

第5章 マラウイ国の発電施設と再生可能エネルギー

5-1 電力事業

1) 発電設備

マラウイの電気事業は、ESCOMがほぼ独占的に行っている。ESCOMの電源設備としては水力発電所が主で、6ヶ所の発電所で約284.7MWの出力を持ち、その他火力発電所4カ所（21.4MW）を加えると、合計306.1MWの設備である。なお、火力発電所はChitipa火力（300kW）を除いて全て待機状態であり、国内唯一のガスタービン発電所であるBlantyre（15MW）も緊急時の発電に備えて待機状態にある（2000年現在、修理中）。

水力発電所はZomba発電所（0.6MW、1953,1954年運転開始）を除き、1970年代以降に建設されたものである。火力発電所も同様に1970年代以降に全て建設されたものである。発電設備の一覧を表5-1に示す。

ESCOMの1999年3月31日現在の従業員は約2,222人である。このうち約700名が配電線関係（北、中、南部）に従事している（1999年ESCOM Annual Report）。

表5-1 発電設備一覧（2000年11月現在）

| | 発電所名 | 出力 (kW) | 運転開始 | 合計出力 (kW) |
|----------------|---------------|---------|------|-----------|
| 火力 発電 設備 | Blantyre (GT) | 15,000 | 1975 | 15,000 |
| | Lilongwe | 3,000 | 1972 | 4,300 |
| | | 1,300 | 1980 | |
| | Mzuzu | 1,100 | 1980 | 1,800 |
| | | 700 | 1983 | |
| | Chitipa | 300 | 1988 | 300 |
| | | 300 | 1988 | |
| 水力 発電 設備 | Tedzani | 10,000 | 1973 | 91,600 |
| | | 10,000 | 1973 | |
| | | 10,000 | 1976 | |
| | | 10,000 | 1977 | |
| | | 25,800 | 1995 | |
| | | 25,800 | 1995 | |
| | Nkula Falls A | 8,000 | 1966 | 24,000 |
| | | 8,000 | 1966 | |
| | | 8,000 | 1967 | |
| | Nkula Falls B | 20,000 | 1980 | 100,000 |
| | | 20,000 | 1980 | |
| | | 20,000 | 1981 | |
| | | 20,000 | 1986 | |
| | | 20,000 | 1992 | |
| | Wovwe | 1,500 | 1995 | 4,500 |
| | | 1,500 | 1995 | |
| | | 1,500 | 1995 | |
| | Zomba | 300 | 1953 | 600 |
| | | 300 | 1954 | |
| | Kapichira | 32,000 | 2000 | 64,000 |
| 32,000 | | 2000 | | |

2) 送配電線設備

送配電線設備は、高圧配電線（33kV及び11kV）巨長4,278km、低圧配電線（400V）巨長2,586km及び送電線（132kVおよび66kV）巨長1,780kmの合計8,644kmである。

1998年度にESCOMが行った配電線の腐食ポール交換作業では、1,620本が交換された。これは前年度の1025本に対して、約60%の増加である。また、同年度に起きた配電線の事故は30,142件で、前年度の28,625件に対して5%増加している。

各地域別送配電線の内訳は表5-2の通りである。

表5-2 送配電線地域別内訳（1999年3月31日現在）(km)

| | Southern Area | Central Area | Northern Area | Chitipa Isolated | TOTAL |
|------------------------------|---------------|--------------|---------------|------------------|-------|
| 132kV (Steel Tower) | 121 | 249 | - | - | 370 |
| 132kV (Wood Poles) | 52 | 432 | 106 | - | 590 |
| 66kV Overhead Lines | 292 | 372 | 156 | - | 820 |
| 33kV Overhead Lines | 1,179 | 583 | 280 | - | 2,042 |
| 11kV Overhead Lines | 1,045 | 944 | 325 | 7.7 | 2,322 |
| 400/230 Volt Overhead Lines | 1,217 | 1,039 | 1,606 | 3.0 | 3,865 |
| 33kV Underground Cable | 3.08 | 4.24 | 2.63 | - | 9.9 |
| 11kV Underground Cable | 57.6 | 29.2 | 5.5 | - | 92.3 |
| 400/230 Volts Overhead Lines | 98.3 | 98.2 | 20.2 | 0.2 | 217 |

(ESCOM Annual Report 1999)

3) ミニ、小水力発電設備

丘陵地域の多いマラウイでは、第二次大戦以前から多数の欧米ミッシヨナリーが訪れ、いくつかのミニ水力ポテンシャル地点を開発して自家用に使用していたが、一般的に地方電化を目的としたミニ・小水力発電設備の開発はこれまで行われていない。

マラウイではミニ・小水力のポテンシャル地点はいくつか確認されているが、利用についての調査は未だなされていない。1988年にDEPD（Department of Economic Planning and Development）により調査された、北部地域のミニ・小水力ポテンシャル地点の概要は表5-3の通りである

表5-3 Principal Characteristics of Scheme Northern Region

| Name of Scheme | kasey | Kalene | Chambo 2/ | Mbalzi | Upstream Lufira | Lufira | North Rukuru | North Rukuru No.2 | North Rukuru No.3, 4 | Wowe |
|-----------------------------------|-------|----------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--------|--------------|-------------------|----------------------|------|
| Catchment Area(sq.km) | 560 | 80 | 117 | 270 | 806 | 1380 | 1610 | 1310 | 690 | 130 |
| Mean Annual Runoff (Millincu.m/s) | 41 | 34 | 19 | 31 | 100 | 335 | 375 | 347 | 200 | 95 |
| Mean Flow (cu.m/s) | 1.29 | 1.08 | 0.60 | 0.98 | 3.20 | 10.6 | 11.90 | 11.00 | 6.35 | 3.01 |
| Flow(90% Probability (cu.m/s) | 0.02 | 0.22 | 0.008 (80% probability) | 0.02 (Estimate) | 0.24 (Estimate) | 0.78 | 1.94 | 1.79 | 1.00 | 0.90 |
| Approximate Net Head(m) | 29 | Schml:2 2 : 63 | 100 | 197 | 67 | 135 | 132 | 75 | 83 | 194 |
| Power Plant (kW) | | Schml:230 2 : 120 | 6 | 30 | 130 | 940 | 2250 | 1070 | 670 | 1400 |
| Length(km) of Power Channel | 9.5 | Schml:9.5 2 : 2.5 | 2.5 | 10.5 | 2.5 | 9.0 | 9.5 | 7.5 | 4.0 | 1.2 |

- Notes: 1. / Discharge too low Dam necessary .
 2. / Discharge too low. No favourable site for reservoir
 3. / Favourable topography for a reservoir.
 4. / Site for large regulating dam which would increase firm yield

5-2 再生可能エネルギー（ミニ・小水力を除く）

マラウイの再生可能エネルギー利用に関しては、その指針としてUNDPの支援によりNSREP (National Sustainable Renewable Energy Programme)が策定されている。NSREPは全ての再生可能エネルギーを普及させる上での障害要因を指摘して、その障害をとり除くための諸施策を提言しているものである。

また、UNDPと共にデンマークの援助機関であるDANIDAは、NSREPの一環として太陽光家屋電化システムSHS (Solar Home System) の普及を中心とした支援を開始している。更に、風力（小規模灌漑）、バイオマス（燃料供給）などの再生可能エネルギー利用のために、UNDP、地球環境基金、及びDANIDAの援助が近々開始されようとしている。

戸別型太陽光発電システム (SHS) は今まで民間の会社が5,000台設置したとされているが、そのうち半分以上は不適切な設置と維持管理の問題で現在稼動していない (GEF Project Document)。しかし現在DANIDAがSHSの維持管理体制を確立するための支援を開始したことにより、配電線延長や小水力による電化が困難な僻地での普及が期待されている。なお、2015年の目標値を、GEFおよびDANIDAは表5-4のように設定している。

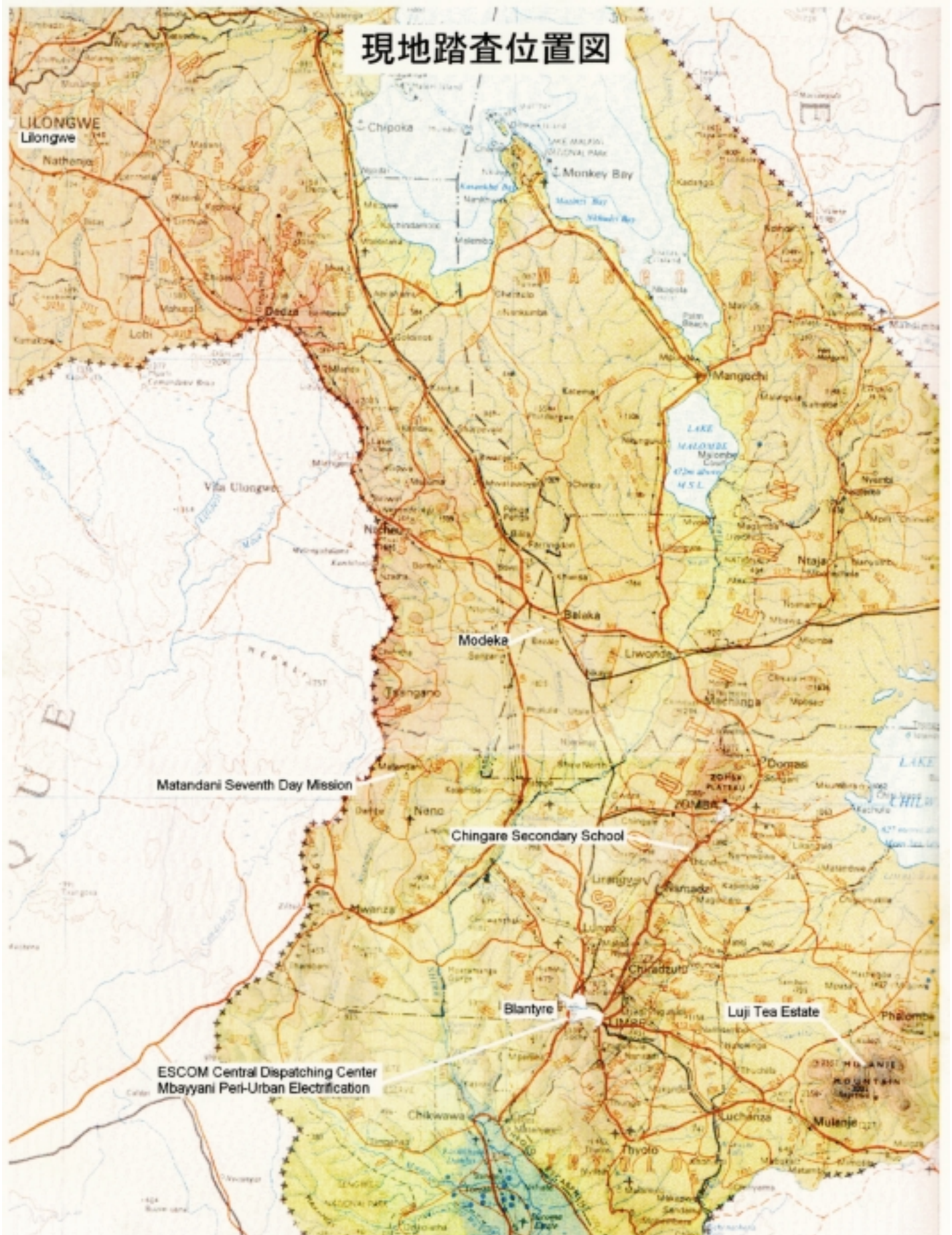
表5-5 マラウイにおけるPVシステムの2015年の目標値

| Target market | Sector size | Estimated potential Market Penetration(%) | Numbers of the systems |
|--------------------------------------|--------------|---|------------------------|
| Households | 1.78 million | Urban: 18% | 123,000 |
| Educational and Health institutional | N/A | N/A | 900 |
| Tobacco curing | 3,800 | 50 | 1,900 |
| Beverage retailers | N/a | 400new system/year | 6,400 |

(GEF/DANIDA)

第6章 現地調査報告

現地踏査位置図



第6章 現地踏査報告

6-1 < Modeka村 >

(1) 施設の概要

国道M1号線がLilongweよりMozambiqueとの国境沿いに南下し、国境線との分岐点であるBiriwiriから更に約60km南下した位置にある。

Modeka地区は国道1号線より更に約300m支道に入ったところにあり、ここにはクリニックがある。この地区の中心地となっている地域で、昨年度ESCOMのNational Grid から延長工事が実施され、電化された地区である。

(2) 設備概要

当地区は、基幹送電線から分岐された配電線より約11km離れた位置にあるため、この間を400Vの配電線で延長した。このNational Gridからの延長工事は昨年度のエネルギーフンドを使用して完成している。

(3) 現在の状況

ESCOMが担当する配電線については予定通り完成されたが、クリニック側の屋内配電線が予算の関係で工事が出来ず、1年経過後も未だ受電出来ず、未電化のままになっている。

6-2 < ESCOM Central Dispatching Center >

(1) 施設の概要

Blantyre市内にある本中央給電指令所周辺には、変電所および機器の修理工場等、ESCOMの主要施設が集まっている。

(2) 設備概要

本中央給電指令所はMalawi国全土の発電設備を監視し、直接運転管理も可能である。

マラウイ国の発電設備は、今年運転を開始したKapichira発電所（出力64MW（32MW×2））を含めて合計304MWである。本中央給電指令所では、これらの各発電所の水車、発電機の設備の概要が全てBoardに示されており、またそれぞれの発電所の運転状況及び、送電線の現状等が一目で解るようになっている。これらを3台のワークステーションで給電監視している。給電指令用のソフトはABB社のSpider Systemで、CIDAの援助で導入されたものである。このSystemは各発電所へ直接運転を管理することも可能であり、今後ESCOMでは、発電所の遠方制御体制を図る計画である。

(3) 現在の状況

通常勤務は2名で3交代勤務となっており、4班編成で交代制をとっている。

今年度のPeak Powerは約200MWであった。予備電源としてガスタービン発電所（12MW）があるが、現在は修理中であり、稼働は期待できない。本施設の設備は非常に単純で、事故の際はその都度電話で各担当部所に連絡され、対処することになっている。風倒木の接触によって電線が断線する等の事故が多く、雨季に集中し、月に1～2回程度発生している（職員の話）。

(4) その他

ESCOMの民営化により、設備管理体制の合理化を進める上で、近く発電所の遠方制御等を進める事になる。また、これと共にMozambiqueとの国際連繋送電線による電力の融通が開始されると、当中央給電指令所はこれまで以上に重要な役割を負う事となる。

6-3 < Mbayani Peri-Urban Electrification site >

(1) 施設の概要

本地域では、ESCOMがBlantyre近郊にある未電化地域におけるパイロットプロジェクトとして、屋内配線に低コストのready boardを導入しているサイトである。

(2) 設備概要

Blantyreの郊外にある当地域は、総戸数380戸の住民のうち33%が本パイロットプロジェクトにより受電している。住民の多くは低所得層である。本パイロットプロジェクトでは、33kVの送電線を部落まで延長し、1台のトランスから145戸の民家に配電している。配電圧は230Vで、電流は15アンペアである。引込み線は、葦葺き屋根の家でも漏電による火災が起こらないよう、家の壁面に各戸への配線を取り付けている。また、屋内のready boardまでの工事はESCOMが行っている。ready boardは、1つの照明と電気コンロの10アンペアのコンセント、照明器具・冷蔵庫用の5アンペアのコンセントの2つで構成されており、ヒューズの代わりにブレーカーを使用している。このready boardは南アフリカの製品であり、マラウイ用に60サイクルから50サイクルに設計を変更したものである。また、受電容量は予めセットされており、契約容量を越えれば自動的に電気が遮断されるようになっている。1戸当たりの工事費は、6,000MK（マラウイ・クワッチャ）で、その内訳は、ready boardが、2,800MK、工事費が1,800MK、ESCOMの諸費用が1,200MKである。需要家は申し込み時に500MKを支払い、残りを5年のローンで毎月85MKを返済する。

(3) 現在の状況

電気代は、毎月のローンを含め410MKである。電気料金は需要家がBlantyre中心部にあるESCOMの事務所まで出向き、支払いを行っているが、電気代の徴収は順調であるという。また、本プロジェクトは地域のリーダーであるガマ氏が地元の推進役となり住民との話し合いを繰り返しながら実現したプロジェクトである。

(4) その他

本プロジェクトは、貧困対策の電化地域のモデルプロジェクトとして非常に順調に進んできたプロジェクトであり、環境面からもその効果が期待できるものと思われる。

6-4 < Lujeri Tea Estate Mini-Hydro Power Plant >

(1) 施設の概要

当地点はBlantyreからM2道路で東方へ車で約2時間程度のところに位置する。このTea Estateでは、紅茶の精製のための電源として、2ヶ所の小水力発電所が運転を行っている。

(2) 面談者

Mr.Matanda : Manager of Estate

Mr.Logers : Electrical Engineer

(3) 設備の概要

Lujeri Power Station

1) 120kW (1929年運転開始)

2) 150kW (1935年運転開始)

3) 710kW (1958年運転開始)

-合計出力980kW

Ruo Power Station

4) 200kVA × 2

5) 250kVA、(1955年運転開始)

-合計出力650kVA

Lujeri Tea Estateは、3つの製茶工場を有しており、工場の1つはESCOMの配電線に接続されているが他の2工場は独立電源によって運転されている。また、水力発電所の外にディーゼル発電機も有している。

(4) 現在の状況

運転要員は各発電所共2名で、3交代制である。それぞれの発電所にはワークシヨップがあり、8名が業務に従事している。

両発電所共雨季の5～6ヶ月間だけ運転しており、水力発電所の電気が不足するときはディーゼル発電機でバックアップするように計画されている。工場の操業最盛期は雨季の茶の生育期であり、水力発電所の運転時期がほぼ一致している。このTea Estate全体の電力の供給の割合は次の通りである。

| | |
|-------------|-----|
| ESCOMよりの給電 | 60% |
| 独立電源（小水力） | 30% |
| 独立電源（ディーゼル） | 10% |

発電所の建設時期は古いが、機器の整備状況が良く、現在も運転されている。この発電所は電力の需要を考慮した適切な計画（豊水期に運転する為最大使用水量を大きくし、発生電力量が大きく取れる）と言える。独立発電形態としては、渇水期には運転出来ないため、年間稼働率は約50%と供給信頼度は落ちるが、限られた資源を有効に活用しているといえる。

(5) その他

機器の整備状況は非常によく補修されている。運転は、河川の流入量に応じて開始する事になるが、この場合何時、どの位の河川の流入量になったら運転を開始するかと言う判断は、責任者のMr.Logersが1人で河川の状況をみて決めているのが現状である。

小水力発電所の運転については、流れ込み式発電所と同様であり、通常水槽水位で流入量を把握して水位調整運転をするが、小水力の場合は水位調整運転をするような設備を設けず、規模を検討する段階で通常単独運転を行う発電所の場合、年間最少でも90%は運転出来るように計画される（電力の供給信頼度の面を考慮して、他の電源より電力の補給がないため）。従って、通常一般に年間90%確保出来る流入量を最大流量に設計しており、水車のタイプにより運転可能範囲は異なるが、流入量が最大使用水量の約25%まで減少してもこの減少範囲ならば機器に影響はない運転ができるが、流入量がこれ以下になった場合には、水車にキャピテーションが発生してエロージョンが起き、機器の寿命が極端に落ちることになるので運転を中止する。特にこの地区のように電気の需要が雨季に集中している場合には最大使用水量を大きくしてあるので（約50%年間運転）、運転開始時期と終了時期が難しく、河川の流入量の目安を設けて運転しなければならず、マニュアルを作成しておく必要があると思われる。

又Ruo Power Stationからの配電線の一部が林間部を通過するので、雨季の台風時に風倒木の被害を避けるため、林間部分を架空送電線から地下に埋設管を設けて送電しており事前に事故を防いでいた。

このように当地区の電気設備に対する保安状況は非常によく行き届いていると言える。

6-5 < Matandani Seventh day School Mission >

(1) 施設の概要

当地点はBlantyreからルートM1国道とルートM6国道との交差点よりM6を約13kmの地点から左折し、山間部の未舗装道路でNenoまで約40km北上し、更に約8kmでMatandani Missionに至る。

当地区は1957年に30kWの小水力発電所が建設され（設備の概要等は不明）、1996年に、設備の老朽化により運転不能になった。このため、現在は30kWのディーゼル発電機により1日2～3時間の電力供給を、Secondary School、Primary School、職員宿舎(26戸)及び生徒の宿舎（137人）等に電気を供給している。

(2) 面談者

(Mission)

Mr. Mozecie Kadykapita : Principal(Headmaster)

Mr. SamuelMachilika : Registrar

Mr. Jaston Musama : Business Manager

Mr. Jameson Panulo : Head teacher Matandani Primary School

(3) 設備の概要

休止中の小水力発電設備の概要は次の通りである。

取水堰

天然の岩石約30m程度を利用して、部分的に嵩上げ（石積み）して取水し、水路（開渠）に直結して取り入れるような構造になっている。

現在も引き続き取水し、水槽の余水吐きを利用して飲料水として学校の近くまでポンプアップして給水されていた。

水路

水路は約2.5km山裾を迂回して作られている。断面の詳細は不明であるが、目測では最大約1m³/Secの通水が可能な断面を有していると思われる。殆どは素掘りで、部分的にコンクリートでサイホンが作られてあり、または、レンガで補強されていた。水路の途中では4～5ヶ所で漏水している処もあったが、周辺は比較的良く草刈り等をしてあり整備されている。

水路の末端には3段階の沈砂設備があり、人工的に排砂するようになっている。また、水圧管路は沈砂設備に接続され、埋設管により発電所まで導水され

ており、発電所付近で露出管となり水車に接続されている。今回この鉄管路の通水テストをした所、特に問題はなかった。しかし、水車との接続部分は相当パイプの腐食が進んでおり、その他の機器類（発電機、コントロールパネル等は特に腐食している）も含めて交換しないと使用できないような状態であった。

配電線

発電所から440kVの配電線は、非常にラフな裸線で送電するようになっていた。保安上からも好ましい配電線とは言えない状態である。

(4) 現在の状況

現在、小水力発電所は運転休止中で、施設は水槽から分岐して水道用水として利用するためにポンプアップしながら、地区内の給水を行っている。

また、小水力発電所が運転出来ないため、ディーゼル発電機を運転している。

(5) その他

毎日数時間の電力を得る為のディーゼルオイル消費代金は経済的に負担が大きく、この地区の住民は、旧小水力発電所を復旧して当地区に給電したいという強い要望があった。また、近くの部落でも受電を希望しており、出来れば増設したいとの事であった。

住民は約100 kWの出力の配電を希望しているが、現状での設備の増強については非常に難しい。機器の交換による効率の向上等によりある程度の出力増は期待できるが、それ以上は小水力を復旧しても年間90%程度の供給信頼度を得た上での電力を得ることは難しい。

水路周辺の草刈り及び清掃等は良く行き届いており、開水路の中での浮遊物等は見えず、良く整備されていたが、発電所内の機器類の整備については十分な整備状況とは言えない。このため、機器類の老朽化が進んだのではないかと考えられる。

6-6 < Chingare Secondary School >

(1) 施設の概要

当地点は、Masaula Villageの近傍にあり、セメント工場に送電している33kVの配電線から分岐して50kVのトランスで降圧し、学校施設に配電している。

このSecondary Schoolは1999年に新設され、昨年度のエネルギーファンドを利用して電化された。この学校の近くに民家もなく、需要は教員宿舎、生徒の寄居宿舎及び学校設備のみであり、配電容量は最大40kWである。なお、トランスからの配線は地下埋設管で夫々の施設に配線されていた。

6-7 < 踏査結果について >

今回現地踏査を行ったのは、エネルギーファンドを利用した配電線の延長による電化地域2地点及びESCOMによる電化プロジェクト（簡易屋内配線を使用）のパイロットプロジェクト、Rujeri Tea Estateのミニ水力発電（工場の稼働時期、状況を考えた発電規模の決定）、Matandani Mission（発電機器類の維持補修が不十分なため、運転不能となったミニ水力発電）及びESCOM Central Dispatching Center等である。

踏査の結果次のことが言える

- 1) エネルギーファンドを利用した配電線の延長による電化個所については、技術的には特に問題がないと思われるが、未電化地点が多くあるなかでの、地点選定についての基準が明確でない。今後電化地域の優先順位付け等については、各条件を整備した上で基準を明確にする事が必要であると思われる。
- 2) 今回踏査した中で、配電線の延長は完成したが屋内配線が出来ないために給電されていない地点（Modeka Village）があった。今後配電線の延長を含めた電化計画地点については、工事着手前に受給者との十分な協議の上、電化する事が重要である。
- 3) Blantyreの中央給電指令所によると、雨季の期間に風倒木等の障害事故が多く、毎月1～2回程度発生しているとの事であったが、これらの事故は、予め危険個所をチェックしておき、技術者が定期的に点検をすることにより予め事故防止を図る、またはRujeri Tea Estateで行っているような、地下に埋設する等の設備の改良等を行う等により未然に事故を防ぐ事が可能である。
- 4) Rujeri 及びMatandaniの小水力発電所のように、予め決められた作業範囲については非常によく行われており、評価できる。ただ残念ながら現状においては総合的な実務の経験が乏しいので、機器の日常の点検及び必要な運転マニュアル等を作成し、従業員に対して定期的な教育をすることにより、技術者の更なる質的向上が期待出来る。特にMatandani Seventh Day Missionの運転休止中の発電所については、今回視察を行ったTea Estateの施設と比較して、建設後の期間に大きな差が無いにも関わらずMatandaniの発電設備だけが故障により運転を休止した事は、特に水車、発電機及び付属機器類等の維持管理・保守体制に問題があったことが大きいと考えられる。