

コートジボワール共和国
石油・エネルギー・再生可能エネルギー省
コートジボワールエネルギー公社

コートジボワール共和国
北部回廊（ターボ・コスー・ブアケ）
送変電設備整備事業準備調査

ファイナル・レポート
（先行公開版）

2021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

アフ
JR
21-004

コートジボワール共和国
北部回廊(ターボ・コスー・ブアケ)送変電設備整備事業準備調査
ファイナル・レポート

目 次

第1章	序 章	
1.1	本調査の背景	1-1
1.2	本調査の目的	1-2
1.3	本調査の概要	1-2
1.3.1	概要	1-2
1.4	業務実施の流れ	1-3
1.5	調査の実施体制	1-5
1.5.1	コートジボワール側のカウンターパート	1-5
1.5.2	JICA 調査団	1-6
第2章	電力セクターの現状と課題	
2.1	コートジボワールの経済・社会状況	2-1
2.1.1	政治状況	2-2
2.1.2	経済状況	2-3
2.2	電力セクターをめぐる基本政策	2-4
2.2.1	電力セクターに関する法制度・規制	2-4
2.2.2	電力事業体制	2-5
2.2.3	電力マスタープランの概要	2-14
2.3	電力需給状況	2-26
2.3.1	需要予測	2-26
2.3.2	電力開発計画	2-32
2.3.3	西アフリカパワープールとの国際連系における融通計画	2-36
2.4	送変電設備の現状と開発計画	2-37
2.4.1	送変電設備の現状	2-37
2.4.2	送変電設備の開発計画	2-41
2.5	他ドナーの支援状況	2-45
2.5.1	世界銀行（世銀）	2-45
2.5.2	アフリカ開発銀行（AfDB）	2-45
2.5.3	フランス開発庁（AFD）	2-46
2.5.4	その他	2-46

第3章	本事業の必要性と妥当性	
3.1	事業対象システムの課題と本事業の位置づけ	3-1
3.1.1	事業対象システムの現状と課題	3-1
3.1.2	本事業の位置づけ	3-3
3.2	事業対象システムの増強計画	3-4
3.2.1	MP2015 での増強計画	3-4
3.2.2	CI-ENERGIES 自己資金による Taabo—Kossou—Bouake 送電線事業	3-4
3.2.3	事業対象システムの電力需要予測	3-5
3.2.4	マスタープラン増強計画の検証（送電線の回線数）	3-7
3.3	事業対象システムの系統解析	3-9
3.4	配電網増強の必要性・妥当性	3-15
3.4.1	Yamoussoukro 市の配電網増強計画	3-15
3.4.2	Bouaké 市の配電網増強計画	3-23
3.4.3	配電網増強計画まとめ	3-33
3.5	事業対象範囲	3-35
第4章	現地調査結果	
4.1	送電設備	4-1
4.1.1	架空送電線ルート	4-1
4.1.2	電線・架空地線	4-52
4.1.3	鉄塔	4-54
4.1.4	絶縁材料	4-55
4.1.5	鉄塔基礎	4-57
4.1.6	標準設計・標準規格	4-59
4.2	変電設備	4-60
4.2.1	既設 TAABO 変電所	4-60
4.2.2	既設 KOSSOU 変電所	4-63
4.2.3	既設 Bouake 2 変電所	4-66
4.2.4	Yamoussoukro 2 変電所予定地	4-69
4.2.5	Bouaké 3 変電所予定地	4-70
4.2.6	標準設計・標準規格	4-72
4.3	配電設備	4-73
4.3.1	既設配電設備	4-73
4.3.2	Yamoussoukro 市の配電設備	4-79
4.3.3	Bouaké 市内の配電設備	4-83
4.3.4	標準設計・標準規格	4-85

第5章 環境社会配慮

5.1	環境社会配慮	5-1
5.1.1	環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要	5-1
5.1.2	ベースとなる環境及び社会の状況	5-2
5.1.3	相手国の環境社会配慮制度・組織	5-6
5.1.4	代替案の検討	5-11
5.1.5	スコーピング	5-14
5.1.6	環境社会配慮調査の TOR	5-17
5.1.7	環境影響調査結果	5-18
5.1.8	影響評価	5-19
5.1.9	緩和策及び緩和策実施のための費用	5-23
5.1.10	モニタリング計画	5-25
5.1.11	ステークホルダー協議	5-26
5.2	用地取得・住民移転	5-28
5.2.1	用地取得・住民移転の必要性	5-28
5.2.2	用地取得・住民移転にかかる法的枠組み	5-29
5.3	その他	5-45
5.3.1	モニタリングフォーム案	5-45
5.3.2	環境社会配慮チェックリスト	5-48

第6章 概略設計

6.1	架空送電設備	6-1
6.1.1	ルート概要	6-1
6.1.2	送電容量	6-3
6.1.3	架空送電設備の概略設計	6-4
6.1.4	概算工事費	6-13
6.1.5	概略工事工程	6-13
6.2	既設変電設備	6-14
6.2.1	基本設計コンセプト（既設変電所分）	6-14
6.2.2	既設 TAABO 変電所	6-16
6.2.3	既設 KOSSOU 変電所	6-19
6.2.4	既設 BOUAKE 2 変電所	6-23
6.2.5	概算工事費	6-26
6.2.6	概略工事工程	6-26
6.3	新設変電設備	6-27
6.3.1	基本設計コンセプト	6-27
6.3.2	新設 Yamoussoukro 2 変電所	6-30

6.3.3	新設 Bouaké 3 変電所.....	6-36
6.3.4	概算工事費.....	6-42
6.3.5	概略工事工程.....	6-42
6.4	配電設備.....	6-43
6.4.1	配電設備拡張の基本的な考え方.....	6-43
6.4.2	新設配電線設備の検討.....	6-43
6.4.3	Yamoussoukro 市.....	6-45
6.4.4	Bouaké 市.....	6-57
6.4.5	概算工事費.....	6-68
6.4.6	概略工事工程.....	6-68
第7章	全体計画	
7.1	事業実施スケジュール.....	7-1
7.2	概略事業費.....	7-1
7.3	調達方法.....	7-1
7.4	コンサルティングサービス TOR 案.....	7-1
7.5	本邦技術適用の可能性.....	7-2
7.5.1	架空送電分野での適用技術.....	7-2
7.5.2	配電分野での適用技術.....	7-4
第8章	事業実施体制及び運営・管理体制の提言	
8.1	CI-ENERGIES の財務状況.....	8-1
8.2	事業実施体制.....	8-1
8.2.1	実施機関の所掌業務、組織構造他.....	8-1
8.2.2	実施機関の本事業実施の責任・監督・実施体制.....	8-5
8.2.3	実施機関の本事業にかかる品質管理.....	8-8
8.3	維持管理体制.....	8-10
8.3.1	維持管理実施機関の組織体制.....	8-10
8.3.2	維持管理機関の財政状況.....	8-13
8.3.3	維持管理機関の品質管理状況および技術水準.....	8-14
8.4	本プロジェクトの実施体制および提言.....	8-15
8.4.1	実施体制.....	8-15
8.4.2	維持管理体制.....	8-16
8.4.3	実施体制に関する提言.....	8-17

第9章	本事業の評価	
9.1	事業による便益	9-1
9.1.1	事業による便益	9-1
9.1.2	経済・財務分析	9-2
9.1.3	CO ₂ 排出量の算出	9-2
9.2	運用・効果指標の提案	9-3
9.2.1	送変配電設備	9-3
9.3	運用効果指標の目標値	9-4
9.3.1	送変電設備	9-4

添付資料

- 添付資料 1 面談者リスト
- 添付資料 2 収集資料リスト
- 添付資料 3 変電所負荷実績 (2014-2018)
- 添付資料 4 変電所別需要予測
- 添付資料 5 電力開発計画
- 添付資料 6 日負荷曲線 (2016年・2017年)
- 添付資料 7 変電設備図面
- 添付資料 8 送電設備資料

図リスト

図 1.4-1	業務実施フロー	1-3
図 2.1-1	コートジボワールの位置図.....	2-2
図 2.2-1	発送配電の電力事業フロー	2-7
図 2.2-2	カスケード式のキャッシュフロー	2-8
図 2.2-3	発送配電における商流フロー(暫定)	2-10
図 2.2-4	2016～2019年における電力セクターの収支実績	2-14
図 2.2-5	2030年の電力系統ネットワーク	2-17
図 2.2-6	WAPP 電力系統の電源構成(2022年、2029年、2033年)	2-19
図 2.2-7	WAPP 電源別発電量(TWh)と発電コスト(USD/MWh)	2-20
図 2.2-8	2040年における WAPP 電力系統	2-21
図 2.2-9	2030年の地域電化の推移.....	2-24
図 2.2-10	2014年と2030年における33kV 配電網の延伸状況.....	2-25
図 2.3-1	WAPP におけるピーク需要予想.....	2-27
図 2.3-2	至近年のピーク需要実績	2-29
図 2.3-3	需要予測の内訳.....	2-30
図 2.3-4	過去のマスタープランによる需要予測との比較.....	2-30
図 2.3-5	コートジボワールにおける日負荷曲線(2018年)	2-32
図 2.3-6	既設発電所の位置図.....	2-33
図 2.3-7	WAPP 系統連系概要.....	2-36
図 2.4-1	コートジボワールの系統図(2019年9月)	2-38
図 3.1-1	対象設備の現在の潮流.....	3-2
図 3.2-1	系統解析におけるエリア分け	3-6
図 3.3-1	系統構成案(基本パターン)	3-10
図 3.3-2	系統構成の比較.....	3-11
図 3.3-3	潮流検討結果(2 導体・常時)	3-12
図 3.3-4	潮流検討結果(2 導体・事故時)	3-12
図 3.3-5	潮流検討結果(1 導体・事故時)	3-13
図 3.3-6	電圧検討結果	3-13
図 3.3-7	短絡容量検討結果	3-14
図 3.3-8	系統解析結果	3-14
図 3.4-1	Yamoussoukro 市内配電線の単線結線図	3-16
図 3.4-2	Yamoussoukro 市の配電網増強計画	3-22
図 3.4-3	Bouaké 市内配電線の単線結線図	3-24

図 3.4-4	ENERGOS I プロジェクト実施後の Bouaké 市内配電網	3-29
図 3.4-5	Bouaké 市内の配電線増強計画	3-34
図 3.5-1	事業対象系統	3-35
図 3.5-2	事業対象の位置図	3-36
図 4.1-1	新設架空送電線ルート (Taabo ~ Kossou 間)	4-1
図 4.1-2	架空送電線ルート (Kossou ~ Bouaké 3 間)	4-2
図 4.1-3	Taabo 変電所の引込概要	4-3
図 4.1-4	送電設備の写真	4-4
図 4.1-5	Yamoussoukro 2 変電所の引込概要	4-5
図 4.1-6	送電設備の写真	4-5
図 4.1-7	Kossou 変電所の引込概要	4-6
図 4.1-8	送電設備の写真	4-7
図 4.1-9	Bouaké 3 変電所の引込概要	4-8
図 4.1-10	送電設備の写真	4-8
図 4.1-11	Bouaké 2 変電所の引込概要	4-9
図 4.1-12	送電設備の写真	4-9
図 4.1-13	候補ルート (Taabo ~ Kossou 間)	4-10
図 4.1-14	候補ルート (Kossou ~ Bouaké 3 間)	4-11
図 4.1-15	ポイントの位置図と周辺状況写真 1	4-12
図 4.1-16	ポイントの位置図と周辺状況写真 2	4-13
図 4.1-17	ポイントの位置図と周辺状況写真 3	4-14
図 4.1-18	ポイントの位置図と周辺状況写真 4	4-15
図 4.1-19	ポイントの位置図と周辺状況写真 5	4-16
図 4.1-20	ポイントの位置図と周辺状況写真 6	4-17
図 4.1-21	ポイントの位置図と周辺状況写真 7	4-18
図 4.1-22	ポイントの位置図と周辺状況写真 8	4-20
図 4.1-23	変電所引込代替案のイメージ	4-20
図 4.1-24	ポイントの位置図と周辺状況写真 9	4-21
図 4.1-25	ポイントの位置図と周辺状況写真 10	4-22
図 4.1-26	ポイントの位置図と周辺状況写真 11	4-23
図 4.1-27	ポイントの位置図と周辺状況写真 12	4-24
図 4.1-28	ポイントの位置図と周辺状況写真 13	4-25
図 4.1-29	ポイントの位置図と周辺状況写真 14	4-26
図 4.1-30	ポイントの位置図と周辺状況写真 15	4-27
図 4.1-31	ポイントの位置図と周辺状況写真 16	4-28
図 4.1-32	送電線ルートおよび調査ポイント (Taabo - Kossou)	4-29

図 4.1-33	送電線ルートおよび調査ポイント(Kossou – Bouake3)	4-30
図 4.1-34	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-31
図 4.1-35	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-32
図 4.1-36	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-33
図 4.1-37	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-34
図 4.1-38	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-35
図 4.1-39	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-36
図 4.1-40	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-37
図 4.1-41	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-38
図 4.1-42	影響を受ける家屋および送電線ルートの修正状況	4-39
図 4.1-43	送電線ルートの修正状況(TK07 – TK08)	4-39
図 4.1-44	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-40
図 4.1-45	送電線ルートの修正状況	4-41
図 4.1-46	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-42
図 4.1-47	水路の状況と送電線ルートの修正状況	4-43
図 4.1-48	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-44
図 4.1-49	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-45
図 4.1-50	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-46
図 4.1-51	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-47
図 4.1-52	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-48
図 4.1-53	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-49
図 4.1-54	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-50
図 4.1-55	ポイントの位置図と周辺状況写真	4-51
図 4.1-56	主な電線の構造	4-52
図 4.1-57	架空地線(PHLOX 94 mm ²)の構造	4-53
図 4.1-58	既設 225kV 送電線の支持物例	4-54
図 4.1-59	がいしの例	4-55
図 4.1-60	既設送電線のがいし装置の例	4-56
図 4.1-61	基礎図面	4-57
図 4.1-62	最下節の状況	4-58
図 4.1-63	基準例	4-59
図 4.2-1	Taabo 変電所 単線結線図	4-60
図 4.2-2	Taabo 変電所 レイアウト	4-61
図 4.2-3	Taabo 変電所の各設備	4-62
図 4.2-4	Kossou 変電所 単線結線図	4-63
図 4.2-5	Kossou 変電所 レイアウト	4-64

図 4.2-6	Kossou 変電所の各設備	4-65
図 4.2-7	Bouake 2 変電所 単線結線図	4-66
図 4.2-8	Bouake 2 変電所 レイアウト	4-67
図 4.2-9	Bouake 2 変電所 各設備	4-68
図 4.2-10	Yamoussoukro 2 変電所予定地	4-69
図 4.2-11	Bouaké 3 変電所予定地	4-70
図 4.2-12	Katiola 変電所を考慮した Bouaké 3 変電所周辺の系統図	4-71
図 4.2-13	変電入札図書抜粋(準拠する国際規格例)	4-72
図 4.3-1	架空電線路	4-74
図 4.3-2	地中電線路(工事中)	4-74
図 4.3-3	ループ系統の概念図	4-75
図 4.3-4	紡錘状配電線系統の概念図	4-75
図 4.3-5	Poste de réflexion(左:外観、右:開閉装置)	4-76
図 4.3-6	地中配電線路用ケーブル	4-76
図 4.3-7	配電ポスト(H59)	4-77
図 4.3-8	スマートメーター	4-78
図 4.3-9	GIS による配電設備管理データ(Yamoussoukro)	4-79
図 4.3-10	Yamoussoukro 市内中心道路の状況	4-80
図 4.3-11	増設スペースが不足する例	4-81
図 4.3-12	旧式の開閉装置の例	4-81
図 4.3-13	浸水リスクのある配電ポスト	4-81
図 4.3-14	Poste 0	4-82
図 4.3-15	GIS による配電設備管理データ(Bouaké)	4-83
図 4.3-16	柱上開閉装置(IACM)	4-88
図 4.3-17	配電ポスト用ガス開閉装置	4-89
図 4.3-18	配電ポスト用変圧器の設置例	4-89
図 4.3-19	配電柱の基礎寸法図	4-90
図 4.3-20	装柱方式の例	4-91
図 4.3-21	地中ケーブルの施工断面	4-91
図 5.1-1	協力対象エリア図	5-1
図 5.1-2	EIA の承認プロセス	5-7
図 5.1-3	代替案のルート比較図	5-13
図 5.2-1	被影響地域(送電線ルート)	5-37
図 5.2-2	RAP の実施体制	5-42
図 6.1-1	架空送電線ルート	6-2
図 6.1-2	低ロス電線の構造	6-6

図 6.1-3	がいしの概要.....	6-9
図 6.1-4	主な鉄塔構造図.....	6-10
図 6.1-5	主な基礎型.....	6-11
図 6.2-1	Taabo 変電所単線結線図.....	6-16
図 6.2-2	Taabo 変電所レイアウト.....	6-16
図 6.2-3	Kossou 変電所単線結線図.....	6-19
図 6.2-4	Kossou 変電所レイアウト.....	6-20
図 6.2-5	Bouake 2 変電所単線結線図.....	6-23
図 6.2-6	Bouake 2 変電所レイアウト.....	6-24
図 6.3-1	Yamoussoukro 2 変電所 変電所タイプ検討図.....	6-27
図 6.3-2	Bouaké 3 変電所 変電所タイプ検討図.....	6-28
図 6.3-3	Yamoussoukro 2 変電所単線結線図(225kV).....	6-30
図 6.3-4	Yamoussoukro 2 変電所単線結線図(33・15kV).....	6-31
図 6.3-5	Yamoussoukro 2 変電所レイアウト.....	6-31
図 6.3-6	Bouaké 3 変電所単線結線図(225kV).....	6-36
図 6.3-7	Bouaké 3 変電所単線結線図(33・15kV).....	6-36
図 6.3-8	Bouaké 3 変電所レイアウト.....	6-37
図 6.4-1	配電網拡張のイメージ.....	6-43
図 6.4-2	配電ポスト P39 内部.....	6-46
図 6.4-3	Départ Aéroport 単線結線図.....	6-46
図 6.4-4	Départ Aéroport ルート図.....	6-47
図 6.4-5	Départ CAFOP 単線結線図.....	6-48
図 6.4-6	Départ CAFOP ルート図.....	6-48
図 6.4-7	Départ VILLE 4/1,4/2 単線結線図.....	6-49
図 6.4-8	Départ VILLE 4/1,4/2 ルート図.....	6-50
図 6.4-9	Départ FONDATION 3 単線結線図.....	6-51
図 6.4-10	Départ FONDATION 3 ルート図.....	6-51
図 6.4-11	配電ポスト P148.....	6-52
図 6.4-12	Départ KOKRÉNOU 1 単線結線図.....	6-52
図 6.4-13	Départ KOKRÉNOU 1 ルート図.....	6-53
図 6.4-14	Départ KOKRÉNOU 2 単線結線図.....	6-54
図 6.4-15	Départ KOKRÉNOU 2 ルート図.....	6-54
図 6.4-16	Départ ZONE INDUSTRIELLE 単線結線図.....	6-55
図 6.4-17	Départ ZONE INDUSTRIELLE ルート図.....	6-56
図 6.4-18	Départ BASE AÉRIENNE 単線結線図.....	6-58
図 6.4-19	Départ BASE AÉRIENNE ルート図.....	6-58

図 6.4-20	Départ HÔTEL DE L'AIR 単線結線図	6-59
図 6.4-21	Départ HÔTEL DE L'AIR ルート図	6-60
図 6.4-22	Départ EECI 101 単線結線図	6-61
図 6.4-23	Départ EECI 101 ルート図	6-61
図 6.4-24	Départ 433 単線結線図	6-62
図 6.4-25	Départ 433 ルート図	6-63
図 6.4-26	Départ 401 単線結線図	6-64
図 6.4-27	Départ 401 ルート図	6-64
図 6.4-28	Départ 345 単線結線図	6-65
図 6.4-29	Départ 345 ルート図	6-65
図 6.4-30	Départ 444 単線結線図	6-66
図 6.4-31	Départ 444 ルート図	6-66
図 6.4-32	Départ BELLE VILLE 単線結線図	6-67
図 6.4-33	Départ BELLE VILLE ルート図	6-67
図 7.5-1	電線構造	7-2
図 7.5-2	Life Time Cost の比較	7-3
図 7.5-3	TOC の比較	7-5
図 8.2-1	組織体制(管理体制)	8-2
図 8.2-2	CRT 概要	8-4
図 8.2-3	PMU 基本体制	8-5
図 8.2-4	UGP 設置状況	8-6
図 8.2-5	UGP 本社側構成例	8-7
図 8.2-6	UGP CRT 側構成例	8-7
図 8.3-1	CIE 組織体制(役員体制)	8-10
図 8.3-2	CIE 組織体制(運用体制)	8-11
図 8.3-3	KOSSOU 変電所における保守作業記録	8-13
図 8.3-4	個人別スキル管理シート	8-14
図 8.3-5	平均停電時間の推移	8-15

表リスト

表 1.4-1	主なリモート会議の実施実績	1-4
表 1.5-1	コートジボワール側カウンターパート	1-5
表 1.5-2	JICA 調査団	1-6
表 2.1-1	コートジボワールの一般情報	2-1
表 2.2-1	コートジボワール電力セクターにおける各関係者	2-6
表 2.2-2	2019 年における需要家別の消費電力量と売上	2-11
表 2.2-3	低圧需要家向けの電気料金	2-11
表 2.2-4	中高圧需要家向けの電気料金	2-12
表 2.2-5	2016～2019 年の電力セクターの収支状況	2-13
表 2.2-6	コートジボワールの電力マスタープラン	2-14
表 2.2-7	コートジボワール国内需要予測	2-15
表 2.2-8	電力輸出量の予測	2-15
表 2.2-9	MP2015 の検討結果まとめ	2-17
表 2.2-10	WAPP/MP におけるコートジボワールの送電優先プロジェクト	2-22
表 2.2-11	WAPP/MP におけるコートジボワールの発電優先プロジェクト	2-22
表 2.2-12	各段階における電化地域と人口	2-24
表 2.3-1	2014 年電力需要シナリオの前提	2-26
表 2.3-2	WAPP における回帰方法による解析結果	2-27
表 2.3-3	コートジボワールにおける至近年の電力需要実績	2-28
表 2.3-4	CI-ENERGIES による需要予測 (2020-2040)	2-29
表 2.3-5	電力輸出計画 (2019-2040)	2-31
表 2.3-6	既設発電所リスト	2-33
表 2.3-7	新規電源開発計画リスト (水力)	2-34
表 2.3-8	新規電源開発計画リスト (火力)	2-34
表 2.3-9	新規電源開発計画リスト (バイオマス)	2-35
表 2.3-10	新規電源開発計画リスト (太陽光)	2-35
表 2.3-11	新規電源開発計画リスト (石炭)	2-35
表 2.4-1	基幹送電網の路線数・亘長の推移	2-39
表 2.4-2	変電所数および変圧器容量の推移	2-39
表 2.4-3	既設 225kV 変電所・開閉所一覧	2-39
表 2.4-4	既設 225kV 送電線の潮流 (2019 年 4 月現在)	2-40
表 2.4-5	主要な送変電設備の開発計画	2-41
表 2.4-6	主要な変電所増強計画 (1)	2-43

表 2.4-7	主要な変電所増強計画(2)	2-44
表 2.5-1	世界銀行の支援一覧	2-45
表 2.5-2	アフリカ開発銀行の支援一覧	2-46
表 2.5-3	欧州連合の支援一覧	2-47
表 2.5-4	西アフリカ開発銀行の支援一覧	2-47
表 2.5-5	中国政府の支援一覧	2-48
表 2.5-6	アラブ経済開発クウェート基金の支援一覧	2-48
表 2.5-7	ドイツ復興金融公庫の支援一覧	2-48
表 3.1-1	Taabo 変電所－Kossou 変電所－Bouaké 2 変電所間送電設備の基本仕様	3-2
表 3.1-2	対象設備の潮流(現状)と送電容量の比較	3-2
表 3.2-1	MP2015 での本事業の位置づけ	3-4
表 3.2-2	プロジェクトリストでの登録	3-4
表 3.2-3	CI-ENERGIES 自己資金事業の概要(入札図書概要)	3-5
表 3.2-4	当該事業の送電線容量検討で考慮すべき需要とエリア	3-7
表 3.2-5	回線数の比較	3-9
表 3.3-1	系統構成検討のための解析結果	3-11
表 3.4-1	Yamoussoukro 市内配電線一覧	3-15
表 3.4-2	配電線負荷分析(2017年 定常時)	3-17
表 3.4-3	電圧降下分析(2017年 定常時)	3-18
表 3.4-4	配電線ロス(2017年 定常時)	3-18
表 3.4-5	配電線負荷分析(2017年 事故時)	3-19
表 3.4-6	電圧降下分析(2017年 事故時)	3-19
表 3.4-7	配電線負荷分析(2017～2030年 定常時)	3-20
表 3.4-8	電圧降下分析(2017～2030年 定常時)	3-20
表 3.4-9	配電線ロス分析(2017年～2030年 定常時)	3-20
表 3.4-10	分析結果の例(電圧降下分析)	3-21
表 3.4-11	Bouaké 市内配電線一覧	3-23
表 3.4-12	配電線負荷分析(2017年 定常時)	3-25
表 3.4-13	電圧降下分析(2017年 定常時)	3-26
表 3.4-14	配電線ロス(2017年・定常時)	3-26
表 3.4-15	配電線負荷分析(2017年 事故時)	3-27
表 3.4-16	電圧降下分析(2017年 事故時)	3-27
表 3.4-17	配電線負荷分析(2017～2030年 定常時)	3-30
表 3.4-18	電圧降下分析(2017～2030年 定常時)	3-31
表 3.4-19	配電線ロス分析(2017年～2030年 定常時)	3-31
表 3.4-20	分析結果の例(電圧降下分析)	3-32

表 3.4-21	2 都市における工事計画概要.....	3-33
表 4.1-1	電線の熱容量.....	4-52
表 4.1-2	周囲条件.....	4-52
表 4.3-1	中圧配電線路の概要.....	4-74
表 4.3-2	電柱の適用基準.....	4-85
表 4.3-3	電線サイズと線路角度による電柱の適用基準.....	4-86
表 4.3-4	使用箇所による電柱の適用基準.....	4-86
表 4.3-5	中圧アルミ電線の適用箇所と仕様.....	4-86
表 4.3-6	低圧アルミ電線の種類と技術仕様.....	4-87
表 4.3-7	XLPE ケーブルの技術仕様.....	4-87
表 4.3-8	柱上開閉装置の仕様例 (IACM 24kV).....	4-88
表 4.3-9	電柱基礎の適用基準.....	4-90
表 5.1-1	協力対象事業コンポーネント.....	5-1
表 5.1-2	協力対象事業エリアの行政区分.....	5-2
表 5.1-3	大気質測定結果例.....	5-3
表 5.1-4	水質分析結果例.....	5-3
表 5.1-5	騒音測定結果例.....	5-4
表 5.1-6	IUCN レッドリストに掲載された植物.....	5-4
表 5.1-7	本事業対象地の人口分布.....	5-5
表 5.1-8	環境社会配慮に関する現地国法規制.....	5-6
表 5.1-9	現地国の騒音基準値.....	5-8
表 5.1-10	JICA 環境社会配慮ガイドラインと相手国制度のギャップ分析結果及び対処方針.....	5-9
表 5.1-11	代替案の比較検討 (225kV 送電線ルートの検討).....	12
表 5.1-12	スコーピング.....	5-14
表 5.1-13	環境社会配慮調査の TOR.....	5-17
表 5.1-14	環境影響調査結果.....	5-18
表 5.1-15	スコーピングと調査結果の比較.....	5-19
表 5.1-16	環境管理計画.....	5-23
表 5.1-17	モニタリング計画.....	5-25
表 5.1-18	ステークホルダー協議の実施例.....	5-27
表 5.1-19	ステークホルダー協議での協議内容.....	5-27
表 5.2-1	用地取得・住民移転・経済的移転の必要性.....	5-28
表 5.2-2	想定される住民移転数 (送電線ルートの修正前).....	5-28
表 5.2-3	想定される住民移転数 (送電線ルートの修正後).....	5-29
表 5.2-4	本プロジェクトで適用される 225kV 架空送電線の ROW 等.....	5-29
表 5.2-5	JICA ガイドラインと相手国法制度との比較.....	5-31

表 5.2-6	本プロジェクトによる被影響世帯数と被影響者数	5-36
表 5.2-7	本プロジェクトにより影響を受ける建物	5-37
表 5.2-8	本プロジェクトにより必要となる用地取得	5-37
表 5.2-9	本プロジェクトにより影響を受ける農作物	5-38
表 5.2-10	エンタイトルメント・マトリックス	5-40
表 5.2-11	補償実施委員会のメンバー	5-42
表 5.2-12	RAP の実施スケジュール	5-43
表 5.2-13	補償金額内訳	5-43
表 5.2-14	ステークホルダー協議の実施例	5-44
表 5.2-15	質疑応答の主な項目	5-45
表 5.3-1	環境チェックリスト	5-48
表 6.1-1	架空送電線ルートの概要	6-1
表 6.1-2	設備概要	6-3
表 6.1-3	送電線の熱容量	6-3
表 6.1-4	送電線の周囲条件	6-4
表 6.1-5	気象条件	6-5
表 6.1-6	Technical Characteristics of Conductors (225kV).....	6-5
表 6.1-7	Technical Characteristics of Ground Wires (225kV).....	6-6
表 6.1-8	Minimum Height and Clearance (225kV).....	6-7
表 6.1-9	Maximum Working Tension and Every Day Stress (Max Span Length = 400m)	6-8
表 6.1-10	Sag of Conductor (at 75°C with no wind).....	6-8
表 6.1-11	Insulator Size.....	6-8
表 6.1-12	基本的な鉄塔型について	6-9
表 6.1-13	基礎型	6-11
表 6.3-1	2巻・3巻変圧器の比較	6-29
表 6.4-1	Yamoussoukro 市内での事業概要	6-45
表 6.4-2	Bouaké 市内での事業概要	6-57
表 7.5-1	連続許容電流	7-3
表 7.5-2	変圧器ロス性能値の比較	7-4
表 8.2-1	各 CRT の人員体制	8-3
表 8.2-2	QME-SM における業務標準作成計画	8-9
表 8.3-1	主要保守拠点の要員配置	8-12
表 8.4-1	構築設備の保守運用担当箇所	8-17
表 9.1-1	2040 年までの対象変電所および国際系統連系の需要予測	9-1
表 9.1-2	2040 年までの国内電力供給量および電力輸出力	9-2
表 9.1-7	本事業による CO ₂ 排出削減効果(2026 年時点)	9-2

表 9.2-1	提案する運用・効果指標	9-3
表 9.3-1	運用・効果指標の基準値及び目標値	9-4

略語表

略語	日本語	英語/仏語
WAPP	西アフリカパワープール	West Africa Power Pool
AAAC	高力アルミ合金より線	All Aluminum Alloy Conductor
ABC	ABCケーブル	Aerial bundled cables
ACSR	鋼心アルミより線	Aluminum Conductor Steel Reinforced
AFD	フランス開発庁	Agence Francaise de Developpement
AfDB	アフリカ開発銀行	African Development Bank
AIS	気中開閉装置	Air Insulated Switch
Al	アルミニウム	Aluminium
AMT	アモルファス金属変圧器	Amorphous Transformer
ANDE	国家環境局	Agence Nationale de l'Environnement
BCC	配電指令所	Dispatch Center
BCU	ベイコントロールユニット	Bay Control Unit
BOOT	建設、所有、運営、移転	Build-Own-Operate-Transfer
BT	低圧 (1,000V以下)	Basse tension (jusqu'à 1000 V)
CIE	コートジボワール電力会社	Compagnie Ivoirienne d'Electricité
CIPREL	コートジボワール電力会社	Ivory Coast Electricity Production Company
CRGOT	油入変圧器	Cold Rolled Grain Oriented Electrical Steel
CRT	各管区の技術センター	Regional Technical Center
Dia	直径	Diameter
ECOWAS	西アフリカ諸国経済共同体	The Economic Community of West African States
EECI	コートジボワール国電力	Energie Electrique de Cote d'Ivoire
EIA	環境アセスメント	Environmental Impact Aassessment
EU	欧州連合	European Union
F/S	実施可能性調査	Feasibility Study
GDP	国内総生産	Gross Domestic Product
GIS	ガス絶縁開閉装置	Gas Insulated Switchgear
GIS	地理情報システム	Geographic Information System
HTA (MT)	中圧 (15/19/30/kV)	Moyenne tension
HTB	送電系統 (225/90kV)	Haute tension (équivalent à HT)
IACM	手動操作の負荷開閉器	les Interrupteurs aériens à commande manuelle
IAT	遠隔操作可能な負荷開閉器	les Interrupteurs aériens télécommandés
JICA	独立行政法人国際協力機構	Japan International Cooperation Agency
LL-ACSR	低損失電線	Low Loss Aluminum Conductor Steel Reinforced
MP2015	発電・電力流通設備計画 マスタープラン	PLAN DIRECTEUR DES OUVRAGES DE PRODUCTION ET DE TRANSPORT D' ENERGIE ELECTRIQUE DE LA COTE D' IVOIRE POUR LA PERIODE 2014-2030
NCB	国内競争入札	National Competitive Bidding
O&M	運用および保守点検	Operation & Maintenance
OPGW	光ファイバ複合架空地線	Optical-Fiber Composite Overhead Ground Wire
PBX	電話回線の交換機	Private Branch Exchange
PMU	プロジェクト実施組織	Project Management Unit
PND	国家開発計画	Plan National de Développement
PRONER	地方電化国家計画	National Program of Rural Electrification
RAP	住民移転計画	Resettlement Action Plan
ROW	通行権	Right of Way
SCADA	監視制御とデータ取得	Supervisory Control and Data Acquisition
ToR	委託事項	Terms of Reference
TR	変圧器	Transformer
UTS	引張破断強度	Ultimate Tensile Strength
XLPE	架橋ポリエチレン	Cross - linked Polyethylene

第1章 序章

第1章 序章

1.1 本調査の背景

コートジボワール共和国（以下、「コートジボワール」という。）政府は、国家開発計画（Plan National de Développement：以下、「PND」という。）（2016-2020年）において「人的資本強化及び社会福祉の拡充」及び「産業化による経済構造の転換推進」を重点戦略に掲げ、住民の生活環境の改善及び持続的な成長を支えるため、2014年時点で40%の電化率を2020年までに77%まで引上げることが目標としている。当該目標を達成するため、政府は①発電設備容量を1,409MW（2011年）から、2030年までに5,691MWに増大させること、及び②全国で送配電網を約5,500キロ延長させ、46ヵ所の変電所を整備することを計画している（発電・送電用マスタープラン（2015年6月策定）、以下、「MP2015」という。）。民間投資により発電容量は着実に増えているが、依然として送配電設備の老朽化及び不足による大きな送配電ロス、停電の多発等が指摘され、送変電・配電インフラの整備が急務となっている。

コートジボワールの発電設備は6割が火力、4割が水力で構成されている。燃料確保の点から火力発電所は同国南部に位置し港湾施設を有するアビジャン（以下、「Abidjan」という。）に集約され、水力発電所は南西部、中央部、南東部の各水系に分散されている。そのため、電源のない北部地域ならびに北部で隣接するマリ共和国（以下、「マリ」という。）、ブルキナファソへは、主に南部から北部に連系する225kV基幹送電線を通じて電力を供給している。

しかしながら、この南北基幹送電線のうち、ターボ（以下、「Taabo」という。）・コスー（以下、「Kossou」という。）・ブアケ（以下、「Bouaké」という。）の区間は1回線の送電線で構成されており、送電容量の面でボトルネックとなっている。また、同区間で事故が発生した場合、他の系統経由では長距離送電による大幅な電圧降下と送電容量不足で、大規模な停電を引き起こす可能性が高い。そのため当該区間の複数回線化による信頼度向上、送電容量の増強は電力安定供給のための喫緊の課題である。

さらに、西アフリカでは国家間で電力を融通する西アフリカパワープール（West Africa Power Pool：以下、「WAPP」という。）という枠組みがあり、コートジボワールは電力供給国として重要な位置を占める。このように政府は国内の電力需要を満たすことに加え、マリ、ブルキナファソ等隣国への電力供給への対応も求められており、送電容量の増量も重要な課題となっている。

以上を踏まえ、コートジボワール政府は当該送電線の複数回線化とヤムスクロ（以下、「Yamoussoukro」という。）2変電所・Bouaké3変電所の新設ならびに配電網強化により、中部及び北部ならびに隣国への送電容量の増加及び電力供給の安定化を図り、もって地域住民の生活環境の改善及び産業活動の活性化を促進することを優先事業の一つに位置付けている。

1.2 本調査の目的

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、我が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 本調査の概要

1.3.1 概要

項目	内容	特記/留意点など
目的	1) 本事業の目的 Taabo・Kossou・Bouaké送電線の複数回線化と Yamoussoukro2 変電所・Bouake3 変電所の新設および配電網強化により、中部及び北部地域の電力供給の安定化並びに隣国への送電容量の増加を図り、もって隣国も含め広域的に地域住民の生活環境の改善及び産業活動の活性化を促進する。 2) 本調査業務の目的 上記事業に対し、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、我が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	コートジボワール側関係者に本調査結果がそのまま円借款事業として承認されるとの誤解を与えないよう配慮
対象地域・範囲	アニェビー・ティアッサ州 (Région de l' Agnéby-Tiassa)、ベリエ州 (Région du Bélier)、ベケ州 (Région du Gbéké)	
実施機関	石油・エネルギー・再生可能エネルギー省 コートジボワールエネルギー公社 (Côte d'Ivoire Energies、以下「CI-ENERGIES」という。)	
事業概要	1) Taabo 変電所(既設)・Kossou 変電所 (既設) 間の 225kV 送電線の新設 2) Kossou 変電所 (既設)・Bouaké3 変電所(新設)間の 225kV 送電線の新設 3) Yamoussoukro2 変電所および Bouake3 変電所の新設 4) 既設変電所 (Taabo、Kossou 及び Bouake2) の拡張 5) Yamoussoukro 市 (首都) 及び Bouaké 市内の配電網強化	1),2)の送電線新設について、先方からは2回線新設(既設を合わせると3回線)要望有。同支援の妥当性を確認

1.4 業務実施の流れ

図 1.4-1 に業務全体のフローチャート（業務実施フロー）を示す。

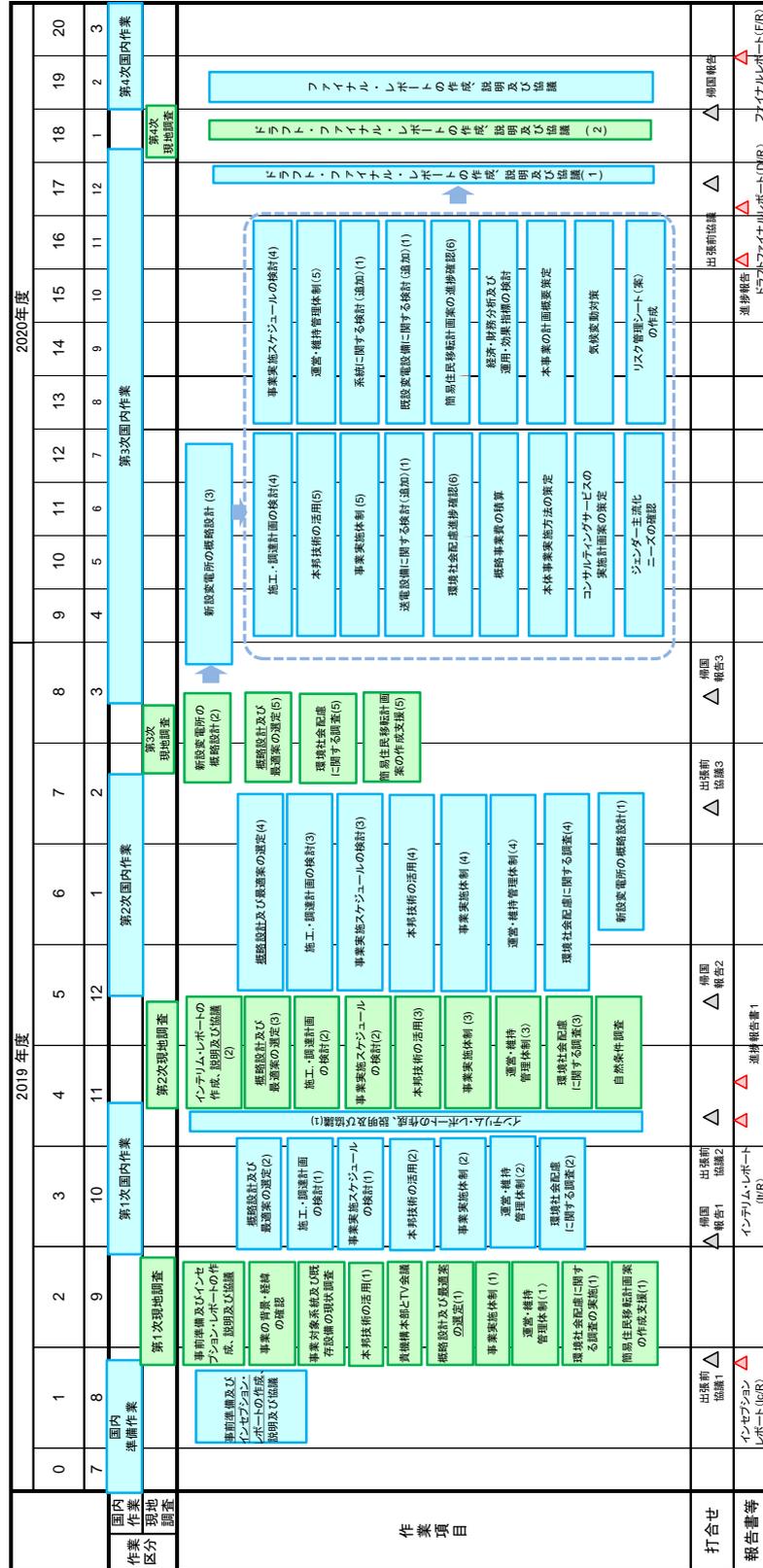


図 1.4-1 業務実施フロー

調査は、3回の現地調査と4回の国内作業で実施した。

第3次現地調査時（2020年3月）に、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が世界的に拡大し、一部団員の現地渡航が中止になった。その後も感染拡大が継続し、JICA および CI-ENERGIES と相談の上、オンライン会議等を活用したリモート調査を中心に行った。

CI-ENERGIES と JICA 調査団との主なリモート会議は以下である。

表 1.4-1 主なリモート会議の実施実績

日付	主な協議内容
2020年6月26日	オンライン会議接続テストおよび双方の状況を意見交換
2020年7月12日	需要想定・系統解析結果説明およびリモート調査計画説明
2020年8月17日	概略設計に関する意見交換（1回目）
2020年8月26日	概略設計に関する意見交換（2回目）
2020年9月7日	概略設計結果報告、事業全体工程
2020年11月16日	環境社会配慮関係の打合せ

尚、リモート会議はマイクロソフト社の Teams を使い実施した。

1.5 調査の実施体制

1.5.1 コートジボワール側のカウンターパート

コートジボワール側は、本準備調査の実施のため、以下のメンバーをカウンターパートとして任命した。

表 1.5-1 コートジボワール側カウンターパート

氏名	担当業務	所属
M. ANOH Angaman	Project Manager	CI-ENERGIES
M. AMARI EDJEMS A. Stéphane / M. COULIBALY Mohamed	Demand Forecast	CI-ENERGIES
M. ADJEI Jean Marc / M. OUATARRA Dognymé / M. SYLLA Mohamed	Network System Analysis	CI-ENERGIES
M. KONE Wihon / M. KONE Seydou / M. NENE	Transmission Facility	CI-ENERGIES
M. KONE El hadj / M.ASSY Jackson / M. KONE Wihon / M NENE	Substation Facility	CI-ENERGIES
M. YAO Mbra / Mlle AFFAINIE Marie-Emmanuelle / M TCHA Camille	Distribution Facility	CI-ENERGIES
M. ASSY/M. LAGAHUZERE	Protection Design	CI-ENERGIES
M. DOUMBIA	SCADA design	CI-ENERGIES
M. DOUMBIA	Communication design	CI-ENERGIES
M. AHOUSSOU Mathieu	Civil Design	CI-ENERGIES
M. OUATTARA Oumar	Environmental and Social Consideration	CI-ENERGIES
Mme. ABOUA Flora / M. SERIFOU Mamery	Economic and Financial Analysis	CI-ENERGIES
M. ABLINGUE Serge-Pacôme	Procurement	CI-ENERGIES
M. KOUASSI Abel (CI-ENERGIES) / M. GNADRO Désiré Oku + M. EBOUA (CIE)	Implementation Structure & Maintenance 1	CI-ENERGIES CIE

出典：CI-ENERGIES

1.5.2 JICA 調査団

本調査は、下記調査団メンバー（JICA 調査団）により実施された。

表 1.5-2 JICA 調査団

氏名	担当業務	所属先
業務主任者／計画	八木建一郎	ニュージェック
副総括／電力土木	阿部武司	ニュージェック
系統解析	上野清隆	ニュージェック
電力需要予測	筒井 賢人	ニュージェック
送電設備	村井一夫	ニュージェック
配電設備	河部 伸一	ニュージェック
変電設備 1	西村 和敏	ニュージェック (関西電力送配電株式会社)
変電設備 2	小原 正宣	ニュージェック
環境社会配慮	長田 顕泰	ニュージェック (イー・アール・エム日本)
経済財務分析	柴田 翔	ニュージェック
施工・調達計画・ 積算/業務調整	秋山 由紀子	ニュージェック (一般財団法人 日本国際協力システム)
実施体制・維持管理 1	田村文宏	ニュージェック
実施体制・維持管理 2	森克則	ニュージェック

第2章 電力セクターの現状と課題

第2章 電力セクターの現状と課題

2.1 コートジボワールの経済・社会状況

表 2.1-1 にコートジボワールの一般情報を取りまとめ、ついで、図 2.1-1 に西アフリカにおけるコートジボワールの位置図を示す。コートジボワールはサハラ以南のアフリカの国で、西はリベリアとギニア、北はマリ、ブルキナファソ、東はガーナ、南はギニア湾（大西洋）に接している。ガーナ、ブルキナファソ、マリの国々と送電線で接続され、国際連系することにより WAPP を構成している

表 2.1-1 コートジボワールの一般情報

項目	概要
面積	322,436km ²
人口	2,429 万人
首都	Yamoussoukro（実質的首都機能は Abidjan）
民族	60 以上の民族から構成され、東南部を中心とするアカン系（バウレ、アニ等）、西南部を中心とするクル系（ベテ、ゲレ、ティダ等）、北東部を中心とするボルタ系（セヌフォ、クランゴ、ロビ等）、北西部を中心とするマンデ系（マレンケ、ダン等）に大別される。
言語	フランス語（公用語）、各民族語
宗教	キリスト教 39.1%、イスラム教 33.7%、伝統宗教 4.4%、その他の宗教 0.6%、無宗教 22.2%

出典：外務省 HP



出典：United Nation

図 2.1-1 コートジボワールの位置図

2.1.1 政治状況

コートジボワールは 1960 年にフランスから独立後、ウフェ・ボワニ初代大統領の下 30 年以上にわたる安定した政権運営と年平均 8% の経済成長を達成し、その発展は「象牙の奇跡」と形容された。また、クーデターのない高い政治的安定性から、西アフリカ地域での指導的役割を担った。しかし、1993 年のウフェ大統領逝去後、90 年代後半から社会が不安定化し、99 年のクーデター翌年にバグボ大統領が就任すると 2002 年には政府軍と反政府勢力との対

立が発生した。これにより反政府勢力が同国の北部・西部を支配下に置き、事実上国が二分される状態となった。

こうした状態が数年続いたが2007年3月、バグボ大統領（当時）とソロ「新勢力」事務局長（当時：現国民議会議長）の間で和平プロセス合意（ワガドゥグ合意）が成立し、ソロ事務局長が首相に就任、同年4月に新内閣が発足し、国を二分する状態は解消された。2010年10月には10年ぶりとなる大統領選挙が実施され、第2回投票の結果、国際社会がウワタラ氏の当選を支持したものの、バグボ前大統領は権力移譲を拒否。約5か月にわたる混乱後、2011年4月、軍がバグボ氏を拘束し、事態は収束した。

2011年5月に改めて就任したウワタラ大統領は、安全対策、復興及び国民和解を3本柱とする国家復興政策に取り組み、2011年12月には、11年ぶりとなる国民議会選挙が実施された。2015年10月には、大統領選挙が平和裏に実施され、国民和解と経済復興の実績を訴えたウワタラ大統領が約84%の得票率で再選を果たした。ウワタラ政権は二期目の重点政策として、国民和解の推進や、経済成長の恩恵の国民への均てん、貧困削減、若者の雇用促進及び女性の処遇改善等に取り組んでいる。また、2016年11月、国民投票を経て、副大統領職の創設や上院の設置を定めた新憲法が公布された。

2020年10月31日に大統領選挙が実施され、現職のウワタラ大統領が3人の対立候補を大差で抑え3選を果たした。

2.1.2 経済状況

同国の基幹産業は農業で、農業に従事する人口は全体の約50%を占め、GDPの約30%、輸出の大部分を占める。また、1993年より産油が開始され、近年、石油・石油製品は、コーヒー、ココアの輸出と並び主要貿易品目となっている。

ウワタラ政権は、国民の生活水準向上および2020年までの新興国入りを目指し、2012年にPND 2012-2015を策定した。近年は国内インフラ整備等による復興計画に取り組み、2012年以降毎年約7~9%の高い経済成長を維持している。一方で、2012年に10.1%だった成長率は2017年に7.7%、2018年に7.4%とやや陰りを見せている。

現在「PND 2016-2020」の下、更なる経済社会開発に取り組んでおり、経済の中長期的見通しも良好とされている。一方、2016年11月頃からカカオ豆の国際価格が低迷したことから税務行政の改善や公共料金の値上げ等による歳入増、公共投資の削減や公共事業の再編等の対策により、財政の建て直しを図っている。

コートジボワールが取り組むべき2つの課題として経済成長の維持と貧困削減といった内政の充実が挙げられる。

2019年1月、ウワタラ大統領は同年を「Year of Social Actions」と題して、脆弱な人々にとって利用可能な公共福祉、1,000人以上の若年層雇用創出、10,000人の初等教育の教師雇用を掲げている。しかし、この宣言のすぐ後に公立学校の教師らは政府と組合による雇用条件の交渉決裂を受けて、1月～3月にかけてストライキを実施している。他の公務員についても2017年には政府の公共サービス提供を寸断するに至ったストライキも発生しており、労使状況改善に向けたストライキの恐れがある。

上述の急成長においても、国連の Human Development Index では、コートジボワールにおける貧困率は高く、1985年～2011年において、貧困の深刻さは大きく増しており、貧困率は10%から51%と大きく上昇したとされている。政府が実施したモニタリング調査によるとこの貧困率は改善に向かっているものの、2018年の貧困率は46%と、189か国中170位に位置付けられている。経済成長から取り残された人々の救済が必要となっている。

2.2 電力セクターをめぐる基本政策

電力セクターの歴史的経緯は下記のとおりである。現在の電力事業は2014年に施行された電力法を基に運用されている。

1952年	電力セクター全体が EECI (コートジボワール国電力) により管理されていた。
1985年	電力セクターの法的枠組みを定める7月29日付けの法律
1990年	電力セクターの最初の改革。公共サービスのコンセッションを CIE に付与。
1994年	初の発電事業者コートジボワール国発電 (以下、「CIPREL」という。) (BOOT) が参入
1997年	第2の事業者 AZITOnergie (BOOT) が参入
1998年	電力セクターの第2次改革。SOPIE と SOGEPE の設立
2005年	CIE への公共サービスのコンセッションが15年延長
2010年	第3の事業者 AGGREKO (リース) が参入
2011年	電力セクターの第3次改革。CI-ENERGIES の設立。SOPIE と SOGEPE の解体。
2014年	電力法 (Code de l'électricité) に関する新法の公布
2020年	CIE への公共サービスのコンセッションが12年延長

2.2.1 電力セクターに関する法制度・規制

2014年と2015年には、電力事業の展開に関する法令及び制度上の新たな枠組みが導入された (電力法に関する2014年3月24日付け法律第2014-132号)。第2条に記載される本法令の目的は、以下に示す通り、電力部門の組織、運営および開発の一般原則を定義することである。

- 電力のエネルギー自立と安全を保証する。

- 新エネルギー、再生可能エネルギーの開発を促進する。
- 電源を開発し、このエネルギーへのアクセスを促進する。
- エネルギーの管理を促進する。
- 投資の収益性を可能にする制度を設計する。
- 消費者の権利を促進する。
- 競争とオペレータの権利を促進する。

本法律では、電力部門の規制当局の権限と能力を強化し、新エネルギー、再生可能エネルギーの開発に触れており、セクターで多くの技術的および商業的損失（盗電など）を引き起こす詐欺や違法行為に対処するための罰則などの条項を含んでいる。これらは電力の送電、配電、販売、輸出入に関する国家の独占を正式に終結させることによって、電力セクターをさらに自由化することを意図している。

1985年施行の旧法令から主な変更点は以下の通り。

- ・ 国による事業独占の範囲縮小。
- ・ 自由化等による競争原理の導入（一部事業を除く）。例えば、民間小売事業者などの第三者による電力網へのアクセスが原則として認められ、需要家は自らが選んだ事業者から電力供給を受けることが可能になった。
- ・ 新エネルギー・再生可能エネルギーを開発する方針の確認。
- ・ 電力セクターの事業者に利する税制・関税上の個別的措置の導入。
- ・ 詐欺行為防止のための措置の強化。
- ・ 電力セクターに適用される料金を国に提案することなどを任務とする電力セクターの独立規制機関の設立。

2.2.2 電力事業体制

(1) 電力事業体制の変遷

現在のコートジボワールでは、1985年の電力法によって民間事業者に発電事業が開放され、民間資本の発電会社が3社参入したが、電力の送電、配電、輸出入は依然として国家独占であった。政府は1990年に民間事業者である *Companie Ivoirienne l'Électricité*（以下、「CIE」という。）に発電、送電、配電、輸出入に関するコンセッションを15年の契約期間で授与した。

1998年12月に、コートジボワール政府はセクターの制度的枠組みの改革を行い、CIEの権限を制限し、SOGPEPEとSOPIEという二つの国営企業を創設した。SOGPEPEはセクターのアセットと金融フローを担当し、SOPIEは、セクターの長期計画を確実にする役割を担う目的で創設された。

2010年の新たな改革では、SOGPEPEとSOPIEを合併し、2011年12月の政令より新しい国有エネルギー会社 *la Société des Énergies de Côte d'Ivoire* が設立された。この *Énergies de Côte d'Ivoire* は両社の業務を引き継いで遂行し、国家のために電力供給だけでなく、コンセ

ッション契約の許諾者としての電力セクターのプロジェクトを管理することとなった。

2017年11月には新たな政令が発行され、資産を国有会社である Énergies de Côte d'Ivoire に移す事が決定され、活動範囲を発電まで広げている。また、略称は CI-ENERGIES (Côte d'Ivoire Energies の略) に改められた。

(2) 現在の電力事業体制

1) 電力事業におけるステークホルダー

現在のコートジボワールの電力事業におけるステークホルダーは、監督省庁である石油・エネルギー省、経済財務省、両省の管轄にある電力公社 CI-ENERGIES、国家エネルギー規制局 (Autorité Nationale de Régulation de l'Énergie : 以下、「ANARE」という。)、ガス供給事業者、独立発電事業者、国際系統連系で接続されている WAPP、発送配電の運用・維持管理をコンセッション契約によって委託されている CIE、そして最終需要家が挙げられる。これらの関係者一覧を表 2.2-1 に示す。

表 2.2-1 コートジボワール電力セクターにおける各関係者

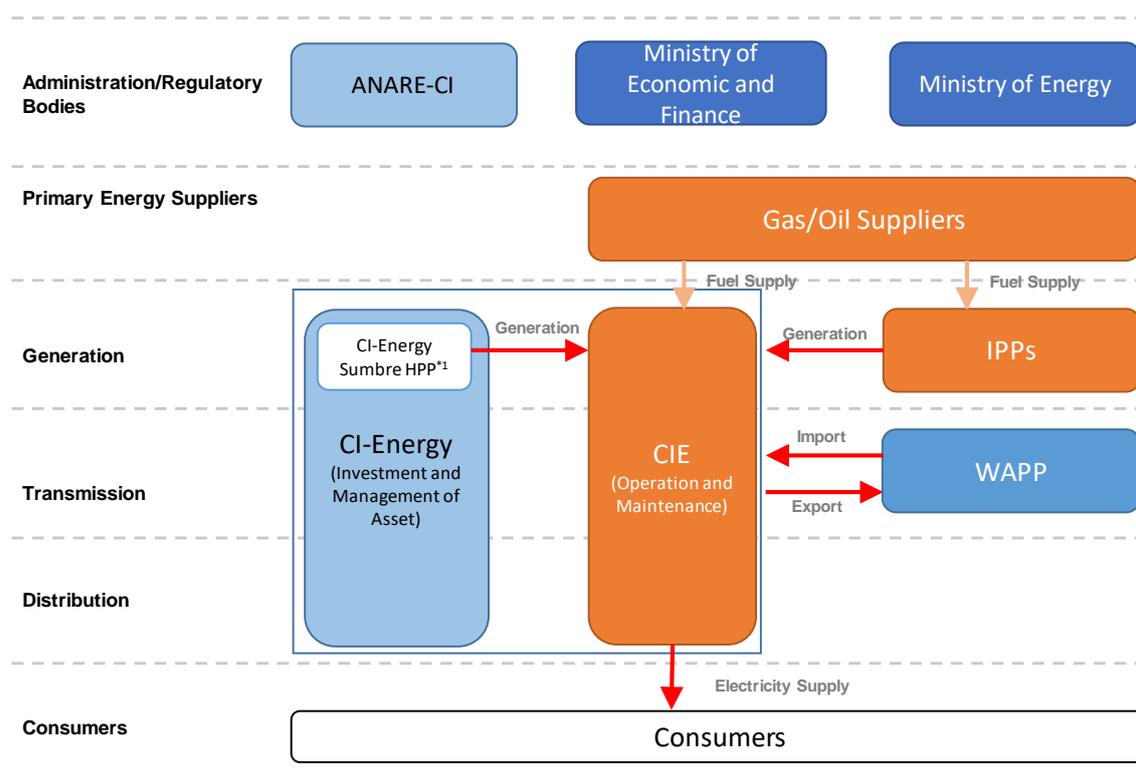
関係者	組織	役割
官公庁	石油エネルギー省	発電事業および送配電事業に関する、あらゆる戦略の策定を担当する技術面の監督官庁。
	経済財務省	ANARE および CI-ENERGIES のプロジェクトに関する、予算および融資の承認などを担当する財政面の監督官庁
電力公社	CI-ENERGIES	施主、資産管理、資金フロー管理、計画立案、当該セクターの施工監理、電力事業の技術的監督および地方電化事業の実施を担当する。 発送配電の運用・維持管理はコンセッション契約によって CIE に委託しており、CI-ENERGIES はその監督を行っている。なお、Soubré 水力のみは運用・維持管理も CI-ENERGIES の管轄にある。
規制局	ANARE	政府に代わり、コンセッション事業者 (主に送配電事業を担当) の CIE、独立系発電事業者、及び発電事業者に燃料供給をするガス事業者について CI-ENERGIES と連携して規制に当たる。
一次エネルギー供給事業者	PETRO-CI、CNR、FOXTROT (天然ガス)、SIR (重油) など	コンセッション契約により国から付与された区画においてガス鉱床を開発し、そのガスを火力発電所の燃料供給のために国に販売する。

関係者	組織	役割
電力会社	CIE	水力発電（ダム）の運営）と火力発電も行っており、それぞれ国からコンセッション契約を付与されている。火力発電については、自社火力発電所にて、ガス事業者から供給されるガスを利用して電力生産に当たるほか、火力発電の独立系事業者からも電力を調達し、送配電線を介して需要家（国内顧客および輸出先顧客）に電力を供給している。
IPPs	AGGREKO、AZITO、CIPREL など	火力発電事業者で、ガス事業者が供給するガスを利用し、CIE 向けに電力を生産する。2019年8月時点では水力発電のIPPは存在しない。
需要家	国内顧客、輸出先顧客	

出典：JICA 調査団

2) 発送配電の事業フロー

コートジボワールにおける一次エネルギー供給と発送配電の電力事業フローを図 2.2-1 に示す。



*1 :O&M is managed by another company hired by CI-Energy

出典：JICA 調査団作成

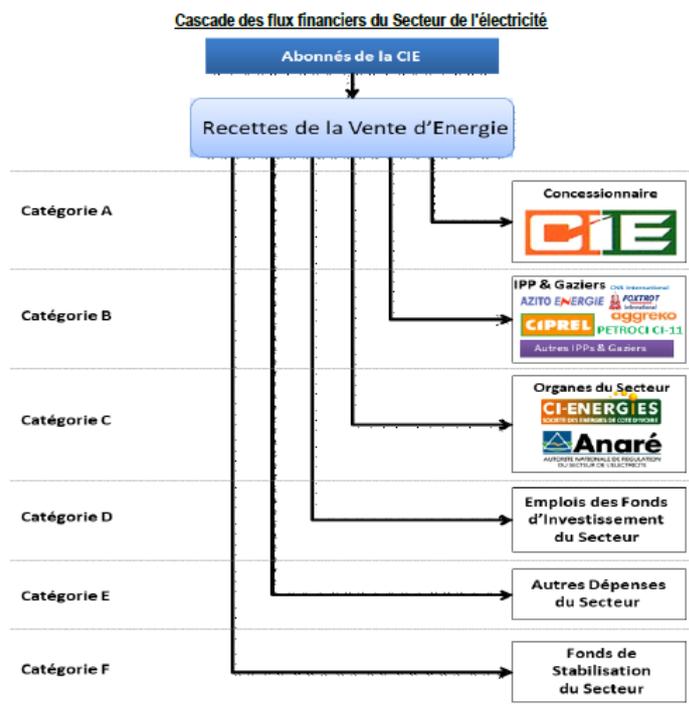
図 2.2-1 発送配電の電力事業フロー

発送配電における事業者は CI-ENERGIES とのコンセッション契約を締結した CIE を中心に構成されている。CIE は発電事業では Soubré 水力を除く水力発電所、IPP 以外の火力発電所（Vridi-1）の運用・維持管理を担当している。送電事業においては系統運用を含めた送変電設備の運用・維持管理と共に、IPP からの電力調達、国際系統連系での調達・供給を担当している。配電事業においては配電設備の運用・維持管理、そして需要家への電力供給を担当している。

一次エネルギーの供給として CNR、FOZTRO、PETROCI の天然ガス供給事業者や SIR といった重油供給事業者が、CIE および IPPs に燃料供給している。設備投資について、計画・設計・建設は CI-ENERGIES の掌握範囲であり、IPP を除く新規発電所、送配電設備の開発は CI-ENERGIES が実施機関となって遂行する。一部の小規模設備については国からの許認可の下で CIE が投資・開発を遂行することもある。

3) 発送配電における電気売買の流れ

前述の通り、コートジボワールにおける電気事業はコンセッション契約において CIE に委託されているが、発送配電における電気売買の商流は法令によって規定されている。これらの商流はカスケード式の流れ（図 2.2-2）になっており、CIE を介した決済となっている。



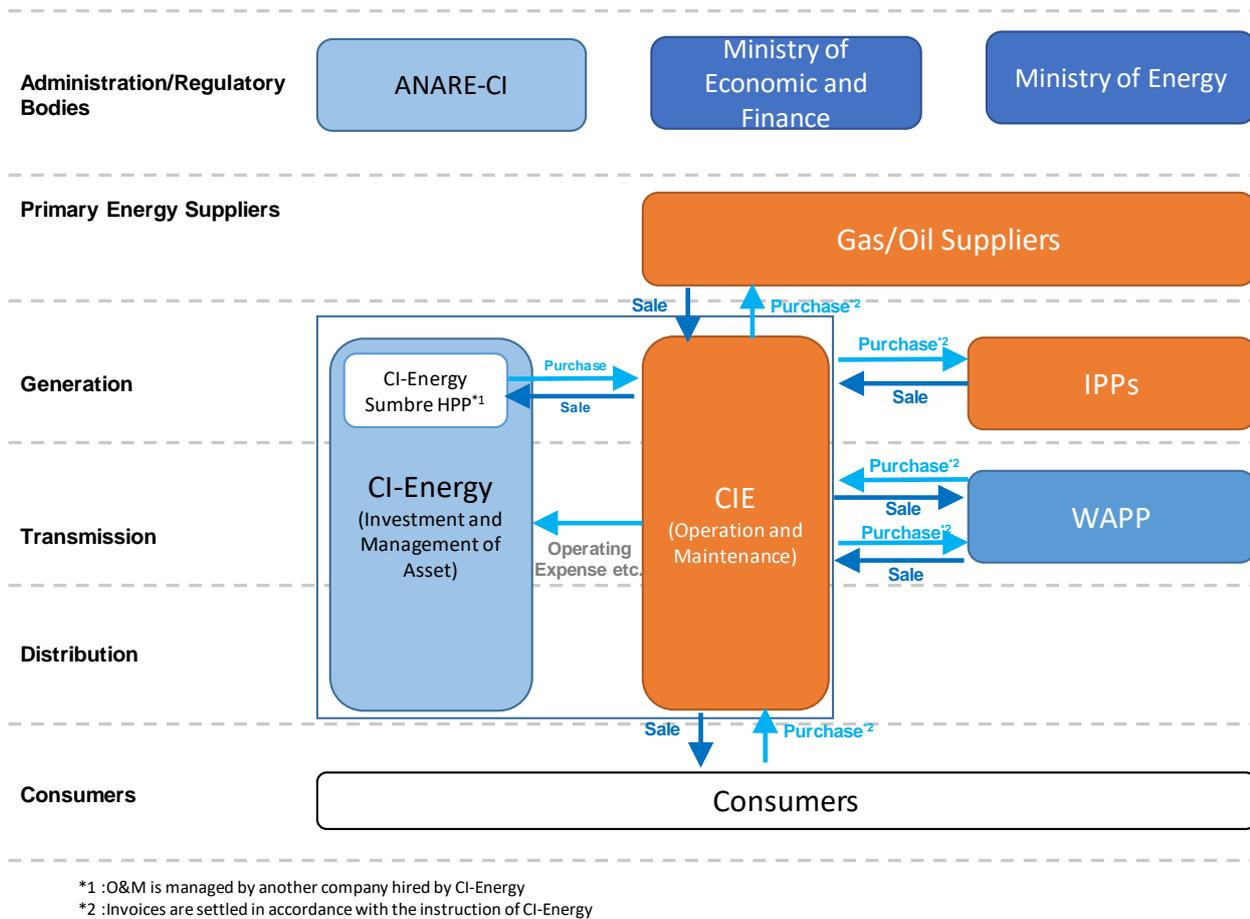
出典：CI-ENERGIES

図 2.2-2 カスケード式のキャッシュフロー

具体的な流れとして、まず CIE が需要家から電気料金を徴収したのち、以下の A～F の 6 つカテゴリで収入を分配する。これらのキャッシュフローについて、需要家からの料金徴収と A～F への支払は CIE を通して行われている。商流上は CIE を通した決済になるが、実際の許認可の権限を持つのは CI-ENERGIES と規定されている。

- カテゴリA CIE へのコンセッショネアとしての役務に対する支払い。(月単位の請求に基づき支払い)
- カテゴリB AZITO Energie など IPP への電力購入費および Foxtrot などガス・石油供給事業者への燃料購入費
- カテゴリC CI-ENERGIES 及び ANARE へ電力セクターの組織、運営・監督組織に係る経費
- カテゴリD 電力セクター投資基金に係る用途、債務返済を除く
- カテゴリE 債務返済を含む、電力セクターのその他の支出
- カテゴリF 電力セクター安定化基金への貯蓄又は再建

これらの商流フローをコートジボワールの一次エネルギー調達と発送配電における各関係者の役割と共に図 2.2-3 に取りまとめる。2017年には CI-ENERGIES が所有する Soubré 水力が運開し、商流上は CIE に電力を卸売している。



出典：JICA 調査団作成

図 2.2-3 発送配電における商流フロー(暫定)

4) 電気料金の設定

「コ」国における電気料金の設定は CI-ENERGIES との連携の下で規制局の ANARE が策定し、中央政府によって承認される。電気料金は全ての設備投資、資金調達、O&M、そして現状の各需要家の電気料金設定を考慮に入れた事業計画を基に決定する。電気料金は需要家別に低圧 (BT : 5A, 1.1kVA)、中圧 (MT : 15kV – 90kV)、高圧 (HT : 90kV 以上) の料金が設定されている。電気料金に関する最新法令は 2019 年 1 月の N° 002 / MPEER / MEF / SEPMBPE であり、従来から低圧における電気料金を 20%引き下げている。2019 年の各需要家別の総売上、総消費量および kWh 単価を表 2.2-2 に示す。

表 2.2-2 2019 年における需要家別の消費電力量と売上

項目	BT (低圧)	MT/HT (中圧/高圧)	Export (輸出)
「コ」国 2019 年の電力売上(億円) Ventes nationales d'énergie Milliards de FCFA	557.26 億円 (298.0 Millard FCFA)	434.21 億円 (232.2 Millard FCFA)	144.55 億円 (77.3 Millard FCFA)
「コ」国 2019 年の消費電力(GWh) Ventes nationales d'énergie en GWh	4,145.0	3,494.8	1,179.1
kWh 当たり税抜き電気料金(円/kWh) Prix moyen national hors taxes MT/HT en FCFA par kWh	13.4 円/kWh (71.9 FCFA/kWh)	12.4 円/kWh (66.4 FCFA/kWh)	12.2 円/kWh (65.5 FCFA/kWh)

出典：ANARE 年報

2020 年 12 月現在における各需要家別の電気料金設定を表 2.2-3 と表 2.2-4 に示す。低圧電気料金は固定料金と 2 か月ごと 80kWh を基準にした 2 段階の従量料金が設定されている。これに加え、地方電化料金および TV・ラジオ局のサービス料金、地域税が課金される。中高圧電気料金は年単位の固定料金と時間帯別従量料金が設定されている。これに加え、地方電化料金、TV/ラジオ局が課金される。

表 2.2-3 低圧需要家向けの電気料金

低圧国内料金(2 か月で 200kWh まで) TARIF MODERE DOMESTIQUE	FCFA	TVA (18%)	FCFA
プレミアム固定料金(2 か月分) Prime fixe par bimestre	559.0	0.0	559.0
従量料金第一段階(2 か月ごと 80kWh まで) Prix du kWh jusqu'à 80kWh / bimestre	28.8	0.0	36.1
従量料金第二段階(2 か月ごと 80kWh 超) Prix du kWh au-delà de 80kWh / bimestre	50.2	9.0	59.2
地方電化固定料金 Redevance électrification rurale par bimestre			100.0
地方電化従量料金(kWh あたり) Redevance électrification rurale par kWh			1.0
Redevance RTI par kWh RTI(TV ラジオ局)サービス料金(kWh あたり)			2.0
Taxe communale Abidjan par kWh アビジャンの地域税(kWh あたり)			2.5
Taxe communale autres communes / kWh アビジャン以外の地域税(kWh あたり)			1.0

表 2.2-4 中高圧需要家向けの電気料金

項目	MT			HT		
	FCFA	TVA (18%)	FCFA	FCFA	TVA (18%)	FCFA
プレミアム固定料金(FCFA/kW・年) Prime fixe annuelle par kW souscrit	19330.01	3479.4	22809.42	47844.57	8612.02	56456.59
時間帯従量料金(FCFA/kWh) Prix du FCFA/kWh						
ピーク料金(07:30-19:30, 23:00-24:00) Heures Pleines	66.84	12.03	78.87	53.38	9.61	62.99
夜間ピーク料金(19:30-23:00) Heures de pointe	103.42	18.62	122.04	67.81	12.21	80.02
オフピーク料金(24:00-07:30) Heures creuses	48.45	8.72	57.17	46.41	8.35	54.77
RTI(TV ラジオ局)サービス料金(FCFA/kW・月) Redevance RTI par mois			1000			1000
地方電化固定料金(FCFA/kW・年) Redevance électrification rurale annuelle par kW souscrit			1870			1870

(3) 電力事業全体の収支状況

規制局 ANARE が発行している年報ではカスケード式のキャッシュフローの収支状況を記載している。近年の電力事業における収支動向を以下に示す。

1) 2010年～2015年の収支状況

2010年～2012年は世界的な燃料費高騰により2010年(81 billion FCFA¹)、2011年(107 billion FCFA)、2012年(44 billion FCFA)の赤字を電力セクターとして計上した。2013年、2014年は歳出削減、料金改定などの施策を取り、収支は黒字になった。2015年は渇水のため水力の発電量低下に伴い、重油炊き火力の発電量が増加した。対USDの為替変動(1USD=490→590FCFA)と重なって支出が大幅増となり、2015年7月に料金を改定したものの40 billion FCFAの赤字を計上した。

2) 2016年～2019年の収支状況

2016年～2019年における電力セクターの収支実績を表2.2-5と図2.2-4に示す。2016年の収入は569,300 million FCFA、支出は563,100 million FCFA、2017年の収入は563,800 million FCFA、支出は563,750 million FCFAとなっている。2017年までは輸出電力の徴収遅れなども含めて電力セクターは赤字であり、助成金という形で収支補填されていた。

¹ FCFA : セーファーフラン (Franc CFA) 、1 Euro = 656 FCFA

しかし、2018年および2019年は収入が支出を上回っている。

2018年のCI-ENERIGES年報では収支状況について、好ましい要因として国内販売量の増加と燃料代の削減を、懸念すべき要因として他国の需要減による輸出量減を挙げている。燃料代の削減には2017年のSoubré水力運開が寄与していると想定される。

2010年以降の電力セクターの収支状況は燃料費の高騰、渇水による水力発電の減少、近隣国電力融通の料金回収遅延などにより、セクターとしての収支は赤字であった。一方で、2015年の電気料金の改定、化石燃料への依存低減などの甲斐もあり、近年の収支状況は改善の傾向にある。

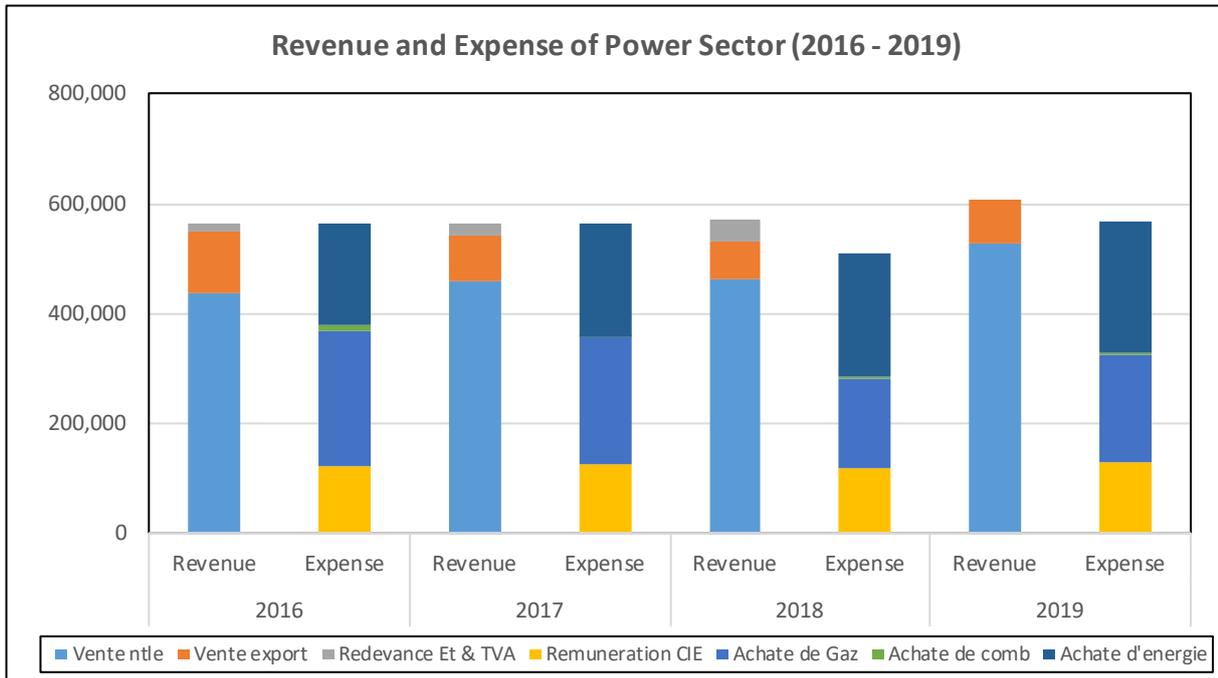
表 2.2-5 2016～2019年の電力セクターの収支状況

Item		2016	2017	2018	2019
Revenue	Domestic Sales	438,400	460,900	463,292	530,200
	Export Sales	110,900	81,500	70,396	77,300
	Royalty & VAT	13,700	21,400	38,996	0
	Total	563,000	563,800	572,684	607,500
Expense	Remuneration for CIE	123,400	125,270	120,145	129,900
	Purchase of Gas	245,600	232,260	162,929	196,100
	Purchase of Oil	9,600	1,720	2,077	2,900
	Purchase of Electricity	184,500	204,500	224,302	239,900
	Total	563,100	563,750	509,453	568,800

単位：million FCFA (1 Euro = 656 FCFA)

出典：ANARE および CI-ENERGIES 年報

単位：million FCFA (1 Euro = 656 FCFA)



出典：ANARE および CI-ENERGIES 年報

図 2.2-4 2016～2019 年における電力セクターの収支実績

2.2.3 電カマスタープランの概要

コートジボワールの電力セクターに関連するマスタープランとしては表 2.2-6 に示す 3 つが挙げられる。No.1 は 2030 年を対象年度として作成されたコートジボワールの中長期開発計画 (MP2015)、No.2 は 2033 年を対象年として作成された WAPP 電力システムにおける電力の将来像を示す計画となる。No.3 はコートジボワールにおける地方電化の中長期計画を示している。

表 2.2-6 コートジボワールの電カマスタープラン

No.	マスタープラン名	実施者	対象年	策定年
1	コートジボワール電カマスタープラン (MP2015) (PLAN DIRECTEUR DES OUVRAGES DE PRODUCTION ET DE TRANSPORT D'ENERGIE ELECTRIQUE DE LA COTE D'IVOIRE POUR LA PERIODE 2014-2030)	世界銀行 (Tractebel Engineering)	2014 年- 2030 年	2015 年 6 月
2	WAPP 電カマスタープラン：更新版 (Update ECOWAS Revised Master Plan for the Generation and Transmission of Electrical Energy)	European Union (Tractebel Engineering)	2019 年- 2033 年	2018 年 12 月
3	地方電化マスタープラン Master Plan of Rural Electrification	Innovation Energy Development	2013 年 - 2030 年	2014 年

出典：JICA 調査団作成

(1) コートジボワール電力マスタープラン(MP2015)

1) 概要

MP2015 は策定時のベース年である 2013 年の電力系統の実態について分析し、次に、2015 年・2017 年・2020 年・2025 年・2030 年の各年次（断面）における電力系統の状況について、現行の電力設備計画と需要予測に基づく系統解析を実施し、必要な追加的設備計画と投資計画を策定している。

2) 国内需要予測と WAPP における役割

コートジボワールにおける国内需要予測では高い人口増加率、地方電化計画、産業用需要の伸びを背景に、2014 年時点での電力消費量 7,332GWh、最大電力 1,153MW は、2030 年までに 22,799GWh、2030 年までに 3,518MW と 3 倍以上に達する予測である。

表 2.2-7 コートジボワール国内需要予測

		2014	2015	2017	2020	2025	2030
電力量	[GWh]	7,332	8,251	9,945	12,662	17,598	22,799
発電出力	[MW]	1,153	1,260	1,521	1,941	2,708	3,518

出典：MP2015

WAPP での電力融通について、西アフリカの中心部に位置するコートジボワールは、2015～2025 年にかけてエネルギー輸出量の増加を見込んでおり、これにより同地域のエネルギー中心地として一層重要な役割を担うことになる。既に接続済のブルキナファソ、マリに加え、リベリア、シエラレオネ、ギニアとの新規接続によって、電力輸出が促進されていく予定である。

表 2.2-8 電力輸出量の予測

		2014	2015	2017	2020	2025	2030
電力量	[GWh]	975	1,020	1,245	1,695	2,700	2,700
発電出力	[MW]	115	120	150	200	320	320

出典：MP2015

3) 電源開発計画

電源開発計画では、現在、ガス火力に偏重する電源構成からエネルギーミックスの多様化に重きを置いており、水力、石炭火力、バイオマス、太陽光による電源多様化を促進し新規電源開発によって供給信頼度の向上と安定した電力供給を狙いとしている。

2014年の設備容量1,632MWは、2030年には6,691MWと約3.5倍に増強される見込みである。さらに鉱山用の電源開発として別に1,000MWの石炭火力も計画されている。

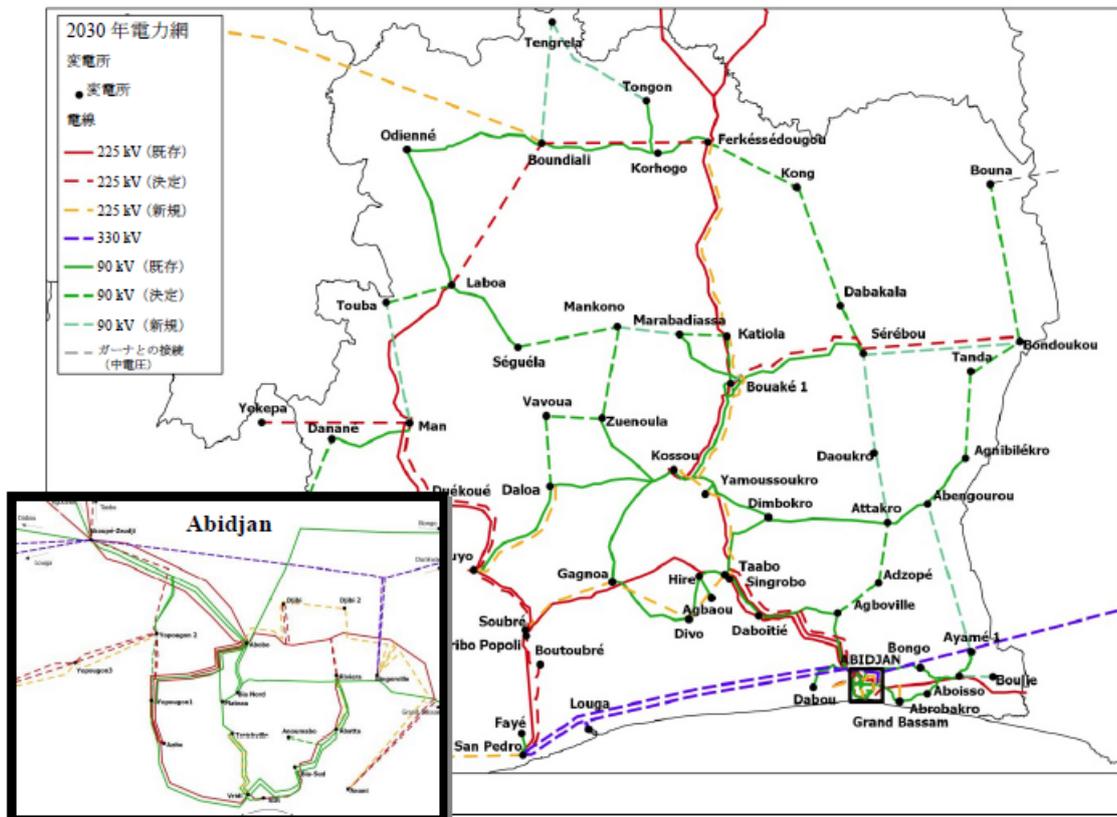
エネルギーミックスについても2014年時点で水力：20%、ガス火力：80%と著しくガス火力に偏重していた電源構成は、2030年には水力：25%、ガス火力：30%、石炭火力：30%、再生可能エネルギー：15%と多様化する見込みである。

4) 送変電設備

既設および2030年までに計画されている送電網ネットワークを図2.2-5に示す。

コートジボワールにおける発電所は主に国の南部（Soubré/San Pédro 地域および Abidjan 地域）に位置しており、南西部地域は水力により電力を供給している。Abidjan 地域はピーク負荷時に約400MWを他地域から融通してもらっており、北部、西部および東部もエリア内に発電手段がほとんどないため電力を外部から得ている。

電力供給の質的向上を実現するためには、とりわけ2015～2020年の期間に国内送電網を大幅に拡大する必要がある。これが実現されればN-1基準（単一の設備事故によっては供給支障を生じない）の遵守や電力網トラブル時の電力系統の安定確保が可能となる。



出典：MP2015

図 2.2-5 2030年の電力系統ネットワーク

5) 発電・送電投資計画

2014～2030年までの設備投資費用は、発電：6,609 billion FCFA、送電：1,108 billion FCFA、合計7,717 billion FCFA、そして鉱山関連の設備投資として発電（鉱山）：1,465 billion FCFA、送電（鉱山）：112 billion FCFAの合計9,294 billion FCFAが必要となる。

6) MP2015の総括

2030年までのMP2015の総括を表2.2-9に示す。2019年時点における実績と2020年の予測値を比較すると、最大需要は予測値3,298MW（鉱山1,000MWと輸出200MW含む）に対して実績1,443MW、電力消費量は予測値12,662.5GWhに対して実績7,616.5GWh、設備出力は予測値4,428MW（鉱山1,000MW含む）に対して実績2,214MWとなっている。

鉱山開発の停滞などが原因でMP2015の計画実現には遅延が見られるものの、電力消費量を見ると2014年実績5,561GWhに対して2019年実績7,616.5GWhと5年間で37%の伸びを見せている。

表 2.2-9 MP2015の検討結果まとめ

Item	Unit	2,020	2,030	
Power Demand	Power Consumption	GWh	12,662	22,799
	Peak Demand (Total)	MW	3,298	4,935
	- Peak Demand (Domestic)	MW	1,941	3,518
	- Peak Demand (Mines)	MW	1,150	1,150
	- Peak Demand (Import)	MW	200	320
	- Improvement of Energy Efficiency	MW	-54	-54
Grid Interconnection	Export	GWh	1,695	2,700
		MW	200	320
Generation * for Mines	Installed Capacity	MW	4,428	6,691
	- Hydropower	MW	1,030	1,670
	- Thermal (Gas)	MW	1,913	2,036
	- Thermal (Coal)	MW	250+1,000*	1000+1,000*
	- Renewable Energy	MW	235	985
	Reserve Capacity	%	50%	>40%
Transmission	LOLP	>hour	24	24
	330kV	km	177	761
	225kV	km	3,474	4,542
	90kV	km	4,497	4,857

出典：MP2015を元にJICA調査団作成

(2) WAPP 電力マスタープラン・更新版

1) 概要

WAPP 電力マスタープラン（以下、「WAPP/MP」という。）は 1975 年に西アフリカ地域 15 か国によって設立された西アフリカ諸国経済共同体（The Economic Community of West African States：以下、「ECOWAS」という。）が 2012 年に作成した中長期の電力開発マスタープランで、2018 年に世界銀行の支援を受けて更新版が策定されている。WAPP/MP では同地域内陸部 14 か国からなる地域電力システムの WAPP において恒常的かつ信頼度の高い電力供給を、許容できる価格で実現するための開発計画である。

WAPP/MP は、西アフリカ地域において莫大な手つかずの再生可能エネルギー資源（太陽光、風力、バイオエネルギー、水力）の活用によって、基幹系統および独立系統の双方で電力供給の変革を引き起こし、ハイブリッド発電によるミニグリッド開発、電力貯蔵とスマートメーターによって実現される柔軟な需要管理による再生可能エネルギー事業の分散と集中を目指すものである。

主な対象分野として以下の 4 点を検討する。

- 2012 年の WAPP/MP で特定された優先プロジェクトの実施状況を把握し、その取り組みと障害を取りまとめる。
- 主要なプロジェクト実施と公共事業としての電気事業の活動に影響を及ぼすクリティカルファクターを特定し、これらの制約に対する長期的なアクションプランと緩和策を提案する。
- 西アフリカ地域における再生可能エネルギーの供給可能性と制約条件を検証する。
- 包括的かつ一貫性のある視座の元で電源開発計画と送電開発計画を作成し、WAPP の現在の状況を踏まえた優先プロジェクトリストを示す。

2) 電源開発計画および系統開発計画

ECOWAS 諸国の電力需要は 2018 年で 15.3GW、2022 年に 21.3GW、2029 年に 36.4GW、そして 2033 年に 50.8GW と、15 年間で 3.3 倍に達する見込みである。こうした旺盛な需要増に応えるべく、WAPP/MP の電源開発計画および系統開発計画は以下の 3 つの実現を目指して策定する。

- 経済性、環境問題、そして技術的制約を考慮した WAPP における再生可能エネルギーの最適統合
- 送電における技術的制約を考慮した短期、中期、長期におけるエネルギー供給保

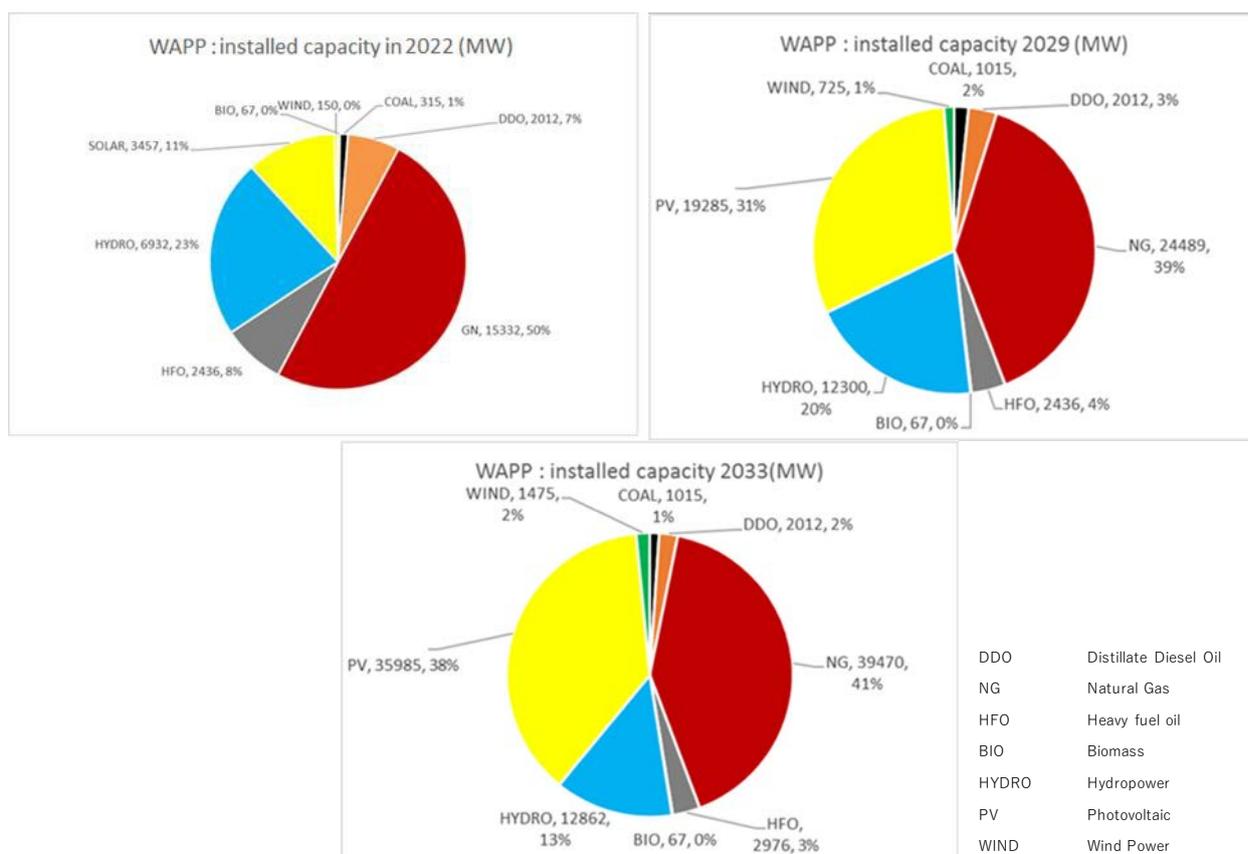
障

➤ 系統運用の制約を考慮した WAPP 市場設立に必要な発送電のインフラ整備

こうして策定された電源開発計画と系統開発計画を統合し短期、中期、長期という3つの時間軸において直面する課題を明らかにした。さらに広域系統連系においては北アフリカおよび中央アフリカへの系統連系に関する初期検討も実施している。

2033年までの電源別設備出力を図2.2-6に示す。2022年は火力が66% (20.1GW) を占め、水力が22% (6.9GW)、再生可能エネルギーが12% (3.6GW) となる。2029年は火力が49% (30.0GW) を占め、水力が19% (11.6GW)、再生可能エネルギーが32% (20.1GW) となる。2033年は火力が48% (45.4GW) を占め、水力が13% (12.8GW)、再生可能エネルギーが39% (37.5GW) となる。

設備出力比では2029年以降は水力を除いた再生可能エネルギーの占める割合が3割を超える。同地域での再生可能エネルギーの主力電源は太陽光で、2033年には38% (36GW) を占めている。



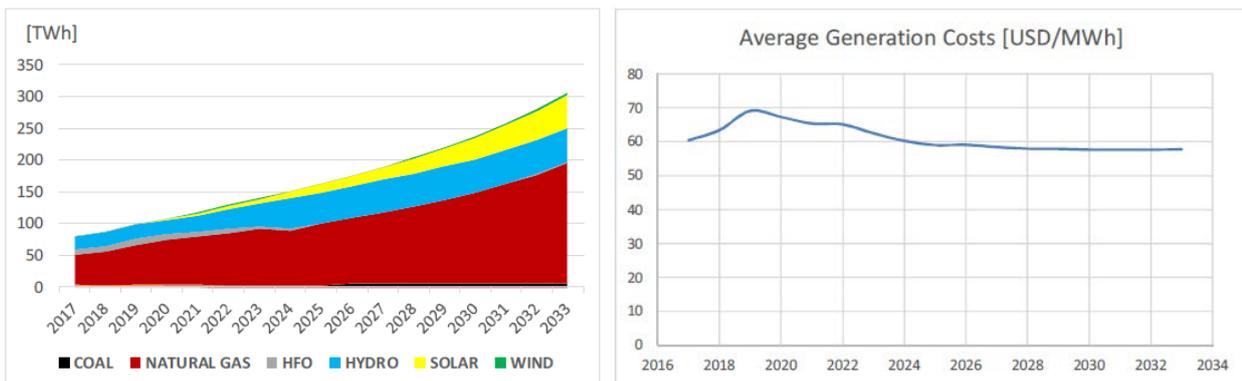
出典：WAPP/MP 2018-2033

図 2.2-6 WAPP 電力システムの電源構成(2022年、2029年、2033年)

ついで、2033年までの年間発電電力量（TWh）と発電コスト（USD/MWh）の推移を図2.2-7に示す。

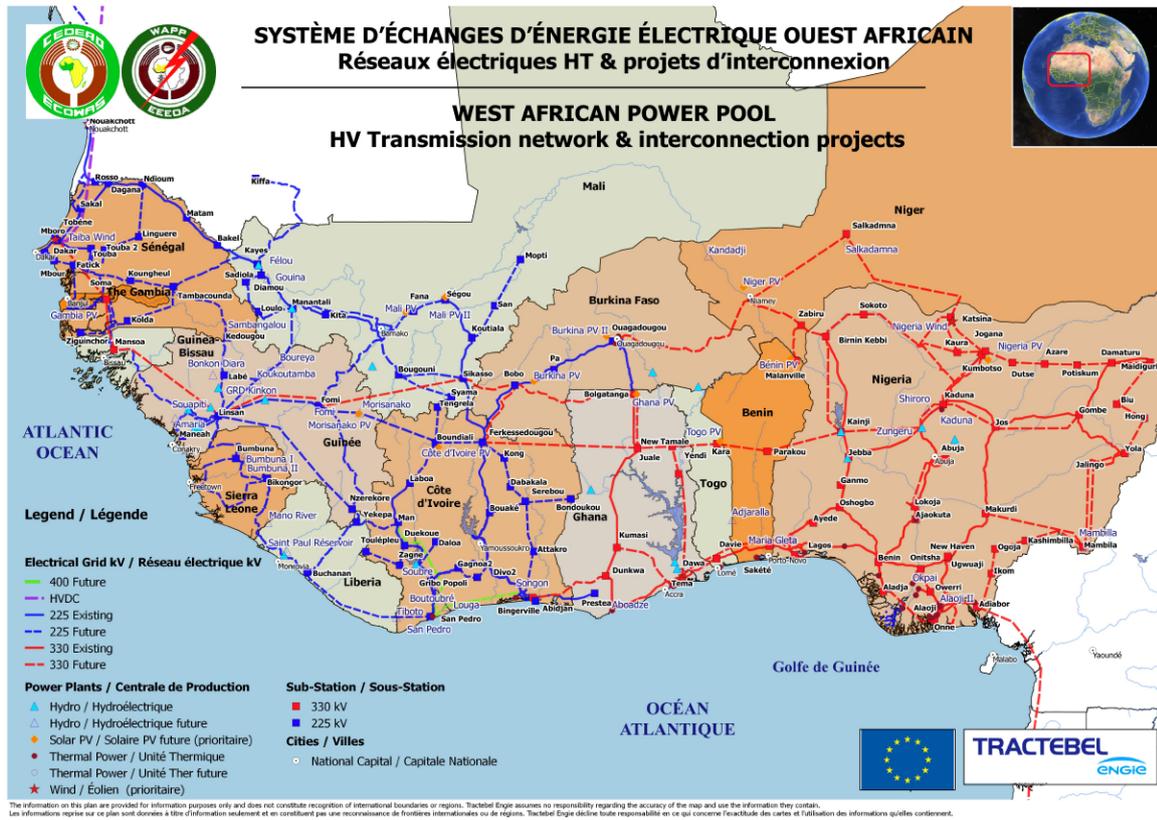
設備出力比では再生可能エネルギーの占める割合は39%となるものの、気候条件に左右され設備出力が一定しないため、再生可能エネルギーの年間稼働率は低くなる。したがって、年間発電電力量について、2033年は火力発電が約65%、水力が約17%、再生可能エネルギーが約18%という構成になっている。発電コストについては、2024年以降、60USD/MWhを下回り、再生可能エネルギーの導入が進むことにより、高価な化石燃料代削減に寄与する想定であると推測される。

また、2040年におけるWAPP電力システムを図2.2-8に示す。コートジボワール国に将来400kV系統の建設も検討されている。



出典：WAPP/MP 2018-2033

図 2.2-7 WAPP 電源別発電量(TWh)と発電コスト(USD/MWh)



出典：WAPP/MP 2018-2033

図 2.2-8 2040 年における WAPP 電力系統

3) 優先プロジェクトの選定

WAPP/MP ではこれらの電源開発計画と電力系統計画の結果、75 の優先プロジェクトを選定し、投資費用 36.39 billion USD を計上している。このうち、送電分野では総延長 22,932km、総費用 10.48 billion USD の計 28 プロジェクトを選定した。発電分野では総出力 15.49GW、総費用 25.91 billion USD の計 47 事業を選定した。

コートジボワールにおける優先プロジェクトを表 2.2-10、表 2.2-11 に示す。

表 2.2-10 WAPP/MP におけるコートジボワールの送電優先プロジェクト

Project	Voltage (kV)	Length (km)	Cost (MUSD)	Commissioning
Laboa-Boundiali-Ferkessedougou	225	310	115	2019
Interconnection CLSG (Interconnection Côte d'Ivoire-Liberia- Sierra Leone-Guinea)	225	1,303	517	2020
Second circuit of the CLSG interconnection to be commissioned in the same time as the first circuit	225	1,303	131	2020
Line Buchanan (Liberia)-San Pédro (Côte d'Ivoire)	225	520	129	2028
Strengthening interconnection Côte d'Ivoire-Ghana	330	387	156	2029
Line Boundiali (Côte d'Ivoire)- Tenrgela (Côte d'Ivoire)- Syam a (Mali) - Bougouni (Mali)	225	339	96	2029
Line Fomi (Guinea)-Boundiali (Côte d'Ivoire)	225	380	96	2025 Recommended
Median Backbone (Nigeria-Benin- Togo-Ghana-Côte d'Ivoire)	330	1,350	813	2025 Recommended
Link Bobo (Burkina Faso)-Ferké (Côte d'Ivoire) to connect the W estern Backbone to the Median	330	213	126	2033 Recommended

出典：WAPP/MP 2018-2033 を元に JICA 調査団作成

表 2.2-11 WAPP/MP におけるコートジボワールの発電優先プロジェクト

Project	Installed Capacity (MW)	Cost (MUSD)	Commissioning
Gribo-Popoli Hydropower plant	112	345	2021
Azito IV Thermal Power Plant CC	253	302	2020
Ciprel V Thermal Power Plant CC	412	505	2021
Boutoubre Hydropower plant	150	343	2022 Recommended
Louga Hydropower plant	246	647	2023
Tiboto Hydropower plant	225	599	2028
San Pédro Thermal (coal) Power Plant	700	1,900	2026-2029
Solar Farm PV	150	143	2022-2024 Recommended
Songon Thermal power plant	369	480	2031 Recommended

出典：WAPP/MP 2018-2033 を元に JICA 調査団作成

4) WAPP における将来の優先アクションプラン

発電および送電の優先プロジェクトに加え、国際系統連系とマスタープランの円滑な実施促進のアクションプランとして以下が挙げられている。

- 再生可能エネルギーの開発支援
- 他地域におけるプロジェクト開発のモニタリング
- 国際系統連系ネットワークの最適運用への支援
- WAPP 加入国の電気事業改善に係るアクションプラン実施
- 適切な事業実施を促進するためのアクションプラン

(3) 地方電化マスタープラン

小集落や村落などの未電化地域の電化は、PND の重要目標の1つであり、電化により、地域の生活環境改善、地域住民への収入増加手段の提供による経済開発、地域での付加価値の創造とバリューチェーンの構築による発展などを目指している。

地方電化は 2013 年に政府が採択した地方電化国家計画（National Program of Rural Electrification : PRONER）と地方電化マスタープラン（Master Plan of Rural Electrification : PDER）を中心に進められている。

この内、地方電化マスタープランは、コートジボワール全体の電化目標設定と目標達成のための未電化地域への具体的な電化方策で構成され、電化目標については、2030 年までの需要の分析とともに次のような優先順位付けの考え方により設定されている。

- i. 地域間の均衡化を図るため、全ての地域（県単位）で最低 30% の普及率を達成する目標
- ii. 郡の行政中心地全体及び 1998 年時点で 500 人以上の住民を抱える地区を、短期的に電化する目標
- iii. コートジボワール全土を電化する目標

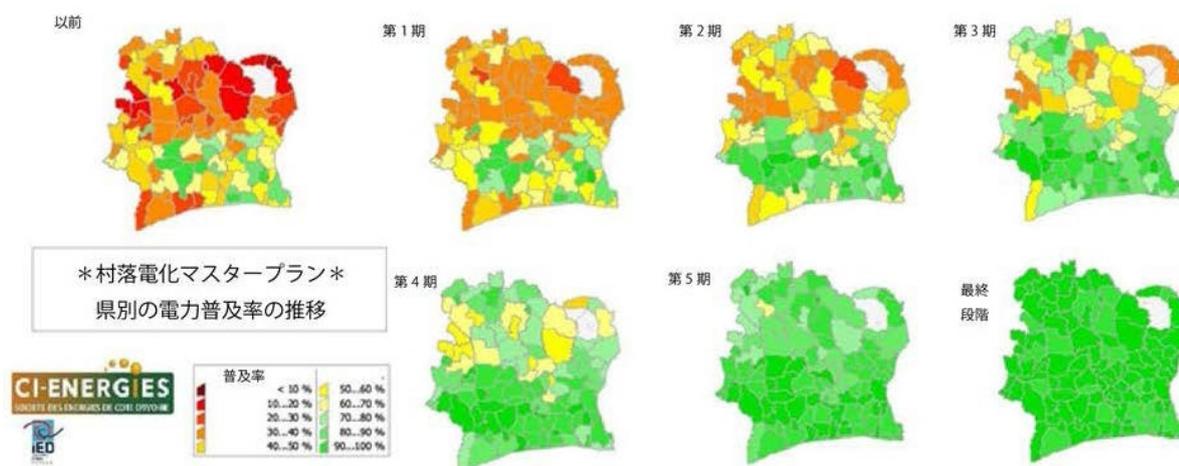
また、カバーされる人口と経済発展拠点の観点を統合した、地方電化の社会経済的インパクト分析および電圧降下面を検討し、①電力系統強化により需要を満たすことのできる地域、②補完的な運用措置が必要となる地域、③電圧計画（電力系統の端で供給される、再生可能エネルギー生産、単巻変圧器による暫定的解決策ならびに将来的な追加供給を担う 4 ヶ所の配電用変電所の設置）を改善するための、追加投資を奨励すべき地域の優先付けを実施している。さらに、低コストでの供給解決策を選定するための技術経済的評価基準として、対象地区の配電線による接続を 6 つの段階に序列化している。

表 2.2-12 に段階ごとの電化地域数と対象人口を、図 2.2-9 に地域的な電化の進展を示す。

表 2.2-12 各段階における電化地域と人口

Phase	Nb de localités électrifiées	Population additionnelle couverte	Scénario volontariste	Scénario 2015-2020	Scénario 2015-2025	Scénario 2015-2030
Phase 1	495	1.836.566	2015	2015	2015-16	2015-17
Phase 2	727	1.620.337	2015	2016	2017-18	2018-20
Phase 3-1	628	620.086	2015	2017	2019-20	2021-23
Phase 3-2	359	252.653		2017		
Phase 4	985	180.705	623 localités par an (2016-20)	836 localités par an (2018-20)	623 localités par an (2021-25)	445 localités par an (2024-30)
Phase 5	992	324.560				
Phase 6	782	297.609				

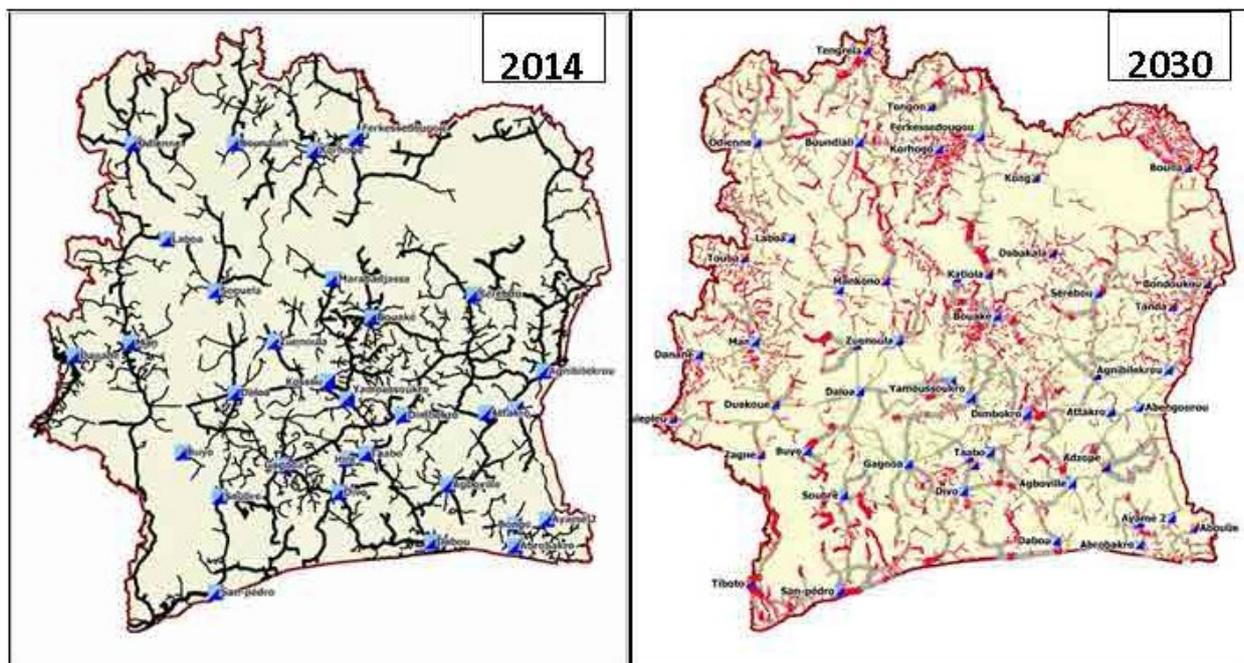
出典：JICA コートジボワール 電力セクターに係る情報収集・確認調査



出典：JICA コートジボワール 電力セクターに係る情報収集・確認調査

図 2.2-9 2030年の地域電化の推移

電化方策としては、先ず、地域の行政庁の所在地および500人以上の集落などのほとんどの電化対象地区が既存の33kV配電網から20km圏内に位置していることを踏まえ、既存の配電線および配電用変電所からの距離と路線図調査などに基づき、既存の33kV配電線の張替え、無電化地区までの延伸、変電所からの新設などが計画されている。図2.2-10に、33kV配電線の延伸状況の変化を示す。



出典：コートジボワール地方電化マスタープラン 2013-2030

図 2.2-10 2014 年と 2030 年における 33kV 配電網の延伸状況

これらの対策により、33kV 配電線は 2014 年の約 20,500km に対し、2030 年には約 40,000km に増加することになる。地方電化は PND の重要目標であるが、実現のためには、約 25,000km に及ぶ電線をはじめとする資機材の調達資金の手当てと資機材の一部を国内調達できるようにするための産業開発が課題とされている。

2.3 電力需給状況

2.3.1 需要予測

コートジボワールの需要予測については、これまで、MP2015 及び2018年12月のWAPP/MP 作成作業の中で実施され、それぞれ報告されている。

MP2015 における需要予測では、過去の電力需要実績と GDP、総人口の相関から回帰式を求め、その式を基に、将来の GDP、総人口の予測から算出した電力需要に加え、無電化農村部への新規電力接続、鉱山や工場への供給計画、エネルギー効率化等による影響を考慮したうえで算出されている。また、表 2.3-1 に示す通り将来の予測の伸び率の違い等を考慮し、「高」「中」「低」の3通りの電力需要シナリオが検討されている。

表 2.3-1 2014 年電力需要シナリオの前提

	「中」シナリオ	「高」シナリオ	「低」シナリオ
人口	2023 年まで年間+2.2% 2023 年以降年間+2.1%	2023 年まで年間+3.0% 2023 年以降年間+2.8%	2023 年まで年間+1.7% 2023 年以降年間+1.6%
GDP	2014 年～2015 年は年間+8% 2016 年以降は+5%	2014 年～2015 年は年間+10% 2016 年～2018 年は年間+8% 2019 年以降は+6%	2014 年～2015 年は年間+7% 2016 年以降は+3.5%
鉱山	年間 25MW 給電	年間 25MW 給電	年間 10MW 給電
エネルギー 効率化	消費電力の低い照明器具 (50～100MW) 街灯 (0.5～1.5MW)	消費電力の低い照明器具 (50～100MW) 街灯 (0.5～1.5MW)	消費電力の低い照明器具 (50～100MW) 街灯 (0.5～1.5MW) 公的建築物 (4 MW)

出典：JICA 情報収集・確認調査 P.5-2 表 5.2 を JICA 調査団が編集

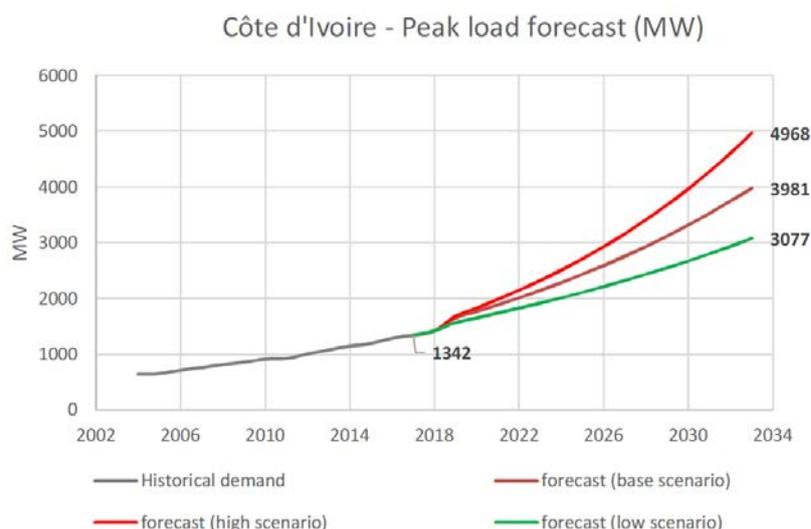
一方、2018 年の WAPP/MP における需要予測は、MP2015 と同様、GDP、総人口に基づく回帰式から電力需要を算出しているが、MP2015 で実施されている無電化農村部への新規電力接続、鉱山や工場への供給計画、エネルギー効率化等による影響は考慮されていない。理由としては、WAPP/MP は、加盟国間の系統連系における電力運用が目的であり、需要想定方法については各国間である程度整合を図る必要があったものと考えられる。さらに、ここで扱われている電力需要も、MP2015 とは異なり、電力システムによる電力ロスを含めた発電電力であり、これも各国間との整合を図ったものと考えられる。表 2.3-2 に解析結果を示す。

表 2.3-2 WAPP における回帰方法による解析結果

	Coefficients	Standard deviation	t Stat	P-value
constant	-3672724.84	229072.52	-16.03	1.22 e-15
Population	203712.42	27943.55	7.29	6.16 e-08
PIB	409.24	46.17	8.86	1.29 E-09
R ²	0.98			

出典：WAPP：Update of the ECOWAS revised master plan for the development of power generation and transmission of electrical energy, December 2018

表 2.3-2 によれば、回帰式における決定係数 R² は 0.98 であり、非常に高い相関が得られていることがわかる。GDP の将来予測値に幅 (125%、100%、75%) を持たせ、それぞれ「高」「中」「低」の需要予測シナリオを検討している。各シナリオにおける需要予測を図 2.3-1 に示す。



出典：WAPP：Update of the ECOWAS revised master plan for the development of power generation and transmission of electrical energy, December 2018

図 2.3-1 WAPP におけるピーク需要予想

JICA 調査団では、これらのマスタープランの実績を踏まえた上で、第一次調査で CI-ENERGIES に需要想定について確認した結果、コートジボワールとしては、前回の MP2015 から既に 5 年が経過しようとしていることから、現在、需要予測の見直し作業に取組み、2021 年に別途コンサルタントを雇用して MP 改定に着手する予定である。この需要想定の見

直は、MP2015と同様に、過去の電力需要とGDP、総人口から求められた回帰式から求められた需要想定を基に、将来のGDP、総人口の予測から算出した値に加え、無電化農村部への新規電力接続、鉱山や工場への供給計画、エネルギー効率化等による影響を考慮したうえで算出するとのことである。なお、MP2020ではMP2015よりも長期の2040年までの需要予測を計画しており、電力設備の開発計画も2040年までの需要予測に対応する必要がある。以下に、CI-ENERGIESより得られた需要予測に関わるデータについて報告する。

表 2.3-3 は、MP2015 以降の電力需要の実績である。

表 2.3-3 コートジボワールにおける至近年の電力需要実績

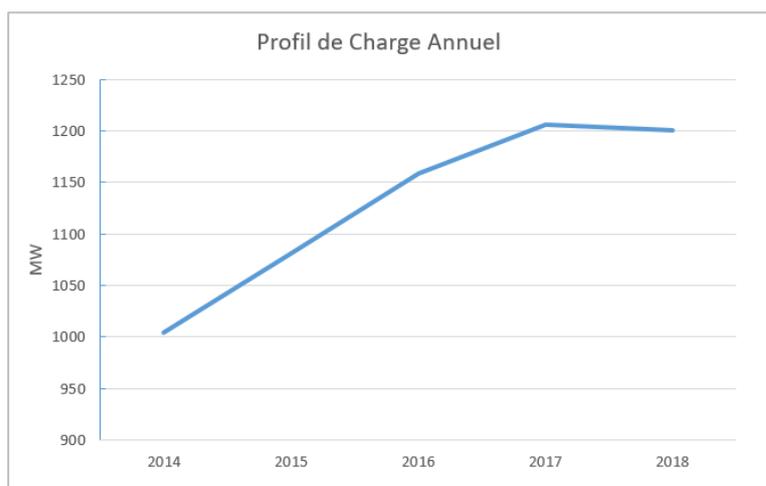
Ref. Unités	Monotone de Charge (MW)	Pointe Nationale (MW)	Totale des Exportations (R) (GWh)	Puissance Maximale Exportée (MW)
2014	1005	1148	903	69
2015	1082	1193	873	63
2016	1159	1288	1655	57
2017	1206	1341	1247	62
2018	1201	1388	1156	-19

出典：CI-ENERGIES

各年の項目の左から、最大供給電力、最大発電電力、年間輸出電力量、最大輸出電力を示している。最大供給電力、最大発電電力はいずれもコートジボワール国内向け（輸出分は除く）の値で、両者の差は電力ロスであり、この電力ロスの発電電力に占める比率がロス率として表わされる。2014年から2018年の間のロス率は、9.3%から13.5%の間で推移しており、ロス率としては約10%程度と考えることができる。一般に、需要電力は発電電力から電力ロスを差し引いた供給電力のことを示すものであり、この供給電力（需要電力）の最大値の推移についてグラフ化したものを図 2.3-2 に示す。また、年度別の詳細を添付資料 3 に示す。

図 2.3-2 から、2014年から2016年にかけて順調に伸びてきた需要電力は2017年に少し伸びが鈍くなり、2018年では前年を下回る等、成長が少し抑えられた傾向を示している。

これらの実績を踏まえ、CI-ENERGIESにより作成された需要予測が表 2.3-4 である。



出典：CI-ENERGIES

図 2.3-2 至近年のピーク需要実績

表 2.3-4 CI-ENERGIES による需要予測(2020-2040)

		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Production brute nationale (MW)	a	1774	1960	2147	2455	2640	2988	3519	3777	3896	4035	4222
Exportation (MW)	b	229	292	387	437	512	587	707	732	732	747	747
Pointe nationale (MW)	c = (a-b)	1545	1668	1760	2018	2128	2401	2812	3045	3164	3288	3475
Pertes (%)	d	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Charge totale Postes (MW)	e = c x (1-d)	1391	1501	1584	1816	1915	2161	2531	2741	2848	2959	3128

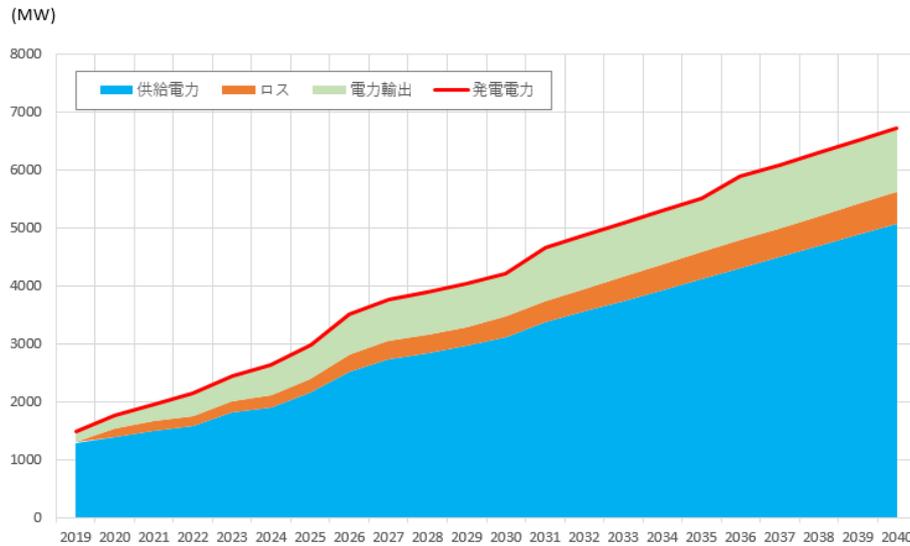
		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Production brute nationale (MW)	a	4222	4663	4873	5083	5293	5502	5887	6097	6307	6517	6726
Exportation (MW)	b	747	922	922	922	922	922	1097	1097	1097	1097	1097
Pointe nationale (MW)	c = (a-b)	3475	3741	3951	4161	4371	4580	4790	5000	5210	5420	5629
Pertes (%)	d	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Charge totale Postes (MW)	e = c x (1-d)	3128	3367	3556	3745	3933	4122	4311	4500	4689	4878	5067

出典：CI-ENERGIES

表の左の項目の上から、総発電電力、輸出電力、国内対応分の発電電力、ロス率、供給電力となっており、ロス率は2040年まで10%と一定であり、先ほど説明したロス率の実績を反映したものと考えられる。また、これらの表をグラフ化したものが図 2.3-3 に示す。

今回の需要想定の特徴としては、従来のように長期的に安定した需要の伸びを考慮するとともに、国家経済開発を支える国家鉱山プロジェクトによる需要増を具体的に織り込んでいることと、西アフリカ諸国への輸出強化において調和統合を図るため、北部回廊の強化によるマリやブルキナファソへの輸出強化を考慮している。

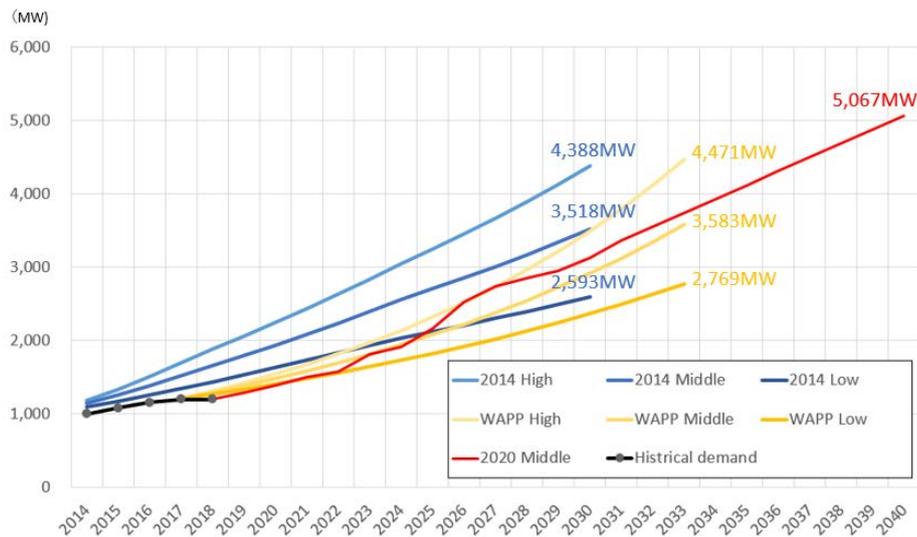
図 2.3-3 より、総発電電力、輸出電力、電力ロス、供給電力が、プロジェクトの進捗に応じ具体的に増加していることがわかる。



出典：CI-ENERGIES 資料を JICA 調査団で編集

図 2.3-3 需要予測の内訳

次に、今回の需要予測と過去に実施した需要予測および実績を一つのグラフにまとめ、比較・評価することとする。なお、WAPP/MP における需要予測は発電電力に相当するものであると考えられることから、電力ロスを考慮して算出しておいたものを使用している。（今回の予測に準じて 10%を適用した）図 2.3-4 にその結果を示す。



出典：CI-ENERGIES, WAPP 資料を JICA 調査団で編集

図 2.3-4 過去のマスタープランによる需要予測との比較

図 2.3-4 より、今回の需要予測は、2023 年まで低めに推移しているものの、その後の鉱山プロジェクトによる需要増により大きく増加し、2030 年代の前半から再び安定的な増加傾向に移行していくことがわかる。至近年の需要実績は MP2015 の予測を下回っており、その分、スタート地点の需要が低くなっている。鉱山プロジェクトによる中期における急激な需要増を除けば、一般需要の伸びは、グラフの傾きから、MP2015 のミドルケースよりも低くローケースの傾きに近く、WAPP/MP のローケースとはほぼ同じで、需要実績が過去の予測より低く推移していることを考慮すれば、過去のローケースに近い今回の需要予測の伸び率も妥当であると考えられる。結果として、電力需要は、2040 年までのおよそ 20 年間で現時点の 4 倍以上となり、2040 年時点では 5,060MW まで増加する。この値は、最終年度は違うものの、過去のマスタープランにおける需要想定最終年度の値のハイケースよりも高くなっている。

次に電力輸出に関する具体的な計画について表 2.3-5 に示す。

表 2.3-5 電力輸出計画(2019-2040)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Puissance (MW)	229	292	387	437	512	587	707	732	732	747	747	922	922	922	922	1097	1097	1097	1097	1097	1097	
VRA (Ghana)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CEB (Benin)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONABEL (Burkina)	100	110	110	110	160	210	270	270	270	270	270	370	370	370	370	370	470	470	470	470	470	470
EDM (Mali)	100	100	100	150	150	175	200	225	225	225	225	300	300	300	300	300	375	375	375	375	375	375
LEC (Libéria)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CLSG	27	80	175	175	200	200	235	235	235	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250

出典：CI-ENERGIES

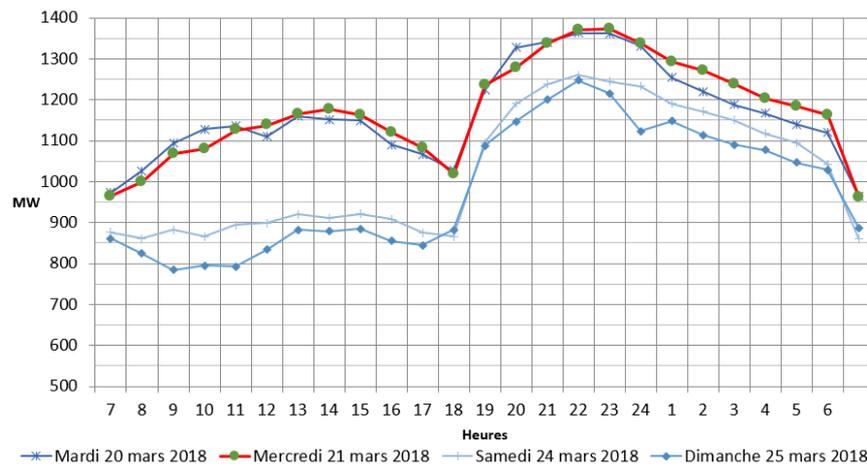
表 2.3-5 では、2019 年から 2040 年までの国およびプロジェクト毎の電力輸出計画を示している。2040 年まで、1,000MW 以上の電力輸出が安定的に計画されている。特徴的な点として、コートジボワールの北に位置するブルキナファソとマリへの電力輸出が 800MW 以上と全体の 8 割を占めている点で、国内の電力系統を検討する際には、これら電力輸出を十分考慮した上での検討が必要と考えられる。

CI-ENERGIES より入手した 2018 年の日負荷曲線を図 2.3-5 に示す。2017 年以前の日負荷曲線は添付資料 6 に掲載する。

図 2.3-5 は、入手した 2016 年、2017 年、2018 年のデータのうち最新の 2018 年のものであるが、日負荷曲線の傾向は 3 年とも同じである。一般に、開発途上国の日負荷曲線は、昼間の産業需要よりも電灯需要による夜間ピーク型となることが多く、コートジボワールにおける日負荷曲線も、ピーク時間が夜の 22 時から 23 時にかけてと遅めの発生ではあるが、開発途上国の傾向を示している。また、この日負荷曲線からも、コートジボワールの電源開発におけるソーラー発電は、蓄電システムを併用していない限り、ピーク需要対策の設備とはなら

ないと考えられる。

Courbes de charge nationales du jour le plus chargé du premier trimestre de 2018, du samedi et du dimanche de la même semaine



出典：CI-ENERGIES

図 2.3-5 コートジボワールにおける日負荷曲線 (2018 年)

2.3.2 電力開発計画

(1) 既設発電設備

コートジボワールにおける 2017 年末現在の発電設備は 2,199MW であり、年間発電量は 9,941GWh で、そのうちの 1,191GWh は隣国に輸出されている。国内消費電力量は 8,716GWh で販売電力量は 6,603GWh となっている。なお、ピーク時の発電実績は 1,342MW である。

水力発電については、国内の豊富な水力発電資源の有効活用政策により、1959 年に Bia 川水系の Ayamé 第 1 発電所が運用開始した後、同水系の Ayamé 第 2 (1965)、Bandama 川水系の Kossou (1972) と Taabo (1979)、Sassandra 川水系の Buyo (1980)、Grah 川水系の Faye (1984)、2017 年には Sassandra 川水系に出力 275MW を誇る Soubré 発電所が運用を開始し、2017 年末現在の水力発電所設備容量は 879MW となっている。

一方、火力発電所については 1984 年に Vridi 発電所が運用開始となって以来、1994 年以降の FCFA 切り下げによる経済復興に対応した需要増大に応えるべく、工事期間が長い水力発電所に代わり新增設が進められた。その結果、独立系発電事業者である CIPREL による Vridi2 発電所、同じく独立系発電事業者である AZITOENERGIE による Azito 発電所、AGGREKO 社の

Aggreko 発電所が稼働している。2017 年末現在の火力発電所設備容量は 1,320MWとなっている

表 2.3-6 既設発電所リスト

水力発電所	設備容量 (MW)	運転開始 (年)	火力発電所	設備容量 (MW)	運転開始 (年)
Ayame 1	20	1959	Vridi1 (TG1-4)	100	1984
Ayame 2	30	1965	CIPREL2 (TG5-8)	220	1995/1997
Buyo	165	1980	CIPREL2 (TG9)	115	1997
Kossou	174	1972	CIPREL2 (TG10)	115	2013
Tabbo	210	1979	CIPREL2 (TAV)	119	2015
Faye	5	1987	Azito (TG1,2)	296	1999/2000
Soubré	275	2017	Azito (TAV)	145	2015
			Aggreko (TG1-5)	210	2010/2013
水力合計	879		火力合計	1,320	
総合計				2,199	

出典：CI-ENERGIES



図 2.3-6 既設発電所の位置図

発電設備の構成は、Soubré 発電所が運転開始となったことにより水力発電設備が 40%、火力発電設備が 60%となっている。コートジボワールでは、1980 年代初頭の経済危機や 1983 年の干ばつによる「水力転換」政策の行き詰まりと、実際に大規模送電停止不具合が発生し

たことにより、水力（水量により左右される）、火力（燃料価格により左右される）の両方のバランスが取れる戦略をとることとし、特定のエネルギー源への依存度を 60%以下に抑えるよう推奨している。

(2) 電源開発計画

CI-ENERGIES が所有する 2018 年から 2030 年までの最新の電源別開発計画を表 2.3-7～表 2.3-11 に示す。また、既設発電所も含む 2019 年から 2030 年の発電所別・年度別発電計画詳細を添付資料 5 に添付する。

表 2.3-7 新規電源開発計画リスト(水力)

発電所名	運開予定年	出力(MW)	発電所名	運開予定年	出力(MW)
Singrobo G1	2022	22	Ferké	2026	8
Singrobo G2	2022	22	Haut Bandaman	2028	12
Gribopopoli G1	2021	37	Man	2028	3
Gribopopoli G2	2021	37	Marabadiassa	2028	15
Gribopopoli G3	2021	37	Zégbéry	2026	13
Boutoubre	2024	150	Mankono	2026	8
Louga 1	2025	126	Téhini	2030	4
Louga 2	2027	128	Aboisso	2030	6

出典：CI-ENERGIES

表 2.3-8 新規電源開発計画リスト(火力)

発電所名	運開予定年	出力(MW)	発電所名	運開予定年	出力(MW)
AZITO IV TAG	2020	179	Gas to Power TAG	2023	120
AZITO IV TAV	2021	74	Songon TAG 2	2024	123
Ciprel V - 1er Tranche TAG	2021	255	Gas to Power TAV	2024	60
Ciprel V - 2eme Tranche TAV	2022	135	Songon TAG 3	2025	123
Songon TAG 1	2023	123			

出典：CI-ENERGIES

表 2.3-9 新規電源開発計画リスト(バイオマス)

発電所名	運開予定年	出力(MW)	発電所名	運開予定年	出力(MW)
BIOKALA 1.1	2022	23	Biomasse Cacao	2030	20
BIOKALA 1.2	2022	23	Yakro 1.1	2030	40
Biomasse 1	2030	10	Yakro 1.2	2030	40
Biomasse 2	2030	10	Boundiali	2030	25
Biomasse 3	2030	20	Abidjan 1.2	2030	50
Biomasse Coton	2030	25	San-Pédro 1.1	2030	25

出典：CI-ENERGIES

表 2.3-10 新規電源開発計画リスト(太陽光)

発電所名	運開 予定年	出力 (MW)	発電所名	運開 予定年	出力 (MW)
KORHOGO SOLAIRE (RECA)	2021	20	Centrale solaire 1	2023	25
PORO POWER (GALILEA)	2021	50	Centrale solaire 2	2024	50
Centrale solaire FERKE (BIOTHERM)	2022	20	Centrale solaire 3	2025	50
Centrale solaire BOUNDIALI (CI-ENERGIES)	2020	30	Centrale solaire 4	2026	50
Scaling Solar	2021	60	Centrale solaire 5	2027	未定
Odiénné Solaire (AVAADA)	2022	20	Centrale solaire 6	2028	100

出典：CI-ENERGIES

表 2.3-11 新規電源開発計画リスト(石炭)

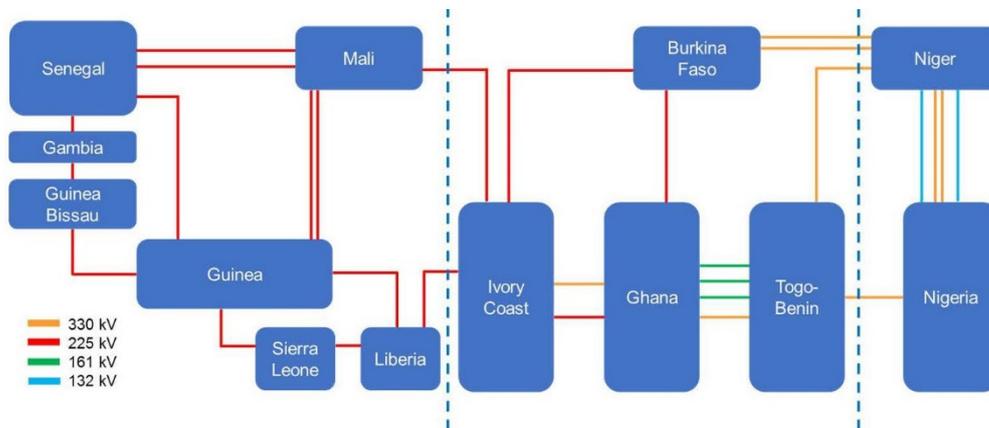
発電所名	運開予定年	出力(MW)	発電所名	運開予定年	出力(MW)
Centrale à charbon- Tranche TAC1	2026	350	Centrale à charbon- Tranche TAC2	2030	350

出典：CI-ENERGIES

2.3.3 西アフリカパワープールとの国際連系における融通計画

WAPP 加盟 14 カ国の電力系統は 15 年前までは、各国で独立した系統となっていたが、ここ 10 年で多くの国際連系に関する契約が行われ、現在も検討が続けられている。2015 年にはコートジボワールの Ferké とマリ の Sikasso の 225kV 送電線による連系により、WAPP で Zone A と呼ばれていたグループ（コートジボワール、ブルキナファソ、ガーナ、トーゴ、ベナン、ニジェール、ナイジェリア）と Zone B（マリ、セネガル、ガンビア、ギニアビサウ、ギニア、シエラレオネ、リベリア）が接続されることになった。また、3 年以内に結ばれる CLSG（Côte d'Ivoire-Liberia-SierraLeone-Guinealoop）系統と OMVG（Organisation de Mise en Valeur du fleuve Gambie）ループの間の契約は、14 カ国の電力融通をリードすることになる。これらの連系線の充実により電力融通の機会は広がることになる（図 2.3-7 参照）。

コートジボワール最大の輸出相手国はブルキナファソで、2009 年から増大傾向にある。また、2011 年からマリの需要が増え始めている。両国への 2017 年の電力輸出量実績はマリが 340GWh/年でブルキナファソが 583.1GWh/年である。本プロジェクトでは、電力輸出に伴う将来の電力潮流状況を考慮する。



出典：WAPP/MP

図 2.3-7 WAPP 系統連系概要

2.4 送変電設備の現状と開発計画

2.4.1 送変電設備の現状

(1) 既設設備

コートジボワールの90kV以上の基幹送電系統は大半が架空送電線であり、地中送電線は1%程度である。コートジボワールの最新系統図を図 2.4-1 に、基幹送電網の路線数・亘長の推移を表 2.4-1 に示す。

コートジボワールの基幹系統の電圧は225kVおよび90kVであるが、330kVおよび400kVの国際連系線が計画されている。330kV送電設備は、ガーナを経由しベナン国から連系予定である。2019年1月現在、ベナン国で建設が開始されている。400kV送電設備は、セネガルのガス火力、ギニアの水力発電等を連系する送電線である。

225kV送電線は、沿岸のAbidjan圏から首都Yamoussoukroを通過し北部の主要都市等を結ぶ同国の基幹送電線であり、同国の北側に隣接するマリおよびブルキナファソへの国際連系線の役割も担っている。2018年12月にLaboa変電所~Boundiali変電所間およびBoundiali変電所からFerké変電所の2路線が新設された。これにより同国の225kV送電線は、従来のAbidjan圏からTaabo変電所、Kossou変電所（Yamoussoukro近郊）~Ferké変電所を幹線とする南から北へ樹枝状の系統から、同国西側のMan変電所やBoundiali変電所を経由してFerké変電所へ連系する225kVループ系統での運用が可能となった。

変電所は、225kV基幹系統変電所数が18カ所、90kV変電所が32カ所である。変圧器の容量は2018年末の合計で、5,396MVAである。変電所数および変圧器容量の推移を表 2.4-2 に、既設225kV変電所一覧を表 2.4-3 に示す。

225kV変電所は、2018年1月にBingerville変電所が運開し、同年12月にBoundiali変電所が90kVから昇圧され、変圧器容量も順調に増加している。他方、信頼度の観点では、18ヶ所ある225kV変電所の内、連系用変圧器（225/90kV）が1台しか設置されていない変電所が6箇所（33%）あり、N-1信頼度の確保が課題の一つである。



REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
 MINISTRE DU PETROLE, DE L'ENERGIE ET DES ENERGIES RENOUVELABLES
 RESEAU DE TRANSPORT D'ENERGIE ELECTRIQUE
 HORIZON 2030

CI-ENERGIES
 COTE D'IVOIRE ENERGIES
 Place de la République
 Immeuble EECI - 01 BP 1345 ABIDJAN 01
 Fixe : 20 20 62 01 - Fax : 20 33 26 82



Légende		
Centrales de production	Postes sources	Lignes électriques
◆ Hydraulique existante	■ 225 / 90 / HTA existante	— 225 kV existante
▲ Thermique existante	■ 90 / HTA existante	— 90 kV existante
◇ Hydraulique projet	⊠ 400 / 225 / HTA projet	— 400 kV projet
△ Thermique projet	⊠ 225 / 90 / HTA projet	— 330 kV projet
○ Solaire projet	⊠ 90 / HTA projet	— 225 kV projet
○ Biomasse Projet		— 90 kV projet

© Copyright CI-ENERGIES
 DCPI / DPL / SPDSS - Septembre 2019

出典：CI-ENERGIES

図 2.4-1 コートジボワールの系統図(2019年9月)

表 2.4-1 基幹送電網の路線数・亘長の推移

項目		電圧 (kV)	単位	2014	2015	2016	2017	2018
架空 送電線	路線数	225	路線	18	19	23	23	25
		90	路線	52	52	54	54	53
		合計	路線	70	71	77	77	78
	亘長	225	km	2,088	2,088	2,469	2,469	2,790
		90	km	2,613	2,613	2,624	2,624	2,830
		合計	km	4,701	4,701	5,093	5,093	5,620
地中 送電線	路線数	90	路線	9	9	10	10	10
	亘長		km	32	32	40	40	40

出典：CI-ENERGIES 資料を JICA 調査団が編集

表 2.4-2 変電所数および変圧器容量の推移

項目	電圧 (kV)	単位	2014	2015	2016	2017	2018
変電所数	225	カ所	14	14	15	15	18
	90	カ所	32	32	33	33	32
	合計	カ所	46	46	48	48	50
変圧器容量	90kV 以上	MVA	4,361	4,823	5,669	5,074	5,396

出典：CI-ENERGIES 資料を JICA 調査団が編集

表 2.4-3 既設 225kV 変電所・開閉所一覧

NO.	変電所名	地域	目的	変圧器容量 (225kV 連系用・配電用のみ*1)			備考
				連系用	配電用		
				225/90	225/30	225/15	
1	Abobo	アビジャン	連系・配電	70MVA × 4 Units			
2	Azito	アビジャン	火力昇圧 配電			50MVA × 3 Units	
3	Bingerville	アビジャン					2018年連開(元開閉所)
4	Bouake 2	中央	連系・配電	65MVA × 1 Unit			
5	Boundiali	アビジャン					2018年連開 (90kV変電所を昇圧)
6	Buyo	西部	水力昇圧 連系・配電	70MVA × 1 Unit			
7	Djibi	アビジャン	配電			50MVA × 3 Units	
8	Ferke	北部	連系・配電	65MVA × 1 Unit			
9	Kossou	中央	水力昇圧 連系・配電	65MVA × 1 Unit			
10	Laboa	西部	連系・配電	70MVA × 1 Unit			
11	Man	西部	連系・配電	70MVA × 1 Unit			
12	PK24	アビジャン	配電		60MVA × 2 Units		
13	Riviera	アビジャン	連系・配電	100MVA × 2 Units			
14	San Pedro	西部					
15	Soubre	西部	水力昇圧 連系・配電	70MVA × 2 Units			
16	Taabo	中央	水力昇圧 連系・配電	70MVA × 2 Units			
17	Vridi	アビジャン	火力昇圧 連系・配電	70MVA × 3 Units			
18	Yopougon2	アビジャン					

*1:昇圧用変圧器および一次側電圧が90kV以下の配電用変圧器を除く

出典：CI-ENERGIES 資料を JICA 調査団が編集

(2) 現在の送電線の潮流

コートジボワールの225kV送電線潮流の一覧を表2.4-4に示す。225kV送電線は、電力消費量および発電所（主に火力発電）が地理的に集中しているAbidjan地域に、25路線中9本（36%）が集中している。Abidjan地域以外の内陸部に関しては以下である。

本事業の対象であるTaabo変電所からKossou変電所への送電線（路線No.14）およびKossou変電所からBouaké2変電所への送電線（路線No.6）を黄色で強調する。両路線共に、送電線容量に対して、コートジボワール国内の他の225kV送電線に比べ高い利用率で運用されており、送電線容量が不足している（3章で詳細を後述する）。

国際連系線に関しては、マリ（Sikasso変電所）と路線No.13、ブルキナファソ（Kodeni変電所）と路線No.12、ガーナ（Prestea変電所）と路線No.5で連系されており現時点で送電線の利用率に問題は確認されていない。

表 2.4-4 既設225kV送電線の潮流(2019年4月現在)

路線No.	送電線名	地域	From (1)	To (2)	送電端有効電力(1)	送電端有効電力(2)	送電容量利用率
		(内陸orAbidjan)			[MW]	[MW]	[%]
1	ABO_AZI 225kV 1	Réseau_Abidjan	Abobo-2 225	Azito-2 225	-161.92	162.42	49.02
	ABO_AZI 225kV 2	Réseau_Abidjan	Abobo-2 225	Azito-2 225	-161.92	162.42	49.02
2	AZI-YOP2 225KV	Réseau_Abidjan	Azito-2 225	Yopougou2-2 225	178.69	-178.08	53.81
3	AZI_VRI 225kV	Réseau_Abidjan	Azito-1 225	Vridi-2 225	-94.37	94.50	30.24
4	BING-RIVI 225KV	Réseau_Abidjan	Bingerville-1 225	Riviera-2 225	-30.20	30.23	9.77
5	BING-PRES 225KV	Réseau_intérieur	Bingerville-1 225	Prestea 225KV	30.20	-30.00	10.59
6	BOUA_KOS 225kV	Réseau_intérieur	Kossou 225kV	Bouake 2 225kV	219.09	-212.67	68.43
7	BOUN-FERK -225KV	Réseau_intérieur	Boundiali 225kV 2	Terminal(14)	64.65	-64.65	24.29
	BOUN-FERK -225KV_a	Réseau_intérieur	Terminal(11)	Ferke 225kV 2	63.63	-63.63	24.30
	BOUN-FERK -225KV_b	Réseau_intérieur	Terminal(14)	Terminal(11)	64.65	-63.63	24.29
8	BUY_SOU 225kV	Réseau_intérieur	Buyo 225kV-2	Soubre 225kV 1	-150.65	152.92	47.47
9	DJIB-ABO 225KV	Réseau_Abidjan	Djibi-2 225	Abobo-2 225	-3.31	3.31	3.73
10	DJIB-RIV 225KV	Réseau_Abidjan	Riviera-2 225	Djibi-1 225	51.72	-51.70	17.52
11	FER_BOUA 225kV	Réseau_intérieur	Bouake 2 225kV	Ferke 225kV 2	180.94	-171.01	58.17
12	FER_KOD	Réseau_intérieur	Kodéni	Terminal(12)	-100.00	100.00	33.37
	FER_KOD_a	Réseau_intérieur	Terminal(12)	Ferke 225kV 2	-100.00	103.51	37.34
	FER_SIK 225kV	Réseau_intérieur	Sikasso 225kV	Terminal(13)	-80.00	80.00	26.59
13	FER_SIK 225kV_a	Réseau_intérieur	Terminal	Ferke225kV-1	-82.49	82.49	28.70
	FER_SIK 225kV_b	Réseau_intérieur	Terminal(13)	Terminal	-80.00	82.49	31.21
	KOS_TAA 225kV	Réseau_intérieur	Taabo 225kV 1	Kossou 225kV	265.70	-249.34	108.90
14	LABOA-BOUND 225KV	Réseau_intérieur	Boundiali 225kV 2	Terminal(15)	-99.72	99.72	34.92
	LABOA-BOUND 225KV_a	Réseau_intérieur	Terminal(15)	Terminal(16)	-99.72	102.47	36.96
	LABOA-BOUND 225KV_b	Réseau_intérieur	Terminal(16)	Laboa 225KV-2	-102.47	102.47	36.96
16	MAN-LABOA 225KV	Réseau_intérieur	Laboa 225KV-2	Man-2 225	-135.56	139.82	47.37
17	MAN_BUY 225kV	Réseau_intérieur	Man-1 225	Buyo 225kV 1	-185.31	194.81	62.87
18	PK24-ABO 225kV	Réseau_intérieur	PK24 225KV 2	Abobo-2 225	-87.44	87.73	35.43
19	RIV_VRI 225kV	Réseau_Abidjan	Vridi-1 225	Riviera-1 225	194.05	-193.28	58.34
20	SOU_SAN 225kV	Réseau_intérieur	Soubre 225kV 2	San Pedro 225kV	37.36	-37.17	11.74
21	SOU_TAA 1 225kV	Réseau_intérieur	Soubre 225kV 1	Taabo 225kV-2	27.90	-27.62	13.65
	SOU_TAA 2 225kV	Réseau_intérieur	Soubre 225kV 1	Taabo 225kV-2	27.45	-27.18	13.54
22	TAA_ABO 225kV 1	Réseau_intérieur	Taabo 225kV 1	Abobo-2 225	-74.35	75.45	22.90
23	TAA_PK24 225kV-1	Réseau_intérieur	Taabo 225kV 1	PK24 225KV 1	-67.91	69.22	28.36
24	TAA_YOP2 225kV	Réseau_intérieur	Taabo 225kV 1	Yopougou2-2 225	-76.67	77.78	23.57
25	YOP2_ABO 225kV	Réseau_Abidjan	Yopougou2-2 225	Abobo-2 225	-18.31	18.32	5.59

出典：CI-ENERGIES

2.4.2 送変電設備の開発計画

CI-ENERGIES から入手した主要な送変電設備の開発計画(主に設備の新設)および既設変電所の増強計画を表 2.4-5 から表 2.4-7 に示す。竣工予定時期は 2019 年から 2024 年までの短・中期計画である。2040 年までの長期計画は、変電所別の需要予測²が実施されているが、短中期計画以降の長期計画での具体的な仕様や資金源等は今後検討される。

表 2.4-5 主要な送変電設備の開発計画

N°	プロジェクト名	内容	主要なコンポーネント					資金源
			225kV 送電線	225kV 変電所	90kV 送電線	90kV 変電所	その他	
1	Poste 225/15 kV d'Anani	Création d'un poste 225/15 kV incluant 3 transformateurs 225/15 kV 50 MVA à Anani		#				BOAD
		Construction de la ligne 225 kV Anani-Bingerville (22 km)	#					
		Restructuration du réseau HTA Anani					#	
2	Poste 90/33/16,5 kV de Bassam 2	Création du poste 90 kV incluant 2 transformateurs 90/16,5 kV 50 MVA et un transformateur 90/33-15 kV 40 MVA				#		BOAD
		Enrée en coupure du poste sur la ligne 90 kV Riviera-Abrobakro (0,5 km)			#			
		Restructuration du réseau HTA Bassam					#	
3	Poste 90kV de Tanda	Extension et Réhabilitation du poste 90 kV d'Agnibilékro				#		EB. CHINE
		Création d'un poste 90/33 kV incluant 1 transformateur 90/33/15 kV 24 MVA à Tanda				#		
		Construction d'une ligne 90kV Tanda - Agnibilékrou (84km)			#			
		Construction d'une ligne 90kV Bondoukou- Tanda (52km)			#			
4	Poste 225 kV de Bondoukou	Création d'un poste 225 kV incluant 2 transformateurs 225/90 kV 70 MVA + 1 transformateur 90/33 kV 40 MVA+ 1 transformateur 90/15 kV 50 MVA + 1 transformateur 33/15 kV 10 MVA à Bondoukou		#		#		EB. CHINE
		Construction d'une ligne 225 kV Sérébou - Bondoukou (146km)	#					
		Installation d'un compensateur statique de puissance réactive SVC +/- 50 MVar en 90 kV à Bondoukou					#	
		Restructuration des réseaux HTA					#	
5	Poste 225 kV de Sérébou	Extension et Réhabilitation du poste 225 kV de Bouaké 2		#				EB. CHINE
		Création d'un poste 225 kV incluant 1 transformateur 225/33 kV 24 MVA + 1 transformateur 90/33 kV 24 MVA		#		#		
		Construction de la ligne 225 kV Bouaké2 - Sérébou (132 km)	#					
		Restructuration des réseaux HTA					#	
6	Poste 90/33 kV de Bouna	Création d'un poste 90 kV ncluant 1 transformateur 90/33/15 kV 24 MVA + 1 transformateur 90/15 kV 24 MVA à bouna				#		EB. CHINE
		Construction d'une ligne 90 kV Bouna - Bondoukou (172 km)			#			
		Restructuration de réseau HTA et extension					#	
7	Doublement de la file 225 kV Man-Duékoué-Buyo	Extension et Réhabilitation du poste 225 kV de Buyo		#				EB. CHINE
		Extension et Réhabilitation du poste 225 kV de Man		#				
		Extension et Réhabilitation du poste 225 kV de Soubré incluant 1 transformateur 90/33 kV de 40 MVA		#		#		
		Extension et Réhabilitation du poste 225 kV de Duékoué		#				
		Construction d'une 2ème ligne 225 kV Soubré - Buyo (84 km)	#					
		Construction d'une ligne 225 kV Buyo - Duékoué (109 km)	#					
		Construction d'une ligne 225 kV Duékoué - Man (86 km)	#					

² 添付資料 4 参照。

N°	プロジェクト名	内容	主要なコンポーネント					資金源
			225kV 送電線	225kV 変電所	90kV 送電線	90kV 変電所	その他	
8	Poste 225 kV de Gagnoa 2	Création d'un poste 225 kV incluant 2 transformateurs 225/90 kV 100 MVA, 1 transformateurs 90/15 kV 24 MVA et 1 transformateurs 90/30 kV 24 MVA à Gagnoa		#		#		BM
		Entrée en coupure sur la ligne 225 kV Soubré-Taabo au poste 225 kV de Gagnoa 2 (0,5 km)	#	#	#	#		
		Entrée en coupure sur la ligne 90 kV Divo-Gagnoa 1 (0,5 km) au poste 225/90 kV Gagnoa 2 (5 km)						
		Restructuration de réseau HTA et créations de départs.					#	
9	Postes 225/33 kV Duékoué et Zagné	Création d'un poste 225/33 kV incluant 2 transformateurs 225/33 kV de 40 MVA à Duékoué (2019)		#				BAD
11	Poste 225 kV Katiola	Construction du poste 225/90/33 kV Katiola incluant 1 transformateurs 225/90 kV 100 MVA et 2 transformateurs 90/33 kV 24 MVA		#		#		EB. CHINE
		Entrée en coupure sur la ligne 225 kV Bouaké-Ferké (2 km)	#					
		Construction de la ligne 90 kV Katiola-Marabadiassa (39 km)			#			
		Extension Poste 90 kV Marabadiassa				#		
12	Poste 90/33 kV de Vavoua	Extension et Réhabilitation du poste 90 kV de Daloa				#		EB. CHINE
		Extension et Réhabilitation du poste 90 kV de Zuenoula				#		
		Création d'un poste 90/33 kV incluant 2 transformateurs 90/33 kV 24 MVA à Vavoua				#		
		Construction d'une ligne 90kV Daloa- Vavoua (56km)			#			
		Construction d'une ligne 90kV Vavoua- Zuénoula (57km)			#			
13	File LABOA-BOUNDIALI-FERKE et Poste 225 kV de Boundiali	Construction du poste 225 kV incluant un transformateur 225/90 kV 100 MVA à Boundiali		#				BIDC/ INDE
		Acquisition et installation d'un Compensateur Statique de puissance réactive SVC +/- 50 MVar au poste 225 kV de Ferké					#	
14	Poste 225 kV de Dabakala	Création d'un poste 225/33 kV incluant 2 transformateurs 225/33 kV 24 MVA à Dabakala		#				EB. CHINE
		Construction d'une ligne 225kV Sérébou- Dabakala (67km)	#					
		Restructuration des réseaux HTA					#	
15	Poste de Korhogo	Création du poste 225/90 kV Korhogo incluant 2 transformateurs 225/90 kV 70 MVA		#				EB. CHINE
		Entrée en coupure double terne sur la ligne 225 kV Boundiali-Ferké Lignes 225 kV Boundiali-Korhogo: 104 km et Korhogo-Ferké: 48 km)	#					
16	Poste de Kong	Création du poste 225/90 kV Kong incluant 2 transformateurs 225/33 kV 24 MVA		#				EB. CHINE
		Construction d'une ligne 225 kV Dabakala - Kong (98km)	#					
		Construction d'une ligne 225 kV Ferké - Kong (85km)	#					
17	Mine Ity	Poste 90/11 kV 40 MVA				#		Mine Ity
		Ligne Danane - Ity (56,4 km)				#		
18	Taabo- Kossou-Bouake	Construction d'une ligne 225 kV Taabo- Kossou-Bouake (1.cct)	#					CI-ENERGIES

出典：CI-ENERGIES 資料を JICA 調査団が編集

BOAD：西アフリカ開発銀行 (Banque Ouest Africaine de Developpement)

EB：輸出入銀行 (Exim Bank)

BM：世界銀行 (Banque Mondiale)

BAD：アフリカ開発銀行 (Banque Africaine de Developpement)

BIDC：西アフリカ諸国経済共同体投資開発銀行 (Banque d'Investissement et de Développement de la CEDEAO(Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest))

Ity Mine：鉱山会社

表 2.4-6 主要な変電所増強計画(1)

N°	プロジェクト名	内容	資金源
1	Renforcement 225/90 kV à Ferké	Création d'une travée transformateur 225/90 kV au poste de Ferké et installation de 2 transformateurs 225/90 kV 100 MVA	BM
2	Renforcement 225/90 kV à Man	Création d'une travée transformateur 225/90 kV équipée d'un transformateur 225/90 kV 70 MVA au poste de Man	
3	Renforcement 225/90 kV à Taabo	Acquisition et installation de 2 transformateurs 225/90 kV 100 MVA au poste de Taabo	
4	Renforcement 225/90 kV à Abobo	Acquisition et installation de 4 transformateurs 225/90 kV 100 MVA au poste d'Abobo	
5	Renforcement 225/90 kV à Kossou	Création d'une travée transformateur 225/90 kV au poste de Kossou et installation de 2 transformateurs 225/90 kV 100 MVA	
6	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Agboville	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste d'Agboville	
7	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Attakro	Remplacement du transformateur 90/33 kV 20 MVA par un transformateur 90/33 kV 40 MVA au poste d'Attakro	
8	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Ayamé 2	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste d'Ayamé 2	
9	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Bongo	Modernisation du poste de Bongo par création de 2 travées 90 kV lignes et TFO équipés de 2 transformateurs 90/33 kV 24 MVA	
10	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Bouaké 1	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Bouaké 1	
11	Renforcement et sécurisation 90/15 kV à Abengourou	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 36 MVA au poste d'Abengourou	
12	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Dabou	Acquisition et installation d'un transformateur 90/30 kV 40 MVA au poste de Dabou dans une travée existante	
13	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Daloa	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Daloa	
14	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Danané	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Danané	
15	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Dimbokro	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Dimbokro	
16	Renforcement 225/90 kV à Laboa	Création d'une travée transformateur 225/90 kV au poste de Laboa équipée d'un transformateur 225/90 kV 70 MVA	BAD 5
17	Renforcement 225/90 kV à Boundiali	Création d'une travée transformateur 225/90 kV au poste de Boundiali équipée d'un transformateur 225/90 kV 100 MVA	
18	Renforcement 225/90 kV à Bouaké 2	Acquisition et installation d'un transformateur 225/90 kV 70 MVA au poste de Bouaké 2	

出典：CI-ENERGIES 資料を JICA 調査団が編集

表 2.4-7 主要な変電所増強計画(2)

N°	プロジェクト名	内容	資金源
19	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Divo	Acquisition et installation d'un transformateur 90/30 kV 40 MVA au poste de Divo pour remplacer le transformateur 24 MVA existant	BAD 4
20	Renforcement et sécurisation 90/15 kV à Ferkéssédougou	Acquisition et installation d'un tranformateur 90/15 kV 24 MVA au poste de Ferkéssédougou dans une travée existante	BAD 4
21	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Hiré	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Hiré	BAD 4
22	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Korhogo	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Korhogo	BAD 4
23	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Laboa	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 16 MVA au poste de Laboa	BAD 4
24	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Man	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Man	BAD 4
25	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Marabadiassa	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Marabadiassa	BAD 4
26	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à San-Pedro (PRETD)	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de San pedro	BAD 4
27	Renforcement et sécurisation 90/16,5 kV à San-Pedro (ENERGOS)	Création d'une travée transformateur 90/16,5 kV passage d'un Transformateur 40 MVA	FED 1
28	Renforcement et sécurisation 90/16,5 kV à San-Pedro (PRETD)	Création d'une travée transformateur 90/16,5 kV équipé d'un transformateur de 50 MVA	BAD
29	Renforcement et sécurisation 33/15 kV à Séguéla	Création d'une travée transformateur 33/15 kV équipée d'un transformateur 10 MVA au poste de Séguéla	BAD 4
30	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Sérébou	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Sérébou	BAD 4
31	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Tongon	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 10 MVA au poste de Tongon	BAD 4
32	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Zuenoula	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Zuénoula	BAD 4
33	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Abengourou	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Abengourou	BOAD
34	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Abrobakro	Création d'une travée transformateur 90/33 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Abrobakro	BOAD
35	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Agnibilekro	Création d'une travée transformateur 90/33/16,5 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Agnibilekro	BOAD
36	Renforcement et sécurisation 90/33 kV à Man	Création d'une travée transformateur 90/33/16,5 kV équipée d'un transformateur 24 MVA au poste de Man	BOAD
37	Renforcement et sécurisation 90/15 kV à Boundiali	Acquisition et installation d'un tranformateur 90/15 kV 24 MVA au poste de Boundiali dans une travée existante	

出典：CI-ENERGIES 資料を JICA 調査団が編集

2.5 他ドナーの支援状況

2.5.1 世界銀行（世銀）

世界銀行は長年にわたる主要ドナーの一つである。電力セクターで現在実施中の支援は以下のとおり。

表 2.5-1 世界銀行の支援一覧

	計画名	事業内容	種別	支援金額	状況
1	CI-ENERGIES 保証計画	保証金により CI-ENERGIES の民間融資における信用力を向上させる。	借款	2.4 億 EUR	2018 年承認（継続）
2	送電・アクセス計画	<ul style="list-style-type: none"> ・送電設備強化 ・Abidjan 及び 10 地方都市における配電網復旧、強化、拡張 ・地方電化及び他プログラムにおける電力分野での支援 ・電力セクター組織力及びプロジェクトマネジメント力強化 	借款	3.25 億 USD	2017 年承認（継続）

出典：世界銀行ホームページ及び聞き取り調査

上記表の 2「送電・アクセス計画」の送電設備強化については、本案件での整備対象施設である Kossou 変電所内の設備（変圧器設置等）が対象となっている。

その他、電力セクターへの民間投資を促進するべく、エネルギー省とともに 2017 年 12 月に再生可能エネルギーワーキンググループを立ち上げた。水力、バイオマス、太陽光、風力、オフグリッド、ミニグリッド、政策・金融制度といった分会を設け活動している。

2.5.2 アフリカ開発銀行（AfDB）

電力セクターで現在実施中の支援は以下のとおり。

表 2.5-2 アフリカ開発銀行の支援一覧

	計画名	事業内容	種別	支援金額	状況
1	ATINKOU390MW ガス発電(CIPREL 及び AZITO 計画)	-CIPREL 社 Jacqueline 県 Taboth におけるガスコンバインドサイクル火力発電所建設	借款	1 億 EUR	2019 年承認 (継続)
		-Azito 社ガスコンバインドサイクル火力発電拡張計画		0.5 億 EUR	
2	地方電化計画	<ul style="list-style-type: none"> ・電力インフラ ・引き込み線及び街灯 ・組織支援 ・プロジェクトマネジメント 	借款	273 億 FCFA	2018 年承認 (継続)
3	送配電網強化計画	<ul style="list-style-type: none"> ・電力インフラ整備 (Bingerville 225/20kV 変電所、Duékoué 及び Zagné225/33kV 変電所、Soubré 及び San Pédro 変電所の拡張、Soubré-San Pédro 間(128km)、Duekoué-Zagné 間 (77km) の 225kV 送電線、Bingerville, Duékoué, Zagné 及び Tai の高圧電線、Cavally 州の 42 村、Guémon 州の 82 村及び Tonkpi 州の 128 村の配電網) ・脆弱な環境下のある人々の支援 ・その他付随する活動・調査 	借款	918 億 FCFA	2016 年承認 (継続)
4	コートジボワール、リベリア、シエラレオネ及びギニア送電網接続計画	-4 カ国の送電網を 225kV 高圧線 2 回線 1,357km でつなぐ	贈与	0.49 億 USD	2013 年承認 (継続)

出典：アフリカ開発銀行ホームページ及び聞き取り調査

2.5.3 フランス開発庁 (AFD)

現在、電力セクターにおいて、EU のプロジェクトの実施を支援している。その他、コートジボワール政府が推進している地方電化に引き続き注力する方針であり、また、再生可能エネルギーとしては太陽光発電やバイオマス発電の調査も行っている。

2.5.4 その他

現在実施中の電力セクター支援は以下のとおり。

(1) 欧州連合(EU)

欧州連合は長年にわたる主要ドナーの一つである。

表 2.5-3 欧州連合の支援一覧

計画名	事業内容	種別	支援金額	状況
1	コートジボワールエネルギーセクター支援計画 (ENERGOS: Projet d'appui au secteur de l'énergie en Côte d'Ivoire)	贈与	70,735,000 EUR (欧州開発基金)	実施主体は、AFD。但し、贈与の管理は行っていない。 (継続)
		借入	117,649,000 EUR (欧州投資銀行)	
2	コートジボワールエネルギーセクター支援計画フェーズ II (ENERGOS II: Projet d'appui au secteur de l'énergie en Côte d'Ivoire-phase II)	贈与	68,265,000 EUR (欧州開発基金)	実施主体は Expertise France (国際技術専門フランス機構)、一部 EU のアフリカ投資ファシリティに出資 (継続)

出典：EU ホームページ及び聞き取り調査

ENERGOS 1 のプロジェクトにおいては、Bouaké 市内の配電網も対象となっているが、本事業との重複はない。

(2) 西アフリカ開発銀行

表 2.5-4 西アフリカ開発銀行の支援一覧

計画名	事業内容	種別	支援金額	状況
1	CIPREL5 及び AZITO4 火力発電に関する送電網の建設	借入	200 億 FCFA	2020 年承認 (継続)
2	コートジボワール電力会社への短期融資に対する保証金	借入	250 億 FCFA	2017 年承認
3	コートジボワール電力会社への短期融資に対する再保証	借入	50 億 FCFA	2017 年承認
4	コートジボワール水力エネルギー社による水力発電設備建設計画	借入	150 億 FCFA	2016 年承認 (継続) Eiffage 社が受注
5	CI-ENERGIES 送配電網強化計画	借入	250 億 FCFA	2013 年承認 (継続)
6	CIPREL 社資本提供	出資	4 億 FCFA	2013 年承認
7	CI-ENERGIES 送配電網備強化改修計画	借入	250 億 FCFA	2012 年承認 (継続)

出典：西アフリカ開発銀行ホームページ及び聞き取り調査

(3) 中国政府

表 2.5-5 中国政府の支援一覧

	計画名	事業内容	種別	支援金額	状況
1	Gribo Popoli ダム	112MW 水力発電建設 (Soubré ダム下流、 Sasandra 川)	借款	1,694 億 FCFA	中国輸出入銀行経 由 (継続)
2	国家グリッド開発更 新計画	500 村における電線、変電設 備の敷設及び更新	贈与	8.18 億 USD	SINOMACH 社及び China National Electric Engineering 社が実施 (継続)
3	マスタープランにお ける発電及び送変電 設備増強計画	調査に対する資金支援	借款	1,359.4 億 FCFA	中国輸出入銀行経 由 (継続)

出典：SINOMACH 社ホームページ及び聞き取り調査

(4) アラブ経済開発クウェート基金

表 2.5-6 アラブ経済開発クウェート基金の支援一覧

	計画名	事業内容	種別	支援金額	状況
1	Adzope 225/33kv 変 電所建設	<ul style="list-style-type: none"> ・ Adzope 225/33kv 2x60MVA 変 電所建設 ・ Zeudju 変電所延伸 ・ 225kV 架空送電線接続 Adzope と Zeudji 間 ・ Adzope の中電圧網の拡張及び 変更等 	借款	700 万 KWD	2016 年合意 CI-ENERGIES が実 施 (継続)

出典：アラブ経済開発クウェート基金ホームページ及び聞き取り調査

(5) ドイツ復興金融公庫 (KfW)

表 2.5-7 ドイツ復興金融公庫の支援一覧

	計画名	事業内容	種別	支援金額	状況
1	Boundliali 太陽光発 電所建設	37.5MW	借款	0.367 億 EUR (EU 負担分 0.097 億 EUR 含 む)	2018 年合意 (継続)

出典：聞き取り調査

第3章 本事業の必要性と妥当性

第3章 本事業の必要性と妥当性

3.1 事業対象システムの課題と本事業の位置づけ

3.1.1 事業対象システムの現状と課題

本調査の事業対象システムである Taabo 変電所－Kossou 変電所－Bouaké 2 変電所を連系する 225kV 送電線は、国土中央部を南北に縦断するコートジボワールの最重要基幹送電線の一部である。この基幹送電線は、多くの発電所が位置する南部から、中部に位置する首都 Yamoussoukro、第二の都市 Bouaké への給電を行い、更に北部主要都市への供給および同国北側に隣接するマリおよびブルキナファソにも供給する非常に重要な送電線である。

この基幹送電線は、事業対象区間である 225kV Taabo 変電所－Kossou 変電所－Bouaké 2 変電所区間に起因する、以下の技術的課題を抱えている。

- (1) 基幹送電線の容量不足
- (2) 基幹送電線の信頼度(N-1)不足
- (3) 隣国(マリ・ブルキナファソ)への送電容量不足

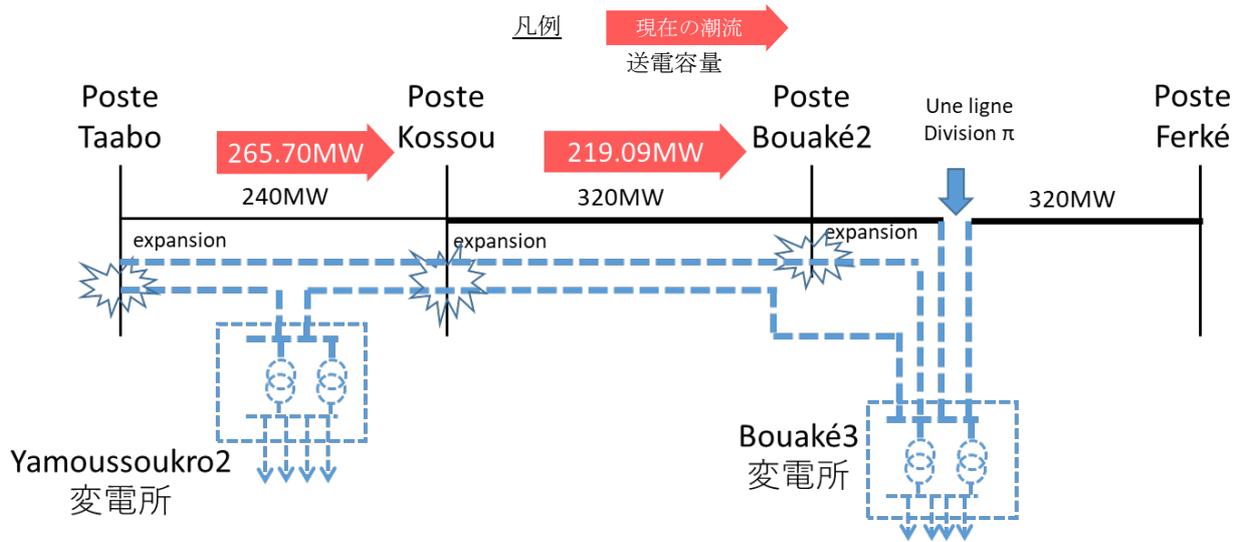
(1) 基幹送電線の容量不足

第 2.4.1 項「送変電設備の現状」に示した既設 225kV 送電線の系統（2019 年 4 月）のうち、事業対象区間の現在の潮流を図 3.1-1 に示す。また、同区間の送電線基本仕様を表 3.1-1 に示す。

Taabo 変電所－Kossou 変電所間は、送電線サイズが 366mm²、送電容量が 245MVA と他区間と比較して小径の電線が使用されており送電容量上のボトルネックとなっている。現在の同区間の電力潮流は 265MW であり、現時点においても送電容量を超過した運用が行われており、送電容量の増強が急務である。

また、Kossou 変電所－Bouaké 2 変電所間は、送電線容量 330MVA に対し電力潮流 219MW と送電容量に対し 60%を超える運用がされている。最新の需要想定における伸び率が 5%/年以上であることを考慮すると、10 年以内には送電容量を超過¹することが想定される。よって、事業対象の全区間において送電線容量不足への対応は緊喫の課題である。対象設備の潮流（現状）と送電容量の比較を表 3.1-2 に示す。

¹年率 5% で伸びた場合 10 年後は 357MW となり容量オーバーとなる。



出典：JICA 調査団

図 3.1-1 対象設備の現在の潮流

表 3.1-1 Taabo 変電所－Kossou 変電所－Bouaké 2 変電所間送電設備の基本仕様

区間	回線数	仕様電線・サイズ	送電線 亘長	鉄塔 基数	平均 径間長	電線の 送電容量 ²
Taabo 変電所－Kossou 変電所間	1	AAAC 366 mm ²	124km	325 基	約 380m	245 MVA
Kossou 変電所－Bouaké 2 変電所間	1	AAAC 570 mm ²	109km	231 基	約 470m	330 MVA

出典：CI-ENERGIES

表 3.1-2 対象設備の潮流(現状)と送電容量の比較

区間	ピーク潮流 ³	送電線容量	評価
Taabo 変電所－Kossou 変電所間	265.70 MW	245 MVA	容量不足
Kossou 変電所－Bouaké 2 変電所間	219.09 MW	330 MVA	近い将来容量不足

出典：JICA 調査団

² CI-ENERGIES 資料

³ CI-ENERGIES 提供の過去 1 年間でのピーク

(2) 基幹送電線の信頼度 (N-1) 不足

コートジボワールでは、全ての電力系統で N-1 信頼度を確保することを目標としている。第2章のコートジボワールの系統図 (図 2.4-1) から、南北を接続する基幹送電線のうち、Abobo 変電所－Taabo 変電所間は 2 系統 (3 回線)、Bouaké 変電所－Ferké 変電所間も 2 系統 (1 系統は計画中) 化されている。これに対し、事業対象区間の Taabo 変電所－Kossou 変電所－Bouaké 2 変電所間は 1 系統 (1 回線) であり、信頼度の面でもボトルネックとなっている。

近年、Taabo からコートジボワール西部を迂回し Ferké 変電所に接続される送電線が建設され北部への供給力、信頼度は若干向上しているが、長距離送電線であるため事業対象区間の事故時に北部ならびに隣国へ送電する供給力ならびに電力品質を維持することは困難である。よって、信頼度の面からも同区間の増強に対する緊急性は高い。

(3) 隣国 (マリ・ブルキナファソ) への送電容量不足

第 2.4.1 項の表 2.4-4 「既設 225kV 送電線の潮流」に示したとおり、マリへの潮流ピークは 80MW、ブルキナファソへは 100MW と合計 180MW を超える電力を輸出している。

WAPP/MP からも両国の需要は今後も順調に成長すると想定されており、更なる輸出用の送電容量を確保するためにも、事業対象区間の増強が必要である。

3.1.2 本事業の位置づけ

上述のような技術的課題を抱えたコートジボワール系統において、本事業対象区間 (Taabo－Kossou－Bouaké) の増強は、第 1.1 節「業務の背景」で述べた北部への安定供給、WAPP におけるコートジボワールの役割を確実に果たしていくために必須であり、またコートジボワール国家上位計画や MP2015 とも合致している。

本調査は、上述の技術的課題である、南北の基幹送電線における供給力不足と信頼度不足に対応して、Taabo 変電所－Kossou 変電所－Bouaké 3 変電所間において、225kV 送電線の新設を行うことにより、首都 Yamoussoukro、第二都市 Bouaké を含む中部地域、北部主要都市および隣国の需要増加への確実な対応と電力供給の安定性を高めることを目的として実施する。

3.2 事業対象システムの増強計画

3.2.1 MP2015 での増強計画

事業対象区間の増強計画として、第 2.2.3 項に記載した MP2015 に以下の実施計画が記載されている。

表 3.2-1 MP2015 での本事業の位置づけ

NO.	計画	計画の 下位区分	説明
27	中部主要 送電線	東部回廊	Bouaké 2 から Bouaké 3 間を結ぶ 225kV 送電線新設 (約 10km)
		北部回廊	Bouaké 3 から Kossou 間を結ぶ 225kV 送電線新設 (約 110km)
		Yamoussoukro	Kossou-Taabo 間を結ぶ送電線新設

出典：MP2015

また、CI-ENERGIES のプロジェクトリスト (Projects de Transport en cours de financement 2019-2020) には以下のとおり登録されている。

表 3.2-2 プロジェクトリストでの登録

NO.	竣工年 (予定)	プロジェクト名
30	2020 年	225kV Taabo—Kossou—Bouaké 2 間送電線の new 設

出典：CI-ENERGIES

上記計画は、事業対象区間に 225kV 送電線を 1 回線追加し、既設送電線と合わせて複数回線化を図る事により、供給力増強、信頼度向上を狙いとした計画となっている。この計画は MP2015 の需要想定に基づいて立案されている。

3.2.2 CI-ENERGIES 自己資金による Taabo—Kossou—Bouake 送電線事業

第 3.2.1 項「MP2015 での増強計画」で対象となっている Taabo—Kossou—Bouake 間の 225kV 送電線事業は、調査開始時、新規円借款案件として形成予定であった。しかし、調査開始後の 2020 年 3 月、上記新規円借款案件とは別途 CI-ENERGIES 自己資金での 225kV 送電線 (1 回線) 建設計画 (以下「CI-ENERGIES 自己資金事業」とする) を確認した。

CI-ENERGIES 自己資金事業の概要を表 3.2-3 に示す。

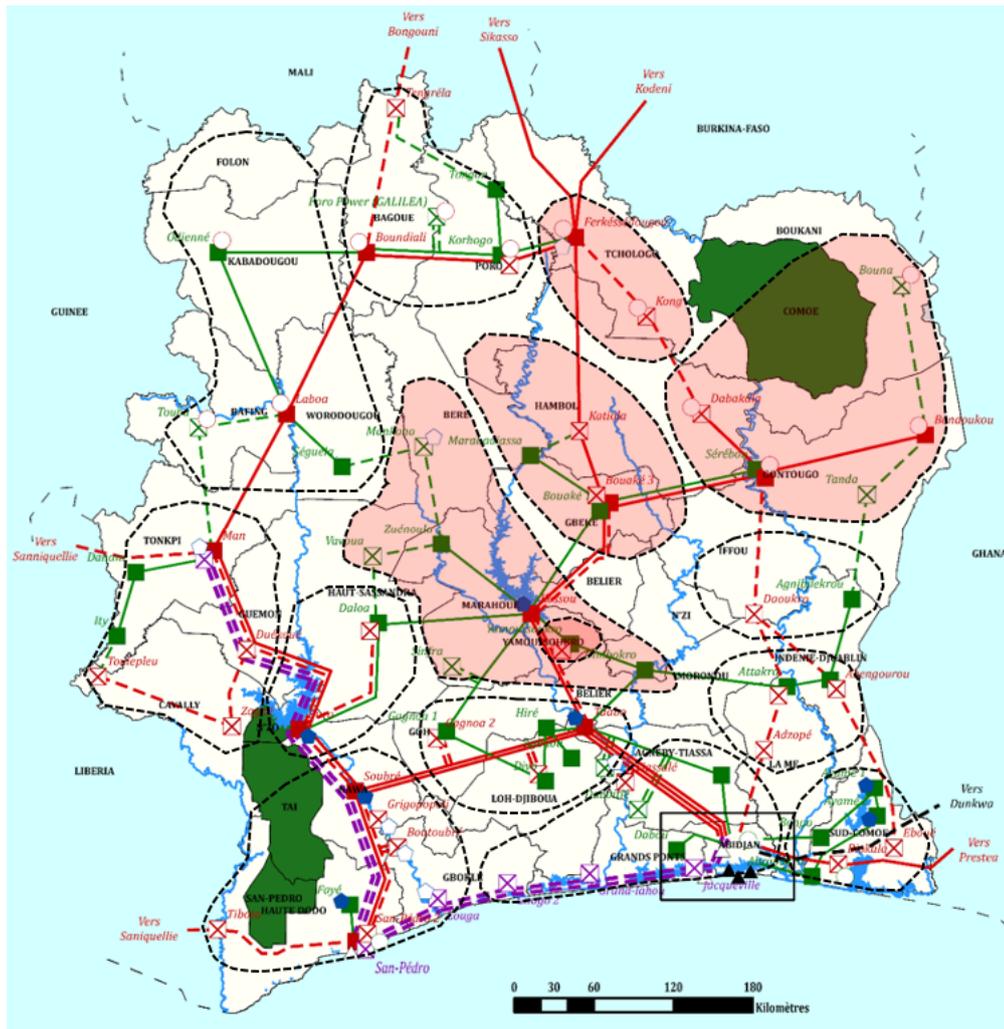
表 3.2-3 CI-ENERGIES 自己資金事業の概要(入札図書概要)

項目	内容	備考
案件名	PROJET DE RENFORCEMENT DU CORRIDOR NORD	
資金源	CI-ENERGIES 2019年投資予算	
調達方式	NCB (National Competitive Bidding)	
業務内容	Taabo-Kossou-Bouaké 間の 225kV 送電線建設工事 (1回線)	
入札図書 発行年月	2020年2月	
契約者	CI-ENERGIES	
ロット	LOT1 : Taabo-Kossou 間 225kV 送電線建設及び Kossou 変電所・Taabo 変電所の拡張 LOT2 : Kossou-Bouaké 間 225kV 送電線建設及び Bouaké3 変電所の拡張	
実施期間	18 ヶ月	
応札締め切り	2020年3月27日10時	
開札	2020年3月27日10時30分	
言語規定	フランス語	

3.2.3 事業対象系統の電力需要予測

第 2.3.1 項「需要予測」の中で、全コートジボワールの電力需要予測について述べたが、事業対象の電力系統の検討に際しては、対象エリアの変電所のみならず全国の変電所の需要予測が必要となる。CI-ENERGIES より全国の需要予測に対応した全変電所の需要予測データを入手したため、添付資料 4 にその一覧を示す。

今回の事業対象における送電容量の検討ならびに系統解析を実施するには、対象送電線に接続される主要変電所の需要およびその変電所から電力を供給している下位の変電所を含めたエリアごとに需要を集約する必要がある。コートジボワール全国の基幹送電系統を考慮し、図 3.2-1 に示す 15 のエリアに変電所の需要を集約した。



() ; 集約エリア () ; 送電容量に考慮するエリア

出典：CI-ENERGIES 資料を JICA 調査団編集

図 3.2-1 系統解析におけるエリア分け

また、対象線路の送電容量には、マリ、ブルキナファソへの電力輸出分も考慮する必要がある。第 2.3.1 項「需要予測」の表 2.3-5 「電力輸出計画（2020-2040）」ではマリ、ブルキナファソ等への国別の電力輸出が示されている。さらに今回提供された電力需要はミドルケースのみであるが、高めに推移することも考慮し、+10%増のハイケースを考慮した。表 3.2-4 に今回の事業対象における送電容量を考慮すべきエリアごとの需要を示す。

MP2015 で計画されていたとおり、JICA 事業で 1 回線新設（既設含めて複数回線化）した場合、N-1 を満足させるためには、この送電線の負荷は既設送電線容量の 110%以下である必要がある⁵。つまり、N-1 を満足できる負荷は、既設容量×110%の 264MW（Taabo－Kossou 間）、または 352MW（Kossou－Bouaké 間）以下である。

図 3.1-1 に記載のとおり、Taabo 変電所から Kossou 向け送電線の過去 1 年間のピークは 265MW であり既に線路容量の 110%を超過している。つまり、現時点の負荷においても、新設 1 回線を構築し既設と含めた複数回線化では、N-1 クライテリアを満足できないといえる。

これに対し、Kossou－Bouaké 間の既設送電線は容量が若干大きく N-1 限度（352MW）に対し過去 1 年間のピークは 219MW と現時点では余力がある。しかし、想定されている伸び率（5.3%/年）を考慮すると 10 年以内には N-1 を確保できる容量を超過する⁶ことが想定される。よって、Kossou－Bouaké 間においても新設 1 回線を構築し既設と含めた 2 回線化では、近い将来に N-1 クライテリアを満足できなくなる。

N-1 クライテリアを満足するためには、既設送電線の張替等を行い増容量する案も考えられるが、同区間の送電線は 30~40 年前に建設されており、老朽化や建設時の設計・製作・施工記録不備等のため相当数の鉄塔建替が必要になると判断する。このため、200km 以上の既設送電線の導体張替は、最低数か月の大規模な停電が必要であり現実的^{7,8}ではない。

つまり、N-1 を確保するためには、老朽化し容量不十分の既設設備に頼ることはできない状況であり、十分な送電容量を持った送電線を 2 回線新設する事が必要である。

上記より、Taabo－Kossou－Bouaké 2,3 間の送電線新設において、N-1 クライテリアを満たすためには、既設送電線以外に、別途 2 回線を新設するのが妥当であり、円借款事業で 2 回線の送電線を建設することを JICA 調査団として提案した。上記について、表 3.2-5 を基に CI-ENERGIES と協議し、案 2 が妥当として合意した。

また、自己資金事業を考慮した場合において、需要増を考慮して、導体数の妥当性を確認した。万一、本事業が 1 回線では、N-1 を考慮すると、潮流超過が発生するため、2 回線が必要である。なお、既存送電線については、老朽化し容量不十分の既設設備に頼ることはできず、予備線として運用される予定である。

⁵新設する送電線で容量の大きな送電線を構築することは可能だが、既設送電線の容量が小さいため、N-1（新設した送電線が事故なった場合）を満足できる負荷は既設送電線の容量により制限される。

⁶ 219.09MW(2019 年)が年率 5.3%で 10 年間増加すると 367MW(>352MW)。

⁷ 工事（停電）期間中、例えば西回りで Ferké 変電所へ送電する案も、電圧の問題や大幅な負荷制限が必要で現実的でない判断する（CIE の Dispatch Center ヒヤリング結果より）。従い、既設送電線の増容量は現実的でない。また、CI-ENERGIES は本体事業の工期短縮化を強く要望しており、1 回線新設後の導体張替も先方要望と合致しない。

⁸ CIE Dispatch Center の見解では、(実施時に詳細確認必要だが)225kV 基幹系統送電線の接続工事に伴う停電は最大 3 日程度。

表 3.2-5 回線数の比較

	回路構成	信頼度	コスト	評価
案 1	既設 1c.c.t. + 新設 1c.c.t. (JICA)	N-1 信頼度 未達成	安い	
案 2	既設 1c.c.t.(*1) + 新設 2c.c.t. (JICA)	N-1 信頼度 達成	基準	採用
案 3	既設送電線撤去 新設 2c.c.t. (JICA)	N-1 信頼度 達成	少し高い (撤去費用等)	

* 1 : 既設送電線を残す目的は、将来送電線鉄塔立替(拡張)時のルート確保とメンテナンス時の迂回連絡線。

出典 : JICA 調査団

3.3 事業対象システムの系統解析

第一次現地調査では、以下の通り系統構成の検討を行った。まず、系統構成の基本パターンを図 3.3-1 に示す。基本パターンの系統構成をベースに CI-ENERGIES と協議を行い、以下の検討を行った。系統構成の比較を図 3.3-2 に示す。

Option A は、Yamoussoukro 2 変電所への接続が 2 π でなく 1 π の構成である。この場合でも N-1 信頼度が達成できることより、送電線距離が基本パターンに比べ 5%程度短くなる案である。

Option B は、Yamoussoukro 2 変電所に加え Kossou 変電所への接続も 1 π とする構成である。この場合、送電線距離は更に縮まるが、送電線事故時に電圧の問題が発生する(表 3.3-1)。

上記より、CI-ENERGIES と相談し、所定の信頼度を確保し、かつ基本パターンに比べ、経済的な Option A を選択した。

尚、Bouaké 2 変電所へは、同じく送電線事故時に電圧の問題が発生するので 1 π 接続とする。また、1 π 接続することにより、Bouaké 3 変電所の竣工に係わらず、Taabo 変電所-Kossou 変電所-Buake 2 変電所間の送電線を単独かつ早期に竣工させることが可能となる。

現在、今回のプロジェクトの新設 2 回線送電線を導入した、2040 年における 225kV 系統モデルを作成し、潮流計算、電圧計算、短絡電流計算等の系統解析を実施した。図 3.3-3~図 3.3-8 に系統解析結果を示す。なお、本系統解析には、CI-ENERGIES の自己資金事業送電線を考慮している。

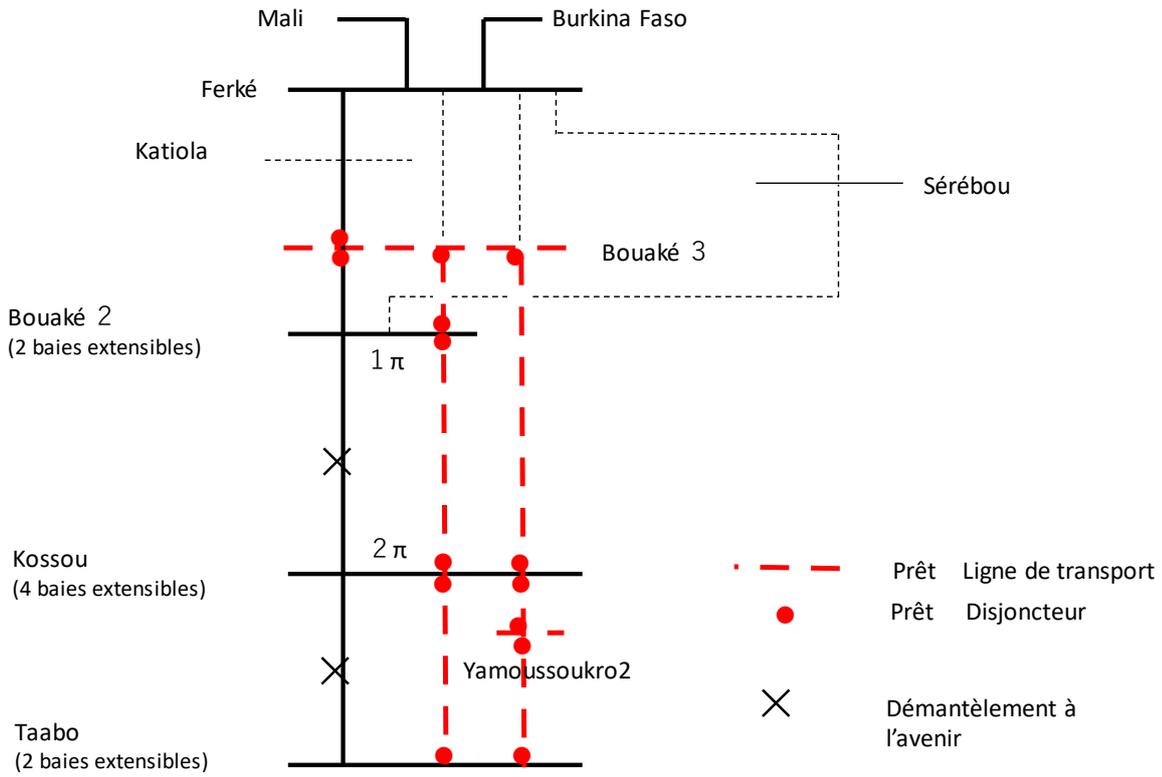
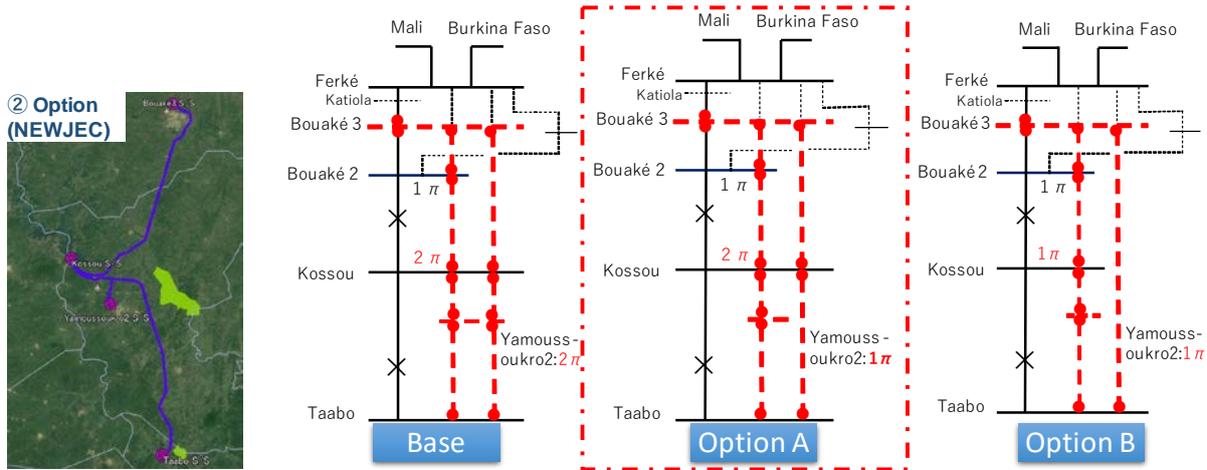


図 3.3-1 系統構成案(基本パターン)

Unité: km

Nom	Taabo-Kossou	Branche Yamoussoukro2	Kossou-Bouaké3	Total	Référence
NEWJEC (1 c.c.t)	123	28,8 (14,4 x 2 lines)	129	280,8	Poste Kossou : 1π Poste Yamoussoukro 2 : 1π
NEWJEC (2 c.c.t) BASE	246 (123x2)	57,6 (14,4 x 4 lines)	264,4 (129x2+3.2 ¹ x2)	568,0	Poste Kossou : 2π Poste YMK 2 : 2π
Option A (2 c.c.t)	-	-28,8 (14,4 x 2 lines)	-	539,2 (95%)	Poste Kossou : 2π Poste YMK : 1π
Option B (2 c.c.t)	-41.4 (-46.7*2+26*2)	-28,8 (14,4 x 2 lines)	-	497,8 (88%)	Poste Kossou : 1π Poste Yamoussoukro 2 : 1π

*1: Entrée en coupure π à Bouaké 2 utilisant le câble souterrain (1.1km), La distance des lignes de transport est mesurée par Google Earth.

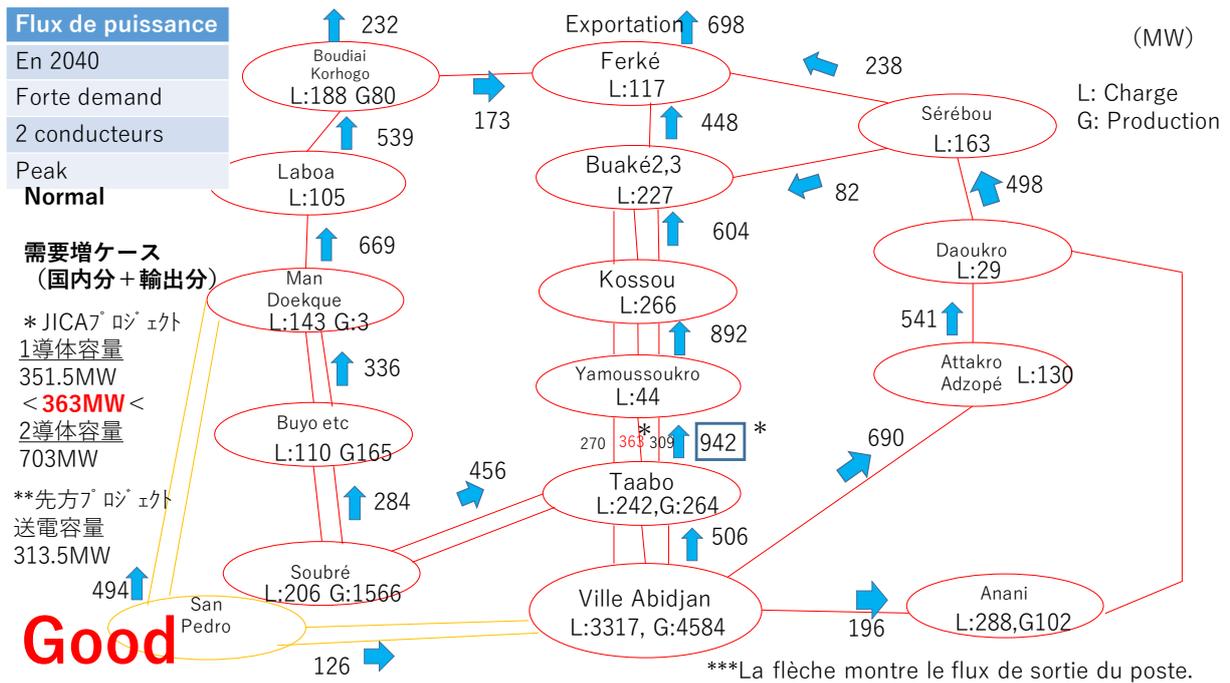


出典 : JICA 調査団

図 3.3-2 系統構成の比較

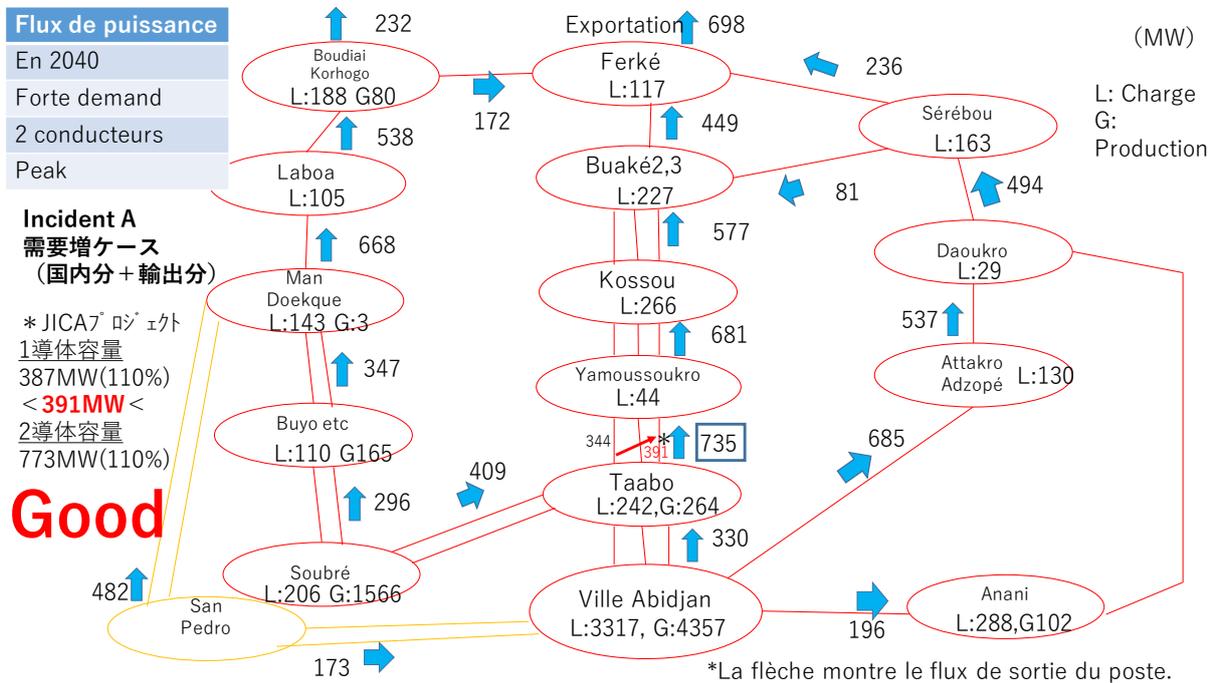
表 3.3-1 系統構成検討のための解析結果

	Kossou 2π	Kossou 1π
Normal	Good	Good
Accident (N-1)	Good	Not good



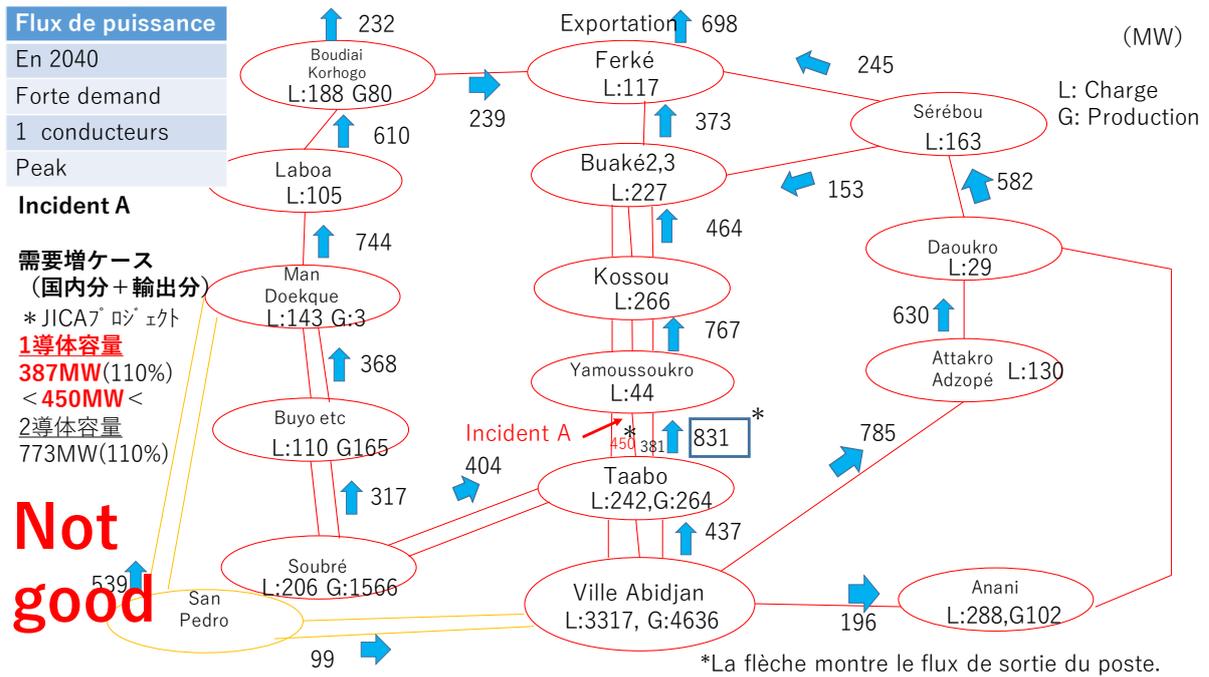
出典：JICA 調査団

図 3.3-3 潮流検討結果(2 導体・常時)



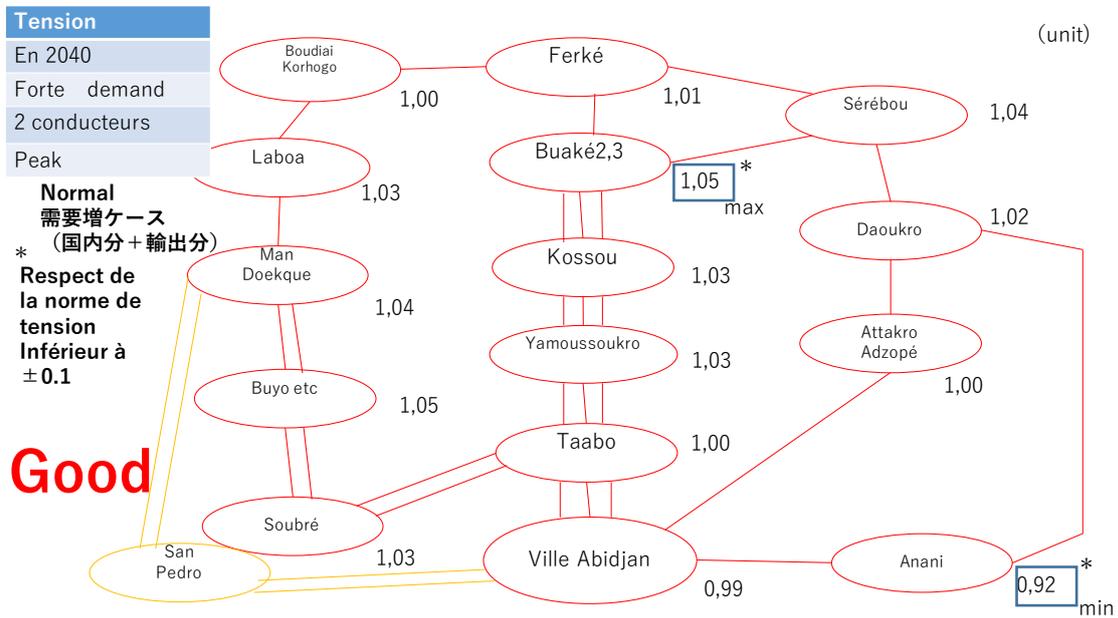
出典：JICA 調査団

図 3.3-4 潮流検討結果(2 導体・事故時)



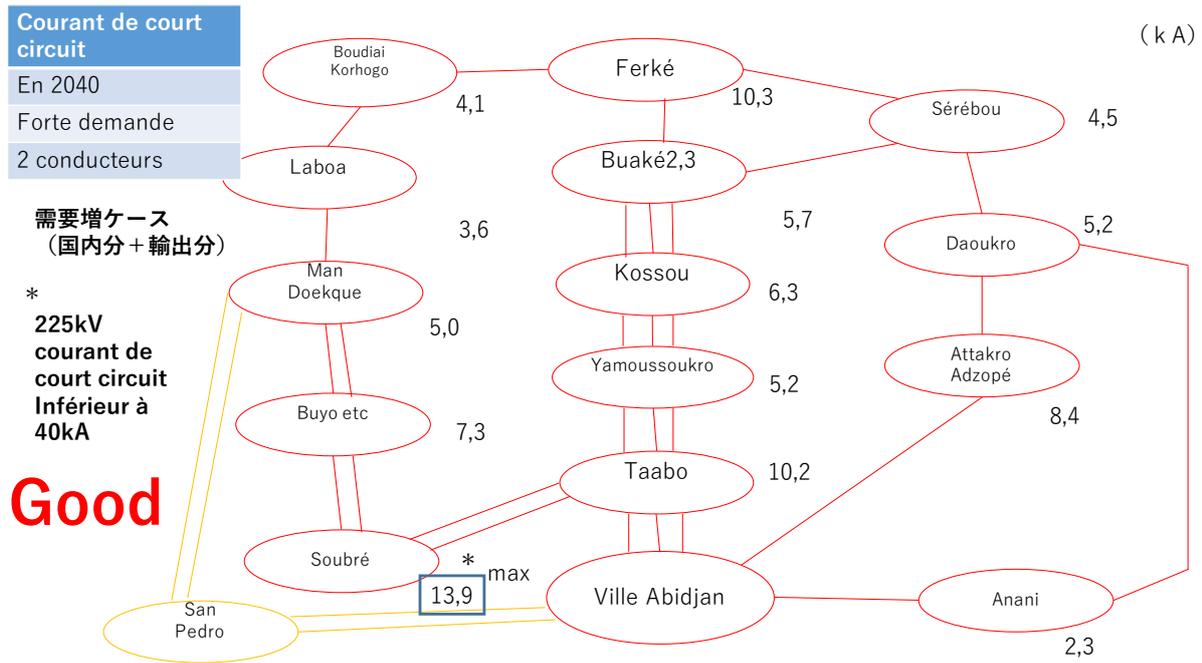
出典：JICA 調査団

図 3.3-5 潮流検討結果(1導体・事故時)



出典：JICA 調査団

図 3.3-6 電圧検討結果



出典：JICA 調査団

図 3.3-7 短絡容量検討結果

導体数	需要 CI Energy 見直し後	潮流計算結果 熱容量以内 N-1考慮	電圧計算結果 ±10%	短絡電流計算結果 225kV系統 40kA以内
1	ハイケース	Not good	Good	Good
2	ハイケース	Good	Good	Good

出典：JICA 調査団

図 3.3-8 系統解析結果

3.4 配電網増強の必要性・妥当性

CI-ENERGIES では、本事業で計画されている Yamoussoukro 2 変電所、Bouaké 3 変電所の新設に関連する Yamoussoukro 市ならびに Bouaké 市内の配電網の増強が検討されている。この増強に関しては、既に CI-ENERGIES は F/S 調査を実施済みである。以下、この F/S 調査内容について記載する。

3.4.1 Yamoussoukro 市の配電網増強計画

(1) Yamoussoukro 市内配電網の現状

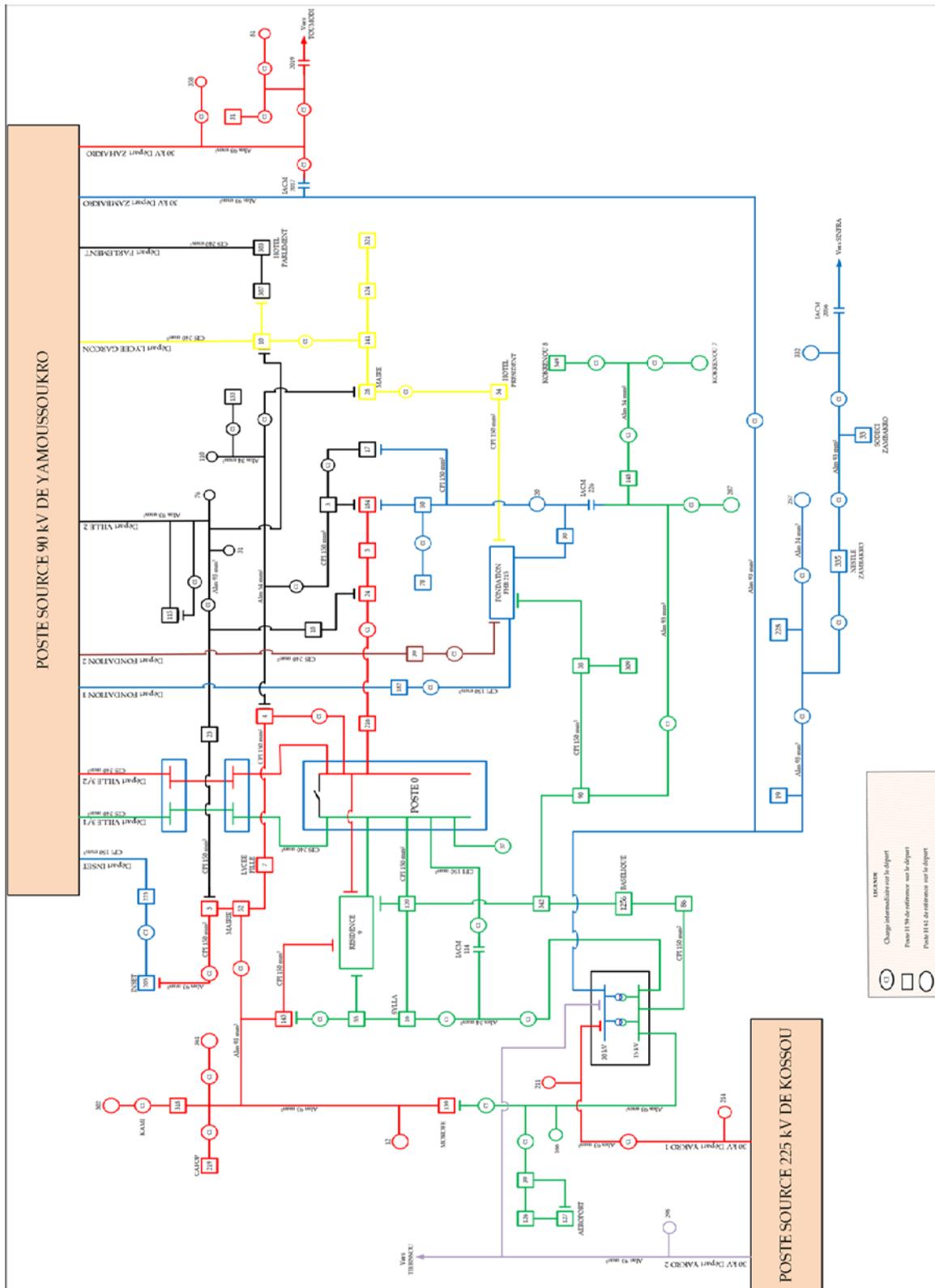
Yamoussoukro 市は、現在 90kV の Dimbokro – Yamoussoukro 線ならびに Kossou – Yamoussoukro 線で基幹送電線に接続される Yamoussoukro 1 変電所から電力供給を受けている。Yamoussoukro 変電所には、90/30kV・24MVA が 1 台、90/15kV・40MVA が 2 台、合計 3 台の変圧器が設置されている。また、Kossou 変電所から 30kV 配電線 2 回線が Yamoussoukro 市内まで施設されており、市内に設置された 30/15kV 変電所を介して市内 15kV 配電網に接続されている。

Yamoussoukro 変電所から引出される配電線は、現在 15kV・8 回線、30kV・2 回線、合計 10 回線が運用中である。配電線の一覧を表 3.4-1、配電線の単線結線図を図 3.4-1 示す。

表 3.4-1 Yamoussoukro 市内配電線一覧

配電線	配電線負荷 (MW)	地中線 (km)	架空線 (km)	TOTAL (km)
15 kV FONDATION 2	1.7	8.9	4.0	12.9
15 kV HOTEL DEPUTE	1	9.5	0.0	9.5
15 kV INSET	2.6	15.3	0.0	15.3
15 kV LYCEE GARCON	3.9	13.3	0.0	13.3
15 kV VILLE 3/1	4.3	27.0	37.6	64.6
15 kV VILLE 3/2	5.4	22.7	19.5	42.2
15 kV VILLE 2	4.8	6.0	19.2	25.2
15 kV FONDATION 1	4.5	12.1	4.0	16.1
30 kV ZAAKRO	4.9	9.7	92.2	101.9
30 kV ZAMBAKRO	8.4	3.0	87.4	90.4
TOTAL		127.4	264.0	391.4

出典：CIENERGIES 実施 F/S 資料



出典：CIENERGIES 実施 F/S 資料

図 3.4-1 Yamoussoukro 市内配電線の単線結線図

(2) ネットワーク分析

CI-ENERGIES が実施した F/S では、現状の配電線系統と負荷（2017 年時点）ならびに 2030 年時点の想定負荷に基づき、系統解析ソフト NEPLAN を使用したシミュレーションが実施された。このシミュレーションは、定常時ならびに N-1 時（隣接配電線の 1 回線事故時）で行われており、分析項目は、配電線負荷、電圧降下、配電線テクニカルロスの 3 項目である。検討に用いられたクライテリアを以下に示す。なお、次節以降の分析結果では、下記クライテリアに応じて、緑色：問題なし、黄色：常時規定値超過、赤色：非常時規定値超過を表す。

- 常時許容電流 : 線路容量 65%
- 非常時許容電流 : 線路容量 110%
- 常時電圧降下限度 : ±7.5%
- 非常時電圧降下限度 : ±10%
- 配電線ロス限度 : 2% (MV のみ)

1) 現状負荷での分析結果

○ 定常時の分析結果

2017 年時点の負荷による定常時の分析結果を表 3.4-2、表 3.4-3、表 3.4-4 に示す。

配電線負荷は、1 回線が常時許容電流の 65% を若干超過しているものの、全体的には制限値内に収まっており、大きな問題は無い。一方で配電線毎の負荷に不均衡が見られるため、系統変更による負荷の平準化が推奨される。

電圧降下とロスに関しては、6 回線で規定値を超過する電圧降下、配電線ロスが検出されている。定常時においても非常時規定値を超過する大きな電圧降下、配電線ロスが発生している配電線もあることから、現時点においても、配電網増強が必要であることが確認できる。

表 3.4-2 配電線負荷分析(2017 年 定常時)

変電所	変圧器 90kV/HTA	配電線	2017年負荷 (MW)	変電所引出部	
				線種	利用率
YAMOUSSOUKRO	TFO 90/15 kV 40MVA N°2	15 kV FONDATION 2	1.7	CIS 240 mm ²	16.3%
		15 kV HOTEL DEPUTE	1.0	CIS 240 mm ²	9.5%
		15 kV INSET	2.6	CIS 240 mm ²	25.8%
		15 kV LYCEE GARCON	3.9	CIS 240 mm ²	38.2%
		15 kV VILLE 3/1	4.3	CIS 240 mm ²	41.5%
	TFO 90/15 kV 40 MVA N°1	15 kV VILLE 3/2	5.4	CIS 240 mm ²	55.0%
		15 kV VILLE 2	4.8	Alm 93 mm ²	66.3%
		15 kV FONDATION 1	4.5	CIS 240 mm ²	46.2%
	TFO 90/33 kV 24 MVA N°1	30 kV ZAAKRO	4.9	Alm 93 mm ²	23.1%
		30 kV ZAMBAKRO	8.4	Alm 93 mm ²	55.2%

出典：CIENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-3 電圧降下分析(2017年 定常時)

変圧器 90 kV/ HTA	配電線	2017年負荷 (MW)	最大電圧降下
TFO 90/15 kV 40MVA N°2	15 kV FONDATION 2	1.7	1.3%
	15 kV HOTEL DEPUTE	1.0	1.5%
	15 kV INSET	2.6	3.2%
	15 kV LYCEE GARCON	3.9	2.8%
	15 kV VILLE 3/1	4.3	6.4%
TFO 90/15 kV 40 MVA N°1	15 kV VILLE 3/2	5.4	8.2%
	15 kV VILLE 2	4.8	10.0%
	15 kV FONDATION 1	4.5	7.9%
TFO 90/33 kV 24 MVA N°1	30 kV ZAAKRO	4.9	5.7%
	30 kV ZAMBAKRO	8.4	10.2%

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-4 配電線ロス(2017年 定常時)

変圧器 90 kV/ HTA	配電線	2017年負荷 (MW)	技術ロス
TFO 90/15 kV 40MVA N°2	15 kV FONDATION 2	1.7	0.2%
	15 kV HOTEL DEPUTE	1.0	0.8%
	15 kV INSET	2.6	1.9%
	15 kV LYCEE GARCON	3.9	1.3%
	15 kV VILLE 3/1	4.3	4.1%
TFO 90/15 kV 40 MVA N°1	15 kV VILLE 3/2	5.4	3.6%
	15 kV VILLE 2	4.8	7.9%
	15 kV FONDATION 1	4.5	3.3%
TFO 90/33 kV 24 MVA N°1	30 kV ZAAKRO	4.9	4.7%
	30 kV ZAMBAKRO	8.4	1.0%

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

○ N-1 事故時の分析結果

N-1 事故時には、検討対象配電線から事故配電線への負荷救済を行うため、対象配電線の負荷電流が増加、供給エリアが拡大した状態になる。2017年時点の負荷による N-1 事故時の分析結果を表 3.4-5、表 3.4-6 に示す。

配電線負荷においては、N-1 事故時（隣接の事故回線への負荷救済時）においても、全ての配電線が事故時許容値の 110% に収まっており良好な結果となっている。ただし、許容値に近い負荷が計測される配電線も複数あるため、今後の需要増加に応じて近年には増強が必要となる事が想定される。

電圧降下については、7 回線において電圧降下限度の超過が発生している。中には 30% 以上と大きな電圧降下の発生が予想される配電線もあり、電力品質の著しい低下を回避するために、配電網の増強が必要であることが確認できる。

表 3.4-5 配電線負荷分析(2017年 事故時)

配電線	事故配電線	事故時負荷 (MW)	変電所引出し部		他の主要区間	
			線種	利用率	線種	利用率
15 kV FOUNDATION 2	15 kV FOUNDATION 1	6.2	CIS 240 mm ²	63.3%	CPI 150 mm ²	81.2%
15 kV HOTEL DEPUTE	15 kV LYCEE GARCON	4.9	CIS 240 mm ²	46.7%	CPI 150 mm ²	42.1%
15 kV INSET	15 kV VILLE 3/2	8.0	CIS 240 mm ²	81.0%	CIS 150 mm ²	84.4%
15 kV LYCEE GARCON	15 kV HOTEL DEPUTE	4.9	CIS 240 mm ²	47.9%	CPI 150 mm ²	84.6%
15 kV VILLE 3/1	15 kV VILLE 3/2	9.7	CIS 240 mm ²	97.7%	CPI 150 mm ²	47.9%
	30 kV ZAMBAKRO	12.7	Alm 93 mm ²	90.2%	CIS 150 mm ²	100.3%
15 kV VILLE 3/2	15 kV INSET	8.0	CIS 240 mm ²	82.9%	CPI 150 mm ²	107.3%
	15 kV VILLE 3/1	9.7	CIS 240 mm ²	97.3%	CPI 150 mm ²	59.2%
15 kV VILLE 2	15 kV LYCEE GARCON	8.7	CIS 240 mm ²	87.5%	CPI 150 mm ²	48.0%
15 kV FOUNDATION 1	15 kV FOUNDATION 2	6.2	CIS 240 mm ²	62.5%	CPI 150 mm ²	36.7%
30 kV ZAAKRO	30 kV ZAMBAKRO	13.3	Alm 93 mm ²	85.8%		
30 kV ZAMBAKRO	30 kV ZAAKRO	13.3	CIS 240 mm ²	64.4%		

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-6 電圧降下分析(2017年 事故時)

配電線	事故配電線	事故時負荷 (MW)	最大電圧降下
15 kV FOUNDATION 2	15 kV FOUNDATION 1	6.2	9.2%
15 kV HOTEL DEPUTE	15 kV LYCEE GARCON	4.9	4.0%
15 kV INSET	15 kV VILLE 3/2	8.0	10.2%
15 kV LYCEE GARCON	15 kV HOTEL DEPUTE	4.9	7.5%
15 kV VILLE 3/1	15 kV VILLE 3/2	9.7	11.8%
	30 kV ZAMBAKRO	12.7	31.2%
15 kV VILLE 3/2	15 kV INSET	8.0	18.5%
	15 kV VILLE 3/1	9.7	11.4%
15 kV VILLE 2	15 kV LYCEE GARCON	8.7	5.7%
15 kV FOUNDATION 1	15 kV FOUNDATION 2	4.5	6.7%
30 kV ZAAKRO	30 kV ZAMBAKRO	13.3	13.4%
30 kV ZAMBAKRO	30 kV ZAAKRO	13.3	11.3%

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

2) 2030年想定負荷における分析結果

○ 定常時の分析結果

2030年時点の想定負荷による定常時の分析結果を表 3.4-7、表 3.4-8、表 3.4-9 に示す。

配電線負荷は、2030年までに10回線中5回線が常時許容電流の65%を超過、うち2回線は100%以上の過負荷となる想定である。また電圧降下、配電線ロスに関しては半数以上の配電線で規定値を超過する見込みである。以上より、堅調な需要の増加が見込める Yamoussoukro 市において、配電網への投資を行わない場合は、供給力の不足また著しい電力品質の低下が発生する見込みであり、配電網増強が必要であることが確認できる。

表 3.4-7 配電線負荷分析(2017~2030年 定常時)

配電線	配電線利用率 (%)													
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
15 kV FONDATION 2	16.3	17.0	18.1	19.3	20.5	21.7	22.8	24.0	25.2	26.3	27.5	28.7	29.9	31.1
15 kV HOTEL DEPUTE	10.0	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
15 kV INSET	25.9	27.0	28.8	30.5	32.4	34.1	36.0	37.8	39.7	41.4	43.2	45.1	46.9	48.8
15 kV LYCEE GARCON	38.3	39.9	43.6	45.2	47.9	50.6	53.4	56.1	58.8	61.5	64.2	67.0	69.7	72.6
15 kV VILLE 3/1	41.7	43.5	46.4	49.3	52.3	55.3	58.3	61.2	64.3	67.3	70.3	73.4	76.5	79.4
15 kV VILLE 3/2	55.5	57.9	61.8	65.7	69.8	73.8	77.8	81.8	85.8	89.9	94.1	98.1	102.2	106.3
15 kV VILLE 2	66.3	69.1	73.8	78.5	83.1	87.9	92.6	97.5	102.3	107.2	112.0	116.9	122.0	126.9
15 kV FONDATION 1	46.6	48.6	51.8	55.2	58.5	61.8	65.1	68.4	71.8	75.1	78.5	81.9	85.3	88.7
30 kV ZAAKRO	23.1	23.4	23.6	23.9	24.2	24.5	24.7	25.0	25.4	25.6	25.9	26.3	26.5	26.9
30 kV ZAMBAKRO	55.2	55.8	56.5	57.1	57.8	58.5	59.2	60.0	60.7	61.4	62.1	62.8	63.6	64.4

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-8 電圧降下分析(2017~2030年 定常時)

配電線	電圧降下 (%)													
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
15 kV FONDATION 2	1.3	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0
15 kV HOTEL DEPUTE	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
15 kV INSET	3.5	3.6	3.9	4.1	4.3	4.8	4.5	4.8	5.1	5.3	5.6	5.9	6.1	6.4
15 kV LYCEE GARCON	2.8	2.9	3.0	3.2	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6	4.9	5.1	5.3	5.6	5.8
15 kV VILLE 3/1	6.4	6.7	7.2	7.6	8.1	8.7	9.2	9.7	10.2	10.7	11.2	11.7	12.3	12.8
15 kV VILLE 3/2	8.2	8.5	8.5	9.6	10.1	10.6	10.6	11.1	11.6	12.1	12.7	13.2	13.7	14.2
15 kV VILLE 2	10.0	10.4	11.1	11.7	12.4	13.1	13.7	14.4	15.1	15.8	16.5	17.2	17.9	18.7
15 kV FONDATION 1	7.9	8.1	8.6	9.1	9.6	10.1	11.1	11.7	12.2	12.8	13.3	13.9	14.4	15.0
30 kV ZAAKRO	5.7	5.9	6.1	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1	8.4
30 kV ZAMBAKRO	10.2	10.4	10.7	10.9	11.2	11.4	11.7	12.0	12.2	12.5	12.8	13.1	13.4	13.7

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-9 配電線ロス分析(2017年~2030年 定常時)

配電線	配電線ロス (%)													
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
15 kV FONDATION 2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
15 kV HOTEL DEPUTE	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
15 kV INSET	1.9	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3
15 kV LYCEE GARCON	1.3	1.4	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
15 kV VILLE 3/1	4.1	3.2	3.5	3.7	3.9	4.2	4.4	4.6	4.9	5.1	5.4	5.6	5.9	6.1
15 kV VILLE 3/2	3.6	3.8	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2
15 kV VILLE 2	7.9	8.3	8.9	9.5	10.1	10.7	11.3	12.0	12.6	13.3	13.9	14.6	15.3	13.0
15 kV FONDATION 1	3.3	3.4	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9	5.2	5.4	5.7	6.0	6.2	6.5
30 kV ZAAKRO	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
30 kV ZAMBAKRO	5.8	5.9	6.0	6.1	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

(3) 配電網増強計画

前述の分析結果を受けて、図 3.4-2 に示す配電網増強計画が策定されている。なお、増強後の配電線モデルにおいても同様のネットワーク分析を行い、供給力、品質共に問題がない事が確認されている。分析結果の一例を表 3.4-10 に示す。

表 3.4-10 分析結果の例(電圧降下分析)

Unit : %

配電線	電圧降下(%)													
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
15 kV FONDATION 2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.73	1.9	2	2.13	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	3
15 kV HOTEL	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
15 kV INSET	3.5	3.6	3.9	4.1	4.3	4.5	4.8	4.8	5.07	5.3	5.6	5.9	6.1	6.4
15 kV LYCEE	2.8	2.9	3	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.2	4.4	4.6
15 kV VILLE 3/1	6.4	6.7	7.2	3	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.6	4.8	5	5.2
15 kV VILLE 3/2	8.2	8.5	8.5	5.9	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	7.6	8	8.3	8.6	8.9
15 kV VILLE 2	8.7	9.4	9.9	5.9	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	7.50%	7.9	8.3	8.6	8.9
15 kV FONDATION 1	7.9	8.1	8.6	6	6.1	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	7.7	8	8.3	8.6
30 kV ZAAKRO	5.7	5.9	6.1	6.2	6.4	6.6	6.8	7	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1	8.4
30 kV ZAMBAKRO	10.2	10.4	10.7	5.9	5.9	6.2	6.4	6.5	6.7	6.8	7	7.2	7.3	7.5

3.4.2 Bouaké 市の配電網増強計画

(1) 市内配電網の現状

Bouaké 市内の配電網は、Bouaké 1 変電所 (90/30/15kV) ならびに Bouaké 2 変電所 (225/90/15kV) の2つの変電所から供給されている。

Bouaké 1 変電所は、90kV 送電線 Bouaké 1 – Kossou 線ならびに Bouaké 1 – Bouaké 2 線によって基幹送電線に接続されており、構内には 90/30kV・10MVA が1台、90/15kV・36MVA が2台、合計3台の変圧器が設置されている。

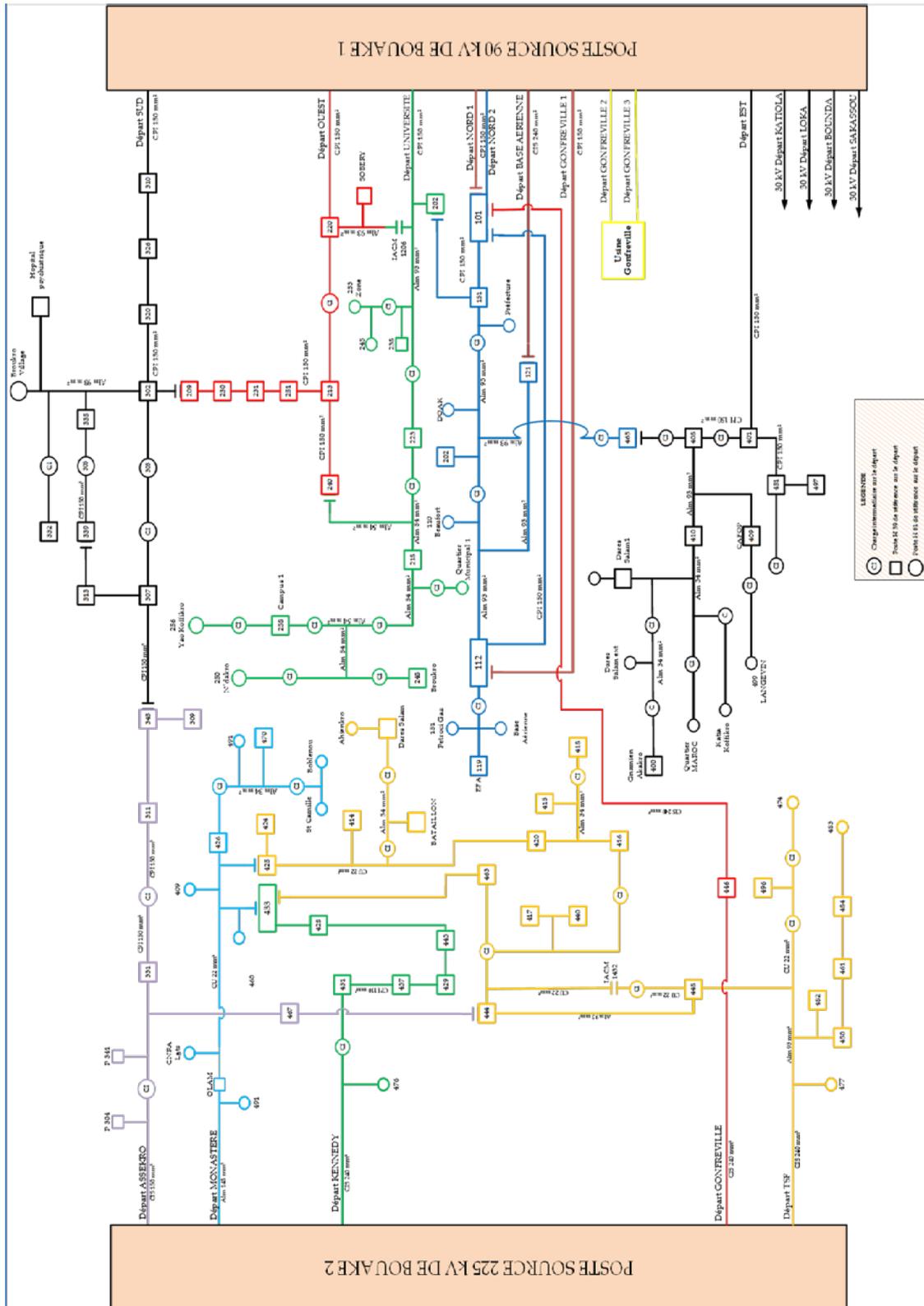
一方、Bouaké 2 変電所は、225kV 送電線 Bouaké 2 -Kossou 線ならびに Bouaké 2-Ferké 線で基幹送電線に接続されており、配電網へは2台の 90/15kV・36MVA 変圧器を介して接続されている。

上記の2つの変電所 (Bouaké 1、Bouaké 2) から引出される配電線は、現在 15kV・15回線、30kV・4回線、合計19回線が運用中である。配電線の一覧を表 3.4-11 に、配電線の単線結線図を図 3.4-3 に示す。

表 3.4-11 Bouaké 市内配電線一覧

変電所	配電線	配電線負荷 (MW)	地中線 (km)	架空線 (km)	TOTAL (km)
BOUAKE 1	15 kV Nord	3.1	0.8	15.3	16.1
	15 kV Nord 2	0.0	0.8	0.0	0.8
	15 kV EST	6.3	5.0	13.8	18.8
	15 kV OUEST	4.3	5.0	2.7	7.7
	15 kV SUD	3.7	7.5	6.5	14.0
	15 kV UNIVERSITE	5.4	2.6	22.9	25.4
	15 kV BASE AERIENNE	0.0	1.8	2.0	3.8
	15 kV GONFREVILLE 1	0.0	5.5	0.0	5.5
	15 kV GONFREVILLE 2	0.0	3.9	0.0	3.9
	15 kV GONFREVILLE 3	0.0	3.9	0.0	3.9
	33 kV BOUNDA	1.0	0.0	0.0	0.0
	33 kV KATIOLA	3.3	0.0	0.0	0.0
	33 kV LOKA	1.1	0.0	0.0	0.0
	33 kV SAKASSOU	3.6	0.0	0.0	0.0
BOUAKE 2	15 kV ASSEKRO	4.3	6.4	5.2	11.7
	15 kV KENNEDY	0.8	3.0	6.6	9.5
	15 kV MONASTERE	3.9	0.0	28.6	28.6
	15 kV TSF	4.5	5.9	23.4	29.3
	15 kV GONFREVILLE	0.6	6.9	0.0	6.9
	TOTAL		59.0	126.9	185.9

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料



出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

図 3.4-3 Bouaké 市内配電線の単線結線図

(2) ネットワーク分析

Yamoussoukro 市内同様に、2017 年ならびに 2030 年時点の負荷を用いたネットワーク解析によって、配電網増強の要否が検討されている。

1) 現状負荷での分析結果

○ 定常時の分析結果

2017 年時点の負荷による定常時の分析結果を表 3.4-12、表 3.4-13、表 3.4-14 に示す。

配電線負荷は、2 回線が常時許容電流の 65%を超過しているものの、全体的には制限値内に収まっており、大きな問題は無い。一方で配電線毎の負荷に不均衡が見られるため、系統変更による負荷の平準化が推奨される。なお、15kV・GONFREVILLE 1/2/3 は、Gonfreville 社の専用線であるが、現在は何らかの原因で運転休止している。

電圧降下とロスに関しては、5 回線で規定値を超過する電圧降下、配電テクニカルロスが検出されている。定常時においても非常時の規定値を超過する大きな電圧降下、配電線ロスが発生していることから、現時点においても、配電網増強が必要であることが確認できる。

表 3.4-12 配電線負荷分析(2017 年 定常時)

変電所	変圧器 90kV/HTA	配電線	2017年負荷 (MW)	変電所引出部	
				線種	利用率
BOUAKE 1	TFO 90/15 kV 36 MVA N°1	15 kV NORD 2	3.1	CIS 150 mm ²	42.1%
		15 kV UNIVERSITE	5.4	Alm 93 mm ²	73.2%
		15 kV SUD	3.7	CIS 150 mm ²	50.0%
		15 kV EST	6.3	CIS 150 mm ²	85.6%
		15 kV GONFREVILLE 1	0	CIS 150 mm ²	0.0%
		15 kV GONFREVILLE 2	0	CIS 150 mm ²	0.0%
	15 kV GONFREVILLE 3	0	CIS 150 mm ²	0.0%	
	TFO 90/15 kV 36 MVA N°2	15 kV OUEST	4.3	CIS 150 mm ²	56.0%
BOUAKE 2	TFO 90/36 kV 36 MVA N°1	15 kV MONASTERE	3.9	Alm 148 mm ²	40.2%
		15 kV KENNEDY	0.8	Alm 148 mm ²	7.8%
		15 kV ASSEKRO	4.3	CIS 150 mm ²	58.0%
		15 kV GONFREVILLE (BKE)	0.6	CIS 240 mm ²	5.8%
		15 kV TSF	4.5	CIS 240 mm ²	45.7%

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-13 電圧降下分析(2017年 定常時)

変電所	変圧器 90 kV/ HTA	配電線	2017年負荷 (MW)	最大電圧降下
BOUAKE 1	TFO 90/15 kV 36 MVA N°1	15 kV NORD 2	3.1	4.4%
		15 kV UNIVERSITE	5.4	6.9%
		15 kV SUD	3.7	3.9%
		15 kV EST	6.3	4.6%
	TFO 90/15 kV 36 MVA N°2	15 kV OUEST	4.3	1.5%
BOUAKE 2	TFO 90/36 kV 36 MVA N°1	15 kV MONASTERE	3.9	12.3%
		15 kV KENNEDY	0.8	3.0%
		15 kV ASSEKRO	4.3	5.2%
		15 kV GONFREVILLE (BKE 2)	0.6	2.0%
		15 kV TSF	4.5	6.2%

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-14 配電線ロス(2017年・定常時)

変電所	変圧器 90 kV/ HTA	配電線	2017年負荷 (MW)	技術ロス
BOUAKE 1	TFO 90/15 kV 36 MVA N°1	15 kV NORD 2	3.1	1.0%
		15 kV UNIVERSITE	5.4	2.6%
		15 kV SUD	3.7	0.9%
		15 kV EST	6.3	2.8%
	TFO 90/15 kV 36 MVA N°2	15 kV OUEST	4.3	0.9%
BOUAKE 2	TFO 90/36 kV 36 MVA N°1	15 kV MONASTERE	3.9	7.5%
		15 kV KENNEDY	0.8	0.4%
		15 kV ASSEKRO	4.3	2.3%
		15 kV GONFREVILLE (BKE 2)	0.6	0.2%
		15 kV TSF	4.5	2.1%

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

○ N-1 事故時の分析結果

N-1 事故時には、検討対象配電線から事故配電線への負荷救済を行うため、対象配電線の負荷電流が増加また、供給線路が延長された状態になる。2017年時点の負荷による N-1 事故時の分析結果を表 3.4-15、表 3.4-16 に示す。

N-1 事故時（隣接の事故回線への負荷救済時）の配電線負荷は、8 回線で事故時許容値の 110% を超過しており、事故時には供給力不足の発生が懸念される。また、許容値に近い負荷が計測される配電線も複数あるため、今後の需要増加に応じて近年には大幅な増強が必要となる事が想定される。

N-1 事故時の電圧降下では、6 回線において非常時規定値の超過が発生している。中には 30%以上と大きな電圧降下の発生が予想される配電線もあり、著しい電力品質の低下が発生している。また常時の規定値 7.5%を超過する配電線も 6 回線あり、早急な配電網の増強が必要であることが確認できる。

表 3.4-15 配電線負荷分析(2017 年 事故時)

変電所	配電線	事故配電線	事故時負荷 (MW)	変電所引出し部		他の主要区間	
				線種	利用率	線種	利用率
BOUAKE 1	15 kV NORD 2	15 kV NORD 1	3.1	CIS 150 mm ²	42.1%	Alm 93 mm ²	39.5%
		15 kV BASE AERIENNE	3.1	CIS 150 mm ²	41.4%	Alm 93 mm ²	40.0%
		15 kV GONFREVILLE (BKE 2)	3.7	CIS 150 mm ²	37.5%	Alm 93 mm ²	38.8%
	15 kV UNIVERSITE	15 kV OUEST	9.7	CIS 150 mm ²	129.7%	Alm 93 mm ²	84.6%
		15 kV NORD 2	8.5	CIS 150 mm ²	115.9%	Alm 93 mm ²	67.3%
	15 kV SUD	15 kV OUEST	8.0	CIS 150 mm ²	105.6%		
	15 kV EST	15 kV NORD 2	9.4	CIS 150 mm ²	130.7%	Alm 34 mm ²	127.3%
15 kV OUEST	15 kV UNIVERSITE	9.7	Alm 93 mm ²	130.2%			
BOUAKE 2	15 kV MONASTERE	15 kV KENNEDY	4.7	Alm 148 mm ²	48.2%	CU 22 mm ²	43.0%
		15 kV TSF	8.3	Alm 93mm ²	112.4%	CU 22 mm ²	26.9%
	15 kV KENNEDY	15 kV MONASTERE	4.7	Alm 148 mm ²	48.8%	CU 22 mm ²	44.2%
		15 kV TSF	5.3	Alm 93mm ²	70.1%		
	15 kV ASSEKRO	15 kV TSF	8.8	Alm 93mm ²	117.2%	CIS 150 mm ²	41.4%
	15 kV GONFREVILLE (BKE 2)	15 kV NORD 2	3.7	CIS 150 mm ²	48.1%		
		15 kV ASSEKRO	8.8	CIS 150 mm ²	118.6%	CIS 150 mm ²	78.1%
	15 kV TSF	15 kV MONASTERE	8.3	Alm 148 mm ²	88.5%	CU 22 mm ²	158.0%
15 kV KENNEDY		5.3	Alm 148 mm ²	43.4%	CIS 150 mm ²	63.0%	

出典：CIENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-16 電圧降下分析(2017 年 事故時)

変電所	配電線	事故配電線	事故時負荷 (MW)	最大電圧降下
BOUAKE 1	15 kV NORD 2	15 kV NORD 1	3.1	4.4%
		15 kV BASE AERIENNE	3.1	3.0%
		15 kV GONFREVILLE 1	3.1	5.2%
		15 kV GONFREVILLE	3.7	5.7%
	15 kV UNIVERSITE	15 kV OUEST	9.7	8.3%
		15 kV NORD 2	8.5	7.8%
	15 kV SUD	15 kV OUEST	8.0	4.5%
15 kV EST	15 kV NORD 2	9.4	7.5%	
15 kV OUEST	15 kV UNIVERSITE	9.7	9.5%	
	15 kV SUD	8.0	6.2%	
BOUAKE 2	15 kV MONASTERE	15 kV KENNEDY	4.7	10.6%
		15 kV TSF	8.3	15.1%
	15 kV KENNEDY	15 kV MONASTERE	4.7	16.5%
		15 kV TSF	5.3	7.5%
	15 kV ASSEKRO	15 kV TSF	8.8	8.4%
	15 kV GONFREVILLE	15 kV NORD 2	3.7	2.3%
		15 kV ASSEKRO	8.8	11.1%
	15 kV TSF	15 kV MONASTERE	8.3	33.0%
15 kV KENNEDY		5.3	12.0%	

出典：CIENERGIES 実施 F/S 資料

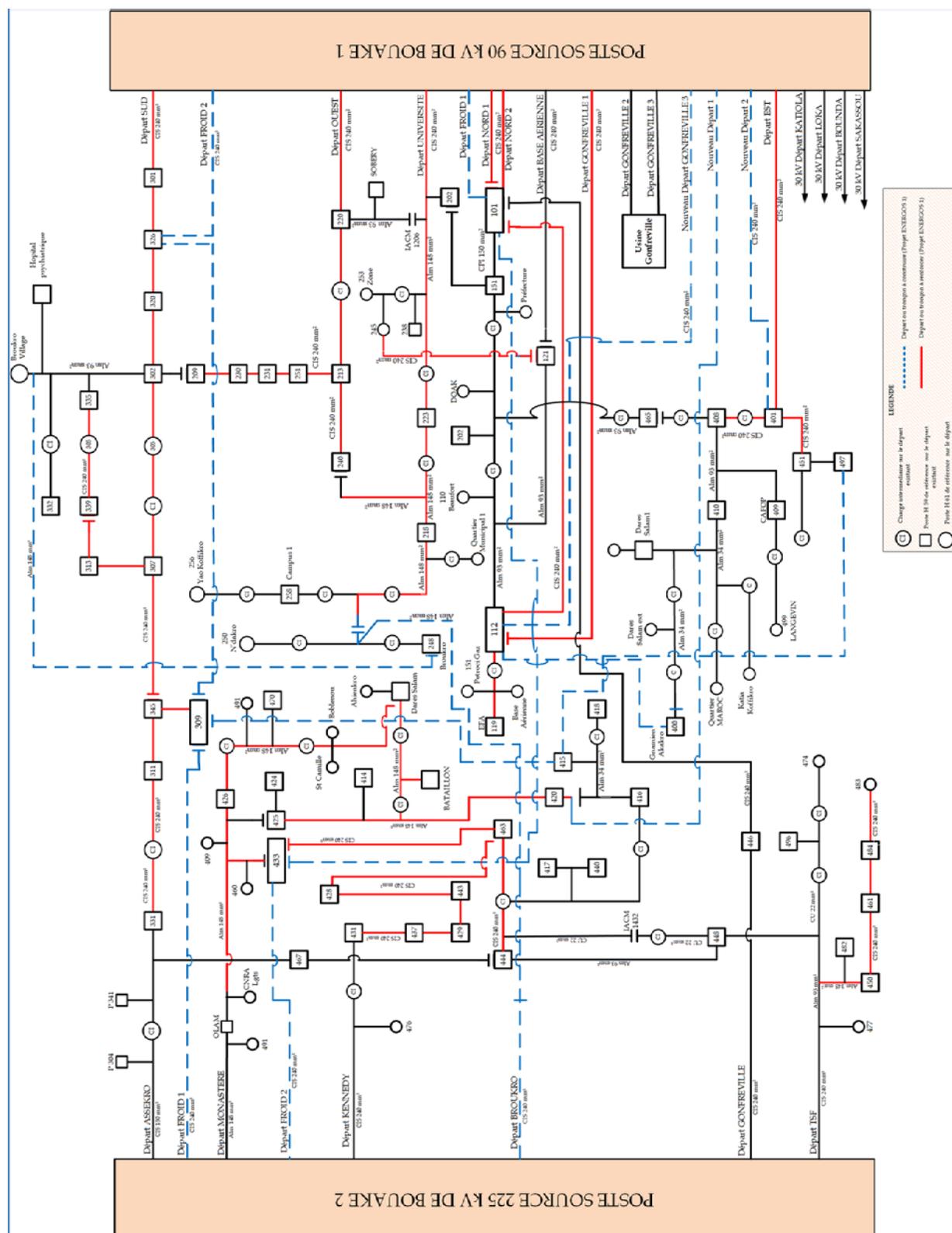
2) ENERGOS I プロジェクトによる配電網の増強

Bouaké 市内においては、前述の市内配電網の逼迫した状況を改善すべく EU の支援による配電網のリハビリ・拡張プロジェクト (ENERGOS I) が実施されている。このプロジェクトの実施目的は以下の通りである。

- 既存配電網の強化と改修
- 配電網の拡張
- 配電網の自動化と遠隔制御化

このプロジェクトでは、上記目的に対応して複数の計画が策定されており、8 回線の配電線新設、既設配電線の改修と配電線連系の強化、低圧配電用変電所の増強 (改修 45 台、新設 30 台)、低圧配電網の拡張等が計画されており、2020 年の竣工を目指し、現在進行中である。ENERGOS I プロジェクト実施後の Bouaké 市内の配電線単線結線図を図 3.4-4 に示す。

F/S 調査では、ENERGOS プロジェクト実施後の配電網においても、同様のネットワーク分析を実施しており、2017 年時点の負荷における Bouaké 市内配電網の問題点は概ね改善される予定である事が確認されている。



出典：CIENERGIES 実施 F/S 資料

図 3.4-4 ENERGIS I プロジェクト実施後の Bouaké 市内配電網

3) 2030年想定負荷における分析結果

F/S調査では、ENERGOSI プロジェクト実施後のBouaké市内配電網において、2030年時の想定負荷を用いたネットワーク分析が実施されている。以下に分析内容を示す。

○ 定常時の分析結果

2030年の想定負荷による定常時の分析結果を表3.4-17、表3.4-18、表3.4-19に示す。

配電線負荷は、2030年までに7回線が常時許容電流の65%を超過、うち4回線は100%以上の過負荷となる想定である。また電圧降下、配電線ロスに関しても多数の配電線で規定値を超過する見込みである。以上より、堅調な需要の増加が見込めるBouaké市において、配電網への投資を行わない場合は、供給力の不足また著しい電力品質の低下が発生する見込みであり、配電網増強が必要であることが確認できる。

表 3.4-17 配電線負荷分析(2017～2030年 定常時)

配電線	配電線利用率 (%)													
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
PS BOUAKE 1														
15 kV NORD 2	22.7	24.8	26.9	29.1	32.2	34.4	36.6	38.7	42	44.2	47.5	49.8	53.1	56.5
15 kV NORD 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV UNIVERSITE	45.8	51.1	55.3	59.6	65	69.3	73.7	79.2	84.7	89.2	94.8	101.5	107.3	114.2
15 kV SUD	36.9	42.2	45.3	48.5	52.8	57.1	60.4	64.7	69.1	73.5	78	82.5	88.1	92.7
15 kV EST	46.8	52.1	56.3	61.6	66	71.3	75.6	81.1	85.5	91	96.6	103.3	108.9	115.8
15 kV GONFREVILLE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV GONFREVILLE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Nveau Dpt Gonf3	6.9	7.4	8	8.5	9	9.9	10.9	12	13.2	14.5	15.9	17.5	19.3	21.2
15 kV OUEST	42.2	47.2	51.1	55.1	60.2	64.2	68.2	72.2	77.3	81.4	85.8	90.4	95.3	100.4
15 kV BASE AERIENNE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Départ 1 BKE1	31.4	34.4	37.5	40.6	43.7	46.8	49.9	53	56.1	60.3	64.84	69.71	74.94	80.56
15 kV Départ 2 BKE1	23.1	24.1	25.1	26.1	27.1	28.2	29.3	30.5	31.7	33	34.3	35.7	37.1	38.6
15 kV Dpt froid 1 BKE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 k V Dpt froid 2 BKE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PS BOUAKE 2														
15 kV MONASTERE	19	21.1	23.1	24.2	26.3	28.4	30.6	32.7	34.9	37.1	39.3	41.5	43.8	47.1
15 kV KENNEDY	8.6	9.6	10.7	11.7	12.7	12.8	13.8	14.9	15.9	17	18.1	19.1	20.2	21.3
15 kV ASSEKRO	57.2	64.1	69.7	75.3	82.3	88	93.7	99.5	106.7	112.5	119.7	127.1	134.5	143.4
15 kV GONFREVILLE 4	5.7	6.7	6.8	7.8	7.8	8.8	9.9	9.9	10.9	10.9	12	13.1	14.1	14.2
15 kV TSF	29.9	34.1	37.2	40.4	43.5	46.7	49.9	53.1	56.4	59.6	62.9	67.2	71.6	75
15 kV Nveau Dpt Broukro	9.2	11.2	11.2	12.3	13.3	14.4	15.5	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	22	23.1
15 kV Dpt froid 1 BKE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Dpt froid 2 BKE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-18 電圧降下分析(2017~2030年 定常時)

配電線	電圧降下(%)													
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
PS BOUAKE 1														
15 kV NORD 2	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	3.8	4.1	4.5	4.8	5.1	5.5	5.9	6.3
15 kV NORD 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV UNIVERSITE	4.4	5.0	5.4	5.9	6.5	7.0	7.4	8.0	8.6	9.1	9.8	10.5	11.2	11.9
15 kV SUD	3.0	3.5	3.8	4.1	4.5	4.9	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.3	7.9	8.4
15 kV EST	3.6	4.0	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1	6.6	7.1	7.5	8.0	8.6	9.2	9.8
15 kV GONFREVILLE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV GONFREVILLE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Nveau Dpt Gonf3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9
15 kV OUEST	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.2	2.3	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9	3.0	3.2
15 kV BASE AERIENNE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Départ 1 BKE1	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.3	4.4	4.5	4.9	5.3	5.6	6.0	6.4	6.9
15 kV Départ 2 BKE1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0
15 kV Dpt froid 1 BKE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Dpt froid 2 BKE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PS BOUAKE 2														
15 kV MONASTERE	3.7	4.3	4.7	5.0	5.6	6.0	6.5	6.6	7.5	8.0	8.5	9.1	9.6	10.4
15 kV KENNEDY	1.9	2.2	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.6	4.1	4.3	4.7	5.0	5.4	5.7
15 kV ASSEKRO	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.4	8.5	8.9	9.6	10.2	10.9	11.6
15 kV GONFREVILLE (BK)	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	3.1	3.0	3.2	3.5	3.7	4.0	4.3
15 kV TSF	2.5	2.9	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.6	5.2	5.5	6.0	6.4	6.8	7.3
15 kV Nveau Dpt Broukre	2.0	2.1	2.4	2.6	2.9	3.1	3.5	3.8	4.2	4.6	5.1	5.6	6.1	6.7
15 kV Dpt froid 1 BKE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Dpt froid 2 BKE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

表 3.4-19 配電線ロス分析(2017年~2030年 定常時)

配電線	配電線ロス(%)													
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
PS BOUAKE 1														
15 kV NORD 2	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.5%	0.5%
15 kV NORD 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV UNIVERSITE	1.2%	1.4%	1.5%	1.6%	1.7%	1.9%	2.0%	2.1%	2.3%	2.4%	2.6%	2.8%	3.0%	3.2%
15 kV SUD	2.1%	2.1%	2.3%	2.4%	2.6%	2.8%	3.0%	3.2%	3.5%	3.8%	4.1%	4.5%	4.9%	4.9%
15 kV EST	2.6%	2.9%	3.1%	3.4%	3.7%	4.0%	4.2%	4.6%	4.8%	5.1%	5.5%	5.9%	6.2%	6.7%
15 kV GONFREVILLE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV GONFREVILLE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Nveau Dpt Gonf3	0.0%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.5%	0.5%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.8%
15 kV OUEST	0.6%	0.6%	0.8%	0.9%	1.0%	1.2%	1.4%	1.7%	2.0%	2.4%	2.9%	3.4%	4.1%	4.9%
15 kV BASE AERIENNE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Départ 1 BKE1	2.1%	2.1%	2.3%	2.4%	2.6%	2.8%	3.0%	3.2%	3.5%	3.8%	4.1%	4.5%	4.9%	5.4%
15 kV Départ 2 BKE1	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.5%	0.5%	0.6%	0.6%	0.6%	0.7%
15 kV Dpt froid 1 BKE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Dpt froid 2 BKE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PS BOUAKE 2														
15 kV MONASTERE	3.3%	3.7%	4.1%	4.3%	4.8%	5.1%	5.6%	6.0%	6.4%	6.8%	7.2%	7.7%	8.1%	8.7%
15 kV KENNEDY	0.4%	0.5%	0.6%	0.6%	0.7%	0.7%	0.7%	0.8%	0.9%	0.9%	1.0%	1.0%	1.1%	1.2%
15 kV ASSEKRO	2.1%	2.3%	2.5%	2.8%	3.1%	3.3%	3.5%	3.7%	4.0%	4.2%	4.5%	4.8%	5.1%	5.5%
15 kV GONFREVILLE 4	0.0%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.5%	0.5%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.8%
15 kV TSF	0.9%	1.1%	1.1%	1.3%	1.4%	1.5%	1.6%	1.7%	1.8%	1.9%	2.0%	2.1%	2.3%	2.4%
15 kV Nveau Dpt Broukre	0.0%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.5%	0.5%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.8%
15 kV Dpt froid 1 BKE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 kV Dpt froid 2 BKE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料

(3) 配電網増強計画

前述の分析結果を受けて、図 3.4-5 に示す配電網増強計画が策定されている。なお、増強後の配電線モデルにおいても同様のネットワーク分析を行い、供給力、品質共に問題がない事が確認されている。分析結果の一例を表 3.4-20 に示す。

表 3.4-20 分析結果の例(電圧降下分析)

配電線	電圧降下(%)														Unit:%
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
PS BOUAKE 1															
15 kV NORD 2	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1	3.4	3.7	4.0	4.4	4.8	5.2	
15 kV NORD 1															
15 kV UNIVERSITE	2.2	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	4.0	4.4	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	
15 kV SUD	2.4	2.8	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	5.0	5.5	5.9	6.5	7.0	7.4	
15 kV EST	2.5	2.9	3.1	3.4	3.7	4.0	4.4	4.7	5.1	5.6	6.0	6.6	7.1	7.5	
15 kV GONFREVILLE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15 kV GONFREVILLE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15 kV Nveau Dpt Gonf	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	4.0	4.2	
15 kV OUEST	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1	3.4	3.7	4.1	4.4	
15 kV BASE AERIENNE															
15 kV Départ 1 BKE1	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.3	4.4	4.5	4.9	5.3	5.6	6.0	6.4	6.9	
15 kV Départ 2 BKE1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	
15 kV Dpt froid 1 BKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15 k V Dpt froid 2 BKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

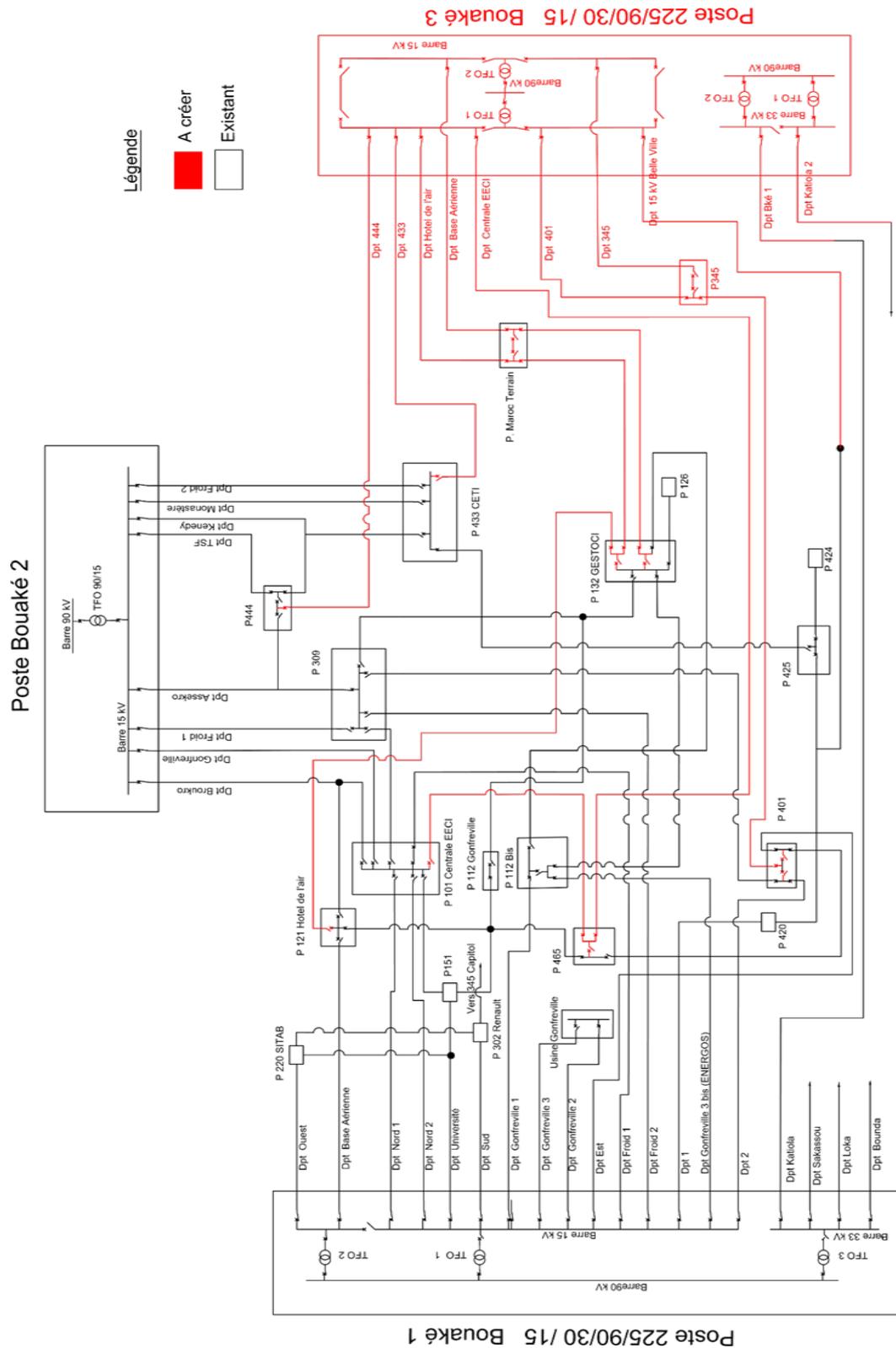
3.4.3 配電網増強計画まとめ

前項までに、Yamoussoukro 市内、Bouaké 市内の配電網増強に関する CI-ENERGIES 実施の F/S 調査の概要を述べた。両市とも、現状の需要においては配電網に大きな問題は無いが、今後想定されている堅調な需要増加に対応するために配電網の増強が必要であり、F/S 調査で策定された増強計画は妥当であると言える。工事計画の概要を表 3.4-21 に示す。

表 3.4-21 2 都市における工事計画概要

市	新設配電線	配電線巨長 (km)	配電ポスト 新設 (箇所)	配電ポスト 拡張 (箇所)	必要変圧器 台数 (台)	備考	
Yamoussoukro	15kV	Ville 4/1	3.7	0	0	0	
		Ville 4/2	3.7	0	0	0	
		Cafop	17.7	1	8	1	
		Kokrenou 1	13.8	1	7	1	
		Kokrenou 2	9.4	0	2	0	
		Fondation 3	8.4	0	6	1	
		Aéroport	15.1	1	3	1	
	33kV	Zone Industrielle	9.6	1	1	3	
		Poste 30/15	0.2	0	0	0	
		Total	81.6	4.0	27.0	7.0	
Bouake	15kV	BASSE AERIENNE	13.3	2	4	3	
		HOTEL DE L'AIR	10.9	0	3	0	
		401	8.8	1	1	1	
		345	10.7	0	1	0	
		433	12.6	2	1	2	
		tronçon EECI 1	12.4	0	3	1	
		444	11.3	0	3	1	
	BELLE VILLE	6.3	0	0	0	一部架空線を含む	
	33kV	BKE1	0.2	0	0	0	既設の30kV配電線に接続
		KATIOLA	0.2	0	0	0	既設の30kV配電線に接続
	Total	86.8	5	16	8		

出典：CI ENERGIES 実施 F/S 資料を基に JICA 調査団作成



出典 : CIENERGIES 実施 F/S 資料

図 3.4-5 Bouaké 市内の配電線増強計画

3.5 事業対象範囲

事業対象範囲を以下に示す。事業対象範囲は、第1次現地調査時に CI-ENERGIES と協議を行い確認した。その後、Yamoussoukro2 変電所および Bouake3 変電所（いずれも新設）に関しては以下の経緯がある。

第1次現地調査時には、上記二変電所について別途案件形成することも検討されていたが、最終的には上記二変電所も本円借款の対象に含まれることとなった。

1) 送電設備

No.	種類	自	至	電圧 (kV)	回線数	備考
1	架空	Taabo 変電所 (既設)	Kossou 変電所 (既設)	225	2	送電線新設
2	架空	Kossou 変電所 (既設)	Bouaké 3 変電所 (新設)	225	2	送電線新設

2) 変電設備

No.	変電所名	電圧(kV)	主な内容	備考
3	Taabo 変電所 (既設)	225	変電所拡張	
4	Kossou 変電所 (既設)	225	変電所拡張	
5	Bouaké 2 変電所 (既設)	225	変電所拡張	
6	Yamoussoukro2 変電所	225	変電所新設	2020年に事業対象に追加
7	Bouaké 3 変電所	225	変電所新設	2020年に事業対象に追加

3) 配電

No.	地域	内容	備考
8	Yamoussoukro 市 (首都)	新設予定の Yamoussoukro 2 変電所からの配電網新設	図 3.4-2 参照
9	Bouaké 市	新設予定の Bouaké 3 変電所からの配電網新設	図 3.3-7 参照

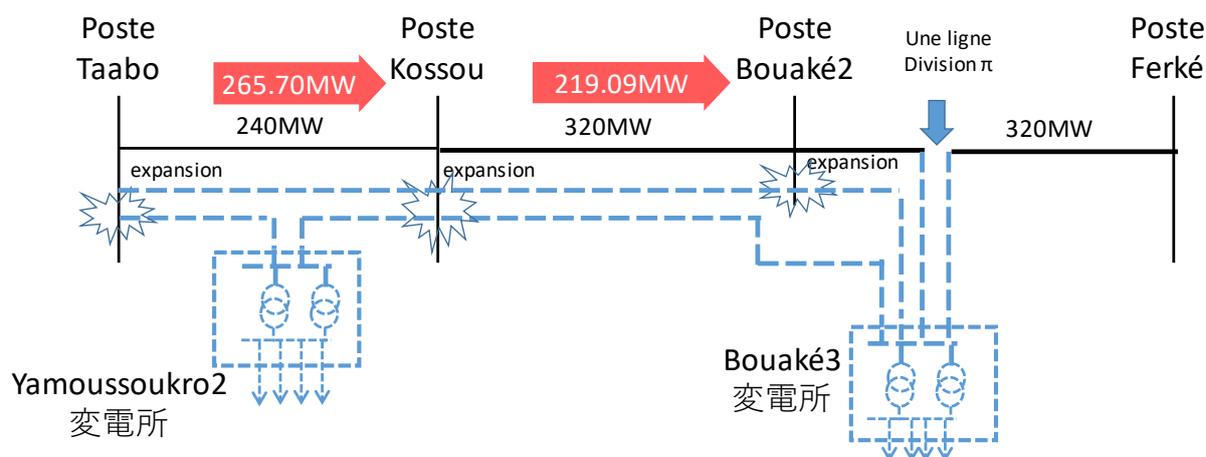


図 3.5-1 事業対象系統

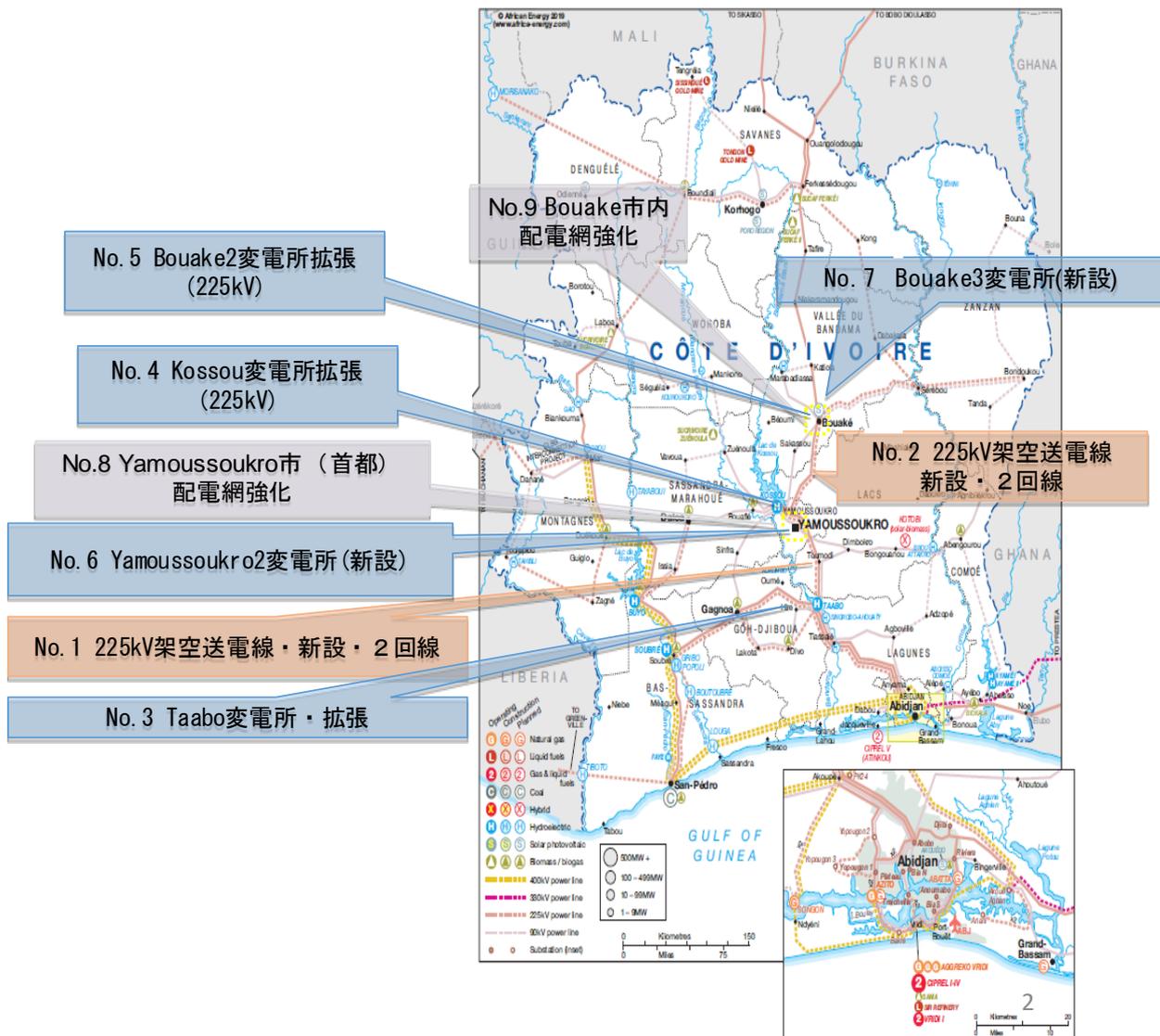


図 3.5-2 事業対象の位置図

第4章 現地調査結果

第4章 現地調査結果

4.1 送電設備

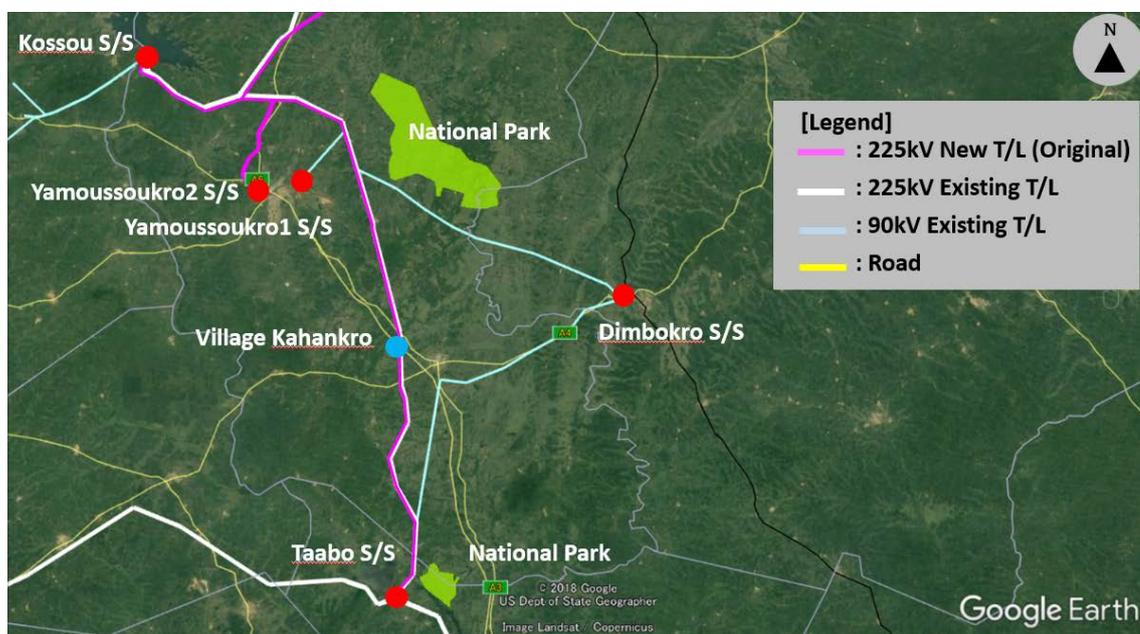
4.1.1 架空送電線ルート

(1) 架空送電線ルート

図 4.1-1 に CI-ENERGIES が実施した F/S において、ローカルコンサルタントの POWER COM が検討した架空送電線ルート（1 回線）を示す。

Taabo 変電所－Kossou 変電所－Bouaké 3 変電所間で 225kV 架空送電線の新設が計画されている。また、Taabo 変電所と Kossou 変電所の間で Yamoussoukro 2 変電所への π 分岐が計画されている。さらに、Kossou 変電所から Bouaké 3 変電所間で Bouaké 2 変電所への π 分岐が計画されている。

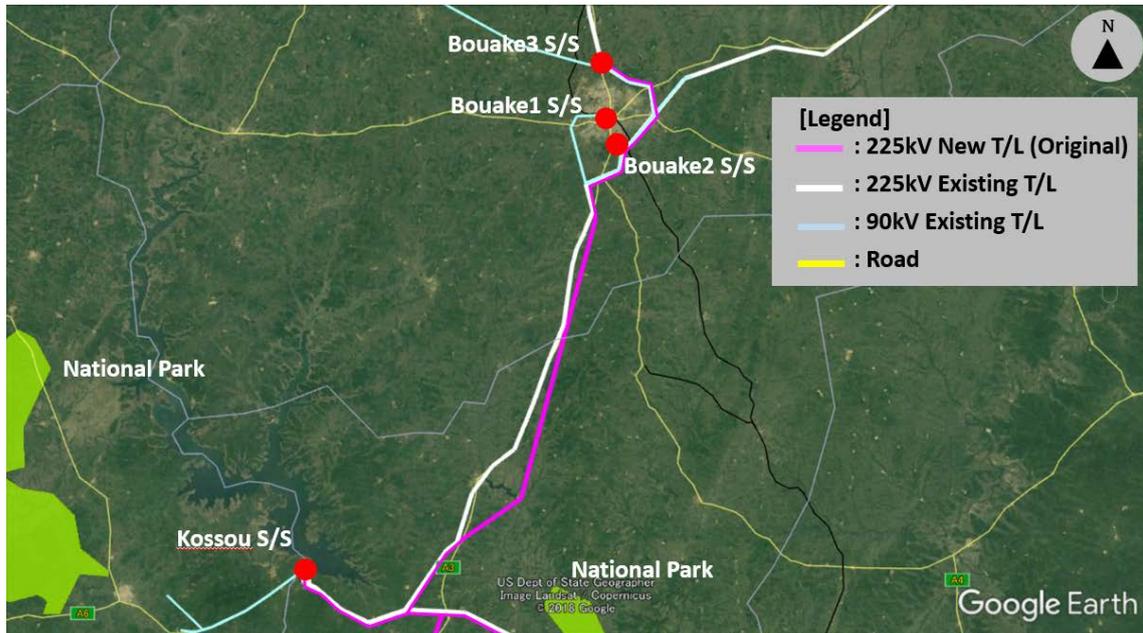
Taabo 変電所から Kossou 変電所のルートは、架空送電線であり、一方が、Taabo 変電所とつながっている。地中送電線で、引留鉄塔から 225kV 母線への接続を確保する。その後、送電ルートはほぼ既設 225kV 送電線に並行するルートとなっており、Kahankro 村付近で一部迂回するルートとなっている。Yamoussoukro 2 変電所へのルートは主要道路に並走するようなルートとなっている。



出典：JICA 調査団

図 4.1-1 新設架空送電線ルート（Taabo ~ Kossou 間）

Kossou 変電所から Bouaké 3 変電所のルート (図 4.1-2) は、Kossou 変電所から既設 225kV 送電線に並走するよう予定されており、幹線道路に接近する箇所で既設 225kV 送電線からやや離れて Bouaké 2 変電所まで経過する。Bouaké 2 変電所付近から既設 225kV 送電線に再度並走するような計画になっており、その後、Bouaké 3 変電所に引き込まれる。



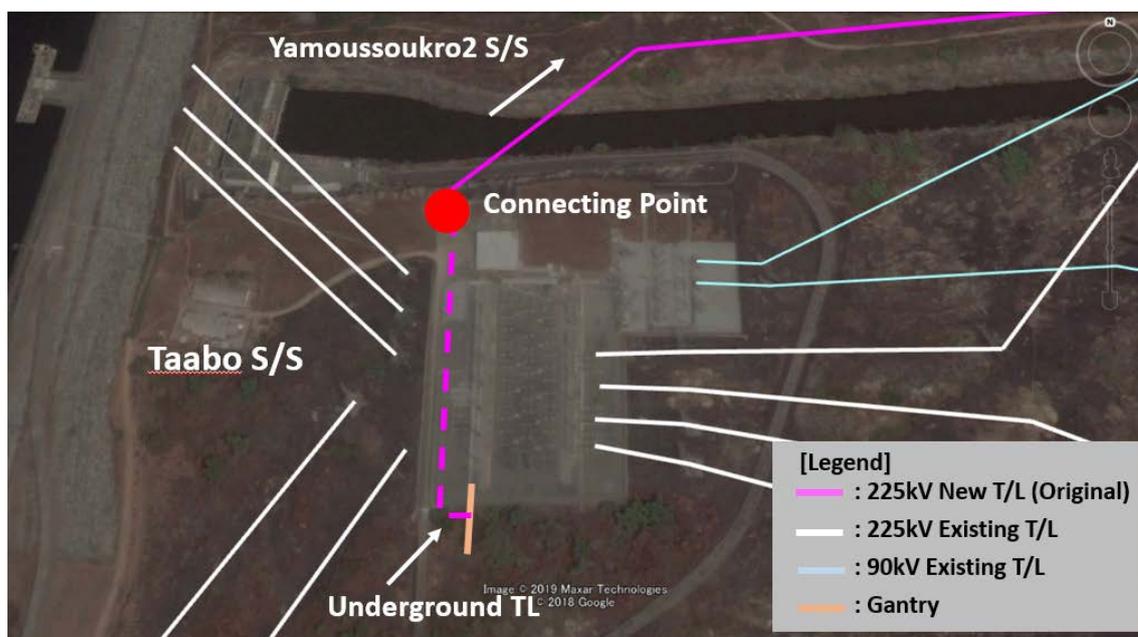
出典：JICA 調査団

図 4.1-2 架空送電線ルート (Kossou ~ Bouaké 3 間)

(2) 架空送電線ルート調査結果

1) Taabo 変電所

Taabo 変電所では、拡張スペースが南に位置しており、225kV の母線を南側に延長する予定になっている。図 4.1-3 にその引込概要を示す。



出典：JICA 調査団

図 4.1-3 Taabo 変電所の引込概要

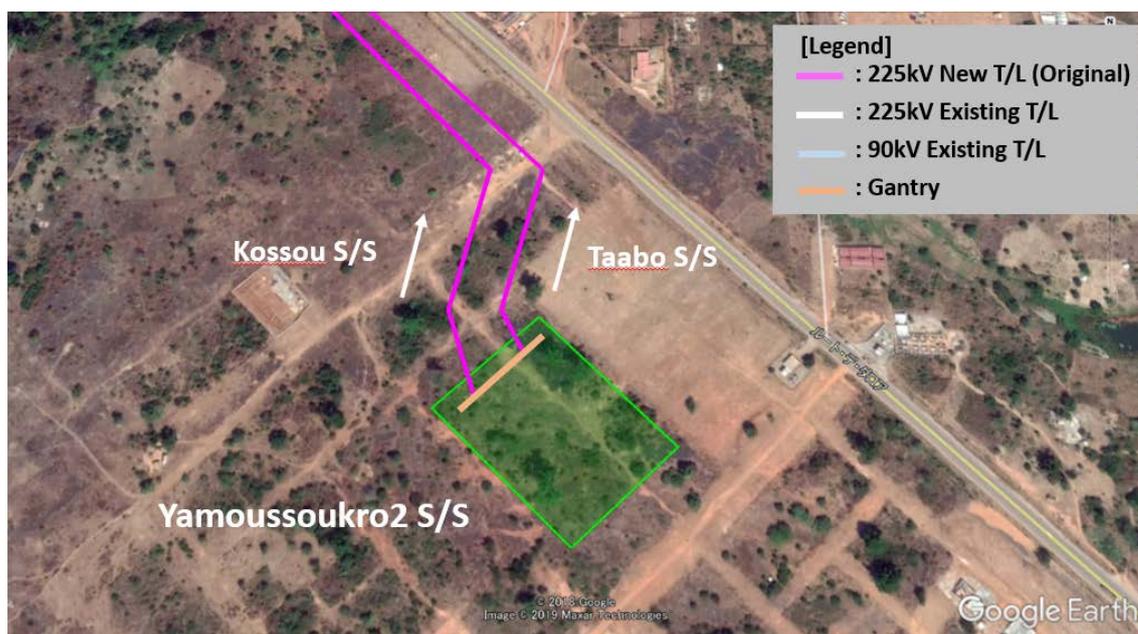
送電線を南側から迂回した場合、既設の 225kV 送電線（3 回線）を横断する必要があることから、一旦地中送電線を北側のスペースまで設置して、その後第 1 鉄塔で架空送電線と接続して引き込む計画とのことであった。その後、放水路を横断して Kossou 変電所方面へ向かう予定である。



図 4.1-4 送電設備の写真

2) Yamoussoukro 2 変電所

Yamoussoukro 2 変電所は、現在建設中の Dispatch Center の南西側に建設される予定である。下図にその引込概要を示す。送電線は、Yamoussoukro の住宅を避けて北西方向から道路に並走して引き込まれる予定である。



出典：JICA 調査団

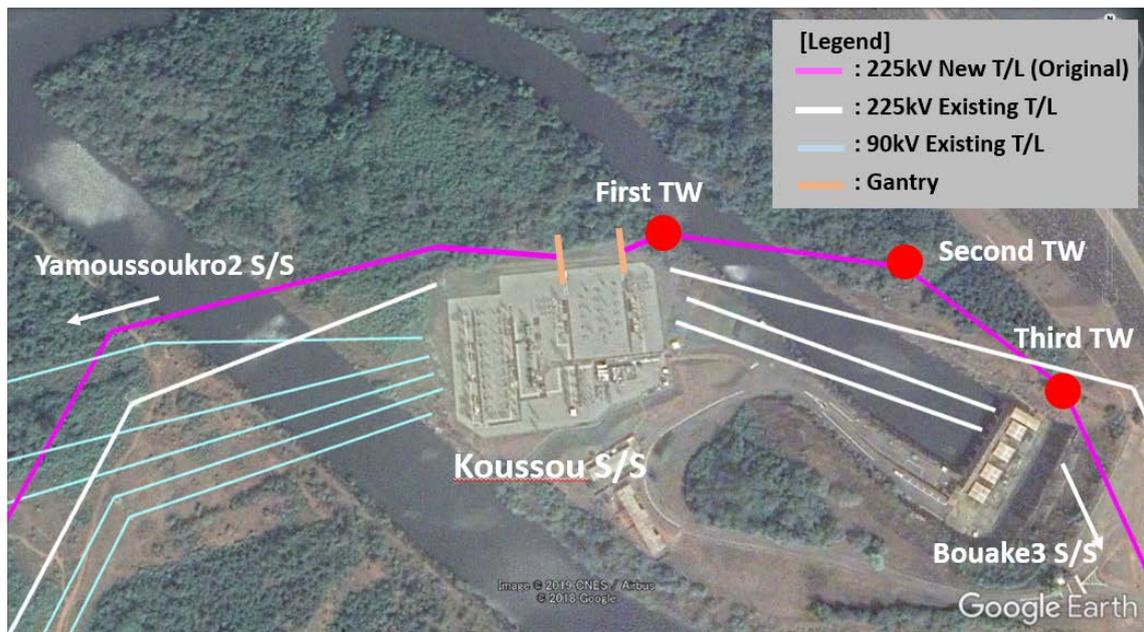
図 4.1-5 Yamoussoukro 2 変電所の引込概要



図 4.1-6 送電設備の写真

3) Kossou 変電所

Kossou 変電所では、拡張スペースが北側に位置しており、225kV の母線を北側に延長する予定である。図 4.1-7 にその引込概要を示す。



出典：JICA 調査団

図 4.1-7 Kossou 変電所の引込概要

Yamoussoukro 2 変電所側からの送電線は、変電所付近で既設の 90kV 送電線（3 回線）を横断して西側から変電所へ引き込まれる予定である。Bouaké 3 変電所側からの送電線は、変電所付近で既設の 225kV 送電線を横断して東側から変電所へ引き込まれる予定である。なお、Bouaké 3 変電所側から引き込まれる送電線の第 1 鉄塔から第 3 鉄塔までの設置位置は、放水路と接近して既設 225kV 送電線を横断する必要があることから、かなり限定される。

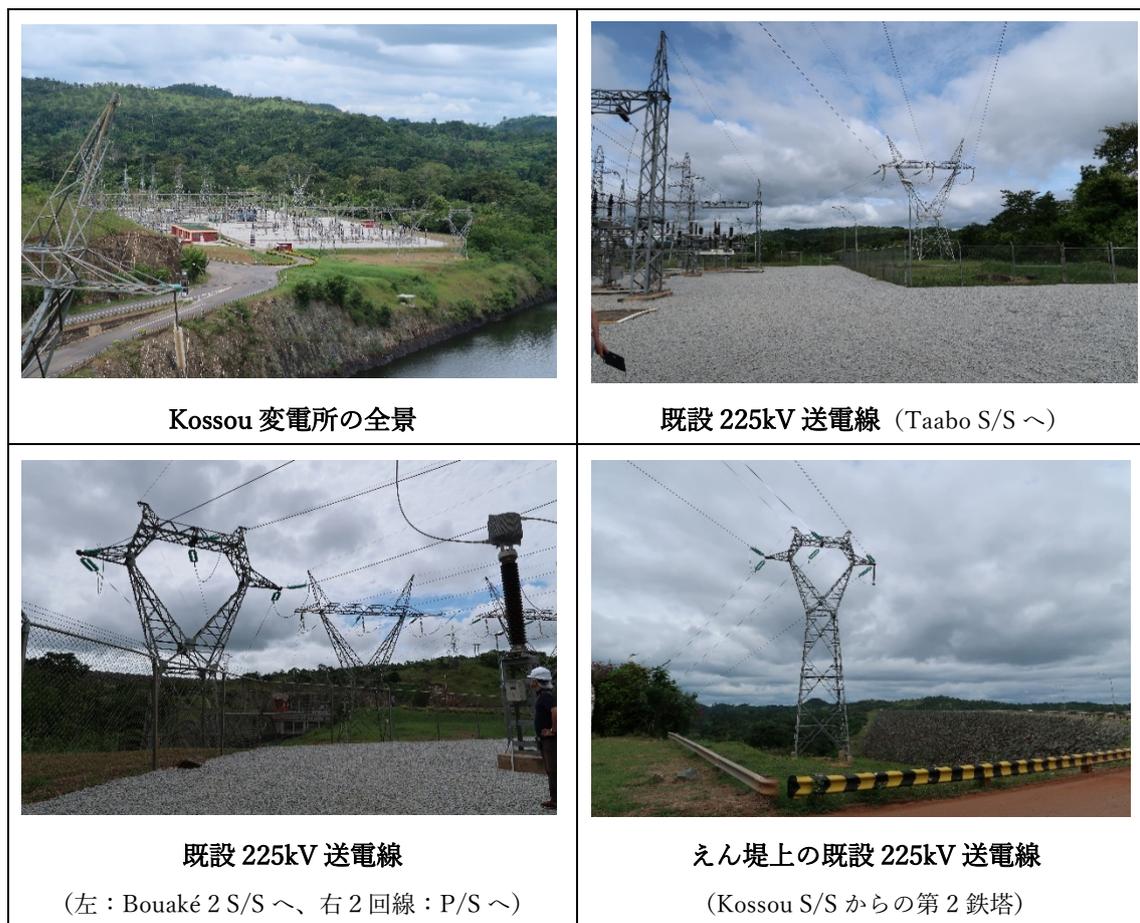
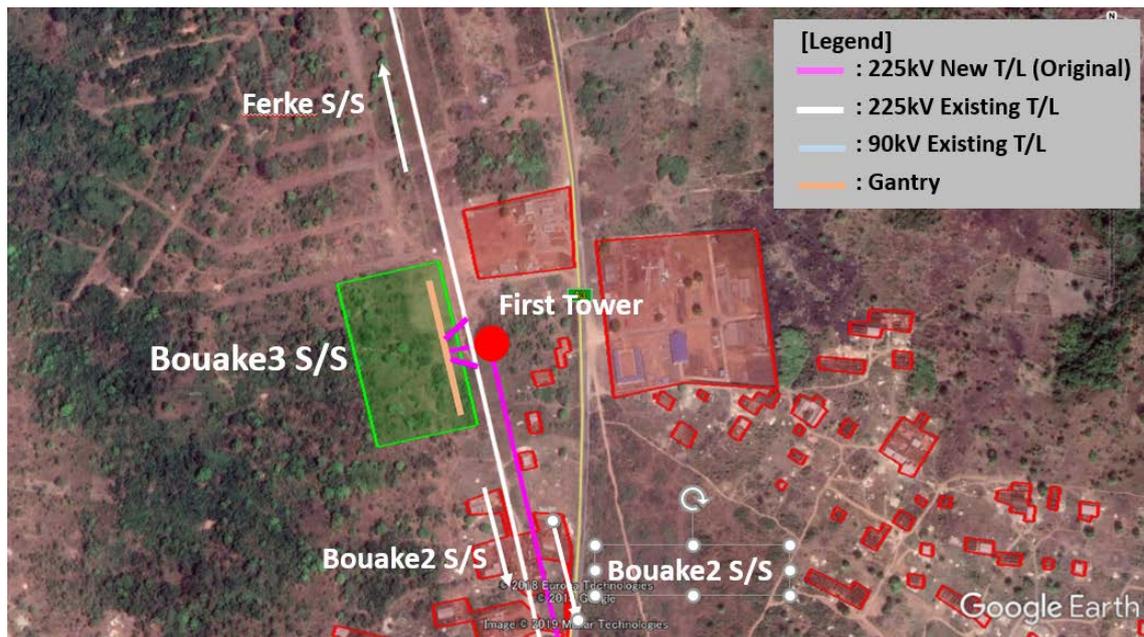


図 4.1-8 送電設備の写真

4) Bouaké 3 変電所

Bouaké 3 変電所は、既設の 225kV 送電線の西側に建設される予定で、図 4.1-9 に引込概要を示す。



出典：JICA 調査団

図 4.1-9 Bouaké 3 変電所の引込概要

Kossou 変電所からの送電線は、南側から入線して第 1 鉄塔で変電所へ引き込まれる予定である。なお、住宅が南側に点在しており、現計画では住民移転が必要となる。また、既設の 225kV 送電線を 1 回線 π で引き込む予定で、その間のベイに Kossou 変電所からの送電線を引き込む計画となっている。Kossou 変電所からの送電線の第 1 鉄塔は既設の 225kV 送電線の東側に少し離して設置する必要がある。

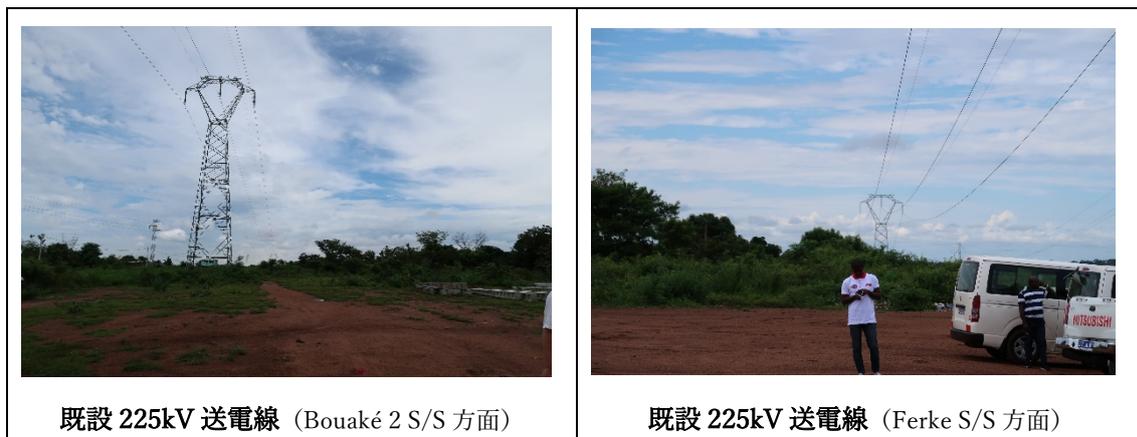


図 4.1-10 送電設備の写真

5) Bouaké 2 変電所

図 4.1-11 に Bouaké 2 変電所の引込概要を示す。



出典：JICA 調査団

図 4.1-11 Bouaké 2 変電所の引込概要

当該変電所で送電線を引込する場合は、北側に墓地があるため、南側から回り込むか西側に地中送電線と架空送電線の接続点を設けて地中送電線で使用して引き込む方法となる。

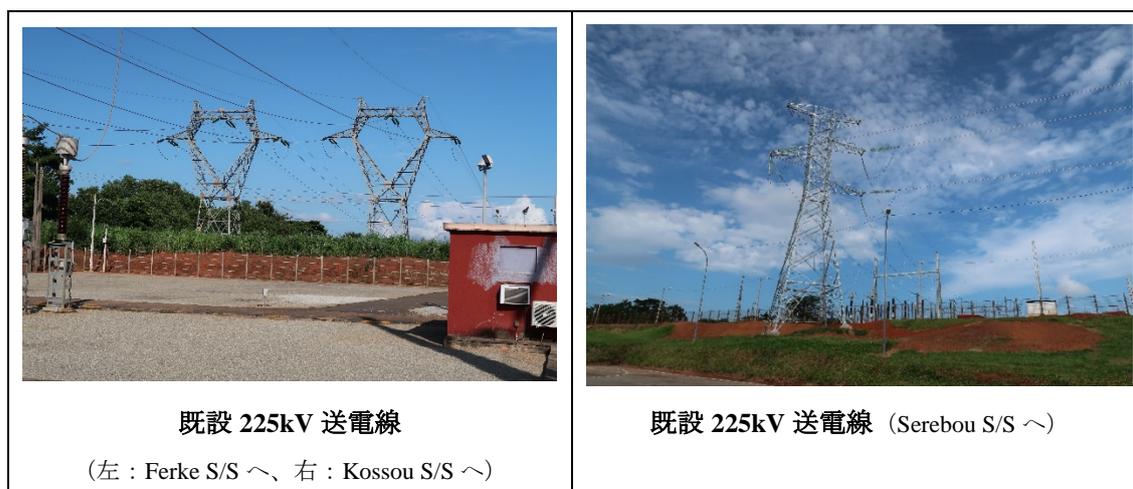


図 4.1-12 送電設備の写真

(3) 候補ルート

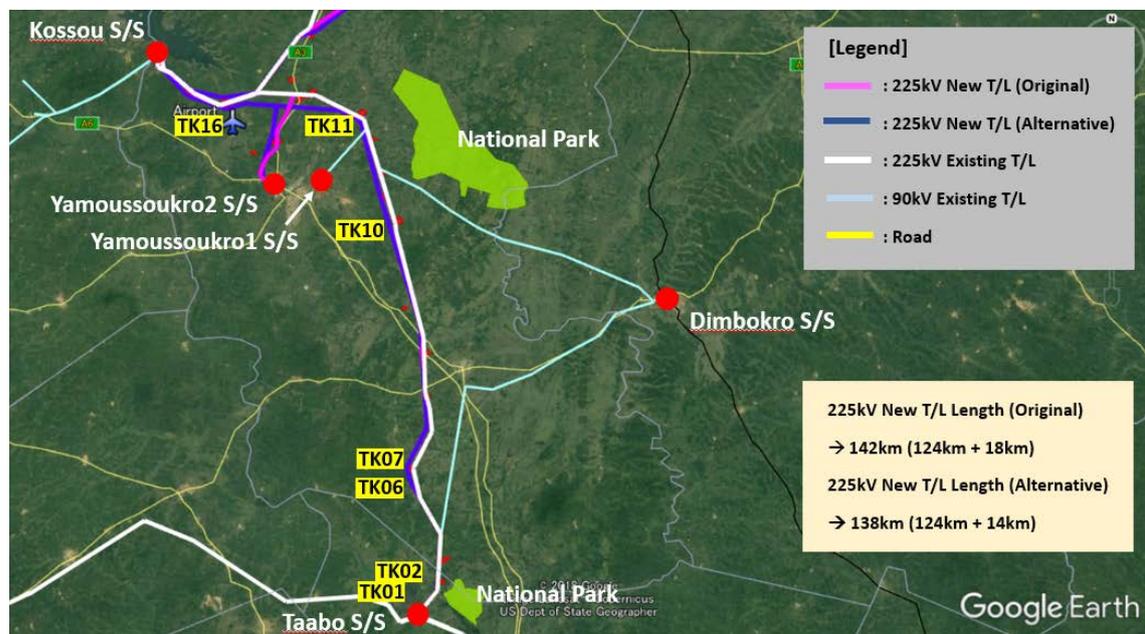
POWER COM が検討したルートは、既設架空送電線に並走するルートとなっているため、既設送電線に近接する村を通過する必要があり、大規模な住民移転が必要であった。

そこで、住民移転を回避する候補ルートで現地調査を行った。

候補ルートは、大規模な移転が必要となる Bringakro 村（調査ポイント TK07 付近）、Tenikro 村、Amonkro 村（調査ポイント TK16 付近）を回避するルートとした。図 4.1-13、図 4.1-14 に候補ルートおよび調査箇所を示す。

【調査ポイント】7箇所

TK01、TK02、TK06、TK07、TK10、TK11、TK16

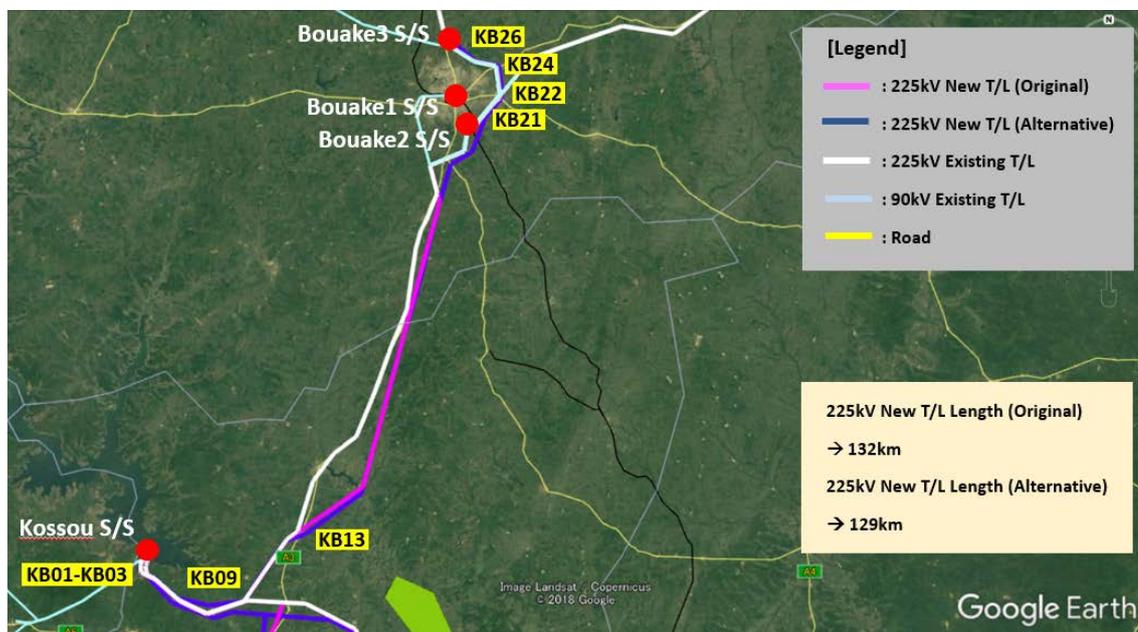


出典：JICA 調査団

図 4.1-13 候補ルート（Taabo ~ Kossou 間）

【調査ポイント】 8箇所

KB01、KB02、KB03、KB09、KB13、KB21、KB22、KB24、KB26



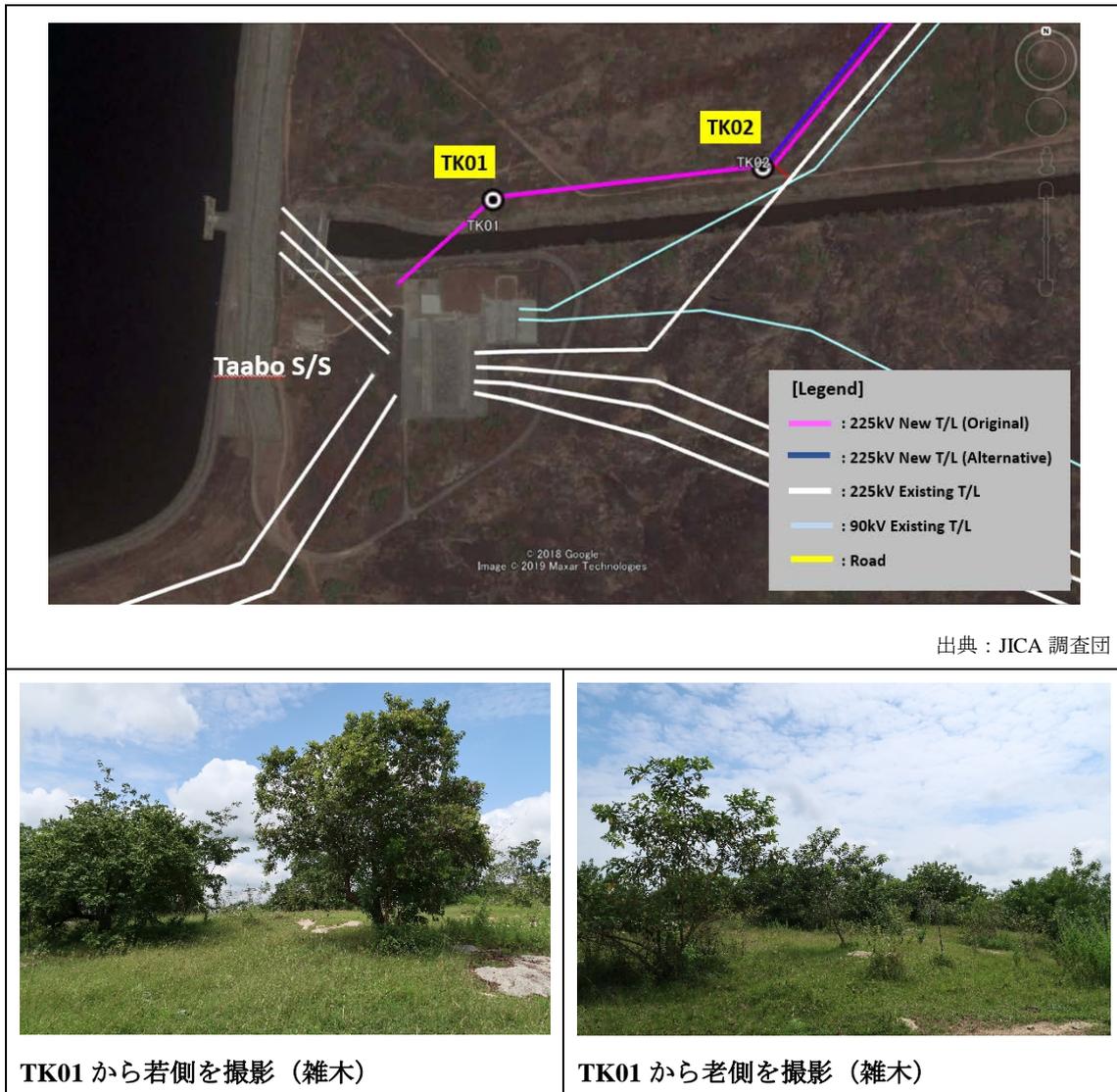
出典：JICA 調査団

図 4.1-14 候補ルート（Kossou ~ Bouaké 3 間）

(4) 候補ルートの調査結果

1) TK01

TK01 ポイントは、変電所および発電所放水路の北側に位置する。周辺には雑木があるが、鉄塔敷地は十分に確保でき、送電線ルートに支障はないと考えられる。図 4.1-15 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



出典：JICA 調査団

図 4.1-15 ポイントの位置図と周辺状況写真 1

2) TK02

TK02 ポイントは、変電所から北東方向、既設送電線の西側に位置する。また、TK02 ポイントは、道路の北側にあり（約 20m）、周辺は雑木で覆われているが、鉄塔敷地を十分に確保でき、送電線ルートに支障はない。図 4.1-16 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。

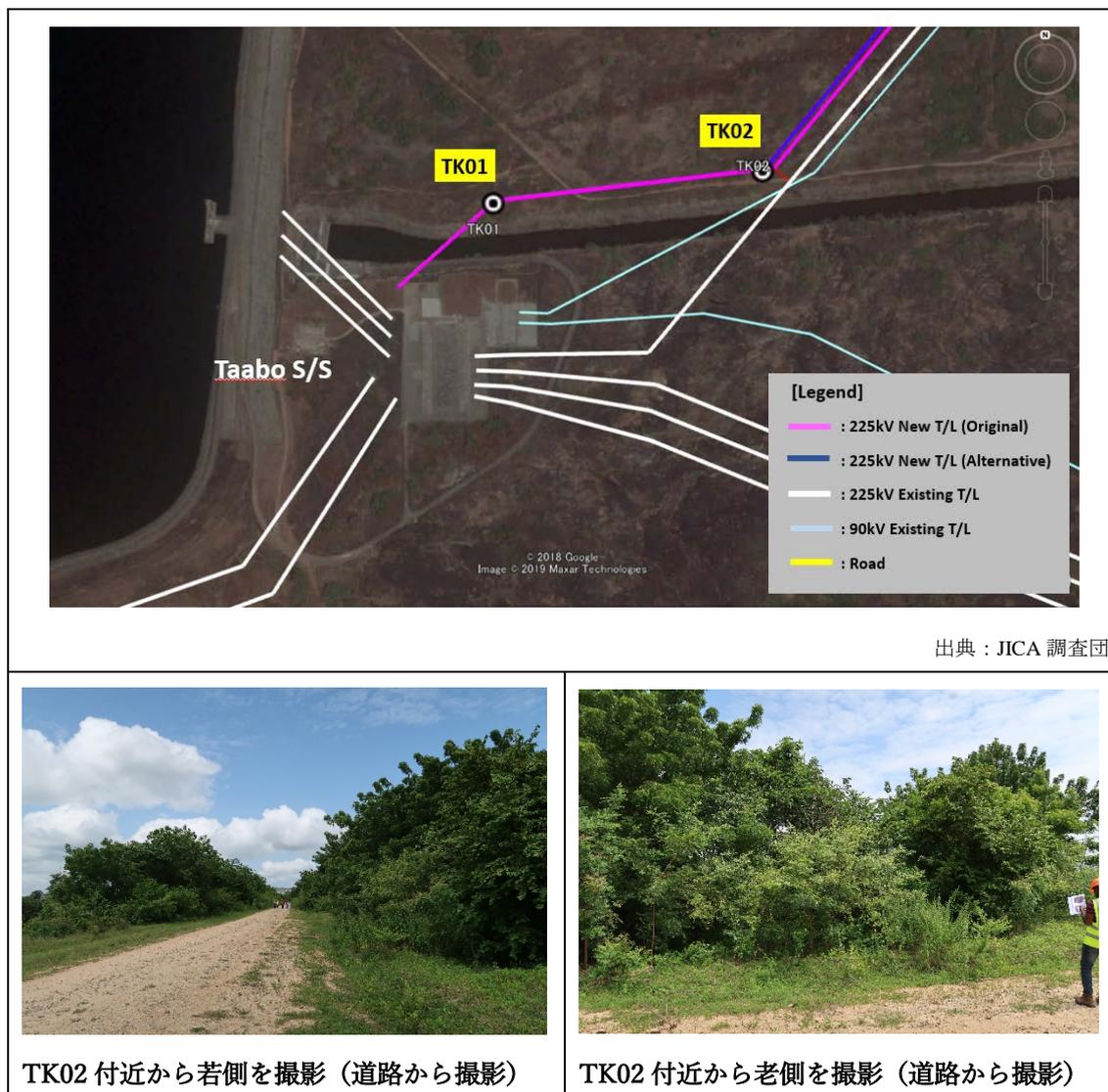
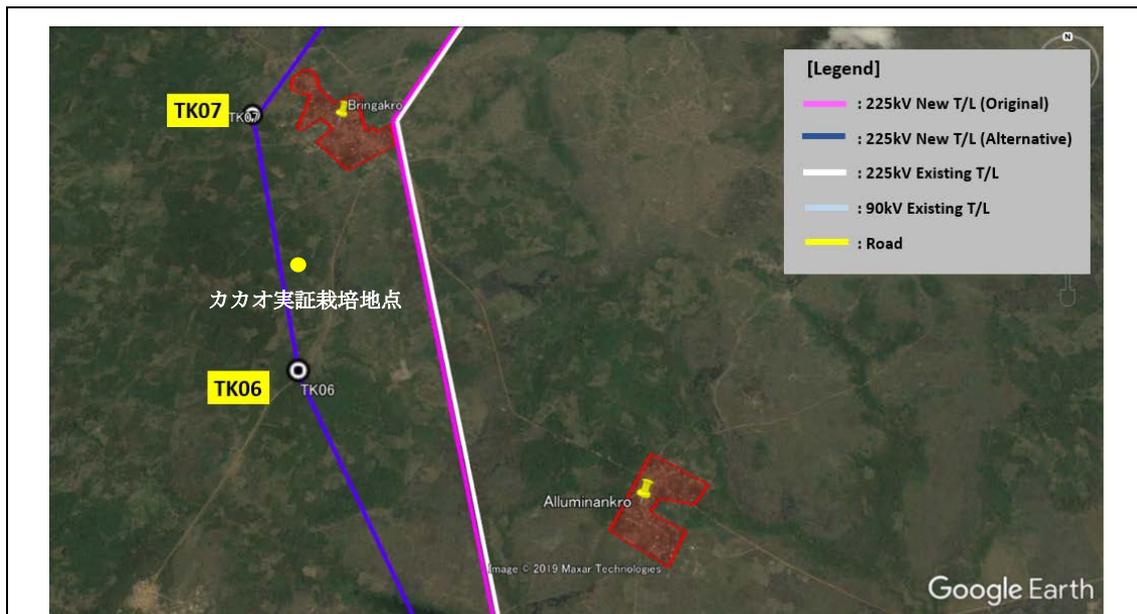


図 4.1-16 ポイントの位置図と周辺状況写真 2

3) TK06

TK06 ポイントは、Bringakro 村から南へ約 1.5km 離れており、道路から約 20m 東に位置している。また、TK06 ポイントはバナナ畑内にあるが、鉄塔敷地は十分に確保でき、送電線ルートに支障はない。

Bringakro 村と TK06 ポイント間にカカオ栽培の実証に関する看板があり、そのポイントは TK06 ポイントから TK07 ポイントに向かって約 650m 北上した地点である。図 4.1-17 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



出典：JICA 調査団



TK06 から若側を撮影（バナナ畑）



TK06 から老側を撮影（バナナ畑）



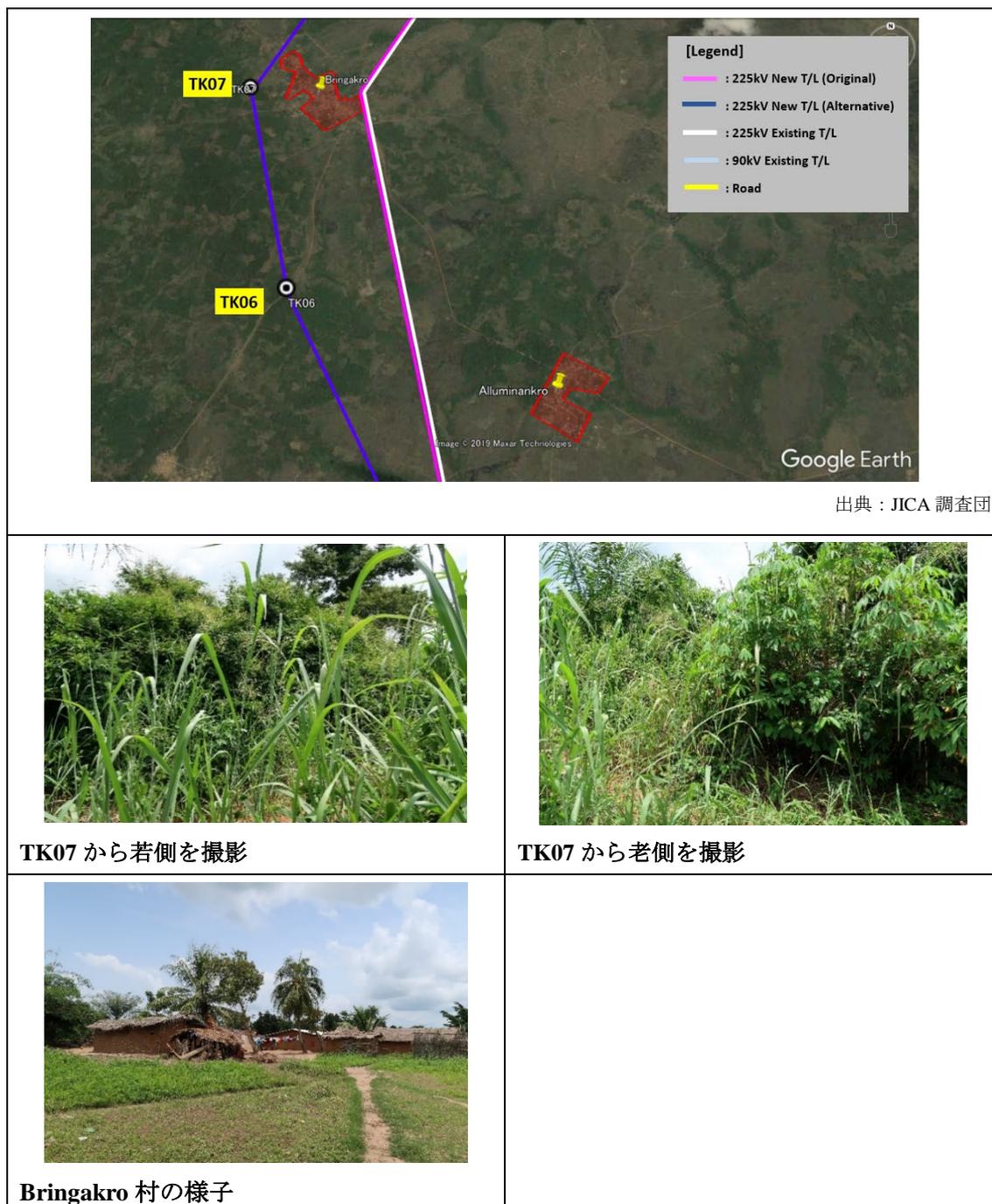
カカオ栽培実証に関する看板

【看板の内容】
 カカオ栽培実証
 日付：28/July/2016
 生産者：BRINGAN'GORAN
 面積：0.5ha
 座標：6.40348N, -5.093131W
 場所：Bringakro

図 4.1-17 ポイントの位置図と周辺状況写真 3

4) TK07

TK07 ポイントは、Bringakro 村から西側に位置しており、周辺は雑木、雑草に覆われていた。道路に沿って北西方向に村が拡張しており、現状の送電線ルートでは家屋移転が若干必要になると考えられるので、TK07 ポイントを北側に 50m 程度スライドさせる必要がある。図 4.1-18 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。

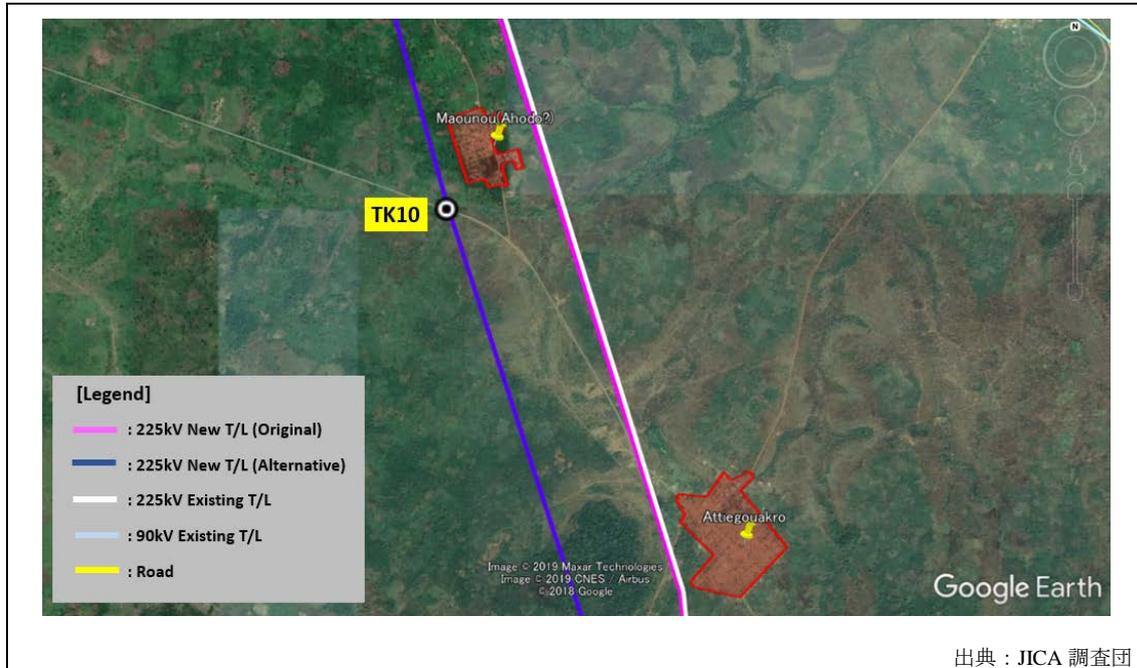


出典：JICA 調査団

図 4.1-18 ポイントの位置図と周辺状況写真 4

5) TK10

TK10 ポイントは、Maounou 村の南西方向、道路の北側の雑木林内に位置する（約 20m）。送電線ルートは村から十分離れており、支障はない。図 4.1-19 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



TK10 付近から若側を撮影（道路から撮影）



TK10 付近から老側を撮影（道路から撮影）

図 4.1-19 ポイントの位置図と周辺状況写真 5

6) TK11

TK11 ポイントは、Nzere 村の南西に位置し、付近の道路から西に 300m 程度離れている。周辺は雑木、雑草で覆われているが、鉄塔敷地は十分に確保でき、送電線ルートに支障はない。図 4.1-20 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



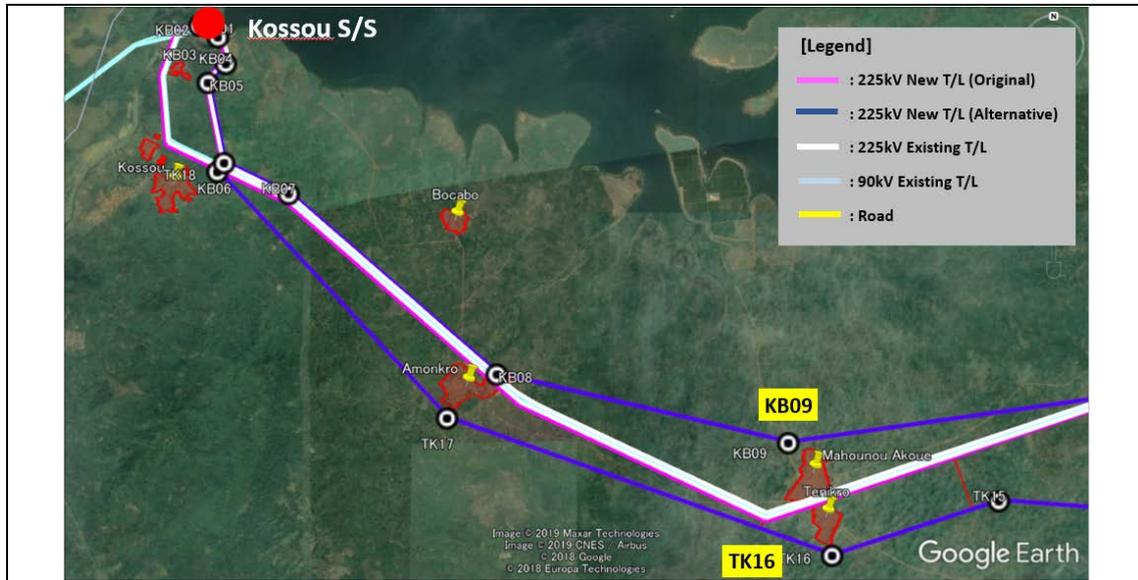
出典：JICA 調査団作成



図 4.1-20 ポイントの位置図と周辺状況写真 6

7) TK16

TK16 ポイントは、Tenikro 村の南側、カカオ畑内に位置する。村から十分離れており、送電線ルートに支障はない。図 4.1-21 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



出典：JICA 調査団作成



TK16 から若側を撮影（カカオ畑）



TK16 から老側を撮影（カカオ畑）



カカオの生育の様子



Tenikro 村の様子

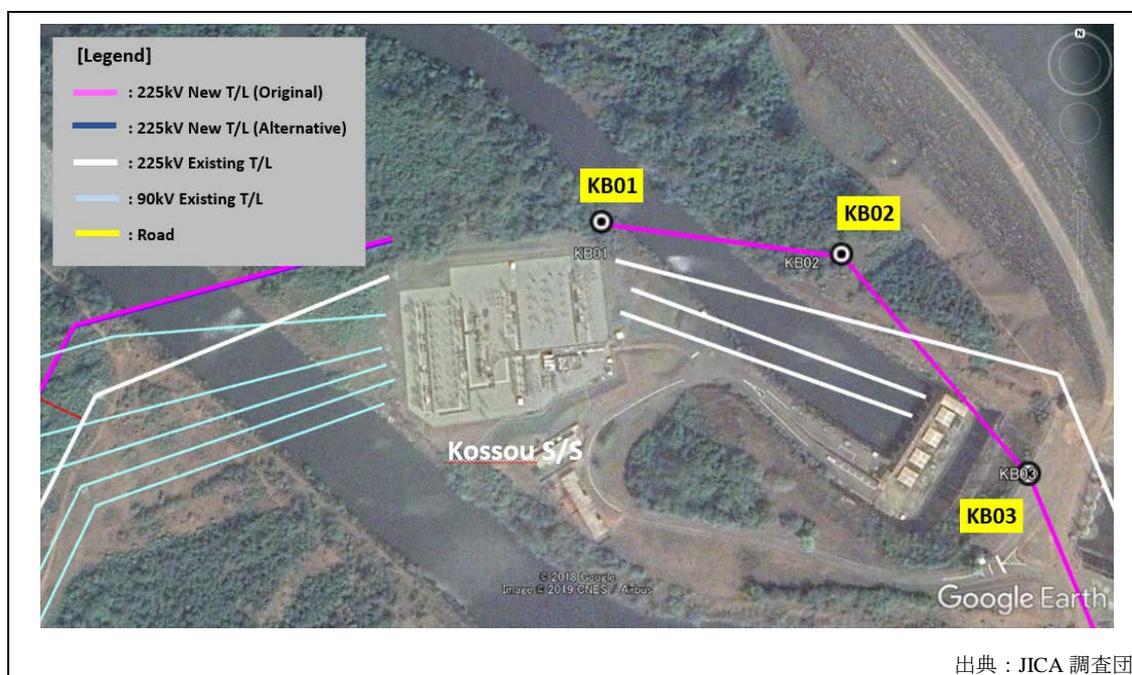
図 4.1-21 ポイントの位置図と周辺状況写真 7

8) KB01

KB01 ポイントは、発電所からの放水路に隣接しており、鉄塔中心杭から放水路までの距離は2m程度しか確保できないため、鉄塔を設置することは極めて難しい。

そのため、変電所の増設ベイをやや西側にスライドさせて引き込むか対岸に第1鉄塔を設置して引き込む必要がある。

対岸に第1鉄塔を設置した場合、ガントリーの強度検討が必要となる。また、既設225kV送電線の第1鉄塔がガントリーに対してやや北側に位置して引き込まれることから離隔を十分に確保できない可能性がある。よって、変電所の増設ベイをやや西側にスライドさせて送電線を引き込む方が適当であると考えられる。図4.1-22、図4.1-23にポイントの位置図と周辺状況写真および変電所引込代替案のイメージを示す。



KB01 から老側を撮影



鉄塔中心杭から放水路までの距離は約 2m



図 4.1-22 ポイントの位置図と周辺状況写真 8

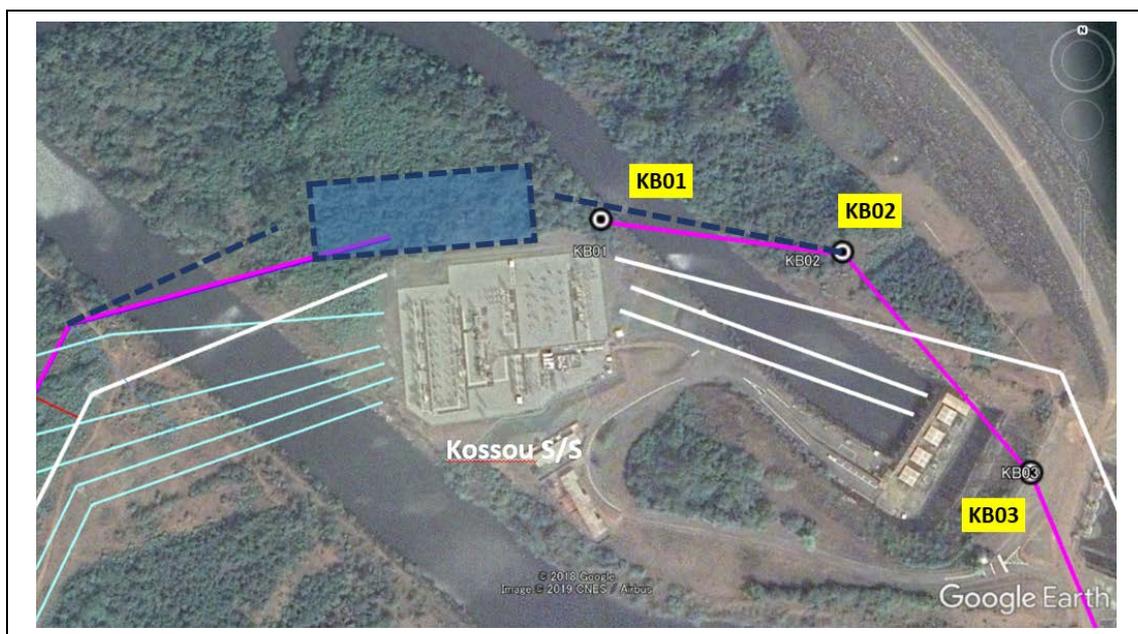
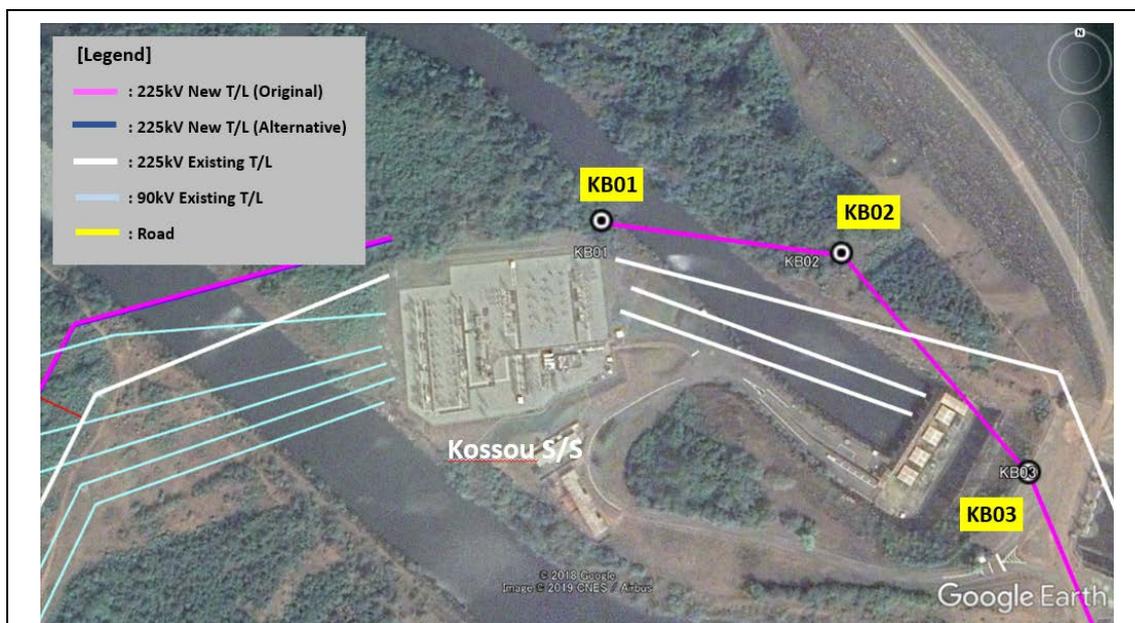


図 4.1-23 変電所引込代替案のイメージ

9) KB02

KB02 ポイントは、KB01 ポイントから放水路を東側に横断した対岸に位置する。周辺は雑木、雑草に覆われていた。KB02 と KB03 間で既設 225kV 送電線と既設 33kV 配電線を横断する必要があるため、第 2 鉄塔は高鉄塔となるが、鉄塔敷地は十分に確保できると

考えられる。図 4.1-24 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



出典：JICA 調査団

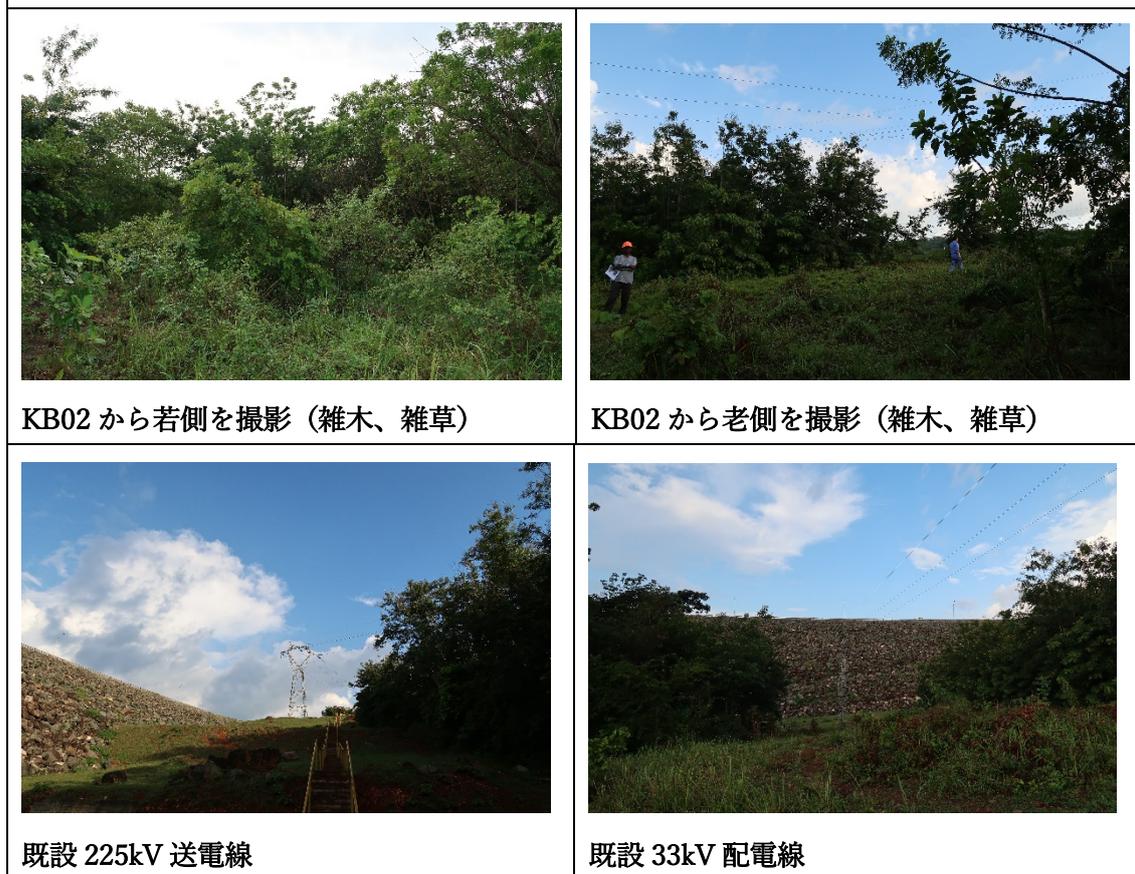
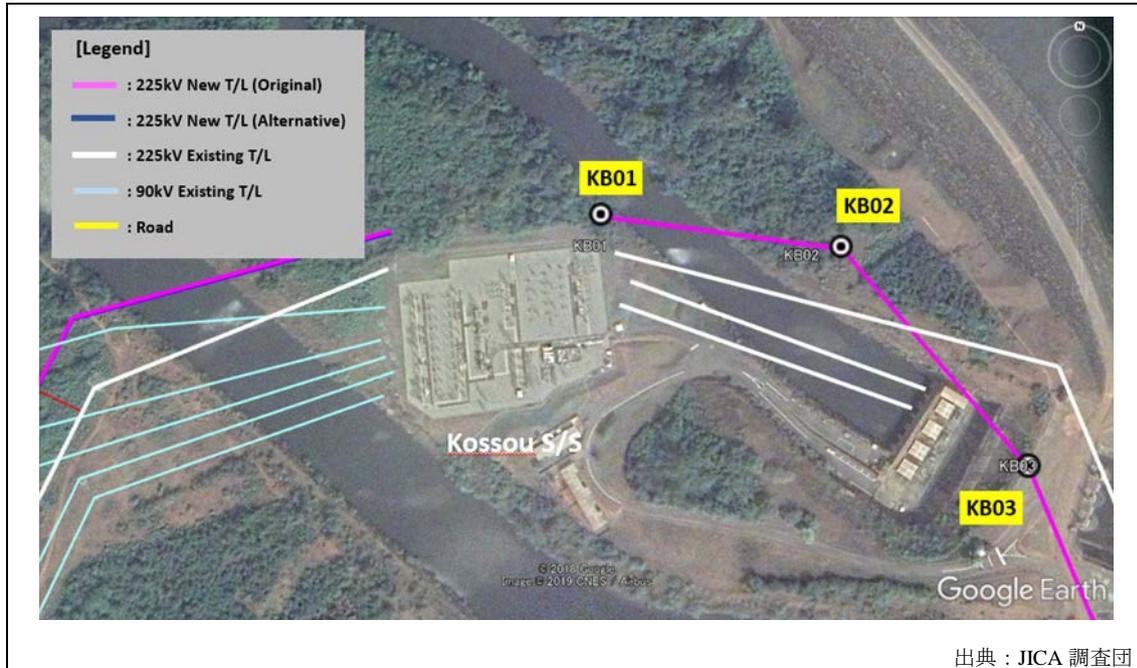


図 4.1-24 ポイントの位置図と周辺状況写真 9

10) KB03

KB03 ポイントは、ダムえん堤と同レベルで発電所の東側に位置する。KB02 と同様に第3 鉄塔も高鉄塔となるが、鉄塔敷地は十分に確保できると考えられる。図 4.1-25 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



KB03 から若側を撮影

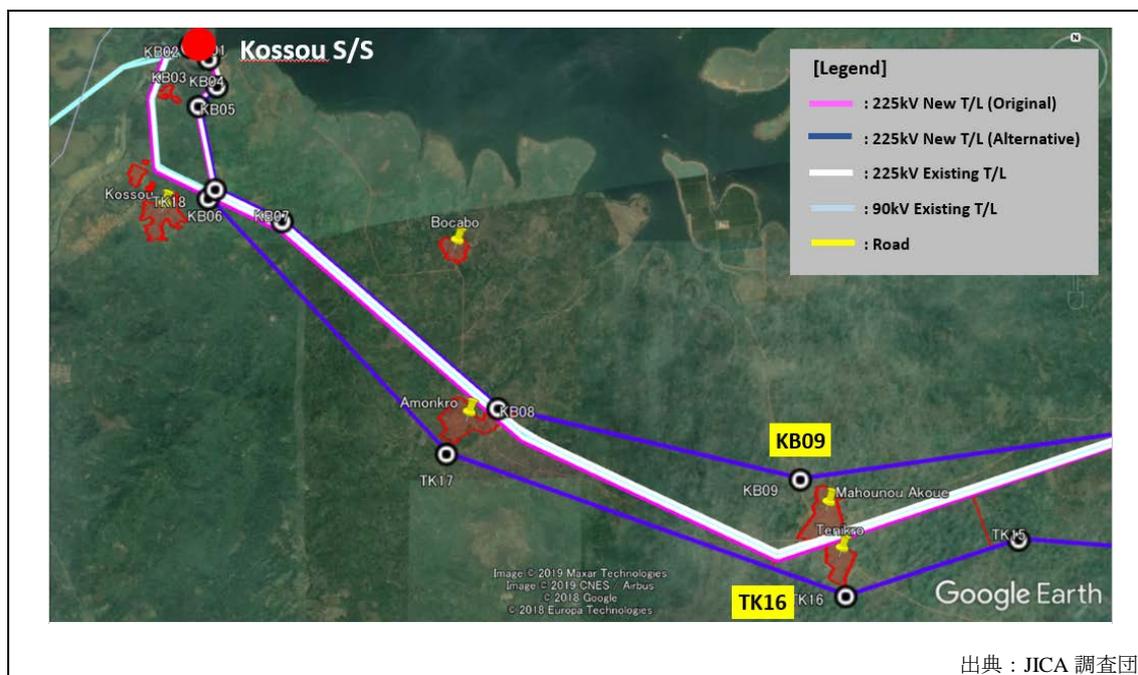


KB03 から老側を撮影

図 4.1-25 ポイントの位置図と周辺状況写真 10

11) KB09

KB09 ポイントは、Mahounou-Akoue 村の北側、道路から約 30m 東に位置しており、カカオ畑が広がっていた。KB09 ポイントは、村から十分離れており、送電線ルートに支障はない。図 4.1-26 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



KB09 付近から若側を撮影

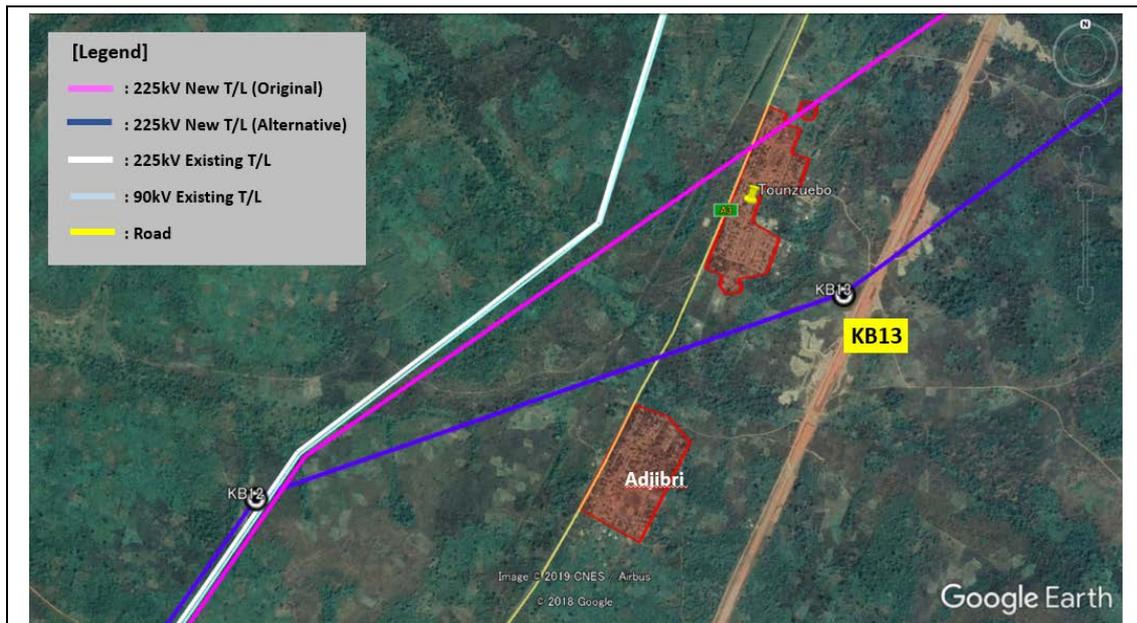


KB09 付近から老側を撮影 (カカオ畑)

図 4.1-26 ポイントの位置図と周辺状況写真 11

12) KB13

KB13 ポイントは、Tounzuebo 村の南東、高速道路から 60m 程度離れた場所に位置する。また、KB13 ポイントは、芋畑内に位置する。KB12 ポイントから KB13 ポイントにかけて、Tounzuebo 村と Adjibri 村の間を通過することになるが、両村から十分離れており、送電線ルートに支障はないと考えられる。図 4.1-27 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



出典：JICA 調査団



KB13 から若側を撮影（芋畑）

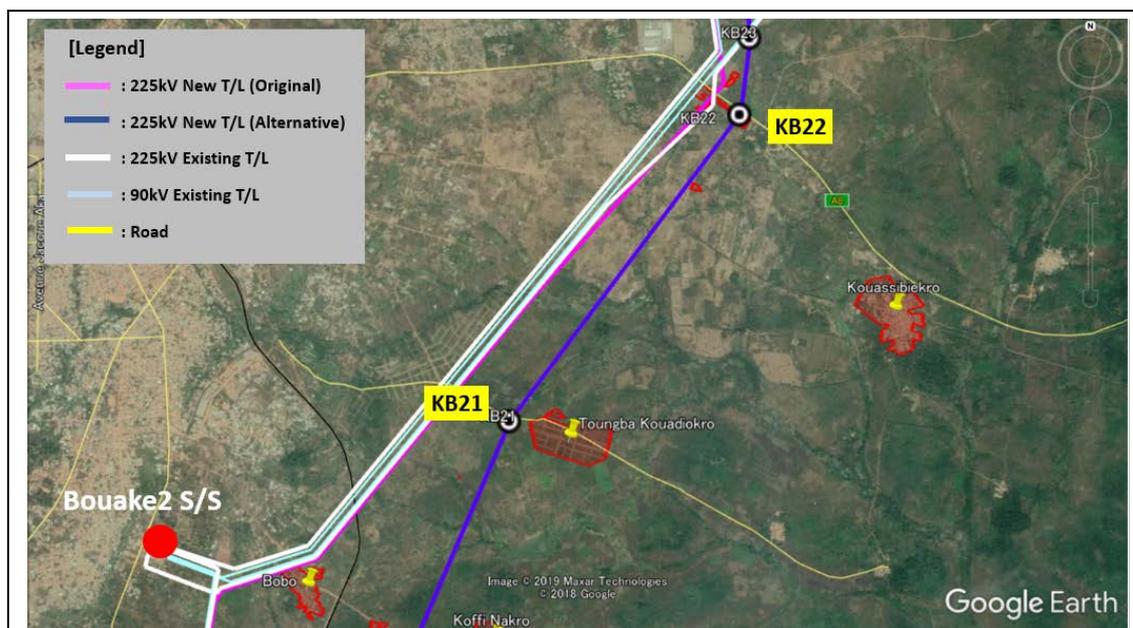


KB13 から老側を撮影（芋畑）

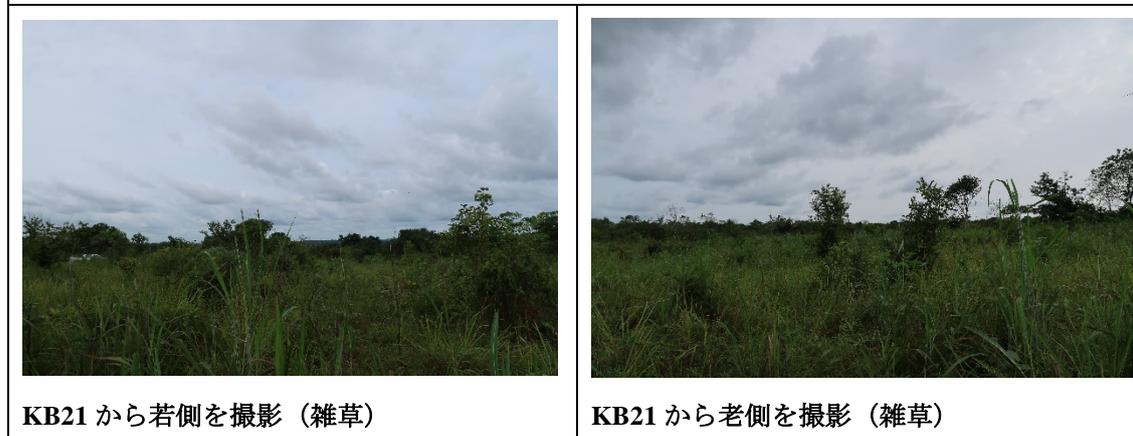
図 4.1-27 ポイントの位置図と周辺状況写真 12

13) KB21

KB21 ポイントは、Toungba Kouadiokro 村の西側、道路から約 30m 離れて位置し、周辺は雑草で覆われていた。KB21 ポイントは、Toungba Kouadiokro 村から十分離れており、送電線ルートに支障はない。図 4.1-28 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



出典：JICA 調査団



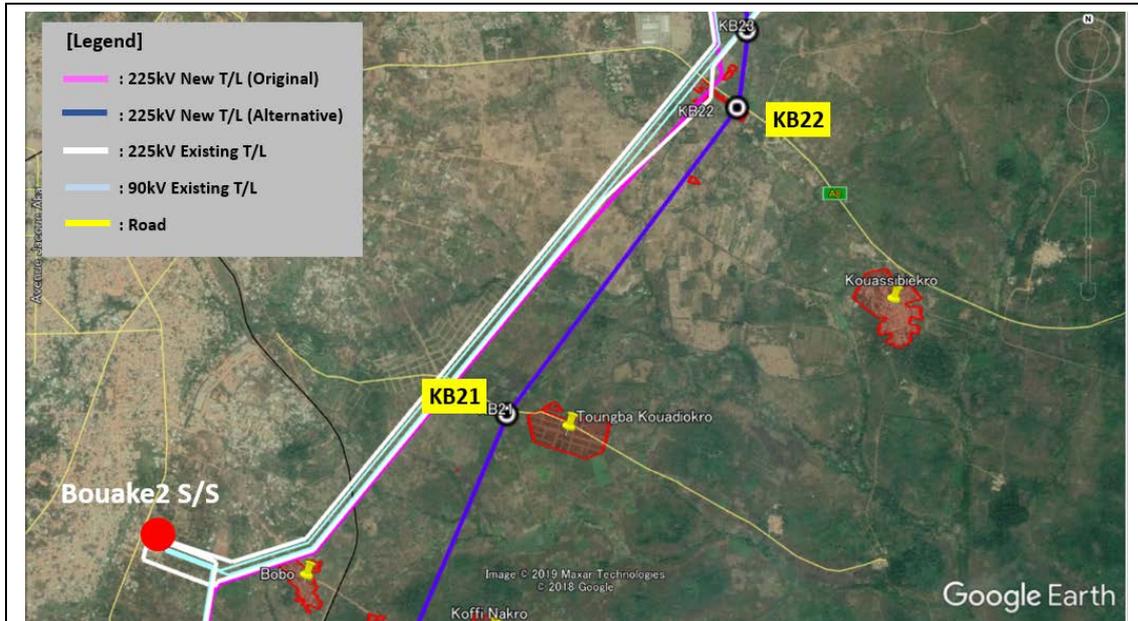
KB21 から若側を撮影（雑草）

KB21 から老側を撮影（雑草）

図 4.1-28 ポイントの位置図と周辺状況写真 13

14) KB22

KB22 ポイントは、幹線道路“A8”から約 20m 離れたポイントで、周辺は雑木、雑草で覆われており、鉄塔敷地を十分確保でき、送電線ルートに支障はない。図 4.1-29 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



出典：JICA 調査団



KB22 から若側を撮影（雑木、雑草）



KB22 から老側を撮影（雑木、雑草）

図 4.1-29 ポイントの位置図と周辺状況写真 14

15) KB24

KB24 ポイントは、Kanankro 村の西側の豆畑内に位置する。KB24 ポイントは、Kanankro 村から十分離れており、送電線ルートに支障はない。また、CI-ENERGIES から、「既設送電線の西側は軍エリアである」との情報を得た。図 4.1-30 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。

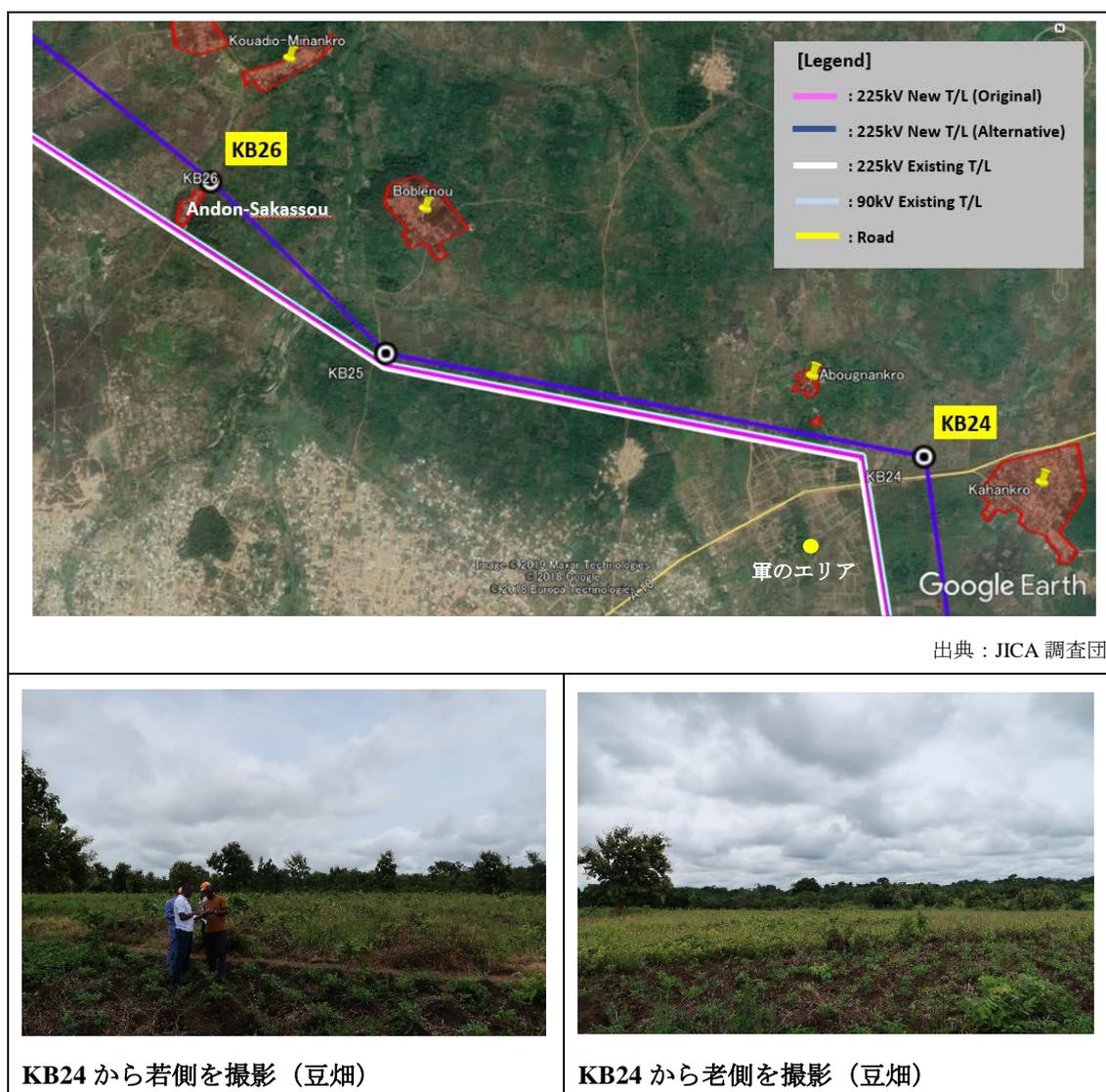
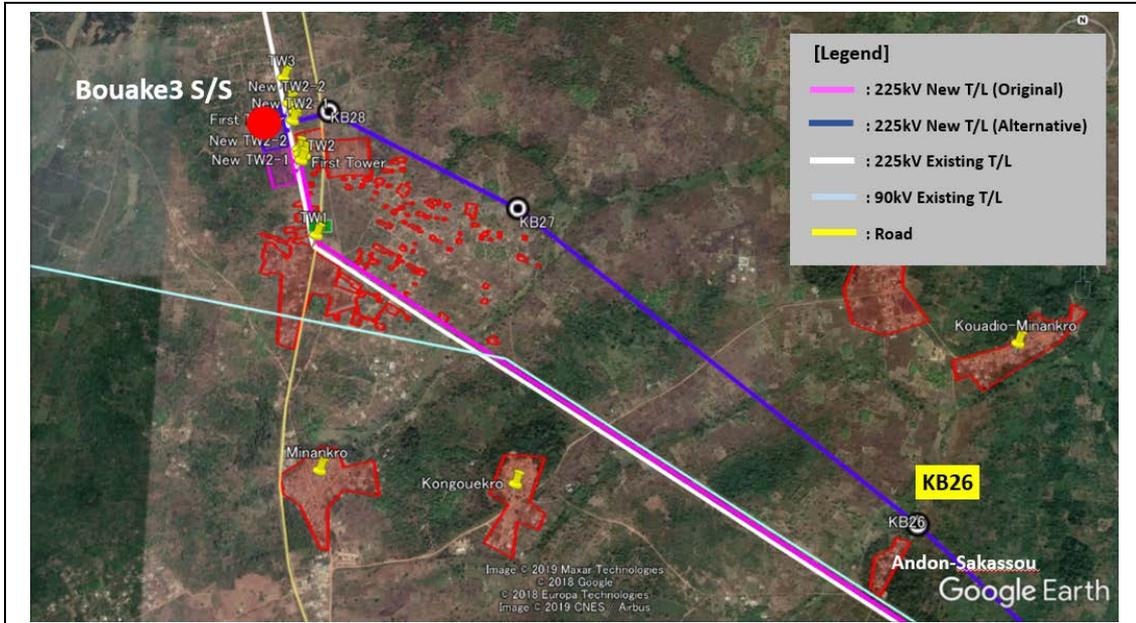


図 4.1-30 ポイントの位置図と周辺状況写真 15

16) KB26

KB26 ポイントは、Andon-Sakassou 村の北側、道路の東側に位置しており、周辺は雑木、雑草で覆われていた。KB26 ポイントは、村からも十分離れており、送電線ルートに支障はない。図 4.1-31 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。



出典：JICA 調査団

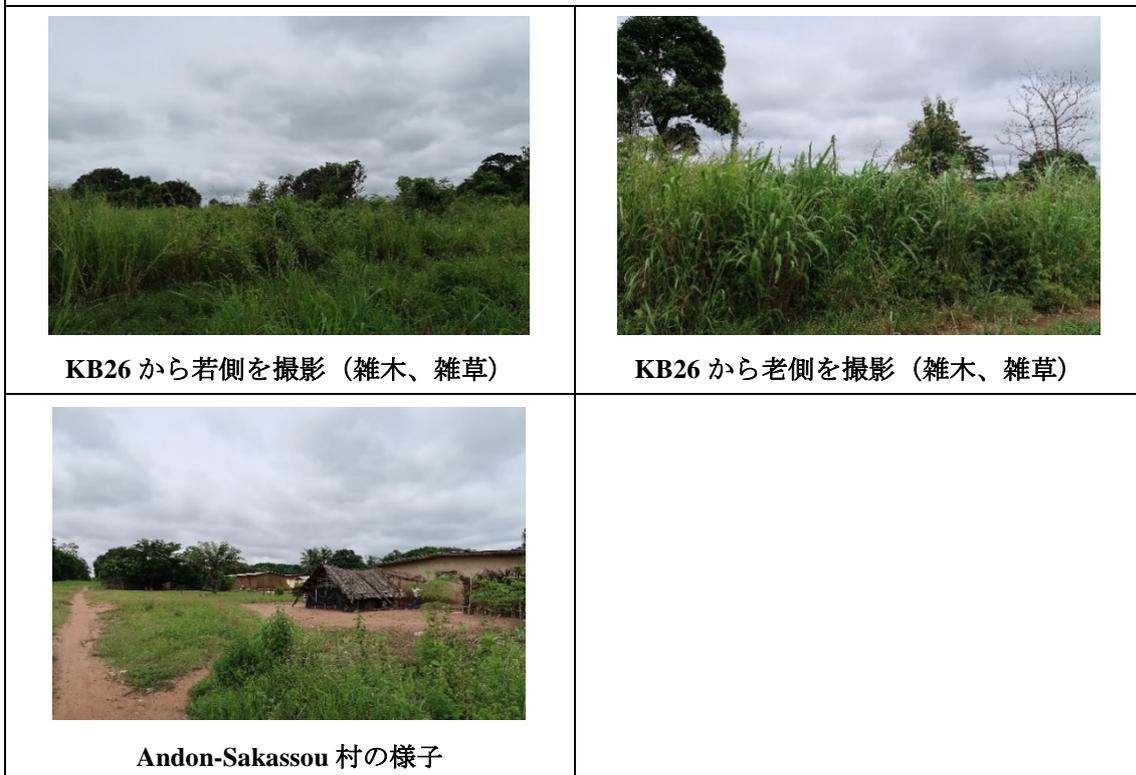


図 4.1-31 ポイントの位置図と周辺状況写真 16

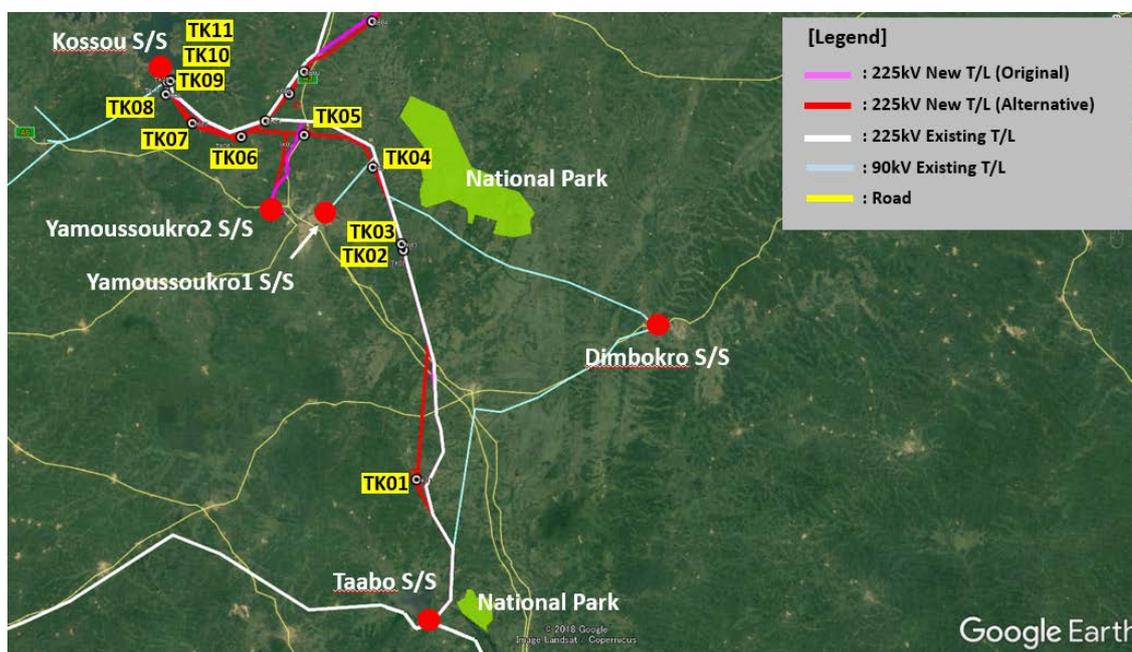
(5) 候補ルートの再検討

上述の送電線ルートを CI-ENERGIES と協議の結果、JICA 調査団が CI-ENERGIES に提案した候補ルートでは Kossou S/S 付近にある村への影響が懸念されるため、一部ルートの再検討を行った。

候補ルートは、各村の南側を迂回するようなルートとした(調査ポイント TK06、TK07 付近)。図 4.1-32、図 4.1-33 に候補ルートおよび調査箇所を示す。

【調査ポイント】 11 箇所

TK01、TK02、TK03、TK04、TK05、TK06、TK07、TK08、TK09、TK10、TK11

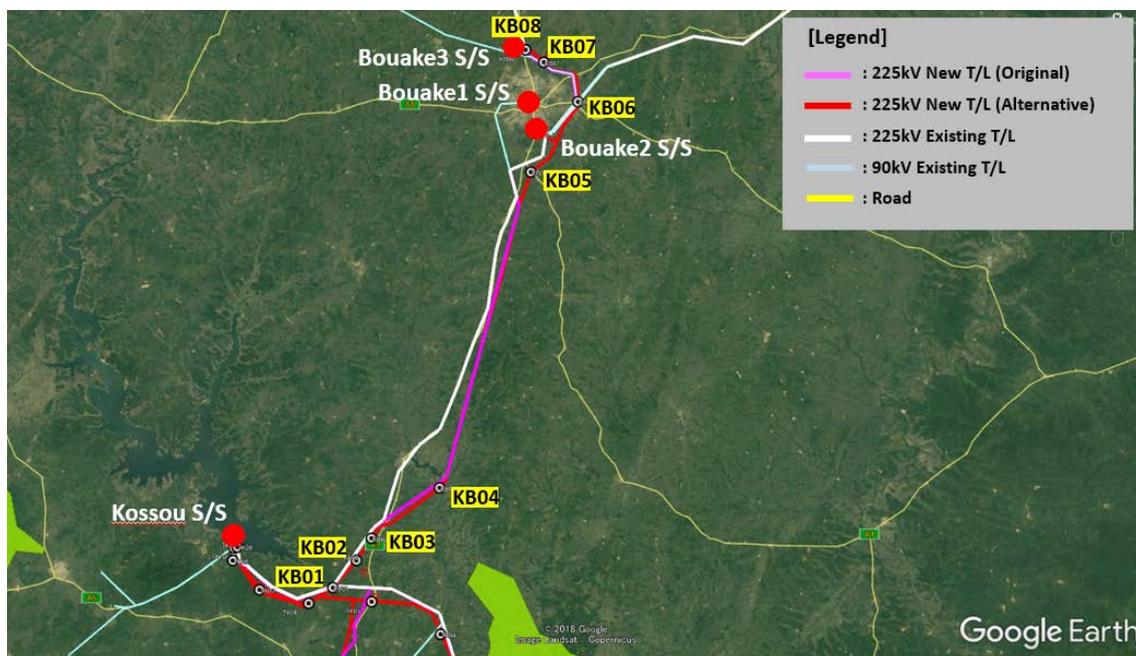


出典：JICA 調査団

図 4.1-32 送電線ルートおよび調査ポイント(Taabo - Kossou)

【調査ポイント】8箇所

KB01、KB02、KB03、KB04、KB05、KB06、KB07、KB08



出典：JICA 調査団

図 4.1-33 送電線ルートおよび調査ポイント(Kossou – Bouake3)

(6) 候補ルートの再調査結果

1) TK01

TK01 ポイントは、Bringakro 村と Tafissou 村のほぼ中間に位置する。周辺は雑木、雑草が広がっており、また、2つの村から十分に離れており、送電線ルートの ROW(Right of Way)を十分に確保でき、環境社会影響も小さく、送電線ルートに支障はないと考えられる。図 4.1-34 にポイントの位置図と周辺状況写真を示す。