

タンザニア連合共和国
エネルギー省 (MoE)
タンザニア電力供給公社 (TANESCO)

タンザニア国
ドドマ首都圏送配電網にかかる
情報収集・確認調査報告書

2020年3月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社
西日本技術開発株式会社

| |
|--------|
| アフ |
| JR |
| 20-009 |

目 次

目次
位置図／写真集
図表リスト／略語集

第1章 調査の概要

| | |
|-----------------------|-----|
| 1-1 調査の背景..... | 1-1 |
| 1-2 調査の概要..... | 1-1 |
| 1-2-1 調査の目的..... | 1-1 |
| 1-2-2 調査対象地..... | 1-1 |
| 1-3 調査の実施体制と調査工程..... | 1-2 |
| 1-3-1 調査の実施体制..... | 1-2 |
| 1-3-2 調査工程..... | 1-2 |

第2章 ドドマ首都圏の概況

| | |
|------------------------------------|-----|
| 2-1 社会・経済の概況..... | 2-1 |
| 2-1-1 政治..... | 2-1 |
| 2-1-2 社会情勢..... | 2-1 |
| 2-2 地理と気候..... | 2-2 |
| 2-2-1 地理..... | 2-2 |
| 2-2-2 気候..... | 2-3 |
| 2-3 ドドマへの政府機能移転と首都開発の現況と課題..... | 2-4 |
| 2-3-1 政府機能移転の進捗..... | 2-4 |
| 2-3-2 政府機能に関する市街地の拡大やインフラ整備状況..... | 2-4 |
| 2-4 ドドマ首都マスタープランの概要..... | 2-6 |
| 2-4-1 ドドマ首都マスタープランにおける全体計画..... | 2-6 |
| 2-4-2 ドドマ首都マスタープランの実施計画..... | 2-9 |

第3章 ドドマ首都における電力セクターの概況と課題

| | |
|-------------------------------------|------|
| 3-1 電力事業の現状..... | 3-1 |
| 3-1-1 エネルギー・電力政策..... | 3-1 |
| 3-1-2 電力の供給体制..... | 3-1 |
| 3-1-3 電力供給システム..... | 3-1 |
| 3-1-4 電源開発計画..... | 3-4 |
| 3-1-5 電力ロス..... | 3-5 |
| 3-1-6 Ministry of Energy (MoE)..... | 3-7 |
| 3-1-7 TANESCO..... | 3-8 |
| 3-2 電力需要..... | 3-9 |
| 3-2-1 電力需要の推移..... | 3-9 |
| 3-2-2 電力へのアクセス..... | 3-9 |
| 3-2-3 負荷特性..... | 3-10 |
| 3-2-4 電力需要予測..... | 3-11 |
| 3-3 系統計画に係る基礎情報..... | 3-12 |
| 3-3-1 既存の系統開発計画..... | 3-12 |
| 3-3-2 系統計画とその課題..... | 3-13 |

| | | |
|-------|---|------|
| 3-4 | 送電設備に係る基礎情報 | 3-20 |
| 3-4-1 | 既存の送電設備 | 3-20 |
| 3-4-2 | 既存の送電設備計画とその課題 | 3-23 |
| 3-5 | 変電設備に係る基礎情報 | 3-25 |
| 3-5-1 | 既存の変電設備 | 3-25 |
| 3-5-2 | 変電設備計画とその課題（既設設備の課題も含む） | 3-29 |
| 3-6 | 配電設備に係る基礎情報 | 3-32 |
| 3-6-1 | 既存の配電設備 | 3-32 |
| 3-6-2 | 配電設備計画とその課題 | 3-39 |
| 3-7 | 他ドナーの状況 | 3-42 |
| 3-7-1 | World Bank (WB) | 3-42 |
| 3-7-2 | African Development Bank (AfDB) | 3-42 |
| 3-7-3 | Agence Française de Développement (AFD) | 3-42 |

第4章 ドドマ送配電網強化にむけた方針と計画

| | | |
|-------|---------------------|------|
| 4-1 | ドドマ送配電開発計画の方針 | 4-1 |
| 4-2 | 電力需要想定 | 4-1 |
| 4-2-1 | 検討概要 | 4-1 |
| 4-2-2 | 検討条件 | 4-3 |
| 4-2-3 | 検討結果 | 4-7 |
| 4-2-4 | 変電所への負荷配分 | 4-8 |
| 4-3 | 系統計画 | 4-11 |
| 4-3-1 | 検討概要 | 4-11 |
| 4-3-2 | 検討条件 | 4-11 |
| 4-3-3 | 検討結果と提案 | 4-12 |
| 4-4 | 送電設備計画 | 4-19 |
| 4-4-1 | 検討手順 | 4-19 |
| 4-4-2 | 検討結果と提案 | 4-19 |
| 4-5 | 変電設備計画 | 4-27 |
| 4-5-1 | 検討概要 | 4-27 |
| 4-5-2 | 検討条件 | 4-27 |
| 4-6 | 配電設備計画 | 4-31 |
| 4-6-1 | 検討概要 | 4-31 |
| 4-6-2 | 検討条件 | 4-31 |
| 4-6-3 | 検討結果と提案 | 4-32 |

第5章 ドドマ首都圏送配電網の拡張における協力方針の検討

| | | |
|-------|-----------------------------|------|
| 5-1 | ドドマ首都圏送電系統開発計画（案）の概要 | 5-1 |
| 5-2 | 送電系統開発計画のシナリオ検討 | 5-3 |
| 5-2-1 | シナリオ形成 | 5-3 |
| 5-2-2 | 実施スケジュール検討 | 5-10 |
| 5-3 | シナリオ評価 | 5-11 |
| 5-4 | 本邦技術の適用可能性について | 5-13 |
| 5-4-1 | 適用の可能性のある本邦技術 | 5-13 |
| 5-4-2 | ドドマ送配電網整備への本邦技術適用について | 5-20 |

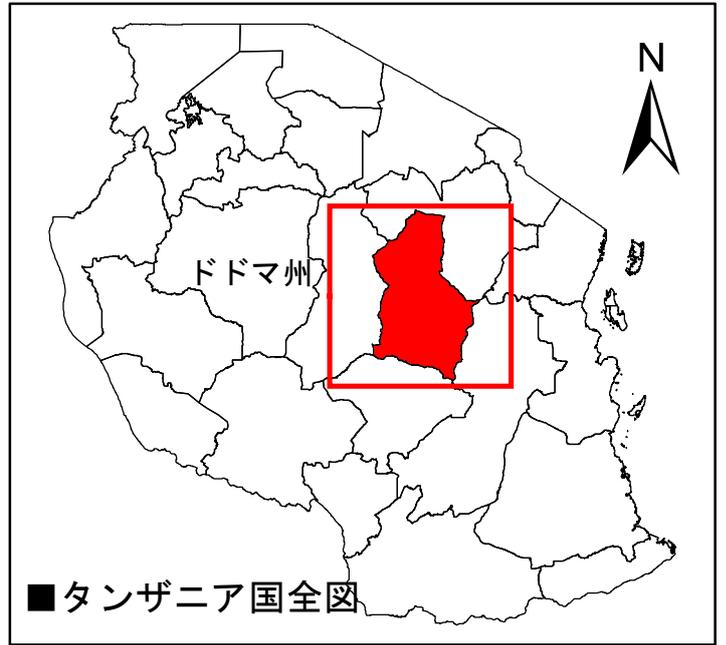
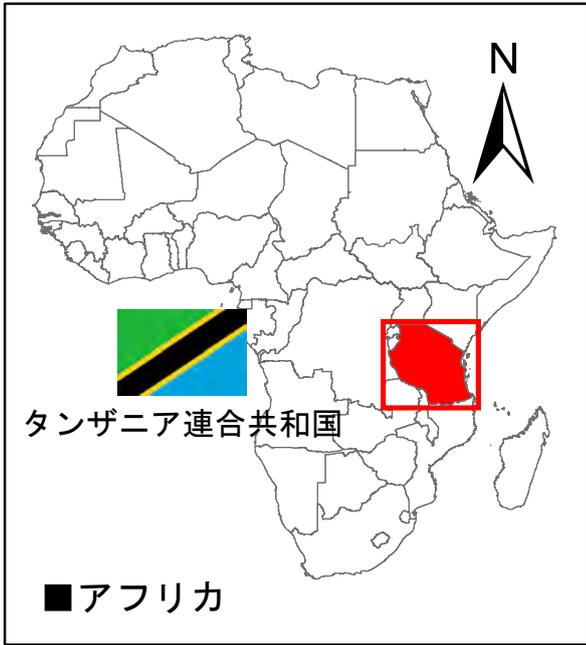
第6章 開発シナリオの協議と実施スキーム検討

| | | |
|-----|-------------------------------------|-----|
| 6-1 | 開発シナリオの協議 | 6-1 |
| 6-2 | 協議結果を考慮したドドマ首都圏送電系統開発計画（案）の概要 | 6-1 |

| | |
|--------------------------------|------|
| 6-2-1 送変電設備計画の変更点 | 6-1 |
| 6-2-2 調査団の見解と推奨..... | 6-5 |
| 6-2-3 送電系統開発計画の概要 | 6-7 |
| 6-3 協力量針の提案..... | 6-8 |
| 6-3-1 送電系統開発計画のシナリオ（改訂版） | 6-8 |
| 6-3-2 実施スキーム検討..... | 6-12 |

添付資料

1. 現地調査工程
2. 関係者（面会者）リスト
3. テクニカルメモランダム
4. シナリオ形成時の需要想定
5. 収集資料リスト



調査対象位置図 (ドドマ首都圏 (CCD))

調査対象地域の現況写真-1

| | |
|---|---|
|  |  |
| <p>既設ズブ変電所(220/33kV 変電所)開閉設備</p> <p>TANESCO が保有する既設基幹変電所。ドドマ市中心部から西側約 6km に位置する。イリンガ-シニャンガ間を結ぶ 400kV 基幹送電線が完成しているが、現在は 220kV で運用されている。400/220kV 変電所を建設中で 2020 年に運転開始予定である。</p> | <p>既設ズブ変電所(220/33kV 変電所)制御室</p> <p>TANESCO が保有する既設基幹変電所の制御室。220kV 制御システムや変電所オートメーション(SAS)は中国メーカーの機器が導入されているため、220kV 増設時には改造調整を同メーカーに依頼する必要がある。</p> |
|  |  |
| <p>既設ズブ変電所(220/33kV 変電所)周辺の送電線</p> <p>ズブ変電所への引き込みと同変電所からの送り出し送電線。現在変電所の東側を囲うように 400kV 送電線が走っているため、新規送電線新設の際には引込みに留意する必要がある。</p> | <p>新設中央給電指令所(GCC)建設候補地</p> <p>TANESCO は GCC をドドマに建設し、そのバックアップ用 GCC をダルエスサラームに新設することを計画している。建設候補地はズブ変電所とムテラ発電所及びイリンガ変電所を接続する送電線と小高い丘が交差する位置であり 300m × 900m の広大な用地である。</p> |
|  |  |
| <p>既設タウン配電用変電所(33/11kV 変電所)開閉設備</p> <p>TANESCO ドドマ地域事務所に隣接する既設配電用変電所。5MVA 変圧器(1990 年製)が 2 台設置されており、ドドマ中心地へ電力を供給している。</p> | <p>既設タウン配電用変電所(33/11kV 変電所)制御室</p> <p>TANESCO ドドマリージョナルオフィスに隣接する既設配電用変電所の制御室の状況。保護盤等、他施設で利用されていた機材の 2 次利用と思われる機材もある。</p> |

調査対象地域の現況写真-2

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>既設ムナダニ配電用変電所(33/11kV 変電所)</p> <p>ドドマ中心部より北側約 8km に位置する配電用変電所。2012 年頃に MCA-T(米国)の援助で建設された。15MVA 変圧器(2011 年製)が 1 台設置されている。制御室で過去に火災が起きており、一部の機器には燃えた跡が残る。</p> | <p>既設ムザクウェ配電用変電所(33/11kV 変電所)</p> <p>ドドマ中心部より北側約 25km に位置する配電用変電所。2012 年頃に MCA-T(米国)の援助で建設された。10MVA (2011 年製)が 1 台設置されており、ムザクウェ地域の給水施設(ポンプステーション)に電力供給する重要な変電所である。</p> |
|  |  |
| <p>新設 220/33kV イフムワ変電所建設予定地</p> <p>ドドマ中心部から北東約 20km に建設予定の変電所。政府官庁街への電力供給が予定されている。</p> | <p>新設 220/33kV キコンボ変電所建設予定地</p> <p>ドドマ中心部から東側約 30km に建設予定の変電所。元は政府官庁街を建設する予定地であったが、イフムワ変電所からの供給に変更されたため、用途は住宅地と工業地帯となることが想定される。また、ナルコ地域への電力供給についても、本変電所を候補として検討されている。</p> |
|  |  |
| <p>エネルギー省 仮設庁舎</p> <p>ドドマ中心部から東側約 20km、ドドマの政府官庁街にあるエネルギー省の仮設庁舎である。</p> | <p>ドドマ首都マスタープランのタスクフォース用オフィス</p> <p>ドドマ首都マスタープランのタスクフォース用オフィス。タスクフォースは土地・住宅・居住区開発省職員及びドドマ市の職員で構成されている。建物自体はドドマ市の所有である。</p> |

調査対象地域の現況写真-3



TANESCO ウブゴにおける資料確認

ドドマにおける TANESCO 上層部との面談の前に、TANESCO 担当者レベルと調査の前提となる情報の確認を行った。



TANESCO へのプレゼンテーション(第一次現地調査)

ドドマにおいて、約 1 週間かけて調査団から 3 回のプレゼンテーションを行い、丁寧なすり合わせを行った。その後、技術的な合意事項や持ち帰り事項等を Technical Memorandum としてまとめ、調査団と TANESCO との間で署名し取り交わした。



TANESCO へのプレゼンテーション(第二次現地調査)

ドドマにおいて、4 日間かけて調査団からプレゼンテーションを行い、ドラフトファイナルレポートの概要や開発シナリオ(案)の説明を行い、協議した。その後、技術的な協議事項やコメント等を Technical Memorandum としてまとめ、調査団と TANESCO との間で署名し取り交わした。



エネルギー省へのプレゼンテーション(第二次現地調査)

ドドマにおいて、調査団からプレゼンテーションを行い、ドラフトファイナルレポートの概要や開発シナリオ(案)の説明を行い、協議した。

図表リスト

第1章

| | | |
|---------|------------------|-----|
| 図 1-3.1 | 調査の実施体制図 | 1-2 |
| 図 1-3.2 | 調査全体工程表 | 1-3 |
| 図 1-3.3 | 調査詳細工程表（第一次現地作業） | 1-4 |
| 図 1-3.4 | 調査詳細工程表（第二次現地作業） | 1-5 |

第2章

| | | |
|---------|-----------------------|------|
| 図 2-1.1 | GDP 成長率 | 2-2 |
| 図 2-2.1 | アフリカ全土およびタンザニア地図 | 2-3 |
| 図 2-2.2 | ドドマの気象データの月別推移（2018年） | 2-3 |
| 図 2-3.1 | ドドマ州における大型施設開発計画 | 2-5 |
| 図 2-4.1 | 土地利用計画図（政府都市計画案） | 2-8 |
| 図 2-4.2 | 土地利用計画図（2019年～2039年） | 2-10 |
| 図 2-4.3 | 開発地域（フェーズ I） | 2-11 |
| 図 2-4.4 | 開発地域（フェーズ IA） | 2-11 |
| 図 2-4.5 | 開発地域（フェーズ II） | 2-11 |
| 図 2-4.6 | 開発地域（フェーズ III） | 2-11 |
| 表 2-1.1 | タンザニア基本データ | 2-1 |
| 表 2-3.1 | ドドマ開発対象施設及び開発エリア | 2-4 |
| 表 2-4.1 | 政府都市計画（概要） | 2-6 |
| 表 2-4.2 | ドドマ首都 MP の実施計画（概要） | 2-12 |

第3章

| | | |
|---------|-------------------------------|------|
| 図 3-1.1 | タンザニア全国送電系統図 | 3-3 |
| 図 3-1.2 | ドドマ州周辺の送電網（66kV-400kV 送電線を掲載） | 3-4 |
| 図 3-1.3 | Ministry of Energy の組織図 | 3-7 |
| 図 3-1.4 | TANESCO の組織図 | 3-8 |
| 図 3-2.1 | 販売電力量の推移 | 3-9 |
| 図 3-2.2 | ピーク電力の推移 | 3-9 |
| 図 3-2.3 | 負荷曲線 | 3-10 |
| 図 3-2.4 | 配電線フィーダー毎の負荷曲線 | 3-11 |
| 図 3-3.1 | ズズ変電所概略系統図 | 3-12 |
| 図 3-3.2 | Base ケースでの系統計画 | 3-14 |
| 図 3-3.3 | オプション-1 での系統計画 | 3-15 |
| 図 3-3.4 | オプション-2 での系統計画 | 3-16 |
| 図 3-3.5 | オプション-3 での系統計画 | 3-17 |
| 図 3-3.6 | オプション-4 での系統計画 | 3-18 |

| | | |
|---------|---|------|
| 図 3-3.7 | オプション-5 での系統計画 | 3-19 |
| 図 3-4.1 | 既存の送電線路経過地図..... | 3-21 |
| 図 3-4.2 | 既設送電線の施設状況..... | 3-22 |
| 図 3-4.3 | ズズ変電所への引込状況..... | 3-22 |
| 図 3-4.4 | 既設 220kV 1 回線送電線上部状況 (アークホーンなし) | 3-23 |
| 図 3-4.5 | 既存の送電設備計画..... | 3-24 |
| 図 3-5.1 | ドドマ州周辺における電力系統図..... | 3-25 |
| 図 3-5.2 | 運開当時のズズ変電所単線結線図..... | 3-26 |
| 図 3-5.3 | 2019 年 10 月におけるズズ変電所の単線結線図..... | 3-26 |
| 図 3-5.4 | 2019 年 10 月現在におけるズズ変電所平面図..... | 3-27 |
| 図 3-5.5 | ズズ変電所の電力の流れ..... | 3-27 |
| 図 3-5.6 | ズズ変電所の運用及び保守体制図..... | 3-28 |
| 図 3-5.7 | 400kV ズズ変電所単線結線図 (予定) | 3-30 |
| 図 3-5.8 | 400kV ズズ変電所配置図 (予想) | 3-31 |
| 図 3-6.1 | ドドマ首都圏近郊の配電網..... | 3-32 |
| 図 3-6.2 | ドドマ首都圏の配電系統構成図..... | 3-34 |
| 図 3-6.3 | ドドマ州の配電線互長..... | 3-35 |
| 図 3-6.4 | ドドマ州の変圧器数量と容量..... | 3-36 |
| 図 3-6.5 | ドドマ州の顧客数の推移..... | 3-36 |
| 図 3-6.6 | ドドマ州の配電損失 (システムロス) | 3-37 |
| 図 3-6.7 | ズズ変電所 33kV フィーダーの停電回数 (2017 年~2019 年 9 月) | 3-38 |
| 図 3-6.8 | ズズ変電所の 33kV 配電フィーダーの停電別及び事故停電種別の割合 | 3-39 |
| | | |
| 表 3-1.1 | タンザニアの既設水力発電所 (2020 年 2 月) | 3-2 |
| 表 3-1.2 | タンザニアの既設火力発電所 (2020 年 2 月) | 3-2 |
| 表 3-1.3 | タンザニア全土の送電ロス..... | 3-5 |
| 表 3-1.4 | 発電所拡張計画..... | 3-6 |
| 表 3-2.1 | ドドマ州の電化率..... | 3-10 |
| 表 3-2.2 | ズズ変電所からの電力供給エリア..... | 3-10 |
| 表 3-2.3 | TANESCO 及び SMEC 需要想定値比較..... | 3-11 |
| 表 3-3.1 | ドドマ近隣地域の実施及び計画中のプロジェクト..... | 3-12 |
| 表 3-3.2 | 系統計画ケース比較..... | 3-20 |
| 表 3-4.1 | 既存送電線路の仕様..... | 3-22 |
| 表 3-4.2 | 既存送電設備計画の仕様..... | 3-25 |
| 表 3-5.1 | 30MVA 変圧器..... | 3-29 |
| 表 3-5.2 | 220kV 遮断器..... | 3-29 |
| 表 3-6.1 | ズズ変電所の配電フィーダー..... | 3-33 |
| 表 3-6.2 | ドドマ首都圏以外から給電されている配電フィーダー..... | 3-33 |
| 表 3-6.3 | 配電設備に係る基準..... | 3-34 |
| 表 3-6.4 | 配電線導体容量 (参考値) | 3-35 |

第4章

| | | |
|----------|---------------------------------|------|
| 図 4-2.1 | 各変電所電力供給想定エリア | 4-8 |
| 図 4-2.2 | 年度毎での変電所負荷配分 | 4-9 |
| 図 4-3.1 | 220kV 採用の概略系統図 | 4-13 |
| 図 4-3.2 | 132kV 採用の概略系統図 | 4-13 |
| 図 4-3.3 | 調査団提案のナルコ変電所接続系統構成 | 4-17 |
| 図 4-3.4 | ナルコ変電所を利用した環状系統供給信頼性向上系統構成案 | 4-18 |
| 図 4-4.1 | 土地利用計画図 | 4-20 |
| 図 4-4.2 | ズズ変電所周辺の送電線新設計画状況 | 4-22 |
| 図 4-4.3 | 提案ルート（ドラフト説明調査時） | 4-25 |
| 図 4-4.4 | ズズ変電所周辺の提案ルート | 4-26 |
| 図 4-5.1 | 2回線による 220kV ドドマ環状系統図 | 4-27 |
| 図 4-5.2 | ズズ変電所平面図（環状系統引き出し） | 4-29 |
| 図 4-5.3 | 環状系統内変電所単線結線図（最終形） | 4-30 |
| 図 4-6.1 | ドドマ首都圏の配電系統構成図（既存増強案を含む） | 4-32 |
| 図 4-6.2 | ドドマ首都圏の配電フィーダー（2025年） | 4-34 |
| 図 4-6.3 | ドドマ首都圏の配電フィーダー（2025年（段階開発のケース）） | 4-34 |
| 図 4-6.4 | ドドマ首都圏の配電フィーダー（2030年） | 4-35 |
| 表 4-2.1 | GDP 成長率実績 | 4-2 |
| 表 4-2.2 | PSMP2016 における GDP 成長率のシナリオ設定 | 4-2 |
| 表 4-2.3 | ドドマ州人口増加の推移（単位 1000 人） | 4-2 |
| 表 4-2.4 | 想定される大規模需要家リスト（系統接続申込済の負荷） | 4-2 |
| 表 4-2.5 | 想定される大規模需要家リスト（至近年で接続が予想される負荷） | 4-3 |
| 表 4-2.6 | 新規電力需要の推定 | 4-3 |
| 表 4-2.7 | 特別負荷 | 4-4 |
| 表 4-2.8 | Government city 特別負荷内訳 | 4-4 |
| 表 4-2.9 | 想定電力需要伸び率の比較 | 4-6 |
| 表 4-2.10 | 電力需要想定 | 4-7 |
| 表 4-2.11 | 電力需要量の想定値と実績値 | 4-7 |
| 表 4-2.12 | 各変電所負荷配分結果 | 4-10 |
| 表 4-3.1 | ドドマ市街各変電所の電力供給役割 | 4-12 |
| 表 4-3.2 | 220kV と 132kV の系統電圧での比較 | 4-14 |
| 表 4-3.3 | 220kV が経済的に有利となるまでに必要な到達年数 | 4-14 |
| 表 4-4.1 | 検討手順 | 4-19 |
| 表 4-4.2 | 電圧区分ごとの Wayleave 範囲 | 4-21 |
| 表 4-4.3 | 道路保全区域 | 4-21 |
| 表 4-4.4 | ドドマ首都圏を通過する送電線新設計画 | 4-21 |
| 表 4-4.5 | 環状送電線建設計画懸案箇所 | 4-22 |
| 表 4-4.6 | 提案ルートの仕様 | 4-23 |

| | | |
|---------|------------------------|------|
| 表 4-5.1 | 変電所負荷..... | 4-28 |
| 表 4-5.2 | 変圧器容量..... | 4-30 |
| 表 4-6.1 | 2025年及び2030年の想定負荷..... | 4-32 |

第5章

| | | |
|----------|---|------|
| 図 5-1.1 | 送電系統開発最終形態想定図（一括開発案）..... | 5-2 |
| 図 5-1.2 | 送電系統開発最終形態想定図（段階開発案）..... | 5-2 |
| 図 5-2.1 | 系統開発の最終形態（段階開発）..... | 5-4 |
| 図 5-2.2 | 系統開発の最終形態（一括開発）..... | 5-4 |
| 図 5-2.3 | シナリオ1の段階開発計画..... | 5-5 |
| 図 5-2.4 | シナリオ1の各変電所の負荷配分とサイト位置図..... | 5-6 |
| 図 5-2.5 | シナリオ2の段階開発計画..... | 5-7 |
| 図 5-2.6 | シナリオ2の各変電所の負荷配分とサイト位置図..... | 5-8 |
| 図 5-2.7 | シナリオ3の一括開発計画..... | 5-9 |
| 図 5-2.8 | シナリオ3の各変電所の負荷配分とサイト位置図..... | 5-9 |
| 図 5-4.1 | アモルファス変圧器..... | 5-14 |
| 図 5-4.2 | 従来製品と低損失大容量電線の比較..... | 5-14 |
| 図 5-4.3 | 送電用避雷器の適用事例..... | 5-15 |
| 図 5-4.4 | 765kV級低損失変圧器..... | 5-15 |
| 図 5-4.5 | 特別三相変圧器の概念図..... | 5-16 |
| 図 5-4.6 | ガス絶縁変圧器と油入り変圧器の構成比較..... | 5-17 |
| 図 5-4.7 | ガス絶縁変圧器の適用事例..... | 5-17 |
| 図 5-4.8 | 東北地方太平洋沖地震による275kV空気遮断器の被害事例..... | 5-18 |
| 図 5-4.9 | 系統安定化装置概念図..... | 5-18 |
| 図 5-4.10 | 300kV GIS用トーションバーばね操作装置..... | 5-19 |
| 図 5-4.11 | GIS適用事例..... | 5-19 |
| 図 5-4.12 | 低損失電線検討パターン（シナリオ1）..... | 5-22 |
| 図 5-4.13 | 低損失電線検討パターン（シナリオ2）..... | 5-22 |
| 図 5-4.14 | 低損失電線検討パターン（シナリオ3）..... | 5-23 |
| 図 5-4.15 | 低損失送電線費用回収検討結果..... | 5-23 |
| 図 5-4.16 | 送電用避雷装置の適用状況..... | 5-25 |
| 表 5-1.1 | 送電系統開発計画（案）の概要..... | 5-1 |
| 表 5-2.1 | 実施スケジュール（案）..... | 5-10 |
| 表 5-3.1 | シナリオの簡易的評価..... | 5-12 |
| 表 5-4.1 | 適用可能性を有する本邦技術とその適用分野..... | 5-13 |
| 表 5-4.2 | IEC規格で規定されているガス漏れ率と本邦企業が提供する機器の ガス漏れ率..... | 5-16 |
| 表 5-4.3 | 油入変圧器と比較したガス絶縁変圧器の特長..... | 5-17 |
| 表 5-4.4 | 配電用アモルファス変圧器の仕様と検討条件..... | 5-20 |

| | | |
|----------|---|------|
| 表 5-4.5 | 送電線の仕様 (例) | 5-20 |
| 表 5-4.6 | 送電線単価 | 5-20 |
| 表 5-4.7 | 費用回収年 | 5-21 |
| 表 5-4.8 | 変圧器の概略仕様 | 5-24 |
| 表 5-4.9 | 普通三相変圧器と特別三相変圧器の概算寸法と概算重量 (検討例) | 5-24 |
| 表 5-4.10 | 100MVA を供給する需要家数と停電 1 時間の需要家 1 件あたりの被害額 | 5-25 |

第 6 章

| | | |
|---------|----------------------------------|------|
| 図 6-2.1 | ドドマ首都圏 220 kV 系統 (最終形態、ナルコ変電所含む) | 6-2 |
| 図 6-2.2 | ズズ変電所平面図 (環状系統引き出し) | 6-3 |
| 図 6-2.3 | 最終ルート (案) | 6-4 |
| 図 6-3.1 | 系統開発の最終形態 (段階開発改訂版) | 6-8 |
| 図 6-3.2 | 系統開発の最終形態 (一括開発改訂版) | 6-8 |
| 図 6-3.3 | シナリオ 1 の段階開発計画 (案) | 6-9 |
| 図 6-3.4 | シナリオ 2 の段階開発計画 (案) | 6-10 |
| 図 6-3.5 | シナリオ 3 の一括開発 (案) | 6-11 |
| 図 6-3.6 | シナリオ 3 の一括開発 (案) : オプション | 6-11 |
| 図 6-3.7 | 各シナリオと実施スキーム案 | 6-14 |
| 図 6-3.8 | 初期費用を極小化したオプション | 6-15 |
| 表 6-2.1 | 最終ルート (案) の仕様 | 6-5 |
| 表 6-2.2 | 最終ルート案の懸案箇所 | 6-6 |
| 表 6-2.3 | 送電系統開発計画 (案) の概要 | 6-7 |
| 表 6-3.1 | 各シナリオでの概略費用 | 6-12 |
| 表 6-3.2 | 段階開発案の実施スキーム別の特徴と懸念事項 | 6-12 |
| 表 6-3.3 | 一括開発案の実施スキームの特徴と懸念事項 | 6-13 |

略 語 集

| | |
|---------|---|
| AAAC | All Aluminum Alloy Conductor (アルミニウム合金電線) |
| ACSR | Aluminum Cable Steel Reinforced (鋼心アルミより線) |
| ACSR/AC | Aluminum-Cable Steel Reinforced / (アルミ覆鋼心アルミより線) |
| ADSS | All Dielectric Self-supporting Cable (無誘導自己支持型ケーブル) |
| AFD | Agence française de développement (フランス開発庁) |
| AfDB | African Development Bank (アフリカ開発銀行) |
| AIS | Air Insulated Switchgear (気中絶縁開閉装置) |
| AU | African Union (アフリカ連合) |
| CCD | City Council Dodoma (ドドマ市議会) |
| CDA | Capital Development Authority (首都開発局) |
| EPZ | Export Processing Zones (輸出加工特区) |
| E/N | Exchange of Notes (交換公文) |
| F/S | Feasibility Study (事業可能性検討) |
| GCC | Grid Control Center (中央給電指令所) |
| GDP | Gross Domestic Product (国内総生産) |
| GNI | Gross National Income (国民総所得) |
| GRDP | Gross Regional Domestic Product (地域別 GDP) |
| GIS | Gas Insulated Switchgear (ガス絶縁開閉装置) |
| GIS | Geographic Information System (地理情報システム) |
| H-GIS | Hybrid Gas Insulated Switchgear (ハイブリッドガス絶縁開閉装置) |
| IMF | International Monetary Fund (国際通貨基金) |
| IPP | Independent Power Producer (独立系発電事業者) |
| JICA | Japan International Cooperation Agency (独立行政法人国際協力機構) |
| JPY | Japanese Yen (日本円) |
| MOE | Ministry of Energy (エネルギー省) |
| MOFP | Ministry of Finance and Planning (財務計画省) |

| | |
|----------|---|
| MLHSD | Ministry of Lands, Housing and Human Settlements Development (土地・住宅・居住区開発省) |
| MWTC | Ministry of Works, Transport and Communications (建設・運輸・通信省) |
| ODA | Official Development Assistance (政府開発援助) |
| OPGW | Optical fiber composite overhead ground wire (光ファイバ複合架空地線) |
| PMO | Prime Minister's Office (首相府) |
| PSMP | Power System Master Plan (電力システムマスタープラン) |
| R/D | Record of Discussions (合意文書) |
| SCADA | Supervisory Control And Data Acquisition (遠方監視制御システム) |
| SGR | Standard Gauge Railway (標準ゲージ鉄道) |
| TA | Technical Assistance (技術援助) |
| TANESCO | Tanzania Electric Supply Company Limited (タンザニア電力供給公社) |
| TANROADS | Tanzania National Roads Agency (タンザニア道路公社) |
| TARURA | Tanzania Rural and Urban Road Agency (タンザニア地方都市道路公社) |
| T/M | Technical Memorandum (技術覚書) |
| TOR | Terms of Reference (業務指示書) |
| TRC | Tanzania Railways Corporation (タンザニア鉄道公社) |
| USAID | United States Agency for International Development (米国国際開発庁) |
| USD | United States Dollars (米国ドル) |
| VAT | Value-added tax (付加価値税) |
| WB | World Bank (世界銀行) |

第1章 調査の概要

第1章 調査の概要

1-1 調査の背景

タンザニア連合共和国（以下タンザニア）は、独立当時からダルエスサラームを首都として経済発展を遂げてきたが、1973年にドドマへの首都移転が決定された。1996年に首都が現在のドドマに正式に移転された後も社会経済の中心はダルエスサラームとして現在も好調な経済成長を維持している。

首都移転に伴い、ドドマ首都マスタープラン（以下ドドマ首都MP）は1976年に策定されてタンザニア政府の公認を受けた。同MPは1988年と2010年にレビューされているが、いずれも政府による正式な承認を受けていない。2018年12月には2019年から2039年の20年間をカバーする長期マスタープランの第一案が作成されている。同マスタープランは、首都圏中心部を囲うように外・中・内環状道路の整備が計画されているほか、国際空港や工業地帯、政府官庁街等が計画されている。

2015年11月に就任したマグフリ大統領（任期5年）は首都ドドマへの政府機能の移転を最重要政策の一つとして2020年迄の完全移行を目標に掲げて進めており、過去のマスタープランのレビューの最終化と政府承認によるマスタープランの実現に向けた投資計画案が反映されることが期待されている。

ドドマの最大電力の実績は2018年11月に記録された30.6MWであるが、首都機能の移転に伴いタンザニア電力供給公社（以下TANESCO）は、2018年から2047年迄の30年間の電力需要想定を策定した。これによれば2047年には過去に記録された最大電力の約10倍の307.1MWの最大電力を予測している。

現在のところ、既に全ての省庁が本庁機能をドドマに移転し市街地が拡大してきているが、今後省庁関連機関や公社等も移転が見込まれており、マスタープランでは、新たに整備される大統領官邸、政府官庁街や新空港等の重要負荷への電力供給も必要となることから、TANESCOは将来の電力需要に対応し、品質と信頼性を確保できるドドマ首都圏の送配電網拡張計画を策定中である。

1-2 調査の概要

1-2-1 調査の目的

タンザニアにおいて検討されているドドマの送配電網整備に関して、ドドマ首都MPにおける計画の詳細や既存施設の状況、関連ドナーの動向等を確認しつつ、現在・将来需要や本邦技術の導入可能性等を総合的に分析・整理・検討した上で、タンザニア側とも協議を行い、ドドマの送配電網拡張におけるJICAの協力方針を検討することを目的とする。

1-2-2 調査対象地

本調査の対象は、ドドマへの政府機能移転及びドドマ首都MPの対象となるドドマ首都圏の電力系統であり、地理的には巻頭図に示すドドマ州のCapital City District（CCD）に位置する地域である。ただし、他ドナーの支援動向調査、TANESCOや他の関係機関との情報共有、データ収集はドドマのほか、ダルエスサラームにおいても実施した。

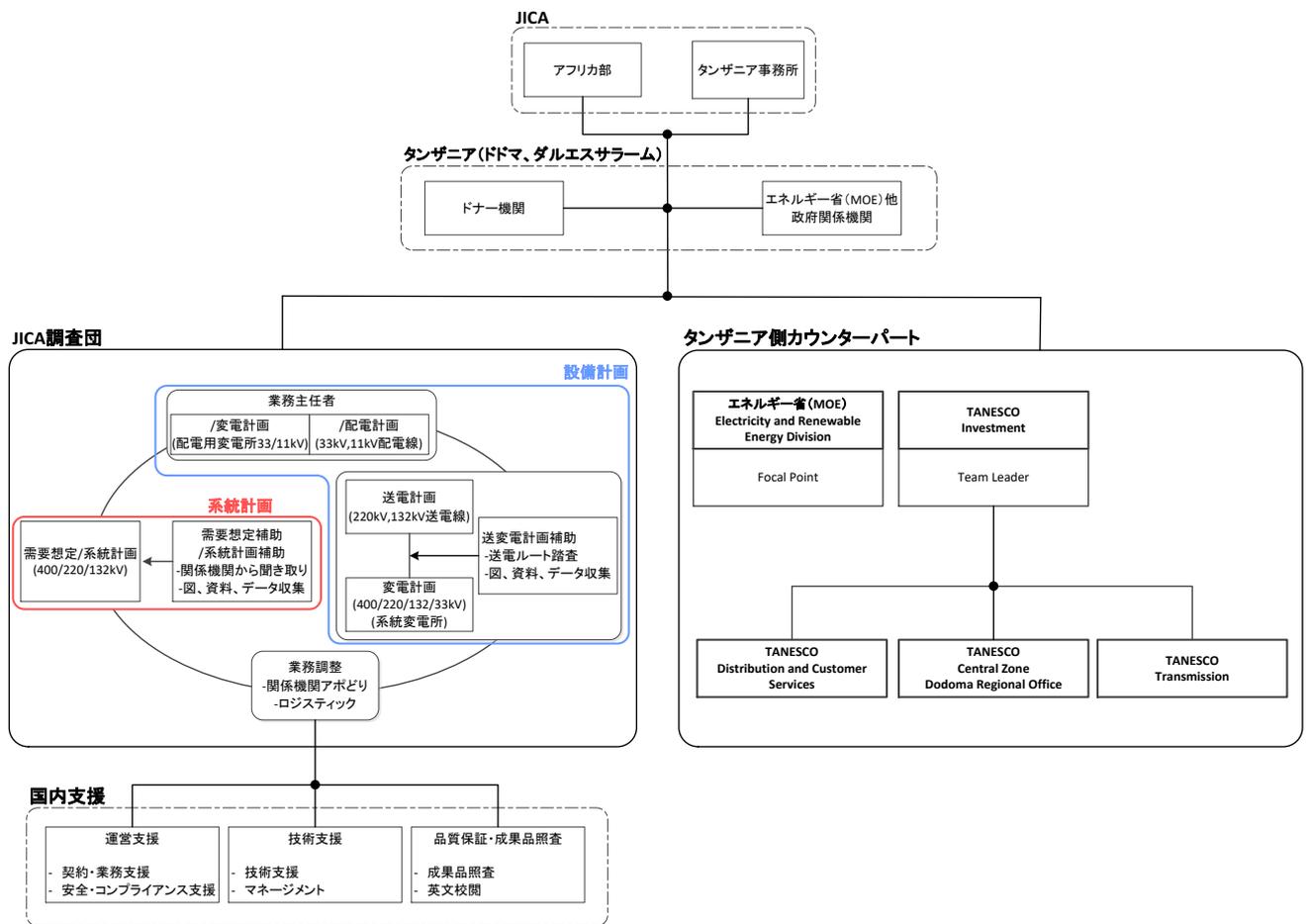
1-3 調査の実施体制と調査工程

1-3-1 調査の実施体制

調査団は、円滑な調査を実施するため、調査開始段階において TANESCO 及びエネルギー省へ調査の背景・目的・工程等を説明のうえ、調査への協力とカウンターパートメンバーの選任及び調査への同行等を依頼し、タンザニア側から便宜供与を受けた。

本調査の対象が電力需要想定から系統計画、設備計画と多岐に亘ることもあり、TANESCO からは、投資部門 (Investment) をチームリーダーとして、配電と顧客サービス部門 (Distribution and Customer Services)、送変電部門 (Transmission)、ドドマ州事務所から、多大な支援を受けて調査を実施することができた。

本調査の実施体制を図 1-3.1 に示す。



[出所] 調査団作成

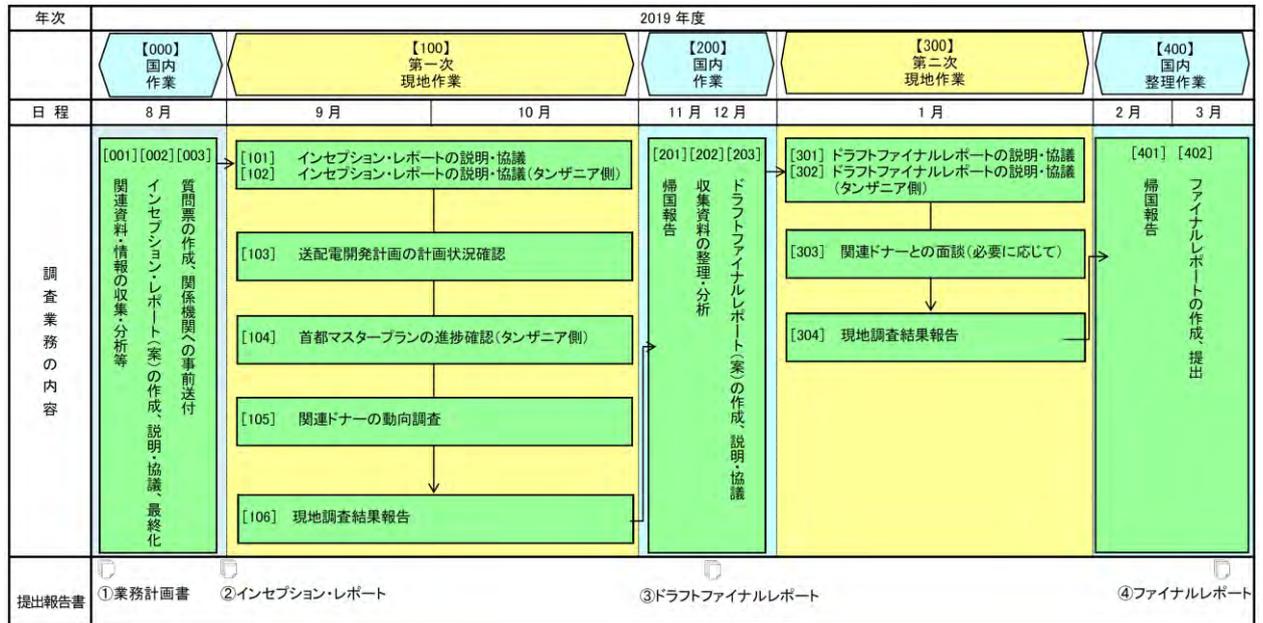
図 1-3.1 調査の実施体制図

1-3-2 調査工程

本調査では国内作業のほか、計二回の現地作業を実施した。第一次現地作業では、ドドマとダルエ

スサラームにおいて、関係機関との面談、情報収集、現地踏査を行い、更にタンザニア側との協議、調査団からプレゼンテーション等を行い、第二次現地作業ではドラフトファイナルレポートの説明、協議を行い、帰国後の国内整理作業において、報告書を最終化した。

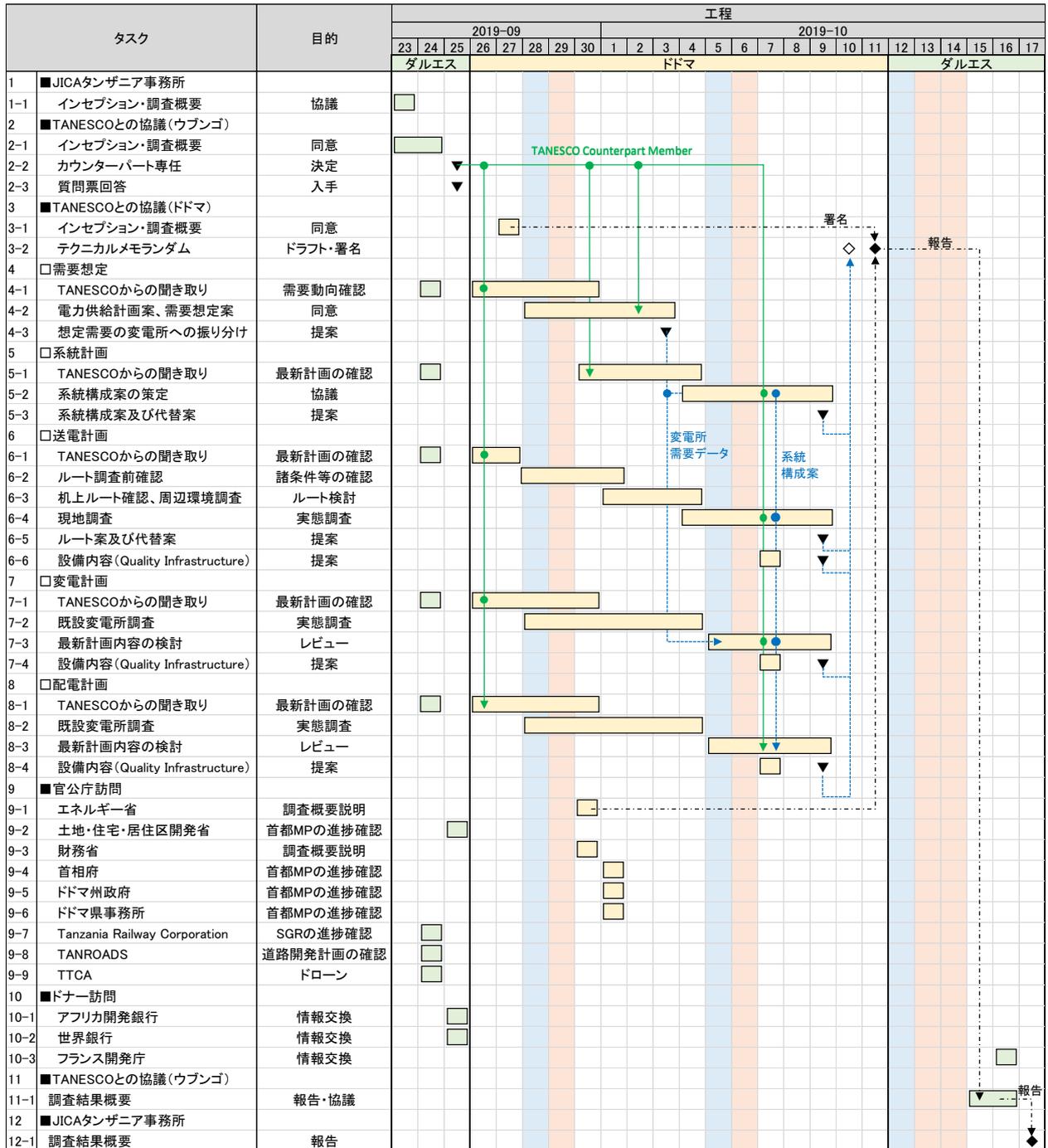
調査の各段階で実施した作業を含む、調査全体の工程表を図 1-3.2 に示す。



[出所] 調査団作成

図 1-3.2 調査全体工程表

また、第一次及び第二次現地作業において実施した、作業の詳細工程を図 1-3.3 及び図 1-3.4 に示す。



[出所] 調査団作成

図 1-3.3 調査詳細工程表 (第一次現地作業)

| タスク | 目的 | 工程 | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------------|---------|-----|----|----|----|---------|------|---|---|---|---|---|---|
| | | 2020-01 | | | | | 2020-02 | | | | | | | |
| | | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| | | ダルエス | ドドマ | | | | | ダルエス | | | | | | |
| 1 | ■JICAタンザニア事務所 | | | | | | | | | | | | | |
| 1-1 | DFR・調査概要 | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 2 | ■TANESCOとの協議(ドドマ) | | | | | | | | | | | | | |
| 2-1 | DFR・開発シナリオ | | | ■ | | | | | | | | | | |
| 2-2 | サイト状況調査 | | | | | ■ | | | | | | | | |
| 2-3 | テクニカルメモランダム | | | | | | ◆ | | | | | | | |
| 3 | ■官公庁訪問 | | | | | | | | | | | | | |
| 3-1 | エネルギー省 | | | ■ | | | | | | | | | | |
| 3-2 | 財務省 | | | | ■ | | | | | | | | | |
| 4 | ■ドナー訪問 | | | | | | | | | | | | | |
| 4-1 | アフリカ開発銀行 | | | | | | | | | | | | ■ | |
| 4-2 | 世界銀行 | | | | | | | | | | | | | ■ |
| 4-3 | フランス開発庁 | | | | | | | | | | | | | ■ |
| 5 | ■TANESCOとの協議(ウブンゴ) | | | | | | | | | | | | | |
| 5-1 | DFR | | | | | | | | | | | | ■ | |
| 6 | ■JICAタンザニア事務所 | | | | | | | | | | | | | |
| 6-1 | 調査結果概要 | | | | | | | | | | | | | ■ |

[出所] 調査団作成

図 1-3.4 調査詳細工程表 (第二次現地作業)

第2章 ドドマ首都圏の概況

第2章 ドドマ首都圏の概況

2-1 社会・経済の概況

2-1-1 政治

2015年10月に実施された連合共和国大統領選挙においてタンザニア革命党（CCM）のマグフリ候補が選出され、現在も大統領を務めているマグフリ大統領は、1995年に国会議員に選出された後、建設副大臣、建設大臣（1回目）、土地住宅集落大臣、畜産漁業開発大臣、建設大臣（2回目）を歴任し、任期は5年である。マグフリ大統領は、首都ドドマへの政府機能の移転を最重要政策の一つとして、2020年の完全移行を目標に掲げて進めている。また、タンザニアの産業化の推進、雇用の拡大、経済開発等に優先的に取り組んでいる。

タンザニア政府は外交においては、独立以降、近隣諸国の独立解放運動支援を外交政策の中心に据えてきたが、アフリカ諸国の独立及び南アフリカのアパルトヘイト崩壊後は、経済外交を推し進めており、幅広い諸外国との関係構築に努めている。特に、地域の平和と安定を目指し、コンゴ民主共和国及びブルンジ等大湖地域情勢の安定促進やスーダンへのPKO派遣、海賊対策等に尽力している。また、東アフリカ共同体（EAC）の経済統合推進、南部アフリカ開発共同体（SDAC）の活動促進に一定の役割を果たしている。

1996年に首都が正式にドドマに定められたが、実質的な首都機能はダルエスサラームにあった。政府官庁もダルエスサラームにあったが、近年のドドマへの首都機能移転の流れから、本年10月13日までに政府官庁はドドマへ移転された。

2-1-2 社会情勢

タンザニアは、アフリカ大陸東部に位置する東アフリカ最大の国であり、1961年の独立三年後に本土タンガニーカと島嶼ザンジバルが連合してできた連合国家である。タンザニアの基本データを表2-1.1に示す。ドドマ州の人口は、2012年のセンサスで2,083,588人、2012年のセンサスからの推計値で2018年時点では2,492,989人である。

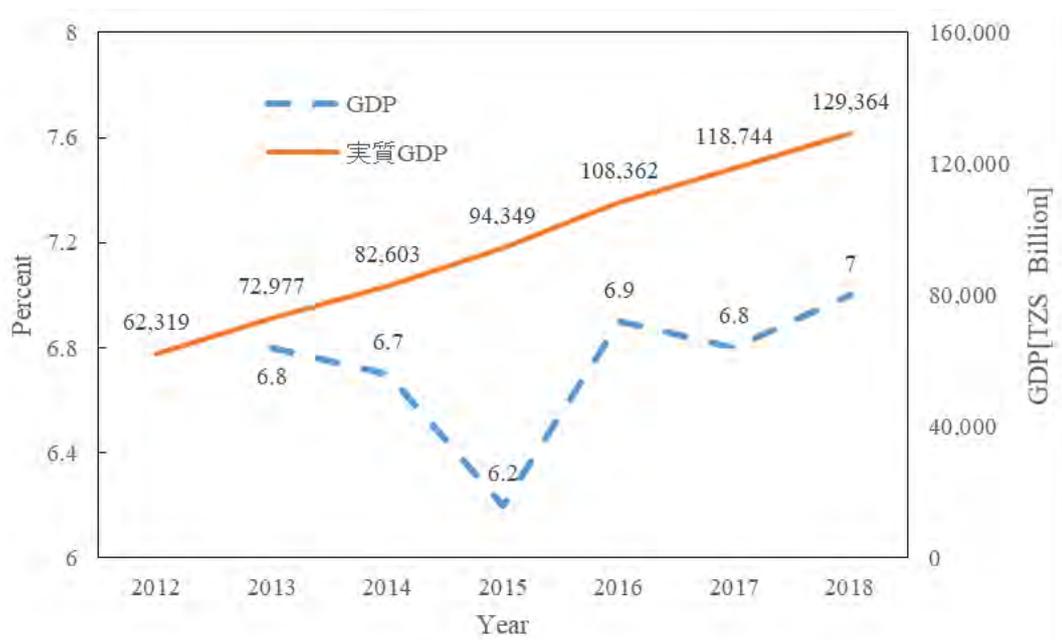
表 2-1.1 タンザニア基本データ

| | |
|------------|--|
| 面積 | 94.5万平方キロメートル（日本の約2.5倍） |
| 人口 | 5,632万人（2018年，世銀） |
| 首都 | ドドマ |
| 民族 | スクマ族、ニャキューサ族、ハヤ族、チャガ族、ザラモ族等（約130） |
| 言語 | スワヒリ語（国語）、英語（公用語） |
| 宗教 | イスラム教（約40%）、キリスト教（約40%）、土着宗教（約20%） |
| 通貨 | タンザニア・シリング（TSH） |
| 為替レート | 1ドル＝約2,295タンザニア・シリング（TSH）（2018年1月） |
| 主要産業 | 農林水産：GDPの約30%（2017年：タンザニア国家統計局） 鉱業・製造・建設等：GDPの約26% サービス：GDPの約37% |
| 国内総生産（GDP） | 574億米ドル（2018年，世銀） |
| 一人当たりGNI | 1,020米ドル（2018年，世銀） |
| 経済成長率 | 5.2%（2018年，世銀） |
| 物価上昇率 | 4.0%（2018年，世銀） |

| | | |
|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 失業率 | 1.9% (2018年, 世銀) | |
| 貿易額 (2018年 : タンザニア中央銀行) | 輸出 | 5,146 百万ドル |
| | 輸入 | 8,463 百万ドル |
| 主要貿易品目 (2018年 : タンザニア中央銀行) | 輸出 | 金、カシューナッツ、タバコ、サイザル麻、コーヒー等 |
| | 輸入 | 石油、機械類、運輸機材、建築資材等 |
| 主要貿易相手国 (2017 年、世銀) | 輸出 | インド、南ア、ベトナム、ケニア、スイス |
| | 輸入 | 中国、インド、アラブ首長国連邦、サウジアラビア、南ア、日本 |
| 軍事力 | 予算 : 528 百万ドル 兵力 : 総兵力 27,000 人 (陸軍 23,000 人、海軍 1,000 人、空軍 3,000 人) (ミリタリー・バランス 2018) | |

[出所] 外務省 (<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/tanzania/data.html#section1>)

経済面では、独立直後は社会主義経済政策が推進されてきたが、1986年以降は世銀・IMFの支援を得て市場経済化、経済改革に着手した。図 2-1.1 にタンザニア本土における 2012~2018 年の実質 GDP 及び 2013~2018 年の GDP 成長率を示す。GDP 成長率は 6~7% 台と高い伸びを見せている。また、2018 年の産業別 GDP は、第一次産業が 30.7%、第二次産業が 29.1%、第三次産業が 40.2% であり、第三次産業がやや高い傾向にある。



[出所] Tanzania in Figures 2018 (National Bureau of Statistics)

図 2-1.1 GDP 成長率

2-2 地理と気候

2-2-1 地理

タンザニアは、図 2-2.1 に示すとおり、アフリカ大陸の東部に位置し、インド洋に面している。国土面積は、94 万平方キロメートルであり、その内ドドマ州は約 4 万平方キロメートルを占める。タンザニアは、ケニア、ウガンダ、ルワンダ、ブルンジ、ザンビア、マラウイ、モザンビークと国境を接し、タンガニーカ湖対岸にはコンゴ民主共和国がある。ンゴロンゴロ自然保護区やセレンゲッティ国立公園をはじめ、キリマンジャロ山等、七か所が世界遺産に認定されている。

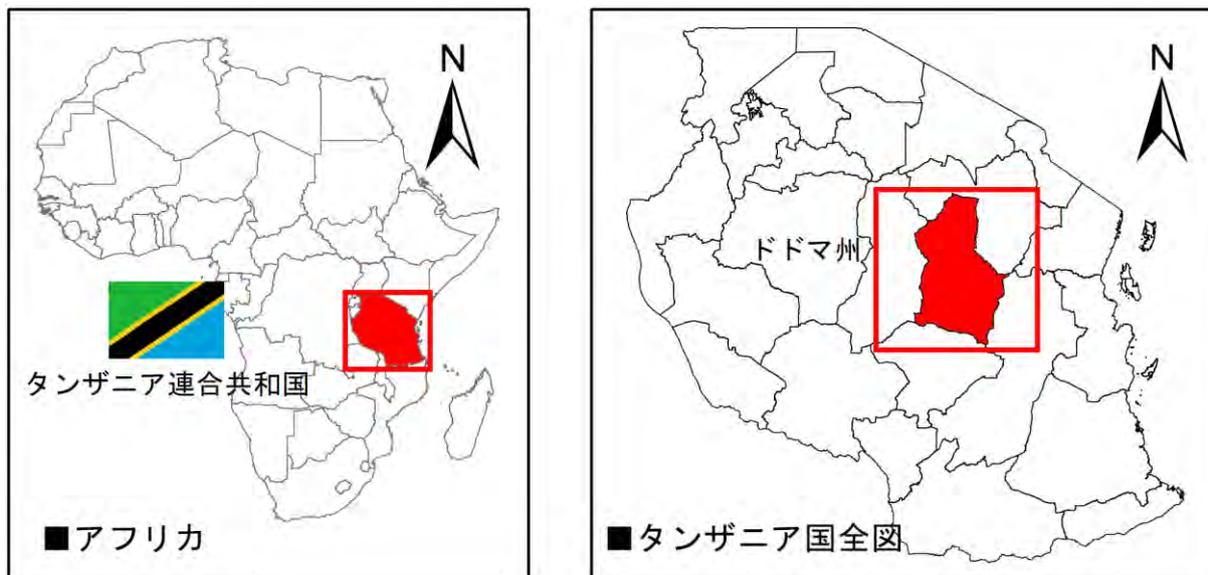
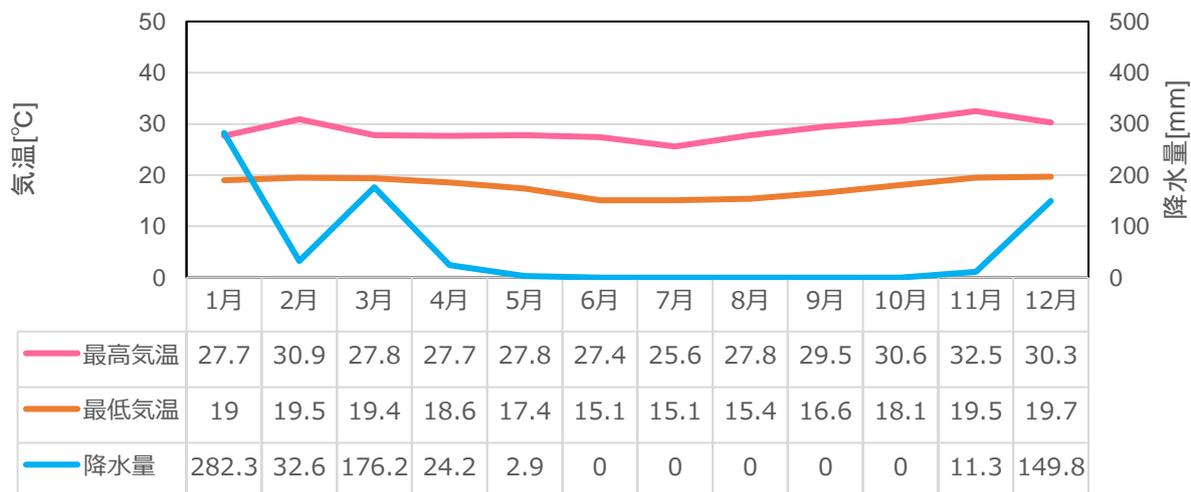


図 2-2.1 アフリカ全土およびタンザニア地図

2-2-2 気候

タンザニアは、赤道直下に位置し、海岸地帯の低地は高温湿潤の熱帯気候、中央部の平原はサバンナ気候で、国土の大部分は 1,000~2,000 メートルの高原地帯である。12 月から 3 月は雨季、その他は乾季である。

2018 年のドドマの気象データの月別推移について図 2-2.2 に示す。平均最高気温は 30 度前後、平均最低気温は 18 度前後で、年間を通してあまり気温は変わらない。他方、降水量については雨季と乾季の差が大きい傾向がある。



[出所] Tanzania Meteorological Agency

図 2-2.2 ドドマの気象データの月別推移 (2018 年)

2-3 ドドマへの政府機能移転と首都開発の現況と課題

2-3-1 政府機能移転の進捗

1973年に初代大統領のジュリウス・ニエレレが大統領布告 No.320 を以ってドドマがタンザニアの首都に制定されたものの、様々な困難があり、実質的な首都機能はダルエスサラームから移転がなされてこなかった。

2015年に就任したマグフリ大統領は2016年に、首都ドドマへの政府機能の移転を最重要政策の一つとして、2020年までに首都機能をドドマに移行すると宣言し、2016年9月に首相府が公式に移転、2017年12月には副大統領が公式に移転、2019年4月までに全省庁がドドマの仮庁舎に本庁機能を移転し、2019年10月には大統領が公式に移転したと公表しており、今後省庁関連機関や公社等も移転が見込まれている。

2-3-2 政府機能に関する市街地の拡大やインフラ整備状況

ドドマ市自治体開発部門からの情報収集の結果、表 2-3.1 に示すエリアに大型施設の開発計画が進められていることが分かった。なお表内に参考として2-4-2節に述べているドドマ首都MPにおける開発目標年次についても記載する。

表 2-3.1 ドドマ開発対象施設及び開発エリア

| 開発エリア | 対象施設 | 開発目標年次 |
|-------|--------------------|-----------|
| 北部エリア | ムサラト国際空港 | 2019-2024 |
| | ムサラト経済特区 | — |
| 西部エリア | ナラナラ工業地帯 | — |
| 中心エリア | 国立競技場 | 2019-2024 |
| | ダラダラバスターミナル（乗合バス用） | — |
| | ナネナネマーケット | 2019-2024 |
| | バスターミナル（都市間移動用） | 2019-2024 |
| 東部エリア | タンザニア軍ドドマ支部 | — |
| | ガバメントシティ | 2019-2029 |
| | マーシャリングヤード（操車場） | SGR 開発による |
| | 大統領官邸 | 2019-2029 |
| | ドライポート | |

[出所] Dodoma municipal データを基に調査団作成

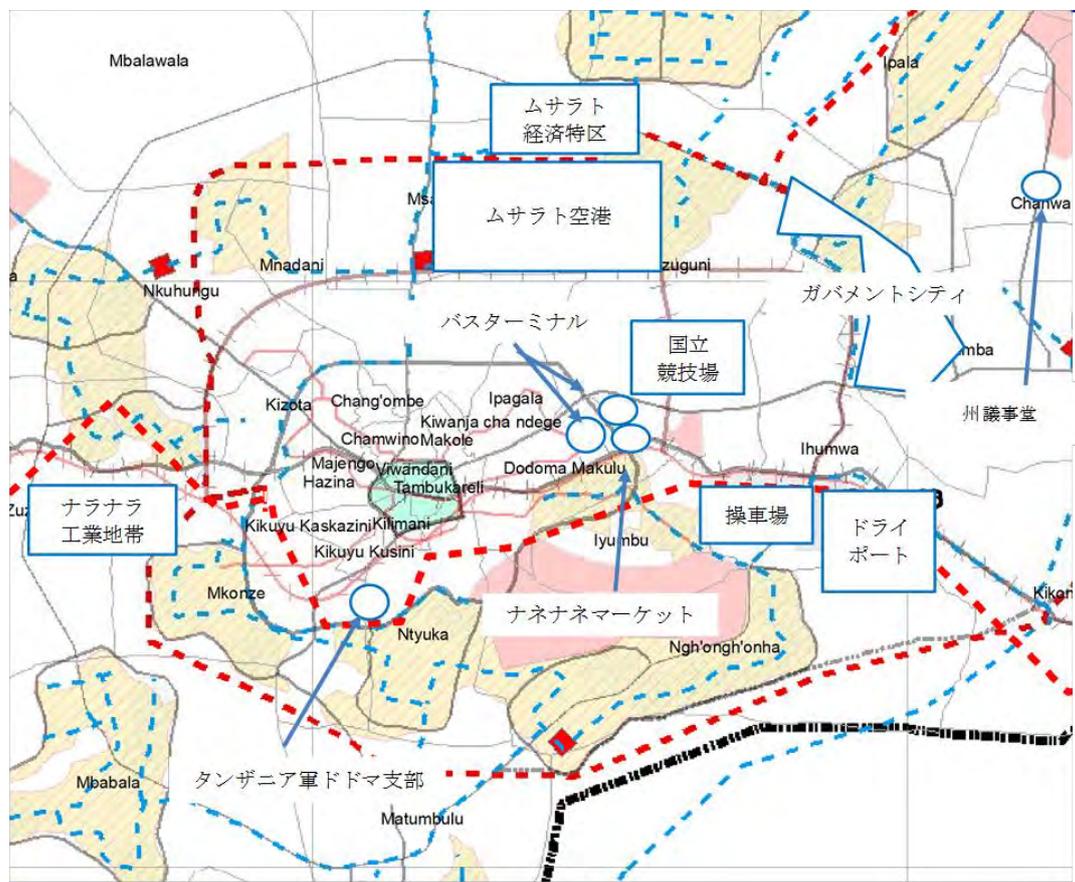




イフムワ政府官庁街現況

ムサラト国際空港予定地

[出所] 調査団撮影



[出所] Dodoma municipal データを基に調査団作成

図 2-3.1 ドドマ州における大型施設開発計画

2-4 ドドマ首都マスタープランの概要

2-4-1 ドドマ首都マスタープランにおける全体計画

1976年に策定され、包括的な都市開発計画をけん引し2019年から2039年の20年間を対象としたドドマ首都MPは、政府主導のタスクフォースチームによって過去のマスタープランのレビューを実施して2018年12月にファーストドラフトが作成された。その後同タスクフォースチームは更新したセカンドドラフトの作成を2019年4月までに終えた。

調査団は、同マスタープランの内容を入手するため土地・住宅・居住区開発省の局長レベル、ドドマ市の実務者レベル、そしてマスタープランの策定を手掛けているタスクフォースチームとの面談を行った。

面談時の同聞き取りから、上述のセカンドドラフトを基にパブリックヒアリングを実施中であり(2010年10月時点)、11月末までにヒアリング結果を反映してマスタープランの修正を完了しタンザニア政府に承認される予定であったが、公式な承認がなされたという確認はとれていない。

ドドマ首都MPは、本文のほかに10種類の技術的補足資料(Technical Supplement: TS)から構成されており、各分野の開発計画が提案されている。

- TS-1 : Demography, Housing and Residential Characteristics
- TS-2 : Earthquakes and its Implication on Built Environment
- TS-3 : Infrastructure and Public Utilities
- TS-4 : Transportation Infrastructure and Services
- TS-5 : Landscape Improvement Plan
- TS-6 : Capital Business District Redevelopment Plan
- TS-7 : Government City Planning
- TS-8 : Impact Region Study
- TS-9 : Strategic Environmental Assessment (SEA)
- TS-10 : Implementation Arrangement and Strategies

送配電開発計画については、TS-3において負荷想定、送変電計画、配電計画の概要が記載されている。

政府都市計画については、TS-7に計画が示されている。概要を以下の表2-4.1に示し、配置計画を図2-4.1に示す。

表 2-4.1 政府都市計画 (概要)

| SN | Major land use | No of plots | Area covered (Ha) | Percent |
|----|--|-------------|-------------------|---------|
| 1. | Government Ministries | 24 | 84.22 | 15.72 |
| 2. | Government Offices | 16 | 47.22 | 8.81 |
| 3. | Diplomatic Missions/Embassies | 67 | 167.88 | 31.34 |
| 4. | International Organizations | 5 | 22.35 | 4.17 |
| 5. | Public Government Offices/Institutions | 13 | 32.68 | 6.10 |

| SN | Major land use | No of plots | Area covered (Ha) | Percent |
|-----|-----------------------|-------------|-------------------|---------------|
| 6. | Commercial | 21 | 45.89 | 8.57 |
| 7. | City Park | 1 | 74.70 | 13.97 |
| 8. | Parking Facilities | 2 | 14.08 | 2.63 |
| 9. | Waste Water Treatment | 2 | 16.77 | 3.13 |
| 10. | Open Spaces | 9 | 23.08 | 4.31 |
| 11. | Government quarters | 34 | 10.36 | 1.93 |
| 12. | Road Network | | 1.68 | 0.31 |
| | TOTAL | | 540.90 | 100.99 |

[出所] Dodoma municipal データを基に調査団作成

GOVERNMENT CITY: PROPOSED LAND USES

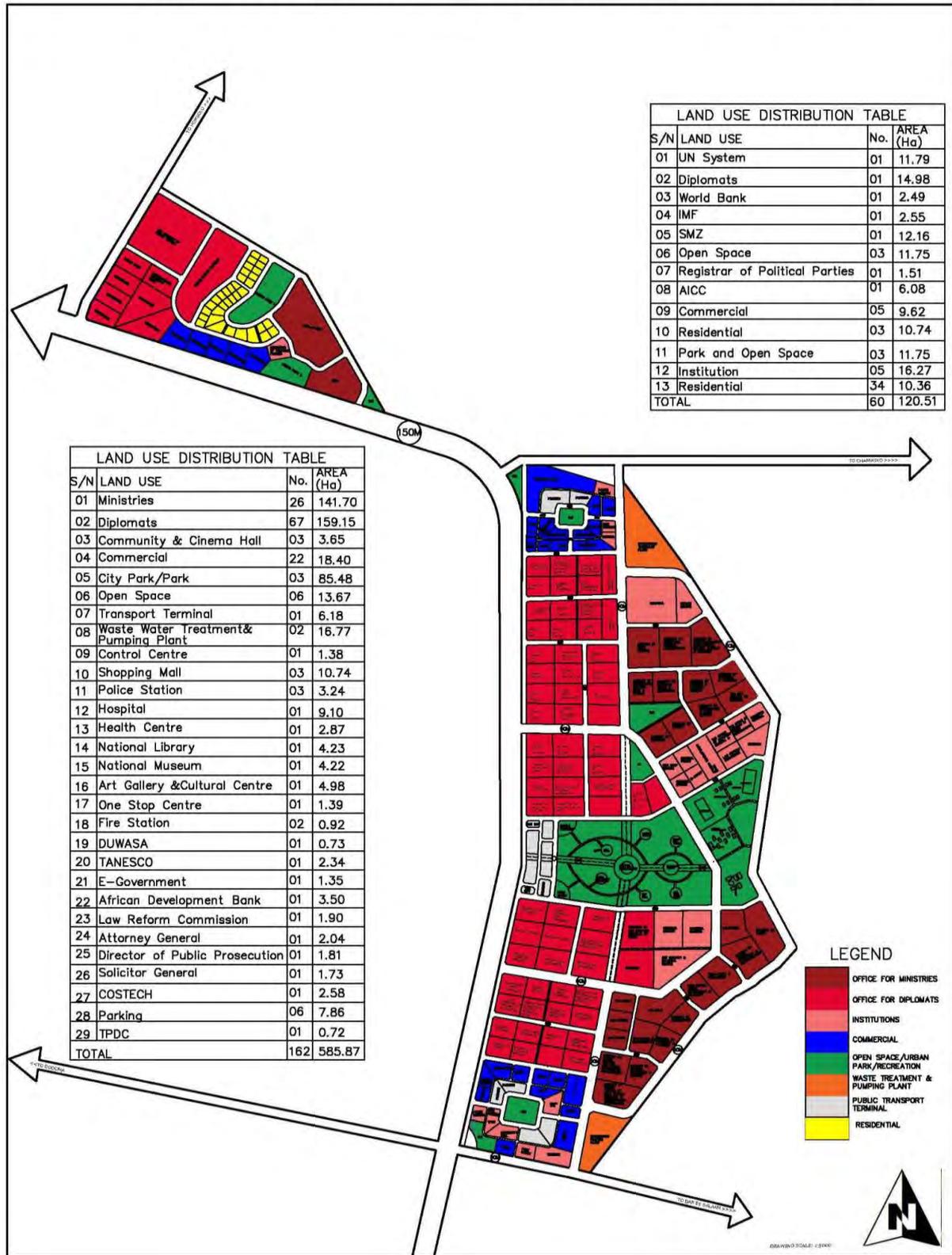


图 2-4.1 土地利用計画图 (政府都市計画案)

2-4-2 ドドマ首都マスタープランの実施計画

ドドマ首都 MP では、首都開発地域を I、II、III、IV の 4 段階にフェーズ分けした開発計画が策定されている。

図 2-4.2 に 2019 年から 2039 年の土地利用計画図を示し、図 2-4.3 から図 2-4.6 に各フェーズの開発計画の対象地域を示す。

フェーズ I は 2019 年から 2024 年の 5 年間を対象として、政府関係施設の他、ドドマ首都圏中心部の開発を行い、フェーズ II では 2024 年から 2029 年の 5 年間に首都圏南西部のコミュニティ開発を実施し、2029 年から 2034 年の 5 年間にフェーズ III として、首都圏南西部と北東部のコミュニティ開発が計画されている。

なお、2024 年から 2039 年の 15 年間をフェーズ IA と位置づけして首都圏のペリアーバン地域の用地収用等を促進しながら、適宜開発を行う計画としている。

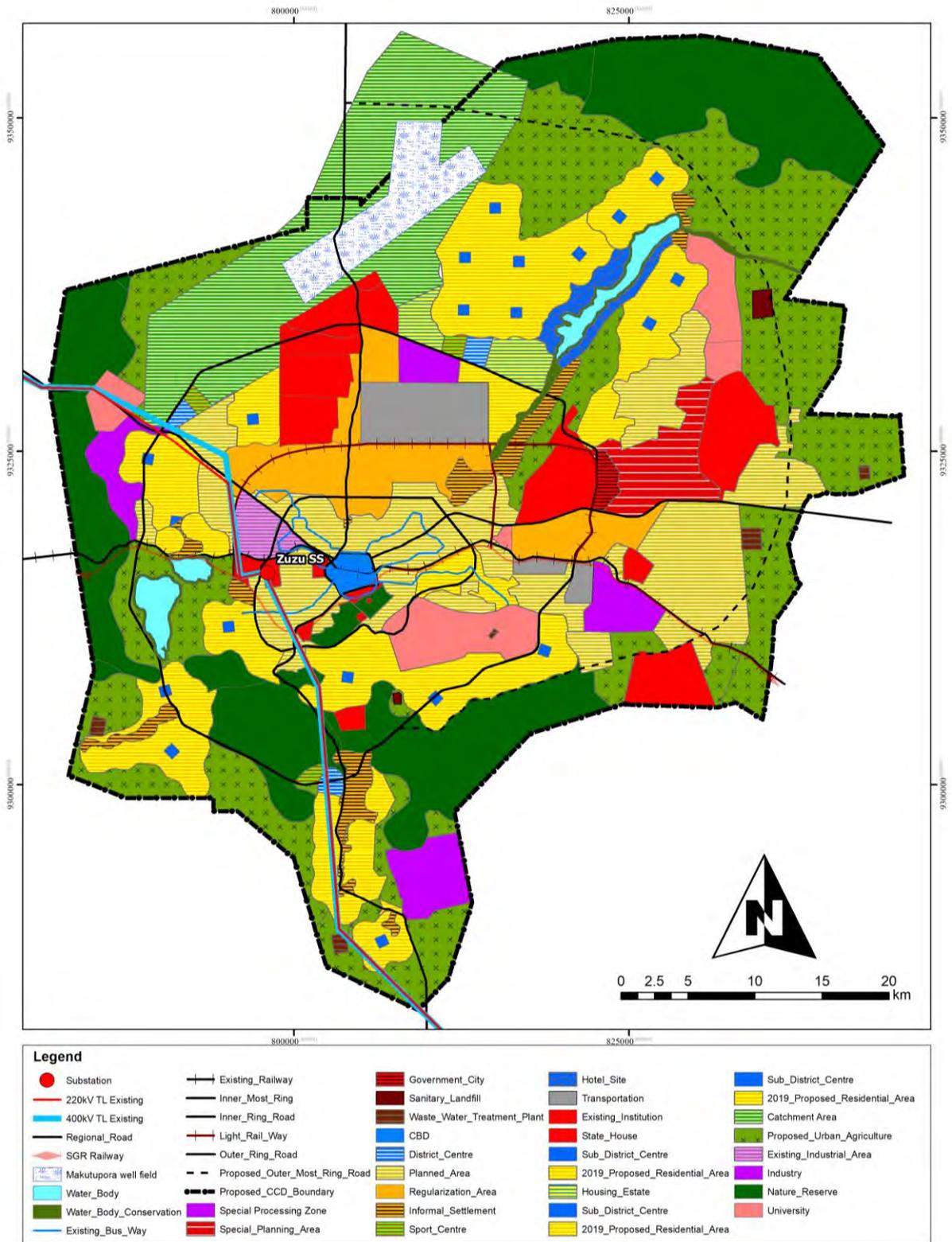


图 2-4.2 土地利用計画图 (2019年~2039年)

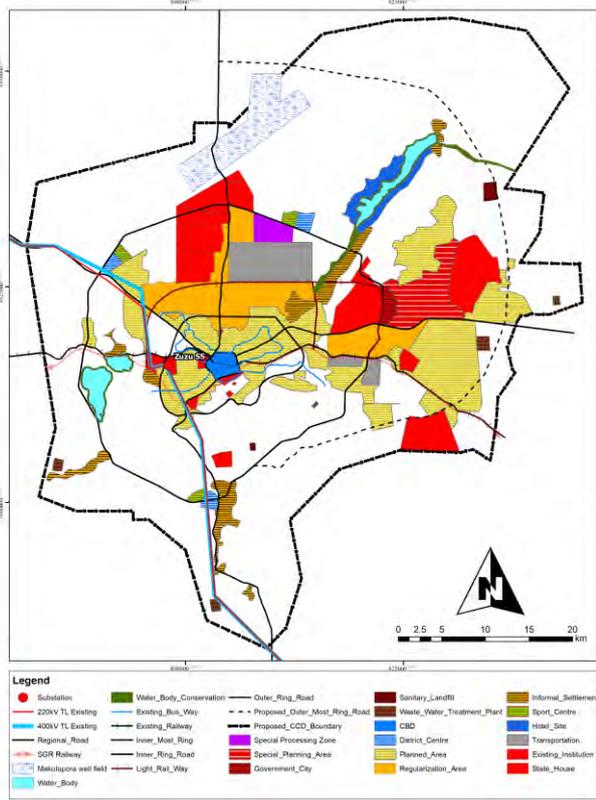


図 2-4.3 開発地域 (フェーズ I)

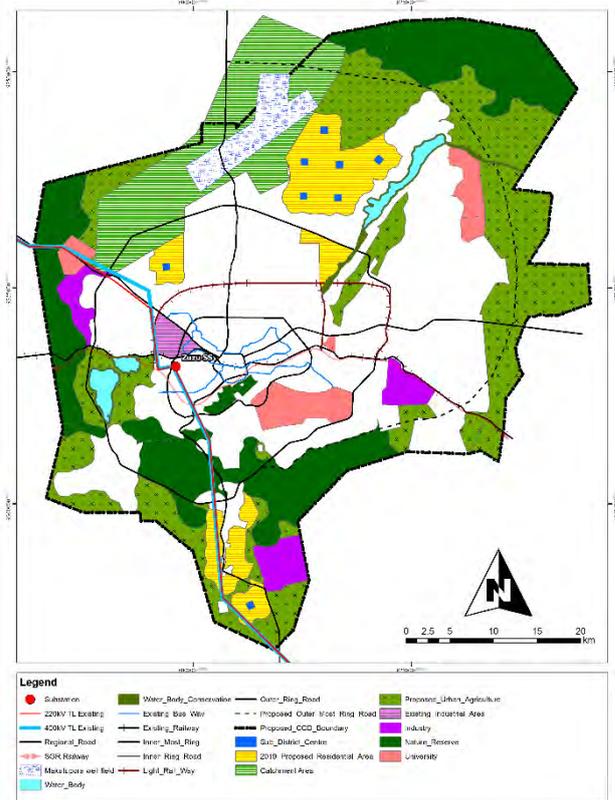


図 2-4.4 開発地域 (フェーズ IA)

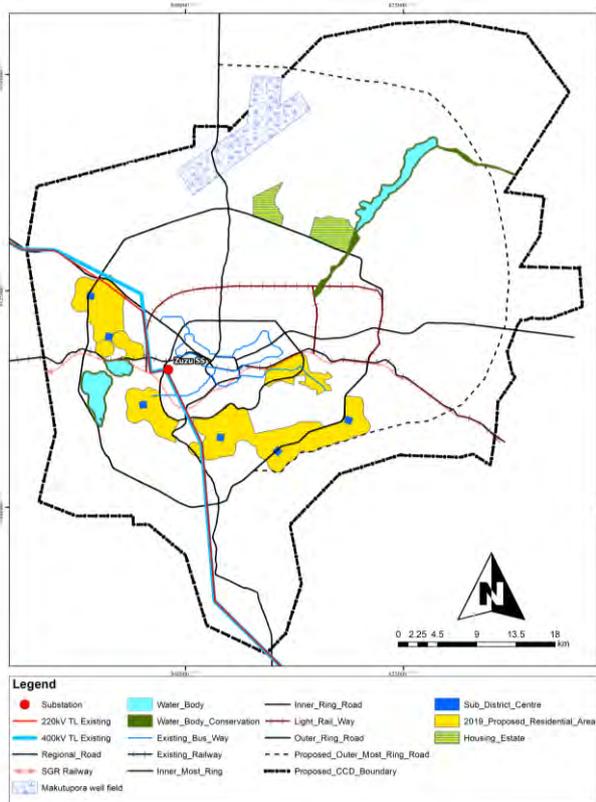


図 2-4.5 開発地域 (フェーズ II)

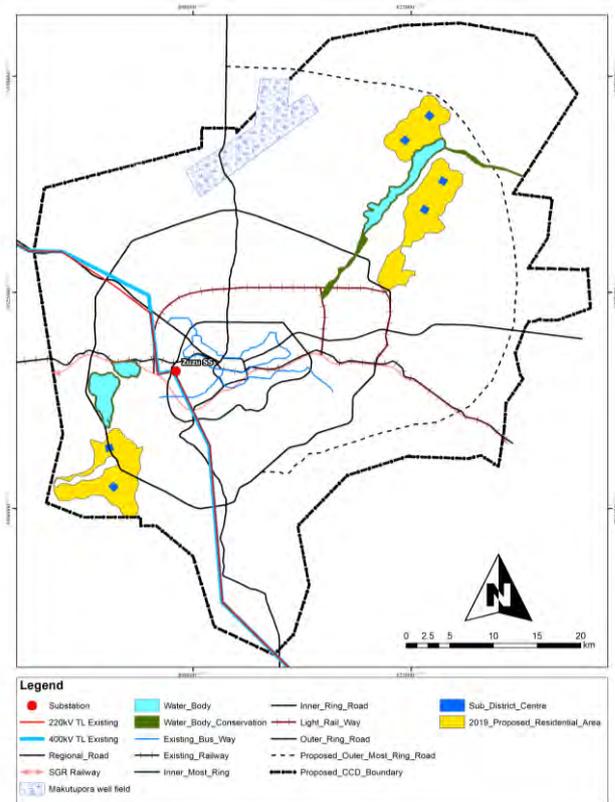


図 2-4.6 開発地域 (フェーズ III)

また、ドドマ首都 MP では、5 年毎に区分けされた 4 つのフェーズを段階的に開発していく実施計画が策定されている。表 2-4.2 にドドマ首都 MP の実施計画と概略事業費を示す。特に第 1 フェーズとなる 2019 年から 2024 年にかけての 5 年間の開発に力点が置かれており、他の 3 フェーズの 3 倍にもあたる概略事業費が算出されている。

表 2-4.2 ドドマ首都 MP の実施計画（概要）

| フェーズ | 期間 | 主な開発計画 | 概略事業費 (Million USD) |
|------|-----------|---|------------------------|
| I | 2019-2024 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 進行中プロジェクト（バスターミナル、スタジアム、商業施設等）の完了 ・ 首都環状道路（外環、中環、内環）の建設 ・ 新官庁街の道路、給水整備、政府庁舎、事務所等の建設 ・ 国際空港の建設（Lot1）、Forkwa ダム建設の開始 ・ 12 コミュニティへの公共サービスの建設、整備（給排水設備、電気設備、看護学校、小学校、中等学校、警官駐在所、ヘルスセンター、病院、大学、マーケット等） | 1,315 |
| II | 2024-2029 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 新官庁街の建設、整備完了（政府庁舎、事務所、宿舎、病院、ヘルスセンター、公園等） ・ 路面電車の整備 ・ CBD（Capital Business District）の再開発 ・ Mutumba 特別地区の開発（政府機関、大学、病院、学校、銀行等） ・ 20 コミュニティへの公共サービスの建設、整備 | 427 |
| III | 2029-2034 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 路面電車の整備 ・ CBD（Capital Business District）の再開発 ・ Mutumba 特別地区の開発 ・ 16 コミュニティへの公共サービスの建設、整備 | 230 |
| IV | 2034-2039 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 路面電車の整備完了 ・ CBD（Capital Business District）の再開発完了 ・ Mutumba 特別地区の開発完了 ・ 21 コミュニティへの公共サービスの建設、整備 | 426 |

[出所] 調査団作成

第3章 ドドマ首都における電力セクターの 概況と課題

第3章 ドドマ首都における電力セクターの概況と課題

3-1 電力事業の現状

3-1-1 エネルギー・電力政策

ドドマ首都 MP は、1976 年に策定されてタンザニア政府の公認を受け、近年では、2019 年 4 月に 2019 年から 2039 年の 20 年間のマスタープランの改訂版が作成されている。現在のドドマのエネルギー・電力施策、電力供給システムは、このドドマ首都 MP に基づきに進められている。現在、ドドマでは都市開発が進められており、今後ドドマへの本格的な首都機能移転に伴い、電力需要も急速な増加が想定されることから発電設備・送電設備の建設計画が日々進められている。

一方、現在ドドマでは、電気、石油、ガス、太陽光、木炭、木材、風力エネルギーなど様々な方式に基づいたエネルギーが供給されている。各家庭では照明を始めとする電化製品の使用などで、電力エネルギーは消費されるが、調理においては、ドドマ州の約 80%が木炭などに依存しているとの調査結果も報告されている。今後、電力需要増加に対応した送配電網の整備を行うとともに、送配電網整備による電化の推進が期待されている。

タンザニア政府（エネルギー省）は、ドドマ首都 MP の開発に応じる、十分な供給量と信頼度の高い電力供給設備の確保が喫緊の課題であると考えており、送配電網の整備に平行して、ドドマ首都圏におけるガス火力発電設備や再生可能エネルギーの開発の検討を行っている。

3-1-2 電力の供給体制

タンザニアでの電力供給は、主に国営のタンザニア電力供給公社（TANESCO）が担っている。ザンジバル島では民間企業ザンジバル電力会社（ZECO）による島内への電力供給、また、「地方エネルギー庁（REA：Rural Energy Agency）」による TANESCO の配電網が整備されていない地方への電力供給を除く地域は、すべて TANESCO が電力を供給している。

ドドマにおいても、TANESCO が電力供給の責任機関である。TANESCO からの聞き取りでは、ドドマ首都圏の送配電開発の計画、施工段階において、特別に必要な許認可はなく、土地所有権や市役所からの工事許可、環境影響評価等、プロジェクト実施上必要な一般事項のみである。

3-1-3 電力供給システム

TANESCO は、送電網に接続されている水力発電、火力発電・ディーゼル発電により電力を供給しており、火力発電・ディーゼル発電による電力供給量が最も多い。火力・ディーゼル発電所の設備容量は、全体の約 57.02%を占め、水力発電所の設備容量は全体の約 36.64%を占めている。表 3-1.1 に水力発電所と表 3-1.2 に火力発電所の 2019 年 11 月時点の発電容量を示す。水力発電による発電能力は約 562MW、火力・ディーゼル発電による発電能力は約 769MW となっている。また、送電網に接続されていないディーゼル発電の発電能力は、約 53MW となっている。

図 3-1.1 に現状のタンザニアの全国送電網を示す。タンザニアの送電網は、66kV～400kV までの送電線が布設されており、送電線に接続された 50 の変電所にて構成されている。送電線は、2017

年 5 月時点で合計 5,816.17km となっており、その内訳は、400kV : 670km、220kV : 2,940.7km、132kV : 1,697.47km の、66kV : 543km となっている。

同図に示されているようにタンザニアの既存電力供給システムは、タンザニアの東岸に点在する火力発電所やイリング周辺に点在する水力発電所で発電された電力が、ダルエスサラームからイリング、ズズ変電所を経由し、タンザニア北部地域に供給されている。また、タンザニア国内に存在する 400kV にて設計された送電線は、現在 220kV 系統として運用されており、現在建設・計画されている 400kV 変電所が完成後、400kV に昇圧される予定である。

ドドマ州周辺送電網拡大図を図 3-1.2 に示す。ドドマ州は、ドドマ市を含む CCD (Capital City District) エリア、コンドア、チェンバ、バヒ、チャムウィーノ、ムプアプア、コングアの 7 つのエリアから構成されている。現在、ドドマ州の 220kV/33kV 変電所は、ズズ変電所のみであり、CCD、バヒ、チャムウィーノ、ムプアプアエリアへの電力はズズ変電所から供給されている。一方、ドドマ州の北部に位置するコンドア、チェンバエリアへは、ズズ変電所からシンギダ変電所を経由してババディ変電所につながっている 220kV 送電線を経由し、220kV/66kV 変電所であるババディ変電所から電力が供給されている。

ドドマ州の唯一の基幹変電所であるズズ変電所から配電網への最大電力供給量は、2018 年 11 月に記録された 30.6MW であり、11kV ならびに 33kV の配電網を通じて各地域に供給されている。現在、ズズ変電所では、約 18MW の余剰供給能力があるが、ドドマ首都 MP では、今後首都機能移転に伴い、ドドマ市の電力需要が急速に増加することが記載されており、電力インフラの拡張と強化のための具体的な計画の立案が急務となっている。

表 3-1.1 タンザニアの既設水力発電所 (2020 年 2 月)

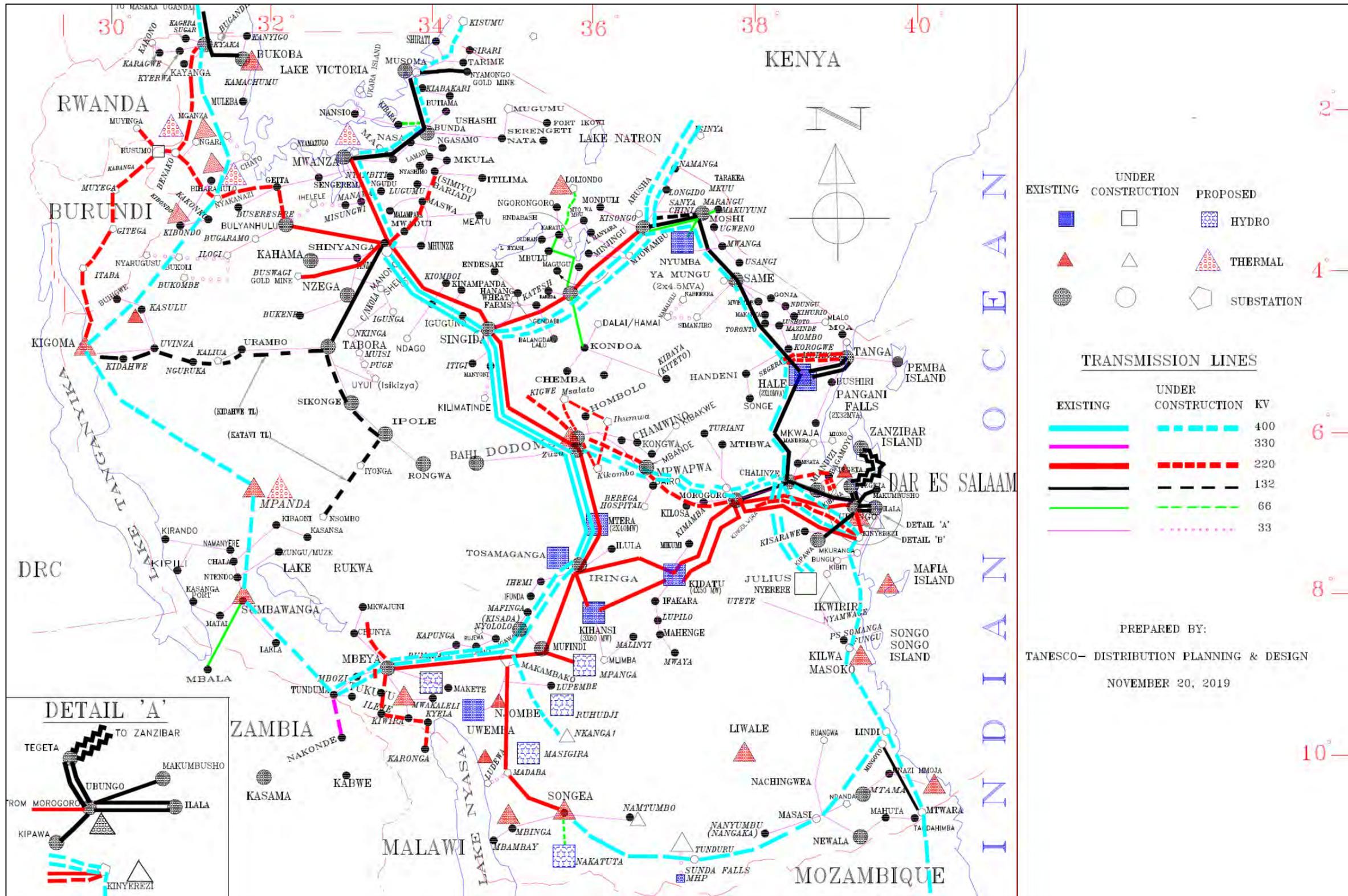
| Name of Power station | Capacity [MW] |
|-----------------------|---------------|
| Kidatu | 204.00 |
| Kihansi | 180.00 |
| Mtera | 80.00 |
| New Pangani | 68.00 |
| Hale | 21.00 |
| Uwemba | 0.84 |
| Nyumba ya Mungu | 8.00 |
| MWENGA | 4.00 |
| YOVI | 0.95 |
| MATEMBWE | 0.59 |
| DARAKUTA | 0.32 |
| ANDOYA | 1.00 |
| TULILA | 5.00 |
| Total | 573.70 |

[出所] TANESCO

表 3-1.2 タンザニアの既設火力発電所 (2020 年 2 月)

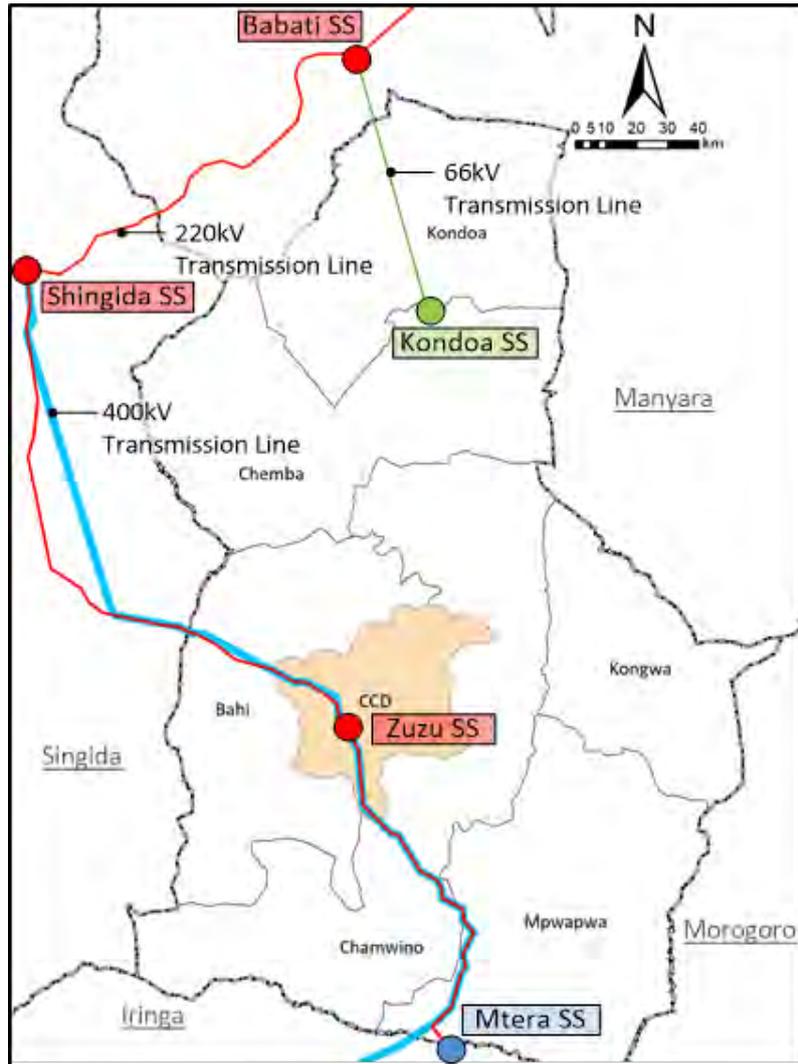
| Name of Power station | Capacity [MW] |
|------------------------|---------------|
| Kinyerezi I Gas Plant | 150.00 |
| Kinyerezi II Gas Plant | 248.22 |
| Ubungo I Gas Plant | 102.00 |
| Ubungo II Gas Plant | 129.00 |
| Tegeta Gas Plant | 45.00 |
| Somanga Gas Plant | 7.50 |
| Mtwara Gas Plant | 22.00 |
| Import from Songas | 189.00 |
| Total | 892.72 |

[出所] TANESCO



[出所] TANESCO より入手

図 3-1.1 タンザニア全国送電系統図



[出所] 調査団作成

図 3-1.2 ドドマ州周辺の送電網（66kV-400kV 送電線を掲載）

3-1-4 電源開発計画

PSMP2016 に掲載されている発電所拡張計画を表 3-1.4 に示す。タンザニアの発電所拡張計画は、基本的に表 3-1.4 に記載の計画に則って進められている。この計画は、タンザニアの電力需要想定を考慮し策定されているため、計画通り電源開発が進められることが重要となる。今回の情報収集確認調査にて、最近の電源開発動向について TANESCO より入手した情報は下記の通りである。

- ✓ ムトワラ火力発電所
概要：300MW コンバインサイクルガスタービン発電プラント
状況：事業成立性確認中
- ✓ ソマンガフング火力発電所
概要：300MW コンバインサイクルガスタービン発電プラント
状況：事業成立性確認完了、現在レビュー中
- ✓ ルフジ水力発電所
概要：358MW 水力発電プラント
状況：事業成立性を再確認中

- ✓ カコノ水力発電所
概要：87MW水力発電プラント
状況：コンサルタントが事業成立性を 2019 年 10 月に完了予定
- ✓ マラガラシ水力発電所
概要：45MW水力発電プラント
状況：コンサルタントによる基本設計が完了
- ✓ ルマカリ水力発電所
概要：222MW水力発電プラント
状況：事業成立性を改定するためにコンサルタント依頼中

3-1-5 電力ロス

2010 年における送配電ロスは 25%であり、その内訳は送電ロス：5.3%、配電ロス：19.7%であった。Cost of Service Study (COSS 2010) によると 2035 年までに送電ロスを年 0.2%削減の目標を定めており、2035 時点で送配電ロス 15.8%を目標としている。その内訳は送電ロス：4.8% 配電ロス：11%となっている。なお、2019 年 1 月時点での送配電ロスは、送電ロス：5.89%、配電ロス：15.0%となっている。

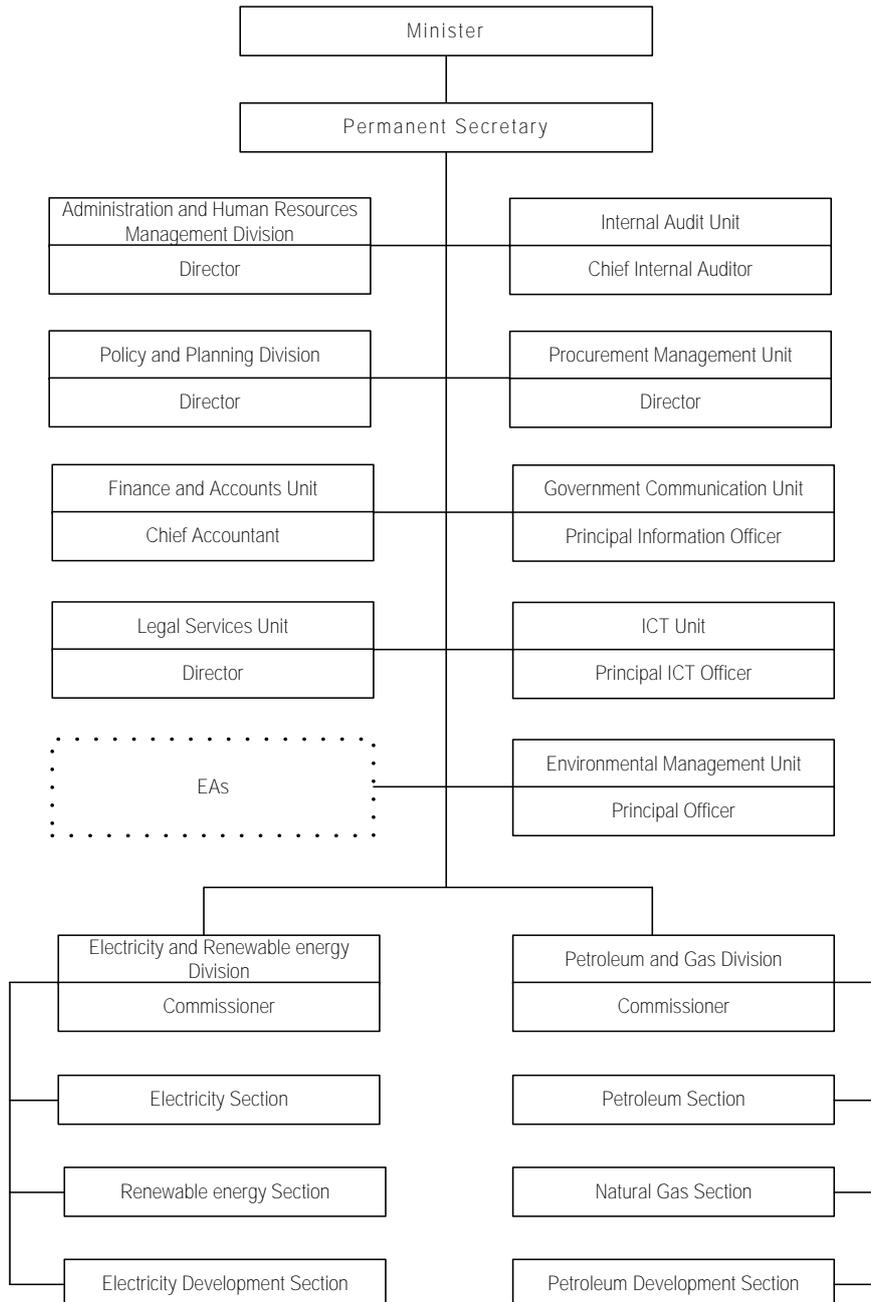
表 3-1.3 タンザニア全土の送電ロス

| Year | Power Loss [%] |
|---------|----------------|
| 2012 | 6.12 |
| 2013 | 6.20 |
| 2014 | 6.13 |
| 2015 | 6.21 |
| 2016 | 6.15 |
| Average | 6.16 |

[出所] TANESCO の web サイトを基に調査団作成

3-1-6 Ministry of Energy (MoE)

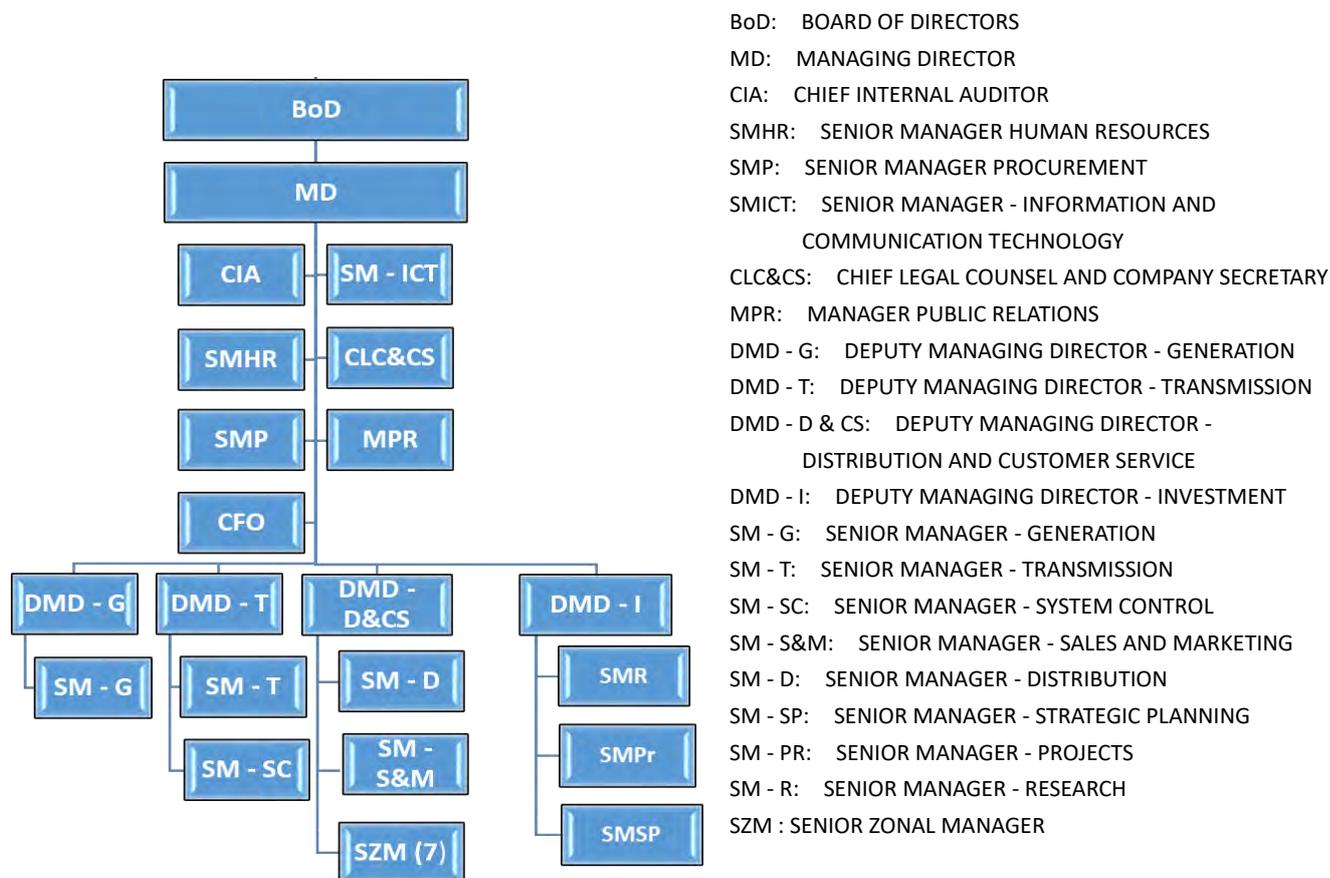
エネルギー省は、政策・戦略や総務関連を担当する部門と電気・再生可能エネルギーを担当する部門、石油・天然ガスを担当する部門から構成されている。電気・再生可能エネルギーを管理する部門は、局長の下に電気課、再生可能エネルギー課、電気開発課が配置されており、石油・天然ガスを管理する部門は、局長の下に石油課、天然ガス課、石油開発課が配置されている。図 3-1.3 にエネルギー省の組織図を示す。



[出所] Ministry of Energy の資料に基づき調査団作成

図 3-1.3 Ministry of Energy の組織図

3-1-7 TANESCO



[出所] TANESCO より入手

図 3-1.4 TANESCO の組織図

TANESCO は、総裁 (Managing Director) の下に、経営/支援部門と、発電、送電、投資、配電・顧客サービスの4つのビジネスユニットが置かれており、2018年6月時点で、6,784名の従業員を有している。図 3-1.4に TANESCO の組織図を示す。

発電本部は、TANESCO が所有する発電施設をはじめ全発電施設を所轄しており、送電本部は、全国電力網の運用と保守を行っている。また、投資本部は、研究開発、戦略立案、主要プロジェクト遂行などの機能を有している。配電・顧客サービス本部は、配電ネットワークを管理している。大型商業施設には、33kV と 11kV で配電しており、一般家庭等には配電網経由で 400/230V に降圧して配電している。

TANESCO が掲げているミッションとビジョンは下記の通り。

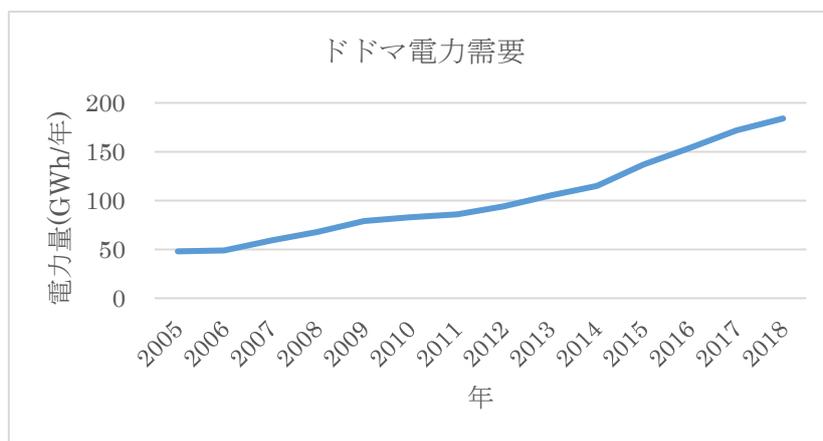
ミッション: 効果的かつ競争力がある持続可能な方法で発電・送電・配電を行う。

ビジョン: タンザニアの発展を支える効率と利益を考えたユーティリティを目指す。

3-2 電力需要

3-2-1 電力需要の推移

ドドマ州のうち北部独立系統である、コンドア系統を除く販売電力量の推移（2005～2018年）を図3-2.1に示す。2018年の販売電力量は183.7GWhであり、2005年からの13年間で約3.8倍となっている。また電力需要の伸び率は13年間の平均で10.9%/年となっている。



〔出所〕 TANESCO データを基に調査団作成

図 3-2.1 販売電力量の推移

図3-2.2にドドマ州におけるピーク電力の推移（2006～2018）を示す。2018年断面のピーク電力は11月に30.6MWを記録し、2006年から年平均で8.9%の伸びとなっている。ドドマ州では、年間で最も気温が高くなる10月、11月に年間最大電力を記録することが多い。なお、2017年及び2019年にピーク更新した日のズズ変電所のデイリーレポートによると、需要制限のため配電長の長い東部地域フィーダーへの電力供給を計画的に停止していた。そのため潜在的な需要は図3-2.2以上となることが想定される。



〔出所〕 TANESCO データを基に調査団作成

図 3-2.2 ピーク電力の推移

3-2-2 電力へのアクセス

国家統計局の情報及びTANESCO情報によるとドドマ州内の電化率は2017年2月時点で23.5%と

なっている。この値は近隣のシンギダ（22.3%）、モロゴロ（24.3%）と比べ大きな差はない。内訳は表 3-2.1 に示す。

表 3-2.1 ドドマ州の電化率

| 合計 | | 地方部 | | 都市部 | |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| 世帯合計（戸） | 電化率（%） | 世帯合計（戸） | 電化率（%） | 世帯合計（戸） | 電化率（%） |
| 590,106 | 23.5 | 499,290 | 16.9 | 90,817 | 60 |

〔出所〕 Energy Access situation report Feb 2017

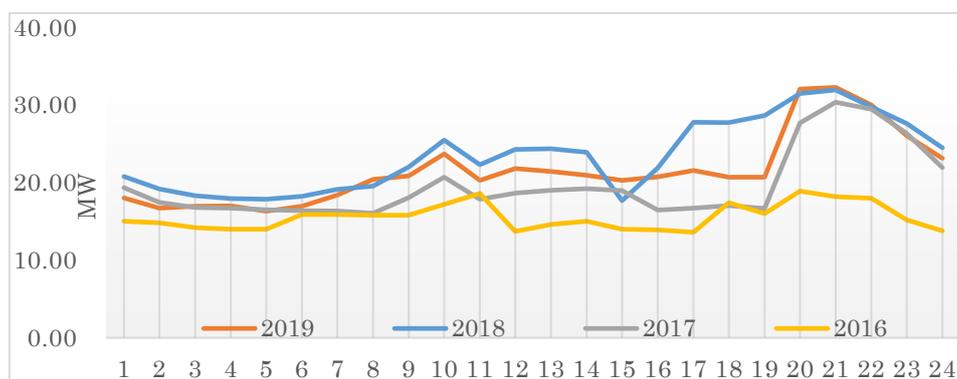
なお、TANESCO は 2047 年断面での顧客数目標を 401,408（現在 138,675 程度）と設定しており、ドドマ州全域 212 農村の電化向上に向け、REA（Rural Electricity Agency）支援のもとプロジェクトが進められている。

3-2-3 負荷特性

ドドマ州における電力供給は、北部コンドア及び東部コングワ地域の一部を除き、大部分が既設ズズ変電所から供給されている。

2016 年～2019 年の期間（2019 年についてはデータ確認できた 8 月までの実績データを利用）、年間ピーク需要を更新した日のドドマ州の負荷曲線を図 3-2.3 に示す。

20:00～21:00 の夜間帯にピークを迎えており、その多くが電灯需要であることが想定される。



〔出所〕 TANESCO ズズ変電所運転記録を基に調査団作成

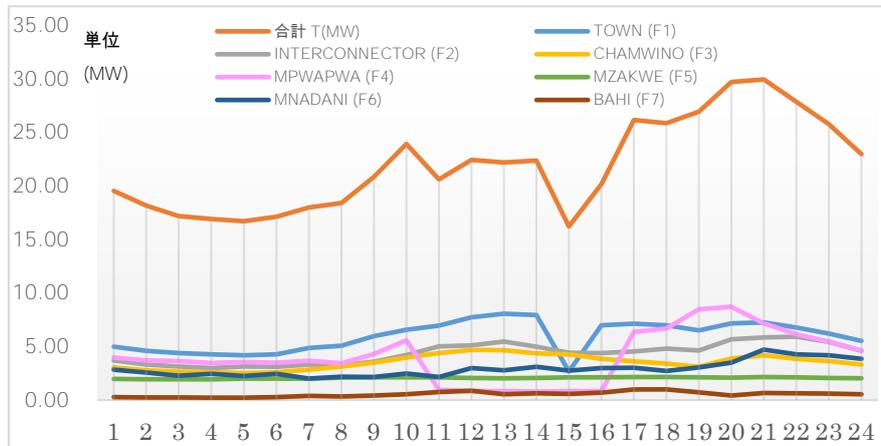
図 3-2.3 負荷曲線

既設ズズ変電所は計 7 つの 33kV 配電線フィーダーが接続されており、州内全域へ電力が供給されている。表 3-2.2 にフィーダー名称及び供給エリアについて記す。

表 3-2.2 ズズ変電所からの電力供給エリア

| No | フィーダー名称 | 供給エリア |
|----|-----------|---------------------------------|
| 1 | タウン | ドドマ中心地向け |
| 2 | インターコネクター | ズズ隣接発電所向け。11kV に降圧後、ドドマ中心地向けに配電 |
| 3 | チャムウィーノ | ドドマ州東部向け |
| 4 | ムプワプワ | ドドマ州南東部向け |
| 5 | ムザクウェ | ドドマ北部ムサラト空港予定地廻り向けに配電 |
| 6 | ムナダニ | ドドマ北部向け |
| 7 | バヒ | ドドマ西部 |

特にドドマ中心部向けタウンフィーダー及びドドマ南東部向けムプワプワフィーダーの負荷がその他5つの配電線よりも高い傾向にある。図 3-2.4 にズズ変電所配電フィーダー毎での 2018 年 11 月 28 日（年間最大需要を更新した日）に記録した負荷曲線を示す。



[出所] TANESCO ズズ変電所運転記録を基に調査団作成

図 3-2.4 配電線フィーダー毎の負荷曲線

3-2-4 電力需要予測

ドドマ州内における電力供給能力強化のため、2018年 TANESCO により長期需要想定が策定された。この需要想定はタンザニア政府が掲げる 2025 年で電化率目標 75%の達成を考慮し、短期、中期、長期ベースでの想定需要に政府機能移転に伴う特別負荷が考慮された内容となっている。一方、ドドマ州を含む4主要都市の配電マスタープラン調査を実施中の外部コンサルタント（SMEC）が 2019 年 11 月に作成した報告書“Feasibility Study for Distribution Master Plan Study for Arusha, Dodoma, Mbeya and Mwanza”においてドドマ首都圏マスタープランを反映した需要想定がなされている。本需要想定はドドマ首都 MP にて述べられた土地利用計画にて算出される土地面積に、住宅商業施設、工業設備といった区分毎に設定された標準的な負荷容量を乗じ想定値が求められている。なおこの想定値には将来電化率、人口増加率といった要素も考慮されている。前述のとおりドドマ首都マスタープランに則した想定となっており、マスタープラン策定前に実施された TANESCO 需要想定値とは乖離がある。また、TANESCO 想定の中では除外されている、北部独立系統の kondoa, Chemba 地域も需要想定エリアに含まれている。記需要想定 2 ケースにおける検討結果比較を表 3-2.3 に示す。

表 3-2.3 TANESCO 及び SMEC 需要想定値比較

| (MW) | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TANESCO 想定値 | 31.4 | 34.2 | 48.1 | 62.2 | 76.6 | 90.6 | 104.7 | 119.0 | 133.6 | 148.5 |
| SMEC 想定値 | 35.5 | 39.5 | 86.4 | 101.1 | 115.9 | 130.1 | 146.2 | 164.7 | 183.5 | 251.1 |
| (MW) | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
| TANESCO 想定値 | 163.6 | 179.1 | 184.1 | 189.4 | 195.1 | 201.2 | 207.7 | 214.7 | 222.2 | 230.2 |
| SMEC 想定値 | 274.6 | 298.2 | 320.0 | 342.0 | 364.3 | 386.7 | 501.2 | 528.8 | 556.6 | 584.4 |
| (MW) | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 |
| TANESCO 想定値 | 236.3 | 242.7 | 249.5 | 256.5 | 264.0 | 271.8 | 280.0 | 288.6 | 297.6 | 307.1 |
| SMEC 想定値 | 612.4 | 640.5 | 662.6 | 684.7 | 707.0 | 729.4 | 751.8 | - | - | - |

[出所] TANESCO Establishment of power demand forecast in Dodoma capital city (2018) 及び SMEC Feasibility Study for Distribution Master Plan Study for Arusha, Dodoma, Mbeya and Mwanza

3-3 系統計画に係る基礎情報

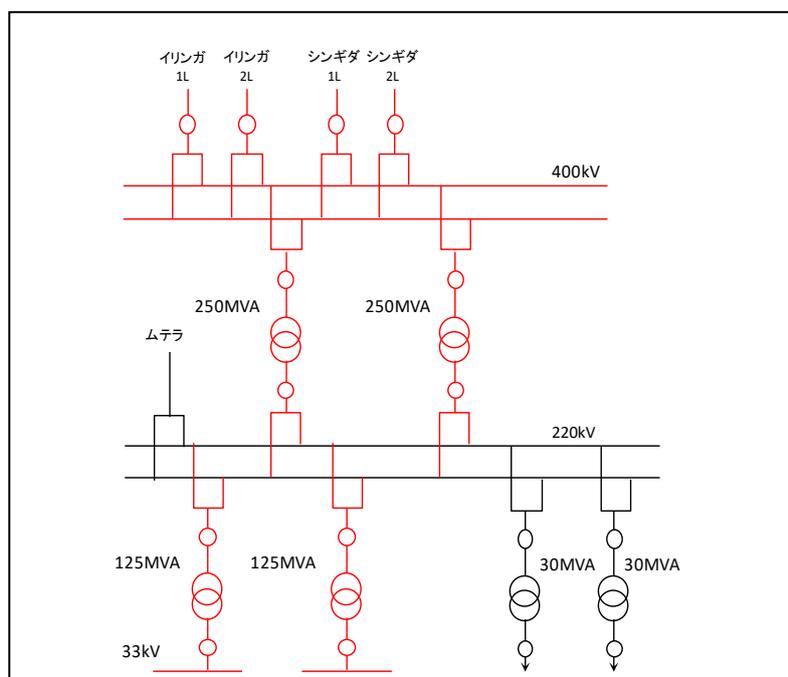
3-3-1 既存の系統開発計画

ドドマ近隣地域において現在計画及び実施されているプロジェクトを表 3-4.1 に示す。

表 3-3.1 ドドマ近隣地域の実施及び計画中のプロジェクト

| No | プロジェクト名 | 進捗状況 |
|----|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | イリンガーシニャンガバックボーン送電線プロジェクト | 送電線設備の建設完了。ズズ変電所 400kV 変電所拡張工事進行中 |
| 2 | チャリンゼードドマ 400kV 送電線プロジェクト | プロジェクト実施コンサル契約実施中 |
| 3 | ルフィジーチャリンゼーダルエスサラーム 400kV 送電線プロジェクト | FS 実施コンサル契約実施中 |

表 3-3.1 の No.1 に記載のプロジェクトの概要について述べる。イリンガーシニャンガ間の 400kV 送電線の建設は既に終了しており、現在イリンガ、シニャンガの各変電所から接続される計 4 回線送電線の接続のためにズズ変電所では拡張工事が行われている。図 3-3.1 がズズ変電所拡張計画の概念図であり、既設設備が黒色、進捗中の拡張工部分部分が赤色で示している。現在、400kV 送電線は 220kV にて運用しており、400kV 母線及び送電線区画の新設を行なった後に、送電線を切替え、400/220/33kV 構成の変電所として運用される予定である。また、400kV への切り替え後、使用されなくなるイリンガ線、シンギダ線用既設 220kV 区画のうち各 1 回線は、新設する 2 台の 400/220kV 250MVA の変圧器用として使用される予定である。220/33kV の 2 台の変圧器も現在据付中であり、新設 33kV 開閉装置を介して配電が行われる計画である。



[出所] 調査団作成

図 3-3.1 ズズ変電所概略系統図

ドドマ首都における系統開発計画は、ドドマ首都 MP に TANESCO からの提案を基に記載されている。この計画を基本計画として以降に述べる。

3-3-2 系統計画とその課題

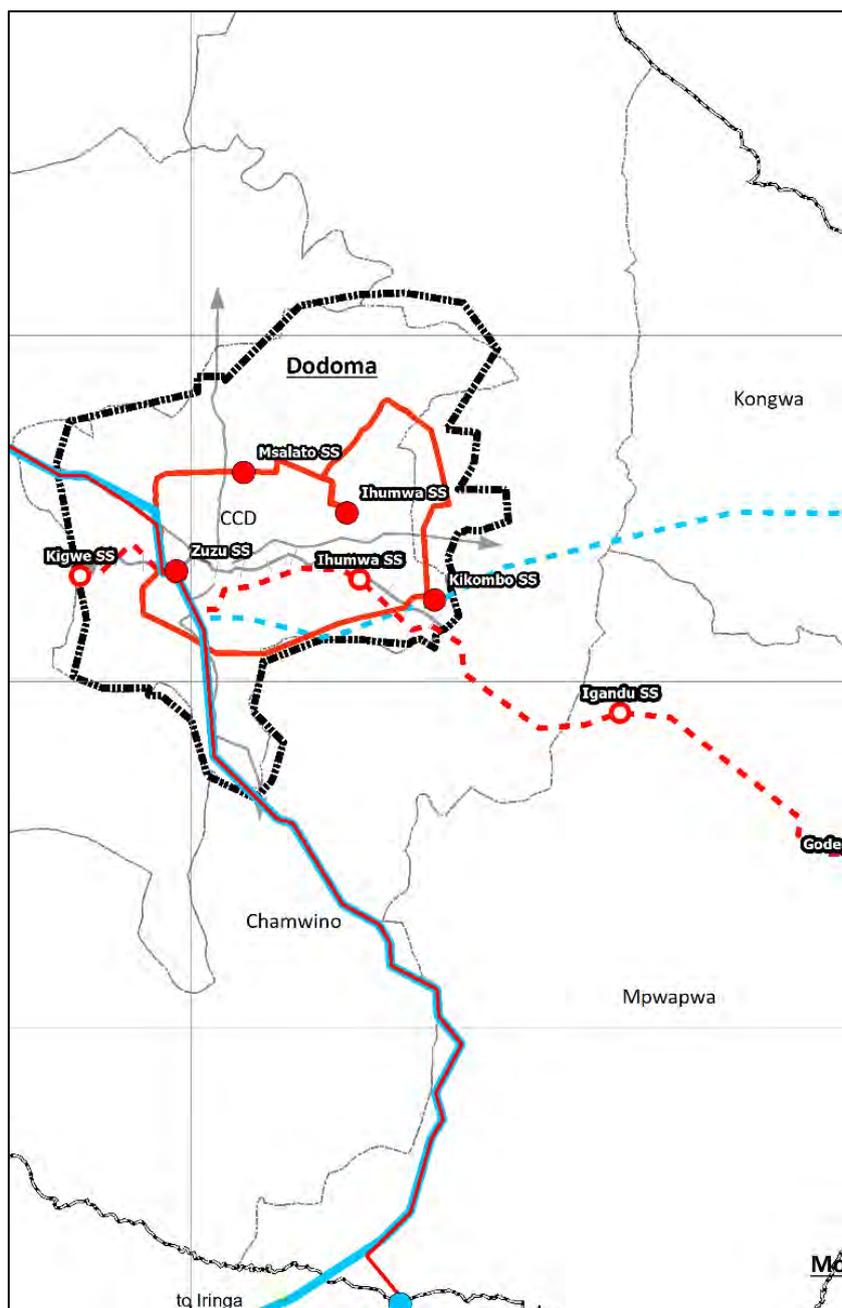
現状ドドマ州内の基幹変電所はズズ変電所のみであり、基本計画では、この変電所を電力供給拠点として、ドドマ首都及び周辺地域への送配電が行われる計画となっている。

基本計画及び調査団の第一次調査期間中に TANESCO から提示された開発計画を考慮して、基本計画 (Base) を含んだ計 6 ケースについて検討協議した。各ケースの概要と比較検討結果について以下に示す。

(1) 系統計画ケース概要

1) Base ケース

基本計画では、ズズ変電所を供給拠点とし、主に北部地域、新設国際空港周辺への電力供給を行うムサラト変電所、ドドマ官庁街向けへの電力供給を行うイフムワ変電所、主にドドマ東部、南部地域への電力供給を行うキコンボ変電所の 4 変電所で構成されている。これらの変電所は 220kV の同一鉄塔 2 回線架線の送電線で環状系統となるように接続される。送電線はドドマ首都 MP で各種の開発を考慮して設定されたルートを基本としており、送電線互長は最も短いケースとなる。なお、送電線の導体は、TANESCO が 220kV 系統で標準的に使用している ACSR (アルミ導体 564mm²、呼称: Bluejay) 単導体で計画されている。



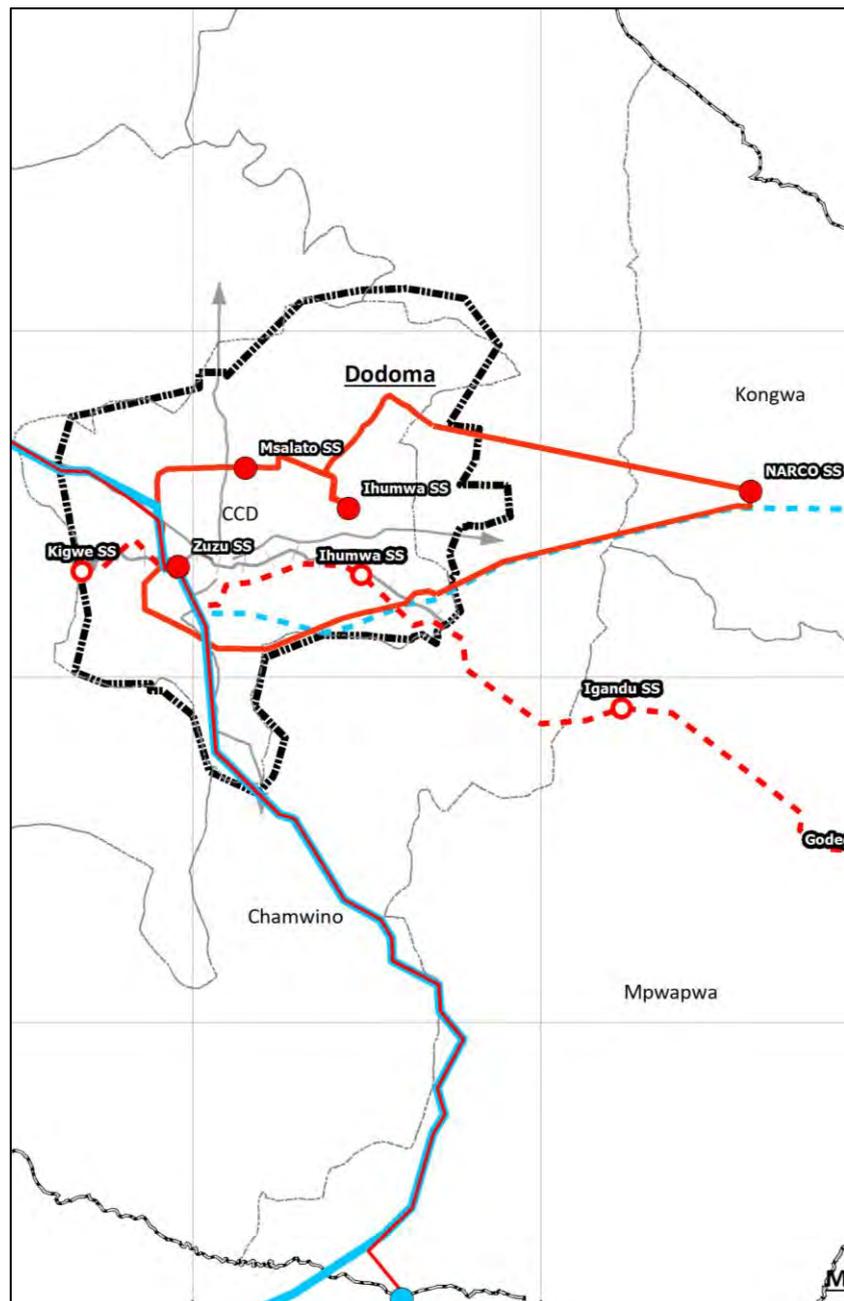
[出所] 調査団作成

図 3-3.2 Base ケースでの系統計画

図 3-3.2 に Base ケースにおける変電所位置 (赤丸部) と送電線ルート (赤実線環状部) を示す。ここで青線は 400kV 送電線 (実線は既設、破線は計画) を、赤線は 220kV 送電線 (破線は SGR 用の送電線計画) を示している。(以下の各ケースでも共通)

2) オプション-1

オプション-1 は、Base ケースにおけるキコンボ変電所の代替として東部に位置するナルコ地区に変電所を建設し、環状系統を広げるケースである。これは現在、ドドマ州全体の30%の人口が居住しているドドマ首都圏の東南に位置するコングワ、ムプワプワ地域の電力消費地近傍に変電所を建設する案である。現在、同地域へは既設のズズ変電所からの長距離配電線から電力を供給されており、長距離配電に起因する電圧低下の問題が指摘されている。オプション-1 は、ドドマ首都 MP で想定している同地区の人口増加に伴う電力需要の伸び、現在の電力品質低下の解消などを考慮し、ナルコ変電所を計画し環状系統に含めたものである。



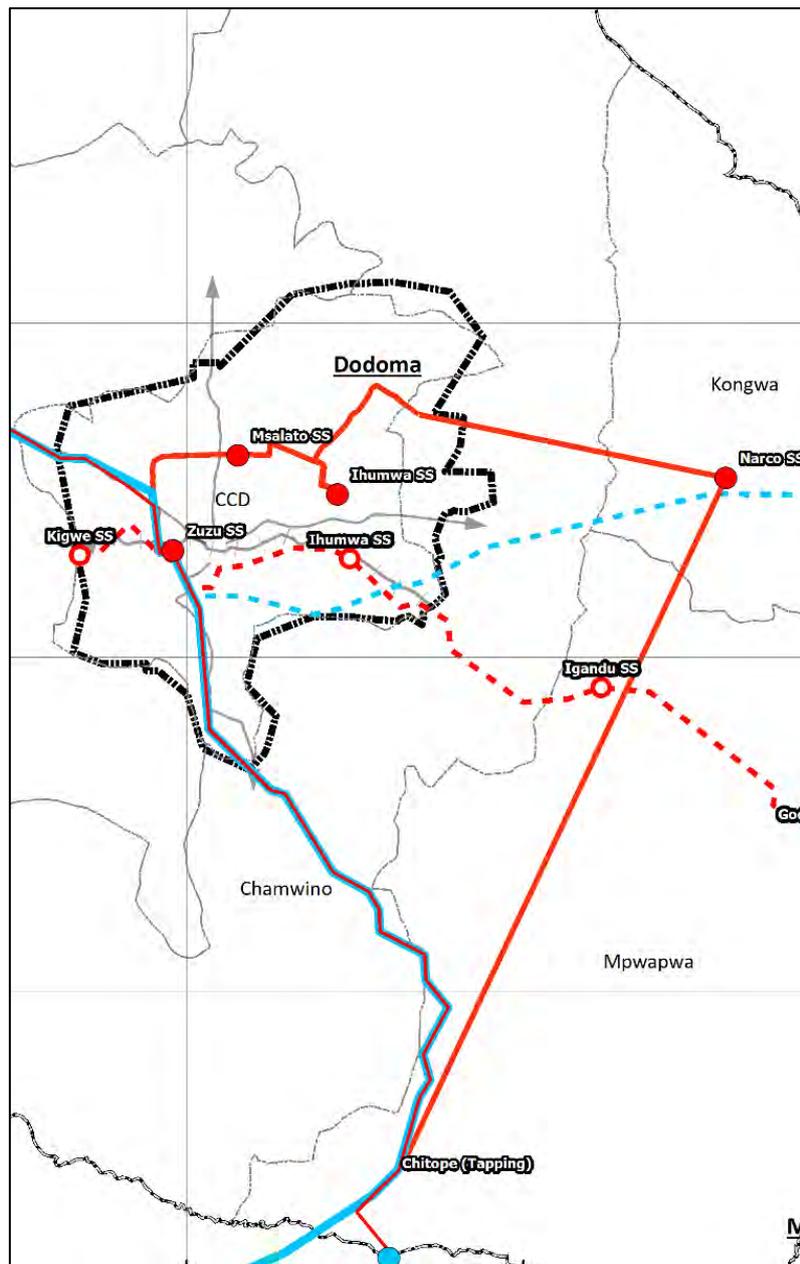
[出所] 調査団作成

図 3-3.3 オプション-1での系統計画

3) オプション-2

オプション-2 は、ドドマ都市部エリアにズズ変電所以外の基幹変電所から電力供給が可能となるように環状系統を大きく広げた案である。既設ズズ変電所は前述のイリンガ線、シンギダ線の各 2 回線の他に南部に位置するムテラ水力発電所よりの 220kV 送電線が接続されている。

オプション-2 は、ムテラ水力発電所近傍のチトペ地域に既設送電線にオプション-1 で提案されたナルコ変電所からの新送電線を建設し、それを T 分岐接続することで既設の 220kV 送電線を含めた大きな環状系統を構成するものである。

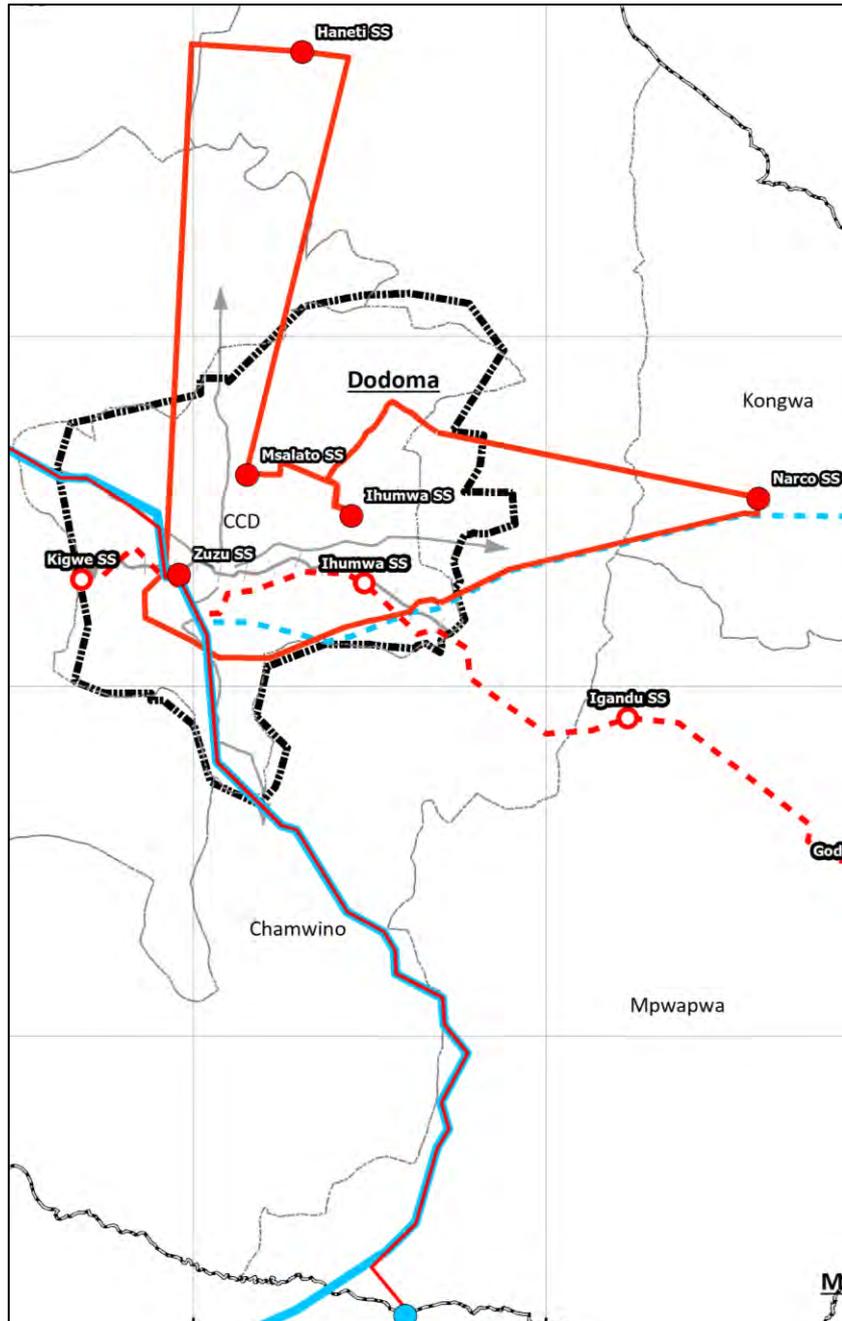


[出所] 調査団作成

図 3-3.4 オプション-2 での系統計画

4) オプション-3

オプション-3 は、オプション-1 をベースに、ドドマ北側に環状系統を拡張し、ドドマ北部地域への配電供給を強化することを目的したものである。現在、ドドマ北部地域への電力は、隣接するマニャラ州にあるババティ変電所から 66kV 送電線で接続されたコンドア変電所へ供給されている。オプション-3 は、ドドマ北部にハネティ変電所を建設しドドマの基幹系統に取り込もうとするものである。

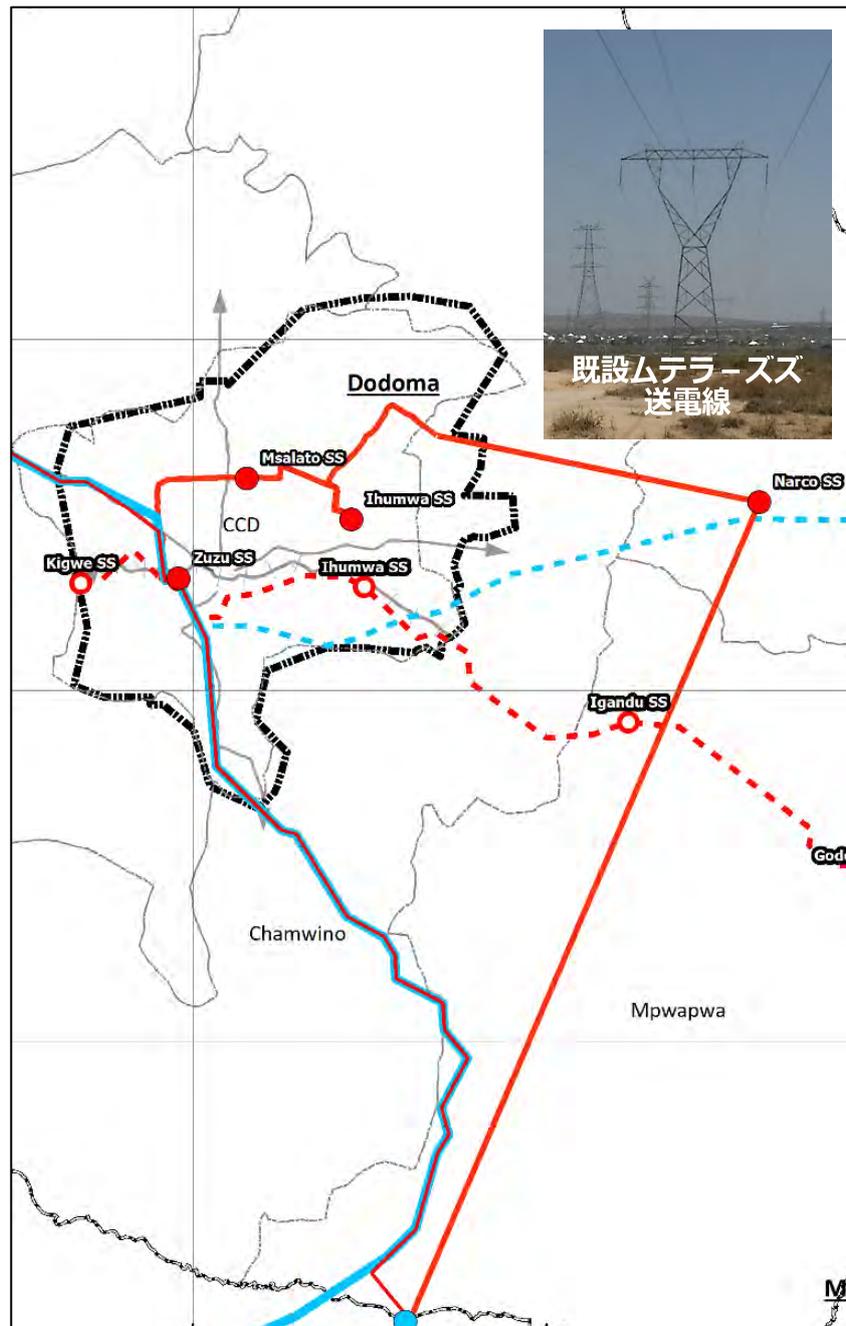


[出所] 調査団作成

図 3-3.5 オプション-3 での系統計画

5) オプション-4

オプション-4 は、オプション-2 と同一思想の案であるが、ナルコ変電所からの送電線をチトペ地域で T 分岐接続するのではなく、ムテラ水力発電所の変電所に区画を増設し接続する案である。既設 220kV 送電線が 1985 年に建設された老朽設備である上に、送電鉄塔が 3 相水平方式のため T 分岐接続工事が困難となることが想定されるため、ムテラ発電所の変電所ベイで接続する案である。

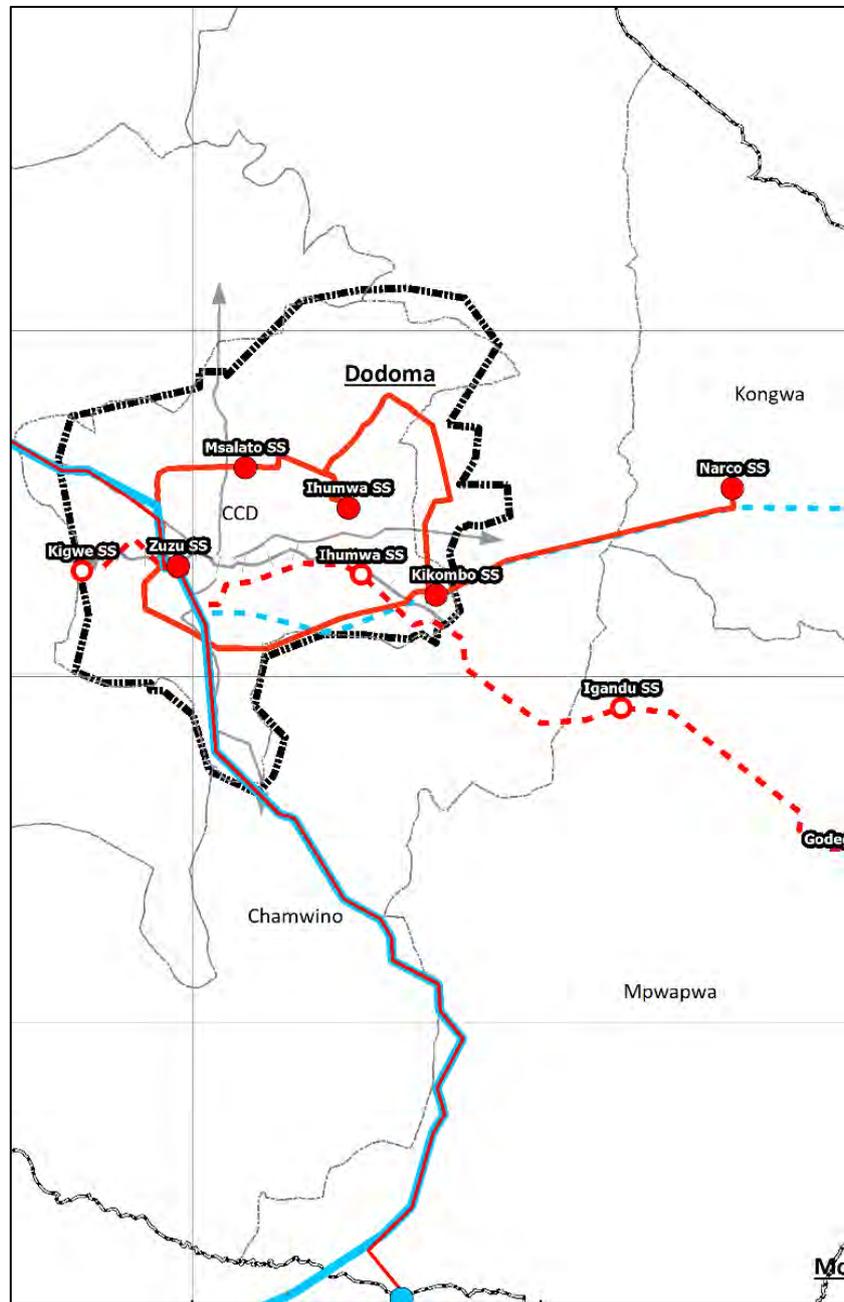


[出所] 調査団作成

図 3-3.6 オプション-4 での系統計画

6) オプション-5

オプション-5 は、Base ケースの環状系統構成に東部のナルコ変電所にキコンゴ変電所から1回線送電線にて枝状に接続する案である。環状系統の送電線を広げずにドドマ市街への電力供給信頼性を確保しつつ、東部方面需要地への電力を供給するものである。



[出所] 調査団作成

図 3-3.7 オプション-5 での系統計画

(2) 系統計画ケース比較検討

ドドマ首都への電力供給信頼性、経済性等を考慮し、前述の系統計画ケースについて表 3-3.2 に示すように得失比較を行った。系統信頼度は、官庁街へ電力を供給するイフムワ変電所への電力供給を最も優先度を高くした。比較評価は、送電線が長くなるに伴い、雷等の自然災害に起因する故障発生確率が高くなることから、イフムワ変電所を含む環状系統送電線互長にて行った。

表 3-3.2 系統計画ケース比較

| | Base Case | オプション-1 | オプション-2 | オプション-3 | オプション-4 | オプション-5 |
|-----------------|------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|--|
| 送電線長 (うち新設分) | 165km (165km) | 235km (235km) | 355km (245km) | 390km (390km) | 390km (260km) | 215km (215km) |
| 概略コスト比較 | ◎ Base | ○ Base x 1.4 | ○ Base x 1.5 | △ Base x 2.3 | ○ Base x 1.6 | ◎ Base x 1.2 |
| 系統信頼度 *1 | ◎ | ○ | △ | △ | △ | ◎ |
| 社会的影響 *2 | ○ | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ |
| コメント | — | — | 既設送電鉄塔 がキャットタ イプのため T 分岐は困難 | — | — | リング送電線 165km+キコン ポーナルコ送 電線 50km |
| 比較検討結果 | ◎ | ○ | △ | △ | △ | ◎ |

*1 評価の指標については総送電線長とした

*2 評価の指標については居住区近傍を通る送電線の総長とした

[出所] 調査団作成

本検討結果を踏まえ Base ケース及びオプション-5 を検討のベースとし、更なる系統計画を検討するものとする。

(3) 系統計画における課題

これまで述べた Base ケースでは、同一鉄塔 2 回線併架送電線での環状系統を構成して高信頼性が得られるが、環状系統への電力供給がズズ変電所一カ所に限られる点が課題である。ズズ変電所への送電線は複数回線で構成、変電所内部の設備も多重化構成で不足状態 (N-1) での供給支障回避は考慮されているが、変電所自体の緊急事態 (災害など) 発生時は、ドドマ地区全域が停電となることもあり得る。したがって、政府機能を持つ系統への電力供給という重要性を鑑みると環状系統に電力供給の可能な変電所を最低もう一カ所は計画する必要がある。

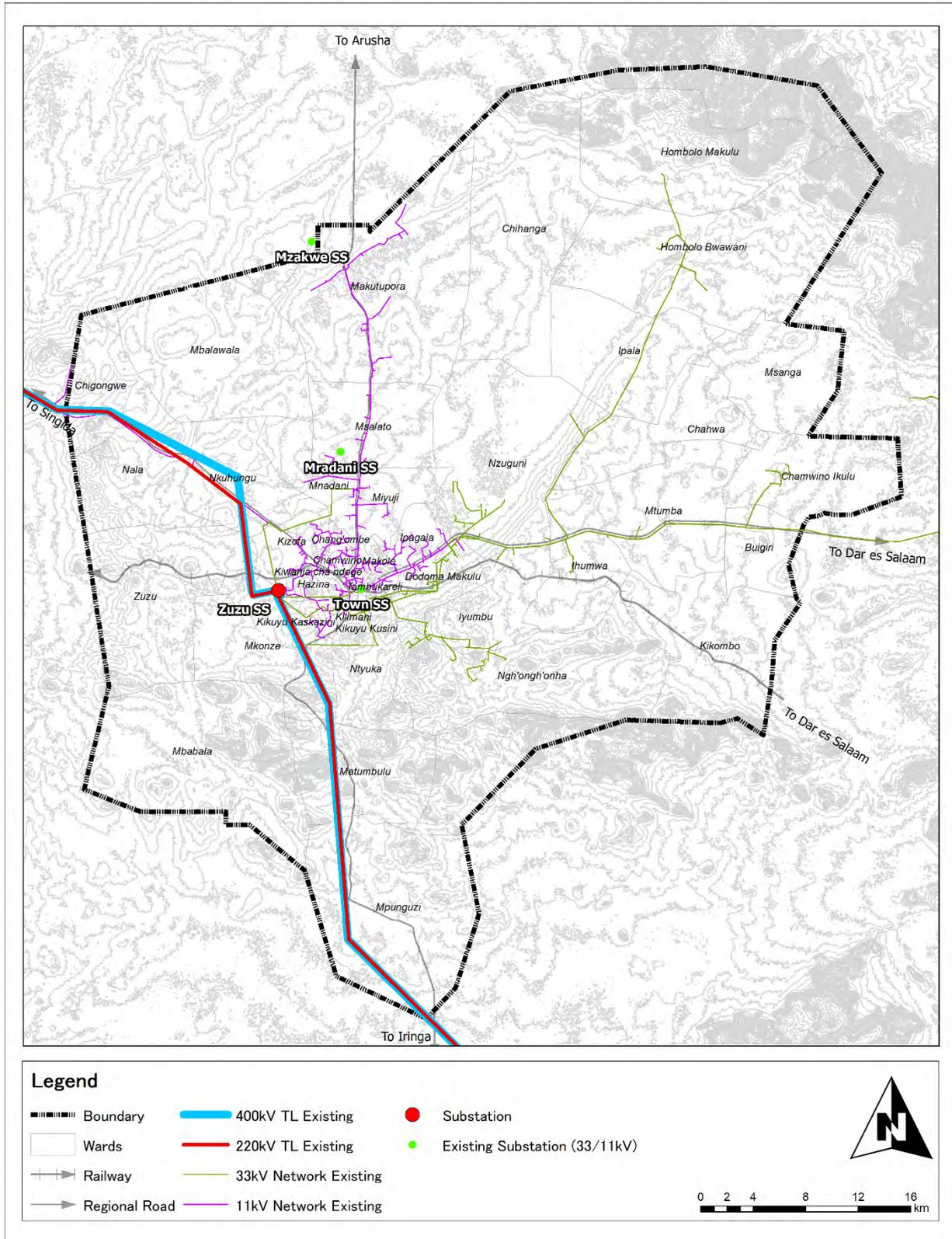
3-4 送電設備に係る基礎情報

3-4-1 既存の送電設備

(1) 既存の送電設備概要

ドドマ首都圏の送電線路経過図および線路仕様を図 3-4.1 および表 3-4.1 に示す。ドドマ首都圏では、東部に位置するズズ変電所が唯一の基幹変電所であり、イリング変電所、ムテラ発電所およびシンギダ変電所と 220kV で連系している。イリング変電所とズズ変電所を結ぶ送電線およびズズ変電所とシンギダ変電所を結ぶ 2 回線送電線は、400kV 用に設計されており、現在 220kV で運用されている。ズズ変電所周辺の既存送電線の状況を図 3-4.2、図 3-4.3 に示す。

DODOMA NATIONAL CAPITAL CITY MASTER PLAN
EXISTING ELECTRICITY NETWORK



[出所] 調査団作成

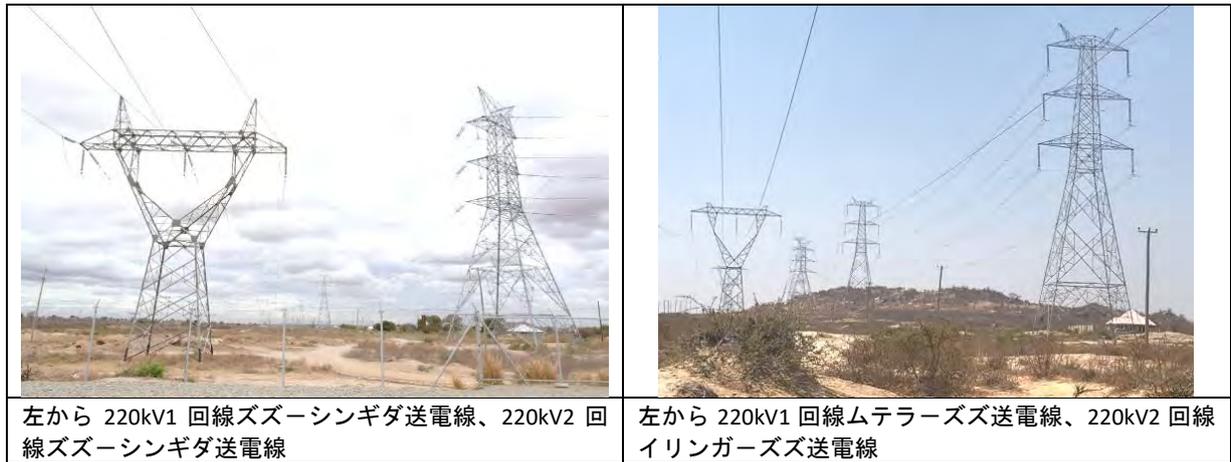
図 3-4.1 既存の送電線路経過地図

表 3-4.1 既存送電線路の仕様

| 電圧階級 | 回線数 | 区間 | 亘長 | 電線仕様 |
|--------|-----|---------|-------|---------------|
| 220kV※ | 2回線 | イリング-ズズ | 237km | Bluejay (複導体) |
| 220kV | 1回線 | ムテラ-ズズ | 130km | Bison (単導体) |
| 220kV※ | 2回線 | ズズ-シンギダ | 210km | Bluejay (複導体) |
| 220kV | 1回線 | ズズ-シンギダ | 210km | Bison (単導体) |

※400kV 設計 220kV 運用

[出所] 調査団作成

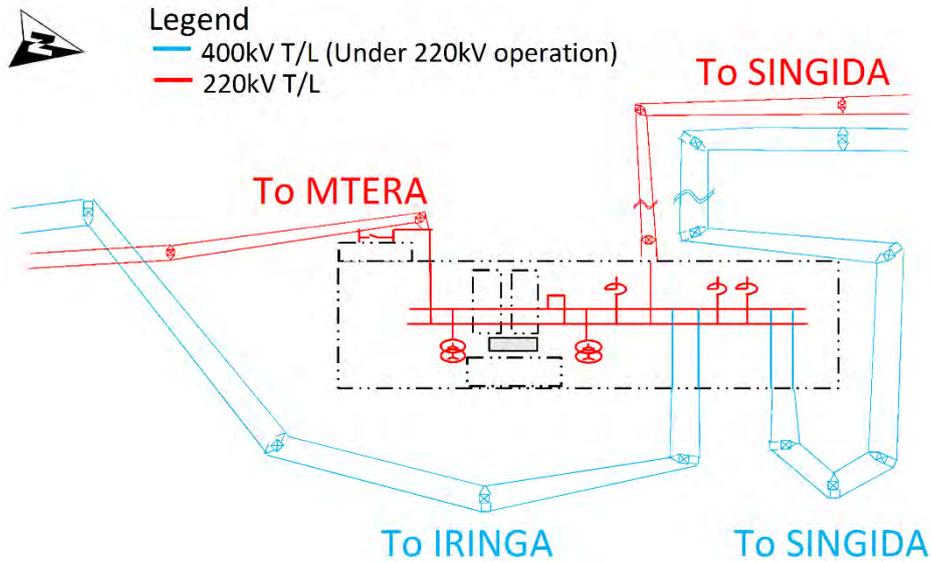


左から 220kV1 回線ズズ-シンギダ送電線、220kV2 回線ズズ-シンギダ送電線

左から 220kV1 回線ムテラ-ズズ送電線、220kV2 回線イリング-ズズ送電線

[出所] 調査団撮影

図 3-4.2 既設送電線の施設状況



[出所] 調査団作成

図 3-4.3 ズズ変電所への引込状況

(2) 既存送電設備の課題

1980年代に建設されている220kVムテラ-ズズ送電線1回線およびズズ-シンギダ送電線にはアークホーンが設置されていない。アークホーンは雷撃からの碍子防護を目的として設置されるため、アークホーンが設置されていない送電線や鉄塔に雷撃を受けた際、碍子が閃絡することとなり、破損する恐れがある。図3-4.4に220kV送電鉄塔上部状況を示す。



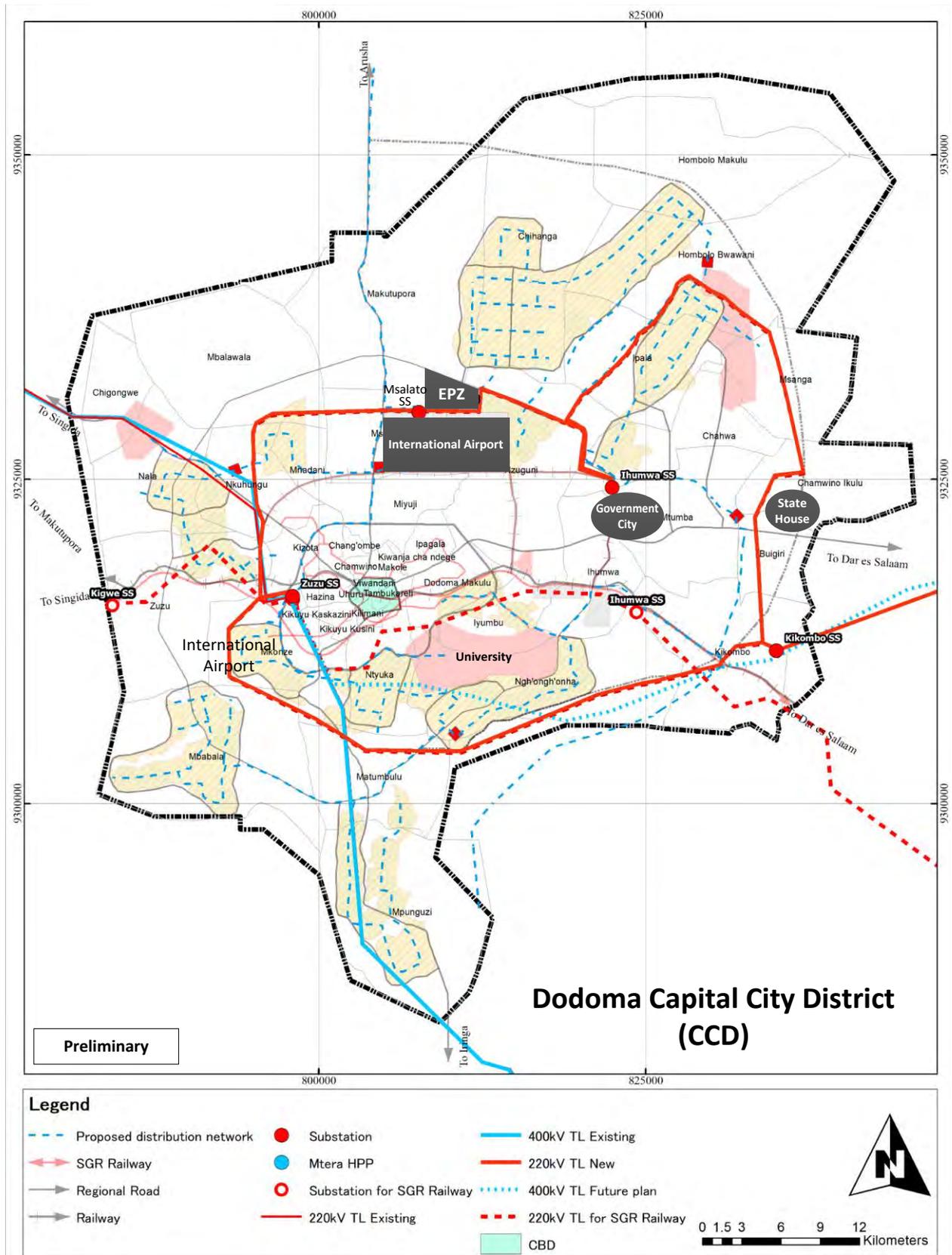
[出所] 調査団撮影

図 3-4.4 既設 220kV 1 回線送電線上部状況（アークホーンなし）

3-4-2 既存の送電設備計画とその課題

(1) 既存の送電設備計画

TANESCO から送電設備計画の座標を入手し、確認した。図 3-4.5 および表 3-4.2 にその概要を示す。



[出所] 調査団作成

図 3-4.5 既存の送電設備計画

表 3-4.2 既存送電設備計画の仕様

| 電圧階級 | 回線数 | 送電線区間 | 亘長 | 電線仕様 | 運開時期 |
|-------|-----|-----------|------|------|------|
| 220kV | 2回線 | ズブームサラト | 27km | 未定 | 未定 |
| 220kV | 2回線 | ムサラトーフムワ | 25km | 未定 | 未定 |
| 220kV | 2回線 | イフムワーキコンボ | 62km | 未定 | 未定 |
| 220kV | 2回線 | キコンボーズズ | 51km | 未定 | 未定 |
| 220kV | 1回線 | キコンボーナルコ | 50km | 未定 | 未定 |

[出所] 調査団作成

(2) 既存送電設備計画の課題

既存の送電設備計画は TANESCO によってルート選定がなされ、その後 CCD が土地利用計画に従い、一部区間が変更されている。最新送電線ルートを確認した結果、送電線ルートに曲点が多く、不経済かつ非効率なルート選定となっている箇所が散見される。

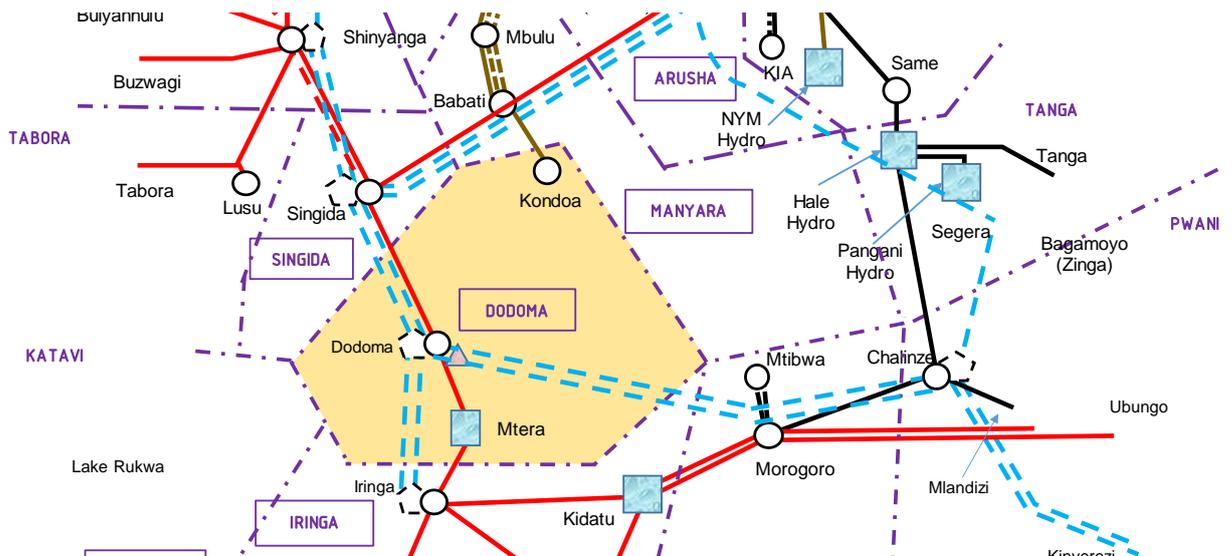
加えて、ズズ変電所周辺は、他の新設送電線建設計画と協調がとられておらず、既設送電線との干渉（送電線同士の交差や建設および維持管理上で必要となる離隔が不足している状態）が考慮されていない。

3-5 変電設備に係る基礎情報

3-5-1 既存の変電設備

(1) 概要

図 3-5.1 に示すように、ドドマ州には二つの変電所がある。一つはドドマ市に電力を供給する 220kV ドドマ変電所、もう一つはドドマ州の北部に電力を供給する 66kV コンドア変電所である。また、現在、ムテラ発電所に、220/33kV 変圧器を設置する工事が進行中であり、完成後にはムテラ発電所からもその周辺に電力供給が開始される予定となっている。

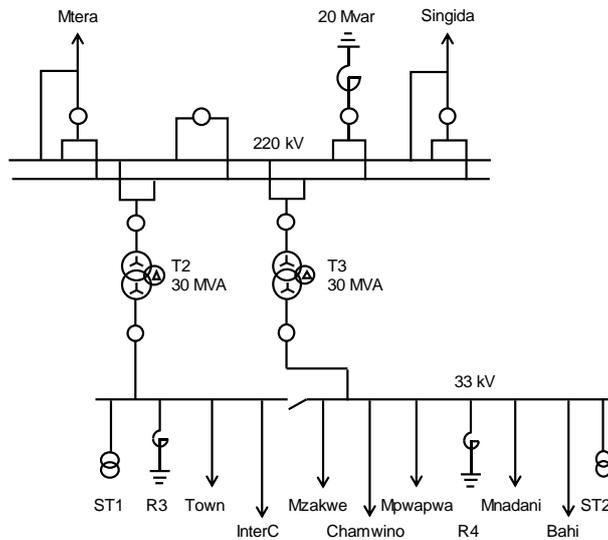


[出所] PSMP 2016 のデータを JICA 調査団にて一部修正

図 3-5.1 ドドマ州周辺における電力系統図

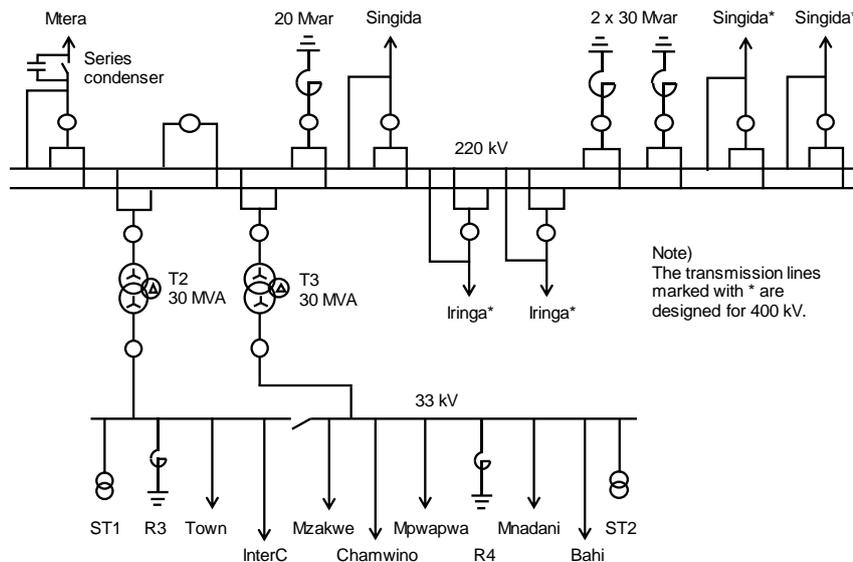
ドドマ変電所（以降、ズズ変電所と表記）は 1986 年 5 月 11 日に運開した。図 3-5.2 に

運開当時のズズ変電所の単線結線図を示す。220kV 送電線はムテラ水力発電所及びシンギダ変電所からそれぞれ 1 回線が接続され、2 台の 30MVA 変圧器で 220kV から 33kV に降圧され、7 本の 33kV 配電線により電力供給が行われている。その後 BTIP プロジェクト（バックボーン送電線投資プロジェクト）が計画され、シニャンガーシンギダズズーイリングアの 4 変電所を接続する 400kV 送電線が建設された。その結果、ズズ変電所にはシンギダ変電所から 2 回線、イリングア変電所から 2 回線の計 4 回線が追加されたが、400kV 開閉装置が設置されていないため、これら 4 回線は 220kV 母線に接続されており、現状、220kV で仮運用されている。2019 年 10 月現在のズズ変電所の単線結線図を図 3-5.3 に示し、また、平面図を図 3-5.4 に示す。本単線結線図に示すように、220kV 送電線回線には停電なしに該当遮断器を保守できるバイパス回路（断路器付き）が設置にされている。



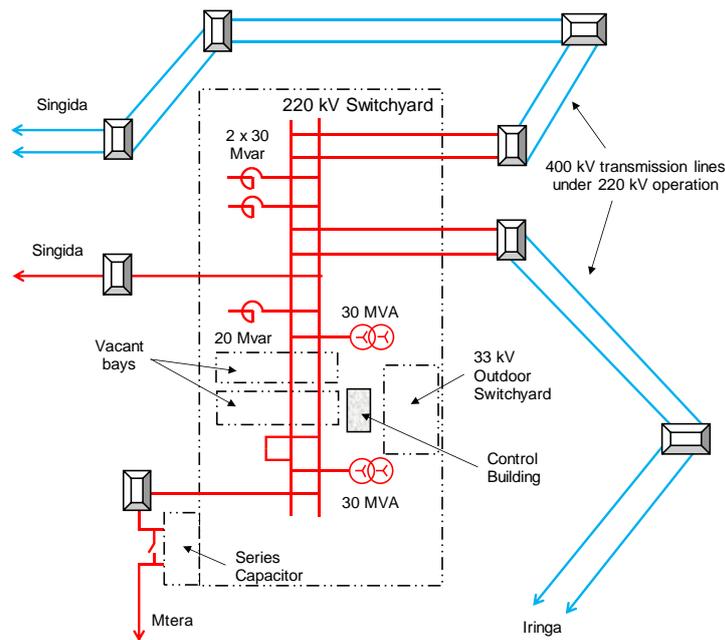
[出所] 調査団作成

図 3-5.2 運開当時のズズ変電所単線結線図



[出所] 調査団作成

図 3-5.3 2019 年 10 月におけるズズ変電所の単線結線図



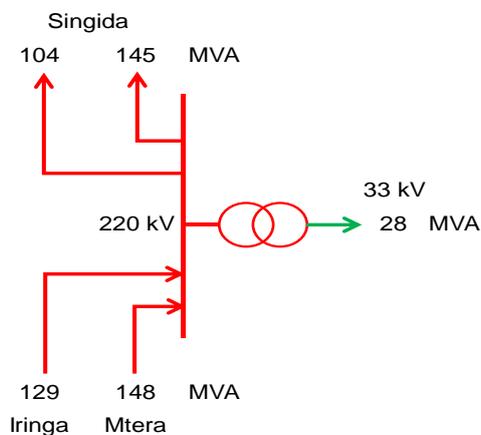
[出所] 調査団作成

図 3-5.4 2019年10月現在におけるズズ変電所平面図

また、ムテラ送電線回線には直列キャパシター（Series Capacitor）が設置されているが、これは以前、本ムテラ送電線のリアクタンスの影響で著しい電圧降下があり、電力系統が不安定となっていたためである。しかし、イリングア送電線2回線が完成し、この影響が無視できるほどになり、現在では使用されていないとのことである。

(2) 電力の流れ

図 3-5.5 に 2019 年 9 月 28 日 12 時 08 分における電力の流れを示す。電力は南側のムテラ水力発電所及びイリングア変電所から受電し、北側のシンギダ変電所に送電されている。この時のズズ変電所の配電電力は約 28~29MVA であった。現在のドドマ首都圏への配電電力に対しては十分な電力が賄われている。



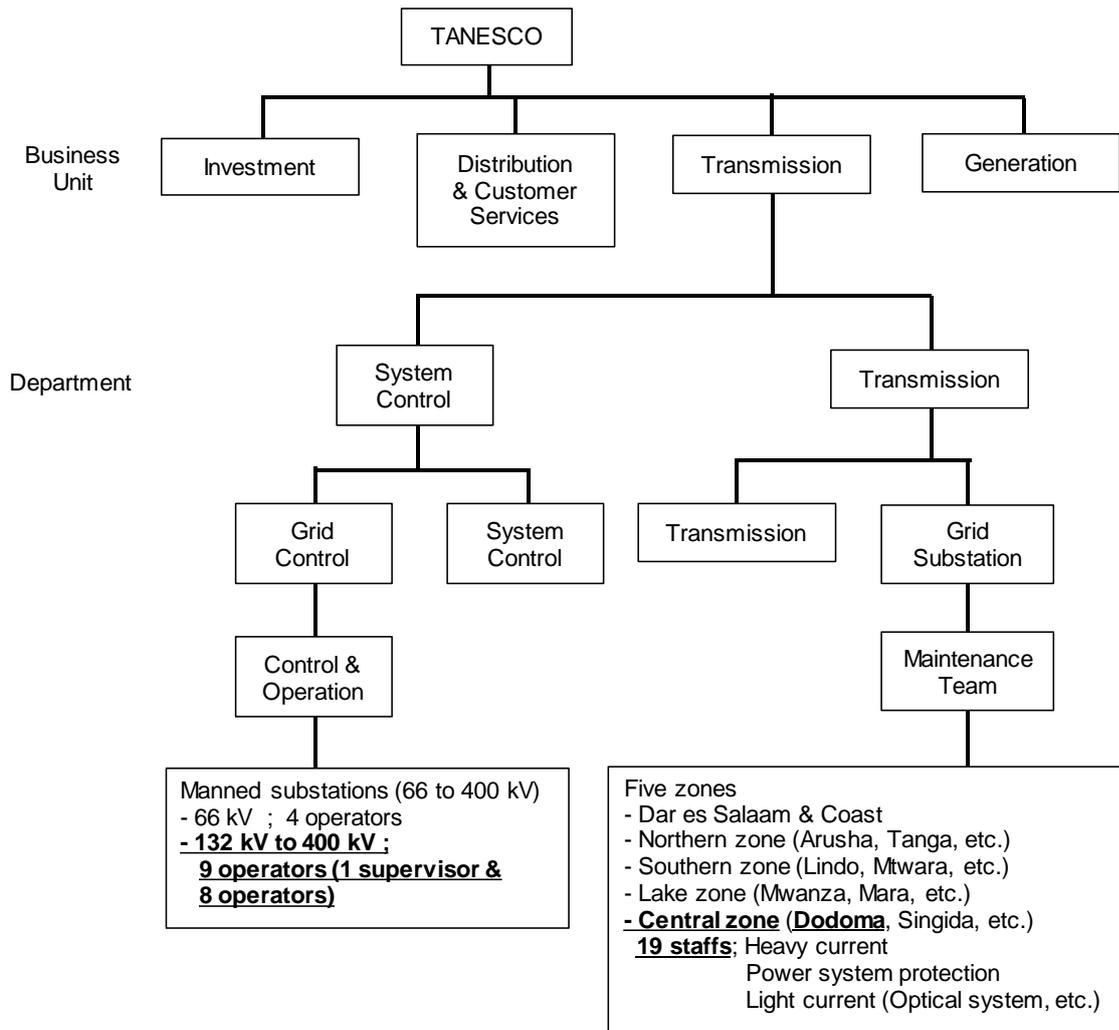
[出所] 調査団作成

図 3-5.5 ズズ変電所の電力の流れ

現在、ズズ変電所では配電用変圧器（125MVA 変圧器 2 台）の増設が進行中で、この増設が完了すれば、既設の変圧器（30MVA 変圧器 2 台）と合わせて、総容量が 310MVA となる。従って、後述する送変電開発が進めばズズ変電所は設備容量的には将来的に何ら問題なく供給可能といえることができる。

（3） 運用及び保守体制

TANESCO のズズ変電所の運用・保守体制の組織図を図 3-5.6 に示す。



[出所] 現地ヒアリングにより調査団作成

図 3-5.6 ズズ変電所の運用及び保守体制図

運転員及び保守員はそれぞれ「Control & Operation」グループ及び「Maintenance Team」グループに属している。運転員は計 9 名で、1 名のスーパーバイザーと運転員 8 名で構成され、2 名 1 組で 4 シフトとしている。また、保守員は 19 名で、三つのグループ（「Heavy Current（強電）」、Power System Protection（電力系統保護）及び「Light Current（通信、制御電源、整流器、他）」に分類され、それぞれの保守を担当している。

(4) 機器の仕様

ズズ変電所における既設主要機器仕様を表 3-5.1、表 3-5.2 に示す。

表 3-5.1 30MVA 変圧器

| 項目 | | |
|--------------------|-----|--------------------------------|
| 変圧器番号 | | T2 及び T3 |
| 定格容量 | | 20/30MVA |
| 冷却方法 | | ONAN/ONAF |
| 定格電圧 | 一次 | 220kV +/- 8 x 1.25% |
| | 二次 | 33kV |
| | 角変位 | YNyn0 (d) |
| 衝撃電圧耐圧値 (kV-p) | | 1,050 (一次)、95 (一次中性点)、170 (二次) |
| 商用周波電圧耐圧値 (kV) | | 395 (一次)、38 (一次中性点)、70 (二次) |
| % インピーダンス (@20MVA) | | T2: 13.18% (@Center tap) |
| | | T3: 13.21% (@Center tap) |
| 標高 | | 1,200 m |

表 3-5.2 220kV 遮断器

| 項目 | 単位 | ムテラ回線 | シンギダ回線 | 母線連絡回線 |
|-----------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 定格電圧 | kV | 245 | 245 | 245 |
| 定格電流 | A | 1,600 | 1,600 | 3,150 |
| 定格周波数 | Hz | 50 | 50 | 50 |
| 衝撃電圧耐圧値 | kV-p | 1,050 | 1,050 | 1,050 |
| 商用周波電圧耐圧値 | kV rms | No description | 460 | 460 |
| 定格遮断電流 | kA | 40 | 40 | 40 |
| 定格短時間 | S | 1 | 3 | 3 |
| 動作責務 | - | O - 0.3 s - CO - 1 min. - CO | O - 0.3 s - CO - 3 min. - CO | O - 0.3 s - CO - 3 min. - CO |
| 規格 | - | IEC 56 (1987) | IEC 62271-100 | IEC 62271-100 |

3-5-2 変電設備計画とその課題（既設設備の課題も含む）

(1) 計画・実施中の変電関連プロジェクト

TANESCO からの情報によれば、ドドマ州に関わる変電関連プロジェクトは下記の通りである。

1) ドドマ州において完了したプロジェクト

- ① BTIP プロジェクトフェーズ I における 220/33kV ズズ変電所の拡張及び更新
- ② BTIP プロジェクトフェーズ I における 400kV 送電線建設（ズズ - シンギダ回線及びズズ - イリング回線）

2) ドドマ州において進行中のプロジェクト

- ① 400/220/33kV ズズ変電所の建設
- ② ムテラ発電所における 220/33kV 変圧器の増設

3) ドドマ州において計画されているプロジェクト

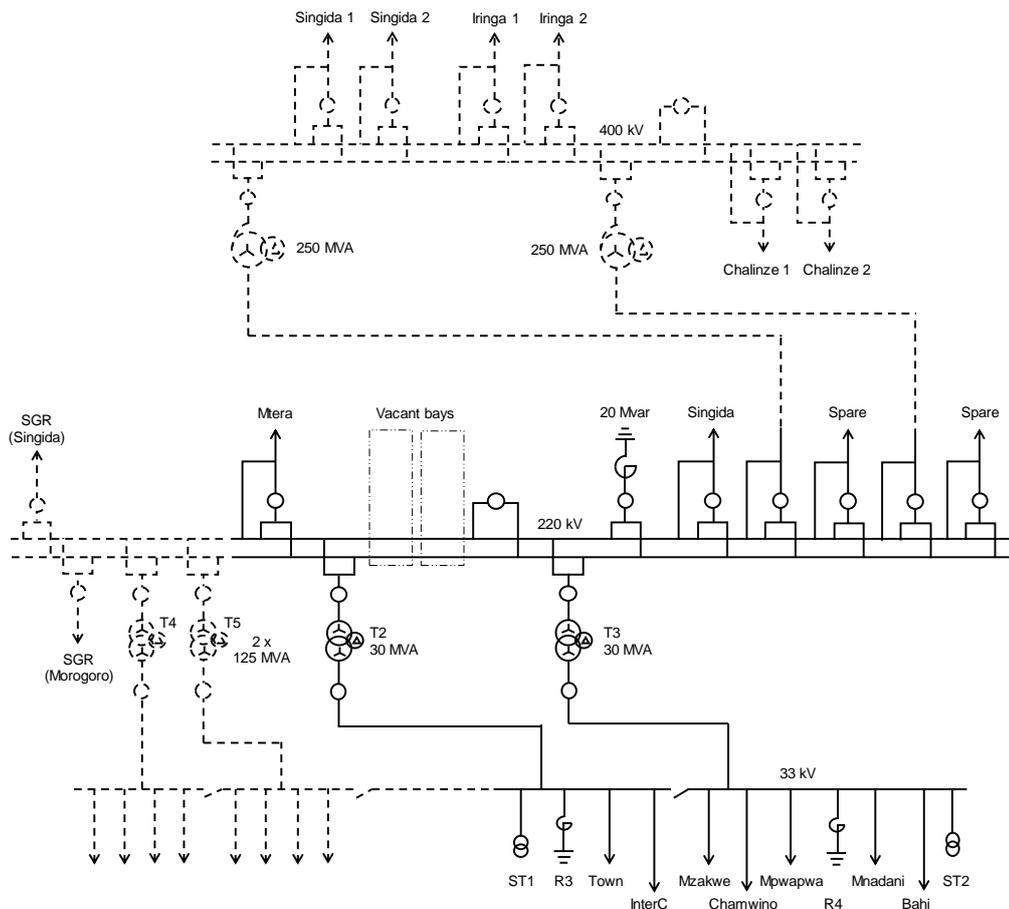
- ① チャリンゼ変電所からズズ変電所への 400kV 送電線建設

4) ズズ変電所において進行中の工事

- ① 125MVA、220/33kV 変圧器 2 台と関連の開閉装置の設置工事
- ② 400kV 変電所の新設工事 (250MVA、400/220kV 変圧器 2 台、400kV 開閉装置、400kV リアクトル、その他機材)

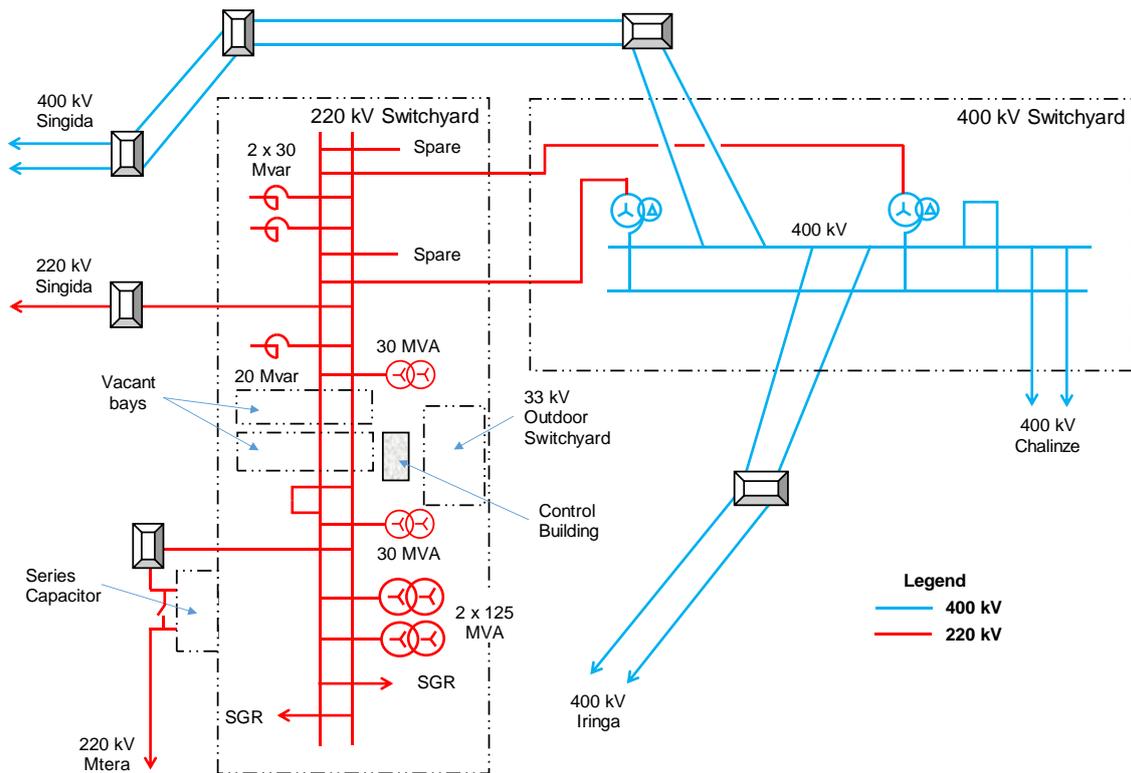
上記 3) ドドマ州において計画されているプロジェクトの項にあるように、400kV チャリンゼ変電所からの送電線 2 回線も建設される見込みであり、また、SGR 用 220kV 送電線もズズ変電所からモロゴロ変電所向けとシンギダ変電所向けに建設される予定となっている。

TANESCO によれば、250MVA、400/220kV 変圧器 2 台は、現在 220kV で運用されているイリング送電線 1 とシンギダ送電線 1 にそれぞれ接続される予定とのことである。従って、400kV 変電所が完成した時に予定される単線結線図と配置図は、それぞれ図 3-5.7 と図 3-5.8 になると考えられる。



[出所] 現地ヒアリングにより調査団作成

図 3-5.7 400kV ズズ変電所単線結線図 (予定)



[出所] 現地ヒアリングにより調査団作成

図 3-5.8 400kV ズズ変電所配置図 (予想)

(2) 課題

現状のズズ変電所においては下記に挙げる 2 つの課題が考えられる。

1) 母線容量

現地でのヒアリングでは、220kV 母線は ACSR (鋼心アルミより線) ブルージェイ電線を適用しており、その容量は約 400MVA である。一方、現在建設が進められている 400kV 開閉所に設置される 400/220kV 変圧器は 250MVA が 2 台で計画されており、計 500MVA の容量となる。従って、400/220kV 変圧器は 250MVA が 2 台据え付けられた後、これらの負荷が 1 つの母線に集中しないような運用やベイの配置を検討する必要がある。

2) 制御室

現在、125MVA 変圧器 2 台が増設中であり、今後、SGR 用開閉装置も増設される予定であることから、これらの制御・保護盤が設置されれば制御室の空きスペースがなくなってしまうため、ドドマ環状送電線整備の際は追設される制御・保護盤用のスペースを別途確保する必要がある。

3-6 配電設備に係る基礎情報

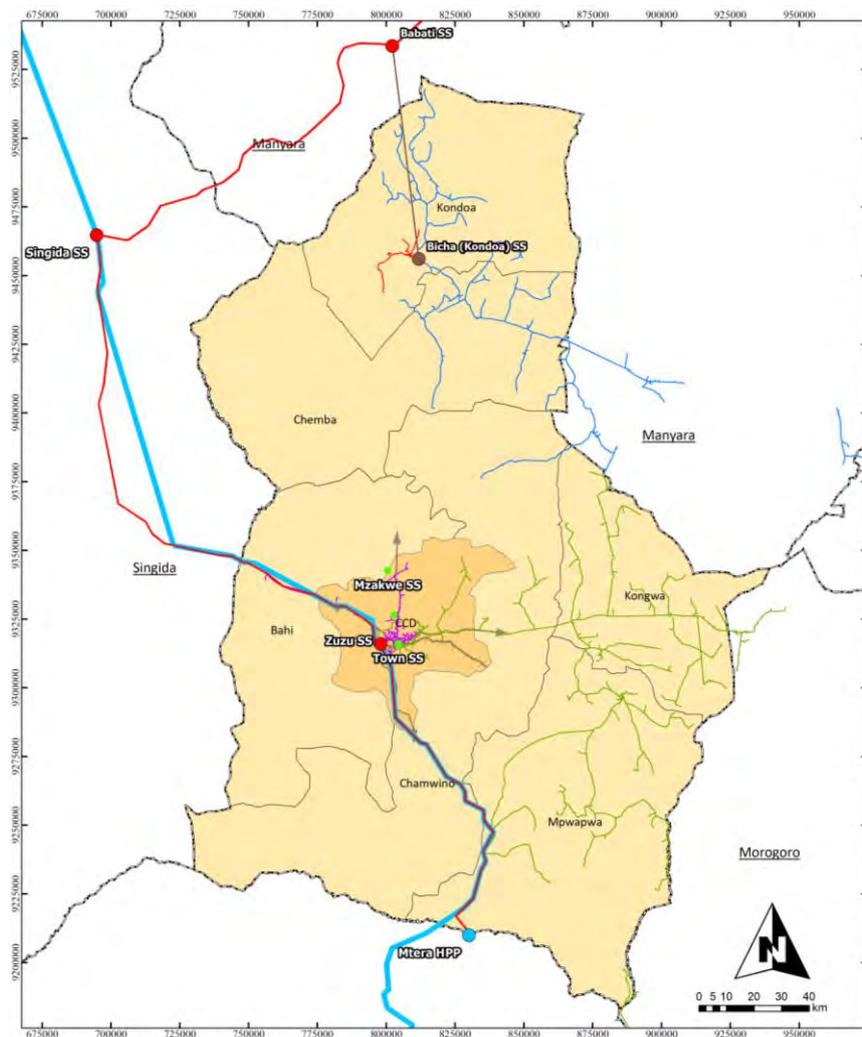
3-6-1 既存の配電設備

(1) ドドマ首都圏及び近郊の配電網

1) 配電網の概要

図 3-6.2 に示すように、ドドマ首都圏への電力はズズ変電所から 33kV 及び 11kV の配電線から供給されているが、コングワ (Kongwa) やムプワプワ (Mpwapwa) といった首都圏に隣接する地区には変電所が存在しておらず、ズズ変電所から首都圏へ供給する配電線路を延長して樹枝状方式にこれら地区への電力供給が行われている。

また、ズズ変電所以外の他系統からの供給としては、コンドア (Kondoa) 地区や他の一部の地区では、タンガ (Tanga) やモロゴロ (Morogoro)、そしてイリング (Iring) 地域の配電系統から電力供給されている需要家もいる。



[出所] TANESCO からの提供データを元に調査団作成

図 3-6.1 ドドマ首都圏近郊の配電網

2) 配電設備の概要

表 3-6.1 に、ズズ変電所から電力供給されている配電線の変圧器数と配電線互長、低圧線互長と顧客数、配電対象エリアを示し、表 3-6.2 に他系統からドドマ州に電力供給されている配電線の情報を示す。

表 3-6.1 ズズ変電所の配電フィーダー

| 220kV S/S | 33/11kV Substation Name and Capacity | Names of 11kV and 33kV Feeders | Number of Transformers | Length of 11kV and 33kV Line (km) | Length of LV Line (km) | Number of Customers | Remarks/area of Feeder Supply |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| ZUZU | | MPWAPWA | 363 | 1,389 | 726 | 30,855 | CHAMWINO, KONGWA, MPWAPWA&GAIRO |
| | | CHAMWINO | 73 | 87 | 146 | 6,205 | CHAMWINO |
| | | MZAKWE | 1 | 33 | 1 | 1 | MZAKWE WATER PUMP |
| | | MNADANI | - | 15 | - | - | MNADANI SUBSTATION |
| | | TOWN | - | 7.2 | - | - | DODOMA MUNICIPAL |
| | | BAHI | 33 | 61 | 66 | 2,805 | BAHI DISTRICT |
| | | INTERCONNECTOR | - | 1 | - | - | POWER STATION |
| | | MPWAPWA-TOWN | 17 | 26 | 34 | 1,445 | MPWAPWA DISTRICT COUNCIL |
| TOWN (10MVA) | | INDUSTRIAL | 36 | 32 | 72 | 3,060 | ILAZO, MAKOLE, IPAGALA |
| | | TOWN NORTH | 32 | 34 | 64 | 2,720 | MAJENGO, AIRPORT, JAMHURI, MJI MPYA |
| | | TOWN SOUTH | 22 | 17 | 44 | 1,870 | UZUNGUNI, GENERAL HOSPITAL |
| POWER STATION (5MVA) | | ZUZU SOUTH | 28 | 16 | 56 | 2,380 | UZUNGUNI, KIKUYU |
| | | BRICK/BUSH | 38 | 142 | 76 | 3,230 | MVUMI, MPUNGUZI, BIHAWANA |
| | | ZUZU NORTH | 59 | 21 | 118 | 5,015 | NDACHI, NKUHUNGU, AREA A |
| MNADANI (15MVA) | | MNADANI-TOWN | 43 | 28 | 86 | 3,655 | AREA C, AREA D, AREA E, MAILI MBILI |
| | | MNADANI-VEYULA | 27 | 33 | 54 | 2,295 | MAKUTOPOLA, VEYULA, MSALATO |
| MZAKWE | | MAMBA YA MBALI | 10 | 12 | 20 | 850 | MAMBA YA MBALI |
| | | BOOSTER PUMP | 2 | 0 | 4 | 170 | MZAKWE BOOSTER PUMP |
| | | KILUNGULE and MUNDEMU | 11 | 15 | 22 | 935 | KILUNGULE, MUNDEMU |

[出所] TANESCO Dodoma Regional Office

表 3-6.2 ドドマ首都圏以外から給電されている配電フィーダー

| Source Region/ District | Source Substation | Names of Feeders | Number of Transformers | Length of HT Line (km) | Length of LV Line (km) | Number of Customers | Remarks/area of Feeder Supply |
|-------------------------|-------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| IRINGA | TAGAMENDA | KILOLO | 14 | 82 | 84 | 1,063 | MPWAPWA |
| TANGA | KILOLE | HANDENI | 2 | 33 | 12 | 165 | KITETO KIJUNGU |
| MOROGORO | MSAMVU | BEREGE | 4 | 12 | 24 | 126 | GAIRO IYOGWE, MAKUYU |
| KONDOA | BICHA | KIBAYA | 87 | 320 | 174 | 7,395 | KONDOA and KITETO |
| | | PAHI | 33 | 230 | 66 | 2,805 | PAHI, KOLO, MNENIA |
| | | KONDOA | 23 | 58 | 46 | 1,955 | KONDOA DISTRICT COUNCIL |

[出所] TANESCO Dodoma Regional Office

総互長は長いもので 1400km にも及ぶものもあり、現在、電圧降下や電力損失が顕著となっており、自治政府や需要家からの不満の声は大きく、TANESCO は首都圏の電力設備の改修や需要対策、拡張計画の検討に加えて、これら近隣地区への適正な品質を保った電力供給が目下のところ大きな課題となっている。

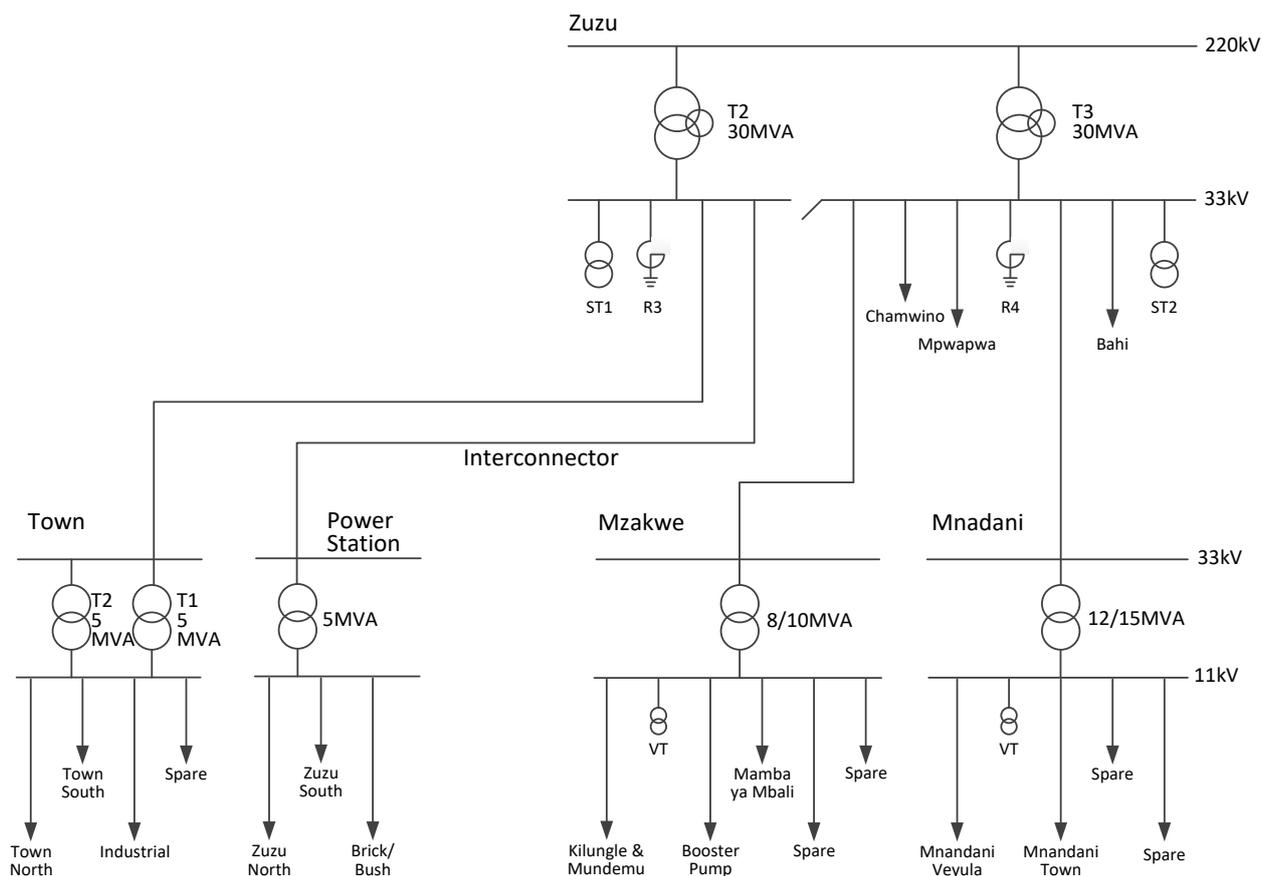
(2) ドドマ首都圏の既存配電設備

1) 配電系統

使用電圧は中圧が 33kV および 11kV、低圧は一般に 3 相 4 線または単相 2 線式の 400/230V

で配電され、樹枝状方式を採用している。ズズ変電所にて 220kV から 33kV へ降圧された電力は、配電用変電所（33/11kV 変電所）へ送電されるか、需要家へ配電され需要地域内で低圧の 400/230V に直接降圧され給電されている。

現在、ドドマ首都圏内では 3 か所の配電用変電所及びズズ発電所において 11kV に降圧して一般需要家へ配電されたのち、需要地域内で 400V/230V に降圧されている。図 3-6.2 にドドマ首都圏の配電系統構成図を示す。



[出所] TANESCO からの提供データを元に調査団作成

図 3-6.2 ドドマ首都圏の配電系統構成図

タンザニアには、エネルギー・水公共規制局〔Energy and Water Utilities Regulatory Authority (EWURA)〕が規定するタンザニア系統規定 (THE TANZANIAN GRID CODE) があるが、TANESCO は、TANESCO が作成した設計指示書 (Engineering Instruction) 及び標準仕様書 (Specification) に基づき配電設備の整備、運用を行っている。表 3-6.3 に代表的な基準を示す。

表 3-6.3 配電設備に係る基準

| Contents | 33kV System | 11kV System | Low Voltage |
|--|---------------------|----------------|---------------|
| Frequency (Permissible Variation) | 50Hz (±2.5%) | | |
| Nominal Voltage (Permissible Limit) | 33kV (±10%) | 11kV (±10%) | 400V (±5%) |
| Neutral Earthing System | Effectively Earthed | | |

| Contents | 33kV System | 11kV System | Low Voltage |
|--|-----------------|----------------|-------------|
| Wayleave (Distance from the center) | 10.0m (5.0m) | 5.0m (2.5m) | — |
| Phase to Earth Clearance | 600mm | 350mm | — |
| Phase to Phase Clearance | 600mm | 350mm | — |
| Ground Clearance (Normal) | 6.0m | 6.0m | 5.5m |

[出所] TANESCO からの提供データを元に調査団作成

2) 導体

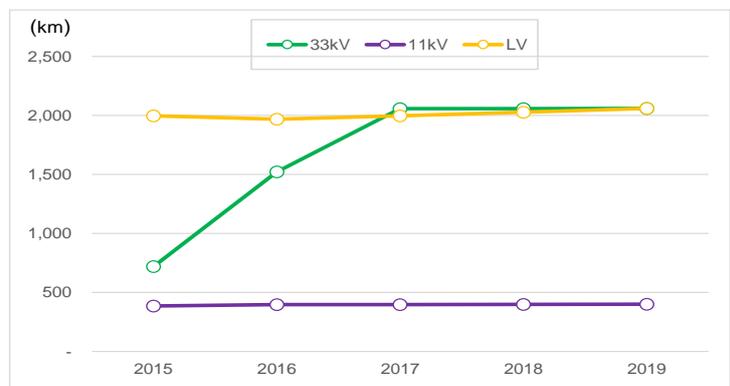
ドドマ首都圏のほとんどの既存配電線は架空配電であり、導体は ACSR100mm² (dog) が採用されていることが多い。昨今の TANESCO の標準では、ACSR150mm² (Dingo) が採用されていることも多い。各々の導体を 33kV 及び 11kV で採用した場合の参考配電容量は以下の表 3-6.4 の通りである。

表 3-6.4 配電線導体容量 (参考値)

| Conductor | Code (BS standard) | Current Rating | 33kV | 11kV |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|--------------|------|
| | | | Capacity MVA | |
| ACSR 100mm ² | Dog | 390A | 22.29 | 7.43 |
| ACSR 150mm ² | Dingo | 473A | 27.03 | 9.01 |

[出所] 電線メーカーカタログを参考に計算

TANESCO のドドマ州事務所が所管する配電線の 2015 年から 2019 年の亘長の推移を図 3-6.3 に示す。TANESCO からの聞き取りによれば、2015 年から 2017 年にかけて電圧対策として 33kV の配電線の拡張が進められた。その結果、2019 年 6 月時点で、33kV 中圧線は約 2,060km、11kV 中圧線は 401km、低圧線は 2,060km の設備を有している。



[出所] TANESCO Monthly Report より

[備考] 数値はドドマ州全体の合計値

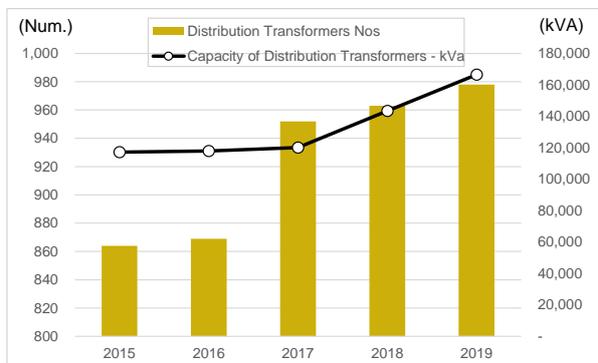
図 3-6.3 ドドマ州の配電線亘長

3) 変圧器

33kV 及び 11kV から低圧に降圧する柱上据付タイプの配電用変圧器(PMT)は 25kVA、50kVA、100kVA、200kVA、315kVA、500kVA の全部で 6 種類あり、地上据付タイプの配電用変圧器(GMT)は 630kVA、800kVA、1,250kVA の 3 種類である。

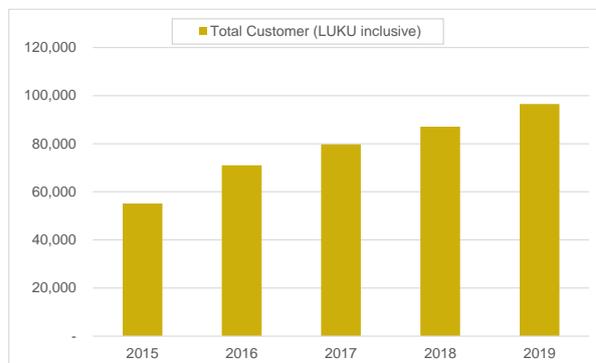
TANESCO のドドマ州事務所が所管する配電用変圧器の台数を図 3-6.4 に示し、2015 年

から 2019 年にかけての顧客数の推移を図 3-6.5 に示す。右図の顧客の増加が一定の伸びを示しているのに対して、変圧器台数と容量の伸びは 2017 年から順調な伸びを示しており、需要増や需要地の拡大等への対応と推察される。



[出所] TANESCO Monthly Report より
 [備考] 数値はドドマ州全体の合計値

図 3-6.4 ドドマ州の変圧器数量と容量



[出所] TANESCO Monthly Report より
 [備考] 数値はドドマ州全体の合計値

図 3-6.5 ドドマ州の顧客数の推移

4) 支持物

ドドマ首都圏における架空線の支持物は、木柱が使用されており、TANESCO では低圧配電柱が 9m と 10m、中圧配電柱は 11m と 12m を標準としている。

径間距離は、居住区域の一回線配電では 100m、二回線では 80m が標準とされているが、ドドマ首都圏以外の地域の代表例としては、150mm² の導体を採用した三相一回線配電は標準 90m、最大径間は 100m となっている。

5) 碍子

ピン碍子、懸垂碍子、ポスト碍子が標準的に使用されているが、素材はガラス製、磁器製の他、合成樹脂製等、混在されている。

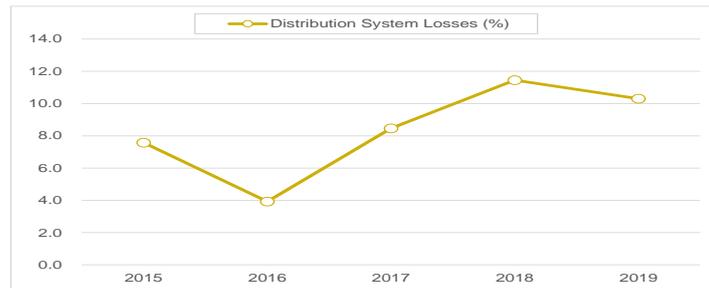
6) 開閉器

配電線路上では、線路保護、負荷電流の開閉、系統構成の変更などのために、カットアウトヒューズ〔Drop Out Fuse (DOF)〕が標準的に使用されている。

(3) 既設配電系統の状況

1) 配電損失

2015 年から 2019 年のドドマ州全体の配電損失(システムロス)を図 3-6.6 に示す。33kV 配電線及び変圧器等設備の大幅な増量があった 2017 年から損失が高くなっているが、2019 年にかけて徐々に改善傾向にある。損失が高くなった原因は推測ではあるが、需要増以上に設備が増となったことが一因とも考えられる。



[出所] TANESCO Monthly Report より

[備考] 数値はドドマ州全体の年間平均値を採用

図 3-6.6 ドドマ州の配電損失 (システムロス)

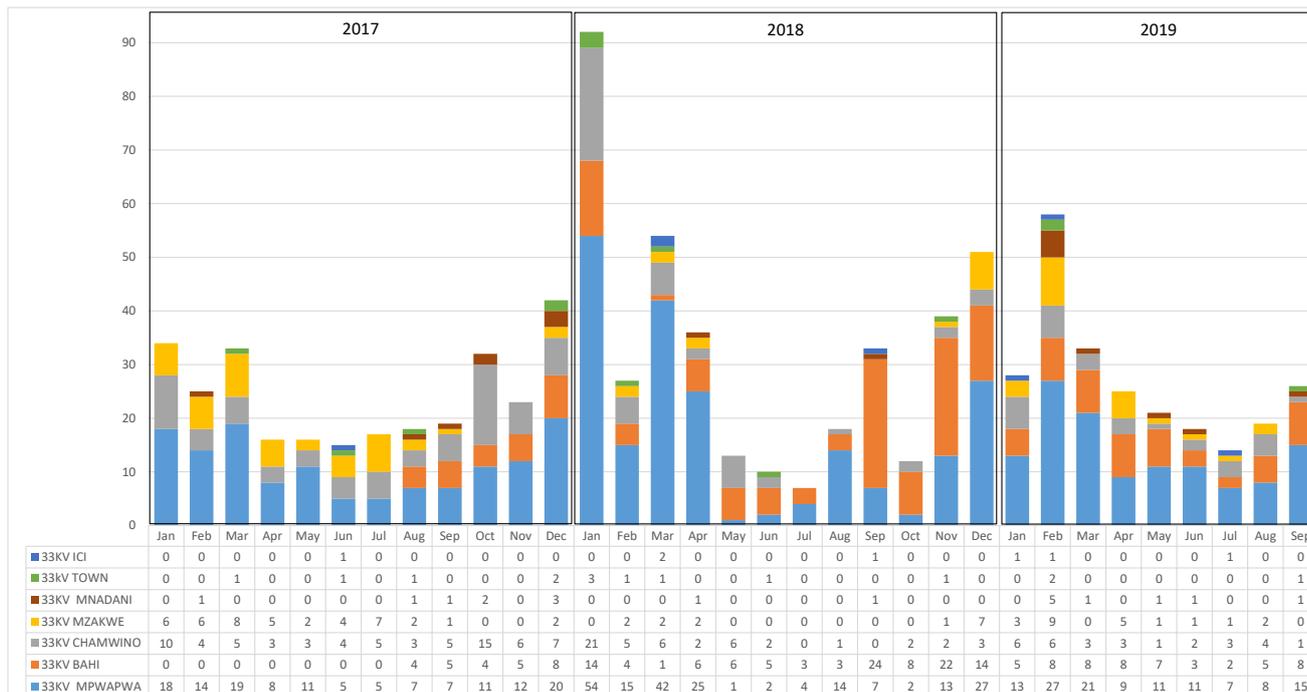
2) 配電信頼度

配電システムの供給信頼度の評価指標としては、①一需要家当たりの年平均停電回数、②一需要家当たりの年平均停電時間、③単一事故によって発生する供給支障となる電力等がある。しかしながら、今般 TANESCO から提供を受けた 2015 年から 2019 年の約 5 年間の TANESCO 内部報告書を元に配電信頼度の評価を試みたが、各月の数値に大きな乖離があり、評価に値しないと判断した。

このため、ここでは別途入手した、過去約 3 年間のドドマ首都圏の配電フィーダーごとの停電記録を配電信頼度の一部として使用した。

ズズ変電所の 33kV 配電フィーダーの停電回数を図 3-6.7 に示す。

記録されている約 3 年間の合計停電回数 924 回のうち、ムプワプワフィーダーが 465 回と全体の 50.3%を占め、続いてバヒフィーダー190回 (20.6%) とチャムウィフィーダー149回 (16.1%) の順となっているが、当然のことながら 33kV で需要地域へ長距離配電されている 3 フィーダーの事故回数が多くなっている。また、傾向としては年間を通して降雨量の多い 11 月～3 月の停電回数が多い結果となっている。



[出所] TANESCO FEEDER OUTAGE 2015-2019 より

[備考] 数値は事故停電、作業停電、輪番停電の合計値

図 3-6.7 ズズ変電所 33kV フィーダーの停電回数 (2017 年～2019 年 9 月)

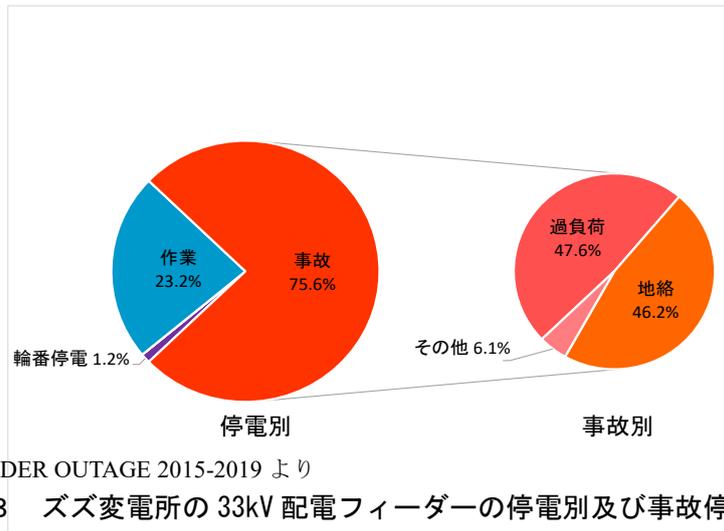
なお、2019 年 10 月時点で、ドドマ首都圏には 11 回線の 11kV 配電フィーダーがあり、長いものでは総互長が 140km にも達するフィーダーがあるが、フィーダー毎の事故記録がほとんど残されていない。

TANESCO からの聞き取りでは、11kV 配電線フィーダーの供給元である配電用変電所 (33/11kV 変電所) が無人 (警備員のみ) であり、事故記録は地域事務所で行っているが、事故除去後の報告や記録が漏れている可能性があるという。

次に、ズズ変電所の 33kV 配電フィーダーの約 3 年間の合計停電回数 924 回の停電別割合と事故停電種別の割合を図 3-6.8 に示す。

事故停電は全体のおよそ 75% を占め、作業停電は約 23%、輪番停電はさほど多くなく 2% に満たない。

事故停電の種別では過負荷と地絡事故に起因する停電が夫々約 47% と 46% を占めている。ドドマ首都圏では一般的に裸電線が採用されていることから、樹木や鳥獣の接触による供給支障事故が多いと考えられる。なお、裸電線は 33kV 以外にも 11kV 配電線、低圧配電線において一般的に採用されていることから、感電事故の発生も想定される。



[出所] TANESCO FEEDER OUTAGE 2015-2019 より

図 3-6.8 ズズ変電所の 33kV 配電フィーダーの停電別及び事故停電種別の割合

3-6-2 配電設備計画とその課題

TANESCO ドドマ地域事務所では、顧客や地域行政機関等からの相談やクレームへの対応に追われているうえ、徐々に拡大している需要地と需要増や既設設備の老朽化対策として、配電線の拡張や延伸、設備の交換や増強にも日々追われている。

(1) ドドマ首都圏の配電計画

TANESCO はコストとメンテナンスの容易性から、基本的に既設架空配電線は持続的に運用する方針であるが、今後の拡張や整備が計画されている首都ビジネス地区〔Capital Business District (CBD)〕や官庁街 (Government City) については、高密度の開発が想定されることから既設架空配電線に代わり地中配電線を建設する考えである。

また、ダルエスサラームやコースト地域で先行実施しているように、配電網を地理情報システム〔Geographic Information System (GIS)〕で管理して、既設タウン変電所敷地内に建設が予定されている配電コントロールセンター〔Distribution Control Center (DCC)〕において、監視と制御を行う計画を有している。

(2) 既設配電設備の改良・更新計画

TANESCO が計画している、ドドマ首都圏の配電改良・更新計画の代表的なものは、以下の通りである。

- 1) 11kV ブリックフィーダー約 70km の 33kV 化
- 2) 11kV ズズノースフィーダー約 8km の 33kV 化
- 3) ズズ発電所変電設備の増強

- ① 8MVA 33/11kV 変圧器 2 台の追加
- ② 11kV 配電フィーダー 3 回線 (既存 Zuzu North, South, Brick フィーダーの救援) の追加
- ③ 新制御棟の建設

4) タウン変電所の増強

- ① 15MVA 33/11kV 変圧器 2 台の追加
- ② 11kV 配電フィーダー6 回線の追加
- ③ 新制御棟の建設

5) ムザクウェ変電所の増強

- ① 10MVA 33/11kV 変圧器 1 台の追加

6) マンダニ変電所の増強

- ① 15MVA 33/11kV 変圧器 1 台の追加

(3) 配電マスタープラン

現在 TANESCO は外部コンサルタント (SMEC) に委託して、アルーシャ州、ドドマ州、ムベヤ州、ムワンザ州の 4 地域において配電マスタープラン調査を実施しており、2020 年 6 月末までにマスタープランの策定を完了予定である。

各州共通の、配電マスタープラン調査の主なスコープは以下の通りである。

- ① 既存送配電システムのレビュー
- ② 既存送配電ネットワークの情報収集と分析
- ③ 短期 (5 年間)、中期 (10 年間)、長期 (25 年間) の負荷想定
- ④ 相互接続ネットワークによる電力システムモデル構築、調査、分析
- ⑤ 短期、中期、長期の負荷成長に見合う電力システムの更新・増強、又は新設のプロジェクトの特定
- ⑥ 上記プロジェクトの概念設計
- ⑦ 上記プロジェクトの環境社会影響評価と環境マネジメント計画の策定
- ⑧ 上記プロジェクトの概算事業費算出
- ⑨ 上記プロジェクトの技術面と経済面の分析
- ⑩ 上記プロジェクトの実施計画の策定
- ⑪ 配電計画マニュアルの策定
- ⑫ スマートグリッドへの前進方法の推奨
- ⑬ 都市部の地中配電システムの計画策定
- ⑭ カウンターパートスタッフへのキャパシティビルディングとトレーニングの実施

(4) 課題

現状の配電設備計画においては、下記に挙げる課題が考えられる。

1) 配電電圧

現在、ドドマ州では 11kV と 33kV の 2 種類の配電電圧にて運用されているが、増加する需要への対応、電圧運用面の優位性、将来運用の容易性等の観点から、11kV 配電線を 33kV 配電線に格上げするという議論がある。今後都市の開発に応じた配電開発が求められるドドマ首都圏では、この配電電圧の統一化の段階にある。しかし、未だ TANESCO 内部で統一見解が見い出されていないため、現在の TANESCO の計画では、33kV と 11kV の配電線の拡張・延伸計画が混在している。

2) 配電方式

収集図面や TANESCO からの聞き取りにより、既設の配電方式は樹枝状方式である。これは、建設後に需要の発生に応じて配電線の延長を繰り返して構築された自然発生的な樹枝状方式と考えられる。この結果、配電線総亘長が長くなり、配電ロスやフィーダー単位の事故のリスクが高まっている。加えて、配電線路には事故区間を切り離すための装置もほとんど無いため、作業員の安全確保が容易でなく、停電時間が長くなる等の結果を生み出しているため、配電方式の変更や区分開閉器、保護装置の施設等の抜本的な対策が必要と考えられる。

3-7 他ドナーの状況

3-7-1 World Bank (WB)

ドドマ首都圏の支援に関して、現在のところタンザニア政府から協力要請はない状況である。WBは、タンザニア国全国への電力分野に関する借款での支援（約30年で金利0.7%）を検討しており、タンザニア政府からドドマ首都移転に伴うプロジェクトへの支援要請があれば全国での支援の中の一部とすることも視野に入れており、都市部近郊の電化や配電分野の支援に興味があるとの情報を得ている。

3-7-2 African Development Bank (AfDB)

AfDBは、ドドマ近郊の送配電設備に関し、イリンガーシニャンガ間の400kV送電線の建設や配電マスタープランの作成などを支援している。400kV送電線建設事業は、我が国との協調融資による借款事業でありAfDBからは、45,360,000UA（63million USD*）の予算にて融資されている。ドドマ首都移転に伴うプロジェクトに関しては、現段階ではタンザニア政府から支援要請はないものの、今後AfDBに対して支援要請があった場合、支援を検討する意向であるとの情報を得ている。現在、電力分野以外での支援は、『ドドマ市環状道路の建設』、『新空港の建設』の2件であり、その概要と進捗状況は下記の通りである。*：1UA：1.38573USD

(1) ドドマ市環状道路の建設

タンザニア政府からドドマ市外環状道路（約110.2km）の建設の協力要請があり、2019年4月にFeasibility studyが完了し、2019年8月にタンザニア政府と実施契約を締結しており、現在入札図書作成中。本プロジェクトは、ドドマ首都MPの実施計画Phase Iに含まれており、瑕疵担保期間を入れて4年間の期間での活動を予定。

(2) 新空港の建設

2018年タンザニア政府からドドマ市内に全長約3.6kmの滑走路を有する新空港建設の協力要請あり、事業費総額はUSD340million。事業費の積算は完了しており、2019年12月までに政府承認を得る予定。

3-7-3 Agence Française de Développement (AFD)

電力分野では、ドドマ、アルーシャ、ムワンザ、ムベヤにおける支援を見据えた調査を実施中であり、ドドマにおけるNGCC（中央給電指令所）の建設とウブンゴにおけるバックアップシステム、DCC（配電制御所）の建設とシステム構築については支援も決定されている（実施予定：2019年～2023年）。

第4章 ドドマ送配電網強化にむけた 方針と計画

第4章 ドドマ送配電網強化にむけた方針と計画

4-1 ドドマ送配電開発計画の方針

第4章では第2章で述べた首都の開発状況や第3章で詳述した送配電設備の現況や計画案、課題等を踏まえ、更に電力需要想定レビュー結果に基づく首都圏の需要配分と年度展開を考慮しつつ、ドドマ首都 MP の実施計画にも対応し得るドドマ首都圏送電系統開発計画を策定し、その協力量針の検討に資する開発の展開手順を策定する。

なお、配電開発計画については、TANESCO が策定中の配電マスタープランの計画策定に資する情報交換やデータの提供を行う等の協調を行い、本報告書においては、策定中の配電設備計画の概況を踏まえた、提案を行うこととする。

4-2 電力需要想定

4-2-1 検討概要

(1) 電力需要想定の前提条件

本調査における電力需要想定は、TANESCO にて実施したドドマ首都における需要想定(詳細は 3-3-4 項に記載)の妥当性について判断するものである。判断にあたっては PSMP2016 にて実施された電力需要想定値を指標とする。なお、調査時点での最新の需要状態を基に PSMP2016 における需要想定値の補正を行う。

今回ドドマにおける長期需要想定は、下記の2点を検討条件としている。

- ✓ PSMP2016 にて想定されたドドマにおける長期需要想定値について、現時点までの GDP 成長率、人口増加の推移、大規模需要家の系統連系条件を考慮し、想定された需要想定値との乖離がないか確認するとともに、PSMP2016 にて設定された High、Base、Low のいずれの成長ケースに、より近いのかについて確認を行う。
- ✓ PSMP2016 ではドドマの政府機能移転に伴う負荷（以下特別負荷）については考慮されていない。本調査にてドドママスタープラン及び TANESCO ほか関係機関への聞き取りを基に、特別負荷の種類及び系統連系時期について確認を行う。

1) GDP

実質 GDP の実績についてはアフリカ開発銀行の Country Strategy Paper 2016-2020 及びタンザニア国家統計局の Tanzania in figures 2018 を参照とした。

いずれの統計においても至近年の実績平均において 7% の GDP 成長水準には到達していない。

表 4-2.1 GDP 成長率実績

| 出典 | タンザニア国家統計局 | | | | | | | | AFDB |
|-------------------------|------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|-------------------|
| | 年 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 平均 (2012-2018) |
| 実質 GDP (Billion TZS) | 77,980 | 83,268 | 88,874 | 94,349 | 100,828 | 107,657 | 115,140 | - | - |
| GDP 成長率 | - | 6.78% | 6.73% | 6.16% | 6.87% | 6.77% | 6.95% | 6.71% | 6.4% |

[出所] Tanzania in figures 2018 National Bureau of statistics Dodoma 及び Country strategy paper 2016-2020 AfDB

また表 4-2.2 に PSMP2016 の電力需要想定における各ケースでの想定 GDP 成長率を示す。

上述の GDP 成長の実績値と比較した結果、PSMP2016 の電力需要想定における LOW ケース設定での伸びに近いと推測される。

表 4-2.2 PSMP2016 における GDP 成長率のシナリオ設定

| | 2013-15 | 2015-20 | 2020-25 | 2025-30 | 2030-35 | 2035-2040 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| HIGH | 7% | 8% | 8% | 8-10% | 8-10% | 8-10% |
| BASE | 7% | 7% | 7% | 6% | 6% | 5% |
| LOW | 7% | 6% | 6% | 5% | 5% | 4% |

[出所] PSMP2016

2) ドドマ州人口増加の推移

下記に至近年のドドマ州における人口増加の推移及び PSMP2016 における人口増加の予想値を比較した表を示す。

表 4-2.3 ドドマ州人口増加の推移 (単位 1000 人)

| 年 | 2012 | 2015 | 2016 | 2017 | 人口伸び率(%) 2017/12 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| 実績値 (ドドママスタープラン) | 2,083 | - | 2,265 | 2,312 | 2.1% |
| 想定値 (PSMP2016) | 2,083 | 2,234 | 2,281 | 2,329 | 2.3% |

[出所] Dodoma Master Plan

なお、ドドママスタープランでは 2018-2019 の間に政府系職員のドドマへの転入について言及しており、その数は省庁系職員：6,960 人、その他政府系職員：1,271 人、タンザニア軍関係者：7,988 人 合計 16,219 人とされている。その家族も含めると 50,000~60,000 人程度の上振れは予想される。これを受けドドマ州内ではタンザニア軍職員向けの官舎の建設はほぼ完了しており、職員家族向けの学校建設及び集合住宅建設が急ぎで進められている。

3) 大規模需要家の系統接続申込

表 4-2.4、表 4-2.5 に想定される大規模需要家リストを示す。本リストは、既に TANESCO に系統接続申込があり現在承認待ちの大口需要家ならびに今後接続が予想される大口需要家のリストである。

表 4-2.4 想定される大規模需要家リスト (系統接続申込済の負荷)

| No | プロジェクト名 | 種別 | 容量 |
|----|--------------------------------------|--------|-------|
| 1 | Bodi ya Nafaka na Mazao Mchanganyiko | 農産物加工業 | 1.5MW |

| No | プロジェクト名 | 種別 | 容量 |
|----|---------------|--------|-------|
| 2 | KASCO Mundemu | 採石場 | 1.8MW |
| 3 | Pyxus kizota | 農産物加工業 | 0.8MW |
| | 合計 | | 4.1MW |

[出所] TANESCO データ

表 4-2.5 想定される大規模需要家リスト（至近年で接続が予想される負荷）

| No | プロジェクト名 | 種別 | 容量 |
|----|----------------------------|-----|--------|
| 1 | Noli Mining | 採石場 | 2.9MW |
| 2 | Mtembeta & Chigongwe | 採石場 | 5.9MW |
| 3 | Quary-Haneti | 採石場 | 1.5MW |
| 4 | Fufu Mining site | 採石場 | 0.8MW |
| 5 | Itiso Mining site | 採石場 | 2.9MW |
| 6 | Maji ya shamba mining site | 採石場 | 2.9MW |
| 7 | Tumbelo mining site | 採石場 | 1.5MW |
| 8 | Mulembule mining area | 採石場 | 1.5MW |
| 9 | Gulwe mining area | 採石場 | 0.8MW |
| | 合計 | | 20.7MW |

[出所] TANESCO データ

PSMP2016 において、地域別大型プロジェクトは鉱山開発、工業団地等 0.5MW 以上の電力需要が期待されるものとし整理されており、地方調査の結果が記されている。なお、大型プロジェクトは必ずしも計画通りに遂行されるとは限らないため、地域ごとに設定された「実現性の確率」（達成確率）を基に 2025 年までの新規電力需要が導き出されている。

表 4-2.6 新規電力需要の推定

| | | 2015 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---------------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| ① | 追加需要見通し | 0 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 |
| ② | 実現の確立 | 100% | 85.9% | 83.3% | 80.8% | 78.4% | 76% | 73.7% |
| ③ | 新規電力需要(③=①x②) | | 13.1 | 12.7 | 12.4 | 12.0 | 11.6 | 11.3 |

[出所] PSMP2016

現状接続待ち及び新規接続が想定される負荷の合計値が表 4-2.4 及び表 4-2.5 に示す通り 24.8MW (4.1+20.7MW) となる。これに需要率 0.6 を乗じた値が 14.88MW となる。PSMP にて想定していた追加需要の見通し値の初期値(2020 年断面)は 15.3MW となっているが、これはすでに需要率を乗じた値である。中長期予想で系統に接続される大規模需要家は現時点では不明であるものの、2020 年断面での PSMP 大規模需要家想定値と、実際に接続が見込まれる需要家の値がほぼ等しいことが確認され PSMP における大規模需要家の想定が現在のところ利用できるものであると判断する。

4-2-2 検討条件

(1) 特別負荷の算定

ドドマ首都機能移転に伴い追加発生する特別負荷は、政府機能に係る市街地の拡大やインフラ整備状況に記載されている政府系施設、物流設備を想定し算出した。具体的な開発時期については、ドドマ首都 MP に記載されている開発目標年次のうちフェーズ 2（政府庁舎、政府機関整備完了）の最終年である 2029 年までに特別負荷設備の建設が完了するものとし、負荷の配分を行った。イフムワ地区にて開発される政府系施設及び各国大使館等については

Ministry of Lands, Housing and Human settlements Development より受領の都市計画図を参考に、その施設数等を算出した。また想定される負荷容量は TANESCO にて供給を行っている、負荷容量をベースとしている。その結果、首都機能移転に伴い追加される特別負荷の合計は約 105MW となった。特別負荷の内訳については下記の通り。

表 4-2.7 特別負荷

| No | ドドマ州特別負荷 | 容量(MW) | 進捗状況 |
|----|------------------------------------|--------|---|
| 1 | Dry Port | 1.00 | 未着手 |
| 2 | EPZ (ムサラト地区) | 16.00 | 未着手 |
| 3 | Marshalling Yard | 2.40 | 未着手 |
| 4 | Airport (ムサラト) | 12.00 | 未着手 |
| 5 | State House (チャムウィーノ) | 1.00 | 建設完了 |
| 7 | Butcher Factorie (イフムワ) | 1.00 | 未着手 |
| 8 | Quarters 40,000 plots | 3.20 | 不明 |
| 9 | TPDF Quarters | 2.00 | 未着手 |
| 10 | Industrial area (ナラナラ地区) | 36.00 | 未着手 |
| 11 | Government city 【内訳は表 4-2.8 参照】 | 100.08 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 土地区画整備済 ・ 各省庁職員異動に伴う一部建屋建設完了 ・ 建屋増床を計画中 |
| | 負荷合計 | 174.68 | |
| | 不等率 60% | 104.81 | |

[出所] TANESCO データを基に調査団作成

表 4-2.8 Government city 特別負荷内訳

| No. | Government city 特別負荷 | 容量(kw) | 用途 |
|-----|---|--------|------------------------|
| 1 | Vice President's Offices - Union and Environment | 600 | OFFICES FOR MINISTRIES |
| 2 | Vice President's Office Policy and Parliament | 600 | |
| 3 | Prime Minister's Office-Work, Youth, Employment and Disability | 600 | |
| 4 | President's Office - Region Administration and Local Governance | 504 | |
| 5 | President's Office -Public Service Recruitment Secretariat and Good Governance | 252 | |
| 6 | Ministry of Finance and Planning | 600 | |
| 7 | Ministry of Industries, Trade and Investment | 600 | |
| 8 | Ministry of Lands, Housing and Settlements Development | 800 | |
| 9 | Ministry of Home Affairs | 400 | |
| 10 | Ministry of Veterinary and Fishing | 252 | |
| 11 | Ministry of Agriculture | 600 | |
| 12 | Ministry of Natural Resources and Tourism | 400 | |
| 13 | Ministry of Construction, Transport and Communication | 504 | |
| 14 | Ministry of Water and Irrigation | 400 | |
| 15 | Ministry of Health, Community Development, Gender, Elderly and Children | 800 | |
| 16 | Ministry Constitution and Legal Affairs | 600 | |
| 17 | Ministry of Information, Culture, Art and Sports | 600 | |
| 18 | Ministry of Foreign Affairs and East Africa, Regional and International Cooperation | 600 | |
| 19 | Ministry of Education Science, Technology and Vocational Training | 600 | |
| 20 | Ministry of Minerals | 600 | |
| 21 | Ministry of Energy | 600 | |
| 22 | Ministry of Defence and National Service | 600 | |
| 23 | CAG | 400 | |
| 24 | Quarters(131 箇所) | 33,012 | GOVERNMENT QUARTERS |
| 25 | Diplomatic offices(647 箇所) | 25,600 | DIPLOMATICS |
| 26 | Hotels | 3,600 | COMMERCIAL CENTRE |

| No. | Government city 特別負荷 | 容量(kW) | 用途 |
|-----|--------------------------------------|--------|--------------|
| 27 | Shopping Malls | 2,560 | |
| 28 | Banks | 4,800 | |
| 29 | Cinema Halls | 800 | |
| 30 | Public Parkings | 1008 | |
| 31 | Community Halls | 504 | |
| 32 | Petrol Stations | 800 | |
| 33 | Restaurants | 504 | |
| 34 | Future Use plot | 1,200 | |
| 35 | Football grounds | 756 | CITY PARK |
| 36 | Tennis and Badminton | 640 | |
| 37 | Public Parking and Water Rock Garden | 400 | |
| 38 | Basketball | 640 | |
| 39 | Netball | 640 | |
| 40 | Cricket | 160 | |
| 41 | Volleyball | 640 | |
| 42 | Handball | 640 | |
| 43 | Cycling and Skating | 160 | |
| 44 | Hockey | 160 | |
| 45 | Terminal site | 160 | |
| 46 | Amusement park | 160 | |
| 47 | Commemorative Square | 160 | |
| 48 | Procession way | 160 | |
| 49 | Indoor Sports Hall | 252 | |
| 50 | Flora and Fauna | 80 | |
| 51 | Memorial Hall | 80 | |
| 52 | Fountains | 80 | |
| 53 | Gazebos Aquarium | 80 | |
| 54 | Nyerere Status | 80 | |
| 55 | Passenger waiting Hall | 80 | |
| 56 | Square | 80 | |
| 57 | Control Center | 80 | |
| 58 | Boarding Bay | 80 | |
| 59 | Disembarking Bay | 80 | |
| 60 | Monument | 80 | |
| 61 | Swings | 80 | |
| 62 | Seimming Pools | 160 | |
| 63 | Skating Court | 80 | |
| 64 | Taxi Bay | 80 | |
| 65 | Tram Platform Bay | 80 | |
| 66 | Kids Store (Toys) | 80 | |
| 67 | Mobile Retails | 80 | |
| 68 | Roller Coaster | 80 | |
| 69 | Truck Ride System | 80 | |
| 70 | Horror Square Attraction | 80 | |
| 71 | National Library | 504 | CIVIC CENTRE |
| 72 | Court of Appeal | 400 | |
| 73 | NEC | 252 | |
| 74 | COSTECH | 252 | |
| 75 | Community Halls | 252 | |
| 76 | Theatre | 252 | |
| 77 | National Museum | 252 | |
| 78 | Art Gallery & Cultural Centre | 160 | |
| 89 | Registrar of Political Parties | 160 | |

| No. | Government city 特別負荷 | 容量(kW) | 用途 |
|-----|-----------------------------|----------------|-------------------|
| 80 | Open space with food Palou | 252 | PUBLIC FACILITIES |
| 81 | Future Use plot | 400 | |
| 82 | Hospital | 640 | |
| 83 | Control Centre | 252 | |
| 84 | Police Post | 400 | |
| 85 | One Stop Service Centre | 200 | |
| 86 | Post Office | 252 | |
| 87 | International School | 160 | WATER STATION |
| 88 | WASTE WATER TREATMENT | 252 | |
| 89 | WASTE WATER PUMPING STATION | 400 | |
| | sub-total (kW) | 100,080 | |
| | sub-total (MW) | 100.08 | |

[出所] TANESCO データを基に調査団作成

(2) 電力需要の伸び率

ドドマ州内における需要想定は、PSMP2016のLOWケースによる需要の伸び率を基に検討し、特別負荷を加算し算出した。なお、表4-2.9に想定電力需要伸び率の比較を示す。本表は、TANESCOの想定値との比較を容易にするため、TANESCOの想定期間と合わせており、特別負荷は加算していない需要の伸び率を示している。なお、PSMP2016においては各地域の電力需要を家庭用需要及び産業用需要の2つにて構成している。家庭用需要の予測項目については地域別人口予測、電化率予測、電気利用者数見通し、実績地域別電力消費、一人当たり/地域別電力消費量見通しが含まれる。また産業電力需要の予測項目は工業部門GDP実績、地域別構成比(将来分含む)、大規模プロジェクトの電力消費、金鉱山の電力消費を含む。至近年以外の個別需要を積みあげているわけではなく、TANESCO想定値とはアプローチの手法が異なることから、需要の伸び率については相違がある。

表 4-2.9 想定電力需要伸び率の比較

| 年 | PSMP2016 LOW ケースによる 需要の伸び率 | TANESCO 想定値 |
|-----------|-------------------------------|-------------|
| 2019-2022 | 8% | 9% |
| 2023-2037 | 7.8% | 7% |
| 2038-2047 | 6.4% | 5% |

[出所] TANESCO データ及び調査団作成

(3) 電力需要想定

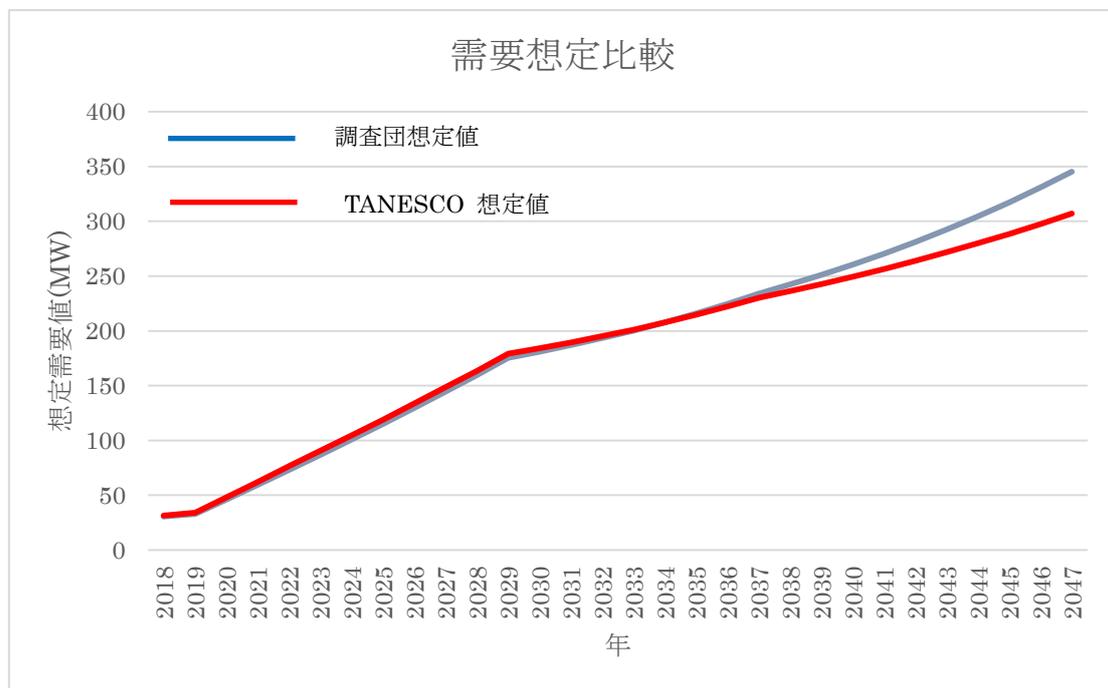
上述までの検討条件を基に、各年次におけるピーク需要値を算出する。なお、ピーク需要計算の緒言となる現状値は、2018年ピーク需要実績値：30.6MW(2018年11月28日に記録)とした。

4-2-3 検討結果

電力需要想定を、表 4-2.10 に示す。なお、本表は、特別負荷を加算した需要を示している。

表 4-2.10 電力需要想定

| (MW) | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|-------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 調査団想定値 | 30.6 | 33.0 | 46.16 | 59.489 | 73.0 | 86.791 | 100.8 | 115.1 | 129.6 | 144.5 |
| TANESCO 想定値 | 31.4 | 34.2 | 48.1 | 62.2 | 76.6 | 90.6 | 104.7 | 119.0 | 133.6 | 148.5 |
| (MW) | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
| 調査団想定値 | 159.8 | 175.4 | 181.0 | 186.9 | 193.4 | 200.3 | 207.8 | 215.9 | 224.6 | 234.0 |
| TANESCO 想定値 | 163.6 | 179.1 | 184.1 | 189.4 | 195.1 | 201.2 | 207.7 | 214.7 | 222.2 | 230.2 |
| (MW) | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 |
| 調査団想定値 | 242.3 | 251.1 | 260.5 | 270.5 | 281.1 | 292.5 | 304.5 | 317.3 | 330.9 | 345.4 |
| TANESCO 想定値 | 236.3 | 242.7 | 249.5 | 256.5 | 264.0 | 271.8 | 280.0 | 288.6 | 297.6 | 307.1 |



上記の結果より 2047 年断面での想定需要については、TANESCO 想定値よりも 12%程度上回る見通しとなった。表 4-2.10 にドドマ州の PSMP2016 の Low ケースでの想定電力量及び 2018 年断面までの実績値の比較表を示す。

表 4-2.11 電力需要量の想定値と実績値

| (GWh) | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2018/14 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 実績値 | 68 | 79 | 83 | 86 | 94 | 105 | 115 | 137 | 154 | 172 | 184 | 12% |
| PSMP 想定値 | - | - | - | - | - | - | 146 | 162 | 170 | 184 | 202 | 8% |

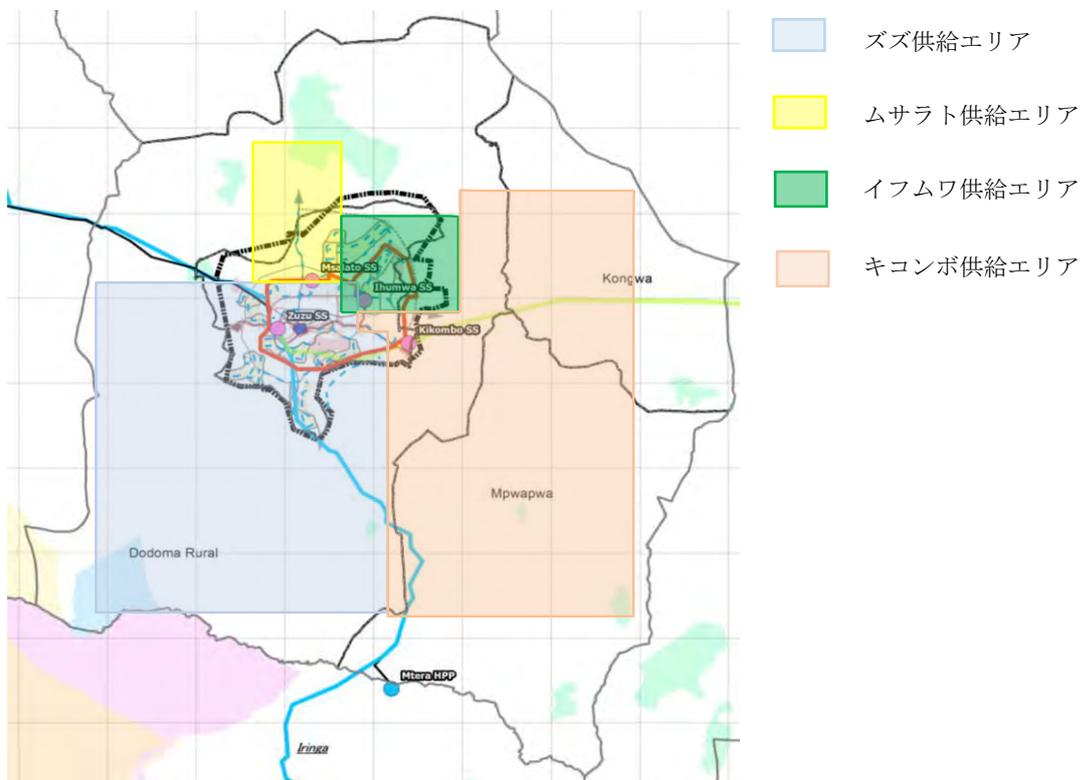
至近年での電力需要量の伸びは顕著であり、PSMP2016 想定よりも 1 年程度の遅れで推移している。また、ドドマ州内各配電用変電所 3 箇所（タウン、ムナダニ、ムザクウェ変電所）では変圧器増強工事及び配電線拡張・増強工事が進められており、今後電力需要の自然増は堅調に進んでいくものと思われる。以上より PSMP2016 Low ケースによる検討が妥当であると判断した。

4-2-4 変電所への負荷配分

(1) 負荷配分の諸条件

前項までの需要想定結果を基に、開発が想定される変電所への負荷配分を行う。変電所については開発パターンの Base ケースにて想定される下記にて検討を行った。

| | |
|---------|---|
| イフムワ変電所 | 政府官庁街への電力供給 ドドマ東部、南部エリアへの電力供給 |
| ズズ変電所 | ドドマ中心部への電力供給 新設工業地帯への電力供給（ドドマ西部） |
| ムサラト変電所 | ドドマ北部エリアへの電力供給 新設国際空港及び経済特区エリアへの電力供給 |
| キコンボ変電所 | ドドマ東部、南部エリアへの電力供給 |



[出所] 調査団作成

図 4-2.1 各変電所電力供給想定エリア

(2) 負荷配分の基本的な考え方

- ズズ変電所以外のイフムワ変電所、ムサラト変電所、キコンボ変電所は 2025 年運開とする。
- 既設ズズ変電所より供給されるフィーダー負荷については 2025 年以降、供給エリアごとに 3 変電所に配分する。配分割合は、2018 年 11 月 28 日時点でのフィーダー負荷配分割合とした。その結果、各変電所へのフィーダー負荷配分は下記の通りとなった。

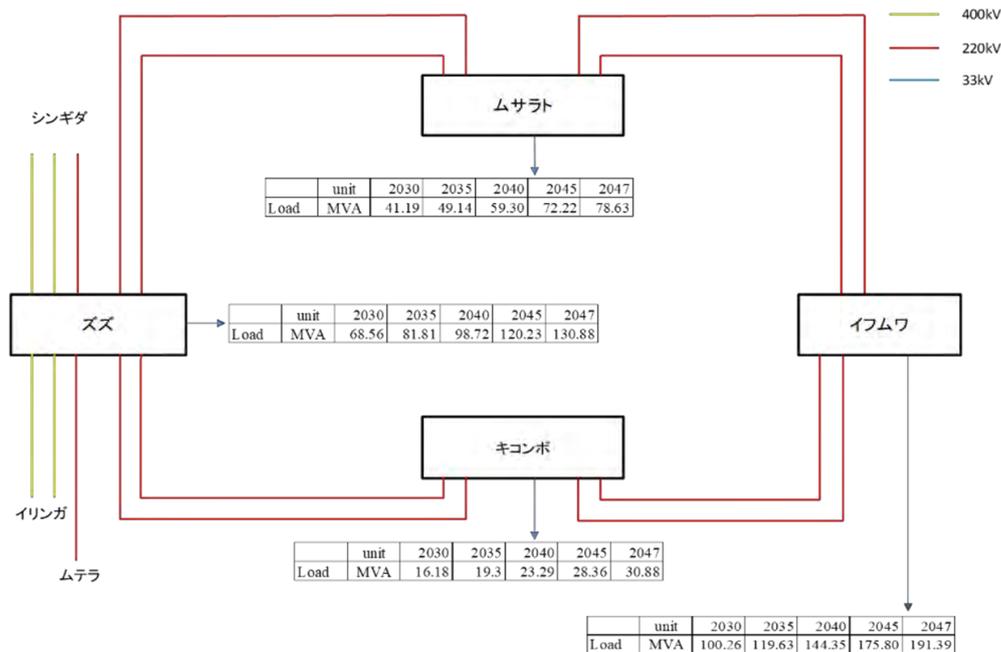
| フィーダー名称 | 振分け先の変電所 | 備考 |
|---------------|--------------------|---------|
| Town feeder | ズズ 変電所 | |
| Inter connect | ズズ 変電所 | |
| Mzakwe | ムサラト変電所 | |
| Mnandani | ムサラト変電所 | |
| Chamwino | イフムワ変電所 キコンボ変電所 | 50%ずつ按分 |
| Mpwapwa | イフムワ変電所 キコンボ変電所 | 50%ずつ按分 |
| Bahi | ズズ 変電所 | |

- 首都機能移転に伴う特別負荷については各変電所に割振る。
各変電所への特別負荷の配分については供給エリアを考慮し下記の通りとした。
なお、2020年~2024年まではズズ変電所に、2025年の変電所建設以降はムサラト変電所、イフムワ変電所へ負荷配分を行っている。

| 特別負荷 | 2020-2024 | 2025 以降 |
|-----------------|-----------|---------|
| Industrial | ズズ 変電所 | ズズ 変電所 |
| TPDF quarters | ズズ 変電所 | ズズ 変電所 |
| EPZ | ズズ 変電所 | ムサラト変電所 |
| Airport | ズズ 変電所 | ムサラト変電所 |
| Dry port | ズズ 変電所 | イフムワ変電所 |
| Marshaling yard | ズズ 変電所 | イフムワ変電所 |
| State house | ズズ 変電所 | イフムワ変電所 |
| Butcher | ズズ 変電所 | イフムワ変電所 |
| Quarters 40000 | ズズ 変電所 | イフムワ変電所 |

(3) 負荷配分結果

負荷配分結果は表 4-2.12 に、また、図 4-2.2 に年度毎の変電所負荷配分を示す。



[出所] 調査団作成

図 4-2.2 年度毎での変電所負荷配分

表 4-2.12 各変電所負荷配分結果

Zuzu

| Load | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Town | 7.49 | 8.09 | 8.73 | 9.43 | 10.17 | 10.97 | 11.83 | 12.76 | 13.76 | 14.84 | 16.00 | 16.51 | 17.05 | 17.64 | 18.28 | 18.96 | 19.70 | 20.49 | 21.35 | 22.11 | 22.91 | 23.77 | 24.68 | 25.65 | 26.68 | 27.78 | 28.95 | 30.19 | 31.52 |
| Inter connect | 6.04 | 6.52 | 7.04 | 7.61 | 8.20 | 8.85 | 9.54 | 10.29 | 11.10 | 11.97 | 12.91 | 13.32 | 13.76 | 14.23 | 14.74 | 15.29 | 15.89 | 16.53 | 17.22 | 17.83 | 18.48 | 19.17 | 19.91 | 20.69 | 21.52 | 22.41 | 23.35 | 24.35 | 25.42 |
| Mzakwe | 2.21 | 2.39 | 2.58 | 2.79 | 3.01 | 3.24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mwandani | 4.87 | 5.26 | 5.68 | 6.13 | 6.62 | 7.14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Chamwino | 4.33 | 4.68 | 5.05 | 5.46 | 5.89 | 6.35 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mpwapwa | 7.41 | 8.00 | 8.64 | 9.33 | 10.06 | 10.85 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bahi | 0.68 | 0.74 | 0.80 | 0.86 | 0.93 | 1.00 | 1.08 | 1.16 | 1.25 | 1.35 | 1.46 | 1.50 | 1.55 | 1.61 | 1.67 | 1.73 | 1.80 | 1.87 | 1.95 | 2.02 | 2.09 | 2.17 | 2.25 | 2.34 | 2.43 | 2.53 | 2.64 | 2.75 | 2.87 |
| Industrial | - | 2.16 | 4.32 | 6.48 | 8.64 | 10.80 | 12.96 | 15.12 | 17.28 | 19.44 | 21.60 | 22.28 | 23.02 | 23.81 | 24.67 | 25.59 | 26.59 | 27.66 | 28.82 | 29.84 | 30.93 | 32.08 | 33.31 | 34.62 | 36.01 | 37.49 | 39.07 | 40.75 | 42.54 |
| TPDF quarters | - | 0.12 | 0.24 | 0.36 | 0.48 | 0.60 | 0.72 | 0.84 | 0.96 | 1.08 | 1.20 | 1.24 | 1.28 | 1.32 | 1.37 | 1.42 | 1.48 | 1.54 | 1.60 | 1.66 | 1.72 | 1.78 | 1.85 | 1.92 | 2.00 | 2.08 | 2.17 | 2.26 | 2.36 |
| EPZ | - | 0.96 | 1.92 | 2.88 | 3.84 | 4.80 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Airport | - | 0.72 | 1.44 | 2.16 | 2.88 | 3.60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Dry port | - | 0.06 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Marshalling yard | - | 0.14 | 0.29 | 0.43 | 0.58 | 0.72 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| State house | - | 0.06 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Butcher | - | 0.06 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Quaters 40000 | - | 0.19 | 0.38 | 0.58 | 0.77 | 0.96 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Government City | - | 6.00 | 12.01 | 18.01 | 24.02 | 30.02 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total Capacity(MW) | 33.04 | 46.16 | 59.49 | 73.04 | 86.79 | 100.79 | 36.13 | 40.17 | 44.35 | 48.68 | 53.17 | 54.85 | 56.66 | 58.62 | 60.72 | 63.00 | 65.45 | 68.09 | 70.94 | 73.45 | 76.13 | 78.97 | 82.00 | 85.22 | 88.65 | 92.30 | 96.18 | 100.31 | 104.71 |
| Total Capacity(MVA) | 41.30 | 57.70 | 74.36 | 91.31 | 108.49 | 125.99 | 45.16 | 50.21 | 55.44 | 60.85 | 66.46 | 68.56 | 70.83 | 73.27 | 75.91 | 78.75 | 81.81 | 85.11 | 88.68 | 91.82 | 95.16 | 98.72 | 102.50 | 106.53 | 110.81 | 115.37 | 120.23 | 125.39 | 130.88 |

Msaloto

| Load | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EPZ | - | - | - | - | - | - | 5.76 | 6.72 | 7.68 | 8.64 | 9.60 | 9.90 | 10.23 | 10.58 | 10.96 | 11.37 | 11.82 | 12.29 | 12.81 | 13.26 | 13.74 | 14.26 | 14.80 | 15.39 | 16.01 | 16.66 | 17.37 | 18.11 | 18.90 |
| Airport | - | - | - | - | - | - | 4.32 | 5.04 | 5.76 | 6.48 | 7.20 | 7.43 | 7.67 | 7.94 | 8.22 | 8.53 | 8.86 | 9.22 | 9.61 | 9.95 | 10.31 | 10.69 | 11.10 | 11.54 | 12.00 | 12.50 | 13.02 | 13.58 | 14.18 |
| Mzakwe | - | - | - | - | - | - | 3.50 | 3.77 | 4.07 | 4.39 | 4.73 | 4.88 | 5.04 | 5.21 | 5.40 | 5.60 | 5.82 | 6.06 | 6.31 | 6.53 | 6.77 | 7.03 | 7.30 | 7.58 | 7.89 | 8.21 | 8.56 | 8.92 | 9.32 |
| Mwandani | - | - | - | - | - | - | 7.70 | 8.30 | 8.95 | 9.65 | 10.41 | 10.74 | 11.09 | 11.48 | 11.89 | 12.34 | 12.81 | 13.33 | 13.89 | 14.38 | 14.91 | 15.46 | 16.06 | 16.69 | 17.36 | 18.07 | 18.83 | 19.64 | 20.50 |
| Total Capacity(MW) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 21.27 | 23.83 | 26.46 | 29.16 | 31.94 | 32.95 | 34.04 | 35.21 | 36.48 | 37.84 | 39.32 | 40.90 | 42.62 | 44.13 | 45.73 | 47.44 | 49.26 | 51.19 | 53.25 | 55.45 | 57.78 | 60.26 | 62.90 |
| Total Capacity(MVA) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 26.59 | 29.79 | 33.07 | 36.45 | 39.93 | 41.19 | 42.55 | 44.02 | 45.60 | 47.30 | 49.14 | 51.13 | 53.27 | 55.16 | 57.16 | 59.30 | 61.57 | 63.99 | 66.57 | 69.31 | 72.22 | 75.32 | 78.63 |

Ihumwa

| Load | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dry port | - | - | - | - | - | - | 0.36 | 0.42 | 0.48 | 0.54 | 0.60 | 0.62 | 0.64 | 0.66 | 0.69 | 0.71 | 0.74 | 0.77 | 0.80 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 0.93 | 0.96 | 1.00 | 1.04 | 1.09 | 1.13 | 1.18 |
| Marshalling yard | - | - | - | - | - | - | 0.86 | 1.01 | 1.15 | 1.30 | 1.44 | 1.49 | 1.53 | 1.59 | 1.64 | 1.71 | 1.77 | 1.84 | 1.92 | 1.99 | 2.06 | 2.14 | 2.22 | 2.31 | 2.40 | 2.50 | 2.60 | 2.72 | 2.84 |
| State house | - | - | - | - | - | - | 0.36 | 0.42 | 0.48 | 0.54 | 0.60 | 0.62 | 0.64 | 0.66 | 0.69 | 0.71 | 0.74 | 0.77 | 0.80 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 0.93 | 0.96 | 1.00 | 1.04 | 1.09 | 1.13 | 1.18 |
| Butcher | - | - | - | - | - | - | 0.36 | 0.42 | 0.48 | 0.54 | 0.60 | 0.62 | 0.64 | 0.66 | 0.69 | 0.71 | 0.74 | 0.77 | 0.80 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 0.93 | 0.96 | 1.00 | 1.04 | 1.09 | 1.13 | 1.18 |
| Quaters 40000 | - | - | - | - | - | - | 1.15 | 1.34 | 1.54 | 1.73 | 1.92 | 1.98 | 2.05 | 2.12 | 2.19 | 2.27 | 2.36 | 2.46 | 2.56 | 2.65 | 2.75 | 2.85 | 2.96 | 3.08 | 3.20 | 3.33 | 3.47 | 3.62 | 3.78 |
| Government City | - | - | - | - | - | - | 36.03 | 42.03 | 48.04 | 54.04 | 60.05 | 61.94 | 63.99 | 66.20 | 68.58 | 71.14 | 73.91 | 76.90 | 80.12 | 82.95 | 85.97 | 89.18 | 92.60 | 96.24 | 100.11 | 104.23 | 108.62 | 113.28 | 118.25 |
| Chamwino | - | - | - | - | - | - | 3.42 | 3.69 | 3.98 | 4.29 | 4.63 | 4.78 | 4.94 | 5.11 | 5.29 | 5.49 | 5.70 | 5.93 | 6.18 | 6.40 | 6.63 | 6.88 | 7.14 | 7.42 | 7.72 | 8.04 | 8.38 | 8.74 | 9.12 |
| Mpwapwa | - | - | - | - | - | - | 5.85 | 6.31 | 6.80 | 7.34 | 7.91 | 8.16 | 8.43 | 8.72 | 9.04 | 9.38 | 9.74 | 10.13 | 10.56 | 10.93 | 11.33 | 11.75 | 12.20 | 12.68 | 13.19 | 13.74 | 14.31 | 14.93 | 15.58 |
| Total Capacity(MW) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 48.40 | 55.65 | 62.95 | 70.32 | 77.75 | 80.21 | 82.86 | 85.71 | 88.80 | 92.12 | 95.70 | 99.57 | 103.74 | 107.41 | 111.32 | 115.48 | 119.91 | 124.62 | 129.63 | 134.97 | 140.64 | 146.68 | 153.11 |
| Total Capacity(MVA) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 60.50 | 69.56 | 78.69 | 87.90 | 97.19 | 100.26 | 103.57 | 107.14 | 110.99 | 115.15 | 119.63 | 124.46 | 129.67 | 134.26 | 139.15 | 144.35 | 149.88 | 155.77 | 162.04 | 168.71 | 175.80 | 183.36 | 191.39 |

Kikombo

| Load | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Chamwino | - | - | - | - | - | - | 3.42 | 3.69 | 3.98 | 4.29 | 4.63 | 4.78 | 4.94 | 5.11 | 5.29 | 5.49 | 5.70 | 5.93 | 6.18 | 6.40 | 6.63 | 6.88 | 7.14 | 7.42 | 7.72 | 8.04 | 8.38 | 8.74 | 9.12 |
| Mpwapwa | - | - | - | - | - | - | 5.85 | 6.31 | 6.80 | 7.34 | 7.91 | 8.16 | 8.43 | 8.72 | 9.04 | 9.38 | 9.74 | 10.13 | 10.56 | 10.93 | 11.33 | 11.75 | 12.20 | 12.68 | 13.19 | 13.74 | 14.31 | 14.93 | 15.58 |
| Total Capacity(MW) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.27 | 10.00 | 10.79 | 11.63 | 12.54 | 12.94 | 13.37 | 13.83 | 14.33 | 14.86 | 15.44 | 16.06 | 16.74 | 17.33 | 17.96 | 18.63 | 19.35 | 20.11 | 20.91 | 21.78 | 22.69 | 23.67 | 24.70 |
| Total Capacity(MVA) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11.59 | 12.50 | 13.48 | 14.54 | 15.68 | 16.18 | 16.71 | 17.29 | 17.91 | 18.58 | 19.30 | 20.08 | 20.92 | 21.6 | | | | | | | | | |

4-3 系統計画

4-3-1 検討概要

ドドマ首都 MP に記載の基本系統計画（3-3 章記載の Base ケース）は、ズズ変電所を起点／終着点とした 220kV2 回線（同一鉄塔に 2 回線架線）送電線でムサラト、イフムア、及びキコンボの 3 変電所を中継した環状系統を構成することで計画されている。ここでは系統計画における基本方針を定め、想定された将来需要に対して基本系統計画が妥当な系統構成であることの確認をするとともに必要に応じてより良い系統構成となるよう提案するものである。

4-3-2 検討条件

（1） 系統計画における基本方針

ドドマ首都圏への電力供給のための送電系統計画における基本計画の確認や提案においては以下の基本方針を考慮して実施する。

1) 政府官庁街への電力供給に高い信頼性を確保

官庁街への電力はイフムア変電所からの配電供給となるので、イフムア変電所への電力供給を第一優先として考える。

2) 高品質の電力供給（電圧、停電回数・時間）

供給電力の品質を維持するため、電圧の維持はもとより、停電可能性の低減と停電が発生した場合でも短時間での復旧が可能なような考慮を行う。

3) 救援可能な構成

系統上の設備の事故発生や保守停止等の不足事態（N-1）を考慮した救援系統での電力供給が可能なような構成とする。この救援系統は重要度や需要の伸びも考慮した妥当な設備とする。（単純に同一設備の多重化に限定しない。）

4) 30 年を目標とする長寿命設備

一旦建設した設備は、想定外の需要の増加が無い限り 30 年を目標とした使用に耐える容量を確保したものを選定し、容量不足による更新が起こらないように計画する。但し、需要増に応じて変電所内で追加設置の対応可能な設備（変圧器など）は適切な時期に増設対応することで初期投資を抑える。

5) 適切な仕様の設備

需要容量に適した電圧階級の選定、更には上述 4) で記載のように需要増に伴う変電所内の増設で対応できる設備は適切な時期に適切な容量の機器の導入などを考慮する。

6) 経済的

初期投資額はもちろん、保守・運用経費も考慮して経済的な選択となるように検討する。

7) 低損失

低損失機器の選択が可能なものは運用費を含めた経済性も考慮して採用・提案を行う。

(2) 各変電所の役割

4-2-4 章の変電所への負荷配分で既に述べたが、各変電所が供給する需要を把握して重要度を判断する必要がある。また都市開発のステップに応じた送配電設備の開発も必要となるため各変電所の電力供給役割について再掲する。

表 4-3.1 ドドマ市街各変電所の電力供給役割

| 変電所 | 電力供給 | 備考 |
|---------------|---|--|
| イフムワ変電所 | 政府官庁街への電力供給 ドドマ東部、南部エリアへの電力供給 | 政府官庁街の優先度極高 |
| ズズ変電所 (既設) | ドドマ中心部への電力供給 新設工業地帯への電力供給 (ドドマ西部) | ・環状系統への供給元 ・配電用変圧器容量： 60MVA (既設) + 250MVA (増設中) |
| ムサラト変電所 | ドドマ北部エリアへの電力供給 新設国際空港及び経済特区エリアへの電力供給 | 新空港と経済特区需要増 加見合いで必要時期の見 極め |
| キコンボ変電所 | ドドマ東部、南部エリアへの電力供給 | 電圧維持対策が急務 |

[出所] 調査団作成

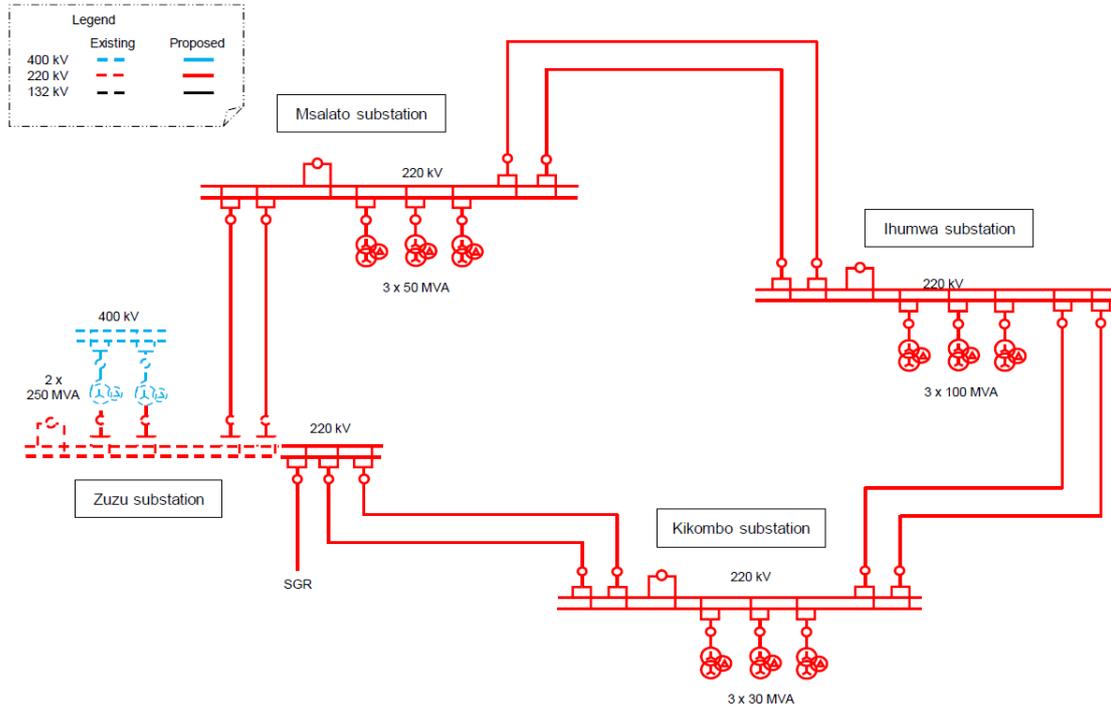
4-3-3 検討結果と提案

(1) 環状系統の電圧階級検討

ドドマ首都 MP の基本計画では、220kV の電圧階級が選定されているが、想定された需要では 132kV 電圧の採用も可能と判断されるため、適切な電圧階級について検討した。系統形態は、放射状と環状の 2 種の形態が考えられ、夫々で送電線の確保すべき容量の考え方が異なるが、今回のドドマ首都 MP での開発計画に確保されている送電ルートは、環状用に適しており環状系統構成での送電線導体容量を確保する。

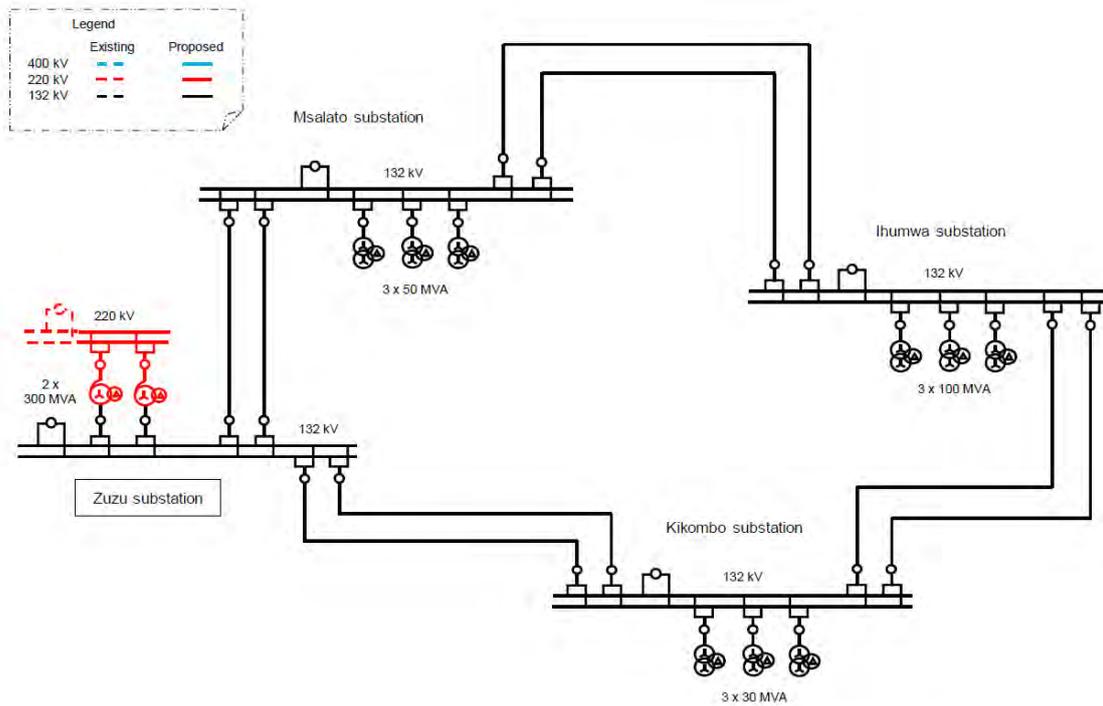
環状系統の場合、1 箇所の送電線停止で、停止箇所を回避するルートで環状内の全変電所の負荷に対する供給を行う必要がある。特に今回のドドマ首都圏のズズ変電所のケースのように一箇所からの電力供給の場合は、系統内負荷の全容量に近い容量¹を輸送可能な容量の導体を用いる必要がある。前述の需要想定では、2047 年に約 400MVA の需要を賄う必要があるため導体は 300MVA 以上が確保可能なものを TANESCO 標準導体から選定した。基本計画 (Base ケース) の送電線を 220kV で構成した場合と 132kV で構成した場合の概略系統図を図 4-3.1 と図 4-3.2 に示す。132kV で構成した場合は、現在 132kV 系統のない地域なので、全電力供給元であるズズ変電所に大容量の 220/132kV 変圧器と 132kV 開閉設備が追加が必要となる。この条件で経済性を主体に比較検討した結果を表 4-3.2 に示すが、運用面の費用まで考慮するとドドマ首都圏の Base ケース系統の場合は、220kV 採用が圧倒的に有利であることが判明した。

¹ 「全容量に近い容量」とは、正確には (当該環状系統内全負荷容量 - 供給元変電所から供給負荷容量)



[出所] 調査団作成

図 4-3.1 220kV 採用の概略系統図



[出所] 調査団作成

図 4-3.2 132kV 採用の概略系統図

表 4-3.2 220kV と 132kV の系統電圧での比較

| 項目 | 220kV | | 132kV | |
|--------------|---------------------------------------|----------|--|--|
| 送電線導体 | ACSR 564mm ² (Bluejay) 単導体 | | ACSR 242mm ² (Hawk) 複導体 | |
| 変電所 (変圧器) | イフムア | 220/33kV | イフムア | 132/33kV |
| | ムサラト | 220/33kV | ムサラト | 132/33kV |
| | キコンボ | 220/33kV | キコンボ | 132/33kV |
| | ズズ (既設) | 増設無し | ズズ (既設) | 220/132kV、300MVA 2 台増設 132kV 開閉設備増設 |
| 建設費用 | 1 (基準) | | 1 (基準と同等) 132kV 設備単価は安価だが、ズズ変電所の大型変圧器と 132kV 開閉設備費用で同等となる。 | |
| 系統損失 | 1 (基準) | | 約 5 | |
| 結果 | ◎ | | △ | |

[出所] 調査団作成

(2) 132kV 系統電圧採用が適した需要検討

需要の伸びが少ない場合の 132kV 系統電圧採用に見合う需要規模について検討を行った。Base ケースで想定需要が微減していく場合は、系統構成設備に変更が無く、変圧器容量のみが減少していくので、ズズ変電所の 220/132kV 変圧器容量の購入価格減が主たる初期費用低減項目となる。ここでは、ズズ変電所の変圧器容量を 300MVA (基準) →275MVA→250MVA→225MVA→200MVA→175MVA→150MVA と減少させ、その変圧器容量見合いの需要が 2047 年に必要という前提で、系統の損失量差 (132kV と 220kV) を 2025 年から年度展開積算し、損失によるコストが初期費用低減額に到達する年を計算した。175MVA→150MVA に容量が低下するポイントでは、132kV 送電線の導体が複導体から単導体で対応可能となるので、その分の初期費用低減額を追加考慮した。また、Base ケースでは送電線は 2 回線で環状系統構成であるが、1 回線構成時についても比較検討を行った。なお、損失量 (Wh) からコスト (USD) を算出する際には、電力価格を 0.1USD/kWh として計算した。

表 4-3.3 220kV が経済的に有利となるまでに必要な到達年数

| 変圧器容量 (MVA) | 2 回線系統での到達年 () 内は経過年 | 1 回線系統での到達年 () 内は経過年 |
|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 300 | 2025 年 (0 年) | 2025 年 (0 年) |
| 275 | 2028 年 (3 年) | 2028 年 (3 年) |
| 250 | 2032 年 (7 年) | 2030 年 (5 年) |
| 225 | 2035 年 (10 年) | 2033 年 (8 年) |
| 200 | 2039 年 (14 年) | 2037 年 (12 年) |
| 175 | 2044 年 (19 年) | 2041 年 (16 年) |
| 150 | 2048 年以降 | 2048 年以降 |

表 4-3.3 から判るように、回線数の違いにより損失量が異なるため 220kV が経済的に有利となる年度に差はあるが、到達年が必要想定期間を超える 2048 年以降となるズズ変電所の 220/132kV 変圧器容量が 150MVA で十分な需要点が 132kV を採用する一つの指針と言える。力率を考慮すると有効電力 120MW となり、ズズ変電所からの配電供給分はプラスアルファ可

能なことを考慮すれば、ドドマ首都圏系統の場合 150～200MW が 132kV と 220kV の電圧階級区分の境界点と判断できる。したがって、たとえ将来需要が現状の需要想定値よりも下振れしても 2047 年で 150MW 以上であれば 220kV 系統電圧採用がライフサイクルコストの観点から優位である。

(3) 信頼性確保の考え方

基本方針で記載したとおり政府官庁施設のある首都圏への電力供給は、一般の地域に比較してより高い信頼性を確保した電力供給が必要と判断される。系統計画における信頼性確保について検討した。

1) 送電線

Base ケースでは同一鉄塔併架 2 回線送電線で環状系統を構成している。この構成は、ズズ変電所を除いた環状系統内の全ての変電所（ムサラト、イフムア、キコンボ）に対して 2 箇所の送電線停止の不足状態（N-2）でも供給支障が起こらない高信頼性確保系統である。これは停電の心配をせずに保守停止が可能である上、将来的に想定以上の需要の伸びを示したとしても増容量電線への交換工事さえ容易にできる系統であり非常に運用性が高い。調査団としては、この系統構成を一度に建設するのではなく、ドドマ首都 MP の開発ステップに沿って段階的な建設プロジェクトとして開発していくのが初期投資額も抑えられ現実的と考えている。したがって段階的な建設プロジェクトが、信頼性（N-1）を確保しながら需要増見合いで進められていった最終形態が上述の理想的な高信頼度系統構成となるものと理解している。

ここで、同一鉄塔併架 2 回線送電線について事故発生の可能性から考察すると、鉄塔への一雷撃で併架されている 2 回線が同時に事故となり 2 回線共に遮断される（一原因での 2 回線同時遮断）可能性があるため、併架されている 2 回線送電線が完全に多重化がされていることにはならない。一原因で 2 回線同時遮断現象を避けるためには、別ルート（鉄塔の共用無し）の 2 回線の送電線を建設する必要がある。例えば、第 1 ステップとしてイフムア変電所を建設するケースを想定すると、同一鉄塔併架 2 回線送電線で北回りまたは南回り送電線を建設するか、1 回線ずつの北回りと南回り送電線を建設する方法があるが、後者の方が高信頼性の確保が可能となるという事である。また、直接的に信頼性確保とは関係が無いが、首都圏の発展に伴い各種施設が建設されることで、ダルエスサラームで経験したように新しい送電線ルートの確保が難しくなることが予想されるため、早期の送電線通行権確保の観点からも北回りと南回りの送電線を建設することが推奨される。

同一鉄塔併架 2 回線送電線を採用する場合は、送電用避雷装置（ギャップ付き避雷器）を 1 回線の各鉄塔に設けることで同時 2 回線事故停止を非常に高い確率で避けることが可能となるので、この方式を採用することが推奨される。送電線避雷装置については 5 章で詳述する。

現在の環状系統は、ズズ、ムサラト、イフムア及びキコンボの 4 箇所の変電所を結ぶ亘長約 160km の送電線で計画されているが、ドドマ首都圏の高信頼度の電力供給という第一優先項目を確保するために、将来的にも環状送電線を広げて延長しないことが強く推奨される。送電線の事故率は送電線亘長に比例して高くなるので、首都圏外部の需要地への電力供給を計画

する場合には環状送電線から分岐するのではなく、変電所の母線から開閉設備を介して送電線を引き出すことで計画して頂きたい。3-3 章での系統構成オプション選択の議論を参照願う。

2) 変圧器

変圧器についても不足状態（N-1）での安定供給を確保するために、変電所に複数台設置することで計画する。変圧器は変電所計画の中で適切な設計をしておけば、変電所敷地内の増設は容易であるので初期に長期先の容量を確保する必要はなく需要の伸びに応じた投資にて対応ができる。

変圧器設置の基本方針として、30 年後の変電所の最終形態として、変圧器 3 台を設置するものとする。具体的には 1 台で 15 年程度の需要に見合う容量の変圧器を 2 台初期段階で設置し、3 台目を 1 台の変圧器で賄うことが不可能となる寸前に増設する計画とする。つまり、1 台停止状態の 2 台で 30 年後の需要に対応できる設備構成とすることを目標とする。詳細は 4-5 章の変電設備計画を参照願う。

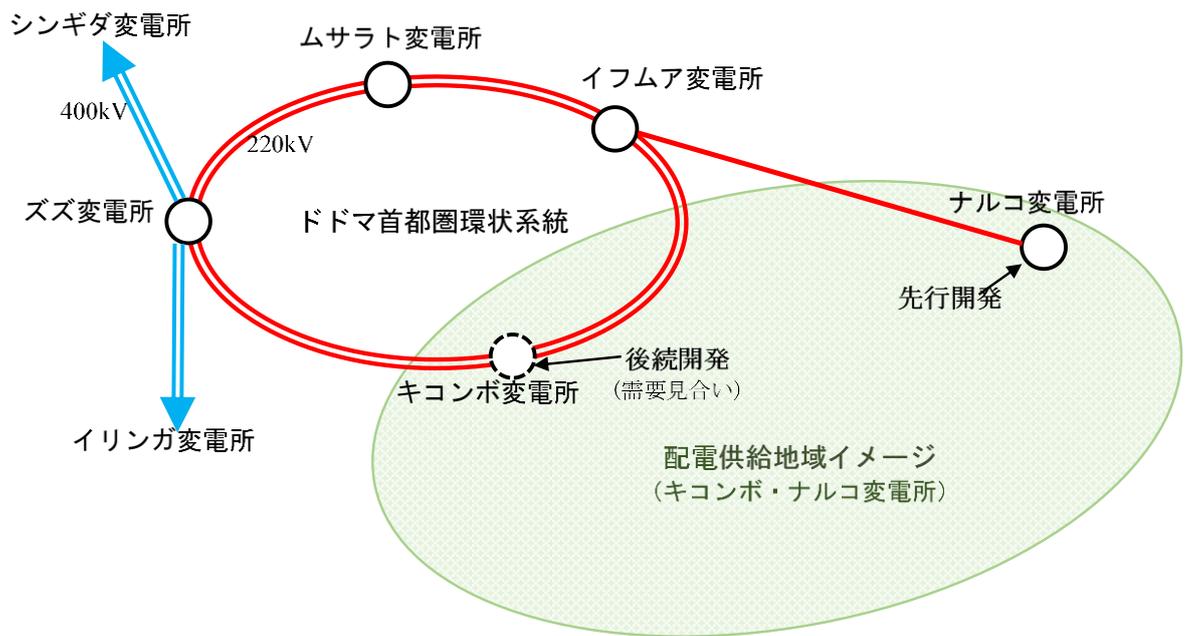
ここで述べている変圧器は 220/33kV 変圧器で、配電線供給用となるが、上述のとおり常に 1 台分の変圧器容量が余裕として確保できることになる。この余裕分は、隣接する変電所からの配電線での保守や故障時などに救援用として利用し電力供給することが可能となる。したがって 33kV 配電網計画においても高信頼度確保の観点で、隣接変電所同士の配電線接続と系統切り替えが可能となる開閉器を配電線路に適当な間隔で設置すると同時に、配電用指令所からの監視制御が可能のように計画することが重要である。

(4) ナルコ変電所の対応

1) ナルコ変電所とキコンボ変電所の取り扱い

3-3-2 で記載のオプション-5 は、ドドマの東部・南部地域への電力供給で現在既に問題となっている電力品質維持を解決するために提起された、キコンボ変電所から送電線を引き出しナルコ変電所に供給する案である。

ここで、キコンボ変電所の役割を再確認すると、4-2-4 で記載のとおり、ドドマ東部、南部地域への電力供給となっており同一である。オプション-1 の提案時もキコンボ変電所の代わりにナルコ変電所が存在している。そこで調査団としては、新しい案としてイフムア変電所から送電線を引き出しナルコ変電所に接続し、ドドマ東部・南部地域への供給をここから開始する案を提案する。キコンボ変電所は、ドドマ首都圏と首都圏近隣の東部・南部地域の開発が進み需要が伸び、電力品質の観点でそこに電力供給箇所の必要性が発生した時点で建設することで計画する。つまり、まずナルコ変電所を建設し需要の伸びとその地域性を判断して後からキコンボ変電所を建設するという順序である。



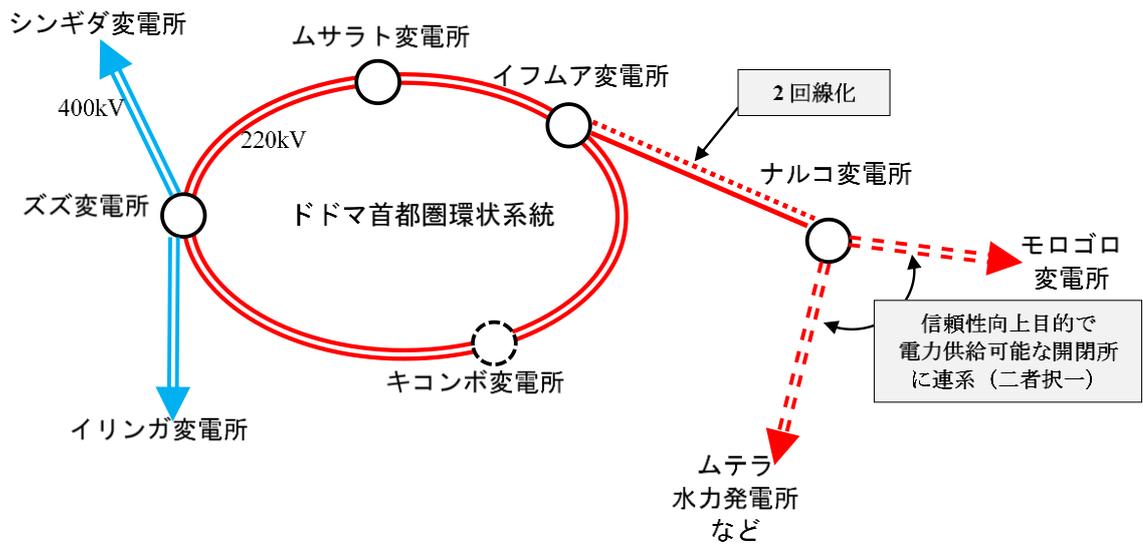
[出所] 調査団作成

図 4-3.3 調査団提案のナルコ変電所接続系統構成

2) ナルコ変電所への送電線

ナルコ変電所の電力供給は上述のとおり、ドドマ東部・南部地域であるが、需要想定によると 2047 年時点でも 40MVA 程度である。この負荷への供給であれば TANESCO 標準仕様の 132kV 階級の送電線導体 Wolf (ACSR150mm²)、Hawk (ACSR 242mm²) の運用定格容量が夫々 74MVA、121MVA であるので 132kV 送電線で接続することが妥当である。送電線の距離は、イフムア変電所から約 80km、キコンボ変電所からでも約 50km とかなり長距離になるので電圧降下の観点から 132kV よりも下位階級の電圧を選定するのは好ましくない。

ドドマ首都圏環状系統における信頼性の面からの課題は、電力供給元がズズ変電所の 1 箇所だけである点である。個別設備は N-1 不足状態を考慮した対応が可能であるが、変電所自体の緊急事態発生時にドドマ地区の電力供給に支障が出るのが予想されるので、ドドマ首都圏環状系統としてズズ変電所以外の変電所への外部電力供給が可能なるように対処しておくべきである。ナルコはドドマから東側に位置しモロゴロ側になるので将来的に、大型水力発電所と連系されているモロゴロ変電所への接続を計画しておくことが有効と考えられる。代替案としては 3-3-2 のオプション-2 や 4 で提案された南側のムテラ水力発電所などへの接続も考えられる。このドドマ首都圏環状系統の救援送電線建設方針が決定されれば、イフムア変電所（もしくはキコンボ変電所）からのナルコ変電所への送電線は 300MVA を超える容量を持つ必要があり長距離輸送が要求されるため 220kV の電圧階級 (Bluejay 単導体使用) を採用することが要求される。この場合、ナルコ変電所までの接続時は 1 回線 (2 回線鉄塔で 1 回線のみ架線) とし、ドドマ首都圏環状系統への電力供給線としてモロゴロ変電所などと連系する際に 2 回線目の架線を行うことが推奨される。



[出所] 調査団作成

図 4-3.4 ナルコ変電所を利用した環状系統供給信頼性向上系統構成案

ズズ変電所からの東側地域向けの 33kV 配電線については、ナルコ変電所完成後はイフムア変電所（またはキコンボ変電所）以東部分については起点を当該変電所 33kV 系統に接続変更し運用継続することを推奨する。こうすることで配電線亘長が短くなり、かつ、ズズ変電所近傍の負荷が当該配電線から除外されるので電圧降下が軽減され、ナルコ変電所からの配電網の救援機能を持つことが可能となる。

4-4 送電設備計画

4-4-1 検討手順

送電設備計画を立案するための検討手順を表 4-4.1 に示す。

表 4-4.1 検討手順

| | 手順 | 調査・検討項目 |
|----|------------------------|---|
| 1) | 法規制箇所、土地利用制約箇所および範囲の確認 | 下記箇所を含め、計画地点付近の環境影響配慮箇所がないか調査する。 森林保護区、国立公園、野生動物保護区、重要野鳥生息地、文化遺産、鉱山・採石地、既存設備（住宅・空港・工場・送電線等）、都市開発計画（空港近隣高さ規制箇所、宅地予定地、工場計画地） |
| 2) | 机上ルート確認 | 地図に概略の起点、終点を記入し、法令規制区域、開発地域、Wayleave 範囲等を確認する。 |
| 3) | 周辺環境調査 | 風、雷等の自然災害の影響について調査する。 |
| 4) | 現地調査 | 机上ルートの実態について調査する。既設送電線および他の新設送電線計画との干渉がないか確認する。 |
| 5) | 机上精査 | 現地調査結果の集約、ルート修正の要否を確認する。 |
| 6) | ルートの決定 | 机上・現地調査、その他要配慮事項からルートを決定する。 |

[出所] 調査団作成

4-4-2 検討結果と提案

(1) 検討結果

上記表 4-4.1 に基づいた既存の送電設備計画検討結果を以下に示す。

1) 法規制箇所、土地利用制約箇所および範囲の確認

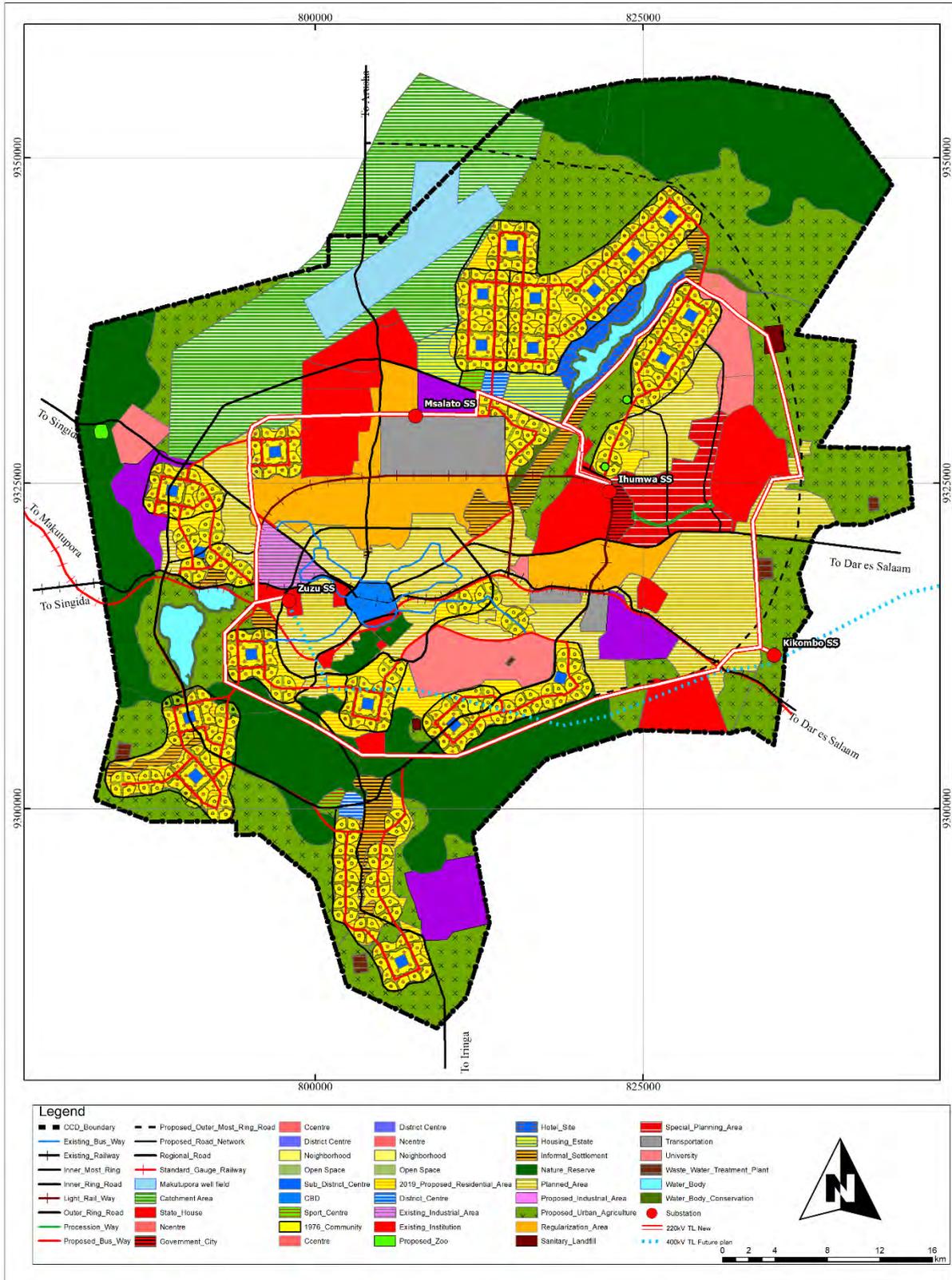
TANESCO およびドドマ市議 [CCD (City Council Dodoma)] から聞取りを実施し、法規制箇所および土地利用制約箇所にかかる範囲を確認した。法規制箇所については、特に該当するものはなかった。ドドマ市議から受領した土地計画開発図を図 4-4.1 に示す。

2) 机上ルート確認

表 4-4.2 に TANESCO から聞き取った Wayleave 範囲を示す。ドドマ市議から入手した土地開発計画を考慮すると官庁街、住居予定地の通過箇所は制約がかかる可能性がある。

TANROADS により定められている道路保全区域を表 4-4.3 に示す。

DODOMA NATIONAL CAPITAL CITY MASTER PLAN
 PROPOSED LAND USE PLAN 2019-2039 WITH PROPOSED POWER SYSTEM BASE CASE



[出所] ドドマ市議から入手した土地利用計画図を元に調査団作成

図 4-4.1 土地利用計画図

表 4-4.2 電圧区分ごとの Wayleave 範囲

| 電圧階級 | Wayleave 範囲 |
|-------|----------------|
| 400kV | 52m (片側 26.0m) |
| 220kV | 35m (片側 17.5m) |
| 132kV | 27m (片側 13.5m) |
| 66kV | 18m (片側 9.0m) |

※Wayleave 範囲は、回線数によって変更しない
 [出所] TANESCO からの聞き取り

表 4-4.3 道路保全区域

| 道路種別 | 道路保全区域 |
|------------------|----------------------|
| 幹線道路および地方道 (1車線) | 道路中心から片側 30m 計 60m |
| 幹線道路および地方道 (2車線) | 道路中心から片側 30m 計 60m |
| 補助幹線道路 | 道路中心から片側 20m 計 40m |
| 林道 | 道路中心から片側 15m 計 30m |
| 生活道 | 道路中心から片側 12.5m 計 25m |

[出所] TANROADS 資料を元に調査団作成

3) 周辺環境調査

本来であれば、ドドマ首都圏で風速が増加する特殊地形箇所や風が収束されるような地形（稜線や谷間）の有無、地点毎の落雷実績等を考慮する必要があるが、所有のデータがなかったため、代替手段として、既設送電設備における事故実績を TANESCO より聞き取った。その結果、担当者の知る限り、風雷害による事故実績はないことを確認した。

4) 現地調査

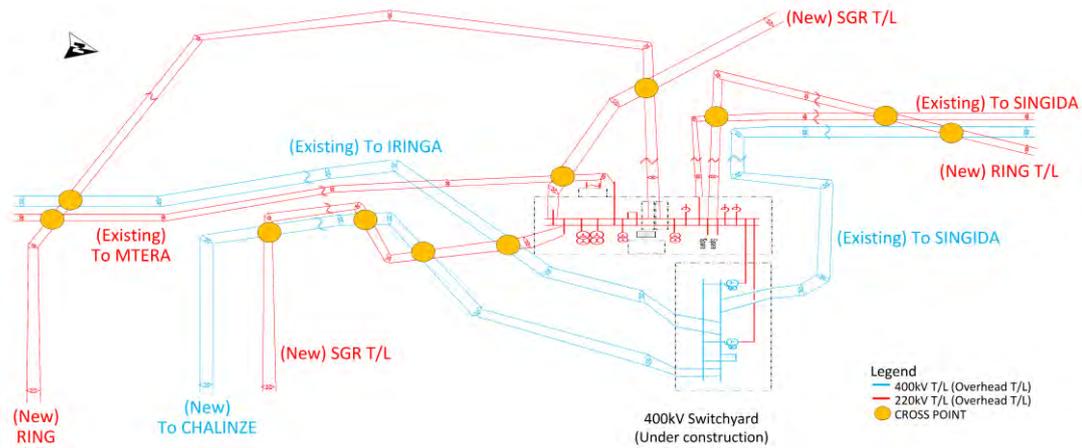
ズズ変電所に将来的に引き込まれる新設送電線は環状送電線 2 回線に加え、その他 3 線路が存在している。表 4-4.4 にドドマ首都圏を通過する今後の送電線新設計画を示す。組織間の連携がとれていないことに起因し、それぞれの計画が独立して進行しているため、既設送電線との交差だけでなく、新設送電線同士の交差も発生している。交差が発生すると、架空送電線路の場合、新設送電線路の高鉄塔化だけでなく、施工時における交差元送電線の全停電等の制約も発生する。維持管理上も停電制約が発生する可能性があるため、可能な限り避けるべきである。また、交差箇所を地中送電線路とする場合は、コストの増加が懸念される。既設送電線（ズズーシンギダ送電線）との相互離隔を考慮すると、環状送電線（ズズームサラト間）新設ルートは建設不可能な位置に設定されており、計画の見直しが必要である。現在計画されているドドマ首都圏を通過する新設送電線を図 4-4.2 に示す。これらとの相互干渉を避けるために、計画段階より協議し、調整を図る必要がある。

表 4-4.4 ドドマ首都圏を通過する送電線新設計画

| 電圧階級 | 回線数 | 送電線区間 | 運転開始予定 | 備考 |
|-------|------|----------|--------|----------|
| 400kV | 2 回線 | チャリンゼーズズ | 未定 | — |
| 220kV | 2 回線 | ズズームサラト | 未定 | 環状送電線 |
| 220kV | 2 回線 | キコンポーズズ | 未定 | 環状送電線 |
| 220kV | 1 回線 | イフムワ※ーズズ | 未定 | SGR 用専用線 |
| 220kV | 1 回線 | ズズーキグウェ | 未定 | SGR 用専用線 |

※ドドマ首都圏送電網のイフムワ変電所とは別の変電所

[出所] 調査団作成



[出所] 調査団作成

図 4-4.2 ズズ変電所周辺の送電線新設計画状況

5) 机上精査

表 4-4.5 に上記状況を考慮した懸案箇所を示す。

表 4-4.5 環状送電線建設計画懸案箇所

| 送電線区間 | 懸案箇所 | 懸案 |
|---------------|-------------------|--|
| ズズ -ムサラト | ズズ変電所から 2km 付近 | ・ 既設送電線との交差有 |
| | ズズ変電所から 2km 付近 | ・ 既設送電線との交差有 |
| | ズズ変電所から 6km 付近 | ・ 既設送電線との交差有 |
| | ムサラト変電所から 3km 付近 | ・ 住宅地通過 (A104 道路との交差付近) |
| | ムサラト変電所付近 | ・ 新設空港に隣接のため、空港建設計画の影響を受ける可能性有 ・ EPZ 計画区画に一部干渉している可能性有 |
| ムサラト -イフムワ | ムサラト変電所出口 | ・ 将来計画のバス用道路保全区域と干渉する可能性有 |
| | ムサラト変電所から 5km 付近 | ・ EPZ 区画に沿ったルートになっているため、迂回率が高い |
| | イフムワ変電所から 7km 付近 | ・ 住宅密集地通過 |
| | イフムワ変電所から 7km 以内 | ・ 官庁街の計画区画に沿ったルートになっていることに加え、官庁街開発計画変更の場合の影響を受けやすい ・ イフムワ変電所引込みのため、かなり南側に入り込んでおり、不経済なルート選定となっている ・ 運転開始後は官庁街となるため、その後の維持管理に伴う作業に制約が伴う可能性有 |
| イフムワ -キコンボ | イフムワ変電所から 7km 以内 | ・ 同上 |
| | イフムワ変電所から 23km 付近 | ・ 住宅密集地通過 |
| | キコンボ変電所から 23km 付近 | ・ 住宅密集地通過 (ムザンガ付近) |
| | キコンボ変電所から 17km 付近 | ・ 住宅密集地通過 (チャムウィーノ付近) ・ 運転開始後は市街地となるため、その後の維持管理が困難となる可能性有 ・ 大統領府予定区画と隣接するため、その後の維持管理に伴う作業に制約が伴う可能性有 ・ 土地利用計画区画に沿って変更されているため、不経済なルートとなっている |
| | キコンボ変電所から 9km 付近 | ・ 住宅地通過 (ビジリ付近) |
| | キコンボ変電所から 2km 付近 | ・ 住宅地通過 |
| キコンボ | キコンボ変電所から 2km 付近 | ・ 住宅地通過 |

| 送電線区間 | 懸案箇所 | 懸案 |
|-------|-------------------|--|
| ーズズ | キコンボ変電所から 7km 付近 | ・新設 SGR 用送電線との交差 |
| | キコンボ変電所から 11km 付近 | ・住宅地通過 |
| | キコンボ変電所から 19km 付近 | ・新設チャリンゼーズズ送電線との交差 |
| | ズズ変電所から 19km 付近 | ・既設送電線との交差 |
| | ズズ変電所から 17km 付近 | ・住宅地通過 |
| | ズズ変電所から 2.5km 付近 | ・新設 SGR 用送電線との交差 |
| | ズズ変電所から 19km 以内 | ・土地利用計画区画に沿って選定されていると思われ、不経済なルートとなっている |

(2) 提案

1) 提案ルート

表 4-4.6 に示すルートを提案する。可能な限り亘長を短くするとともに、既設送電線との干渉、官庁街や市街地の通過箇所を考慮した。

ズズ変電所周辺は既設送電線のみならず、新設送電線計画も多数存在するため、変電所引き込み区間のみ地中送電線路を採用する必要がある。架空送電線路採用時と比較すると、地中送電線路の建設コストは 4 倍程度高くなる。しかし、変電所引き込み区間のみの採用であるため、コストの増加は限定的である。更に、既存送電設備計画亘長約 215km に対し、提案ルートは総亘長約 193km であるため、亘長抑制約 22km 分コスト削減が可能となる。

表 4-4.6 提案ルートの仕様

| 電圧階級 | 回線数 | 送電線区間 | 亘長 |
|-------|------|-----------|------|
| 220kV | 2 回線 | ズズームサラト | 32km |
| 220kV | 2 回線 | ムサラトーフムワ | 12km |
| 220kV | 2 回線 | イフムワーキコンボ | 52km |
| 220kV | 2 回線 | キコンボーズズ | 47km |
| 220kV | 1 回線 | キコンボーナルコ | 50km |

① ズズームサラト

既設送電線との干渉、住宅地通過、新設空港および EPZ との干渉を避けるために、地方道沿いに建設するルートを提案する。これに伴い、ムサラト変電所予定地を EPZ 北側へ変更することを提案する。これにより、新設空港や EPZ の計画変更時の影響を受けなくなるとともに、道路沿いのため、建設時や維持管理時の資機材搬入・設備の監視が容易となる。

② ムサラトーフムワ

住宅地通過、官庁街との干渉を避けるために、イフムワ変電所を北側に変更することを提案する。将来的に官庁街付近での作業には規制がかかることが想定されるため、一定程度距離をあけることが望ましい。これにより、亘長が抑制できるとともに、官庁街の景観悪化を避けることができる。

③ イフムワーキコンボ

将来的な維持管理の容易さを考慮し、これから建設される外部環状道路沿いに建設するルートを提案する。ただし、ドドマ首都圏を横断する SGR 専用送電線との干渉は避けられない

ため、計画段階からの協議が必要である。

なお、TANESCO からイフムワーキコンボ変電所間を直線で結ぶ最短ルートの実施可能性について検討依頼があったが、官庁街および宅地予定地を通過することになることに加え、景観悪化や Wayleave の影響、将来の維持管理の容易さを考慮すると避けた方がよい。

④ キコンボーズ

既設送電線との干渉を避けるため、ズズ変電所付近において、既設送電線沿いに建設するルートを提案する。

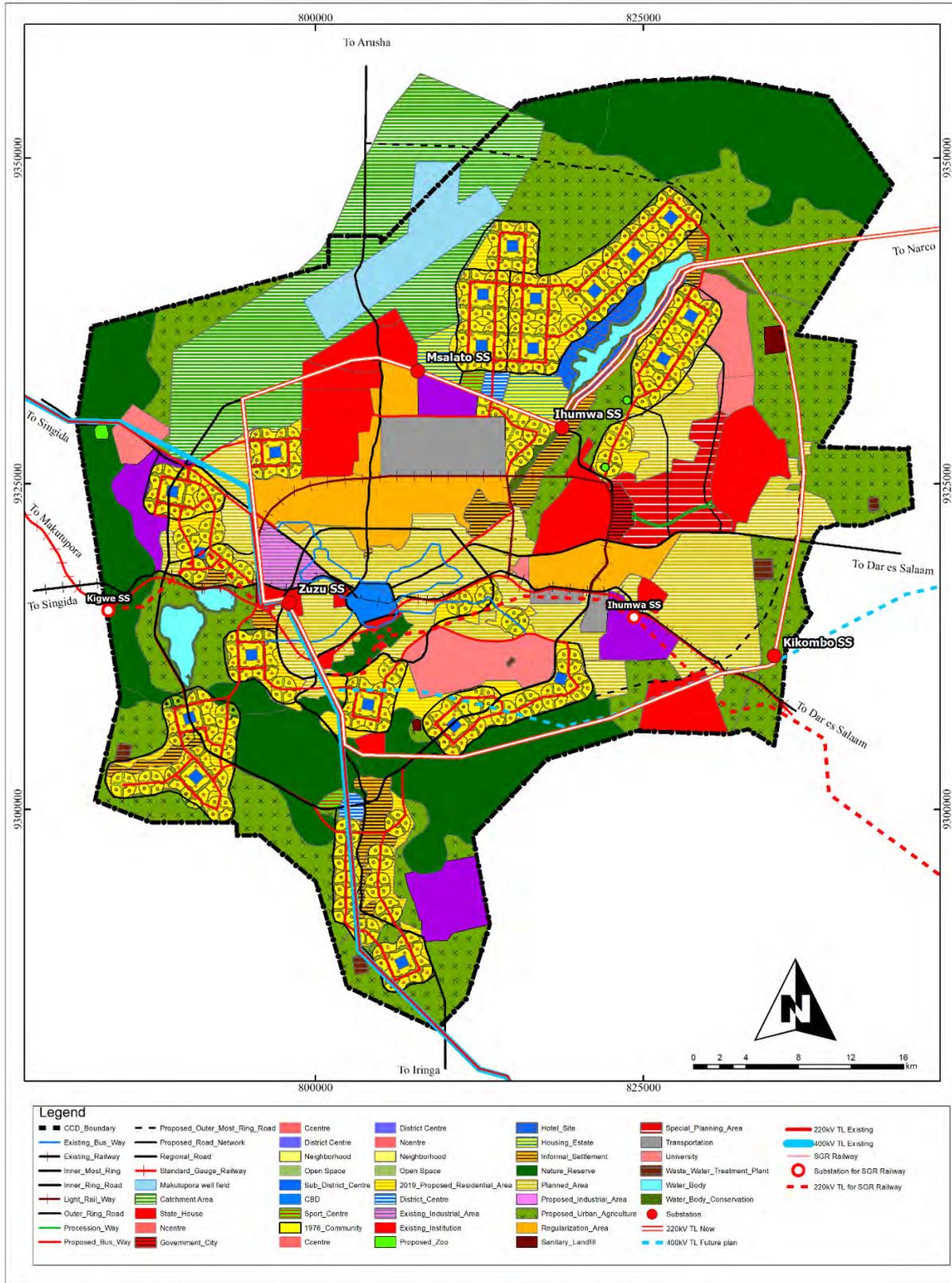
なお、ほぼ同じルートを通過する新設チャリンゼーズズ送電線と干渉するおそれがあるため、計画段階からの協議が必要である。協調がとれるのであれば、Wayleave を考慮し、共架とすることが望ましい。

⑤ キコンボーナルコ

現状のルートに特に問題は見当たらない。

なお、ほぼ同じルートを通過する新設チャリンゼーズズ送電線と干渉するおそれがあるため、計画段階からの協議が必要である。協調がとれるのであれば、Wayleave を考慮し、共架とすることが望ましい。

DODOMA NATIONAL CAPITAL CITY MASTER PLAN
 PROPOSED LAND USE PLAN 2019-2039 WITH FINAL PROPOSED TRANSMISSION LINE ROUTE



[出所] 調査団作成

図 4-4.3 提案ルート（ドラフト説明調査時）

2) ズズ変電所周辺

新設送電線同士の交差を避けるため、ズズ変電所周辺の他の新設送電線ルートの変更についても併せて提案する。架空送電線路のみでは、どのルートを選択しても既設送電線との交差は避けられないため、環状送電線および SGR 専用送電線におけるズズ変電所からの引出し区間のみ地中送電線路とすることを提案する。なお、ズズ変電所周辺の地下埋設物等は未確認のため、直線でのルートとしている。地中送電線路採用時には、これらを考慮した詳細なルート検討が必要となる。図 4-4.4 に概要図を示す。

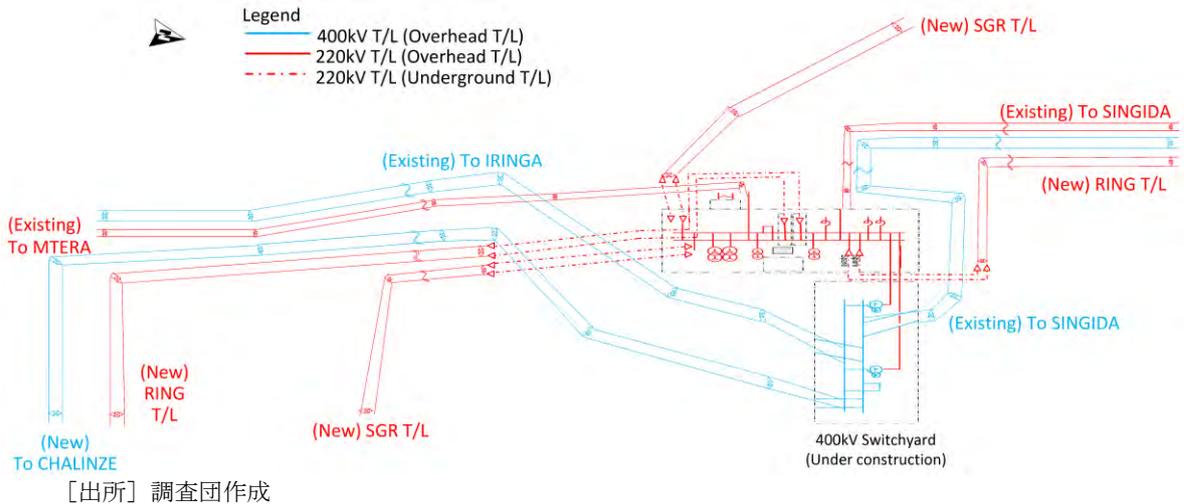


図 4-4.4 ズズ変電所周辺の提案ルート

(3) その他

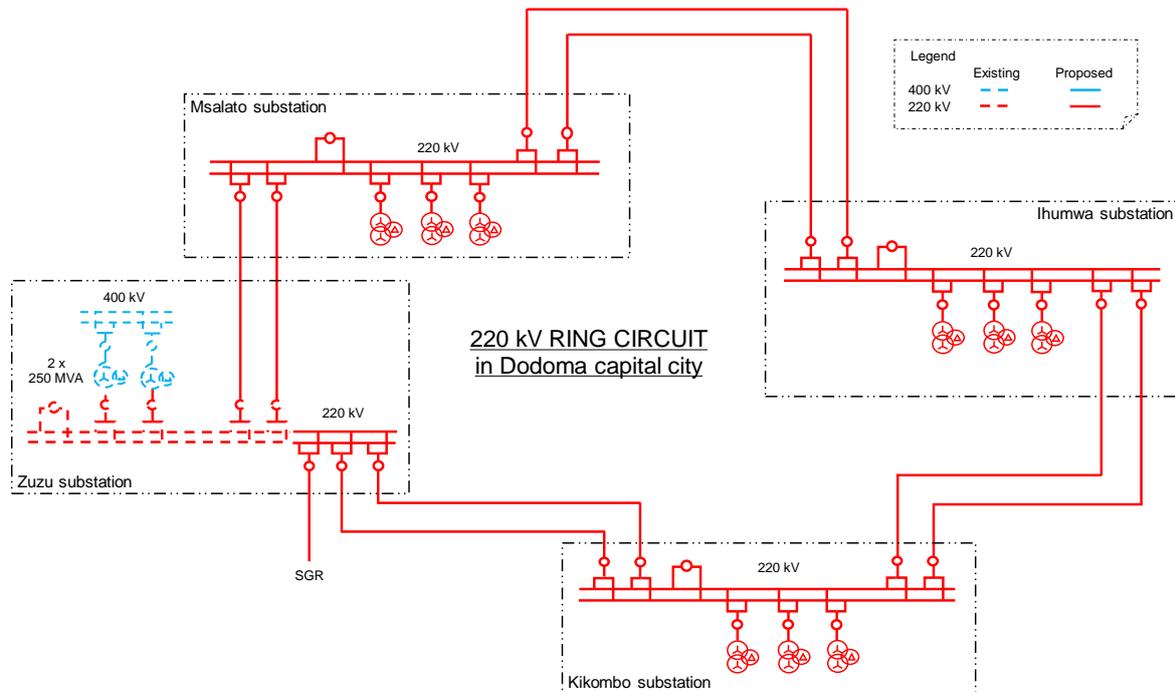
新設予定のチャリンゼーズズ送電線計画ルートは、土地利用計画が考慮されていないため見直しが必要である。

また、ズズ変電所周辺は、送電線が密集するため、建設計画を考慮し、相互に干渉することのない建設計画を検討する必要がある。

4-5 変電設備計画

4-5-1 検討概要

4-2 項で述べたように、ズズ変電所を出発／終着点として2回線送電線による220kV環状系統が形成される予定である。この系統図を図4-5.1に示す。



[出所] 調査団作成

図 4-5.1 2回線による220kVドドマ環状系統図

変電所としては下記3変電所を計画することとする。

- ムサラト変電所
- イフムワ変電所
- キコンボ変電所

4-5-2 検討条件

(1) 計画の方針

変電所を計画するに当たって、下記方針を適用する。

- タンザニア国電力系統規定 (Grid Code) に従い、変電所は複母線方式とする。
- 変圧器容量については、環状系統内変電所の一部負荷のバックアップを考慮に入れた容量とする。

- N-1 対策として当初より、変圧器台数は 2 台として計画する。
- 送電線ベイは 2 回線の送り出し回線と 2 回線の受け入れ回線で計画する。
- 220/33kV 変圧器は、各電圧レベルを絶縁するために複巻変圧器とする。

(2) 電力需要

4-2-4 章に示しているが、各変電所の受け持つ負荷を年度毎に表したものが表 4-5.1 である。

表 4-5.1 変電所負荷

| <i>Msalato</i> | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Year | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 |
| Load (MVA) | 41.19 | 49.14 | 59.3 | 72.22 | 78.63 |
| <i>Ihumwa</i> | | | | | |
| Year | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 |
| Load (MVA) | 100.26 | 119.63 | 144.35 | 175.8 | 191.39 |
| <i>Kikombo</i> | | | | | |
| Year | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 |
| Load (MVA) | 16.18 | 19.3 | 23.29 | 28.36 | 30.88 |

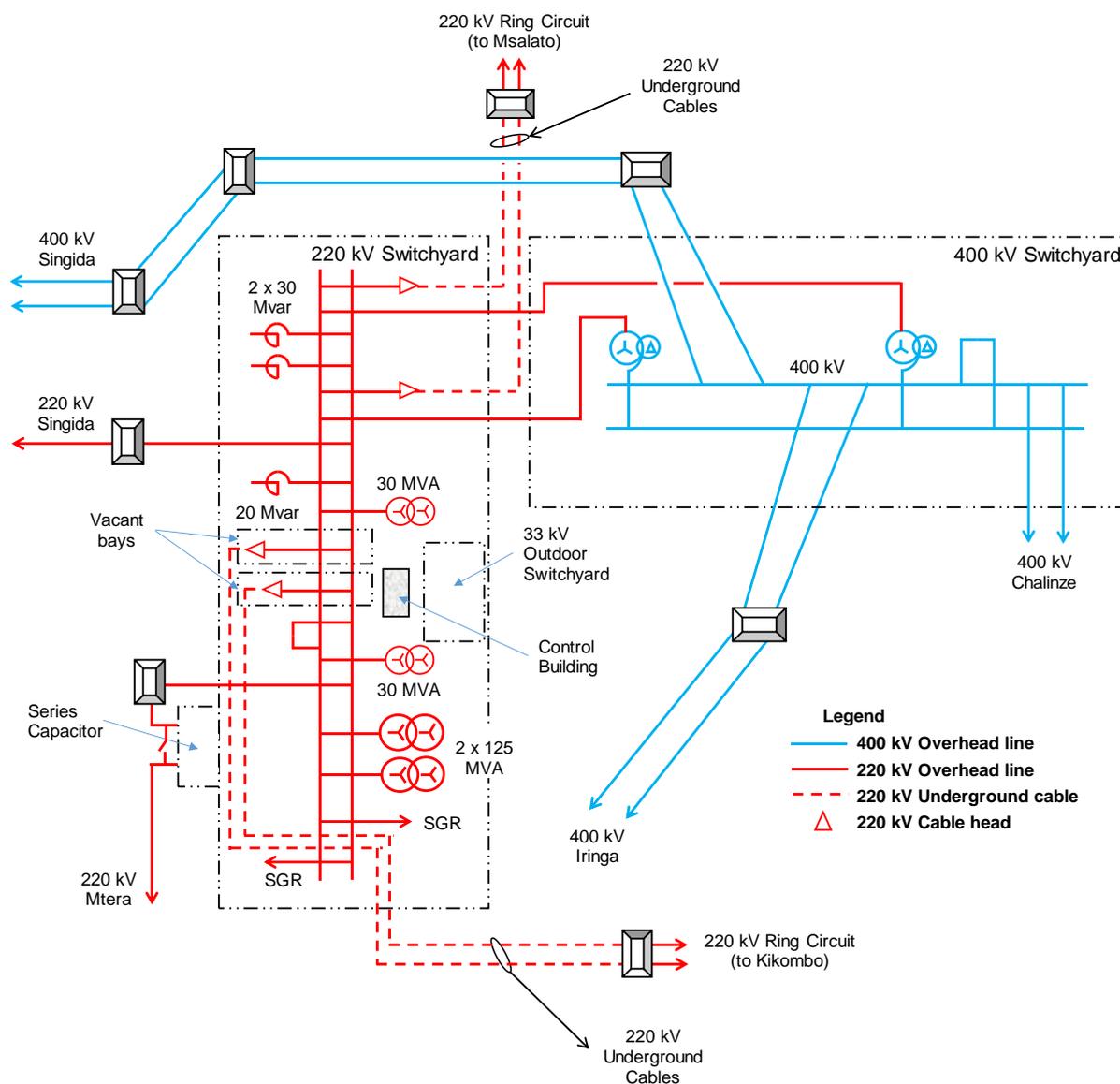
[出所] 調査団作成

(3) 検討結果と提案 (本邦技術適用可能性の設備 (5-2) を含む)

1) ズズ変電所 (3-5-1 章の図 3-5.7 及び図 3-5.8 を参照。)

ズズ変電所における 400kV 開閉所の建設完了後、図 3-5.7 に示すように、2 つの予備送電線ベイが残ることとなる。今回の 2 回線による環状系統形成のためには、4 回線の送電線ベイが必要となるため、更に 2 回線の送電線ベイが必要である。ズズ変電所には図 3-5.8 に示すように、2 ベイの空きスペースが存在するため、これを利用して 2 回線送電線を設置すれば、4 回線の送電線ベイが確保可能となる。しかし、ズズ変電所の周辺は 400kV、220kV の架空送電線が密集しており、追加の架空送電線は設置出来ないのが実情である。

従って、環状系統の送電線を引き出すには地中ケーブルを使用するしかない。図 4-5.2 に環状系統の送電線を引き出す平面図を示す。元シンギダ 2 と元イリング 2 をそれぞれムサラト変電所行き 1 と 2 向けに地中ケーブルにて引き出し、また、新しい送電線ベイ 2 回線をキコンボ変電所向けの送電線として地中ケーブルにて引き出すものとする。



[出所] 調査団作成

図 4-5.2 ズズ変電所平面図（環状系統引き出し）

2) 新 220kV 変電所

新しい 220kV 変電所は複母線方式で下記ベイを持つものとする。

- 送電線ベイ : 4 組
- 変圧器ベイ : 3 組
- 母線連絡ベイ : 1 組

前述したように、環状系統内の変電所に緊急事態が発生した時には、他の変電所でバックアップを行うよう変圧器容量を選択しているが、2035 年頃までは 2 台の変圧器で運用し、その時点で負荷の伸びを確認し、3 台目の変圧器を設置するかどうか決定するものとする。

各変電所の需要に従って、変圧器容量は表 4-5.2 とする。

表 4-5.2 変圧器容量

| Msalato | | | | | | (MVA) |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| Year | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
| Load | 41.19 | 49.14 | 59.3 | 72.22 | 78.63 | |
| Backup Load | 50 | 59 | 72 | 87 | 95 | Half of Ihumwa load |
| Transformer Capacity | 2 x 50 | 2 x 50 | 3 x 50 | 3 x 50 | 3 x 50 | |

*Zuzu substation can backup the deficit of the capacity

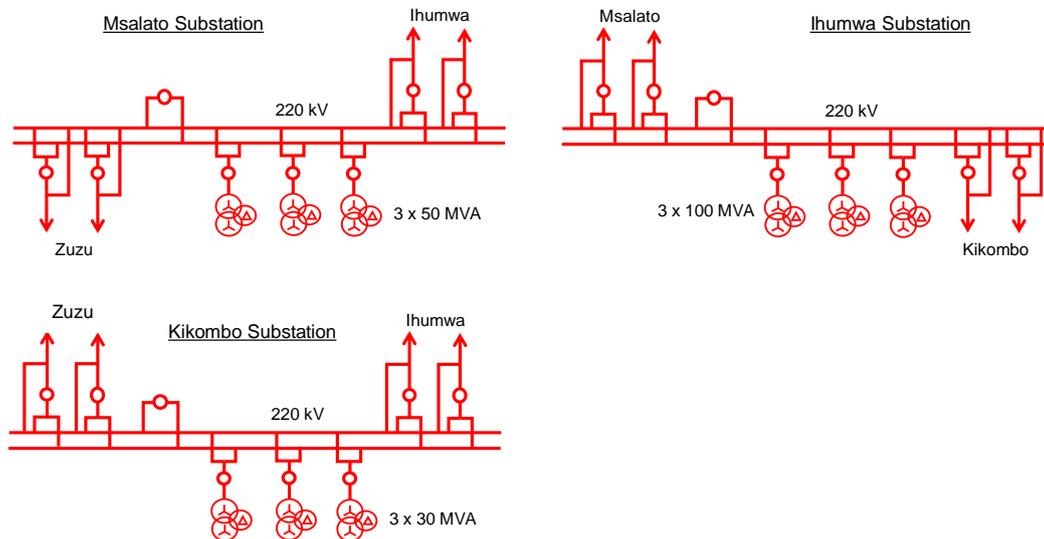
| Ihumwa | | | | | | (MVA) |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| Year | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
| Load | 100.26 | 119.63 | 144.35 | 175.8 | 191.39 | |
| Backup Load | 20 | 24 | 29 | 36 | 39 | Half of Msalato load |
| Transformer Capacity | 2 x 100 | 2 x 100 | 3 x 100 | 3 x 100 | 3 x 100 | |

| Kikombo | | | | | | (MVA) |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| Year | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
| Load | 16.18 | 19.3 | 23.29 | 28.36 | 30.88 | |
| Backup Load | 50 | 59 | 72 | 87 | 95 | Half of Ihumwa load |
| Transformer Capacity | 2 x 30 | 3 x 30 | 3 x 30 | 3 x 30 | 3 x 30 | |

*Zuzu substation can backup the deficit of the capacity

[出所] 調査団作成

簡略化した単線結線図を図 4-5.3 に示す。送電線ベイには遮断器保守用のバイパス回路(断路器付き)を設ける。



[出所] 調査団作成

図 4-5.3 環状系統内変電所単線結線図(最終形)

4-6 配電設備計画

4-6-1 検討概要

本章では収集した既設配電網の構成、設備や運用の部分的な状況、TANESCO が直面している配電設備に関する課題や将来計画を基に、調査団が提案する送電系統開発計画に見合う配電設備の計画策定、フィジビリティ調査を実施する前段の推奨事項をとりまとめる。

対象は、ドドマ首都圏の配電網であるが、現況では既設ブズ変電所から首都圏近郊へも配電していることから、首都圏とその近郊の配電網の増強も含めた将来的な配電ネットワークの構築を目的とした検討を行った。

4-6-2 検討条件

(1) 検討方針

電力需要想定結果及び送電系統開発計画を踏まえた配電設備の検討は、下記の方針を念頭に実施した。

1) 既存計画・標準仕様の考慮

TANESCO より情報提供を受けた、実施中又は計画中の配電設備の新設・増強・更新を踏まえるとともに、TANESCO の標準仕様を考慮した提案とする。

2) ドドマ首都マスタープランとの協調

ドドマ首都 MP において計画されている配電網の開発計画を考慮して協調をとった提案とする。

3) 既設配電網の救援

特に、配電線亘長が長く停電の頻発している既設配電フィーダーの救援を早い段階で行い、配電供給信頼度の向上に寄与する。

4) 重要負荷への早期配電網整備

政府官庁街や大統領官邸への高い信頼性をもった配電供給を早い段階で行う。

5) 配電系統構成

設備の事故や保守により必要となる停電等を最小限に抑えるため、救援可能な配電方式を採用する。課題となっている2種類の配電電圧については、新設変電所からの配電は33kVとして、既に計画されている11kV配電網の増強については、将来的に電圧階級の格上げも想定する。

6) 経済的

費用対効果や保守・運用も考慮して経済的な設備の提案とする。

7) 低損失

他の地域へのモデルともなる低配電損失の首都圏配電設備となるよう考慮する。

(2) 負荷

各変電所からの供給エリアに配分された 2025 年及び 2030 年に想定している負荷は以下の通りである。

表 4-6.1 2025 年及び 2030 年の想定負荷

| ズズ変電所供給エリア | 2025 | 2030 |
|---------------------|------|------|
| Town | 14.8 | 21.6 |
| Inter connect | 11.9 | 17.4 |
| Mzakwe | - | - |
| Mwandani | - | - |
| Chamwino | - | - |
| Mpwapwa | - | - |
| Bahi | 1.3 | 2.0 |
| Industrial | 16.2 | 27.0 |
| TPDF quarters | 0.9 | 1.5 |
| EPZ | - | - |
| Airport | - | - |
| Dry port | - | - |
| Marshalling yard | - | - |
| State house | - | - |
| Butcher | - | - |
| Quaters 40000 | - | - |
| Government City | - | - |
| Total Capacity(MVA) | 45.2 | 69.4 |

| ムサラト変電所供給エリア | 2025 | 2030 |
|---------------------|------|------|
| EPZ | 7.2 | 12.0 |
| Airport | 5.4 | 9.0 |
| Mzakwe | 4.4 | 6.4 |
| Mwandani | 9.6 | 14.0 |
| Total Capacity(MVA) | 26.6 | 41.4 |

| イフムア変電所供給エリア | 2025 | 2030 |
|---------------------|------|------|
| Dry port | 0.5 | 0.8 |
| Marshalling yard | 1.1 | 1.8 |
| State house | 0.5 | 0.8 |
| Butcher | 0.5 | 0.8 |
| Quaters 40000 | 1.4 | 2.4 |
| Government City | 45.0 | 75.1 |
| Chamwino | 4.3 | 6.2 |
| Mpwapwa | 7.3 | 10.7 |
| Total Capacity(MVA) | 60.5 | 98.4 |

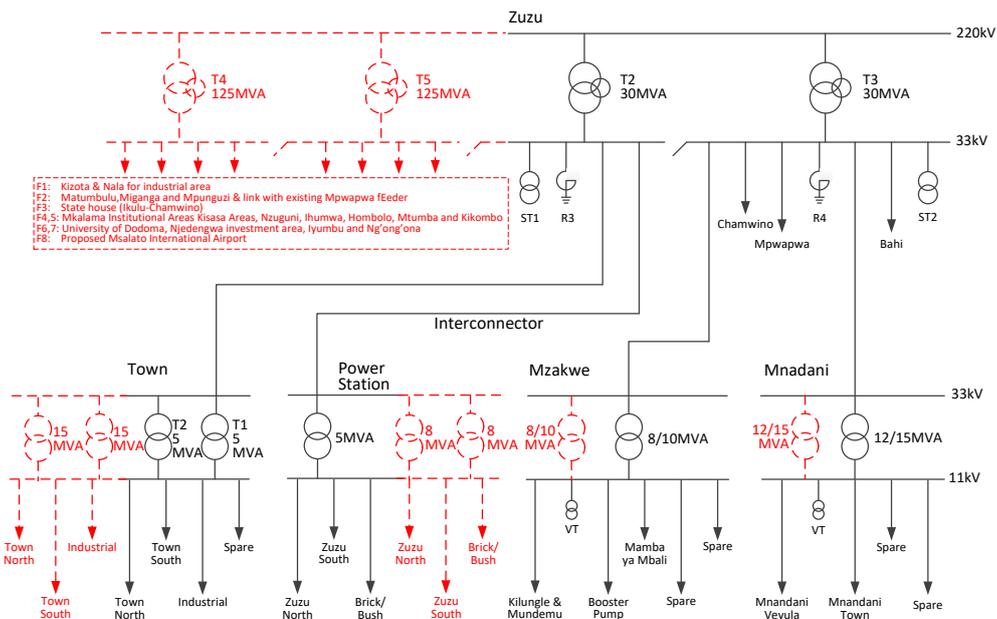
| キコンボ変電所供給エリア | 2025 | 2030 |
|---------------------|------|------|
| Chamwino | 4.3 | 6.2 |
| Mpwapwa | 7.3 | 10.7 |
| Total Capacity(MVA) | 11.6 | 16.9 |

[出所] 調査団作成

4-6-3 検討結果と提案

(1) 既設の増強

TANESCO が計画している既設の配電網増強のうち、1 次変電所及び 2 次変電所に係る拡張は以下の通りである。



[出所] TANESCO からの提供データを元に調査団作成

図 4-6.1 ドドマ首都圏の配電系統構成図 (既存増強案を含む)

(2) 配電方式の提案

現在のドドマ首都圏では、受電方法が 1 方向に限られる放射状系統による配電運用が行われているが、送電系統開発の進捗に応じて配電方式の検討を推奨する。

系統計画や変電設備計画でも述べたとおり、今般の系統開発計画において、環状系統内の変電所に緊急事態が発生した場合でも他変電所からのバックアップとして、電力用変圧器 1 台分の変圧器容量を救援用として利用する計画としている。かつ、配電線相互の負荷を融通しつつ配電線路上の事故停電や作業停電時の停電区間縮小を行い、高信頼度を確保できるよう多回線系統の採用を推奨する。

(3) 2025年及び2030年の配電フィーダー

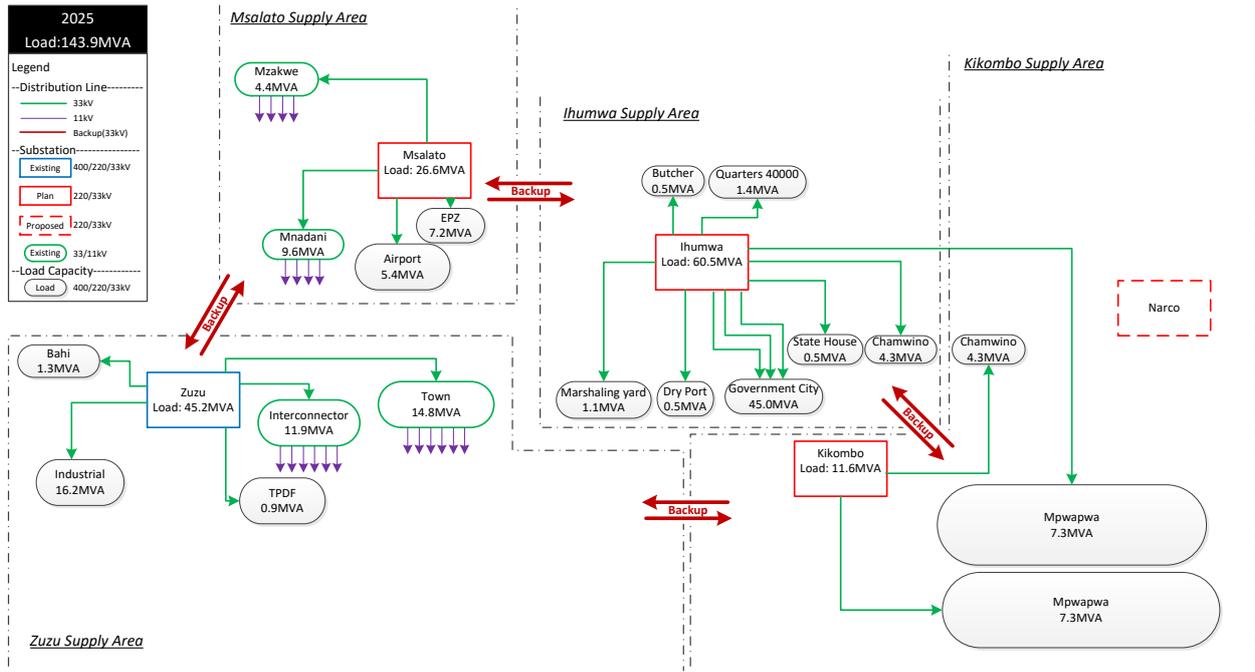
需要想定結果及び系統計画、並びに変電設備計画の検討結果を踏まえた、配電フィーダーを図 4-6.2 及び図 4-6.3 に示すが、配電線の幹線や分岐線は示していない。33kV 配電線は TANESCO 標準仕様の ACSR150mm² (Dingo) を使用するものとして、定格容量 (27.03MVA) の 80% の容量に達した時に新たなフィーダーを追加することとした。

基本的に、図 4-6.1 に示した 1 次変電所及び 2 次変電所の拡張が実施されれば、変電所容量と配電フィーダー数は 2030 年の負荷まで対応が可能であるが、多回線系統を採用の際、他変電所供給範囲のバックアップの考え方によっては、バックアップを専用回線にしたり、回線数が変わるので注意が必要である。

首都開発計画が勢いよく進み、2025 年までに 220kV の環状送電線とムサラト変電所、イフムワ変電所、キコンボ変電所が建設された場合の配電フィーダーを図 4-6.2 に示す。ズズ変電所の負担が減り、ムプワプワフィーダーやチャムウィノフィーダー等の既設長距離配電フィーダーの変更が実現する。更に、変電所間のバックアップ体制が構築されるため、高い配電信頼度をもった配電ネットワークとなる。ただし、2025 年までに多数の配電線の建設や接続切替、リハビリが必要になるため、入念な計画が必要となるが、将来的な DCC による運転・制御も考慮した大規模な配電開発を短期間で実施する必要がある。

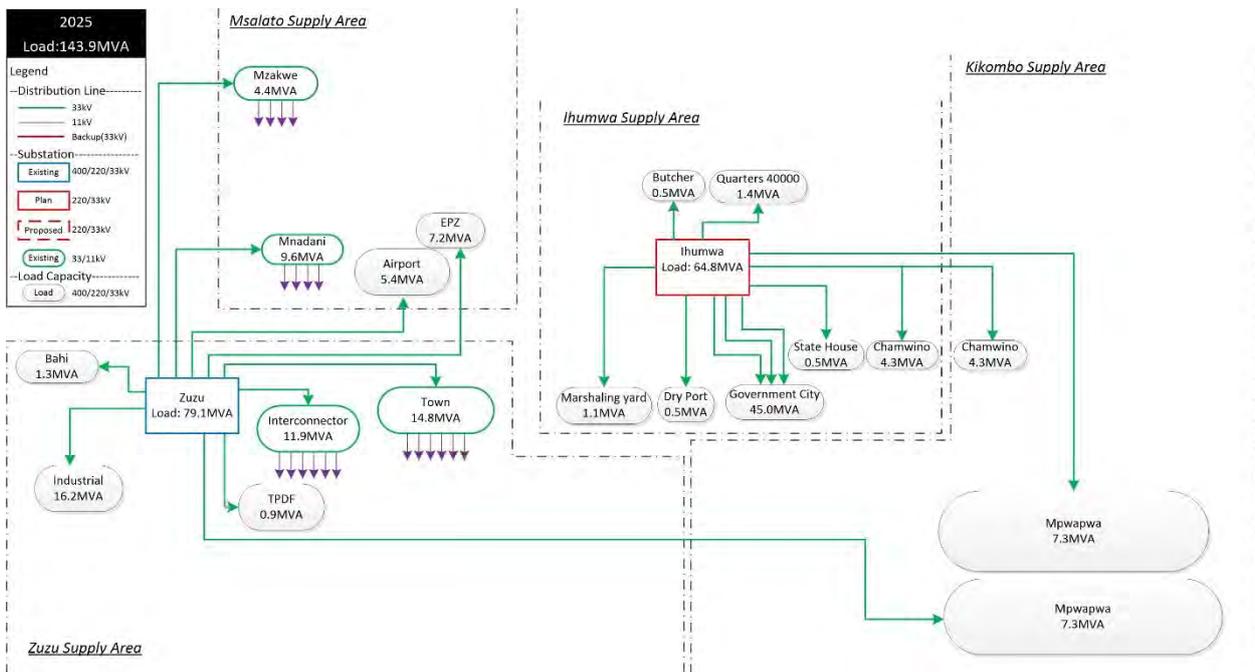
次に、政府官庁街等の首都開発が進み 2025 年までに 220kV 環状送電線の一部とイフムワ変電所の建設が実現した場合の配電フィーダーを図 4-6.3 に示す。ムサラト変電所の供給エリアは既設ズズ変電所からの配電フィーダーを活用した対応が可能であるため、イフムワ変電所からの配電供給エリアの拡張とムプワプワフィーダーやチャムウィノフィーダー等の既設長距離配電フィーダーの救援が中心的な配電開発になるため、短期間による実施が可能であると想定する。ただし、変電所間のバックアップが期待できないため、自動区分閉装置を要所に施設する等の停電対策を講じる必要がある。

最後に、特別負荷を含む負荷配分がすべて終わり、バックアップ体制も構築されている 2030 年を想定した配電フィーダーを図 4-6.4 に示す。ただし、将来の負荷増対策を考慮した配電線路の建設や占有範囲の取得等を行う必要がある。



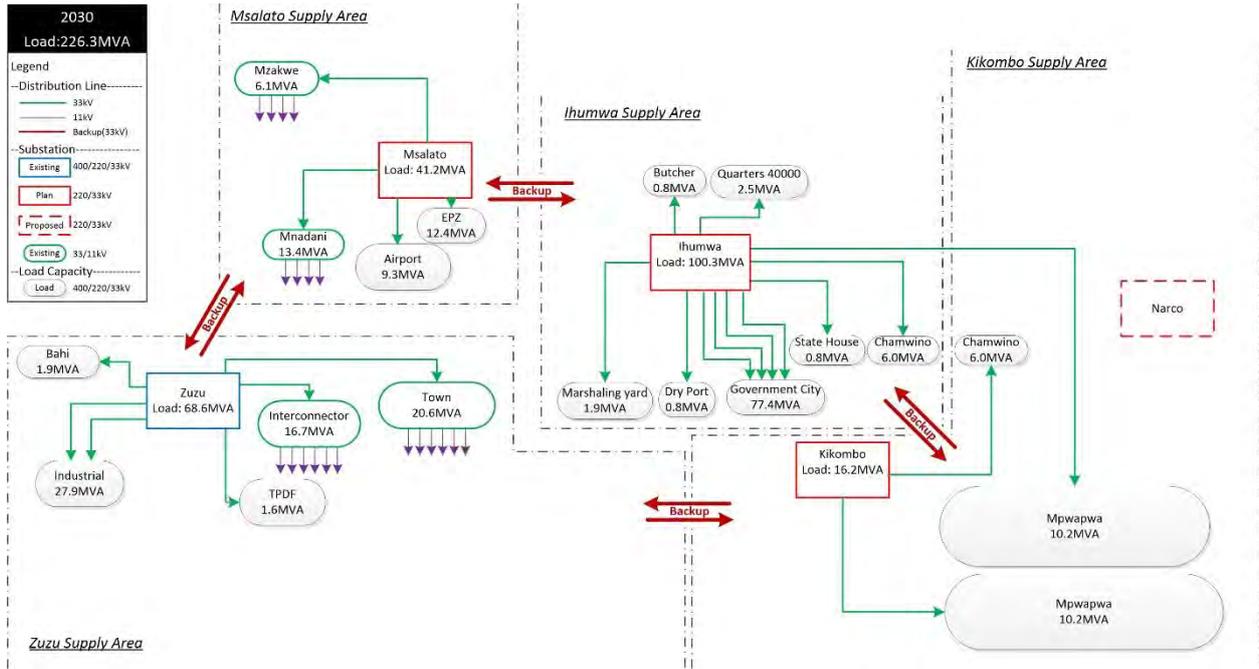
[出所] 調査団作成

図 4-6.2 ドドマ首都圏の配電フィーダー (2025年)



[出所] 調査団作成

図 4-6.3 ドドマ首都圏の配電フィーダー (2025年 (段階開発のケース))



[出所] 調査団作成

図 4-6.4 ドドマ首都圏の配電フィーダー (2030年)

(4) 配電マスタープランとの協調

ドドマ州を含む4地域を対象とした配電マスタープランの概要は第3章で示したが、現段階のドドマ州のマスタープランについては、以下の報告書が作成されており、調査団にも共有頂いた。

- Dodoma Region Load Forecast and Power System Study Report - 29/11/2019
- Dodoma Region Lines and Substation Conceptual Design Basis Report - 20/01/2020

上記報告書の負荷想定や系統計画は、調査団の検討内容とは異なる部分もある。配電マスタープラン調査は2020年7月までの完了が予定されており、配電マスタープランのファイナルレポートの内容を踏まえてどのように協調していくのか、タンザニア側との協議を行う必要がある。

第5章 ドドマ首都圏送配電網の 拡張における協力量針の検討

第5章 ドドマ首都圏送配電網の拡張における協力方針の検討

5-1 ドドマ首都圏送電系統開発計画（案）の概要

ドドマ首都圏送電系統開発計画（案）は、ドドマ首都 MP の開発フェーズとの協調と需要想定結果を考慮したドドマ首都圏の送電系統開発による系統構築、その後の需要増に応じ設備容量を増量していく計画とした。このため、変圧器の容量と数量については変電所建設時に必要な容量及び数量とした。

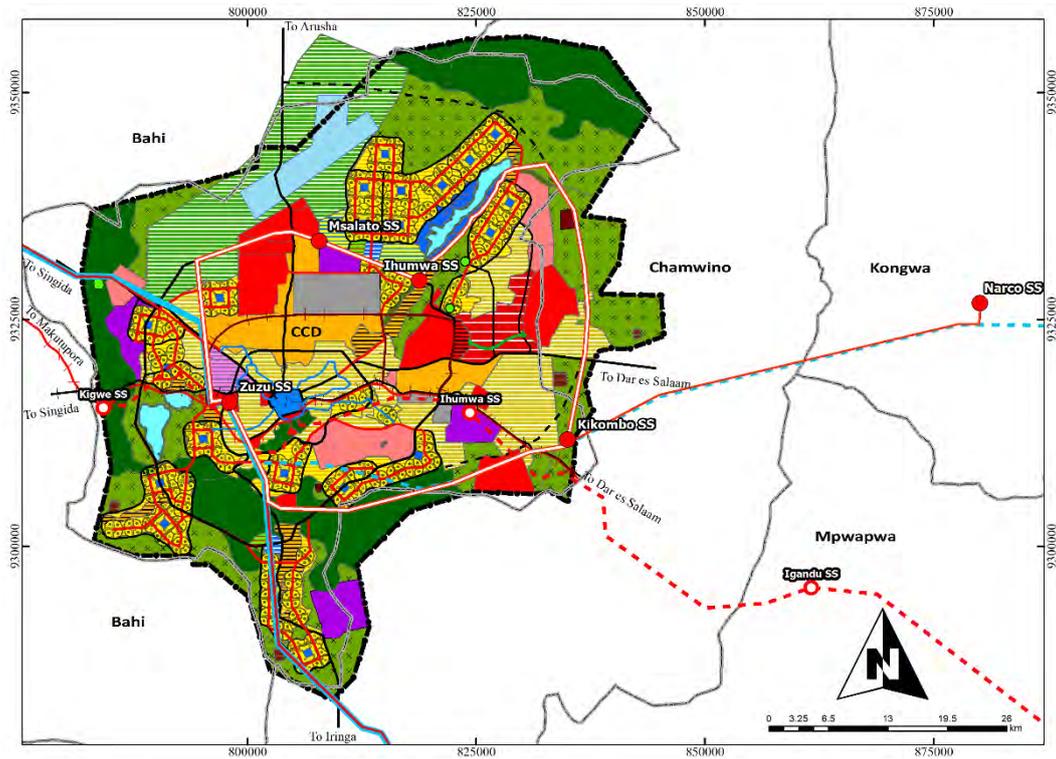
ドドマ首都圏の送電系統開発計画（案）の概要を表 5-1.1 に示す。備考欄に留意事項を記載したが、送電線は特に占有範囲の収用に関し、既設や他の将来計画の送配電線との協調を図りながら建設を実施する必要がある。また、調査団は、イフムワ変電所とムサラト変電所の位置については TANESCO が予定していた位置から変更提案を行った。いずれの位置もドドマ首都開発計画の早い段階で開発が進められる計画となっているため、早期の用地選定と収用プロセスを開始する必要がある。また、開発を一括で進めるケース、段階的に進めるケースによりナルコ変電所の接続先が変わる（T-5 参照）計画としている。

表 5-1.1 送電系統開発計画（案）の概要

| 設備 | ID | 概要 | 備考 |
|---|-----|--|-------------------------------------|
| 送電 | T-1 | ■ ズズ変電所-ムサラト変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 32km | ズズ変電所からの引き出しはケーブル工事を想定 |
| | T-2 | ■ ムサラト変電所-イフムワ変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 12km | - |
| | T-3 | ■ イフムワ変電所-キコンボ変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 52km | ナルコ変電所向け送電線との協調に留意 |
| | T-4 | ■ キコンボ変電所-ズズ変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 47km | 既設送電線との協調に留意、ズズ変電所からの引き出しはケーブル工事を想定 |
| | T-5 | ■ キコンボ変電所-ナルコ変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 50km(一括開発) | 一括開発を考慮してキコンボ変電所からナルコ変電所に接続 |
| ■ イフムワ変電所-ナルコ変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 80km(段階計画) | | 段階的な開発を考慮してイフムワ変電所からナルコ変電所に接続 | |
| 変電 | S-1 | ■ ムサラト変電所の建設 ・ 変圧器 2x50MVA 220/33kV ・ 開閉設備、通信設備一式 ・ 制御棟建設、土木工事一式 | 調査団の位置変更提案のため、建設候補地を要検討 |
| | S-2 | ■ イフムワ変電所の建設 ・ 変圧器 2x100MVA 220/33kV ・ 開閉設備、通信設備一式 ・ 制御棟建設、土木工事一式 | 調査団の位置変更提案のため、建設候補地を要検討 |
| | S-3 | ■ キコンボ変電所の建設 ・ 変圧器 2x30MVA 220/33kV ・ 開閉設備、通信設備一式 ・ 制御棟建設、土木工事一式 | 建設候補地を確認、未収用 |
| | S-4 | ■ ナルコ変電所の建設 ・ 変圧器 2x40MVA 220/33kV ・ 開閉設備、通信設備一式 ・ 制御棟建設、土木工事一式 | 建設候補地未確認、未収用 |
| | S-5 | ■ 既設ズズ変電所の改修 ・ 送電線引き出し設備一式 | 送電線ベイは既設の 4 ベイを使用 |

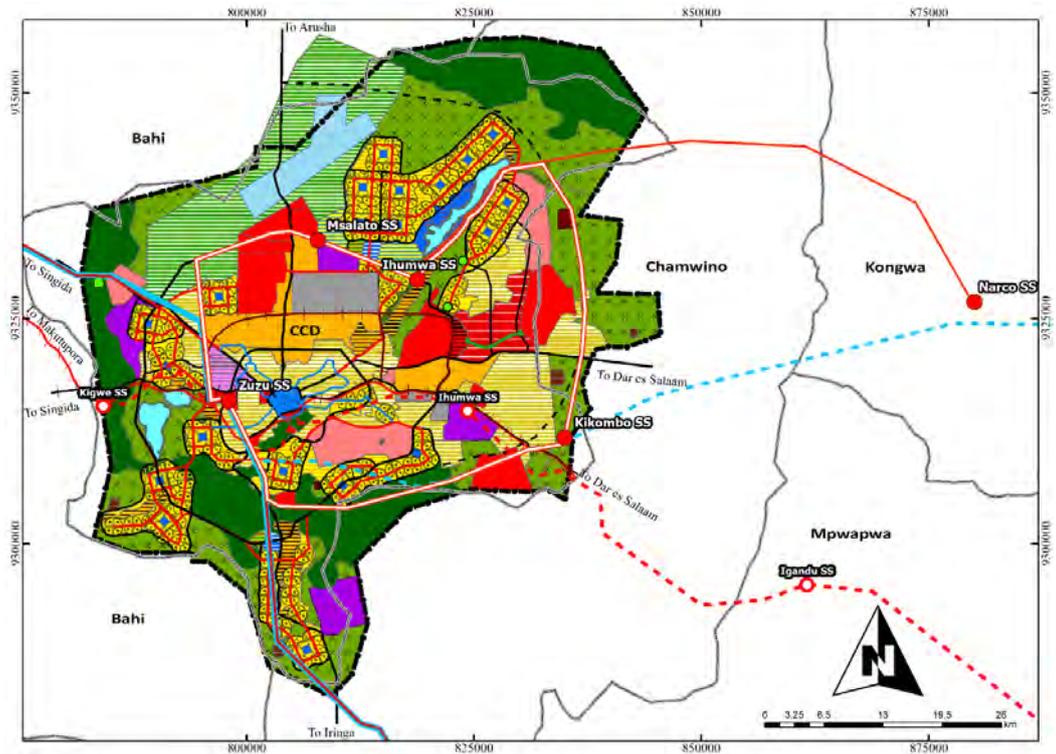
[出所] 調査団作成

ドドマ首都圏の送電系統開発計画の位置図（案）を図 5-1.1、及び図 5-1.2に示す。



〔出所〕 調査団作成 〔備考〕 ナルコ変電所への他系統接続は省略した。

図 5-1.1 送電系統開発最終形態想定図（一括開発案）



〔出所〕 調査団作成 〔備考〕 ナルコ変電所への他系統接続は省略した。

図 5-1.2 送電系統開発最終形態想定図（段階開発案）

5-2 送電系統開発計画のシナリオ検討

5-2-1 シナリオ形成

(1) 概念

ドドマ首都圏の電力供給力向上に寄与するため、電力需要想定結果や開発計画との協調に加え、既設配電網の状況の早期改善を図るため、以下の概念のもと、シナリオの形成と評価を実施した。

- 開発計画のフェーズ1完了（2024年）までにイフムワ変電所の建設を完了し、その後速やかにナルコ変電所を建設し運用を開始すること。
 - ・ 政府官庁街や大統領事務所等の重要負荷への信頼度の高い電力を供給するため。
 - ・ 現在ズズ変電所から供給している長距離配電線のチャムウィノ（Chamwino）フィーダーやムプワプワ（Mpwapwa）フィーダーの負荷を配分して、配電信頼度を上げるため。
 - ・ 2025年以降イフムワ変電所から電力供給が必要とされる、他の特別負荷への電力供給を可能にするため。
 - ・ なお、ムサラト及びキコンボ供給エリアへの電力供給は、既設の配電線及びイフムワ変電所からの救済（バックアップ）が可能と判断する。
- 開発計画のフェーズ2完了（2029年）までにムサラト変電所の建設を完了し、運用開始すること。
 - ・ 2030年までにドドマ北部エリアへの電力供給と整備完了予定の政府庁舎や政府機関、その他特別負荷への電力供給を可能とするため。
 - ・ ズズ変電所からの負荷移行を完了させ、需要想定に沿った負荷配分のもと将来需要に耐えうる容量と安定した電力供給を可能とするため。
- 開発計画のフェーズ3完了（2034年）までにキコンボ変電所の建設を完了し、1回線ループの運用を開始すること。開発計画のフェーズ4の進捗に応じ、送電ループを2回線化すること。
 - ・ 2035年からドドマ東部、南部エリアへの電力供給を可能とするため。
 - ・ 系統上の設備の事故発生や保守停止等の不測の事態を考慮した電力供給体制を構築するため。

(2) シナリオ設定

上記概念の元、以下の3つのシナリオ設定し、定性的な評価を行った。

シナリオ1： ＜段階開発案1＞早期1回線ループ構築と供給信頼度確保

概要： 2024年までにイフムワ変電所と1回線ループ送電線の建設を終え運用を開始、2034年までに他の送変電設備を建設し、1回線ループを構築して運用を開始する。他回線系統の接続は含まない。

シナリオ2： ＜段階開発案2＞緊急性を重視し北側系統2回線建設による供給信頼度の早期確保

概要： 2024年までにイフムワ変電所と2回線送電線の建設を終えて運用を開始、2034年までに他の送変電設備を建設し、ループ系統を構築して運用を開始する。他回線系統の接続は含まない。

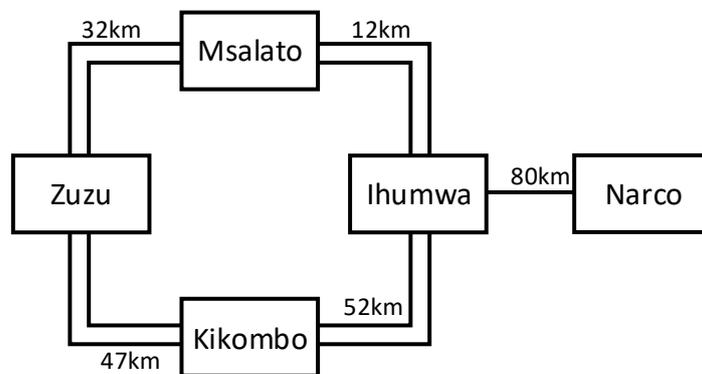
シナリオ3： <一括開発案>早期2回線送電ループ系統による先行開発

概要： 2024年までにナルコ変電所及びドドマ首都圏内の全ての変電所・送電線建設を終えて2回線ループ運用を開始する。他回線系統の接続は含まない。

(3) シナリオ形成

シナリオ1、2は、ドドマ首都圏の開発計画や電力需要想定に応じた段階開発計画とする。優先度の高いイフムワ変電所の建設後にナルコ変電所と送電線の建設をする。シナリオ1と2の最終的な系統形態を以下の図5-2.1の通りとする。

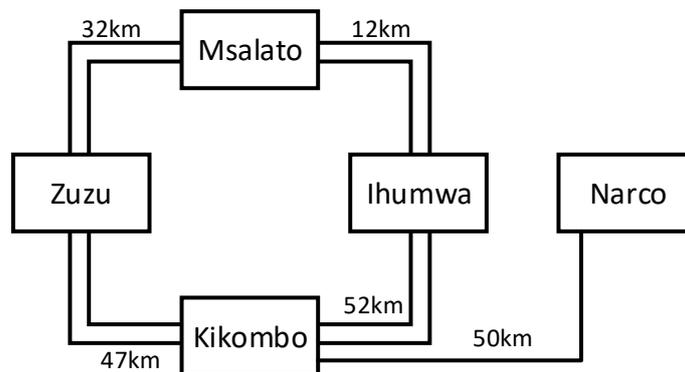
ただし、ナルコ変電所への他系統からの接続は段階開発を終えた後のオプションとする。



[出所] 調査団作成

図 5-2.1 システム開発の最終形態（段階開発）

シナリオ3は一括による開発計画を実施するため、送電線互長が短く、建設コスト面で優位となるキコンボ変電所への接続を計画するため、以下の図5-2.2をシステム開発の最終形態とする。

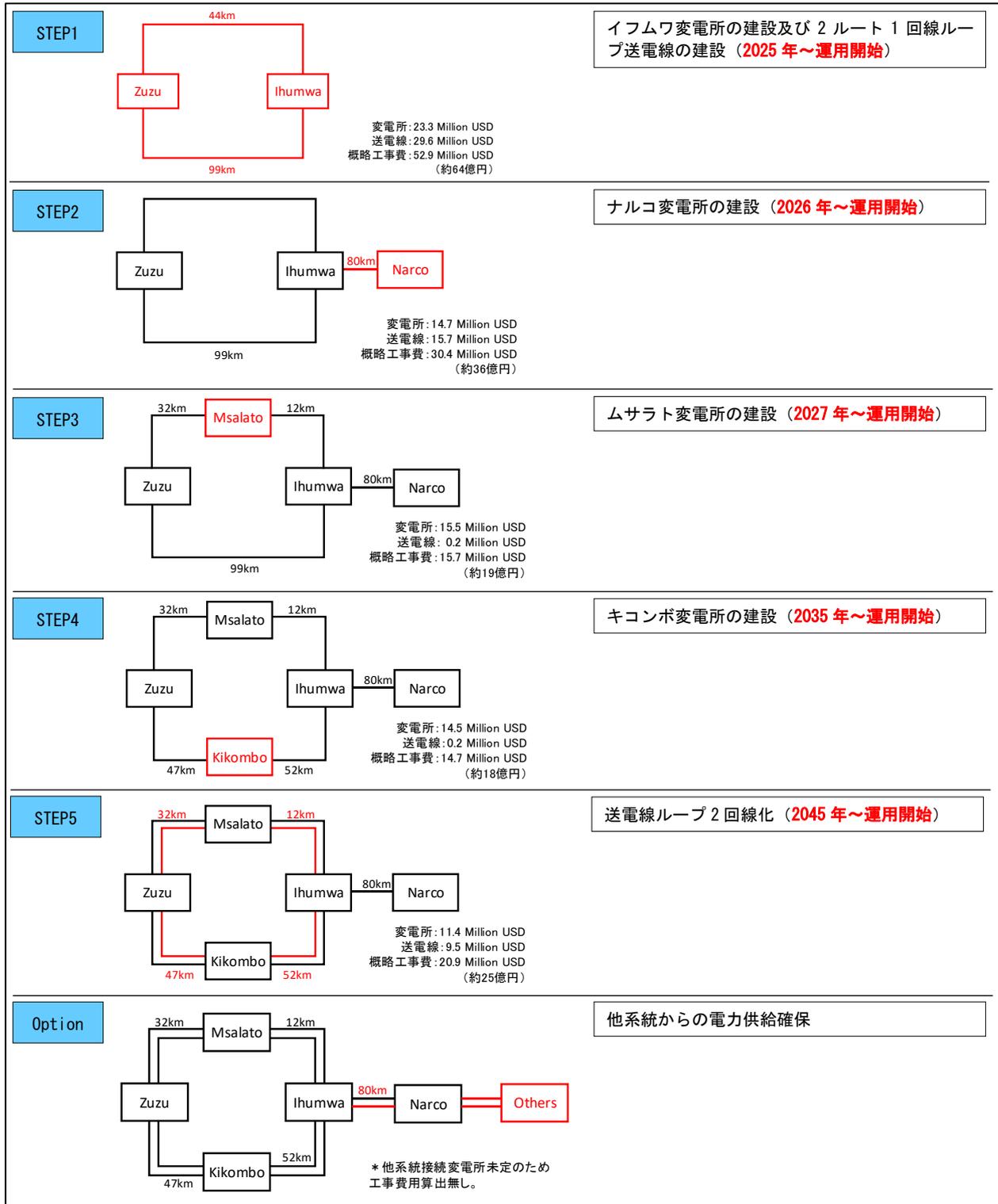


[出所] 調査団作成

図 5-2.2 システム開発の最終形態（一括開発）

シナリオ 1 : <段階開発案 1> 早期 1 回線ループ構築と供給信頼度確保

シナリオ 1 の段階的な開発案と概略費用を図 5-2.3 に示す。



[備考] 使用した為替レート: 120 円/1 米ドル

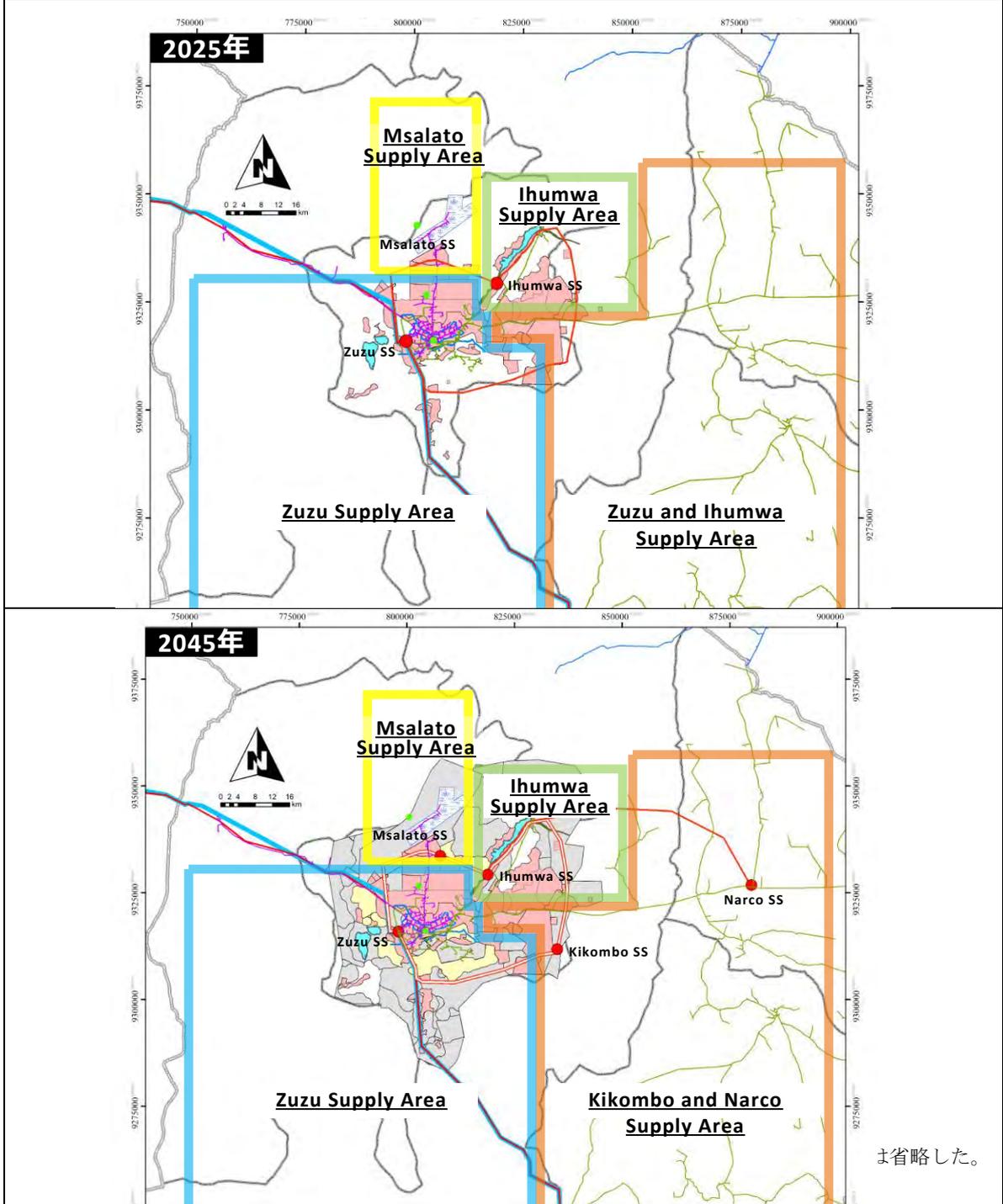
[注意] 概略事業費は送変電設備工事費を計上しているが、配電設備増強費、土地造成費やコンサルタント費、予備費等は含まない。

[出所] 調査団作成

図 5-2.3 シナリオ 1 の段階開発計画

シナリオ1の各変電所の負荷配分とサイト位置図を図 5-2.4に示す。

| 各変電所の負荷配分 [MVA] | 変電所 | 2025年 | 2026年 | 2027年 | 2035年 | 2045年 |
|--------------------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | ズズ変電所 | 71.75 | 80.00 | 55.44 | 81.81 |
| | イフムア変電所 | 72.09 | 57.81 | 66.02 | 100.33 | 147.44 |
| | ナルコ変電所 | - | 24.25 | 26.15 | 24.70 | 36.31 |
| | ムサルト変電所 | - | - | 33.07 | 49.14 | 72.22 |
| | キコンボ変電所 | - | - | - | 13.90 | 20.42 |

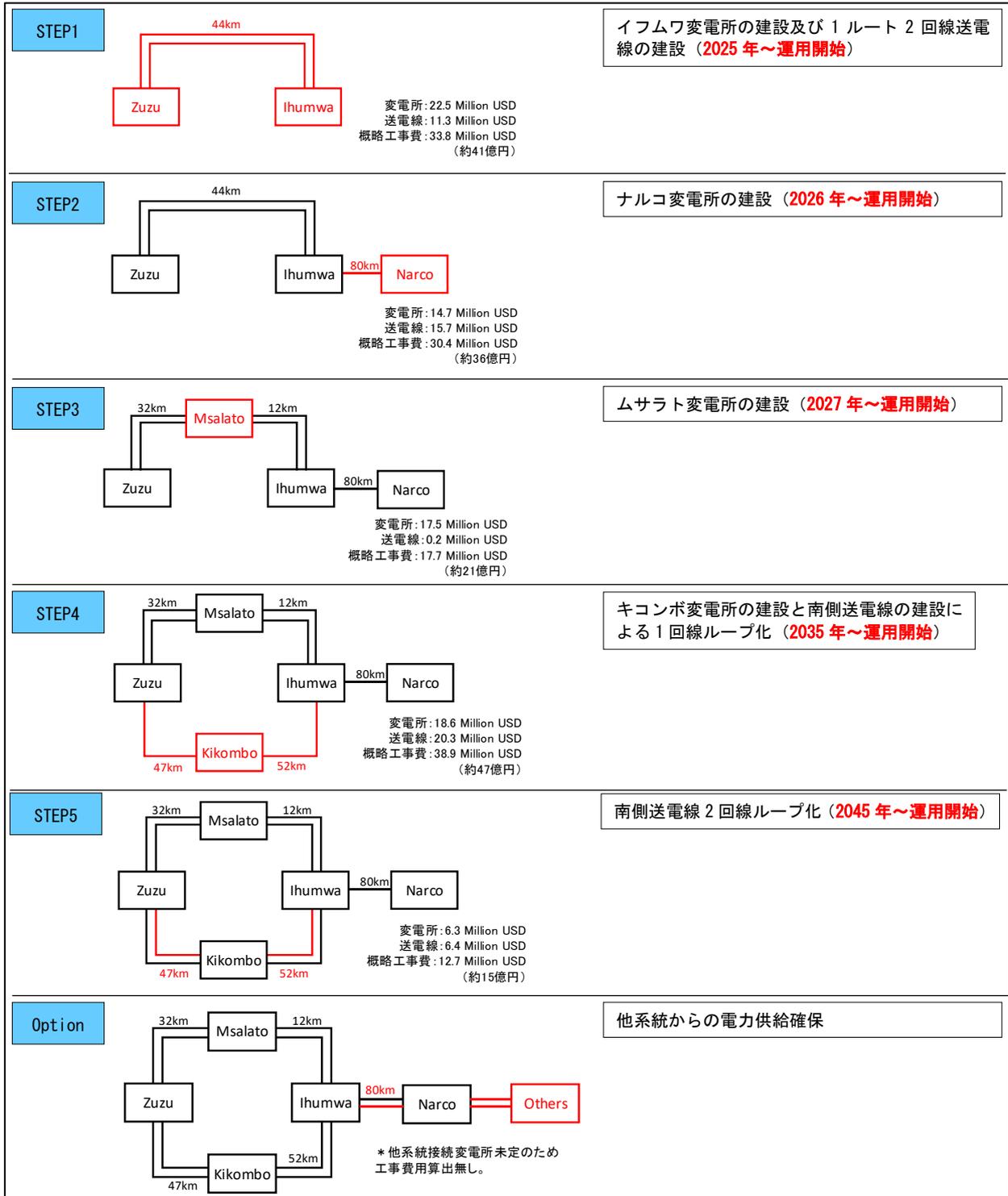


[出所] 調査団作成

図 5-2.4 シナリオ1の各変電所の負荷配分とサイト位置図

シナリオ2：＜段階開発案2＞ 緊急性を重視し北側系統2回線建設による供給信頼度の早期確保

シナリオ2の段階的な開発案と概略費用を図5-2.5に示す。



[備考] 使用した為替レート: 120円/1米ドル

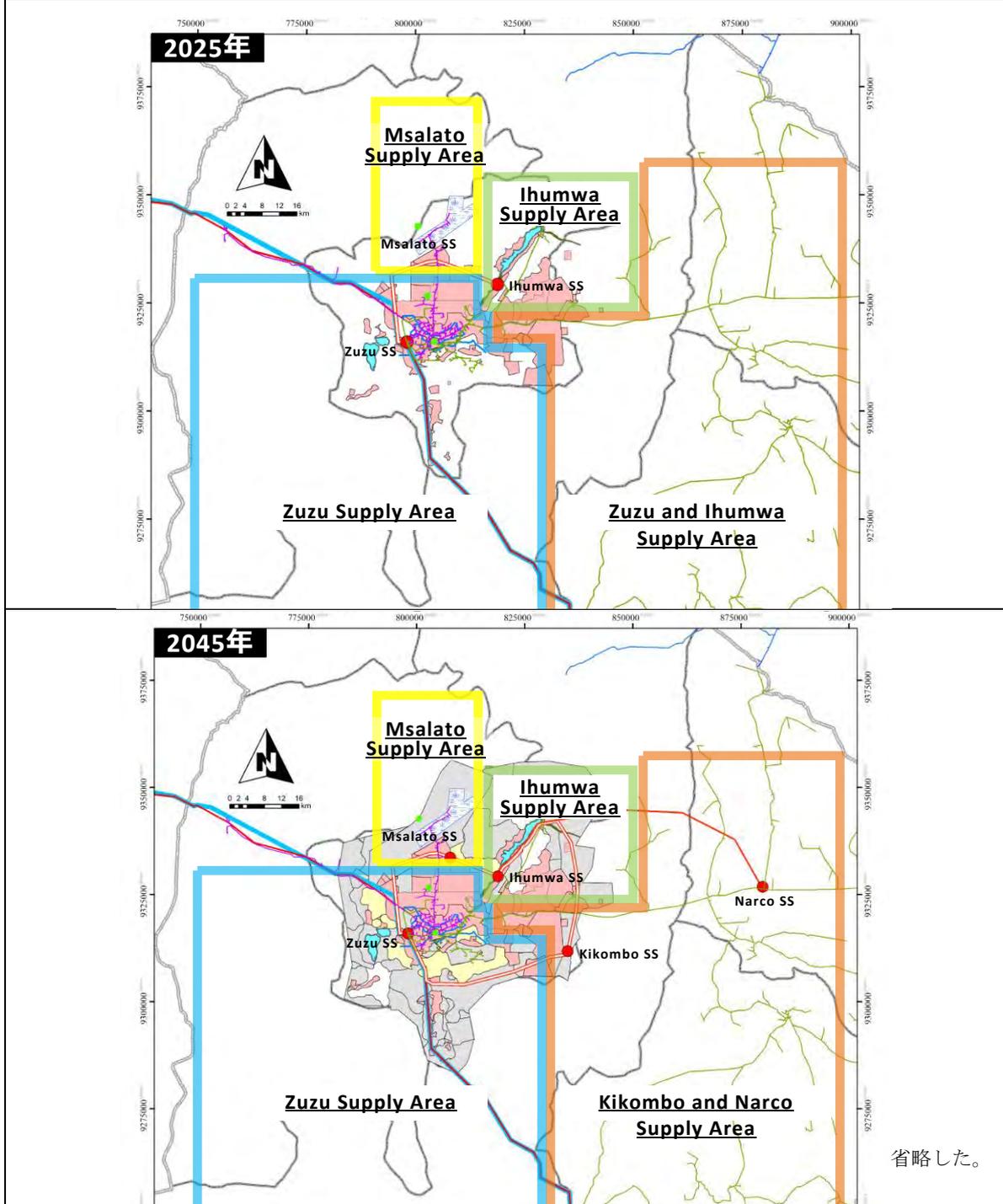
[注意] 概略事業費は送変電設備工事費を計上しているが、配電設備増強費、土地造成費やコンサルタント費、予備費等は含まない。

[出所] 調査団作成

図5-2.5 シナリオ2の段階開発計画

シナリオ2の各変電所の負荷配分とサイト位置図を図 5-2.6 に示す。

| 各変電所の負荷配分 [MVA] | 変電所 | 2025年 | 2026年 | 2027年 | 2035年 | 2045年 |
|--------------------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | ズズ変電所 | 71.75 | 80.00 | 55.44 | 81.81 |
| | イフムア変電所 | 72.09 | 57.81 | 66.02 | 100.33 | 147.44 |
| | ナルコ変電所 | - | 24.25 | 26.15 | 24.70 | 36.31 |
| | ムサルト変電所 | - | - | 33.07 | 49.14 | 72.22 |
| | キコンボ変電所 | - | - | - | 13.90 | 20.42 |

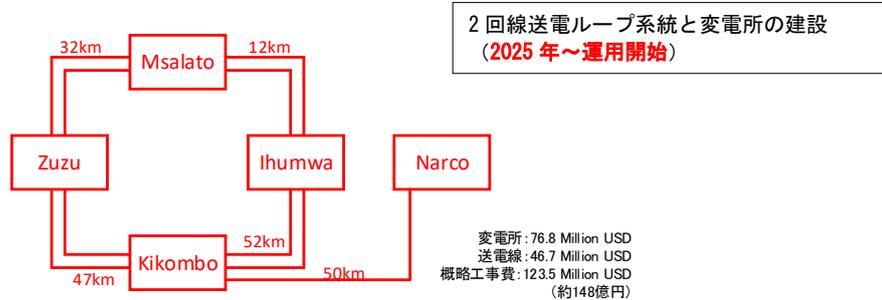


[出所] 調査団作成

図 5-2.6 シナリオ2の各変電所の負荷配分とサイト位置図

シナリオ3：〈一括開発案〉早期2回線送電ループ系統による先行開発

シナリオ3の一括開発案の概略費用及びサイト位置図を図5-2.7に示す。



[備考] 使用した為替レート：120円/1米ドル

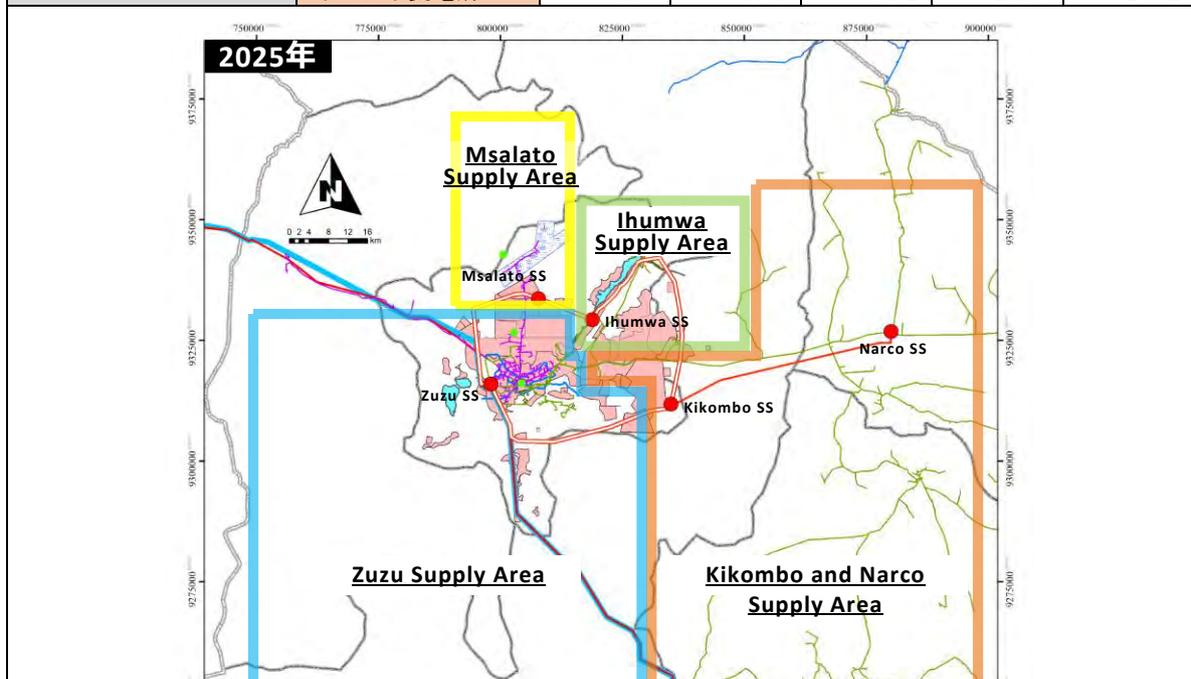
[注意] 概略事業費は送変電設備工事費を計上しているが、配電設備増強費、土地造成費やコンサルタント費、予備費等は含まない。また、各変電所（ムサラト変電所、イフムワ変電所、キコンボ変電所）の3台目の変圧器と付随する開閉設備の費用は含んでいない。

[出所] 調査団作成

図5-2.7 シナリオ3の一括開発計画

シナリオ3の各変電所の負荷配分とサイト位置図を図5-2.8に示す。

| 各変電所の負荷配分 [MVA] | 変電所 | 2025年 | 2026年 | 2027年 | 2035年 | 2045年 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | ズズ変電所 | | 45.16 | 50.21 | 55.44 | 81.81 |
| イフムア変電所 | | 48.61 | 57.06 | 65.21 | 100.33 | 147.44 |
| ナルコ変電所 | | 14.84 | 16.00 | 17.26 | 24.70 | 36.31 |
| ムサラト変電所 | | 26.59 | 29.79 | 33.07 | 49.14 | 72.22 |
| キコンボ変電所 | | 8.35 | 9.00 | 9.71 | 13.90 | 20.42 |



[出所] 調査団作成

図5-2.8 シナリオ3の各変電所の負荷配分とサイト位置図

5-2-2 実施スケジュール検討

前項にて検討したシナリオに関して、開発ケースの優先ステップ、工事の規模、推定費用等を参考に、実施スケジュールを検討した結果を表 5-2.1 に示す。

なお、本実施スケジュール（案）は、ドドマ首都 MP の中で主要な開発が計画されている Phase I 終了となる 2025 年に必要な変電・送電設備（一部もしくは全部）を運用開始することを想定して作成している。そのため、詳細スケジュールは、実現性などを考慮し今後検討が必要である。

表 5-2.1 実施スケジュール（案）

| 年 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 |
|------------------------|---------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|-------|------|------|------|------|--------------|
| ■ドドマ首都マスタープラン | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 進行中の開発完了+12コミュニティの開発 | Phase I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 52コミュニティ開発の用地収用、計画策定 | | | | | | | | | | | | Phase IA | | | | | | | | | |
| - 13コミュニティの開発 | | | | | | | | | | | | Phase II | | | | | | | | | |
| - 16コミュニティの開発 | | | | | | | | | | | | Phase III | | | | | | | | | |
| - 21コミュニティの開発 | | | | | | | | | | | | Phase IV | | | | | | | | | |
| ■シナリオと開発STEP(案) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| シナリオ 1 | | | | | STEP1 | STEP2 | STEP3 | | | | | | | | | STEP4 | | | | | STEP5(→2045) |
| シナリオ 2 | | | | | STEP1 | STEP2 | STEP3 | | | | | | | | | STEP4 | | | | | STEP5(→2045) |
| シナリオ 3 | | | | | ALL | | | | | | | | | | | | | | | | |

5-3 シナリオ評価

形成した3つのシナリオを定性的な観点から評価した結果を表 5-3.1 に示す。

表 5-3.1 シナリオの簡易的評価

| シナリオ | 特長 | 課題 | コスト面 | | 技術面 | | 実施面 | | | 評価最大18点 |
|------|---|---|--|--|--|-----------------------|-----------|----------------|-----------------|---------|
| | | | EPCベースのシナリオ別コスト | コストインパクト(資金調達) | 首都MP PhaseI 終了時の供給信頼度の高さ | 配電系統との協調開発のための検討・実施事項 | 需要想定との協調性 | 開発遅延のリスク(事業規模) | Wayleave 確保の容易性 | |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> 一括開発に比べて初期投資費用が抑えられ、需要増に応じた開発が可能となる。 2025年にナルコ変電所建設を終えるためコングワ、ムプワプワエリアへの配電供給が比較的早急に実現できる。 信頼性の高いループ送電線の構築を早期に実現できる。 | <ul style="list-style-type: none"> STEP1の事業規模がやや大きいため、短期間で事業計画の立案、環境社会配慮調査を実施する必要がある。 | 初期費用：約64億円 (総額：約162億円) | 2(標準) | 3(高い) | 2(標準) | 3(高い) | 2(標準) | 3(高い) | 15(◎) |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> 早期信頼性を追求し、かつ個別段階開発を行うことにより、シナリオの中では、全体コストが最大となるが、初期投資コストの抑制が可能。 | <ul style="list-style-type: none"> STEP1の事業規模がやや大きいが、分割開発であるため、緊急性の対応はある程度期待できる。 早期に1回線ループを構築するため供給信頼度は最も早く確保できる。 | <ul style="list-style-type: none"> ドドマ首都MPの開発計画に則ったシナリオであるため、需要想定との協調性は最も高い。 | | | | | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> 一括開発に比べ初期投資費用が抑えられ、需要増に応じた開発が可能となる。 2025年にナルコ変電所建設を終えるためコングワ、ムプワプワエリアへの配電供給が比較的早急に実現できる。 1ルート2回線送電線建設により、1回線停電時等における送電が可能となる。 | <ul style="list-style-type: none"> STEP4での送電線建設時にドドマ首都圏でWayleave確保が困難となる可能性がある。 | 初期費用：約41億円 (総額：約160億円) | 3(小さい) | 2(標準) | 2(標準) | 3(高い) | 3(低い) | 2(標準) | 15(◎) |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> 早期信頼性を追求し、かつ個別段階開発を行うため全体コストがシナリオ3に比べやや高くなるが、シナリオ1に比べて初期投資コストの抑制が可能。 | <ul style="list-style-type: none"> 初期事業規模が最も小さく、緊急性対応が期待出来る。 | <ul style="list-style-type: none"> STEP1では事業規模が小さいためWayleaveの確保は最も容易となる。しかし、STEP4での送電線建設時にドドマ首都開発がある程度進捗した状態でWayleaveを確保しなければならない可能性がある。 | | | | | |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> 首都開発計画に先行して送電系統の開発が可能となるため、Wayleaveや環境社会配慮上、優位となり得る。 2025年から2回線ループシステムとして運用開始するため、早期に信頼度が高い系統の構築が可能となる。 | <ul style="list-style-type: none"> 一括開発のため事業規模が大きくなり短期間で事業計画の立案、環境社会配慮調査を実施する必要がある。 首都の開発状況や需要の状況により、初期投資の費用対効果や設備利用率が当初低くなる。 | 初期費用：約148億円 (総額：約148億円) | 1(大きい) | 3(高い) | 1(多い) | 1(低い) | 1(高い) | 3(高い) | 10(△) |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> 一括して先行開発を行うため、シナリオ1、2と比較して全体コストが抑制できるが、初期費用が大きくなり資金調達が困難となる可能性がある。 | <ul style="list-style-type: none"> 配電系統建設との協調を図るため検討・実施事項が多くなる。 例えば、配電方式の変更、停電時間や停電回数を考慮した最適な切り替え工事など検討量が多く、短時間での計画立案が困難となる。 | <ul style="list-style-type: none"> 一括開発のため事業規模が大きく、開発遅延のリスクが高い。 シナリオに則った配電系統の切り替えや拡張を行うには、リソース(人的・経済的)を集中的に投入する必要があり、開発遅延のリスクが大きくなる可能性がある。 | | | | | |

[評価]: ◎ (優: 15~18)、○ (良: 11~14)、△ (可 6~10)

5-4 本邦技術の適用可能性について

現地調査、開発状況の確認、TANESCO との協議結果に基づき、日本政府が推進する質の高いインフラ整備の文脈に沿う本邦技術が、ドドマ送配電網の整備において導入できる可能性があるかを以下の通り検討した。

5-4-1 適用の可能性のある本邦技術

送配電網における質の高いインフラに資する技術とは、下記に示す効果が得られる技術であると考えられる。

- ① 電力品質向上
- ② 信頼性向上
- ③ ランニングコストを考慮したコスト低減
- ④ 環境負荷低減
- ⑤ 保守点検性の向上

ドドマ送配電網において、上記 5 項目の効果が得られる可能性のある本邦技術とその適用分野を表 5-4.1 に示す。

表 5-4.1 適用可能性を有する本邦技術とその適用分野

| No. | 適用技術 | 適用分野 | 効果 | | | | |
|-----|-------------------|--------|--------|-------|--------------------|--------|---------|
| | | | 電力品質向上 | 信頼性向上 | ランニングコストを考慮したコスト低減 | 環境負荷低減 | 保守点検性向上 |
| 1 | 低損失配電用変圧器 | 配電システム | - | - | ○ | - | - |
| 2 | 低損失送電線 | 送電システム | - | - | ○ | - | - |
| 3 | 送電用避雷装置 | | ○ | - | - | - | - |
| 4 | 低損失変圧器 | 変電システム | - | - | ○ | - | - |
| 5 | 特別三相変圧器 | | - | - | ○ | ○ | - |
| 6 | 低ガス漏れ率 | | - | - | - | ○ | - |
| 7 | ガス絶縁変圧器 | | - | ○ | ○ | - | ○ |
| 8 | 耐震性能を有する GIS と変圧器 | | - | ○ | - | - | - |
| 9 | 系統安定化装置 | | - | ○ | - | - | - |
| 10 | ばね操作装置適用ガス遮断器 | | ○ | ○ | - | - | ○ |
| 11 | 縮小型ガス絶縁開閉装置 (GIS) | | - | ○ | ○ | - | - |

表 5-4.1 に示した適用の可能性を有する本邦技術の概要を下記に示す。

(1) アモルファス変圧器



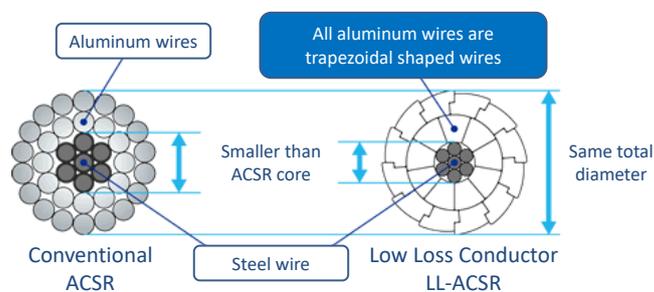
[出所] 製造メーカーのカタログを基に調査団作成

図 5-4.1 アモルファス変圧器

図 5-4.1 に示すアモルファス変圧器はアモルファス合金を鉄心に適用した変圧器である。通常の金属や合金は、原子が規則的に配列した結晶構造となっているのに対し、アモルファス合金は、ランダムな原子配列構造となっているため、変圧器の鉄心に適用した場合、ヒステリシス損と渦電流損が極めて少なくなる。そのため、受電状態で常に発生する無負荷損の抑制が可能となり、長期的な変圧器の損失低減が可能となる。しかしながら、アモルファス合金は通常の金属や合金に比べ、硬度が低くなることから、変圧器の短絡電磁力に対する耐機械力に限度があるため、変圧器の容量はおおよそ 1000kVA 以下での適用となる。

(2) 低損失電線

低損失電線は、図 5-4.2 に示すように鋼心への高強度材料採用による小径化、台形状のアルミ導体採用によるアルミ占有率の向上により、既存の同径の鋼心アルミより線と比較し、電線の外形・引張強さを従来電線と同等に維持しつつ、送電損失が約 20%低減することが可能となる。



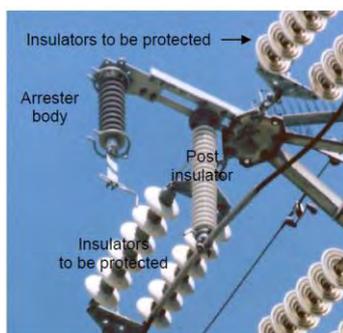
[出所] 製造メーカーのカタログを基に調査団作成

図 5-4.2 従来製品と低損失大容量電線の比較

(3) 送電用避雷装置

図 5-4.3 に送電用避雷装置の適用事例を示す。送電用避雷装置は、避雷器本体と直列ギャップから構成され、送電線支持絶縁物と並列に接続されるため、送電鉄塔や送電線への落雷時に絶縁物に過電圧が発生した際、避雷器本体と直列に接続されたギャップが放電し、絶縁支持物を過電圧から保護する役割を有している。また、支持絶縁物の両端にアーキングホーンが設置されている場合は、送電鉄塔や送電線への落雷時にアーキングホーンの放電を抑制することができるため、瞬時地絡による遮断器の動作を抑制することができる。そのため、瞬時停電を抑制することが可能となる。このように送電用避雷装置を適用することにより、送電鉄塔や送電線への落雷時にがいし等の絶縁支持物の絶縁保護、アークホーンフラッシュオーバーによる瞬時停電を抑制することが可能となる。

このギャップ付き送電用避雷装置は、これまで日本国内に多く適用されてきた機器であるが、近年、日本が主導し IEC (International Electrotechnical Commission) 規格にて規格化されており、海外でもギャップ付き送電用避雷器の適用が拡大しつつある状況である。



[出所] 技術論文を基に調査団作成

図 5-4.3 送電用避雷器の適用事例

(4) 低損失変圧器

大容量電力用変圧器などの鉄心素材に低損失ケイ素鋼板を適用することで鉄損を低減することが可能となる。鉄損の低減は、無負荷損の低減が可能となり、長期的な経済性向上に寄与する。

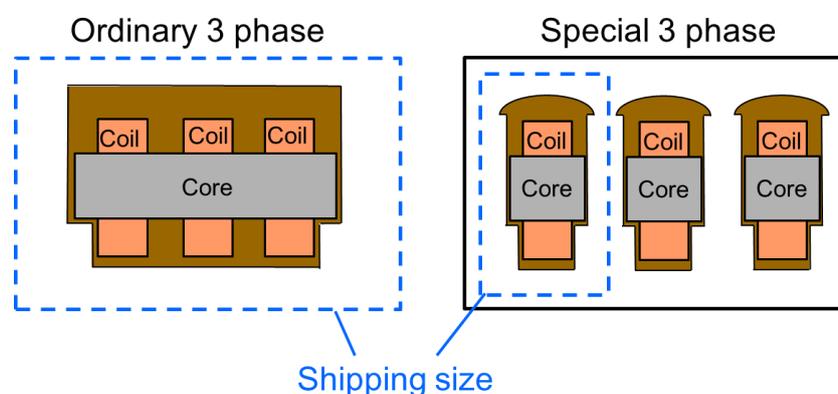


[出所] 技術論文を基に調査団作成

図 5-4.4 765kV 級低損失変圧器

(5) 特別三相変圧器

特別三相変圧器は、図 5-4.5 に示すように三相変圧器を単相変圧器に分割することで、普通三相変圧器に比較して、輸送重量を抑制することが可能となり輸送問題を緩和することが可能となる。このため、変圧器輸送経路に、狭隘な道路や橋梁がある場合普通三相変圧器でなく特別三相変圧器を適用されることがある。ドドマ地域に変圧器据え付ける場合、変圧器製造メーカーにもよるがダルエスサラーム港まで海上輸送し、ダルエスサラームからドドマ地域まで陸上輸送することが想定される。ダルエスサラームからドドマ地域までは、山岳地域もないため狭隘な道路や橋梁は存在しないと考えられる。しかしながら、タンザニアでは、重量物を輸送する場合に、その重量に応じ課税されるため、特別三相変圧器にて陸上輸送した方が普通三相変圧器の陸上輸送費に比べ、課税額が安価となる可能性があり、変圧器本体コストに課税額を加え、コスト評価する必要がある。



[出所] 調査団作成

図 5-4.5 特別三相変圧器の概念図

(6) 低ガス漏れ率の実現

ガス絶縁開閉装置やガス絶縁遮断器などのガス絶縁機器に使われている SF6 ガスは、地球温暖化ガスでありその大気への放出は環境負荷低減の観点から極力ゼロにすることが望ましい。また、ガス絶縁機器の気密性能低下によるガス漏れは、機器の絶縁性能の低下やフランジ面の錆が抑制できることから、低ガス漏れ率の実現は機器の長期信頼性を維持する上でも非常に重要となる。本邦企業は長期に亘りガス絶縁機器の気密性能向上に取り組んでおり、現在多くの本邦企業で表 5-4.2 に示すようにガス漏れ率 0.1%/年以下を実現している。一方で近年 IEC 規格においても、現在形式試験にて性能検証を要求しているガス漏れ率は 0.5%/年を 0.1%/年とする動きもあるため、環境負荷低減に配慮した送配電網を構築するための手段として、低ガス漏れ率を実現した機器の適用は非常に有効であると考えられる。

表 5-4.2 IEC 規格で規定されているガス漏れ率と本邦企業が提供する機器のガス漏れ率

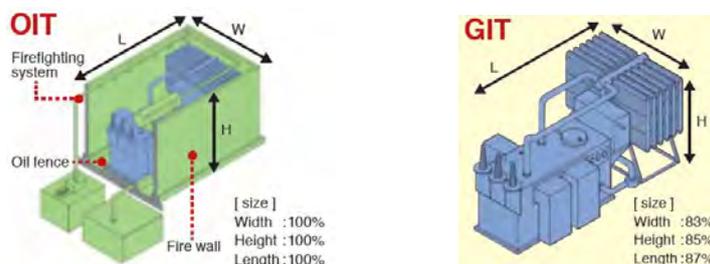
| | 工場試験 | 現地試験 |
|----------------------|---------|---------|
| 多くの本邦企業が提供する機器のガス漏れ率 | <0.1%/年 | <0.1%/年 |
| IEC 規格 | <0.5%/年 | <0.5%/年 |

(7) ガス絶縁変圧器

表 5-4.3 に示す特長を有するガス絶縁変圧器は、都市部の地下変電所の防災対策やコンパクト化を目的として、小容量から大容量まで我が国のみならず香港、中国、豪州など多くの国で多数使用されている。油を使用しておらず漏油の心配がないため、地下変電所のみならず、自然環境に配慮した地域での適用事例も報告されている。

表 5-4.3 油入変圧器と比較したガス絶縁変圧器の特長

| | 内容 |
|------------|---|
| ガス絶縁変圧器の特長 | ① 不燃性、非爆発性 ② 消火設備が不要 ③ 冷却器・配管配置の自由度が高い ④ 保守点検が容易 ⑤ 据え付期間が短い |



[出所] 製造メーカーの Web サイトに基づき調査団作成

図 5-4.6 ガス絶縁変圧器と油入り変圧器の構成比較



(a) 110kV-50MVA GIT (Low-pressure type)

(b) 275kV-300MVA GIT (High-pressure type)

[出所] 技術論文を基に調査団作成

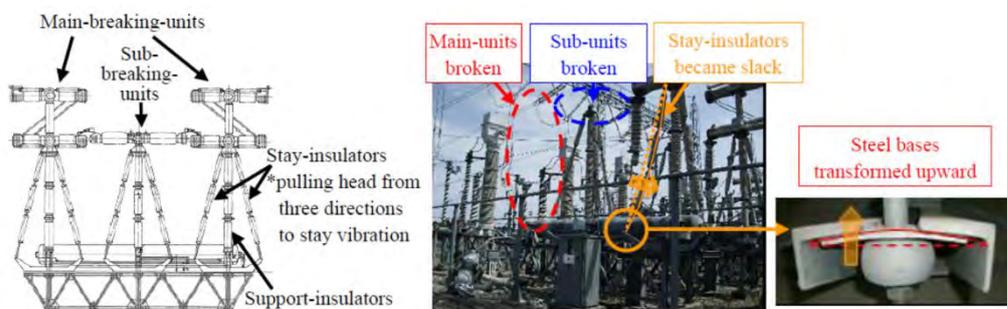
図 5-4.7 ガス絶縁変圧器の適用事例

(8) 耐震性能を有する GIS と変圧器

日本は世界有数の地震が頻繁に発生する国であり、JEC (Japanese Electrotechnical Committee) 規格では、開閉装置等の参考試験として耐震性能を検証するための試験内容が記載されている。近年では、2011 年 3 月 11 日に三陸沖を震源とするマグニチュード 9.0 という日本観測史上最大規模となる東北地方太平洋沖地震が発生したが、変電機器の被害に伴う著しい供給支障は発生しておらず、現行の日本における変電機器の耐震指針の妥当性が認められている。一方、同指針の想定を上回る地震動により、同指針に基づき設計された変電機器においても一部損壊等の被害が発生しており、この経験で得られた知見を分析し設計手法の最適化検討も行

われている。

タンザニアにおいても、2016年9月にマグニチュード5.7の地震が発生しており、首都機能を有する地域のインフラストラクチャーの構築には、数々の地震の知見を反映された変電機器を適用することが重要であると考えられる。

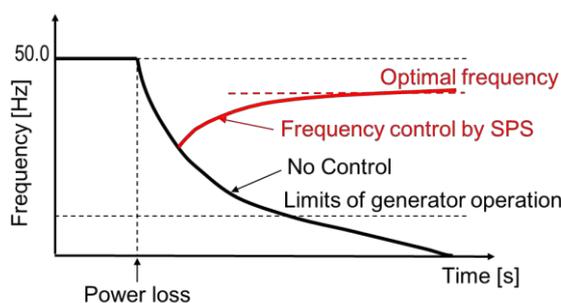


[出所] 技術論文を基に調査団作成

図 5-4.8 東北地方太平洋沖地震による 275kV 空気遮断器の被害事例

(9) 系統安定化装置

系統安定化装置の設置により、広域に亘る系統の即時情報を監視し、適切に周波数等を制御することが可能となり事故等発生時の大規模大規模停電を抑制し、その影響を最小化することが可能となる。図 5-4.9 に系統安定化システムの概念図を示す。系統安定化装置などにて制御しない場合、事故発生（電源喪失）以降、周波数が徐々に低下し、発電機の運転限界以下となり大規模停電に至る可能性がある。一方、系統安定化装置により周波数を制御した場合は、事故発生以降、系統安定化装置により周波数が最適周波数に近づけられていることが確認できる。系統安定化装置は、その特性上頻りに動作する装置ではないが、動作時には大規模停電が抑制することが可能となるため、系統の信頼性向上に寄与するシステムであると考えられる。



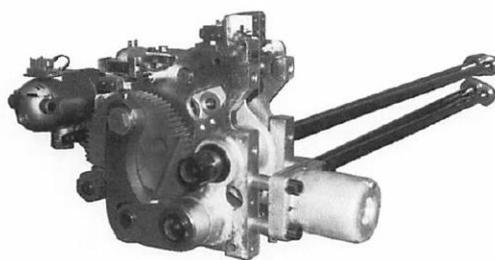
[出所] 調査団作成

図 5-4.9 系統安定化装置概念図

(10) ばね操作装置適用ガス遮断器

ばね操作装置は、油圧操作装置に比べ、油圧圧力スイッチおよび油圧計などの補器が不要となることから部品点数が少なく、故障頻度が低くなる。加えて、定期点検時の点検項目、試験項目及び取り換え部品の削減が可能となることから保守・点検の省力化を実現できる。また、

ばね操作装置では、油圧操作装置固有の漏油が発生しないことから高い信頼性を維持することが可能となる。



[出所] 技術論文を基に調査団作成

図 5-4.10 300kV GIS 用 トーションバーばね操作装置

(11) 縮小型ガス絶縁開閉装置 (GIS)

縮小型 GIS は、気中変電機器に比べ据え付け面積を最小化が可能となる。また、最近の GIS は、LCP (local Control Panel) と GIS ユニットを一体輸送としている製造メーカーも多く、現地での結線作業の省力化や据え付け工程短縮を実現している。

タンザニアにおいても、現在屋内変電所用として2か所 (ダルエスサラーム、キリマンジャロ) で GIS を採用している。



(a) 145kV GIS

for City Center Substation in Dar es Salaam



(b) 330kV GIS

[出所] 調査団作成

図 5-4.11 GIS 適用事例

5-4-2 ドドマ送配電網整備への本邦技術適用について

現地調査結果を踏まえ、TANESCO とドドマ送配電網整備への本邦技術適用について協議した結果、ランニングコストを含めたコスト低減が見込まれる下記項目の本邦技術に対して適用効果を定量的に検討した。

(1) 低損失配電用変圧器（アモルファス変圧器）

アモルファス変圧器は従来のケイ素鋼板変圧器と比較して多少初期投資額が高い（メーカーにより異なるが 1.2 倍程度）ものの、電力損失量は少ない。従って、アモルファス変圧器の適用により、電力損失軽減に伴う発電費用削減が可能となり、通常の変圧器に比べて高い初期投資額は、数年で回収でき、経済的な導入効果は高いと考えられる。アモルファス変圧器をドドマ首都圏に適用する場合は、表 5-4.4 に示す仕様（例）を参考に、事実仕様を念頭におき費用対効果を検討する。

表 5-4.4 配電用アモルファス変圧器の仕様（例）

| 仕様 | 条件（台数） |
|--|----------------|
| 電圧：33kV/400V、11kV/400V 容量：1250kVA（地上設置）500kVA（柱状） | 1000/3000/5000 |

(2) 低損失送電線

ドドマの送電系統開発計画のシナリオに則り、低損失送電線の適用効果を検討した。検討条件、検討パターンならびに検討結果を下記に示す。

1) 仕様

今回の検討行った普通電線と低損失送電線の仕様を表 5-4.5 に示す。なお、普通電線は、タンザニアで 220kV 送電線に広く使用されている Blue Jay とした。

表 5-4.5 送電線の仕様（例）

| Item | Unit | 220 kV | | |
|------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| | | Conventional ACSR (BlueJay) | LL-ACSR/AS (719mm ²) | LL-ACSR/AS (600/29mm ²) |
| 導体径 | mm | 31.96 | 31.96 | 31.96 |
| 重量 | kg/km | 1,868 | 2,154 | 1,860 |
| 公称断面積 | mm ² | 603.3 | 741.2 | 624.6 |
| 許容電流(75°C) | A | 773 at 75°C | 870 at 75°C | 796 at 75°C |
| 交流抵抗 | Ω/km | 0.0652 | 0.0516 | 0.0616 |

2) 送電線費用

送電線単価を、表 5-4.6 に示す。表 5-4.6 に示した送電線単価に開発形態に応じた送電線距離を乗じて送電線費用(初期値)を試算した。

表 5-4.6 送電線単価

| 送電線種類 | 費用 |
|------------------------------------|-----------|
| Conventional ACSR (BlueJay) | 1,090 円/m |
| LL-ACSR/AS(719mm ²) | 1,290 円/m |
| LL-ACSR/AS(600/29mm ²) | 1,130 円/m |

3) 回収年の検討ステップ

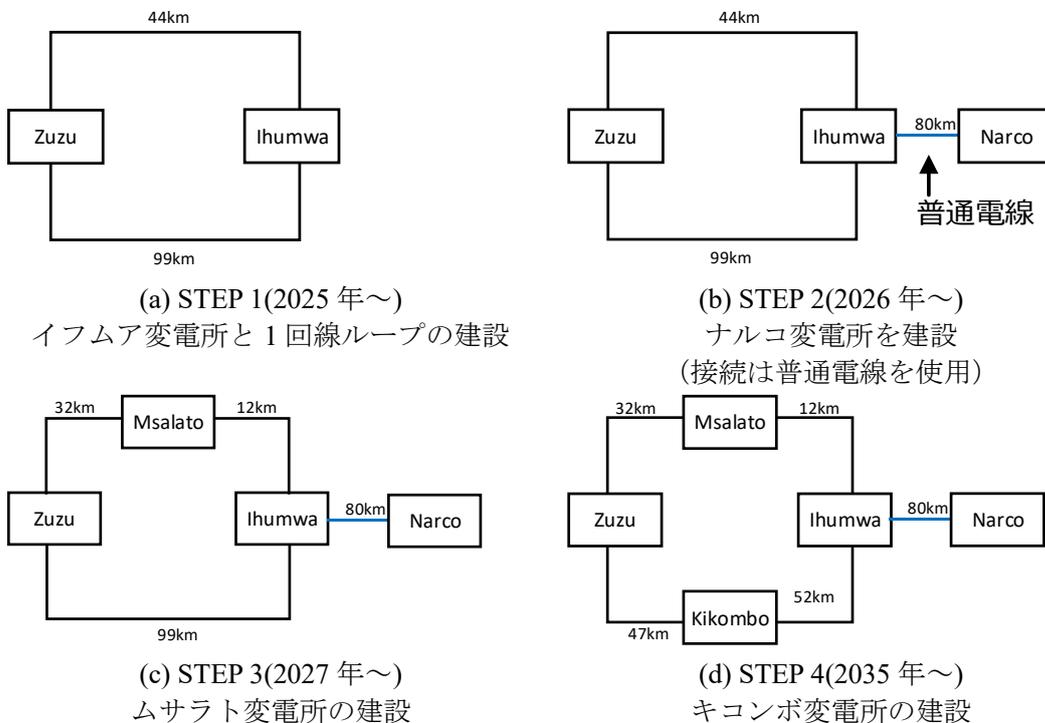
- ① 4-2 章で記載した、各変電所負荷配分結果に基づき、潮流を算出した。
- ② 潮流結果に基づき送電線損失を算出し、TANESCO 売電単価 0.1USD/kwh を乗じて、送電線の損失量に対応した発電コストを求めた。
- ③ 送電線費用（初期費用）に各年の損失量に対応した発電コストを積算し、回収年度を検討した。

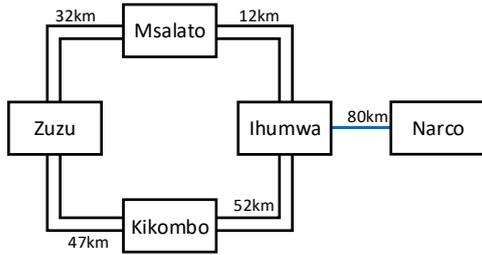
4) 送電線費用と費用回収

検討ケースとして、5-2 章にて検討したシナリオ 1、シナリオ 2、シナリオ 3 において低損失送電線を適用した場合の初期費用と費用回収年について検討した。図 5-4.12~図 5-4.14 に検討パターンを示す。図に示すようにイフムア-ナルコ間の送電線は、負荷電流も大きくないことから普通電線を適用している。また、低損失送電線は、低損失電線(719 mm²)と低損失電線(600/29 mm²)の 2 ケースで検討した。表 5-4.7、図 5-4.15 に検討結果を示す。

表 5-4.7 費用回収年

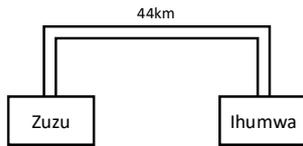
| シナリオ | LL-ACSR/AS(719mm ²) | LL-ACSR/AS(600/29mm ²) |
|--------|---------------------------------|------------------------------------|
| シナリオ 1 | 2032 | 2031 |
| シナリオ 2 | 2032 | 2030 |
| シナリオ 3 | 2046 | 2043 |



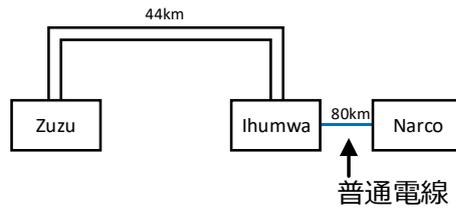


(e) STEP 5(2045年～)
送電線ループ2回線化

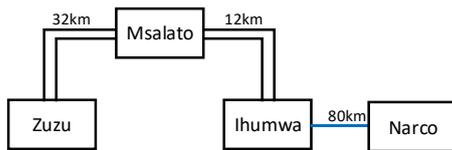
図 5-4.12 低損失電線検討パターン (シナリオ 1)



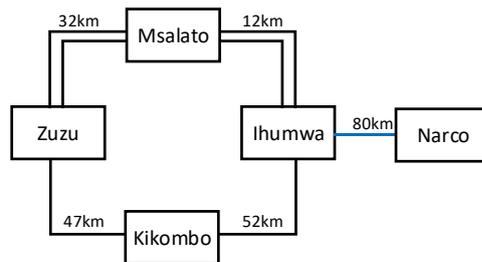
(a) STEP 1(2025年～)
イフムア変電所と2回線送電線の建設



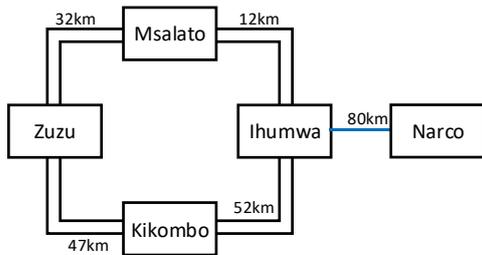
(b) STEP 2(2026年～)
ナルコ変電所を建設
(接続は普通電線を使用)



(c) STEP 3(2027年～)
ムサラト変電所の建設



(d) STEP 4(2035年～)
キコンボ変電所の建設



(e) STEP 5(2045年～)
送電線ループ2回線化

図 5-4.13 低損失電線検討パターン (シナリオ 2)

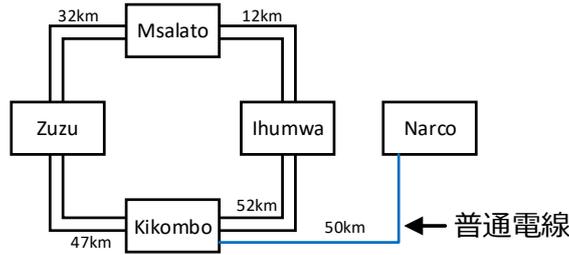
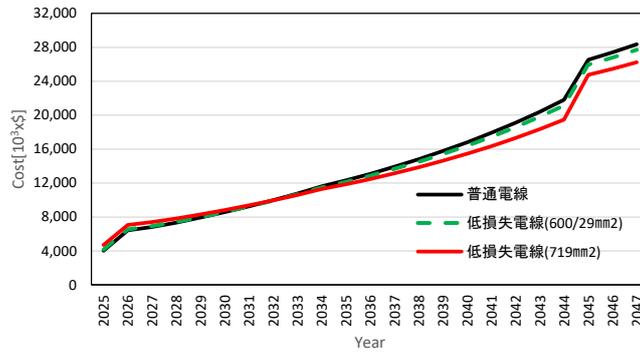
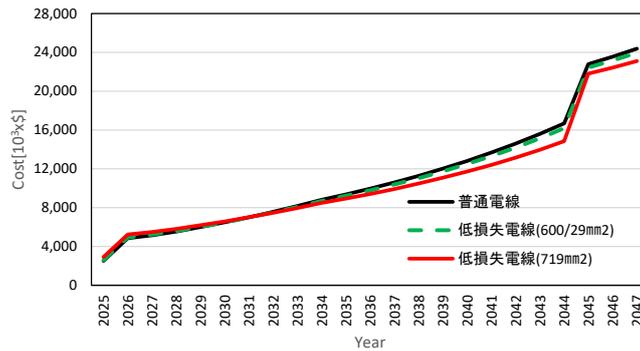


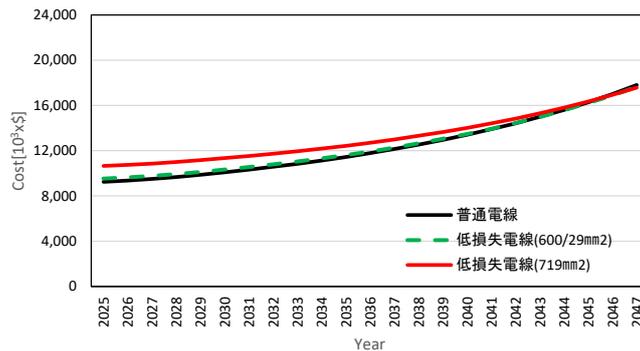
図 5-4.14 低損失電線検討パターン (シナリオ 3)



(a)シナリオ 1



(b)シナリオ 2



(c)シナリオ 3

図 5-4.15 低損失送電線費用回収検討結果

シナリオ 1~シナリオ 3 で検討した結果、表 5-4.7 に示すように今回の低損失送電線の費用回収は、719 mm² が優位となり 2046 年までに費用回収できることが確認できた。なお、本試算結果は、普通電線の価格、電力単価などの影響を受けるため検討に用いる数値の精査が必要となる。

(3) 特別三相変圧器

変電計画に記載しているようにイフムワ変電所には 220kV、100MVA の変圧器の導入を計画している。イフムワ変電所をはじめ、ドドマ首都送電系統の開発を計画している変電所の候補地は、今後変電所周辺道路などを整備するため、輸送上の大きな制約はない。しかしながら、タンザニアでは、搬入対象物の重量や体積に応じて課税されるため特別三相変圧器適用も視野にいれ、その適用メリットを検討する。

表 5-4.8 に示す検討条件にて普通三相変圧器と特別三相変圧器の輸送寸法と重量を検討した結果を表 5-4.9 に示す。

表 5-4.8 変圧器の概略仕様

| 項目 | 仕様 |
|----------|--|
| 電圧 | 220kV |
| 容量 | 100MVA |
| 冷却方式 | ONAN/ONAF |
| 一次電圧 | 220kV±10×1.25% |
| 二次電圧 | 33kV |
| 三次電圧 | 6.9kV 任意 |
| ベクトルグループ | YNyn0(d) |
| LIWV | HV : 1050kV HVN : 95kV LV : 170kV |
| AC | HV : 460kVrms HVN : 38kVrms LV : 70kVrms |
| %Z | 13% |
| 標高 | 1200m |

※：イフムワ変電所導入予定の変圧器を想定

表 5-4.9 普通三相変圧器と特別三相変圧器の概算寸法と概算重量（検討例）

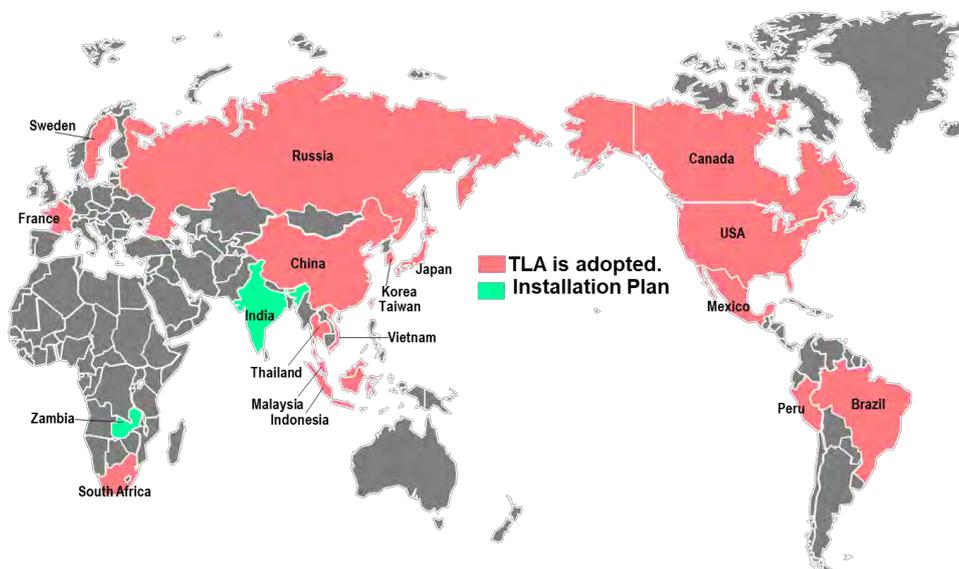
| | | 普通三相 | 特別三相 | |
|------------|---|-------|-----------------|-------|
| | | | V 相 (OLTC 付) | U、W 相 |
| 輸送寸法 (mm) | W | 3,000 | 3,000 | 3,000 |
| | L | 8,200 | 4,800 | 3,700 |
| | H | 4,200 | 3,700 | 3,700 |
| 輸送質量 (ton) | | 88 | 50 | 47 |
| 本体タンク分割数 | | 1 | 3 | |

表 5-4.9 に示すように普通三相変圧器では、輸送重量が 88ton となり、特別三相変圧器では、最大輸送重量が 50ton に抑えられることが確認できる。タンザニアでは、輸送車両毎に積載重量に規定があり、規定を超過した場合重量税が課せられる。また、トレーラを含む重量が 56ton を超過する場合は、通行制限が設けられている箇所もあり、具体的な開発計画を検討する際に各変圧器の費用、変圧器分割区分毎の課税額などを検討し、経済性を評価する必要がある。

(4) 送電用避雷装置

送電用避雷装置は、現在、図 5-4.16 に示すように世界 20 カ国以上で適用されている。

5-3-1 章に記載したが、送電用避雷器装置を適用することで、送電鉄塔や送電線への落雷時にかいし等の絶縁支持物の絶縁保護、アークホーンフラッシュオーバーによる瞬時停電を抑制することができる。ここでは、送電用避雷器装置を適用することによる、経済性効果の検討例を紹介する。



[出所] 調査団作成

図 5-4.16 送電用避雷器装置の適用状況

送電用避雷器は、送電線事故やがいしの破壊を抑制することが出来、下記の効果が期待できる。

- ✓ 停電防止による電力信頼性向上（経済損失削減）と電気事業者の売上確保
- ✓ 送電線設備破損防止によるメンテナンス費の削減

5) 停電防止による電力信頼性向上（経済損失削減）

停電防止による経済損失削減を検討にあたり、以下の条件にて経済損失を試算した。

【検討条件】

供給容量：100MVA

需要家数と停電コスト：表 5-4.10 に記載の通り。

年間停電時間 (C)：0.33hr (20 分) ※1

雷事故率 (D)：42.7%※2

運転期間 (E)：20 年

※1 年間停電時間：SAIDI からデータ引用

※2 雷事故率 (D)：電中研報告 T72 送電線耐雷設計ガイド (2003)

表 5-4.10 100MVA を供給する需要家数と停電 1 時間の需要家 1 件あたりの被害額

| 需要家 | 需要家数 (A) ※ (比率) | 停電コスト (B) (JPY) |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 一般 (2kW) | 10,000 (95.6%) | 1,700 |
| 低圧 (50kW) | 400 (3.8%) | 220,000 |

| 需要家 | 需要家数 (A) ※ (比率) | 停電コスト (B) (JPY) |
|---------------|-----------------|-----------------|
| 高圧 (500kW) | 40 (0.38%) | 1,100,000 |
| 特別高圧 (2000kW) | 20 (0.19%) | 7,600,000 |

※1 需要家数：日本の電力会社の事例をベースに想定

※2 電中研報告 Y06005 需要家から見た供給信頼度の重要性と停電影響 -国内需要家調査および首都圏停電調査にもとづく分析- (2007) による

【経済損失試算】

経済損失は、需要家数 (A) × 停電コスト (B) × 年間停電時間 (C) × 雷事故率 (D) × 運転期間 (E) により求めた。需要家あたりの被害額にて経済損失を算出の結果、今回の検討条件では、**約 8.5 億円**の経済損失が発生すると試算された。

6) 停電防止による電気事業者の売上確保

停電による電気事業者の損失を検討にあたり、以下の条件にて損失額を試算した。

【検討条件】

送電容量 (A) : 100MVA

平均負荷 (B) : 70%

年間停電時間 (C) : 0.33hr (20 分) ※1

雷事故率 (D) : 42.7%※2

電気料金 (E) : 30 円/kWh

運転期間 (F) : 20 年

※1 年間停電時間：SAIDI からデータ引用

※2 雷事故率 (D)：電中研報告 T72 送電線耐雷設計ガイド (2003)

【停電による損失試算】

停電による損失は、送電容量 (A) × 平均負荷 (B) × 年間停電時間 (C) × 雷事故率 (D) × 電気料金 (E) × 運転期間 (F) により求めた。算出の結果、**約 600 万円**の売上が減少すると試算された。

7) 送電線設備破損防止によるメンテナンス費の削減

送電線設備破損によるメンテナンス費の削減を検討するにあたり以下の条件にてメンテナンス費用を試算した。

【検討条件】

事故回数 (A) : 2 回/年

対応人数 (B) : 7 人

人件費 (C) : 50,000 円/人日

補修日数 (D) : 3 日

運転期間 (E) : 20 年

【メンテナンス費試算】

送電線設備破損によるメンテナンス費は、事故回数 (A) × 対応人数 (B) × 人件費 (C) × 補修日数 (D) × 運転期間 (E) により求めた。算出の結果、検討条件では、**約 0.4 億**

田のメンテナンス費が発生すると試算された。

8) 送電用避雷装置の適用費用

ドドマ首都圏送電網整備において、下記条件にて送電用避雷装置の適用費用を試算した。

【検討条件】

電圧：220kV

送電線互長：44km（ズブーイフムワ間を想定）

鉄塔数：130 基

送電用避雷装置設置数：390 相（片回線に送電用避雷装置を設置）

送電用避雷装置仕様概要：IEC60099-8 準拠、Class Y2、外部ギャップ付き

【検討結果】

送電用避雷装置の単価を 360,000 円～400,000 円と想定（メーカーにより異なる）した場合、避雷器適用費用は、約 1.4 億円～約 1.6 億円となる。

9) 投資効果

送電用避雷装置適用による損失額削減費：約 9 億円

送電用避雷装置適用費用：約 1.4 億円～約 1.6 億円

本試算では、送電用避雷装置適用により、電力品質が向上されることに加え、機器破損によりメンテナンス費が削減できるため、その経済効果は大きいことが確認できた。今後、具体的な開発計画を検討する際に経済性の評価を行い、適用可否を検討する必要がある。

第6章 開発シナリオの協議と実施スキーム 検討

第6章 開発シナリオの協議と実施スキーム検討

6-1 開発シナリオの協議

調査団はドドマにおいて、2020年1月28日から31日の4日間、TANESCO、エネルギー省、財務計画省に対して、本報告書第1章から第5章の内容を網羅するドラフトファイナルレポートの概要と要点の説明、協議、並びにサイト状況調査を実施した。

調査団が行ったプレゼンテーションでは、需要想定レビュー結果と変電所への負荷配分の考え方、ドドマ首都圏送配電網拡張計画の提案に加えて、3つの開発シナリオを提示して、タンザニア側との協議を行った。

<調査団の推奨シナリオ>

調査団はシナリオ検討と評価の詳細を説明し、主に以下の理由から、シナリオ1もしくはシナリオ2による開発を推奨した。

- 段階開発は、約30年間の電力需要想定に基づく需要に見合った開発計画である。
- 一括開発は過剰な先行投資となる。
- 一括開発は設備のメンテナンスが同時期に集中することになり、メンテナンスに費やす時間や費用に偏りが生じてしまう。

<TANESCO 及び MoE の推奨シナリオ>

しかしながら、TANESCO とエネルギー省は、次の主な理由からシナリオ3による一括開発を推奨した。

- 時間と労力を省略できる。
- 長期間にわたって急激な需要増にも対応できる。
- 全体投資コストを抑えられる。

更に TANESCO は、ナルコ変電所までの接続を含めて、複導体による2回線設計の送電線を最終形態として、初期段階では片回線の架線となるよう修正を求めた。

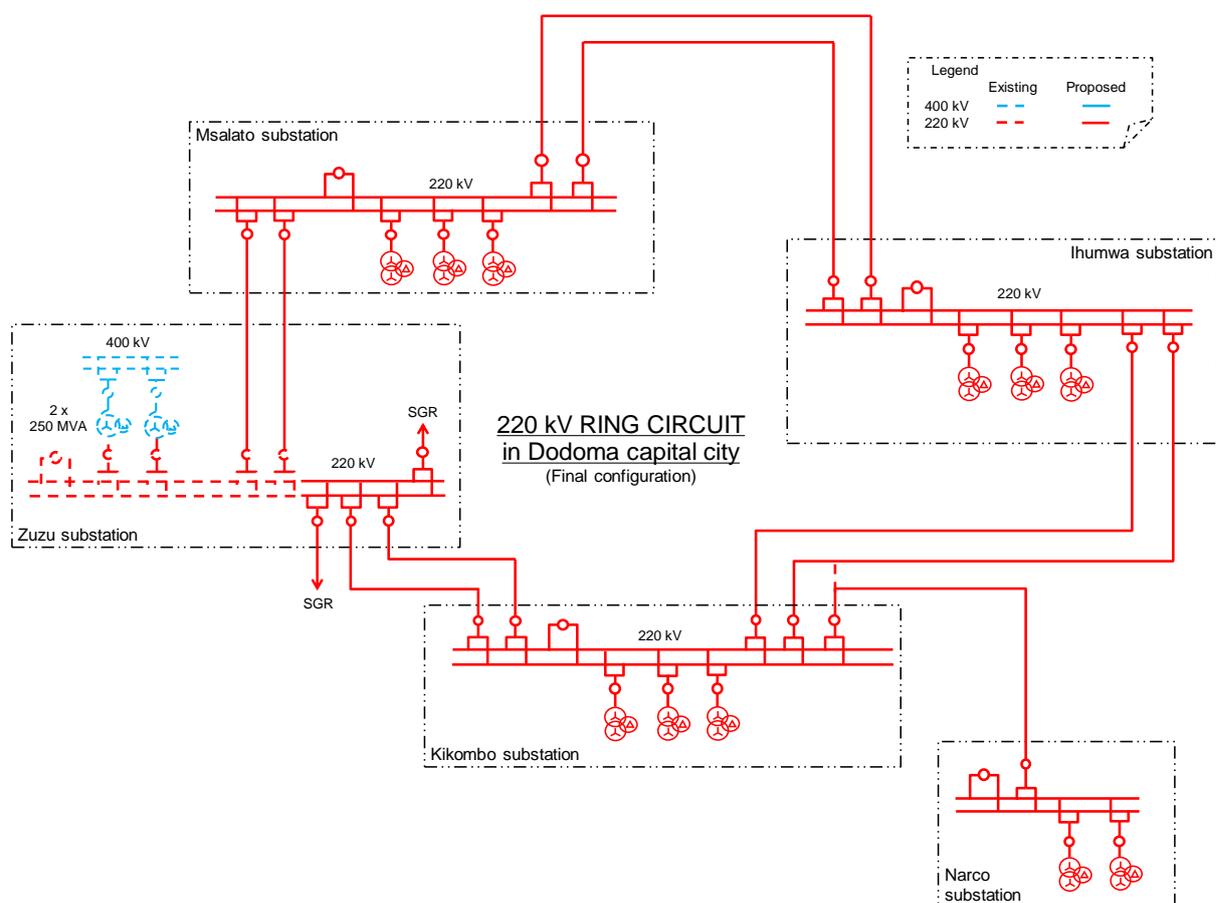
6-2 協議結果を考慮したドドマ首都圏送電系統開発計画（案）の概要

6-2-1 送変電設備計画の変更点

(1) ナルコ変電所を含めたドドマ首都圏 220 kV 系統（最終形態）

タンザニア側との協議の結果、イフムワ変電所とキコンボ変電所間の送電線ルートが変更となり、ナルコ変電所向けの送電線がキコンボ変電所近くを通過するよう変更された。そのため、イフムワ変電所とキコンボ変電所間が2回線化される際に、その2回線目がキコンボ変電所に引き込まれ、ナルコ変電所へは新たにキコンボ変電所から送電線を引き出されることと

なる。シナリオ 1 及び 2 も同様である。従って、どのシナリオにおいても系統の最終形態は同じとなり、ナルコ変電所はキコンボ変電所から給電される。この系統図を図 6-2.1 に示す。



[出所] 調査団作成

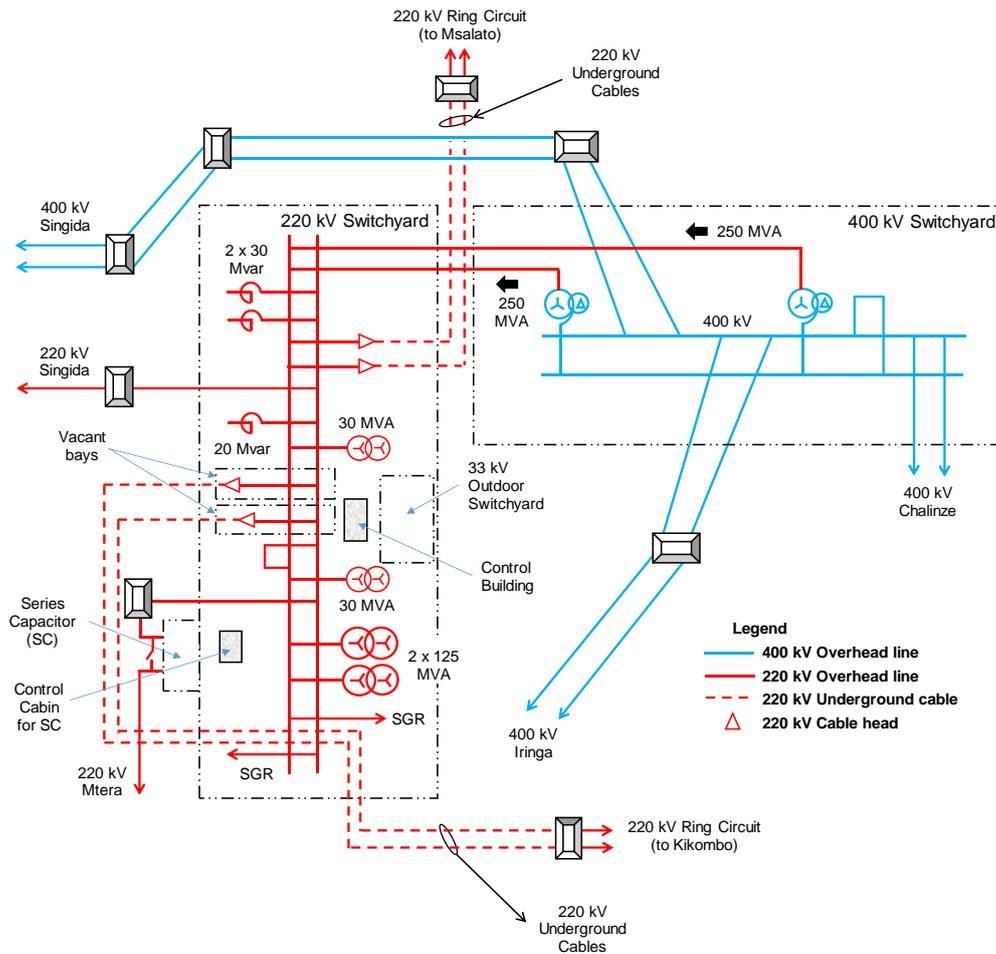
図 6-2.1 ドドマ首都圏 220 kV 系統（最終形態、ナルコ変電所含む）

(2) 変電所位置

TANESCO はムサラト、イフムワ、キコンボの変電所位置について、既に用地取得に向け調査を開始していた。また、住民移転がないことを確認できたことから、TANESCO の当初計画の変電所位置にて検討を進めてほしいとの要請を受けた。

(3) ズズ変電所におけるキコンボ変電所向け地中送電線ルート

ズズ変電所からキコンボ変電所に向けては、2つの 220 kV SGR 用送電線ベイの間を通過する計画を推奨しているが、今回の調査で変電所内にこのケーブルルートが取れないことが分かった。TANESCO と協議をした結果、一旦、変電所の外に敷設し、直列コンデンサの外側を通り、再度変電所内に戻すルートで敷設する計画とした。TANESCO によれば、このルートも TANESCO 所有の土地内であり、問題ないことが判明した。(図 6-2.2 参照)



[出所] 調査団作成

図 6-2.2 ズズ変電所平面図（環状系統引き出し）

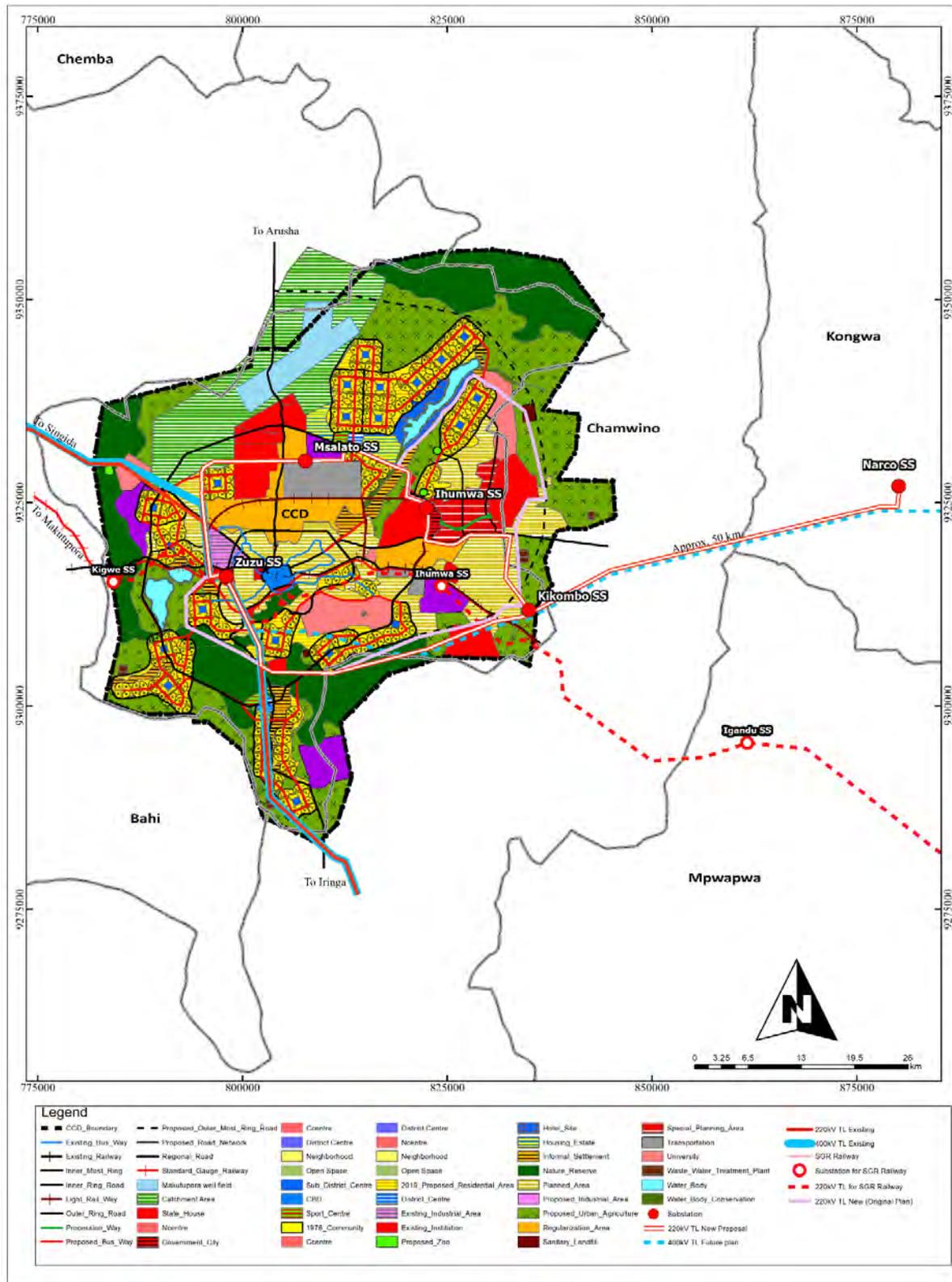
(4) ズズームサラト間

当初計画のムサラト変電所の位置を考慮し、ズズームサラト間の送電線ルートは、既設線と交差するズズ変電所周辺を除き、TANESCO の当初案を採用した。

(5) イフムワーキコンボ間

ドドマ市と TANESCO が協議した結果、大統領府周辺を避けるために、送電線ルートを変更しなければならなくなった。これを受けて、TANESCO は官庁街周辺を通過する短距離で接続する案と大きく迂回する案の 2 案を検討中であった。TANESCO と協議した結果、大きく迂回するルートを選択した場合、送電線亘長が更に長くなり費用が増大するため、短距離で結ぶルートで TANESCO がドドマ市と交渉することとなった。

TANESCO と合意した最終ルート（案）及び仕様を図 6-2.3 及び表 6-2.1 に示す。



[出所] 調査団作成

図 6-2.3 最終ルート (案)

変電所位置について、第二次渡航で TANESCO から受領した座標を元に調整したため、以前より少し位置が変更している。ただし、当該最終ルート (案) は TANESCO がドドマ市と協議

中であり、今後変更の可能性もある。

表 6-2.1 最終ルート（案）の仕様

| 電圧階級 | 回線数 | 送電線区間 | 亘長 |
|-------|-----|-----------|------|
| 220kV | 2回線 | ズズームサラト | 28km |
| 220kV | 2回線 | ムサラトーフムワ | 21km |
| 220kV | 2回線 | イフムワーキコンボ | 26km |
| 220kV | 2回線 | キコンボーズズ | 47km |
| 220kV | 1回線 | キコンボーナルコ | 50km |

6-2-2 調査団の見解と推奨

(1) 220kV ドドマ市環状送電線に対する2導体/相採用に関する見解

220kV Dodoma City ring circuit system を double conductors per phase で当面は single ループで運用する案が提案されているが、JICA Study Team としてはこの案は推奨しない。その理由は以下のとおりである。

報告書に記載している系統構成では、220kV 送電線の導体は TANESCO の標準の Bluejay (通常運用容量 300MVA 超) を基本に計画しており、現在の TANESCO 予想の 2047 年需要を Zuzu substation から 220kV 送電線単導体でリング構成無しで十分に供給できる容量を持つ。ここでリング構成を行うことで供給能力及び供給信頼性 (N-1) も向上した運用となり、更に政府官庁街への電力供給の観点も考慮して2回線化も行っている。これらは十分な容量と信頼性(送電線は N-2) 確保の系統構成であり、Dodoma City 外部の地域 (Region) 内の需要地への供給を行っても N-1 信頼度確保の状態でも 500MVA 超が運用できる系統構成ではあるので大きな影響は出ないと想定している。もし TANESCO 想定需要を大きく上回る状態になった際でも、1回線毎の停止が可能な系統構成であるので、導体交換が容易である。最近の技術の進歩により、同一以下の径でより軽い荷重、弛度も小さく電流容量は倍近く持つ導体も複数種類実用化されており発展途上国での活用も報告されている。

また、提案されている2導体/相採用での2回線鉄塔への1回線のみ架線状態では、大きな偏荷重が掛かり、鉄塔、基礎の強化が必要となり、2回線併架の建設費よりも高価となることが予想され推奨できない。

系統計画の基本方針に記載したとおり、経済性も重要な考慮項目の一項目であり、初期投資を抑えつつ運用状況を見据えて適切な時期に適切な規模の設備投資を行うのが電力会社の運営上の負担も少なく健全な経営の継続に繋がると思料する。(需要の伸びが想定範囲内であった場合の不必要な投資コスト投入も避けられる。)

(2) 送電設備計画懸案箇所に係る見解と推奨

表 6-2.2 に懸案箇所を示す。

表 6-2.2 最終ルート案の懸案箇所

| 送電線区間 | 懸案箇所 | 懸案 |
|---------------|-------------------|--|
| ズブ ームサラト | ムサラト変電所から 3km 付近 | ・住宅地通過 (A104 道路との交差付近) |
| | ムサラト変電所付近 | ・新設空港に隣接のため、空港建設計画の影響を受ける可能性有 ・EPZ 計画区画に一部干渉している可能性有 |
| ムサラト ーイフムワ | ムサラト変電所出口 | ・将来計画のバス用道路保全区域と干渉する可能性有 |
| | ムサラト変電所から 5km 付近 | ・EPZ 区画に沿ったルートになっているため、迂回率が高い |
| | イフムワ変電所から 7km 付近 | ・住宅密集地通過 |
| イフムワ ーキコンボ | イフムワ変電所から 5km 以内 | ・官庁街の計画区画に沿ったルートになっていることに加え、官庁街開発計画変更の場合の影響を受けやすい ・運転開始後は官庁街となるため、その後の維持管理に伴う作業に制約が伴う可能性有 |
| | キコンボ変電所から 10km 以内 | ・宅地予定地通過 |
| キコンボ ーズズ | キコンボ変電所周辺 | ・新設チャリンゼ-ズズ送電線との交差 |
| | キコンボ変電所から 2km 付近 | ・住宅地通過 |
| | キコンボ変電所から 7km 付近 | ・新設 SGR 用送電線との交差 |
| | キコンボ変電所から 11km 付近 | ・住宅地通過 |

1) ムサラトーイフムワ間

新国際空港周辺を通過することから、支持物の高さ制限範囲の確認が必要である。該当する場合、一部区間について、地中ケーブルを採用する可能性がある。また、バス用道路保全区域と干渉する範囲について調整が必要である。

2) イフムワーキコンボ間

イフムワ変電所周辺は、官庁街だけでなく軍用地にも隣接するため、各所との早めの調整することが望ましい。CCD との打合せ結果により、地中線となる可能性がある。その場合、本エリアの配電線は地中化が計画されていることから、他インフラ設備も含め、調整が必要である。

イフムワーキコンボ間送電線は、短距離で結ぶルートを選定したため、官庁街周辺を通過するだけでなく、将来的に宅地化される地域を通過する。そのため、Wayleave の確実な確保、将来的な維持管理を考慮し、鉄塔用地および鉄塔敷地へのアクセス道路の確保を可能な限り早く行うことが必要となる。

3) キコンボーズズ間

キコンボーズズ間送電線は、ほぼ同じルートを通る新設チャリンゼーズズ送電線と干渉するおそれがあるため、計画段階からの協議が必要である。協調がとれるのであれば、Wayleave を考慮し、共架とすることが望ましい。

(3) 変電設備計画懸案箇所に係る見解と推奨

1) ズズ変電所の 220 kV 母線容量

現地での TANESCO からの聞き取りによれば、現在、据付けが進められている 400/220 kV 変圧器は、400 kV 設計のシンギダ向け送電線のベイに接続される予定とのことであった。(図 6-2.1 参照) この接続にすれば、400/200 kV 変圧器の定格容量はそれぞれ 250 MVA であ

るので、運用によっては母線容量（333 MVA）を超える負荷が母線を通るケースが出てくるので、注意が必要である。

$$220 \text{ kV 母線容量 (Bluejay 1 導体)} = \underline{333 \text{ MVA} < 500 \text{ MVA}} (=2 \times 250 \text{ MVA})$$

2) ズズ変電所における 220 kV 空きベイ

ズズ変電所からキコンボ変電所向けには、現在の空ベイ 2 ベイに増設することで計画しているが、今回の調査で 1 つのベイの方に幅約 2m のケーブルダクトがあることが分かった。そのため、従来の開閉装置用の基礎が設置出来ない可能性が高い。実施時には従来とは違うタイプの開閉装置の採用、または、新たなベイの追加について検討することが必要と思われる。

6-2-3 送電系統開発計画の概要

協議結果を考慮したドドマ首都圏の送電系統開発計画（案）の概要を表 6-2.13 に示す。備考欄に留意事項を記載したが、送電線は特に占有範囲の取用に関し、既設や他の将来計画の送配電線との協調を図りながら建設を実施する必要がある。

表 6-2.3 送電系統開発計画（案）の概要

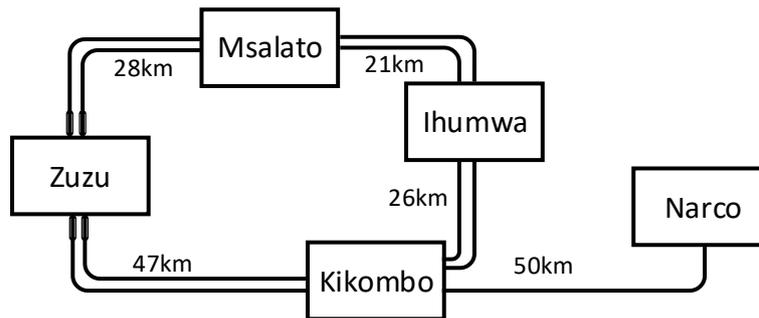
| 設備 | ID | 概要 | 備考 |
|----|-----|--|---|
| 送電 | T-1 | ■ ズズ変電所-ムサラト変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 28km | ズズ変電所からの引き出しはケーブル工事を想定 |
| | T-2 | ■ ムサラト変電所-イフムワ変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 21km | - |
| | T-3 | ■ イフムワ変電所-キコンボ変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 26km | 大統領府周辺を避けるために送電線ルートを変更 |
| | T-4 | ■ キコンボ変電所-ズズ変電所間送電線の建設 ・ 220kV 二回線 約 47km | 既設送電線との協調に留意、ズズ変電所からの引き出しはケーブル工事を想定 |
| | T-5 | ■ キコンボ変電所-ナルコ変電所間送電線の建設 ・ 220kV 一回線 約 50km | 段階開発、一回開発ともに最終的にキコンボ変電所からナルコ変電所に接続 |
| 変電 | S-1 | ■ ムサラト変電所の建設 ・ 変圧器 2x50MVA 220/33kV ・ 開閉設備、通信設備一式 ・ 制御棟建設、土木工事一式 | 既に用地取得に向け調査を開始しており、住民移転がないことを確認していることから TANESCO の当初計画位置とした。 |
| | S-2 | ■ イフムワ変電所の建設 ・ 変圧器 2x100MVA 220/33kV ・ 開閉設備、通信設備一式 ・ 制御棟建設、土木工事一式 | 同上 |
| | S-3 | ■ キコンボ変電所の建設 ・ 変圧器 2x30MVA 220/33kV ・ 開閉設備、通信設備一式 ・ 制御棟建設、土木工事一式 | 同上 |
| | S-4 | ■ ナルコ変電所の建設 ・ 変圧器 2x40MVA 220/33kV ・ 開閉設備、通信設備一式 ・ 制御棟建設、土木工事一式 | 同上 |
| | S-5 | ■ 既設ズズ変電所の改修 ・ 送電線引き出し設備一式 | 送電線ベイは既設の 4 ベイを使用 |

[出所] 調査団作成

6-3 協力方針の提案

6-3-1 送電系統開発計画のシナリオ（改訂版）

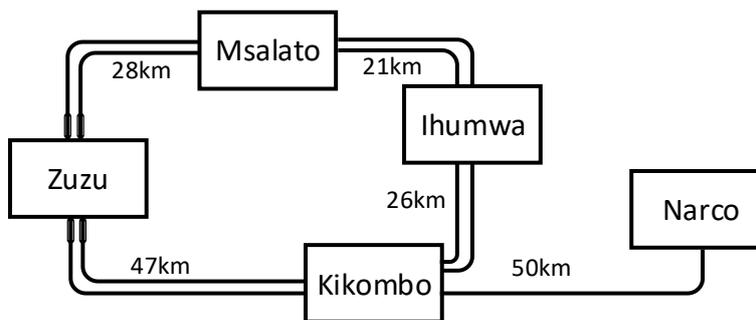
5-2-1 シナリオ形成の概念を踏襲し、協議結果に基づきシナリオを改訂した。5-2-1 記載のシナリオ形成に則り、シナリオ1、2は、ドドマ首都圏の開発計画や電力需要想定に応じた段階開発計画としている。シナリオの改訂版では段階開発においても、最終形態としては一括開発と同様に送電線互長、建設コスト面を考慮し、ナルコ変電所はキコンボ変電所から接続している。シナリオ1とシナリオ2の最終的な系統形態を図6-3.1に示す。



[出所] 調査団作成

図 6-3.1 系統開発の最終形態（段階開発改訂版）

一括開発であるシナリオ3の最終形態を以下の図6-3.2に示す。段階開発であるシナリオ1と2においても、最終形態としてはナルコ変電所をキコンボ変電所と接続しているため、一括開発と段階開発の最終形態は同形態となる。

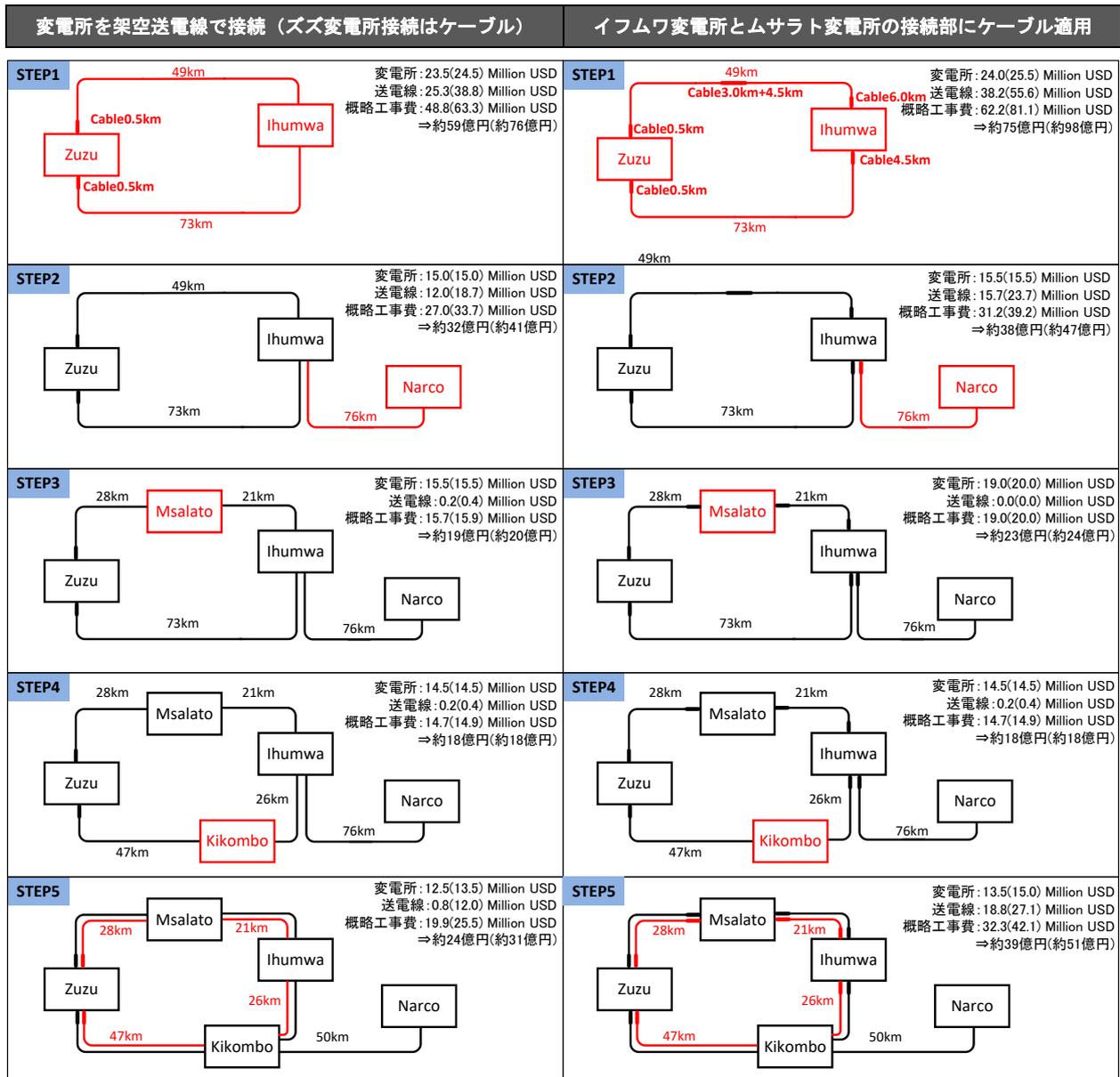


[出所] 調査団作成

図 6-3.2 系統開発の最終形態（一括開発改訂版）

シナリオ1：＜段階開発案1＞早期1回線ループ構築と供給信頼度確保

シナリオ1の段階的な開発案と概略費用を図6-3.3 シナリオ1の段階開発計画(案)に示す。



[備考] 使用した為替レート：120円/1米ドル

[注意] 概略事業費は送変電設備工事費を計上しているが、配電設備増強費用、土地造成費やコンサルタント費、予備費等は含まない。()内の数値は、送電線に複導体を適用した場合の費用を示す。

[出所] 調査団作成

図6-3.3 シナリオ1の段階開発計画(案)

シナリオ 2：＜段階開発案 2＞ 緊急性を重視し北側系統 2 回線建設による供給信頼度の早期確保

シナリオ 2 の段階的な開発案と概略費用を図 6-3.4 に示す。

| 変電所を架空送電線で接続（ズズ変電所接続はケーブル） | イフムワ変電所とムサラト変電所の接続部にケーブル適用 |
|--|--|
| <p>STEP1</p> <p>変電所: 22.5(23.5) Million USD 送電線: 12.4(16.1) Million USD 概略工事費: 34.9(39.6) Million USD ⇒約42億円(約48億円)</p> | <p>STEP1</p> <p>変電所: 23.0(24.5) Million USD 送電線: 34.3(45.7) Million USD 概略工事費: 57.3(70.2) Million USD ⇒約69億円(約85億円)</p> |
| <p>STEP2</p> <p>変電所: 15.0(15.0) Million USD 送電線: 15.3(23.6) Million USD 概略工事費: 30.3(38.6) Million USD ⇒約37億円(約47億円)</p> | <p>STEP2</p> <p>変電所: 15.5(15.5) Million USD 送電線: 18.4(27.7) Million USD 概略工事費: 33.9(43.2) Million USD ⇒約41億円(約52億円)</p> |
| <p>STEP3</p> <p>変電所: 17.5(17.5) Million USD 送電線: 0.3(0.3) Million USD 概略工事費: 17.8(17.8) Million USD ⇒約22億円(約22億円)</p> | <p>STEP3</p> <p>変電所: 24.0(25.5) Million USD 送電線: 0.0(0.0) Million USD 概略工事費: 24.0(25.5) Million USD ⇒約29億円(約31億円)</p> |
| <p>STEP4</p> <p>変電所: 19.0(19.5) Million USD 送電線: 11.7(18.1) Million USD 概略工事費: 30.7(37.6) Million USD ⇒約37億円(約46億円)</p> | <p>STEP4</p> <p>変電所: 19.5(20.0) Million USD 送電線: 15.5(23.2) Million USD 概略工事費: 35.0(43.2) Million USD ⇒約42億円(約52億円)</p> |
| <p>STEP5</p> <p>変電所: 6.6(7.1) Million USD 送電線: 4.0(6.5) Million USD 概略工事費: 10.6(13.6) Million USD ⇒約13億円(約17億円)</p> | <p>STEP5</p> <p>変電所: 6.6(7.1) Million USD 送電線: 4.0(6.5) Million USD 概略工事費: 10.6(13.6) Million USD ⇒約13億円(約17億円)</p> |

[備考] 使用した為替レート：120 円/1 米ドル

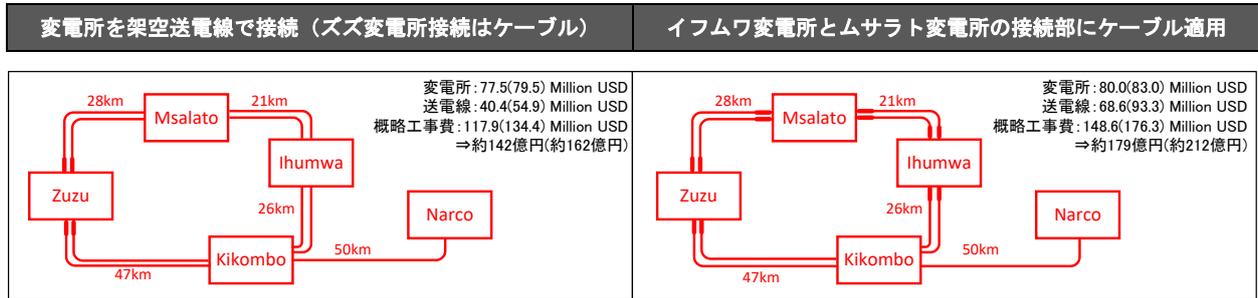
[注意] 概略事業費は送変電設備工事費を計上しているが、配電設備増強費用、土地造成費やコンサルタント費、予備費等は含まない。() 内の数値は、送電線に複導体を適用した場合の費用を示す。

[出所] 調査団作成

図 6-3.4 シナリオ 2 の段階開発計画 (案)

シナリオ 3 : <一括開発案> 早期 2 回線送電ループ系統による先行開発

シナリオ 3 の一括開発案の概略費用を図 6-3.5 に示す。



[備考] 使用した為替レート：120 円/1 米ドル

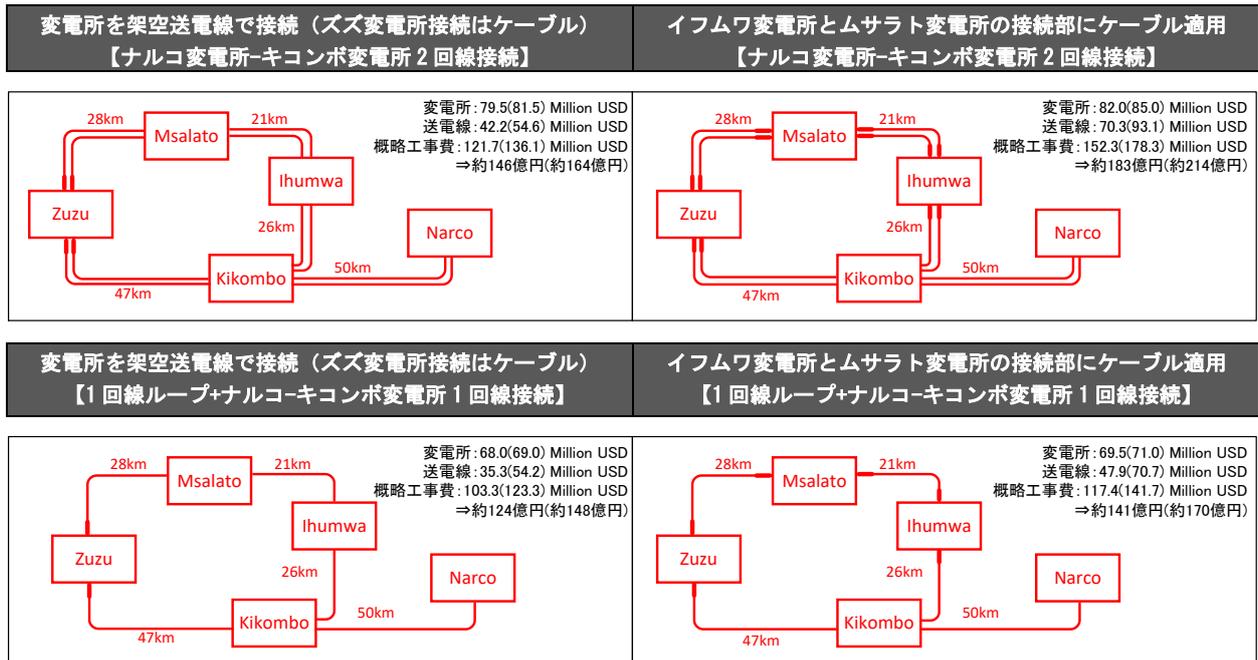
[注意] 概略事業費は送変電設備工事費を計上しているが、配電設備増強費用、土地造成費やコンサルタント費、予備費等は含まない。() 内の数値は、送電線に複導体を適用した場合の費用を示す。

[出所] 調査団作成

図 6-3.5 シナリオ 3 の一括開発（案）

オプション : <一括開発案>

タンザニア側と協議の際に一括開発案として議論したケースの概略費用を図 6-3.6 に示す。



[備考] 使用した為替レート：120 円/1 米ドル

[注意] 概略事業費は送変電設備工事費を計上しているが、配電設備増強費用、土地造成費やコンサルタント費、予備費等は含まない。() 内の数値は、送電線に複導体を適用した場合の費用を示す。

[出所] 調査団作成

図 6-3.6 シナリオ 3 の一括開発（案）：オプション

図6-3-3～図6-3-5中に各シナリオでの概略費用を示しているが、各変電所を送電線（単導体）で接続（ズズ変電所はケーブルで接続）した場合の費用を表6-3.1に示す。

表 6-3.1 各シナリオでの概略費用
（各変電所を送電線（単導体）で接続（ズズ変電所はケーブルで接続））

| シナリオ | STEP1 | STEP2 | STEP3 | STEP4 | STEP5 | 合計 |
|------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 | 48.8MillionUSD ⇒59 億円 | 27.0MillionUSD ⇒32 億円 | 15.7MillionUSD ⇒19 億円 | 14.7MillionUSD ⇒18 億円 | 19.9MillionUSD ⇒24 億円 | 126.1MillionUSD ⇒152 億円 |
| 2 | 34.9MillionUSD ⇒42 億円 | 30.3MillionUSD ⇒37 億円 | 17.8MillionUSD ⇒22 億円 | 30.7MillionUSD ⇒37 億円 | 10.6MillionUSD ⇒13 億円 | 124.3 MillionUSD ⇒151 億円 |
| 3 | 117.9 MillionUSD ⇒142 億円 | - | - | - | - | - |

[出所] 調査団にて作成

6-3-2 実施スキーム検討

第5章のシナリオ形成において記述したように、調査団は、需要想定レビュー結果、ドドマ首都圏の開発動向、ドドマ首都MPの開発計画との協調を念頭に、高い供給信頼度を備えつつも経済性も満足する総合的な観点からドドマの送電系統開発の概念、シナリオ設定し定性的な評価を行った。

本項では、上記の総合的な観点を踏まえて開発タイプ毎（段階開発/一括開発）の実施スキーム案を検討して、今後の協力方針の提案とする。

（1）段階開発案

シナリオ1： 早期1回線ループ構築と供給信頼度確保

シナリオ2： 緊急性を重視し北側系統2回線建設による供給信頼度の早期確保

段階開発案のシナリオ1と2は、上記のように異なる目標を達成するために段階の順序が異なる。一方で、両シナリオの重要な共通点としては、①需要や開発の進捗に応じて経済的な開発を行うこと、②政府都市や大統領官邸等の政府官庁街への電力供給を優先的に行うこと、③早い段階で停電の多い南東部の配電網を救援できる系統の整備を行うことである。

無償及び有償の適用性と懸念事項を表6-3.2に示す。

表 6-3.2 段階開発案の実施スキーム別の特徴と懸念事項

| | 適用性/特徴 | 懸念事項 |
|----|--|--|
| 無償 | <ul style="list-style-type: none"> ● 部分的な段階の適用可能性がある。 ● 有償と比較して手続きが簡略的。 ● 要請から引渡しまで短期間で実施可能。 ● 工品質・安全・工程管理が徹底される。 ● 緊急的に電力供給力の改善が可能となる。 | <ul style="list-style-type: none"> × 事業規模が小規模となる。 × タンザニア側の負担事項が求められる。 × 高い裨益効果が求められる。 |
| 有償 | <ul style="list-style-type: none"> ● 事業規模大きくなる。 ● 国際競争入札により全体事業費が抑えられる可能性がある。 | <ul style="list-style-type: none"> × 無償と比較して手続きが煩雑。 × 広範囲な配電系統の強化が必要となる。 × 実施段階のコンサルタント調達や業者契約までの入札プロセスが長期間となる。 × 工品質・安全・工程管理に、より注力が必要となる。 |

(2) 一括開発案

シナリオ3： 早期2回線送電ループ系統による先行開発

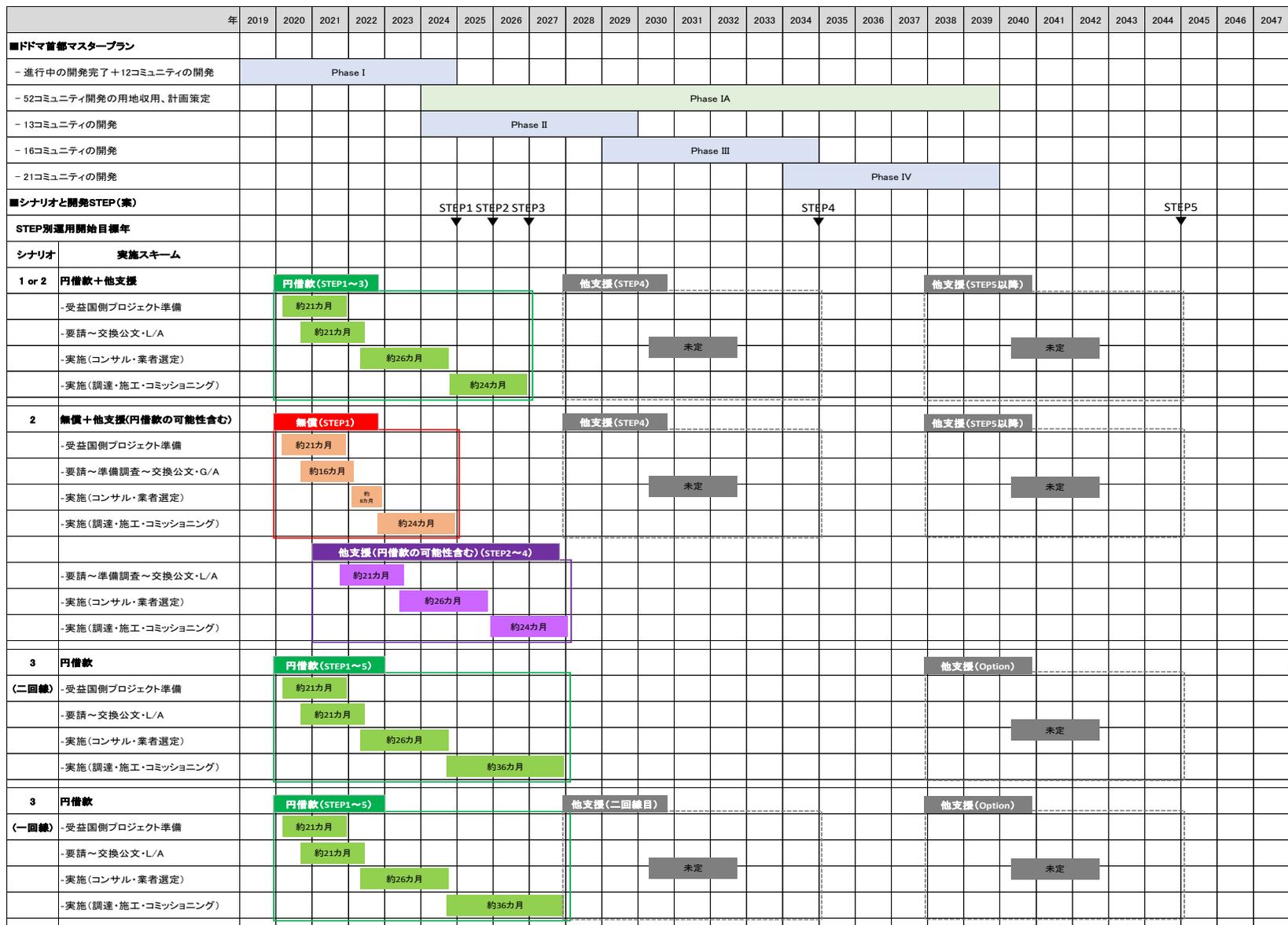
一括開発案のシナリオ3は、段階開発案で記載した重要な点を全て満たすことができる一方で、懸念事項も多いため、慎重に検討する必要がある。事業規模から無償の選択肢はないため、円借款の適用性と懸念事項を表6-3.3に示す。

表 6-3.3 一括開発案の実施スキームの特徴と懸念事項

| | 適用性/特徴 | 懸念事項 |
|----|---|---|
| 有償 | <ul style="list-style-type: none"> ● 事業規模の観点から一括開発は可能である。 ● 国際競争入札により全体事業費が抑えられる可能性がある。 ● 早期の電力供給力の改善が可能となる。 ● 想定外の急激な需要増の対応が可能である。 | <ul style="list-style-type: none"> × 無償と比較して手続きが煩雑。 × 大規模な用地取得・補償を短期間で受益国が実施する。 × 広範囲な配電系統の強化が必要となる。 × 実施段階のコンサルタント調達や業者契約までの入札プロセスが長期間となる。 × 工物品質・安全・工程管理に、より注力が必要となる。 × 過剰な先行投資（非経済的）となる。 × 設備のメンテナンスが同時期に集中し、メンテナンスに費やす時間や費用に偏りが生じる。 × 設備の負荷率が低くなるものの設備寿命が早くやってくる。 |

(3) 実施スキーム提案

5-2-2項において実施スケジュールを検討したが、各段階の想定所用期間を考慮した実施工程案をスキーム毎に検討した結果を図6-3.7に示す。



[備考] 各項目の想定所用期間は、最短である。

図 6-3.7 各シナリオと実施スキーム案

1) 緊急性への対応

ドドマ首都圏の電力供給状況と将来需要対応を鑑みて、開発の第1ステップを2024年中に終えて、運用開始目標の2025年から需要増への対応、政府官庁街への供給体制の確立、そして停電の多いドドマ州南東部への救済寄与等の緊急性への対応も可能となる、段階開発案のシナリオ2を短期間で実施可能な無償と円借款の組合せ支援で実施することをオプションとして提案する。

<緊急性の観点>

- 2025年のドドマ首都圏の電力需要は、2018年の実績値30.6MWに対して約3.8倍の115.1MWを想定している。ドドマ首都MPのフェーズ1の完了目標が2024年に設定されているが、フェーズ1の計画内容には、国際空港、外環道路の建設、バスターミナル等の人々が利用する物流や運輸に係る開発のための準備が進んでいる。また、重要負荷となる政府官庁街の開発の電力供給元となる変電所が必要である。
- 既設ズズ変電所から、ドドマ首都圏南東部には長距離配電が行われているが、ドドマ首都圏では過去3年間で900回以上の停電（うち半数以上が南東部への供給配電線路）が発生しており、配電損失率10%以上の大きな要因となっており、早急な対応が必要である。

2) 極小化のオプション

短期間で実施可能な無償資金協力による支援も見据えて、初期費用の極小化を目指した初期開発の系統構成について検討したので系統構成案と概略費用を図6-3.8に示す。なお、初期費用を極小化したオプションは、これまで提案したシナリオとは異なり初期段階では、『救援可能な構成（N-1を考慮）』、『高品質な電力供給（停電時間）』が可能な系統構成ではないため、早期にシナリオ2 STEP1の系統構成とする注意が必要である。

| 初期開発（計画） | 初期開発オプション1 | 初期開発オプション2 |
|---|---|---|
| <シナリオ2 STEP1の実施> | <シナリオ2 STEP1との違い> 送電線：2回線⇒1回線架線 | <シナリオ2 STEP1との違い> 送電線：2回線⇒1回線架線 変電所：220kV 複母線⇒220kV 単母線 ：変圧器2台⇒変圧器1台 ：33kV スイッチギア8台⇒4台 |
|  <p>変電所: 22.5 Million USD 送電線: 12.4 Million USD 概略工事費: 34.9 Million USD ⇒約42億円</p> |  <p>変電所: 20.0 Million USD 送電線: 10.2 Million USD 概略工事費: 30.2 Million USD ⇒約37億円</p> |  <p>変電所: 14.5 Million USD 送電線: 10.2 Million USD 概略工事費: 24.7 Million USD ⇒約30億円</p> |
| — | 【課題・問題点】 (1) N-1の救援が不可（送電線事故はオプション1と2、その他は2のみ） 送電線事故、変電所母線事故、変電所変圧器事故等のケースで電力供給不可が生じる。 (2) 変電所増設時に全停電が必要（オプション2のみ） 母線の2重化や変圧器の増設などの追加工事実施の時に、長時間の全停電が必要となる。 (3) トータル変電所建設費用の増加（オプション1と2） 開発段階の増加に伴い、開発の総費用が増加する。 | |

[出所] 調査団作成 [備考] 使用した為替レート：120円/1米ドル

[注意] 図中の送電線は単導体にて構成している。また、概略事業費は送変電設備工事費を計上しているが、配電設備増強費、土地造成費やコンサルタント費、予備費等は含まない。

図 6-3.8 初期費用を極小化したオプション

3) 期待される裨益効果

前述の＜緊急性の観点＞に加えて、5-2-1項「シナリオ形成」の概念に記載したようにイフムワ変電所建設の目的は、政府官庁街への電力供給確保だけではなく、既設配電網やムサラト変電所、キコンボ変電所供給エリアへの配電供給の救援にも貢献することができるため、裨益性も高いことから、初期開発はイフムワ変電所の建設が望ましい。

ドドマ首都圏送配電網開発のマイルストーンとなる、初期開発で期待される裨益効果を発現するためには、イフムワ変電所の建設に並行して以下の開発を行う必要がある。

- **配電網の拡張（新設・延伸）**
- **既設配電網の改修（切替・増強）**

（ 初期開発オプションの1や2を採用した場合、図6-3.8に記載の【課題・問題点】に対応するため、イフムワ変電所から供給する33kV配電網への、ズズ変電所からの供給信頼性の向上対策（複線化及び太線化）の実施が必要となる。 ）

初期開発において、イフムワ変電所からの電力供給が確保され、上記の配電網の強化が適切になされれば、より長い期間での裨益効果の発現が期待される。

【添付資料】

1. 現地調査工程…………… A-1-1
2. 関係者（面会者）リスト…………… A-2-1
3. テクニカルメモランダム…………… A-3-1
4. シナリオ形成時の需要想定…………… A-4-1
5. 収集資料リスト…………… A-5-1

添付資料 1. 現地調査工程

添付資料1. 現地調査工程

| DAY | | DATE | | CONSULTANT | | | | | | |
|-----|-----------|--|---|---|--|---|---|---|--|--|
| DAY | DATE | Chief Consultant / Substation Planning (2) / Distribution Planning | Substation Planning (1) | Transmission Planning | Assistant of Substation and Transmission Planning | Power Demand Forecast and Power System Planning | Assistant of Demand Forecast and Power System Planning | Coordinator | | |
| 1 | 2019.9.21 | SAT | 22:20-03:50 [QR807] Nairita/Tokyo - Doha 08:45-16:55 [QR1357] Doha - Dar es Salaam | 20:00-21:40 [UL330] Fukuoka - Hamed/Tokyo 00:30-06:15 [EK313] Hamed/Tokyo - Dubai 10:15-14:40 [EK725] Dubai - Dar es Salaam | 19:50-21:10 [QR6036] Hiroshima - Hamed/Tokyo 00:01-06:00 [QR813] Hamed/Tokyo - Doha 08:45-16:55 [QR813] Doha - Dar es Salaam | 22:20-03:50 [QR807] Nairita/Tokyo - Doha 08:45-16:55 [QR1357] Doha - Dar es Salaam | 20:00-21:40 [UL330] Fukuoka - Hamed/Tokyo 00:01-06:00 [QR813] Hamed/Tokyo - Doha 08:45-16:55 [QR813] Doha - Dar es Salaam | 22:20-03:50 [QR807] Nairita/Tokyo - Doha 08:45-16:55 [QR1357] Doha - Dar es Salaam | | |
| 3 | 2019.9.23 | MON | 09:30- Courtesy call to JICA Tanzania Office - Explanation and discussion of inception report and site survey schedule 11:00- Courtesy call to TANESCO (Eng. Theodory Bayona, Eng. Amos Kihula, Eng. Mahende M. Mugaya) at TANESCO Ubungo - Explanation of inception report, site survey schedule and questionnaire 14:30- Meeting with TANESCO at TANESCO Ubungo - Power Demand Forecast and Dodoma MP | | | | | | | |
| 4 | 2019.9.24 | TUE | 10:00- Meeting with TANESCO at TANESCO Ubungo - Power Demand Forecast, Dodoma MP and Distribution 12:00- Meeting with TANESCO at TANESCO Ubungo - Site for new Misalato Substation - Transmission Planning 14:00- Meeting with African Development Bank (ADB) at ADB office - The progress of Dodoma City Outer Ring Road Upgrading Project - Information exchange of current and future projects 15:00- Meeting with World Bank (WB) at WB office - Information exchange of current and future projects | | | | | | | |
| 5 | 2019.9.25 | WED | 10:00- Meeting with TANESCO at TANESCO Ubungo - Distribution and Transmission 10:30- Meeting with TANESCO at TANESCO Ubungo - Investment and Planning | | | | | | | |
| 6 | 2019.9.26 | THU | 09:15-10:30 [PW600] Dar es Salaam - Dodoma (Terminal 2) 13:00- Team Meeting, Data Analysis, Preparing meeting materials 09:00- Site Survey - Existing 33/11kV Town Substation - Existing 400/220/33kV Zuzu Substation - Site for new Distribution Control Center (DCC) - Site for new Grid Control Center (GCC) | | | | | | | |
| 8 | 2019.9.28 | SAT | 09:00- Site Survey - Existing 33/11kV Town Substation - Existing 400/220/33kV Zuzu Substation - Site for new Distribution Control Center (DCC) - Site for new Grid Control Center (GCC) | | | | | | | |
| 9 | 2019.9.29 | SUN | - Preparing meeting materials - Drafting the technical memorandum - Team Meeting | | | | | | | |
| 10 | 2019.9.30 | MON | 08:00- Meeting with TANESCO at TANESCO Dodoma 09:00- Courtesy call to Ministry of Energy (MoE) with TANESCO and JICA Tanzania Office at MoE - Explanation of inception report and site survey schedule - Reporting of the discussion with TANESCO 15:00- Meeting with Ministry of Lands, Housing and Human Settlements Development (MLHSD) and TANESCO at MLHSD - The progress of Dodoma National Capital City Master Plan (2019-2039) - Data Correction from Dodoma Municipality and SMEC | | | | | | | |
| 11 | 2019.10.1 | TUE | 08:00- Meeting with Tanzania National Roads Agency (TANROADS) and TANESCO at TANROADS - Dodoma ring roads - Dodoma ring roads - Data Analysis - Data Analysis 09:00- Team Meeting and Data Analysis 08:00- Skype Meeting with JICA HQ at Capital Development Authority (CDA) 10:00- Meeting with MLHSD and CCD at Capital Development Authority (CDA) - The progress of Dodoma National Capital City Master Plan (2019-2039) 14:00- Site Survey with TANESCO - Existing 33/11kV Mhadano Substation - Existing 33/11kV Mzakewe Substation | | | | | | | |
| 12 | 2019.10.2 | WED | 09:00- Data Analysis 11:00- Data Collection from MoE at TANESCO Dodoma 14:00- Site Survey with TANESCO - Site for new Misalato Substation - Site for new Misalato Substation | | | | | | | |
| 13 | 2019.10.3 | THU | 09:00- Site Survey with TANESCO - Existing 400/220/33kV Zuzu Substation | | | | | | | |
| 14 | 2019.10.4 | FRI | 09:00- Meeting with TANESCO at TANESCO Dodoma - Data Analysis - Preparing meeting materials - Drafting the technical memorandum and draft final report - Team Meeting | | | | | | | |

添付資料1. 現地調査工程

| CONSULTANT | | | | | | | |
|------------|----------------------------------|--|--------------------------------|---|---|--|--|
| DAY | DATE | Chief Consultant / Substation Planning (2) / Distribution Planning | Substation Planning (1) | Transmission Planning | Power Demand Forecast and Power System Planning | Assistant of Demand Forecast and Power System Planning | Coordinator |
| 15 | 2019.10.5 SAT | 10:00- Meeting with TANESCO at TANESCO Dodoma - Preparing meeting materials - Drafting the technical memorandum and draft final report - Team Meeting | | | 20:00-21:35 [JL330] Fukuoka - Haneda/Tokyo | 10:00- Meeting with TANESCO at TANESCO Dodoma - Preparing meeting materials - Drafting the technical memorandum and draft final report - Team Meeting | |
| 16 | 2019.10.6 SUN | - Preparing meeting materials - Drafting the technical memorandum and draft final report - Team Meeting | | | 00:30-06:45 [EK313] Haneda/Tokyo - Dubai 10:15-14:40 [EK725] Dubai - Dar es Salaam 16:25-17:40 [PW600] Dar es Salaam - Dodoma | - Preparing meeting materials - Drafting the technical memorandum, technical memorandum and draft final report - Team Meeting | |
| 17 | 2019.10.7 MON | - Meeting with TANESCO - Data Analysis | | | | | |
| 18 | 2019.10.8 TUE | 16:00- Explanation to M/E and TANESCO at TANESCO Dodoma - Power Demand Forecast & Allocation of the load for substations 09:00- Site Survey - Kikombo Substation Site 13:00- Data Analysis | | | | | |
| 19 | 2019.10.9 WED | 16:00- Explanation to TANESCO at TANESCO Dodoma - Power System Configuration 09:30- Meeting with TANESCO at TANESCO Dodoma 11:00- Data Analysis | 09:00- Data Analysis | | | | 09:30- Meeting with TANESCO at TANESCO Dodoma |
| 20 | 2019.10.10 THU | 11:00- Meeting with JICA HQ at TANESCO Dodoma - Data Analysis 16:00- Meeting with JICA HQ at TANESCO Dodoma - Meeting with TANESCO at TANESCO Dodoma - Meeting with JICA HQ at TANESCO Dodoma - Data Analysis | | | | | |
| 21 | 2019.10.11 FRI | 15:00 Explanation to TANESCO at TANESCO Dodoma - Findings of the Power System Planning, Substation and Distribution Planning - Introduction of applicable quality infrastructure for Dodoma Capital City District 12:00- Finalization of the Technical Memorandum at TANESCO Dodoma 18:00-19:15 [PW600] Dodoma - Dar es Salaam | | | | | |
| 22 | 2019.10.12 SAT | - Preparing meeting materials - Drafting the draft final report - Team Meeting | | | | | |
| 23 | 2019.10.13 SUN | - Preparing meeting materials - Drafting the draft final report - Team Meeting | | 18:05:00:10 [QR1357] Dar es Salaam - Doha | | 18:05:00:10 [QR1357] Dar es Salaam - Doha | |
| 24 | 2019.10.14 MON Nyerere Day | - Preparing meeting materials - Drafting the draft final report - Team Meeting | | 02:10:18:40 [QR806] Doha - Narita/Tokyo | | 02:10:18:40 [QR806] Doha - Narita/Tokyo | |
| 25 | 2019.10.15 TUE | 09:00- Meeting with TANESCO at TANESCO Ubungo 10:00- Meeting with AFD at AFD office 15:30- Meeting with SMEC and TANESCO at SMEC office | | | | 08:05:10:00 [JL307] Haneda/Tokyo - Fukuoka | 09:00- Meeting with TANESCO at TANESCO Ubungo |
| 26 | 2019.10.16 WED | 09:00- Report to JICA Tanzania Office 10:30- Report to Embassy of Japan | | | | | |
| 27 | 2019.10.17 THU | 18:05:00:10 [QR1357] Dar es Salaam - Doha 06:45:22:40 [QR812] Doha - Haneda/Tokyo | | | 16:45-23:20 [EK726] Dar es Salaam - Dubai 02:40-17:35 [EK318] Dubai - Narita/Tokyo | | 18:05:00:10 [QR1357] Dar es Salaam - Doha 02:55-18:40 [QR806] Doha - Narita/Tokyo |
| 28 | 2019.10.18 FRI | 06:45:22:40 [QR812] Doha - Haneda/Tokyo | 06:55-08:20 [QR6025] Hiroshima | | 08:05:10:00 [JL307] Haneda/Tokyo - Fukuoka | | |
| 29 | 2019.10.19 SAT | | | | | | |

rev.0.0

添付資料1. 現地調査工程

| DAY | DATE | | Chief Consultant / Substation Planning (2) / Distribution Planning | Substation Planning (1) | Transmission Planning | Power Demand Forecast and Power System Planning |
|-----|-----------|-----|---|--|--|--|
| 1 | 2020.1.25 | SAT | 16:30(Lilongwe)-20:40(Dar es Salaam) by ET42 | 20:35(Fukuoka)- 22:00(Seoul/Incheon) by OZ135 23:50(Seoul/Incheon)- 05:05+1(Dubai) by EK323 | 10:35(Fukuoka)-11:55(Tokyo) by LH4915 15:20(Tokyo)-19:10(Frankfurt) by LH717 21:35(Frankfurt)- 06:25+1(Addis Ababa) by LH9694 | 20:35(Fukuoka)- 22:00(Seoul/Incheon) by OZ135 23:50(Seoul/Incheon)- 05:05+1(Dubai) by EK323 |
| 2 | 2020.1.26 | SUN | Team Meeting | 10:30(Dubai)-15:00(Dar es Salaam) by EK725 Team Meeting | 09:45(Addis Ababa)- 12:35(Dar es Salaam) by LH9665 | 10:30(Dubai)-15:00(Dar es Salaam) by EK725 Team Meeting |
| 3 | 2020.1.27 | MON | 09:30- Courtesy call to JICA Tanzania Office - Explanation and discussion of draft final report and survey schedule 16:00-17:00 [Air Tanzania] Dar es Salaam - Dodoma | | | |
| 4 | 2020.1.28 | TUE | 08:30- Meeting with TANESCO at Dodoma Regional Office - Courtesy call and Explanation of objectives, Schedule 10:00- Courtesy call to TANESCO Management at Dodoma Regional Office - Courtesy call and Explanation of objectives, Schedule 14:00- Courtesy call to Ministry of Energy (MoE) with TANESCO at MoE - Courtesy call and Explanation of the Proposed Dodoma Power System Planning | | | |
| 5 | 2020.1.29 | WED | 08:30- Meeting with TANESCO at Dodoma Regional Office 10:00- Presentation-1 of Draft Final Report by JICA Study Team 11:00- Presentation-2 of Draft Final Report by JICA Study Team 15:00-Meeting with Ministry of Finance and Planning (MFP) | | | |
| 6 | 2020.1.30 | THU | 09:00- Site Survey with TANESCO - New candidate site for Msalato Substation - New candidate site for Ihumwa Substation | | | |
| 7 | 2020.1.31 | FRI | 10:00- Conclusion of the Technical Memorandum at TANESCO Dodoma 17:30-18:30 [Air Tanzania] Dodoma - Dar es Salaam | | | |
| 8 | 2020.2.1 | SAT | - Preparing meeting materials - Drafting the Final report - Team Meeting | | | 16:30(Dar es Salaam)- 23:05(Dubai) by EK726 |
| 9 | 2020.2.2 | SUN | - Preparing meeting materials - Drafting the Final report - Team Meeting | | | 03:30(Dubai)- 16:50(Seoul/Incheon) by EK322 18:15(Seoul/Incheon)- 19:35(Fukuoka) by OZ136 |
| 10 | 2020.2.3 | MON | 11:00- Meeting with TANESCO at Ubungu 14:00- Meeting with SMEC and TANESCO at SMEC office | | | |
| 11 | 2020.2.4 | TUE | 10:00- Meeting with the AfDB at AfDB office | | | |
| 12 | 2020.2.5 | WED | 09:00- Meeting with the AFD at AFD office 11:00- Meeting with the World Bank at WB office 14:00- Report to JICA Tanzania Office | | | |
| 13 | 2020.2.6 | THU | 15:35(Dar es Salaam)- 18:05(Johannesburg) by SA187 | Stay in Dar es Salaam | 23:20(Dar es Salaam)- 06:15+1(Zurich) by LH5889 | |
| 14 | 2020.2.7 | FRI | 13:45(Johannesburg)- 06:10+1(Singapore) by SQ479 | Stay in Dar es Salaam | 09:25(Zurich)-10:20(Munich) by LH2367 15:30(Munich)- | |
| 15 | 2020.2.8 | Sat | 08:05(Singapore)- 15:35(Haneda) by SQ632 | Stay in Dar es Salaam | 10:55(Haneda) by LH714 13:20(Haneda)- 14:50(Hiroshima) by LH4886 | |

rev.0.7

添付資料 2. 関係者（面会者）リスト

添付資料2 . 関係者(面会者リスト)

所属及び氏名

職位

エネルギー省

Ministry of Energy (MoE)

| | |
|------------------------------|--|
| Mr. Leonard R. Masanja | Commissioner for Electricity and Renewable energy Division |
| Eng. Innocent G. Luoga | Assistant Commissioner for Electricity |
| Mr. Juma Mkobya | Acting Assistant Commissioner for Electricity Development |
| Eng. Christopher Nyondo | Acting Assistant Commissioner for Electricity |
| Eng. Salum Inegeja | プロフェッショナルエンジニア |
| Eng. Dauson Kamaka | エンジニア |
| Eng. Christopher Bitesigirwe | エネルギーエンジニア |

土地・住宅・居住区開発省

Ministry of Lands, Housing and Human Settlements Development (MLHSD)

| | |
|-------------------|--------------------------------|
| Prof. John Lupala | ドドマ首都圏マスタープラン 代表 都市計画ディレクター |
| Mr. Alfred Luauo | 首席都市プランナー |

建設・交通・通信省

Ministry of Works, Transport and Communications (MoWTC)

| | |
|--------------------------------|------------|
| Eng. Emmanuel Wansibho Raphael | 空港建設ディレクター |
| Ms. Mkude Kibode | 重量税担当 |

シティーカウンスル(ドドマ)

City Council Dodoma (CCD)

| | |
|----------------------|---------|
| Mr. William Alfayo | 都市プランナー |
| Mr. Azor Willcom | 都市プランナー |
| Mr. Tegemea Mgalamge | 都市プランナー |

タンザニア電力公社

Tanzania Electric Supply Company Ltd. (TANESCO)

| | |
|-------------------------|---------------------|
| Eng. Khalid James | 副総裁(投資部門) |
| Eng. Raymond Seya | 副総裁(配電・カスタマーサービス部門) |
| Eng. Costa L. Rubagumya | シニアマネージャー(戦略計画部門) |
| Eng. Fokas Daniel | マネージャー(戦略計画部門) |

添付資料2 . 関係者(面会者リスト)

| | |
|-------------------------|------------------------|
| Ms. Amtha Tehengone | マネージャー(投資部門) |
| Eng. Theodory Bayona | シニアマネージャー(営業部門) |
| Eng. Peter Kigadye | プロジェクトコーディネーター(ZTIC) |
| Eng. Athanasius Nangali | シニアゾーンマネージャー(セントラルゾーン) |
| Eng. Clara Simbila | マネージャー(計画設計) |
| Eng. Leo Mwakatobe | 首席エンジニア(計画設計) |
| Eng. Mahende M. Mugaya | シニアマネージャー(配電部門) |
| Eng. Joseph Mongi | 首席エンジニア(変電部門) |
| Eng. Issac A. Chanji | 副総裁代理(送電部門) |
| Eng. Amos J. Kaihula | シニアマネージャー代理(送電部門) |
| Eng. Neema Mushi | 首席エンジニア(送電部門) |
| Eng. John Nkomola | エンジニア(送電部門) |
| Eng. Evodius Rweyemamu | プランニングエンジニア(弱電) |
| Eng. Peter Lucas | プランニングエンジニア(強電) |
| Eng. Frank Mayila | プランニングエンジニア(ドドマオフィス) |
| Mr. Amiri Tabu | サーバイヤー |
| Eng. Tumaini Nyari | リージョナルマネージャー代理(ドドマ) |
| Eng. Saigu Mguwami | リージョナル送電エンジニア代理(ドドマ) |
| Ms. Leila Muhein | マネージャー代理(広報部門) |
| Ms. Luey Benju | 秘書 |
| Ms. Frida Mkumbo | マネージャー代理(通信部門) |
| Eng. Kmrwa Nangari | ゾーン配電エンジニア |

タンザニア道路公社

Tanzania National Roads Agency (TANROADS)

| | |
|---------------------|-------------------|
| Mr. Leonard Chimagu | リージョナルマネージャー(ドドマ) |
|---------------------|-------------------|

タンザニア地方-首都圏道路公社 (TARURA)

Tanzania Rural and Urban Road Agency

| | |
|----------------|---------|
| Mr. Noel Cheti | 道路エンジニア |
|----------------|---------|

アフリカ開発銀行 (AfDB)

African Development Bank

| | |
|------------------------------|-----------|
| Ms. Minja Marie Hellen (Ms.) | 首席送電エンジニア |
|------------------------------|-----------|

添付資料2 . 関係者(面会者リスト)

世界銀行

World Bank (WB))

Mr. Mbuso Gwafila (Mr.)

シニアエネルギースペシャリスト

フランス開発庁

Agence Française de Développement (AFD)

Mr. Vincent Joguet

プログラムオフィサー(エネルギー部門)

スメック社

SMEC

Mr. Felicien Hakizimana

Distribution Engineer

Mr. Berekate Mamo

Substation Engineer

Mr. Maruf Khan

Operations Manager – Ethiopia and Tanzania

在タンザニア日本国大使館

Embassy of Japan in Tanzania

後藤 真一

特命全権大使

林 晋太郎

一等書記官

増子 絵美

一等書記官

JICA タンザニア事務所

JICA Tanzania Office

山村 直史

所長

松山 哲

次長

阿久津 謙太郎

次長

吉田 隼和

所員

Ms. Apolei Rosina

Assistant Program Officer

添付資料 3. テクニカルメモランダム

**TECHNICAL MEMORANDUM
FOR
DATA COLLECTION SURVEY
ON
DODOMA TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEM
IN THE REPUBLIC OF TANZANIA
AGREED BETWEEN
MINISTRY OF ENERGY (MOE),
TANZANIA ELECTRIC SUPPLY COMPANY LIMITED (TANESCO)
AND
JICA STUDY TEAM**

Dodoma, October 11th, 2019

阿部 真

Mr. Makoto Abe
Chief Consultant
JICA Study Team
Yachiyo Engineering Co., Ltd.



Eng. Raymond Seya
Ag. Managing Director
Tanzania Electric Supply Company Ltd.
(TANESCO)

Ministry of Energy (hereinafter referred to as MOE), Tanzania Electric Supply Company Ltd. (hereinafter referred to as "TANESCO") and JICA Study Team for the Data Collection Survey on Dodoma Transmission and Distribution System in the United Republic of Tanzania (hereinafter referred to as "the Team") had series of technical discussions to form a mutual understandings of the findings from the First Field Survey and the parties agreed to record the following points as a conclusion of the discussions.

1. Main objectives of the Survey

The team explained that the main objectives of the Survey are as follows:

- (1) To confirm progress and details of the Dodoma National Capital City Master Plan,
- (2) To conduct a survey to investigate and analyze the current and future power demand, facilities, system and applicable quality infrastructure for Dodoma Capital City District, and
- (3) To contribute to JICA's cooperation policy consideration for Dodoma Transmission and Distribution network expansion.

2. Scope of the Survey

The team explained that the scope of the Survey is as follows:

- (1) Power Demand Forecast
 - Review the existing power demand forecast predicted by TANESCO and propose updated power demand forecast.
 - Allocate the updated power demand to proposed substations.
- (2) Power System Planning
 - Review the existing power system and expansion plan.
 - Propose power system configuration for Dodoma Urban area with recommended voltage level.
- (3) Transmission Planning
 - Review the existing transmission plan.
 - Propose transmission plan and alternatives (if any).
- (4) Substation Planning
 - Review the existing substation plan.
 - Propose substation plan based on the discussion with TANESCO result of power demand forecast for substations and power system plan.
- (5) Distribution Planning
 - Review the existing distribution plan.
 - Propose distribution plan based on the discussion with TANESCO result of power demand forecast for substations and power system plan.

3. Expected Output

The team explained that the expected output of the Survey is as follows:



2 / 4

- Updated transmission and distribution development plan for Dodoma urban area proposed by the Team

4. Findings of the First Field Survey

(1) Issues discussed and/or agreed among the parties

- The Team explained the above objectives, scope of the survey and expected output.
- The Team had a presentation on the proposed power demand forecast on 7th October, 2019 and TANESCO basically agreed with the proposal though TANESCO required to refer to “Tanzania National Bureau of Statistics” for Population and GDP comparison.
- Based on the result of the power demand forecast and load allocation for the existing and expected substations, the Team had a presentation on the proposed power system configuration by showing the Base-case with 4 options (See Attachment) on 8th October, 2019.

During the discussion, the Team highly recommended to keep the proposed ring circuit within the Dodoma Capital City in order to secure reliabilities, quality by limiting the risk of faults and transmission losses.

After the presentation, TANESCO had an internal consideration about the Base-case and Option1, and requested the Team to consider additional transmission line from proposed Kikombo substation to Narco in order to secure power supply for the 5 districts.

- Based on the above discussion and comments from TANESCO, the Team had a presentation on the “Findings of the First Field Survey in Dodoma” with additional option (Option5 – see attachment) on 10th October 2019.

During the discussion, the team explained that the power system configuration shown by the Team was an ideal idea for the final shape of 2047 in case of the Dodoma City development and power demand forecast are realized properly.

The team also explained that the stepwise transmission and distribution power system development for Dodoma Capital City shall be proposed by the Draft Final report.

Finally, the Team explained that the Team shall have furtherer analysis in Japan and the Draft Final Report incorporated with the comments and the result of the analysis will be submitted to Ministry of Energy and TANESCO.

The team explained outline of the quality infrastructure technology that may be applicable in Dodoma City Transmission and Distribution Network.

(2) Pending issues

- Since forecasted power demand is limited in Narco, the Team emphasized to construct the additional transmission line from Kikombo to Narco in 132kV.

However, TANESCO requested to plan the line in 220kV in order to maintain the same voltage level with the existing 220kV line and avoiding voltage transformation in proposed Kikombo Substation and challenge during Operation and Maintenance of the line after



being commissioned.

5. Tentative Schedule

- Analysis in Japan: November, 2019
- Second Field Work (Submission & Explanation of Draft Final Report): December, 2019
- Submission of Final Report: February, 2020
- However TANESCO request to complete this study early January, 2020

Attachment

Attachment-1: Findings of the First Field Survey in Dodoma

Attachment-2: Applicable Quality Infrastructure Technology Presentation



DATA COLLECTION SURVEY ON DODOMA TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEM IN THE UNITED REPUBLIC OF TANZANIA

Findings of the First Field Survey in Dodoma

OCTOBER 10TH, 2019
JICA STUDY TEAM

Contents

1. Objectives & Expected output of the Survey
2. Scope of the Survey
3. Power Demand Forecast
4. Power System Planning
5. Transmission Planning
6. Substation Planning
7. Distribution Planning
8. Tentative Schedule

1. Objectives & Expected output of the Survey

<Main Objectives>

- To confirm progress and details of the Dodoma National Capital City Master Plan,
- To conduct a survey to investigate and analyze the current and future power demand, facilities, system and applicable quality infrastructure for Dodoma Capital City District, and
- To contribute to JICA's cooperation policy consideration for Dodoma Transmission and Distribution network expansion.

<Expected Output>

- Updated transmission and distribution development plan for Dodoma urban area proposed by JICA Study Team

2

2. Scope of the Survey

◆ Power Demand Forecast

- Review the existing power demand forecast predicted by TANESCO and propose updated power demand forecast.

◆ Power System Planning

- Allocate the updated power demand to proposed substations.
- Review the existing power system and expansion plan.
- Propose power system configuration for Dodoma Urban area with recommended voltage level.

3

2. Scope of the Survey

◆ Transmission Planning

- Review the existing transmission plan.
- Propose transmission plan and alternatives (if any).

◆ Substation Planning

- Review the existing substation plan.
- Propose substation plan based on the discussion with TANESCO, result of power demand forecast for substations and power system plan.

◆ Distribution Planning

- Review the existing distribution plan.
- Propose distribution plan based on the discussion with TANESCO, result of power demand forecast for substations and power system plan.

4

3. Power Demand Forecast

A) Scope of the survey

In order to analyze and investigate the current and future

Plan for Dodoma capital city area, to establish load forecast for 30 year

→Target year 2047

B) Reference documents

- Power System Master Plan (2016): prepared by JICA
- Establishment of power demand forecast (2018)
: Prepared by TANESCO
- Dodoma National capital city master plan(2019) :Prepared by Ministry of Lands, Housing and Human settlement Development

3. Power Demand Forecast

C) Precondition of demand forecast

◆ The forecast period

→Short term 2019 to 2022

→Medium term 2023 to 2037

→long term 2038 to 2047

◆ Total anticipated load for specific loads for movement of capital city function to Dodoma)

→104.8MW (the load will come in 2020-2029)

6

3. Power Demand Forecast

D) Current Dodoma situation

◆ The current peak demand for Dodoma region

→30.6MW (28th November 2018 recorded)

◆ Population growth in Dodoma region

→Compared numbers described in Dodoma MP with expected ones in PSMP2016

【population growth in Dodoma region】 (thousand)

| | 2012 | 2015 | 2016 | 2017 | 2017/12 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| PSMP2016(expected) | 2,083 | 2,234 | 2,281 | 2,329 | 2.3% |
| Dodoma MP(Actual) | 2,083 | — | 2,265 | 2,312 | 2.1% |

◆ GDP growth

→Compared actual value with expected values in PSMP2016

| | Senerio setting in PSMP 2016 | | | | | | Actual | |
|------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| | 2013-15 | 2015-20 | 2020-25 | 2025-30 | 2030-35 | 2035-40 | 2011-2015 | 2013-2018 |
| HIGH | 7% | 8% | 8% | 8~10% | 8~10% | 8~10% | Average | Average |
| BASE | 7% | 7% | 7% | 6% | 6% | 5% | 6.4% | 6.7% |
| LOW | 7% | 6% | 6% | 5% | 5% | 4% | (*1) | (*2) |

*1 AFDB

*2 National bureau statistics in Dodoma

7

3. Power Demand Forecast

E) Precondition of demand forecast

◆ Electricity demand growth rate

Since actual GDP growth rate is less 7%, Scenario Low case of PSMP is selected

| Year | Low Case of PSMP* | TANESCO Assumption |
|-----------|-------------------|--------------------|
| 2019-2022 | 8% | 9% |
| 2023-2037 | 7.8% | 7% |
| 2038-2047 | 6.4% | 5% |

*Average value for corresponding period from the growth rates forecasted in PSMP 2016

3. Power Demand Forecast

F) Result of demand forecast

| (MW) | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| JICA survey team | 30.6 | 33.04 | 46.16 | 59.49 | 73.04 | 86.79 | 100.8 | 115.1 | 129.6 | 144.5 | 159.8 | 175.4 |
| TANESCO 2018 | 31.4 | 34.2 | 48.1 | 62.2 | 76.6 | 90.6 | 104.7 | 119 | 133.6 | 148.5 | 163.6 | 179.1 |

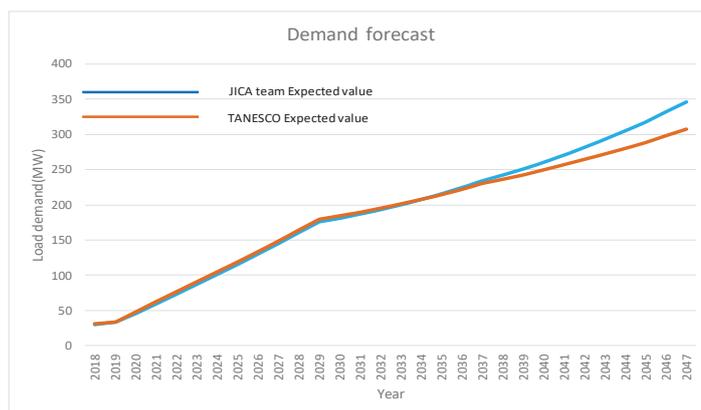
| (MW) | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| JICA survey team | 181 | 186.9 | 193.4 | 200.3 | 207.8 | 215.9 | 224.6 | 234 | 242.3 | 251.1 | 260.5 | 270.5 |
| TANESCO 2018 | 184.1 | 189.4 | 195.1 | 201.2 | 207.7 | 214.7 | 222.2 | 230.2 | 236.3 | 242.7 | 249.5 | 256.5 |

| (MW) | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| JICA survey team | 281.1 | 292.5 | 304.5 | 317.3 | 330.9 | 345.4 |
| TANESCO 2018 | 264 | 271.8 | 280 | 288.6 | 297.6 | 307.1 |

Necessity capacity in 2047

JICA: 432MVA

TANESCO: 384MVA



4. Power System Planning

Basic planning policy

- ✓ High reliability electricity supply to Government city (Ihumwa S/S)
- ✓ High quality electricity supply (maintain voltage level, low interruption rate, etc.)
- ✓ Backup configuration
- ✓ Long Project Life (approximately 30years)
- ✓ Appropriate specification of facilities (capacity, voltage level, etc.)
- ✓ Cost Effectiveness
- ✓ Low loss

4. Power System Planning

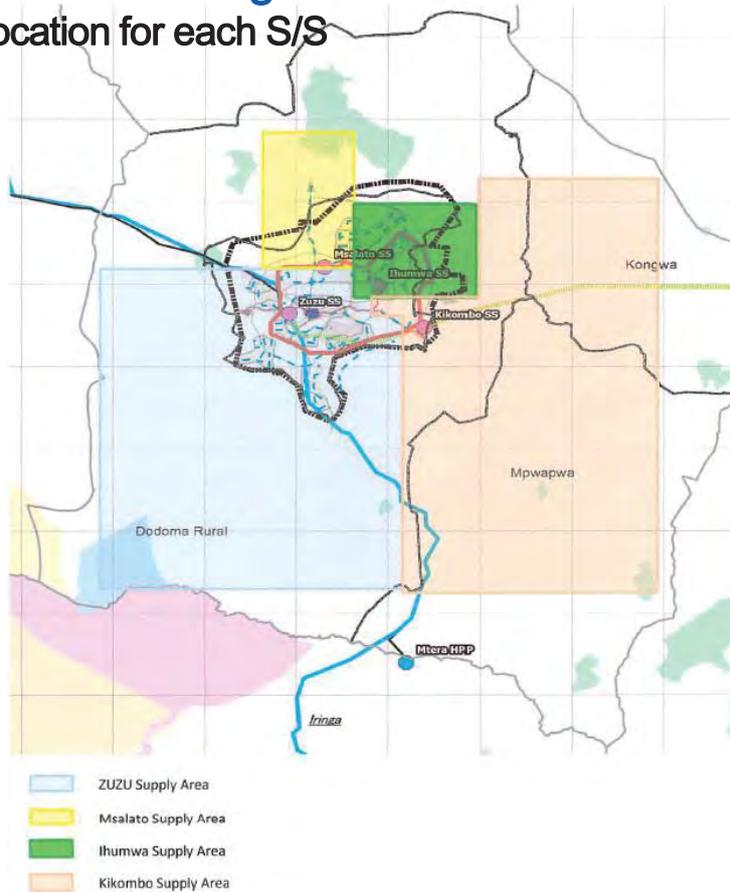
Purpose of New substations

Power supply for

| | |
|-------------|---|
| Ihumwa S/S | <ul style="list-style-type: none"> ◆ Government city ◆ Other specific load in government city |
| Zuzu S/S | <ul style="list-style-type: none"> ◆ New industrial zone (western area) ◆ Dodoma central area |
| Msalato S/S | <ul style="list-style-type: none"> ◆ New airport and EPZ ◆ Dodoma north area |
| Kikombo S/S | <ul style="list-style-type: none"> ◆ Dodoma east & south area |

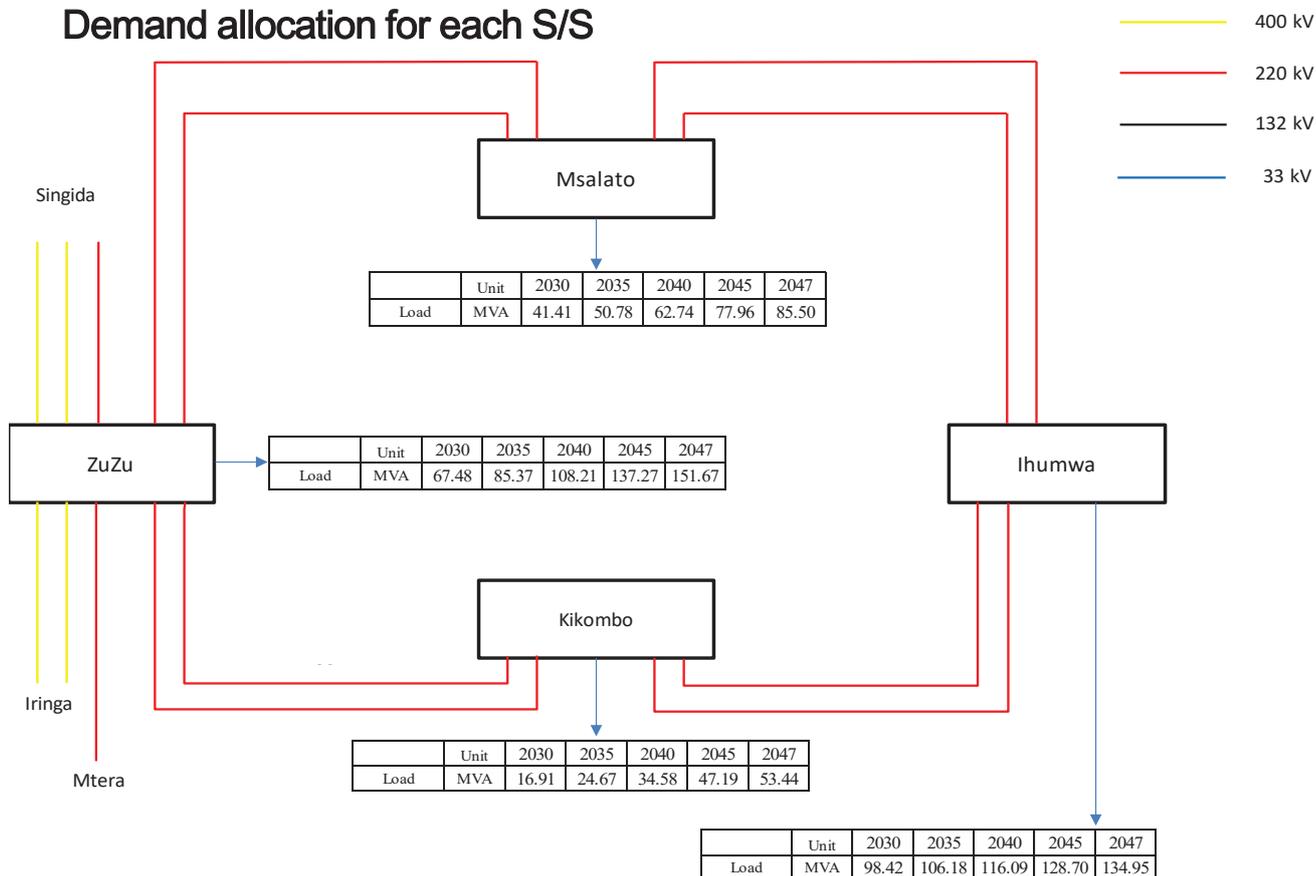
4. Power System Planning

Demand allocation for each S/S



4. Power System Planning

Demand allocation for each S/S



4. Power system planning

Voltage level comparison at base case(220kV & 132kV)

Result of comparison

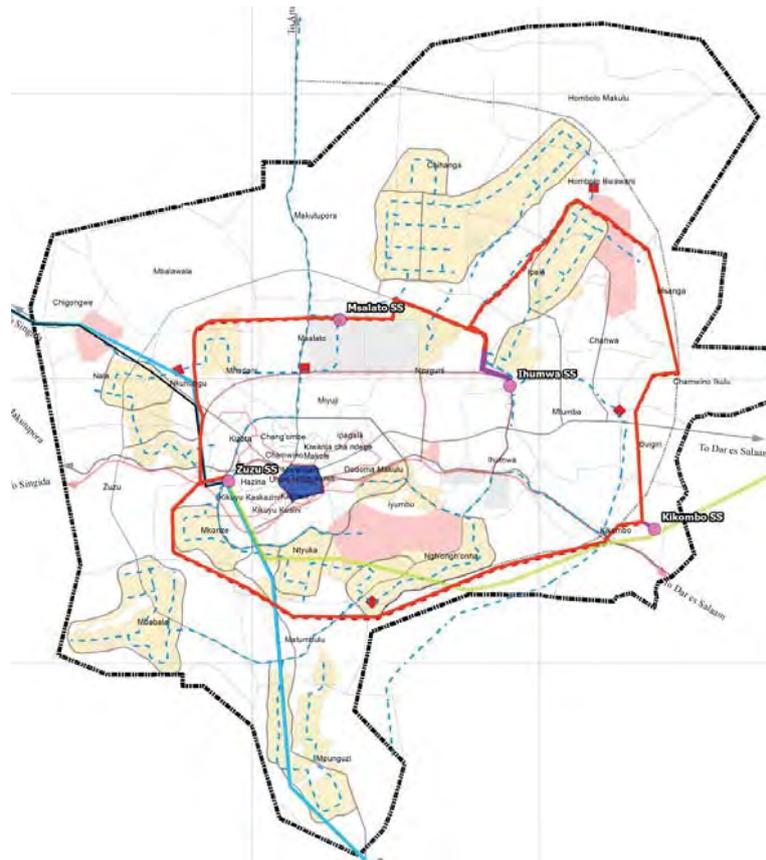
| Items | 220kV | 132kV |
|---------------|---|--|
| T/L conductor | Single Blue jay | Twin Hawk |
| Substation | Ihumwa 220 kV/33 kV | Ihumwa 132 kV/33 kV |
| | Msalato 220 kV/33 kV | Msalato 132 kV/33 kV |
| | kikombo 220 kV/33 kV | kikombo 132 kV/33 kV |
| | Zuzu - | Zuzu 220 kV/132kV 300 MVA x 2 Additional 132kV Switch yard |
| Cost | Equivalent (because of additional transformers and 132kV switchyard in Zuzu S/S) | |
| System loss | 1 (base) | apprx. 5 |
| Result | ○ | △ |

5. Transmission Planning

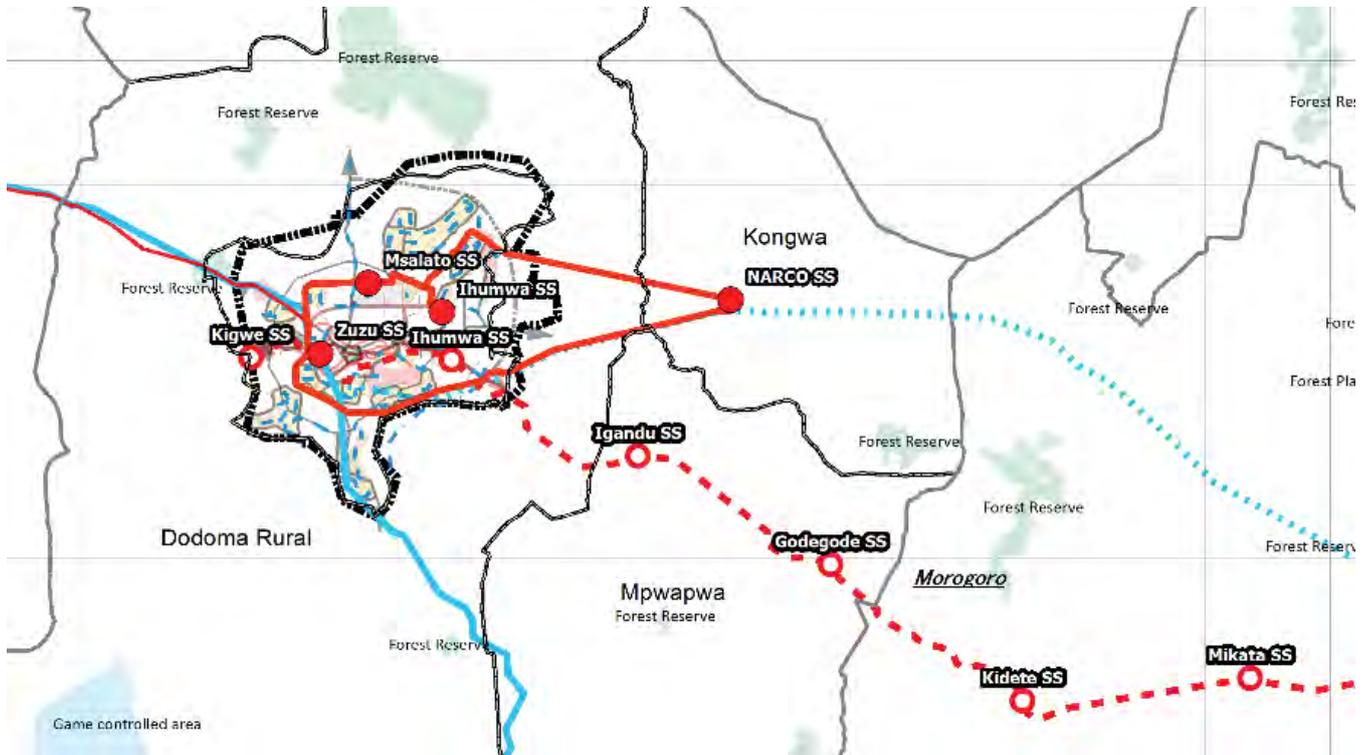
A) Proposed Ring transmission lines

| | |
|-----------|---|
| Base case | ▪ Zuzu → Msalato → Ihumwa → Kikombo → Zuzu (165km) |
| Option 1 | ▪ Zuzu → Msalato → Ihumwa → Narco → Zuzu(235km) |
| Option 2 | ▪ Zuzu → Msalato → Ihumwa → Narco → Chitope → Zuzu(355km) *Including existing transmission line from Chitope to Zuzu(110km) |
| Option 3 | ▪ Zuzu → Haneti → Msalato → Ihumwa → Narco → Zuzu(390km) |
| Option 4 | ▪ Zuzu → Msalato → Ihumwa → Narco → MteraHPP → Zuzu(390km) *Including existing transmission line from Mtera HPP to Zuzu(130km) |
| Option 5 | ▪ Zuzu → Msalato → Ihumwa → Kikombo → Zuzu (165km) ▪ Kikombo → Narco(50km) |

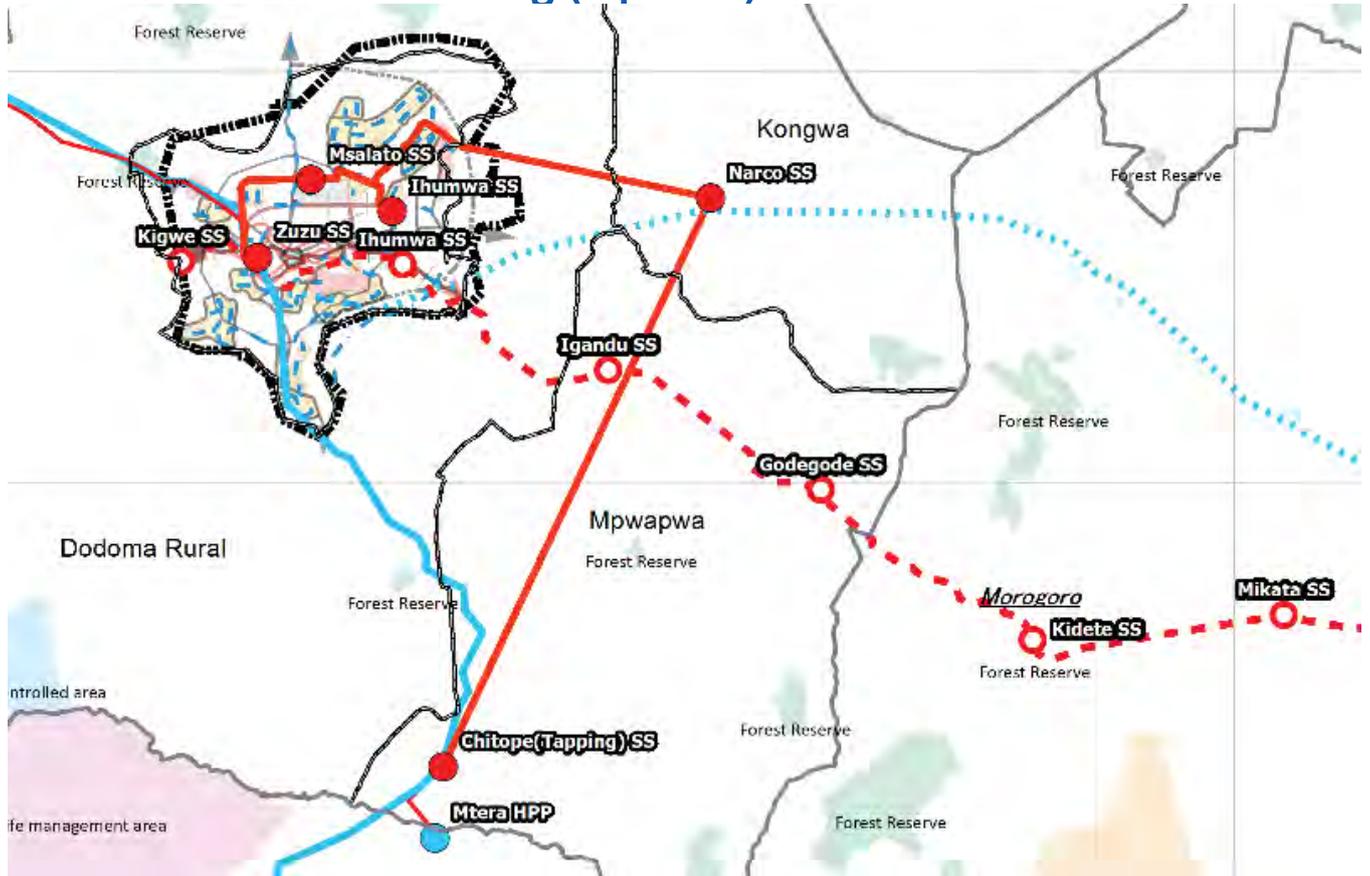
5.Transmission Planning (Base Case)



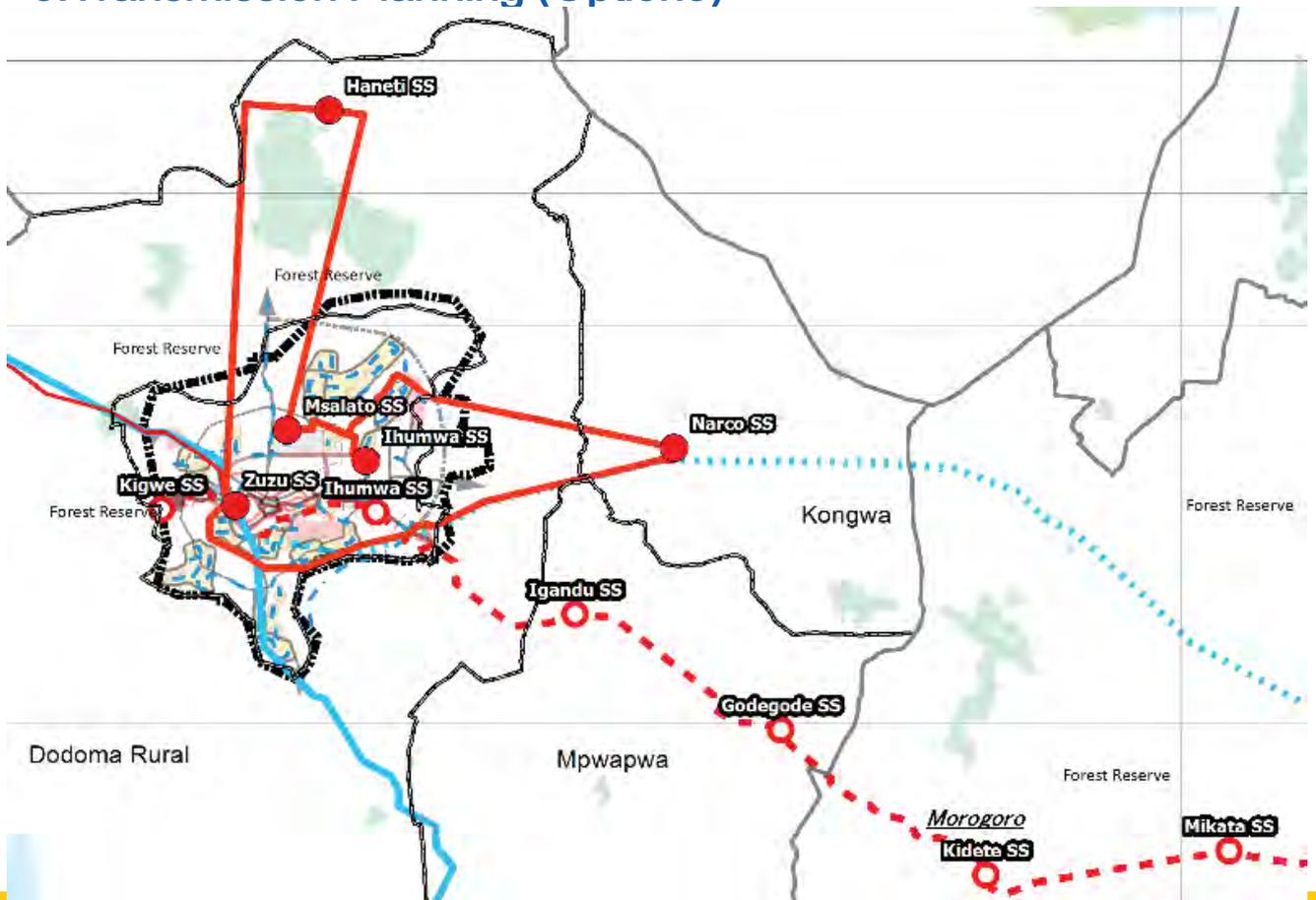
5.Transmission Planning (Option1)



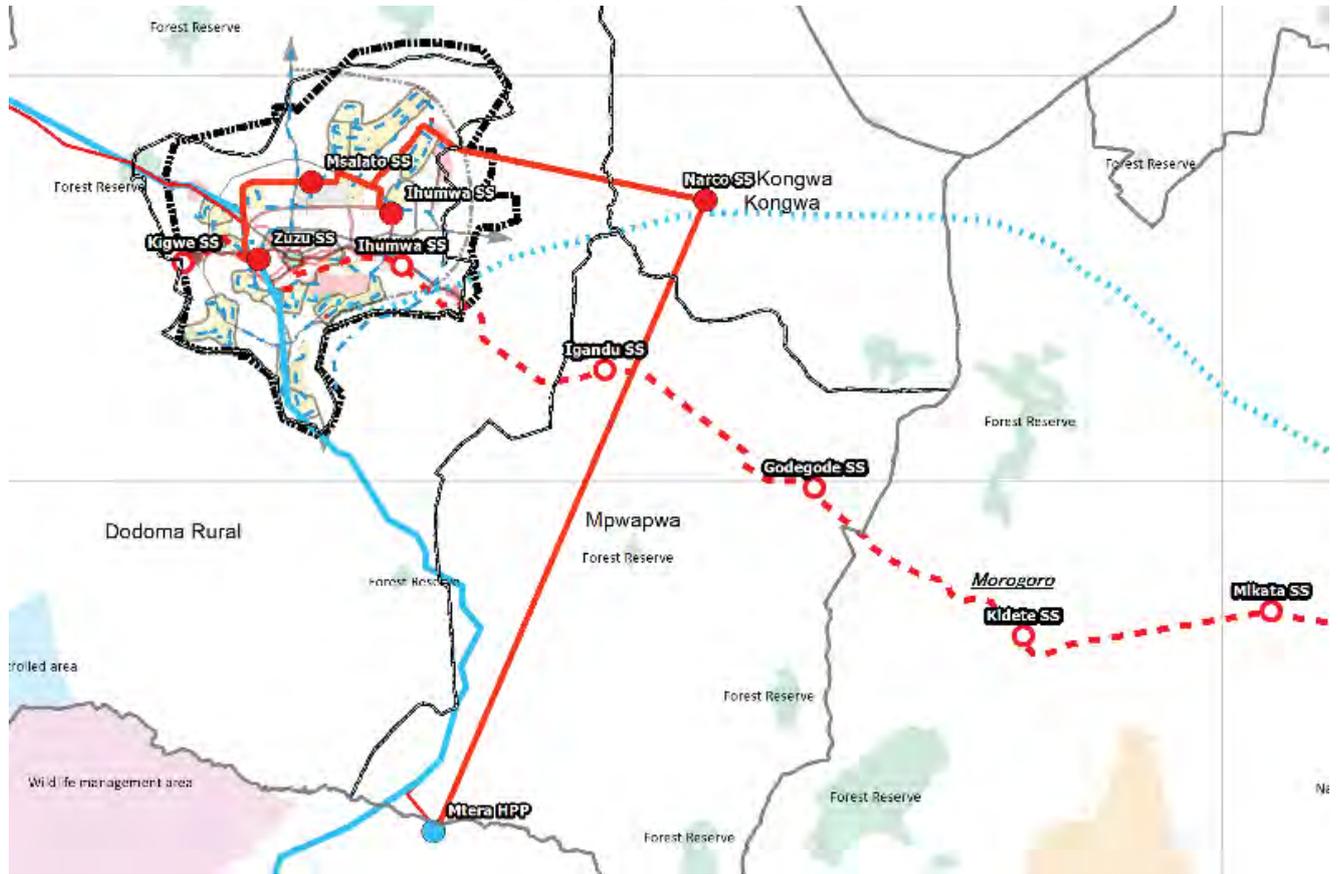
5.Transmission Planning (Option2)



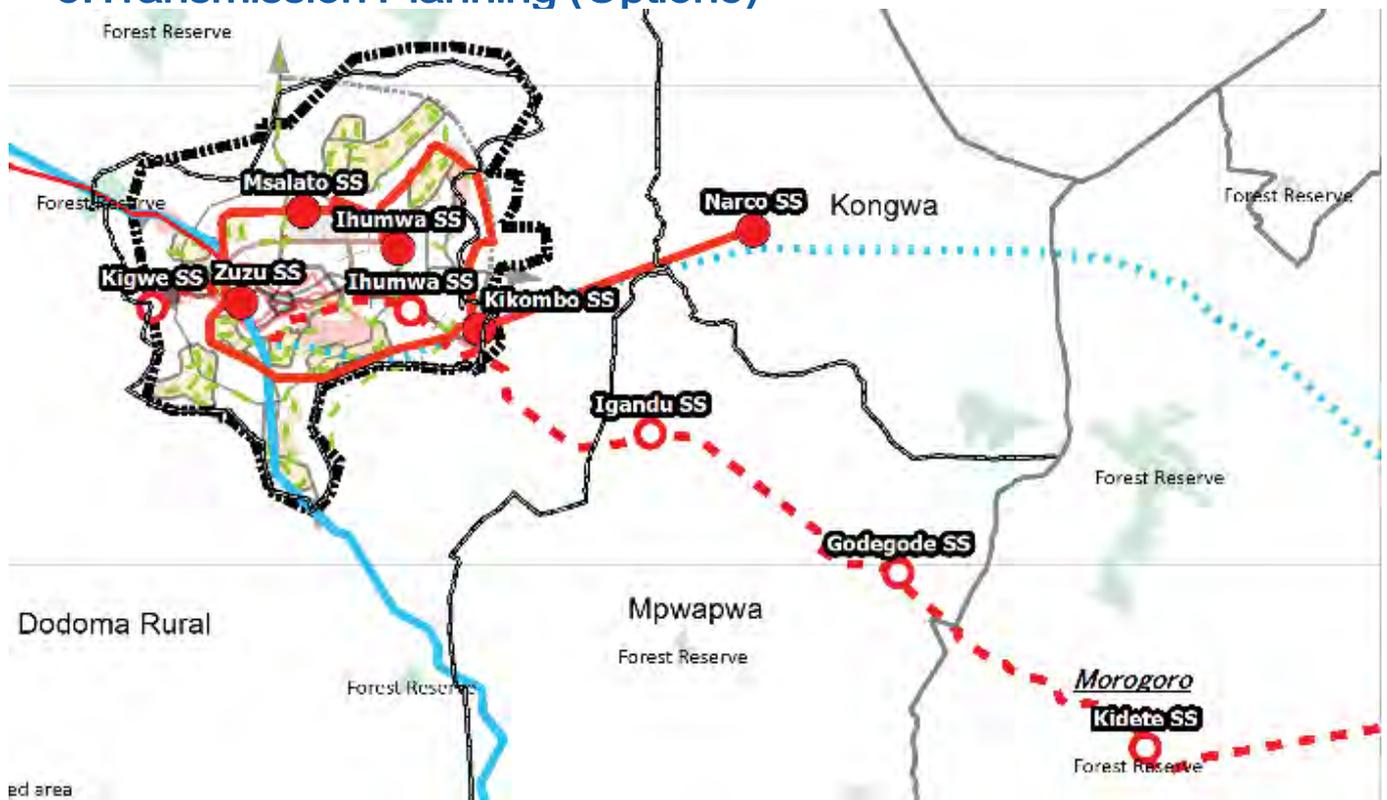
5.Transmission Planning (Option3)



5. Transmission Planning (Option4)



5. Transmission Planning (Option5)



5. Transmission Planning

B) Result of comparison

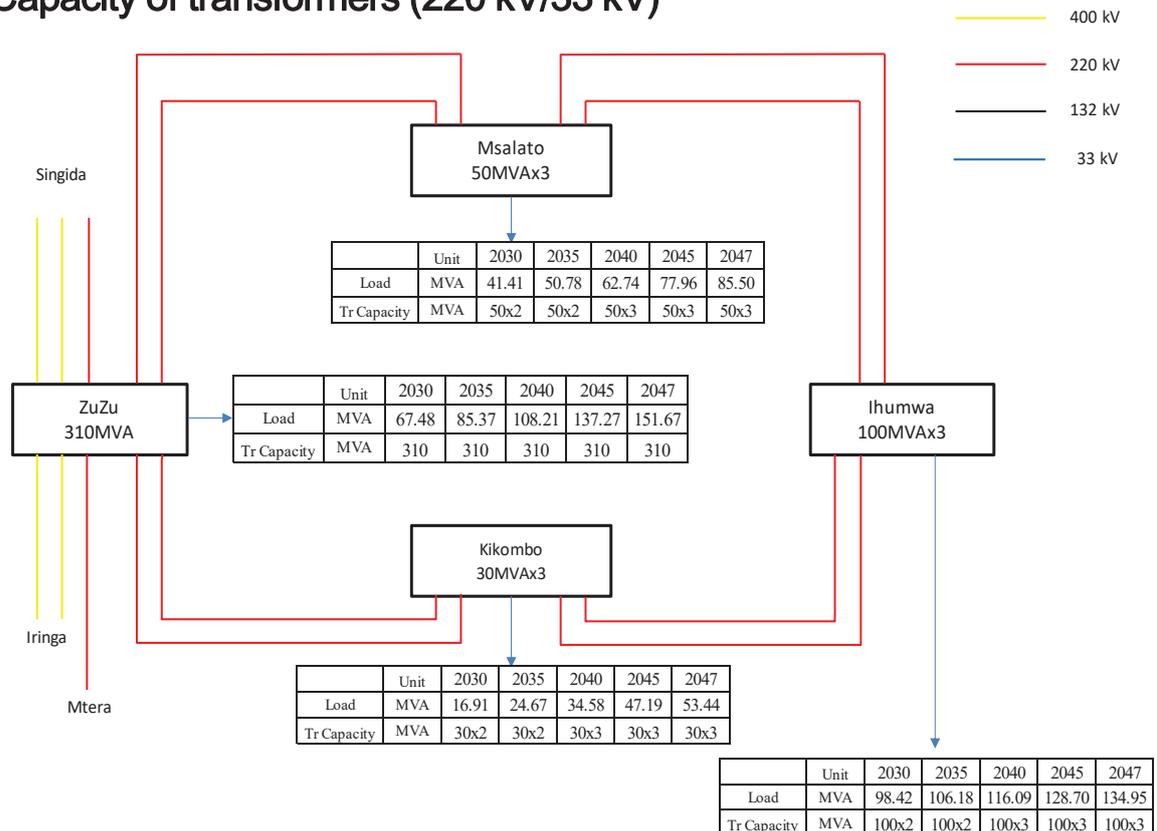
| | Base case | Option 1 | Option 2 | Option 3 | Option 4 | Option 5 |
|-----------------------------------|------------------|------------------|--|------------------|------------------|---|
| Line length (New construction) | 165km (165km) | 235km (235km) | 355km (245km) | 390km (390km) | 390km (260km) | 215km (215km) |
| Rough Cost | ◎ Base | ○ Base x 1.4 | ○ Base x 1.5 | △ Base x 2.3 | ○ Base x 1.6 | ◎ Base x 1.2 |
| Grid Reliability*1 | ◎ | ○ | △ | △ | △ | ◎ |
| Social Impact*2 | ○ | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ |
| Note | — | — | Tapping is very difficult (Existing tower is Cat head type) | — | — | 220kV Ring T/L 165km ※Same as Base case 220kV T/L (Kikombo to Narco) 50km |
| Result | ◎ | ○ | △ | △ | △ | ◎ |

*1 Evaluated by the total length of Ring transmission line

*2 Evaluated by length of transmission line that pass through near the residential area

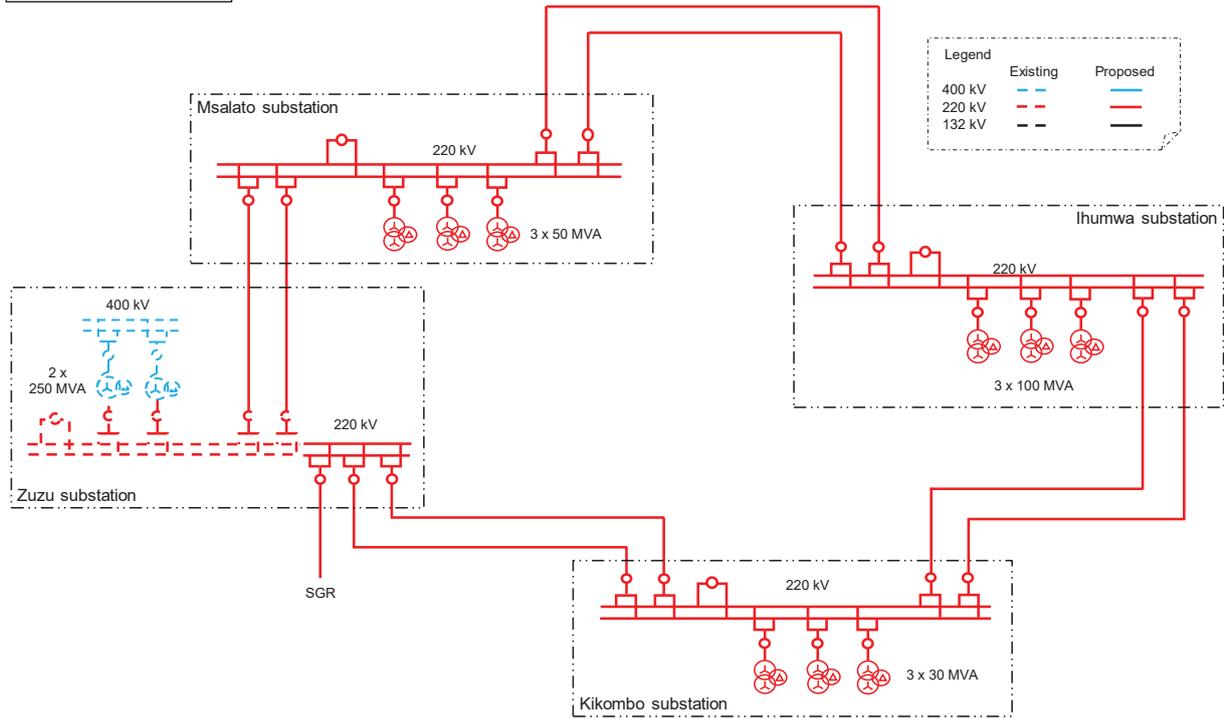
6. Substation Planning

Capacity of transformers (220 kV/33 kV)



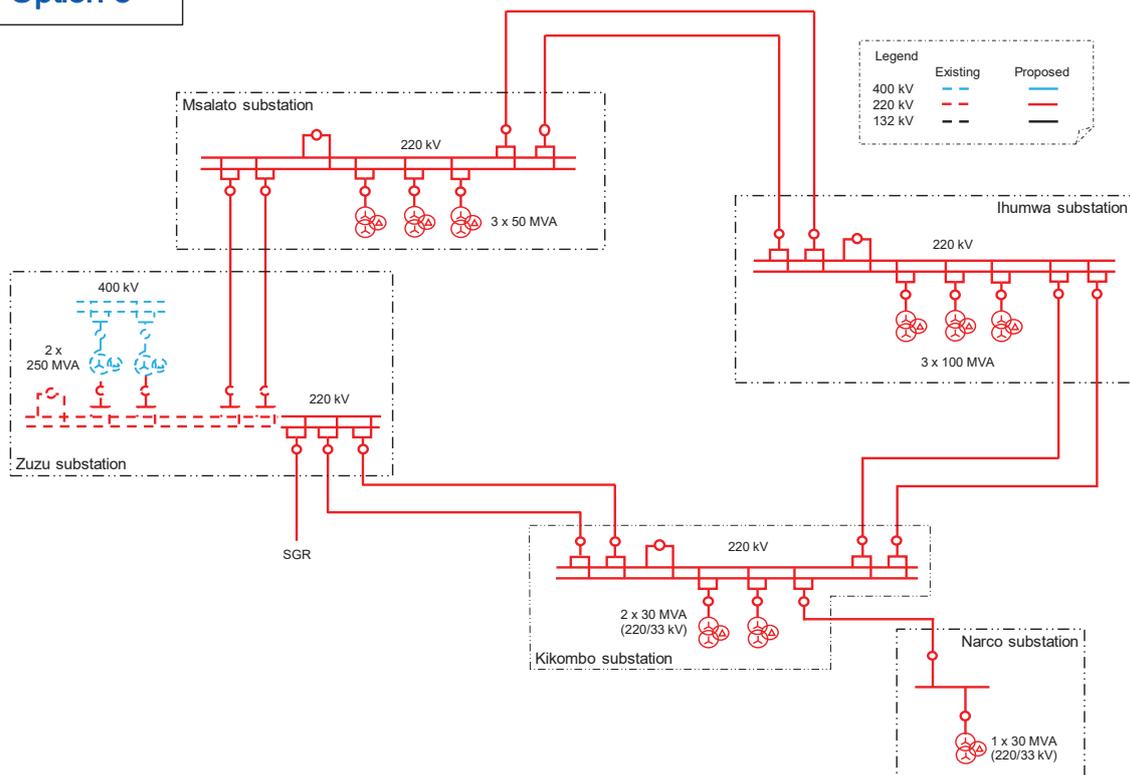
6. Substation Planning

Base case



6. Substation Planning

Option-5



7. Distribution Planning

◆ Existing Power Supply

- Power supply for Dodoma region
(Customer-base)
- Approx. 85.5% from Zuzu
- Approx. 13.1% from Kondoa
- Approx. 1.5% from Others (Iringa, Morogoro, Tanga)

7. Distribution Planning ◆ Existing Distribution Line

| DISTRIBUTION NETWORK INFORMATION - Supplied from Zuzu substation | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 220KV S/S | 33/11KV SUB STATION NAME AND CAPACITY | NAMES OF 11KV AND 33KV FEEDERS | NUMBER OF TRANSFORMERS | LENGTH OF 11 KV AND 33KV LINE (KM) | LENGTH OF LV LINE (KM) | NUMBER OF CUSTOMERS | REMARKS/AREA OF FEEDER SUPPLY |
| ZUZU | | MPWAPWA | 363 | 1,389 | 726 | 30,855 | CHAMWINO, KONGWA, MPWAPWA&GAIRO |
| | | CHAMWINO | 73 | 87 | 146 | 6,205 | CHAMWINO |
| | | MZAKWE | 1 | 33 | 1 | 1 | MZAKWE WATER PUMP |
| | | MNADANI | - | 15 | - | - | MNADANI SUBSTATION |
| | | TOWN | - | 7.2 | - | - | DODOMA MUNICIPAL |
| | | BAHI | 33 | 61 | 66 | 2,805 | BAHI DISTRICT |
| | | INTERCONNECTOR | - | 1 | - | - | POWER STATION |
| | | MPWAPWA-TOWN | 17 | 26 | 34 | 1,445 | MPWAPWA DISTRICT COUNCIL |
| | TOWN (10MVA) | INDUSTRIAL | 36 | 32 | 72 | 3,060 | ILAZO, MAKOLE, IPAGALA |
| | | TOWN NORTH | 32 | 34 | 64 | 2,720 | MAJENGO, AIRPORT, JAMHURI, MJI MPYA |
| | | TOWN SOUTH | 22 | 17 | 44 | 1,870 | UZUNGUNI, GENERAL HOSPITAL |
| | POWER STATION (5MVA) | ZUZU SOUTH | 28 | 16 | 56 | 2,380 | UZUNGUNI, KIKUYU |
| | | BRICK/BUSH | 38 | 142 | 76 | 3,230 | MVUMI, MPUNGUZI, BIHAWANA |
| | | ZUZU NORTH | 59 | 21 | 118 | 5,015 | NDACHI, NKUHUNGU, AREA A |
| | MNADANI (15MVA) | MNADANI-TOWN | 43 | 28 | 86 | 3,655 | AREA C, AREA D, AREA E, MAILI MBILI |
| | | MNADANI-VEYULA | 27 | 33 | 54 | 2,295 | MAKUTOPOLA, VEYULA, MSALATO |
| | MZAKWE | MAMBA YA MBALI | 10 | 12 | 20 | 850 | MAMBA YA MBALI |
| | | BOOSTER PUMP | 2 | 0 | 4 | 170 | MZAKWE BOOSTER PUMP |
| | | KILUNGULE&MUNDEMU | 11 | 15 | 22 | 935 | KILUNGULE, MUNDEMU |

Source: Received from TANESCO in October, 2019

| DISTRIBUTION NETWORK INFORMATION - Supplied from outside to Dodoma region | | | | | | | |
|---|-------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Source Region/District | Source Substation | NAMES OF FEEDERS | NUMBER OF TRANSFORMERS | LENGTH OF HT LINE (KM) | LENGTH OF LV LINE (KM) | NUMBER OF CUSTOMERS | REMARKS/AREA OF FEEDER SUPPLY |
| IRINGA | TAGAMENDA | KILOLO | 14 | 82 | 84 | 1,063 | MPWAPWA |
| TANGA | KILOLE | HANDENI | 2 | 33 | 12 | 165 | KITETO KIJUNGU |
| MOROGORO | MSAMVU | BEREGE | 4 | 12 | 24 | 126 | GAIRO IYOGWE, MAKUYU |
| Kondoa | Bicha | KIBAYA | 87 | 320 | 174 | 7,395 | KONDOA AND KITETO |
| | | PAHI | 33 | 230 | 66 | 2,805 | PAHI, KOLO, MNENIA |
| | | KONDOA | 23 | 58 | 46 | 1,955 | KONDOA DISTRICT COUNCIL |

Source: Received from TANESCO in October, 2019

7. Distribution Planning

◆ Existing Network

- Network Configuration
 - Radial network
 - 33kV, 11kV O/H
- Primary Substation
 - Zuzu substation
- Secondary Substation
 - Town substation
 - Mnandani substation
 - Mzakwe substation

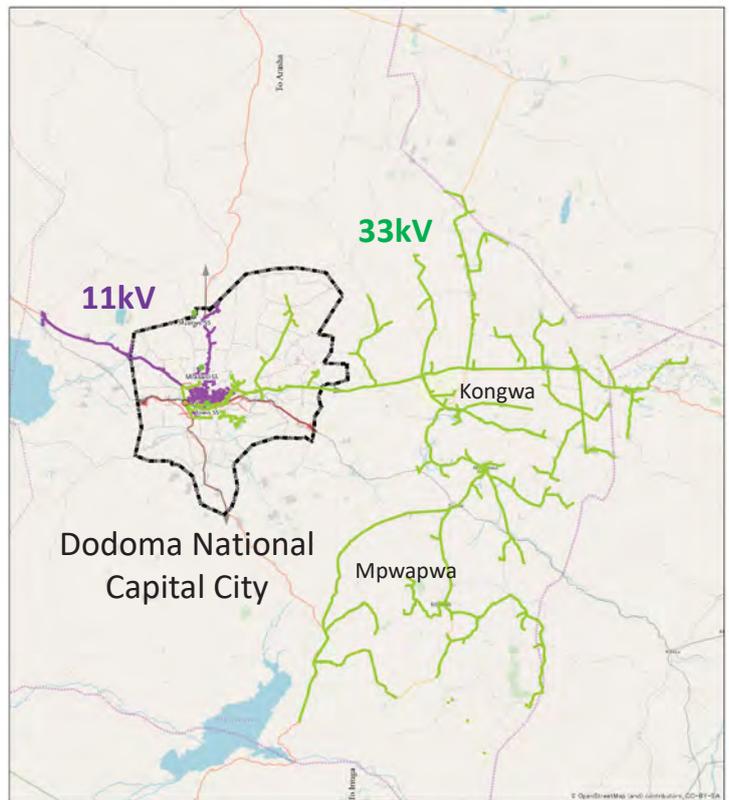


Figure: Power Supply From Zuzu substation

7. Distribution Planning

◆ What is happening on the existing network?

(To be analyzed)

- Technical Loss
- Non-technical Loss

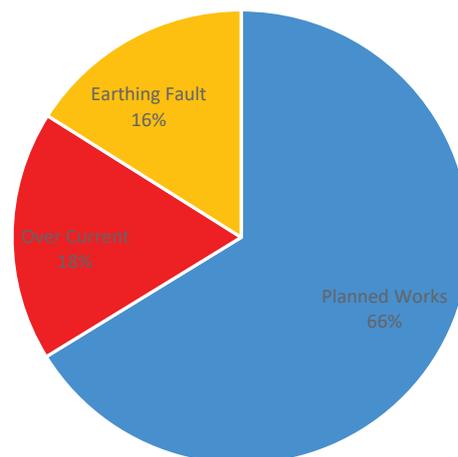


Figure: Lost Revenue Due to Feeder Outage

Source: Received from TANESCO in October, 2019

◆ Countermeasures by TANESCO

- Replacement, Upgrading, Extension, Expansion

7. Distribution Planning

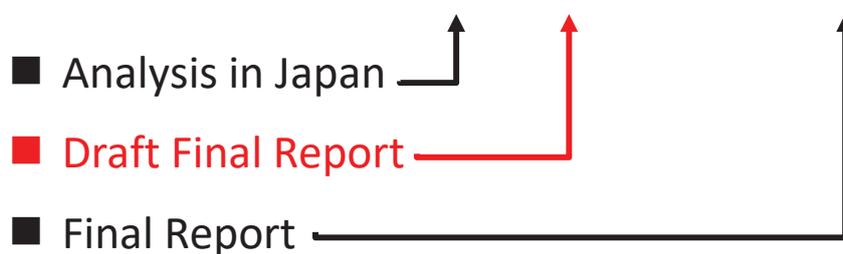
◆ What is on-going, planning?

- Distribution Control Center (DCC)
- Rural Electrification for 21 villages in Dodoma region (REA III Round II)
- Improvement of Town substation with 2 x 15MVA-33/11kV transformers
- Improvement of Mzakwe substation with additional of 1 x 10MVA-33/11kV transformer
- Improvement of Mnadani substation with additional of 1 x 15MVA-33/11kV transformer
- Distribution Master Plan
- Load forecast study for short term (5years), medium term (10years) and long term (25 years), etc.

32

8. Tentative Schedule

| 2019 | | | | 2020 | | |
|------|----|----|----|------|---|---|
| 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |



Thank you for your attention

DATA COLLECTION SURVEY ON DODOMA TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEM IN THE UNITED REPUBLIC OF TANZANIA

Applicable quality infrastructure for Dodoma Capital City District

OCTOBER 10TH, 2019
JICA STUDY TEAM

Contents

1. Background : What is Quality Infrastructure?
2. LATEST Technologies for Transmission and Distribution network.

| | |
|-------------------------|---|
| Distribution Facility | (a) Low-loss distribution transformer |
| Transmission facilities | (b) Low-loss conductor |
| | (c) External gapped transmission line arresters |
| Substation facilities | (d) Low-loss transformer |
| | (e) Special 3 phase transformer |
| | (f) Low SF6 gas leakage rate |
| | (g) Gas insulated transformer |
| | (h) High seismic resistance of substation equipment |
| | (i) Special protection system |
| | (j) Spring operation mechanism for GCB |
| (k) Compact type GIS | |

3. Effects of Applying Latest Technologies

1. Background – (1)

- In order to ensure the quality and reliability of electric power, a transmission and distribution network expansion plan in DODOMA urban area is being investigated by TANESCO.

What is Quality Infrastructure ?

2

1. Background – (2)

- A transmission and distribution network ensures that the quality and reliability is considered as Quality Infrastructure which has following features.
 - ✓ High quality
 - ✓ High reliability
 - ✓ Cost reduction
 - ✓ Reduced environmental impact
 - ✓ Improved maintenance and inspection
 - ✓ Etc.

1. Background – (3)

- We would like to introduce latest technologies.
- We would like to know;
What are you interested in?
What do you focus on?
What are your challenges?



Proposed Electrical Network for Dodoma Urban

4

3. Outline of LATEST Technology

(a) Low-loss distribution transformer →

Cost reduction

- Lowers hysteresis losses
- Have very thin laminations → Eddy current losses reduce as compared to Iron.



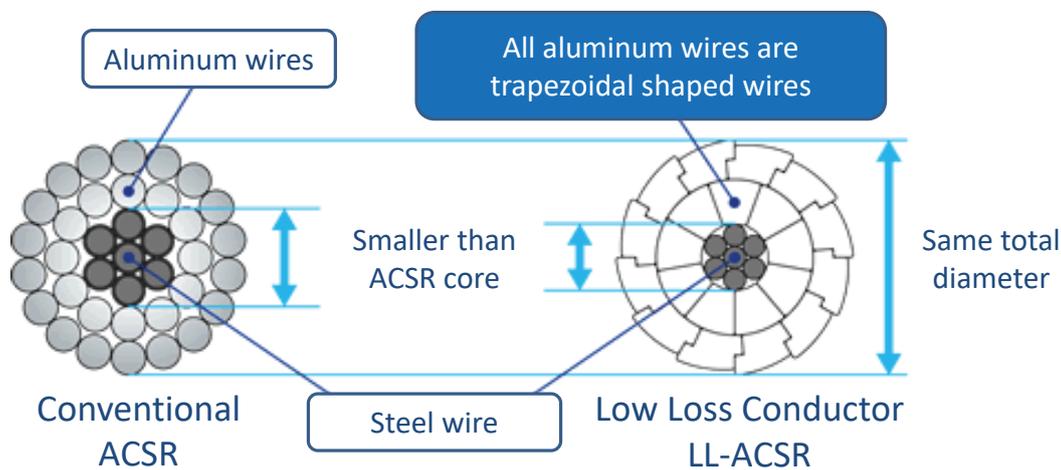
Source: Based on manufacture catalog

Amorphous Metal Distribution Transformers

3. Outline of LATEST Technology

(b) Low-loss conductor → Cost reduction

- Low-loss conductor has improved aluminum occupancy by adopting trapezoidal aluminum conductors.
- As a result, transmission loss can be reduced by approximately 20%.



Source: Based on manufacture catalog

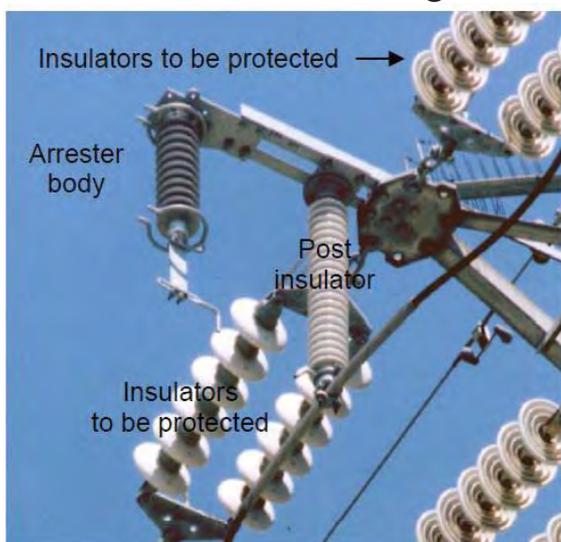
Low Loss Conductor LL-ACSR

3. Outline of LATEST Technology

(c) External gapped transmission line arresters(EGLA)

→ High quality High reliability

- When a lightning strikes transmission tower or power line conductor, transient overvoltage will be induced across the insulator.



Source: Based on Technical paper

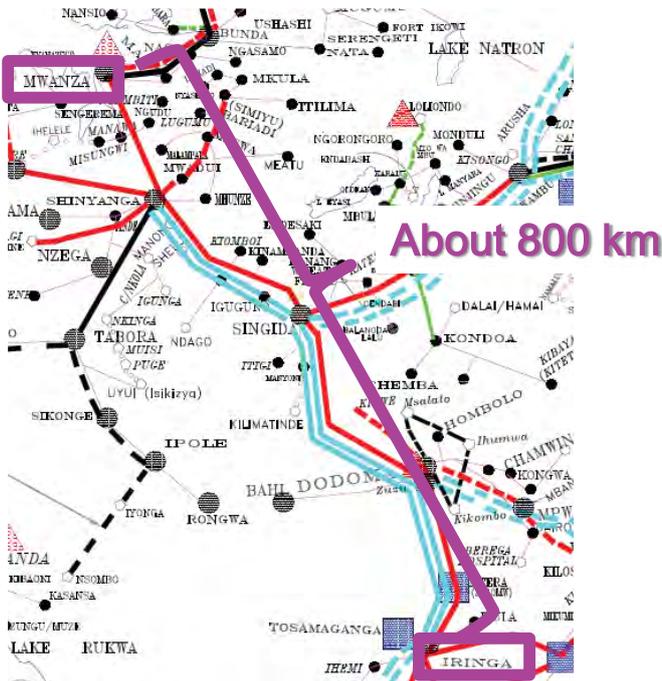
ECLA for 77 kV System

- ECLA, consisting of arrester body and series air gap, is installed in parallel with the insulator to be protected.
- ECLA can **prevent instantaneous voltage drop and power outages due to permanent ground faults.**

3. Outline of LATEST Technology

(c) External gapped transmission line arresters(EGLA)

→ High quality High reliability



- There are no arc horn for about 800 km from IRINGA to MWANZA on transmission tower.
- In order to increase system reliability, additional installation of arc horns and EGLA are recommended.

3. Outline of LATEST Technology

(d) Low-loss transformer → Cost reduction

- Low-loss transformer with low-loss silicon steel sheet as the core material

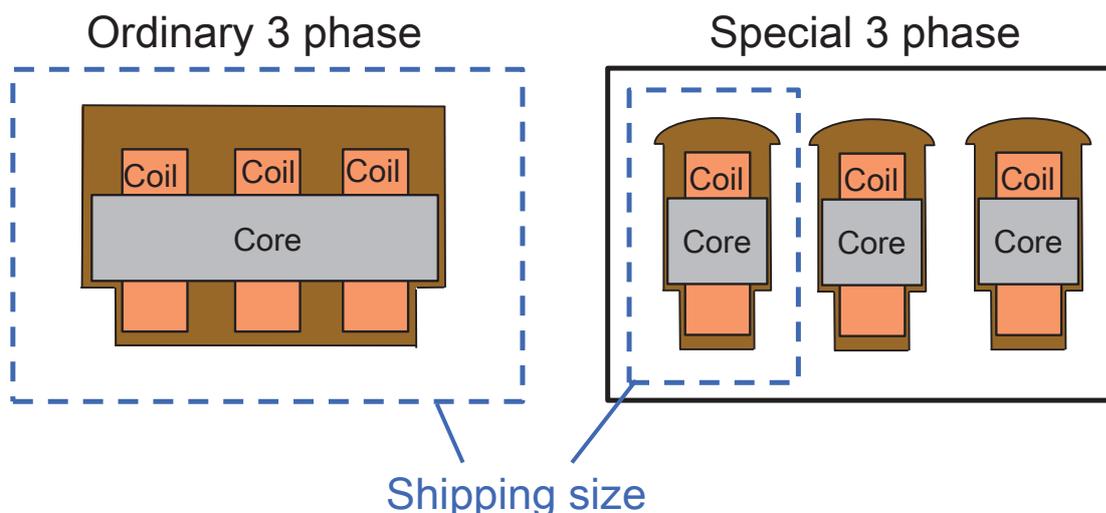


Source: Based on manufacture catalog

765kV Class Power Transformer

3. Outline of LATEST Technology

(e) Special 3 phase transformer → Reduced environmental impact



- **Special 3 phase transformer can be applied to areas where transportation weight is limited and transportation methods are specified.**

3. Outline of LATEST Technology

(f) Low SF₆ gas leakage rate →

Reduced environmental impact

- It is important to reduce gas leakage rate.
To consider environment protection
To secure high quality and reliability for long term usage

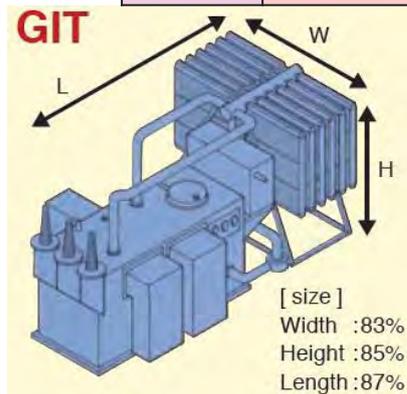
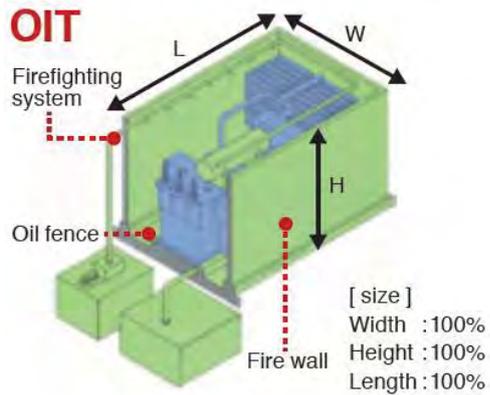
| | Factory Test | Site Test |
|-------------------|----------------|----------------|
| Latest Technology | < 0.1 % / year | < 0.1 % / year |
| IEC Standard | < 0.5 % / year | < 0.5 % / year |

- Due to the low gas leakage rate, the deterioration rust of the flange can be suppressed, therefore substation facilities can be used for a long time.

3. Outline of LATEST Technology

(g) Gas insulated transformer(GIT) →

| | | |
|------------------|----------------|-------------------------------------|
| High reliability | Cost reduction | Improved maintenance and inspection |
|------------------|----------------|-------------------------------------|



Source: Based on manufacture website

Comparison of Oil-immersed Transformers(OIT) and GIT

➤ Features GIT as follows;

- ✓ **Non-Flammable, Non-Explosive**
- ✓ **No fire-fighting system requirement**
- ✓ **Flexible arrangement**
- ✓ **Easy maintenance**
- ✓ **Reduction of installation period**

3. Outline of LATEST Technology

(g) Gas insulated transformer(GIT) →

| | | |
|------------------|----------------|-------------------------------------|
| High reliability | Cost reduction | Improved maintenance and inspection |
|------------------|----------------|-------------------------------------|



110kV-50MVA GIT
(Low pressure type)



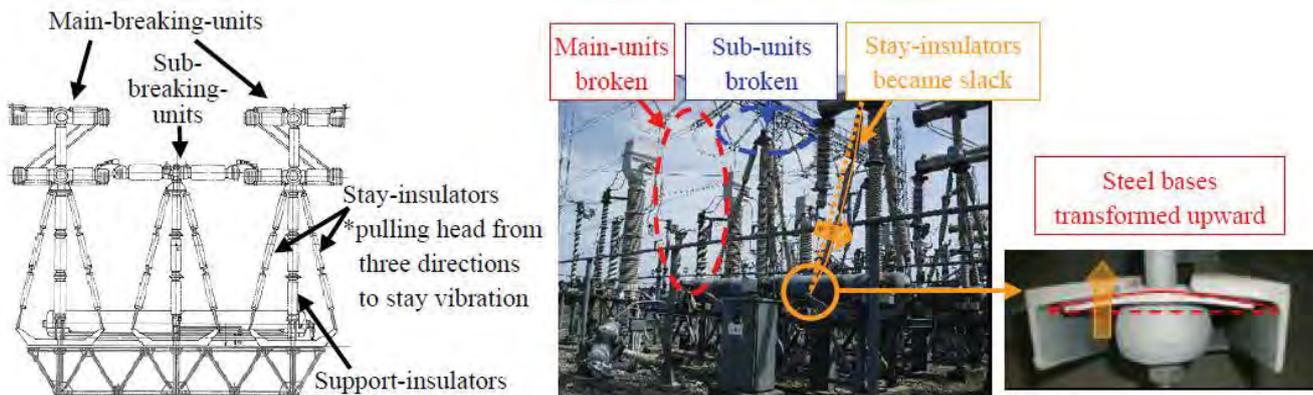
Source: Based on Technical papers
275kV-300MVA GIT
(High pressure type)

3. Outline of LATEST Technology

(h) High seismic resistance of substation equipment

→ High reliability

- To apply substation equipment with High seismic resistance in order to improve the reliability of infrastructure.
- Substation equipment that reflects the experience of many earthquakes should be adopted.



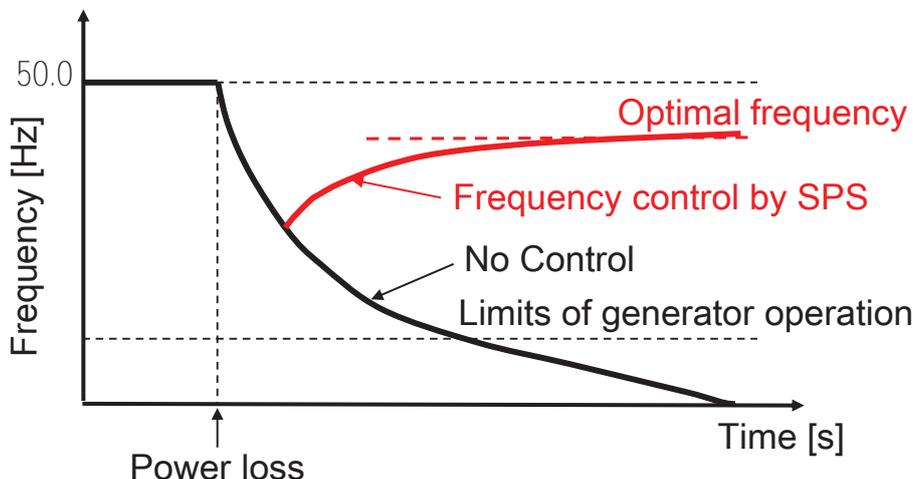
Source: Based on Technical papers

Damages of 275 kV air circuit-breaker
by the Great East Japan Earthquake

3. Outline of LATEST Technology

(i) Special protection system (SPS) → High reliability

- To monitor the condition of the power system in real time
- To prevents power outages when an accident occurs
- To minimizes the effect of accident.



Conceptual diagram of Special Protection System

3. Outline of LATEST Technology

(j) Spring operation mechanism for Gas circuit breaker

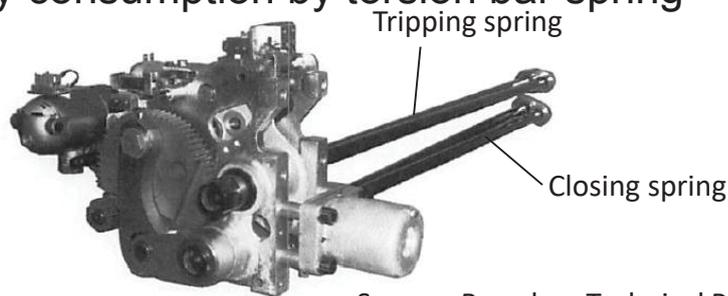
→ High quality High reliability

➤ Maintenance free

- ✓ Less electrical / mechanical parts
→ less chance of failure

➤ High efficiency

- ✓ Stable operating characteristic
→ Negligible degradation of spring characteristics
- ✓ Efficient energy consumption by torsion bar spring



Source: Based on Technical Paper

300kV Torsion bar Spring Mechanism

3. Outline of LATEST Technology

(k) Compact GIS → High reliability Cost reduction

➤ The advantages of using Compact GIS are as follows:

- ✓ Reduction of installation area
- ✓ Realization of Bay transportation including Local Control Panel(LCP)
→ High quality by omitting LCP and Bay connection work on-site
→ Reduction the installation period



145 kV GIS

for City Center Substation
in Dar es Salaam



330 kV GIS

3. Effects of Applying LATEST Technology (Summarize)

| | | High quality | High reliability | Cost reduction | Reduced environmental impact | Improved maintenance and inspection |
|-------------------------|--|--------------|------------------|----------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Distribution Facility | (a) Low-loss distribution transformer | | | ○ | | |
| Transmission facilities | (b) Low-loss conductor | | | ○ | | |
| | (c) External gapped transmission Line arresters | ○ | ○ | | | |
| Substation facilities | (d) Low-loss transformer | | | ○ | | |
| | (e) Special 3 phase transformer | | | | ○ | |
| | (f) Low SF6 gas leakage rate | | | | ○ | |
| | (g) Gas insulated transformer | | ○ | ○ | | ○ |
| | (h) High seismic resistance of substation equipment | | ○ | | | |
| | (i) Special protection system | | ○ | | | |
| | (j) Spring operation mechanism for Gas circuit breaker (GCB) | ○ | ○ | | | ○ |
| | (k) Compact type GIS | | ○ | ○ | | |

Thank you for your kind attention

SECOND TECHNICAL MEMORANDUM
FOR
DATA COLLECTION SURVEY
ON
DODOMA TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEM
IN THE UNITED REPUBLIC OF TANZANIA
AGREED BETWEEN
TANZANIA ELECTRIC SUPPLY COMPANY LIMITED (TANESCO)
AND
JICA STUDY TEAM

Dodoma, January 31st, 2020

阿部 真

Mr. Makoto Abe
Chief Consultant
JICA Study Team
Yachiyo Engineering Co., Ltd.

Mwinuka

Dr. Tito E. Mwinuka
Managing Director
Tanzania Electric Supply Company Ltd.
(TANESCO)

Ministry of Energy (hereinafter referred to as MoE), Tanzania Electric Supply Company Ltd. (hereinafter referred to as “TANESCO”) and JICA Study Team for the Data Collection Survey on Dodoma Transmission and Distribution System in the United Republic of Tanzania (hereinafter referred to as “the Team”) had series of technical discussions to form a mutual understandings of the findings from the Second Field Survey and the parties agreed to record the following points as a conclusion of the discussions.

1. Main objectives of the Survey

The team explained that the main objectives of the Survey are as follows:

- (1) To confirm progress and details of the Dodoma Capital City Master Plan,
- (2) To conduct a survey to investigate and analyze the current and future power demand, facilities, system and applicable quality infrastructure for Dodoma Capital City District, and
- (3) To contribute to JICA's cooperation policy consideration for Dodoma Transmission and Distribution network expansion.

2. Scope of the Survey

The team explained that the scope of the Survey is as follows:

- (1) Power Demand Forecast
 1. Review the existing power demand forecast predicted by TANESCO and propose updated power demand forecast.
 2. Allocate the updated power demand to proposed substations.
- (2) Power System Planning
 3. Review the existing power system and expansion plan.
 4. Propose power system configuration for Dodoma Urban area with recommended voltage level.
- (3) Transmission Planning
 5. Review the existing transmission plan.
 6. Propose transmission plan and alternatives (if any).
- (4) Substation Planning
 7. Review the existing substation plan.
 8. Propose substation plan based on the discussion with TANESCO, result of power demand forecast for substations and power system plan.
- (5) Distribution Planning
 9. Review the existing distribution plan.
 10. Propose distribution plan based on the discussion with TANESCO, result of power demand forecast for substations and power system plan.

3. Expected Output

The team explained that the expected output of the Survey is as follows:

Updated transmission and distribution development plan for Dodoma urban area proposed by the Team

4. Issues discussed and/or agreed among the parties during the Second Field Survey

< General >

4-1 The Team explained the above objectives, scope of the survey and expected output.

< Dodoma Capital City Master Plan >

4-2 TANESCO informed the Team that the Dodoma Capital City Master Plan has been officially approved by the Government of Tanzania in December, 2019.

4-3 The Team requested TANESCO to provide progress with % (percentage) of construction work of the development, which contains in the Draft Final Report by the Team, by 7th February, 2020. TANESCO responded that, it is difficulty to monitor construction work development (%). So it is advised the team to consider Approved Dodoma City Master Plan.

< Permission and Authorization >

4-4 The Team asked TANESCO if Permission or Authorization, other than obtaining land title, will be necessary to implement projects for the development of power system in Dodoma. TANESCO explained that, all projects follows Laws and Regulations of the Country including getting approval from relevant authorities

< Transmission Line Route >

4-5 The Team explained a proposed transmission line route with consideration of manageability of future maintenance, effective utilization of existing wayleave, etc.

4-6 The Team asked TANESCO whether shortening of the line route will be possible or not. TANESCO explained that in order to avoid interfering with the Statehouse, the original line route between Ihumwa substation and Kikombo substation must be rerouted. For that reason, TANESCO will negotiate with the Dodoma City Council for an alternative line route by short-cutting between Ihumwa substation and Kikombo substation as shown in the attached drawing. TANESCO will inform the Team with the result of negotiation with City Council by 14th February, 2020.

4-7 TANESCO basically agreed with the line route except route between Ihumwa substation and Kikombo substation in which is subjected to item 4-6 as attached in the drawing.

< Location of substations >

4-8 Alternative location of substations was proposed by the Team, however TANESCO explained that TANESCO has already started the land acquisition procedures with original locations for Msalato, Ihumwa and Kikombo substations.

4-9 TANESCO has identified that no involuntary resettlement to secure the land for the above three substations and some compensation for the farmland for Msalato and Kikombo substations will be made by TANESCO.

4-10 The Team requested TANESCO to provide with the Land Valuation report for the land demarcation. However, TANESCO explained that the Land Valuation is owned by the Government and unable to share the report.





- 4-11 Since the land acquisition process for original proposed substation locations is ongoing, TANESCO requested the Team to consider the original locations. The Team agreed to consider the original substation locations.

< Presentation on the “Draft Final Report” >

- 4-12 The Team explained outline of the Draft Final Report by a presentation on the “Draft Final Report” for TANESCO, Ministry of Energy and Ministry of Finance and Planning on 28th and 29th January, 2020 and exchange opinions.
- 4-13 The Team explained the details of Scenario Study with the evaluation of three Scenarios and recommend Tanzania side to consider Scenario-1 or 2. Main reasons to recommend Scenario-1 or 2 are to prevent unusual annual operation and maintenance cost, to prevent over investment and to meet appropriate timing of the implementation for the power demand.
- 4-14 TANESCO and MoE recommend to go with the Scenario-3 with some modification in which the Design of power Structure should be Double Circuit two conductors per phase up to proposed NARCO Substation so as to accommodate the long term power system planning, to save time and effort by making One Project, to minimize total investment cost, and also consider other loads beyond Dodoma City. Initially the line should be strung on one side.

< Presentation on the “Applicable Quality Infrastructure” >

- 4-15 The Team had a presentation on the “Applicable quality infrastructure” for TANESCO, Ministry of Energy and Ministry of Finance and Planning on 28th and 29th January, 2020 and exchange opinions.
- 4-16 The Team introduced five latest technology which might be adapted to the power system in Dodoma for TANESCO’s considerations.
- 4-17 The Team explained effectiveness of those five technology in terms of quality, reliability, cost impact and environmental impact. However, the Team added that every calculation made for the presentation is calculations with preconditions as a preliminary information for TANESCO’s reference.
- 4-18 TANESCO intended that any technology to reduce power loss or power outages should be taken into account for considerations in Tanzania power system.
- 4-19 TANESCO basically agreed with the Team however TANESCO request, further analysis of those five technologies should be done before adapting in Dodoma Power System

< Draft Final Report >

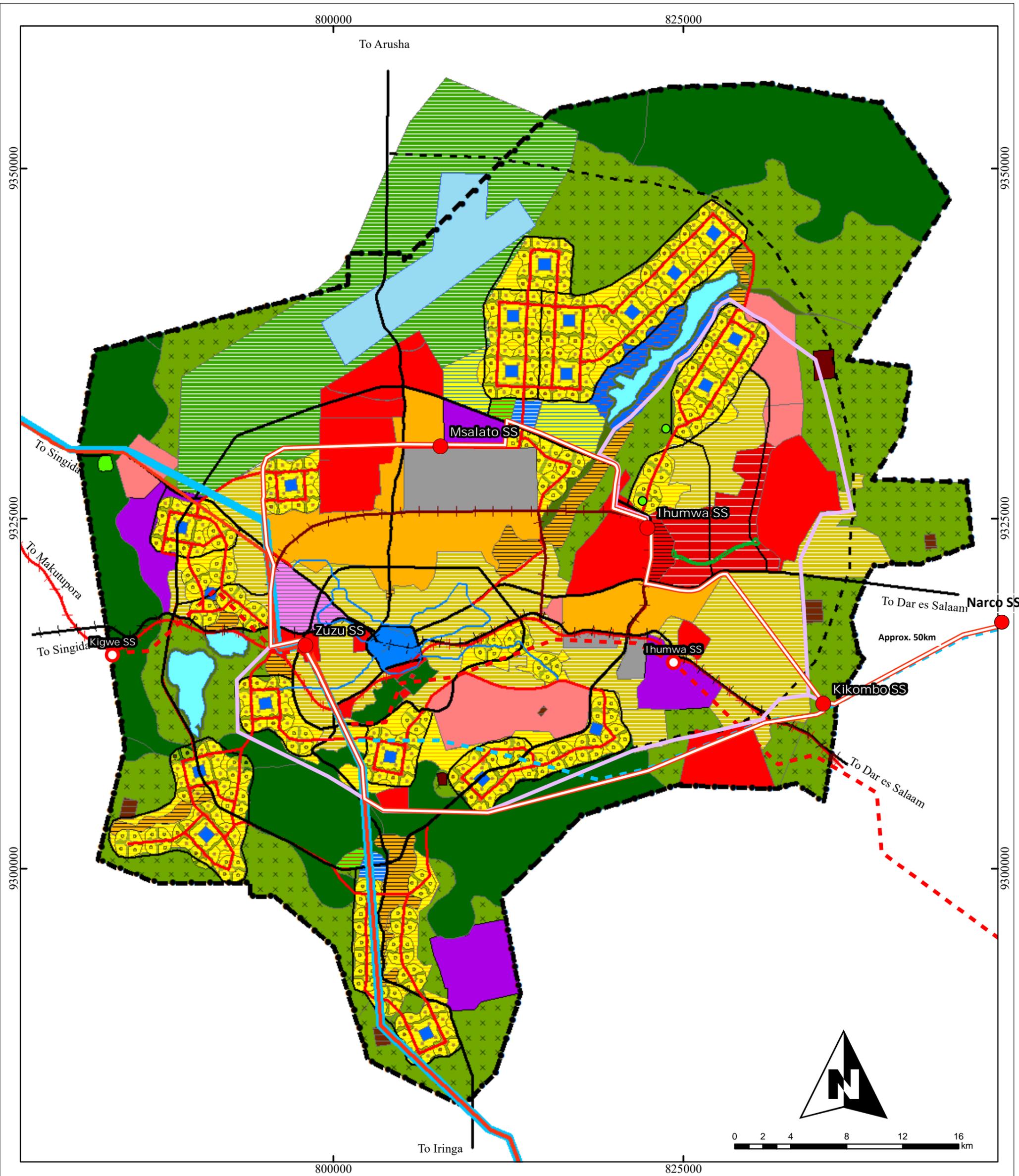
- 4-20 The Team submitted the softcopy and hard copy of the Draft Final Report to TANESCO and MoE. TANESCO shall review the Draft Final Report and provide comments to the Team by 12th February, 2020, if any.

5. Tentative Schedule

- 5-1 Finalizing the Draft Final Report in Japan: February, 2020
- 5-2 Submission of Final Report to JICA Headquarters: March, 2020



添付資料3 . テクニカルメモランダム DODOMA NATIONAL CAPITAL CITY MASTER PLAN
 Proposed Transmission Line Route and Location of Substations



| Legend | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ■ CCD_Boundary | --- Proposed_Outer_Most_Ring_Road | ■ Ccentre | ■ District_Centre | ■ Hotel_Site | ■ Special_Planning_Area | — 220kV TL Existing | — 220kV TL Existing |
| — Existing_Bus_Way | — Proposed_Road_Network | ■ District_Centre | ■ Ncentre | ■ Housing_Estate | ■ Transportation | — 400kV TL Existing | — 400kV TL Existing |
| — Existing_Railway | — Regional_Road | ■ Neighborhood | ■ Neighborhood | ■ Informal_Settlement | ■ University | — SGR Railway | — SGR Railway |
| — Inner_Most_Ring | — Standard_Gauge_Railway | ■ Open_Space | ■ Open_Space | ■ Nature_Reserve | ■ Waste_Water_Treatment_Plant | ○ Substation for SGR Railway | ○ Substation for SGR Railway |
| — Inner_Ring_Road | ■ Makutupora_well_field | ■ Sub_District_Centre | ■ 2019_Proposed_Residential_Area | ■ Planned_Area | ■ Water_Body | ○ Substation | ○ Substation |
| — Light_Rail_Way | ■ Catchment_Area | ■ CBD | ■ District_Centre | ■ Proposed_Industrial_Area | ■ Water_Body_Conservation | — 220kV TL for SGR Railway | — 220kV TL for SGR Railway |
| — Outer_Ring_Road | ■ State_House | ■ Sport_Centre | ■ Existing_Industrial_Area | ■ Proposed_Urban_Agriculture | ■ Substation | — 220kV TL New | — 220kV TL New |
| — Procession_Way | ■ Ncentre | ■ 1976_Community | ■ Existing_Institution | ■ Regularization_Area | — 220kV TL New | — 400kV TL Future plan | — 400kV TL Future plan |
| — Proposed_Bus_Way | ■ Government_City | ■ Ccentre | ■ Proposed_Zoo | ■ Sanitary_Landfill | — 400kV TL Future plan | | |

DATA COLLECTION SURVEY ON DODOMA TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEM IN THE UNITED REPUBLIC OF TANZANIA

Presentation for Discussion

on the

Draft Final Report

JANUARY 29TH, 2020
JICA STUDY TEAM

Contents

1. Introduction
2. Power Demand Forecast
3. Power System Planning
4. Transmission Planning
5. Substation Planning
6. Distribution Planning
7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

1. Introduction

<Main Objectives>

- To confirm progress and details of the Dodoma National Capital City Master Plan,
- To conduct a survey to investigate and analyze the current and future power demand, facilities, system and applicable quality infrastructure for Dodoma Capital City District, and
- To contribute to JICA's cooperation policy consideration for Dodoma Transmission and Distribution network expansion.

<Expected Output>

- Updated transmission and distribution development plan for Dodoma urban area proposed by JICA Study Team

1. Introduction (Scope of the Survey)

◆ Power Demand Forecast

- Review the existing power demand forecast predicted by TANESCO and propose updated power demand forecast.

◆ Power System Planning

- Allocate the updated power demand to proposed substations.
- Review the existing power system and expansion plan.
- Propose power system configuration for Dodoma Urban area with recommended voltage level.

1. Introduction (Scope of the Survey)

◆ Transmission Planning

- Review the existing transmission plan.
- Propose transmission plan and alternatives (if any).

◆ Substation Planning

- Review the existing substation plan.
- Propose substation plan based on the discussion with TANESCO, result of power demand forecast for substations and power system plan.

◆ Distribution Planning

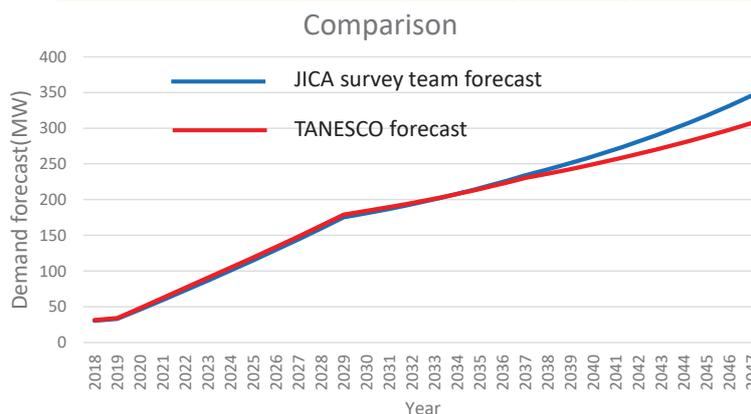
- Review the existing distribution plan.
- Propose distribution plan based on the discussion with TANESCO, result of power demand forecast for substations and power system plan.

2. Power Demand Forecast

<Dodoma Demand Forecast>

- Validity of the demand forecast for Dodoma implemented by TANESCO has been judged in consideration of
 - Long term demand forecast cases of PSMP2016 as the base
 - Specific loads by relocation of the capital function to be additionally considered.

| (MW) | 2018 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| TANESCO | 31 | 48 | 119 | 184 | 215 | 250 | 289 | 307 |
| JICA Study Team | 31 | 46 | 115 | 181 | 216 | 261 | 317 | 345 |



TANESCO's Forecast
 ↓
 Similar to Low case of PSMP2016
 ↓
 Judged valid

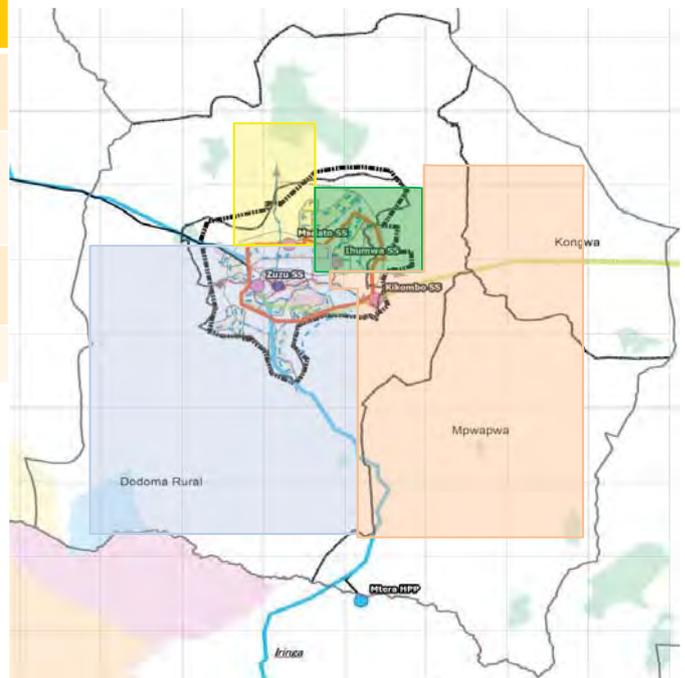
2. Power Demand Forecast

<Demand Allocation for Substations>

■ Purpose of Substations

| Substation | Power Supply for |
|------------|---|
| Ihumwa | <ul style="list-style-type: none"> Government city Dodoma east & south area |
| Zuzu | <ul style="list-style-type: none"> Dodoma central area New industrial zone (western area) |
| Msalato | <ul style="list-style-type: none"> New airport and EPZ Dodoma north area |
| Kikombo | <ul style="list-style-type: none"> Dodoma east & south area |

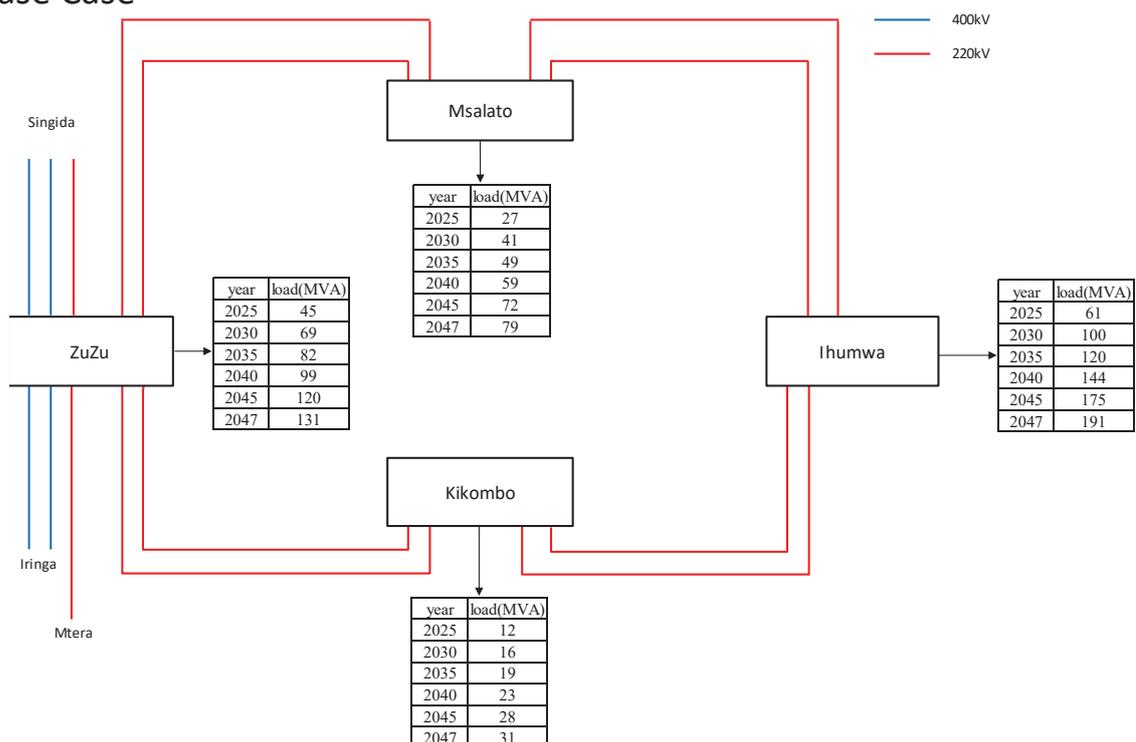
- Zuzu supply area
- Msalato supply area
- Ihumwa supply area
- Kikombo supply area



2. Power Demand Forecast

<Demand Allocation for Substations>

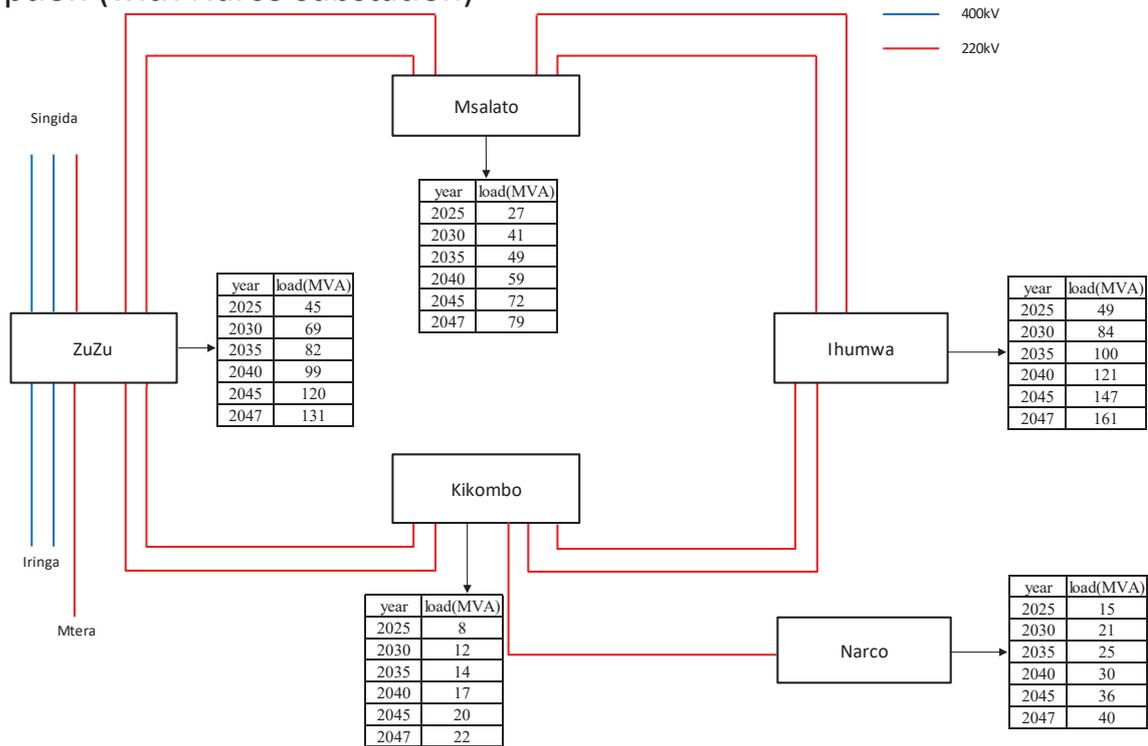
■ Base Case



2. Power Demand Forecast

<Demand Allocation for Substations>

■ Option (with Narco substation)



8

3. Power System Planning

<Basic Policy>

- Ensuring high reliability in power supply to government offices district
- High-quality power supply
(maintain voltage level and low power interruption rate)
- Back-up capable system configuration
- Long life facilities with a target of 30 years
- Appropriate specification of facilities
- Economy
- Low loss

3. Power System Planning

<Study Results>

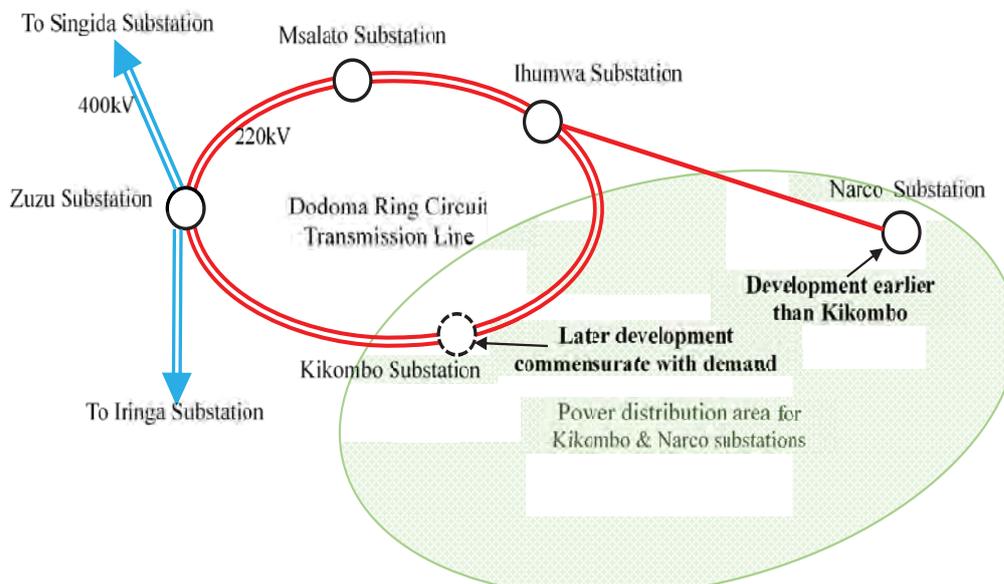
- Voltage class of ring circuit system
 - **220kV is advantageous** than 132kV as long as future demand exceeds 150MW in 2047 considering life cycle cost of the ring configuration of Dodoma transmission line system
- Concept of ensuring reliability
 - Transmission line
 - ✓

| | | |
|---|-----------|---|
| Double circuit Installed on the same tower | VS | Two routes of single circuit (No sharing tower for circuits) |
|---|-----------|---|
 - ✓ Application of EGLA (external gapped transmission line arrester)
 - Transformer
 - ✓ Multiple transformers configuration
 - ✓ Expansion according to demand growth

3. Power System Planning

<Study Results>

- Power Supply for Narco substation
 - In case step-by-step development
 - To be **fed from Ihumwa substation** instead of Kikombo substation



3. Power System Planning

<Study Results>

- Transmission Line to Narco substation

132kV voltage is appropriate for the demand of Narco substation

Issue of the Dodoma ring circuit power system

Power source is only one, i.e. Zuzu substation

Power supply in Dodoma area will be hindered at emergency situation in Zuzu substation itself.



External power source other than Zuzu substation to the ring circuit system should be considered.



Narco substation to be positioned for interconnection to external power source for example Morogoro substation.

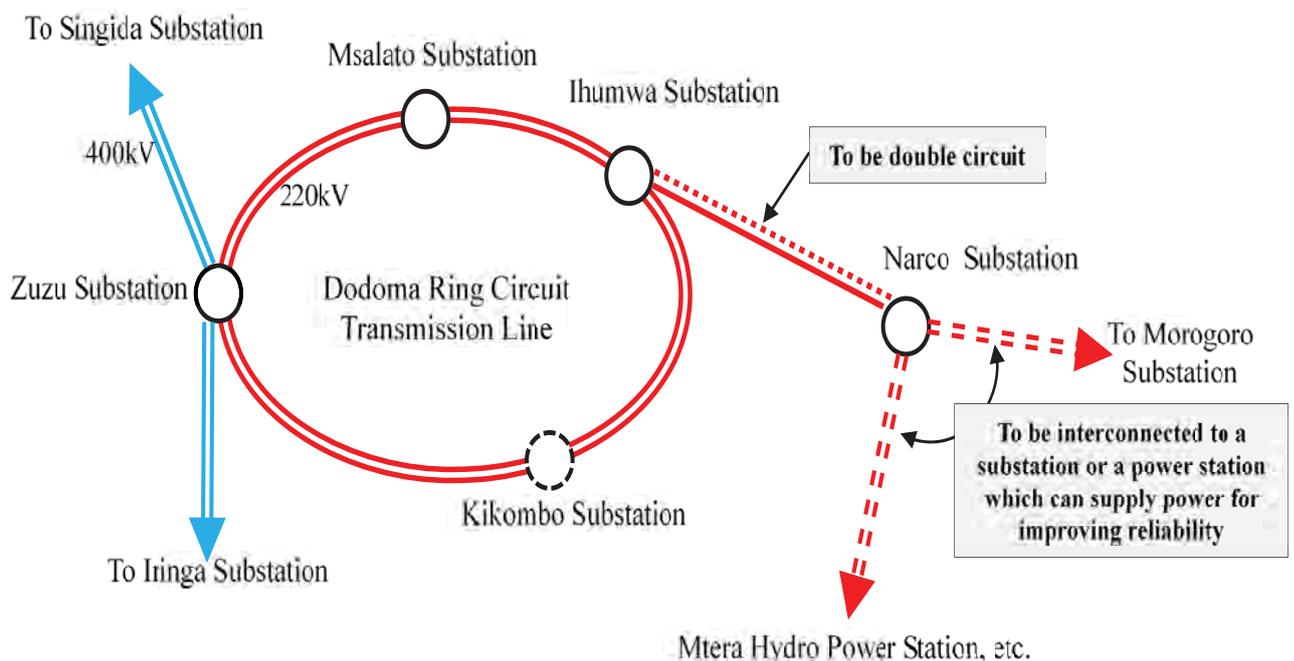


Over 300MVA capacity required → **220kV voltage** to be applied

3. Power System Planning

<Study Results>

- Transmission Line to Narco substation



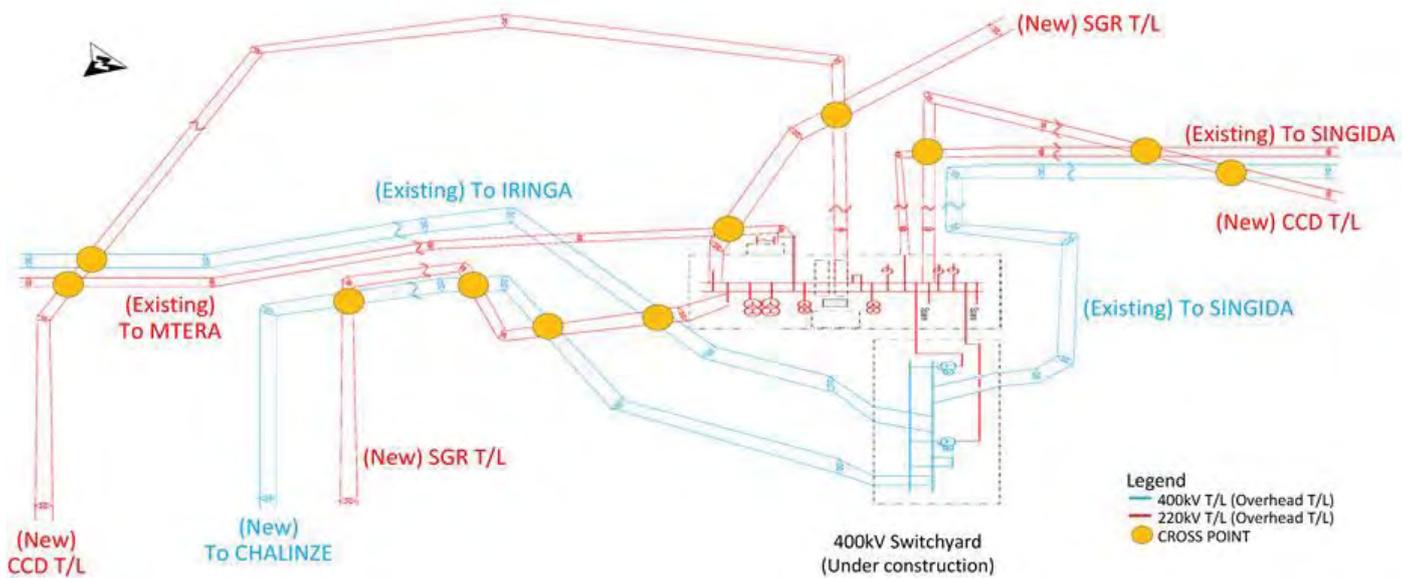
4. Transmission Planning

Planning status of the Ring Transmission Line



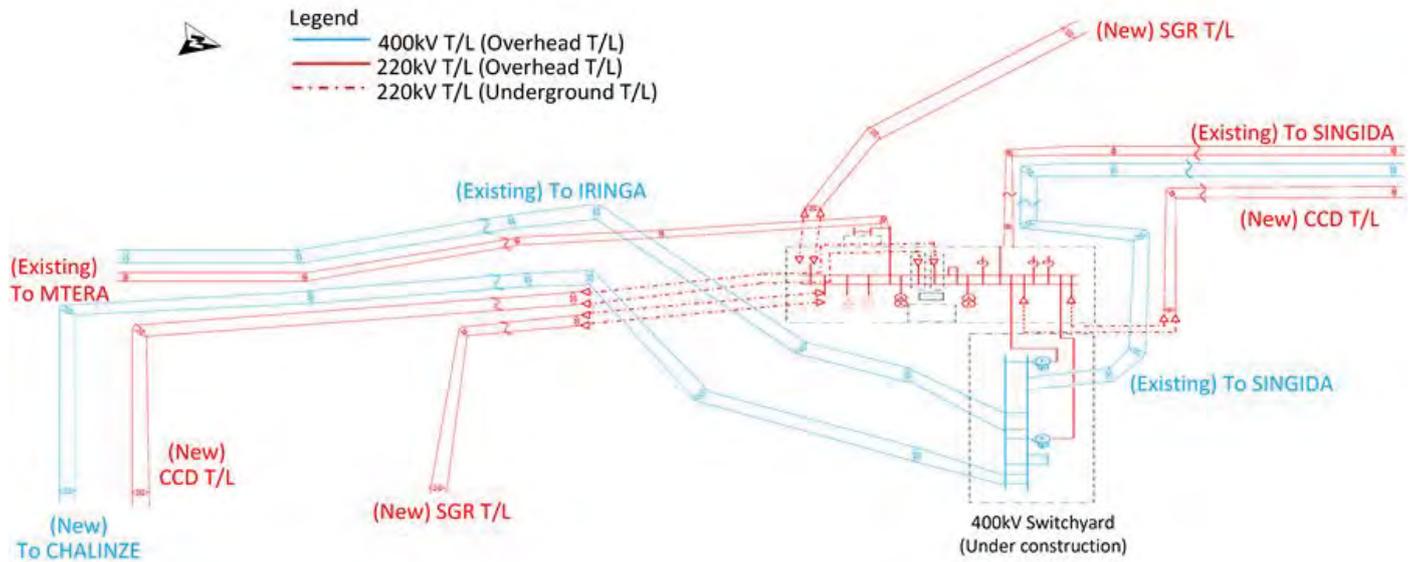
4. Transmission Planning

Planning routes around Zuzu substation



4. Transmission Planning

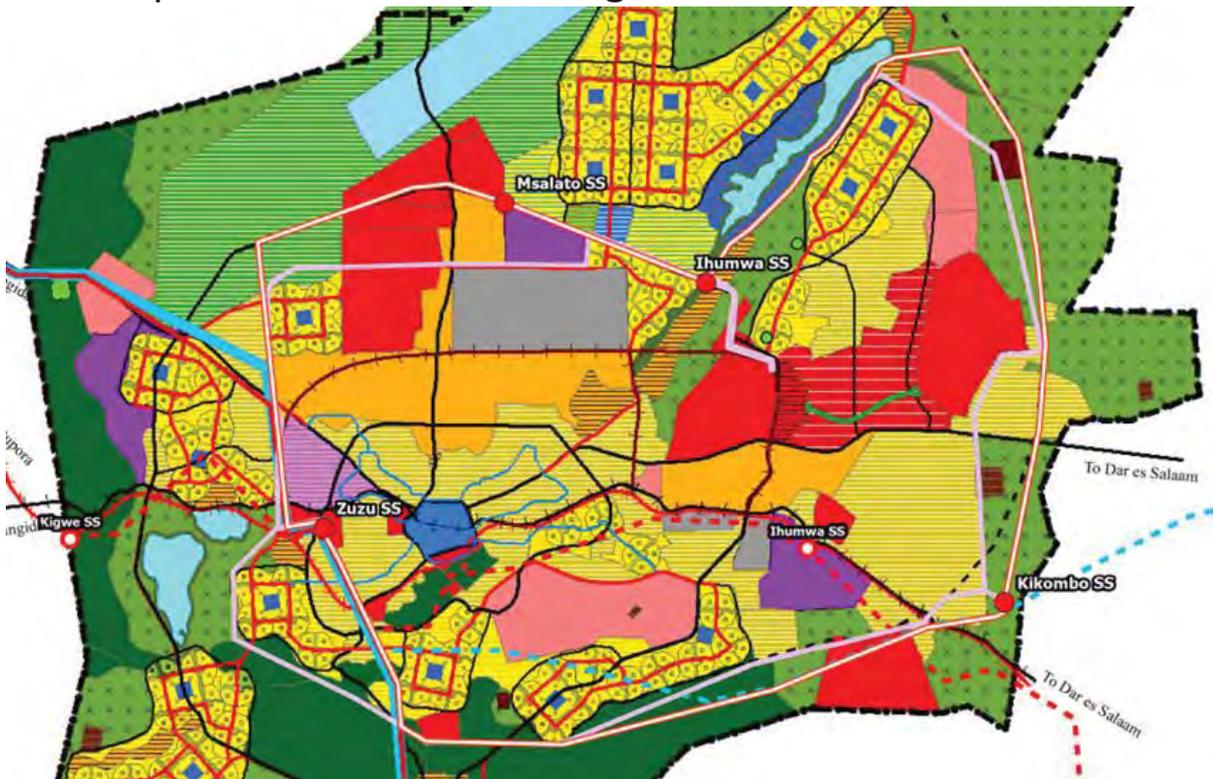
Proposal routes around Zuzu substation



16

4. Transmission Planning

■ Proposal routes for the Ring Transmission Line



4. Transmission Planning

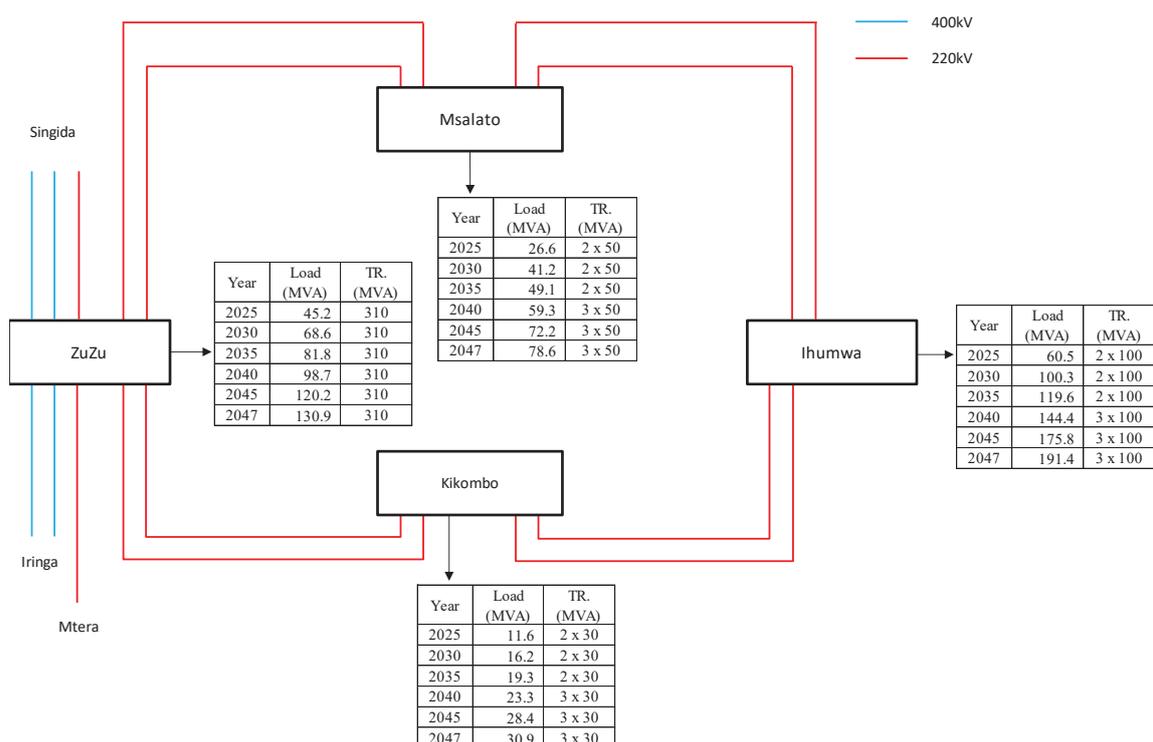
- Result of comparison between Planed T/L routes and Proposal T/L routes

Specifications of proposal routes

| Voltage class | Number of circuit | Transmission line section | Line Length | Change |
|---------------|-------------------|---------------------------|-------------|--------|
| 220kV | Double circuit | Zuzu – Msalato | 32km | +5km |
| 220kV | Double circuit | Msalato – Ihumwa | 12km | - 13km |
| 220kV | Double circuit | Ihumwa - Kikombo | 52km | - 10km |
| 220kV | Double circuit | Kikombo – Zuzu | 47km | - 4km |
| 220kV | Single circuit | Kikombo - Narco | 50km | — |

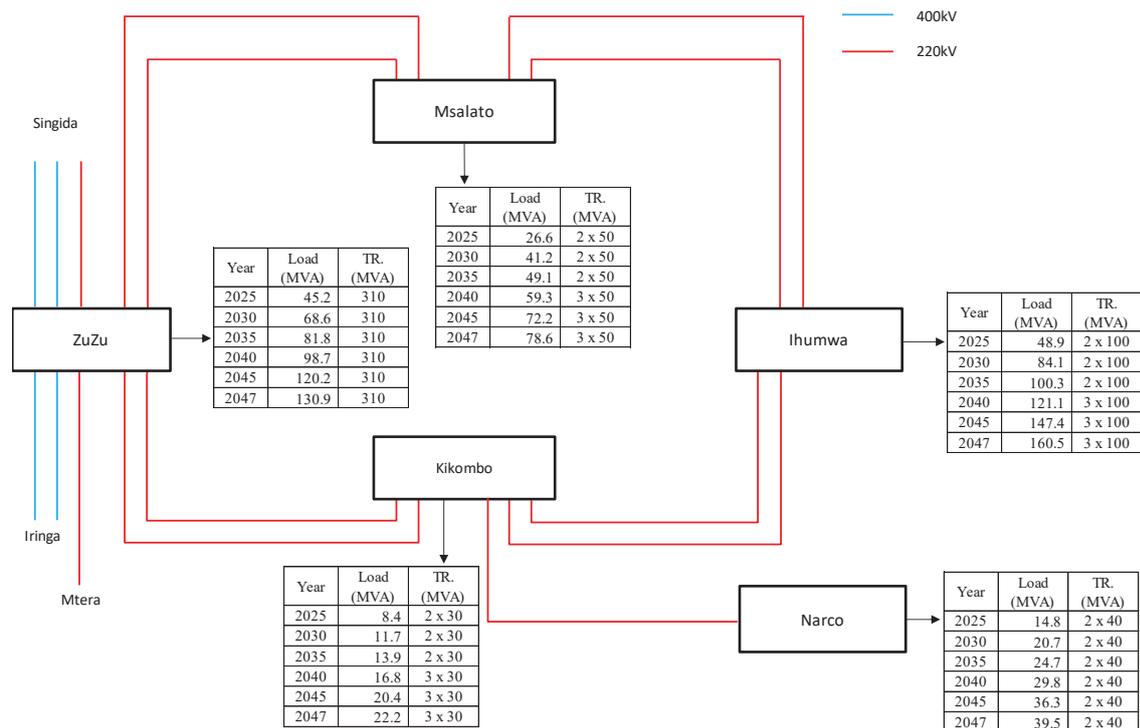
5. Substation Planning

Capacity of Transformer(220/33kV) [Base case]



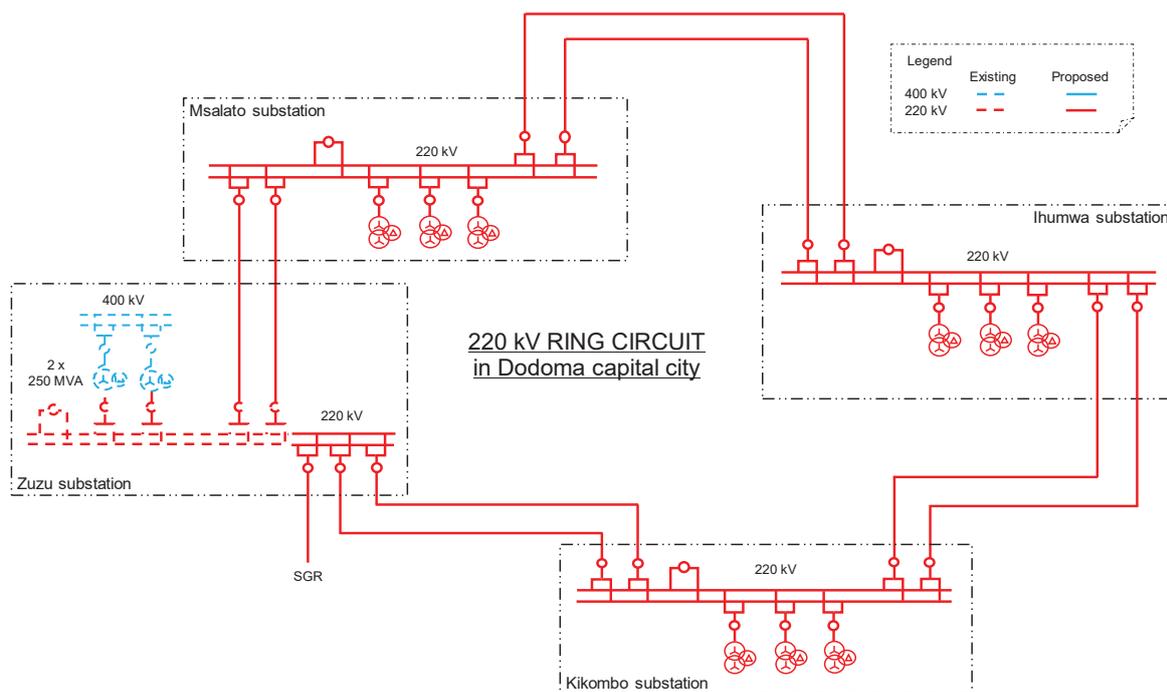
5. Substation Planning

Capacity of Transformer(220/33kV) [Option]



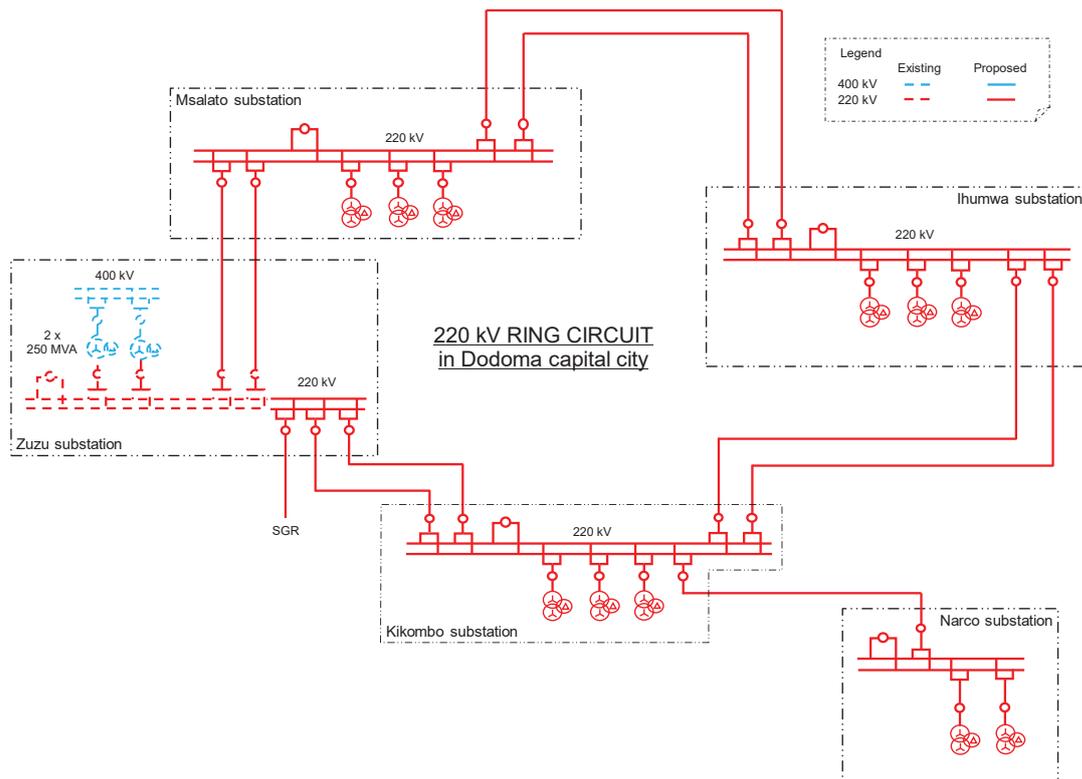
5. Substation Planning

Network Diagram of 220 kV Dodoma capital city [Base case]



5. Substation Planning

Network Diagram of 220 kV Dodoma capital city [Option]



22

6. Distribution Planning

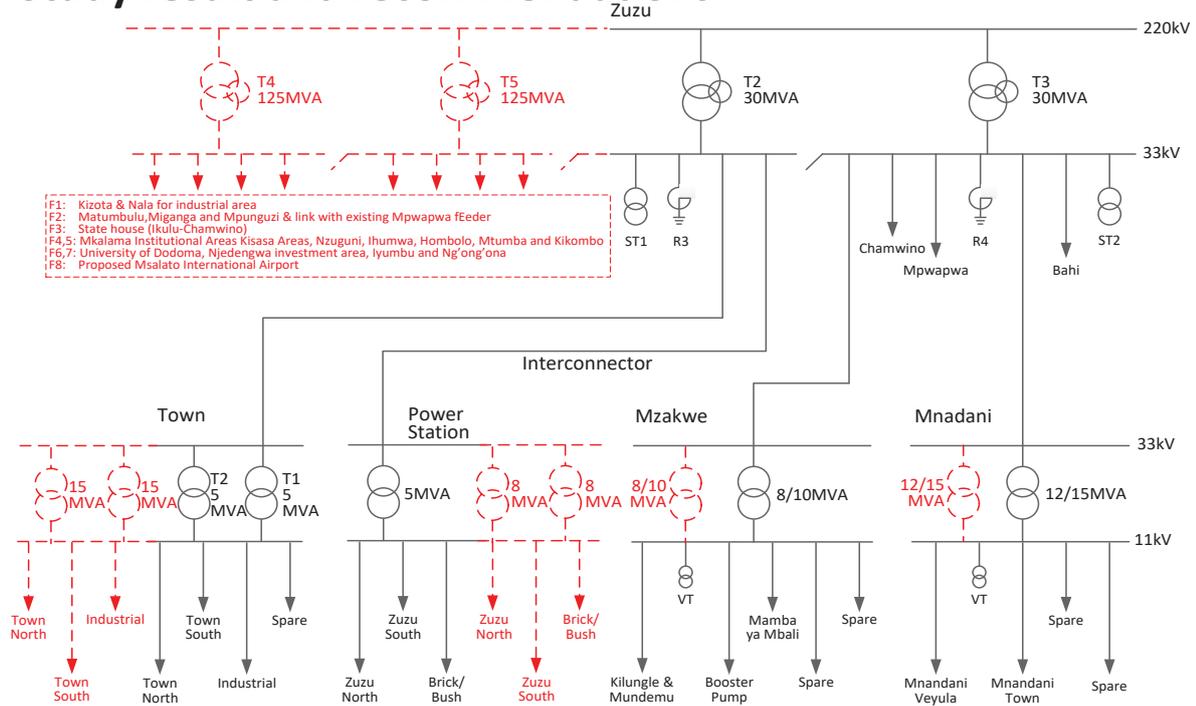
<Policy for the Consideration>

- To consider existing distribution plans and standard specifications
- To cooperate with Dodoma Capital Master plan
- To Relief existing distribution network
- To facilitate distribution network development for the essential loads
- Distribution system configuration
- Economy
- Low loss

23

6. Distribution Planning

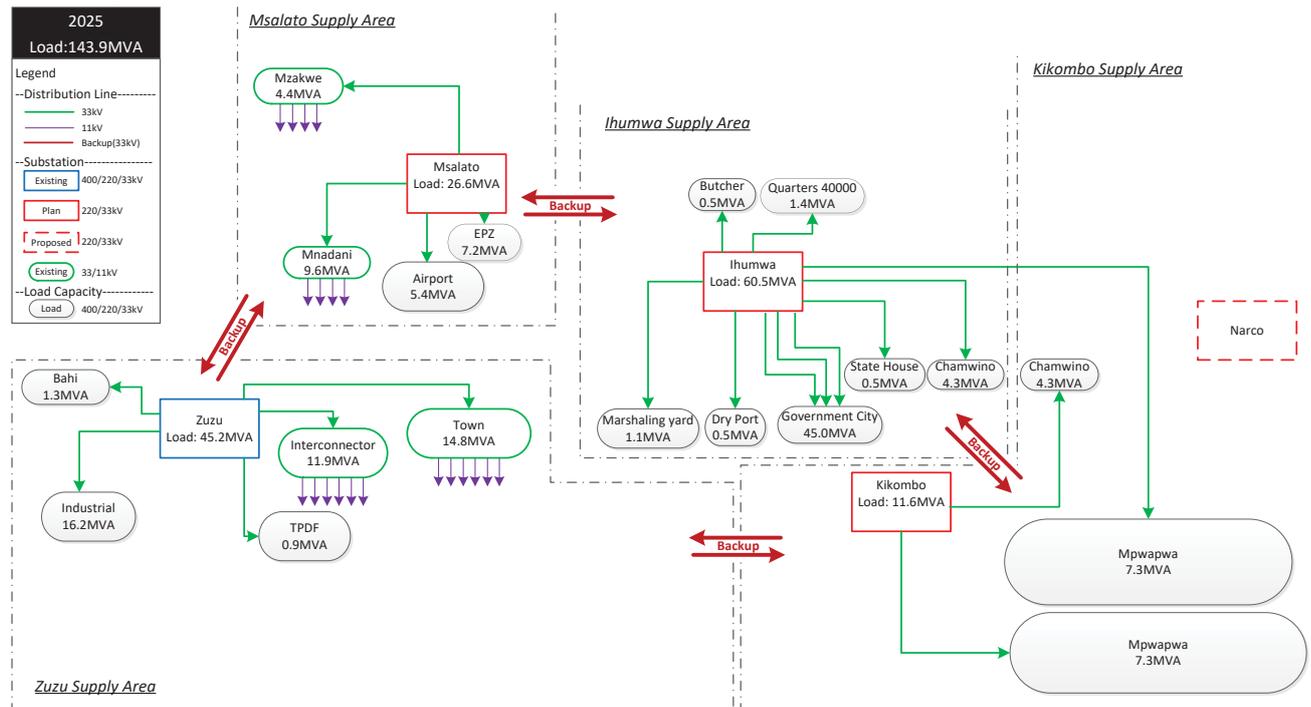
<Study result and recommendations>



**Planned expansion
for Distribution Network of Dodoma Capital City District**

6. Distribution Planning

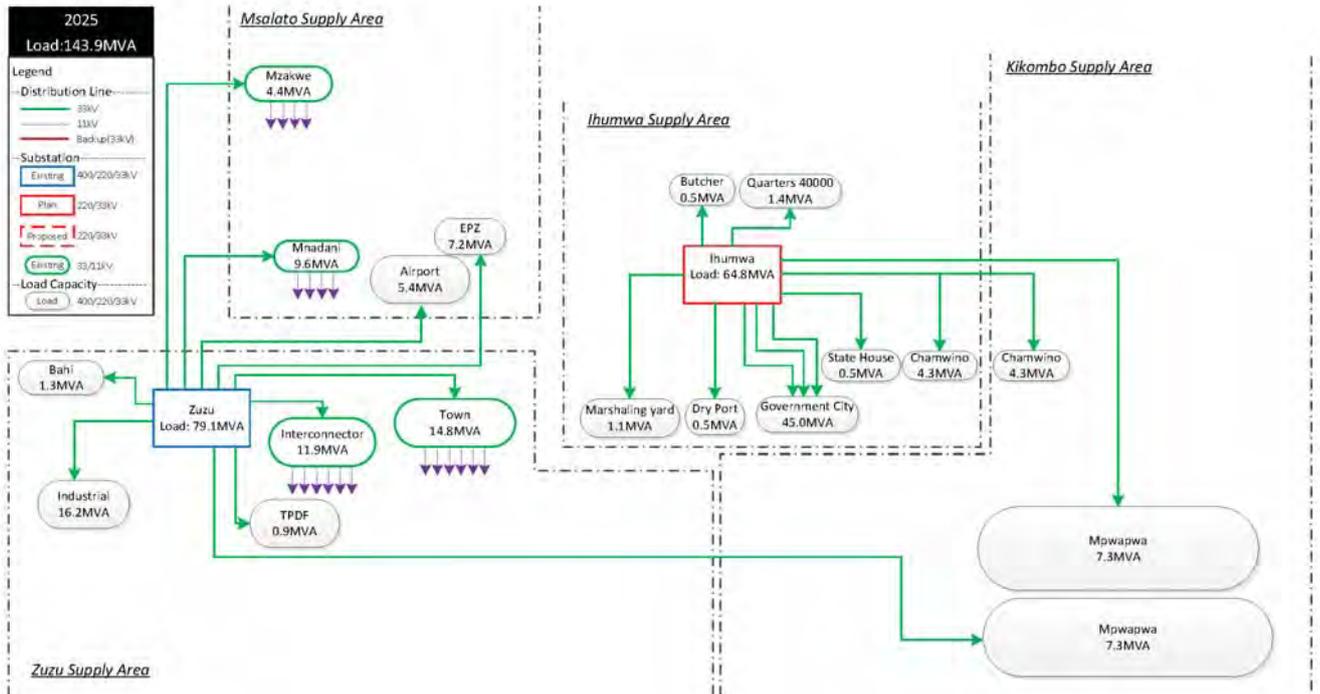
<Study result and recommendations>



**Proposed Distribution Feeders
in Dodoma Capital City District (2025)**

6. Distribution Planning

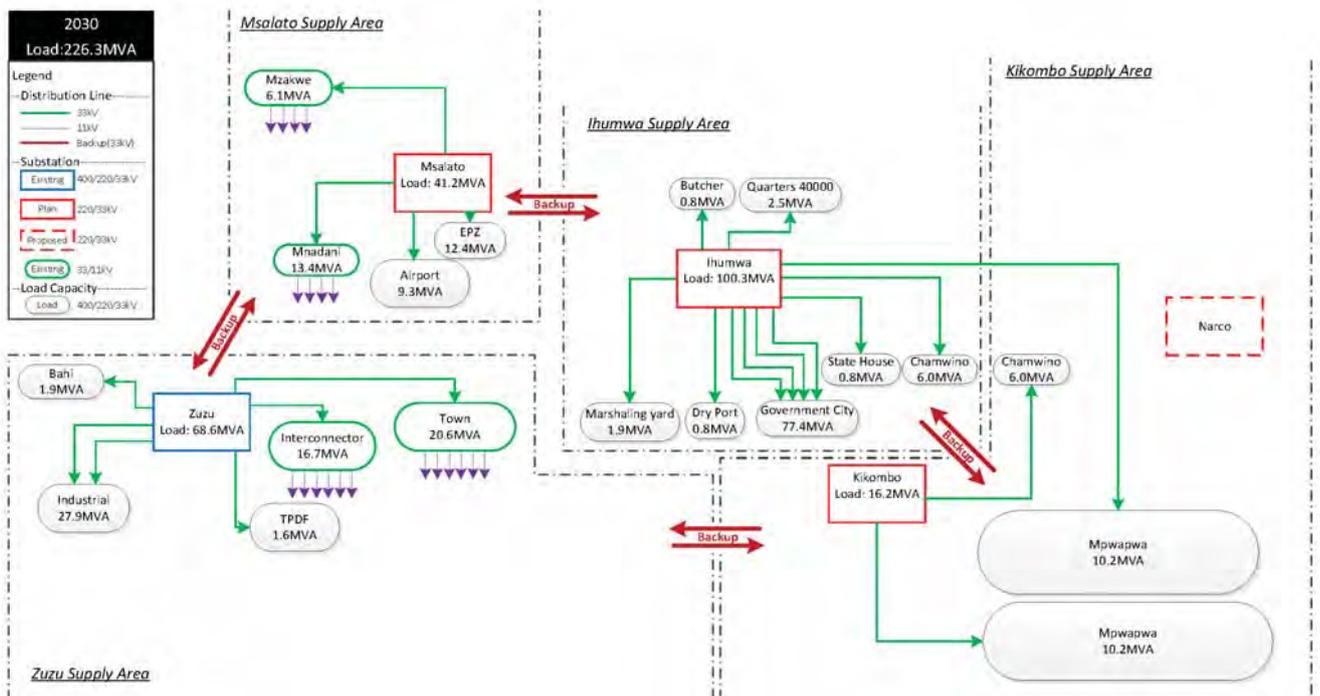
<Study result and recommendations>



**Proposed Distribution Feeders
in Dodoma Capital City District (2025 in stepwise)**

6. Distribution Planning

<Study result and recommendations>



**Proposed Distribution Feeders
in Dodoma Capital City District (2030)**

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Outline of Dodoma Development plan [Transmission]

| ID | Outline | Remarks |
|-----|---|---|
| T-1 | Construction of Transmission Line (Zuzu-Msalato) 220kV Double Circuits Approx.32km | At Zuzu substation, outgoing transmission line with Cable should be considered |
| T-2 | Construction of Transmission Line (Msalato-Ihumwa) 220kV Double Circuits Approx.12km | - |
| T-3 | Construction of Transmission Line (Ihumwa-Kikombo) 220kV Double Circuits Approx.52km | Outgoing transmission line to Narco from Ihumwa should be coordinated in case of stepwise development |
| T-4 | Construction of Transmission Line (Kikombo-Zuzu) 220kV Double Circuits Approx.47km | Transmission line should be coordinated with the existing line. At Zuzu substation, outgoing transmission line with Cable should be considered |
| T-5 | Construction of Transmission Line (Kikombo-Narco) 220kV Double Circuits Approx.50km (In case of one-time development) | In case of one-time development, Narco should be connected to Kikombo. |
| | Construction of Transmission Line (Ihumwa-Narco) 220kV Double Circuits Approx.80km (In case of stepwise development) | In case of stepwise development, Narco should be connected to Ihumwa. |

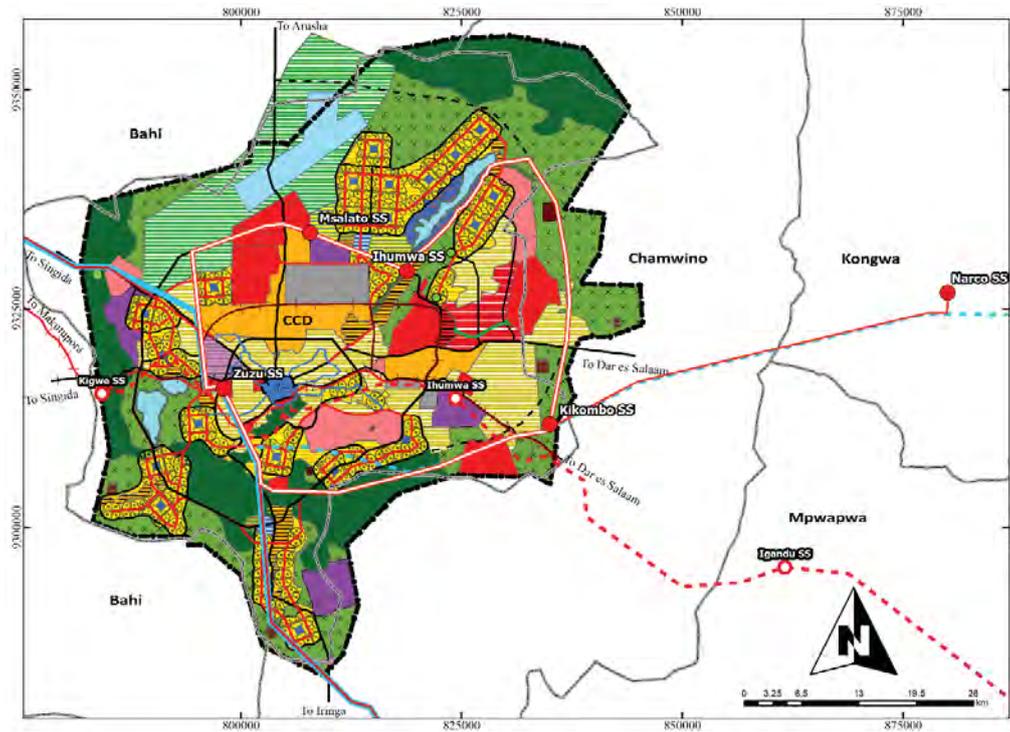
7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Outline of Dodoma Development plan [Substation]

| ID | Outline | Remarks |
|-----|---|---|
| S-1 | Construction of Msalato substation 2x50MVA 220/33kV Transformer One lot of Switching and Information facilities Construction of Control Building, Civil Works, etc. | Potential location should be re-considered based on the proposal by JICA Study team |
| S-2 | Construction of Ihumwa substation 2x100MVA 220/33kV Transformer One lot of Switching and Information facilities Construction of Control Building, Civil Works, etc. | Potential location should be re-considered based on the proposal by JICA Study team |
| S-3 | Construction of Kikombo substation 2x40MVA 220/33kV Transformer One lot of Switching and Information facilities Construction of Control Building, Civil Works, etc. | Potential location is confirmed by JICA Study team, though not secured |
| S-4 | Construction of Narco substation 1x30MVA 220/33kV Transformer One lot of Switching and Information facilities Construction of Control Building, Civil Works, etc. | Potential location is confirmed by JICA Study team, though not secured |
| S-5 | Rehabilitation of Zuzu substation One lot of transmission line bay facilities | Existing 4-bay space should be secured for outgoing transmission lines |

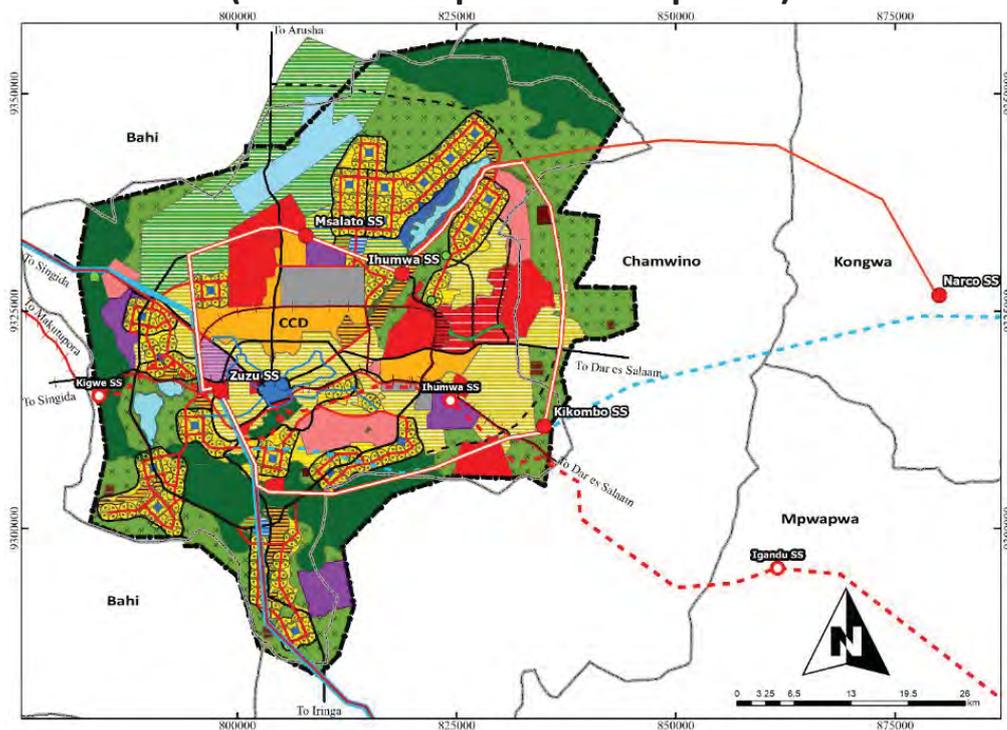
7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Outline of Dodoma Transmission System Development Plan (In case of one-time development)



7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Outline of Dodoma Transmission System Development Plan (In case of stepwise development)



7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

<Concept>

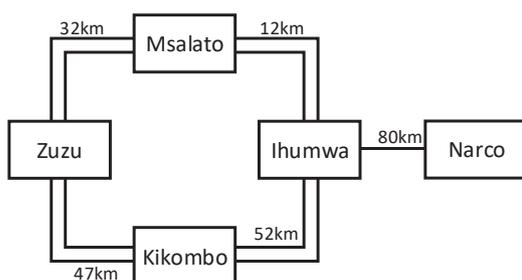
| No. | Outline |
|-----|---|
| I | Construction of Ihumwa substation should be completed by the end of Phase I of the Implementation Plan in Dodoma Capital City Master Plan (2024), and then immediately construction of Narco substation should be completed and should be started operation. |
| II | Construction of Msalato substation should be completed and started operation by the end of Phase II of the Implementation Plan in Dodoma Capital City Master Plan (2029) |
| III | Construction of Kikombo substation should be completed and started operation with the single circuit loop transmission line by the end of Phase III of the Implementation Plan (2034). Loop transmission line in double circuits is planned according to the progress of Phase IV of the Implementation Plan. |

32

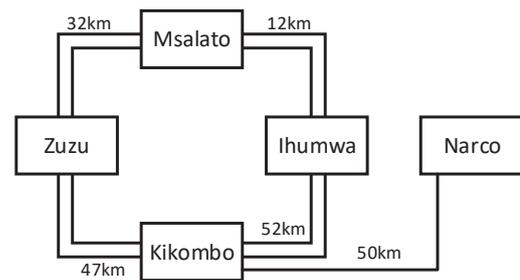
7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

<Scenario Settings>

| Scenario | Outline |
|----------|---|
| 1 | <Stepwise Development Plan 1> Establishing a single line loop circuit as early and to secure power supply reliability |
| 2 | <Stepwise Development Plan 2> Ensuring power supply reliability by constructing double-circuit transmission lines on the north side with emphasis on urgency |
| 3 | <One-time development plan> Advanced development with double-circuit transmission loop system |



**Final Power system Configuration
(Stepwise Development)**

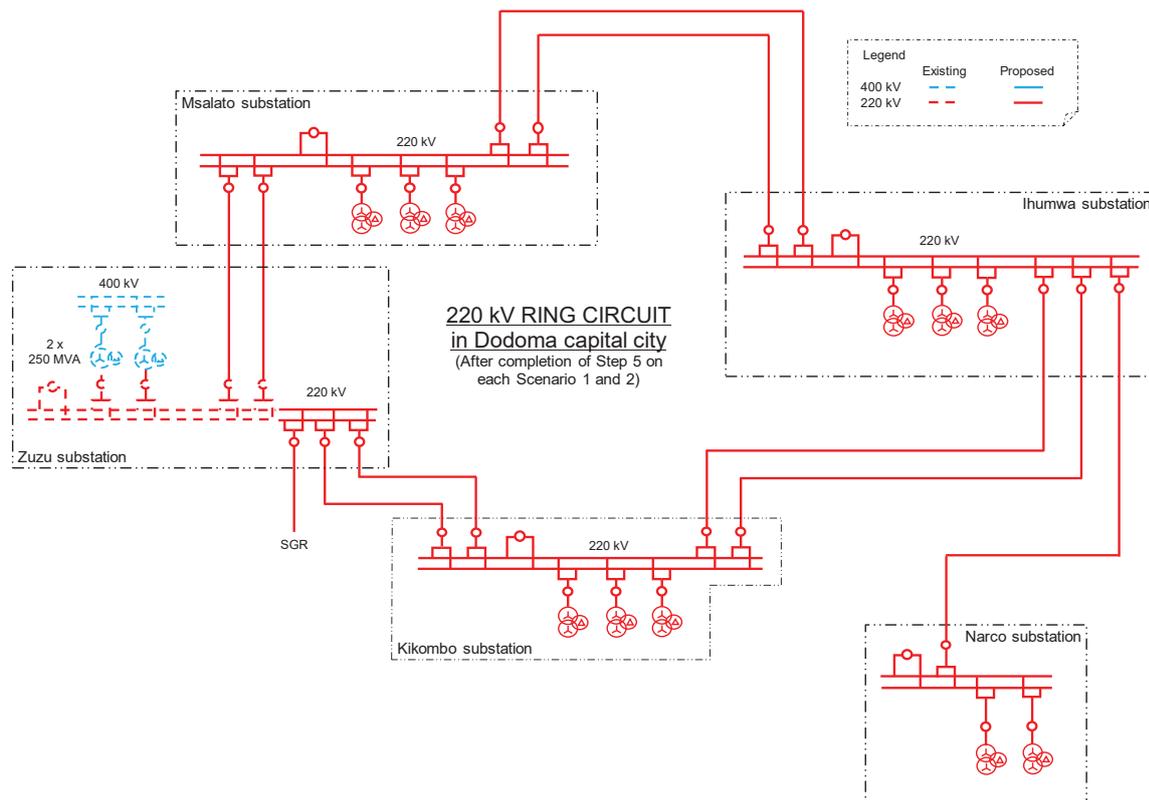


**Final Power system Configuration
(One-time development)**

33

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Network Diagram of 220 kV Dodoma capital city [Scenario 1 & 2]



7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Transformer Capacity [Scenario 1 & 2]

Msalato

| Year | 2025 | 2026 | 2027 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
|-------------------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| Load (MVA) | - | - | 33.07 | 41.19 | 49.14 | 59.30 | 72.22 | 78.63 | |
| Backup Load (MVA) | - | - | 33 | 43 | 50 | 61 | 74 | 80 | Half of Ihumwa load |
| Transformer (MVA) | | | 2 x 50 | 2 x 50 | 2 x 50 | 3 x 50 | 3 x 50 | 3 x 50 | |

Zuzu substation can backup the deficit of the capacity.

Ihumwa

| Year | 2025 | 2026 | 2027 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| Load (MVA) | 72.09 | 57.81 | 66.02 | 85.06 | 100.33 | 121.06 | 147.44 | 160.51 | |
| Backup Load (MVA) | - | - | 17 | 21 | 25 | 30 | 36 | 39 | Half of Msalato load |
| Transformer (MVA) | 2 x 100 | 3 x 100 | 3 x 100 | 3 x 100 | |

Kikombo

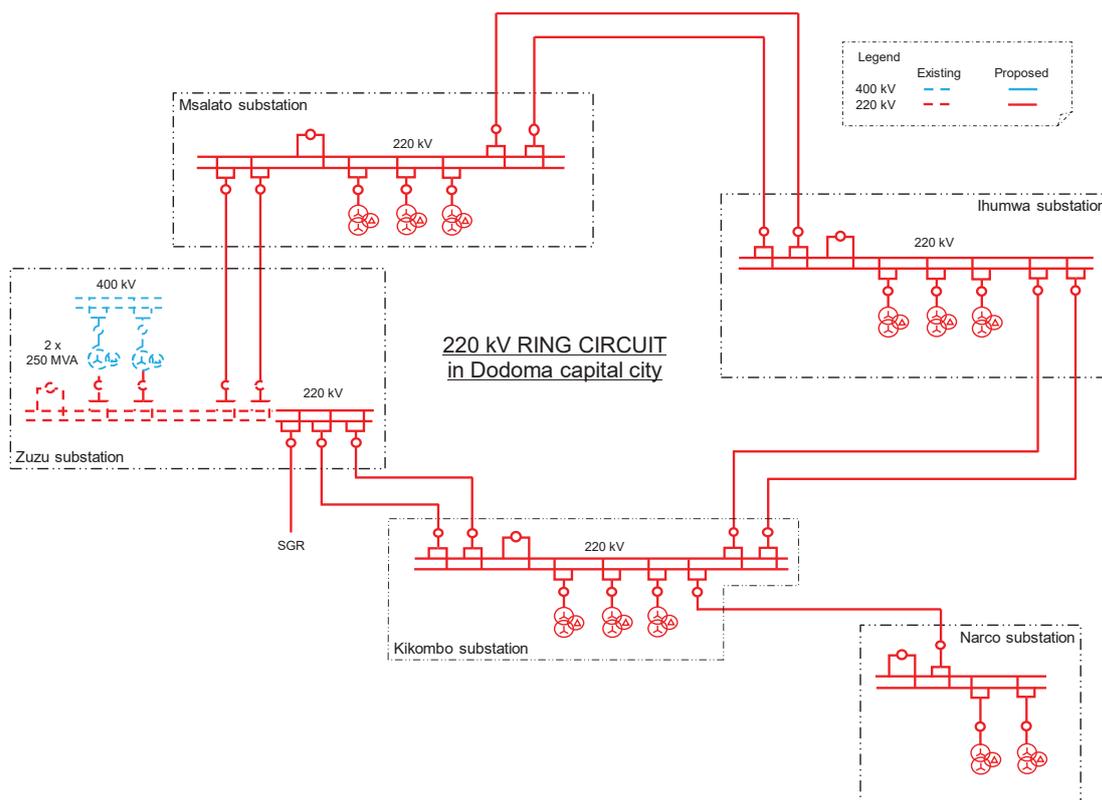
| Year | 2025 | 2026 | 2027 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
|-------------------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| Load (MVA) | - | - | - | - | 13.90 | 16.77 | 20.42 | 22.23 | |
| Backup Load (MVA) | - | - | - | - | 50 | 61 | 74 | 80 | Half of Ihumwa load |
| Transformer (MVA) | - | - | - | - | 2 x 30 | 3 x 30 | 3 x 30 | 3 x 30 | |

Zuzu substation can backup the deficit of the capacity.

Narco

| Year | 2025 | 2026 | 2027 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
|-------------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Load (MVA) | - | 24.25 | 26.15 | 31.38 | 24.70 | 29.81 | 36.31 | 39.52 | |
| Transformer (MVA) | - | 2 x 40 | |

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan Network Diagram of 220 kV Dodoma capital city [Scenario 3]



36

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Transformer Capacity [Scenario 3]

Msalato

| Year | 2025 | 2026 | 2027 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| Load (MVA) | 26.59 | 29.79 | 33.07 | 41.19 | 49.14 | 59.30 | 72.22 | 78.63 | |
| Backup Load (MVA) | 24 | 29 | 31 | 42 | 50 | 61 | 74 | 80 | Half of Ihumwa load |
| Transformer (MVA) | 2 x 50 | 3 x 50 | 3 x 50 | 3 x 50 | |

Zuzu substation can backup the deficit of the capacity.

Ihumwa

| Year | 2025 | 2026 | 2027 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| Load (MVA) | 48.91 | 57.06 | 62.51 | 84.08 | 100.33 | 121.06 | 147.44 | 160.51 | |
| Backup Load (MVA) | 13 | 15 | 17 | 21 | 25 | 30 | 36 | 39 | Half of Msalato load |
| Transformer (MVA) | 2 x 100 | 3 x 100 | 3 x 100 | 3 x 100 | |

Kikombo

| Year | 2025 | 2026 | 2027 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| Load (MVA) | 8.35 | 9.00 | 9.71 | 11.65 | 13.90 | 16.77 | 20.42 | 22.23 | |
| Backup Load (MVA) | 24 | 29 | 31 | 42 | 50 | 61 | 74 | 80 | Half of Ihumwa load |
| Transformer (MVA) | 2 x 30 | 2 x 30 | 2 x 30 | 2 x 30 | 3 x 30 | 3 x 30 | 3 x 30 | 3 x 30 | |

Zuzu substation can backup the deficit of the capacity.

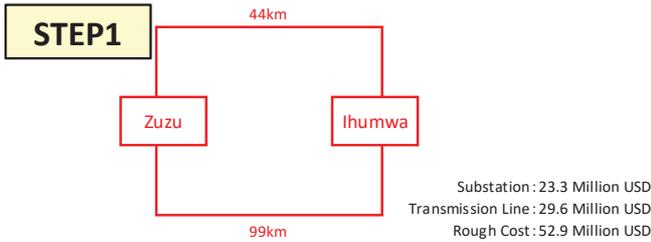
Narco

| Year | 2025 | 2026 | 2027 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2047 | Remarks |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Load (MVA) | 14.84 | 16.00 | 17.26 | 20.71 | 24.70 | 29.81 | 36.31 | 39.52 | |
| Transformer (MVA) | 2 x 40 | |

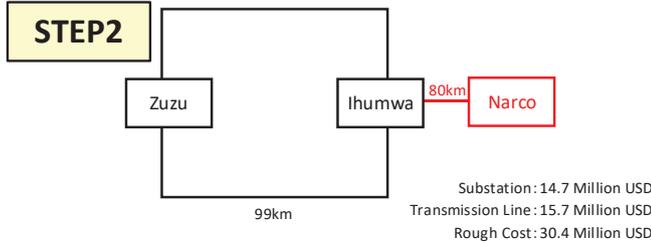
37

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

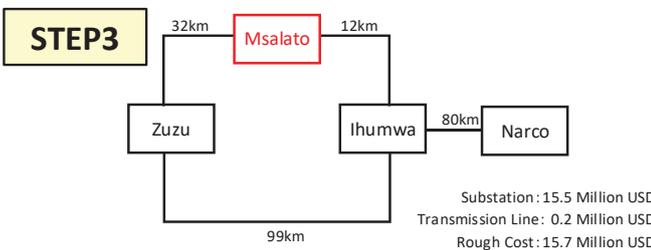
Scenario-1



Construction of Ihumwa substation with the loop transmission line in single circuit will be completed.
(Start operation from 2025)



Construction of Narco Substation
(Start operation from 2026)

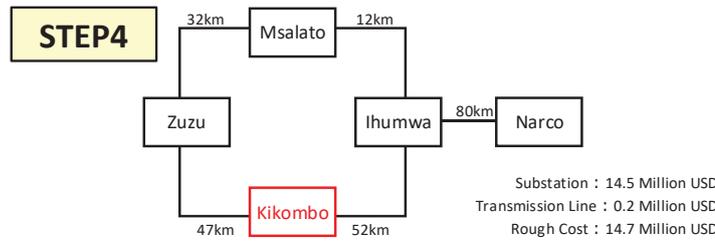


Construction of Msalato Substation
(Start operation from 2027)

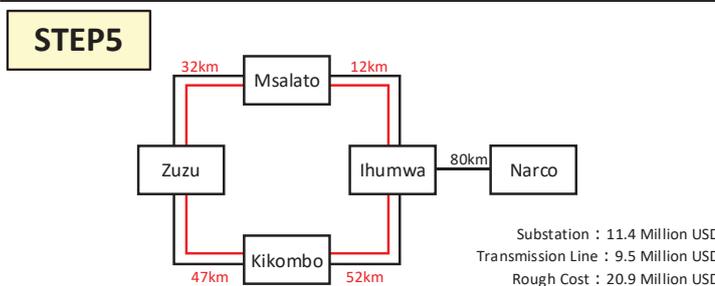
Note: Rough Cost does not include consulting services, land preparation and cost for Environmental and Social considerations 38

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

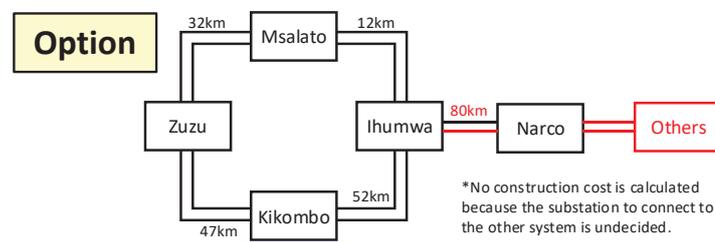
Scenario-1 <Stepwise Development Plan 1>



Construction of Kikombo Substation
(Start operation from 2035)



Construction of the double-circuit transmission lines
(Start operation by 2045)



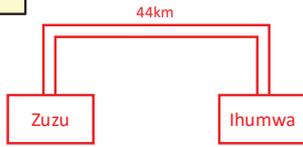
Connection to other power systems

Note: Rough Cost does not include consulting services, land preparation and cost for Environmental and Social considerations 39

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Scenario-2 <Stepwise Development Plan 2>

STEP1

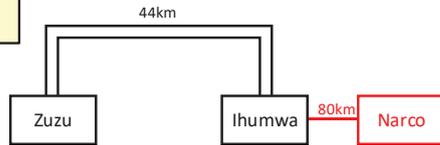


Substation : 22.5 Million USD
Transmission Line : 11.3 Million USD
Rough Cost : 33.8 Million USD

Construction of Ihumwa substation and the double-circuit transmission lines will be completed.

(Start operation from 2025)

STEP2

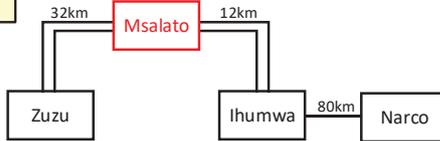


Substation : 14.7 Million USD
Transmission Line : 15.7 Million USD
Rough Cost : 30.4 Million USD

Construction of Narco Substation

(Start operation from 2026)

STEP3



Substation : 17.5 Million USD
Transmission Line : 0.2 Million USD
Rough Cost : 17.7 Million USD

Construction of Msalato Substation

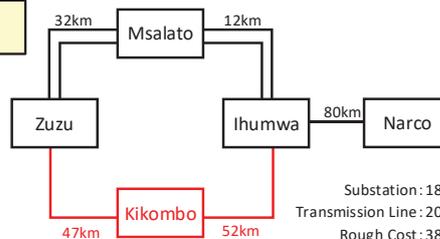
(Start operation from 2027)

Note: Rough Cost does not include consulting services, land preparation and cost for Environmental and Social considerations

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Scenario-2

STEP4

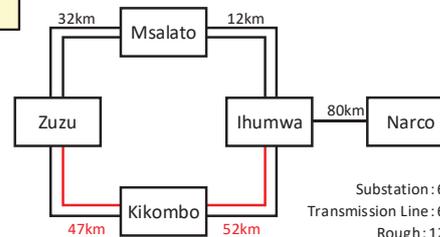


Substation : 18.6 Million USD
Transmission Line : 20.3 Million USD
Rough Cost : 38.9 Million USD

Construction of Kikombo Substation

(Start operation from 2035)

STEP5

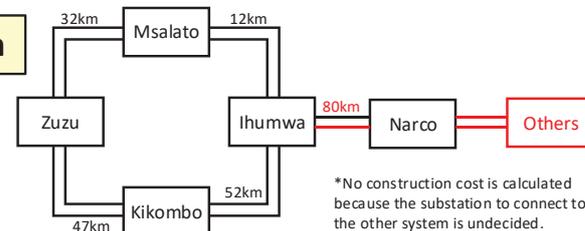


Substation : 6.3 Million USD
Transmission Line : 6.4 Million USD
Rough : 12.7 Million USD

Construction of the double-circuit transmission lines

(Start operation by 2045)

Option



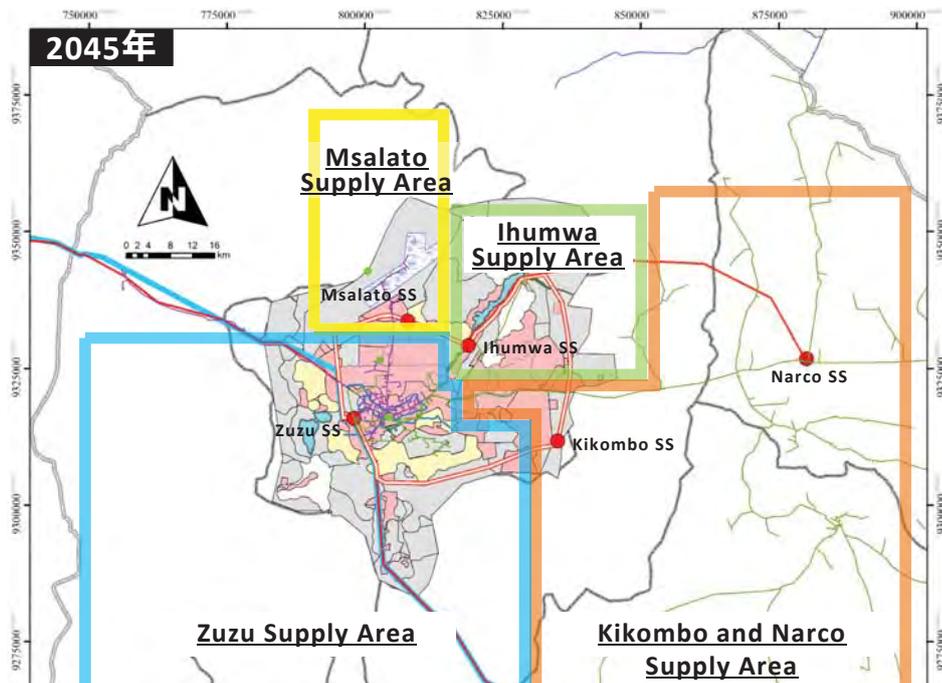
*No construction cost is calculated because the substation to connect to the other system is undecided.

Connection to other power systems

Note: Rough Cost does not include consulting services, land preparation and cost for Environmental and Social considerations

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

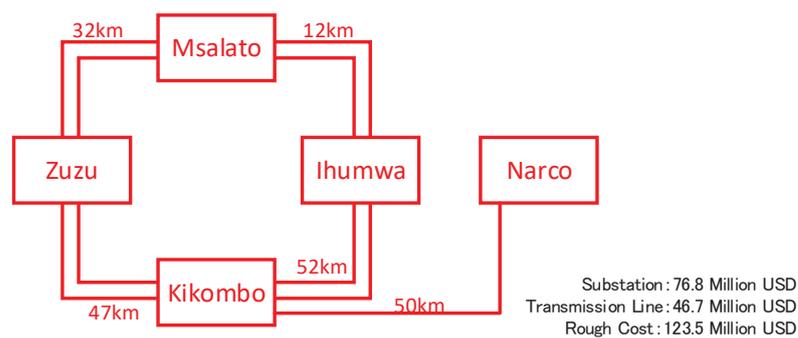
Scenario-1 & Scenario-2



Site Location(STEP5:2045)

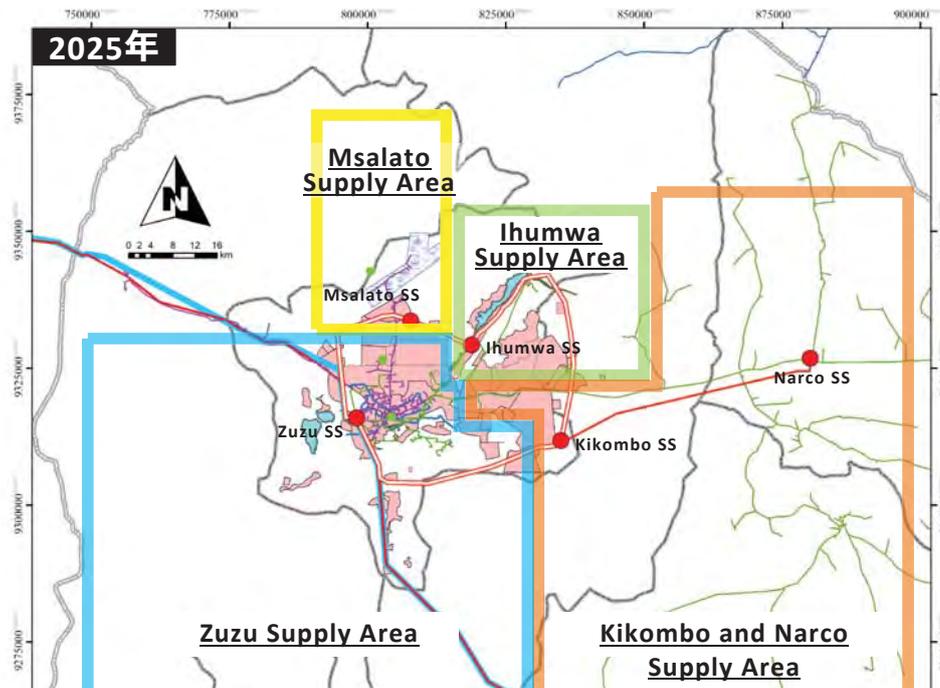
7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Scenario-3 <One-time development plan>



Construction of all substations and transmission lines with the loop transmission line in double circuit
 (Start operation from 2025)

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan Scenario-3



Site Location(STEP5:2045)

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Proposed Implementation Schedule and Cooperation Schemes

| Year | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | | |
|---|---------|------|------|------|-------|-------|----------|------|------|------|------|-----------|------|------|-------|------|----------|------|------|------|------|--------------|--|
| Dodoma National Capital City Master Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Completion of ongoing development | Phase I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Development of 12 communities | Phase I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Land acquisition and planning for development of 52 communities | | | | | | | Phase IA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Development of 13 communities | | | | | | | Phase II | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Development of 16 communities | | | | | | | | | | | | Phase III | | | | | | | | | | | |
| - Development of 21 communities | | | | | | | | | | | | | | | | | Phase IV | | | | | | |
| Scenario and Scheme for considerations | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Scenario1 | | | | | STEP1 | STEP2 | STEP3 | | | | | | | | STEP4 | | | | | | | STEP5(→2045) | |
| Scenario2 | | | | | STEP1 | STEP2 | STEP3 | | | | | | | | STEP4 | | | | | | | STEP5(→2045) | |
| Scenario3 | | | | | ALL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Preliminary Evaluation Scenario-1 <Stepwise Development Plan 1>

| Feature | Challenge | Cost | | Technical | | Implementation | | | Max Score 18 |
|---|--|--|---|---|---|-----------------------------------|--|--------------------|--------------|
| | | Cost by Scenario | For Influence on Cost (For Fundability) | High reliability of power supply at the end of Capital MP Phase I | Considerations items for cooperative development with distribution systems | Coordination with demand forecast | Development delay risk (Project scale) | To secure Wayleave | |
| 1. Lower initial costs than One-time development. Therefore, development according to the increase in demand becomes possible. 2. Since the construction of the Nalco substation will be completed by 2025, the distribution of power to Kongwa and Mpwapwa areas can be achieved quickly. 3. Construction of a loop transmission line having high reliability is quickly realized. | Since the project scale in STEP1 is rather large, it is necessary to make a business plan and carry out an environmental and social considerations survey in a short period. | Initial cost :52.9 M \$ | Standard | Better | Standard | Better | Standard | Better | More Better |
| | | Total : 134.6 M \$ | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 15 |
| | | By establishing early system reliability and carrying out Stepwise Development, the total cost is maximized in all scenario, but the initial cost can be suppressed. | | Although the project scale of STEP1 is large, it can be expected to respond to urgency because it is Stepwise Development. Since the loop transmission line in single circuits is constructed quickly, power supply reliability can be secured the fastest. | Since the scenario is based on the development plan of Dodoma MP, Coordination with demand forecast is the highest. | | | ◎ | |

Evaluation: ◎ (More Better: 15-18), ○ (Better: 11-14), △ (Average: 6-10)

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Preliminary Evaluation Scenario-2 <Stepwise Development Plan 2>

| Feature | Challenge | Cost | | Technical | | Implementation | | | Max Score 18 |
|--|---|---|---|--|--|-----------------------------------|--|--------------------|--------------|
| | | Cost by Scenario | For Influence on Cost (For Fundability) | High reliability of power supply at the end of Capital MP Phase I | Considerations items for cooperative development with distribution systems | Coordination with demand forecast | Development delay risk (Project scale) | To secure Wayleave | |
| 1. Lower initial costs than One-time development. Therefore, development according to the increase in demand becomes possible. 2. Since the construction of the Nalco substation will be completed by 2025, the distribution of power to Kongwa and Mpwapwa areas can be achieved quickly. 3. By constructing of north side Double Circuit transmission lines, it becomes possible to transmit power in the event of a one-circuit outage. | In the construction of transmission lines in STEP 4, it may be difficult to secure Wayleave in Dodoma urban area. | Initial cost :33.8 M \$ | Better | Standard | Standard | Better | Better | Standard | More Better |
| | | Total : 133.5 M \$ | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 15 |
| | | Although the total cost is slightly higher than in the scenario-3, the initial investment cost can be suppressed as compared with the scenario-1. | | Since the initial project scale is the smallest, it can be expected to respond to urgency. | Since STEP1 has a small project scale, it is easiest to secure Wayleave. However, when constructing the transmission line in STEP 4, there is a possibility that it is necessary to secure a wayleave while Dodoma Capital Development is progressing. | | | ◎ | |

Evaluation: ◎ (More Better: 15-18), ○ (Better: 11-14), △ (Average: 6-10)

7. Scenario Study for Transmission System Development Plan

Preliminary Evaluation Scenario-3 <One-time development plan>

| Feature | Challenge | Cost | | Technical | | Implementation | | | Max Score 18 |
|---|---|--|---|--|--|---|--|--------------------|--------------|
| | | Cost by Scenario | For Influence on Cost (For Fundability) | High reliability of power supply at the end of Capital MP Phase I | Considerations items for cooperative development with distribution systems | Coordination with demand forecast | Development delay risk (Project scale) | To secure Wayleave | |
| 1. Since the development of the transmission system prior to the capital development plan becomes possible, it has an advantage in terms of Wayleave and environmental and social considerations. 2. Since the operation will start as the loop transmission line with double circuits from 2025, A highly reliable system can be constructed at an early stage. | Since the project scale is large due to one-time development, it is necessary to make a project plan and conduct an environmental and social considerations survey in a short period. | Initial cost :123.5 M \$ | Worse | Better | Worse | Worse | Worse | Better | Average |
| | | Total : 123.5 M \$ | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 10 |
| | | Although the overall cost can be suppressed as compared with the scenarios-1 and 2, the initial cost may be large and fund procurement may be difficult. | | There are many considerations for coordination with distribution system construction. For example, it is necessary to consider a change in the power distribution system, a switching work in consideration of the power outage time and the number of power outages, and so it is difficult to make a plan in a short time. | | Since the project scale is large due to one-time development, the risk of development delay is high. In order to switch or expand the distribution system according to the scenario, it is necessary to concentrate resources (human and economical), which may increase the risk of development delay. | | | △ |

Evaluation: ◎ (More Better: 15-18), ○ (Better: 11-14), △ (Average: 6-10)

Thank you for your attention

DATA COLLECTION SURVEY ON DODOMA TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEM IN THE UNITED REPUBLIC OF TANZANIA

Applicable quality infrastructure for Dodoma Capital City District

JANUARY 29TH, 2020
JICA STUDY TEAM

Contents

Application of Latest technology to Dodoma transmission and distribution network development.

| | | High quality | High reliability | Cost reduction | Reduced environmental impact |
|-------------------------|---|--------------|------------------|----------------|------------------------------|
| Distribution Facility | (1) Low-loss distribution transformer | | | ○ | |
| Transmission facilities | (2) Low-loss conductor | | | ○ | |
| | (3) External gapped transmission Line arresters | ○ | ○ | | |
| Substation facilities | (4) Special 3 phase transformer | | | | ○ |
| | (5) Low-loss transformer | | | ○ | |

(1) Low-loss distribution transformer

- Lowers hysteresis losses
- Have very thin laminations → Eddy current losses reduce as compared to Iron.



Source: Based on manufacture catalog

Amorphous Metal Distribution Transformers

2

(1) Low-loss distribution transformer

- Hysteresis Loss
Random molecular structure enables ease of magnetization and demagnetization. Hence, lower hysteresis losses compared to conventional core material.
- Lowers hysteresis losses
Resistivity of Core Material is proportional to the Square of the thickness of Laminations, Due to Lower thickness (approximately 1/10th of conventional core), eddy current losses are lower.



Low Hysteresis and Eddy Current losses helps in Significant reduction of No-Load Losses

(1) Low-loss distribution transformer (Payback calculations)

(Example Calculations)

[Conditions]

Rating and Price

| Rating | CIF Price[\$] | | Extra Investment to buy Amorphous Transformer[\$] |
|----------------------|----------------|----------------------------|---|
| | Si Transformer | Amorphous Core Transformer | |
| 100 kVA, 11/ 0.42 kV | 3555 | 4190 | 635 |

Losses of Transformer

| Losses[W] | Si Transformer | Amorphous Core Transformer |
|----------------|----------------|----------------------------|
| No-Load Losses | 145 | 90 |
| Load Losses | 1210 | 815 |

[Payback Calculations]

Annual Savings

| No-load losses [W] | Load losses[W] | Annual Savings[kWh] (Losses[W] x LLF x 8460[hr])/1000 | | | Annual Savings[\$] |
|--------------------|----------------|--|---|---------|----------------------|
| | | Due to No-load losses with LLF1.0 | Due to load losses with LLF 0.5* ¹ | Total | |
| 55 | 395 | 481.80 | 1730.10 | 2212.00 | 199.07* ² |

*1 :LLF→ 70%Load Loss factor considered to calculate LLF, *2 :@unit kWh→ 0.09\$

(1) Low-loss distribution transformer

[Payback Calculations]

Payback Calculations

| Years | Extra investment on purchase[\$] | Interest on extra investment 8.5% per year | Energy cost [\$ /kWh] | Cost of energy saved [kWh/year] | Extra investment (Principal) carried forward |
|-------|----------------------------------|--|-----------------------|---------------------------------|--|
| 1 | 635.00 | 53.975 | 0.09 | 199.07 | 489.90 |
| 2 | 489.90 | 41.64 | 0.09 | 199.07 | 332.47 |
| 3 | 332.47 | 28.26 | 0.09 | 199.07 | 161.66 |
| 4 | 161.66 | 13.74 | 0.09 | 199.07 | (23.67) |
| 5 | (23.67) | -2.01 | 0.09 | 199.07 | (224.75) |
| 6 | (224.75) | -19.1 | 0.09 | 199.07 | (442.91) |

NOTES:

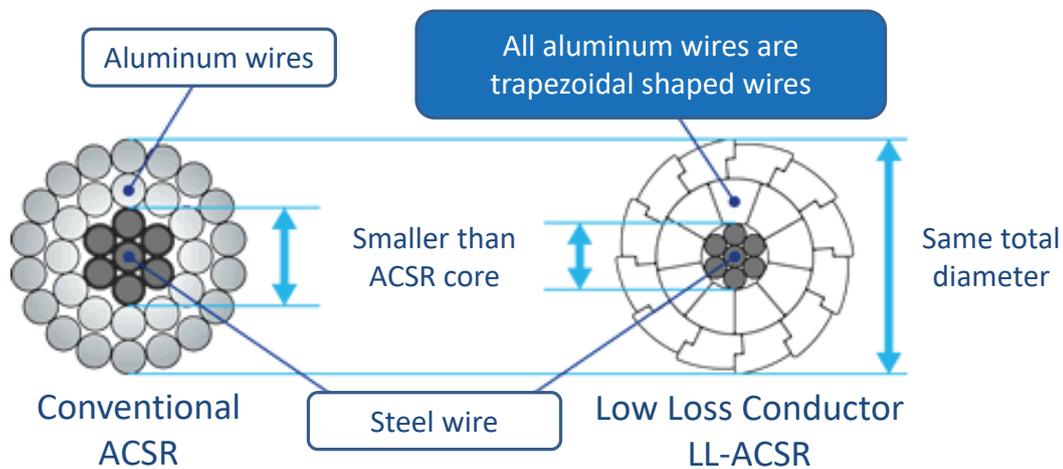
- ✓ The extra investment & Payback calculations depends on Loss Capitalization rates.
- ✓ The Loss Capitalization rates depends on Cost of Energy, Bank Interest rate, number of hours of operation & Life span of Transformer and Transformer Loading factor.
- ✓ Exact Payback Calculations can be done for a Particular Country based on above parameters which are Country specific.



Payback Starts from 4th year

(2) Low-loss conductor

- Low-loss conductor has improved aluminum occupancy by adopting trapezoidal aluminum conductors.
- As a result, transmission loss can be reduced by approximately 20%.



Source: Based on manufacture catalog

Low Loss Conductor LL-ACSR

(2) Low-loss conductor (Transmission line Specification)

- In accordance with Dodoma's transmission system development plan scenario, the application effects of low-loss conductor.

Transmission line specifications

| Item | Unit | 220kV | | |
|-------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | | Conventional ACSR (Blue Jay) | LL-ACSR/AS (719mm ²) | LL-ACSR/AS (600/29mm ²) |
| Overall Diameter | mm | 31.96 | 31.96 | 31.96 |
| Weight | kg/km | 1,868 | 2,154 | 1,860 |
| Nominal Cross section | mm ² | 603.3 | 741.2 | 624.6 |
| Current Capacity (75°C) | A | 773 at 75°C | 870 at 75°C | 796 at 75°C |
| AC Resistance | Ω/km | 0.0652 | 0.0516 | 0.0616 |

- Conventional ACSR is Blue Jay, which is widely used for 220kV transmission lines in Tanzania.

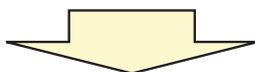
(2) Low-loss conductor (Evaluation method)

✓ Unit price of Transmission line

| Transmission line type | Price(USD/m) |
|------------------------------------|--------------|
| Conventional ACSR(Blue Jay) | 9.1 |
| LL-ACSR/AS(719mm ²) | 10.8 |
| LL-ACSR/AS(600/29mm ²) | 9.4 |

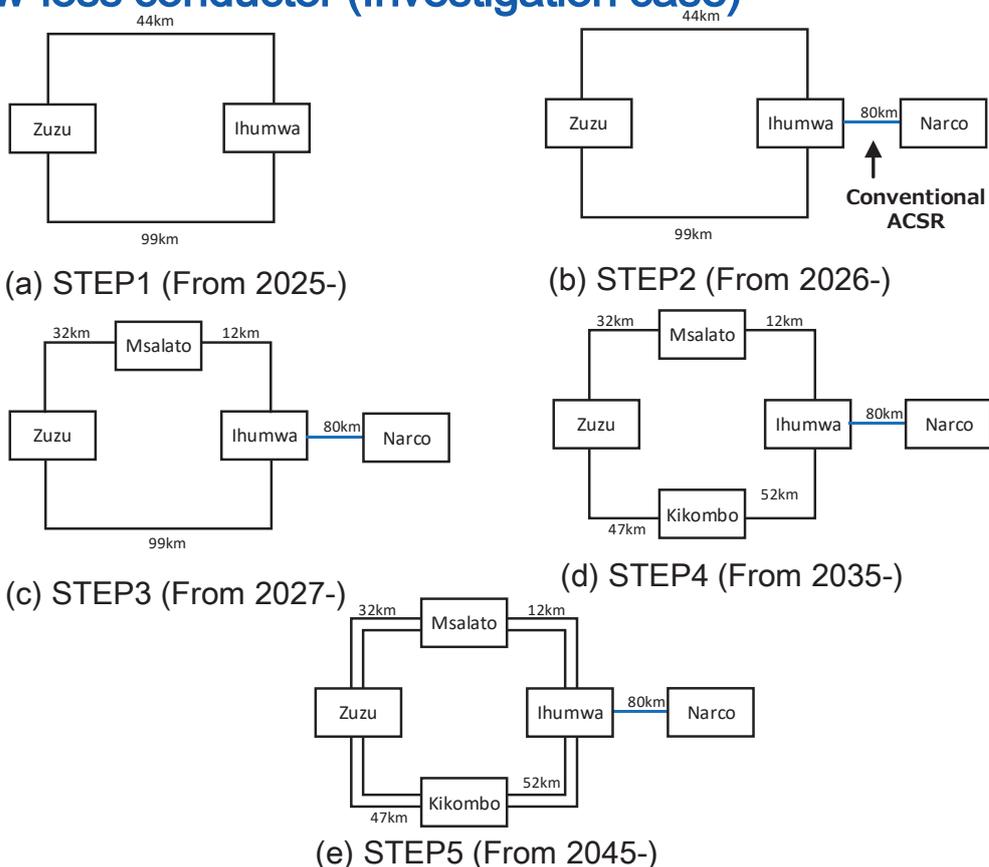
✓ Unit price of Power generation

The unit price of power generation was determined from the fuel costs and repair costs for power generation and the amount of power generated. → 0.1 USD/kwh



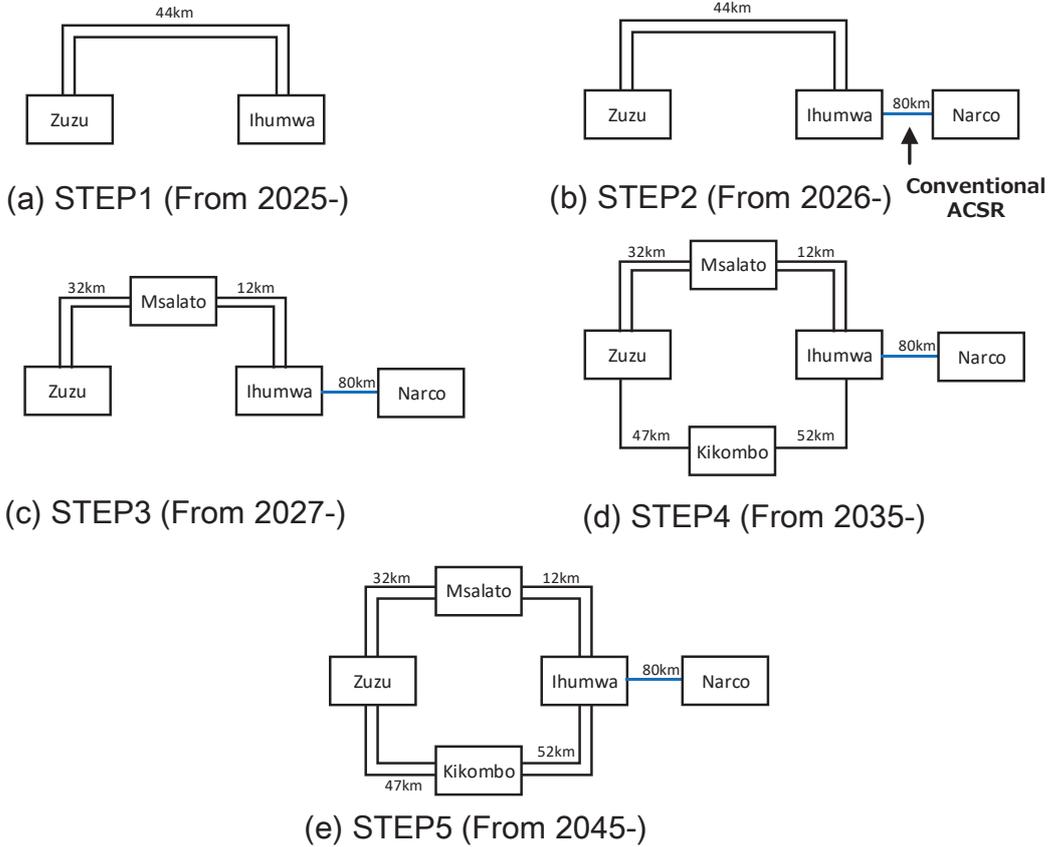
- ✓ The power generation cost corresponding to the loss amount of each year was added to the transmission line cost (initial cost), and pay back period was investigated.

(2) Low-loss conductor (Investigation case)



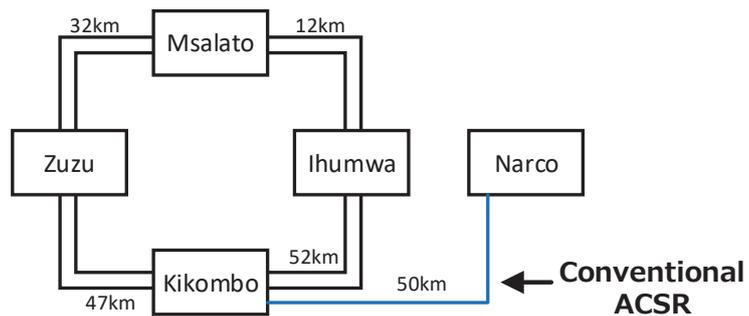
Scenario-1 Stepwise Development

(2) Low-loss conductor (Investigation case)



Scenario-2 Stepwise Development

(2) Low-loss conductor (Investigation case)



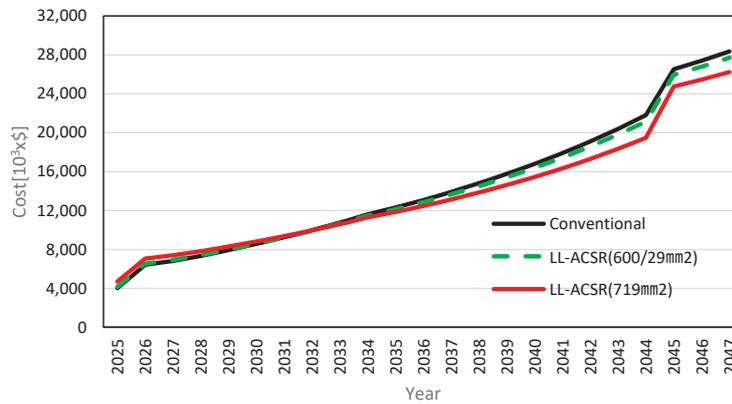
(From 2025-)

Scenario-3 One-time Development

(2) Low-loss conductor (Investigation case)

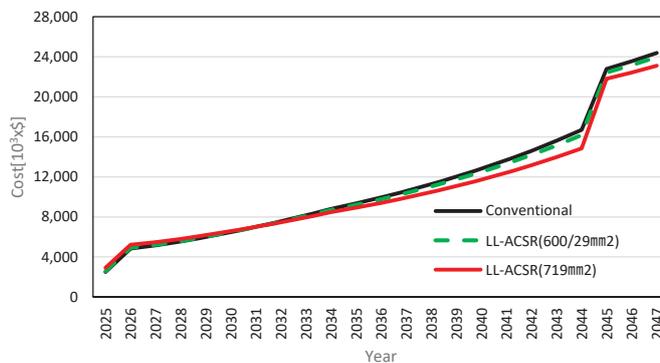
Cost of construction for transmission equipment and recovery year

| Scenario | LL-ACSR/AS(719mm ²) | LL-ACSR/AS(600/29mm ²) |
|------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Scenario-1 | 2032 | 2031 |
| Scenario-2 | 2032 | 2030 |
| Scenario-3 | 2046 | 2043 |

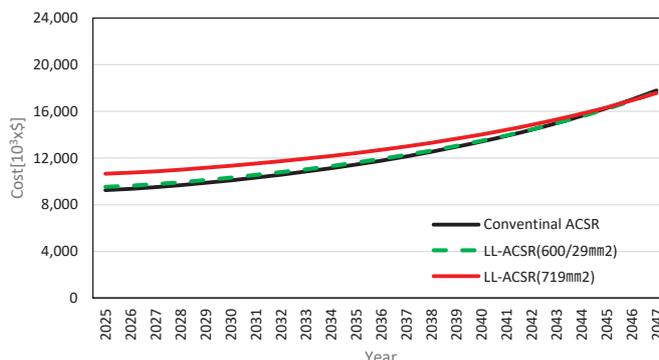


Recovery year of low-loss conductor (Scenario-1)

(2) Low-loss conductor (Investigation case)



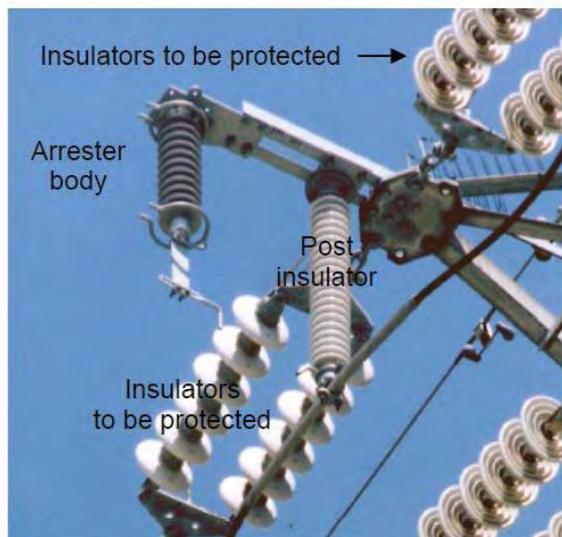
Recovery year of low-loss conductor (Scenario-2)



Recovery year of low-loss conductor (Scenario-3)

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

- When a lightning strikes transmission tower or power line conductor, transient overvoltage will be induced across the insulator.

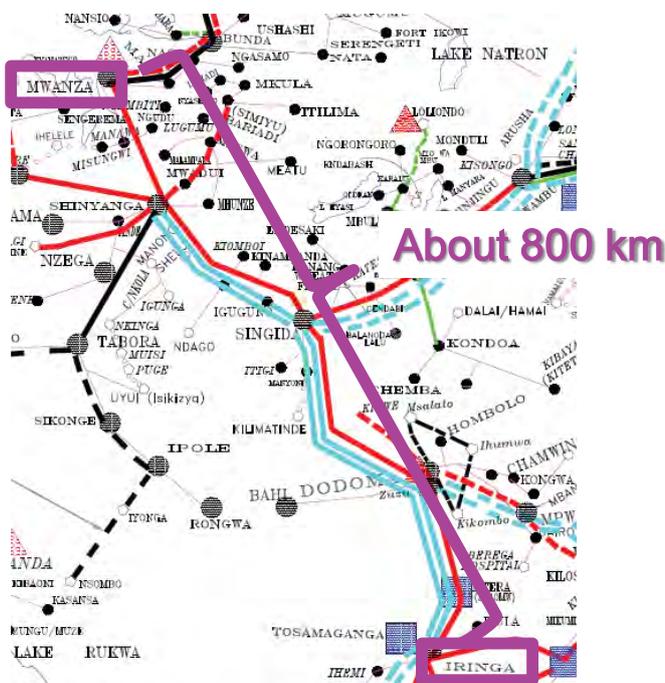


Source: Based on Technical paper

EGLA for 77 kV System

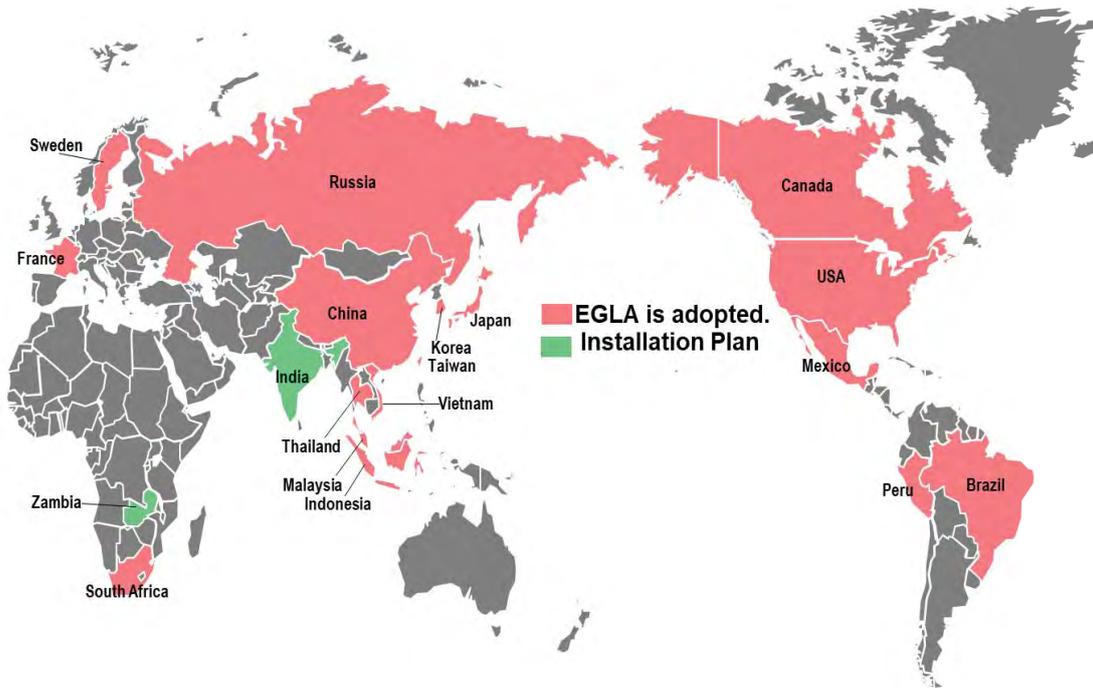
- EGLA, consisting of arrester body and series air gap, is installed in parallel with the insulator to be protected.
- EGLA can **prevent instantaneous voltage drop and power outages due to permanent ground faults.**

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)



- There are no arc horn for about 800 km from IRINGA to MWANZA on transmission tower.
- In order to increase system reliability, additional installation of arc horns and EGLA are recommended.

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

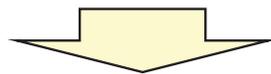


Applicable situation of EGLA in the world

- External Gapped Transmission Line Arresters are currently used in over 20 countries in the world

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

- 1) Improve power reliability by preventing power outages
→ Reducing economic losses
- 2) Securing sales for electric utilities by preventing power outages
- 3) Reduce maintenance costs by preventing damage to transmission line equipment
- 4) Application cost of EGLA



To Consider cost-effectiveness

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

1) Improve power reliability by preventing power outages

→ Reducing economic losses

[Conditions]

| Item | Conditions |
|----------------------------------|------------------|
| Supply Capacity | 100MVA |
| Annual Power outage time (C) | 0.33hr(20min.)*1 |
| Failure rate due to lightning(D) | 42.7%*2 |
| Operation period(E) | 20 years |

*1: Annual Power outage time: Data quote from SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

*2: Failure rate due to lightning (D): Report of Central Research Institute of Electric Power Industry in Japan, T72, Guide to Lightning Protection Design for Transmission lines (2003)

Number of customers supplying 100MVA and the amount of damage per customer for one hour of power outage

| Consumer | Number of customers(A)*3 | Impact of power outage(B)*4 |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| General(2kW) | 10,000(95.6%) | 16\$ |
| Low Voltage (50kW) | 400(3.8%) | 2000\$ |
| High Voltage (500kW) | 40(0.38%) | 10,000\$ |
| Extra High Voltage(200kW) | 20(0.19%) | 69,091\$ |

*3: Number of customers: Assumed based on cases of Japanese electric power companies

*4: Impact of power outage (B): Report of Central Research Institute of Electric Power Industry in Japan, (2007), Impact of Supply Reliability and Blackout on Residential and Business Customers of Electric Power Companies in Japan

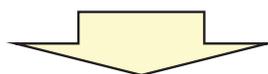
(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

1) Improve power reliability by preventing power outages

[Economic loss estimation]

Economic loss was estimated by the following formula;

Economic loss = Number of customers (A) x Impact of power outage (B) x Annual power outage time (C) x Failure rate due to lightning(D) x Operation period(E)



About 7.7 million \$

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

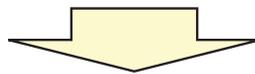
2) Securing **sales for electric utilities** by preventing power outages
 [Conditions]

| Item | Conditions |
|-----------------------------|----------------|
| Supply Capacity(A) | 100 MVA |
| Average load(B) | 70% |
| Annual Power outage time(C) | 0.33hr(20min.) |

| Item | Conditions |
|----------------------------------|--------------------|
| Failure rate due to lightning(D) | 42.7% |
| Electricity charge(E) | ¥30/kWh(0.3\$/kWh) |
| Operation period(F) | 20years |

[Loss estimation due to power failure]

Loss due to power failure = Supply Capacity (A) x Average load (B) x Annual Power outage time (C) x Failure rate due to lightning(D) x Electricity charge (E) x Operation period(F)



About 50 thousand \$

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

3) Reduce **maintenance costs** by preventing damage to transmission line equipment
 [Conditions]

| Item | Conditions |
|------------------------|------------------------|
| Number of accidents(A) | 2times / year |
| Maintenance worker (B) | 7people |
| Labor costs (C) | 50,000yen / person day |

| Item | Conditions |
|----------------------|------------|
| Repair days (D) | 3days |
| Operation period (E) | 20years |

[Estimation of maintenance cost]

Maintenance cost = Number of accidents (A) x Maintenance worker (B) x Labor costs (C) x Repair days(D) x Operation period(E)



About 364 thousand \$

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

3) Reduce **maintenance costs** by preventing damage to transmission line equipment

[Conditions]

| Item | Conditions |
|------------------------|------------------------|
| Number of accidents(A) | 2times / year |
| Maintenance worker (B) | 7people |
| Labor costs (C) | 50,000yen / person day |

| Item | Conditions |
|----------------------|------------|
| Repair days (D) | 3days |
| Operation period (E) | 20years |

[Estimation of maintenance cost]

Maintenance cost = Number of accidents (A) x Maintenance worker (B) x Labor costs (C) x Repair days(D) x Operation period(E)



About 364 thousand \$

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

4) Application cost of EGLA

[Conditions]

| Item | Conditions |
|------------------------------|------------|
| Voltage | 220kV |
| Transmission line length | 44km |
| Number of transmission tower | 130 |

| Item | Conditions |
|--------------------------|---|
| Number of installed EGLA | 390 (installed EGLA for one line) |
| Specification for EGLA | IEC60099-8, Class Y2 With External gap |

[Application cost]

Estimated unit price of EGLA : 3273 \$ - 3636 \$

(Depending on the manufacturer)



Applicable cost of EGLA : 1.3million\$ - 1.5million\$

(3) External Gapped Transmission Line arresters(EGLA)

Consider cost-effectiveness

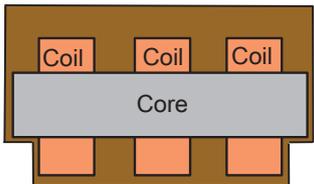
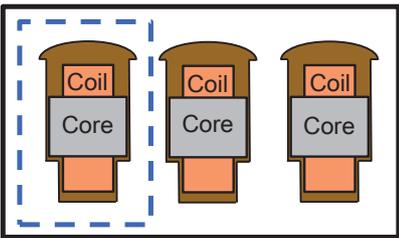
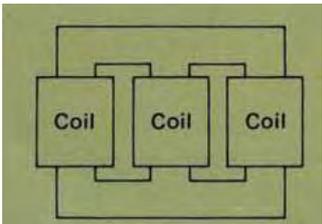
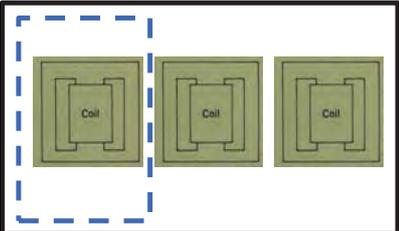
Loss reduction cost by applying EGLA: 8.2\$

Applicable cost of EGLA : 1.3million\$ - 1.5million\$



- As a result of the trial calculation, it was confirmed that the application of EGLA improves the power quality and reduces the maintenance cost, so the economic effect is great.
- We would like to evaluate the economic efficiency when applied to the Dodoma urban area.

(4) Special 3 phase transformer

| | Ordinary | Special 3 phase |
|------------|---|--|
| Shell Type |  |  |
| Core Type |  |  |

 : Shipping size

- Special 3 phase transformer can be applied to areas where transportation weight is limited and transportation methods are specified.

(4) Special 3 phase transformer

- Some 220kV, 100MVA transformer are planned to be installed in Ifumwa substation.
- The candidate site of Ihumwa substation, is planned to develop roads around the substation in the future, so that there are no major restrictions on transportation.
- However, Tanzania is taxed according to the weight and volume of the equipment, therefore, the application merit of applying special three-phase transformer will be examined.

Specification of Transformer

| Item | Specification |
|-------------------|---|
| Voltage | 220kV |
| Capacity | 100MVA |
| Cooling system | ONAN/ONAF |
| Primary voltage | 220kV±10×1.25% |
| Secondary voltage | 33kV |
| Tertiary voltage | 6.9kV(arbitrarily) |
| Vector group | YNyn0(d) |
| LIWV | HV: 1050kV HVN: 95kV LV: 170kV |
| AC | HV: 460kVrms HVN: 38kVrms LV: 70kVrms |
| %Z | 13% |
| Elevation | 1200m |

(4) Special 3 phase transformer

Comparison results between Ordinary transformer and Special three phase transformer(Example : Core type)

| | | Ordinary | Special three phase | |
|---------------------------|---|-----------|---------------------|------------|
| | | | Phase V (with OLTC) | Phase U, W |
| Transport dimensions (mm) | W | 3,000 | 3,000 | 3,000 |
| | L | 8,200 | 4,800 | 3,700 |
| | H | 4,200 | 3,700 | 3,700 |
| Transport mass (ton) | | 88 | 50 | 47 |
| Number of tank divisions | | 1 | 3 | |

- the ordinary transformer has a transport mass of 88 tons, and the special three-phase transformer has a maximum transport mass of 50 tons.
- We would like to evaluate the economic efficiency with the sum of taxes and transformer cost.

(5) Low-loss transformer

- Low-loss transformer with low-loss silicon steel sheet as the core material



Source: Based on manufacture catalog

765kV Class Power Transformer

(5) Low-loss transformer

- For special three-phase transformers and ordinary transformers, the loss was studied when Silicon steel sheet and **Low-loss silicon steel sheet (Magnetic domain finely oriented silicon steel sheet)** were applied to the transformer core.

Specification of Transformer

| Item | Specification |
|-------------------|--------------------|
| Voltage | 220kV |
| Capacity | 100MVA |
| Cooling system | ONAN/ONAF |
| Primary voltage | 220kV±10×1.25% |
| Secondary voltage | 33kV |
| Tertiary voltage | 6.9kV(arbitrarily) |



Comparison of Transformer losses (Example)

| | Silicon steel sheet | Low-loss silicon steel sheet (Japanese manufacture) |
|-----------------|---------------------|---|
| Ordinary | 80kW | 50kW |
| Special 3 phase | 90kW | 53kW |

Thank you for your kind attention

添付資料 4. シナリオ形成時の需要想定

Load allocation for each substations (Scenario 1&2)

| | MW | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 | |
|---------------------|----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| Zuzu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load | | 7.49 | 8.09 | 8.73 | 9.43 | 10.17 | 10.97 | 11.83 | 12.76 | 13.76 | 14.84 | 16.00 | 16.51 | 17.05 | 17.64 | 18.28 | 18.96 | 19.70 | 20.49 | 21.35 | 22.11 | 22.91 | 23.77 | 24.68 | 25.65 | 26.68 | 27.78 | 28.95 | 30.19 | 31.52 | |
| Town | | 6.04 | 6.52 | 7.04 | 7.61 | 8.20 | 8.85 | 9.54 | 10.29 | 11.10 | 11.97 | 12.91 | 13.32 | 13.76 | 14.23 | 14.74 | 15.29 | 15.89 | 16.53 | 17.22 | 17.83 | 18.48 | 19.17 | 19.91 | 20.69 | 21.52 | 22.41 | 23.35 | 24.35 | 25.42 | |
| Inter connect | | 2.21 | 2.39 | 2.58 | 2.79 | 3.01 | 3.24 | 3.497 | 3.77 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Mzakwe | | 4.87 | 5.26 | 5.68 | 6.13 | 6.62 | 7.14 | 7.696 | 8.30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Mwandani | | 4.33 | 4.68 | 5.05 | 5.46 | 5.89 | 6.35 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Chamwino | | 7.41 | 8.00 | 8.64 | 9.33 | 10.06 | 10.85 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Mpwapwa | | 0.68 | 0.74 | 0.80 | 0.86 | 0.93 | 1.00 | 1.08 | 1.16 | 1.25 | 1.35 | 1.46 | 1.50 | 1.55 | 1.61 | 1.67 | 1.73 | 1.80 | 1.87 | 1.95 | 2.02 | 2.09 | 2.17 | 2.25 | 2.34 | 2.43 | 2.53 | 2.64 | 2.75 | 2.87 | |
| Bahi | | - | 2.16 | 4.32 | 6.48 | 8.64 | 10.80 | 12.96 | 15.12 | 17.28 | 19.44 | 21.60 | 22.28 | 23.02 | 23.81 | 24.67 | 25.59 | 26.59 | 27.66 | 28.82 | 29.84 | 30.93 | 32.08 | 33.31 | 34.62 | 36.01 | 37.49 | 39.07 | 40.75 | 42.54 | |
| Industrial | | - | 0.12 | 0.24 | 0.36 | 0.48 | 0.60 | 0.72 | 0.84 | 0.96 | 1.08 | 1.20 | 1.24 | 1.28 | 1.32 | 1.37 | 1.42 | 1.48 | 1.54 | 1.60 | 1.66 | 1.72 | 1.78 | 1.85 | 1.92 | 2.00 | 2.08 | 2.17 | 2.26 | 2.36 | |
| TPDF quarters | | - | 0.96 | 1.92 | 2.88 | 3.84 | 4.80 | 5.76 | 6.72 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| EPZ | | - | 0.72 | 1.44 | 2.16 | 2.88 | 3.60 | 4.32 | 5.04 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Airport | | - | 0.06 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Dry port | | - | 0.14 | 0.29 | 0.43 | 0.58 | 0.72 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Marshalling yard | | - | 0.06 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| State house | | - | 0.06 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Butcher | | - | 0.19 | 0.38 | 0.58 | 0.77 | 0.96 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Quaters 40000 | | - | 6.00 | 12.01 | 18.01 | 24.02 | 30.02 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Government City | | 33.04 | 46.16 | 59.49 | 73.04 | 86.79 | 100.79 | 57.40 | 64.00 | 44.35 | 48.68 | 53.17 | 54.85 | 56.66 | 58.62 | 60.72 | 63.00 | 65.45 | 68.09 | 70.94 | 73.45 | 76.13 | 78.97 | 82.00 | 85.22 | 88.65 | 92.30 | 96.18 | 100.31 | 104.71 | |
| Total Capacity(MW) | | 41.30 | 57.70 | 74.36 | 91.31 | 108.49 | 125.99 | 71.75 | 80.00 | 55.44 | 60.83 | 66.46 | 68.56 | 70.83 | 73.27 | 75.91 | 78.75 | 81.81 | 85.11 | 88.68 | 91.82 | 95.16 | 98.72 | 102.50 | 106.53 | 110.81 | 115.37 | 120.23 | 125.39 | 130.88 | |
| Total Capacity(MVA) | | 41.30 | 57.70 | 74.36 | 91.31 | 108.49 | 125.99 | 71.75 | 80.00 | 55.44 | 60.83 | 66.46 | 68.56 | 70.83 | 73.27 | 75.91 | 78.75 | 81.81 | 85.11 | 88.68 | 91.82 | 95.16 | 98.72 | 102.50 | 106.53 | 110.81 | 115.37 | 120.23 | 125.39 | 130.88 | |
| Msalato | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| EPZ | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Airport | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Mzakwe | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Mwandani | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Total Capacity(MW) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total Capacity(MVA) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Ihunwa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Dry port | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Marshalling yard | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| State house | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Butcher | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Quaters 40000 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Government City | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Chamwino | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Mpwapwa | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Total Capacity(MW) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total Capacity(MVA) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Kikombo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Chamwino | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Mpwapwa | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Total Capacity(MW) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total Capacity(MVA) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Naroco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Chamwino | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Mpwapwa | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Total Capacity(MW) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total Capacity(MVA) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |

添付資料 5. 収集資料リスト

添付資料5. 収集資料リスト

調査名：タンザニア国ドドマ首都圏送配電網にかかる情報収集・確認調査

| 番号 | 名称 | 形態 文書・ビデオ・ 地図・写真等 | オリジナル・コピー | 発行機関 | 発行年月 |
|----|---|-------------------------|-----------|---|------------|
| 1 | Dodoma National Capital City Master Plan (2019-2039) | データ | コピー | Ministry of Lands, Housing and Human Settlements Development (MLHSD) | Apr. 2019 |
| 2 | Inception Report_Feasibility Study for Distribution Master Plan Study (DMPS) for Arusha, Dodoma, Mbeya and Mwanza | データ | コピー | TANESCO, SMEC | Aug. 2019 |
| 3 | Dodoma Line and Substation Conceptual Design Report_Feasibility Study for Distribution Master Plan Study (DSMP) for Arusha, Dodoma, Mbeya and Mwanza | データ | コピー | TANESCO, SMEC | Jan. 2020 |
| 4 | Dodoma Region Load Forecast and Power System Study Report_Feasibility Study for Distribution Master Plan Study (DMPS) for Arusha, Dodoma, Mbeya | データ | コピー | TANESCO, SMEC | Nov. 2019 |
| 5 | National Grid System Updated 20_Nov_2019 | データ | コピー | TANESCO | Nov. 2019 |
| 6 | Tender Document for Construction of Government City Roads to Bitumen Standard (40KM) (VOLUME III) | データ | コピー | TARURA, President's Office, Regional Administration and Local Government | Sept. 2019 |
| 7 | Utilities for Government City_ 11JUNE 2019 | 図面データ | コピー | TARURA | June, 2019 |
| 8 | Highlights of the First Quarter Gross Domestic Product (January - March) 2019, Base Year 2015 | データ | コピー | National Bureau of Statistics Ministry of Finance and Planning | Jul. 2019 |
| 9 | Regulatory Performance Report on Electricity Sub-Sector | データ | コピー | EWURA | June 2017 |
| 10 | Organizaition Structure of the Ministry of Energy | データ | コピー | TANESCO | Sept. 2019 |
| 11 | The Electricity Act (CAP.131) Rules | データ | コピー | The United Republic of Tanzania | Oct. 2017 |

添付資料5. 収集資料リスト

調査名：タンザニア国ドドマ首都圏送配電網にかかる情報収集・確認調査

| 番号 | 名称 | 形態 文書・ビデオ・ 地図・写真等 | オリジナル・コピー | 発行機関 | 発行年月 |
|----|--|-------------------------|-----------|--|-----------|
| 12 | The Land Act, 1999 | データ | コピー | The United Republic of Tanzania | May. 1999 |
| 13 | The Village Land Act, 1999 | データ | コピー | The United Republic of Tanzania | May. 1999 |
| 14 | Energy Access Situation Report, Tanzania Mainland, 2016 | データ | コピー | National Bureau of Statistics (NBS), Rural Energy Agency (REA) | Feb. 2017 |
| 15 | National Energy Policy, 2015 | データ | コピー | The Government of Tanzania | Dec. 2015 |
| 16 | National Electrification Program Prospectus | データ | コピー | Norad | Jan. 2015 |
| 17 | Rural Energy Agency (REA) Strategic Plan for 2016-17 to 2020-21 | データ | コピー | Rural Energy Agency (REA) | Mar. 2015 |
| 18 | National Five Year Development Plan 2016,17-2020,21 | データ | コピー | Ministry of Finance and Planning (MoFP) | June 2016 |
| 19 | Low Voltage Construction Practices | データ | コピー | TANESCO | N/A |
| 20 | Medium Voltage Construction Practices | データ | コピー | TANESCO | N/A |
| 21 | TANESCO Distribution Engineering Instruction Manual 9th Edition | データ | コピー | TANESCO | N/A |
| 22 | The Distribution Code (GN. No. 451) | データ | コピー | TANESCO | Mar. 2017 |
| 23 | Advisory Circular on Land Use and Environmental Management in the Vicinity of Aerodromes | データ | コピー | TCAA | Feb. 2017 |
| 24 | Advisory Circular on Processing Aeronautical Permits of Tall Structures | データ | コピー | TCAA | Feb. 2017 |
| 25 | EAC Vehicle Load Control (Enforcement Measures) Regulations, 2017 | データ | コピー | The East African Community (EAC) | 2017 |

添付資料5. 収集資料リスト

調査名：タンザニア国ドドマ首都圏送配電網にかかる情報収集・確認調査

| 番号 | 名称 | 形態 文書・ビデオ・ 地図・写真等 | オリジナル・コピー | 発行機関 | 発行年月 |
|----|---|-------------------------|-----------|----------------------------------|------|
| 26 | EAC Vehicle Load Control (Vehicle Dimensions and Axle Configurations) Regulations, 2017 | データ | コピー | The East African Community (EAC) | 2017 |
| 27 | EAC Vehicle Load Control (Special Loads) Regulations, 2017 | データ | コピー | The East African Community (EAC) | 2017 |