

平成 16 年度 CDM / JI 事業調査

カンボジア・モントギリ高原における再生可能エネルギー CDM 事業可能性調査

報 告 書

平成 17 年 3 月

丸紅株式会社

平成 16 年度温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査
カンボジア・モントギリ高原における再生可能エネルギーCDM 事業可能性調査

目次

1 章	プロジェクト実施に係る基礎的要素	1
1.1	提案プロジェクトの概要と企画立案の背景	1
1.1.1	提案プロジェクトの概要	1
1.1.2	企画立案の背景	1
1.1.3	ホスト国の概要	1
1.1.4	調査の対象地域	2
1.1.5	ホスト国の CDM に関する政策・状況	3
1.1.6	調査の実施体制	3
1.1.7	調査実施経過と実施工程	3
1.2	プロジェクト候補地の自然環境および社会経済環境	3
1.2.1	地形、気候、植生	3
1.2.2	行政管理地区	6
1.2.3	人口動態	8
1.2.4	村落構造	8
1.2.5	生計	9
1.2.6	ライフライン（燃料、水、電気）	10
2 章	プロジェクトの立案	10
2.1	プロジェクトの具体的な内容	10
2.2	利害関係者のコメント	10
2.2.1	地域住民	10
2.2.2	州当局	12
2.2.3	中央官庁	12
3 章	モデル設備の試験的導入による環境データの特性評価	13
3.1	候補地選定	13
3.2	設置したモデル設備の概要	18
3.3	風速	18
3.4	日射	19
3.5	風力発電システムの特性評価	19
3.6	太陽光発電システムの特性評価	20
3.7	ハイブリッド電源システムの特性評価	20
3.7.1	発電量	20
3.7.2	電源供給の信頼性	20
3.8	総合評価	21
4 章	CDM プロジェクトの検討	21
4.1	小規模 CDM 事業としての適格性	21
4.2	プロジェクト境界	22
4.3	ベースラインの設定	22

4.4	追加性の立証	22
4.5	クレジット期間	23
4.6	温室効果ガス削減量	23
4.7	モニタリング計画	23
4.8	環境影響およびその他の間接影響	24
4.9	プロジェクト設計書の草案	24
5章	事業化に向けて	25
5.1	プロジェクトの実施体制	25
5.2	事業収益性	25
5.2.1	初期投資および維持費用	25
5.2.2	事業収入	25
5.3	プロジェクト実施のための資金計画	25
5.4	費用対効果	26
5.5	プロジェクトの持続可能性と波及効果	26
5.6	現地のキャパシティビルディング	26
5.7	今後の課題	27

参考文献

資料

1. 現地調査内容概要
2. セミナー議事録
3. 計測結果データ(図表)
4. シグナスミル風力発電機用ハイブリッド電源システム
5. モニタリングシステム
6. 事業収益性のシミュレーション結果
7. プロジェクト設計書ドラフト

1章 プロジェクト実施に係る基礎的要素

1.1 提案プロジェクトの概要と企画立案の背景

1.1.1 提案プロジェクトの概要

カンボジア、モンタギリ州（高原地帯）を対象とし、風力と太陽光による再生可能エネルギー開発プロジェクトを小規模 CDM プロジェクトとして実施することを目指す。

1.1.2 企画立案の背景

当社は、本年度の F/S 実施地域であるモンタギリ州で、昨年ゴムノキ植林の CDM 案件を提案。植林案件の具体化には無電化地域である同地域の電化が必要不可欠と考え、本年度の風力と太陽光による再生可能エネルギー開発プロジェクトを小規模 CDM 事業として実施する提案を行った。本プロジェクトは、地域社会の持続的発展に貢献し、村民の生活レベルの向上に資することを重要視する。

1.1.3 ホスト国の概要

カンボジア王国

首都	: プノンペン
面積	: 181,035 平方キロメートル
人口	: 1,170 万人 (1999 年)
人口増加率	: 3%
成人労働人口 (男性)	: 47%
(女性)	: 53%
国内総生産	: 32 億 8,900 万米ドル (1999 年)
GDP 成長率	: 4%
1 人当たり GDP (名目)	: 300 米ドル (1999 年)
主要産業	: 衣料及び靴類
主要輸出品	: 衣料及び靴類
主要輸入品	: ガソリン、工業用機械
インフレーション	: 9% (1999 年)
外国投資の総流入量	: 4 億 7,900 万米ドル (1998 年)

(情報源: カンボジア王国 経済・財務省)

1.1.4 調査の対象地域

調査の対象地域はモントギリ州。事業候補地は州都セン・モノロムとその周辺地域（図1）。

図1



1.1.5 ホスト国の CDM に関する政策・状況

ホスト国は、2002 年の 8 月に京都議定書を批准、2004 年 6 月には環境省内に正式な DNA が設置され、UNFCCC ウェブサイトの DNA リストにはカンボジアの環境省気候変動室 (Ministry of Environment, Climate Change Office) が掲載され、政府として非常に積極的に取り組んでいる。

また、カンボジアはこれまでに CDM の受け入れに極めて積極的であり、我国の IGES を始めとする国際機関を通じ CDM に関する各種セミナーやワークショップを開催し、キャパシティー・ビルディング等を行っている。当該案件は同国のモントギリ州の持続可能な発展に貢献するものとして DNA 及び工業・資源エネルギー省に支持されている。

1.1.6 プロジェクトの実施体制

-国内実施体制：丸紅(株)

(株)環境総合テクノス (PDD 作成のための総合的なアドバイザー)

-海外カウンターパート：カンボジア政府/工業・資源エネルギー省等

1.1.7 調査実施経過と実施過程

-平成 16 年 7 月：	現地カウンターパートとの事前協議
-平成 16 年 7 月～12 月：	フィージビリティ調査
-平成 16 年 8 月末～9 月初旬：	第 1 回現地調査
-平成 16 年 11 月：	第 2 回現地調査及び小型の実証設備の設置
-平成 16 年 11 月：	中間報告書提出
	PDD のドラフト作成
-平成 17 年 1 月：	実証設備からの風況データの収集
-平成 17 年 2 月：	風況データの分析
	PDD のドラフト作成

1.2 プロジェクト予定地周辺の自然および社会経済環境の概要

1.2.1 地形、気候、植生

モントギリ州の「モントギリ」は「山々の合流」という意味であり、その名の通り山地帯である。これは 1960 年代のシアヌーク王時代にカンボジアの北東地区の開発を始め、

その時にクラティ州、スティン・トレン州、ラタナキリ州及びモントギリ州を確定した。

モントギリ州は、首都プノンペンの北東約 390km に位置し、海拔 600～800m の高原地帯である。面積は 13,682k m² で以下の州又は国と接している：

- 北：ラタナキリとスティン・トレン州
- 西：クラティエ州
- 東・南：ベトナム

この地域の気候は、約半年毎に乾季と雨季が変わる典型的な熱帯モンスーン気候であり、雨季が 6～10 月の 5 ヶ月、乾季が 11～5 月の 7 ヶ月になる。以下にモントギリ州の Environdata E-access Data Export System に基づいた気象条件を概括する。

a) 雨量

この州の雨量を表 1.2.1 に示す。雨量土地の高度によってかなり異なるが、年間の総雨量は 2,268 mm である。この雨量は、沿岸地帯を除くこの国の他の地域よりは多い。月降雨量を 100mm を基準にして分けると、雨季は 6～10 月の 5 ヶ月で、最雨月は 8 月(863mm) である。乾季は 11～5 月の 7 ヶ月間で、雨の最少月は 1 月の 0.1mm である。年間降雨日数は 169 日である。

表 1.2.1 モントギリ州の雨量(2002 年)

月	雨量	雨の日
1 月	0.1	1
2 月	0.0	7
3 月	1.4	10
4 月	5.1	24
5 月	57.9	25
6 月	577.3	27
7 月	232.9	27
8 月	863.0	28
9 月	273.7	22
10 月	199.2	13
11 月	18.8	9
12 月	38.8	3
合計	2,268.2	169

Source : Environdata Eaccess Data Export System

b) 気温

年間の平均温度は 23.7 度で（表 1.2.2）。最高気温は 4 月に 34.0 度であり、最低気温は 2 月に 16.3 度である。夜間には冷涼になる。

表 1.2.2 モントギリ州の温度(2002 年)

月	最高	最低	月の平均
1 月	28.6	16.8	21.5
2 月	31.0	16.3	22.6
3 月	33.4	18.8	24.8
4 月	34.0	20.6	25.9
5 月	31.9	20.8	25.4
6 月	28.3	20.1	24.2
7 月	29.2	20.0	24.6
8 月	28.1	20.6	23.3
9 月	28.6	21.0	23.3
10 月	30.3	20.0	23.7
11 月	27.9	20.1	22.9
12 月	28.9	19.6	23.0
月平均	30.0	19.6	23.7

資料 : Environdata Eaccess Data Export System
2002

c) 湿度

年間平均湿度は、88.7%である（表 1.2.3）。最高湿度は 1 月、2 月を除くといずれも 90%以上で高い。湿度は通常、夜間から夜明け前に高いもので、この時間帯の湿度はあまり変化がないといえる。しかし、最低湿度は 2 月、3 月に 70%未満になり昼間にかなり乾燥することを示す。2 月では最低 56.3%に至る。

表 1.2.3 モントギリ州の湿度(2002 年)

月	最高	最低	平均
1 月	86.9	77.1	82.0
2 月	82.3	56.3	69.3
3 月	91.0	66.0	78.5
4 月	93.6	70.2	81.9
5 月	99.8	72.1	86.0
6 月	100.0	87.7	93.9
7 月	100.0	90.4	95.2
8 月	100.0	87.6	93.8
9 月	100.0	91.8	95.9
10 月	100.0	87.5	93.8
11 月	100.0	85.8	92.9
12 月	100.0	85.6	92.8
月平均	88.7		

資料 : Environdata Eaccess Data Export System
2002

同州の主要な植生は森林である。森林面積については信頼できる統計はないが、同州の森林面積は1,122,200haあり州面積の76.4%を占め、5つの行政地区に広く分布している。図2.1.1に同州の森林分布図(2002年)を示す。州面積の70%以上を森林が分布する様子がわかる。森林の大半は乾季に完全に落葉する熱帯季節落葉林(tropical deciduous forest)であり、乾季に短期間だけ落葉する熱帯半常緑林(tropical semi-evergreen forest)が点在する。

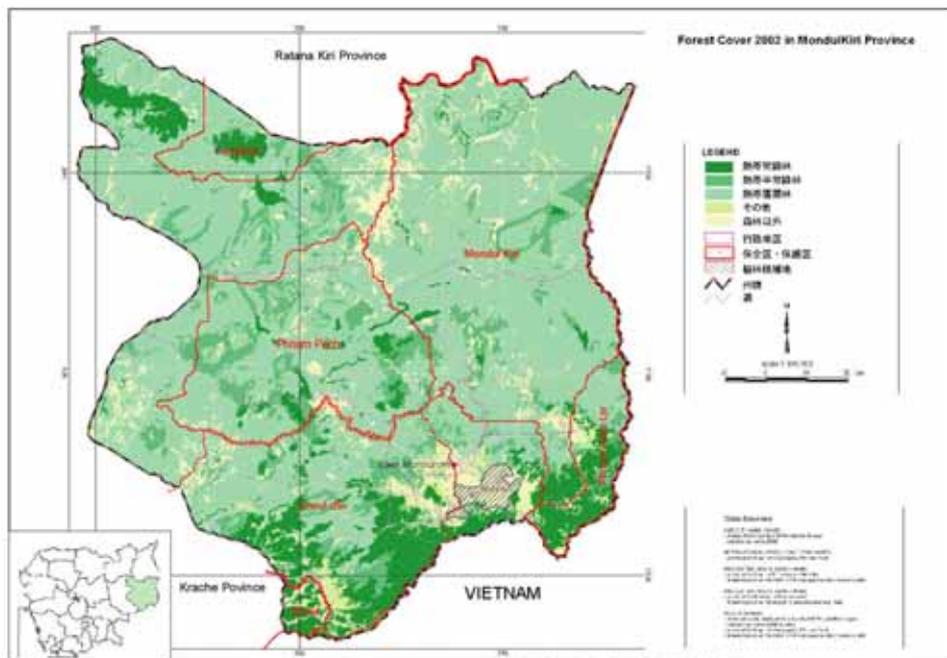


図 2.1.1 モントギリ州の森林分布と保護区

1.2.2. 行政管理地区

モントギリ州の面積は1,468,200haで、5つの地区から成り立つ。5つの地区は21のコミューンと90の村に分かれている。

5つの地区は次の通りである(図2.2.1)。

- ウー・リアン地区(Ou Reang) 220,000.50ha、2コミューンと7村。
- カオ・ヒーク地区(Kaoh Nheaek) 560,000ha、6コミューンと26村。
- ペク・チェンダ地区(Pech Chenda) 270,000ha、4コミューンと18村。
- セン・モノロム地区(Saen Monourom) 98,200.50ha、4コミューンと14村。
- ケフ・セマ地区(Kaev Seima) 319,999ha、5コミューンと25村。

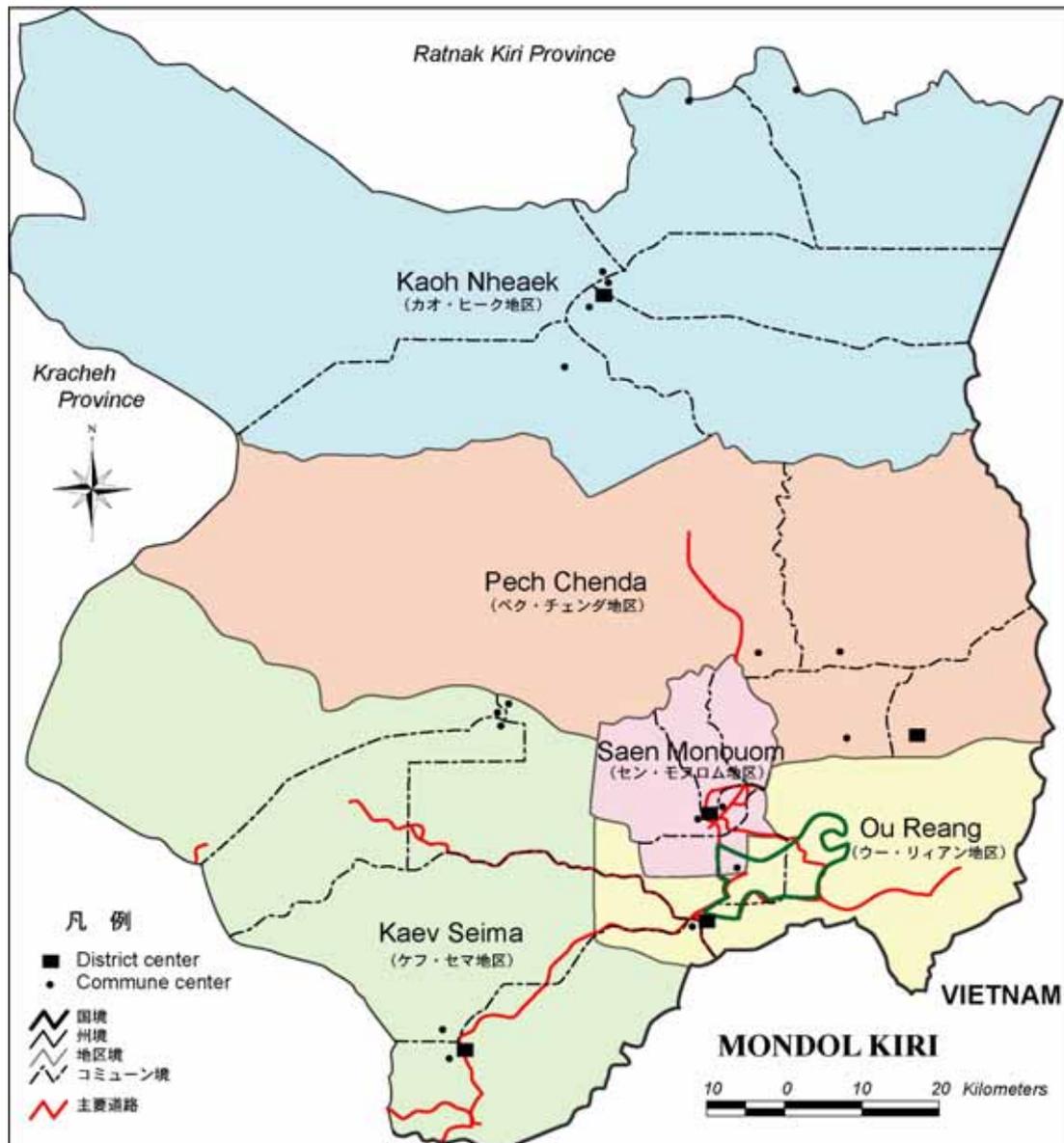


図 2.2.1

州長官や地区の指導者は、中央政府の承認に基づき内務省によって任命される。2000年に行われた地域選挙の時から、全ての地区はそれぞれの地区委員会によって管理されてきた。委員会幹部の任期は3年で、3年毎の選挙で選出され、地区委員会は法律に基づいてその地区の開発を計画し実施する権限を有している。

人口密度が高く経済活動は盛んな地域は、ケフ・セマ地区とカオ・ヒーク地区である。ケフ・セマ地区には、まだ経済的に価値のある森林が残っており、一方カオ・ヒーク地区は、この国の中心と同様に平坦で、水源に富んでいる。従い、人々はより容易に生活でき農業も出来る。しかし、州の中心からそこまでの道路事情は非常に悪い。

1.2.3 人口の動態

モントギリ州はカンボジアで最も人口の少ない州である。国勢調査によるモントギリ州の人口統計を表 1.2.4 に示す。

1998 年のモントギリ州の人口は 32,407 人と推計され、1999 年には 36,300 人に増加している。人口増加率は 12%で、国全体の平均増加率 2.4%に比べ非常に高いものである。その主な原因は他の州からの移住者による。1999 年 8 月までに、世帯合計は、7,535 となり 1998 年と比べ 33%増加している。人口増加率の高い地区はセン・モノロム地区(21%)とウー・リアン地区(15%)で、ともに本事業候補地に関わる地区である。

世帯数の急激な増加にもかかわらず、一世帯当たりの人数は、1998 年の 5.7 人から 1999 年には 4.8 人と落ちている。この減少は、少数民族の若いカップルの婚姻と彼らが他の場所で家庭を築く為に親元から離れたことに起因している。セン・モノロム地区は世帯当たりの人数も 5.4 人と他の地区より高い。

この州の人口密度は 2.5 人/k m²である。州都のあるセン・モノロム地区が 8.7 人とずば抜けて高く、他の地区は低い値である。特にウー・リアン地区は低く 1.3 人である。

表 1.2.4 モントギリ州の人口統計 (国勢調査 1999 年)

地区	面積	人口		18 歳以上人口		世帯数	1 世帯当たり人数	98 年比人口増加率	人口密度	
		合計	女性	合計	女性					
		ha	人	人	人					人
1 セン・モノロム	Sean Monourom	982	8,539	4,098	3,674	2,018	1,574	5.4	21	8.7
2 カオ・ヒーク	Kaoh Nheaek	5,600	9,966	5,279	4,477	2,237	2,135	4.7	12	1.8
3 ケフ・セマ	Kaev Seima	3,200	9,322	4,793	3,764	2,316	2,106	4.4	5	2.9
4 ペク・チェンダ	Pech Chenda	2,700	5,615	2,870	2,825	1,443	1,128	5.0	9	2.1
5 ウー・リアン	Ou Reang	2,200	2,858	1,510	1,480	735	592	4.8	15	1.3
合計		14,682	36,300	18,550	16,220	8,749	7,535	4.8	12	2.5

1.2.4 村落の構造

ウー・リアン地区とセン・モノロム地区には、6 つのコミューンと 21 の村がある。そのほとんどが、焼き畑や火入れ放牧を主な生計とする少数民族で成り立つ。主な民族

は、プノン、クメール、トウム・ポウン、チャライ、スティアン、チャム等という少数民族である。

この2つの地区には約1,500家族、約10,000人の住民が住んでいる。1村あたりの家屋数は、20～80家屋である。少数民族の村の家屋は、伝統的に全体をヤシの葉でふいたコテージのような独特の様式でたてており（写真1.2.1）そこに1～3家族が住居する。平均の家族数は、6～10人である。

戸数が10年前に比べて2倍以上になっている村もあり、村落全体の若い人口が増えてきている。

村は少なくとも数世代にわたって同じ場所にあり、焼き畑などで生計を営んでいた。ただ、村は必ずしも定着ではなく、焼き畑などの収量が落ちると移動し、新たに家屋を建てて村をつくる場合もある。



写真1.2.1 現地住居

全体をヤシの葉でふいたコテージのような独特の様式でたてられ、生活空間および寝床兼用としてに地面から40cm～50cmの高さに竹を組み合わせた床を組んでいる。

1.2.5 住民の生計手段

平均の家族数は、6～10人である。主な生計は焼き畑耕作などによって得られるコメ、

野菜などの収穫物で自給自足をしている。他に牛、ブタ、ニワトリなどの家畜をもっている。村以外に町で賃金労働することはほとんどない。農業労働力の大半は家族労働でまかなっている。村では穀物の収穫量は1年通じて十分ではなく、5~7月にかけて食料が不足しがちである。

主に自給自足の生活をしているので、金銭収入という点では非常に低く、殆どの家族は、一日2,000リエルの収入しかなく、ほんの少しの家族だけが5,000リエルの収入を得ている。金銭的には豊かとはいえない。

一家の収入はコメ換算で月500kg = 100USドル程度と推定される。

1.2.6 ライフライン（燃料、水、電気）

燃料は薪で、近隣の森林から採取する。2~3日に1回集め、1~3人で作業する。

水は天水タンクと井戸、川から得ていることが多く、濾過器を通し飲み水にしている村もある。

電気はほとんど使用していない。石油を使用することもほとんどなく、オートバイや照明ランプに使うだけである。

2章 プロジェクトの立案

2.1 プロジェクトの具体的な内容

モントギリ州内の21のコミューンと90の村落のそれぞれを対象に、風力と太陽光を組み合わせた小規模発電設備（10~20kw規模）合計115基（総設備容量1.4Mw）を導入する。

2.2 利害関係者の事業に対するコメント

本プロジェクトに関連する住民および中央政府や州政府の関係機関などと面会し、ヒアリングを行った。

2.2.1 地域住民

2004年9月1日、調査対象地域の2つの村(Pu Tru UP及びPu Tru Down)でヒアリングを行う(資料1)と共に11月の第2回現地ミッション派遣の際は、Pu Tru村を含む3つの村落から、代表として各6名参加してもらう形式でセミナー(資料2、写真2.1.1)

を開催し、電気の需要等につき質問した結果、次のような声が聞かれた。

- 現在室内照明として空き缶を使用した手作りの灯油ランプを使用しているが、強風の日には火災に繋がる可能性があり、子供の夜間の勉強に安全な電灯が必要。
- 村内に学校があるが教室が暗くて勉強をする環境として良くない。電気があれば室内照明として利用したい。
- 特にテレビによる外部からの情報が欲しいが電気料金が掛かるのであれば、せめて室内照明が欲しい。



写真 2.1.1 現地セミナー風景

Pu Tru Up, Pu Tru Down および Orang 村の 3 村合計 18 人を招きセミナーを開催。

また、州都セン・モノロムにある病院にて電力需要に関するヒアリング(写真 2.1.2)をおこなった際のソクメン医師のコメントは下記の通りである。

- 病院では電力不足が最大の問題で、電力不足により手術が出来ない時がある。
- 自家発電用のディーゼル発電機が 75kw と 50kw の 2 機があるが、50kw は故障後、修理費用が工面できず修理していない。
- 薬類は殆ど全てが常温で保存できるが、手術室の機器及び空調、検査・研究の空調及び室内灯、井戸からの水のくみ上げに電力が必要。
- 現在、主な電力として、近くの個人電力事業者から水力発電による電力の供給を受けているが、雨季でも供給が安定せず、自家発電機を動かしている。

- ディーゼルオイルは、1 リットルあたり 1,700 リエルし、年間で約 1,000 リットル程度使用している。
- 水力発電の電気代は 1,800 リエル(約 US\$0.50)/kwh と非常に高い。



写真 2.1.2 セン・モノロム / 病院でのヒアリング
中央はインタビューに答えてくれた Dr. Sea Sokmeng
(病院はベッド数 27、医師 5 人、看護婦 20 人)

2.2.2 州当局

2004 年 11 月 12 日にカオ・トン・フー第一副知事と面談した際同氏のコメントは下記の通りである。

- 植林事業と再生可能エネルギーを利用した地域電化の事業を同時に検討して頂いていることは、貧困対策及び環境に配慮した少数民族の生活向上につながるの
で感謝している。
- 日本側が行動をさらにスピードアップし、一日も速く F/S を完成させ、その結果
両案件が具体化されることを切に願っている。

2.2.3 中央官庁及び JICA 専門家

2004 年 9 月 3 日、調査チームはカンボジア政府工業・資源エネルギー省の高官及び現地の JICA 専門家と面談した。

- サット・サミー事務次官

- 橋本信雄 JICA 専門家

出席者は関心が高く、基本的に事業と投資を歓迎する意見が多く、好意的な意見が多かった。

1) サット・サミー事務次官のコメントは次の通りである。

- 植林事業の候補地内にある学校に、太陽光と風力を組み合わせたハイブリットのサンプル発電設備を設置し、ライトを点灯したり、テレビを見れるようにすると言うのは、非常に良いアイデア。設備の維持管理については、地域行政及びその村の村長と良く調整する必要がある。
- カンボジアでは、現在フンセン首相が、個人の寄付をベースに 200 箇所の学校、寺院、橋等に太陽光の電灯設置運動を推進している。また、政府としては、2020 年までにカンボジアの全ての地域に再生可能エネルギーで電力供給することを目的としたマスタープランを作成する予定になっている。

2) JICA 専門家/橋本氏のコメントは下記の通りである。

- モンドル・キリの州都であるセン・モノロムでは、個人事業主の電力供給事業が営まれているが、規模が小さすぎて、地域の需要を満たしていない。また、料金も首都のプノンペンと比較し、約 2.5 倍程度となっており、地域の発展の妨げとなっている（プノンペンは US\$0.2/kwh に対しセン・モノロンは US\$0.5/kwh 程度）。
- JICA は現地の状況に鑑み、無償ベースの小規模水力発電設備の建設計画を具体化すべく、作業を進めている。具体的には、同地域で三箇所の地域に各々 62kw、65kw 及び 48kw の発電設備を設置し、州都のセン・モノロム（人口 8～9 千人）に供給する予定。
- カンボジア政府は、2020 年迄にカンボジアの全ての地域に再生可能エネルギーで電力供給することを目的としたマスタープランを作成する予定になっている。

3章 モデル設備の試験導入による環境データの特性評価

3.1 候補地選定

本プロジェクトの具体化の検討に必用な風況及び日射データを入手すべくモデル設

備を設置したが、設置場所は、9月の現地調査を踏まえ、Pu Tru Down村（写真3.1.1～7）の学校に試験的に導入した。

今回のCDM事業可能性調査では、平均風速が小さく、日射量が良好であったため、太陽光発電システムの発電量が良好な結果であった。

今回の分析は約2ヶ月間の計測データであることから、さらなるCDM事業の可能性を調査するには、年間の気象データを基に、雨季での発電量の推移などを含め、評価する必要がある。以下に風速、日射、風力発電のシステム評価等を記載し、詳細は資料3に添付する。



写真 3.1.1 村落外観 1

牛が数多く写っているが、村の所有ではなく、プノンペンに住む富裕層に飼育を委託されているもの。



写真 3.1.2 村落外観 2

全体をヤシの葉でふいた家屋が 20 家屋ほど点在している。1～2 家族で 1 家屋を使用。



写真 3.1.3 学校外観

小学校と中学校兼用の校舎。屋根や壁や窓はあるが、窓にはガラスはなくただヤシの壁に穴を開けただけの物。



写真 3.1.4 校舎内観 1

地面に直接約 18 の机がおかれている。室内照明がないため、午前中は非常に暗く勉強には不適。



写真 3.1.5 校舎内観 2

机の上にある書物が小学校と中学校を合わせた教材の全て。



写真 3.1.6 村長インタビュー

村人は開放的で人当たりが良く、勤勉。



写真 3.1.7 村落インタビュー後記念撮影

インタビューを実施した村は、必ずと言っていいほど子供が多く、将来彼らに職場を提供するのが政府の責務となっている。

3.2 設置したモデル設備の概要

設置したモデル設備は、風力発電装置および太陽電池によって発電された直流電力を入力とし、充放電コントローラ、ダンプ抵抗器および小形サイクル用シール鉛蓄電池により、LED 照明、モニタリングシステムへ安定した電力を供給する（写真 3.2.1 詳細は添付資料 4 を参照）



写真 3.2.1 ハイブリッド発電システム設置後

設置した学校の先生によると、「町は頻繁に停電するが、学校は毎日定期的に点燈・消灯を繰り返しており、子供たちの昼夜の勉強に役立っている」とのこと。

3.3 風速

a) 平均風速

表 3.1～3 に日別の実測した風速の最大値と平均値および最小値を示す。また、図 3.2 に月別の実測した風速の最大値と平均値および、最小値の平均値の比較結果を示す。

およそ 2 ヶ月間の計測期間における最大風速の実績値は 4.6m/s で、平均風速は 1.8m/s であった。月別の平均風速の比較においても、最大値、平均値、最小値ともに上下幅は小さく、微風領域で安定していることが確認できる。

b) 風速分布（風速出現率）

ある期間における各風速階級ごとの出現率（頻度）を、グラフに表したものを風速の出現率分布と呼ぶ。図 3.3～5 に月別の実測した風速の出現率を示す。

各月ともに共通して、風速 1m/s の出現率が最も大きく、次いで風速 2m/s、風速 0m/s の順に出現率が大きい分布となっており、風速 3m/s 以上の出現率は 10%にも満たないことが確認できる。

また、発電可能である風速 3.5m/s 以上の出現率は 2.6%であった。これは 1 年間に換算すると約 223 時間が発電可能時間となる。

3.4 日射

a) 日射強度

図 3.6 に各月の代表的な 1 日を例に、日射強度の時間変化状況を示す。日射強度の最大は、概ね 12 時過ぎであることが確認できる。

b) 日射量

表 3.4 に実測した日別の日射量を示し、表 3.5 にシステム検討時（シミュレーション）に使用した宮古島の日射量、図 3.7 に宮古島との同時期（11 月 14 日～翌年 1 月 12 日まで：11 月 13 日と 1 月 13 日は除外）の日射量を示す。同時期での宮古島の 1 日あたりの平均日射量 $2.96\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ に対し、モントギリでは $4.70\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ と非常に良好な結果であることが確認できる。同時期のモントギリの天候は安定しており、日射量としては極めて良好な結果である。

3.5 風力発電システムの特性評価

表 3.6、図 3.8～10 に日別の実測した風力発電システムの発電量を示す。日別値より 11 月は 1 日あたりの平均発電量が、他の月よりも若干大きいことが確認できる。ただし、全体の発電量は、前項の平均風速が小さいことから、極めて低い結果である。なお、発電時間は各月とも瞬間的な強風（5～7.5m/s）時に、発電している傾向

が確認できる。

3.6 太陽光発電システムの特性評価

表 3.7、図 3.11～12 に日別の実測した太陽光発電システムの発電量を示す。日別値より、連続的に発電が得られなかった日は1日もなく、安定したな発電が得られていることが確認できる。

そのため、図 3.14 から、日中は蓄電池電圧が満充電に近い状態が多いため、発電量が小さくなっていることが確認できる。これは、本システムのような独立電源システムの場合、供給する負荷設備容量（消費電力量）が限定されており、消費した電力量のみ発電することになる。そのため、日射量が増加した場合でも、発電量が増加していない。この傾向が多い場合、負荷設備容量を増加することができる。

参考として、同地域の12月の平均日射量 4.63kWh/m^2 において、発電可能電力量（機器損失を考慮）は約 30kWh/月 となる。

3.7 ハイブリッド電源システムの特性評価

3.7.1 発電量

表 3.8、図 3.15～17 に月別の実測したハイブリッド発電システムの発電量を示す。日射量が連続的に安定しているため、そのほとんどが太陽電池からの発電量であることが確認できる。

3.7.2 電源供給の信頼性

表 3.9 に月別の蓄電池電圧の最大値と最小値を示す。各月とも、最小電圧値が放電停止となる 10.8V 以上であることが確認でき、信頼性の高い電源システムである事が確認できる。

表9 月別蓄電池電圧値(V)

	11月	12月	1月
最大電圧値	14.5	14.5	14.5
最小電圧値	12.2	12.3	12.4

3.8 総合評価

「カンボジア・モンドルギリ高原における再生可能エネルギーCDM 事業可能性調査」として導入した独立型風力・太陽光ハイブリッド電源システムについて計測分析を行った結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 風力発電システムの特性評価

- ・計測期間における平均風速は1.8m/sで安定しており、発電が可能となる風速の出現率は2.6%であったため、瞬間的な強風時のみ発電が得られている。また、ハイブリッド発電システムに占める発電量の割合は極めて低い値である。

(2) 太陽光発電システムの特性評価

- ・日射量が大きく、安定しているため、極めて良好な発電状態である。また、ハイブリッド発電システムに占める発電量の割合は極めて高い値である。

4章 CDM プロジェクトの検討

4.1 小規模 CDM プロジェクト活動としての適格性

第7回 CDM 理事会(2003年1月開催)において小規模 CDM (Small-Scale CDM: SSC) のプロジェクト設計書(PDD)と簡素化方法論に関するガイドラインが“first living version”として採択された。それによると、再生可能エネルギー利用による発電プロジェクトが小規模 CDM の適格性を有するためには、その設備容量の合計が15MWを超えてはならない、とされている。本プロジェクトの場合、分散型ハイブリッド発電設備の合計設備容量は1.4Mwであることから、小規模 CDM プロジェクト活動としての前提条件を満

たしている。

また、本プロジェクトの追加性の立証については、小規模 CDM ガイドラインの付録 B の添付 A (Attachment A to Appendix B) に記載された 4 種類の障害 (当該事業の実現を妨げていると考えられる障害) のうち、3.4 で後述するように、少なくとも投資の障害と技術の障害が該当するものとする。すなわち、“当該プロジェクト活動に代替する、投資上より実効性の高い代替案が、より多くの GHG 排出を生じさせたかもしれない” ケースに本プロジェクト活動は該当する。

すなわち、本プロジェクト活動は CDM 理事会の定める小規模 CDM プロジェクト活動としての適格性を有している。

4.2 プロジェクト境界

本プロジェクトで風力・太陽光ハイブリッド設備を導入する個々の村落 (発電設備、配電設備、受電家屋を含む) がプロジェクト境界 (バウンダリー) となり、それらのバウンダリーを束ねたものが本プロジェクトの物理的バウンダリーと定義できる。

4.3 ベースラインの設定

本プロジェクトは小規模 CDM プロジェクト活動としての要件を備えていることから、その方法論に関しては簡素化方法論を使用することができる。小規模 CDM プロジェクト活動のガイドラインの付録 B (Appendix B) に従うならば、本活動は小規模 CDM プロジェクト活動のタイプ 1.A (再生可能エネルギー、ユーザーによる発電) に該当する。したがって、ディーゼル発電による小規模発電網による電力供給が最も実現しそうなベースラインシナリオ (当該 CDM プロジェクトシナリオよりも多くの GHG を排出するシナリオ) であろうと設定する。

4.4 追加性の立証

本プロジェクトの実現を阻んでいると考えられる以下の障壁の存在により、本プロジェクトの追加性は立証可能と考える。

- ・ 本プロジェクトの収益性が極めて低いこと (4.2 参照) 実施対象地域がカンボジア国内でも開発の最も遅れた僻地であることから、投資の障壁が存在する。
- ・ カンボジアでは前例のない最新の技術 (垂直型風力タービン方式/風力と太陽光と

のハイブリッド方式)を導入するため、設備の設置と保守点検にかかわる技術の障壁が存在する。

4.5 クレジット期間

プロジェクトの実施期間は30年とする。クレジット期間は7年とし、その後2回更新申請することにより、最長21年間のクレジット期間を想定する。

4.6 温室効果ガス削減量

現時点での想定条件、すなわち総設備容量1.4MW、稼働率20%、低圧農村配電網配電ロス20%(デフォルト値)、ディーゼル発電設備排出係数(デフォルト値の0.9kgCO₂e/kWh)をもとに算出される本プロジェクト活動による温室効果ガス削減量は、以下の計算により年間2,759tCO₂と見込まれる。

$$\begin{aligned} \text{GHG削減量} &= 1.4\text{MW} \times 1000\text{kW} / \text{MW} \times 0.2 \times (24\text{h} / \text{日} \times 365\text{日}) \div (1 - 0.2) \times 0.9\text{kgCO}_2 / \text{kWh} \\ &= 2,759,400\text{kgCO}_2 = 2,759\text{tCO}_2 \end{aligned}$$

なお、2.3に記載したモデル設備の試験的導入(第2回現地ミッション、2004年11月)によって現地の風況や日射量等に関する約2ヶ月分のデータを収集することができた。短期間のデータではあるが、得られた知見を本プロジェクトの設計に反映させる予定である。

なお、本プロジェクトは風力・太陽光の再生可能エネルギーによる電力供給プロジェクト(新規設備導入による)であることから、プロジェクト活動からのGHG排出およびプロジェクト境界外におけるGHG排出(リーケージ)はない。

4.7 モニタリング計画

小規模CDMプロジェクト活動のタイプ1.A(再生可能エネルギー、ユーザーによる発電)のモニタリング方法論を適用する。すなわち、プロジェクト境界内の村落に設置した各ハイブリッド発電設備による発電量の実績値をメーターにより自動計測し、それらの記録データ(電子データ)を設備ごとに合計したものをプロジェクト全体の発電量としてモニタリングする(詳細は添付資料5)。なお、ここで発電量とは、発電設備(風力

タービンと太陽光発電モジュール)からバッテリーへの有効充電量(実際の充電量)を意味している。また、必ずバッテリーを介して負荷(電気器具)へ電力供給する本システムの場合、充電量は実際の電力消費量と等しいことから、発電量は電力消費量とみなすことができる。

村落に設置した発電設備からのモニタリングデータ(電子データ)の回収作業はコンピュータのメモリカード(写真 4.7.1)を媒体として行われる。このようなモニタリング作業は年 4 回の設備巡回による点検作業の際に併せて実施する。



(写真 4.7.1)

データ収集に使用するメモリカード

4.8 環境影響およびその他の間接影響

本提案プロジェクトでは、各村落に総容量でも 15kW 程度の風力・太陽光ハイブリッド発電設備を導入することから、騒音、振動、排水、排ガス等による環境影響は予想されない。実際、2004 年 11 月の第 2 回現地ミッションで小型のハイブリッド発電設備をモデル村落(Pu Tru 村)に試験的に導入し、その 2 ヶ月後の 2005 年 1 月に現地を訪問して村民にヒヤリングした結果、設備導入による環境への悪影響に関する苦情はまったくなかった。

4.9 プロジェクト設計書の草案

小規模 CDM プロジェクト活動に対するプロジェクト設計書(PDD)の指定様式(Ver.1)を使用し、本プロジェクトの PDD 草案を作成した(添付ドラフト参照)。

5章 事業化に向けて

5.1 プロジェクトの実施体制

モントギリ高原におけるゴムノキ植林事業の実施を前提に本再生可能エネルギー事業を実施する予定である。当面、カンボジアに設立するゴムノキ植林事業の実施主体となる SPC（特別目的会社）に発電設備の導入と初期運営を委託するが、将来的には地元の発電事業者の参加を得て、ゴムノキ植林事業から独立した電気事業を運営する計画である。

5.2 事業収益性

5.2.1 初期投資および維持費用

初期投資額については、設備システムの部品を可能な限り現地生産することを前提に、総額で約3億円に収めることを想定している。年間維持費用については、巡回による点検作業に115万円、これに加えて3年ごと（事業開始3年目、6年目、...）に発電設備のバッテリー交換で2,070万円（18万円/地点）の費用を見込んでいる。クレジット期間の21年間では総額469百万円となる。

5.2.2 事業収入

本プロジェクト実施による事業収入は村民からの売電収入である。後述するように、本プロジェクトを持続可能な電気事業とするためには電気料金を少なくともUS\$0.10/kWh程度に設定する必要があるが、この場合の年間売電量（2,452,800kWh）からの事業収入は26,980,800円となる。

5.3 プロジェクト実施のための資金計画

本プロジェクトの事業性のシミュレーションによると、本プロジェクトのIRR（内部収益率）を設備の予想耐用年数（15年）以内にプラスに転じるためには、初期投資額を3億円以内に収めること、電気料金を当初想定していた無料ではなく、US\$0.10/kWh程度に設定する必要があることがわかった。カンボジアにおけるこのような低収益プロジェクトに対して金融機関からの融資を受けることはほとんど不可能に近いことから、本プ

プロジェクトの初期投資額はすべて資本金で調達する必要がある。

なお、獲得した CER(認証排出削減クレジット) の販売収入を計上した場合、US\$5/CER の想定で本プロジェクトの IRR (15 年間で計算) は 0.29%、US\$10/CER でも 1.25% までにしか引き上げられない。したがって、本プロジェクトを実現するためには、環境省や経済産業省による設備補助金の支援を得る必要がある。この場合、初期投資額 (3 億円) の 1/3 の補助金を想定するならば、CER の収入なしでも IRR は 5.00% に上昇し、1/2 の補助金を想定するならば、この値は 9.87% に達する。さらにこれに CER の販売収入を乗せるならば、CER の検証・認証費用を考慮してもなお本プロジェクトの IRR は 10% を越えるものと予想される。

5.4 費用対効果

本プロジェクトの実施により、年間 2,759tCO₂、21 年間では 57,939tCO₂ の温室効果ガス排出量削減効果が見込まれる。したがって、初期投資額および 21 年のクレジット期間の維持費用を含めたプロジェクト総費用 (約 469 百万円) に対し、本プロジェクトが想定されたとおりの実績 (設備稼働率) を達成した場合の CO₂ 排出削減の費用対効果は、最終的に 8,096 円/tCO₂ と見込まれる。

5.5 プロジェクトの持続可能性と波及効果

本再生可能エネルギー利用プロジェクトは、環境面からはもちろんのこと、無電化地域を新たに電化するという点で社会経済面からもホスト国 (特に地元モンタゴリ州) の持続可能な発展に貢献するものと期待される。電化は村民の生活環境自体を改善するばかりでなく、村民による新たな地場産業 (家内工業による工芸品製作など) を振興を支援するものである。

また、本プロジェクトがモンタゴリ州で成功したならば、カンボジア国内の他の州およびラオスやベトナムなどの近隣諸国へ波及することも予想できる。

5.6 現地におけるキャパシティー・ビルディング

本 CDM 事業可能性調査では、同時期にカンボジアで実施された IGES (財団法人地球環境戦略研究機構) による CDM の能力強化プログラム (ICS-CDM) に協力し、プノンペンで開催された 2 回のワークショップ活動 (2004 年 11 月および 2005 年 1 月) に参加した。

これらのワークショップにおいては、参加者がプロジェクト設計書の作成に必要な知見や技能（ベースラインの設定、PDD の模擬作成など）を修得するための具体事例の教材として本調査の成果が役立てられた。

5.7 今後の課題

以下、本プロジェクトを実現するためにさらに検討すべき課題を列挙する。

- ・ 昨年 F/S を実施し、同地域での具体化を検討しているゴムノキ CDM 植林事業と併せて本案件プロジェクトを実現するシナリオが最も実現の見込みが高い。
- ・ 当該プロジェクトの IRR の予想値が CER の収入を入れても 1%前後ときわめて低い
ため、今後どこまで単独の CDM 事業として収益性を改善できるか、適正な電気料金
設定を含めて課題である。
- ・ 無電化地域にはじめて電力を供給することが及ぼすかもしれない村落社会への影
響について慎重に検討する必要がある。
- ・ 本プロジェクトでは、環境汚染を引き起こす可能性がある鉛を使用した蓄電池を発
電設備ユニットに組み込んでいる。2~3 年で寿命に達した蓄電池を確実に回収し、
その中に含まれる鉛を再び蓄電池にリサイクルするシステムを、可能ならば地元の
事業として確立しておく必要がある。
- ・ 今回検討した再生可能エネルギーは風力と太陽光だけであったが、現地調査を通じ
本プロジェクト候補地には小水力発電やバイオマス発電（家畜糞尿など利用）が可
能な村落も複数存在することがわかった。最終的には、現地で利用可能な再生可能
エネルギーのすべてを対象とした CDM プロジェクトを開発する必要がある。

参考文献

カンボジア・モントギリ高原におけるゴムノキ植林事業可能性調査/平成 15 年度
環境省請負業務 地球温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査