

## 付属 2. 3 バイオマス発電のグッドプラクティス

### (1) インドネシア 製材工場の自家発電設備 (パカンバル、P.T. Perawang Lumber Industry 社)

インドネシアでは、多くの製材、合板工場が、スマトラ・カリマンタンならびにスラウェシに位置している。これらの工場は、電力をグリッドもしくは、ディーゼル発電機で賄うと同時に、プロセスで使用する熱源用蒸気をスチームボイラーにより供給している。しかし、これらの製材会社で木屑を発電用に使用しているのは、きわめて大きい合板工場のみであった。一方、これらの製材工場で発生する木屑は、製材工場で使用する電力に比べると十分な量があると考えられていた。例えば、製材ノコギリに使用される電力は、35~45 k Wh であるのに比べて、発生する木屑は最大で 150 k Wh の電力を発生させるエネルギーがあったと言われている。

現地調査では、スマトラ島プラワン地区 (パカンバルから 40 k m 北東) の、P.T. Perawang Lumber Industry 社に入っているバイオマス発電設備を視察した。この発電設備の主たる仕様は次の通りである。

付表 2. 3. 1 バイオマス発電設備の仕様 (P.T. Perawang Lumber Industry 社)

出力	6 MW
燃料	ウッドチップ (60%) / パーム種子殻 (40%)
運転開始年	1997年
蒸気条件	蒸気温度 435℃ : 蒸気圧力約 38 kg/cm <sup>2</sup>
製造者	ボイラー/タービン発電機ともに中国製



付図 2. 3. 1 ボイラー遠景



付図 2. 3. 2 燃料ウッドチップ

なお、プラワン地区は、PLN の送電設備が未整備であることから、工場用の電力需給には応じてもらえないのが現状であるとのこと。結果的に、同地区では、自家発電設備が導入されている製材工場は、他に 2 社あるとのことであった。

## ■運用状況

発電電力は全て自社工場で使用している。また、同社は、製材のみならず、Plywood（積層合板）や Particle Board を製造しており、熱需要に合わせてボイラー（1時間当たり 8-10t）も併設されていた。発電設備は 24 時間稼働しており、燃料搬送、チップングから前述のボイラーの運転監視まで含め、2 シフト 40 名（1 シフトグループ当たり 20 名）で運用している。半年毎に 1 回、1 週間程度のメンテナンスを実施しているが、現在まで大きいトラブルはないとのことである。また、ボイラ設備設計にも余裕があるようであり、バイオマス燃料性状の季節変化（雨季に水分が上がる等）についても問題がないとのことであった。

バイオマス発電設備が導入される前は、ディーゼル発電機（計約 8MW：1MW×5 機+0.8MW×4 機）により工場に電力供給をしていたとのことである。これらのディーゼル発電機は、現在スタンドバイ電源となっており、1 ヶ月に 1 度確認運転する以外は、バイオマス発電の点検時および緊急用電源として使用されている。このディーゼル燃料は、産業用であるため非常に高いとのことであった。



付図 2. 3. 3 燃料設備



付図 2. 3. 4 タービン発電機

## ■発電コスト

同社の発電コストは、小さい初期投資（約\$500/kW：石炭火力の 1/2 程度）および、関連会社から供給される安価な燃料に支えられており、前述の人件費等を考慮しても PLN の電力料金より十分低廉に発電している。

## ■系統接続

現在の発電設備は工場の電力を全量供給するに見合う容量であるが、燃料面等を考慮すると増設は可能である。一方、再生可能エネルギーの購入法が 1 月に整備され、10MW 以下の再生可能エネルギーについて PLN に購入義務が生じたが、PLN の送電線が未整備であり、一層の規模拡大により SPP（Small Power Producer）として電力を売電することは不可能となっている。

## (2) EC-ASEAN COGEN プログラム

EC-ASEAN COGEN Program は、EC-ASEAN 間の経済協力プログラムのひとつであり、コジェネレーションプロジェクトを ASEAN 諸国に導入することを目的とするとともに、EC 内の技術情報を ASEAN 諸国の潜在的な顧客に発信している。したがって、これらの設備は基本的に EU から納入されることとなり、EC-ASEAN COGEN Program として承認されたプロジェクトに対し 15% の初期投資を提供している。

COGEN は Phase I から Phase III まで 3 フェイズに分かれて実施された。Phase II では、15 以上の実証プロジェクトをすでに東南アジアで実施している。これらのプロジェクトへの投資は、US\$ 500 000 ドル以下のものから、US\$ 7 million 以上のものまであり、平均累積解消期間は運転開始後 1 から 3.5 年程度である。インドネシアでは、スマトラ州の T Siak Raya Timber 社 (Pekanbaru) ならびに PT. Kurnia Musi Plywood Industry 社 (Palembang) が EC-ASEAN-EC COGEN Program の財政補助を受け、それぞれ 5.5 MW コジェネレーション設備、もしくは 35 t/h の蒸気ボイラー (35 気圧 380°C) のスチームボイラーを新規導入し省エネルギー化をはかった。なお、前者については、SPP (Small Power Producer) として、PLN と売電契約を結んでいた。残念ながら T Siak Raya Timber 社については、プロジェクト実施後通貨危機が勃発したことから現在は営業をしていない。

付表 2. 3. 2 COGEN (Phase II) により援助されたプロジェクト例

Company Name	PT Kurnia Musi Plywood Industries	Laem Chabang Industry Co. Ltd.	Sim Hoe Wood Industry Sdn. Bhd.	Guthrie MDF Sdn. Bhd.
Country	Indonesia	Thailand	Malaysia	Malaysia
Location	Palembang	: Laem Chabang	Bentong, Pahang	Kulim, Kedah
Project Outline	Efficient wood waste-fired boiler for an integrated plywood manufacturer with 850 m <sup>3</sup> of log input per day	Kiln drying through wood-waste energy for a wooden frame manufacturer that also decided to invest in a dust extraction and storage system	Co-generation plant supplying all the electricity needed for a sawmill and moulding factory, as well as 4 tonnes of steam for kiln drying operations	Efficient combustion for MDF manufacturer using rubberwood and facing a collection and disposal problem
Main suppliers	Denmark	Singapore	Belgium and Germany	Sweden
Cost	US\$ 1.6 million	US\$ 342 000	US\$ 1.6 million	US\$ 5.5 million
Payback period	1 year	3 years	3.5 years	2.5 years

Source: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS

今回の現地調査では、インドネシアでファシリテーターをしている、Dr. Verina J. Wargadalam と面談を行った。同女史によれば、COGEN のファシリテーターとして、コジェネレーションの技術的説明や COGEN のスキームについて、インドネシア国内で 600 社以上を対象にセミナーを実施し、普及啓蒙を実施したとのこと。同女史の経験では、こういったキャパシティービルディングに関するセミナーは、極力、同業種かつ同地域で実施するのが効率的だとの意見であった。

残念ながら、特定の業種 (コジェネレーション機器製造者) を経済協力プログラムの中で優遇することについて反論も多いことから、COGEN プログラムは成功を収めつつも Phase III で終了するとのこと。インドネシアの経済活動は復活の兆しが見えてきてきた所であり、このプログラムが無くなることは非常に残念であるとの同女史の見解であった。

### (3) フィリピン バイオディーゼル燃料 (Chemirez 社)

フィリピン国は、1992年に制定した R.A.7638 ならびに 1999年に制定した R.A. No.8749、通称 "Philippines Clean Air Act"に基づき、2004年の通達 55号により、Coconut Methyl Ester(CME)を、政府の全ての保有車の燃料に 1%混合することを決定した。また、将来的に、フィリピンで発売する燃料全てに 5%以上混合することを検討している。

これは、通称 Coco-Biodiesel と呼ばれる、再生可能バイオディーゼルオイルで、ココナッツオイルから精製される。パームオイル等から精製されるバイオディーゼルと比較すると、科学的に炭素連鎖が中程度であり、潤滑性、溶解性ならびに洗浄性に富むとされ、混合により、燃焼性の改善ならびに排ガスの浄化に役立つとしている。

Chemirez 社によれば、CME は酸化安定度ならびに流動点の面から、軽油と遜色ないレベルまで精製が可能であるとのことであり、一般的なバイオディーゼルに比べ化学的特性に秀でていたとのこと。Department of Energy も CME を 10%程度混合し、ディーゼル発電機(バージ)の運転試験を実施しており、そのテスト記録を見る限り、CME の混合による技術的なデメリットは無いように思われる。

フィリピンは、世界でも有数のココナッツの産地であるが、400万トン/年を誇っていた生産量も現在 150万tに減少している。したがって、このココナッツを使用したバイオディーゼルオイルは、国産のエネルギーとして石油製品をほぼ 100%近く輸入に頼っている現状を緩和するとともに、ココナッツ農家等の貧困緩和に貢献すると考えられている。また、ココナッツの老木を植え替える必要はあるが、新規プランテーションによる熱帯雨林の伐採を当面は必要としない。なお、Chemirez 社および Senbel Fine Chemicals 社は、今後、この CME をそれぞれ、7.5万 m<sup>3</sup>ならびに 3万 m<sup>3</sup>量産するとしており、フィリピン国内の需要を超過する部分は、輸出を検討している。

本文に触れたように、バイオフェューエル等の輸入ならびに日本国内での使用について、一般自動車向けには輸送セクターの炭酸ガス削減に貢献する重要な手段の一つとして、また電力セクターでは RPS (Renewable Portfolio Standard) 法を遵守するための手段として有望と見られる。しかしながら、燃料として普及させるためには、対応する JIS 等品質基準の整備が必要であり、これは他のバイオフェューエル全般についても同様である。



付図 2. 3. 5  
Chemirez 社の NEW CME プラント

#### (4) インドネシア国 牛糞からのメタン回収発電

インドネシア国共同組合省が中心となって進めている発電事業である。牛糞から発生するメタンガスを回収し、1) 調理用燃料とするとともに、2) 出力4kWの発電設備により、オフグリッド電力供給を実現するものである。将来的には、系統接続によりオングリッド供給も考えているとのことである。

##### ■プロジェクト概要

プロジェクトサイトは、PT. Mulya Tiara Nusa 社(ジャカルタ)である。同社は既に、バイオガス回収による調理器具(ストーブ)の販売に乗り出しており、既に17地区に300ユニット以上のバイオガス調理器具を販売している。

付図2. 3. 7にバイオガス発生システムの概要を示す。家畜牛の糞はリアクターに集められそこで、嫌気性発酵される。発酵により生じたメタンガスは、屋上に設置したガス収集装置に収集され、その後、調理器具用途等に使用される。



付図2. 3. 6 PT. Mulya Tiara Nusa 社



付図2. 3. 7 バイオガス発生システムと調理器具

バイオガスは、牛一頭当たり 45 リットル／月（1.5 リットル／日）発生し、これは、燃料価格 Rp.135,000／月に相当するという計画であったが、最近の実績では、牛1頭あたり 60 リットル／月（2 リットル／日）発生し、燃料価格で、Rp.180,000／月を代替している。

#### ■発電設備の概要

図2. 3. 8にバイオガスを利用した発電設備を示す。出力は4kWのディーゼル-バイオガスのハイブリッド発電機とであり、スタート時にはディーゼル燃料を用い、起動後はバイオガス燃料で運転する。通常の運転パターンで、燃料比率はバイオガス（85%）-ディーゼル（15%）程度となる。この運転に必要なメタンガスは、牛3～4頭で得られるとのことである。

将来的には、系統接続によりオングリッド供給（ミニグリッド供給）も考えているとのことである。



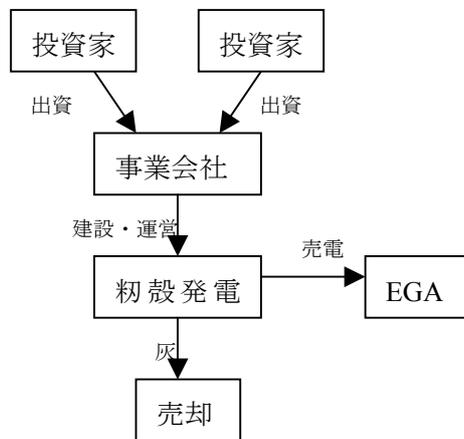
図2. 3. 8 バイオガス-ディーゼル発電機

### (5) タイ国籾殻発電（中部電力等出資：ATB社）

これまで野焼きにより処分されていた籾殻を燃料として発電する事業である。タイの米の生産量は世界第6位である。2期作（または3期作）で生産が行われており、年間を通じて籾殻の確保ができることから、籾殻発電は近年増加している。

#### プロジェクト概要：

籾殻発電所の建設・運営を行う事業会社(ATB社)を設立した。中部電力はATB社に出資するとともに電気事業に参画している。発生した電力は全てEGAT(電力公社)に売電する。EGATは、1992年のSPP(Small Power Producer)プログラムにより、90MW以下の発電事業者からの買電を義務づけられている。プラントの規模は20MW、建設費は約20億円である。なお、本プラントは平成17年12月22日に運転開始をし、現在営業運転中である。



付図2. 3. 6 ATB 籾殻発電プロジェクトスキーム



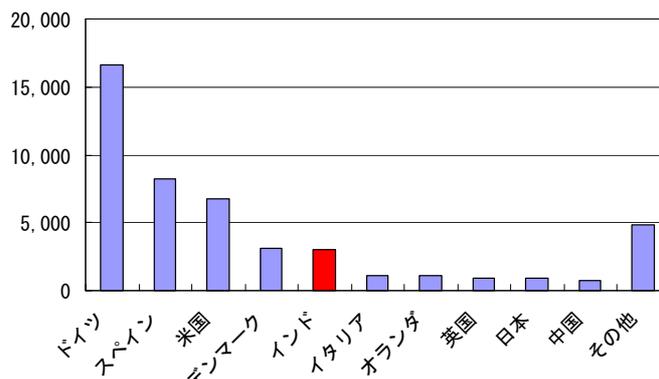
付図2. 3. 7 A T B 籾殻発電所

## 付属 2. 4 風力発電のグッドプラクティス

### (1) インドの風力発電の導入実績

インドの風力発電設備は、2004 年末時点で 3,000MW に達し、全世界の合計設備容量 (47,300MW) の 6.3% を占める。これは、世界第 5 位の設備量であり、風力発電は既に商業ベースになっているといえる。

インドの新エネルギー開発は、Ministry of Non conventional Energy Sources (MNES) により進められている。MNES では、今後導入を予定している新エネルギーの約半分を風力発電で調達する予定とし、Center for Wind Energy Technology (C-WET) を設立し、風力発電技術の普及に努めている。また、インドには世界でも有数の風力発電設備の Suzlon の本社があり、国内にウィンドタービンやローターブレードの製造工場を持ち、小規模な風力設備から大規模なウィンドファームまで製造可能な体制となっている。



付図 2. 4. 1 各国の風力導入実績

さらに、再生可能エネルギー開発庁 (IREDA/Indian Renewable Energy Development Agency Ltd) が IREDA は MNES の下部機関として 1987 年 3 月に設立され、設備投資補助金、売り上げ税免除、主機の輸入税免除等により再生可能エネルギーの開発を支援している。

### ■IREDA (Indian Renewable Energy Development Agency)

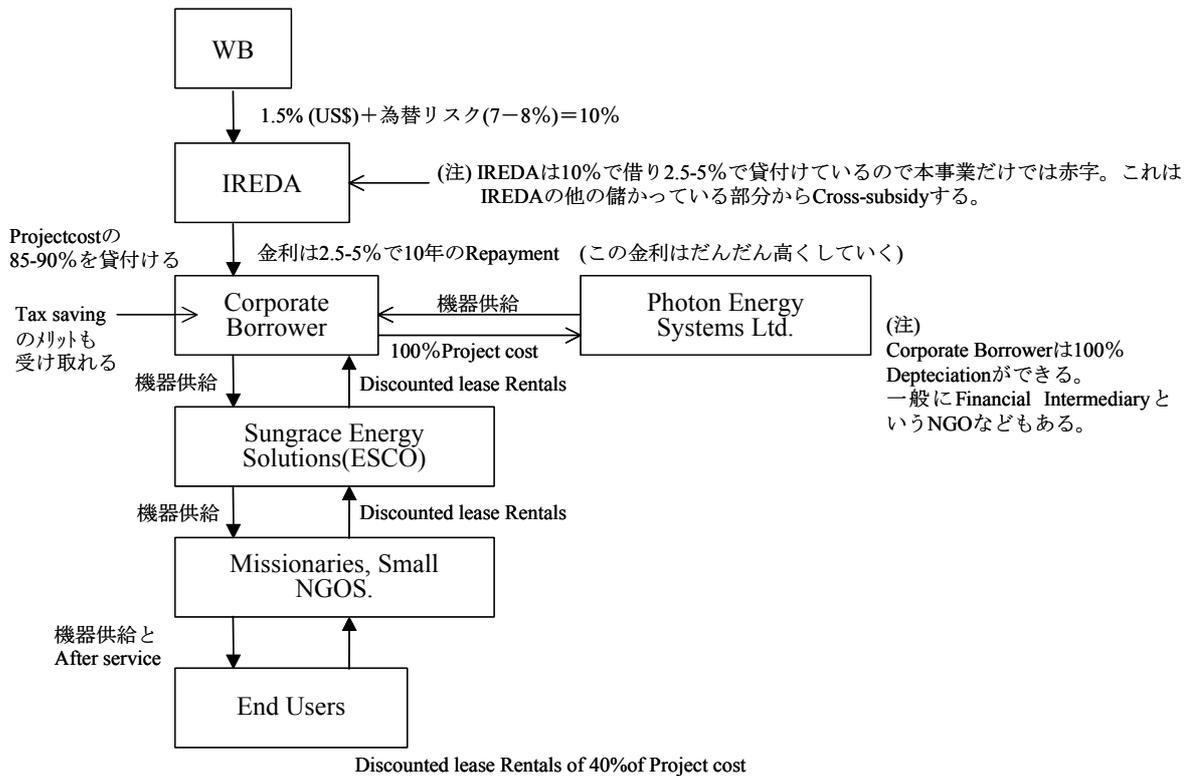
1987 年、Non-Conventional Energy Sources (NCES) 省の外局として、再生可能エネルギー庁 (Indian Renewable Energy Development Agency Limited) が設立された。再生可能エネルギー庁の役割は、①再生可能エネルギー利用技術の開発、実用化促進に対する資金的支援、②再生可能エネルギー利用技術の向上、③省エネプロジェクトに対する融資であり、World Bank の再生可能資源開発プロジェクト (Renewable Resources development Project) および ADB の再生可能エネルギー開発プロジェクト (Renewable Energy Development Project) に対する融資に GEF、デンマーク政府、ドイツ KfW、オランダ政府から総額約 5 億 3 千万ドルの資金援助により実施されている。

風力発電プロジェクトが融資対象となるためには、①プロジェクトサイトが NCES に登録されていること、②高さ 50m における年間風力エネルギー賦存量が  $200\text{W}/\text{m}^2$  以上であること、③発電量が  $225\text{kW}$  以上であること、④プロジェクトが IREDA に登録される 1 年前には開始されていること、⑤グリッド接続であることが必要である。

IRDA は、World Bank ならびに ADB からファイナンスを受け、再生可能エネルギー事業に有利な条件で貸し付けている他、多くの経済支援策、たとえば、設備投資補助金、土地の長期使用权、第三者への電力の販売権、発電税免除、売り上げ税免除、主機の輸入税免除等により再生可能エネルギーの開発を支援している。IREDA は、これまで約 800 件の風力発電プロジェクトに融資を行っている。

付表 2. 4. 1 IREDA による、新エネルギープロジェクトへの融資条件

項目	条件
貸付限度額	プロジェクトコストの 80%もしくは設備コストの 90%
利率	2.5%から 19% (プロジェクト毎に評価)
支払猶予期間	最大 3 年
返済期間	最大 10 年



付図 2. 4. 2 IREDAの風力発電支援スキーム

## (2) 中国・内蒙古自治区における小型風力発電の導入事例

1980年、内蒙古自治区政府は独立電源として、小型風力発電や太陽光発電を住民所有方式によって導入する独自の電化政策を開始した。それ以来、自治区科学技術委員会の指導のもとに独自の研究、開発、生産、普及、メンテナンスの体制が整えられてきた。自治区政府が1986年に補助金給付政策を採用して以来、住民所有方式によって100Wの小型風力発電機が急速に普及しはじめた。最近では300Wの風力発電機が最も広く使われ、太陽光発電装置と併用されていることもある。こうして1999年までに13.6万戸が電化された。その結果、牧民たちの利便性の向上や労働条件の改善、知的関心の向上や子弟の教育水準の向上などの好ましい変化が生まれた。また、風力発電機や太陽光発電装置の生産企業が大きく育つなど、地域経済にとっても好ましい影響が現れている。また、ディーゼル発電機導入による電化と比較して、これまでに二酸化炭素排出量にして約3万トンの放出を防止していると推算され、大気汚染物質の排出削減なども含めて、地球と地域の環境保全に貢献している。

## ■ 普及方法：

無電化地域をなくすという、中国政府の方針「光明工程」では、2000年以降、5年以内に全国の無電化家庭、約800万人に電力を供給することになっている。内蒙古自治区は、小型風力発電や太陽光発電のような再生可能エネルギー発電を活用し、積極的に電化政策を推進してきた。

当初、牧民たち住民は、電化の意味や利便性を彼らが十分に認識していなかったため、積極的に電化を望んでいたわけではなかった。ところが、各地域の村長の自宅などで風力発電機と一緒にテレビなどの電化製品を持ち込んで展示の催しをしたところ、関心をもって数十kmもの距離を馬やラクダに乗って集まり、急速に導入したいと言う要求が生まれるようになった。

普及は住民が戸別あるいは共同で風力発電機を現金で買い取る方法で行っている。しかし、彼らの収入からすると、風力発電機に電化製品を加えて購入することは相当大的な経済的負担になるため、内蒙古政府は、1986年から助成制度を設けて普及を促進した。当初は最大出力100Wの小型風力発電機の普及を行ったが、その際、1機当たりの価格1,000元のうち、自治区政府が200元の助成を実施した。このような補助金付きの住民所有による普及策を採用したことが、普及を成功させてきた大きな要因と考えられる。最近においても、この助成は継続されており、風力発電機は価格の20%、太陽電池は16%程度の助成率となっている。

普及形態としては、系統連携から大きく離れている場合には、戸別に設置するしかないが、集落の場合は共同で設置するケースもある。50戸からなる村では装置の出力は10kW以上が標準である。これまで自治区内では、50村以上が風力発電や太陽光発電によって共同で電化している。このような共同所有の場合も上述と同様の基準で助成がなされている。

補助金は製造企業が受け取り、販売部門にその分を値引きして製品を引き渡す方式をとっている。販売部門はコストの11%分を上乗せして販売し、その資金で2年間は故障の場合に修理を保証し、部品交換するときはその価格に16%上乗せして販売している。

さらに、普及を推進する上で非常に重要となる、メンテナンスや故障修理の体制を確立もなされてきている。そのような体制として、送配電網がない各村に新エネルギー技術普及ステーションを設置し、5-6人の技術者を配属して、装置の設置、部品組立、修理にあたっている。また、各村の住民のなかから技術者を養成し、簡単な修理サービス程度はできるようにもしている。



付図2. 4. 3 300W 風力発電機の設置

### (3) コスタリカ・テジョナウインドファーム

コスタリカにおける発電設備は、水力および火力が中心であったが、1970年代中期から国営電力会社 ICE は、発電用燃料費の削減および環境保全を目的に再生可能エネルギー利用可能性調査を開始した。この調査の一環として、1976年から国内の風況調査が実施され、Arenal 湖沿岸の Tejona 村周辺が風力発電の適地であることが判明した。コスタリカ政府は、USAID の支援により実施された当該地域における風力発電のフィジビリティ調査



付図 2. 4. 4 Tejona ウインドファーム

によって経済性も明確になったことから、当該地域における風力発電の導入推進のため、GEF プロジェクトとして 1992 年に申請し、1997 年までに 20MW の風力発電設備を導入した。GEF プロジェクトと並行して、コスタリカ政府は、これまで ICE が独占していた発電事業を再生可能エネルギーによる 50MW 以下の発電事業に限り民間の参入を認めた。1990 年代、同国における電力需要は年平均 5%伸びており、2000 年には火力発電用燃料購入費が輸出金額の 7.8%を占めるまでになった。これに対し、エネルギー・環境省は、2000-2005 年の中期エネルギー計画において「輸入資源に依存することなく環境と調和し、長期的に安定して経済的で持続可能なエネルギー供給」を目標に掲げた。この目標を達成するために風力発電の一層の導入が必要であるが、ICE による長期風況観測データの蓄積、政府の規制緩和および GEF プロジェクトにより 2004 年度末現在、79MW（総発電量の 3%）の導入を実現し、今後数年間でさらに 60MW の増設が計画されている。

### (4) カンボジア・モントギリ高原小規模 CDM

#### ■プロジェクト概要付

このプロジェクトは 115 の小規模発電システム（風力と太陽光のハイブリッドシステム）から構成され、総発電量 1.4MW の電力を得るものである。これらの風力発電機はモントギリ州の 21 の居住区と 90 の村に建設され、1 日 24 時間、年間 8,760 時間の稼働させる予定である。

このプロジェクトによる自然エネルギーから発電は、小グリッドのディーゼル発電を置き換えるものである。CO2 排出量の削減量は、このプロジェクトの実施期間中、年間 2,759 トンと見積もられる。クレジット期間



付図 2. 4. 5 カンボジア・CDM プロジェクト

(21 年) 全体では、CO2 の削減量は 57,939 トンと予測している。

得られた電力は低価格 (US\$0.10/kWh) で村人たちへ供給され、売上は施設の維持管理等に利用する。

## ■使用技術

プロジェクトで使われる主要な技術は、小型垂直軸型風力発電機と太陽光発電機とのハイブリッドシステムである。使用する風車の最も顕著な特徴のひとつは、従来のプロペラタイプ風車と比較し、弱い風力（1-12m/s）であっても効率的に、電気に変換することができる点である。その他の利点として、以下が挙げられる。さらに、プロジェクトによって導入される最先端の技術は、カンボジア国内での知識・技術の移転に通じるとしている。

- ・ 風向にかかわらず回転する
- ・ 重量が軽く構造が簡単
- ・ 約 1m/s の弱い風でも回転する
- ・ 騒音及び振動が小さい
- ・ 低風速でも高い回転トルクが得られる
- ・ セットアップが容易
- ・ 簡単な発電システム

## ■問題点と課題

### ・ 投資に関する問題

カンボジアの経済は、短期的に変動し、高利率である。また、農村地域では、いくつかのマイクロ財政団体（MFI）があり、年率 40-60%の高金利で資金を提供している。このような背景から、カンボジア政府が持続可能な開発を重要な課題といていながら、現在までビジネス投資が進んでいないのが現状である。その上、炭素クレジット（CERs）からの収入がなければ、15年間の最初に上のプロジェクトの最初の 15 年（設備の耐用年数）における内部収益率（IRR）は、0.13%だけと見積もられる。プロジェクトにより発効された CER が 15 年間以上にわたり US\$10/tCO<sub>2</sub> ので取引されれば、電力販売（0.10US ドル/kWh）による収入を加えることで、IRR を 1.78%にまで持ち上げることが可能となる。

### ・ 技術的な問題

このプロジェクトでは、風力と太陽光を利用するが、現時点ではカンボジア国内にこれらを利用して発電する技術や製造能力が存在しない。また、風力や太陽光を利用する既存のプロジェクトも存在しない。これら技術的な問題の理由は以下のとおりである。

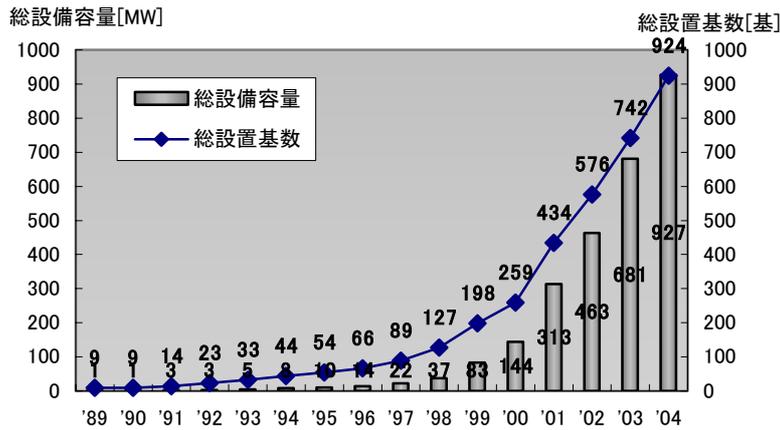
- ・ 技術的なノウハウや維持管理能力の不足
- ・ 運転操作、維持管理、マネジメントの経験の不足
- ・ 技術者の養成の限界
- ・ 再生可能エネルギー賦存量が小さい

**(5) 日本の風力発電の導入経緯**

日本は、風力発電による電力を2010年に3,000MW導入するとの目標のもと、積極的に風力発電の導入を行っており、全国風況マップ作成(1993~2002年)、局所風況マップ作成(2003年~)、風力開発フィールドテスト事業(1995~1999年)、新エネルギー事業者支援対策事業(1997年~)、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(RPS法)施行(2003年~)など、国が主導的に環境整備を行ってきた。

**付表2. 4. 2 我が国における風力発電導入経緯**

項目\年度(西暦)	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
風車	導入(万kW)	日本		0		0.8		0.9		14		68		300		(世界)		(240)		(491)		(1,771)		(3,943)		(目標)					
	導入風車の平均出力(kW)	40		100		284		917		1,289																					
単価	建設コスト(万円/kW)	150		43		21		19																							
	発電コスト(円/kWh)	125		33		12		10																							
技術開発・実証試験	1. 発電に係る基礎研究	基礎研究																													
	2. 100kW級パイロットプラント	設計・建設・運転研究 解体研究																													
	3. 大型風力発電システムの解析研究	コスト分析・利用システム・実用分析																													
	4. 大型風力発電システムの開発	概念設計 要素技術開発																													
		集合型風力発電システムの制御技術開発 500kW級大型風力発電システムの開発																													
	5. 離島風力発電システムの開発	風況調査・分析 総合的全国風況調査																													
		100kW級システム開発 局所風況予測モデル開発 蓄電技術・制御技術・発電量予測システム 検証調査 風況観測・影響シミュレーション																													
	6. 風力発電電力系統安定化等技術開発	風況調査/設計/設置・運転研究																													
7. 風力開発(風力発電)フィールドテスト事業	単独運転 国際ガイドライン																														
8. 系統連携円滑化実証試験																															
調査事業	1. 落雷と対策調査	基本調査																													
	2. 蓄電池併設WP導入可能性調査	サイト調査																													
	3. 洋上風力導入可能性調査	調査研究																													
	4. 風力発電に関する総合調査委員会	総合調査委員会																													
	5. 風力発電利用率向上調査委員会	利用率向上調査委員会																													
	6. 冬季落雷調査事業	観測・マップ作成																													
	7. ガイドライン策定事業	台風・乱流・雷性状																													
支援・助成等	1. 新エネルギー事業者支援事業	民間事業者に対する支援																													
	2. 地域新エネルギー導入対策促進事業他	自治体・非営利法人に対する各種支援																													
国・企業の施策	1. 長期エネルギー需給見通し	1965年~ 改訂 改訂 改訂 改訂																													
	2. 新エネルギーの利用等に関する特別措置法																														
	3. RPS法	電気事業者における再生エネルギー利用																													
	4. 国際標準化、認証制度の検討	IEA協定参加(1978年) 試験法・計測法・落雷防止に関する推奨基準																													
	5. 余剰電力購入メニュー	余剰電力購入メニュー																													
	6. 風力発電長期契約メニュー(2003年度よりRPS制度下のメニューに交代)	長期契約メニュー																													
	7. グリーン電力制度	電力会社による支援																													



(出典) 平成 16 年度風力発電利用率向上調査委員会 風力発電ロードマップ検討分科会

付図 2. 4. 6 風力発電所設置容量

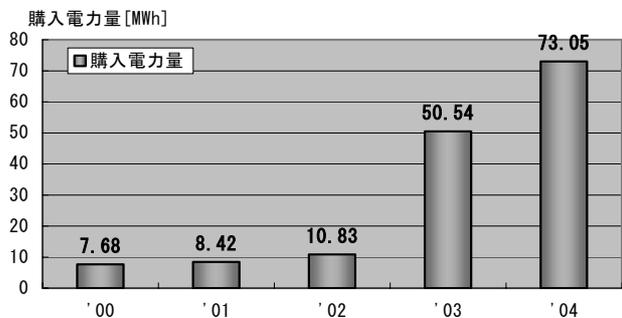
このうち、新エネルギー事業者支援対策事業では、金融機関からの借り入れに対して債務保証を行うとともに、建設費の 1/3 を限度（2003 年度より 27%を限度）として補助金を充て、加速的な導入促進を図った。また、RPS 法では、一般電気事業者に新エネルギーによって発電された電気の買い取り義務を課し、新エネルギー導入事業を行う事業者の保護に努めている。

これらの事業や法整備などが功を奏し、風力発電ロードマップによる中間目標「2003 年度 680MW」は達成され、また、「2005 年度 930MW」の目標は 2004 年度にほぼ達成されている。

**(6) 中部電力の風量導入実績**

中部電力においても、新エネルギーを積極的に導入するという経営理念のもと、RPS 法が施行された 2003 年度を境に、購入電力量が飛躍的に伸び、2004 年度末時点で 16 件の風力発電の電力購入実績を持つ。

中部電力が購入している風力発電所のひとつに、三重県久居市の青山ウインドファームがある。ローター直径 50.5m、タワー高さ 50m、最大出力 750kW の風力発電機が 24 基（うち 4 基は久居市所有）あり、その全量を中部電力が購入、風力発電事業者の育成に努めている。



付図 2. 4. 7 風力発電設備導入実績



付図 2. 4. 8 青山高原ウインドファーム (三重県久居市)

**(7) 離島用風力発電システム**

NEDO は平成 11 年から平成 14 年にわたり、風力資源に恵まれながら、道路や港湾施設などの建設インフラが脆弱な中小規模の離島地域への風力発電の導入拡大に資することを目的に、建設が容易で、かつ従来機を上回る耐風速性能をもつ風力発電システムの研究開発を沖縄県伊是名村にて実施した。システムの開発目標を以下の表に示す。

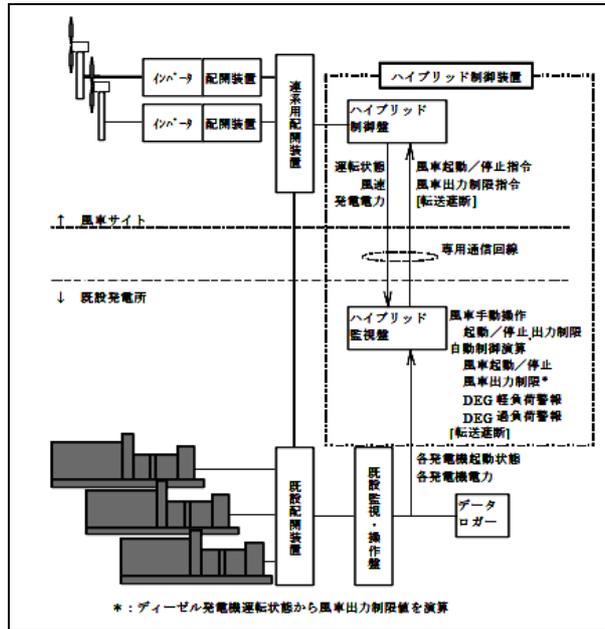
**付表 2. 4. 3 離島用風力発電システム開発目標<sup>7</sup>**

項目	目標
設置場所	沖縄県伊是名村
システム構成	ディーゼル発電機とのハイブリッドシステム
耐風速	80m/sec 以上
設計寿命	耐用年数 20 年以上
建設方法	大型重機 (20ton クラス以上) 不要
系統併入率	最大 40%以上 (注 1)
発電コスト	20 円/kWh 以下 (注 2)

注 1：最適な条件（発電規模、風況等）での最大値。ディーゼル発電機の出力変動制御を併用。

注 2：設備利用率 30%、工事単価 15 万円/kW、金利 6%の場合。対象地域は、重油ディーゼル発電機により、発電コストが 40 円/kWh 以上になるような中小規模離島を想定。

全体システムは、図 2. 4. 1 に示すとおりである。風車は 2 機で、既設のディーゼル発電所と風車の間は、ハイブリッド制御装置により、協調制御する。



**付図 2. 4. 9 離島用風力発電全体システム**

[出展]平成 14 年度ニューサンシャイン計画離島用風力発電システム等技術開発「離島における風力発電システムの開発」  
(NEDO 平成 15 年 3 月)

<sup>7</sup>平成 13 年度ニューサンシャイン計画離島用風力発電システム等技術開発、「離島における風力発電システムの開発」(NEDO 平成 14 年 3 月)

このシステムでは、離島電業所のディーゼル発電システムが低負荷/過負荷にならないように、風車を制御する必要がある。ディーゼル発電機とのハイブリッドシステムは、電業所にあるハイブリッド監視盤と、風力発電システムのある試験サイトのハイブリッド制御盤より構成され、その間にある通信回線により、各ディーゼル発電機の発電電力量や需要負荷の状況に応じて、風力発電システムの出力を制御できる。



付図 2. 4. 10 離島用風力発電システム  
(沖縄県伊是名村)

#### ・風車の仕様

この風車の特徴は、毎秒 80m の風にも耐える高い耐風性能及び、アクティブピッチ・可変速制御、同期発電機、コンバータ/インバータの採用により高い品質の電力が得られる点である。また、風車の各部材は 10 トン車で輸送が可能であり、20 トンクレーン程度の比較的小型のクレーンで設置が可能となっている。風車のコストは、同型の風車約 100 機の量産を想定した場合、開発目標のひとつである発電コスト 20 円/kWh 未満の達成見通が得られたと報告<sup>8</sup>されている。

付表 2. 4. 4 風車仕様

ブレード数	3枚
ロータ位置	アップウィンド
ロータ直径	22m
ハブ高さ	24m
定格出力	100kW
定格風速	11m/sec
カットイン風速	3m/sec
カットアウト風速	25m/sec

#### ・設置課題に対する対応

離島に設置するという点で、資機材の輸送が課題となる。伊是名島への部材・機材の搬入は、フェリーの発着港でもある伊是名島仲田港を使用した。また、陸上輸送については、各部材ともに 10 トントラックで輸送可能な大きさとしており、仲田港から風車設置場所までは、幅員約 8m の舗装道路が整備されている。

#### ・系統並入

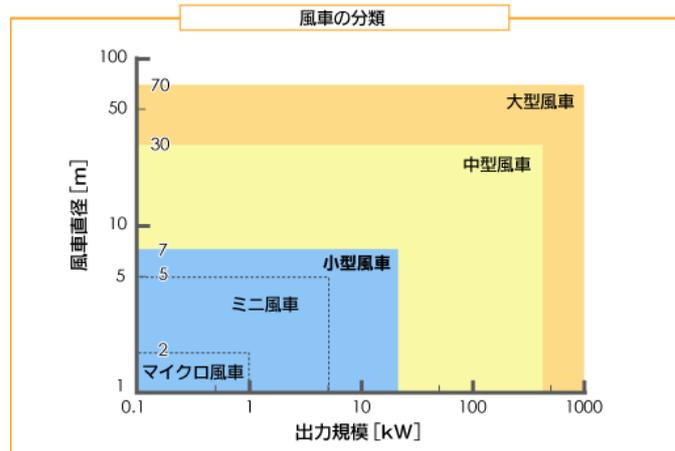
系統並入は、100kW 風車 2 機について運転試験を実施し、試験用に切り離れた試験系統において、系統併入率 40%の開発目標について実証した。その結果、出力変動の幅 49kW 以下/出力変動の変化率 16kW/sec 以下の条件までの風車出力の変動であれば、試験用に用いたディーゼル系統において、短時間であれば、既存ディーゼル系統の電力品質が保つことが可能であった。

なお、上記を逸脱する風車出力の変動が発生する場合、系統周波数が基準から逸脱することがあった。

<sup>8</sup>平成 14 年度ニューサンシャイン計画離島用風力発電システム等技術開発「離島における風力発電システムの開発」(NEDO 平成 15 年 3 月)

## (8) 小型風力発電システム

小型風車とは、風車の直径が7m以下(出力規模が20kW以下)の風車を指す。小型風車には、より風車直径が小さいミニ風車やマイクロ風車も含まれる。国内では、小規模風力発電の設置には、地球温暖化対策の一環として公的な補助金による促進がなされていることもあり、今後さらに導入が活発化することが期待されている。

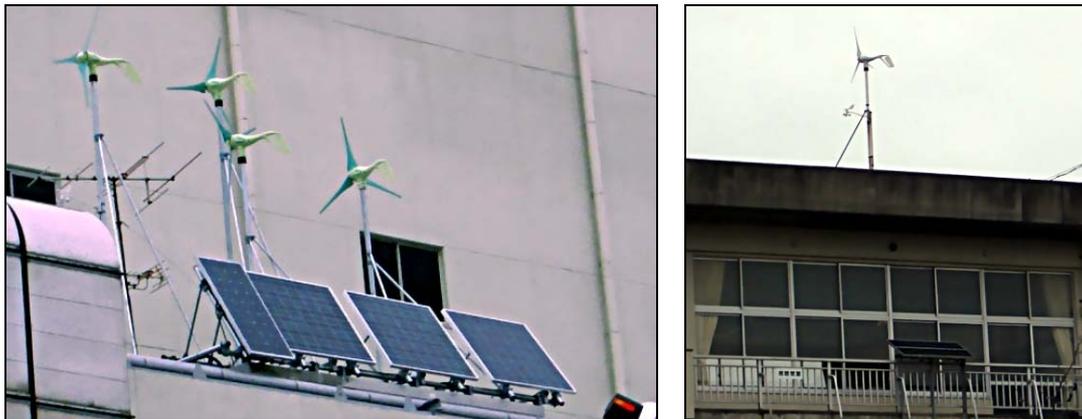


付図2. 4. 11 風車の分類

小型風力発電システムの設置事例を図

2. 4. 12に示す。写真左は食品加工工場、写真右は小学校に設置されたものである。両者ともに太陽光発電とのハイブリッドシステムとなっており、事務所照明電源の一部、気象観測と気象データ及び発電量LED表示、野外実験室の電源として利用している。

風車の主な仕様は、定格出力400W(風速12.5m/s)、最大出力600W、カットイン風速3.0m/s、定格電圧12VDC、カットイン回転数50rpm、定格出力回転数1650rpmとなっている。



付図2. 4. 12 小型風力発電システム設置事例

小型風力発電は、独立してエネルギーを得られることから、無線中継基地や山小屋、船舶、農牧地の灌漑や揚水、都市部においては非常電源や街灯などの用途として設置される。コスト面では、設置場所の年間平均風速によるところがあるものの、既存の電力価格よりも高くなることが多いのが現状である。

小型風力の課題は、性能向上、コストの低減、静粛性の向上のほかに、比較的容易に設置できることから、安全性の確保が必要となる。

[参考]NEDOホームページ (<http://www.nedo.go.jp/>)  
ゼファー株式会社ホームページ ([http://www.zephyreco.co.jp/mf\\_news.html](http://www.zephyreco.co.jp/mf_news.html))

## 付属 2. 5 その他組織に関わるグッドプラクティス

### (1) 世界銀行・GEFによるフィリピン地方電化保証ファンド

世界銀行の Global Environmental Facility が資金を拠出した、地方電化組合（EC：Electric Cooperatives）のプロジェクトを促進するための保証プログラム（Electric Cooperative Partial Credit Guarantee Program）が成功を収めている。当該プログラムの目的は、地方電力セクターの信頼性向上、コスト効率化、二酸化炭素排出量の削減を目指してエネルギー効率を改善することであり、世界銀行が拠出しているファンド資金は 1,000 万ドルである。フィリピンの保証会社 LGUGC（Local Government Unit Guarantee Corporation：地方政府部門保証供与会社）がプログラムマネージャーとして運営を実施している。

これまで、地方電化組合が、スポンサーとして前述の目的に沿うプロジェクトを実施する際に、金融機関からの借り入れによって資金を調達しようとしても、プロジェクトに伴う債務支払い（Debt Service）に不安があり、金融機関の借り入れができずにプロジェクトが頓挫することが多かった。こうしたケースにおいては、金融機関が当該プログラムに対して、あらかじめ定められた額の保証料を支払うことで、元利合計の 80%までの保証の提供を受けることが可能となる。

プロジェクトの資金調達を行うのは、予め所定の信用力があると認められた 119 の地方電化組合、もしくは既存の複数の地方電化組合を統括的に運営する会社（次頁における IMCs）であり、実際に保証を受けるのは、これらの組合や運営企業に対して資金を貸し付けるフィリピン銀行協会に加盟する金融機関である。

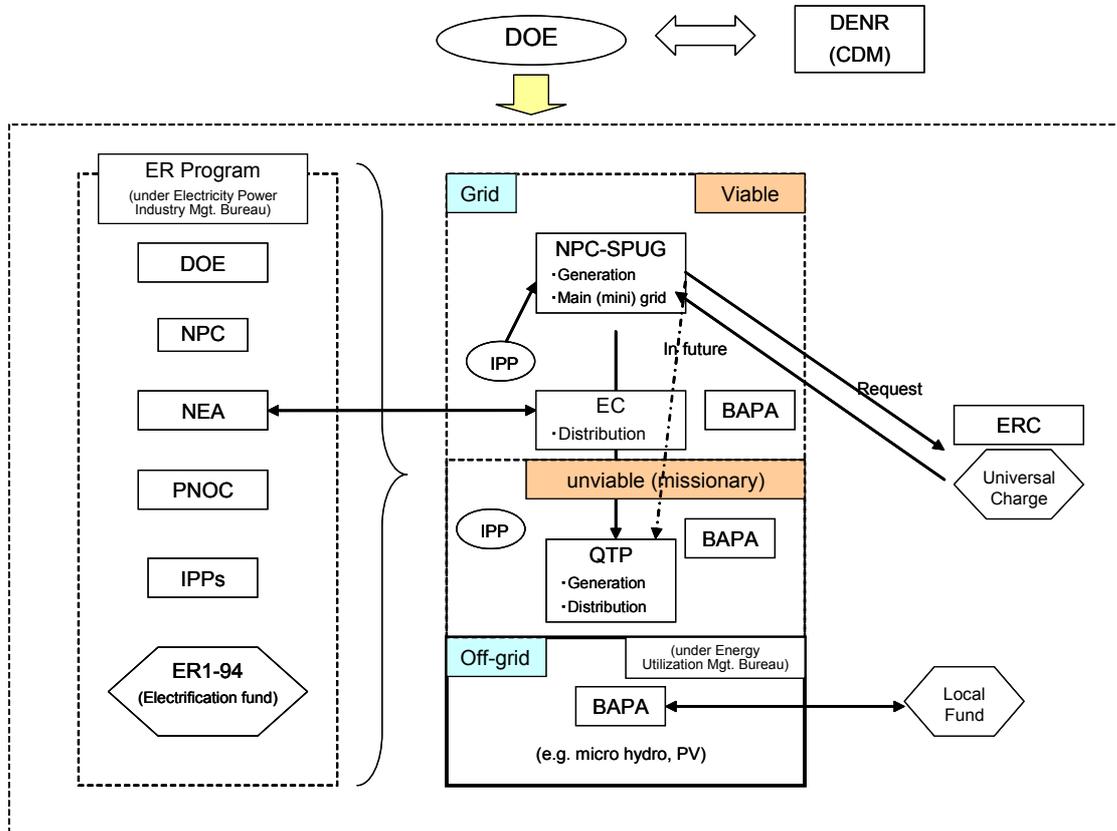
#### 保証の内容

- |           |   |
|-----------|---|
| ①期間       | 3～7年を想定。最大の保証期間は10年   |
| ②担保       | プロジェクトから発生するキャッシュフロー、再投資準備金、売掛金・PPAの譲渡、NEA（National Electrification Administration：全国のECを統括する政府機関）との担保の共有 |
| ③信用力の評価   | 保証を受けようとする金融機関は、信用評価プロセスを経なければならない。信用評価プロセスでは、借り手（金融機関）の所有権構造、経営体制、財務諸表、債務の推移などの評価や、ビジネスプラン等の評価が行われる。     |
| ④保証範囲     | 元本、利払いの80%まで  |
| ⑤保証費用     | 保証額の1.25%（年）まで  |
| ⑥取扱コスト    | ローン元本の1.5%  |
| ⑦債務不履行の認定 | 期日（Due date）から30日（Calendar days）を超えて元本（の一部）、利子が支払われなかった場合   |

## (2) フィリピン 再生可能エネルギー利用（地方電化・CDM）促進のための組織制度

### ■地方電化推進のための枠組み：

フィリピンでは、2006年までに全バラングай<sup>9</sup>の電化、2017年までに家屋電化率100%の政策目標を達成するために、2003年4月に拡大地方電化（ER）プログラムを策定し、エネルギー省（DOE）を中心として官民一体となった地方電化推進のための枠組みを策定した（図2.5.1 参照）。



付図2. 5. 1 フィリピンにおける地方電化・CDM 推進の枠組み

### ■地方電化推進のための関係者

フィリピンの地方電化推進の枠組みにおける主要な関係者は以下の通りである。

- エネルギー省（DOE）：地方電化プログラムの監督機関。ER プログラムは、DOE の電力産業管理局の地方電化行政管理課で監督されている。また、CDM の枠組みの中で CDM Steering Committee の中で Vice Chairman の位置にある。
- 国家電力会社（NPC-SPUG）：地方電化における発電・送電事業を実施。
- 国家電力庁（NEA）：電化組合（EC）を通じた電化推進の監督機関。
- フィリピン国家電力会社（PNOC）：小水力、バイオマス、風力など再生可能エネルギープロジェクトの調査や事業性の評価を実施する機関。地熱については PNOC-EDC を通じて発電事業を実施している。
- 独立電気事業者（IPP）：発電事業を通じた電化基金や、独自のバラングай電化により貢献。
- 電化組合（EC）：NEA の監督下、主として配電事業を実施。
- バラングай電化組合（BAPA）：バラングай単位の電化組合。再生可能エネルギーやディーゼルなどの独立型電気事業の運営主体。DOE のエネルギー利用庁再生可能エネルギー課で資金・技術協力を行っている。

<sup>9</sup> Barrangay：フィリピンにおける行政の最小単位

- 認定第三者機関（QTP）：不採算と認定された地域で電気事業を実施することのできる機関。
- エネルギー規制委員会（ERC）：電気料金および、ユニバーサルチャージの認可機関。
- 環境資源省（DENR）：CDM の指定機関（DNA）

**■地方電化のための資金：**

地方電化のための資金としては、ERC が認定して NPC-SPUG を通じて配分されるユニバーサルチャージ、NEA が一般会計などから EC を通じて実施するための資金、発電事業から kWh あたり 0.01 ペソ集められる電化基金（ER1-94）<sup>10</sup>、さらには IPP が独自に拠出している電化のための資金がある。また、再生可能エネルギーを利用した BAPA の電化には、政府の地方基金（Local Fund）が使われている。

**■再生可能エネルギー利用地方電化の問題点：**

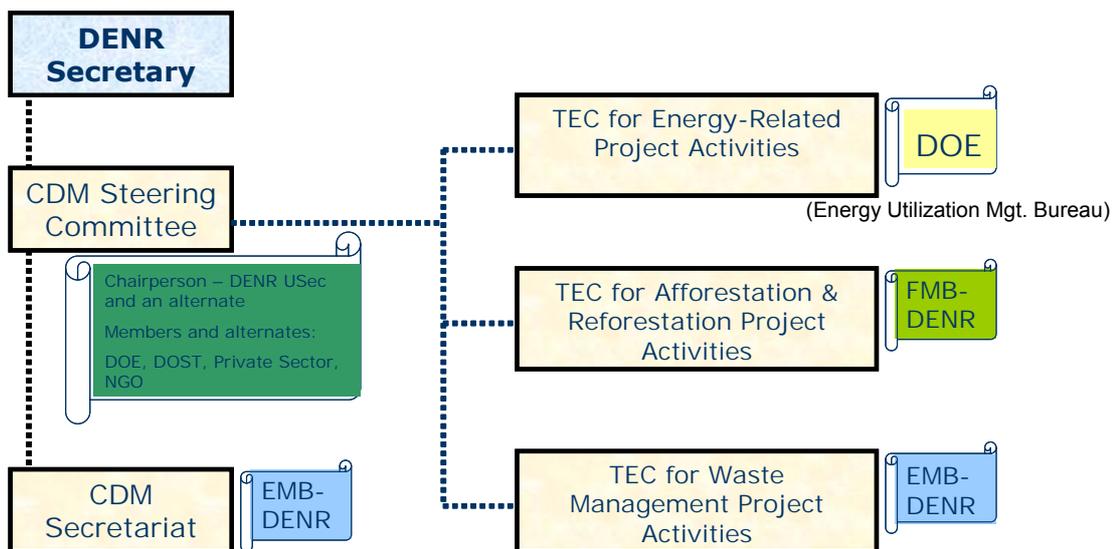
地熱を除く再生可能エネルギーについては、エネルギー省のエネルギー利用管理局再生可能エネルギー管理課において、ポテンシャル調査、BAPA による独立型電気事業への資金供与、組織構築や技術支援など再生可能エネルギー普及のための活動を実施している<sup>11</sup>。

一方、上記地方電化推進のための枠組みの中で、再生可能エネルギー推進のための十分な調査予算が配分されない、あるいは関係機関が独自に再生可能エネルギープロジェクトを実施した例（ディーセルの場合もある）もあるなど、十分な連携が見受けられない。

今後、配電線延伸が及ばない地域における独立型の再生可能エネルギー電源は電化手段として重要な位置を占めることから、政府として地方電化の枠組みにおける再生可能エネルギーの位置づけの明確化や予算の確保、活動への支援を行う必要がある。

**■CDM への取組み：**

CDM については図 2. 5. 2 に示すように、DENR を事務局として DOE を含むステアリングコミッティ、そしてその下に 3 つの技術評価チームがある。技術評価チームのうち、エネルギー分野については DOE のエネルギー利用課で評価を行っている。PDD はまず技術評価チームで評価され、ステアリングコミッティで審査、承認となる。この手続きについては小規模 CDM で 15～20 日、それ以上のプロジェクトで 20～25 日を要する。現在 19 のプロジェクトがリストアップされ、そのうち 17 が廃棄物処理、風力 1、地熱 1 で再生可能エネルギープロジェクトはあまり無い。



付図 2. 5. 2 CDM 審査の枠組み

<sup>10</sup> DOE の地方電化行政管理課によると、2004 年 9 月からの半年で約 13 億ペソが電化のための基金として集められ、928 のプロジェクトが実施された。

<sup>11</sup> 2006 年 1 月現在、2 名の JICA 専門家（マイクロ水力、太陽光）が派遣され、再生可能エネルギー管理課のキャパシティディベロップメントを実施している。