

## (5) フィリピン ミニ水力発電インセンティブ法<sup>2</sup>を活用した小水力発電建設・運営

### ■ミニ水力発電インセンティブ法の概要：

フィリピンでは、民間事業者へ小水力発電参入のためのインセンティブを付与するために1991年にミニ水力発電インセンティブ法を導入した。これは、出力101kW～10,000kWまでの流れ込み式小水力を開発する事業者に対して、事業開始から7年間の所得税免税、送電線や変電所を含む輸入機器の免税措置などのインセンティブを付与する法律である。しかし、ポテンシャルの50%以上の開発を行っていることを証明しなければならないことや、申請手続きの煩雑さもあってこの法律を利用した小水力発電開発は進展していない<sup>3</sup>。

### ■HEDCOR社の概要：

ルソン東北部のベンゲット州にある電気事業者HEDCOR社<sup>4</sup>（1978年設立）はこの法律に基づき、小水力発電所の開発やリハビリを実施してきた。HEDCOR社は、ベンゲット州に0.75MW～8.0MWまでの合計14箇所（合計出力39.55MW）の小水力発電所を所有、あるいは運転維持管理業務を実施しており、主としてPNC（供給電力全体の66%）を通じて電力を供給している。

### ■経営状態および売電の概要：

HEDCOR社によると、ミニ水力発電インセンティブ法導入以前は赤字経営であったが、税の優遇措置により現在は黒字経営とのことである。また、現在のNPCに対する売電価格は、年間130万kWまでは4.53ペソ/kWh、130-150万kWまでの余剰電力については75%の価格である。

### ■業務の効率化：

今回現場調査を実施したAsinグリッドでは4つの小水力発電所を運転している（表2。参照）。調査時（1月20日）は乾季で河川流量が少なかったため、各発電所は1台の最小出力運転を実施中であった。通常2月は流量が少なく発電を行うことができないため、この時期を設備の点検に充てている。また、同社は国際標準化機構（ISO）の9,000（品質マネジメントシステム）および14,000（環境マネジメントシステム）シリーズを既に取得しており、独自の品質管理や発電所運転電力量（クリーンエネルギー）に対する社内表彰制度を設けるなど、業務の効率化を図っている。

付表2. 1. 7 調査対象発電所の概要

発電所名	Irisan	Asin 1	Asin 2	Asin 3
完成年	1991	1930年代	1930年代	1930年代
設備容量 (kW)	1,200	1,340	1,000	1,500
ユニット (kW)	400×3	140, 500, 200, 500	500, 500	500×3

<sup>2</sup> Mini-Hydroelectric Power Incentives Act (Republic Act No. 7156)

<sup>3</sup> フィリピンエネルギー省（DOE）では、再生可能エネルギー分野全てにわたるインセンティブ制度導入のための再生可能エネルギー法の草案中である。

<sup>4</sup> Hydro Electric Development Cooperation

■インセンティブ法の再申請および CDM 適用：

Asin1,2,3 発電所は所有者が地方自治体であり、同社は運転維持管理業務のみを実施している。この 3 発電所は設備が老朽化しているため、2006 年 8 月に運転管理契約が切れるのを機に設備を買い取り、大規模な設備改修を行う予定である。この際に、再度ミニ水力インセンティブ法の適用を検討中である。また、同社はダバオでそれぞれ 16.8MW、26MW の水力発電所建設計画を有しており、CDM 適用のための PDD を策定して、国の審査を待っている。



Irisan 発電所



Irisan 発電所への表彰状

付表 2. 1. 7 Irisan 発電所

**(6) ブータン NGO による小水力への CDM 活用例**

ブータンの首都ティンプーから東約 150km に位置するチェンデブジ村は、配電線延伸から取り残された地域であり、コストの面からも国の 5 カ年計画（2002-2007）から外れていた。世界電力首脳有志の会議（E7）では、この村に小水力発電所（70kW）を計画し、1998 年より調査・設計・建設に支援を行い、2005 年に運転が開始された。また、E7 では本発電所計画を CDM 案件として登録し、クレジット獲得を行っている。

付表 2. 1. 8 チェンデブジ村地方電化事業概要

事業の概要	
運転開始年月	2005.8
電気供給戸数	50
位置	チェンデブジ村
出力	70kW（流込み式）
CDM への登録	2005.5（小規模 CDM）
運営体制	ローカルコミュニティ 専任オペレータ 1 名

■電化の目的：

電化の目的は、当該地域住民への電力供給による生産活動への貢献（地域経済活性化）はもちろんのこと、医療施設の充実や教育機会の提供、さらには料理や薪運びなど女性の労働軽減など、社会貢献も含まれる。

■運営維持管理：

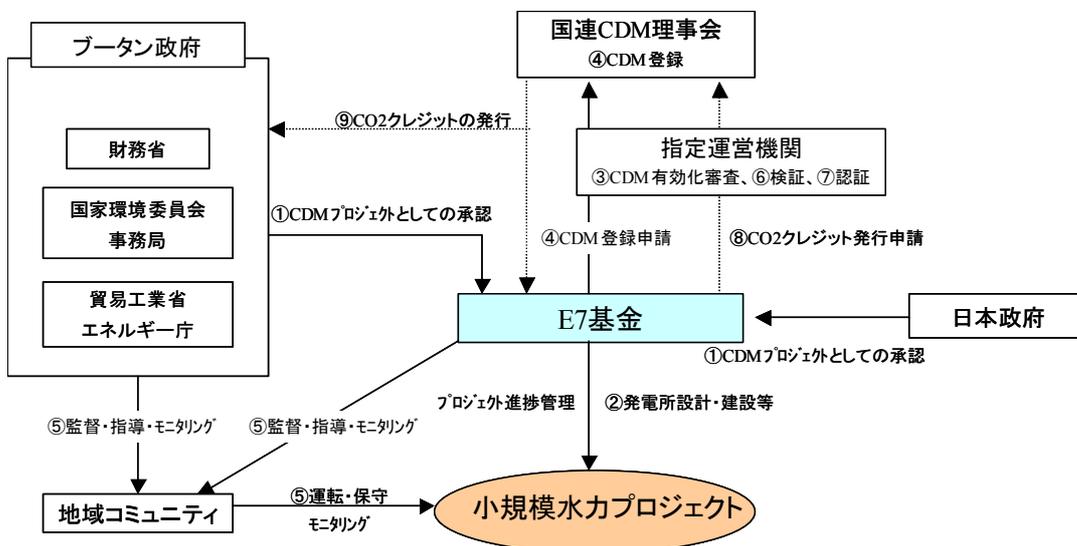
運転開始後の施設は政府のものとなるが、運転・保守管理はローカルコミュニティ（トンサ県チェンデブジ村）が行う。また日常管理は、教育を受けた運転要員を村から1名選出してこれを行う。発生電力量は電力量計により収集する。

■ベースラインの考え方：

この地域でもし小水力が設置されなかった場合は、ディーゼルによる電化しか代替案として考えられない。これをCO2発生のベースラインとして考慮に入れ、年間約500tonの削減効果が期待できる。

■E7（NGO）の役割：

E7では、基金を活用してブータン政府機関を始めとして関係機関に対する技術支援（監督・指導・モニタリング）を行い、クレジット獲得とともにCDMプロセスの知見やノウハウを取得している<sup>5</sup>。



付図2. 1. 8 E7プロジェクトのフレームワーク<sup>6</sup>

<sup>5</sup> プロジェクトドキュメントでは、E7の支援とCDMクレジットがなければ経済性の無い本件は成り立たなかったであろうと結論付けており、このような小規模水力への適用はまだパイロット段階であると言えるかもしれない。

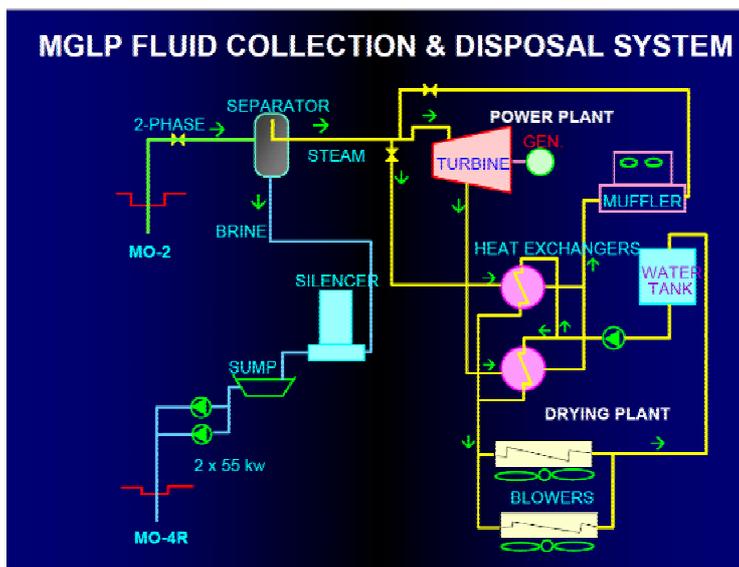
<sup>6</sup> 関西電力ホームページより

## 付属 2. 2 地熱発電のグッドプラクティス

### (1) フィリピン マニトローランド小規模地熱発電（地方電化と熱有効利用）

DOE、NPC、国家電化委員会、PNOC-EDC、及びマニト村当局によるマニト地熱生活プロジェクト（Manito Geothermal Livelihood Project）として、地熱エネルギーの多目的有効利用による地域経済の振興を目指したパイロット事業である。バクマンフィールドの地熱資源探鉱の一環として1981～1982年に掘削された中品位の地熱試掘井を利用して蒸気生産井とし、減圧フラッシュにより生産された蒸気熱水2相流から蒸気を分離して背圧方タービンを駆動、発電するとともに、排熱を用いてココヤシ、キャッサバ、昆布やイカ等、様々な農業・漁業製品を乾燥(ココヤシで日量3トン)する計画であった。

発電所の概要は付図 2.2.1 に示している。発電設備は NPC から購入した中古の(富士電機製 1.5MWe を流用したが、劣化により効率は低下していた。生産井内(MO2)で、減圧フラッシュされた蒸気熱水2相流は、口元で気液分離されて、熱水は滞留槽に一旦溜めてから、ポンプで還元井に輸送し、再び地下に還元している。蒸気は背圧タービンを駆動した後、排気は熱交換器に送られて熱水ループの加熱に用いられている。この熱水は隣接の乾燥施設に送られて使用されている。発電された電力は、供給量に応じた売電契約によりマニト村のアルバイ・グリッドに供給された(系統電源に比べ 0.1 ペソ/kWh ほど安く設定)。



運用期間：1998年10月30日～2001年2月25日	
発電電力量	
総発電量	1,122,827 kwh
グリッド売電量	806,643 kwh
乾燥施設成果	
ココヤシ	3,995 kg
キャッサバ	1,159 kg

付図 2. 2. 1 発電設備概要

なお本プロジェクトの遂行に当たっては幾つか技術的な成果を挙げた。一つはカルサイトスケールの抑制である。これは当初カルサイトスケールが生産井の坑内に付着するため、これを取り



今回の訪問時点で、マニト村へは系統変電所から 220V で送電されているが、需要が大きくなる夕刻など大きな電圧降下が生じている。また頻繁に生じる停電にも悩まされており、市庁舎を訪問した際は自家発電が稼動していた。このような状況においてマニト市長も本事業の再開を望んでいる。

PNOC-EDC によれば、本事業は技術的な問題は克服しており、発電設備さえ問題なければ継続的な運用に自信を有している。新規設備の投資(200 万米 \$ /MW)に公的援助が可能になるかが課題である。



付図 2. 2. 4 マニトローランド地熱発電プラント生産井・セパレータ・滞留槽・配管



付図 2. 2. 5 タービン(手前)と発電機の状態員



付図 2. 2. 6 ココヤシの皮を剥ぐ作業員



付図 2. 2. 7 ココヤシ等乾燥設備

### (2) タイ Fang 地熱バイナリー発電所

1989年にタイ電力公社(EGAT)は、チェンマイ州のFang地熱地帯に3本の浅井戸(150m)を掘削して、120°Cで60トンの熱水の生産に成功した。以来この熱水を用いて0.3MWのバイナリー発電を行っている。初期の経済性評価によると、5%の利率と90%の設備稼働率との想定で発電コストは6.3~8.6¢/kwh(1995年)となっている。

また排熱(80°C)を利用して、吸収冷凍機の駆動や農産物の乾燥も行われている。さらにMae Fang国立公園に熱水プールやサウナへ熱水を供給して観光客に利用されている。

付表2. 2. 1 Fang 地熱バイナリー発電事業概要

		1990	1991	1992
総発電量 (kwh)		782,150	916,376	1,086,341
ネット発電量 (kwh)		770,409	909,482	1,078,964
運転費	(MMS)		0.018	0.024
	ネット発電量(c/kWh)		2.01	2.261
保守費用	(MMS)		0.007	0.037
	ネット発電量(c/kWh)		0.743	3.407
減価償却費	(MMS)	0.27	0.033	0.033
	ネット発電量(c/kWh)		3.580	3.014
発電原価	ネット発電量(c/kWh)		6.333	8.682

### (3) 中国 那曲地熱バイナリー発電所

国連開発プログラムの資金援助で、1993年に中国チベットの那曲県に定格1.3MWeによるバイナリー方式による総発電出力1.0MWeの発電設備が稼働を始めた。2本の地熱井から温度110°Cで毎秒69トンの熱水が供給されている。発電設備は標高4,526mにあり、空冷凝縮器は薄い空気圧という悪条件に対応する設計が必要であった。機器の輸送に当たっては荷揚げ港からの非常に長い陸上輸送に耐えるために、特別なパッケージングデザインが施されている。



付図2. 2. 8 中国那曲地熱バイナリー発電所

発電設備は6,400時間稼働した時点で、坑井内に設置されたダウンホールポンプが故障したことで停止した。これは、ダウンホールポンプの接続ケーブルの防水シール不良が原因であった。一旦はダウンホールポンプ無しで稼働されたが、ひどいスケール付着に悩まされることとなった。その後、ダウンホールポンプは修理されて1998年8月に再稼働し、順調に稼働している。人口約20,000の那曲県はチベット北部高原の中心都市である。1993年以前は、10台のディーゼル発電機により1.68MWeの定格電力を当地域に供給していた。この出力では、町の公的施設や一部住民の電灯需要を賄う程度であり、高い発電コストにより毎晩4~5時間しか用いられていなかった。他の多くの住民は蝋燭やバターを燃料とするランプに頼るしかなく、地域の発展の大きな足かせとなっていた。バイナリー地熱発電により840kWeの電力が供給されることとなり、地域経済の発展に大きく寄与している。

#### (4) メキシコ マグアリキック発電所

メキシコ自体の電化率は 96%に達するとされている。未電化の農村は主に僻地の 100 世帯以下の村落となっている。メキシコ国営電力公社(CFE)は国内に約 30 箇所の中低温地熱資源を発見しており、これらの地熱資源を僻地電化に活用しようと 1997 年に 300kw のバイナリー発電モジュールを 4 基購入した。その内 1 基を 2001 年にチワワ州南部にあるピエドラス・デ・ルンブレ



付図 2. 2. 9 マグアリキック発電所

地熱地帯近郊のマグアリキック村に設置し、当地における僻地電化を計画した。本プロジェクト以前、村には高価なディーゼル発電により午後 7 時から 10 時までの非常に限定的な電力しか存在しなかった。

CFE は地質・地化学による地表探査の結果を踏まえて、口径 3.5”で深度 49m の試験井を掘削し、120°Cの熱水の生産に成功した。この試験坑井の成功の後、本井戸となる 2 坑目の掘削を行った。この井戸は 9 5/8”のケーシングを深度 35m まで挿入し、それ以深 300m まで孔明管で仕上げるものである。この井戸は当初予想された高温は得られなかったものの 3 5 トン/時の熱水の生産を示したことから、CFE はプラントの設置を決断した。

この間多くの課題を克服していく必要があった。まず機材運搬を可能とするための現場へのアクセス道路の改修整備から始めて、コンパクトな掘削リグの採用、28 トンの発電モジュールの解体輸送、さらに坑内流体のフラッシュ対策などである。最後の問題は深度 15m のフラッシュポイント以深にダウンホールポンプを敷設し加圧熱水の状態で汲み上げることで解決した。

付表 2. 2. 2 マグアリキック村バイナリー発電所の建設費用

区分	費用(米ドル)
発電プラント	900,000
冷却設備	60,000
変電設備	10,000
アクセス道路土木費	50,000
坑井掘削費(1 本目深度 4 9 m)	50,000
坑井掘削費(2 本目深度 3 0 0 m)	100,000
ポンピング設備	40,000
据付費	50,000
イソペンタン	10,000
送電・配電設備	75,000
総額	1,345,000

本発電所の運用開始により、公共の場所へ電燈が設置されるなど幾つもの変化が生じた。重要な変化の一つに、ディーゼル発電で供給していた際にあった送電ロスが無くなったことである。これは、以前は家庭毎にブレーカーが設置されておらず多量の漏電が生じていた為とされる。本発電所が安定的に常時電力を供給することで地域住民に安心感を与え、その代わり各家庭毎にブレーカーや使用電力量計の設置を義務付け、発電所維持に対して住民の責任感を植え付けることになったとされる。これによりディーゼル発電当時 90kw も必要だったのが、35kw に減ったとしている。その後、消費電力量はテレビや冷蔵庫を用いる家庭が出てきて 2003 年の時点で 75kw まで増加している。

技術的には作動媒体のイソペンタンのメーキャップ(7%/年)には特殊な輸送車が必要で費用も掛かること、バイナリーモジュールの設計温度が高く出力の増加には限りがあること、またより細かなモジュールへの分割が求められるなど、多くの指摘事項がある。また、初年度は電力使用料として各家庭に月 4 米ドルしか徴収していない。これは実際の費用を負担させることは不可能な為であり、この様な僻地電化に対する政府の支援と受益者地域住民の負担のバランスをどの様に調整するのか課題としている。