

モザンビーク共和国
鉱物資源エネルギー省 (MIREME)
モザンビーク電力公社 (EDM)

モザンビーク国 送変電網緊急改修計画 準備調査報告書

(簡易製本版)

平成 29 年 6 月
(2017 年)

独立行政法人国際協力機構
(JICA)

委託先
一般財団法人グローバル人材開発
八千代エンジニアリング株式会社

産公
JR (先)
17-036

序 文

独立行政法人国際協力機構は、モザンビーク共和国の「モザンビーク国送変電網緊急改修計画準備調査報告書」にかかる協力準備調査を実施することを決定し、同調査を一般財団法人グローバル人材開発および八千代エンジニアリング株式会社の共同企業体に委託しました。

調査団は、平成28年11月から平成29年6月までモザンビークの政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成29年6月

独立行政法人国際協力機構
産業開発・公共政策部
部長 中村 俊之

要 約

要 約

① 国の概要

モザンビーク共和国（以下、モザンビークと称す）は日本の約2倍の国土と人口約2千7百万人を擁するインド洋に面した南部アフリカの国であり、17世紀前半にポルトガルの植民地となった。20世紀に入ると反植民地運動が活発になり1962年に結成されたモザンビーク解放戦線による独立闘争を経て1975年にモザンビークは独立した。しかし独立後すぐに内戦が勃発し、内戦は1992年まで続いた。同年12月には国連により国連モザンビーク平和維持活動が設立され、2年間の和平プロセスを経て1994年10月に複数政党制の下で総選挙が行われ現在に至っている。

平和の定着と共に天然ガスや石炭など豊富な資源を背景に、モザンビーク経済は1990年代後半から毎年6%前後の経済成長を始め、2000年と2001年に続いた大規模な洪水被害からの復興を経て2005年以後は工業開発が始まった。首都Maputo市南のMatolaと石炭を産出するTete州では工業地帯の開発、Nampula州のMonaなどでは新規の鉱山開発、Inhanbaneでは天然ガス採掘とCabo Delgado沿岸での新規天然ガス資源の発見による経済活動の活性化、そしてNacala、Beira、Matolaでの更なる工業地帯の開発などが続いており、近年では毎年7%から8%の経済成長を達成している。このためモザンビークは今後10年で最も高い経済成長が期待される国の一つとされている。

② プロジェクトの背景、経緯および概要

電力セクターは鉱物資源エネルギー省（Ministerio dos Recursos Minerais e Energia : MIREME）により管轄されており、実際の電力供給事業はモザンビーク電力公社（Electricidade de Mozambique : EDM）により行われている。上記のように毎年高い経済成長率で拡大しているモザンビーク経済において、電力需要も同様に速いスピードで増加しており、年に10%前後の増加率で需要が拡大している。しかし既存の送配電システムには老朽化した送電線と機器が未だに使用されており、更に電力需要増に対する増強も必要となっているため、マプトとその周辺地域における抑圧された電力需要も看過できない状況にある。

本無償資金協力対象のInfulene変電所は首都Maputoとその周辺に電力供給を行っている南部系統の中心の変電所である。本事業案件対象である既設のT2変圧器は1971年に設置された古い機器であり、EDMは供給信頼度の低下から負荷を設備容量の50%に制限しつつ使用している。このような背景からモザンビーク政府はMaputo首都圏における電力安定供給を目的とし、既設T2変圧器の改修に移動式変電所の調達を加え、本プロジェクトとして日本政府に要請した。本プロジェクトでは、既存T2変圧器の更新・増強を行うとともに、T2変圧器の増強に関わる一次側と二次側のT2変圧器ベイの開閉設備の更新・増強も含めて調査対象とした。更にマプト首都圏近郊に位置する配電用変電所での使用を目的とした移動式変電所の調達を検討した。

③ 調査結果の概要とプロジェクトの内容

この要請に対し、JICAは協力準備調査団を2016年11月20日～12月24日（第一次現地調査）、にモザンビークに派遣し、同国関係者と要請内容の確認と実施内容の協議を行うとともに、プロジェクトサイト調査および関連資料の収集を実施した。

帰国後、調査団は現地調査結果及び収集資料に基づき、プロジェクトの必要性、社会・経済効果、実施の妥当性について検討し、その結果を協力準備調査報告書（案）に取りまとめた。JICAは2017年4月23日から4月30日まで第二次現地調査（概要説明）調査団をモザンビークに派遣し、協力準備調査報告書（案）の説明および協議を行い、モザンビーク関係者との間で基本合意を得た。

調査の結果を基に策定した協力対象事業の計画は、Maputo 首都圏における電力安定供給を目的として、Infulene 変電所の変電設備改修に必要な資機材の調達・据付を行うとともに、移動式変電所を調達し、南部地域における電力安定供給に資するものである。下表に基本計画の概要を示す。

基本計画

番号	機材名	単位	数量
(1)	Infulene 変電所用設備		
1-1	275kV 遮断器（碍子型）	台	1
1-2	275kV・11kV 中性点側架線・端子類	式	1
1-3	275/66/11kV 3相単巻変圧器（250 MVA）	台	1
1-4	T2 変圧器用所内変圧器（250 kVA）	台	1
1-5	T2 変圧器 3次側 11 kV 計器用変圧器および貫通型変流器	式	1
1-6	66 kV 避雷器	台	3
1-7	66 kV 計器用変圧器	台	3
1-8	66 kV 計器用変流器	台	3
1-9	66 kV 遮断器	台	2
1-10	66 kV 断路器	台	4
1-11	T2 変圧器二次側及び 66 kV 母線連絡用架線・端子類	式	1
1-12	銅パイプ	式	1
1-13	機器架台	式	1
1-14	T2 変圧器二次設備側接地設備	式	1
1-15	T2 変圧器用制御盤・保護盤	式	1
(2)	移動式変電所		
2-1	66/33 kV 移動式変電所（20 MVA）	式	1
(3)	維持管理用道具		
3-1	メンテナンス工具類	式	1
3-2	絶縁油分析装置（水分、ガス等）	式	1
3-3	変圧器絶縁油真空脱気装置（タンク等含む）	組	1
3-4	絶縁油耐圧試験器	式	1
3-5	保護継電器試験器	式	1

④ プロジェクトの工期および概略事業費

施工・調達業者契約認証まで非公表。本プロジェクトの工期は本体事業の閣議決定後、約 30 ヶ月である。

⑤ プロジェクトの評価

(1) 妥当性

本プロジェクトは緊急を要し、モザンビークの社会経済開発政策に合致していると共に日本の援助政策にも合致している事業であり、プロジェクト実施の妥当性は高いと判断される。

(2) 有効性

1) 定量的効果

指標名	2015年実績値 (基準値)	2020年目標値 (完了後)	2023年目標値 (完了3年目)
T1変圧器からT3変圧器(275/66kV)の変電設備容量	436 MVA	620 MVA	620 MVA
T1変圧器からT3変圧器の容量利用率 (システムピーク時)	68.8% (296 MVA)	52.2% (324 MVA)	75.1% (466 MVA)

上記定量的評価で示されている T1 変圧器から T3 変圧器の容量利用率はシステムの最大電力記録時に流れる潮流（負荷）からそれぞれ計算される数値¹で、2015 年の実績値 68.8%から 2020 年の 52.2%へと一時減少する。これは既存 T2 変圧器の容量が 66MVA から本件により 250MVA へ増強され分母が大きくなるためである。2023 年の目標値は 75.1%であるが、この数値は変電所の維持管理が平常通りに行われ且つ電力需要が想定通り増加した場合の予測値であり、2023 年時点の容量利用率は実際の最大電力記録時の潮流に従い計算される値であるため、この数値は増減することになる。この意味することは、目標値としてこの数値以上が妥当という性格の数値ではなく、現時点での需要想定に基づいて変圧器の維持管理が平常通り行われて使用された場合の予測値であり、通常の目標値と異なる点留意が必要である。

2) 定性的効果

現状と問題点	本プロジェクトでの対策	計画の効果・改善程度
表 2-1-4.2 に示されている Infulene 変電所の各変圧器の 2015 年運用状況によると、T1 変圧器 (250 MVA) のピーク負荷は 100%を超える月が出ている。一方で T2 変圧器 (66MVA) は 2016 年段階では老朽化のため Infulene 変電所の母線につなげておらず、CTM 変電所と直接連系し、負荷を 50%に制限して運用して	T1 故障時に T2 変圧器による電力供給を継続するため、既設 T2 変圧器を 250 MVA に増強し、Infulene 変電所の 275/66 kV 変圧器を 250 MVA2 台体制とする。	プロジェクト完工年の 2020 年の予想潮流では Infulene 変電所の T1 変圧器 (250 MVA)、T2 変圧器 (250 MVA) の負荷はそれぞれ 129 MW、103 MW となり、一台の変圧器が故障してもその他一方の変圧器で負荷を許容できる、いわゆる N-1 基準での運用が可能となり、Maputo 首都圏への電力供給の安定度が格段に改善される。さらに、

¹ 2015 年実績値は図 3-2-2-1.3 に示される潮流（負荷）から、2020 年目標値は図 3-2-2-2.2 に示される潮流から、そして 2023 年目標値は 2020 年の潮流値に需要想定（表 3-2-2-2.1）で使った増加率 12.9%を使い予測した潮流から計算された数値。

現状と問題点	本プロジェクトでの対策	計画の効果・改善程度
<p>いる。そのため、万が一の T1 変圧器の故障の際には Infulene 変電所の全停、さらには首都圏の他の基幹変電所へ事故が波及する可能性がある。Maputo 首都圏への電力供給は極めて脆弱であり、緊急的な対応が必要となる。</p>		<p>2023 年までの電力供給にも対応できるようになる。</p>
<p>Infulene 変電所 66 kV 二重母線連絡ベいの油遮断器は経年劣化が著しく、遮断時にも欠相遮断を生じる等、運用面の支障がみられる。さらに、漏油も認められ、環境への影響も懸念される。</p>	<p>環境に悪影響を与える絶縁油を使用せず、さらに信頼性の高いガス遮断器に交換する。</p>	<p>母線連絡用遮断器の動作信頼度を改善することにより、無停電フィーダー切替など、EDM が必要とする運用を支障なく行えるようになる。将来需要が増えた場合には、母線へのフィーダー切替が運用上ますます重要になる可能性があり、当該機材の信頼性確保は必須となる。</p>
<p>Maputo 首都圏郊外に位置する配電用変電所にて設備容量を超える需要が想定されており、設備容量の不足による供給と変圧器の維持管理への支障が避けられない。</p>	<p>移動式変電所を調達する。</p>	<p>電力の安定供給には変電所の設備容量を増強することが根本的な解決方法であるが、種々の要因により迅速な容量増強が困難である場合が見られる。現状の設備容量のまま推移すると、2020 年時点で過負荷が想定される変電所が発生し、かつ変圧器を停止させて点検・修理を行うことのできない変電所が増加する。このような変電所に緊急避難的に移動式変電所を配置することで、給電への支障を防ぎ、変圧器を停止して点検・修理を可能とすることができる。</p>

以上のように、本プロジェクトを実施することで多大な効果が期待されることから、協力対象事業に対して、我が国の無償資金協力を実施することの妥当性が確認される。更に、本協力対象事業の実施及び実施後の運営・維持管理についてもモザンビーク共和国の体制は人員・予算とも十分であり、問題はないと考えられる。

目 次

序文	
要約	
目次	
位置図／完成予想図／写真	
図表リスト／略語集	
第1章 プロジェクトの背景・経緯	
1-1 当該セクターの現状と課題.....	1-1
1-1-1 社会経済開発の課題.....	1-1
1-1-2-1 電力セクターの概要.....	1-1
1-1-2-2 電力システムの現状.....	1-2
1-1-2-3 開発計画.....	1-7
1-1-2-4 電力セクターの課題.....	1-10
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要.....	1-14
1-3 我が国の援助動向.....	1-15
1-4 他ドナーの援助動向.....	1-16
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	
2-1 プロジェクトの実施体制.....	2-1
2-1-1 組織・人員.....	2-1
2-1-2 財政・予算.....	2-4
2-1-3 技術水準.....	2-5
2-1-4 既存施設・機材.....	2-6
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況.....	2-8
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2-8
2-2-2 自然条件.....	2-9
2-2-2-1 位置及び地形.....	2-9
2-2-2-2 地質.....	2-9
2-2-2-3 気候.....	2-9
2-2-3 免税手続き等.....	2-11
2-2-4 環境社会配慮.....	2-12
2-3 その他.....	2-12
2-3-1 上位計画との関連.....	2-12
2-3-2 モザンビーク側への提言.....	2-13
第3章 プロジェクトの内容	
3-1 プロジェクトの概要.....	3-1

3-2	協力対象事業の概略設計	3-1
3-2-1	設計方針.....	3-1
3-2-1-1	インフレネ変電所に対する設計方針.....	3-1
3-2-1-1-1	基本方針.....	3-1
3-2-1-1-2	自然環境条件に対する方針.....	3-4
3-2-1-1-3	社会経済条件に対する方針.....	3-4
3-2-1-1-4	建設事情／調達事情に対する方針.....	3-4
3-2-1-1-5	現地業者（建設会社、コンサルタント）の活用に係る方針.....	3-5
3-2-1-1-6	運営・維持管理に対する対応方針.....	3-5
3-2-1-1-7	施設・機材等のグレードの設定に係る方針.....	3-5
3-2-1-1-8	工法／調達方法、工期に対する方針.....	3-5
3-2-1-2	移動式変電所に対する設計方針.....	3-6
3-2-1-2-1	基本方針.....	3-6
3-2-1-2-2	自然環境条件に対する方針.....	3-11
3-2-1-2-3	運営・維持管理に対する対応方針.....	3-11
3-2-1-2-4	機材等のグレードの設定に係る方針.....	3-11
3-2-1-2-5	調達方法・工期に対する方針.....	3-11
3-2-2	系統解析.....	3-11
3-2-2-1	現状系統（2015年）.....	3-11
3-2-2-2	将来系統（2020年）.....	3-18
3-2-2-3	結論.....	3-24
3-2-3	基本計画.....	3-25
3-2-3-1	全体計画（設計条件）.....	3-25
3-2-3-2	基本計画の概要.....	3-25
3-2-3-3	変電機材.....	3-27
3-2-3-4	施設設備.....	3-31
3-2-4	概略設計図.....	3-32
3-2-5	施工計画／調達計画.....	3-44
3-2-5-1	施工方針／調達方針.....	3-44
3-2-5-2	施工上／調達上の留意事項.....	3-45
3-2-5-3	施工区分／調達・据付区分.....	3-45
3-2-5-4	施工監理計画／調達監理計画.....	3-47
3-2-5-5	品質管理計画.....	3-49
3-2-5-6	資機材等調達計画.....	3-50
3-2-5-7	初期操作指導・運用指導等計画.....	3-50
3-2-5-8	ソフトコンポーネント計画.....	3-50
3-2-5-9	実施工程.....	3-50
3-3	相手国側分担事項の概要.....	3-51
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-51
3-4-1	基本方針（実施体制、要員）.....	3-51

3-4-2	定期点検方針.....	3-53
3-4-3	予備品調達計画.....	3-53
3-5	プロジェクトの概略事業費.....	3-55
3-5-1	協力対象事業の概略事業費.....	3-55
3-5-1-1	日本側負担経費.....	3-55
3-5-1-2	相手国側負担経費.....	3-55
3-5-2	運営・維持管理費.....	3-55

第4章 プロジェクトの評価

4-1	事業実施のための前提条件.....	4-1
4-2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項.....	4-1
4-3	外部条件.....	4-2
4-4	プロジェクトの評価.....	4-3
4-4-1	妥当性.....	4-3
4-4-2	有効性.....	4-5

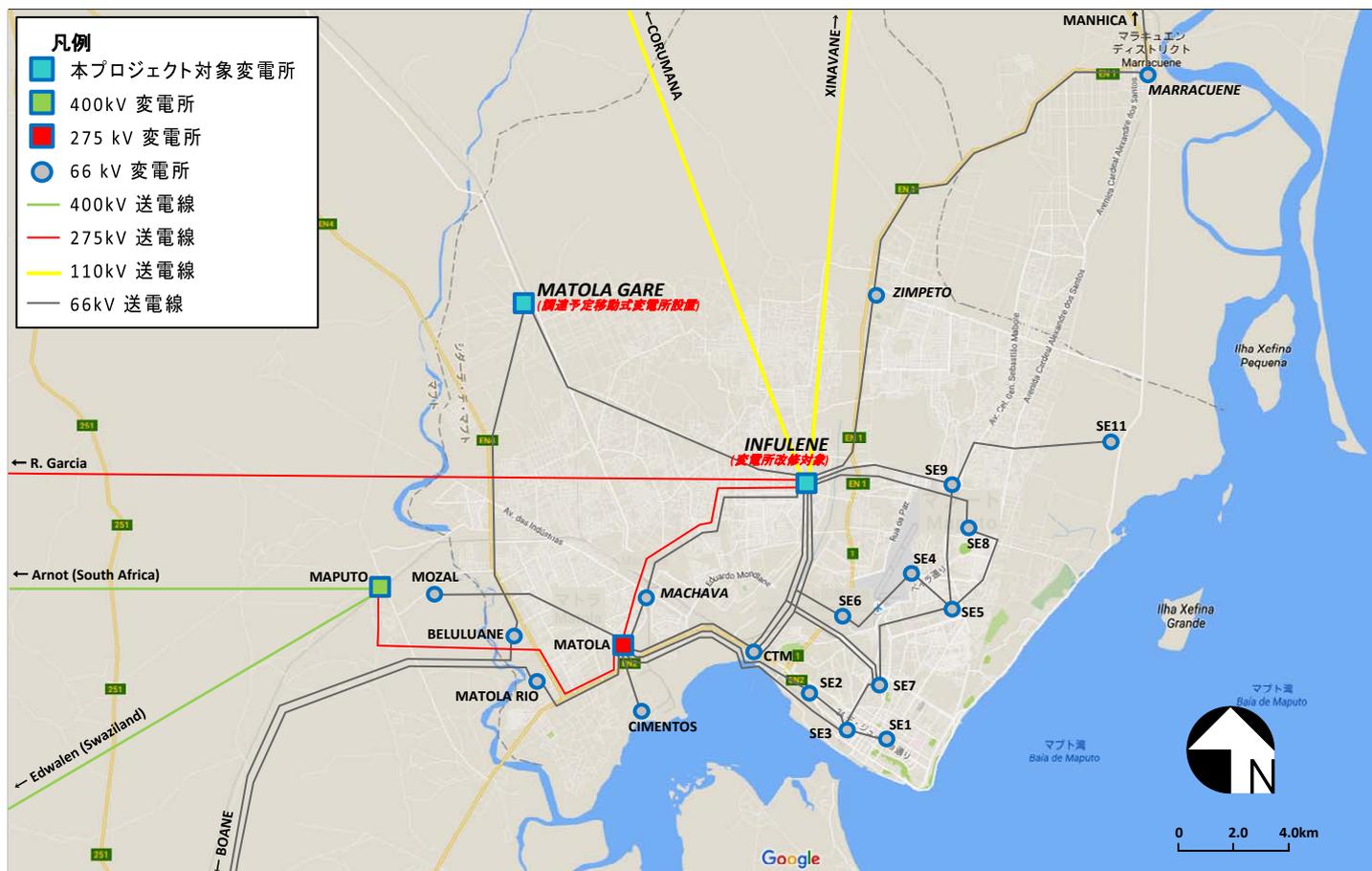
添付資料

1.	調査団員・氏名.....	A-1-1
2.	調査行程.....	A-2-1
3.	相手国関係者（面会者）リスト.....	A-3-1
4.	討議議事録（M/D）.....	A-4-1
5.	技術協議録（Field Report）.....	A-5-1
6.	地質・測量調査報告書.....	A-6-1
7.	移動式変電所の Matola Gare 変電所への輸送ルート.....	A-7-1



■ アフリカ全土

■ モザンビーク全国

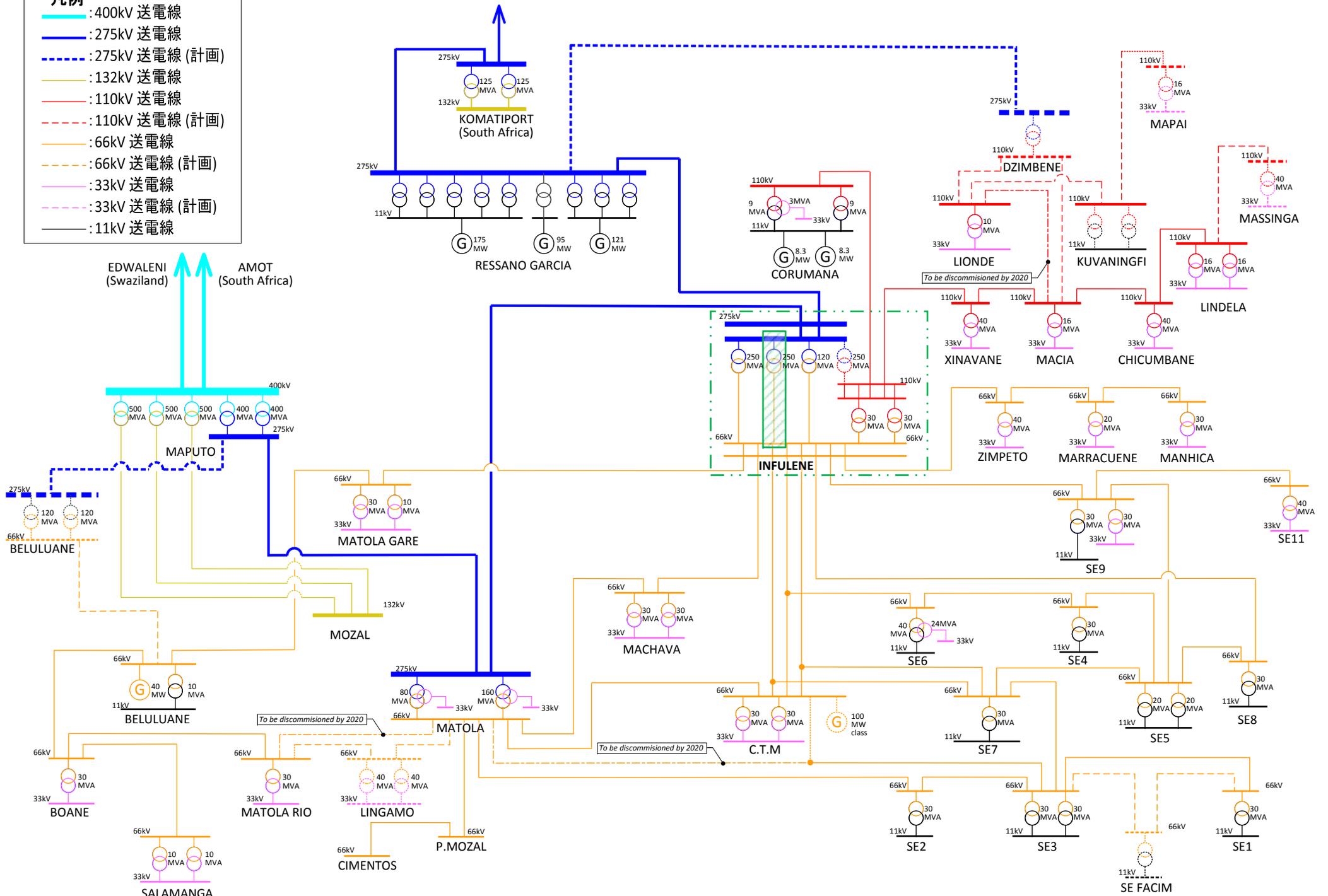


[出所] EDM提供のデータに基づき準備調査団作成

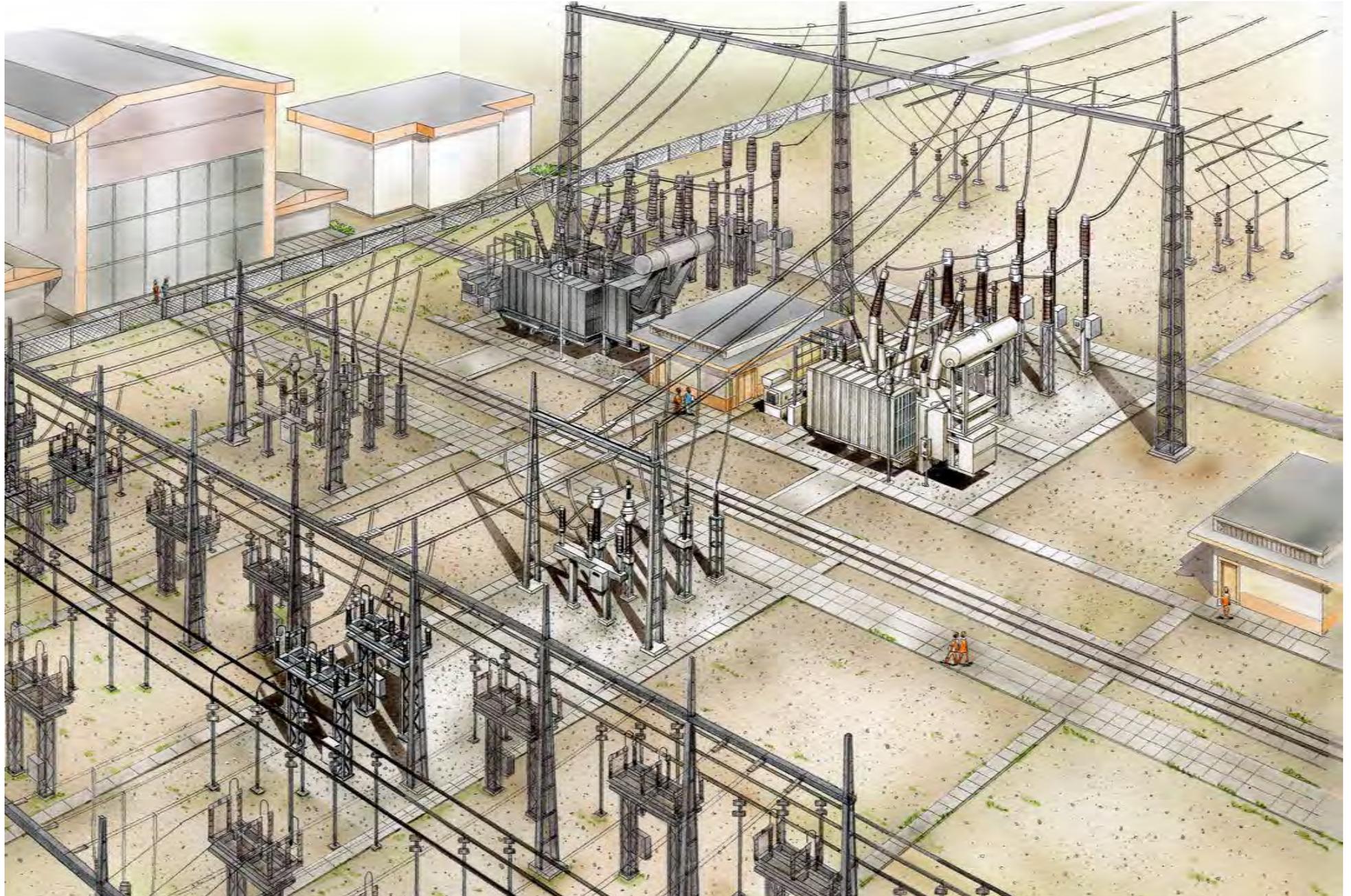
■ マプト拡大図

巻頭図1 本プロジェクト調査位置図

- 凡例**
- : 400kV 送電線
 - : 275kV 送電線
 - - -: 275kV 送電線 (計画)
 - : 132kV 送電線
 - : 110kV 送電線
 - - -: 110kV 送電線 (計画)
 - : 66kV 送電線
 - - -: 66kV 送電線 (計画)
 - : 33kV 送電線
 - - -: 33kV 送電線 (計画)
 - : 11kV 送電線



巻頭図2 モザンビーク2016年南部系統



完成予想図（Infulene変電所）

調査対象地域の現況



Infulene 変電所の既設 T2 変圧器
1971 年製の変圧器であり、老朽化のため負荷を設備容量の約 50%に制限して運用している。



Infulene 変電所の 66kV 母線連絡用遮断器
既設 T2 変圧器と同様に、老朽化が進み、漏油が著しい。



Infulene 変電所の 66kV フィーダ
8 フィーダにてマプト首都圏へ給電されている。当該変電所の重要度は極めて高い。



Infulene 変電所の既設 T1 変圧器
2013 年にポルトガルの資金により、60MVA から設備容量 250MVA を有する変圧器に更新している。



CTM 変電所
マプト市中心部に位置する配電用変電所である。日本の協力で 100MW 級の火力発電所が建設されている。



マージナル通り沿いの新興開発地域
マプト東側の海岸沿いのエリアは、今後、商業施設等の建設が進み、電力需要の増加が想定されている。

図表リスト

第1章

図 1-1-2-2.1	モザンビークの電力系統.....	1-3
図 1-1-2-2.2	EDM の発電設備の出力構成.....	1-4
図 1-1-2-4.1	Maputo 11kV 配電システム（一次系統）	1-13
図 1-1-2-4.2	Maputo 11kV 配電システム（二次系統）	1-14
表 1-1-2-2.1	EDM（北・中部系統を含む）の発電設備（2016 年末現在）	1-4
表 1-1-2-2.2	EDM 南部系統の送電設備（2016 年末現在）	1-5
表 1-1-2-2.3	南部系統の変電設備（2016 年末現在）	1-6
表 1-1-2-3.1	EDM 系統の年間ピーク需要（2005～2013 年）	1-7
表 1-1-2-3.2	モザンビーク国内総生産（GDP）の推移（2005～2013 年）	1-8
表 1-1-2-3.3	Master Plan Update Report の需要想定	1-8
表 1-1-2-3.4	EDM による需要想定.....	1-8
表 1-1-2-3.5	EDM の System Planning Directorate による需要想定	1-9
表 1-1-2-3.6	2015～2020 年の EDM による電源増強計画	1-9
表 1-1-2-3.7	2020 年までの送電線増強計画.....	1-10
表 1-3.1	我が国の過去実施協力事業（電力セクター）実績	1-16

第2章

図 2-1-1.1	EDM の組織図（2016 年 12 月時点）	2-1
図 2-1-1.2	EDM 側のプロジェクト実施体制	2-2
図 2-1-1.3	送変電部の組織図（2016 年 12 月時点）	2-3
図 2-1-3.1	Infulene 変電所の運転維持管理図	2-5
図 2-1-4.1	T1 変圧器と T3 変圧器の利用率（2015 年）	2-8
図 2-2-2-1.1	モザンビーク地形図.....	2-9
図 2-2-2-3.1	Maputo 市の平均気温（平年値）	2-10
図 2-2-2-3.2	Maputo 市の平均最高気温（平年値）	2-10
図 2-2-2-3.3	Maputo 市の平均最低気温（平年値）	2-10
図 2-2-2-3.4	Maputo 市の降雨量（平年値）	2-11
図 2-2-2-3.5	Maputo 市の最大降雨量（平年値）	2-11
図 2-2-2-3.6	Maputo 市の平均風速（平年値）	2-11
表 2-1-1.1	EDM 送変電部門の人員（2016 年 12 月時点）	2-3
表 2-1-1.2	2016 年度の送変電部門の目標人員.....	2-4
表 2-1-2.1	EDM 2014 年と 2015 年の損益計算書.....	2-5
表 2-1-3.1	Infulene 変電所各班の業務内容	2-6
表 2-1-4.1	Infulene 変電所の変圧器構成	2-7
表 2-1-4.2	2015 年における Infulene 変電所各変圧器の運用状況.....	2-7
表 2-2-2-3.1	Maputo 市の平均気温（平年値）	2-10

表 2-2-2-3.2	Maputo 市の平均最高気温（平年値）	2-10
表 2-2-2-3.3	Maputo 市の平均最低気温（平年値）	2-10
表 2-2-2-3.4	Maputo 市の降雨量（平年値）	2-11
表 2-2-2-3.5	Maputo 市の最大降雨量（平年値）	2-11
表 2-2-2-3.6	Maputo 市の平均風速（平年値）	2-11

第3章

図 3-2-1-1-1.1	2020 年予想潮流（図 3-2-2-2.2 より転載）	3-2
図 3-2-1-1-1.2	2023 年想定負荷電流の流れ	3-3
図 3-2-1-2-1.1	EDM の運用する欧州製 66/33 kV 移動式変電所（10 MVA）の運転状況	3-8
図 3-2-1-2-1.2	Matola Gare 変電所におけるコンパクト型移動式変電所の接続例	3-10
図 3-2-2-1.1	EDM の系統構成と地域分類	3-12
図 3-2-2-1.2	送電容量と送電線互長	3-13
図 3-2-2-1.3	2015 年最大電力記録時（7 月 20 時）の実績潮流	3-14
図 3-2-2-1.4	2015 年最大電力記録時（7 月 20 時）の事故電流解析結果	3-15
図 3-2-2-2.1	系統増強計画（2016～2020 年）	3-19
図 3-2-2-2.2	2020 年予想潮流	3-20
図 3-2-2-2.3	事故電流解析結果	3-21
図 3-2-5-4.1	事業実施関係図	3-48
図 3-2-5-9.1	事業実施工程	3-49
図 3-4-1.1	プロジェクト実施体制	3-52
表 3-2-1-1-1.1	各母線の許容電流	3-3
表 3-2-1-1-2.1	自然条件に対する設計条件	3-4
表 3-2-1-2-1.1	2020 年及び 2023 年における配電用変電所の需要想定	3-7
表 3-2-2-1.1	安定度解析条件（2015 年）	3-16
表 3-2-2-1.2	安定度解析結果（2015 年）	3-17
表 3-2-2-2.1	需要想定	3-18
表 3-2-2-2.2	事故電流解析結果（2015 年と 2020 年との比較）	3-21
表 3-2-2-2.3	安定度解析条件（2020 年）	3-22
表 3-2-2-2.4	安定度解析結果（2020 年）	3-23
表 3-2-3-1.1	各電圧系統の電気方式	3-25
表 3-2-3-2.1	車両条件	3-27
表 3-2-3-3.1	基本計画	3-28
表 3-2-3-3.2	基本仕様	3-28
表 3-2-3-4.1	基礎設計条件	3-32
表 3-2-4.1	概略設計図面リスト	3-33
表 3-2-5-3.1	負担事項区分（案）	3-46
表 3-2-5-4.1	請負業者側業務従事体制（案）	3-49
表 3-4-3.1	275/66/11kV 3 相単巻変圧器予備品リスト	3-53
表 3-4-3.2	66 kV 避雷器予備品リスト	3-54

表 3-4-3.3	66 kV 計器用変流器予備品リスト.....	3-54
表 3-4-3.4	66 kV 遮断器予備品リスト.....	3-54
表 3-4-3.5	66 kV 断路器予備品リスト.....	3-54
表 3-4-3.6	T2 変圧器用監視・保護盤予備品リスト.....	3-55
表 3-5-1.1	積算条件.....	3-55
表 3-5-1-2.1	モザンビーク側負担額内訳.....	3-55

略語集

AfDB	African Development Bank (アフリカ開発銀行)
ANE	National Road Administration (道路公社)
E/N	Exchange of Notes (交換公文)
EDM	Electricidade de Mozambique (モザンビーク電力公社)
EIB	European Investment Bank (ヨーロッパ投資銀行)
G/A	Grant Agreement (無償資金協力合意書)
GDP	Gross Domestic Product (国内総生産)
HCB	Hydroelectrica de Cahora Bassa (カホラバッサ水力発電所)
IEC	International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議企画)
IPP	Independent Power Producer (独立発電事業者)
JEC	Japan Electrotechnical Committee (電気学会電気規格調査標準規格)
JEM	Standards of Japan Electrical Manufacturers' Association (日本電機工業会標準規格)
JICA	Japan International Cooperation Agency (独立行政法人 国際協力機構)
JIS	Japanese Industrial Standards (日本工業規格)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (ドイツ復興金融公庫)
KPI	Key Performance Indicator (重要業績評価指標)
MIREME	Ministry of Mineral Resources and Energy (鉱物資源エネルギー省)
MOPH	Ministry of Public works & Housing (公共事業住宅省)
MOTRACO	Mozambique Transmission Company (モザンビーク送電会社)
OJT	On the Job Training (実地訓練)
PERIP	Power Efficiency and Reliability Improvement Project
PM	Project Manager (プロジェクトマネージャー)
PPA	Power Purchase Agreement (電力販売契約)
SABS	Southern African Bureau of Standards (南部アフリカ国工業規格)
SAPP	South Africa Power Pool (南部アフリカ電力プール)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition System (遠方監視制御システム)
SEC	Swaziland Electricity Company (スワジランド電力公社)
STIP	Short Term Investment Program (短期投資計画)
UNDP	United Nations Development Programme (国際連合開発計画)
VAT	Value Added Tax (付加価値税)

第1章 プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 社会経済開発の課題¹

1992年の内戦による紛争終結後、モザンビーク政府は輸出志向型の海外投資を積極的に誘致し、その結果モザンビークは2000年代を通じて7%という高いマクロ経済成長を達成してきた。しかしその一方で貧困率が悪化した2008年、物価が高騰した2010年と2012年には都市部住民の不満が暴動となって表出し、数日にわたって首都機能が麻痺した。雇用が促進されず、貧困率の悪化を伴う経済成長は、「雇用なき成長」と非難された。2014年に発表された長期計画「国家開発計画（Estrategia Nacional de Desenvolvimento）2015～2035年」では、大型投資を中心とした従来のマクロ経済路線を踏襲し、天然ガスを含む採取産業を筆頭に、農業、漁業、製造業、そして観光業を重点とした工業化を通じ、経済構造を変革することを目標に挙げている。

「雇用なき成長」の一要因は、多少なりとも労働需要が生まれたにもかかわらず、国民の大多数の就学歴が極めて低く、労働需要の条件を満たすことができないために、モザンビーク人の雇用に結びつかないという実情がある。モザンビーク政府の努力により、近年ではいずれの年齢層でも教育水準の底上げがなされ、若年層ほど就学歴が伸びているため、今後の雇用創出に結びつく条件は整えられつつある。しかし短期的には毎年30万人、2025年以降は50万人の若年労働者が労働市場に参入すると見積もられており、製造業や観光業などによる雇用機会の創出は重要な政策課題となっている。雇用機会創出のためには海外直接投資をより促進すると共に、特にMaputoなどを中心とした都市部では都市インフォーマルセクターがフォーマルセクターに成長し雇用機会創出の母体となる可能性があるため、電力供給を含む経済インフラを整備することで海外直接投資を促進し、且つ都市インフォーマルセクターの成長を促すことが重要な政策課題である。

1-1-2 電力セクターの現状と課題

1-1-2-1 電力セクターの概要

電力セクターは鉱物資源エネルギー省（Ministry of Mineral Resources and Energy : MIREME）により管轄されており、実際の電力供給事業はモザンビーク電力公社（Electricidade de Mozambique : EDM）により行われている。表 1-1-2-2.1 EDMの発電設備に示すように大規模電源のCahora Bassa水力発電所（Hydroelectrica de Cahora Bassa : HCB）はEDMとは別組織の発電事業者（Independent Power Producer : IPP）であり、Cahora Bassa水力発電所と南アフリカを通る535 kV直流送電線を所有・運用し、EDMとは電力購入契約（Power Purchase Agreement : PPA）を結んで電力供給が行われている。またCorumaneなどの小規模水力を除く他の全ての火力発電はIPPであるため、現在EDM事業のほとんどは送配電にかかわるもので占められている。他の関連組織としてはモザンビーク送電会社（Mozambique Transmission Company : MOTRACO）がある。この組織は南アフリカ電力公社（ESKOM）、EDMそしてスワジランド電力公社（Swaziland

¹ この項“アフリカレポート「雇用なき成長」下のモザンビークにおける雇用政策 網中昭世 2016 No.54 pp. 56-66 アジア経済研究所”を参考に作成した。

Electricity Company : SEC) が三分の一ずつ共同出資して設立された組織で、南アフリカから Maputo 変電所までの 400 kV 送電線と Maputo 変電所を所有し運用している。

1-1-2-2 電力系統の現状

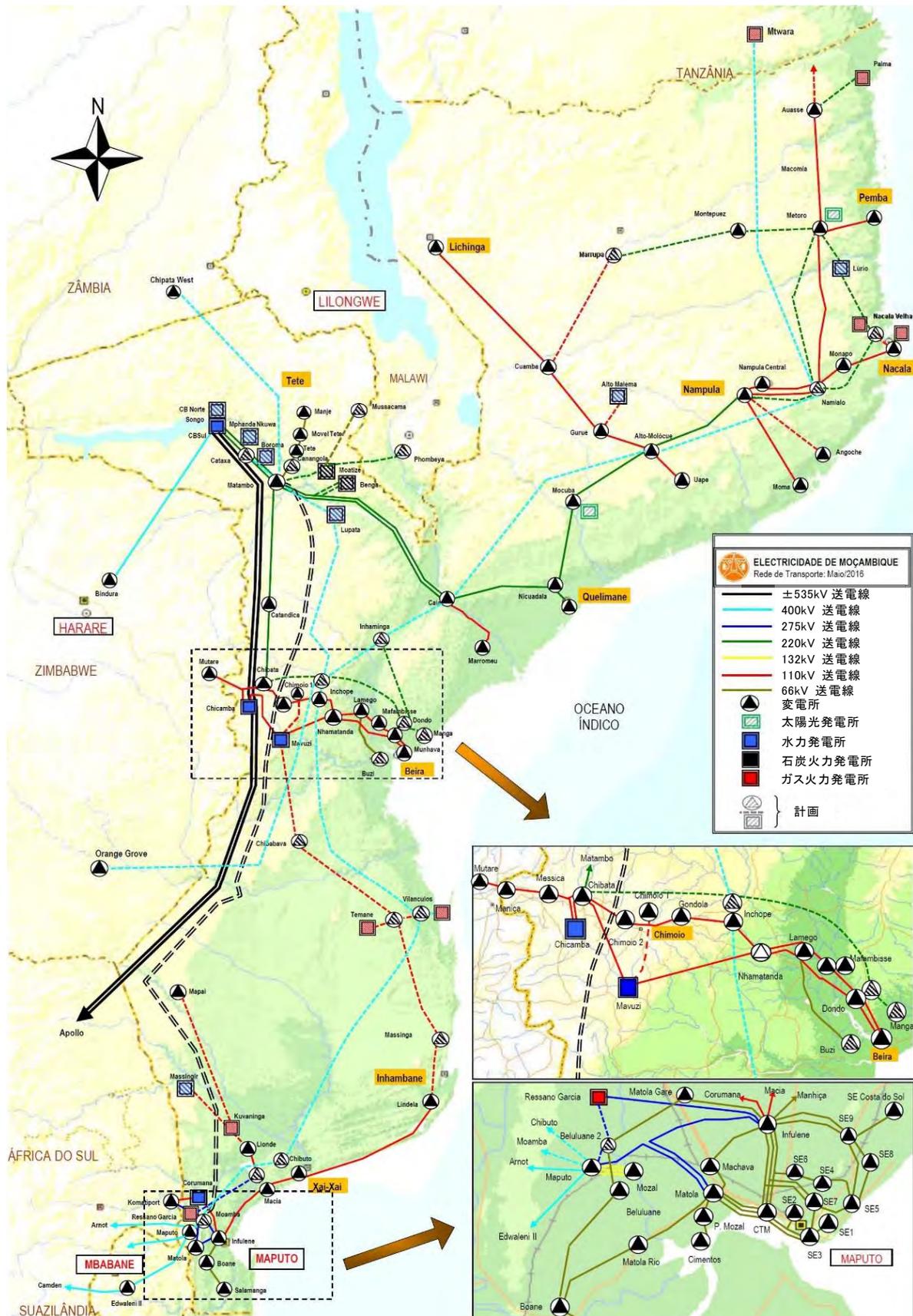
(1) 電力系統

図 1-1-2-2.1 にモザンビークの電力系統を示す。同国は南北 2,000 km に亘る広大な国土を擁しているため、電力系統は南部ならびに北・中部系統の 2 系統に分離されており両系統は連系されておらず、それぞれが独立系統となっている。

主要電源である Cahora Bassa 水力発電所 (出力 2,075 MW) は北・中部系統に接続されている。その発電電力の一部は交流 220 kV 送電線により中部ならびに北部地域に送電され自国負荷への供給に向けられるとともに、400 kV 交流送電線で隣国ジンバブエにも送電されているが、発電電力の大部分は±535 kV 直流送電線を介し南アフリカの Apollo 変電所に送電され、南部アフリカ電力プールに送電されている。

Cahora Bassa 水力発電所の出力のうち 500 MW は北・中部系統を含む EDM の取り分として割り当てられている。しかし南部系統は、Cahora Bassa 水力発電所から 1,000 km 以上の遠距離にあり、経済性の観点から交流送電に比べ有利な直流送電により、Cahora Bassa 水力の電力は南アフリカの南部アフリカ電力プール (South Africa Power Pool : SAPP) まで送電されている。モザンビークは国際連系されている南アフリカ系統ならびにスワジランド系統を経由して 400 kV ならびに 275 kV 交流送電線により南部アフリカ電力プールから融通受電している。また不足分は IPP による天然ガスあるいはディーゼル油を燃料とする数十台の小容量発電機での発電に依存している。

この状況を改善するため、IPP 及びモザンビーク政府出資による北部 Mphanda Nkuwa (1,500 MW) 等の大規模電源開発に対応して、直流±535 kV 送電線と交流 400 kV 送電線を建設し大電力を南部系統まで送電する計画である。完成の暁には現在 IPP と電力輸入に依存している体質は大いに改善されると期待される。



[出所] EDM

図 1-1-2-2.1 モザンビークの電力系統

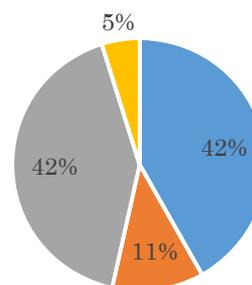
(2) 設備概要

1) 発電設備

表 1-1-2-2.1 ならびに図 1-1-2-2.2 に 2016 年末現在の北・中部系統を含むモザンビーク国内の発電設備を示す。

Cahora Bassa 水力発電所定格出力 2,075 MW の内 EDM の取り分は 500 MW であり、これを考慮すると EDM 系統の発電設備の定格出力合計は 1,229 MW である。発電設備の構成は Cahora Bassa 水力 41%、その他水力 9%、天然ガス火力 36%、ディーゼル 14% である。

天然ガス火力ならびにディーゼルは一部を除き 10 MW 以下の小容量発電機が多数のユニットで構成される IPP が主体である。



■ Hydro(Cahora Bassa) ■ Hydro
■ Natural Gas ■ Diesel

[出所] EDM

図 1-1-2-2.2 EDM の発電設備の出力構成

表 1-1-2-2.1 EDM (北・中部系統を含む) の発電設備 (2016 年末現在)

Type	Name	No. of units	Rated output per unit (MW)	Total (MW)	Fuel	In service
Hydro	Cahora Bassa	5	415	2075 (500)* ¹		1975
Hydro	Chicamba	2	24	44		1968
Hydro	Corumana	2	8.3	8.3		1991
Hydro	Mavuzi 3-5	3	15	45		1955
Hydro	Mavuzi 1-2	2	5	10		1952
Hydro	Lichinga	1	0.7	0.7		1983
Hydro	Cuamba	2	0.55	1.1		1986
Thermal	Aggreko	95	1	95	Natural Gas	2013
Thermal	Beluluane	40	1	40	Natural Gas	2015
Thermal	Ressano Garcia EDM/Sasol	18	9.73	175.14	Natural Gas	2014
Thermal	Ressano garcia Gigawatt	13	9.34	121.42	Natural Gas	2016
Thermal	Temane	7	0.95	6.65	Natural Gas	2009
Thermal	Temane 2	2	2.6	5.2	Natural Gas	2014
Thermal	CTM 1	1	22	22	Diesel	1995
Thermal	CTM 2	1	32	32	Diesel	1975
Thermal	Beira	1	12	12	Diesel	1989
Thermal	Nacala Power Ship	6	17	102	HFO	2016
Thermal	Xai-Xai	4	0.9	3.6	Diesel	2008
Thermal	Inhambane	2	2.3	4.6	Diesel	2014
Total				1,228.71* ¹ 828.71* ²		

備考：*1 EDM への配分電力、*2 南部系統分の発電設備合計

[出所] EDM

2) 送電設備

表 1-1-2-2.2 に 2016 年末現在の EDM 南部系統の送電設備を示す。回線延長は 400 kV 108 km、275 kV 117 km、132 kV 11 km、110 kV 593 km、66 kV 351 km の総計 1,179km である。

表 1-1-2-2.2 EDM 南部系統の送電設備 (2016 年末現在)

From	To	Name	Voltage [kV]	Length [km]	Capacity [MVA]	Conductor	Cross section [mm ²]	In service
Arnout	Maputo	AL2	400	49.9	1293	3xTern		1998
Edwalene	Maputo	AL3	400	58.1	1293	3xTern		1998
SE Matola	Infulene	BL1	275	16	479	2xBEAR	2x250	2000
Ressano Garcia	Infulene	BL2	275	76	479	2xBEAR	2x250	1972
Komatipoort	Ressano Garcia	BL4	275	9	479	2xBEAR	2x250	1972
SE Maputo	Matola	BL3	275	16	479	2xBEAR	2x250	2004
Motraco	Mozal	CA	132	10.5	1293	3xTern		1998
Iinfulene	Macia	CL1	110	125.0	99	DOVE	283	1983
Macia	Chicumbane	CL2	110	49.0	99	DOVE	283	1983
Macia	Lionde	CL3	110	53.0	99	DOVE	283	1983
Infulene	Corrumana	CL4	110	92.0	99	DOVE	283	1984
Corrumana	Komatipoort	CL5	110	40.0	99	DOVE	283	1990
Chicumbane	Lindela	CL9	110	233.8	68	AAAC 150	150	2002
Infulene	Boane	DL01	66	42.0	38	LEOPARD	125	1982
Infulene	2M	DL02	66	4.5	50	PANTHER	200	2003
Infulene	CTM	DL03	66	7.5	50	PANTHER	200	2004
Infulene	CTM	DL04	66	7.5	50	PANTHER	200	2004
Infulene	Manhiça	DL05	66	62.0	38	LEOPARD	125	1975/88/04
Infulene	Machava	DL06	66	7.5	38	LEOPARD	125	1991
Infulene	SE5(Compone)	DL07	66	15.1	38	LEOPARD	125	1990
Infulene	SE5 (SE8)	DL08	66	16.3	57	BEAR	250	
CTM	Matola	DL09	66	4.9	60	DOVE	283	1998
CTM	SE6	DL10	66	3.8	38	LEOPARD	125	1992
CTM	Matola	DL11	66	4.9	60	DOVE	283	1998
CTM	Matola	DL12	66	4.9	60	DOVE	283	1998
Matola	Machava	DL13	66	2.5	50	PANTHER	200	1998
Matola	Boane	DL14	66	21.9	50	PANTHER	200	1998
Matola	Cimentos	DL15	66	2.7	50	PANTHER	200	1998
SE6	SE4	DL16	66	2.4	38	LEOPARD	125	1998
SE4	SE5	DL17	66	4.8	38	LEOPARD	125	1996
CTM	SE3	DL18	66	5.4	50	PANTHER	200	2001
CTM	SE2/3	DL19	66	5.4	50	PANTHER	200	2001
Boane	Salamanga	DL20	66	76.7	50	PANTHER	200	2002
2M	SE7	DL21	66	7.9	50	PANTHER	200	2004
2M	SE7	DL22	66	7.9	50	PANTHER	200	2004
SE7	SE5	DL23	66	4.0	88	2xPANTHER	2x200	2004
SE3	SE1	DL24	66	2.1	73	XLPE500	500	2004
SE3	SE7	DL25	66	2.2	77	XLPE1000	1000	2005
Infulene	SE10	DL26	66	8.3	120	2xDOVE	2x283	2015
SE9	SE11	DL28	66	8.3	120	2xDOVE	2x283	2015
Infulene	CTM	DL4 Old	66	7.5	38	PARTRIDGE	135	1972

[出所] EDM

3) 変電設備

表 1-1-2-2.3 に 2016 年末現在の南部系統の変電設備を示す。この表には 400 kV Maputo 変電所のように南部系統に連系された EDM 以外の保有設備も含んでいる。

Matola ならびに Infulene の 275kV 基幹変電所の 275/66kV の変圧器単機容量は 66～250 MVA であり、66 kV に降圧された電力は各地の配電用変電所にて 33 kV あるいは 11 kV に再び降圧され配電線により需要家に送電される。配電用変電所の変圧器単機容量は 10～40 MVA である。

この他、電圧 110 kV, 66/33 kV, 11 kV で設備容量 10 MVA または 20 MVA の移動式変電所が北・中部系統を含み合計 6 台保有されている。

表 1-1-2-2.3 南部系統の変電設備 (2016 年末現在)

Area of Network	Substation Name	Transformer Code	Year	Voltage [kV]	Capacity per unit [MVA]
South	Beluluane	T1	1998	66/11	10
	Boane	T1	1979	66/33	30
	Cimentos Matola	TR1	2013	72,5/7,2	25/20
	Cimentos Matola	TR2	2011	72,5/7,2	25/20
	Chicumbane	TR1	2010	110/33	40
	Corumana	T1	1989	110/11	9
	Corumana	T2	1989	110/33/11	9/3/9
	CTM	TR2	1988	60/30	30
	CTM	TR13	1991	60/30	30
	Infulene	T1	2012	275/66/11	250
	Infulene	T2	1971	275/66	66
	Infulene	T3	1990	275/66	120
	Infulene	TR5	1983	110/66	30
	Infulene	TR6	1983	110/66	30
	Infulene	TR4	2005	275/110	50
	Lindela	TR1	1983	110/33	16
	Lindela	TR2	2001	110/33	16
	Lionde	TR2	1984	110/33	10
	Maracuene	TR1	2011	66/33	20
	Machava	TR1	2004	66/33	30
	Machava	TR2	2004	66/33	30
	Macia	TR1	2006	110/33	16
	Manhiça	TR1	1985	60/30	30
	Maputo	TR1		400/275	400
	Maputo	TR2		400/275	400
	Matola 275	T1	2003	275/66/33	160/160/112
	Matola 275	T2	2007	275/66/33	160/160/112
	Matola Rio	T1	1989	66/33	30
Matola Gare	TR1	2004	66/33	30	

Area of Network	Substation Name	Transformer Code	Year	Voltage [kV]	Capacity per unit [MVA]
	Matola Gare	TR2	1982	66/33	10
	Mozal Porto	TR1		66/22/11	
	Riopele	T1	1982	60/30	10
	Salamanga	T1	2001	66/33	10
	Salamanga	TR2	2001	66/33	10
	SE1	T3	2003	66/11	30
	SE2	T2	2004	66/11	30
	SE3	T1	1972	66/11	20
	SE3	T3	1999	66/11	30
	SE3	T2	2005	66/11	30
	SE4	T1	2003	66/11	30
	SE5	T1	1989	66/11	20
	SE5	T2	2000	66/11	20
	SE6	T2	2011	66/33/11	40/24/24
	SE7	T1	2003	66/11	30
	SE8	T1	2004	66/11	30
	SE9	T1	2003	66/11	30
	SE9	TR2	1999	60/30	30
	SE10	T1	2011	66/33	40
	SE11	T1	2011	66/33	40
Mobile	S Móvel 1	T1	1997	110/33(22)	10
	S Móvel 2	T1	2003	110/33	10
	S Móvel 3	T1	2003	66/11	20
	Móvel do Infulene	T1	2003	66/33	10
	Movel de Lionde	T1	2003	110/33	10
	Movel de Kongolote	T1	2001	66/33	10

[出所] EDM

1-1-2-3 開発計画

(1) モザンビーク経済と電力需要の概観

表 1-1-2-3.1 に 2005 年から 2013 年までの EDM 年間ピーク需要の実績値を、表 1-1-2-3.2 に同期間における国内総生産（GDP）の推移と年増加率を示す。

表 1-1-2-3.1 EDM 系統の年間ピーク需要（2005～2013 年）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
総計ピークロード (MW)	285	320	364	416	481	534	610	705	761
年間増加率	N.A.	12.28%	13.75%	14.29%	15.63%	11.02%	14.23%	15.57%	7.94%
8年間の平均値	13.09%								

[出所] EDM 資料に基づき準備調査団作成

表 1-1-2-3.2 モザンビーク国内総生産（GDP）の推移（2005～2013年）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
国内総生産(注)	223.86	245.91	264.17	282.34	300.27	320.35	343.15	367.85	394.12
年間増加率	N.A.	9.85%	7.43%	6.88%	6.35%	6.69%	7.12%	7.20%	7.14%
8年間の平均値	7.33%								

注：2009年を100としたコンスタントプライスで示す。単位は10億メティカル。
 [出所] モザンビーク統計局資料に基づき準備調査団作成

近年モザンビーク経済は資源安などによりかなり低迷しているといわれているが、それでも2015年のGDP成長率は6.6%を記録している。

(2) 需要想定

表 1-1-2-3.3 に 2014 年に策定された Master Plan Update Report（コンサルタント：Norconsult）の需要想定、表 1-1-2-3.4 に 2015 年に EDM が作成した需要想定を示す。中位ケースの平均伸び率に注目すると Master Plan Update Report では平均電力需要の伸び率が 12.7%/年、EDM では 15.0%/年と大きな値となっている。

Master Plan Update Report では前半と後半で伸び率を変化させている。中位ケースでは 2016～2021 年の 5 年間の年平均伸び率 5.6%に対し 2021～2026 年の 5 年間は 15.8%と大きな値となっている。その結果、2026 年には 2011 年の 5.1 倍の電力需要となっている。

また EDM による想定では 2015～2020 年で 5 年間一律の大きな伸び率を想定しており、中位ケースでは 2020 年の需要は 2015 年の 2.0 倍の 1,003 MW となっている。

表 1-1-2-3.3 Master Plan Update Report の需要想定

単位：MW

Scenario	2011	2016	2021	2026	Growth Rate (%)
Low	368	627	780	1,874	11.5
Medium	368	807	1,061	2,213	12.7
High	368	956	1,253	2,480	13.6

[出所] Master Plan Update Project 2012-2027

表 1-1-2-3.4 EDM による需要想定

単位：MW

Scenario	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Growth Rate (%)
Low	499	544	593	646	704	767	9.0
Medium	499	574	660	759	872	1,003	15.0
High	499	589	694	819	967	1,141	18.0

[出所] EDM

しかしながら、最近の経済の低迷により 2015 年の最大電力の実績は 463 MW と各想定より下回っている。EDM の System Planning Directorate は、系統解析のために南部系統の地域別・需要種別を考慮した需要想定を実施している。その結果を表 1-1-2-3.5 に示す。2015～2020 年の南部

系統を総合した平均伸び率は 12.9%/年と比較的大きな値であるが、2015 年の実績需要を基準としているため他の想定より低めとなっており、実勢に近いものと考えられる。

表 1-1-2-3.5 EDM の System Planning Directorate による需要想定

単位：MW

Year	2015	2020	Growth rate (%)
Maputo 市	219	370	11.1
Maputo 州	167	330	14.6
Industries	17	17	0.0
L. South	57	130	17.7
Gen Southern	2	4	14.9
Total	463	850	12.9

備考：Industries: Mozal 及び Cimentos、 L. South：南部地域北東部、 Gen Southern：北部水力発電地域
[出所] EDM

(3) 電源開発計画

2015 年から 2020 年までの需要増分 387 MW に対する 2015～2020 年の南部系統域内の電源増強は、EDM の System Planning Directorate によると表 1-1-2-3.6 のとおりである。電源開発総量は 242.76 MW であり需要増分 387 MW より約 144 MW 少ないが域外の広域開発電源から融通受電する計画である。

表 1-1-2-3.6 2015～2020 年の EDM による電源増強計画

Name	Type	No. of units	Rated output per unit (MW)	Total (MW)
Aggreko	Thermal	2	26.88	53.76
Kuwaninga	Thermal	10	4.1	41
Electrotec	Thermal	4	12	48
CTM	Thermal	1	100MW 級	約 100
Total				242.76

[出所] EDM

(4) 送電線増強計画

本プロジェクトが実施された場合の Infulene 変電所 T2 変圧器の取替完了は 2020 年と予想される。EDM から入手した同年までの送電線増強計画を表 1-1-2-3.7 に示す。この表では送電線増強ならびに 275 kV 基幹系統変電所の増強と配電用変電所新設のみを対象とし、既設配電用変電所の変圧器増設は除外した。

Infulene 変電所からの既設 66 kV フィーダーの送電容量は 38～50 MW と小さく Maputo 市供給のボトルネックとなっているが、鉄塔建て替えによる 120 MVA への容量増加を図ることとしている。

表 1-1-2-3.7 2020 年までの送電線増強計画

Voltage	Name	Starting Year	Completion Year
Transmission Line			
275kV	New Marracuene-SE11	2017	2019
	Maputo-Salamanga	2017	2019
66kV	New Marracuene-SE11	2017	2019
	New Marracuene-Old Marracuene	2017	2019
	SE10-SE11	2017	2019
	SE11-SE5	2017	2019
	Infulene-SE6	2017	2019
	Infulene-CTM	2017	2019
	SE1-SE7	2017	2019
	SE1-SE5	2017	2019
	Facim-SE1	2017	2019
	Rebuilding Infulene-Branching point to SE6	2017	2019
	Rebuilding Infulene-CTM (DL3)	2017	2019
	Rebuilding Infulene-CTM (DL4)	2017	2019
	Rebuilding Infulene-Machava	2017	2019
	Rebuilding CTM-SE2	2017	2019
Rebuilding CTM-SE3	2017	2019	
Substation			
275kV	Matola addition 275/66kV 160MVA×2	2017	2018
	New Marracuene 275/66kV 250MVA	2017	2019
	Salamanga 275/66/33kV 250MVA	2017	2019
66kV	Facim 66/11kV 30MVA	2017	2019

[出所] EDM

1-1-2-4 電力セクターの課題

(1) 発電設備

表 1-1-2-2.1 EDM（北・中部系統を含む）の発電設備に示すように、モザンビークの電力系統は Cahola Bassa 水力発電がベース負荷を担い、Ressano Garcia と Beluluane に立地した IPP 電源が中間負荷とピーク負荷を担う構造になっている。Ressano Garcia に設置されている IPP (Aggreko) と Beluluane に設置されている IPP はそれぞれ天然ガスを燃料とするガスディーゼル発電であり、単機発電容量が 1 MW でそれぞれ 95 ユニット及び 40 ユニットと小さな容量の発電機を多数並べて出力としている。発電設備は規模の経済が働き、単機容量が大きいほど kWh 当たりの発電費用は逡減するが、このように小さな発電機を多数使って発電することにより規模の経済が働かず、kWh 当たりの単価はかなり高くなっていると思われる。Ressano Garcia の他の火力発電の単機出力も 9 MW 程度であるため同じ課題を抱えている。一方で IPP は民間企業として PPA

(Power Purchase Agreement) に基づいて最大限の電力供給に努めていることから、維持管理は適正に行われている。

IPP 投資家にとっては投資リスクが少なく、投資の回収期間が短いガスディーゼル発電は IPP として非常に収益性の高いものであり、発電部門を民間投資に開放するとまず参入してくるのがこのような発電様式である。発電設備形成の最低費用法の考え方を EDM が十分考慮できないなかで近年の急激な電力需要増と 2015 年の Maputo 変電所変圧器事故に対応するために、緊急避難的に IPP が参入したと思われる。なお、Ressano Garcia に設置されている Aggreko と Beluluane の単機容量が 1 MW の火力発電は緊急電源であり、2017 年 12 月までには撤去される予定である。これ以後の電源開発は豊富に賦存する水力、石炭そして天然ガスを使った最低費用に則った電源開発が必要と考えられる。

(2) 送電設備

表 1-1-2-2.2 に示される EDM 南部系統の送電設備において、1990 年以前に建設された送電線距離の総延長は 570.6 km である。これは南部系統送電線の総延長距離 1,179.2 km の 48% に及んでおり、電力需要増に対応した送電線の更新が進められている。送電容量の増強も必要であり、66 kV 送電線の送電容量は一部の 120 MVA 送電線を除き 38~60 MVA が主体である。過負荷の恐れがあるため EDM は鉄塔建て替えにより 120 MVA に増加させる計画を推進している。送電設備の維持管理を担当する Transmission Network Directorate は、毎年 EDM 理事会と当該年の維持管理や修理工事に関わる予算などを含んだ Management Agreement を結んでおり、維持管理は適正に行われている。

(3) 変電設備

EDM の運用する変電設備に着目すると、表 1-1-2-2.3 に示される南部系統の変電設備において、1990 年以前に設置された変圧器の総容量は 404 MW である。これは南部系統変圧器設備総容量 2,662 MW の 15% にも及んでいるが、変圧器の設備更新は未だに必要とされている。変圧器のみならず、既設変電所の現地踏査によると、開閉器や計測・保護機器など付帯設備の多くについても、設備更新・増強が十分に進んでいない様子が確認された。2016 年にも機材の老朽化に起因すると思われる変流器不具合により、マプト市中心部などにて 1 時間以上に及ぶ停電が生じた。このように、変圧器のみならず、周辺機器の更新の必要性は高いが、既存設備の維持管理については適正に行われている。

その一方、既設設備の維持管理状況は、ヘルメット・安全靴の着用、工事前の接地、さらには、開閉施設内の定期的な雑草取りが行われており、適切な維持管理がなされている。中央制御指令所と密接に連携してのオペレーターによる設備の運用や運転記録の管理も適切になされており、運転維持管理の観点からは特段の問題は見られない。

(4) 計画部門

系統解析の基本データである需要想定は定期的に見直して EDM の組織として事業計画に使うべきものだが、このような組織的内部メカニズムはまだできていない。また EDM は将来の設備新設・更新計画を組織として承認・計画しておらず、部署により設備計画の情報が異なってい

るというのが現状である。しかし EDM には系統解析の経験を持っている技術者がおり、またその技術者から若い技術者へ職場で業務を通して系統解析の技術を伝える職場環境がある。計画部門で必要とされる日常的な系統解析業務は行われているものの、安定度解析の経験はまだ有していないようである。総じて計画部門組織としてはまだ発展の余地があると考えられる。

(5) 送変電部門

送変電部門などの各技術部門は、EDM 管理部門と Management Agreement を締結する形で年ごとの事業実施予算を確保している。この Management Agreement は以下の項目を含んでいる。

- 年度予算計画書
- 年度改修工事計画概要書
- 重要業績評価指標 (Key Performance Indicator : KPI)

その年度に達成を目指す KPI と計画している改修工事費用を含めて予算を作成することは妥当な業務管理プロセスであり、基本的な業務管理が行われていることがわかる。しかし 2015 年 9 月と 10 月には Matola 変電所で T1 変圧器と T2 変圧器が続けて事故を起こし、CTM 変電所でもガス遮断器が爆発する事故が起きている。Matola 変電所の T1 変圧器と T2 変圧器の事故原因は調査中であるが、設備更新・増強が不十分な状況でいかに設備を運用・維持するか難しい課題となっている。下記 (7) 構造的課題で述べているように、自己資金で迅速に対応すべき緊急改修工事などに資金不足で対応できていない現状がある。

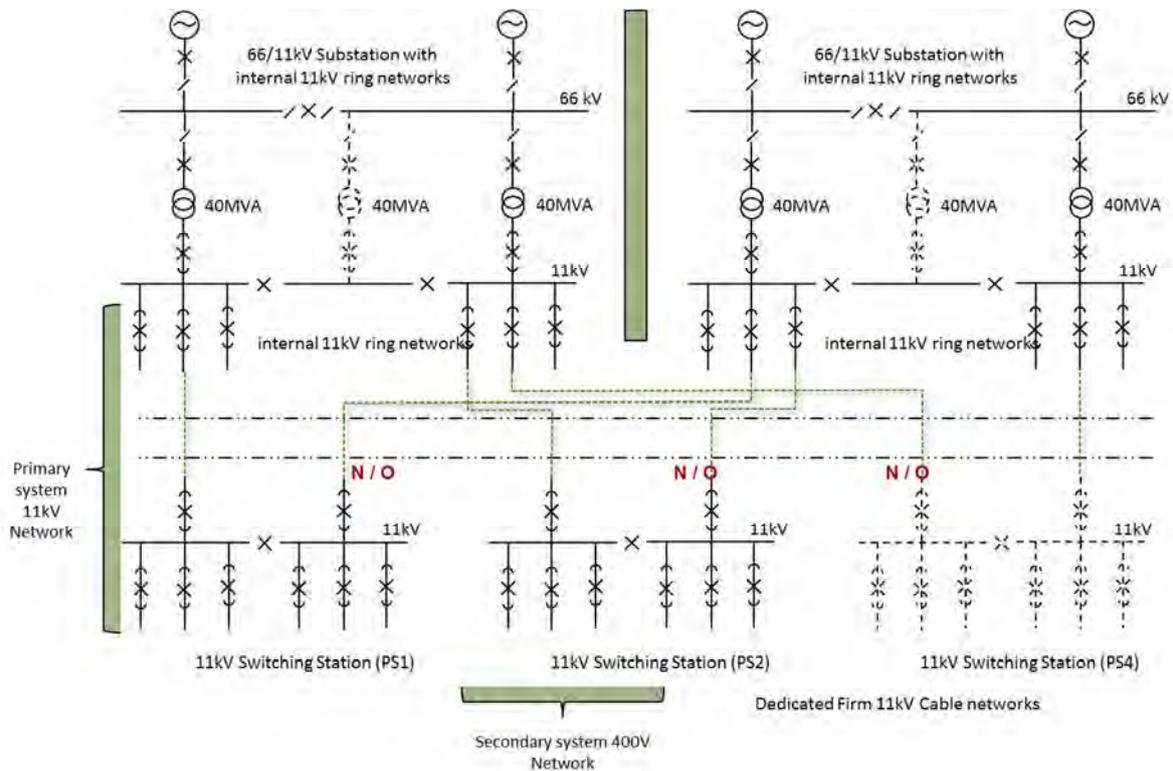
(6) 配電部門

Infulene 変電所から送り出される電力は 66 kV の地域供給送電線により Maputo 首都圏に立地する配電用変電所に送電され (図 3-2-2-1.1 EDM の系統構成と地域分類を参照)、配電用変電所で更に 11kV または 33kV に降圧される。降圧された電力は中圧配電線で需要地近傍に運ばれ、配電用変圧器で再び降圧されて 400 V の低压配電線で需要家に配電される。Maputo 首都圏におけるこれらの配電用変電所の変圧器、11 kV 及び 33 kV 配電線そして 400 V の低压配電線では、需要増に従い配電損失が増大している。さらに、Maputo 市と Marracuene District を管轄する Customer Service Center 所長の話では、資金不足で中圧配電線が十分建設されておらず、管轄内の何か所かで待機需要家が数万人単位で存在しているという現状もある。

図 1-1-2-4.1 Maputo11 kV 配電システム (一次系統) と図 1-2-2-4.2 Maputo11 kV 配電システム (二次系統) の基本的構成に示すように、66 kV/11 kV 変電所から出る複数の 11 kV フィーダーは一次フィーダーとしてそれぞれ 1 本のフィーダーが開閉所の母線に入り、母線の二次側から複数の 11kV フィーダーが出て 11kV/0.4kV の配電変圧器につながる。一次側の 11 kV フィーダーは環状を形成し複数の地点からの供給が可能であり、二次側の 11 kV フィーダーも同じように環状を形成しているため 66 kV / 11 kV 変電所の負荷の切り替えをいくつかのパターンで実施することができる。このような負荷マネジメントを前提として Maputo 市内の 66 kV / 11 kV 変電所では変圧器を 1 ユニットしか設置していない変電所がいくつかあるが、近年の負荷の増加により負荷を他の変電所に振り替えることで、変圧器を停止して定期点検などを行うことが難しくなり、世界銀行の Power Efficiency and Reliability Improvement Project (PERIP) の下で変圧器の増

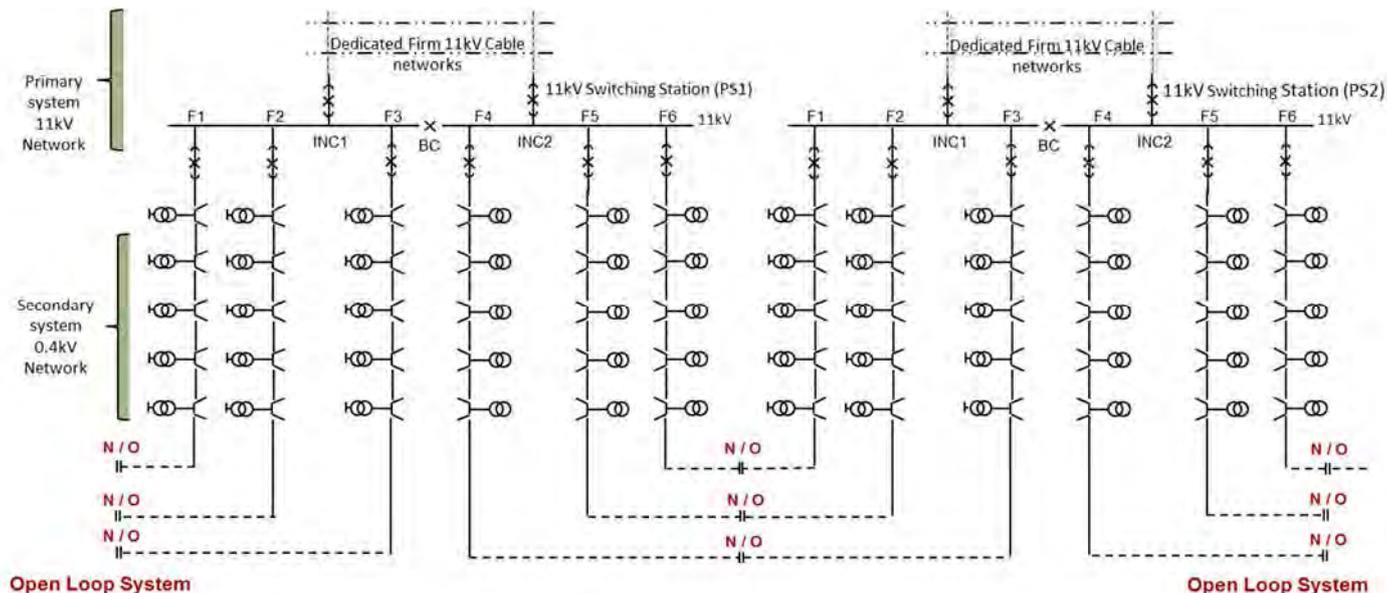
設が予定されている。

Maputo 市と Marracuene 県を管轄する Customer Service Center では、配電システムの単線結線図が整備され、工事に伴う図面の修正が常に実施されており、配電の新設や増設などの業務を行う Engineering 部門では必要な技術的検討と共に、図面や仕様書などの作成も行われている。Customer Service Center 所長によると配電変圧器の負荷マネジメントも実施しているとのことで、配電の維持管理にかかわる基本事項は踏襲出来ていると思われる。管轄エリア内の電化率は約 90% 程度であるが、Zimpeto から 10 km 程度離れた Boquisso では 3 万人程度の待機需要家がいる。33 kV 配電線が通過しているが、容量が不足して供給が行われていない。Maputo 市では同じように待機需要家が滞留している個所がいくつか観察される。所長によると、管轄する 12 か所の 66/11 kV, 33 kV 変電所の負荷状況は、ピーク時に 60% 程度のものから 80% そして過負荷になっている変圧器など様々あり、低圧配電変圧器も同じような状況である。変圧器の増強・更新と共に中圧配電線の建設が必要であるが、資金不足で新規建設が難しいとのことで、供給費用を回収できない低い電気料金など構造的課題がある。



[出所] EDM

図 1-1-2-4.1 Maputo 11kV 配電システム（一次系統）



[出所] EDM

図 1-1-2-4.2 Maputo 11kV 配電システム（二次系統）

(7) 構造的課題

電力事業は投資資金も含めた供給費用を電気料金で回収し、自分で事業を回してゆくべき商業的企業である。しかしアフリカの多くの国では電気料金が政策的に低く抑えられて供給費用を回収できない状況が多く、モザンビークではこの安い電気料金の問題が一つの重要な政策課題となっている。今回の Infulene 変電所 T2 変圧器を対象とした緊急改修事業も、本来的には必要に応じて自分で資金の手当てを行い、計画的に設備更新・増強をしてゆくべき課題だが、安い電気料金という構造的な問題で無償資金協力が必要とされている背景がある。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

モザンビークは日本の約 2 倍の国土と人口約 2 千 7 百万人を擁するインド洋に面した南部アフリカの国であり、15 世紀にはポルトガル人がヨーロッパ人として初めて到来し、17 世紀前半にはポルトガルの植民地となった。20 世紀に入ると反植民地運動が活発になり 1962 年に結成されたモザンビーク解放戦線による独立闘争を経てモザンビークが独立したのは 1975 年だった。しかし独立後すぐに内戦が勃発し内戦は 1992 年まで続いた。1992 年 12 月には国連により国連モザンビーク活動が設立され、2 年間の和平プロセスを経て 1994 年 10 月に複数政党制の下で総選挙が行われ現在に至っている。

平和の定着と天然ガスや石炭など豊富な資源を背景に、モザンビーク経済は 1990 年代後半から毎年 6% 前後の経済成長を始め、2000 年と 2001 年に続いた大規模な洪水被害からの復興を経て 2005 年以後は工業開発が始まった。首都 Maputo 南の Matola と石炭を産出する Tete 州では工業地帯の開発、Nampula 州の Mona などでは新規の鉱山開発、Inhanbane では天然ガス採掘と Cabo Delgado 沿岸での新規天然ガス資源の発見による経済活動の活性化、そして Nacala、Beira、Matola での更なる工業地帯の開発などが続いており、近年では毎年 7% から 8% の経済成長を達成して

いる。このためモザンビークは今後 10 年で最も高い経済成長が期待される国の一つとされている。

このように毎年高い経済成長率で拡大しているモザンビーク経済において、電力需要も同じように速いスピードで増加しており、年に 10%前後の増加率で需要が拡大している。しかし既存の送配変電システムは老朽化した送電線と機器が未だに使用されており、更に電力需要増に対する増強も必要となっているため、Maputo とその周辺地域における抑圧された電力需要も看過できない状況にある。

本無償資金協力対象の Infulene 変電所は首都 Maputo とその周辺に電力供給を行っている南部系統の中心の変電所である。本事業案件対象である既設の T2 変圧器は 1971 年に設置された古い機器であり、EDM は供給信頼度の低下から負荷を設備容量の 50%に制限しつつ使用している。このような背景からモザンビーク政府は Maputo 首都圏における電力安定供給を目的として本プロジェクトを日本政府に要請した。本プロジェクトでは緊急改修として、既存 T2 変圧器の更新・増強を行うとともに、T2 変圧器の増強に関わる一次側と二次側の T2 変圧器ベイの開閉設備の更新・増強も含めて調査対象とした。更にマプト首都圏近郊に位置する配電用変電所での使用を目的とした移動式変電所の調達を検討した。

1-3 我が国の援助動向

モザンビークはタンザニア、マラウイ、ザンビア、ジンバブエ、南アフリカ、スワジランドと国境を接し、特に内陸国であるマラウイ、ザンビア、ジンバブエにとって、海洋に通じる陸上運輸を確保するうえで重要な存在となっている。さらにモザンビークには地下資源が豊富に賦存しており、将来的に経済発展のポテンシャルの高い国として位置付けられている。Maputo、Beira そして Nacala という重要な出入り口である港及びこれら内陸国に至る回廊が存在し、且つ農業・資源開発の高いポテンシャルを背景に、モザンビークに対する支援は南部アフリカ地域全体を視野に入れた地域開発の課題として捉えられている。回廊としての機能整備のために港湾・道路・鉄道などのインフラ開発が一つの重点分野となっており、また高いポテンシャルを実現し雇用機会を創出するための経済インフラ整備も一つの重点分野となっている。本無償資金協力案件はこの経済インフラ整備の一環として位置付けられる。

このように高いポテンシャルをもつモザンビークであるが、UNDP の 2015 年人間開発指数では 188 カ国中 180 位と非常に低い位置にいる。その要因はマラウイなどの他のアフリカ低開発途上国と比べてもかなり低い平均余命と平均就学年数である。モザンビークの高いポテンシャルを実現するためには経済インフラ整備だけでは不可能であり、その経済インフラを活用し活発に経済活動を展開できる人材の能力開発が必要である。このため人間開発がもう一つの重点分野として位置づけられ、双方が車の両輪となってモザンビークのポテンシャルの向上を実現するとともに、後背地にある内陸国への回廊の機能を果たすことを意図している。

表 1-3.1 に電力セクターにおける我が国の過去実施協力事業実績を示す。

表 1-3.1 我が国の過去実施協力事業（電力セクター）実績

形態	案件名	実施年 (事業費：億円)	対象地域	事業概要
有償	マプト・ガス複合式火力 発電所整備計画	2013 年度 (172.69)	Maputo 市	(1) 新規ガス複合式火力発電所（発電容量 100 MW 相当）建設
無償	ナカラ回廊送変電網 緊急改修計画	2015 年 (20.12)	Nampula 州	(1) 110/33 kV Namiaro 変電所（設備容量 40 MVA）建設 (2) 110 kV 送電鉄塔建設 (3) 33 kV 鉄塔建設
技協	電力マスタープラン 策定プロジェクト	2016 年 (**.***)	全国	(1) 電源開発計画、送電系統計画、配電開 発計画を含む 25 年間の包括的な電力 開発マスタープランの策定 (2) モザンビーク国カウンターパートに対 する、発電、送電、配電を含む計画策 定手法に係る技術の移転

[出所] 準備調査団作成

1-4 他ドナーの援助動向

南部系統の緊急改修事業として3つのプロジェクトパッケージ、即ち①世界銀行による Power Efficiency and Reliability Improvement Project (PERIP)、②ノルウェー政府・ドイツ復興金融公庫 (Kreditanstalt für Wiederaufbau : KfW)・ヨーロッパ投資銀行 (European Investment Bank : EIB) による Short Term Investment Program (STIP) Project、そして③アフリカ開発銀行による Urgent Project の実施準備が進められている。

(1) Power Efficiency and Reliability Improvement Project (PERIP) の動向

EDM によると世界銀行の PERIP は無償で行われる。2017 年 5 月、6 月に Appraisal Mission が行われ、同年 7 月末には Grant Agreement (GA) を結ぶ計画である。南部系統を対象とした計画としては、① Infulene 変電所下流の 66 kV 送電線の既存送電容量を 38 MVA または 50 MVA から 120 MVA へ増強する計画 (Reinforcement of Maputo City Transmission Network)、② Maputo 市内にある変圧器が 1 基しかない配電用変電所に変圧器を増設する計画 (Redundancy in EDM Substations) がある。両コンポーネントともコンサルタント契約は 2017 年 3 月に締結済みで、2018 年 3 月に着工し 2020 年 3 月に完工予定である。

(2) Short Term Investment Program (STIP) の動向

STIP Project はノルウェーと KfW それぞれによる 10 億円程度の無償ポーション、EIB による 26 億円程度の借款ポーションから構成されている。KfW の無償ポーションは既に GA が署名され、ノルウェーの無償も GA が合意されコンサルタント契約のモザンビーク側手続き中で、2017 年 5 月末に契約締結見込みである。EIB の借款ポーションは 2017 年 9 月に締結される見込みである。

南部系統について STIP プロジェクトは以下の 4 つのコンポーネントから構成されており、それぞれの計画・実施予定は下記のとおりである。

- ① **Rehabilitation of Infulene Substation:** 66kV 全フィーダーの開閉器と保護装置及び変電所全体の SCADA・制御装置の改修を行う。2018年6月に業者契約締結、2020年6月に完工の見込み。
- ② **Rehabilitation of CTM Substation :** 故障している 66 kV と 33 kV パネルの改修。業者契約締結済みで現在モザンビーク政府内の手続き実行中である。2017年6月に着工、2019年6月に完工見込み。
- ③ **New Transformer for Matola Gare Substation :** 40MVA、66/33kV 変圧器 1 基の設置。2018年6月業者契約締結、2020年6月完工見込み。
- ④ **Transformer for SE9 :** 40MVA、66/33kV 変圧器 1 基の設置。2018年6月コントラクター契約締結、2020年6月完工見込み。

(3) Urgent Project の動向

2016年12月に AfDB の予備審査ミッションが行われ、2017年7月頃に審査ミッションが行われる予定である。EDM としては住民移転が伴う送配電プロジェクトではなく、変圧器改修等の変電所を対象としたコンポーネントを要請する予定であり、下記コンポーネント内容の検討を進めている。

- ① **Additional Transformer : Supply, Installation, and Commissioning of additional transformer of Boane**
- ② **New Transformer to Matola 275 kV Substation : Supply, Installation, and Commissioning of two transformers of 160MVA, 275/66kV to Matola 275 kV substation**

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

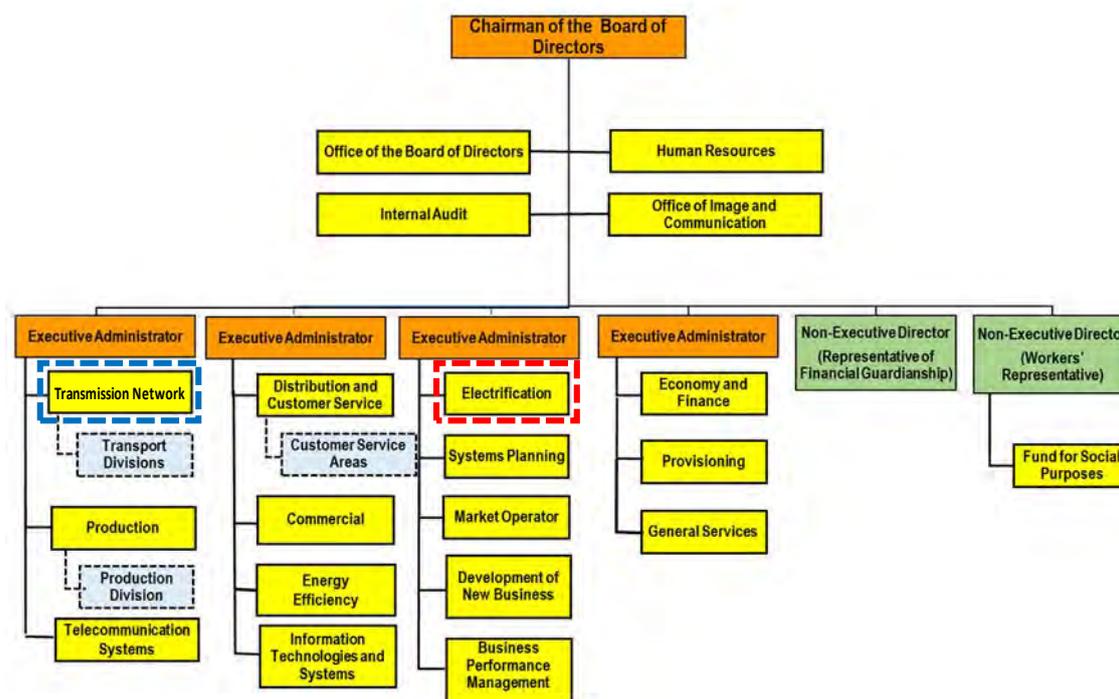
第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

(1) モザンビーク電力公社（EDM）の組織図

EDM は現在組織改革の途上であり、新組織はまだ承認されておらず公開されていない。旧組織図は図 2-1-1.1 EDM の組織図に示す通りである。



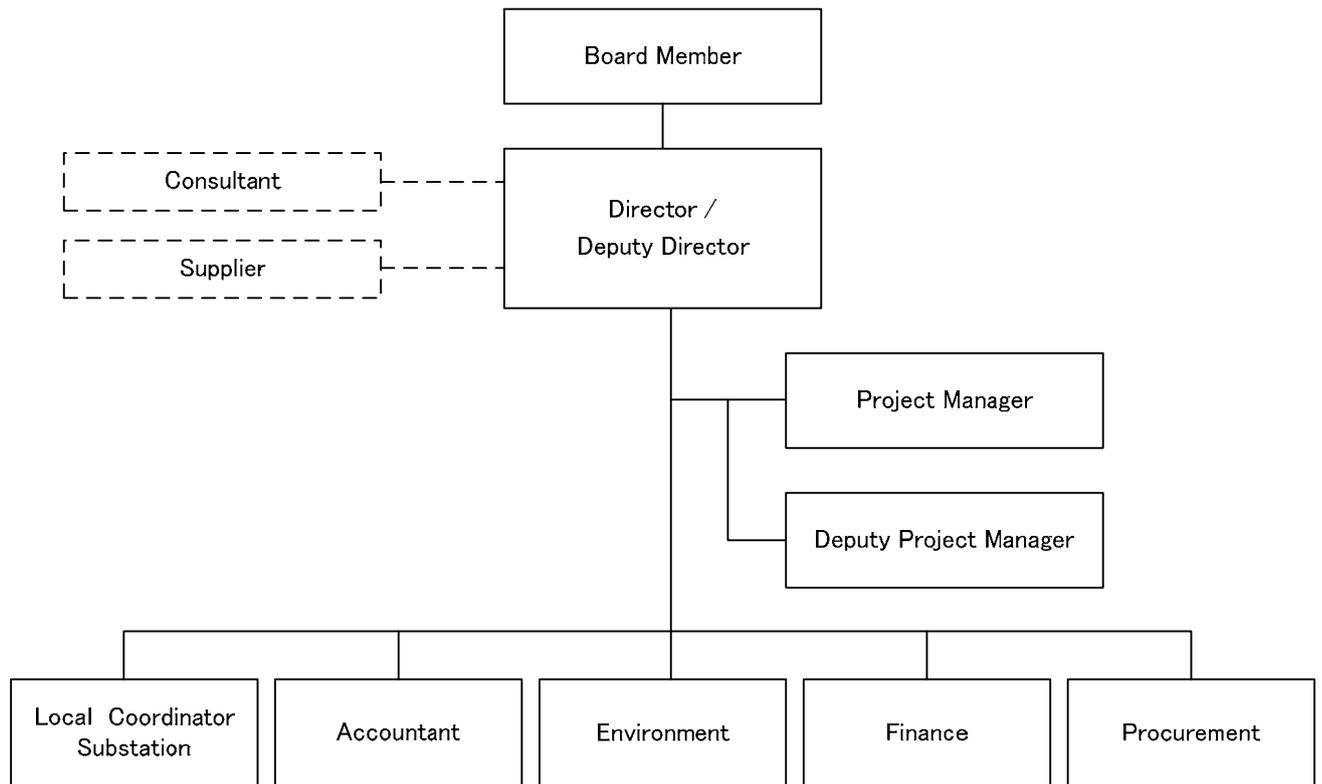
備考：  : 担当部署・  : 運用・維持管理部署

[出所] EDM

図 2-1-1.1 EDM の組織図（2016 年 12 月時点）

(2) 実施体制

本プロジェクトの実施を担当する部署は Electrification and Project Directorate で図 2-1-1.1 にて「Electrification」で示している。図 2-1-1.2 プロジェクト実施体制に示すとおり、当該部署の Director と Deputy Director がこのプロジェクトの実施を統括する。日本側（請負業者及びコンサルタント）の窓口となり、日々の業務を監理するのは Project Manager である。Local Coordinator には Infulene 変電所所長が任命された。

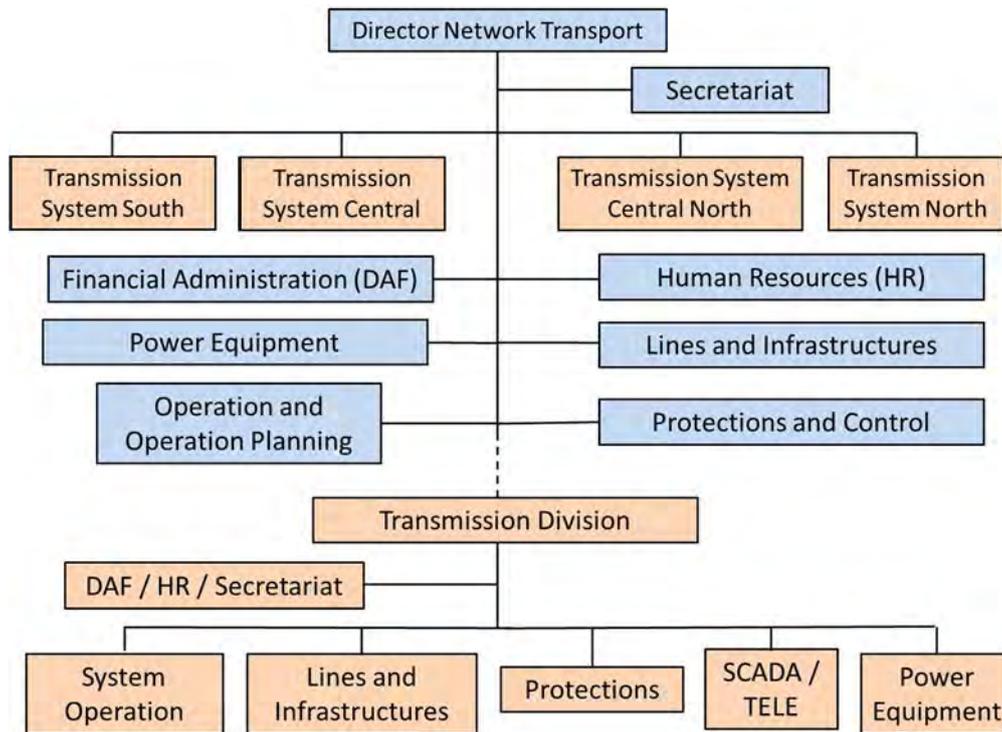


[出所] EDM との協議に基づき準備調査団作成

図 2-1-1.2 EDM 側のプロジェクト実施体制

(3) 送変電部門の組織図

本プロジェクト完了後に運用・維持管理を担う送変電部門を図 2-1-1.1 において「Transmission Network」として示す。同部署の組織図を図 2-1-1.3 に示す。新しい組織では Director Transmission Network の下に Deputy を設けることが提案されている。図 2-1-1.3 に青色で示す組織が本部機能で、桃色で示す組織が南部、中部、中北部そして北部の Division である。本部、Division 共に基本的に同じ構造をしており、Division は本部に報告義務を負いそれぞれ管轄下の設備運用と保守管理を行う。本部は Division で対応できない技術的課題に対するサポートを主な役割としており、運転 (Operation)、設備 (Equipment)、保護 (Protection)、送電線 (Transmission Line)、そして管理/人的資源 (Administration and Human Resource) の責任者をメンバーとした Cabinet と呼ばれる組織があり、将来計画を含めた検討を行っている。



[出所] EDM

図 2-1-1.3 送変電部門の組織図 (2016 年 12 月時点)

(4) 人員

表 2-1-1.1 に送変電部門の現在の人員を示す。また、表 2-1-1.2 に 2016 年度末時点での同部門の目標人員を示す。モザンビークの公式な年度は 1 月から 12 月までであるため、2016 年 12 月時点で表 2-1-1.2 の示す人員が確保されているべきであるが、計画どおりの人員確保は進んでいない。

表 2-1-1.1 EDM 送変電部門の人員 (2016 年 12 月時点)

Region	Engineer	Technician middle class	Technician basic class	Artisans	Human resources	Finance and administrative support	Total
Head office	17	4	0	0	2	5	28
South	9	122	18	10	2	14	175
Central	5	48	14	7	2	12	88
Central north	4	37	22	1	2	15	81
North	3	77	10	0	2	12	104
Total	38	288	64	18	10	58	476

[出所] EDM 提供の送変電部門 KPI 資料に基づき準備調査団作成

表 2-1-1.2 2016 年度の送変電部の目標人員

Region	No. of personnel
Head office	32
South	266
Central	145
Central north	136
North	171
Total	750

[出所] EDM 資料に基づき準備調査団作成

2-1-2 財政・予算

表 2-1-2.1 に EDM の 2014 年と 2015 年の損益計算書を示す。この表から 2015 年の総収入は 2014 年の約 1.5 倍になっているが、電力購入・発電費用は約 2.6 倍となった結果、Gross Margin は 2015 年に微減している。

2015 年の総売電量は 6,085 GWh で 2014 年の 4,962 GWh と比べて 23% の増加となったが、電力購入・発電費用が大幅に増加したため、Gross Margin は 2015 年に微減となった。この要因としては①Cahora Bassa 水力発電所よりも高価な IPP が新たに参入して供給を始めたこと、②Matora 変電所 2 基の変圧器事故により、ディーゼル発電を炊き増したことによる燃料代などが原因としている。このような現状に対して、2015 年から 2019 年までの EDM Corporate Business Plan では、戦略的柱の一つとして供給費用回収を基本とした財務基盤強化と事業の収益性強化を挙げている。更に電気料金の改定などによる供給費用回収が戦略目的の最優先課題に挙げられ、2019 年段階での電気料金を kWh 当たり 15.4 MZN、これに対する平均供給費用を 14.0 MZN という目標を掲げている。

既存設備の維持管理のための予算は、技術部門と EDM 理事会との間で結ばれる Management Agreement により配置されている。送変電部門の 2016 年度の Management Agreement によると、予算は南部・中部・中北部・北部の下部組織ごとに年間予算が配分されている。加えて、送電量・送電損失、SAIDI・SAIFI・停電事故回数などの KPI を設定して年度目標としている。自己資金で実施する改修工事がそれぞれの予算と共に 30 件リスト化されており、1 件当たりの最小額は 50 万 MZN から最大額は 4500 万 MZN で、総額は 1 億 9 千 4 百万 MZN の予算が組まれているが、16 年度終了間際時点で全ての工事の発注を完了している。

表 2-1-2.1 EDM 2014 年と 2015 年の損益計算書

Unit: Thousand MZN

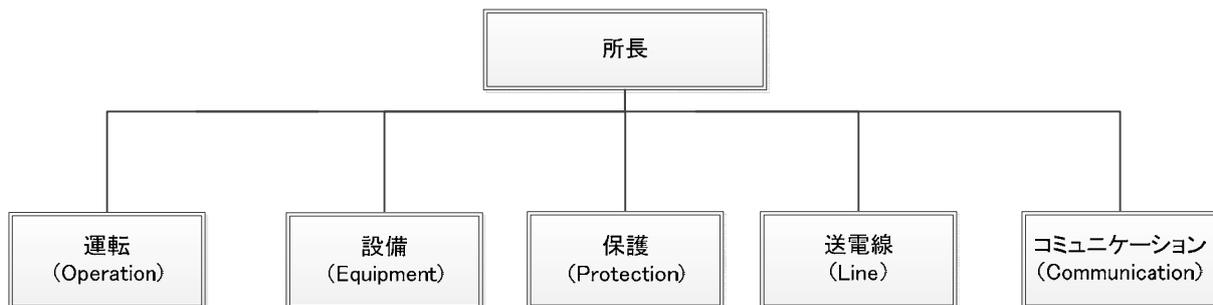
項目	2015	2014	A/B
	A	B	
Total Revenue (総売り上げ) ①	16,348,820	10,739,768	1.5
Expenditures to Purchase and Produce Electricity (電力購入・発電費用) ②	9,810,415	3,792,157	2.6
Gross Margin (粗利益) ③ = ① - ②	6,538,405	6,947,611	0.9
Operating Expenses including Depreciation and Amortization (給与、減価償却費などの総営業費用) ④	8,121,834	6,846,390	1.2
Operational Results (営業損益) ⑤ = ③ - ④	-1,583,429	101,221	-15.6
Financial Income (受け取り利子や為替差益などの財務収益) ⑥	2,327,393	425,519	5.5
Financial Expenses (支払利子や為替差損などの財務費用) ⑦	3,459,102	598,592	5.8
Net Income before Taxation (税引き前純利益) ⑧ = ⑤ + ⑥ - ⑦	-2,715,137	-71,852	37.8
Income Tax (所得税) ⑨(注)	769,800	10,678	72.1
Net Income for the Year (純利益) ⑩ = ⑧ + ⑨	-1,945,338	-61,174	31.8

(注) 所得税はマイナスの所得税(補助金)となっている。

[出所] EDM Financial Statement 提供の資料に基づき準備調査団作成

2-1-3 技術水準

図 2-1-3.1 に Infulene 変電所運用に係る組織体制図を示す。所長が総責任者となり、その下に 5 班が位置付けられている。各班の主な業務を表 2-1-3.1 に示す。



[出所] EDM との協議に基づき準備調査団作成

図 2-1-3.1 Infulene 変電所の運転維持管理図

表 2-1-3.1 Infulene 変電所各班の業務内容

名称	業務内容
運転 (Operation)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 各変圧器負荷のモニター管理。 ➤ 給電制御指令所の指示に基づき接続母線の変更等の操作実行。
設備 (Equipment)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 設備台帳（変圧器、遮断器、断路器）更新。 ➤ 機材リスト管理。
保護 (Protection)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 保護継電、制御システムの調整。
送電線 (Transmission line)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既設送電線（変電所外）のパトロール及び定期点検の実施。
コミュニケーション (Communication)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 通信設備（SCADA システム）の保守管理。

[出所] EDM との協議に基づき準備調査団作成

実施機関である EDM は全国の変電所及び送配電網の計画建設・運転・維持管理を行っている。学歴別に大学以上の卒業者はエンジニアとして系統計画、設備設計、運営維持管理計画の分野に配置されている。また、専門学校卒は Technician として実際の設備の保守、維持管理、運転補助の分野に配置されている。一般教育を修了した人材は Basic technician として EDM の技術研修所で研修を受けて Technician の予備群となっている。

各変電所の入り口には基本的な安全意識を喚起するための絵入りの安全看板等を設置しその意識の維持向上に努めている。実際に各電力公社職員の安全に対する意識も高い。また、外部からの訪問者についても、その安全ルールを遵守させており完全に遵守されている。従って、技術を含めた、維持管理体制が整っていることが伺える。

更に、電気機器の停止を伴う、どんな軽微な機器の点検作業においても必ず「検電」「接地線取り付け」が実施励行された後に作業を開始しており、制御盤等の細かな改修作業時においても充停電場所を区分けし、充電部は誤って触れても問題ないよう養生しながら実施していた。このような取り組みをしているということはその回路の特性等を熟知しているからであり技術水準は比較的高いと判断する。

また、絶縁油の採取分析や負荷時タップ切換装置等の維持管理も既設変圧器に対して実施されており、本プロジェクトで据付する T2 変圧器についても導入当初の初期操作指導・運用指導の実施により十分維持管理がなされるものと考えられる。

2-1-4 既存設備・機材

(1) Infulene 変電所の概観

EDM は 1972 年に 275 kV 変電設備を有する超高压変電所として Infulene 変電所の運用を開始した。その後、110 kV 設備の増設や T1 変圧器を更新しながら発展を続けており、現在は T4 変圧器が更新作業中である。表 2-1-4.1 に現在の Infulene 変電所の変圧器構成を示す。また、表 2-1-4.2 は 2015 年の Infulene 変電所各変圧器の月間ピーク負荷を示している。

表 2-1-4.1 Infulene 変電所の変圧器構成

名称	電圧 (kV)	容量 (MVA)	備考
T1	275/66/11	250	稼働中。2013 年に更新
T2	275/66	66	稼働中、但し負荷を約 50%に制限。 本プロジェクト更新対象
T3	275/66	120	稼働中。
TR4	275/110	(250)	停止中。(更新作業中)
TR5	110/66	30	稼働中。
TR6	110/66	30	稼働中。
合計設備容量		496	—

[出所] EDM 資料に基づき準備調査団作成

表 2-1-4.2 2015 年における Infulene 変電所各変圧器の運用状況

月	T1 transformer (250 MVA)		T2 transformer (66 MVA)		T3 transformer (120 MVA)		TR4 transformer (50MVA)		TR5 transformer (30MVA)		TR6 transformer (30 MVA)	
	ピーク負荷 (MVA)	利用率 (%)	ピーク負荷 (MVA)	利用率 (%)	ピーク負荷 (MVA)	利用率 (%)	ピーク負荷 (MVA)	利用率 (%)	ピーク負荷 (MVA)	利用率 (%)	ピーク負荷 (MVA)	利用率 (%)
1月	181.4	72.6	*	N.A.	100.1	83.4	53.3	106.6	*	N.A.	11.2	37.2
2月	183.9	73.6	*	N.A.	103.3	86.1	52.8	105.6	*	N.A.	27.2	90.7
3月	194.5	77.8	*	N.A.	116.2	96.8	54.2	108.4	*	N.A.	27.0	90.0
4月	205.1	82.0	*	N.A.	115.2	96.0	51.6	103.2	*	N.A.	24.1	80.3
5月	267.6	107.0	*	N.A.	119.8	99.8	51.6	103.2	*	N.A.	25.0	83.3
6月	186.9	74.8	*	N.A.	117.8	98.2	49.4	98.8	*	N.A.	32.1	107.0
7月	181.6	72.6	*	N.A.	114.3	95.3	51.6	103.2	*	N.A.	27.6	92.0
8月	167.6	67.0	*	N.A.	117.4	97.8	52.1	104.2	*	N.A.	30.5	101.6
9月	201.0	80.4	*	N.A.	118.1	98.4	54.3	108.6	*	N.A.	26.7	89.0
10月	252.3	100.9	*	N.A.	123.5	102.9	50.5	101.0	*	N.A.	24.3	81.0
11月	268.8	107.5	39.0	59.1	126.2	105.2	51.3	102.6	*	N.A.	20.1	67.0
12月	263.0	105.2	37.1	56.2	132.0	110.0	50.9	101.8	*	N.A.	25.8	86.0
平均	212.8	85.1	38.1	57.7	117.0	97.5	52.0	103.9		N.A.	25.1	83.8

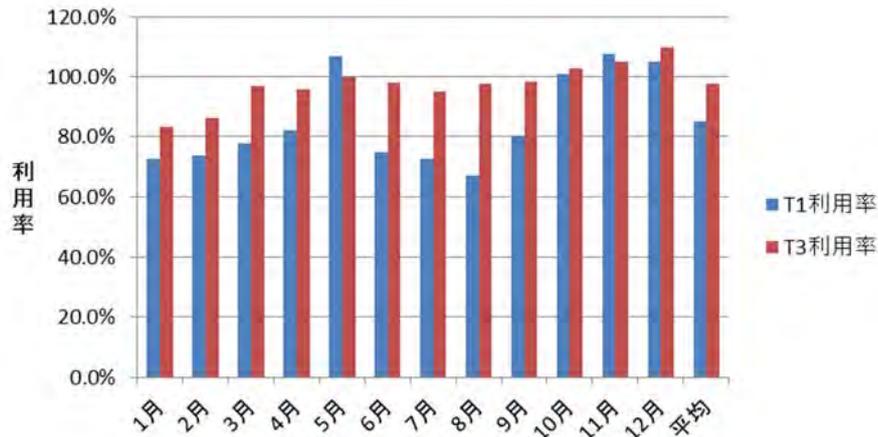
備考：*は故障中を示している。

[出所] EDM の資料に基づき調査団作成

T1 変圧器から TR6 変圧器までのうち、本プロジェクト対象地である Maputo 地域へ電力供給を行っている主な変圧器は T1 変圧器¹から T3 変圧器である。しかし、T2 変圧器はその老朽化の影響から負荷を約 50%に制限された上で、Infulene 変電所—CTM 変電所間を直接 66 kV 送電線で接続されており、実質的に遊休設備となっている。

一方、Infulene 変電所は電力系統上、基幹系統変電所として Maputo 変電所、Matola 変電所と並び重要な役割を担っている。Maputo 首都圏への電力供給は 66 kV 送電線にて行われており、275/66 kV 変圧器は現在 T1 変圧器と T3 変圧器が担っている。図 2-1-4.1 に T1 変圧器と T3 変圧器の利用率を示す。T1 変圧器の容量利用率をみると、5 月、11 月、12 月の月間ピーク時に過負荷運転となっている。T3 変圧器は 10 月から 12 月にかけて過負荷を行っており、他の月も容量利用率が 100%に近い状態で運用が行われている。

¹ T1 変圧器 (250 MVA) は 2013 年にポルトガルの資金で更新・増強された。



[出所] 準備調査団作成

図 2-1-4.1 T1 変圧器と T3 変圧器の利用率 (2015 年)

(2) Infulene 変電所の設備状況

設備構成上は新旧の設備が混在しており、T1 変圧器は 2013 年に更新されたが、その一方で、本プロジェクト対象である T2 変圧器は製作が 1971 年であり、既に 46 年が経過している。その他の変圧器も製作から 26~33 年が経過している。開閉設備も老朽化が進んでおり、66 kV 遮断器は油遮断器からガス遮断器への取り換えが徐々に進んでいるが、断路器の取り換えは進んでいない。

各機器の制御は CTM 変電所にある中央制御指令所からの遠隔制御が行われている。Infulene 変電所では T1 変圧器が 250 MVA に更新された 2013 年に CPU を用いた集中監視方式を導入した。しかし、旧式の断路器は遠方操作に対応していないため、EDM は手動操作で対応している。従って、Infulene 変電所においては省力化及び安全面の双方から、全般的に早期の機器更新が望まれる状況にある。

制御・保護継電器盤設備は各主要設備の近傍に盤を収納するための小規模な建物を分散配置している。各盤については一部に古いタイプが残っているが、ほぼデジタル化されており、設備機能維持管理も空調設備を設けて適切に行われている。

2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

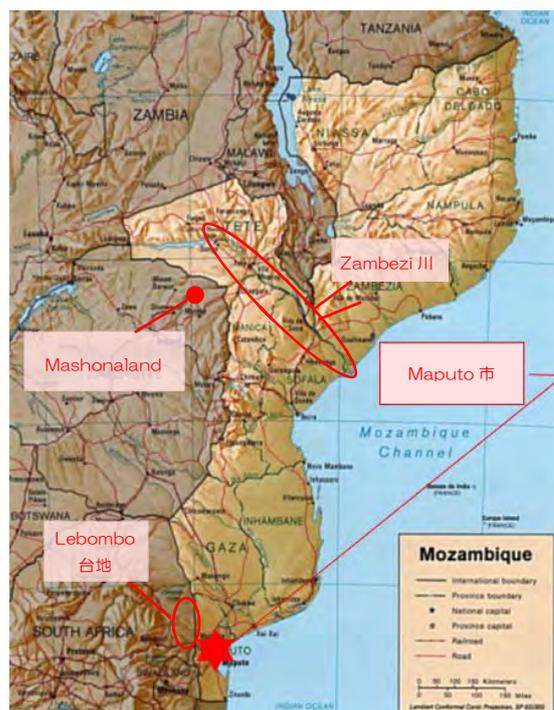
モザンビークへの海上輸送資機材は、天然の良港である Maputo 港で荷揚げする。Maputo 港は大型の荷揚設備が整っており、本計画の貨物の陸揚げに支障は無い。輸送については別途道路公社 (National Road Administration : ANE) への許可申請が必要となる。ローカル輸送業者が申請するものであり、日本側工事の所掌との扱いとなる。Maputo 港から Infulene 変電所までは舗装道路が整備されており、変電所周辺には地域住民の生活区域が含まれるが、重量物を運搬する深夜は特段の問題はない。

2-2-2 自然条件

2-2-2-1 位置及び地形

モザンビークは、アフリカ大陸南東の海沿いに位置し、国土は Zambezi 川によって地勢上二つの地域に分かれる。Zambezi 川の北では、なだらかな海岸線が内陸部に入って丘陵や低い台地となり、さらに西に進むと高原となる。Zambezi 川の南では、低地は広く、Mashonaland 台地と Lebombo 山地が深南部に存在する。

本プロジェクト対象地が位置する Maputo 市は、モザンビークの南端に位置し、Maputo 湾の西側、Tembe 川の河口に位置する（図 2-2-2-1.1 参照）。Maputo 市の面積は 346.8 km²、人口は約 2.88 百万人（2015 年：INE/モザンビーク統計局推計人口）。



[出所] <http://www.lib.utexas.edu> に基づき準備調査団作成

図 2-2-2-1.1 モザンビーク地形図

2-2-2-2 地質

モザンビークは、北東部の地層が南北方向に傾いたモザンビーク帯と東西方向に傾いたザンベジ帯間の分岐合流点に位置し、新原生代（約 8～5 億年前）の造山帯である。Maputo 市は、第三紀砂岩層を第四紀砂層が覆う地層構造となっている。

Infulene 変電所における地盤地質調査の結果、現状地盤面から-3.0 m までは、細粒子シルトの沖積層であり、-3.0 m から-19.0 m までは、第四紀細粒子シルトの洪積層である。

2-2-2-3 気候

モザンビークの気候は、ケッペン気候区分における熱帯、乾燥帯、温帯に分かれ、Maputo 市は、熱帯サバンナ気候であり、5 月から 9 月までは平均気温が 20 °C 以下まで下がり、比較的しのぎやすい気候であるものの、過去最高気温 42°C、最低気温-2 °C を記録している。

雨期は、10 月から 3 月までであり、Maputo 市の年間平均降雨量は 770 mm、年間最大降雨量は 1,450 mm であり、1 月が最も降雨量の多い時期である。

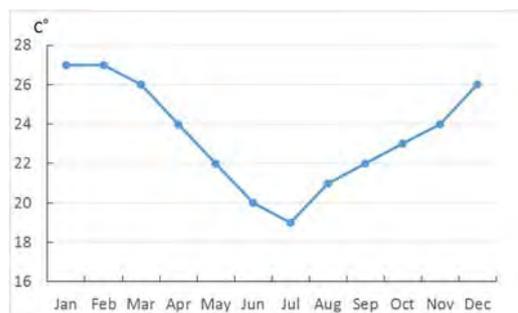
以下に Maputo 市の気温（表 2-2-2-3.1 及び図 2-2-2-3.1）、最高気温（表 2-2-2-3.2 及び図 2-2-2-3.2）、最低気温（表 2-2-2-3.3 及び図 2-2-2-3.3）、降雨量（表 2-2-2-3.4 及び図 2-2-2-3.4）、最大降雨量（表 2-2-2-3.5 及び図 2-2-2-3.5）及び風速（表 2-2-2-3.6 及び図 2-2-2-3.6）の図表を示す。

表 2-2-2-3.1 Maputo 市の平均気温（平年値）

単位：℃

月	平均気温	月	平均気温
1月	27.0	7月	19.0
2月	27.0	8月	21.0
3月	26.0	9月	22.0
4月	24.0	10月	23.0
5月	22.0	11月	24.0
6月	20.0	12月	26.0
		平均	23.4

[出所] weatherbase.com



[出所] weatherbase.com に基づき準備調査団作成

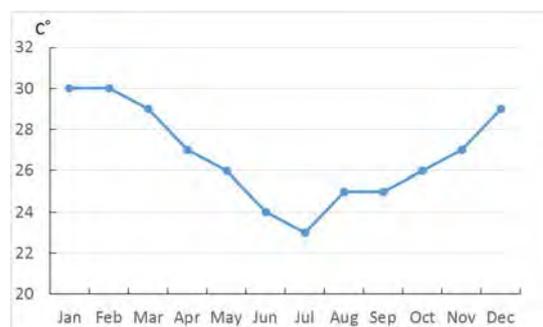
図 2-2-2-3.1 Maputo 市の平均気温（平年値）

表 2-2-2-3.2 Maputo 市の平均最高気温（平年値）

単位：℃

月	最高気温	月	最高気温
1月	30.0	7月	23.0
2月	30.0	8月	25.0
3月	29.0	9月	25.0
4月	27.0	10月	26.0
5月	26.0	11月	27.0
6月	24.0	12月	29.0
		平均	26.8

[出所] weatherbase.com



[出所] weatherbase.com に基づき準備調査団作成

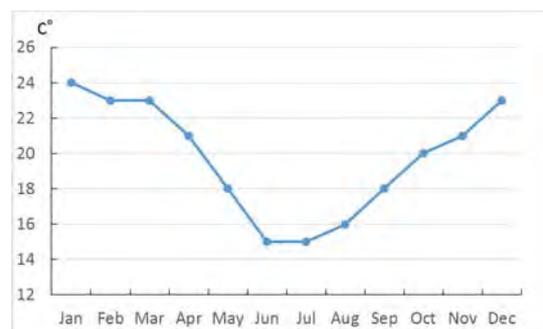
図 2-2-2-3.2 Maputo 市の平均最高気温（平年値）

表 2-2-2-3.3 Maputo 市の平均最低気温（平年値）

単位：℃

月	最低気温	月	最低気温
1月	24.0	7月	15.0
2月	23.0	8月	16.0
3月	23.0	9月	18.0
4月	21.0	10月	20.0
5月	18.0	11月	21.0
6月	15.0	12月	23.0
		平均	19.8

[出所] weatherbase.com



[出所] weatherbase.com に基づき準備調査団作成

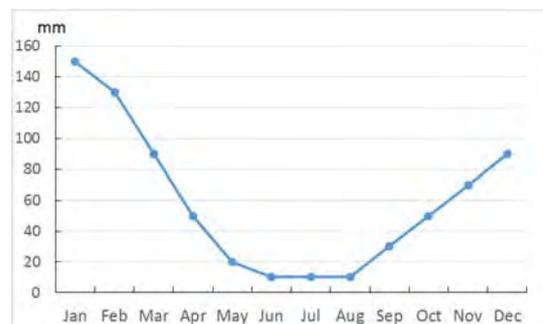
図 2-2-2-3.3 Maputo 市の平均最低気温（平年値）

表 2-2-2-3.4 Maputo 市の降雨量（平年値）

単位：mm

月	降雨量	月	降雨量
1月	150.0	7月	10.0
2月	130.0	8月	10.0
3月	90.0	9月	30.0
4月	5.0	10月	50.0
5月	20.0	11月	70.0
6月	10.0	12月	90.0
		年間	770.0

[出所] weatherbase.com



[出所] weatherbase.com に基づき準備調査団作成

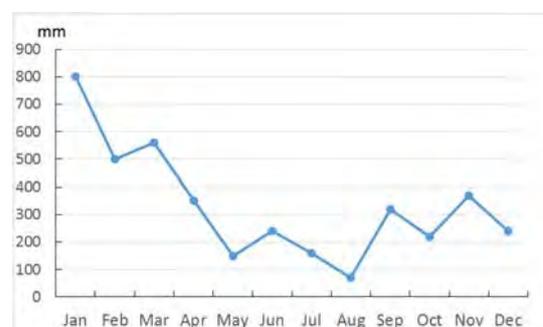
図 2-2-2-3.4 Maputo 市の降雨量（平年値）

表 2-2-2-3.5 Maputo 市の最大降雨量（平年値）

単位：mm

月	降雨量	月	降雨量
1月	800.0	7月	160.0
2月	500.0	8月	70.0
3月	560.0	9月	320.0
4月	350.0	10月	220.0
5月	150.0	11月	370.0
6月	240.0	12月	240.0
		年間	1,450.0

[出所] weatherbase.com



[出所] weatherbase.com に基づき準備調査団作成

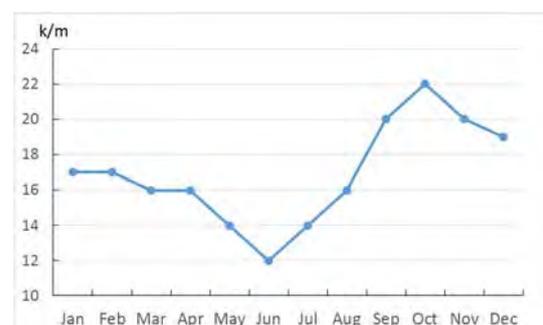
図 2-2-2-3.5 Maputo 市の最大降雨量（平年値）

表 2-2-2-3.6 Maputo 市の平均風速（平年値）

単位：km/h (m/s)

月	風速	月	風速
1月	17.0 (4.7)	7月	14.0 (3.9)
2月	17.0 (4.7)	8月	16.0 (4.4)
3月	16.0 (4.4)	9月	20.0 (5.6)
4月	16.0 (4.4)	10月	22.0 (6.1)
5月	14.0 (3.9)	11月	20.0 (5.6)
6月	12.0 (3.3)	12月	19.0 (5.3)
		平均	16.9 (4.7)

[出所] weatherbase.com



[出所] weatherbase.com に基づき準備調査団作成

図 2-2-2-3.6 Maputo 市の平均風速（平年値）

2-2-3 免税手続き等

(1) 地方電化プロジェクトの扱い

経済財務省（Ministry of Economy and Finance）により当該プロジェクトが地方電化プロジェク

トの扱いになると、役務分の VAT が減免される。通常 EDM は毎年 10 月頃に次年度実施予定のプロジェクトリストを作成し、経済財務省に地方電化プロジェクト扱いの申請を行う。承認には平均で約 1 か月を必要とし、承認されると VAT の税率 17% を適用する価格 (Tax Base) が役務分について 60% 減額される。EDM の Project Manager (PM) によると、本プロジェクトは Maputo 周辺地域の電化にも貢献することになるため、地方電化プロジェクト扱いとすることができる。

(2) VAT 還付

本プロジェクトはモザンビーク国経済財務省によって「地方電化プロジェクト」の扱いとなることにより役務分の VAT が 60% 減免される。本プロジェクトは無償資金協力による実施のため、資機材調達分の VAT と役務分残りの 40% の VAT も免除される必要があり、次の手順で還付される。①請負業者はサブコントラクターに VAT を含んだ請求額を支払う、②サブコントラクターへの支払い後、請負業者はサブコントラクターに支払った VAT を含んだ Invoice の領収書を添付して Debit Note を作成する、③請負業者はこの Debit Note を EDM の PM (図 2-1-1.2 参照) に提出する、④PM は内容を確認し、問題がなければ EDM 財務部に支払いを要請する。

Debit Note を作成し請求する目的は、無償資金協力においてモザンビーク国内では請負業者と EDM 間で Invoice による請求行為がないため、請負業者がサブコントラクターに VAT を含む Invoice に対して支払った金額のうち、VAT 分を Debit Note として EDM に請求するためである。モザンビークの法律では、国内における全ての請求行為は VAT を賦課する必要があるが、請負業者の EDM に対する VAT 還付請求は通常の請求行為ではないため、Invoice ではなく Debit Note を使う。

(3) 輸入関税の免除

本無償資金協力案件などの政府開発援関連で輸入される資機材に対する関税は免除される。

(4) 法人税・所得税

法人税・所得税について EDM 財務部と協議を行い、上記 Debit Note を使ったやり方による還付の可能性があるとのことだったが、EDM は実際に行った経験を有していない。

2-2-4 環境社会配慮

本プロジェクトの実施を担当する Electrification and Project Directorate の Deputy Director と協議を行い、本プロジェクトは既設の Infulene 変電所敷地内で行われるため、工事に先立っての環境許可の取得は不要である旨確認した。

2-3 その他

2-3-1 上位計画との関連

2014 年に発表された長期計画「国家開発計画 (Estrategia Nacional de Desenvolvimento) 2015 ~ 2035 年」では、大型投資を中心とした従来のマクロ経済路線を踏襲し、天然ガスを含む採取産業を筆頭に、農業、漁業、製造業、そして観光業を重点とした工業化を通じ、経済構造を変革す

ることを目標に挙げている²。また EDM CEO の発言からモザンビークのエネルギー電力開発の方針は以下の 6 点のとおり概観される。

- ① 2030 年までに on-grid と off-grid の手法による Universal Access の達成。
- ② 隣接 6 カ国を含む周辺 10 か国（タンザニア、マラウイ、ザンビア、ジンバブエ、南アフリカ、スワジランド、ボツワナ、ナミビア、アンゴラ、コンゴ民主共和国）への電力輸出を視野に入れた電源開発。
- ③ 2019～2020 年を目途とした効率的な電気料金と EDM 事業運営の達成。
- ④ 電気料金の審査・認可など電力セクター全体の規制（Regulation）を行う電力規制委員会設立法案の 2017 年中を目途とした国会への提出。
- ⑤ 地方電化事業を政府事業とするべく EDM 事業からの切り離し。
- ⑥ 電力事業の効率性を高めて電力マーケットを開発することによる将来的な発送配電分離。

本プロジェクトはマクロ経済路線の前提として必要な経済インフラ整備に大きく寄与すると共に、Maputo 首都圏を中心とした電力の安定供給に貢献をすることで、毎年 30 万人が労働市場に新規参入すると言われる労働市場³において、雇用機会の創出に貢献する。更に Maputo 地域の電力安定供給に貢献することで、EDM のプロフィットセンターとしての Maputo 地域での電力売電量と設備利用率の増加に貢献することで、EDM 事業運営の効率化に寄与する。

2-3-2 モザンビーク側への提言

電力事業は投資も含めた事業運営を自律的に継続できる商業的事业である。この点でモザンビーク電力分野には下記に述べる課題があると観察された。

(1) 計画業務の組織的实施体制の必要性

電力事業は他の産業と異なり一つの電力システムを介して生産と消費が同時同量行われる非常にユニークな産業であり、設備形成には長い時間と大きな資金が必要とされる。このため需要想定から始まり、系統解析、最低費用に従った中長期的電力系統開発計画（マスタープランニング）、優先順位の高い開発計画の抽出と実施可能性調査の実施、そして資金の確保と計画の実施にいたる開発業務を効果的・効率的に実施することは電力事業にとり重要な課題である。この過程で系統解析、マスタープランニング、優先順位の高い開発計画の抽出と実施可能性調査の実施が計画業務に含まれるが、EDM では需要想定や設備増強計画が組織内で十分共有されていないように観察された。計画業務は EDM の他の部署と様々な関係を持って実施される必要があり、需要想定や設備増強計画など電力事業体として重要なデータ・情報を含めて、組織として一元的に作成・管理し共有する体制が必要である。

² “アフリカレポート「雇用なき成長」下のモザンビークにおける雇用政策 網中昭世 2016 No.54 pp. 56-66 アジア経済研究所”p. 58

³ 同上資料 p. 59

(2) 最低費用の計画手法に従った電源開発

現在の EDM 系統の電源構成は最低費用の考え方に基づいて形成されたものではないと思われる。モザンビークは天然ガス、石炭そして水力の豊富なエネルギー資源に恵まれており、このエネルギー資源を有効活用し、最低費用による計画手法に従い初期投資のみならず運用時の燃料も含めた維持管理費用も考慮し、経済的な電源開発を行うべきである。民間資金を使って建設する場合は、EDM がコンサルタントを使って自分で実施可能性調査を行い、その計画に従って独立発電事業者を競争入札で調達すべきである。

(3) 供給費用を回収できる電気料金の設定

「表 2-1-2.1 EDM2014 年と 2015 年の損益計算書」に示されている通り、EDM の経営は 2 年連続して赤字であるが、赤字要因の一つが供給費用を回収できない低いレベルにある電気料金である。この結果、EDM は修理・設備更新・増強の資金を十分得ることができず、電力供給増や電力の質の維持に支障をきたし、量・質共に不十分な電力供給は産業開発の足かせとなる。国民の所得が低いいため電気料金も安くすべきという考え方が以前アフリカの多くの国で観察されたが、他の国ではこの考え方が次第に是正されてきている。モザンビークでも供給費用を回収し、手頃な電気料金で量・質ともに十分な電力供給を可能とする健全な電力事業を目指すことで産業開発を促進し、雇用を創出することが貧困削減につながるものと考えられる。

(4) 電力事業者としての自立的経営と事業運営の必要性

EDM の財務基盤が弱いため設備投資の資金をドナー援助に依存しており、緊急を要する設備整備に対して迅速な対応が阻害されている可能性がある。この点で EDM の CEO は、2019 年から 2020 年を目途に効率的な電気料金と EDM の事業運営を達成することを優先課題としている。財務基盤を強化して自律的経営と事業運営を目指す方向を推進していくことが望ましい。

(5) 供給費用削減努力と適正な Regulation の導入

電気料金の上げ幅を可能な限り少なくするため、電力事業者は常に供給費用を削減し供給信頼度を向上させることに努める必要がある。そのためにはモザンビークの電力分野の現状に合った適正な Regulation を導入し、供給費用の削減と供給信頼度の向上を目指して EDM の自助努力を促す必要がある。

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

(1) 上位目標とプロジェクト目標

モザンビーク電力公社は2014年に Master Plan Update Report を策定した。この電力マスタープランは北部地域・中部地域・南部地域における2014年から2018年に優先的に実施すべき計画を「Priority projects by region 2014-2018」として挙げている¹。既設 Infulene 変電所における T2 変圧器の 250 MVA 変圧器、及び開閉設備、保護・制御盤等周辺機器の更新は、この Priority projects の一つであり、同マスタープランが本プロジェクトの上位計画となる。

しかしながら、この上位計画に即した電力開発事業は難航しており、モザンビーク国政府は、Maputo 首都圏における電力の安定供給を目的とした Infulene 変電所改修に係る支援を日本国政府に要請した。

(2) プロジェクトの概要

本プロジェクトは Maputo 首都圏への電力供給を担う Infulene 変電所の老朽化している既設 T2 変圧器 (66 MVA) に換えて 275/66/11 kV 250 MVA 変圧器及び関連する開閉設備を調達・据付することにより南部系統への電力供給の向上・安定を図り、もって同国の地域住民の生活向上及び経済活動の促進に寄与することを目的とする。

更に数多くある首都圏の 66/33 kV 配電用変電所においても、昨今の電力需要の増大から設備容量が不足し、将来過負荷となることが想定されることから、移動式変電所を調達し、配電用変電所の改修期間中の同地域における電力安定供給に資することを目的とする。

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 Infulene 変電所に対する設計方針

3-2-1-1-1 基本方針

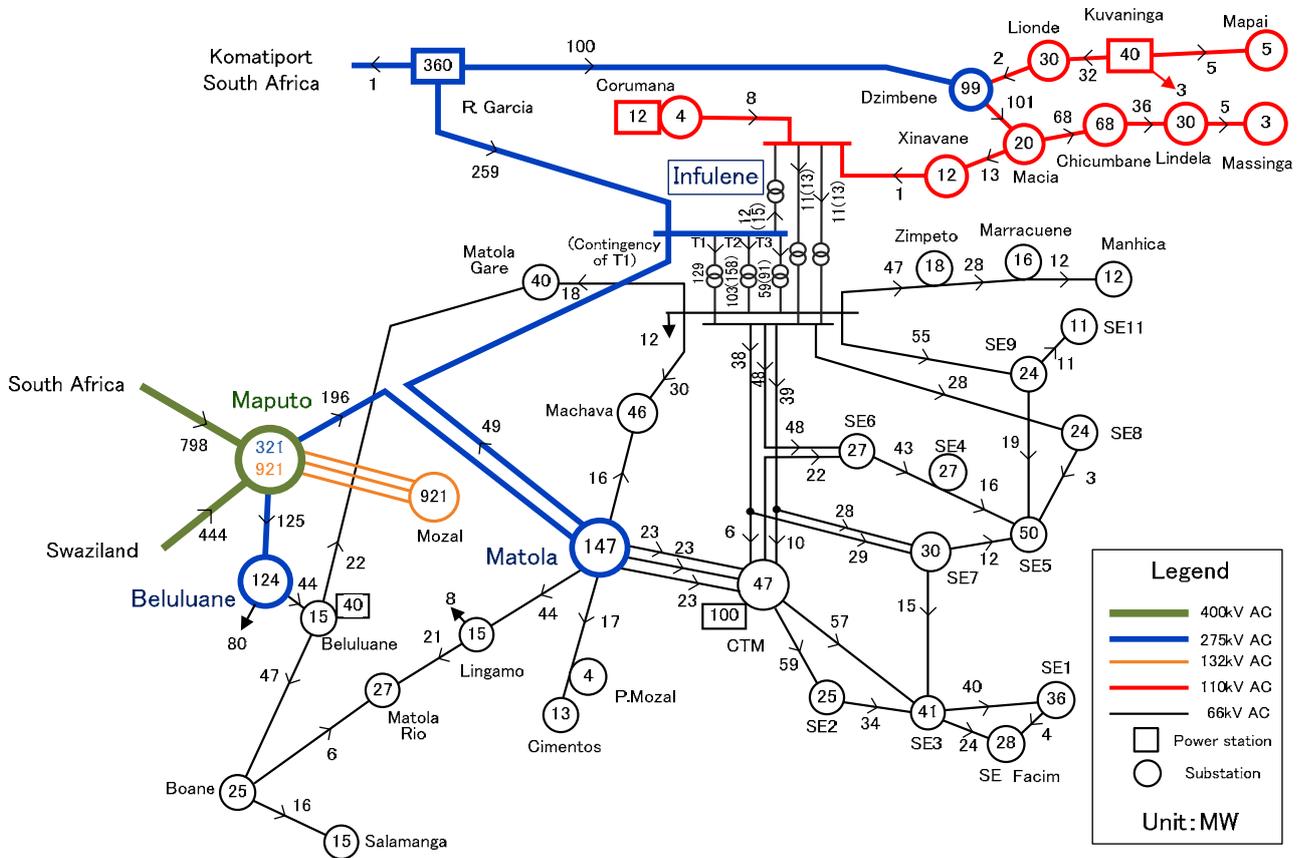
(1) 調達機材に係る前提条件

図 3-2-1-1-1.1 は、Maputo 首都圏における 2020 年の予想潮流を示している。Infulene 変電所の T2 変圧器には 103 MW のピーク負荷が想定されており、力率 0.9 で換算すると 114.5 MVA となる。さらに、第 1 章の表 1-1-2-3.3 に示したとおり 2021 年以降の南部系統の電力需要の伸びが 12.9%/年で継続する場合、プロジェクト完工 3 年目に当たる 2023 年の T2 変圧器の負荷は 148 MW、力率 0.9 換算では 164 MVA となる。

モザンビーク政府が要請し、同時に電力マスタープランが Priority projects として示すとおり、T2 変圧器として設備容量 250 MVA の変圧器に更新する場合、容量利用率は 45.7% (2020 年)、

¹ P.96, Chapter 7 Transmission System Plan, Volume III Main Report

65.6%（2023年）となり、無償資金協力の目的である緊急性を鑑みた2023年までの負荷に耐えるに妥当な容量である。従って、本プロジェクトの改修対象機材の検討においては、更新されるT2変圧器容量は250MVAと想定の上で周辺機材の検討を行う。



[出所] EDM 提供の解析データに基づき調査団作成

図 3-2-1-1-1.1 2020 年予想潮流 (図 3-2-2-2.2 より転載)

(2) スコープ範囲の検証

T2 変圧器の設備容量が、既設の 66 MVA から 250 MVA に増強されることに併せ、同変圧器に接続される一次側及び二次側開閉機器を更新する必要がある。更に、Infulene 変電所は本プロジェクトに直接関連する設備として、275 kV 二重母線、66 kV 二重母線を有しているが、同 275 kV 母線よりさらに上流側に当たる 275kV 開閉設備及び送電線（1 回線あたり送電容量 479 MVA、2 回線合計 958 MVA）は、Infulene 変電所における 275kV 電圧階級に接続される変圧器の合計容量 870 MVA を上回ることから通常の運用下では問題とならない。

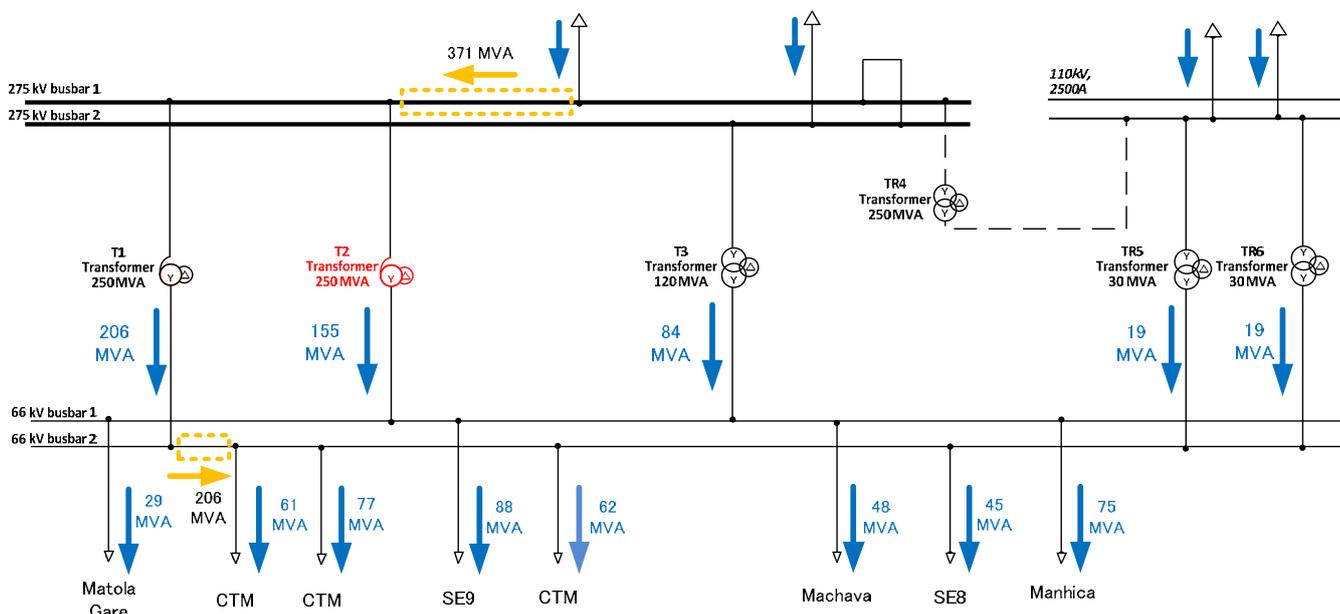
以下の項目では、2023 年時点での負荷想定に基づき、275 kV 二重母線、66 kV 二重母線の更新の必要性を検証する。既設 275 kV 二重母線、66 kV 二重母線の許容電流を表 3-2-1-1-1.1 に示す。

表 3-2-1-1-1.1 各母線の許容電流

設備	許容電流 (A)
275 kV 二重母線	1,300
66 kV 二重母線	1,900

[出所] EDM 提供データに基づき準備調査団作成

2020 年の電力潮流によると、66 kV フィーダーに想定される負荷は図 3-2-1-1-1.1 の示すとおり合計 315 MW となり、力率 0.9 で換算すると 350 MVA となる。各フィーダーの負荷が年率 12.9% で増大すると想定すると、2023 年時点における負荷に給電するためには、図 3-2-1-1-1.2 に示す接続が考えられる。



[出所] 準備調査団作成

図 3-2-1-1-1.2 2023 年想定負荷電流の流れ

この場合、各母線に生じる最大負荷は図の橙色で示した部分となり、それぞれ 371 MVA, 206 MVA となる。これらを負荷電流に換算すると次のとおりとなり、表 3-2-1-1-1.1 に示した許容電流を下回る。

- 275 kV 母線の場合： $371 \text{ MVA} / (\sqrt{3} \times 275 \text{ kV}) \cong 778 \text{ A} < 1,300 \text{ A}$
- 66 kV 母線の場合： $206 \text{ MVA} / (\sqrt{3} \times 66 \text{ kV}) \cong 1,802 \text{ A} < 1,900 \text{ A}$

実際の南部系統において上記で想定した負荷が首都圏で生じる場合、その他の変電所に負荷が分散するため、Infulene 変電所にかかる負荷は更に小さくなる。また、Infulene 変電所のような基幹系送電変電所では、N-1 基準に基づく運用が安定した電力供給には必須となる。N-1 基準に基づく運用となる場合、275/66kV 変電設備の最大許容負荷は 370MVA (T1 変圧器:125MVA, T2 変圧器 (本プロジェクト対象) :125MVA, T3 変圧器:120MVA) とする必要があるため、母線に生じる負荷は更に安全側へ推移する。

本プロジェクトでは T2 変圧器の更新を達成し、母線の更新はフィーダー、送電線の更新等のその他の計画と合わせ、現在実施中の JICA マスタープラン調査が完了したのち別コンポーネントとして行うことが、南部系統全体の増強計画の観点から望ましい。

3-2-1-1-2 自然環境条件に対する方針

Infulene 変電所は、南緯 25.88°、東経 32.54°、標高 58 m に位置する。Maputo 市の年間平均気温は 23.4°C であるものの過去に記録した最高気温は 42°C、最低気温はマイナス 2°C である。

Maputo 市の風速は、weatherbase によると 10.0 m/s 以下であるが、Maputo 国際空港 (Mavalane) で過去に記録された瞬間最大風速が 30.0 m/s であることから、基準風速を 30.0 m/s と想定し、速度圧 1.5kN/m² を設計荷重とする。

自然条件に対する設計条件を表 3-2-1-1-2.1 に示す。本設計条件に基づき、機器基礎の概略設計を行った。なお、Infulene 変電所はマプト市内の沿岸部に位置しておらず、海岸から 10km 以上の離隔距離があり、一般的に飛来塩分の影響が大きい海岸より 2km の「塩害地域」に該当しないため、自然条件では塩塵害を考慮しない。

表 3-2-1-1-2.1 自然条件に対する設計条件

項目		詳細
標高		58 m
外気温度	最高	50 °C
	最低	0 °C
雨期		10 月から 3 月まで
最大降雨量		1,450 mm
落雷		15 日/年
風速		30 m/s
速度圧		1.5 kN/m ²
地震せん断力係数		0.1 g

[出所] 準備調査団作成

3-2-1-1-3 社会経済条件に対する方針

Infulene 変電所は Maputo 首都圏へ送電される CTM 変電所、Maputo 変電所と共に 275 kV 電圧階級設備を有する基幹系送電変電所の一つであるため、電力安定供給の必要性は極めて高い。

変電所の有する変圧器が一台故障した際にも電力の継続供給が達成される N-1 基準が送電変電所には特に求められるものの、現在の Infulene 変電所は N-1 基準が守られていないため、事故発生時には複数の 66 kV 送電線を切り離す必要があり給電に甚大な影響が与えられる。本計画による変圧器増強により負荷遮断の可能性を減らすことで社会経済の発展に資することが期待できる。また、既設 T2 変圧器は 30 MVA 程度に負荷が制限された条件で CTM 変電所へ接続されており、工事期間中の当該変圧器停止時も電力供給には大きな影響はない。

3-2-1-1-4 建設事情/調達事情に対する方針

本プロジェクト対象地は、幹線道路近くに位置することからアクセス状況は良く、機材及び建設資機材の搬送には支障はない。

モザンビークにおいては、セメント、木材は国内生産が行われている。鉄筋などの建設資機材は、モザンビークにて製造されているものの、主に南アフリカ国からの輸入品が流通し、材料規格は南部アフリカ国工業規格（Southern African Bureau of Standards：SABS）が準用され、問題なく使用されている。Maputo 市内には複数の生コンクリート製造工場が存在しており、機器基礎工事に当っては、プラント製造の生コンクリートによる工事を採用することが可能である。

また、Infulene 変電所内の安全なエリアを特定の上で仮資材置き場を設け、鉄筋やセメント等の資機材の盗難等に留意した施工計画を策定する。

3-2-1-1-5 現地業者、現地資機材の活用に係る方針

現地にて外国企業が建設事業を行う場合、公共事業住宅省（Ministry of Public works & Housing：MOPH）に建設業の許可を申請し、登録しなくてはならない。本プロジェクトにおける建設工事は T2 変圧器・開閉設備等の鉄筋コンクリート造の基礎建設のみであるため、中位クラスの施工業者でも、本邦企業の下請負施工業者としての活用が見込まれる。

3-2-1-1-6 運営・維持管理に対する対応方針

EDM は、モザンビーク全土を対象とした送変配電及び一部の発電事業を担っている。Infulene 変電所においても 2013 年に T1 変圧器は 250 MVA 単巻変圧器に更新されており、問題なく運用されている。そのため、本プロジェクトの調達機材に対する運転維持管理能力は有している。

3-2-1-1-7 施設・機材等のグレードの設定に係る方針

上記の諸条件を考慮し、本プロジェクトの資機材の調達及び据付けの範囲、並びに技術レベルは、以下を基本方針として策定する。

（１）施設・機材の範囲に対して

技術的及び経済的に適切な設計とするために、資機材の仕様は可能な限り IEC 等の国際規格に準拠した標準品を採用するとともに、少品種・少工種化とし資機材の互換性を図る等、必要最小限の設備構成、仕様、数量となるよう考慮する。

（２）技術レベルに対して

本プロジェクトで調達する変電設備を構成する各機器の仕様は、本プロジェクト完了後に実施される運転維持管理部門の技術レベルを考慮し、現状の機材システム構成を大幅に超えないよう留意する。

3-2-1-1-8 工法／調達方法、工期に対する方針

本邦からモザンビークまでの調達資機材の輸送は、海上輸送が主体である。また、荷揚地となる Maputo 港から Infulene 変電所までは、約 20 km の内陸輸送と比較的短距離ではあるが、資機材の輸送に当っては所用移動時間に加えて安全の確保を考慮するなど現地事情に合った適切な輸送工程を策定する必要がある。

現地作業に係る工期については、主として下記事項を十分考慮して策定する。

- 作業は既設変電所内の充電部に近いことから、既設設備の維持管理の内容、実施時期・期間等について事前に把握し、既設設備の運転維持管理に支障をきたさないよう配慮することが重要である。
- 年間の降雨量を把握し、雨量の比較的多い10月から3月までの期間のコンクリート工事では、コンクリートの品質管理には、より注意を払う必要がある。
- モザンビークはポルトガルの植民地であったためポルトガル国の影響が大きく、キリスト教徒の占める割合が約40%と高い国である。そのため、年末年始のクリスマスシーズンには実質上建設作業の実施は難しい。そのため、12月中旬～12月下旬における作業量を少なくするよう配慮する。

3-2-1-2 移動式変電所に対する設計方針

3-2-1-2-1 基本方針

(1) 使用目的について

移動式変電所は主に以下2点の理由により使用される。

1) 急増する電力需要への対応

第1章「表 1-1-2-3.5 EDM の System Planning Directorate による需要想定」に示すとおり Maputo 首都圏における電力需要は今後も伸びていくことが予測される。一方、変電所の整備計画は電力需要の伸びに比例して実施されておらず、変電設備容量の不足・据え付けられる変圧器台数の不足等が喫緊の課題となっている。しかしながら、EDM の財源不足の問題から、変電設備の増強が計画どおりに実施されていないのが現状である。

上記の Maputo 首都圏の現状を鑑みると、増え続ける需要に応じた増設までの期間に移動式変電所を活用することで、過負荷状態にある変電所に対し給電支障を防ぐ運用が可能となり、極めて必要性は高い。

2) 既設固定式変電所のメンテナンス期間の給電対応

第1章「1-2-2-4 電力セクターの課題 (6) 配電部門」にて述べたとおり、EDM の配電網は環状に形成されており、随所に備えられた開閉器を操作することで負荷へ電力供給する配電用変圧器を状況に応じて切り替えることができるシステムが採用されている。この方法でメンテナンス対象の変圧器の負荷をゼロとし、メンテナンスを実施しているが、Maputo 首都圏の需要が全体的に伸びると負荷を切り替えた先の変圧器の容量を超える事態が起これ、負荷切り替えによる配電マネジメントが機能不全に陥る懸念がある。従って、メンテナンス対象変圧器の代替変圧器として移動式変電所を投入することで需要家への配電を継続することができる。

以上の配電システムの現状を勘案し、本プロジェクト完了年である2020年及び完工後3年目に当たる2023年の配電用変電所(66kV送電線より33kVまたは11kVの配電線へ変成)に対し、以下の場合に移動式変電所のニーズがあると判断する。

- 設備容量を超える電力需要が想定される変電所での利用。
- 一台または二台の変圧器のみで構成されているため負荷分担マネジメントと点検・整備の自由度が極めて低い変電所での利用。

表 3-2-1-2-1.1 に移動式変電所の必要性に係る判定結果を示す。同表から、二次側電圧が 33 kV の変電所では、2020 年時点で過負荷となる変電所が 1 か所のみ確認できるが、2023 年には、その数は 7 か所に増えると予測される。

表 3-2-1-2-1.1 2020 年及び 2023 年における配電用変電所の需要想定

Substation	Secondary voltage (kV)	No. of transformer units	Rated capacity (MVA)	Power demand [MVA]		Necessity
				2020	2023	
Boane	33	1	30	25	36	○
CTM	33	2	60	47	68	○
Machava	33	2	60	46	66	○
Manhica	33	1	30	12	17	—
Marracuene	33	1	20	16	23	○
Matola Gare	33	2	40	40	58	◎
Matola Rio	33	1	30	27	39	○
Salamanga	33	2	20	15	22	○
Zimpeto	33	1	30	18	26	—
SE11	33	1	40	11	16	—
Beluluane	11	1	10	7.8	11	—
SE1	11	2	60	36	52	—
SE2	11	2	60	25	36	—
SE3	11	2	60	41	59	—
SE4	11	2	60	27	39	—
SE5	11	3	60	50	72	○
SE6	33-11	1	40 (33 kV) 24 (11 kV)	27	39	—
SE7	11	2	60	30	43	—
SE8	11	2	60	24	35	—
SE9	11 33	1 (11 kV) 1 (33 kV)	60	24	35	—

備考：Necessity 項では、◎:2020 年時点で過負荷、○：2023 年から過負荷、—：2023 年時点で過負荷とならないことを意味している。

[出所] EDM 提供のデータに基づき準備調査団作成

(2) 運用方法

欧米製の移動式変電所は変圧器、一次側開閉器、二次側開閉装置・保護設備が一台のトレーラーに搭載されているタイプが多く、現在 EDM の所有する 6 台の移動式変電所もこの例に漏れない。図 3-2-1-2-1.1 は、現在 Infulene 変電所で稼働している移動式変電所 (10 MVA) を示す。一次側には仮設の木柱を建てての架空線引込み接続、二次側は仮設の木柱ガントリーを介して地中ケーブルで系統へ接続している。



図 3-2-1-2-1.1 EDM の運用する欧州製 66/33 kV 移動式変電所 (10 MVA) の運転状況

このタイプの移動式変電所を使用する場合、外部系統～一次側開閉設備間、及び、二次側開閉設備(気中開閉設備又は開閉盤(キュービクル))～外部系統間の接続のみを考慮すればよいため、接続作業手順は少ない。その一方で一次側開閉設備から二次側開閉設備までが 1 台の大型トレーラーに搭載されているため、車体が長くなり、さらに重量も増えるため、以下の運用上の課題が浮上する。

- 1) 車体重量増及び車体長さが大きくなるため、道路法規に抵触する可能性が大きくなる(例: 車体長さ 22 m 以下、車両総重量 48 t 以下²⁾)。
- 2) 重量増により移動可能な勾配(上り及び下り双方向に対応できる勾配)が小さくなることが考えられる。
- 3) 車体が長くなるため、幅員の小さい道路への進入が制限される可能性がある。
- 4) 必要となる機材がトレーラー上で一列に配置されているため、変電所内での配置の検討が極めて狭められ、移動式変電所配置の柔軟性が低い。変電所にて移動式変電所の配置可能な敷地が狭小である場合、最悪の場合には移動式変電所の配置が行えない事態も考えられる。

上記をまとめると、欧州製の移動式変電所は機器接続上の運用性に優れている一方、移動性能、機器配置性能に疑問点が付き、結果として扱いが難しくなる可能性がある。この状況が、アフリカ諸国で散見され、移動式変電所が運用開始されると、半ば固定式変電所のように半永久的に使用されている理由の一端である。

²⁾ 車軸数 6 のトレーラーの場合。

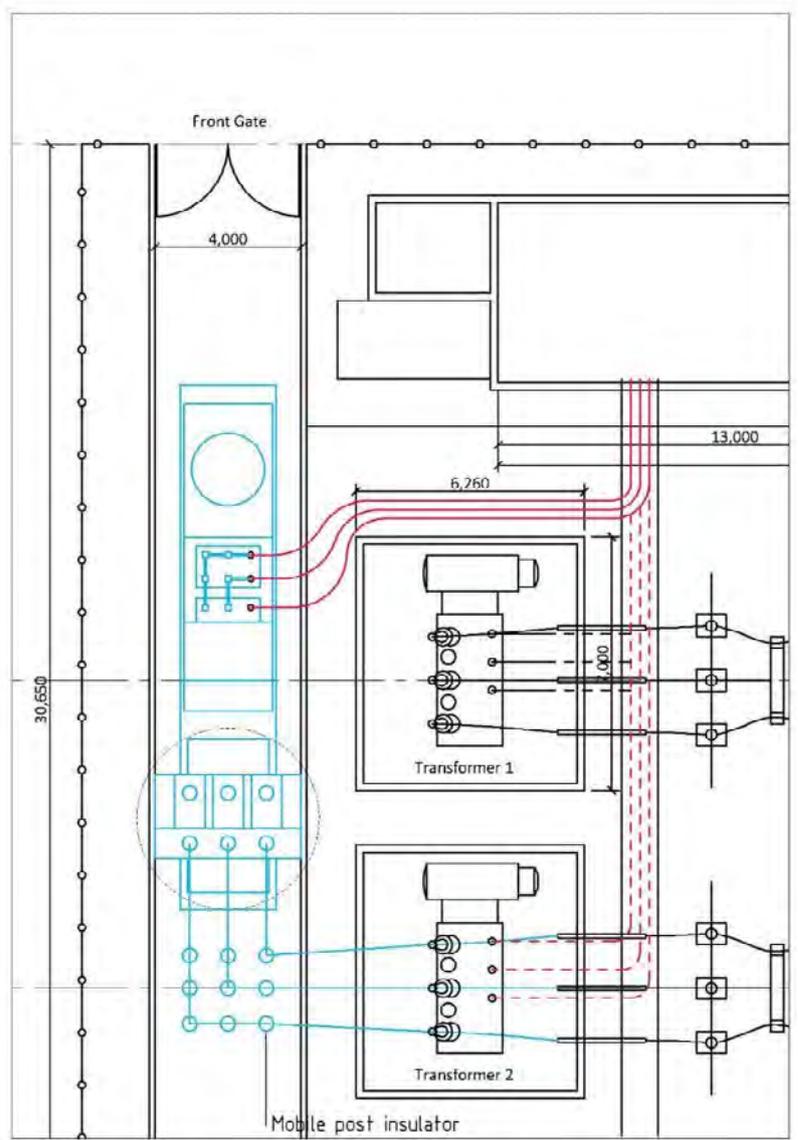
上記の課題を解決する一つの方法は、移動式変電所を、一次側開閉設備・変圧器からなる「車両 1」と、二次側開閉設備及び保護・制御装置から構成される「車両 2」の二車構成とすることである。このような構成とすることで、以下の強みを得る。

- 1) 据付場所が、比較的狭い場所における配置にも柔軟に対応できる。
- 2) トレーラーサイズ、重量共に小さくなるため、高所への移動、アクセス道路の狭い変電所等、移動条件が厳しい変電所に対してもアクセスの幅が広がる。

移動が比較的手軽にできるため、一ヶ所のサイトにて半永久的に使用せざるを得ないという懸念が低くなり、移動式変電所本来の目的に則った運用を行うことができるようになる。

本プロジェクトでは、モザンビーク南部地域の環境を考慮し、移動式変電所引き渡し後に EDM の移動式変電所の活用を促進するため、道路輸送条件の極めて厳しい我が国でも使用されているこのようなコンパクト型の移動式変電所を調達する方針とする。

本プロジェクトの移動式変電所を Maputo 首都圏にある Matola Gare 変電所にて運用する場合の接続例を図 3-2-1-2-1.2 に示す。当該変電所では、2 台ある変圧器のうち 1 台が不具合を生じているものの、給電を継続する必要があるため適切なメンテナンス無しで騙し騙しの使用が継続されている。



備考：青色：移動式変電所車両 1、赤色：既設ケーブル

[出所] EDM 提供のデータに基づき準備調査団作成

図 3-2-1-2-1.2 Matola Gare 変電所におけるコンパクト型移動式変電所の接続例

このような場合でも、本プロジェクトによる移動式変電所の車両 1 部分のみで、既設の 66 kV 架空線部より一次側開閉設備まで接続され、さらに変圧器二次側より既設 33 kV ケーブルを介して 33 kV キュービクルに接続できる。既設の 33 kV キュービクルの利用を継続することで、必要最小限の設備のみの配置で移動式変電所の効果を得ることができる。そのため、移動式変電所の移動性についても、大掛かりなものとならない。従って、代替変圧器の機能を果たし、狭小な敷地内でも移動式変電所を配置及び接続し、メンテナンスを行うことが容易に可能となる。

3-2-1-2-2 自然環境条件に対する方針

移動式変電所は例えば塩害等の自然条件の異なる場所に運転をしなければならない。従って、設備の各機器の碍管、ステーションポスト碍子及び塗装は、自然環境条件を考慮した性能を持たせなければならない。

3-2-1-2-3 運営・維持管理に対する対応方針

移動式変電所は、その利用の性格から常に待機場所から即座に移動して、その場所にて機能を十分発揮できることを可能にしておかなければならない。それを実現するためには車両部分の点検整備、変電設備及び制御電源（特にバッテリーの管理）が大変重要になる。従って、導入時の初期操作指導・運用指導とマニュアルの提供、また、普段の維持管理方法とそのチェックリストの提供とその実施により常に万全な状態を維持する。

3-2-1-2-4 施設・機材等のグレードの設定に係る方針

移動式変電所は一般的に2つ以上の変電所に移動して使用することが想定される予備変圧器である。このため、一般道路を運行する車両と同様な規則を適用しなければならない。これに反して用いることは交通安全と道路の維持管理に問題を将来にわたり生じさせることになる。従って、モザンビーク国の道路・交通法規に従って変圧器容量と車両仕様（重量及びサイズ）を決定する。

3-2-1-2-5 調達方法・工期に対する方針

設置工法としては既設変電所等の66kV設備から、仮設電線及び電線支持柱を施設するか電力ケーブルを用いて移動式変電所の66kV断路器まで接続する。降圧側も同様である。調達方法としては、モザンビーク国の道路、交通規則を遵守する目的の範囲内で各種の移動式変電所の車両形態を計画する。工期については、なるべく早い段階にて導入し初期操作・運用指導後使用に資することとする。

3-2-2 系統解析

本プロジェクトの効果を検証するためプロジェクト実施前・後の系統を対象として系統解析を実施した。実施前として現状系統、実施後としてプロジェクト完成後を系統解析の対象とした。

3-2-2-1 現状系統（2015年）

（1）系統構成

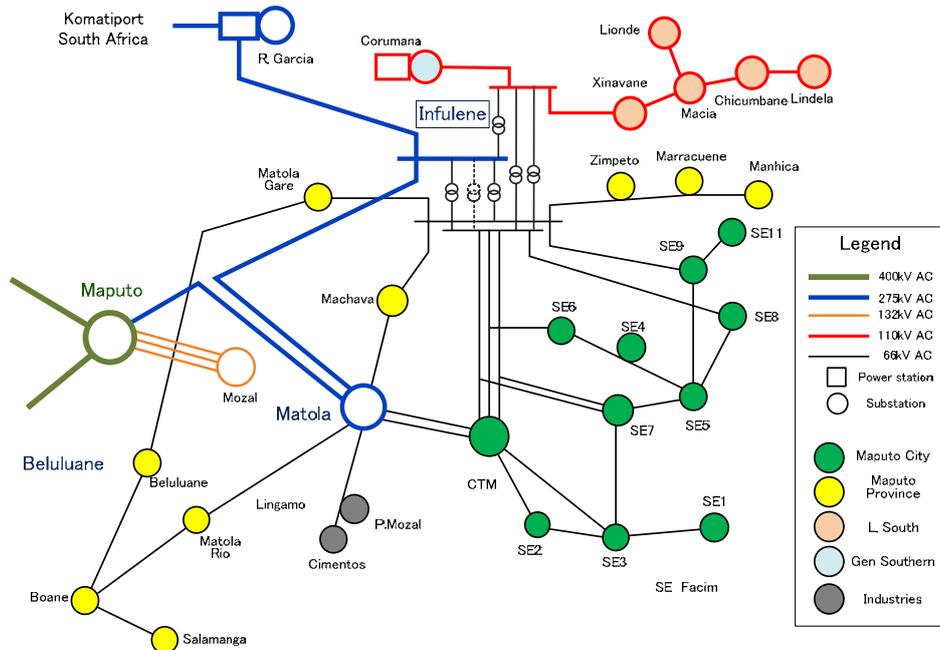
図3-2-2-1.1にEDM南部系統の系統構成と地域分類を示す。

南部系統は南部アフリカパワープール（South Africa Power Pool：SAPP）に属しており Cahora Bassa 水力発電所で発電された電力は直流送電線により南アフリカまで送電され交・直変換所にて交流に変換された電力は400kVあるいは275kV国際連系送電線によりEDM南部系統に送電される。連系点は400kV Maputo 変電所と275kV Ressano Garcia 変電所である。

400kV Maputo 変電所で受電した電力は275kVに降圧され Matola 変電所へ、また275kV Ressano Garcia 変電所で受電した電力は当変電所隣接地に立地する火力発電所の発電電力と共に Infulene

変電所に送電される。Matola 変電所ならびに Infulene 変電所の基幹系統変電所で 66 kV に降圧された電力は、66 kV 地域供給系統により各地の配電用変電所に送電される。この他北東部には 400 km 以上に亘り 110 kV 系統が伸びている。

地域分類では Maputo 市、Maputo 市周辺ならびに郊外の Maputo Province、北東部の L. South、北部水力電源地域の Gen Southern、ならびに Matola 地域内の工業地帯の Industries に分類され、それぞれの地域で需要構成が異なるため、需要伸び率にも差がある。



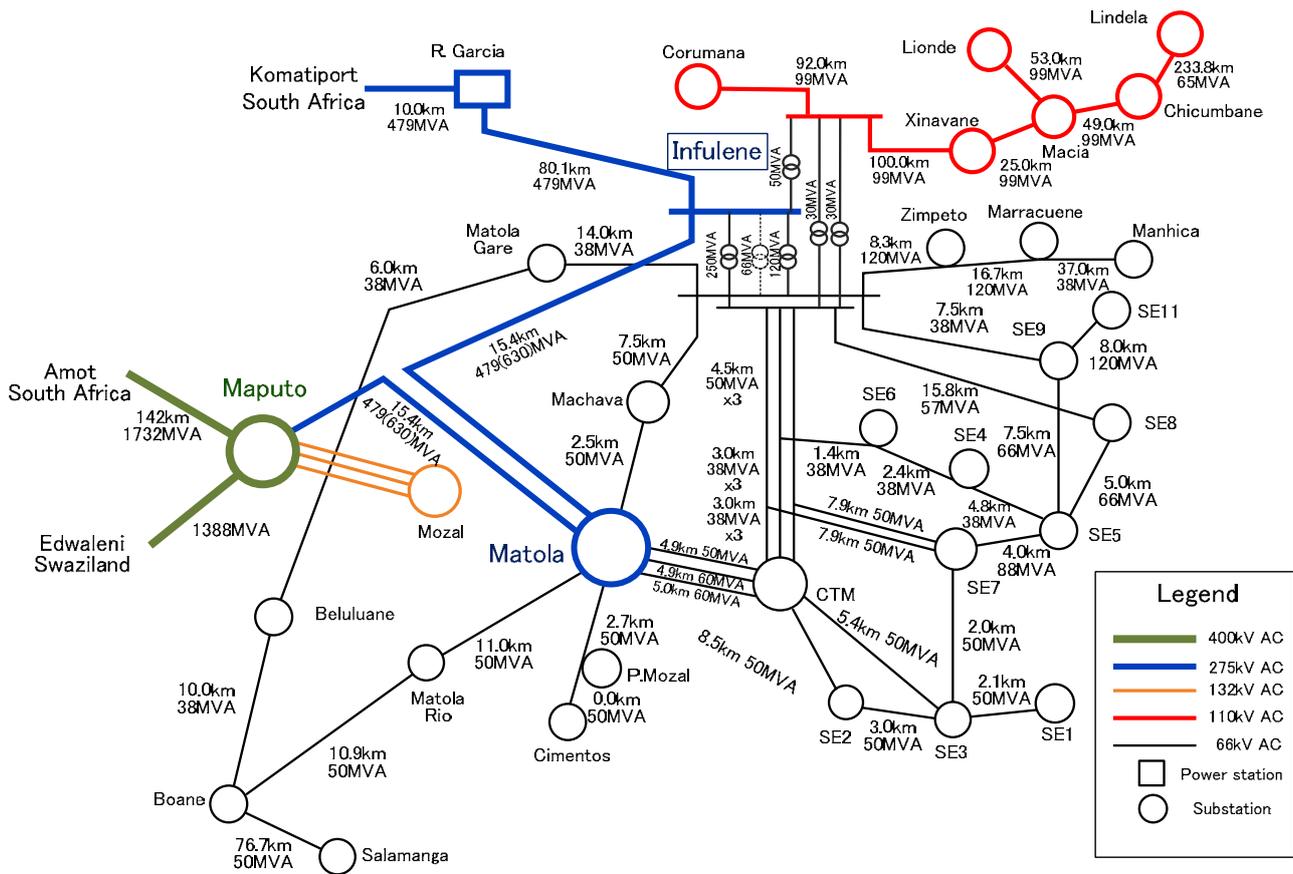
[出所] EDM 提供の解析データに基づき準備調査団作成

図 3-2-2-1.1 EDM の系統構成と地域分類

(2) 送電容量

図 3-2-2-1.2 に 2016 年 12 月現在の送電容量と送電互長を示す。

Infulene 変電所からの供給線となる 66 kV 送電線の送電容量は 38~50 MVA の小容量が大部分であるため、Maputo 首都圏への供給上の大きなネックとなっている。EDM は鉄塔建て替えにより 120 MVA に増加させる計画を推進しており、一部は近々運開の見込みである。詳細は図 3-2-2-1 に示す。



[出所] EDM 提供の解析データに基づき準備調査団作成

図 3-2-2-1.2 送電容量と送電線巨長

(3) 潮流実績

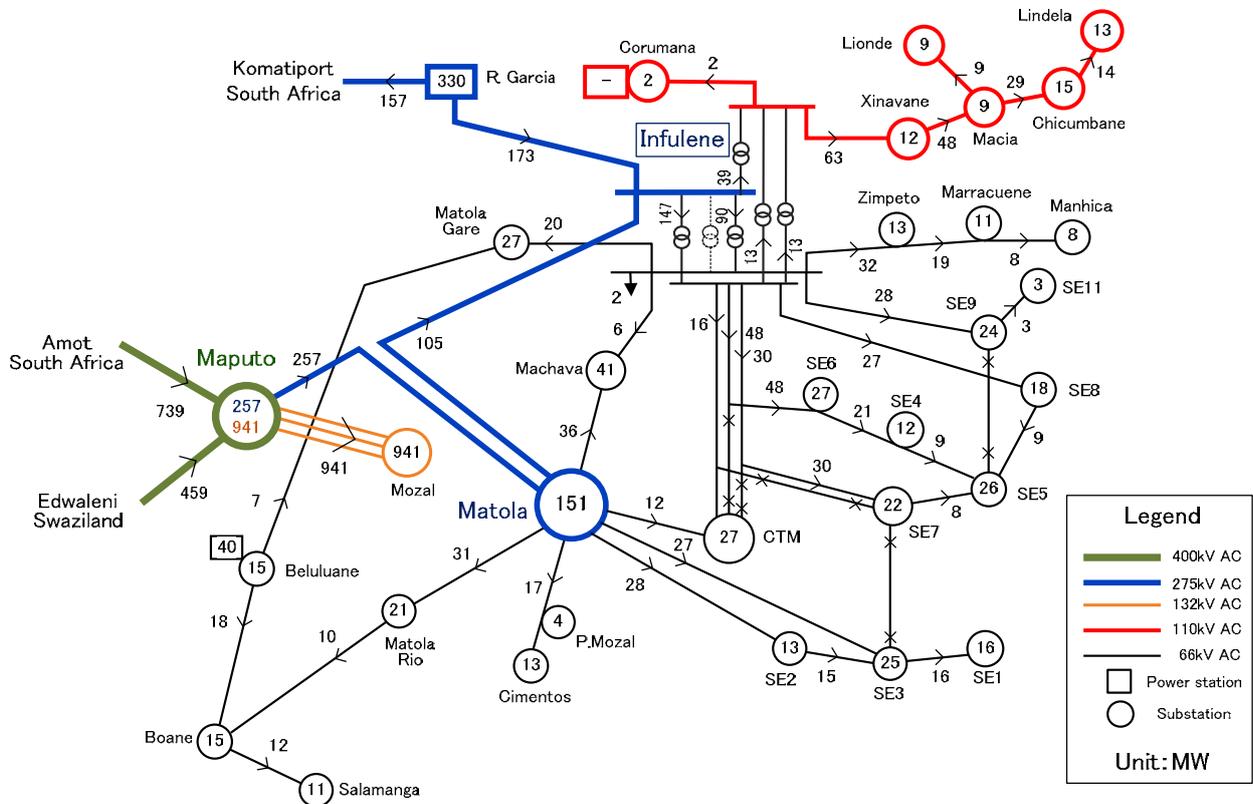
図 3-2-2-1.3 に 2015 年 7 月 20 時に従来の最大電力を更新した時の潮流実績を示す。

南部系統の総需要は電力系統に連系されていない一部の需要を除いて 463 MW であり、これに対する供給力は、Ressano Garcia に立地した IPP 電源からの 173 MW、Beluluane 発電所 40 MW、南アフリカからの国際連系線を介した融通電力 257 MW の合計 470 MW であった。

2014 年頃に CTM 変電所の 66 kV 遮断器の爆発事故が発生し 66 kV 母線が使用不能となったため、CTM 変電所では母線を経由せずに Infulene 変電所ならびに Matola 変電所からの送電線に 66/33kV 30 MVA 変圧器を直接接続し配電系統へ供給するとともに、Matola 変電所からの 66 kV 送電線 2 回線と SE2 変電所、SE3 変電所への送電線を鉄塔間で直接接続し急場をしのいでいる。

このような緊急避難的な系統構成により Infulene 変電所から CTM 変電所に向かう 3 回線の送電線の内、中央に位置する送電線の潮流は送電容量 38 MVA に対し 48 MW であり過負荷状態である。しかし 20 時のピーク時は日没後であるため太陽輻射による導体温度上昇を考慮せずに済むため、導体温度は許容値の 75°C 以下と実質的には過負荷は回避されていると考えられる。しかしこの様な異常事態は早急に解消させる必要がある。

また Infulene 変電所の 275/66 kV 66 MVA T2 変圧器は老朽器のため運用容量は半分以下としており、他の変圧器と並列運転すると T2 変圧器の潮流は運用容量を超過するため、実質的に遊休設備の扱いとしている。このため変圧器潮流は T1 変圧器 (250 MVA) が 147 MW、T3 変圧器 (120 MVA) が 90 MW であり、T1 変圧器事故時には T3 変圧器が過負荷する恐れがあった。



[出所] EDM 提供の解析データに基づき準備調査団作成

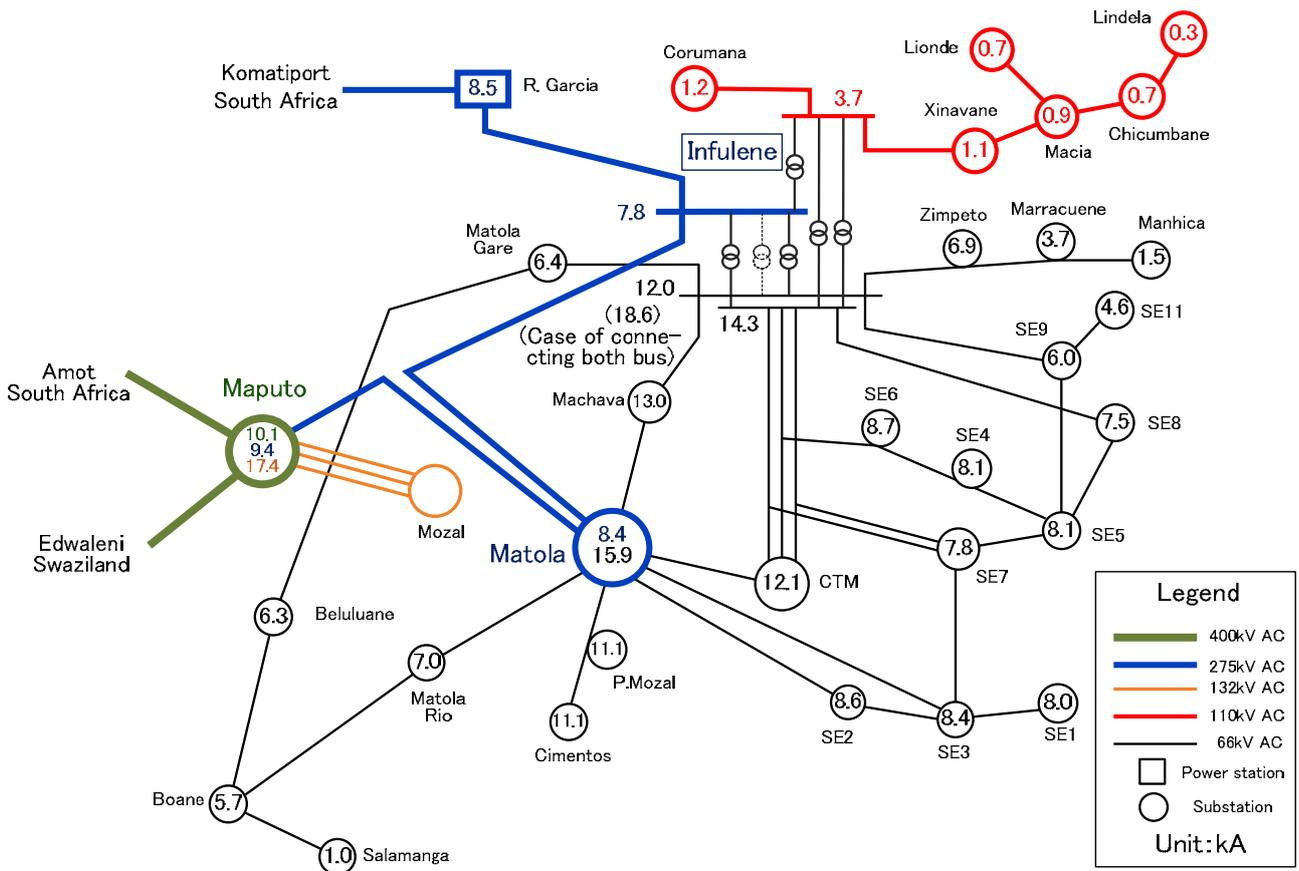
図 3-2-2-1.3 2015 年最大電力記録時 (7 月 20 時) の実績潮流

(4) 事故電流

図 3-2-2-1.4 に 2015 年最大電力記録時 (7 月 20 時) の事故電流解析結果を示す。

Infulene 変電所の 275 kV 母線の事故電流解析結果は 7.8 kA であり、遮断器の遮断容量 31.5 kA に対し十分小さい。また二重母線方式の 66 kV 母線は分離運用されており、それぞれの母線の事故電流は 12.0 kA、14.3 kA であり、両母線の併用運用を仮定しても 18.6 kA と遮断器の遮断容量に対し十分に小さいため問題は無い。

南部系統全体をしても 275 kV の最大値は Maputo 変電所の 9.4 kA、110 kV では Infulene 変電所の 3.7 kA、66 kV では Matola 変電所の 15.9 kA であり、いずれも遮断器定格を十分に下回っており特段の問題は生じない。



[出所] EDM 提供の解析データに基づき準備調査団作成

図 3-2-2-1.4 2015 年最大電力記録時（7 月 20 時）の事故電流解析結果

(5) 安定度

送電線の事故除去時間は Grid Code に明示が無く、さらに EDM は安定度解析を実施していない。このため安定度解析条件としての事故遮断時間を決定するため以下の 66kV 送電線の事故遮断時間を参考とした。

「EDM の 66kV 送電線の事故除去時間は、母線から事故点までの距離が送電線長の 0~80% で 0.1 秒、送電線長の 80% 以上で 0.1~0.4 秒である。」

安定度解析では安定度上厳しい母線至近端事故を対象とするため 66kV 送電線の事故遮断時間は 0.1 秒となるが、EDM の了解を得てより厳しい下記の条件を設定した。

送電線に 3 相短絡事故が発生した後、275 kV 系統の事故遮断時間は 100ms、110kV ならびに 66 kV 系統では 150 ms とし当該事故送電線が開放されるものと設定した。また発電機の励磁装置や調速機の制御系データは EDM から入手したものをを用いた。

本事業は Infulene 変電所の T2 変圧器の取り替えであるため、表 3-2-2-1.1 に示す Infulene 変電所至近端における 3 相短絡事故を仮定して安定度解析を実施した。

表 3-2-2-1.1 安定度解析条件 (2015 年)

電圧	事故点	開放送電線	Case No.
275kV	Infulene 275kV 母線至近端	Infulene – Matola	1
110kV	Infulene 110kV 母線至近端	Infulene – Xinavane	2
66kV	Infulene 66kV 母線至近端	Infulene – Matole Gare	3
		Infulene – Machava	4
		Infulene – CTM	5
		Infulene – SE6	6
		Infulene – SE7	7
		Infulene – SE8	8
		Infulene – SE9	9

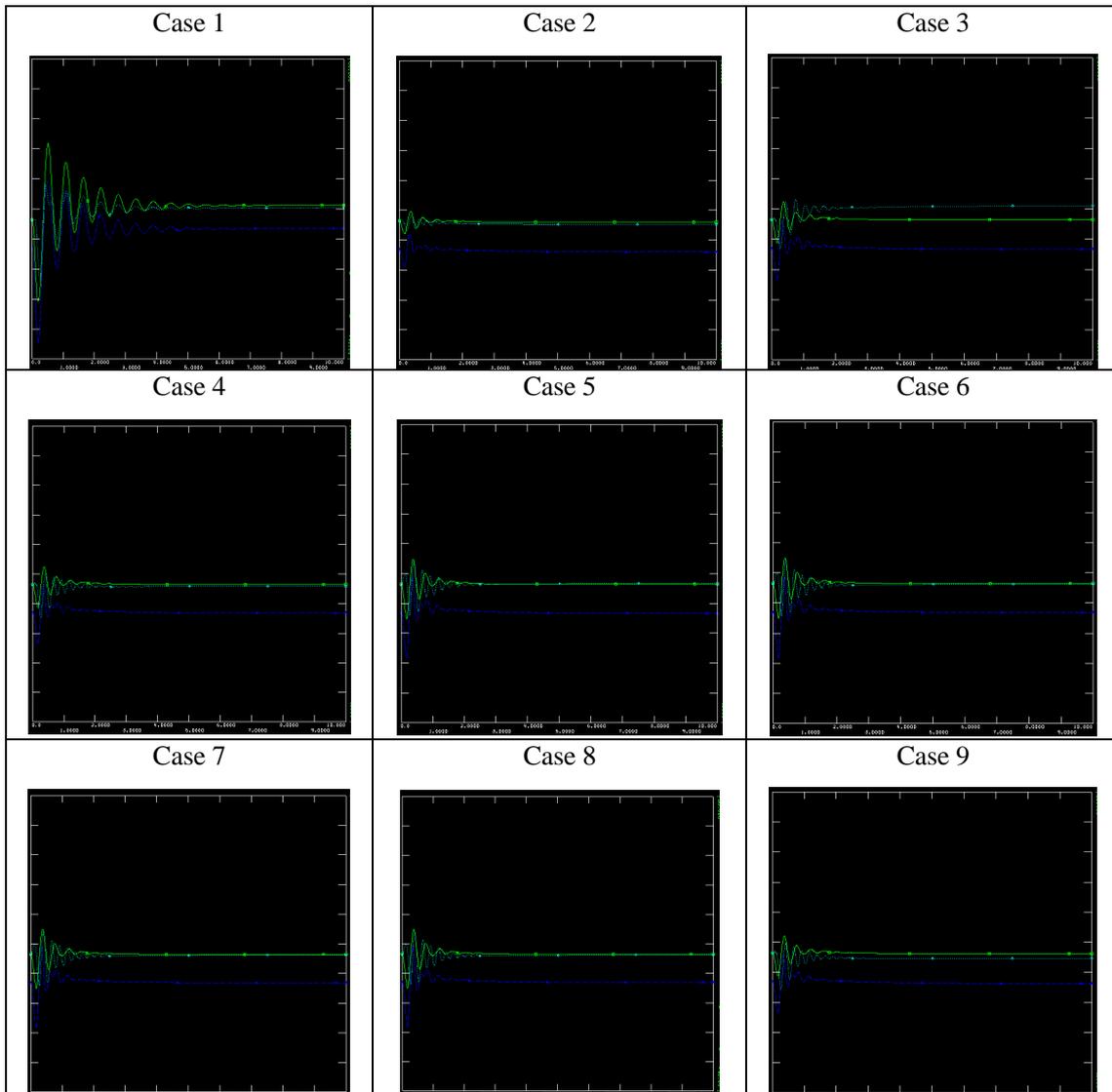
[出所] 準備調査団

安定度解析結果を表 3-2-2-1.2 に示す。

275 kV Infulene – Matola 線の Infulene 変電所 275 kV 母線の至近端で 3 相短絡事故が発生し Infulene – Matola 線が開放された Case 1 では、遮断器動作により事故が解消するまでの 100 ms 間、275 kV の電圧はゼロとなるため事前潮流の Matola 変電所からの 105 MW、Ressano Garcia からの 173 MW が受電不能となるため系統は大きく動揺する。事故除去後にも永久故障を仮定した 275 kV Infulene – Matola 線からの受電は出来ないが、事故遮断後には電圧が回復し Ressano Garcia からの受電は回復する。その結果、動揺は時間と共に急激に減少し収束しており 275 kV 母線至近端の厳しい事故でも安定度は維持出来ることが確認された。

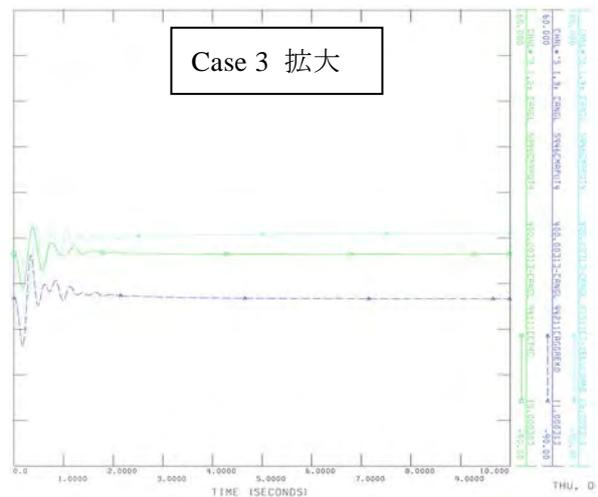
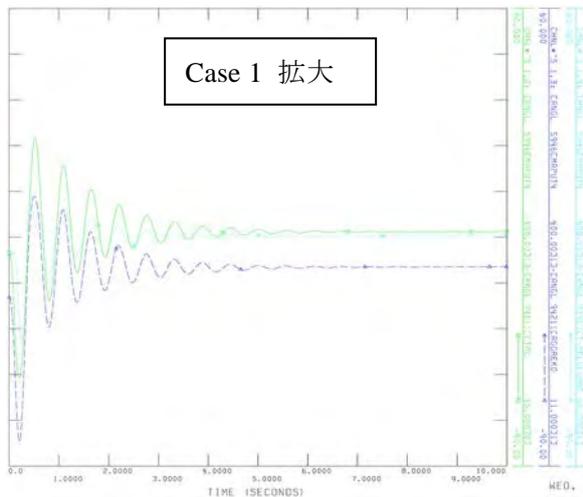
その他のケースは 110kV あるいは 66kV の母線至近端の送電線事故を仮定したもので、何れも事前潮流が少ないことに加え、基幹系統でなく地域供給系統の事故でありその影響は全系と言うよりローカルな影響に留まっており、動揺も小さく十分に安定と言える。

表 3-2-2-1.2 安定度解析結果 (2015 年)



備考：基準 Maputo 400kV 母線との位相差 — : Beluluane — : CTRG — : Aggreko

横軸 0~10s、縦軸 -90~60°



【出所】 EDM 提供の解析データに基づき準備調査団解析

3-2-2-2 将来系統 (2020 年)

Infulene 変電所の T2 変圧器の取り替え時期は本プロジェクトの完工年である 2020 年と想定されるので、当年を対象として系統解析を実施した。

(1) 需要

既に述べたように 2012 年に作成されたマスタープランに示された需要想定値は、経済の停滞により実績需要と大きな乖離がある。このため EDM の System Planning Directorate は系統解析に用いるため南部系統を Maputo 市、Maputo 州、L. South、Gen Southern ならびに Industries の 5 地域に分類し (図 3-2-2-1.1 参照)、その需要特性から地域ごとに異なった伸び率を設定し 2020 年需要を想定している。その結果を表 3-2-2.1 に示す。

2020 年の南部系統の最大電力は 850 MW と 2015 年実績の 463 MW の 1.84 倍となり、5 年間の年間平均伸び率は 12.9% である。

表 3-2-2.1 需要想定

Year	2015	2020	Growth rate (%)
Maputo 市	219	370	11.1
Maputo 州	167	330	14.6
Industries	17	17	0.0
L. South	57	130	17.7
Gen Southern	2	4	14.9
Total	463	850	12.9

備考：Industries: Mozal 及び Cimentos、L. South：南部地域北東部、Gen Southern：北部水力発電地域
[出所] EDM

(2) 電源増強計画

EDM の System Planning Directorate によると 2015 年から 2020 年までの需要増分 387 MW に対する電源増強は、第 1 章「表 1-1-2-3.7 2015~2020 年の EDM による電源増強計画」に示したとおりであり、不足分は南部系統域外の広域開発電源からの受電を仮定している。

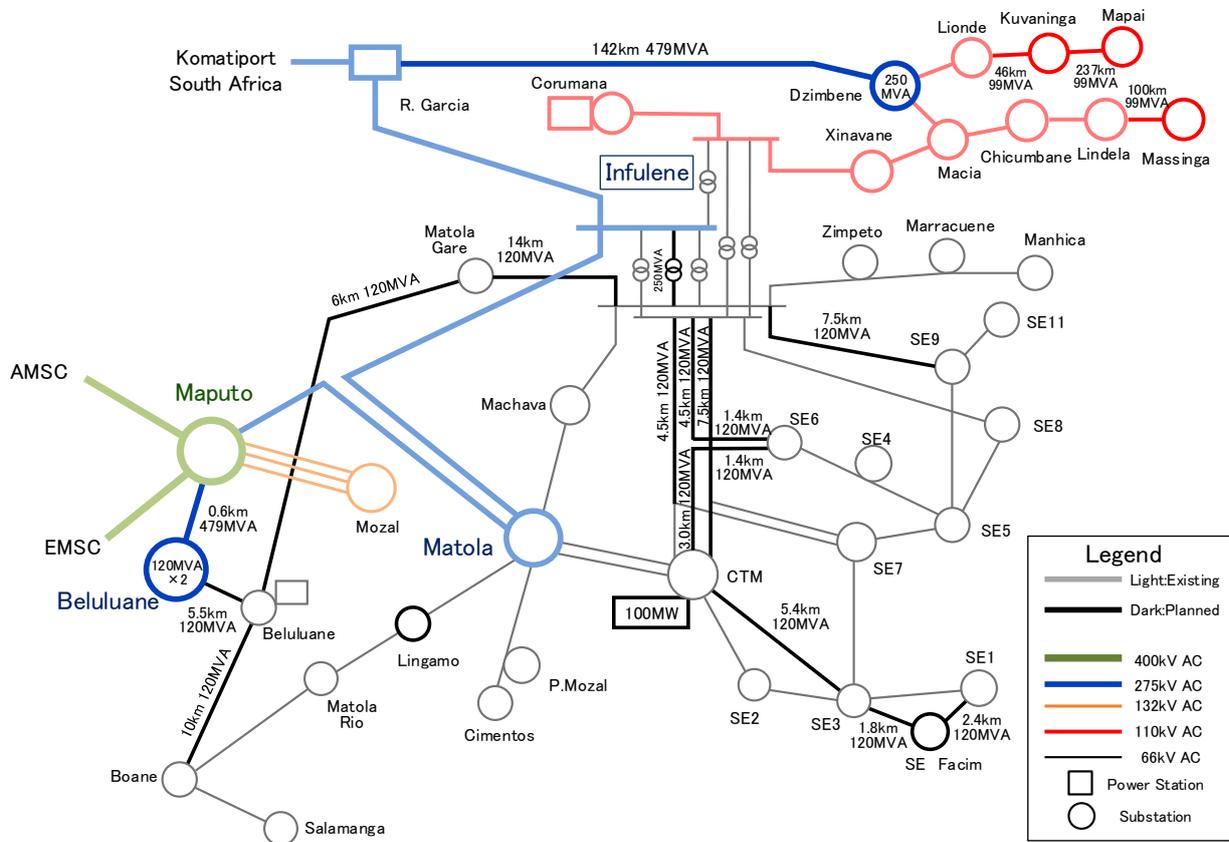
(3) 系統増強計画

需要増加ならびに電源開発に対応して EDM の System Planning Directorate は図 3-2-2-2.1 に示す系統増強を計画している。

基幹系統では 275 kV Beluluane 変電所を新設するとともにこれへの供給送電線として 275 kV Maputo-Beluluane 線を新設する。また北部系統の増強策として 275 kV 系統では 275kV Ressano Garcia-Dzimbene 線、275/110 kV Dzimbene 変電所、110 kV 系統では東北部への送電線延長と Massinga、Kuvaninga、Mapai の各変電所の新設が示されている。

66kV 系統では送電容量が 38~50 MW であった Infulene 変電所からの 66 kV フィーダーの鉄塔建て替えによる 120 MVA への送電容量増加が計画されており、これまでの Infulene 66kV フィー

ダーのボトルネックが解消される。また配電用変電所 2 箇所の新設が計画されている。さらに需要地立地電源としての CTM 火力発電所（100 MW 級）の運開により Maputo 系統の供給信頼度向上が実現する。



[出所] EDM 提供の解析データに基づき準備調査団作成

図 3-2-2-2.1 系統増強計画（2016～2020 年）

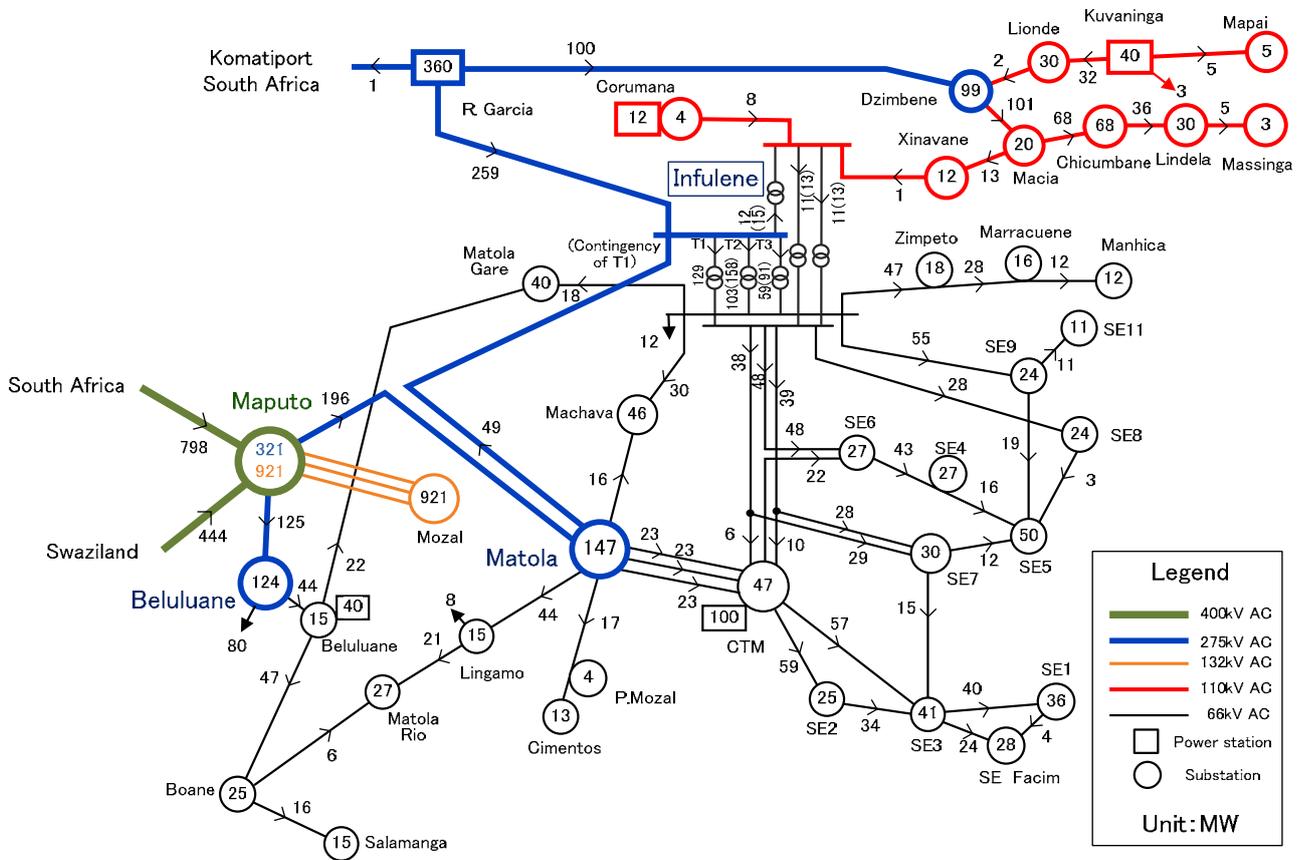
(4) 潮流

図 3-2-2-2.2 に 2020 年の予想潮流を示す。

Infulene 変電所から出ている全部で 8 本の 66 kV フィーダーの潮流合計は、2015 年が 207 MW に対し 2020 年は CTM 火力が運開し 100 MW の出力で運転しているにも拘わらず、需要の高い伸び率を反映し合計 303 MW と大幅に増加している。これにより Infulene 変電所 275/66 kV 変圧器の潮流は既設 T1 変圧器（容量 250 MVA）が 129 MW、新設 T2 変圧器が 103 MW（容量 250 MVA）となる。最大容量の T1 あるいは T2 変圧器事故時に分離運用していた 66 kV を併用した場合には、健全変圧器に 158 MW の潮流が流れるが過負荷することは無い。この変圧器事故を想定したケースは T2 変圧器の取り替えをしないケースと等価であるため変圧器健全時には過負荷することは無いものの、T1 変圧器事故時には T2 変圧器が無い場合 T3 変圧器（容量 120 MVA）が過負荷する事となり、T2 変圧器の増容量器への取り替えが有効であることが分かる。

さらに Infulene 変電所 66 kV フィーダーの供給地域は Maputo 市ならびに Maputo 州に及んでいる。Maputo 市ならびに Maputo 州の需要伸び率はそれぞれ 11.1%、14.6%であり、2020 年以後の毎

年の増分需要は Maputo 市ならびに Maputo 州の合計で 最低でも 50 MW と予想されるので、常時の変圧器稼働率も年々増加すると予想される。



[出所] EDM 提供の解析データに基づき調査団作成

図 3-2-2-2.2 2020 年予想潮流

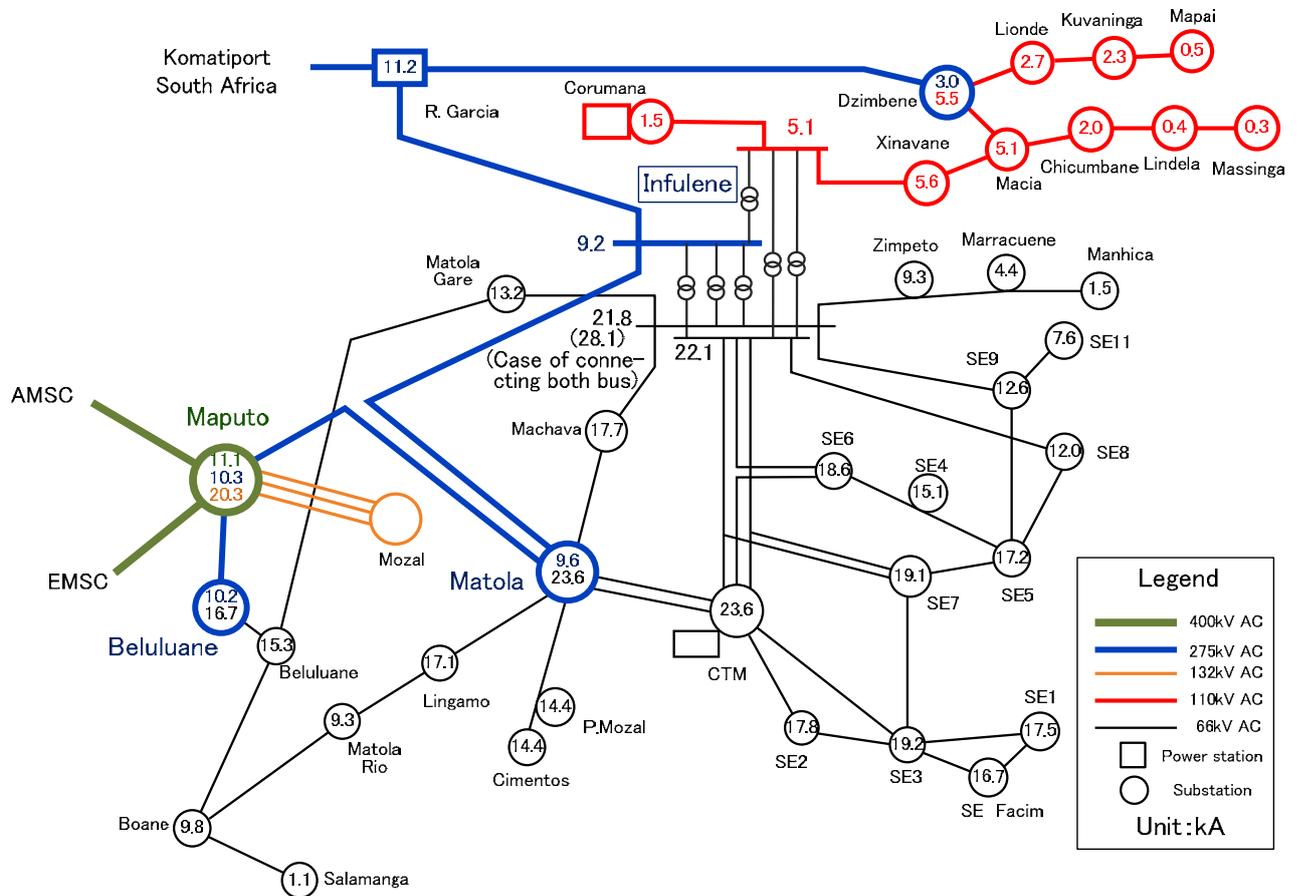
(5) 事故電流

図 3-2-2-2.3 に事故電流解析結果を示す。また表 3-2-2-2.2 に 2015 年と 2020 年との比較を示す。

2015 年の Infulene 変電所 66kV 母線の事故電流は母線分離運用時 A 母線 12.0 kA、B 母線 14.3 kA であり、母線併用運用時には 18.6 kA となるが既設遮断器の定格は 31.5 kA であり十分に余裕がある。また当年の最大値は 275 kV では Maputo 変電所の 9.4 kA、110 kV では Infulene 変電所の 3.7 kA、66 kV では Matola 変電所の 15.9 kA であり、いずれも遮断器定格を大きく下まわっており問題は無い。

2020 年の事故電流は需要増加に伴う電源開発により全ての変電所で 2015 年と比較し増加しており、CTM 火力が隣接地に運開する CTM 変電所の事故電流は、2015 年の 12.1 kA から 23.6 kA と約 2 倍となっている。また Infulene 変電所 66 kV 母線の事故電流は、母線分離運用時 A 母線 21.8 kA、B 母線 22.1 kA であり、母線併用運用時には 28.1kA となる。当母線の既設遮断器の定格は最低でも 31.5kA であり、さらに本事業で新設する遮断器は定格 40 kA を採用するので将来に亘り事故電流が遮断器定格を上回る恐れは無い。

電圧毎の最大値は 275 kV では新設された Beluluane 変電所の 10.2 kA、110 kV では Xinavane 変電所の 5.6 kA、66 kV では Matola 変電所の 23.6 kA であり、いずれも既設遮断器定格以内であり問題は無い。



[出所] EDM 提供の解析データに基づき調査団作成

図 3-2-2-2.3 事故電流解析結果

表 3-2-2-2.2 事故電流解析結果 (2015 年と 2020 年との比較)

Voltage (kV)	Station, Bus	Fault current in 2015 (kA)	Fault current in 2020 (kA)
400	Maputo	10.1	11.1
275	Matola	8.4	9.6
	Infulene	7.8	9.2
110	Infulene	3.7	5.1
66	Infulene A	12.0 (18.6)	21.8 (28.1)
	Infulene B	14.3 (18.6)	22.1 (28.1)
	CTM	12.1	23.6
	Matola	15.9	23.6
	SE3	8.4	19.2
	SE5	8.1	17.2
	Beluluane	6.3	15.3
Boane	5.7	9.8	

備考：カッコ () 内の数値は、T1 変圧器、T2 変圧器を同じ 66 kV 母船に接続する場合に基づいている。

[出所] EDM 提供の解析データに基づき準備調査団作成

(6) 安定度

安定度の解析条件は 2015 年と同一の表 3-2-2-2.3 に示すものとした。

表 3-2-2-2.3 安定度解析条件 (2020 年)

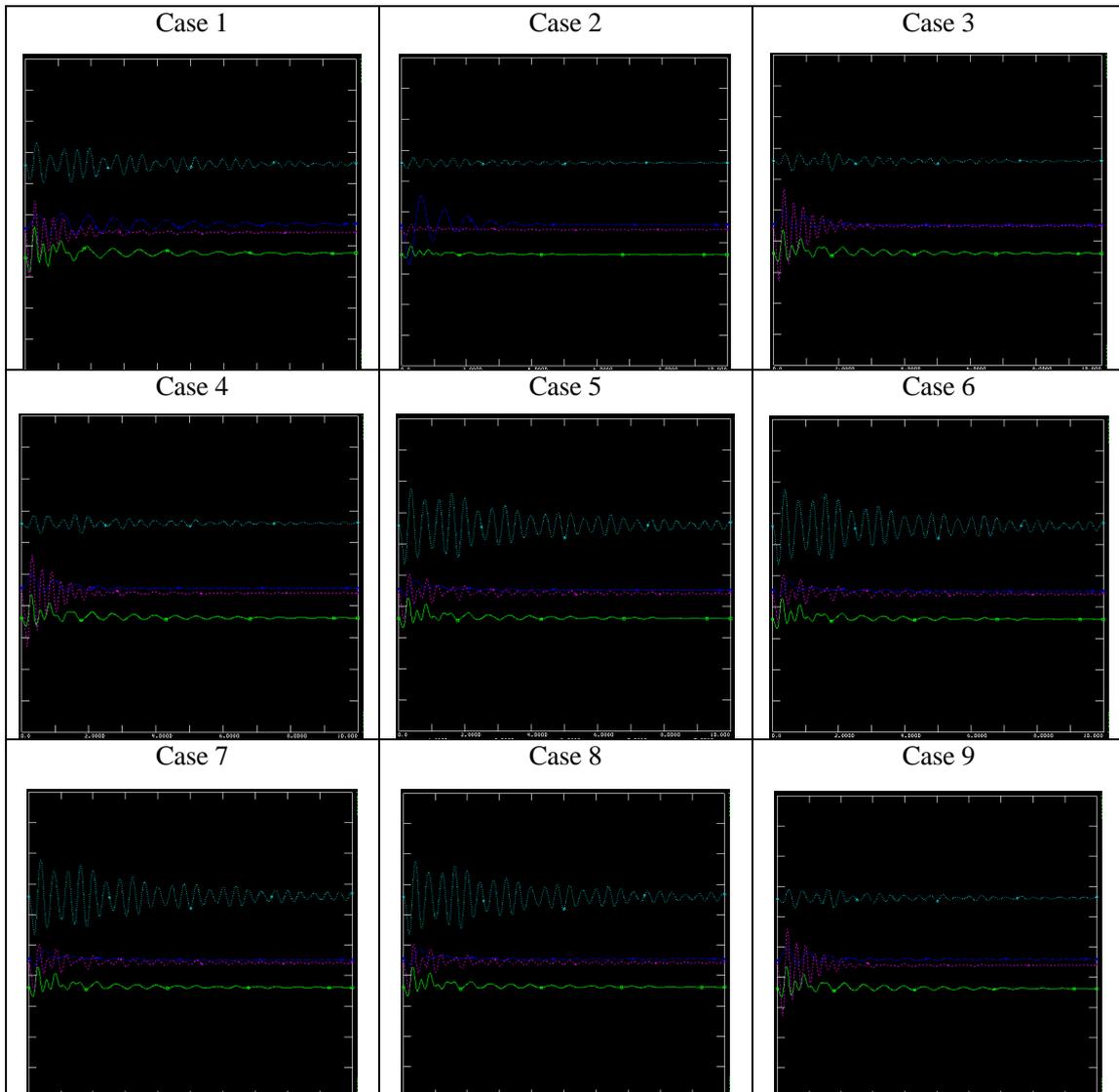
電圧 (kV)	事故点	開放送電線	Case No.
275	Infulene 275kV 母線至近端	Infulene – Matola	1
110	Infulene 110kV 母線至近端	Infulene – Xinavane	2
66	Infulene 66kV 母線至近端	Infulene – Matole Gare	3
		Infulene – Machava	4
		Infulene – CTM	5
		Infulene – SE6	6
		Infulene – SE7	7
		Infulene – SE8	8
		Infulene – SE9	9

[出所] 準備調査団

安定度解析結果を表 3-2-2-2.4 に示す。

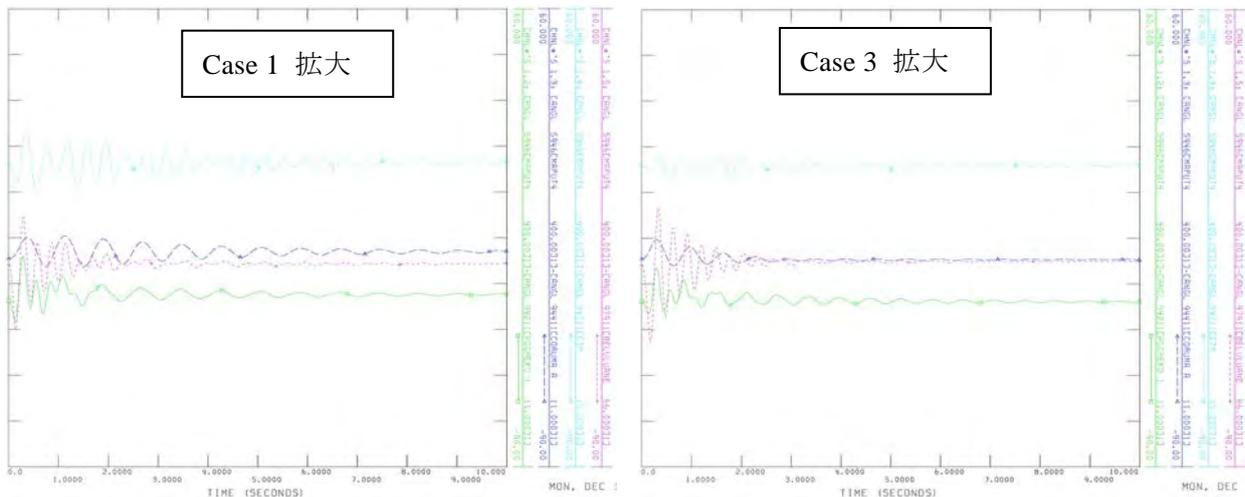
各ケースとも Infulene 変電所の母線至近端事故を想定しているため、約 10 km の近距離に運開した CTM 火力の動揺（動揺カーブの最上部の水色のカーブ）が目立つが、全てのケースで 3 相短絡事故による発電機動揺は時間と共に減少し収束しており 2015 年と同様に安定度は維持出来ることが確認された。

表 3-2-2-2.4 安定度解析結果 (2020 年)



備考：基準 Maputo400kV 母線との位相差 — : CTM — : Beluluane — : CTRG — : Aggreko

横軸 0~10s、縦軸 -90~60°



[出所] EDM 提供の解析データに基づき準備調査団解析

3-2-2-3 結論

潮流、事故電流、安定度を対象とした詳細な系統解析により Infulene 変電所 T2 変圧器が運転を開始する 2020 年は特段の問題が無く変圧器は有効に稼働することが確認された。2015 年系統では Infulene 変電所から出ている 66 kV フィーダーの送電容量が 38~50 MW と小さく供給上のボトルネックとなっていたが、120 MVA への増容量化による解消と、需要地立地電源としての CTM 火力の運開は Infulene 変電所 T2 変圧器の取り替えと相まって、Maputo 首都圏の供給信頼度は大幅に向上する。また Infulene 変電所 T2 変圧器の取り替え効果の最大化のためにも Infulene 変電所 66 kV フィーダーの増強の計画通りの実施が必要である。

3-2-3 基本計画

3-2-3-1 全体計画（設計条件）

本プロジェクトの設計条件は下記とする。

(1) 気象条件

「3-2-1-1-2 自然環境条件に対する方針」項目を参照。

(2) 設計条件

表 3-2-3-1.1 に電気方式を示す。

表 3-2-3-1.1 各電圧系統の電気方式

項目	適用		
	275 kV	66 kV	33 kV
周波数	50 Hz		
相数	3 相		
最高電圧	300 kV	72.5 kV	36 kV
雷インパルス耐電圧	1,050 kV	325 kV	170 kV
商用周波耐電圧	450 kV (1 min)	140 kV (1 min)	70 kV (1 min)
沿面漏れ距離	31 mm/kV		
接地系	直接接地		

[出所] 準備調査団作成

(3) 適用規格及び使用単位

基本的に国際電気標準会議企画（International Electrotechnical Commission : IEC）、電気学会電気規格調査標準規格（Japan Electrotechnical Committee : JEC）等の国際規格並びに日本規格に従って設計するものとする。

3-2-3-2 基本計画の概要

(1) Infulene 変電所改修

以下に述べる事項を基本として T2 変圧器及び開閉設備等の取り換え計画を実施する。

1) 275kV 遮断器

既設遮断器は 1972 年製造と既に 45 年が経過している。スペアパーツの手配が困難なことから、過去、欠相遮断等を発生させており、性能上劣化が認められている。

2) 275/66/11kV 変圧器

並行運転時同容量で負荷分担を可能にするため、既存の T1 変圧器（250 MVA）と巻き線方式、設備容量及び同容量基準での百分率インピーダンスが同じものを選定する。

3) 所内変圧器

既設低圧交流分電盤の設計方針は T1 変圧器及び T2 変圧器の所内変圧器を常用・予備として受電する形態であるため、T1 変圧器の三次側所内変圧器と同電圧、同容量の変圧器を選定する。

4) 66 kV 遮断器、避雷器、断路器、計器用変圧器、計器用変流器

各機器は老朽化が進み、かつ予備品の入手が困難であるという運用上の問題を抱えているため、新しい設備に更新する。更に、運用面を考慮し、T1 変圧器用開閉設備に準ずる仕様を有する設備とする。

5) T2 変圧器 275 kV・66 kV 側架線

変圧器一次・二次側における架線は保守の面から既設 T1 変圧器と同じ仕様とする。

6) 66 kV 母線連絡用遮断器及び断路器、架線

当該の遮断器は 1970 年代に製造された油遮断器設備であり漏油が目立つなど劣化が著しい。更に、Infulene 変電所職員によると欠相遮断を発生させたことがあるなど、運用面での支障が見られる。そのため、本プロジェクトにて交換することとする。母線連絡も通電容量及び保守の点から T2 変圧器二次側と同じ仕様とする。

7) 変圧器の制御・保護システム

Infulene 変電所の電力システムの保護・制御システムについては、運転保守の不慣れさや誤認錯覚による事故防止の観点から、既存の装置の仕様に準拠する方針とする。

上述の機材を本プロジェクトによる更新対象とする一方、275 kV 断路器、計器用変圧器、計器用変流器、避雷器の各機器は 1990 年代に製造されており、年代的にも古くない。また、仕様の観点からも使用可能であることから、今回は既存設備の流用とする。

8) 銅パイプ

既設設計と同等の仕様とし、50/30 Φ のサイズとする。

9) 接地設備

T1 変圧器及び 66kV ベイと同様の立ち上がり位置とする。

10) 維持管理用道工具の調達

現在 EDM は、相回転計、クランプメーターは僅か 1 セット分で南部系統にある約 30 を超える変電所で使用している。さらに、絶縁油分析装置及び真空脱気装置に至っては、800,000km² を超えるモザンビーク国全土にある変電所にて使い回されている状況である。以上を勘案し、マプト首都圏への電力供給を担う主要変電所であり、万が一の維持管理に起因する不備も許されない Infulene 変電所に上記を含む道工具を常備することで、本プロジェクトによる調達機材を適正に維持管理し、マプト首都圏への電力供給の安定を担う方針とする。

なお、上述のとおり EDM は真空脱気装置運用経験を有しており、抜油された絶縁油は同変電所敷地内のタンク置き場に一時保管している。

(2) 移動式変電所調達

移動式変電所設計に必要なとなる機材仕様につき以下の設計方針とした。

1) 移動条件

移動式変電所が荷揚げされる Maputo 港から調整・試運転が行われる Matola Gare 変電所までの輸送ルートを検討した結果、最大勾配 7.8% の登坂性能を有すること、さらに、最小曲線半径 15 m、幅員約 5 m のカーブの通行性能が要求されることを確認した。添付資料 7 に検討した輸送ルートを示す。また道路公社 (National Road Administration : ANE) 発行の「Regulation on Weights, Dimensions, Combinations and Load Provisions in Motor Vehicles and Trailers (22 May 2008)」によると、車両総重量は 56t 以下とする必要があることを確認している。従って本プロジェクトによる移動式変電所に要求される車両条件は、表 3-2-3-2.1 に示すとおりとなる。

移動式変電所の使用場所は南部地域にある 66/33 kV 配電用変電所であり、Maputo 市郊外に点在している。最も遠くに位置する Manhica 変電所 (北東 70 km) までの想定ルートでの最大勾配は 5% 程度である。

表 3-2-3-2.1 車両条件

項目	適用
乗車定員	2人以上
ハンドル位置	左側
エンジン馬力	520 PS 以上
最大勾配	勾配 7.8% の舗装路を通行できること。
旋回半径	R=15 (幅員 5 m) のカーブを支障なく通行できること。
車両総重量	56 t 以下とすること。

[出所] 準備調査団作成

2) 設備条件

Maputo 市郊外にある配電用変電所での運用を想定するため変圧比 66/33 kV、容量 20 MVA の変圧器を有することとする。また、移動式変電所単体での稼働を実現するため、一次側・二次側開閉設備、保護制御設備、直流電源装置等の設備一式を含む。

3-2-3-3 変電機材

表 3-2-3-3.1 に上記の (1) Infulene 変電所改修用機材 (2) 移動式変電所調達、そして (3) 維持管理用道工具の概要を示す。また表 3-2-3-3.2 に基本仕様を示す。

表 3-2-3-3.1 基本計画

番号	機材名	単位	数量
(1)	Infulene 変電所用設備		
1-1	275kV 遮断器 (碍子型)	台	1
1-2	275kV・11kV 中性点側架線・端子類	式	1
1-3	275/66/11kV 3相単巻変圧器 (250 MVA)	台	1
1-4	T2 変圧器用所内変圧器 (250 kVA)	台	1
1-5	T2 変圧器三次側 11 kV 計器用変圧器および貫通型変流器	式	1
1-6	66 kV 避雷器	台	3
1-7	66 kV 計器用変圧器	台	3
1-8	66 kV 計器用変流器	台	3
1-9	66 kV 遮断器	台	2
1-10	66 kV 断路器	台	4
1-11	T2 変圧器二次側及び 66 kV 母線連絡用架線・端子類	式	1
1-12	銅パイプ	式	1
1-13	機器架台	式	1
1-14	T2 変圧器二次設備側接地設備	式	1
1-15	T2 変圧器用制御盤・保護盤	式	1
(2)	移動式変電所		
2-1	66/33 kV 移動式変電所 (20 MVA)	式	1
(3)	維持管理用道具		
3-1	メンテナンス工具類	式	1
3-2	絶縁油分析装置 (水分、ガス等)	式	1
3-3	変圧器絶縁油真空脱気装置 (タンク等含む)	組	1
3-4	絶縁油耐圧試験器	式	1
3-5	保護継電器試験器	式	1

表 3-2-3-3.2 基本仕様

No.	機材/仕様項目	詳細仕様	数量
(1) Infulene 変電所用設備			
1-1	275kV 遮断器 (碍子型)		1 台
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適用規格 ➤ 遮断方式 ➤ 定格電圧 ➤ 定格電流 ➤ 定格周波数 ➤ 定格短時間耐電流 ➤ 雷インパルス耐電圧 ➤ 商用周波数耐電圧 	IEC62271 もしくは同等規格 SF ₆ 300 kV 3150 A 50 Hz 31.5 kA, 3 sec 1050 kV 450 kV	
1-2	275kV・11kV 中性点側架線・端子類		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適用規格 ➤ 架線 	IEC61089 もしくは同等規格 硬銅より線 2×150 mm ² 硬アルミより線 2×325 mm ²	
1-3	275/66/11kV 3相単巻変圧器 (250MVA)		1 台
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適用規格 ➤ 型式 ➤ 定格容量 ➤ 定格電圧 ➤ 定格周波数 ➤ 結線方式 ➤ 雷インパルス耐電圧 ➤ 商用周波数耐電圧 ➤ 負荷時タップ切替装置 	IEC60076 もしくは同等規格 屋外型、負荷時タップ切替装置付、無圧密封式 1次2次 250 MVA、3次 40 MVA 1次電圧 275 kV、2次電圧 66 kV、3次電圧 11 kV 50 Hz 1次2次側共通星型結線 (直接接地) 3次側三角結線 (非接地) 1次側 1050 kV 以上、2次側 350 kV 以上 1・2次側中性点 250 kV 以上、3次側 95 kV 以上 1次側 460 kV 以上、1・2次側中性点 95 kV 以上 2次側 140 kV 以上 真空バルブ方式	

No.	機材／仕様項目	詳細仕様	数量
	➤ タップ数	21 タップ	
1-4	T2 変圧器用所内変圧器 (250kVA)		1 台
	➤ 適用規格	IEC60076 もしくは同等規格	
	➤ 型式	屋外型油入変圧器	
	➤ 巻き数比	11/0.4 kV	
	➤ 定格容量	250 kVA	
	➤ ベクトルグループ	YNyn0d11 (安定巻線内蔵)	
	➤ 定格周波数	50 Hz	
	➤ 商用周波数耐電圧	38 kV 1 min	
	➤ 雷インパルス耐電圧	95 kV	
1-5	T2 変圧器三次側 11kV 計器用変圧器および貫通型変流器		1 式
	➤ 適用規格	IEC61869 もしくは同等規格	
	➤ タイプ	屋外型	
	➤ 商用周波数耐電圧	38 kV 1 min	
	➤ 雷インパルス耐電圧	95 kV	
	➤ 変圧比	$11000/\sqrt{3}/110/\sqrt{3}/110/3 V$	
	➤ 変流比	50/1 A	
1-6	66kV 避雷器		3 台
	➤ 適用規格	IEC60099 もしくは同等規格	
	➤ タイプ	屋外型、シリコン碍管	
	➤ 公称電圧	66 kV	
	➤ 放電電流	10 kA	
	➤ 定格周波数	50 Hz	
	➤ 漏れ距離	37.1 mm/kV	
1-7	66kV 計器用変圧器		3 台
	➤ 適用規格	IEC61869 もしくは同等規格	
	➤ タイプ	屋外型	
	➤ 公称電圧	66 kV	
	➤ 商用周波数耐電圧	140 kV 1 min	
	➤ 雷インパルス耐電圧	325 kV	
	➤ 定格周波数	50 Hz	
	➤ 変圧比	$66000/\sqrt{3} : 110/\sqrt{3} - 110/3V$	
	➤ 漏れ距離	31 mm/kV	
1-8	66kV 計器用変流器		3 台
	➤ 適用規格	IEC61869 もしくは同等規格	
	➤ タイプ	屋外型	
	➤ 公称電圧	66 kV	
	➤ 商用周波数耐電圧	140 kV	
	➤ 雷インパルス耐電圧	325 kV	
	➤ 定格周波数	50 Hz	
	➤ 変流比	2400-1600-600-400/1-1-1-1 A	
	➤ 漏れ距離	31 mm/kV	
1-9	66kV 遮断器		2 台
	➤ 適用規格	IEC62271 もしくは同等規格	
	➤ タイプ	屋外型	
	➤ 遮断方式	SF ₆	
	➤ 定格電圧	72.5 kV	
	➤ 定格周波数	50 Hz	
	➤ 定格電流	3150 A	
	➤ 商用周波数耐電圧	140 kV 1 min	
	➤ 雷インパルス耐電圧	325 kV	
	➤ 短時間電流耐量	40 kA 3sec	
	➤ 漏れ距離	31 mm/kV	

No.	機材／仕様項目	詳細仕様	数量
1-10	66kV 断路器		4 台
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適用規格 ➤ タイプ ➤ 定格電圧 ➤ 定格周波数 ➤ 定格電流 ➤ 商用周波数耐電圧 ➤ 雷インパルス耐電圧 ➤ 短時間電流耐量 ➤ 漏れ距離 	IEC62271 もしくは同等規格 屋外型 72.5 kV 50 Hz 3150 A 140 kV 325 kV 31.5 kA 3 sec 31 mm/kV	
1-11	T2 二次側及び 66kV 母線連絡用架線・端子類		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適用規格 ➤ アルミ電線 	IEC61089 もしくは同等規格 BULL AAC2×865 mm ²	
1-12	銅パイプ		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 定格電圧 ➤ サイズ 	66 kV 50/30 Φ	
1-13	機器架台		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 溶融亜鉛メッキ仕上げ 	76 μm 以上	
1-14	T2 変圧器二次設備側接地設備		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 接地方式 ➤ 使用材料 <ul style="list-style-type: none"> ・埋設・架台立ち上げ用接地線 ・絶縁被覆接地線（制御・保護盤用） ・接続材料 	網状接地方式 軟銅より線(A)100 mm ² もしくは同等品 ビニル絶縁電線（100mm ² IV） もしくは同等品 C 型圧縮コネクタ又はボルトコネクタ もしくは同等品	
1-15	T2 変圧器用制御盤・保護盤		2 面
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 型式 ➤ その他 	屋内型、金属閉鎖型 IEC もしくは同等規格の機材により構成されること。	
(2) 移動式変電所			
2-1	66/33kV 移動式変電所 (20 MVA)		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 共通仕様 <ul style="list-style-type: none"> ・適用規格 ・構成 ➤ 変圧器 <ul style="list-style-type: none"> ・定格容量 ・定格電圧 ・周波数 ・相数 ・インピーダンス ・On Load Tap Changer ・タップポジション ・タップ範囲 ・タップ数 ・ステップ電圧 ・ベクトルグループ ・電氣的保護 ・その他 	IEC もしくは同等規格の機材により構成されること。 トレーラー2 台またはトレーラー1 台＋トラック1 台の2 車構成とすること。 20 MVA 1 次電圧：66kV、2 次電圧：33kV 50 Hz 3 相 メーカー標準による 具備すること。 一次側 +/-10%、17 タップ（1.25%） 17 タップ 17 タップ YNyn0(d) 比率作動継電器 地絡継電器 過電流継電器 ブッフホルツリレー、油面計、油温計、銘板を含む。	

No.	機材／仕様項目	詳細仕様	数量
(3) 維持管理用道具			
3-1	メンテナンス工具類		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 絶縁抵抗測定器 ➤ 相回転計 ➤ クランプメーター ➤ 回路計 	測定範囲 500-1000-2500-5000V : 1 台 適用範囲 0~600V : 1 台 測定範囲 100mA~20A : 1 台 米国 Fluke 社製 Series11 Multimeter もしくは同等: 3 台	
3-2	絶縁油分析装置 (水分、ガス等)		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 測量範囲 <li style="padding-left: 20px;">水分 <li style="padding-left: 20px;">一酸化炭素 <li style="padding-left: 20px;">二酸化炭素 <li style="padding-left: 20px;">メタン <li style="padding-left: 20px;">アセチレン <li style="padding-left: 20px;">エタン <li style="padding-left: 20px;">エチレン 	0-100% 2-50,000ppm 20-50,000ppm 2-50,000ppm 0.5-50,000ppm 2-50,000ppm 2-50,000ppm	
3-3	変圧器絶縁油真空脱気装置 (タンク等含む)		1 組
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 油処理能力 ➤ 処理後水分量 ➤ 処理後絶縁油耐圧値 ➤ 絶縁油タンク貯蔵量 	3,000 l/hr 以上 10PPM 以下 60kV/2.5mm 以上 5,000 l	
3-4	絶縁油耐圧試験器		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 試験電圧 ➤ 試験装置電源 ➤ 装置容量 	75kV 3 相、400 V、50 Hz 70VA	
3-5	保護継電器試験器		1 式
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 定格周波数 ➤ 電流 <li style="padding-left: 20px;">3 相 <li style="padding-left: 20px;">単相 <li style="padding-left: 20px;">直流 ➤ 電流解像度 ➤ 電圧 <li style="padding-left: 20px;">3 相 <li style="padding-left: 20px;">単相 <li style="padding-left: 20px;">直流 ➤ 電圧解像度 	50 Hz 3x0 64A 1x0 128A 1x0 ±180A 1mA 3x0 300V 1x0 600V 4x0 ±300V 5mV/10mV (150V/300V)	

[出所] 準備調査団作成

3-2-3-4 施設設備

(1) 変圧器基礎の規模の算定

モザンビークの公共事業住宅省 (MOPH) によると土木及び建築に係る基準として「General Urban Building Regulation (1960)」があるものの、構造設計や材料規格においては、南アフリカ国基準や旧ポルトガル国基準を同等基準として準用している。本プロジェクトにおいては、設計図書を EDM に提出し、EDM から鉱物資源エネルギー省 (MIREME) に許認可申請を行い、承認を得ることとなる。よって、EDM の確認を得ながら日本の設計基準を参照し、安全性と機能性を確

保した基礎設計を進めることとして MOPH 及び EDM の同意を得た。

本プロジェクトにより設置される T2 変圧器の基礎設計のための地盤・地質調査を実施した結果、現状地盤面より-1.0 m 地盤の長期許容支持力が 100 kN/m² であり、また、T2 変圧器は、重量 2,800 kN (280 t) 程度が想定されることを踏まえた基礎設計を行い、更にモザンビークにおける建設技術の現状を踏まえた設計を行うこととする。

基礎設計条件は表 3-2-3-4.1 のとおりとする。

表 3-2-3-4.1 基礎設計条件

項目	内容	詳細
基礎構造	鉄筋コンクリート構造	設計基準強度 (Fc) : 21 N/mm ²
基礎深度	支持層 GL-1,250 mm	長期許容支持力 : 100 kN/m ²
基礎面積	7 x 11 = 77m ²	T2 変圧器重量 : 2,800 kN

[出所] 準備調査団作成

なお、変圧器基礎には既設変圧器同様に排水枡を設け、既設の排水システム（油水分離層）に接続する。Infulene 変電所は本プロジェクトで据え付けする変圧器と同容量である 250MVA 変圧器を対象とした油水分離処理装置を有している。そのため、既設設備にて本プロジェクトによる変圧器に起因する油水分離処理は十分に可能であり、増容量は不要となる。

(2) 変圧器基礎の配置計画

T2 変圧器は、既存変圧器から新設変圧器への交換となるため、配置は既に既存の T1 及び T3 変圧器の間に配置することは確定している。工事期間中は既存変圧器及び架空線は稼働状況にあるため、接触や感電事故のないよう、基礎施工には作業動線、資機材搬入及び車両搬入など安全面に十分に配慮した施工計画が必要である。

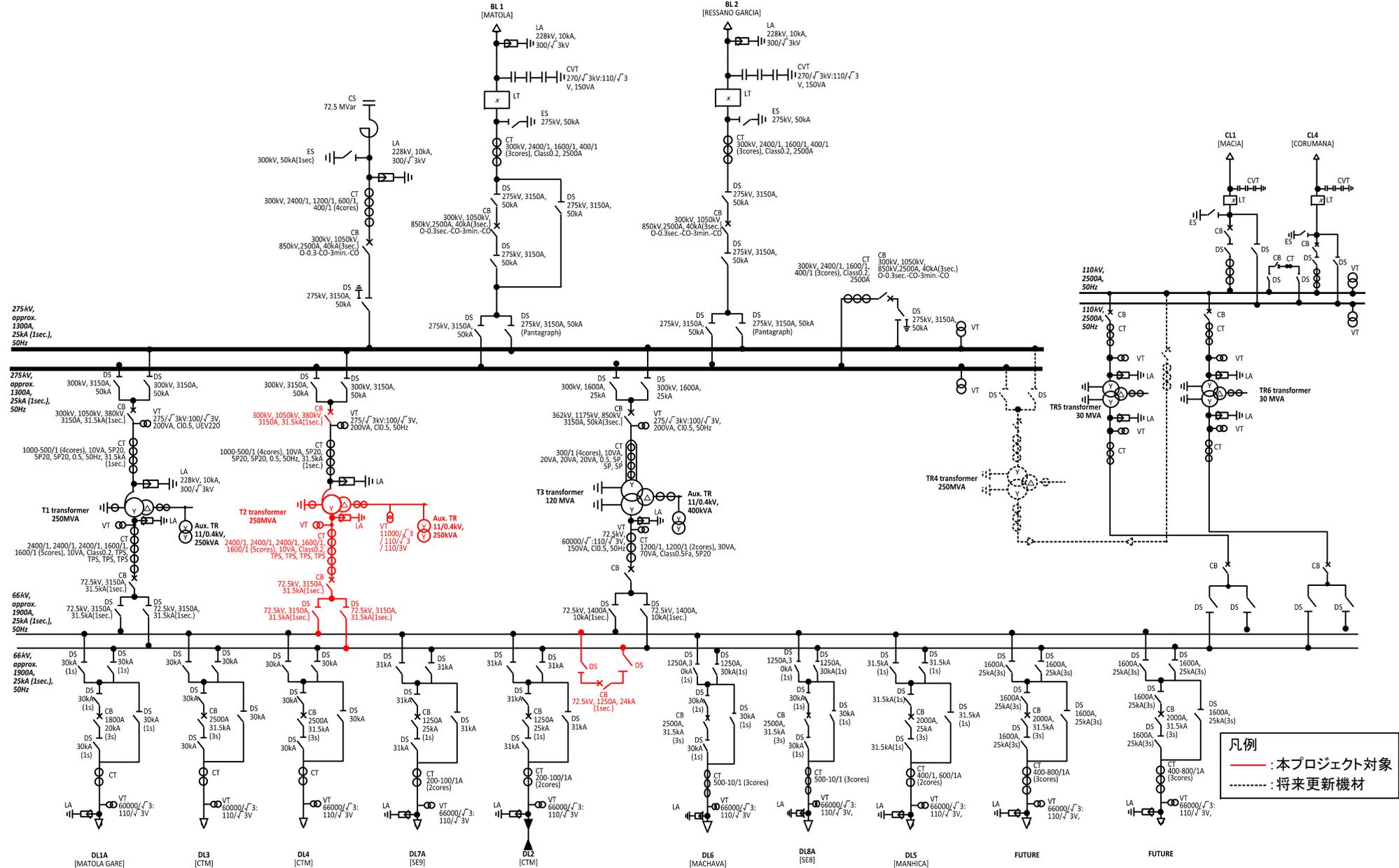
3-2-4 概略設計図

本プロジェクトの概略設計図を表 3-2-4.1 に示す。

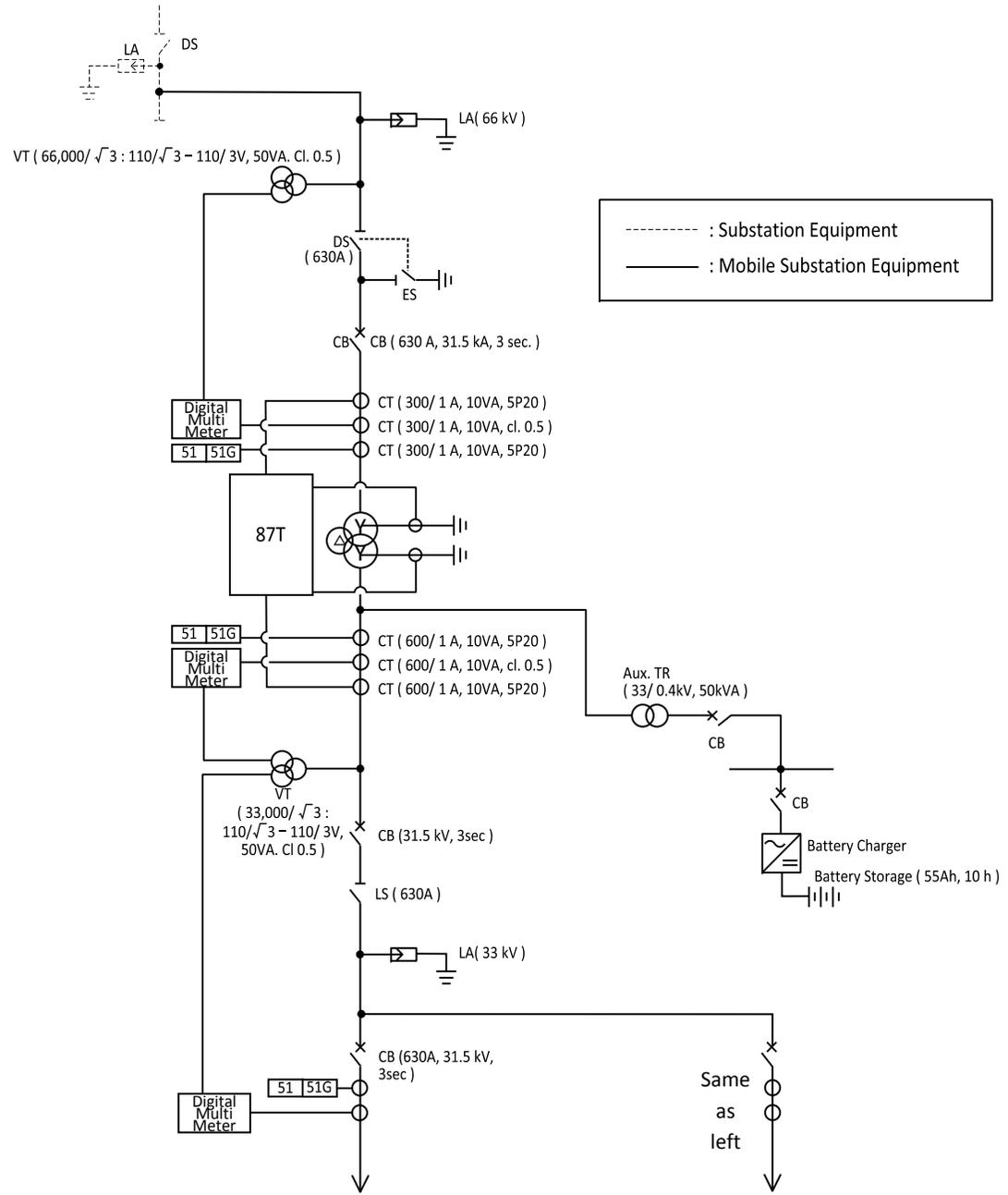
表 3-2-4.1 概略設計図面リスト

図面番号	図 面 名 称
変電機材	
DWG No. E-1	Infulene 変電所単線結線図
DWG No. E-2	移動式変電所単線結線図
DWG No. E-3	Infulene 変電所変電設備配置計画図 (プロジェクト対象範囲)
DWG No. E-4	T2 変圧器及び一次側開閉設備断面図
DWG No. E-5	T2 変圧器二次側開閉設備断面図
DWG No. E-6	66 kV 母線連絡設備断面図
DWG No. E-7	T2 変圧器制御・保護盤配置計画図
施設設備	
DWG No. C-1	T2 変圧器二次側設備基礎撤去・敷地造成範囲図
DWG No. C-2	T2 変圧器基礎撤去・敷地造成範囲図
DWG No. C-3	T2 変圧器用基礎図

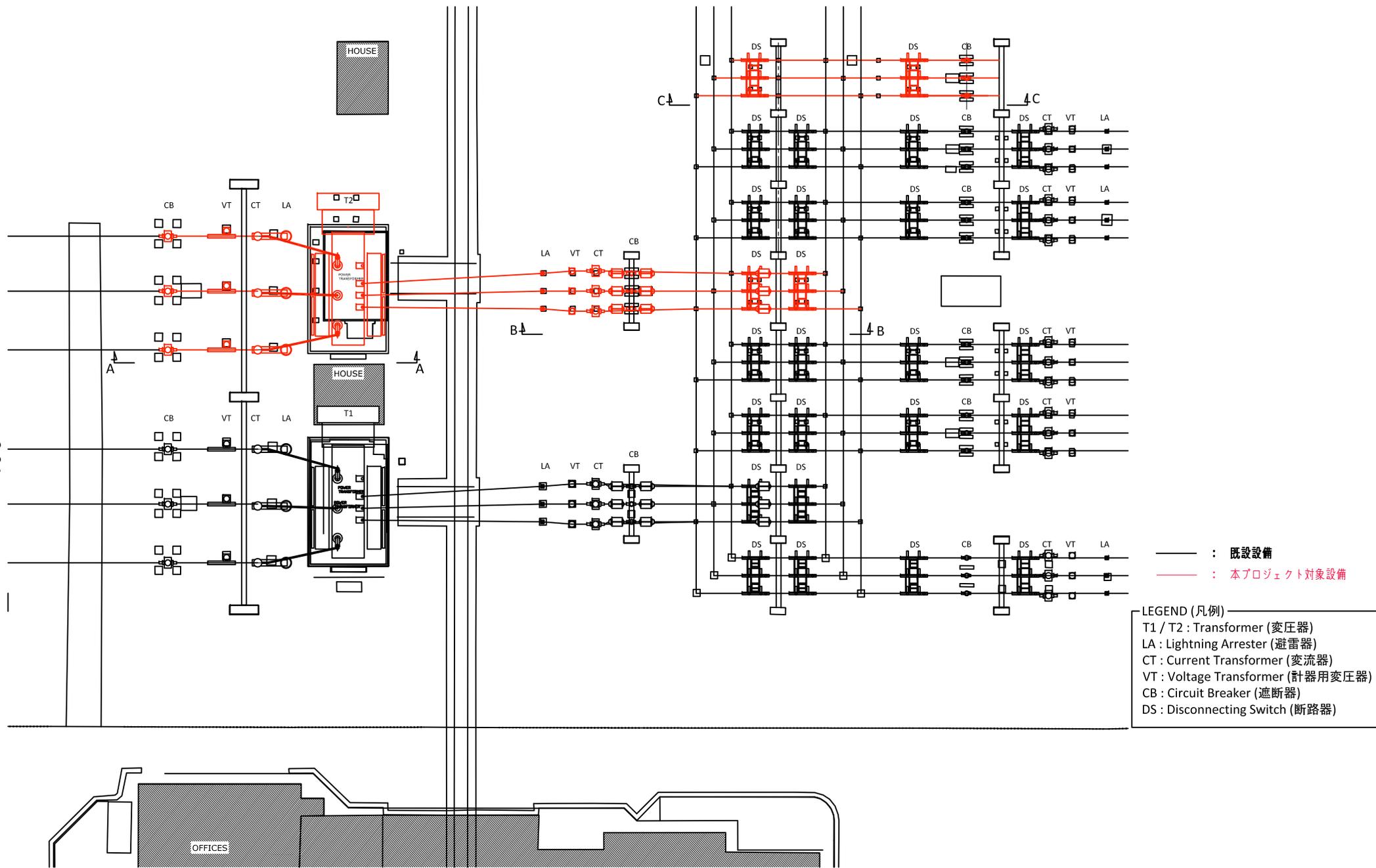
[出所] 準備調査団



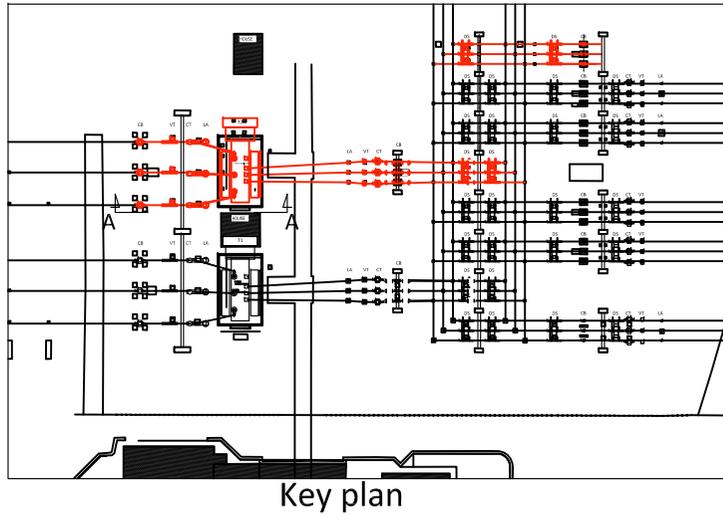
DWG No. E-1 Infulene変電所単線結線図



DWG No. E-2 移動式變電所單線結線圖

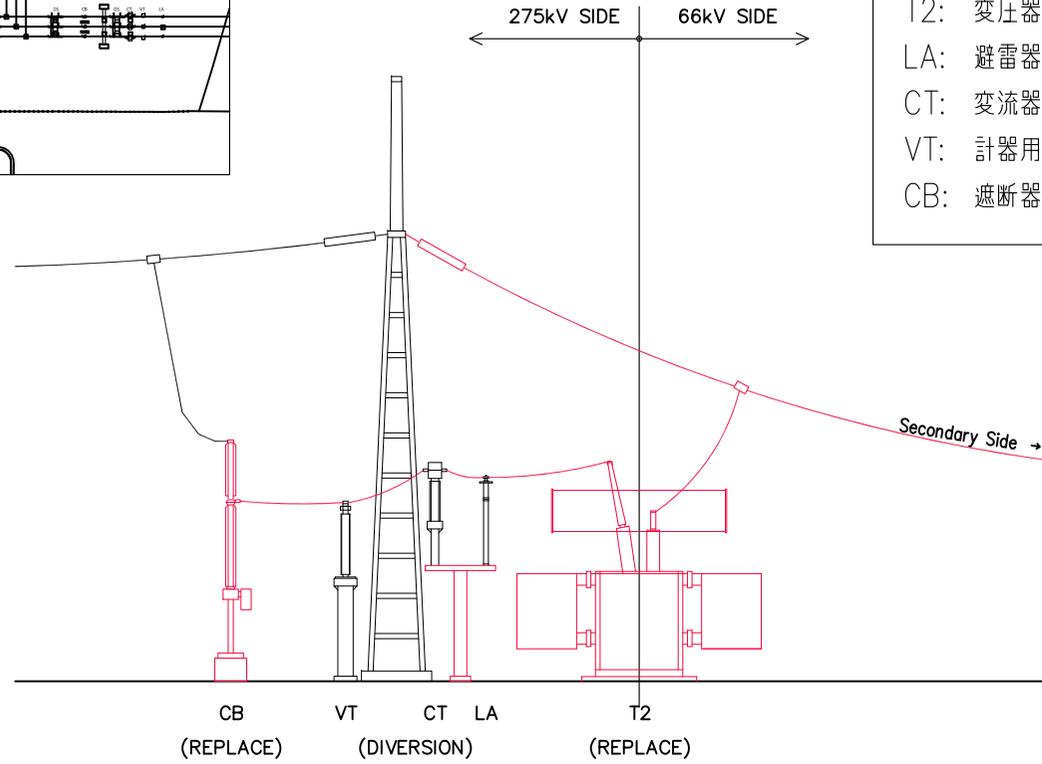


DWG No. E-3 Infulene変電所変電設備配置計画図 (プロジェクト対象範囲)



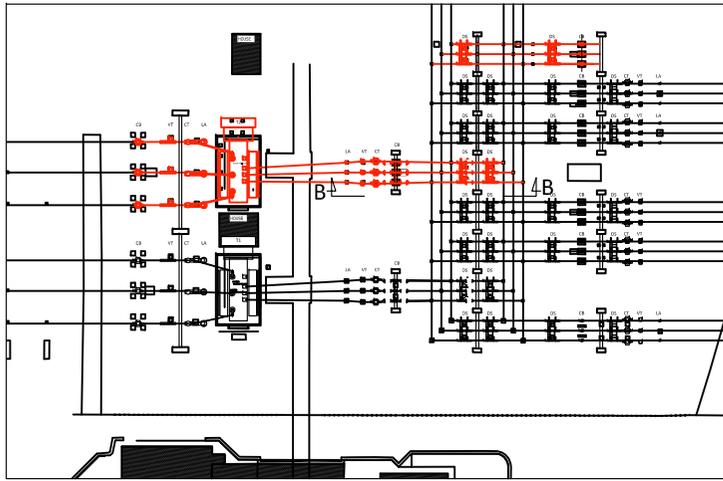
— : 既設備
— : 本プロジェクト対象設備

- 凡例
- T2: 変圧器
 - LA: 避雷器
 - CT: 変流器
 - VT: 計器用変圧器
 - CB: 遮断器



A - A 側面図

DWG No. E-4 T2変圧器及び一次側開閉設備断面図

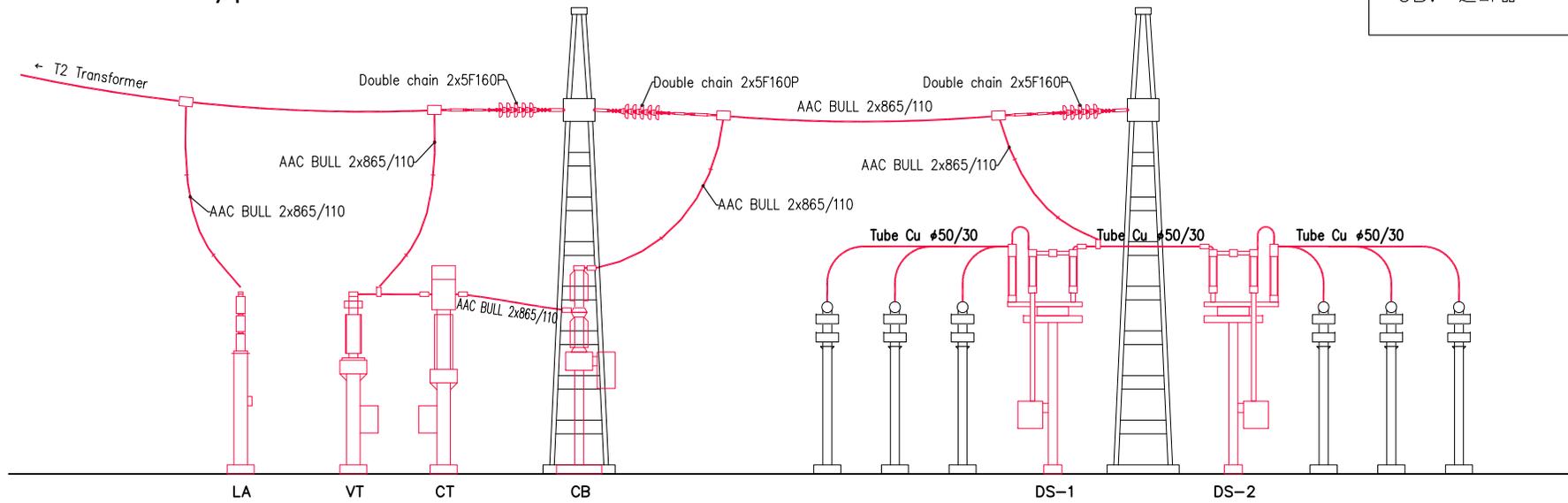


Key plan

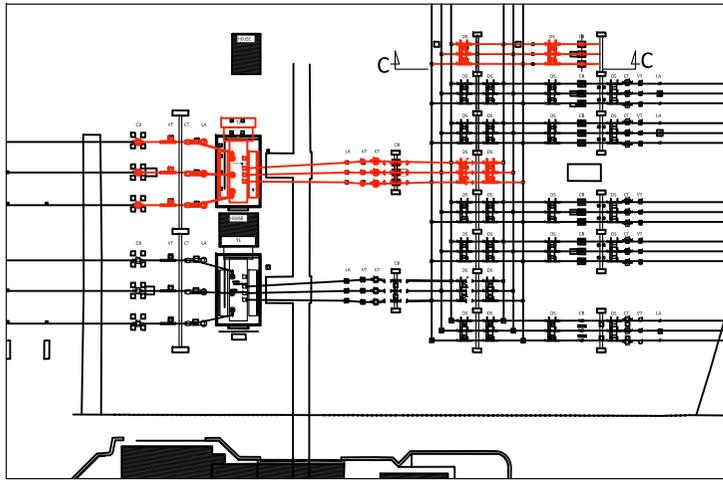
— : 既設備
 — : 本プロジェクト対象設備

- 凡例
- DS: 断路器
 - LA: 避雷器
 - CT: 変流器
 - VT: 計器用変圧器
 - CB: 遮断器

3-38



B - B 側面図

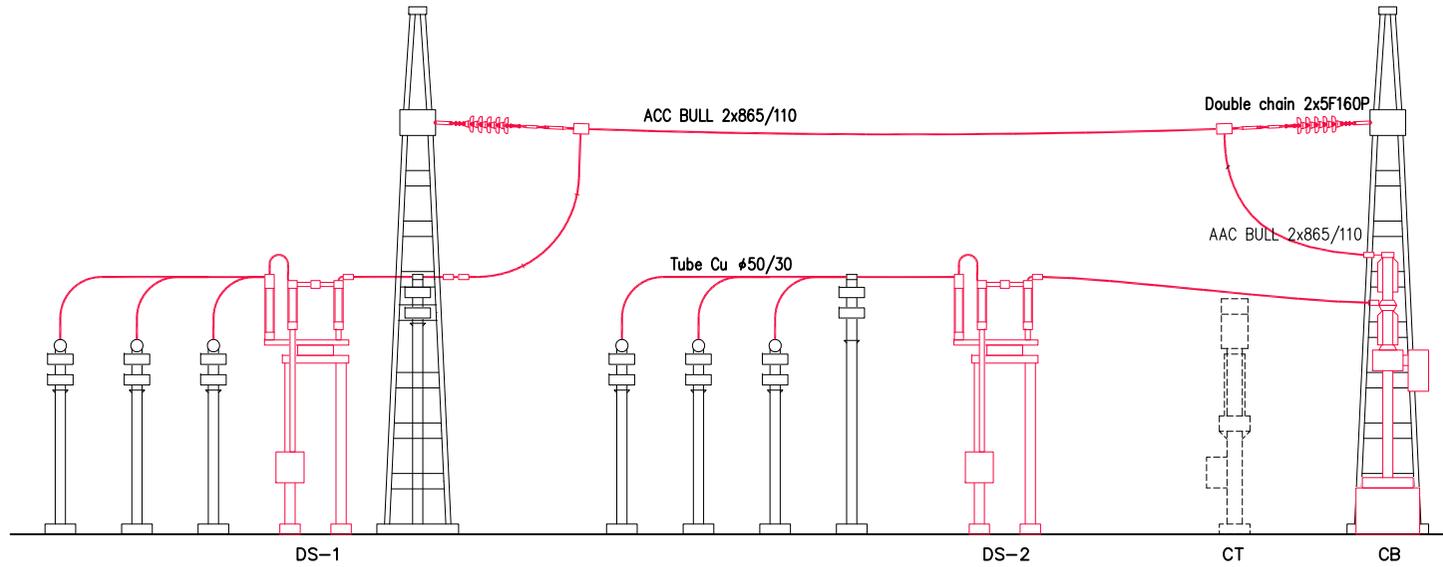


Key plan

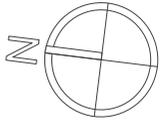
- : 既設設備
- (red) : 本プロジェクト対象設備
- (dashed) : 将来設置予定

凡例
DS: 断路器
CB: 遮断器
CT: 変流器

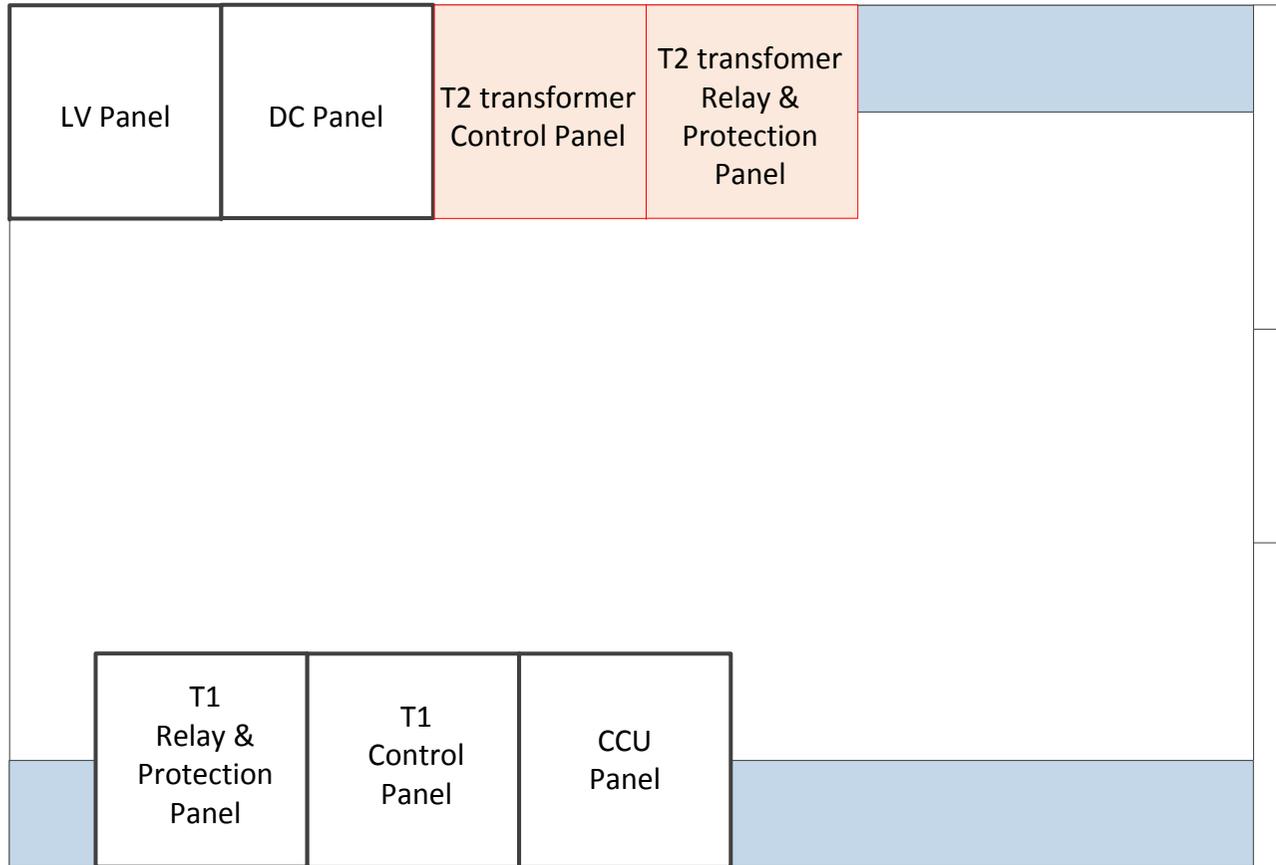
3-39



C - C 側面図



3-40



Entrance

LEGEND



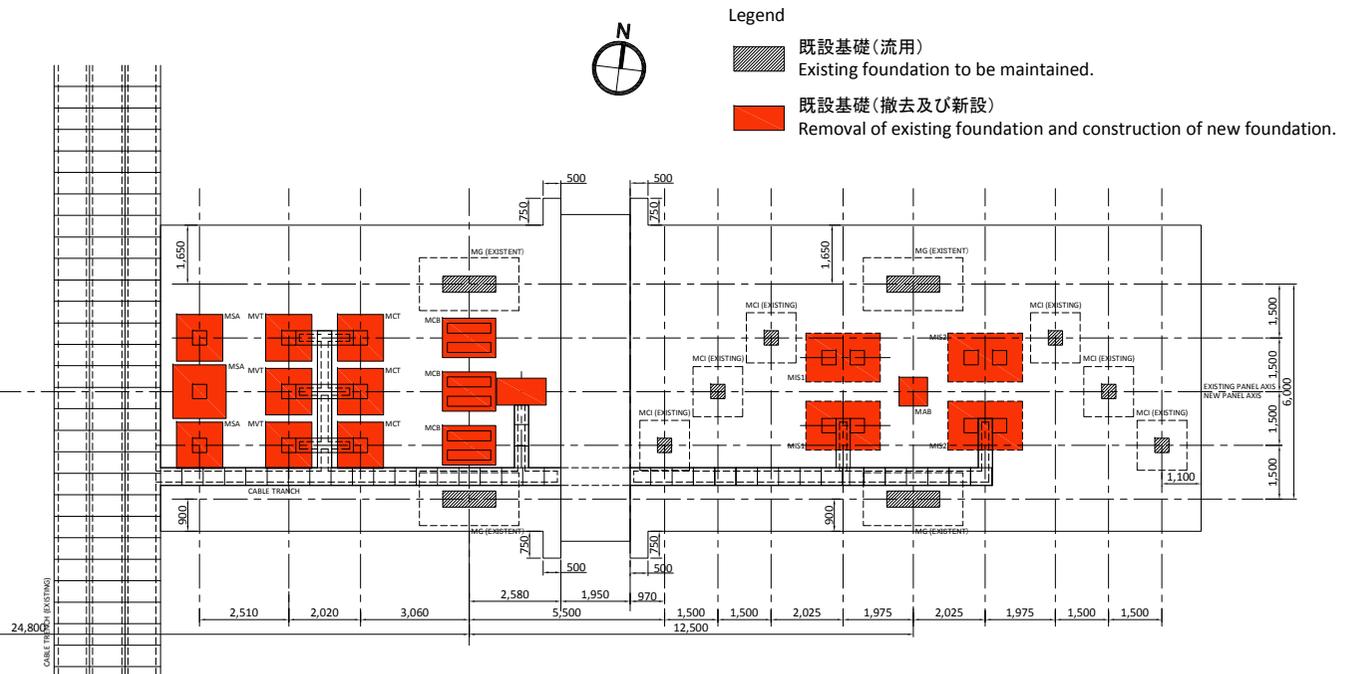
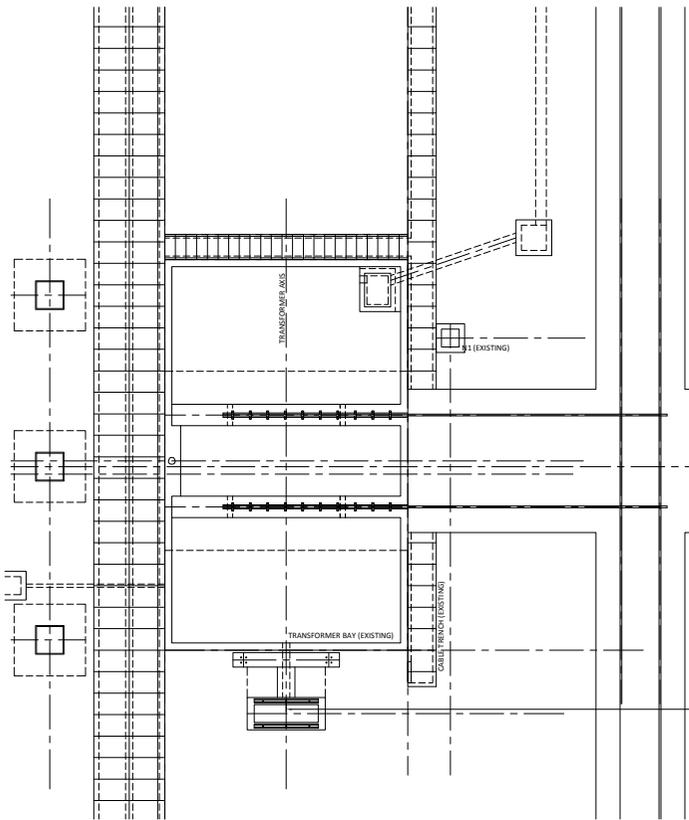
: Cable trench



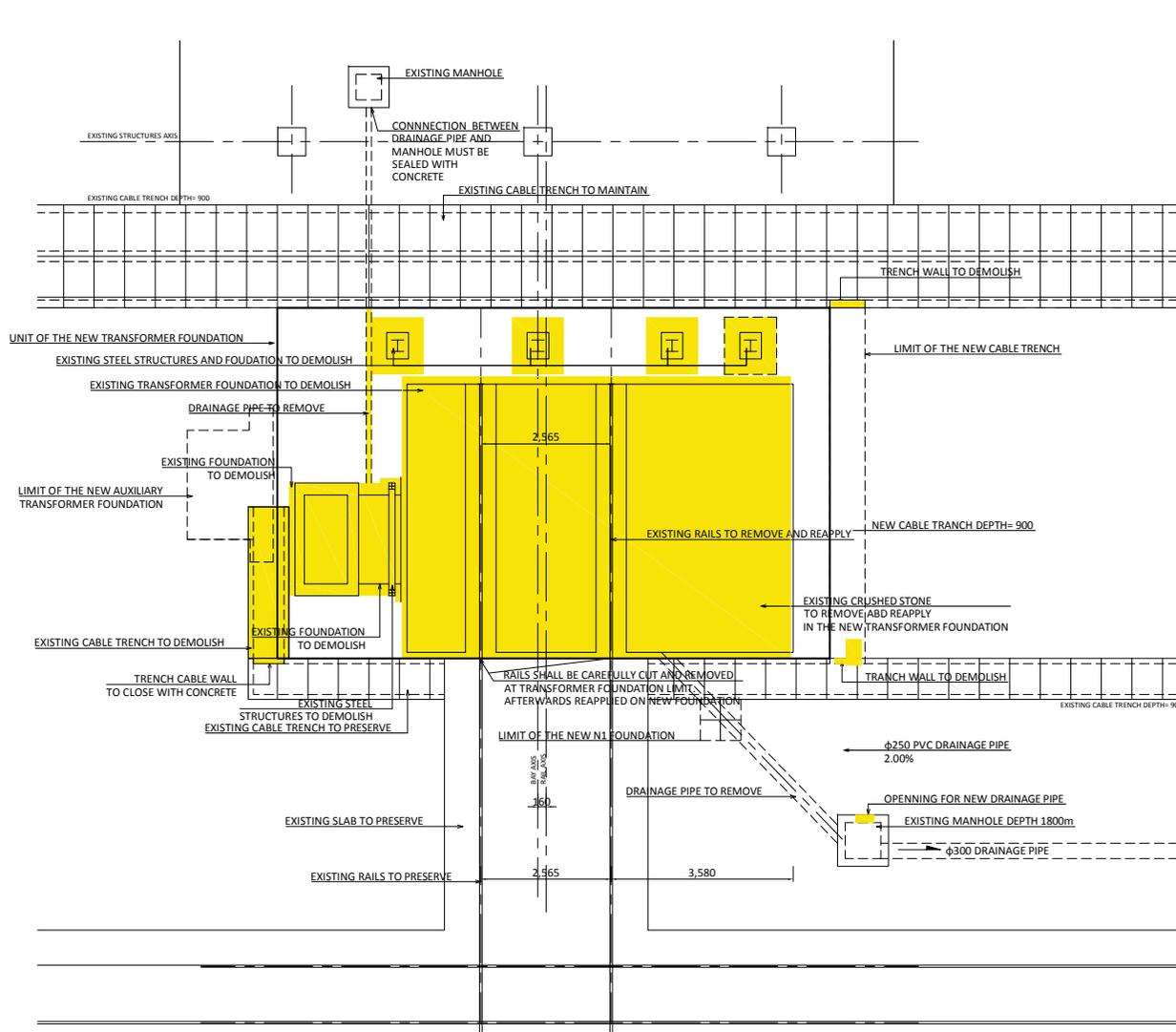
: Existing Panel



: Panels to be installed by the Project



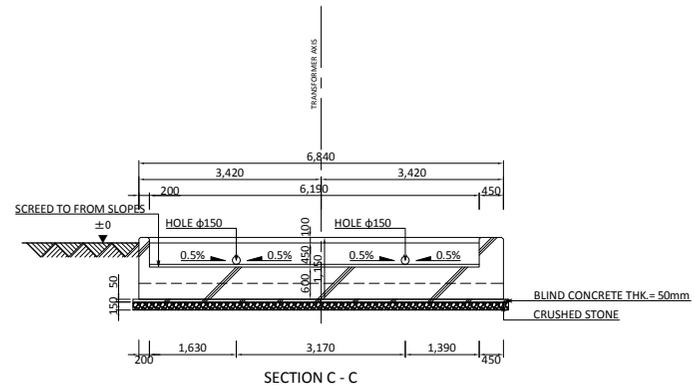
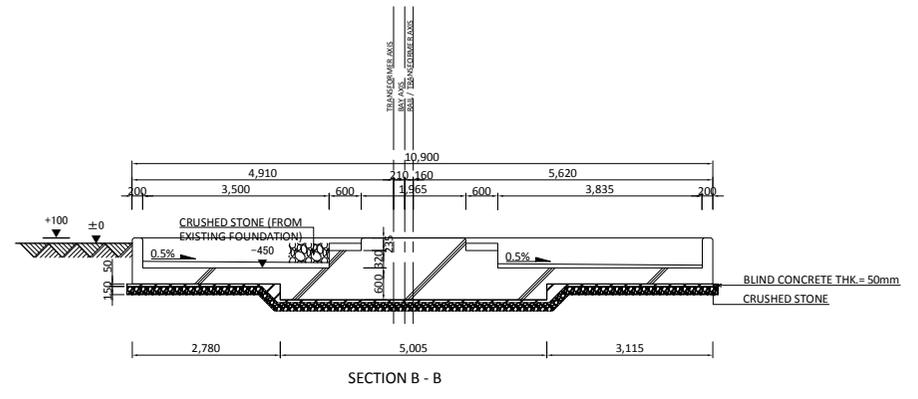
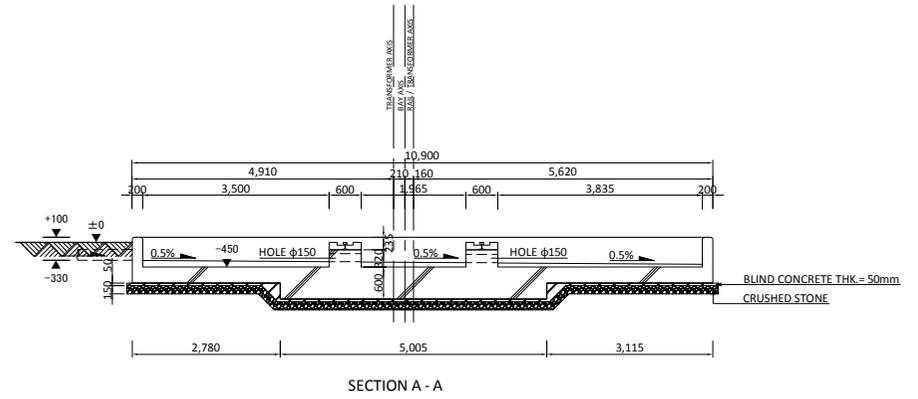
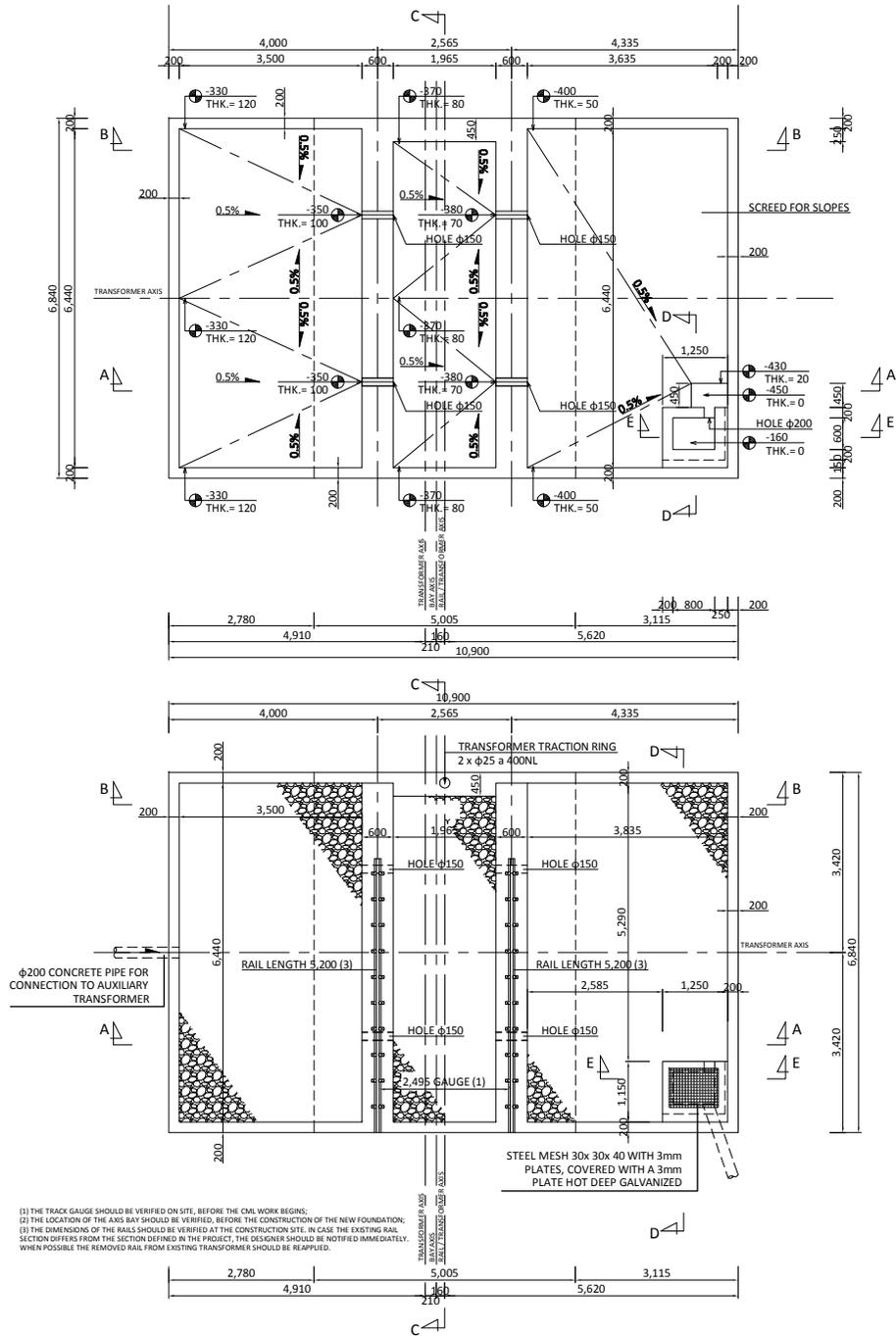
DWG No. C-1 T2変圧器二次側設備基礎撤去・敷地造成範囲図



LEGEND

- Foundation to be removed
- Foundation of the new T2 transformer

DWG No. C-2 T2變压器基礎撤去・敷地造成範圍圖



(1) THE TRACK GAUGE SHOULD BE VERIFIED ON SITE, BEFORE THE CML WORK BEGINS;
 (2) THE LOCATION OF THE AXIS BAY SHOULD BE VERIFIED, BEFORE THE CONSTRUCTION OF THE NEW FOUNDATION;
 (3) THE DIMENSIONS OF THE RAILS SHOULD BE VERIFIED AT THE CONSTRUCTION SITE, IN CASE THE EXISTING RAIL SECTION DIFFERS FROM THE SECTION DEFINED IN THE PROJECT, THE DESIGNER SHOULD BE NOTIFIED IMMEDIATELY. WHEN POSSIBLE THE REMOVED RAIL FROM EXISTING TRANSFORMER SHOULD BE REAPPLIED.

DWG No. C-3 T2变压器用基礎图

3-2-5 施工計画／調達計画

3-2-5-1 施工方針／調達方針

本プロジェクトは、我が国の無償資金協力の枠組みに基づいて実施されるため、我が国政府により事業実施の承認がなされ、両国政府による交換公文（E/N）及び国際協力機構（JICA）とモザンビーク国政府との贈与契約（G/A）が取り交わされた後に実施される。以下に本プロジェクトを実施する場合の基本事項及び特に配慮する点を示す。

（1）事業実施主体

モザンビーク側の本プロジェクト実施の監督官庁は、鉱物資源エネルギー省（MIREME）である。また、当該設備の供用開始後の運転維持管理は、本プロジェクトの実施機関であるモザンビーク電力公社（EDM）が担当する。本プロジェクトを円滑に進めるため、実施機関である EDM は MIREME の監督の下、日本のコンサルタント及び請負業者と密接な連絡及び協議を行い、工事の進捗を計る必要がある。現在のエネルギー副大臣は、EDM の最高責任者経験を持つ人物が就いている。電力政策を司る鉱物資源エネルギー省と電力運用の技術部門である EDM は良好な関係である。

本プロジェクトを実施管理する部署は Electrification and Project Directorate である。請負業者に対する免税手続き、税金還付手続きなどの窓口となるほか、モザンビーク側カウンターパート間の調整、さらには請負業者、コンサルタントとの月例会議に施主を代表して出席し、プロジェクト進捗管理を行う。

（2）コンサルタント

本プロジェクトの協力準備調査を実施したコンサルタントが JICA より推薦を受け、EDM とコンサルタント契約を締結し、本プロジェクトに係わる実施設計と施工監理業務を実施する。また、コンサルタントは入札図書を作成すると共に、事業実施主体である EDM に代わり、入札実施業務を行う。

（3）請負業者

我が国の無償資金協力の枠組みに従い、一般公開入札により選定された日本国法人の請負業者が本プロジェクトを実施する。実施内容は Infulene 変電所への資機材調達・据付工事及び移動式変電所の調達（それぞれ初期操作指導・運用指導を含む）である。

本プロジェクト完成後も、引き続きスペアパーツの供給、故障時の対応等のアフターサービスが必要と考えられるため、請負業者は当該資機材及び設備の引渡し後の連絡調整についても十分に配慮する。

（4）技術者派遣の必要性

本プロジェクトは、Infulene 変電所において既設変電所の変圧器およびベイを改修するものであり、給電停止を最小限とするため、隣接する変圧器ベイは活線状態のまま工事が行われる計画

である。そのため、請負業者、施主、コンサルタント間で十分な調整を行った上で安全管理を優先して施工する必要がある。本プロジェクトは各種工事が並行して実施されるため、工程・品質・出来形及び安全管理のため、我が国の無償資金協力のスキームを理解し、工事全体を一貫して管理・指導出来る現場主任を日本から派遣することが不可欠である。

また、移動式変電所は、受け入れ検査が行われる Matola Gare 変電所に納品された後、試運転、初期操作指導及び運用指導がなされた上で EDM へ引渡しする。請負業者は係る現地検査、技術指導を実施できる技術指導者を日本より派遣する。

3-2-5-2 施工上／調達上の留意事項

(1) モザンビークの建設事情

変電設備据付工事に係り、Maputo 首都圏には、電気工事会社、建設工事会社が複数社あるため、モザンビーク国内での労働者、運搬用車両、建設工事機材等の現地調達並びに、本プロジェクトの土木工事は、現地業者への発注が可能である。

(2) 現地資機材の活用について

モザンビークでは、セメント、木材などは現地にて生産されているほか、鉄筋等は隣国の南アフリカ共和国から輸入されている。基礎工事に使用する骨材、セメント、鉄筋等は品質・納期に対する管理に留意する必要があるものの、現地調達は可能である。変電所改修に係る施工計画の策定に当たっては、事業費の低減、無償資金協力スキームを考慮し、可能な限り現地で調達可能な資材を採用する。一方、本プロジェクトで必要な主要変電設備はモザンビークで製作しておらず輸入に頼っているため、これらの設備については日本または第三国から調達する。

(3) 据付工事期間中の安全対策について

モザンビークでは治安上の問題は比較的少なく、変電設備の据え付けられる Infulene 変電所は都市部に位置していることから、アクセスが良く、モニタリング等が容易に行える地域に位置している。ただし、日没以降での工事は避け、資機材の盗難防止及び工事関係者の安全確保等には十分留意する。本プロジェクトの仮設資機材置き場は Infulene 変電所ヤード内に設けるが、制御棟からは遠い場所となる見込みのため、24 時間体制で警備員を配置し、盗難防止に最大限の配慮を行う。

(4) 免税措置について

本プロジェクトでの日本国及び第三国調達資機材に係る関税は所定の手続きにより、完全免税方式で免税措置が行われる。一方、モザンビーク国内での調達が見込まれる資材、現地工事会社 (Subcontractor) への支払いに発生する VAT については還付方式が採用されている。請負業者は還付請求を EDM に対して行うことになるため、EDM は本プロジェクト実施前に必要となる金額を予算編成する必要がある。

3-2-5-3 施工区分／調達・据付区分

我が国とモザンビーク側の施工負担区分の内、既設 Infulene 変電所内での 275/66 kV 変電所及

び開閉設備については、日本側で機材調達、据付工事・試験・調整及び必要な土木工事（基礎工事等）を実施する。モザンビーク側の負担工事は、Infulene 変電所改修については既設 T2 変圧器の主回路及び制御回路の既存系統からの取り外し、移動式変電所の接続、そして本プロジェクト工事対象ベいの通電停止（安全工事環境の確保）である。

プロジェクト完了に必要な工事は極力日本側で行うよう配慮している。しかし、移動式変電所の接続については、当該機材がモザンビーク側（EDM）に引き渡された後の運用の一部として既設変電所と接続する必要がある作業であること、EDM は既に移動式変電所を運用している経験を有していることを鑑み、接続用機材は移動式変電所の付属品として日本より調達する一方、接続作業は EDM が行い、日本側で接続作業指導を行う体制とする。

我が国とモザンビーク側の施工負担区分は、表 3-2-5-3.1 に示すとおりである。

表 3-2-5-3.1 負担事項区分（案）

No.	負担事項	負担区分		備考
		日本側	モザンビーク側	
1	プロジェクト実施			
	(1) 機材据付予定地の確保		○	Infulene変電所
	(2) 既設T2変圧器（66MVA）の既設系統からの切り離し		○	
	(3) 既設T2変圧器（66MVA）の開閉設備敷地内からの撤去	○		
	(4) 移動式変電所の納入	○		Matola Gare変電所
	(5) 移動式変電所の接続		○	接続工事はEDM側が実施。 ただし、接続用資機材は移動式変電所オプションとして日本側が調達する。
	(6) 移動式変電所に対する調整・試運転の実施	○		日本側は据付作業指導を兼ねて、調整、試運転を行う。
2	変電設備据付工事			
	(1) 既設基礎の解体	○		プロジェクト対象機器。
	(2) 変電設備、開閉設備基礎工事	○		
	(3) プロジェクトサイトへのアクセス道路		○	必要ならば。
3	資機材の輸送、通関手続き及び諸税の取扱い			
	(1) モザンビークまでの海上輸送	○		
	(2) 荷揚港での免税措置及び通関手続き		○	
	(3) 付加価値税（VAT）の還付		○	
	(4) 荷揚港からプロジェクトサイトまでの内陸輸送	○		
	(5) 内陸輸送に係る道路使用許可の取得	○		重量物輸送許可の取得等。
4	モザンビーク国内への入国許可に必要な措置		○	
5	日本人業者、コンサルタントの就労許可証申請補助		○	
6	調達機材の適切な運用・維持管理		○	
7	無償資金協力に含まれない費用の負担		○	
8	銀行取極（B/A）に基づく以下の手数料の支払い：			
	(1) A/P授権手数料		○	
	(2) 支払手数料		○	
9	以下に示す許可取得のための必要な措置： - 据付工事に必要な許可 - 制限地区への進入許可		○	必要に応じてプロジェクト実施前に取得する。
10	仮設資機材置場用地の確保		○	
11	仮設資機材置場用地用フェンス・門扉の確保	○		必要ならば。
12	工事車両の駐車場の確保		○	

No.	負担事項	負担区分		備考
		日本側	モザンビーク側	
13	工事事務所の敷地確保		○	
14	工事事務所の建設	○		請負業者及びコンサルタント用。
15	仮設資機材置場における資機材の適切な保管及び安全管理	○		
16	廃材、残土及び工事雑水の廃棄場所の提供		○	
17	資機材の製造・調達	○		
18	資機材の据付工事、調整・試験	○		
19	工事対象区間の停電		○	母線取り外しを含む。
20	既設接地設備の接地抵抗値（1Ω以下）の確認と確保		○	Infulene変電所、移動式変電所 納入変電所
21	既設T1・T2変圧器室内でのT2変圧器用制御・保護盤据付場所の確保		○	
22	調達機材（T2変圧器ベイ／盤類・66kV母線連絡用ベイ）に対する制御用電源供給源の提供		○	
23	調達機材の電力供給線（AD／DC）及び制御線の既設システムへの接続	○		
24	調達機材の初期操作指導及び維持管理に係る運用指導	○		

備考：○印が担当を表す。

[出所] 準備調査団

3-2-5-4 施工監理計画／調達監理計画

我が国の無償資金協力制度に基づき、コンサルタントは概略設計調査における基本設計の趣旨を踏まえ、実施設計業務・施工監理業務について一貫したプロジェクトチームを編成し、円滑な業務実施を図る。本プロジェクトは、運用中の変電所内の機材据付工事となり、現地にてEDMとの調整のもと、特に安全面には十分留意して監理を進めていく必要があることから、コンサルタントは施工監理段階において現地に最低限1人の技術者を常駐させ、総合的な工程管理、品質管理、出来形管理、並びに安全管理を実施する。また、変電設備の据付、試運転・調整、引渡し試験等の工事進捗に併せて、他の専門技術者を派遣し、請負業者が実施するこれら工事の施工監理を行う。更に必要に応じて、本邦国内で製作される資機材、移動式変電所の工場立会検査及び出荷前検査に国内の専門家が参画し、資機材の現地搬入後のトラブル発生を未然に防ぐように監理を行う。

(1) 施工監理の基本方針

コンサルタントは、本工事が所定の工期内に完成するよう工事の進捗を監理し、契約書に示された品質、出来形及び資機材の納期を確保すると共に、現地での工事が安全に実施されるように、請負業者を監理・指導する。以下に主要な施工監理上の留意点を示す。

(2) 工程管理

請負業者が契約書に示された納期を守るために、契約時に計画した実施工程及びその実際の進捗状況との比較を各月または各週に行い、工程遅延が予測されるときは、請負業者に対し注意を促すと共に、その対策案の提出と実施を求め、契約工期内に工事及び資機材の納入が完了するよ

うに指導を行う。計画工程と進捗状況の比較は主として以下の項目による。

- ① 工事出来高確認（基礎工事を含む据付工事現場出来高）
- ② 資機材輸送・搬入実績確認（変電資機材及び土木工事資機材）
- ③ 作業用機器準備状況の確認
- ④ 技術者、技能工、労務者等の歩掛と実数の確認

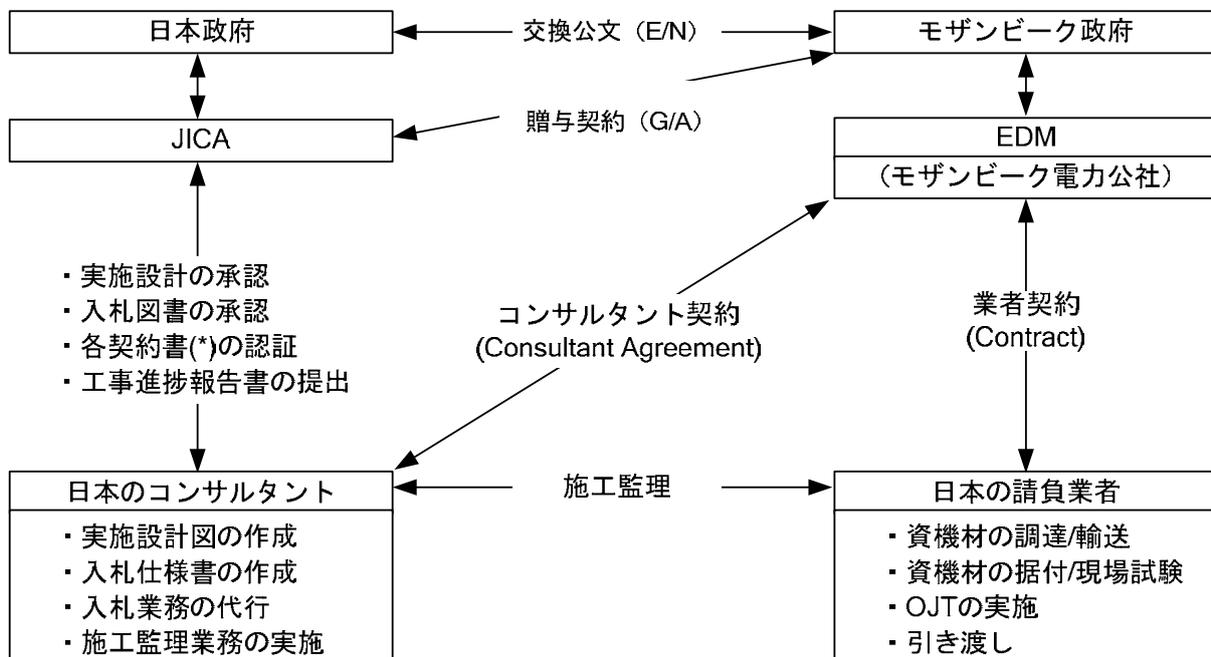
(3) 安全管理

Infulene 変電所改修においては運転中の既設変電所内の工事となるため、工事中の充電部からの十分な隔離の確保や夜間の停電工事の実施等、工事中の安全管理を十分に考慮する必要がある。コンサルタントは請負業者および施主側責任者と協議・協力し、据付工事期間中の現場での労働災害及び、第三者に対する事故を未然に防止するための安全管理を行う。現場での安全管理に関する留意点は以下のとおりである。

- ① 活線区間と死線区間の区分けを含む安全管理規定の制定
- ② Infulene 変電所構内及び構外における工事用車輛、運搬機械等の運行ルート策定と安全走行の徹底
- ③ 建設機械類の定期点検の実施による災害の防止
- ④ 労働者に対する福利厚生対策と休日取得の励行

(4) 計画実施に関する全体的な関係

施工監理時を含め、本プロジェクトの実施担当者の相互関係は、図 3-2-5-4.1 のとおりである。



備考：(*)「各契約書」はコンサルタント契約及び業者契約を指す。

[出所] 準備調査団

図 3-2-5-4.1 事業実施関係図

(5) 施工監督者

請負業者は、既設変電所内の変電設備の調達・据付工事を実施すると共に、据付工事の一部として変電設備の基礎工事を実施する。請負業者はモザンビークの現地業者(サブコントラクター)と下請け契約を交わし、現地の作業員が同工事を実施すると想定される。請負契約に定められた工事工程、品質、出来形の確保及び安全対策について、請負業者は下請け業者にもその内容を徹底させる必要があるため、請負業者は海外での類似業務の経験を持つ技術者を現地に派遣し、現地業者の指導・助言を行うものとする。

本プロジェクトの変電設備の規模・内容から、最低限、表 3-2-5-4.1 に示す技術者の現場常駐と業務従事が望ましい。

表 3-2-5-4.1 請負業者側業務従事体制(案)

派遣要員名	人数	業務内容	派遣期間
現地調達管理要員	1	工事全般の管理、関係機関との協議・調整・承認取得、資機材調達管理、通関手続き	全工事期間
検査要員 (機材製作図確認・照合)	1	変電機材製作図確認・照合・検査立会等	図面承認期間及び機材試験期間
調達管理補助要員 (現地備人)	1	カウンターパートとの協議調整	全工事期間
事務員 (現地備人)	1	書類整理等	全工事期間
オフィスボーイ (現地備人)	1	雑役	全工事期間

[出所] 準備調査団

3-2-5-5 品質管理計画

コンサルタントの常駐調達監理技術者は、本プロジェクトで調達される資機材の品質、並びにそれらの施工・据付出来形が、契約図書(技術仕様書、実施設計図等)に示された品質・出来形に、請負業者によって確保されているかどうかを、下記の項目に基づき監理・照査を実施する。品質・出来形の確保が危ぶまれる時は、請負業者に訂正、変更、修正を求める。

- ① 資機材の製作図及び仕様書の照査
- ② 資機材の工場検査立会または工場検査結果の照査
- ③ 梱包・輸送の照査
- ④ 資機材の施工図、据付要領書の照査
- ⑤ 資機材の調整・試運転、試験・検査要領書の照査
- ⑥ 資機材の現場据付工事の監理と調整・試運転、試験・検査の立会い
- ⑦ 機材据付施工図・製作図・完成図と現場出来形の照査
- ⑧ 基礎工事施工図・製作図と現場出来形の照査

3-2-5-6 資機材等調達計画

本プロジェクトで調達・据付けする変電設備用主要機材はモザンビークでは製作されていないため、無償資金協力制度に基づき日本製品を前提とする。ただし、①日本国内で一般に流通しておらず、費用の面で第三国からの調達が有利となる場合、②現地で使用されている機材を考慮し、引渡後の EDM の運転維持管理上有利となる場合には、第三国からの調達を検討する。

上記から、本プロジェクトで使用する資機材の調達先は下記が考えられる。

(1) 現地調達資機材

セメント、コンクリート用骨材、鉄筋、木材、その他仮設用資機材を含む工事事資機材等

(2) 日本国調達資機材

変圧器、所内用変圧器、移動式変電所、母線／主回路用銅パイプ、架空線、維持管理用具等

(3) 第三国調達資機材

275kV 遮断器、11kV 計器用変流器・計器用変圧器、66kV 開閉設備、絶縁架台、盤、絶縁油分析装置、保護継電器試験器等

3-2-5-7 初期操作指導・運用操作指導等計画

Infulene 変電所に据付けされた変電設備、及び調達された移動式変電所に対する初期操作指導、運用指導は、工事完了前に製造業者の指導員が運転維持管理マニュアルに従って行うことを基本とする。EDM は、本指導計画を円滑に進めるために、コンサルタント及び請負業者と密接な連絡・協議を行い、同指導に参加する技術者を選任する。また、変電設備の運用や据付時、及び据付後の調整・試験等には、所定の技術レベルを有するメーカーの専門技術者を必要とすることから、我が国から技術者を派遣し、品質管理、技術指導、並びに工程管理を行う。

3-2-5-8 ソフトコンポーネント計画

「2-1-3 技術水準」に示したとおり、Infulene 変電所の運転維持管理状況を観察した結果、EDM は変電設備を運転維持管理するための高い技術水準を有している。「3-4-2 定期点検方針」にて後述するとおり、EDM は地域ごとに保守・点検組織を構築の上で設備の運転及び維持管理を行っている。EDM は、1971 年に製造された既設 T2 変圧器も法定耐用年数である 15 年を大幅に超える 47 年に亘り、老朽化の影響を受けながらも、現在まで運用している。本プロジェクト内容は既設変電設備の更新であり、新たな運転維持管理技術は要求されない。既設設備に対する運転維持管理体制は整備されているため、ソフトコンポーネントは実施しない。

3-2-5-9 実施工程

我が国の無償資金協力制度に基づき、図 3-2-5-9.1 に示すとおり的事業実施工程とした。

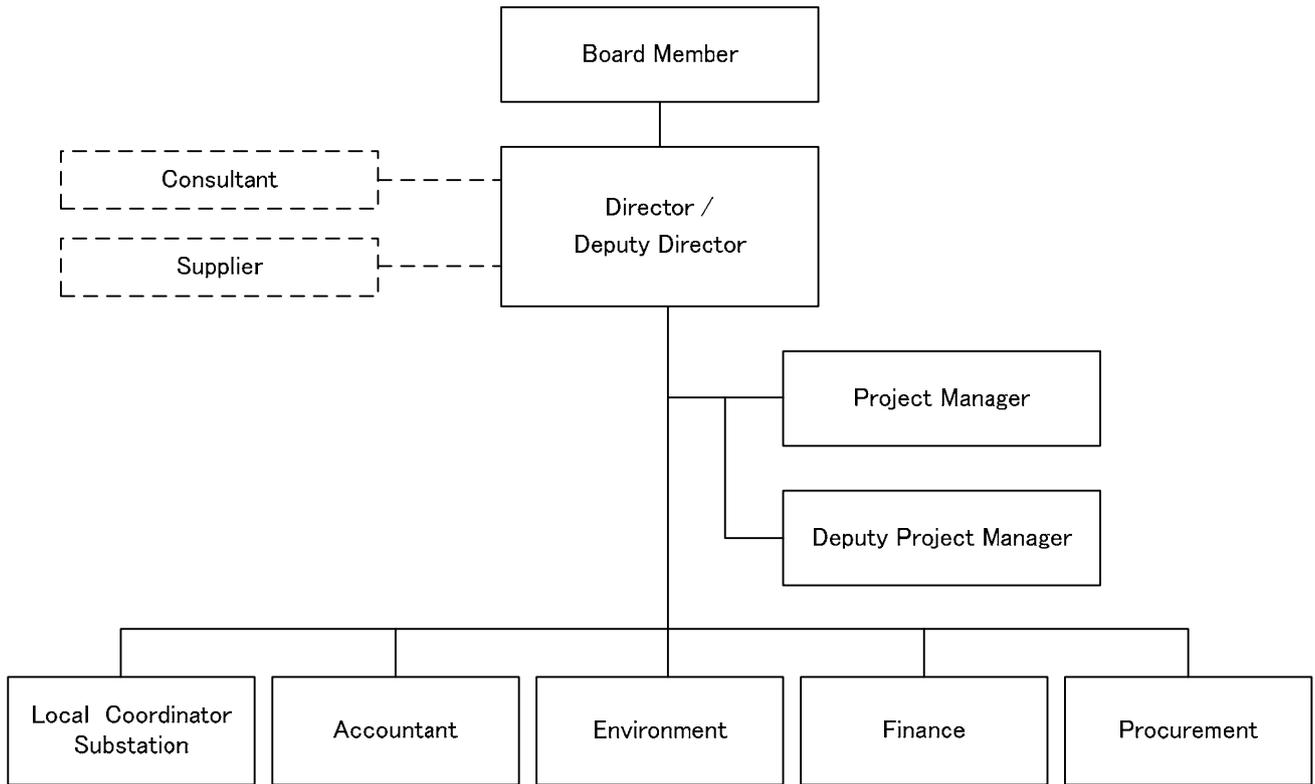


図 3-4-1.1 プロジェクト実施体制

3-4-2 定期点検方針

変電設備を安定して稼働させるためには異常現象を事前に把握し、対策を取る予防保全が重要である。機器の機能状態をチェックする方法として巡視や点検がある。

巡視の目的は、各設備を見回り運転状態の異常を目視等の巡視者の五感により発見することである。一般に有人変電所の場合は一日一回実施している。点検の目的は、設備の状態の異常の有無を調査し、その状態を把握するために工具、測定器を用いて調整や手入れ及び消耗品の取り換えを行い機能の維持を図ることである。その頻度から「定期普通点検」と「定期細密点検」に区分される。

定期普通点検は機器の運転を停止し機器の検査、清掃等を行う。点検頻度は一般に1-3年に1回程度行う。定期細密点検は機器の運転を停止し機器を分解して内部の状態を細密に点検することである。一般に5-10年と長くなっていることが特徴である。これらの点検結果を関係者と共有し次回の点検に反映することが必要である。

EDM は地域で保守・点検を分けて実施している。Infulene 変電所には保守・点検組織があり Infulene 変電所を含む南部系統の変電所を管轄している。その組織体制は Infulene 変電所長を最高責任者として機器の運転を担当する「運転班」、変圧器等を担当する「設備班」、保護継電器や制御回路を担当する「保護班」、送電線を担当する「送電線班」遠方監視関係を担当する「コミュニケーション班」の5班から構成されている。巡視は運転班が Infulene 変電所では毎日一回の頻度で実施している。異常のあった場合は機器の種類に応じて関係する班へ連絡する。連絡を受け

た班は対策を講じるとともに所長へ連絡することとしている。

EDM は前回の点検結果に基づいて点検計画を立案し、点検結果を記録として残している。特に変電所の主要機器である変圧器の絶縁油の水分及びガス分析については担当する全変電所で毎年一回実施している。

現状、EDM は変圧器の点検を概ね良好に行っているが、1バンクから構成され、重要な負荷に電力供給している変電所では、点検のための運転停止が難しい。従って、移動式変電所の活用等の手段を用い点検が確実に実施される環境を早く構築しなければならない。

3-4-3 予備品調達計画

無償資金協力の原則として、被援助国側は供用設備の運転維持管理能力を有していることが条件であり、実施機関である EDM はそれを有していると判断される。本プロジェクトの範囲で供用する予備品は主として、供用開始から1年間に必要となることが想定される部品であるが、それに加え、T2 変圧器の重要性を考慮し、調達機材の不具合による運用停止を起ささないための予備品の調達を含める。それ以外の予備品については、モザンビーク側負担事項の運転維持管理の範囲として EDM が調達する。

(1) 275/66/11kV 3 相単巻変圧器

表 3-4-3.1 に当該機器の予備品を示す。変圧器の緊急時対応の際に必要な予備品を加味した上で選定した。なお、排気バルブについては各変圧器メーカーの設計により必要とされる部品であるため、同部品が使用されているタイプの変圧器に限り予備品として調達する。

表 3-4-3.1 275/66/11kV 3 相単巻変圧器予備品リスト

No.	名称	数量
(1)	275 kV ブッシング	1
(2)	66 kV ブッシング	1
(3)	11 kV ブッシング	1
(4)	プッフホルツリレー	1
(5)	油温計	1
(6)	油面計	1
(7)	各種配線用遮断器 (MCCB)	1
(8)	各種補機継電器	1
(9)	ヒューズ (各種)	100%
(10)	ランプ (各種)	100%
(11)	ソケット付き LED ランプ (各種)	10%
(12)	各種パッキン	100%
(13)	排気バルブ (必要に応じ)	1

[出所] 準備調査団

(2) 66kV 避雷器

表 3-4-3.2 に当該機器の予備品を示す。本プロジェクトサイトは年平均 70 日の落雷が見られる地域であり、万が一の避雷器故障時にも T2 変圧器の継続運転を妨げないため、避雷器の予備を 1 台調達する。

表 3-4-3.2 66 kV 避雷器予備品リスト

No.	名称	数量
(1)	避雷器 (碍管)	1

[出所] 準備調査団

(3) 66kV 計器用変流器

表 3-4-3.3 に当該機器の予備品を示す。本プロジェクトで据え付けられる変流器は T2 変圧器ベイにて使用され、万が一の当該機器故障に起因する T2 変圧器の運用停止は避けなければならない。そのため、電力供給の安定運用に資するため、当該機器の予備を 1 台調達する。

表 3-4-3.3 66 kV 計器用変流器予備品リスト

No.	名称	数量
(1)	66kV 計器用変流器	1

[出所] 準備調査団

(4) 66kV 遮断器

表 3-4-3.4 に当該機器の予備品を示す。モーター回路ヒューズに加え、当該機器故障による T2 変圧器の停止を防ぐため予備となる遮断器ポールを 1 台調達する。

表 3-4-3.4 66 kV 遮断器予備品リスト

No.	名称	数量
(1)	モーター回路ヒューズ	100%
(2)	遮断器ポール	1

[出所] 準備調査団

(5) 66kV 断路器

表 3-4-3.5 に当該機器の予備品を示す。各種モーター回路用ヒューズ、及び EDM により運用上予備が必要と判断された断路器ブレード部を予備品として調達する。

表 3-4-3.5 66 kV 断路器予備品リスト

No.	名称	数量
(1)	モーター回路ヒューズ	100%
(2)	断路器ブレード部	1

[出所] 準備調査団

(6) T2 変圧器用監視・保護盤

表 3-4-3.6 に当該機器の予備品を示す。当該機材の故障による T2 変圧器の停止を防ぐため、精密機器である差動継電器要素 1 台を予備品として調達する。

表 3-4-3.6 T2 変圧器用監視・保護盤予備品リスト

No.	名称	数量
(1)	差動継電器要素	1

[出所] 準備調査団

3-5 プロジェクトの概略事業費

3-5-1 協力対象事業の概略事業費

本プロジェクトの日本側及びモザンビーク側の負担額の算出に当たり、適用された積算条件は表 3-5-1.1 のとおりである。

表 3-5-1.1 積算条件

項目	詳細
積算時点	2016 年 12 月
為替交換レート	1USD = 105.63 円
	1 MZN=1.379 円

[出所] 準備調査団

3-5-1-1 日本側負担経費

施工・調達業者契約認証まで非公表。

3-5-1-2 相手国側負担経費

モザンビーク側負担額概算は 54 千米ドルであり、その内訳を表 3-5-1-2.1 に示す。

表 3-5-1-2.1 モザンビーク側負担額内訳

品目	金額
VAT 還付分	40 千米ドル (3 百万 MZN)
銀行取極めに関する手数料	14 千米ドル (百万 MZN)
合計	54 千米ドル (4 百万 MZN)

[出所] 準備調査団

3-5-2 運営・維持管理費

本プロジェクトで調達・据付される機材の供用開始後の運用・維持管理は EDM の Transmission Network Directorate が担うことになる。また、本プロジェクト対象変電所は既設であり、EDM により運用・維持管理がなされており、新たに運用・維持管理要員を雇用する必要はない。

なお、本プロジェクトで改修される変電所及び移動式変電所を健全に運用し、トラブルの発生時に迅速な対応を行い、より安定した電力供給を継続するためには「3-3-3 予備品購入計画」項に示す交換部品を常備する必要がある。EDMは予算化する必要がある。予備品の購入時期を、電気機器の法定耐用年数である15年ごとに買い替えるとする一年あたりの予算額は約900千MZN(11.5千USD)程度と見積もられる。この金額は、表2-1-2.1に示されている2015年のEDMの運転費用のうちの僅か0.01%に過ぎない。そのため、運転・維持管理に係る費用はEDMにて十分に予算化可能であると考えられる。

第4章 プロジェクトの評価

第4章 プロジェクトの評価

4-1 事業実施のための前提条件

本プロジェクトで調達する変電設備の据付用地や移動式変電所の接続スペースの確保が事業実施の前提条件となる。本プロジェクトは、実施機関であるモザンビーク電力公社（EDM）の管理する Infulene 変電所内における既設設備更新及び Matola Gare 変電所における移動式変電所の接続を想定しており、特段の問題はない。また、環境社会配慮上の問題もない。以下に、EDM 側の主な事前対応内容を示す。

1) 銀行取極めに関する手数料の確保

EDM は請負業者及びコンサルタントへの支払いに係る銀行手数料を負担する必要がある、そのための予算計上が必要である。

2) 免税処置に関わる投入

EDM は請負業者が支払った VAT などを還付する必要がある、そのための資金投入が必要である。なお第二次現地調査において、役務分 VAT の 60%減免の有る無しに関わらず、EDM は自己資金で還付額を全額負担する旨確認した。

4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項

本プロジェクトの全体計画達成には、以下のモザンビーク側投入（負担）事項が必要となる。

(1) 工事着工前

1) 既設 T2 変圧器撤去のためのケーブル類の取り外し

既設 T2 変圧器は日本側で撤去することになるが、作業前には既設設備に接続されているケーブル類を事前に取り外しておく必要がある。この作業を実施するには関係する装置・機器を停止させる必要がある、設備を熟知している EDM の作業員が行う。

2) T1 変圧器・T2 変圧器パネル棟内における制御盤・保護盤設置場所の確保

新設する T2 変圧器のための制御盤と保護盤を設置する場所を確保する必要があり、その場所を既設の T1 変圧器、T2 変圧器の制御盤・保護盤棟内に確保する。

3) 移動式変電所接続先の確保

本プロジェクトで調達する移動式変電所の調整・試運転、及び運用指導を行うため、系統への接続先を確保する。

4) Infulene 変電所敷地内における建設事務所と資材置き場の確保

仮設の建設事務所と資材置き場を Infulene 変電所敷地内に確保する。

(2) 工事期間中

1) 建設工事監理に関わる投入

第2章「図 2-1-1.2 EDM 側のプロジェクト実施体制」にあるように、本事業の工事監理を行うための人的投入を行う。

2) 移動式変電所の接続

機材の調達後、日本人技術者の指導の下、移動式変電所を接続する。

3) 275kV 母線停電

日本側が 275kV 遮断器をスイッチヤード内で移動する際の作業安全確保のため、必要に応じ、EDM は構内道路側にある 275kV 母線を一時的に停電する。

4) 66kV 母線停電及び作業ベイの工事期間中の停電

日本側の工事（既設基礎撤去時・断路器据付時・縦母線接続時）が安全に行うことのできるよう、本プロジェクトの作業対象箇所に当たる T2 変圧器二次側ベイ及び母線連絡ベイを停電させ、アルミパイプ（母線）の取り外しを行う。また、日本側工事と調整の上でアルミパイプを再接続し、速やかな工事实施を達成する。

(3) 工事完了後

1) 建設完成後の維持管理に関わる投入

本プロジェクトは既設 T2 変圧器の更新であり、維持管理のための投入が新規に発生するものではない。これまで行われてきた維持管理が適正に継続されるように予算と人員配置を継続投入する。

2) メンテナンスツールの管理

EDM は本プロジェクトで調達するメンテナンスツールを、本プロジェクトで調達・据え付けられた機材に対してのみ使用する必要がある。そのため、EDM はこれらのツールを Infulene 変電所内で適切に管理し、他の変電所で使用することがないよう配慮する。

3) スペアパーツの管理

本プロジェクトで調達するスペアパーツは本プロジェクトで調達・据え付けられる機材に対してのみ使用し、そのほかの機材に対して使用することは避けなければならない。そのため、EDM はこれらの機材を常に Infulene 変電所で管理する。

4-3 外部条件

プロジェクトの効果を発現・持続させるために前提となる外部条件は、以下のとおりである。

(1) 上位目標に対して

- 電力開発に関する政策が変更されない。
- 政治・経済が安定している。

(2) プロジェクト実施に対して

- 変電／開閉設備が調達・据え付けられる Infulene 変電所のセキュリティが確保される。
- 移動式変電所の接続先である Matola Gare 変電所のセキュリティが確保される。

(3) 期待される成果に対して

- 下位の配電設備が十分に稼働する。
- 設備の運転維持管理計画が実施される。

4-4 プロジェクトの評価

4-4-1 妥当性

本プロジェクトは下記に述べるとおり緊急を要し、モザンビークの社会経済開発政策に合致していると共に日本の援助政策にも合致している事業であり、その妥当性は高い。

(1) 緊急性

電力開発は、主に以下の観点から行われる。

- ① 電力需要に対する供給容量の確保
- ② 供給予備力の確保等を通じた供給信頼度（停電時間の低減等）の改善
- ③ 電力システム構成の改善等を通じた電力品質の改善

上記のうち、①「電力需要に対する供給容量の確保」は安定供給の根本的な事象であり、最も緊急性が高い。

Maputo 首都圏は電力需要の大消費地であり、現在 66 kV 送電網が整備されており、Maputo 市内は 66/11 kV 配電用変電所、Maputo 市郊外は 66/33 kV 配電用変電所を介して各需要家へ配電されている。電力需要の伸びは著しく、電力供給不足が危惧される。そのため、EDM は送電容量の増強などによる供給能力強化を進めている。Infulene 変電所は Maputo 首都圏への電力供給において 275/66 kV 変電所として重要な役割を担う。

電力系統は発電・送電・変電・配電そして需要家へと連系されており、一貫した技術的体系の下で供給と需要が同時同量で行われている。Infulene 変電所は発電から配電を介して需要家に至る電力系統の上流と下流の中間に位置する扇の要のような存在であるため、Infulene 変電所の増強は安定した電力供給に不可欠である。

Maputo 市部に位置する 66/11 kV 配電用変電所は、今後世界銀行等のドナーによる変圧器増強プロジェクトによって電力供給が強化される見込みである。その一方、郊外に位置する 66/33 kV 配電用変電所は今後も現状の構成のまま推移する見通しであるため、近い将来、電力供給が不安定となる懸念がある。そのため、移動式変電所を活用し、過負荷を防ぎつつ電力供給を継続する環境を整える緊急性が高い。

(2) 裨益性

Maputo 首都圏は産業・サービス地域である Maputo 市中心部と、工業地帯である Matola 市そしてその後背地に外延的に形成されている市街地から構成されており、この首都圏を囲む形でリングロードが整備されている。Infulene 変電所の供給地域はこの首都圏と重なっている。Infulene 変電所の Maputo 首都圏への配電に着目すると、2015 年における T1 変圧器から T3 変圧器の系統の最大電力記録時の容量利用率は 68.8%に達しており¹、電力安定供給の面から設備容量の増強は喫緊の課題である。次式のように、本プロジェクトによる T2 変圧器は、Infulene 変電所において Maputo 首都圏への給電を担う変圧器の合計設備容量の 40.3%に貢献することになる。

$$(\text{本プロジェクト設備 } 250 \text{ MVA}) / (\text{本プロジェクト設備 } 250 \text{ MVA} + \text{既設設備 } 370 \text{ MVA}) = 40.3\%$$

Maputo 首都圏には政府施設、医療施設、教育施設など、国を支える中枢機関が多く占めており、本プロジェクトは Maputo 首都圏の社会経済活動を支える電力供給裨益に貢献する。

(3) 運転維持管理能力

EDM は、大規模な設備投資には苦慮しているものの、全国の送電網の運転維持管理を安定的に行っており、系統運用については十分な技術水準を有している。

本プロジェクトにおいては、275/66/11 kV 変圧器を Infulene 変電所に据え付けするが、同等の仕様を有する変圧器を当該変電所にて既に運用している。さらに、移動式変電所についても、本プロジェクトで調達する移動式変電所と同じ設備容量である 20 MVA 移動式変電所を含める 6 台の移動式変電所を運用している。本プロジェクトで調達する移動式変電所はコンパクト式となり、EDM の所有する一体式とは異なるが、操作方法、運転維持管理上必要となる技術は、これまで EDM が経験している内容を大幅に超えるものではない。

したがって、これらの設備の運転維持管理に係る技術移転については、各機材の特性、特徴、仕様を踏まえ、メーカー技術者により、初期操作指導、運用指導を通じて、納入メーカー毎に異なる操作方法等の部分について確実に技術移転を行えば、納入機材に対する EDM の運転維持管理能力の観点からは問題はなく、適切な運用が可能となる。

(4) 他ドナーとの整合性

本プロジェクトは Infulene 変電所の供給力拡充という Maputo 地域の安定した電力供給の必要条件を達成するとともに、下流の送配電系統が十分条件として増強・拡張されることで EDM の事業効率化に大きな貢献をすることになる。特に、世界銀行は現在 Infulene 変電所から接続される 66 kV 送電線の拡張を進めることになっており、本プロジェクトで据付する T2 変圧器二次側と連系されるため、ドナー協調案件としての意義が高い。

¹ 第3章「図 3-2-2-1.3 2015 年最大電力記録時（7 月 20 時）の実績潮流」及び T2 変圧器の容量利用率 50%想定に基づく。

(5) モザンビークの社会経済開発政策に資するプロジェクト

モザンビーク政府は2014年に「国家開発計画（Estrategia Nacional de Desenvolvimento）2015～2035年」を発表した。大型投資を中心とした従来のマクロ経済路線を踏襲して天然ガスを含む採取産業を筆頭に、農業、漁業、製造業、そして観光業を重点とした工業化を通じて経済構造を変革し、雇用機会を創出したい考えである。本プロジェクトの対象地域であるMaputo首都圏はこのマクロ経済成長を支える重要な地域であり、本事業はMaputo首都圏の社会経済活動を支える重要なインフラの一つであるエネルギー電力供給の信頼性を確保するために行われることになり、モザンビーク政府の社会経済開発政策に合致している。

(6) 我が国の援助方針との整合性

本プロジェクトは第一義的には経済発展のポテンシャルを実現するための経済インフラ整備として位置づけることができ、日本の援助政策に合致している。更に人間開発を行うための人材育成に必要な教育・研修施設や医療機関などの社会・福祉施設への質の良い電力供給という意味でも日本の援助政策に合致している。

4-4-2 有効性

(1) 定量的評価

指標名	2015年実績値 (基準値)	2020年目標値 (完了後)	2023年目標値 (完了3年目)
T1変圧器からT3変圧器（275/66kV）の変電設備容量	436 MVA	620 MVA	620 MVA
T1変圧器からT3変圧器の容量利用率 (系統の最大電力記録時)	68.8% (296 MVA)	52.2% (324 MVA)	75.1% (466 MVA)

[出所] EDM提供のデータに基づき準備調査団作成

上記定量的評価で示されているT1変圧器からT3変圧器の容量利用率は系統の最大電力記録時に流れる潮流（負荷）からそれぞれ計算される数値²で、2015年の実績値68.8%から2020年の52.2%へと一時減少する。これは既存T2変圧器の容量が66MVAから本件により250MVAへ増強され分母が大きくなるためである。2023年の目標値は75.1%であるが、この数値は変電所の維持管理が平常通りに行われ且つ電力需要が想定通り増加した場合の予測値であり、2023年時点の容量利用率は実際の最大電力記録時の潮流に従い計算される値であるため、この数値は増減することになる。この意味することは、目標値としてこの数値以上が妥当という性格の数値ではなく、現時点での需要想定に基づいて変圧器の維持管理が平常通り行われて使用された場合の予測値であり、通常目標値と異なる点留意が必要である。

なお2020年と2023年の目標値は次のように計算した。

² 2015年実績値は図3-2-2-1.3に示される潮流（負荷）から、2020年目標値は図3-2-2-2.2に示される潮流から、そして2023年目標値は2020年の潮流値に需要想定（表3-2-2-2.1）で使った増加率12.9%を使い予測した潮流から計算された数値。

① 2020年目標値

2020年の予想潮流（電力需要）³ = 291 MW

力率を 0.9 として上記予想潮流を MVA に換算 $291 \text{ MW} / 0.9 = 324 \text{ MVA}$

2020年の容量利用率 = $324 \text{ MVA} / 620 \text{ MVA} = 52.2 \%$

② 2023年目標値

2023年の予想潮流（電力需要）⁴ = 419 MW

力率を 0.9 として上記予想潮流を MVA に換算 $419 \text{ MW} / 0.9 = 466 \text{ MVA}$

2023年の容量利用率 = $466 \text{ MVA} / 620 \text{ MVA} = 75.1 \%$

(2) 定性的評価（プロジェクト全体）

現状と問題点	本プロジェクトでの対策	計画の効果・改善程度
表 2-1-4.2 に示されている Infulene 変電所の各変圧器の 2015 年運用状況によると、T1 変圧器 (250 MVA) のピーク負荷は 100%を超える月が出ている。一方で T2 変圧器 (66MVA) は 2016 年段階では老朽化のため Infulene 変電所の母線につなげておらず、CTM 変電所と直接連系し、負荷を 50%に制限して運用している。そのため、万が一の T1 変圧器の故障の際には Infulene 変電所の全停、さらには首都圏の他の基幹変電所へ事故が波及する可能性がある。Maputo 首都圏への電力供給は極めて脆弱であり、緊急的な対応が必要となる。	T1 故障時に T2 変圧器による電力供給を継続するため、既設 T2 変圧器を 250 MVA に増強し、Infulene 変電所の 275/66 kV 変圧器を 250 MVA2 台体制とする。	プロジェクト完工年の 2020 年の予想潮流では Infulene 変電所の T1 変圧器 (250 MVA)、T2 変圧器 (250 MVA) の負荷はそれぞれ 129 MW、103 MW となり、一台の変圧器が故障してもその他一方の変圧器で負荷を許容できる、いわゆる N-1 基準での運用が可能となり、Maputo 首都圏への電力供給の安定度が格段に改善される。さらに、2023 年までの電力供給にも対応できるようになる。
Infulene 変電所 66 kV 二重母線連絡ベいの油遮断器は経年劣化が著しく、遮断時にも欠相遮断を生じる等、運用面の支障がみられる。さらに、漏油も認められ、環境への影響も懸念される。	環境に悪影響を与える絶縁油を使用せず、さらに信頼性の高いガス遮断器に交換する。	母線連絡用遮断器の動作信頼度を改善することにより、無停電フィーダー切替など、EDM が必要とする運用を支障なく行えるようになる。将来需要が増えた場合には、母線へのフィーダー切替が運用上ますます重要になる可能性があり、当該機材の信頼性確保は必須となる。
Maputo 首都圏郊外に位置する配電用変電所にて設備容量を超える需要が想定されてお	移動式変電所を調達する。	電力の安定供給には変電所の設備容量を増強することが根本的な解決方法であるが、種々

³ 図 3-2-2-2.2 2020 年予想潮流に示す T1 変圧器 (129MVA)、T2 変圧器 (103MVA)、T3 変圧器 (59MVA) の負荷の合計。

⁴ 2023 年の予想潮流は 2020 年の予想潮流 291 MW を毎年 12.9%ずつ 3 年間増加させて計算した。12.9%は 2020 年の需要想定を行う際に使われた増加率 (表 3-2-2-2.1 参照)。

現状と問題点	本プロジェクトでの対策	計画の効果・改善程度
<p>り、設備容量の不足による供給と変圧器の維持管理への支障が避けられない。</p>		<p>の要因により迅速な容量増強が困難である場合が見られる。現状の設備容量のまま推移すると、2020年時点で過負荷が想定される変電所が発生し、かつ変圧器を停止させて点検・修理を行うことのできない変電所が増加する。このような変電所に緊急避難的に移動式変電所を配置することで、給電への支障を防ぎ、変圧器を停止して点検・修理を可能とすることができる。</p>