

Bangladesh 人民共和国
 電力エネルギー鉱物資源省電力局
 ダッカ電力供給会社 (DESCO)
 ダッカ配電会社 (DPDC)

Bangladesh 国 ダッカ地下変電所に係る 情報収集・確認調査

ファイナルレポート

平成 29 年 5 月
 (2017 年)

独立行政法人
 国際協力機構 (JICA)

東京電力ホールディングス株式会社
 東電設計株式会社

南ア
CR(5)
17-027

目次

第1章	1
・ 要約	1-1
1.1 調査の背景	1-1
1.2 調査の目的と概要	1-2
1.2.1 調査範囲と実施項目	1-3
1.2.2 調査業務フロー	1-5
1.2.3 作業工程	1-6
1.2.4 調査団の構成および分担	1-7
1.3 調査結果	1-8
1.4 本邦招聘協議、設備視察	1-12
第2章	2
・ ダッカ首都圏地下変電所建設事業に関する情報収集	2-1
2.1 バングラデシュ国の経済動向と電力エネルギーセクター概況	2-1
2.2 バングラデシュ政府及び関連機関の送配電案件実施体制	2-5
2.2.1 電気事業体制の状況	2-5
2.2.2 実施機関の組織体制	2-6
2.2.2.1 DESCO の組織構成	2-6
2.2.2.2 DPDC の組織体制	2-9
2.3 ダッカ市全体の変電所配電計画	2-11
2.4 既設変電所設備および配電設備	2-25
2.5 バングラデシュ国での地下変電所建設に係る規制基準	2-26
2.5.1 地下変電所建設に係る建設基準、関連法令の調査	2-26
2.5.2 地下変電所建設に関わる環境社会配慮に関する法令・規制	2-29
2.5.2.1 環境影響評価実施および用地取得のプロセス	2-31
2.6 地下変電所建設に係るバングラデシュ国での技術的課題	2-34
2.6.1 水害対策：洪水調査と地下水対策、排水設計の基礎調査	2-34
2.6.2 地下変電所の電気設計仕様調査および日本固有技術適用検討	2-36
2.6.3 地中送・配電線の敷設ルート検討・概略設計	2-41
2.6.3.1 地中送電線ケーブル設計	2-41
2.6.3.2 ケーブル敷設設計	2-41
2.6.3.3 ケーブル敷設工法の検討	2-43
2.6.4 地下変電所建物の建築技術と適用工法	2-43
2.6.4.1 ダッカ市における地質調査と対応する建物構造の調査方法	2-44
2.6.4.2 地下の本体構造に関する検討	2-44
2.6.4.3 地下変電所建物建設についての現地施工技術調査	2-45
2.6.4.4 地下建物主要材料の調達に関する検討	2-46
2.7 地下変電所建設の経済財務分析の必要性	2-46
2.8 地下変電所に関わる環境社会配慮面での検討	2-48

2.8.1	地下化にかかる環境社会面の影響比較	2-48
2.8.1.1	送配電網整備上の環境社会面の影響比較	2-50
第3章		3
.	地下変電所建設計画についての妥当性分析	3-1
3.1	地下変電所建設事業に対する評価項目	3-1
3.2	ダッカ市配電計画からみたプロジェクト妥当性の検討	3-1
3.2.1	各事業体のネットワーク増強計画とその将来像	3-3
3.2.2	ネットワーク計画における地中送配電・変電設備の必要性	3-5
3.3	DESCO、DPDCによる地下変電所6候補の分析	3-7
3.3.1	地下変電所候補地	3-7
3.3.1.1	Gulshan (グルシャン)	3-8
3.3.1.2	Uttara (ウッタラ)	3-8
3.3.1.3	Baridhara (バリダラ)	3-9
3.3.1.4	Dhaka University (ダッカユニバーシティ)	3-10
3.3.1.5	Kawran Bazar (カウランバザール)	3-11
3.3.1.6	Lalmatia (ラルマティア)	3-12
3.4	各候補地の地中送電線の敷設ルート	3-13
3.5	各候補地の経済動向調査	3-17
3.6	建築条件に基づく候補地の評価	3-18
3.6.1	候補地の地盤調査結果	3-20
3.6.2	候補地に対する変電所形態の検討	3-21
3.7	各候補地のプロジェクトコスト分析	3-25
3.8	各候補地についての環境社会配慮面での評価	3-26
3.9	DESCO、DPDCによるビジネスプラン案の確認検証、改善提案	3-44
3.9.1	地下変電所候補地におけるビジネスプラン	3-44
3.9.2	投資リターンの推計	3-44
3.9.3	実施可能性の向上に係る提案	3-48
3.10	地下変電所建設プロジェクト候補地の選定	3-50
3.10.1	選定 STEP1: 各社一次候補地の設定	3-50
3.10.2	選定 STEP2: 最有力候補地選定の評価クライテリアの策定	3-50
3.10.3	選定 STEP3: クライテリアによる評価結果	3-53
3.11	選定 STEP4: 最有力候補地の現況調査	3-64
3.11.1	Gulshan 地下変電所プロジェクト概要	3-64
3.11.2	Kawran Bazar 地下変電所プロジェクト概要	3-70
第4章		4
.	地下変電所建設プロジェクトの技術検討	4-1
4.1	将来の変電所・ネットワーク形態	4-1
4.2	対象変電所周辺の電力需給検討	4-3
4.2.1	Gulshan 変電所周辺の需給バランス	4-3
4.2.2	Kawranbazar 変電所周辺の需給バランス	4-4

4.3	変電所電気設計検討 (METI バングラデシュ都市変電設備 PreFS 設計のレビュー)	4-5
4.4	Gulshan 変電所プロジェクト FS 設計検討	4-6
4.5	Kawran Bazar プロジェクト FS 設計検討	4-8
4.6	送配電設備設計	4-11
4.6.1	地中送配電線ルート	4-11
4.6.1.1	地中送電線ルート Gulshan – Rampura 間	4-11
4.6.1.2	地中送電線ルート Kawran Bazar -Dhanmondi 間	4-12
4.6.2	洞道設計	4-14
4.7	建築土木設計検討	4-18
4.7.1	最終候補地における水害想定と水害対策	4-18
4.7.2	計画地区における洪水リスク	4-21
4.7.3	地下構造物のための掘削とそれに伴う仮設工事の検討	4-21
4.7.3.1	ボーリング調査及び土質試験の結果	4-23
4.7.3.2	栈橋を用いた地下部作業工法	4-24
4.7.3.3	土留の施工方法	4-25
4.7.3.4	切梁・腹起と中間杭に関して	4-26
4.7.4	掘削方法	4-26
4.7.4.1	掘削土砂の搬出と土捨場	4-27
4.7.4.2	環境・周辺対策	4-27
4.7.4.3	構築の施工方法	4-27
4.8	変電所建物および上部建物との設計協調	4-28
4.8.1	設計条件	4-28
4.8.2	変電所建物の構造検討	4-29
4.8.2.1	検討条件	4-29
4.8.2.2	応力解析結果	4-32
4.8.2.3	断面算定結果	4-33
4.8.2.4	バングラデシュ基準と日本基準の比較	4-34
4.8.2.5	上部構造の柱の偏心について	4-37
4.8.3	概略プラン検討結果	4-37
4.8.4	設計時の配慮事項	4-38
4.8.4.1	浸水対策	4-38
4.8.4.2	保安対策	4-38
4.8.4.3	複合建物としての配慮事項	4-38
4.8.4.4	ガス消火設備のボンベ室の確保	4-38
4.8.4.5	水系消火設備の対応	4-39
4.8.4.6	上部ビルとの火災情報の取り合い	4-39
4.8.4.7	変電所内発熱除去のための換気設備所要スペースの確保	4-39
4.8.4.8	上部建屋から変電所スペースへの漏水リスク回避	4-39
4.9	プロジェクト設計	4-40
4.9.1	地下変電所建設事業を構成するコンポーネント	4-40

4.9.2 地下変電所建設事業の実施パッケージ.....	4-42
第5章.....	5
. 工事工程および概算工事費	5-1
5.1 電気設計.....	5-1
5.2 送配電設備設計.....	5-11
5.3 土木設計・建築設計（撤去含む）	5-12
5.4 事業実施スケジュール及び概算工事費	5-18
第6章.....	6
. 環境社会配慮	6-1
6.1 ダッカにおける現在の自然環境と社会状況の概要	6-1
6.1.1 物理的環境.....	6-1
6.1.2 社会経済条件.....	6-15
6.2 自然環境及び社会環境調査の TOR.....	6-19
6.3 環境社会現地調査の結果.....	6-23
6.3.1 DESCO エリア.....	6-23
6.3.2 DPDC エリア	6-31
6.4 ステークホルダー協議.....	6-44
6.4.1 DESCO エリア.....	6-44
6.4.2 DPDC エリア	6-45
6.5 環境評価.....	6-48
6.5.1 DESCO 事業のインパクト分析結果.....	6-48
6.5.2 DPDC 事業のインパクト分析結果.....	6-53
6.6 緩和策及び予算.....	6-58
6.7 環境モニタリング計画.....	6-58
6.8 実施メカニズム.....	6-79
6.8.1 工事実施前.....	6-79
6.8.2 工事段階.....	6-79
6.8.3 供用時.....	6-80
6.9 環境局の承認.....	6-80
6.10 DPDC エリアの被影響住民に対する社会支援行動計画	6-81
6.10.1 2016年11月の社会調査の結果.....	6-81
6.10.2 事業により予測されるインパクトと被影響住民.....	6-82
6.10.3 現地コンサルテーション結果.....	6-83
6.10.4 社会支援の枠組みと補償範囲.....	6-84
6.11 その他.....	6-87
第7章.....	7
. 地下変電所建設プロジェクトの経済・財務分析.....	7-1
7.1 評価対象事業.....	7-1
7.2 経済財務分析の前提条件.....	7-1
7.3 FIRR の算出.....	7-2

7.3.1 財務的便益.....	7-2
7.3.2 財務的費用.....	7-2
7.3.3 ハードルレート/割引率.....	7-2
7.3.4 FIRR 及び NPV.....	7-3
7.3.5 FIRR の感度分析.....	7-4
7.4 EIRR の算出.....	7-4
7.4.1 経済的便益.....	7-4
7.4.2 経済的費用.....	7-5
7.4.3 ハードルレート/割引率.....	7-5
7.4.4 EIRR 及び NPV.....	7-6
7.4.5 EIRR の感度分析.....	7-6
7.5 実施機関の財務分析.....	7-7
7.5.1 DESCO の財務分析.....	7-7
7.5.2 DPDC の財務分析.....	7-8
第8章.....	8
. 最優先プロジェクトの運転保守体制の検討.....	8-1
8.1 事業完了後の評価・モニタリング.....	8-1
8.1.1 事業目的.....	8-1
8.1.2 運用効果指標の設定.....	8-3
8.1.3 定性的効果の設定.....	8-3
8.1.4 参考指標の設定.....	8-4
8.2 事業実施体制.....	8-5
8.3 本事業実施に必要な E/S コンサルタント.....	8-9
8.3.1 本事業で建設する地下変電所の維持管理体制.....	8-9
8.3.2 本事業で建設する地中送配電ケーブルならびに洞道の維持管理体制.....	8-10
第9章.....	9
. JICA による援助支援方策の提案.....	9-1
9.1 ダッカ首都圏における地下変電所建設に係る支援の重点地域、分野と課題 JICA の支援シナリオ.....	9-1
第10章.....	1
0. Appendix.....	10-1
10.1 DESCO、DPDC ネットワーク図.....	10-1
10.1.1 DESCO ネットワーク図.....	10-1
10.1.2 DPDC ネットワーク図.....	10-2
10.2 Gulshan および Kawran Bazar 候補地の GIT 地下変電所概略レイアウト（第二回協議、用地選定時）.....	10-4
10.2.1 Gulshan GIT 変電所レイアウト.....	10-4
10.2.2 Kawran Bazar GIT 変電所レイアウト.....	10-5
10.3 スクリーニングフォーム.....	10-6
10.3.1 DESCO 事業.....	10-6

10.3.2 DPDC 事業.....	10-10
10.3 モニタリングフォーム.....	10-14
10.3.1 DESCO	10-14
10.3.2 DPDC.....	10-20
10.4 環境チェックリスト.....	10-27
10.4.1 DESCO	10-27
10.4.2 DPDC.....	10-33
10.5 サイト許可証明.....	10-40
10.5.1 DESCO の IEE 承認レター（環境局公式文書）	10-40
10.5.2 DPDC の IEE 承認レター（環境局公式文書）	10-43
10.6 Gulshan 変電所の FIRR（プロジェクト全体）	10-46
10.7 Gulshan 変電所の FIRR（上部建物）	10-47
10.8 Gulshan 変電所の FIRR（地下変電所）	10-48
10.9 Kawran Bazar 変電所の FIRR（プロジェクト全体）	10-49
10.10 Kawran Bazar 変電所の FIRR（上部建物）	10-50
10.11 Kawran Bazar 変電所の FIRR（地下変電所）	10-51
10.12 Gulshan 変電所の EIRR（プロジェクト全体）	10-52
10.13 Gulshan 変電所の EIRR（上部建物）	10-53
10.14 Gulshan 変電所の EIRR（地下変電所）	10-54
10.15 Kawran Bazar 変電所の EIRR（プロジェクト全体）	10-55
10.16 Kawran Bazar 変電所の EIRR（上部建物）	10-56
10.17 Kawran Bazar 変電所の EIRR（地下変電所）	10-57
10.18 ES コンサルタント TOR（案）	10-58

略語・用語集

RAJUK	ダッカ都市開発庁 (Rajdhani Unnayan Kartripakkha)
REHAB	バングラデシュ不動産・住宅協会 (Real Estate & Housing Association of Bangladesh)
DESCO	ダッカ電力供給会社 (Dhaka Electricity Supply Company)
DPDC	ダッカ配電会社 (Dhaka Power Distribution Company Ltd)
MPEMR	電力エネルギー鉱物資源省 (Ministry of Power、 Energy and Mineral Resources)
BPDB	バングラデシュ電力開発庁 (Bangladesh Power Development Board)
Power Division	電力エネルギー鉱物資源省 電力局 (Power Division: PD)
PGCB	バングラデシュ電力系統会社 (Power Grid Company of Bangladesh Ltd.)
MRT	軌道系公共高速輸送システム (Mass Rapid Transit System)
DMTC	ダッカ大量輸送会社 (Dhaka Mass Transit Corporation)
DTCA	ダッカ運輸調整局 (Dhaka Transport Coordination Authority)
MORTB	道路輸送橋梁省 (Ministry of Road、 Transport and Bridges)
IEE	初期環境調査 (Initial Environmental Examination)
DOE	環境局 (Department of Environment)
EIA	環境影響評価 (Environmental Impact Assessment)
DPP	開発事業プロポーザル (Development Project Proposal)
SAIDI	系統平均停電時間 System Average Interruption Duration Index
SAIFI	系統平均停電回数 System Average Interruption Frequency Index
MOEF	環境森林省 Ministry of Environment and Forest

図表一覧

表 1-1 本調査の主な業務項目と進捗	1-3
表 1-2 プロジェクトコスト内訳	1-11
表 1-3 招聘スケジュール	1-12
表 1-4 招聘者リスト	1-13
表 2-1 2041 年までの GDP 及び 1 人当たり GDP の予測	2-1
表 2-2 PGCB による 2035 年までの 132 kV 変電所の最大需要想定 (MW)	2-2
表 2-3 ダッカ都市圏への人口流入の動向	2-3
表 2-4 バングラデシュ国における電圧別電力供給者責任区分	2-6
表 2-5 DESCO 基本データ	2-6
表 2-6 DPDC 基本データ	2-9
表 2-7 配電会社 2 社の設備容量ならびに負荷状況	2-11
表 2-8 DESCO の既設変電所一覧	2-17
表 2-9 DPDC の既設変電所一覧	2-18
表 2-10 DESCO の変電所拡張計画(2016-2025)	2-21
表 2-11 DESCO の変電所拡張計画(2025-2030)	2-22
表 2-12 DPDC の変電所拡張計画 (1)	2-23
表 2-13 DPDC の変電所拡張計画 (2)	2-24
表 2-14 ダッカ市内での地下変電所建設にかかわる規制・基準インタビュー結果	2-27
表 2-15 JICA ポンプ場建設第一次事業の効果	2-34
表 2-16 DESCO における機器標準仕様	2-37
表 2-17 DPDC における機器標準仕様	2-38
表 2-18 変電所機器の輸送重量・寸法の想定表	2-40
表 2-19 基礎および地下部分設計の違いによる土木施工上の得失について	2-45
表 2-20 変電所建設にかかる影響比較	2-49
表 2-21 送配電網整備にかかる影響比較	2-50
表 3-1 供給方法比較表	3-1
表 3-2 地下変電所候補地一覧	3-7
表 3-3 地下変電所候補地一覧	3-14
表 3-4 各候補地の特徴	3-17
表 3-5 各候補地の賃貸料水準	3-18
表 3-6 建築基準に基づく各候補地の評価 (DESCO)	3-19
表 3-7 建築基準に基づく各候補地の評価 (DPDC)	3-20
表 3-8 DESCO 候補地における各変電所形態の設置検討	3-23
表 3-9 DPDC 候補地における各変電所形態の設置検討	3-24
表 3-10 ケース別のプロジェクトコスト概算	3-25
表 3-11 事業を実施しない場合 (ゼロ・オプション) の影響比較	3-26
表 3-12 予備スコーピング結果 (Gulshan 候補地)	3-27
表 3-13 予備スコーピング結果 (Uttara 候補地)	3-29

表 3-14 予備スコーピング結果 (Baridhara 候補地)	3-32
表 3-15 予備スコーピング結果 (Dhaka University 候補地)	3-35
表 3-16 予備スコーピング結果 (Kawranbazar 候補地)	3-38
表 3-17 予備スコーピング結果 (Lalmatia 候補地)	3-41
表 3-18 FIRR 算出の前提条件.....	3-44
表 3-19 WACC 算出の前提条件.....	3-47
表 3-20 各候補地の FIRR 及び NPV.....	3-47
表 3-21 最有力候補地選定の評価クライテリア.....	3-51
表 3-22 クライテリアによる地下変電所候補地の評価表 (総評)	3-54
表 3-23 候補地の用地条件	3-55
表 3-24 各候補地の周辺変電所位置、最大負荷状況 (DESCO)	3-56
表 3-25 各候補地の周辺変電所位置、最大負荷状況 (DPDC)	3-57
表 3-26 各候補地の需要密度の現状ならびに想定.....	3-58
表 3-27 主な環境社会影響の比較 (DESCO 候補地)	3-60
表 3-28 主な環境社会影響の比較 (DPDC 候補地)	3-62
表 3-29 地中送電距離による評価 (出典: JICA 調査団)	3-63
表 3-30 全ケース共通の前提条件	3-74
表 3-31 ケース別 Kawran Bazar プロジェクトコスト.....	3-75
表 3-32 Kawran Bazar における 4 ケースの NPV と FIRR.....	3-76
表 4-1 各確率における最大降雨量(mm).....	4-20
表 4-2 ダッカ河川流域における最大水位予測.....	4-20
表 4-3 地下構造部材寸法	4-29
表 4-4 構造検討使用材料	4-30
表 4-5 検討用積載荷重	4-30
表 4-6 検討用データ	4-34
表 4-7 検討結果	4-34
表 4-8 パッケージおよび標準入札書類 (案)	4-42
表 5-1 132/33/11kV Gulshan 地下変電所 機器仕様	5-3
表 5-2 132/33/11kV Kawran Bazar 地下変電所 機器仕様.....	5-5
表 5-3 132/33/11kV Gulshan 地下変電所概算工事費 (土木、建築工事を除く).....	5-6
表 5-4 132/33/11kV Gulshan 電源変電所 132kV 開閉設備増設概算工事費.....	5-8
表 5-5 132/33/11kV Kawran Bazar 地下変電所概算工事費 (土木、建築工事を除く).....	5-9
表 5-6 132/33/11kV Kawran Bazar 電源変電所 132kV 開閉設備増設概算工事費	5-10
表 5-7 ケーブル回線数	5-11
表 5-8 ケーブル布設費用	5-11
表 5-9 洞道及び湖横断部布設費用	5-11
表 5-10 土木工事費の推定	5-13
表 5-11 工事項目別建築概算工事項目	5-14
表 5-12 建築概算工事費	5-15
表 5-13 地下変電所 概算撤去工事費	5-17

表 5-14	事業実施スケジュール	5-18
表 5-15	概算事業費（Gulshan 変電所）	5-19
表 5-16	概算事業費（Kawran Bazar 変電所）	5-20
表 6-1	バングラデシュ国と国際金融公社の大気質基準	6-4
表 6-2	バングラデシュ国の騒音基準	6-5
表 6-3	地下水質の各種パラメータ測定値	6-7
表 6-4	DESCO サービスエリアの土地利用の詳細	6-8
表 6-5	DPDC サービスエリアの土地利用の詳細	6-8
表 6-6	DESCO と DPDC サービスエリアの人口分布	6-16
表 6-7	経済活動人口の雇用形態内訳	6-17
表 6-8	調査対象地区の職業分布	6-18
表 6-9	調査 TOR	6-20
表 6-10	事業予定地における大気質（グルシャン地区）	6-23
表 6-11	事業予定地の騒音レベル	6-24
表 6-12	事業ルート上の道路と交通状況詳細	6-26
表 6-13	事業地域における世帯と人口の分布	6-28
表 6-14	労働力と賃金	6-29
表 6-15	DESCO 事業地の住宅状況	6-30
表 6-16	DESCO 事業地における飲料水設備	6-31
表 6-17	DPDC 区域にある大気モニタリング観測所	6-32
表 6-18	ダッカの大気モニタリング観測所で測定された大気質（2016年5月時点）	6-32
表 6-19	ダッカの大気モニタリング観測所で測定された大気質（2016年9月時点）	6-33
表 6-20	事業地における騒音レベル	6-33
表 6-21	事業予定地に現存する植物種一覧	6-34
表 6-22	事業地の行政単位	6-37
表 6-23	事業地の人口	6-38
表 6-24	事業予定地周辺の労働力と賃金	6-39
表 6-25	世帯収入支出分布	6-39
表 6-26	事業予定地の識字率	6-40
表 6-27	事業予定地の住宅事情	6-41
表 6-28	事業予定地の衛生設備	6-42
表 6-29	事業予定地の飲料水水源	6-42
表 6-30	パブリック・コンサルテーション協議の開催場所・開催日時（DESCO エリア）	6-44
表 6-31	住民の懸念と提案された解決策	6-45
表 6-32	パブリック・コンサルテーション協議の開催場所・開催日時（DPDC エリア）	6-46
表 6-33	住民の懸念と提案された解決策	6-46
表 6-34	環境社会への影響評価結果（DESCO 事業）	6-48
表 6-35	環境社会への影響評価結果（DPDC 事業）	6-53

表 6-36 環境管理計画 (DESCO 地下変電所建設計画)	6-59
表 6-37 環境管理計画 (DPDC 管区地下変電所建設計画)	6-65
表 6-38 環境モニタリング計画 (DESCO 管区地下変電所建設計画)	6-71
表 6-39 環境モニタリング計画 (DPDC 管区 地下変電所建設計画)	6-75
表 6-40 調査対象世帯	6-81
表 6-41 調査対象者の建物構造と商いの内容.....	6-82
表 6-42 被影響住民の一ヶ月当たりの所得.....	6-82
表 6-43 コンサルテーションの開催場所と開催日時.....	6-83
表 6-44 社会支援枠組み	6-85
表 6-45 補償費用 (見積もり)	6-85
表 6-46 事業実施スケジュールと補償時期.....	6-86
表 7-1 経済財務分析の前提条件一覧	7-1
表 7-2 WACC 算出の前提条件.....	7-3
表 7-3 本事業の FIRR と NPV	7-3
表 7-4 FIRR 感度分析	7-4
表 7-5 本事業の EIRR と NPV	7-6
表 7-6 EIRR 感度分析	7-7
表 7-7 DESCO の財務諸表分析	7-7
表 7-8 DPDC の財務諸表分析.....	7-8
表 8-1 本事業の運用効果指標	8-3
表 8-2 本事業の実施体制	8-5
図 1-1 調査業務の流れ	1-5
図 1-2 調査作業工程表	1-6
図 1-3 調査団構成	1-7
図 1-4 両プロジェクトサイト、電源変電所と地中送電ルート位置関係.....	1-9
図 1-5 Gulshan 変電所地上部レイアウト図	1-10
図 1-6 Kawran Bazar 変電所地上部レイアウト図.....	1-11
図 1-7 現地地下変電所見学および協議風景.....	1-13
図 2-1 JICA 電力 MP2016 における産業構造の多様化スライド	2-3
図 2-2 マスタープラン調査時におけるバングラデシュ電力セクター 組織関連図.....	2-5
図 2-3 DESCO の組織図 (2016 年 11 月現在)	2-7
図 2-4 DPDC の組織図 (2016 年 11 月現在)	2-10
図 2-5 ダッカ市基幹送電線ネットワークと、2025 年断面での潮流図.....	2-12
図 2-6 DPDC、DESCO 各社の 2015 年断面需要密度 推定グラフ	2-13
図 2-7 DPDC 供給範囲の地域別負荷分類.....	2-14
図 2-8 JICA 支援の新都市交通システム (MRT) 導入計画と先行の 6 号線ルート詳細	2-14
図 2-9 DESCO の既設系統図 (赤線: 132kV、緑色: 33kV)	2-15
図 2-10 DPDC の既設系統図 (黄土色: 既設 132kV 系統)	2-16

図 2-11 DPDC の既設系統図（緑色：33kV 系統）	2-16
図 2-12 DESCO の需要予測、変電所容量予測	2-19
図 2-13 DPDC の需要予測、変電所容量予測	2-19
図 2-14 DESCO による uttala 変電所配線線路敷設図（例）	2-26
図 2-15 Lalmatia 変電所 屋内構造検討	2-29
図 2-16 Lalmatia 変電所 屋外構造検討	2-29
図 2-17 Red カテゴリ案件の実施承認のながれ	2-32
図 2-18 用地その他の不動産取得と補償のながれ	2-33
図 2-19 JICA 第二次ダッカ市雨水排水施設改良計画報告書より、2004 年洪水時のダッカ 市街と増設ポンプ所写真、およびダッカ市街高度調査結果	2-35
図 2-20 132/33/11kV 地下変電所 標準単線結線図（例）	2-37
図 2-21 132kV ケーブル断面図	2-41
図 2-22 標準トレンチ断面図	2-42
図 2-23 標準ダクトバンク断面図	2-42
図 2-24 ノーズプーリング引き入れ概念図	2-43
図 2-25 地下建築物施工事例写真（土留支保工、土捨搬出）	2-44
図 2-26 地下変電所上部建物の活用事例	2-47
図 3-1 ダッカ市内既設変電所分布	3-3
図 3-2 配電線連系イメージと東京電力における実設計（3 分割 3 連系）	3-4
図 3-3 地中送配電線敷設断面図	3-5
図 3-4 洞道イメージ（断面）	3-6
図 3-5 候補地箇所（青：DESCO、赤：DPDC）	3-7
図 3-6 Gulshan 敷地図	3-8
図 3-7 Uttara 敷地図	3-8
図 3-8 Uttara 現地写真	3-9
図 3-9 Baridhara 敷地図	3-9
図 3-10 Baridhara 現地写真	3-10
図 3-11 Dhaka University 敷地図	3-10
図 3-12 Dhaka University 現地写真	3-11
図 3-13 Kawran Bazar 敷地図／位置図	3-11
図 3-14 Kawran Bazar 現地写真	3-12
図 3-15 Lalmatia 敷地図	3-12
図 3-16 Lalmatia 現地写真	3-13
図 3-17 Gulshan - Rampura 地中線ルート図	3-14
図 3-18 Uttara - Basundhara 地中線ルート図	3-15
図 3-19 Baridhara - Basundhara 地中線ルート図	3-15
図 3-20 Dhaka University - Kamrangirchar 地中線ルート図	3-16
図 3-21 Kawran Bazar - Dhanmondi 地中線ルート図	3-16
図 3-22 Lalmatia - Dhanmondi 地中線ルート図	3-17
図 3-23 Kawran Bazar 変電所の場合の油変圧器を用いたレイアウト	3-22

図 3-24 地下変電所最適候補地の選出フロー	3-50
図 3-25 Gulshan 132/33/11kV 地下変電所の概略配置図 (DESCO オフィス側での検討例)	3-65
図 3-26 Gulshan 用地活用のためのプロジェクト実施手順案	3-66
図 3-27 将来 FS 案件候補となる、230kV 地下変電所レイアウトの素検討図	3-66
図 3-28 Gulshan 再開発エリア詳細測量結果	3-67
図 3-29 Gulshan プロジェクト 方策 A のレイアウト検討結果	3-69
図 3-30 Kawran Bazar 地下変電所の地理的な状況について	3-70
図 3-31 Kawran Bazar 132/33/11kV 地下変電所の概略配置図	3-71
図 3-32 Kawran Bazar プロジェクト用地詳細測量結果	3-71
図 3-33 Kawran Bazar プロジェクト用地活用 (BPDB 用地なし) の検討結果 1	3-72
図 3-34 Kawran Bazar プロジェクト用地活用 (BPDB 用地なし) の検討結果 2	3-73
図 4-1 本プロジェクト運用開始時のネットワーク形態	4-1
図 4-2 将来目指すべきネットワーク形態の例	4-2
図 4-3 Gulshan 変電所のプロジェクトスコープ	4-2
図 4-4 Gulshan 変電所周辺地域における需給バランス検討	4-3
図 4-5 Kawran Bazar 変電所周辺地域における需給バランス検討	4-4
図 4-6 Gulshan 変電所地上部レイアウト図 (PLAN B)	4-7
図 4-7 Gulshan 変電所 詳細設計レイアウト図 (PLAN B)	4-8
図 4-8 Kawran Bazar 変電所地上部レイアウト図 (PLAN B)	4-9
図 4-9 Kawran Bazar 変電所 詳細設計レイアウト図 (PLAN B)	4-10
図 4-10 Gulshan - Rampura 間の排水管布設状況	4-11
図 4-11 Gulshan - Rampura 間の水道管布設状況	4-12
図 4-12 Kawran Bazar - Dhanmondi 地中線ルート図(変更)	4-13
図 4-13 Kawran Bazar - Dhanmondi 間の排水管布設状況	4-13
図 4-14 Kawran Bazar - Dhanmondi 間の水道管布設状況	4-14
図 4-15 洞道断面図 (イメージ図)	4-15
図 4-16 洞道レイアウト図 (Gulshan)	4-16
図 4-17 洞道レイアウト図 (Kawran Bazar)	4-17
図 4-18 新設仮設栈橋の一例	4-24
図 4-19 土留壁 平面配置図	4-26
図 4-20 上部構造柱軸力	4-30
図 4-21 各階に作用する土水圧	4-31
図 4-22 代表応力図	4-32
図 4-23 断面算定結果	4-33
図 4-24 柱偏心による構造断面の比較	4-37
図 4-25 プロジェクトコンポーネントイメージ	4-41
図 4-26 変電所近傍に建設する洞道システムの一例 (変電所接続用立坑部分除く)	4-41
図 5-1 132/33/11kV Gulshan 地下変電所 単線結線図	5-2
図 5-2 132/33/11kV Kawran Bazar 地下変電所 単線結線図	5-4

図 5-3 地下変電所 土木工事工程例	5-13
図 5-4 Gulshan 地下変電所 撤去工事範囲	5-16
図 5-5 Kawaran Bazar 地下変電所 撤去工事範囲	5-17
図 6-1 ダッカ BMD 観測所での月間雨量 (1953~2013 年)	6-2
図 6-2 ダッカ BMD 観測所での月間気温 (1953~2013 年)	6-2
図 6-3 ダッカ BMD 観測所での月間相対湿度 (1953~2013 年)	6-3
図 6-4 ダッカ BMD 観測所での年間最大風速 (1953~2013 年)	6-3
図 6-5 ダッカ BMD 観測所における月間最大風速 (1953~2013)	6-4
図 6-6 バッダにおける地下水深 (2005~2013 年)	6-6
図 6-7 モハマドプールにおける地下水深 (1977~2013 年)	6-7
図 6-8 道路の装飾植物	6-12
図 6-9 グルシャン湖の湿地植物	6-13
図 6-10 Gulshan 変電所建設予定地	6-24
図 6-11 134 号道路	6-25
図 6-12 ビールウッタム A K カンドケール道路 (Bir Uttam A K Khandoker Rd)	6-25
図 6-13 ビール・ウッタム・ラフィクル・イスラム大通り A 道 (Bir Utam Rafiqul Islam Avenue A Road) における交通状況	6-25
図 6-14 ハティルジール-ベグンバリ事業	6-27
図 6-15 東西大学キャンパス	6-27
図 6-16 ハティルジール連絡道路の交通状況	6-28
図 6-17 ビール・ウタム・ラフィクル・イスラム大通りの交通状況	6-28
図 6-18 収入・支出による世帯の分布	6-29
図 6-19 調査対象地域の保健医療設備の内訳	6-30
図 6-20 地下変電所用地の既存植物 (スターフルーツ、グアバ、タロイモ)	6-34
図 6-21 地下ケーブルルート予定地の近隣にあるパントクンジョ公園	6-35
図 6-22 地下ケーブルルート予定地脇の街路樹	6-35
図 6-23 事業地の道路の様子	6-36
図 6-24 ボシュンドラ・シティ・ショッピングセンター (事業予定地隣)	6-37
図 6-25 居住棟 (事業地敷地内)	6-37
図 6-26 事業予定地にある病院	6-40
図 6-27 事業地に見られる居住形態	6-41
図 6-28 地下変電所事業予定地の飲料水水源	6-43
図 6-29 工事前段階の実施メカニズム	6-79
図 6-30 工事段階における実施メカニズム	6-80
図 6-31 カウランバザール DPDC 敷地内で行われたコンサルテーション	6-83
図 6-32 事業実施に賛成する被影響住民	6-84
図 8-1 本事業の効果発現に至るロジックモデル	8-2
図 8-2 PSC 及び PIU の組織構成	8-6
図 8-3 コミットメント方式の業務フロー図 (L/COM 発行時、支払時)	8-7
図 8-4 トランスファー方式の業務フロー図 (外貨支払い)	8-8

図 8-5	トランスファー方式の業務フロー図（内貨支払い）	8-8
図 8-6	DPDC での新設予定組織構成（案）	8-10
図 9-1	DPDC が計画する 230kV 変電所計画図面	9-2

1. 要約

1.1 調査の背景

バングラデシュでは、約 6%の堅調な GDP 成長（2011 年から 2015 年までの第 6 次 5 か年計画期間中）に伴い電力需要が拡大している。同国の電力マスタープラン(2016 年改定)では 2030 年までにピークデマンド 27,000MW に対応できる電源・電力網の開発を行う必要があると示されており、電力系統全体の需要見直しにおける急激な需要増加に対応する変電、送・配電ネットワークの開発が必要とされている。

同国の経済、産業の中心である首都ダッカでは、この傾向が特に顕著で、近年の経済活動の活性化・高層オフィスビルの建設ラッシュにとともに電力供給設備の拡充が喫緊の課題となっている。同国の電力マスタープラン(2016 年改定)では DESCO で 2015 年現在 956MW の需要が 2030 年には 2,807MW へ、DPDC は 2015 年 1,510MW の需要が 4,723MW へと、飛躍的な拡大が見込まれている。

一方で、ダッカの人口密度は世界でも有数の高さで、特に経済活動が活発な首都ダッカを抱える市圏(Dhaka Metropolitan Area)では人口増加率が高く 1990 年には 635 万人であった人口は、2011 年の国勢調査の結果、おおよそ倍の 1200 万人を超えた。このような人口増加と経済活動の活発化、急激な都市化により、ダッカでは必要な変電、送配電設備の増強、新設を行うための用地取得自体が非常に困難、取得できたとしても非常に高額となる問題が顕在化している。

この状況のなか需要の伸びに対応して計画的に変電、送配電網を整備、拡充する方策の一つとして、地下変電所建設は、非常に有効であると考えられる。ダッカ電力供給会社 (Dhaka Electric Supply Company Ltd. : DESCO)、及び、同南部のダッカ配電会社 (Dhaka Power Distribution Company: DPDC)の担当者とのインタビューによると各配電会社はバングラデシュ国政府から配電線の地中化や地下変電所導入による地上部の有効活用について奨励されており、また現地日系企業とのヒアリングにおいては、ダッカ市においても Sustainable Development Goal と称した将来に向けての都市設計委員会が招聘され、設備地中化を 2040 年までに導入するとの方向性が示されているとのことである。またこの方針に基づき今後のダッカ市街中心における配電ネットワーク整備を地中線路を主体とし、必要により地下変電所建設を行うことで実現する計画について、各社 MD の指示のもと、DESCO 及び、DPDC において具体的な検討を開始したとのことである。

しかしながらバングラデシュの電力会社は地下変電所の建設、運用について未経験であり、その設備設計・運用についての技術的調査・専門家による支援が必要であった。この支援について DESCO は経済産業省に対し支援を要請したことから、2015 年 9 月～2016 年 3 月の期間において地下変電所導入可否に関するプレ FS 調査が実施され機器仕様および概略レイアウトの検討が行われた。このプレ FS 結果にて GIT を用いた地下変電所の実行可能性が確認されたことから、電力エネルギー・鉱物資源省(Ministry of Power, Energy and Mineral Resources、以下 MPEMR)の電力局 (以下 Power Division)の要請をもとに JICA は本調査

チームを編成し、関連情報を収集して地下変電所建設について必要性や妥当性を確認するとともに、既存の地下変電所に係る調査等による関連施設的设计案の適性を確認し、事業計画を策定するための、基礎情報収集調査を実施することを決定した。

1.2 調査の目的と概要

本調査ではダッカ首都圏を対象に、既存の送変電設備拡充計画に基づいて DESCO・DPDC 両社の地下変電所建設の必要性を確認することを目的としている。この確認においては各社における都市部需要の伸びの想定と対応する配電用変電所の更新・増設計画を調査し、また地下変電所建設の必要性が認められた場所については、現地調査にて当該用地の地理的条件、既設建物・設備の用途調査と地下変電所建設にあたり必要とされる技術要件をもとにしたより現実的な実行可能性を検討し、あわせてダッカ市街の地下変電所用地上部建物活用による経済的な価値についての調査を行った。

また地下変電所の設計・建設・運転にあたり必要な支援項目について、ダッカ市におけるプロジェクトに適用可能な技術を検討し関連既存データや、基礎的な情報をもとに検討を行った。その上で、JICAが今後支援すべきプロジェクト候補地について検討し、必要性が確認されたことから、具体的な支援事業の提案を行った。

1.2.1 調査範囲と実施項目

本調査の主な調査項目を以下に示す。地理的な調査業務の範囲を DESCO および DPDC の供給範囲であるダッカ首都圏に設定した。そのうえでタスク 1：地下変電所候補地情報収集・分析業務と、タスク 2：地下変電所建設案件化にかかる調査を実施した。

表 1-1 本調査の主な業務項目と進捗

1. 準備作業
1.1. 関連資料・情報の収集・分析、現地での情報収集項目のリストアップ
1.2. 変電所候補地比較検討のためのクライテリア案検討
1.3. インセプションレポート、質問表の作成
2. 第1次調査（6月実施：情報収集）
2.1. JICAバングラデシュ事務所、調査対象機関への調査概要説明
2.2. バングラデシュの変電、送・配電（電力分野）に係る上位計画、政策、法令、省令、事業計画、予算や財政状況に関連する資料・データの収集、整理及び課題の抽出
2.3. バングラデシュにおける変電所建設に係る建設基準、関連法令及び既存地下構造物についての情報収集、確認
2.4. ダッカの社会経済状況、ダッカの送変電・配電事業の事業計画および予算の情報確認
2.5. バングラデシュ政府及び関連機関の変電、送・配電設備建設運用についての実施体制・事業分担体制の確認
2.6. 他国政府、ドナー等の送・配電、変電にかかる支援計画、実績及び支援体制の確認
2.7. ダッカにおける災害状況、水害及び洪水に関する情報収集、分析
2.8. 我が国及びJICAの援助方針との整合性及びこれまでの支援成果・課題の確認
3. 第2次調査（8月末東京招聘にて実施：地下変電所候補地の検討）
3.1. 送変電設備ケース別概算コストの算出と比較
3.2. 潜在的な事業候補地（必要地）の選定（事業候補地のロングリストの提案）
3.3. 一次事業候補地のビジネスモデルの提案
3.4. 地下変電所建設事業候補地の優先順位付けのための諸要件・クライテリアの検討
3.5. 地下変電所事業最終候補地の選定
4. 第3次現地調査（11月第三国タイ招聘にて実施：地下変電所建設候補プロジェクト検討）
4.1. インテリムレポートについての現地関係各者への説明および協議
4.2. 最有力事業候補地の地盤・地質条件、水文調査等の自然条件の検討
4.3. 地下変電所構造の検討、我が国の知見・経験・技術等の活用可能性の検討
4.4. JICAによるダッカ首都圏における変電、送・配電化、地下変電所建設に関する支援内容（課題・重点地域・分野）の方向性検討
4.5. 地下変電所建設及び地中ケーブル線敷設に伴う環境社会配慮面の検討
4.6. 送地下変電所建設及び地中ケーブル線敷設に伴う重要な環境社会影響項目の確認
5. 第3次国内作業（11月末）
5.1. ドラフト・ファイナルレポート(DF/R)の作成

6. 第4次現地調査（12月実施予定：地下変電所GIT風冷設備に係る第三国オーストラリアでの現地調査業務）

- 6.1. 変圧器の風冷却、水冷却方式の保守・運用面での得失、トラブル履歴などのインタビューによる調査
- 6.2. 風冷設備を付帯した変電所の現場設備見学
- 6.3. GIT国内メーカーへの技術ヒアリング

7. 第5次現地調査と国内関連作業（1月上旬）

- 7.1. 先方政府、ドナー、関係機関への調査結果概略の共有
- 7.2. 業務パッケージ分け、要求される技術要件の検討
- 7.3. JICAによる詳細FF実施に関する支援

1.2.2 調査業務フロー

本調査の調査フローは以下の通りである。

タスクI. 地下変電所候補地情報収集・分析業務



図 1-1 調査業務の流れ

1.2.3 作業工程

本調査は、2016年6月から業務を開始し、2017年5月に完了した。

		平成28年度										
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
業務番号	業務名											
					▼			▼	▼	▼		
					CM			FF	DFF	調査		
D0	国内準備作業	■										
F1	第1次国外調査(ダッカ)	■	■									
D1	第1次国内作業	■	■	■	■							
D2	本邦研修			■	■							
F2	国外技術調査(シドニー)							■				
F3	FF mission(ダッカ)							■				
F4	第2次国外調査(バンコク)							■				
D3	第2次国内作業					■	■					
F5	第3次国外調査(バンコク)								■			
D4	第3次国内作業								■	■		
F1-1	インセプションレポートの説明・ワークプランの合意	■										
F1-2	DESCO、DPDCの組織体制の把握	■										
F1-3	既存の高圧送電系統計画の把握	■										
F1-4	既存の配電系統計画の把握	■										
F1-5	地下変電所建設候補地の把握	■										
F1-6	各候補地の送電ルートの把握	■										
F1-7	建築・土木分野の関連法令の把握	■										
F1-8	ビジネスモデル構築に関連する法令の把握	■										
F1-9	各候補地の用地取得コストの積算	■										
F1-10	各候補地周辺地価や公共施設を使う場合の土地購入/使用料の調査	■										
F1-11	各候補地周辺地域のテナント収益の調査	■										
F1-12	環境社会配慮に関連する法令調査	■										
F1-13	工事中の環境社会的側面の懸念事項調査	■										
F1-14	建築・土木分野の現地保有技術の把握	■										
F1-15	各候補地における変電機器仕様の検討	■										
F1-16	各候補地における上部建物建築の実施可能性調査	■										
F1-17	現地再委託準備	■										
D2-1	各候補地におけるビジネスモデルの提案				■							
D2-2	各候補地における簡略な地下構造物設計業務・積算				■							
D2-3	各候補地における簡略な土木・建築費用の積算				■							
D2-4	各候補地の総合コスト積算・実施可能性の判断				■				■			
D2-5	各候補地における事業採算性の検討・提案				■							
D2-6	最終候補地確定のためのクライテリア策定				■							
D2-7	環境社会影響項目の列挙				■							
D2-8	各候補地における送電・配電機器仕様の検討				■							
D2-9	現地再委託による建設工事に要する搬入・除去ルートの調査				■							
D2-10	現地再委託による地盤調査・地形測量・水門調査の実施				■							
D2-11	最終候補地決定の合意形成				■							
D2-12	現地事業者における建築・土木工事の実施可能性検討				■							
F2-1	大容量ガス絶縁変圧器の風冷却方式、耐震設計上の緩和のある地下変電所と上部建物の構造体設計の実例調査							■				
F3-1	FFミッションへの同行・サポート							■	■			
F4-1	現地再委託による地中埋設物確認調査の実施							■	■			
F4-2	最終候補地の変電の設計							■	■			
F4-3	最終候補地の地中送電・配電の設計							■	■			
F4-4	排水・防水コストの積算							■	■			
F4-5	環境社会配慮の支援							■	■			
F4-6	最終候補地の総合コスト積算							■	■			
F5-1	最終報告・合意形成								■			
D2	本邦研修				■							
D0-1	インセプションレポート作成・提出	△-△		8/2(進捗)	9/9							
D1-1	インテリムレポート作成・提出				△-△							
D4-1	ドラフトファイナルレポート作成・提出									△-△		
D4-2	ファイナルレポート作成・提出										△-△	

図 1-2 調査作業工程表

1.2.4 調査団の構成および分担

本調査団の構成を下図に示す。



図 1-3 調査団構成

1.3 調査結果

本 JICA バングラデシュ国ダッカ地下変電所に係る情報収集・確認調査では、ダッカ首都圏での地下変電所建設の必要性・技術的な妥当性について DESCO・DPDC 両社の配変電設備拡充計画の確認後、提案された地下変電所候補 6 地点について確認・検証を行った。

地下変電所はダッカにおいて地下変電所候補地からの供給地域の需要の伸びが顕著である一方、用地取得が困難で、より高圧の大容量設備を限られた取得済みの土地（変電所として運転中）に建設するために必要な技術であることが確認できた。これは配電会社各社にとって当該地域での変電所新設用地取得が用地オーナーの土地価格値上がり期待もあり非常に困難であること、万が一用地交渉となった際にも交渉に時間がかかり所要の変電所運転開始時期に対する遅延リスクとなっていること、またこの需要の伸びに対応して設備容量を増強するためには各社の既設 33kV 変電所用地を最大限有効活用し 132kV 変電所へ昇圧する方策が最も現実的な解決策となりうること、各社からノミネートされた候補地についてはその用地が狭隘なため、地下式変電所の導入が合理的であることを確認したからである。

あわせて地下変電所のダッカ市内への導入のために必要な技術的要素について検討し、土木施工・建築技術の面においては、地下変電所特有の冷却設備設計について実施段階での専門家の雇用および一部の建設資材・機材の輸入が必要なものの、地下変電所建物の建設工事自体については現地技術にて施工可能であることを確認した。

一方、建物設計技術面では、初の地下変電所導入に際し、上部建物の設計との協調により変電所の運転・保守および上部建物での公衆の活動を損なわない地域開発プロジェクトの全体設計が必要である一方、実施組織においていまだ上部建物の用途・設計が決定されていないことから、多くの地下変電所設計の経験のある日本から今後も引き続きプロジェクト実施支援を行う必要があることを確認できた。

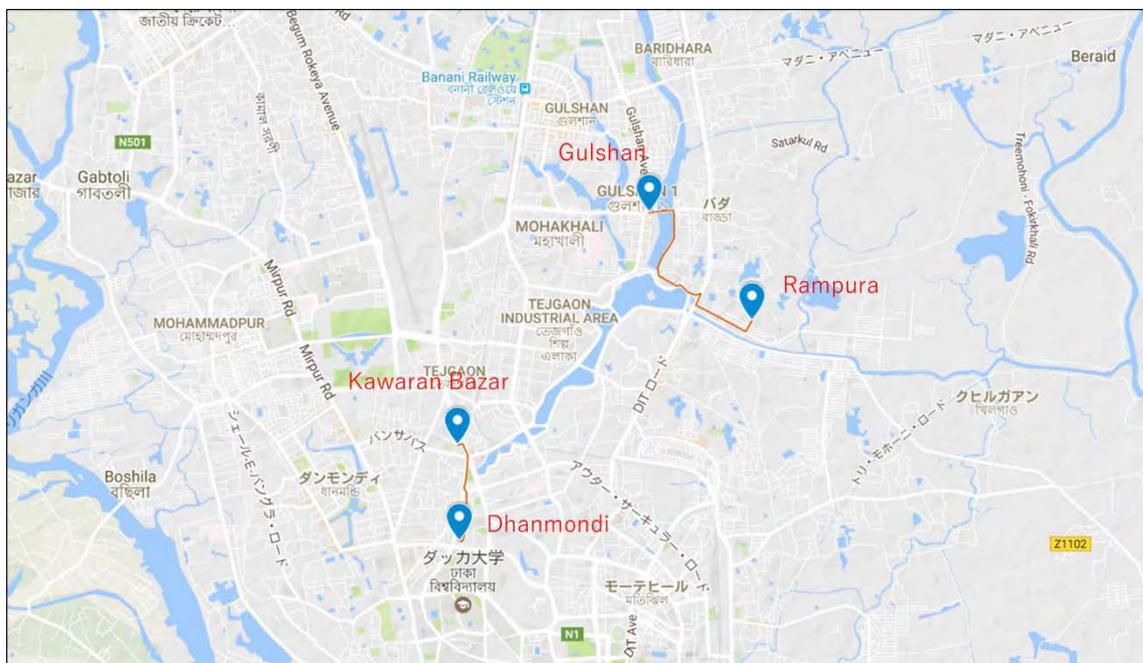
また変電所の電気設備面では GIT の導入による不燃化の方針が確認されたことから、機器仕様策定支援が実施段階で必要であり、納入される機器・地下変電所を保守・運用する技術支援とあわせてその必要性を確認した。

プロジェクトの環境社会配慮面からの検討においては、主に地中送電線路および地下変電所の建設期間中に社会的影響が生じるため対策が必要なものの、プロジェクト設計にてその対策を盛り込み重大かつ不可避な影響を回避することが可能である。

また地下変電所導入による上部建物利用については、借款対象となるプロジェクトコンポーネントではないものの、近隣地価・オフィスビルディングとしての商業価値および電力供給による裨益を考慮した結果、Gulshan および Kawran Bazar 両候補地については現時点においてプロジェクトの経済性を改善すること、他の候補地についても今後の商業価値の推移を見て実施することで配電会社の経営について問題が生じないことを調査において確認した。

この結果から、本調査では提案された 6 か所の変電所候補地から、Gulshan および Kawran Bazar 両候補地でのプロジェクトについて、隣接する他事業者用地の取り込みによる建設用

地の最大化の検討、および実行可能性を詳細調査する提案を行い、Power Division、PGCB、DESCO の同意を得た。以下に今回選定した Gulshan および Kawran Bazar 両プロジェクトサイトとそれぞれの電源変電所、および地中送電線ルートの位置関係を示す。



(上：全体図) (下：地点詳細図)

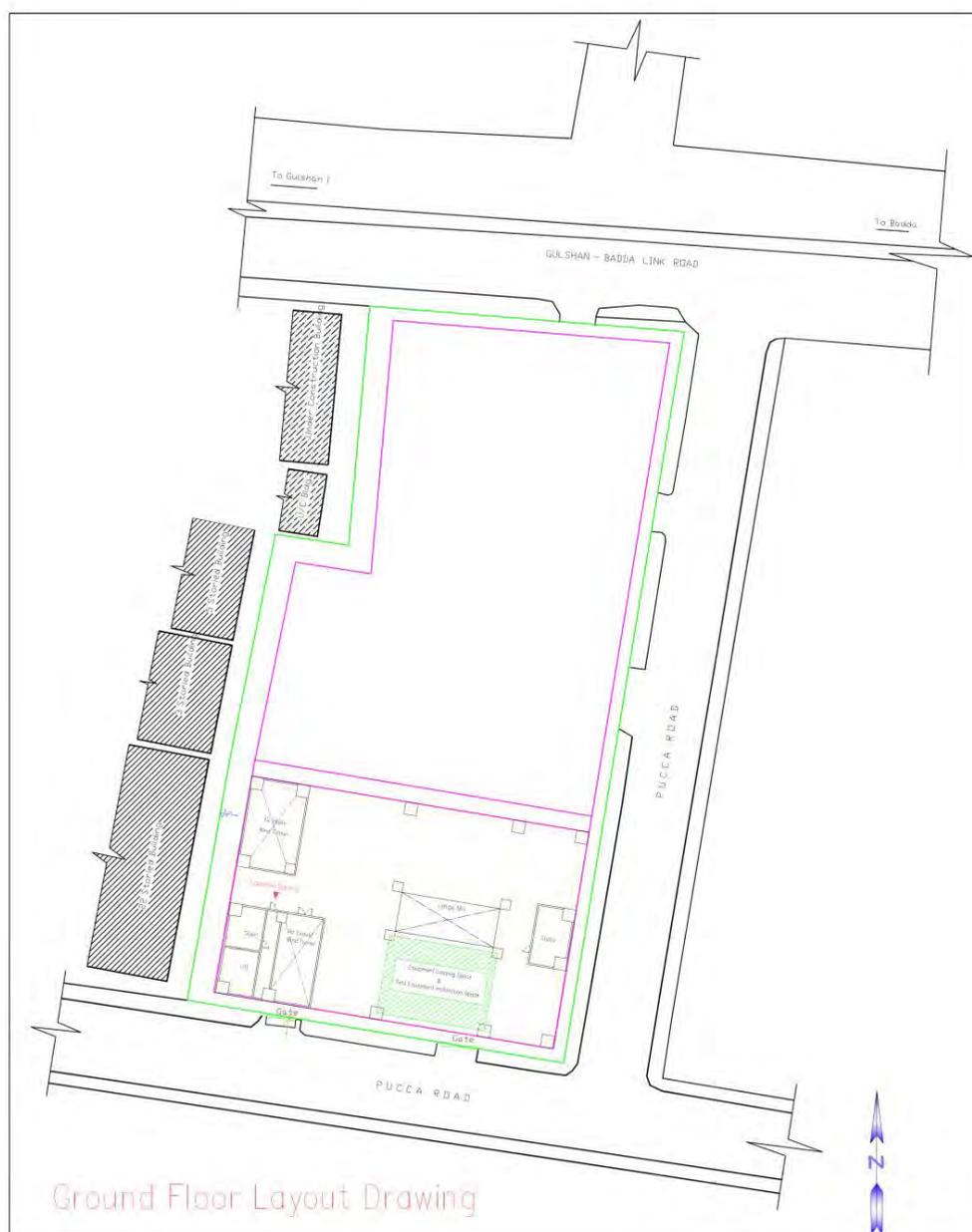


出典：調査団

図 1-4 両プロジェクトサイト、電源変電所と地中送電ルート位置関係

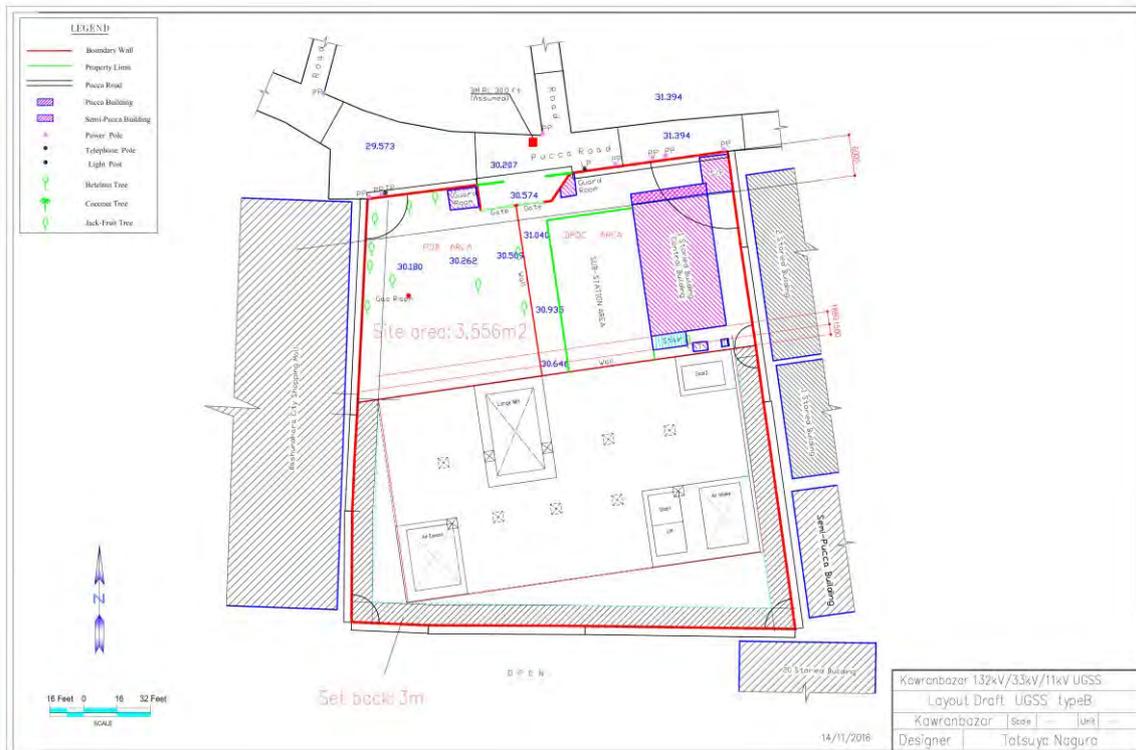
選定された 2 候補地でのプロジェクトについて、現地詳細調査をもとに বাংলাদেশ国での建物建設に関わる用地規制に基づいた地下変電所レイアウトおよび上部建物構造を考慮した変電所建物構造の基本的検討を行い、現地測量による土地形状をもとに上部建物の荷重条件については日本の基準・実例を準用し工事工程および変電所の運転信頼度を高めるべく隣接土地を活用したより現実的なレイアウト案を提案しプロジェクトスケジュール、プロジェクトコストを算出、当該 2 プロジェクトの社会環境配慮面、経済財務面での評価を実施した。

この調査結果をもとに DESCO,DPDC は変電所上部建物の活用について政府関係機関等のステークホルダーと方針を決定し建物設計に着手する運びとなっている。地下変電所設計およびその上部の建物設計は全体を一つの大規模プロジェクトとして設計し建築許可を得る必要があることから、当該プロジェクトの効果を最大化し地下変電所が上部建物から建物設計で過大な運転制約を受けない事を担保する意味からも、継続的な設計支援が必要であり、日本固有技術ともいえる GIT を活用した地下変電所の初の建設プロジェクトであることから、本件は日本国支援のもと実施すべき案件の候補である。



出典：調査団

図 1-5 Gulshan 変電所地上部レイアウト図



出典：調査団

図 1-6 Kawran Bazar 変電所地上部レイアウト図

表 1-2 プロジェクトコスト内訳

	Gulshan	Kawran Bazar
機器パッケージ	5,206	4,961
建築工事パッケージ	1,865	2,077
コンサルティング費用	1,113	1,113
プライスエスカレーション他	2008	1,967
合計	10,192	10,118

(単位：百万円)

1.4 本邦招聘協議、設備視察

2016年8月29日から9月7日まで下記日程にて、東京における地下変電所設備および地下送配電ネットワークの構築・設計、およびDESCO・DPDCから提案された地下変電所候補地についての選定協議のため、Power Division、PGCB、DESCOおよびDPDCのカウンターパート、および再委託先のBuilding Technologies and ideas (Bti)およびCEGISの技術専門家を招聘した。

表 1-3 招聘スケジュール

Schedule of UGSS meeting and on-site visits in Japan											
(JICA's Data Collection Survey on Underground Substation in Dhaka)											
Hotel Address		Dai-Ichi Hotel Tokyo Shinbashi 1-2-6, Minato-ku, Tokyo, Japan 〒105-8621 TEL 03-3501-4411									
Date	Time	Schedule:A (Engineering Counterpart)	Schedule:B (Executives)	Plan						Accommodation	
				Transport	Departure time	Origin	Transit	Arrival time	Destination		
28-Aug	Sun	13:35 ~ 16:05	Flight (Dhaka~Bangkok)	Flight (Dhaka~Bangkok)	Flight No.TG322	13:35	Dhaka		17:00	Bangkok	
		22:55 ~ 6:55	Flight (Bangkok~Haneda)	Flight (Bangkok~Haneda)	Flight No.TG682	22:45	Bangkok				
29-Aug	Mon		Flight (Bangkok~Haneda)	Flight (Bangkok~Haneda)					6:55	Haneda	Daiichi Hotel
		15:30 ~ 16:00	Orientation	Orientation	Kick-off Meeting introducing overview of TEPCO						
		16:00 ~ 16:30	Courtesy visit to TEPCO	Courtesy visit to TEPCO	Meeting with TEPCO executives.(venue:tepcoh01101.1102)						
		17:30 ~	Welcome dinner (TEPCO)	Welcome dinner (TEPCO)	at Ginza						
30-Aug		9:30 ~ 11:30	Technical Discussion	Technical Discussion	Kick-off presentation & discussion						
		12:30 ~ 16:00	Site Visit: Distribution Facility	Site Visit: Distribution Facility	TEPCO Training Center (Distribution Model)						
31-Aug	Wed	9:30 ~ 12:00	Site Visit: EHV UGSS/Distribution UGSS	Site Visit: EHV UGSS/Distribution UGSS	Higashi Uchisaiwai, & Kami Ote UGSSs						
		13:00 ~ 16:00	Technical Discussion	Site Visit: Underground Construction Work(Tokyo Station)	Discussion on UGSS design details, demand forecast, town planning for six candidate sites						
		17:00 ~ 18:00		Courtesy visit to JICA	Coutesy Visit to JICA						
1-Sep	Thu	9:30 ~ 11:30	Technical Discussion (Counterpart Eng.)	Kashima Port (Executive)	Technical Discussion for Distribution Networking, and UGSS designs in Dhaka City						
		12:30 ~ 16:00	Technical Discussion (Counterpart Eng.)	Hitachi Naka PSS (Executive)							
2-Sep	Fri	9:00 ~ 13:00	Technical Discussion	Technical Discussion	Financial & Distribution Networking						
		14:00 ~ 16:00	Site Visit : TEPCO NLDC & Smartmeter SCADA system(SMOC)	Site Visit : TEPCO NLDC & Smartmeter SCADA system(SMOC)							
3-Sep	Sat	AM	Site Visit	Site Visit	Rural Distribution Network						
		PM									
4-Sep	Sun	AM	Technical Discussion (supplemental)	Technical Discussion (supplemental)							
		PM	Technical Discussion (supplemental)	Technical Discussion (supplemental)							
5-Sep	Mon	9:30 ~ 11:30	Technical Discussion	Technical Discussion	Social & environment issues						
		13:00 ~ 16:00	Meeting with JICA	Meeting with JICA							
6-Sep	Tue	10:30 ~	GIT Factory	GIT Factory	UGSS Design discussion with manufacturers, Manufacturing Quality Observation for GIT factory						
		~ 14:30	GIS+High spec lightning Arrester Factory	GIS+High spec lightning Arrester Factory	Manufacturing Quality Discussion for Gas Insulated Switchgear						
7-Sep	Wed	9:30 ~ 11:30	Site Visit : 500kV UGSS	Site Visit : 500kV UGSS	500kV/275kV Shin-Toyosu Underground substation.						
		13:00 ~ 16:00	Technical Discussion	Technical Discussion	Progress Report, Study Scheduling, Wrap-up						
8-Sep	Thu	0:20 ~ 4:50	Flight (Haneda~Bangkok)	Flight (Haneda~Bangkok)	Flight No.TG661	0:20	Haneda		4:50	Bangkok	
		7:05 ~ 8:30	Flight (Bangkok~Dhaka)	Flight (Bangkok~Dhaka)	Flight No.TG321	10:35	Bangkok		12:10	Dhaka	

出典：調査団

本邦招聘者のリストは以下の通り

表 1-4 招聘者リスト

	Name	Organization
1	Mr. Mahbub-Ul-Alam	Power Division
2	Mr. Md. Shohelur Rahman Khan	Power Division
3	Mr. Choudhury Alamgir Hossain	PGCB
4	Mr. Arun Kumar Saha	PGCB
5	Brig. General Md. Shahid Sarwar	DESCO
6	Mr. A. K. M Akhtaruzzaman	DESCO
7	Mr. Md. Alamgir Hossain	DESCO
8	Mr. Md. Raihan Mondol	DESCO
9	Mr. Md. Monjurul Hoque	DESCO
10	Brig. General Md. Nazrul Hasan	DPDC
11	Mr. Sarwar Quainat Mohammad Noor	DPDC
12	Mr Md. Momimul Islam	DPDC
13	Mr. Haider Ali	DPDC
14	Mr. Mehedi Hasan	DPDC
15	Mr. Subrata Kumar Mondal	CEGIS
16	Mr. Malik Fida A Khan	CEGIS
17	Mr. Faizur Rahman Khan	Bti : MD
18	Mr. Zahangir Mohanmad Alam	Bti (New Vision)
19	Mr. Zaki Md. Ziaul Islam	JICA



出典：調査団

図 1-7 現地地下変電所見学および協議風景

この招聘において、バングラデシュからの参加者は本案件において導入が期待されるガス絶縁変圧器の他、地下変電所として具備すべき防災対策設備、多数のケーブルが輻輳する管路口や確保すべき搬入路などの理解を目的として、本案件の同規模の変電所ならびに将来の導

入も見込まれる超高压地下変電所の見学を行った。参加者からは実設備や地中配電設備モデルを見学することで地下変電所の理解が深まり、より実践的な協議が出来るようになったとの意見もあった。結果、ダッカ市街地の地中化において必要な機材や技術のイメージとして本邦技術の有用性を示すことが出来、ガス絶縁変圧器の導入合意を得ること、Gulshan、Kawran Bazar 両プロジェクトを最優先で実施することについてステークホルダーの権限者同席のもと MOU 確認に至ることができた。

また本調査の一環として、2016年12月5日から12月8日まで、本邦技術を導入した大容量GIT設備の空冷設計に関する検討として、オーストラリアにおける300kV地下変電所設備の視察をJICA同行のもと実施した。その主な確認内容は下記のとおりである。

- ✓ 契約パッケージ分けについて、冷却設備の設計を機器パッケージ（ガス絶縁変圧器含むとした場合、建物設計へ要求すべき項目（機器冷却に必要な風洞や配管サイズ設計、気圧調整室の設置など伝達する必要あり。）
- ✓ 空冷設備における設計思想や防音設計・調達方法の確認（変圧器自身と冷却設備を異なるフロアへ設置すること。防音設備において基本的には導入国での調達が望ましいものの、他国生産でも日本の技術者が必要な試験・検査を行うことで必要な仕様を満たすことが出来ることを確認。）
- ✓ 大風量を発生させる空冷設備による公衆への影響やその対策・効果（十分な換気口の確保やラジエータを設置することで、公衆が感じる温度・騒音・振動は問題無いレベルに抑制できることを確認。）
- ✓ 空冷設備運用におけるメンテナンス状況、トラブルの想定（ゴミや虫の死骸の混入、負圧による扉の変形など発生しているが、冷却能力に問題はなくフィルターの設置で問題解決した例を確認。）

2. ダッカ首都圏地下変電所建設事業に関する情報収集

本章では近年開発がめざましいダッカ首都圏を対象とした DESCO・DPDC 両社の送変電設備の拡充計画について確認し地下変電所建設計画とその必要性を検討する。また地下変電所建設検討に必要なダッカ市街の地理的条件と所要の地下変電所技術要件を基に技術的な実行可能性について検討、地下変電所および上部建物活用による経済合理性のあり方について検討する。

2.1 バングラデシュ国の経済動向と電力エネルギーセクター概況

バングラデシュ国の経済動向としては、「バ」国経済は 1971 年の独立以降、堅調な成長を遂げてきた。特に既製服産業が主要な輸出産業として台頭してきた 1990 年台以降、1 人当たり GDP の増加がみられ、2011 年から 2015 年までの第 6 次 5 年計画期間中の GDP の年平均成長率は 6.3%であった。バングラデシュ政府が策定した第 7 次 5 年計画では、2016～20 年の平均 GDP 成長率を 7.4%と見込んでいる。

以下に JICA バングラデシュ国マスタープラン（2010）にて検討された、JICA 2041 年までの「バ」国経済の予測結果を示す。この検討によると“2020 年代前半は第 7 次 5 年計画と同様の経済成長を続けるものの、2025 年以降は、「バ」国の経済が一定の水準に到達することや、世界経済停滞の影響を受けることから、GDP 成長率は徐々に鈍化していくものと予想される。しかしその後も「バ」国経済は成長を続け、2041 年の 1 人当たり名目 GDP は 10,993US\$に達するものと見込まれる。世界銀行による所得階層別分類の定義に従うならば、「バ」国は 2020 年代に上位中所得国に到達し、2041 年には高所得国にかなり近づいているものと期待される”と予想されている。

表 2-1 2041 年までの GDP 及び 1 人当たり GDP の予測

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2041
GDP (million USD) *1	93,236	126,630	181,282	258,598	351,109	453,642	587,665
GDP Growth Rate (p.a.) *1	6.1%	6.3%	7.4%	7.4%	6.3%	5.3%	4.4%
GDP per capita (USD) *1	615	787	1,063	1,444	1,883	2,357	2,970
GDP per capita (USD) *2	760	1,207	1,998	3,270	5,060	7,396	10,993

出典：JICA バングラデシュ国マスタープラン（2010）資料

Note) Average growth rate is five-year average except in the column of year 2041 that is six-year average.

*1:Real Basis at 2005price

*2:Nominal Basis

対応した電力エネルギーセクターの概況としては、PGCB は 2035 年までの 132 kV 変電所の需要想定を基に変電所の最大負荷を想定している。次表に PGCB が用意した 132 kV 変電所の最大需要想定を示す。

表 2-2 PGCB による 2035 年までの 132 kV 変電所の最大需要想定 (MW)

事業者名	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Comilla	1,170	1,307	1,466	1,642	1,842	2,045	2,283	2,525	2,788	3,033	3,313
Chittagong	1,017	1,134	1,318	1,449	1,591	1,743	1,910	2,071	2,257	2,405	2,618
Khulna	1,341	1,453	1,596	1,747	1,943	2,141	2,354	2,602	2,791	2,988	3,212
Bogra	1,473	1,617	1,783	1,981	2,191	2,398	2,615	2,833	3,055	3,293	3,505
Dhaka	1,869	2,106	2,334	2,589	2,954	3,286	3,629	3,943	4,279	4,589	4,903
DESCO	956	1,058	1,230	1,367	1,483	1,647	1,795	1,958	2,140	2,374	2,578
DPDC	1,510	1,675	1,934	2,101	2,321	2,581	2,868	3,173	3,535	3,880	4,242
Total	9,336	10,350	11,660	12,874	14,325	15,841	17,454	19,106	20,844	22,562	24,370

事業者名	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Comilla	3,565	3,824	4,053	4,337	4,573	4,746	4,925	5,088	5,258	5,434
Chittagong	2,823	3,009	3,208	3,367	3,534	3,695	3,856	4,024	4,200	4,385
Khulna	3,407	3,595	3,805	4,036	4,262	4,424	4,557	4,712	4,865	5,024
Bogra	3,718	3,936	4,161	4,374	4,588	4,759	4,922	5,087	5,259	5,435
Dhaka	5,200	5,547	5,901	6,247	6,606	7,003	7,336	7,657	7,993	8,346
DESCO	2,807	3,032	3,274	3,580	3,853	4,081	4,326	4,565	4,818	5,089
DPDC	4,723	5,139	5,558	6,003	6,450	6,885	7,274	7,659	8,056	8,490
Total	26,243	28,082	29,960	31,943	33,866	35,593	37,195	38,793	40,449	42,203

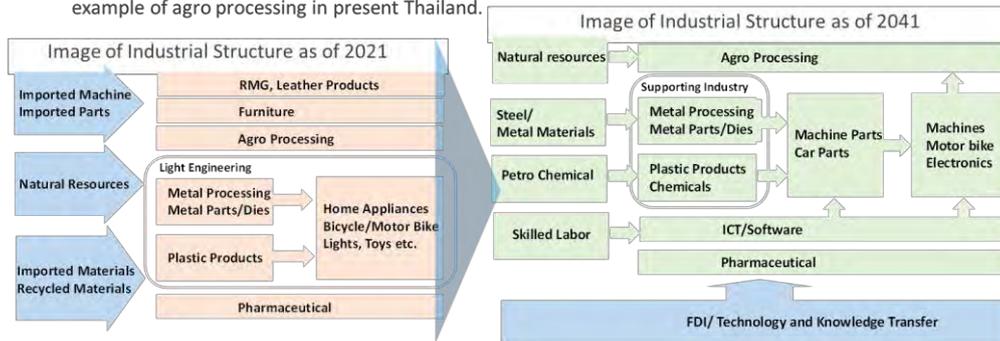
出典：JICA 電力マスタープランプロジェクト(2016)資料

本データの 2015 年断面実績では、Dhaka、DESCO、DPDC の需要が 4335MW と全体需要の 46.4%を占めている。10 年後の 2025 年断面では 11723MW にまで増加し 2015 年との比較で 2.7 倍、全体需要の 48.1%を占めるシナリオが示されている。この需要の増加を両配電会社における 132/33/11kV 変電所の標準設備容量 240MVA(216MW、力率 0.9)で除すると、変電所 34 個所の新增設が 2025 年までに必要となることを示唆している。

また将来の産業構造についても現在の天然資源および安価な労働力を活用した一次加工を主体とした産業から石油化学産業、軽工業および機器製造・パーツ供給等の重工業、医療および IT 分野への進展が予想されており、将来の産業構造を支えるインフラストラクチャとしての電力ネットワークにはさらなる供給信頼度が必要とされる。

Future Image of Industrial Structure in Bangladesh

- Until 2021, Bangladesh Industry will depend on natural resources, imported materials and imported parts & machines and will diversify gradually including Light Engineering and Pharmaceutical.
- After 2021 towards 2041, Bangladesh Industry will be able to provide raw materials and machines for itself and will be a high value added industry by introducing FDIs and taking advanced technologies and knowledges.
- Agro industry is always important because it can absorb huge labor force and can secure food supply. Furthermore Agro industry can be high value added industry by agro processing. We can see a good example of agro processing in present Thailand.



出典：JICA 電力マスタープラン(2016)プロジェクト資料

図 2-1 JICA 電力 MP2016 における産業構造の多様化スライド

地下変電所の建設が検討される背景には、ダッカ首都圏における都市開発上の制約が存在している。ダッカ首都圏では近年、人口増加が顕著となっており、その結果、新規の用地取得が困難になっている。

1981年から2001年にかけて、ダッカ都市圏の人口増加率は低下傾向にあったが、2001年以降は増加に転じた。ダッカは既製服産業の中心地であることから、同産業での雇用を求めて移住が活発化しており、河川浸食やサイクロン被害にあった地域からダッカ市に移住する人口が増加している点も RAJUK の報告書では指摘されている。2011年の人口センサスではダッカ首都圏の人口は1417万人となっていたが、今後も増加傾向となることが予想され、2035年には2594万人に達する見通しとなっている（RAJUK (2015) “Dhaka Structure Plan”）。

表 2-3 ダッカ都市圏への人口流入の動向

年	(A) ダッカ首都圏人口 増加率 (%/年)	(B) 流入人口 増加率 (%/年)	(B) / (A) 移住に起因する 増加率 (%/年)
1974-1981	9.94%	7.62%	77%
1981-1991	7.55%	5.54%	73%
1991-2001	3.71%	2.13%	57%
2001-2011	3.96%	2.49%	63%

出典：RAJUK (2015) “Dhaka Structure Plan” より抜粋

現在、ダッカは人口過密な状態にあり、市内において開発用地の取得は困難な状況にある。ダッカ市における公園を含めた空地の占める割合は全面積の1%未満となっており、先進国の主要都市の20~30%を大きく下回っている（RAJUK (2015) “Dhaka Structure Plan”）。また、流入人口の多くはスラムに居住しており、ダッカには約4500カ所のスラムが形成されている。スラムでは土地の権利関係が不透明であることから、用地取得にも困難が生じやすい。

また人口増加を背景に地価は大幅に上昇しており、ダッカ市街地の地価(21地点平均)は1990年から2010年まで現地通貨ベースで約20倍に上昇しており、2010年時点では主要繁華街では㎡あたり地価は20万タカ~60万タカとなっていた（REHAB: Real Estate & Housing Association of Bangladesh 2013年データより調査団算出）。

この計算からは首都であるダッカ首都圏においては人口流入も影響し電力需要の伸びが顕著となる一方、都市の需要密度も更けることからこれまで負荷増加の対応として行われてきた既設変電所へのバンク増設といった対応のみではなく、新規配電用変電所および変電所の132kV化といったより需要対応が必要となる。一方で、変電所用地の確保が困難である事情から必要な新規電力設備の建設が滞ってしまうという問題に送電・配電会社が直面することが推測できる。。

本事業における地下変電所の建設により、用地の効率的な活用が可能となる。バングラデシュ政府の都市開発政策ではダッカ首都圏の過密化への対処が重視されており、本事業より期待される開発効果はこの政策とも合致している。第7次5カ年計画（The 7th Five Year Plan FY2016-FY2020）では、セクター別の開発戦略が策定されており、都市計画は「セクター9：住居及びコミュニティ設備」で取り上げられている。同計画では、1961年から2011年までに都市人口(urban population：Bangladesh Bureau of Statisticsの定義による都市居住民)が約16倍となり、バングラデシュが急速な都市化の過程にある点に触れている。とりわけダッカ都市圏は都市人口の44.26%を占めており、バングラデシュの人口2位~4位の都市（チッタゴン、クルナ、ラシャヒ）の合計を超える巨大な人口を有している点に言及している。都市化の急速な進展を踏まえて、同計画の都市開発の目標には「土地資源のより有効な活用、住居及び都市サービスへの増加する需要の緩和」が含まれている。

RAJUKの策定したDhaka Structure Plan (2015)は、ダッカ都市圏を5区分(中心市街区域 Central Urban Area、郊外市街区域 Outer Urban Area、成長管理地域 Growth Management Area、保護地域 Conservation Area、農業区域 Agricultural Area)しており、地下変電所の建設予定地である南ダッカ市、北ダッカ市は中心市街地域に区分されている。同計画は、中心市街区域では新たに空地を開発する余地は少ない点を指摘しながらも、雇用へのアクセス等から都市開発を進めるメリットがあるため、古い市街地の再開発、空地の確保、10階以上の高層ビルの建築などが施策として提案されている。また、Dhaka Structure Planでは、政策の方向性として9つの政策分野が設定され、そのうちの 하나가「土地利用の効果的な管理と居住可能なダッカに向けた空間的成長」とされている。この分野内では政策目標として「都市内の低利用地活用」が含まれており、RAJUKが再開発やりハビリ計画を策定し、中心市街区域内の低利用地

の利用密度を上げる方針が提案されている。また、特に Gulshan、バナニ、バリダラ等の地域では、インフラ整備を通じて土地の利用密度をさらに引き上げる点に言及がある。

このような再開発においては、電力会社は新規需要のために変電所を新設する必要があり、その場合の供給設備形態として地中送配電線および地下変電所を用いた設備構成とすることは上記政府方針および再開発エリア上部用地の有効活用の面から非常に有利な方策であり、電力会社はその実現のための計画・技術検討・組織内のキャパシティビルディングを早急に実施する必要がある。

2.2 バングラデシュ政府及び関連機関の送配電案件実施体制

バングラデシュの電力セクターを担う MPEMR, Power Division, PGCB, DESCO, DPDC 等の実施体制につき、計画、組織、人員、予算、機材の所有状況、事業実施状況は以下の通りである。

2.2.1 電気事業体制の状況

MPEMR の管轄の下、Power Division が電力事業を統括している。その傘下には、バングラデシュ電力開発庁 (Bangladesh Power Development Board : BPDB)、BPDB から事業部制化、あるいは分社化した発電所、IPP、私営発電事業者が発電を行っている。発電事業者により発電された電気は、バングラデシュ電力系統会社 (PGCB) の送電設備を介して、首都圏では DPDC と DESCO が、地方都市では BPDB と西部配電会社 (West Zone Power Distribution Company Ltd: WZPDCL) が、農村部では農村電化組合 (PBS) が需要家へ電気を供給している。

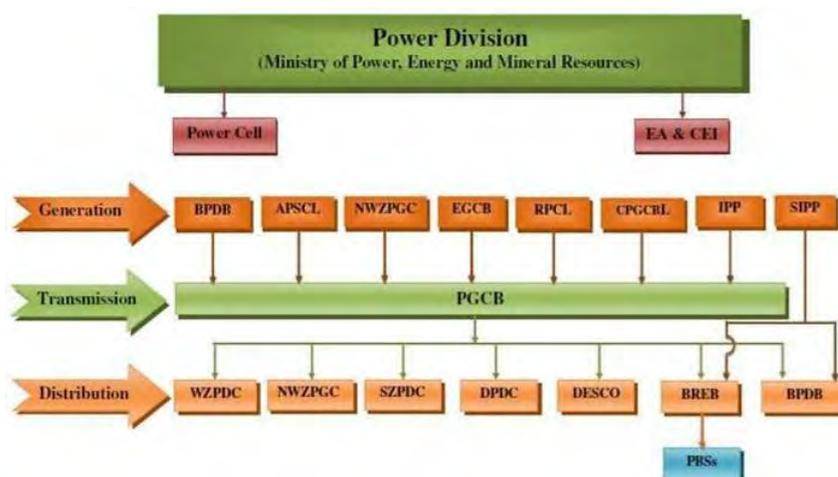


図 2-2 マスタープラン調査時におけるバングラデシュ電力セクター 組織関連図

出典：JICA 電力マスタープラン(2016)プロジェクト資料

ダッカ市域内においては PGCB、DESCO、DPDC の 3 社が電力供給を担っており、PGCB が 230kV および一部 132kV 変電所までの基幹系統ネットワーク、DESCO および DPDC が 132kV 以下の配電ネットワークを構成し、需要家供給地域を分けて供給している。その各社の受け持ち区域および電圧階級については下表のとおりである。Gulshan 変電所のようにダッカ地

域において一部の 132kV 系統は依然 PGCB が所有しているものの、今後の当該設備更新に合わせて DESCO ならびに DPDC へ設備移管されることとなっていることをインタビューにて確認した。

表 2-4 バングラデシュ国における電圧別電力供給者責任区分

	400kV	230kV	132kV	33kV	11kV
Dhaka(North)	PGCB	PGCB	DESCO	DESCO	DESCO
Dhaka(South)	PGCB	PGCB	DPDC	DPDC	DPDC
Other	PGCB	PGCB	PGCB	PGCB	BPDB/WZPDCL/PBS

出典：調査団インタビューおよび各配電会社系統図による

このように各電力会社は将来の需要想定から設備の拡張・更新計画までを担い、その結果を他電会社とも情報を共有している。特にダッカ地域の配電を担う DESCO と DPDC は配電設備の電源変電所として機能する 132kV 変電所のために、PGCB 所有の 230/132kV 変電所から 132kV 電源線による供給を受けることが必須な構成となっている。この際、各社の配電系統ネットワーク構築の検討において、どの 230/132kV 変電所を電源変電所とするかは両配電会社の依頼による協議を経て PGCB により決定される。また、この 132kV 電源線引き込みに必要な増強工事は DESCO・DPDC 両配電会社の責任のもと、両配電会社によって実施され、その費用もすべて配電会社負担となる。

2.2.2 実施機関の組織体制

プロジェクトの実施体制として、まず、今回地下変電所建設を検討する候補地を管轄する、DESCO、DPDC の現在の組織体制を記載する。

2.2.2.1 DESCO の組織構成

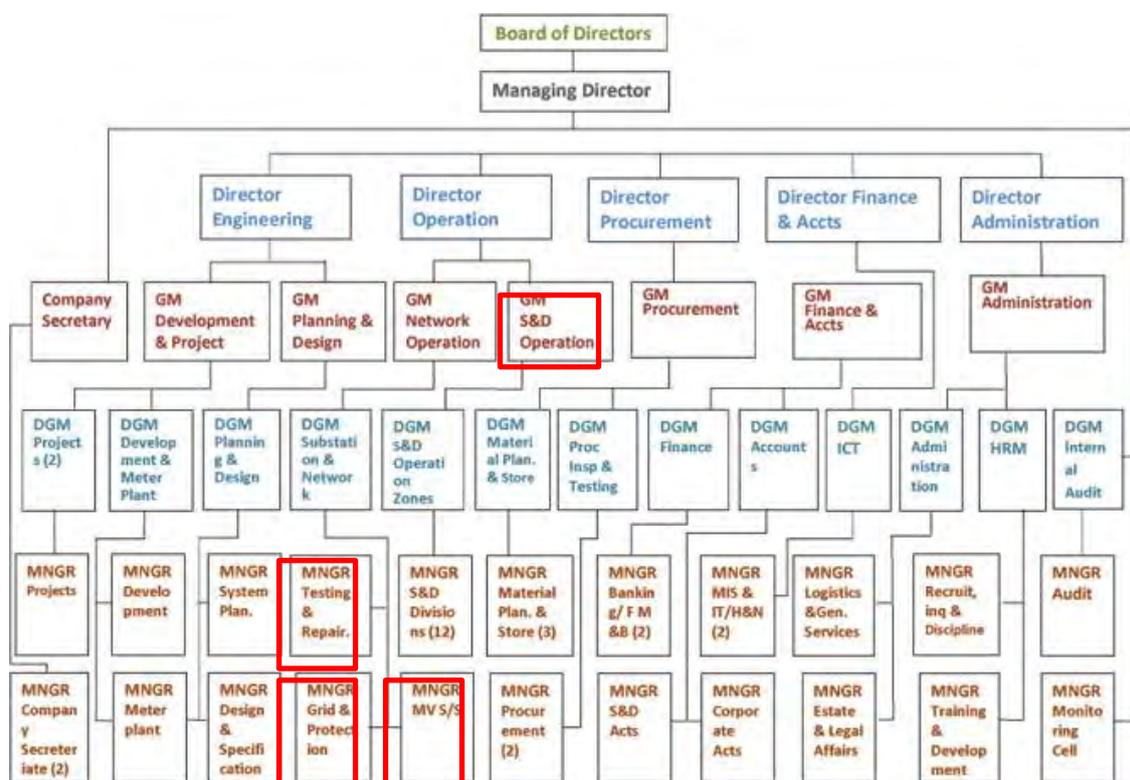
ダッカ北部を管轄地域とする、DESCO の会社概要ならびに現在の組織図を下記に示す。

表 2-5 DESCO 基本データ

	DESCO
Name of the Company	Dhaka Electric Supply Company Limited
Head Office	22/B、 Faruk Sarani、 Nikunja-2、 Khilkhet、 Dhaka-1229
Incorporation	03 November、 1996
Commercial Operation	24 September、 1998
Authorized Capital	
Administrative Ministry	Power Division、 Ministry of Power、 Energy & Mineral Resources
Total are covered	250 sq.km
Total electricity line	3、 983 km
132kV Transmission Line	-

33kV Transmission Line	405km
11/0.4 kV Line	3、 578km
Total Number of Substation	21
Installed Capacity at 33/11kV Level	1200 MW/ 1680MVA
Max. Demand (April 2014)	786 MW (30.6.2014)
11/0.4kV Distribution Transformer	5、 672
Import of Energy (FY2013-2014)	4、 064 GWh (33kV level)
Sale of Energy (FY2013-2014)	3、 722 GWh
Sales Revenue (FY2013-2014)	24、 610 M Tk.
System Loss 132kV Level	-
System Loss 33kV Level	8.41%
Number of Customers (as of 30.06.2014)	641、 933 (as of 30.06.2014)

(Sources: METI バングラデシュ都市変電設備 PreFS)



(出典 : DESCO HP)

図 2-3 DESCO の組織図 (2016 年 11 月現在)

インタビューにおいて DESCO は、限られた人員で運営されており、定員の充足度は 60%程度であることを確認している。総職員数は 2016 年 8 月現在 1,506 名であり、5 つの Department

で構成される。本事業に関わる部署としては、設備運用を管轄する Operation 部門の Network Operation Department であり、同 Department の以下の Division ・人数にて管理を行う。

Testing & Repairing	10 名(2016 年 8 月現在)
Grid & Protection	43 名(2016 年 8 月現在)
MV S/S Maintenance Coordination	6 名(2016 年 8 月現在)

変電所設備は上記 Medium Voltage Substation Maintenance Coordination Division (MV S/S MC) で行われているが、定期的に行う年次点検までであり、日常的なメンテナンスについては同 Operation 部門の S & D Operation Department 下の各 S & D Division にて行う。こちらについては 2016 年 8 月現在 372 名体制 (31 変電所×4 名×3 シフト) にて運用されている。

財務については、Finance Department と監査ユニットが分離されており、予算の策定・執行と内部監査は別の部署で実施されている。監査法人 (2015/16 年度では、Artisan Chartered Accountants) がバングラデシュの会計報告基準に沿って DESCO の財務諸表を監査しており、監査結果は年次報告書に記載されている。2015/16 年度の監査意見は限定付適正意見 (監査法人は、財務諸表が概ね正しく作成されていることを保証するが、重大な影響はないものの、保証できない部分がある)。意見の表明された勘定科目は、固定資産 (2016 年 6 月末: 16,633 百万) のうち、DESA より引き継いだ資産 (2,790 百万タカ) である。但し、同社の純資産額 (2016 年 6 月末: 14,724 百万) を考慮すれば、引き継ぎ資産の査定額が財務の健全性に与える影響は深刻なものではないと判断される。

一方、環境管理について特に部署は設けられていない。各変電所での排水処理は浄化槽が設けられ、下水道に流される。一般廃棄物はダッカ市による収集が行われている。工事中に発生した廃棄物は、DESCO がいったん収集し、市役所が用意した収集場に持ち込む。特に分別回収等を行われていない。操業によって発生した産業廃棄物などは中央倉庫にいったん保管され、Network Operation Department が処理方法を決定する。リサイクル可能なパーツについては、入札で処理業者を選定する場合がある。災害管理は Grid & Protection Division が行っている。

事業実施体制に関しては、DESCO は国際機関の支援するプロジェクトに対して、プロジェクト実施ユニット (Project Implementation Unit: PIU) を設置している。PIU の主な役割はプロジェクトの管理及びモニタリングとなり、具体的な業務内容としては、調達やディスバースに関連する事務作業、部門間の調整、コントラクターとの調整等となっている。ADB 関連の 2 案件の PIU では、いずれも Sub-divisional Engineer を配属している。PIU はプロジェクト運営調整委員会 (Project Steering Committee: PSC) 及び DESCO の監督下で業務を実施している。本件での PIU としては、Project Director、エンジニア (Civil&Construction、Electrical の 2 種類)、財務専門家より構成される 8 名程度のメンバーと Supporting Staff により構成される予定との旨、聴取した。

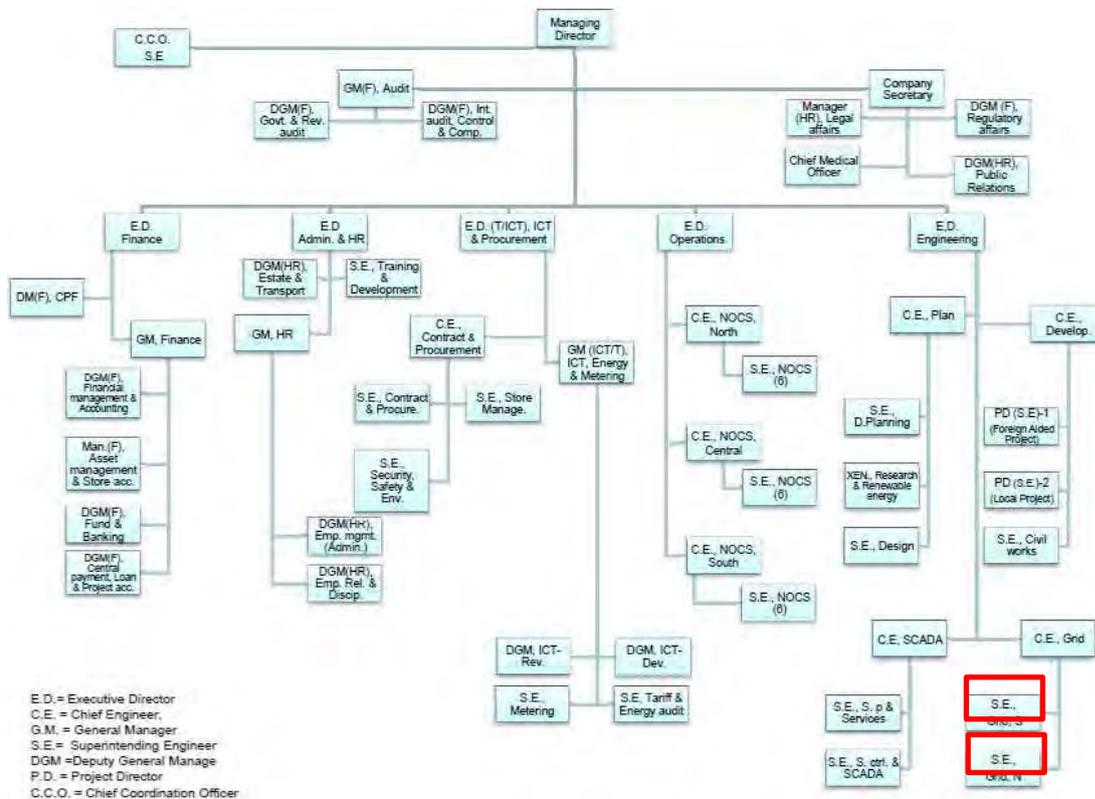
2.2.2.2 DPDC の組織体制

ダッカ南部を管轄地域とする、DPDC の会社概要ならびに現在の組織図は以下のとおり。

表 2-6 DPDC 基本データ

	DPDC
Name of the Company	Dhaka Power Distribution Company Limited (DPDC)
Head Office	Bidyut Bhaban、 1 Abudul Ghani Road、 Dhaka-1000.
Incorporation	25 October、 2005
Commercial Operation	1 July、 2008
Authorized Capital	Tk. 10、 000
Administrative Ministry	Power Division、 Ministry of Power、 Energy & Mineral Resources
Total are covered	350 sq.km
Total electricity line	4,266 km
132kV Transmission Line	224km
33kV Transmission Line	320km
11/0.4 kV Line	3,722km
Total Number of Substation	54
Installed Capacity at 33/11kV Level	1,892 MW / 2365 MVA
Max. Demand (April 2014)	1313.14 MW
11/0.4kV Distribution Transformer	11,171
Import of Energy (FY2013-2014)	7,026.83 GWh (132kV level)
Sale of Energy (FY2013-2014)	6,340.88 GWh
Sales Revenue (FY2013-2014)	41,881.80 M Tk.
System Loss 132kV Level	9.76 %
System Loss 33kV Level	8.97 %
Number of Customers (as of 30.06.2014)	925、 437

(Sources: METI バングラデシュ都市変電設備 PreFS)



(出典 : DPDC HP より)

図 2-4 DPDC の組織図 (2016 年 11 月現在)

総職員数は 2016 年 8 月現在 5,334 名であり、5 つの Department で構成される。本事業に関わる部署としては、機材の運営維持管理を担当している Engineering Department 内の以下箇所・人数にて変電所の運営管理を行う。

Grid South Circle	約 50~70 名
Grid North Circle	約 50~70 名

財務については、DESCO と同様に Finance Department と監査ユニットが分離されており、予算の策定・執行と内部監査は別の部署で実施されている。監査法人 (2014/15 年度では、S.F.Ahmed & Co.) がバングラデシュの会計報告基準に沿って DPDC の財務諸表を監査しており、監査結果は年次報告書に記載されている。2014/15 年度の監査意見は無限定適正意見 (監査法人が財務諸表は正しく作成されていることを保証する) であった。

環境管理について、DESCO と同様に特に部署は設けられていない。一般廃棄物はダッカ市による収集が行われている。工事中に発生した廃棄物は、DPDC がいったん収集し、市役所が用意した収集場に分別せず持ち込む (その後にダッカ市役所が第二収集所に運搬する際に有機ゴミ・有害ゴミ・非有害ゴミに分別し、最終埋立所に運搬される)。PCB 等の処理は特に行ってきおらず、DOE (環境局) から特に指導も受けていない。

事業実施体制に関しては、DESCOと同様にDPDCもドナーの支援する事業に対してはPIUを設立している。DPDCに関してもADB、AFD、KfWとの間で実施中のプロジェクトがある。PIUの位置づけはDESCOと同様にプロジェクトの管理及びモニタリングに関する実務を担当し、PSC及びDPDCの監督下で業務を実施している。PIUの構成員としては、プロジェクト規模によって人数も異なるが、7名以上となる場合が多く、本件については、Super Intending EngineerをProject Directorとし、メンバー構成はProject Director、6名程度のエンジニア(Civil、Construction、Electric、Network)、財務専門家から構成される合計8名程度に若干のSupporting Staffを含む配置となるものと想定される。

2.3 ダッカ市全体の変電所配電計画

本調査ではPGCB、DESCO、及びDPDCにおけるダッカ市内の送変電設備新設、改修計画を入手し、その設備改修・拡充の必要性、妥当性について検討を行った。その結果、両社の系統計画における課題として、PGCBにおける送電システムマスタープランに対応するような配電システム開発マスタープランについて各社にて検討および更新を行っているものの、急増する需要対応のための至近年度の総合的な増強計画や、中長期を見据えた配電自動化等の技術導入等も考慮した配電ネットワークの中長期計画は立案できていないため、ネットワーク連系の強化よりも至近年度に予想される負荷増大に対応して場当たりに近傍の変電所を増容量する目先の対応に終始しており、長期的な観点から配電システムの供給力増大と供給信頼性を向上するような効率的な投資が行えていない可能性があることを確認した。また改修計画のうち至近の年度の変電所増設・新設についてファンド名が書かれており計画担当者にインタビューしたところ、DESCOは計画断面ではADBのファンドを計画しているものの、実施段階で中国のファンドの適用を検討している状況であり、DPDCは当初から中国のファンドを用いて変電所拡充を行う計画となっている。ただし中国ファンドにおいては地下変電所の建設が行えないことから新たなファンドを探していたところ今回のFS検討となったとの経緯が紹介された。

表 2-7 配電会社2社の設備容量ならびに負荷状況

	DESCO	DPDC
132/33 kV SS 数	2 箇所	14 箇所
132/33 kV SS Total Capacity	431 MVA	2148 MVA
33/11 kV SS 数	32 箇所	43 箇所
33/11 kV SS Total Capacity	2030 MVA	2506 MVA
Maximum Demand on 33/11 kV SS	1542 MVA	1756 MVA
想定負荷率 (最大電力総和) *	76.0%	70.1%

*本調査において入手した変電所負荷の履歴には、新設変電所で履歴がないため“no data”となっている個所があり、設備稼働率は本データ以上であることが予想される。また想定負荷率計算においては負荷不等率について考慮していない点も注意が必要である。

出典：調査団DPDC、DESCOからのインタビュー（2016年6月現在）

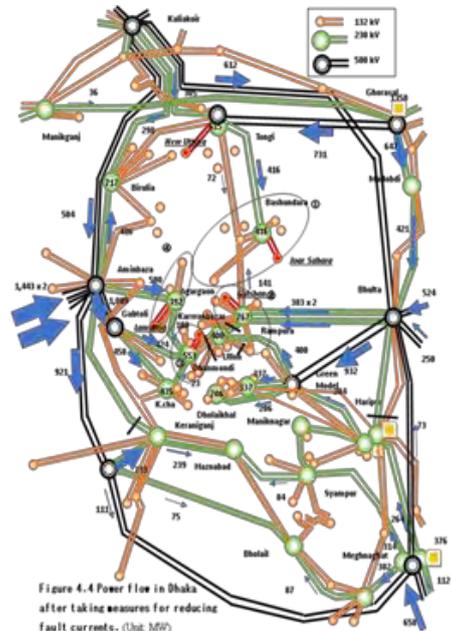
またダッカ市周辺の基幹系統電力ネットワーク構成は下図に示すように230kV送電線によるリング構成となっておりPGCBにて運転されている。

230 kV Substation	Transformer Capacity x Number	Total Transformer Capacity	Maximum Load in 2025	Maximum Operation Ratio at Maximum Load
Bashundara	225 MVA x 3	675 MVA	416 MW	62%
Rampura	300 MVA x 2 + 225 MVA x 3	1,275 MVA	767 MW	60%
Ullon	300 MVA x 2	600MVA	400 MW	67%
Dhanmondi	300 MVA x 3	900 MVA	553 MW	61%
Agargaon	300 MVA x 2	600MVA	392 MW	65%
Tongi	225 MVA x 6	1,350 MVA	615 MW	46%

Almost balanced.

132 Substation	kV	230 kV Supplying Substation	Transmission Loss in Whole System Bangladesh	Differences of Loss
New Gulshan		230 kV Rampura	797.7MW	0
		230 kV Bashundhara	799.2 MW	+1.5 MW

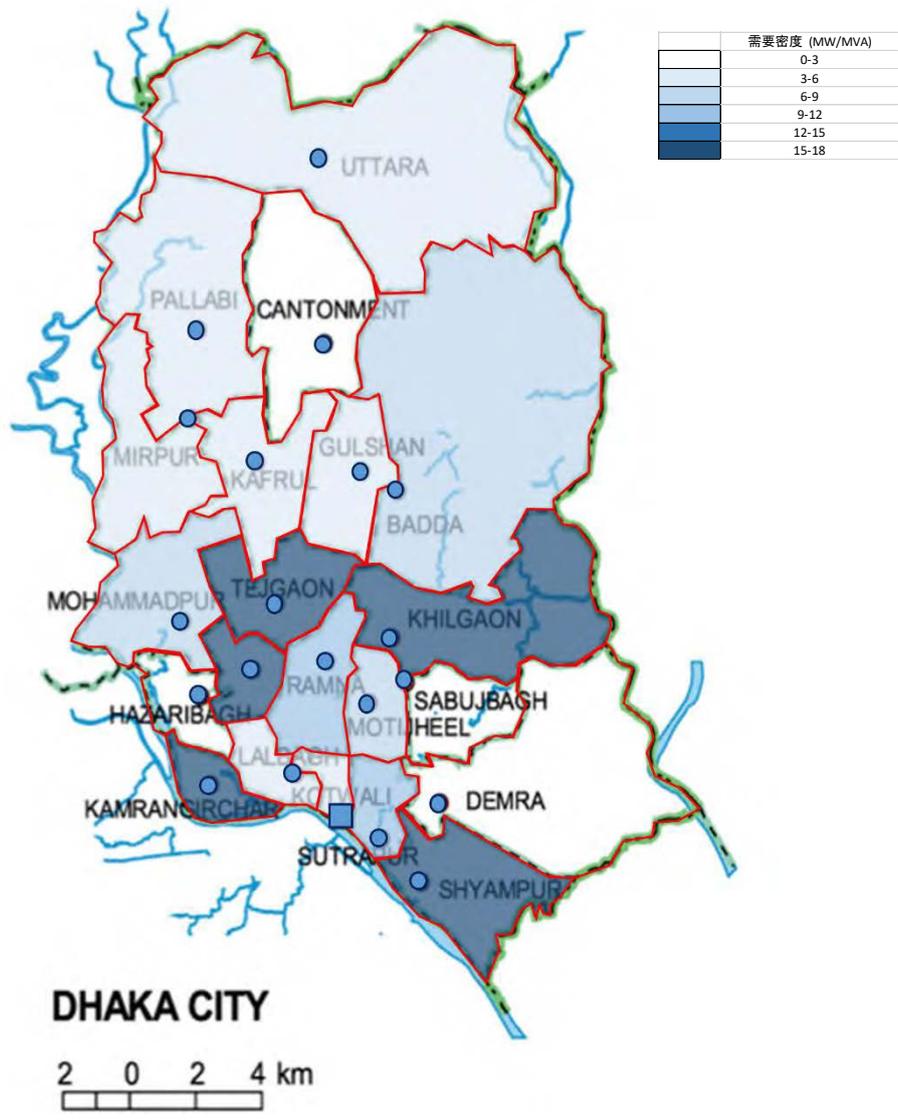
Less loss in case of Rampura connection of New Gulshan.



出典：METI Bangladesh 都市変電設備PreFS

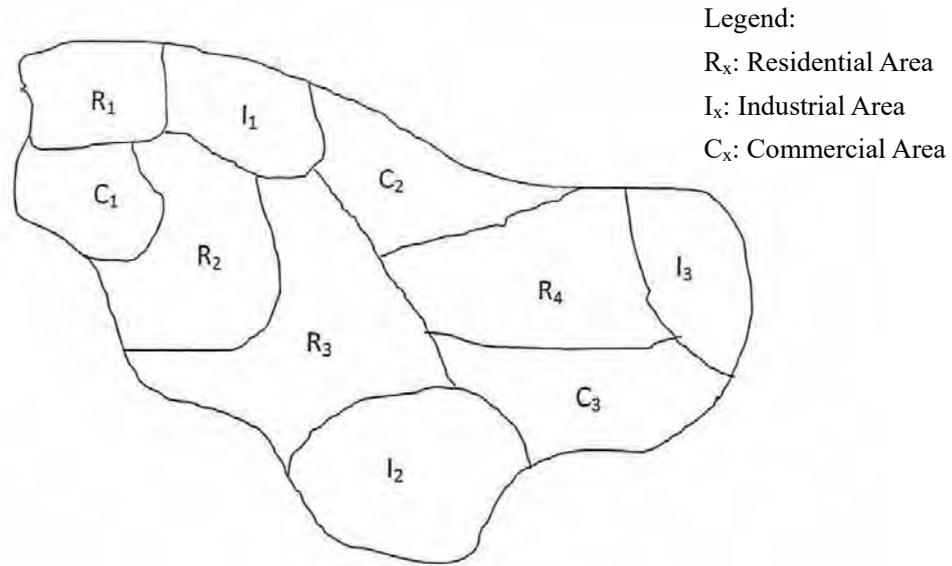
図 2-5 ダッカ市基幹送電線ネットワークと、2025年断面での潮流図

ダッカ市内の電力需要の構成としては、住宅向け需要、都市部に顕著な商業需要、および産業需要が混在しており、地域ごとに需要特性が異なる。近年、各配電会社は外資による第三次産業分野での都市部への進出、そのための大型マンションの建設増加によって、11kV送電の大型マンションの一括受電の要望が増加しており、短期間での供給対応が必要となっているとの説明がインタビューによってなされた。それに加えて今後のダッカ地域の経済成長を考慮するとこの需要構成も変化すると想定され、下図にあるダッカ市内 MRT の導入による地域再開発が今後至近年で予想されており、域内（特に Gulshan、ミルプール、テジガオン、ダンモンディ地区）の地域再開発、商業・工業の発展により工場・商業施設への 33kV 配電システムの拡大も中長期断面において想定される。



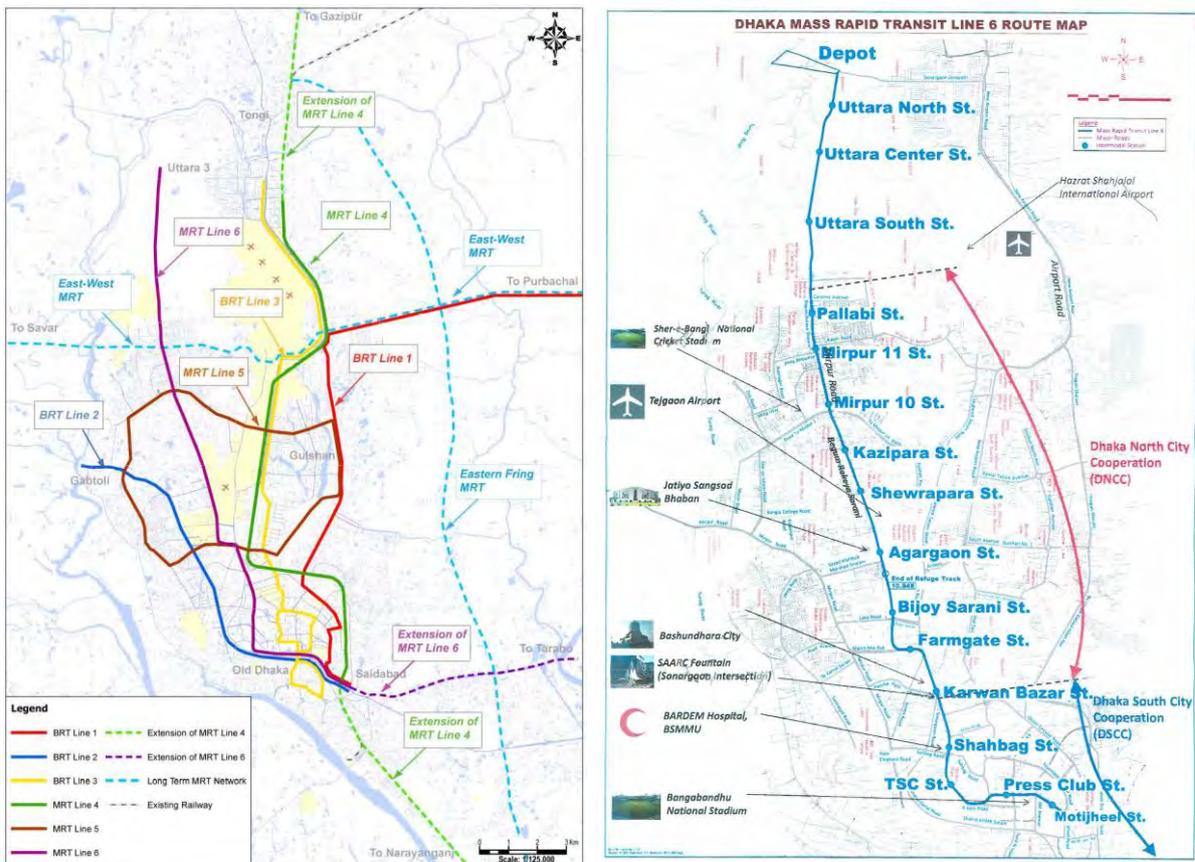
出典：DESCO、DPDC 資料を基に JICA 調査団作成

図 2-6 DPDC、DESCO 各社の 2015 年断面需要密度 推定グラフ



出典： DPDC 資料: Final Report on the Consultancy services for the expansion and strengthening of power system network under DPDC area (4 July、 2015 by BUET)

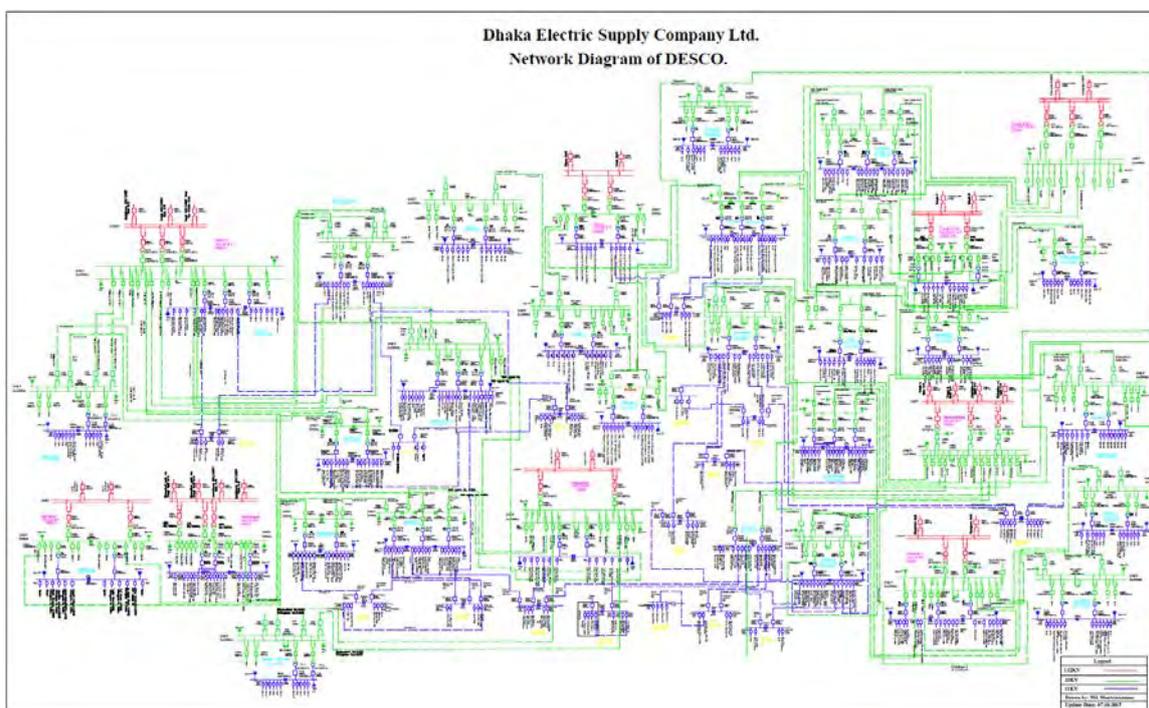
図 2-7 DPDC 供給範囲の地域別負荷分類



出典： JICA 公開資料および 6 号線 PJ へのインタビュー

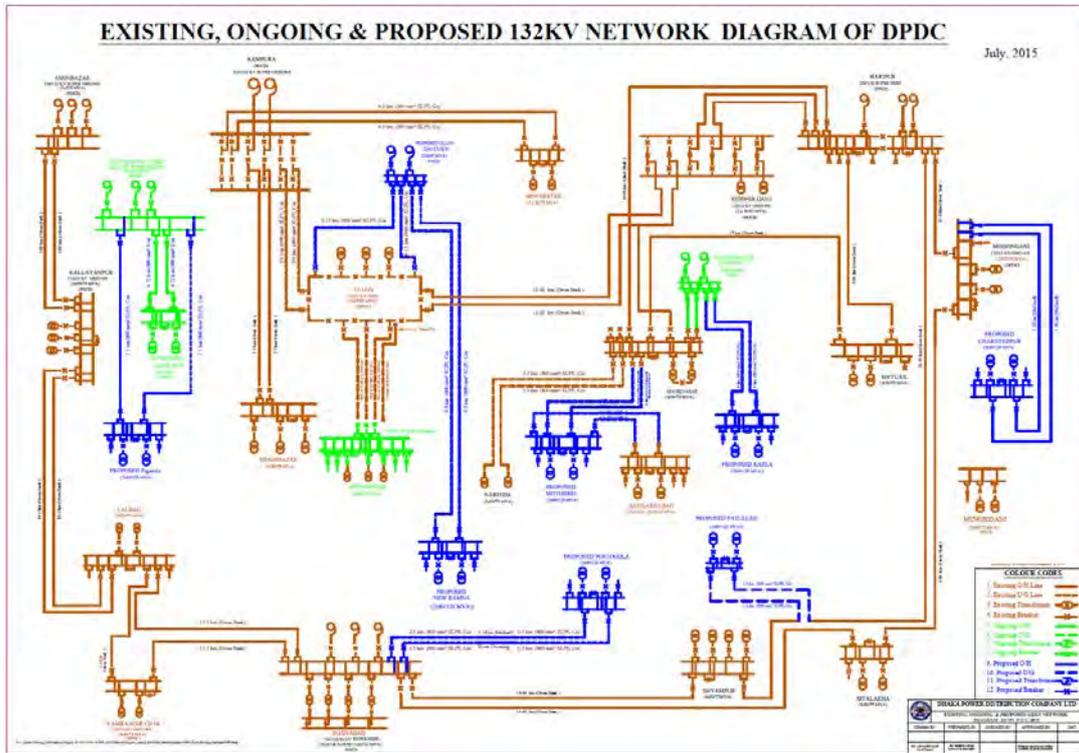
図 2-8 JICA 支援の新都市交通システム (MRT) 導入計画と先行の 6 号線ルート詳細

以下に各社配電系統について第一回調査にて入手した系統図を示す、その詳細は Appendix 参照のこと。ダッカ市内での配電供給は、132/33kV と 33/11kV 変電所の 2 段階の電圧レベルで構築されており、132/33kV 変電所から 33kV 配電線で 33/11kV 変電所に供給し、現状、顧客のほとんどは 11kV 配電線で供給されている設計となっている。この基本設計は近い将来においても踏襲され、33kV 配電線で供給する顧客は 5MW 以上の単独需要家を対象としているが、その接続数の増加は限定的としている。また系統図からは DPDC と比較すると DESCO のネットワークに 132kV 系統の連系が少ないことが確認できる。また両社からの聞き取りでは需要対応のための設備新設に合わせネットワーク信頼度向上のため重要変電所の二重電源化を今後志向していることを確認し、DESCO の 11kV 変電所のいくつかおよび DPDC の 132kV 新設変電所(proposed FATULLAH)および 33kV 既設変電所のいくつかで当該の構成を行っている事を確認した。



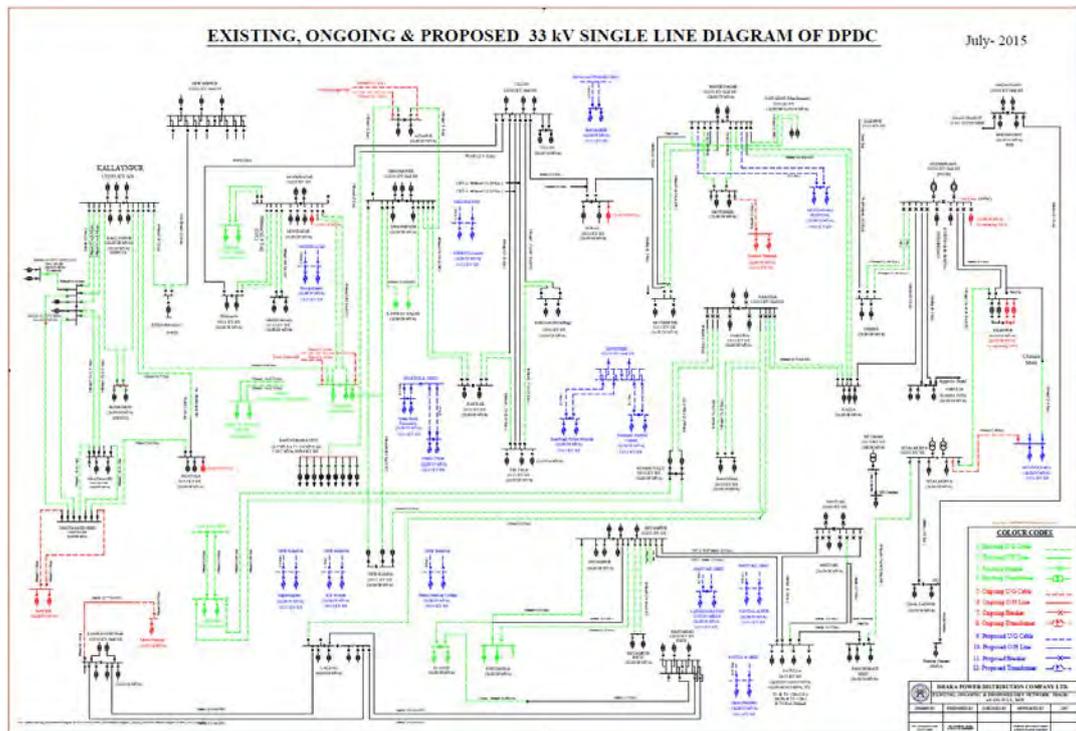
出典：DESCO

図 2-9 DESCO の既設系統図（赤線：132kV、 緑色：33kV）



出典：DPDC

図 2-10 DPDC の既設系統図（黄土色：既設 132kV 系統）



出典：DPDC

図 2-11 DPDC の既設系統図（緑色：33kV 系統）

表 2-8 DESCO の既設変電所一覧

No.	Substation	Voltage Class	132/33 KV Side [MVA]	33/11 KV Side [MVA]	Remarks
1	Gulshan	132/33 kV	2X80/120	-	PGCB
2	Bashundhara	132/33 kV	3X50/75	-	DESCO
3	Uttara Grid	132/33/11 kV	2X50/75	3x20/28	DESCO
4	Tongi new Grid	132/33 kV	3X50/75	-	PGCB
5	Digun Grid	132/33 kV	2X50/75 + 1X35/50	-	PGCB
6	Dhamalkoat	132/33/11 kV	2X80/120	2x20/28	PGCB/DESCO
7	Kallyanpur Grid	132/33 kV	3X50/75	-	PGCB
8	Agargoan-2	132/33 kV	2X80/120	-	PGCB
9	Tongi old Grid	132/33 kV	3x50/75	-	PGCB
10	Gulshan-1	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Gulshan Area)
11	Gulshan-2	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Gulshan Area)
12	Niketon	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Gulshan Area)
13	Aftabnagar	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Gulshan Area)
14	Bashundhara	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Gulshan Area)
15	Joarshahara	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Gulshan Area)
16	Banani	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Gulshan Area)
17	Baridhara	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Gulshan Area)
18	Banani-2(Kakoli)	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Gulshan Area)
19	United Twin Tower	33/11 kV	-	2x10/14	DESCO (Gulshan Area)
20	Mohakhali Helth	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Gulshan Area)
22	CAAB	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Uttara Area)
23	Baunia	33/11 kV	-	2x10/14	DESCO (Uttara Area)
24	ADA	33/11 kV	-	2x10/14	DESCO (Uttara Area)
25	Uttara S & D	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Uttara Area)
26	Nikunja	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Uttara Area)
27	Tongi new Grid	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Uttara Area)
28	Tongi-2	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Uttara Area)
29	Tongi-3	33/11 kV	-	2x10/14	DESCO (Uttara Area)
30	BSCIC	33/11 kV	-	2x10/14	DESCO (Uttara Area)
31	Dakshinkhan	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Uttara Area)
32	Purbachal	33/11 kV	-	2x20/28	DESCO (Uttara Area)
33	Digun Grid	33/11 kV	-	3X20/28	DESCO (Mirpur Area)
34	M. Sec-6	33/11 kV	-	2X20/28	DESCO (Mirpur Area)
35	Mirpur DOHS	33/11 kV	-	2X20/28	DESCO (Mirpur Area)
36	M. SS-2	33/11 kV	-	2X20/28	DESCO (Mirpur Area)
38	Kafrul	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Mirpur Area)
39	Mirpur Old	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Mirpur Area)
40	Kallyanpur Grid	33/11 kV	-	2X20/28 + 1X10/14	DESCO (Mirpur Area)
41	Agargoan-1	33/11 kV	-	2X20/28	DESCO (Mirpur Area)
42	Agargoan-2	33/11 kV	-	2X20/28	DESCO (Mirpur Area)
43	Kallyanpur BIHS	33/11 kV	-	3x20/28	DESCO (Mirpur Area)
Total			1315/1970	1540/2156	

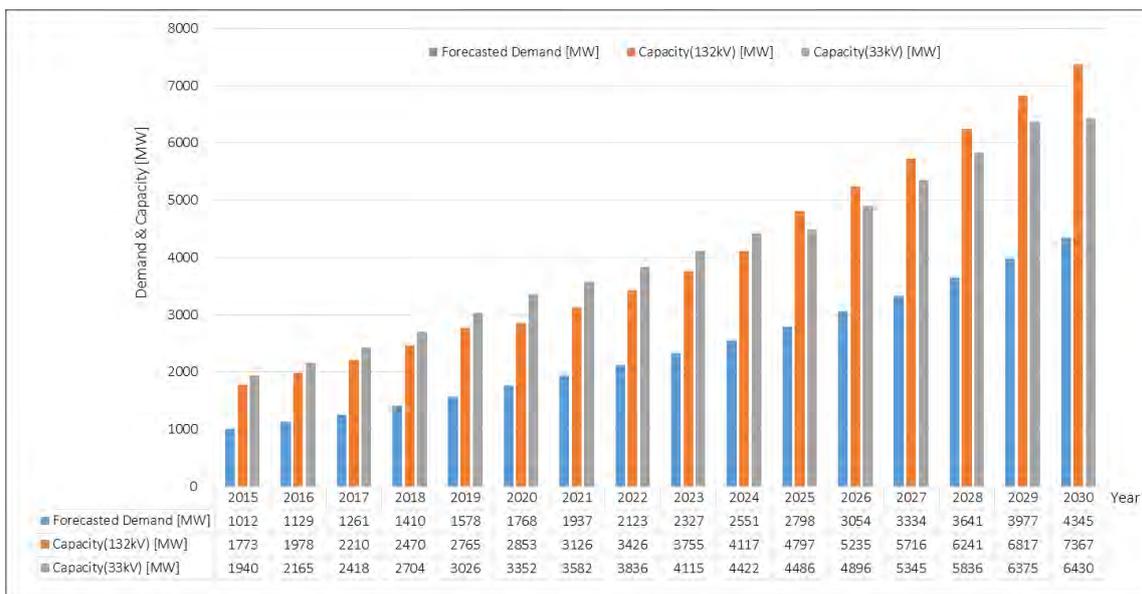
出典：JICA 調査団

表 2-9 DPDC の既設変電所一覧

No.	Substation	Voltage Class	132/33 KV Side [MVA]	33/11 KV Side [MVA]	Remarks
1	Dhanmondi	132/33 kV	3x50/75	-	DPDC (North-1)
2	Kamrangirchar	132/33 kV	2x50/75	-	DPDC (North-1)
3	Lalbag	132/33 kV	2x50/75	-	DPDC (North-1)
4	Mogbazar	132/33 kV	3x50/75	-	DPDC (North-2)
5	Ullon	132/33 kV	3x35/50	-	DPDC (North-2)
6	Madartek	132/33 kV	4x50/75	-	DPDC (North-2)
7	Matuail	132/33 kV	2x50/75	-	DPDC (South-1)
8	Shitalokkha	132/33 kV	2x50/75	-	DPDC (South-1)
9	Modongonj	132/33 kV	2x35/50	-	DPDC (South-1)
10	Shyampur	132/33 kV	4x50/75	-	DPDC (South-2)
11	Maniknagar	132/33 kV	2x50/75	-	DPDC (South-2)
12	Narinda	132/33 kV	2x50/75	-	DPDC (South-2)
13	Bongobhaban	132/33 kV	2x28/35	-	DPDC (South-2)
14	MI cement	132/33 kV	1x20/28	-	DPDC (South-2)
15	Azimpur	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
16	Lalbag	33/11 kV	-	2x20/28 + 2x10/14	DPDC (North)
17	Fatulla	33/11 kV	-	2x20/28 + 2x10/14	DPDC (South-1)
18	Dhanmondi	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
19	Kamrangirchar	33/11 kV	-	3x20/28	DPDC (North)
20	Shatmosjid	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
21	Jigatola	33/11 kV	-	2x20/28 + 1x10/14	DPDC (North)
22	New Ramna	33/11 kV	-	3x20/28	DPDC (North)
23	Karwanbazar	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
24	Mitford	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
25	Kakrail	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
26	Japan garden	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
27	Biddut Bhaban	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
28	Mogbazar	33/11 kV	-	3x20/28 + 1x10/14	DPDC (North)
29	Tejgaon	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
30	Green road	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
31	Mogbazar T&T	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
32	Lalmatia	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
33	Sher-E-Bangla nogor	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
34	Ullon local	33/11 kV	-	2x10/14	DPDC (North)
35	Goran	33/11 kV	-	3x10/14	DPDC (North)
36	Xhilgaon (Gulbag)	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
37	Taltola	33/11 kV	-	2x20/28 + 1x10/14	DPDC (North)
38	Madartek	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
39	Matuail	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
40	Shitolokkha	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (North)
41	Ponchoboti bisic	33/11 kV	-	3x10/14	DPDC (South)
42	Char sayedpur	33/11 kV	-	2x10/14	DPDC (South)
43	Sarulia	33/11 kV	-	3x10/14	DPDC (South)
44	Siddhirgonj	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (South)
45	Khanpur	33/11 kV	-	2x20/28 + 1x10/14	DPDC (South)
46	Demra	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (South)
47	Mondolpara	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (South)
48	Syampur	33/11 kV	-	3x20/28	DPDC (South)
49	Maniknogor	33/11 kV	-	1x20/28 + 1x10/14	DPDC (South)
50	Narinda	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (South)
51	Syampur bisic	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (South)
52	Postagola	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (South)
53	IG gate	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (South)
54	Kajla	33/11 kV	-	3x20/28	DPDC (South)
55	Motijheel	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (South)
56	Kumartuli	33/11 kV	-	2x20/28	DPDC (South)
57	Bongshal	33/11 kV	-	2x10/14	DPDC (South)
Total			1551/2148	1800/2478	

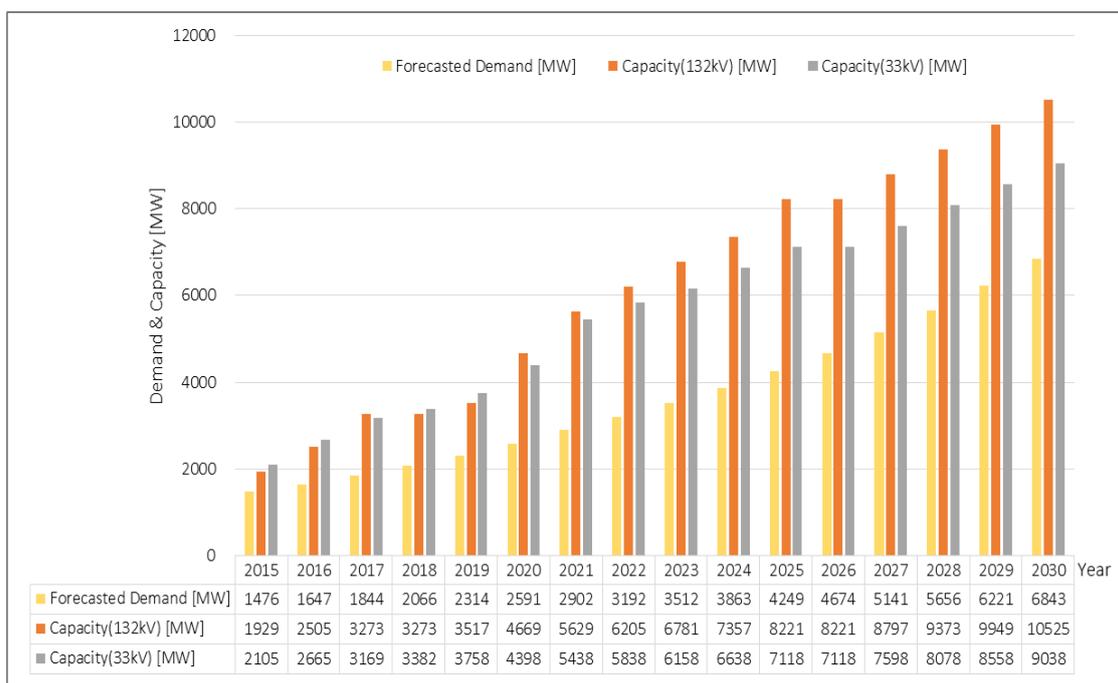
出典：JICA 調査団

以下には DESCO、DPDC の供給地域における電力需要予測ならびに設備供給力計画を示す。



出典：DESCO 配電システムマスタープランを基に JICA 調査団作成

図 2-12 DESCO の需要予測、変電所容量予測



出典：DPDC 配電システムマスタープランを基に JICA 調査団にて作成

図 2-13 DPDC の需要予測、変電所容量予測

両社の需要予測はバングラデシュ国政府が発表している GDP の伸びを基に検討されており、これを満たすために継続的に変電所容量の増強を計画している。本計画について留意すべき点として、計画されている変電所容量は設備容量の和であり設備供給信頼度を維持す

るための容量制限の考え方が反映されていない。供給信頼度確保のために設備形成段階で一般的に適用される、機器の1コンポーネントの事故においても停電を回避できるN-1クライテリアを適用すると、実質的な変電所容量はさらに少なくなる。この場合、一部需要予測を下回る変電所増設計画となることから、変電所増設計画が十分な設備増強を行えるように計画されているとは言えなくなる。さらには他国の資金支援にて建設を行うバ国事情を考慮すると変電所運用開始時期の遅延のみならず変電所建設計画そのもの中止もある可能性もある。これら要因を考慮すると、現状の計画が履行されることは必要条件として最低のレベルであり、今後の需要の伸びに応じて設備増強計画に上乗せ容量があることが安定供給の観点からは望ましい。この変電所容量計画の算出根拠の一部となる、現時点での具体的な変電所拡張計画を下記に示す。

表 2-10 DESCO の変電所拡張計画(2016-2025)

No.	Substation	Voltage Class [kV]	132/33kV Capacity [MVA]	33/11kV Capacity [MVA]	Commision Date	Fund	Land acquisition	S/S type	interconnect to Gulshan-1 S/S
1	Cantonment/ Banani	132/33/11	2x80/120	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	Yes
2	Aftabnagar	132/33/11	2x80/120	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
3	Dumni	132/33/11	2x80/120	3x20/28	June, 2019	ADB	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
4	Uttara 3rd Phase (Grid-3)	132/33/11	2x80/120	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
5	Purbachar	132/33/11	2x80/120	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
6	Mazar Road	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
7	Kazipara	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
8	DOHS-2, Mirpur	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
9	Kalshi	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
10	Banani-3	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yes
11	Satarkul-1	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
12	Satarkul-2	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
13	Barua	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
14	Gulshan-3	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yes
15	Bashundhara Block-G	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
16	Solahati	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
17	Lake City Concord	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
18	Uttarkhan	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
19	Tongi-27 / Tilargati	33/11 kV	-	3x20/28	June, 2019	ADB	Fixed	Outdoor	
20	Kalshi	132/33 kV	3X80/120	-	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
21	Mohakhali Grid	132/33/11	3X80/120	Existing	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
22	United City	132/33/11	3X80/120	Existing	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
23	Uttara Grid - 2	132/33 kV	3X80/120	-	2021-2025	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	
24	Gazipura	132/33/11	3X80/120	3X20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	
25	Purbachal grid - 2	132/33 kV	3X80/120	-	2021-2025	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	
26	Mirpur Zoo	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
27	Estern Housing	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
28	Cantonment-1	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
29	Cantonment-2	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
30	Banani-4	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
31	Kalachadpur	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
32	Gulshan-4	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
33	Banani-5	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
34	Bashundhara-3	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
35	Maddhay Badda	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
36	Satarkul S/S-1	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
37	Uttara 3rd Phase-SS-3	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	
38	Jamaldia	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
39	Purbachal SS-4	33/11 kV	-	3x20/28	2021-2025	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	

出典：JICA 調査団(2017.2 現在)

表 2-11 DESCO の変電所拡張計画(2025-2030)

No.	Substation	Voltage Class [kV]	132/33kV Capacity [MVA]	33/11kV Capacity [MVA]	Commision Date	Fund	Site Location	S/S type	interconnect to Gulshan-1 S/S
40	Kachukhet	132/33/11	3X80/120	3X20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
41	Korail	132/33/11	3X80/120	3X20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
42	Gulshan grid -2 ***	132/33 kV	3X80/120	-	2026-2030	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	
43	Bashundhara grid - 2	132/33 kV	3X80/120	-	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
44	Satarkul	132/33/11	3X80/120	3X20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
45	Askona	132/33/11	3X80/120	3X20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
46	Kalshi	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
47	Balurghat	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
48	Rupnagar	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
49	Paikpara	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
50	Ibrahimpur	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
51	Sainik Club	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
52	Mohakhali	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
53	MES	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
54	Banani DOHS	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
55	Mohakhali DOHS	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
56	Bashundhara-4	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
57	Beraid	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
58	Bashundhara-5	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
59	Isufbpur	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
60	Bashundhara-6	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
61	Choto beraid	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
62	Khilbarir Tek	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
63	Azampur	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
64	Baunia Bazar	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
65	Turag	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
66	Chalabon	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
67	Uttara-2	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	
68	Uttara-3	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	
69	Darail	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
70	Ershadnagar	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
71	Deora	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
72	Machimpur	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Yet to Fixed	Yet to Fixed	
73	Purbachal-5	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	
74	Purbachal-6	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	
75	Purbachal-7	33/11 kV	-	3x20/28	2026-2030	Yet to Fixed	Fixed	Yet to Fixed	

出典：JICA 調査団(2017.2 現在)

DESCO は供給地域を複数のエリアに分けたうえで、需要想定を行っており、それを満たすべく変電所建設計画を立てている。しかし、至近年の建設計画を除き具体的な用地選定や予算確保は行っていない。現在、需要想定から変電所建設計画まで網羅する配電マスタープランを改訂する予定であり、これら計画は変更になる可能性もある点に注意が必要である。

表 2-12 DPDC の変電所拡張計画 (1)

No.	Substation	Voltage Class [kV]	132/33kV Capacity [MVA]	132/33/11 kV Capacity [MVA]	33/11kV Capacity [MVA]	Commision Date	Fund	Site Location	S/S type	Interconnect to Kawran Bazar S/S
1	BGB	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	Own funded	Fixed	Indoor GIS	
2	Kamrangirchar	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	Own funded	Fixed	Indoor GIS	
3	Lalbag new	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	Own funded	Fixed	Indoor GIS	
4	Madartek	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	Own funded	Fixed	Indoor GIS	
5	New Ramna/ DU	132/33 kV	2x80/120	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
6	Postogola	132/33 kV	2x80/120	-	-	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
7	Kazla	132/33 kV	2x80/120	-	-	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
8	Zigatola	132/33 kV	2x80/120	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
9	Char Sayedpur	132/33 kV	2x80/120	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
10	Motijheel	132/33 kV	2x80/120	-	-	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
11	Fatullah	132/33 kV	2x80/120	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
12	B B Avenue	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS	
13	BSMMU	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS	o
14	Rajarbag Police Hospital (P & T)	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS	
15	Monipuripara	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS	o
16	Green Road Dormitory	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS	o
17	Dhaka Udyan	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS	
18	Segunbagicha	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	AFD funded	Fixed	Indoor GIS	
19	Mugdapara Hospital	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	ADB Funded	Fixed	Indoor GIS	
20	Dhapa (Fatullah)	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	ADB Funded	Fixed	Indoor GIS	
21	Dhaka Medical College (DMC)	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	ADB Funded	Fixed	Indoor GIS	
22	Kamlapur Railway Hospital/Colony	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	ADB Funded	Fixed	Indoor GIS	
23	Mondalpara	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	ADB Funded	Fixed	Indoor GIS	
24	Nandalalpur	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	ADB Funded	Fixed	Indoor GIS	
25	Laxminarayan Cotton Mill (LNCM)	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	ADB Funded	Fixed	Indoor GIS	
26	Banasree	33/11 kV	-	-	2x28/35	2018-2019	ADB Funded	Fixed	Indoor GIS	
27	Tejgaon*	132/33/11 kV		2x120/120/50	2x50	2020-2021	Chinese Gov	Fixed	Indoor GIS	
28	English Road*	132/33/11 kV		2x120/120/50	2x50	2020-2021	Chinese Gov	Fixed	Indoor GIS	
29	Kakrail	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Fixed	Indoor GIS	
30	Goran	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Fixed	Indoor GIS	
31	Taltola	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Fixed	Indoor GIS	
32	Matuail Extension	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
33	Nabinagar	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	

出典：JICA 調査団(2017.2 現在)

表 2-13 DPDC の変電所拡張計画 (2)

No.	Substation	Voltage Class [kV]	132/33kV Capacity [MVA]	132/33/11 kV Capacity [MVA]	33/11kV Capacity [MVA]	Commision Date	Fund	Site Location	S/S type	Interconnect to Kawran Bazar S/S
34	Basila	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
35	Sign Board Local	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
36	Chashara	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
37	Pagla	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
38	Mohammadpur	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
39	Green Model Town	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
40	Adamjee	132/33 kV	3x80/120	-	3x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Fixed	Indoor GIS, X-former outdoor	
41	Dhanmondi	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Fixed	Indoor GIS	o
42	Goran-2	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
43	Banasree-2	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
44	Nakhalpara	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
45	Mohakhali	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
46	Delpara-1	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
47	Munshikhola	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
48	Lamapara	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
49	Delpara-2	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
50	Munsurabad	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
51	Basila -2	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
52	Basila -3	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
53	Bhuighar	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
54	Sanarpar	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
55	Baily Road	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
56	Holy Family Hospital	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	o
57	Dakshingaon	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
58	Dhanakunda	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
59	BUET	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
60	Shipaibagh	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
61	Raizbag (2x35/50 MVA)	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
62	Shibu Market	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
63	Fatullah Stadium	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
64	Shymoli	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
65	Adabar	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	
66	Manda	33/11 kV	-	-	2x35/50	2020-2021	Chinese Gov	Not Fixed	Indoor GIS	

出典：JICA 調査団(2017.2 現在)

DPDC 計画の特徴として、今後の 33/11kV 変電所は 35/50MVA とより大容量の変圧器を設置することを検討している。また土地の有効活用の観点より、33/11kV の多くは屋内変電所を想定している。

前述のように、上記計画において、ダッカ市内での配電供給は、132/33kV と 33/11kV 変電所の 2 段階で計画されている。具体的には 132/33kV 変電所より 33kV で 33/11kV 変電所に供給し、顧客のほとんどに対しては 11kV で送電することを前提としている。近い将来においても、33kV で供給する顧客の増加は見込んでおらず、この配電方法は継続するものと推測されている。

上述の計画によると、多数の 33/11kV 変電所計画に供給するための 132/33kV 変電所が必要になるが、下記 2 点において困難が予想される。

✓ 変電所用地確保

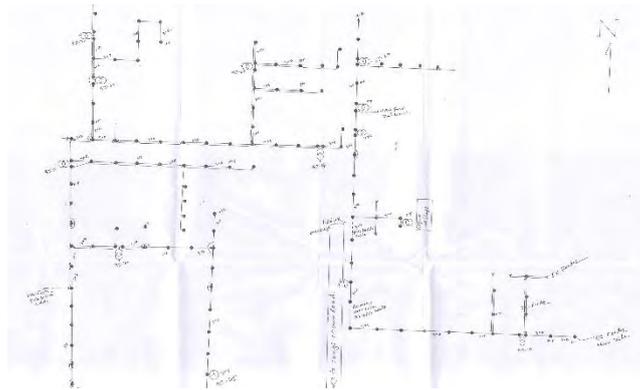
132/33kV を建設するためには変圧器および開閉器を設置するための用地が必要となる。近年の都市部における取得可能用地不足や土地価格の高騰により新規用地取得には多額の費用を要することに加え、変電所における事故や火災が原因となり公共設備として好ましいイメージは持たれておらず用地交渉に難航しているとのインタビュー結果もある。この高額な土地価格と火災リスク等のマイナスイメージが原因で、両社が変電所用地を新規取得することは困難な状況にあり、広い土地が必要な 132/33kV 変電所の用地は特に苦慮している。

✓ 地中送電経路の確保

現状使用されている地中送電埋設方法は直接埋設方式であり、敷設できる回線数は制限されるうえ、ダッカ市街地において地中送電設備は年々増えており、新規建設時にルート迂回する事態も発生している。一方、DPDC にて今後新設される 33kV の変電所は既設より大容量となる 50MVA の 3 バンク系統が主流となり、より多くの電源線が必要となる。現状を考慮すると 33kV ケーブルの敷設量を抑制するとともに、直接埋設方法に比べて多数の回線が敷設できる方法を模索していく必要がある。

2.4 既設変電所設備および配電設備

各配電会社へのインタビュー調査を通じ、ダッカ市内 33kV、11kV 系統の構成は、ループ構成になっておらず変電所から配電線・末端の顧客までが放射状の配電系統で構成され、各配電線は一端で電源変電所に接続されているのみであり、事故時の供給信頼度が低く設備事故時の顧客当たり平均停電時間を表す SAIDI が長くなる傾向がある事を確認した。



出典：DESCO

図 2-14 DESCO による Uttala 変電所配線線路敷設図（例）

DESCO を例にとると SAIDI 795.3 (分/year/Consumer)、SAIFI 30.09(回/Year/Consumer) であり SAIDI は電気事業連合会による日本 10 電力会社についての値 (SAIDI 21、SAIFI 0.13) と比較すると SAIDI で約 37 倍、SAIFI は約 231 倍になる。(出典：Performance Target and Weight Factor for DESCO) DPDC についても 2017 年のパフォーマンス目標として SAIDI を 300、SAIFI を 60 と設定しており事故の頻度・供給支障時間が日本と比較して悪いことが確認できた。(出典：Annual Performance Indicator、DPDC)

設備構成比率は、33kV 系統は地中 60%・架空が 40%を占めている (出典：DPDC 資料) が、11kV 系統は、架空がほぼ 100%である。各社から提示された系統図を確認したところ架空線にて連係がとれるよう記載されているものの、その実際は対象となる配電線相互がその箇所にて分断されており、必要に応じて作業員が現場へ直行し、配電線を接続する方法をとっている。このように配電線系統構成を変更できるような配電線間の連係がなされているとは言いがたい状況でありことから、配電線系統設計に連系時に必要な容量を考慮することや接続される配電線間に遠隔制御開閉器を設置するなどの効果的な配電線連係を導入することにより、配電線系統の供給信頼度を向上する余地があることを DESCO、DPDC のカウンターパートと確認した。また今後の需要増に対応し配電線ネットワークを増強した場合、変電所から配電線立ち上がりまでのケーブル集中が予想され、その敷設が困難となるため、早晚変電所近傍および配電線集中箇所でのケーブル洞道設備の整備が必要となると予想される。

2.5 バングラデシュ国での地下変電所建設に関する規制基準

2.5.1 地下変電所建設に係る建設基準、関連法令の調査

地下変電所に関わる構造物建設において適用すべき規制および技術基準について、バングラデシュにおける建設基準に係る情報収集し以下の通り確認した。地下変電所建設がバングラデシュ国にとって初のため、本調査においては地下変電所およびその上部建物を建設する際に日本において適用・考慮される建築基準法および関連法令、消防設備等の技術基準を参考に、バングラデシュ国の建築基準 (Building Code) および Gulshan 地区でのビルディング建設実績に基づいた設計事例から法令制約について再委託先である Bti および DESCO・DPDC

関係者に確認を行った。ここでバングラデシュ国の Building Code については 2014 年に改定しており、ビル倒壊事故を受け JICA においても当該法令の見直しについて検討中であることから、現在 JICA にて実施している Building Code 改定支援案件に従事しているコンサルタントメンバーへのインタビューを実施し、関係法令の適用状況について取りまとめた。

表 2-14 ダッカ市内での地下変電所建設にかかわる規制・基準インタビュー結果

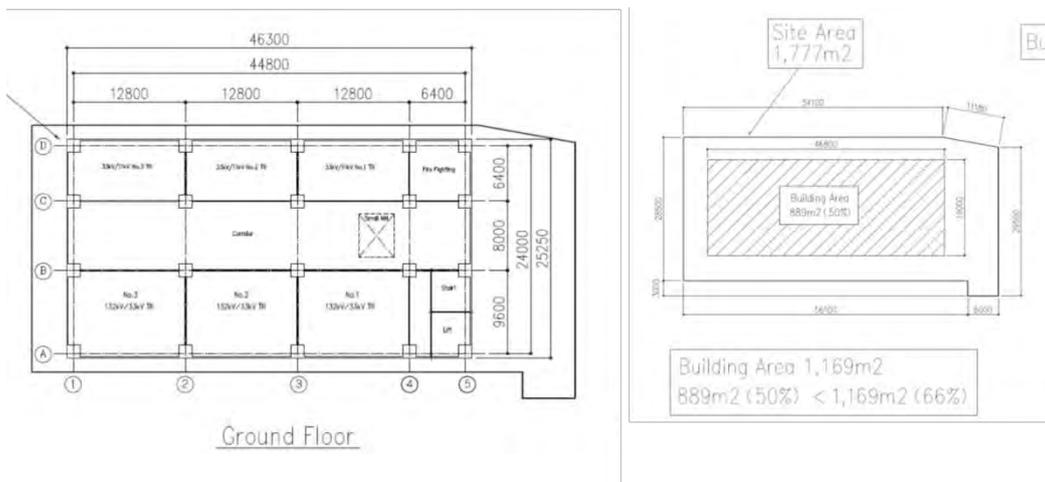
関連法規	基準内容	対応する規制基準 及び確認元
Building use limit	unlimited	Building Code
Height limit	Unlimited Gulshan は建築高さ 450ft (137.19m) まで建設可能	(Building Code では容積率にて制限。) Civil Abiation Authority
Floor number limit	unlimited	(Building Code では容積率にて制限。)
Floor area ratio (延床面積を敷地面積で除した値)	事務所用途の場合、前道幅員 12m 以上で 950% の制限あり。 容積算出用の道路幅員は道路同等仕様とすることで敷地の一部を含めることが可能。 地下部は参入対象外。	Building Code RAJUK 現地再委託先(Bti)
Building coverage ratio (建物面積を敷地面積で除した値)	地上部で 50%、地下部で 75% の規制あり。 但し、地上 12m 以下の部分は 75% に緩和。 ※建物面積は建物部分の水平投影面積を指す	Building Code RAJUK
Rule of the complex building	主用途が全体の 90% を超えていればその用途を適用。90% 未満の場合は協議が必要。	Building Code
Setback for architecture	配置上、建屋規模に応じた後退距離（敷地境界線から建物までの距離）の確保が必要。高さ 33m 以上又は階数 10 階以上で全周 3m 確保が必要。 敷地が道路に面し、歩道がある場合は歩道からの後退に緩和可能。地下は対象外だが、構造躯体は敷地境界から 1.5m の範囲に入れてはいけない。従って最低でも 1.5m は後退距離が必要。	Building Code RAJUK
隣棟間隔	1 敷地に 2 以上の建築物を建築する場合は、4m 以上離さなければならない。	Building Code
防火区画	地下構造物に対する防火区画設計の規定なし。 地下は消化設備（ガス消火設備）の設置が必要。	Fire Code Building Code
駐車場設置義務	It is one every 200 square meters.	Building Code

緑地設置義務	12.5%は緑地を設ける設置義務あり。	Building Code
浄化槽設置	unlimited	許可申請上、浄化槽設置を強く推奨される
避難階段	半径 23~30m のエリア毎に 1 箇所の避難階段が必要。 但し、変電所部分は対象外。	Building Code Building Code
避難距離	30m の避難距離の確保が必要。	Building Code
E V 設置義務	unlimited	Building Code
EG 室の設置義務	unlimited	Building Code
道路下の地中送電設備建設	地下変電所に対する明確な規定なし。これまでダッカシティコーポレーションに建設許可申請し、許可取得後ケーブル、立坑を含めた洞道設備の敷設実施。提出図面としては送電線設計図面を提出しセキュリティを提出して工事着手。現在 1 立法メートル当たり 5600 タカの補償金支払い。	DESCO,DPDC インタビューによる。
<p>[法令適用状況]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建物の建築基準は RAJUK2008 で申請可能（新基準が出て 2008 基準）。 ・騒音、防火、道路使用に関する規制はシティコーポレーションと要協議。 ・いずれの法規も最終的には RUJUK 及び DOL 等関係各所に計画の確認が必要である。各管轄で法規上記載のない独自のローカルルールを適用している可能性があるとの指摘もあり、かつ、地下変電所建設は前例がないことから、今後のプロセス及び実施段階において地下変電所構造物の設計妥当性の根拠をもとに折衝を行う必要がある。 		

(出典：調査団)

この結果、地下変電所の設計に大きく影響する制約として建蔽率の設定（50%:地上部 12m 以上、75%:地上 12m 未満及び地下部）があり、変電所レイアウト検討においても大きな制約となる。

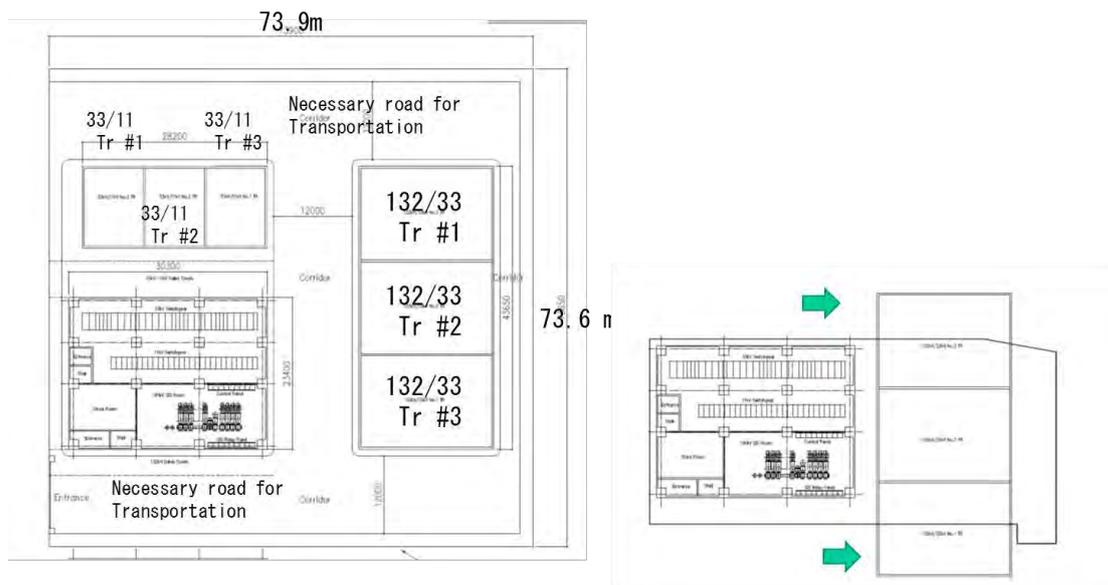
以下のレイアウト図は Lalmatia 変電所用地における屋内変電所建設可否を素検討したものであり、必要最低限の屋内変電所床面積がバングラデシュ国 Building Code に基づく建蔽率上限の 1086m² を超過し、かつ敷地境界からの 1.5m の最小離隔距離を満たさないため建設が不可能であることを示している。加えて各社の計画にあるように屋内変電所上部をオフィス等の公共用途に活用する場合、エレベーターや緊急避難用通路、その他の建築上必須なコンポーネントを追加する必要があり、さらに屋内での変電所建設に要する建物面積が増大し、既設変電所の限られた用地での建設が困難となる。



(出典：調査団)

図 2-15 Lalmatia 変電所 屋内構造検討

同様に屋内変電所よりも敷地面積を必要とする屋外変電所の検討においても、たとえ既設変電所の全量負荷切り替えが建物建設以前に実施可能であっても、既設変電所の用地を活用した建築は不可能となる。



(出典：調査団)

図 2-16 Lalmatia 変電所 屋外構造検討

このため各社が所有する既設 33kV 変電所の拡張については、建築基準にて定められる建蔽率を満たすような屋内・屋外変電所の建設はほとんどの個所で不可能であり、需要の伸びおよび人口流入が顕著な都市部では地下の有効利用による配電設備形成が効果的である。

2.5.2 地下変電所建設に関わる環境社会配慮に関する法令・規制

バングラデシュでは、環境森林省（Ministry of Environment and Forest、MOEF）が環境政策・

規制、自然環境にかかる法規の制定を行い、各種の許認可権を持つ。MOEF 下にある各部局¹のうち、環境公害管理と、事業実施に必要な環境影響にかかる各種評価（初期環境評価（Initial Environmental Examination、IEE）、環境アセスメント（Environmental Impact Assessment、EIA））の審査及び承認は、環境局（Department of Environment、DOE）が行っている。

また、用地取得にかかる法規の制定は、土地省（Ministry of Land）の土地改良・土地取得局（Land Reform and Land Acquisition Directorate）が実施している。補償額の査定については、水資源省（BWDB: Bangladesh Water Development Board）や漁業畜産省（Ministry of Fisheries and Livestock）の漁業局（Directorate of Fisheries）など、関連分野の政府関係部局が基準を示すことになっている。バングラデシュにおける公共の目的もしくは公共の利益にかかる用地取得手続き及び補償支払いは、インフラ開発事業を行う事業主に代わって、地方自治体（District）の長（Deputy Commissioner）が用地取得を行う。

自然環境、環境規制、環境アセスメント、用地取得にかかる法規のうち、本事業に関連するものとその概要を以下に示した。

(1) 自然保護区と生態的に重要な地域

バングラデシュにおいては、「野生生物保護法（Wildlife Conservation and Security）Act 2012」によって、証明書や資格無しでの野生生物の狩猟・移動・輸出入や鳥類・渡り鳥の殺生が賞罰の対象となっている。都心部での事業実施に際しては、寡少であることが想定されるも、野生生物が確認された場合は同法に基づく対応が求められる。

一方、「環境保全法（Environmental Conservation Act、1995）（2010年改定）」で規定されている「生態的に重要な地域（ECA: Ecologically Critical Areas）」に指定されている場所は、2012年現在国内に12カ所あり、このうちの4カ所はダッカにある²。ECA内での産業開発は基本的に制限されるが、高いポテンシャルのある開発や、国家にとって優先度の高い事業については、例外措置としてIEEが実施され、その結果を踏まえて実施が検討される。

(2) 環境規制

本事業で参照する主なバングラデシュ国内の法規は「環境保全法（Environmental Conservation Act、1995）（2010年改定）」である。同法は、自然環境保全と環境基準の改善、環境公害の管理と緩和を目的とし、「環境保全規則（Environmental Conservation Rules、1997）」（2002年改定）の法的根拠となっている。本事業の実施にあたって、事業主は同規則に定められた環境規準（大気質、水質、騒音、車両・船舶の排気、悪臭、下水、工業廃棄物、工業排水・廃

¹ 環境局（Department of Environment, DOE）、森林局（Department of Forest）、森林研究所（Bangladesh Forest Research Institute）、国家植物標本室（Bangladesh National Herbarium）、森林産業開発機構（Bangladesh Forest Industries Development Corporation）がある。

² Gulshan-Banani-Baridhara Lake、Buriganga River、Turag River、Sitalakhya River、Balu River。

液)を遵守しなければならない。

(3) 環境アセスメントの実施

環境アセスメント (Environment Impact Assessment、 EIA) の要件と手順は、前述の「環境保全規則」に示されている。同規則では、DOE による事前承認の対象となる事業を 4 つのカテゴリ (Green、 Amber-A、 Amber-B、 Red) に分類している。同規則に添付された案件リストのうち、本事業は「60. エンジニアリング作業 (100 万 BDT 以上の資本)」及び「64. 配水管、送配電線、ガス配管の新規敷設や延長」に分類され、EIA 実施義務がある Red カテゴリに該当する。Red カテゴリ案件の実施にあたっては、DOE から「環境許可証 (Environmental Clearance Certificate、 ECC)」の事前交付を受ける必要がある。

(4) 用地取得

開発行為の実施に際して私有地の取得を行う場合、「不動産の取得・接収にかかる省令 (the Acquisition and Requisition of Immovable Property Ordinance、 1982) (1993 年・1994 年に改正) と「電気法 (Electricity Act、 1910)」が従うべき主要な法令となる。本事業は、大規模な土地改変や、用地取得に伴う大規模非自発的住民移転についての可能性をそれぞれ確認した上で、これらの要件に該当する場合はその候補地を除外することで合意している。

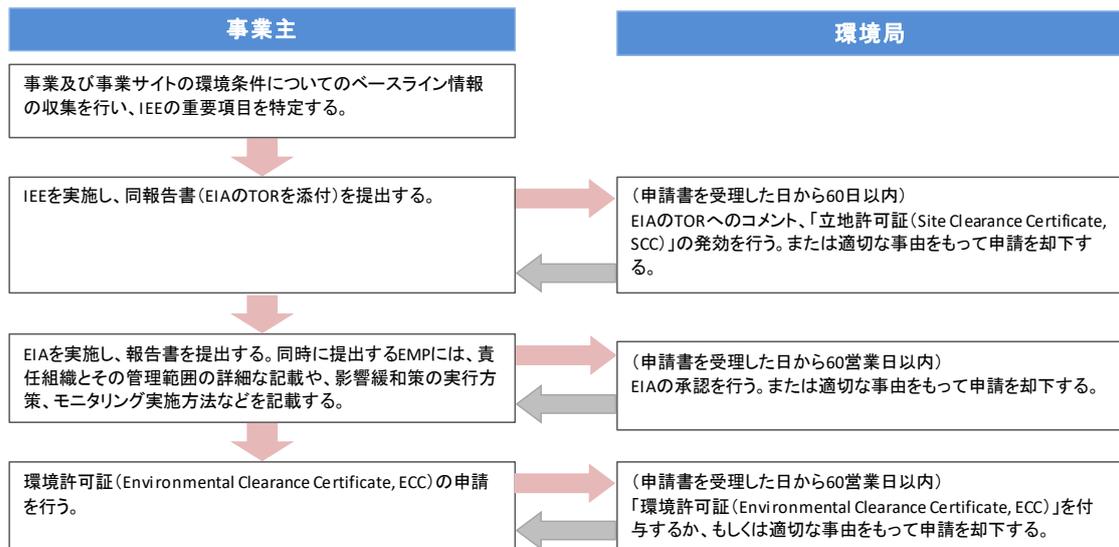
2.5.2.1 環境影響評価実施および用地取得のプロセス

環境影響評価実施プロセス

本事業の実施にあたっては、DOE に対し以下の書類・文書を提出し、実施承認を得る必要がある。

- a. 事業の実施可能性調査 (Feasibility Study、 FS) 報告書
- b. 事業の IEE 報告書、EIA の業務指示書 (Terms of Reference、 TOR)、実施フロー図
- c. 環境管理計画 (Environmental Management Plan、 EMP)、実施フロー図、配置図
- d. 地域自治体からの「異議なし証明書 (No Objection Certificate)」
- e. 環境影響への対応策・被害の緩和策
- f. 住民移転・生計回復計画の骨子 (該当する場合のみ)
- g. その他必要な情報 (該当する場合のみ)

DOE は、環境影響に関して十分なレビューが行われたことを前提に、事業実施承認 (①"Site Clearance" (事業実施候補地の承認を行う立地許可) ②"Environmental Clearance" (事業内容の承認を行う環境許可)) を交付する。Red カテゴリ案件の実施承認に必要な手続き及び所要期間等を下図に示す。



(出典：Environmental Conservation Rules、1997)

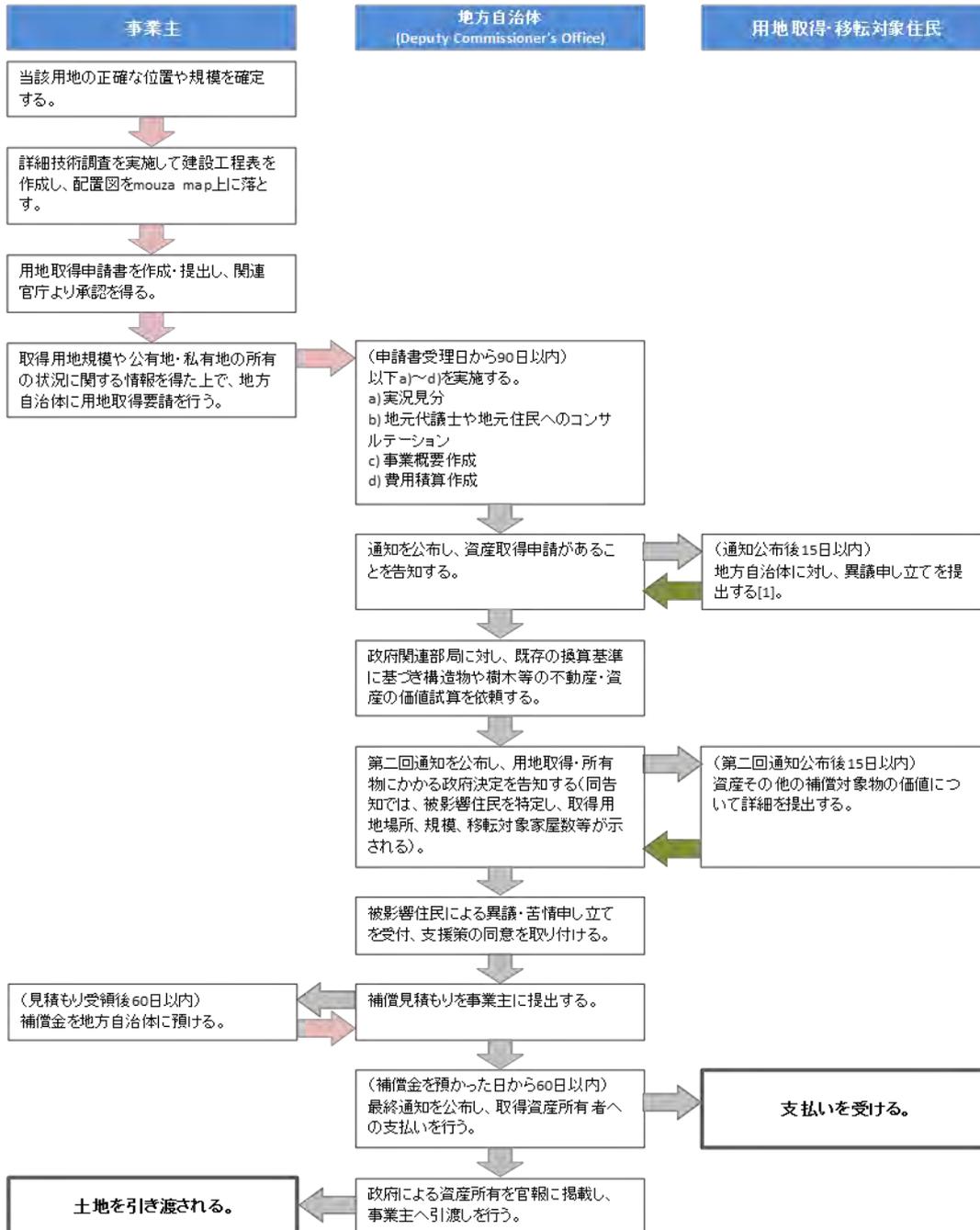
図 2-17 Red カテゴリ案件の実施承認のながれ

なお、DOE は、適切と見なされる場合において、認可申請を受ける際に、SCC を発効せずに直接 ECC を付与することも可能である。事業主は、事業実施後も ECC を 1 年ごとに更新し、DOE は現場検査を実施する³。

³ ECC の更新に当たっては、環境規制値を満たしていることと、DOE による現場検査で問題が確認されないことが、それぞれ求められる。DOE には、人命または環境に対して有害であると見なされる活動を停止させる権限がある。

(2) 用地取得手続き

本事業では、大規模な用地取得や非自発的住民移転を伴わないことが前提であるが、小規模な用地取得の可能性はある。実施する場合の手続きは以下の通りとなる。



注：法的権利者は、身分証明書その他の権利を証明できる文書の提示をもって権利が認められる。登録の無い者が補償対象者リストへの追加を求めた場合、地方自治体側は、コミュニティリーダーや地元有識者、宗教指導者等から状況証拠を得た上で確認を行うことになる。

(出典：the Acquisition and Requisition of Immovable Property Ordinance、1982)

図 2-18 用地その他の不動産取得と補償のながれ

2.6 地下変電所建設に係るバングラデシュ国での技術的課題

これまでバングラデシュ国では地下変電所建設の経験はないため、地下変電所建物設計・施工技術の確認を行った。地下変電所プロジェクトにおいてはプロジェクトサイト毎の地質・土地形状・近隣環境により設計・工法が異なることがあるためダッカ市内の土質、水文、自然条件について概略調査を行い、その結果を踏まえ日本の地下変電所に採用している技術等も参考にしながら地下水対策、排水設備などを含む地下建設部分の設計の基本検討について確認した。(具体的な地下変電所予定地の地質調査詳細については3章を参照のこと。)

2.6.1 水害対策：洪水調査と地下水対策、排水設計の基礎調査

バ国においては国土の3/4が冠水し死者2000人にのぼるような甚大な大規模洪水が過去4回(1988年、1998年、2004年、2007年)発生しており、DESCOの記録によるとダッカ市内においてもGulshan地区が約0.8m程度、最高でも1.0m程度冠水したとのインタビューを得ている。本調査に当たってはこれまでバ国においてJICAが支援した「ダッカ市雨水排水施設整備計画」(一次・二次)の資料、および同計画による効果、さらに事業候補地の過去の水害状況などの調査結果を考慮した変電所設備のための計画高水位について調査を行い、JICAによるポンプ場建設により計画高水位を1mとして設計を行う前提としダッカ市内の近年建設されたビルの設計を踏襲しGLレベルのかさ上げを主要な浸水対策として採用することとし、防潮板などのその他洪水対策適用はプロジェクトコストに対して大きく影響を与えないためプロジェクト地点確定後に洪水対策の詳細調査として行うこととした。

表 2-15 JICA ポンプ場建設第一次事業の効果

	実際洪水の被害地域状況	
	平均湛水深	平均湛水時間
ポンプ場建設前(88年洪水)	1.8m	約1ヶ月
ポンプ場建設後(98年洪水)	0.7m	約15~20日間
ポンプ場建設後(04年洪水)	0.6m	約7~10日間
通常雨期	排水不良箇所 0.3m	一週間以下

出典：JICA ダッカ市雨水排水施設整備計画 報告書

また排水に関してインタビューではダッカ市内は雑排水用下水道網が整備されており排水を直結した設計となっている。また現地において現地建築技術確認に合わせて地下水(浸透水)対策として、地下外壁の打継ぎ高さに止水板や止水にシール(膨張ゴム)を用いた計画を採用可能であることも確認し、かつダッカ市内の地質は透水性が低く粘性の高い地質であることから浸透水量も少ないと評価できる。また地上水(洪水溢水)対策としてGLレベルのかさ上げ(1.5mを想定)、外壁沿いに排水対策を講じる等必要に応じた計画を盛り込む対応とする方針である。

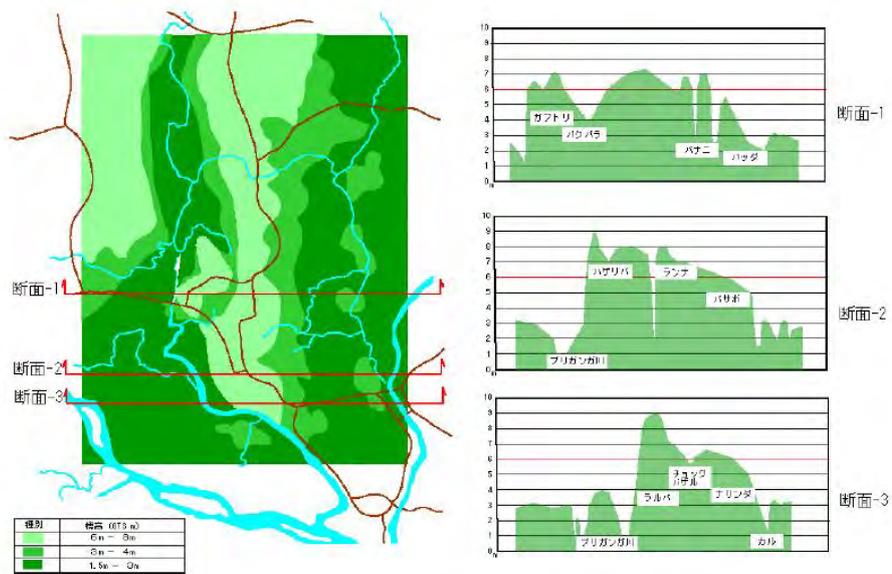
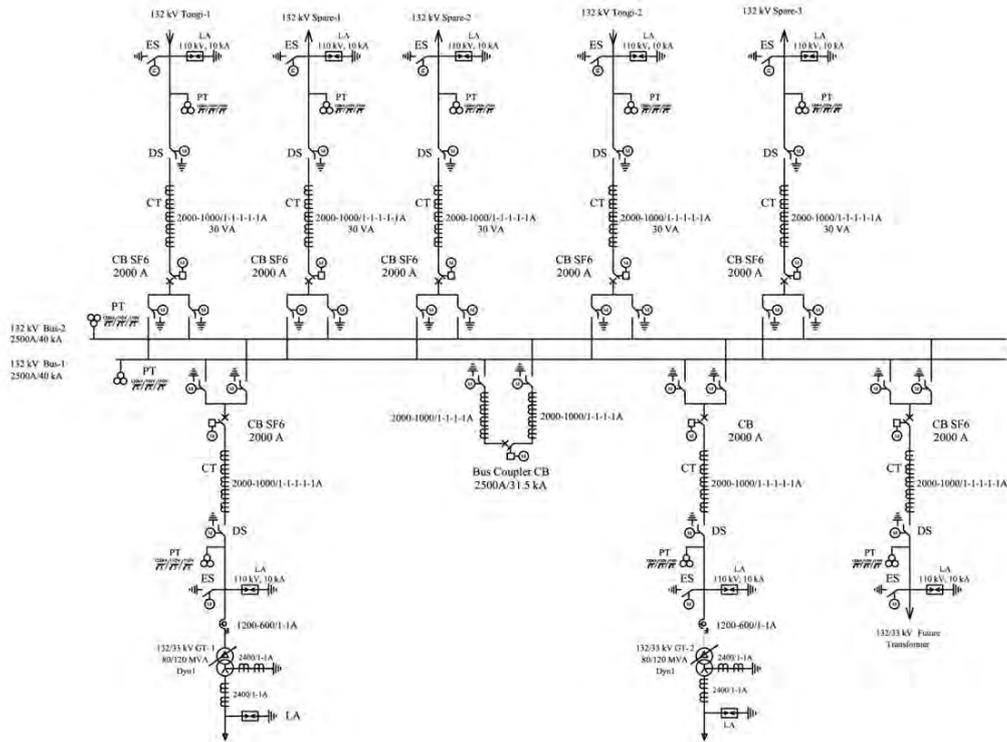


図 2-19 JICA 第二次ダッカ市雨水排水施設改良計画報告書より、2004 年洪水時のダッカ市街と増設ポンプ所写真、およびダッカ市街高度調査結果

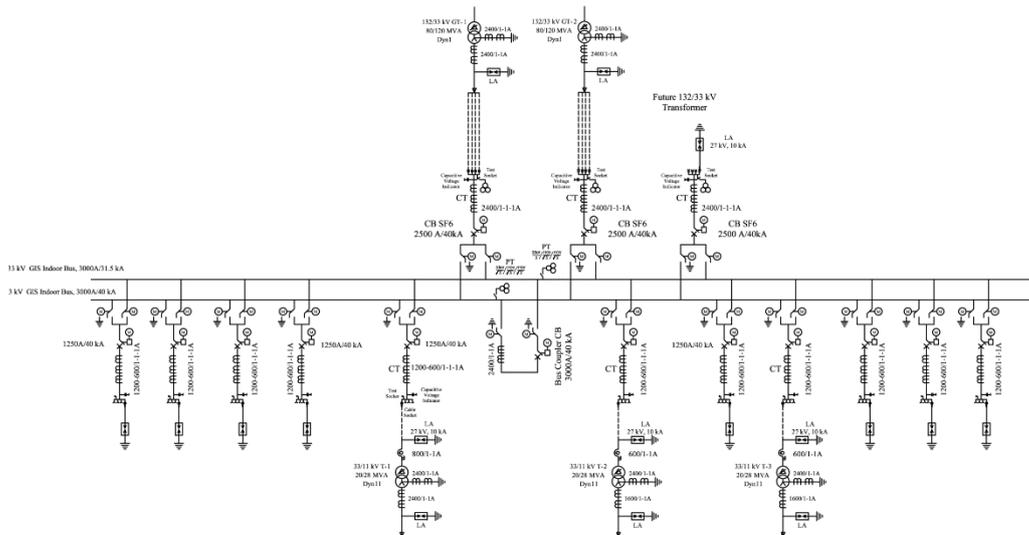
2.6.2 地下変電所の電気設計仕様調査および日本固有技術適用検討

DESCO、DPDC 両社の既設屋内及び屋外の場合の変電所標準設計についてインタビューを行い、地下変電所用の機器基本仕様を以下の通り確認した。

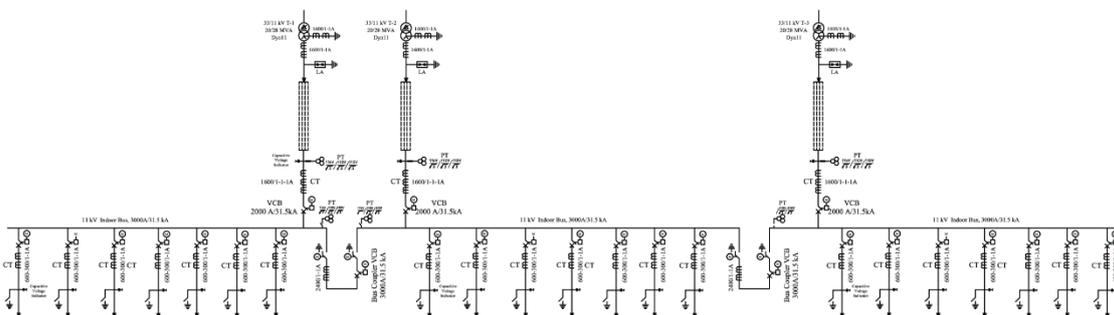
132kV 側設備



33kV 側設備



11kV 側設備



出典：調査団作成（DPDC、DESCO インタビューによる）

図 2-20 132/33/11kV 地下変電所 標準単線結線図（例）

表 2-16 DESCO における機器標準仕様

Description		Rated	Quantity
132kV GIS Double Bus	Incoming feeder	145kV 2,000A /50kA** 3s	5 Nos. (2+3spares)
	Inc. line VT		
	Tr feeder	145kV 2,000A /50kA** 3s	
	Inc. line VT		
	Bus VT		2Nos.
	Bus Coupler	145kV 2,500A / 50kA** 3s	1Nos.
132/33kV Power Tr.		132/33kV 80 /120MVA with on-load tap. Dyn11	3Nos.
33/11kV Power Tr.		33/11kV 20/28MVA with on-load tap. Dyn11	3Nos.
33/0.4kV Station Tr.		33/0.4kV min. 200kVA*(Existing) *Depending on power consumption for UGS	2Nos. * (Existing)

**DESCO の入札仕様書では 63kA の短絡電流仕様があるが、マスタープラン等による計画値ではないこと、また同仕様では上位電圧仕様の機器を採用する必要があり、機器及び地下建物コスト面で不利となることから協議の結果、50kA 仕様とした。

Description		Rated	Quantity
33kV GIS Double Bus	In com.Tr feeder	36kV 2,500A / 40kA 3s	3 Nos.
	Tr feeder	36kV 1,250A / 40kA 3s	3Nos.
	Outgoing feeder	36kV 1,250A / 40kA 3s	8Nos.
	Bus VT		2Nos.
	Line VT		3Nos.
	Bus Coupler	36kV 2,500A / 40kA 3s	1Nos.
11kV MCSWG Single Bus	In com.Tr feeder	12kV 2,000A / 31.5kA 3s	3Nos.
	Outgoing feeder	12kV 630A / 31.5kA 3s	18Nos.
	Bus VT		3Nos.
	Line VT		3Nos.
	Bus Sectionalizer	12kV 3,000A / 31.5kA 3s	2Nos.

表 2-17 DPDC における機器標準仕様

Description		Rated	Quantity
132kV GIS Double Bus	Incoming feeder Inc. line VT	145kV 2,000A / 40kA 3s	5 Nos.
	Tr feeder Inc. line VT	145kV 2,000A / 40kA 3s	3Nos.
	Bus VT		2Nos.
	Bus Coupler	145kV 2,500A / 40kA 3s	1Nos.
132/33kV Power Tr.		132/33kV 80 /120MVA with on-load tap. Dyn11	3Nos.
33/11kV Power Tr.		33/11kV 50/35 or 35/28 or 20/28MVA with on-load tap. Dyn11	3Nos.
33/0.4kV Station Tr.		33/0.4kV min. 500kVA*(Existing) *Depending on power consumption for UGS	2Nos. * (Existing)

Description		Rated	Quantity
33kV GIS Double Bus	In com.Tr feeder	36kV 2,500A / 40kA 3s	3 Nos.
	Tr feeder	36kV 1,250A / 40kA 3s	3Nos.
	Outgoing feeder	36kV 1,250A / 40kA 3s	9Nos.
	Bus VT		2Nos.
	Line VT		3Nos.
	Bus Coupler	36kV 3,000A / 40kA 3s	1Nos.
11kV MCSWG Single Bus	In com.Tr feeder	12kV 3,000A / 31.5kA 3s	3Nos.
	Outgoing feeder	12kV 800A / 31.5kA 3s	24Nos.
	Bus VT		3Nos.
	Line VT		3Nos.
	Bus Sectionalizer	12kV 3,000A / 31.5kA 3s	2Nos.

出典：インタビューに基づき JICA 調査団作成

特筆すべき仕様上の要求として、DESCO、DPDC では変電所防災性能の向上による建物全体への火災リスク低減を目的とし日本固有技術であるガス絶縁変圧器の導入を希望している。関連し先行実施した経済産業省による PreFS では、変電所用地が狭隘な場合は三巻変圧器器の導入により MV、LV 側に 33kV、11kV 配電線を接続する構成を適用することが示されていた。その際には 33kV,11kV の系統電圧維持がむつかしくなること、変圧器事故時に喪失する機能が大きくなることから適用に当たっては運用上の検討を行う必要があった。また 120MVA と比較的大きい変圧器を採用しているため、11kV フィーダーを最終形態で 18 (DESCO) または 24(DPDC)回線、33kV フィーダーを最終形態で 8(DESCO)または 9(DPDC)回線送電可能な設計とする必要があり、地下変電所におけるケーブル敷設および地中送電設備との接続について技術検討が必要となる。また両社の短絡容量の仕様については通常よりも高い短絡遮断電流要求となっており、将来の需要増にあわせ系統構成の再構築により遮断容量の制限が必要となることを示唆している。

調査団では上記仕様に適合するガス絶縁変圧器の供給可否について日本メーカーに確認し、132/33/11kV 三巻変圧器については 1 社供給可能、132/33kV、33/11kV 二巻変圧器については 3 社にて供給可能であることを確認し、想定される最大の機器外形および輸送重量について以下の通り設定した。ただし、変圧器の巻線方式により機器外形寸法が変化することから、エンジニアリングステージでは変圧器メーカーによる変圧器設計により再確認を必要とする。

表 2-18 変電所機器の輸送重量・寸法の想定表

電圧階級 (kV)	機器種別	L (mm)	W (mm)	H (mm)	輸送重量 (kg)
132	変圧器	11,500	4,000	5,100	140,000
	GIS	7,500	2,538	3,700	11,000
33	変圧器	9,500	3,500	5,000	100,000

出典：JICA 調査団

三巻変圧器を導入した場合の運用については実施機関へのインタビュー結果から、以下に示す技術面の課題、及びコスト面において優位性が見られないことから二巻変圧器を採用することで検討を進めることで DESCO・DPDC と合意した。

- 接地変圧器が必要となり変電所面積の低減に多大な貢献はしない。
- MV、LV 側電圧調整を個別とする構造は非常にコスト高となり、電圧連動を許容すると系統電圧調整に問題をきたす恐れがある。
- 二巻変圧器は三相一括タンクの採用も可能であるが、三巻変圧器では特別三相タイプなど、タンクが3相分離型となりサイズとして大きくコスト高になる。
- 三巻変圧器仕様での購入については複数社の製造メーカーを確保できない。
- 巻線方式が既設変電所と変更となる可能性が高く、地絡保護や位相角の観点から電力ネットワークの他変電所結線にも影響を及ぼす恐れがある。(既設系統は、132/33kVΔ-Y、33/11kVΔ-Y であるが、三巻変圧器採用の場合は 132/33/11kV Y-Y-Δ が想定される。)

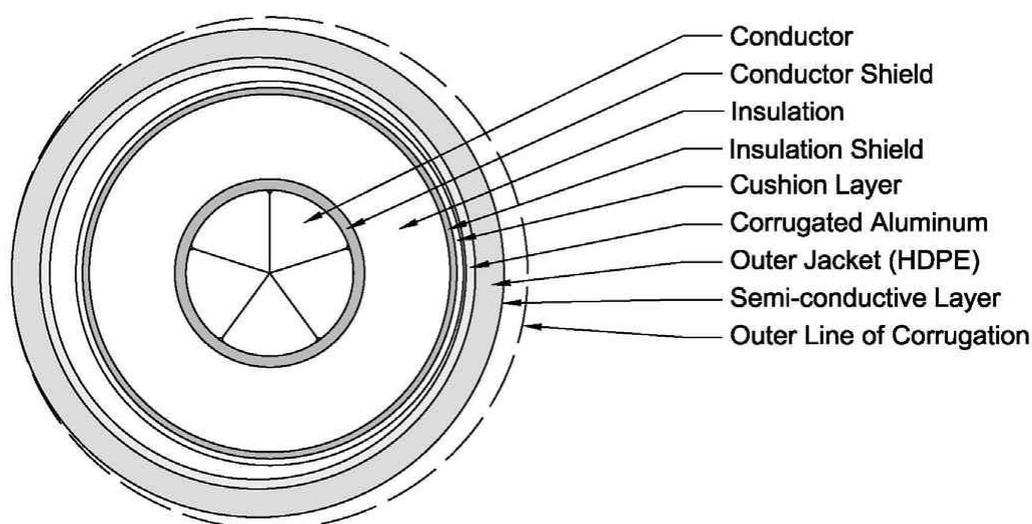
また、ガス絶縁変圧器の導入は、地下変電所の防災性向上・リスク低減が可能な日本固有技術であるだけでなく、油絶縁変圧器と比べて冷却用ガス配管の曲げ回数や最大長を増加させることができることから、変圧器や冷却装置の多様なレイアウト実現が可能となり、地下式変電所に最適な選定機器であるといえる。変電所に使用される変圧器の構造についての説明とガス絶縁変圧器の特徴について考察すると、電力設備で用いられる変圧器は 230kV,132kV といった高電圧の送電ネットワークからの電気を地域供給に適した 33kV,11 k V に変成するために用いられる機器であり、この機器の絶縁には通常、液体・可燃性の絶縁油を用いることが一般的である。この絶縁油は比較的安価な媒質で高い絶縁性能を実現できるという特長がある一方、変圧器の内部事故が発生し油圧が上昇、タンクの破損に至った場合に変圧器の火災や絶縁油の流出という公衆・環境面で影響の大きい事故が発生する可能性が否定できない。また変圧器は常に課電・通電により発熱しており、変圧器の容量が大きくなるほど機器の冷却設計が重要となる特徴があり、特に地下変電所においては機器冷却のための十分な換気が必須である。具体的にはビル風洞の設計および絶縁物の熱をいかに冷却媒体に伝え効率的にシステムを構築するかが重要となるが、若干粘性のある液体である絶縁油は冷却設備までの高度差（ポンプ揚程）に制限が生じるため、気体であるガス絶縁に比較して建物内冷却設計の自由度に制限が生ずるというデメリットがある。地下変電所においては上部建物に公衆が出入りする事を常に考慮する必要があり、ガス絶縁変圧器の極少化された火災リスクお

よび冷却設計の自由度が与える設計上の利得が大きいことを説明し、実施機関との協議において GIT の導入が合意された。

2.6.3 地中送・配電線の敷設ルート検討・概略設計

2.6.3.1 地中送電線ケーブル設計

今回適用する地中送電ケーブルの設計は先行の経済産業省案件に準じ、以下の図のように、132kV 単芯、銅導体、架橋ポリエチレン絶縁、アルミ金属被、高密度ポリエチレン防食層地中ケーブルを採用することとした。準拠標準はIEC標準⁴とした。標準断面図、外径および重量を下記に記す。



出典：「バングラデシュにおける地下変電所等都市型コンパクト設計変電設備に係る事業実施可能性調査」報告書

図 2-21 132kV ケーブル断面図

2.6.3.2 ケーブル敷設設計

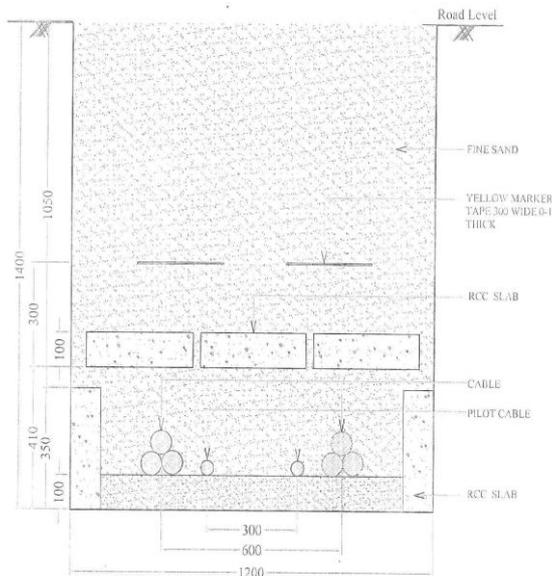
地中ケーブルはトレンチを基本敷設設計に採用し、ダクトバンクは道路横断部に限定して使用する。全てバングラデシュにてすでに適用されている工法であり、工法自体の適用について困難はない。以下に概略図を記す。

ケーブルトレンチ

132kV ケーブルはルートのほとんどの部分でトレンチに敷設される。標準断面図を以下に示

⁴ IEC 60228, IEC 60229, IEC60230, IEC 60270, IEC 60287, IEC 60502, IEC 60840

す。



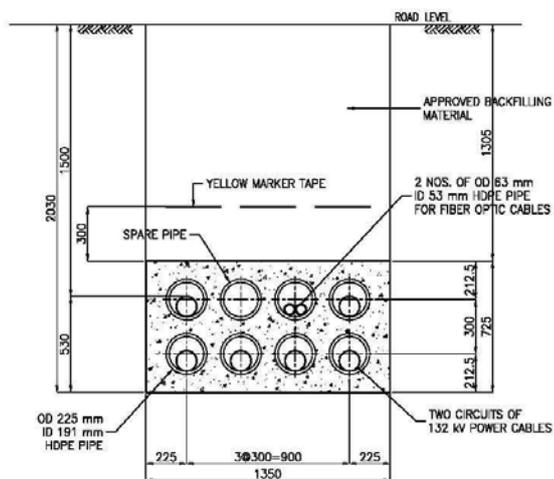
出典：DPDC

図 2-22 標準トレンチ断面図

トレンチは開削工法をより構築させる。施工中はトレンチ側面には土留壁、支保工を施し崩壊を防ぐ。

ダクトバンク

ダクトバンクは、道路横断部、交差点、または既設埋設物の下側に構築される。ダクトバンクは区間ごと（例えば車線ごと）に構築し、交通に対する障害を最小にする。施工区間構築ごとに埋め戻し復旧を行い、交通を回復する。通常ダクトバンクはトレンチ掘削に先立って構築され、トレンチと接続される。ダクトバンクの標準断面図を下記に示す。

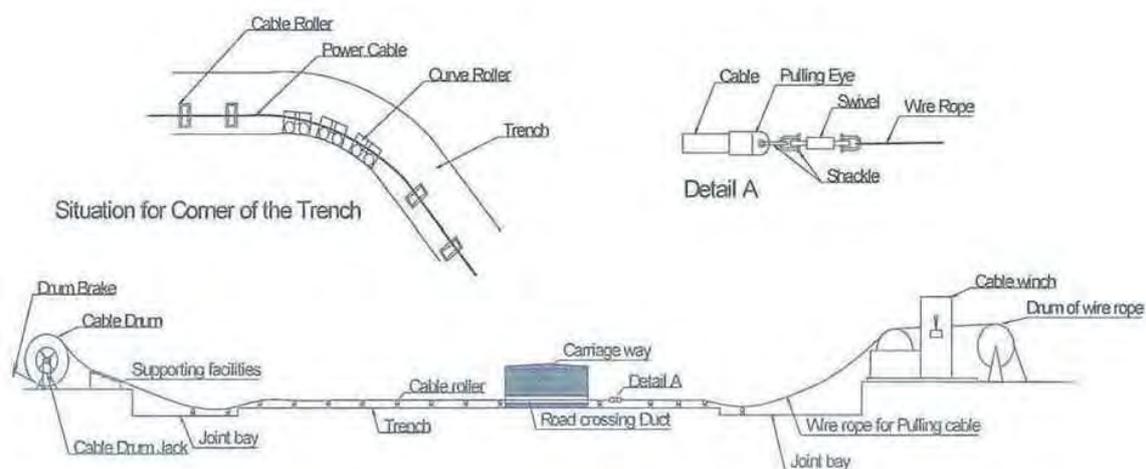


出典：「バングラデシュにおける地下変電所等都市型コンパクト設計変電設備に係る事業実施可能性調査」報告書

図 2-23 標準ダクトバンク断面図

2.6.3.3 ケーブル敷設工法の検討

132kV ケーブルは一般的なノーズプーリング工法（ウインチ引き入れ工法）によりトレンチに引き入れる。ケーブルはジョイントベイから次のジョイントベイへ引き入れる。ケーブルの引き入れ張力は、いかなる時も許容値を超えてはならない。典型的なノーズプーリングの配置図を下記に示す。



出典：「 Bangladeshにおける地下変電所等都市型コンパクト設計変電設備に係る事業実施可能性調査」報告書

図 2-24 ノーズプーリング引き入れ概念図

当該スパン中に多くの屈曲個所があり、引き入れ張力が許容値を超えることが予想される場合は、下記の工法を検討する。

➤ ポンドプーリング

一定間隔で、引き入れワイヤーとケーブルを紐（または細ロープ）で結びつける。これによりワイヤーが引き入れ張力を負う。曲がり部においてワイヤーは滑車に通し、曲がり部の直前でケーブルに結びつけた紐を外し、曲がり部の直後で再度結び付ける。この作業は連続して行う。これにより引き入れ張力はケーブル全長に分散され、また曲がり部でケーブルに架かる側圧を最小に抑えることができる。ノーズプーリングとの併用も可能である。

➤ キャタピラー（ホーリングマシン）

キャタピラーによる推進力はケーブルの防食層・金属被に伝えられる。ノーズプーリングとの併用も可能である。

2.6.4 地下変電所建物の建築技術と適用工法

本節では地下変電所建物の建築技術、適用工法、および上部建物設計との協調において留意すべき点についてまとめる。ダッカ市内の地質情報、現地施工技術の調査、現地ビルディング建設工事における実例について先行事例を確認した結果、地盤条件が良好であり上部建物構造物の基礎は直接 20m 程度掘削し構築することが経済面・施工面から最も有利であり、施工技術についてもすでに十分な技術の蓄積が Bangladesh 国でなされており、土木工事に

関しては新規に日本固有技術や特定用途の資材を特別に新規輸入することも必要がないことを確認した。（本調査における候補地点のスクリーニング地質調査結果については次章を参照のこと）



出典：地元建設会社提供 施工記録

図 2-25 地下建築物施工事例写真（土留支保工、土捨搬出）

施工上の留意点として、日中の交通渋滞が劣悪であるために、資機材の搬入搬出を夜間に制限する必要がある。また、周辺の事情より、本プロジェクトで掘削する以外の土地に余地が無いことから、掘削部分に鋼製の栈橋を設けて、直下を掘削しながら、栈橋上で荷の吊り降ろし、仮置等に対応する。また、3万 m³ におよぶ掘削残土の処理に関しては、土捨場の位置関係が運搬距離として工事に大きな影響がある。これらの点を、施工計画、工程、コストの積算にできる限り反映させた。

実際のプロジェクトの遂行に当たっては、施工を円滑に行うためにも、候補地が絞られた時点で工事の入札までに土捨場を明確に決定し、土捨場を施主指定として、施工者が工事を受注してからの準備期間を削減することがコストを抑える点でも望ましい。

2.6.4.1 ダッカ市における地質調査と対応する建物構造の調査方法

DESCO から提出された Gulshan 地点の先行地質調査ボーリング結果の評価、バングラデシュでの施工実績のある日本大手建設会社 1 社の関連部所および現地建設会社（3 社）の Gulshan 地区での実績のインタビュー、JICA ダッカ地下鉄プロジェクトに従事する日本工営株式会社の日本人エンジニアへのヒアリング、第 1 回調査における現地踏査（候補地の周辺の状況など）、タイ国からダッカ市での施工の可能性のコメント（特に切梁・腹起、栈橋、防水シートについて）を実施し、以下の通り評価した。今後、最終的には本プロジェクトにおける土質調査の結果に基づき最終的な工法が選定される予定である。

2.6.4.2 地下の本体構造に関する検討

先行地質調査およびダッカ市における先行事例のインタビュー結果から、ダッカ市の土質の特徴として、どのエリアにおいてもおおよそ 20m 付近に非常にしっかりとした支持層（N 値が 50 以上）が存在し、その支持層を使ってビルディングのベタ基礎とできることが確認でき

た。通常このように比較的浅い深度に支持地盤が存在する場合、当該の支持層まで掘削しそこに直接基礎をもうける設計とすることで空いた地下の有効利用（カーパーキングの事例が多い）を可能とし効率的なビル設計としており、先行事例の調査もこの設計となっている。以下の表にはダッカ市における基礎設計の違いによる得失をまとめた。約 20m の深さの杭を打つ代わりに、深さ 20m まで掘削しベタ基礎とし、地下部を有効利用することが最も技術的・経済的に有利であると結論づけられる。ただし、最終的には地下構造物構築のための費用と地下部分の経済的な価値と基礎杭の費用の試算により、構造を決定することが望ましい。

表 2-19 基礎および地下部分設計の違いによる土木施工上の得失について

検討項目	① 地上	② 半地下	③ 地下
1) 仮設の土留	なし	土質が非常に安定しているために、深度を浅くする利点がほとんど無くなっている	φ800～1000 の RC 杭を土留壁として、H 綱による切梁・腹起を想定。
2) 掘削土量	なし	深さによる	約 30,000m ³
3) 地下水	構造上地下部分の検討不要	今回の地質条件においては特段の個別検討不要	今回の地質条件においては特段の個別検討不要
4) 基礎杭	地下 20m	中途半端に必要となり効率が非常に悪い	不要
5) FS 段階での評価結果	支持層が浅いため短い杭が必要となり不効率	利点がなく選択から外せる	支持層がちょうど地下部の底と一致するので、非常に経済的（杭が不要でベタ基礎を想定）
（評価における地下部費用の前提条件）	概略の設計で実施 ・支持層までの杭	概略の設計で実施 ・地下の土留、掘削 ・但し、杭は不要	概略の設計で実施 ・地下の土留、掘削 ・但し、杭は不要
● 最終的な評価	工事原価（地下三階 VS 基礎と地上三階）の比較で決定		

出典：調査団作成

2.6.4.3 地下変電所建物建設についての現地施工技術調査

地下の施工は、現地の建設会社が Gulshan 地区で十分な経験がある。特に施工における技術的な留意点はなく、現地の建設会社から見積を取ることでより実際の工事に基づく市場価格で予算評価できることが調査の結果確認できた。また、土留工事に関する現地の建設会社の経験・資機材についても、現地で経験があるために特別な対応は不要である事がインタビューにより確認できた。ただし連続地中壁の施工例は現時点では確認出来ていないため、仮設土留は、綱矢板（深度 15m 以下）または、場所打ち杭を工夫した土留壁（深度 10m 以上）

の実績が多数あることを考慮して、当該技術を適用することとした。同様に切梁・腹起も現地でヒアリング等で確認したが、実際の現地建設会社の材料の調達、施工とも充分実績もあり技術上も可能であることが確認できた。

一方で、本事業の地下建物には大きな熱容量をもった機器を地下に設置するという特殊性がある。このような機器を含んだ地下建物の建築経験はこれまでになく、風洞設計、換気設備の仕様、変圧器等の機器の冷却仕様を考慮した総合的な建物設計が必要であることから経験のあるコンサルタントやコントラクター、設計者を調達できなければ、本事業の地下建物における冷却・換気設計は難しい。

2.6.4.4 地下建物主要材料の調達に関する検討

地下建物の主要材で最も技術的に確認が必要なものとして、防水シートの設計、調達と施工がある。インタビューにおいては現地で材工込みの条件で施工可能との回答を得た。一方でタイの業者による施工も視野に入れ、具体的なサイト選定後に要求される施工技術・費用を考慮して防水設計の検討を行うこととする。これは施工費用については、現地施工とタイ業者施工の両者の差が比較的小さい一方、現地条件に応じ地下水位の条件が比較的良好な場合にどの程度の防水設計（適用有無も含む）を本体設計として採用するかが大きく原価に影響を及ぼすためである。同様に、主要材料の調達については、鋼材、セメント、鉄筋など現地調達が可能であるが、鋼材は特殊なサイズ（H350以上）などは輸入の必要があることが確認できた。

また材料等の品質管理方法と各種試験項目などが今後の確認事項であるが、一方で建物スペック等を現地にできるだけ合わせる事により工事費を抑えることができる。どのような試験をどのような精度でできるかを確認した上で、プロジェクトサイト確定後の実設計面での検討となる。

2.7 地下変電所建設の経済財務分析の必要性

地下変電所の建設には建物設備の設計・施工に高い技術を要し、掘削も必要となる、また設備も屋外変電所のものと比べて信頼度の高いものを採用することから、先方政府・実施機関にとっては、高額な投資を行うことになるが、電力供給の観点からは重要な拠点となること予定である。他方、敷地活用の観点からは地下変電所上部を商業用不動産として利用することが可能となり、賃貸収入も財務上無視できない要素となる。円借款事業の範囲としては、地下変電所部分のみとなるが、実施機関にとっては上部建物の建築費用や不動産収入も経済無財務分析において考慮される必要がある。高額な投資を判断するにあたり、総合的な視点から、費用には地下変電所に必要となる費用のみならず、上部建物に必要となる費用も含め、収益見通しについても、配電収入と不動産収入の双方を考慮する。

日本および他国における地下変電所上部建物の活用の事例としては、上部建物の設計、事業用建物確保のための所有土地の活用および変電所トラブル緊急対応等の容易さから自社オフィス・倉庫・社宅としての活用事例が多い。また都市における新規変電所用地確保の必要性やセキュリティ面、長期的な変電所運転継続が確保できるという観点から公園等の公共用地の地下に変電所を建設する事例・計画も散見される。一方、上部建物に第三者の商業施設がある事例は用地取得が非常に困難な東京エリアに多く見ることができ、土地所有者が電気事業者であり上部建物使用者から使用料を取得している場合、逆に上部建物オーナーから地下部分を長期借室契約し変電所用地確保している事例もある。都市部の電力供給の重要なコンポーネントである地下変電所を所要の地域に建設し長期間運転するという運用信頼度の点、および経済財務分析上からは自社所有地を活用することが最善の方策である。



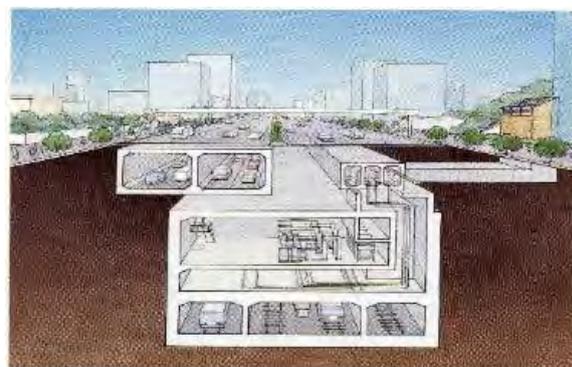
オーストラリア事例（自社ビル活用）



ドイツ事例（公園）



東京事例（商業建物）



東京での事例（道路下）

出典：各社 Web 資料、東京電力資料

図 2-26 地下変電所上部建物の活用事例

2.8 地下変電所に関わる環境社会配慮面での検討

2.8.1 地下化にかかる環境社会面の影響比較

ここでは、変電所を「地下化する」ことについて、前項までの技術的課題や経済財務上の検討に加え、「地下化しない」「半地下化」する場合との環境社会面での影響比較を行なう⁵。なお、ここで評価する影響の程度は、事前に何ら回避・緩和策を講じなかった場合を想定して行うもので、影響の回避・緩和策の実施は前提にしていない。したがって、技術的検証の裏づけなしではその可能性を否定できない負の影響についても、すべて書き出している。

比較に当たり、①変電所の「地上化」（屋内・屋外）、「半地下化」、「地下化」に加え、②送・配電線の「架空」、「地中化」、の工事中・供用時の環境社会影響の程度を、それぞれ分析し、下表にまとめた。

掘削土の発生、地質強度の確認、地下構造物への配慮など、変電所地下化の有無による環境面における差異は認められるが、既存施設解体撤去作業の有無によって廃棄物の量が大小するなど、その他の前提となる条件も考慮する必要がある。一方、社会影響は、a) 新規用地確保の必要性、b) 用地取得に伴う非自発的住民移転の有無 c) サイトの立地（商業地域／住居地域）による影響が大きく、土地利用や地域社会への影響の有無・程度が大きく異なる。これらのうち、a)と b)について必要となる場合は、工事前の手続きとこれに伴う調整が長期化することが予想される。また、バングラデシュ政府が、日本政府もしくは国際金融機関⁶、赤道原則⁷を採択・遵守する民間金融機関による投資を受ける場合、不動産の取得に加え、生計喪失への補償など、バングラデシュ国内法を超える措置もしくはこれと同等の支援策の検討・実施が求められる。

なお、長期的には、地下化による防災面での優位性や、安定した電力供給の確保により、社会インフラや社会サービスの質の向上や、ビジネスや世帯レベルの生計活動への貢献など、地下化による社会面での間接的な正の影響が想定される。

⁵ 戦略的環境アセスメントで通常実施する、「事業を実施しない(ゼロ・オプション)」場合の影響比較や、6つの候補地点(代替案)の間を影響比較は、それぞれ次章で別途行っている。

⁶ JICAと世界銀行、ADBは、それぞれの融資事業にほぼ同様の内容の環境社会配慮を課している。JICA環境社会配慮ガイドラインは、代替地提供の優先(金銭補償を前提としない)、移転住民の生活水準・収入機会の回復・向上のための補償・支援の実施や、再取得価格に基づく補償の支払い、社会的弱者への配慮、移行期の支援などを求めている。「生計の回復・向上」にかかる補償と支援は、バングラデシュでは規定されていないが、事業の実施に伴い、何らかの事由によって生計手段が奪われる場合や収入が減る場合、生計活動に不利益が生じる場合についても、補償の対象となる。

⁷ 民間金融機関が大規模な開発や建設のプロジェクトに融資を実施する場合に、プロジェクトが自然環境や地域社会に与える影響に十分配慮して実施されることを確認するための枠組みを指す。世界各国の採択銀行は、赤道原則の枠組みに従い、IFCの策定した環境・社会ガイドラインである「IFCパフォーマンススタンダード」及び「世界銀行グループ環境・衛生・安全ガイドライン」に従って、各行独自のガイドラインを文書化し、事業者によるプロジェクトの環境・社会配慮の状況を確認するための内部管理体制を構築する。採択銀行は、この体制の下で、大規模プロジェクトが自然環境や地域社会に与える影響を評価し、ガイドラインを充足するための対策の遵守を融資条件としている。

表 2-20 変電所建設にかかる影響比較

影響項目	地上	半地下	地下
環境汚染	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 建設作業に起因する大気汚染物質や粉塵の発生により、作業現場と周辺地域の大気質悪化が予測される。 ▶ 建設機械から生じる排水、車両の洗浄排水、降雨時の表面流出による泥土や油の流出等の可能性がある。 ▶ 建設廃棄物や作業員の一般廃棄物の発生が想定される。また、作業員の一般廃棄物から臭気が発生する可能性がある。 ▶ 作業員の生活排水、建設機械や車両等からの油類を含む排水の流出、廃棄物による土壌汚染の可能性がある。 ▶ 事業実施によって工事用車両や建設機械による騒音・振動の発生が想定される。 ▶ <u>既存施設がある場合はその解体撤去工事で発生する瓦礫等の廃棄物に加え、工事に伴い発生する金属くずや建設発生木材等の廃棄物が発生する。</u> 		
建設発生土	-	<ul style="list-style-type: none"> ▶ <u>多少の掘削土が発生するため、この一次保管場所の確保や、最終処理方法の検討が求められる。</u> ▶ <u>掘削土砂に有害物質が含まれていないか、処理前に確認を行う必要がある。</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ <u>大量の掘削土が発生するため、一時的保管場所の確保や、最終処理方法の検討が必要となる。</u> ▶ <u>掘削土砂に有害物質が含まれていないか、処理前に確認を行う必要がある。</u> ▶ <u>技術基準を満たさないボーリングや掘削、パイルによる施工が行われる場合、地層に何らかの影響を与える可能性がある。</u>
保護区・生態系	<ul style="list-style-type: none"> ▶ サイト及び周辺地域において、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアの有無の確認が必要である。 ▶ サイト及び周辺地域の樹木・植物の伐採や一時的な移植が必要となる。飛来する鳥類や、生息する昆虫・爬虫類・小形哺乳類の有無の確認が必要である。 		
地形・地質	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ▶ サイト及び周辺地域の地質強度の確認（土砂崩壊の可能性や軟弱地盤の有無など）を確認する必要がある。
用地取得・土地利用	<ul style="list-style-type: none"> ▶ <u>新たに用地取得が必要となる場合、変電所用地の確保が事前に必要であり、土地利用の改変となる。また、ダッカの人口密度に鑑み、大規模な非自発的住民移転が発生する可能性があり、長期間にわたる移転手続きが必要となる（前掲の「用地取得手続き」参照）。</u> ▶ <u>既に取得済みの用地や、既存施設の敷地内での建て替えて収まる場合は、新規用地取得やこれに伴う非自発的住民移転は想定されない。</u> ▶ <u>工事期間中に、建設機材の輸送や車両・労働者の移動によって、アクセス制限や周辺地域の交通規制が発生する。危険防止や安全確保を目的とした、周辺地域の一時的な土地・道路の接収が必要とされる可能性がある。</u> 		
社会影響	<ul style="list-style-type: none"> ▶ <u>工事期間中は、建機の搬入や運搬車両の出入り、多数の労働者が集まるため、周囲のアクセス制限や、交通封鎖などが想定され、局地的に交通量が増加するとともに交通渋滞や交通事故が発生し、地域活動に影響が生じる。サイトの立地が住居地域もしくはこれに隣接する場合、地域住民の日常生活への影響が大きくなる。一方、商業地域では、サイト周辺で商いを営む商人らの一部立ち退きや一時的な閉店など、生計手段への影響が懸念される。</u> ▶ <u>サイトの立地が住居地域もしくはこれに隣接する場合、商業地域に比して、騒音や振動への感じ方が、相対的により強くなる。学校などの教育施設が周辺に存在する場合は、こどもの学習環境の悪化が懸念される。また、景観や日照権の確保等に配慮する必要がある。</u> ▶ <u>工事期間中の雇用機会など、地域雇用への貢献が得られる。</u> ▶ <u>供用時には、電力供給量・能力の早期改善が得られ、社会インフラや社会サービスの質の向上や、ビジネスや世帯レベルの生計活動への何らかの正の影響が想定される。</u> 		

影響項目	地上	半地下	地下
事故	<ul style="list-style-type: none"> 多くのメンテナンス作業が必要とされ、事故件数の増加も予測される。 	<ul style="list-style-type: none"> 地表近くの地下構造物の有無を確認する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> メンテナンスワークが軽減され、事故発生減少が予測される。 地表近くの地下構造物の有無を確認する必要がある。
防災	<ul style="list-style-type: none"> 洪水などの水害や地震など自然災害、火災事故などのリスクがある。 	-	<ul style="list-style-type: none"> 洪水などの水害や地震など自然災害への安全対策が図られる。 災害等の有事にあっても、電力供給が安定して行われる可能性が高い。
その他	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間中に発生する粉塵等による咳やアレルギー反応の可能性はある。労働者の間での風邪や、蚊の媒介等による感染の可能性や感染の拡大の可能性はある。 		

(出典：JICA調査団)

2.8.1.1 送配電網整備上の環境社会面の影響比較

次に、事業コンポーネントの一つである送配電網整備にあたっての影響を比較する。掘削土の発生の有無や、地下構造物への配慮など、地下化による環境面への影響が想定されるが、社会面での影響は、地下化することではぼ工事中の一時的なものに抑えることが可能となる。また、地下化によって防災面での優位性が高くなり、地上部の土地利用についても工事前と同様の自由度が維持される。

表 2-21 送配電網整備にかかる影響比較

影響項目	架空	地下化
環境汚染	<ul style="list-style-type: none"> 建設作業に起因する大気汚染物質や粉塵の発生により、作業現場と周辺地域の大気質悪化が予測される。 建設作業員の生活排水、建設機械から生じる排水、降雨時の表面流出による土砂や油の流出等の可能性がある。 建設廃棄物や作業員の一般廃棄物の発生が想定される。また、作業員の一般廃棄物から臭気が発生する可能性がある。 作業員の生活排水、建設機械や車両等からの油類を含む排水の流出、廃棄物による土壌汚染の可能性はある。 事業実施によって工事用車両や建設機械による騒音・振動の発生が想定される。 	
建設発生土・堆積物	-	<ul style="list-style-type: none"> 表面流出により、土や砂利などの堆積物が周辺地域に蓄積し、排水溝などに流入する場合は水の流れを遮る原因となる可能性がある。 大量の掘削土が発生するため、一時的保管場所の確保や、最終処理方法の検討が必要となる。 掘削土砂に有害物質が含まれていないか、処理前に確認を行う必要がある。
保護区	<ul style="list-style-type: none"> サイト及び周辺地域において、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアの有無の確認が必要である。 	
生態系	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間中のみならず操業期間中も、停電や事故防止のために、サイト及び周辺地域の街路樹の伐採や移植が必要となる。 飛来する鳥類や、生息する昆虫・爬虫類・小形哺乳類の有無の確認が必要である。 	<ul style="list-style-type: none">
用地取	<ul style="list-style-type: none"> ROW とその周辺地域の工事期間中の一時 	<ul style="list-style-type: none"> ROW とその周辺地域の工事期間中の一時

得・土地利用	<p>的なアクセス制限が必要となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 電柱を建てるにあたり、用地所有者を確認する必要がある。 	<p>的なアクセス制限が必要となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 電柱を建てるにあたり、用地所有者を確認する必要がある。 ➤ 供用時の影響は想定されない。地上部の土地利用の自由度が工事前と同様に維持される。
景観	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 架空線の敷設によって視界が妨げられる可能性があるが、都市部であり、大きな影響はない。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 地下化により景観への影響は想定されない。
事故	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 降雨や風、サイクロンが停電や事故を引き起こす可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ダッカにある地下構造物は導管や封印されていない。工事期間中も作業時のメンテナンス作業中も（特に夜間作業では）、地下構造物の所在の確認が昼間より困難となることか地表近くの地下構造物の有無を確認する必要がある。
防災	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 洪水などの水害や地震など自然災害による電柱倒壊や電線の分断、火災事故などのリスクがあり、有事には人命にかかわる。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 洪水などの水害や地震など自然災害への安全対策が図られる。 ➤ 災害等の有事にあっても、電力供給が安定して行われる可能性が高い。
社会影響	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 工事期間中は、建機の搬入や運搬車両の出入り、多数の労働者が集まるため、周囲のアクセス制限や、交通封鎖などが想定され、局地的に交通量が増加するとともに交通渋滞や交通事故が発生し、地域活動に影響が生じる。<u>ルートが住居地域もしくはこれに隣接した地域を通る場合、地域住民の日常生活への影響が大きくなる。一方、ルートが商業地域を通る場合、工事現場周辺で商いを営む商人らの一部立ち退きや一時的な閉店など、一時的な生計手段への影響が懸念される。</u> ➤ <u>ルートが住居地域もしくはこれに隣接した地域を通る場合、商業地域に比して、騒音や振動への感じ方が、相対的により強くなるため、一時的な社会影響が想定される。学校などの教育施設が周辺に存在する場合は、こどもの学習環境の一時的な悪化が懸念される。</u> ➤ 工事期間中の雇用機会など、地域雇用への貢献が得られる。 ➤ 供用時には、電力供給量・能力の早期改善が得られ、社会インフラや社会サービスの質の向上や、ビジネスや世帯レベルの生計活動への何らかの正の影響が想定される。 	
その他	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 労働者の生活排水に含まれる感染性の病原体による土壌・地下水の汚染の可能性はある。 ➤ 蚊の媒介等による感染の可能性や、感染の拡大の可能性はある。 ➤ 粉塵等による呼吸器官や目への影響、騒音による聴力への影響、高い気温と湿度が作業員の健康に影響を及ぼす可能性がある。 	

(出典：JICA調査団)

3. 地下変電所建設計画についての妥当性分析

3.1 地下変電所建設事業に対する評価項目

2章に取りまとめた通り変電所用地取得が困難な都市部における需要の急増に対応する方策として地下送電線路および変電所の導入は効果的な解決策となりうるが、その妥当性の評価においては、1)都市部の需要動向および電力供給設備構築の観点から見て地下変電所による供給が必要であるか、2)地下変電所がダッカ市において手配可能な建築・土木技術および建築資材を活用して建設できるか、そして3)地下変電所建設が各事業会社の運営に悪影響を与えないかについて評価を行い、そのすべての要素について妥当性を確認して本地下変電所建設事業の意義を確認することが必要となる。

3.2 ダッカ市配電計画からみたプロジェクト妥当性の検討

2.4章にて、ダッカ市内における変電所配電計画を確認した。需給バランスの観点から、各社が計画している変電所建設が履行されることは最低限必須であることを確認したが、本章では、その計画において、ダッカに地下変電所を建設する必要性、位置づけ、妥当性を検討し、計画の実現の方策としての地下変電所建設の可能性を検討することとする。

ダッカ市内における需要地域への配電供給方法について、急増する需要に対応するためにはより大きい設備容量が実現できる 132/33/11kV の変電所を導入することが必要であり、その供給方法については下表に示す4つの方策が考えられるため、調査団にてその得失について検討を行った。

表 3-1 供給方法比較表

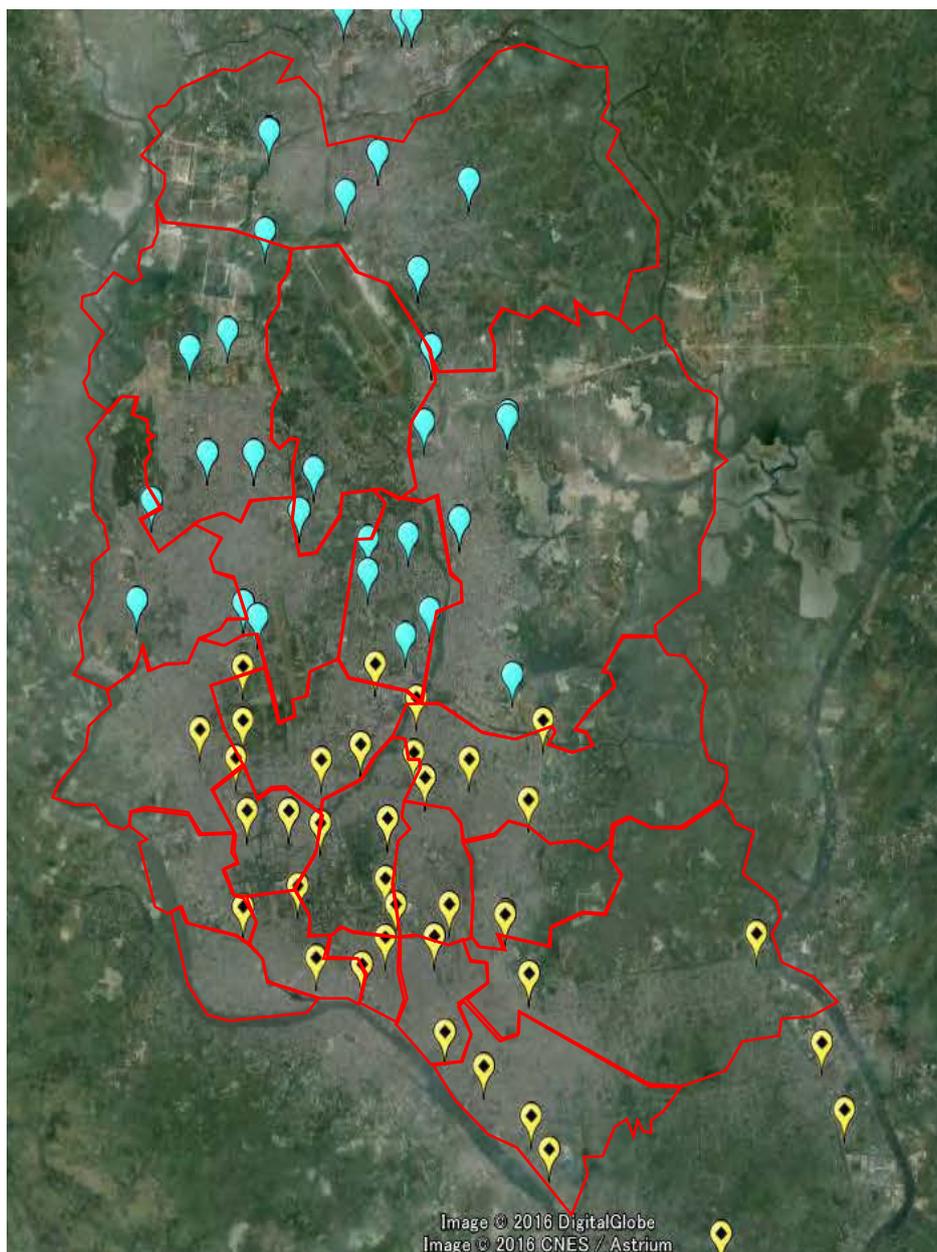
	Plan - A	Plan - B	Plan - C	Plan - D
Distribution Image				
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No land acquisition ✓ Short UG line 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No land acquisition ✓ Short UG line 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Short UG line ✓ Only conventional skills (No special skills) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Easy land acquisition ✓ Only conventional skills (No special skills)
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Special attention to fire and flood ✓ Additional cost (Excavation) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Special attention to fire and flood ✓ Limited capacity 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Special attention to fire and flood ✓ Severe land scarcely ✓ Expensive land price 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Constraint of UG routes (Limited roads) ✓ High fault frequency (Long UG line and Many cable joints)
Feasibility	○ Higher cost?	○ But, limited capacity	△ Severe (Impossible?) to acquire land	✕ Limited distribution lines Low reliability

出典：調査団作成

このように、Plan-Aにおける地下変電所建設は都市地域に十分な供給力を確保するには最適な方式である。Plan-Bにおいては、屋内式変電所が地下式変電所とほぼ同等の敷地面積を必

要とする上表 2-11 に示した **Building Code** のとおり地上部の建蔽率が地下部に比べ低く設定されていることから、建設可能な土地が限られ 132/33/11kV 変電所の建設が難しい現状がある。また **Plan-C** の屋外変電所を建設することは、所要土地面積が非常に大きくなる一方、ダッカ市内の土地不足や土地価格の高騰もありきわめて難しい。仮に需要地域に屋外変電所建設に必要な用地を確保出来たとしてもその費用は高額になり用地取得までの交渉も長期化するリスクがある。最後に **Plan-D** は需要地域から離れた郊外に屋外変電所を建設することであり、妥当な価格にて土地を確保することは比較的容易であるものの、多数の配電線を郊外の屋外変電所から需要地域へと敷設する必要が生じる。しかし、需要地域中央へ多数の配電線を敷設するための道路下のスペースは現状においても限定されており、高額ではあるが直接埋設方式でない多層敷設が可能となるような他の埋設方法も導入する必要が生ずる。加えて、**Plan-D** では、高コストと同様に長距離の配電線や多数のケーブル接合部による低い信頼性も留意すべきである。

このように 132/33/11kV 変電所を新設する際に、土地の新規取得とケーブル量の増加が問題になるため、需要が集中した都市部での既設変電設備の高稼働を解消すべく、両配電会社がすでに有している 33/11kV 変電所用地を最大限活用することが求められる。しかし単純に同用地に 132/33/11kV 変電所を建設するためには、十分な土地面積がある必要があり、全ての既設 33/11kV 用地がこれを満たすことは難しいと想定される。そこで限定された土地を最大限活用すべく、用地面積がもっともコンパクトなる地下変電所の適用が想定される。地下変電所を選択肢の一つとすることで、狭隘な土地に 132/33kV と 33/11kV 変電所の機能を併設することが可能になり、土地の新規取得と 33kV ケーブル敷設量の両方の低減に寄与する。そこで、DESCO と DPDC の計画から複数候補をピックアップした後に、地下変電所として高い適性を持つ最有力候補地を抽出し、地下変電所建設の可能性を検証することとした。以下には DESCO、DPDC から聞き取りをした変電所位置を示す。この図からダッカ市に現在存在する変電所が密集していること、今後電気需要が増加した場合には各拠点の供給容量を増加させるか、もしくは新設変電所を建設する必要があること、あわせて新設変電所の位置については送電網・配電網敷設のための土地が限られていることから需要の中心に変電所を建設する必要がある事ことがわかる。



出典：調査団作成

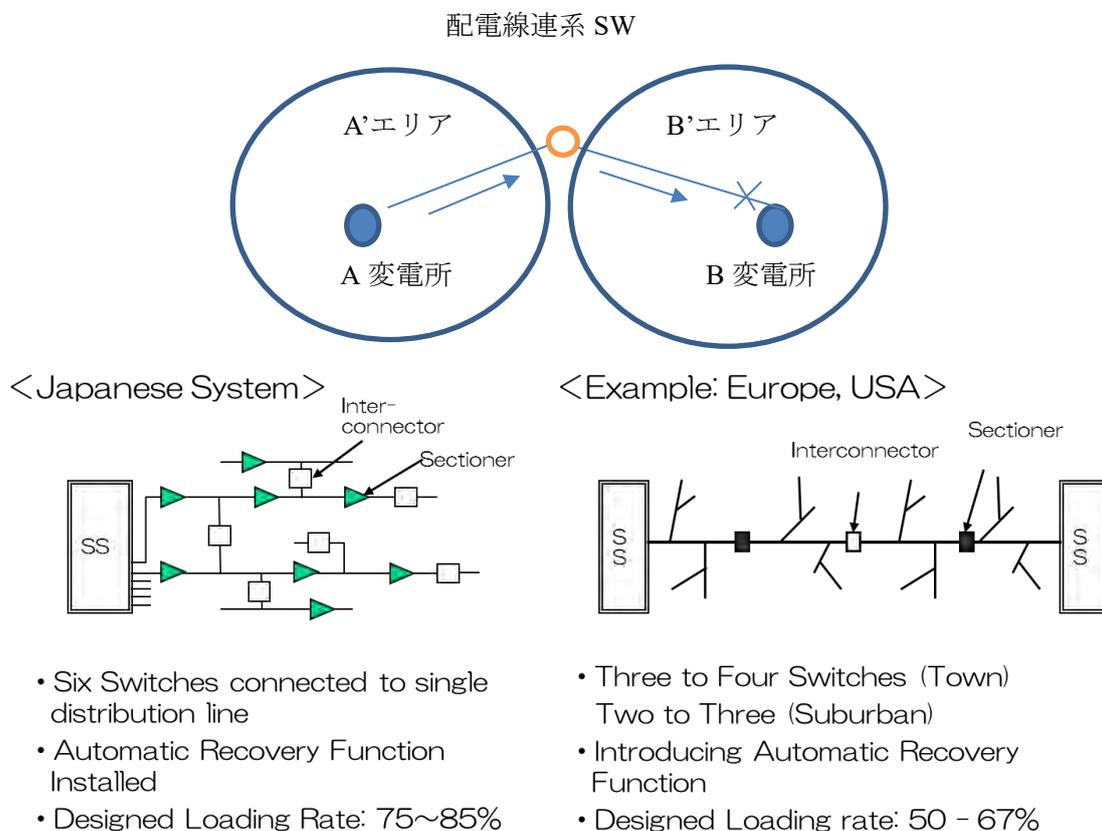
図 3-1 ダッカ市内既設変電所分布

3.2.1 各事業体のネットワーク増強計画とその将来像

前節で述べた通り、今後増大する電力需要に対して各配電会社は新規土地、もしくは既設 33kV 変電所用地を活用しより大容量の 132kV 変電所と配電ネットワークを形成する必要がある。この既設土地の活用に当たっては、当該用地における設備建設において、既設変電所設備が供給していた需要をどのような方法で供給するかが非常に重要であり、隣接変電所からの代替供給が不可能な場合、既設設備の運転を維持しながら当該土地の空地のみで新規建物を建設する必要があり、その場合には利用可能な土地面積すべてを新規設備のために活用

できないという問題が生ずる。。このため今後のネットワーク増強においては単純な変電所容量の拡充のみならず、隣接変電所間の負荷融通が配電線を通じて容易となるような設備、連系を考慮した配電線の容量設計、配電線連系のための開閉器や配電自動化システムなどを導入することが望ましい。

その配電線連系のイメージは下図に示す通りであり、図中では変電所 A から供給できる範囲を A'エリアとし、隣接する変電所 B の供給エリアを B'で示している。事故や当該変電所の工事など何らかの理由により A 変電所から A'エリアを供給できない場合に、変電所 B などの隣接変電所から配電線を経由して当該地域の電力供給を行う事により、A'エリアの停電は免れることとなる。このような動的な負荷切り替えが可能なネットワーク構成とすることで、連系された地域の電力供給信頼度を高めることが可能となる。



出典：JICA 調査団

図 3-2 配電線連系イメージと東京電力における実設計（3 分割 3 連系）

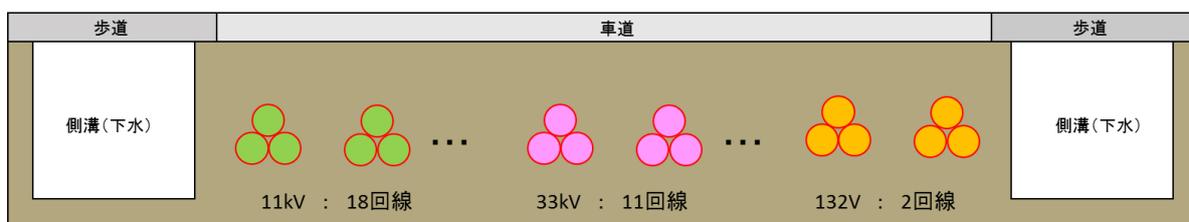
また、系統連系後の配電線切替作業について連係導入途中は作業員による現地作業が主となるが、ダッカ市の交通渋滞による対応の遅延の防止を考慮すると、最終的な系統構成としては設備余力に応じた動的な系統切替の遠隔操作を行うことを可能とし、供給線路に事故が発生した場合、供給配電線に区間を設定する事で健全区間と事故区間を遠方操作にて切り分け、健全区間の早期復旧が可能とすべきである。これにより今後の既設変電所の増容量や設備改修の際には当該の負荷切り替えが必要となり、同様に需要が伸びに応じ配電線容量増強工事

や系統構成変更が必要となる。

そのような作業において停電作業が増加する事も予想されるため、遠方操作可能な配電線連系・ループ構成にて停電範囲を最小限にとどめることが望ましい。またダッカ市の配電系統の将来設計としてはスマートメーター導入により収集したビックデータを基に地域需要の分析・その他業務への転用なども挙げられ、バングラデシュは比較的通信網が発達している事から、データ収集が将来的には可能となると推定される。このような将来設計に様々な事柄に柔軟に対応するためにも、将来に向けて遠隔操作による迅速な対応について条件整備を行うことが望ましい。

3.2.2 ネットワーク計画における地中送配電・変電設備の必要性

本節では、変電所をダッカ市外ではなく、ダッカ市内に配置する必要性について記載する。ダッカ市外から送配電線を敷設する表 3-1 Plan-D を想定した場合の敷設断面図を以下に示す。



(出典：調査団)

図 3-3 地中送配電線敷設断面図

ダッカ市外から地中送配電線を敷設した場合、送電線 132kV (2 回線) だけでなく、配電線 11kV (18 回線)、33kV (11 回線) についてもダッカ市内の需要地まで敷設しなければならない。上図の通り、歩道部は側溝 (下水) が占めており、送配電線は車道での敷設となる。各送配電線の離隔距離を標準の 0.6m とすると、送配電線の敷設には最低でも 18m の車道幅が必要となり、車道幅が広い箇所であっても車道幅約 15m 程度しかなく、物理的に敷設が困難である。また、他のインフラ設備が埋設されているとなるとさらに条件が厳しくなる。よって、現実的に変電所はダッカ市内の配置となる。

変電所をダッカ市内に配置した場合においても、変電所近傍周辺での敷設においては、同様に物理的に厳しくなる。そのため、下図の電線を収容できる洞道による敷設が必要となる。なお、洞道の建設費は直接埋設方式に比べて高額であり、地中送電線ルートが長距離となる Plan-D に洞道を採用することは、莫大なコストとなり経済的に適さない。詳細検討断面では、洞道設置について検討が必要である。



(出典：東京電力パワーグリッド資料)

図 3-4 洞道イメージ (断面)

3.3 DESCO、DPDC による地下変電所 6 候補の分析

前節にて地下変電所の必要性について確認ができたことから、DESCO、DPDCから提案された地下変電所候補地6か所について、その特徴、系統連系、変電所設計、各地点の商業的価値、環境社会配慮上の問題点について地点としてのスクリーニングを実施した。

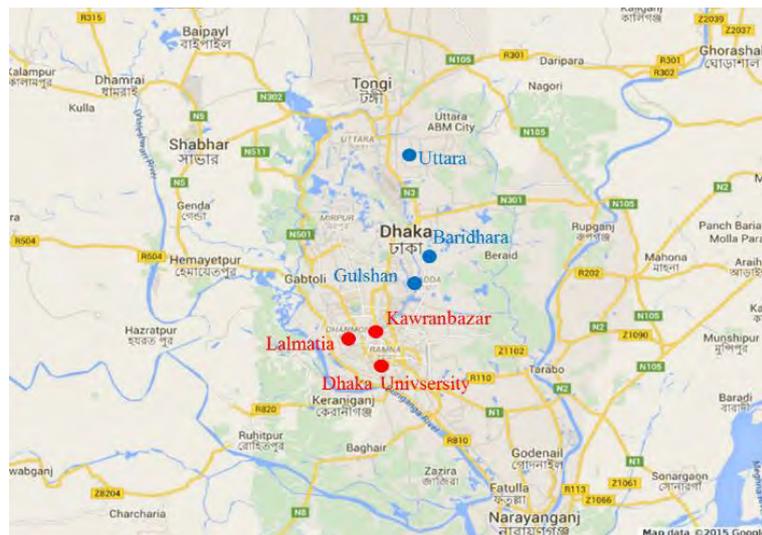
3.3.1 地下変電所候補地

整理した系統計画から、DESCO 及び DPDC の各々が希望する地下変電所建設の一次候補地リストを作成した。そこで DESCO ならびに DPDC との協議により、各 3 か所ずつ地下変電所候補地を選出した。現在の用途と所有者を合わせ、下記に示す。

表 3-2 地下変電所候補地一覧

	Name	Current Usage	Owner	Co-ordination
DESCO	Gulshan	Existing SS	DESCO	23.780076°、90.417387°
	Uttara	Existing SS	DESCO	23.868456°、90.405078°
	Baridhara	Existing SS	DESCO	23.797486°、90.424506°
DPDC	Dhaka University	Cement Factory	Power Division	23.725169°、90.399897°
	Kawran Bazar	Existing SS	DPDC	23.751394°、90.391714°
	Lalmatia	Existing SS	DPDC	23.751491°、90.371149°

出典：JICA 調査団

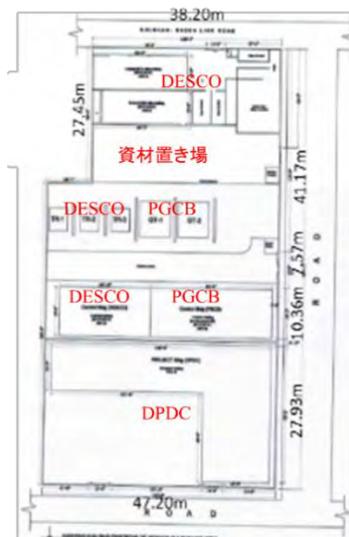


出典：JICA 調査団

図 3-5 候補地箇所（青：DESCO、赤：DPDC）

3.3.1.1 Gulshan (グルシャン)

DESCO が候補地として挙げた Gulshan は、大使館、オフィスビル、高級レストランなどが集まる Gulshan 地区であり、Gulshan Ave と Bir Uttam AK Khandakar RD の交差点に位置する。こちらの用地は Power Division が所有しており、DESCO 社、DPDC 社、PGCB 社がそれぞれの施設を使用・管理している。敷地図の一番南側には DPDC の建物が建っている。また、PGCB の Gulshan 132/33kV S/S と Gulshan 33/11kV S/S があり、一番北側には DESCO のオフィス、資材置き場がある。

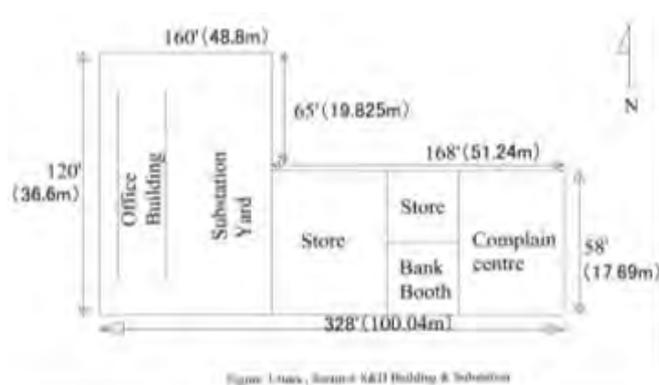


出典：DESCO

図 3-6 Gulshan 敷地図

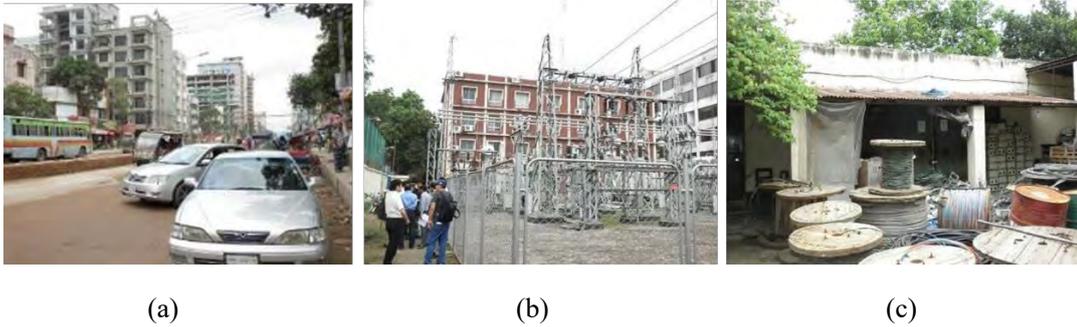
3.3.1.2 Uttara (ウッタラ)

DESCO が候補地として挙げた Uttara は現在 33/11kV S/S (DESCO 所有)の敷地である。同変電所は空港より北に約 2km 離れた場所に位置する。Uttara の敷地図及び現地写真を以下に示す。



出典：DESCO

図 3-7 Uttara 敷地図



出典：JICA 調査団

図 3-8 Uttara 現地写真

変電所前の道路は、片側車線約 13m であり、交通量は比較的少ない状況である（現地写真(a)）。道路は舗装と未舗装部が混在している。現地写真(b)の奥にある茶色の建物は DESCO オフィス、手前の設備は 33kV 受電設備である。DESCO オフィスは 4 階建て構造であり、1 階「変電所コントロール室、開閉設備室」、2 階「料金窓口業務センター」（日中業務）、3 階～4 階「オフィス」となっている。変電所と苦情受付センターの間には資材置き場がある（現地写真(c)）。

本候補地において変電所の増強を行うため、一度負荷切替する必要があるが、切替先となる近隣変電所の余力が乏しいことが DESCO とのインタビューに基づきすでに判明している。よって用地内の資材置き場や苦情受付センターに 33/11kV 変電所を仮設し、そこへ負荷切替後、既設変電所を撤去するなどの工程検討が必要となる。

3.3.1.3 Baridhara (バリダラ)

DESCO が候補地として挙げた Baridhara は現在 33/11kV S/S (DESCO 所有)の敷地である。Baridhara の敷地図及び現地写真を以下に示す。



出典：DESCO

図 3-9 Baridhara 敷地図



出典：JICA 調査団

図 3-10 Baridhara 現地写真

変電所前の道路(100' Madani Avenue)は中央分離帯のある道路である（現地写真(a)）。道幅は比較的広く交通量もある。道路は未舗装であり路面状況は悪い。

DESCO オフィスは茶色建物の 4 階建て構造で、オフィスと変電所設備室兼用となっている（現地写真(b)）。また 33kV 送電線設備は 2 回線地中線受電であり、受電設備には遮断器はなく断路器のみであった。

3.3.1.4 Dhaka University （ダッカユニバーシティ）

DPDC が候補地として挙げた Dhaka University はダッカ大学敷地内である。Dhaka University の敷地図及び現地写真を以下に示す。



出典：DESCO

図 3-11 Dhaka University 敷地図



(a)

(b)

出典：JICA 調査団

図 3-12 Dhaka University 現地写真

候補地の周辺道路は比較的道幅が広く、道路面も舗装されている。候補地はダッカ大学敷地内であるが、現在はセメント処理場として使用中である（現地写真(b)）。メイン道路（セクレタリーエート・ロード）の候補地対面には、ダッカ・メディカル カレッジ・アンド病院の施設がある。

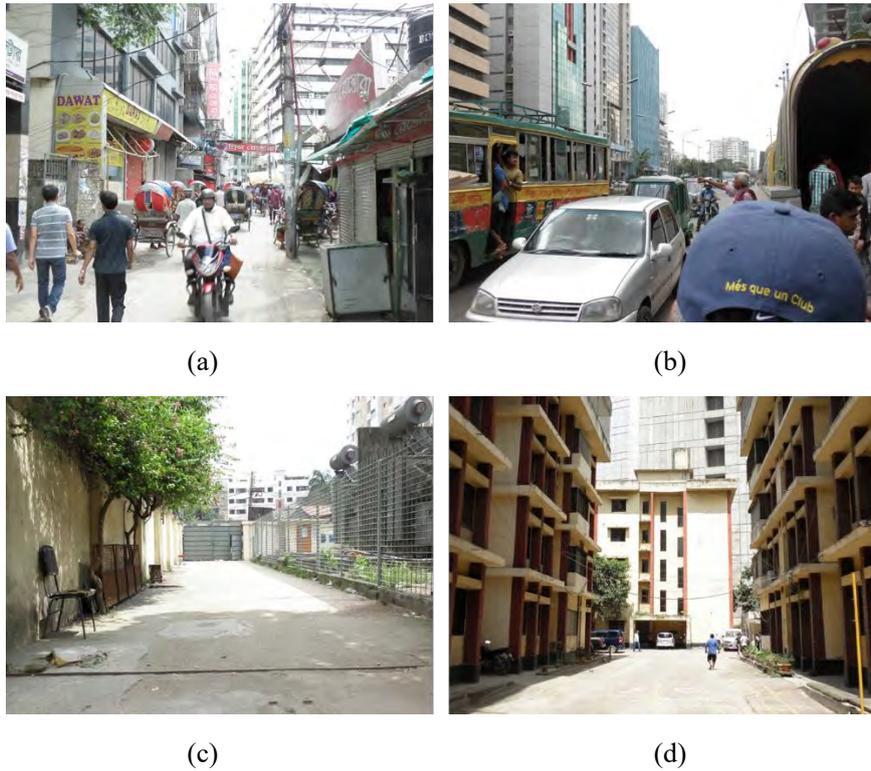
3.3.1.5 Kawran Bazar (カウランバザール)

DPDC が候補地として挙げた Kawran Bazar は現在 33/11kV S/S 及び社宅(DPDC 所有)の敷地である。変電所の立地は、商業地域ならびに住宅地域である。Kawran Bazar の敷地図及び現地写真を以下に示す。



出典：DESCO

図 3-13 Kawran Bazar 敷地図／位置図



出典：JICA 調査団

図 3-14 Kawran Bazar 現地写真

変電所前の道路の道幅は、あまり広くなく、道路の両側に店舗がある（現地写真(a)）。道路面は未舗装である。変電所前の道路を抜けると片側3車線道路のメイン道路（カジ・ナズルール・イスラム・アベニュー）と通じている（現地写真(b)）。メイン道路の交通状況は非常に混雑している。変電所入口門扉から入った通路（現地写真(c)）は、変圧器搬出路ならびに奥の社宅（現地写真(d)）へのアクセスとなっている。

3.3.1.6 Lalmatia（ラルマティア）

DPDCが候補地として挙げたLalmatiaは現在33/11kV S/S（DPDC所有）の敷地である。Lalmatiaの敷地図及び現地写真を以下に示す。



出典：DESCO

図 3-15 Lalmatia 敷地図



(a)



(b)



(b)



(d)

出典：JICA 調査団

図 3-16 Lalmatia 現地写真

変電所前のメイン道路は比較的道幅が広く、交通状況はあまり混雑していない（現地写真(a)）。変電所入口の門扉は工事に伴う大型車両入退所時に、支障となる可能性がある（現地写真(b)）。変電所敷地の東側には池がある（現地写真(c)）。設備室建物は、1階 33kV・11kV 開閉器室、2階コントロール室となっている（現地写真(d)）。

3.4 各候補地の地中送電線の敷設ルート

本節では6ヶ所の候補地における各電源変電所までの地中送電線敷設ルートの検討結果を記す。電源変電所は、PGCB及び各管轄であるDESCO、DPDCの意見を元に選定した。地中送電線敷設ルートの選定において、ルート選定の最も基本となる効率的な（できるだけ最短となる）ルートのみを条件とし、選定した。なお、最終的なルート決定においては、既設埋設物（ガス、水道等）、交通状況、規制情報等の情報収集や現地調査により最適なルートを選定する必要がある。各候補地に対する電源変電所及びルートの距離は下表に示す。

表 3-3 地下変電所候補地一覧

	候補地	電源変電所	ルート距離
DESCO	Gulshan	Rampura	3.32km
	Uttara	Basundhara	12.4km
	Baridhara	Basundhara	10.3km
DPDC	Dhaka University	Kamrangirchar	3.34km
	Kawran Bazar	Dhanmondi	1.49km
	Lalmatia	Dhanmondi	3.94km

出典：JICA 調査団

また、選定したルートについて下図に示す。



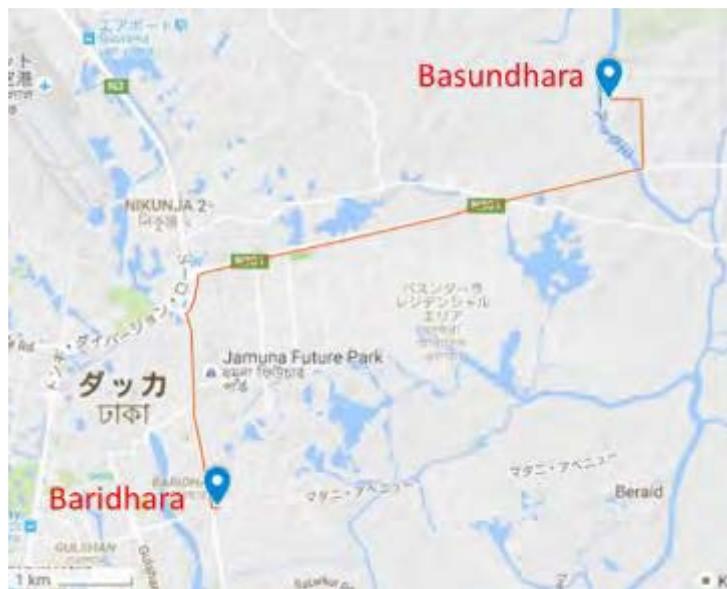
出典：JICA 調査団

図 3-17 Gulshan - Rampura 地中線ルート図



出典：JICA 調査団

図 3-18 Uttara – Basundhara 地中線ルート図



出典：JICA 調査団

図 3-19 Baridhara - Basundhara 地中線ルート図



出典：JICA 調査団

図 3-20 Dhaka University - Kamrangirchar 地中線ルート図



出典：JICA 調査団

図 3-21 Kawran Bazar - Dhanmondi 地中線ルート図



出典：JICA 調査団

図 3-22 Lalmatia - Dhanmondi 地中線ルート図

3.5 各候補地の経済動向調査

今次調査において選定された 6 候補地はそれぞれ異なる地域的な特徴を有し、それぞれの候補地で期待される賃貸料水準も大きく異なっている。地下変電所候補地の特徴に関しては、以下の通りである。

表 3-4 各候補地の特徴

	候補地	特徴
DESCO	Gulshan	候補地のある Circle-1 近辺はダッカ随一の商業地域であり、6～20 階までの中層及び高層建築が多数存在している。住宅用のビルもあるが主として分譲用であり、賃貸住宅に居住する住民は地区毎に 1 割～3 割程度に留まっている。
	Baridhara	候補地のある Block-J は住宅地であり、6～10 階の中層アパートが多い。Shaheed Suhrawardi Av. 沿いに事務所用のビルが散見される。住民の約半数は賃貸住宅に居住している。候補地は Gulshan まで車で 10 分程度の交通至便な場所である。
	Uttara	候補地は Sector 4 と Sector 6 の境界にあり、6～13 階までの中層及び高層建築が多い。事務所用のビルがダッカ・マイメンシン・ハイウェイ沿いに散見されるが、主として住宅地である。住民は地区毎に約 5～8 割が賃貸住宅に居住している。
DP	Kawran Bazar	候補地は大規模ショッピングモール (Bashundhara City Shopping Mall) に隣接しており、近隣地区は大企業が事務所を持つビジネス街である。9～18 階建ての高層建築も多く、事務所用に使用されている。
	Lalmatia	候補地は Dhanmondi Thana と Mohammadpur Thana の境界近くにあり、6～13

		階までの中層及び高層建築が多い。高級住宅地であるが、Satmasjid Rd. 沿いには事務所用のビルが幾つかある。賃貸用住宅に居住する住民は地区により 3～5 割。
	Dhaka Univ.	候補地の北側は大学及び官庁街であり、南側は老朽化した建物が立ち並ぶ旧市街となっている。住宅地となっている地区（主として候補地南側）では、住民の 6～8 割が賃貸住宅に居住している。

出所：JICA 調査団、Bangladesh Bureau of Statistics “Population and Housing Census 2011”

今次調査では上記候補地における 46 賃貸ビルのデータを 2016 年 6 月-7 月に収集した。ビルは変電所候補地から半径 0.5 km 以内にあり、5 階以上で主に築 10 年以下のビルを対象とした。対象となるビルが多い場合には、候補地により近いビルを優先している。商業地区であり、オフィス物件のニーズが強い Gulshan、Kawran Bazar 以外では、居住用賃貸のデータも収集した。バリダラでは外国人が多く居住する地区も含まれるが、候補地とは賃貸料水準が異なるため、その地区からはサンプルを収集しなかった。また、官公庁、大学の近隣にあるダッカ大学ではサンプルの確保が困難であったため、サンプルサイズをやや小さくしている。各候補地の 2016 年 7 月時点の賃貸料水準は以下の通りである。

表 3-5 各候補地の賃貸料水準

	Gulshan	Baridhara	Uttara
事務所用賃貸料	1、318.6 BDT/m ²	354.2 BDT/m ²	216.4 BDT/m ²
サンプルサイズ	8 か所	4 か所	4 か所
居住用賃貸料	—	204.8 BDT/m ²	210.2 BDT/m ²
サンプルサイズ	—	4 か所	4 か所

	Kawran Bazar	Lalmatia	Dhaka Univ.
事務所用賃貸料	652.5 BDT/m ²	435.3 BDT/m ²	153.2 BDT/m ²
サンプルサイズ	8 か所	4 か所	3 か所
居住用賃貸料	—	262.2 BDT/m ²	140.8 BDT/m ²
サンプルサイズ	—	4 か所	3 か所

出所：JICA 調査団

3.6 建築条件に基づく候補地の評価

2.4.1 章にて確認したバングラデシュ国の建築基準に基づいて下記のとおり各候補地の使用可能面積の評価を行った。建築条件の制約により Kawran Bazar など隣接道路の道路幅が狭い候補地については上部建物の容積率の制限が厳しくなることが判明した。この解決策として洞道建設に合わせた道路拡幅についても必要により検討を行う。

表 3-6 建築基準に基づく各候補地の評価 (DESCO)

Candidate site		DESCO					Note
		Gulshan-A	Gulshan-B	Gulshan-C	Uttara	Baridhara	
Site information	Layout drawing (Non scale)						[Legend] Red line: Development area Green area: Un construction architecture
	Site area (㎡)	2,700	2,700	4,030	2,690	2,290	•Outline area
	Floor area ratio	9.5	9.5	9.5	9.5	8.5	
	Building coverage ratio (%)	50	50	50	50	50	•Building code is F-1 in RAJUK.
	Floor number limit	15	15	15	-	-	• There is no limit of the floor area ratio in road width in 18m or more
	Height limit	-	-	-	-	-	
	Existing building (㎡)	427.50	0.00	0.00	0.00	0.00	
The area that construction is possible	Maximum total floor space (㎡)	25,650.00	25,650.00	38,285.00	25,555.00	19,465.00	
	Ground (㎡)	922.50	1,350.00	2,015.00	1,345.00	1,145.00	
	Underground (㎡)	2,025.00	2,025.00	3,022.50	2,017.50	1,717.50	•Underground architecture coverage ratio: 75%
The plan area	ground section (㎡)	11,992.50	17,550.00	26,195.00	17,485.00	14,312.50	•Number of layer to assume: 13th
	UGSS (㎡)	6,075.00	6,075.00	6,075.00	6,062.50	5,152.50	•Limit of the underground area is 75% for development area. •The basement assumes the third floor. •Spec of substation put underground.
	office (㎡)	6,918.75	10,125.00	15,112.50	10,067.50	8,158.13	•Between second layer and 13 layer: 75% rentable ratio •This number of area without parking space.
Others	Number of a necessary parking lot	60.00	88.00	131.00	88.00	72.00	•It is one every 200 square meters
Note		•The substation is specifications to put underground. •When the areas of the UGSS increased, A areas under the ground increase.					

出典：調査団作成

表 3-7 建築基準に基づく各候補地の評価 (DPDC)

Candidate site		DPDC					2016/9/8
		Dhaka University	Kawranbazare-A-1	Kawranbazare-A-2	Kawranbazare-B-1	Kawranbazare-B-2	Note
Site information	Layout drawing (Non scale)						[Legend] Red line: Development area Green area: Un construction architecture
	Site area (㎡)	1,680	2,790	2,790	3,680	3,680	•Outline area
	Floor area ratio	9.5	3.8	9.5	3.8	9.5	
	Building coverage ratio (%)	50	60	50	60	50	•Building code is F-1 in RAJUK.
	Floor number limit	-	-	-	-	-	•There is no limit of the floor area ratio in road width in 18m or more
	Height limit	-	-	-	-	-	
	Road width(m)	more than 12 meters	Width of the road is not enough	more than 12 meters (Construction to widen a road)	Width of the road is not enough	more than 12 meters (Construction to widen a road)	
Existing building(㎡)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
The area that construction is possible	Maximum total floor space (㎡)	15,960.00	10,462.50	26,505.00	13,800.00	34,960.00	
	Ground(㎡)	840.00	1,674.00	1,395.00	2,208.00	1,840.00	
	Underground(㎡)	1,260.00	2,092.50	2,092.50	2,760.00	2,760.00	•Underground architecture coverage ratio: 75%
The plan area	ground section(㎡)	10,920.00	4,185.00	18,135.00	7,522.50	23,920.00	•Number of layer to assume: 13th
	UGSS(㎡)	3,780.00	6,277.50	6,277.50	6,277.50	6,277.50	•Limit of the underground area is 75% for development area. •The basement assumes the third floor. •Spec of substation put underground.
	office(㎡)	6,300.00	1,883.25	10,462.50	4,290.38	14,133.75	•Between second layer and 13 layer: 75% rentaburu ratio •This number of area without parking space.
Others	Number of a necessary parking lot	55.00	21.00	91.00	38.00	120.00	•It is one every 200 square meters
Note	•The substation is specifications to put underground. •When the areas of the UGSS increased, A areas under the ground increase.						

出典：調査団作成

3.6.1 候補地の地盤調査結果

ダッカ市北部のGulshan予定地、Baridhara予定地、Uttara予定地、南部のDhaka大学内予定地、Kawran Bazar予定地、Lalmatia予定地の計6箇所において試験ボーリングを行う予定だったが、現地踏査の結果、Uttaraでは予定地に通電中の架線があるため試験ボーリングは断念し、同軸上にあるDhaka大学内予定地およびBaridhara予定地の調査結果から推定した。またKawran Bazar予定地は居住中の集合住宅に隣接しており、敷地内には稼働中の電気および上下水の埋設配管が存在する。調査の結果、これらの正確な埋設位置は判明せず、地中探査と人力による試掘調査なしに試験ボーリング調査は不可能と判断した。Kawran Bazar予定地の地盤は隣のDhaka大学予定地の調査結果から推定した。ボーリング調査は各候補地において50mを最大

とした現位置試験(現場透水試験) 及びラボ試験 (粒径分布及び透水試験等)を実施した。

- 地下水
試験ボーリングの結果、候補地周辺において地下水(雨水浸透水)はGL~GL-4.0mに存在するが、浅層(GL-20.0m以内)に地下水賦存層は確認されない。ダッカ市周辺の湧水による地下水はヒマラヤ山脈からの伏流水が洪積層の深層から湧き出している「亀裂水」と推定される。施工の際の地下水位低下などによる「盤膨れ」「ボーリング」「パイピング」「ヒービング」などは検討不要である。
- 支持層
各事業候補地においてGL- 20.0m以深にN値50以上の非常に密で強固な洪積性の砂層支持層の存在が確認された。洪積支持層は10.0m以上の厚みで存在しており、自重による沈下の懸念のある深度内に粘土層はない。
- 山留め
山留め計画に関しては、Gulshan地区の実績として非常に簡易な山留めで施工が行われている。試験ボーリングの結果から、他の事業候補地においても同様な地盤のためGulshan地区において実施されている山留め計画と同等で施工可能であると判断するが、候補地決定後に行う本ボーリングの結果を用いて山留め計画を作成する。

3.6.2 候補地に対する変電所形態の検討

変電所形態には、バ国で多く用いられている屋外変電所のほか、主要機器を建物1階2階部分に配置した屋内変電所、そして地下変電所が存在する。本章では、2.5.1章にて述べた建蔽率を考慮した使用可能な面積において、各候補地に設置可能な変電所形態を検討することとする。具体的には各候補地において下記の4ケースの簡易レイアウトを作成し、その設置実現性について検討する。なお、簡易レイアウト作成のための前提条件は2.5.1章のとおりとする。追加前提として変圧器は超重量物であることより、屋外変電所と屋内変電所においては1階部分、地下変電所においては最下層に設置することが必須であることを念頭にレイアウト設計を行った。

油入変圧器を用いた地下変電所の検討においては4箇所において三巻構造の変圧器のみが設置可能となった。これは油入り変圧器の場合に冷却コンポーネントであるラジエター一部を変圧器本体と同じフロアレベルに設置して風洞による冷却を行う必要があるために所要面積が大きくなるためである。

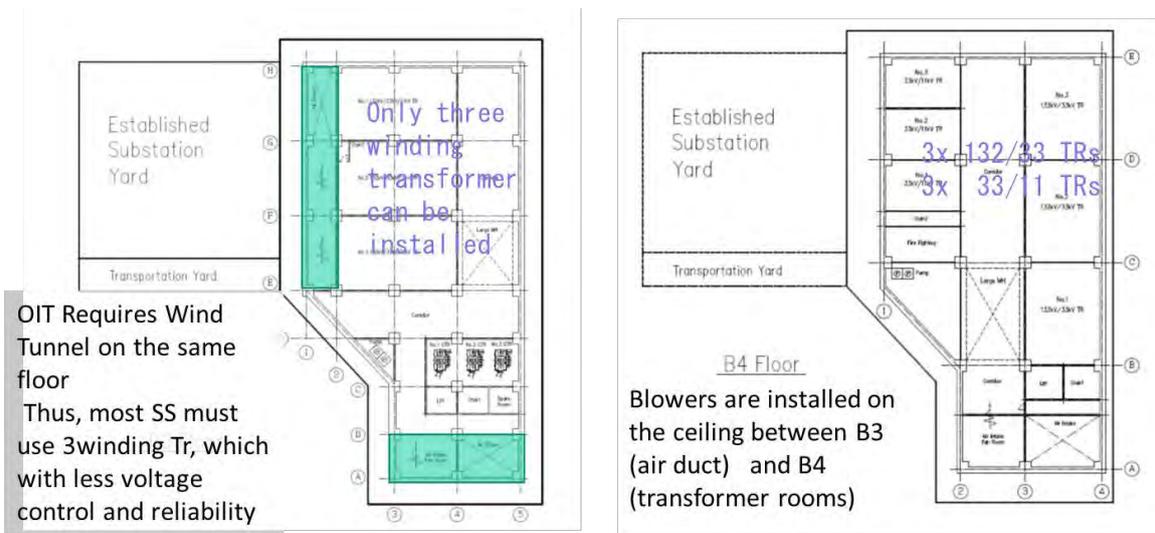


図 3-23 Kawran Bazar 変電所の場合の油変圧器を用いたレイアウト

- ケース①： 地下変電所：ガス絶縁変圧器 (GIT)とガス絶縁開閉器 (GIS) を採用
 - ケース②： 地下変電所：油絶縁変圧器 (OIT)と GIS を採用
 - ケース③： 屋外変電所：OIT と GIS を採用
 - ケース④： 屋内変電所：OIT と GIS を採用
- 各候補地における総評は次ページの表のとおり。

表 3-8 DESCO 候補地における各変電所形態の設置検討

	Gulshan	Uttara	Baridhara
ケース ①	○ 地下建蔽率75%の範囲で 設置可能	○ 地下建蔽率75%の範囲で 設置可能	○ 地下建蔽率75%の範囲で 設置可能
ケース ②	△ 3巻変圧器（132/33/11kV）と 接地変圧器の組み合わせなら 設置可能。ただし運用上の 制約が大きく、非現実的。	○ 地下建蔽率75%の範囲で 設置可能	○ 地下建蔽率75%の範囲で 設置可能
ケース ③	× 変圧器6バンクと制御建物を 設置するための土地面積が 不足	× 変圧器6バンクと制御建物を 設置するための土地面積が 不足	× 変圧器6バンクと制御建物を 設置するための土地面積が 不足
ケース ④	× 屋つの変圧器と緑地帯を接地す るためのスペースが不足してい る	× 3.3.1章の敷地内仮切替設備を 考慮すると、十分な土地面積が 無いため不可	× 屋つの変圧器と緑地帯を接地す るためのスペースが不足してい る

○：設置可能

△：条件付きで設置可能

×：設置不可能

出典：JICA 調査団

どの候補地においても、ケース①は設置が可能であった。一方、ケース②を前提とする場合、変圧器と風冷設備を同じフロアに設置する必要があり、Gulshan 候補地では面積が不足することも確認された。132/33/11kV の 3 巻変圧器を前提とすれば設置可能ではあるものの、運用面で電圧制御が難しくなることより、非現実なことは留意する必要がある。ケース④において、レイアウト図面のとおり Gulshan と Baridhara では屋内変電所単体では設置可能であることが確認された。しかし上部階層の活用を考えると別途エレベータや階段を設置する必要があり、Gulshan ではその追加スペースが無いこと、Baridhara では設置すると建蔽率基準 50% を超過することに留意する必要がある。これらの解決策として、変電所機器の一部を地下へ設置する半地下変電所とすることにより、エレベータや階段の設置スペースが生まれ、新たな選択肢となる可能性はあると推測される。

表 3-9 DPDC 候補地における各変電所形態の設置検討

	Dhaka University	Kawranbazar	Lalmatia
ケース ①	○ 地下建蔽率75%の範囲で設置可能	○ 地下建蔽率75%の範囲で設置可能	○ 地下建蔽率75%の範囲で設置可能
ケース ②	△ 3巻変圧器（132/33/11kV）と接地変圧器の組み合わせなら設置可能。ただし運用上の制約が大きく、非現実的。	△ 3巻変圧器（132/33/11kV）と接地変圧器の組み合わせなら設置可能。ただし運用上の制約が大きく、非現実的。	△ 3巻変圧器（132/33/11kV）と接地変圧器の組み合わせなら設置可能。ただし運用上の制約が大きく、非現実的。
ケース ③	× 変圧器6バンクと制御建物を設置するための土地面積が不足	× 変圧器6バンクと制御建物を設置するための土地面積が不足	× 変圧器6バンクと制御建物を設置するための土地面積が不足
ケース ④	× 変圧器6バンク設置可能な建物を考慮すると、建蔽率基準50%を超過	× 建物角部分が敷地境界に接触するため設置不可。ビル形状をケース①②のものに変更すると、建蔽率50%を超過。	× 変圧器6バンク設置可能な建物を考慮すると、建蔽率基準50%を超過

○：設置可能

△：条件付きで設置可能

×：設置不可能

出典：JICA 調査団

DESCO 候補地と同様、どの候補地においても、ケース①は設置が可能であった。一方、ケース②において、3巻変圧器を前提とする場合、運用面から非現実的であることも同様である。ケース③と④はどの候補地も面積不足より、設置不可であった。

3.7 各候補地のプロジェクトコスト分析

(1)変電所建設費（変電機器及び工事費）における基本的な考え方

各候補地における変電所形態別建設費の算出結果は以下のとおりである。候補地別の建設費の違いは、主に敷地形状に伴う建物費や土木工事費である。用地面積が十分であれば屋外式変電所が最も低コストであり、屋内式では1.1倍、地下式では1.6倍程度の建設コストとなると考えられる。さらに地下式変電所におけるガス絶縁変圧器採用時は、油絶縁変圧器より1.6倍程度のコスト増となると考えられる。0 変電所機器費、工事費の積算の基本的な考え方を以下に示す。

- DPDC 社及び DESCO 社へのヒアリングにより、近年における屋外変電所建設費実績の内訳を確認し、さらに地下式変電所適用時における変電所単線結線図の主要機器数量で積算した。
- 主要機器である主要変圧器（油絶縁方式）、ガス開閉設備（GIS）、メタルクラッド開閉設備、電力ケーブル、保護制御盤等は、DPDC 社及び DESCO 社の実績値を参考に積算した。
- 国内輸送費、機器据付費、スペアパーツ等は、DPDC 社及び DESCO 社の実績値から想定した。
- DPDC 社及び DESCO 社の実績値は入札時の実績費用であることから、市場価格相当に想定して積算した。
- 主要変圧器（ガス絶縁方式）は国内機器メーカーへのヒアリングにより算定した。
- 積算コストは日本円にて試算し、その他通過レートは以下に基づいた。

1USD = 105.85 JPY 、 1BDT = 1.35 JPY （2016年7月21日）

表 3-10 ケース別のプロジェクトコスト概算

Candidate site			DESCO			DPDC			
			Gulshan	Uttara	Baridhara	Dhaka University	Kawranbazare	Lalmatia	
Approximate Substation Construction cost (hundred million JPY)	Case-1 GIT+GIS on UGSS	Equipment & Installation work	34.3						
		Civil & Buiding Work	10.5	12.6	12.3	10.8	11.6	12.0	
		Total	44.8	46.9	46.6	45.1	45.9	46.3	
	Case-2 OIT+GIS on UGSS	Equipment & Installation work	15.9						
		Civil & Buiding Work	11.3	14.1	13.7	10.9	11.1	12.0	
		Total	27.2	30.0	29.6	26.8	27.0	27.9	
	Case-3 OIT+GIS on Outdoor SS	Equipment & Installation work	15.9						
		Civil & Buiding Work	2.4						
		Total	18.3						
	Case-4 OIT+GIS on Indoor SS	Equipment & Installation work	15.9						
		Civil & Buiding Work	3.2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6	
		Total	19.1	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	
	Construction Cost for Evaluation		Average of UGS(GIT and OIT)	36.0	38.5	38.1	36.0	36.5	37.1

出典：調査団

3.8 各候補地についての環境社会配慮面での評価

DESCO 及び DPDC から挙げられた 6 候補地点間の比較をするにあたり、まず、事業を実施しない（ゼロ・オプション）の場合を想定し、既存の変電所と送配電設備のみで今後も操業すると仮定し、環境・社会経済に与える潜在的な影響について検討を行った。

「事業を実施しない」場合、工事そのものが発生しないため、工事中的影響は皆無であり、事業を実施することによる負の影響が発生しない。一方、事業を実施しないことで、電力供給量・能力の現状維持もしくは長期的には低下が懸念され、これにより、社会インフラや社会サービスの質の低下や、ビジネスや世帯レベルの生計活動への悪影響だけでなく、需要家負担額が中長期的に増加する可能性が懸念される。詳細は下表に示したとおりである。これらの事由により、環境社会面での本事業実施の優位性が認められる。

表 3-11 事業を実施しない場合（ゼロ・オプション）の影響比較

主な影響項目	正の影響	負の影響
電力需要、電力の安定供給	なし	ダッカにおける電力受給差は甚大であり、事業を実施しない場合は、急増する電力需要への対応が更に困難となる。また、停電時間・頻度の増加が懸念される。他事業の検討や早期実施が必要となる。
環境汚染	工事中に懸念される環境汚染が発生しない。	長期的に見ると、既存施設設備の老朽化が進み、建物の排水機能が低下し、排水漏れなどによって排水に含まれる汚染物質が敷地内の土壌に影響を与える可能性や、悪臭等の発生が懸念される。
自然環境	事業を実施しないことにより、自然環境への影響は無い。	なし
社会・経済	地下ケーブル敷設等によって発生するアクセスの制限や交通封鎖などが無くなる。	事業を実施しない場合、雇用機会などの地域雇用への貢献が得られない。 既存施設設備を使用し続ける場合、電力供給量・能力の早期改善が得られず、社会インフラや社会サービスの質の低下や、ビジネスや世帯レベルの生計活動への悪影響が懸念される。一方、長期的に見ると、売電価格の上昇や、これに伴う電力購入料金の上昇を招く可能性がある。その場合、上昇コストが政府補助金の増額もしくは需要家負担額に反映される可能性がある。
その他	なし	既存施設設備を使用し続けることによる弊害が長期的に懸念される。具体的には、老朽化に伴う環境負荷の増加、労働災害や火災・電気事故等のリスクの増加、労働環境の悪化、維持管理コストの増加など。

（出典：JICA調査団）

次に、DESCO、DPDC の各候補地点について、既存資料やデータからその特性を明らかにし、関係者ヒアリングを実施して事実関係を確認するとともに、騒音など簡易な環境測定を実施した。地形・地質についてはボーリング探査を実施した。これらの調査結果を踏まえ、各候補地についての予備スコーピングを行った。

スコーピングで評価した環境影響の程度は、何ら回避・緩和策を講じなかった場合を想定して行ったものであり、影響の回避・緩和策の実施を前提にしていない。この作業を通し、DESCO、DPDC それぞれで総合的に選定される最有力候補地点での事業実施に際し、重要な（及び重要と思われる）環境社会配慮上の評価項目の範囲と調査方法について見定める狙いがある。

予備スコーピングの結果、どの候補地点も、「重大な正／負の影響」(A+/-)は予測されない。「ある程度の負の影響」(B-)が予測される影響項目については、その緩和策を検討し、環境管理計画及び環境モニタリング計画に反映することで、事業実施は可能であると判断される。

表 3-12 予備スコーピング結果 (Gulshan 候補地)

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
大気汚染	B-	建設作業に起因する大気汚染物質や粉塵の発生により、作業現場と周辺地域の大気質悪化が予測される。	D	大気中への汚染物質の発生等は想定されない。
水質汚濁	B-	建設機械から生じる排水、車両の洗浄排水、降雨時の表面流出による泥土や油の流出等により、グルシャン湖の汚染の可能性がある。また、ボーリングや掘削、パイルによる地下水汚染の可能性がある。現場から流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められ、Hatirjheel 湖沿いを通りサリダバド浄水場に送られ、処理後に Balu 川に放出される。	D	変電設備を含め、敷地内建物から流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理されるため、水質汚濁は想定されない。
廃棄物	B-	建設廃棄物や作業員の一般廃棄物の発生が想定される。	B-	一般廃棄物が発生すると想定される。
土壌汚染	B-	作業員の生活排水、建設機械や車両等からの油類を含む排水の流出、廃棄物による土壌汚染の可能性がある。	D	事業施設からは有害廃棄物は排出されないため、土壌汚染は想定されない。
騒音・振動	B-	工事用車両や建設機械による騒音・振動の発生が想定される。	B+	最新設備稼働により騒音・振動の軽減が期待できる。また、交通量の増加は想定されない。
地盤沈下	D	ボーリング試験結果によると、当該地の土壌条件は良好であり、ボーリングや掘削、パイルによる施工が地層に影響を与えることは想定されない。	D	既存変電所稼働中の土砂崩れ等は報告されていないことから、本事業開始による地形・地質への影響は想定されない。
悪臭	B-	作業員の一般廃棄物から臭気が発生する可能性がある。	D	排水システムに問題はないため悪臭等の負の影響は想定されない。
底質	D	底質の発生は想定されない。	D	供用時に土砂等が流出する可能性は低く、土砂が蓄積することによる底質への影響は低いと想定される。
保護区	B-	地下ケーブルがグルシャン湖を横断し、また、同湖に沿って敷設される。グルシャン湖は汚染が深刻であるため環境保護地域(ECA)に指定されており、特別に留意することが求められる。一方、事業対象地の中に保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。	D	事業対象地の中に保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
生態系	B-	本事業対象地域はすでに整地されており、周辺地域は住宅・商業混合地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていないため、生態系への影響は想定されない。一方、地下ケーブルがグルジャン湖を横断し、また、同湖に沿って敷設されるため、都市生態系への影響が懸念される。	D	周辺地域は住宅・商業混合地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていない。また、施設稼働による周辺生態系への影響は想定されない。
水象	D	建設作業中に発生した雑廃水は適切に処理されるため、水象への影響は想定されない。	D	雑廃水は適切に処理されるため、水象への影響は想定されない。
地形・地質	D	建設予定地の地質強度は確保されており、また、建設予定地の地質強度に関するデータから、土砂崩壊の可能性がある軟弱地盤は報告されておらず、地形・地質への影響は想定されない。	D	既存変電所稼働中の土砂崩れ等は報告されていないことから、本事業開始による地形・地質への影響は想定されない。
住民移転／用地取得	B-	既存変電所設備の敷地内での建て替えであり、本事業による住民移転の発生は想定されない。一方、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への入場制限や交通封鎖など一時的な接収措置を講じる可能性がある。なお、地下ケーブルの延長は DESCO 候補地の中で最短となる。	D	供用時の住民移転や用地取得は想定されない。
貧困層	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。
少数民族／先住民族	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。
雇用／生計手段等の地域経済	B+	対象地域内の住民の生計に悪い影響が及ぶ可能性は想定されない。また、建設現場での雇用機会や地域経済の発展が考えられる。	B+	対象地域内の住民の生計に悪い影響が及ぶ可能性は想定されない。また、間接的な正の影響として、電力供給の改善による雇用先の業績向上の可能性はある。
土地利用や地域資源利用	B-	変電所用地の土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。一方、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への入場制限や交通封鎖などの一時的な接収措置を講じる可能性があるが、延長が候補地の中では最短である。	D	土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。
水利用	D	周辺地域の地下水への依存度は 0～2.1%程度に留まり、水道水の利用が 97.7～100%となっている。水利用に影響が生じる可能性はない。	D	水利用に影響が生じる可能性はない。
既存の社会インフラや社会サービス	B-	建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B+	電力供給の改善により、社会インフラや社会サービスの向上が図られる。
社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する負の影響は想定されない。	B+	電力供給に改善によって、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する正の影響が想定される。
被害と便益の偏在	D	本事業により、特段の被害を受けるもしくは便益を享受する主体は見当たらない。	D	本事業により、特段の被害を受けるもしくは便益を享受する主体は見当たらない。
地域内の利害対立	D	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。	D	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
文化遺産	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。
景観	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、工事中に設けられる囲いや策が眺望や景観に影響を及ぼすことは想定されにくい。	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、眺望や景観に影響を及ぼさない。
ジェンダー	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。
子どもの権利	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。
感染症	B-	工事期間中に発生する粉塵等による咳やアレルギー反応や、蚊の媒介等による感染の可能性、感染の拡大が労働者の中で発生する可能性がある。	D	既存設備稼働に比して環境悪化は想定されない。
労働環境	B-	粉塵等による呼吸器官や目への影響、騒音による聴力への影響、高い気温と湿度が作業員の健康に影響を及ぼす可能性がある。	B+	最新施設建設により、労働環境の改善が想定される。
事故	B-	周辺地域の交通量が元来過密である中、建設現場内外の交通事故の拡大や、火災、転落や感電など、工事中の事故や疾病感染の可能性はある。また、建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B-	労働災害、火災、電気事故、交通事故、疾病、救助体制未整備による二次災害の可能性はある。
越境の影響／気候変動	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。建設作業に伴う粉塵等の大気汚染の可能性はあるが、影響は極めて限定的であり、気候への影響は懸念されない。	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。送配電・変電による気候への影響は極めて限定的である。

(出典：JICA 調査団)

A+/-: 重大な正/負の影響が予想される。

B+/-: ある程度の正/負の影響が予想される。

C+/-: 正/負の影響の程度は不明である（更なる調査が必要で、その過程で影響をはっきりさせることが可能である。

D: 影響は予想されない。

表 3-13 予備スコアリング結果 (Uttara 候補地)

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
大気汚染	B-	建設作業に起因する大気汚染物質や粉塵の発生により、作業現場と周辺地域の大気質悪化が予測される。	D	大気中への汚染物質の発生等は想定されない。
水質汚濁	B-	建設機械から生じる排水、車両の洗浄排水、降雨時の表面流出による泥土や油の流出等の可能性がある。また、ボーリングや掘削、パイルによる地下水汚染の可能性もある。敷地内建物から流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理される。	D	変電設備を含め、敷地内建物から流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理されるため、水質汚濁は想定されない。
廃棄物	B-	建設廃棄物や作業員の一般廃棄物の発生が想定される。	B-	一般廃棄物が発生すると想定される。
土壌汚染	B-	作業員の生活排水、建設機械や車両等からの油類を含む排水の流出、廃棄物による土壌汚染の可能性はある。	D	事業施設からは有害廃棄物は排出されないため、土壌汚染は想定されない。
騒音・振動	B-	ベースライン調査結果から、周辺地域は住居地域で、現在の騒音レベルも他候補地点に比して低いことが明らかになっている。	B+	最新設備稼働により騒音・振動の軽減が期待でき、住宅地域における効果は大きい。また、交通量の増加は想定されない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
		しかし、事業実施によって工事用車両や建設機械による騒音・振動の発生が想定され、影響による変化が顕著となる。		
地盤沈下	B-	ボーリングや掘削、パイルによる施工は地層に影響を与える可能性がある。	D	建設予定地の既存設備に問題はなく、地質強度が一定程度確保されていると判断されることから、地形・地質への影響は想定されない。
悪臭	B-	作業員の一般廃棄物から臭気が発生する可能性がある。	D	排水システムに問題はないため悪臭等の負の影響は想定されない。
底質	D	底質の発生は想定されない。	D	供用時に土砂等が流出する可能性は低く、土砂が蓄積することによる底質への影響は低いと想定される。
保護区	D	本事業対象地及び周辺地域は、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。	D	本事業対象地及び周辺地域は、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。
生態系	B-	本事業対象地域はすでに整地されており、周辺地域は住宅地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていないため、生態系への影響は想定されない。	D	周辺地域は住宅地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていない。また、施設稼働による周辺生態系への影響は想定されない。
水象	D	建設作業中に発生した排水は下水処理されるため、水象に影響を及ぼす可能性はない。	D	既存の排水処理システムに問題なく、今後も水象に影響を及ぼす可能性はない。
地形・地質	D	建設予定地の地質強度は確保されており、また、建設予定地の地質強度に関するデータから、土砂崩壊の可能性がある軟弱地盤は報告されておらず、地形・地質への影響は想定されない。	D	既存変電所稼働中の土砂崩れ等は報告されていないことから、本事業開始による地形・地質への影響は想定されない。
住民移転／用地取得	B-	既存変電所設備の敷地内での建て替えであり、本事業による住民移転の発生は想定されない。一方、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への入場制限や交通封鎖などの一時的な接収措置を講じる可能性がある。なお、地下ケーブルの延長は候補地の中でも長くなる見込みである。	D	供用時の住民移転や用地取得は想定されない。
貧困層	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。
少数民族／先住民族	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。
雇用／生計手段等の地域経済	B+	対象地域内の住民の生計に悪い影響が及ぶ可能性は想定されない。また、建設現場での雇用機会や地域経済の発展が考えられる。	B+	対象地域内の住民の生計に悪い影響が及ぶ可能性は想定されない。また、間接的な正の影響として、電力供給の改善による雇用先の業績向上の可能性はある。
土地利用や地域資源利用	B-	変電所用地の土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。一方、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への一時的な入場制限や交通封鎖などの措置を講じる可能性があり、延長が候補地の中でも長い。	D	土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。
水利用	D	周辺地域での地下水への依存度は1.2～15.1%で、水道普及率は83.2～98.6%である。工事による水利用への影響が生じる可能性は低いと考えられる。	D	水利用に影響が生じる可能性はない。
既存の社会インフラや社会サービス	B-	建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B+	電力供給の改善により、社会インフラや社会サービスの向上が図られる。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
ス				
社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する負の影響は想定されない。	B+	電力供給に改善によって、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する正の影響が想定される。
被害と便益の偏在	B-	対象地は住宅地の中にあり、本事業の実施により発生する騒音・振動の被害を訴える可能性がある。一方特段の便益を享受する主体は見当たらない。	D	本事業により、特段の被害や便益を享受する主体は見当たらない。
地域内の利害対立	D	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。	D	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。
文化遺産	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。
景観	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、工事中に設けられる囲いや策が眺望や景観に影響を及ぼすことは想定されにくい。	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、眺望や景観に影響を及ぼさない。
ジェンダー	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。
子どもの権利	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。
感染症	B-	工事期間中に発生する粉塵等による咳やアレルギー反応や、蚊の媒介等による感染の可能性、感染の拡大が労働者の間で発生する可能性がある。	D	既存設備稼働に比して環境悪化は想定されない。
労働環境	B-	粉塵等による呼吸器官や目への影響、騒音による聴力への影響、高い気温と湿度が作業員の健康に影響を及ぼす可能性がある。	B+	最新施設建設により、労働環境の改善が想定される。
事故	B-	周辺地域の交通量が元来過密である中、建設現場内外の交通事故の拡大や、火災、転落や感電など、工事中の事故や疾病感染の可能性はある。また、建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B-	労働災害、火災、電気事故、交通事故、疾病、救助体制未整備による二次災害の可能性はある。
越境の影響／気候変動	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。建設作業に伴う粉塵等の大気汚染の可能性はあるが、影響は極めて限定的であり、気候への影響は懸念されない。	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。送配電・変電による気候変動への影響は極めて限定的である。

(出典：JICA 調査団)

A+/-: 重大な正/負の影響が予想される。

B+/-: ある程度の正/負の影響が予想される。

C+/-: 正/負の影響の程度は不明である（更なる調査が必要で、その過程で影響をはっきりさせることが可能である。

D: 影響は予想されない。

表 3-14 予備スコアリング結果 (Baridhara 候補地)

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
大気汚染	B-	建設作業に起因する大気汚染物質や粉塵の発生により、作業現場と周辺地域の空気質悪化が予測される。	D	大気中への汚染物質の発生等は想定されない。
水質汚濁	B-	建設作業員の生活排水、建設機械から生じる排水、車両の洗浄排水、降雨時の表面流出による泥土や油の流出等により、特に雨季は水はけの悪い地域であるため、周辺地域汚染の可能性がある。また、ボーリングや掘削、パイルによる地下水汚染の可能性がある。 流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理される。	D	変電設備を含め、敷地内建物から流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理されるため、水質汚濁は想定されない。
廃棄物	B-	建設廃棄物や作業員の一般廃棄物の発生が想定される。	B-	一般廃棄物が発生すると想定される。
土壌汚染	B-	作業員の生活排水、建設機械や車両等からの油類を含む排水の流出、廃棄物による土壌汚染の可能性がある。	D	事業施設からは有害廃棄物は排出されないため、土壌汚染は想定されない。
騒音・振動	B-	ベースライン調査結果から、周辺地域は住居地域で、現在の騒音レベルも他候補地点に比して低いことが明らかになっている。しかし、事業実施によって工事用車両や建設機械による騒音・振動の発生が想定され、影響による変化が顕著となる。	B+	最新設備稼働により騒音・振動の軽減が期待できる。また、交通量の増加は想定されない。
地盤沈下	B-	ボーリングや掘削、パイルによる施工は地層に影響を与える可能性がある。	D	既存変電所稼働中の土砂崩れ等は報告されていないことから、本事業開始による地形・地質への影響は想定されない。
悪臭	B-	作業員の一般廃棄物から臭気が発生する可能性がある。	D	負の影響は想定されない。
底質	D	底質の発生は想定されない。	D	供用時に土砂等が流出する可能性は低く、土砂が蓄積することによる底質への影響は低いと想定される。
保護区	D	事業対象地の中に保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。	D	事業対象地の中に保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。
生態系	B-	本事業対象地域はすでに整地されており、周辺地域は住宅地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていないため、生態系への影響は想定されない。	D	周辺地域は住宅地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていない。また、施設稼働による周辺生態系への影響は想定されない。
水象	D	建設作業中に発生した雑廃水は適切に処理されるため、水象への影響は想定されない。	D	雑廃水は適切に処理されるため、水象への影響は想定されない。
地形・地質	D	建設予定地の地質強度は確保されており、また、建設予定地の地質強度に関するデータから、土砂崩壊の可能性がある軟弱地盤は報告されておらず、地形・地質への影響は想定されない。	D	既存変電所稼働中の土砂崩れ等は報告されていないことから、本事業開始による地形・地質への影響は想定されない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
住民移転／ 用地取得	B-	既存変電所設備の敷地内での建て替えであり、本事業による住民移転の発生は想定されない。一方、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への入場制限や交通封鎖などの一時的な接収措置を講じる可能性がある。なお、地下ケーブルの延長は候補地の中でも長くなる見込みである。	D	供用時の住民移転や用地取得は想定されない。
貧困層	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。
少数民族／ 先住民族	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。
雇用／生計 手段等の地 域経済	B+	対象地域内の住民の生計に悪い影響が及ぶ可能性は想定されない。一方、建設現場での雇用機会や地域経済の発展が考えられる。	B+	対象地域内の住民の生計に悪い影響が及ぶ可能性は想定されない。また、間接的な正の影響として、電力供給の改善による雇用先の業績向上の可能性はある。
土地利用や 地域資源利 用	B-	変電所用地の土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。一方、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への入場制限や交通封鎖などの一時的な接収措置を講じる可能性があり、延長が候補地の中でも長い。	D	土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。
水利用	D	周辺地域の地下水への依存度は 8.5%程度で、上水道普及率は 89.9%である。工事実施による水利用への影響は想定されない。	D	水利用に影響が生じる可能性はない。
既存の社会 インフラや 社会サービ ス	B-	建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B+	電力供給の改善により、社会インフラや社会サービスの向上が図られる。
社会関係資 本や地域の 意思決定機 関等の社会 組織	D	社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織に対する負の影響は想定されない。	B+	電力供給に改善によって、社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織に対する正の影響が想定される。
被害と便益 の偏在	B-	対象地は住宅地の中にあり、本事業の実施により発生する騒音・振動の被害を訴える可能性がある。一方特段の便益を享受する主体は見当たらない。	D	本事業により、特段の被害や便益を享受する主体は見当たらない。
地域内の利 害対立	D	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。	D	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。
文化遺産	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。
景観	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、工事中に設けられる囲いや策が眺望や景観に影響を及ぼすことは想定されにくい。	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、眺望や景観に影響を及ぼさない。
ジェンダー	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。
子どもの権 利	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。
感染症	B-	工事期間中に発生する粉塵等による咳やアレルギー反応や、蚊の媒介等による感染の可能性、感染の拡大が労働者の間で発生する可能性がある。	D	既存設備稼働に比して環境悪化は想定されない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
労働環境	B-	粉塵等による呼吸器官や目への影響、騒音による聴力への影響、高い気温と湿度が作業員の健康に影響を及ぼす可能性がある。	B+	最新施設建設により、労働環境の改善が想定される。
事故	B-	周辺地域の交通量が元来過密である中、建設現場内外の交通事故の拡大や、火災、転落や感電など、工事中の事故や疾病感染の可能性はある。また、建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B-	労働災害、火災、電気事故、交通事故、疾病、救助体制未整備による二次災害の可能性はある。
越境の影響 ／気候変動	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。建設作業に伴う粉塵等の大気汚染の可能性はあるが、影響は極めて限定的であり、気候への影響は懸念されない。	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。送配電・変電による気候への影響は極めて限定的である。

(出典：JICA 調査団)

A+/-: 重大な正/負の影響が予想される。

B+/-: ある程度の正/負の影響が予想される。

C+/-: 正/負の影響の程度は不明である（更なる調査が必要で、その過程で影響をはっきりさせることが可能である。

D: 影響は予想されない。

表 3-15 予備スコアリング結果 (Dhaka University 候補地)

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
大気汚染	B-	建設作業に起因する大気汚染物質や粉塵の発生により、作業現場と周辺地域の空気質悪化が予測される。	D	大気中への汚染物質の発生等は想定されない。
水質汚濁	B-	建設作業員の生活排水、建設機械から生じる排水、車両の洗浄排水、降雨時の表面流出による泥土や油の流出等の可能性がある。また、ボーリングや掘削、パイルによる地下水汚染の可能性がある。流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理される。	D	排水システムは良好であり、特に問題は想定されない。
廃棄物	B-	建設廃棄物や作業員の一般廃棄物の発生が想定される。	B-	一般廃棄物が発生すると想定される。
土壌汚染	B-	作業員の生活排水、建設機械や車両等からの油類を含む排水の流出、廃棄物による土壌汚染の可能性がある。	D	事業施設からは有害廃棄物は排出されないため、土壌汚染は想定されない。
騒音・振動	B-	周辺地域は静穏地域とされているが、ベースライン調査 (2016 年実施) から得られた騒音レベルは他候補地と同様のレベルである (普段から騒音が大きい)。事業の実施により、工事用車両や建設機械による騒音・振動が想定される。	D	最新設備稼働により騒音・振動は特に問題視されない、また、交通量の増加は想定されない。
地盤沈下	D	ボーリング試験結果によると、当該地の土壌条件は良好であり、ボーリングや掘削、パイルによる施工は地層に影響を与える可能性が想定されない。	D	建設予定地の地質強度は確保されており、地形・地質への影響は想定されない。
悪臭	B-	作業員の一般廃棄物から臭気が発生する可能性がある。	D	排水システムは良好であり、悪臭等の問題は想定されない。
底質	D	工事中の表面流出の可能性は低いことから、堆積物が周辺地域影響を及ぼすことは想定されない。	D	供用時に土砂等が流出する可能性は低く、土砂が蓄積することによる底質への影響は低いと想定される。
保護区	D	本事業対象地及び周辺地域は、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。	D	本事業対象地及び周辺地域は、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。
生態系	B-	周辺地域は大学地域 (開発済み) で希少種の存在も報告されていないため、生態系への影響は想定されない。工事実施に伴う既存の植生の伐採や、飛来する鳥類その他小動物への影響はある。	D	周辺地域は大学地域 (開発済み) で希少種の存在も報告されていないため、生態系への影響は想定されない。また、稼働による周辺生態系への影響は想定されない。
水象	D	建設作業中に発生した排水は下水処理されるため、水象に影響を及ぼす可能性はない。	D	排水処理システムに問題なく、水象に影響を及ぼす可能性はない。
地形・地質	D	建設予定地の地質強度は確保されており、また、建設予定地の地質強度に関するデータから、土砂崩壊の可能性がある軟弱地盤は報告されておらず、地形・地質への影響は想定されない。	D	建設予定地の地質強度は確保されており、土砂崩壊の可能性がある軟弱地盤は報告されていないことから、本事業開始による地形・地質への影響は想定されない。
住民移転／用地取得	B-	用地取得や非自発的住民移転の必要はない。ダッカ大学が所有する土地であり、DPDC はダッカ大学から土地使用権を譲渡されることになる。ダッカ大学敷地内の空地の利用であり、既存施設の撤去は想定されない。一方、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への入場制限や交通封鎖などの一時的な接収措置を講じる可能性がある。な	D	供用時の住民移転や用地取得は想定されない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
		お、地下ケーブルの延長は候補地の中でも長くなる見込みである。		
貧困層	D	本事業対象地に居住者は存在しない。	D	本事業対象地に居住者は存在しない。
少数民族／先住民族	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。
雇用／生計手段等の地域経済	B+	対象地域に居住者は存在せず、住民の生計に悪い影響が及ぶ可能性は想定されない。一方、建設現場での雇用機会や地域経済の発展が考えられる。	B+	対象地域に居住者は存在せず、住民の生計等への影響はない。電力供給の安定による便益などの間接的な正の影響が期待される。
土地利用や地域資源利用	B-	土地利用に変化が生じる。また、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への一時的な入場制限や交通封鎖などの措置を講じる可能性があり、延長が候補地の中でも長い。	D	施設稼働後の土地利用の変化は想定されず、地域資源利用への影響も想定されない。
水利用	D	周辺地域の地下水への依存度は0～0.1%程度で、水道普及率は99.4～100%と極めて高い。大学構内は地下水汲み上げであるが、十分な距離があることから、水利用に影響が生じる可能性はない。	D	水利用に影響が生じる可能性はない。
既存の社会インフラや社会サービス	B-	建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B+	電力供給の改善により、社会インフラや社会サービスの向上が図られる。
社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する負の影響は想定されない。	B+	電力供給に改善によって、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する正の影響が想定される。
被害と便益の偏在	D	本事業により、特段の被害や便益を享受する主体は見当たらない。	D	本事業により、特段の被害や便益を享受する主体は見当たらない。
地域内の利害対立	B-	土地使用権がダッカ大学からDPDCに譲渡される。手続きの進捗が滞る場合は両者の間の対立も想定される。	D	本事業は、基本的に公的設備の建設であり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。
文化遺産	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。
景観	B-	本事業は、都心部であるものの周辺に10階を越える規模の高層ビルなどは存在しない。高層近代建築は周囲の既存景観に負の影響を及ぼす可能性がある。また、新規建設であり、工事中に設けられる囲いや策も眺望や景観に影響を及ぼす可能性がある。	B-	本事業は新規建設であり、眺望や景観への影響が考えられる。
ジェンダー	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。
子どもの権利	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。
感染症	B-	工事期間中に発生する粉塵等による咳やアレルギー反応や、蚊の媒介等による感染の可能性、感染の拡大が労働者の間で発生する可能性がある。	D	環境悪化は想定されない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
労働環境	B-	粉塵等による呼吸器官や目への影響、騒音による聴力への影響、高い気温と湿度が作業員の健康に影響を及ぼす可能性がある。	D	最新施設建設により、労働環境に問題は想定されない。
事故	B-	周辺地域の交通量が元来過密である中、建設現場内外の交通事故の拡大や、火災、転落や感電など、工事中の事故や疾病感染の可能性はある。また、建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B-	労働災害、火災、電気事故、交通事故、疾病、救助体制未整備による二次災害の可能性はある。
越境の影響 ／気候変動	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。建設作業に伴う粉塵等の大気汚染の可能性はあるが、影響は極めて限定的であり、気候への影響は懸念されない。	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。送配電・変電による気候への影響は極めて限定的である。

(出典：JICA 調査団)

A+/-: 重大な正/負の影響が予想される。

B+/-: ある程度の正/負の影響が予想される。

C+/-: 正/負の影響の程度は不明である（更なる調査が必要で、その過程で影響をはっきりさせることが可能である。

D: 影響は予想されない。

表 3-16 予備スコアリング結果 (Kawranbazar 候補地)

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
大気汚染	B-	建設作業に起因する大気汚染物質や粉塵の発生により、作業現場と周辺地域の空気質悪化が予測される。	D	大気中への汚染物質の発生等は想定されない。
水質汚濁	B-	建設機械から生じる排水、車両の洗浄排水、降雨時の表面流出による土砂や油の流出等の可能性がある。また、ボーリングや掘削、パイルによる地下水汚染の可能性がある。流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理される。	D	変電設備を含め、敷地内建物から流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理されるため、水質汚濁は想定されない。
廃棄物	B-	建設廃棄物や作業員の一般廃棄物の発生が想定される。	B-	一般廃棄物が発生すると想定される。
土壌汚染	B-	作業員の生活排水、建設機械や車両等からの油類を含む排水の流出、廃棄物による土壌汚染の可能性がある。	D	事業施設からは有害廃棄物は排出されないため、土壌汚染は想定されない。
騒音・振動	B-	工事用車両や建設機械による騒音・振動の発生が想定される。	B+	最新設備稼働により騒音・振動の軽減が期待できる。また、交通量の増加は想定されない。
地盤沈下	D	いボーリングや掘削、パイルによる施工は地層に影響を与える可能性は想定されない。	D	強度が確保されていることから、本事業開始による地形・地質への影響は想定されない。
悪臭	B-	作業員の一般廃棄物から臭気が発生する可能性がある。	D	排水システムに問題はないため悪臭等の負の影響は想定されない。
底質	D	表面流出の可能性は低く、堆積物が周辺地域に蓄積し、水の流れを遮ることは想定されない。	D	供用時に土砂等が流出する可能性は低く、土砂が蓄積することによる底質への影響は低いと想定される。
保護区	D	本事業対象地及び周辺地域は、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。	D	本事業対象地及び周辺地域は、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。
生態系	D	本事業対象地域は居住・変電所設備建設のために整地され、周辺地域は商業地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていないため、生態系への影響は想定されない。	D	周辺地域は商業地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていない。また、施設稼働による周辺生態系への影響は想定されない。
水象	D	建設作業中に発生した雑廃水は適切に処理されるため、水象への影響は想定されない。	D	既存の排水処理システムに問題なく、今後も水象に影響を及ぼす可能性はない。
地形・地質	D	建設予定地の地質強度は確保されており、また、建設予定地の地質強度に関するデータから、土砂崩壊の可能性がある軟弱地盤は報告されておらず、地形・地質への影響は想定されない。	D	既存変電所稼働中の土砂崩れ等は報告されていないことから、本事業開始による地形・地質への影響は想定されない。
住民移転／用地取得	C-	既存変電所設備の敷地内での建て替えであり、本事業による用地取得や住民移転の発生は想定されない。一方、道路拡張を伴う場合、道路上の露店や家屋の接収の可能性（土地所有の状況などに関する継続調査が必要である）。やこれに伴う周辺地域への一時的な入場制限や交通封鎖などの措置を講じる可能性がある。また、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への入場制限や交通封鎖などの一時的な接収措置を講じる可能性があるが、延長が候補地の中で最短	D	供用時の住民移転や用地取得は想定されない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
		となる。		
貧困層	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。
少数民族／先住民族	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。
雇用／生計手段等の地域経済	C-	対象地の住民家族が付近で雇用されている場合、移転による通勤や、雇用の継続への影響が懸念される。また、工事期間中、大通りから対象地まで続く通り沿いに広がる露店や周辺地域の家屋への影響が考えられる（当該関係者の社会経済状況等を今後の調査で明らかにする必要がある）。一方、建設現場での雇用機会が発生する。	B+	対象地域周辺の商人らの供用時の生計への影響は想定されない。道路の再建設は周辺地域の環境改善に資する。また、間接的な正の影響として、電力供給の改善による雇用先の業績向上の可能性はある。
土地利用や地域資源利用	B-	変電所用地の土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。一方、道路の拡張は地元資源に変化をもたらす可能性がある。地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への入場制限や交通封鎖などの一時的な接収措置を講じる可能性があるが、延長が候補地の中では最短である。	D	土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。
水利用	D	ベースライン調査（2016年6月実施）によると、対象地では地下水汲み上げによる飲料水や生活用水の確保が一般的であるが、水道管を通した給水が行われているため、周辺地域における水利用への影響は想定されない。	D	水利用に影響が生じる可能性はない。
既存の社会インフラや社会サービス	B-	建材や作業員の輸送による交通密度の増加と大通りの交通への大きな影響が想定される。	B+	電力供給の改善により、社会インフラや社会サービスの向上が図られる。
社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する負の影響は想定されない。	B+	電力供給に改善によって、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する正の影響が想定される。
被害と便益の偏在	C-	本事業により、地元で商いを営む商人らの収入に変化をもたらされる可能性がある。（当該関係者の社会経済状況等を今後の調査で明らかにする必要がある）。	D	本事業により、特段の被害や便益を享受する主体は見当たらない。
地域内の利害対立	C-	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであるが、道路の一部を利用している露店主や周辺に家屋を有する住民らの間での地域内の利害対立が発生する可能性がある（継続調査を実施した上で状況を明らかにする）。	D	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。
文化遺産	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。
景観	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、工事中に設けられる囲いや策が眺望や景観に影響を及ぼすことは想定されにくい。	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、眺望や景観に影響を及ぼさない。
ジェンダー	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。
子どもの権利	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
感染症	B-	工事期間中に発生する粉塵等による咳やアレルギー反応や、蚊の媒介等による感染の可能性、感染の拡大が労働者の間で発生する可能性がある。	D	環境悪化は想定されない。
労働環境	B-	粉塵等による呼吸器官や目への影響、騒音による聴力への影響、高い気温と湿度が作業員の健康に影響を及ぼす可能性がある。	B+	最新施設建設により、労働環境の改善が想定される。
事故	B-	周辺地域の交通量が元来非常に過密である中、建設現場内外の交通事故の拡大や、火災、転落や感電など、工事中の事故や疾病感染の可能性がある。また、建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B-	労働災害、火災、電気事故、交通事故、疾病、救助体制未整備による二次災害の可能性はある。
越境の影響 ／気候変動	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。建設作業に伴う粉塵等の大気汚染の可能性はあるが、影響は極めて限定的であり、気候への影響は懸念されない。	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。送配電・変電による気候への影響は極めて限定的である。

(出典：JICA 調査団)

A+/-: 重大な正/負の影響が予想される。

B+/-: ある程度の正/負の影響が予想される。

C+/-: 正/負の影響の程度は不明である（更なる調査が必要で、その過程で影響をはっきりさせることが可能である。

D: 影響は予想されない。

表 3-17 予備スコアリング結果 (Lalmatia 候補地)

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
大気汚染	B-	建設作業に起因する大気汚染物質や粉塵の発生により、作業現場と周辺地域の空気質悪化が予測される。	D	大気中への汚染物質の発生等は想定されない。
水質汚濁	B-	建設機械から生じる排水、車両の洗浄排水、降雨時の表面流出による泥土や油の流出等の可能性がある。敷地内建物から流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理される。	D	変電設備を含め、敷地内建物から流出する水は、ダッカ上下水道公社の排水・下水システムに集められて処理されるため、水質汚濁は想定されない。
廃棄物	B-	建設廃棄物や作業員の一般廃棄物の発生が想定される。	B-	一般廃棄物が発生すると想定される。
土壌汚染	B-	作業員の生活排水、建設機械や車両等からの油類を含む排水の流出、廃棄物による土壌汚染の可能性がある。	D	事業施設からは有害廃棄物は排出されないため、土壌汚染は想定されない。
騒音・振動	B-	工事用車両や建設機械による騒音・振動の発生が想定される。	B+	最新設備稼働により騒音・振動の軽減が期待できる。また、交通量の増加は想定されない。
地盤沈下	D	ボーリング試験結果によると、当該地の土壌条件は良好であり、ボーリングや掘削、パイルによる施工は地層に影響を与える可能性は想定されない。	D	建設予定地の地質強度は確保されており、土砂崩壊の可能性がある軟弱地盤は報告されていないことから、地形・地質への影響は想定されない。
悪臭	B-	作業員の一般廃棄物から臭気が発生する可能性がある。	D	排水システムに問題はないため悪臭等の負の影響は想定されない。
底質	D	表面流出の可能性は低く、堆積物の蓄積や水の流れを遮る原因となる可能性は想定されない。	D	供用時に土砂等が流出する可能性は低く、土砂が蓄積することによる底質への影響は低いと想定される。
保護区	D	本事業対象地及び周辺地域は、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。	D	本事業対象地及び周辺地域は、保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。
生態系	D	本事業対象地域はすでに整地され、周辺地域は住宅地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていないため、生態系への影響は想定されない。	D	周辺地域は住宅地域（開発済み）で希少種の存在も報告されていない。また、施設稼働による周辺生態系への影響は想定されない。
水象	D	建設作業中に発生した排水は適切に処理され、水象に影響を及ぼす可能性は想定されない。	D	建設作業中に発生した排水は適切に処理され、水象に影響を及ぼす可能性は想定されない。
地形・地質	D	建設予定地の地質強度は確保されており、また、建設予定地の地質強度に関するデータから、土砂崩壊の可能性がある軟弱地盤は報告されておらず、地形・地質への影響は想定されない。	D	既存変電所稼働中の土砂崩れ等は報告されていないことから、本事業開始による地形・地質への影響は想定されない。
住民移転／用地取得	B-	既存変電所設備の敷地内での建て替えであり、本事業による住民移転の発生は想定されない。一方、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への一時的な入場制限や交通封鎖などの措置を講じる可能性がある。なお、地下ケーブルの延長は候補地の中でも長くなる見込みである。	D	供用時の住民移転や用地取得は想定されない。
貧困層	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。	D	周辺地域に貧困層居住地域はない。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
少数民族／先住民族	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。	D	周辺地域の少数民族／先住民族の存在は確認されていない。
雇用／生計手段等の地域経済	B+	対象地域内の住民の生計に悪い影響が及ぶ可能性は想定されない。一方、建設現場での雇用機会や地域経済の発展が考えられる。	B+	対象地域内の住民の生計に悪い影響が及ぶ可能性は想定されない。一方、間接的な正の影響として、電力供給の改善による雇用先の業績向上の可能性はある。
土地利用や地域資源利用	B-	変電所用地の土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。一方、地下ケーブル敷設に際し、周辺地域への一時的な入場制限や交通封鎖などの措置を講じる可能性があり、延長が候補地の中でも長い。	D	土地利用に変化は生じず、地域資源利用への著しい影響は想定されない。
水利用	D	地域での地下水への依存度は0～0.4%で、上水道普及率は99.3～100%と高い。敷地内では地下水くみ上げによる給水が行われているが、周辺地域は水利用に影響が生じる可能性はない。	D	水利用に影響が生じる可能性はない。
既存の社会インフラや社会サービス	B-	建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B+	電力供給の改善により、社会インフラや社会サービスの向上が図られる。
社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する負の影響は想定されない。	B+	電力供給に改善によって、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に対する正の影響が想定される。
被害と便益の偏在	B-	対象地は住宅地の中にあり、本事業の実施により発生する騒音・振動の被害を訴える可能性がある。一方特段の便益を享受する主体は見当たらない。	D	本事業により、特段の被害や便益を享受する主体は見当たらない。
地域内の利害対立	D	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。	D	本事業は、基本的に公的設備の敷地内での建て替えであり、地域内の利害対立が生じることは想定されない。
文化遺産	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。	D	本事業対象地域には文化遺産は存在せず、本事業による文化遺産等への直接的な影響は想定されない。
景観	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、工事中に設けられる囲いや策が眺望や景観に影響を及ぼすことは想定されにくい。	D	本事業は、既存施設の敷地内での建て替えであり、また、都心部であることから、眺望や景観に影響を及ぼさない。
ジェンダー	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。
子どもの権利	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。
感染症	B-	工事期間中に発生する粉塵等による咳やアレルギー反応や、蚊の媒介等による感染の可能性、感染の拡大が労働者の間で発生する可能性がある。	D	既存設備稼働に比して環境悪化は想定されない。
労働環境	B-	粉塵等による呼吸器官や目への影響、騒音による聴力への影響、高い気温と湿度が作業員の健康に影響を及ぼす可能性がある。	B+	最新施設建設により、労働環境の改善が想定される。

影響項目	工事中		供用時	
	評価	評価理由	評価	評価理由
事故	B-	周辺地域は住宅街であり、交通量はそこまで過密とはいえないものの、建設現場内外の交通事故の可能性がある。また、火災、転落や感電など、工事中の事故や疾病感染の可能性もある。建材や作業員の輸送による交通密度の増加が想定される。	B-	労働災害、火災、電気事故、交通事故、疾病、救助体制未整備による二次災害の可能性が ある。
越境の影響 ／気候変動	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。建設作業に伴う粉塵等の大気汚染の可能性はあるが、影響は極めて限定的であり、気候への影響は懸念されない。	D	本事業実施による越境環境影響は想定されない。送配電・変電による気候への影響は極めて限定的である。

(出典：JICA 調査団)

A+/-: 重大な正/負の影響が予想される。

B+/-: ある程度の正/負の影響が予想される。

C+/-: 正/負の影響の程度は不明である（更なる調査が必要で、その過程で影響をはっきりさせることが可能である。

D: 影響は予想されない。

3.9 DESCO、DPDC によるビジネスプラン案の確認検証、改善提案

3.9.1 地下変電所候補地におけるビジネスプラン

ビジネスプランの策定にあたり考慮すべき点として、①変電所に隣接してコントロールセンターを設定する必要があること、②規定により駐車場の設置が義務付けられていること、の2点が挙げられる。この条件が利用可能な延床面積を制約する要因となり、上部建物13階のうち、地下変電所のコントロールセンター（1フロア）及び駐車場分（2フロア）を除いた階数（10フロア）が賃貸及び自社利用に利用できるフロア数と考えられる。そのため、全フロアを利用できる通常の賃貸用不動産に比べて、利用可能な延床面積あたりの収入により配慮する必要がある。Baridhara、Uttara、Lalmatia、Dhaka University の候補地周辺は住宅地域であるため、居住用賃貸としての利用も想定される。しかしながら、前述の通りいずれの候補地でも2016年時点では事務所用とした場合の単位面積あたり賃貸料が居住用よりも高く、投資効率の観点から事務所用賃貸を前提とした。

3.9.2 投資リターンの推計

(1) 財務的内部収益率及び正味現在価値

候補地毎の投資リターンを比較するにあたり、財務的内部収益率（FIRR）を利用する。プロジェクトを実施する事業体の立場から、本プロジェクトに係る支出（財務費用）と収入（財務便益）を推計し、本事業に投入された総資金に対する投資リターン（総資本 FIRR）を算出する。FIRR が投入された資金の平均コスト（Weighted Average Capital Cost : WACC）を超えているかを検証する。FIRR が WACC を下回る場合には、事業が生み出すキャッシュフローでは総資金に対する正当な対価（資本金に対する配当および借入金に対する支払い利息）を負担することができない状態となる。また、参考情報として、正味現在価値（Net Present Value : NPV）も算出した。FIRR が投資効率を算出するのに対して、NPV は収益規模を提示する。

(2) 前提条件

投資リターンを分析するにあたり、以下の前提条件を設定している。

表 3-18 FIRR 算出の前提条件

	DESCO	DPDC
電力容量上限	240MVA	同左
電力需要	候補地毎に推計	同左
力率	0.90	0.80
負荷率	0.58	0.57
配電損失率	8.37%	9.41%
電力購入単価	5.63 BDT/kWh	5.56 BDT/kWh
電力料金単価	6.91 BDT/kWh	6.90 BDT/kWh
レンタル比	75%	同左
賃貸可能面積	候補地毎に推計	同左
賃貸料	候補地毎に推計	同左

O&M 費用（地下変電所）	年間あたり建設費の 1%	同左
サービスコスト（上部建物）	年間 2、910 BDT/m2	同左
大規模修繕（上部建物）	20 年毎に建設費の 3%	同左
プロジェクトライフ	工事完成後 50 年	工事完成後 50 年
為替レート	JPY105.85/USD BDT78.41/USD	同左

出所：DESCO 及び DPDC の年次報告書、JICA 調査団推計

a) 財務便益

本プロジェクトの財務便益としては、①配電量の増加による増収、②配電ロスの低下、③上部建物を活用した不動産賃貸収入、④自社利用による賃貸料支払いの削減、の 4 種類が想定される。

本プロジェクトが設置する変電設備により、配電能力が強化され、配電収入増による増収が期待される。電力需要は「2.3 ダッカ市全体の変電所配電計画」での需要予測を前提としている。力率に関しては、両社の長期計画での想定値に基づいている。負荷率に関しては、DESCO、DPDC の年次報告書（2014/15 年度）から会社全体の最大電力需要、配電量、配電損失率を入手し、推計を行った。両社の電力購入単価と電力料金単価は年次報告書（2014/15 年度）の記載内容に基づいている。加えて、本事業により配電ロスは年間 1.2GWh 程度の低下が見込まれ、配電収入の増加が見込まれる。

賃貸収入及び賃貸料支払いの削減に関しては、今次調査で入手した候補地 6 か所における 46 賃貸不動産の過去 5 年間分のデータを活用して、回帰分析を行った。回帰分析に基づき、賃貸料、賃貸料上昇率の推定モデルが推定された。

（賃貸料の推定モデル）

$$R=28.26 - 8.49d_1 + 79.20d_2 + 42.89d_3 + 9.62d_4 - 2.22d_5 + 9.95 \text{ office} + 0.000004\text{tf} - 0.37\text{height} - 2.33\text{age}$$

F 検定 p 値：0.0000002499 決定係数：0.71

R：賃貸料（入居率調整後）、 $d_1 \cdots d_5$ ：候補地ダミー、office：オフィスダミー

tf：延床面積、height：階数、age：築年数

上記推定モデルにより、2016 年時点における各候補地の賃貸料を推計している。被説明変数となる賃貸料は入居率を調整したものを設定した（各候補地の賃貸料推計は「表 37 各候補地の FIRR 及び NPV」に記載）。

（賃貸料増加率の推定モデル）

$$S=41.63 + 1.44\text{time}$$

F 検定 p 値：0.0103 決定係数：0.92

S：標準賃貸料、time：年（2012年=1）

上記推定モデルにより、各年のダッカ市街地における標準賃貸料（各候補地の平均値）を推計し、その推定値を基に標準賃貸料の年間上昇率（実質）を設定し、各候補地ともに同じ上昇率を適用した。プロジェクトライフ中の年間上昇率（実質）は平均 1.79%となった。

b) 財務費用

本プロジェクトの財務費用としては、大別して①設備投資、②O&M 費用、の 2 種類が想定される。設備投資は事業実施期間中（2017年3月－2022年1月）に、O&M 費用は事業完了後（2022年2月以降）にそれぞれ発生する予定とした。

設備投資に関しては、①土木費、②建設費、③資機材費、④コンサルティングサービス、⑤撤去費用から構成される。土木費、建設費、資機材費については、本調査で概算した費用推計に基づいている。コンサルティングサービスに関しては、土木費、建設費及び資機材費の約 5%に相当する USD 5 mil.との簡便な前提を置いた。撤去費用については、BDT230 mil. (USD 3 mil.相当) を Dhaka University を除く候補地で設定した。

地下変電所の O&M 費用に関しては、一般的な条件である設備投資費の 1%を年間費用と設定した。上部建物のサービス費用（保守費用、共有部分の光熱費、水道代）は 2016 年時点のダッカにおける実績値に基づいて設定された。上部建物の大規模修繕（防水工事、外壁工事、空調設備交換）に関する費用に関しては、一般的な条件である建設コストの 3%が完成後 20 年おきに発生する前提とした。

c) ハードルレート/割引率

FIRR 算出にあたっては、法人所得税支払い前のキャッシュフローを利用している。法人所得税の実効税率は各地点の事業内容とは無関係であるが、FIRR に大きく影響するため、立地に起因する収益性の違いを分析する目的から法人所得税支払い前のキャッシュフローを選択した。キャッシュフロー推計の前提条件と整合性になるよう、WACC も所得税支払による債務コスト低下を考慮しないものを使用する。また、財務便益と財務費用は実質価格に基づいているため、株式コスト、債務コスト共に名目金利を実質金利に換算する。

資金調達に関しては、土木費、建設費の地下部分、資機材費、コンサルティング費用の合計を借款額と考え、残額（上部建物、撤去費用）は実施機関からの出資を想定した。円借款の債務コストに関しては、バングラデシュ政府からの転貸を考慮した金利を適用した。株式コストは実施機関の投資に対する期待収益率と考え、地下変電所と上部建物で異なる値を設定して事業費内訳で加重平均を行った。WACC 算出の前提条件は次表の通りである。

表 3-19 WACC 算出の前提条件

	債務	株式
資金調達コスト (%)	5%	地下変電所：15% 上部建物：20%
通貨	日本円	バングラデシュタカ
インフレ率 (CPI、2015年)	0.2%	6.1%

出所：JICA 調査団推計、IMF “International Financial Statistics Yearbook 2015”

(3) FIRR 及び NPV

上部建物の収益性を明確にするために、プロジェクト全体、上部建物、地下変電所の FIRR と NPV をそれぞれ算出した。候補地 6 カ所の FIRR と NPV は、次表の通りである。

表 3-20 各候補地の FIRR 及び NPV

	Gulshan	Baridhara	Uttara
上部建物延床面積 (m ²)	17,550	14,313	17,485
賃貸可能面積 (m ²)	10,125	8,158	10,088
賃貸料 (2016、BDT/m ²)	1,195.4	341.4	319.0
FIRR (全体、%)	11.77%	8.67%	7.94%
FIRR (上部建物、%)	12.19%	1.35%	1.02%
FIRR (地下変電所、%)	11.66%	9.72%	9.04%
NPV (全体、USmil.)	74.48	41.36	32.12
NPV (上部建物、USmil.)	17.64	-6.97	-8.76
NPV (地下変電所、US mil.)	56.84	48.33	40.88
WACC (%)	5.82%	5.58%	5.66%

	Kawran Bazar	Lalmatia	Dhaka Univ.
上部建物延床面積 (m ²)	18,135	11,570	10,920
賃貸可能面積 (m ²)	10,463	6,675	6,300
賃貸料 (2016、BDT/m ²)	804.8	443.6	248.5
FIRR (全体、%)	8.64%	7.50%	6.92%
FIRR (上部建物、%)	8.14%	3.39%	-0.88%
FIRR (地下変電所、%)	8.77%	8.07%	7.80%
NPV (全体、USmil.)	33.71	23.89	17.24
NPV (上部建物、USmil.)	5.77	-3.11	-6.79
NPV (地下変電所、US mil.)	27.95	27.00	24.03
WACC (%)	5.89%	5.52%	5.36%

注：賃貸料は入居率調整後。

すべての候補地点において、地下変電所建設事業としての条件 (FIRR (地下) > WACC) は

満されている。また、プロジェクトオーナーの立場からは、変電所敷地をまったく活用しない変電所のみ建設は第一案として考えにくい。そのため、FIRR（全体）と FIRR（上部）に基づき大別すると、以下の2グループに区分される。

1) FIRR（全体）>WACC、かつ FIRR（上部）>WACC

このグループでは、上部建物での賃貸事業がプロジェクト全体の収益率に貢献するため、地下変電所を建設し、上部建物を利用した賃貸事業を積極的に推奨できる。Gulshan、Kawran Bazar の2か所がこのグループとなる。

2) FIRR（全体）>WACC、かつ WACC>FIRR（上部）

このグループでは、プロジェクト全体では財務的に実施可能であるが、上部建物での賃貸事業が収益率には貢献していない。そのため、収益強化及びコスト削減計画を検討し、ビジネスプランを再構築することが必要である。Baridhara、Uttara、Lalmatia、Dhaka Univ.がこのグループとなる。

前述の通り、候補地6カ所の設備投資額は概算であり、設備投資額に関してはさらなる精査が必要となる。但し、設備投資額の増減は全候補地にほぼ同程度に発生するものであるため、FIRRの絶対水準には影響があるものの、各候補地のFIRRの順位には影響が少ないものと推察される。従って、設備投資額変動の可能性を考慮しても、今後の詳細な検討に向けて、Gulshan、Kawran Bazarの2か所を選定することは適切と判断される。

なお、上記の表で言及しているFIRRは実質ベースである。2015年のインフレ率(CPI:6.1%)に基づき、財務便益と財務費用を実質価格から名目価格に転換した場合、GulshanのFIRR(全体)は18.58%、Kawran BazarのFIRR(全体)は15.27%となる。2016年9月時点において、民間銀行による大規模企業向け事業資金貸付(term loan to large and medium scale industry)の名目金利は10-14%となっており、2候補地点における名目ベースでのFIRRはこの水準を超えている。

3.9.3 実施可能性の向上に係る提案

実施可能性向上につながる提案事項としては、①資金調達手法の改善、②大規模な再開発、③配電事業への支援案、の3点が考えられる。

資金調達手法の改善に関しては、バングラデシュ政府からの借入が要検討である。円借款対象とならない費用項目は事業費全体の約2割に相当し、現在の分析では実施機関の出資によるファイナンスを想定している。株式コストはバングラデシュ政府からの借入利息(現地通貨建てで5%前後)よりも高いため、出資の一部を政府借入に置き換えることで、WACCをさらに引き下げることが可能となる。

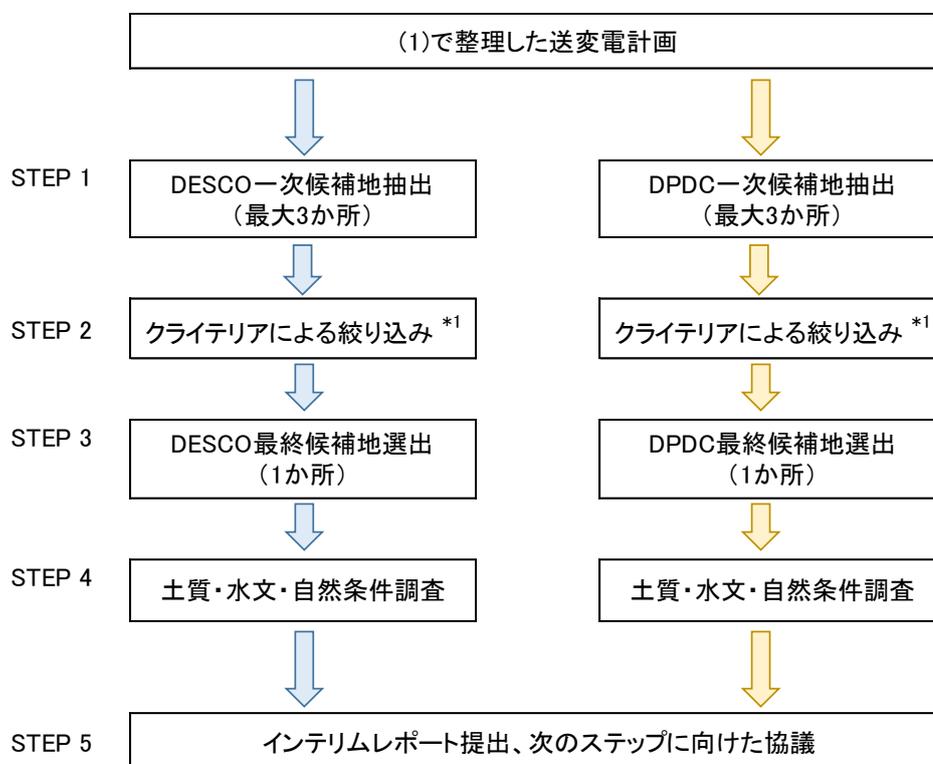
日本において市街地再開発を行う場合、複数の地権者が用地を提供し、等価交換方式に基づ

き大規模な再開発を行うケースがある。大規模な再開発により、付加価値のより高い不動産となる点がメリットである。バングラデシュでもこの市街地開発手法に関心が集まっており、RAJUKの策定した Dhaka Structure Plan (2015)においても取り組むべき政策として採り上げられている。財務面で有望とされる二つの候補地 Gulshan、Kawran Bazar は、大規模再開発に適した条件を有している。Gulshan では DESCO が使用する変電所敷地に隣接して DPDC が建物を保有しており、Kawran Bazar では DPDC の使用する変電所敷地に隣接して BPDB が建物を保有している。大規模再開発により収益規模が拡大し、事業の持続性にも寄与するため、隣接する土地を活用した大規模再開発の検討が奨められる。

配電事業への支援策として、今後、実施機関がダッカ市街区域で用地取得を行う際に、金銭補償ばかりでなく、代替地の提供も可能となる。ダッカ市街区域で過密化が進行する中で変電所の用地確保は今後、一層困難になることが想定される。そのため、用地取得交渉時に地権者に対して提示できる選択肢を増やすことは、実施機関にとってメリットがある。上述した大規模再開発のケースでは、利用可能な延床面積が拡大するため、このメリットはより顕著となる。

3.10 地下変電所建設プロジェクト候補地の選定

2.1 章にて整理した送変電計画をもとに、地下変電所建設に最適な候補地を選出するべく、下記の選出フローに基づく検討を実施した。



*1 : クライテリア項目は 3.10.2 章を参照のこと

出典 : JICA 調査団

図 3-24 地下変電所最適候補地の選出フロー

3.10.1 選定 STEP1 : 各社一次候補地の設定

3.2.1 章にて、整理した系統計画から、DESCO 及び DPDC の各々が希望する地下変電所建設の一次候補地リストを作成した。今後の検討はこのリストの中より最有力候補を選定するための評価を行うものである。

3.10.2 選定 STEP2: 最有力候補地選定の評価クライテリアの策定

3.2.1 章にてリスト化された各一次候補地において、技術・経済・環境など複数の面からなるクライテリアにより、地下変電所建設の必要性・適性を確認する。各クライテリアは、根拠・理由を明示したうえで、その配点・比重に差をつけることとする。

最有力候補地選定のクライテリアにおいて、最優先とした事項は当該用地に変電所を建設する「必要性」とした。継続して伸びる需要に対応するべく至近に変電所新設・増設を必要とする両社の現状を考慮し、新たな需要の集中した地域において必要な時期に建設可能な候補

地により高い評価が下されることとなる。また、その建設後、近隣の既設変電所の増容量・改修時の負荷切り替え先としての活用度合いも考慮する。

第二には「経済性」を検討する。第一にて「必要性」の評価が行われたもと、建設に必要なコストや地下変電所の上部構造物を活用したビジネスモデルからの裨益を合わせた評価を行う。

第三に、地下変電所の「適性」を評価する。必要性と経済性が検討されたのち、地下変電所建設を念頭に周囲環境を加味した工事容易性等を確認する。

その項目ならびに比重について各社との協議を通じ、下記のとおり設定した。

【前提】

- ・ DPDC、DESCOとも屋内・屋外変電所を別ファンドにて別途並行して建設
- ・ 需要が伸びていて、対応は33kVの132kV化が必須となっており、効率の良い設備更新・拡充後の設備の有効活用計画が必要となる。
- ・ 想定される負荷増に対応できる容量の設備を、設定された時間までに運転可能であるプロジェクトのみが評価される。
- ・ 前提条件として、建設候補地の所有者を確認する。仮に新規取得となった場合、その手続き期間によるプロジェクト進行

表 3-21 最有力候補地選定の評価クライテリア

No.	評価項目	最有力候補地選定の評価クライテリア	配点
1	前提条件	候補用地の用地条件	Pass or Fail
2	必要性	将来の系統計画における拠点可能性	20
3	必要性	供給需要家の重要度・数	20
4	必要性	使用可能範囲・用途制約	20
5	経済性	プロジェクトコスト概算	10
6	経済性	ビジネスモデルによる裨益	10
7	適性	環境・社会経済面の優位性	10
8	適性	電源変電所からの地中送電距離	10
総得点			100

出典：JICA 調査団

【No.1】前提条件：候補用地の用地条件

本事業の検討に際し、環境面・社会面への甚大な影響の可能性を予め回避することを前提とする。すなわち、候補地点において事業を実施する場合に、設計の如何を問わず、①大規模な土地改変 ②用地取得に伴う大規模な非自発的住民移転 が予測される場合は、その候補地を除外する。

【No.2】 必要性：将来の系統計画における拠点可能性

変電所新設のための土地取得が難しく、既所有の土地を活用して増容量する必要があることを 3.2 章にて述べた。一方、既所有の土地を最大限活用するためには既設変電所の負荷を他変電所に切り替えて、既設備を撤去したのちに更地にて新変電所を建設する必要がある。同時に負荷切り替えのためには、配電線連系が今後重要になるが、近隣かつ隣接する変電所のみが対象になることにも留意する必要がある。しかし、今後の変電所更新を見据えた負荷移転ならびに連系する負荷を賄うことが可能な変電所の存在は、現状見当たらない。

現在の各変電所の高負荷状況ならびに今後の継続した需要の伸びを考えると、各変電所の更新計画は継続する必要がある。そこで周辺変電所の数や現在の需要などを加味して、将来の拠点変電所として最も有効と目される適性の評価を行う。

【No.3】 必要性：供給需要家の重要度・数

各候補地の変電所から供給される需要家・エリアの重要度について評価する。

【No.4】 必要性：使用可能範囲・用途制約

各候補地の建ぺい率を勘案し、屋外型や屋内型、地下型のいずれが建設可能か評価する。また都市計画法など各候補地特有の法律・条令に応じて地下変電所建設に制約があるか否かも確認する。

【No.5】 経済性：プロジェクトコスト概算

地下変電所の建設費は屋外変電所や屋内変電所と比較すると、高額なるため各変電所形式での概算建設費を比較する必要がある。さらに各候補地における最適レイアウトを作成し、敷地利用要件（変電所必要面積、建蔽率等）から屋外変電所や屋内変電所の建設が可能であるか確認する。

建設可能である変電所形式における概略建設費の評価を行う。

【No.6】 経済性：ビジネスモデルによる裨益

地下変電所を設置した場合、地上部分は商業用不動産として活用可能となり、配電設備の増強に伴う配電収入に加えて、賃貸収益も期待される。但し、候補地によって配電収入、賃貸収入には差があり、期待される収益率は大きく異なるため、屋外型より高額となる地下変電所の建設に見合う十分な収益が確保されるかを見極める必要がある。ビジネスモデルによる裨益を分析するにあたっては、投資効率を分析する IRR 法を用いる。

すべての候補地点において、地下変電所建設事業としての条件（FIRR（地下）>WACC）は満されており、地下変電所の FIRR のみによる評点付けは困難である。また、プロジェクトオーナーの立場からは、変電所敷地をまったく活用しない変電所のみ建設は第一案として考えにくい。そのため、プロジェクト全体の FIRR と上部建物の FIRR に基づき評点を行う。

【No.7】 適性：環境・社会経済面の優位性

候補地間の比較にあたって、現在の環境・自然・社会条件を既存資料・データから確認した。具体的には、以下の環境項目について影響を評価した。項目の中には明らかに本事業と関連がないと考えられる内容も含まれるが、「何故無いか」について明確にする狙いがある。

①大気質 ②水質 ③廃棄物 ④土壌 ⑤騒音・振動 ⑥地盤 ⑦悪臭 ⑧底質 ⑨保護区 ⑩生態系 ⑪地形・地質 ⑫住民移転／用地取得 ⑬雇用／生計手段等の地域経済 ⑭土地利用や地域資源利用 ⑮水利用 ⑯既存の社会インフラや社会サービス ⑰社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織 ⑱被害と便益の偏在 ⑲地域内の利害対立 ⑳文化遺産 ㉑景観 ㉒ジェンダー ㉓子どもの権利 ㉔感染症 ㉕労働環境 ㉖事故 ㉗越境の影響／気候変動

なお、6 候補地点の比較にあたっては、A+/-（重大な正/負の影響が予想される）、B+/-（ある程度の正/負の影響が予想される）、C+/-（正/負の影響の程度は現段階で不明である）、D（影響は予想されない）の4段階でそれぞれの環境社会影響を評価する一方、候補地点間の相対比較を行う目的で、その程度を+3～-3の範囲で点数化した。

これらは、事業実施段階の環境社会影響を予測するための根拠となるものであり、引いては調査段階・事業実施段階の環境社会配及び対応の有り方を検討するための資料となる。

【No.8】 適性：電源変電所からの地中送電距離

地中送電は、雷などの外部要因の影響は受けづらく高信頼度であるものの、架空線と比較すると敷設コストは高額であり、運開時期を大幅に遅らせる要因となる。

また、地中送電は事故時の復旧に多大な時間を要する。事故が起きる最も多い箇所は、現地処理を行う接続部であり、接続箇所が多い（地中送電距離が長い）ほど事故の可能性は高くなる。

そこで地中送電距離の評価を行うほか、ケーブル敷設が困難と推測される河川横断を各ルート上より抽出し評価を行う。

3.10.3 選定 STEP3: クライテリアによる評価結果

前章で提案した各クライテリアに基づいて各一次候補地を評価し、最適と思われる候補地を選出する。下記はクライテリアによる評価結果であり、DESCO では Gulshan 候補地が、DPDC では KawranBazar が最適と評価されたことを示す。

表 3-22 クライテリアによる地下変電所候補地の評価表（総評）

DESCO				
No.	Evaluation Criteria	Gulshan	Uttara	Baridhara
1	Site Condition of Each Site	Pass	Pass	Pass
2	Contribution for Future Network	14	7	10
3	Importance and Number of Supplied Customer	20	10	15
4	Available Land Dimension	20	20	20
5	Preliminary Project Cost	10	9	9
6	Financial Benefit from Business	10	5	5
7	Environmental and Socioeconomic Condition	10	5	0
8	Distance of Underground Network	7	2	2
	Total	91	58	61

DPDC				
No.	Evaluation Criteria	Dhaka Univ	KawranBazar	Lalmatia
1	Site Condition of Each Site	Pass	Pass	Pass
2	Contribution for Future Network	9	20	17
3	Importance and Number of Supplied Customer	18	19	18
4	Available Land Dimension	20	20	20
5	Preliminary Project Cost	10	9	9
6	Financial Benefit from Business	5	10	5
7	Environmental and Socioeconomic Condition	5	10	0
8	Distance of Underground Network	8	10	8
	Total	75	98	77

出典：JICA 調査団

各評価の講評を下記に示す。

【No.1】 前提条件：候補用地の用地条件

既存施設・変電所がある候補地5カ所は、事業者である DPDC もしくは DESCO、Power Division が所有しており、同敷地内で建て替え等を行う限りにおいて新規の用地取得は発生しない。Gulshan 候補地は DESCO、DPDC、PGCB 社がそれぞれの施設を使用・管理しているが、Power Division が用地の一括管理をしているため、今後も使用上の問題は認められない。Kawranbazar 候補地と Lalmatia 候補地については、事業実施にあたって職員住宅を解体・撤去することになる。現在居住する職員に対しては、DPDC 社側の手配により、他の公務員宿舎等が確保されることになるため、問題はない。一方、現在空地である Dhaka University 候補地は、ダッ

カ大学が所有しており、事業が実施される場合は事業者側へ所有権を移転することで内諾が取り付けられている。公的機関間の土地所有権の移行は書類上の手続きとなる。

土地改変については、設計内容によっては地下掘削（約-27m）の可能性はあるものの、敷地面積内程度に収まる。また、各候補地とも既に整地が行われており、今後の埋立もしくは造成は不要である。

表 3-23 候補地の用地条件

	Gulshan	Uttara	Baridhara	Dhaka University	Karwanbazar	Lalmatia
現在の所有者	Power Division	DESCO	DESCO	Dhaka University	DPDC	DPDC
現在の利用状況	DESCO(オフィス・変電所) DPDC(オフィス) PGCB(変電所)	オフィス 変電所施設 倉庫 カスタマー相談所	オフィス 変電所施設	空地	変電所施設 職員住宅	変電所施設 職員住宅
敷地面積	2,700m ²	2,700m ²	2,300m ²	1,700m ²	2,800m ²	1,800m ²
新規用地取得の必要性	不要	不要	不要	所有権の移行	不要	不要
	Power Divisionが一括管理しており、使用上の問題はない。	-	-	公的機関間の所有権移行は、書類上の手続きとなる。	職員住宅に居住する職員は、実施機関側の手配による退去が自発的に行われる。	職員住宅に居住する職員は、実施機関側の手配による退去が自発的に行われる。
事業実施に伴う大規模な非自発的住民移転	予測されない	予測されない	予測されない	予測されない	予測されない	予測されない
土地改変の可能性・規模	設計内容によっては地下掘削(約-20m)の可能性はあるが、小規模(敷地面積内)に収まる。 整地済み敷地であり、埋立もしくは造成は不要。	設計内容によっては地下掘削(約-20m)の可能性はあるが、小規模(敷地面積内)に収まる。 整地済み敷地であり、埋立もしくは造成は不要。	設計内容によっては地下掘削(約-20m)の可能性はあるが、小規模(敷地面積内)に収まる。 整地済み敷地であり、埋立もしくは造成は不要。	設計内容によっては地下掘削(約-20m)の可能性はあるが、小規模(敷地面積内)に収まる。 整地済み敷地であり、埋立もしくは造成は不要。	設計内容によっては地下掘削(約-20m)の可能性はあるが、小規模(敷地面積内)に収まる。 整地済み敷地であり、埋立もしくは造成は不要。	設計内容によっては地下掘削(約-20m)の可能性はあるが、小規模(敷地面積内)に収まる。 整地済み敷地であり、埋立もしくは造成は不要。
事業実施に伴う大規模な土地の改変	予測されない	予測されない	予測されない	予測されない	予測されない	予測されない
評価結果	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

(注) 「大規模な非自発的住民移転」は、200人を超える規模を指す。「土地改変」の例として、埋立、土地造成、開墾などが挙げられる。

出典：JICA 調査団

以上より、全ての候補地において、事業実施による大規模な土地改変や、新規用地取得に伴う大規模な非自発的住民移転は発生しないため、予め除外される候補地は無い。

【No.2】 必要性：将来の系統計画における拠点可能性

各候補地、ならびに周辺の負荷の移転が行われる可能性のある既存変電所ならびに2015年の最大負荷率を下記の表に示す。

表 3-24 各候補地の周辺変電所位置、最大負荷状況（DESCO）

	Gulshan	Uttara	Baridhara
Location Map			
SS Max Load on 2015	Gulshan-1 SS : 85.4%	Uttara SS : 61.5%	Baridhara SS : 64.3%
Neighbor SS & Max Load on 2015	(1) Gulshan-2 SS : 94.6% (2) Banani SS : 83.3% (3) Niketon SS : 49.6% (4) Aftab Nagar SS : 34.7%	(1) Uttara Grid SS : 55.0% (2) CAAB SS : 42.1% (3) Dashkinkhan SS : 71.4%	(1) Gulshan-2 SS : 94.6% (2) Joar Sahara SS : 84.3%
Up-coming & On-going Projects	(1) Gulshan-3 (2) Mohakhali	(1) ADA (2) Dakshin Kahn	(1) Banani-2 (2) United Twin Tower
Evaluation	14	7	10

出典：JICA 調査団

DESCO 側では、Gulshan 候補地の既設変電所において、N-1 基準を満たさない高い負荷率を記録していることに加え、周辺にも高い負荷率を有する Banani 変電所と Gulshan2 変電所が確認された。Gulshan 候補地と比較した際、Uttara 候補地は周辺含めて負荷率がやや低いこと、Baridhara 候補地のは周辺には高い負荷率を有する変電所が 2 か所あるものの数は少なく、既設変電所の負荷もやや低い。以上より、Gulshan 候補地の既設変電所に迅速な更新・増強が求められること、複数の周辺候補地の更新も必要になる際にその負荷移転先として貢献が期待できることより、Gulshan 候補地を最も高い評価とした。

表 3-25 各候補地の周辺変電所位置、最大負荷状況（DPDC）

	Dhaka University	Kawranbazar	Lalmatia
Location Map			
SS Max Load on 2015	- : -	Kawranbazar SS : 88.9%	Lalmatia SS : 85.7%
Neighbor SS & Max Load on 2015	(1) New Ramna SS : 92.0 % (2) Azimpur SS : 72.1 % (3) Bongshal SS : 107.1 %	(1) Green road SS : 82.4 % (2) Mogbazar T&T SS : 54.7 % (3) Tejgaon SS : 94.3 % (4) Lalmatia SS : 85.7 % (5) Kakrail SS : 83.7 %	(1) Kawranbazar SS : 88.9 % (2) Jigatola SS : 81.3 % (3) Shatmosjid : 86.2 %
Up-coming & On-going Projects	(1) DMC (2) BUET (3) Biddut Bhaban SS	(1) Green Road Domitory (2) Monipuripara	(1) Asadgate SS (2) Basila-1
Evaluation	9	20	17

出典：JICA 調査団

DPDC エリアでは、Kawranbazar 候補地の既存変電所に高い負荷率が見られることに加え、周辺地域に高負荷率の変電所が 3 か所存在している。Dhaka University 候補地は周辺に 4 か所の高負荷率の変電所があるが、新設の Biddut Bhaban 変電所の負荷に余裕があるため、これを活用できることよりやや低評価とした。Lalmatia 候補地は既設変電所が高負荷を有しており、周辺にも高負荷率の変電所が 3 か所存在するがその数は Kawranbazar 候補地より 1 か所少なく、新設の Asadgate 変電所を活用できることより、比較してやや低い評価とした。以上より既設変電所自体を至近に増強する必要があること、ならびに周辺 4 か所の更新計画に貢献すると見込まれることより、Kawranbazar 候補地を高い評価とした。配点は各候補地の既設変電所の負荷率が N-1 を超過しており、迅速な更新・増強が求められる場合 8 点、N-1 を超過していない場合 4 点とした。また近隣変電所の負荷が N-1 を超過しており、更新・増強が見込める場合、1 変電所につき 3 点加点とした。

【No.3】 必要性：供給需要家の重要度・数

本プロジェクトにおける地下変電所候補地の地域特性（需要特性）および現時点での変電所供給範囲の需要密度については以下の様に推定される。また各変電所の供給可能範囲の計画

については以下の通りとなる。

表 3-26 各候補地の需要密度の現状ならびに想定

Demand Density Comparison								
Area	Typical Demand Category	Current Moment			Future Projection (2020)			Growth Ratio of Demand Density
		Maximum Demand (MW)	Supply Area (km ²)	Demand Density (KW / km ²)	Maximum Demand (MW)	Supply Area (km ²)	Demand Density (KW / km ²)	
Gulshan	Commercial Buildings (over 10 stories) (under 10 stories)	71.7	1.20	59,750	120.00	1.20	100,000	1.14
Uttara	Residential houses Factories	42.5	3.57	11,905	78.00	3.57	21,849	1.16
Baridhara	Residential houses Factories	48.0	3.33	14,414	85.00	3.33	25,526	1.15
Dhaka Univ	Commercial Building Residential houses Factories	10.0	3.33	3,003	87.85	3.3	26,381	1.72
Kawran Bazar	Commercial Buildings (over 10 stories) (under 10 stories)	39.8	3.33	11,961	102.77	3.3	30,862	1.27
Lalmatia	Residential houses	38.4	3.33	11,535	99.11	3.3	29,763	1.27

出典：JICA 調査団

対象となる地域の需要はダッカ全体の伸び率に比べても高く、年 14%の伸びが予想されている。さらに需要がひっ迫することから変電所が必要であるといえる。供給エリアの需要密度の伸びが高いと想定される箇所は Gulshan、KawranBazar：地区であり、需要密度・変電所の稼働率から変電所の建設優先順位はこの 2 エリアに絞られる。また将来の供給設備については、ビジネス・商業の中心地としての開発となるため設備事故の発生確率を最小限に抑え、且つ事故復旧が早急にできる事が望ましい。このため長距離配電線による供給は得策ではなく、中心地域に変電所を建設し隣接の変電所と系統連係を行い系統のループ構成を構築する事でより高度な設備供給を指向することが望ましい。

【No.4】 必要性：使用可能範囲・用途制約

都市計画法など土地用途を制約する条例は両社の管轄するダッカ地域にて現状存在せず、地上・地下の建蔽率の基準を満たすことのみが制約となる。建蔽率や土地形状を勘案した設置可否については 2.6.1 章にて検討を行っており、本章ではこれに基づいた総評として下記を示す。

DESCO 側の全ての候補地において地下変電所の建設が可能であること、屋外変電所の建設が不可能であることを確認した。屋内変電所については Gulshan 候補地と Baridhara 候補地にて、変電所の上部階層をビジネスモデルに使用しないとの条件付きで設置が可能であることを確認している。よって、屋内変電所と地下変電所の経済面やその他の面で比較は必要であるも

の、地下変電所建設は可能であることを確認した。

DPDC 側においては、3 候補地の全てで地下変電所の建設が可能であること、屋内変電所・屋外変電所は建設不可であることを確認した。

上記より、全候補地において経済面に優れる屋外変電所建設は不可能であり、地下変電所が建設可能であること、ならびに建設の支障となる制約・法令も無いことより、全箇所とも 20 点とした。

【No.5】 経済性：プロジェクトコスト概算

DESCO、DPDC の変電所候補地点の全てにおいて、屋外変電所を建設するための敷地面積を十分に有していないことから、屋外変電所を建設する場合は代替地点の再選定が必要である。さらに屋内変電所を建設するためには、建蔽率 50%未滿とする必要があるが、標準的なレイアウトにおいて全ての候補地点で満足できない。よって、各最有力候補地では地下変電所のみが建設可能であり、コスト評価は地下式変電所建設コストのみで比較する。各候補地において地下建物床面積に違いはあるが、建設コスト大きく影響するほどとは言い難い。またすべての変電所において土地面積としてはガス絶縁変圧器（GIT）および油絶縁変圧器（OIT）の両方が設置可能であり、GIT の単価は OIT に比較して変電機器建設費が 2 倍近くなることから、プロジェクトサイト選定の際のコスト面での評価にあたっては GIT 方式と OIT 方式の平均値コストで比較することとした。地下式変電所建設コストを比較すると、候補地により大きな差が生じないものの、既設設備撤去が必要なく比較的広い土地に機器設置できる Dhaka University サイトと、OIT について三巻変圧器のみが建設可能であり、その結果 OIT を使用した場合の機器コストが微減する Gulshan サイトの二つが建設コストを最も削減可能な地点であることが分かった。その 2 箇所を満点とし、その他同様なコストの地点を 9 点とした。

【No.6】 経済性：ビジネスモデルによる裨益

FIRR（全体）、FIRR（上部）、WACC に基づき 3 段階（0 点、5 点、10 点）の評点を設定した。0 点はプロジェクトが財務的に許容されず、上部建物を用いた賃貸事業がプロジェクトの収益にも貢献しない状況である。5 点はプロジェクトが財務的に許容されるが、上部建物を用いた賃貸事業がプロジェクトの収益に貢献していない状況である。10 点はプロジェクト全体が財務的に許容され、かつ上部建物を用いたビジネスが収益にも寄与する状況である。分析の結果、DESCO の候補地では Gulshan が、DPDC の候補地では Kawran Bazar が 10 点となり、最も望ましい候補地として選定された。また、5 点となった候補地は Uttara、Baridhara、Lalmatia、Dhaka University となり、0 点となった候補地はなかった。

（点数：条件）

0 点：WACC > FIRR（全体）、かつ WACC > FIRR（上部）

5 点：FIRR（全体） > WACC、かつ WACC > FIRR（上部）

10 点：FIRR（全体） > WACC、かつ FIRR（上部） > WACC

【No.7】 適性：環境・社会経済面の優位性

既存資料・データの収集や、簡易な現場踏査の実施を通して行った環境社会ベースライン調査結果を踏まえ、上記に掲げた環境項目（①～⑦）について候補地間の比較を行った。候補地間の比較にあたっては、DESCO 候補地 3 地点と DPDC 候補地 3 地点とに分け、工事中、供用時の影響についてそれぞれ下の 2 表にまとめた。

ゼロ・オプションを含め各候補地点間で比較を行った結果、DESCO 候補地点の間では Gulshan が工事期間・操業期間ともにもっとも優先順位が高く、続いて Uttara、Baridhara となった。

表 3-27 主な環境社会影響の比較（DESCO 候補地）

工事中		Gulshan	Uttara	Baridhara
し も し く は 「 差 異 な 」 影 響 な 	共通事項（「影響」）	<p>大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、悪臭、感染症、労働環境について、負の影響が想定されるが 3 候補地間の差異は見られない。</p> <p>底質、水象、地形・地質、水利用、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織、地域内の利害対立、文化遺産、景観、ジェンダー、子どもの権利、越境の影響／気候変動については、影響は想定されない。</p> <p>貧困層や少数民族の存在は確認されなかった。</p> <p>既存変電所設備の敷地内での建て替えであることから、土地利用の変化は発生せず、住民移転の発生は想定されない。</p>		
	周辺地域への影響	<p>対象地周辺は主に住居地域であり、事業を実施することで、工事期間中の廃棄物や騒音・振動の被害が相対的に大きくなる。このため、適切な配慮がなされない場合は地域住民から苦情が出る可能性がある（なお、ベースライン調査でも、Gulshan 候補地点に比して低い騒音レベル結果であった）。</p>		
土 地 条 件	ボーリング試験結果によると、土壌条件は良好であり、工事作業が地層に影響を及ぼすことは想定されない。	工事作業が地層に影響を及ぼす可能性がある。		工事作業が地層に影響を及ぼす可能性があり、相対的に影響はより深刻である。
	地下ケーブルの延長は DESCO3 候補地の中で最短となり、周辺地域への影響が最小化される。	地下ケーブルの延長は候補地の中で Gulshan 候補地より長くなる見込みであり、周辺地域への影響（入場制限や一時的なアクセス不可、交通規制等）がより大きくなる。		
	地下ケーブルが Gulshan 湖を横断し、また、同湖に沿って敷設される。Gulshan 湖は汚染が深刻であるため環境保護地域 (ECA) に指定されており、特別に留意することが求められる。一方、事業対象地の中に保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリ	事業対象地の中に保護区、歴史遺産、文化遺産、観光エリアは無く、天然林も存在しない。		

	アは無く、天然林も存在しない。		
評価	第1位	第2位	第3位
供用時			
	Gulshan	Uttara	Baridhara
「響なし」もしくは「差異なし」共通事項（「影響」）	<p>大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、地盤沈下、悪臭、底質に、保護区、生態系、水象、地形・地質、住民移転／用地取得、貧困層、土地利用や地域資源利用、水利用、被害と便益の偏在、地域内の利害対立、文化遺産、景観、ジェンダー、子どもの権利、感染症、越境の影響／気候変動について、影響は想定されない。</p> <p>また、廃棄物、事故、について、負の影響が想定されるも管理可能な範囲の影響であり、3候補地間の差異はない。</p>		
「響なし」もしくは「差異なし」周辺地域への正の影響	最新設備の稼働により、騒音・振動の軽減が期待できる。		
	Gulshan 地域での雇用が他候補地点より大規模であるため、便益を受ける人数が多い。	周辺地域は住居地域であることから、同地域への便益が大きい。	
	電力供給の改善により、社会インフラや社会サービスの向上が図られる。電力供給に改善によって、社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織に対する正の影響が想定される。		
「響なし」もしくは「差異なし」事業を実施しない場合との比較	<p>事業を実施しない場合に予測される以下の事項につき、回避または軽減が図られる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 既存施設設備の継続使用による劣化や老朽化の進行（排水の不備やこれに伴う悪臭の発生、土壌の汚染など） 電力供給が改善されないことによる、停電時間・頻度の増加、社会インフラや社会サービスの質の低下、ビジネスの停滞、世帯レベルの生計活動への悪影響、環境負荷の増加、労働災害や火災・電気事故等のリスクの増加、労働環境の悪化、維持管理コストの増加 		
評価	第1位	第2位	第3位
総合	1位	2位	3位

（注）候補地点間の順位付けは、ゼロ・オプションを合わせた4地点について行ったスコーピング内容及び評価を元に、主成分分析を行った結果である。

出典：JICA 調査団

DPDC 候補地点については、工事中は Dhaka University、供用時は Kawranbazar 及び Lalmatia の優位性がそれぞれ高い結果となった。なお、Kawranbazar については継続調査が必要となる。総合評価では、優先順位の高いものから順に Kawranbazar、Dhaka University、Lalmatia となった。

表 3-28 主な環境社会影響の比較 (DPDC 候補地)

工事中			
	Dhaka University	Kawranbazar	Lalmatia
なし もしくは 差異 なし 共同 事項 (影響)	<p>大気汚染、水質、土壌汚染、感染症について、それぞれ負の影響は想定されるが、3 候補地間の差異はない。</p> <p>地盤沈下、底質、保護区、水象、地質・地形、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織、文化遺産、ジェンダー、子どもの権利、越境の影響/気候変動については、影響が想定されない。</p> <p>また、貧困層居住地域及び少数民族はどの候補地周辺にも確認されてなかった。</p>		
周辺 地域 への 影響	<p>工事廃棄物や一般廃棄物が想定されるが、既存施設撤去が無いことからその量は軽減される。</p>	<p>工事廃棄物や一般廃棄物が想定される、既存施設撤去を行うため、瓦礫や金属・木の廃棄物等が発生する。</p>	
	<p>事業の実施により、工事用車両や建設機械による騒音・振動が想定されるが、大学構内であり居住の実態が周辺にないことから社会影響は相対的に低い。</p>	<p>事業の実施により、工事用車両や建設機械による騒音・振動が想定されるが、商業地域にあることから居住への影響が低く、社会影響は相対的に低い。</p>	<p>事業の実施により、工事用車両や建設機械による騒音・振動が想定され、住居地域にあることから周辺住民への社会影響が想定される。</p>
	<p>廃棄物からの汚臭の発生が想定される。しかし、大学構内であり居住の実態が周辺にないことから社会影響は想定されない。</p>	<p>廃棄物からの汚臭の発生が想定されるが、商業地域にあることから居住への影響が低く、社会影響は相対的に低い。</p>	<p>廃棄物からの汚臭の発生が想定され、住居地域にあることから周辺住民への社会影響が想定される。</p>
地域 条件	<p>用地取得及び非自発的住民移転は想定されない。</p>		
	<p>用地取得や非自発的住民移転の必要はない。ダッカ大学が所有する土地であり、DPDC はダッカ大学から土地使用権を譲渡されることになる。ダッカ大学敷地内の空地の利用であり、既存施設の撤去は想定されない。</p> <p>なお、土地利用に変化が生じる。</p>	<p>対象地周辺は発展した商業地域で、既存変電所設備の敷地内での建て替えとなり、土地利用上の変化はない。本事業による住民移転の発生や住民への影響は想定されない。しかし、道路の拡張が予測され、露店が広がる道路の一部接収が想定されるため、通勤や雇用への影響が懸念される。工事期間中は、当事者の収入の減少や、営業時間制限や一部閉店などが考えられる(具体的な影響については今後の継続調査が必要である)。</p>	<p>対象地周辺は住居地域であり、適切な配慮や措置が講じられない場合は地域住民から騒音被害等の苦情が出る可能性があるが、生計への影響その他の住民への影響は想定されない。なお、既存変電所設備の敷地内での建て替えとなるため、本事業による住民移転は想定されない。土地利用上の変化はない。</p>
	<p>地下ケーブルの延長は候補地の中で Kawranbazar 候補地より長くなる見込みであり、周辺地域への影響(入場制限や一時的なアクセス不可、交通規制等)がより大きくなる。</p>	<p>地下ケーブルの延長は DPDC3 候補地の中で最短となり、周辺地域への影響が最小化される。</p>	<p>地下ケーブルの延長は候補地の中で Kawranbazar 候補地より長くなる見込みであり、周辺地域への影響(入場制限や一時的なアクセス不可、交通規制等)がより大きくなる。</p>
評価	第 1 位	第 2 位	第 3 位
供用時	Dhaka University	Kawranbazar	Lalmatia

もしくは「共通事項（「影響なし」）」	<p>大気汚染、水質汚濁、廃棄物、土壌、地盤沈下、汚臭、底質、保護区、生態系、水象、地形・地質、住民移転／用地取得、貧困層、少数民族、土地利用や地域資源利用、水利用、被害と便益の偏在、地域内の利害対立、文化遺産、ジェンダー、子どもの権利、感染症、事故、越境／気候変動についての影響は想定されない（もしくは不明である）。</p> <p>事故の可能性が想定されるが、対応可能な範囲であり、3候補地間の差異はない。</p>		
周辺地域への影響	<p>大学敷地につき、特に影響なし。</p>	<p>対象地周辺は住居地域で、最新設備に建て替えることで、元々低かった騒音や振動がさらに低くなるため、住居地域における効果が大きい。また、労働環境が改善され、環境負荷の低減につながる。</p> <p>事業実施によって便益を受ける人数がより多い。</p>	
	<p>電力供給の改善により、社会インフラや社会サービスの向上が図られる。電力供給に改善によって、社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織に対する正の影響が想定される。</p>		
「事業を実施しない」場合との比較	<p>事業を実施しない場合に予測される以下の事項につき、回避または軽減が図られる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 既存施設設備の継続使用による劣化や老朽化の進行（排水の不備やこれに伴う悪臭の発生、土壌の汚染など） 電力供給が改善されないことによる、停電時間・頻度の増加、社会インフラや社会サービスの質の低下、ビジネスの停滞、世帯レベルの生計活動への悪影響、環境負荷の増加、労働災害や火災・電気事故等のリスクの増加、労働環境の悪化、維持管理コストの増加 		
評価	第2位	第1位（要継続調査）	第1位
総合	2位	1位（要継続調査）	3位

（注）候補地点間の順位付けは、ゼロ・オプションを合わせた4地点について行ったスコアリング内容及び評価を元に、主成分分析を行った結果である。

出典：JICA 調査団

以上より、DESCO エリアでは Gulshan 候補地、DPDC エリアでは Dhaka University 候補地の環境社会面での優位性が高い結果となった。

【No.8】 適性：電源変電所からの地中送電距離

送電線距離の配点を6点、河川横断の配点を4点とする。3.2.1 より送電線距離は候補地 Uttara と Baridhara が他の候補地よりも長く、コストが高額になり、事故の可能性が高くなる。候補地 Uttara、Baridhara は3.2.1 より、河川を横断しており、橋梁への添架などの対策が必要となる。

表 3-29 地中送電距離による評価（出典：JICA 調査団）

	Gulshan	Uttara	Baridhara	Dhaka University	Karwanbazar	Lalmatia
送電線距離	4	2	2	4	6	4
河川横断	3	0	0	4	4	4
評価結果	7	2	2	8	10	8

3.11 選定 STEP4: 最有力候補地の現況調査

調査団は、前述のクライテリアとその評価結果に基づき Gulshan と Kawran Bazar における地下変電所プロジェクトおよびその優先順位の妥当性を確認し、今後の詳細プロジェクト設計対象として選定した。その他の変電所 (Uttara、 Baridhara、 Gulshan、 Kawran Bazar、 Lalmatia、 and Dhaka University) についても既設土地の有効活用のためには地下式もしくは屋内変電所形態での更新が望ましく、地域開発による経済動向・需要の伸びに応じてプロジェクト実施を検討すべきである。

また Gulshan と Kawran Bazar 両地下変電所のプロジェクトにおいては 3.6.22 の検討の通り油変圧器は三巻変圧器のみ設置可能であり電圧運用面で問題があることから除外し、ガス絶縁変圧器を用いて設備信頼度、一般公衆を含めた防災性の向上および面積の限られた土地に変電所を構築すべくフレキシブルな冷却構造を実現することとした。

地下変電所の建設着工においては RAJUK の建設許可が必須であり、かつ地下変電所建設はバングラデシュ初の事業となることから、各配電会社は RAJUK と今後綿密な確認・協議を行う必要がある。2 箇所のプロジェクト候補地選定をうけて調査団は、各配電会社と RAJUK との協議を実施し、地上部を含めた変電所に適用される設計基準・関連する規制、都市計画上の地域動向等のアドバイスを得ることとした。その結果 Gulshan 地区の再開発も含め建築許可は上部建物を含めた総合設計にて許可申請するべきとの RAJUK 見解および、Kawran Bazar 用地の全面道路の幅については、当該土地前面部分の拡幅のみを行い当該の道幅にて建蔽率の算定が可能である運用とする方針を確認できた。

またプロジェクト詳細設計として、候補地点2カ所の既存資料調査および現況調査(建設工事可能面積の確認、既存施設の解体を含む準備工程の確認、道路付、工事機器の搬入、土砂や解体で生じる瓦礫の除去ルート等の机上検討・情報収集等)を基に、より詳細な分析を行った。なお、本事業はバングラデシュの環境影響評価対象としてはRedカテゴリに分類され、DPP提出に当たって初期環境調査 (IEE) 及び環境アセスメント (EIA) の実施及び同報告書の添付が義務付けられることから、DESCOとDPDCを支援し、バングラデシュ国内規則に基づきIEE及びEIAの提出にかかる支援を行った。次章以降に概要を示す。

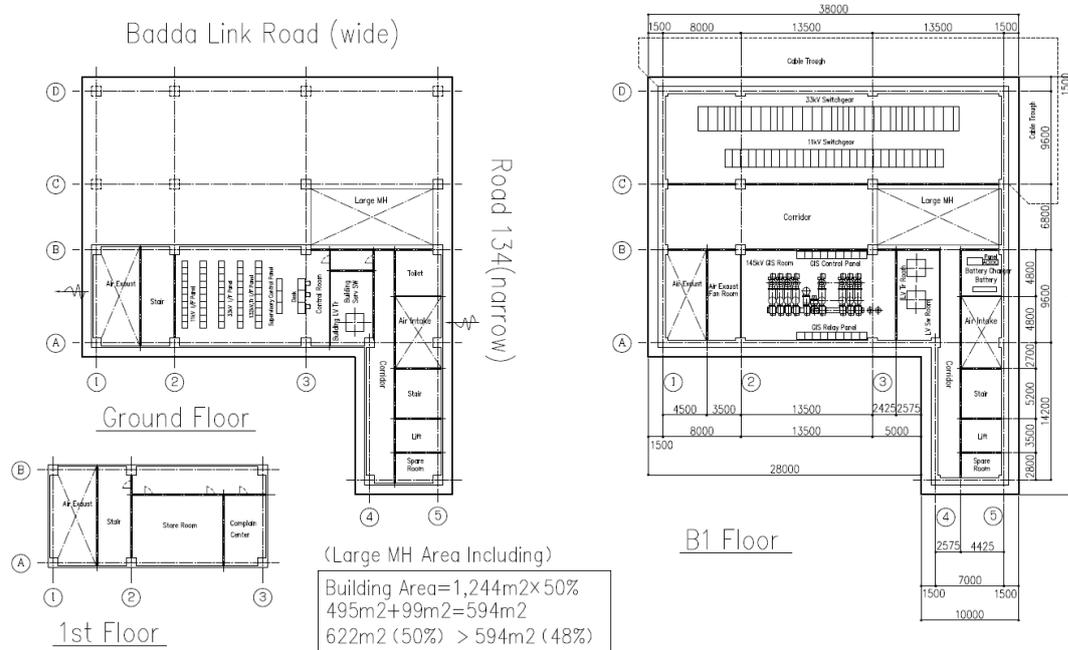
3.11.1 Gulshan 地下変電所プロジェクト概要

調査団は第1回、第2回協議において Power Division、PGCB を含めたカウンターパートに対し Gulshan 地下変電所プロジェクトの範囲を確認し、現存の DESCO オフィスの南にある、PGCB が所有・運転する 132kV 変電所設備用地、および DPDC のプロジェクトオフィスのある用地を含めた総合再開発プロジェクトとすることを確認した。

また調査団は当該プロジェクトのコンポーネントについて確認を行い、132kVDESCO 配電用変電所のほか、上部建物は Power Division 主導で DESCO、DPDC、PGCB による商業用建物とすることを確認し、同時に PGCB は当該プロジェクト用地での 230kV 変電所建設も今後検討する方針であることを確認した。このプロジェクト規模を勘案しつつ、DESCO の 132kV

地下変電所についての詳細検討を実施する。

一方 PGCB の 230kV 地下変電所のフィージビリティスタディについては PGCB の需給計画および詳細検討のニーズにより、必要と認められた場合に JICA へリクエストを検討する方向で第 2 回会議で PGCB および他カウンターパートの合意を得た。この検討については、2017 年 2 月 22 日現在、PGCB から 230kV 地下変電所の建設について Power Division 以下どのステークホルダーにも決定連絡されておらず、また関連した FS 支援依頼も JICA に連絡されていない。230kV 変電所の構造について、FS チームですでに 230KV 変電所のレイアウト素案については DESCO に共有済みであり、DESCO はこの素案の柱割りをもとに上部建物設計を検討することで進んでいる。このため PGCB の変電所 FS について依頼があった場合は、レイアウトの詳細検討のうえ上部建物との設計整合を調整する手順から始め、DESCO プロジェクトに遅延が生じないように工程検討（特に建物設計検討）を行う必要がある。



出典：JICA 調査団

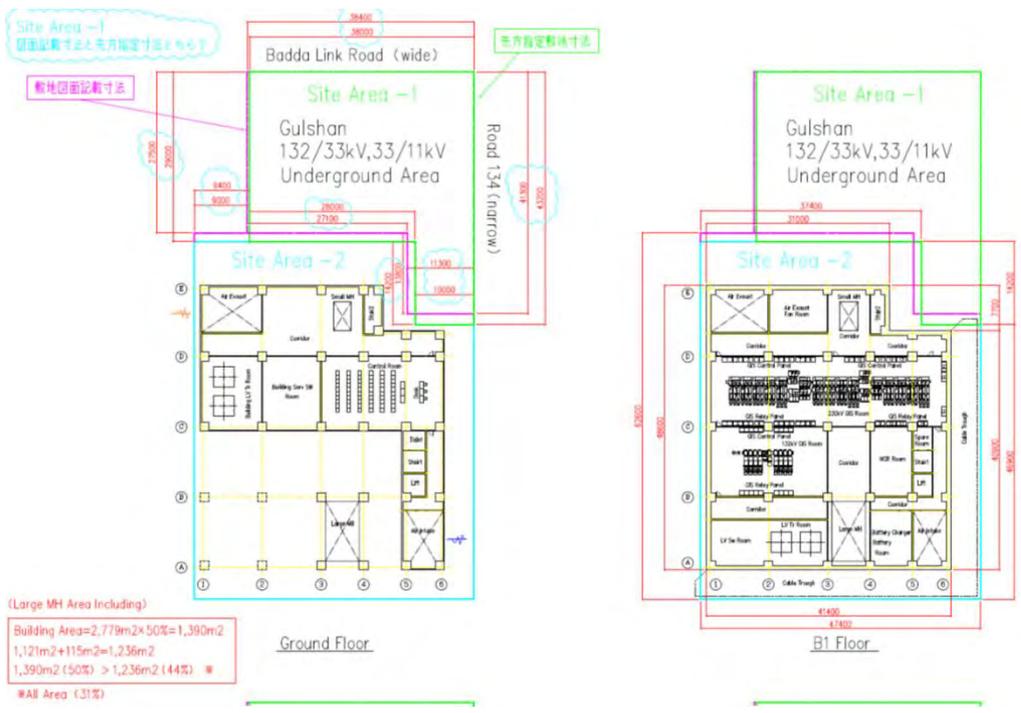
図 3-25 Gulshan 132/33/11kV 地下変電所の概略配置図（DESCO オフィス側での検討例）



(Step1. 132kV UGSS 建設) (Step2. 撤去) (Step3. 230kV UGSS と上部建物建設)

出典：JICA 調査団

図 3-26 Gulshan 用地活用のためのプロジェクト実施手順案



出典：JICA 調査団

図 3-27 将来 FS 案件候補となる、230kV 地下変電所レイアウトの素検討討図

その後、第三回調査において詳細地形調査の結果が共有され、Gulshan 変電所については METI バングラデシュ都市変電設備 PreFS から検討していた以前提示された用地形状・寸法と比較したところ、現 DESCO オフィス部分の測量結果は敷地面積が小さくなる結果となった。また、区画整理されておらず、変電所の形状が変形してしまうことが判明した。また RAJUK の定める建築基準を満たした建物構築を行うと敷地境界より道路に面している箇所は 1.5m、それ以外は 3.0m のセットバックが必要であることも加味すると、変圧器 6 ユニットを同一階層に設置することが不可能であると結論づけた。

この結果として、Gulshan 変電所については開閉器を上部建物に収納する方策、および、別の用地に地下変電所を先行して建設する案、すなわち

(方策 A) DESCO オフィス跡地に地下変電所を建設するものの、狭隘な土地のため変圧器据え付けフロアを2階層とし、変電所建物のための掘削深さを実現可能な深さに抑えるために開閉器およびコントロールセンターを上部建物に共有する案。

(方策 B) 地域再開発の一環として撤去が合意されている DPDC オフィス跡地に 132kV 地下変電所を建設し、230kVPGCB 変電所および上部建物のプロジェクトにて DESCO 跡地を含めた部分を開発する方法。

の2方策の実現方法を提案し、DESCOにて適用方策の決定および関係各所との協議調整を行うとの情報を得ている。このB案については4章にて詳細説明をおこない、ここではMETIプレFS時点設計の詳細検討としてのA案を説明する。



出典：JICA 調査団

図 3-28 Gulshan 再開発エリア詳細測量結果

この方策 A のレイアウトについては狭隘な土地への機器据え付けを行う必要があることから要求される変電所設計・施工のレベルが B と比較して高い、かつ第 3 回協議にて確認した DESCO の完全地下変電所の構築の要望に反し、過大なコストを回避するためには開閉器・コントロールルームを上部建物に設置する設計とせざるを得ない。DESCO としては可能な限り DPDC 用地の活用を検討したいとの意向を第三回協議にて示しており、本方策実現のためには上部建物設計が確定した後、変電所機能の入れ込みの検討が必要となるなど実施設計段階で詳細な技術検討が必要であり現時点で実行可能性を確定できないことから、B 案で提案する DPDC 用地の活用がなされなかった場合の最終手段としての検討という位置づけとし、本調査では B 案を推奨することを決定した。

また変電所建設費用については DPDC 用地での地下変電所建設とほぼ同等となるというコスト概算も得られているため、本レポートのレイアウト検討・コスト検討については方策 B について検討を行うこととした。参考に、方策 A についてのレイアウトの考え方は以下のとおりとなる。

方策 A の機器配置について

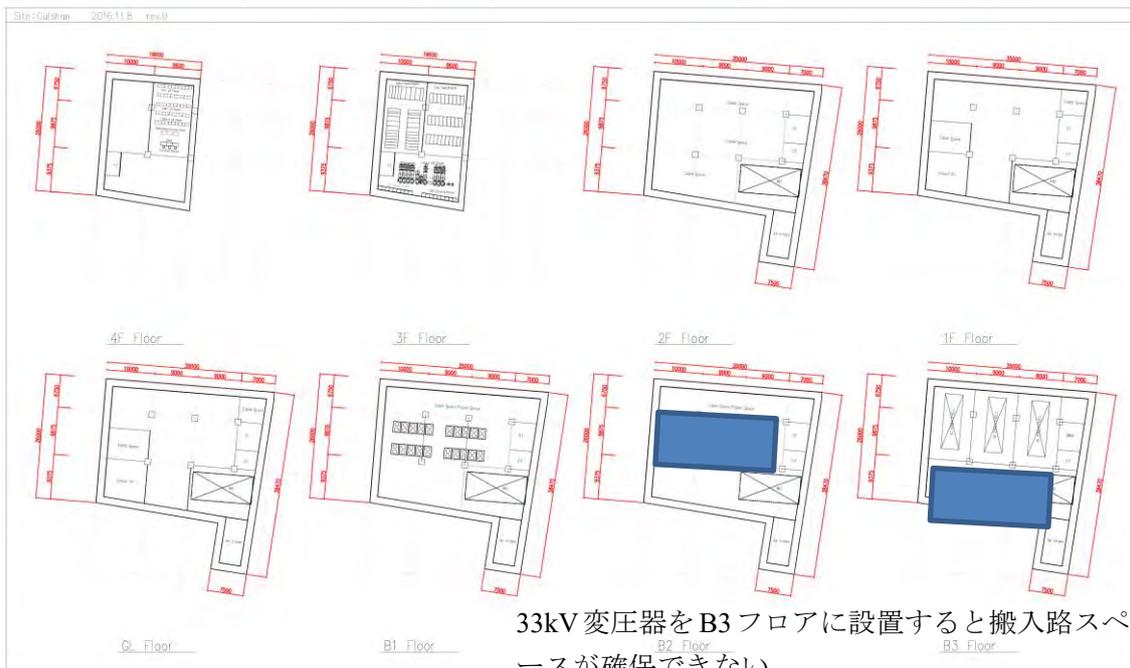
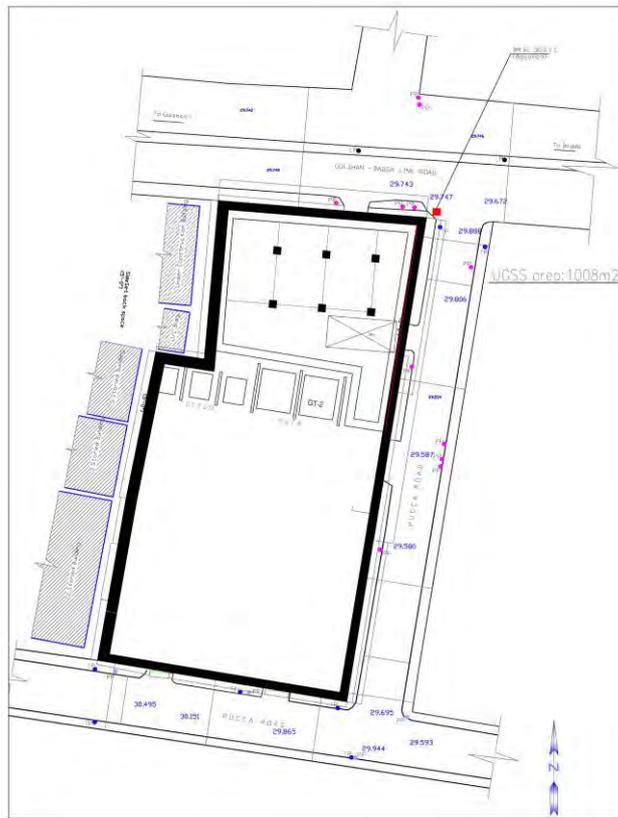
変圧器は最重量機器であるため最下階に配置することが望ましい。しかしオプション A における変電所用地面積では 132kV/33kV 変圧器 3 台、および 33kV/11kV 変圧器 3 台の計 6 台を 1 フロアに配置することは、搬入路等の必須スペースを考慮した場合不可能であると結論づけられる。これは図 3-29 において B2、B3 フロアの変圧器室の寸法と B3 フロアの搬入路寸法を変電所として使用可能な床面積と見比べることで確認ができる。そのため変圧器についても地下変電所フロアを増やした積層配置とし 132kV/33kV 変圧器 3 台を最下階、その上の階に 33kV/11kV 変圧器 3 台を配置する。

この場合、GIS やキュービクルなどの設備をすべて地下階に配置しようとする、地下 6 階構造で深さが 40m 程度となり、コストが増大してしまうため、GIS、キュービクルなどは地上階に配置する半地下変電所のレイアウトを検討した。

地上階についてはケーブルルートなどを考慮して、3 階をケーブル処理室に、4 階に GIS 等の開閉設備、5 階に制御室、配電盤室をそれぞれ配置する。この際の建物条件としては変電所外壁厚 1.5m、中柱 1.5m で検討した。またマシンハッチについては、重量機器の搬入ルートを考慮して、変電所東側にマシンハッチを配置する。また、機器搬入用スペースとして、地上 1、2 階のマシンハッチ上部スペースを確保する。

この結果、フロアレイアウト結果については下記の様に機器を配置することとした。

B3: 132kV/33kV 変圧器 3 台、B2: 33kV/11kV 変圧器 3 台、B1: 変圧器クーラー、地上 3 階: ケーブル処理室、地上 4 階: GIS、キュービクル、地上 5 階: 制御室、配電盤室。なお、地上 1、2 階は上部ビルを含めたエントランス等に活用されることが多く、商業的な価値も高いため、地上部には最低限の設備として機器搬入用マシンハッチ設備、変電所入口などの付帯設備を配置し、空きスペースは商業用などに利用する前提として設計を行った。この結果、地下深さは 25m、地上高さは 20m となった。しかし、将来の高層ビルスペース確保のため、地上 4 階、5 階は必要最小限のスペースにて検討をした。そのため、非常に狭く、機器メンテナンススペースなどを考慮すると、今後、1 スパン拡張するなどの検討が必要と考えられる。



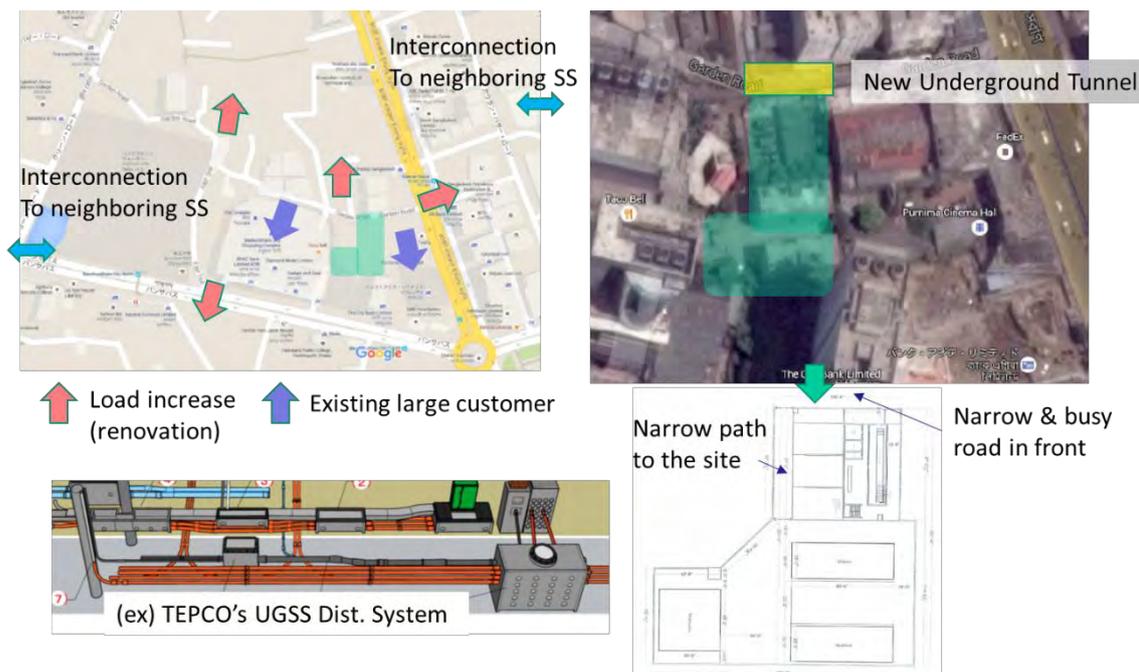
出典：JICA 調査団

図 3-29 Gulshan プロジェクト 方策 A のレイアウト検討結果

3.11.2 Kawran Bazar 地下変電所プロジェクト概要

Kawran Bazar用地は一面のみ細い道と面しており（約5.5mの道幅）、その全面道路の地下にすべての配電線を収容する必要があり、すべての機器輸送もその道を介して実施しなければならない。かつ当該道路の道幅により上部建物の建築可能な総フロア面積が大きく左右されるという制約がある。この制約のため、地中ケーブルは多層配置が可能な地中洞道に設置して設置可能ケーブル本数を増加させる必要があり、隣接変電所との配電線連系についても検討を行い変電所容量を十分活用できるような系統構成とする必要がある。

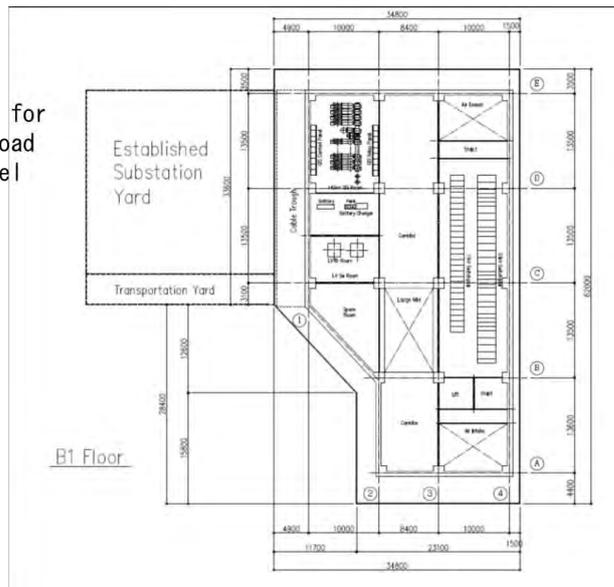
プロジェクト詳細検討においては、全面道路の拡幅を可能とし上部建物フロア面積を最大化する方策の検討をDPDCと行い、Power DivisionとDPDCは当該用地の東側の面に隣接するBPDBの土地もプロジェクト範囲として含めるオプションについてその可能性を検討中であり、12月7日現在その使用可否が決定されていない。



出典：JICA調査団

図 3-30 Kawran Bazar 地下変電所の地理的な状況について

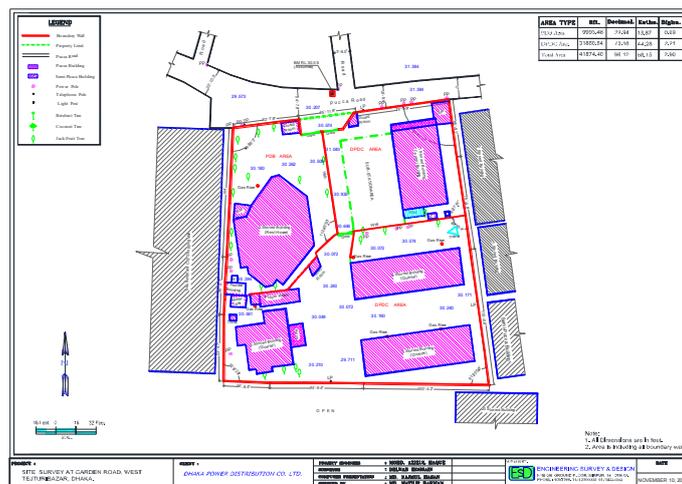
Necessary Study:
 Power Cable route
 Consultation with RAJUK for
 - Expansion of front road
 - Construction of Tunnel



出典：JICA調査団

図 3-31 Kawran Bazar 132/33/11kV 地下変電所の概略配置図

変電所設計の詳細検討に当たっては、Kawran Bazar変電所についてはMETI Bangladesh 都市変電設備PreFS 段階では検討されておらずDPDCの機器スペックおよび上記Gulshan変電所の設計を参考に検討を行った。プロジェクト検討当初に提示された敷地寸法と比較したところ、測量結果の縦横寸法に誤差があり区画整理されておらず、変電所の形状が変形してしまうことが判明した。また、敷地境界より3.0mのセットバックが必要なことも判明した。敷地面積は若干増加する測量結果となるものの、区画整理が不十分なため敷地境界線が完全な並行になっておらず隣接のBPDBレジデンスとの境界が変電所用地の効率的利用を阻んでいることが確認できた。



出典：JICA調査団

図 3-32 Kawran Bazar プロジェクト用地詳細測量結果

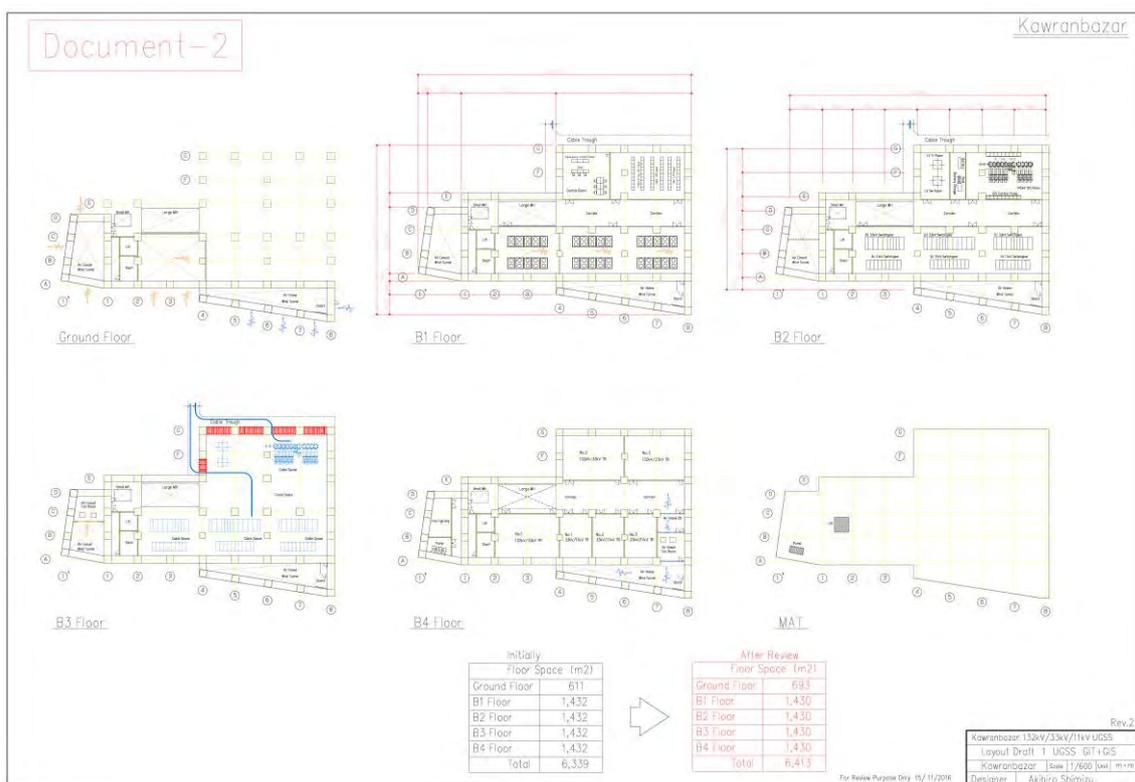
Kawran Bazarプロジェクトにおいて、RAJUKの定める建築基準を満たした建物構築を行うと敷地境界より道路に面している箇所は1.5m、それ以外は3.0mのセットバックが必要であり、なおかつ上部建物の容積率をより有利な条件とするため全面用地を6mセットバックする必要があるという特徴がある。比較的良好な用地条件のため変圧器6ユニットを同一階層に設置すること可能であるものの、BPDBの用地がプロジェクトサイトとして開発できない場合でも、既設変電所維持の必要性および上部建物設備の商業的価値の最大化のためには、BPDB用地の一部を建設時および変電所設備トラブル時には借受ける必要があり、トータルとしての効率的な用地活用ができないことをレイアウト検討で確認した。

この結果として、Kawran Bazar変電所についてはBPDB用地が確保できない場合のレイアウト、および、BPDB用地を含めて再開発するレイアウトの2種類があり、プロジェクトはBPDBレジデンス用地を取得しより正方形に近い形で上部建物を建設する方策を提案し、DPDCによるバングラデシュ側ステークホルダーの決定を待っている。



出典：JICA調査団

図 3-33 Kawran Bazar プロジェクト用地活用（BPDB 用地なし）の検討結果 1



出典：JICA調査団

図 3-34 Kawran Bazar プロジェクト用地活用（BPDB 用地なし）の検討結果 2

またKawran Bazar地下変電所用地の道路幅および隣接土地活用可否の組み合わせについてプロジェクトの財務リターンの観点からみた条件を検討するため、調査団はそれぞれの場合の収益に関する概略評価を実施した。但し、この評価は概略コストや資金調達案を用いるなどこれまでの素検討をベースとしたものであり、今後のプロジェクト設計において諸所の条件が変更されるに伴い検討結果も変化しうる。

2つの条件（全面道路拡幅および隣接土地活用可否）の組み合わせとして、以下の4ケースについて検討を行った。両条件とも貸出可能な延床面積に影響し、その結果収益にも影響を与える。例えば、全面の道幅が12mに拡幅されたケースにおいては容積率が3.5から9.5まで上昇する。A-2のケース（道路拡幅あり、隣接土地活用なし）が基本の条件であり3.9章にて検討された条件である。各ケースの番号と対応する条件は以下のとおり。

- A-1: 道路拡幅なし、隣接土地活用なし
- A-2: 道路拡幅あり、隣接土地の活用なし
- B-1: 道路拡幅なし、隣接土地の活用あり
- B-2: 道路拡幅あり、隣接土地の活用あり

1. 前提条件

(1) ケース共通の前提条件

以下の前提条件をすべてのケースに適用する。

表 3-30 全ケース共通の前提条件

	前提
Maximum Receiving Capacity	240MVA
Power Demand	70.19 MW (2021)、 10% p.a.
Power Factor	0.80
Load Factor	0.57
Distribution/Transmission Loss	9.41%
Unit Price of Power Purchase	5.56 BDT/kWh
Unit Price of Power Sales	6.90 BDT/kWh
Rentable Ratio	75%
Rent	BDT 804.8/m ²
O&M Cost (UGSS)	1% of construction p.a.
Service Cost (superstructure)	2、910 BDT/m ² p.a.
Major Repair (superstructure)	3% of construction / 20 years
Project Life	50 years after construction
Exchange Rate	JPY 105.85/USD BDT 78.41/USD

出典：JICA 調査団

(2) 財務便益

財務便益の評価においては上部建物に必要な駐車場スペースと各社の制御室の面積が商業的に貸出可能な面積に大きく影響する。コントロールセンターに関しては A-1 を B-1 に対しての、A-2 を B-2 に対しての基準とした。この前提では B-1 と B-2 では貸出可能な面積が若干増加 (B-1 : 534 m²、B-2 : 445 m²) する。

駐車場スペースについては地上建物を建設できない残り 50%の用地分を有効活用する前提を A-1 と B-1 に適用する。これは上部建物の面積制約が厳しい点を考慮している。その結果、A-1 は建物内部に駐車場スペースを必要とせず、B-1 ケースについては小規模な駐車場スペース(128 m²)となる。一方、A-2 および B-2 ケースにおいては、上部建物の 2 フロア分 (A-2 では 2,790 m²、B-2 では 3,680 m²) を駐車場と考え、収益をあげるための貸出可能面積から除外する。

(3) 財務費用

地下変電所部分についての設備投資額はすべてのケースにおいて同額であるが、上部建物についての設備投資額は当該建物の規模により変化する。上部建物の建設単価は JPY 88,000/m² (約 6000BDT/ s.q.f.) と設定した。

表 3-31 ケース別 Kawran Bazar プロジェクトコスト

A-1	A-2	B-1	B2
USD 65.7 mil.	USD 77.8 mil.	USD 68.7 mil.	USD 82.9 mil.

出典：JICA 調査団

(4) ハードルレート

資金調達方法として、借款で土木工事一式、機材、地中部分の建設費用、コンサルティングサービス一式をカバーする前提とする。一方、実施機関は事業費の残額について資金調達を行う。借款については 5% をバングラデシュ政府からの転貸時の支払利息として考慮した。資金調達コストについては各実施機関の期待収益としてとらえることができ、上部建物と地下変電所それぞれに対する期待収益率が異なるため（地下変電所 15%、上部建物 20%）、それぞれの費用を案分して加重平均の株式コストを算出した。

2. 検討結果

上部建物の収益性を検証するため、本分析においては FIRR（全体）、FIRR（上部）、および FIRR（地下）をそれぞれ計算した。また、参考として NPV も計算している。すべての条件において FIRR（全体）は WACC 値を上回っていることからすべてのプロジェクトケースにおいて財務的には実施可能である。FIRR（全体）はケース間での変化が少ないが、これは主たる財務便益が地下変電所からのものであることに起因する。FIRR（上部）もすべてのケースにおいて WACC を上回っており、Kawran Bazar におけるオフィス賃借事業は実施可能と確認できた。A-1 における FIRR（上部）は A-2 および B-1 と比較して低い。これは道路拡幅と隣接土地活用が賃貸可能面積を拡大し、投資の収益性に大きな影響を与えるためである。その点を踏まえると、DPDC はプロジェクトの収益性・実施可能性の向上のため道路拡張・隣接土地活用について関係機関との調整を行うべきである。注意すべき点としては、上部建物の延床面積が大きくなるほど WACC も上昇することである。これは実施機関の自己資本投入により上部建物を建設する前提に起因している。株式コストが債務コストよりも高く、かつより広い上部建物建設には DPDC からのより多額な自己資本出資が必要となる。そのため、B-2 ケースのように上部建物開発面積を増加させる場合には、DPDC 自己資本出資をバングラデシュ政府からの借入金等により低減させることが推奨される。

表 3-32 Kawran Bazar における 4 ケースの NPV と FIRR

	A-1	A-2	B-1	B-2
Superstructure Floor Area (m ²)	4、185	18、135	7、523	23、920
Rentable Area (m ²)	1、883	10、463	4、290	14、134
Rent (2016、 BDT/m ²)	804.8	804.8	804.8	804.8
FIRR (Whole、 %)	8.66%	8.64%	8.70%	8.65%
FIRR (Superstructure、 %)	6.56%	8.14%	8.03%	8.29%
FIRR (UGSS、 %)	8.77%	8.77%	8.77%	8.77%
NPV (Whole、 US mil.)	40.19	33.71	39.43	31.03
NPV (Superstructure、 US mil.)	0.88	5.77	3.14	6.89
NPV (UGSS、 US mil.)	39.32	27.95	36.29	24.14
WACC (%)	5.19%	5.89%	5.36%	6.17%

出典：JICA 調査団

4. 地下変電所建設プロジェクトの技術検討

4.1 将来の変電所・ネットワーク形態

本プロジェクトにおいて、Gulshan変電所ならびにKawran Bazar変電所では、132kV/120 MVA変圧器3台を有する変電所になり、変圧器1台故障しても供給支障が生じないN-1基準を考慮すると、240MVA相当を送電することになる。この容量を確保するための132kVの地中送電線における送電容量は、METIバングラデシュ都市変電設備PreFS と本プロジェクトの環境は同様であるため、132kV地中送電線1回線あたり170MVAを仮定した。よって変電所要求の240MVAを確保するためには、3回線の132kV受電線を確保することで、N-1を考慮しても2回線分である340MVAが確保可能となる。

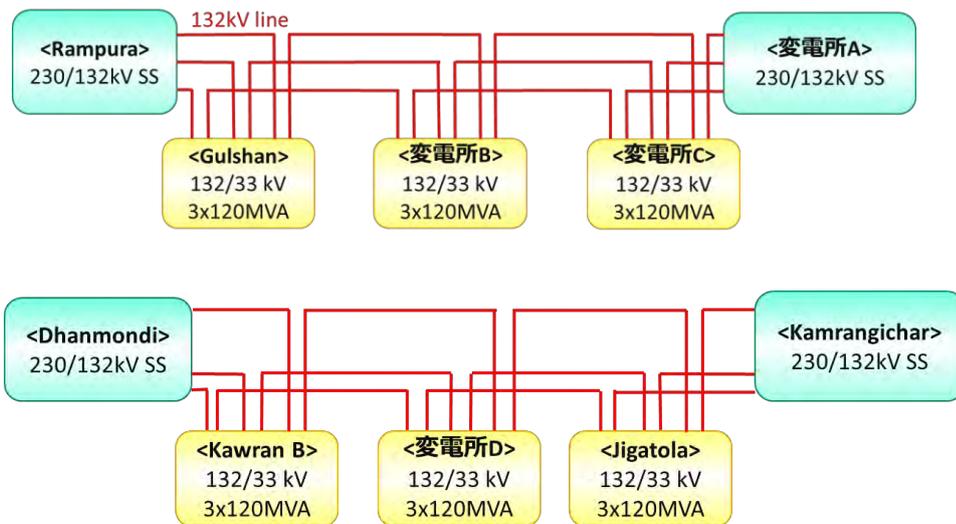
具体的な電源変電所の指定は2.3章記載のとおり協議によって決定され、本プロジェクトにおいては、下図のように230/132kV Rampura変電所ならびに230/132kV Dhanmondi変電所から3回線を受電する形態を想定している。本プロジェクトにおいては、DESCO/DPDC社との協議により、Rampura変電所から2回線、Dhanmondi変電所から3回線を借款対象として、DESCOの残り1回線は自社にて至近年に建設される事を確認している。



出典：JICA調査団

図 4-1 本プロジェクト運用開始時のネットワーク形態

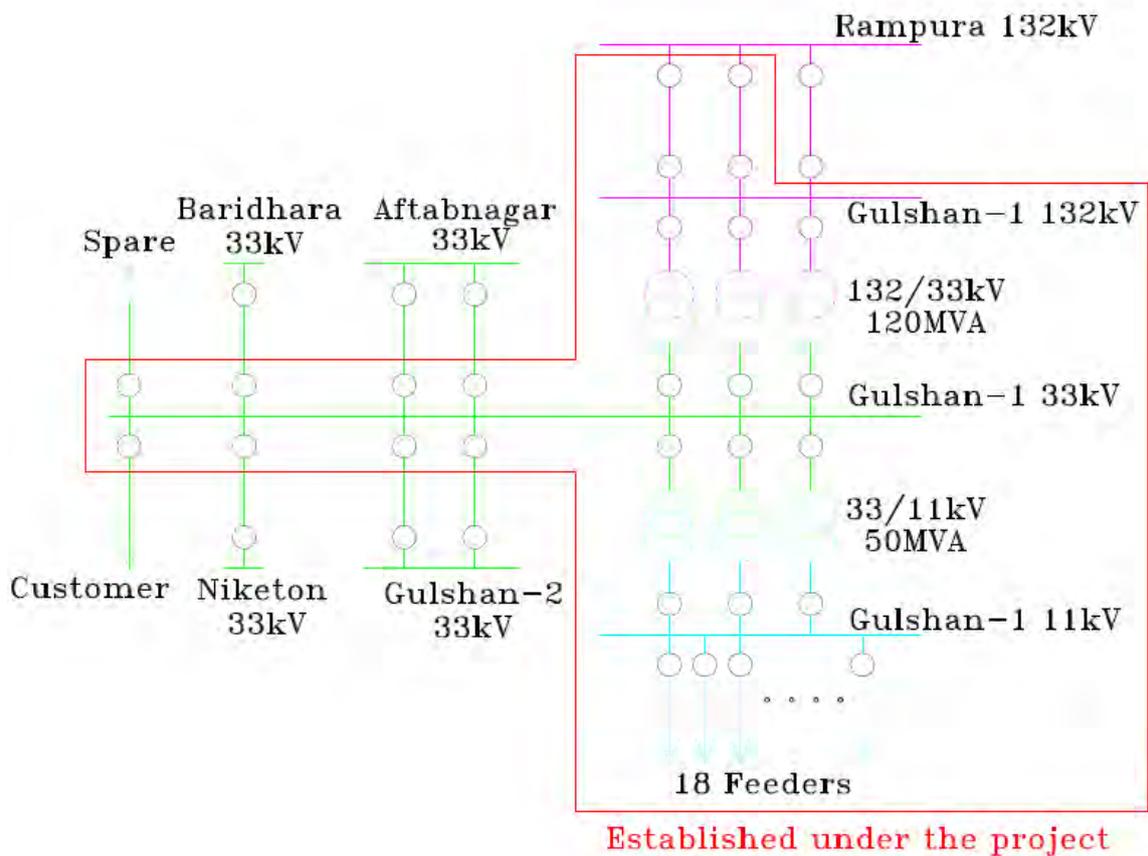
この形態は単一設備の故障が発生しても、供給に支障が生じない形態となっており（n-1基準）、供給信頼度が保たれている。しかし、230/132 kVと132/33 kVの変電が対となっており、効率性に欠けるほか、電源変電所の母線にて事故が生じた場合には2回線が脱落する可能性もある。3.5章にて確認したとおり、両変電所は将来系統の拠点ともなる重要な変電所であり、より高い信頼度がある事が望ましい。そこで将来的には下図のように2電源変電所の間には3変電所が関係する形態にすることにより、より効率的かつ信頼度の高いネットワークを構築していくことが望ましく、実施機関であるDESCO、DPDCとも将来の系統拡充の方向性として合意を得た。



出典：JICA調査団

図 4-2 将来目指すべきネットワーク形態の例

また、本プロジェクトにおいて建設される2変電所からの送電先を含めたスコープ図を下記に示す。



出典：JICA調査団

図 4-3 Gulshan変電所のプロジェクトスコープ

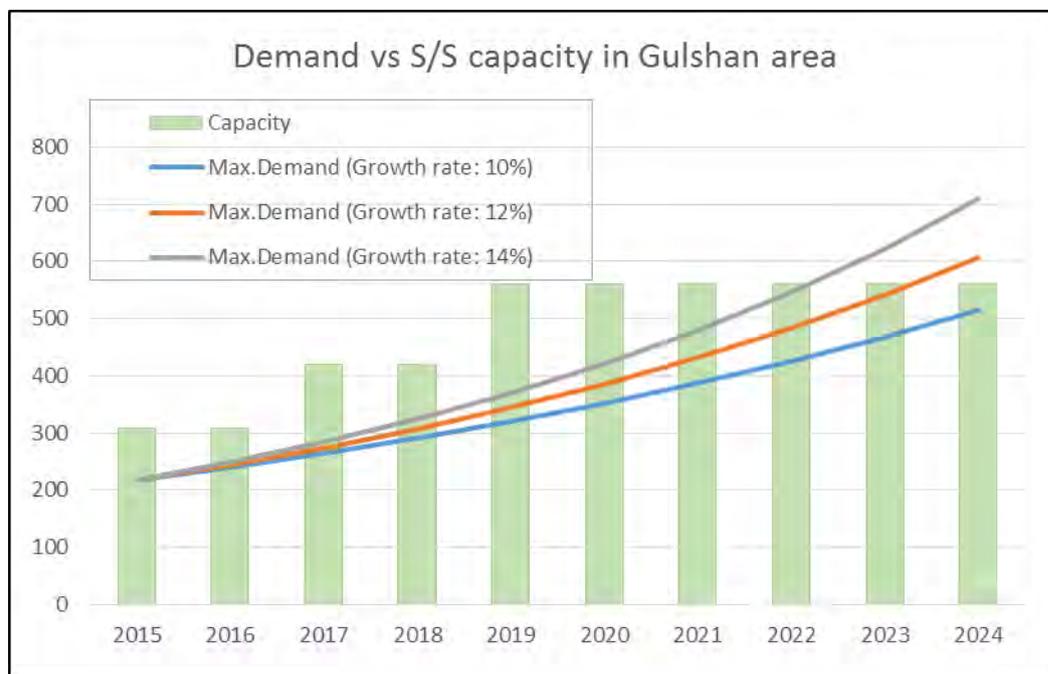
4.2 対象変電所周辺の電力需給検討

3.2 章において、変電所間の負荷融通は連系されている隣接変電所のみとの間で可能であること、遠方からの配電が非効率であることを述べた。これは、ある電力需要地域に供給するためには、その周辺に必要な容量を持つ変電所が存在していることが不可欠かつ望ましいことを意味している。そこで本稿では、対象変電所が建設される地域における局所的な需給バランス、対象変電所を設置することの有効性について述べる。

本検討は先に述べた変電所拡張計画より「既設変電所ならびに実現性の高い変電所計画の総容量」と、「2015年断面での電力需要ならびに両社配電マスタープランに基づく需要の伸び率（12%）」を比較することにより、需給バランスについて検討を行うものとした。加えて、電力需要の伸び率が想定超となるケース（14%）、想定以下のケース（10%）についてもあわせて検討を行った。具体的には、各変電所の2015年の需要実績より各伸び率を乗じたものならびに変電所総容量は先に示した拡張計画の表より対象変電所と連系可能性のある変電所を抽出し、その運用開始時期に容量を加算することで算出することとしている。

4.2.1 Gulshan 変電所周辺の需給バランス

下記に Gulshan 変電所周辺地域における需給バランスを示す。本グラフにおいて棒線グラフが変電所容量、折れ線グラフが電力需要を示しており、棒線グラフより下に折れ線グラフがあれば供給力が確保できているものとした。



(出典：JICA 調査団)

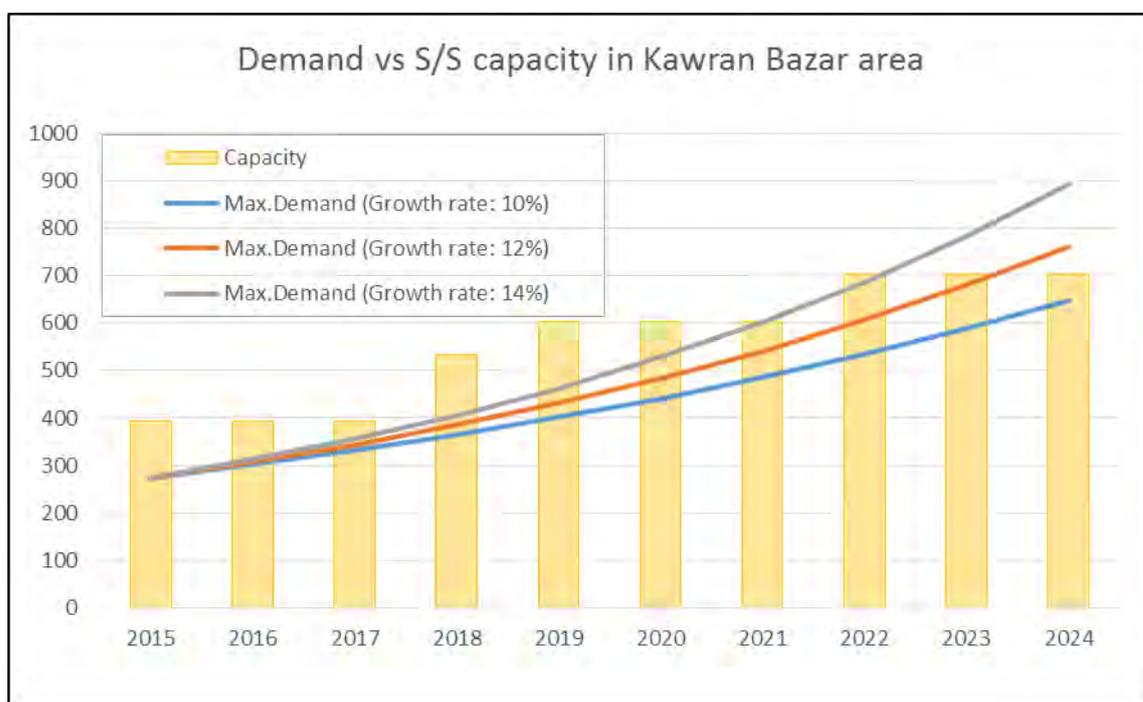
図 4-4 Gulshan 変電所周辺地域における需給バランス検討

上図において、基本ケースでは2024年、想定超のケースでは2023年、想定下のケースでも2025年には最大需要が変電所容量を上回る可能性があることを示している。結果、今後この地域において変電所増設や新設が無い場合、電力需要をまかなうことが困難となる。

また、先に示した変電所拡張計画において、Gulshan-1 変電所に連系の可能性がある変電所はこれ以上計画されておらず、今後ファンドの獲得とともに用地取得の困難に直面する可能性は極めて高い。

留意点として、電力安定供給の目安となる N-1 の確保を考慮すると変電所総容量の50～66%程度に電力需要が収まっていることが望ましいが、どのケースにおいてもそれだけの容量は確保できていないことが確認できる。

4.2.2 Kawranbazar 変電所周辺の需給バランス



(出典：JICA 調査団)

図 4-5 Kawran Bazar 変電所周辺地域における需給バランス検討

グラフの諸条件は DESCO のケースと同様であり、考察についても変電所新設や増設が無いと、今後必要な容量確保が難しくなることを示している。

上記は検討の留意点として、下記に述べているような変電所容量の増加要素や、最大デマンドの下げ要素を考慮する必要があり、実際に供給力不足に陥るのはもう少し先になる可能性も考慮する必要がある。

【変電所容量の増加要素】

- ✓ 既設変電所における変圧器増設の可能性はある。ただし変圧器設置スペースに限りがあるため最大で 100MVA 程度の上乗せに留まると推測され、変電所新設が無いと供給困難になることは確実。
- ✓ この地域において、変電所の新設が可能になること。ただし、ファンドや用地取得が必須であり、インタビューによると用地取得がまず困難な地域。

【最大デマンドの下げ要素】

- ✓ マスタープランにおける需要伸び率 12%を下回る可能性があること。GDP 伸び率は 8%程度。
- ✓ この地域外の変電所と地域内の変電所との負荷切替を可能とすること。ただし、現状の連系容量はゼロであり、今後実施機関が配電線増強による連系努力しても最大 50MVA 程度にとどまると推測される。
- ✓ 不等率（全需要家の最大デマンドは同時刻に出るわけではなく、時間差があること。）を加味すると、実際の最大需要は少ないと推測される。

ただしどの要素も不確定要素が強いうえ、新設や増容量などの抜本的な対策がなされない限り、容量不足に悩み続けることとなることは確実である。かかる状況下、周辺変電所のリプレース時に負荷の移転先として活躍すると期待される本プロジェクトの地下変電所は 2023 年に運用開始が見込まれており、負荷率が年々高まる周辺変電所を考えると、その負荷移転を吸収できるギリギリのタイミングと言える。仮に遅れた場合、地下変電所を除く全ての周辺変電所の負荷が飽和状態となり、地下変電所のみでの負荷移転をまかなうことが困難になる可能性が高い。

また、2023 年以降においても用地不足に悩む実施機関において地下変電所の建設・リプレースという選択肢を入手することとなり、電力託送機関として今後も責任を果たすことを可能にすることと期待される。

4.3 変電所電気設計検討（METI バングラデシュ都市変電設備 PreFS 設計のレビュー）

DESCO、DPDC 各社にて実施した変電所候補地の詳細地形調査（Digital Survey）結果を第三回打合せにて受領し地下変電所の詳細設計を実施した。

この詳細検討にあたって機器レイアウト検討上重要となる、地下変電所建物の柱位置および柱・壁サイズについては、各社の上部建物構造および位置、仕様用途が明確に決定されてい

ない現在では建物設計上必要な柱位置・サイズが特定できないことから、変電所上部に 13 階建てのオフィスビルが建設されるという前提とし、上部建物と変電所建物の柱は偏心がなく、下部変電所建物の壁部の柱も上部建物と可能な限り共有することで上部の構造体として強い設計となる前提とした。

また変電所建物構造として使用可能スペースを最大化しながら建物強度を確保するために日本で行われている SRC 建物構造を一部分活用する前提としている。この前提についてはプロジェクト設計をより現実的な仮定のもとで行うためのものであり、実際の建物設計にあたっては上部建物の活用方法、ビルの意匠設計および地下変電所設計の協調、バングラデシュにおける建物設計の実態に合わせ変電所運転信頼性が確保できることを前提として、レイアウト・上部建物との協調を図る必要があり、そのために地下変電所と上部建物構造との設計協調について日本の技術支援が必要であるとプロジェクトでは結論づけた。この検討詳細については変電所建物および上部建物の設計検討ののち、その設計協調の節で詳しく述べる。

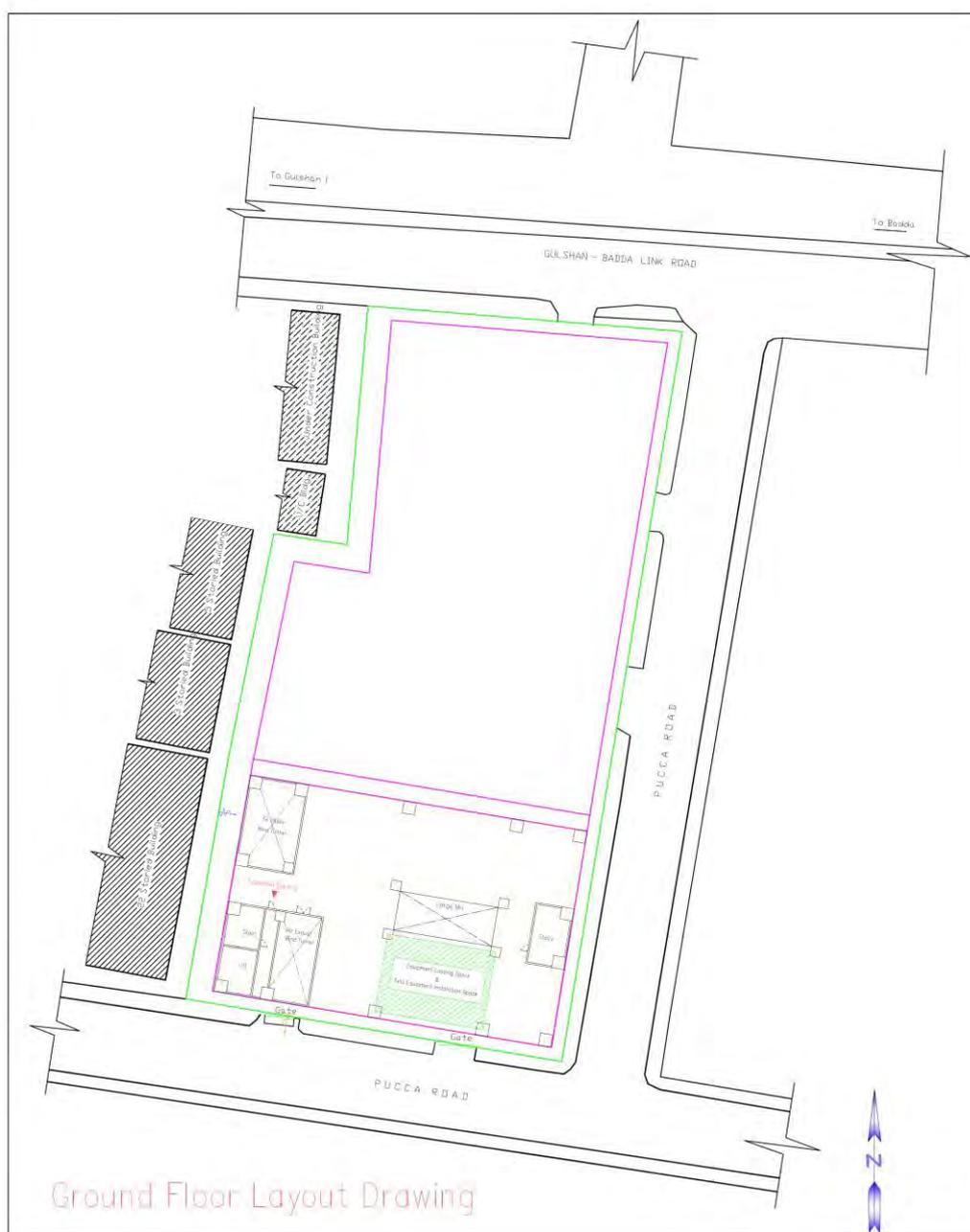
4.4 Gulshan 変電所プロジェクト FS 設計検討

前節で述べたように、詳細地形調査の結果から、Gulshan 変電所については METI FS 段階から検討していた以前提示された寸法と比較したところ、現 DESCO オフィス部分の測量結果からは敷地面積が小さく変電所用地の形状が長方形でなく変形があることが判明した。この結果、前節で述べた通り Gulshan 変電所のレイアウト検討段階におけるフロア設計の考え方については、以下の通りとした。

機器配置について

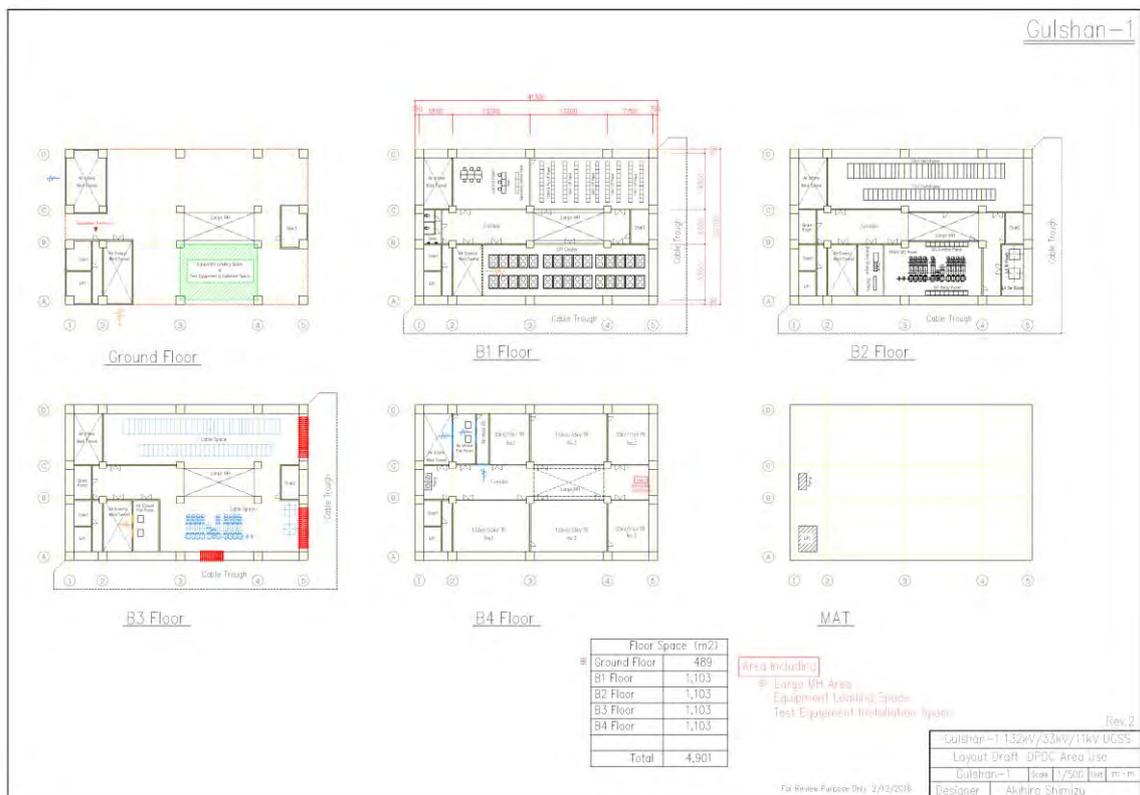
変圧器は最重量機器であるため最下階に配置することが望ましく変電所用地面積を活かし 1 フロアに 132kV/33kV 変圧器 3 台、および 33kV/11kV 変圧器 3 台の計 6 台を配置することとした。また搬入路等の必須スペースを考慮し風洞についてもルート確保を行った。また DESCO の要望に従いコントロールルームを含めた GIS やキュービクルなどの設備をすべて地下階に配置するレイアウトを採用し、地下 4 階構造で深さが 27m となった。今後上部建物の用途およびデザインが決定した後、ES による地下変電所プロジェクトの詳細設計検討においては、建設コスト削減を指向してコントロール室、GIS、キュービクルなどは地上階に配置する半地下変電所のレイアウトを検討することが望ましい。本検討において建物条件としては変電所外壁厚 1.5m、中柱 1.5m で検討した。機器搬入・搬出に使用するマシンハッチについては、重量機器の搬出入ルートを考えて、変電所東側にマシンハッチを配置する。この結果、フロアレイアウトについては下記の様に機器を配置することとした。B4: 132kV/33kV 変圧器 3 台および 33kV/11kV 変圧器 3 台、B3:変圧器クーラー、B2:ケーブル処理室、B1:GIS、キュービクル、制御室、配電盤室。なお地上階は上部ビルを含めたエントランス等に活用さ

れることが多く、商業的な価値も高いため、地上部には最低限の設備として機器搬入用マシンハッチ設備、変電所入口などの付帯設備を配置し、空きスペースは商業用などに利用する前提として設計を行った。この結果、地下深さは27m、地上高さは風洞設計によるが10m程度で抑えられる結果となった。



出典：JICA 調査団

図 4-6 Gulshan 変電所地上部レイアウト図 (PLAN B)



出典：JICA 調査団

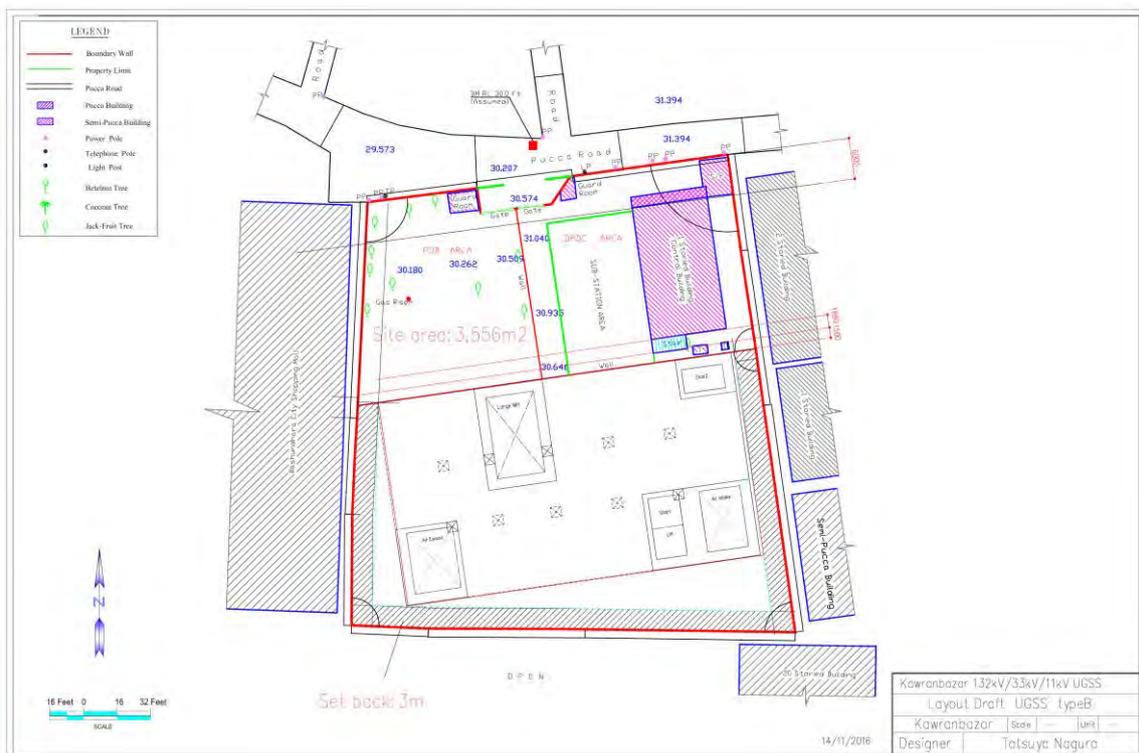
図 4-7 Gulshan 変電所 詳細設計レイアウト図 (PLAN B)

4.5 Kawran Bazar プロジェクト FS 設計検討

Gulshan の場合と同様に、Kawran Bazar 変電所については比較的良好な用地条件のため変圧器 6 ユニットの同一階層に設置することが可能であり、BPDB の用地がプロジェクトサイトとして開発できない場合と、BPDB の土地を習得する場合の 2 レイアウトの検討を行った。前章 3.5.1.6 での検討の通り BPDB の土地を含めたレイアウトのほうが変電所機器の緊急時修理の対応およびビルの商業的価値の観点からプロジェクトとして現実性が高いことが確認された。この結果を基に、BPDB 所有の土地も活用した Kawran Bazar 変電所のレイアウト検討段階におけるフロア設計の考え方については、以下の通りとなった。

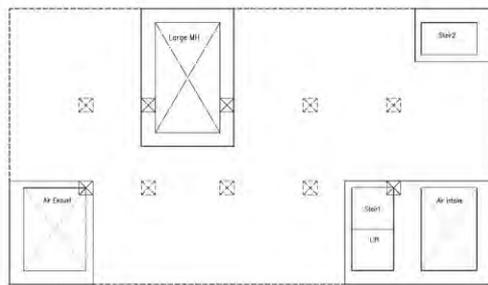
レイアウト機器配置について、変圧器は最重量機器であるため最下階に配置する。そのため 132kV/33kV 変圧器 3 台、および 33kV/11kV 変圧器 3 台の計 6 台を B4 に配置する。その上部階には変圧器冷却のためのクーラー室を設置する。GIS 等の開閉設備、制御室、配電盤室を 1 フロアに配置する。制御室は常時所員がいるため、移動が容易な地下 1 階とした。また、各変電所間のケーブルルートを考慮して北側に開閉設備を配置する。そのほか、変圧器と各開閉設備間のケーブル処理用に 1 フロア設置する。

変電所構造については、GIS やキュービクルなどの設備をすべて地下階に配置する地下 4 階構造とし、深さが 27m となった。また、変電所外壁厚 1.5m、中柱 1.5m で検討した。マシンハッチについては重量機器の搬出入ルートを検討して、変電所北側にマシンハッチを配置する。しかし BPDB の敷地地上部に構造物を建設しないことで、常に搬出入ルートを確認する必要がある。変電所レイアウトをまとめると、B4: 132kV/33kV 変圧器、33kV/11kV 変圧器、B3:変圧器クーラー、B2:ケーブル処理室、B1:GIS、キュービクル、制御室、配電盤室、地上: 機器搬入用マシンハッチ設備、変電所入口などの付帯設備を配置するとなる。また用地空きスペースは商業用などに利用することが可能である。今後のプロジェクト実施段階においては上部建物設計との協調により最適化を図ることとなり、主に地上 1 階、2 階の構造にあわせて冷却システムや換気設計面からクーラー室を地下 1 階に配置する検討が予想され、その際には SAPI や ES のコンサルチームによる機器配置階の入れ替え検討が必要となると推定される。

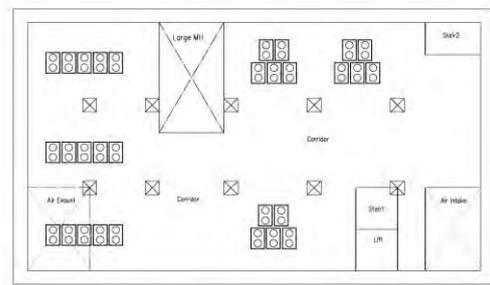


出典：JICA 調査団

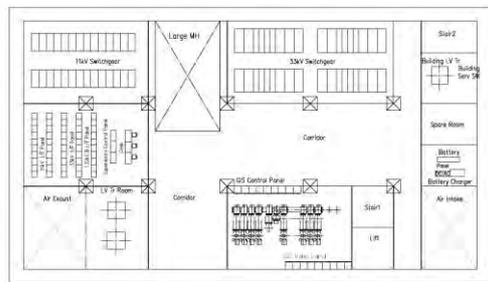
図 4-8 Kawran Bazar 変電所地上部レイアウト図 (PLAN B)



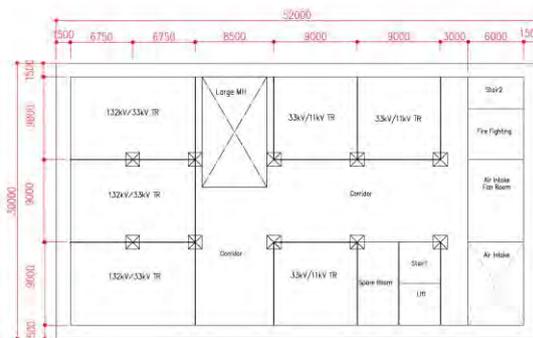
Ground Floor



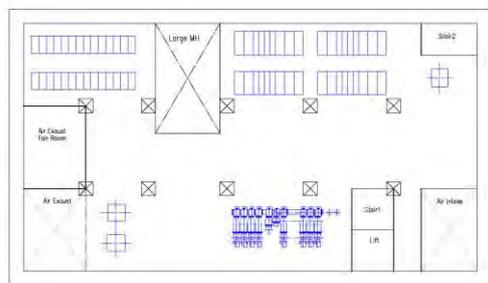
B3 Floor



B1 Floor



B4 Floor



B2 Floor

Floor Space (m2)	
Ground Floor	478
B1 Floor	1,560
B2 Floor	1,560
B3 Floor	1,560
B4 Floor	1,560
Total	6,718

出典：JICA 調査団

図 4-9 Kawran Bazar 変電所 詳細設計レイアウト図 (PLAN B)

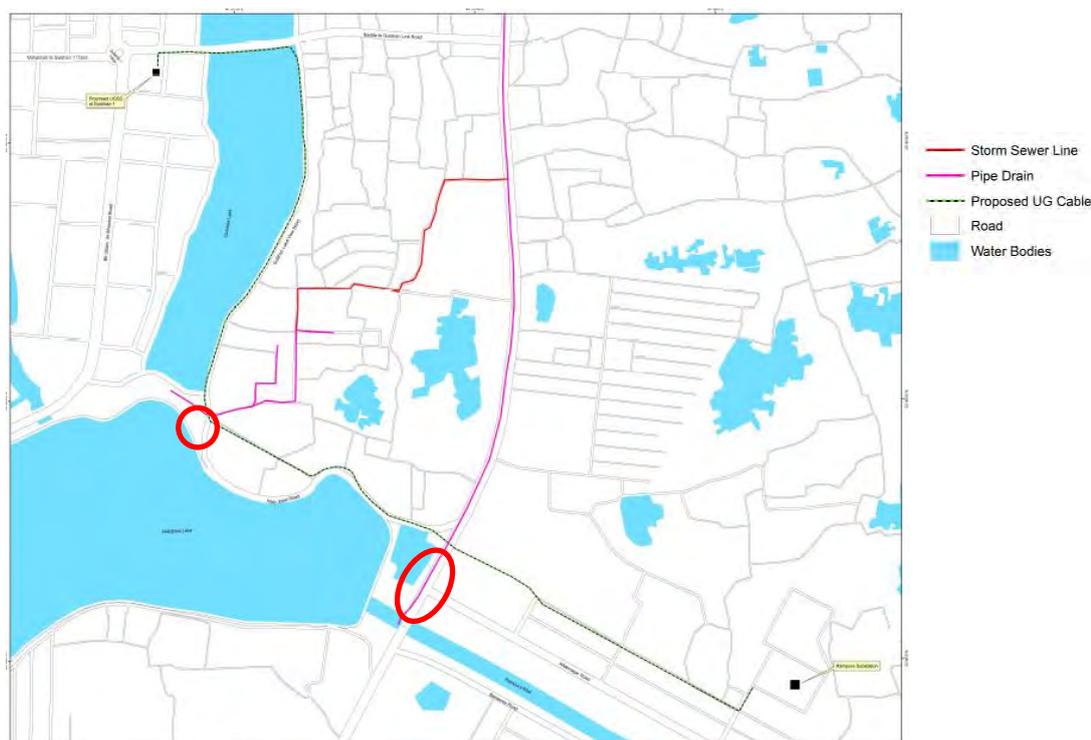
4.6 送配電設備設計

4.6.1 地中送配電線ルート

地中送電線ルートについては3章にて検討した送電線地中埋設ルートについてルート調査を実施した。DESCO、DPDC 各社において候補地点の提案を受けた地点と電源変電所からの地中送電線敷設（布設）を検討する。地中送電線のルートについては、ルート、湖横断及び地下変電所引き入れ等の調査、検討を行い、DESCO 及び DPDC とも十分な協議を行ったうえで、最終事業候補地（2カ所）について、地中送電線敷設（布設）について工事の際の環境社会的側面の懸念事項も明らかにする。地中送電線ルートについて3章にて検討を行ったが、下記では、他インフラによる埋設物の影響について検討する。

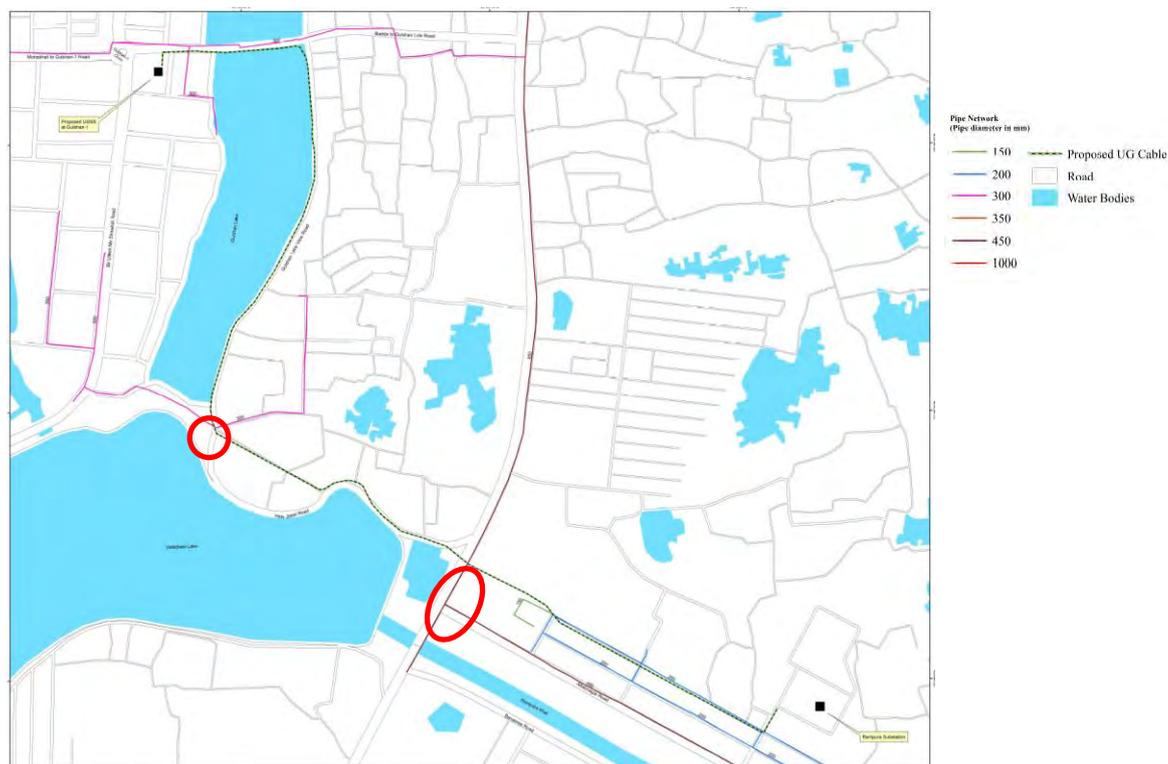
4.6.1.1 地中送電線ルート Gulshan – Rampura 間

下図に地中送電線ルート Gulshan-Rampura 間における排水管及び水道管の布設状況を示す。



(出典：調査団 CEGIS による調査)

図 4-10 Gulshan – Rampura 間の排水管布設状況



(出典：調査団 CEGIS による調査)

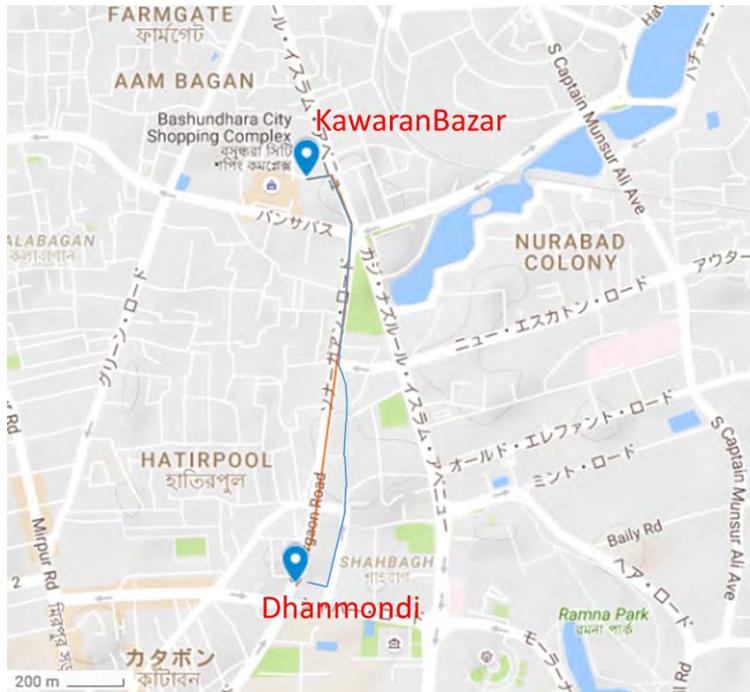
図 4-11 Gulshan – Rampura 間の水道管布設状況

上図の赤色で囲った箇所は、排水管または水道管を布設する地中送電線が横断する箇所となる。横断する箇所については、運営者である WASA と事前に協議し、試掘により埋設管の位置を確認する必要がある。

Gulshan 湖を横断する道路には、既設の 132kV ケーブルが埋設されており、さらに水道管が埋設されていることが判明した。そのため、新設ケーブルを布設できる地中スペースがあるかどうかを試掘により確認する必要がある。埋設可能なスペースがない場合、道路端に添架する等、他手法により対応する。

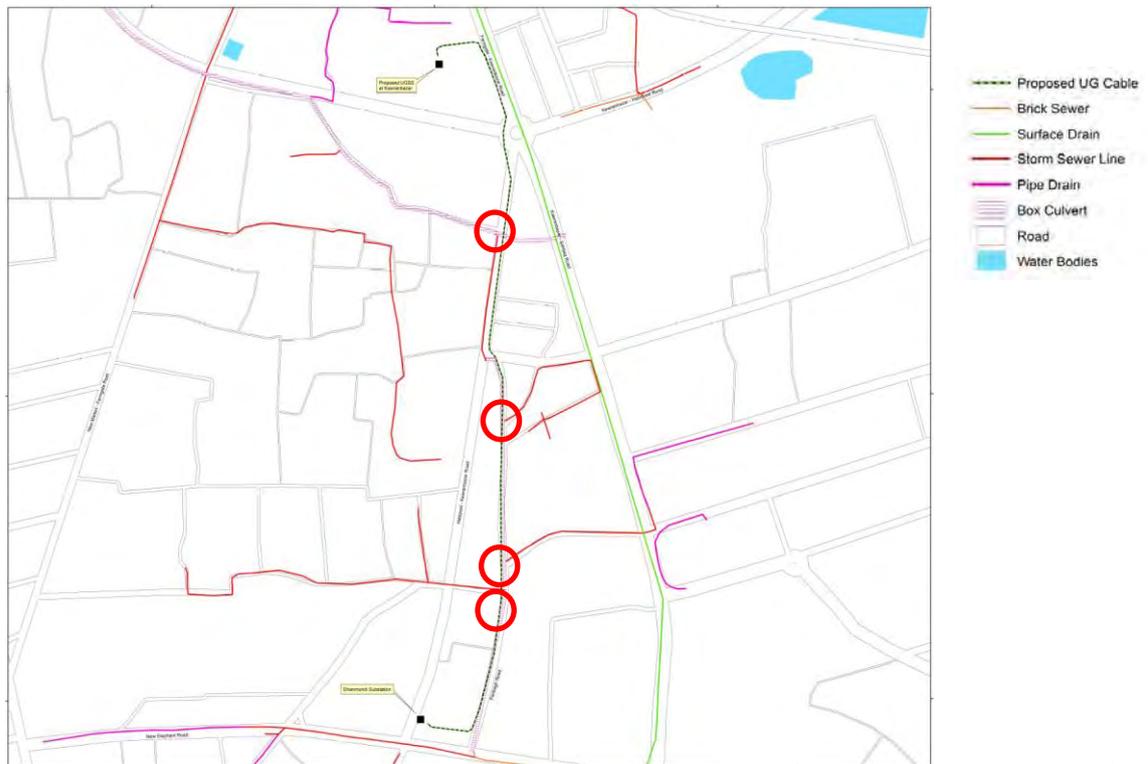
4.6.1.2 地中送電線ルート Kawaran Bazar -Dhanmondi 間

図 3-21 で Kawaran Bazar -Dhanmondi 間の地中送電線ルートを示したが、その後の DPDC との協議により、交通量が多い Sonargaon Road を極力避けたルートとすることで話がまとまった。変更となったルートを下図に示す（橙線：協議前、青線：協議後）。



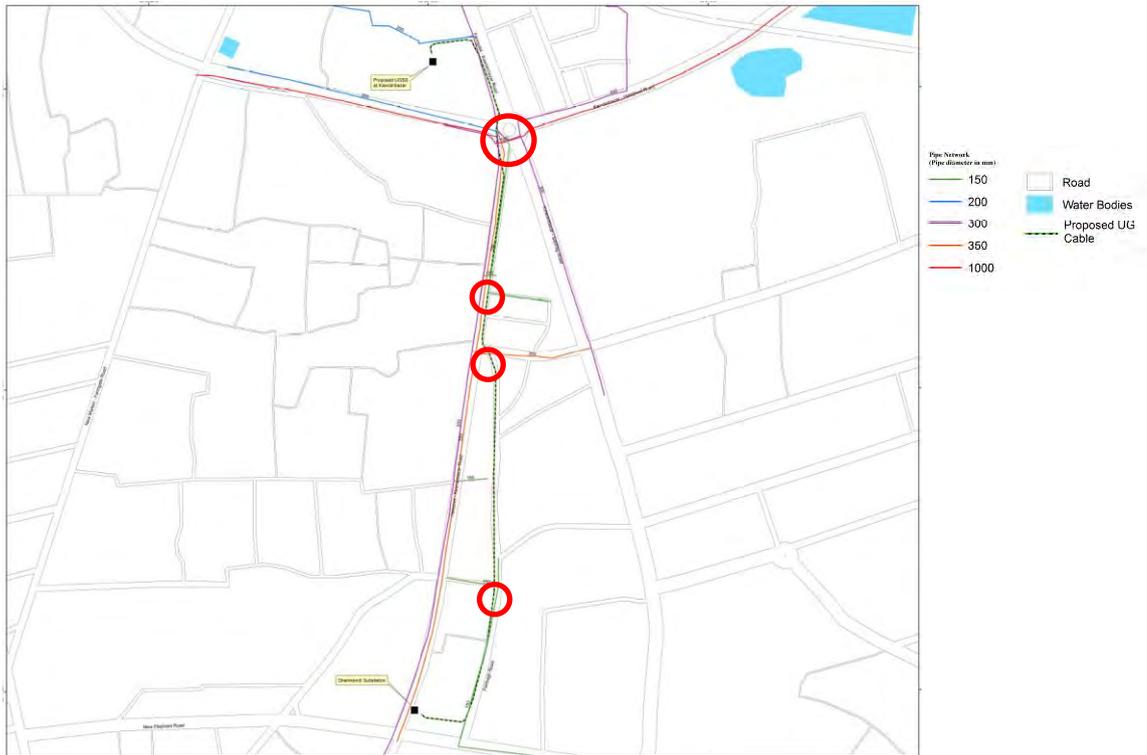
(出典：JICA 調査団)

図 4-12 Kawran Bazar - Dhanmondi 地中線ルート図(変更)



(出典：調査団 CEGIS による調査)

図 4-13 Kawran Bazar - Dhanmondi 間の排水管布設状況



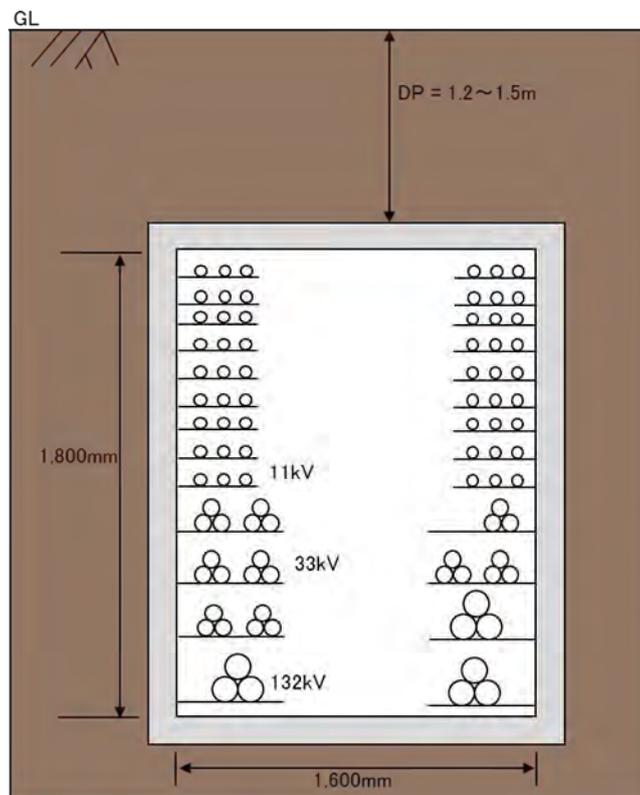
(出典：調査団 CEGIS による調査)

図 4-14 Kawran Bazar - Dhanmondi 間の水道管布設状況

上図の赤色で囲った箇所は、排水管または水道管を布設する地中送電線が横断する箇所となる。同様に横断する箇所については、運営者である WASA と事前に協議し、試掘により埋設管の位置を確認する必要がある。特に Panthapath ジャンクションでは、水道管が輻輳して埋設されているため、注意して埋設状況を確認する必要がある。

4.6.2 洞道設計

3.2.2 に示した通り、変電所近傍周辺での地中送配電線の敷設においては、ケーブル敷設するスペースが不足するため、洞道による敷設を提案する。下記図に洞道断面図（イメージ図）を示す。

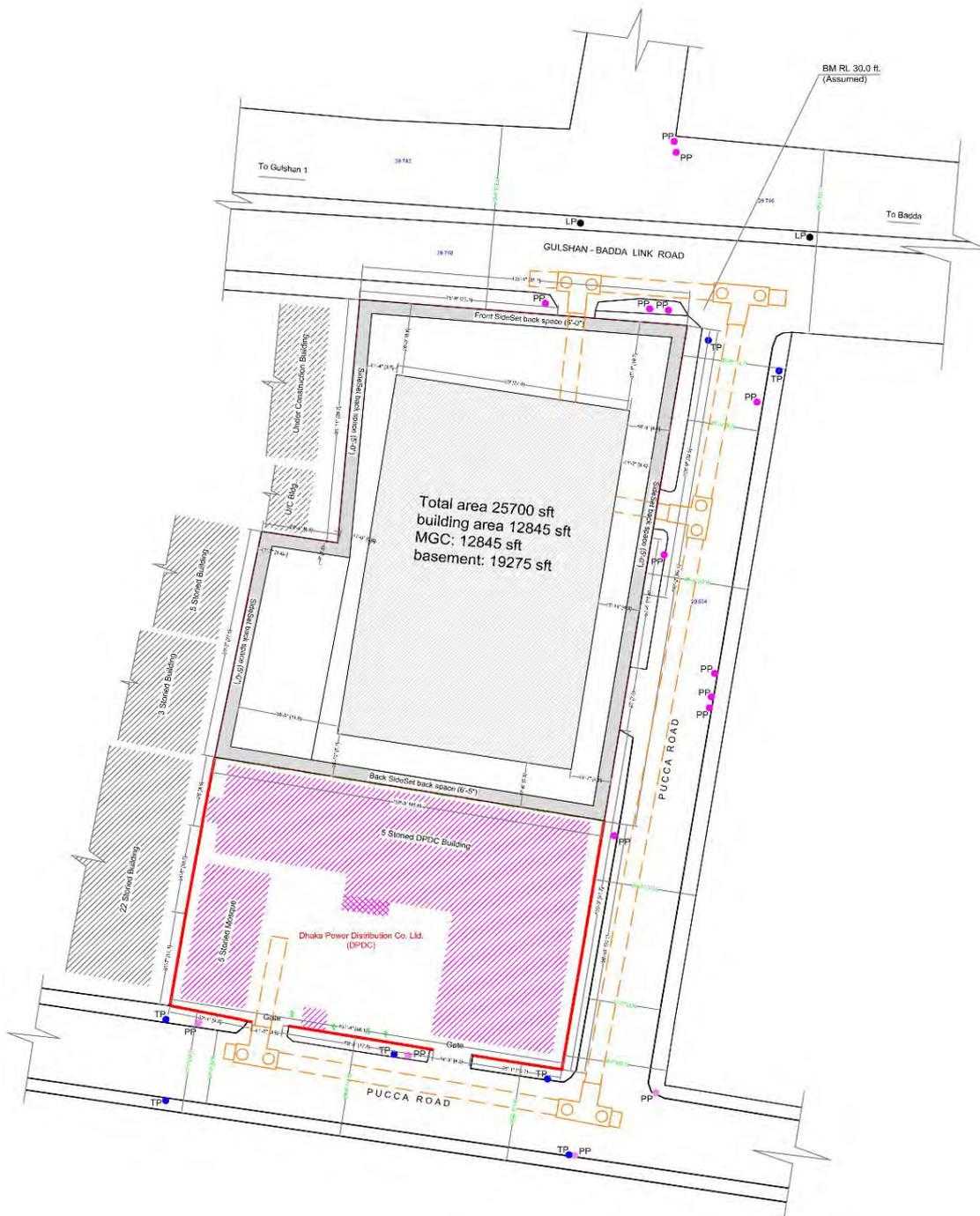


(出典：JICA 調査団)

図 4-15 洞道断面図 (イメージ図)

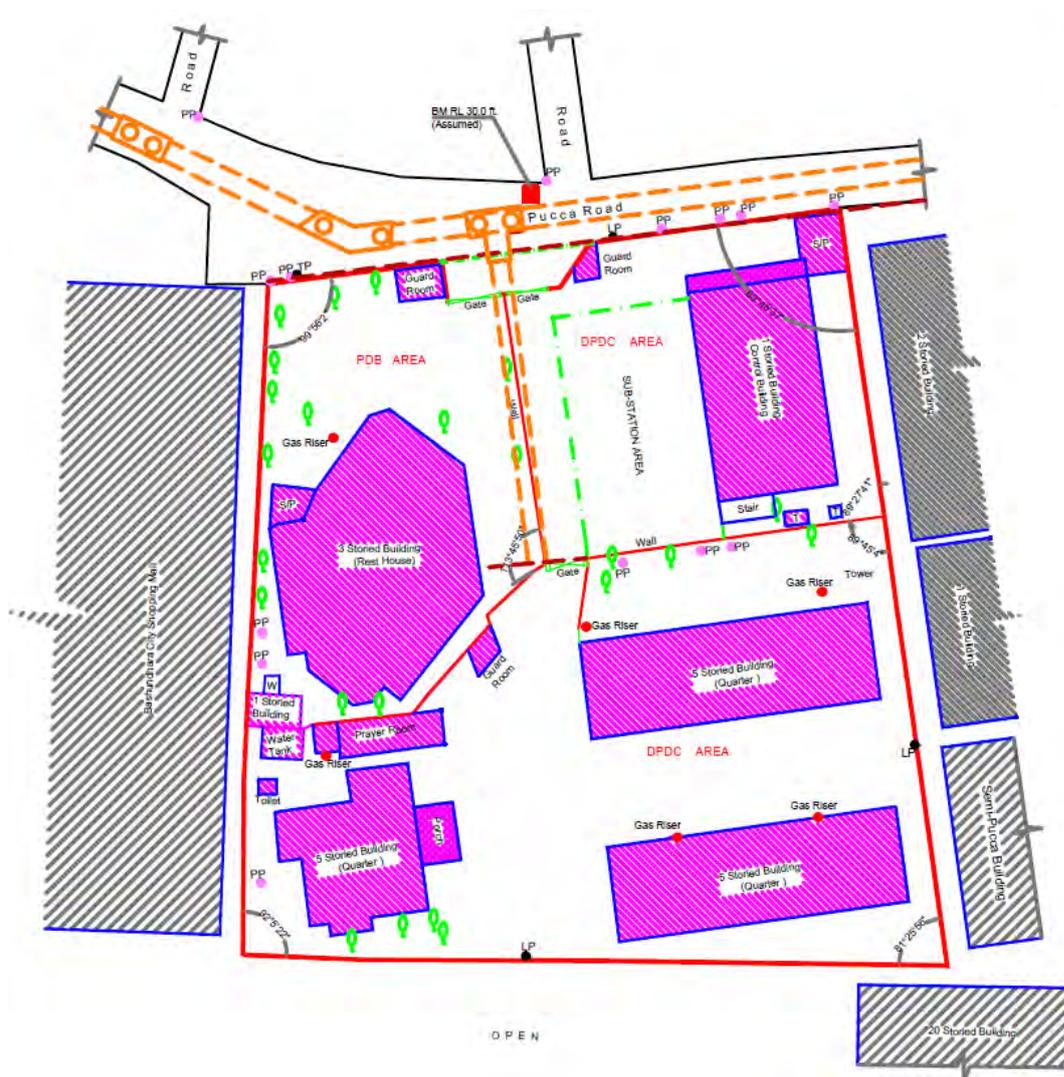
上記図のように、洞道躯体の内空サイズは、w 1,600 × h 1,800mm を想定する。現在想定しているケーブル全て(132kV×3cct、 33kV×9cct、 11kV×18cct) を収容することが可能となる。洞道の埋設深さは、1.2~1.5m を想定している。

Gulshan 及び Kawran Bazar 変電所の洞道レイアウト図を下記に示す。



(出典：JICA 調査団)

図 4-16 洞道レイアウト図 (Gulshan)



(出典：JICA 調査団)

図 4-17 洞道レイアウト図 (Kawran Bazar)

橙色の点線で描かれたものが洞道を示している。なお、変電所へ入る洞道のルートは地下変電所設計によりケーブル引き入れ箇所が変わるため、仮のルートを示している。両変電所の壁沿いに電柱が設置されており（図中の PP (Power Pole)）、洞道建設時に障害とならないよう電柱から 1.0m 以上離隔をとった位置に洞道を配置した。Gulshan、Kawran Bazar 変電所のそれぞれの洞道長さは、約 200m、120m を想定している。

4.7 建築土木設計検討

現在のところバングラデシュ国では地下変電所建設の経験はないことから、土質調査、水文調査、自然条件調査を精緻に行い、その結果を踏まえ日本の地下変電所に採用している技術等も参考にして、地下水対策、排水設備などを含む地下建設部分の設計の基本検討を行う。それに先立ち、選定された2カ所の最有力事業候補地について次の自然条件等の調査を行う。

4.7.1 最終候補地における水害想定と水害対策

直近過去4回（1988年、1998年、2004年、2007年）の洪水において、ダッカ市内 Gulshan 地区は約 0.8m 程度、市内各所で 1.0m 程度冠水した。その間およびその後の洪水調整工事により該当する Gulshan 地区、Kawran Bazar 地区の洪水時の想定高水位を地表+1.0mとする。これはダッカ市内の近年建設された構造物の設計同様である。水害対策として GL レベルを地表から 1.5m のかさ上げを主要な浸水対策として採用する。防潮板など、その他洪水対策は現時点では考慮しない。排水に関しては該当する Gulshan 地区、Kawran Bazar 地区において雑排水下水道網が整備されており排水を直結した設計となっている。地下水（浸透水）対策としては地下外壁の打継ぎ高さに止水板や止水にシール（膨張ゴム）を用いた計画を採用する。

● 水文条件

計画サイトの有るダッカ市はバングラデシュ国の中央北部、ブラマプトラ川流域に位置している。地域内の全ての河川水系は水門学的に相互に影響を及ぼし、かつ相互に依存関係にある。中央北部地域の河川水系は以下の3大河川「ジャムナー川」「パドマ川」「旧ブラマプトラーシタラキヤーメグナ水系（上中下流域で名前が変わる）」に囲まれており、同3大河川から大きな影響を受けている。3大河川は水位が高い時期に互いの過剰な河川水（洪水）を共有する（排水を受け入れる）などして流域全体での水位と調整し流域外（海など）への迅速な排水を促している。

今回調査を行った地区は東をシタラキヤ川とバナー川、西をツラグ川、ブリガンガ川、ダレスワリ川、北をトンギ・コール川の6河川に囲まれている。6河川はブラマプトラーメグナ水系に水源を發し、上流域の北西部でトンギ・コール川とツラグ川が合流、下流域の北東部でバル川が合流する。ツラグ川はバンゲシ川から分流し75km下流でブリガンガ川に合流する。ブリガンガ川はさらに下流にてダレスワリ川と合流する。ダレスワリ川および並行し支流を共有するブリガンガ川、これに合流するシタラキヤ川は計画サイトのあるダッカ市は南部を流れている。

市内の降雨排水は調整池・貯水池に集水され運河を通じて市外へと放水されている。ダッカ市西域には総延長31km以上の13系の運河、東域には総延長約60kmの27系の運河があり、域内の排水を担っている。ダッカ市内の8割の区域がこの運河による排水に依拠してい

る。

昨今、急激な都市化および住民の人口増加による開発の結果、運河は総数を減じ、排水能力も減少する傾向にある。都市化による埋め立てなどにより、市内中心地の運河は姿を消しつつある。上記の排水機構に加え、現状ダッカ市は人為的に、地表部の排水溝、雨水排水管、雨水排水開水路そして一部をポンプ排水の組み合わせにより排水を市外縁の河川に向けて行っている。排水機構として、約 43 系の運河、総延長 145km の水路系統、開水路および湖沼、集水域 140 平方 km をカバーする総延長 280km の雨水排水管、延長 10.5km のボックスカルバート型導水路によってダッカ市は雨水の排水を行っている。

● 降雨量

ダッカ旧市街の雨水排水はドライ運河下流にあるミルバラック地区ポンプステーションに集水される。これに平行して大量の降雨時および雨期には旧市街地西域の低地各所に仮設されるポンプにより排水を行っている。

旧市街東域は人為的な排水機構の整備が遅れており、整備がなされていない低地は未だに冠水被害にあっている。ダッカ市中心地から離れたサヴァ地区、ケラニガジ地区、ニャラヤンジ地区およびガジプラ地区の雨水排水は運河、開排水路と河川によって行っている。

地形的な条件から、これらの地区においては自然排水に頼っている。急激な都市化、排水設備の未整備および従来の排水系統への未連結により、地区内の広域で冠水被害が発生している。

市西域の広域な面積はツラグ川、ブリガンガ川、ダレスワリ川の「洪水調整地」機能を果たしているが、将来においては有望な都市開発計画地でもある。洪水調整、排水計画を織り込まない性急な都市開発が当地の「調整能力」を損ないつつある。

ダッカ市の平均年間降雨量は約 2,050mm でバングラデシュ国内の平均値 2,300mm をやや下回る。雨期は 6 月から 11 月で雨期中の降雨量は約 1,545mm、7 月が最も多雨で平均月間降雨量は 375mm である。1 日間に記録された最大降雨量は 2004 年～2005 年に観測された 341mm、同時期には 2 日間、3 日間、5 日間の降雨量はそれぞれ 497mm、526mm、600mm 観測された 2009 年～2010 年シーズンでは観測史上 2 番目の記録として、同 333mm、422mm、439mm、499mm が観測された。2012 年～2013 年は観測史上最少の降雨記録が観測され、これと過去の洪水記録を基にして「2 年確率」「2.33 年確率」「5 年確率」「10 年確率」「20 年確率」「50 年確率」「75 年確率」「100 年確率」の最大降雨量（「1 日間」「2 日間」「3 日間」「5 日間」）を下記表の通り算定した。

表 4-1 各確率における最大降雨量(mm)

Return Period (Year)	1 day	2 day	3 day	5 day
2	121	170	201	235
2.33	129	181	214	250
5	160	228	270	316
10	185	265	314	368
20	209	301	357	418
50	239	346	411	482
75	252	366	435	510
100	262	380	452	530

● 水位

1972年から2013年にかけてダッカ市周辺河川ほぼ全域を観測できる11箇所の観測所で水位を観測し分析した資料を下記表に示す。

表 4-2 ダッカ河川流域における最大水位予測

Station	River/Canal	Return Period (Yr)					
		2.33	5	10	20	50	100
Flood Level (m PWD)							
Navarhat (14.5)	Banoshi	6.90	7.61	8.13	8.58	9.11	9.49
Savar (69)	Dhaleswari	6.79	7.42	7.88	8.28	8.75	9.08
Kalatia (70)		6.52	7.04	7.41	7.74	8.11	8.38
Mirour (302)	Turag	6.13	6.64	7.00	7.32	7.69	7.94
Tonei (299)	Tonei Canal	6.06	6.53	6.85	7.14	7.47	7.70
Dhaka (Mill Barrack) (42)	Buriganga	5.69	6.13	6.44	6.72	7.03	7.26
Pubail (7)	Balu	5.96	6.42	6.74	7.02	7.35	7.57
Demra (7.5)		5.91	6.27	6.52	6.74	6.99	7.16
Demra (179)	Shitalakhya	5.81	6.15	6.39	6.59	6.82	6.98
Naravangani (180)		5.71	6.06	6.30	6.51	6.75	6.92
Kalagachia (71)	Dhaleswari	5.33	5.71	5.98	6.21	6.47	6.66

● 過去の洪水例

ダッカ市域では過去から数多くの甚大な洪水災害に見舞われてきた。洪水は大ダッカ周辺河川の氾濫によるものと更に外部の他の主要河川の氾濫した洪水が流入することで発生し、氾濫した水が市内に冠水したまま排水されず滞留することで被害を拡大する。近年、大ダッカ市は1954年、1955年、1970年、1974年、1980年、1987年、1988年、1998年、2004年、2007年、2009年に周辺河川の氾濫および排水の不備による洪水に見舞われている。

中でも 1988 年と 1998 年の洪水では大量の降雨と同時に市内特定箇所での排水機構の機能不全により破壊的な被害をもたらした。この洪水による大ダッカ市街地の都市生活者に対し経済的にも生活環境に対しても多大な悪影響を及ぼした。

4.7.2 計画地区における洪水リスク

広大な扇状地に位置する地形的な条件、および先に述べた非常に特異な水文的条件からバングラデシュにおいて洪水は避け得ない事象である。過去数十年に亘りバ国は、都市部、農村部を問わず甚大な規模の洪水災害の被害を受けてきた。1988 年の洪水ではダッカ市全域の 85%が冠水する過去 100 年以内に記録のない歴史的な災害となった。溢水による水位は市内地表から 4.5m に達し、市民の 60%が避難を余儀なくされた。ダッカ市東部は全域が冠水し、西部においても低地は全て冠水した。この洪水被害によりバングラデシュ政府当局は「FLOOD ACTION PLAN(洪水対策計画)」を立ち上げ緊急対策に乗り出した。計画内において数多くの洪水対策施設が建設され更にシステムの再検討などの施設建設を伴わない洪水対策も講じられた。とりわけ西部の低地には市内全域のシステムに組み込まれた排水路と排水ポンプ所設備が設置された。

これらの対策の結果、目に見える成果が 1998 年の洪水時に観測された。1988 年の洪水とほぼ同規模で周辺河川の水位は上昇したが、今回の計画サイトであるグルシャン地区、カワランバザール地区を含む市内中心部は洪水被害を免れた。

グルシャン地区、カワランバザール地区の洪水時の想定高水位を地表+1.0mとする。これはダッカ市内の近年建設された構造物の設計同様である。水害対策として GL レベルを地表から 1.5m のかさ上げを主要な浸水対策として採用する。防潮板など、その他洪水対策は現時点では考慮しない。排水に関しては該当するグルシャン地区、カワランバザール地区において雑排水用下水道網が整備されており排水を直結した設計となっている。地下水（浸透水）対策としては地下外壁の打継ぎ高さに止水板や止水にシール（膨張ゴム）を用いた計画を採用する。

4.7.3 地下構造物のための掘削とそれに伴う仮設工事の検討

本節では仮設工事が及ぼす本工事への影響と、仮設工事の施工計画、工事費を検討した。

Gulshan、Kawran Bazar 両地点の土木工事施工面での特徴としては、

- (1)土質調査の結果、-20m 付近に高層建造物の基礎となる支持層があること。
- (2) 掘削部の土質が、砂質系で、安定した良好な地盤であること。
- (3)地下水が比較的少ないこと。
- (4)施工部が、市街地の中心で二辺を道路、二辺を既存の建物に囲まれている

という 4 点があげられる。

建物本体設計との関連として、本プロジェクトでは地下構造物の形態で本工事の杭を使わないことにした。この工法により地下変電所建物構築というプロジェクトの目的も達成しつつ杭打の費用を削減でき、地下空間を有効に利用することが可能となった。この検討に当たっては

- (1) 地下部を設けなくて、地上の施設とした場合
- (2) 一部、浅い地下部と杭を併用した場合
- (3) 地下部を支持層まで深く構築し、杭を打たずに上部建物の支持を行う場合。

について、それぞれの場合、工期、費用、費用対効果を 2.6.1.9 で簡単に比較した通り総合的に(3)を選択した。そのため、将来の詳細設計においても底版の下面は支持層以下に設けるか、浅い位置にする場合は、その下、支持層までを置き換え改良することにより上部建物との設計整合および大幅なコスト削減に値する。

また施工に関しては、今回の施設を現地の方法で施工する場合を想定した。調査時には、材料供給会社、工事専門業者、コンサルタント、施工業者へのヒアリングや、現地の実際の工事の状況を見学し現地の施工状況および施工技術力を把握した。その結果、土木工事に関しては主たる工事は、現地施工会社で対応できる事が確認できた。あわせてバンコク、日本国内の事例を調べ、地下変電所建物設備に特有の建築材料、防水等の技術を盛り込み可能であることを確認した。検討内容の主な詳細は、今後の詳細設計以降に決められていくが、今回の F/S で工程や概算に影響ある範囲でできる範囲の検討を具体的に実施した。

特記事項として、地下部での工事中の災害は大きな被害に及ぶリスクが高いため、万全な防止を期するべく工事設計に反映した。また完成後、公共財である比較的高価な電力機器が長期間稼働する必要があることから、地下部の構造の安定が必須であり特に防水に関しては、ダッカ以外の知見を利用した。その結果、防水方法は二重の対応をする設計とした、すなわち(1)外防水の採用と(2)コンクリート自体の品質を上げ水密性を維持することである。

外防水は、壁、底版のコンクリート打設前に、防水シートを敷設し、接合部の対策も実施する。また防水のための材料（メンブレン等）はすでに多くの先進国・中進国にて適用されているがバングラデシュのマーケットでの入手性が確認できなかったことから、欧米等から直接輸入する方針とした。この素材の選定については、実設計段階でのオーナーコンサルティング会社による品質確認を行うことが望ましい。接合部の施工は、ダッカの業者に施工実績がなく、タイの業者とのヒアリングでダッカでの施工が可能と判断した。

コンクリートはもともと水密性が高い素材であるが、施工時にスペックで打設方法、検査方

法に防水を十分考慮した内容で万全を期することが必要である。この品質維持のポイントは、打設時のコンクリートの品質と、締固めであり、実際の工事施工断面での、材料のスペックを遵守しているかどうかのチェックが非常に重要となる。また、施工後の品質検査の中に、非破壊試験やコア抜きを盛り込み、不良箇所の特定とその後の対策と進めることを施工計画に盛り込むべきである。

また主な仮設工事は地下構造物を構築するための土留と掘削の土工事である。この仮設工事に当たっては現地の技術の利用が原価の削減につながるため、品質を維持できる範囲で現地調達を主に取り込む方策とした。しかしながら、ダッカでは例を見ない公共の地下施設を設けるため、ダッカにも事例のある一般の商業施設の地下部とは異なり、安全性等の面で特別に配慮もした。そのために一部、第三国、日本の知見、技術も取り入れている。

この基本設計としては、現地の材料、現地の経験を調査し、構築時に必要とされる品質、工法との整合性を考えて、できるだけ現地の現状で対応できることを目的とした。第三国や日本からの技術で対応すべき点や、将来可能となる工法や材料については、特にコメントを添えた。

実際の検討において考慮した条件は(1)土質、(2)周辺の環境、(3)調達可能材料、(4)過去の施工実績、(5)本体の構造である。これらの重要項目に関しては、現地の調査を通じて実態を把握した。その結果を基にして、現実的な施工計画、積算を行った。

以下には地下変電所の構築のための掘削に関する注意点について取りまとめた。

4.7.3.1 ボーリング調査及び土質試験の結果

調査の結果 Gulushan 地点の地質は、地表から 0.0~2.0m は有機質を多く含む透水性の高い砂質沖積層、以深は平坦で地層の連続性の良い細砂質シルト洪積台地であった。雨水等の浸透水はこの洪積層の上に地下水として滞留している。地表から約-8m までの洪積最上層は N 値 5 前後の赤茶色の硬粘土層、-8m から-11m は N 値 10 前後の茶色の細砂質シルト層、-11m から-20m は N 値 10~20 前後の薄茶色の非粘性細砂質シルトであった。これらは全て圧密された細砂質シルト層で不透水性を示す。20m 以深の層は過圧密状態の細砂質シルト層で不透水性であり N 値 50 以上の強固な地盤である

採取した資料から Kawaran Baza 地点は過去に洪積層の地盤の上に粘性土を盛土した造成地と推測される。この盛土は現在の地表から約 4.0m 前後の厚みをもっている。このため雨水等の浸透水の地下水は地表下 4.0m 前後に存在している。これ以深の洪積層の特徴は Gulushan 地区と同じである。両地区とも洪積層は良好なシルト系砂質土で掘削時の安定性が良好であ

り、深さ 20m 付近から非常に安定した N 値 50 以上の支持層があることが確認できた。土質試験の結果からは、地下水の存在が確認され良好なシルト系砂質土で掘削時の安定性が良好であり、深さ20m付近から非常に安定した支持層があることが確認できる。この結果に基づいて本体設計をすすめるにあたり、(1) 建物の支持地盤を浅く（20m程度）設定できること、(2)地下に相当の深さの構築物が必要で、施工経済の両面から杭基礎よりも直接基礎が有利であることの2つの理由から、全体構造を杭基礎では無く、地下部の底版を支持層にもうける直接基礎の形式を採用した。

4.7.3.2 栈橋を用いた地下部作業工法

Gulshan の施工場所は、二辺を公共の道路、二辺を既存の建物に囲まれている。与えられた用地は、ほぼ全面掘削となり、施工上の用地は地上部にはない。従って、掘削箇所の一部に栈橋を設けて、一部の掘削作業、主たる地下部の構築作業は直接栈橋上から行う。また、栈橋から届かない範囲の掘削の土砂の搬出時にクレーンやダンプトラックの作業場、本設、仮設材料の仮置・搬入、コンクリートの打設などにも利用する。



出典：一般（インターネット）公開資料

図 4-18 新設仮設栈橋の一例

この栈橋の構造は、20m 四方とし、表面はデッキプレート、桁等の構造は主に I 型鋼、H 型鋼を使用する。(一部の鋼材に関しては、東南アジアからの輸入とする。汎用性のあるものは、現地の市場で調達できる) これらは、レンタルとし、工事期間中は賃貸料を払う。柱は、掘削前に先行して場所打ち杭を打設し、栈橋を支える。栈橋撤去時に杭は残して、そのまま、躯体の柱として利用も念頭に入れている。また栈橋上の荷重としては、150ton のクローラークレーンと積載されたダンプトラック 2 台を想定した強度を設定し土木工事積算の根拠とした。設置位置は、クレーンの作業半径や躯体の構造などを考慮し効率的な場所に設ける。

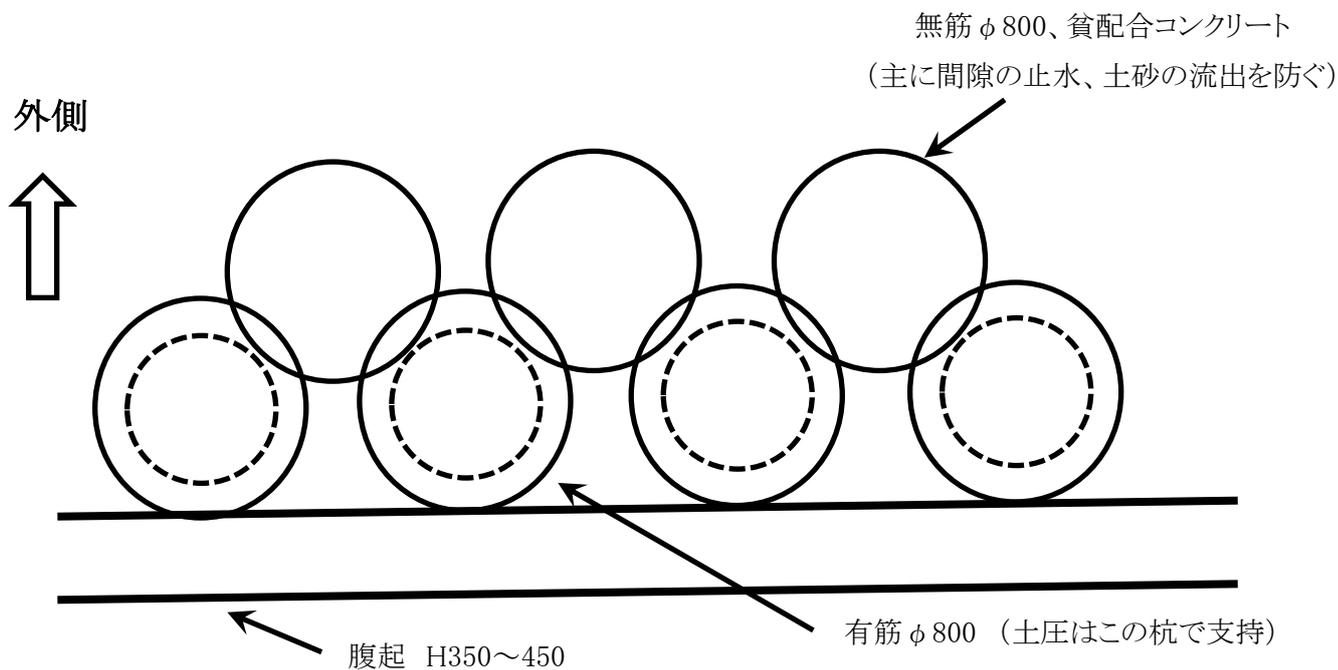
4.7.3.3 土留の施工方法

土留壁は、(1) 連壁、(2) 綱矢板、(3) 場所打ち杭の 3 つを比較検討した。(1) 連壁は、本体利用等もありかなり有効であるが、建設会社等のヒアリング等を通じて、現地での経験が無いので施工機械も今回の工事で特別に輸入となるため採用しなかった。将来的には、ダッカ市内で連壁が一般的になり、仮設と本体壁を一体化できることなどから、非常に有効だと思われる。実設計にあたっては、境界からの本体構造物の離隔などの制度的な問題もある。

(2) 綱矢板は、ダッカ市内で浅い掘削で頻繁に利用されている。今回の掘削は、27m 以上と深いこと、また、地下の構築の完了後の綱矢板を引き抜くことも、工程や作業にマイナスとなるので、今回は採用しなかった。(3) 場所打ち杭を利用する土留壁は、ダッカで一般的で、施工経験、機械とも豊富にある。設計も現場の状況に合わせて自由度が高い。

今回は、汎用性のある $\phi 800$ の場所打ち杭を選んだ現状の土質データをもとに土留の安定と地下水の侵入を防ぐべく根入れをこの深度における標準的な 10m に設定し、無筋・有筋の杭千鳥に配置することで杭間の間隙を埋め、止水性を高めている。(今回の調査では、国内に千鳥に杭を配した例は見当たらなかった。) 杭の配置、サイズは様々であるが、ダッカ市内で実施例は沢山ある。実際の土留の設計は施工前に十分な土質のデータ等をもとに、安定計算を実施して決定する。杭天端は、地上からの浸水を防ぐ高さに設定するためと杭同士の連結を目的として、高さ 1m、幅 2m のパイルキャップを設けた。

Kawran Bazar は地表約 4.0m を過去に細粒粘土質土で盛土した低湿地帯である。盛土厚は 4.0m 程度、土質は周辺の沖積土壌、同程度の深度の洪積層に比しても大きな差異は認められない。該当地点の土留の施工には留意がなされるべきだが大きな設計変更等は必要ない。



(出典：JICA 調査団)

図 4-19 土留壁 平面配置図

4.7.3.4 切梁・腹起と中間杭に関して

切梁・腹起は、土質試験の結果と地下水位等から、所定の設計をしている。土質試験の結果から土圧を計算し、地下水位も考慮して、記載の通りとして設計した。深さ 25m の掘削に対して、5 段で H350 ~ H500 の切梁腹起とした。中間杭は、H350 を使用し、根固めは 1.5m、縦横 5m ピッチで計画した。材料は、H500 以外は現地で調達可能で、山留め材では無く、生の鋼材を調達し、現場で溶接組み立て、施工完了後は、撤去し現地で売却を想定している。土質が非常に安定しているが、今回の F/S では、比較安全側で検討しているため、実際の施工時は、綿密な調査に基づいて、スリムな設計に変更できる余地を残している。

4.7.4 掘削方法

掘削土は、良質の砂質土であるために、通常のバックホーで掘削と積み込み、ブルドーザーで集積、バケットのついたクローラーでダンプトラックに積み込む。

掘削をする施工範囲が、ほぼ敷地全面であるために、掘削は、地上からと栈橋上からの二段階を想定している。また、20m を超える下部においては、支持層の硬い盤の掘削となるために使用する機械も変更する。

掘削は、周辺の土留杭を打設後に、ステップ1として0～5mの掘削を、バックホーとダンプで直接行う。5mより深い範囲に関しては、ステップ2として、掘削をバックホー、集積をブルドーザー、土砂の荷揚げと積み込みを、栈橋上のバケット付きのクローラーで行う。ステップ3は、深度20m付近からの支持層の掘削で一部ブレーカーを使用する掘削を想定している。切梁腹起は、掘削の深度に合わせて、遅れることの無いように設置していく。

4.7.4.1 掘削土砂の搬出と土捨場

掘削土は、ダンプトラックにより、所定の土捨場に搬出する。周辺の道路が日中混雑するため場外搬出は夜間（11時～翌朝5時までの6時間）土捨場の決定権は通常、入札後施工業者にあるが、事前に施主が近郊に候補地も決め入札時の条件に指定すれば、施工業者が、入札後に適切な土捨場をみつけれない時の工期の遅れや、土捨場が遠距離にあるための工事費の増加を防ぐことができる。掘削土が良質であるために、埋戻への流用を見込んでいる。また、掘削土は他案件への売却で工事費を押さえることも考えられるが、現時点では、現実的な事が決められないので、検討外としている。

4.7.4.2 環境・周辺対策

土留の設備に関しては、傾斜計や変異計を設置し、施工中の挙動を管理しながら、異常の早期発見と事故の防止対策を講じる。場内への第三者の立ち入りは、周囲を2mのフェンスで囲うことにより防止する。一部にゲートを設けて、人、資機材の搬入時は警備員による交通整理等を実施し、歩行者、一般車両の安全を図る。材料の搬出時に、公道を汚さないように対策を施す。また、地下水、降雨時の排水は、所定の水質を維持して、既存の排水路に流す。

4.7.4.3 構築の施工方法

掘削構築の施工は、現地の経験と現地調達材料の採用を主眼に置いた。これは、構築物の品質の管理と工期、工事費の総合的な経済性につながるという観点からである。しかしながら、地下変電所というダッカでは経験の無い構築物の特殊な機能と性能要求から、ダッカでの既存の対応では難しい点は、第三国、日本の技術を積極的に取り入れ、所定の規準を満足するものとしている。従って、今回の調査では、現地の調査、ヒアリング等に十分な時間を費やし、情報の収集と分析を実施し、施工計画に反映している。

地下部の主たる工法としては(1) 逆巻き工法、(2) 従来型の掘削完了後の構築の二種類を検討した。将来的には、逆巻き方法も考えられるが、ここでは、後者の従来型を採用した。主な理由としては、逆巻き工法の利点である本体構造と仮設を一体化した連壁の経験がダッカで無いこと。逆巻き方法自体の経験が現地でないこと。コンクリート壁の品質管理が難しいこ

と。信頼性のある外防水ができないこと。さらに、仮設と本設の用地境界からの離隔の違いで、本体との一体型の連壁では、かえって躯体の有効敷地が小さくなるなどの検討結果による。逆巻き工法は、状況によっては工期の短縮や工事費の削減につながるもので、実施の段階で再度検討を行うことが望ましい。

防水工事は、掘削完了後、均しコンクリート 10cm を打設し、その上に防水シートを敷設する。その上の底版の工事に入る前に、防水シートを破らないように、保護コンクリートを 10cm 打設して、次の工種に移る。底版下の放水シートは壁で立ち上げておくことにより、壁のシートと接合させる。壁の防水シートは場所打ち杭による土留壁と壁本体の間に入るために、下記の手順で施工する。まず、局面の土留壁の表面を平にするために、型枠をつかって間詰めコンクリートを打設する。その表面に垂直に防水シートを貼り付け、その部分を壁の外型枠として、壁のコンクリートを打設する。防水シートの接合部は、所定の標準的な方法である熱で溶かして熱溶着とする。技術的には特に難題は無いが、ダッカでの経験が少ないので、タイの施工業者に材工で施工することを想定して計画した。また防水シート貫通部の処理に関しては、詳細構造設計が終わった時点で施工技術を勘案し選択することとなるが、地下鉄等での処理と同等の対応を現時点では想定している。

施工完了後、沖積層と洪積層の間に存在する「地下水」が、掘削された不透水性の洪積層内に流入、湛水が危惧される。そのため埋め戻しにあたって、周囲の地下水位に留意し、流入を防ぎ場外への排水措置を講じる。

4.8 変電所建物および上部建物との設計協調

本計画の 2 候補地点について、次の設計条件及び設計配慮点を元に建物設計を検討した。

4.8.1 設計条件

検討案作成にあたり設計条件を下記の通りとした。

- ・地下変電所施設としての機能維持 (B1～B4F)
- ・地上 13 階建てオフィスビルとの複合施設化
- ・延床面積/建築面積 Gulshan : 約 18,700 m²/約 1,100 m²、
Kawaranbazar : 約 25,500 m²/約 1,500 m²
- ・現地の主要建築関連法規への遵守 (建蔽率・容積率・後退距離 [2.5.1 章による])

4.8.2 変電所建物の構造検討

4.8.2.1 検討条件

(1)変電所建物概要

別紙に示す Gulshan 地区の平面及び断面プランで地下構造の構造検討を行う。検討は日本建築学会の鉄筋コンクリート構造計算基準及び鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準を用いて検討を行う。各階の代表的な部材寸法を下表に示す。

表 4-3 地下構造部材寸法

階数	部位	断面寸法	備考
1F	梁	600×1,200	一部 SRC 造
B1F	柱	1,000×1,500	一部 SRC 造
	梁	800×1,200	一部 SRC 造
	外壁	t300	
B2F	柱	1,200×1,500	一部 SRC 造
	梁	800×1,200	一部 SRC 造
	外壁	t600	
B3F	柱	600×1,200	一部 SRC 造
	梁	1,500×1,500	一部 SRC 造
	外壁	t600	
B4F	柱	1,750×1,750	SRC 造
	マットスラブ	t3000	RC 造
	外壁	t800	
	内壁(耐力壁)	t300	

(出典：JICA 調査団)

(2)構造種別

基本的に鉄筋コンクリート造(RC造)とするが、応力上厳しい部分は鉄骨鉄筋コンクリート造(SRC造)とする。

(3)使用材料

検討に用いる材料を下表に示す。

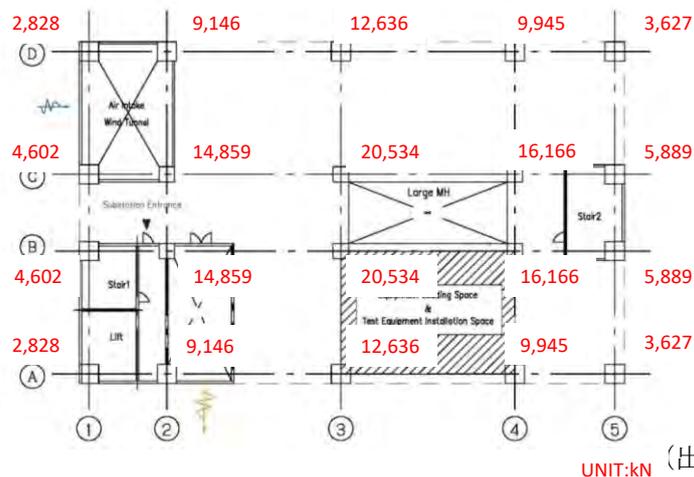
表 4-4 構造検討使用材料

材料名	仕様
コンクリート	普通コンクリート $F_c=40\text{N/mm}^2$
鉄筋	D16 以下 SD345
	D19 以上 SD390
鉄骨	SM490

(出典：JICA 調査団)

(5) 上部構造の荷重

上部構造の荷重は RC 造 13 階建てを想定し、単位荷重を 15kN/m^2 として設定した。上部構造の荷重は 1 階の各柱位置に負担面積に応じて軸力として入力する。各柱の入力軸力を下図に示す。



UNIT:kN (出典：JICA 調査団)

図 4-20 上部構造柱軸力

(5) 変電所部分の積載荷重

変電所部分の検討用積載荷重を下表に示す。

表 4-5 検討用積載荷重

階	室名	積載荷重(N/m ²)	
		床	フレーム
1F	一般室	7,000	5,300
B1F	一般室	7,000	3,900
B2F	GIS 室	11,000	8,300
	一般室	6,000	4,500
B3F	一般室	3,000	2,300
B4F	一般室	7,000	5,000

(出典：JICA 調査団)

(5)土水圧

土水圧は地盤調査結果の速報データから設定した。土の単位体積重量は 19kN/m^3 、地下水位は $\text{GL}-3.3\text{m}$ と設定した。長期の土水圧として、土圧と水圧と上載荷重による側圧を合計した荷重を設定した。下図に各階での荷重値を示す。

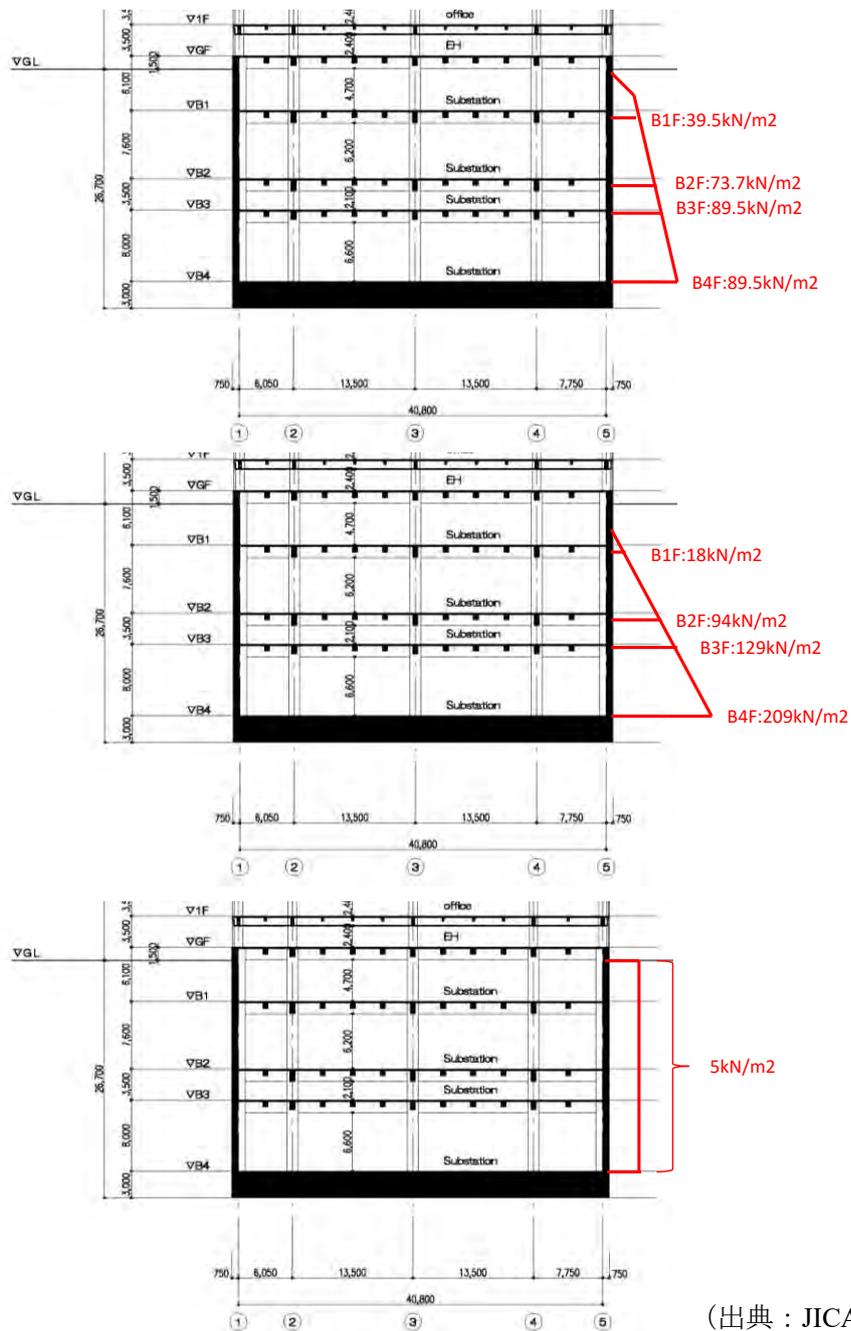
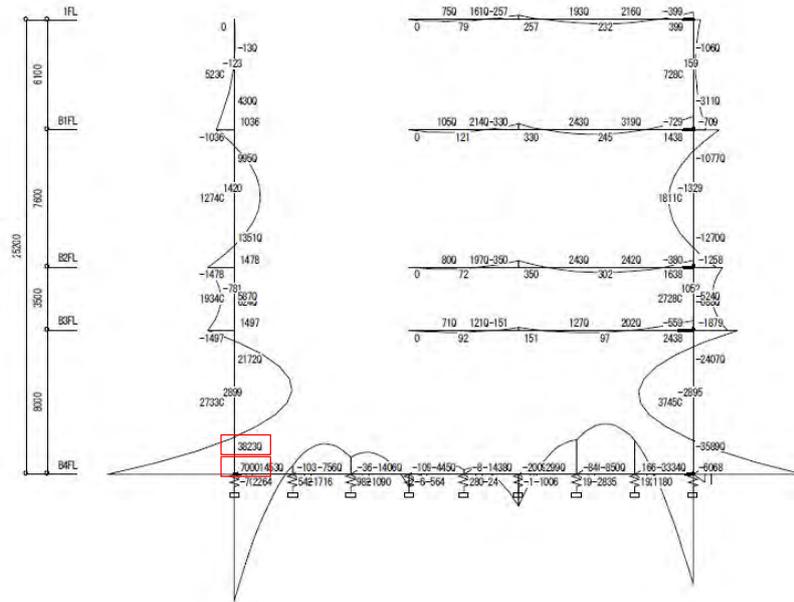


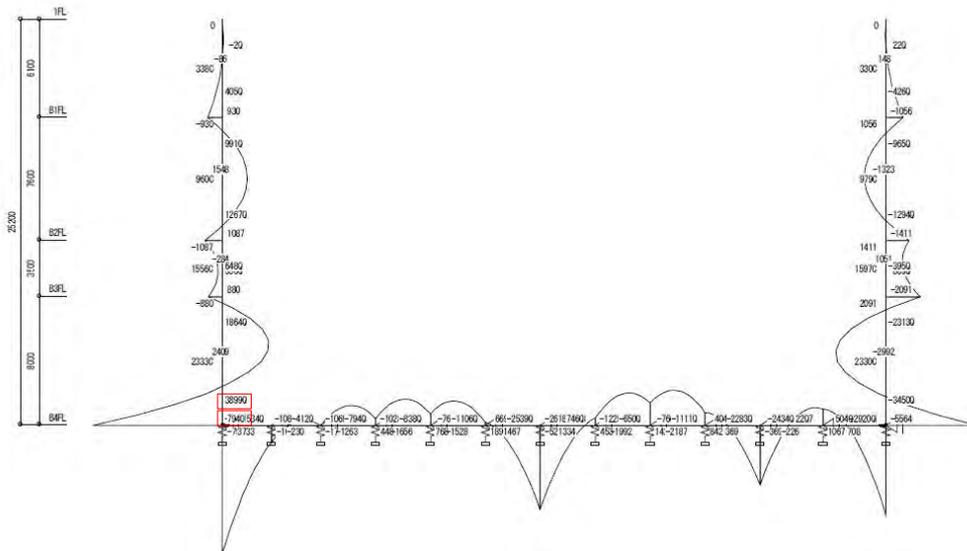
図 4-21 各階に作用する土水圧

4.8.2.2 応力解析結果

前節に示す荷重条件での応力解析結果の代表的な応力図を下図に示す。土水圧の影響で外周部の柱に非常に大きな応力が発生しており、RC 造の柱では耐力が不足するため、SRC 造の柱を採用した。



応力図(短辺方向)



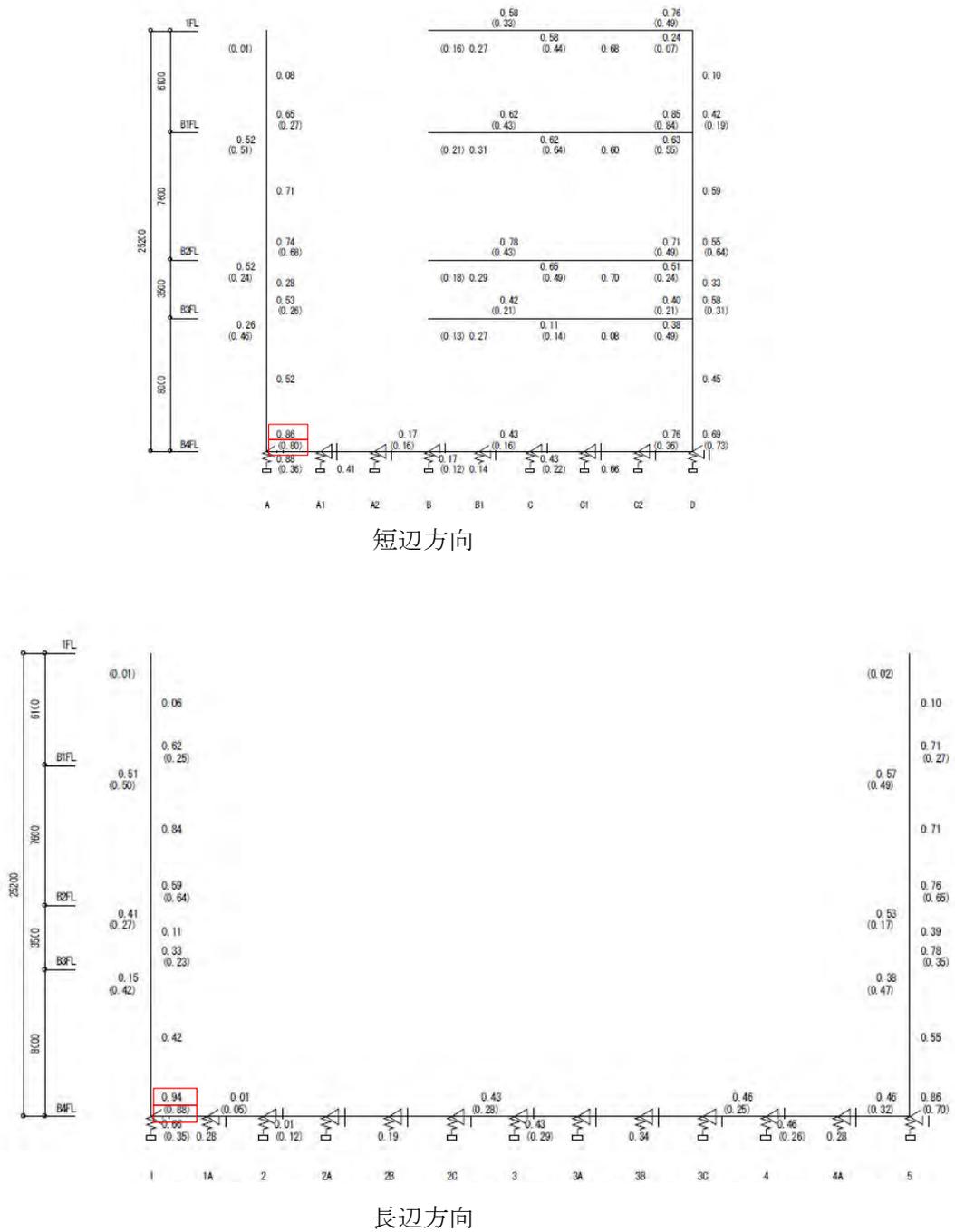
応力図(長辺方向)

(出典：JICA 調査団)

図 4-22 代表応力図

4.8.2.3 断面算定結果

前節に示す応力に対する断面算定結果を下図に示す。柱の応力が非常に大きいため、SRC造の柱(1,750×1,750)とした場合でも検定比(耐力に対する応力の比)が0.8~0.95となっている。判定値である1.0を下回っているため、構造耐力上問題ない結果となっているが、柱の耐力の余裕度は少ない。



(出典：JICA 調査団)

図 4-23 断面算定結果

4.8.2.4 バングラデシュ基準と日本基準の比較

(1)目的

バングラデシュ規準(BNBC2015 (ACI 準拠))と日本基準(日本建築学会：RC 規準 2010)の柱の断面算定における違いについて比較検討を行う事を目的とする。

(2)検討方法

検討は以下の方針で行うものとする。

- ① 比較検討は鉄筋コンクリート造の柱断面について各規準で耐力を算定し比較を行うものとする。
- ② 地震の影響がほとんど無いバングラデシュの地下部分の検討であるため柱断面決定の主要な因子はせん断耐力と鉛直耐力のためその2項目について比較を行う。
- ③ BNBC 規準は強度設計法のため、日本の許容応力度設計法と異なり長期と短期は明確ではないが、簡略的に荷重組み合わせ係数(長期 1.4, 短期 1.0)で除した値として比較を行う事とする。
- ④ 討用の数値は以下とする

表 4-6 検討用データ

項目	仕様
部材断面 (RC 造：柱)	1500mm×1500mm
コンクリート強度	40MPa(40N/mm ²)
鉄筋強度	420Mpa(420kN/mm ²)
鉄筋サイズ	主筋：52-D29、 せん断補強筋：6-D16@150

(出典：JICA 調査団)

(3)検討結果

地震時の影響のほとんど無いバングラデシュで建設される地下変の構造躯体では、長期の検討に対して規準による耐力差はほとんど無いと考えられる。以下に検討結果を示す。

表 4-7 検討結果

種別		① BNBC 規準 (ACI 準拠)	② 日本規準 (AIJ 規準)	① / ②
せん断耐力	長期	379t	338t	1.12
	短期	530t	383t	1.38
鉛直耐力	長期	3,374t	3,547t	0.98
	短期	4,724t	7,094t	0.67

(出典：JICA 調査団)

(4)考察

日本の規準と、海外の規準は設計方法について異なる状況となっている。

- ・日本の規準：許容応力度設計法
- ・長期：通常時の荷重条件での応力が長期許容応力度以下であることを確認する。
- ・短期：地震や暴風等の影響下での応力が短期許容応力度以下であることを確認する。
- ・海外の規準：強度設計法：応力度は、通常時、地震、暴風などについてその影響度を表す倍数と組み合わせ方によって決まっている。その組み合わせた応力の最大値が材料強度を基準とする強度以下であることを確認する。

海外の規準の強度設計法では許容応力度設計法のような長期許容応力度と短期許容応力度が無い場合、簡略的に割り戻し係数を決めて推定を行い、比較を行った。その結果、長期許容応力度に対する検討であれば日本の規準と海外の規準とで大きな差異はなかった。地下変電所の構造体を決定する要因としては、上部構造の自重、土水圧であり、地震や暴風の影響は少ないため、長期の応力でほぼ断面は決定される。よって、日本の基準による長期応力度設計で検討を行っても問題はないと考える。ただし、今後の詳細設計では以下の点について注意しながら現地の設計方法により部材断面の検討を行う事で、断面の最適化が可能と考えられる。

①せん断耐力の増大による効果

海外の規準ではせん断耐力の鉄筋による補強効果が日本の規準に比べて大きい。よって鉄筋による補強を行う事で耐力の増加が見込める。しかしながら、施工時のコンクリートの充填性などを考慮した場合、むやみに補強筋を増やすことは適切ではない。また、東南アジアのコンクリートのスランプは8cm～12cm程度と流動性がきわめて低いため、適切な配筋量とコンクリートの流動性の管理が重要となる。

②コンクリート強度の増大による効果

コンクリート強度が日本では標準的に使用するものが $F_c=36/\text{mm}^2$ （設計基準強度）と規定されており、40MPa以上の高強度コンクリートは使用する事例は特殊な構造に限られる。コンクリートの強度が高くなれば、同じ部材断面での耐力は向上し、部材断面のサイズを小さくすることは可能となる。しかしながら、高強度コンクリートについては流動性や練り混ぜ状態の管理など施工管理が非常に重要となってくる。前述の配筋量の適切な決定も含め、今後の詳細設計においては高強度コンクリートの採用の可否について管理基準も含め十分検討を行い採用することで断面縮小効果も期待できるものと考えられる。

③地下土水圧の倍率について

バングラデシュ規準では土水圧の組み合わせ（割増）係数が 1.6 となっており、土水圧に対する安全率が高い傾向にあると考えられる。詳細設計を行う際には、土水圧の適切な評価が必要と考える。

④ひび割れ対策について

地下変電所では漏水の原因となるひび割れ対策が重要である。よって、変形の制御を行いながら部材断面の決定が必要となる。また、せん断ひび割れは建物を支える力が急激に低下するため、地下変でのひび割れを発生させないようにすることは非常に重要な事項である。日本規準では長期においてせん断ひび割れを発生させないようにするため、補強筋を無視して（鉄筋部の補強部分は余裕度）コンクリート部分の耐力のみで評価する算定式となっている。短期においては補強筋の効果を見込めるようにはなっているが、鉄筋を入れすぎると逆効果となる場合があるため、上限を決めている。一方バングラデシュ規準の耐力式は、終局強度（破壊する時の強度）式によるため、ひび割れについては言及せず、コンクリート部分と補強筋の効果を足し合わせて耐力を算定する形となっている。実施設計を行う際には、ひび割れ対策についても考慮した部材断面の検討が必要と考える。

上記の通り、日本規準では、単純に耐力だけではなく、ひび割れを抑制するための方策なども考慮した算定式としている。一方で海外規準では耐力に余裕を持たせているが、終局状態を想定した耐力式であるため、ひび割れ等については別途検討が必要となりそうである。耐力だけで部材断面を決める事は地下変電所構造物では危険側となる。今後の実施設計では、ひび割れ対策も考慮した断面検討を行う必要があると考える。

4.8.2.5 上部構造の柱の偏心について

現状では地下構造と上部構造の柱位置については、同じ位置にあるものとして検討を行っているが、上下構造で柱が偏心した場合は以下に示す懸念事項が予測される。

- ・ 上部構造の柱軸力を地下構造の梁で負担するため、応力が非常に大きくなり梁せいが3,000程度必要になる。(下図参照)
- ・ 1階の梁せいが大きくなるため、有効階高を確保すると、地下構造の深度が増し、土水圧の影響が大きくなり、部材断面寸法が大きくなる。
- ・ 地下構造の深度の増加や断面寸法が大きくなることになり大幅なコストアップとなる。

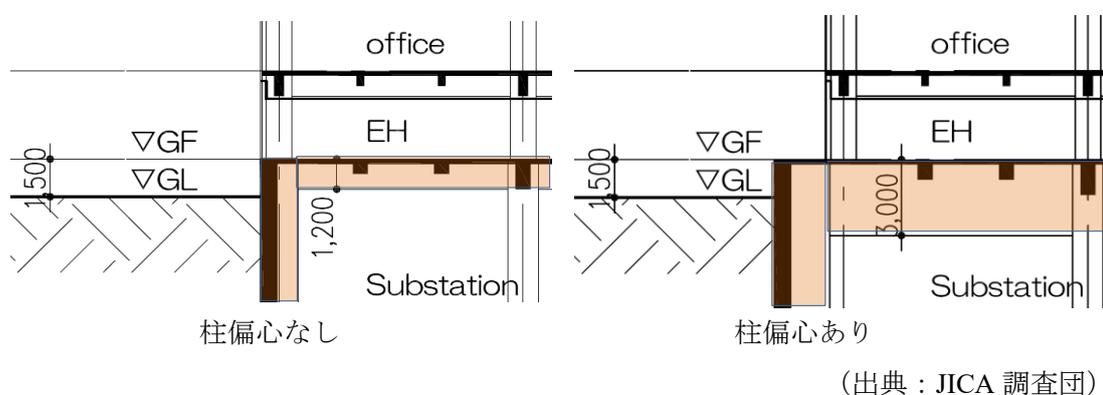


図 4-24 柱偏心による構造断面の比較

4.8.3 概略プラン検討結果

2地点共に現地の構造基準に即した検討により建物としての成立性を検証した。その上で、次に各候補地の配置プラン検討結果を示す。

(1) Gulshan

敷地は南北に細長い形状で南半分は東西幅に余裕のある敷地となっている。敷地中央付近には建設時に稼働中の屋外変電機器がある。このため、敷地北側での内部の必要空間確保は難しく、敷地南端に配置する必要がある。また、建物規模や配置の制限となる後退距離や建蔽率、容積率の条件も上記配置によりクリアすることが可能である。敷地は、3辺が歩道を有する道路に面しており歩車共にアクセス計画の自由度が高い。また、建物を南端に集約することにより、その他のスペースがフレキシブルに使用可能な点からも南側配置案は妥当と考える。

(2)Kawran Bazar

敷地は1辺が道路に面する菱形形状である。また、敷地北東には建設時に稼働中の屋外変電機器が存在する。建設時の施工ヤード確保、建設後の広場スペースの使い勝手を踏まえると敷地南端への配置が妥当と考える。

4.8.4 設計時の配慮事項

4.8.4.1 浸水対策

浸水の原因としては、大雨・上部建物からの漏水（消火用水を含む）が考えられるため次のような対策を講じるのが望ましい。

- ・変電所外からの漏水、浸水対策として、変電所の出入口、扉、天井等は防水構造とする。
- ・ケーブル洞道の接続部は洞道が冠水しても変電所に影響の無いよう防止構造とする（防水管）
- ・上部複合建物からの漏水対策として、地下変電所と上部複合建物の境界スラブを二重スラブとし下部スラブに防水を施す。
- ・大雨時の浸水対策として、GFを高床とするか、防潮堤を施す。

4.8.4.2 保安対策

変電所内は、関係者以外の者の立ち入りができないよう変電所の出入口は施錠装置（電気錠）を施す。

4.8.4.3 複合建物としての配慮事項

上部の事務所ビル（一部商業）と一体構造となることから、次のような配慮を行うことが望ましい。

- ・上部事務所フロアがフレキシブルに使用できるよう躯体スパン割の調整。
- ・建物内を有効に活用できるよう、上部建物との共通コア（階段、EV、水廻り）の設定。
- ・Ground Floorは商業的付加価値が高いため十分な床面積の確保。
- ・Ground Floorは変電所事業者、商業施設利用者、オフィス利用者が混在するため、各利用者の動線整理

4.8.4.4 ガス消火設備のボンベ室の確保

本計画では日本同様に、不活性ガス消火設備が必要となることをヒアリングにより確認した。このため、ガス容量を格納できる広さのガスボンベ室を確保する必要がある。日本では、ガスボンベ室の大きさは、放出区画（放出する部屋）の数と容積で異なるため、関係官庁と

調整し放出区画の数を決め、ガスボンベ室の大きさを検討する必要がある。

4.8.4.5 水系消火設備の対応

日本では、地下施設の規模によって、水系消火設備（屋内消火栓と連結散水設備）が必要となる。しかし、地下変電所という用途から水系消火設備の設置免除で関係官庁と調整している。本計画でも設計の段階で必要性を確認し、必要の場合は水系消火設備の設置免除を関係官庁と調整する必要がある。

4.8.4.6 上部ビルとの火災情報の取り合い

地下変電所と上部ビルは、管理区分が異なるため、建物内に管理センターがそれぞれ存在する形となる。そのため、各所管エリアでの火災信号を相互にやり取りし、火災情報を共有することが、安全確保に必要不可欠となることから、火災信号の取り合いを調整する必要がある。日本では、原則ひとつの建物に火災情報を集約する設備（受信機）は、1台となっているが運用上等で2台以上設置した場合、火災信号を相互にやり取りしすることが義務づけられている。

4.8.4.7 変電所内発熱除去のための換気設備所要スペースの確保

地下変電所内には、発熱除去を必要とする機器（変圧器、GIS装置、キュービクル等）が多数存在する。特に、変圧器の冷却方式を水冷でなく空冷方式で行う場合、室内への発熱量が非常に大きな値となり、併せて必要換気量も過大となる。そのため、外気取入開口部および風洞面積のスペース確保が課題となる。

変圧器冷却装置を屋外または地下1階ドライエリアなどの外気に面した箇所に設置することで、建物全体の必要換気量を大きく減少させることが可能となるため、設計段階において変圧器冷却装置の設置箇所を十分に検討する必要がある。

外気導入以降の換気計画についても、風量の増加に伴い給気フィルターや換気ファンの設置面積が大きくなる他、必要箇所に給排気を行うダクト（通気配管）サイズも大きくなるため、ダクトルート計画も併せて検討を行う必要がある。

4.8.4.8 上部建屋から変電所スペースへの漏水リスク回避

地下変電所内には、水を嫌う設備が多数存在する。変電所内に給水の必要が無い場合においても、上部建屋の給排水配管ルートからの漏水が考えられる。建物計画にあたり給排水配管

が変電所内上部を露出配管されることが無いように、1階床部分を二重スラブとし万一当該箇所の配管から漏水が発生した場合でも、地下変電所内が漏水の影響を受けないような平面・断面計画が必要となる。湧水排水等地下変電所内の排水ルートについては、変電所内であっても漏水時に重要設備の設置された室へ漏水の影響が無いように、シャフトの配置を考慮する必要がある。

4.9 プロジェクト設計

4.9.1 地下変電所建設事業を構成するコンポーネント

本調査で検討する地下変電所建設事業を構成するコンポーネントについては、当該の地下変電所電源用ネットワークおよび供給用ネットワークの構築までを考慮して選定した。このため当該地下変電所事業には、当該用地での地下変電所電気設備および地下変電所構築物建設の2つのコンポーネントのみでなく、その電源となる PGCB 所有変電所での 132kV フィーダーの増設、変電所間の 132kV 地中送電線路の敷設、先方実施機関である DPDC、DESCO から要望があった地下変電所近傍における送電線・配電線の集約・地下変電所引き込み部へのケーブル引き入れ・引き出しのための必要最小限度の洞道および立坑の建設を主要コンポーネントとして含んだ形とした。他方、既設変電所用地活用の際に必要な、既設設備からの負荷切り替え工事および隣接配電線への連系強化、対象となる土地に既に存在する設備撤去および改造、および地下変電所建設後の既設配電線の接続については、その実施に対して必要となる技術的難度が高くなく、既設設備運用条件やこれまでの各社プラクティス、個々の地域条件等に設計が大きく左右されることから、各電気事業会社の独自資金にて案件実施の事前準備および地下変電所建設後の配電計画に基づき実施する前提とし、ごく限定された長さの変電所近傍の洞道内ケーブル部分～第一立ち上がり部分を除いて地下変電所建設事業のコンポーネントとしていない。

また地下変電所建設にあたっては、各配電会社における既設変電所地下化による土地の有効活用や事業所用地の新規取得費用の低減などの目的から、地下変電所上部に一般用途（オフィス、住宅、倉庫等）のためのビルディング建設を行うことが想定されるが、本調査においては上部建物の設計・建設費用については当該地下変電所建設事業の事業評価のための試算を目的とした必要最低限の推定に留め、検討する地下変電所建設事業のコンポーネントとしては含まないこととし、今後の ODA 検討においても借款対象とせず各事業会社による関連事業として独自資金にて実施する前提とした。

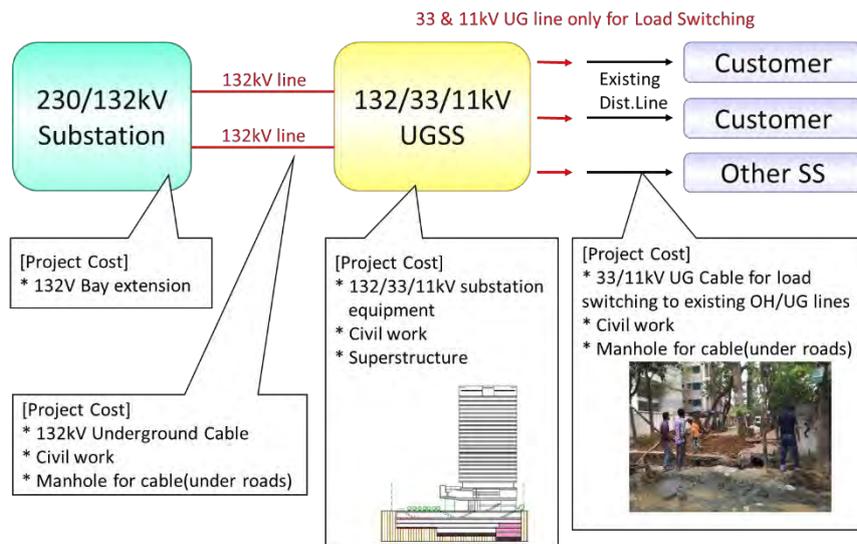
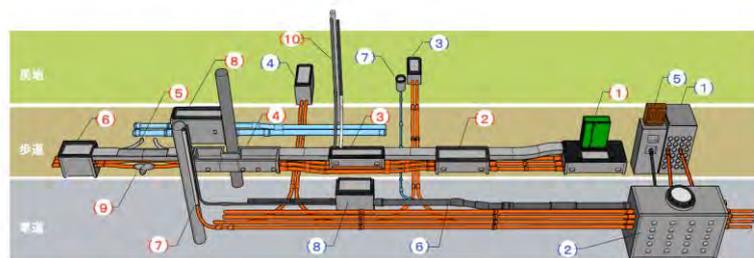


図 4-25 プロジェクトコンポーネントイメージ



(出典：JICA 調査団)

図 4-26 変電所近傍に建設する洞道システムの一例（変電所接続用立坑部分除く）

4.9.2 地下変電所建設事業の実施パッケージ

本事業の実施パッケージ分けについては、変電所建設費用最小化のためには、GIT・GISの機器設計・サイズ・それぞれの保守スペースに基づいて変電所レイアウトを最小化したうえで必要となる冷却風洞を構築する必要があること、また変電所が高信頼度で運転継続できることを担保するためにはセキュリティや水害対策等の防災設計を考慮した変電所建物を設計・建設する必要があること、地下変電所運転後に必要となる保守・点検・修理といった活動の際の動線検討や作業スペースを変電所建物のみならず上部構造に反映させる必要があること、変電所建物と外部洞道との取り合いおよび工事工程の同期の目的から考え、地下変電所建物の建設（冷却設計含む）、132kV送電線線路用洞道の構築、変電所周囲の洞道構築をコンポーネントとする建築パッケージと、変電所機器設置・132kV地中送電線の敷設、および配電線ケーブル敷設（第一ポールまで）をサブコンポーネントとする電力機器パッケージの2パッケージとして実施することでDESCO・DPDCと合意した。

これは1パッケージとした場合の応札企業が限定され、費用高騰の恐れがあることならびに契約不調の恐れがあることを考慮されてものである。ただし、今後1パッケージにした際の応札企業の見込みが立った場合、1パッケージ化する可能性もあることで実施機関と合意した。調達方法や標準入札書類を含むパッケージ分けを下記に示す。

表 4-8 パッケージおよび標準入札書類（案）

パッケージ	施工内容	調達方法	標準入札書類
DESCO-1	Gulshan 変電所： 土木建築工事 (地下構造物、送配電線用トンネル)	国際競争入札 (ICB)	Design Build
DESCO-2	Gulshan 変電所： 電気設備工事および送配電線敷設工事	国際競争入札 (ICB)	Design Build
DPDC-1	Kawranbazar 変電所： 土木建築工事 (地下構造物、送配電線用トンネル)	国際競争入札 (ICB)	Design Build
DPDC-2	Kawranbazar 変電所： 電気設備工事 および送配電線敷設工事	国際競争入札 (ICB)	Design Build

(出典：JICA 調査団)

このプロジェクト実施の際の資材・人材の国内・国外の調達条件について述べる。本事業の実施の際の資材・人材の調達については建築資材等現地調達可能な資材・人材とノウハウ・技術習得度により海外から調達すべき資材に大別した。変電所機器については日本固有技術であるGIT設備等ほとんどのコンポーネントを海外から調達する必要があり変電機器に関する設計、製作、試験及び海上輸送費は Foreign portion として、陸上輸送及び据付工事費等は Local portion として積算した、地下変電所機能維持のために高信頼度のものが必須なケーブル

ル防水栓や機器および建物の冷却に係わる補機についても海外からの調達とした。建築資材についても、変電所構造体で SRC 構造を用いる場合の鉄骨や比較的大サイズの H 鋼等については、現状バングラデシュ国内での生産体制も整備されつつあるとの再委託先および DESCO 社員からのインタビュー結果もあるものの、本事業で検討した建物建設に必要な鉄骨サイズおよび鉄骨製品品質確保の容易さの観点から輸入での調達を前提とした。

また、地中送電線路、地中配電線、地下変電所設計についてはバングラデシュ実施期間に十分な設計技術をもった技術者がいないため、長期に高信頼度の設備を設計、導入、運用するためのエンジニアリングサービス（ES）が必要であり、この ES 変電所建物の設計検討、妥当性評価の支援や新規導入する GIT 設備の保守・点検、および地中設備への SF6 漏洩時の安全や緊急時設備更新工事手順等についての教育も含まれるべきである。

