

タンザニア国  
タンザニア電力供給公社

タンザニア国  
ムトワラ火力発電所及び送電線  
建設事業準備調査  
ファイナルレポート

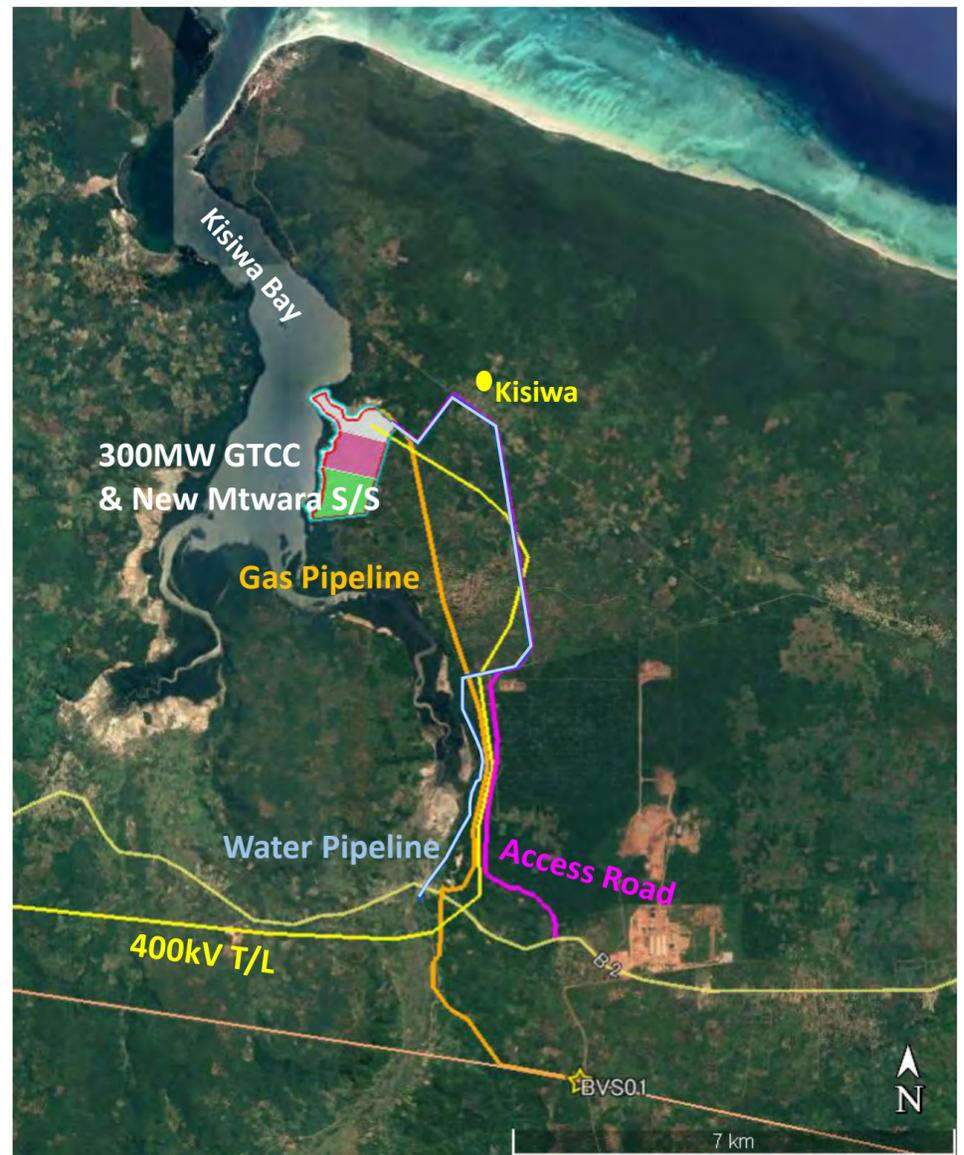
2020年3月

独立行政法人 国際協力機構  
(JICA)

株式会社ニュージェック  
関西電力株式会社  
イー・アール・エム日本株式会社

アフ
JR (P)
20-005

通貨換算率：1 米ドル=109 円、2019 年 12 月レート使用



Locations of Mtwara GTCC, S/S & Routes of 3-Infrastructures

Location Map

タンザニア国ムトワラ火力発電所及び送電線建設事業準備調査  
ファイナルレポート

目 次

要 約 .....	1
第 1 章 序 論 .....	13
1.1 プロジェクトの背景 .....	13
1.2 調査の目的 .....	14
1.3 調査内容 .....	14
1.4 調査スケジュール .....	14
1.5 調査実施体制 .....	15
第 2 章 電力セクターの現状と電力系統計画 .....	17
2.1 タンザニアにおける社会経済状況 .....	17
2.1.1 人口動態.....	17
2.1.2 経 済.....	17
2.2 電力系統 .....	19
2.2.1 タンザニア全国系統.....	19
2.2.2 ムトワラの系統.....	21
2.3 電力セクターの現状 .....	22
2.3.1 電力セクター.....	22
2.3.2 電源開発計画.....	22
2.3.3 系統増強計画.....	28
2.4 タンザニアにおける開発の現状 .....	29
2.4.1 開発パートナーの活動.....	29
2.4.2 地方電化.....	30
2.5 ムトワラ及びリンディの需要想定 .....	32
2.5.1 現地調査.....	32
2.5.2 配電エリア.....	33
2.5.3 2022 年のリンディとムトワラの需要想定 .....	35
2.5.4 2025 年以降のリンディ及びムトワラの需要想定 .....	37
2.6 電力系統計画 .....	38
2.6.1 400kV 系統と系統構成の提案.....	38
2.7 系統信頼度検討 .....	40
2.7.1 前提条件.....	40
2.7.2 電力潮流検討.....	43
2.7.3 電圧状況.....	45
2.7.4 短絡電流.....	45
2.7.5 定態安定度解析.....	46
2.7.6 過渡安定度解析.....	46

2.8	ムトワラ・プロジェクトの妥当性 .....	49
2.8.1	需要から見た妥当性.....	49
2.8.2	電力系統の観点からの妥当性.....	49
2.8.3	立地条件からの妥当性.....	50
<b>第3章</b>	<b>サイト選定.....</b>	<b>51</b>
3.1	経緯.....	51
3.2	比較調査結果.....	53
3.3	重量物輸送・運搬ルート調査.....	55
3.4	海水冷却システムの検討.....	64
3.5	両サイトの比較結果のまとめ.....	65
3.6	結論.....	65
<b>第4章</b>	<b>火力発電所の設備計画.....</b>	<b>67</b>
4.1	火力発電所の概要.....	67
4.1.1	はじめに.....	67
4.1.2	ガスタービン.....	67
4.1.3	蒸気タービン復水器冷却方式.....	69
4.1.4	燃料ガス供給設備.....	72
4.1.5	発電機系統接続構成.....	72
4.2	燃料ガス供給計画及び給水計画.....	74
4.2.1	キシワサイトへのガス供給.....	74
4.2.2	キシワサイトへの給水.....	82
<b>第5章</b>	<b>送電線ルートの選定.....</b>	<b>86</b>
5.1	はじめに.....	86
5.2	送電線ルートの概要.....	87
5.3	送電線ルート調査.....	88
5.3.1	セクション0-I.....	88
5.3.2	セクションI-II.....	88
5.3.3	セクションII-III.....	88
5.3.4	セクションIII-IV.....	89
5.3.5	セクションIV-V及びV-VI.....	89
5.3.6	セクションVI-VII.....	89
5.3.7	セクションVII-VIII.....	90
5.3.8	ガスパイプラインに沿った送電線ルートの必要条件.....	90
5.3.9	共通課題（仮設道路）.....	92
<b>第6章</b>	<b>変電所候補地の選定.....</b>	<b>94</b>
6.1	既設変電所.....	94
6.2	新設変電所.....	94
6.2.1	400kV 新ムトワラ変電所.....	94
6.2.2	400kV 新リンディ変電所.....	95

<b>第 7 章 サイトの概況</b> .....	97
7.1 地 形 .....	97
7.1.1 プロジェクトエリアの地形 .....	97
7.1.2 キシワサイトの地形 .....	97
7.1.3 リンディサイトの地形とその周辺概況 .....	101
7.1.4 送電線ルート of 地形 .....	101
7.2 キシワサイト周辺の海底調査 .....	102
7.2.1 海岸及び沖合の概況 .....	102
7.2.2 海水位 .....	103
7.2.3 水深測量 (キシワ湾) .....	103
7.3 気象・気候 .....	104
7.3.1 タンザニアの気象 .....	104
7.3.2 降水量 .....	105
7.3.3 気 温 .....	105
7.3.4 相対湿度 .....	106
7.3.5 風向・風速 .....	106
7.4 陸地の概況 .....	106
7.4.1 自然災害 .....	106
7.4.2 地表水と地下水 .....	107
7.5 地 質 .....	110
7.5.1 キシワサイトの地質概況 .....	110
7.5.2 送電線及び変電所の地質概況 .....	115
<b>第 8 章 発電所、送電線及び変電所の基本設計</b> .....	118
8.1 発電所設備の基本設計 .....	118
8.1.1 設計方針 .....	118
8.1.2 基礎的な技術的課題の検討 .....	123
8.1.3 プラント設計上の考慮事項 .....	126
8.1.4 電気及び制御システム .....	129
8.1.5 工事の範囲 .....	132
8.1.6 土木・建築 .....	132
8.2 400 kV 送電線設備の基本設計 .....	141
8.2.1 送電線の概要 .....	141
8.2.2 電線と地線 .....	143
8.2.3 碍 子 .....	147
8.2.4 鉄 塔 .....	150
8.2.5 鉄塔基礎 .....	153
8.3 400kV 変電所の基本設計 .....	155
8.3.1 母線構成 .....	155
8.3.2 変圧器 .....	156
8.3.3 開閉機器 .....	159
8.3.4 リアクトル及びコンデンサー .....	166
8.3.5 保護システム .....	166
8.3.6 通信及び SCADA システム .....	167
8.3.7 本 館 .....	167
8.3.8 消火設備 .....	168

<b>第 9 章 業務実施及び施設運転維持管理・組織体制</b> .....	169
9.1 TANESCO の財務状況 .....	171
9.1.1 損益計算書.....	171
9.1.2 貸借対照表.....	172
9.1.3 キャッシュフロー・シート .....	174
9.1.4 財務状況のまとめ.....	174
9.2 発電所の体制 .....	175
9.2.1 既設発電所の運転・保守体制.....	175
9.2.2 発電所の建設体制.....	179
9.2.3 ムトワラ・プロジェクトへの提言 .....	183
9.3 送電線の建設・保守体制 .....	188
9.3.1 400kV 送電線の建設・運用・保守体制 .....	188
9.3.2 地域事務所の運用・保守体制.....	189
9.3.3 地域事務所における運用・管理.....	190
9.3.4 今後の保守項目.....	190
9.4 変電所の運転・保守体制 .....	191
9.4.1 400kV 変電所の建設体制.....	191
9.4.2 400kV 変電所の運転・保守体制 .....	191
9.4.3 ムトワラ及びリンディ 400 kV 変電所への提言 .....	192
<b>第 10 章 プロジェクト計画</b> .....	193
<b>第 11 章 プロジェクトコスト及び経済・財務分析</b> .....	194
<b>第 12 章 環境社会配慮</b> .....	195
12.1 環境社会配慮 .....	195
12.2 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要.....	195
12.2.1 ベースとなる環境及び社会の状況.....	196
12.2.2 相手国の環境社会配慮制度・組織.....	197
12.2.3 代替案の比較検討.....	197
12.2.4 スコーピング及び環境社会配慮調査の TOR.....	198
12.2.5 環境社会影響評価.....	199
12.2.6 緩和策及び緩和策実施のための費用.....	200
12.2.7 モニタリング計画.....	200
12.2.8 実施体制.....	200
12.2.9 ステークホルダー協議.....	200
12.3 用地取得・住民移転 .....	201
12.3.1 用地取得・住民移転の必要性.....	201
12.3.2 用地取得・住民移転にかかる法的枠組み .....	201
12.3.3 用地取得・住民移転の規模・範囲.....	202
12.3.4 補償・支援の具体策.....	202
12.3.5 苦情処理メカニズム .....	202
12.3.6 実施体制.....	203
12.3.7 実施スケジュール.....	203
12.3.8 費用と財源.....	203
12.3.9 実施機関によるモニタリング体制、モニタリングフォーム .....	203

---

12.3.10 住民協議.....	203
<b>第 13 章 ムトワラ GTCC 発電所に係わるインフラ整備.....</b>	<b>204</b>
13.1 調査の背景.....	204
13.2 アクセス道路の新設及び改修.....	204
13.2.1 ムトワラ港からのルート.....	204
13.2.2 アクセス道路の現状.....	205
13.2.3 タンザニアの道路基準・標準.....	214
13.2.4 計画及び設計.....	215
13.2.5 図面集の概要.....	220
13.3 ガス導管敷設.....	220
13.3.1 新設ガス導管ルート、仕様.....	220
13.4 水道施設の建設.....	229
13.4.1 提案された水道システムの確認とレビュー.....	229
13.4.2 概略設計.....	234
13.5 維持管理の実施体制と実施機関の財務状況.....	240
13.5.1 道路分野.....	240
13.5.2 ガス導管.....	244
13.5.3 水道施設.....	245
13.6 関連施設に関する環境社会配慮.....	247
13.6.1 アクセス道路.....	247
13.6.2 ガス導管.....	247
13.6.3 水 道.....	247

## 図表リスト

図 1-1	調査内容 .....	15
図 1-2	調査団の体制 .....	16
図 2-1	GDP の推移 .....	17
図 2-2	GDP の産業別構成比 .....	18
図 2-3	インフレ率 .....	18
図 2-4	タンザニアへの外国直接投資額 .....	19
図 2-5	2018 年 4 月時点のタンザニア全国系統図 .....	20
図 2-6	132kV マフンビカ変電所からの 33kV 配電線 .....	21
図 2-7	ムトワラ及びリンディ地域の需要の種別構成 .....	32
図 2-8	ムトワラ及びリンディ地域の配電線別の需要配置地図 .....	34
図 2-9	マスタープランでの 400kV 新リンディ変電所とムトワラ地域の需要増加傾向 と線形近似 .....	37
図 2-10	リンディ変電所ケースの系統構成 .....	39
図 2-11	リンディ開閉所ケースの系統構成 .....	39
図 2-12	2025 年の系統検討モデル .....	42
図 2-13	2030 年の系統検討モデル .....	42
図 2-14	2035 年の系統検討モデル .....	42
図 2-15	2040 年の系統検討モデル .....	42
図 2-16	2025 年 潮流計算（リンディとムトワラが最小需要） .....	43
図 2-17	2030 年系統での電力潮流計算（ピーク需要） .....	44
図 2-18	2030 年系統での電力潮流計算 （リンディ、ムトワラ、マサシ、トゥンドゥルを最小需要） .....	44
図 2-19	2035 年系統での電力潮流計算（ピーク需要） .....	44
図 2-20	2035 年系統での電力潮流計算 （リンディ、ムトワラ、マサシ、トゥンドゥルを最小需要） .....	44
図 2-21	2040 年系統での電力潮流計算（ピーク需要） .....	44
図 2-22	2040 年系統での電力潮流計算 （リンディ、ムトワラ、マサシ、トゥンドゥルを最小需要） .....	44
図 2-23	2025 年系統での 400kV 母線電圧 .....	45
図 2-24	将来系統モデルでの 400kV 母線電圧 .....	45
図 2-25	2025 年系統での定態安定度解析 .....	46
図 2-26	2040 年系統での定態安定度解析 .....	46
図 3-1	発電所候補地点とガス導管と水道管の延長計画 .....	52
図 3-2	ムトワラ地方政府・土地利用計画 .....	53
図 3-3	海賊多発海域 .....	56
図 3-4	重量物船の一例 .....	57

図 3-5	ムトワラ港.....	58
図 3-6	ムトワラ港湾全景.....	58
図 3-7	沖荷役の一例.....	58
図 3-8	ミキンダニ／キシワ 2 地点の輸送ルート概要図.....	59
図 3-9	ビーチング用のバージ例.....	60
図 3-10	低床多軸トレーラの一例.....	60
図 3-11	ビーチング施工例.....	61
図 3-12	ビーチング位置 (案).....	62
図 3-13	キシワサイト現況写真.....	63
図 3-14	海水面の温度上昇.....	65
図 3-15	中間層の温度上昇.....	65
図 4-1	各年のピーク負荷と系統周波数を維持できる最大単機容量.....	68
図 4-2	取水設備の概略図.....	69
図 4-3	ロータリースクリーンの概略図.....	70
図 4-4	放水設備の概略図.....	70
図 4-5	取・放水口候補地点.....	71
図 4-6	キシワサイトのガス供給の取合い点.....	75
図 4-7	BVS 01 からキシワサイトへのガス導管ルート (TPDC 計画案：約 13km).....	76
図 4-8	2018 年から 2028 年におけるガスの需要と生産見通し.....	78
図 4-9	2018 年から 2028 年までのガス需要見通し (更新版).....	79
図 4-10	キシワサイトでの給水の取合い点.....	83
図 4-11	ムブオ川近傍にある井戸からの水道管ルート計画.....	84
図 5-1	送電線ルート調査の範囲.....	86
図 5-2	送電線推奨ルートの比較.....	88
図 5-3	調査結果を踏まえた最適送電線ルート (1).....	89
図 5-4	調査結果を踏まえた最適送電線ルート (2).....	90
図 5-5	400kV 送電線とガスパイプラインの離隔.....	91
図 5-6	パイル型基礎とガス導管間の必要距離.....	91
図 5-7	道路の種類.....	93
図 6-1	400kV 新ムトワラ変電所候補地 #1～#3.....	95
図 6-2	400kV 新リンディ変電所候補地#1～#3.....	96
図 7-1	キシワサイトの地形図.....	99
図 7-2	キシワサイト周辺の地形図.....	100
図 7-3	TPA (黒色部) と JICA 調査団 (赤線部) によるキシワ湾の水深測定点.....	103
図 7-4	キシワ湾南側の海底地形図.....	104
図 7-5	リンディ地域とムトワラ地域の海岸エリアにおける潜在地下水.....	108
図 7-6	キシワサイトのボーリング調査位置図.....	110
図 7-7	キシワサイト周辺の土壌組成.....	112
図 7-8	キシワサイトにおける地質断面図.....	113

図 7-9	送電線及び変電所の地質調査地点 .....	116
図 8-1	GTCC 発電設備の配置計画例 (1 ブロック) .....	127
図 8-2	GTCC 発電設備の配置計画例 (2 ブロック) .....	128
図 8-3	1 ブロック GTCC 単線結線図例 .....	130
図 8-4	2 ブロック GTCC 単線結線図例 .....	130
図 8-5	キシワサイト全体図 .....	134
図 8-6	フェーズ I とフェーズ II の敷地高さ計画 .....	136
図 8-7	送電線ルート .....	142
図 8-8	ライフサイクルコストの比較 .....	145
図 8-9	塩害による汚染分布図 .....	148
図 8-10	碍子連装置 (懸垂型) .....	149
図 8-11	碍子連装置 (耐張型) .....	149
図 8-12	鉄塔概略図 .....	153
図 8-13	基礎型の種類 .....	154
図 8-14	至近の 400kV 計画 .....	155
図 8-15	潮流図 (2025 年) .....	158
図 8-16	潮流図 (2030 年以降) .....	158
図 8-17	油-ガス スペーサー .....	158
図 8-18	400kV 新ムトワラ変電所単線結線図 .....	160
図 8-19	400kV 新ムトワラ変電所機器配置図 .....	161
図 8-20	400kV 新リンディ変電所単線結線図 .....	163
図 8-21	400kV 新リンディ変電所機器配置図 (ハイブリッド GIS) .....	164
図 8-22	400kV 新リンディ変電所機器配置図 (AIS) .....	165
図 8-23	本館レイアウト .....	167
図 9-1	TANESCO 本社組織体制 .....	170
図 9-2	キネレジI発電所 運用体制 .....	176
図 9-3	ウブンゴII発電所 運用体制 .....	178
図 9-4	キネレジII建設所の体制 .....	180
図 9-5	キネレジII発電所運開後の体制 (案) .....	182
図 9-6	ムトワラ・プロジェクトの位置づけ .....	183
図 9-7	ムトワラ発電所建設工事の体制 (案) .....	184
図 9-8	ムトワラ GTCC 発電所の運用体制 (案) .....	185
図 9-9	関西電力 K-VaCS の概要 .....	187
図 9-10	送電線の運用・保守体制 .....	189
図 9-11	地域事務所の運用・保守体制 .....	190
図 9-12	220kV ウブンゴ変電所の体制 .....	191
図 9-13	変電所の保守体制 .....	191
図 9-14	変電所の体制 (建設時及び運転開始以降) .....	192
図 13-1	ムトワラ港からムトワラ GTCC 発電所までのアクセス .....	205

図 13-2	アクセス道路（既設）	206
図 13-3	既設道路の縦断線形	207
図 13-4	既設道路の標準横断図	208
図 13-5	既設道路の状況	208
図 13-6	カルバート位置	209
図 13-7	カルバートの状況（C-3）	210
図 13-8	カルバートの状況（C-11）	210
図 13-9	道路交通量の状況（2018年12月）	211
図 13-10	Hiyari 交差点の現状	211
図 13-11	急カーブの状況	212
図 13-12	配慮すべき自然・社会対象物	213
図 13-13	降雨後の道路の状況	214
図 13-14	計画標準横断図	217
図 13-15	計画標準横断図（歩道あり）	217
図 13-16	舗装設計（案）	217
図 13-17	Hiyari 交差点計画案	218
図 13-18	カルバートの設計（案）	219
図 13-19	道路側溝の設計（案）	219
図 13-20	新設ガス導管ルート案（2案）	221
図 13-21	TANROADS 敷地と Dangote 敷地に影響するガス導管区間（Route1）	222
図 13-22	Route1 のガス導管図	223
図 13-23	取り出し点の系統（BVS01）	224
図 13-24	発電所側の繋ぎこみ点の位置	225
図 13-25	提案された水道システム（黒：既存施設、赤：新規施設）	230
図 13-26	水道施設の位置図	231
図 13-27	調圧水槽とポンプ室	233
図 13-28	ポンプ室内	233
図 13-29	No.3 井戸	233
図 13-30	貯水槽	233
図 13-31	管路布設予定ルート	234
図 13-32	ムトワラ GTCC 発電所向けの水道システム（黒色：既存施設、赤色：新規施設）	235
図 13-33	既存村道沿いの水道管布設位置	238
図 13-34	村道拡幅区間の水道管布設位置	239
図 13-35	TARURA 組織図	241

表 2-1	送電ロス .....	20
表 2-2	2014 年における近隣国の送配電ロス .....	20
表 2-3	電源開発計画 .....	23
表 2-4	マスタープランにおける近年の火力発電所開発計画と現状計画 .....	25
表 2-5	2020 年と 2025 年の火力発電による設備容量 (MW) .....	25
表 2-6	本検討で用いる電源開発計画 .....	27
表 2-7	タンザニアにおける系統増強プロジェクト .....	28
表 2-8	主要な開発支援パートナーとその活動 .....	29
表 2-9	2016 年の系統電力へのアクセス人口比率 .....	30
表 2-10	電化により想定される需要と接続総数 .....	31
表 2-11	リンディとムトワラの配電系統拡張 .....	31
表 2-12	2022 年のムトワラ及びリンディの想定需要 .....	33
表 2-13	調査結果による変電所需要の想定 .....	34
表 2-14	LNG プロジェクト及びダンゴテセメントの想定需要 (MW) .....	35
表 2-15	大規模プロジェクトの実現性の確率 (リンディ及びムトワラ地域) .....	36
表 2-16	実現性の確率を考慮したリンディ及びムトワラの需要想定 .....	36
表 2-17	2022 年の 400kV リンディ及びムトワラ変電所の期待需要 .....	36
表 2-18	エリア別の想定需要 (LNG プロジェクト及びダンゴテセメントは含まない) .....	37
表 2-19	リンディ及びマサシの想定需要 .....	38
表 2-20	各 400kV 変電所の想定需要 .....	38
表 2-21	必要な変圧器容量 (力率 : 0.85) .....	39
表 2-22	新リンディの変電所・開閉所比較 .....	40
表 2-23	本検討における送電線モデル .....	41
表 2-24	3 相短絡電流計算結果 (2040 年) .....	45
表 2-25	過渡安定度解析結果 .....	47
表 2-26	2025 年系統での 3LG-O 計算結果 (過酷ケース) .....	47
表 2-27	2040 年系統での 3LG-O シミュレーション結果 .....	48
表 2-28	過酷ケースでの 3LG-O (ムトワラ至近端) 時の電圧計算結果 .....	48
表 3-1	ミキンダニ/キシワ 2 地点の輸送条件比較 .....	63
表 3-2	両サイト比較結果のまとめ .....	66
表 4-1	各メーカー GTCC の比較 .....	68
表 4-2	GT 候補機の必要ガス圧力 .....	72
表 4-3	発電機系統接続構成 (H-100 及び 6F.03) .....	73
表 4-4	発電機系統接続構成 (LM6000PF+ 及び SGT-800) .....	74
表 4-5	PSMP 2016 Update におけるタンザニアのガス埋蔵量 .....	77
表 4-6	2018 年から 2028 年におけるガスの需要と生産見通し .....	78
表 4-7	2018 年から 2028 年までのガス需要見通し (更新版) .....	79
表 4-8	キシワサイトに供給されるガス組成及び特性 .....	81
表 4-9	ムトワラ地域での 2016 年から 2026 年までの水需給見通し .....	85

表 5-1	送電線ルート候補の概要	87
表 7-1	採水地点における地下水の水質調査結果	109
表 7-2	各地層に於ける土壌組成と N 値の範囲	110
表 7-3	鉄塔基礎の N 値に対する標準深度	117
表 8-1	各モードにおける起動時間の要求事項	119
表 8-2	LTSA の特徴	122
表 8-3	ISO 条件での GTCC 性能データ	123
表 8-4	各 GTCC 機種別の NOx 排出量	124
表 8-5	適用可能な GT 機種別の性能	124
表 8-6	排ガスバイパスシステムの設置による建設工程への影響	125
表 8-7	設計条件	126
表 8-8	HRSG の分類	129
表 8-9	キシワサイトの地質条件	137
表 8-10	送電線設備の概要	142
表 8-11	電線の種類	143
表 8-12	地線 GSW 110 mm <sup>2</sup> の特性	146
表 8-13	地線 AS 110 mm <sup>2</sup> の特性	146
表 8-14	光ファイバ複合架空地線 OPGW 110 mm <sup>2</sup> の特性	147
表 8-15	碍子の種類	147
表 8-16	汚染地域における碍子ユニット	148
表 8-17	送電線鉄塔タイプ	150
表 8-18	クリアランス	151
表 8-19	想定荷重の組み合わせ	152
表 8-20	基礎設計の制限要素	154
表 8-21	ムトワラ港からの橋梁リスト	157
表 8-22	開閉装置種類別の変電所比較	159
表 8-23	変電所タイプの比較	162
表 8-24	リアクトル及びコンデンサーの容量	166
表 8-25	送電線保護	166
表 9-1	TANESCO 既設ガス火力発電所 (GE & GTSC)	169
表 9-2	TANESCO の損益計算書	171
表 9-3	TANESCO の貸借対照表	173
表 9-4	TANESCO のキャッシュフロー・シート (主要指標の抜粋)	174
表 12-1	調査対象項目	198
表 13-1	道路構造物インベントリ	209
表 13-2	タンザニアにおける道路分野の標準・マニュアル類	214
表 13-3	プロジェクト計画の概要	216
表 13-4	図面集一覧	220
表 13-5	BVS01 の取り出しフランジの仕様	224

表 13-6	タンザニア国内ガス配管土被り実績 .....	227
表 13-7	GT 候補機種に必要なガス圧力 .....	227
表 13-8	圧損計算の諸元 .....	228
表 13-9	想定配管圧損と管内流速 .....	229
表 13-10	提案された水道システムの確認及びレビュー結果の概要 .....	232
表 13-11	No.3 井戸の取水・導水施設の仕様 .....	236
表 13-12	追加井戸の取水・導水施設の仕様 .....	236
表 13-13	送水施設の仕様 .....	236
表 13-14	配水施設の仕様 .....	237
表 13-15	電気計装設備の仕様 .....	237
表 13-16	配管工事の仕様 .....	238
表 13-17	水道施設の概略設計 図面リスト .....	239
表 13-18	TARURA の維持管理する道路の舗装状況（2017年6月現在） .....	242
表 13-19	維持管理予算（2017/2018年度） .....	243

## 略語集

略語	英語表記	日本語表記
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
AGC	Automatic Generation Control	自動発電制御
AIS	Air Insulated Switchgear	気中絶縁開閉設備
AS	Aluminum-clad Steel wire	アルミ覆鋼より線
AVR	Automatic Voltage Regulator	自動電圧制御装置
Basic Survey (2016)	Data collection survey of gas thermal power generation in the United Republic of Tanzania (JICA, 2016)	基礎調査(ガス火力開発にかかる情報収集・確認調査)
BTIP	Backbone Transmission Investment Project	バックボーン送電線プロジェクト
BVS	Block Valve Station	ガスバルブステーション
CCR	Central Control Room	中央制御室
CO <sub>2</sub>	Carbon dioxide	二酸化炭素
CRB	Contractors Registration Board	請負業者登録委員会
DCS	Distributed Control System	分散制御システム
DDR	Due Diligence Report	調査報告書
DN	Diameter Nominal	公称外形
DPO	Development Policy Operation	(世界銀行)開発政策オペレーション
DPs	Development Partners	開発パートナー
EAC	East African Community	東アフリカ共同体
EHS	Environmental, Health and Safety	環境、健康、安全
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的內部収益率
EOH	Equivalent Operating Hours	等価運転時間
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
ESIA	Environmental and Social Impact Assessment	環境社会影響評価
ESMP	Environmental and Social Management Plan	環境社会管理計画
EWURA	Energy and Water Utilities Regulatory Authority	電気・水道事業規制事業体
FDI	Foreign Direct Investment	外国からの直接投資額
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的內部収益率
F/S	Feasibility Study	準備調査
GC	Grid Code	グリッドコード
GCC	Grid Control Center	中央給電指令所
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GE	General Electric Company	ゼネラル・エレクトリック社
GIS	Gas Insulated Switchgear	ガス絶縁開閉機器
GSW	Galvanized Steel Wire	亜鉛めっき鋼線
GT	Gas Turbine	ガスタービン
GTCC	Gas Turbine Combined Cycle	ガスタービン・コンバインドサイクル
GTSC	Gas Turbine Simple Cycle	ガスタービン・シンプルサイクル
GTW	Gas Turbine World	ガスタービン・ワールド
GoT	Government of Tanzania	タンザニア政府
HAT	Highest Astronomical Tide	最高潮位
HRSRG	Heat Recovery Steam Generator	排熱回収ボイラ
ICB	Internal Competitive Bidding	国際競争入札
ICT	Information and Communications Technology	情報通信技術
IDC	Interest During Construction	建中金利
IFC	International Finance Cooperation	国際金融公社
IHI	IHI Corporation	株式会社 IHI
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JV	Joint Venture	共同企業体

略語	英語表記	日本語表記
LNG	Liquefied Natural Gas	液化天然ガス
LCB	Local Competitive Bidding	現地競争入札
LTSA	Long Term Service Agreement	長期保守契約
MHPS	Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.	三菱日立パワーシステムズ株式会社
MOE	Ministry of Energy	エネルギー省
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MTUWASA	Mtwara Urban Water Supply and Sanitation Authority	ムトワラ上下水道局
NBS	Tanzania National Bureau of Statistics	タンザニア統計局
NEMC	National Environment Management Council	国家環境管理委員会
NGO	Non-Governmental Organization	民間公益団体、非政府機関組織
NGUP	Natural Gas Utilization Plan (The Project for Review of the Natural Gas Utilization Plan in Tanzania Final Report)	タンザニア・天然ガス利用計画
NOx	Nitrogen Oxides	窒素酸化物
O&M	Operation and Maintenance	運転・保守
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	現場訓練、職場内教育
OPGW	Optical Ground Wire	光ファイバ複合架空地線
PPP	Public Private Partnership	官民連携
PQ	Pre-qualification	入札参加資格事前審査
PSMP 2016 Update	Power System Master Plan 2016 Update	電力システムマスタープラン 2016 更新版
PSS	Power System Stabilizer	系統安定化装置
PSSE	Power System Simulator for Engineering	系統解析ソフトウェア
QBS	Quality Based Selection	品質に基づく選定
QCBS	Quality and Cost Based Selection	品質及びコストに基づく選定
RAP	Resettlement Action Plan	住民移転計画案
RAS	Regional Administrative Secretary	地域評議会
REA	Rural Energy Agency	地方電化庁
RMS	Remote Monitoring System	遠隔監視システム
ROW	Right of Way	敷設権
RPF	Resettlement Policy Framework	移転政策の枠組み
RSCB	Ruvuma River and Southern Coast Basin	ルブマ川と南海岸流域
S/S	Substation	変電所
SAPP	Southern African Power Pool	南アフリカパワープール
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	監視制御システム
SF <sub>6</sub>	Sulfur hexafluoride	六フッ化硫黄
SPMT	Self-Propelled Modular Transporter	低床多軸トレーラ
SPP	Small Power Project	小規模電力プロジェクト
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
ST	Steam Turbine	蒸気タービン
TANESCO	Tanzania Electric Supply Company Limited	タンザニア電力供給公社
TANROADS	Tanzania National Roads Agency	タンザニア道路公社
Tanzania	United Republic of Tanzania	タンザニア連合共和国
TARURA	Tanzania Rural and Urban Road Agency	タンザニア地方都市道路局
TEDAP	Tanzania Energy Development and Access Project	タンザニア電力開発・電化促進プロジェクト
TOR	Terms of Reference	業務仕様書
TPA	Tanzania Ports Authority	タンザニア港湾公社
TPDC	Tanzania Petroleum Development Corporation	タンザニア石油開発公社
Tsh., TZS	Tanzania Shillings	タンザニアシリング
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
WACC	Weighted Average Cost of Capital	加重平均資本コスト
WHO	World Health Organization	世界保健機関

## 要 約

### A. 調査の目的

本調査は、新規円借款案件の形成を目的とし、本事業の目的、概要、事業費、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境及び社会面の配慮等、日本国の有償資金協力事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的として実施するものである。

### B. プロジェクトのスコープ

本プロジェクトは 300MW クラス Gas Turbine Combined Cycle (GTCC) 発電所、400kV 送電線、400kV の二つの変電所及び関連する三つのインフラ整備 (道路、ガス配管及び水道管) より成る。

### C. プロジェクトをムトワラに設置する妥当性

現在の大電力消費地はダルエスサラームだが、約 500 km離れたムトワラに発電所を設置する理由は以下の通り；

- ・ ムトワラ、リンディ地域では 2030 年に 300MW 近い電力需要が予想される。
- ・ 2016 年のムトワラ、リンディ地域の電化率は 41%、29.2%だが、発電所の建設により地方電化率が大幅に上昇することが期待される。
- ・ モザンビークへの送電計画があり、発電所及び送電線の建設はそれに寄与すると考えられる。
- ・ ムトワラからダルエスサラームへのガス配管輸送能力は限界に近付いている。送電線でムトワラからダルエスサラームに送電できれば、異なる方法でダルエスサラームへの電力供給を確保できる。
- ・ ダルエスサラーム周辺には、GTCC 効率が最も高くなる海水冷却方式を蒸気タービン (S/T) 用復水器に適用できる場所がない。一方、本 GTCC 設置予定地のキシワサイト (ムトワラ) は海水冷却の適用が可能である。それに伴う GTCC の効率増加分でダルエスサラームまでの 400kV 送電線ロスをカバーできる。

### D. 主要調査結果

#### 1) GTCC

- ・ ガスタービン (GT) の候補機種は H-100 (MHPS), LM6000PF+ (IHI (GE)), SGT-800 (Siemens) 及び 6F.03 (GE) の 4 機種である。

- ・ GTCC の構成としては建設費及び運転／保守費がより低い、1 ブロック (2GTs-2HRSGs-1ST)<sup>1</sup> を推奨する。
- ・ 海水冷却適用のため、発電所の敷地は最小必要高さである 5.4m に設置した。
- ・ キシワサイトの地質は GTCC や変電所の設置に十分耐える強度を有している。
- ・ 約 30 年間の発電所へのガス及び水の供給は問題ないと考えられる。

## 2) 送電線

- ・ 約 270km の送電線ルートは住宅街、高地、保護区、沼地を極力避け、国道沿いあるいは既設ガス配管沿いに計画された。
- ・ 400kV の送電線は 2 回線、4 導体の Bluejay 電線が選定された。なお、低ロス送電線 (LLC) は代替案とした。
- ・ 信頼性と 40 年のライフサイクルコストを考慮し、磁器碍子が選ばれた。
- ・ 送電線の地質は全般的には良いが、軟弱地盤の個所もある。このため本プロジェクト実施段階での更なる地質調査が望まれる。

## 3) 変電所

- ・ ムトワラ変電所の場所は重量物の搬入を考えキシワサイトを選定した。リンディ変電所の場所は TANESCO が土地を所有し、かつ既設の 132kV 送電線との接続が容易な既設マフンビカ変電所の隣が選ばれた。
- ・ 1.5CB<sup>2</sup> の複母線の採用がムトワラ及びリンディ変電所で計画された。
- ・ 海に近い新ムトワラ変電所にはガス絶縁開閉機器 (GIS) の採用を、海から離れているが信頼性向上のため、新リンディ変電所には部分的なガス絶縁開閉機器 (H-GIS) の採用を推奨した。
- ・ 新リンディ変電所の変圧器は、道路の輸送制限のため、分解して陸送できる特別 3 相変圧器の採用を推奨した。

## 4) ムトワラ火力発電所建設に係わるインフラ整備

- ・ 国道からキシワサイトに繋がる既存の 1 車線の村道を 2 車線に拡幅するとともに、排水設備や急カーブ個所等の改善が図られた。
- ・ バルブステーション No.1 (BVS01) からキシワサイトへ、12 インチ口径の埋設ガス配管が計画された。
- ・ 井戸、ポンプ、貯水タンク及び井戸からキシワサイトへの埋設水道管が計画された。

<sup>1</sup> H-100 と 6F.03 が 1 ブロックである。一方、LM6000PF+ と SGT-800 は 2 ブロック (2×2 (2GTs- 2HRSGs-1ST)) である。

<sup>2</sup> Circuit Breaker

## E. 本プロジェクトの輸送計画

ムトワラ港の設備能力や道路の重量制限を勘案して、次の輸送方法が検討された。

- キシワサイトの GTCC 及び新変電所の重量物はムトワラ港沖合でバージに積み替え、ビーチングで荷揚げする。
- 軽量機器はキシワサイト及び新リンディ変電所へ陸送される。
- 新リンディ変電所への変圧器は、道路の輸送制限より、分解可能な特別三相タイプに制限されると思われる。

## F. 環境社会配慮

- 変電所を含む GTCC、送電線及び 3 インフラ整備の環境影響評価（EIA<sup>3</sup>）報告書が環境大臣の承認を得る予定である。
- 変電所を含む GTCC、送電線及び 3 インフラ整備の土地取得と住民移転計画が調査報告書（DDR<sup>4</sup>）、移転政策の枠組み（RPF<sup>5</sup>）及び住民移転計画案（RAP<sup>6</sup>）で検討された。
- 建設及び運転期間の騒音、振動、塵芥及び廃棄物の影響は小さいと予測された。
- GTCCの海水冷却システムは温水をキシワ湾に排出するため、その影響についてシミュレーションで検討した。放水路近くの3°Cを超える混合域は限られており、サンゴ等の絶滅危惧種の存在も確認されなかった。従い、国際金融公社（IFC<sup>7</sup>）の環境、健康、安全（EHS<sup>8</sup>）ガイドラインを満足していると判断された。
- ツグミや象等の絶滅保護種への影響の可能性は低いと判断されたが、リスク回避の対策が考慮された。

## G. 本プロジェクトの特徴

タンザニア国産のガスを使用するにあたり、高効率、安定的な電力供給及び環境負荷低減の観点より日本の質の高いインフラの適用を考慮した。

---

3 Environmental Impact Assessment  
4 Due Diligence Report  
5 Resettlement Policy Framework  
6 Resettlement Action Plan  
7 International Finance Corporation  
8 Environmental, Health and Safety

- GTCC への適用技術；
  - ST 復水器の海水冷却方式の採用
  - GT の低 NO<sub>x</sub> バーナーの採用
  - GTCC の安定運用のため GT に LTSA/RMS を採用
  
- 送電線への適用技術；
  - 磁器碍子の採用
  
- 変電所への適用技術；
  - 屋外式 GIS で SF<sub>6</sub><sup>9</sup> のリーク量を年間 0.1%以下とする。
  - 運搬を考え、分解可能な特別 3 相変圧器の採用。
  - GIS と変圧器の接続・分離を容易にするため、油／ガススペーサーの採用

## H. 技術移転

TANESCO への技術移転はプロジェクトが生産高品質を守るために必要である。技術移転はプロジェクト実施段階で、コンサルタント、施工業者及び LTSA で実施される予定である。

- コンサルタントによる技術移転
  - 設計及び施工管理技術の移転
  - 海外での運転／保守管理技術、とりわけ海水冷却方式の技術移転
  - コンサルタント出身国での類似 GTCC、送電線及び変電所の見学
  
- 施工業者による技術移転
  - OJT<sup>10</sup>と教室での講義による運転/保守管理技術移転
  - 業者の工場での運転／保守管理技術
  
- LTSA による技術移転

TANESCO は LTSA の期間中に、GT 製作業者の技術指導員から GT の検査及び取替技術を学ぶ必要がある。

---

9 Sulfur Hexafluoride (六フッ化硫黄)  
10 On the Job Training

## 1. プロジェクトの背景

IMF<sup>11</sup>によると、タンザニア連合共和国（以下、タンザニア）の年間平均国内総生産（GDP）の伸びは2000年から2015年にかけて10.5%、今後10年間は5~10%と予測され、将来的な経済発展が期待される。

MOEは2016年に電力マスタープラン PSMP 2016 Update を発行し、将来の電力発生量の政府目標を定めている。PSMP 2016 Update によると、ムトワラを含む南東地域は中・長期的に300MW以上の電力需要が見込まれている。

「タンザニア国ムトワラ火力発電所及び送電線建設事業」（本プロジェクト）は上記中・長期目標達成に加え、短期的にはダルエスサラームの電力不足解消のため重要であり、「タンザニア国ムトワラ火力発電所及び送電線建設事業準備調査」（本調査）がJICA調査団により実施された。

調査期間中に、タンザニア電力公社（TANESCO）の依頼により、火力発電所建設に関連するインフラ整備（道路、ガス配管及び水道管）の調査が本調査に追加された。

## 2. 電力セクターの現状と電力系統計画

- 1) TANESCO は過去、渇水時等に電力供給不足に陥り、プライベートの緊急電力供給事業者（EPP）から電気を購入していた。しかし、高額のためTANESCOの財政を圧迫した。今後はそれらの業者に頼らず、効率のいい発電設備を設置していく必要がある。
- 2) PSMP 2016 Update は2016年から毎年のピーク電力予測を行い、2020年は2,190MWとなっている。
- 3) タンザニアの送電線の最高電圧は400kVであるが、現状は220kVで運転されている。
- 4) 400kV新リンディ変電所の予想負荷は2022年で124.5MW、2040年で214MWである。一方400kV新ムトワラ変電所は42.8MW、142MWと予測される。
- 5) 潮流、短絡容量、電圧変動及び常態・非常態での発電機の安定解析は系統解析ソフトウェア（PSSE）で行い問題がないことを確認した。

---

11 International Monetary Fund

- 6) 2016年の地方電化率はリンディで41%、ムトワラで29.2%であったが、ムトワラGTCC発電所が運開すると大幅に向上すると予測される。

### 3. サイト選定

- 1) 2016年の基礎調査ではミキンダニサイトが選定されたが調査後、同サイトが地方政府の土地利用マスタープランで住居地域に指定された。このためTANESCOはJICAに対し、発電用地域に指定されたキシワサイトとの比較検討を提案した。
- 2) 比較検討の結果、主として環境問題でミキンダニサイトには問題があることが判明した。一方、キシワサイトは細長い湾内にあるため、海水冷却の適用が懸念されたが、シミュレーションの結果、少なくとも300MW1基の建設に問題ないことが分かった。以上の検討結果より、キシワサイトが選ばれた。
- 3) サイト選定調査中に輸送方法の検討も行った。結果は以下の通り。
  - ① GT本体等の重量物はムトワラ港沖合でバージに積み替え、ビーチングで荷揚げする。
  - ② 鉄板、鉄骨等の軽量物はムトワラ港から陸送する。

### 4. 火力発電設備の計画

- 1) ガスタービンの候補機種としては、適合性と信頼性に加え、GTCC構成の観点より、H-100 (MHPS)<sup>12</sup>、LM6000PF+ (IHI (GE))<sup>13</sup>、SGT-800 (Siemens)<sup>14</sup>、6F.03 (GE)<sup>15</sup>を選定した。
- 2) GT 1基がトリップ時の系統に与える影響は許容値内にあることを確認した。
- 3) ST用復水器冷却方式としてプラント効率が最もいい海水冷却方式を採用した。取水は鉛直取水管方式、放水は沖合放水方式を採用する。
- 4) 給水必要量は300 m<sup>3</sup>/day<sup>16</sup>で、ムトワラ上下水道局 (MTUWASA) が未使用の井戸を利用し、ポンプ、水道管、貯水タンク等の新設して供給する。
- 5) 必要ガス量は51.9MMscfd<sup>17</sup>で、タンザニアガス公社 (TPDC) がガス管を新設する。TPDC作

12 重電型1ブロック (2GTs-2HRSGs-1ST)

13 航空機転用型2ブロック (2×(2GTs-2HRSGs-1ST))

14 重電型2ブロック (2×(2GTs-2HRSGs-1ST))

15 重電型1ブロック (2GTs-2HRSGs-1ST)

16 発電所内居住者への給水が必要な場合は360m<sup>3</sup>/dayとなる。

17 Million standard cubic feet per day

成の将来のガス需給バランスより、本発電所の必要ガス量は確保されると思われる。ガス性状はガスタービン用として適切と考えられる。

## 5. 送電線ルート選定

- 1) ムトワラからソマンガまでの 400kV 送電線長さは約 270km であり、ルートを 8 分割し、下記の点を考慮してルートの選定を行った。
  - ① 2015 年実施の USAID による予備調査結果
  - ② 住居、高台、保護区、沼地を極力避ける
  - ③ アクセスが容易な国道沿いを優先する。
  - ④ 土地取得範囲を減らすため既設ガスパイプライン沿いを優先する。
- 2) 推奨ルートと代替えルートについて TANESCO と JICA 調査団で覚書を交わした。

## 6. 変電所候補地の選定

- 1) 新ムトワラ変電所、新リンディ変電所とも 3 ヶ所の候補地から選んだ
- 2) 新ムトワラ変電所は TANESCO が土地取得中であるムトワラ火力発電所敷地内にあること、重量物がビーチングにより運搬可能なことより、キシワサイトに決めた。ただ海に隣接するため Full-GIS を採用する必要がある。
- 3) 新リンディ変電所は既設マフンビカ変電所の隣とした。TANESCO の所有地で 132kV の既設送電線との連結も容易であり、かつ O&M 要員の共有も可能である。

## 7. サイトの概況

- 1) キシワサイトは海拔 0～30m の緩やかな丘陵地で、1 ヶ所の砂地を除いて海岸線はマングローブに覆われている。この砂地をビーチングに活用する。
- 2) 地形調査は 3km<sup>2</sup> のエリアを 1 : 2500 縮尺の衛星写真で行った。
- 3) 送電線は主として国道沿いのなだらかな場所を選んだが、一部沼地を通過する。
- 4) キシワ湾の平均水位は 2m で、高水位、低水位は 2±1.6m、最高水位は 4.1m である。取水口予定地の深さは 15m、予定排水口の深さは 5m である。

- 5) この地域での地震やサイクロンの記録はないが、水害は発生している。
- 6) キシワ湾に河川が注いでいるが、乾季には枯れる。ムトワラ地域は地下水が湧き、発電所の原水として Mbuo 川沿いの井戸を予定している。水質はタンザニアの飲料水基準、WHO のガイドラインを満足している。
- 7) キシワサイトの地質調査の結果は良好であった。
- 8) 4 ヶ所の送電線と 1 ヶ所の新リンディ変電所の地質調査の結果は概ね良好であったが、いくつかの箇所は弱かった。従い、本プロジェクト実施段階での地質調査が必要である。

## 8. 発電所、送電線及び変電所の基本設計

- 1) ムトワラ GTCC 発電所はガス専焼、バイパス煙突あり、非常用ディーゼルあり、補助ボイラなしで計画された。
- 2) 1 ブロックと 2 ブロックの異なる GTCC 構成に対し配置図を作成した。両ブロックとも海水冷却方式採用のため、GTCC は岬の先端部に配置された。
- 3) 発電機は空気冷却、ブラシレス励磁器を推奨し、制御は分散制御システム (DCS) とした。
- 4) キシワサイトは複合発電所として計画されているため、サイトを 3 分割し、本事業および 2 号機用として約 34ha を割り当てた。敷地高さは 5.4m としたが、サイト造成時の土量を考慮して、発電所の主機は 5.4m、その他の機器は 8.6m 高さとした。
- 5) PSMP2016 Update による潮流を考慮すると、コストの面から Bluejay 電線が推奨された。ただ、TANESCO の要望により、低ロス電線 (LLC) についての検討結果も記載した。
- 6) 信頼性とライフサイクルコストより磁器碍子が推奨された。
- 7) 新ムトワラ変電所からソマンガ変電所までの 400kV 送電線は 2 回線 4 導体である。このうち、新ムトワラ変電所から新リンディ変電所までの送電線は 4 回線とし、上段に 400kV 2 回線、下段に 132kV 2 回線とする。
- 8) 新ムトワラ変電所と新リンディ変電所の母線には信頼性の高い 1.5CB 方式の使用を推奨した。

- 9) 海に近い新ムトワラ変電所にはガス絶縁開閉機器（GIS）の採用を、海から離れているが信頼性向上のため、新リンディ変電所には部分的なガス絶縁開閉機器（H-GIS）の採用を推奨した。
- 10) 新リンディ変電所の変圧器は、道路の輸送制限を免れるため、分解して陸送できる特別 3 相変圧器の採用を推奨した。

## 9. 業務実施及び施設運転維持管理・組織体制

- 1) 電気料金は過去 10 年間で 2 倍になっているが、TANESCO は赤字経営状態にある。
- 2) 過去において、TANESCO 経営危機に陥った際、タンザニア政府は条件付きで、世界銀行の開発政策オペレーション（DPO）を受けた。
- 3) 電気・水道事業規制庁（EWURA）が 2016 年に電気料金引き上げを許可したが、タンザニア政府は産業育成を重視して認めなかった。この結果、TANESCO は経営困難な状態にある。
- 4) ムトワラ GTCC 発電所の建設及び O&M 体制はキネレジ II<sup>18</sup>と同じ計画である。
- 5) 海水冷却方式はタンザニア初の技術であり、本調査ではその技術移転の必要性を記載している。
- 6) LTSA と RMS がガスタービンの初期故障対策としてプロジェクトに組み込まれた。
- 7) 400kV 送電線は定期的な部品取替えは必要ないが、定期的な目視点検は必要である。
- 8) 400kV 新変電所建設時、両変電所間の距離が約 50km と近いので、TANESCO の建設部隊は両方を担当することが可能と考えられる。保守についてはムトワラ地区の変電設備が増えるため、要員の増加が必要である。

## 10. プロジェクト計画

非公開

---

18 2018 年 12 月に運用したタンザニア初の GTCC 発電所。ST の復水器冷却は空気冷却方式を採用している。

## 11. プロジェクトコスト及び経済・財務分析

非公開

## 12. 環境社会配慮

- 1) ムトワラ GTCC 発電所についての環境影響評価（EIA）が行われた。発電所建設中は騒音、振動、塵芥及び廃棄物等が発生する。土地取得により、住民は作物の収穫ができなくなる経済的移転の影響を受けることが見込まれる。また、労働者の流入による地域住民への影響も見込まれる。発電所の運転中は廃棄物の処理が必要となる。また NOx や温室効果ガス（GHG）排出量についてはモニタリングとその報告が必要となる。
- 2) 400kV 送電線についての EIA も行われた。供用時に比べ建設段階での影響の方がどちらかというところ大きく、建設時に適切な管理を行うことが望まれる。特に、建設期間中、労働者が約 10 万人流入すると予想され、周辺住民に与える影響への配慮が必要である。IUCN のレッドリスト掲載種である Spotted Ground-Thrush（ゴマフジツグミ）の生息地周辺のルートは、鉄塔建設の難しい湿地を回避しつつ、延長が最小になるように選定されており、生息地から最も遠いルートとなっている。また、アフリカゾウが存在する可能性のあるキルワ地域を通過するが、本調査においては象の移動は確認されなかった。これ等については念のため、衝突予防措置を検討した。
- 3) キシワサイト（約 160ha）の土地買収で 140 世帯が影響を受け、そのうち 11 世帯が物理的移転の対象になると考えられる。補償費の査定報告書は一つが 2016 年 12 月に、もう一つが 2018 年 4 月に政府の主任査定人（Chief Government Valuer）に承認された。JICA ガイドラインとの整合性の確認<sup>19</sup>などを行い、住民移転の方針を整理したデューディリジェンス報告書（DDR：Due diligence report）として準備された。
- 4) 送電線については、52m 幅の約 1,098ha の送電線路用地（ROW）の取得が見込まれ、62 世帯が物理的移転の対象となると見込まれる。新ムトワラ変電所はムトワラ火力発電所の敷地内に建設される、新リンディ変電所は TANESCO の所有地に建設される。
- 5) 合計、3,580 人の利害関係者とのステークホルダーコンサルテーションが行われ、想定される環境汚染、用地取得と補償、生計への影響等が議題となった。

<sup>19</sup> 土地買収時の評価価格に減価償却を考慮しない等。

### 13. ムトワラ火力発電所建設に係わるインフラ整備

#### <道路整備>

- 4) 道路の主要仕様は、道路幅が 3.25 × 2 の 2 車線で ROW は 40m、縦断勾配は最大 4% で建設期間は 10 ヶ月である。
- 5) 道路はアスファルト舗装で、路肩と歩道は砂利敷きである。排水設備はコンクリート製の側溝とカルバートに更新される。
- 6) 急カーブの箇所は改善される、また、国道との交差点を改良して村道への侵入を容易にする。
- 7) 村道拡幅に伴い、小学校と 1 本のバオバブとの距離を保つため、道路を若干迂回させる。
- 8) 道路建設期間が短いため、対象区間を 3 つに分割して現地業者を調達する。

#### <ガス配管>

- 9) ガス配管の主要仕様は、口径 12 インチで、管厚は 9.9 mm 以上、管内流速は 6m/s、ROW は 30m で建設工程は 14 ヶ月である。
- 10) ガス配管ルートは、TANROADS の領域を若干通過するものの、極力ダンゴテセメントの通過範囲を減らしている。
- 11) ガス配管ルートには、サイト調査及び衛星写真で障害物がないことを確認した。1 ヶ所、窪地があるが、植林等で地滑り発生を防止することを推奨した。
- 12) 殆どのガス配管は埋設される。埋設深さは 1.5m だが、道路横断部は 2m とし保護筒で覆う。ガス配管と水道管は 0.4m 離す。
- 13) 道路横断部の埋設工事はタンザニアでも実績がある推進工法が用いられる。

#### <水道配管>

- 14) 水道配管の主要仕様は、口径 110mm、流速 0.5~0.6m/s、ポンプ総水頭は 99m、貯水タンクの容量は 150m<sup>3</sup>、ROW は 2m で、建設期間は 9 ヶ月である。
- 15) ムトワラ GTCC 発電所用として未使用の No.3 井戸を利用し、井戸ポンプ、送水ポンプ、配管、貯水タンク等を新設する。
- 16) 貯水タンクは隣接する既設のタンクとバルブ付きで連結し、将来給水を共有できる計画

とする。

- 17) 必要水量は発電所住居者の生活用水を加えると、360m<sup>3</sup>/日である。MTUWASA の No.3 井戸の水量調査結果では、水量が確保できるか不明な点がある。従い、本事業の開始時に確認試験する必要がある。
- 18) 水質はタンザニア基準を満足しているが電気伝導率が制限値に近いので、本事業の開始時に確認試験する必要がある。
- 19) 確認試験の結果、No.3 井戸の容量が不十分な場合、新たな井戸を探す必要がある。また、新たな井戸から No.3 井戸付近までの導水施設を建設する必要がある。
- 20) 新水道配管は新設道路の ROW の端から内側 2m の範囲で、地表から 1m 下に埋設される。既設の水道配管も新設水道配管の隣に移設される。

### <環境チェックリスト>

- 21) 道路整備建設時に見込まれる環境面の影響は、大気環境への影響、騒音の発生、土壌浸食、廃棄物の発生等である。事業用地には保護地域は含まれておらず、動植物への重要な影響はない。道路用地の取得により、165 世帯が影響を受け、うち 41 世帯が物理的移転対象となる見込みである。現地法制度に則った EIA が作成されており、また、住民移転計画案も作成されている。
- 22) ガス配管建設時に見込まれる環境面の影響は、大気環境への影響、騒音の発生、土壌浸食、廃棄物の発生等である。保護地域は含まれておらず、動植物への重要な影響はない。ガス配管用地の取得により 144 世帯が影響を受け、うち 8 世帯が物理的移転対象となる見込みである。現地法制度に則った EIA が作成されており、住民移転計画案も作成されている。
- 23) 水道配管建設時に見込まれる環境面の影響は、大気環境への影響、騒音の発生、土壌浸食、廃棄物の発生等である。保護地域は含まれておらず、動植物への重要な影響はない。水道配管用地の取得により、2 世帯が影響を受けるが、物理的移転対象世帯はない見込みである。現地法制度に則った EIA が作成されており、また、住民移転計画案も作成されている。

## 第1章 序 論

### 1.1 プロジェクトの背景

タンザニアの GDP 成長率は 2000～2015 年の実績が年平均 10.5%、今後 10 年も年率 5～10%が見込まれる。2016 年 12 月には電力システムマスタープラン 2016 更新版（以下、PSMP 2016 Update）がタンザニア政府のガイドラインとして発行された。これはガス開発を含む経済開発状況に基づくマスタープランである。加えて、「全国電力システムマスタープラン・ファイナルレポート」（以下、PSMP レビュー）が 2017 年 3 月に JICA から発行された。これらのマスタープランは 2020 年までに 4,195MW の発電容量を達成するというタンザニア政府の目標に基づいた将来計画である。

タンザニアでは基幹系統に接続されていないいくつかの独立系統が存在する。地方電化率は上昇し、送電網は拡張しつつある。最大電力需要も 850MW（2012 年）から 1,041MW（2016 年）となり、2017 年 2 月には 1,051MW を記録した。基幹系統の発電容量は 1,431MW（2017 年 9 月）であり、電源構成の約 45%を水力、約 49%をガス火力、約 6%を油火力が占める状況にある。独立系統の発電容量は 82MW であり、独立系統では供給力不足によりしばしば計画停止が行われている。「第二次五ヵ年開発計画（2016/17～2020/21）」では、発電容量を 2020 年までに 4,195MW、2025 年までに 10,000MW まで増大させることを目標とし、新規の電源開発は最優先事項の一つに位置付けられている。さらに、ガス火力発電所は主要な新規電源として位置づけられている。

ダルエスサラームは、タンザニア人口の約 11%を占めるタンザニア経済の中心都市で、タンザニア電力需要の約 50%を占める。そのため、ダルエスサラームへの電力供給が重要事項となっている。本調査は PSMP 2016 Update で強調されているように、ダルエスサラーム地域への電力の供給を確保するうえで重要である。

なお、ムトワラを含む南東部地域は中長期的には 300MW 以上の電力需要が見込まれ、PSMP 2016 Update においても同地域向けの電源の開発及び系統安定化に向けた基幹系統の開発ニーズは高いとしている。さらに 2018 年 6 月 27 日にタンザニア電力供給公社（以下、TANESCO）とモザンビーク電力公社（EDM : Electricidade de Mozambique）との間で電力融通の MOU を締結している。この MOU においてタンザニアのムトワラ火力発電所からモザンビークのナミアロまで 400kV 送電線で接続されることが記されている。本事業はアフリカ南東部地域における電力融通にも資すると期待される。TANESCO は、ダルエスサラームとソマンガとを結ぶ 400kV 送電線を含む F/S を実施中である。

## 1.2 調査の目的

本調査は、新規円借款案件の形成を目的とし、本事業の目的、概要、事業費、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境及び社会面の配慮等、日本国の有償資金協力事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的として実施するものである。

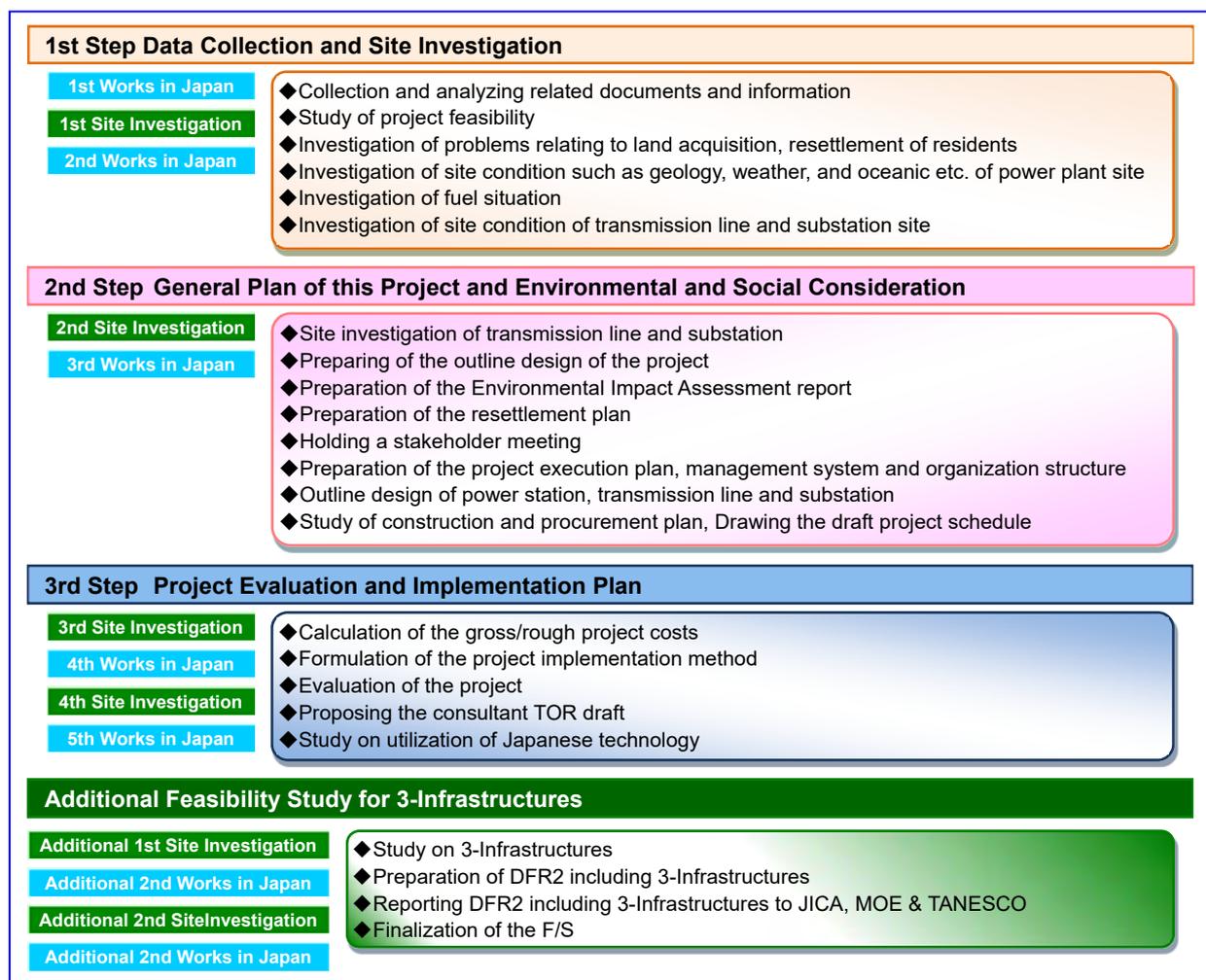
## 1.3 調査内容

本調査の主要項目は以下の通り。

- ・火力発電所と変電所のサイト選定
- ・400kV 送電線のルート調査
- ・発・送・変電設置サイト状況調査
- ・タンザニアの社会経済状況及び電力セクターの情報収集
- ・電力計画及び解析
- ・重量物の輸送ルート調査
- ・ガス及び水供給計画
- ・発・送・変電設備の基本設計
- ・発・送・変電設備の運転・保守体制検討
- ・本事業の工程計画
- ・コスト見積及び経済・財務分析
- ・社会環境配慮
- ・発電所建設に係わるインフラ整備（道路、ガス・水道配管）

## 1.4 調査スケジュール

調査は3段階で構成された。第1段階では情報収集や現地調査を実施した。第2段階では本事業の発電計画や環境及び社会面の配慮について検討した。第3段階では本事業の評価を行い、その結果をDFRに纏め、TANESCOへの報告を行った。その後、TANESCOよりJICAに対し、火力発電所建設に付随する三つのインフラ整備に対してもJICAの融資対象にして欲しいとの要求があった。JICAはこれに応じ、インフラの追加調査が行われた。

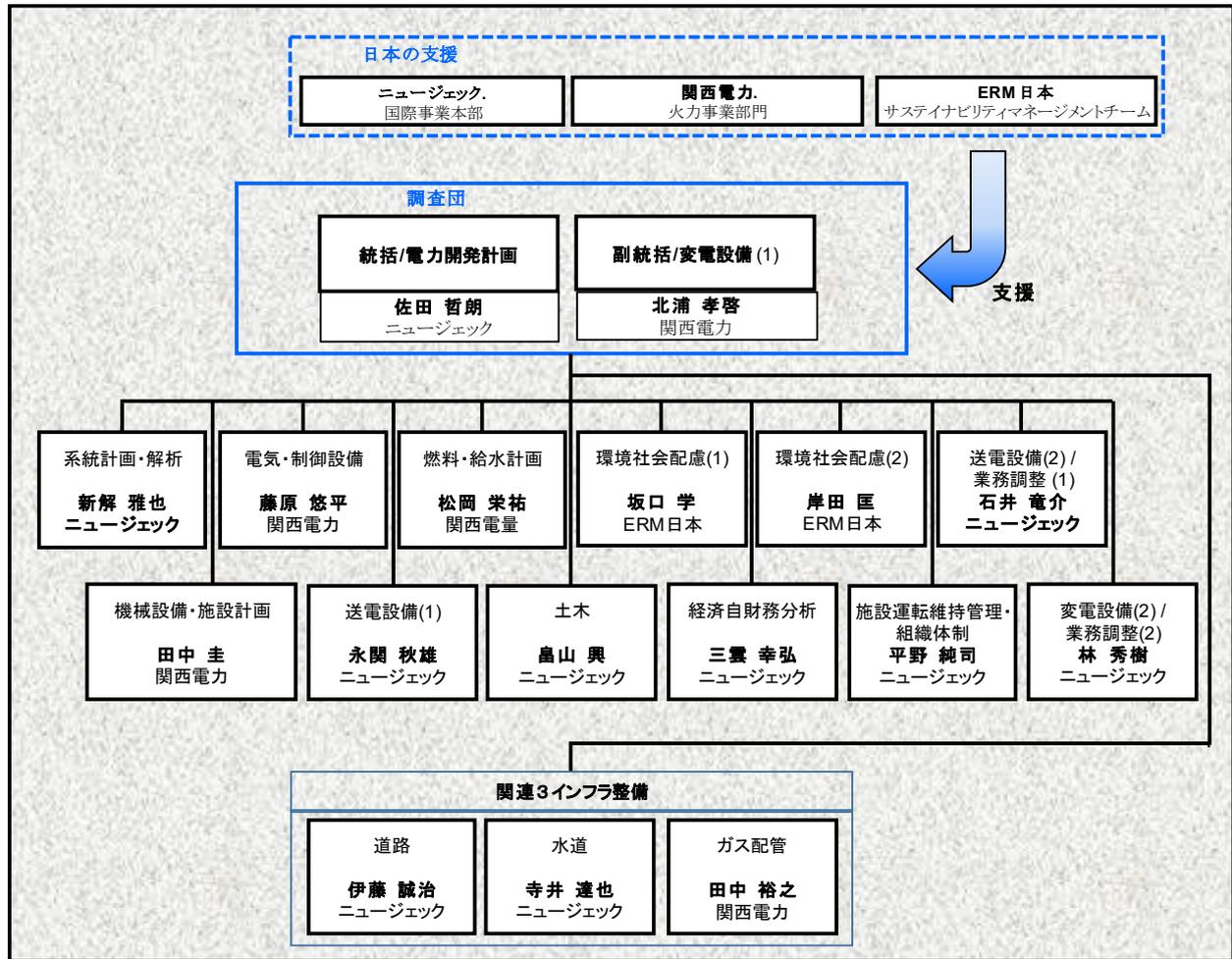


出典：JICA 調査団

図 1-1 調査内容

## 1.5 調査実施体制

株式会社ニュージェック、関西電力株式会社、イー・アール・エム日本株式会社の本邦企業 3 社から合計 17 名（うち 3 名は追加担当）のコンサルタントが本調査に参加した。



出典：JICA 調査団

図 1-2 調査団の体制

## 第2章 電力セクターの現状と電力系統計画

### 2.1 タンザニアにおける社会経済状況

#### 2.1.1 人口動態

NBS (タンザニア統計局) の推計によると、2017 年におけるタンザニアの人口は 5.1 千万人、その増加率は 1 年あたり平均 2.79%である。

地域別人口の比率は、首都圏であるダルエスサラーム地域が最も高く全国の 11.2%を占めておりその成長率は 5.78%であり、人口集中が進んでいる。将来は、地域外からのエネルギー供給が増大すると考えられる。

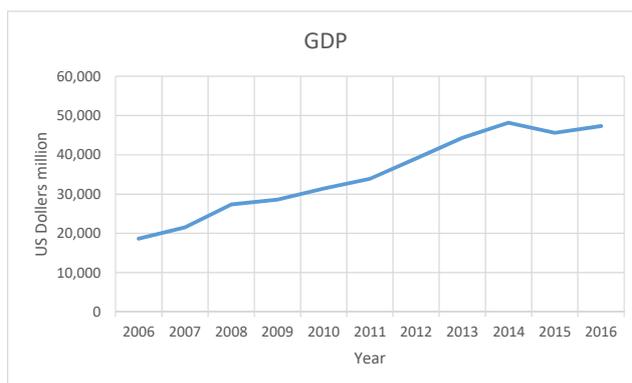
2017 年における労働人口は 2.6 千万人となっており、全人口の 51%を占めている。

職業別の労働人口比率をみると、ダルエスサラームでは、議員・役員、専門家、事務職、サービス業・販売員、プラントオペレータ、工芸職人の職種の構成比は全国平均の 3~4 倍となっている。一方で、農漁業の労働人口比率は、郊外ならびに地方で大きくなっている。製造業及びサービス産業における労働人口はダルエスサラームに集中している。

#### 2.1.2 経 済

2016 年における GDP は、47,340 百万米ドル、人口 1 人あたりの GDP は約 918 米ドルとなっている。

2015 年のタンザニアと周辺国（ケニア、モザンビーク）における GDP の産業別構成比は以下のとおりである。これによると、タンザニアは製造業の全産業に占める割合が他の 2 国に比べて若干高くなっている。

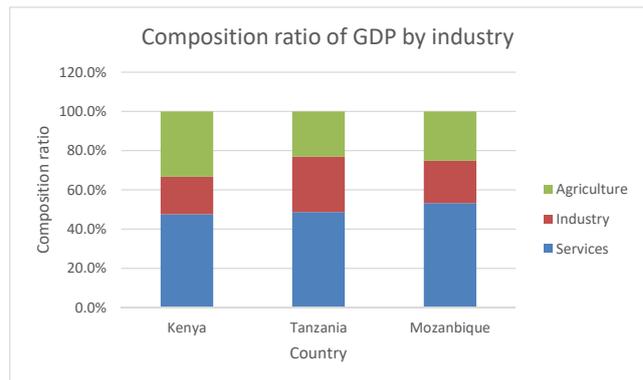


出典：世界銀行ホームページ、World Development Indicators

図 2-1 GDP の推移

地域別の 1 人当たり収入をみると、ダルエスサラームが最も高く、ムトワラとリンディではその 6 割ほどの値となっている。このことから、ダルエスサラームに高付加価値産業が集

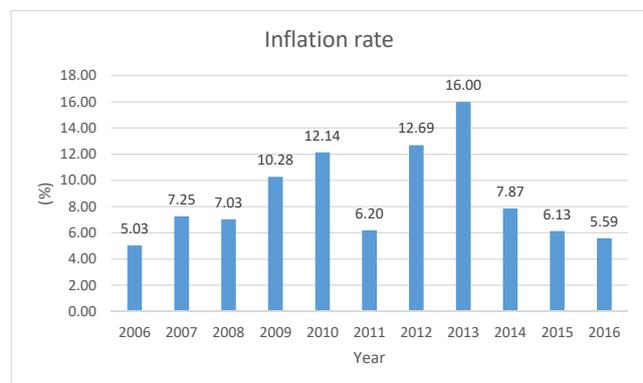
中していることがわかる。ルブマにおける 1 人当たり収入は、2009 年にはダレスサラームの半分であったものが 2014 年には 7 割にまで増大している。これは、ルブマには宝石や金の産出地があり、最近ではウラン鉱脈が発見されたことが影響している。



出典：世界銀行ホームページ、World Development Indicators

図 2-2 GDP の産業別構成比

消費者物価指数の年別の変化率の変化を以下に示す。2011 年には値が一時的に下がっているが、2006 年から 2013 年にかけては総じて増加傾向にある。しかしながら、直近では 5~8%で推移している。特に、2012 年と 2013 年における高いインフレ率は以下の理由によると考えられている。



出典：世界銀行ホームページ、World Development Indicators

図 2-3 インフレ率

- 天候不順による農業分野の不振
- 原油価格の高騰による燃料価格の増大
- 為替レート安による輸入価格の増大

2010 年 7 月には、タンザニア中央銀行はインフレターゲットを 5%以下に設定している。

EAC（東アフリカ共同体）における物価は世界の物価変動の影響を受けにくい環境にあり、とりわけタンザニアでは食糧価格を抑制することが可能である。一般的に国内の食糧価格は世界的な食糧価格や原油価格の影響を受けやすいが、EAC 諸国では食糧価格の高騰は抑制されやすい。これは、EAC 諸国では国内生産量の 60%の穀物を EAC 域内で融通しているためと考えられる。

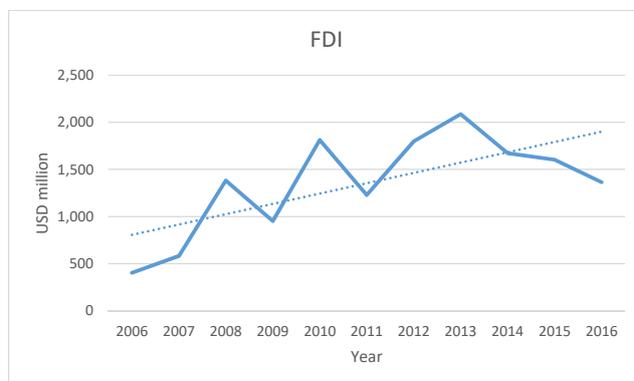
タンザニア政府は、2012 年頃から電力の安定供給によって製造コストをコントロールすることで実際に食糧価格の高騰を抑制している。

しかしながら、一方において対米ドルレートでタンザニアシリングはシリング安が進んでいる。これはタンザニアが多くの石油関連製品等を輸入していることによる。

近年の海外からの直接投資額の変化を以下に示す。

2009年と2011年には一時的に減少するなどのいくつかの変動はあるが、外国からの直接投資額は総じて上昇傾向にある。しかしながら、直近では減少している。

FDI（外国からの直接投資額）は、2013年でピークとなり、それ以降は減少している。これは、免税問題に起因するビジネス環境の悪化による影響であると考えられる。また、アフリカ諸国では、石油やガスなどの資源開発を狙った FDI が減少している。よって、資源国であるタンザニアも大きくこの影響を受けていると考えられる。



出典：世界銀行ホームページ、World Development Indicators

図 2-4 タンザニアへの外国直接投資額

直接投資に関する資料（Tanzania

Investment Report by NBS, 2008年が最新）によると、ダルエスサラームが全体の58%と最も多くの投資を受け、続いてシニャンガが12.3%、ムワンザが9.7%と続いている。これらの3地域だけで全体の80%の投資を受けている。ダルエスサラームは実質的な経済の中心であり、例えば港湾が物流拠点として機能拡張が図られるなど投資が集中している状況である。

シニャンガとムワンザは、金やダイヤモンドの採掘拠点として、また、ビクトリア湖の水産物加工拠点として投資が集中している。なお、ムトワラ州政府のウェブサイトによると、当該地域はムトワラ港ならびにダンゴテセメントへの投資を受けていることが示されている。また、ムトワラには高度経済成長の礎となる石油やガスといった莫大な資源があり、投資機会の増大が始まっていることも主張されている。

## 2.2 電力系統

### 2.2.1 タンザニア全国系統

TANESCOはタンザニアの電力設備を所有・運営している電力会社であり、2018年4月時点の送電線の運用最高電圧は220kVである。2016年10月に完成したイリング〜ドドマ〜シンギダーシニャンガのバックボーン送電線プロジェクト（BTIP）は400kV設計であるが、現状は220kVで運用されている。現在、400kV昇圧に向けた変電所の概略設計が進行中である。タンザニアの送電線の亘長はバックボーンとなる400kV送電線の670kmを含め全国で6,485kmである。タンザニアの2018年4月時点での全国系統を図2-5に示す。

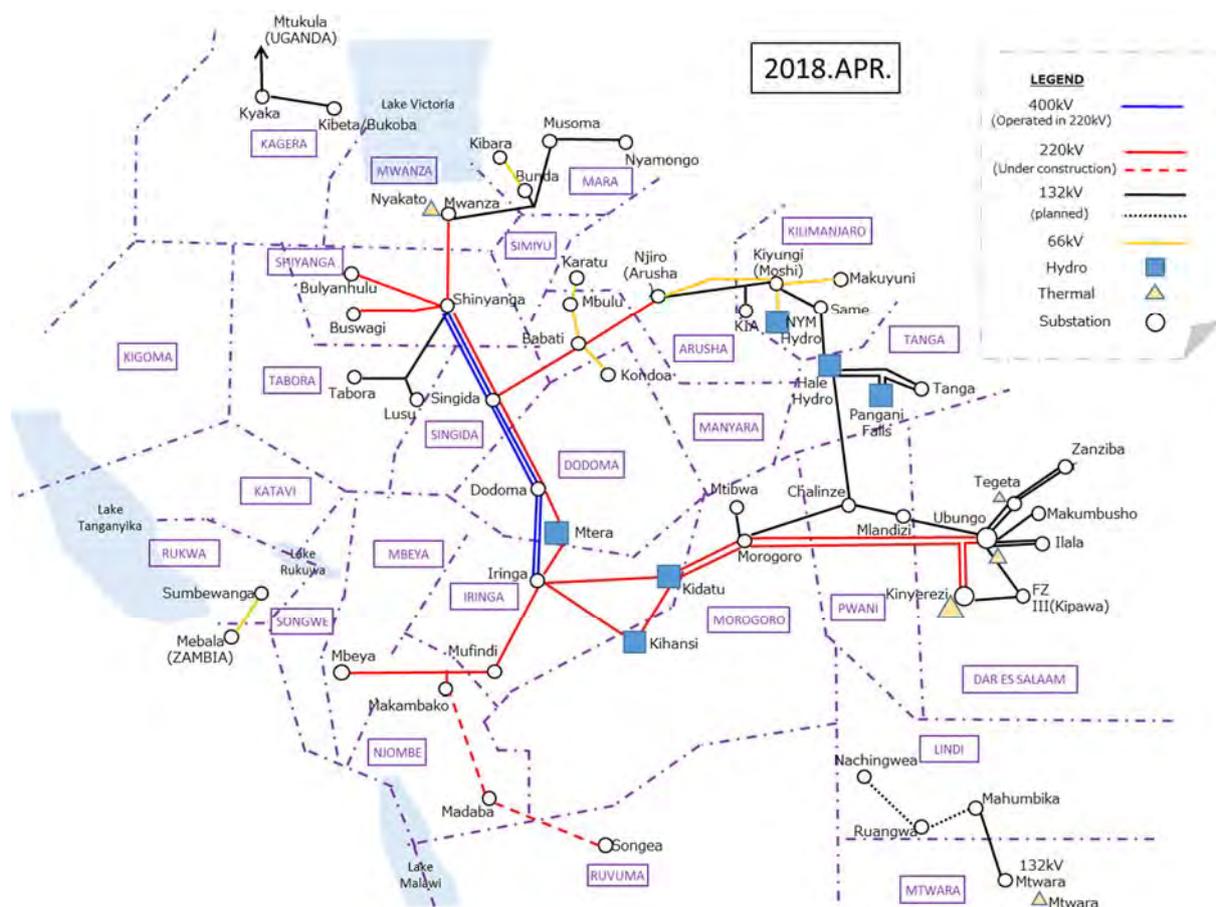


図 2-5 2018 年 4 月時点のタンザニア全国系統図

出典：JICA「全国電力システムマスタープランファイナルレポート（平成 29 年 3 月）」  
及び TANESCO からの情報を基に作成

タンザニアの送電ロスを表 2-1 に近隣国の送配電ロス（2014 年）を表 2-2 に示す。

表 2-1 送電ロス

ロス	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年*
送電ロス(%)	6.12	6.20	6.13	6.21	6.15	5.92

出典：TANESCO ホームページ。2017 年は 1～6 月。

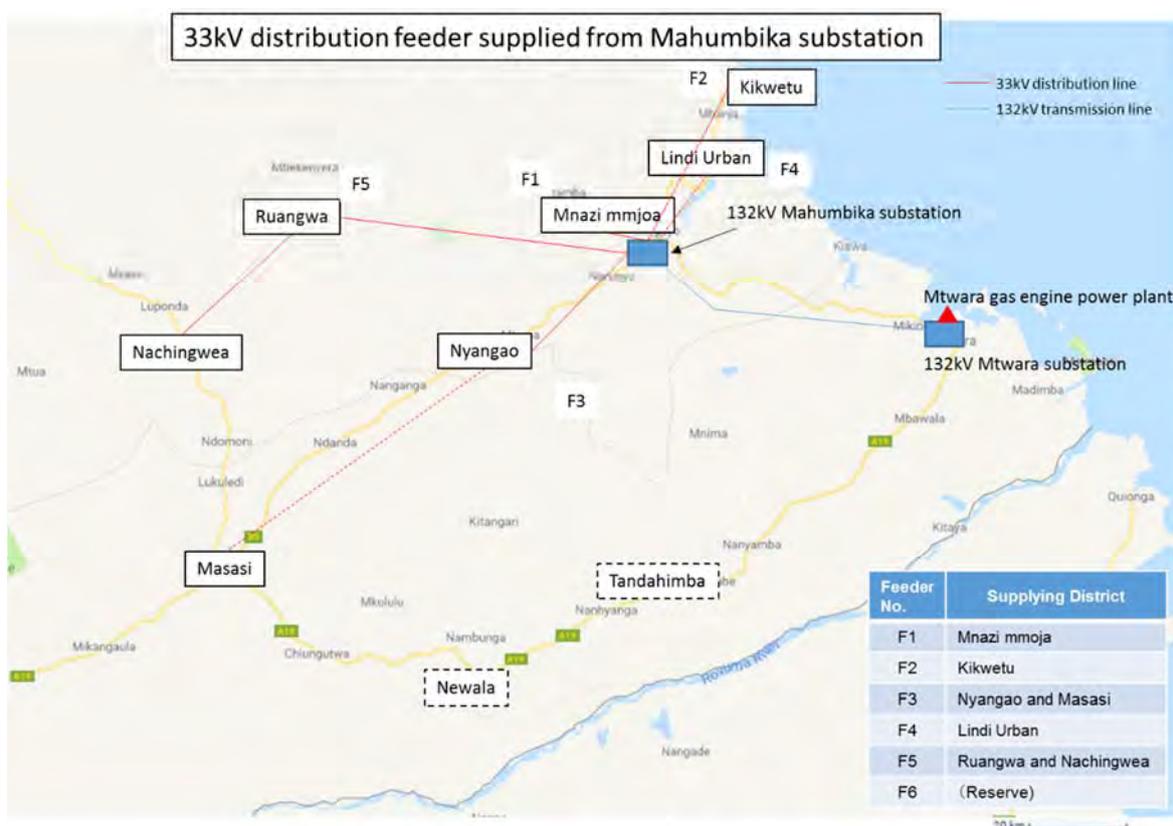
表 2-2 2014 年における近隣国の送配電ロス

ロス	タンザニア	ケニア	ザンビア	ジンバブエ	モザンビーク	(平均)
送配電(%)	17.7	17.6	15.0	16.4	14.7	(16.3)

出典：世界銀行ホームページ、Open Data, Electric power transmission and distribution losses (% of output)

## 2.2.2 ムトワラの系統

ムトワラ及びリンディには 2017 年 8 月に運転が開始された 132kV 変電所と送電線がある。132kV ムトワラ変電所には 20MVA の 132/33kV 変圧器と 5 本の配電線引出が備えられ、ガスエンジン発電所と接続する既設の 33kV 変電所に連系している。もう一つの 132kV 変電所はリンディ南部のマフンビカ変電所であり、配電線引出が 5 本と将来用の予備引出を 1 本備えている。



出典：TANESCO の情報を基に JICA 調査団作成

図 2-6 132kV マフンビカ変電所からの 33kV 配電線

今後、33kV の配電線はニャンガオからマサシまで延伸、予備引出がネワラやタンダヒンバ向けに使用される予定であり、ルアングァーナチングェア間は既に接続されている。既設ガスエンジン発電機は調査時点で 18MW (2MW×9) の設備容量であるが、不具合等により 13MW しか出力できず、調査期間の想定需要 17MW に対し日々負荷遮断していた。現在は 2 台増設され合計 22MW であるが需要も伸びており、供給力は十分ではない。

## 2.3 電力セクターの現状

### 2.3.1 電力セクター

タンザニア政府は 2007 年に将来に向けた電力システムマスタープランを作成し、2009 年と 2012 年に更新した。最新のマスタープラン（PSMP 2016 Update）は 2020 年までに 4,915MW の発電容量を達成するという目標に従って 2012 年のマスタープランを更新して 2016 年 12 月に発行された。2018 年 5 月時点で発電設備容量は 1,517MW であり、目標達成のためにはさらなる電源開発が必要である。2016 年～2020 年の想定需要はマスタープランではそれぞれ 1,250MW、1,450MW、1,680MW、1,930MW 及び 2,190MW となっていたが実際の 2016 年の最大需要は 1,041MW、2017 年は 1,051MW であった。しかしながら、経済発展や、地方電化の進展、国際連系線による電力輸出の増加などにより最大需要は増加していくものと思われる。

### 2.3.2 電源開発計画

最新の電源開発計画の状況と、ムトワラ GTCC 発電所建設プロジェクトの系統信頼度検討で系統モデルに考慮するムトワラ系統に電氣的に近い発電所及び、接続する系統との電気の流れから模擬すべき発電所を表 2-3 に示す。

水力発電は環境問題や用地問題など開発が容易ではない。太陽光発電や風力、地熱といった再生可能エネルギーも開発中であるが、安定せずエネルギー密度が従来の発電方式に比べて低いことなどから直ちに供給力の主力となることは難しい。水力発電が主力であった時代に干ばつにより供給力が不足し、暫定的な対応策として緊急電力生産事業者（EPP）から価格の高い電力を購入したため、TANESCO の財政を圧迫したことは記憶に新しい。

こうした状況のもと、タンザニアでは将来の開発を踏まえて効率的な電源開発が進められることが必要であり、ガス火力発電所は近い将来に開発される電源として高く期待できる。火力発電所の計画的な開発は、タンザニアの需要増加に対応するために早急に行わなければならない。マスタープランに示された火力発電所の設備容量は 2020 年で 4,003MW、2025 年で 4,938MW とされている。ムトワラ GTCC 発電所はマスタープランで計画されている火力発電所のひとつとして 300MW で 2019 年運開の計画であった。

表 2-3 (1) 電源開発計画

種類	プロジェクト	設備容量 (MW)	運開想定	状況	補足	信頼度検討に考慮
ガス火力	Kinyerezi I	150	2016	-	運用中	○
	Kinyerezi I Expansion	185	2018	A	建設中	○
	Kinyerezi II	240	2018	-	運用中	○
	Somanga Fungu 1	210	2020	C	設置合意及びファイナンスクローズ待ち	○
	Somanga Fungu 2	110	2020	C		○
	Somanga (PPP)	300	2020	C'	世銀がトランザクションアドバイザーを派遣	○
	Somanga (TANESCO)	330	2020	D	FS 実施中 送電線の FS のレビューと更新が実施中	○
	Kinyerezi III Phase-1	300	2021	C	PPP から EPC+ファイナンスへの様式変さらにより 遅延している	○
	Kinyerezi III Phase-2	300	2021	C		○
	Kinyerezi IV	330	2021	C	PPP から EPC+ファイナンスへの様式変さらにより 遅延している	○
	Mtwara (TANESCO)	300 class	2022	D	本検討	○
	Mkuranga	300	2022	F	以前の MOU は失効	○
	Bagamoyo (Zinga)	225	2027	C'	(印)カマルグループ	
	Future CGT1	110 x 3	2030	F	将来電源として考慮する	○
	Future CGT3	470 x 15	2035	F	将来電源として考慮する	○
石炭火力	Mbeya	300	2020	B	先行 PPA としての MOU は署名済	-
	Kiwira	200	2025	C	STAMICO が出資	-
	Mchuchuma	600	2025	E	Tanzania China International Resources Ltd.	-
	Ngaka	200 x 3	2030	F	本検討で考慮する	○
	Ngaka Expansion	300 x 5	2035	F		○
水力	Stiegler's Gorge Ph-1	262 x 4	2020	B	コントラクト契約の手続き中、EIA 承認最終段階	○
	Stiegler's Gorge Ph-2	262 x 4	2021			○
	Rusumo Falls	27	2020	A	タンザニア、ルワンダ、ブルンジ 3 国政府間の共同開発プロジェクト 世銀が発電所部分へ資金拠出 AfDB が送電線部分へ資金拠出 タンザニア分は出力の 35%(27MW)	-

出典：TANESCO ホームページ、MOE とエネルギー開発パートナー間会議資料、2018 年 1 月 MOE プレゼン資料  
“Overview of the energy sector in Tanzania” 等より JICA 調査団作成

- 状況：
- A : 建設中
  - B : コントラクトと契約準備中、FS 実施済み、EIA 承認済み、ファイナンスクローズ、入札開始済み
  - C : FS 実施済、EIA 承認済
  - C' : FS 実施済、EIA 未承認
  - D : FS 実施中
  - E : FS 実施済であるが更新が必要
  - F : その他(プレ FS 含む)



**表 2-4 マスタープランにおける近年の火力発電所開発計画と現状計画**

発電所	設備容量 (MW)	運開想定年		差 (年)
		マスタープラン	現在の計画	
Kinyerezi III Ph-1	300	2018	2021	3
Kinyerezi III Ph-2	300	2018	2021	3
Kinyerezi IV	330	2020	2021	1
Somanga Fungu Ph-1	210	2018	2020	2
Somanga Fungu Ph-2	110	2019	2020	1
Mkuranga	300	-	2022	-
Somanga (PPP)	300	2018	2020	2
Somanga (TANESCO)	240 (330)*	2022	2020	2年前倒し
Mtwara	300	2019	2022	3
Ngaka (Coal) Phase-1	600	2023	2030	7
Mchuchuma	600	2020	2025	5
Kiwira	400 (200)**	2020	2025	5
Mbeya (Rukwa)	300	2024	2020	4年前倒し

\* 240MW (マスタープラン)、330MW (現在の計画)

\*\*400MW (マスタープラン)、200MW (現在の計画)

出典：マスタープラン及び TANESCO

**表 2-5 2020 年と 2025 年の火力発電による設備容量 (MW)**

種類	2020 年		2025 年	
	マスタープラン	現在の計画	マスタープラン	現在の計画
火力合計	4,000	1,847	4,938	3,360
ガス火力合計	2,837	1,547	2,975	2,269

出典：マスタープラン及び TANESCO

火力発電の開発はマスタープランの計画からは遅れている一方で 2,100MW のステグラーズゴージ水力発電所はマスタープランの計画より 14 年前倒しで進められており、2021 年に運開予定である。水力発電所は発電電力量の点では、貯水池運用や濁水による出力減により、必要な電力量を供給することができない可能性があるため、種類の異なる電源を開発することが必要である。この水力プロジェクトは大規模な開発であり、資金面や環境面でも課題があると思われる部分もあり、大規模水力発電所の早期運開が期待できても、マスタープランの計画に従った火力発電所の開発も必要であり、当面は、水力発電所の低い利用率や開発の遅延を考えると、マスタープランで計画された発電所を導入する必要性は高い。

マスタープランで計画された火力発電所のいくつかは、IPP/PPP 方式のプロジェクトがコントラクターの事業都合によるプロジェクトからの撤退や、PPP 方式での資金調達困難なことなどから、EPC+ファイナンス方式に移行する傾向にある。TANESCO によるプロジェクトのいくつかは、増加する需要に電力を供給するために迅速な開発が必要であり、早期の建設・運用のために TANESCO 自身によって開発が進められるべきである。TANESCO によ

で進められるムトワラ GTCC 発電所プロジェクトは、マスタープランの火力開発計画のなかでも、高い優先度をもった計画の一つである。

信頼度検討においては、ソマンガ、キネレジ、ムトワラ周辺で計画されている発電所や 400kV に接続される発電所について考慮する必要がある。マスタープランで見直された電力開発計画は本検討では、現状を反映している。この見直された計画を次ページに示す。

表 2-6 本検討で用いる電源開発計画

Status	No.	Name of plant	Owner	Year of operation	Type	Installed Capacity (MW)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040			
Existing Thermal	1	Kinyerezi I	TANESCO	2016	Gas-GT	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150							
	2	Kinyerezi II	TANESCO	2018	Gas-C/C	240	30	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	
Ongoing	3	Kinyerezi Extension	TANESCO	2018	Gas-GT	185		185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	
Variable Thermal Candidates	4	Somanga Fungu (Kilwa E)	IPP (Kilwa)	2020	Gas-GT	210			210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	
	5	Somanga Fungu (Kilwa E)	IPP (Kilwa)	2020	ST add-on	110			110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
	6	Kinyerezi III(Ph1) 1-3	EPC + Finance	2021	Gas-GT	300					300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	7	Kinyerezi III(Ph2) 1-2	EPC + Finance	2021	Gas-C/C	300					300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	8	Kinyerezi IV 1-2	EPC+Finance	2021	Gas-C/C	330					330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330
	9	Mtwara JICA	TANESCO	2022	Gas-C/C	300						100	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	10	Somanga (PPP)	TANESCO JV	2020	Gas-C/C	300					300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	11	Somanga (TANESCO)	TANESCO	2020	Gas-C/C	330					330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330
	12	Mkuranga	TANESCO JV	2022	Gas-C/C	300						300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	13	Future CGT1(1-3)		2030	Gas-CGT1	110*															110	220	220	330	330	330	330	330	330	330	330	330	
	14	Future CGT3(1-10)		2035	Gas-CGT3	470*																				940	1,880	1,880	2,820	2,820	3,760	3,760	
	15	Ngaka 1-2+3		2030	SBCL	200*															600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	
	16	Ngaka (Exp) and (Exp2)		2035	ASUB	300*																				600	600	600	600	600	600	600	
	Variable Hydro Candidates	17	Stiegiers Gorge Ph-1		2020	Dam	1048					262	1048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	
		18	Stiegiers Gorge Ph-2		2021	Dam	1048					262	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	

Above table is updated Generation expansion plan of FSMF2016 for Mtwara study with consideration for latest information.

\* stands for unit capacity

Future CGT-1: 2030: 110\*1, 2035: 110\*3

Future CGT-3-1: 2035: 470\*2

Future CGT-3-2: 2040: 470\*6=2820

Ngaka : 2030/200\*3

Ngaka(Exp): 2035: 300\*2

Ngaka(Exp2): 2040: 300\*4

Total capacity of each year in this table is not much with FSMF2016 plan.

This table is only for Mtwara system study, not considered with total system.

## 2.3.3 系統増強計画

TANESCO は、マスタープランに基づき系統の増強も進めている。

表 2-7 タンザニアにおける系統増強プロジェクト

No.	プロジェクト	詳細	亘長	資金源	状況
1	400kV North East Grid	キネレジーチャリンゼーセゲラ ーアルーシャ の 220kV 送電線含む	682km	GoT – 15% China Exim bank – 85%	資金要請中
2	220kV Makambako –Songea transmission line	220/33kV 変電所及び 33kV 送電線含む	250km	SIDA (Sweden) & GoT	建設中
3	400kV North West Grid	ンバヤースンバワンガムパ ンダキゴマーニヤカナジ及 び変電所	1,148km (Ph-1 340km Ph-2 568km Ph-3 240km)	AfDB, AFD	資金要請中
4	400kV Singida-Arusha transmission line	400/220kV 変電所含む	414.4km	AfDB, JICA	詳細設計段階
5	400kV Chalinze-Dodoma transmission line	地方電化含む	350km	未定	FS 実施中
6	220kV Bulyanhulu-Geita transmission line	変電所と 33kV 送電線含む	55km	BADEA, OFID, GoT	進行中
7	220kV Geita-Nyakanazi transmission line	地方電化含む	144km	KfW, AFD, EU, GoT	EPC 入札実施中
8	Reinforcement of Power distribution in Dar es Salaam Region	33/11kV 配電制御所、変電 所、地中配電線を含む		フィンランド政府	進行中
9	Reinforcement of Power Distribution in Dar es Salaam Region	132/33/11kV 変電所のリハビ リ、ウブンゴーイララ間 2 回線 目等を含む		JICA	進行中
10	220kV transmission line (90MW Rusumo Falls Hydro)	タンザニア、ルワンダ、ブルン ジ 3 国で電力を共有、発電所 からの送電線は各国で建設	98.2km	世銀、AfDB, GoT	EPC 入札実施中
11	220kV Masaka-Mwanza Transmission line	タンザニア側 558km ウガンダ側 82km 複数の 220kV 変電所の拡張 と建設を含む	640km	未定	FS 実施済 部分的に進行中 KfW が設備更新の FS に興 味を示している
12	220kV Kyaka – Nyakanazi transmission line	2 ヶ所の発電所 (Kakono と Rusumo) と接続する変電所を 含む	232km		プレ FS 済 本格 FS 実施の資金が必要
13	400kV Mtwara – Mozambique Interconnection	政府間 MOU が締結済	300km		SAPP により FS がまとめられ る予定
14	400kV Kasama (Zambia)- Mbeya-Iringa transmission line		292km	資金要請中 政府、世銀、AFD 間 で議論中	ESIA は完了
15	400kV Nyakanazi-Kigoma- Sumbawanga transmission line		765km	資金要請中	
16	400kV Somanga-Kinyerezi transmission line	元々は Kilwa の Somanga Fungu に向け 220kV で設計	198km		FS は一旦完了しているが、 コンサルタントにより 400kV への昇圧を検討中

出典：TANESCO ホームページ、MOE とエネルギー開発パートナー間会議資料、2018 年 1 月 MOE プレゼン資料  
“Overview of the energy sector in Tanzania” 等より JICA 調査団作成

## 2.4 タンザニアにおける開発の現状

### 2.4.1 開発パートナーの活動

タンザニアでは世界銀行をはじめ各国の開発支援機関が電力セクターに対し、様々な支援を行っている。主な支援機関とその活動を表 2-8 に示す。これらの支援の大半は完了している。

表 2-8 主要な開発支援パートナーとその活動

国(組織)		活動内容	補足
米国	USAID	技術支援、人材育成	パワーアフリカイニシアチブによるエネルギーアクセス改善
	MCC	配電網リハビリ、設置 水力発電 FS 132kV 送電線、太陽光発電設備建設	
カナダ		ESCBP による PPP 及びガスセクターの人材育成 ESCBP (Energy Sector Capacity Building Project)	世銀と協調
ドイツ	BGR	技術支援、人材育成 再生可能エネルギー・エネルギー効率化プログラム(地熱)	
	GIZ	再生可能エネルギー・エネルギー効率化プログラム	
	KfW	220kV 送電線及び変電所建設	
フランス	AFD	地方電化 水力発電所、再生可能エネルギー(PV)開発 国際連系線(ウガンダ、ザンビア)	
オランダ		地方電化	
ノルウェー		人材育成(水力発電所開発) 水力発電所 FS 及び建設 地方電化 技術支援、教育(水力発電) 国際連系線(ザンビア)	
スウェーデン	Sida	地方電化 水力発電所及び送電線の FS 水力発電所のリハビリ 人材育成(ザンジバル)	世銀と協調
フィンランド		ダルエスサラームでの送電網構築(変電所及び新制御所を含む)	
韓国	EDCF	入札図書、入札補助 132kV 送電線と変電所の建設(TEDAPの一部)	世銀と協調
		BTIP 変電所の拡張	JICA、アフリカ開発銀行、欧州投資銀行と協調
日本	JICA	BTIP、KTPTP(ケニア-タンザニア)送電線 マスタープラン 市街地の配電網増強 人材育成(送配電)	世銀、韓国、アフリカ開発銀行、と BTIP で協調 アフリカ開発銀行と KTPIP で協調
欧州連合		地方電化(エネルギーアクセス) 小水力と送配電線による電化 人材育成(電化)	
OFID		地方電化	
アフリカ開発銀行		基幹系統の建設(BTIP、KTPTP) 配電網整備 技術支援と人材育成(SCADA、地方電化、プロジェクト管理(コンサル))	アフリカのエネルギー普及のための新政策「ニューディール」

出典： TANESCO ホームページ、MOE とエネルギー開発パートナー間会議資料、2018 年 1 月 MOE プレゼン資料 “Overview of the energy sector in Tanzania”、JICA 報告書「The Project for Formulation of Power System Master Plan in Dar es Salaam and Coast Regions and Review of Power System Master Plan 2012 (March 2017)」等より JICA 調査団作成

## 2.4.2 地方電化

132kV マフンビカ変電所からの配電線の拡張は、REA（地方電化庁）による地方電化計画に沿って建設中である。REA による地方電化計画のフェーズⅠとフェーズⅡは完了しており、リンディ及びムトワラ地域の電化はフェーズⅢとして進められているところである。需要調査で得た開発計画には配電システムの拡張計画が挙げられており、ムトワラで 1,100kW、リンディで 4,530kW が電化推進によって新たな系統需要となると考えられる。

NBS と REA により発行された“Energy Access Situation Report, 2016 Tanzania Mainland”によればリンディとムトワラの 2016 年における系統電力へのアクセス人口比率は下表のようになっている。

表 2-9 2016 年の系統電力へのアクセス人口比率

地域	合計			郡部		市街地	
	人口	アクセス 可の比率	アクセス 不可の比率	人口	アクセス 可の比率	人口	アクセス 可の比率
リンディ	962,153	52.5	47.5	773,965	41.0	188,188	100
ムトワラ	1,828,940	46.4	53.6	1,247,095	29.2	581,844	83.1
ダルエスサラーム	6,008,135	100.0	0.0	-	-	6,008,135	100
全国	49,042,052	67.5	32.5	30,444,796	49.3	18,597,257	97.3

出典：Energy Access Situation Report, 2016 Tanzania Mainland: NBS, REA

電化のフェーズⅡは完了し、フェーズⅢが進行中であり、2017年8月にはリンディでフェーズⅢ開始の式典が開催され、リンディとムトワラにおいて配電網の拡張が進行中であることを示している。TANESCO によるプレフィジビリティスタディで計画されている、REA のフェーズⅢによるリンディとムトワラの 2017 年から 2019 年の電化計画は表 2-10 のようになっている。

フェーズⅢによる電化が完了した際には供給する電力が必要であるが、既設のガスエンジン発電所では供給力が足りない。ムトワラ GTCC 発電所はこの需要に十分な容量を有している。

**表 2-10 電化により想定される需要と接続総数**

地区	2017 年		2018 年		2019 年	
	接続家庭総数	負荷-kW	接続家庭総数	負荷-kW	接続家庭総数	負荷-kW
ムトワラ郡部	22,125	10,016	28,762	13,021	35,400	16,026
マサシ	12,062	6,037	15,681	7,849	19,300	9,660
ナニユンブ	2,436	1,097	3,166	1,426	3,897	1,756
ネワラ	18,154	8,633	23,600	11,223	29,046	13,812
タンダヒンバ	15,878	6,753	20,641	8,779	25,404	10,805
<b>ムトワラ計</b>	<b>70,654</b>	<b>32,537</b>	<b>91,850</b>	<b>42,298</b>	<b>113,046</b>	<b>52,059</b>
リンディ郡部	10,793	5,207	14,031	6,768	17,269	8,330
キルワ	5,476	2,496	7,118	3,244	8,761	3,993
ナチングェア	17,277	8,073	22,460	10,494	27,644	12,916
リワレ	3,120	1,906	4,056	2,478	4,992	3,050
ルアングェア	10,267	4,529	13,347	5,887	16,427	7,246
<b>リンディ計</b>	<b>46,934</b>	<b>22,210</b>	<b>61,014</b>	<b>28,873</b>	<b>75,094</b>	<b>35,535</b>

出典：Draft report Prefeasibility study for Tanzania Rural Electrification - REA Phase III

地方電化については、フランスのコンサルタントである IED (Innovation Energie Développement) がノルウェーの資金によって 2014 年に発行した “National Electrification Program Prospectus” によれば、電化計画により電力にアクセスできる顧客数は 2022 年には全国で 2 百万を超えるというデータもある。この報告書ではリンディとムトワラの配電線拡張について、表 2-11 のように想定されている。

**表 2-11 リンディとムトワラの配電系統拡張**

プロジェクト	Turnkey II		Turnkey III 最適化				Turnkey IV 最終段階			
	2014-2015		2016-2019				2020-2022			
供給方法	3 相式		3 相式		単相式		3 相式		単相式	
地域	集落数	開発箇所	集落数	開発箇所	集落数	開発箇所	集落数	開発箇所	集落数	開発箇所
リンディ	43	14	45	3	48	1	45	23	28	0
ムトワラ	44	6	101	6	123	6	45	14	43	0
全国計	1484	219	1740	146	4256	31	772	266	274	0

出典：National Electrification Program Prospectus, Final Version - July 2014

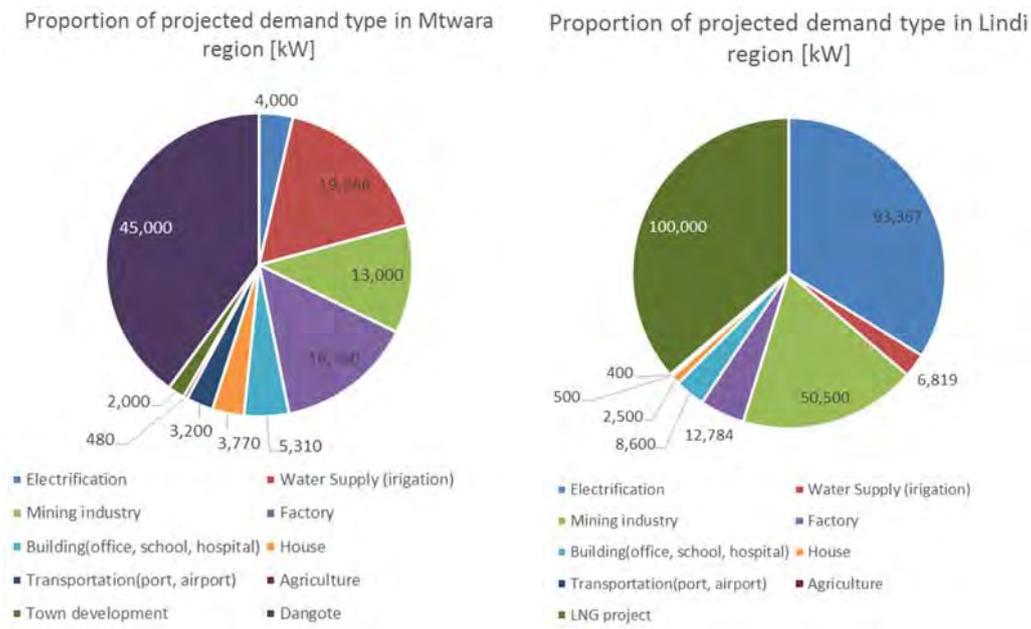
## 2.5 ムトワラ及びリンディの需要想定

### 2.5.1 現地調査

ムトワラ・リンディでの電力の供給要請が増加しており、需要に見合った供給力の増強が早急に必要であることから、TANESCO は 2016 年に需要調査を行った。今回、リンディ地区への変電所の必要性や必要な変電所容量の検討のために TANESCO と JICA 調査団が合同で、TANESCO の地域事務所、ムトワラ及びリンディの政府地方事務所及び大規模需要のセメント会社を訪問して開発計画情報を聞き取り、TANESCO が前年に実施した需要調査の確認と更新を行った。

前回調査にある計画の多くは進行中であったが、新たに追加された計画も数多くあった。プロジェクトは電力供給を必要としているため、開始時期はムトワラ GTCC 発電所の完成により電力供給が期待できる時期に左右されることになる。LNG プロジェクトやその周辺工業団地、ニッケル、黒鉛、ウランといった鉱山鉱業、セメント工場などの将来の産業開発はムトワラ GTCC 発電所が完成する 2022 年以降に現れるものと考えられる。

図 2-7 に両地域の計画需要の種類で分類した構成を示す。



出典：JICA 調査団

図 2-7 ムトワラ及びリンディ地域の需要の種別構成

ムトワラ地域ではダンゴテメントの需要が半分近くを占めているが、ダンゴテを除けば、一番大きいのは給水・灌漑需要であり、その次が肥料やキャッサバ、カシューナッツなどの小規模工場での黒鉛などの鉱工業が3番目である。リンディ地域では、LNGプロジェクトが非常に大きいですが、それを除くと電化プロジェクトと黒鉛やニッケル、ウランなどの鉱工業が大きな割合となっている。

系統計画及び解析に用いるムトワラ及びリンディ地域の需要については、2022年の需要想定結果を踏まえ、以降の増加傾向にマスタープランの需要想定結果を用いることとした。大規模需要であるLNGプロジェクトとダンゴテセメントについては、影響が大きいことから別想定とするが、その他の計画についてはマスタープランで考慮したプロジェクトの「実現の確率」を考慮して算出する。132kVマフンビカ変電所と132kVムトワラ変電所の想定需要を、需要調査の結果から以下のように想定する。

**表 2-12 2022年のムトワラ及びリンディの想定需要**

地域	地区	2022年の想定需要 (kW)
リンディ	リンディ市街地	121,424
	リンディ郡部	25,055
	リウエレ	7,954
	ナチングェア	47,343
	ルアングェア	53,112
	キルワ	1,550
	小計	256,438
ムトワラ	ネワラ	9,640
	マサシ	16,980
	タンダヒンバ	220
	ムトワラ	85,646
	小計	112,486
合計		368,924

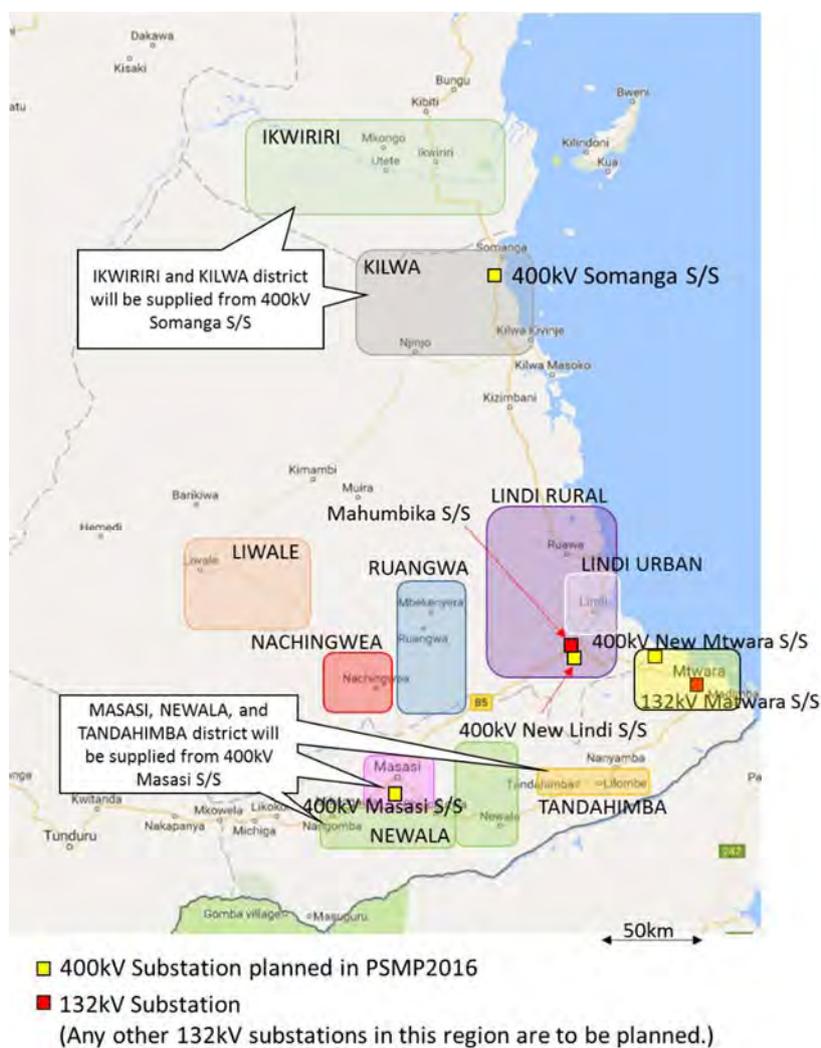
\* キルワ地区はソマンガ変電所から供給されることになるが、一部新リンディ変電所（マフンビカ）から供給予定の需要があり、それを示している。

### 2.5.2 配電エリア

需要調査は地区別に集計される。ムトワラ地域のネワラ、タンダヒンバ等のいくつかの地区はリンディ地域の132kVマフンビカ変電所から供給されており、400kV新リンディ変電所ができた後は、400kVマサシ変電所ができるまでは400kV新リンディ変電所から電気を送ることになる。そのためこれらの地区の需要はムトワラ変電所ではなく、マサシ変電所（マサシ変電所完成までは400kV新リンディ変電所）の需要として想定される。

表 2-13 調査結果による変電所需要の想定

地域	地区	2022年の想定需要 (kW)	変電所	変電所需要
リンディ	リンディ市街地	121,424	マフンビカ (400kV 新リンディ)	283MW
	リンディ郡部	25,055		
	リワレ	7,954		
	ナチングェア	47,343		
	ルアングァ	53,112		
	キルワ	1,550		
ムトワラ	ネワラ	9,640	132kV ムトワラ (400kV 新ムトワラ)	86MW
	マサシ	16,980		
	タンダヒンバ	220		
	ムトワラ	85,646		



出典：マスタープラン及び TANESCO からの情報を基に JICA 調査団作成

図 2-8 ムトワラ及びリンディ地域の配電線別の需要配置地図

### 2.5.3 2022年のリンディとムトワラの需要想定

プロジェクトがすべて計画どおり進むとは限らないため、需要想定には JICA 報告書「タンザニア連合共和国 全国電力システムマスタープラン策定・更新支援プロジェクト」の「全国電力システムマスタープラン ファイナルレポート」（平成 29 年 3 月）で示されている「実現性の確率」を考慮することとする。

リンディ地域で計画されている LNG プラントとムトワラ地区のダンゴテセメントについては規模が大きいことから別検討とする。

リンディの LNG プロジェクトについては、JICA により実施中のタンザニアにおける天然ガスの利用に関する調査によれば、プロジェクト開始は早くても 2027 年以降になるとの見方が強い。LNG プラントで使用される電力の供給源として、一般的には系統電力ではなくガスタービン発電機が用いられることが多く、系統電力はバックアップ用としての用途になると考えられることから、必要な需要 100MW の 20%と見積もって 20MW 程度と考え、増設分もタイミングを踏まえて同様に想定する。周辺の工業団地については、LNG プラント本体の運用がある程度落ち着いて、GTL（Gas to Liquid）や DME（Di-Methyl Ether）等の工業製品需要が見込めるタイミングになる 2030 年代後半で 2MW、2040 年時点で 4MW と想定する。

ムトワラ地域のダンゴテセメントでは、工場の拡張計画があるが、現状でもガスタービンによる自家発で供給しており、需要増に対しても自家発の増強計画を持っており系統から受電する計画を持っていない。系統計画上の想定需要としては、マスタープラン時の現地調査では 2020 年に 45MW、2025 年に 90MW となっているが、本検討では系統から供給する需要としては、バックアップ用に 20%を見込む程度とする。従って本検討ではダンゴテセメントの需要は 2022 年に 10MW、2025 年に 20MW とする。

表 2-14 LNG プロジェクト及びダンゴテセメントの想定需要(MW)

プロジェクト	2022	2025	2030	2035	2040
リンディ LNG プロジェクト	-	-	20	42	44
ムトワラ ダンゴテセメント	10	20	20	20	20

出典：ダンゴテセメントへのインタビュー及び JICA ガス調査チームからの情報を基に JICA 調査団作成

TANESCO が進めている中圧の配電線拡張プログラムについては着実に進められており、実現可能性が高い計画として扱うが、一方、地方電化局の REA フェーズⅢについては、実現性の確率を考慮すべきプロジェクトとして整理する。

JICA 報告書で設定されている実現性の確率を表 2-15 に示す。

**表 2-15 大規模プロジェクトの実現性の確率(リンディ及びムトワラ地域)**

地域	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
リンディ	80.0%	77.6%	75.3%	73.0%	70.8%	68.7%	66.6%	64.6%	62.7%	60.8%	59.0%
ムトワラ	100%	97.0%	94.1%	91.3%	88.5%	85.9%	83.3%	80.8%	78.4%	76.0%	73.7%

出典：JICA's report The Project for Formulation of Power System Master Plan in Dar es Salaam and Coast Regions and Review of Power System Master Plan 2012 (March 2017) .

本検討における 2022 年の想定需要は、上記条件のもと表 2-16 のように計算される。

**表 2-16 実現性の確率を考慮したリンディ及びムトワラの需要想定**

地域	地区	2022 年の想定需要 (kW)						変電所	変電所需要
		調査結果	実現性の確率の考慮			需要想定 A + (B × C%)			
			実現性の高い需要 A*	実現性の確率を考慮する 需要 B**	2022 年の 実現性の 確率 C (%)	地区	小計		
リンディ	Lindi Urban	21,424	0	21,424	64.6%	13,840	102,627	400kV 新リンディ	<u>124.5MW</u> (102.6+21.9)
	Lindi Rural	25,055	1,900	23,155		16,858			
	Liwale	7,954	520	7,434		5,322			
	Nachingwea	47,343	560	46,783		30,782			
	Ruangwa	53,112	1,450	51,662		34,824			
	Kilwa	1,550	-	1,550		1,001			
ムトワラ	Newala	9,640	640	9,000	80.8%	7,912	21,883	400kV 新ムトワラ	<u>42.8MW</u> (10.0+32.8)
	Masasi	16,980	240	16,740		13,766			
	Tandahimba	220	140	80		205			
	Mtwara	85,646	10,000 (Dangote)	40,646		42,842			

\* :A はリンディの LNG プロジェクトやムトワラのダンゴテセメント、TANESCO の配電線拡張プロジェクト等の実施可能性の高い計画

\*\* :B は需要調査結果において実現性の確率を考慮する計画

上記より 400kV リンディ変電所及びムトワラ変電所の 2022 年の期待需要は以下のように設定される。

**表 2-17 2022 年の 400kV リンディ及びムトワラ変電所の期待需要**

変電所	需要 (MW)
400kV リンディ	125
400kV ムトワラ	43

### 2.5.4 2025年以降のリンディ及びムトワラの需要想定

この基本想定を元に2025年、2030年、2035年及び2040年の想定を行う。図2-9は2040年までの400kV新リンディ変電所とムトワラ地域の将来需要の増加傾向と線形近似を示している。実線はマスタープランでの想定需要を示しており、点線は線形近似を表している。

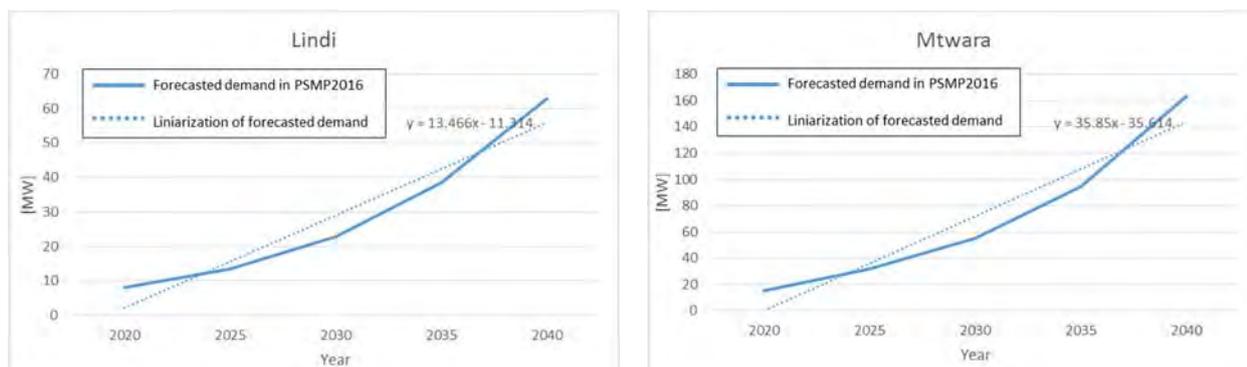


図 2-9 マスタープランでの400kV新リンディ変電所とムトワラ地域の需要増加傾向と線形近似

上記の線形近似を需要増加傾向の傾きとして用い、初期値に今回想定を用いて将来の需要を想定したものを表2-18に示す。

表 2-18 エリア別の想定需要(LNGプロジェクト及びダンゴテセメントは含まない)

(単位：MW)

供給エリア	近似式の傾き	年	2022	2025	2030	2035	2040
リンディ	13.5	-	102.6	129.6	143.1	156.6	170.1
マサシ	17.9	-	21.8	57.6	75.5	93.4	111.3
ムトワラ		-	32.8	68.6	86.5	104.4	122.3

マスタープランではマサシ変電所は2023年に完成する計画であるが、調査の時点で具体的な計画はないためTANESCOとJICA調査団で議論した結果、本検討ではンガカ発電所や関連する送電線の開発遅延を考慮して、2030年運開で設定することとした。マサシ変電所の建設時期を考慮した新リンディ変電所の想定需要は下表のようになる。

表 2-19 リンディ及びマサシの想定需要

(単位：MW)

	地域/ 大規模需要	2022	2025	2030	2035	2040
地域と 大規模需要	リンディ	103	130	143	157	170
	リンディ LNG	-	-	20	42	44
	マサシ	22	58	76	93	111
	(リンディ + マサシ) *	125	188	-	-	-
	ムトワラ	33	69	87	104	122
	ダンゴテセメント	10	20	20	20	20

\*2022年と2025年の新リンディ変電所の需要はネワラ、マサシ、タンダヒンバ地区を含む

各 400kV 変電所の想定需要を表 2-20 に示す。変電所はこの想定に基づいて設計される。

表 2-20 各 400kV 変電所の想定需要

(単位：MW)

地域	400kV 変電所	2022年	2025年	2030年	2035年	2040年
リンディ	リンディ	125*	188*	163	199	214
マサシ	マサシ	-	-	76	93	111
ムトワラ	ムトワラ	43	89	107	124	142

\*2022年と2025年の新リンディ変電所の需要はネワラ、マサシ、タンダヒンバ地区を含む

リンディとムトワラの需要は、安定した電力供給が実現すれば、今後着実な増加が期待される。2040年にはリンディの総需要は214MWに達し、ムトワラでは142MWに達すると考えられる。

## 2.6 電力系統計画

### 2.6.1 400kV 系統と系統構成の提案

需要想定結果より、2040年までにリンディへは214MW、ムトワラへは142MWの供給力が必要となることが判った。これらの地域への送電方法として、リンディを変電所とするか開閉所とするかについて決める必要がある。リンディ地域へ400kV変電所から供給するか、新ムトワラ変電所から132kV送電線で供給する(リンディは開閉所とする)かについて、信頼度や建設費用から検討した。変電所の容量は最大想定需要に配慮し320MVA必要であるとした。400kV系統の変電所には高い信頼度が求められるため変圧器の数量は一般的には2台以

上とされている。

表 2-21 必要な変圧器容量(力率:0.85)

変電所	2040年までの最大需要	必要容量
新リンディ	214MW (2040)	320MVA
新ムトワラ	142MW (2040)	212MVA

A: 新リンディ変電所ケース

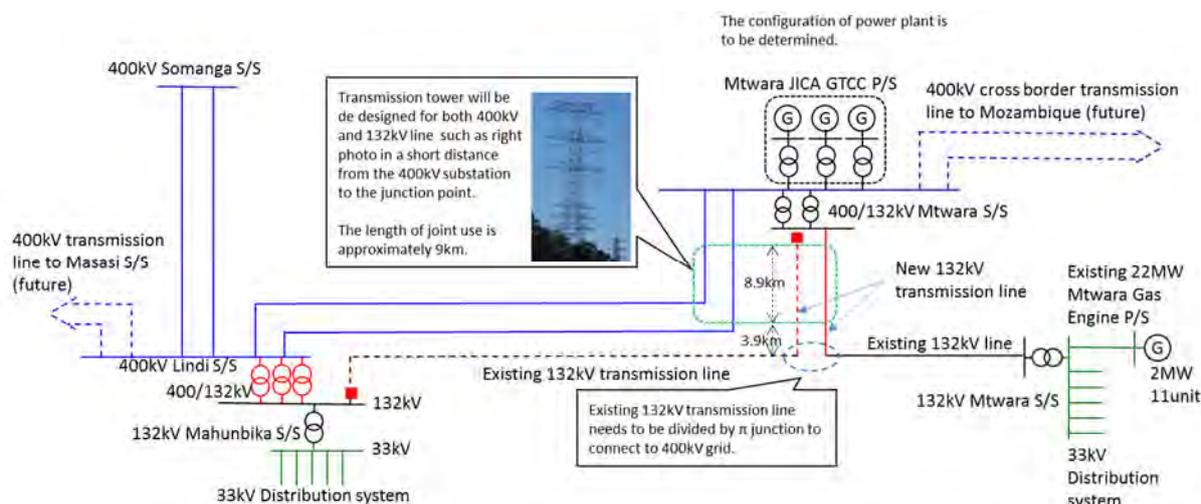


図 2-10 リンディ変電所ケースの系統構成

B: リンディ開閉所と新規の 132 kV 送電線ケース

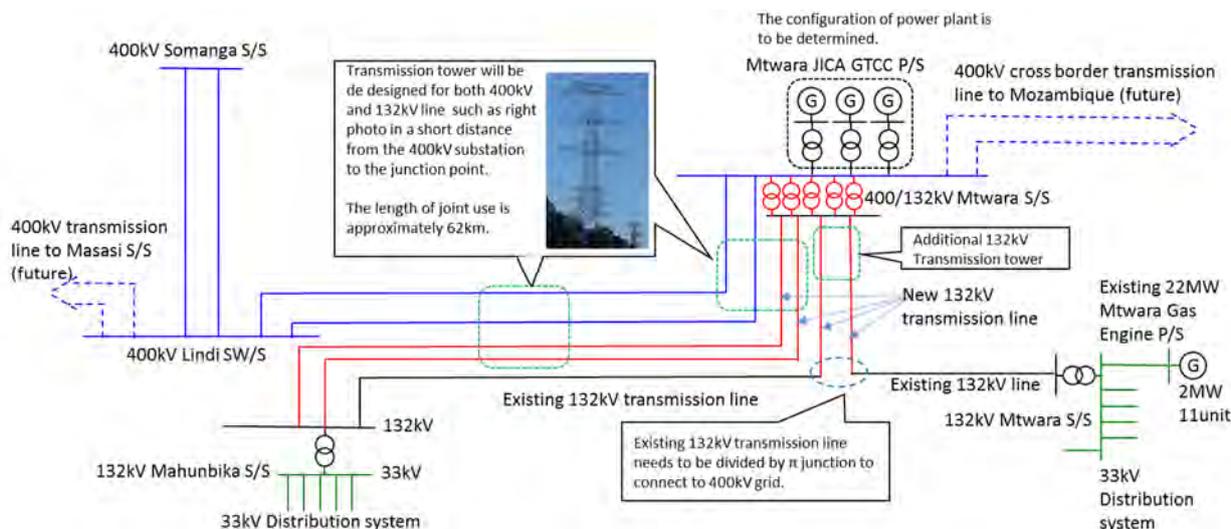


図 2-11 リンディ開閉所ケースの系統構成

新リンディの変電所案および開閉所の検討結果を表 2-22 に示す。

表 2-22 新リンディの変電所・開閉所比較

項目		ケース	
		変電所	開閉所
変圧器 開閉ベイ	仕様	新リンディ S/S 110MVA×3 新ムトワラ S/S 110MVA×2	新ムトワラ S/S 110MVA×5 132kV 開閉ベイ ×6
	費用	ベース	ベース + 20.94 百万米ドル
132kV 送電線	仕様	9km×2 回線 併架** 4km 新設 2 回線鉄塔	62km×2 回線 併架** 13km 新設 2 回線鉄塔
	費用	0.34~0.77 (400kV 併架鉄塔 9km) + 0.8~1.28 (新設 132kV 2 回線鉄塔 4km) =1.14~2.05 百万米ドル	2.365~5.27 (400kV 併架鉄塔 62km)+2.6~4.16 (新設 132kV 2 回線鉄塔 13km) =4.965~9.43 百万米ドル
全体費用		ベース	ベース + 28 百万米ドル (21+7)
系統信頼度		高い	ベース
送電ロス*		低い : 0.7GWh/年 (400kV)	高い : 42.2GWh/年 (132kV)
電圧補償		ベース	132kV 送電線の補償に 追加のコンデンサー等が必要

\* 送電ロスは次の条件で計算: 潮流=214MW, 負荷率= 70%

\*\* 400/132kV 併架鉄塔費用は 400kV 鉄塔の 10% 相当と想定

費用の出典: マスタープラン (PSMP 2016 Update)

400kV 2 回線送電線 0.38-0.85 百万米ドル/km

132kV 2 回線送電線 0.2-0.32 百万米ドル/km

132kV 開閉ベイ 3.49 百万米ドル/ベイ

リンディへの電力供給の系統構成としては、400kV 変電所が開閉所より優位である。

## 2.7 系統信頼度検討

本検討では、信頼度計算は基本設計の確認のために実施する。電力潮流、短絡電流、電圧、過渡安定度解析を系統解析用ソフトウェアである PSSE により実施した。2025 年系統についてムトワラ GTCC 発電所の運転開始断面として用い、以降 2030 年、2035 年、2040 年についても同様に計算を行う。

### 2.7.1 前提条件

#### 送電線と変圧器

計算に用いるデータは基本的にマスタープランで用いられたものを使う。送電線については、

TANESCO との相談及び、本調査結果に基づき最新の情報に更新したものをを用いる。送電線の導体数について、マスタープランにおいて 8 導体で提案されているいくつかの送電線については 4 導体として設定する。

リンディーソマンガ送電線について、8 導体を採用した場合、設計・建設に時間を要し発電所運開より完成が遅れるため、JICA 調査団と TANESCO で議論し 4 導体を採用することとした。本検討で用いる 400kV 送電線のデータは以下のとおりである。

表 2-23 本検討における送電線モデル

No.	From	to	回線数	巨長 (km)	導体数
1	ムトワラ	リンディ	2	59	4
2	リンディ	ソマンガ	2	209	4*
3-1~4	ソマンガ	キネレジ	2	49.5 × 4	4*
4	キネレジ	チャリンゼ	2	93	4
5	チャリンゼ	ステグラーズゴージ	2	161	4*
6	キネレジ	ムクランガ	2	70	4*
7**	ソマンガ	ソマンガフング	1	1	4
8	ムトワラ	モザンビーク	2	300	2
9	マサシ	リンディ	2	141	4
10	トゥンドウル	マサシ	2	194	4
11	ソングア	トゥンドウル	2	230	4
12	ンガカ	ソマンガ	2	37	4
13-1~2	将来 CGT3-1~2	ソングア	2	20	4
14	チャリンゼ	ソマンガ	2	284	4*
15-1~3	ソマンガ	ムクランガ	2	61 × 3	4*

\* : マスタープランでは 8 導体.

\*\* : ソマンガフング発電所とソマンガ変電所間の送電線は非常に短いため、将来モデルでは省略

2025 年モデルを最初のモデルとし、2030 年、2035 年、2040 年モデルを将来検討のモデルとして作成した。各系統モデルは以下のとおり。

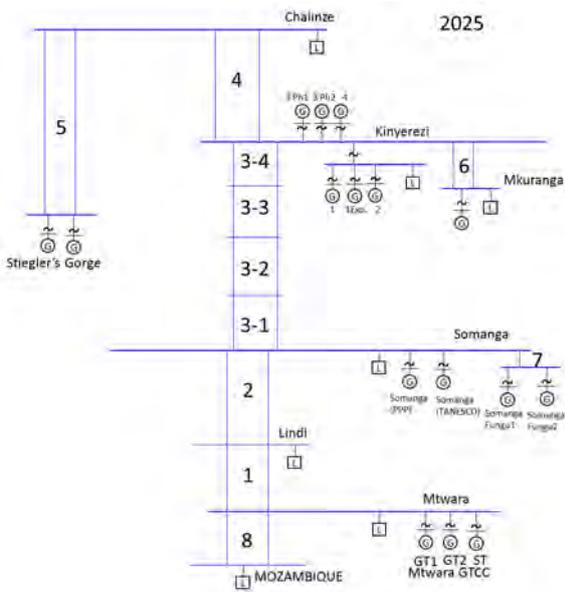


図 2-12 2025 年の系統検討モデル

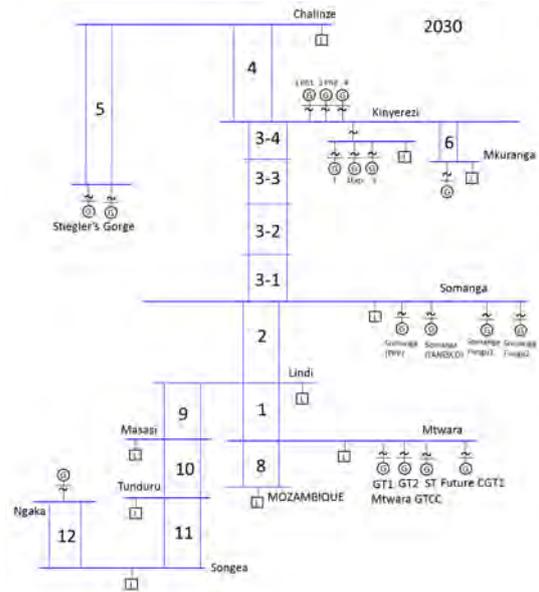


図 2-13 2030 年の系統検討モデル

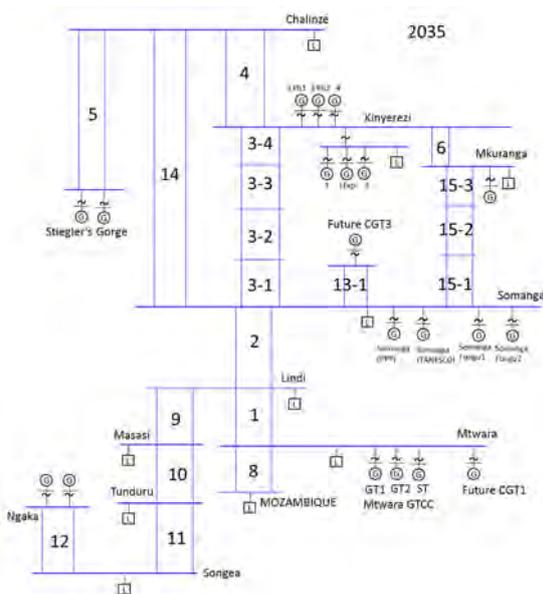


図 2-14 2035 年の系統検討モデル

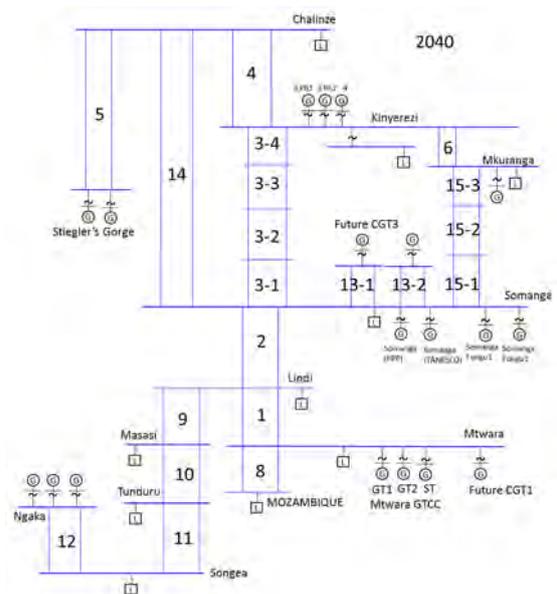


図 2-15 2040 年の系統検討モデル

### 発電機

マスタープランデータを元に、TANESCO による最新情報に基づき発電機データを更新した。ムトワラ GTCC 発電所の発電機は H-100 と SGT-800、LM-600PF+の 3 タイプの GT 候補機種があるが、系統解析においては、発電容量が最も大きい H-100 を採用した。

## 需 要

基本的にマスタープラン（全国及びダルエスサラーム）データに基づいている。リンディ、ムトワラ、マサシのみ、本検討で想定した需要を用いた。検討効率化のためチャリンゼ、キネレジ、ムクランガ、ソングアの需要は、電力潮流の向きと大きさを考慮して、統合した負荷モデルとして設定した。

### 2.7.2 電力潮流検討

ムトワラ GTCC 発電所の系統安定度の観点から、ムトワラからソマンガ向きの潮流が大きくなるほど、厳しい条件となる。安定度の確認のために以下の条件を設定する。

- モザンビークへの輸出なし
- ムトワラとリンディの需要が最低需要
- ムトワラ GTCC 発電所の出力はフル出力

潮流計算結果を図 2-16 に示す。

各変電所の電圧は 0.95pu から 1.05pu の間に収まっており、送電線の過負荷も見られない。将来系統での潮流検討は 2030 年、2035 年、2040 年の各断面について過酷ケースとしてピーク需要を元にリンディーソマンガ間の送電線の潮流が最大になるように、ムトワラ、リンディ、マサシ、トウンドゥルの需要を最小とした場合で検討した。需要については、計算を収束させるために、元の設定から調整している場合がある。

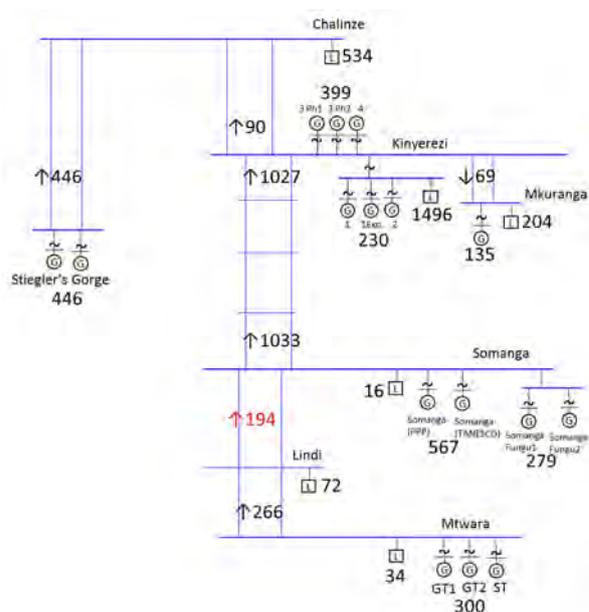


図 2-16 2025 年 潮流計算  
(リンディとムトワラが最小需要)

潮流計算結果を以下の図 2-17～図 2-22 に示す。

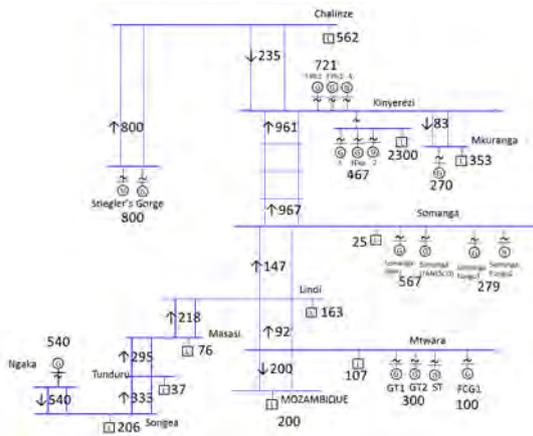


図 2-17 2030 年系統での電力潮流計算 (ピーク需要)

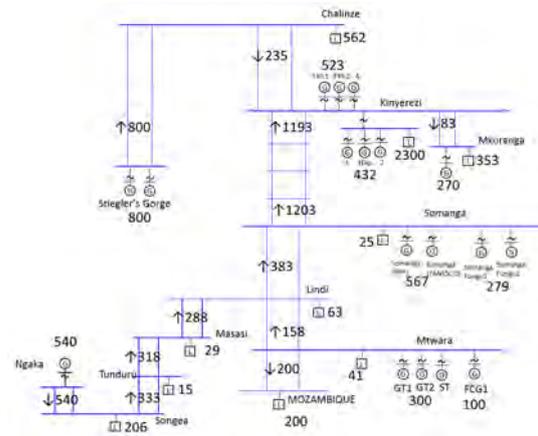


図 2-18 2030 年系統での電力潮流計算 (リンディ、ムトワラ、マサシ、トウンドウルを最小需要)

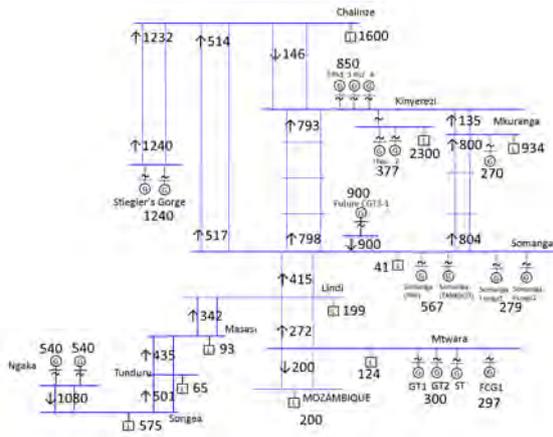


図 2-19 2035 年系統での電力潮流計算 (ピーク需要)

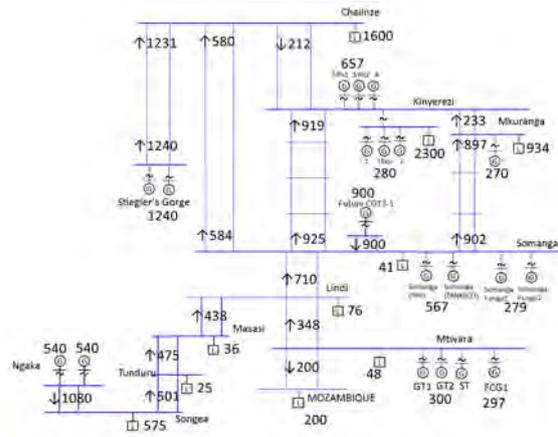


図 2-20 2035 年系統での電力潮流計算 (リンディ、ムトワラ、マサシ、トウンドウルを最小需要)

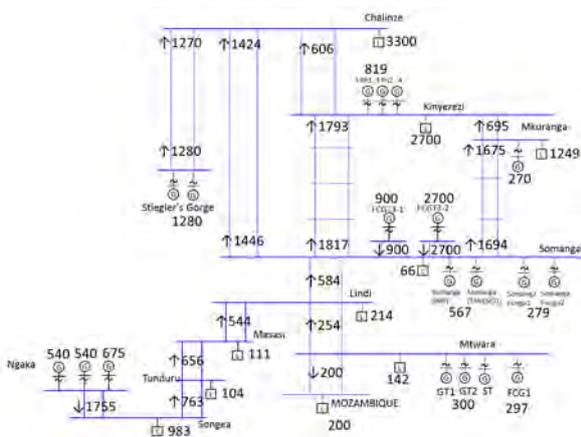


図 2-21 2040 年系統での電力潮流計算 (ピーク需要)

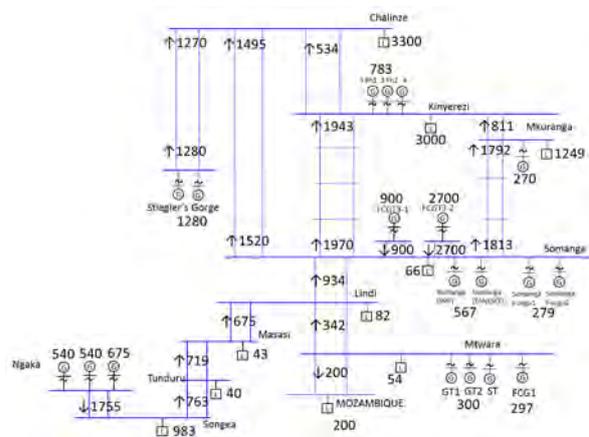


図 2-22 2040 年系統での電力潮流計算 (リンディ、ムトワラ、マサシ、トウンドウルを最小需要)

### 2.7.3 電圧状況

400kV 変電所の母線電圧を図 2-23、図 2-24 に示す。400kV 母線の電圧は 2025 年のベース（ピーク）・過酷ケース及び、将来システムモデル（過酷ケース）でも 0.95pu から 1.05pu の間に収まっている。

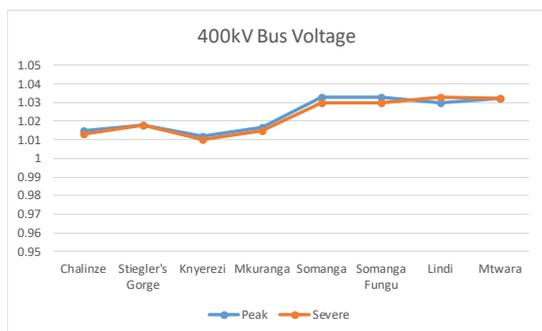


図 2-23 2025 年システムでの 400kV 母線電圧

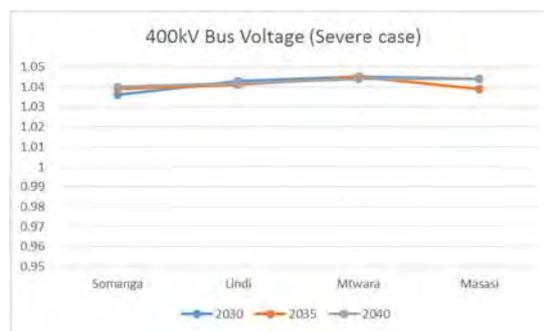


図 2-24 将来システムモデルでの 400kV 母線電圧

### 2.7.4 短絡電流

短絡電流についてマスタープランの 2040 年システムモデルから変更した箇所を反映し、計算を行った。ムトワラ周辺の主要な変電所における短絡電流計算結果は以下のとおり。

表 2-24 3 相短絡電流計算結果(2040 年)

母線	kV	3 相短絡電流 (kA)	
		本検討	マスタープランでの検討
チャリンゼ	400	21.59	24.49
	220	10.85	11.54
キネレジ	400	24.16	28.68
	220	33.00	37.59
ムクランガ	400	17.75	23.36
ソマンガ	400	47.89	50.54
リンディ	400	11.13	14.34
ムトワラ	400	9.85	11.03
マサシ	400	7.19	7.93
トゥンドウル	400	6.89	7.13
ソングア	400	15.67	15.78
ンガカ	400	17.12	17.18

(本計算では最過酷の条件とするため FCGT3-3 を含めている)

400kV 開閉装置の短絡電流定格値は 63kA、220kV 機器では 40kA であり、本検討結果ではマスタープランでの検討同様に、開閉装置の定格電流値以内に収まるため問題はないことが確認出来た。

### 2.7.5 定態安定度解析

定態安定度解析では、400kV 新ムトワラ変電所の母線に微小擾乱を発生させる模擬を行う。系統そのものの特性を確認するために、発電機の自動電圧制御装置（AVR）やガバナーは本解析ではモデルに含めない。2025 年系統及び 2040 年系統での検討結果を図 2-25、図 2-26 に示す。

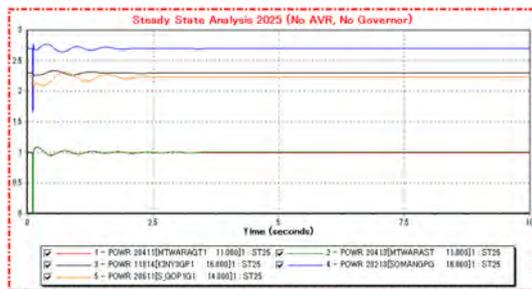


図 2-25 2025 年系統での定態安定度解析

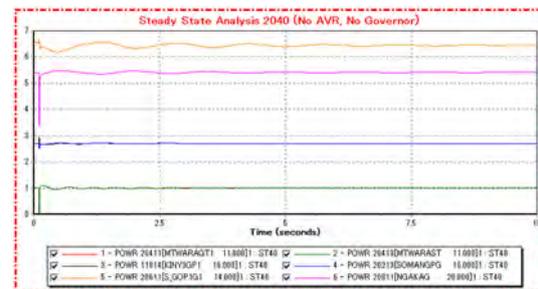


図 2-26 2040 年系統での定態安定度解析

きわめて小さな電力動揺が発電機出力に発生しているが、この動揺は AVR やガバナーなどの制御装置なしで収束しており定態安定度に問題の無いことを示している。

### 2.7.6 過渡安定度解析

過渡安定度解析は N-1 ケースの 3LG-O（3 相地絡事故－1 回線開放）を PSSE で模擬して行った。地絡発生時の 0.1 秒後に送電線開放により事故除去し、1 回線となる。事故除去時間は過去の F/S に従って 0.1 秒としている。本解析においては PSSE の発電機の標準モデル、AVR 及びガバナーの標準モデルを採用し PSS（系統安定化装置）は考慮していない。実機設計時には最適化を踏まえて超速応励磁や PSS などの制御機器を最適設計することで、系統信頼度は改善される。

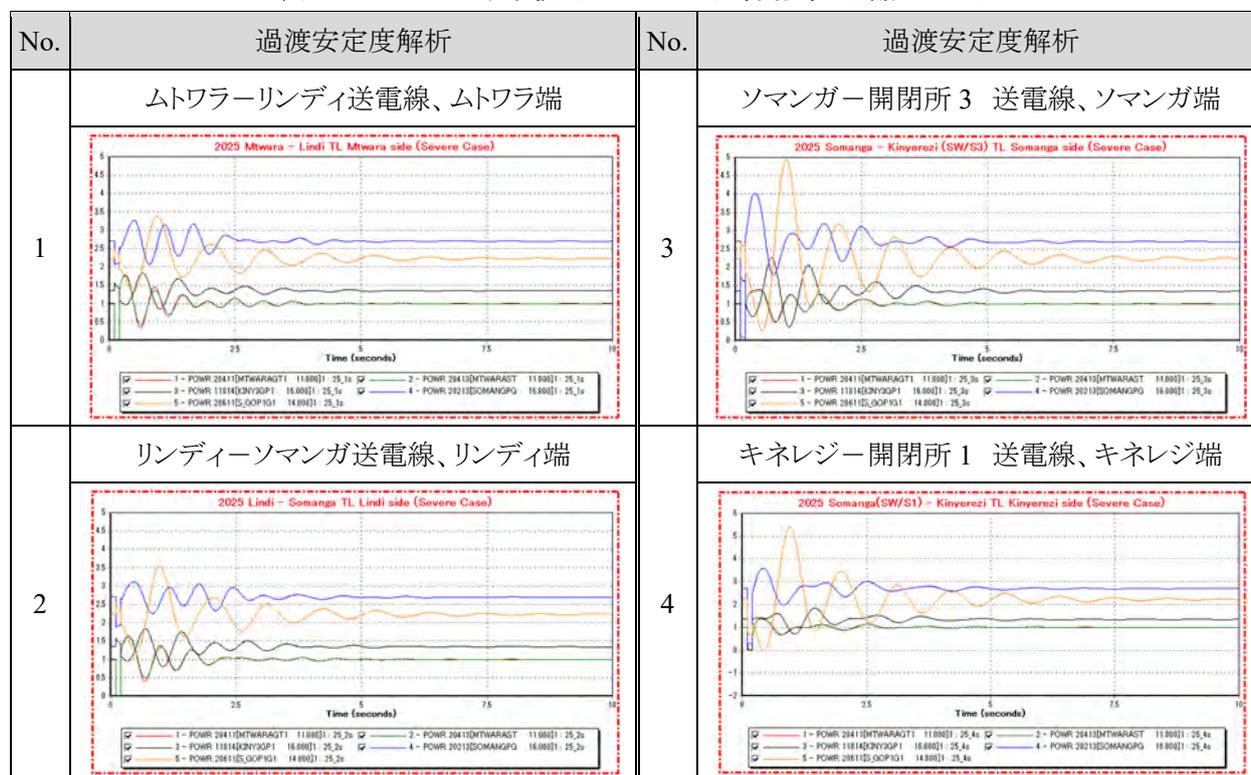
解析での事故点は、ケース 1 はリンディームトワラ送電線のムトワラ側、ケース 2 はリンディームソマンガ送電線のリンディ側、ケース 3 はソマンガキネレジ送電線のソマンガ側、ケース 4 はキネレジソマンガ送電線のキネレジ側とした。検討結果を表 2-25 に示す。

表 2-25 過渡安定度解析結果

ケース	事故送電線	事故点	検討結果							
			2025 年		2030 年		2035 年		2040 年	
			ベース	過酷	ベース	過酷	ベース	過酷	ベース	過酷
1	ムトワラーリンディ	ムトワラ	安定	安定	安定	安定	安定	安定	安定	安定
2	リンディーソマンガ	リンディ	安定	安定	安定	安定	安定	安定	安定	安定
3	ソマンガーキネレジ (開閉所 3)	ソマンガ	安定	安定	安定	安定	安定	安定	安定	安定
4	ソマンガ(開閉所 1) ーキネレジ	キネレジ	安定	安定	安定	安定	安定	安定	安定	安定

2025 年系統での計算結果の代表的な発電機の有効電力の出力波形を表 2-26 に示す。

表 2-26 2025 年系統での 3LG-O 計算結果(過酷ケース)

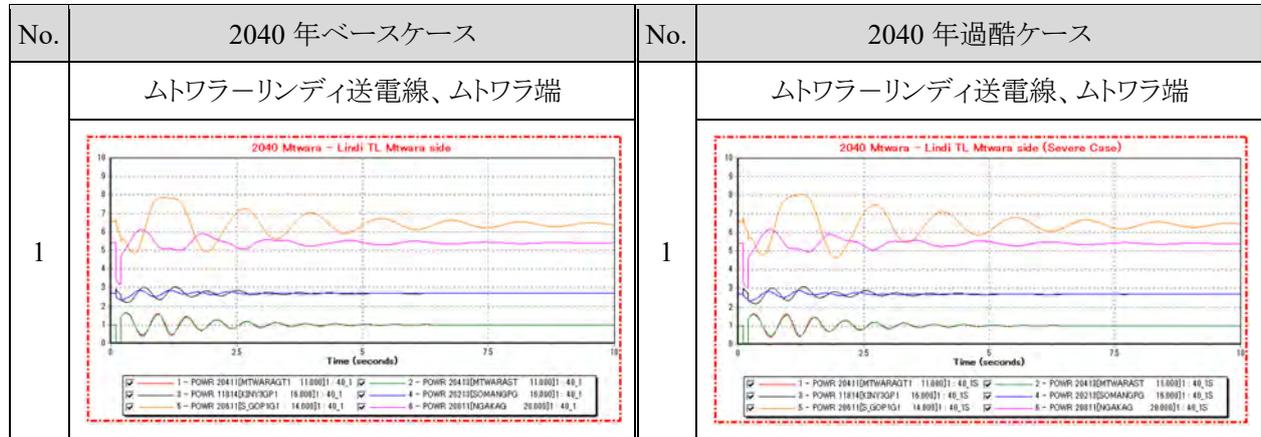


3 相地絡事故により発電機出力に電力動揺が発生しているが、短時間で収束しており、安定度が維持できていると言える。ムトワラ GTCC 発電所にとっては、最も近い事故点はケース 1 のムトワラーリンディ送電線のムトワラ側であり、この時の電力動揺が最も大きい。どの事故点での計算結果にも問題となるような動きは見られない。

2040 年系統での解析結果例としてムトワラ至近端での 3LG-O 模擬時の代表発電機の有効出

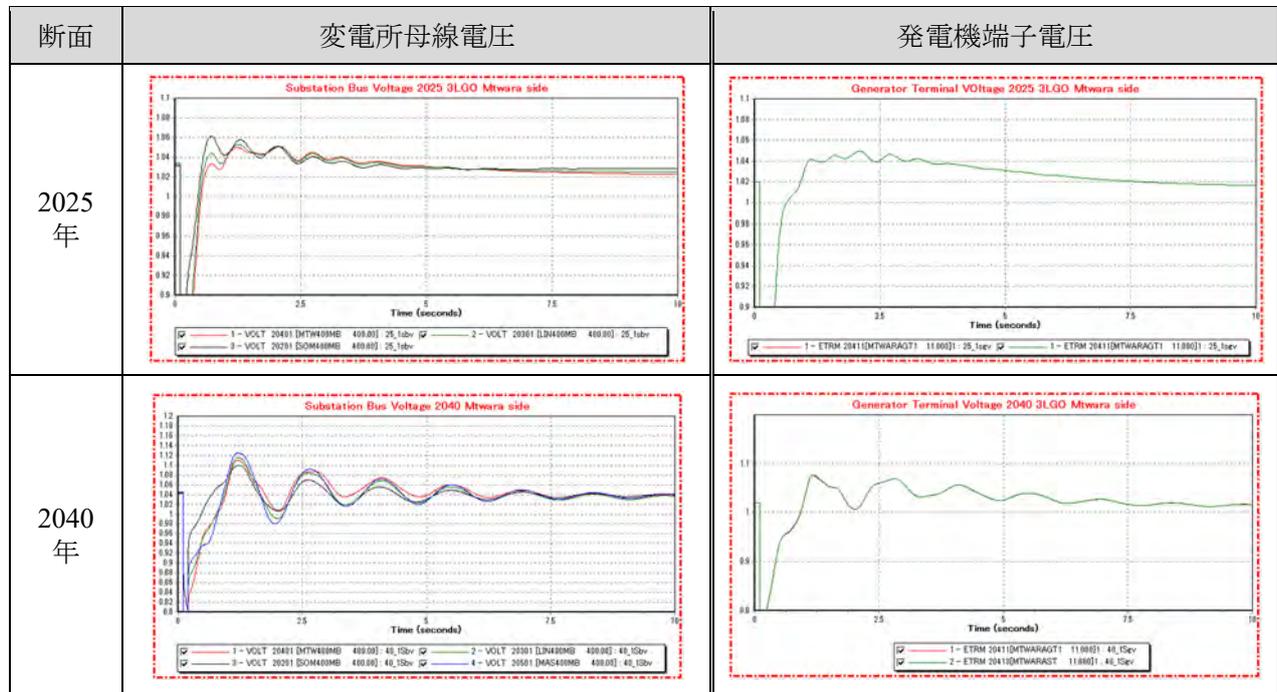
力波形を表 2-27 に示す。

表 2-27 2040 年系統での 3LG-O シミュレーション結果



発電機は送電線事故により電力動揺を発生するが、どの発電機も短時間で収束している。変電所母線電圧及び発電機端子電圧についても確認した。動揺は発生するが収束して非常時の基準値の 90%から 105%の間の事故前の値近くに戻っており問題ないと言える。

表 2-28 過酷ケースでの 3LG-O(ムトワラ至近端)時の電圧計算結果



## 2.8 ムトワラ・プロジェクトの妥当性

マスタープランでは、2020年までに約4,000MW、2020年から2030年には約5,000MW、2030年から2040年には10,000MW以上の電力開発が必要とされている。一方、マスタープランで2010年代及び2020年代初めに計画されていた火力発電プロジェクトの多くが遅延している。石炭火力発電開発のためには、炭鉱開発や環境影響調査が必要であり時間を要するため、短期間にある程度の発電容量が必要な状況においてはガス火力発電所が適した電源である。JICAはタンザニアにおけるガス火力の情報収集調査を2016年に実施し（基礎調査）、短期でのタンザニアの需要増への対応のために適した新規の発電所地点を選定した。本章では、ムトワラGTCC発電所及び400kV送電線プロジェクトについて、需要、電力系統及び場所の関連からプロジェクトの妥当性を説明する。

### 2.8.1 需要から見た妥当性

#### (1) 経済中心である首都圏および南部地域の経済発展のための電源

ムトワラGTCC発電所の開発は、鉱物資源が存在するにもかかわらず、インフラストラクチャーが開発されないために産業が発展していないリンディやムトワラ地域の産業発展に資する。経済中心の首都方面への電力供給の観点だけでなく、タンザニア南部地域の経済発展に貢献することが期待される。

#### (2) 地方電化の推進

ムトワラGTCC発電所が建設されれば、地方電化の推進により生じるリンディとムトワラの新たな電力需要をカバーすることが出来る。表2-17に示されたREAプログラムを含む電力需要予測を考慮すれば、今後も、この地方の電化に貢献していくことが予想される。

### 2.8.2 電力系統の観点からの妥当性

#### (1) 基幹系統への連系と系統の拡張

調査時点でムトワラとリンディ地域は全国系統から独立しており、発電容量は将来需要への供給には不十分である。2017年には発電機トラブルにより地域に深刻な10日間の停電が発生したが、理由の一つに系統が独立していることがある。供給信頼度の観点から基幹系での連系はこうした問題の解決策の一つである。ムトワラGTCC発電所と送電線プロジェクトは、発電容量の観点だけでなく安定した系統からの電力供給という点でも最適な答えとなりうる。

また TANESCO とモザンビークの EDM との間の電力取引の覚書が 2018 年 6 月に更新され、ムトワラがその連系点であることが確認された。将来、国際連系線が完成すればムトワラ～ソマンガ間の送電線はさらに重要になる。リンディは南西部との接続点として計画されており、ムトワラ～リンディ～ソマンガ送電線は、タンザニアの将来の全国基幹系統における最も重要な送電線の一つとなる。

## (2) エネルギーセキュリティの観点から

ムトワラ～ダルエスサラーム間のガスパイプラインの容量には限度がある。エネルギーを輸送においてガスに代えて電気で送れば、ガスパイプラインの容量を消費しないため、ガスと電気によるエネルギー輸送の代替性を持たせることができる。この点でもムトワラに新しい発電所を作ることは、エネルギーセキュリティの点でも好ましいと言える。

### 2.8.3 立地条件からの妥当性

GTCC 発電所の建設候補地として、以下の 3 地点が検討された。

- 1) 首都圏ダルエスサラーム近郊のムクランガサイト
- 2) 中部のキルワーソマンガサイト
- 3) 南部のムトワラ及びリンディサイト

その結果、ムクランガサイトは、ダルエスサラームへの送電線距離が短いというメリットを有する反面、遠浅で海岸線にはマングローブ林が存在するため、海水冷却適用は不可で空気冷却となる。また建設予定の 400kV 送電線からも遠い。

キルワーソマンガサイトはラムサール条約に指定された大湿地地帯近傍のため、開発は可能な限り回避すべきと判断された。

ムトワラ及びリンディサイトについては、ムトワラに海水冷却方式の適用が可能なサイトが見つかった。当面は GTCC 発電所からの電力はダルエスサラームに送電されるが、遠距離送電に伴う送電ロスの増加よりも海水冷却による発電効率向上の効果が優位である。将来的にはムトワラ、リンディ地区での電力需要が増大する予想であり、かつモザンビークへの送電計画もあることから、ムトワラを最適地点として選定した。

サイト選定の詳細は第 3 章で説明する。

## 第3章 サイト選定

### 3.1 経緯

2016年7月～12月にサイト選定に係る基礎調査が行われた。机上検討の結果、ムトワラ、リンディ地区を現地調査の対象とした。候補9サイトから、唯一海水冷却方式の採用が可能なムトワラ地域のミキンダニサイトが調査優先順位1位となった。

本調査開始時（2017年7月）における TANESCO と JICA 調査団との協議時に、TANESCO より、基礎調査で優先順位が2位であったムトワラ地域のキシワサイトを発電所候補地点にしたいとの申し出があった。その理由は次のとおり。

- (1) 基礎調査後の2017年3月に発効されたムトワラ地方政府による土地利用計画で、ミキンダニサイトは住居地区に指定された。従って、同サイトでの発電所の建設は困難となった。一方、キシワサイトは発電所建設地区に指定され、TANESCO は同地の購入手続きを進めている。
- (2) TANESCO がミキンダニサイトを調査したところ、土地代が高い、既存の航路がある、漁師への補償費が高むことが分かった。

この TANESCO 提案に対し、JICA 調査団は「基礎調査では蒸気タービン復水器の冷却方式として、効率が最も高い海水冷却方式が可能なサイトを選択した。キシワサイトは海拔40mの高地で、効率の低い空気冷却方式を採用せざるを得ない。」と回答した。

この JICA 調査団コメントに対し、TANESCO より「キシワサイトは160haと広大な敷地であり、海岸近くの土地も含む」との情報提供があった。

これらを踏まえ、ミキンダニサイトとキシワサイト2地点の比較調査を行うことになった。



出典：JICA 調査団

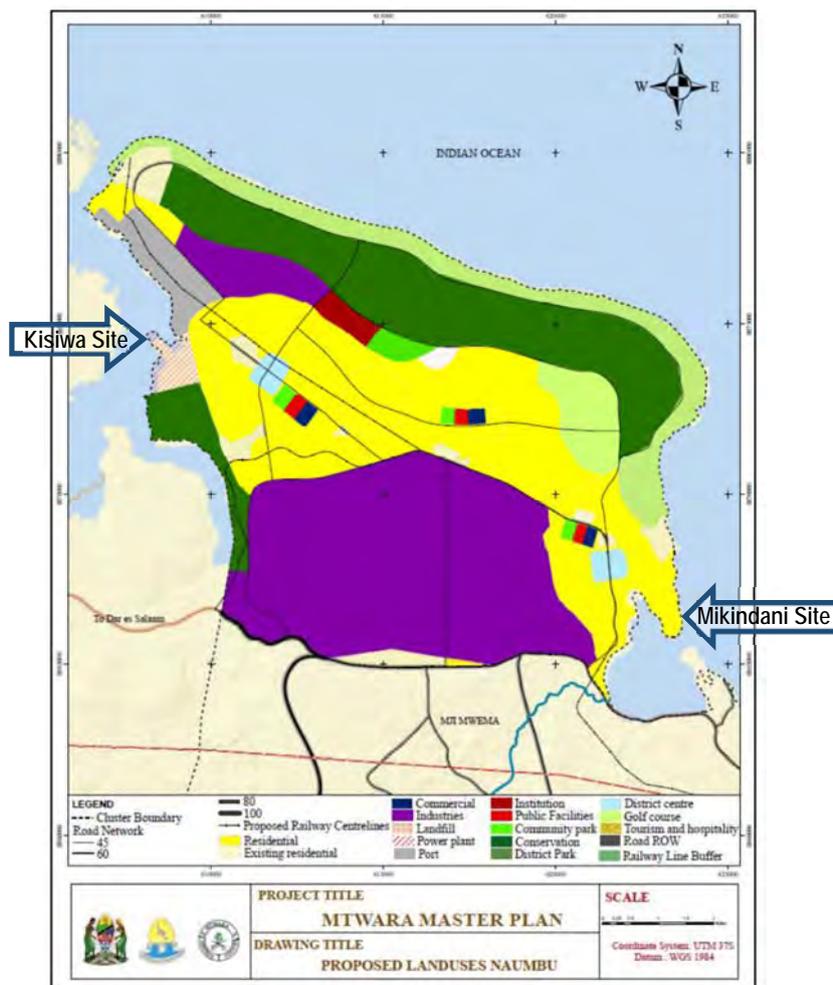
図 3-1 発電所候補地点とガス導管と水道管の延長計画

### 3.2 比較調査結果

2017年7月17～29日に TANESCO と JICA 調査団による合同調査が行われた。また、同期間中に両サイトへの輸送ルート調査も実施した。

#### (1) ムトワラ地方政府からの情報

- a) 2017年3月発効のムトワラ州土地利用計画で、ミキンダニサイトは住居地区に指定されており、この地区を発電所建設地区に変更するには多大な手続きと時間がかかる。
- b) タンザニアは住居地区の騒音規制が厳しいので、発電所を建設する場合は隣接する村民の大規模移転が必要となる。
- c) 地方政府はミキンダニ湾の漁民数は把握していないが、湾の内外で漁業が行なわれている。



出典：ムトワラ地方政府

図 3-2 ムトワラ地方政府・土地利用計画

## (2) キシワサイトの調査結果

- a) キシワサイトは海岸線まで延びており、海岸線はマングローブ林に覆われているが、一部砂浜があり、発電所建設時のビーチング（荷揚げ）に最適と判断された。タンザニアでは海岸から 60m 以内の工事は認められないが、現状復旧を条件に仮工事は許可される。
- b) キシワサイトは 160 ha と広大で、農地、牧場、旧塩田等があるが、敷地内の人家及び漁民はわずかである。また、保護すべき動植物はほぼ存在しない。
- c) キシワサイトの海拔は 0~30m であった。キシワ湾は全般的に浅いが、部分的に深い場所もあり、取水口の設置も可能と判断された。ただ、サイトは細長い湾の奥に位置するため、海水冷却方式採用の可能性は温排水シミュレーションで判断することになった。



## (3) ミキンダニサイトの現地調査



ミキンダニサイトは、外海に面しており海水冷却が可能、海拔 4~5m の平地で整地も容易であることから、基礎調査では優先順位が 1 位となった。しかし、基礎調査の後、ミキンダニ

サイトはムトワラ地方政府の土地利用計画で住居地域に指定されており、近隣村落の住民移転あるいは補償が予想され、発電所の建設は困難と判断された。

#### (4) サイトへの輸送方法

両サイトへの輸送方法の詳細については第 3.3 節「重量物輸送・運搬ルート調査」に記載するが、陸送の制限重量 56ton（車両重量含む）を超える重量物は、サイトまでバージで曳航し、ビーチングで荷揚げする。56ton 以下の軽量物は、陸送する条件で比較検討した結果、

- 1) 両サイトのビーチング条件を比較すると、キシワサイトは砂浜であるのに対し、ミキンダニサイトの海岸は硬いサンゴ岩であるため、キシワサイトが実施容易と判断される。
- 2) 陸送については、ミキンダニサイトがムトワラ港により近いため有利と判断される。

#### (5) 環境・社会調査

詳細は、第 12 章「環境社会配慮」で説明するが、住民移転・補償、生態系への影響、漁業への影響、土地価格等でキシワサイトが有利である。また、ミキンダニサイトには航路が存在するため配慮が必要である。

### 3.3 重量物輸送・運搬ルート調査

ミキンダニ及びキシワの 2 地点について、重量物である発電設備主要機器の輸送・運搬について乾季及び雨季に現地調査を実施した。

大型重量物輸送・運搬の可能性調査・検討した結果は、以下のとおり。

- (1) タンザニアへの長距離海上輸送方法
- (2) ムトワラ港の利用可能性
- (3) ムトワラ港から発電所建設候補地点までの輸送・運搬ルート（陸路・海路）調査

#### (1) タンザニアへの長距離海上輸送

本事業はアンタイドであるが、調査期間が限られていたことから、情報収集が容易である日本から主要機器類を輸送するケースを一例として検証した。極東地域から東アフリカ地域へ向かう定期航路は、主に下記 3 パターンである。

- ① 東シナ海・マラッカ海峡・インド洋を経て、ペルシャ湾行き。
- ② 東シナ海・マラッカ海峡・インド洋・紅海・スエズ運河・地中海を経て、欧州行き。
- ③ 東シナ海・マラッカ海峡・インド洋を経て、東アフリカ諸国・喜望峰経由で欧州行き。

➤ 日本からダルエスサラーム港へ直行の場合：

横浜港からの距離は約 6,919 マイルである。重量物船の速度を一般的な 14.3 ノットと想定した場合で約 20 日間必要となるが、燃料補給などを考慮すると約 1 ヶ月の工程となる。但し、オマーン・イエメン・ソマリア・ケニア沖の海賊多発海域を航行することになる。

➤ 日本からダルエスサラーム港へ海賊エリアを回避して航行した場合：

横浜港からの航行距離は約 8,166 マイルである。重量物船は、自動車運搬船やコンテナ船に比較し水面から甲板までの高さが低いため、海賊船による襲撃可能性があるため、安全航海が可能な航海ルートが一般的である。速度を 14.3 ノットと想定した場合、約 24 日間必要。加えて経由港、燃料補給などを考慮すると約 40 日～60 日の工程となる。

➤ 海賊多発海域は、図 3-3 の青線及び陸岸に囲まれた海域のうち公海エリアである。

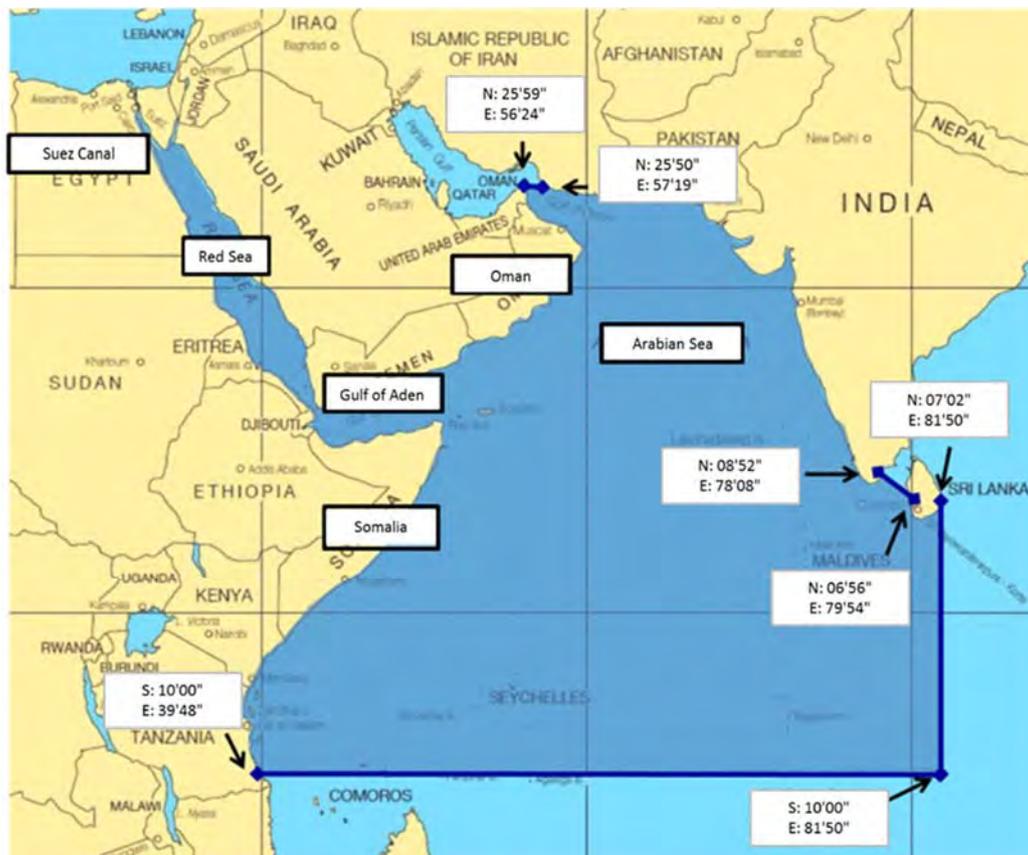


図 3-3 海賊多発海域

- 重量物船サイズ：  
欧州・中東・アフリカ地域行き一般的な重量物船のサイズは、Dead Weight tonnage：  
2万 ton から 3万 ton 程度が主流である。

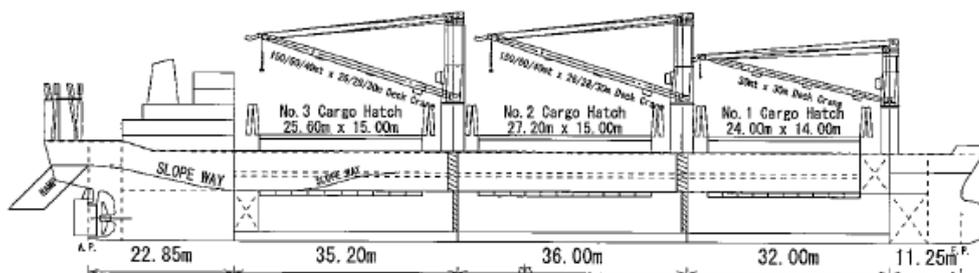


図 3-4 重量物船の一例

## (2) ムトワラ港の利用可能性

本件において、タンザニアの主要港湾であるダルエスサラーム港を利用する場合、重量物船をダルエスサラーム港に寄港させ、内航船に積み替え、さらにムトワラのサイトまで約 240 マイル (約 400km) 航行する。あるいは、重量物をダルエスサラーム港で荷揚げし、ムトワラ間約 600km を陸送することは、同国の道路事情から非現実的であり、発電所建設候補地点に最も近い公共港湾であるムトワラ港を利用するプランが、最も安全かつ安価に運搬できる輸送経路であると考えられる。

### <ムトワラ港の概要>

タンザニア国軍 (Military) と共同使用する港湾である。

- ・ 主な輸送物資 : ムトワラ地域の特産物であるカシューナッツ (9~1 月が収穫・繁忙期)
- ・ 岸壁水深 : 干潮時 9m / 満潮時 12.5m (干潮~満潮 : 約 6 時間の周期)
- ・ 岸壁長 : 216m (385m に延伸増設の計画あり)
- ・ 岸壁クレーン : 移動型の 100ton (1 基)

- ・スプレッダービーム : L6m/28ton、L12m/37ton
- ・フォークリフト : 16ton、5ton、3ton
- ・移動式クレーン : 50ton、25ton



図 3-5 ムトワラ港



図 3-6 ムトワラ港湾全景



図 3-7 沖荷役の一例

### (3) ムトワラ港から発電所候補地点(ミキンダニ/キシワ)までの輸送・運搬ルート(陸路・水路)調査

ムトワラ港に重量物船が到着した後、超重量物については、バージによる水路輸送が最適である。一方、重量物以外に関しては原則トラックまたはトレーラによる陸路運搬にてサイトへ運搬する方法が最適であると考えます。

陸路運搬時の道路制約条件（TANROADS ムトワラ事務所での聞き取り）は、以下のとおり。

重量制限：56ton（トラック車重含む）超過の場合には罰金（140,000USD／一車毎）

橋梁耐荷重：78ton

過去最大の運搬実績（ムトワラ地区）：DANGOTE セメント工場向け 60ton

道路を使用する陸路運搬には、TANROADS の許認可が必要である。基本的には TANROADS の道路重量制限（56ton）以下での運搬計画を立てる必要がある。

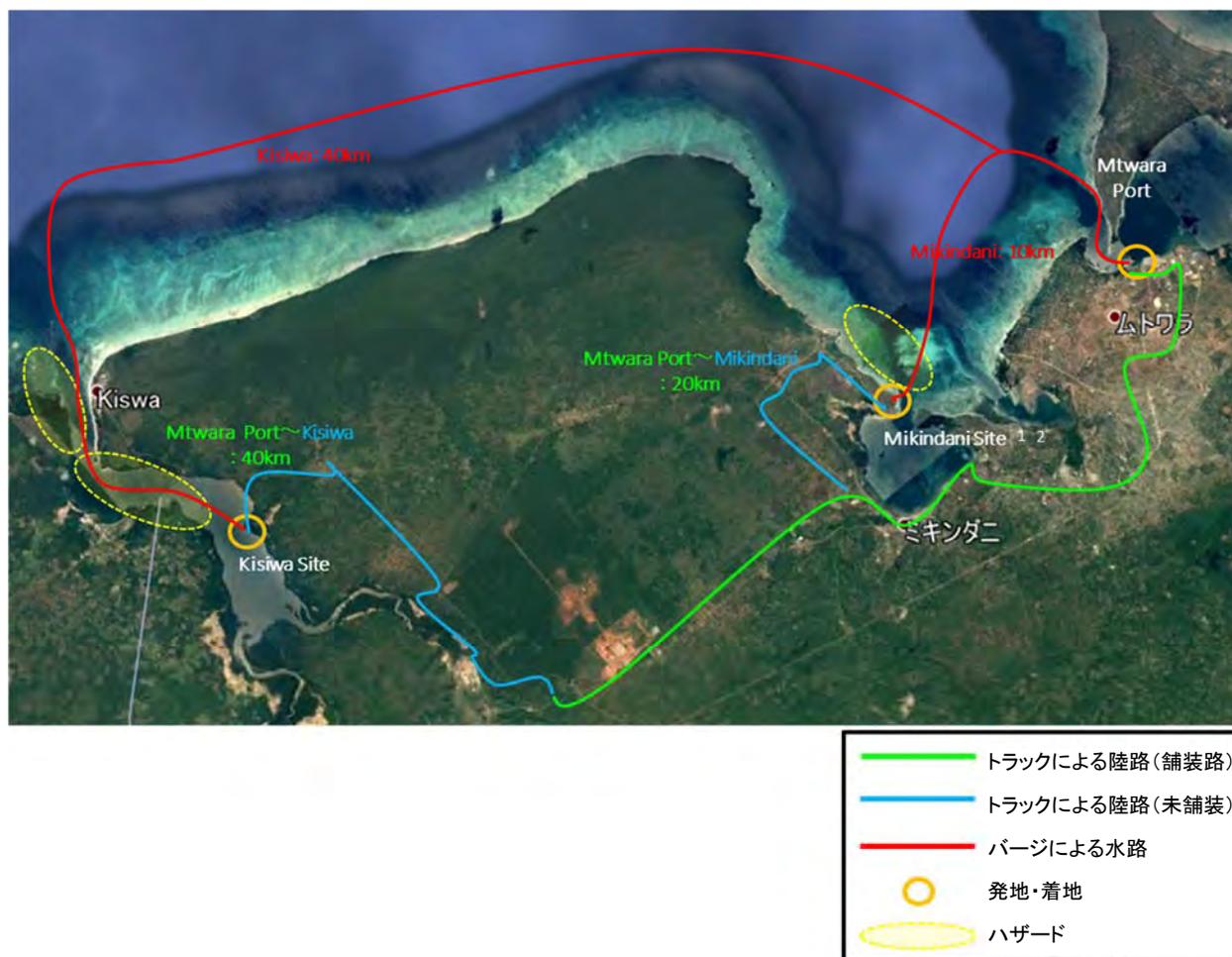


図 3-8 ミキンダニ／キシワ 2 地点の輸送ルート概要図

<重量物の水路輸送とビーチング>

ムトワラ港湾設備の現状を調査した結果、重量物の荷揚げ・荷下し作業には設備が不十分なことが分かった。そのため、ムトワラ地区において、超重量物を建設サイトまで運ぶ方法として、低床多軸トレーラ（SPMT）と隣接海岸で直接荷揚げ・荷下しが可能なバージに

よる水路輸送とビーチングの組合せが低コストかつ現実的な輸送方法である。

実際の運搬作業に際しては、事前に地元関係各所及びサイト近傍の住民（漁業従事者含む）に通知するとともに、作業実施時には港湾内に警戒船を配置し、安全確保に努める必要がある。

#### <ビーチング用バージ（はしけ）>

バージは、前部に上陸用ランプ（橋）が付属され、海岸着底可能なフラットな船底である。

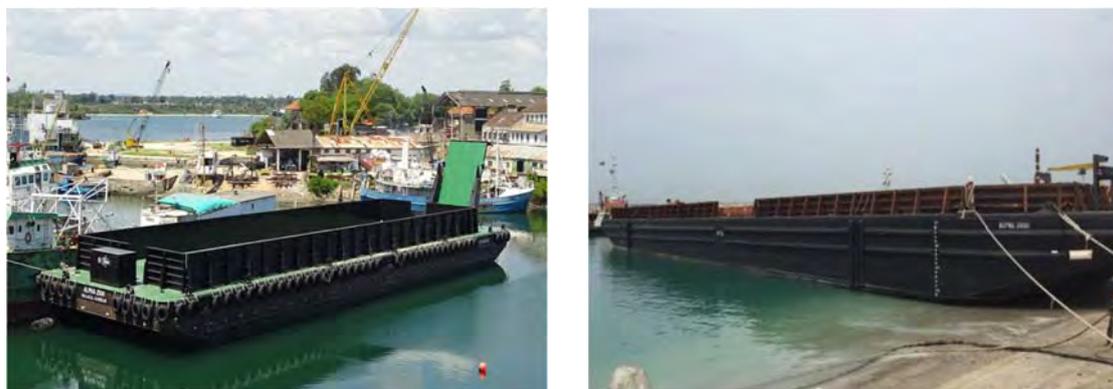


図 3-9 ビーチング用のバージ例

#### <低床多軸トレーラ（SPMT）>

SPMT は、複数のモジュールを連結でき、積載する設備の長さ・幅・重量に柔軟に対応できる。また、その場での回転・前後・左右への移動など自由自在な走行が可能である。取り回しが難しい超重量物の荷役作業に適した運搬機材である。



図 3-10 低床多軸トレーラの一例

<ビーチング作業>

重量物船が到着するムトワラ港に SPMT を積載したバージを待機させておく。  
重量物船が到着後、重量物船の付属クレーンにて重量物を吊上げ、SPMT に荷下し固縛。  
ビーチングに最適な潮流・水深を考慮した輸送スケジュールに合わせムトワラ港を出港。  
作業は、満潮／干潮による水深の差異を利用し、建設予定地点に最も近い浜辺にバージを  
着底させ、事前に土のう・鉄板・木材などでバージと浜辺がフラットとなるよう養生した  
運搬ルートを通り自走・運搬させる。

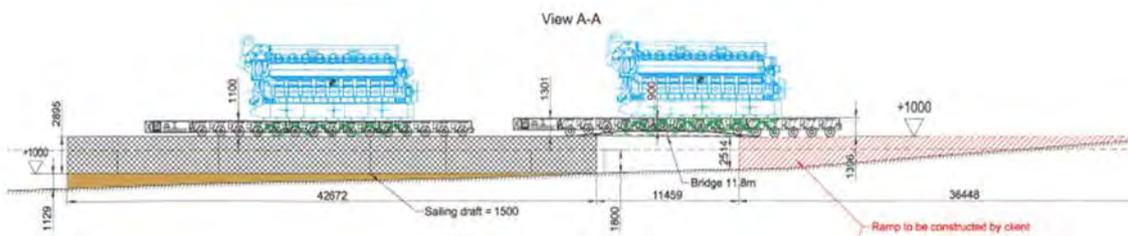


図 3-11 ビーチング施工例

<キシワサイトでの荷揚げ位置（案）>



図 3-12 ビーチング位置(案)

(4) キシワサイトの輸送条件

主機など重量物については水路輸送+ビーチングによる荷揚げ、その他付帯設備についてはムトワラ港から陸路運搬によって輸送することとなる。タンザニアでは、短距離であっても公道走行の場合、重量超過の貨物に対して高額の罰金が課されるため、陸路運搬は最小限で計画することが重要となる。

キシワサイトは、ムトワラ港から陸路で約40km。ミキンダニよりも遠い。従って、トラックによる陸路運搬でムトワラ港との往復工程は長くなる。水路での輸送距離は約40km。

ビーチングポイントは、漁村内にある砂地の浜辺となる。ビーチングについては、なだらかな砂地の浜辺でほぼ段差も無く、荷揚げ後の機器設置場所への運搬ルート確保が容易であり、土木工事などコスト面で優位である。浜辺の一部にはマングローブ林が広がっているものの環境影響を最小限とする運搬方法の検討は可能と考える。



図 3-13 キシワサイト現況写真

表 3-1 ミキンダニ／キシワ 2 地点の輸送条件比較

各サイト条件		ミキンダニサイト	キシワサイト	備考
輸送ルート	陸路距離	ムトワラ港～約 20km	ムトワラ港～約 40km	
	水路距離	ムトワラ港～約 10km	ムトワラ港～約 40km	詳細調査必須
	重量物	Beaching by Barge + Truck	Beaching by Barge + Truck	※
	一般貨物	by Truck	by Truck	
	通過橋梁	約 10	約 10	
	通過暗渠	約 20	約 30	
	交差点、急カーブ、他	多数	多数	交差点、急カーブの改善を行う
リスク	海岸線	硬いコーラル バージ損傷のリスク	塩田近くの砂浜 バージ着岸容易	
		500m 長のコーラル	海岸線から人家までの距離 約 100m	
	土木工事	海上に 500m 長の大規模な ランウェイ造成が必要	敷地内土木工事として対応可能	
	土木工事による環境影響	希少猛禽類 (Fish Coral Eagle) 生息場所の可能性あり コーラルに多数の海洋生物 (甲殻類他)	マングローブ林が分布	
	海+陸路輸送のコスト	発電所敷地内と判断されれば罰金免除 の可能性あり	同左	
56ton 超 (貨物+車両重量) に過積載罰 金が科せられる		同左		
多額の Barge 費用		同左		
	コーラル岩層の切削など大がかりな土木 工事が必要	寄付き道路整備など土木工事が必要		
その他	雨季	雨季 (2018.3) に現地調査を実施した結果、大型重量物はビーチングのため影響なし。56ton 以下の機器については、ムトワラ港からサイトまで陸送となるが、使用する道路のうち国道は舗装されており冠水する箇所もなく問題ない。国道からサイトまでのアクセス道路は現在は未舗装であるため雨季はトレーラ走行に支障があるが、本事業実施に合わせ舗装・拡幅を行う計画であり、輸送に問題はない。		
	カシューナッツ収穫期	ムトワラの特産物「カシューナッツ」収穫期 (9 月～翌 1 月) は、運搬トラック通行量増加により輸送困難な可能性あり。		
	課税・罰金に関するリスク	高額な主機類の輸入に伴う課税、通行重量制限に関わる罰金など事前調査が必要。		
輸送コスト	ベース	輸送距離が長い ためコストアップ	概算算出 (土木除く)	
評価	2nd	1st		

※) 干満差を利用した Beaching では現地物揚げ作業に時間制限考慮が必要

## (5) 輸送工程

海上輸送（50 日間～）⇒現地通関（18 日間）⇒荷揚げ&バージ水路輸送（14 日間）⇒  
ビーチング&荷下し（13 日間）以上、合計約 95 日程度が必要となる。

（※ムトワラ港で荷揚げ後、軽量物はトラックでの陸路運搬を同時並行実施：10 日間～）

### 3.4 海水冷却システムの検討

蒸気タービン用復水器の冷却方式としては、海水冷却方式、冷却塔方式、空気冷却方式がある。3 方式のなかで、海水冷却方式の効率が最も高い。

従って、海水冷却が可能であればキシワサイトの優位性を確立することができるため、シミュレーションにより海水冷却の可否を検討した。

シミュレーション実施のサイト条件は、以下のとおりである。

- 1) 計画している取水口の最高温度は 32.6°C、平均温度は 30.96°C であった。
- 2) 海水の流速は海水面の変動により 0～0.3m/s、外海からの潮流はなかった（乾季のため、キシワ湾に注ぐ河川は枯渇していた）。
- 3) 取水口予定地点の水深は約 15m（窪地）、放水口は約 4m である。

シミュレーションは 3 次元モデルの DELFT3D を使用し、復水器での温度上昇 7°C（ $\Delta T = 7^\circ\text{C}$ ）で行った。図 3-14 は海水面での温度上昇で、海水温度 3°C 以上の混合域（白色）は狭い範囲に限られる。図 3-15 は海水面と海底の中間層の状態、白色は消滅している。混合域での絶滅危惧種の存在は確認されず、IFC の EHS（Environmental, Health and Safety）ガイドラインを満足している。

また、温水再循環による温度上昇は復水器出口温度は 0.83°C で収束した。従って、復水器出口温度は  $30.96^\circ\text{C} + 0.83^\circ\text{C} + 7^\circ\text{C} = 38.79^\circ\text{C} < 40^\circ\text{C}$  となり、40°C 以下の制限に収まった<sup>20</sup>。

以上の結果より、キシワサイトでの海水冷却方式の採用は可能と判断された。

---

20 腹水出口海水温度が常時 40°C を超えると、貝等の汚れが復水器細管表面に付着し、復水器の効率を劣化させる。

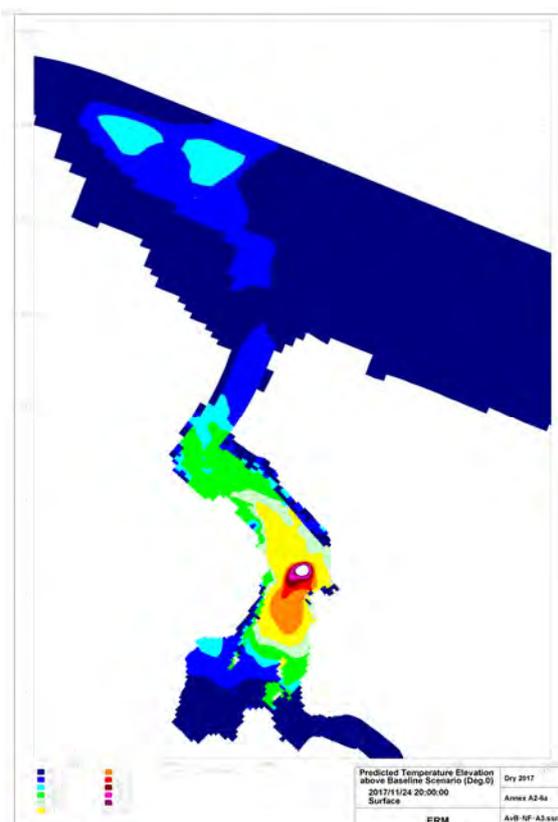


図 3-14 海水面の温度上昇

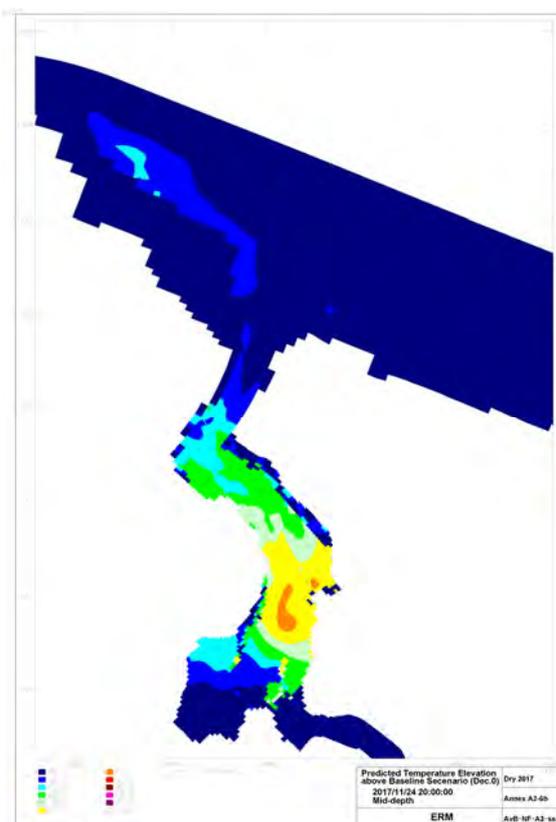


図 3-15 中間層の温度上昇

### 3.5 両サイトの比較結果のまとめ

表 3-2 に両サイト比較結果のまとめを示す。

### 3.6 結論

ミキンダニサイトは、ムトワラ地方政府の土地利用計画で「居住区域」に指定されたため、環境社会配慮の観点から発電所建設は困難と判断された。一方、キシワサイトは発電所建設区域に指定されたため、環境社会配慮面での問題は少ないと想定され、かつ発電効率の高い海水冷却方式の採用が可能となったことから、キシワサイトを発電所建設予定地に決定した。

表 3-2 両サイト比較結果のまとめ

調査項目		キシワサイト	キンダニサイト	
土地利用区分		2017年3月に政府承認されたムトワラ州土地利用計画では、土地利用区分が制定され、発電所建設用地も区域が決められることになった。		
		発電用地	住宅地	
海拔		0~30m	4~5m	
環境・社会配慮	住民移転	サイト内に2世帯の家屋と隣接して5世帯(約20名)。他に墓地がある。	サイト内に数軒。隣接した村落に164世帯(約900名)が居住。	
	土地取得	現地法令に基づく補償費査定完了済。支払いは今後実施される。 約160ha	土地取得の活動なし。 約12.5ha	
	補償	農産物収穫損失と土地代	農産物収穫損失と土地代 隣接した集落が移転しない場合、騒音に対する補償が発生する可能性あり。	
	生態系	サンゴ礁とマングローブ林が存在。海水冷却採用の場合はマングローブの一部伐採とサンゴ礁への影響評価が必要。	サンゴ礁はあるが、マングローブはほとんどない。海水冷却が採用の場合はサンゴ礁への影響評価が必要。	
	漁業	約150名の漁師が居住。サイト敷地の先端(岬)は漁船の停船場として利用されており、代替地確保の検討が必要となる可能性あり。	約300名の漁師が居住。 漁師への補償については未検討。	
	航路	航路はない。	漁船がキンダニ湾から外洋に出るための航路が存在する。	
	土地価格	キンダニの約半値。 (約7百万TZS/エーカー)	キシワ地点の約2倍。	
技術事項	ガス導管長	TPDC_BVS 01より約13km	TPDC_BVS 01より約13km以上	
	重量物輸送	輸送ルート調査の結果、両サイトとも技術的には可能。 重量物は、ムトワラ港からバージにて海送してビーチングでサイトへ荷揚げする。軽量物は、陸送する。		
	ST冷却方式	海水冷却	海水冷却	
将来計画	設置可能な発電所規模		300MW級GTCC発電所を数ユニット設置可能(150ha)	
	送電線	電圧	400kV	400kV
		回線	4導体2回線	4導体2回線
		距離	約268km	約274km
		鉄塔数	約682基	約700基

出典：JICA調査団



表 4-1 各メーカー GTCC の比較

GT メーカー		MHPS	IHI (GE)	SIEMENS	GE
機種		H-100 × 2 ユニット × 1 系列	LM6000 PF+ × 2 ユニット × 2 系列	SGT-800 × 2 ユニット × 2 系列	6F.03 × 2 ユニット × 1 系列
販売開始年		2013	2016	2010	1991
特徴*	タイプ	重電機型	航空機転用型	重電機型	重電機型
	大気温度特性	ベース	温度上昇による出力、効率の低下が大きい (チラーが標準設置)	ベース	ベース
仕様*	送電端出力 [MW] (ISO ベース)	339.4**	270.0	326.2	272.0
	送電端効率 [%] (ISO ベース)	56.9**	55.3	58.6	57.4
	GT 数	2	4	4	2

\* 2019GTW (Gas Turbine World)ハンドブックからの引用(\*\*を除く)

出典:2019 GTWハンドブック

\*\* JICA調査団による想定

\*\*\* LM6000シリーズの異なる型式の価格を記載

\*\*\*\* 仕様の異なる型式の価格を記載。実勢価格はより高くなることが想定される。

過去の調査報告書によると、1 ユニットが停止しても周波数変動が運用範囲内に収まる最大単機出力は、2024 年で 233MW、2025 年で 253MW である (図 4-1)。

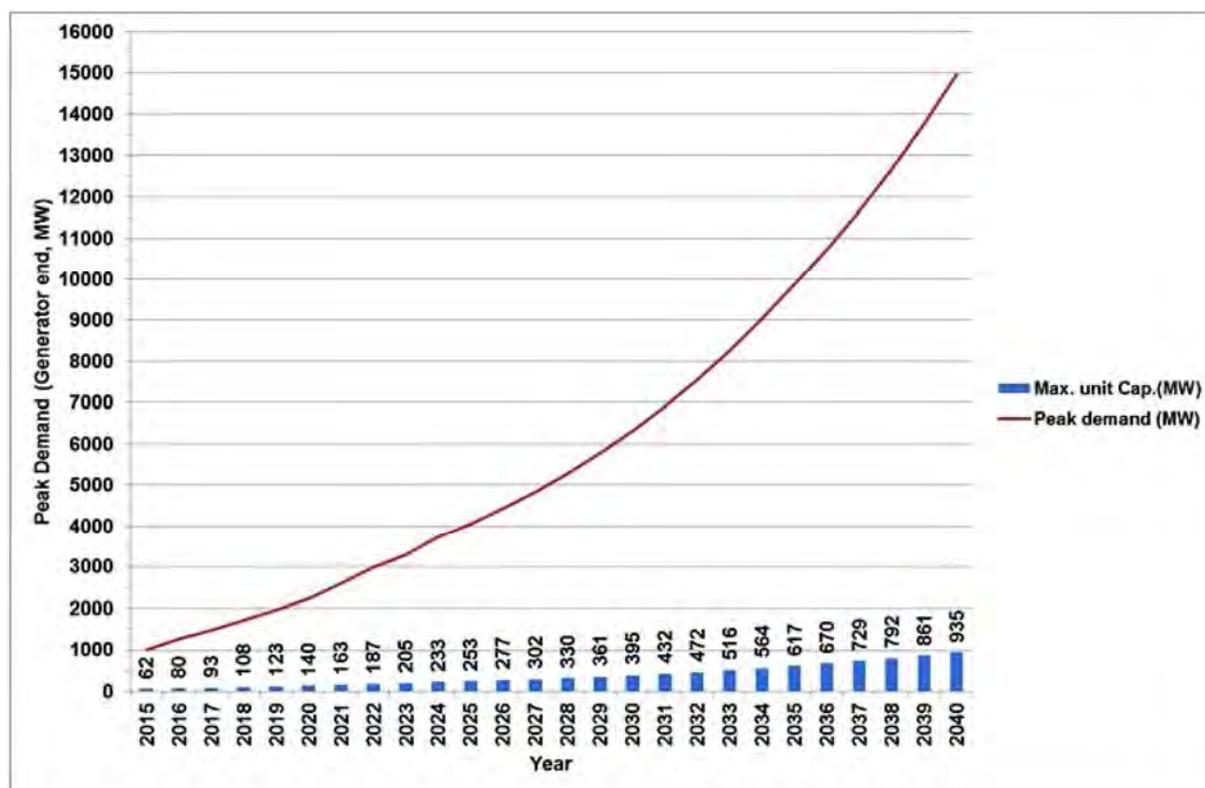


図 4-1 各年のピーク負荷と系統周波数を維持できる最大単機容量

出典: JICA (2017) 全国電力システムマスタープラン ファイナルレポート, pp. 8-32.

H-100 の単機容量は本事業の候補機種の中で最大である。GT 単独運転時の H-100 の最大単機脱落容量は 104MW であり、GT 発電機が脱落した場合がこれに該当する。GTCC 運転時の H-100 の最大単機脱落容量は 158MW であり、GT 発電機が脱落して ST 発電機の出力が抑制された場合がこれに該当する。

最大単機脱落容量の観点から、GT 単独運転時（2024 年）と GTCC 運転時（2025 年）の両時点においても全ての GT 機種が適用可能である。

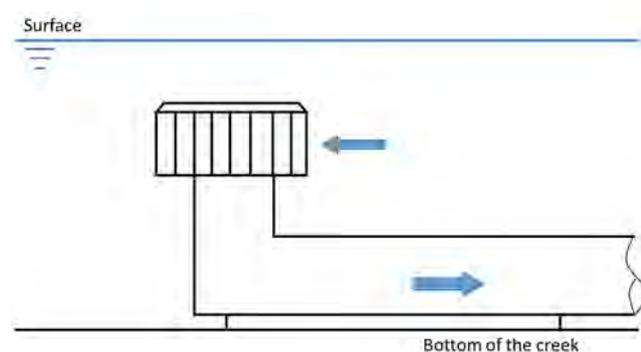
### 4.1.3 蒸気タービン復水器冷却方式

#### (1) キシワサイトにおける復水器冷却方式の検討

サイト条件を考慮すると、海水冷却方式と空気冷却方式を採用可能である。一方、湿式冷却塔方式については必要な用水量を確保することが難しいため、キシワサイトでは採用が難しいと考える。

#### (2) 取・放水設備の概略検討

##### 1) 取水設備



出典：JICA 調査団

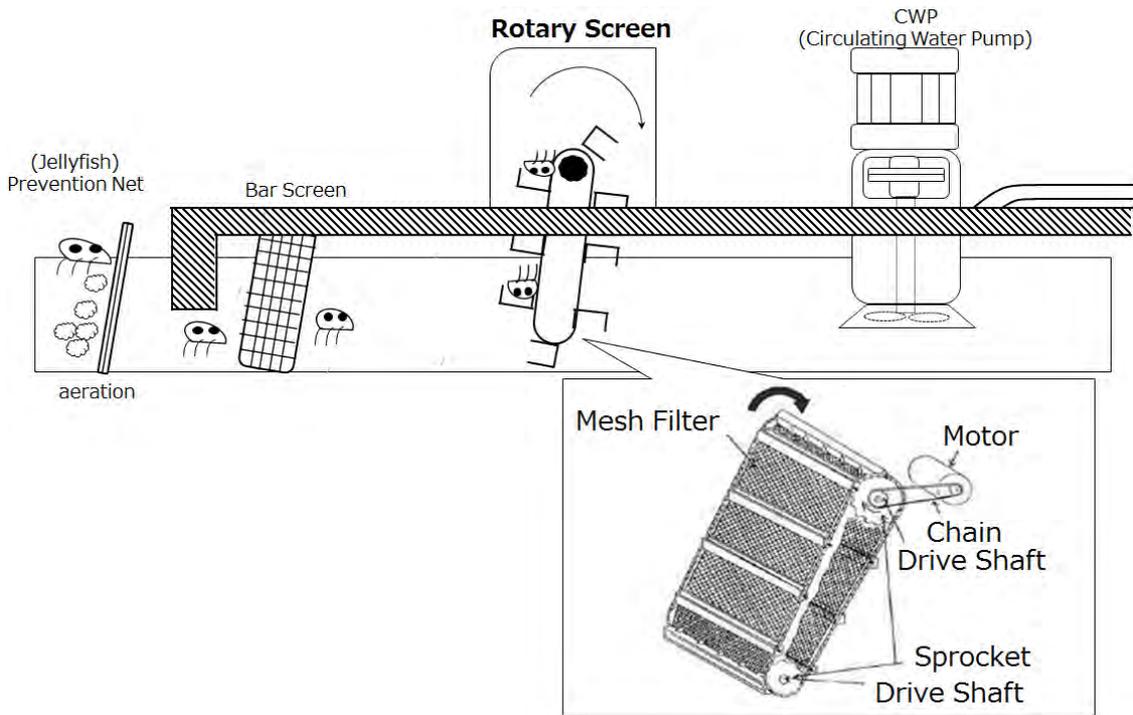
図 4-2 取水設備の概略図

キシワサイトでは、取水する湾が遠浅のため、流れが遅く水量も少なく、水温が高い。冷却水温度が高いほど発電効率が低下するため、高い発電効率を実現するためには、低温の冷却水を取水することが重要となる。一般的に標準型鉛直取水管式を採用すると、低温の冷却水を取水でき、また温排水の吸い込みを防ぐことも可能である。そのため、本事業の取水口候補としては標準型鉛直取水管式を推奨する。

標準型鉛直取水管式の概略図を図 4-2 に示す。

##### 2) スクリーン設備

現地調査において、キシワサイトでは日本と比較してクラゲなど浮遊生物の数が少ないことがわかった。そのため標準的なロータリースクリーンの設置を検討した。ロータリースクリーンの概略を図 4-3 に示す。



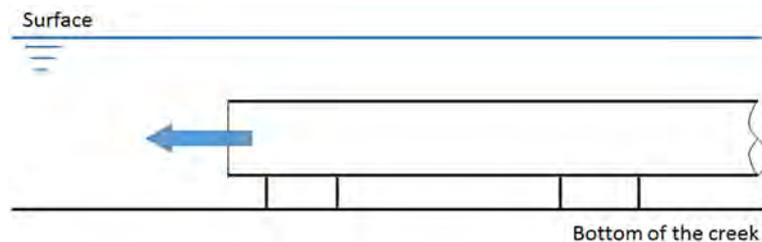
出典：JICA 調査団

図 4-3 ロータリースクリーンの概略図

### 3) 放水設備

TANESCO からの聞き取り結果より、海岸線から 60m 以内に建造物を建設することは認められていないため、護岸放水式は採用できない。さらに、湾の水深が浅いため、護岸放水式では大型の構造物が必要となる。以上のことから、本事業では放水設備の候補として沖合放水式を推奨する。

沖合放水式の概略図を図 4-4 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4-4 放水設備の概略図

### 4) 取・放水位置の検討

現地調査での水深測量結果に基づき、取・放水設備の設置点を検討した。

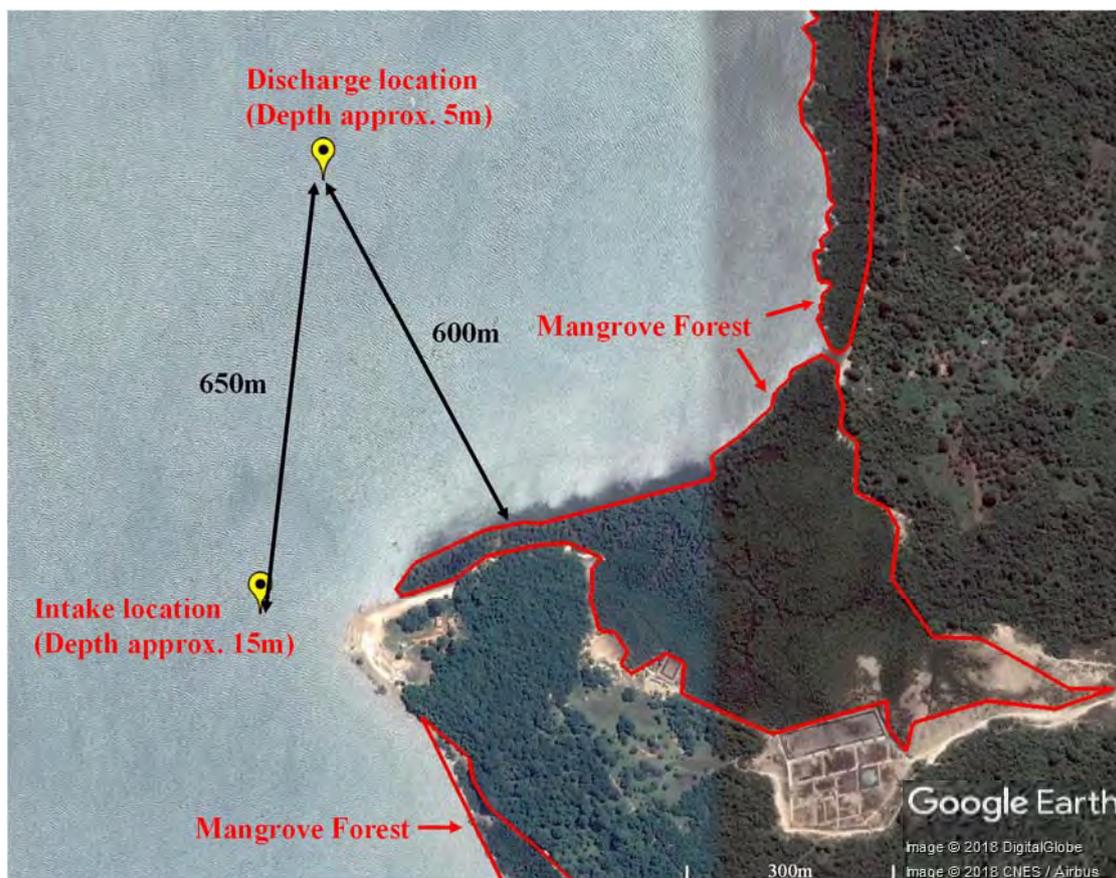
取水口の設置候補地としては、以下の条件を満足する、サイト北西にある砂浜から 200m ほど沖に出た水深 15m の地点とする。

- 取水温度を低くするため、深水域から取水すること
- 放水口からの離隔距離が 200 m 以上あり、かつ陸岸からできるだけ近いこと
- マングローブ林の伐採を可能な限り避けること

また、放水口の設置候補地は以下の条件を満足する湾北側の地点とする。

- 取水口からの離隔距離が 200 m 以上あり、かつ干潮時も放水口が海面に露出しない水深があること
- 水深が深すぎないこと（取水口設置位置より浅いこと）
- 陸岸からできるだけ近いこと
- マングローブ林の伐採を可能な限り避けること

図 4-5 に取・放水口の設置候補地点を示す。



出典：JICA 調査団

図 4-5 取・放水口候補地点

### (3) 結論

現状のデータから、海水冷却方式と空気冷却方式の採用が可能である。

建設費、発電効率を勘案すると、海水冷却方式がより経済的に優位である。また、温排水シミュレーションにより、海水冷却方式を採用した場合の環境影響は限定的であるとの結果を得ている。以上から、本事業の復水器冷却方式として、海水冷却方式の採用を推奨する。

なお、詳細な取・放水位置や設備仕様については、実際の建設時点で建設費、発電効率、環境影響面の評価を行ったうえで検討するものとする。

#### 4.1.4 燃料ガス供給設備

GT は、機種毎に要求される燃料ガス最低供給圧力が異なるため、各 GT の仕様条件（供給ガス圧）を満たす必要がある。

表 4-2 にガスタービン候補機種の必要ガス圧力を示す。これらの圧力は一般的な値であり、ガス性状や温度により変化する。

TPDC に下記事項を確認しており、基本的にガス圧縮機やガス減圧設備をキシワサイト内に設置する必要はないと考える。

- ◆ GT 必要ガス圧力に対して、TPDC 供給ガス圧力は十分に高い
- ◆ TPDC がサイト外部にガス減圧設備を設置する
- ◆ TPDC が TANESCO から要求された GT 必要ガス圧力に調整しガス供給する

表 4-2 GT 候補機の必要ガス圧力

	H-100	LM-6000PF+	SGT-800
必要ガス圧力	37bar (g)	50bar (a)	30bar (a)

出典：JICA 調査団

#### 4.1.5 発電機系統接続構成

300MW 級 GTCC 発電所の建設を検討する場合、H-100 及び 6F.03 では 2-2-1×1 系列の構成、LM6000PF+及び SGT-800 では 2-2-1×2 系列の構成とする必要がある。

GT 機種ごとの発電機系統接続構成の比較を表 4-3 及び表 4-4 に示す。

前述のとおり、GTCC 1 ユニットが停止しても周波数変動が系統運用範囲内に収まる最大単機脱落容量は 2024 年で 233MW、2025 年で 253MW と想定される。この制限から H-100 及び 6F.03 の 1 フィーダでの接続構成は推奨できず、2 フィーダまたは 3 フィーダでの接続構成が推奨される。LM6000PF+及び SGT-800 においては、2 フィーダ、4 フィーダ、6 フィーダいずれの接続構成も適用可能である。

H-100 及び 6F.03 では、3 フィーダ接続構成が最適である。2 フィーダ及び 3 フィーダともに単機脱落容量の条件を満たすものの、変圧器・遮断器を含む総設備費では 3 フィーダ接続構成の方が経済面で有利である。

LM6000PF+及び SGT-800 では、2 フィーダ接続構成が最適である。2 フィーダ、4 フィーダ、6 フィーダいずれの接続構成も単機脱落容量の条件を満たすものの、変圧器・遮断器を含む総設備費では 2 フィーダ接続構成の方が経済面で有利である。

表 4-3 発電機系統接続構成(H-100 及び 6F.03)

Evaluation	Recommend	Not Recommend	Not Recommend
Configuration	3 Feeders	1 Feeder	2 Feeders
System Diagram			
advantage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partial load power supply is possible even if a step-up transformer or a circuit breaker fails</li> <li>Grid system frequency can be maintained within the operational limit even if the above described facility fails</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction and maintenance costs are low due to the small number of step-up transformers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Full load power supply is possible even if a step-up transformer or a circuit breaker fails</li> <li>Grid system frequency is not affected even if the above described facility fails</li> </ul>
disadvantage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction costs and maintenance costs are high due to the large number of step-up transformers(3 units)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>When the step-up transformer or the circuit breaker fails, the unit stops</li> <li>When the above described facility fails, grid system frequency deviates from the operational limit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In normal condition, a step-up transformer and a circuit breaker are used as spare (Back up)</li> <li>Construction costs and maintenance costs are high due to the large number of step-up transformers(2 units)</li> </ul>
Number of transformers	150MVA×3units	450MVA×1unit	450MVA×2units
Number of Circuit Breaker	3 for Transformer, 2 for Generator	1 for Transformer, 3 for Generator	4 for Transformer, 3 for Generator

出典：JICA 調査団

表 4-4 発電機系統接続構成(LM6000PF+及び SGT-800)

Evaluation	Recommend	Not Recommend	Not Recommend
Configuration	2 Feeders	6 Feeders	4 Feeders
System Diagram			
advantage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction and maintenance costs are low due to the small number of step up transformers(2 units)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partial load power supply is possible even when step up transformer or circuit breaker fails</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Full load power supply is possible even if a step-up transformer or a circuit breaker fails</li> <li>Grid system frequency is not affected even if the above described facility fails</li> </ul>
disadvantage	<ul style="list-style-type: none"> <li>When the step up transformer or the circuit breaker fails, the unit stops</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction costs and maintenance costs are high due to the large number of step up transformers(6 units)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In normal condition, a step-up transformer and a circuit breaker are used as spare (Back up)</li> <li>Construction costs and maintenance costs are high due to the large number of step-up transformers(4 units)</li> </ul>
Number of transformers	210MVA×2units	70MVA×6units	210MVA×4units
Number of Circuit Breaker	2 for Transformer, 6 for Generator	6 for Transformer, 4 for Generator	8 for Transformer, 6 for Generator

出典：JICA 調査団

## 4.2 燃料ガス供給計画及び給水計画

### 4.2.1 キシワサイトへのガス供給

2015年7月にムナジ湾のTPDCガス田からダルエスサラームまで導管長約500kmのガスパイプラインが完成した。キシワサイトへのガス供給は、キシワサイトの南に位置するバルブステーションNo.1(BVS01)から導管長約13kmのパイプラインを通し実施される。BVS01はムナジ湾ガス田からダルエスサラームまでのガスパイプライン上の設備である。

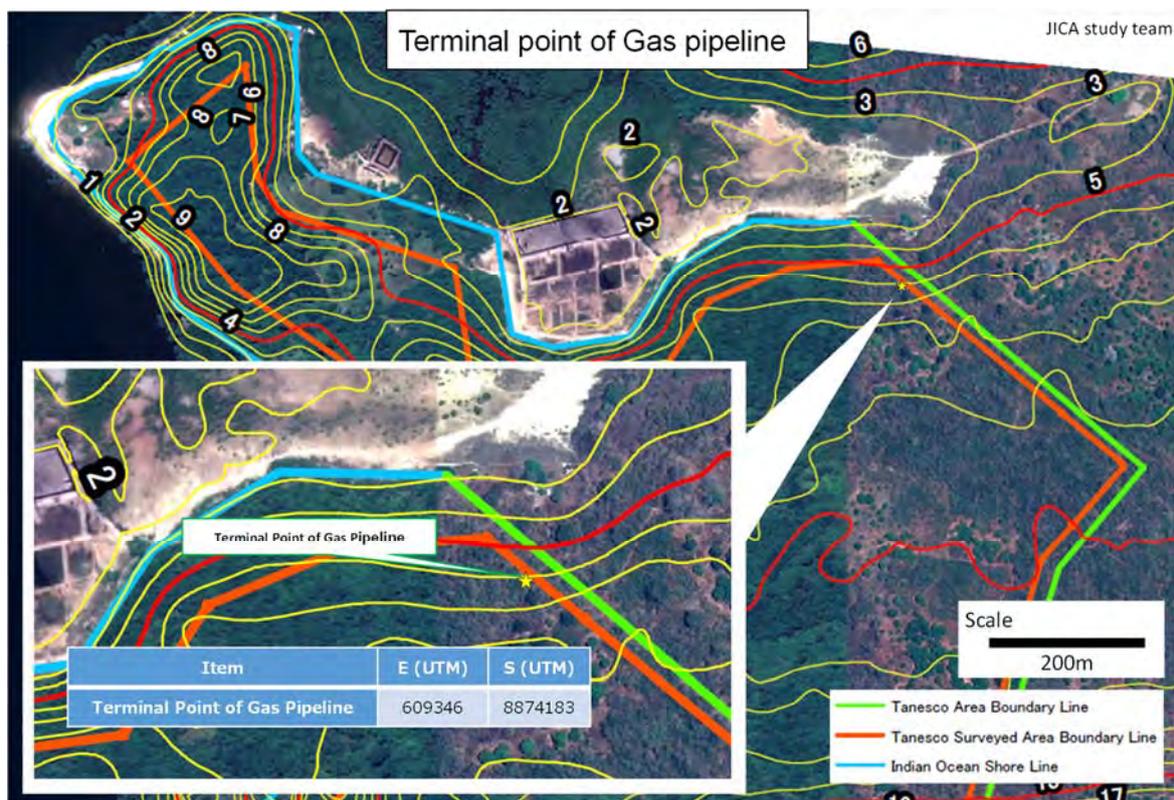
BVS01でのガス圧力は約90barであり、キシワサイトへのガス供給に十分な圧力を有している。TPDCは、キシワサイトが必要とする圧力のガスを供給できるようガス供給設備の設定調整を行う。

#### (1) キシワサイトへのガス供給ルート

TANESCOとTPDCはガス導管建設の計画を実施している。両者は社会性やダンゴテ敷地回避などを考慮しつつ、新設ガス導管のルートを検討した。

2018年3月、TANESCOとTPDCは合同でキシワサイトの現地調査を行い、2018年3月23日に供給地点の位置に関して相互に合意した。図4-6に合意されたガス供給の取合い点を示す。BVS 01とキシワサイト間のガス導管ルートは、図4-7に示す導管長約13kmのルートである。

キシワサイトへのガス導管建設にかかる工期は約14ヶ月である。



出典：JICA 調査団

図 4-6 キシワサイトのガス供給の取合い点

キシワサイトへの新設ガス導管は、キシワサイト専用導管として建設されるため、近隣施設のガス消費量変動による供給支障などの影響は受けにくいものとする。

新設ガス導管の全長は約13kmであり、鋼管の直径は12インチである。BVS 01での供給圧力が90barである場合、取合い点での圧力損失は1bar以下である。圧力損失値を考慮しても、ガス圧縮機なしでGT候補の全機種を運転することは十分可能である。TPDCは、キシワサイト近傍に減圧装置を設置し、必要圧力まで減圧したガスを供給する。

TPDC のガス供給安定性については、これまでガス供給支障を起こしていないこと、またガス供給網は冗長性をもったガスパイプラインで構成されていることから問題ないとする。仮に BVS 01 とキシワサイト間以外のガス供給網で事故が起こったとしても、ガス供給が停止する可能性は低いと推察する。TPDC によると、ムナジ湾ガス田と BVS 01 間のガスパイプラインで事故が発生しても事故箇所は各 BVS によって隔離され、ガス供給源をソングソングガス田に切替えることで、ガス供給を継続することができるとのことである。この状況は、ガス設備のメンテナンス時においても同様である。万が一ガスパイプラインで事故が発生した場合、TPDC 関係会社の GASCO (Gas Supply Company) が事故対応にあたる。



出典：JICA 調査団

図 4-7 BVS 01 からキシワサイトへのガス導管ルート(TPDC 計画案:約 13km)

(2) ガス供給量とガス性状

本事業でのガス使用量は約 51.9MMscfd と推定している。ムトワラ～ダルエスサラーム間のガスパイプラインのガス供給能力は 784 MMscfd に増強されている。TPDC は、ガスの供給余力を十分に有しており、キシワサイトへのガス供給は全く問題ないと明言している。また、TPDC はタンザニアの天然ガス埋蔵量が 57.54 Tcf であると推定しており、PSMP 2016 Update 記載の値とほぼ同等である。表 4-5 に PSMP 2016 Update に記載されているタンザニアのガス埋蔵量を示す。「The project for review of the natural gas utilization plan in Tanzania - final report」(NGUP) によると、この埋蔵量は LNG 生産国の 1 つであるマレーシアの天然ガス埋蔵量 41.3Tcf と比較してもかなり大きい。

表 4-5 PSMP 2016 Update におけるタンザニアのガス埋蔵量

Category	Gas fields	Proven Reserve	Provable Reserve
		P90 P1	P50 P1+P2
		Tcf	Tcf
Land/Shallow Water	Songo Songo	0.88	2.5
	Mnazi-Bay	0.262	5
	Mkuranga		0.2
	Nyuni	0.045	0.07
	Ruvuma		0.178
	Ruvuma		2.17
	Sub-total		10.118
Deep Water	Block-2		25.4
	Block1,3&4		21.73
	Sub-total		47.13
Total			57.25

出典：TPDC

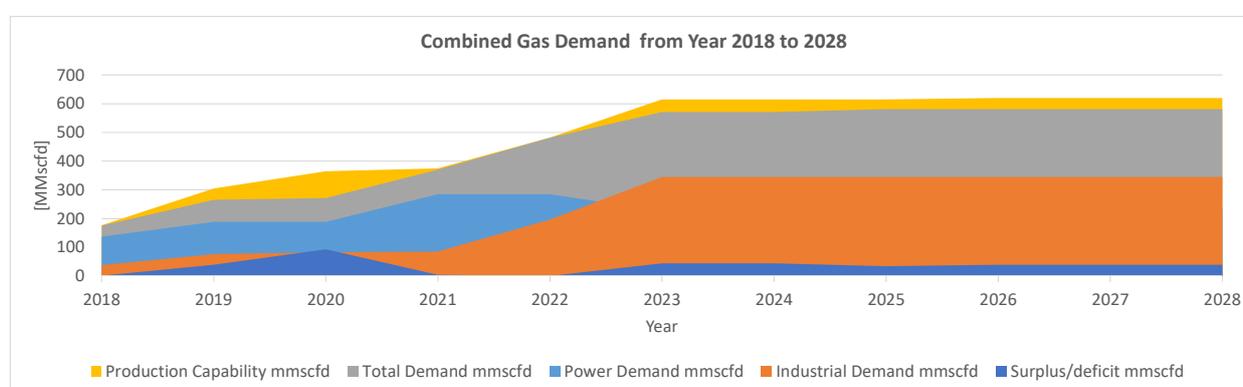
TPDC は将来のガス需要量及び生産量を表 4-6 及び図 4-8 のとおり予測している。この表では、キシワサイトは 2021 年に運転開始の予定となっている。現状では 1 号の GT は 2024 年に COD を迎える予定である。

表 4-6 2018 年から 2028 年におけるガスの需要と生産見通し

Year	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Power Demand mmscfd	137	189	189	285	285	226	226	236	236	236	236
Industrial Demand mmscfd	38	77	83	86	197	345	345	345 *	345	345	345
Total Demand mmscfd	175	266	272	371	482	571	571	581	581	581	581
Production Capability mmscfd	177	305	365	375	482	615	615	615	620	620	620
Surplus/deficit mmscfd	2	39	93	4	0	44	44	34	39	39	39

\* PSMP 2016 Update では、電力需要を除く需要は 2025 年に 175MMscfd と予測

出典：TPDC



出典：TPDC

図 4-8 2018 年から 2028 年におけるガスの需要と生産見通し

ガス総需要量は 2025 年に 581MMscfd まで増加することが予測されている。その後ガス需要量は数年間変化せず、その間ガス生産量は 620MMscfd まで伸びると予測されている。このガス需要量すべてをムナジ湾ガス田で賄う場合、ムナジ湾ガス田からダルエスサラーム間のガスパイプラインの容量は 784MMscfd であり、ガス供給は継続可能である。

TANESCO には電源開発計画があり、そのうちのいくつかは前述の TPDC ガス需要見通しに反映されている。表 4-7 と図 4-9 に最新の電源開発計画を反映させたガス需要見通しを示す。産業向けガス需要については、TPDC が過剰に予測している可能性があるが、安全側に評価するため、TPDC の予想値を使用している。

ムトワラ GTCC 発電所とソマンガ GTCC 発電所へのガス供給可能年数を次の条件で見積もった場合、2025 年から約 30 年間ガス供給が可能となる。

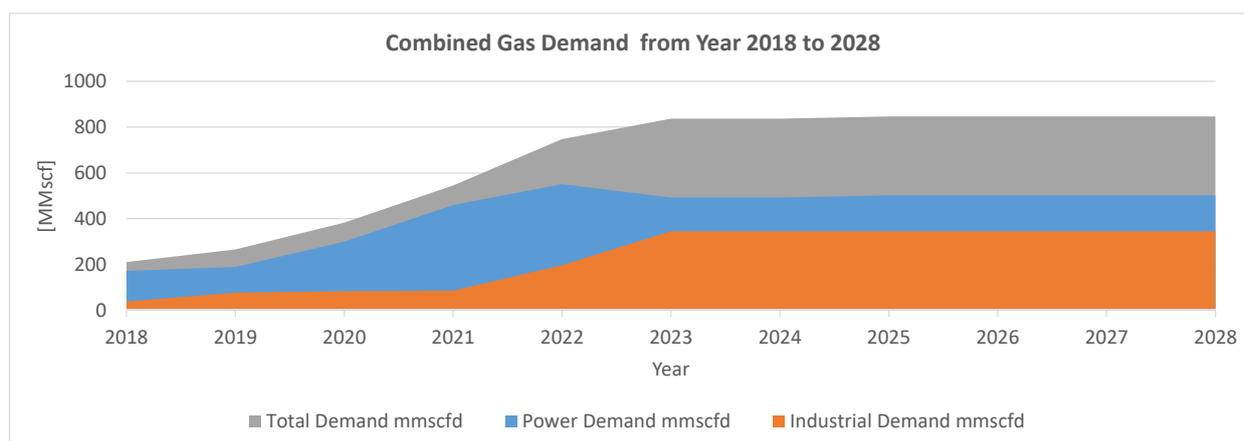
- TPDC のガス需要想定を利用する。ただし、2028 年より先の需要予測がないため、2025 年以降の需要を 581mmscfd で一定と仮定する。
- ガスは Songo Songo と Munaji Bay のみから供給されると仮定する。
- P1(90%) + P2(50%) の 7.5Tcf を両ガス田の容量として使用する。

表 4-7 2018 年から 2028 年までのガス需要見通し(更新版)

Year	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Power Demand mmscfd	172	189	300	459	555	496	496	506	506	506	506
Industrial Demand mmscfd	38	77	83	86	197	345	345	345	345	345	345
Total Demand mmscfd	210	266	382	545	751	840	840	850	850	850	850

\*産業での需要は TPDC のガス需要見通しより引用

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4-9 2018 年から 2028 年までのガス需要見通し(更新版)

TPDC のガス需要見通しと上記見通しには、いくつかの相違点がみられる。従って、TANESCO は各電源計画の進捗にあわせ、電源開発計画とガス消費見通しに関する情報を適宜 TPDC に提供する必要がある。

このガス需要見通しは、LNG 輸出計画や新規ガス火力発電所のような大量にガスを消費するプロジェクトが実施されるまで変化しないと推定できる。TANESCO の電源開発計画では、発電用ガス需要量は 2040 年に年間 296.43 Bcf まで増加する。産業分野での需要が変化しなければ、総ガス需要量は年間 422.24 Bcf となる。これはガス需要が最大の場合でも、現時点で確認されているガス埋蔵量で約 136 年間継続使用できることを意味している。一般に、タ

ンザニアのようなガス開発の歴史が浅い国では、開発が進むにつれガス埋蔵量が増加する可能性がある。表 4-7 と図 4-9 に示すように、将来のガス需要量は現在の需要量の 3 倍以上になると予想されている。これはガス販売収入が増加することを意味する。従って、多くの資金がガス田開発に投入され、ガス埋蔵量は今後さらに増加する可能性がある。またキシワサイトへのガス供給については、今後数年間タンザニアの南部地域に発電所を新設する計画は他にないため、ムナジ湾ガスが優先的に供給される。MOE (Ministry of Energy) によると、本事業のような重要なインフラ整備に対しては優先的にガスが供給される。また NGUP のマスタープランでは、火力発電をはじめとする様々な産業分野へ優先的にガスが供給されるとも記されている。

タンザニア国内ガス埋蔵量の大半が深海ガス田に存在している。しかし、内陸や浅瀬のガス田におけるガス埋蔵量は約 10 Tcf と推定されており、深海ガス田の開発が遅れ、かつ需要が最大ケースの場合においても、内陸や浅瀬でのガス埋蔵量だけで約 24 年間継続して使用することが可能である。PSMP 2016 Update によると、深海ガス田開発には数千億米ドル規模の資金が必要となる。この莫大な投資を実現するためには、巨大なガス需要が必要である。このような需要は LNG プロジェクトでのみ実現可能であり、小規模なプロジェクトでは必要な開発資金を確保することは困難である。

しかしながら、肝心のタンザニア国内 LNG プロジェクトは進展していない。当初、NGUP で深海ガス田を利用した LNG プロジェクトの開始が 2025 年頃に計画されていたが、施主国政府契約 (host government agreement) は未だ締結されておらず、コンサルティングサービスの入札が 2018 年 4 月によりやく行われた状況である。LNG プラントの運用を開始するには、施主国政府契約が締結されてから手続きに約 9 年かかる。従って、深海ガス田の運用開始は少なくとも 2027 年以降と推定される。LNG プロジェクトは現時点では進展していないものの、ガス埋蔵量が大きく、プロジェクトとして高い可能性をもっているため、遅れながらも今後の進展が期待される。

タンザニア国内では、自国の天然ガスは自国で消費すべきとの意見がある。しかし、政治家や政府関係者は、深海ガス田の開発には莫大な投資が必要であり、国内のガス需要は深海ガス田を開発するには少なすぎることを NGUP 等の活動により認識しており、LNG プロジェクトを進めようとしている。

NGUP によると、タンザニア国内の天然ガス関連産業の発展のため、肥料やメタノール、アンモニアの生産工場を開設する計画がある。この計画は深海ガス田開発・ガス利用に繋がるパイロットプロジェクトに位置づけられている。

前述のとおり、TANESCO の電源開発計画を反映したガス需要見通しと TPDC の現在の需要見通しにはギャップがある。しかし、タンザニア国内の天然ガス埋蔵量は十分大きく、供給設備としてムナジ湾ガス田～ダルエスサラーム間のガスパイプラインとソンゴソンゴガス田～ダルエスサラーム間のガスパイプライン容量も計 889 MMscfd であり十分大きい（ムナジ湾ガス田～ダルエスサラーム：784MMscfd、ソンゴソンゴガス田～ダルエスサラーム：105MMscfd）。最新の TANESCO 電源開発計画を元に TPDC がガス生産設備を更新することで、将来のガス需要を満たすことは十分可能である。

GT は、燃料として使用できるガスの成分に設計上の制限がある。表 4-8 に TPDC より提示されたムナジ湾ガス田からキシワサイトに供給されるガスの組成及び特性を示す。表 4-8 に示す組成及び特性のガスをキシワサイトで使用した場合、2.2MMscf/時、51.9MMscf/日、16.3Bscf/年の天然ガスが必要となる。

表 4-8 キシワサイトに供給されるガス組成及び特性

No.	組成および特性	標準品質
1.	メタン	87.0 - 99.0 mol. %
2.	エタン	1.8 - 5.1 mol. %
3.	プロパン	0.1 - 1.5 mol. %
4.	不活性ガス	最大 7.0 mol. %
5.	二酸化炭素	最大 4.0 mol. %
6.	酸素	最大 0.2 mol. %
7.	窒素	最大 5.6 mol. %
8.	硫化水素	最大 5.7 mg/m <sup>3</sup>
9.	全硫黄	最大 10.0 mg/m <sup>3</sup>
10.	水分	最大 73.0 mg/m <sup>3</sup>
11.	露点	最大 2.0°C at 3500 kPa
12.	高位発熱量 (HHV)	35.1 - 42.3 MJ/m <sup>3</sup>
13.	ウォットベ指数	41.0 - 52.0 MJ/m <sup>3</sup>
14.	比重	0.57 - 0.62
15.	温度範囲	2.0 - 50°C
16.	メルカプタン硫黄	最大 5.0 mg/m <sup>3</sup>

出典：TPDC

### (3) ガスパイプラインの作業範囲と取合い点

ガス供給設備の所管は以下のとおり。

- 取合い点の外側：TPDC
- 取合い点の内側：TANESCO

各所管箇所が、それぞれのガス供給設備の建設、管理、O&Mに全責任を負う。

#### 4.2.2 キシワサイトへの給水

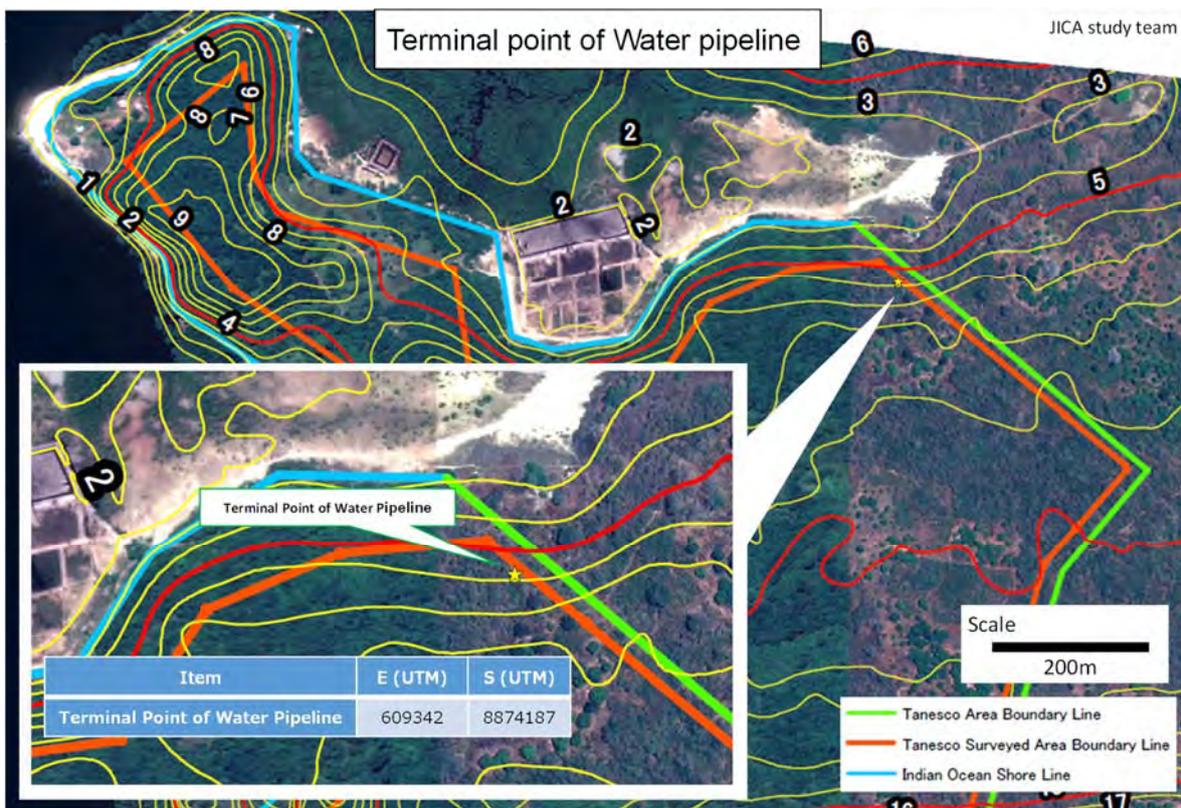
ムトワラールブマ川給水プロジェクトにより、キシワサイトへ水を供給することができる。このプロジェクトではルブマ川から約 60km 離れたムトワラミキンダニに水を供給するものであり、主要配管ルートから半径 12km 以内に 23 の村落があり、キシワサイトを含めた各地域へ給水が可能とされていた。しかし、ムトワラールブマ川給水プロジェクトは財政的な問題により進展がみられないため、ムトワラールブマ川給水プロジェクトに対する代替計画が必要となった。

MTUWASA はムブオ川近傍にある井戸の開発プロジェクトを実施している。このプロジェクトでは 3 箇所の井戸が開発される予定であり、総給水量は約 1,850m<sup>3</sup>/日が見込まれている。既に 3 箇所の内、2 箇所の井戸が開発され、現在の給水容量は約 1,200m<sup>3</sup>/日である。MTUWASA は本事業への給水に関して、給水容量として十分余裕があると判断している。さらに、MTUWASA は将来の需要の増加、特にミキンダニ工業地帯の需要増加に備えて水源の開発を続けている。

MTUWASA の既存需要家によると、現在、水の供給は不十分であり、しばしば停止されるようである。その原因は、ポンプへの電力供給不足であり、ムトワラ地域での電力供給状況が良くないことがわかる。しかし、ムトワラ GTCC 発電所が稼動すれば電力不足による給水問題は改善されるため、本事業は、ムトワラでの水供給状況安定化の面でも重要であるといえる。

##### (1) キシワサイトまでの給水ルート

MTUWASA と TANESCO は水道管建設を計画している。両者は経済性等を考慮して新設水道管のルートを設計した。本調査の中で、TANESCO は実際に現地調査を行い、給水地点を決定した。図 4-10 に MTUWASA からの給水の取合い点を示す。

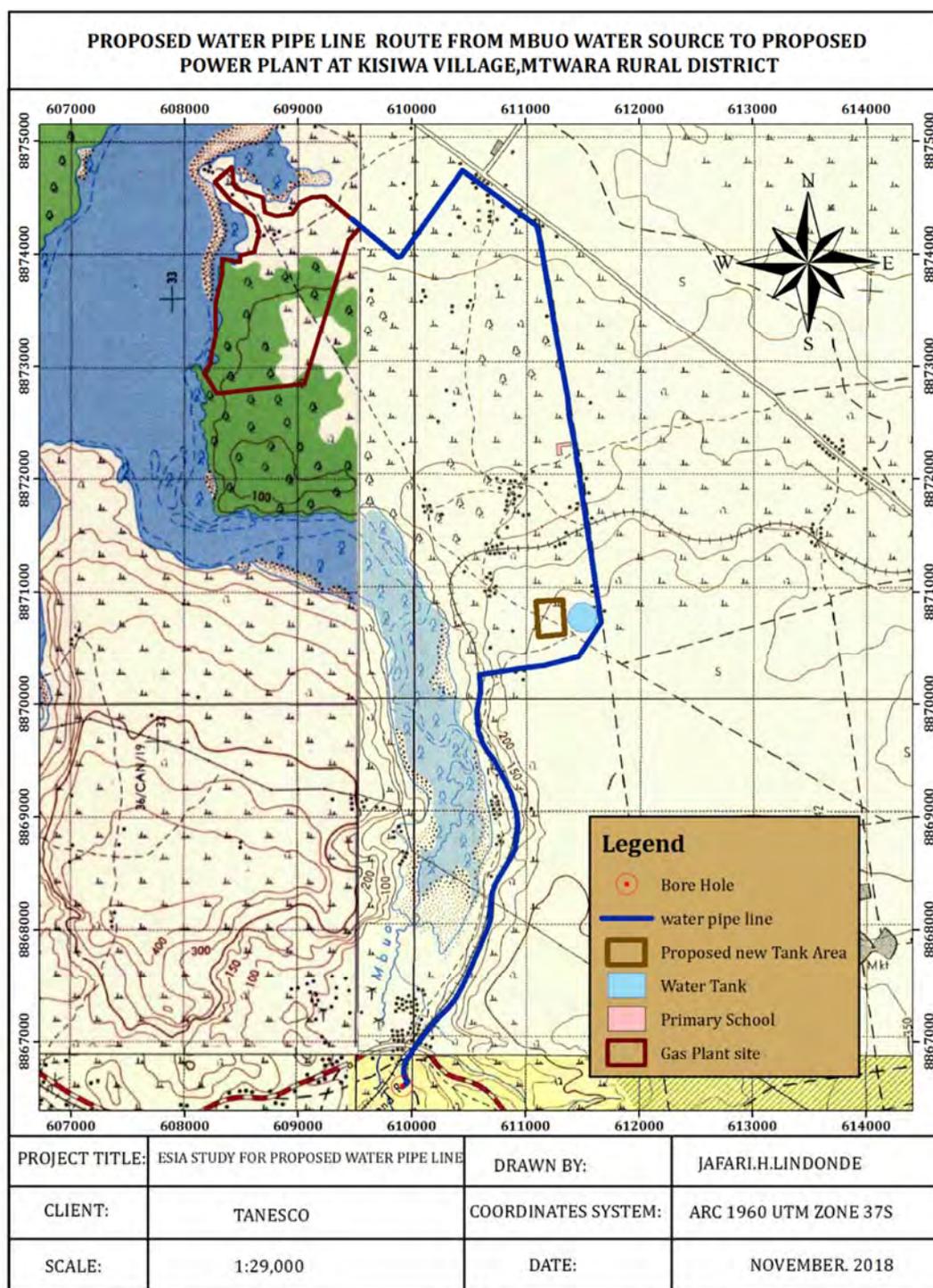


出典：JICA 調査団

図 4-10 キシワサイトでの給水の取合い点

TANESCO は水道管を建設し、MTUWASA はキシワサイトへの水供給を実施する。キシワサイトへの新設水道管は、ガス導管と異なり、キシワサイト専用ではなく近隣の村と共有される。

水道管長は約 12km であり、図 4-11 に井戸からキシワサイトまでの水道管ルート計画を示す。



出典：JICA 調査団

図 4-11 ムブオ川近傍にある井戸からの水道管ルート計画

(2) 給水量と水の性状

ムブオ川近傍にある井戸の給水能力は、現在 2 箇所目の井戸合計で約 1,200 m<sup>3</sup>/日であり、前述のとおり 3 箇所目の井戸が開発されれば約 1,850 m<sup>3</sup>/日に増加する予定である。現在の水需要は約 400 m<sup>3</sup>/日であり、キシワサイトで必要となる給水量は約 300 m<sup>3</sup>/日である。よって、MTUWASA は本事業での水使用量は、全く問題ないと判断している。表 4-9 にムトワラ地域の水の需給見通しを示す。

表 4-9 ムトワラ地域での 2016 年から 2026 年までの水需給見通し

(単位：m<sup>3</sup>)

年	水需要	水生産量
2016	4,891,730	6,988,185
2017	5,028,605	7,082,542
2018	5,169,495	7,179,854
2019	5,314,035	7,279,500
2020	5,462,955	7,382,371
2021	5,615,890	7,487,853
2022	5,773,205	7,596,322
2023	5,946,580	7,722,831
2024	6,106,815	7,829,250
2025	6,271,795	7,938,981
2026	6,441,155	8,051,443

出典：MTUWASA

2017 年の年間水需要は 5,028,605m<sup>3</sup> であり、これは 13,777m<sup>3</sup>/日に相当する。水需要は 2026 年には 6,441,155m<sup>3</sup>/年、17,647m<sup>3</sup>/日に増加すると予測されている。MTUWASA は将来の需要増加に備えて、更なる水源の開発を進めており、キシワサイトに対する給水の実現性は高いと考えられる。

(3) 水道管の作業範囲と取合い点

給水設備の所管は以下のとおりである。

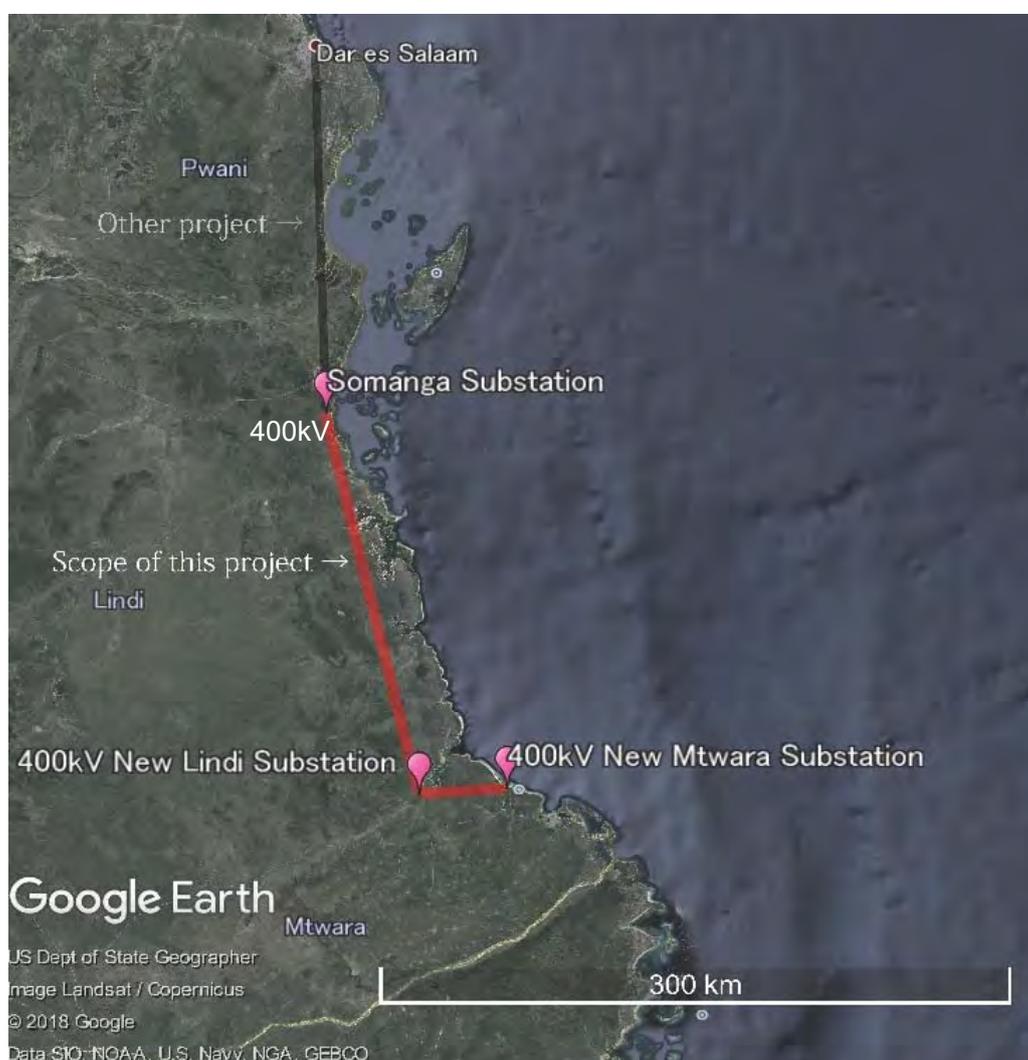
- 取合い点の外側：MTUWASA
- 取合い点の内側：TANESCO

## 第5章 送電線ルートを選定

### 5.1 はじめに

第5章では、ムトワラ GTCC 発電所で発電された電力をダルエスサラームへ送電するための 400 kV 送電線ルート選定の実現可能性評価について報告する。この送電線系統は、タンザニアの基幹系統の一部として重要な役割を果たすものである。

図 5-1 に示すように、400kV 新リンディ変電所を経由して 400kV 新ムトワラ変電所と 400kV ソマンガ変電所候補地点について送電線ルート調査を実施した。



出典：JICA 調査団

図 5-1 送電線ルート調査の範囲

## 5.2 送電線ルート概要

送電線ルート選定は、鉄塔建設だけでなく、土地取得などのコストにも影響するため、計画段階で最も重要な調査項目の1つである。推奨ルートは、これらの問題を考慮して決定する必要がある。表 5-1 に記載された各概要に従って、4 つのルート候補が準備されている。

ルート 1 は 2015 年に米国国際開発庁 (USAID) によって報告されたが、現地調査前の予備調査では、ルートの一部が居住地域または保護された森林地帯を通過することが示唆された。これらの地域は、必要な土地交渉と許可取得のため、建設工程に影響を及ぼすことが懸念される。

ルート 1A は、ルート 1 をベースとして、制限されたエリアを通過することを避けるようにしている。

コンクリートミキサーや大型クレーンカーなどの建設車両のスムーズな交通を確保することは、安全で迅速な建設とプロジェクトコストの最小化に不可欠である。このような観点から、主要道路沿いのルート 2 が提案されている。

ルート 3 は、既存のガスパイプライン (以下、パイプライン) と平行かつ近接して配置している。TANESCO は、このルートでは、土地取得コストを削減することができるの見通しを示している。

表 5-1 送電線ルート候補の概要

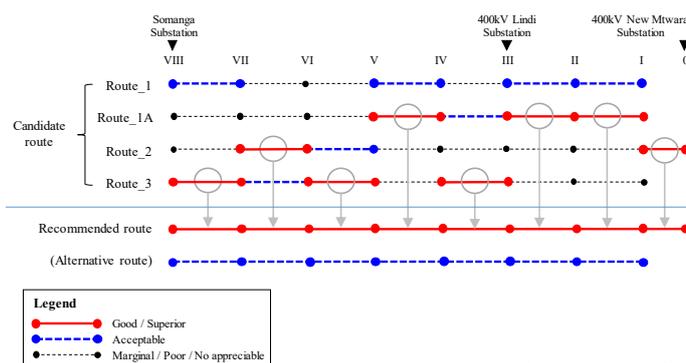
No.	ルート	コンセプト
1	ルート 1	2015 年 USAID レポートにおける推奨ルート
2	ルート 1A	ルート 1 の修正ルート 山岳部、住宅地、森林保護区の横断箇所を修正したルート
3	ルート 2	国道に沿ったルート 鉄塔へのアクセス道路が最短・容易となるルート
4	ルート 3	ガスパイプラインに隣接し併走する TANESCO よりの推奨ルート 用地交渉は容易となる

出典：JICA 調査団

ルート候補は 8 つのセクションに分割され、各セクションで相互に比較される。

さらに推奨ルートは、図 5-2 のように各セクションの「良・優良」と評価されるルート候補を接続することによって構成している。

ちなみに、各区間の境界は、ルートが互いに交差している地点や及び変電所の候補地点に設定している。推奨ルートと代替ルートは、上記のプロセスの結果に基づいて選定されている。



出典：JICA 調査団

図 5-2 送電線推奨ルートの比較

### 5.3 送電線ルート調査

#### 5.3.1 セクション 0-I

図 5-3 に示すセクション 0-I 間におけるルート 2 は大型車通行可能な主要道路に沿った最短距離 (9 km) のルートである。途中、カシューナッツ畑を横断し、小学校を迂回する。また、海岸が近いことため塩害対策が必要である。

#### 5.3.2 セクション I-II

図 5-3 に示すセクション I-II 間におけるルート 1A は国道に沿った最短距離 (9.5 km) のルートである。途中、国道・雨季時の沼地を横断するがそれぞれの鉄塔間スパンは、490m, 610m であり標準設計で対応可能である。また、海岸が近いことため塩害対策が必要である。

#### 5.3.3 セクション II-III

図 5-3 に示すセクション II-III 間におけるルート 1A は、国道に沿って通過するが Lindi 手前で雨季時の沼地を避け新リンディ変電所に引き込むルートである。



出典：JICA 調査団

図 5-3 調査結果を踏まえた最適送電線ルート(1)

### 5.3.4 セクション III-IV

図 5-4 に示すセクション III-IV 間におけるルート 3 は用地取得が容易なガスパイプラインに沿った最短距離 (26.3 km) のルートである。国道から遠いが、国道に沿ったルートと比べて約 5km ほど短く、雨季時の沼地を避ける利点があるが運搬には不利である。

### 5.3.5 セクション IV-V 及び V-VI

図 5-4 に示すセクション IV - V 間におけるルート 1A は大型車通行可能な主要道路に沿った最短距離 (6 km) のルートである。

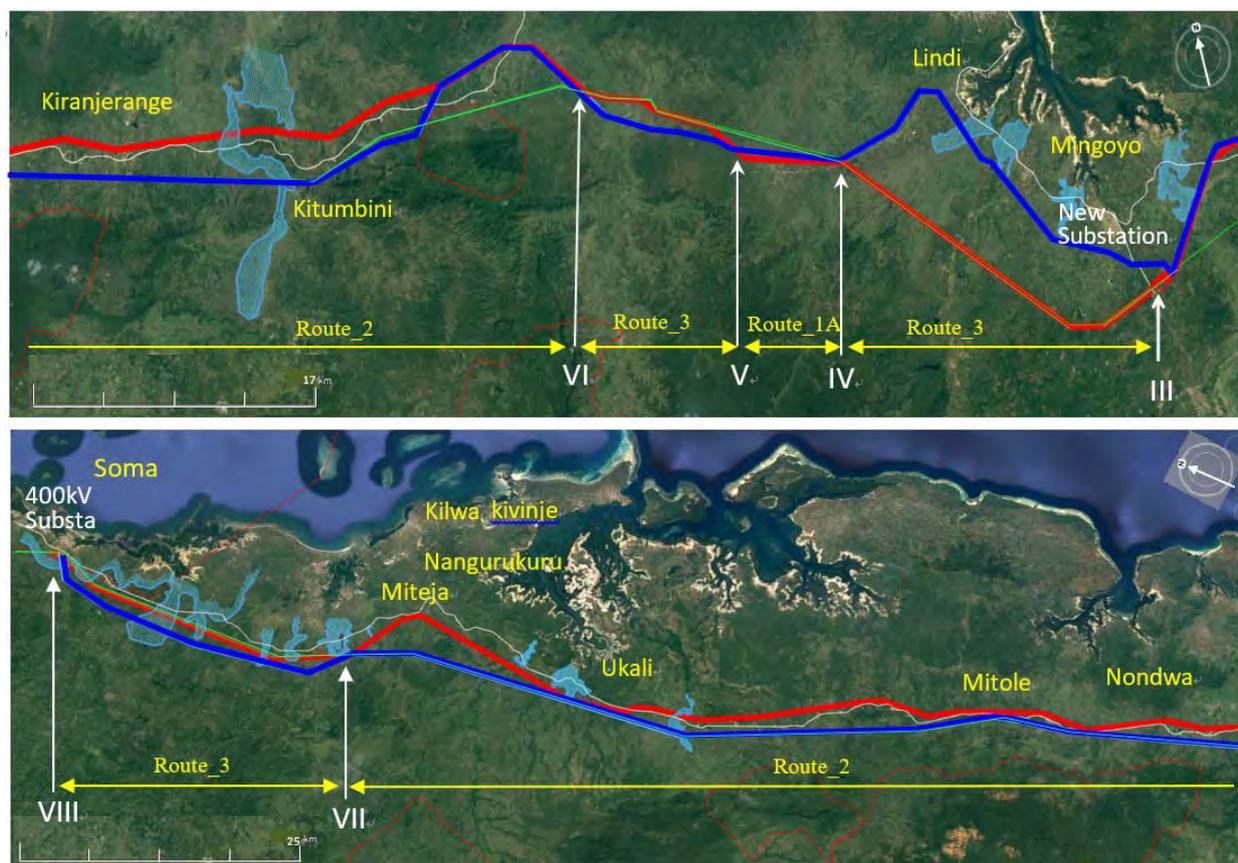
V - VI 間におけるルート 3 は用地取得が容易なガスパイプラインに沿った最短距離 (12.0 km) のルートである。また、大型車通行可能な主要道路から鉄塔へのアクセスも短く運搬は容易である。

### 5.3.6 セクション VI-VII

図 5-4 に示すセクション VI-VII 間におけるルート 2 は森林保護区を避け、国道に沿った最短距離 (126.7 km) のルートである。海岸に近いルートであるが、塩害による汚損度は Light レベルを保っている。

### 5.3.7 セクション VII-VIII

図 5-4 に示すセクション VII-VIII 間におけるルート 3 は用地取得の容易なガスパイプラインに沿った最短距離 (36.4 km) のルートである。海岸に最も近いルートであるため塩害対策が必要となる区間である。



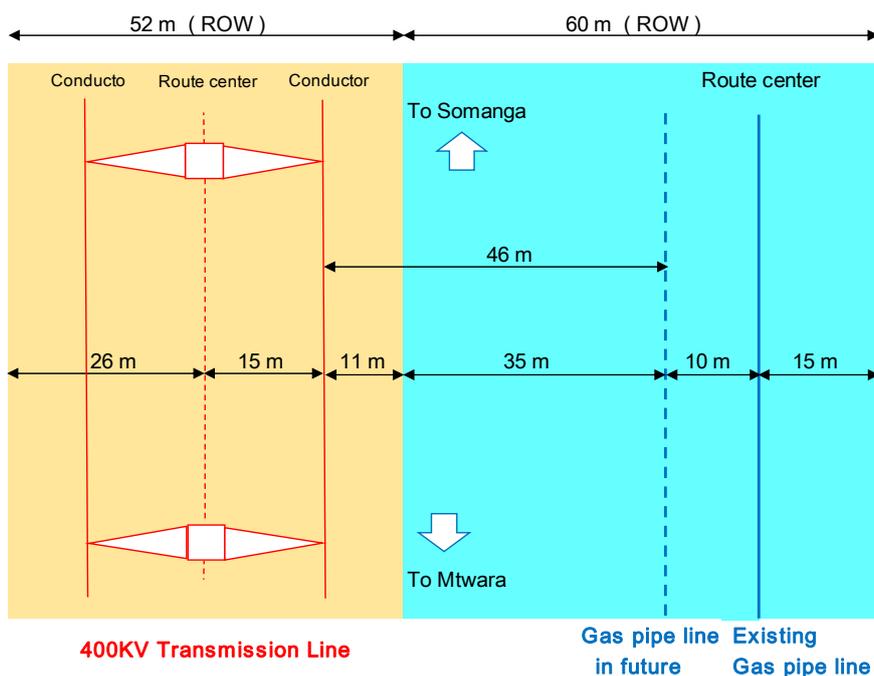
出典：JICA 調査団

図 5-4 調査結果を踏まえた最適送電線ルート(2)

### 5.3.8 ガスパイプラインに沿った送電線ルートの必要条件

一方、ガスパイプラインと並行して送電線を設置した場合、交流干渉、基礎杭打ちによる損傷、交流腐食、感電のリスクがある。

送電線とガスパイプライン間で適切な距離を確保するため、JICA 調査団は TANESCO 及び TPDC と協議し、図 5-5 のとおり整理した。



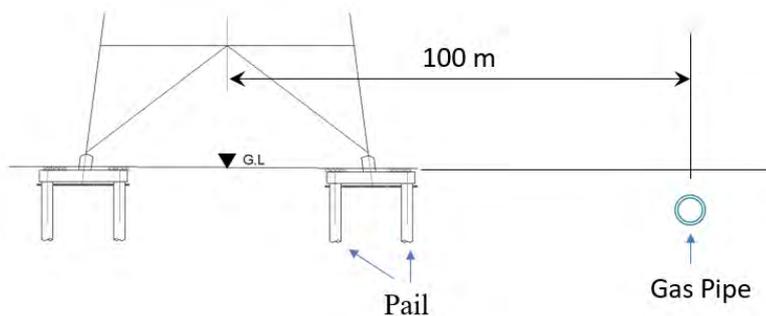
出典：JICA 調査団

図 5-5 400KV 送電線とガスパイプラインの離隔

鉄塔にパイルタイプの基礎を適用する場合、図 5-6 に示すようにパイル杭の打撃振動によるパイプラインの損傷を防ぐため、100m 以上の距離を確保する必要がある。また、送電線とガスパイプラインが交差する場合は、交差角はできるだけ垂直になるように計画する必要がある。



pile hammer



Pail type

出典：JICA 調査団

図 5-6 パイル型基礎とガス導管間の必要距離

### 5.3.9 共通課題（仮設道路）

本事業で利用するサイトへのアクセス道路は以下の3種類です。

#### (1) 本サイト内で利用可能な最小アクセス道路（利用が許可されている公道を含む）

発注者 TANESCO は、鉄塔用地、送電線下用地や最低限必要なアクセス道路（公道を含む）の所有権・利用許可を土地所有者および関連当局から取得する。

発注者 TANESCO は、請負者に本サイトのすべての部分の所有権および本サイトに立ち入りするためのアクセス権を与え、工事を中断することなく実施する。また環境状況によっては、請負者は環境影響評価に必要な緩和対策を実施する。

#### (2) プロジェクト建設のための本サイト外の仮設として使用するアクセス道路（利用が許可されている公道を含む）

請負者の使い勝手のために仮設として使用するアクセス道路である。

契約の効力発生後、請負者は発注者が事前に実施した調査をチェックするために再調査する。

また請負者は、環境影響評価報告書に記載されているサイトへのアクセス権を確認する。

請負者が自らの使い勝手のために仮設アクセス道路および公道を必要とする場合、請負者は自らのリスクと費用で、本サイト外の追加の通行権または施設を取得するものとする。

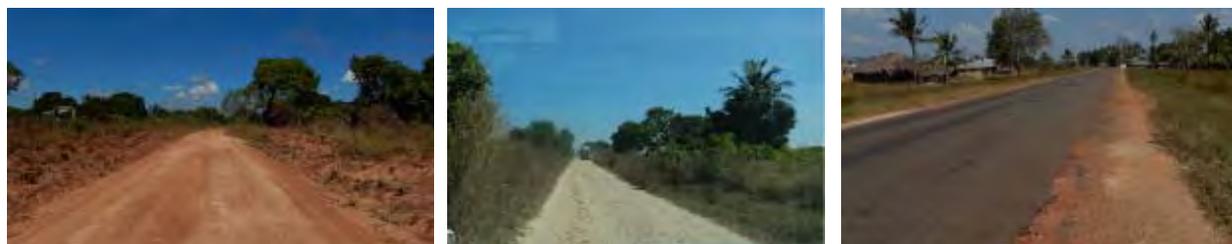
請負者は関係当局、土地所有者、および近くの住居による同意を受けることを条件として、このような仮設アクセス道路および公道を使用するとともにメンテナンスについても責任を負い、使用から生じる請求についても責任を負う。

#### (3) 本サイトへの恒久的なアクセス道路

メンテナンスのために利用され、近隣の住居などの第三者による公衆に利用される。

原則として、上記2項の仮設アクセス道路は本事業完成後に撤去され、道路建設前と同じ状態に復元される。

しかし、発注者が仮設アクセス道路を送電線の維持目的で永久的な道路として使用したい場合、仮設アクセス道路は図 5-7 に示すように、関係当局、土地所有者および近隣の住居から同意を受けることを条件として永久道路に変更される。



未舗装路

砂利填圧のみ

舗装路

出典：JICA 調査団

**図 5-7 道路の種類**

## 第6章 変電所候補地の選定

### 6.1 既設変電所

400/132kV 新変電所は既設 132kV 変電所と系統接続されることとなるため、JICA 調査団はムトワラ地域とリンディ地域それぞれの既設 132kV 変電所の現場調査を実施した。ムトワラ～リンディ間の送電線損失低減と信頼性向上のために、TANESCO は 132kV 変電所 2 箇所（ムトワラ、リンディ）と、両者を接続する 132kV 送電線を建設した。

132kV ムトワラ変電所と 132kV マフンビカ変電所とを結ぶ 132kV 送電線は約 80km の 1 回線である。また、両変電所にそれぞれ 132/33kV、20MVA 変圧器が 1 台設置されている。132kV ムトワラ変電所と 132kV マフンビカ変電所の 33kV 母線は、それぞれ 6 フィーダと 5 フィーダである。

### 6.2 新設変電所

#### 6.2.1 400kV 新ムトワラ変電所

図 6-1 に示すように、JICA 調査団はキシワサイトを含む 3 地点を 400kV 新ムトワラ変電所の候補地として選定した。

JICA 調査団は、1) 用地取得、2) 建設費、3) 運転・保守費用、4) 地元系統との連系、5) モザンビークとの連系という 5 つの観点で各候補地を評価した。ビーチングによる重量物運搬が可能であることから、キシワサイト内に位置する候補地#1 を最適候補地として選定した。加えて候補地#1 の場合、運転・保守要員をムトワラ GTCC 発電所と共有することもできる。

他方で、候補地#1 は海岸地域に位置するため塩害対策について考慮する必要がある。日本の場合このような地域ではフル GIS 変電所が一般的に採用される。



出典：JICA 調査団

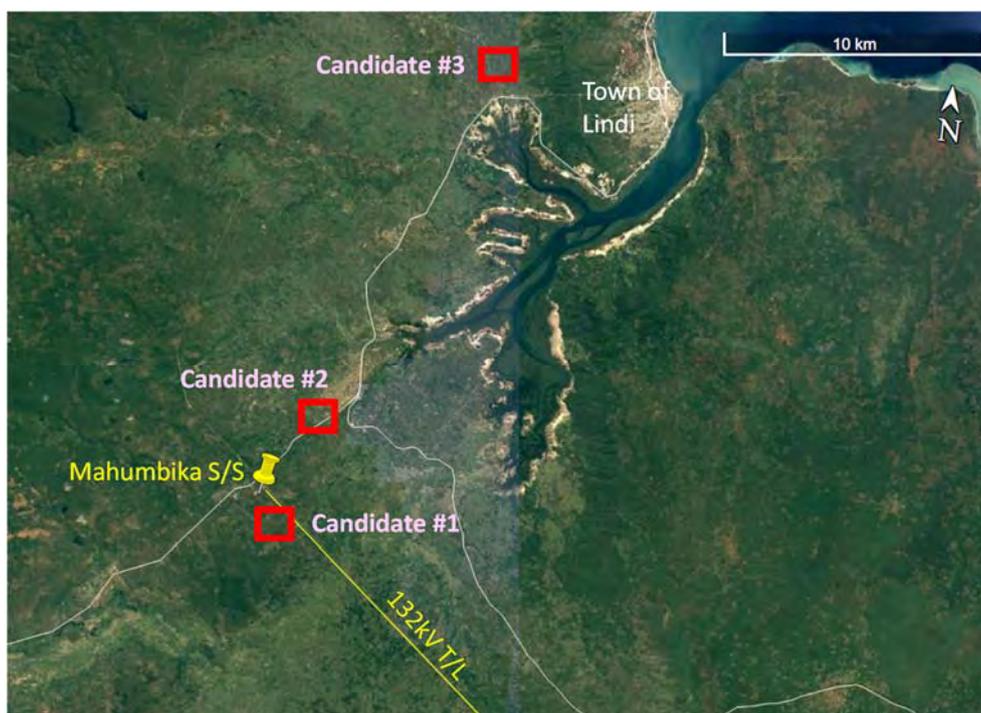
図 6-1 400kV 新ムトワラ変電所候補地 #1～#3

### 6.2.2 400kV 新リンディ変電所

図 6-2 に示すように、JICA 調査団は 132kV マフンビカ変電所を含む 3 地点を 400kV 新リンディ変電所の候補地として選定した。

JICA 調査団は、1) 用地取得、2) 建設費、3) 運転・保守費用、4) 地元系統との連系という 4 つの観点で各候補地を評価した。用地取得が完了していること、既設 132kV 系統への接続が容易なことから、132kV マフンビカ変電所に隣接する候補地#1 を最適候補地として選定した。加えて候補地#1 の場合、運転・保守要員を 132kV マフンビカ変電所と共有できる可能性がある。

他方で、特別三相変圧器を採用するなどして陸上輸送の罰金への対策を考慮する必要がある。JICA 調査団は建設費用や運転・保守費用を最小化するために最適な技術的選択肢を検討する。



出典：JICA 調査団

図 6-2 400kV 新リンディ変電所候補地#1～#3

## 第7章 サイトの概況

### 7.1 地 形

#### 7.1.1 プロジェクトエリアの地形

提案されているムトワラ GTCC 発電所、400kV 変電所、及び 400kV 送電線のプロジェクトエリアは、ルブマ川と南海岸流域 (RSCB) の間のムトワラ地域とリンディ地域沿岸地域に位置している。RSCB (帯水層) は深く風化した堆積岩や花崗岩の下にあり、その結果、比較的平坦である。主な例外として、インド洋と並行してムトワラ地域とリンディ地域の東部を南北に砂岩台地が広がっている。

リンディ地域内の RSCB の北部は、丘陵地帯及び侵食された地形によって特徴付けられている。海岸近くでは、標高は一般的に 150m 以下であり、内陸に広がるいくつかの湾もこの地域に存在している。

ムトワラ GTCC 発電所の予定地のムトワラ沿岸地域の標高は海拔 0m から 30m の範囲内にある。起伏のある地形は、海岸線に沿ってより多くの砂質土壌からなる石灰岩が多く含まれる沿岸の堆積層で構成されている。海岸沿いの低地は特に雨季の洪水の影響を受けやすく、地形はほぼ全域が緩やかな丘陵で構成されているが、11.31～18.43 度の範囲の急傾斜地がある。これらの斜面は、開発地域及び発電タイプを調査する場合に考慮する必要がある。

#### 7.1.2 キシワサイトの地形

##### (1) キシワサイトの地形概要

計画されている 300MW クラスの GTCC 発電所とその関連設備及び 400kV 新ムトワラ変電所は、キシワサイトと呼ばれ、ムンビ川の段丘の一部であるキシワ地域の北東部に位置し、キシワ湾 (Sudi Creek) に面している。サイトの面積は約 160ha である。

地形図を見る限り、地形は徐々に南に上がり、現在はさまざまな樹木が群生しており、海拔 0～30m の緩やかな丘陵地である。このサイトは、南東から北西に向かって緩やかに傾斜している。内陸部では小さな灌木が繁茂し、砂で覆われた海岸線である岬の先端を除いて湾の海岸線に沿ってマングローブ林が群生している。

## (2) キシワサイトとその周辺の地形図

キシワサイトの境界は、ムトワラ地域評議会（RAS）と TANESCO によって以下の条件のもとに、相互に合意されている。

- a) 海岸に沿った境界は、緩衝地帯として満潮位海岸線から 60m 離れた場所に設定する必要がある。
- b) 山（陸）側の境界は、設置された境界杭とする。

衛星写真を用いた地形調査を行い、キシワサイトおよびアクセス道路、水道、ガス導管建設に関連する地域の地形図を作成した。

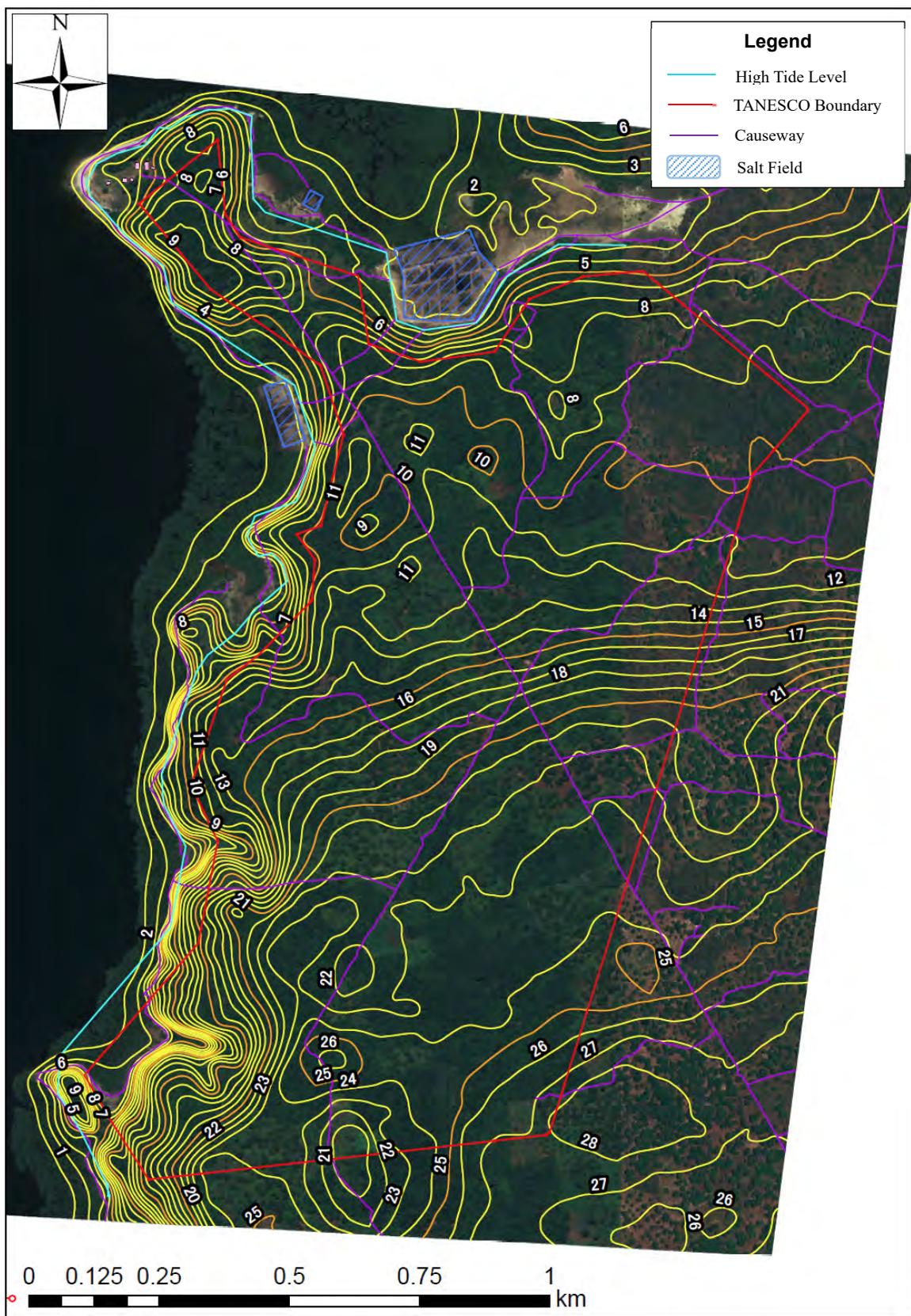


図 7-1 キシワサイトの地形図



図 7-2 キシワサイト周辺の地形図

### 7.1.3 リンディサイトの地形とその周辺概況

第6章で説明したように、技術的及び周辺環境の観点から、3つの候補地点から400kV新リンディ変電所が選択された。リンディの一般的な地形条件は第6章で説明されており、マフンビカ変電所サイト132kV近隣に位置する。

400kV新リンディ変電所は、リンディからマサシまでの国道(B-5)とムトワラからダルエスサラームまでのガスパイプラインの交差点の南に位置し、132/33kVのマフンビカ変電所は、サイトの北部で稼動している。住宅地が新リンディ変電所の西側にある国道(B-5)に沿って広がっている。

このサイトはほぼ平坦な地形であり、132kVのマフンビカ変電所のエリアを除いて小さな灌木で覆われている。400kV新リンディ変電所は海から約15km離れており、周囲に工場がないため、海風や煤塵の影響を考慮する必要はない。しかし、IEC/TS 60815-1に従った変電所の汚染レベルが非常に大きいのは、タンザニアで乾季におけるほこりや降水量が少ないために設定されている。

### 7.1.4 送電線ルート of 地形

提案されている約270kmのムトワラ～ソマンガ間の400kV送電線ルートの大部分はムトワラ～ソマンガの間の主要道路の近くを通すと想定され、山岳地帯のない穏やかな地形を通っているが、予定ルートの途中に自然保護区域の沼地近くを通過している。

さらに、400kVのソマンガ変電所の一部(ルフィジ～マフィア～キルワ)は、ラムサール条約の保護区域に位置している。現時点で400kVのソマンガ変電所の詳細なレイアウトは決定していないため、詳細設計を実施する際に、変電所への送電線の接続方向を環境の観点からTANESCOと調整し検討する必要がある。

## 7.2 キシワサイト周辺の海底調査

### 7.2.1 海岸及び沖合の概況

#### (1) 海岸の概況

海岸線に沿って起伏のある砂質の土壌が存在し、石灰岩が多く存在する堆積層で構成されている。

キシワサイトの北西端は海拔 0m～8m の高さにあり、周囲に旧塩田が散在している。漁船を係留するために漁師によって砂浜が使用されている。南側の海岸に沿ったマングローブ林は、約 3m の高さの沿岸テラスを形成している。マングローブ林は、キシワサイトの境界線と海岸の間に群生している

ムトワラ地域評議会 (RAS) によれば、国家環境管理委員会 (NEMC) の許可が得られれば、旧塩田及びマングローブ林は取・放水設備の用地として利用できる。

#### (2) 沖合の概況

雨季には、キシワ湾 (Sudi Creek) へムンビ川やムブ川から流入するが、乾季には両河川からの流入はほとんどなくなる。

キシワサイトの北西端にある突出した岬の沖合を除き、深さ 2～4m の水深が海岸線に沿って続いている。また海水の透明度は約 1m である。

キシワ湾の潮流は通常時には中程度であり、約 0～0.3 m/s と推定され、波高は約 0.5～1m であった。マングローブが群生する小さな島々があり、満潮時には水没する島がある。

JICA 調査団が実施した現地調査では、7月にはクラゲは観察されなかったが、12月中旬に直径 10～15cm のクラゲが多く観察された。12月から4月の雨季にクラゲの数が増加すると推定される。

また、調査時には漂流ゴミや樹木の枝など、いくつかの漂流物があった。地元の漁師の漁獲は、主に小さな魚やカニなどであった。

### 7.2.2 海水位

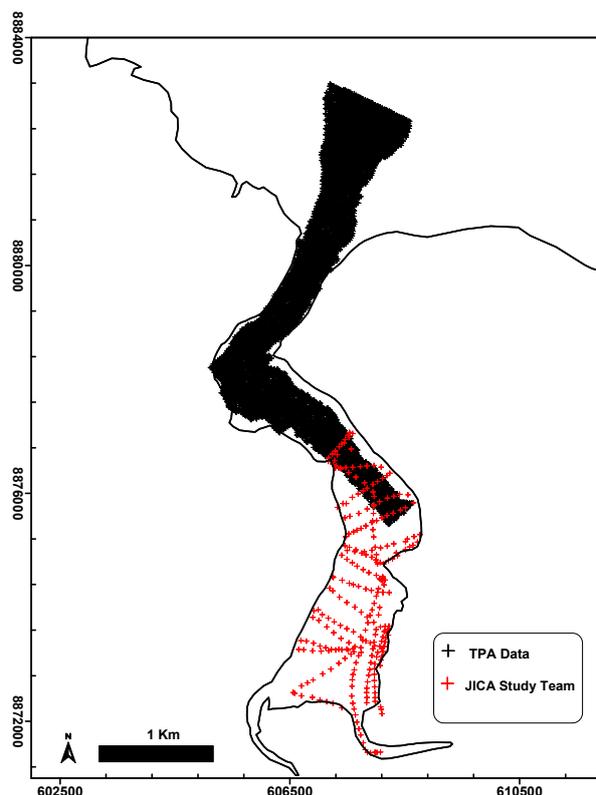
考慮すべき潮位のパラメータは、基準レベル、平均海面水位、平均大潮高水位及び平均大潮低水位の高さである。

以下は、タンザニア港湾公社（TPA）が提供するムトワラ港の潮位の基準値である。

最高天文潮位 (HAT)	4.1m
平均大潮高水位 (MHWS)	3.6m
平均高水位 (MHWN)	2.6m
平均海拔 (MSL)	2.0m
平均大潮低水位 (MLWN)	1.4m
平均大潮低水位 (MLWS)	0.4m
最低天文潮位 (LAT)	0.0m

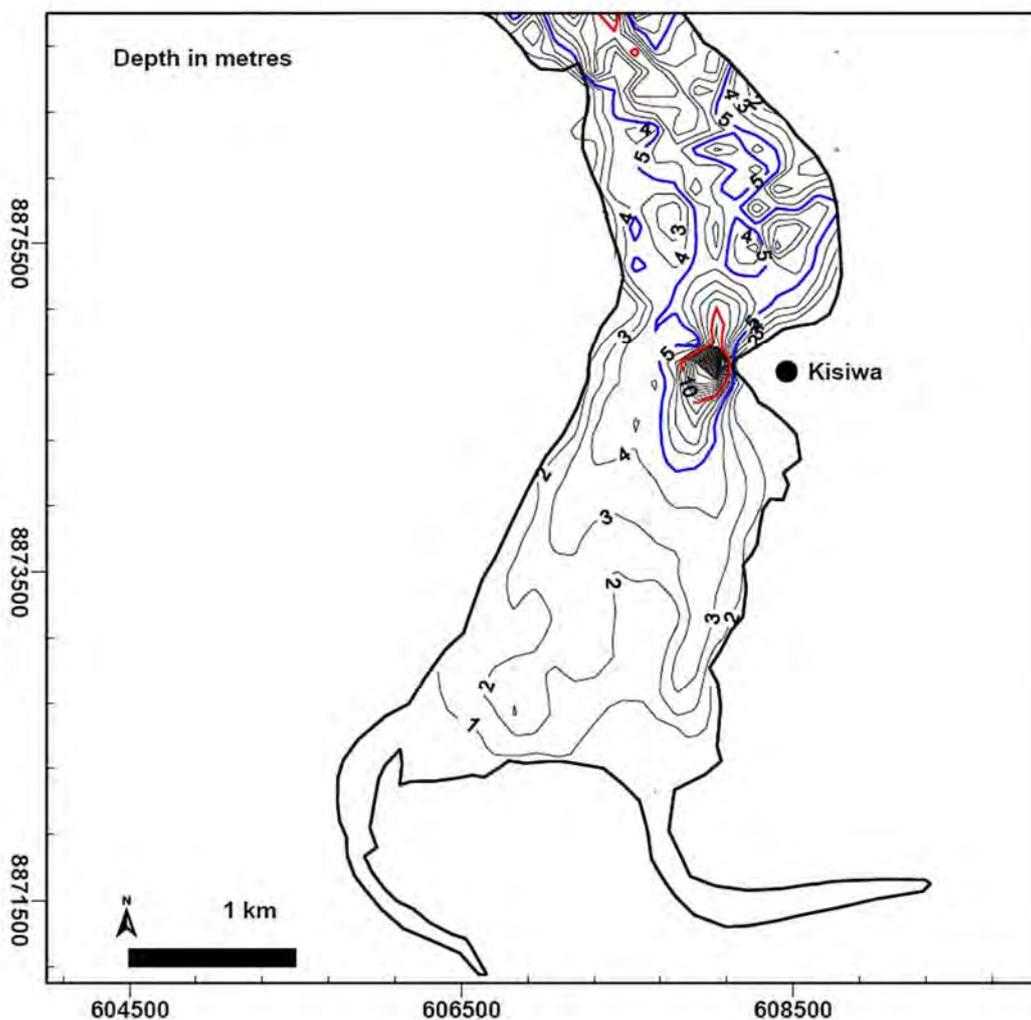
### 7.2.3 水深測量（キシワ湾）

キシワ湾の北側は以前 TPA によって水深調査が実施されていたので、南側で水深調査を行った。音波による測定は、等間隔に配置された計測線に沿って簡易音響測定器を使用して計測した。計測線の間隔は約 50m で、各計測線に沿った測点間隔は約 25m 以下であった。各地点の位置は GPS を使用して記録され、水深、地理的位置及び時間が同時に記録され、その後の潮位データの修正が可能になった。水深測量の結果により、キシワ湾南部の海底地形が明確になった。



出典：JICA 調査団

図 7-3 TPA(黒色部)とJICA 調査団(赤線部)によるキシワ湾の水深測定点



注釈:水深 5m と 10m の線は青色と赤色で表示

出典: JICA 調査団

図 7-4 キシワ湾南側の海底地形図

## 7.3 気象・気候

### 7.3.1 タンザニアの気象

ムトワラ及び関連するプロジェクトエリアの気候は、コッペン・ガイガーの気候分類で熱帯サバンナ気候 (Aw) に分類される。この気候帯 (Aw) は、熱帯雨林で乾季の降水量は 60 mm (2.4 インチ) 未満で、年間降水量の 4% 未満である。1 月から 4 月の雨季は降雨量が多く、6 月から 12 月の乾季にはほとんど降雨はない。ダルエスサラームの年間平均気温は 25.9°C であり、年間降水量は約 1,089 mm である。

### 7.3.2 降水量

JICA 調査団は、2005 年から 2016 年間のムトワラ気象観測所の気象データを取得したが、データが不十分で時間降水量のデータを入手できなかった。既存のデータを補完するために、2014 年から 2016 年までの降雨データを Tutiempo Network、S.L (URL : <https://en.tutiempo.net/climate>) のウェブサイトから入手した。

ムトワラの降雨量は、11 月/12 月から 4 月/5 月に集中し、年間降雨量の約 70%を占めている。雨量は 1 月がピークであるが、2 月または 3 月がピークになることもある。年間降雨量は標高によって異なる傾向がある。特に、ムトワラ地域では 6 月から 9 月にかけてはめったに雨は降らない。2005 年から 2016 年の年間最大降雨量は 2006 年に記録された 1,406.5 mm で、最小降雨量は 2012 年に記録された 643.6 mm であった。また月間最大降雨量は 2013 年 1 月に記録された 505.5 mm であり、最小降雨量は 0 mm で 2009 年 6 月と 7 月と 2016 年 7 月に記録された。年間平均降雨量は 800~1,100 mm/年で推移している。

ムトワラ地方政府作成のムトワラマスタープラン 2015-2035 には、以下が記述されている。「約 10 年間に一度の豪雨があり、約 155mm/時の降雨が記録されている。しかし、これらの豪雨は長く続くものではなく、豪雨の開始から 1 時間で、65mm/時の雨量が観測されている。そして、2 年に一度、降り始めから約 110mm の降雨が観測され、その後 1 時間で約 45mm の雨が記録されている。」

2017 年 12 月の豪雨の際には、ムトワラ市街地で浸水が発生した。

### 7.3.3 気温

TMA (Tanzania Meteorological Agency) による 2007 年から 2016 年までの 10 年間の最高気温と最低気温のデータを入手した。

2007 年から 2016 年の 10 年間の気温観測データによると、月平均最高気温が、一番高かったのは 11 月の 31.9°C、一番低かったのは 6 月の 29.6°C であった。月別の平均最高気温で一番高かったのは 2011 年 1 月の 33.0°C、一番低かったのは 2012 年 6 月の 28.5°C であった。

また、月平均最低気温が、年間で一番高かったのは 1 月の 23.9°C、一番低かったのは 8 月の 18.8°C であった。月別の平均最低気温で一番高かったのは 2007 年 1 月の 25.0°C、一番低かったのは 2014 年 8 月と 2016 年 9 月の 17.5°C であった。

### 7.3.4 相対湿度

ムトワラの相対湿度は、3月の87%から10月の79%の間で変動し、内陸で低下する傾向にある。

2007年から2016年までの10年間の湿度観測データによると、月平均相対湿度が、3月は平均96.4%、8月は50.6%である。99%の最高相対湿度は、2010年7月及び2011年7月に記録され、最低相対湿度45%は2009年8月に観測された。

### 7.3.5 風向・風速

ムトワラにおける主な風向は南からで、平均風速は10～15ノット/時(18.52～27.78km/h)で変動する。

2016年の3時間間隔の風向・風速の観測結果では、1月と2月には、主に北東～北西方向からの風が中心で、南方向からの風の流れは非常に少ない。3月には、あらゆる方向からの風が吹く。4月から8月にかけて、南～東方向からの風が主に記録されている。9月には、西方向からの風が少なくなり、主に東方向から吹く。10月から12月までは東～北方向から吹く。

長期観測結果によって変わる可能性があるが、2016年の観測結果では、雨季は主に北方向の風が吹き、乾季には主に南方向から風が吹くものと考えられる。

2015年2月の最高風速は25ノット(約15.4m/s)であった。ムトワラ地域ではサイクロンの襲来の記録はない。

## 7.4 陸地の概況

### 7.4.1 自然災害

キシワサイトを含むプロジェクト地域の土地利用率が低く、人口密度が低いいため、過去に地震、サイクロン、干ばつ、豪雨、落雷、洪水などの自然災害の記録は報告されていない。

災害データベースであるEM-DAT (Emergency Events Database) によると、過去20年間にタンザニアで発生した41の自然災害(伝染病と昆虫の大量発生を除く)が記録されている。

## (1) 地震

ムトワラ気象観測所で確認したところ、地震による被害に関する記録はなかった。

アフリカの地震ハザードマップとして、中東アフリカ地域の人道問題調整局（OCHA : Office for the Coordination of Humanitarian Affairs）の地方事務所が作成した地図によると、キシワとそのプロジェクトサイトは VI 等級に属し、相対速度は 8.1~16 cm/s、加速度は 0.092~0.18 Gal に相当する。この値は米国地質調査所（USGS）によって開発された修正メルカリ法を基にしている。

## (2) 洪水

暴風雨の管理は、ムトワラマスタープランの計画地域において重要な課題となっている。全体として、この地域は定期的に洪水を経験しており、この状況は、この地域の自然地形条件によって引き起こされている。そのほとんどは海面より低い地域が浸水する。ムトワラ地域の地形的条件により、雨水は多くの河川、溪谷から流入する。また洪水のもう一つの原因は、ムトワラ地域に多く存在する高い地下水位である。

現在、ムトワラ地域では、以下の要因が一般的な浸水のリスクとなっている。

- ・複合的に発生する豪雨
- ・多くの低地や河川流域を含む自然地形
- ・高潮とサイクロンが重なった場合、海拔の低い沿岸で浸水する傾向が高い
- ・適切な降水量の管理基準がない
- ・浸水エリアにおける住宅の建設

### 7.4.2 地表水と地下水

#### (1) 地表水

ムトワラ地方はルブマ川とその南岸の分水嶺に属している。さらに、キシワサイトは、マンビ小分水嶺に位置している。マンビ小分水嶺は、さらに6つの副流域（ムナジ、ナチェンジェレ、ミキンダニ、ムブオ、マンビ、マダングア）に分割されており、マンビ分水嶺の年間総流量は 401Mm<sup>3</sup>/年と見積もられている。これらの小分水嶺のうち、ムブオ分水嶺とマンビ分水嶺は、本事業に関連する主要な分水嶺である。最も近い常時流量のある川はタンザニアとモザンビークの国境に沿って南に約 40km に位置するルブマ川である。海岸沿いのムトワラ地域とルブマ川支流は季節により流れのなくなる河川である。

(2) 地下水

リンディ地域とムトワラ地域の沿岸域と河川底層には、浅い地下水脈と深い地下水脈の両方が見られる。それは帯水層の大きな変動により現れ、乾燥した地域の井戸に大きな影響を与える。この堆積層の地下水は、ボーリング調査が出来ない深層部にある。さらに、沖積堆積層は、狭い溪谷に見られる。この堆積層にはかなりの地下水が存在するため、降雨に対する地下水の増減が急速である。深い観測点での地下水位の変動は小さく、反応は遅くなる。ミキンダニでは、地下水位の上昇は雨季終盤にのみ始まる。これは、高原地域から溪谷に沿って流れ込む地下水の再滞留と相関性が高いと考えられる。

ムトワラの沿岸域の地下水質は、内陸部の地下水質と比較すると良くない。これは、海岸へ近づくにつれ、地下水層に塩水を含む可能性が高くなるためである。



出典：Integrated Water Resources Management and Development Plan for the Ruvuma River and Southern Coast Basin, Ministry of Water, 2013

図 7-5 リンディ地域とムトワラ地域の海岸エリアにおける潜在地下水

第 4.2.2 節のキシワサイトへの給水に記載されているとおり、ムトワラ GTCC 発電所に供給される水は、ムブオ川近くの井戸から供給される予定である。蒸気タービンへの補給水に使用するためには給水処理が必要である。

既存の 2 箇所の井戸から最大 1,200 m<sup>3</sup>/日の給水が可能であり、現在 400 m<sup>3</sup>/日を送水しているが、発電所で必要とする 300 m<sup>3</sup>/日の供給は十分可能である。

JICA 調査団は、井戸水のサンプルを採取した。既存の井戸（#1、#2、#3）口は覆われているため、採水できなかった。前記の井戸の南 2km に位置する上流の井戸とキシワ村落の簡易水道から採水した。既存の井戸と南側の井戸は同じムブオ川の集水域に位置しているため、水質は類似しているものと考えられる。MTUWASA によると、浄水処理は限られており、簡易水道の水質は井戸水とほぼ同じのことであった。

水質分析結果によれば、すべてのパラメータはタンザニアの飲料水質基準と WHO の飲料水質ガイドラインに適合している。さらに、塩化物 (Cl<sup>-</sup>) 及びナトリウム (Na<sup>+</sup>) の高い値は、海水の影響を示している。しかし、第 4 章で検討されている水処理設備は、このレベルの塩分を除去することは可能である。

表 7-1 採水地点における地下水の水質調査結果

Parameter	Standards		E: Kisiwa (Mtwara Rural)	F: MBUO (Mtwara Rural)
	Tanzania	WHO	Mar/2018	Mar/2018
pH	6.5-9.2	6.5-8.5	7.61	7.35
EC (µs/cm)	2000		1241	598
TDS (mg/l)		500	683	242
Turbidity (NTU)	0-30	0-15	9	11
Total Hard (mg/l)	600	500	174.83	83.18
Ca (mg/l)	300	200	49.4	28.4
Mg (mg/l)	100	150	12.5	2.98
Fe (mg/l)	0-1.0	0-0.3	0.02	0
Mn (mg/l)	0-0.5	0-0.1	0.016	0.06
SO4 (mg/l)	600	400	8	2
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	800	250	385.67	106.23
Alk. (mg/l)	500	500	80.0	76.0
NO3 (mg/l)	10-75	0-30	4.8	6.9
F (mg/l)	0-8.0	0-1.5	0	0
Na (mg/l)	250	200	46	184
K (mg/l)	100	-	28.39	35.95
Temperature (°C)	35.0 (Highest)		30.2	30.8

出典：JICA 調査団

## 7.5 地 質

### 7.5.1 キシワサイトの地質概況

#### (1) 陸域の地質概況



図 7-6 キシワサイトのボーリング調査位置図

#### 1) 基礎地盤の物理的及び機械的性質

すべての穿孔において 1.5m 間隔で標準貫入試験（SPT：Standard Penetration Test）を実施し、SPT によって掘削された土砂をラボ検査した。サイトの各土壌/岩石層における土壌組成及び N 値の範囲を以下に要約する。

表 7-2 各地層に於ける土壌組成と N 値の範囲

[Layer]	[Thickness]	[Composition]	[N-Values]
S1	5 – 10 m	Silty sand	< 10
SG	Approx.10 m	Gravelly sand mixed with clay	20 - 30
Cl1	Approx.5 m	Clayey sand mixed with gravel	< 10
Cl2	Approx.5 m	Hard clay with gravel	> 50
Lm	> 35m	Coral limestone thinly intercalated with compacted clay, sand and gravel	> 50 (Basically not penetrated)

## 2) 地質についての考察

海岸沿いの段丘 (Te1 と Te2) で構成されている珊瑚の石灰岩は、プロジェクトのあらゆる設備荷重を許容している。基本的に杭は石灰岩の深さに達する必要があると考えられる。硬質粘土層 (Cl2) は、Te1 の最下部の石灰岩と同じ地質時代に形成され、十分に圧縮されているため、火力発電所設備の荷重を受けるのに十分な地耐力がある。しかし、Cl1 層は厚い層ではないが、海面下に位置しており、N 値 < 10 であり主に柔らかい粘土から成っているため、杭はその Lm 層まで達する必要がある。

粘土混じりの砂層である SG 層は海面下に位置しているため、オープン掘削が SG 層に達すると、大量の湧水が出る可能性があり注意する必要がある。発電設備のほとんどは SG 層に直接設置することができるが、GT や ST、発電機などの主要な回転機器設備の基礎には Lm 層に達する基礎杭が必要である。層の頂部、すなわち S1 は、軽量設備の基礎を直接支えることができる。必要に応じて、プロジェクト実施段階で構造物の設置場所の地質条件を確認するために、穿孔を行い、SPT を実施する必要がある。

発電所やその他の重量物が設置されるキシワサイトの地質は、今回の地質調査の結果によれば比較的良好な地質条件であると考えられる。

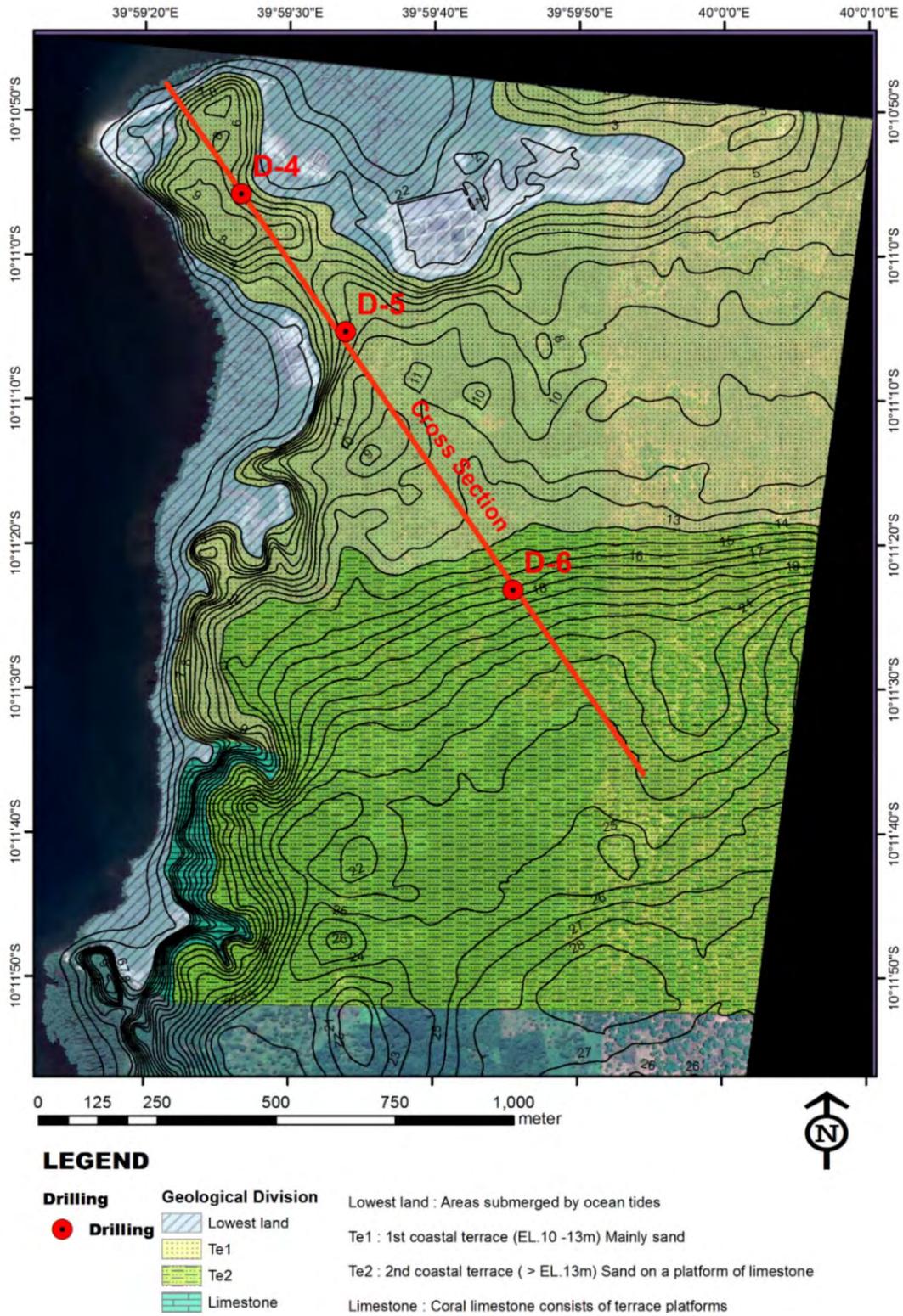


図 7-7 キシワサイト周辺の土壌組成

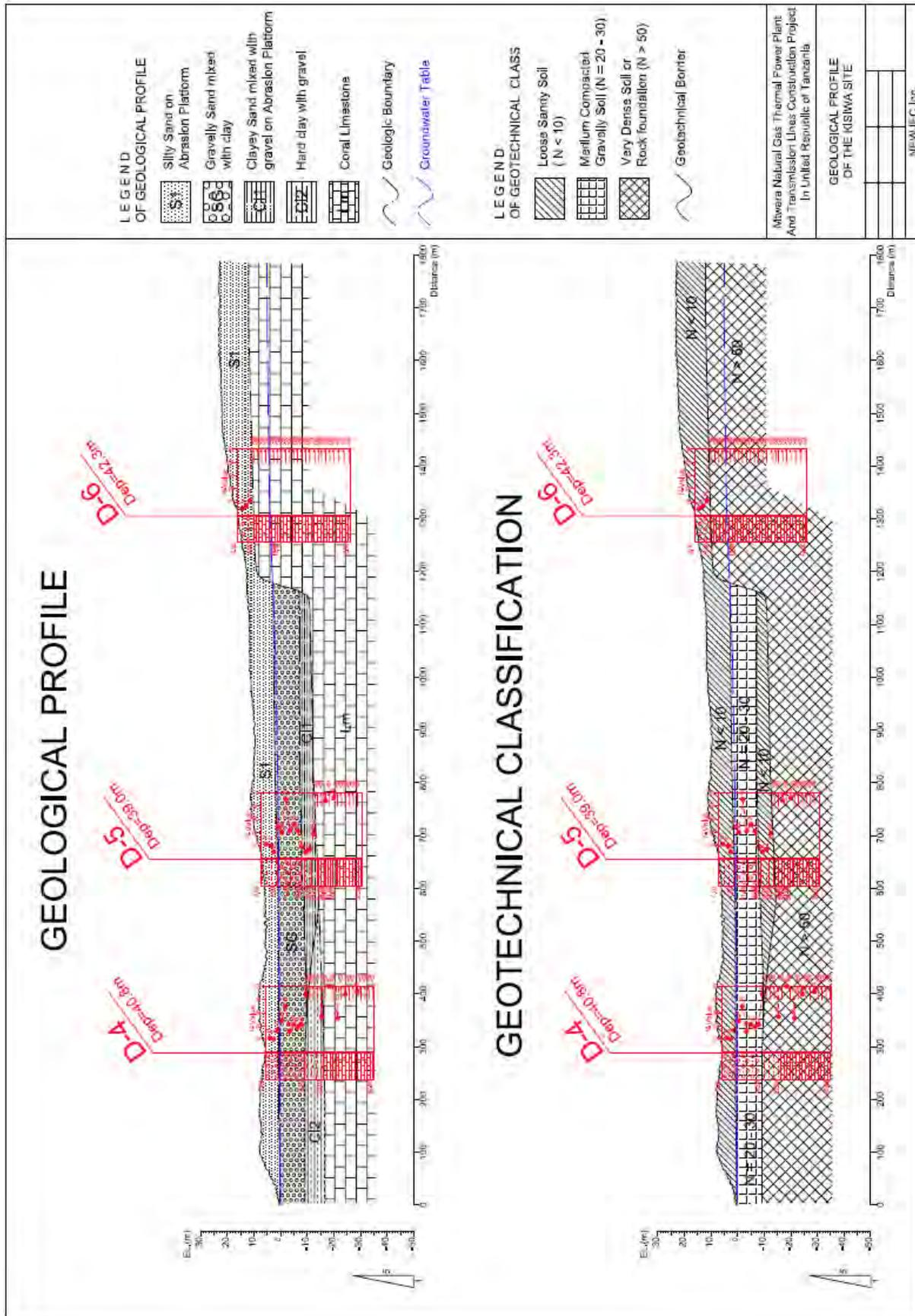


図 7-8 キシマサイトにおける地質断面図

## (2) 海中の地質概況

### 1) 調査結果

ダイバーによって測定された各サンプリング場所での堆積物の厚さ計測の結果によると、各側線における沖側の3地点すべてが堆積物の厚さ2m以上となり、海岸線に近いところに位置する他の3地点は0~1.5mの堆積物の厚さであった。堆積物の厚さが2.0m以上の地点は放水管沿いに海岸から約400m離れたおよそ水深7~8mに位置し、また取水塔の延長線上で海岸線から約200mの地点に位置している。

堆積物の平均粒径は、非常に粗い砂(5試料)、粗い砂(10試料)及び微細な砂(5試料)へと変化した。粗い砂と非常に粗い砂は、調査地点の浅い部分(深度5m未満)に一般的に位置し、細かい堆積物は、比較的深いところで最も沖側に位置した。

沈殿物の選別は、均一(18サンプル)から非常に均一(2サンプル)まで様々であった。2つの均一サンプルは、一番南側の側線に沿って潮間帯に位置していた。

海底の地質は、すべての側線の最も沖側の部分の海底の見通しが悪いいため、明確に識別できなかった。しかし、ふるい分けによる堆積物分析の結果に基づいて、海底堆積物は良質な砂であると予想される。最外点から潮間帯までの海底堆積物は、細かい砂から粗い砂/非常に粗い砂になりふるい分析と一致した。潮間帯の海底は生物起源の破片/殻の存在と砂の波紋によって特徴付けられ、粗い砂からなり、小石や殻の断片で富化された堆積物が見られた。

調査した海域の堆積物が、珪質の堆積物(すなわち、土地に由来する堆積物)によって変化することは明らかである。生物起源の構成成分30~40%に対し沈殿物中の珪質成分は60~70%であると推定される。堆積物中の生物起源の割合は、北に向かって高くなる傾向があった。珪藻質堆積物のほとんどは、ナムゴゴリのクリークの頭部を通る河川流出によってキシワ湾に流入し、ほとんどの生物プランクトンは、ムガオのクリークから北側へ流出する。観測された砂質堆積物のカテゴリーは、この地域が高栄養環境にあることを示唆している。さらに、調査された地域で観察された低い生物多様性とサンゴの欠如の主要な要因の1つは、珪石質の割合が高いためである可能性がある。土地由来の堆積物源からの沈降の増加は、海水質の物理的変化を引き起こし、サンゴなどの炭酸塩生産生物の生育に有害な影響を与える。

調査結果によると、発電所の放水設備を設置する予定地点水深は浅く、放水設備の深さは約4mであるため、放水設備を設置するのは比較的容易である。一方、発電所冷却水の取水設備周りの水深は、急速に深くなる。取水設備の上部は約10m、最深部は水深18mであるため、円滑な工事実施のためには綿密な建設計画と十分な準備工事が重要である。

## 7.5.2 送電線及び変電所の地質概況

### (1) 沿岸域沿いの地質概況

2001年に国連環境計画（UNEP）が発表した東アフリカ海岸資源アトラスによると、タンザニアは、主にアフリカの内陸部を構成する結晶質複合体の一部である火成岩変成岩の岩石の地盤となっている。強烈な造山活動により、様々な岩石が存在している。ムトワラ、リンディ、ソマンガ間の地域の地質時代の区分は、新生代の第四紀、新第三紀、古第三紀及び中生代の白亜紀からなる。

### (2) 地質調査結果

本調査では、D-7～D-11の5本の探査穿孔が送電線と新リンディ変電所の現場で実施された。掘削データと地形の特徴を考慮して、送電線ルートに沿った地盤のSTPによるN値の許容深さの結果によると、D-9、D-10、D11の掘削孔位置のN値は深さ20m以上で30以上あり、D-7、D-8のN値は深さ10m以上掘ると30に達するが、それ以内でも10には達する。調査の結果によると、送電線のルートの大部分はかなり堅い地盤であるが、一部の地域では弱い地盤もある。弱い地盤はいくつかのエリアに存在すると推定されるが、範囲は限られていると考えられる。

上記の結果から、送電線の鉄塔の基礎は基礎地盤の地質条件を考慮に入れ設計されなければならない。調査結果によると、D-8の地質の浅い部分は粘土であり、D-11は主に砂であるが、これらのより弱い地盤の基礎は、鉄塔の標準設計の範囲内にあると推定される。



図 7-9 送電線及び変電所の地質調査地点

表 7-3 鉄塔基礎の N 値に対する標準深度

Transmission Line route section		Threshold depth of N-Value (Lithology of shallow layer)	
Section	Borehole	N > 10	N > 30
Section I - II	D-8	Range in 5 – 10m (Clay)	Deeper than 10m
Section II - III	D-7 (Lindi S/S)	Range in 5 – 10m (Sand)	Deeper than 10m
Sec. III – IV <sup>*3</sup>		-	-
Sec. IV – V - VI	D-9	Shallower than 1m (Sand and Limestone)	Range in 1 – 5m
Sec. VI - VII	D-10	Shallower than 1m (Sand)	Range in 1 – 5m
Sec. VII - VIII	D-11	Range in 1 - 5m (Sand)	Range in 5 – 10m

<sup>\*3</sup>: Geological conditions of Section II- II seems to be good due to hilly area.

## 第8章 発電所、送電線及び変電所の基本設計

### 8.1 発電所設備の基本設計

#### 8.1.1 設計方針

##### (1) 事業概要

送電端出力 300MW 級 GTCC 発電所を、ムトワラ地域のキシワサイト内に設置計画している。

- 1) 平均大気温度は 26.2°C とする。
- 2) 燃料ガスは、TPDC から供給されるものとする。
- 3) 淡水は、MTUWASA から供給されるものとする。
- 4) 蒸気タービン復水器の冷却方式として、JICA 調査団はワンスルー冷却方式の技術的、経済的評価を実施した。結果として海水冷却復水器を推奨する。
- 5) 各発電機の出力は 400kV 新ムトワラ変電所に送られるものとする。

##### (2) 運転上の要求事項

主機や補機は、発電所の設計寿命期間において最小の不具合にて起動停止及び運転が可能な設計とする。また、高い利用率を達成するために適切な冗長性を有する補機を設置するものとする。主機や補機は、起動ボタンを押すことで起動から全負荷まで到達できるように設計されるものとする。発電所は連続運転に適したものとし、全ての設備はタンザニアのグリッド・コード (GC) など、タンザニアの基準に準拠するものとする。

##### 1) 発電所の要求事項

ムトワラ GTCC 発電所は高い効率と信頼性を有するものとし、また想定される年間運転時間に耐えうる設計とする。

##### 2) 起動時間の要求事項

起動時間は、発電所の機能と協調した上で可能な限り短くするものとする。ムトワラ GTCC 発電所は表 8-1 記載の起動時間に適合するように設計されるものとする。

GTCC 発電設備の起動時間は、起動ボタンを押してから全負荷に到達するまでに必要な時間として定義される。ここで、復水器の真空が確立され起動準備が完了している状態

を前提とする。GT 単独運転の起動時間は、点火から全負荷に到達するまでに必要な時間として定義される。ここで、GT 排気系統内の空気除去の時間や同期の時間は除かれる。

**表 8-1 各モードにおける起動時間の要求事項**

起動方式	GTCC運転の起動時間 <sup>※1</sup>	GT単独運転の起動時間 <sup>※2</sup>
コールド起動 (停止時間が36時間以上での起動)	最大240分	最大25分
ウォーム起動 (停止時間が36時間未満での起動)	最大180分	最大25分
ホット起動 (停止時間が8時間未満での起動)	最大120分	最大25分
ベリーホット起動 (停止時間が1時間未満での起動)	最大60分	最大25分

※1. 起動ボタンを押してから全負荷に到達するまでの時間

※2. 点火から全負荷に到達するまでの時間

出典：JICA 調査団

### 3) 運用期間

ムトワラ GTCC 発電所とその関連設備は次に示す運用期間で設計・建設されるものとする。

最小運用期間 = 25 年

等価運転時間 = 188,121 時間 (全負荷条件)

( $24 \times 365 \times 25 \times 0.859$ , 設備利用率：85.9%)

ムトワラ GTCC 発電所は、全負荷近辺で年間 7,972 時間、連続運転されるものとして設計する。ただし、起動時間や停止時間は上記の運転時間に含まない。運用期間において新設発電所とその関連設備は高い効率、信頼性及び経済性で運用されるものとする。

### 4) 起動停止運転

ムトワラ GTCC 発電所の起動操作と停止操作は、中央制御室から自動で行われるものとする。制御・監視機能は安全性・信頼性が高く、効率的な発電所運転を可能とする。中央制御室から自動同期、初負荷運転ができるものとする。

### 5) グリッド・コード(GC)の準拠

系統に接続される全ての発電機は GC に準拠するものとする。例えば、周波数変動、所内単独機能、ブラックスタート機能等は GC に準拠しなければならない。

### (3) 運転制御・保守方針

#### 1) GCC(中央給電指令所)からの指令

TANESCO によると、GCC は電話により発電機の起動停止、負荷増減の指示を出している。しかし将来的には AGC を採用し SCADA を使って負荷増減指令を出すよう GCC は計画している。現状ではムトワラ GTCC 発電所には AGC を設置する必要はない。将来 AGC が導入される時に改造は必要となる。

#### 2) プラント自動化

起動停止の制御やプラント保護は十分に自動化され、中央制御室 (CCR) から運転員が発電所全体を監視できるようにする。ただし起動停止制御シーケンスにはブレークポイントを設け、必要に応じて運転員が介入できるようにする。

排水や空気抜きを含む起動・負荷上昇の工程はベリーホット、ホット、ウォーム、コールドといった発電所の状態に応じて選択でき、自動制御されるものとする。

#### 3) プラント運転

CCR は、新設発電所に隣接する新設管理事務所内に設置する。加えて、電力需要に応じて出力を制御できるよう運転記録システムを有する分散制御システム (DCS) を設置する。制御システムの信頼性を確保するため CPU (Central Processing Unit) を待機冗長化する。発電機遮断器や昇圧変圧器遮断器の開閉操作も CCR の DCS から行えるものとする。他方で、400kV 新ムトワラ変電所のその他の遮断器の操作は変電所の CCR から行うものとする。

#### 4) 運転周波数

GC によると各発電機は 48.5~51.0Hz の範囲内で非常停止することなく連続運転できる必要がある。その他の周波数帯では周波数に応じた時限が設定される。

#### 5) 所内単独機能とブラックスタート機能

GC によると 300MW 級のユニットは所内単独機能を求められる。そのため、ムトワラ GTCC 発電所は所内単独機能を有するものとする。ブラックスタート機能の要否は系統運用者との協議により決められるものの、TANESCO の要求及び類似プラントであるキネレジ II での実績に基づき、ムトワラ GTCC 発電所でもブラックスタート機能を有するものとする。

## 6) プラント保守間隔

GT の高温部品は 1,000°C 以上の高温にさらされるため劣化や損傷が激しい。そのため GT メーカーはこれらの高温部品に寿命を設定し、推奨点検周期を設定している。通常は検査周期に従って寿命が到達する前に検査、修繕、取替えを行う必要がある。GT の点検周期の例を以下に示す<sup>21</sup>。

点検の種類	点検周期／等価運転時間
高温部品点検	24,000 時間
本格点検	48,000時間

## 7) LTSA の検討

GTCC 構成主機の中で、GT が最も不具合発生率が高く、かつ GT 保守水準が GTCC 全体の設備利用率に大きく影響を及ぼす。

1,000°以上の高温ガスに曝される GT 高温部品は、運転の中で劣化し、ダメージを受けていく。よって、製造者は高温部品に想定寿命と推奨点検周期を設けている。

一般的に、運用期間中、これらの高温部品を点検周期毎に点検し、必要に応じて修理や取替を実施する必要がある。

高温部品は、耐熱性に優れた特殊合金にて製造されているため、修理するためには、特殊技術や特殊工具が必要となる。よって、殆どの使用者は、GT 製造者もしくは他の保守会社へ高温部品の保守を依頼する。

### a) GT 長期保守契約の特徴

GTCC の運転において、LTSA のような、GT 製造会社が特定期間保守を担う、長期保守契約を締結することは一般的である。契約期間は一般的に、本格点検までの 1 周期に設定されている。

LTSA の特徴を表 8-2 に示す。

LTSA では、供給業者は使用者に代わり、高温部品の検査範囲や検査時期、修理や取替を一元的に管理する。さらに、LTSA では、高温部品の検査や修理、取替の費用をパッケージ費用に含めることができる。LTSA 費用は契約時に取り決めできるため、例えば、高温部品の予期せぬ修理や取替に起因した変動費の大きな変動を、

21 ベースロード運転の場合は燃焼器点検（12,000 時間）が省略される。

運用期間中、一定に管理することが可能である。

**表 8-2 LTSA の特徴**

サービス内容	LTSA	個別発注
高温部品の検査、修理、 取替の管理	GT 製造者による管理	使用者にて管理
常駐技師（オプション）	可能	不可能
高温部品の検査、修理、 取替費用の支払い	パッケージ費用であり、一定額を毎月 支払い。個別発注の総額と同等もしくは はそれ以下の費用。供給者が予期せぬ 修理や取替費用を補償。	各検査にて修理や取替費用を 支払い。 使用者は、予期せぬ修理や取替 費用も支払う必要あり。

**b) LTSA の本事業への導入**

LTSA は発電所の運転費用の平準化、そして会社の管理に大きく貢献するものであり、財務計画の観点から好ましい。そして、TANESCO も本事業における LTSA 採用を求めている。

よって、JICA 調査団として本事業に、COD 以降 6 年間の LTSA 費用を初期費用として折り込むことを推奨する。

**c) RMS の検討**

GTCC の運転にあたり、運転状態を改善する遠隔監視サービス（RMS）の採用を併せて推奨する。RMS は、供給者の遠隔監視センターからリアルタイムでの運転状態の監視サービスを提供する。本サービスを通して使用者に、発電所運転中の異常通知や、不具合発生時の不具合対処支援を提供する。結果として、本サービスは設備稼働率の改善に寄与できる。

**8) 初期費用としての LTSA と予備品の違い**

- i) LTSA は GT と GT 廻り補機をカバー
- ii) LTSA 供給範囲に含まれない範囲の予備品を初期費用に含める。  
予備品には、弁やパッキン等の ST 補機の予備品を含む。

### 8.1.2 基礎的な技術的課題の検討

#### (1) GTCC の想定性能

##### 1) GTCC の候補機種

2-2-1 の 300MW 級 GTCC 発電所として 4 機種が候補として挙げられる。

これら 4 つの GT メーカーの選定 GTCC は十分な運転実績を有し、本事業に適すると考えられる。GT メーカーと GTCC 機種を次に示す。

GTメーカー	GTCC機種
MHPS	H-100 × 2 ユニット × 1 系列
IHI (GE)	LM6000 PF+ × 2 ユニット × 2 系列
SIEMENS	SGT-800 × 2 ユニット × 2 系列
GE	6F.03 × 2 ユニット × 1 系列

##### 2) ISO 条件での GTCC 性能

2018 GTW ハンドブックと GTW 2018 performance Specs 34th Edition では上記 GTCC 機種の性能は天然ガスを燃料とする ISO 条件（101.33 kPa, 15°C, 相対湿度 60%）で記載されている。これらの各 GTCC 機種の性能を表 8-3 に示す。

**表 8-3 ISO 条件での GTCC 性能データ**

GTCC機種	プラント出力 (MW)	プラント効率 (%)
H-100	346.0(発電端) 339.4(送電端)*	58.0(発電端) 56.9(送電端)*
LM6000 PF+	270.0(送電端)	55.3(送電端)
SGT-800	326.2(送電端)	58.6(送電端)
6F.03	272.0(送電端)	57.4(送電端)

\*JICA 調査団推定 出典:2018 GTW ハンドブック、GTW 2018 performance Specs 34th Edition

また、排ガス中の NOx 排出濃度を表 8-4 に示す。

表 8-4 各 GTCC 機種種の NOx 排出量

GTCC機種	NOx排出量(ppm)
H-100	9
LM6000 PF+	<25
SGT-800	≤ 20
6F.03	15

出典：JICA 調査団

### 3) GTCC のヒートバランス計算

入札図書におけるプラント性能要求を規定するために、サイト条件での定格及び最大出力における 4 つの GTCC 機種性能を予測する必要がある。この目的から、2018 年 GTW ハンドブックと GTW 2018 performance Specs 34th Edition に記載の ISO 条件での GT 性能を用いて、サイト条件での定格及び最大出力におけるヒートバランスを計算した。

表 8-5 適用可能な GT 機種種の性能

GT 機種	H-100	LM6000 PF+	SGT-800	6F.03
ISO 条件での定格出力 (MW)	116.5	51.4	57.0	88.0
効 率 (%)	38.3	41.7	40.1	36.8
圧 力 比	18.0	32.9	21.8	16.4
質 量 流 量 (kg/s)	296	136	137	219
排ガス温度 (°C)	586	492	565	622

出典：2019GTW ハンドブック

TPDC から提供されたデータを用いて、天然ガスの低位発熱量は 47,198kJ/kg と推定される。JICA 調査団は、サイト、吸気・排ガス条件、その他補正係数に基づき上記 GT 性能を補正した。GTCC 化による吸気圧力・排気圧力損失の変化も考慮した。過去の現地データに基づきサイト条件を次のように定める。

サイト条件	設計値
乾球温度 (°C)	26.2
相対湿度 (%)	76.5
湿球温度 (°C)	22.6
大気圧 (kPa)	101.3 (HHWL+1.3mを考慮)

電気設備や補機の容量は GT の最大出力、最高性能を考慮して決定されるものとする。

## (2) 排ガスバイパスシステム

多軸型 GTCC では、HRSG や ST が運転できない際に GT 単独運転ができるよう排ガスバイパスシステムを通常は採用する。このシステムは早期電力供給のため GT 単独運転により商業運転を早めたい場合に採用される。建設費用を高めるものの、柔軟な運用に寄与するメリットがある。JICA 調査団はムトワラ GTCC 発電所に排ガスバイパスシステムを採用することを推奨する。

排ガスバイパスシステムが採用される場合、GT、HRSG、ST の建設は段階的に行われる。このシステムは GT 単独での運転開始を早めることができる。

### 【GTCC 発電所の商業運転】

排ガスバイパスシステムが採用される場合、同システムを採用しない場合に比べて、GTCC 発電所の商業運転開始は 1~2 ヶ月遅れる。

### 【GT 発電設備の部分的な商業運転】

排ガスバイパスシステムが採用されない場合、GT 単独での部分的な運転開始はできない。排ガスバイパスシステムが採用される場合、GTCC の全基運転開始の 7~8 ヶ月前に GT 単独での部分的な運転開始が可能となる。

**表 8-6 排ガスバイパスシステムの設置による建設工程への影響**

H-100 の場合	GT 発電設備の部分的商業運転開始まで	GTCC の商業運転開始まで
排ガスバイパス無し※	—	30 ~ 31 ヶ月
排ガスバイパス有り※	22 ヶ月 (1 号機) 23 ヶ月 (2 号機)	32 ヶ月

※JICA 調査団の推定であり、OEM (Original Equipment Manufacturer) により修正される可能性がある

出典：JICA 調査団

## (3) 補助ボイラ

TANESCO は、ムトワラ GTCC 発電所についてベースロード運用の発電所と位置付けているため、補助ボイラは必要ないと考えている。

## (4) GT、ST 建屋

GT、ST 建屋は雨、風、海からの塩分から設備を保護し、錆による劣化を防ぐ。また天候の

影響を受けず、昼夜問わず保守・管理することができる。ただし、建屋には空調、防火対策等が必要であり、関連する維持費用も必要となる。

#### 1) GT 建屋

経済性等の観点から、建屋が不要な屋外型 GT を推奨する。

#### 2) ST 建屋

ST を長期間にわたり良好に運転するために、外装、パイプ、弁は雨水の影響から保護される必要がある。そのため、ST は建屋内またはエンクロージャ内に設置することを推奨する。なお、エンクロージャはキネレジ II で採用されており、TANESCO はムトワラ GTCC 発電所でも採用を希望している。

### 8.1.3 プラント設計上の考慮事項

#### (1) 設計条件

ムトワラ GTCC 発電所は、下記条件に従い設計するものとする。

表 8-7 設計条件

設計大気温度（乾球）／相対湿度（性能保証点）	26.2°C/ 76.5%
設計最低大気温度（乾球）／相対湿度（発電機最大出力点）	12.2°C/94%
最大／最小相対湿度	100%/30%
最低大気温度（乾球）／最高大気温度（乾球）	12.2°C/35.9°C
大気圧力	101.3 kPa
高 度	5.4 m
耐震基準	21~44 gal
耐風設計（瞬間最大風速）	25 ノット
年平均降水量	3 mm/日
最大降雨量	232.7 mm/日
積雪荷重	0 kg/m <sup>2</sup>

出典：JICA 調査団

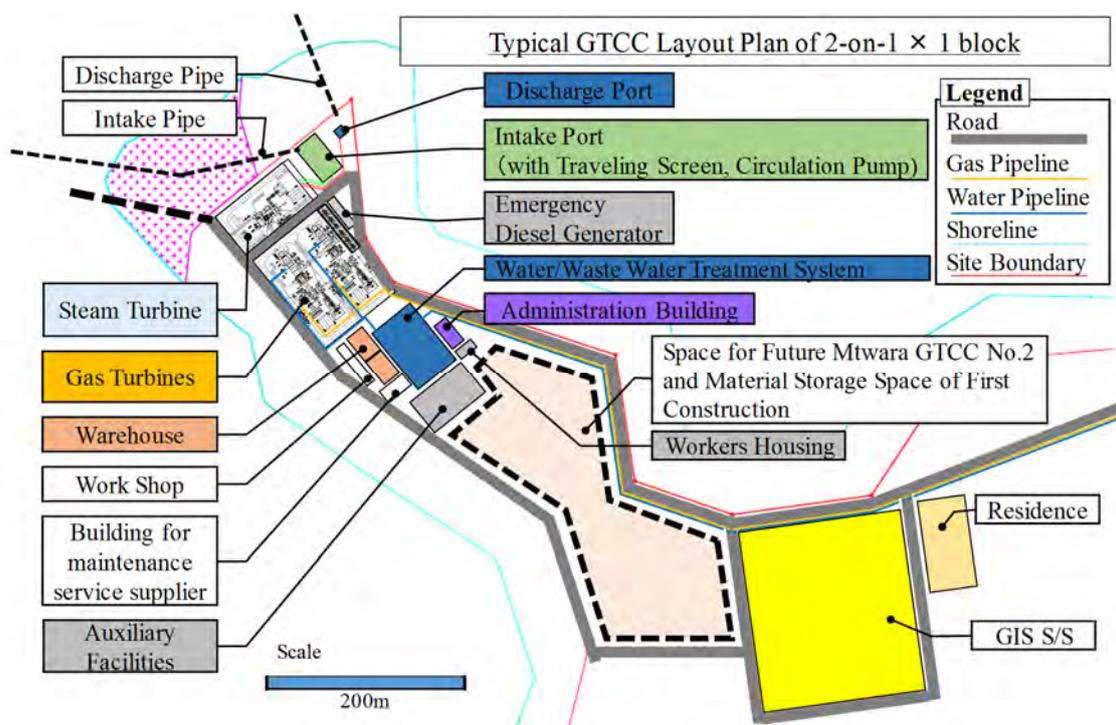
#### (2) 発電所の配置

JICA 調査団は 300MW × 2 系列の GTCC 発電所の配置を検討する。図 8-1 は 2-on-1 × 1 系列

の代表的な GTCC 発電所の配置計画を示す。図 8-2 は 2-on-1×2 系列の代表的な GTCC 発電所の配置計画を示す。

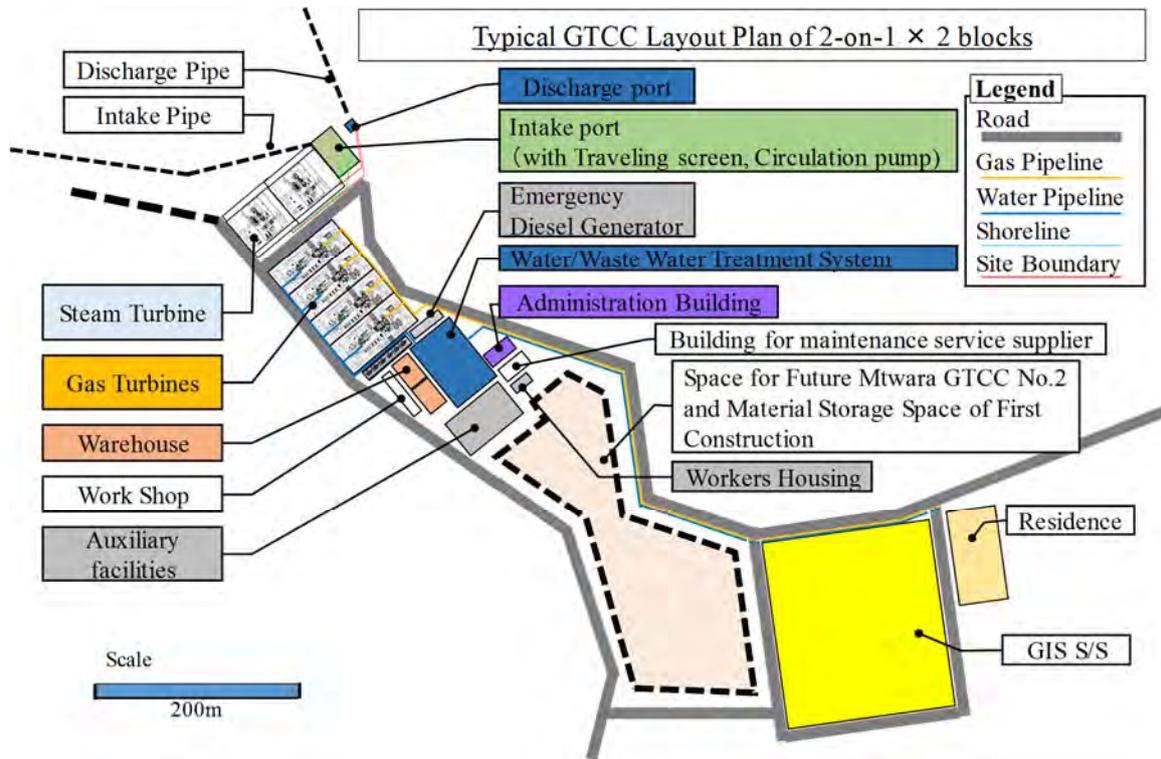
現地調査を通じて確認した次の配置制約を考慮するものとする。

- 冷却水の取水・放水設備を除く発電所設備について、環境上の緩衝地帯である海岸線から 60m 以内には設備を配置しない。
- マングローブ林の伐採は最小限とする。
- 建設費低減のため取・放水管を最小とする。
- 高潮の被害を回避するため、塩田に発電設備を設置しない。
- 墓地を避ける。



出典：JICA 調査団

図 8-1 GTCC 発電設備の配置計画例(1ブロック)



出典：JICA 調査団

図 8-2 GTCC 発電設備の配置計画例(2ブロック)

### (3) ガスタービン(GT)

GTは、開放型の重電機型または航空機転用型とする。また、GTメーカーから供給されるものとする。早期に電力供給を実現するために、ムトワラGTCC発電設備には排ガスバイパスシステムを採用する。

2-on-1の300MW級GTCC発電設備という要求を満足するためには、2018年GTWハンドブックによると次の4機種がGTの候補となる。

GTメーカー	GT機種
MHPS	H-100
IHI (GE)	LM6000 PF+
SIEMENS	SGT-800
GE	6F.03

(4) 排熱回収ボイラ(HRSG)

HRSG は、GT の排気の排熱により蒸気を発生させ ST へと供給する設備である。HRSG は、HRSG 内の GT 排ガスの流れる方向、HRSG の蒸気発生器内部流体の循環方法、ST 出口蒸気の再熱の有無等によりいくつかの方式に分類される。

表 8-8 HRSG の分類

排ガスの流れる方向	流体循環方法	再熱	圧力
横型 ／ 縦型	自然循環 ／ 強制循環	非再熱式 ／ 再熱式	一重圧形 ／ 多重圧形

出典：JICA 調査団

自然循環、強制循環のいずれの方式の HRSG も本事業に採用可能であるものの、自然循環方式を推奨する。また横型、縦型のいずれの方式の HRSG も本事業に採用可能である。

(5) 蒸気タービン(ST)

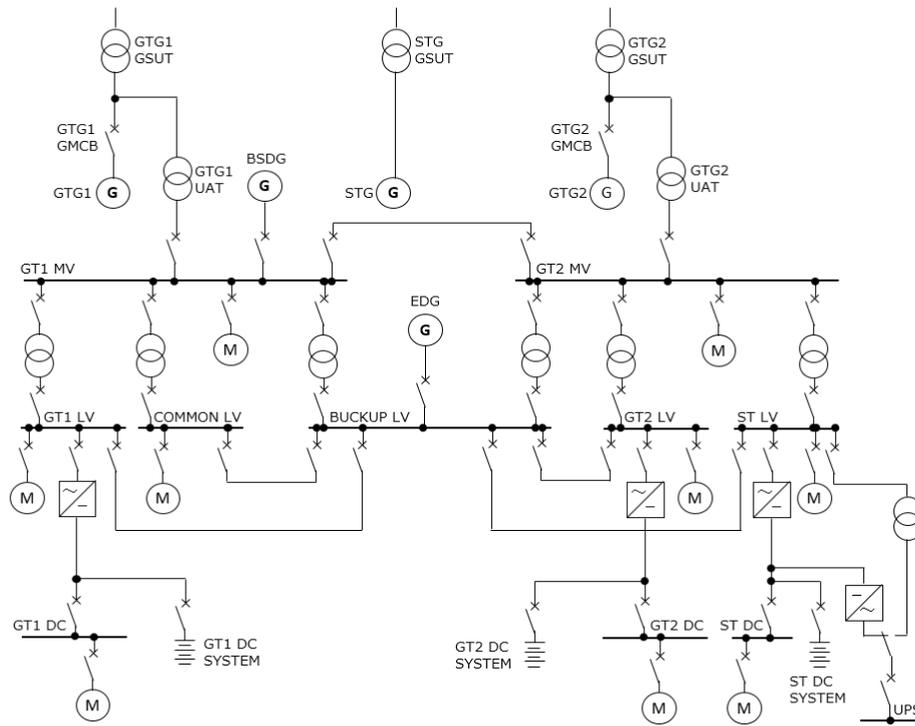
ST は発電機直結、復水方式とする。蒸気は下方排気または水平排気により復水器へ排気され、海水により冷却されるものとする。GT が最大出力を出すことのできる大気温度で運転された時に HRSG により発生する蒸気圧力、温度、流量条件を満足するように、ST の最大出力は決定される。

8.1.4 電気及び制御システム

(1) 電気設備

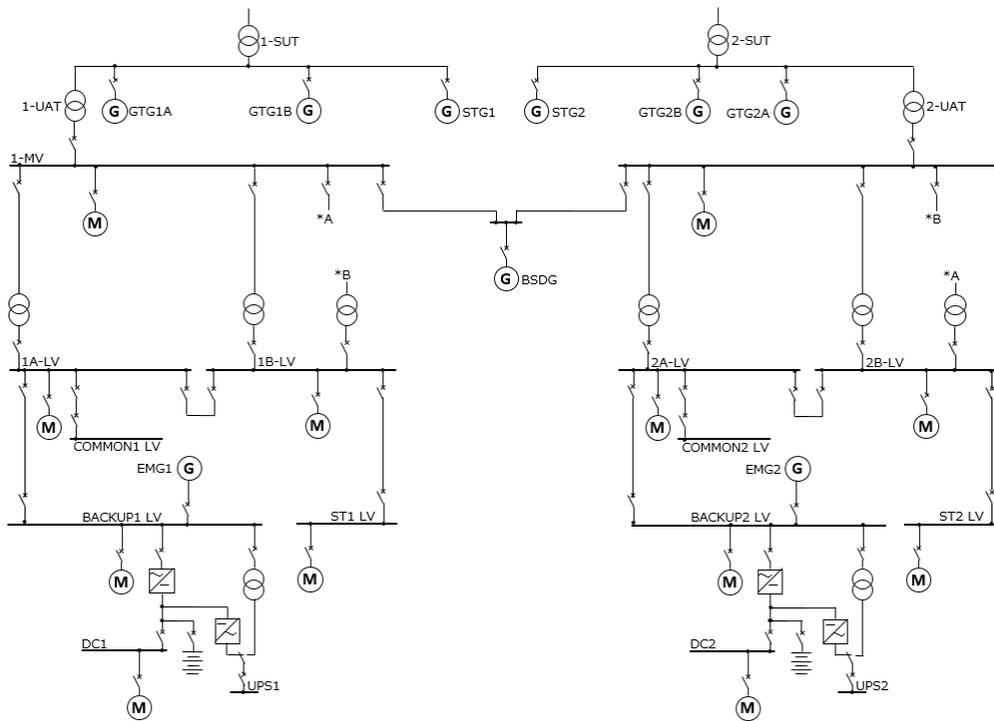
1) 電気システムの概要

電力を供給する場合、発電機の給電線と系統とを接続するために昇圧用変圧器遮断器が使用される。他方で発電所の起動のための電力を受電する場合、発電機遮断器が開放され、昇圧用変圧器を介して補助変圧器が系統と接続される。単線結線図例を図 8-3、図 8-4 に示す。



出典：JICA 調査団

図 8-3 1ブロックGTCC単線結線図例



出典：JICA 調査団

図 8-4 2ブロックGTCC単線結線図例

## 2) GT・ST 発電機

### a) 発電機仕様

GT 発電機、ST 発電機の定格容量は GT、ST それぞれの容量に基づき決定される。定格力率は 0.85 (遅れ) とする。GC に基づき、各発電機の定格出力において 0.85 (遅れ) から 0.95 (進み) まで変化できるものとする。±5%の周波数変動に対して連続運転可能である能力は、GC の記載に準拠している。

## 3) 非常用交流電源設備

### a) 非常用発電機

非常用発電機として、各ユニットに 1 台のディーゼル発電機が設置されるものとする。非常用発電機は 1) 停電時にユニットを安全に停止する、2) 起動用の電力を受電した際に直ちに再起動する、3) 災害防止のための機器の電源を確保することを目的として設置される。この目的を満たすように非常用ディーゼル発電機の容量は決定される。また、非常用ディーゼル発電機の容量の中にブラックスタート発電機の容量は見込まないものとする。

### b) ブラックスタート発電機

ブラックスタート発電機は、系統がブラックアウトに陥った際に、その系統から電源供給を受けることなしに発電所やユニットを起動するために設置される。ブラックスタート発電機として発電所に 1 台のディーゼル発電機が設置されるものとする。ブラックスタート発電機の容量は、系統から電力供給を受けることなしに 1 つのユニットが起動できるような容量として決定される。本事業ではブラックスタート発電機を設置するものとする。

## (2) 制御・監視システム

ムトワラ GTCC 発電所の制御システムは Distributed Control System (DCS) とする。DCS は複数台のコントローラを分散配置し、それを統合化することによってプラント全体の制御を実現するシステムであり、遠隔制御と監視を行うマン・マシンインターフェイス部、制御演算部、入出力部、ネットワーク部、電源部、検出部、駆動部等からなる。運転員による保守作業のために保守ツールが設置される。保守ツールは制御回路設定やシステム設定を変更することができる機能を持つものとする。

### 8.1.5 工事の範囲

#### (1) 調達及び製造者

受注者は、運転等に関連する全ての設備、資材に関して、進捗管理や品質管理を含む設備の調達、製造を行うものとする。

#### (2) 受注者により提供される工事及び業務

受注者が行う建設及び工事の範囲には、設備の設計・製造、工場試験、輸送、据付、建設、試運転及び性能試験を含む新設 GTCC 発電所の建設業務が含まれるものとする。

#### (3) TANESCO の建設工事及び工事資材

TANESCO は新設発電設備に関して、次の業務を担当するものとする。

- 1) 試運転以降における水、天然ガス及び電力の供給
- 2) 起動用電源の供給
- 3) 環境影響評価の準備
- 4) 新設発電設備の建設・運転に必要な全ての承認・権利取得への補助
- 5) 天然ガス性状、試運転・保証の電力負荷の情報及び信頼性試験の電力負荷の情報の提供
- 6) 運転・保守データの周期的な評価、メーカー保証期間中の運転・保守状況の評価
- 7) 保証期間終了後の検査のための要員確保、設備及び工具の準備

### 8.1.6 土木・建築

#### (1) キシワサイトの開発計画

##### 1) キシワサイトの土地利用計画(案)

第4章で述べたように、キシワサイトでは発電コンプレックス（複合発電施設）が計画されており、3つのエリアに分割して効率的に開発することを推奨している。図8-5にキシワサイト全体図を示す。

キシワサイトの開発計画は、以下のとおりである。

一番北側のエリア1は34ヘクタールの広さがあり、海拔5～8mの高さで水平になって

おり、300MW×2ユニットのGTCC発電設備及び変電所を建設する予定地である。用地はさらにPhase-IとIIに分割されPhase IはGTCC発電所1号機エリアとし、Phase IIは変電所、GTCC発電所2号機、資材仮置き場、荷下ろし場などの用地としている。

エリア1とエリア3に挟まれたエリア2は面積47haで12～17mの高さで緩やかな勾配がついている。用地は水平に造成される予定であり、300MW×6GTCC発電所（空冷式）などの将来の発電設備が建設される予定である。

南端のエリア3は面積50ha、標高20～25mで、造成され、複合施設の運営・維持管理担当者の居住エリアとして使用される予定である。

この予備調査の対象となるプロジェクトの関連施設はすべて、エリア1内で実施される予定である。

現在の地形は、上り・下りの坂が多く、エリア1からエリア3に向かって徐々に上がっているため、土地造成作業なしで各エリアを使用することはほとんどできない。そのため、伐採量と切盛土量に基づき土地利用を考慮して、キシワサイトの土地造成計画案を提案する。

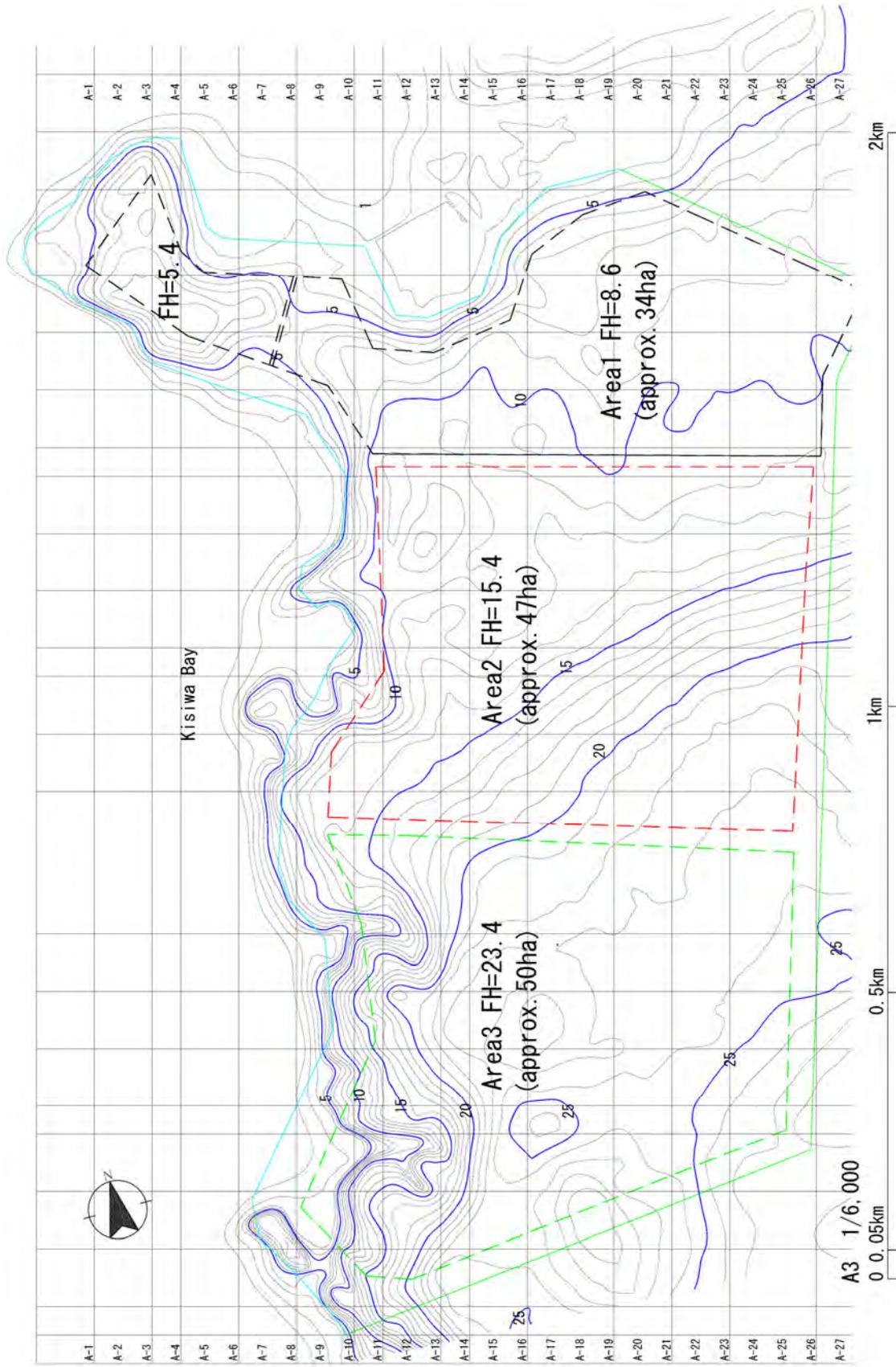


図 8-5 キシワサイト全体図

出典：JICA 調査団

## 2) エリア 1 の地盤高

沿岸海域近くに位置する火力発電所の地盤高を決定するためには、以下の点を考慮する必要がある。一般に、地上レベル (GL) は、火力原子力プラント土木構造物の設計増補改訂版 (社)電力土木技術協会、1996 年) によると、最高潮位プラス許容高さ (1~2m) に設定されている。

### a) 最高潮位(自然災害からの安全面)

第 7 章で説明した現地調査の結果、ムトワラ港の最高潮は 4.1m であり、サイクロンや津波による高潮は記録されていない。

### b) 発電所敷地高の効率化(経済面)

GTCC 発電設備に要求される条件に従って、GTCC 発電所敷地の地上高は可能な限り低く設定する必要がある。

### c) 雨水排水

敷地内の雨水を滞留することなく排水するために、JICA 調査団の経験に基づいて許容高低差を 1.3m に設定している。

以上の点を踏まえ、JICA 調査団は、エリア 1 の設計地盤高の標高を 5.4m (HAT 4.1 m + 1.3 m) と設定した。

### d) エリア 1 の計画

前のセクションで説明したように、GT / ST が設置される敷地の地上レベルは標高 5.4m に設定されている。しかし、エリア 1 全面の地上高が 5.4m になると、莫大な余剰土砂 (1,000,000m<sup>3</sup> 以上) の掘削が必要となり、時間とコストがかかる。

このため土工事の量を減らすためにエリア 1 をフェーズ I (標高 5.4m) とフェーズ II (標高 8.6m) に分け、以下の条件を考慮して Phase-I と Phase-II の間に段差を造成する。フェーズ I の GT/ST 資材の仮置き場や荷降ろし場に Phase-II 地域を使用する必要があり、長尺トレーラトラックを通過させるには、道路勾配を 3% (3/100) 以下にする必要がある。Phase-I と Phase-II の高さの差は 3.2m であり、取り付け道路の長さは約 110m とすると道路勾配は 3%以下となる。この方法により、土工事の量を約 1,000,000m<sup>3</sup> から約 340,000m<sup>3</sup> に減らすことができると考える。

以上の計画を図 8-6 に示す

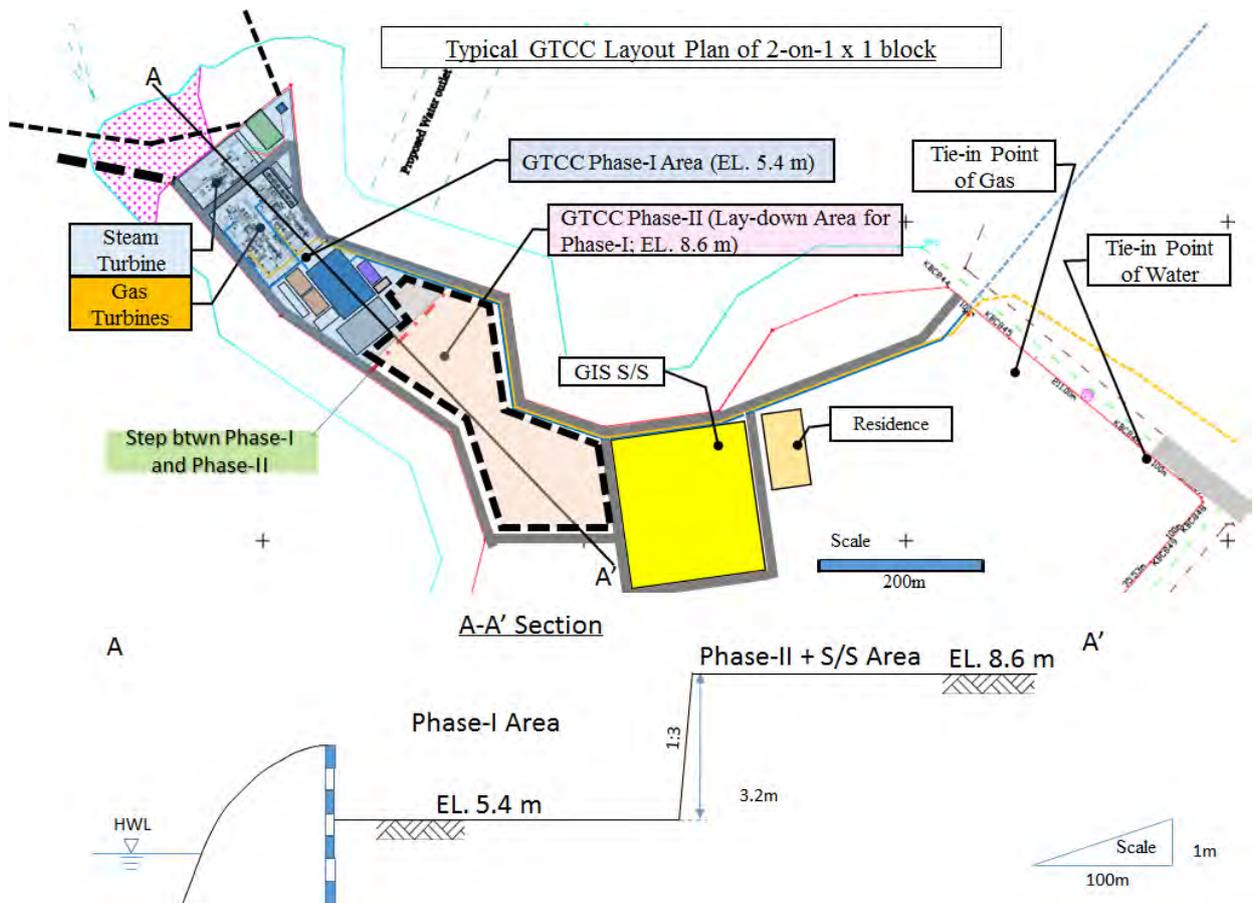


図 8-6 フェーズIとフェーズIIの敷地高さ計画

出典：JICA 調査団

### 3) エリア1における擁壁計画

第 8.1.3 節のプラント設計上の考察で既に述べたように、海岸線に沿ってエリア 1 の限られた狭いエリア内に発電所とその付属施設（Phase-I）を設置する必要があるが、土地造成により法面を形成する余地がないことが判明した。また GTCC 発電所 Phase-I エリアは可能な限り拡大すべきであると考えられる。

また、GTCC 発電所 Phase-I エリアは、前述のように標高 5.4m で開発する必要がある。

上記の条件により、この狭い土地を効果的に使用するために、敷地境界線に擁壁を設置する必要がある。

擁壁の設置が必要な場所は敷地境界に沿って 2.0~4.5m の高さとなり、切土エリアでの擁壁の長さは 約 1,150m、盛土エリアでの擁壁の延長はおよそ 330m となる。

(2) 杭基礎工事

GTCC 発電設備の主機である回転機器の GT、ST、発電機の架台基礎において地盤沈下は避けなければならないため、基本的には主要設備の杭基礎工事が計画されている。

発電所やその他の設備が設置されるキシワサイトの地質調査の結果、地質図の要約に示されているように基礎地盤は比較的良好な地質条件である。

一般に、砂質土の N 値が 30 以上、粘性土の N 値が 20 を超える基礎地盤は、十分な強度を有すると定義されている。地層 3 (C12) は上記の条件を満たしているが、JICA 調査団は地層 4 (Lm) を支持地盤として採用することを推奨する。

表 8-9 キシワサイトの地質条件

No.	D-4	D-5	D-6	Soil Classification	N-Value	
Location	Turbine	S/S	Area-3			
Length (m)	40.8	39	42.3			
Ground Level	6.0	7.0	15.0			
Elevation (El. m)	Layer-1 (S1)	6.0 ~ -0.5	7.0 ~ 2.0	15.0 ~ 9.0	Silty Sand	N < 10
	Layer-2 (SG)	-0.5 ~ -8.0	2.0 ~ -8.0	-	Sand mixed with clay	N = 20-30
	Layer-3 (C11/C12)	-8.0 ~ -15.0	-8.0 ~ -17.0	-	Sand mixed with gravel	N < 10
	Layer-4 (Lm)	-15.0 ~	-17.0 ~	9.0 ~	Coral Limestone	N > 50

出典：JICA 調査団

GT と ST の基礎概要図を基にした基本的なレイアウトでは、ST 建屋を必要とする前提に設計されている。地質調査の結果を考慮すると、GT と ST の基礎コンクリートの厚さは 2.0m で、約 20m のコンクリート杭により支持地盤に達することができる。

本事業で使用されるパイルの種類は、土壌の状態、過去の経験、市場の入手可能性などを考慮して決定されるものとする。プレキャストコンクリートパイルは、プロジェクトに最も適している。しかし、場所打ち杭の適用も詳細設計の段階で再考する必要がある。

キネレジ II プロジェクトでは、コンクリート杭のひとつとして Franki Piles 工法が採用されている。タンザニア国内（もしくは近傍で）調達可能な杭としては利用可能と考えられる。

### (3) 雨水排水

第7章で記載されている気象条件によれば、洪水は特に注意を払う必要があるリスクの1つである。キシワサイトでは、降雨による浸食は、めったに発生せず、植生に覆われた緩やかな斜面を形成しており、ほとんどの雨水は砂地に浸透しているように見える。

このプロジェクトでは、2種類の雨水を管理する必要があると考えられる。1つは雨水が発電設備以外のエリアから流出し、もう1つは発電設備から流出する雨水である。前者は、境界の周りの溝や斜面などの施設によって用地外に排水されるべきである。後者はプラントによって制御されるべきであり、プラント内からの排水システムは雨水を管理する能力を有するべきである。

#### 1) 降雨強度の検討

火力原子力プラント土木構造物の設計増補改訂版（社電力士木技術協会、1996年）に基づき、10年間の降雨確率と降雨強度を適用して発電所の排水システムを検討した。また、排水施設の能力は、流域、降水量、流出係数から推定される流出量によって決定される。

降雨確率（降雨強度）は、降雨記録を用いた統計的手法である岩井の方法により算出した。降雨確率（降雨強度）は、2012年から2017年のムトワラの毎日の降水量データ（出典：Tutiempo Network、SL）を基に算出した10年確率降雨強度の降雨量は日雨量252mm/日と推定されている。この地域の気候特性を考慮すると、降雨時間は短く、降雨の開始から1.5時間以内に豪雨が止む傾向にあることに気付く、従って、10年確率降雨の1時間あたりの降雨量は168mm/時間と推定される。

第7章によれば、ムトワラの最大日降雨量は232.7mm/日であり、最大時間降雨量は155mm/時間である。これらの記録から見て、キシワサイトの排水システムの基本設計には、上記の推定10年降雨確率（日/時間）が合理的かつ適切であると考えられる。

#### 2) 雨水排水計画

以下の条件に基づき、プラントサイトからの総流出量は $3.5\text{m}^3/\text{s}$ なので、雨水を安全に排水するためには7つの排水口が必要となる。

10年確率設計時間降雨	: 168mm/時間
プラントエリア (Phase-I)	: 7.5 ha
雨水流出量	: $3.5\text{ m}^3/\text{s}$
排水勾配	: 1%

側溝の排水能力 : 0.89m<sup>3</sup>/s (W: 70cm, H: 80cm)

雨水排水システムの検討を行い、道路側溝の設計案と道路断面の設計を行った。

#### (4) 道路計画

タンザニアの道路管理は、タンザニア道路公社 (TANROADS) が国道を担当しており、また地域評議会 (RAS) 及び地区評議会のもとに地方都市道路整備局 (TARURA) は地方道路を担当しており計画、設計、建設、保守、管理を行っている。

##### 1) 既存道路の拡幅

ダンゴテセメント工場の近くの国道 (B-2) からキシワサイト入口までの地方道路は、TARURA によって管理されており、未舗装路である。また、ルート途中に暗渠が数カ所存在する。大型トラックやトレーラなどの車両が通過するためには、道路を改修し、国道相当程度に整備することが望ましい。

##### 2) 新設道路

既存の村道からキシワサイトまでは新しいアクセス道路を建設する必要があり、JICA 調査団は、2つの選択肢を検討している。

一つは既存の小道沿いにキシワ村からサイトを結ぶ約 700m のルート、もう一つは変電所から延びる 400kV 送電線沿いの約 4.5km のルートであり、近接道路の幅は、プロジェクトの標準道路幅と同等とする。

##### 3) 用地境界道路

用地境界道路について、ムトワラ地域評議会の説明によれば、TANESCO は計画幅員 30m の道路の中心線から 15m 幅の道路開発を担当し、隣接する開発者が残りの半分を担当する。プロジェクトのエリア 1 開発中には、敷地境界線道路を開発し、プロジェクトサイト入口から送電線出口までの区間を建設する必要がある。

##### 4) キシワサイト内の管理道路

キシワサイトの管理道路は、以下の基準に基づいて設計されている。

- (a) 交通量が多く大型車が停車しても、一般的な交通を妨げない、標準幅 10m の道路
- (b) 交通量の少ない標準幅 8m の道路。メンテナンス等のために作業員が道で作業して

も道路の一方通行が可能である道路

- (c) 標準的な幅 4～6m の道路であり、建設等により交通が制限されても、全経路に渡って交通が損なわれない道路

火力原子力プラント土木構造物の設計増補改訂版（社電力土木技術協会、1996 年）によれば、道路斜面には路面の雨水を排出するための横断勾配と、地盤高を変化させることができる 道路の縦断勾配がある。現場道路の横断勾配は 1.5～2% であり、縦勾配は 5% 以下であることが望ましい。

## (5) 建築構造物

プロジェクトの主要建物に必要な仕様は、下記のとおりである。

ST 建屋	: 天井クレーンを付設する鉄骨仕様で高さ約 30m、耐用年数 30 年
管理棟	: 鉄筋コンクリート 3 階建
変電所管理棟	: 鉄筋コンクリート 2 階建
倉庫	: 天井クレーンを付設する鉄骨仕様、平屋

## (6) 取・放水設備の建設

第 4 章で海水の取・放水設備の種類を検討し、土木工事の実施は事業実施の実現可能性や事業費に影響を及ぼすため、本章で検討する。

### 1) 取・放水設備の配置

第 4 章の調査に基づき、本事業では塔型海水取水施設と海水放水施設を採用している。計画された取放水設備は、取水塔、取水管、取水口、循環水管、放水口、放水管などからなる。

取水塔は、海岸線から約 120m 離れたところにあり、放水地点は海岸線から約 600m 離れている。魚防護スクリーン、バースクリーン、海水取水ポンプからなる取水口は、深さ 15～20m、幅 10m、長さ約 20m で設計される。

放水口は深さ 10m で、放水管は約 600～700m で計画されており、その大半は海上部に位置している。

## 2) 施工方法

取水管は、陸上部で 220m、オフショア部で 150m の 2 つのセクションに分けられる。

海上部の取水塔と取水管を設置するためには、海底に基礎を形成するために仮設コファダム建設工法を適用する必要がある。コファダムは、掘削エリアを海水から守るために建設されるもので、互いに溶接された鋼製の鋼矢板で構成されている。コファダムの底部は基礎岩盤に 1m まで埋め込まれ、構造物の全体的な高さはほぼ 20m になる。

鋼矢板内部の掘削は、クラムシェルバケット付きクレーンなどの重機を使用する。海底から掘削された土砂は仮置きされた後、埋め戻し土として利用される。取水管設置に碎石が必要な場合は、敷地周辺に碎石の降ろし場所がないので、ビーチングで重量物を搬入するためのビーチロードを使用してダンプトラックから碎石をバージ船に積み替える必要がある。

放水設備は、放水口と放水管の順に施工される。海中部の掘削／平坦化はクラムシェルバケットを使用して行われ、掘削された土砂は一時的に近くに仮置きされ、埋め戻し材として使用される。JICA 調査団は、放水管には一時的なコファダム工法は不要と考えるが、海底地質の条件によっては適用する必要がある。

取水口の一部を含む陸上部の掘削作業は深さ 20m 以上になり、1 : 0.5 の勾配で掘削され、5m の深さごとに小さな段差 (2m) を設置する。

JICA 調査団は、海水冷却方式の火力発電所の建設を実施するには、取水設備の建設作業が重要な作業であると認識している。従って、この種の海洋建設工事に十分な経験を有する請負業者を選定する必要があると考える。

## 8.2 400 kV 送電線設備の基本設計

### 8.2.1 送電線の概要

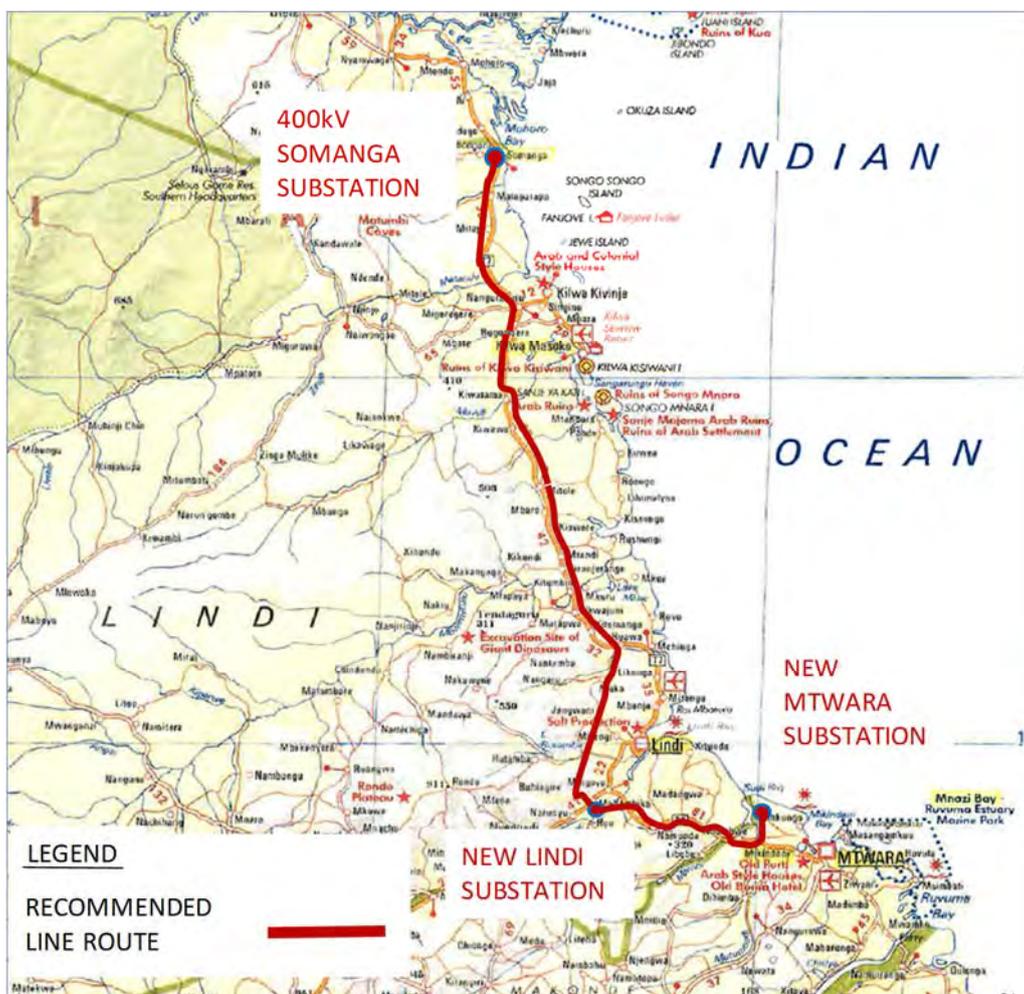
#### (1) 400 kV 送電線の概要

新リンディ変電所を経由し新ムトワラ変電所と 400kV ソマンガ変電所間の 400kV 送電線の概要を表 8-10 および図 8-7 に示す。

表 8-10 送電線設備の概要

Description		Line Data
Number of 400kV circuit		2
Number of conductors per phase		4
Route Length	New Mtwara Substation ~ New Lindi Substation	59 km
	New Lindi Substation ~ 400kV Somanga Substation	209 km
	Total	268 km
Conductor type		ACSR Bluejay (Low loss conductor)
Earthwire		GSW 110 mm <sup>2</sup> or AS 110 mm <sup>2</sup>
OPGW		OPGW 110 mm <sup>2</sup>
Type of towers		Self-supporting steel lattice structures
Type of foundations		In-situ reinforced concrete

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

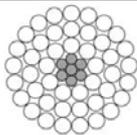
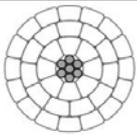
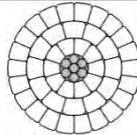
図 8-7 送電線ルート

## 8.2.2 電線と地線

### (1) 電線の種類

表 8-11 に、各種電線の仕様を示す。1 つはタンザニアの大容量送電線に多く用いられている ACSR Bluejay で、他は Bluejay と同じ外径を持つ 2 種類の低損失電線（以下、低損失）である。

表 8-11 電線の種類

Description		Unit	Bluejay	Low loss A	Low loss B
Nominal Diameter		mm	32.0	32.0	32.0
Cross sectional area	Al	mm <sup>2</sup>	564.0	719.2	697.5
	Core		39.3	22.0	29.1
	Total		603.3	741.2	726.6
Nominal weight	Total		1,868	2,154	2,165
DC Resistance at 20 deg. C		Ohm/km	0.051	0.040	0.0416
Sag of 350 m span* <sup>1</sup>		m	13.96 m at 90 deg. C	13.96 m at 81.4 deg. C 14.25 m at 90 deg.C	12.53 m at 82.3 deg. C 12.82 m at 90 deg.C
Current capacity at 90 deg. C* <sup>2</sup>		A	964 A at 90 deg. C	964 A at 81.4 deg.C 1082 A at 90 deg.C	967 A at 82.3 deg.C 1069 A at 90 deg.C
Cross sectional view					

出典：JICA 調査団

### (2) 送電線のライフサイクルコスト

図 8-8 は、いくつかの条件下での Bluejay と低損失のライフサイクルコストの比較を示す。

400kV 送電システムは、送電能力を十分備えているので、電源開発を増加・推進することができる。電源開発の推進を次のように想定する。

Case (I) GTCC 出力 300MW + 330MW (2030)

Case (II) GTCC 出力 300MW + 330MW (2030) + 330MW (2035)

Case (III) GTCC 出力 300MW + 330MW (2030) + 330MW (2035) + 330MW (2040)

<新リンディ変電所 ~ 400kV ソマンガ変電所>

評価の結果、Case (I)の場合に運用開始日から 40 年以内に低損失がコスト優位性を発揮できないことを示している。

将来ムトワラ地域の電源開発が加速した場合、

Case (II) では、30 年後に初期費用を回収し、その後低損失がコスト優位性を発揮する。

Case (III) では、23 年後に初期費用を回収し、その後低損失がコスト優位性を発揮する。

#### <新ムトワラ変電所 ～ 新リンディ変電所>

評価の結果、低損失は、Case (I)、Case (II) で運用開始日から 40 年以内にコスト優位性を発揮できないことを示している。

Case (III) では、31 年後に初期費用を回収しその後、低損失がコスト優位性を発揮する。

以上の結果から、電線の選択に関する技術的及び財務的レビューに基づくと、低損失の適用は、合計 39 百万米ドルのプロジェクト費用を増加させる。

図 8-8 に示すように、本事業で 400kV 送電線に適用する電線の種類は、各電線のライフサイクルコストを比較することで検討している。

TANESCO が提供する公式の電力負荷計画に基づいて考慮される電力潮流「Case (I)」の条件の下では、電線タイプ「ACSR Bluejay」は優れた利点を持ち、経済性の観点からこの 400kV 送電線の推奨電線となる。

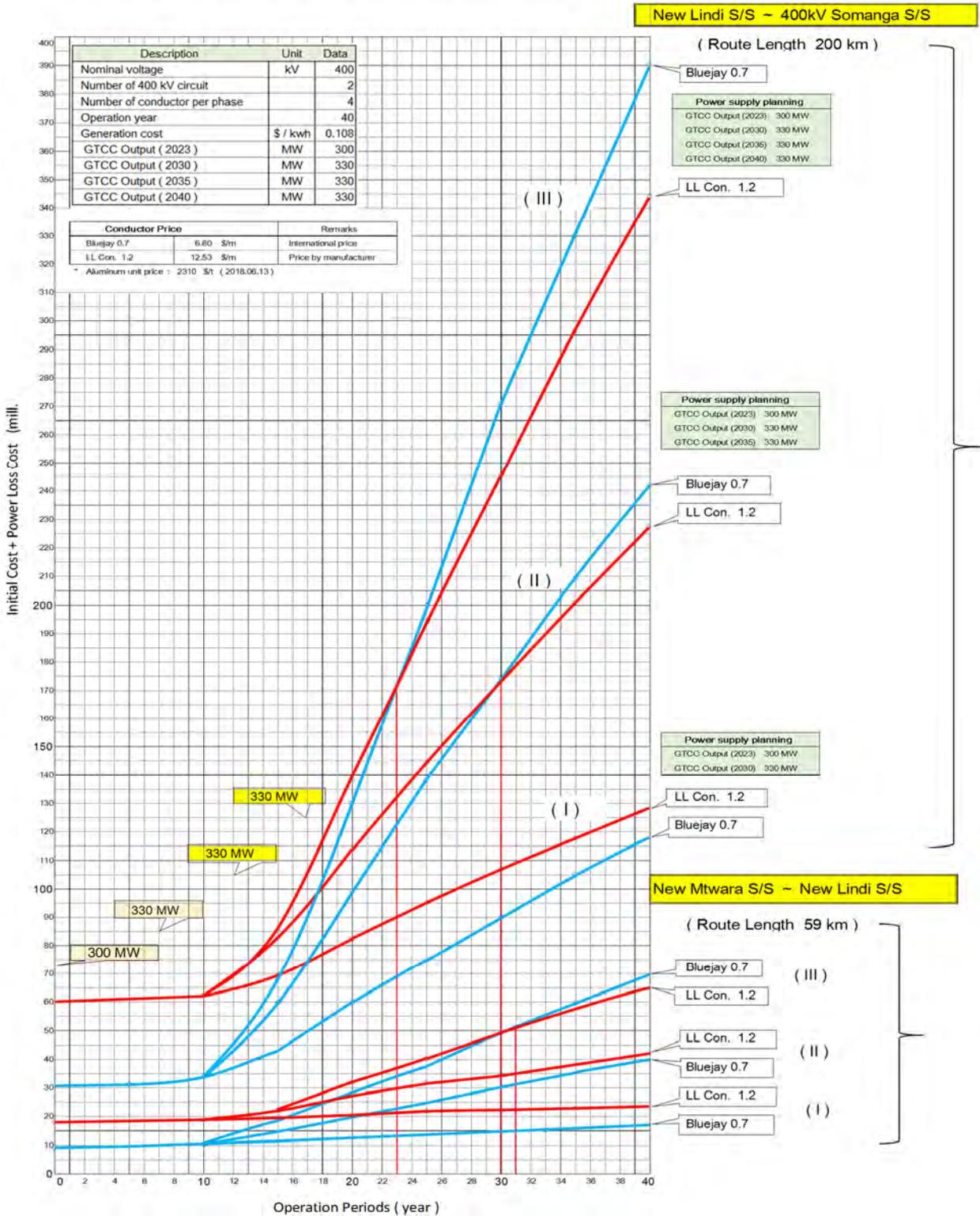
一方、「低損失電線 (LLC)」の電線タイプの適用は、電力供給部門における温室効果ガス (GHG) を削減するための最も効果的な対策の 1 つである。

現在の TANESCO の報告書では、タンザニア南部地域で将来の電力拡大があるとも言われている。

このような要因や新たな条件を考慮すると、図中の潮流条件「Case (II)」または「Case (III)」が適用可能である。また、「低損失電線」は、環境面、長期運用、および将来の電力開発計画に十分な対応力に貢献するという利点がでてくる。

以上の観点から、この 400kV 送電線の電線種別として「低損失電線」の適用も考えられる。

Comparison of Life cycle cost ( Mtwara ~ Lindi ~ Somanga )



出典：JICA 調査団

図 8-8 ライフサイクルコストの比較

### (3) 地線の特性

#### 1) 地線 GSW(Galvanized Steel Wire) 110 mm<sup>2</sup>

TANESCO の送電設備で現在使用されている地線と合わせて考慮すると、亜鉛めっき鋼線 (GSW 110 mm<sup>2</sup>)・ストランド 7/4.5 mm 及びアルミ覆鋼より線 (AS : Aluminum clad Steel wire 110 mm<sup>2</sup>)・ストランド 7/4.5 mm が適用される。

亜鉛めっき鋼線 (GSW) 110mm<sup>2</sup> の特性を表 8-12 に示す。

**表 8-12 地線 GSW 110 mm<sup>2</sup> の特性**

Earth wire		GSW 110 mm <sup>2</sup>
Stranding and Wire diameter	Galvanized Steel Wire	7/4.5 mm
Calculated Area of GSW		111.30 mm <sup>2</sup>
Approximate Overall Diameter		13.50 mm
Calculated DC Resistance at 20°C per km		2.4423 ohm/km
Total weight per km		882 kg
Ultimate Breaking Strength		more than 126.0 kN

出典：JICA 調査団

#### 2) 地線 AS(Aluminum clad Steel wire) 110 mm<sup>2</sup>

アルミ覆鋼より線 (AS) 110 mm<sup>2</sup> の特性を表 8-13 に示す。

**表 8-13 地線 AS 110 mm<sup>2</sup> の特性**

Earth wire		AS 110mm <sup>2</sup>
Stranding and Wire diameter	Aluminum-Clad Steel Wire	7/4.5 mm
Calculated Area of AS		111.3 mm <sup>2</sup>
Approximate Overall Diameter		13.5 mm
Calculated DC Resistance at 20°C per km		less than 0.8603 ohm/km
Approximate mass per km		704.8 kg
Ultimate Breaking Strength		more than 123.2 kN

出典：JICA 調査団

#### 3) 光ファイバ複合架空地線 OPGW 110 mm<sup>2</sup>

光ファイバ複合架空地線 (OPGW) 110 mm<sup>2</sup> の特性を表 8-14 に示す。

表 8-14 光ファイバ複合架空地線 OPGW 110 mm<sup>2</sup> の特性

Earth wire		OPGW 110mm <sup>2</sup>
Stranding and Wire diameter	Aluminum-Clad Steel Wire	9/3.6 mm
Calculated Area of AS		121.0 mm <sup>2</sup>
Approximate Overall Diameter		14.4 mm
Calculated DC Resistance at 20°C per km		less than 0.8603 ohm/km
Approximate mass per km		658.0 kg
Ultimate Breaking Strength		more than 99.7 kN
Maximum working tension of OPGW		21.6 kN
Quantity of Optical Fibers		48 cores
Diameter of Al. core		1/7.2 mm <sup>2</sup>

出典：JICA 調査団

### 8.2.3 碍子

#### (1) 碍子の種類

表 8-15 に碍子の特性を示す。製造工程に起因する碍子ディスクの破損率は、磁器碍子において 1 年に 1/100,000 以下の非常に低い破損率の実績を有しており、ガラス碍子に比べて 1/10 となっている。

表 8-15 碍子の種類

Insulator	Advantage	Disadvantage
<p>Porcelain</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Standardized units</li> <li>- Electrically and chemically stable</li> <li>- Long term reliability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weight during handling</li> <li>- Close range inspection</li> </ul>
<p>Glass</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Standardized units</li> <li>- Electrically stable</li> <li>- Easy detection of defective units</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weight during handling</li> <li>- Shell shattering from Inclusions, Erosions, Vandalism</li> </ul>
<p>Polymer</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Light weight for handling</li> <li>- Contamination performance</li> <li>- Initial cost of string</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aging and Brittle fracture</li> <li>- Live line work</li> <li>- Handling damage</li> <li>- Bird and rodent damage</li> <li>- Close range inspection</li> <li>- Difference of string design</li> </ul>

出典：JICA 調査団

従って、磁器碍子は停電によるロスを抑制することができ、信頼性が高いため基幹送電線に適している。

(2) 汚染地域における碍子ユニット数

以下の表 8-16 に、汚染地域に必要な碍子ユニット数を示す。

表 8-16 汚染地域における碍子ユニット

Pollution level	Mi. nominal specific creepage distance	distance from the coastline	Tension	Suspension	
			300kN Normal	Span 300 m	Span 400 m or more
				Number of insulators	160kN Fog
Light	16 mm/kV	20 km over	16 × 2	19 × 1	19 × 2
Medium	20 mm/kV	10-20 km	18 × 2	19 × 1	19 × 2
Heavy	25 mm/kV	3-10 km	22 × 2	20 × 1	20 × 2
Very Heavy	31 mm/kV	0-3 km	27 × 2	24 × 1	24 × 2

Note: IEC60815-2-2008 compliant

出典：JICA 調査団

(3) 塩害による汚染状況

塩害による汚染分布は、図 8-9 に示すとおりである。



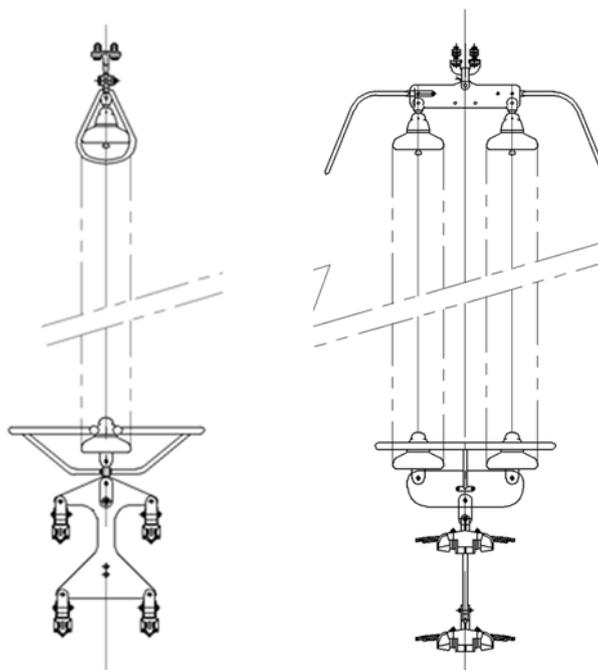
出典：JICA 調査団

図 8-9 塩害による汚染分布図

(4) 年間雷雨日数分布

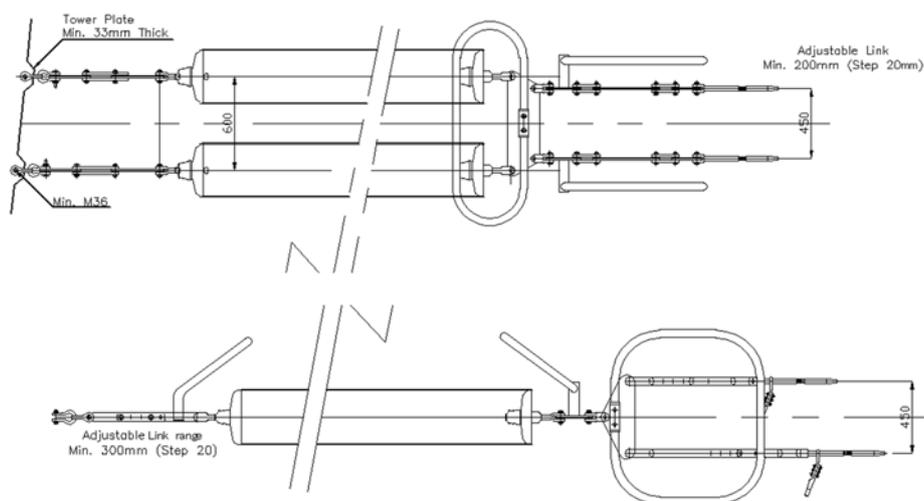
アフリカで IKL (Iso Keraunic Level) を「100」とすると、落雷が実際に地面に到達する確率は小さいと推定され、雷保護のない機器の故障率は非常に低いと予想されるため、ムトワラ～ソマンガ間の変電所や送電線には従来の雷保護対策で十分である。

(5) 碍子連装置



出典：JICA 調査団

図 8-10 碍子連装置(懸垂型)



出典：JICA 調査団

図 8-11 碍子連装置(耐張型)

## 8.2.4 鉄塔

### (1) 鉄塔型

支持構造は、コンクリート基礎を有する2回線の鋼製アングル鉄塔である。

これらの鉄塔は、2本の電線、すなわち1本の接地線+1本の電線または2本の電線の切断を含む最も厳しい条件に耐えなければならない。

本事業の送電ルート of 地形を考慮すると、表 8-17 に基づいて鉄塔型を設計することが最も経済的である。

表 8-17 送電線鉄塔タイプ

Tower Type	Insulator String	Horizontal Angle of Line	Nominal span	Wind Span	Weight Span	Phase Span
NS Tower Normal Suspension	Suspension I-string	0° - 2°	400 m	440 m reduced i)	max 700 m min 200 m	650 m ii)
HS Tower Heavy Suspension	Suspension I-string	0° - 2° long span	400 m	800 m reduced i)	max 1100 m min 300 m	950 m ii)
LA Tower Light Angle	Tension string	0° - 15°	400 m	440 m	max 700 m min -350 m	650 m ii)
MA Tower Medium Angle	Tension string	0° - 30°	400 m	440 m	max 700 m min -350 m	650 m ii)
HA/DE Tower Heavy Angle/ Terminal	Tension string	30° - 70° 0° - 90° iii)	400 m	440 m	max 700 m min -350 m	650 m ii)
TP Tower Transposition	Tension string	2°	400 m	440 m	max 700 m min -350 m	650 m

※ TANESCO データにより JICA 調査団が作成

- i) 水平角度 0°~2°における風荷重経間
- ii) 基準となる経間の最小値。実際の最大スパンは、鉄塔高さ と クリアランスによって決定される。
- iii) 引込み鉄塔と S/S ガントリー間の低張力を考慮する。

基本タイプ (±0) に加えて、鉄塔高さの延長は 4 m、8 m、12 m で、選択可能な継脚部は-3m ~+3m でなければならない。

標準懸垂型の鉄塔高さは、次のようにして求める。

- ・ 85°C における経間 400m の最大弛度は 17.50 m 17.50 m
  - ・ I 型碍子連の長さは 4.70 m 4.70 m
  - ・ 地上までの最小クリアランスは 8.60 m 8.60 m
- 最下段腕金の高さは 30.80 m となり決定高さを 31.00 m とする。 計 30.80 m (約 31.00 m)

## (2) クリアランス

電線と地面または他の構造物との最小クリアランスは、表 8-18 に示すとおりとする。

表 8-18 クリアランス

Situation	Minimum clearance (m)
	400 kV
Normal ground	10.00
*Roads - road level	8.60
Power transmission & Telecommunications lines:	
- Lowest line conductor of upper line to highest conductor or earthwire of lower line	4.40
- Lowest line conductor of upper line to support the lower line on which a person may stand	5.30
Railway crossing	11.00
- Rail level	
- Electrified Railway crossing, building, gantries, or other structures on which a man can stay	7.20
Ground level at animal corridors crossing Transmission line route	11.00
Ground level at roads or yards where road mobile cranes are likely to be employed	12.20
Any wall, building or other structure on which a man stand, or on which a ladder may be placed	5.30
Street lighting / Grown trees	4.70

\*Any road that is normally maintained by Government and / or other recognized public authority.

出典：TANESCO データにより JICA 調査団が作成

## (3) 想定荷重の組み合わせ

表 8-19 に示すように、以下の平常時荷重と異常時荷重が、懸垂鉄塔、角度鉄塔、引留め鉄塔に同時に加えられると仮定している。

### 1) 垂直荷重

- 鉄塔の重量 (Wt)
- 電線、碍子連、地線及び付属品の重量 (Wc)
- 電線／接地線の架渉線張力による垂直成分 (Wc')

2) 水平横荷重

- 鉄塔の風圧 (Ht)
- 電線/地線・碍子連などの風圧 (Hc)
- 水平角を有する場合の電線/地線の架渉線張力による水平横成分 (Ha)
- 電線/地線の不平均張力荷重によるねじり力 (q)

3) 水平縦荷重

- 鉄塔の風圧 (Ht')
- 懸垂鉄塔、角度鉄塔、引留め鉄塔における電線・地線の不平均張力荷重の水平方向成分 (P1)
- 電線/地線の破断の結果として生じる不平均張力荷重の水平方向の縦方向成分 (P2)
- 電線/地線の破断により発生するねじり力 (q1')

表 8-19 想定荷重の組み合わせ

Kind of steel tower	Condition	Wind direction	Assumed load combination									
			Vertical load		Horizontal transverse load				Horizontal longitudinal load			
			Wt	Wc	Ht	Hc	Ha	q	Ht'	P1	P2	q1'
Suspension and Tension Tower	Normal	Right angle	✓	✓	✓	✓	✓			✓		
		Parallel	✓	✓			✓		✓	✓		
	Abnormal	Right angle	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
		Parallel	✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓
Dead-end Tower	Normal	Right angle	✓	✓	✓	✓				✓		
		Parallel	✓	✓					✓	✓		
	Abnormal	Right angle	✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓
		Parallel	✓	✓				✓	✓	✓		✓

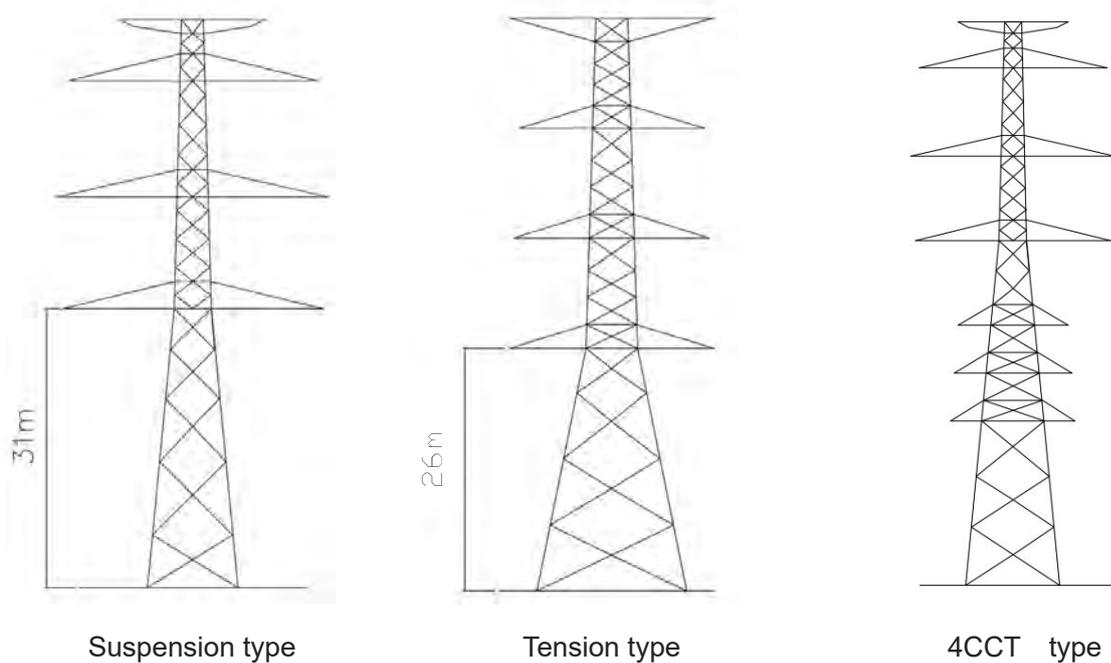
出典：JICA 調査団

(4) 鉄塔概略図

このプロジェクトに適用される基本的な鉄塔概略図を図 8-12 に示す。

懸垂鉄塔は、水平角度が 2 度以下の条件で適用される。

4 回線鉄塔は、上回線に 400kV 送電線、下回線に 132kV 送電線を配置するよう設計されている。



Suspension type

Tension type

4CCT type

出典：JICA 調査団

図 8-12 鉄塔概略図

### 8.2.5 鉄塔基礎

#### (1) 基礎設計の制限要素

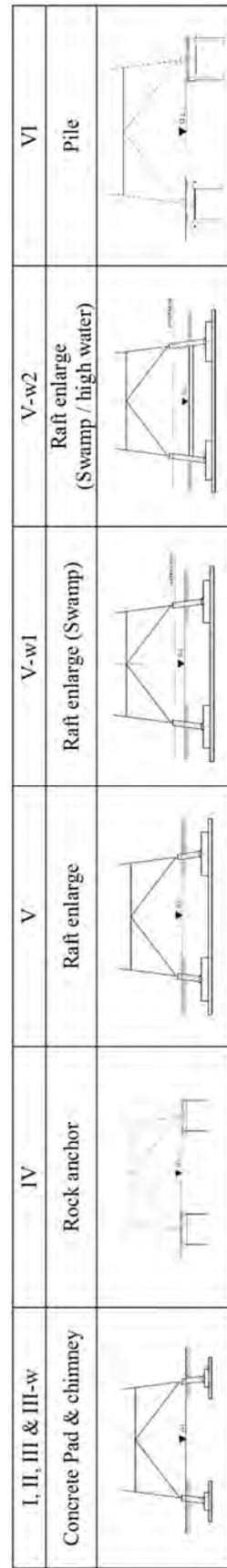
基礎型は、土壌タイプ、標準貫入試験（SPT）で測定された土壌硬度に対応する N 値及び水位によって決定される土壌条件に従って設計されるべきである。

基本的な基礎型を表 8-20 及び図 8-13 に示す。

表 8-20 基礎設計の制限要素

Foundation types	Concrete Pad & chimney				IV Rock anchor	V Raft enlarge	V-w1 Raft enlarge (Swamp)	V-w2 Raft enlarge (Swamp / High Water)	VI Pile
	I	II	III	III-w					
Approximate soil description	Stiff Clay / Dense Sand	Firm Clay / Medium Dense Sand	Soft Clay / Silt / Loose Sand	Soft Clay / Silt / Loose Sand with Water	Homogeneous Rock	Bad Soil condition with Water	Bad Soil condition with High Water	Very Bad Soil condition with High Water	
	Sandy soil	30 - 10	10 - 4	10 - 4	More than 50	Less than 4	Less than 4	Less than 4	
N-value	More than 8	8 - 4	4 - 2	4 - 2		Less than 2	Less than 2	Less than 2	
Design uplift frustum angle	20 deg.	15 deg.	10 deg.	0 deg.	30 deg.	0 deg.	0 deg.	0 deg.	
Concrete unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	2,400	2,400	2,400	1,400*	2,400	1,400*	1,400*	1,400*	
Soil/Rock unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	1,600	1,500	1,400	950*	1,950	950*	950*	950*	

\*Submerged unit weight



出典：JICA 調査団

図 8-13 基礎型の種類

### 8.3 400kV 変電所の基本設計

#### 8.3.1 母線構成

シニャンガ・シンギダ・ドドマ・イリングア 400kV 変電所の BTIP (Backbone Transmission Investment Project) では、二重母線 1CB 方式が適用されている。一方、キネレジ及びソマンガ 400kV 変電所では、二重母線 1.5CB 方式が検討されている。さらに、ケニア・タンザニア連系プロジェクトの 400kV アルーシャでは、国際連系の重要性から 1.5CB 方式が採用される予定である。

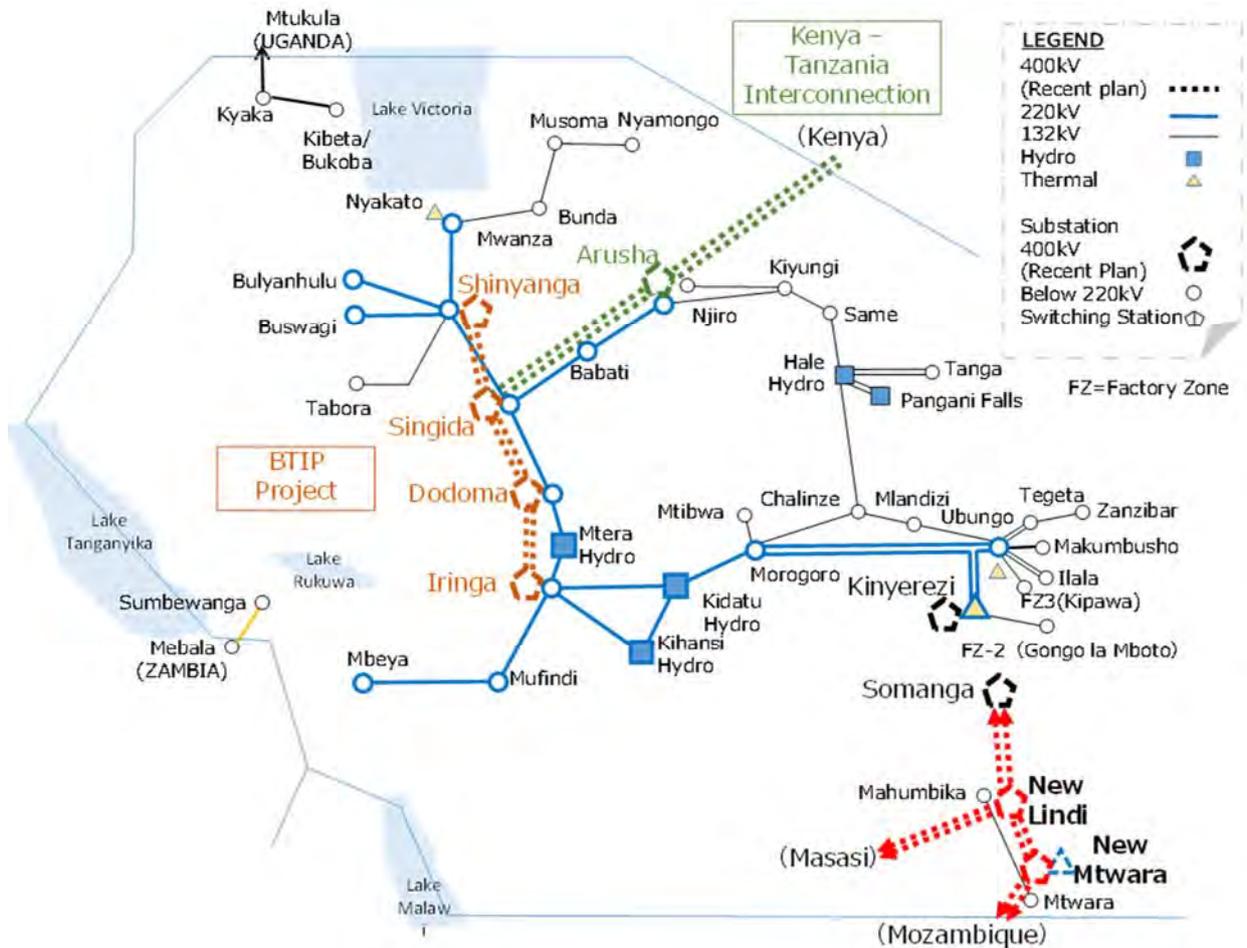


図 8-14 至近の 400kV 計画

本事業は、モザンビークとの国際連系拠点となるため、400kV 新ムトワラ変電所には 1.5CB 方式を適用するものとする。一方、400kV 新リンディ変電所も PSMP 2016 Update に基づき、今後、タンザニア国内の 400kV 基幹系統で重要な拠点となるため、1.5CB を採用することを提案している。

また、タンザニアのグリッドコードでは、220kV 以上で送電線引出のバイパスが要求されている。しかし、1.5CB には言及されておらず、1.5CB では送電線停止なしで遮断器の保守作業が可能であるため、バイパスは不要としている。

### 8.3.2 変圧器

#### (1) 輸 送

トレーラを含む 100 変圧器の輸送重量は、三相で 110ton、単相で 55ton、特別三相で 48ton となる。

56ton 以上の重量の陸路輸送では、TANROADS により 14 万米ドルの重量超過金が課される。また、以下のとおり、車両長にも制約がある。

最大全長：Rigid Vehicle 12.5m、Articulated Vehicle 17m、Any Combination of Vehicles 22m

最大全幅：2.6m

最大高さ：4.6m

56ton 以上の陸路輸送では、労働省（Ministry of Works）への申請が必要となる。TANROADS によると、重量が 100ton 以上になれば、申請自体に問題はないが、審査が個別となる。一方、他のプロジェクトでは 120ton の輸送の実績がある。

表 8-21 の橋梁の補強については、建設費に大きく影響するため建設工事実施時に別途検討が必要と考えられ、補強工事による本体工事の工期延長も懸念される。以上のことから 400kV 新ムトワラ変電所では三相変圧器、新リンディ変電所には特別三相変圧器の採用を推奨する。

表 8-21 ムトワラ港からの橋梁リスト

ムトワラ

Name	Classification	Length (m)	Width (m)	Name	Classification	Length (m)	Width (m)
01 Magomeni1	Box Culvert	4.9	12	02 Magomeni2	Box Culvert	4.85	12
03 Magomeni3	Box Culvert	4.85	12	04 Magomeni4	Box Culvert	8	12
05 Magomeni5	Box Culvert	4.85	12	06 Mitengo1	Concrete Pipe	4	12
07 Mikindani1	Concrete Slab	11.85	7.1	08 Mikindani2	Concrete Slab	12	7.1
09 Mikindani3	Concrete Beam	30	8.7	10 Mbuo1	Concrete Beam	30	8.7
11 Mbuo2	Concrete Pipe	2.4	12	12 Changrawe	Box Culvert	4.85	12
13 Mpapura	Concrete Beam	28.9	8.7				

リンディ

Name	Classification	Length (m)	Width (m)	Name	Classification	Length (m)	Width (m)
01 Mkwaya1	Pipe Culvert	14.2	-	02 Mkwaya2	Box Culvert	14.2	-
03 Mkwaya3	Box Culvert	8	-	04 Mkwaya4	Box Culvert	8	-
05 Mkwaya5	Box Culvert	120	-	06 Mloweka	Concrete Pipe	15.2	-

(2) 容量

1) 常時(100%)

a) 新ムトワラ変電所

需要は 2022 年 43MW、2025 年 89MW と想定されている。力率を 0.85 とすれば、2025 年の必要容量は 105MVA (89 / 0.85) になる。その後、2030 年には 126MVA (107 / 0.85)、2040 年には 167MVA (142 / 0.85) となる。

b) 新リンディ変電所

需要は 2022 年 125MW、2025 年 188MW と想定されている。力率を 0.85 とすれば、2025 年の必要容量は 221MVA (188 / 0.85) になる。

2) 1 台停止時(110%過負荷、22 MW GT 接続)

以下の検討により、変電所各容量をムトワラ変電所 100MVA 2 台、リンディ変電所 100MVA 3 台に設定する。

a) 2025 年

1 台停止時の必要容量は 273MVA となる。

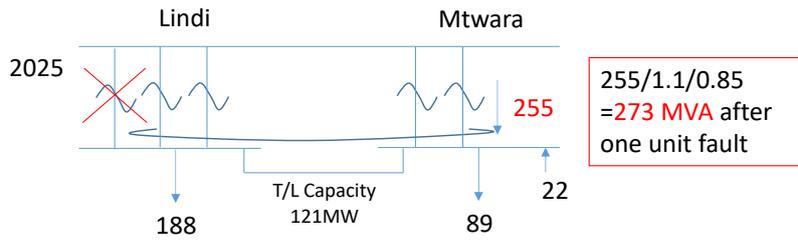


図 8-15 潮流図(2025年)

b) 2030 年以降

1 台停止時の必要容量は 357MVA となる。

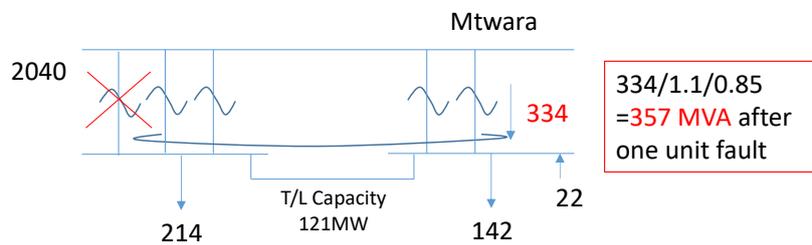


図 8-16 潮流図(2030年以降)

(3) 適用技術

新ムトワラ変電所では、変圧器が直接 GIS に接続される。施工及び保守の向上のため、油ガススペーサーを適用する。

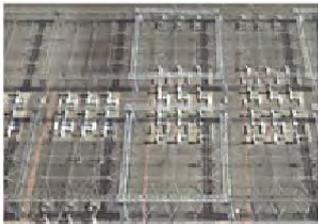
	Oil Gas Bushing	Oil Gas Spacer
Image		
Design, Constriction, and Maintenance	Difficult	Easy
Cost	Expensive for materials	Base

図 8-17 油-ガス スペーサー

### 8.3.3 開閉機器

#### (1) 開閉装置の種類

表 8-22 開閉装置種類別の変電所比較

	AIS Substation	Hybrid-GIS Substation	Full-GIS Substation
Type of Substation			
Specification	Busbar, GCB, DS, ES: Air Insulation	GCB, DS, ES: SF6 Gas Insulation Busbar: Air Insulation	GCB, DS, ES, Busbar: SF6 Gas Insulation
Reliability	Base	Higher	Highest
Construction Period	Base	Short	Short
Installation Space	Base	Smaller	Smallest
Maintenance Work	Base	Same	Less
Safety	Base	High	High
Tolerance to Pollution	Base	Higher	Highest
Construction Cost	Base	Higher	Highest

出典：JICA 調査団

#### (1) 400kV 新ムトワラ変電所

新ムトワラ変電所は海岸沿いにあるため、GISを採用する必要がある。また、将来の発電所拡張への柔軟性とモザンビークとの連系拠点としての重要性といった面でも、GISには利点がある。一方、132kV設備については、信頼性よりも拡張や接続での柔軟性を優先し、AISで計画している。

単線結線図と平面図を図 8-18 と図 8-19 に示す。

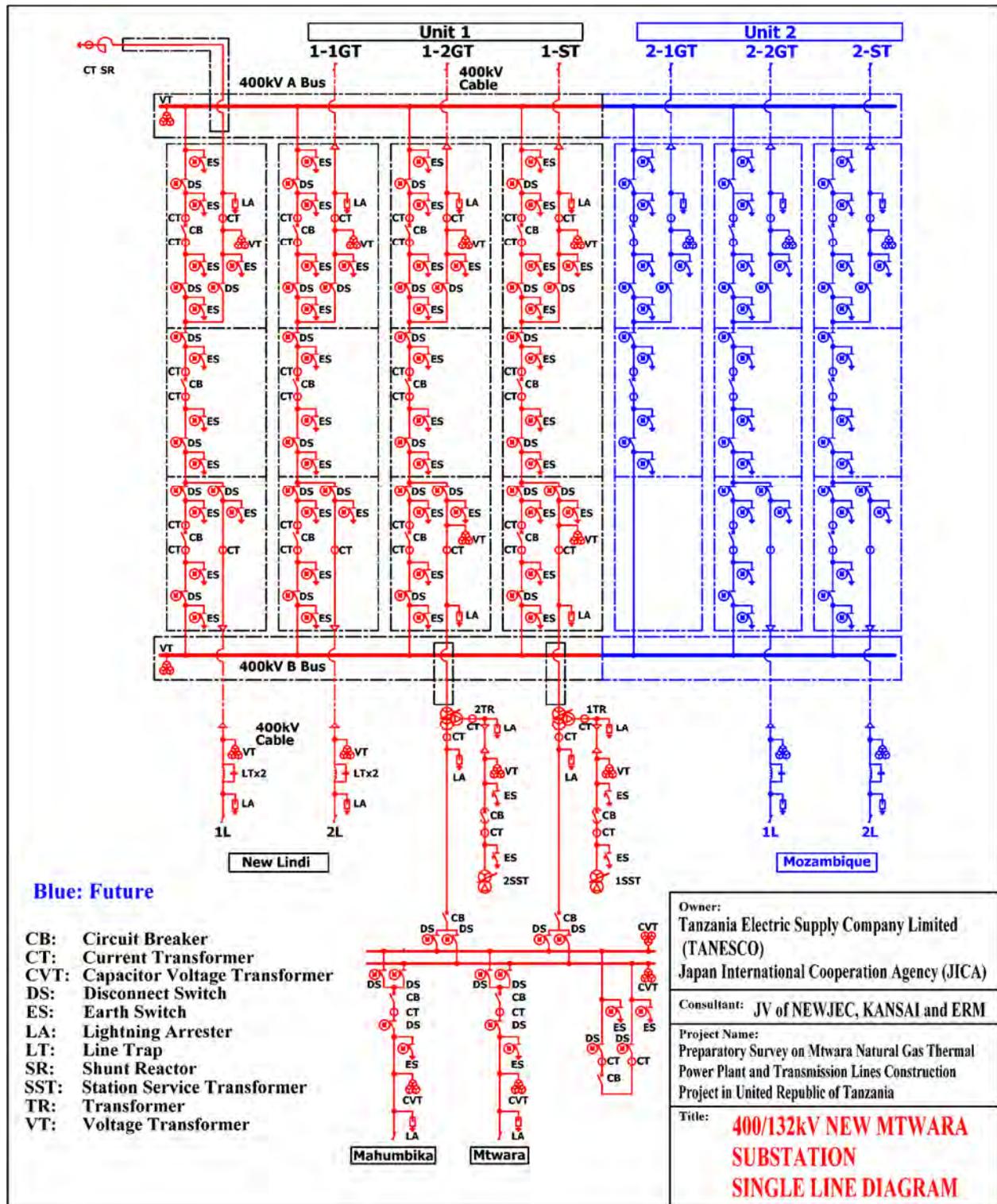


図 8-18 400kV 新ムトワラ変電所単線結線図

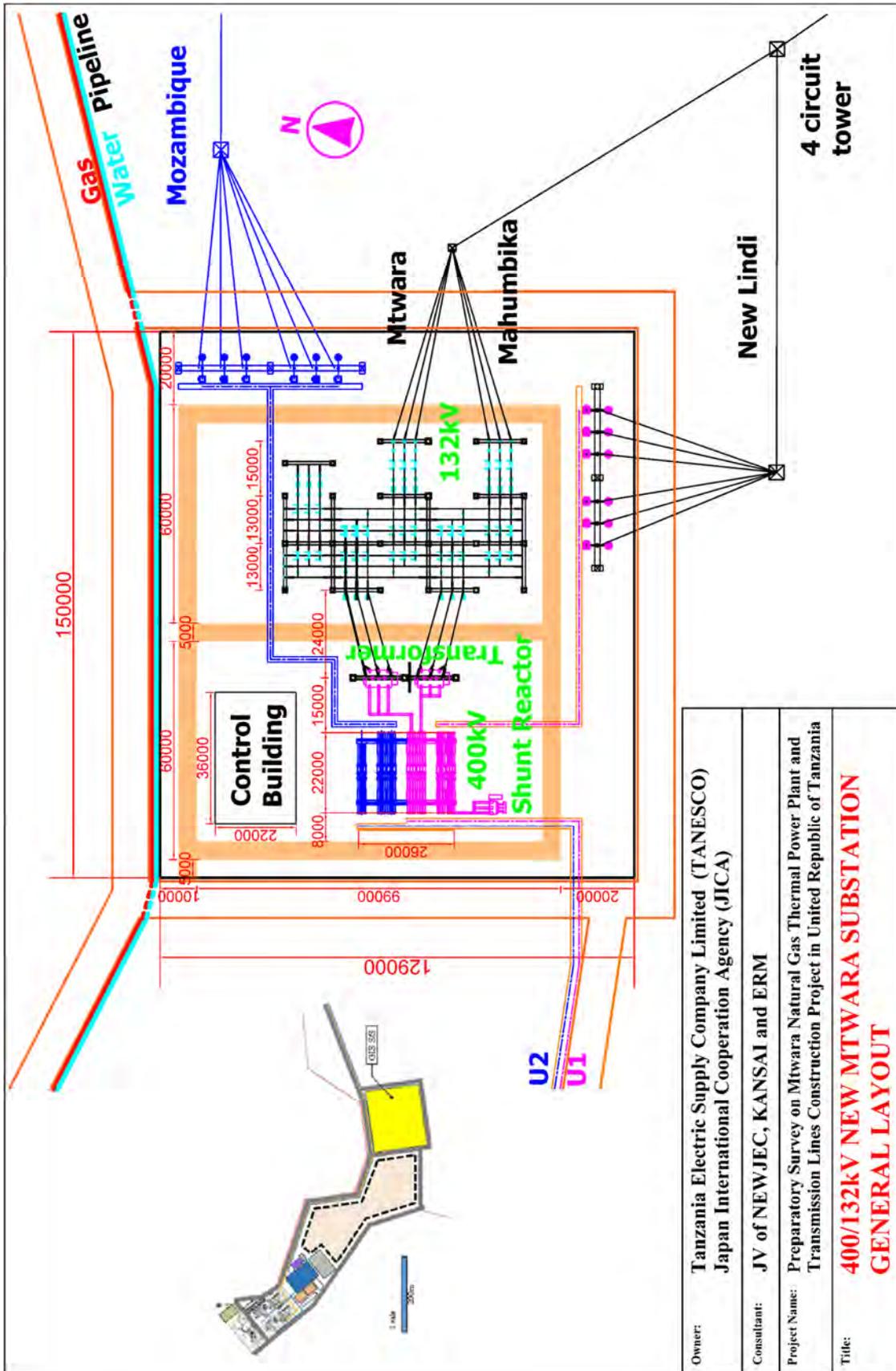
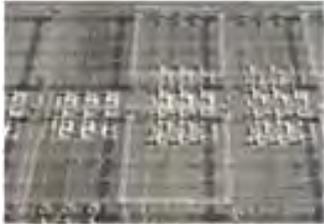


図 8-19 400kV 新ムトワラ変電所機器配置図

(2) 400kV 新リンディ変電所

400kV 新リンディ変電所では、ハイブリッド GIS もしくは AIS が考慮される。400kV 新リンディ変電所も第 8.3 節で述べたように重要な拠点であるため、本事業ではハイブリッド GIS を信頼度向上、工期の短縮、メンテナンスの容易性、作業安全面や汚損物への耐用性などの利点から推奨している。ハイブリッド GIS の利点は、表 8-23 のように要約される。

表 8-23 変電所タイプの比較

	Hybrid-GIS		AIS	
Type of Substation				
Reliability	Less accidents due to few exposed and moving parts - Natural disasters such as wind, rain, and earthquake - Human injury	Excellent	Base	Good
Construction Period	6 month shorter	Excellent	Base	Good
Installation Space (400kV yard)	60% (12,000m <sup>2</sup> )	Excellent	100% (20,000m <sup>2</sup> )	Good
O&M	Less works for equipment maintenance	Excellent	washing insulator is needed	Fair
Safety	Less works at high place	Excellent	Base	Good
Tolerance to Pollution	Less exposed parts	Excellent	Base	Good
Construction Cost	100%	Fair	70%	Good

出典：JICA 調査団

図 8-20 及び図 8-21 に、400kV 新リンディ変電所の図面を示す。

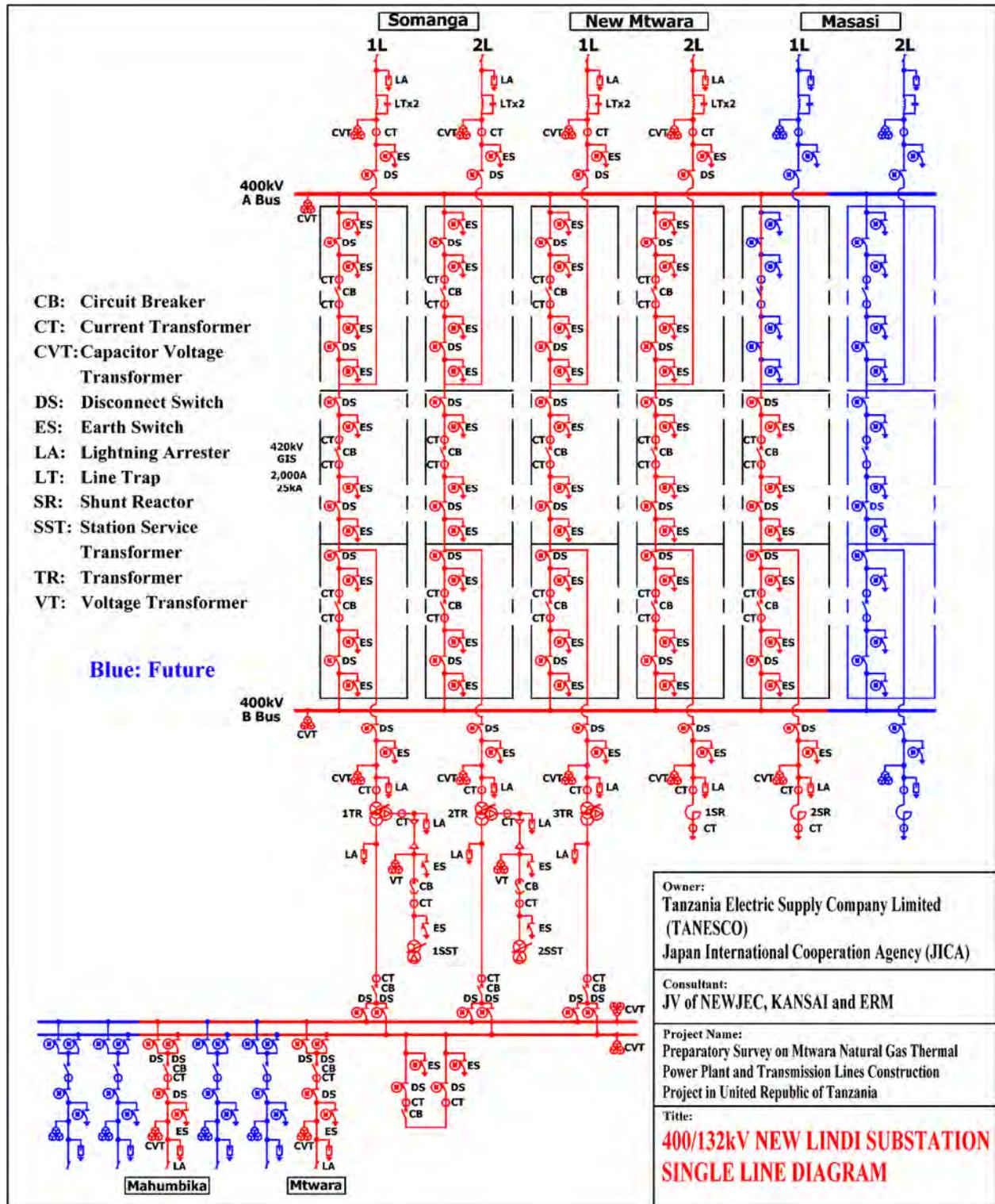


図 8-20 400kV 新リンディ変電所単線結線図

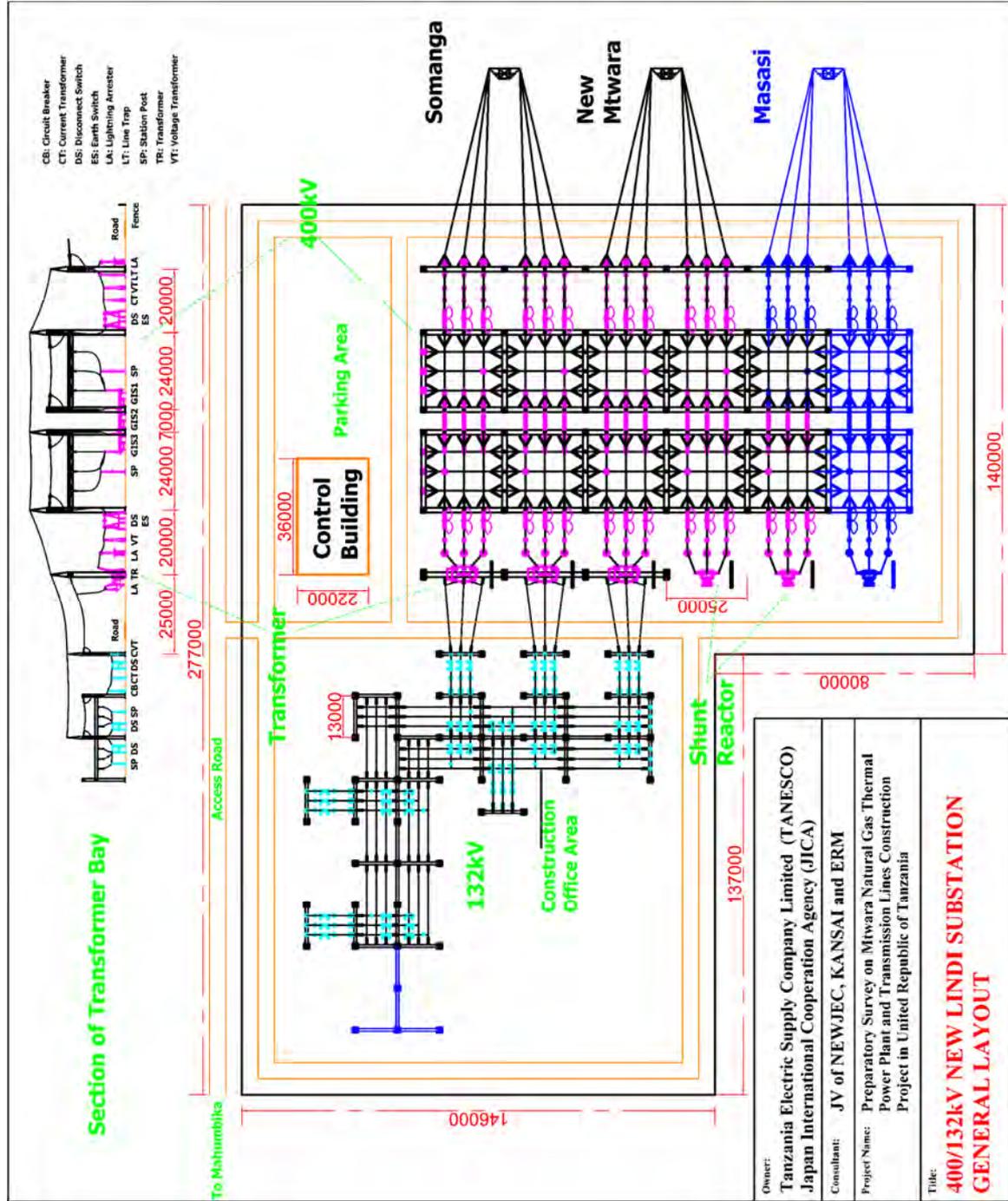


図 8-21 400kV 新リンディ変電所機器配置図(ハイブリッド GIS)

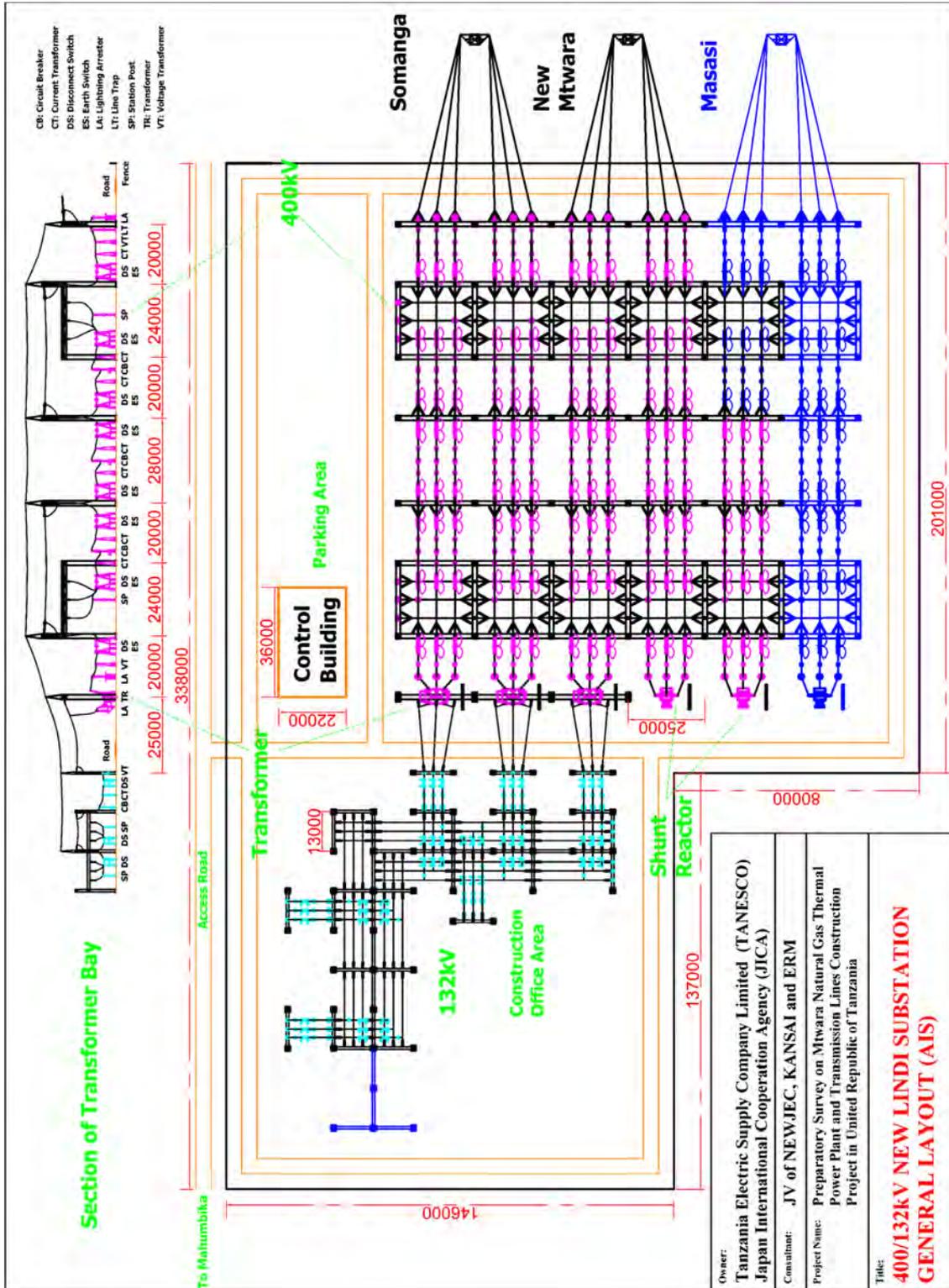


図 8-22 400kV 新リンディ変電所機器配置図 (AIS)

### (3) 400kV ソマンガ変電所

400kV ソマンガ変電所は、別プロジェクトによって計画されていることを TANESCO に確認しており下記工事が必要であるが本件では検討していない。

- ・ GIS 母線の拡張を含む 2 回線の送電線引出設備
- ・ 新リンディ変電所との送電線保護

#### 8.3.4 リアクトル及びコンデンサー

送電線が長距離になればキャパシタンスやインダクタンスの補償が求められる。本事業では、400kV 送電線もしくは母線に、リアクトルを接続する。新リンディ変電所及び新ムトワラ変電所は開閉機器を介して母線に接続し、400kV ソマンガ変電所では送電線への直接接続が考慮されている。容量は表 8-24 のとおりである。

表 8-24 リアクトル及びコンデンサーの容量

箇所	送電線名	必要容量	設備	将来容量
新リンディ変電所	ソマンガ向け	-110 MVar	リアクトル 70Mvar×2	-50 to 80 Mvar (STATCOM)
	新ムトワラ向け	- 30 Mvar		
新ムトワラ変電所	新リンディ向け	- 30 Mvar	リアクトル 30Mvar×1	-
ソマンガ変電所	新リンディ向け	- 110Mvar	リアクトル 55Mvar×2	-

#### 8.3.5 保護システム

主保護と後備保護が求められる。さらに、一般に 400kV 等の超高压ではシステムの二重化も必要となる。

表 8-25 送電線保護

Group	Line Name	Device Number
Group 1	Main	87L (Differential)
	Back-Up	21 (Distance) 67/67N (Transfer Trip) 50/51, 50N/51N
	Reclosing	25, 79
Group 2	Main	87L (Differential)
	Back-Up	21 (Distance) 67/67N (Transfer Trip) 50/51, 50N/51N
	Reclosing	25, 79

### 8.3.6 通信及び SCADA システム

400kV ソマンガ・新リンディ・新ムトワラ変電所間の送電線には 2 本の架空地線がある。少なくとも、1 本の OPGW が使用される。以下の理由から、通信システムのバックアップが必要である。

- ・ 400kV 系統はタンザニアの基幹系統になる。
- ・ 通信経路が長距離となる。
- ・ 既設の通信ルートがない (BTIP では 230kV の通信回線がある)。

バックアップシステムには 2 つの方法が考えられる。

- ・ オプション 1 : OPGW + OPGW
- ・ オプション 2 : OPGW + 電力線搬送

電力線搬送は旧式で、データ転送が制限される。OPGW は 1km 当たり 20 米ドルの追加コストがかかり、300km で約 600 万米ドルとなる。本事業では、オプション 2 で提案している。

### 8.3.7 本館

400kV 新ムトワラ変電所は、将来の TANESCO の分社化を見据え、発電所とは別に有人としている。400kV 新リンディ変電所は無人で、400kV 新ムトワラ変電所から制御されると想定している。両方の新設変電所は、GCC からのリモートコントロール機能を備える。本館のイメージを図 8-27 に示す。2 階建てで、GF 階にケーブル処理室を設置する。

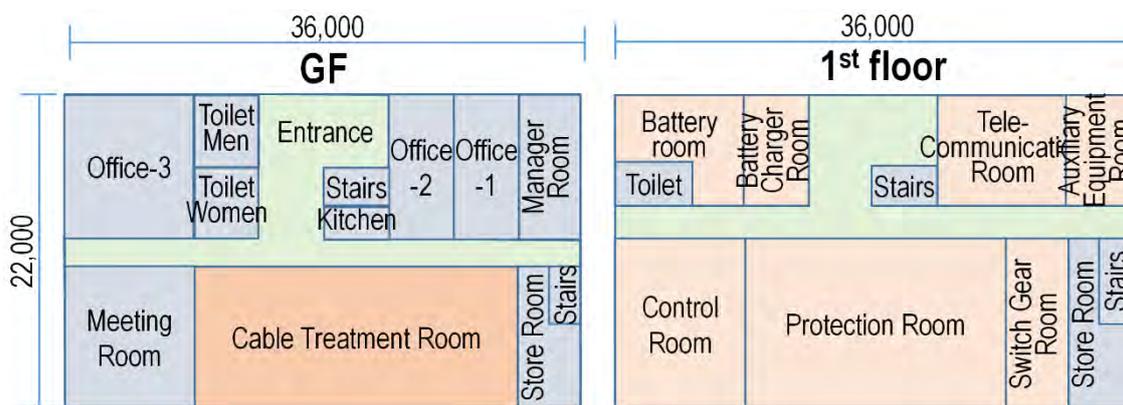


図 8-23 本館レイアウト

### 8.3.8 消火設備

既設の 230kV 変電所と 132kV 変電所の変圧器には、通常の ABC 消火器が装備されている。一方、キネレジⅡ発電所には、各変圧器に消火水配管システムが装備されている。消火器は、火災を制御／発動することができないため、400kV 変圧器の油量には適していない。防火壁は 2 時間しか耐えられない。キネレジⅡのような消火システムが必要になる。また、本館には適切に消火器や火災報知器を設置する。

**第9章 業務実施及び施設運転維持管理・組織体制**

本事業の実施機関である TANESCO は、1931 年の発足以来約 90 年の永きに渡り、電力設備を建設・運用し、電気事業を営んできた会社である。TANESCO の本社組織体制を図 9-1 に示す。

TANESCO は、これまでに表 9-1 に示す既設ガスエンジン・ガスタービン発電所の運用及びキネレジ II GTCC (ガスタービン・コンバインドサイクル) 発電所の建設を経験してきた。これらから、ムトワラ GTCC 発電所建設計画に関連性の高い既設 GTSC (ガスタービン・シンプルサイクル) 発電所 (ウブンゴ II、キネレジ I) 及び最近運開したキネレジ II GTCC 発電所及び既設変電所の建設状況を調査し、体制について検討した。ムトワラ GTCC 発電所における EPC コントラクタ、メーカーによる保証期間中のバックアップ、さらには長期保守契約 (LTSA : Long Term Service Agreement)、遠隔監視契約 (RMS : Remote Monitoring System) などの技術支援により、本事業においても発電設備を十分に運用できる組織が構築できるものとする。

**表 9-1 TANESCO 既設ガス火力発電所 (GE & GTSC)**

Plant	Ubungo I	Tegeta	Ubungo II	Mtwara	Kinyerezi I	Somanga
Units	12	5	3	9	4	3
Installed Capacity (MW)	102	45	105	18	158	7.5
Year Installed (Jan)	2007	2009	2012	2007	2016	2010
Gas Turbine/ Gas Engine	GE	GE	GTSC	GE	GTSC	GE
Type	W20V34SG	W20V34SG	SGT-800	G3520C	LM6000PF	W6L32SG
Manufacturer	Wärtsilä	Wärtsilä	SIEMENS	Caterpillar	GE	Wärtsilä

出典 : JICA 調査団



## 9.1 TANESCO の財務状況

TANESCO 財務状況を記載した資料 TANESCO Financial Statement (2005-2018) を入手し、これに基づいて同社の財務状況について調査した。

### 9.1.1 損益計算書

TANESCO の 2009 年度以降の損益計算書を表 9-2 に示す。TANESCO の決算期は 2014 年に 12 月から 6 月に変更された。そのため 2014-2015 年度は 18 ヶ月分の計上となっている。期間を通じて利益が確保できない状態が継続しており、直近決算年度の 2018 年の営業利益は 118,449 (百万 Tsh.)、税引き後の利益は 112,516 (百万 Tsh.) とそれぞれ損失を計上している。

表 9-2 TANESCO の損益計算書

(単位：百万 Tsh.)

Item	Year	2009	2010	2011	2012	2013	2014-2015	2015-2016	2017	2018
Revenues										
<b>Total sales revenues</b>		<b>413,501</b>	<b>466,477</b>	<b>545,658</b>	<b>820,436</b>	<b>933,525</b>	<b>1,957,754</b>	<b>1,379,740</b>	<b>1,415,314</b>	<b>1,436,153</b>
<b>Total other operating revenues</b>		<b>166,590</b>	<b>106,507</b>	<b>279,331</b>	<b>299,389</b>	<b>338,155</b>	<b>374,396</b>	<b>91,468</b>	<b>140,844</b>	<b>202,827</b>
<b>Total operating revenues</b>		<b>580,091</b>	<b>572,984</b>	<b>824,989</b>	<b>1,119,825</b>	<b>1,271,680</b>	<b>2,332,150</b>	<b>1,471,208</b>	<b>1,556,158</b>	<b>1,638,980</b>
Sales expenditures										
Own Generation & Transmission		109,423	120,541	230,730	401,379	359,971	686,624	564,612	456,530	545,316
Purchased electricity		195,446	211,713	346,021	527,816	824,577	613,774	483,555	369,810	272,710
Distribution expenses		95,497	107,828	121,355	160,359	160,896	337,168	256,002	288,330	271,445
Depreciation		38,758	52,170	55,291	72,883	84,252	133,776	127,599	422,367	370,450
Subsidiary-ETDCO										170
<b>Total sales expenditures</b>		<b>439,124</b>	<b>492,252</b>	<b>753,397</b>	<b>1,162,437</b>	<b>1,429,696</b>	<b>1,771,342</b>	<b>1,431,768</b>	<b>1,537,037</b>	<b>1,460,091</b>
<b>Operating expenditures</b>		<b>114,396</b>	<b>76,851</b>	<b>106,277</b>	<b>130,956</b>	<b>241,422</b>	<b>299,697</b>	<b>154,451</b>	<b>168,672</b>	<b>201,028</b>
<b>Total operating expenditures</b>		<b>553,520</b>	<b>569,103</b>	<b>859,674</b>	<b>1,293,393</b>	<b>1,671,118</b>	<b>2,071,039</b>	<b>1,586,219</b>	<b>1,705,709</b>	<b>1,661,119</b>
Operating profit or loss		26,571	3,881	-34,685	-173,568	-399,438	261,111	-115,011	-149,551	-22,139
Net finance expense/income		-63,200	-47,810	-41,526	-50,515	-68,266	-288,207	-243,476	-120,913	-96,310
Profit/ loss before tax		-36,629	-43,929	-76,211	-224,083	-467,704	-27,096	-358,487	-270,464	-118,449
Income tax/ credit		76,786	-3,383	32,784	45,629	-	-98,972	8,932	5,167	5,933
Profit/ loss after tax		40,157	-47,312	-43,427	-178,454	-467,704	-126,068	-349,555	-265,297	-112,516

出典：TANESCO financial statement

表 9-2 から発電原価が売上高を上回っている状態が続いており、これらは発電原価とタリフのアンバランスが影響しているものと思われる。

発電原価が高い大きな要因は、緊急電力事業者（EPP：Emergency Power Producer）からの高い買電料金に起因している。2013 年までは発電原価の大部分をこの買電料金が占めていたが、Ubungo 1, 2 が稼働したそれ以降は買電料金は徐々に減少しており TANESCO の財務状況の改善に寄与している。

売電収入においては、一般利用（General Use：店舗及び中小工場兼住宅及び公共用街灯）が伸び、2009 年には売上全体の 32%であったものが 2018 年には 49%を占めている。高圧需要が横ばい、また一般家庭の利用は低下している一方、タンザニアの経済発展に伴い、商工業が活発になっていることを表している。

### 9.1.2 貸借対照表

資産の部において、2014 年より国内の電力需要の増大に伴って電力設備・機器の新規投資が急拡大しており、保有資産が急増している。

一方負債額は年々 30%ずつ増加していることに加え、長年の累積赤字が影響し資本比率が減少傾向にあり厳しい経営状態が続いている。

表 9-3 TANESCO の貸借対照表

(単位：百万 Tsh.)

Item	Year	2009	2010	2011	2012	2013	2014- 2015	2015- 2016	2017	2018
<b>Non-current assets</b>										
Property, plant equipment		1,828,480	1,982,451	2,035,738	2,247,081	2,662,769	2,741,150	6,136,938	6,416,160	6,260,216
Capital work in progress		66,359	189,165	396,106	435,314	427,424	1,737,992	1,367,031	1,474,090	1,833,176
Intangible asset		232	116		-	2,734	928	310	618	526
Investment property					-	725	453	272	227	181
Investments		13	13	13	1,056	1,056	2,201	1,408	1,149	1,258
Capacity charges prepayment		65,393	61,176	56,356	51,878	47,399	40,681	36,202	31,723	27,327
Restricted deposits/funds							54,551	60,382	10,404	32,499
<b>Total non-current assets</b>		<b>1,960,477</b>	<b>2,232,921</b>	<b>2,488,213</b>	<b>2,735,329</b>	<b>3,142,107</b>	<b>4,577,956</b>	<b>7,602,543</b>	<b>7,934,371</b>	<b>8,155,183</b>
<b>Current assets</b>										
Inventories		65,452	57,761	73,566	127,739	123,659	19,339	12,942	10,909	13,020
Assets held for sale					-	561	561	-	-	-
Trade & other receivable		250,101	169,515	209,198	224,914	260,618	334,692	218,584	239,338	234,288
Prepayments					100,650	65,663	54,431	54,410	65,827	62,551
Current income tax recoverable		5,392	2,140	2,479	2,617	3,013	3,536	2,010	2,097	356
Restricted deposits/funds							10,724	12,340	58,958	13,353
Bank balances & cash		94,470	104,256	139,891	127,591	178,241	163,686	129,509	113,702	285,263
<b>Total current assets</b>		<b>415,415</b>	<b>333,672</b>	<b>425,134</b>	<b>583,511</b>	<b>631,755</b>	<b>586,969</b>	<b>429,795</b>	<b>490,831</b>	<b>608,831</b>
<b>Total assets</b>		<b>2,375,892</b>	<b>2,566,593</b>	<b>2,913,347</b>	<b>3,318,840</b>	<b>3,773,862</b>	<b>5,164,925</b>	<b>8,032,338</b>	<b>8,425,202</b>	<b>8,764,014</b>
<b>Capital &amp; reserves</b>										
Share capital		986,717	986,717	986,717	986,717	986,717	986,717	986,717	986,717	986,717
Advance towards share capital		158,406	158,635	159,943	161,913	359,909	494,316	606,751	716,713	751,518
Accumulated losses		-713,483	-760,795	-804,222	-982,676	1,450,380	1,576,446	1,926,001	2,191,306	2,303,827
Revaluation reserve		781,370	853,192	853,270	854,325	854,325	704,615	2,301,040	2,301,040	2,301,040
<b>Total equity</b>		<b>1,213,010</b>	<b>1,237,749</b>	<b>1,195,708</b>	<b>1,020,279</b>	<b>750,571</b>	<b>609,202</b>	<b>1,968,507</b>	<b>1,813,164</b>	<b>1,735,448</b>
<b>Non-current liabilities</b>										
Grants		249,172	406,046	629,768	816,097	1,021,181	1,788,548	2,215,613	2,574,158	2,892,213
Borrowings		466,891	402,236	377,299	237,206	1,000,543	843,755	892,526	767,623	716,895
Consumer deposits		13,865	14,431	15,329	15,895	23,048	21,165	21,272	21,245	16,429
Other employment benefits		19,273	20,028	20,275	21,396	22,482	24,119	24,252	22,847	26,404
Trade and other payables					-	34,594				
Deferred tax liability		44,216	78,380	45,629			374,993	1,080,400	1,102,846	1,102,435
Deferred income										949
<b>Total non-current liabilities</b>		<b>793,417</b>	<b>921,121</b>	<b>1,088,300</b>	<b>1,090,594</b>	<b>2,101,848</b>	<b>3,052,580</b>	<b>4,234,063</b>	<b>4,488,719</b>	<b>4,755,325</b>
<b>Current liabilities</b>										
Bank overdraft				36,723	126,728	-	-			
Trade & other payables		321,883	302,798	472,213	707,012	789,439	979,918	1,187,238	1,224,476	1,261,826
Borrowings		47,582	104,925	120,403	374,227	132,004	519,126	637,268	793,009	903,296
Provisions									94,695	98,035
Income tax payable							4,099	5,262	11,139	9,992
<b>Total current liabilities</b>		<b>369,465</b>	<b>407,723</b>	<b>629,339</b>	<b>1,207,967</b>	<b>921,443</b>	<b>1,503,143</b>	<b>1,829,768</b>	<b>2,123,319</b>	<b>2,273,149</b>
<b>Total liabilities</b>		<b>1,162,882</b>	<b>1,328,844</b>	<b>1,717,639</b>	<b>2,298,561</b>	<b>3,023,291</b>	<b>4,555,723</b>	<b>6,063,831</b>	<b>6,612,038</b>	<b>7,028,474</b>
<b>Total equity &amp; liabilities</b>		<b>2,375,892</b>	<b>2,566,593</b>	<b>2,913,347</b>	<b>3,318,840</b>	<b>3,773,862</b>	<b>5,164,925</b>	<b>8,032,338</b>	<b>8,425,202</b>	<b>8,763,922</b>

出典：TANESCO financial statement

### 9.1.3 キャッシュフロー・シート

TANESCO のキャッシュフロー・シートのうち、主要指標の抜粋を表 9-4 に示す。

2018 年におけるキャッシュフローによると、新規稼働施設等の投資費用が影響しフリーキャッシュフローは▲294,526 となっており、それらを補うため多額の資金調達を行っている。今後の収支バランスが維持されるためには必要な電力施設等の整備に際し、計画的な投資が必要である。

表 9-4 TANESCO のキャッシュフロー・シート(主要指標の抜粋)

(単位：百万 Tsh.)

Item	2018 Jun
Cash generated in operations	313,347
Net cash used in investing activities	-607,873
Net cash generated from financial activities	466,087
Net increase in cash and cash equivalents	171,561
Cash and cash equivalent at the beginning of the year	113,703
Cash and cash equivalent at the end of year	285,264

出典：TANESCO financial statement

### 9.1.4 財務状況のまとめ

TANESCO の財務状況としては長年厳しい状態が継続している。収入は電力販売量の増加によりこの十年で 3 倍程度になっている反面、TANESCO が所有する電力施設への多額の投資費用が財務状況に影響している。このような状況から今後もタンザニア政府からの継続的な財政的支援は今後も非常に重要である。これまでのタンザニア政府の TANESCO への財政支援については、タンザニア政府は世界銀行からセクターローンである「DPO」を用いて、TANESCO の経営支援を行ってきた。直近では 2013 年に 10 億米ドルのローン (TZ First Power and Gas Sector DPO (P143645)) が承認されている。タンザニア政府は、TANESCO が危機的状況になった場合には、今後も世界銀行に DPO の貸付を要請する可能性が高いと考えられる。

他方、財務の重荷になっていた買電費用については近年の TANESCO の所有する施設の新規稼働・再稼働により徐々に減少しており財務面に良い影響を与えている。この傾向は今後伸び行く電力需要に対し、どのようにして従来より低コストの電力供給施設を増加していくかが TANESCO の喫緊の課題であることを示しているものと思慮する。

しかしながら、タンザニア政府の政策による財政面の弊害も見受けられる。現在、国内産業

支援政策のため、電気料金の上昇(値上げ)を抑制しており、この電気料金の抑制が TANESCO の経営を圧迫している一因となっている。

TANESCO は、電気料金を承認する機関である電気・水道事業規制庁 (EWURA) の法規に基づき、事業状況に応じて以下のとおり電力料金の値上げを幾度か試みている。

- 1) 基本的に電気料金の見直しは法体系のもとで規定されており、EWURA はその承認権限を保有しており、エネルギー省 (MOE) の下 EWURA が毎年 (年に 1 度) 見直している。
- 2) 上記法制度の下、前任の TANESCO 社長 (Managing Director) は、法律に従い、電気料金の見直し・値上げを試みた (ステークホルダーへのヒアリング結果による)。
- 3) 電気料金の値上げは、EWURA に承認されたものの、その値上げ申請は産業振興策を阻害しかねないとのことで政府に受け入れられず、結果、電気料金の値上げは実現されなかった。
- 4) TANESCO は、今後も法規に基づき引き続き電力料金の値上げを申請するものと考えられるが、実現には政府の理解 (承認) が必要であり、容易ではないと思われる。

## 9.2 発電所の体制

### 9.2.1 既設発電所の運転・保守体制

TANESCO が現状保有し運用する既設火力発電設備は、複数のガスエンジン及び GTSC 発電所であり、そのなかでも大型 GTSC 発電所であるウブンゴ II、キネレジ I は、メーカー保証期間 (2 年間) 終了後の本格的な点検・メンテナンスは未経験である。また、GTCC 発電所については、前述のキネレジ II が 2018 年 12 月に営業運転を開始し、運用経験を今後積み重ねていくことになる。

#### (1) 運転中の既設 GTSC 発電所:キネレジ I 発電所(Kinyerezi I)

##### 1) 設備構成

航空機転用型 GT:LM-6000 (GE) を 4 基設置した GTSC 発電所である。総出力は 154MW (1, 2 号機: 42MW×2, 3, 4 号機: 35MW×2)。1, 2 号機と 3, 4 号機の各 2 ユニットの出力が異なるのは、1, 2 号機には電動チラー (以下、チラー) を設置することで GT 吸気温度を下げ (33°C→14°C 程度) 増出力しているためである。

さらに、2期工事（Extension）として、隣接空地に既設と同仕様の発電設備（LM6000×4基）の増設工事中である。



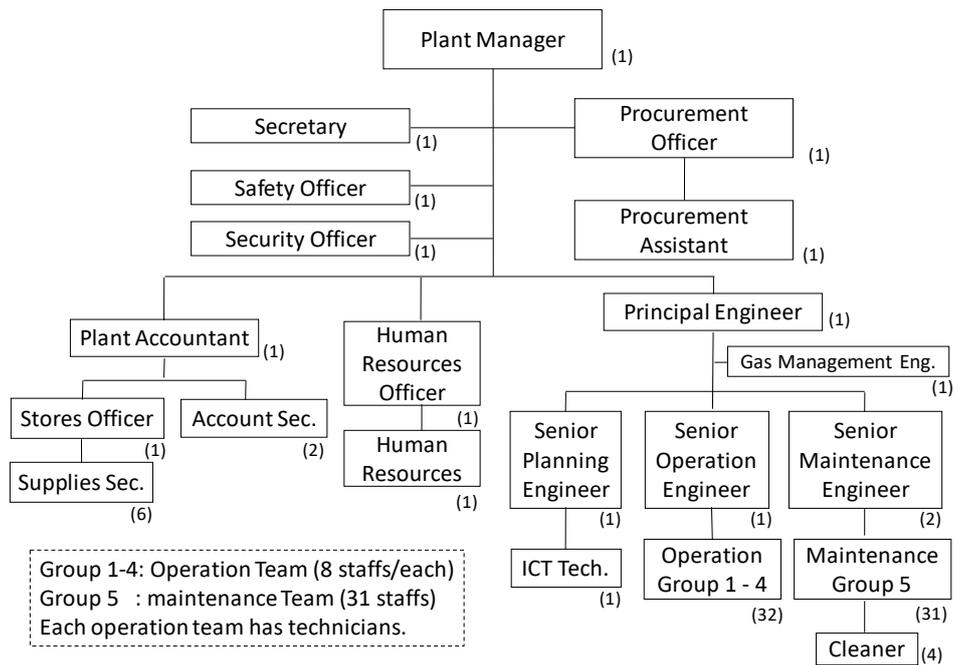
キネレジ I 発電所



キネレジ I 変電所

## 2) 運転・保守体制

キネレジ I 発電所における体制を図 9-2 に示す。総勢 92 名である。



出典：JICA 調査団

図 9-2 キネレジ I 発電所 運用体制

運転直チームは 4 班 3 交代制で 8 名／班で、各運転チームにテクニシャン（技術職員）が所属している。当直の 4 班とは別にメンテナンスチーム（31 名）が日勤業務に従事し

ており、トータル 5 班体制である。現在、増設工事中（GTSC×4 基）のため、約 90 名という通常より大きな発電所体制となっている。

GT の保守はメーカー（GE）推奨に準拠して実施している。運転時間 4,000 時毎に現地点検を行い、53,000 時間毎に中東・アメリカ等の GE メンテナンス工場に持ち帰り本格点検を実施する。発電所での現地点検は、メーカー派遣の技師指導の下、TANESCO 技術社員が点検作業を実施している。

2016 年 2 月の全ユニット運開以来、これまで GT や発電機の主機に大きなトラブルは発生していない。2015 年 10 月～2016 年 2 月に各 GT が順次運開しており、設備メーカー（GE）の保証期間（2 年）が 2018 年に終了するため、2019 年 3 月に GE と LTSA 契約を締結した。

## (2) 運転中の既設 GTSC 発電所：ウブンゴ II 発電所(Ubungo II)

### 1) 設備構成

重電機型 GT：SGT-800（SIEMENS）を 3 基設置の GTSC 発電所である。2012 年 6 月運開当初は、総出力 105MW（GT 出力：35MW×3）であったが、制御プログラムを変更・更新し、129MW（GT 単機出力：43MW×3 基）に出力アップしている。



ウブンゴ II 発電所



ウブンゴ II 変電所

燃料ガスは、2017 年までは SONGAS の Songo-Songo ガスを受入れ、供給ガス圧 58bar を約 29bar に減圧して各 GT に供給していたが、ガス供給圧が低下・安定せず、度々 GT 失火するなどの不具合が発生したため、TPDC ムトワラガス（キネレジ I と同様）に切り替えるため新規ガス導管を敷設し、2017 年末から供給されている。

コンバインド（GTCC）化についてのアイデアはあるが、ST 設備設置スペース確保と水

供給（ST 用）の課題があり、まだ検討中とのことである。

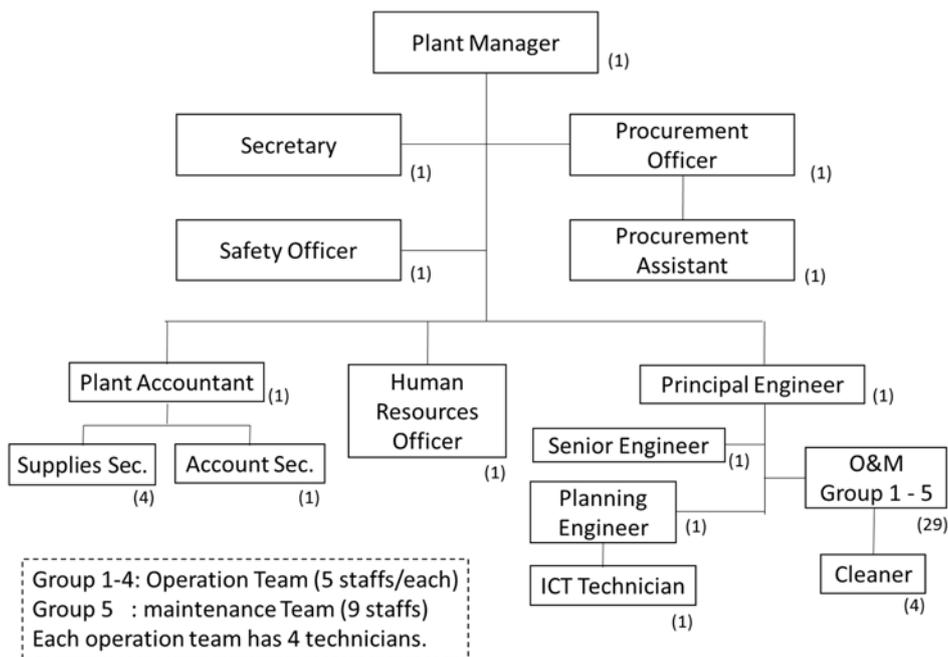
## 2) 運転・保守体制

ウブンゴ II 発電所における体制を図 9-3 に示す。総勢 50 名。うち技術系所員は 37 名。

技術系所員：37 名のうち、当直運転員は 20 名（4 班 3 交代、5 名／班）その他、日勤の 1 班 9 名で日常のメンテナンス、フィルタ管理、ICT など業務を担当する。

当直要員（4 班 3 交代制、5 名／班。他に日勤 1 班で日常のメンテ対応）により、24 時間体制で運転管理される。日々及び月々の運転データは記録されているもののそれらデータを解析した性能維持管理まではできていないようである。

遠隔監視については GT メーカー（SIEMENS）にデータを送ることのできる仕様になっているが契約を締結しておらず、何かトラブルが発生した際に適宜メーカーと連絡を取り合うとのこと。



出典：JICA 調査団

図 9-3 ウブンゴ II 発電所 運用体制

保守については、基本的にはメーカー推奨の保守点検周期（20,000 時間毎）に合わせてメンテナンスを実施するとのこと。運転開始から 6 年目に入るが、累積運転時間は 60,000 時間に到達しておらず GT の本格開放点検は 2021 年を予定している（2019 年 10 月末時

点の情報)。

一昨年(2016年)に発生した#3\_GT圧縮機の#5動翼損傷事故時には、修繕までに6ヵ月以上を要し長期停止を余儀なくされた。理由としては、保守費用の予算確保に時間を要したこと、メーカー保障期間内の対象事故となるか否かの交渉に時間を要したようであるが、運転状態監視で、初期の段階での異常把握(振動や異音などの状態監視)からトラブルの早期発見、適切な機器停止処置、さらには原因究明などが実施するための技術習得、訓練が不足していることも損傷範囲を大きくした一因と推察できる。これらの事例でもわかるように原因調査・究明を行う体制が十分に整っていないように感じる。保守部門の技能アップが必要であると考ええる。

### 3) 教育・訓練

運開(2012年6月25日)後の保証期間(2年間)に実施されるメーカー研修(いわゆる各主要機器メーカー及びエンジニアリング会社による機器取扱説明)を主要メンバーに受講(2週間@現サイト、1週間@メーカー:GTはスウェーデン)させ、その後OJTにより所内に水平展開させている。体系だった教育訓練マニュアルやテキストはない。(取扱説明書を代用している)ただし、健康・安全教育(Health & Safety Training:保護具取扱い、安全作業方法など)については、安全管理責任者:Safety Officer(ウブンゴ I & II・テゲタ兼務)が毎月実施しているとのことであった。

## 9.2.2 発電所の建設体制

最近運開したキネレジII GTCC 発電所について調査し、ムトワラ GTCC 発電所の体制について検討した。

### (1) GTCC 発電所:キネレジII (Kinyerezi II)

#### 1) 設備構成

重電機型 GT:H-25 (MHPS) を採用したタンザニア初の GTCC 発電所である。

設備構成は GTCC 3-3-1×2 系列 (GT:6 基, ST:2 基) で、総出力:240MW (30MW×3 GTs + 30MW×1 ST = 120MW の GTCC×2 系列) である。

敷地南側に、400kV 変電所を設置 (TANESCO 所管工事)、スペースの関係で当初の AIS から GIS に変更となった。400kV 変電所の運開が遅れているため、キネレジ I 拡張プロジェクトの開閉所に繋ぎこみ 220kV で送電を開始している。



キネレジⅡ発電所



キネレジⅡ変電所

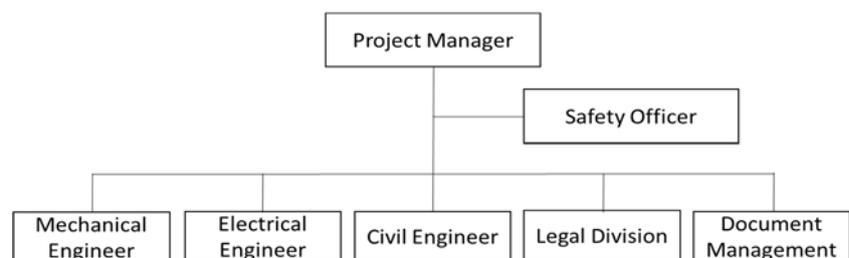
## 2) 建設状況

2012年契約、2016年3月現地着工、2018年12月にGTCC\_2系列全ユニットの営業運転を開始した。

TANESCOからのクレームも無く、ほぼ計画どおりに進捗した。ピーク時の建設作業員は総勢約2000名、住友商事は4名(邦人3名)、東芝プラントシステム(TPSC)が約10名(邦人)。現地工事作業員の95%はタンザニア人である。

## 3) 建設体制

キネレジⅡGTCC発電所建設中は図9-4に示すとおりTANESCO所員(PM含む)約10名の体制で対応。



出典：JICA調査団

図 9-4 キネレジⅡ建設所の体制

役割は、電気、機械、計装、土木、法務、

書類管理、間接業務。主な業務は、EPCから提出されるGTCC発電設備の図面類の承認及び現地確認、機器単体試運転対応である。

## 4) 運転・保守体制

図9-5にキネレジⅡGTCC発電所の運転・保守体制を示す。総勢約135名となっている。運転員は40名(4班3交代制、10名/班)、残りのメンバーは、日常のメンテナンス、部品管理、ICTなどの業務を担当する。GTCC発電所であることから、水質管理の化学

担当が 8 名配置されている。

遠隔監視 (RMS : Remote Monitors System) について調査した結果、GT はメーカ (MHPS) により運開から 2 年間 (保証期間) は遠隔監視を行うことが EPC 契約に含まれるとのこと。しかしながら、プラント全体の遠隔監視については契約されていない。また主機メーカは、機器毎に異なっている (GT : MHPS、ST : 川崎重工、HRSG : 韓国 Daekyung、発電機 : BRUSH・東芝三菱、変電 : ダイヘン) ことから、TANESCO は GTCC 発電所の運用能力強化のため、能力開発プログラム (技プロ) による遠隔監視の実施、運転ならびに保守サポートを受けることが望ましい。

(他の GTSC 発電所 : キネレジ I、ウブンゴ II では、遠隔監視契約を締結していないため常時状態監視ではないが、トラブル発生時にメーカ助言を受けられるよう設備データを送ることはできる仕様になっている。)

また、保守に関しては、基本的にはメーカ推奨の保守点検周期に合わせてメンテナンスを実施すること。第 1 回目の GT 燃焼器点検 (Combustion Inspection) での 6 基の GT 向けスペアパーツは EPC 契約内で供給される予定。ただし、運開後 25 年間の発電所運転を想定しており、主機メーカとの LTSA (Long Term Service Agreement) すなわち長期保守契約は安定運用、保守面の技術移転にため必要と認識している。保証期間 (2 年間) が切れるまでに LTSA 契約締結できるように協議中とのこと。

#### 5) 要員採用 : O&M スタッフ

発電所要員は、TANESCO 内の他発電所、本店などから PM が直接面談を実施するなどして自ら集める。技術系要員 50 名の内訳は、既 TANESCO 社員 36 名 + 新規採用 14 名。一部外部からの採用もある。詳細な処遇面の情報を得ることは出来なかったが、外部採用もできていることから TANESCO は就職先として魅力ある職場であると推察する。これらの状況を鑑み、ムトワラにおいても要員確保は、十分に可能と考える。

#### 6) 教育・訓練

運開後の保証期間 (2 年間) に実施されるメーカ研修 (いわゆる各主要機器メーカ及びエンジニアリング会社による設備取扱説明) を主要メンバーに受講 (2 週間@現場、1 週間@メーカ) させ、その後 OJT (On the Job Training) により所内に水平展開させる考えであった。

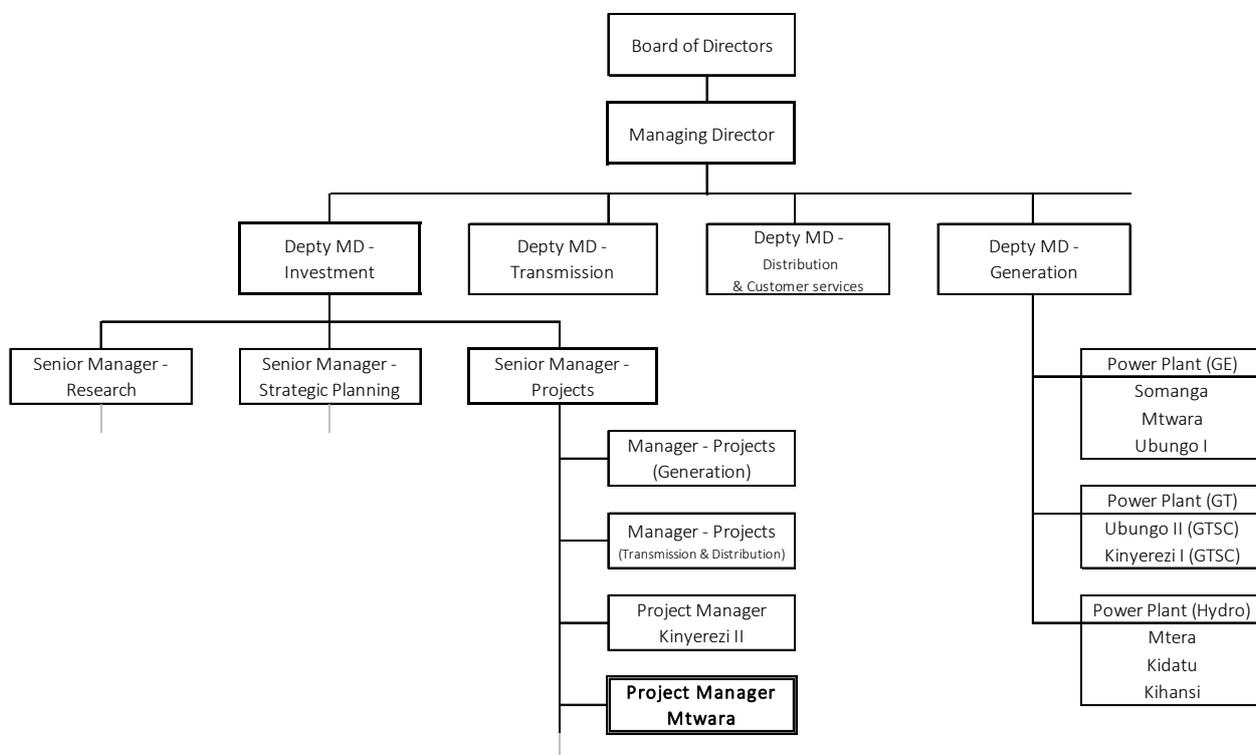


### 9.2.3 ムトワラ・プロジェクトへの提言

前記の TANESCO 発電部門（Generation）及び既設発電所・所長以下との面談により、発電所体制、所員の教育・訓練について聴取・意見交換を行った結果、さらに既設発電所を調査した結果から、安全かつ継続的に設備を安定運用させるために、以下事項が必要であると考えられる。

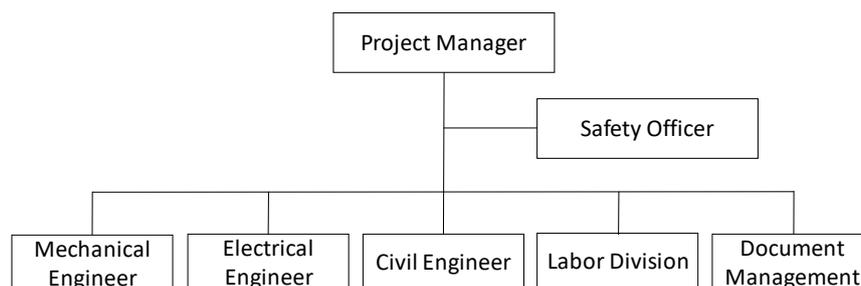
#### (1) ムトワラ GTCC 発電所建設工事 建設体制：

ムトワラ GTCC 発電所建設工事においても、キネレジII GTCC 建設所と同様な体制を構築する必要がある。図 9-6 に TANESCO 本社内でのムトワラ GTCC 発電所建設工事の位置づけを示す。投資部門の直下にキネレジIIプロジェクトと同様にムトワラ・プロジェクト実施部門が設置されることとなる。基本的には EPC コントラクタ主導で建設工事が進められているようである。しかしながら、建設工事中の品質管理、工程管理、安全管理をより確実に実施するためには、以下内容をコンサルタントの助言・支援を得つつ管理することが必要である。なお、施工管理については EPC コントラクタにて責任をもって行う業務とした。ムトワラ GTCC 発電所建設工事の実施体制は、図 9-7 に示すとおりである。



出典：JICA 調査団

図 9-6 ムトワラ・プロジェクトの位置づけ



出典：JICA 調査団

図 9-7 ムトワラ発電所建設工事の体制(案)

### 1) 品質管理

TANESCO はコンサルタントの援助を受け、EPC コントラクタの設計・申請内容について、TANESCO の仕様・要求項目を満足していることをチェック・承認する。修正などがある場合は、両者で書類により確認し抜けのないようにする文書管理ルールが必要となる。

また、主機（GT、ST、HRSG、発電機、変圧器など）については、必要に応じてメーカ出荷検査に立会う等エビデンス確認も必要である。

また、現地で実施する各機器の単体試運転の作業要領書などを EPC コントラクタに提出させ、品質管理を確実に行う。さらにプラント全体の総合試運転時に要求仕様・性能を満足するものであるか確認する。これらについて、書類・データで管理を行うことが重要である。

### 2) 工程管理

工事着工までに建設工程表を提出させ、全体スケジュールの妥当性を確認する。建設工事では予期せぬ事態により工程調整の必要が生じることはままあるため、進捗管理を着実に実施するとともに各メーカ・コントラクタとのスムーズな意思疎通を図るための工程会議を工事期間中定期的（日々、週間、月間）に実施し、工程が遅延しないよう対策を講じる必要がある。

### 3) 安全管理

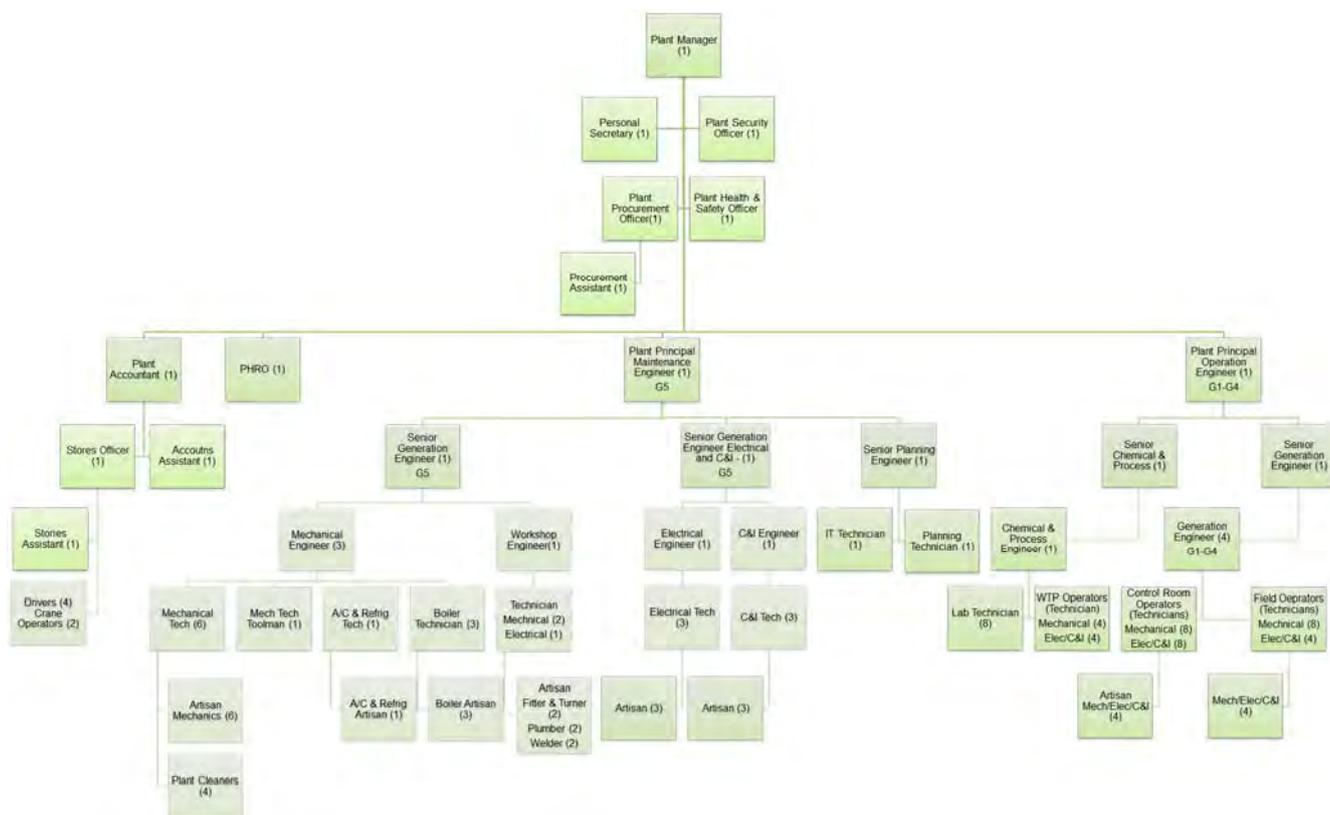
何よりも建設工事は、安全第一である。よって、事前に EPC コントラクタから安全管理体制を含む工事実施計画書を提出させ、内容をチェックし、日々の作業安全環境を確保させる。

また、TANESCO、コンサルタント、各メーカ・コントラクタにより構成された安全衛生

委員会のような組織を構成し、トラブルやハットヒヤリ事例の情報共有なども重要である。

(2) 運転・保守体制

ムトワラ GTCC 発電所の運転・保守体制はキネレジ II GTCC 発電所と同じ組織と予想される。ムトワラ GTCC 発電所の完成後、発電所組織は発電部門 (Generation) に移管され、図 9-8 に示す体制 (案) で運用されると思われる。



出典：JICA 調査団

図 9-8 ムトワラ GTCC 発電所の運用体制(案)

ムトワラ GTCC 発電所要員の確保については、キネレジ II と同様に TANESCO 内の他発電所、本社などから集める。TANESCO 社員だけで確保できない場合は、所長自らが面談し、社外から新規もしくは中途採用もあり得る。TANESCO からは要員確保は、十分に可能であるとのことであった。

TANESCO 既設火力発電所の運転面においては、日々のプラント運転監視・運転記録は実施しているが、定期的にプラント性能データを取得するといった性能管理は実施されていない。

今後 GTCC 発電所が導入され、異常の早期発見に寄与する定期的な性能管理のノウハウを獲得することは、安定した設備運用にとって重要である。よって、TANESCO 運転員の技能向上を図るために付帯技プロなどによる O&M 能力育成が必要であると考ええる。

また、海水冷却方式が採用された場合には、タンザニアで初めての技術適用であるため、発電所全般の運用管理（定期的な性能管理、稼働率など累積管理）に加え、同方式の運転・保守管理に対するサポート（教育・研修）が必要である。

保守面では、現状、既設 GTSC 発電所では、メーカー推奨に基づく定期点検を実施している。ただし GT 高温部品などスペアパーツは保有していない。そのため、トラブル発生時に都度メーカーから購入することとなり復旧に長時間を要している。よって、スペアパーツ保有、トラブル対応の予算（ex.事故引当金）を確保することも重要と考える。さらに、メーカー保証期間（2年間）以降も安定した設備運用を継続させるためには、GT メーカーによる LTSA/RMS 及び電力会社による主要機器に対する RMS<sup>22</sup>による設備の状態監視による支援・サポートを受けることで、発電設備を長期間に渡り安定かつ高稼働で運用することが可能となると考える。

以上から、GTCC 発電所を長期に渡り安定かつ効率的に高稼働で運用していくためには、設備の運転監視、運用データの管理、適切な保守点検、トラブル発生時の対応などが必要である。その方策として、発電設備メーカーによる LTSA/RMS 契約、日本の電力会社による設備の RMS を含む O&M サポート及び発電所要員の研修・教育・訓練のサポートを受け、技能の向上を図ることが望ましいと考える。加えて、セキュリティ、安全、品質管理、環境に関する技術支援も行うことが必要であると考ええる。関西電力が提供する K-VaCS（Kansai - Value Creation Service）が、その例として挙げられる。（図 9-9 参照）

発電設備の運用に関するサポートサービスは、機器メーカーにおいても GT 等機器単体を対象とした実施事例はある。しかしながら発電設備全体の運用管理を実施するサービスではない。発電所全体を運用管理するサービスとしては、関西電力の K-VaCS が電力会社の運用経験と知見を基にした事例であり、既に海外の発電プラントにも適用されている。

---

22 GT の RMS を含めることも可能である。



図 9-9 関西電力 K-VaCS の概要

(3) 教育・研修

発電所建設から試運転までの工事期間は、TANESCO への教育・研修は EPC コントラクターによる OJT が主体となる。コンサルタントが実施する技術供与は、TANESCO の発電所建設・運転・保守要員に対して、コントラクター選定期間から発電所保証期間終了までに実施され、TANESCO の技術力向上に資することが出来ると考える。

調査の結果、現状 TANESCO の教育・研修内容は、発電所建設時にメーカーにより実施される機器取扱い方法の説明研修が主で、それらを基にメーカー研修受講者が OJT により所内に伝達する水平展開研修のみである。TANESCO 自身による継続的な技術要員のための教育・研修システム（コース、カリキュラム）は未整備であることが分かった。TANESCO 側もムトワラ GTCC 発電所における能力開発プログラム（技プロ）支援を望んでいる。

能力開発プログラム（技プロ）の実施内容として、以下を提言する。

- ・技術者による現地での O&M サポート
- ・遠隔監視システムによる設備運転サポート
- ・設備保全・点検計画の高度化サポート
- ・電力会社研修施設等を活用した本邦研修の実施

また、TANESCO 発電所職員の技能向上のため、技術協力については、年に数回、現地もしくは TANESCO 研修センター、研修提供元（コンサル、電力会社、メーカ）の研修施設において、OJT や講義を行い技術の定着を図るべきと考える。

特に、海水冷却設備については、前述のとおり TANESCO にとって初めて導入する設備であるため、技術協力が必要と考える。上記の能力開発プログラム（技プロ）の実施内容に加え、海水冷却設備についての教育内容の例としては、以下項目があげられる。

1. 日常管理項目
  - ・性能管理（復水器清浄度監視等）
  - ・異常兆候の監視
2. 計画保全項目
  - ・メンテナンス内容、着眼点（装置の分解点検、防食塗装等）
3. 計画外保全項目
  - ・原因究明（復水器細管漏洩等）
  - ・復旧手順

### 9.3 送電線の建設・保守体制

#### 9.3.1 400kV 送電線の建設・運用・保守体制

送電線建設部門の組織は、最上位の副社長（DMD）伝送の管轄下にあるマネージャープロジェクト（送電と配電）によって管理されている。図 9-10 に示すように、建設管理システムは、チーフエンジニアとサイトマネージャートランスミッションの下の複数のエンジニアによって管理されている。本社では、シニアマネージャープロジェクトの下で、マネージャープロジェクト（送電と配電）とサイトマネージャの送信は、主にプロセス管理、品質管理、安全管理、コスト管理の確認を行っている。現場では、管理者プロジェクト（送配電）とサイト管理者トランスミッションが主に監視作業（基礎体の吊り上げ試験、杭打ち込み試験、鉄塔組み立て検査、架線検査、最終検査など）を行う。このプロジェクトでは、送電線のルート長は 270km、鉄塔基数は約 700 基となる。したがって、O&M チームのサポートが必要である。

O&M の管理システムに関しては、図 9-10 に示す。送電線と変電所の保守を担当する 6 つの

地域事務所がある。400kV 送電線の運用・保守作業については、サウスウエスト (South West) 地域事務所が管理する。

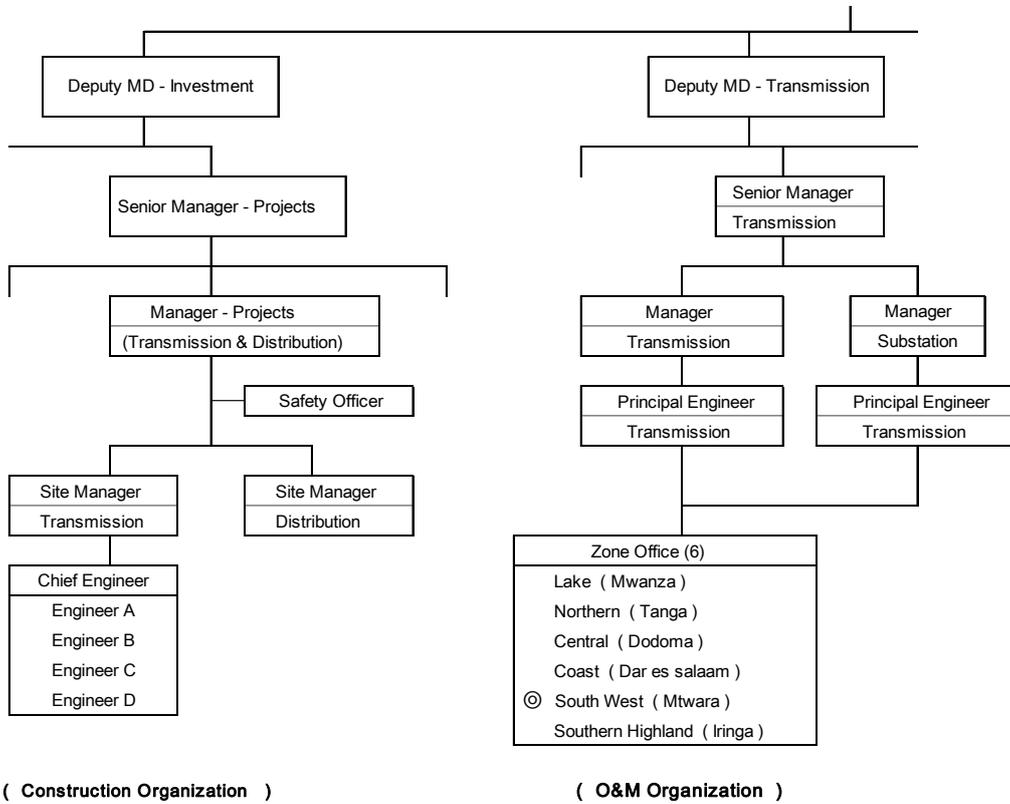
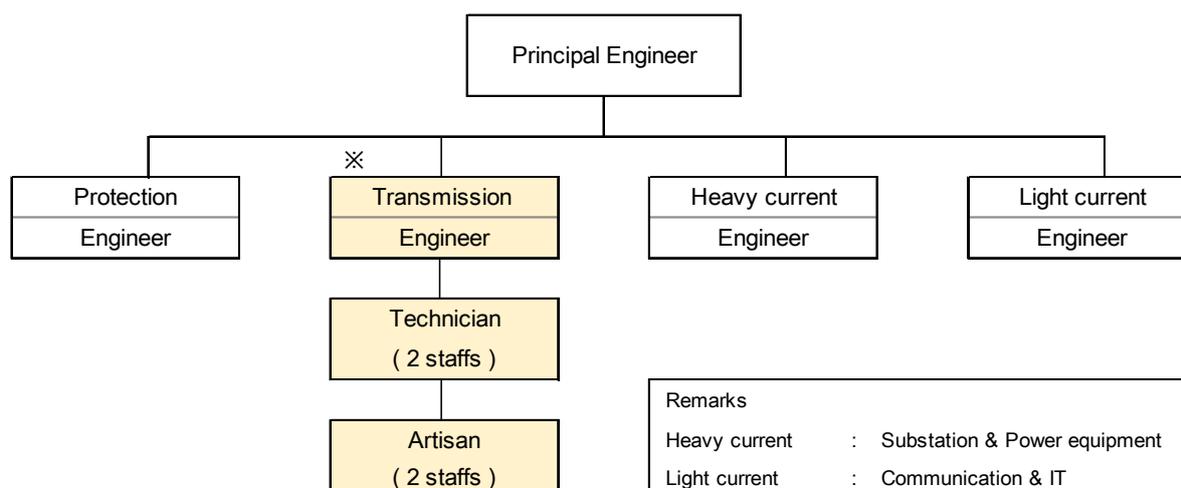


図 9-10 送電線の運用・保守体制

出典：JICA 調査団

### 9.3.2 地域事務所の運用・保守体制

地域事務所は、図 9-11 に示すとおり、統括エンジニアの下 4 つの部門に分かれている。地域事務所の送電チームは、技術者 1 名、技能者 2 名、工員 2 名で構成されている。



※ Transmission team : Engineer (1) , Technician (2) , Artisan (2)

出典 : JICA 調査団

図 9-11 地域事務所の運用・保守体制

### 9.3.3 地域事務所における運用・管理

地域事務所の送電チーム 5 名（技術者：1 名、技能者：2 名、工員：2 名）により、既設送電線の巡視・点検・保守を実施している。

送電チームは、河川、運河、建設中の構造物、道路、樹木、鉄道、配電線、通信線などの新しい障害を含む送電線下クリアランスを巡視・点検により確認している。特に、雨季は雨や風の影響で多くの樹木が倒壊するため、鉄道や主要道路を横断する箇所を重要な確認ポイントとして点検するため、巡視点検回数は乾季よりも多くなる。

現時点では、TANESCO の送電線における保守体制、点検項目は十分と考えるが、本事業で新設される 400kV 送電線については、完成後 TANESCO の基幹系統となるため、今後は巡視・点検回数・点検項目を増やすことが望ましいと考える。

### 9.3.4 今後の保守項目

新設 400kV 送電線が整備される将来のため、追加が必要な主な点検項目を以下に示す。

- 分割ピン、コッタピン、ハンガーなどの絶縁体アセンブリの異常検出
- スペーサの不良状態の検出
- 穿孔された絶縁体の検出
- 導体のコロナと音及び振動の検出

- 鉄塔基礎の確認による基礎抵抗測定

タンザニアでは、4 導体 400kV 送電線の保守・点検作業は初めてとなる。よって、巡視・点検頻度を増やすことが望ましい。

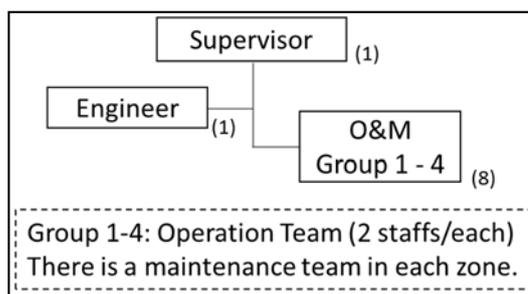
## 9.4 変電所の運転・保守体制

### 9.4.1 400kV 変電所の建設体制

2017 年 7 月、JICA 調査団は建設中の 132kV マフンビカ (Mahumbika) 変電所で現場調査を実施した。当時、建設マネージャーを含む 5 名以上のスタッフが駐在。建設マネージャーは建設中のムトワラ 132kV 変電所も担当していた。

### 9.4.2 400kV 変電所の運転・保守体制

JICA 調査団は、ウブンゴ II 発電所に隣接する 220kV 変電所の現地調査を実施した。変電所は、220kV の二重母線、220 / 132kV の変圧器、132kV 母線などを有する。図 9-12 に、220kV のウブンゴ変電所の組織体制を示す。



出典：JICA 調査団

図 9-12 220kV ウブンゴ変電所の体制

4 つの運転グループ (グループ 1-4) があり、それらは 8 時間毎の 3 シフト勤務。各運転グループは 2 名ずつの運転員で構成される。さらにスーパーバイザーとエンジニアの総勢 10 名体制である。

現状、5 つのゾーン (ムトワラ以外) に保守チーム体制がある。これら保守チームは、割り当てられたゾーン内のすべての変電所について、巡視による点検及び保守業務を実施している。各ゾーンの保守チームに所属する要員数は、ダルエスサラームには 43 名、イリ



図 9-13 変電所の保守体制

出典：JICA 調査団

ンガ (Iringa) には 15 名、ドドマ (Dodoma) には 17 名、ムワンザ (Mwanza) には 23 名、タンガ (Tanga) には 17 名が所属している。さらに、3 名のエンジニア (保護、大電流、軽

電流) が、ムトワラ地域で勤務している。

### 9.4.3 ムトワラ及びリンディ 400 kV 変電所への提言

2020 年の JICA ミッションによると、TANESCO は建設チームとして、建設マネージャーと 4 名のエンジニア（送電線業務を含む）を計画している。一方、運転は 10 人のスタッフを予定している。

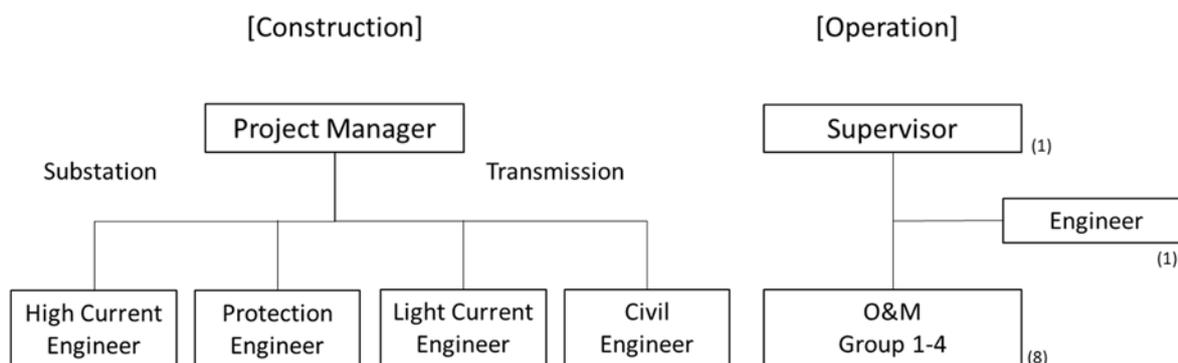


図 9-14 変電所の体制(建設時及び運転開始以降)

出典：JICA 調査団

## 第10章 プロジェクト計画

非 公 開

## 第11章 プロジェクトコスト及び経済・財務分析

非 公 開

## 第12章 環境社会配慮

### 12.1 環境社会配慮

### 12.2 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

#### (1) 発電所事業

本事業サイトはスディ湾河口に面しており、プロジェクトサイトは約 160 ヘクタールの面積を有している。当該地域はムトワラマスタープランに基づいて発電所開発用に割り当てられている。発電所は 25 年の経済寿命を想定しており、利用率 85.9%で稼働する予定である。

発電所は燃料として天然ガスを使用する計画であり、Mnazi 湾からガスパイプラインを通じて、タンザニア石油開発公社 (TPDC) によって供給される。本事業地に接続する 13km のガスパイプラインについては、TPDC が建設、管理、運転、保守を担う。また、本発電所は約 300m<sup>3</sup>/日の給水を必要としており、深井戸を取水源としてムトワラ市給水・下水局 (MTUWASA) によって提供される予定である。冷却水は取水口設備を通じて海水を利用し、発電所からの排水はスディ湾に排出される。また、発電所の建設に用いる岩石、砂利は近隣地域の採石場から入手する予定であるが、これらの採石場は開発許可を設立時に取得しており、毎年、その開発許可の更新を行っている。なお、物質輸送には既存の道路やトラックが使用されるため、既存道路の整備と拡幅に加え、プロジェクトサイトと既存道路を結ぶ新しいアクセス道路 (約 700m) を建設する必要がある。

#### (2) 送電線事業

ムトワラ～ソマンガ間の 400kV 送電線ルートは、ムトワラ及びミキンダニ・リンディ District の沿岸地域に位置しており、新ムトワラ変電所、新リンディ変電所、ソマンガ変電所の 3 つの変電所を相互接続することにより、ムトワラ発電所を国内送電網に接続する。270km の送電線の大半は、ムトワラとダルエスサラーム間の主要道路近傍で計画されており、Wayleave は 52m (片側で 26m) となる。

新ムトワラ変電所はムトワラ GTCC 発電所の用地内に位置する計画であり、新リンディ変電所は既設のマフンビカ変電所の横の TANESCO が保有する土地に立地する計画である。なお、新リンディ変電所は新ムトワラ変電所から無人で制御される計画である。

また、送電線建設時に必要なアクセス道路は、約 110 ヶ所（幅 6m、平均長 300m）と推定されており、その内約 40 本は既存道路を利用する見込みである。TANESCO は管理用道路として供用開始後も利用するアクセス道路を送電線建設期間中に決定する。

## 12.2.1 ベースとなる環境及び社会の状況

### (1) 発電所事業

プロジェクトサイトはスディ湾の沿岸にあり、沿岸の一部は現在漁船の荷揚げ場として利用されている。荷揚げ場から後方のエリアは平坦な低地と若干の高地（高さ 30m 程度まで）で構成されている。低地には、牧草地、農地、塩田、構造物等が存在している。

プロジェクトサイトの植生は、主に沿岸の茂みとマングローブの植生からなる。海岸に沿ったマングローブ林は、タンザニアの法律によって保護対象となるが、プロジェクトサイトは保護区内やその周辺に位置せず、海ガメの産卵地等の生態学的に重要な地域ではない。

スディ湾とその外洋部では、大きく海洋環境が異なることが確認された。スディ湾では魚が確認され、地域の住民は自家消費用に貝等を採取していることが確認されたが、湾の入口付近を除き、珊瑚の生息はみられない。他方、スディ湾の外側では、海洋哺乳動物が稀に目撃される等、豊かな海洋環境が存在することが確認された。

直近の村は、プロジェクトサイトから約 2~4km 離れた Kisiwa 村と Namgogoli 村である。村の大多数は複数の仕事に従事しており、社会経済調査によると調査対象者の 85%が農業に従事している。沿岸部では漁業は一般的な活動ではあるものの、調査対象者の 1.9%のみが主要な経済活動として漁業を営んでいた。

### (2) 送電線事業

送電線ルートは、2つの地域、4つの地区、15の区と42の村を横断する延長約 270km の計画となっており、主に林地、耕地、草原、森林地帯で構成されるが、土地の大部分は農業に使用されている。

本事業地は、保護区または生態学的に重要な区域を通過しない計画である。なお、Lindi District Coastal Forest（IBA：Important Bird Area 及び KBA：Key Biodiversity Area）を構成する6つの森林保護区のうちの2箇所に繁殖地を持つ絶滅危惧種である鳥類が確認された。IUCN のレッドリスト掲載種（絶滅危惧 (EN)）である Spotted Ground-Thrush（学名：*Geokichla guttata*、

和名：ゴマフジツグミ) は渡り鳥であり、計画送電線ルートから約 7km 離れた場所に繁殖地を有している。Spotted Ground-Thrush の生息地周辺のルートは鉄塔建設の難しい湿地を回避しつつ、延長が最小になるように選定されており、生息地から最も遠いルートとなっている。また、送電線はアフリカゾウが存在する可能性のあるキルワ地区を通過する計画となっている。Kilanjilangi 村と Mtandi 間が現在のところ唯一知られている野生生物回廊であるが、現地調査中に象の移動は確認されなかった。

なお、送電線ルート周辺では、IUCN のレッドリスト掲載種（絶滅危惧（VU））である、シソ科の植物（*Vitex zanzibarensis*）及び マメ科の植物（*Dialium holtzii*）の生育が確認されている。

沿道村落の主な生計手段は農業であり、社会経済調査によると調査対象者の 86.8%が農業に従事していることが確認された。

### 12.2.2 相手国の環境社会配慮制度・組織

2004 年の環境管理法 191 条及び 2005 年の環境影響評価及び監査規則の要件に従って、本事業による環境社会的影響を評価するために、発電所及び送電線事業にかかる環境社会影響評価（ESIA）報告書が作成されている。また、以下の法制度等が本事業に適用される。

- ・ タンザニアの法律、規制、政策
- ・ タンザニアが署名者である国際条約及び条約
- ・ JICA 環境社会配慮ガイドライン及び世界銀行セーフガード政策
- ・ TANESCO の健康、安全、環境に関するガイドライン

### 12.2.3 代替案の比較検討

本調査を通じて以下の代替案検討が実施された。

#### (1) 事業を実施しない案

プロジェクトを実施しない場合、現状の発電量を維持することとなり、引き続きタンザニアは電力不足、電力供給の質及び安定性に苦慮することとなる。プロジェクトを実施しない策は、国内送電網に供給される新しい電源開発の機会を失うこととなる。タンザニアは 2030 年までに中所得国となることを目指しており、産業化によって拡大する電力需要を満たすことが出来なくなる本事業を実施しない案は適していないと判断される。

## (2) 発電所

### 1) 立地の代替案

ミキンダニ及びキシワサイト間で代替案検討が実施され、土地利用配分、利用可能面積の拡大、住民移転、集落からの距離等の点で、キシワサイトがより優位であると判断された。

### 2) 代替技術

蒸気タービン復水器冷却技術の代替案として、海水冷却（ワンスルー冷却）と空冷凝縮器（ACC）が比較検討された。海水冷却は、より効率的であり、より少ない燃料・排出物となるため、優位であると判断された。

## (3) 送電線

### 1) ルート代替案

送電線ルートは、いくつかのオプションにより比較検討された。選定されたルートは、用地取得／住民移転、文化遺産、保護区域への影響が少なくなるため、優位であると判断された。

### 12.2.4 スコーピング及び環境社会配慮調査の TOR

JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010年4月）に基づきスコーピングが実施され、以下の項目が環境・社会影響評価調査対象として選定された。

表 12-1 調査対象項目

汚染対策	大気汚染、水質汚濁、廃棄物、土壌・地下水汚染、騒音・振動
自然環境	保護区、生態系、水象、地形・地質
社会環境	非自発的住民移転、貧困層、文化遺産、景観、地域経済、土地利用や地域資源利用、水利用、既存の社会インフラストラクチャーや社会サービス、社会関係資本や地域の意思決定機関等社会組織、被害と便益の分配、ジェンダー、子供の権利、感染症(HIV/AIDS等)、労働環境
その他	事故防止策、越境影響及び気候変動

## 12.2.5 環境社会影響評価

### (1) 環境社会への正の影響

本事業は、国内の産業、企業、家庭への配電のために国内送電線網に電力を供給し、TANESCOは現在及び将来の電力需要に対応することが可能になる。その結果、産業及び商業活動が促進され、国内生産が向上することが予想される。

環境に対するプラスの影響として、本事業は天然ガスを燃料として使用するため、石炭火力発電所やディーゼル発電所に比べて大気汚染物質がはるかに少なくなると予想されている。地域経済の雇用機会の面では、建設ピーク時には熟練労働者と非熟練労働者の両方に対して延べ10万人以上の雇用機会を生み出すことが期待されている。この地域の労働者の流入は、中小企業の機会や市場へのアクセス向上など、地域経済を刺激する可能性がある。

### (2) 発電所事業による環境社会への負の影響

工事中の負の影響としては、騒音、振動、粉塵、廃棄物の発生が想定される。また、社会影響として、約160haの用地取得に対し、140人の土地所有者が影響を受ける。また、工事のピーク時に1,000人の労働者が流入すると想定されており、地域の健康、安全へのリスクが増加する可能性がある。既存のインフラストラクチャーと社会的なサービスの面においては、資機材の運搬等により、道路の使用に影響を与える可能性がある。

供用開始後の重要な影響とは、排水（温排水を含む）及び廃棄物がある。排水は放出される前に必要な基準を満たすように処理される。廃棄物には、廃油及び一般廃棄物が含まれ、これらの廃棄物の処理は認定廃棄物処理業者等に委託され予定である。排ガスについては、汚染物質はNO<sub>x</sub>に限定され、影響評価結果によると基準値を超えない見込みであることが確認された。

### (3) 送電線事業からの環境社会への負の影響

工事中の負の影響としては、建設現場やアクセス道路等において、騒音、振動、粉塵、廃棄物が発生する。また、送電線線下については、全域（270kmの送電線の52m幅）を整地する必要があり、合計1,387.6haの用地取得が必要となる。その結果、約62世帯の住民移転及び農地、墓地、サッカー場等の資産への影響が生じる。また、工事中には、延べ10万人の労働者が流入すると想定されており、地域の健康、安全へのリスクが増加する可能性がある。既存のインフラストラクチャーと社会的なサービスの面においては、資機材の運搬等により、

道路の使用に影響を与える可能性がある。

供用時は、絶滅のおそれのある鳥種（Spotted Ground Thrust）とアフリカ象に対する影響が生じる可能性がある。また、送電線の塔や電線があるため、重要な植物、地域社会の安全等を考慮する必要がある。

#### 12.2.6 緩和策及び緩和策実施のための費用

本事業の環境社会管理計画（ESMP）は、環境・社会への悪影響/リスクの回避、軽減、緩和を目的とし、各影響に対する緩和策が提案されている。ESMP にて計画されている緩和策の実施の主な役割と責任は、一義的には TANESCO が担うこととなる。

また、発電所と送電線に対し、それぞれの ESMP が作成された。発電所と送電線の建設と運転中の緩和措置実施に必要な費用は、約 2.9 百万ドルである。

#### 12.2.7 モニタリング計画

ESMP の実効性を確認するために、ESMP で特定された環境社会影響の項目に対するモニタリングを実施する必要がある。このため、モニタリング項目、モニタリング場所、頻度、責任主体及び資金源を整理したモニタリング計画が策定された。

発電所及び送電線の両プロジェクトの環境社会影響のモニタリングの実施には、建設段階で約 219,000 米ドル、操業段階で毎年約 183,000 米ドル程度が必要となると見込まれている。

#### 12.2.8 実施体制

TANESCO は、コントラクターと協力して環境社会管理計画及びモニタリング計画が適切に実行されるための責任を有する。モニタリング活動の一部は、コンサルタント会社に委託される予定であるが、その際、TANESCO とコンサルタント会社は密に連携して監理を行う。モニタリングに関するデータ及び報告書は、TANESCO によりレビュー及び承認がされる。

#### 12.2.9 ステークホルダー協議

本調査を通じて実施したステークホルダーとの協議の結果、様々なステークホルダーは本事業に対して肯定的な意見を有していることが確認された。ステークホルダーからの意見として、雇用機会、安定した電力供給へのアクセス、社会サービスの改善などがあつた。また、

本事業に対するステークホルダーからの要望として、土地取得に対する適切な補償の確保、汚染管理及び汚染対策の実施、本事業により影響を受けるコミュニティへの支援が挙げられた。

## 12.3 用地取得・住民移転

### 12.3.1 用地取得・住民移転の必要性

本事業において、以下の用地取得が必要となる。

#### (1) 発電所事業

ムトワラ GTCC 発電所、新ムトワラ変電所、将来の発電所開発用地を含めた約 160ha の用地取得が必要となる。本用地については、タンザニア国内における用地取得手続きの一環として土地評価が Mtwara District Council により実施済みであり、2019 年 9 月現在補償費の支払いに向けた手続きの段階にある。また、建設工事中の従業員事務所や資材置き場は、将来の発電所開発用地を利用するため、一時的な用地取得は不要となる。なお、既存道路から発電所用地までのアクセス道路の用地が必要となるが、当該用地はタンザニア港湾局（TPA）による土地価格評価が実施済みであり、TANESCO に当該用地が移管される見込みである。

#### (2) 送電線事業

400kV 新ムトワラ変電所及びソマンガ変電所間の送電線建設にあたり、延長 270km×幅 52m の wayleave の用地取得が必要となる。新ムトワラ変電所用地は前述のとおり発電所事業で取得する用地を使用し、新リンディ変電所については TANESCO の既存用地を利用するため、用地取得は不要である。建設工事中の従業員事務所や資材置き場は、TANESCO の過去の経験上、wayleave を利用するもしくは施工業者がリース契約により用地を確保するため、用地取得は不要となる見込みである。アクセス道路に関しても、施工業者がリース契約により用地を確保する見込みであるが、施工後に TANESCO が専用道路として継続使用すると判断した場合は、別途用地取得手続きを取る可能性がある。

### 12.3.2 用地取得・住民移転にかかる法的枠組み

タンザニアにおける用地取得・住民移転は、土地法（1999）及び用地取得法（No.47/1967）に代表される法的枠組みに基づいて実施される。本事業においては、JICA 環境社会配慮ガイド

ライン（2010年4月）及び世界銀行セーフガードポリシーに基づき、用地取得・住民移転を実施する。本事業にかかる補償方針は、発電所事業に対しては Due Diligence Report (DDR)、送電線事業に対しては Resettlement Policy Framework (RPF) に記載されている。

### 12.3.3 用地取得・住民移転の規模・範囲

本事業における用地取得・住民移転の規模・範囲を以下に示す。

#### (1) 発電所事業

ムトワラ発電所他に対する約 160ha の用地取得においては、140 世帯（784 名）が補償対象者となっており、11 世帯（62 名）が住民移転の対象となる見込みである。上記以外の影響として、42 基の墓地及び魚の水揚げ場等が影響を受ける。

#### (2) 送電線事業

400kV 新ムトワラ変電所及びソマンガ変電所間の送電線に対し、約 1,387.6ha の用地取得が必要となり、合計 1,098 世帯（6,259 名）が影響を受け、62 世帯（353 名）が住民移転の対象となる見込みである。上記以外の影響として、約 350 基の墓地及びサッカーのグラウンドが本事業により影響を受ける見込みである。

### 12.3.4 補償・支援の具体策

本事業の DDR 及び RPF において、用地取得・住民移転にかかる補償・支援策が整理されており、土地及び構造物等の資産に対する補償は再取得価格により実施され、本事業により生計に影響が生じる世帯に対して生計回復支援策が提供される。

### 12.3.5 苦情処理メカニズム

用地取得・住民移転の過程で生じる苦情は全て TANESCO に提出される。TANESCO は直接苦情を処理する、もしくは村レベル及び District レベルの苦情処理委員会に苦情処理の方針についての勧告を求める。また、これらの苦情処理メカニズムを通じても申立人が合意出来ない場合は、既存の訴訟を通じて申し立てすることが出来る。

### 12.3.6 実施体制

タンザニアでは、各 District の valuer が土地評価を実施し、その結果に基づき実施機関が補償の支払いを行う。本事業においては、TANESCO が補償費の支払い、モニタリング、苦情処理等の責任を有する。

### 12.3.7 実施スケジュール

発電所事業については、DDR の国内承認後約 19 ヶ月で施工業者への用地引渡しが可能となる見込みである。送電線事業については、送電線の基本設計が終わり送電線のルートが確定してから約 19 ヶ月で施工業者への用地引渡しが可能となる見込みである。

### 12.3.8 費用と財源

補償及び支援にかかる費用として、発電所事業は 2.5 百万ドルを見込んでおり、送電線事業については 3 百万ドルを見込んでいる。これらの財源は TANESCO により確保される。

### 12.3.9 実施機関によるモニタリング体制、モニタリングフォーム

内部モニタリングは実施機関により行われ、モニタリングフォームに基づき定期的に JICA に結果が報告される。外部モニタリングについては、コンサルタントもしくは NGO により定期的に実施され、住民移転・用地取得にかかる補償・支援終了後に完了監査がコンサルタントもしくは NGO により実施される予定である。

### 12.3.10 住民協議

第 12.2.9 節のとおり、本調査を通じて住民協議が実施された。用地取得・住民移転に関しては、事業を通じて引き続き住民協議が実施される見込み。

## 第13章 ムトワラ GTCC 発電所に係わるインフラ整備

### 13.1 調査の背景

調査の初期段階で、ムトワラ GTCC 発電所に係わるインフラ整備（村道改修を含むアクセス道路の整備、新ガス配管及び新水道配管の設置）はタンザニアの財源で実施予定であった。しかし、2018年9月の現地調査時に TANESCO より、これらも本調査のスコープに入れて欲しいとの要請があった。

JICAはこの要請を受け入れ、JICA 調査団は2018年12月中旬に TANESCO、TPDC、TARURA、MTUWASA とともに現地調査を行い、報告書を準備した。

### 13.2 アクセス道路の新設及び改修

#### 13.2.1 ムトワラ港からのルート

第 3.3 節「重量物輸送・運搬ルート調査」の結果から、発電所建設に必要な資機材をムトワラ港からムトワラ GTCC 発電所サイトまでの陸路での輸送が必要となる。この陸送に必要なルートのほとんどの区間がタンザニア道路公社（TANROADS）及びタンザニア地方都市道路公社（TARURA）により管理される既存道路となっており、道路の新設が必要な区間は限定的である（図 13-1）。TANROADS により管理されている B-2 幹線道路は舗装もされており、大型自動車の通行も考慮された十分な幅員が確保されている一方、Hiyari 村近くの交差点（以下、Hiyari 交差点）からムトワラ GTCC 発電所サイトまでは未舗装、幅員が 5-6m となる補助幹線（集散）道路と、Kisiwa 村から約 700-1500m は新設道路で構成される。従って、本調査では Hiyari 交差点からムトワラ GTCC 発電所までの区間を対象として調査を実施する。

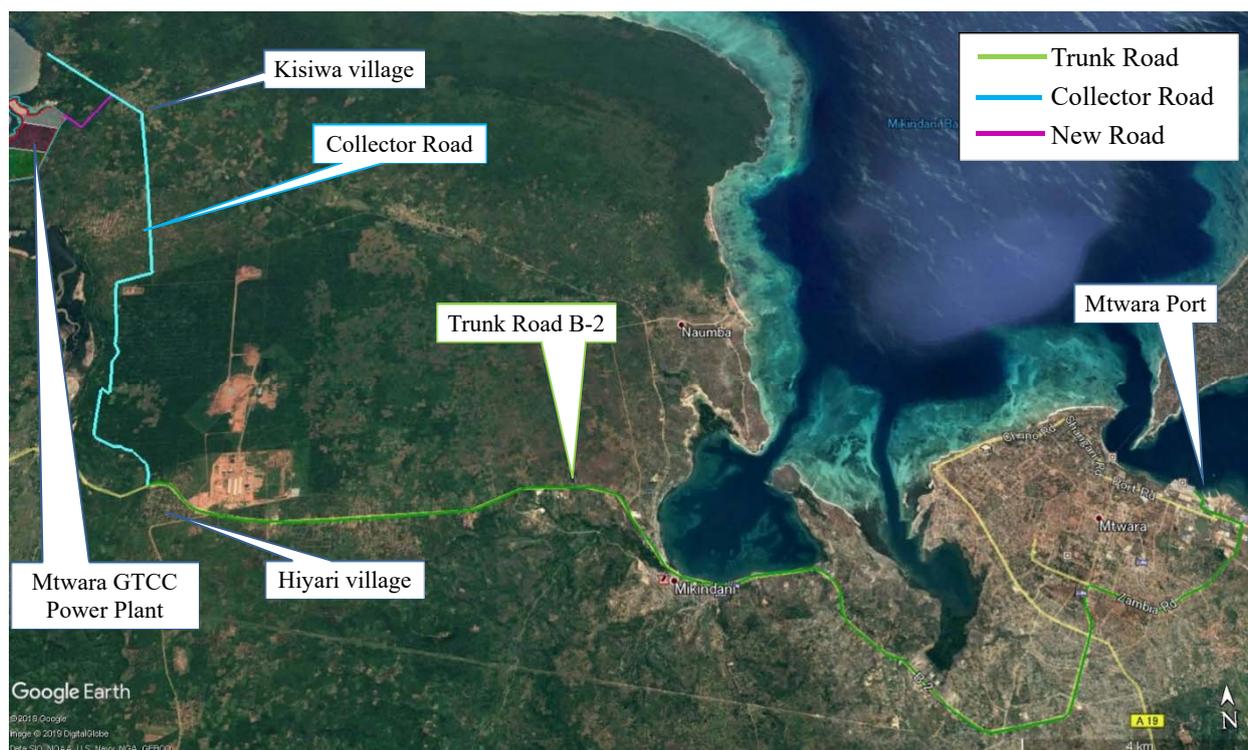


図 13-1 ムトワラ港からムトワラ GTCC 発電所までのアクセス

### 13.2.2 アクセス道路の現状

#### (1) 調査対象ルート

図 13-2 に示すとおり、本調査の対象となるアクセス道路の既設道路区間は、Dangote セメント工場近くに位置する Hiyari 交差点か Namgogoli 村、Kisiwa 村の近傍を通り、ムトワラ GTCC 発電所サイトに至る約 11.5km であり、カシューナッツ栽培地や低灌木が周囲には広がっている。この道路は 1 車線、未舗装であり、Hiyari 村、Namgogoli 村、Mbuo 村、Kisiwa 村、Mgao 村の住民が日常活用しており、乾期には良好な状態が保たれているが、雨期には泥濘化して、車両の通行不能もしくは難しくなるのが現状である。これらの状況に加え、急カーブや道路を横断するカルバート構造物が点在しており、工事用車両が通過するためには、これらの道路の拡幅及び改修が必要となる。



図 13-2 アクセス道路(既設)

## (2) 既設道路の縦断線形、横断形状、構造物、土質

既設道路の縦断線形は図 13-3 に示す。最大勾配は Hiyari 交差点から 0.4km 地点の約 4.8% である。

また、代表的な断面を図 13-4 及び図 13-5 示す。現況では車道が 5-6m 程度で、道路敷設用地 (ROW) は 15m (センターラインから両側に 7.5m) が確保されており、未舗装、素掘りの側溝が設置されている。

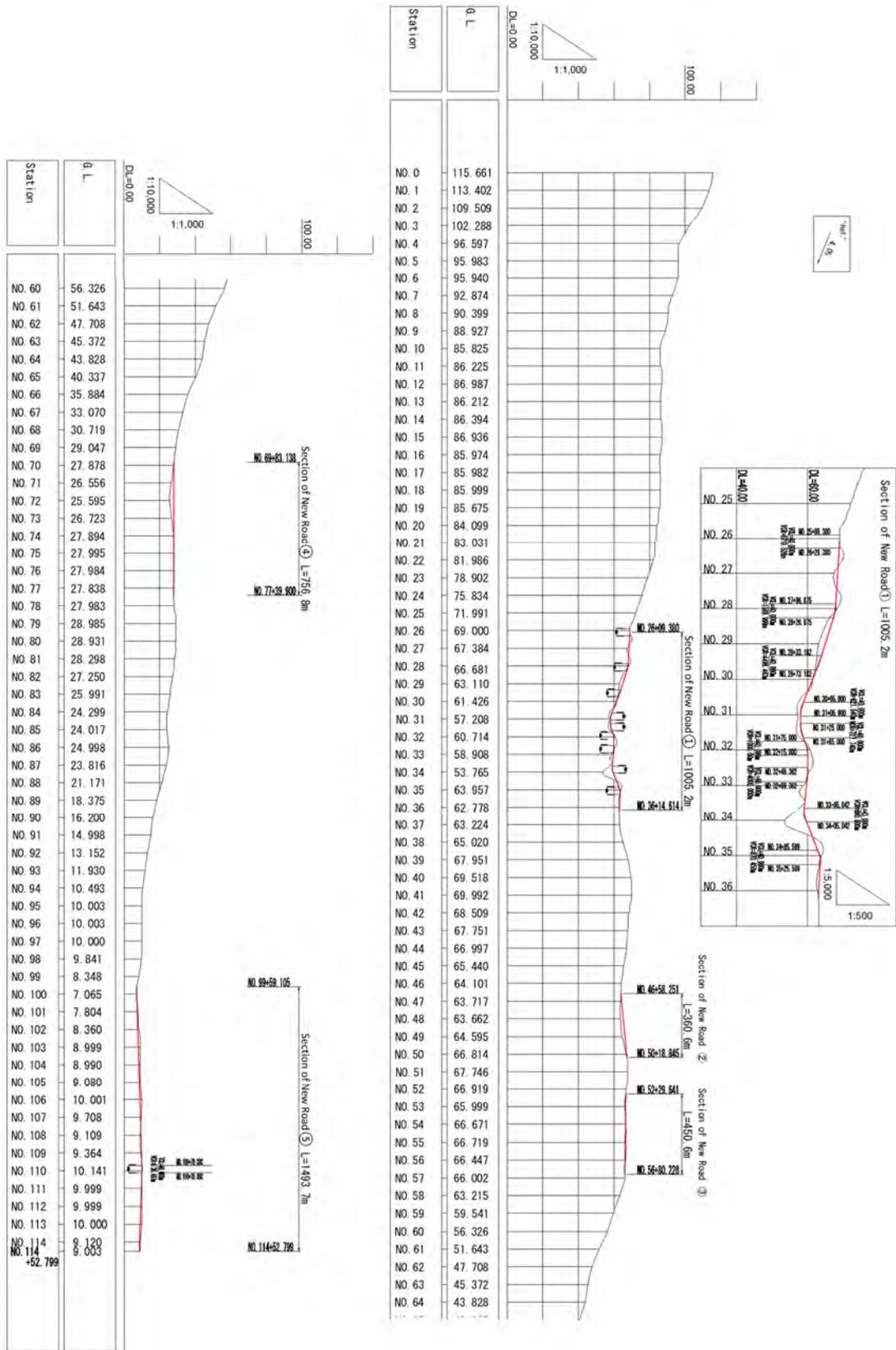


図 13-3 既設道路の縦断線形

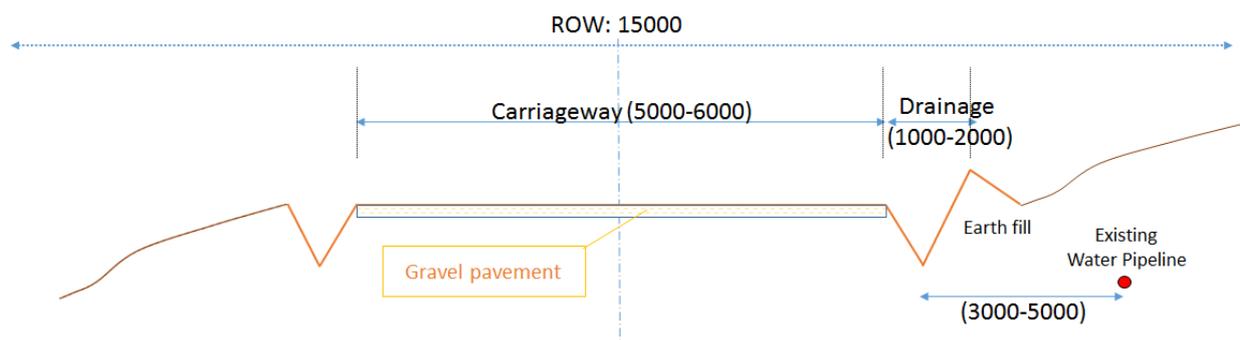


図 13-4 既設道路の標準横断面図



図 13-5 既設道路の状況

橋やトンネルといった構造物はないが、道路排水用のカルバートが対象区間に 16 箇所設置されている。カルバートの状況は表 13-1 の道路構造物インベントリに示しているが、多くのカルバートが損傷しており、なかには堆積物で埋まっているものもある。

当該道路は、タンザニア国内でも不良土の分布が見られる地域であるが、既存道路及びその周辺では不良土は確認されなかった。但し、新規道路を建設する区間も含まれており、特にそれらの区間では次段階の詳細設計において土質試験（CBR 試験）の実施が必要と考えられる。

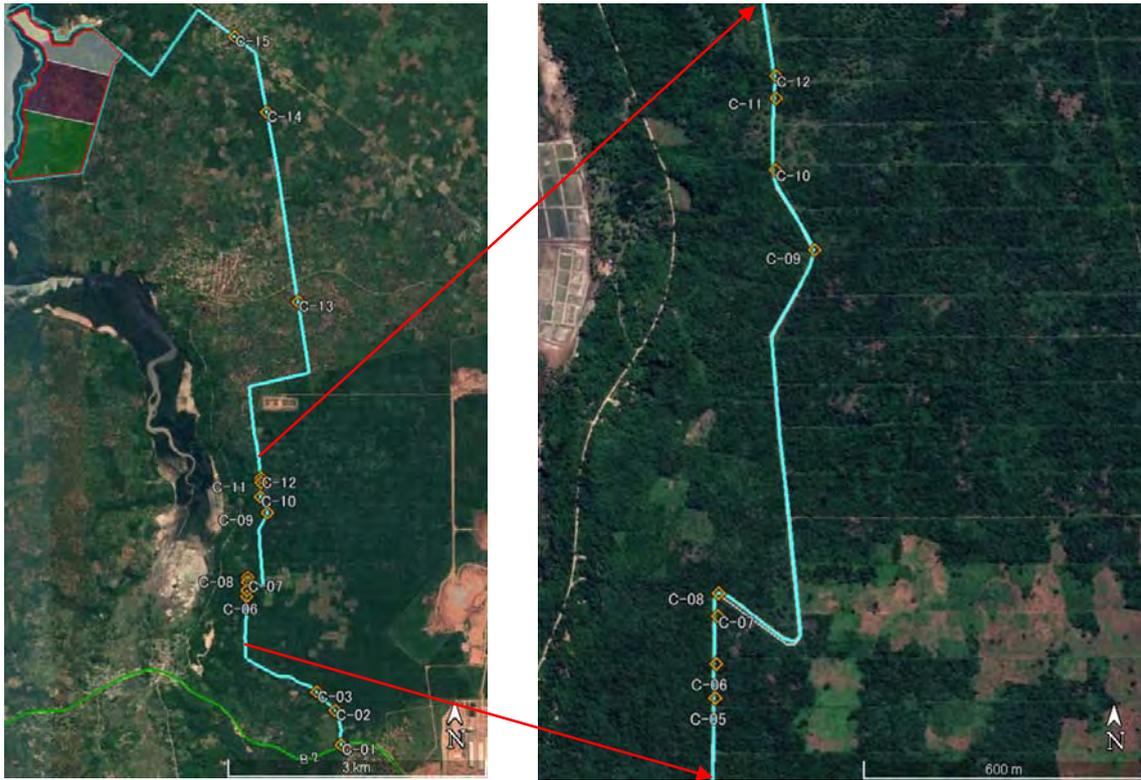
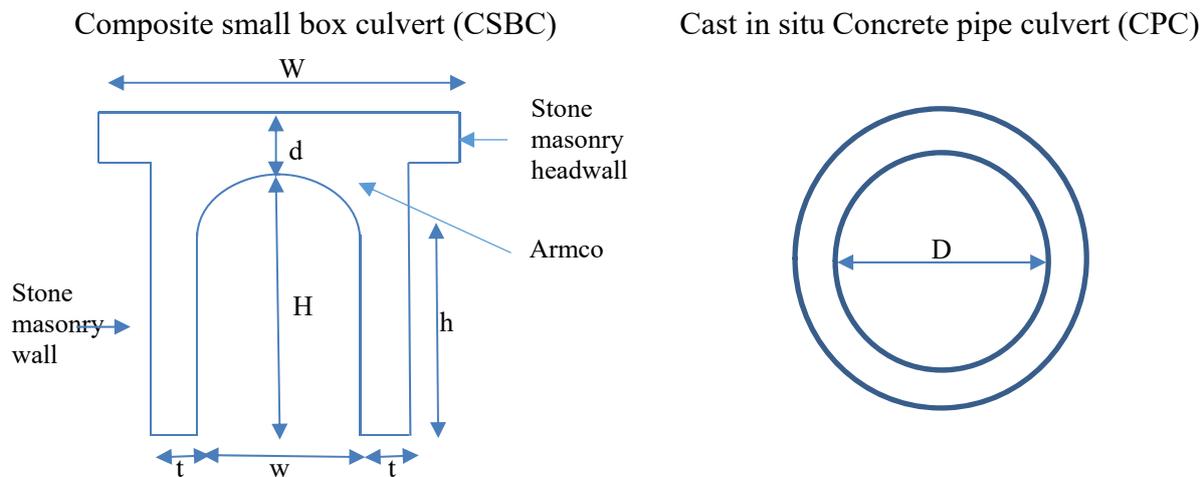


図 13-6 カルバート位置

表 13-1 道路構造物インベントリ

S.No.	Chainage (km)	TYPE	Unit (m)					Remarks
			D	L	w	H	W	
C-1	0.00	CSBC	-	8.1	0.7	1.1	1.34	Broken left hand side headwall
C-2	0.41	CSBC	-	6.8	0.65	1.1	1.27	Cracked right hand side wing wall
C-3	0.68	CSBC	-	5.4	0.7	0.7	1.17	Skewed and silted 100%, headwalls cracked on both sides
C-4	1.49	CSBC	-	5.05	-	-	1.30	Broken right hand side headwall
C-5	2.06	CP	0.88	8.55	-	-	1.40	Good condition, skewed
C-6	2.12	CP	0.9	6.0	-	-	1.40	Skewed, cast in situ
C-7	2.21	CP	0.9	6.4	-	-	1.0	Silted 50%, cast in situ
C-8	2.25	CSBC	0.9	7.3	-	-	-	Silted 100%, no headwalls Start of diversion to left hand side
C-9	2.87	CSBC/CP	0.9	5.7	0.57	0.6	1.0	CSBC(1.3m) connected to CP (4.4m)
C-10	3.07	CP	0.45	7.0	-	-	-	Buried headwalls, Good condition
C-11	3.24	CP	0.9	6.0	-	-	1.2	Good condition
C-12	3.29	CP	0.9	6.1	-	-	-	Broken headwalls
C-13	5.28	CP	0.9	6.0	-	-	1.1	Silted 70%
C-14	7.57	CP	0.9	6.0	-	-	1.77	Stone masonry headwalls
C-15	8.51	CP	0.9	6.1	-	-	1.45	Damaged right hand side headwall, no left hand side headwall, lined ditch on the right hand side

Legends:



- D : Diameter of the pipe culvert
- L : Length of the culvert i.e. across the road width
- w : Internal width between the stone masonry walls
- H : Clear height of the culvert
- W : Length of the headwall



図 13-7 カルバートの状況(C-3)



図 13-8 カルバートの状況(C-11)

### (3) 道路交通量

TARURA からのヒアリング結果より、当該道路の 1 日あたり交通量 (ADT : Average Daily Traffic) は 118 台/日であり、通常期の交通量は現状では限られているが、カシューナッツの収穫時期にあたる 9 月から 1 月には収穫されたカシューナッツを運搬する車両の交通量が増える。また、Namgogoli 村や Kisiwa 村の近くでは歩行者やバイクが見られる。



図 13-9 道路交通量の状況(2018年12月)

(4) 道路改修における課題

現地調査の結果からアクセス道路としての拡幅改修工事の実施に際しての課題を以下に示す。

1) Hiyari 交差点

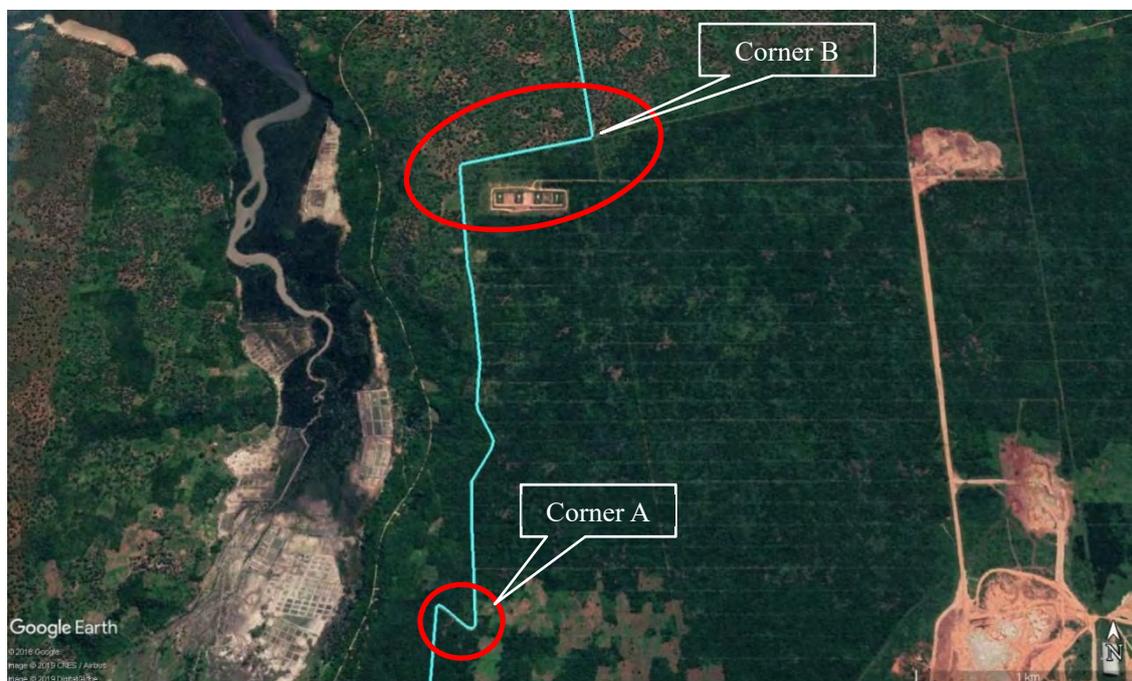
B-2 幹線道路と本調査の対象としている集散道路の交差点となる Hiyari 交差点の改良が必要となる。道路の形状から B-2 幹線道路はリンディ方面からムトワラ市街地方面へ走行する車から集散道路の状況の見通しが悪いこともあり、それらの改善が必要となる。また、幹線道路は TANROADS が、集散道路は TARURA が所管していることから、計画や設計においてはそれぞれの調整が必要となる。



図 13-10 Hiyari 交差点の現状

## 2) 急カーブ

図 13-11 に示すとおり対象区間となる既設の集散道路には2箇所の急カーブがある。建設用車両が安全かつ円滑に通過をするためにこれらのカーブの改修が必要である。



Corner A



Corner B

図 13-11 急カーブの状況

## 3) 文化的及び自然環境に関する対象物

アクセス道路の調査対象の区間には道路拡幅・改修計画上配慮すべき文化的及び自然環境に関する対象物が Namgogoli 村近くに2つあることを確認している(図 13-12)。一つ

は Namgogoli 小学校の校庭にあるバオバブの木であり、もう一つは Namgogoli 小学校の校舎である。これらの対象物を避けるように道路が計画される必要がある。



バオバブの木



Namgogoli 小学校の校舎

図 13-12 配慮すべき自然・社会対象物

#### 4) 道路排水

前述のとおり、対象となる道路区間には道路側溝と雨水排水用のカルバートが複数設置されているが、メンテナンスの不良等により十分機能していない。JICA 調査団が 2018 年 12 月に現地調査をした際にも 30 分程度の降雨のあと、道路上に水が溢れている箇所が見られた。工事期間においてはこれらの雨水排水の不良は道路交通に支障をきたすものと考えられる。



図 13-13 降雨後の道路の状況

#### 13.2.3 タンザニアの道路基準・標準

JICA 調査団ではタンザニアにおける道路の基準、標準、マニュアルを以下の通り収集した。これらの基準を参考に本調査対象区間の道路の計画、設計を行う。

表 13-2 タンザニアにおける道路分野の標準・マニュアル類

#	Title	Year	Publisher	# of page
1	Pavement and Materials Design Manual	May 1999	Ministry of Works	185
2	Standard Specification for Road Works	Jun. 2000	Ministry of Works	317
3	Field Testing Manual 2003	Apr. 2003	TANROADS	155
4	Laboratory Testing Manual 2000	Jun. 2006	Ministry of Works	330
5	The Roads Management Regulations	Jan. 2009	Government Notice	40
6	Environmental Code of Practice for Road Works	Feb. 2009	Ministry of Infrastructure Development	236
7	Road Geometric Design Manual	May 2012	Ministry of Works	329
8	Low Volume Roads Manual	Nov. 2016	Ministry of Works, Transport and Communication	505

### 13.2.4 計画及び設計

#### (1) 設計方針と基本コンセプト

タンザニア政府からの要望や現地調査の際の TANESCO や TARURA 等関連機関との議論の結果を考慮して、道路設計の基本コンセプトは安全かつ円滑な道路交通を確保し、以下に示す事項に配慮して設計を進める。

- 1) 集散道路に関するタンザニアの道路設計基準を満たす
- 2) 新しい ROW 内に計画が収まるとともに、既存道路の線形を可能な限り引き継ぐとともに、自然、社会環境面での影響を極力小さくする
- 3) 必要機能と耐久性を確保した上で、事業費は極力削減する
- 4) 事業実施段階における工事用車両の通過を考慮した設計とする
- 5) 安全設備の導入を含めて交通安全について配慮する
- 6) 実施スケジュールは気候及び社会条件を考慮し、迂回路など交通への影響を最小限化した計画とする
- 7) 建設に必要な資機材はなるべくローカルのものを活用するとともに、コスト縮減、施工性、質、調達の信頼性に考慮する
- 8) 容易なメンテナンスにより長期間に渡り、当該道路がより良好な状態に保たれること

#### (2) 基本計画

本事業のスコープは、1 レーンから 2 レーンへの拡幅・一部区間の新設、道路排水設備の改修・取替、歩道の新設等である。表 13-3 に基本コンセプトを考慮した計画・設計の概要を示す。

表 13-3 プロジェクト計画の概要

項目		詳細／仕様
対象区間		約 11.5km (Hiyari 交差点から Kisiwa GTCC 発電所サイト)
設計速度		50 km/hr
道路クラス		DC-6
レーン数		2 レーン
ROW (道路敷設用地)		40 m
車道幅		6.5 m (3.25 m × 2)
路肩幅		1.0 m
歩道幅		1.0 m (Namgogoli 村から Kisiwa 村まで)
最大縦断勾配		4.0 %
交差点		Hiyari 交差点 (B-2 幹線道路と集散道路の交差点)
盛土勾配		H > 1m - 1:4 H < 1m - 1:2
切土勾配		1: 1.0 ~ 2.0 (depends on geology)
排水設備		側溝：コンクリート張り仕様 横断カルバート：ボックスカルバート／パイプカルバート
道路附属設備		縁石、道路標識、路面塗装、法面保護 (植生工)
設計寿命		15 年間
道路舗装	車道	表層
		基層
		路盤
		路床
	路肩	砕石舗装
	歩道	砕石舗装
水道管		- 一部区間で既設水道管が道路脇を並行に埋設されている - ムトワラ GTCC 発電所の新設に伴い、新設の水道管が道路の ROW の内側 2m、深さ 1m に設置される予定

### (3) 設計条件

#### 1) 設計標準

Pavement and Materials Design Manual (1999)、Standard Specification for Road Works (2000)、Road Geometric Design Manual (2012) 及び Low Volume Roads Manual (2016) が通常、タンザニアの道路プロジェクトでは設計基準として適用されている。タンザニアの標準に加えて、必要に応じて日本の道路構造令を参考にする。

#### 2) 道路階級と幾何構造

対象となる集散道路の平均日交通量は 118 台であり、タンザニアの道路階級に照らし合わせて DC 6 を適用するものとし、設計速度は 50km/h とする。

縦断線系は 7%まで許容できていることになっているが、工事用車両の通過を前提とするこ

とから、本対象区間は4%として設計する。

DC6 クラスの道路の場合、車道幅は6mとなるが、工事用車両の通過を考慮し、6.5mとする。標準横断面は図 3-14 に、また歩道が必要となる区間の標準横断面を図 3-15 に示す。



図 13-14 計画標準横断面図

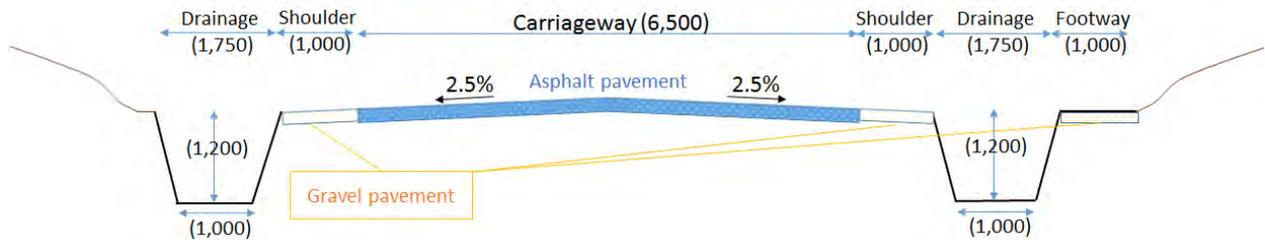


図 13-15 計画標準横断面図(歩道あり)

(4) 舗装計画

工事期間中には、工事用車両、発電所資機材の重量物の運搬が行われることからアスファルト舗装を施すことを前提として、設計年数 15 年、設計交通荷重クラスは TLC3 を条件に、タンザニア国内で得られる資機材、標準的な施工方法を考慮して、舗装設計（案）を検討した。

(5) 交差点計画

対象となる道路において、大きな交差点は、B-2 幹線道路が交差する Hiyari 交差点のみである。B-2 幹線道路が優先道路となり、ムトワラ GTCC 発電所方面への右折車により交通流を阻害しないように、右折レーンの設置が必要になると考えられる。(図 13-17)

5cm AC Surface
15cm Base course (Asphalt Stabilized DBM 40/30)
20cm Sub-base course (Cement Stabilized C1 Class)
20cm Subgrade CBR 15
20cm Subgrade CBR 7

図 13-16 舗装設計(案)



図 13-17 Hiyari 交差点計画案

#### (6) 雨水排水計画

既設道路の沿線には雨水排水用の側溝（素堀）やカルバートが設置されているが、一部は機能していない。道路拡幅に伴い、対象区間に設置されている側溝、カルバートは全て撤去し、新たに必要な施設を設置する。

ムトワラ地域の降雨特性は 1.5 時間程度の短時間に集中して降ることが多いことから、第 7 章で求めた降雨強度から換算して、カルバートには 10 年確率降雨強度 168mm、側溝は 5 年

確率の 118mm を適用し、対象となる流域から流出する雨水を安全に流下させられる規模とする。

その条件をもとに側溝とカルバートの設計（案）を図 13-18 及び図 13-19 に示す。

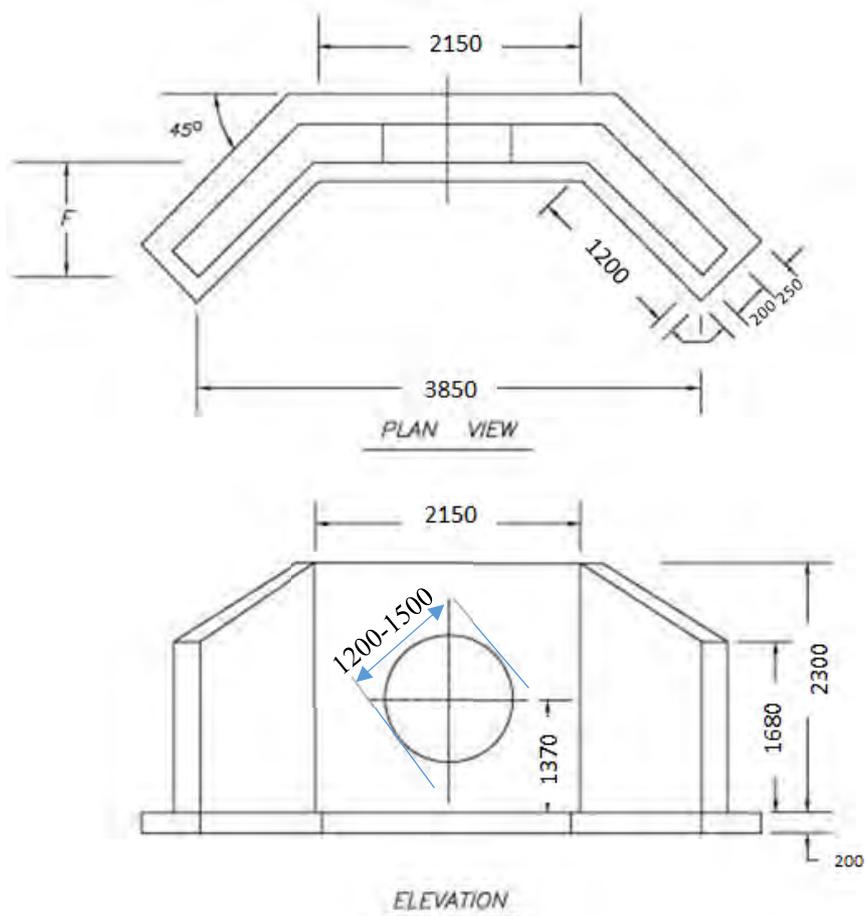


図 13-18 カルバートの設計(案)

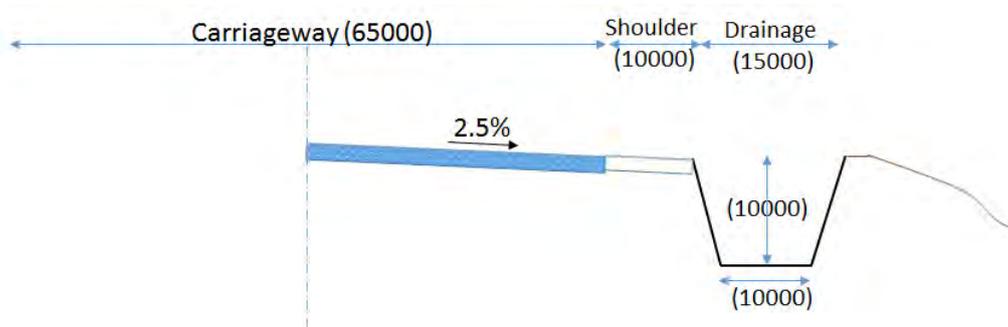


図 13-19 道路側溝の設計(案)

### 13.2.5 図面集の概要

表 13-4 に本調査で検討した設計図面集の概要を示す。図面集は資料集に示す。

表 13-4 図面集一覧

Item	設計図の内容	枚数
1	全体計画図	1
2	計画図	6
3	計画縦断図	2
4	計画横断図	5
5	カルバート構造図	1
6	交差点設計図	1

## 13.3 ガス導管敷設

### 13.3.1 新設ガス導管ルート、仕様

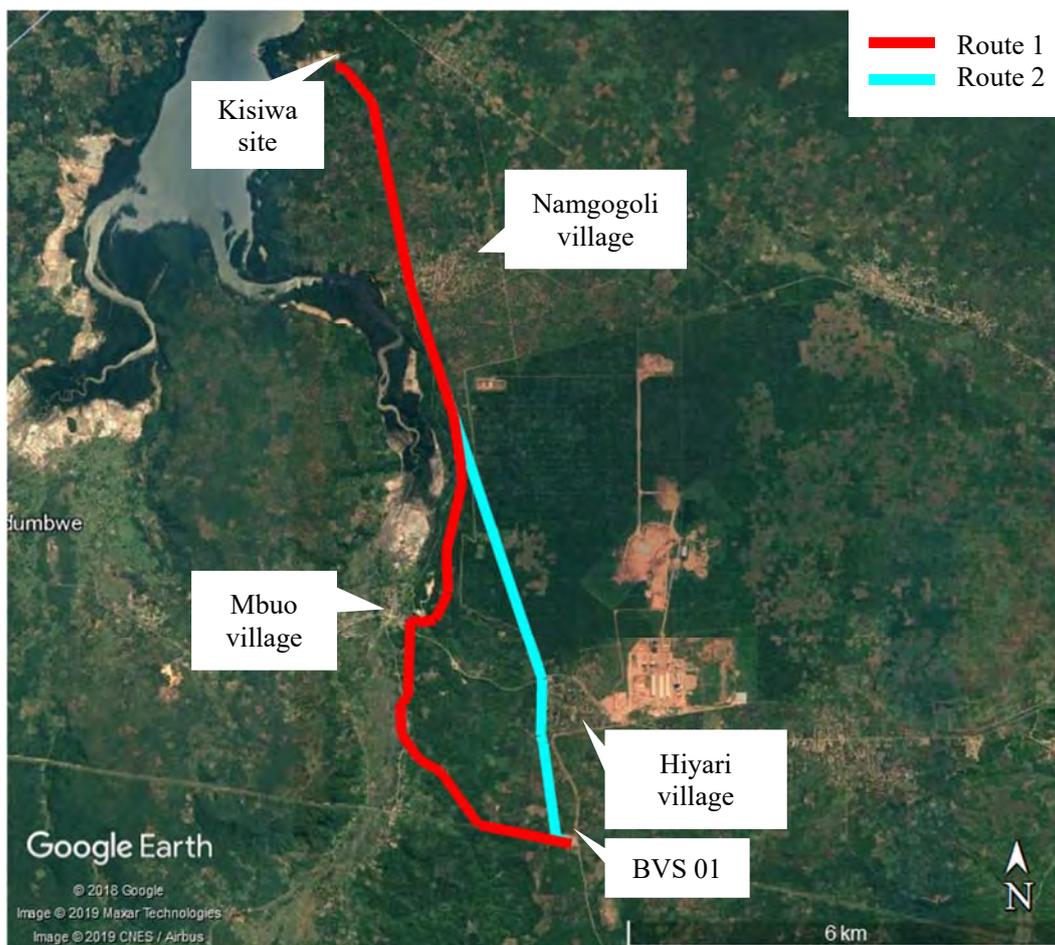
#### (1) ガス導管ルート概要

キシワサイトへのガス供給は、キシワサイトの南に位置するバルブステーション No.1 (BVS 01) から導管総延長 10km 以上のガス導管を通し実施される。BVS 01 は、ムナジ湾ガス田からダルエスサラームまでのガス導管上の設備である。

BVS 01 とキシワサイトの地図上の直線距離は約 10km であるが、ルート案として、以下の 2 案が考えられる。2 案のルートを図示したものを、図 13-20 に示す。

Route 1 : TPDC と TANESCO が提案するガス導管ルート (Mbuo 村と Namgogoli 村を通過、ガス導管延長は約 13km)

Route 2 : BVS01 から Hiyari 村と Namgogoli 村を通過して Kisiwa サイトへ至るガス導管ルート (TANESCO によると導管延長は約 13km)

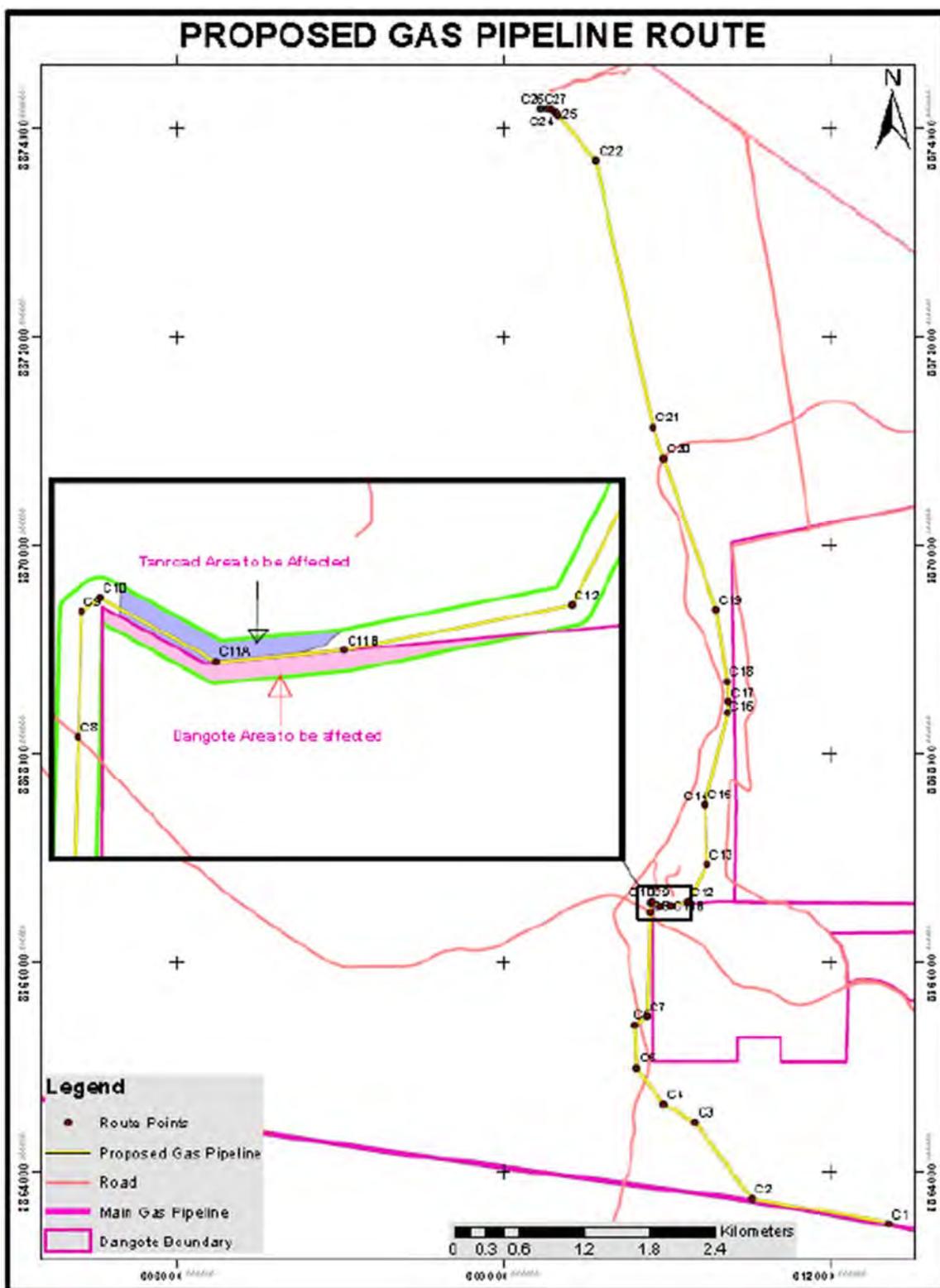


出典：JICA 調査団

図 13-20 新設ガス導管ルート案(2案)

各ルートの特徴を比較した結果、Route1 が社会性、Dangote 敷地回避の観点から Route2 よりも優れているため、以降 Route1 を最有力として検討を進める。

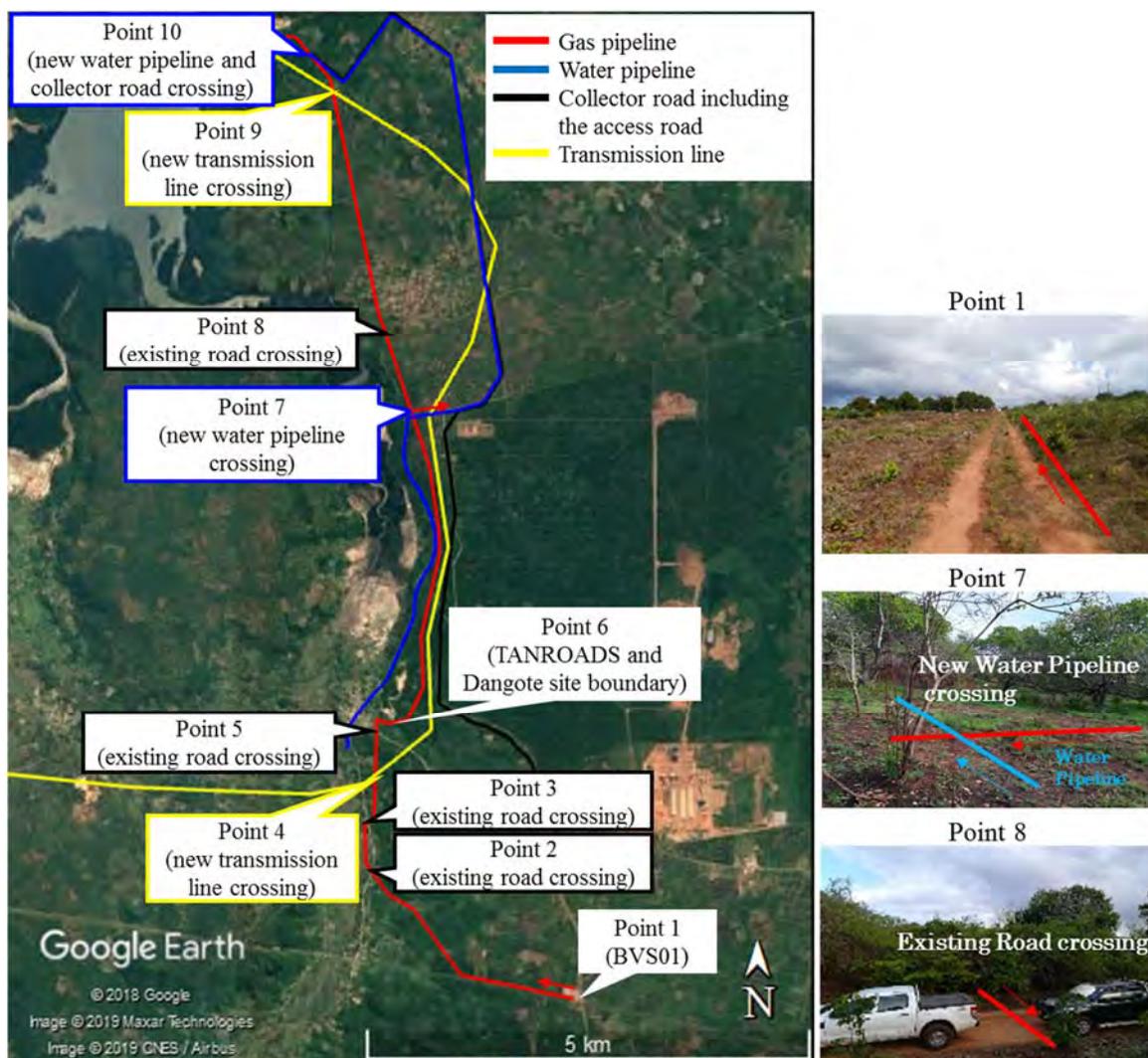
なお、図 13-21 に示すように、ルート上の C9 から C12 の区間は、TANROADS 敷地と Dangote 敷地に影響を与えることから、TANROADS、Dangote、TPDC は土地利用に関して議論し、2019年9月8日に土地利用許可に関する覚書が締結された。



出典：Environmental Impact Statement for the proposed construction of natural gas pipeline from BVS-1 at hiyari to the proposed 300MW gas power plant at Kisiwa village in Mtwara district, Mtwara region

図 13-21 TANROADS 敷地と Dangote 敷地に影響するガス導管区間(Route1)

Route1 のガス導管図を図 13-22 に示す。Route1 は 5 箇所(5箇所)の道路交差点、2 箇所(2箇所)の水道管交差点、2 箇所(2箇所)の送電線交差点を有する。



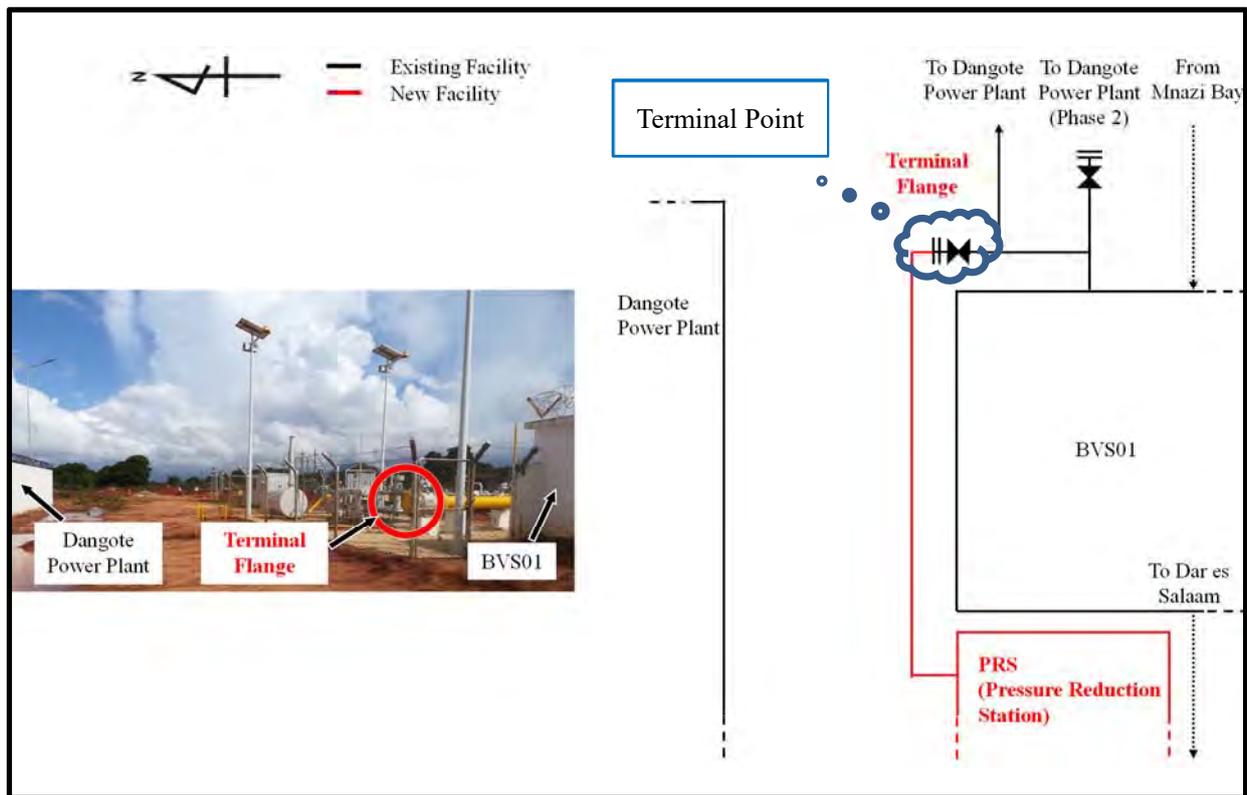
出典：JICA 調査団

図 13-22 Route1 のガス導管図

(2) 取り出し点、繋ぎこみ点

1) 取り出し点 (BVS01)

取り出し点の系統図を図 13-23 に示す。取り出し点は、BVS01 からの払い出し系統のうち、既に取り出予備座のある、ダンゴテ発電所向け系統の分岐部を活用することで、新たに取出座を設置する必要がなくなるため、経済性、安全性、施工性から適していると考えられる。



出典: JICA 調査団

図 13-23 取り出し点の系統(BVS01)

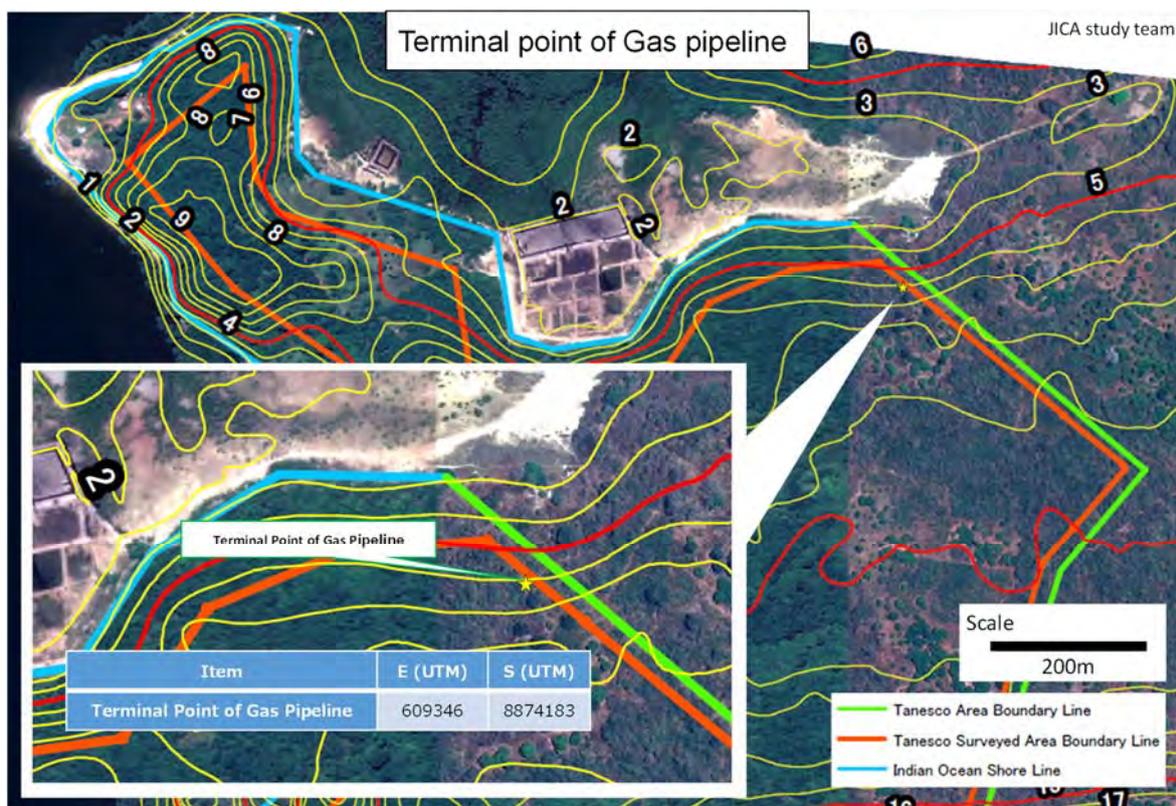
取出座の仕様を表 13-5 に示す。

表 13-5 BVS01 の取り出しフランジの仕様

Item	Specification
Diameter	12 inch
Thickness	11.5 mm
Design Pressure	90 bar (g)

## 2) 繋ぎこみ点(キシワサイト)

発電所側との繋ぎこみ点については、2018年3月23日に、TANESCOとTPDCと合同で実施したキシワサイトの現地調査にて相互に合意した点とする。図13-24に、合意された繋ぎこみ点を示す。



出典：JICA 調査団

図 13-24 発電所側の繋ぎこみ点の位置

### (3) ガス導管敷設予定地概要

現地での目視調査と衛星画像調査により、ガス導管ルート上には、特段施工上の障害となる物がないことを確認した。加えて、JICA 調査団、TPDC、TANESCO はガス導管全体のルートの妥当性を相互に確認した。なお、RAP で移転予定としている民家は、ここでいう障害物には該当しない。また、ルート上の土質についても目視で確認可能な範囲を確認した結果では、敷設上問題となるような軟弱で崩壊しやすい箇所は存在しなかった。

なお、工事実施前には工事施工会社による詳細な土質調査を実施し、工事計画へ反映することを推奨する。

#### 1) 道路交差部と水道管交差部

導管ルート上には、5 箇所の道路交差部 (Point2, 3, 5, 8, 10) と 2 箇所の水道管交差部 (Point7, 10) が存在する。道路交差部については、推進工法を用いることで問題なく導管を敷設できると考えられる。水道管交差部については、ガス導管および水道管の維持

管理や、水道管の漏水による影響等を考慮して適切な離隔距離を確保するものとする。

## 2) 傾斜部

導管ルート上には、谷のような形状をした地形や傾斜（進行方向に対して左右方向の傾斜，進行方向に対して上下方向の傾斜）が存在するが、いずれもガス導管敷設上に問題となるものではないことを確認した。将来、工事施工会社が実施する土質調査結果に基づき、必要に応じて追加の対策実施を推奨する。

## 3) 送電線交差部と並行区間

本事業では、一部の地点において以下のとおり、ガス導管ルート付近に 400kV 送電線が建設される。

- ・ 並行敷設部（Point 6, 7）：離隔距離約 70m、並行区間長さ約 2.5km
- ・ 交差部（Point 4, 9）

ガス導管と送電線とが並行して敷設される場合、並行する距離に比例してガス導管は電磁誘導電圧の影響を受けることになる。この電圧によりガス導管は腐食する。しかし、これらが並行して敷設される区間における両者の許容離隔距離は、第 5.3 節記載の通り 46m であることに対し、現計画における離隔距離は約 70m であるため、許容離隔距離以上の離隔距離を確保できている。

また、交差部については、両者の交差を直交とすることで、ガス導管と送電線との並行敷設距離を少なくすることができる。このことから、送電線の詳細設計段階で送電鉄塔位置を調整して可能な限り直交して交差することで両者の並行区間を短くする配慮が必要となる。

## (4) ガス導管概略図

詳細は添付資料を参照。

新設導管については、既設タンザニア国内ガス導管同様、第 13.3.1 節(2)項に示す BVS01 からの取り出し箇所、キシワサイトへの繋ぎこみ箇所を除き埋設配管とする。施工環境毎の配管土被りについては、タンザニア国内実績に基づき、下表の通りとする。

**表 13-6 タンザニア国内ガス配管土被り実績**

Location	Cover depth of piping [m]	Applicable place
Under the Village Roads	1.5	Point 2,3,8,10
Under the National Roads	2.0	Point5
General	1.5	Others

出典：JICA 調査団

(5) 配管仕様、ガス供給仕様

1) 配管仕様

JICA 調査団による現地調査にて、7bar 以上の配管については以下の要求があることを確認している。

- ・ API 準拠配管とすること。
- ・ ASME、IGEM に準拠すること。
- ・ 外面ポリエチレンライニング鋼管とすること。

なお、上記以外に準拠すべき現地独自の規格はないことを、現地調査にて併せて確認している。

(設計内圧)

BVS 01 におけるガス供給元圧力は 90bar である。この圧力は、キシワサイトへのガス供給に十分な圧力を有している。

また、発電所繋ぎこみ位置にて必要なガス圧力は、ガスタービン候補機種によって異なる。表 13-7 にガスタービン候補機種の必要ガス圧力を示す。

**表 13-7 GT 候補機種の必要ガス圧力**

	H-100	LM-6000PF+	SGT-800
Gas pressure	37bar (g)	50bar (a)	30bar (a)

出典：JICA 調査団

(地震関連)

第 7 章にも記載のとおり、ムトワラ気象観測所で確認したところ、地震による被害に関する記録はなかった。よって、特段地震に対する考慮は不要と考えられる。

(管厚計算)

(a) 埋設配管

埋設配管の必要管厚については、タンザニアで一般的に使用される ASME に基づく計算の他、JICA 調査団が実績を有する日本の規格（電気事業法、ガス事業法）に基づく計算を実施し、これらを比較して、より大きい値を本事業では推奨する。

- a) ASME に基づく計算結果：4.3mm (0.17in) 以上
- b) 日本の電気事業法に基づく計算結果：6.3mm 以上
- c) 日本のガス事業法に基づく計算結果：9.9mm 以上

a)~c)の計算結果より、埋設配管については最大の肉厚である 9.9mm 以上の管厚を推奨する。

(b) 地上配管

前(a)項と同様に、地上配管における必要管厚の計算を実施した。

計算結果

- a) 4.3mm 以上
- b) 8.9mm 以上
- c) 9.9mm 以上

a)~c)の計算結果より、地上配管については最大の肉厚である 9.9mm 以上の管厚を推奨する。

(圧損計算)

表 13-8 の諸元を前提として、圧損計算を日本国内における類似案件の圧損実績に基づき実施した。

表 13-8 圧損計算の諸元

Item	Value
Diameter of pipe [in]	12
Thickness of pipe [mm]	11.5
Temperature of pipe [°C ]*	33
Pressure of gas [MPa]	3.0
Flow rate of gas [Nm <sup>3</sup> /h]**	55,000

\* This is the maximum value of the temperature range 27-33 ° C of underground pipeline provided by TPDC.

\*\* This is the maximum consumption value among the candidate GTs.

出典：JICA 調査団

上記前提条件の下での圧損計算結果および管内流速を表 13-9 に示す。

表 13-9 に示すとおり、圧損は供給圧に対して十分小さく、燃料ガス圧縮機の設置は不要であると推定される。

また、管内流速も一般的な騒音の目安とされる 20m/s に対し十分遅く、騒音の懸念もないことを確認した。

なお、同検討は本事業の対象である 300MW 級 GTCC 設置を前提に実施している。

**表 13-9 想定配管圧損と管内流速**

Item	Value
Pressure loss in pipe [MPa]	0.1 (1.0 bar)
Flow velocity in pipe [m/s]	6.0

出典：JICA 調査団

## 13.4 水道施設の建設

TANESCO と MTUWASA は、ムトワラ GTCC 発電所への水道システムを提案した。JICA 調査団は、提案された水道システムについて、書類調査、インタビュー、現地調査によって確認してレビューを行い、その結果を踏まえて概略設計を行った。

### 13.4.1 提案された水道システムの確認とレビュー

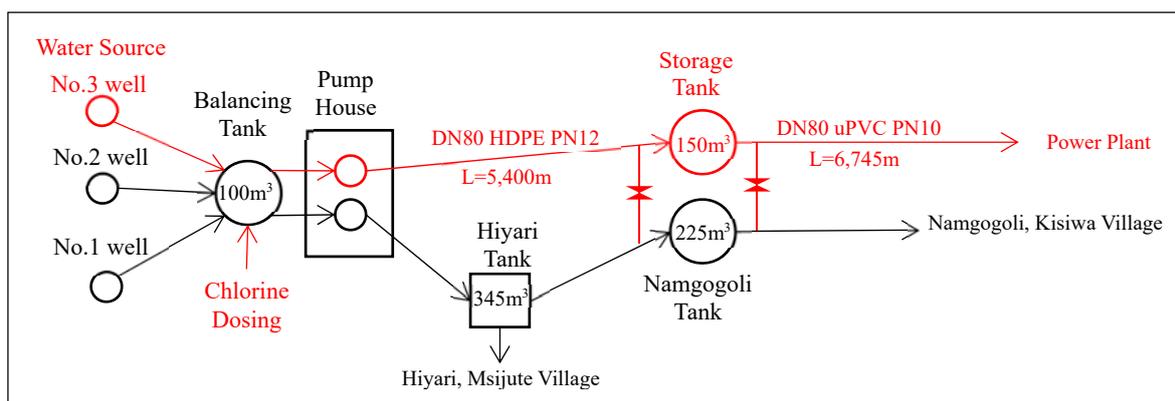
#### (1) 水道システムの概要

提案された水道システムの概要を図 13-25 に示す。赤色で示す新規施設は TANESCO 専用となり、黒色で示す既存施設は一部を除き TANESCO 向けには使用されない。

一日最大給水量は  $15\text{m}^3/\text{h} \times 24\text{h} = 360\text{m}^3/\text{day}$ <sup>23</sup>である。水源は Mbuo 村の No.3 井戸を使用し、調圧水槽に導水する。調圧水槽にて塩素を注入後、既存のポンプ室に設置される送水ポンプと送水管により貯水槽に送水する。貯水槽から自然流下で発電所に配水する。

将来的に Kisiwa 村や Namgogoli 村の水需要が増加した場合に、新規施設の水を融通できるよう、新規貯水槽と既存 Namgogoli 貯水槽の前後の管路を接続する。

<sup>23</sup> 360m<sup>3</sup>/day には、発電所で使用する 300m<sup>3</sup>/day と、発電所内の職員住宅で使用する 60m<sup>3</sup>/day が含まれる。

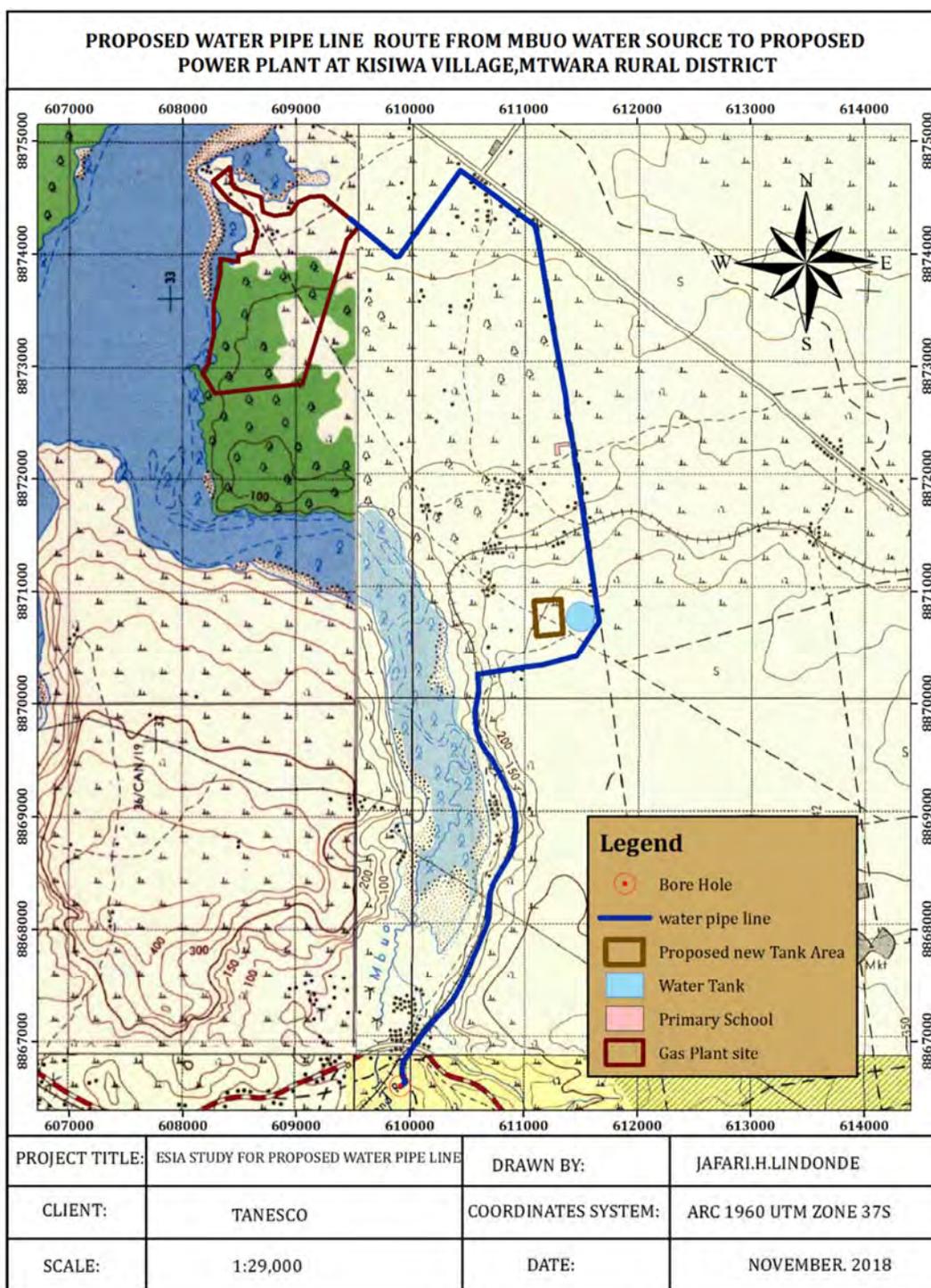


出典：JICA 調査団

図 13-25 提案された水道システム(黒:既存施設、赤:新規施設)

## (2) 水道施設の位置

水道施設の位置図を図 13-26 に示す。



出典：ESIA Report for the Proposed Construction of Water Supply Pipeline from Mbuo village to a Proposed Gas Power Plan (11.1km) Located at Kisiwa Village in Mtwara District, Mtwara Region

図 13-26 水道施設の位置図

水道施設の位置について、TANESCOは「事業を実施しない場合」と「提案された水道施設」の2つの代替案を検討し、他の代替案は提示していない。「提案された水道施設」は、地域住民への影響や補償を最小限にするため、既存道路沿いに管路を布設する案となっている。

### (3) 確認及びレビューの結果

確認及びレビュー結果の重要な事項を表 13-12 に示す。また、現地調査で確認した水道施設の位置を図 13-27～図 13-30 に示す。

**表 13-10 提案された水道システムの確認及びレビュー結果の概要**

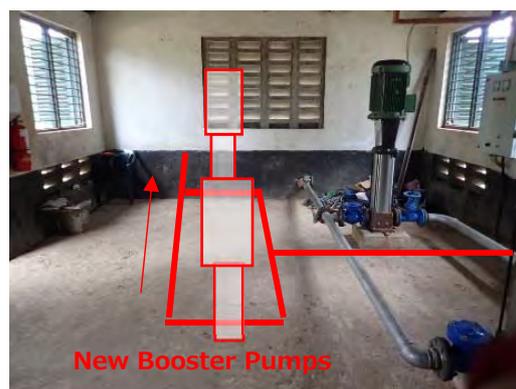
項目	確認及びレビューの結果
水源	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ No.3 井戸は、適正揚水量を決定するための揚水試験（段階揚水試験、干渉試験）が実施されていないため、計画揚水量（15m<sup>3</sup>/h、360m<sup>3</sup>/day）を取水可能かどうか判断できない。</li> <li>・ 基本設計で、No.3 井戸の適正揚水量を決定するための揚水試験を実施する必要がある。No.3 井戸の揚水量が不足する場合には、新たな水源計画（既存 No.1・No.2 井戸の余力の活用、追加井戸の掘削等）を決定する必要がある。</li> <li>・ No.3 井戸の水質はタンザニア国の飲料水水質基準を満足しているが、電気伝導度が基準値に近いため、基本設計で再度水質検査を実施し、水質基準に適合するかを確認する必要がある。</li> </ul>
調圧水槽 ポンプ室	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調圧水槽とポンプ室は、比較的健全な状態であるため、簡易な補修（ひび割れ等）により使用を継続することが可能である。</li> <li>・ 既存の調圧水槽の側壁に、新規の流入管と流出管の設置が可能である。</li> <li>・ ポンプ室には、新規送水ポンプを設置する十分な広さがある。</li> </ul>
貯水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建設予定地には、貯水槽を建設する十分な広さがある。</li> <li>・ 建設予定地は 2018 年 12 月時点で民地であるが、土地所有者は、本事業のために土地を提供することに同意している。</li> </ul>
管路	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予定ルートには、布設工事を困難にするような障害物はない。</li> <li>・ 一部区間は、2018 年 12 月時点で民地であるが、土地所有者は、本事業のために土地を提供することに同意している。</li> <li>・ Namgogoli 村及び Kisiwa 村に配水する既設配水管は、村道拡幅工事の支障となる可能性があるため、既設配水管の移設が必要となる可能性がある。</li> </ul>
電気計装 設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ポンプ等の電源は、TANESCO の 33kV 商用電源から引き込む。</li> <li>・ 流量計や水位計等の計装設備が必要である。</li> </ul>
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水道施設が建設されて TANESCO から MTUWASA に引き渡された後は、MTUWASA が運転管理と保全管理を実施し、TANESCO は MTUWASA に水道料金を支払う。</li> </ul>

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 13-27 調圧水槽とポンプ室



出典：JICA 調査団

図 13-28 ポンプ室内



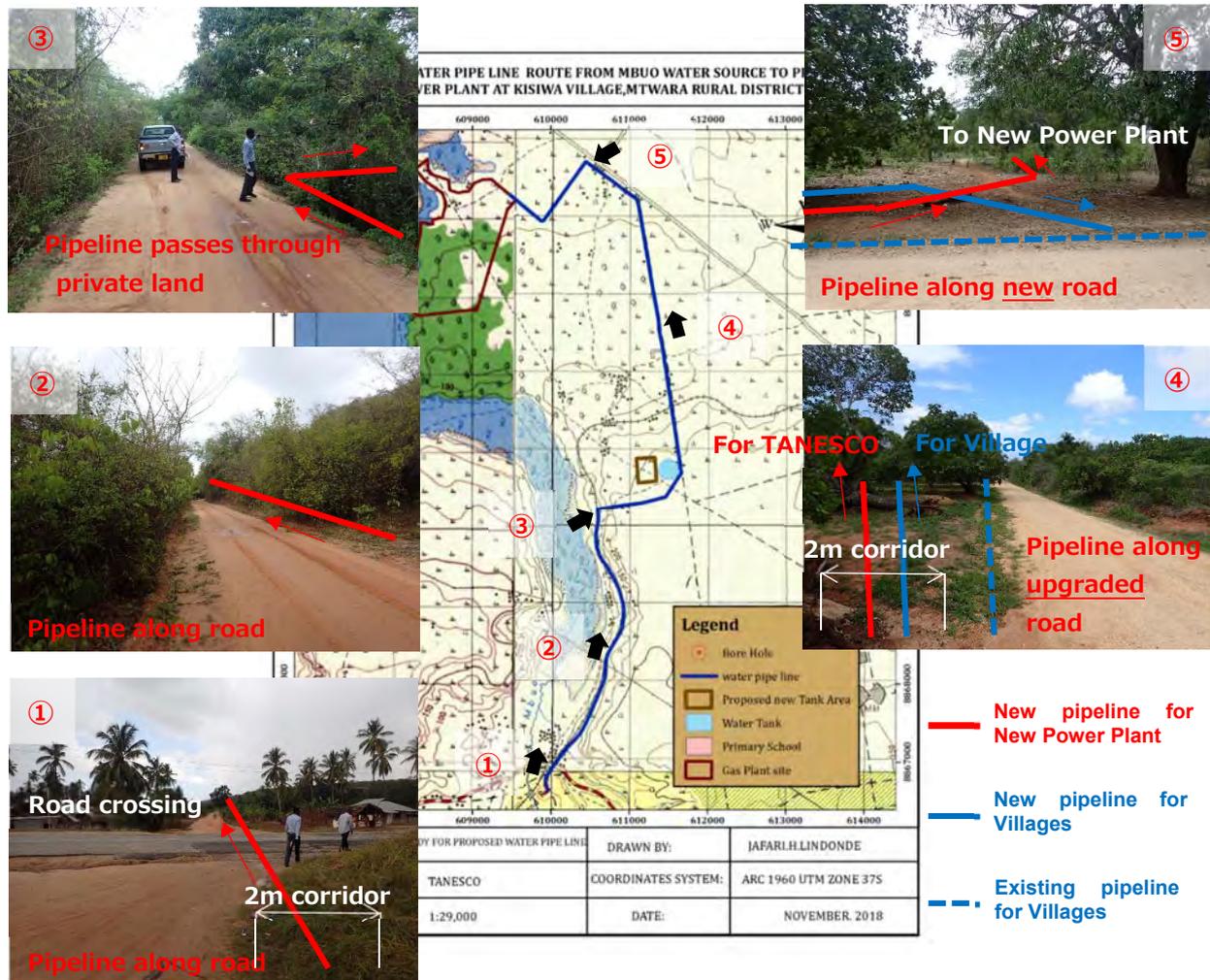
出典：JICA 調査団

図 13-29 No.3 井戸



出典：JICA 調査団

図 13-30 貯水槽



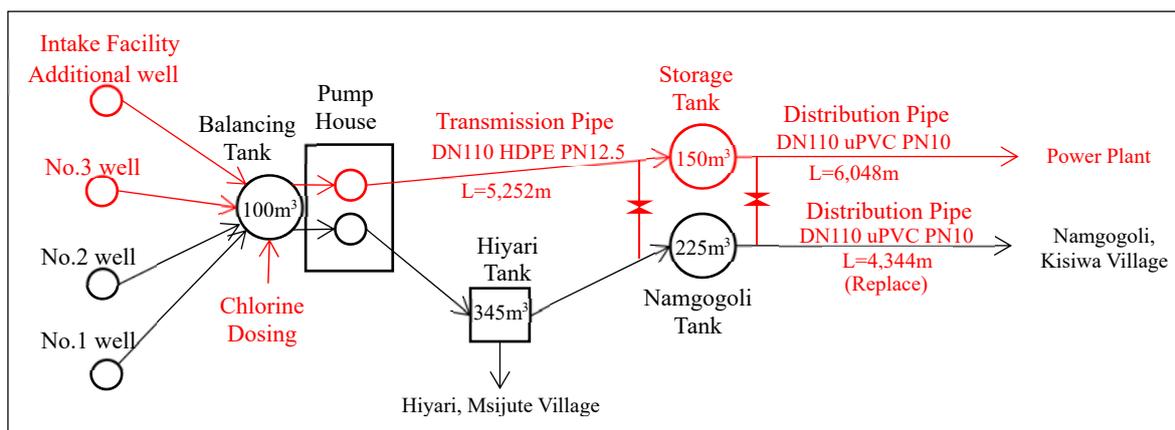
出典：JICA 調査団

図 13-31 管路布設予定ルート

### 13.4.2 概略設計

#### (1) 設計方針

確認及びレビューの結果より、水道システムは、水道施設の配置を含めて TANESCO と MTUWASA の提案の通りとする。ただし、No.3 井戸が十分な揚水量を持たない可能性があり、現時点ではその対策は決定できないため、コスト積算には最も費用が大きくなるケースとして追加井戸の掘削と関連施設の建設を含める。また、施設の仕様（管路口径・材質、ポンプ仕様、貯水槽容量等）は、設計基準と設計計算に基づき決定した。図 13-32 に概略設計による水道システムを示す。



出典：JICA 調査団

図 13-32 ムトワラ GTCC 発電所向けの水道システム(黒色:既存施設、赤色:新規施設)

設計基準は、タンザニア及び日本の水道に関する基準を用いる。

- Design Manual for Water Supply and Waste Water Disposal, Third Edition, March 2009. Ministry of Water and Irrigation
- 水道施設設計指針 2012、厚生労働省

計画給水量は、計画一日最大給水量 360m<sup>3</sup>/day、計画時間最大配水量 15m<sup>3</sup>/hrとする。

将来的にムトワラ GTCC 発電所第 2 期の事業を実施する際には、新規の水源及び水道施設の建設が必要である。具体的には、第 2 期に必要な給水量に応じて、新たな井戸を既存井戸の近隣に掘削するとともに、ポンプ施設、貯水槽、管路等を、今回の施設と並行する位置に建設することが必要である。

## (2) 水道施設の仕様

設計方針に基づき、各水道施設の仕様を検討した結果を表 13-11～表 13-16 に示す。

**表 13-11 No.3 井戸の取水・導水施設の仕様**

項目	仕様
揚水試験及び水質検査 (基本設計で実施)	予備揚水試験、段階揚水試験、連続揚水試験、回復試験、干渉試験、水質検査
取水ポンプ	水中モータポンプ Q=15m <sup>3</sup> /hr、H=68m、P=4.0kW 揚水管 DN50、鋼管
導水管	DN63、uPVC PN10

出典：JICA 調査団

\* No.3 井戸が十分な揚水量を持たず、No.3 井戸を使用せず追加井戸のみを使用する対策をとる場合には、本表の取水ポンプと導水管は建設しない。

**表 13-12 追加井戸の取水・導水施設の仕様**

項目	仕様
物理探査 (基本設計で実施)	2 サイト、垂直電気探査、または垂直と水平の組み合わせ
井戸掘削	2 本 (失敗井を考慮)、掘削 (DTH と MUD、12”、50m)、ケーシング・スクリーン (PVC10”)、仕上げ
揚水試験及び水質検査	2 本、予備揚水試験、段階揚水試験、連続揚水試験、回復試験、水質検査
取水ポンプ	水中モータポンプ Q=15m <sup>3</sup> /hr、H=65m、P=4.0kW 揚水管 DN50、鋼管
導水ポンプ施設	調圧水槽 1 箇所、ポンプ室 1 箇所、導水ポンプ：縦型多段渦巻きポンプ Q=15m <sup>3</sup> /hr、H=50m、P=5.5kW、電気設備
導水管	DN90、uPVC PN110、L=4,800m

出典：JICA 調査団

**表 13-13 送水施設の仕様**

項目	仕様
送水ポンプ	縦型多段渦巻きポンプ Q=15m <sup>3</sup> /hr、H=99m、P=11.0kW、圧力タンク 300L
導水管	DN110、HDPE PN12.5
次亜塩素酸ナトリウム注入設備	1 セット、調圧水槽の上に設置

出典：JICA 調査団

**表 13-14 配水施設の仕様**

項目	仕様
貯水槽	有効容量 150m <sup>3</sup> 、RC 造、有効水深 3.0m、直径 8.0m、HWL+69m、LWL+66m
配水管	DN110、uPVC PN10

出典：JICA 調査団

**表 13-15 電気計装設備の仕様**

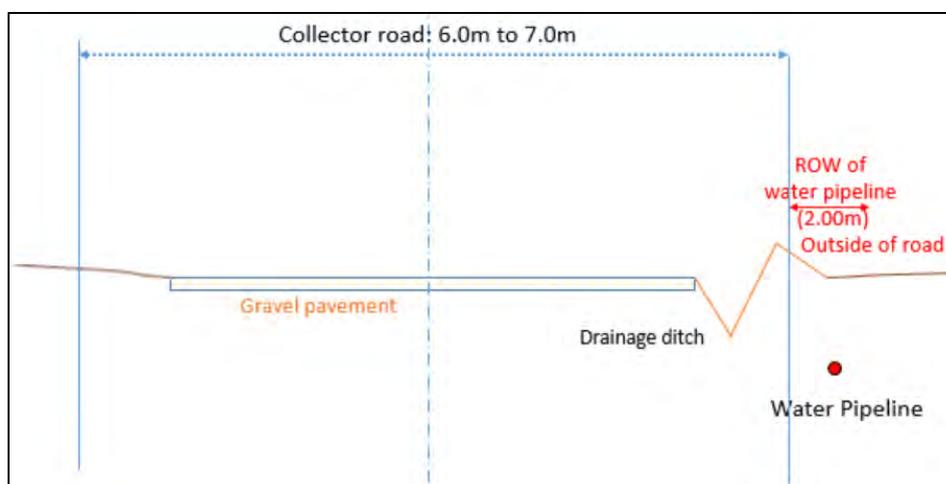
項目	仕様
受電設備 D	柱上開閉器、柱上変圧器（3 相 4 線、33kV/230V、50kVA）、引込柱
配電設備	低圧盤 3 面（送水ポンプ 2 面、取水ポンプ 1 面）
水位計（No.3 井戸）	1 基、静電容量式
水位計（既設調圧水槽）	1 基、静電容量式
水位計（貯水槽）	1 基、透明管式
水圧計（No.3 井戸）	1 基（No.3 井戸）
水圧計（送水ポンプ）	2 基（既設ポンプ室内）
流量計（No.3 井戸）	1 基、ウォルトマン型（No.3 井戸）
流量計（送水ポンプ）	1 基、ウォルトマン型（既設ポンプ室内）
流量計（ムトワラ GTCC 発電所との取合点）	1 基、ウォルトマン型（弁室内）

出典：JICA 調査団

表 13-16 配管工事の仕様

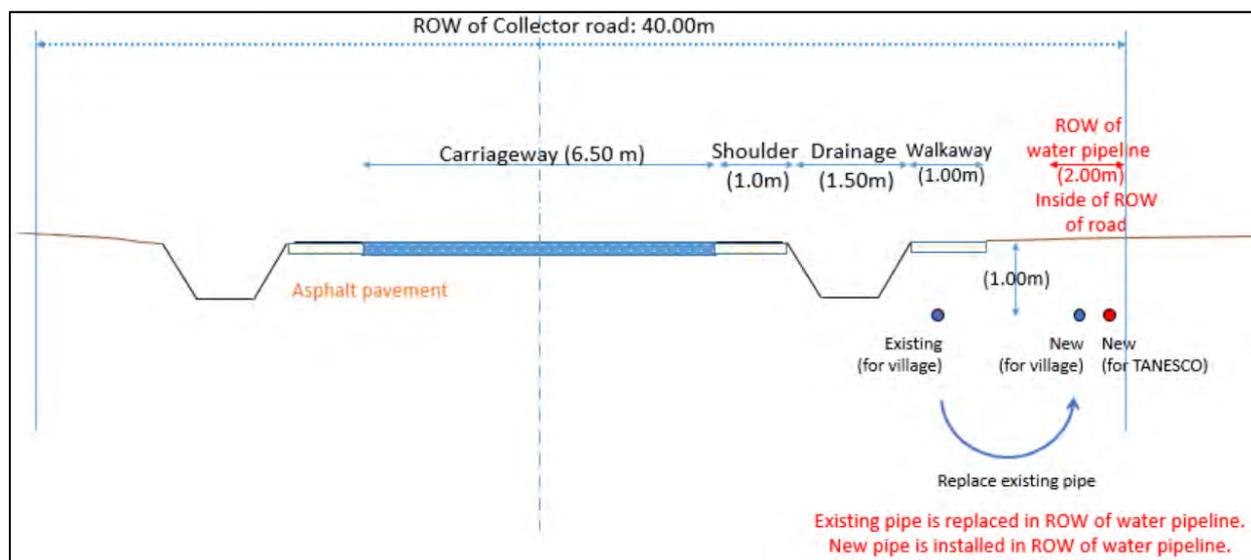
項目	仕様
布設位置	標準土被り 1.0m。 既存村道沿いの区間は、図 13-35 に示すように道路の外側 2.0 幅の位置に布設。 村道拡幅区間は、図 13-36 に示すように道路の ROW40m 幅の内側 2.0m の位置に布設。既存水道管の位置は基本設計時に布設位置を確認し、道路工事で断水しないよう施工。
道路横断部	推進工法、さや管：ダクタイル鋳鉄管
水路横断部	露出させアンカーにより支持、ダクタイル鋳鉄管
ガス導管横断部	水道管漏水時のサンドブラストによるガス導管損傷を防ぐため、ガス導管と水道管の離隔を 0.4m とする。
付属設備	7 箇所の空気弁、2 箇所の排水設備
掘削及び埋戻し	基本的に人力掘削・埋戻しとする。岩や硬い地盤の露出部は機械により掘削（機械を使用する区間は基本設計で決定する）。管周りは砂（2.0mm 単粒度）、その他は発生土で埋戻し。

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 13-33 既存村道沿いの水道管布設位置



出典：JICA 調査団

図 13-34 村道拡幅区間の水道管布設位置

(3) 概略設計図

概略設計図の図面リストを表 13-17 に示す。概略設計図は添付資料に添付する。

表 13-17 水道施設の概略設計 図面リスト

図面番号	図面タイトル
1	Layout Drawing of No.3 Well
2	Piping Works of Raw Water Transmission Pipeline
3	Layout Drawing of Receiving Tank and Pump House
4	Electrical Single-Line Diagram
5	Piping Works of Water Transmission Pipeline (1)
6	Piping Works of Water Transmission Pipeline (2)
7	Piping Works of Water Transmission Pipeline (3)
8	Piping Works of Water Transmission Pipeline (4)
9	Piping Works of Water Transmission Pipeline (5)
10	Structural Drawing of Storage Tank
11	Piping Works of Water Distribution Pipeline (1)
12	Piping Works of Water Distribution Pipeline (2)
13	Piping Works of Water Distribution Pipeline (3)
14	Piping Works of Water Distribution Pipeline (4)
15	Piping Works of Water Distribution Pipeline (5)
16	Piping Works of Water Distribution Pipeline (6)
17	Typical Drawing of Piping Works

出典：JICA 調査団

### 13.5 維持管理の実施体制と実施機関の財務状況

建設期間中の実施機関（TANESCO）のプロジェクト管理体制を図 13-38 に示す。

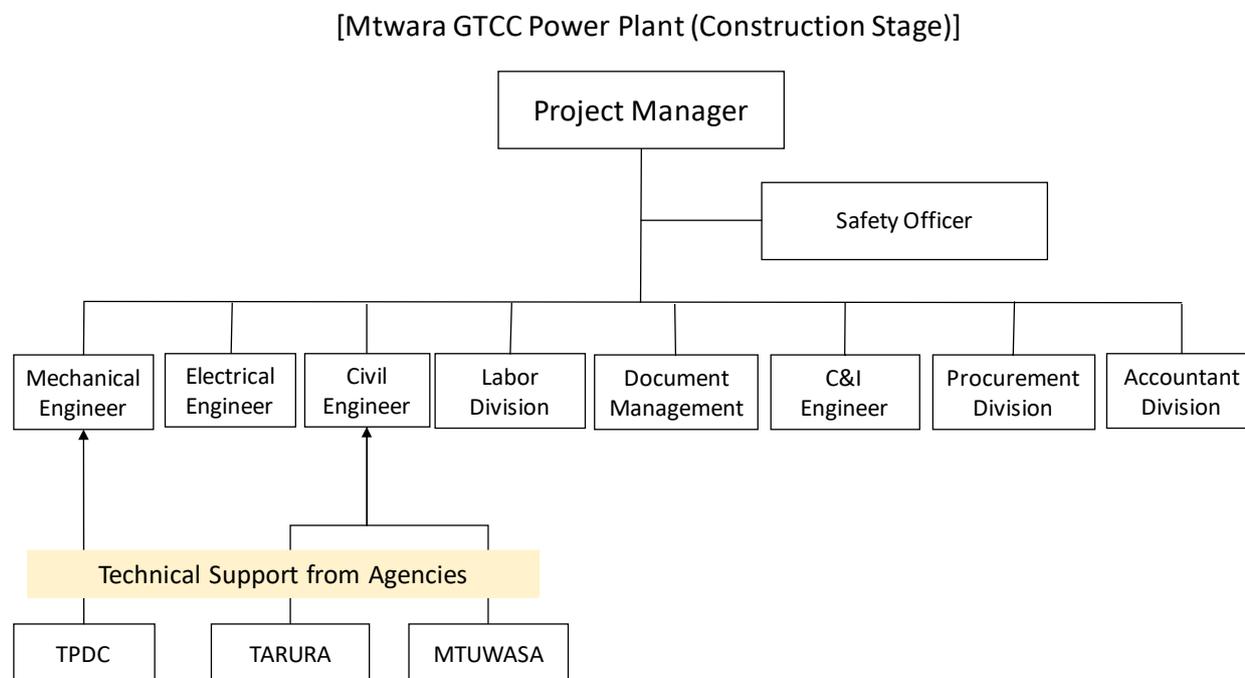


図 13-38 プロジェクト管理体制(建設期間中)

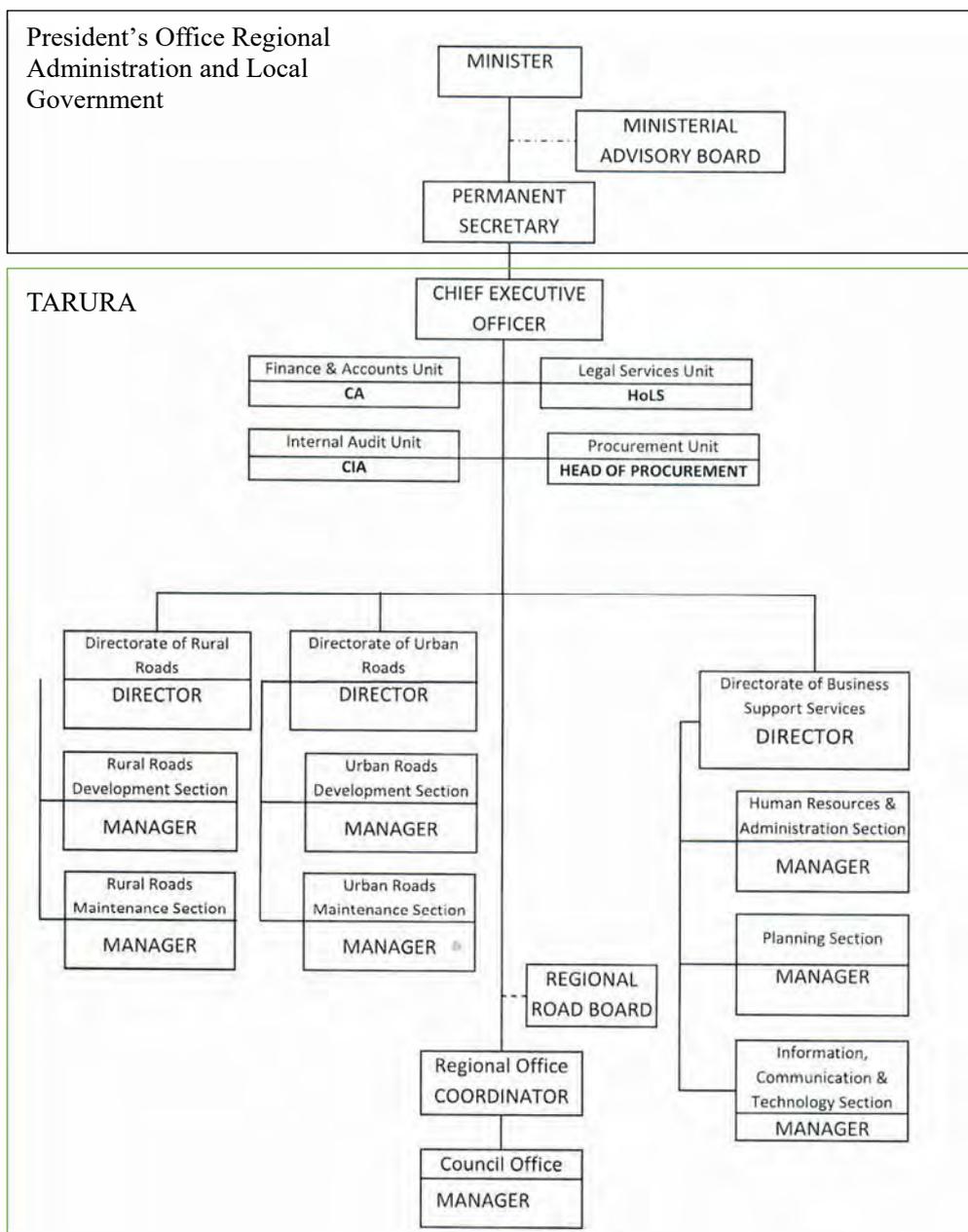
#### 13.5.1 道路分野

##### (1) 組織的活動・対応

ムトワラ GTCC 発電所の運転開始後、本業務で対象としているアクセス道路の維持管理（O&M）は TARURA に移管される予定である。

TARURA は大統領府地方自治省（POLARG）事務次官に対して報告責任がある最高責任者（CE）を筆頭に本部をドドマに置く機関である。組織図を図 13-35 に示す。

TARURA は農村部や都市部の道路とその付帯設備の開発と維持管理によって公共に対する良質なサービスの提供を実施する機能の負託を受けている。上記の目的を達成するために TANESCO では 2016－2021 年を対象とした戦略的計画を示して、農村及び都市部の道路ネットワークの開発の実施と維持管理を効率的な実施を進めている。



出典：TARURA

図 13-35 TARURA 組織図

(2) 維持管理(O&M)能力

1) 道路延長

TARURA の年次進捗報告書（維持管理、2017/2018）によると 2017 年 6 月現在、108,946.16km の農村及び都市部道路の維持管理を実施している。管理している道路の状

況は表 13-18 に示すとおりである。

**表 13-18 TARURA の維持管理する道路の舗装状況(2017 年 6 月現在)**

Road Type	Road Condition (Km)			Total (Km)	Percentage (%)
	Good	Fair	Poor		
Paved	1,026.27	283.37	139.91	1,449.55	1.3
Gravel	9,732.45	9,597.37	5,075.58	24,405.4	22.4
Earth	13,853.49	27,374.52	41,863.23	83,091.24	76.3
<b>Total</b>	<b>24,612.21</b>	<b>37,255.26</b>	<b>47,078.72</b>	<b>108,946.19</b>	<b>100.0</b>
<b>Percentage (%)</b>	<b>22.51</b>	<b>34.21</b>	<b>43.28</b>	<b>100.0</b>	

出典：TARURA Fourth Quarter Development Progress Report (FY2017/2018)

## 2) 人的資源

TARURA には 1,447 人の職員が在籍しているが、そのうち 1,334 人については他省庁からの派遣、出向となっており、必要職員数の 4 割以下しか在籍しておらず、政府をあげて職員の雇用促進を進めている。

## 3) 予算

TARURA で道路の維持管理に使われている予算は 2017/2018 年度で、283,749,144,468 TZS (約 134 億円) となっている。

表 13-19 維持管理予算(2017/2018 年度)

ACTIVITY	ANNUAL ESTIMATES		
	Target (Km)	Budget TShs. (Mil)	(%) of Total Budget
Maintenance Works:			
Routine maintenance	24,674.68	44,354.00	15.63
Spot improvement	7,477.45	33,988.67	11.98
Periodic maintenance	6,814.29	119,445.71	42.10
Maintenance bridge/culverts	192box, 2551 line, 196bridge, 72 drift & 51252m line drainage	49,955.22	17.61
<b>Sub Total - Maintenance Works</b>	<b>38,966.42km</b>	<b>247,743.59</b>	<b>87.30</b>
Emergency (Provisional)		5,781.14	2.04
<b>Monitoring and Supervision:</b>			0.00
TARURA HQ		1,100.00	0.39
Regional Offices		1,524.34	0.54
Supervision to TARURA-Councils		14,011.71	4.94
Supervision of Road Fund Development projects		453.29	0.16
Administration costs		1,050.00	0.37
Recruitment of Staff		1,935.22	0.68
<b>Sub Total - Monitoring and Supervision</b>		<b>6,062.85</b>	<b>2.14</b>
<b>Non- Works Component</b>			
Capacity building		770.33	0.27
Operations of Road Research Centre		186.79	0.07
Purchase of 4 vehicles for TARURA HQ		560.40	0.20
Purchase of 4 houses for TARURA Staff		705.00	0.25
Annual Stakeholders Meeting		850.00	0.30
Review of development projects designs		35.00	0.01
Road research activities		356.00	0.13
Office renting for Regions and Councils offices	-	389.83	0.14
Renovation of Buildings for TARURA's Regional and Council Offices (Fund from Supervision of Development Projects and Operations Road Research Centre)	-	588.89	0.2
<b>Sub Total (Non – Works)</b>		<b>4,115.65</b>	<b>1.45</b>
<b>Additional Items to Budget</b>			
Purchase of 20 vehicles (RFB additional fund)		2,176.47	0.77
Design, develop and installation of TARURA financial management information system and extension of PORALG WAN to TARURA offices (RFB additional fund)		1205.13	0.42
Purchasing of furniture for Regional and Council offices(RFB additional fund)		2,325.98	0.82
<b>Sub Total (Non – Works)</b>		<b>6,034.18</b>	<b>2.13</b>
<b>Grand Total</b>	<b>38,966.42</b>	<b>283,749.12</b>	<b>100</b>

出典：TARURA Fourth Quarter Progress Report of the Maintenance Programme (FY2017/2018)

### (3) 推奨される維持管理業務

本事業で拡張される工事を良好な状態に保つために下記の維持管理業務を行うことが推奨される。これらの維持管理業務は TARURA で十分実施可能な内容であると考えられる。

#### 1) 日常維持管理業務

維持管理業務のうち、特に雨季後に必要な修理作業をあげる。

- 舗装が損傷した箇所のパッチワーク
- 再舗装
- 側溝、カルバートの清掃及び点検

#### 2) 定期的維持管理業務

- 道路舗装の修理
- 路盤の修理
- カルバート、側溝の修理

### 13.5.2 ガス導管

ガス導管は、TANESCO により敷設された後に TPDC, GASCO に引き渡され、TPDC, GASCO が維持管理を行うため、TPDC, GASCO の維持管理能力を確認した。

#### (1) 組織活動

TPDC はタンザニア国有の石油会社であり、ガス精製設備とガス導管を所有し、顧客からガス料金を徴収し、GASCO に O&M 予算を割り当てている。

GASCO は TPDC の子会社であり、TPDC が保有するガス精製設備とガス導管の維持管理を所管している。本事業では Kinyerezi にある O&M センターが実際のガス導管の維持管理に従事する。

TPDC への聞き取りを通じて、GASCO が十分な経験を有し、これまで重大な事故を起こしていないことを確認した。

## (2) 維持管理能力

### 1) ガス導管長

TPDC への聞き取り結果、TPDC が所有するガス導管の全長は約 570km である。本事業では BVS01 から Mtwara GTCC 発電所までのガス導管の長さは約 13km であり、ガス導管全長の約 2% である。

第 13.5.2 節(1)項に記載の通り、GASCO にとってガス導管の維持管理は容易であり、本事業のガス導管の維持管理に伴う追加の労働力や費用は限定的であるため、本事業は GASCO の運転や保守に大きな影響を与えるものではない。

### 2) 維持管理に関するガイドライン及びマニュアル

GASCO はガス導管の O&M を実施するために、石油・ガス産業において国際的な標準に準拠した標準運転手順書を所有している。加えて、TPDC はガス導管の建設を実施する EPC 受注者に O&M マニュアルを完成図書として納入させている。

### 3) 人 材

TPDC への聞き取りによると、TPDC の社員数は 175 名で、GASCO の社員数は 171 名である。総務や経理等に従事する一部の社員を除き、GASCO のほぼ全ての社員はガス処理プラントやガス導管の維持管理に従事している。本事業のガス導管ルート近傍にダルエスサラームや Dangote 工場向けの既設ガス導管があることから、GASCO は本事業のガス導管の維持管理を少量の業務量の増加で対応することができる。

### 4) 予 算

最新の TPDC の財務諸表によると、ガス導管等の費用は 2 か年平均で 27,452 百万 TZS と安定的に割り当てていることがわかる。

## 13.5.3 水道施設

水道施設は、TANESCO により建設された後に MTUWASA に引き渡され、MTUWASA が維持管理を行うため、MTUWASA の維持管理能力を確認した。

## (1) 維持管理能力

### 1) 職員の技術力

MTUWASA が管理する既存の水道施設は、12 箇所の井戸、5 箇所のポンプ場、12 箇所の貯水槽、248,82km の送水及び配水管などである。本事業で建設される施設は、井戸、ポンプ場、貯水槽、管路であり、既存施設と同様の種類であるため、維持管理は可能である。

### 2) 職員数

MTUWASA の年次報告書（2017/2018）によると、MTUWASA は 55 名のスタッフを有し、そのうち維持管理を担当する技術部門は 19 名である。新規に建設される施設は、送水ポンプが Mbuo 村のポンプ室内に設置されるなど、Mbuo 村及び Namgogoli 村の既存水道施設と同じエリアに位置する。このため、維持管理労力の増加はわずかである。

### 3) 予算

2015 年度から 2017 年度の維持管理費は、総支出の 1.9%から 4.0%で、平均 2.6%であった。日本の水道事業では、2018 年度の水道統計によると、全事業の平均は 8.8%であるが、60.8%の水道事業では 5%以下である。維持管理費の支出は、日本の水道事業と同程度である。

## (2) 推奨される維持管理業務

本事業で建設される水道施設を良好な状態に保つために下記の維持管理業務を行うことが推奨される。これらの維持管理業務は MTUWASA で十分実施可能な内容であると考えられる。

### 1) 日常維持管理業務

- 流量及び水圧の監視
- 水道施設の状態の目視検査
- 水道施設の清掃
- 水道施設の軽微な補修（水道管の漏水等）

### 2) 定期的維持管理業務

- 原水及び浄水の水質検査
- No.3 井戸の水位の測定と記録
- 水道施設の補修及び取替

## 13.6 関連施設に関する環境社会配慮

### 13.6.1 アクセス道路

アクセス道路事業に対する ESIA レポートが現地国法令及び JICA ガイドラインに従い作成されている。ESIA レポートは今後 NEMC に提出され、環境許認可を取得する予定である。アクセス道路事業に関する主な環境社会影響は、建設工事の段階の大気、騒音、土壌侵食、廃棄物及び水質の項目で見込まれる。影響を緩和するために緩和策が準備されている。アクセス道路の建設予定地には保護区は含まれておらず、アクセス道路事業により動植物への著しい影響は想定されない。アクセス道路事業により、56 名及び 41 施設の建物が影響を受けると見込まれている。被影響者へ適切な補償が提供されるように住民移転計画が現地国法令及び JICA ガイドラインに基づき作成されている。

### 13.6.2 ガス導管

ガスパイプライン事業に対する ESIA レポートが現地国法令及び JICA ガイドラインに従い作成されている。ESIA レポートは今後 NEMC に提出され、環境許認可を取得する予定である。ガスパイプライン事業に関する主な環境社会影響は、建設工事の段階の大気、騒音、土壌侵食、廃棄物及び水質の項目で見込まれる。影響を緩和するために緩和策が準備されている。ガスパイプラインの建設予定地には保護区は含まれておらず、既に改変された植生地帯を通過する。ガスパイプライン事業により、144 名及び 8 施設の建物が影響を受けると見込まれている。被影響者へ適切な補償が提供されるように住民移転計画が現地国法令及び JICA ガイドラインに基づき作成されている。

### 13.6.3 水 道

水パイプライン事業に対する ESIA レポートが現地国法令及び JICA ガイドラインに従い作成されている。ESIA レポートは今後 NEMC に提出され、環境許認可を取得する予定である。水パイプライン事業に関する主な環境社会影響は、建設工事の段階の大気、騒音、土壌侵食、廃棄物及び水質の項目で見込まれる。影響を緩和するために緩和策が準備されている。水パイプラインの建設予定地には保護区や重要な生態系を有するエリアは含まれない。水パイプライン事業により、2 名が影響を受けると見込まれている。被影響者へ適切な補償が提供されるように住民移転計画が現地国法令及び JICA ガイドラインに基づき作成されている。

