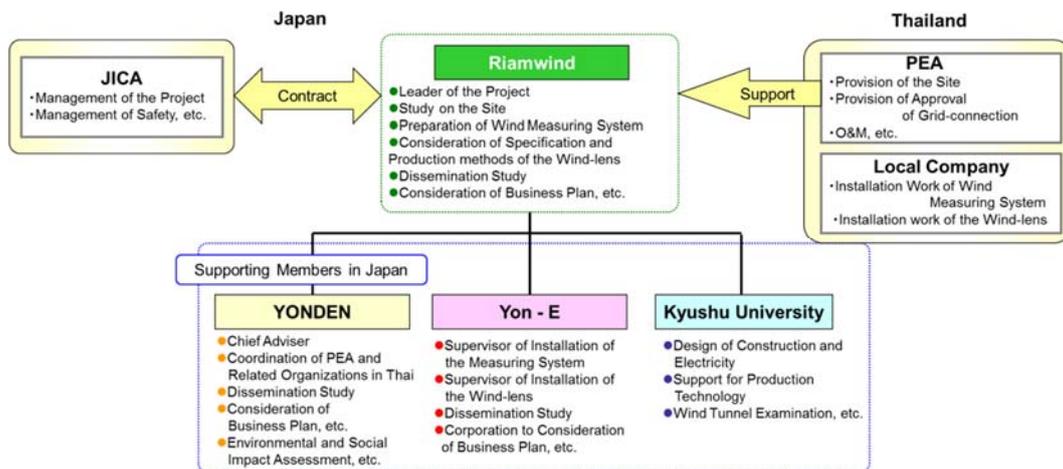


(Source: Created by JICA team)

Figure 1.1 : Schedule of the Project

### (3) Implementing Structure

The implementing structure of the Project is shown in the Figure 1.2.



(Source: Created by JICA team)

Figure 1.2 : Implementing Structure of the Project

## 2. Records of Verification Survey

### (1) Activities

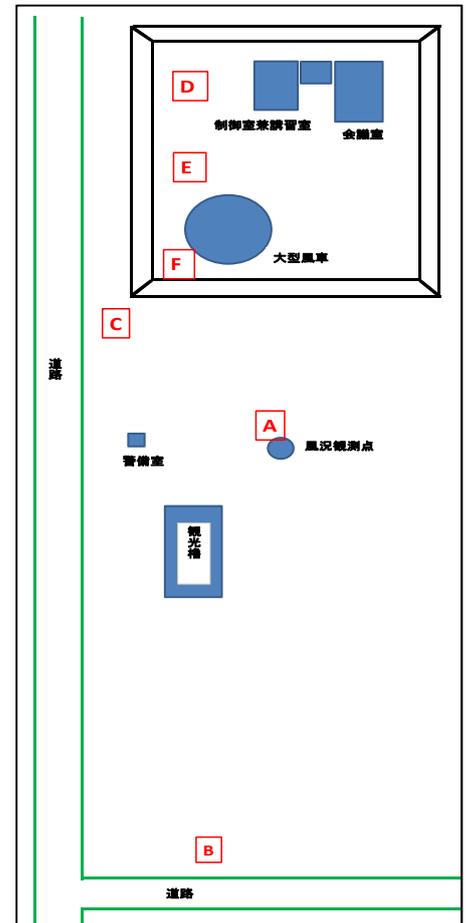
#### ① Wind Data Analysis

##### A) Wind Measuring Device

In July, 2015, high pole (22m) for wind observation was installed into the foundation constructed beforehand, and wind speed indicator and wind direction indicator were installed at the points of 10m and 20m.



[High pole for Wind Measuring Device : A point]



##### B) Dataloga BOX、LAN Cable

At the bottom of high pole, data logger box was installed.



Installed PC at Site



Installed PC at Riamwind Office in Japan

##### C) Installation Point of the Wind-lens

At the beginning of the Project, installation points were selected as E or F point shown in the picture below where are close to the control room and have good wind conditions.



However, the wind speed at site was much lower than expected based on the result of wind measurement of one year by the installed wind measuring device. Therefore, the installed Wind-lens in the Project was changed from 3kW x 2 units to 10kW Multi x 1 unit in order to gain more power output and build value of demonstration model. According to this change, the E point has been selected by comprehensive judgement including easiness of installation work, etc.

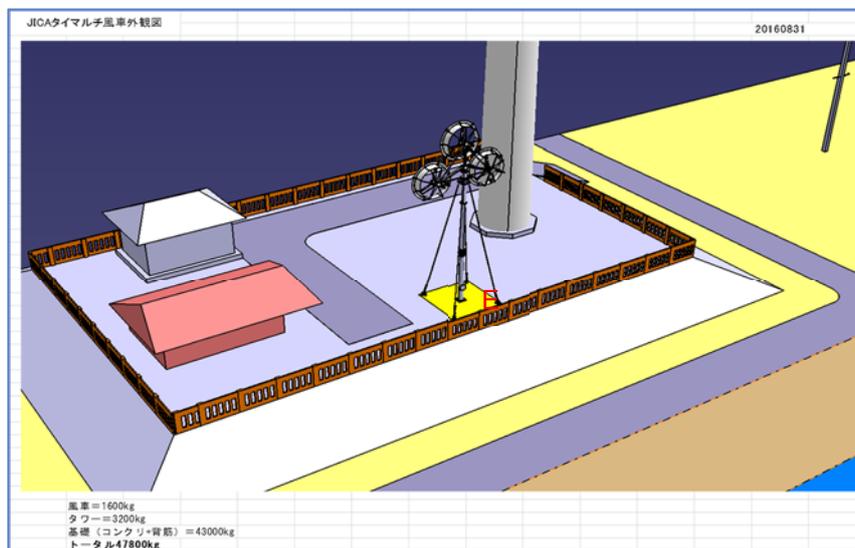


Figure 2.1 : Final Installation Point

#### D) Wind Condition Analysis

Wind data for 2.5 years (2015.7 – 2018.3) have been obtained at the site. The average wind speed is 3.10-3.76m/s at 16.5m (3m height base + center of weight of WT of 13.5m) for three years.

Table 2.1 : Summary of Wind Data Analysis

FY	20m height	10m height	16.5m wind turbine height
2015 (from July)	3.91m/s	3.10m/s	*3.76m/s
2016	3.68m/s	2.88m/s	*3.54m/s
2017 (new pole & 20m pole)	—	—	3.10m/s

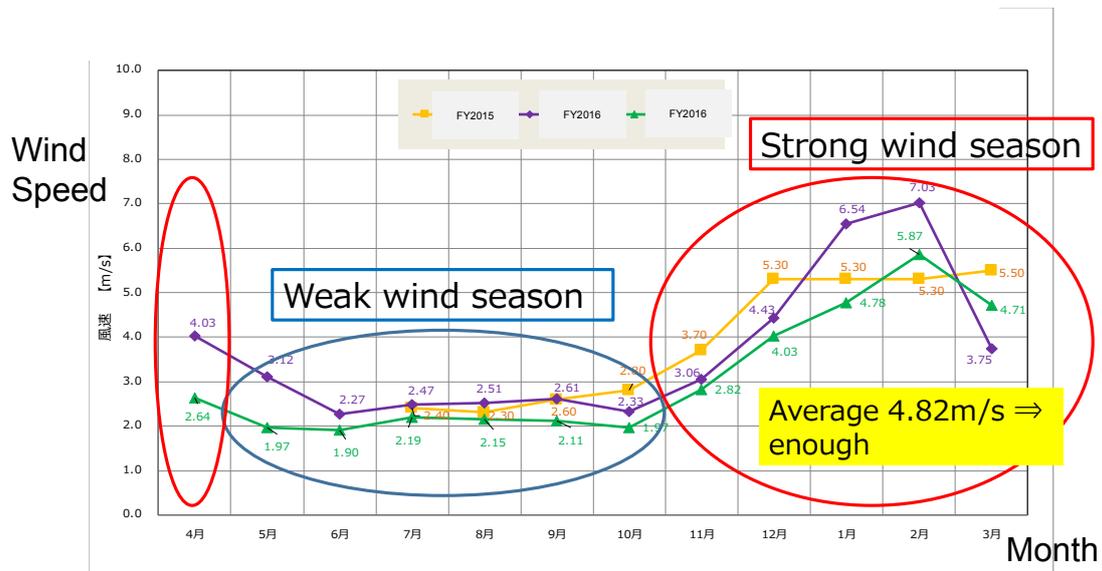
\*estimation from 20m height data using the power law of 0.2

(Source: Created by JICA team)

The wind condition in the site is divided into two seasons which consist of weak wind season (May to October) and strong wind season (November to April). The results of wind conditions of those 2 seasons at 20m as below

- FY2015 : July to October 2.53m/s, November to March 5.52m/s
- FY2016 : May to October 2.55m/s, April and November to March 4.80m/s
- FY2017 : May to October 2.05m/s, April and November to March 4.14m/s
- Average: 2.44m/s 4.83m/s

Based on these results, hybrid with diesel power generator and the Wind-lens could be useful under the wind condition in Thailand if diesel power operates mainly from May to October and the Wind-lens operates mainly from November to April.



(Source: Created by JICA team)

Figure 2.2 : Monthly Wind Speed Data for FY2015-2017 at the Site

② Verification of Availability of the Wind-lens

A) Optimization of the Wind-lens

**【Improvement of Blade】**

Large load at bottom of the blade will be occurred by control action under strong wind condition, and the same situation will be happened at the time of utilization of lightweight CFRP blade.

In the Project, the blade which is consisted of synthesis structure of CFRP and withstands large load has been developed. The developed blade can be utilized for strong wind condition such as typhoon in Southeast Asia.



**【Improvement of Diffuser】**

The flange height of diffuser was improved from 10% in conventional type to 7.5% in order to reduce wind pressure.

On the other hand, although this change causes lower performance, lower performance can be compensated by improvement of length of blade.

This change of diffuser can improve safety of tower of the Wind-lens under strong wind condition.



**【Controlling Box for Grid Connection】**

In the Project, controlling box for Thailand (230V) was developed. The picture shows brake unit which is installed into the front part of controlling box.

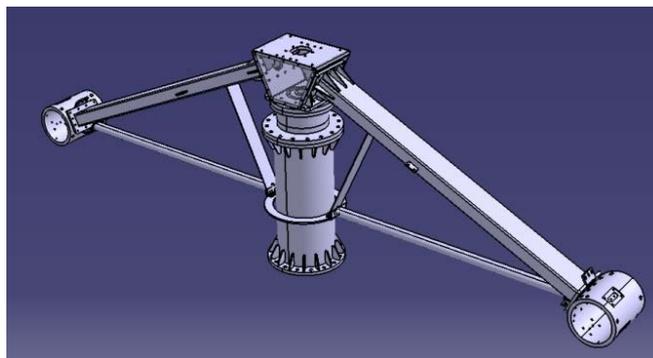
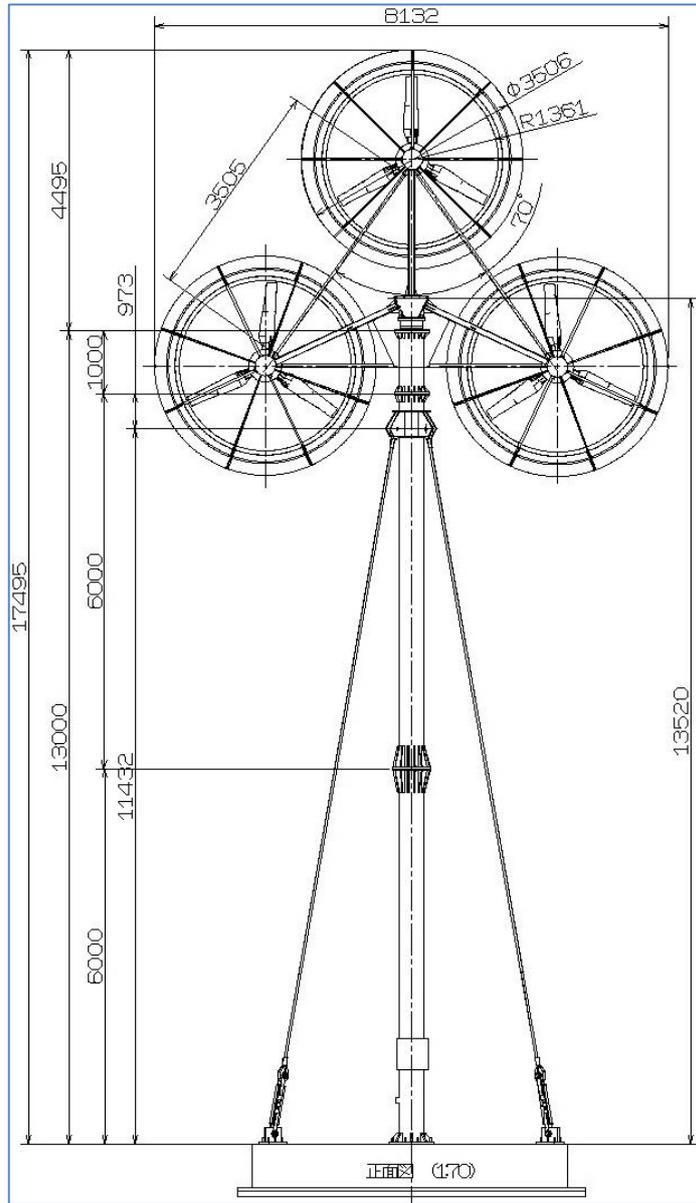
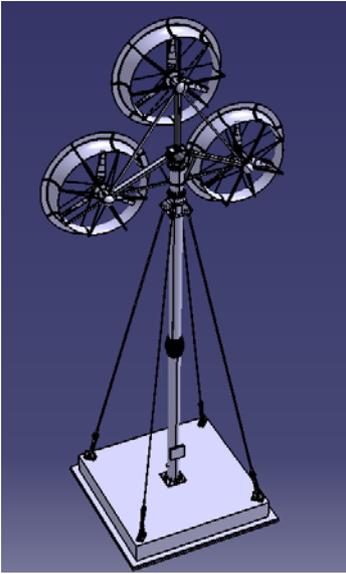
By utilization of this brake unit, voltage fluctuation of the Wind-lens is controlled and sustainable electricity can be supplied to controlling device.

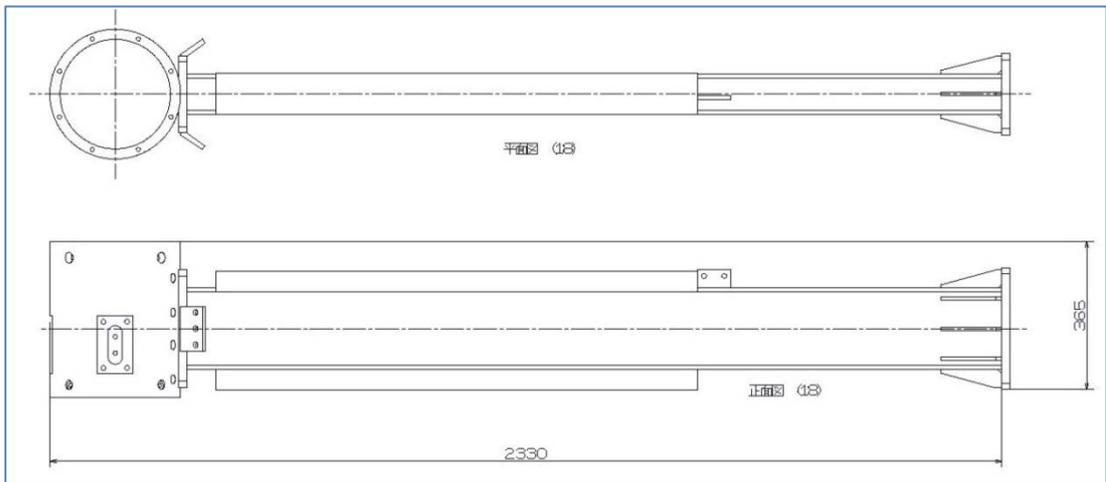
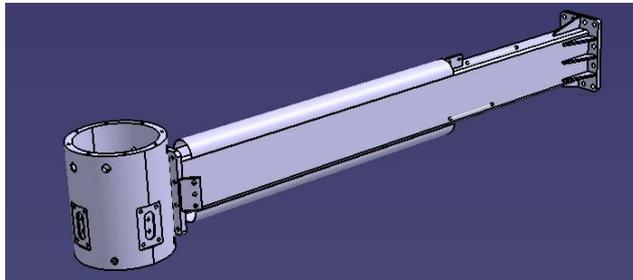
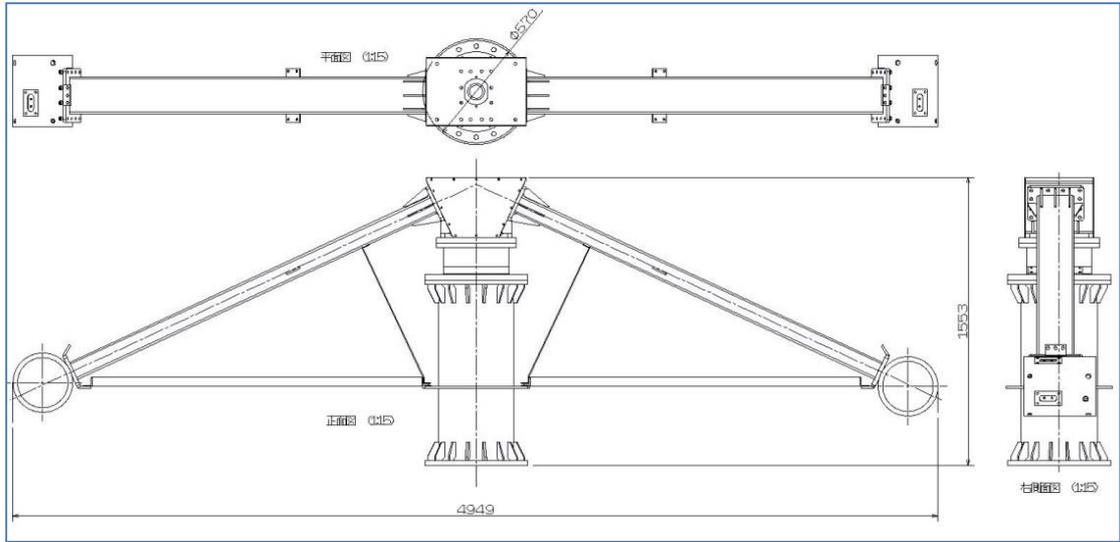


B) Production / Transportation / Installation of Parts of the Wind-lens

Considering transportation cost of the Wind-lens to the site, the tower was re-designed. Specifically, the main part of the tower was divided into 6 meters square which could be taken in

cargo. Remaining part was re-designed as the figures below.





C) Part Transportation from Japan

In order to shorten delivery date, foundation parts and other parts such as lens/tower were transported separately. Regarding the latter parts, they were transported from Hakata bay to site directly by entrusting same company from the view of efficiency of transportation.



D) Installation

● Foundation construction

【Site work】

The foundation construction of the Wind-lens was conducted from 6<sup>th</sup> to 18<sup>th</sup> February 2017 under the Yonden Engineering supervision. .

【Positioning】

Yonden Engineering measured construction point with PEA and local constructor, then they decided to move the construction point slightly from original planning point to sea side in order to avoid the impact to high voltage cable of the existing 1.5 MW wind turbine.



【Excavation】

Local constructor excavated with a backhoe.

Design value : Length over 6m × Width over 6m

Depth GL -750mm-50mm ~ +0m

Measured value: Length 6m x Width 6.5m

Depth GL-750mm



【Flat Plate Loading Test】

Flat Plate Loading Test was conducted to confirm if surface of excavated land has enough strength. The way of the test is the same way in Japan, which can confirm surely if surface of excavated land has enough strength or not.



### 【Arrangement of Iron Bars】

Iron bars were assembled according to the strengthen calculation and the drawing.

(Over hanged concrete)

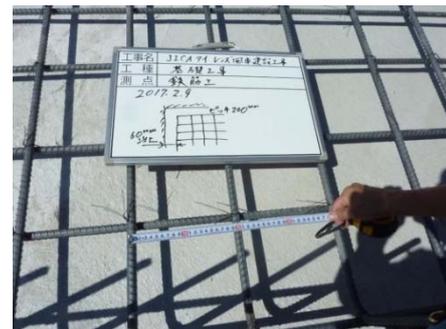
Design value : over 60mm

Measured value : over 80mm

(Pitch of iron bars)

Design value : 200mm±20mm

Measured value : 200mm



### 【Concrete Casting】

The ambient temperature increased up to 28°C when concrete was casted.

Therefore, concrete frame and iron bars were cooled down adequately. Additionally, in order to suppress the temperature upshift of concrete, the working time from starting mixture of the concrete to completing concrete casting was completed within 90 minutes (14:00~15:30).



### 【Remove of Concrete Frame】

In 6 days from the completion of concrete casting, concrete frame was removed and the finishing work for the surface of concrete.



**【Records of Construction】**

Kind of works	2017							
	2/6	2/7	2/8	2/9	2/10	2/11	~	2/16
Positioning	■							
Earthwork	■	■						
Pre Concrete Casting		■						
Adjusting of iron bars			■					
Arrangement of iron bars				■	■			
Setting of buried things				■				
Making concrete frame					■			
Concrete Casting					■			
Load Test						■		
Removing concrete frame								■
Back fill the soil								

(Source: Created by JICA team)

● Introduction of the Wind-lens

The 10kW Wind-lens was installed by local constructor from 3<sup>rd</sup> to 18<sup>th</sup> March 2017 under the Yonden Engineering's supervision.

**【Meeting before Introduction】**

Safety training related to work procedure, schedule, safety, and directions during crane operation, etc. was conducted.



**【Installation of Tower】**

Tower was installed by 25t crane and high lift work vehicle (Bottom and middle towers were installed on the foundation).



Horizontal level on the top of the tower was measured by level meter and adjusted with wires of 4 corners.

Design value : within 1%

(Within 0.6 with a level meter)

Measured value : min0%~max0.3%

(Within 0.2 with a level meter)



### 【Installation of Turbine】

Blades of double wind turbine and single wind turbine, nacelles and diffuser and wiring, etc. were assembling on land.



The gap between diffuser and blade

Design value : 30mm±10mm

Measured value : min27mm~max33mm



### 【Buried Works of Pipe and Wire】

3 power cables of 10mm<sup>2</sup> and 3 control cables of 2.5mm<sup>2</sup> from short-circuit box to control room were buried with flexible pipes.



#### 【Measurement of Ground Resistance】

Earth wires of the Wind-lens and short-circuit box were connected with the earth bar.

Type D earth works

Design value : under 100Ω

Measured value : 9.2Ω



#### 【Installation of Short-Circuit Box】

Short-circuit box was installed at the bottom of the tower. Wires of 3 generator cables of 5.5mm<sup>2</sup> from nacelle, 3 signal cables of 0.75mm<sup>2</sup>, 3 power cables of 10mm<sup>2</sup> for control switchboard and 3 control cables of 2.5mm<sup>2</sup> were connected.



#### 【Installation of Switchboard】

A switchboard was installed in the control room and all wires (from existing switchboard to a receiving breaker, a PCS unit, a trance brake unit) were connected



#### 【Installation of Resistance Switchgear】

A resistance switchgear was installed in back of the control room(outdoor) and the wire from brake unit to resistance switchgear was connected.



### 【Measurement of Receiving Voltage】

After energizing from existing switchbox to a breaker of receiving, the voltage of the receiving point was measured.

Design value :  $230V \pm 5\%$

Measured value : 233V

Frequency : 49.95Hz



### 【Adjustment by Trial Operation】

After connecting to the grid, trial operation was carried out and each data was measured.

- Wind Turbine SCADA
- Display of the monitor
- Checking of outputs of the 3 wind turbines.



### 【Completion of Introduction of the Wind-lens】



**【Construction Record】**

Kind of works	2017					
	3/13	3/14	3/15	3/16	3/17	3/18
Installation of Windmill	■■■■■					
Assembly of Windmill (Ground part)		■■■■■				
Casting of Mortar		■■■■■				
Measurement of Grounding Resistance		■■■■■				
Grounding and Assembly of Windmill			■■■■■			
Installation of Resistance			■■■■■			
Fitting of Short Circuit Box			■■■■■			
Back Filling of Undergrounding Piping and Foundation			■■■■■			
Wiring and Installation of Control Panel				■■■■■		
Interconnection and Trial Run					■■■■■	■■■■■

(Source: Created by JICA team)

● 6 Months Inspection

According to the inspection regulated by Japanese law, Riamwind conducted 6 months inspection (12<sup>th</sup> to 14<sup>th</sup> September 2017) after introducing the Wind-lens at the site.

This inspection was conducted by utilizing inspection lists. Followings are the results of inspection.

- ✓ Paint flow was found in clearance between hub and shaft, so it was removed.
- ✓ Installation mistake of wire fixing screw in the anemometer was found, so it was repaired. Additionally, measurement of incoming rainwater from terminal cap was conducted.
- ✓ Inspections such as torque value of bolt, corrosion situation, important management items and power generation performance and so on were conducted and no abnormality was found.
- ✓ Inspections of controlling device and inverter were conducted and no abnormality was found.

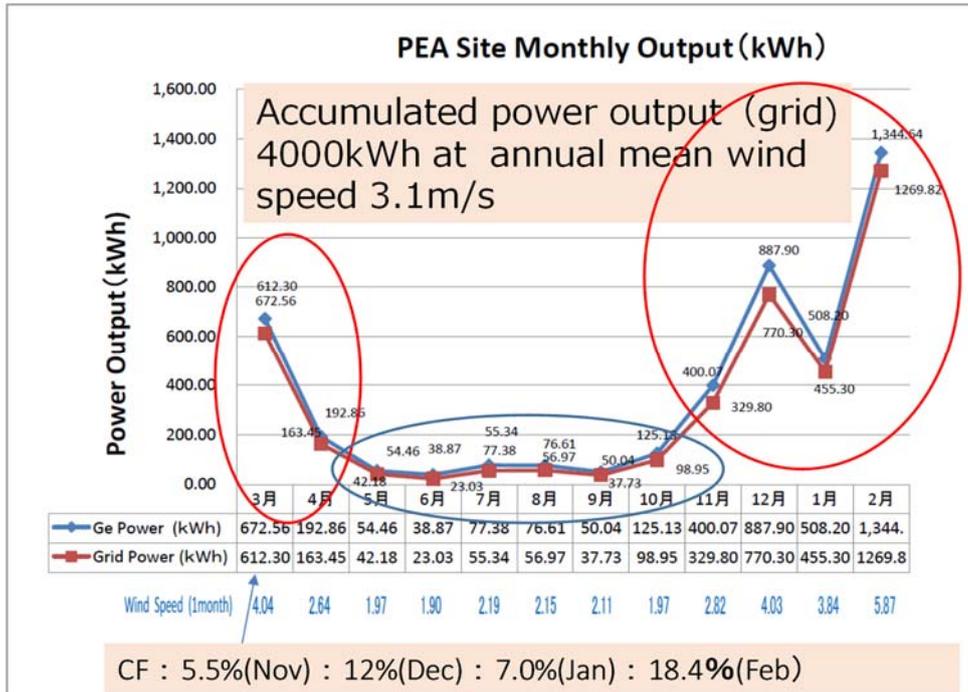
【6 Months Inspection Record】

10kWマルチ風車 定期点検		作成日: 2017.09.07									
		部長		担当		Yumiasashi					
時間	工事種目	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
9月12日	1、打合せ Meeting		↑								
	2、高車のセット、ヨ一固定		↑								
	3、風車点検・1~3号風車										
	Inspection of WindTurbine No.1~2~3 ・中間タワー Middle Tower			No.1		No.2	No.3	Middle Tower			
	4、風速計点検							Anemometer			
	Inspection of Anemometer										
	5、ヨ一固定解除、高車解除									↑	
	Release the Aerial work vehicle and Windturbine										
	6、ブレーキユニットの交換3台										
	Change the Brake unit										
	7、データ採取										
	Take Logging data		↑								
	8、ログ一設定変更										
	Change Logger setting										
	9、運転確認										
	Operation										
	9月13日										
	1、風車点検 下部タワー、基礎										
	Bottom Tower, Foundation										
	2、運転確認										
	Operation										
	3、通信、データ確認										
	Confirm communication and logging data										
	4、片付け、その他										
	Organize										
	9月14日										
	1、運転確認										
	Operation										
	2、通信、データ確認										
	Confirm communication and logging data										
	3、片付け										
	Organize										

(Source: Created by JICA team)

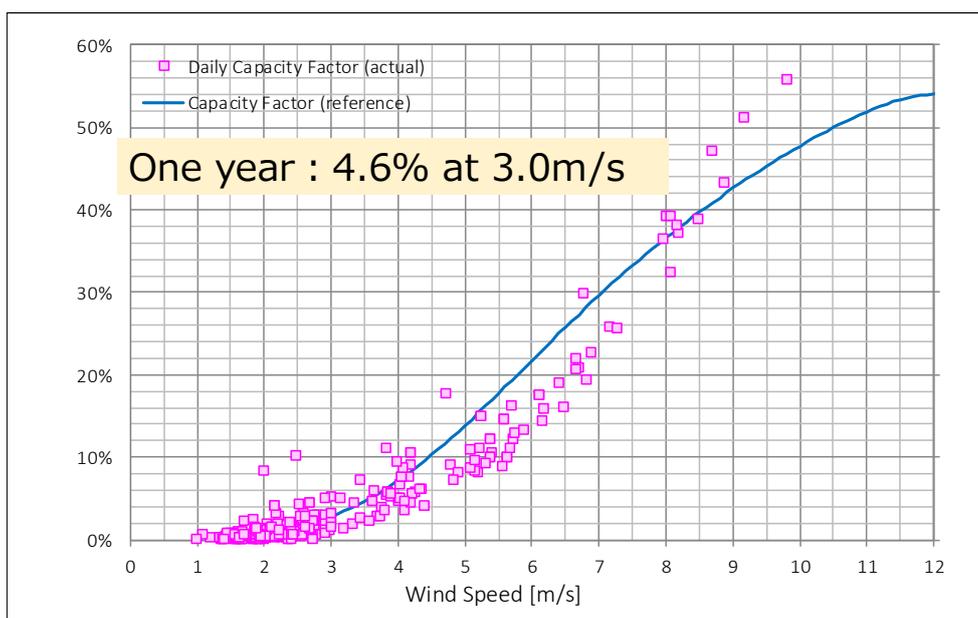
● Verification Survey (Verification of Availability of the Wind-lens)

Based on the result of one year the verification survey from March 18, 2017 to March 17, 2018, the accumulated power output is around 4000kWh at the point of connection with grid under 3.1m/s (average wind speed in FY2017 at 16.5m). Additionally, the efficiency in grid connection is 88% and the capacity factor is 4.6%. Therefore, it would be said that the availability of the Wind-lens is verified.



(Source: Created by JICA team)

Figure 2.3 : Monthly Power Output from March 18, 2017 to March 17, 2018



(Source: Created by JICA team)

Figure 2.4 : Capacity Factor from March 18, 2017 to March 17, 2018

## (2) Business development plan

### ① Consideration of selling price

#### A) Consideration of Target

We discussed with PEA regarding target of business development by using table 2.2. As the result, we and PEA agreed to conduct the evaluation of business regarding installation of the Wind-lens to remote islands in Thailand. The remote islands which are supplied electric power by PEA owned diesel generators. Therefore, we surveyed Ko Sichang island selected by PEA.

Table 2.2 : The list of candidate regarding business development

	Candidate	Overview	Form	Remarks
①	Remote island	Reduction of fuel cost of diesel generator which is owned by PEA	Stand alone type	Total candidates are 11 places. (Isolated islands : 7 places)
②	CSR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supplying power to residence</li> <li>• Selling as a monument</li> </ul>	Stand alone type	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apartment, Condominium, etc. (About 100 units / year)</li> <li>• Company</li> </ul>
③	Roof top solar power system	Hybrid with solar power	Stand alone type	Assistance from the government in Thailand
④	Neighboring countries	Sales to countries with similar conditions to Thailand	Stand alone type and Grid interconnection type	Philippines, etc.
⑤	Reimportation to Japan	Selling a cheap edition	Grid interconnection type	FiT: 55 JPY/kWh (Japan)

(Source: Created by JICA team)

Table 2.3 : The list of diesel power generator which is owned by PEA

Type of Power Plant	No.	Name of Power Plant	No. of Diesel Gen.	kW Produced	kW Electrified
Stand-alone Diesel Generator	1	Huay Ta / Uttaradit Province	4	170	119
	2	Ko Tao / Suratthani Province	6	8,000	5,600
	3	Ko Nok Ta Phao / Suratthani Province	4	170	119
Standby Generator	4	Mae Sa Reang / Mae Hong Son Province	4	4,000	2,800
	5	Ta Song Yang / Tak Province	4	670	469
	6	Um Phang / Tak Province	4	2,500	1,750
	7	Ko Si Chang / Chonburi Province	5	3,300	2,310
	8	Ko Su Korn / Trang	5	970	679
	9	Ko Muk / Trang Province	3	755	529
	10	Ko Kut / Trad Province	6	2,620	1,834
	11	Ko Mak / Trad Province	5	1,100	770

(Source: Created by JICA team)

B) The result of the site survey in Ko Sichang island

PEA supplies electrical power to Ko Sichang island by both submarine cable and diesel generator. However, cable disconnection accident happened often by ship. Then, these accidents cause interruption of power supply in the Ko Sichang island. Therefore, it is the most possibility island to change power supply to natural energy. The results of the site survey are described as below.

**【Outline of the island】**

- 1) There are 3 diesel power generators (1MW×2 units and 1.25MW×1 unit). These 3 diesel power generators and submarine cable from main land supply electrical power inside the island.
- 2) The diesel power generators operate in 24 hours. The peak demand is 1.2 to 1.4 MW at 7 p.m.
- 3) The fuel of diesel power generator is 5,000 L per day. In addition, PEA buys the fuel at 25 THB per 1 L.
- 4) Electricity fee is 4 THB per 1 kWh. This price is lower than the generation unit price of diesel generator, so PEA is suffered deficit of 3 million THB per month.
- 5) There are 1,500 households living in the island.



Interview with the operator of diesel power generator in the island



Discussion with municipality of the island

**【Wind condition in the island】**

We have obtained the wind speed data per 3 hour of the island from meteorological station. The result of monthly wind speed data is shown in the Table 2.4.

Table 2.4 : The wind speed data of Ko Sichang island

	2016											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Average Wind Speed [m/s]	1.17	1.27	1.78	2.11	1.97	1.59	1.22	1.57	1.1	1.06	1.11	1.62

Annual average wind speed : 1.46 [m/s]

Max wind speed : 7.716 [m/s]

Measurement point of data : 12.6 m (from sea level)

(Source: Created by JICA team)

**【Trial Calculation of Power Output by the Wind-lens】**

Power output was calculated in case that the Wind-lens is constructed in the Ko Sichang island by using the result of the site survey. The result is shown in the Table 2.5.

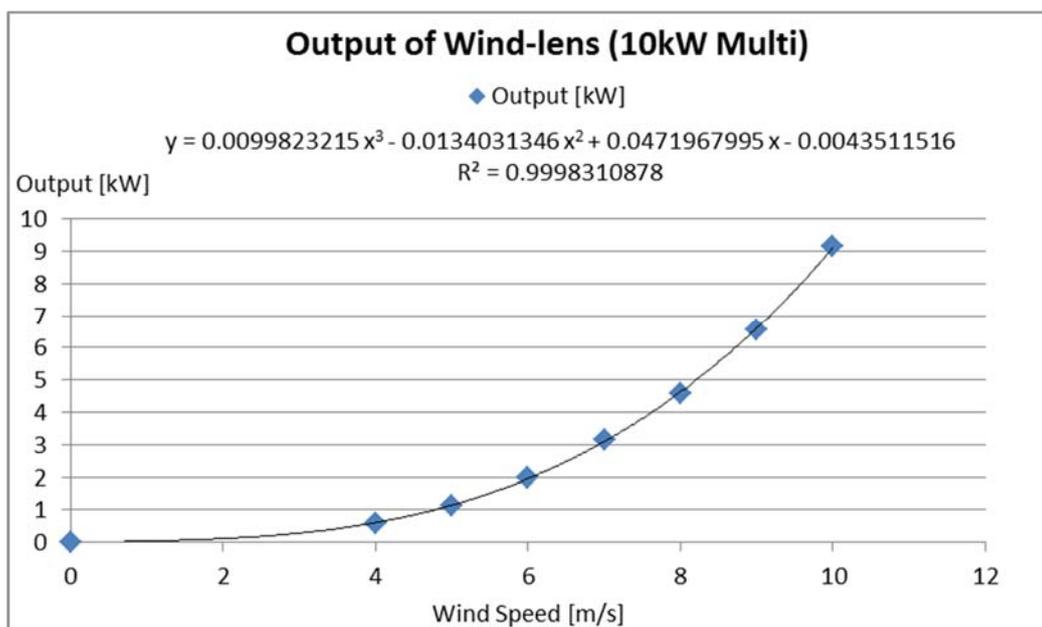
Table 2.5 : Power Output of the Wind-lens in the Ko Sichang island

	2016											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Power Generated Amount [kWh]	45.5	65.5	104	129.8	114	45.1	28.8	69.9	31.8	29.6	52.2	92.5

Total power output : 808.8 [kWh/year]

(Source: Created by JICA team)

This calculation is conducted by the correlation formula between wind speed and output of the Wind-lens, which is shown in the Figure 2.5.



(Source: Created by JICA team)

Figure 2.5 : Correlation formula between wind speed and output of Wind-lens

**【Generation Unit price of Diesel generator in the Ko Sichang island】**

When the Wind-lens is introduced in the Ko Sichang island, it can reduce power output supplying from diesel generator. Therefore, it can reduce fuel cost of diesel generator. Generation unit price of diesel generator in the Ko Sichang island is calculated based on the information from operator of diesel generator in the Ko Sichang island. It is 18.96 THB/kWh (63 JPY/kWh).

**【The Construction cost of the Wind-lens】**

The current construction cost of the Wind-lens per unit is below.

Main body of wind turbine	i) Parts manufactured in Japan	5,500,000 [JPY]
	ii) Parts manufactured in Thailand	3,000,000 [JPY]
Tower		2,500,000 [JPY]
Foundation		1,500,000 [JPY]
Subtotal ①		12,500,000 [JPY]
Transportation cost of parts which can manufacture in Japan only ②		440,000 [JPY]
Construction cost of Wind-lens ③		604,762 [JPY]
Total Cost ①+②+③		13,544,762 [JPY]

**【Payback Period in case that the Wind-lens is introduced in the Ko Sichang island】**

Based on the above results, we calculated the payback period in case that the Wind-lens is introduced in the Kosichang island. The result is as below.

$$\begin{aligned}
\text{Payback Period} &= \text{Construction cost of the Wind-lens} / (\text{Total Power Output of the Wind-lens} \\
&\quad \times \text{Generation Unit Price of Diesel generator}) \\
&= 13,544,762 \text{ [JPY]} \div (808.8 \text{ [kWh/year]} \times 63 \text{ [JPY/kWh]}) \\
&= 265 \text{ [year]}
\end{aligned}$$

**【 Payback Period of Improved Performance of the Wind-lens with Height Correction】**

Based on above results, the payback period is so long under wind condition at the Ko Sichang island. Therefore, as one of the ways to consider shortening of this period, we tried to correct wind condition by heights, which obtained by meteorological station in Ko Sichang island. The result is shown in the Figure 2.3.

(Source: Created by JICA team)

Figure 2.6 : Corrected Monthly Wind Speed in the Ko Sichang island at each Height

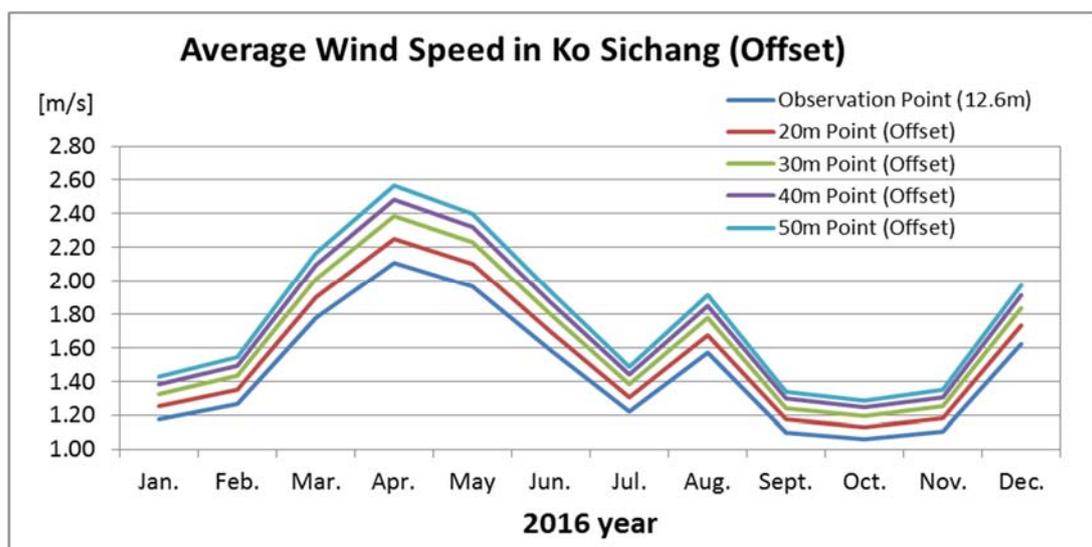
In the next step, we simulated power output of the Wind-lens based on the result of the Figure 2.3, which is corrected by height.

Table 2.6 : The Power Output of the Wind-lens by using the Wind Speed corrected by Height

Height of Wind Turbine [m]	12.6m	20m	30m	40m	50m
Power Generated amount [kWh/year]	809	969	1,138	1,513	1,654

(Source: Created by JICA team)

We simulated the payback period of the Wind-lens based on the result of the Table 2.6. The



payback period of the Wind-lens was improved, however it is still long.

$$\begin{aligned} \text{Payback period} &= \text{Construction cost of Wind-lens} / (\text{Total generated amount of Wind-lens} \times \\ &\quad \text{Unit price of diesel generation}) \\ &= 13,544,762 \text{ [JPY]} / (1,654 \text{ [kWh / year]} \times 63 \text{ [JPY / kWh]}) \\ &= 129.6 \text{ [year]} \end{aligned}$$

**【Conditions for Expansion of the Wind-lens in remote islands of Thailand】**

We summarized the conditions of realization of introduction of the Wind-lens in remote island of Thailand referring to the above results and 20 years of payback period in realistic condition (from Thailand Fit system). The results are as below.

- When the introduction of the Wind-lens in the islands is realized based on construction cost (13.5 million JPY/unit), more than 5 m/s of annual average wind speed is necessary.
- If it is possible to realize that the construction cost of the Wind-lens is under 10 million JPY/Unit (the target as selling price) , more than 4.5 m/s of annual average wind speed is necessary.

Table 2.7 : Correlation between Wind Speed and Selling Price of the Wind-lens in case of Payback

Payback Period	Selling Price				
	9.0[million JPY/Unit]	10.0[million JPY/Unit]	11.0[million JPY/Unit]	12.0[million JPY/Unit]	13.5[million JPY/Unit]
Annual Average Wind Speed 1.0m/s	412.5 year	458.3 year	504.1 year	550.0 year	618.7 year
Wind Speed 2.0m/s	139.8 year	155.4 year	170.9 year	186.5 year	209.8 year
Wind Speed 2.5m/s	87.5 year	97.2 year	106.9 year	116.7 year	131.3 year
Wind Speed 3.0m/s	56.8 year	63.1 year	69.5 year	75.8 year	85.2 year
Wind Speed 3.5m/s	38.3 year	42.6 year	46.8 year	51.1 year	57.4 year
Wind Speed 4.0m/s	26.7 year	29.7 year	32.6 year	35.6 year	40.1 year
Wind Speed 4.5m/s	19.2 year	21.4 year	23.5 year	25.6 year	28.8 year
Wind Speed 5.0m/s	14.2 year	15.8 year	17.4 year	18.9 year	21.3 year
Wind Speed 5.5m/s	10.8 year	12.0 year	13.2 year	14.4 year	16.1 year
Wind Speed 6.0m/s	8.3 year	9.3 year	10.2 year	11.1 year	12.5 year

Unit price of diesel generation : 18.96 [THB/kWh]

Exchange rate : 3.332 [JPY/THB]

(Source: Created by JICA team)

Based on this result, we will proceed the business plan with the following conditions in the subsequent study in this Project.

- Selling Price : 10 million JPY/Unit
- Payback Period : 20 years
- Annual Average Wind Speed : More than 4.5 m/s

### C) Business Structure

As for business development, these two measures can be considered.

- Establishment of Local Base
- Transaction from Japan

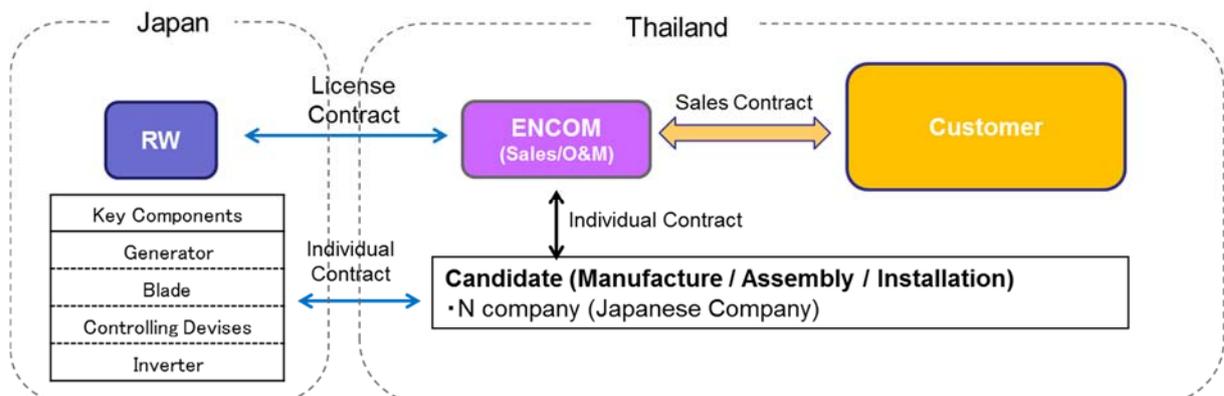
The Establishment of Local Base has the ways such as establishment of local cooperation, capital tie-up with local cooperation, establishment of local branch office and so on. On the other hand, the Transaction from Japan, which means not to have local base, has the ways such as import and export trade, establishment of sales agent and license agreement and so on.

Generally, the Establishment of Local Base is better in the point of the return, however it has more risk. On the other hand, the Transaction from Japan can reduce risks although it cannot expect more return than the former one.

Base on the result of the interviews to Japanese companies, etc., we has reached one conclusion that we should take our first step in the way to minimize risk and we should take our next step such as establishment of local cooperation because we do not have any experiences of overseas business. Accordingly, we focused on consideration of license agreement with local partners in the Project.

The license agreement is a contract with an existing Thai company in order to sell the Wind-lens. In this case, we has considered the possibility of the selling business structure which handles all necessary works (production, supply and introduction) related to introduction of the Wind-lens by Thailand local partner company. Then we can reduce the spread risks of our overseas expansion and promote business development speed because of easiness of unified management and easiness of sales channel through utilization of network of Thailand local partner company.

Based on the agreement with related members in the Project, we developed the business structure with Thai local partner company ENCOM producing and installing the Wind-lens (Figure 2.4)



(Source: Created by JICA team)

Figure 2.7 : Business structure

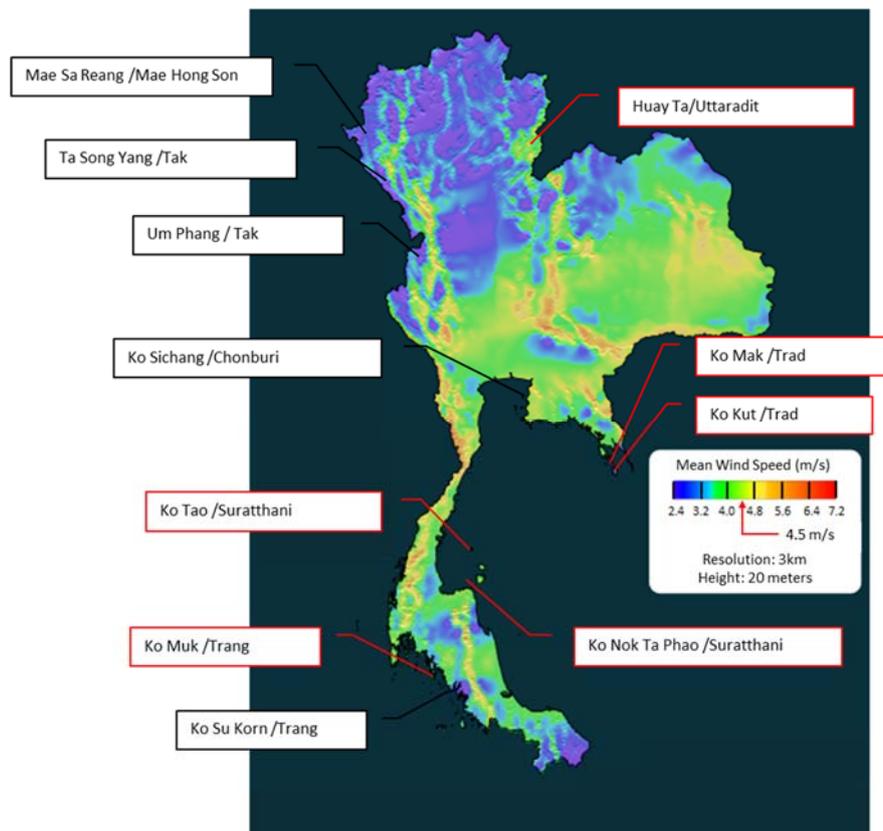
#### D) Possibility of Business Development

Based on the result of the site study in the Ko Sichang island, we summarized the conditions to expand introduction of the Wind-lens into diesel generator in island after the Project.

##### 【Conditions】

- 1) Selling Price (same as the above): 10 million JPY/Unit
- 2) Annual average Wind Condition: Over 4.5m/s

Accordingly, evaluation of possibility of business development which introduce the Wind-lens into diesel generator in island after the Project was preceded with the Condition 1) (Selling Price: 10 million JPY, Annual average Wind Condition: 4.5m/s).



\*Wind Condition at 100m height corrected by “Exponential Law”

(Source: Created by JICA team)

Figure 2.8 : The Location of Diesel Generators owned by PEA and Wind Condition in Thailand

The Figure 2.8 shows wind condition at 20m height and locations of islands with PEA's diesel generators. Base on this information, the following islands can be thought as future candidates in Thailand.

**【Proposed Site】**

- Huay Ta / Uttaradit Province
- Ko Mak / Trad Province
- Ko Kut / Trad Province
- Ko Tao / Suratthani Province
- Ko Nok Ta Phao / Suratthani Province
- Ko Muk / Trang Province

(Total : 6 Areas)

PEA intended to promote introduction of the Wind-lends into the above island candidates in order to reduce deficit of diesel generator as much as possible. However, it is considered that we should search other countries having same situations as the Ko Sichang island the number of islands where can utilize the Wind-lends are limited in Thailand. Therefore we have investigated the circumstances of other countries in Southeast Asia where have similar features with Thailand. The results of documentation study, it is clarified that the Philippine has the same situation.

The Philippines has 7,109 islands throughout the country and can be classified by 3 major areas (Luzon, Visayas, and Mindanao). Furthermore, residents of the Philippines are scattered in island and there are many areas (off-grid area) where have not been supplied power from electric company. In these off-grid areas, power supply is conducted by Small Power Utilities Group's (SPUG), however their high generation cost is one of issues in these areas. Because SPUG's generation cost is much higher than electricity price which is regulated by Socially Accepted Generation Rates (SAGR) and residents pay electricity fee according to the electricity price regulated by SAGR. Accordingly, SPUG has deficit of diesel generator in island and the deficit is covered by consumers in whole country.

This background implies that the Philippines have a potential of selling the Wind-lends under the same conditions with the Ko Sichang island; Selling Price is 10 million JPY and Payback Period is 20 years. Therefore, we evaluated the generation cost in the islands (off-grid) in the Philippines. Its result is shown in the Table 2.8.

Area	Generation cost		SAGR	
	[PHP/kWh]	[JPY/kWh]	[PHP/kWh]	[JPY/kWh]
Luzon 1	15	31	5.6	11
Luzon 2	17	35	5.6	11
Luzon 3	23	47	4.8	10
Luzon 1	23	47	5.6	11
Visayan 1	17	35	6.3	13
Visayan 2	14	29	6.3	13
Visayan 3	17	35	6.3	13
Visayan 4	36	74	5.6	11
Mindanao 1	19	39	5.1	10
Mindanao 2	12	25	5.1	10
Mindanao 3	10	21	5.1	10
Mindanao 4	22	45	4.8	10
Average	19	39	5.5	11

Table2.8 : Generation Cost of Off-Grid Areas and SAGR (2009-2013)

\*Exchange Ratio : 2.05 [JPY/PHP]

(Source: Created by JICA team)

Based on the result of the Table 2.8, average generation cost in island (off-grid area) is approximately 39JPY/kWh and this cost is approximately 60% of generation cost of the Ko Sichang island. Therefore, it can be said that better wind condition than the Ko Sichang island is necessary to expand the Wind lend in the Philippines based on the condition (Selling Price: 10 million JPY, Payback Period: 20 years).

Based on the result of evaluation, the island (off-grid area) in the Philippines requires 5.5m/s of annual average wind condition based on 20 years of payback period as shown in the Table 2.9.

Table2.9 : Payback Period of Each Wind Speed (Philippines)

	Average Wind Speed					
	4.5m/s	5.0m/s	5.5m/s	6.0m/s	6.5m/s	7.0m/s
Payback Period	34.6years	25.6years	19.4years	15.0years	11.8years	9.5years

Construction Cost of Wind-lens : 10 million [JPY/Unit]

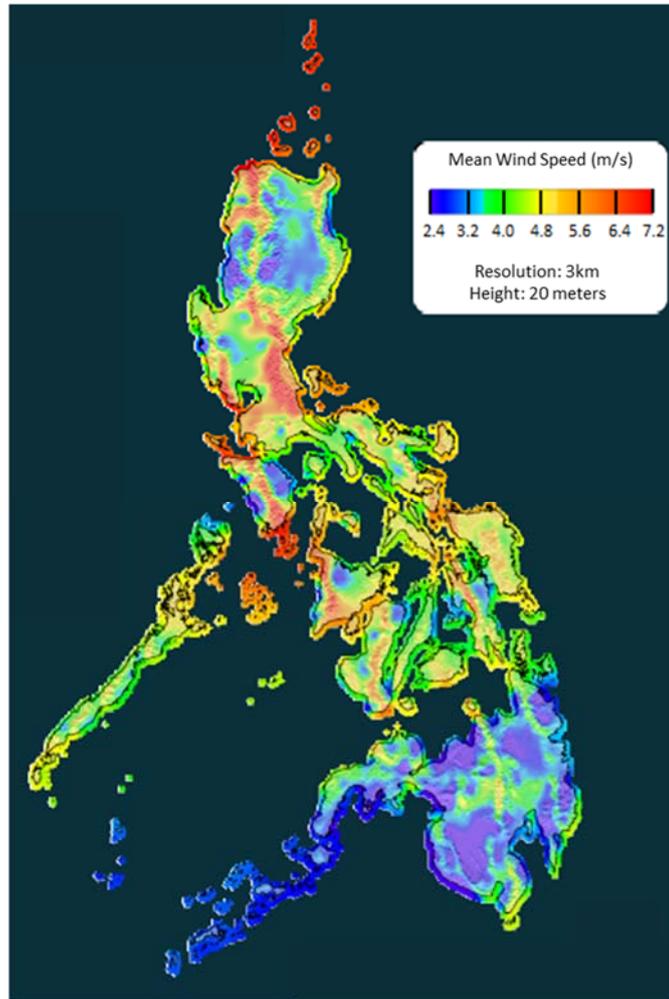
Generation Cost : 19.0 [PHP/kWh]

Exchange Ratio : 2.05 [JPY/PHP]

Operating Hour : 8,760 [h/year]

(Source: Created by JICA team)

Additionally, wind condition in the Philippines (20m height) Figure 2.6 shows that the areas having over 5.5 m/s wind speed exists mainly in Luzon and Visayas. Since total area of Luzon and Visayas covers approximately 70% of whole country, there are approximately 5,000 islands in Luzon and Visayas (7,109 islands  $\times$  0.7). Furthermore, the area over 5.5m/s at 20m of height covers approximately 20% of area of Luzon and Visayas. As a result, it can be assumed that the number of islands having potential of expansion of the Wind-lens is approximately 1,000 (5,000  $\times$  20%) islands. It is rough evaluation based on document study, thus the detailed study will be necessary in the future.



\*Wind Condition at 100m Height corrected by “Exponential Law”

(Source: Created by JICA team)

Figure 2.9 : Wind Condition in the Philippines

### (3) Issues

#### ① Further Reduction of Construction Cost

In the Project, we could gather 4 quotations related to construction cost of the Wind-lens with support of several companies and it is realized that the cheapest construction cost in Thailand is same as in Japan. Therefore, the way to reducing construction cost should be considered furthermore, because we expected to reduce construction cost based on cooperation with Thai local partner company. The possible solutions are the followings;

- (A) Re-design of the Wind-lens
- (B) Producing Key Component in Thailand

A) Re-design of the Wind-lens

The design of the present Wind-lens is conducted by JIS Class II in order to withstand strong wind in Japan, however wind condition in Thailand is more calm than that of Japan. Thus further reduction of construction cost can be realized if the Wind-lens can be re-designed from JIS Class II to JIS Class IV for adapting Thailand weak wind. In other words, realization of the target selling price (10 million JPY) in Thailand can be highly possible with this change.

Table2.10 : The Wind Turbine Class (JIS Class) (JISC 1400-2)

The wind turbine class	I	II	III	IV	S
Vref (m/s)	50	42.5	37.5	30	Values specified by the designer
Ve50 (m/s)	70	59.5	52.5	42	
Vave (m/s)	10	8.5	7.5	6	

Vref: 10-minute average standard wind speed at hub height [m/s]

Vave: Annual average wind speed at hub height [m/s]

Ve50: 3 seconds average wind speed of 50 years of recall period [m/s]

(Source: JIS)

#### B) Producing Key Component in Thailand

This way is difficult to realize because this way does not have potential so much to reduce construction cost less than one in Japan. The reason is to require higher technical difficulty level in comparison with submitted parts of the Wind-lens.

#### ② Applicability of JIS Class IV

In Japan, small wind turbine should obtain approval through the Type Certificate System when small wind turbine is adopted to Fit system and the Type Certificate System requires several tests. One of the tests related to security (strength) and small wind turbine should be designed by JIS Class II in order to pass the test related to security in Japan.

## 【Type certification system of small wind turbine in Japan】

In case that small wind power equipment is applied to Fit system in Japan, it is necessary to satisfy the following the technical standards.

### • Applicable standards

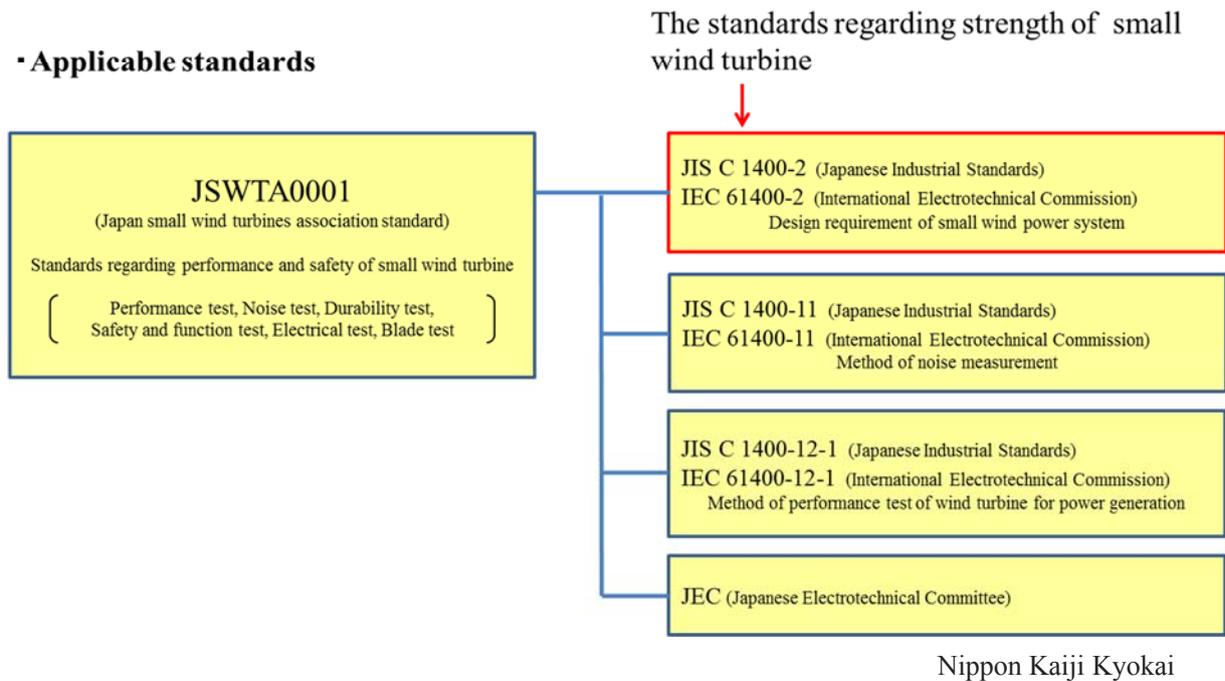


Figure 2.10 : Type Certification System of Small Wind Turbine in Japan

On the other hand, we studied procedure of the Fit in Thailand in the Project and we recognized that Thailand does not have “Type Certificate System” of small wind turbine because small wind turbine is not disseminated at all in Thailand. This fact means that there is not system to guarantee security (strength) of small wind turbine like one in Japan. Therefore, seller or business operator of small wind turbine should take the risk of security (strength) in Thailand.

In other words, Applicability of JIS Class IV depends on decision of seller or business operator. In case the selling with ENCOM, ENCOM have to take the risk of security (strength) of the Wind-lens. So, more detailed discussion with ENCOM should be required after the project.

Additionally, in parallel we investigated necessary permits and approvals related to introduction of small wind turbine, however we could not summarize them correctly because concerned parties for small wind turbine could not grasp enough information due to a lack of experience of small wind turbine in Thailand.

Therefore, in order to expand the Wind-lens in Thailand in the future, the following actions are necessary.

- Adapting JIS Class IV in Thailand in order to guarantee security (strength) of Wind-lens
- Summarizing necessary permits and approvals related to installation of Wind-lens

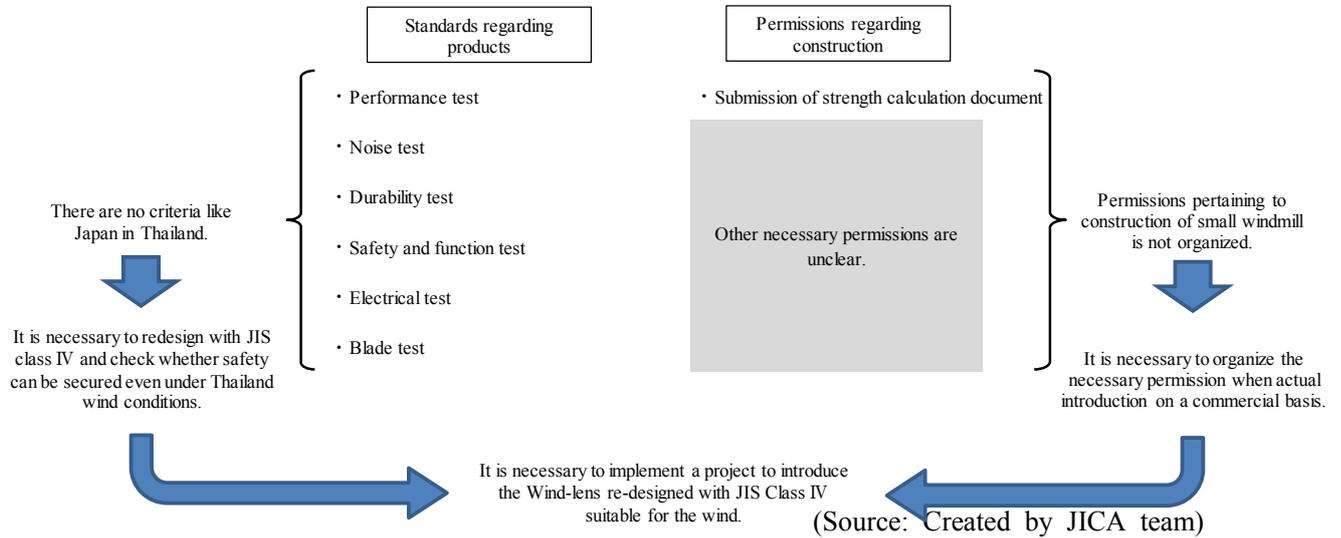


Figure 2.11 : The Standards and Permissions regarding Small Wind Turbine in Thailand

#### (4) Summary

Based on the dissemination conditions (Selling Price: 10 million JPY/Unit, payback period: 20 years) in the Project the necessary wind conditions are as follows;

- Thailand: Over 4.5m/s
- Philippines: Over 5.5m/s

Based on these wind conditions, Thailand has 6 islands and the Philippines has approximately 1,000 islands as candidates, so we can conclude that there are enough potential to install the Wind-lens. Additionally, we have already established the selling business structure with ENCOM in the Project.

In conclude, although the following issues are still remainig, there is enough potential of disseminating the Wind-lens and the business structure is established basically, so it can be said that preparation of selling is almost established.

- Adapting JIS Class IV in Thailand in order to guarantee security (strength) of Wind-lens
- Summarizing necessary permits and approvals related to installation of Wind-lens

## (5) Suggestion

As mentioned in previous section, adaptation of JIS Class IV in Thailand is important in terms of security (strength).

At present, PEA is considering internally of other project after the Project in order to expand the Wind-lens. Therefore, we would like to suggest introducing the re-designed Wind-lens (10kW) into island diesel generator in other project under PEA's consideration. Specifically, PEA will obtain budget from government of Thailand, the re-designed Wind-lens (10kW) will be introduced into PEA's diesel generator in island by the selling business structure which is considered in the Project and PEA will operation this project by themselves.

If this project will be realized and the above 2 issues will be solved, security (strength) of the Wind-lens can be guaranteed, construction cost can be reduced dramatically and necessary permits and approvals can be summarized as well. Accordingly, this project will be able to enhance the potential of expansion of the Wind-lens on business base in the future

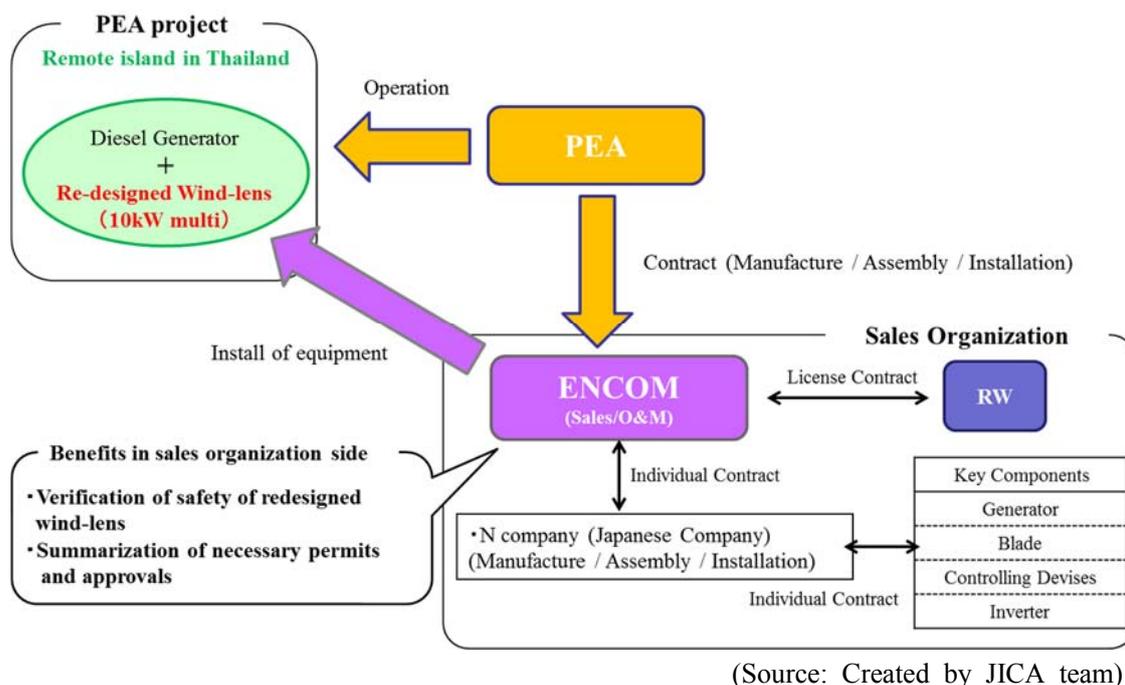


Figure 2.12 : Conceptual Diagram of PEA Project for Dissemination of the Wind-lens (proposal level)