

第 6 章 マイクロ水力発電計画調査

第 6 章 マイクロ水力発電計画調査

6.1 調査目的

本マスタープラン調査におけるマイクロ水力発電計画調査の主な目的は、以下の通りである。

- 分散型マイクロ水力(マイクロ水力+ミニグリッド)を地方電化用電源として活用するため、マイクロ水力ポテンシャル調査(以下ポテンシャル調査)を実施し、開発適地を抽出すると共に、調査結果をデータベース化すること
- 最適電化手法選定基準として、マイクロ水力ポテンシャル地点の概算コスト算定手法並びに経済性評価手法を提案すること
- マイクロ水力開発のケーススタディにおいて Pre-F/S 調査を実施し、地方電化用マイクロ水力開発の技術面における開発手法を明示すること

なお、本調査で対象とする発電出力規模は、地方電化を目的とした分散型電源であることを考慮して、200kW程度以下を想定している。

6.2 関連資料の収集・分析

マイクロ水力ポテンシャル調査に必要となる下記項目について、資料の収集・分析を行った。

6.2.1 地形及び地質

マラウイ国では、測量局が発行している縮尺 1/1,000,000(全 1 枚)、1/250,000(全 10 枚)及び 1/50,000(全 158 枚)の地形図が一般に市販されており、第 1 次現地調査でこれらの地形図を入手した。ポテンシャル調査では、主に 1/250,000 及び 1/50,000 地形図を利用した。これらの地形図は 1970 年代に作成されたものであるが、ポテンシャル調査に必要な情報(村落、道路、河川及び森林保護区等に関わる位置情報)について比較的正確に記載されており、その利用に問題はない。

一方、地質については、地質局が発行しているマラウイ国全土を網羅した地質図が市販されており、これを入手し、マラウイ国全土の地質状況を確認した。マイクロ水力開発においては、その設備規模が非常に小さく極めて限定された範囲を対象とすることから、ポテンシャル地点の地質条件は、現地踏査により確認することとなる。

ただし、マイクロ水力開発の場合、設備規模が小さいこと、基本的にトンネル等の地下構造物の設置を伴わないこと等の理由から、地質的な条件で開発が左右されるこ

とは稀である。

6.2.2 降雨量及び河川流量

マラウイ国は熱帯サバンナ気候に属し、年間平均降雨量は 700mm から 2,000mm 程度で、アフリカ諸国では比較多雨な気候である。降雨量の地域分布は図 6-2-1 に示す通りであり、2,000mm 以上の降雨は南部の Mulanje 山周辺等、非常に限られた地域で、大半の地域は 1,000mm 前後の降雨量である。図 6-2-1 に示されるように、標高 2,000m 以上を有する Nyika 高地や Viphya 山地の東側、マラウイ湖岸に接する地域に 1,200mm 以上の降雨がある地域が多く、一方ザンビア国と国境を接する西側地域では、雨量が 1,000mm に満たない地域が多いことがわかる。この降雨分布は、低緯度(南緯 9~17 度)に属するマラウイ国が受ける、南東からの貿易風の影響と考えられる。この南東からの貿易風は、アフリカ第 3 位の規模を誇るマラウイ湖上を通過する際水分を取り込み、それが 2,000m 級の山地斜面を上昇するにつれて取り込んだ水分を雨として降らせ、水分を失った乾燥した空気がこの山地を乗り越え、ザンビア国側に吹き抜けているためと考えられる。また、1 年間は乾期と雨期に分けられ、年間降雨量の約 80% 以上は 12 月~4 月の雨期に集中している。このため、河川流量についても最乾期(10 月)の流量は、雨期(2 月)の流量のおおむね 5% 程度まで落ち込み、干上がってしまう河川も少なくない。

ポテンシャル調査では、降雨量並びに河川流量に関わる資料について、UNDP が実施した「National Water Resource Master Plan, 1986」(以下、水資源 M/P)を利用した。同資料では、マラウイ国全土を 17 の地域に区分し、当該地域にあるほぼ全ての測水所の位置並びに流量資料(観測期間 10 年間以上)が体系的に整理されている。ポテンシャル調査では、広範囲を網羅的に同一の条件で、効率的に河川流量を推定する必要があるため、この目的において同資料は、利用価値の高いものである。

6.2.3 土地利用

ポテンシャル調査の段階で確認すべき土地利用については、ポテンシャル地点が国立公園、森林保護地域等に含まれるか否か、構造物予定地点の土地利用の現況である。前者については、1/50,000 地形図に国立公園並びに森林保護区等の境界が明示されているので、これを参考にした。また後者は現地踏査により確認することとした。

6.3 既存の水力発電開発計画のレビュー

マイクロ水力ポテンシャル地点の選定に当たり、ESCOM による既決定の電源開発

プロジェクトとの整合を図ると同時に、過去の水力地点調査結果をポテンシャル地点選定に反映するため、ESCOM による今後の電源開発計画並びに既存の水力開発地点調査結果について、情報を収集しレビューを実施した。

6.3.1 ESCOM による今後の電源開発計画

ESCOM は、世界銀行(以下 WB)が実施した「Power System Development and Operation Study, 1998」で提案されている電力設備(電源及び系統)開発計画マスタープラン(以下 M/P)に基づき、電源設備の増強を実施している。

同 M/P では、2015 年までのマラウイ国の最大需要を Low、Base 及び High ケースで、それぞれ 370、460 及び 670MW と予測している。M/P の策定に当たっては、系統連系を前提とした水力ポテンシャルの調査が行われており、約 100 箇所の水力地点が机上検討され、数地点が開発有望地点として抽出されている。

同 M/P では、需要予測並びに水力ポテンシャル調査の結果を踏まえて、2015 年までの電源設備増強計画が右表の通り提案されている。このうち、カプチラ 1 水力(Shire 川水系、設備出力 64MW)については 2000 年 10 月に竣工している。今後投入が予定されている電源

Expansion Schedule proposed in IBRD report

Generation		Scenarios for demand		
		Low	Base	High
64MW	Hydro-Kapichira 1	2000	2000	2000
200MW	Interconnection to Mozambique	2002	2002	2002
64MW	Hydro-Kapichira 2	2012	2010	2008
33MW	Gas Turbine in Lilongwe		2012	2006
33MW	Gas Turbine in Mapanga		2014	2010
33MW	Gas Turbine in Mzuzu		2015	2011
90MW	Hydro-Lower Fufu			2012
33MW	Gas Turbine in Lilongwe			2013
33MW	Gas Turbine in Mapanga			2014
33MW	Gas Turbine in Mzuzu			2015

は、系統連系を前提とした 33MW 以上の電源であり、Gas Turbine はいずれも都市部への設置、水力についても送配電線の整備された既電化地域への設置であり、未電化地域における電源開発プロジェクトはない。

また、今後の水力開発地点について、同 M/P は、上表中に掲載された水力地点以外に、ポテンシャル調査結果に基づき、2つの水力地点(いずれも Shire 川本川での発電計画で設備出力 150MW 以上)を有望地点として言及している。しかしながら、Kapichira 2 地点を除く他の水力開発地点については、電力需要の増大により、それまでに設置された Gas Turbine の設備利用率が上昇すると想定される 2015 年以降に開発を行うことが望ましいと言及している。したがって、これら水力電源の開発が積極的に実施されるような状況にはない。

6.3.2 水力発電計画に関わる既存の調査結果

上記 WB によるポテンシャル調査以外に、UNDP が実施した水資源 M/P 調査の際に、北部地域の小水力ポテンシャル調査が実施されており、12 地点の小水力開発候補地点が選定され、「National Energy Plan」に挙げられている。

これらの 12 地点のうち Wowve 及び Lufila 地点については、ドイツのコンサルタントによる F/S 調査が 1990 年に実施されている。この F/S 調査で開発有望地点と結論された Wowve 水力地点(設備出力 4.5MW)については、ドイツの資金援助によりその開発がなされ、1995 年より ESCOM による電力供給が実施されている。

一方、この 2 地点以外については、F/S 調査等を行われていない。これらポテンシャル地点を簡単にレビューした結果、①既に配電線が整備されている地域にある、②未電化需要地から遠く離れている、等の理由により、地方電化用電源としてそのまま適用することは難しいと判断された。しかしながら、これら地点の情報は、本調査で実施するポテンシャル調査の候補地点選定における参考情報として活用することとした。

6.4 マイクロ水力発電ポテンシャル調査

マイクロ水力発電ポテンシャル調査の目的は以下の通りである。

- 需要地(未電化 Trading Center : T/Cs)周辺における、Off-Grid によるマイクロ水力発電開発ポテンシャルの有無を確認すること
- 同時に、現地踏査実施地域を含む周辺地域の水文環境、地形状況を把握し、その情報を地方電化データベースに反映させることで、今後のポテンシャル調査の基礎資料とすること

6.4.1 調査実施の基本方針

ポテンシャル調査実施に当たっての基本方針は、地方電化用の分散型電源であることを考慮して、下記の通りとする。

(1)電化対象 T/Cs の選定について

- 電化対象 T/Cs は既存配電線より遠く離れていること
- その T/Cs への配電線の延伸が当面計画されていないこと(Phase IV 電化計画に計上されている地点は除外)

(2)マイクロ水力ポテンシャル地点の選定について

- 電化対象 T/Cs が近傍に存在すること

- その T/Cs 周辺に年間を通じて流量が見込めそうな河川があること
- その T/Cs からポテンシャル地点までのアクセスが可能であること

したがって、たとえ水力ポテンシャルの面で有望な地点(あるいは地域)があるとしても、上記条件に該当しない場合には、今回の調査対象からは除外する。

なお、今回のポテンシャル調査は、降雨量が比較的多く、水力ポテンシャルの存在が見込める北部及び南部地域を中心に実施することとした。これは、中部地域(Mzuzu から Lilongwe に至る地域)については、送配電線の整備状況が比較的良好であることを考慮すれば、基本的に配電線延長による電化が経済的に有利と判断することができるからである。

6.4.2 机上検討

(1) 調査対象地域の区分

今回対象とした北部及び南部地域について、まず下記の条件で大まかに地域の区分けを実施した。

- 既設送配電網から離れている地域
- 地形・水文条件が比較的類似していると考えられる地域

この条件により、図 6-4-1 に示すように、北部 7 地域、中部 1 地域、南部 5 地域に区分けした。この区分けした地域を単位に、机上検討でポテンシャル地点を抽出することとした。また、現地踏査では、この区分け地域単位に、水文環境、地形状況等も調査することとした。

(2) 未電化 T/C の選定

前述の調査基本方針に基づき、上記で区分けした地域毎に、1/50,000 地形図により、まず未電化 T/C の選定を行った。地形図上に示されている、調査基本方針に合致するような未電化 T/C のうち、比較的規模が大きいと想定されるものを中心に、DOE の C/P と共に議論しながら選定した。なお、村落社会調査の対象となった未電化 T/C については、中部地域も含めて、上記の基本方針にかかわらず机上検討を実施し、ポテンシャルが確認された地点については、現地踏査を実施した。

(3) マイクロ水力ポテンシャル地点の選定

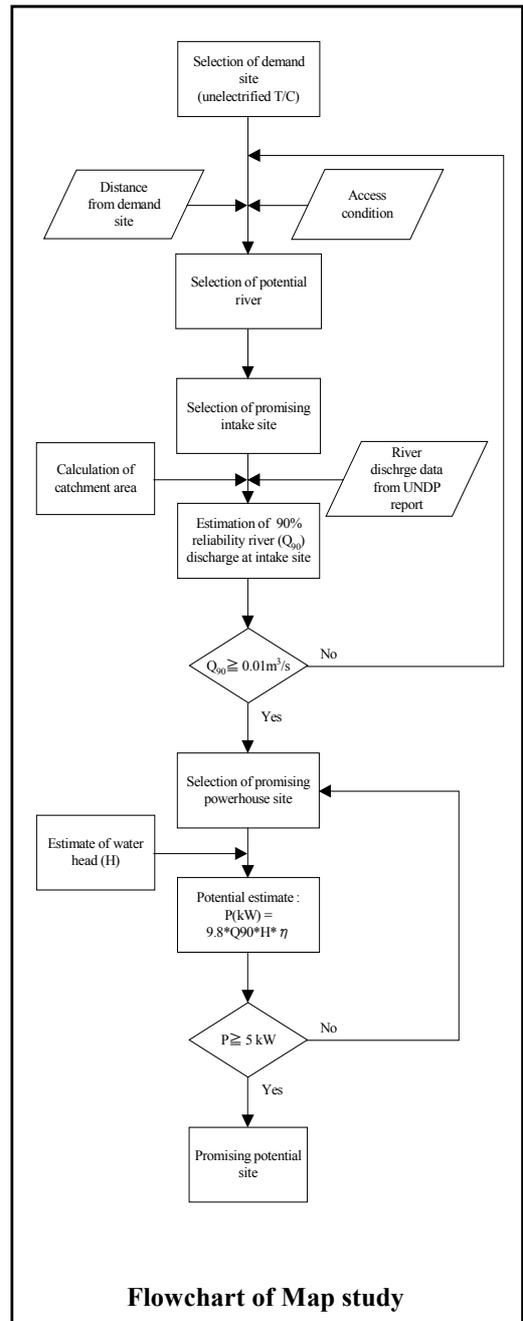
上記で選定された個々の未電化 T/C 毎に、次ページに示すフロー図に従い、1/50,000 地形図を利用して、マイクロ水力ポテンシャル候補地点を選定した。

発電使用水量については、分散型のマイクロ水力開発で一般的に適用される河川の 90%信頼流量(Q_{90} :1 年間のうち 329 日間はこの流量を下回らない流量)を採用した。この Q_{90} の推定は、近傍にある測水所の流量資料(水資源 M/P 調査から引用)を利用して、流域面積比換算で推定した。

ポテンシャルの有無は、推定された河川の Q_{90} が $0.01\text{m}^3/\text{s}$ 未満である場合、また設備出力が 5kW 未満である場合に、ポテンシャルは非常に少ないと判断し、今回の現地踏査地点からは除外した。

なお、マラウイ国では、本調査の第 1 次現地調査が実施された 9~10 月が最も雨の少ない時期であり、河川流量も 1 年を通じて最も少ない時期であるので、この時期に河川流量の調査を行うことは、マイクロ水力ポテンシャルの把握に非常に有効であると言える。

以上の机上検討の結果、図 6-4-1 に示す通り、北部地域 20 箇所、中部地域 1 箇所、南部地域 14 箇所の合計 35 箇所がマイクロ水力ポテンシャル候補地点として選定された。



6.4.3 現地踏査時の調査項目

上記机上検討で選定された合計 35 箇所のマイクロ水力ポテンシャル候補地点を、現地踏査した。現地踏査時の主な確認事項は以下の通りである。

(現地踏査時の主な調査項目)

- アクセスの状況
- 電化対象 T/C の状況 (公共施設の数等の聞き取り調査)

- 周辺地域の自然・社会環境
- 乾期の河川流量(踏査地域の周辺河川も含む)
- 河川への農業及び上水道供給設備の設置の有無
- 近傍水文観測所のデータ収集と観測状況
- 想定される発電落差
- 構造物サイト(取水設備, 導水路, 水槽, 鉄管路及び発電所)の概略位置
- 構造物サイトの土地利用状況

今回の現地踏査では、ポテンシャル候補 35 地点の調査を実施すると同時に、踏査地域周辺の地形・水文環境等も確認することで、マラウイ国の地形・水文環境の概況を把握することも重要な目的である。したがって、限られた調査期間で所要の成果を挙げるために、流量観測や落差確認のための簡易な測量等は、1 回目の踏査で有望と判断された地点についてのみ実施することとした。

なお、実際の現地踏査に当たっては、効率的で漏れのない、客観的な調査を実施するため、上記調査項目があらかじめ記載されている調査シート(表 6-4-1 参照)を使用した。

6.4.4 マラウイ北部地域の現地踏査

上記机上検討により選定された、図 6-4-1 に示す北部地域のマイクロ水力ポテンシャル候補 20 地点について、現地踏査を実施した。その結果について、表 6-4-2(1)～6-4-2(4)にまとめた。開発有望な水力ポテンシャルが確認された地点は 8 箇所であった。以下に、各地点毎の踏査結果の概要を述べる。

【Chitipa 周辺地域】(表 6-4-2(1)参照)

1. Mpawamu 地点

当地点は、タンザニア、ザンビアの国境、マラウイ最北端に位置する Chiwanga T/C (既存配電線からの距離:約 46km)への電力供給を目的に、当 T/C から約 2km 離れた Mpawamu 川を利用する発電計画である。現地踏査時、同河川は水たまり状態であり、流量は確認できなかった。村民からの聞き取り調査でも、同河川を含めて当 T/C 近傍の河川は毎年干上がるとのことであった。したがって、当 T/C を電化するための水力ポテンシャルは、近傍にはないと判断される。

2. Hanga 地点

当地点は、Kameme T/C (既存配電線からの距離:約 26km)に対する電力供給を目的とするものであり、当 T/C から約 1km 離れた Hanga 川を利用する発電計画である。

現地踏査時、同河川の流量はほとんどなく、村民からの聞き取り調査でも、過去に何度も干上がったことがあるとのことであった。当 T/C 周辺には他に流量を期待できる河川もないため、したがって、当 T/C を電化するための水力ポテンシャルは、近傍にはないと判断される。

3. Kaseya 地点

当地点は、Chitipa から北に約 15km の位置にある Ifumbo T/C (既存配電線からの距離: 約 15km) に対する電力供給を目的とする計画である。Kaseya 川は当 T/C に隣接しており、そこでの流域面積は 550km² 以上にもなるため、ある程度の河川流量が期待されたが、現地踏査時には 0.01m³/s 以下の河川流量しかなく、村民からの聞き取り調査では毎年干上がってしまうとのことであった。したがって、当河川に水力ポテンシャルはないと判断される。

4. Kapoka 地点

当地点は、Chipwera T/C (既存配電線からの距離: 約 20km) への電力供給を目的に、同 T/C から約 2km に位置する Kapoka 川を利用するものである。現地踏査時の河川流量は 0.03m³/s 程度であった。一方、発電落差については、10~15m 程度は確保できると推定される。これらから推定される設備出力は 2kW 程度であり、それゆえ水力ポテンシャルは非常に小さいと判断される。

一方、今回の現地踏査時に、Chipwera T/C に至る新しいアクセス道路を確認した。このアクセス道路は、配電線延伸による電化が決定している Misuku T/C へと続いていた。したがって、当 T/C を電化するため、Misuku T/C への配電線延伸のルートは、このアクセス道路沿いに実施することを推奨する。

現地踏査により得られたその他の知見

- Kaseya 川流域の平均降雨量は 1,000mm 以上あること、同河川流域には森林地帯があること等から、この森林地帯から流れ出る当河川の支流には、ある程度の河川流量が期待できると同時に、山間部であるため発電落差も期待できる。実際踏査中にこれら支流の河川流量を確認することができた。この意味で、これら支流にはマイクロ水力ポテンシャルはあると考えられる。
- したがって、これら支流の近辺にある村落がある場合には、電化手法の選択肢としてマイクロ水力を考えることができる。

【Chisenga 周辺地域】(表 6-4-2(1), (2)参照)

5. Chisenga 地点(発電計画のイメージ: 図 6-4-2)

当地点は、Chisenga T/C(既存配電線からの距離:約 35km)への電力供給を目的とした、同T/Cの近傍を流下するChisenga川を利用する発電計画である。現地踏査時のChisenga川の流量は約 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 程度であった。同河川には1980年代に設置された同T/Cへの上水道供給設備があり、村民への聞き取り調査では、同設備設置以降、同河川が干上がったことはないとのことであった。今回の発電計画では、前述した上水道供給設備へ影響をきたさぬよう、同設備の上流側を対象とし調査を行った。計画地点近傍の河川勾配は比較的緩やかであるが、発電落差15~20m程度を確保できることを、簡単な水路縦断測量により確認した。したがって、今回の踏査の結果からは、設備出力15kW程度のポテンシャル量が推定される。一方、需要地から発電計画地点までのアクセスは約5kmである。

- 電化対象 T/C 名 :Chisenga T/C
- 河川名 :Chisenga 川
- 流域面積 : 4km^2
- 調査時河川流量 : $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 程度
- 推定発電落差 :15m~20m
- 推定設備出力 :15kW

6. Kakasu 地点(発電計画のイメージ:図 6-4-3)

当地点は、Mulembe T/C(既存配電線からの距離:約 35km)への電力供給を目的としたKakasu川を利用する発電計画である。現地踏査時の河川流量は $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 以下であったが、村民の話では年間を通じて干上がることはないとのことであった。流域面積が約 8km^2 と小さいにもかかわらず、河川が干上がることがないのは、流域全体に広がる森林(Jembya 森林保護区に指定)による保水効果によるものと推定される。また、計画地点近傍における河川勾配は比較的急峻であり、発電落差10~30m程度を得られる見込みである。したがって、当地点は有望なマイクロ水力ポテンシャル地点であると判断される。今回の踏査の結果から、設備出力15kW程度のポテンシャル量が推定される。一方、需要地から発電計画地点までのアクセスは約10kmである。

- 電化対象 T/C 名 :Mulembe T/C
- 河川名 :Kakasu 川
- 流域面積 : 8km^2
- 調査時河川流量 : $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 以下
- 推定発電落差 :10m~30m
- 推定設備出力 :15kW

7. Jembya 地点

Wenya T/C は既設配電線より約 85km 離れている、Chitipa 区内では比較的規模の大きい T/C である。当地点は、当 T/C への電力供給を目的とした、Jembya 川を利用する発電計画である。現地踏査時の同河川の流量は約 $0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度であったが、村民からの聞き取り調査では、2～3 年に一度の割合で干上がるとの情報を得た。したがって、当河川の水力ポテンシャルは非常に小さいと判断される。

8. Lufiliya 地点

当地点も、Wenya T/C への電力供給を目的とした計画地点である。

Lufiliya 川は、Musisi 森林保護区の一部含む流域面積 108km^2 を有しているため、河川流量が期待されたが、現地踏査時で $0.05\text{m}^3/\text{s}$ 以下であり、Jembya 川と同様に 2～3 年に一度の割合で干上がるとの情報を得た。したがって、当河川の水力ポテンシャルは非常に小さいと判断される。

現地踏査により得られたその他の知見

- 今回の調査では、Mulembe T/C に対する水力ポテンシャルとして Kakasu 川を対象としたが、Chisenga 川の流況を考慮すれば、隣接する Malawa 川にも、水力ポテンシャルはあると推定される。Malawa 川は、Kakasu 川より Mulembe T/C により近くを流れているので、Kakasu 地点の代替案として有望と考える。
- また、村民からの聞き取り調査で、Wenya T/C への上水道供給のための設備が近傍の Sekwa 川に設置されているという情報を得た。現地踏査時に同河川の流量は、国道 9 号線にかかる橋梁付近では $0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度しかなかったが、水道設備のある上流部にはさらに多くの河川流量が期待できる。したがって、Wenya T/C に対する水力ポテンシャルとして Sekwa 川を代替案として有望と考える。

【Ntharile 周辺地域】(表 6-4-2(2), (3)参照)

9. Miwanga 地点

当地点は、Ntharile T/C から北東に約 35km の位置ある Kopakopa T/C に対する電力供給を目的とする発電計画である。Miwanga 川は、Musisi 森林保護区内の一部を含む流域面積 61km^2 を有するが、現地踏査時の流量は $0.02\text{m}^3/\text{s}$ 程度と非常に少なかった。一方、発電落差については近傍の滝を利用して、最大で 20m 程度確保できる見込みであるが、ここから推定される設備出力はせいぜい 3kW 程度である。したがって、当河川における水力ポテンシャルは非常に小さいと判断される。

10. Kalopa 地点

Nthalire T/C から北東に約 30km の位置ある Mahowe T/C に対する電力供給源として、Kalopa 川を踏査したが、上流に Mahowe 森林保護区を有しているにもかかわらず、T/C 付近の河川は完全に干上がっていた。また、周辺の河川も同じ状態であった。したがって、周辺に Mahowe T/C への電力供給源としての水力ポテンシャルは無いと判断される。

11. North Rukuru 地点

この Nthalire T/C 周辺地域は、図 6-4-1 からも明らかな通り、既設送配電線網から完全に孤立した地域である。Nthalire T/C は、表 6-4-2(3)に示す通り、多数の公共施設を有する Chitipa District 内でも有数の規模を持った T/C であり、早期の電化が期待される。同 T/C は既存送配電線から約 100km 以上離れているので、分散型電源による電化が特に期待される T/C でもある。また、当 T/C の近傍を流れる North Rukuru 川は、マラウイ国でも有数の大河川であり豊富な河川流量が期待できる。当地点は、この Nthalire T/C への電力供給を目的とした、North Rukuru 川本川を利用する発電計画である。

当 T/C 周辺では、North Rukuru 川は比較的平坦地を流れているため、地形的に発電落差の確保が難しい地点ではあるが、年間を通じて豊富で安定した河川流量を利用できるという特徴を持った発電計画である。取水口候補地点での流域面積は 330km² で、現地踏査時に約 1m³/s 前後の流量を確認した。しかし、Map study から発電落差は 5～10m 程度確保できると期待していたが、現地踏査の結果、平坦地のため発電落差の確保が地形的に困難であることが判った。したがって、当河川における Nthalire T/C への電力供給源としてのマイクロ水力ポテンシャルはないと判断される。

12. Choyoti 地点(発電計画のイメージ:図 6-4-4)

当地点も、Nthalire T/C への供給を目的とした発電計画である。Choyoti 川は North Rukuru 川の支流であり、取水地点の流域面積は約 14km² と小さいが、現地調査時に約 0.2m³/s 程度の流量を確認した。当河川の全流域は Nyika 国立公園であるため、豊かな森林が広がっていること、上水道供給設備が設置されており、過去に枯渇したことがないこと等の理由により、乾期でも河川流量が確保できることは確実と判断できる。また、河川形態は小さな滝が連続する急流をなしており、取水地点から実施した簡単な水路縦断測量の結果、発電落差は 30～40m 程度を確保できそうなことを確認した。したがって、当地点は Nthalire T/C への電力供給源として、上記 North Rukuru 地点の代替開発候補地点として有望である。今回の踏査の結果から、設備

出力 60kW 程度のポテンシャルを有すると推定される。

一方、需要地から発電計画地点までのアクセスは約 15km であり、North Rukuru 川を横断する橋梁の新設を要する。さらに、この区間に 17 箇所程度、小規模な橋梁も建設し、アクセス道路の改修も必要であることも判明した。

なお、当発電計画地点は Nyika 国立公園区域内(境界末端)であるので、開発による改変部分を小さくする等、自然環境に配慮した計画とする必要がある。

- 電化対象 T/C 名 :Nthalire T/C
- 河川名 :Choyoti 川
- 流域面積 :14km²
- 調査時河川流量 :0.2m³/s 程度
- 推定発電落差 :30m~40m
- 推定設備出力 :60kW

【Katumbi 周辺地域】(表 6-4-2(3)参照)

13. Hewe 地点(発電計画のイメージ:図 6-4-5)

既設送配電線が延伸している Bolero より、約 45km 離れている Katowo T/C は、表 6-4-2(3)に示す通り、公共施設の数の多い、この周辺を中心とする T/C であり、早期の電化が期待される。当地点は、この T/C の近傍を流れる Hewe 川を利用した発電計画である。現地踏査時、T/C 近傍で同河川は干上がっていたが、上流部では約 0.2m³/s 程度の流量を確認した。当河川の全流域は Nyika 国立公園に隣接する豊かな森林が広がっていること、上水道供給設備が設置されており、過去に枯渇したことがないこと等の理由により、上流部においては乾期でも河川流量が確保できることは確実と判断できる。今回の発電計画では、前述した上水道供給設備への影響を回避するため、同設備の取水地点より下流側にて調査を行った。河川形態は小さな滝が連続する急流をなしており、河川勾配は約 1/10 と非常に急峻な地形であることから、導水路延長約 300m で発電落差 25~30m 程度を確保できることが、簡単な水路縦断測量により確認された。したがって、今回の踏査の結果から、設備出力 45kW 程度のポテンシャル量が推定される。また、需要地から発電計画地点までのアクセスは約 15km であり、Hewe 川を横断する小規模な橋梁の建設が必要である。

- 電化対象 T/C 名 :Katowo T/C
- 河川名 :Hewe 川
- 流域面積 :37km²
- 調査時河川流量 :0.2m³/s 程度
- 推定総落差 :25m~30m
- 推定設備出力 :45kW

現地踏査で得られたその他の知見

- 踏査時の村民への聞き取り調査では、Katowo T/C 周辺で Hewe 川の他に乾期でも枯渇しない河川として Chisimuka 川があるとの情報を得た。
- 同河川の下流部で流量を確認したところ、約 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流量があった。さらに、地形図から上流部では発電落差の確保も可能と考えられること等から、Katowo T/C への電力供給源として、上記 Hewe 地点の代替開発地点として有望と考えられる。

【Chilumba 周辺地域】(表 6-4-2(3)参照)

14. Remero 川地点

当地点は、既配電線網より約 15km 程度離れた Mulale T/C に対する電力供給を目的とするものであり、当 T/C の近傍を流れる Remero 川を利用する発電計画である。現地踏査時、Remero 川は干上がっており、村民からの聞き取り調査でも乾期においては毎年干上るとのことであった。したがって、当河川には Mulale T/C への電力供給源としてのマイクロ水力ポテンシャルなはいと判断される。

15. Chitimba 川地点

当地点は、既配電線網より約 20km 程度離れた Chitimba T/C に対する電力供給を目的とするものであり、当 T/C の近傍を流れる Chitimba 川を利用する発電計画である。現地踏査時、同河川の流量は $0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度を確認したが、河川形態が平坦であり発電落差を確保できる地形的な条件は見出せなかった。10km 程度上流に遡れば落差の確保が可能となるが、需要地から離れてしまうこと、アクセスが困難であること等の理由により、その意義は薄い。以上のことから、当河川には Chitimba T/C への電力供給源としてのマイクロ水力ポテンシャルなはいと判断される。

現地踏査により得られたその他の知見

- 当地域には、Nyika 高地を形成する山脈を源流とし、山脈の東方斜面を流下後、マラウイ湖へ注ぐ河川が多数ある。これら河川の周辺には未電化村も散在しており、これら村落の電化手法の選択肢としてマイクロ水力開発も考えられる。今回の現地踏査では、国道 1 号線を北上中に、これら河川の流量を確認することができた。
- 乾期の現在、河川流量が確認できた河川は上記 Chitimba 川を含め、2, 3 河川しかなく、大半の河川は干上がっていた。一方、これら河川の一つである Wowve 川には Natinal Grid に電力を供給する水力発電所(出力 4.5MW)が設置されており、山間部にあるこの発電所の取水地点では乾期でも豊富な流量が確認できた。しかし、この河川も下流部では完全に干上がっていた。これは山間

部を流出した河川流量は、マラウイ湖に至る平野部を流下するうちに蒸発散や灌漑取水等により、著しく減少することによるものと考えられる。

- したがって、他の河川においても、山間部まで遡ればある程度の河川流量が期待できると考えられ、落差確保が容易になることと併せて、マイクロ水力ポテンシャルを有すると考えられる。しかし、本調査で対象としている T/C は国道 1 号線沿いに分布しているため、ポテンシャルサイトは需要地から遠く離れてしまうことになる。当地域が比較的既設配電網の整備がなされていることを考慮すれば、当地域の未電化 T/C を、マイクロ水力による分散型電源によって電化するの意義は薄いと判断される。

【Rumphi 周辺地域】(表 6-4-2(4)参照)

16. Nchenachena 地点(発電計画イのメージ:図 6-4-6)

当地点は、既存配電線より約 23km 離れた Nchenachena T/C への電力供給を目的とした、Nchenachena 川を利用する発電計画である。取水地点の流域面積は約 18km² と小さいが、現地調査時に約 0.2m³/s 程度の流量を確認した。当河川の流域は Nyika 国立公園内であるため、豊かな森林が広がっていること、過去に枯渇したことがないという村民からの情報を得たこと等の理由により、乾期でも河川流量が確保できることは確実と判断できる。また、Nyika 高地の麓に位置しているため、河川形態は小さな滝が連続する急流をなしており、河川勾配が急峻であるため、発電落差 10～30m は確保できる見込みである。今回の踏査の結果から、設備出力 30kW 程度のポテンシャル量が推定される。また、需要地から発電計画地点までのアクセスは約 2km であるが、Footpath しかない。

- 電化対象 T/C 名 :Nchenachena T/C
- 河川名 :Nchenachena 川
- 流域面積 :18km²
- 調査時河川流量 :0.2m³/s 程度
- 推定発電落差 :10m～30m
- 推定設備出力 :30kW

17. Luwatizi 地点

当地点は、既配電線網より約 18km 程度離れた、標高約 1,585m の尾根部に位置する Mphomapha T/C に対する電力供給を目的とするものであり、当 T/C の近傍を流れる Luwatizi 川の支流を利用する発電計画である。現地踏査時、この支流は干上がっており、村民からの聞き取り調査でも乾期においては毎年干上がるとのことであった。したがって、当河川には、Mphomapha T/C への電力供給源としてのマイクロ水力ポテンシャルなはいと判断される。

【Nkhatabay 周辺地域】(表 6-4-2(4)参照)

18. Murwerzi 地点(発電計画のイメージ:図 6-4-7)

Khondowe T/C は、Nkhatabay より約 52km 北方に位置するマラウイ湖西岸に接する小規模な T/C であり、アクセス道路等は整備されておらず、陸路でのアクセスは徒歩のみ可能である。今回の調査では、Nkhatabay でモーターボートを調達し、約 3 時間マラウイ湖を北上し到達することができた。当 T/C の近傍を流れる Murwerzi 川を利用する発電計画である。現地調査時の流量は約 $0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度しかなかったが、上水道の供給設備が設置してあり、設置以降、干上がったことはないとの情報を得た。一方、河川形態は急流をなしているため、短い水路で発電落差 10~15m 程度は確保できる見込みである。今回の踏査の結果から、設備出力 5kW 程度のポテンシャル量が推定される。また、需要地から発電計画地点までのアクセスは約 1km である。

- 電化対象 T/C 名 : Khondowe T/C
- 河川名 : Murwerzi 川
- 流域面積 : 7km^2
- 調査時河川流量 : $0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度
- 推定発電落差 : 10m~15m
- 推定設備出力 : 5kW

19. Lizunghuni 地点(発電計画のイメージ:図 6-4-7)

Ruarwe T/C は、上記 Khondowe T/C より南方約 7km にあり、Nkhatabay からの定期就航便(Nkhatabay~Chilumba 間を週 2 便で運行)が立ち寄る T/C である。当地点は、当 T/C の近傍を流れる Lizunghuni 川を利用する発電計画である。現地調査時に同河川で約 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流量を確認した。当河川流域の降雨量は 1,000mm 以下と推定されるが、流域面積が 80km^2 と比較的大きく森林保護区に指定された豊かな森林が広がっていること、上水道供給設備が設置されており、過去に枯渇したことがないこと等の理由により、乾期でも河川流量が確保できることは確実と判断できる。また、河川形態は小さな滝が連続する急流をなしており、河川勾配は約 1/10 と急峻な地形であるため、導水路延長約 500m で発電落差 50~60m 程度を確保できることを、簡単な水路縦断測量により確認した。

したがって、今回の踏査の結果から、設備出力 50kW 程度のポテンシャル量が推定される。一方、需要地から発電計画地点までのアクセスは約 1km である。

- 電化対象 T/C 名 : Ruarwe T/C
- 河川名 : Lizunghuni 川
- 流域面積 : 80km^2
- 調査時河川流量 : $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 程度

- 推定発電落差 :50m～60m
- 推定設備出力 :50kW

20.Sasasa 地点(発電計画イメージ:図 6-4-8)

当地点は、既設配電線から約 50km 離れた Usisya T/C へ電力供給を目的とした、Sasasa 川を利用する発電計画である。現地調査時の流量は約 0.1m³/s 程度あった。同河川には上水道の供給設備が設置してあり、設置以降、干上がったことはないとの情報を得たことから、乾期でも流量は確保できると推定される。また、T/C 中心から約 2.0km 離れた地点に落差 20m ほどの滝があり、発電落差の確保も容易である。今回の踏査の結果から、設備出力 20kW 程度のポテンシャル量が推定される。また、需要地から発電計画地点までのアクセスは約 3km である。

- 電化対象 T/C 名 :Usisya T/C
- 河川名 :Sasasa 川
- 流域面積 :85km²
- 調査時河川流量 :0.1m³/s 程度
- 推定総落差 :20m～30m
- 推定設備出力 :20kW

現地踏査で得られたその他の知見

- 今回の踏査で、Usisya T/C と Phase IVにて電化計画のある Chikwina T/C までの約 20km を結ぶ道路の工事が進行中であることを確認した。
- 現時点で Usisya T/C は、既存アクセス道路沿いに既設配電線を延長した場合、その距離は約 50km にもなるため、分散型電源による電化が有力視されたが、建設中の道路が完成すれば、同 T/C は電化予定の Chikwina T/C から約 20km となるので、配電線延長による電化も考慮に入れる必要がある。

6.4.5 マラウイ中部地域の現地踏査

上記机上検討により選定された、図 6-4-1 に示す中部地域のマイクロ水力ポテンシャル候補 1 地点について、現地踏査を実施した。その結果について、表 6-4-2(5)にまとめた。以下に、踏査結果の概要を述べる。

【Nkhotakota 地域】(表 6-4-2(5)参照)

21. Dwambadzi 地点

当地点は、Nkhotakota District において 2 番目の電化優先順位となっている Dwambadzi T/C に対する電力供給を目的に、当 T/C に隣接する Dwambani 川を利用する発電計画である。村落社会調査結果から得られた情報では、当 T/C は既設

配電線より 38km 離れているということであったが、現地踏査によりその距離を確認したところ、当 T/C から約 17km の地点まで既設配電線が延伸していることを確認した。

また現地踏査時、雨期ということもあり、豊富な河川流量を確認することができたが、対象 T/C 周辺の河川形態が平坦であり発電落差を確保できる地形的な条件は見出せなかった。5km 程度上流に遡れば落差の確保が可能となるが、需要地から離れてしまうこと、アクセスが困難であること等の理由により、その意義は薄い。以上のことから、当河川には Dwambadzi T/C への電力供給源としてのマイクロ水力ポテンシャルはないと判断される。

6.4.6 マラウイ南部地域の現地踏査

上記机上検討により選定された、図 6-4-1 に示す南部地域のマイクロ水力ポテンシャル候補 14 地点について、現地踏査を実施した。その結果について、表 6-4-2(5)～(7)にまとめた。開発有望な水力ポテンシャルが確認された地点は 3 箇所であった。以下に、各地点毎の踏査結果の概要を述べる。

【Makanjila 地域】(表 6-4-2(5)参照)

22. Mafi 地点

当地点は、既設配電線より約 25km 離れた Namalaka T/C に対する電力供給を目的とするものであり、当 T/C の近傍を流れる Mafi 川を利用する発電計画である。現地踏査時、同河川の流量はほとんどなく、村民からの聞き取り調査でも、毎年干上がるとのことであった。しかしながら、当河川の集水域は Namizimu 森林保護区となっており、比較的大きな流域面積(93km²程度)を確保できる河川であることから、今回確認した地点より、約 4km 上流に遡った山間部には流量があることが想定される。これは、北部の Chilumba 地域の河川に見られた特徴と同様に、山間部を流出した河川流量は、平野部を流下するうちに蒸発散や灌漑取水等により、著しく減少することによるものと考えられる。したがって、当 T/C に対するのマイクロ水力の有無の判断は、この上流部を調査する必要がある。

23. Ngapani 地点(発電計画のイメージ:図 6-4-9)

当地点は、既設配電線より約 38km 離れた Kwisimba T/C に対する電力供給を目的とするものであり、当 T/C の近傍を流れる Ngapani 川を利用する発電計画である。同河川はその流域に Namizimu 森林保護区を含み、流域面積も 48km²を確保できることから、ある程度の流量が期待されたが、現地踏査時の流量は 0.05m³/s 程度であった。さらに、河川勾配が緩やかなため、発電落差を確保するためには長い導水路が

必要である。今回の踏査では最大でも 5kW 程度のポテンシャル量と推定される。一方、需要地から発電所計画地点までは約 2km である。

- 電化対象 T/C 名 :Kwisimba T/C
- 河川名 :Ngapani 川
- 流域面積 :48km²
- 調査時河川流量 :0.05m³/s 程度
- 推定総落差 :5m～15m
- 推定設備出力 :5kW

【Mangochi の西部地域】(表 6-4-2(5)参照)

24. Mtemankhokwe 地点(発電計画のイメージ:図 6-4-10)

Mangochi の西地域は、マラウイ国でも特に降雨量が少ない地域で、年間降雨量は 700mm 程度しかない。このため当初は、マイクロ水力ポテンシャルを有する可能性は小さいと考えていたが、地元住民による情報で、年間を通じて河川流量が見込める河川(Mtemankhokwe 川)があるとのことから現地踏査を実施することとした。

当地点は、既設配電線より約 23km 離れた Katema T/C への供給を目的とした発電計画である。現地踏査時の Mtemankhokwe 川の流量は 0.1m³/s 以下であったが、落差 20m 程度の滝があり、これを利用した 20m～30m の発電落差が確保できることを簡単な水路縦断測量にて確認した。したがって、今回の踏査結果では、設備出力 25kW 程度のポテンシャル量が推定される。一方、需要地から発電所計画地点までは約 4km であるが、アクセス道路の新設は約 300m 程度ですむ。

- 電化対象 T/C 名 :Katema T/C
- 河川名 :Mtemankhokwe 川
- 流域面積 :24km²
- 調査時河川流量 :0.1m³/s 以下
- 推定発電落差 :20m～30m
- 推定設備出力 :25kW

25. Ntobwa 地点

当地点は、既設配電線より約 25km 離れた ChiripaT/C への電力供給を目的とし、同 T/C の近傍を流れる Ntobwa 川を利用する計画である。現地踏査時の同河川の流量はごく僅かであり、村民の話では干上がることはないとのことであった。しかし発電に利用することは困難と判断される。また、村民からの聞き取り調査でも、当 T/C 近傍の河川は毎年干上がるとのことであった。したがって、当 T/C を電化するための水力ポテンシャルは、近傍にはないと判断される。

【Mwanza 周辺地域】(表 6-4-2(6)参照)

26.Tsupe 地点

当地点は既設配電線より約 23km 離れた Thambani T/C への電力供給を目的とし、同 T/C の近傍を流れる Tsupe 川を利用する計画である。現地踏査時の同河川の流量は $0.03\text{m}^3/\text{s}$ 程度であったが、村民の話では干上がることはないとのことであった。一方、河川勾配が緩やかなため、発電落差はせいぜい 10m 程度を確保できる程度である。今回の踏査では最大でも 2kW 程度のポテンシャル量と推定され、Tsupe 川のマイクロ水力のポテンシャル量は非常に小さいと判断する。

27.Ngona 地点

当地点は、既設配電線より約 42km 離れた Changoima T/C に対する電力供給を目的に、当 T/C に隣接する Ngona 川を利用する発電計画である。取水候補地点での流域面積は 140km^2 と大きく、踏査時の流量も $0.03\text{m}^3/\text{s}$ 程度確認されたが、村民からの聞き取り調査では、2～3 年に一度の頻度で河川が干上がるとのことであった。さらに、河川勾配が緩やかであり、発電落差の確保も困難であることから、当河川におけるマイクロ水力ポテンシャルは非常に小さいと判断される。

28.Chapananga 地点

当地点は、既設配電線より約 55km 離れた Chapananga T/C への電力供給源として、Mwanza 川支流の Chapananga 川の踏査を実施したが、河川流量はほとんどなく葦が群生してしていた。村民からの聞き取り調査では、毎年河川が干上がるとの情報を得た。したがって、当河川におけるマイクロ水力ポテンシャルは非常に小さいといえる。

現地踏査で得られたその他の知見

- この地域を南北に流れる Mwanza 川の上流部(Mwanza 付近)には、調査時に約 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 程度の河川流量があった。今回の調査では周辺に需要地が確認出来なかったため、この川を利用した発電計画は考慮しなかったが、この川の支流を含めて、マイクロ水力ポテンシャルとしては有望と考えられる。
- Mwanza の北部地域から流下してくる Mkulumazi 川及び Linsugi 川の流量は、国道 2 号線の交差部で、現地踏査時に、共に約 $3\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流量があり、したがって、この上流部域は豊富なマイクロ水力ポテンシャルを有していると考えられる。(しかしながら、この上流部にある需要地 (Neno 等)へは、配電線の延伸計画が既にあるため、本調査の対象域からは除外した。)

【Thyolo の地域】(表 6-4-2(6), (7)参照)

29. Livunzu 地点

当地点は、村落社会調査の結果から、既設配電線から約 22km 離れていること、また T/C 内に上水道供給設備のあることが判ったため、Livunzu T/C に対する電力供給を目的に現地踏査を実施した地点である。

同 T/C には、Water Department の事務所があり、周辺地域の上水道供給設備の管理を行っている。Water Department からの情報では、1990 年から当 T/C 近傍の 4 河川 (Maperarera, Limphangwi, Livunzu, Mbazi River) を連結した上水道供給プロジェクトが開始されたが、1998 年にプロジェクトを実施していたドナーが撤退し、未完成のまま現在に至っている。この 4 河川は年中枯れることはないが、プロジェクト実施時の調査レポートから、乾期には $0.01\text{m}^3/\text{s}$ まで水量が減少することが判った。したがって、当河川には Livunzu T/C への電力供給源としてのマイクロ水力ポテンシャルは小さいと判断される。

30. Nswadzi 地点(発電計画のイメージ:図 6-4-11)

当地点は、既設配電線より約 20km 離れた Makapwa T/C 及び Sandama T/C に電力供給を目的に、T/C に隣接して流下する Nswadzi 川を利用する発電計画である。当河川は、モザンビークとの国境を流れる Ruo 川と合流する Thuchila 川の支流であり、広大な流域面積(380km^2)を有する。現地踏査時、河川流量は $1\text{m}^3/\text{s}$ 程度あり、豊富な流量が確認された。これは、流域面積の約 80% を占めている Tea plantation での散水等による影響が大きいものと推察される。河川勾配は緩く(約 1/80 程度)、導水路は長くなるが、約 5~15m 程度の発電落差を得られる見込みである。したがって、有望なマイクロ水力ポテンシャル地点であると判断される。今回の踏査では、75kW 程度のポテンシャル量を確認するに至った。需要地から発電計画地点までのアクセスは約 3.0km である。

- 電化対象 T/C 名 : Sandama T/C
- 河川名 : Nswadzi 川
- 流域面積 : 380km^2
- 調査時河川流量 : $1\text{m}^3/\text{s}$ 程度
- 推定総落差 : 10m~15m
- 推定設備出力 : 75kW

第 3 次現地調査にて、簡易な水路縦断測量を実施するために、再度当地点へ訪れたところ、11kV の配電線が T/C 中心から 6km 付近まで延伸されていた。したがって、マイクロ水力よりも配電線延伸による電化方法が優位であると判断される。

31. Nsandi 地点

当地点は、村落社会調査の結果から、既設配電線から約 20km 離れているとの情報を得たことから、Nsandi T/C に対する電力供給を目的に現地踏査を実施した。しかし、現地踏査の結果、T/C から 18km 離れた地点まで配電線が延伸されていることを確認した。

Nsandi 川は Lechenza 川の支流で、T/C 中心から上流へ約 3km 離れた地点に落差 15m 程度の滝があり、その上流を取水地点とした場合、発電落差は約 20m 確保できる。しかし、乾期には河川流量が減るとの情報を村民から得たため、乾期に再度河川流量を確認する必要があるが、現地調査時に 33kV の配電線末端部が T/C から 2.5km 付近に存在することを確認した。したがって、マイクロ水力よりも配電線延伸による電化方法が優位であると判断される。

【Mulanje 山の周辺地域】(表 6-4-2(7)参照)

32. Namadzi 地点

当地点は、村落社会調査の結果により、既設配電線から約 31km 離れているとの情報を得たことから、Milepa T/C に対する電力供給を目的に現地踏査を実施した。

Namadzi 川は、上流に Tobacco Estate を有し流域面積は 266km²、Milepa T/C から約 1km 付近を流れている。村民から、この河川は過去に 1 度だけ干上がった以外は、年間を通じて枯れることはないとの情報を得た。しかし、T/C 周辺の地形は平坦で河川勾配が非常に緩いため、発電落差を得ることは難しい。したがって、当地点はマイクロ水力ポテンシャルが小さいと判断される。

33. Khuluzulu 地点

当地点は、村落社会調査の結果から、既設配電線から約 20km 離れていること、また T/C 内に上水道供給設備があることが判ったため、Chiringa T/C に対する電力供給を目的に現地踏査を実施した。

上水道供給設備は、同 T/C から 5～6km 離れた Khuluzulu 川上流から取水し、T/C まで導水されており、T/C 付近の河川幅は 50cm 程度の小川という状況であった。

また、同 T/C 中心から 14km 離れた Migowi まで ESCOM により配電線が延伸されていることを確認した。さらに、当 T/C の規模が大きいため、需要も大きいと想定されることから、マイクロ水力よりも配電線延伸による電化の方が優位であると判断される。

34. Muloza 地点

Mulanje 山は、Mulanje 郡の東端に位置する標高約 3,000m を有するマラウイ国で一番標高の高い山である。この地域の年間平均降雨量は 2,000mm 程度とマラウイでも

有数の多雨地域である。この山の南側の麓には、この豊富な降雨を期待した大規模な Tea Plantation が広がっている。この Tea Plantation の一つが、1950 年代に設置されたマイクロ水力を運営しており、これが現在稼働しているマラウイ国で唯一のマイクロ水力発電所である。

当地点は、既設配電線より約 21km 離れた Mlelemba T/C に電力供給を目的に、T/C に隣接して流下する Muloza 川を利用する発電計画である。現地調査時、同河川において約 $0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流量しか確認できず、村民からの聞き取り調査でも、毎年この程度の流量であるとのことであり、期待された程の流量はなかった。

同河川は、小滝が連続する溪谷を成しており比較的急流であるため、発電落差は稼げると考えられる。しかしながら、川幅が約 100m もあること、河川内には大きな岩石が多数あること等の地形的条件から、取水設備の設置については、施工上非常に不利な地点であることが判った。これは、建設コストの増大につながり、流量 $0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度では仮に 20m 程度の落差を確保できても、設備出力は 7kW 程度であり、得られる出力と建設工事費のバランスが悪く、経済性の極端な悪化が懸念される。一方、今回の調査で T/C 周辺に取水に適した地点を確認したが、この地点より下流で同河川は平坦地を流下しており、発電落差の確保が難しい。推定では 5m 程度は確保できそうであるが、これによる設備出力は約 2kW 程度と非常に小さい。以上のことから、Muloza 川のマイクロ水力のポテンシャル量は非常に小さいと判断する。

35.Nasinga 地点

当地点は、既設配電線より約 15km 離れた Nkhulambe T/C に対する電力供給を目的に、当 T/C に隣接する Nasinga 川を利用する発電計画である。今回は河川流量のみを確認しただけであるが、踏査時の流量は約 $0.02\text{m}^3/\text{s}$ 程度であった。Map Study で推定された約 15m 程度の発電落差を考慮しても、2kW 程度のポテンシャル量と推定され、したがって、Nasinga 川のマイクロ水力のポテンシャル量は非常に小さいと判断される。

現地踏査で得られたその他の知見

- 年間平均降雨量が 2,000mm 程度とマラウイ国で最も多雨な地域であったが、周辺河川に期待していた程の流量を確認できなかった。現地踏査時にも道路を交差部で多数の河川の流況を確認したが、ほとんどが干上がっていた。

6.4.7 その他の未電化 T/C におけるマイクロ水力ポテンシャルについて

本調査の地方電化計画策定の対象となっている未電化 T/C は全部で 249 箇所であ

る。これらは、村落社会調査で明らかにされたものである。これら未電化 T/C への電力供給を目的とした当該 T/C 周辺のマイクロ水力ポテンシャルの有無について、下記事項を考慮した上で、机上検討(Map Study)を実施した。

- 既存配電線からの離隔距離が 20km 以上 T/C を対象とする
→ 20km 以下の未電化 T/C については、後述する経済性検討結果から、配電線による電化が経済的に明らかに優位と考えられるので、机上検討の対象から除外する。
- Map study の手法は 6.4.2 に記載する通りであるが、現地調査で得られた知見を十分に生かし、より確度の高い検討を実施する。

上記検討の結果を表 6-4-3 に示す。同表は、対象 249 地点のうち既設配電線からの距離が 20km 以上となる地点 26 箇所について、推定ポテンシャル量及びポテンシャルがないと推定される地点についてはその理由を記載したものである。全部で 11 地点がポテンシャルを有すると判断された。

6.4.8 確認された有望マイクロ水力ポテンシャル地点

上記調査の結果、有望なマイクロ水力ポテンシャル地点として、以下の 11 地点が確認された。これらの地点については、電化対象 T/Cs における利用可能な電化手法の一つとして、他の電化手法との経済比較が実施される。

District	T/C	Distance from the grid	Potential site	Potential estimated (P, Q, H)		
Chitipa	Chisenga	35km	Chisenga	15kW	0.10m ³ /s	15-20m
Chitipa	Mulembe	35km	Kakasu	15kW	0.10m ³ /s	10-30m
Chitipa	Nthalire	102km	Choyoti	60kW	0.20m ³ /s	30-40m
Rumphi	Katowo	45km	Hewe	45kW	0.20m ³ /s	25-30m
Rumphi	Nchenachena	23km	Nchenachena	30kW	0.20m ³ /s	10-30m
Nkhatabay	Khondowe	-*	Murwerzi	5kW	0.05m ³ /s	10-15m
Nkhatabay	Ruarwe	-*	Lizunkhuni	50kW	0.15m ³ /s	50-60m
Nkhatabay	Usisya	50km	Sasasa	20kW	0.10m ³ /s	20-30m
Mangochi	Kwisimba	38km	Ngapani	5kW	0.05m ³ /s	5-15m
Mangochi	Katema	23km	Mtemankhokwe	25kW	0.10m ³ /s	20-30m
Thyolo	Sandama	6km	Nswadzi	75kW	1.00m ³ /s	5-15m

*) アクセスするための道路がないため、距離の測定が不可能

6.4.9 マイクロ水力ポテンシャル調査結果の地方電化データベースへの反映

今回のポテンシャル調査で得られた各踏査地点(地域)毎の具体的な情報は、地方電化データベースに掲載されている未電化 T/C におけるマイクロ水力ポテンシャルの情報として、同データベースに盛り込まれた。

また、今回の調査を通じて、マラウイ国のマイクロ水力ポテンシャルに関わる知見として、下記を得た。

- 年間平均降雨量が 1,000mm程度あり、集水流域に森林保護区をもつ河川は、流域面積が極端に小さい山間部であっても、年間を通じた河川流量が期待できる。
- このような河川には、1980～1990 年代にマラウイ政府が T/C への上水道供給用に設置した給水設備が設置されていることが多く、この設備の有無を確認することは、ポテンシャル調査において重要な情報である。
- 一方、このような条件の河川であっても、山間部を流出した流量は平野部で急激に干上がってしまうことがあり、同一河川で下流に向かい流域面積の増加に伴い、河川流量も多くなるという一般常識は限らずしも当てはまらない。

特に、上記の知見で記載されている上水道給水設備に関わる情報は、マイクロ水力ポテンシャルの有無に大きく関わる重要な情報であるので、今後これら設備の設置に関わる当時の資料を入手し、その情報も地方電化データベースに盛り込むことが望まれる。

6.5 マイクロ水力開発の自然・社会環境に与える影響について

一般的に、マイクロ水力開発はその開発規模が小さく、建設工事に伴う改変地域も極めて限定されるため、住民移転の発生等に代表される社会環境面、並びに貴重生物種の保護に代表される自然環境面へ与えるマイナスの影響は軽微であると言える。

以下に、マイクロ水力開発において想定される自然・社会環境面へ影響について、マラウイでの事例を含めて記載する。

- 社会環境面へ与える影響については、発電構造物設置のための土地収容が挙げられる。今回踏査した地点においても、構造物候補地点がメイズ畑として利用されている例が多数見受けられた。同行した C/P の見解では、これら個人所有の土地の収容について、移転補償を的確に行えば問題となることはないとのことであった。
- 自然環境面へ与える影響については、森林保護区並びに国立公園内での開発が、それらの区域で保護されている野生生物並びに植生に影響を与えることが挙げられる。実際、今回の現地踏査でも、ポテンシャルを有する地点は、森林保護区内にある例が多く見受けられた。一般的に、このような区域に

おける開発行為は、何らかの規制を受けることが多い。今回の踏査では前述した Wowve 水力発電所(出力 4.5MW)を視察することができたが、同発電所の水路設備の大半はマラウイ国でも有名な Nyika 国立公園内に設置されている。同行した C/P の見解では、環境影響調査に基づき適切な影響対策を講じれば、たとえ国立公園内であっても水力開発に問題はないとのことであった。

以上のことを考慮すれば、Map Study が主体のポテンシャル調査の段階では、環境影響に関わる問題については、明確な影響要因(国立公園内の立地等)の有無を確認することに留めても、ポテンシャル調査の目的を阻害するものではないと判断する。個別ポテンシャル地点の環境影響の調査は、そのポテンシャル地点が最適電化手法として選定された段階で実施するケーススタディにおいて検討する。

6.6 マイクロ水力開発に関わる概算工事費算定手法の提案

6.6.1 目的

本調査では、各未電化 T/Cs に対する電化方法として、他の電化方法との比較により、経済的に最適な方法を選定することとしている。この経済比較に当たっては、マイクロ水力開発地点の概算工事費を推定することが必要となる。ここでは、1/50,000 地形図と現地踏査から得られる情報から、一定の基準で平等に各ポテンシャル地点の工事費をマスタープラン調査レベルで推定する手法を検討し、提案する。

6.6.2 コストデータの収集

(1) 土木工事

マイクロ水力発電においては、Masonry(練り石)造りの土木構造物を建設する例が多い。今回の現地踏査中に、地方部の道路で多数見られた小河川を横断する小さな橋や道路沿いの側溝は、この Masonry 造りであり、この建設技術はそのままマイクロ水力発電の土木工事に適用することができる。一般に、マイクロ水力開発の成否は、設置する設備の仕様に依存する部分が大きく、設備に損壊や故障等が発生した場合にでも、マラウイ国の技術で修繕できる設備仕様とすることが、継続的な運営を行う上で重要な要素である。特に土木構造物の日常の保守運営は村民により実施されることを考慮すれば、継続的な運営を行う上で、土木構造物に対する簡単な修繕等については、村民自らが、経済的、技術的に実施可能な設備仕様を採用することが重要である。以上のことから、マイクロ水力発電の土木構造物については、村民レベルでその建設技術が確立されている Masonry 造りの構造物を基本とする。

土木工事に関わる建設単価等については、マラウイ国の現地建設会社数社から、これらに関わる情報を入手すると同時に、過去のマラウイ国における水力発電プロジェクトでの検討事例を参考に、妥当な単価を設定した。

(2) 電気・機械工事

一方、電気及び機械関係の機器については、マラウイ国で一切生産されていないので、他国からの輸入に頼ることとなる。水車・発電機については、各ポテンシャル地点の使用水量及び落差と図.6-6-1 に示す水車選定図より、適切な水車型式を検討した結果、マイクロ水力発電で一般的に採用されるクロスフロー水車を採用することとした。

この型式の水車は、マラウイ国では日本製、ヨーロッパ製及び南アフリカ製の機器が採用可能であるので、それらについてコストと信頼性を比較検討した。

その結果、南アフリカ製→ヨーロッパ製→日本製の順で価格が高くなるが、信頼性の面では、ヨーロッパ製及び日本製は多くの採用実績等から判断して問題ないことが確認されたが、南アフリカ製については、採用実績も少なく、その信頼性を確認することができなかった。

以上のことから、本調査では、その信頼性が確認され、価格も日本製より有利なヨーロッパ製の水車・発電機を対象に、コストを見積もることとした。このヨーロッパ製の機器は隣国のタンザニア国に輸入代理店があり、専門のサービススタッフが常駐していることから、将来の保守サービスの面でも有利であると考えられる。

一方、水圧鉄管、ゲート、スクリーン関係のコストについては、過去のマラウイ国における水力発電プロジェクトでのコスト検討事例等を参考に、妥当な単価を設定した。

6.6.3 ポテンシャル地点の概算工事費

ポテンシャル地点の概算工事費は、M/Pレベルで算定することとし、1/50,000地形図を利用して、以下に示す手順で実施する。

なお、以下の算定は、現地踏査実施前の段階を想定している。

I. 建設工事費

1.1 仮設備工事

準備工事は、取付道路と橋梁(大規模、小規模)の工事費とする。取付道路の延長と橋梁の数は1/50,000地形図から推定する。これら工種の建設単価は、マ

ラウイ国における複数の建設会社から得た情報、並びに過去のプロジェクトで採用された建設単価を総合的に考慮して設定した。また、雑工事費を考慮して、上記工事費の合計の10%を計上する。

1.2 土木工事

土木工事については、土木構造物を、その工事費の算定に最も依存する発電計画諸元毎に、以下の通り3項目に区分して検討する。

- ① 取水堰, 取水口, ヘッドタンク, 発電所 → 発電使用水量に依存
- ② 導水路, 放水路 → 発電使用水量と延長に依存
- ③ 水圧鉄管, 余水路 → 水路延長に依存

算定工種は、土砂掘削、岩盤掘削及び練り石工とし、その建設単価は、マラウイ国における複数の建設会社からの情報並びに過去のプロジェクトで採用された建設単価を総合的に考慮して設定した。

これらの工種毎の数量は、以下に示す算定式により算定する。また、雑工事費として上記各工事費の合計の15%を計上する。

(1) 取水堰, 取水口, ヘッドタンク及び発電所

これら構造物の合算した練り石工の数量について、マイクロ水力開発における既往地点の積算実績を分析した結果、発電使用水量(m^3/s)と練り石工の合算数量(m^3)との間には、以下の関係式が成立することが判った。本調査では、この式を用いて練り石工の合算数量を算定する。

$$M_a = 530.18 \times Q$$

ここに、 M_a ; 練り石工の合算数量 (m^3)

Q ; 発電使用水量 (m^3/s)

また、合算した掘削数量(m^3)についても、既往地点の積算実績を基に、その傾向を分析した結果、練り石工の数量の1~5倍に相当することが判った。この倍率における差違は、地点毎の地形条件に依存するものであり、地形が平坦であれば掘削量は減るのでこの倍率は小さくなるが、地形が急峻であれば斜面を掘削する必要があるため掘削量が増え、この倍率は大きくなる。また同様に、土砂掘削量と岩盤掘削量の比率についても地形条件に左右される。

このような地形条件を1/50,000地形図から判読することは難しいので、この段階においては、合算掘削量は、練り石工の数量の2倍とし、土砂掘削と岩盤掘削の比率は0.3:0.7とし、以下の式により算定することとした。

$$Ex(c) = M_a \times A \times B_s$$

$$Ex(r) = M_a \times A \times B_r$$

ここに、
 $Ex(c)$; 合算した土砂掘削量 (m^3)
 $Ex(r)$; 合算した岩盤掘削量 (m^3)
 M_a ; 練り石工の合算数量 (m^3)
 A ; 地形条件によって決まる練り石工の数量に対する倍率
 B_s, B_r ; 地形条件によって決まる全掘削量に占める土砂掘削と岩盤掘削の比率

(2) 導水路及び放水路

導・放水路のライニング断面積と発電使用水量との間には、通水量計算の結果から、以下の関係式が成立することが判った。

$$S = 0.5178 \times Q + 0.2052$$

ここに、
 S ; 水路のライニング断面積 (m^2)
 Q ; 90%信頼流量 (m^3/s)

上式で算定された水路のライニング断面積と、1/50,000 地形図から推定される導水路及び放水路の合算延長により、練り石工の合算数量を下記の式で算出する。

$$M_b = S \times L$$

ここに、
 M_b ; 練り石工の合算数量 (m^3)
 S ; 水路のライニング断面積 (m^2)
 L ; 合算の水路延長 (m)

また、合算した掘削数量(m^3)については、既往地点の積算実績を基に、その傾向を分析した結果、練り石工の数量の 4~10 倍に相当することが判った。この差違も、1)で記述した、地点毎の地形条件に依存するものである。

この段階では、1)と同様の考え方で、合算掘削量は、練り石工の数量の 5 倍とし、土砂掘削量と岩盤掘削量の比率は 0.3 : 0.7 とし、以下の式により算定する。

$$Ex(c) = M_b \times A \times B_s$$

$$Ex(r) = M_b \times A \times B_r$$

ここに、
 $Ex(c)$; 合算した土砂掘削量 (m^3)
 $Ex(r)$; 合算した岩盤掘削量 (m^3)
 M_b ; 練り石工の合算数量 (m^3)

A ; 地形条件によって決まる練り石工の数量に対する比率

B_s, B_r ; 地形条件によって決まる全掘削量に占める土砂掘削と岩盤掘削との比率

(3) 水圧鉄管及び余水路

これらの構造物の合算した練り石工の数量について、マイクロ水力開発における既往地点の積算実績を分析した結果、水路延長(m)と練り石工の合算数量(m^3)との間には、以下の関係式が成立することが判った。本調査では、この式を用いて練り石工の合算数量を算定する。

$$Mc = 0.14 \times L$$

ここに、 Mc ; 練り石工の合算数量 (m^3)

L ; 水路延長 (m)

また、合算した掘削数量(m^3)については、既往地点の積算実績を基に、その傾向を分析した結果、練り石工の数量の0.3倍前後に相当することが判ったので、土砂掘削量と岩盤掘削量の比率を0.3:0.7とし、以下の式により算定する。

$$Ex(c) = 0.30 \times Mc \times B_s$$

$$Ex(r) = 0.30 \times Mc \times B_r$$

ここに、 Ex(c) ; 合算した土砂掘削量 (m^3)

Ex(r) ; 合算した岩盤掘削量 (m^3)

Mc ; 練り石工の合算数量 (m^3)

B_s, B_r ; 地形条件によって決まる全掘削量に占める土砂掘削と岩盤掘削との比率

1.3 鋼構造物工事

鋼構造物工事は、1)ゲート及びスクリーン、2)水圧鉄管の2項目に区分して算定する。その建設単価は、過去のマラウイ国内外のマイクロ水力開発プロジェクトで採用された建設単価を考慮して設定した。数量は、以下に示す算定式により算定する。また、雑工事費として、上記各工事費の合計の10%を計上する。

(1) ゲート及びスクリーン

ゲートとスクリーンの合算した総重量について、マイクロ水力開発における既往地点の積算実績を分析した結果、発電使用水量(m^3/s)と総重量(t)との間には、以下の関係式が成立することが判明した。本調査では、この式を用いて総重量を算定する。

$$W_s = 18.18 \times Q$$

ここに、 W_s ; ゲート及びスクリーンの総重量 (t)
 Q ; 発電使用水量 (m^3/s)

(2) 水圧鉄管

水圧鉄管の重量は、以下の式にて算出する。

$$W_p = 7.85 \times \pi \times D_p \times t \times 10^{-3} \times 1.15 \times L$$

$$t = 0.0362 \times H \times D_p + 2$$

ここに、 W_p ; 水圧鉄管の重量 (t)
 D_p ; 水圧鉄管の平均内径 (m)
 $D_p = (2 \cdot Q / \pi)^{1/2}$, Q = 発電使用水量 (m^3/s)
 t ; 水圧鉄管の管厚 (mm)
 L ; 水圧管路延長 (m)
 H ; 設計水頭 (m)

1.4 電気関係工事(水車・発電機等)

水車・発電機については、前述の通り、欧州製の機器を対象とすることとしたが、マラウイ国には過去にこれらの機器の納入実績がない。したがって、これを取扱うメーカーから得た情報を基に、以下の算定式を推定した。本調査では、水車・発電機を含む電気関係工事費を以下の式により算定する。

$$T_c = 671.98 \times P_p + 108,410$$

ここに、 T_c ; 水車・発電機コスト (US\$)
 P_p ; 発電出力 (kW)

南アフリカ共和国においても、非常に安価な水車・発電機の購入は可能であるが、その製品の信頼性等を判断するための情報が得られないため、今回はその採用は見送っている。ただし、今後これに関わる情報を入手し、その信頼性を確認することができれば、この南アフリカ製の水車・発電機を対象に、コストを算定することも可能である。

1.5 配電線工事

マイクロ水力開発に伴う、off-grid の工事費は、第 3 章に示す配電線のコスト算定手法に基づいて算定する。

II. エンジニアリングサービス

詳細設計、資機材調達及び施工管理のためのエンジニアリングサービス費用として、上記に示す建設工事の 8.0% を計上する。

Ⅲ.一般管理費

プロジェクトの発注者となる DOE の一般管理費として、上記に示す建設工事費の 3.0%を計上する。

Ⅳ.用地補償費

発電所構造物の建設用地の補償費として、上記に示す建設工事費の 3.0%を計上する。

Ⅴ.付加価値税

本レポートでは、建設工事及びエンジニアリングサービスに関わる費用に対して、10%の付加価値税を考慮する。

ただし、C/P とのドラフトファイナルレポートに関わる協議（2003 年 1 月実施）で、同国の付加価値税の税率が 20%に変更になったとの情報が調査団に伝えられた。したがって、実際のプロジェクト実施時には、その時点での付加価値税率に応じた、工事費積算の見直しが必要である。

上記項目（Ⅰ～Ⅴ）の合計額がマイクロ水力ポテンシャル地点の概算工事費である。

6.6.4 現地踏査結果の概算工事費算定への反映

上記の算定では、現地踏査を実施する前を想定している。実際に現地踏査を実施した地点について、発電使用水量、発電落差等の見直しが必要であれば、それに伴う発電計画緒元の見直しも行い、最終的なポテンシャル量を決定する必要がある。

さらに、現地踏査の結果で明らかになった地形条件等を反映させて、より精度の高い工事費の算出を行う。以下に、現場踏査の結果をどのように反映させるかを示す。

(1) 準備工事

現地踏査で確認されたアクセス道路の延長、必要な橋梁数等の情報を、工事費算定に反映させる。

(2) 土木工事

現地踏査の結果、発電計画緒元の見直しがあった場合には、それを考慮して、工事数量を前述の各算定式に基づき、再度算定する。また、現地踏査で確認された土木

構造物地点の地形条件等の情報を、工事費算出に反映させる。具体的には以下の通り。

- ・掘削量を算定する場合の、練り石工数量に対する倍率(A)
→地形が急峻であれば、この倍率を大きくする。
- ・全掘削量における、土砂掘削量と岩盤掘削量の比率(B_s , B_r)
→山岳地帯であれば、 B_r の比率を増加させる。

(3) 用地補償費

構造物サイトの土地利用状況から判断して、補償費が嵩むと想定される場合には、比率を大きくする。

6.6.5 マイクロ水力ポテンシャル地点の工事費算定結果

今回の調査でポテンシャルが確認された 11 地点(表.6-4-3 参照)について、上記手法に沿って算定した概略工事費算定結果の要約を以下に、その内訳を添付資料-1 に示す。

District	T/C	Site	Output (kW)	Amount (US\$)
Chitipa	Chisenga	Chisenga	15	433,610
Chitipa	Mulembe	Kakasu	15	487,140
Chitipa	Nthalire	Choyoti	60	896,580
Rumphi	Katowo	Hewe	45	641,090
Rumphi	Nchenachena	Nchenachena	30	476,890
Nkhatabay	Khondowe	Murwezi	5	299,890
Nkhatabay	Ruarwe	Lizunkhuni	50	631,460
Nkhatabay	Usisya	Sasasa	20	493,150
Mangochi	Kwisimba	Ngapani	5	473,450
Mangochi	Katema	Mtemankhokwe	25	392,200
Thyolo	Sandama	Nswadzi	75	1,213,930

6.7 マイクロ水力発電の経済性評価

本調査では、未電化 T/Cs の電化手法として、配電線の延長、マイクロ水力、太陽光発電及びディーゼル発電が考慮されている。これらの電化手法の中から、最適な電化手法を、電化対象村落毎に経済性の観点に立って選定することが、各電化手法の経済性評価における主目的である。つまり、ここで行われる経済性評価は、その地方電化プロジェクトを実施するか否かを判断するために行われるものではなく、電

化の実施が決定している未電化 T/C に対して、利用できる代替電化手法のうち、最も安価な(経済的な)手法を選定することを目的に行われるものである。

この際に採用される手法は、当該電化手法が実施されなかった場合の代替電源としてディーゼル発電を想定し、このコストを便益 (Benefit) とし、当該電化手法のコスト (Cost) を耐用年間の現在価値換算で比較する B/C 法が採用される。

ここでは、今回の調査でマイクロ水力ポテンシャルが確認された 11 地点(表 6-4-3 参照)について、上記 6.6 節で算定された概略工事費(添付資料-1)を基に、その経済性を上記 B/C 法により評価した。以下に、B/C 法の具体的手順とその結果について述べる。

6.7.1 採用する評価手法(B/C 法)について

一般に、電力プロジェクトの経済比較においては、当該プロジェクトが実現した場合、実現しなかった場合を比較するという概念が採用される。これを地方電化プロジェクトに当てはめると、比較対象である配電線延長や小水力発電等の各電化手法に関わるコストと、それが実現しなかった場合に同等の便益を提供する代替電源のコストを比較するという事に相当する。この手法は、一般に代替火力法と呼ばれており、電力プロジェクトの経済性評価に広く採用されている。

本調査でも、この概念を採用する。代替電源としては、分散型電源として一般的に利用されているディーゼル発電を採用する。これに関わる総費用(O&M 費用を含む)を Benefit (B) とみなし、比較対象の配電線延長や小水力発電等の各電化手法に関わる総費用を Cost (C) とし、Discounted Cash Flow method により、これらの費用を耐用年数 20 年間で資金展開した上で、現在価値に換算し、Benefit と Cost の比率(B/C)で、その経済性を評価する。これにより、運用開始後の O&M 費用をも考慮した経済比較が可能となる。

6.7.2 経済評価の手順

Discounted Cash Flow method による経済比較の実施手順は以下の通り。

- ①代替電源(ディーゼル発電)による電化費用 (Benefit) の算定
- ②マイクロ水力発電に関わる電化費用(Cost)の算定
- ③耐用年数 20 年間で Cost と Benefit を現在価値に換算
- ④B/C(便益-費用比率)による経済性評価

上記各項目に対する実施手順を以下に示す。

6.7.3 代替電源(ディーゼル発電)による電化費用(Benefit)の算定

(1) 建設工事費

各電化対象村落で想定された電力需要を全てディーゼル発電で賄うことと仮定して、その建設工事費を以下の式により算定する。

$$T_{D2} = (402.34 \times P_p + 56,749) + C_{DL}$$

ここに、 T_{D2} ; 建設工事費 (US\$)
 P_p ; 想定電力需要 (kW)
 C_{DL} ; 配電線建設費 (US\$)

上記算定式は、2002年6月に着手されたマラウイ国リコマ島における地方電化プロジェクト(ディーゼル発電所の建設)の建設費(輸送費等を含む)を参考に導出したものである。なお、需要地内の配電線建設費は、第3章に記載された方法で算出する。

(2) 運営維持管理費

ディーゼルの運営維持管理費は、「発電所運営費」と「燃料費」の合計として、以下の通り算定する。

- 発電所運営費

発電所の運営は、他地点(東南アジア)の運営実績を考慮して、総括責任者、電気技術者、土木技術者、機械技術者、配電線管理者及び燃料運搬者(2名)の合計7名で行うと想定した。また、維持管理に関わる資機材費として、上記の建設工事費の2.0%を計上する。なお人件費の日単価は、総括責任者はUS\$10.0、技術者はUS\$8.0、そして燃料運搬者はUS\$5.0と想定した。

- 燃料費

ディーゼル発電機の運転に必要な燃料は、設置する機器の設備容量によって燃料消費率が異なるので、これを以下の式で算定する。

$$F_{D2} = 0.1476 \times P_p$$

ここに、 F_{D2} ; ディーゼル発電機の燃料消費率 (L/h)
 P_p ; 最大出力 (kW)

この燃料消費率と、想定された年間電力需要量から、燃料消費量を推定し、これに燃料単価を乗じて、年間の燃料費を算出する。燃料単価については、本来であれば地点毎の輸送費等を考慮して決定されるべきものではある。しかしながら、以下の理由から、陸上運搬が困難であることが明らかである地点を除いて、燃料費単価には運送費を含めず、市販の単価を採用

する。

- ・ この段階での検討はマスタープランスタディレベルであり、Map Study が主体である。したがって、運搬経路や道路状況等を各地点毎に判断することは難しいこと
- ・ ここでの経済性評価の目的は、最適電化手法の選定であり、これは各電化手法間での B/C 値の大小関係で判断される。一方、ディーゼル発電の費用は、各電化手法(マイクロ水力、配電線延長及び太陽光)の便益(B)として一律に考慮されるものである。したがって、燃料費の大小が、各電化手法間の B/C 値の相対的な大小関係に与える影響は軽微であり、その大小関係を逆転させるものではないこと

6.7.4 マイクロ水力発電に関わる電化費用(Cost)の算定

(1) 初期投資費用

マイクロ水力の初期投資費用は、上記 6.6 節で算定された概算工事費とする。

一方、想定された電化対象 T/Cs の電力需要を、マイクロ水力発電のみで賄うことが不可能である場合には、マイクロ水力発電で不足する分をディーゼル発電で補うこととする。この場合のディーゼル発電に関わる初期投資費用は、前項 6.7.3 で記載した手順で算定する。そして、算定されたマイクロ水力+ディーゼルの費用を初期投資費用とする。

(2) 維持管理費

発電所の運営は、他地点(東南アジア)の運営実績を考慮して、総括責任者、電気技術者、機械技術者、土木技術者及び配電線管理者の合計 5 名で行うと想定した。水力発電で不足するディーゼル発電の運営管理については、原則的に上記 5 名が兼任し、これに燃料を運搬する 2 名が加わることと仮定した。また、維持管理に関わる資機材費として、初期投資費用の 2.0%を計上する。また、ディーゼル発電用の燃料費については前項 6.7.3 で記載した手順で算定する。なお人件費の日単価は、総括責任者は US\$10.0、技術者は US\$8.0、そして燃料運搬者は US\$5.0 と想定した。

6.7.5 コストと便益を現在価値に換算

上記で算定した代替電源(ディーゼル発電)の費用(Benefit) と、マイクロ水力発電による電化費用(Cost)を、耐用年数 20 年間で想定して資金展開する。これを 10%の割引率で割り戻し、便益とコストの現在価値を算定する。なお、ディーゼル発電につい

ては、機器の耐用年数を考慮して、10年毎に発電機本体を交換することとした。

6.7.6 経済性評価

今回の現地踏査でマイクロ水力ポテンシャルが確認された表.6-4-3 に示す 11 地点について、上記の手順で算定した便益とコストの現在価値から、便益費用比率 (B/C) を算定し、これを本調査での経済性評価指標とした。各地点毎の算定結果を添付資料-2 に示すと同時に、その要約を以下に示す。なお、下記ポテンシャル地点は、未電化 T/Cs で想定された電力需要に対して、確認されたマイクロ水力ポテンシャルが小さいため、ディーゼル発電により補うことが必要となっている。

District	T/C	想定需要	水力	ディーゼル	B/C
Chitipa	Chisenga	100kW	15kW	85kW	0.73
Chitipa	Mulembe	40kW	15kW	25kW	0.54
Chitipa	Nthalire	390kW	60kW	330kW	0.88
Rumphu	Katowo	300kW	45kW	255kW	0.90
Rumphu	Nchenachena	190kW	30kW	160kW	0.87
Nkhatabay	Khondowe	100kW	5kW	95kW	0.86
Nkhatabay	Ruarwe	60kW	50kW	10kW	1.01
Nkhatabay	Usisya	140kW	20kW	120kW	0.76
Mangochi	Kwisimba	100kW	5kW	95kW	0.65
Mangochi	Katema	180kW	25kW	155kW	0.89
Thyolo	Sandama	350kW	75kW	266kW	0.79

上記から明らかな通り、B/C 値が 1.0 以上である Ruarwe 地点のみが、マイクロ水力発電+ディーゼル発電による電化が単独ディーゼル発電による電化よりも、経済的に有利となる地点と判断できる。その他の地点は B/C 値が 1.0 以下であるので、単独ディーゼル発電が経済的に有利な電化手法となる。

一般に、マイクロ水力発電がディーゼル発電と比べて経済的に有利(B/C 値が 1.0 以上)となる条件は、マイクロ水力発電の高い初期投資額を、ディーゼル発電の高い維持管理費用によって、プロジェクトライフ(耐用年間)中に取り戻すことができる場合である。Ruarwe 地点を除くその他の地点で B/C 値が 1.0 以下となり、ディーゼル発電が有利となった理由は、Ruarwe 地点を除く他の地点は想定需要に占めるディーゼル発電による補給比率が 80%以上と非常に高くなるため、「マイクロ水力(+ディーゼル発電による補完)」の維持管理費が、「ディーゼル発電単独」の場合のそれと比較して優位な差がなくなり、上述したようなディーゼル発電に対するマイクロ水力

発電のメリットが得られないためと考えられる。

6.8 マイクロ水力開発に関わるケーススタディの実施

6.8.1 実施目的

マイクロ水力開発に関わるケーススタディの実施目的は、以下の通りである。

- ケーススタディの実施を通じて、地方電化としてのマイクロ水力開発の具体的実施手法を明示すること
- Pre-F/S 調査レベルの検討を実施し、対象プロジェクトの技術的、財務的妥当性を検証すると同時に、運営維持組織の代替案を提案すること
- これらの検討を DOE 職員と共に実施することで、本調査終了後も DOE 職員が単独で調査・検討を実施出来るよう、地方電化プロジェクト実施方法の技術移転を行うこと
- ケーススタディ実施結果を反映させることで、地方電化マスタープランをより実用的なものにすること

6.8.2 対象地点の選定

ケーススタディの対象地点は、DOE の C/P との協議を経て、Ruarwe T/C への電力供給を目的とした Lizunikhuni 地点を対象とすることとした。選定理由は以下の通り。

- 今回検討したマイクロ水力ポテンシャル地点のうち、代替火力法による経済性評価で 1.0 以上の B/C 値を確保した唯一の地点であること
- 他の電化手法との比較においても、地理的な条件(アクセス道路が未整備)により、マイクロ水力発電による電化が最適と判断されたこと

6.8.3 対象地点の概要

Ruarwe T/C は、Nkhatabay より北方約 50km に位置するマラウイ湖西岸に接する小規模な T/C であり、アクセス道路等は整備されておらず、陸路でのアクセスは徒歩のみ可能である。当 T/C は Nkhatabay からの定期就航便(Nkhatabay～Chilumba 間を週 2 便で運行)が立ち寄るが、今回の調査では、Nkhatabay でモーターボートを調達し、約 3 時間マラウイ湖を北上し、到達できた。

当地点は、図. 6-4-7 に示すように当 T/C の近傍を流れる Lizunikhuni 川を利用する発電計画である。現地調査時に同河川で約 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流量を確認した。当河川流域の降雨量は推定 1,600mm 程度と比較的豊富であること、流域面積が 80km^2 と比較的大きく森林保護区に指定された豊かな森林が広がっていること、上水道供給設備が設置されており、過去に枯渇したことがないこと等の理由により、乾期でも河川流量が確保できることは確実と判断できる。

また、河川形態は小さな滝が連続する急流をなしており、河川勾配は約 1/10 と急峻な地形であるため、導水路延長約 500m で発電落差 50～60m 程度を確保できることを簡単な水路縦断測量により確認した。ポテンシャル調査の段階で推定された設備出力は、下記の通り 50kW 程度である。

- 電化対象 T/C 名 : Ruarwe T/C
- 河川名 : Lizunghnui 川
- 流域面積 : 80km²
- 調査時河川流量 : 0.15m³/s 程度(2001 年 10 月)
- 推定発電落差 : 50m～60m
- 推定設備出力 : 50kW 程度

6.8.4 ケーススタディの実施計画

ケーススタディの実施フロー図は右記の通りである。フロー図に示す各検討項目の具体的な実施内容について、以下に記載する。なお、これらの検討は Pre-F/S 調査レベルで実施する。

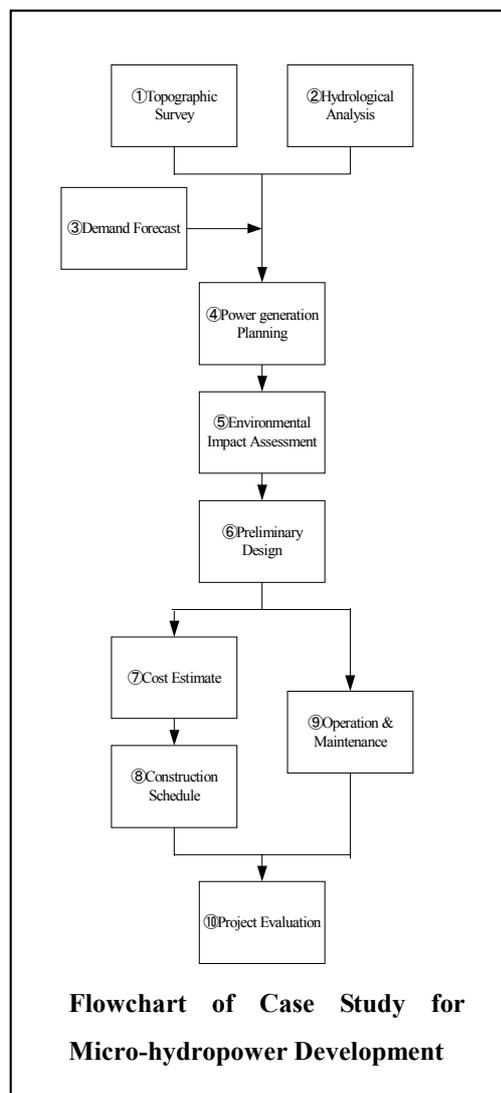
① 地形測量

下記に示す地形測量を実施し、構造物の概略設計、工事数量推定のための基礎資料とした。

- 平面測量
対象：取水設備地点
- 河川横断測量
対象：取水ダム地点及び流量観測地点
- 水路縦断測量
対象：取水地点から発電所地点に至る水路ルート（発電落差の確認）
- 水路横断測量
対象：導水路ルート

② 水文調査

下記に示す水文調査を実施し、発電計画策定及び構造物の概略設計に関わる基礎資料と



した。

- 関連資料の収集
- 河川流量測定
- 年間流況の推定
- 洪水流量（河川洪水位）及びマラウイ湖最高水位の推定

③ 電力需要予測

将来の電力需要については、基本的に、第 8 章に記載されている手法で推定されたものを採用した。ただし、Ruarwe T/C については、これまでに詳細な村落社会調査は実施されていないので、ケーススタディに伴って実施された現地でのワークショップで得られた情報を基に、レビューがなされた。

④ 発電計画策定

上記検討結果を考慮して、最適な発電設備容量を比較検討すると共に、発電構造物の設置位置や水路ルート等の代替案を提案した。

⑤ 初期環境影響評価

発電計画の実施に伴う環境影響評価を実施するため、以下の項目に関して現地住民に対する聞き取り調査を実施した。

- 発電構造物の設置に伴う補償対象物件
- 発電計画地域の森林保護に関わる規制
- 発電計画に伴い生じる河川減水区間での村民による利水状況
- 発電計画地域の貴重生物種等の有無

上記の聞き取り調査を基に、当発電計画が自然・社会環境に与える影響について、評価を実施した。将来のプロジェクト着手時には、開発主体である DOE は環境影響評価を実施し、関連機関に提出することが求められるので、この調査は DOE のカウンターパートと協力して実施した。

⑥ 概略設計

上記測量の成果と策定した発電計画をベースに、発電構造物に関わる Pre-F/S レベルの概略設計を実施し、各構造物の設備諸元を明らかにした。同時に主要構造物については構造図面も作成した。

⑦ 概算工事費の算出

プロジェクトコストの推定は、基本的に、上述の 6.6 節に記載されている方法で実

施した。ただし、準備工事と土木工事については、概略設計で明らかにされた設備諸元と測量成果から、発電構造物毎に工事数量を算定し、それを推定に反映させることで、推定精度を高めた。

⑧ 施工計画及び建設工程の策定

上記の検討結果を考慮した上で、発電所工事に関わる建設工程を策定した。特に土木工事については、マラウイ国の建設会社が実施することを想定して、その技術レベルを勘案した上で、妥当な工期を設定した。

⑨ 発電所の維持管理体制の検討

発電所の維持管理体制に関して、ハード面（技術面）及びソフト面（組織・制度面）について、当プロジェクトをモデルとして独立型電源の維持運営に関する一つの代替案を提案する。

⑩ プロジェクトの財務性評価

この地方電化プロジェクトが財務的に持続可能なものとなるよう、上記の維持管理体制の検討結果、村民の生活レベル等に関わる村落社会経済調査結果等をも勘案した上で、適切な電気料金を設定する。そして、この電化プロジェクトの費用と、想定される電気料金収入から FIRR を算定し、プロジェクトの財務的な妥当性を検証する。

6.8.5 ケーススタディ実施結果

ケーススタディの実施手順とその結果については、別冊のケーススタディレポートとして取りまとめている。したがって、ここではその概要について述べる。

(1) 最適発電計画の策定

想定される電力需要に対するマイクロ水力の開発規模として、下表に示す3つのケースを想定し、経済比較を実施した。補完するディーゼル電源は、2段階に分けて投入することとした。つまり、第1フェーズでは10年後時点での電力需要(230kW)を、第2フェーズでは20年後時点での電力需要(270kW)を想定して、下表に示す通り投入することとした。

Phase	Power Demand Targeted	Case A (90% river flow ratio)			Case B (80% river flow ratio)			Case C (70% river flow ratio)		
		Hydro Power	Diesel Power	Total Capacity	Hydro Power	Diesel Power	Total Capacity	Hydro Power	Diesel Power	Total Capacity
1	230	140 (100)	130	230	200 (135)	95	230	200 (150)	80	230
2	270	-	170	270	-	135	270	-	120	270
B/C		1.37			1.45			1.38		

※ 上表中の「Hydro Power」の欄の()内の数値は、乾期における平均出力を示す。
ディーゼル発電の設備容量は、この平均出力をベースに想定された需要を満たすように決定される。

比較検討は、各ケースの初期投資及び維持管理を含むコスト (Cost) に対して、ディーゼル発電単独で電化した場合のコストを Benefit とみなして、その比率で評価する B/C 法で実施した。その結果、上表に示す通り、B/C 値が最大となる Case B をマイクロ水力の最適開発規模 (=200kW) として採用した。

上記検討結果を考慮して、マイクロ水力発電設備の概略設計を実施すると共に、建設工事費を推定した。その結果として、設備諸元一覧、主要構造物の構造図面及び建設工事費内訳を、添付資料-3 に示す。

(2) 維持運営体制

発電所の維持運営体制について、東南アジアでの事例を参考に、添付資料-3 に示す運営体制を提案した。メンバーは、総括責任者のもと、経理担当者(2名)、運転員(4名)の合計7名で構成される。なお、運転員の4名は、それぞれ土木設備、電気設備、機械設備及び配電設備に関わる知識を有することとする。

当該 T/C では、既存の組織(給水設備の維持管理)が村民により比較的良好に維持管理されていることが村落社会調査で確認された。したがって、発電所運営に携わるメンバーも基本的に村民から選抜することを想定した。ただし、そのメンバーはプロジェクト発足当初に選抜され、プロジェクトに主体的に参画すると同時に、ESCOM、DOE 及び関連機関において、発電所の維持管理に必要な知識を取得するための必要十分なトレーニングを受けることとする。これを実現するためには、このようなトレーニングを受けることができる制度を確立することが必要である。

(3) 財務性評価

当プロジェクトの財務面での実施可能性を評価するため、収益率 8%を確保するために必要な電気料金を計算した。その結果、住民参加による土木工事費の削減効果を見込んでも、その電気料金は ESCOM の現行料金水準の 3.35 倍と計算された。一方、村落社会調査から明らかになった当該村民の所得水準は、全国平均よりかなり低い。したがって、当該村落の需要家が現行料金水準の 3 倍を超える高い水準の電気料金を持続的に負担してゆく能力があるとは考えられない。したがって、当電化プロジェクトは事業家の参入が期待できるような財務的に実施可能

なプロジェクトとはいえない。

次に考えられることは、マラウイ政府あるいは外国ドナーからの補助金を初期投資費に充当し、プロジェクトの財務負担を軽減することである。試算結果では、現行の料金水準で収益率 8%程度を確保するためには、初期投資費用の 80%程度及び O&M 費用の 65%程度を補助する必要がある。

(4) 総合評価

上記の通り、当プロジェクトの財務的な面での実施可能性は低く、営利を目的とした新規事業者の参入はほとんど期待できないと判断される。さらには、当該村民の所得水準の低さに加えて地理的条件(アクセス道路なし)を考えれば、ESCOM が配電線を当該村落に延長し電化することも同じく期待できない。

したがって、当該 T/C の電化手法としては本調査で提案しているマイクロ水力とディーゼル発電を利用した独立型電源が唯一の電化手法であるとの認識のもと、当プロジェクトを実施するためには、少なくとも ESCOM の電気料金水準と同程度の電気料金を設定できるよう、初期投資費用の 80%程度及び O&M 費用の 65%程度を補助金により充当する等の資金援助が必要であると判断する。

6.9 ケーススタディ実施結果の考察

6.9.1 ポテンシャル調査段階での 90%河川流量によるマイクロ水力開発規模の想定について

前節 6.4 で記載したマイクロ水力ポテンシャル調査では、ポテンシャル推定のための発電使用水量について、分散型のマイクロ水力開発で一般的に適用される河川の 90%信頼流量(Q_{90} :1 年間のうち 329 日間はこの流量を下回らない流量)を採用した。これは、想定される電力需要に対して豊富なポテンシャルを有する場合、つまり想定需要が 90%河川流量によって決まるポテンシャルを下回っている場合、妥当な発電使用水量と認識される。

一方、マラウイのようにマイクロ水力のポテンシャル量に比較して想定される需要が大きい場合には、90%河川流量を一律に採用することは必ずしも妥当とは言えない。つまり、雨期の余剰水を利用することによる、ポテンシャルの不足分を補完するために運転されるディーゼル発電の燃料費の削減効果を考慮して、経済的な発電使用水量を決めることが求められる。実際に、ケーススタディでの検討では、90%流量ではなく、80%流量が経済的な発電使用水量となった。しかしながら、本調査では、下

記の理由により、ポテンシャル調査の段階で 90%流量を発電使用水量として採用することに問題はないと判断する。

- 発電計画の最適使用水量はポテンシャル地点の状況(河川水量、落差、想定需要等)に大きく左右されるものである。したがって、ケーススタディでは 80%流量が最適と判断されたが、他の地点にもこの値を適用する根拠はない。
- ケーススタディの結果及び他地点での試算の結果をみると、90%河川流量採用時と、最も経済的な発電使用水量採用時での B/C 値の差異は、最大でも 0.05 程度であり、それほど大きな差異はない
- 下表は、マイクロ水力のポテンシャルが確認された 11 地点に対して、90%河川流量を採用して算定された B/C 値と、配電線延伸で算定された B/C 値を比較したものである。下表から明らかな通り、両者の B/C 値の差は最小でも 0.36 と大きく、仮にマイクロ水力の B/C 値に上記の 0.05 程度の差異があったとしても、最適電化手法の選定結果に影響を及ぼすものではないと判断できる

Comparison of B/C values

T/C	Micro-hydro (with Diesel)*	D/L Extension	Difference
Nthalire	0.88	2.07	-1.19
Chisenga	0.73	2.00	-1.27
Mulembe	0.54	0.90	-0.36
Katowo	0.90	3.19	-2.29
Nchenachena	0.87	10.32	-9.45
Khondowe	0.86	2.07	-1.22
Ruarwe	1.01	1.49	-0.48
Usisya	0.76	2.51	-1.75
Kwisimba	0.65	1.41	-0.76
Katema	0.89	3.66	-2.77
Sandama	0.79	4.56	-3.77

※ マイクロ水力の発電使用水量として、90%河川流量をベースにした Map Study により算定された B/C 値

- 最適電化手法の選定結果に影響を与えないので、最も経済的な発電使用水量についての検討は、ケーススタディの段階で実施する

6.9.2 マイクロ水力ポテンシャル地点の概算工事費の算定手法について

本調査では、M/P 調査レベルでのマイクロ水力ポテンシャル地点の概算工事費の算

定手法を提案している。ケーススタディでは、PreF/S 調査レベルでの工事費を算定しているため、その結果とこの提案手法で算定した場合の工事費とを比較した。

マイクロ水力発電の概算工事費

- 提案手法 (M/P 調査レベル) : 1,183,000 (USD)
- ケーススタディ (PreF/S 調査レベル) : 1,026,000 (USD)

上記に示す通り、両者の差異は約 15%程度であった。この差異は、純粋に調査レベルの違いに起因するものである。

いずれにしても、マイクロ水力ポテンシャル地点の工事費は、地形条件及び河川流量といった地点特有の条件に大きく依存するものであることは確かである。したがって、これを精度良く推定するためには、十分な現地踏査を実施し、これら条件の把握に努めることが重要である。

6.9.3 村民ボランティアによる土木工事費の削減効果について

前項 6.7.6 項で記載しているように、大半のポテンシャル地点で B/C 値が 1 を下回っており、マラウイ国におけるマイクロ水力を利用した電化事業の実施可能性は低いと言わざるを得ない。一方、東南アジアでのマイクロ水力による地方電化事業では、受益者である村民が土木工事に無償で労働力を提供し事業費の削減を図る事例が多数みられる。したがって、マイクロ水力開発の経済性の改善を指向して、このような村民参加によるマイクロ水力発電の電化事業費の削減が、最適電化手法選定のための他の電化手法との経済性評価において、どのように影響するかをケーススタディにより検証した。

本ケーススタディで実施された WS で、当該 T/C の村民が無償で労働力を提供することに抵抗はなく、実際、当該 T/C に給水設備を設置する際に、掘削工事等を村民が無償で実施した事例が紹介された。

そこでケーススタディでは、掘削工事の半分を村民が無償で行った場合と住民参加がない場合とで B/C 値を比較した。その結果、B/C 値で 0.2 程度の改善がみられた。ただし、当該地点は地形的な条件から掘削数量が多く、他の平均的な地点よりもその改善効果は大きいと想定されるので、一概にこれだけの改善効果があるとは言えない。したがって、村民参加により土木工事費の削減により、マイクロ水力を利用した電化手法の経済性がある程度改善されたとしても、配電線の延長による電化手法との比較に勝るほどの効果は得られないと推定される。

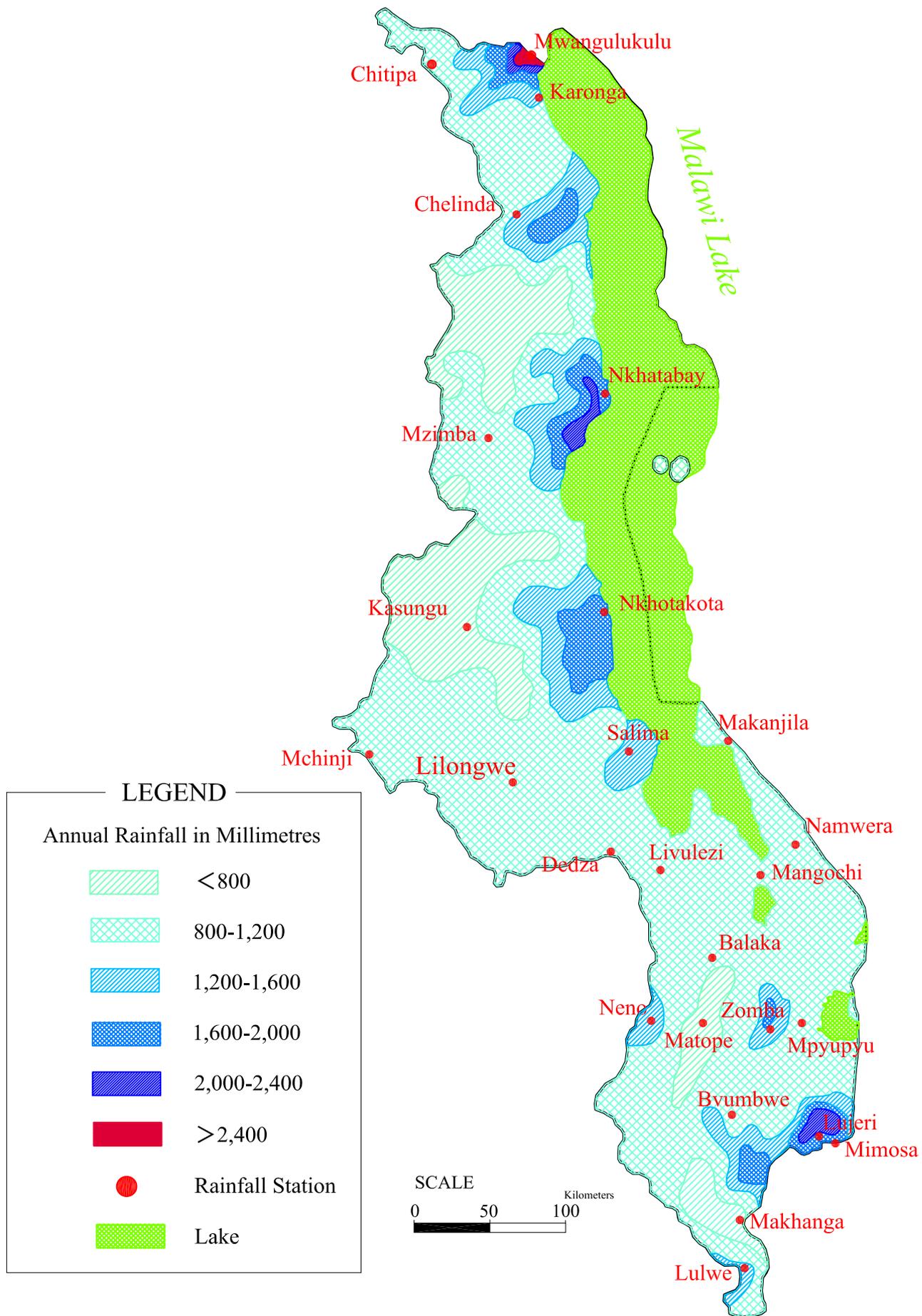


図 6-2-1 マラウイ国の等雨量線図

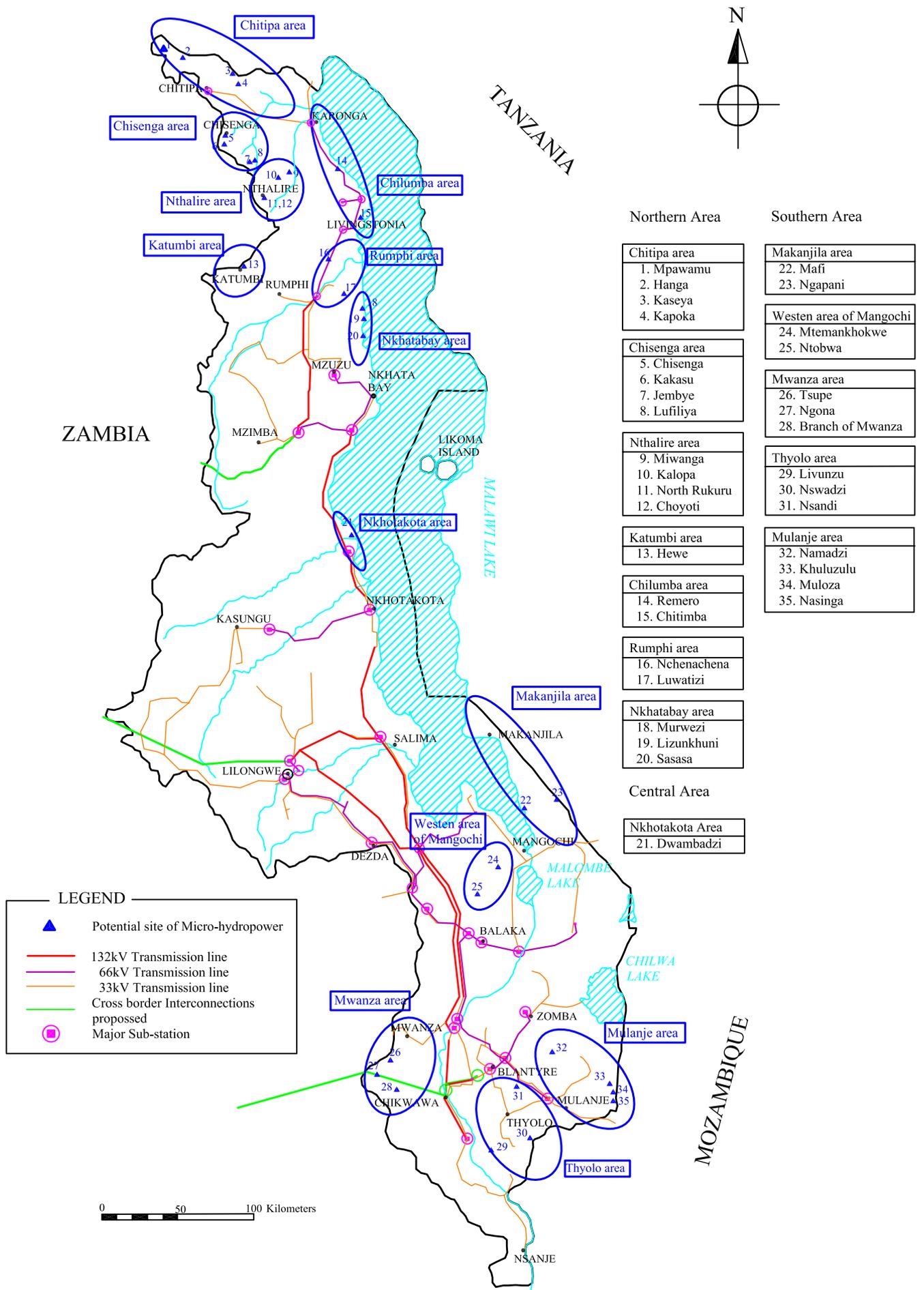


図 6-4-1 マイクロ水力ポテンシャル地点位置図

表 6-4-1 マイクロ水力ポテンシャル地点 調査記録表

(1/2)

Results of Preliminary Study on Topographic Maps					
General					
Name of demand site		Name of potential site			
Distance from existing grid to demand site	(km)	Distance from potential to demand site		(km)	
Streamflow Gauging Station (SGS) to estimate river discharge at the site					
Name of SGS		Catchment area		(km ²)	
Annual average dis.	(m ³ /s)	90% reliable dis.		(m ³ /s)	
Main features of the potential site					
Catchment area	(km ²)	Length of water way		(m)	
90% dis. at the site	(m ³ /s)	Head from the maps		(m)	
Installed capacity	(kW)	Annual energy		(kWh)	
Results of Site Investigation					
Date / Time		Observer			
Location by GPS at demand site	S	Elevation:		m	
	E				
Access conditions	from	to		km	hour
	Passability by car in wet season :	yes, no	Road conditions:	great	good bad
	Note:				
Name of demand site		Kind of demand site	T/C	G/C	Village
Number of public buildings in the demand site	• Health center	:	• Post office	:	
	• Primary school	:	• Traditional court	:	
	• Secondary school	:	• Mission	:	
	• Police post	:	• Others	:	
Name of river		Conditions	Waterfall	Rapid	Reservoir
Dry up or not ?	• Not dry up	• Dry up every year,		times per 10-year	
Water right in river by residents	Irrigation, Drinking, Washing, Bathing, Fishery, Others				
Environmental conditions	National Park, Forest Reservation, Game Reservation, Others				
River width	(m) at	Ave. flow velocity		(m/s)	
Ave. depth of river	(m)	Present Discharge		(m ³ /s)	
Notes :					

Facilities					
【Intake and Settling basin】					
Elevation :	m	by	Elevation :	m	by
Riverbed condition :			Riverbed condition :		
Area of settling basin :			Area of settling basin :		
Land conditions :			Land conditions :		
Access conditions :			Access conditions :		
Note :	existing facilities such as irrigation, drinking and so on				
【Headrace】					
Type :			Type :		
Topographic conditions throughout the route:			Topographic conditions throughout the route:		
Land conditions:			Land conditions:		
Access conditions :			Access conditions :		
Notes :	existing facilities such as irrigation, drinking and so on				
【Head tank】					
Elevation :	m	by	Elevation :	m	by
Land conditions :			Land conditions :		
Access conditions :			Access conditions :		
Notes :					
【Penstock】					
Slope of bank :	Steep	Gentle	Slope of bank :	Steep	Gentle
Topographic conditions throughout the route:			Topographic conditions throughout the route:		
Land conditions :			Land conditions :		
Notes :					
【Spillway】					
Slope of bank :	Steep	Gentle	Slope of bank :	Steep	Gentle
Topographic conditions throughout the route:			Topographic conditions throughout the route:		
Land conditions :			Land conditions :		
Notes :					
【Power Station】					
Elevation :	m	by	Elevation :	m	by
Land conditions :			Land conditions :		
Flood marks :			Flood marks :		
Access conditions :			Access conditions :		
Notes :					
Prospective head	m by				
Prospective capacity	kW = 9.8 * Prospective head : * Present dis.: * 0.75				
Notes :					

表.6-4-2 (1) マラウイ国北部地域のマイクロ水力ポテンシャル調査の結果

	Site survey area	Chitipa area				Chisenga area	
	Name of potential site	1. Mpawamu	2. Hanga	3. Kaseya	4. Kapoka	5. Chisenga	
Demand side	Name of demand site	Chiwanga T/C	Kameme T/C	Ifumbo T/C	Chipwera T/C	Chisenga T/C	
	Name of district	Chitipa	Chitipa	Chitipa	Chitipa	Chitipa	
	Distance from existing grid	46km	26km	15km	20km	35km	
	Number of public buildings in the demand site (by hearing from residents)	•Health center	: 1	: 1	: 1	: n/a	: 1
		•Primary school	: 1	: 1	: 1	: n/a	: 1
		•Secondary school	: 0	: 1	: 0	: n/a	: 2
		•Police post	: 0	: 0	: 1	: n/a	: 1
		•Post office	: 0	: 1	: 1	: n/a	: 1
•Traditional court		: 0	: 1	: 0	: n/a	: 0	
•Mission	: 0	: 0	: 0	: n/a	: 0		
Access conditions	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car		
Supply side	Name of potential river	Mpawamu	Hanga	Kaseya	Kapoka	Chisenga	
	Catchment area at promising intake site	61km ²	150km ²	550km ²	84km ²	4km ²	
	Present river discharge estimated at site survey	0m ³ /s	0m ³ /s	very few	0.03m ³ /s	0.1m ³ /s	
	Dry up or not throughout the year ¹⁾ (by hearing from residents)	dry up (every year)	dry up (some year)	dry up (every year)	not dry up	not dry up	
	Gross head estimated at site survey	n/a ²⁾	n/a	n/a	10~15m	15~20m	
	Potential estimated	-	-	-	2kW	15kW	
	Distance from demand site	n/a	n/a	n/a	2km	5km	
	Environmental conditions at the potential site	•National park	: -	: -	: -	: -	: -
		•Forest reservation	: -	: -	: -	: -	: ○
		•Game reservation	: -	: -	: -	: -	: -
	Existing river use by residents	•Irrigation	: ○	: ○	: n/a	: n/a	: ○
		•Drinking	: ○	: ○	: n/a	: n/a	: ○
		•Washing	: ○	: ○	: n/a	: n/a	: ○
		•Bathing	: ○	: ○	: n/a	: n/a	: ○
•Fishery		: -	: -	: n/a	: n/a	: -	
•Others		: -	: -	: n/a	: n/a	: -	
Present land use conditions	Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation field	Field & Forest	Forest		
Remarks					Drinking water facilities in Chisenga River		

1) It is judged that there are no hydropower potential at the site, once river dries up throughout the year

2) "n/a" means that the item was not investigated in the site survey.

表.6-4-2 (2) マラウイ国北部地域のマイクロ水力ポテンシャル調査の結果

	Site survey area	Chisenga area			Nthalire area		
	Name of potential site	6. Kakasu	7. Jembya	8. Lufiliya	9. Miwanga	10. Kalopa	
Demand side	Name of demand site	Mulembe T/C	Wenya T/C	Wenya T/C	Kopakopa T/C	Mahowe T/C	
	Name of district	Chitipa	Chitipa	Chitipa	Chitipa	Chitipa	
	Distance from existing grid	35km	85km	87km	83km	75km	
	Number of public buildings in the demand site (by hearing from residents)	•Health center	: 1	: 1	: 1	: 1	: 0
		•Primary school	: 1	: 1	: 1	: 1	: 1
		•Secondary school	: 0	: 1	: 1	: 1	: 1
		•Police post	: 0	: 1	: 1	: 0	: 0
•Post office		: 0	: 1	: 1	: 0	: 0	
•Traditional court		: 0	: 1	: 1	: 0	: 0	
•Mission	: 0	: 0	: 0	: 0	: 0		
Access conditions	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car		
Supply side	Name of potential river	Kakasu	Jembya	Lufiliya	Miwanga	Kalopa	
	Catchment area at promising intake site	8km ²	82km ²	108km ²	61km ²	35km ²	
	Present river discharge estimated at site survey	0.1m ³ /s	0.05m ³ /s	0.05m ³ /s	0.02m ³ /s	0m ³ /s	
	Dry up or not throughout the year ¹⁾ (by hearing from residents)	not dry up	dry up (some year)	dry up (some year)	not dry up	dry up (every year)	
	Gross head estimated at site survey	10~30m	n/a	n/a	10~20m	n/a	
	Potential estimated	15kW	-	-	3kW	-	
	Distance from demand site	10km	n/a	n/a	5km	n/a	
	Environmental conditions at the potential site	•National park	: -	: -	: -	: -	: -
		•Forest reservation	: ○	: -	: -	: -	: -
		•Game reservation	: -	: -	: -	: -	: -
	Existing river use by residents	•Irrigation	: ○	: ○	: ○	: ○	: -
		•Drinking	: ○	: ○	: ○	: ○	: -
		•Washing	: ○	: ○	: ○	: ○	: -
•Bathing		: ○	: ○	: ○	: ○	: -	
•Fishery		: -	: -	: -	: -	: -	
•Others		: -	: -	: -	: -	: -	
Present land use conditions	Forest & Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation filed		
Remarks							

1) It is judged that there are no hydropower potential at the site, once river dries up throughout the year

2) "n/a" means that the item was not investigated in the site survey.

表.6-4-2 (3) マラウイ国北部地域のマイクロ水力ポテンシャル調査の結果

	Site survey area	Nthalire area		Katumbi area		Chilumba area		
	Name of potential site	11. North Rukuru	12. Choyoti	13. Hewe	14. Remero	15. Chitimba		
Demand side	Name of demand site	Nthalire T/C	Nthalire T/C	Katowo T/C	Mulale T/C	Chitimba T/C		
	Name of district	Chitipa	Chitipa	Rumphu	Karonga	Karonga		
	Distance from existing grid	102km	102km	45km	15km	20km		
	Number of public buildings in the demand site (by hearing from residents)	•Health center	: 1	•Health center : 1	•Health center : 1	•Health center : 1	•Health center : 1	
		•Primary school	: 3	•Primary school : 3	•Primary school : 2	•Primary school : 1	•Primary school : n/a	
		•Secondary school	: 1	•Secondary school : 1	•Secondary school : 1	•Secondary school : 2	•Secondary school : n/a	
		•Police post	: 1	•Police post : 1	•Police post : 1	•Police post : 0	•Police post : n/a	
		•Post office	: 1	•Post office : 1	•Post office : 1	•Post office : 1	•Post office : n/a	
•Traditional court		: 1	•Traditional court : 1	•Traditional court : 1	•Traditional court : 0	•Traditional court : n/a		
•Mission	: 1	•Mission : 1	•Mission : 1	•Mission : 0	•Mission : n/a			
Access conditions	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car		
Supply side	Name of potential river	North Rukuru	Choyoti	Hewe	Remero	Chitimba		
	Catchment area at promising intake site	330km ²	14km ²	37km ²	100km ²	33km ²		
	Present river discharge estimated at site survey	1m ³ /s	0.2m ³ /s	0.2m ³ /s	0m ³ /s	0.05m ³ /s		
	Dry up or not throughout the year ¹⁾ (by hearing from residents)	not dry up	not dry up	not dry up	dry up (every year)	n/a		
	Gross head estimated at site survey	n/a	30~40m	25~30m	n/a	n/a		
	Potential estimated	-	60kW	45kW	-	-		
	Distance from demand site	15km	15km	15km	n/a	1km		
	Environmental conditions at the potential site	•National park	: ○	•National park : ○	•National park : -	•National park : -	•National park : -	
		•Forest reservation	: -	•Forest reservation : -	•Forest reservation : ○	•Forest reservation : -	•Forest reservation : -	
		•Game reservation	: -	•Game reservation : -	•Game reservation : -	•Game reservation : -	•Game reservation : -	
	Existing river use by residents	•Irrigation	: ○	•Irrigation : -	•Irrigation : ○	•Irrigation : n/a	•Irrigation : n/a	
		•Drinking	: ○	•Drinking : ○	•Drinking : ○	•Drinking : n/a	•Drinking : n/a	
		•Washing	: ○	•Washing : -	•Washing : ○	•Washing : n/a	•Washing : n/a	
•Bathing		: ○	•Bathing : -	•Bathing : ○	•Bathing : n/a	•Bathing : n/a		
•Fishery		: ○	•Fishery : -	•Fishery : -	•Fishery : n/a	•Fishery : n/a		
•Others	: -	•Others : -	•Others : -	•Others : n/a	•Others : n/a			
Present land use conditions	Forest & Vegetation filed	Forest	Forest	Field & Forest	Field & Vegetation			
Remarks	Nyika national park	Nyika national park						

1) It is judged that there are no hydropower potential at the site, once river dries up throughout the year

2) "n/a" means that the item was not investigated in the site survey.

表.6-4-2 (4) マラウイ国北部地域のマイクロ水力ポテンシャル調査の結果

	Site survey area	Rumphi area		Nkhatabay area			
	Name of potential site	16. Nchenachena	17. Luwatizi	18. Murwerzi	19. Lizunkhuni	20. Sasasa	
Demand side	Name of demand site	Nchenachena T/C	Mphomapha T/C	Khondowe T/C	Ruarwe T/C	Usisya T/C	
	Name of district	Rumphi	Rumphi	Nkhatabay	Nkhatabay	Nkhatabay	
	Distance from existing grid	23km	18km	-	-	50km	
	Number of public buildings in the demand site (by hearing from residents)	•Health center	: 1	: 1	: 1	: 1	: 1
		•Primary school	: 1	: 1	: 1	: 1	: 2
		•Secondary school	: 1	: 1	: 1	: 0	: 1
		•Police post	: 0	: 0	: 0	: 0	: 1
•Post office		: 1	: 1	: 0	: 1	: 1	
•Traditional court	: 1	: 0	: 0	: 1	: 2		
•Mission	: 1	: 0	: 0	: 0	: 0		
Access conditions	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•No access road by car •Boat from Nhkata Bay	•No access road by car •Boat from Nhkata Bay	•Non-paved road •Passable by 4WD car		
Supply side	Name of potential river	Nchenachena	Luwatizi	Murwerzi	Lizunkhuni	Sasasa	
	Catchment area at promising intake site	18km ²	13km ²	7km ²	80km ²	85km ²	
	Present river discharge estimated at site survey	0.2m ³ /s	0m ³ /s	0.05m ³ /s	0.15m ³ /s	0.1m ³ /s	
	Dry up or not throughout the year ¹⁾ (by hearing from residents)	not dry up	dry up (every year)	not dry up	not dry up	not dry up	
	Gross head estimated at site survey	10~30m	n/a	10~15m	50~60m	20~30m	
	Potential estimated	30kW	-	5kW	50kW	20kW	
	Distance from demand site	2km	n/a	1km	1km	3km	
	Environmental conditions at the potential site	•National park	: -	: -	: -	: -	: -
		•Forest reservation	: -	: -	: -	: ○	: -
		•Game reservation	: -	: -	: -	: -	: -
	Existing river use by residents	•Irrigation	: ○	: ○	: ○	: -	: -
		•Drinking	: ○	: ○	: ○	: ○	: ○
		•Washing	: ○	: ○	: ○	: -	: ○
•Bathing		: ○	: ○	: ○	: -	: ○	
•Fishery		: -	: -	: -	: -	: -	
•Others	: -	: -	: -	: -	: -		
Present land use conditions	Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation filed	Forest	Field & vegetation		
Remarks	Drinking water facilities in Nchenachena River		Drinking water facilities in Murwerzi River	Drinking water facilities in Lizunkhuni River	Drinking water facilities in Sasasa River		

1) It is judged that there are no hydropower potential at the site, once river dries up throughout the year

2) "n/a" means that the item was not investigated in the site survey.

表.6-4-2 (5) マラウイ国南部地域のマイクロ水力ポテンシャル調査の結果

	Site survey area	Nkhotakota area		Makanjila area		Western area of Mangochi		
	Name of potential site	21. Dwambadzi	22. Mafi	23. Ngapani	24. Mtemankhokwe	25. Ntobwa		
Demand side	Name of demand site	Dwambadzi T/C	Namalaka T/C	Kwisimba T/C	Katema T/C	Chiripa T/C		
	Name of district	Nkhotakota	Mangochi	Mangochi	Mangochi	Mangochi		
	Distance from existing grid	17km	25km	38km	23km	25km		
	Number of public buildings in the demand site (by hearing from residents)	•Health center	: 1	•Health center : 1	•Health center : 0	•Health center : 1	•Health center : 1	
		•Primary school	: 2	•Primary school : 1	•Primary school : 1	•Primary school : 1	•Primary school : 1	
		•Secondary school	: 1	•Secondary school : 1	•Secondary school : 0	•Secondary school : 0	•Secondary school : 1	
		•Police post	: 0	•Police post : 1	•Police post : 0	•Police post : 0	•Police post : 0	
		•Post office	: 0	•Post office : 1	•Post office : 0	•Post office : 1	•Post office : 1	
•Traditional court		: 0	•Traditional court : 0	•Traditional court : 0	•Traditional court : 0	•Traditional court : 1		
•Mission	: 1	•Mission : 1	•Mission : 0	•Mission : 1	•Mission : 1			
Access conditions	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car		
Supply side	Name of potential river	Dwambadzi	Mafi	Ngapani	Mtemankhokwe	Ntobwa		
	Catchment area at promising intake site	140km ²	93km ²	48km ²	24km ²	18km ²		
	Present river discharge estimated at site survey	not confirmation in the dry season	very few	0.05m ³ /s	0.1m ³ /s	very few		
	Dry up or not throughout the year ¹⁾ (by hearing from residents)	not dry up	dry up (some year)	not dry up	not dry up	not dry up		
	Gross head estimated at site survey	n/a ²⁾	n/a	5~15m	20~30m	n/a		
	Potential estimated	-	-	5kW	25kW	-		
	Distance from demand site	3km	4km	2km	4km	1km		
	Environmental conditions at the potential site	•National park	: -	•National park : -	•National park : -	•National park : -	•National park : -	
		•Forest reservation	: -	•Forest reservation : -	•Forest reservation : -	•Forest reservation : -	•Forest reservation : -	
		•Game reservation	: -	•Game reservation : -	•Game reservation : -	•Game reservation : -	•Game reservation : -	
	Existing river use by residents	•Irrigation	: ○	•Irrigation : ○	•Irrigation : ○	•Irrigation : -	•Irrigation : ○	
		•Drinking	: ○	•Drinking : ○	•Drinking : ○	•Drinking : ○	•Drinking : ○	
		•Washing	: ○	•Washing : ○	•Washing : ○	•Washing : -	•Washing : ○	
•Bathing		: ○	•Bathing : ○	•Bathing : ○	•Bathing : -	•Bathing : ○		
•Fishery		: -	•Fishery : -	•Fishery : -	•Fishery : -	•Fishery : -		
•Others		: -	•Others : -	•Others : -	•Others : -	•Others : -		
Present land use conditions	Field	Field	Field	Vegetation field	Vegetation field			
Remarks								

1) It is judged that there are no hydropower potential at the site, once river dries up throughout the year

2) "n/a" means that the item was not investigated in the site survey.

表.6-4-2 (6) マラウイ国南部地域のマイクロ水力ポテンシャル調査の結果

	Site survey area	Mwanza area			Thyolo area		
	Name of potential site	26. Tsupe	27. Ngona	28. Branch of Mwanza	29. Livunzu	30. Nswadzi	
Demand side	Name of demand site	Thambani T/C	Changoima T/C	Chapananga T/C	Livunzu T/C	Sandama T/C	
	Name of district	Mwanza	Chikwawa	Chikwawa	Chikwawa	Thyolo	
	Distance from existing grid	23km	42km	55km	22km	6km	
	Number of public buildings in the demand site (by hearing from residents)	•Health center	: 1	: 1	: 1	: 1	: 1
		•Primary school	: 1	: 1	: 1	: 1	: 1
		•Secondary school	: 0	: 0	: 0	: 1	: 0
		•Police post	: 1	: 0	: 1	: 1	: 1
•Post office		: 1	: 0	: 0	: 1	: 1	
•Traditional court		: 1	: 0	: 1	: 1	: 0	
Access conditions	•Mission	: 0	: 0	: 0	: 0	: 0	
	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	
Supply side	Name of potential river	Tsupe	Ngona	Branch of Mwanza	Livunzu	Nswadzi	
	Catchment area at promising intake site	24km ²	140km ²	12km ²	60km ²	380km ²	
	Present river discharge estimated at site survey	0.03m ³ /s	0.03m ³ /s	0.m ³ /s	not confirmation in the dry season	1m ³ /s	
	Dry up or not throughout the year ¹⁾ (by hearing from residents)	not dry up	dry up (some year)	dry up (every year)	not dry up	not dry up	
	Gross head estimated at site survey	5~10m	n/a	n/a	n/a	10~15m	
	Potential estimated	2kW	-	-	-	75kW	
	Distance from demand site	5km	5km	2km	1km	3km	
	Environmental conditions at the potential site	•National park	: -	: -	: -	: -	: -
		•Forest reservation	: -	: -	: -	: -	: -
		•Game reservation	: -	: -	: -	: -	: -
	Existing river use by residents	•Irrigation	: ○	: ○	: -	: ○	: ○
		•Drinking	: ○	: ○	: -	: ○	: ○
		•Washing	: ○	: ○	: -	: ○	: ○
•Bathing		: ○	: ○	: -	: ○	: ○	
•Fishery		: -	: -	: -	: -	: -	
•Others		: -	: -	: -	: -	: -	
Present land use conditions	Vegetation field	Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation filed		
Remarks							

1) It is judged that there are no hydropower potential at the site, once river dries up throughout the year

2) "n/a" means that the item was not investigated in the site survey.

表.6-4-2 (7) マラウイ国南部地域のマイクロ水力ポテンシャル調査の結果

	Site survey area	Thyolo area		Mulanje area			
	Name of potential site	31. Nsandi	32. Namadzi	33. Khuluzulu	34. Muloza	35. Nasinga	
Demand side	Name of demand site	Nsandi T/C	Milepa T/C	Chiringa T/C	Mlelemba T/C	Nkhulambe T/C	
	Name of district	Thyolo	Chirazulu	Phalonbe	Nulanje	Phalombe	
	Distance from existing grid	2.5km	18km	14km	21km	15km	
	Number of public buildings in the demand site (by hearing from residents)	•Health center	: 1	: 2	: 2	: 1	: n/a
		•Primary school	: 1	: 0	: 1	: 1	: n/a
		•Secondary school	: 1	: 0	: 1	: 1	: n/a
		•Police post	: 1	: 1	: 1	: 1	: n/a
		•Post office	: 1	: 1	: 1	: 0	: n/a
•Traditional court		: 0	: 0	: 1	: 0	: n/a	
•Mission	: 1	: 1	: 1	: 1	: n/a		
Access conditions	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car	•Non-paved road •Passable by 4WD car		
Supply side	Name of potential river	Nsandi	Namadzi	Khuluzulu	Muloza	Nasinga	
	Catchment area at promising intake site	50km ²	266km ²	380km ²	42km ²	13km ²	
	Present river discharge estimated at site survey	not confirmation in the dry season	not confirmation in the dry season	not confirmation in the dry season	0.05m ³ /s	0.02m ³ /s	
	Dry up or not throughout the year ¹⁾ (by hearing from residents)	not dry up	dry up (some year)	not dry up	not dry up	n/a	
	Gross head estimated at site survey	15~20m	0~5m	n/a	5m	n/a	
	Potential estimated	-	-	-	2kW	-	
	Distance from demand site	3km	1km	n/a	1km	n/a	
	Environmental conditions at the potential site	•National park	: -	: -	: -	: -	: -
		•Forest reservation	: -	: -	: -	: -	: -
		•Game reservation	: -	: -	: -	: -	: -
	Existing river use by residents	•Irrigation	: ○	: ○	: ○	: ○	: n/a
		•Drinking	: ○	: ○	: ○	: ○	: n/a
		•Washing	: ○	: ○	: ○	: ○	: n/a
•Bathing		: ○	: ○	: ○	: ○	: n/a	
•Fishery		: -	: -	: -	: -	: n/a	
•Others		: -	: -	: -	: -	: n/a	
Present land use conditions	Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation filed	Vegetation filed		
Remarks							

1) It is judged that there are no hydropower potential at the site, once river dries up throughout the year

2) "n/a" means that the item was not investigated in the site survey.