

第 5 章 配電系統

第5章 配電系統

本章では、屋内配線を含めた配電系統の現状と配電線延長による電化方式の電化計画作成手順ならびに結果を示す。また、実施されたケーススタディの結果についても記述する。

本調査における配電計画の目的は、主に以下の2点がある。

- (1) マラウイ国の現状を踏まえ、地方電化方式の1つである配電線延長による電化計画手法を提案する。併せて、その電化方式を実施するために必要な概算コスト算定手法ならびに経済性評価方法を明示する。
- (2) 配電線延長による電化方式のケーススタディにおいて、Pre-F/S レベルの調査を行い、配電線延長方法を具体化すると同時にマスタープランへ反映する。また、ケーススタディをカウンターパートである DOE 職員と実施することにより、技術移転を図る。

5.1 配電系統の現状

本節では、配電系統に関する関連資料・情報の収集結果ならびにその分析結果を示す。

現在、マラウイ国の送配電系統は、幾つかの法令のもと、すべて ESCOM によって管理されている。また、計画は ESCOM 本社と DOE によって進められている。以下に、資料収集ならびに現地調査(付録 5-1、5-2)に基づいた配電系統の現状を記す。

5.1.1 電圧階級

33kV と 11kV 系統は 3 相 3 線式で構成されている。0.4kV/0.23kV 系統では主に 3 相 4 線式が採用されているが、幾つかの地域では街灯用に 5 線式となっている。

5.1.2 主要配電線の延長状況

1980 年代から実施されている地方電化プログラムにより、現在、マラウイ国の配電線総延長距離は 8,500km あまりに伸びている(表 5-1-1)。その内訳は 33kV と 11kV 系統の合計が約 4,500km、0.4kV/0.23kV が約 4,000km である。一方、送電線の延長距離は約 1,800km である。設備の位置については、5.3 節において、計画中の配電線の位置とともに詳しく述べる。

一般に電化率が高くなると、配電線の総延長は送電線のそれよりもはるかに長くなる。しかし、マラウイ国では配電線はあまり長くなく、電化率が低いことを伺い知ることができる。

5.1.3 配電線の運用

中央制御所(NCC¹)が既存の主要幹線を運用しており、地域制御所(ACC²)が残りを管理している。配電線は北部地域の Mzuzu、中部地域の Lilongwe、南部地域の Blantyre にある

¹ National Control Center

² Area Control Center

3 箇所の ACC によって運用・制御・保守が行われている。

電圧基準は法令に従い、定格電圧に対して±6%である。ESCOM は自動電圧調整装置を使用しており、配電線の電圧降下を補償するため、定格電圧 33kV については 34kV もしくは 35kV に整定している。11kV の場合は 11.5kV である。

監視や変電所の制御のために SCADA³(図 5-1-1)が Blantyre の ACC に導入されているが、Lilongwe と Mzuzu の ACC では、運用者は電話と無線で連絡を取っている。

配電線の標準的な構成は、図 5-1-2 に示すように枝状である。配電線に事故が起きると、変電所にある過電流もしくは地絡継電器によって遮断器が開放され、その配電線は停止する。事故点を含む区間が区分開閉器(以下、DS⁴; 図 5-1-3)の操作によって分離され、遮断器が再投入される。長距離配電線の場合には、図 5-1-4 のようなリクローザ⁵を線路の途中に導入されている箇所もあるが稀である。

病院や空港のような高い供給信頼度を要求する需要家が集中している地域においては、配電線がループ状になっていることがある。ほとんどの場合、上述同様の運用にするため、通常開放されている DS がある。事故が発生した後に、DS の操作によって需要家は別の配電線から受電することができる。

また、DS の設置には、配電線の保守を安全に行う目的もある。すなわち、DS によって保守作業を行う区間が確実に停止する。マラウイ国のように地方部の通信事情が悪い国では、作業員が現地で DS を開放することによって確実に電気を止めることができる。

一般に、配電系統の主要配電線は、需要が多い地域にある変電所から地方部へ延びており、都市部の電力供給を行うとともに地方部への電力供給も行っている。そのため、主要配電線の運用方法は都市部及び地方とも同じである。これはマラウイ国においても同様である。

5.1.4 事故状況

配電線の事故件数は、図 5-1-5 に示すように 1994 年度の 23,201 件から 1998 年度の 30,124 件へ増加した。平均増加率は 6.8%である。主な事故原因は雷による。同時期に配電線の総延長が 6,577km から 8,548km へ平均伸び率 7.0%で増加していることから、事故件数の増加は配電設備の導入によるものと推察される。

5.1.5 メンテナンス

ESCOM の ACC は下記の 3 項目を考慮して、定期的に配電設備のメンテナンススケジュールを作成している。このメンテナンススケジュールは、配電線毎に行われている。

(1) 負荷

各フィーダの最大負荷が考慮される。

(2) 機器状態

³ Supervisory Control and Data Acquisition

⁴ Disconnecting Switch

⁵ Recloser (事故復旧を早めるために線路の途中に設置される遮断器の一種)

木柱を除き、配電設備の状態は主に目視によって行われている。木柱は技術者が乾期に付け根部分を叩いた際の音によって検査されている。これらの方法は有用な方法であり、他国においても一般的な方法である。

(3) 需要家

病院や水道のような、高い信頼度への要求を意味している。

破損機器の交換や下草の処理が定期的に行われる作業の主なものである。木柱は乾燥した草の火災によってたびたび損傷を受けている。現地調査の際、下草の処理作業を頻繁に見かけたが、ほとんど都市部であり、地方部ではあまり行われていない。

5.1.6 配電設備

マラウイ国のほとんどの配電機器は南部アフリカとヨーロッパから輸入されている。主な配電設備の現状を以下に要約する。また、現地調査地域の個別事項については付録 5-1 および付録 5-2 に示す。

(1) 導体

配電線は以下の3つに分類できる。

- 架空線路
- 架空ケーブル
- 地中ケーブル

地中ケーブルは主に都市部で使用されている。架空電線にはアルミ導体を使用されており、裸線の AAAC⁶と AAC⁷が使用されている。33kVと11kVには HAZEL と呼ばれる 50mm² と OAK と呼ばれる 100mm² の AAAC が採用されている。0.4kV/0.23kV 配電線には AAC の ANT(50mm²)と WASP(100mm²)が一般的である。また、ESCOM は安全と事故防止のため、住宅が密集している地域や樹木が茂っている地域には架空ケーブルを使用している。

架空線の場合、雷による事故を防ぐため諸外国では架空地線を使用することが多い。マラウイ国の場合、送電線においては標準的に使用されているが、配電線の場合は都市周辺の一部を除いて使用されていない。

(2) 支持物

架空線の支持物としては、都市部ではコンクリート柱もあるが、ほとんど木柱が使われている。直線部分では 1 本の柱によって電線を支持し、角度点ならびに引留点には柱を 2 本合わせたものが使用される。

支持物はそのほとんどが道路沿いに設置されている。これは建設・保守を容易にするための一般的な方法である。

都市部における 33kV もしくは 11kV 配電線においては、支持物間の距離(径間)が比較的短く、50m 程度の場合もあるが、地方部においてはほとんどが 80~100m 間隔である。この理由は、都市部では家屋・商店などを避けるために支持物が必要になるが、

⁶ All Aluminum Alloy Conductor

⁷ All Aluminum Conductors

地方部においては、需要家が少なく、離散しているため、径間を長く取ることができるためである。

また、0.4kV/0.23kV 配電線の場合は、長い場合でも 50m 程度である。都市部などでは需要家が多いことから 10m 程度の場合もある。

設置状況としては、木柱が腐食し、立て替えられた地域がある。(図 5-1-6) ESCOM の年報によれば、主な原因はシロアリによるものであり、立て替え本数は 1998 年度の 843 本から 1999 年度には 1620 本に増加している。調査団によるインタビューにおいて、北部 ACC の技術者は最近の木柱寿命のばらつきと短さに不満を漏らしていた。一般に他国における木柱の寿命は 15 年から 20 年であるにもかかわらず、マラウイ国では 5 年から 10 年で立て替えられる木柱がある。

マラウイ国のほとんどの木柱はユーカリノキでできており、ただ1つのメーカーによって納入されてきた(付録 5-4)。しかし、ESCOM は価格と品質を考慮して数年前に輸入木柱の採用を始めた。材質は松である。品質の検証には長い時間を必要とするため、ESCOM の技術者はこれら木柱の品質について注視している。

(3) 変圧器

変圧器の容量は 25、50、75、100、150、200、315、500kVA がある。200kVA 以下の変圧器は柱上に設置され、それ以外は地上に設置されている。地方においては、50kVA および 100kVA が一般的である。(図 5-1-7、5-1-8)

変圧器は 33kV/11kV フィーダから T 分岐接続されており、避雷器やカットアウトヒューズが接続されている。

変圧器の結線は Y(Star)- Δ (Delta) 結線である。Y 側である 0.4kV/0.23kV の中性点が接地されている。負荷時タップ切換装置は、通常、 Δ 側である 33kV/11kV 側に設置されている。負荷時タップ切換装置は 5 タップあり、2 次側電圧を調整するため、通常手動で切り換えされる。技術的な問題は特に報告されていない。

(4) がいし

33kV と 11kV にはピンがいしもしくは懸垂がいしが使用されている。ピンがいしは直線区間に使用され、懸垂がいしは T 分岐、引留点などに使用される。また、0.4kV/0.23kV 配電線にはボビンがいしも採用されている。

ESCOM の年報によると、1999 年度に交換されたがいしの総数は、約 900 個である。配電線の総延長距離から国全体のがいし個数を推定すると、20 万個以上になると考えられるため、毎年交換されるがいしの数は総数の 0.5% 以下であり、大きな問題にはなっていない。

なお、ガラスがいしには主に以下のような破損原因がある。

- 乾期後、最初の雨による急激な温度変化
- 子供の投石

(5) 開閉器

標準的な 33kV ならびに 11kV の配電線は遮断器、計器用変流器ならびに避雷器から構成される。油遮断器が一般的に採用されている。また、線路上の断路器は手動の

気中開閉器である。

断路器は需要に応じて設置されるため、都市部と地方部とでは設置数に差異がある。都市部においては数 km おきに設置されていることもあるが、地方部においては 10km 程度に及ぶこともある。

5.1.7 Safety

マラウイ国の法律には電気に関する安全について多くの記述がある。例として、以下に示す。

- (a) 電柱へ登ることを防止する機器（図 5-1-9）
- (b) 配電用変圧器への警告プレート
- (c) 過電流や漏電に対する保護

これらは安全維持のための一般的な方法であるが、電化率の低い国では必ずしも適用されていない。調査団による現地調査の結果として、マラウイ国においてはこれらの方策が的確に行われている。

5.1.8 マラウイ国(地方部)の配電設備に関する調査結果

上記に記したマラウイ国の配電線系統の現状を以下に要約する。

一般に電化率が高くなると、需要家からの供給信頼度への要求が高くなる。しかし、マラウイ国の配電設備には、諸外国で供給信頼度向上のために設置されている SCADA、架空地線、ループ状系統、予備線などは都市部を除いて使用されていない。すなわち、地方部においては、平常時の電力を供給するために必要な最低限の設備で構成されており、事故時の電力供給に対する設備はない。

都市部と地方部の設備の相違については、供給信頼度に関わる機器以外に差がないと言える。但し、需要に応じて設置頻度が異なる電柱の径間や DS の設置間隔についての差はある。従って、これらの設置頻度については、以後の検討の中で反映する必要がある。

また、運用・保守については、都市部と地方部とで実施される方法に差はないが、保守の頻度は少ないものと推察される。

その一方、電気を安全に使用するための基準はかなり整備されており、実際に運用されている。一般の需要家は、電気に関する知識、特に感電や漏電などに対する知識が乏しいことが多い。そのため、電気設備、特に屋内配線を導入する際には、これらマラウイ国の法律に準拠し、安全に十分配慮する必要がある。

5.2 配電計画

本節では、地方電化マスタープランを作成する上で必要な配電計画について述べる。言い換えると、電化対象トレーディングセンター(以下、TC)の電化方式を選定することである。

5.2.1 DOEの配電計画マニュアル

配電計画手法を示す前に、配電計画に関する DOE のマニュアル(案)の内容をレビューする。

配電関係に関しては、DOEは表5-1-2に示したように3つのマニュアル(案)を持っている。これらは JICA 専門家の協力の下、作成されたものである。これらの内、配電計画に関わる部分と前節で示された配電設備の現状に関する調査結果について、特記事項を以下に示す。

- (1) マラウイ国で標準的に使用されている機器、系統構成や法律に基づく電圧階級や基準は示されているが、具体的な計画手順が不足している。
- (2) 電柱の径間や設置個所については、具体的な数値が記されており、その内容は上述の地方部における現状を網羅している。
- (3) 運用については、ESCOM の運用状況を踏まえているが、機器の設置頻度については明示されていない。

5.2.2 マラウイ国未電化地域の現状

マスタープランの策定に使用する配電計画手法を提案するにあたり、電化地域(既設配電設備周辺)同様に、未電化地域についても調査する必要がある。

調査団が訪問した district はマラウイ国にある 27⁸の district 中、以下の 19 districts である。(付録 5-1、5-2)

(a) 北部地域 (2districts)

Nkhata Bay, Mzimba

(b) 中部地域 (9 districts)

Kasungu, Nkhotakota, Ntchisi, Dowa, Salima, Lilongwe, Mchinji, Dedza, Ntcheu

(c) 南部地域 (9 districts)

Mangochi, Machinga, Balaka, Zomba, Chiradzulu, Blantyre, Thyolo, Mulanje

残りの 7districts の内、離島であり PhaseIV で電化されていることが決まっている Likoma を除いた 6 districts に関しては、マイクロ水力調査の対象となっている地域であるため、現地状況や写真などを通じ、情報収集に努めることとした。

未電化地域における調査項目ならびに調査結果を以下に示す。

(1) 概略地形と道路状況

TC がある地域は概して平坦な地形が多い。国立公園や森林保護区などに急峻な地形が見られるが、地図上において TC がない。また、南部の Mangochi 東側や Thyolo district にはかなりの斜面があるが、近くに配電線が敷設されていることもあり、配電線の建設に支障が出るほどではない。但し、北部のマラウイ湖沿いについては、北部出身のカウンターパートからの情報ならびにマイクロ水力の現地調査によって、切り立った崖に

⁸ 現在は 28 districts のようである。

なっているため、配電線の延長は難しい。この地域にあり、道路が通っていない TC は電化対象の 249TC 中、2 箇所である。

(2) TC の規模

TC の規模は、様々であり、大規模から小規模まである。電化済み TC は大規模のものが多く、TC の大きさが半径数 km に及ぶこともある。一方、未電化 TC の場合、規模が小さい場合が多く、半径 500m 程度にほとんどの公共施設、商店などが入っている。

(3) TC 間の距離と状況、

TC はマラウイ国内に離散的に広がっており、大多数の TC 間の距離は 10km 以上に及んでいる。その間に商店などが無いことが多い。家屋も離散的に分布しているが、それらの住民は近く(数 km から 10km 以上)の TC まで徒歩で移動している。移動の主な目的は、ほとんどの TC ある Maize Mill によって主食である Maize を挽くためである。Salima district や Mzimba district における病院でのインタビューにおいて、患者は丸一日かけて歩いてくることもあると言う。

(4) TC に関する基礎データ

配電設備の計画を実施する場合、TC の位置情報は不可欠である。ワークショップにおいて、電子化された地図情報がある Namibia のような国もあるが、マラウイ国には紙ベースの地図があるのみである。現地調査において、道路や古くからある TC の位置については信頼性が高いが、新たな TC については位置が不明である。また、現在はなくなってしまったケースもある。

5.2.3 配電計画の概略フロー

上述の現状に加え、本マスタープランの目的を踏まえ、今回の配電計画手法で考慮すべき点を以下にまとめた。

- 国全体に対するマスタープランの策定であり、範囲が非常に広い。また、電化対象である TC が離散的に位置している。
- 電化率が約 4% と非常に低いことから、電化対象が非常に多い(今回は 249 TC)。また、人口が増加していることから、電化対象が容易に減ることが考えにくい。
- マラウイ国全土で行った現地調査の結果、地形が特殊な北部地域の一部を除き、同じ仕様の機器で計画することが可能と判断した。

更に、前述のように、マラウイ国においては DOE の他に ESCOM も配電線の延長を実施している。ESCOM によると、機器調達の問題がなければ、マラウイ国における配電線の建設工事は km あたり 2 日で行うことが可能である。これは、DOE と ESCOM の計画が重複する可能性があることを意味する。そのため、DOE が立案する計画は、情報収集実施後、迅速に行うことができるようにすることも重要である。

提案された配電計画の手法は 3 つの項目で構成される。

(1) 配電線の位置調査

既存ならびに計画中の配電線の位置を調査する。新たな配電線はこれらの配電線から建設されるため、配電線の起点となる。一方、TC の位置は終点にあたる。配電計画にはこの両方のデータが必要である。しかし、マラウイ国においては前述のように TC の位置が不明な個所が多い。TC の位置については、村落社会経済調査と十分連携を取ることが不可欠である。本マスタープラン調査においては、村落社会調査担当の調査結果を補完するため、当該 district への現地調査の際に実施した地域住民への聞き取り調査によって、都市部周辺の一部を除き、ほとんどの位置を特定した。内容を 5.3 節に示す。

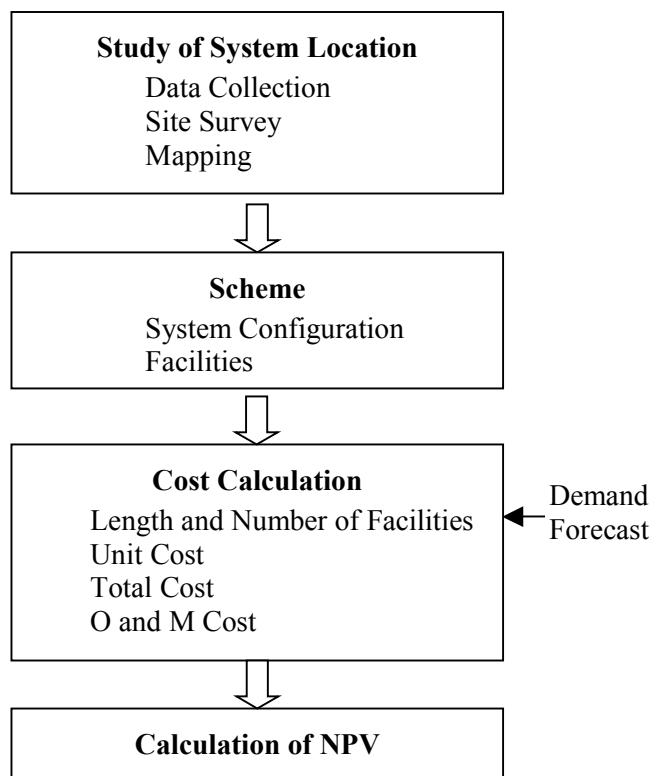
(2) 設計

電圧階級、系統構成、機器容量などコスト算出に必要な項目を検討する。ここで重要な点は、可能な限り、計画に必要な仕様を絞り込むことである。この絞り込みは計画を行うにあたり、コストと計画の迅速さに大きく影響する。5.4 節に内容を示した。

(3) コスト算出

建設コストを算出する。配電線延長によるコスト算出において重要な点は、対象となる TC の建設コストが、既設配電線との距離、需要想定のみならず当該 TC の電化優先順位に左右されることにある。すなわち、第 2 優先順位の TC への計画は、最優先順位の TC への配電線が全 district において敷設されたものとして計画しなければならない。言うまでもなく、計画中に電化優先順位が変更になった場合や、新たな TC が加わった場合、各 TC への延長コストはすべて見直さなければならない。具体的内容を 5.5 節に述べる。

概略フローを下図に示す。



なお、本手法においては、マラウイ国の地形状況から、以下の 2 地点については、配電線延長による電化が不可能と判断したため、以後の検討の対象外とした。

検討除外箇所

- Nkhondowe TC
- Ruarwe TC

(いずれも Nkhata Bay district である)

配電計画の実施フロー

5.3 配電線の位置調査

本節では、既存ならびに計画中の配電線の位置調査について示す。本調査の目的は地方電化のためのマスタープランを作成することであるため、以下の配電線については対象外とした。

- (a) 0.4kV/0.23kV 配電線
- (b) 市街地の配電線
- (c) 非常に短い配電線

5.3.1 ESCOM のデータ／情報

マラウイ国の場合、ESCOM の中央制御所(NCC)が主要線路を運用し、それ以外は地域制御所(ACC)に委ねられている。また、計画については、ESCOM の計画とともに DOE の計画もある。よって、以下のデータを収集した。

- (1) ESCOM(本社と NCC)のデータ(既存ならびに計画中の配電線)

1/1,000,000 の地図に描かれており、主要な配電線の大まかな位置を把握することができる。

- (2) ESCOM(ACC)のデータ

ACC 所有の配電線系統図を収集した。但し、地図上には示されていない。また、建設中ならびに最近建設された配電線については ESCOM 技術者への聞き取り調査を行った。

5.3.2 DOE のデータ／情報

地方電化計画 PhaseIVがある。その総延長は 600km 程度になると推定される。PhaseIVの候補となる電化候補地点は第 11 章に示される。

5.3.3 現地調査

本調査のために現地調査は必ずしも必要ではない。本調査では、ESCOM の情報を確認するために、以下を重点地域とした。

- 同一地域に複数のデータ／情報が存在し、それらに相違がある地域
- 終点が明確でない地点。これは地図上、終点に何もない場合や終点が TC ではない場合である。

なお、現地調査を行う際には、既設配電線の延長時期を併せて調査することを推奨する。本マスタープラン調査では、電化対象となる TC の電化後需要想定を行うにあたり、電化済み TC の経年変化を検討した。従って、配電線の延長時期は、それによって電化された TC の電化時期を特定する上で非常に重要な情報となる。

5.3.4 調査結果

調査結果は以下に示される。

- (a) ESCOM 本社と ACC の情報には新設された地域や計画中の配電線に若干の食い違いがあるものの、33kV の ESCOM のデータ／情報はマスタープランを作成するにあたり十分な信頼性があるものと考えられる。それゆえ、両者のデータを収集・比較することを推奨する。それらに違いがあった場合、現地調査を行うことが望ましい。
- (b) 11kV 配電線に関するデータならびに情報は、十分ではない地域がある。多くの 11kV 配電線は市街地周辺に設置されており、距離も短い。地方電化にはあまり適用されていない。
- (c) ほとんどの配電線は、建設やメンテナンスを容易にするために道路沿いに設置されている。道路の位置が地図と異なる場合があるので、現地調査の際には注意が必要である。

5.3.5 マッピング

地方電化のマスタープラン作成のためには既設ならびに計画中の配電線が示された地図が必要である。また、TC の位置も特定できる地図が必要であるため、マラウイ国で有用な 250,000 分の 1 の地図に結果を示した。調査結果の概要を図 5-3-1 と付録 5-1 に示す。

長距離の既存もしくは計画中の配電線が数多く存在することが図 5-3-1 から見てとれる。また、多くの地域において配電線が敷設されていないことがわかる。

5.4 設計

本節では、マスタープラン作成に必要な設計を示す。

5.4.1 配電システムの電圧階級と方式

本調査では、データベース上で多くの TC の電化手法を比較するので、各 TC の電圧を検討することは効率的ではない。採用された階級を表 5-4-1 に示す。

既存配電線から TC までは、以下の理由により 33kV 三相三線式とする。

- (a) 上述のようにマラウイ国の電圧階級は 33kV、11kV および 0.4kV/0.23kV である。ゆえに、同じ電圧を適用することとした。また、ほとんどの TC にある Maize Mill への電力供給を考慮して、三相三線式とした。
- (b) 現在、33kV 配電線が主に使用され、11kV は都市近郊に使用されているのみである。また、主要変電所には、132kV/33kV もしくは 66kV/33kV 変圧器が設置されている。
- (c) 一般に、オフグリッドシステムの建設コストは配電線の亘長が長い場合に配電線延長よりも安価になる。11kV よりも電圧の高い 33kV 配電線の設置は、需要の大きな TC や亘長が長い配電線の場合、電圧降下を防ぐ方法として有効である。

また、小水力によるオフグリッドシステムの場合は、需要地の近傍に発電所が設置される場合が多く、電圧降下の問題はあまり生じない。そのため、33kV よりも建設コストの安価な

11kVを採用する。

更に、TC内の配電線は、法令に基づき0.4kV/0.23kVとする。この電圧はディーゼル発電機によるオフグリッドシステムにも適用される。

5.4.2 系統構成

(a) 放射状系統

一般に、配電系統には放射状もしくはループ系統が採用される。ループシステムの信頼度は放射状系統に比べて高くなるが、コスト増と複雑な保護を必要とする。マラウイ国の地方部における配電設備と同様に、コスト低減の観点から、放射状系統を採用し、予備線は設けないものとする。

(b) 断路器 (DS)

事故が発生した際、DSの操作によって事故区間が切り離される。マラウイ国の地方部の現状を考慮して、DSを10kmおきに設置すると仮定した。

(c) 遮断器 (CB)

延長された配電線の ESCOM による管理の実施有無にかかわらず、別組織が管理してもよいものとした。よって、両組織の接続点には遮断器とメーターが設置される。

なお、ESCOM が新規の配電線をすべて管理すると仮定した場合、CB は必ずしも必要ではない。

5.4.3 配電機器

DOE と ESCOM は 1 つの機器に 2 つ以上のタイプを採用しているが、効率的に進めるために可能な限り 1 種類に絞った。

採用された機器の特記事項を以下に示し、表 5-4-2 にまとめた。

(1) 導体

- 配電線互長が長い場合や需要が大きい場合の電圧降下を考慮して、導体サイズは 100 mm^2 とした。
- DOE は支持物間の弛度を 1~2% としているが、ESCOM の実績に基づき 5% とした。
マラウイ国では、一般に 0.4kV/0.23kV 配電線に裸線が採用されている。しかしながら、裸線は樹木などの接触による事故あるいは盗電の原因となる。そのため、低圧架空配電線の裸線は世界的に廃止される傾向にある。盗電が顕著になった場合には、架空ケーブルの採用を考えることを推奨する。

(2) 支持物

木柱が採用され、径間はマラウイ国地方部の現状に従い 33kV/11kV は 100m、0.4kV/0.23kV は 50m とした。

(3) 配電用変圧器

- 33kV/0.4kV ならびに 11kV/0.4kV 変圧器の容量は 100kVA とする。これはマラウイ国の多くの地域で採用されており、大きな需要のある TC にも容易に適用できる。
- 最大負荷率は、定格容量の 80% とする。定格容量の 80% 以上の需要が見込まれる

TCには、変圧器を増設する。需要が増加している国では、最大負荷率が100%近くになってから、増設の検討を始めた場合、検討している間に100%を超えてしまう。

5.5 建設コストと経済性評価

本節では、マスタープラン作成に使用する建設コストについて述べる。

5.5.1 亘長と数

(1) 33kV および 11kV 配電線の亘長

5.3 節で作成された地図上で、既存／計画中の配電線もしくはオフグリッドシステムの発電機から電化候補 TC までの直線距離を測る。配電線の距離は直線距離よりも長くなるので、測った距離に係数を掛けて配電線の長さとする。係数は過去の実績における直線距離と実際の長さの平均値を使用する。この係数は将来のプロジェクトの実績に基づいて修正することを推奨する。

本マスタープランでは、現地調査とデータ収集に基づいて、既存設備の大まかな距離を調査し、地図上で直線距離と比較した。その結果から、直線距離の120%とした。

この計画方法を実施するにあたり、以下に重要な注意点を記す。

- 配電線の延長計画は、優先順位毎に実施しなければならない。仮にすべての TC への延長距離を既設／計画中の配電線から測定すると、配電線による電化費用は現実から大きく離れた値となってしまう。
- 各 TC の優先順位は district 毎に設定されたが、配電線の延長に district という概念はない。従って、電化対象 TC への計画は最も近い配電線から計画する。

(2) 各 TC の 33kV/0.4kV 変圧器台数

変圧器の数は需要、変圧器の最大稼働率および力率から決められる。需要は各 TC の需要想定に基づいて行われ、最大稼働率は 5.4.3 節により 80%である。力率は需要の種類によって異なり、標準的な力率はメイズミルが 80%、その他の需要が 90%とした。計算式を以下に示す。

$$\text{変圧器の数} = \frac{\text{トレーディングセンターの負荷トータル}(kVA)}{\text{定格容量}(kVA) * \text{稼働率}80\%}$$

$$\begin{aligned} \text{トレーディングセンターの負荷トータル}(kVA) &= \text{メイズミルの負荷}(kVA) + \text{メイズミル以外の負荷}(kVA) \\ &= \left(\frac{\text{メイズミルの需要}(kW)}{\text{力率}90\%} \right) + \left(\frac{\text{メイズミル以外の需要}(kW)}{\text{力率}80\%} \right) \end{aligned}$$

(3) 0.4kV/0.23kV 配電線

本検討における DOE の主要目的は、TC の公共施設を電化することである。0.4kV/0.23kV 配電線は、配電用変圧器もしくはディーゼル発電機から公共施設まで建設される。0.4kV/0.23kV の数と長さは以下のように仮定された。

- 配電用変圧器から需要家までの配電線の長さは、現地調査による TC の規模により、500m である。
- 各配電用変圧器から 2 本の配電線が敷設される。

上記によって得られた各 TC の配電線の数ならびに長さは、ディーゼル発電機から建設する場合にも適用する。

これらの値は各 Phase の建設が終了後、実績に基づいて修正されるべきである。配電線毎の長さとして TC 毎の数が求められ、この新しい値は次の Phase を計画するために有用である。

(4) 遮断器

遮断器は新しい配電線の起点に 1 台設置される。

なお、ESCOM がマラウイ国の全配電システムの運営を続ける場合には、以下のケースを除いて CB のコストは建設コストに含めない。

- 既設変電所から延長される場合
- 保護が難しい場合(例 長距離配電線)

(5) 区分開閉器

区分開閉器は 5.4.2 節に基づき、10km 毎に設置される。10km の値は、各 Phase の建設が終了後、実績に基づいて修正される。

5.5.2 単価

配電計画では、機器仕様が既存設備同様であれば、最近の実績に基づく単価が有用である。為替レートの違いを考慮して、外貨と内貨に分けられる。

(1) 33kV および 11kV 配電線

単価(kmあたり)は最近の実績におけるコストの平均値を用いる。

$$\begin{aligned} \text{単価 (US\$ and MK / km)} \\ = \frac{\text{最近の実績による33kV(11kV)配電線建設コストの総額 (US\$ and MK)}}{\text{最近の実績による33kV(11kV)配電線の総建設延長 (km)}} \end{aligned}$$

(2) 配電用変圧器

最近の実績による変圧器 1 台あたりの平均値を用いる。

$$\text{単価 (US\$ and MK)} = \frac{\text{最近の実績による変圧器建設コストの総額 (US\$ and MK)}}{\text{最近の実績による変圧器の数}}$$

(3) 0.4kV/0.23kV 配電線

33kV ならびに 11kV 同様、単価(kmあたり)は最近の実績におけるコストの平均値を用いる。

$$\begin{aligned} & \text{単価 (US\$ and MK / km)} \\ & = \frac{\text{最近の実績による0.4kV/0.23kV配電線建設コストの総額 (US\$ and MK)}}{\text{最近の実績による0.4kV/0.23kV配電線の総建設延長 (km)}} \end{aligned}$$

(4) 遮断器と区分開閉器

最近の Phase における単価を用いる。

今回は、付録 5-5 に示すような ESCOM ならびに DOE から収集した単価を適用した。この単価の内、配電線の km コストは、これまで述べてきたマラウイ国の地方部における現状の機器構成、すなわち電柱の径間を考慮して積算したものである。また、Phase IV 終了後には、上記(1)～(4)を適用することができる。

5.5.3 建設コスト

(1) 配電線工事費

各 TC のコストは次に示す項目 (33kV もしくは 11kV 配電線、配電用変圧器、0.4kV/0.23kV 配電線、遮断器、区分開閉器) の総和とする。各項目の算出式を次に示す。

$$\begin{aligned} & \text{建設コスト (US\$ and MK)} \\ & = 33kV \text{ or } 11kV + Tr + 0.4kV/0.23kV + CB + DS \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 33kV \text{ or } 11kV \text{ (33kV もしくは 11kV 配電線建設コストの総額 (US\$ and MK))} \\ & = \text{単価 (US\$ or MK / km)} * \text{直線距離 (km)} * \text{係数} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & Tr \text{ (配電用変圧器建設コストの総額 (US\$ and MK))} \\ & = \text{単価 (US\$ or MK)} * \text{台数} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 0.4kV/0.23kV \text{ (0.4kV/0.23kV 配電線建設コストの総額 (US\$ and MK))} \\ & = \text{単価 (US\$ or MK / km)} * \text{距離 (km)} * \text{本数} \end{aligned}$$

$$CB \text{ (遮断器建設コストの総額 (US\$ and MK))} = \text{単価 (US\$ or MK)}$$

$$\begin{aligned} & DS \text{ (区分開閉器建設コストの総額 (US\$ and MK))} \\ & = \text{単価 (US\$ or MK)} * \text{台数} \end{aligned}$$

(2) エンジニアリングサービス

配電設備を建設する際に必要な詳細現地調査、機器設計、機器調達ならびに施工

監理のためのエンジニアリングサービスの費用を計上する。上記配電線工事費の 8%とした。

(3) 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%を計上する。

(4) 用地補償費

配電設備は発電設備と異なり、大きなコストの差がなく電柱を建てる箇所を変更することが容易である。一方、マラウイ国地方部のほとんどの地域は、住宅や農地が全くない。このような点から、本検討では用地補償費は含めないものとした。

(5) 付加価値税

本レポートでは建設工事費およ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した。これは工事費算定時の税率による。但し、ドラフトファイナルレポート協議後に付加価値税が 20%に変更になったとの情報が寄せられた。プロジェクト実施時の付加価値税率に応じた見直しが必要である。

(6) 工事費算定結果

以上による 249 全 TC におけるコスト算定結果を表 5-5-1 に示した。

5.5.4 経済性評価

前節で算出された建設コストは、経済性の評価により、本調査で考慮されている他の電化手法と比較される。その結果、各 TC に最適な電化手法が選定される。

今回採用された評価手法は代替火力法である。本調査では、ディーゼル発電に関わる費用を Benefit(B)、配電線延長やマイクロ水力などに関わる費用を Cost(C)としている。本節では、この評価手法を適用するために必要な配電線電化費用の算定条件ならびに電化対象である 249TC に対する配電線およびディーゼル発電の算定結果を示す。

なお、代替火力法による経済評価方法の詳細は 6.7 節を参照されたい。

(1) 初期投資費用

配電線延長に必要な初期投資費用は、5.5.3 節に述べられた概算工事費とする。

(2) 運転・保守費

配電設備に関する運転・保守費としては、以下がある。

(a) 発電を行っている ESCOM 発電所の燃料費

(b) ESCOM の発電所・流通設備の運転・保守費

(c) 新設される配電設備の運転・保守費

この内、発電所の燃料費と発電所・流通設備の運転・保守費については、ESCOM 年報(2000年)に示される単位電力量あたりの値を適用した。

新設される配電設備の運転・保守費については、ESCOM の配電線延長距離ならびに ESCOM 年報(2000年)に示される年間の配電設備の運転・保守費から、約 1.6%と想定される。しかし、電化率が低い場合、設備の増設に伴って運転・保守費が上がることを考えられるため、建設費の 2%に設定した。

(3) 算定結果

配電線延長およびディーゼル発電に関わるコスト(NPV)の算定結果と両者の比較結果(B/C)を表 5-5-1 に示す。

表により、配電線延長費用の算出が困難と判断された 2 地点を除き、すべての TC で B/C が 1.0 以上となった。これは、マラウイ国の TC に対して、配電線延長による電化がディーゼル発電による電化よりも経済的に有利であることを意味する。

上記の算定結果を踏まえ、配電線延長による電化が実施された場合の配電線延長状況を図 5-5-1 から図 5-5-4 に示す。

これらの図により、PhaseXV 終了後にはかなりの地域に配電線が延長されることがわかる。図 5-5-4 において、一部空白地域があるが、これらのほとんどは、国立公園や森林保護区などに指定されている箇所であることが図 5-5-5 からわかる。

5.6 配電系統のケーススタディ

ケーススタディは配電線延長が対象 TC の電化方法として選ばれた後に行われるより詳細な検討である。ケーススタディには以下の 2 つの目的がある。

(1) 各 TC の状況を踏まえ、配電線延長方法を具体化する

具体的な実施内容としては、以下が挙げられる。

- (a) 33kV、11kV 配電線延長の仮ルート設定
- (b) TC 内の公共施設への配電線延長仮ルートの設定
- (c) 設定された仮ルートによってマラウイ国の電圧基準に合致した電力供給が可能かを検討する。
- (d) 実施結果を評価し、マスタープラン策定方法への反映を検討する。

(2) カウンターパートへの技術移転

地方電化マスタープランの策定により、PhaseV の電化対象 TC は、すべて配電線延長による電化方式が選定された。これを踏まえ、カウンターパートである DOE 職員が、本ケーススタディで実施された 4TC 以外の 48 箇所についても、上記(1)の内容を実施しなければならない。そのため、カウンターパートが継続的に検討可能とするために技術移転を図る。

5.6.1 実施 TC の選定

ケーススタディを実施する TC は、以下を考慮して選定した。

(1) 地域

マラウイ国には、3 つの地域(北部・中部・南部)があるため、地域バランスに配慮した。小水力のケーススタディは、北部において発電機から TC までの配電線を含めて行われるため、配電線延長のケーススタディは中部と南部から選定した。各々 2 つの TC とした。

(2) 優先順位

各 District の第一優先順位 TC を選定した。

(3) 既設／計画中配電線からの距離

33kV/11kV 配電線のケーススタディができないため、既設／計画中の配電線からの距離が 1km のように近い地域は望ましくない。また、配電線と TC の距離が長い場合、DOE は異なる経験を効率的に得ることができない。従って、技術移転には概ね 10km 程度がケーススタディには適切である。

(4) 最大電力

第 4 章で想定された最大電力の異なる TC を選定した。一般に、最大電力が大きな TC は 0.4kV/0.23kV 配電線が多くなり、小さな TC では簡素なシステムとなる。

結果として、以下の TC を選定する。

(a) 北部地域

Ruarwe TC (Nkhata-bay District)

- 小水力のケーススタディとともに実施
- 最大電力(20 年後) 58kW

(b) 中部地域

Mkaika TC (Nkhotakota District)

- 優先順位 第一位
- 計画中配電線からの距離 10km
- 最大電力(20 年後) 505kW

Nthesa TC (Ntchisi District)

- 優先順位 第一位
- 既設配電線からの距離 11km
- 最大電力(20 年後) 50kW

(c) Southern Region

Chiendausiku TC (Balaka District)

- 優先順位 第一位
- 既設配電線からの距離 13km
- 最大電力 255kW

Chikweo TC (Machinga District)

- 優先順位 第一位
- 既設配電線からの距離 18km
- 最大電力(20 年後) 375kW

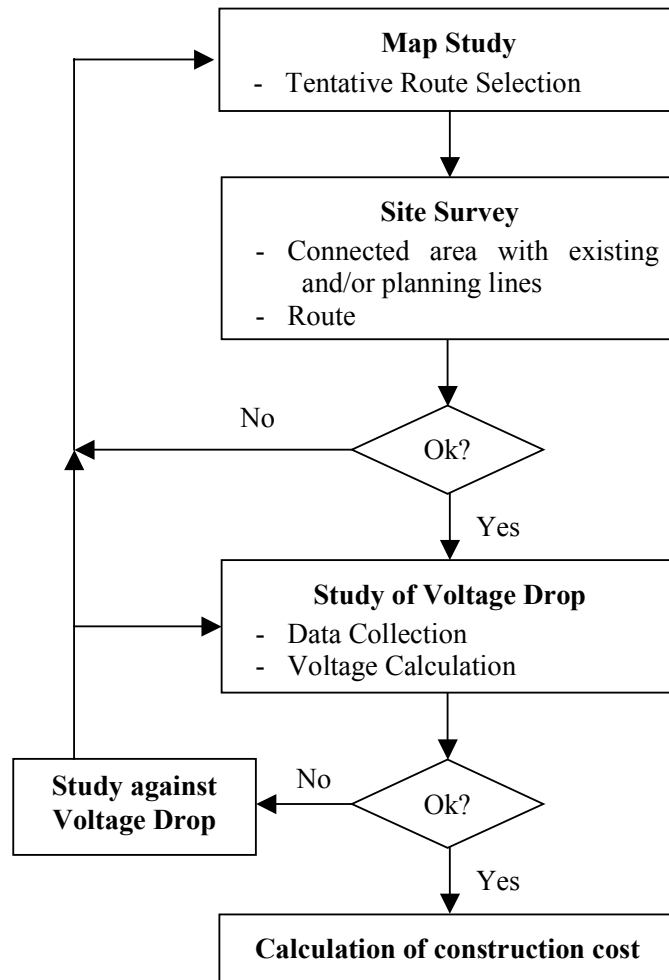
5.6.2 実施フロー

ケーススタディの実施フローは、次のフロー図に示されるように、マップスタディ、現地調査、電圧降下の検討がある。その後、これらの結果を踏まえて、各 TC への建設コストを算出する。以降に各項目の概略実施内容を示す。

5.6.3 マップスタディ

マップスタディは配電線の起点から TC までの 33kV もしくは 11kV 配電線のルート(案)を作成するために行う。5.3 節で検討された地図を使用し、標準ルートは道路沿いに設定する。

TC によっては、このマップスタディができない場合もある。例として、TC へのアクセスロードが地図上で明確でない場合が挙げられる。このような場合は、最短な既設/計画済み配電線の位置を確認した上で、現地調査を行う



ケーススタディのフロー(33kV、11kV 配電線)

5.6.4 現地調査

(1) 33kV ならびに 11kV 配電線の起点

マップスタディで選定された 33kV 配電線の分岐点、変電所もしくは発電所周辺を調査する。

TC の近くに別の配電線が延長されていた場合、地図とルートの修正を行う。

(2) 33kV/11kV 配電線のルート

調査内容は建設に関する障害物の有無である。具体的には、大きな河川や電柱の敷設が難しい急峻な地形などがある。これらが存在し、配電線ルートを大きく変更する必要がある場合は、マップスタディを繰り返す。

(3) 配電用変圧器と 0.4kV/0.23kV 配電線

配電用変圧器の位置(案)と 0.4kV/0.23kV 配電線のルート(案)を検討する。本検討では、公共施設の電化に必要な最低限の配電線を対象とした。手順は以下の通り。

(a) TC の概略地図を描く。

(b) 柱上変圧器の設置される候補地を選定する。

- (c) 概略地図上に変圧器から公共施設までのルート(案)を描く。ルートの距離を歩測する。

5.6.5 電圧降下の検討

需要想定、配電線の距離ならびに現在の電圧状況に基づき、配電線建設後の電圧降下の検討を行う。現在の電圧状況は ESCOM から収集する。

問題が生じた際には次に示すような電圧補償に関して ESCOM と協議する必要がある。

- (a) ルートの再設定(変電所からの新規フィーダの建設など)
- (b) 電圧降下を補償する機器の設置(調相設備や SVR⁹)

また、0.4kV/0.23kV に関しては、以下の方法が考えられる。

- (a) 配電用変圧器位置の変更
- (b) 単相から3相への変更、線種変更

5.6.6 ケーススタディの結果

配電線による延長を行う場合、延長する配電線の距離の設定は非常に重要である。特に 33kV の配電線はコストに影響しやすいので注意が必要である。

下表は、本節における電化実施計画策定時とケーススタディ実施結果による 33kV 配電線の延長距離を比較したものである。その結果、Chikweo TC を除き、ほとんど差異がないことがわかる。

TC	Length (km)		
	Master Plan	Case Study	Difference
Chiendausiku	12	13	+1
Chikweo	18	10	-8
Mkaika	10	10	0
Nthesa	10	11	+1

Chikweo TC については、電化実施計画策定時とケーススタディ実施時とで、既設配電線の位置が異なるためである。前述のように、ESCOMの配電線建設所要日数は km あたり 2 日である。そのため、電化実施計画に使用した配電線の位置調査時とケーススタディ実施時とで、現地状況に差があることは十分あり得る。このような場合、ケーススタディにおけるコスト算定は現地状況に合わせて行うが、電化実施計画との差異については、電化実施計画策定時の状況下で評価すべきである。

今回の場合、電化実施計画時点の状況からケーススタディを実施すると、33kV 配電線の延長距離は 20km であり、電化実施計画策定時と大きな差異がない。

以上により、電化実施計画策定方法は十分実用可能と判断される。

⁹ Step voltage regulator

5.7 屋内配線

マラウイ国の電化率は約 4%と非常に低いものであるが、この理由の一つに需要家が屋内配線費用を払うことができないことがある。そこで本節では、マラウイ国における貧困家庭向けの屋内配線と南部アフリカ地域における状況について述べる。

5.7.1 マラウイ国における屋内配線機器の現状

現在、マラウイ国において、ESCOM のほとんどの顧客はメーターを含む標準的な分電盤を使用しているが、一部の地域では標準的な分電盤の代わりに Prepaid Meter (図 5-7-1)もしくは Ready Board (図 5-7-2)が設置されている箇所がある。

ESCOM によると、マラウイ国では Prepaid Meter は高所得者層向けのメーターとして使用されている。需要家は ESCOM の営業所において、電気を使用する前に料金を支払い、レシートを受け取る。レシートに書かれているコードを Prepaid Meter に入力することで、料金同等の電気を使用することができる。

Ready Board は ESCOM がプロモートした低所得者層向けの分電盤である。主要機器は電線、コンセント、ブレーカー、漏電遮断器および小さなランプである。Ready Board の需要家は調理用ヒーター(図 5-7-3)、扇風機(図 5-7-4)、ラジオ、照明器具などの電気製品を所有しているのみである。

Prepaid Meter の設置されている家屋内の配線は標準的な分電盤を使用している家屋と同等であり、壁や床などに埋め込まれている。一方、Ready Board の場合は、引き込まれた配線が居間もしくはダイニングルームに設置されている Ready Board まで屋内の壁つたいに設置されており、誤って断線させてしまう可能性がある。また、コンセントは 3 つしかないため、複数の電気製品を使用する場合には 1 つのコンセントから幾つもの電気製品に接続されている。

5.7.2 マラウイ国における貧困層家屋への ESCOM の取り組み

ESCOM によると、貧困住宅を電化する際の最大の問題は屋内配線であり、コストと安全に関する以下の 3 つの取り組みを行っている。

a. Ready Board

ESCOM のプロモーション価格は配線コスト及びデポジットを含めて MK6,000 である。ESCOM は 150 セットを Blantyre 周辺の Mbayani 地域に販売したが、現在は実施されていない。

Ready Board の導入コストは、プロモーション価格より高い MK15,000 である。内訳は Ready Board の機器代に MK4,000、腕木や電線のような安全対策を含めた建設に MK11,000 である。

b. 腕木(図 5-7-5, 5-7-6)

泥で作られた貧困層の家屋の壁は非常に壊れやすいため、腕木が必要となる。電線

は腕木を経由して家屋内の Ready Board に配線される。

c. 電線

都市部に近い低所得者が居住する村落では、家屋が密集しているため、配電線が家屋の屋根に触れやすい。裸線を使用した場合、コストは安いですが火災の原因になる場合がある。そのため、既に ESCOM によって行われている架空ケーブルが望ましい。

5.7.3 南部アフリカ地域の貧困層向け屋内配線

ワークショップなどを通じて、南部アフリカ地域においても、マラウイ国同様に貧困層向けの屋内配線への取り組みがなされている。

(1) 南アフリカ共和国

南アフリカ共和国電力公社(ESKOM)は、1999年に Ready Board を含む低コスト屋内配線システムの開発を次に示す社会的背景の下、実施した。

- 南アフリカ共和国における The Reconstruction and Development Program (RDP) には、人種差別撤廃後の社会基盤開発として、電化の必要性が提言されており、低所得者向けの屋内配線を開発する必要があった。
- 高い失業率により毎月の収入が不安定なため、需要家が電気を使用する機会を選択できる Prepaid meter が要求された。
- 電化予定地域には郵送に必要な住所が整備されていないこと、ならびに請求書を送付するための経費回収が容易でないことから、ESKOM は Prepaid Meter の使用を検討した。

開発されたシステムには、Ready Board のみの場合 (prefabricate wiring) と Prepaid Meter System として Ready Board と Prepaid Meter を組み合わせた方法がある。

機器構成としては、マラウイ国で使用されている Ready Board ならびに Prepaid Meter と大きな違いはないが、マラウイ国の ESCOM は、connection fee を消費者側に負担させているのに対して、ESKOM では、小さな需要家に対しては connection fee を徴収していない。

現在、ESKOM は、未電化地域に Ready Board を組み入れるため The Development Bank of Southern Africa、地方自治体と共同で据え付け作業の事業を推進しており、毎年 30 万戸を据え付けている。

(2) ボツワナ共和国

ボツワナでは、屋内配線費用削減のため、Ready Box House Wiring System と呼ばれる屋内配線が使用されている。基本的な機器構成は、ブレーカー、電球ならびに 3 個のコンセントで構成されている。60W の電球ソケットを含めたコストは約 US\$ 27.00 である。

(3) ナミビア共和国

ナミビア共和国においても Ready Board、Pre-payment metering が適用されている。Ready Board の機器構成はマラウイ国と同じである。

5.7.4 マラウイ国における低コスト屋内配線

マラウイ国における低コスト屋内配線を考えるにあたり、安全な電力供給を前提としなければならぬ。

(1) ブレーカーと漏電遮断器

電気を安全に使用するためには、電線・コンセントの他にブレーカーと漏電遮断器の設置が重要である。ブレーカーは過電流(短絡・地絡事故時など)に電力供給を停止することにより¹⁰、需要家の感電や家屋の火災を防ぐために必要な機器であり、漏電遮断器は漏電による需要家の感電を防止するために設置するものである。Laws of Malawi – Electricity (Wiring) Regulations においても、過電流ならびに漏電に対する安全機器の設置を義務づけている。

仮にこれらの保護装置を設置しない方法を採用した場合、コストは低下し、平常時には電気を使用することができる。しかし、上述のように需要家の安全を無視した機器構成は推奨しない。

なお、過電流に対しては、ブレーカーとヒューズを使用する方法がある。ヒューズはブレーカーに比べ安価ではあるが、ヒューズが切れた際、需要家が電線でバイパスしてしまうことが海外で多く報告されている。この場合、保護装置がなくなるため、ヒューズの使用は国際的に減る傾向にある。

(2) 配線

屋外から屋内への引き込み線については、安全と不正使用防止のため、裸線の使用は国際的に減る傾向にある。また、引き込み線は同様の理由により、家屋の高い位置に設置されるべきである。マラウイ国における現地調査の結果として、貧困層における家屋の壁は脆く、屋根は容易に燃えると言える。壁の補強ならびに架空ケーブルの使用は行われるべきであり、現在 ESCOM が行っている方策は有効である。

更に、Ready Board には照明とコンセントがあるため、腕木を経由した電線は、電化製品が設置されている部屋の Ready Board まで壁つたいに敷設されている(図 5-7-7)。安全上、壁に埋め込まれる配線は、より望ましい方法ではあるが、コストの増加と壁の脆さを考慮する必要があるため、現状ではやむを得ないと考える。

また、コンセント¹¹の数が 3 個と少ないため、1 つのコンセントに複数の電化製品を接続することになるが、この点については、需要家に対し、使用していない機器をはずすことや機器が増えた場合には通常の分電盤へ移行するなどのプロモートが必要と考えられる。

以上により、マラウイ国における低コスト屋内配線について、以下のように要約される。

- (a) マラウイ国(ESCOM)でプロモーションされた Ready Board は、需要家が安全に電気を使用するにあたり、最低限の機器で構成されている。また、マラウイ国の法令に準拠している。

¹⁰ マラウイの場合は事故後数十 ms で遮断する。国際的にも汎用品である。

¹¹ 15A(アンペア)を基本とする汎用品。

- (b) Ready Board は標準的な汎用品を組み合わせて作られており、また、同等の機器が南部アフリカ地域において広く使用されている。
- (c) 従って、マラウイ国における低コスト屋内配線として、Ready Board と同等の機器構成とすることを推奨する。
- (d) 但し、屋外から Ready Board までの電線やコンセントと電気製品への接続については、改善すべき点はあるため、需要家へのプロモートが必要と考える。

表 5-1-1 送電線と配電線の総延長

線路		亘長
送電線	トータル	1,780km
	132kV	960km
	66kV	820km
配電線	トータル	8,548km
	33kV	2,052km
	11kV	2,414km
	400/230V	4,082km

(Source: Annual Report 1998/99, ESCOM)

表 5-1-2 法令とマニュアル

Law of Malawi	(1) Electricity Council. Act No.19 of 1998 (Electricity) (2) Electricity (Supply) Regulations 1999 (3) Electricity (Wiring) Regulations 2000
DOE (Draft)	(1) Planning Manual of Distribution System in Rural Area of Malawi (2) Supervising Manual of Distribution System Construction for Rural Electrification (3) Design Manual of Distribution System in Rural Area of Malawi
ESCOM	No manual (Construction and design are based on some drawings)

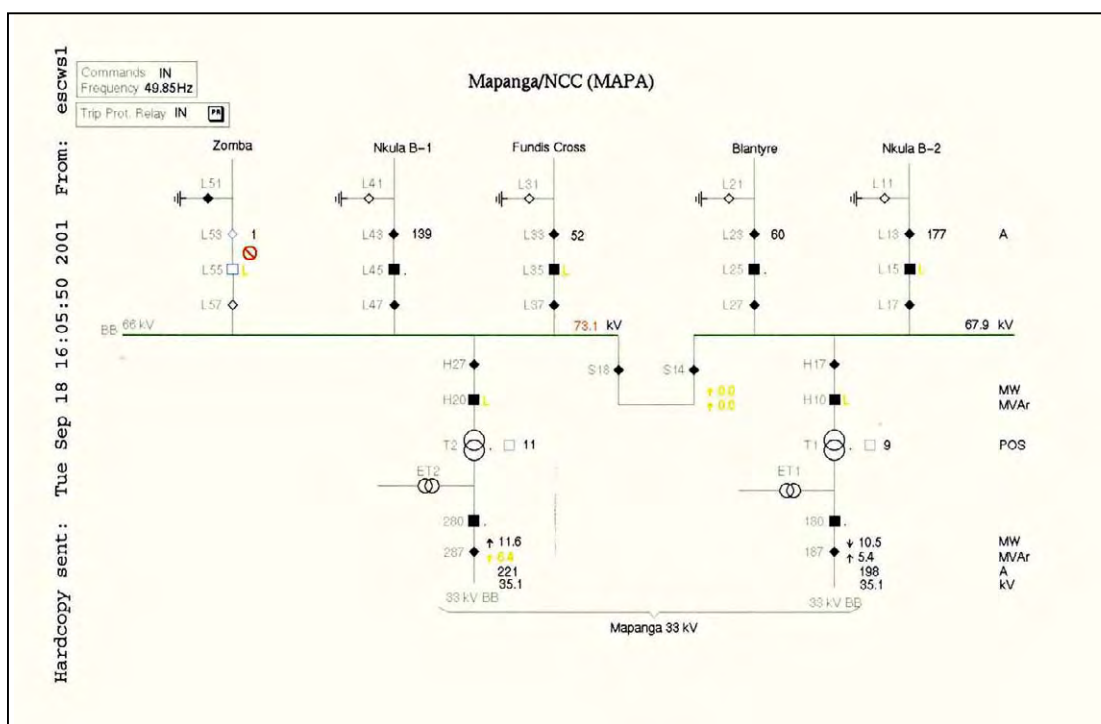


図 5-1-1 NCC の SCADA 画面 (サンプル)

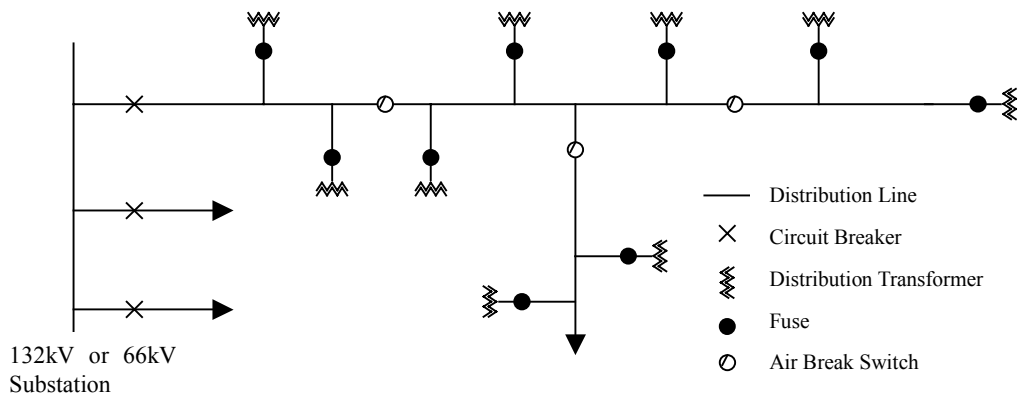


図 5-1-2 典型的な配電線の構成



図 5-1-3 区分別閉器



図 5-1-4 Recloser

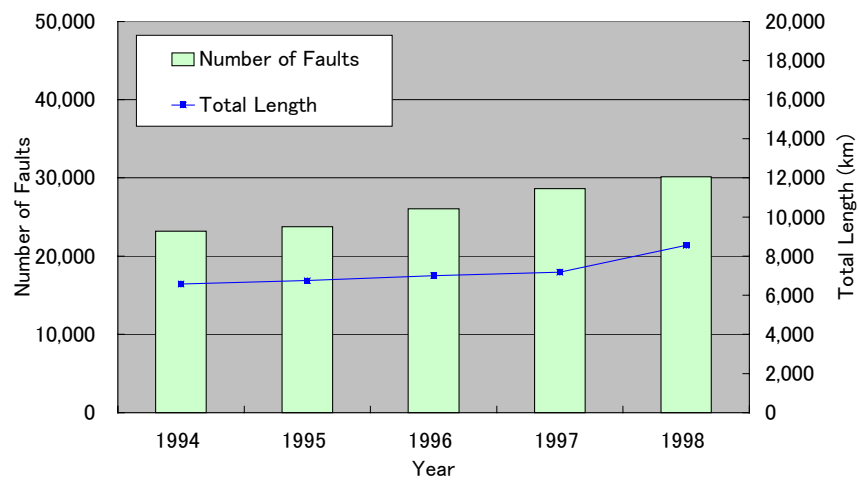


図 5-1-5 事故件数



図 5-1-6 立て替えられた電柱



図 5-1-7 変圧器(50kVA)



図 5-1-8 変圧器(100kVA)



図 5-1-9 登攀防止の有刺鉄線

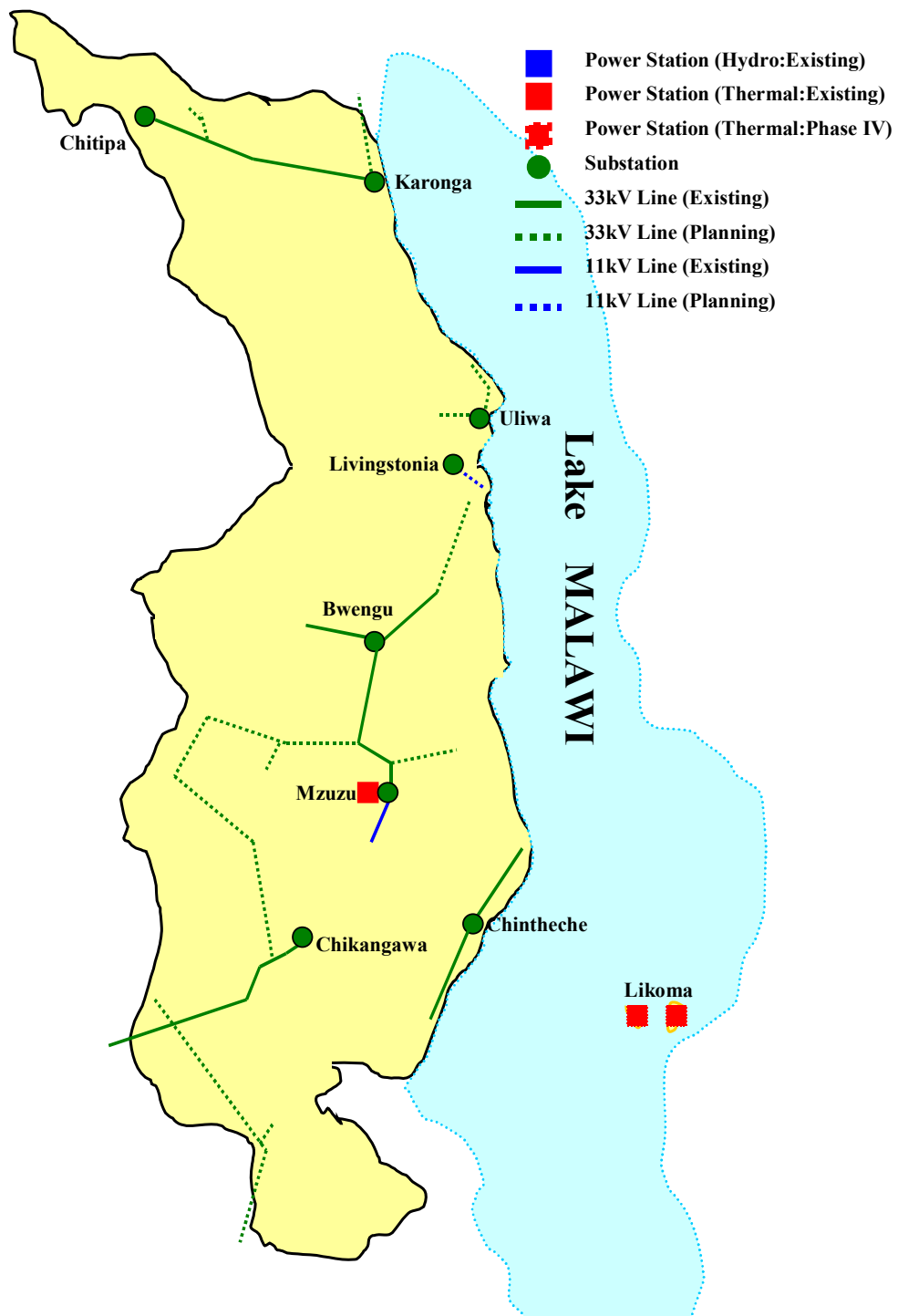


図 5-3-1 (a) 配電系統の現状と計画
(北部地域)

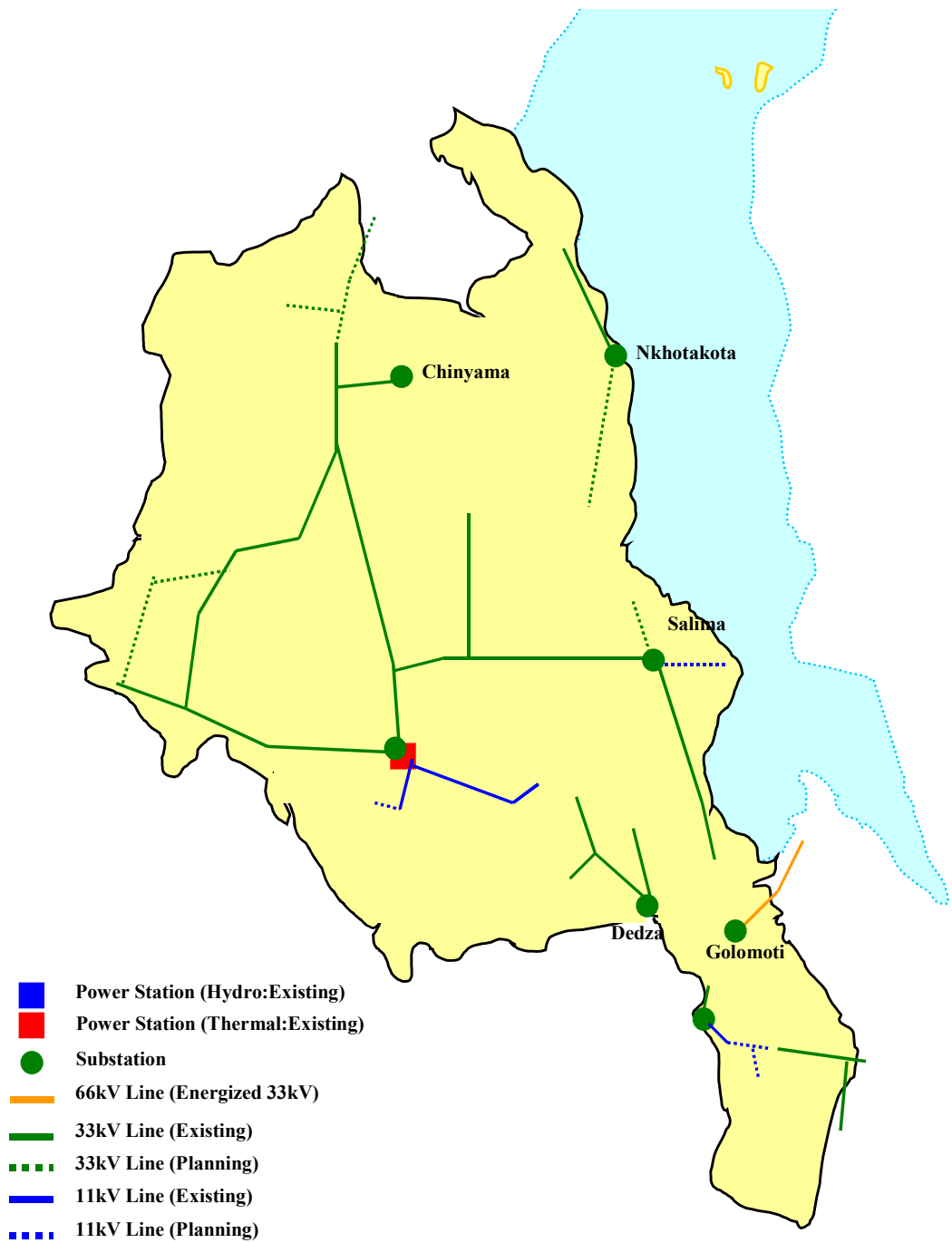


図 5-3-1 (b) 配電系統の現状と計画
(中部地域)

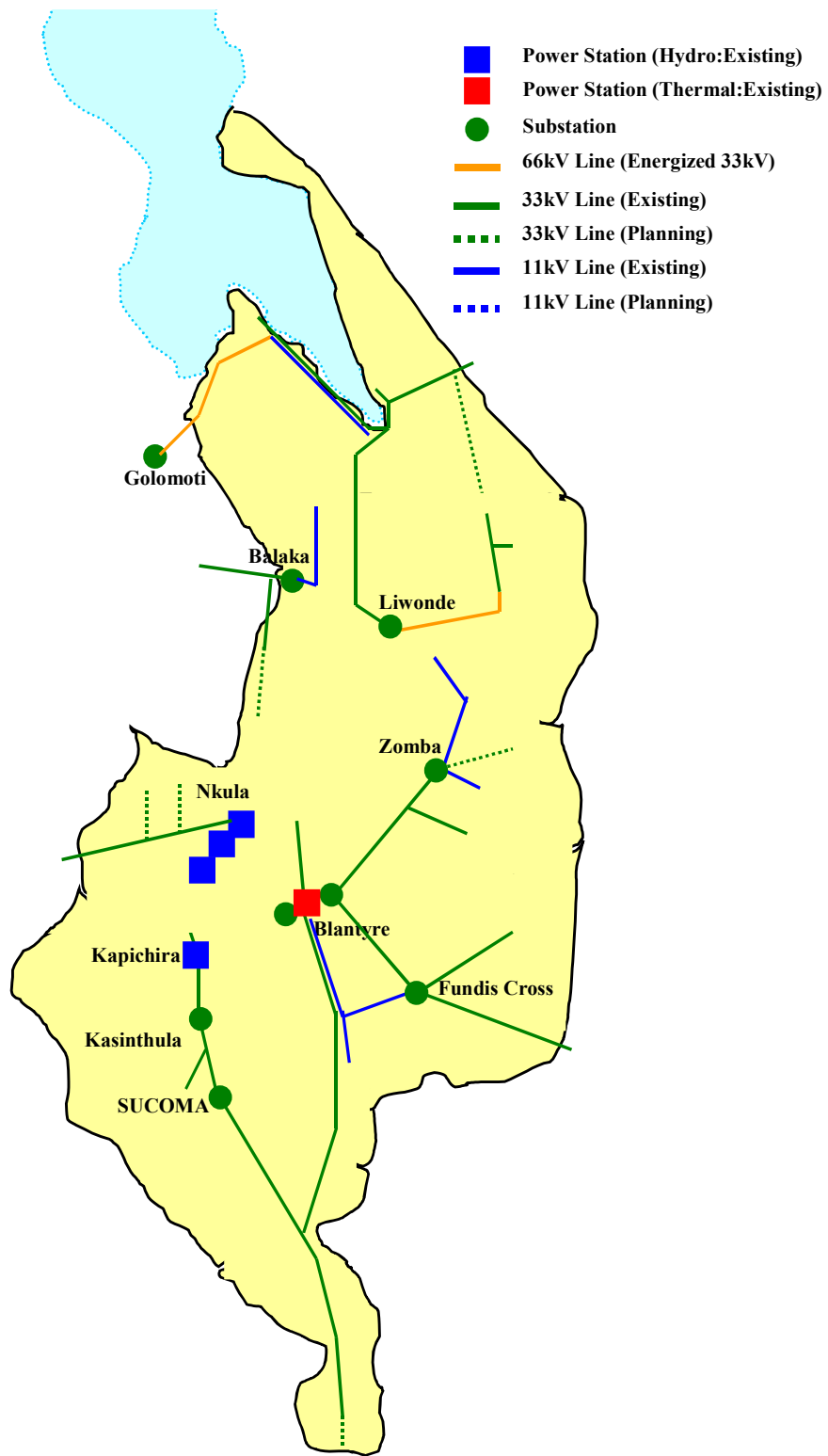


図 5-3-1 (c) 配電系統の現状と計画
(南部地域)

表 5-4-1 電圧階級

電圧	内容
33 kV (3相3線式)	既存もしくは計画中の配電線から TC(配電用変圧器)まで
11 kV (3相3線式)	小水力発電機から TC(配電用変圧器)まで
0.4 kV/0.23 kV (3相4線式)	配電用変圧器およびディーゼル発電機から需要家まで

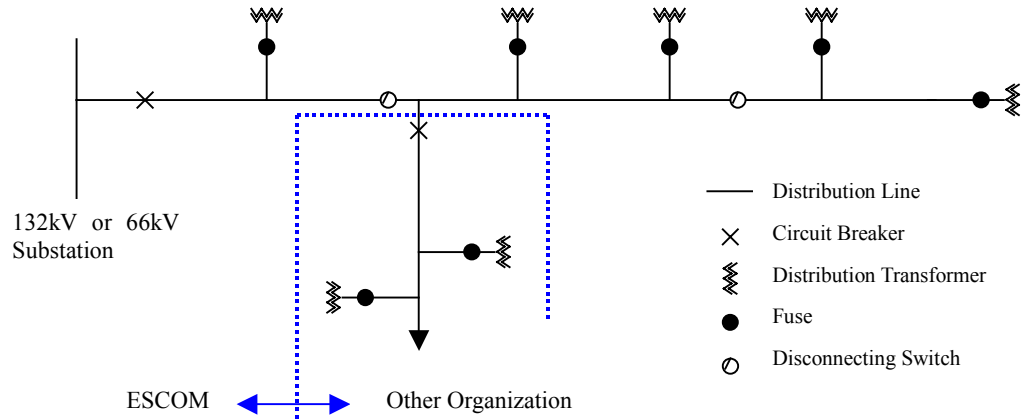


図 5-4-1 系統構成

表 5-4-2 配電機器

機器	項目		内容
導体	電圧	33kV	AAAC 100 mm ²
		11kV	AAAC 100 mm ²
		0.4kV/0.23kV	AAC 100 mm ²
	弛度	亘長の 5%	
支持物	電柱		木柱
	径間	33kV	100m
		11kV	100m
0.4kV		50m	
配電用変圧器	種類		3相
	容量		100 kVA
	最大負荷		定格容量の 80%

表 5-5-1 Calculation of Cost and Benefit

Region	District Name	Phase	TC Name	2020 TC Peak Demand except for Maize Mill	2020 Demand of Maize Mill	2020 Peak Demand (kW)	2020 Demand (MWh/year)	Installation Grand Total (1,000 US\$)	B/C	Cost	Benefit
										Grid Extension NPV (1,000 US\$)	NPV Benefit (1,000 US\$)
Northern	Chitipa	5	Nthalire	265	120	385	1,929	1,023.4	2.03	996.5	2,027.4
	Chitipa	5	Lupita	262	120	382	1,915	155.8	12.05	167.3	2,016.1
	Chitipa	6	Wenya	294	80	374	1,871	214.2	8.87	222.7	1,974.6
	Chitipa	6	Kameme	311	80	391	1,960	468.3	4.41	466.4	2,058.2
	Chitipa	7	Chsenan	148	60	208	1,042	192.6	6.25	194.1	1,212.2
	Chitipa	7	Kapoka	203	60	263	1,318	121.9	11.36	129.2	1,467.6
	Chitipa	8	Chisenga	54	40	94	472	356.8	2.00	345.5	691.1
	Chitipa	8	Mwenemulembe	15	20	35	174	158.7	2.73	153.4	417.9
	Karonga	5	Songwe	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Karonga	5	Kibwe	322	60	382	1,915	155.8	12.05	167.3	2,016.2
	Karonga	6	Pusi	236	120	356	1,784	155.8	11.40	166.1	1,893.3
	Karonga	6	Iponga	36	20	56	282	71.1	7.29	70.7	515.6
	Karonga	7	Miyombo	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Karonga	7	Mlare	38	0	38	190	249.3	1.79	240.1	430.4
	Karonga	8	Chihepasha	38	0	38	190	176.3	2.53	170.3	430.4
	Karonga	8	Mwenitete	23	20	43	217	71.1	6.54	70.1	458.2
	Karonga	9	Tilora	38	0	38	190	234.7	1.90	226.1	430.4
	Karonga	9	Hara	6	20	26	132	71.1	5.45	69.2	377.7
	Karonga	10	Lupembe	73	40	113	567	117.3	6.63	117.5	779.2
	Rumphi	5	Katowo	197	100	297	1,486	527.4	3.13	518.3	1,620.1
	Rumphi	5	Chitimba	20	0	20	98	234.7	1.53	225.2	344.8
	Rumphi	6	Lara	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Rumphi	6	Mujuju	144	60	204	1,021	119.6	9.63	124.1	1,195.2
	Rumphi	7	Mwasisi	73	40	113	567	131.9	5.93	131.5	779.2
	Rumphi	7	Nchenachena	129	60	189	948	105.0	10.27	109.5	1,124.7
	Rumphi	8	Nkhozho	77	40	117	587	88.1	8.85	89.8	794.7
	Rumphi	8	Ng'onga	31	20	51	254	71.1	7.00	70.4	493.0
	Rumphi	9	Kamphenda	73	40	113	567	117.3	6.63	117.5	779.2
	Rumphi	9	Mphompha	73	40	113	567	251.6	3.17	245.9	779.2
	Nkhata Bay	5	Mpamba	75	40	115	575	237.0	3.39	232.1	785.5
	Nkhata Bay	5	Kavuzi	136	40	176	880	224.8	4.77	223.3	1,065.0
	Nkhata Bay	6	Khondowe	38	0	38	190	-	-	-	582.5
	Nkhata Bay	6	Sanga	16	0	16	81	100.3	3.43	96.7	331.5
	Nkhata Bay	7	Usisya	243	80	323	1,617	407.6	4.30	405.1	1,742.7
	Nkhata Bay	7	Nthungwa	113	40	153	765	373.7	2.64	364.5	961.1
	Nkhata Bay	8	Ruarwe	228	40	268	1,344	-	-	-	2,563.4
	Nkhata Bay	8	Chituka	73	40	113	567	161.1	4.89	159.4	779.2
	Nkhata Bay	9	Maula	38	0	38	190	71.1	6.17	69.8	430.4
	Nkhata Bay	9	Lwazi	38	0	38	190	114.9	3.86	111.7	430.4
	Mzimba	5	Edingeni	7	20	27	137	71.1	5.51	69.3	382.0
	Mzimba	5	Euthini	210	140	350	1,752	155.8	11.23	165.8	1,862.3
	Mzimba	6	Mpherembe	144	80	224	1,121	121.9	10.11	127.3	1,287.1
	Mzimba	6	Jenda	41	40	81	408	88.1	7.20	88.1	634.2
	Mzimba	7	Manyamula	144	80	224	1,121	361.5	3.61	356.2	1,287.1
	Mzimba	7	Eswazini	20	40	60	299	71.1	7.47	70.9	529.7
Mzimba	8	Luwelezi	41	40	81	408	117.3	5.47	116.0	634.2	
Mzimba	8	Emfeni	33	20	53	267	100.3	5.12	98.5	503.8	
Mzimba	9	Engutwini	73	40	113	567	175.7	4.50	173.3	779.2	
Kasungu	5	Chamama	42	100	142	711	344.6	2.71	336.1	912.0	
Kasungu	5	Mpepa	23	40	63	318	190.9	2.97	185.5	550.1	
Central	Kasungu	6	Matenje	8	20	28	141	176.3	2.27	169.8	384.9
	Kasungu	6	Simlemba	76	40	116	580	371.4	2.19	360.5	789.2
	Kasungu	7	Kamboni	37	20	57	285	249.3	2.15	241.0	518.3
	Kasungu	7	Kapheni	39	20	59	294	71.1	7.42	70.8	525.5
	Nkhotakota	5	Mkaika	345	160	505	2,529	277.2	8.91	289.3	2,577.5
	Nkhotakota	5	Dwambadzi	270	80	350	1,752	378.4	4.92	378.5	1,862.4
	Nkhotakota	6	Msenjere	12	20	32	159	71.1	5.83	69.5	405.3
	Nkhotakota	6	Kasitu	12	20	32	159	158.7	2.65	153.2	405.3
	Ntchisi	5	Nthesa	10	40	50	251	158.7	3.19	154.1	491.0
	Ntchisi	5	Khuwi	50	20	70	348	161.1	3.65	157.3	574.6
	Ntchisi	6	Kamsonga	183	120	303	1,519	226.4	7.15	231.0	1,651.9
	Ntchisi	6	Chinguluwe	68	60	128	639	88.1	9.33	90.3	842.7
	Ntchisi	7	Bumphula	103	60	163	816	210.2	4.83	208.7	1,007.3
	Ntchisi	7	Malambo	83	80	163	816	210.2	4.83	208.7	1,007.8
	Ntchisi	8	Ng'ombe	9	20	29	145	71.1	5.60	69.4	388.5
	Ntchisi	8	Kasakula	62	60	122	612	131.9	6.22	131.9	821.0
	Ntchisi	9	Mzandu	28	40	68	340	207.8	2.81	201.9	568.1
	Ntchisi	9	Nthondo	64	60	124	621	146.5	5.68	145.9	828.2

Region	District	Phase	TC Name	2020 TC Peak Demand except for Maize Mill	2020 Demand of Maize Mill	2020 Peak Demand (kW)	2020 Demand (MWh/ year)	Installation Grand Total (1,000 US\$)	B/C	Cost	Benefit
										Grid Extension NPV (1,000 US\$)	NPV Benefit (1,000 US\$)
Central	Ntchisi	10	Kayoyo	50	40	90	449	193.3	3.53	189.0	666.7
	Dowa	5	Thambwe	122	20	142	710	134.2	6.74	135.1	910.9
	Dowa	5	Bowe	145	60	205	1,028	297.8	4.08	294.4	1,200.8
	Dowa	6	Chiseflo	124	60	184	920	359.2	3.13	352.1	1,102.2
	Dowa	6	Bibanzi	17	0	17	86	158.7	2.20	152.5	335.1
	Dowa	7	Msalanyama	27	20	47	236	114.9	4.22	112.1	472.6
	Dowa	7	Kachigamba	117	40	157	788	119.6	8.03	121.9	979.1
	Dowa	8	Chinkhwiri	111	20	131	656	251.6	3.49	246.8	862.0
	Dowa	8	Lipri	86	40	126	630	161.1	5.22	160.0	834.9
	Dowa	9	Kasuntha	204	60	264	1,322	241.7	6.04	243.7	1,471.2
	Dowa	9	Chankhunga	97	20	117	588	146.5	5.47	145.6	795.9
	Dowa	10	Nalunga	25	20	45	226	176.3	2.73	170.7	465.4
	Dowa	10	Dzoole	65	40	105	526	193.3	3.90	189.7	740.0
	Dowa	11	Kalonga	48	0	48	239	71.1	6.77	70.3	475.7
	Dowa	11	Kalumbu	66	80	146	730	178.0	5.24	177.1	927.3
	Dowa	12	Mkukula	84	40	124	621	102.7	7.95	104.1	827.7
	Dowa	12	Chakadza	138	20	158	792	119.6	8.06	121.9	982.2
	Dowa	13	Chimungu	66	20	86	430	175.7	3.79	172.0	651.7
	Dowa	13	Thonje	66	20	86	430	131.9	5.01	130.1	651.7
	Dowa	14	Kayembe	75	40	115	575	251.6	3.19	246.0	785.6
	Dowa	14	Simbi	66	20	86	430	146.5	4.52	144.1	651.7
	Dowa	15	Bweya	61	20	81	407	131.9	4.88	129.9	633.6
	Dowa	15	Ntiti	75	40	115	575	88.1	8.76	89.7	785.6
	Salima	5	Kandulu	113	40	153	768	119.6	7.91	121.7	963.1
	Salima	5	Chilambula	43	0	43	215	85.7	5.43	84.0	456.4
	Salima	6	Kambiri Sch.	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Salima	6	Khwidzi	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Salima	7	Thavite	73	40	113	567	266.2	3.00	259.9	779.2
	Salima	7	Makioni	4	20	24	122	158.7	2.42	152.9	370.5
	Salima	8	Michulu	73	40	113	567	356.8	2.25	346.4	779.2
	Salima	8	Chikombe	30	40	70	349	88.1	6.57	87.5	575.4
	Salima	9	Mnema	6	20	26	132	176.3	2.22	169.8	377.7
	Salima	9	Chitala	144	80	224	1,121	180.3	7.03	183.1	1,287.1
	Salima	10	Chinguluwe	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Salima	10	Siyasiya	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Salima	11	Matenje	38	0	38	190	114.9	3.86	111.7	430.4
	Salima	11	Chagunda	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Salima	12	Pemba	144	80	224	1,121	165.7	7.61	169.2	1,287.1
	Salima	12	Mphinzi	38	0	38	190	234.7	1.90	226.1	430.4
	Lilongwe	5	Chilobwe	227	80	307	1,536	483.6	3.49	476.9	1,666.1
	Lilongwe	5	Nyanja	39	20	59	297	71.1	7.44	70.8	527.4
	Lilongwe	6	Kasiya	216	100	316	1,581	138.9	11.54	147.9	1,707.9
	Lilongwe	6	Chawantha	19	20	39	195	205.5	2.19	198.3	434.2
	Lilongwe	7	Malembo	50	60	110	549	146.5	5.22	145.2	758.6
	Lilongwe	7	Nsar	318	120	438	2,192	350.9	6.36	356.4	2,267.3
	Lilongwe	8	Kabudula	36	0	36	181	190.9	2.30	184.2	422.8
	Lilongwe	8	Hiunjiza	138	60	198	992	508.1	2.36	495.1	1,166.0
	Lilongwe	9	Phirilanjuli	51	40	91	458	280.8	2.49	272.8	679.8
	Lilongwe	9	Kachale	16	80	96	482	175.7	4.05	172.5	699.0
	Lilongwe	10	Chimbalanga	75	40	115	575	280.8	2.87	273.9	785.6
	Lilongwe	10	Mtema	130	40	170	851	239.4	4.37	236.9	1,035.7
	Lilongwe	11	Bisai	72	40	112	562	207.8	3.80	204.0	774.8
	Lilongwe	11	Mbng'ombe	93	60	153	766	312.4	3.14	305.9	961.6
	Lilongwe	12	Sinumbe	6	20	26	132	176.3	2.22	169.8	377.7
	Lilongwe	12	Kang'oma	147	80	227	1,137	209.5	6.16	211.2	1,299.9
	Lilongwe	13	Chiwamba	82	20	102	511	88.1	8.18	89.1	728.6
	Lilongwe	13	Chadza	184	40	224	1,122	256.3	5.04	255.7	1,288.0
	Lilongwe	14	Kalumbu	149	40	189	946	163.4	6.80	165.3	1,123.4
	Lilongwe	14	Kalima	25	20	45	226	100.3	4.75	98.1	465.4
	Mchinji	5	Mkanda	153	120	273	1,366	121.9	11.66	129.7	1,511.9
	Mchinji	5	Chiosya	110	80	190	954	297.8	3.87	293.7	1,135.6
	Mchinji	6	Mikundi	22	20	42	208	190.9	2.44	184.4	450.9
	Mchinji	6	Nkhwazi	7	20	27	136	85.7	4.58	83.2	381.3
	Mchinji	7	Gumba	73	40	113	567	222.4	3.57	218.0	779.2
	Mchinji	7	Kazyozyo	24	20	44	222	190.9	2.50	184.6	461.8
	Mchinji	8	Gumulira	14	20	34	172	234.7	1.84	225.9	416.1
	Mchinji	8	Kabzuala	11	0	11	54	129.5	2.49	124.3	309.8
	Mchinji	9	Kalulu	12	20	32	159	129.5	3.23	125.3	405.3
	Dedza	5	Kabwazi	33	20	53	264	234.7	2.21	226.8	501.1
	Dedza	5	Golomoti	31	80	111	555	88.1	8.59	89.5	769.2

Region	District	Phase	TC Name	2020 TC Peak Demand except for Maize Mill	2020 Demand of Maize Mill	2020 Peak Demand (kW)	2020 Demand (MWh/ year)	Installation Grand Total (1,000 US\$)	B/C	Cost	Benefit
										Grid Extension NPV (1,000 US\$)	NPV Benefit (1,000 US\$)
Central	Dedza	6	Chimoto	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Dedza	6	Chiluzi	72	120	192	961	119.6	9.24	123.6	1,141.4
	Dedza	7	Mphati	73	40	113	567	207.8	3.82	204.1	779.2
	Dedza	7	Magomelo	144	200	344	1,722	214.2	8.31	221.3	1,838.4
	Ntcheu	5	Ntonda	52	80	132	663	207.8	4.23	205.0	867.2
	Ntcheu	5	Kasinje	144	120	264	1,322	314.7	4.69	313.5	1,470.9
	Ntcheu	6	Kadzakalowa	200	100	300	1,504	138.9	11.14	147.2	1,640.5
	Ntcheu	6	Kandeu	71	40	111	556	193.3	4.05	190.0	770.5
	Ntcheu	7	Sharpvalle	378	140	518	2,593	309.4	8.22	320.7	2,634.7
	Ntcheu	7	Bilila	144	60	204	1,021	312.4	3.88	308.3	1,195.2
	Ntcheu	8	Pengapenga	41	80	121	608	146.5	5.61	145.8	817.9
	Ntcheu	8	Kaloga	144	140	284	1,422	244.0	6.33	246.9	1,562.7
	Ntcheu	9	Masasa	4	0	4	18	249.3	1.15	238.4	275.0
	Mangochi	5	Makanjira	190	220	410	2,054	1,265.3	1.75	1,228.9	2,145.1
	Mangochi	5	Chilipa	12	20	32	160	339.9	1.25	326.3	406.7
	Mangochi	6	Chiponde	144	100	244	1,221	121.9	10.75	128.3	1,379.0
	Mangochi	6	Majuni	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
Southern	Mangochi	7	Mvumba	23	40	63	313	71.1	7.70	71.0	546.4
	Mangochi	7	Katuli	5	60	65	327	327.6	1.76	316.2	557.8
	Mangochi	8	Mkumba	207	80	287	1,436	197.2	7.78	202.3	1,573.9
	Mangochi	8	Katema	116	60	176	882	297.8	3.64	293.0	1,066.2
	Mangochi	9	Lungwena	144	60	204	1,021	210.2	5.67	210.7	1,195.2
	Mangochi	9	Kwisimba	54	40	94	472	222.4	3.18	217.1	691.1
	Machinga	5	Chikwewu	275	100	375	1,876	348.6	5.64	351.2	1,978.9
	Machinga	5	Nampeya	321	80	401	2,006	363.1	5.73	366.4	2,100.5
	Machinga	6	Ngokwe	22	20	42	208	263.9	1.77	254.2	450.9
	Machinga	6	Mposa	13	20	33	163	263.9	1.61	253.7	408.9
	Machinga	7	Nayuchi	32	40	72	358	400.6	1.52	386.3	588.5
	Machinga	7	Msosa	54	20	74	371	175.7	3.49	171.4	598.8
	Machinga	8	Ngwepele	53	80	133	667	295.4	3.02	288.7	870.8
	Machinga	8	Mangamba	20	40	60	299	205.5	2.66	199.3	529.7
	Machinga	9	Likhonyowa	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Machinga	9	Malundani	144	60	204	1,021	210.2	5.67	210.7	1,195.2
	Machinga	10	Nanyumbu	38	0	38	190	71.1	6.17	69.8	430.4
	Machinga	10	Molipa	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2
	Balaka	5	Chendausiku	190	60	250	1,253	241.7	5.80	243.1	1,410.0
	Balaka	5	Kwitanda	49	0	49	243	100.3	4.88	98.2	478.9
	Balaka	6	Phimbi	38	0	38	190	354.5	1.26	340.6	430.4
	Zomba	5	Jenale	24	40	64	322	234.7	2.43	227.4	553.3
	Zomba	5	Sunuzi	96	20	116	583	131.9	6.02	131.6	791.8
	Zomba	6	Zaone	144	100	244	1,221	121.9	10.75	128.3	1,379.0
	Zomba	6	Muwa	27	40	67	336	146.5	3.94	143.2	564.5
	Zomba	7	Mpyupyu	144	80	224	1,121	121.9	10.11	127.3	1,287.1
	Zomba	7	Masaula	144	80	224	1,121	227.1	5.65	227.8	1,287.1
	Zomba	8	Nachuma	73	40	113	567	131.9	5.93	131.5	779.2
	Zomba	8	Khonjeni	38	0	38	190	129.5	3.43	125.6	430.4
	Zomba	9	Kachulu	144	60	204	1,021	105.0	10.85	110.2	1,195.2
	Zomba	9	Sakata	6	0	6	30	114.9	2.59	110.1	284.9
	Zomba	10	Makina	144	60	204	1,021	134.2	8.66	138.1	1,195.2
	Zomba	10	Ngwelero	144	80	224	1,121	136.5	9.11	141.3	1,287.1
	Zomba	11	Chisunzi	73	40	113	567	102.7	7.52	103.6	779.2
	Zomba	11	Ngondole	144	60	204	1,021	148.8	7.86	152.0	1,195.2
	Chiradzulu	5	Kanje	144	60	204	1,021	105.0	10.85	110.2	1,195.2
	Chiradzulu	5	Milepa	22	40	62	312	234.7	2.40	227.3	545.8
	Chiradzulu	6	Chimwawa	38	0	38	190	71.1	6.17	69.8	430.4
	Chiradzulu	6	Ndunde	31	20	51	254	71.1	7.01	70.4	493.6
	Blantyre	5	Chikuli	91	20	111	555	175.7	4.44	173.2	769.3
	Blantyre	5	Mombo	17	0	17	84	158.7	2.19	152.5	333.6
	Blantyre	6	Dziwe	38	0	38	190	85.7	5.14	83.8	430.4
	Blantyre	6	Mudi	61	40	101	504	146.5	4.99	144.8	722.8
	Blantyre	7	Mlenje	18	20	38	193	85.7	5.16	83.8	432.4
	Blantyre	7	Domwe	73	40	113	567	102.7	7.52	103.6	779.2
	Blantyre	8	Chigwaja	73	40	113	567	102.7	7.52	103.6	779.2
	Blantyre	8	Linjidzi	73	40	113	567	146.5	5.36	145.4	779.2
Mwanza	5	Chikonde	73	40	113	567	88.1	8.69	89.6	779.2	
Mwanza	5	Thambani	153	80	233	1,165	300.1	4.46	298.0	1,328.1	
Mwanza	6	Ligowe	73	40	113	567	102.7	7.52	103.6	779.2	
Mwanza	6	Kam'mwamba	31	60	91	456	222.4	3.13	217.0	678.6	
Mwanza	7	Matope	144	60	204	1,021	268.6	4.49	266.5	1,195.2	
Mwanza	7	Magaleta	19	0	19	97	100.3	3.55	96.8	344.1	

Region	District	Phase	TC	2020 TC Peak Demand except for Maize Mill	2020 Demand of Maize Mill	2020 Peak Demand (kW)	2020 Demand (MWh/year)	Installation Grand Total (1,000 US\$)	B/C	Cost	Benefit
	Name		Name							Grid Extension NPV (1,000 US\$)	NPV Benefit (1,000 US\$)
Southern	Mwanza	8	Kanenekude	33	20	53	264	234.7	2.21	226.8	501.1
	Mwanza	8	Tulonghondo	85	60	145	724	283.2	3.32	277.6	922.3
	Mwanza	9	Kasuzi	9	60	69	345	88.1	6.54	87.5	572.3
	Thyolo	5	Nansadi	215	40	255	1,275	136.5	10.00	142.8	1,427.6
	Thyolo	5	Fifite	96	60	156	783	105.0	9.04	107.9	975.6
	Thyolo	6	Lalakani	10	0	10	49	205.5	1.53	196.9	300.3
	Thyolo	6	Thomasi	144	60	204	1,021	283.2	4.26	280.4	1,195.2
	Thyolo	7	Makapwa	38	0	38	190	114.9	3.86	111.7	430.4
	Thyolo	7	Sandama	221	120	341	1,708	153.5	11.20	163.1	1,827.3
	Thyolo	8	Chipho	112	40	152	761	163.4	5.86	163.5	957.5
	Mulanje	5	Chinyama	96	40	136	683	356.8	2.54	347.6	883.7
	Mulanje	5	Nkando	102	40	142	711	148.8	6.12	149.0	911.8
	Mulanje	6	Nanthombozi	65	60	125	624	131.9	6.29	132.0	830.2
	Mulanje	6	Chambe	183	80	263	1,315	136.5	10.24	143.1	1,465.6
	Mulanje	7	Mathambi	115	40	155	777	163.4	5.93	163.6	970.3
	Mulanje	7	Chinakanaka	106	40	146	732	119.6	7.65	121.3	928.4
	Mulanje	8	Msikawanjala	48	0	48	239	85.7	5.64	84.2	475.1
	Mulanje	8	Namphundo	39	20	59	294	85.7	6.19	84.8	525.0
	Mulanje	9	Kambenje	16	0	16	81	85.7	4.01	82.7	331.3
	Mulanje	9	Kamwendo	106	40	146	729	105.0	8.63	107.4	926.2
	Phalombe	5	Chilinga	19	60	79	394	207.8	3.05	202.4	616.7
	Phalombe	5	Mlomba	78	60	138	689	224.8	4.01	221.4	888.7
	Phalombe	6	Phaloni	6	20	26	132	114.9	3.40	111.1	377.7
	Phalombe	6	Chitekesa	73	40	113	567	117.3	6.63	117.5	779.2
	Phalombe	7	Mpasa	38	0	38	190	158.7	2.80	153.5	430.4
	Phalombe	7	Nambazo	73	40	113	567	222.4	3.57	218.0	779.2
	Chikwawa	5	Mitondo	22	140	162	809	148.8	6.68	150.0	1,002.2
	Chikwawa	5	Linvunzu	13	20	33	165	190.9	2.23	184.0	410.4
	Chikwawa	6	Kakoma	144	60	204	1,021	297.8	4.06	294.4	1,195.2
	Chikwawa	6	Tomali	12	20	32	162	71.1	5.87	69.5	408.0
	Chikwawa	7	Ndakwera	20	80	100	499	146.5	4.92	144.8	712.6
	Chikwawa	7	Kanyinda	54	120	174	873	119.6	8.63	122.7	1,059.1
	Nsanje	5	Tengani	284	100	384	1,923	155.8	12.08	167.4	2,022.4
	Nsanje	5	Mankhokwe	122	60	182	910	105.0	10.03	109.1	1,094.6
	Nsanje	6	Mtowe	144	80	224	1,121	180.3	7.03	183.1	1,287.1
	Nsanje	6	Mbenje	47	60	107	538	146.5	5.16	145.1	749.5
	Nsanje	7	Masenjere	144	60	204	1,021	224.8	5.32	224.6	1,195.2
	Nsanje	7	Kampata	37	0	37	185	129.5	3.40	125.6	426.4
	Nsanje	8	Lulwe	19	40	59	295	190.9	2.84	185.3	526.1
	Nsanje	8	Chididi	144	80	224	1,121	165.7	7.61	169.2	1,287.1
Nsanje	9	Sankhulani	144	60	204	1,021	192.6	6.16	193.9	1,195.2	

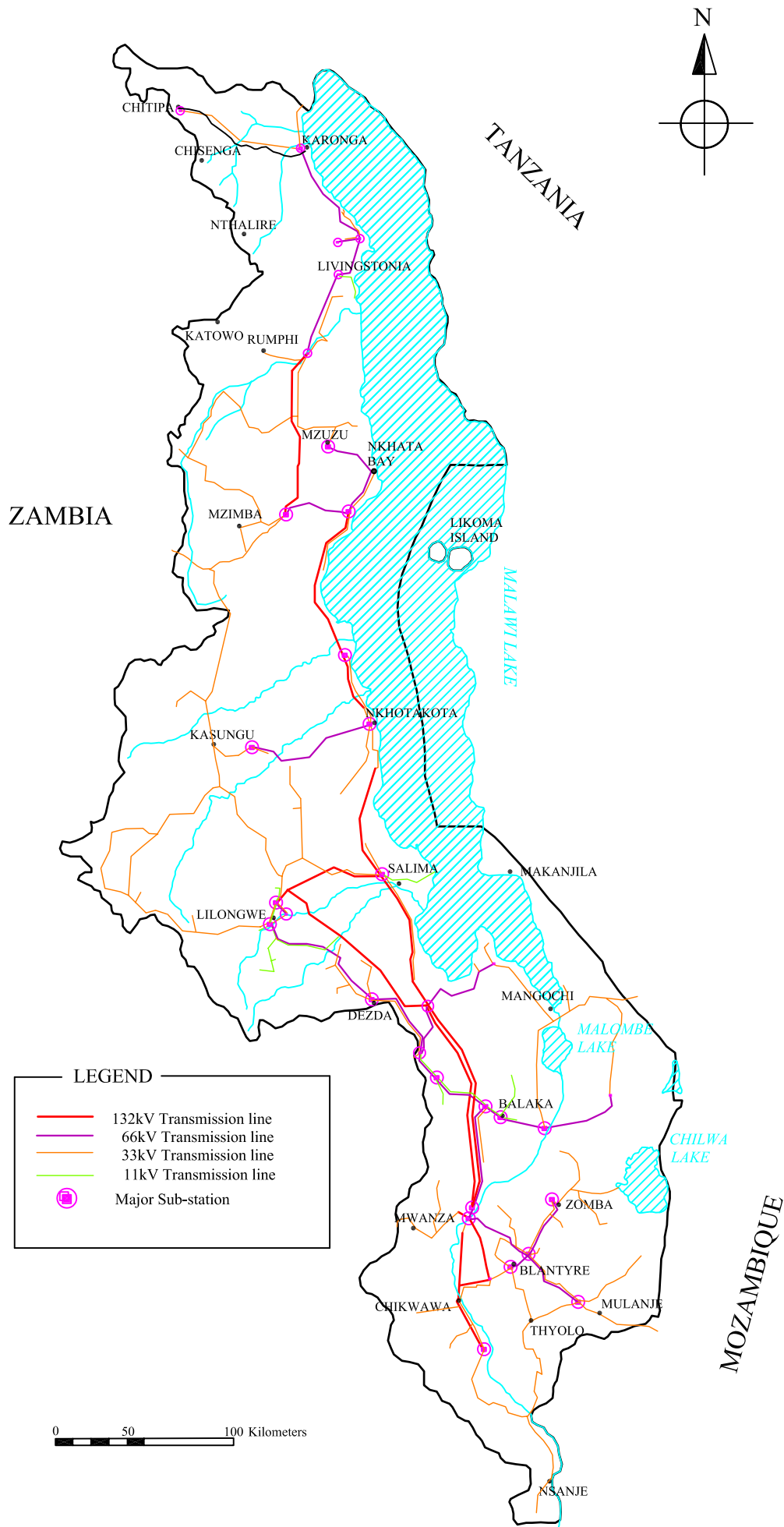


図5-5-1 PhaseIV後の配電線延長図

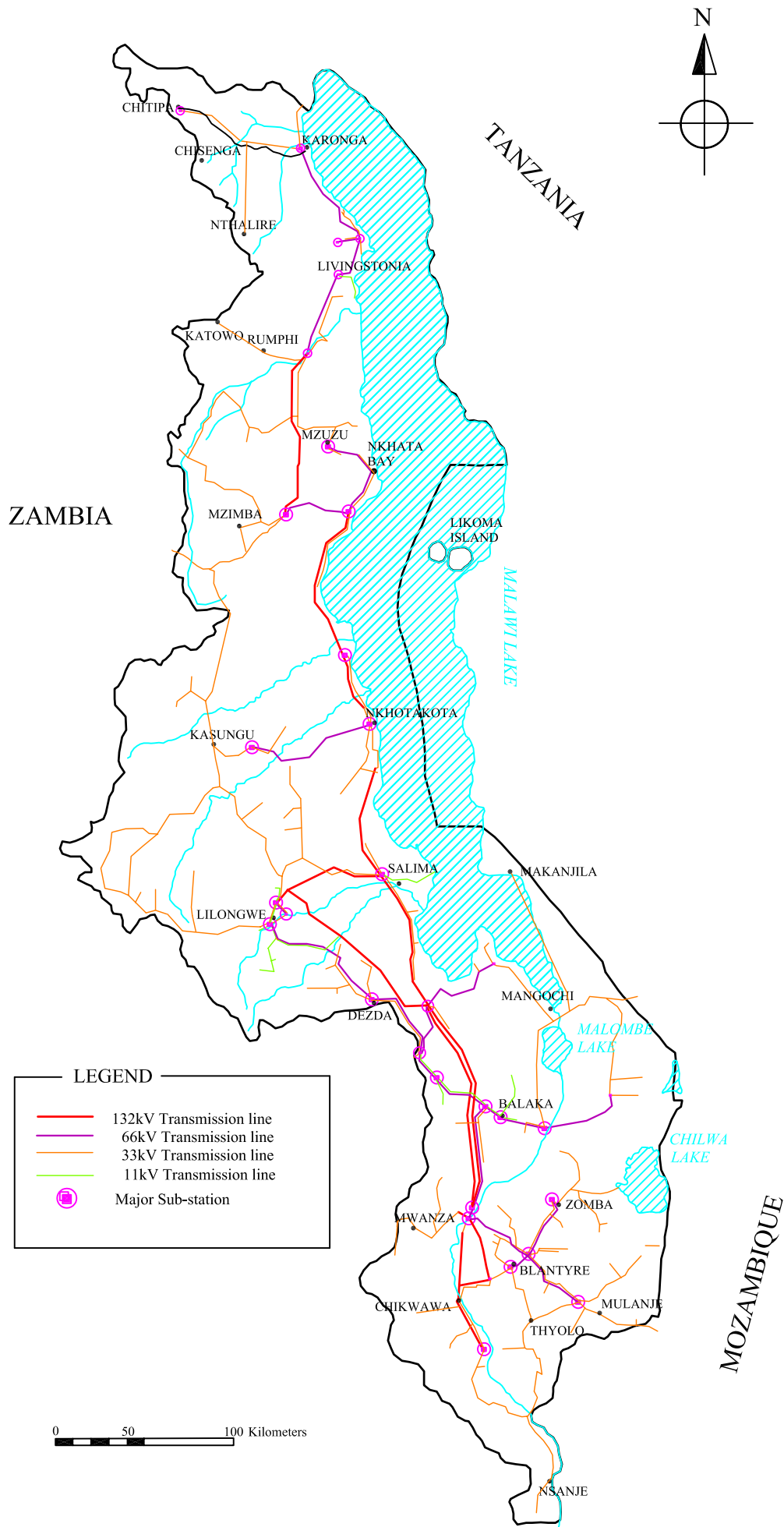


図5-5-2 Phase V後の配電線延長図

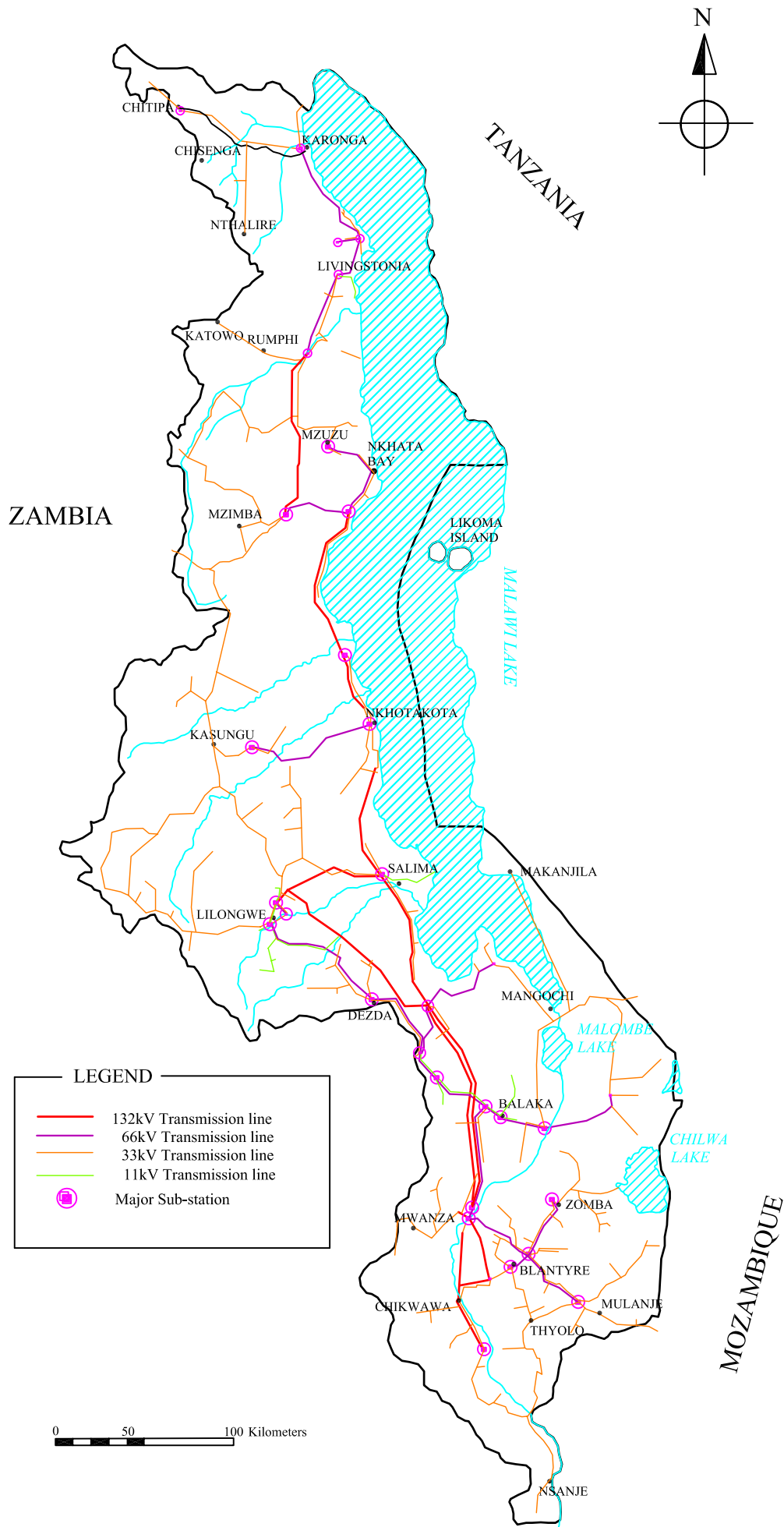


図5-5-3 Phase VI後の配電線延長図

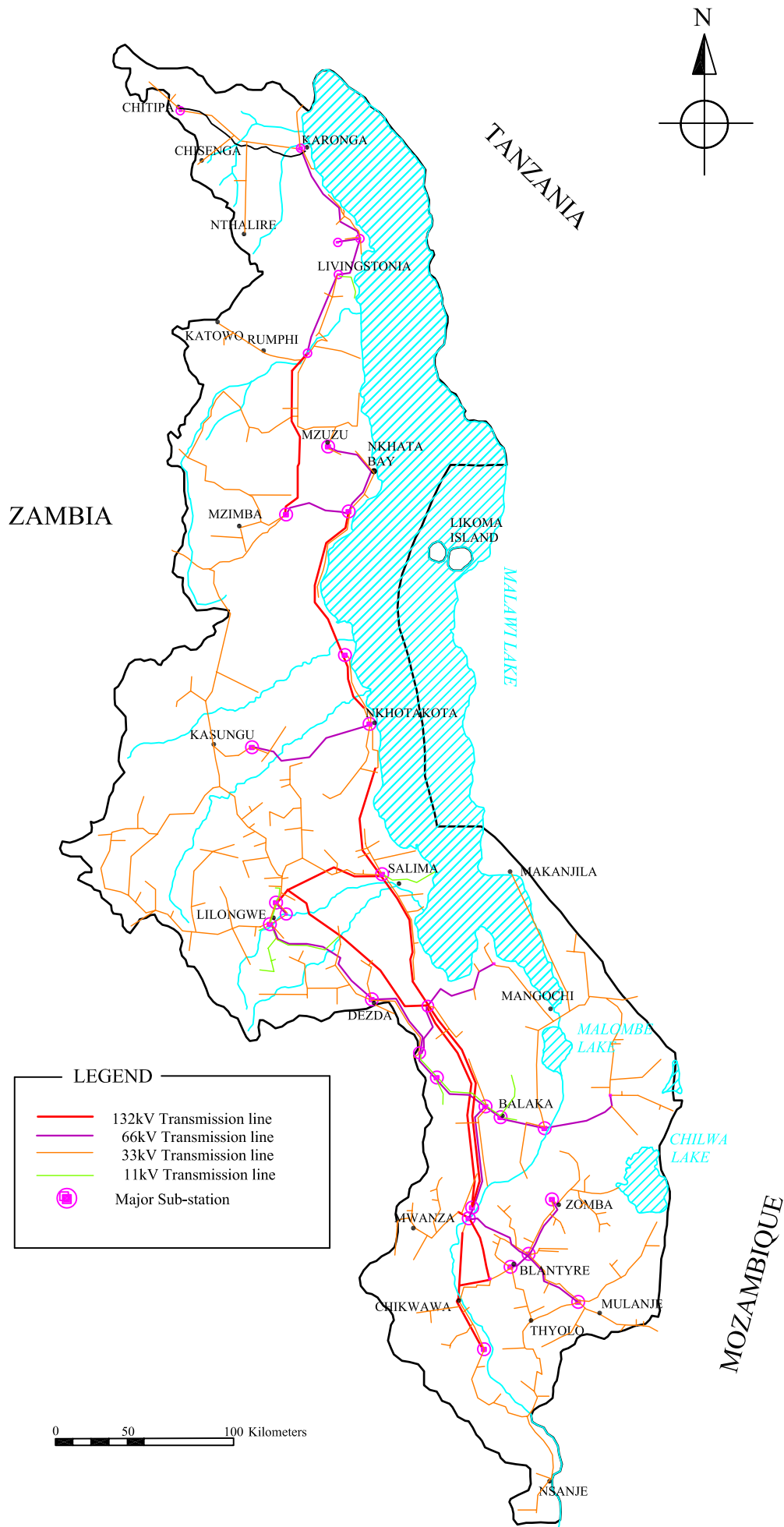


図5-5-4 Phase X V 後の配電線延長図(1)

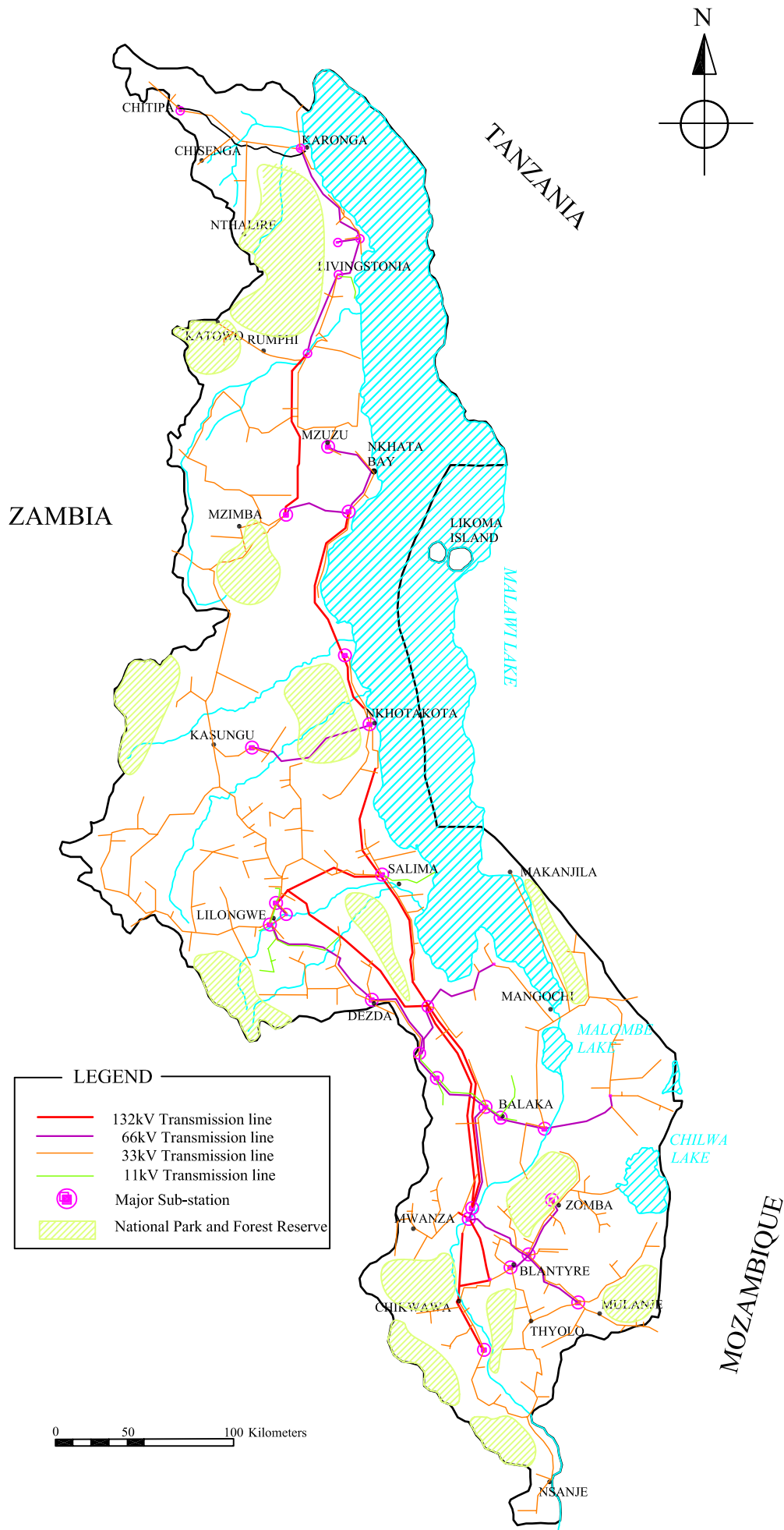


図5-5-5 Phase X V 後の配電線延長図(2)

Tariff →

Meter Number →

Consumers input this number to prepaid meter. →

COPY INVOICE

TAX Number : 20117083

Invoice No: 109922/001
Date: 5/10/2001

UNITS	36.4	K 90.91
TAX	@ 10.0 Z	K 9.09

		K 100.00

CASH POWER 2000

Credit Transfer Voucher

5/10/2001 14:34:30

ESCOM PREPAYMENT SYSTEM

KALIASI, MR J E
Stand No. : HOUSE NO KJ.179
Meter No. : 1866313

* + 0159 3149 4273 5404 *
* *****

K 100.00 36.4 UNITS

This is a duplicate voucher.

Operator : SHIELLA

ESCOM PREPAYMENT SERVICES
NEW RATES WEF 01 APR.2001

Rec No: 84261 1 / 97




図 5-7-1 Prepaid Meter とレシート(サンプル)



図 5-7-2 Ready Board



図 5-7-3 クッキングヒーター

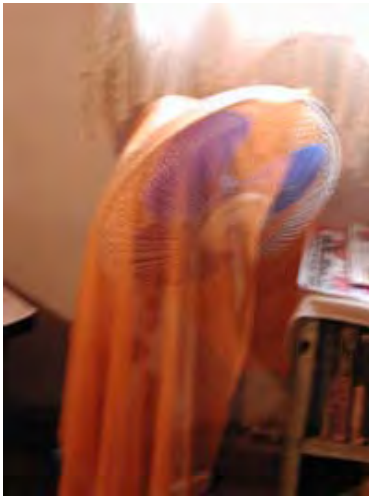


図 5-7-4 扇風機



図 5-7-5 腕木 (屋外)



図 5-7-6 腕木 (屋内)



図 5-7-7 Ready Board と配線