

バングラデシュ人民共和国
電力エネルギー・鉱物資源省

バングラデシュ人民共和国
ネットワークインフラ・ガスインフラの
電子化にかかる情報収集・確認調査

ファイナルレポート

平成 30 年 1 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社
千代田ユーテック株式会社

| |
|--------|
| バン事 |
| JR |
| 17-006 |

バングラデシュ人民共和国
電力エネルギー・鉱物資源省

バングラデシュ人民共和国
ネットワークインフラ・ガスインフラの
電子化にかかる情報収集・確認調査

ファイナルレポート
和文要約

2018年1月

日本工営株式会社
千代田ユーテック株式会社.

バングラデシュ国
ネットワークインフラ・ガスインフラの電子化にかかる情報収集・確認調査

ファイナルレポート 和文要約

目 次

| | |
|--------------------------------------|----------|
| 要 旨 | 1 |
| 第1章 背景 | 4 |
| 1.1 プロジェクトの背景 | 4 |
| 1.2 調査の目的 | 5 |
| 1.3 調査項目 | 5 |
| 1.4 カウンターパート機関 | 6 |
| 1.5 電子インフラのコンセプト | 7 |
| 1.6 調査団員 | 8 |
| 第2章 ガスセクター | 9 |
| 2.1 電力・エネルギー・鉱物資源省 (MoPEMR): エネルギー部門 | 9 |
| 2.1.1 ペトロバングラの組織 | 9 |
| 2.1.2 ガスセクターの組織構造 | 10 |
| 2.1.3 ガス田開発とパイプライン供給インフラ開発の歴史 | 11 |
| 2.1.4 メンテナンスの問題と課題解決に向けた対応 | 12 |
| 2.1.5 オペレーション上の問題と課題解決に向けた手法 | 12 |
| 2.2 ガスの生産量 | 12 |
| 2.2.1 ガス生産の状況 | 12 |
| 2.2.2 ガス開発の状況 | 13 |
| 2.4 ガスの生産、輸送、地域ガス会社のインフラの状況 | 16 |
| 2.4.1 データ収集状況 | 16 |
| 2.4.2 データ収集における問題点 | 17 |
| 2.4.3 ガス田施設データ | 17 |
| 2.4.4 ガス輸送パイプライン | 17 |
| 2.4.5 バルブステーション | 19 |
| 2.4.6 設計の問題点 | 19 |
| 2.4.7 設計基準と標準図面 | 20 |
| 2.4.8 運転とメンテナンスの記録 | 21 |
| 2.5 ガスセクターの問題点と課題の克服 | 22 |
| 2.5.1 運転モードの変化 | 22 |
| 2.5.2 統合化された運転及び情報共有システム | 22 |
| 2.5.3 信頼性のあるガスインフラのネットワーク | 23 |
| 2.6 制御・モニタリングの目標 | 24 |
| 2.7 ガスセクターでの資産管理導入の提言 | 25 |

| | | |
|------------|--------------------------------|-----------|
| 2.7.1 | ネットワークインフラの管理の電子インフラシステムの導入の推奨 | 25 |
| 2.7.2 | ネットワーク・インフラ管理システムのデータグループの構成 | 26 |
| 第3章 | 電力セクター | 27 |
| 3.1 | 発電 | 27 |
| 3.2 | 送電線 | 29 |
| 3.3 | 電力セクターの資産管理システム | 31 |
| 3.4 | SCADA との連携と提言 | 31 |
| 第4章 | 環境社会配慮 | 33 |
| 4.1 | 環境情報データベースの可能性の検討 | 33 |
| 4.1.1 | 法規制に関する地理情報 | 33 |
| 4.1.2 | 方針・政策に関する地理情報 | 33 |
| 4.1.3 | 現状・モニタリングに関する地理情報 | 33 |
| 4.1.4 | 地理情報の管轄機関 | 34 |
| 4.2 | ガスパイプライン建設による環境影響の検討 | 35 |
| 第5章 | ガス電力統合電子インフラシステムのデモ | 37 |
| 5.1 | 電子インフラシステムの特徴 | 37 |
| 5.1.1 | Smallworld について | 37 |
| 5.1.2 | Smallworld の機能 | 38 |
| 5.2 | バングラデシュガス電力ネットワークの電子インフラデモ | 40 |
| 5.3 | 電子インフラについて提言 | 47 |
| 5.3.1 | SCADA と Smallworld の連携 | 47 |
| 5.3.2 | ドキュメント・図面管理システム | 48 |
| 5.3.3 | 他システム (シミュレータ、ERP 等) との連携 | 48 |
| 第6章 | ガスインフラ整備に関する政策と戦略 | 49 |
| 6.1 | ガスインフラ整備に関する問題と克服すべき課題 | 49 |
| 6.1.1 | 最高許容運転圧力 (MAOP) | 49 |
| 6.1.2 | ガス供給パイプラインの形状 | 50 |
| 6.2 | ガスネットワークインフラの戦略的提案 | 51 |
| 6.2.1 | 幹線パイプラインのループ化 | 51 |
| 6.2.2 | ガス供給容量とガスインフラ開発計画 | 52 |
| 6.2.3 | 海底パイプラインの概略検討 | 55 |
| 6.3 | 国際援助機関のガスインフラプロジェクトの検証 | 57 |
| 6.3.1 | ガスインフラプロジェクトの概要 | 57 |
| 6.3.2 | アジア開発銀行(ADB) | 57 |
| 6.3.3 | 世界銀行 (WB) | 58 |
| 6.3.4 | 国際協力機構(JICA) | 58 |
| 6.3.5 | バングラデシュ政府独自の投資 | 58 |
| 6.3.6 | GSMP との整合性 | 58 |
| 6.3.7 | ガス輸送パイプラインのネットワーク | 58 |
| 6.4 | ガスの供給とガス価格に対する政策提言 | 59 |

| | | |
|------------|--------------------------|-----------|
| 6.4.1 | ガス供給源の多様化..... | 59 |
| 6.4.2 | ガス価格の改定..... | 59 |
| 6.4.3 | ガスインフラの投資およびローンの指針..... | 60 |
| 第7章 | 課題と提言..... | 61 |
| 7.1 | 課題..... | 61 |
| 7.2 | 提言..... | 63 |
| 7.2.1 | 電子インフラの導入..... | 63 |
| 7.2.2 | 技術協力プロジェクト(T/C)..... | 63 |
| 7.3 | ガスセクタープロジェクトについての提言..... | 66 |

図

| | | |
|--------|-----------------------------------|----|
| 図 1.1 | 電子インフラの概念図..... | 7 |
| 図 1.2 | 電子インフラの機能..... | 8 |
| 図 2.1 | ペトロバングラ傘下の事業運営会社..... | 9 |
| 図 2.2 | 地域ガス会社の配給区域..... | 11 |
| 図 2.3 | バングラデシュのガス生産量..... | 13 |
| 図 2.4 | 2016年ガス鉱区地図..... | 15 |
| 図 2.5 | GTCLのパイプライン図..... | 18 |
| 図 2.6 | ガス供給モードの変化と問題点..... | 22 |
| 図 2.7 | 圧力レベルによるグループ(例)..... | 26 |
| 図 3.1 | PSMP2016の電源開発計画とBPDBの追加計画..... | 29 |
| 図 3.2 | 2017年現在および2025年、2035年予定の送電線図..... | 30 |
| 図 5.1 | オブジェクトモデルとレイヤモデルの違い..... | 37 |
| 図 5.2 | Smallworld(SW)の性能..... | 38 |
| 図 5.3 | オブジェクト、フィールド、ジオメトリ..... | 39 |
| 図 5.4 | 複数のワールドにまたがる一つのオブジェクト..... | 40 |
| 図 5.5 | ガスパイプライン全国図..... | 40 |
| 図 5.6 | ガスパイプラインモード図..... | 41 |
| 図 5.7 | ガスバルブステーションのインターナルワールド例..... | 41 |
| 図 5.8 | ガスパイプライン詳細図例..... | 42 |
| 図 5.9 | TGTDCLのガス配給パイプ例..... | 42 |
| 図 5.10 | サービスパイプとガス顧客情報例..... | 43 |
| 図 5.11 | ガス田から需要家までの接続..... | 43 |
| 図 5.12 | 送電線電力網..... | 44 |
| 図 5.13 | 変電所インターナルワールド例..... | 44 |
| 図 5.14 | 背景図として用いる地形図例..... | 45 |
| 図 5.15 | 行政区界図とバルブステーションの抽出..... | 45 |
| 図 5.16 | GIS土壌分布図とパイプラインレイアウト..... | 46 |
| 図 5.17 | SCADAとSmallworld連携例..... | 47 |

| | | |
|--------|-----------------------------------|----|
| 図 6.1 | 流量比較 - 圧力レベルの違いによる | 49 |
| 図 6.2 | パイプ材料費比較 - 圧力レベルの違いによる | 50 |
| 図 6.3 | フィッシュボーン型ガスインフラの模式図 | 51 |
| 図 6.4 | ループ型ガスインフラ | 52 |
| 図 6.5 | ガス輸入量の推定 | 52 |
| 図 6.6 | 2018 年のガスインフラの形状 | 53 |
| 図 6.7 | 2025 年のガスインフラの形状 | 54 |
| 図 6.8 | 2035 年のガスインフラの形状 | 55 |
| 図 6.9 | パイプラインの流量計算で使用したフロー図 | 56 |
| 図 6.10 | ガス輸送パイプラインのループ化と海底パイプラインの提案 | 57 |
| 図 7.1 | バングラデシュエネルギーセクターの課題と必要な行動項目 | 62 |
| 図 7.2 | プロジェクトのロードマップ | 63 |
| 図 7.3 | ワーキンググループの構成 | 66 |

表

| | | |
|-------|-------------------------------|----|
| 表 2.1 | 実施中のガス田開発プロジェクトのリスト | 14 |
| 表 2.2 | LNG 輸入プロジェクト | 16 |
| 表 2.3 | 圧力設定比較表 | 19 |
| 表 3.1 | 発電所の容量 | 27 |
| 表 3.2 | 種類別発電所容量 | 27 |
| 表 3.3 | 発電所形式別容量 | 28 |
| 表 3.4 | PSMP2016 における電源開発計画 | 28 |
| 表 4.1 | パイプラインルート調査における推奨調査項目 | 35 |
| 表 6.1 | 現状のフィッシュボーン型インフラと圧力システム | 50 |
| 表 6.2 | ガスの小売価格 | 59 |
| 表 7.1 | 提案する T/C の活動内容 | 65 |

用語集

| 略語 | 英語表記 | 日本語表記 |
|------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| ADB | Asian Development Bank | アジア開発銀行 |
| AGC | Automatic Generation Control | 自動発電制御 |
| API | American Petroleum Institute | アメリカ石油協会規格 |
| APSCL | Ashuganj Power Station Company Limited | アシュガンジ発電所会社 |
| ASME | American Society of Mechanical Engineers | アメリカ機械学会 |
| ASTM | American Society for Testing and Materials | ASTM(American Society for Testing and Materials)規格 |
| Bangladesh | the People's Republic of Bangladesh | バングラデシュ人民共和国 |
| BAPEX | Bangladesh Petroleum Exploration & Production Company Limited | バングラデシュ石油探鉱・生産会社 |
| bbl | Barrel | バレル |

| 略語 | 英語表記 | 日本語表記 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| BCF | Billion Cubic Feet | 10 億立方フィート |
| BDT | Bangladesh Taka | バングラデシュタカ |
| BERC | Bangladesh Energy Regulatory Commission | バングラデシュエネルギー規制委員会 |
| BGDCL | Bakhrabad Gas Distribution Company Limited | バクラバッドガス配給会社 |
| BGFCL | Bangladesh Gas Fields Company Ltd. | バングラデシュガスフィールド会社 |
| BOC | Burmah Oil Company | バーマ・オイル社 |
| BOG | Boil-off-gas | ボイルオフガス |
| BP | British Petroleum | ブリティッシュペトロリアム社 |
| BPC | Bangladesh Petroleum Corporation | バングラデシュ石油公社 |
| bpd | Barrel per Day | 日バレル |
| BPDB | Bangladesh Power Development Board | バングラデシュ電力開発庁 |
| BREB | Bangladesh Rural Electrification Board | バングラデシュ地方電化庁 |
| C/P | Counterpart | カウンターパート |
| CAPEX | Capital Expenditure | 設備投資費 |
| CC | Combine Cycle | コンバインドサイクル |
| CCGT | Combined Cycle Gas Turbine | コンバインドサイクルガスタービン |
| CCPP | Combined Cycle Power Plant | コンバインドサイクル発電所 |
| CEGIS | Center for Environmental and Geographic Information Service | Center for Environmental and Geographic Information Service |
| CGS | City Gate Station | 都市ガスステーション |
| CLDO | Central Load Dispatching Office | 中央給電指令所 |
| CNG | Compressed Natural Gas | 圧縮天然ガス |
| COD | Commercial Operation Date | 商業運転開始日 |
| CP | Cathodic Protection | カソード式防食 |
| DESCO | Dhaka Electricity Supply Company Limited | Dhaka 電力供給会社 |
| DFR | Draft Final Report | ドラフト・ファイナルレポート |
| DOE | Department of Environment | 環境局 |
| DOF | Department of Forest | 森林局 |
| DPDC | Dhaka Power Distribution Company Limited | Dhaka 配電会社 |
| DRS | District Regulating Station | ディストリクトレギュレーティングステーション |
| DSM | Demand Side Management | デマンドサイドマネジメント |
| EAM | Enterprise Asset Management | 企業資産管理 |
| ECC | Environment Clearance Certificate | 環境許可証 |
| EDC | Economical load Dispatching Control | 経済負荷配分制御 |
| EGCB | Electricity Generation Company of Bangladesh | バングラデシュ発電会社 |
| EIA | Environmental Impact Assessment | 環境影響評価 |
| EIRR | Economic Internal Rate of Return | 経済的内部収益率 |
| EMRD | Energy and Mineral Resources Division, Ministry of Power, Energy, and Mineral Resources | 電力エネルギー鉱物資源局 エネルギー鉱物資源局 |
| EMS | Energy Management System | エネルギーマネジメントシステム |
| EN | European Norm (European Standards) | 欧州統一規格(欧州標準) |
| ERD | Economic Relation Division | 経済関係局 |
| EU | European Union | ヨーロッパ連合 |
| F/S | Feasibility Study | 実現可能性調査 |
| FDI | Foreign Direct Investment | 直接投資 |
| FGMO | Free Governor Mode Operation | ガバナーフリー運転 |
| FIRR | Financial Internal Rate of Return | 財政的内部収益率 |
| FR | Final Report | ファイナルレポート |
| FSRU | Floating Storage and Regasification Unit | 浮体式貯蔵再ガス化設備 |
| FSU | Floating Storage Unit | 浮体式貯蔵設備 |

| 略語 | 英語表記 | 日本語表記 |
|--------|------------------------------------------------------------|----------------------|
| FY | Fiscal Year | 会計年度 |
| GDF | Gas Development Fund | ガス開発ファンド |
| GDP | Gross Domestic Product | 国内総生産 |
| GE | General Electric Company | ゼネラルエレクトリック社 |
| GHG | Greenhouse Gas | 温室効果ガス |
| GNI | Gross National Income | 国民総所得 |
| GoB | Government of Bangladesh | バングラデシュ政府 |
| GPS | Geographic Positioning System | 全地球測位システム |
| GSMP | Gas Sector Master Plan | 世界銀行ガスセクターマスタープラン |
| GSRR | Gas Sector Reform Roadmap | ガスセクターリフォームロードマップ |
| GTCC | Gas Turbine Combined Cycle | ガスタービンコンバインドサイクル発電 |
| GTCL | Gas Transmission Company Limited | ガス搬送会社 |
| GUI | Graphical User Interface | グラフィカルユーザーインターフェース |
| ha | Hectare | ヘクタール |
| HSD | High Speed Diesel | 高速ディーゼル機関 |
| HVDC | High Voltage Direct Current transmission line | 高圧直流送電線 |
| Hz | Hertz | ヘルツ |
| IBRD | International Bank for Reconstruction and Development | 国際復興開発銀行 |
| IcR | Inception Report | インセプションレポート |
| ICT | Information and Communication Technology | 情報通信技術 |
| IEA | International Energy Agency | 国際エネルギー機関 |
| IEE | Initial Environmental Examination | 初期環境評価 |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers | 電気電子技術者協会 |
| IMF | International Monetary Fund | 国際通貨基金 |
| IOC | International Oil Company | 国際石油企業 |
| IPP | Independent Power Producer | 独立系発電事業者 |
| IRR | Internal Rate of Return | 内部収益率 |
| IR | Interim Report | インテリムレポート |
| JGTDSL | Jalalabad Gas Transmission and Distribution System Limited | ジャララバッドガス搬送・配給システム会社 |
| JICA | Japan International Cooperation Agency | 国際協力機構 |
| JST | JICA Survey Team | JICA 調査団 |
| KGDC | Karnaphuli Gas Distribution Company Limited | カルナフリガス配給会社 |
| ktoe | Kilo tonne of Oil Equivalent | 石油換算トン |
| KV | Kilovolt | キロボルト |
| kWh | Kilowatt Hour | キロワット時 |
| LED | Light Emitting Diode | 発光ダイオード |
| LFC | Load Frequency Control | 負荷周波数制御 |
| lkm | Line kilometer | ラインキロメートル |
| LNG | Liquefied Natural Gas | 液化天然ガス |
| LPG | Liquefied Petroleum Gas | 液化石油ガス |
| M/P | Master Plan | マスタープラン |
| MAOP | Maximum Allowable Operating Pressure | 最大許容使用圧力 |
| MCF | Million Cubic Feet | 百万立方フィート |
| MDGs | Millennium Development Goals | ミレニアム開発目標 |
| METI | Ministry of Economy, Trade and Industry | 経済産業省 |
| mm | millimeter | ミリメートル |
| MMBTU | Million British Thermal Unit | 百万英国熱量単位 |
| mcf | Million Cubic Feet | 百万立方フィート |
| mmscfd | Million Standard Cubic Feet per Day | 百万標準立方フィート/日 |

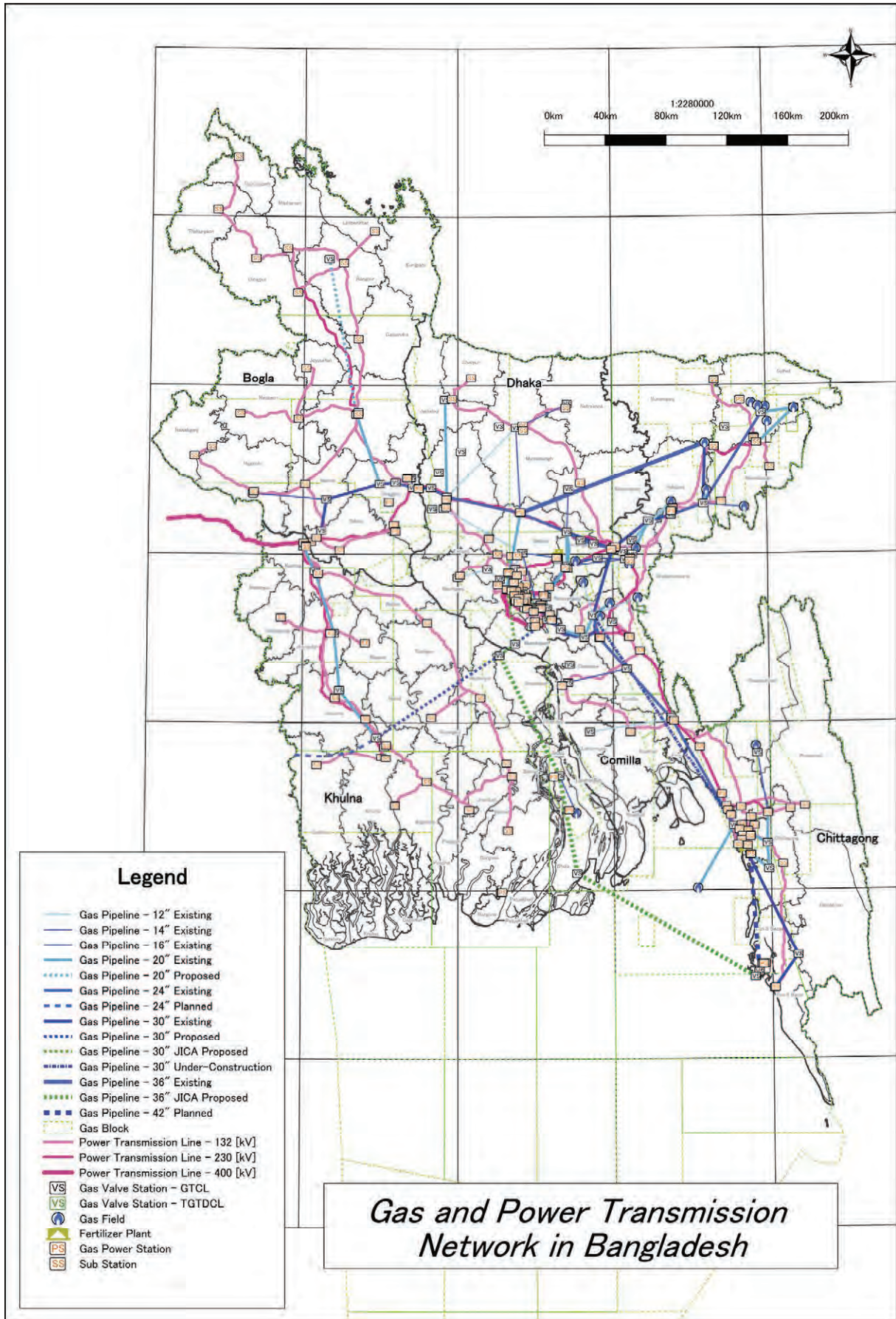
| 略語 | 英語表記 | 日本語表記 |
|---------|--------------------------------------------------------|------------------|
| MTPA | Million Metric Ton per Annam | 百万トン/年 |
| MOI | Ministry of Industries | 工業省 |
| MoPEMR | Ministry of Power, Energy and Mineral Resources | 電力エネルギー鉱物資源省 |
| MPL | Meghna Petroleum Limited | メグナ石油会社 |
| MW | Megawatt | メガワット |
| MWh | Megawatt Hour | メガワット時 |
| NEXI | Nippon Export and Investment Insurance | 日本貿易保険株式会社 |
| NGO | Non-Governmental Organization | 非政府組織 |
| NK | Nippon Koei Co., Ltd | 日本工営株式会社 |
| NLDC | National Load Dispatching Center | 中央給電指令所 |
| NPV | Net Present Value | 正味現在価値 |
| NWPGCL | North West Power Generation Company | 北西部発電会社 |
| O&M | Operation and Maintenance | 運転維持管理 |
| ODA | Official Development Assistance | 政府開発援助 |
| OECD | Organization for Economic Co-operation and Development | 経済協力開発機構 |
| OPEX | Operating Expense | 事業経費 |
| P&ID | Piping and Instrument Diagram | 配管計装図 |
| p.a. | Per Annum | 年率 |
| PC | Power Cell | パワーセル |
| PDP | Power Development Plan | 電力開発計画 |
| PFD | Process Flow Diagram | プロセスフロー図 |
| PGCB | Power Grid Company of Bangladesh Limited | バングラデシュ送電会社 |
| PGCL | Pashchimanchal Gas Company Limited | パスチマンチャルガス配給会社 |
| POCL | Padma Oil Company Limited | パドマ石油会社 |
| PPA | Power Purchase Agreement | 電力販売契約 |
| PPL | Pakistan Petroleum Ltd | パキスタン石油会社 |
| PPP | Public Private Partnership | 官民連携 |
| PRF | Protected Public Forest | 保護公共林 |
| PS | Power Station | 発電所 |
| PSA | Production Sharing Agreements | 生産物分与契約 |
| PSC | Product Sharing Contract | 生産物分与契約 |
| PSMP | Power System Master Plan | JICA 電力マスタープラン |
| PSOC | Pakistan Shell Oil Company | パキスタンシェル石油社 |
| R&D | Research and Development | 研究開発 |
| REB | Rural Electrification Board | 地方電化庁 |
| RES | Renewable Energy Power Source | 再生可能エネルギー源 |
| RPGCL | Rupantarita Prakritik Gas Company Limited | ルパンタリタガス会社 |
| SCADA | Supervisory Control And Data Acquisition | 監視制御データ収集システム |
| SDGs | Sustainable Development Goals | 持続可能な開発目標 |
| SEZ | Special Economic Zone | 経済特区 |
| SGFL | Sylhet Gas Fields Limited | シレットガスフィールド会社 |
| SMYS | Specified minimum yield strength | 規格最小降伏応力 |
| SoB | Survey of Bangladesh | 防衛省測量局 |
| SREDA | Sustainable and Renewable Energy Development Authority | 持続・再生可能エネルギー開発庁 |
| ST | Steam Turbine | 蒸気タービン |
| STANVAC | The Standard Vacuum Oil Company | スタンダード・バキューム石油会社 |
| SW | Smallworld | Smallworld™ |
| T/D | Transmission and Distribution | 送配電 |
| TCF | Trillion Cubic Feet | 兆立方フィート |

| 略語 | 英語表記 | 日本語表記 |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
| TDS | Transmission and Distribution Sector (in General Electricity Utility) | 送配電セクター |
| TEG | Thermo-Electric Generator | 熱電発電機 |
| TEPCO | Tokyo Electric Power Company, Inc. | 東京電力株式会社 |
| TGTDCL | Titas Gas Transmission and Distribution Company Limited | ティタスガス搬送配分会社 |
| Tk | Taka | バングラデシュタカ |
| TOR | Terms of Reference | 特記仕様書 |
| U/G | Under Ground | 地下 |
| UFR | Under Frequency Relay | 不足周波数継電器 |
| USC | Ultra Super Critical | 超々臨界 |
| USD | United States Dollar | アメリカ合衆国ドル |
| WB | World Bank | 世界銀行 |
| WZPDCL | West Zone Power Distribution Company Limited | 西部地区電力配分会社 |

為替レート (本文中指定がない限り、2017年12月末時点)

1.3823 BDT/USD

113.27 JPY/USD



要 旨

バングラデシュは一次エネルギー源の大半を国産天然ガスに依存している。一方、国産天然ガスの生産量は現在をピークに減少に転ずると予測されており、LNGの輸入を計画中である。エネルギーセクターでは(1)「配分形式」から「需要ベース形式」へ供給方式の変更、(2)ガスネットワークインフラの低い信頼性、(3)ガスと電力の統合計画の不在、(4)前時代的な運営、などの課題がある。

ガス事業のオペレーションとインフラ管理システムの近代化は、上の課題に取り組む為の出発点である。ハードインフラのデータをシステムに取り込み、監視制御データ収集システム(SCADA)など現在のシステムと連携して統合し、高度なプロセス管理、予防的メンテナンス、安全運転、資産管理、効率的な将来インフラ計画などを行うことが必要である。このため、電力・エネルギーマスタープラン2016(PSMP2016)では、バングラデシュのエネルギーセクターにおける電子インフラの導入が提言された。

上記背景において、バングラデシュ政府とJICAは「ネットワークインフラ・ガスインフラの電子化にかかる情報収集・確認調査」の実施に合意し、電子インフラシステムの導入を実証することとした。本調査は、ガス・電力インフラの維持管理・資産管理のための、電子インフラの枠組みを構築し、統合情報モデルデモンストレーションを行うことを目的に実施した。

電子インフラは、インフラネットワークをコンピュータ上に再現したもので、資産管理のプラットフォームと高度な地理情報システム(GIS)、図面管理システムを基にする。大規模で複雑なインフラネットワークの管理に適したシステムである。

本報告書は、全7章から成る。第1章では本調査の背景と目的をまとめた。

第2章では、ガスセクターにおけるデータ収集の結果、現状と課題をまとめた。ガスの生産は増加し、現在約900BCF/年であるが、既存ガス田の生産寿命が近づいており、新規発見が無いことから、今後ガス生産は減少するものと考えられる。ガスセクターは組織変遷が頻繁に行われ、かかる図面や文書の引継ぎが適切に行われておらず、管理に弊害が生じている。課題として(1)設計図面や竣工図、プロセスフロー図や仕様書など重要文書の組織としての中央管理の不在、(2)基幹線の運転圧力を低く設定していることによる投資とオペレーションの非効率、(3)事業ごとに異なる設計基準の採用、および、統一されていないスペアパーツ仕様による非効率な調達、(4)LNG導入にかかるパイプライン設備とガス流れ方向の変化への未対応、などがある。これらに対する提言として、(1)文書管理システムの構築、(2)適切な設計圧力の採用、(3)標準設計・標準仕様書の整備、(4)LNG受け入れ設備、パイプライン基幹線・支線から需要家まで統合する一元管理システムとしての電子インフラシステムの構築、を挙げた。

第3章は電力セクターについて、主にPSMP2016からの更新事項をまとめた。2017年6月時点で108箇所、合計12,771MWの発電所がある。この内、8,102MWがガス火力である。資金調達、許認可、土地収用の難しさから、多くの発電計画に遅延が生じている。本報告書では、2025年、2035年の発電所、送電線系統の計画を確認したが、ガスセクターとの計画の整合性確認が必要である。

電力セクターでは情報通信技術(ICT)ロードマップが策定中であり、企業資源計画(ERP)の電力関係各政府機関・企業への導入が計画されている。ERP に対応するためのデータベースと文書管理システムの構築が、今後必要となる。また、SCADA に対応する発電側機器構成の改善と運転データ取得のほか、維持管理記録、現場作業記録、設計文書などを管理するシステムが必要である。これらのために、電力セクターにおいても電子インフラシステムの導入を提案する。

第 4 章では環境社会配慮において、戦略的環境アセスメントで参照できる多様な文書、地図情報、データベースをまとめた。内容は(i) 環境法令、規則、(ii)ゾーニングと政策 (iii) 各セクターの基本データ、(iv)バングラデシュでの環境データを扱う関係機関、である。また、第 6 章で提言する海底パイプラインの環境スコーピングを行い、主要な環境影響をまとめ、環境関連地図とパイプラインルートを重ね、ルート選定における提言をまとめた。

第 5 章では電子インフラを用いたガス・電力のデモンストレーション (以下、デモ) について説明している。デモでは、大規模、高精度のデータ取り扱いに適したオブジェクトモデルによる電子インフラシステム「Smallworld」を採用した。電子インフラシステムは将来的に、ERP、企業資産管理(EAM)、地理情報システム(GIS)、シミュレータ、SCADA などのプラットフォームとなりうる。電子インフラは、実際の位置情報に基づく地図と共に、単線図など論理的な接続図や、各設備の内部図面、資産管理データを表示する。本調査では収集したバングラデシュのガス基幹線、ガス支線、発電所、変電所、送電線の各データ・図面を、地形図や環境図面と共に搭載し、デモを構築した。またデモのマニュアルを作成した。本調査では限られたモデル地域のデモを作成したが、今後、他の地域のデータや図面を統合していくには、地下埋設管調査や位置情報調査の実施、存在しない図面の作成や古い図面の更新などが必要であり、多大な労力を注ぐ必要がある。基本的なデータ・図面の作成管理を含む電子インフラ運営組織の設立が必要である。

第 6 章ではガスインフラの戦略と政策提言をまとめた。特に、送ガス容量を増加させるため、現状の最大運転圧力 1,135 psig の基幹パイプラインについて、1,440 psig の最大運転圧力を採用していくことを提案した。また、需要ベースの運転を可能にするため、信頼性向上、送ガス容量の増加、制御の容易さの観点から、ループシステムの採用を提言した。

さらに、2025 年、2035 年におけるガス容量とガスインフラ開発計画の見直しを、LNG 輸入計画に応じて行った。本調査では、既存計画に基づき 2025 年に 1,750 mmscfd、2035 年に 5,000 mmscfd の LNG が輸入されると想定した。LNG ガスを Dhaka 地域へ送るため、Moheshkhali から Padoma 西部へ 1,700 mmscfd のガスを送る海底パイプラインの建設を提案し、その予備的検討を行った。なお、2025 年までのダッカパイプラインループと西部パイプラインループの構築を、2035 年までの 36 インチ海底パイプラインの建設を提言した。

くわえて、ドナーによるガスインフラ事業をレビューした。現在の設計基準や仕様は案件ごとに異なっている。共通の仕様と設計基準を整備し、ドナー間で共有、調整する必要がある。

ガス価格について、現在アジアでの LNG 国際価格は 6-10 USD/MMBTU である一方、BPDB の発電用のガス購入価格は 0.9-1.1 USD/MMBTU であった。バングラデシュは長期間の価格設定において国際基準にガス価格を上昇させ、国内ガスとの価格差を漸減させていく必要がある。

第7章では本調査の提言をまとめた。エネルギーセクターの課題を (1) システムの統一性、(2) ガス運用モードの「配分形式」から「需要ベース形式」への変更、(3) LNG 輸入計画にかかるパイプライン容量の不足、(4) LNG 導入における制度の未整備、(5) 中央文書管理システムの不在、(6) ERP 導入の対応必要 (7) ドナー間の標準設計の共有と強調の必要、とした。これらの課題に対応する必要な行動として、(1) パイプラインネットワークの見直しとループパイプラインシステムの導入、(2) 標準設計・共通仕様書の整備、(3) Moheshkhali から Dhaka 地域へ接続する 36 インチ海底パイプラインの建設、(4) キャパシティライトとクオリティバンク制度・会計制度の確立、(5) 電子インフラシステムの導入、(6) 共通標準設計のドナー間共有、を挙げた。

上記行動の実施のためには、高度な管理システムの導入が必須である。現状のインフラの図面・仕様を確認し、将来インフラの拡張の計画、設計を行う必要がある。この状況において、データ・情報のプラットフォームとなる電子インフラシステムの導入が奨められる。調査団は電子インフラによるガス・電力統合情報システムを提案し、バングラデシュのエネルギーセクターにおけるデモを作成した。今後、技術協力プロジェクト(T/C)の枠組みを用いて、電子インフラシステムの整備と、ガス・電力運転管理システムの近代化・効率的運用のための人材育成を行うことを提言した。

第1章 背景

1.1 プロジェクトの背景

バングラデシュ人民共和国(以下、「バングラデシュ」)は、一次エネルギー源の大半を国産天然ガスに依存している。一方、国産天然ガスの生産量は現在をピークに減少に転ずると予測されている。現在の需要では、既存ガス田の可採年数は 9.5 年程度で、新規ガス田からの供給は見込まれるものの十分ではなく、エネルギー政策を大きく見直さなければならない状況となっている。このような状況で、バングラデシュ政府は JICA の支援を受け力セクターマスタープラン 2010、電力・エネルギーマスタープラン 2016(Power & Energy Sector Master Plan、以下 PSMP2016)を策定した。ガス分野については、以下の課題がある。

(1) ガス運用モードのシフト

今後、ガスは「配分形式」から「需要ベース形式」へ供給モードが変わっていく。そのためには高度なプロセス制御システムを導入する必要がある。国産と LNG が混じったガス供給においては、様々な熱量や成分、価格のガスを取り扱うことになり、これに応じた新たなガス料金体系の新規構築が必要である。ペトロバングラ(Bangladesh Oil & Gas Corporation, Petrobangla)傘下のガス輸送会社、地域別のガス配給会社はそれぞれ個別に事業を行っている。これら関係会社間の効率的な情報共有と調整を行う体制の強化が必要である。

(2) ガスネットワークインフラの信頼性

老朽化したガスインフラにおいて、ガス需要の増加、国産ガスの減退、LNG の導入に応じたガスのネットワークインフラの更新、拡張と整備が必須である。加えて、主要パイプラインのガスが流れる方向は急激に変化する事になる。現在ガス田と関連設備はバングラデシュ北東部に集中している。一方で LNG は南部の港湾から導入される。また、今後特に西部でガスの需要が増加する。これらに応じた新規のガスインフラが必要である。さらに、ガス漏出を防止することは、特に今後高価な LNG を輸入するにあたり不可欠である。老朽化したパイプラインのリハビリを、プロセスフロー図やルート図の更新と共に行い、維持管理システムの構築と共に行っていく必要がある。

(3) ガス電力の統合計画の不在

ガスと電力間の調整、協働体制を強化する必要がある。ガス火力発電所はガスパイプライン開発・延伸にかかる基幹需要家として重要である。またガスインフラはガス火力の立地選定を左右する。よって、ガス・電力間の計画調整は、開発コストと期間を最小化させるために必須である。

(4) 前時代的な運営

人材育成を含めた運営近代化が喫緊の課題である。ガス供給システムの統合と運転の中央モニタリングを行うことに加え、それらを担う人材の育成も必要である。

ガス運営とインフラ管理システムの近代化は、上記課題に取り組む出発点である。ハードインフラのデータをシステムに取り込み、監視制御データ収集システム (Supervisory Control And

Data Acquisition、以下 SCADA)など現在のシステムと連携して統合し、予防的メンテナンス、安全運転、効率的な資産管理、効率的な将来インフラ計画などを行うことが必要である。このため、PSMP2016 はエネルギーセクターを一元管理するネットワーク電子インフラシステム（以下、電子インフラ）の導入を提言した。

バングラデシュ政府と JICA は、電子インフラ導入のパイロット事業やバングラデシュでのガス・電力セクターへの電子インフラの適用性を調べるため、本調査を行うことに合意した。

1.2 調査の目的

調査の目的は以下の通りである。

- 1) ガス・電力インフラの維持管理・資産管理のための、電子インフラの枠組みを構築する
- 2) ガス・電力インフラの効率的運用にかかる電子インフラの導入について紹介する
- 3) ガス・電力の統合情報モデルのデモンストレーションを行う

調査の対象は以下の通り。

- ガス田、ガスプロセスプラント、ガスパイプライン、およびバルブステーションなど関連設備
- ガス輸送会社 (Gas Transmission Company Bangladesh Limited, 以下 GTCL) のパイプラインとバルブステーションなど関連設備
- ティタスガス輸送会社 (Titas Gas Transmission and Distribution Company Limited, 以下 TGTDC) および他のガス配給会社パイプライン設備の一部
- 発電所を含むガス需要家
- 送電線・変電所

1.3 調査項目

調査項目は以下の通りである。

- 1) ガス生産・LNG 導入計画に関する情報収集と整理
 - ガス・コンデンサートの生産量と運転圧力
 - ガス輸送・配給のパイプラインルート図と敷設権 (Right-of-way、以下 ROW)、竣工図、工事図面の収集
 - 配管材料仕様書(Material Specification)入手と検証
 - 電気防食等を含む保守点検と安全全管理に関する調査
 - ガス処理施設プロセスフロー図と Piping and Instrument Diagram (以下 P&ID)
 - GTCL・地域ガス会社との取り合い個所の状況に関する情報収集
 - プロセス制御、メンテナンス、緊急時の措置
 - 電気防食等を含む保守点検と安全全管理に関する調査
 - 短期(2025年まで)、中期(2035年まで)、長期(2041年まで)にわたる将来計画と課題に関する調査

- 2) 電力セクターにかかるデータ収集(発電・送電)
 - ガス火力発電所の情報(位置、竣工年、ガス所要量、効率など)
 - 送電線ネットワーク図(ルート図、単線図、電圧階級、電線のサイズ回線数等)
 - 変電所(位置、竣工年、変圧器・開閉器容量、維持管理について)
 - 短期(2025年まで)、中期(2035年まで)、長期(2041年まで)にわたる将来計画と課題に関する調査
- 3) ガスと電力セクターの情報の統合とかかる提言
- 4) ガスインフラにかかる政策提言
- 5) 関連環境データの収集
- 6) 電子インフラのデモの作成
- 7) セミナーの実施、本邦・第三国招へいの実施

1.4 カウンターパート機関

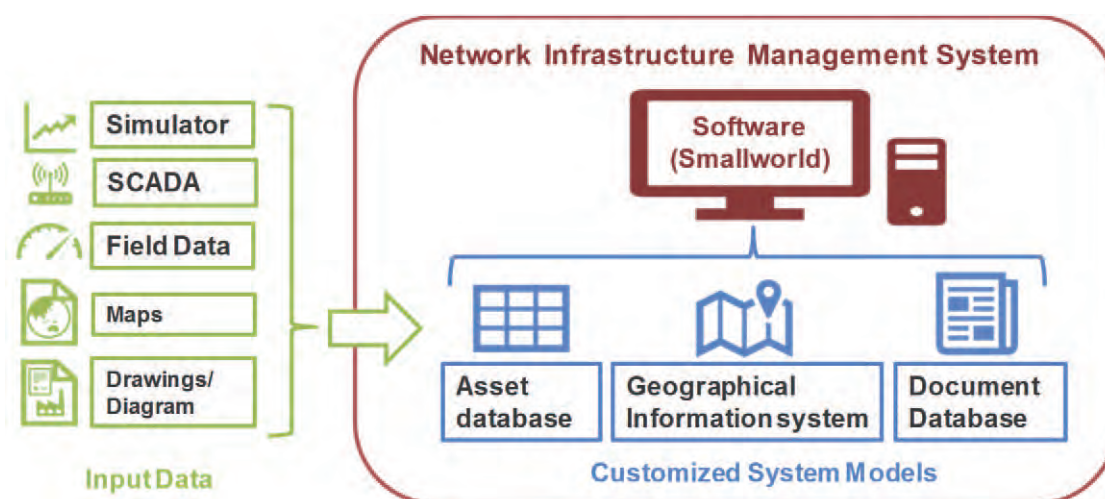
調査のカウンターパートは電力エネルギー鉱物資源省(Ministry of Power, Energy and Mineral Resources、以下 MoPEMR) の関連の以下の組織である

- (1) エネルギー鉱物資源局 (The Energy and Mineral Resources Division、以下 EMRD) : 本調査の他機関調整における主要機関
- (2) 電力局 (Power Division)
- (3) データ提供にかかる以下の組織またはガス・電力会社
 - ペトロバングラと関連会社
 - Bangladesh Petroleum Exploration and Production Company (以下 BAPEX)
 - Bangladesh Gas Fields Company Limited (以下 BGFCL)
 - Sylhet Gas Field Limited (以下 SGFL)
 - Gas Transmission Company Bangladesh Limited (以下 GTCL)
 - Titas Gas Transmission and Distribution Company Limited (以下 TGTDC)
 - Bakhraabad Gas Distribution Company Limited (以下、BGDCL)
 - Jalalabad Gas Transmission and Distribution System Limited (以下 JGTDSL)
 - Pashchimanchal Gas Company Limited (以下、PGCL)
 - Karnaphuli Gas Distribution Company Limited (以下、KGDCL)
 - Rupantarita Prakritik Gas Company Limited (以下、RPGCL)
 - バングラデシュ電力開発庁 (Bangladesh Power Development Board、以下、BPDB) および関連組織
 - バングラデシュ送電会社 (Power Grid Company of Bangladesh、以下 PGCB)
 - Ashugonj Power Station Company Ltd. (以下、APSCL)
 - Electricity Generation Company of Bangladesh Ltd. (以下、EGCB)
 - North West Power Generation Company Ltd. (以下、NWPGL)
 - West Zone Power Distribution Company Ltd. (以下、WZPDCL)

- North west Zone Power Distribution Company Ltd. (以下 NWZPDCL)
- Power Cell

1.5 電子インフラのコンセプト

上記の課題に取り組むため、バングラデシュエネルギーセクターにおける電子インフラの導入を提案する。電子インフラは仮想インフラネットワークをコンピュータ上に再現したもので、資産管理のプラットフォームと高度な地理情報システム(以下 GIS)、図面管理システムを基にする。大規模で複雑なインフラネットワークの管理に適したシステムである。概念図を以下に示す。



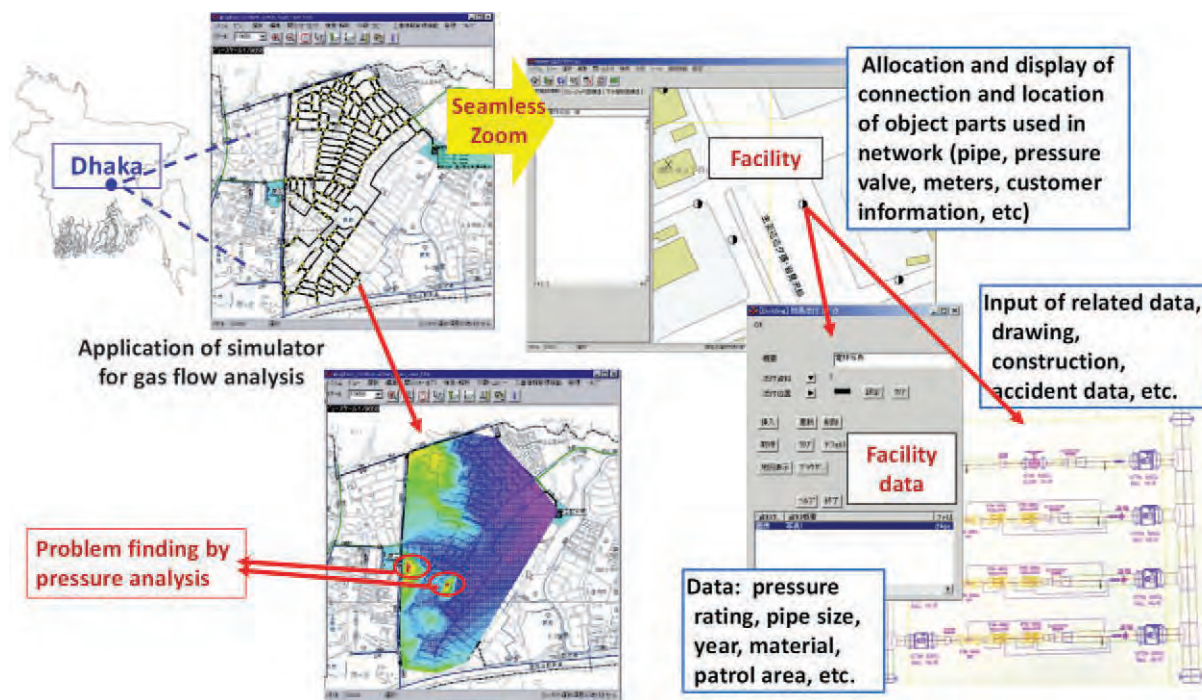
出典: JICA 調査団作成

図 1.1 電子インフラの概念図

電子インフラでは既存の GIS と異なりオブジェクトモデルが採用されている。特徴は以下の通りである。

- 1) ネットワークシステムの機器構成要素(バルブ、パイプ、変圧器、ケーブル等) を正確な位置情報と共に、様々な地図縮尺においてコンピュータ上で再現可能。
- 2) ネットワークのシステム要素間の接続状態(開/閉、接続/切断等)を認識し、分析に用いることが可能。
- 3) 膨大な量の構成要素の属性データを格納可能。
- 4) 電子インフラシステムを同時運用が多人数で可能。

上の特質により、電子インフラでは構成要素の正確な位置特定ができ、効率的な資産運用、インフラ計画の最適化、運転・安全管理に有用である。オブジェクトモデルによる電子インフラは現在世界で 1300 を超えるガス、電力、水道、通信などの公益事業会社で採用されている。



出典: JICA 調査団作成

図 1.2 電子インフラの機能

1.6 調査団員

調査は日本工営株式会社と千代田ユーテック株式会社の JV により実施した。

第2章 ガスセクター

2.1 電力・エネルギー・鉱物資源省 (MoPEMR): エネルギー部門

MoPEMR は、バングラデシュで、一次エネルギーと電力に関する政策策定と監督を行う中枢である。2016年5月以降は、首相が同省の大臣を兼任し、首相に命令されない限りにおいては国務大臣が同省の仕事に責任を持つことになっている。

MoPEMR の下で、EMRD が、一次エネルギーと鉱物資源を所管している。

2.1.1 ペトロバングラの組織

ペトロバングラは国営石油会社で、1985年、MoPEMR の EMRD の下に設立された。現在ペトロバングラの傘下には13の会社が設立運営され、石油やガスの開発、生産、輸送、配送を行っている。また石材や石炭の採掘と販路拡大も行っている。次の図は、ペトロバングラ傘下の事業運営会社を示したものである。



出典: Petrobangla

図 2.1 ペトロバングラ傘下の事業運営会社

なお、液化天然ガス(LNG)の輸入施設の運営に関し、Rupantarita Prakritik ガス会社(以下 RPGL)に所掌の権限が与えられている。

2.1.2 ガスセクターの組織構造

ガスセクターはガス田開発及び生産会社、ガス輸送会社、地域ガス会社に分けられている。

(1) ガス田開発及び生産会社

次にあげる各社がガス田開発及び生産を行っている。

- BAPEX (Bangladesh Petroleum Exploration and Production Company Limited)
- SGFL (Sylhet Gas Field Limited)
- BGFCL (Bangladesh Gas Field Company Limited)

以上に加えて、2社の国際石油資本、シェブロンとターロウがペトロバングラとの間で生産物分与契約 (Product Sharing Contract, 以下PSC) を締結し生産を行っている。また、ガス生産の随伴物としてコンデンセートも回収生産されている。

(2) ガス輸送会社 (GTCL)

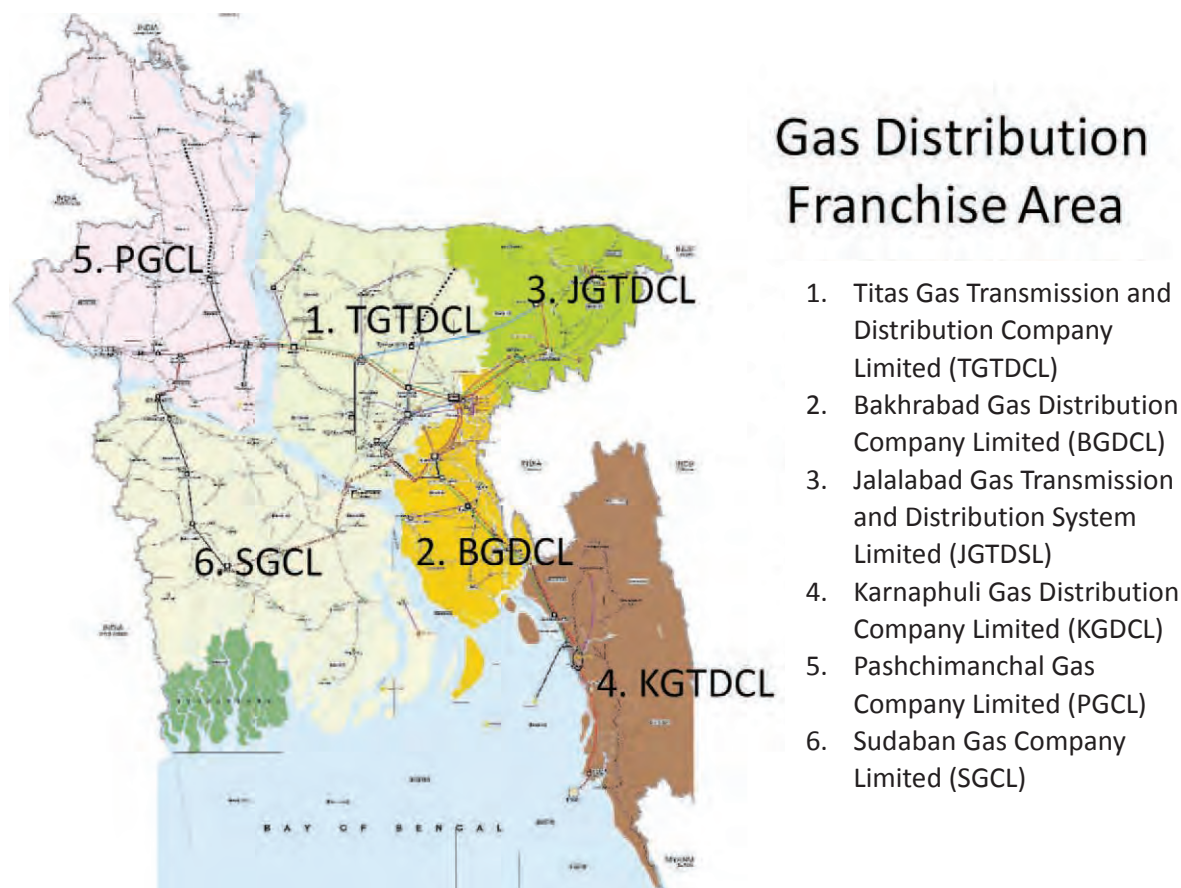
GTCLは、ガス田から地域都市ガス会社へ供給するガスの輸送を担当している。

(3) 地域都市ガス会社

地域都市ガス会社として以下に示す6社があり、基本的に管轄区域全体へのガス供給を行うことになっている。

- 1) TGTDCCL (Titas Gas Transmission and Distribution Company limited)
- 2) BGDCL (Bakhrabad Gas Distribution Company Limited)
- 3) JGTDSL (Jalalabad Gas Transmission and Distribution System Limited)
- 4) KGDCL (Karnaphuli Gas Distribution Company Limited)
- 5) PGCL (Pashchimanchal Gas Company Limited)
- 6) SGCL (Sundarban Gas Company Limited)

これらの地域都市ガス会社の供給地域を以下に示す。



出典: GTCL の地図に基づき調査団作成

図 2.2 地域ガス会社の配給区域

2.1.3 ガス田開発とパイプライン供給インフラ開発の歴史

1948 年に石油法が制定され、米国の石油会社 Standard Vacuum Oil Company (STANVAC) of USA、Pakistan Petroleum Ltd. (PPL)、Pakistan Shell Oil Company (PSOC) の 3 社がバングラデシュで石油およびガス田の探鉱を開始した。

STANVAC は、バングラデシュの北西部地域で探鉱活動を行ったが、成功せず、探鉱競争から撤退した。PPL は、3 か所でガス田を発見した。また、PSOC は、5 か所でガス田を発見した。1975 年、バングラデシュ独立の後、PSOC の保有する 5 か所のガス田は国家の所有となり、BGFCL に移管された。PPL のガス田資産は SGFL に移管され今日に至っている。

TGTDC は、1964 年に PSOC が生産したガスの販売会社として、パキスタン政府と PSOC の JV として設立された。また、BGDCL は、その後、GTCL、BGDCL 及び KGDCL に分割され今日に至っている。

GTCL は、1993 年に、1) 幹線パイプラインの運営とメンテナンスの統合と、2) 幹線パイプラインの延伸を目的に設立された。

2000 年には北西地域へのガス供給を目的に PGCL が設立された。また、2009 年には南西地域へのガス供給を目的に SGCL が設立された。

2.1.4 メンテナンスの問題と課題解決に向けた対応

バングラデシュのガスセクターにおいて、メンテナンスが軽視されてきた。幹線パイプラインや配給ガス管網の位置は多分に人の記憶に頼る状況であった。担当技術者が人事異動や退職した場合には、設備の場所の特定が困難になるという状況にある。また、図面類の集中管理の仕組みがない場合も多く、事務所の移転や人事異動の際に重要な図面や書類が失われる事態も起きている。

幹線パイプライン及び配給ガス管網の資産維持管理のためのプログラムと予算に関する記載が各ガス会社の年次報告に必ず示されているわけではない。資産管理の重要性の認識を強める必要がある。

上記の問題を解決する一環として、現在、世界銀行の支援により、ERP (Enterprise Resource Planning)の導入を計画している。ERP はソフトウェアの一種のように理解される場合があるが、ERP については以下のような認識が必要である。

- 1) ERP は概念でありシステムそのものを示すものではなく、もともと企業資源の効率運用、企業利益の最大化と経費の最小化を目指した概念である。
- 2) ERP の概念は産業によって異なり、ガス産業独自の ERP のコンセプトがある。
- 3) ERP は、1970 年代から今日まで 40 年以上にわたって発展してきたものである。
- 4) ERP は、長年にわたるカスタマイズとアップデートの継続的な努力の賜物である。
- 5) 標準化と資料管理システムが ERP の基本となる。

メンテナンスという概念は、ERP の一部として作り上げるべきもので、それを支える資金も配分されるべきである。

本調査では、ERP を達成するために用いるデータのプラットフォームとして、電子インフラシステムの導入を推奨する。

2.1.5 オペレーション上の問題と課題解決に向けた手法

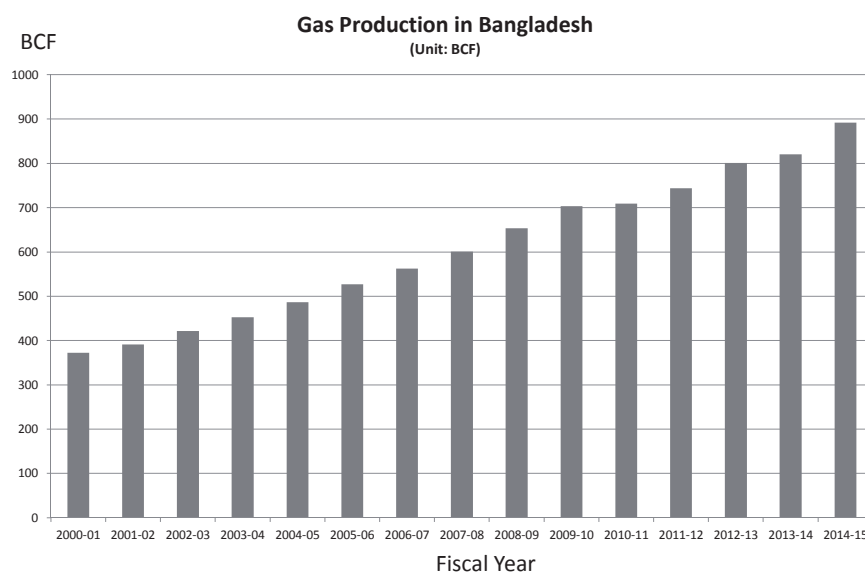
現在のバングラデシュのガスインフラは、ペトロバングラ傘下でそれぞれ独立したガス生産会社、輸送会社、地域都市ガス会社によるガスの配給を基本とした供給モードで運転されている。LNG の導入に伴い、需要に即して供給する運転モードに変わる。システムの統合化と高度制御、財政に対するリスク軽減のために、キャパシティライト(Capacity Right)の導入とクオリティバンク(Quality Bank)の導入を考える必要がある。キャパシティライトは LNG 供給者に割り当てられる供給枠であり、クオリティバンクは各事業者より供給される LNG ガスの量、カロリー、値段、契約期間などの違いを金銭に換算して調整する機関である。

2.2 ガスの生産量

2.2.1 ガス生産の状況

ガスの生産量はこれまで継続的に増加してきている。次に過去 15 年にわたるガスの生産量の推移を示す。

ガスの生産は増加しているが、既存ガス田の生産寿命が近づいている。現在のところ、あと数年で確実に産出可能な新規ガス田の見込みは無く、将来のガス田開発には時間を要することから、今後ガス生産は減少するものと考えられている。



出典: Petrobangla Annual Report 2015

図 2.3 バングラデシュのガス生産量

2.2.2 ガス開発の状況

(1) 陸上ガス田開発の状況

唯一の国営石油開発会社である BAPEX は、開発の責任を負っている。BAPEX の運営資金のほとんどはガス開発基金 (Gas Development Fund, 以下 GDF) によりまかなわれている。GDF は、ガスの販売料金の一部より拠出されている。加えて、BGFCL は、ADB の援助の下に、ガス開発や生産に関連するガス漏れの問題を解決しようとしている。

一方、SGFL も GDF 資金により新規ガス田開発のための掘削を行っている。

(2) 陸上ガス田開発に関する投資計画

次表にガス田開発プロジェクトと資金規模についてまとめる。

表 2.1 実施中のガス田開発プロジェクトのリスト

Unit: Taka in Million

| | Project Name | Project Period | Fund | Executing Agency | Estimated Cost |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|------------------|----------------|
| 1 | Mobarakpur Oil/Gas Exploration Well Drilling Project | Jan 06-Dec 15 | GoB | BAPEX | 892.6 |
| 2 | Gas Fields Development Project of BAPEX (Saldanadi Well no. 3,4 and Fenchuganj Well no. 4, 5) | Jan 10-Jun 16 | GoB | BAPEX | 3056.4 |
| 3 | Augmentation of Gas Production under Fast Track Program (Drilling of 4 wells under BGFCL and 1 well under SGFL) (Titas Well no. 19, 20, 21, 22 and Rashidpur Well no. 8) | Jul 10-March 16 | GoB | BGFCL, SGFL | 13005 |
| 4 | Gas Seepage Control and Appraisal and Development of Titas Gas Field (Titas Well no. 23, 24, 25 and 26) | Jan 10- Jun 17 | ADB | BGFCL | |
| 6 | Procurement of Standby Gas Process Plant for Shahbazpur Field | June'17 | GDF | BAPEX | 953.4 |
| 7 | Workover of Wells at Titas Gas Field Seepage Area | Jul 13-Dec 16 | GDF | BGFCL | 2350 |
| 8 | Drilling of 1 Appraisal Oil Well/ Development Gas Well (Kailashtilla no. 7) at Kailashtilla Structure | Sep 12-Dec 16 | GDF | SGFL | 2181.9 |
| 9 | 3D Seismic Project of BAPEX | Dec 12 -Nov 17 | GDF | BAPEX | 1825 |
| 10 | 2D Seismic Project of BAPEX | Dec 12- Jun 17 | GDF | BAPEX | 711.3 |
| 11 | Drilling of Well no. Kailashtilla-9 (Appraisal/ Development Well) | Nov 13- Dec 17 | GDF | SGFL | 1400.7 |
| 12 | Drilling of Well no. Sylhet-9 (Appraisal/ Development Well) | Dec 13-Jun 18 | GDF | SGFL | 1602.7 |
| 13 | Drilling of Well no. Rashidpur-9 (Appraisal/ Development Well) | Feb 15- Jun 17 | GDF | SGFL | 1980.7 |
| 14 | Drilling of Well nos. Rashidpur-10 and 12 (Exploratory Wells) | Jul 14- Dec 17 | GDF | SGFL | 4098.1 |
| 15 | Installation of Gas Compressors at Bakhrabad Field | Jqn 14- Jun 17 | GDF | BGFCL | 1197.5 |
| 16 | Procurement of Gas Process Plant for Srikail Gas Field | Jul 14- Dec 16 | GDF | BAPEX | 754.5 |
| 17 | Shahjadpur-Sundalpur (Sundalpur-2) Appraisal/ Development Well Drilling Project | Oct 14- Jun 16 | GDF | BAPEX | 754.5 |
| 18 | Rehabilitation of Engine, Mud Tanks & Electrical Power System of IDECO-Rig Project | Nov 14- Jun 16 | GDF | BAPEX | 389 |

Note:

GoB: Government of Bangladesh

GDF: Gas Development Fund

ADB: Asia Development Bank

出典: Petrobangla Annual Report 2016

(3)国際石油会社 IOC (International Oil Company) と 生産物分与契約 PSC (Product Sharing Contract)

ペトロバングラの 2016 年年次報告によると、4 か所のガス田で、PSC の下 IOC が生産を行っている。そのうち 3 か所、Bibiyana、Jalalabad、Moulvibazar ガス田は Chevron Bangladesh によって運転され、Bangora ガス田は Tullow/KrisEnergy によって生産されている。

(4) 海洋ガス田開発の国際入札の用意:

深海のガス田開発や生産には、巨額の投資と高い技術力が必要である。そのような海洋ガス田の開発ができる IOC に対して魅力的であるように、PSC のモデルを作成する必要がある。現在の海洋ガス田開発プロジェクトを列挙する。:

1) ONGC Videsh Ltd. (OVL) による Block SS-04 および 09

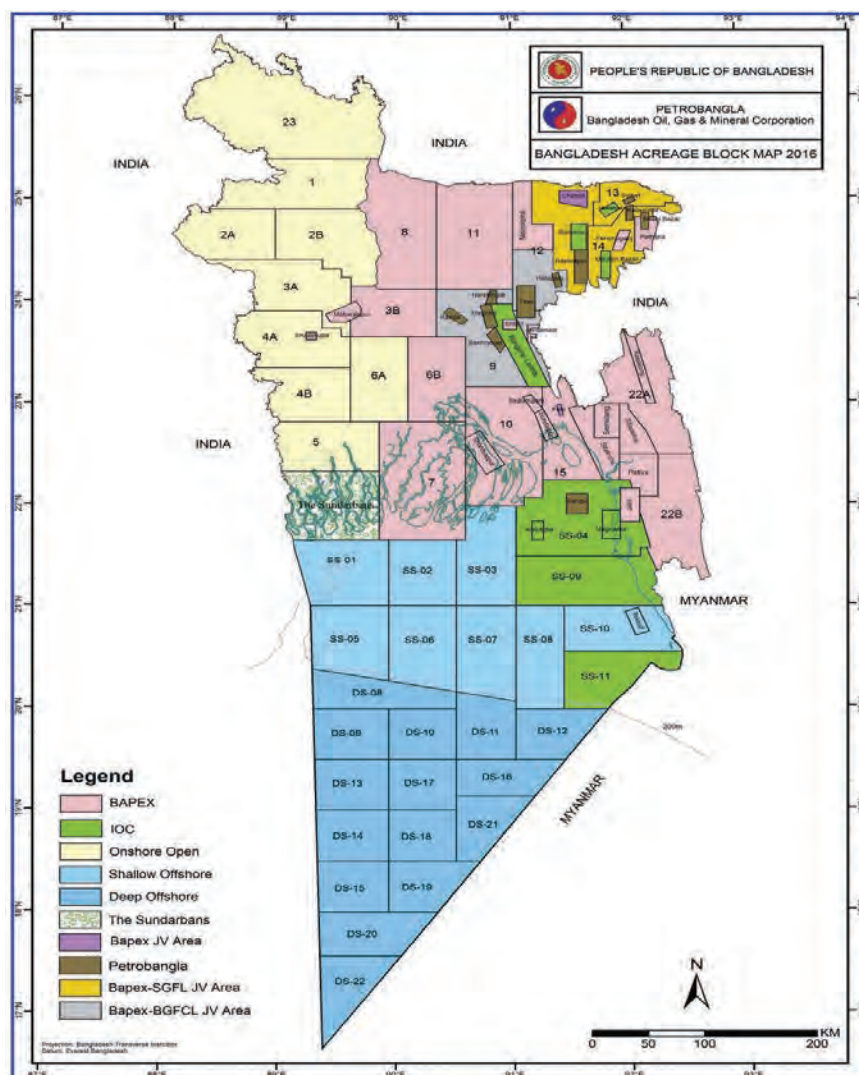
2) Santos による Block SS-11

3) ペトロバングラによる 2 次元地震探査

4) POSCO DAEWOO による Block DS-12 の開発状況

特例法 “Special Act for speedy gas supply” の下に Block DS-12 に関する生産物分与契約が POSCO DAEWOO Corporation との間で締結され、有望視されている。

5) BAPEX の Santos Bangladesh Ltd(Block 16)への参加



出典: Petrobangra Annual Report 2016

図 2.4 2016 年ガス鉱区地図

2.3 LNG の導入に関するプロジェクト

電力・エネルギーマスタープラン PSMP 2016 によると、LNG の需要は 2041 年までには 4,000 – 5,000 mmscf/d に及ぶ。しかしながら、将来の新規陸上及び海洋ガス田の開発には長い開発期間や開発の不確実性等のリスクが伴う。もし、将来の新規ガス田開発が期待通りでなかった場合や、既設ガス田の減退がより早く進行した場合なども想定しておくべきである。

2017 年 7 月のガスマスタープラン(GSMP)の Draft Final Report では、PSMP2016 に比べ、より多くのガス需要を見込んでいる。需要にはいくつかの想定があるが、中間ケースでも 2041 年

までには 12,000 mmscfd の新規ガス導入を見込んでいる。次表に LNG 輸入プロジェクトに関する現在の状況を示す。

表 2.2 LNG 輸入プロジェクト

| | Type | Terminal Operator | Operator Country | Location | Flow Rate (mmscfd) | Commissioning Schedule | Project Type | Status |
|---|---------------|-----------------------------------------------|------------------|-----------|--------------------|------------------------|--------------|------------------------------|
| 1 | FSRU | Excelerate Energy | USA | Moheskhal | 500 | Apr-18 | BOOT | Contract Signed |
| 2 | FSRU | Summit Corp. | India | Moheskhal | 500 | Oct-18 | BOOT | Contract Signed |
| 3 | Land Terminal | China Huanqiu Contracting & Engineering (HQC) | China | Moheskhal | 1000 | Dec-21 | | MoU Signed |
| 4 | FSU | Hongkong Shanghai Manjala Power Ltd. (HSMPL) | China | Moheskhal | 500 | Dec-17? | | Term Sheet Signed |
| 5 | Land Terminal | Petronet | India | Kutubdia | 1000 | Dec-17? | | Head of Understanding Signed |
| 6 | FSU | Reliance | India | Kutubdia | 500 | Dec-19 | | MoU Initiated |
| 7 | Land Terminal | Sembcorp | Singapore | Moheskhal | 1000 | Dec-22 | | MoU Initiated |

出典: RPGCL

2.4 ガスの生産、輸送、地域ガス会社のインフラの状況

2.4.1 データ収集状況

ガスインフラに関するデータの収集は、ペトロバングラを含む 10 の傘下の会社から収集が行われた。これらの会社の名称を示す。

- ガス輸送及び地域ガス会社：GTCL, TGTDC, BGDCL, JGTDC, PGCL, SGCL, および KGTDC
- ガス生産会社：ペトロバングラ、SGFL, BGTCL, BAPEX
- LNG ターミナル：RPGCL

(1) ガス輸送及び地域ガス会社のデータ収集

次に挙げるデータを、ガス輸送会社および地域ガス会社から収集した。

- ガス輸送パイプラインの配置図面(Alignment Drawing)と用地図面(敷設権 Right-of-way)
- 地域ガス会社の配給ガス管網の図面
- ガス輸送パイプライン及び配給ガス管網のプロセスフロー図(PFD, Process Flow Diagram)、および配管計装図(P&ID, Piping and Instrument Diagram)
- バルブステーションの PFD、および P&ID

- 設計基準に関するデータ
 - 設計基準および仕様書
 - 配管材用仕様書(Piping Material Specification)
 - 標準図面(Standard Drawings)
- 電気防食に関する情報

実際には、書類管理の仕組みは無いに等しく、データの管理は個人に依存していた。また、収集された紙の図面の多くは劣化し、判読できないものもあった。

(2) ガス田施設に関するデータ収集

ガス前処理施設の PFD と関連する運転やプロセスデータは、BAPEX の 8 か所のガス田と BGFCL の 5 か所のガス田から収集された。

2.4.2 データ収集における問題点

収集された図面は、計画段階のものと施工後の段階(As Built)のものが入り交じり両者の区別がつかない状況であった。青焼きの図面がほとんどで、劣化により判読不能なものもあった。

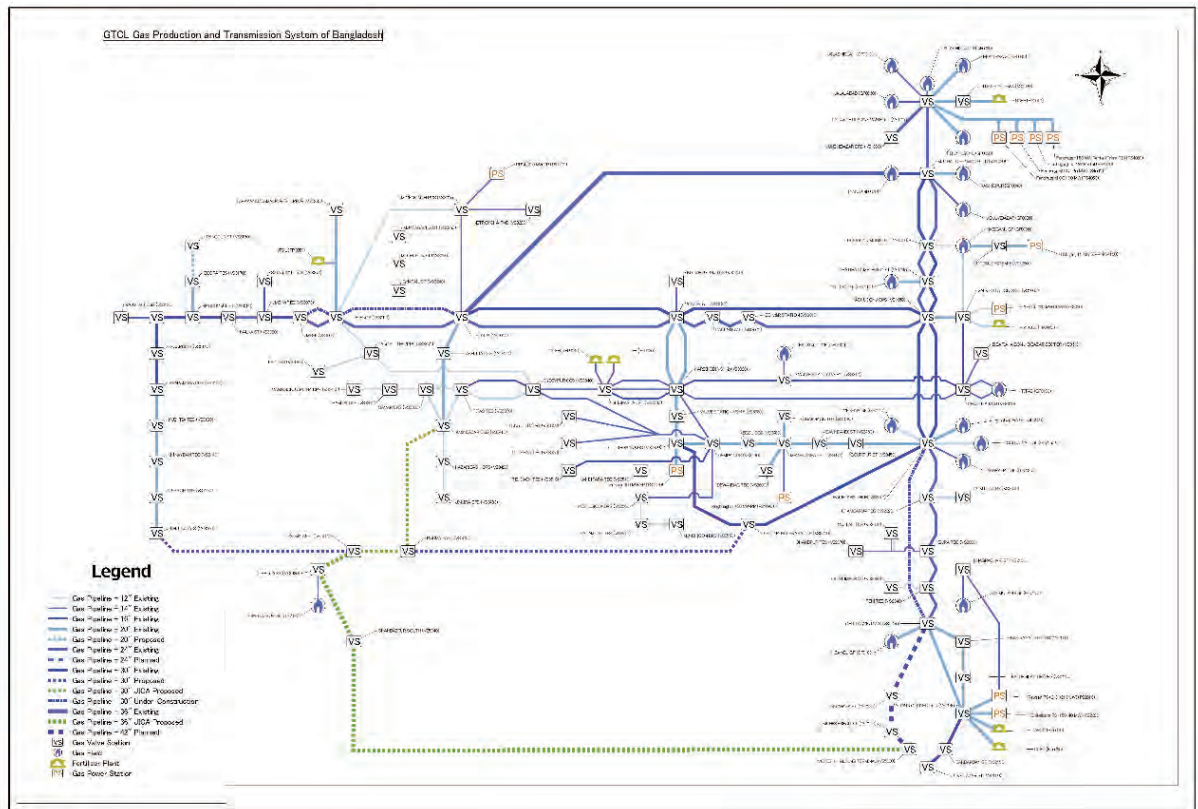
現状、施設間の接続点の情報の不在、プロセスフロー図 (Process Flow Diagram、以下 PFD) の不在も問題点として挙げられる。ガス会社間の分割統合の過程で、多くの図面が失われたり散逸したりしており、次期の技術協力プロジェクトでの課題の一つと整理できる。

2.4.3 ガス田施設データ

ガス田施設とその運転に関する情報データは、2 つの会社から収集された。PSC の下で IOC により運営されている Bybiana ガス田のデータは含まれていない。

2.4.4 ガス輸送パイプライン

次に示す図は、GTCL のパイプライン図面に基づいて調査団が作成したガスフロー図である。現状、接続の詳細が不明な箇所もあり、今後修正・更新を行う必要がある。



出典: GTCL の情報に基づき調査団作成

図 2.5 GTCL のパイプライン図

ガス輸送パイプラインの配置図 (Alignment Drawing)は、GTCL、TGTDCI、JDTDCI や BGFCL から収集された。ガス輸送パイプラインには 49 の系統があるが、そのうち 29 系統のガス輸送パイプライン図面が収集された。そのうち大半は、GTCL のものである。

バングラデシュのガスパイプラインの図面あるいは完成図書の作成時期は 1980 年代後半に遡る。しかし、建設から長い時間を経ており、正確な情報を取り出すことには困難がある。システムの健全性という観点からは、現状のシステムの健全性評価は困難と言える。配管材料の仕様書の検証に加え、最大運転圧力 (Maximum Allowable Operating Pressure, 以下 MAOP) は、見直しが必要である。バングラデシュでは国際的に許容されている基準を十分に活用していない状況にある。次頁に国際基準とバングラで用いられている基準の違いを表に示す。

下表で、#600 は配管フランジの American Society of Mechanical Engineers (ASME) の圧力レーティングのひとつである。#600 は、配管フランジの呼び圧力(フランジの耐圧強度の区分を表す呼び名)が 600 lb であることを示す。パイプやバルブなどシステムの構成要素はこの等級に応じて設計される。パイプの最大運転圧力 MAOP もそのひとつであり、パイプの肉厚に応じた設計値である。#600 の場合、パイプの MAOP は標準で 1440 psig で設計されるが、バングラデシュにおける#600 のパイプの肉厚は MAOP 960-1,135 psig に応じたものとなっている。

一般的に、長距離パイプラインの MAOP は、ガス輸送量を最大化するために、最高設計圧力に近づけるように設定される。コンプレッサーステーションを含む場合、圧縮率が高いほどガスの輸送量は増加する。

表 2.3 圧力設定比較表

| | ASME Class | | | |
|---------------------------------|----------------|---------|-----------------|---------|
| | #600 World STD | | #600 Bangladesh | |
| | psig | kg/cm2g | psig | kg/cm2g |
| Rated Hydrostatic Test Pressure | 2225 | 156 | 2225 | 156 |
| Rated Design Pressure | 1480 | 104 | 1480 | 104 |
| MAOP (Design Pressure) | 1440 | 101 | 960-1135 | 80 |
| Operating Pressure | 1000 | 70 | 1000 | 70 |

#600 means ASME pressure rating class of the pipeline is 600 lb.

Rated Hydrostatic Test Pressure is a pressure in which pipeline fittings can be tested for ensuring mechanical strength.

Rated Design Pressure is the maximum pressure for pipes and fittings that can be allowed to expose. MAOP is the

Maximum Allowable Operating Pressure, and equivalent of design pressure by which wall thickness of the pipe is

calculated. Operating Pressure is the normal operating pressure of a pipeline.

出典: ASME 31.8 より JICA 調査団作成

今後の図面あるいは書類の整理のためには、図面あるいは書類に多くの有益な情報が含まれるべきであり、図面あるいは書類に記載すべき情報についての標準化も必要である。

2.4.5 バルブステーション

運転の変更や、システムの拡張および改変などを行う際に、バルブステーションのプロセスフロー図は重要な役割を果たす。しかしながら、使用できるデータは現在のところ一部に限られ、必要な情報の多くが記載されていない。

ガスの PFD にはガスの流れと接続点あるいは他のシステムとの接続点が記載されているべきであるが、GTCL 作成の PFD ではそれらが不明確である。また SCADA を含む基本的な計装システムやコントロールシステムが表示も求められる。

また、各ガス配給会社の PFD をそれぞれ作成しているが、多くは図面の劣化が進行しており、必要な情報は記載されているが読み取れない状態にある。現在保有の図面類の保全を行うことは急務であり、同時にデータの更新を行うためのシステムを導入することが効率的な図面監理の観点から求められている。

バルブステーションの PFD には多くの有益な情報が含まれるべきであり、この点についても標準化が必要となっている。

2.4.6 設計の問題点

2004 年にペトロバングラは”Technical Specification for Gas Distribution Pipe Line and Gas Connection Materials”を作成し、150 ポンドクラス以下の低圧配管システムに適用することを求めた。実際には適用範囲外の高圧配管にまで適用されているものも見受けられ、大変危険である。技術仕様書は、定期的に検証され過去の経験や事故例の検証結果を含めて検証され更新されるべきである。

本調査を通じて発見された重要な事項は、高圧パイプラインに EPW (Electrical Resistance Weld) Steel Pipe がいくつかのパイプラインで使用されていることである。この材料に関しては、過去にいくつかの重大事故が報告され、現在では使用を慎重に判断することが必要となっており、適切な熱処理が行われていない限り高圧パイプラインには使用されない。

2.4.7 設計基準と標準図面

(1) 設計基準

設計基準は、同じ組織に属するすべてのプロジェクトで守られるべき技術の標準である。しかしながら、これまで、プロジェクトにより異なった設計思想、基準によって建設されてきた。加えて、電気防食 (CP) の設置や、腐食代 (Corrosion Allowance) のとり方にも違いがあった。また、人口密集の度合いに依存するパイプライン設置場所の安全率についても、統一の取れた考え方をしているわけではなかった。

次のような設計パラメーターを決定するにあたり、今後は、プロジェクトベースではなく組織をまたいだ国家的なアプローチが必要である。

- パイプの肉厚の階級 (Design Class): 現在の人口に加えて将来の都市計画も考慮に入れて決定すべき項目である。環境影響評価 (Environmental Impact Assessment, 以下 EIA) 実施時に同時に行うことも可能である
- 地面の電気抵抗: CP の設計は地面の電気抵抗に依存する。統一の取れた設計を行うためには EIA の一環として広範囲な地質図や地下水位などを考慮し、実際の計測に加えて設計値に反映させるのが合理的であると考えられる。

(2) 標準図

標準図とは標準設計を踏まえて、設計、施工において各事業で共通して使用できるベースとなる図面である。標準図は建設費とメンテナンスコストを最小にするために、また、個別に特異な設計を避けるために使用される。標準図には過去の蓄積された知識や教訓が反映される。

標準図により全体の設計の健全性を維持し、スペアパーツなどの予備品の在庫を最小にし、他社との部品の融通が可能となる。

標準図は、新たな技術や日々の経験を反映させながら継続的に改善されていくべきである。このためには、ペトロバングラなど既存の組織内に、中央集約的に標準図を管理する組織を設けるべきである。

標準図の国内標準化は、PFD や P&ID の図面作製、パイプラインの配置図面 (Alignment Drawing) にも必要である。

(3) 業者選定基準

現在、バングラデシュにおいて、パイプラインの建設にあたる建設業者の選定は、応札者のプロポーザルにより行われる。したがって、設計思想や設計基準は建設業者によっており、プロジェクトによって異なり、設計上の一貫性のなさの原因となっている。

世界的にはプロジェクトが開始される前に、建設業者や配管材料の製造業者、各種サービスの提供会社のリストが作成される。リストの形成の過程で、それぞれの業者は、品質保証のシステムや、値段、財政状況、経験などに関する報告書を提出しなければならない。リストに登録された事業者は、事業者の設計思想や設計基準について認識していなければならない。

(4) 電気防食システム

パイプの腐食は、周辺土壌との電位の違いによる。電気防食は電位差による腐食を防ぐので、外部被覆された地下埋設パイプにとって必要不可欠のものである。電気防食によって長期にわたるパイプの使用が可能となる。

電気防食に関するデータは GTCL、JGTDSL、BGDCL、PGCL の 4 社から得られた。電力の供給に関しては違いがあるものの、4 社全てでインプレスト電流方式が用いられている。

現在、多くの電気防食施設が全土に広がっており、その点検には多大な時間と労力が必要になる。しかし現状は、点検・メンテナンスの人材が不足しており、体制が十分ではない。技術者が自主的に遠隔地で責務を果たすことができるように教育やトレーニングを含め、適切な組織を組成することが必要である。メンテナンスは個人の能力によるところが大きい。

電気防食のトレーニングに関しては、例えば電気防食を含む金属腐食防止に関する国際的な基準を作成している NACE (National Association of Corrosion Engineers) や製造業者が各種の適切なトレーニングのためのコースを提供している。GTCL の電気防食設備導入の際には、業者のスコープにトレーニングプログラムの提供が含まれている。

建設されたパイプラインの置かれる環境(敷設した場所の土の電気抵抗など)は変化する。それゆえ電気防食も適切に調整するべきである。十分な資格がある技術者の存在は必須である。

パイプライン全長にわたるデータを収集し、データベースに記録し、管理する体制を構築することで、一貫した思想による電気防食システムの健全性を保つことができるようになり、情報の共有ができるようになる。

なお、GTCL によると、パイプと設置地盤の電位差の計測は、すべて第三者機関に委託し、結果が月ごとに GTCL に報告されることになっているが、電気防食システムや第三者機関の能力に関して検証する必要がある。

2.4.8 運転とメンテナンスの記録

運転及びメンテナンスの記録については、電気防食のデータ以外は入手できなかった。しかし、運営の近代化には、以下を支える組織の構築が必須である。

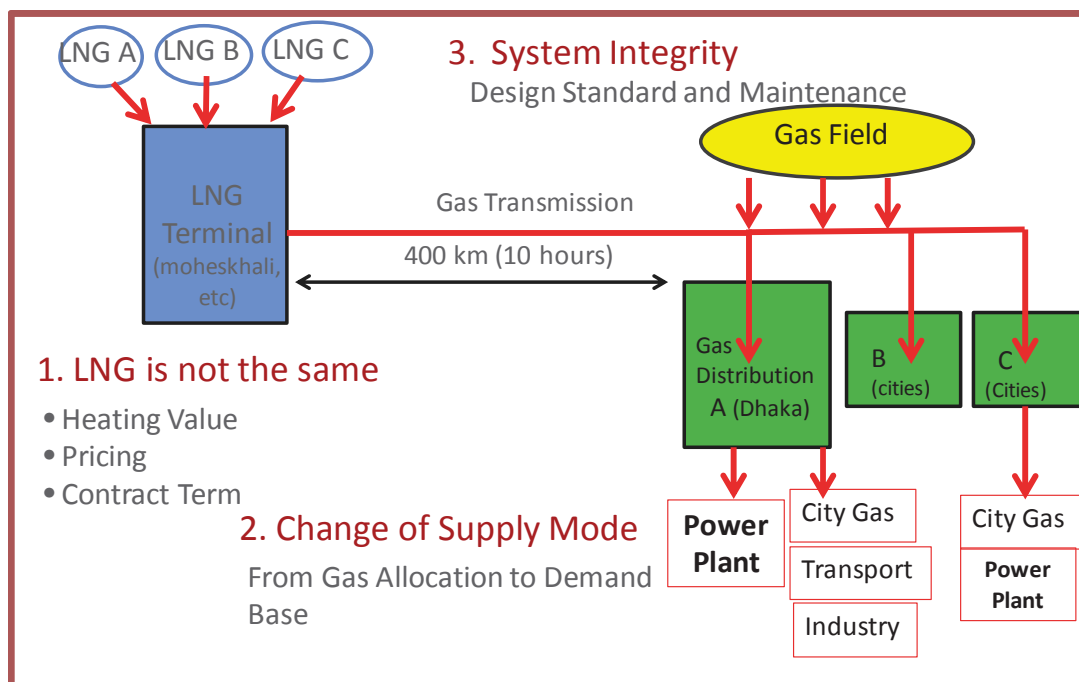
- 運転とメンテナンスに関するマニュアルの整備
- 施設の破損などを前提とした緊急時対応のマニュアルの整備
- マニュアルの順守と適時マニュアルの修正
- トレーニングの機会の提供

これらは、現在進行中の Enterprise Resource Planning (ERP) の一環として行われるべきである。

2.5 ガスセクターの問題点と課題の克服

2.5.1 運転モードの変化

バングラデシュでは今後、需給の乖離を埋めるためには相当量のガスの輸入が必要となる。運転モードが現在のガス配給システムから、ガス需要対応に変化する。そのような変化に対し、ガス供給のインフラの健全性に関しては過去に検討がなされずにいる。



出典: JICA 調査団作成

図 2.6 ガス供給モードの変化と問題点

2.5.2 統合化された運転及び情報共有システム

以下の状況を考慮すると、バングラデシュでの最新の運転及び情報共有化システムの導入が必要となる。

(1) LNG の導入

LNG は、供給源によって性状が異なる。LNG の導入はいくつかの異なる企業によって行われることになるため、性状の異なる LNG ガスが導入され、さらにそれらは国内ガスインフラの中で国産ガスとも混合される。電気の送電と異なり、ガスの輸送速度は遅い。したがい、電力需要が高まり、発電燃料のガス需要が短時間に急激に増加した場合、電力需要に合わせた熱量を持つガス供給ができない状況となる。

パイプラインのガス輸送で生じる時間差のために、ガス供給のプロファイル(時間ごとのガス供給量曲線)の違いによって生じるガスの混合比も変化する。ガス供給プロファイルに合わせた供給は、歴史的なデータの積み重ねから推測して供給するもので、電力の場合と同じように、ベースロードとピークシェービングに分けられる。

経済的な効率の観点から、LNG ターミナルや浮体式貯蔵再ガス化設備 (以下 FSRU) は高い使用率を持つべきである。そして気化設備の利用率は、できる限り定格に近い性能で運転でき

る状況が望ましい。したがい、LNGからのガスは一定の流量での供給となる。一方で国産ガスの供給は調整が可能である。このような特性からLNGガスはベースロード的な使用となり、国産ガスはミドルあるいはピーク・シェービング的な使用が望ましい。また、これらの管理のため中央管理システムの導入が必要となってくる。

LNGの導入とターミナル運営に関し、運転と財務的なリスクを最小限にするためにも、“Capacity Right”の付与と“Quality Bank”の導入が必要である。

- Capacity Right とは、それぞれのLNG供給者に割り当てられる供給枠である。
- Quality Bank とは、各事業者より供給されるLNGガスの量、カロリー、値段、契約期間などの違いを金銭に換算して調整する機関である

(2) 運転モード

運転モードが、現状のガス配給制からガス需要に合わせた供給方式に変化する。ガス供給の運営者はガス需要プロファイルを予め予想してガスを供給し、実際の需要と合わせなければならない。ガスの供給元から下流の客先を統合した最新の運転システムが必要となる。

(3) ガスインフラの健全性

ガスの供給パイプライン及び都市ガス配管網の健全性は、これまで検証されてこなかった。共通の設計思想や共通の設計基準がなかったために、ガスインフラの健全性はプロジェクトごとに異なってきた。

書類の中央集約管理と及びインフラ資産管理の仕組みも欠如しているため、システム全体の健全性が評価できない状況にある。

2.5.3 信頼性のあるガスインフラのネットワーク

(1) 設計思想

信頼性のあるガスインフラのネットワークを述べる前に、設計思想について述べる。

一般に、ガスパイプラインの設計上、ガスの流量とパイプラインの長さは既知となる。さらに運転圧力は目標値となる。コンプレッサーの設計上、MAOPは、コンプレッサーの吐出設計圧力となる。圧力は距離とともに減衰する。吐出圧力が高いほどガスの運送距離は長くなる。

コンプレッサーステーションは、ガスを長距離運送するための昇圧のために設置される。ガスインフラにおける圧縮比とは、ガスのパイプラインの入り口と出口の割合である。これはコンプレッサー間の圧力差に相当する。理論的には圧縮比が大きいほどコンプレッサー間の距離を長くとることができる。これによりコンプレッサーステーションの数を減らすことができる。

現在のバングラデシュで用いられているMAOPは、1135 psigで、常用運転圧力は1000 psigである。パイプの肉厚もMAOPに応じたものとなっている。一般的には、同じ#600の圧力レーティングの場合、パイプの肉厚がそのレーティングに応じたものであれば、MAOPは1440 psigまで上げられる。この点は設計思想の検証の中で修正すべき点である。

MAOP は、基本的には ASME コードに規定されているバルブやフィッティングの圧力限界に由来する。パイプ材料の最小降伏点 Specified Minimum Yield Strength (SMYS) は、パイプ材料の性状に依存する。SMYS は American Petroleum Institute Standard (API) で規定されたパイプラインの材料選択の指標で、溶接工の能力や溶接性を考慮するとバングラデシュにおいては X60 あるいは X65 のクラスの材料の導入が基本となると考える (例えば X60 は、部材の最小降伏点が 60,000 psi であることを示す)。より SMYS の高い材料の溶接には、より技術力の高い溶接工が必要となる。

建設費を考えた場合、パイプ径を増やすことは、MAOP を高めるよりも材料費への影響が大きい。建設費全体を考えると、工事への影響も考慮する必要がある。一方で、流量を最大化する場合、MAOP を上げるよりもパイプ径を増やしたほうが効果は大きい。

2) パイプラインの設計基準

バングラデシュには統一されたパイプラインの設計基準が存在しない。設計基準はプロジェクトによって異なっている。個々のプロジェクトの個別の設備単位には設計思想があり国際基準を満たしている。しかし、パイプ、バルブ、フィッティング、計装など含んだパイプラインシステム全体の健全性やスペアパーツの互換性を考慮した場合には、現状は望ましくない。

陸上パイプラインの世界標準の設計コードである ANSI/ASME B31.8 には、人口密度に応じ、安全率を考慮したパイプの肉厚の階級 (Design Class) が定められている。

Design Class は EIA と共に検討されるべきもので、広域にわたる土地利用や将来的な地域開発計画を考慮したものでなければならない。今後はより組織化されたアプローチを考慮するべきである。とりわけ設計時に、将来の開発計画が知られていれば、将来 Design Class の変更を要求される可能性を考慮し、Design Class を決定するべきである。

3) 資産管理

新規プロジェクト建設だけに注目が集まる傾向にあるが、メンテナンス計画を含め資産管理を改善するべきである。資産管理には、PFD やパイプライン配置図などの最新版を用意する必要がある。また、バルブステーションやマニフォールドの図面は未だ不完全な状況にあり、更新する必要がある。

現在作業中の、ERP については、以下が基本となる。:

- 図面や書類管理システムの整備
- 統一された設計基準や材料仕様書、マニュアル類の整備

集約化された情報管理システムを設立する必要がある。そして資産の登録や実際の資産の状況を確認する仕組みを導入し、そのうえで健全性が確保されるようにするべきである。

2.6 制御・モニタリングの目標

輸送ガスパイプラインと都市ガス会社配管網の制御・モニタリングの目標は次のようになる。

(1) 輸送ガスパイプライン

ガス流量と圧力のリアルタイムモニタリングは SCADA を通じて行われる。また、長期にわたるモニタリングは、異常検知を行う上で有効であり、以下の課題に対処するために行う。

- システムのボトルネックの検出
- システムロスの監視
- 電気防食のモニタリングと維持管理

これらのモニタリングは資産管理の一部として行われる。

PFD やパイプライン配置図、材料仕様書などの更新を含むすべての情報は、システムとして管理されていくべきである。

(2) 都市ガス配管網

主要な制御・モニタリングの目標は次のようになる。

- システムロスの最小化
- 事故の防止と事故件数の最小化
- 盗ガスの検出と防止

(3) 事故の際の対処手順

ガス田施設に異常があり供給が止まった場合、別ルートによる供給の確保などのバックアップシステムが必要となってくる。あるいは、輸送システム上で事故が起こった場合に影響範囲を最小にするために別ルートの検出が、重要な作業となる。

2.7 ガスセクターでの資産管理導入の提言

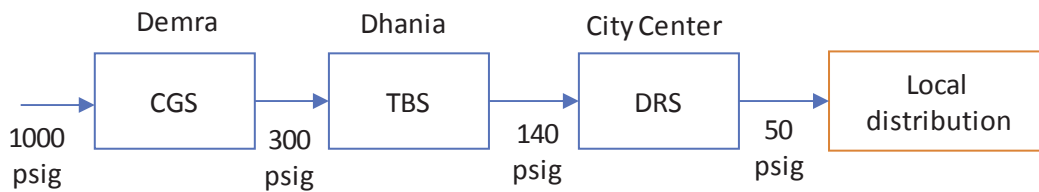
2.7.1 ネットワークインフラの管理の電子インフラシステムの導入の推奨

長期にわたる運転を支えるために資産管理と図面や書類管理のためのシステムが必要である。そのために、仮想データベースを作成しそれぞれの会社の種々のシステムを統合するような能力を持つネットワークインフラ管理電子インフラシステムの導入が必要である。システムを通じ、スペアパーツの相互融通が可能となり、結果として資材費を低減することができるようになる。ただし、現状は、有用な図面や書類の収集から始めなければならない状況であり、管理システムのコンピュータ化以前の問題が大きい。

本調査で、資産管理のための電子インフラシステムに必要なデータフィールドの検討を行った。資産管理システムは、図面や書類管理のシステムを持ち、書類の ID ナンバーや日付、書類タイプ、部署、責任者、関連情報などの検索機能やサーバーに集中管理されていることが必要である。

2.7.2 ネットワーク・インフラ管理システムのデータグループの構成

データグループは高圧、中圧、低圧の3つの圧力レベルによって構成される。高圧システムは輸送パイプラインに用いられている。中圧と低圧は、地域ガス会社の配管網に用いられている。ガスは陸上ガス田や計画中のLNGターミナルから供給される。これらのガスは高圧パイプライン(1000 psig)でそれぞれの地域ガス会社に City Gas Station (CGS)を通じて、あるいはマニフォールドステーションを通じて供給される。地域ガス会社は、受け取ったガスを Town Bordering Station (TBS) で、300 psig あるいは 140 psig に減圧し、それぞれの District Regulating Station (DRS)に送る。そこでガスはさらに減圧され、50 psig (低圧システム) で、各顧客へ供給される。Demra CGS から低圧システムに至る一例を図示すると、次のようになる。



CGS: City Gate Station, TBS: Town Bordering Station, DRS: District Regulating Station

出典: JICA 調査団作成

図 2.7 圧力レベルによるグループ(例)

第3章 電力セクター

3.1 発電

(1) 発電所

2017年6月時点の発電所について、国営は44箇所、容量合計7,582MW、私有は64箇所、合計容量5,373MW、全体で108箇所、13,555MWの容量となる。老朽化により容量は低下しており、これを考慮すると全体の有効容量は12,771MWとなっている。くわえて600MWをインドから輸入している。

表 3.1 発電所の容量

| Owner | No. of Power Plants | Installed Capacity (MW) | Present Capacity (MW) |
|----------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| Public Sector | 44 | 7,582 | 6,913 |
| Private Sector | 64 | 5,373 | 5,258 |
| Power Import | 0 | 600 | 600 |
| TOTAL | 108 | 13,555 | 12,771 |

出典: System Planning, BPDB

エネルギー種類別の発電所容量を下表に示す。ガス火力発電の有効容量は全体の約63%となる。

表 3.2 種類別発電所容量

| Fuel Type | No of PP | Installed Capacity (MW) | Present Capacity (MW) |
|--------------|------------|-------------------------|-----------------------|
| Hydro | 1 | 230 | 230 |
| Natural Gas | 61 | 8,810 | 8,102 |
| Furnace Oil | 36 | 2,785 | 2,783 |
| Diesel | 9 | 880 | 856 |
| Coal | 1 | 250 | 200 |
| Power Import | | 600 | 600 |
| Total | 108 | 13,555 | 12,771 |

出典: System Planning, BPDB

タービン、コンバインドサイクルなど発電所の形式別の容量を下表に示す。

表 3.3 発電所形式別容量

| Fuel Type | Installed Capacity (MW) | Present Capacity (MW) |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Hydro | 230 | 230 |
| Steam Turbine (ST) | 2,404 | 1,826 |
| Combined Cycle (CC) | 4,625 | 4,586 |
| Gas Turbine (CT) | 1,105 | 1,053 |
| Receproating Engine (RE) | 4,591 | 4,476 |
| Power Import | 600 | 600 |
| Total | 13,555 | 12,771 |

出典: System Planning, BPDB

(2) 投資計画

PSMP2016 では電力需要増に応じ、電力開発計画 (Power Development Plan、PDP)を運転開始予定日と共に策定した。本調査で 2017 年時点の状態を更新したが、いくつかの発電所で運転開始が遅延している。主要な原因は以下の二点である。

- 1) 資金調達の問題：金融機関や開発銀行などからの事業への資金拠出手続きに時間を要し、事業の遅延につながる。
- 2) 認可に要する時間：事業実施中に計画からの差異が生じる。計画変更には担当機関の承認が必要であり、事業実施の遅延の原因となる。

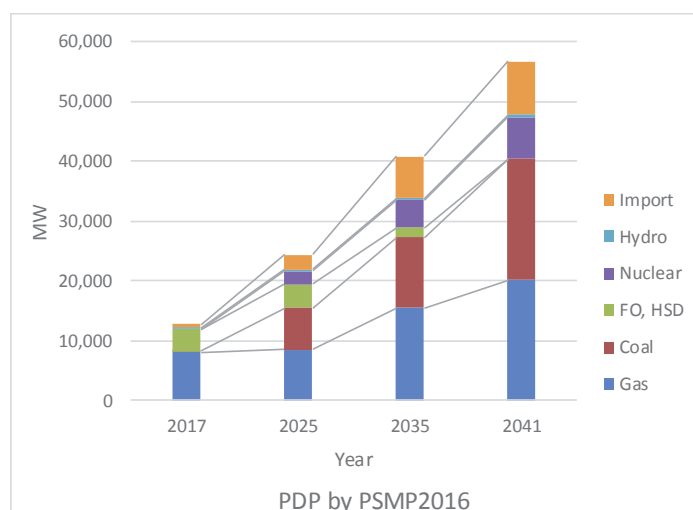
(3) 電源開発計画

PSMP2016 の PDP に対し、BPDB は需要の急増を見込み、追加の発電所計画を想定している。PSMP2016 の合計発電所要量が 2025 年で 24,459 MW、2035 年で 40,858 MW であった。それぞれの種類別の発電所の集計結果を、下図の通り示す。

表 3.4 PSMP2016 における電源開発計画

| Year | Gas | Coal | FO, HSD | Nuclear | Hydro | Import | TOTAL |
|------|--------|--------|---------|---------|-------|--------|--------|
| 2017 | 8,102 | 200 | 3,639 | 0 | 230 | 600 | 12,771 |
| 2025 | 8,515 | 6,977 | 4,005 | 2,232 | 230 | 2,500 | 24,459 |
| 2035 | 15,446 | 11,777 | 1,673 | 4,632 | 330 | 7,000 | 40,858 |
| 2041 | 20,177 | 20,195 | 0 | 7,032 | 330 | 9,000 | 56,734 |

出典: PSMP2016,より JICA 調査団作成,



出典: PSMP2016,より JICA 調査団作成,

図 3.1 PSMP2016 の電源開発計画と BPDB の追加計画

一方、BPDB は、更なる電力需要の拡大を見込み、IPP を含む多数の将来の追加発電所を上に加えて計画中である。

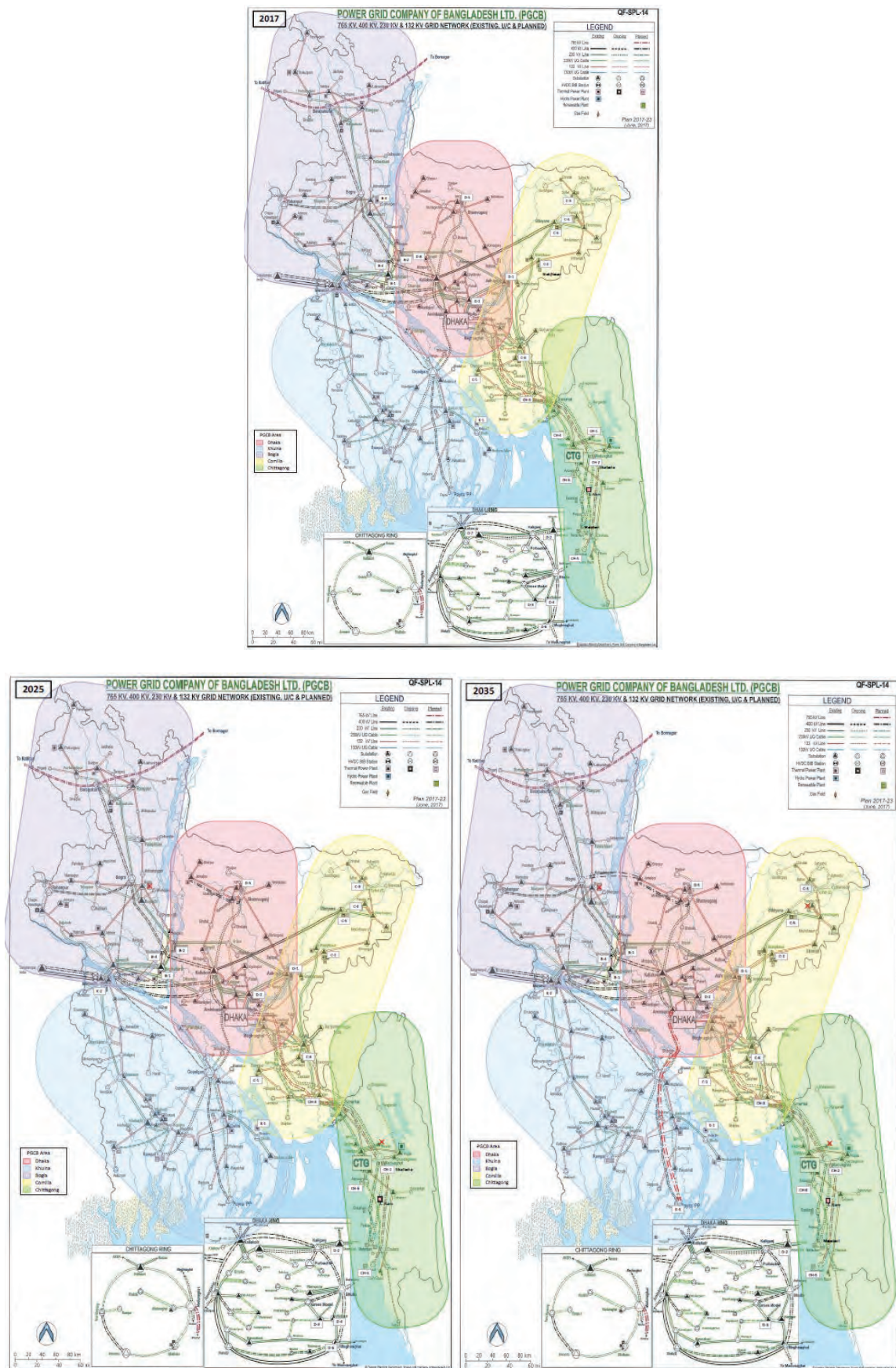
3.2 送電線

PSMP2016 から送電線の状況を更新した。Dhaka から Chittagong、Comilla、Khulna、Bogra. への 400 kV 送電線延伸が計画されている。また Dhaka 都市の 400 kV 環状線が建設中である。環状線からは 230 kV 送電線を通して Dhaka 市内に電力供給されることになる。

PSMP2016 以降、400 kV 送電線が新規に運用開始されている。2017 年現在運用している 400 kV 送電線は以下の通り。

- Beheramara-Baharampur 400kV 送電線
- Kaliakoir – Bibiyana 400 kV 送電線
- Aminbazar –Meghnaghat 400 kV 送電線 (現在 230 kV で運転)
- Comilla (N)–Surjyamaninagar, India 400 kV 送電線 (現在 132 kV で運転)

2017 年現在、および 2025 年、2035 年時点の計画を含めた送電線図を下図に示す。



出典: PGCB Transmission Line Map, modified by JST

図 3.2 2017年現在および2025年、2035年予定の送電線図

3.3 電力セクターの資産管理システム

BPDB はバングラデシュの一部の発電と配電の資産を有する。他の発電会社、地域ごとの配電会社が他にあり、それらの資産はそれぞれの会社に属する。

PGCB はバングラデシュの送変電の資産を管理する。

BPDB、PGCB 共に、設備資産の管理は現在のところ台帳用紙を用いて行っており、中央から管理するシステムは無い。資産データベースの作成について調査を行っている段階である。世界銀行が電力セクターの ICT ロードマップ策定を支援しており、各組織において ERP の導入を提案している。ただし ERP には各年の変化に対応する継続的なインプットが必要であり、基本的な資産データベース、維持管理記録・現地作業・設計・仕様・などにかかる文書管理システムの構築が不可欠である。

ガスセクターで提案した必要情報のプラットフォームとなる電子インフラの導入は、電力セクターの ERP との連携においても有用である。

3.4 SCADA との連携と提言

中央給電指令所(National Load Dispatch Center, 以下 NLDC) には EMS (Energy Management system)と SCADA (Supervisory control and data acquisition) を導入している。SCADA は自動発電制御(Automatic Generation Control, 以下 AGC)機能に対応している。しかし発電機側の機器構成と通信システムが NLDC からの制御に対応していないため、現在 AGC は用いられていない。周波数を制御し、電力品質を高める必要がある。

電力品質を高めるために以下を提案する。

(1) 自動発電制御 (AGC)とガバナフリー運転 (FGMO)

系統規約 (Grid Code) では、すべての発電所は NLDC からの指令に従うよう定めているが、現状、NLDC からの制御は行われていない。発電所側に AGC を受ける設備と周波数の変動に対して自由にガバナ(調速機) を応動させて運転する FGMO の機能を設けるべきである。また、計画出力から大きく外れた発電所にはペナルティを課す必要がある。

(2) 発電所との通信

負荷周波数制御 (Load Frequency Control, LFC) を行うため、NLDC と発電所間の通信システムを確立させるべきである。また、各発電所に AGC の為に PGCB と NLDC へ必要な情報を提供させる必要がある。

NLDC に導入した SCADA と通信システムを、電子インフラが導入された際に連携させることが提案される。電子インフラ上の詳細地理情報と資産情報を SCADA と連携させると、以下が可能となる。

- ガス火力の発電データと需要予測をガスセクターと共有することで、需要に応じたガス供給を行う。

- SCADA の運転データの中長期の分析により、予防的メンテナンスを行い。また、最適インフラ拡張計画を作成する。

第4章 環境社会配慮

4.1 環境情報データベースの可能性の検討

複数のセクターの情報を扱う Smallworld のシステムは、背景として様々な環境情報を入れることで、他セクターの計画との整合性だけでなく、戦略的な環境配慮を組み入れた事業計画に生かすことができる。このような利点を想定し、現時点でバングラデシュに存在する環境関連地理情報について、法規制の観点、方針・計画の観点、現状・モニタリングの観点から現状調査し、環境データベースの可能性について検討した。

4.1.1 法規制に関する地理情報

大気、騒音、水、森林、土地利用、水上交通、治水、文化、漁業、経済など、事業活動を行う際の条件を規定する法規制を調査したところ、少なくとも 22 の法規制が存在することが確認できた。ただし、そのうち 13 の法規制は、法律はあるものの規制エリアが定められていなかったり、不明確であったりするため、規制エリアの特定ができなかった。大気や騒音などは、工業区域、住宅区域、商業区域、エリアごとに異なる環境基準が定められているが、住宅区域が図化されているものが公開されていない。2013 年に策定された Water Act は、Water stress area など 5 つの区域を定めるとしているが、2017 年時点で一つしか明確になっていない。Environment Conservation Rules, 1997 の定める Protected Area、Forest Act 1927 の定める Village Forest/ Social Forest, Protected forest も境界線が明らかでない。

4.1.2 方針・政策に関する地理情報

大気保全、水資源管理、沿岸保全、洪水対策、災害対策、水供給計画、灌漑計画、地下水保全、漁業資源保全、森林保全、野生生物保護戦略、道路整備計画、ガス供給計画、電気供給計画、貧困削減、廃棄物処理、工業振興等に係る方針・政策を調査したところ、少なくとも 27 の方針・政策が存在することが確認できた。ただし、そのうち 12 の方針・政策は、計画エリアが定められていなかったり、非公開であったりするなど、不明確であった。野生生物では、鳥類生息地、ハゲワシ保護ゾーンなどを示す Management Strategy が策定されている。

4.1.3 現状・モニタリングに関する地理情報

大気、騒音、水質、地下水、下水、洪水、干ばつ、河川流況、気象、気候変動、地震、地形、土壌、野生生物、廃棄物、人口、貧困、土地利用、土地所有、作物、道路交通、交通量、港湾、航路、水供給、電気供給などの現況やモニタリングデータの所在を概略調査したところ、少なくとも 33 の現況把握システムが存在していることが判明した。このうち地理情報システムが稼働しているのは、衛星画像を基にした Space Research and Remote Sensing Organization (SPARRSO) による INTEGRATED RIVER MONITORING SYSTEM (IRMSRG) や、National Flood Monitoring System (NFMS)、Bangladesh Agricultural Research Council (BARC) による Land Resources Information and Maps などの情報が充実している。またゾウの生息地や移動ルートの

情報、淡水イルカの分布域などの情報も存在している。道路、電気、ガスなどのインフラ情報のほか、土地所有を示す地籍図も一部のエリアで GIS 化されている。一方、廃棄物や污水排出源、航路などの地理情報は確認できなかった。

4.1.4 地理情報の管轄機関

バングラデシュの地理情報は、様々な機関によって作成・管理されている。特に水や洪水関係の情報を扱う機関が多く、河川の水質は Ministry of Environment and Forest (MOEF) と Ministry of Water Resources、洪水は Ministry of Defence (MOD)、Ministry of Disaster Management and Relief、Ministry of Water Resources、水資源管理は Ministry of Agriculture、Ministry of Water Resources と複数の組織が同じ項目を扱うなど重複が見られる。一方で、廃棄物や水質汚濁などは、法規制は存在しても、モニタリングや計画のエリアが公表されていない。道路や電気、水道、ガスなどのインフラは現状把握から計画まで地理情報が比較的良好に整備されているものの、セクター間で容易に参照できる形になっていない。

4.1.5 バングラデシュの SEA と EIA システム

バングラデシュには SEA 関連法が存在せず、EIA システム関連法だけが施行されている。EIA システムには大きく二つの審査があり、立地が適切であるかどうかを判断する立地認可(Site Clearance)のための審査と、環境影響やその対策が適切であるかを判断する環境認可(Environmental Clearance)のための審査が行われる。本来、この立地審査の際に、他セクターのゾーニングや規制などもチェックすることが望ましいが、地理情報が散逸し、十分な共有がされていない現状では、十分なチェックができていないかどうかも不明である。

4.1.6 環境情報データベースの可能性

既述の通り、バングラデシュには様々な種類の地理情報が既に整備されている。これらの情報は、相互参照し、相互解析を行うことができれば、様々な問題の原因を突き止めることもできるうえ、複数のセクターで連携した計画を実施することによって効率の良い成果を期待することもできる。セクター間のゾーニングの齟齬や重複した情報や作業を整理することで空間情報整備に投入するリソースの節約にもなる。将来的には AI による分析ベースにもなり得るであろう。そのためには、情報の一元化と相互参照を行うことのできる環境情報データベースの構築が望ましい。Smallworld だけでなく、地理情報システムを扱えるいくつかのアプリケーションは、複数のセクターの情報を扱う環境情報データベースとしても機能させることができる能力を有している。ただし、この能力を機能させるためには、責任組織の特定、データフォーマットの統一、アップデートのルール作り、情報共有のためのルール作り、バックアップシステムの構築、セキュリティ対策、アクセス権の設定、一般公開情報との切り分けなど多くの準備が必要となる。一度にこれらの作業を行うのは困難であるが、まずは Smallworld を使いつつエネルギーセクターと環境セクターから始め、少しずつ情報を取り込みながら整備を進めていくことが現実的ではないかと思われる。

4.2 ガスパイプライン建設による環境影響の検討

6章で提案されている Moheshakri から西 Padoma をつなぐ海底ガスパイプラインについて、可能性のある環境影響と路線選定段階で検討すべき項目などを整理した。

(1) 可能性のある環境影響

海底ガスパイプライン建設と供用は、ハイドロテストの際に用いる化学物質や、事故や故障によるオイル漏れによる水質汚濁、土壌汚染、海岸地形変化、海岸・沿岸生物の生息環境の変化、漁網・碇との接触事故、地上部の ROW 内の家屋移転、ROW 内の土地利用制限、人や動物の移動ルートの分断、海上交通への影響などが発生する可能性がある。

(2) ルート選定段階での環境調査

EIA が開始される前のルート選定段階では、候補となる複数のルートを対象とした概略環境調査を行う。調査項目は、動植物・生態系、インフラ、移転、地域経済、貧困家屋と先住民の分布、文化財などである。

(3) 詳細設計段階での環境配慮

EIA 開始後の詳細設計段階では、海域の淡水イルカへの影響を配慮した低音工事方法、海岸植生を可能な限り残すレイアウト、消失する海岸植生のオフセットミティゲーションの検討、レイアウトに関する地元住民との協議、漁民との協議、事故発生時の影響シミュレーションなどを行う。EIA レポート提出後最大 60 日間で立地審査が行われ、その後最大 30 日間で環境審査が行われる。

(4) 土地収用

バングラデシュの土地収用手続きは、Acquisition and Requisition of Immovable Property Ordinance, 1982 に定められている。現在、この手続きは改定中であり、2017 年 4 月に改定案が国会で承認された。改訂案の内容は明らかになっていないが、今後は新しい手続きに沿って土地収用が行われるものと考えられる。

表 4.1 パイプラインルート調査における推奨調査項目

| Scoped items | Survey methods | Expected output | Consideration to design/plan |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Biota and ecosystems | Hearing survey and literature survey: Identify the boundary of the ECA, Hearing survey and site survey: Identify the important terrestrial and subsea vegetation including coral reef and mangrove Site survey: Identify the habitat of the river dolphin | ECA boundary map (scale 1: 5,000) Vegetation map Detail dolphin habitat and distribution map | Select the design which will not impact on ecosystem and protected species |
| Accidents, existing social infrastructures and services | Hearing survey: identify the river boat route and sea channels | Boat and ship route map | Avoid the main boat or ship route. |
| Involuntary resettlement | Site survey and satellite image examination | Housing maps | Select the minimum resettlement route. |
| Local economies | Hearing survey: Identify the major economic activities on shore and off shore | Economic activity map | Select the plan of less impact route and design. |

| Scoped items | Survey methods | Expected output | Consideration to design/plan |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Land use and utilization of local resources | Satellite image examination and site survey | Land use map | Select the plan of less impact route and design. |
| Social institutions | Literature survey and site survey: Identify the village boundaries and center of the villages | Village center and boundary map | Select the plan of less dividing villages. |
| Poor, indigenous, or ethnic people | Site survey: Identify whether poverty communities or refugee camps exists or not. | Poverty village, refugee camps location map | Select the plan of less impact one. |
| Cultural heritage | Site survey and literature survey: Identify the locations of the cultural assets including local worship places. | Cultural asset and heritage map | Select the design which will not impact on cultural assets |

出典: JICA 調査団作成

第5章 ガス電力統合電子インフラシステムのデモ

5.1 電子インフラシステムの特徴

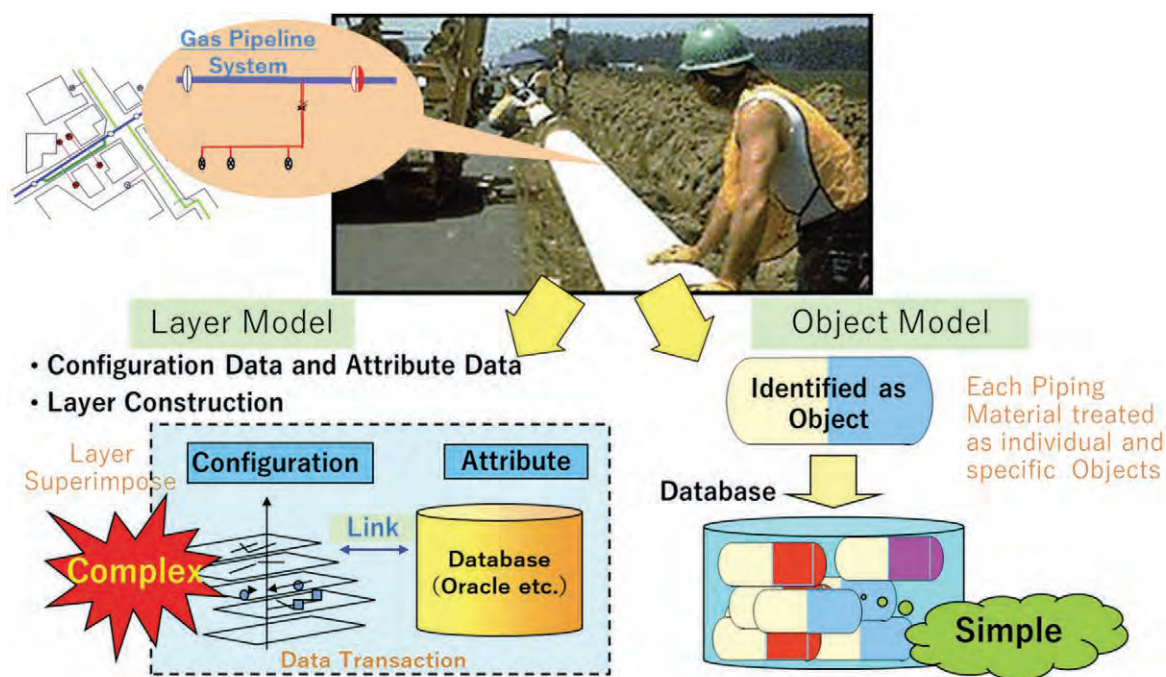
5.1.1 Smallworld について

調査団は電子インフラシステムとして”Smallworld”を提案した。”Smallworld”は General Electrics 社製で、オブジェクトモデルを採用した高度な GIS 機能を有する、大容量・高精度の専用データベースを持つアセット管理システムである。

(1) Smallworld が採用するオブジェクトモデルの利点

オブジェクトモデルは、一般のレイヤモデルの GIS とは異なる構造を有している。一般的な GIS が採用するレイヤモデルでは、注記情報と位置情報は別々のレイヤに無関係に配置されている。文字情報は別のデータベースに格納される場合もある。一つの事物に関連する情報がシステム内に散在している。よって、システムとデータの構造が複雑化する傾向にある。

これに対し Smallworld では文字属性と位置・注記などの図形情報を一つのオブジェクトとしてカプセル化し、実世界の事物に一対一に対応付けている。これにより、システムとデータの構造を簡素にしている。



出典: JICA 調査団作成

図 5.1 オブジェクトモデルとレイヤモデルの違い

(2) 大容量・高精度の専用データベース

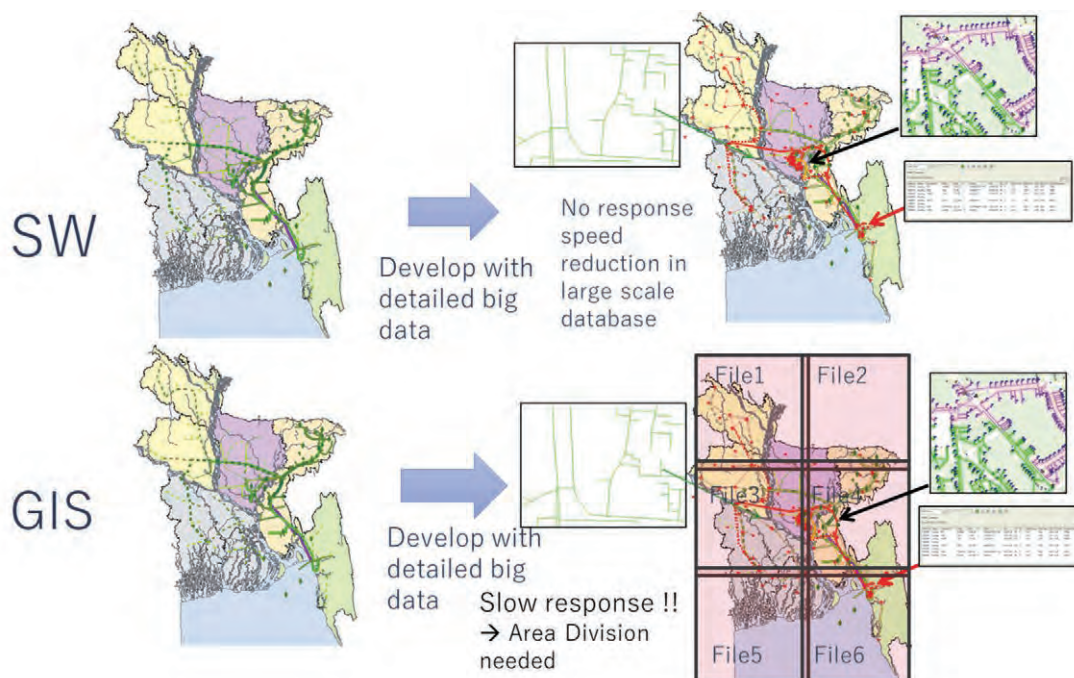
一般的な GIS では、大量のデータを一つのファイルで取り扱う場合、速度や性能に著しい劣化が起きる。よって、特定の地域単位にいくつかのファイルに分割して必要なファイルを切り替えて使う必要がある。また多人数が同時に一つのデータにアクセスする環境でも、性能

上の問題が起きやすい。これに対し Smallworld 専用のデータベースシステムは、数十万件から数百万件の大規模な施設データを単一のデータベースファイル上に保持できる。かつ、多数ユーザの同時利用の条件下であっても、速度が低下せず高い性能を維持できる。

また、Smallworld は精度 1 cm の場合、40,000 km 幅の広大な仮想面積の範囲で、一様な座標空間を提供する。この座標空間上にガスのパイプラインから顧客のメータに至るあらゆるレベルの位置情報を配置可能である。一つのシステム内で、バングラデシュ国内全域のネットワークインフラストラクチャの全てのアセットを一様に管理できる。

(3) Smallworld の情報プラットフォームとしての役割

Smallworld は自由度の高い専用の開発言語 (Magik) と開発用インターフェース API (Application Programming Interface) を有する。これらにより他システムとの連携に必要なカスタマイズが容易に行える。よって、SCADA、シミュレータなど、各種システムとのデータ交換を可能とするプラットフォームの役割を果たす。



出典: JICA 調査団作成

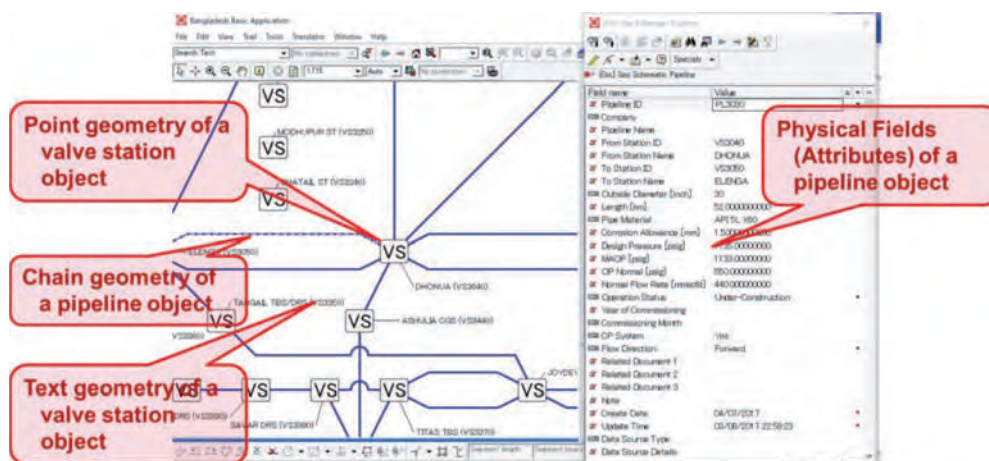
図 5.2 Smallworld(SW)の性能

5.1.2 Smallworld の機能

(1) オブジェクトと物理属性、ジオメトリ

Smallworld では、実世界の一つの対象物(設備、機器など)を一つの「オブジェクト」と呼ぶ単位で管理する。オブジェクトは物理属性と図形属性(ジオメトリ)を持つ。

物理属性は、文字列、整数、実数、日時など型を持ち、個々のオブジェクトの特徴・諸元を表す情報を有する。型とはデータの種類を定義する。「ジオメトリ」は、個々のオブジェクトの地図・図面上の位置情報と形状についての情報である。



出典: JICA 調査団作成

図 5.3 オブジェクト、フィールド、ジオメトリ

(2) ネットワークトレース

「ネットワークトレース」は互いに接続した施設を追跡する機能である。Smallworld には、ネットワークトレース機能が標準で装備されている。障害が発生した施設を、実際に合わせて閉止に設定したり、閉止施設を迂回したルートを検索したりすることも可能である。最上流のガス田から顧客のメータに至るまでのネットワークトレースも可能となる。

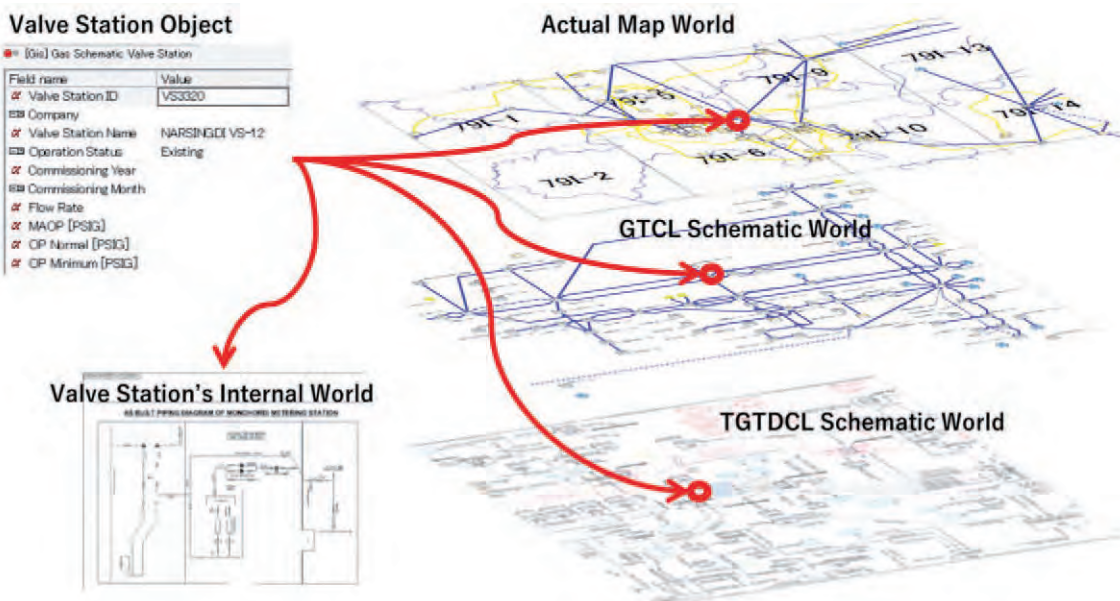
(3) ジオメトリとワールド

「ワールド」は Smallworld システム内の座標空間である。Smallworld は複数の座標空間「ワールド」を設置することが可能である。各ワールドが持つ座標系、最小の長さの単位、ジオメトリが配置可能な範囲は、個別に定義できる。

一つのジオメトリは必ず一つのワールドに属する。一つのオブジェクトが異なるワールドに属する複数のジオメトリを有することで、一つのオブジェクトが異なるワールドにまたがって存在することができる。

例えば一つのガスのバルブステーションのオブジェクトが、地図上の実座標を表すジオメトリと、ガスネットワークの模式図上の位置情報を表すジオメトリの双方を持つことができる。これにより、模式的論理空間と地図空間という、異なるワールド上に存在する同じバルブステーションの位置を結びつけることができる。

さらに、一つのバルブステーション自体の建物の内部構造を表す別の詳細座標空間「インターナルワールド」を有することができる。



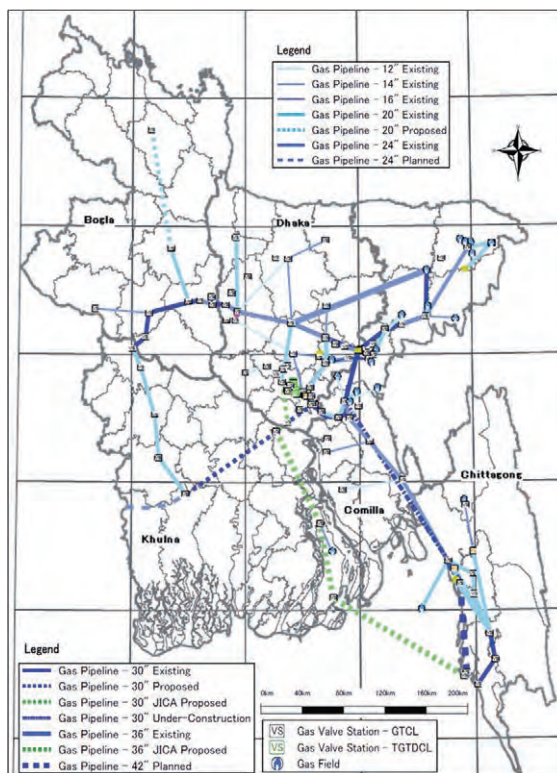
出典: JICA 調査団作成

図 5.4 複数のワールドにまたがる一つのオブジェクト

5.2 バングラデシュガス電力ネットワークの電子インフラデモ

(1) ガスパイプライン概略図

Smallworld 内に入力したバングラデシュ国内全域の主要なバルブステーション、ガス田の地図上のおよその位置と接続情報は、下図のとおりである。なお、埋設管ルート的位置情報は現状不明であるため、地図上ではバルブステーション間を直線的に接続している。

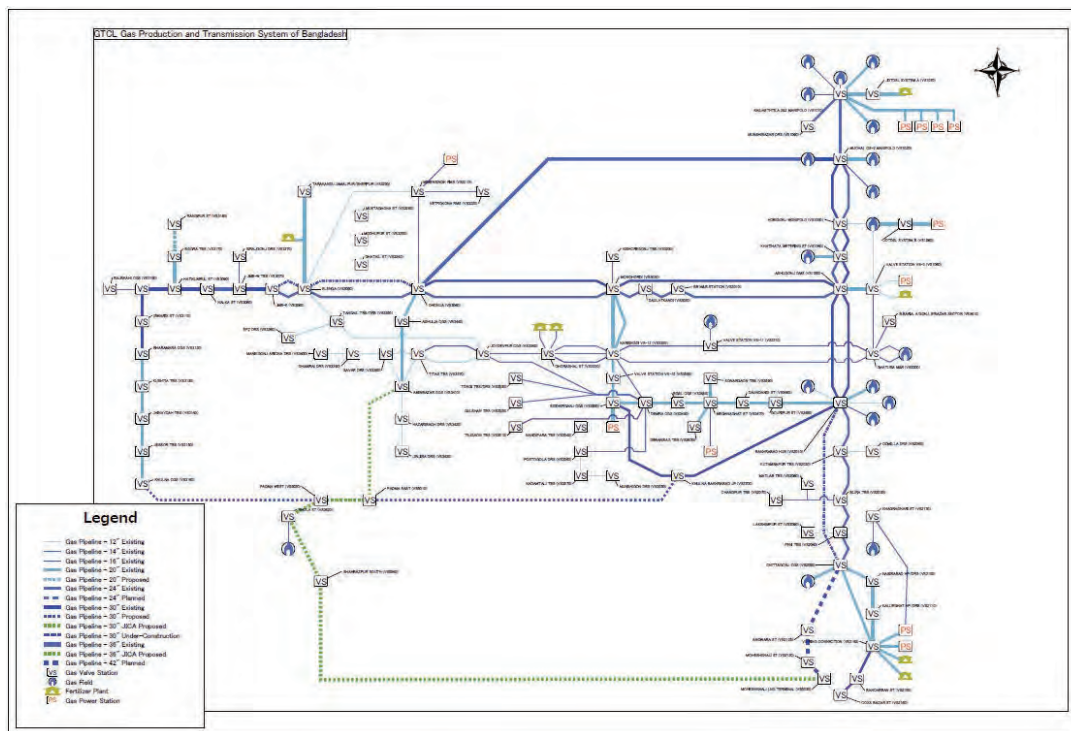


出典: JICA 調査団作成

図 5.5 ガスパイプライン全国図

(2) ガスパイプラインの模式図

ガスパイプラインについて、GTCL の模式図を Smallworld に取り込んだ。

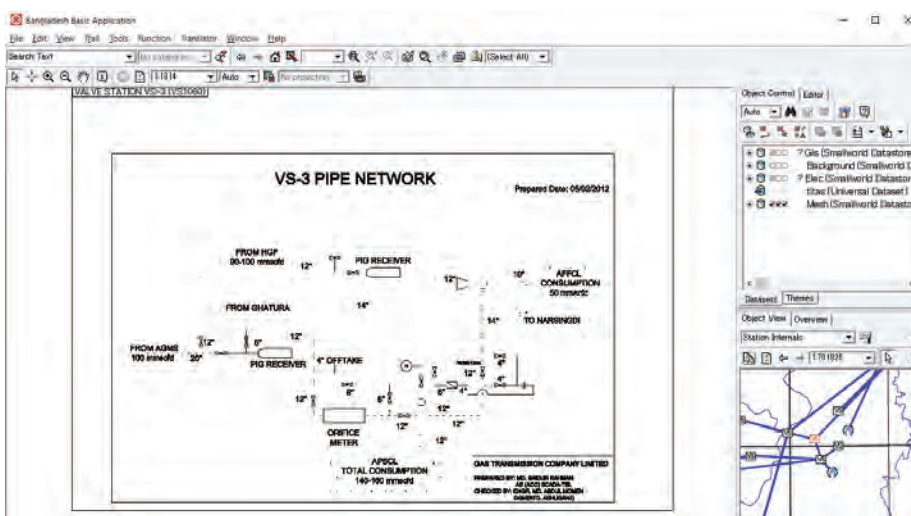


出典: JICA 調査団作成

図 5.6 ガスパイプライン模式図

(3) バルブステーション建物内図面

本調査にて入手できている 9 箇所のバルブステーションの建物内図面をインターナルワールドとして Smallworld に入力した。これは百数十あるバルブステーションの一部である。今後、残りのバルブステーション図面を入手、入力する必要がある。



出典: JICA 調査団作成

図 5.7 ガスバルブステーションのインターナルワールド例

(4) 幹線ガスパイプライン詳細図

収集した幹線ガスパイプラインと付帯設備の詳細な位置を、デモの材料の一例として Smallworld に入力した。その一例を次に示す。

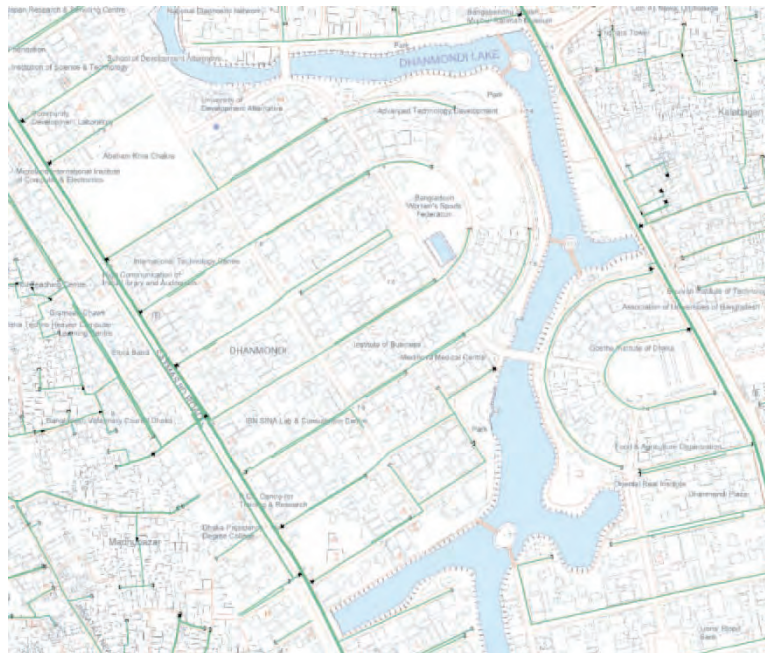


出典: JICA 調査団作成

図 5.8 ガスパイプライン詳細図例

(5) ガス配管データ

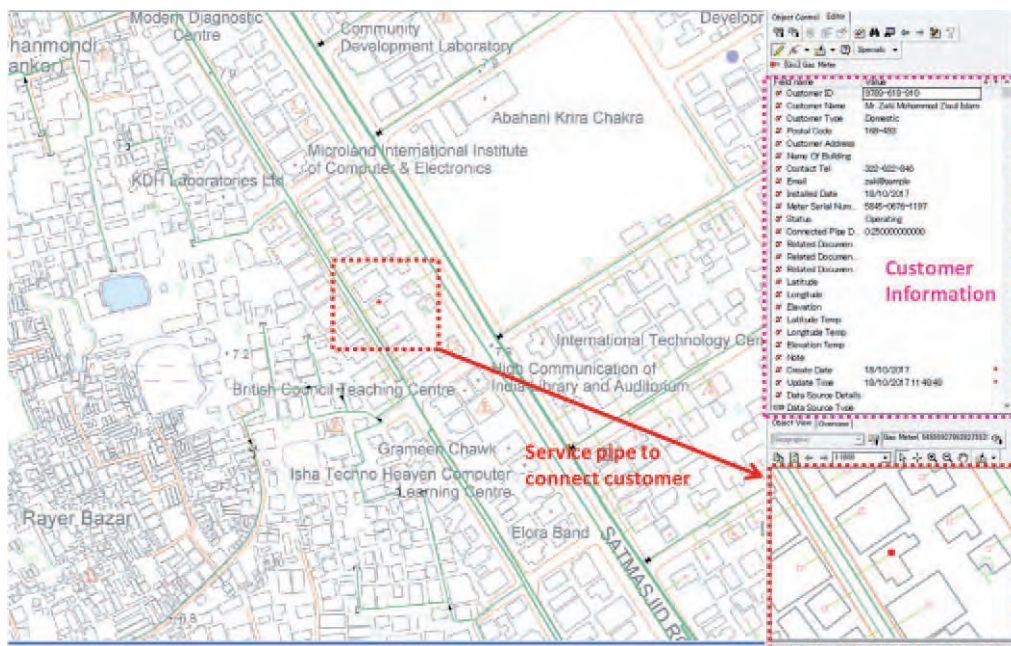
TGTDCL の一部エリアのガス配管、バルブ情報を Smallworld に入力した。以下に一例を示す。



出典: JICA 調査団作成, with base map of SoB 1/5000

図 5.9 TGTDCL のガス配給パイプ例

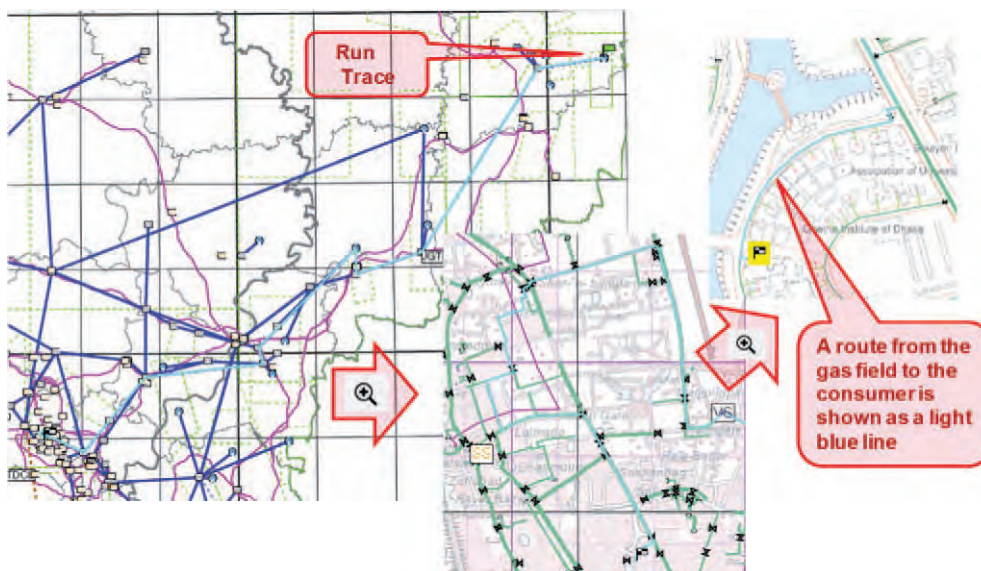
上に加え、サービスパイプと共に需要家データを入れ込むことが可能である。下図では例として、顧客 ID、顧客名、形式、住所、ガス消費量などのデータを入力している。



出典: JICA 調査団作成

図 5.10 サービスパイプとガス顧客情報例

こうした構造により、ガス田からガス基幹線、バルブステーション、ガス配給ラインをとって需要家まで接続をネットワーク上でトレースし、統合管理を行うことが可能である。下図に、ガス田から発電所までをトレースした例を示す。

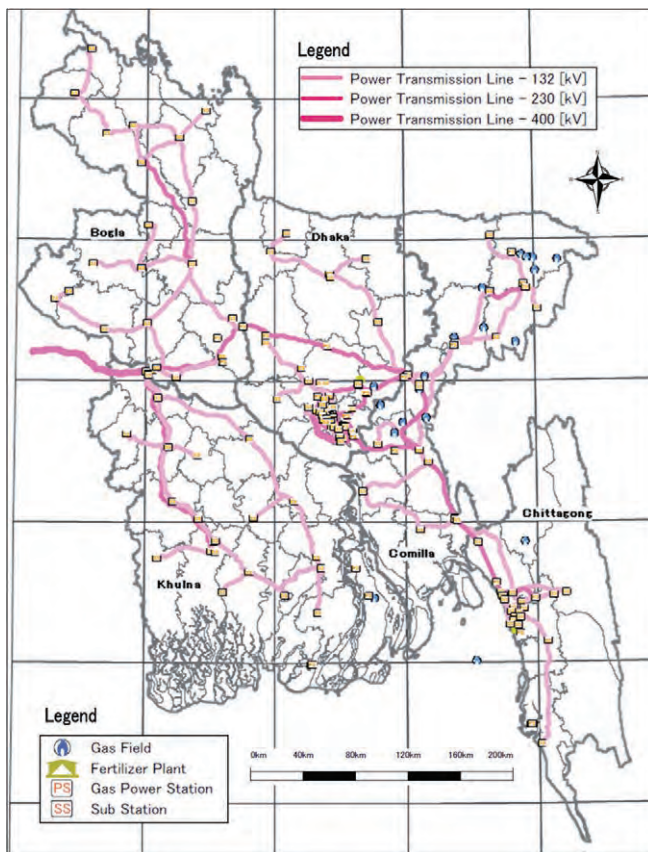


出典: JICA 調査団作成

図 5.11 ガス田から需要家までの接続

(6) 送電線網

バングラデシュ国内全域の送電線、発電所、サブステーションの地図上のおよその位置を電子インフラシステムに取り込んだ。

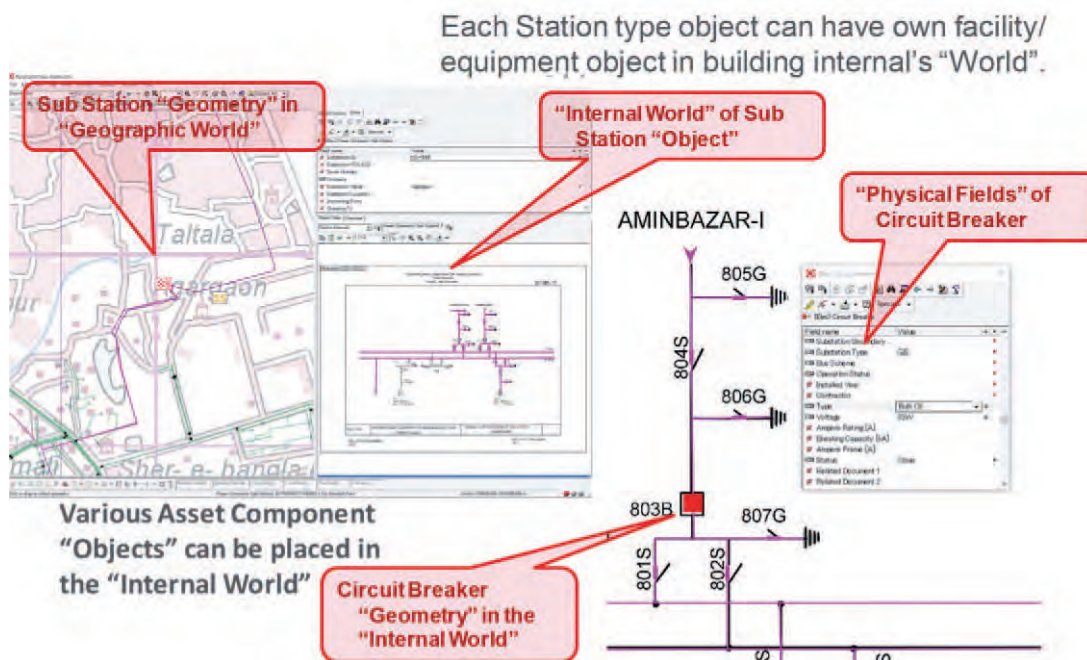


出典: JICA 調査団作成

図 5.12 送電線電力網

(7) 変電所建物内図面

5箇所の変電所の建物内図面をインターナルワールドとして取り込んだ。例を以下に示す。

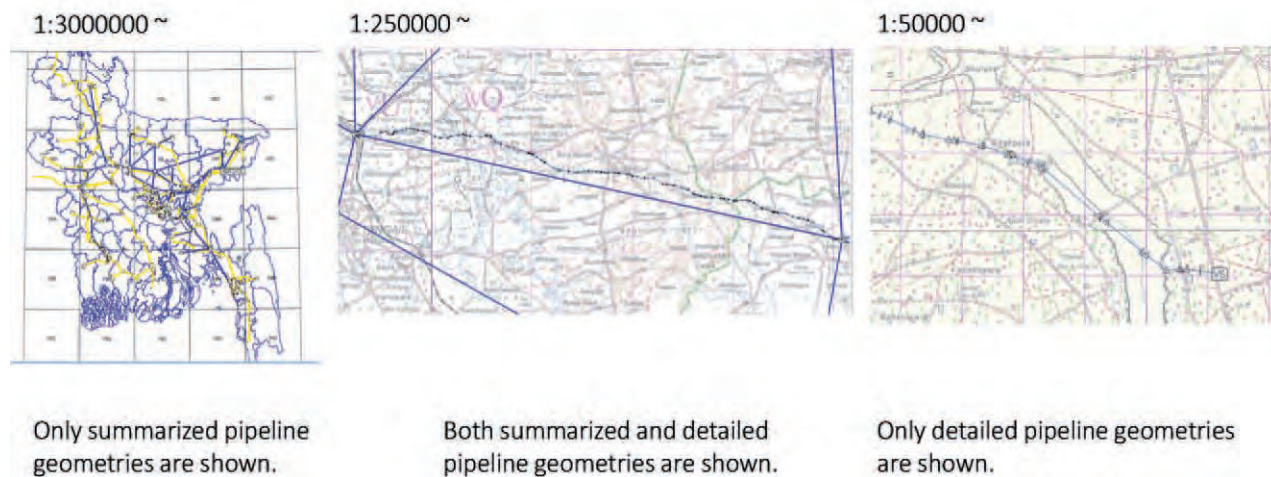


出典: JICA 調査団作成

図 5.13 変電所インターナルワールド例

(8) 背景図について

バングラデシュの地形図のメッシュには 1:250,000、1:50,000、1:25,000 の三階層が存在する。これはバングラデシュ測量局 (Survey of Bangladesh、以下 SOB)により整備されている。またこれとは別に 1:5,000 のメッシュが独自に存在する。下に例を示す。



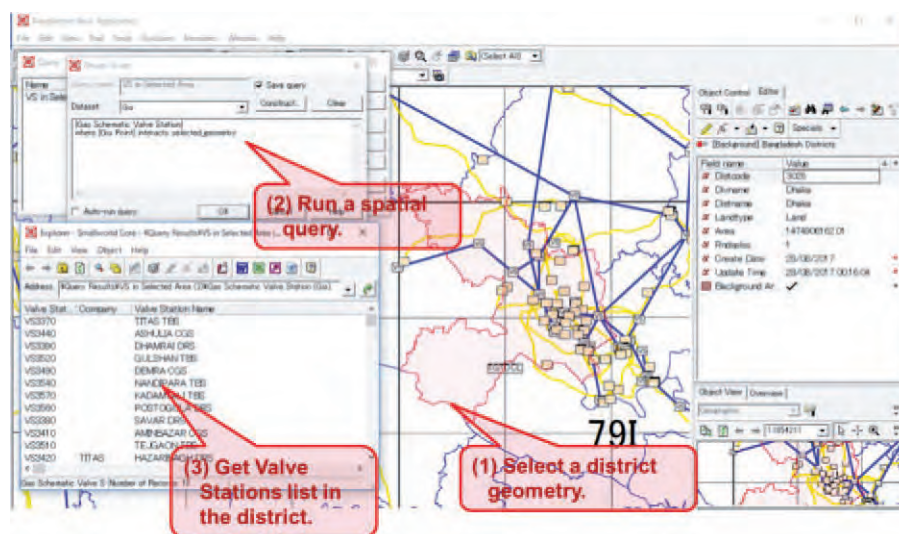
出典: JICA 調査団作成 using survey map of SoB

図 5.14 背景図として用いる地形図例

現在 SOB は JICA の支援で衛星画像を基に 1:25,000 図などを整備中である。今回はデモに関連する地域の一部の地形図に取り込んだが、今後 SOB より地形図を全国的に収集し Smallworld の背景図として取り込む必要がある。

(9) 地方行政界とデータ抽出

バングラデシュの地方行政界について Shape 形式のポリゴンデータを Smallworld に取り込んだ。行政界のポリゴンを空間検索に用いることで、例えば Dhaka 市内に存在するバルブステーションの一覧を取得できるまた、行政区界から例えば、地域ごとに存在する発電所のリスト、そのガス消費量の合計の表を作ることも可能である。



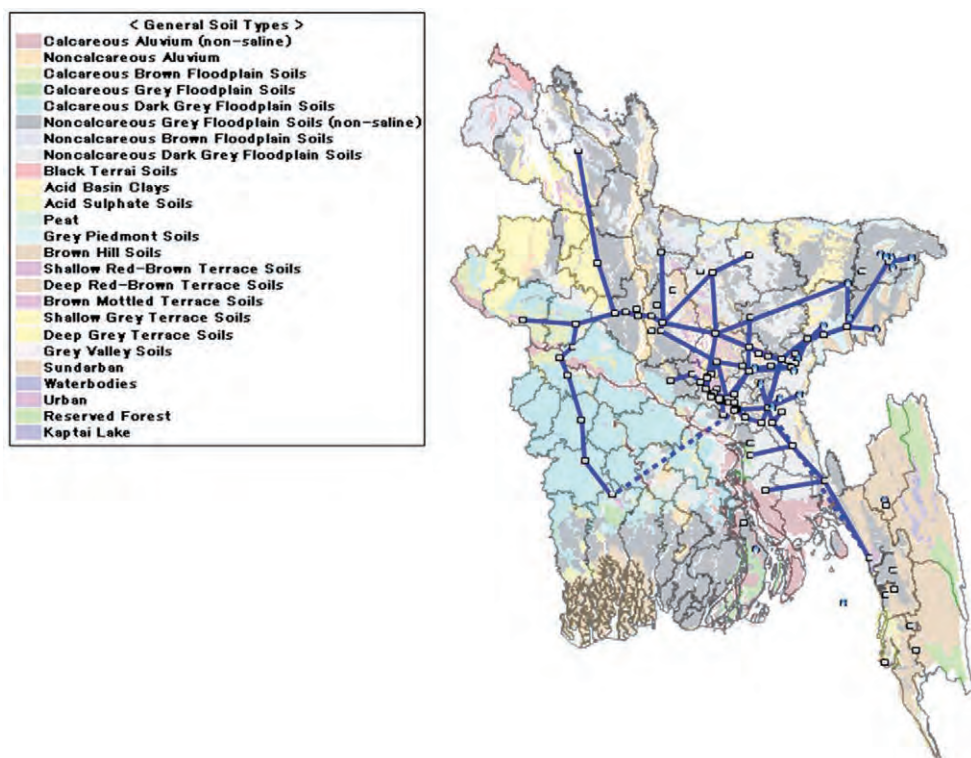
出典: JICA 調査団作成

図 5.15 行政区界図とバルブステーションの抽出

(10) GIS データの利用

既存の GIS データがある場合、Smallworld に直接取り込み、効率的にデータベースを確立できる。これらは背景図やオブジェクト、設計データとして利用することが可能である。

例えば土壌の導電度はパイプラインの電気防食に影響する。GIS の土壌分布図とパイプラインを重ね合わせて、電気防食の設計に用いることが出来る。



出典: JICA 調査団作成 using GIS Shapefile data of BARC

図 5.16 GIS 土壌分布図とパイプラインレイアウト

(11) オブジェクトの物理属性について

オブジェクトの物理属性は、各施設の諸元・特質を表す情報である。例えばガス管路であれば管種・口径、バルブであればその型式、電力線であれば電圧など施設自体が持つ特徴を保持する。また各施設の現在の状態（計画中、開発中、運用中、廃止など）を属性として持たせ、属性値によって施設の表示スタイルを変えることができる。

施設の稼働の結果により量られる各種の数値も物理属性に加えられる。例えばバルブステーションであればガスの平均生産量、発電所であればガスの平均消費量などが挙げられる。上記の様なオブジェクトの物理属性値を統集計することにより、現状把握と計画立案のための根拠となる情報を得られる。例えば Dhaka 管区内のバルブステーションのガス総生産量と発電所の総消費量を算出・比較などを行うことができる。

(12) 利用可能な図面ごとのデータ作成について

図面の有無、図面が持つ情報の違いによるデータ作成方法は異なる。以下の場合のそれぞれに応じてデータ作成方法を検討する必要がある。

- 1) 座標系、座標(緯度・経度)を記載した図面がある場合
- 2) 座標系は不明だが座標が図面枠やアングルポイントなどに記載されている場合
- 3) 座標系、座標が不明だが道路や建物、地名等を含む背景地図上に施設情報が記載されている場合
- 4) 位置情報の識別困難な図面のみが存在する場合
- 5) 図面が存在しない場合、図面の位置情報の特定が困難な場合

特に図面が必要な情報を有していない場合、現地で GPS 測量を行う、あるいはガス管探査機を用いて場所を特定し図面を作成する必要がある。これらの作業には多大な時間と労力が必要になる。

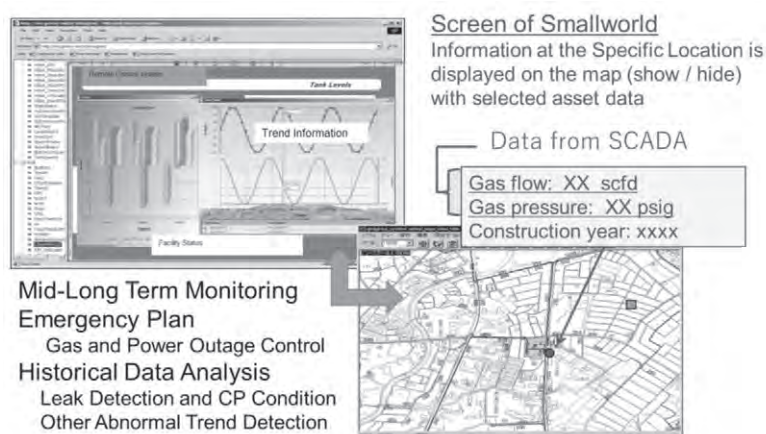
5.3 電子インフラについて提言

5.3.1 SCADA と Smallworld の連携

Smallworld クライアントに SCADA の情報を表示することには利点がある。SCADA の情報は一部の SCADA システム関係者内でのみ共有されているが、Smallworld クライアントへの表示により、ガスネットワークの現在の状態をより多くのユーザによって共有できるようになる。この結果、障害発生時の情報共有や必要な対応の迅速化が可能となる。

また中長期的な各設備の流量・圧力の変化の履歴情報や過去の障害発生個所を、実際の地理情報と重ね合わせて見ることができる。この結果、緊急事態発生時の計画策定、ガスの漏洩位置や CP の状態の地理的な分析、その他異常なトレンド値の発見に役立てることができる。

以上の観点から、今後の技術支援プロジェクトの中で SCADA と Smallworld の連携を実現することを推奨する。



出典: JICA 調査団作成

図 5.17 SCADA と Smallworld 連携例

SCADA と Smallworld の連携を実現するために、インターフェースを調査し実装案の検討を行う必要がある。

5.3.2 ドキュメント・図面管理システム

現在のデモシステムでは各オブジェクトに最大で三つまでの図面・ドキュメントをリンクできる仕組みを提供している。

今後、技術支援プロジェクトが進行する中で、さらに多くの関連図面・ドキュメント類をシステム内に集積していくことになる。その場合、現行の単純なドキュメントのリンクではなく、大量の図面・ドキュメントをより効率的に管理・保存する仕組みが求められる。

以上の観点から今後の技術支援プロジェクトの中で専用のドキュメント管理システム (別称：電子ファイリングシステム) を導入することを推奨する。

5.3.3 他システム (シミュレータ、ERP 等) との連携

Smallworld は各種システムとのデータ交換を可能とするプラットフォームの役割を果たす。

シミュレータと連携できれば Smallworld に登録された施設の地理的な位置情報の上にシミュレーションの結果を表示可能である。たとえば、ガス管の経路、圧力、送ガス量、口径などに変更計画があった場合、それに応じたシミュレーション結果を Smallworld 上にアセット情報と共に示すことが可能となる。

また ERP と連携できれば ERP で管理される資産や組織の管理情報を地図上の施設に結び付けることができる。

このように各種システム上に散在するデータを、情報プラットフォームとなる Smallworld 上に集約し施設位置と結び付けることにより、計画・設計・建設・運用・保守の各業務に有益な情報を提供可能にする。以上の観点から今後の技術支援プロジェクトの中で Smallworld と他システムとの連携を実現することを推奨する。SCADA と同様にシステム間連携の仕様 (交換するデータ、インターフェース) の設計・実装・試験を行うことで Smallworld と他システムの連携を実現する。

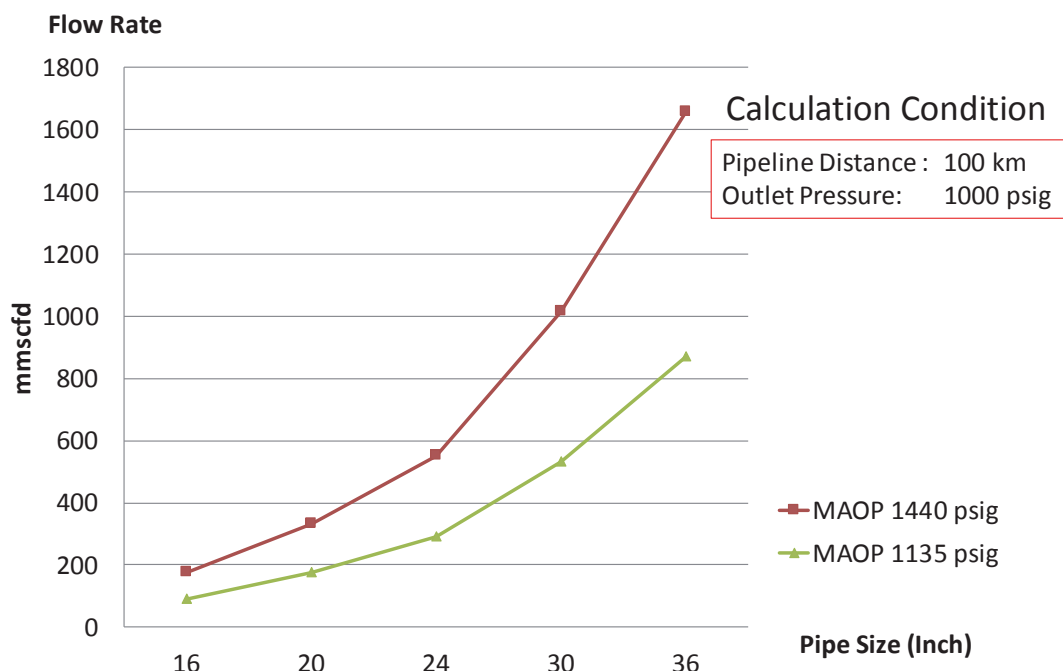
第6章 ガスインフラ整備に関する政策と戦略

6.1 ガスインフラ整備に関する問題と克服すべき課題

6.1.1 最高許容運転圧力 (MAOP)

バングラデシュでは、ASME コードで許容されているバルブやフィッティング類の圧力限界まで十分利用してガスインフラを運転してこなかった。MAOPとして 960 - 1135 psig を使用している点から考えると、現在使用されている圧力クラスよりも一段低く、過去には一般的であった圧力クラス#400 の時代の設計基準を引き継いできたように思われる。現在使用されている圧力クラス#600 では、1440 psig まで使用できる。

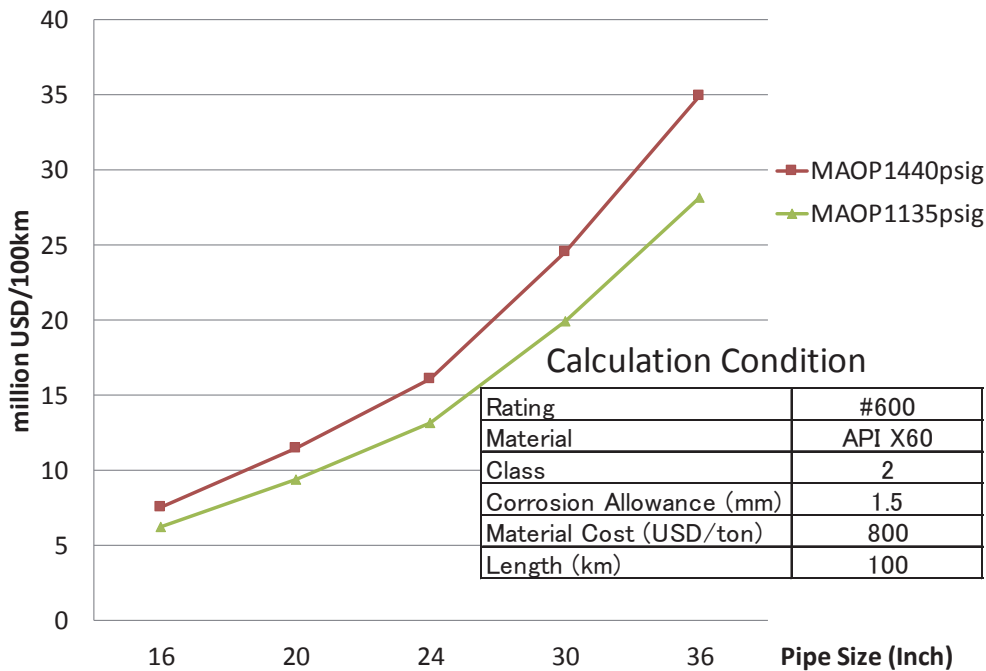
1,135 psig を採用した場合、1,440 psig の半分の流量しか流れないことになる。流量を増やすために、より多くのコンプレッサステーションが必要となっている。



出典: JICA 調査団作成

図 6.1 流量比較 - 圧力レベルの違いによる

設計圧力を上げた場合、より肉厚の厚いパイプが必要となる。そのために材料費は上がる。



出典: JICA 調査団作成

図 6.2 パイプ材料費比較—圧力レベルの違いによる

MAOP に 1,440 psig を採用した場合、材料費が 20%ほど大きくなるが、建設費全体から見るとその影響は 5%程度であると見積もられている。一方で、ガス流量は 200%増加することになる。

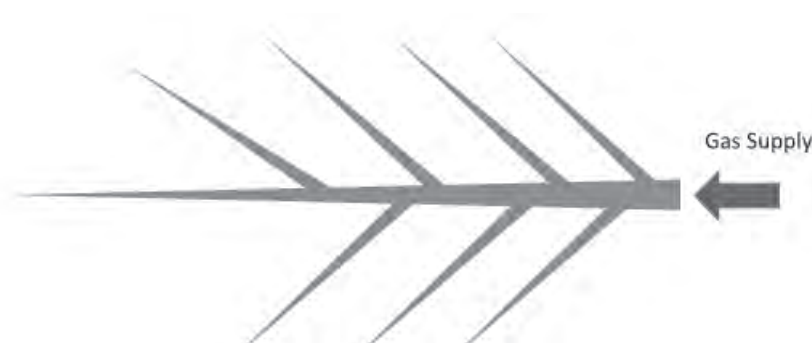
6.1.2 ガス供給パイプラインの形状

現在のバングラデシュでのガス供給システムは、フィッシュボーン型である。これは初期のガスインフラ開発時期にはよく見られるものである。

表 6.1 現状のフィッシュボーン型インフラと圧力システム

| Valve Station | psig | kg/cm ² g | Gas Pressure |
|----------------------------------|------|----------------------|----------------------------|
| Design Pressure | 1135 | 79.8 | MAOP (Design Pressure) |
| Kailashtila A2/3 | 1133 | 79.7 | MAOP |
| Target Operating Pressure | 1000 | 70.3 | |
| Ghatura M & R | 970 | 68.2 | Minimum Operating Pressure |
| BB M&R | 950 | 66.8 | Minimum Operating Pressure |
| Monohohordi | 740 | 52.0 | Minimum Operating Pressure |
| Narsingdi | 650 | 45.7 | Minimum Operating Pressure |
| Dhonua | 600 | 42.2 | Minimum Operating Pressure |
| Elenga | 550 | 38.7 | Minimum Operating Pressure |
| Demra/Siddhirgonj/Chittagonj CGS | 400 | 28.1 | Minimum Operating Pressure |
| Joydepur | 350 | 24.6 | Minimum Operating Pressure |
| Ashiulia | 218 | 15.3 | Minimum Operating Pressure |

出典: GTCL



出典: JICA 調査団作成

図 6.3 フィッシュボーン型ガスインフラの模式図

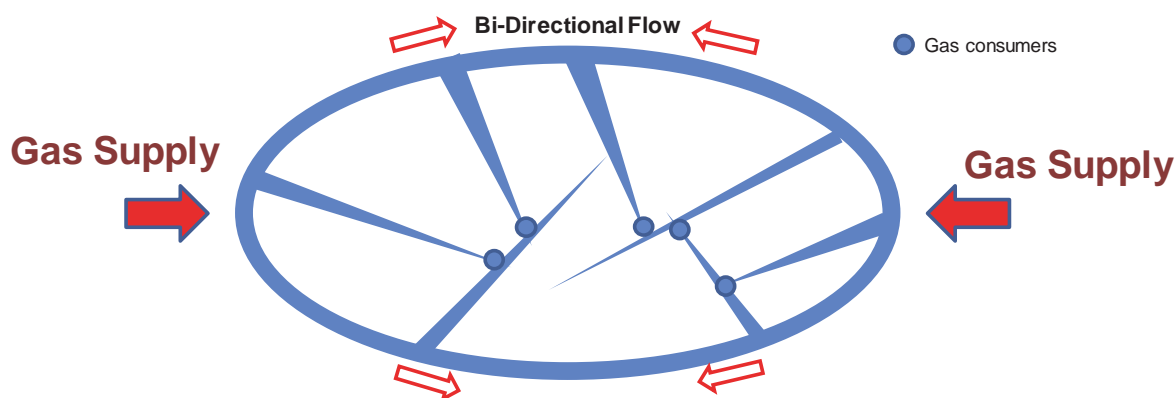
上表の例では、Kailashtilla ガス田での圧力が最も高く、下流になるに従い、次第に圧力は減衰していく。全体の圧力バランスを保つために、ガス輸送システムの入り口は高圧に保つ必要がある。このシステムは、ガスの配給制の下ではうまく機能してきた。しかし、ガスの需要見合いの供給体制には合わなくなる。また、需要が増えた場合や延伸が行われた場合、コンプレッサステーションの数を増やす、あるいは入口圧力を上げる必要がある。また、ガス供給量は圧力に依存しているため、運転上の柔軟性はない。さらに、幹線パイプラインで事故が起こった場合、下流に大きな影響が生じる。

6.2 ガスネットワークインフラの戦略的提案

6.2.1 幹線パイプラインのループ化

高度なガス供給システムでは、ガスインフラはループ状の形状となる。ループ化には次のような利点がある。

- ループ内部でネットワークとなり、ループ基幹線からループ内部へ多数箇所でガス供給が行われるため、ループ内部へのガス供給能力が増加する。
- 信頼性が高くなる。一部で事故が起こり閉鎖された場合でも双方向のガス供給ができるために、影響を受ける範囲が少なくなる。
- ループ基幹線からループ内部への供給ポイントが増えるために、需要見合いの供給が可能となる。
- ループシステムには、フィッシュボーン型と異なり、ループ基幹線へのガス供給が複数ポイントから行えるため、圧力の維持が容易である。さらに、設計にもよるが、ループ内部の圧力を一定に保ちやすいため、コンプレッサステーションの設置が必要ない。

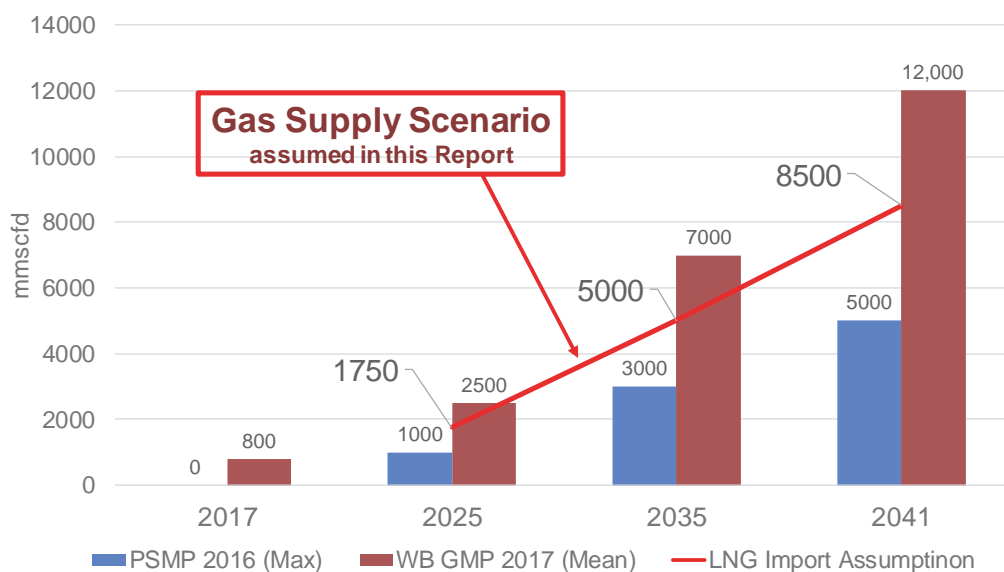


出典: JICA 調査団作成

図 6.4 ループ型ガスインフラ

6.2.2 ガス供給容量とガスインフラ開発計画

バングラデシュは、間もなくガス輸入国となる。そのガスの輸入量は膨大なものとなる。ガス需要に関しては、PSMP 2016 および GSMP 2017 が作成され、バングラデシュ政府に提出された。ガス需要予測についてはそれぞれが独自の観点で分析しているが両者の違いは大きい。



出典: PSMP, GSMP, JICA 調査団

図 6.5 ガス輸入量の推定

ガス輸入に関し、本調査では、2025 年には 1,750 mmscfd の輸入量、2035 年には 5,000 mmscfd を想定した。

(1) 2018 年のガス輸入インフラの状況

現在の供給量に加えて不足しているガスの潜在需要は 800-1,000 mmscfd と報道されている。この需要と供給の差は LNG の輸入で解消されることになる。

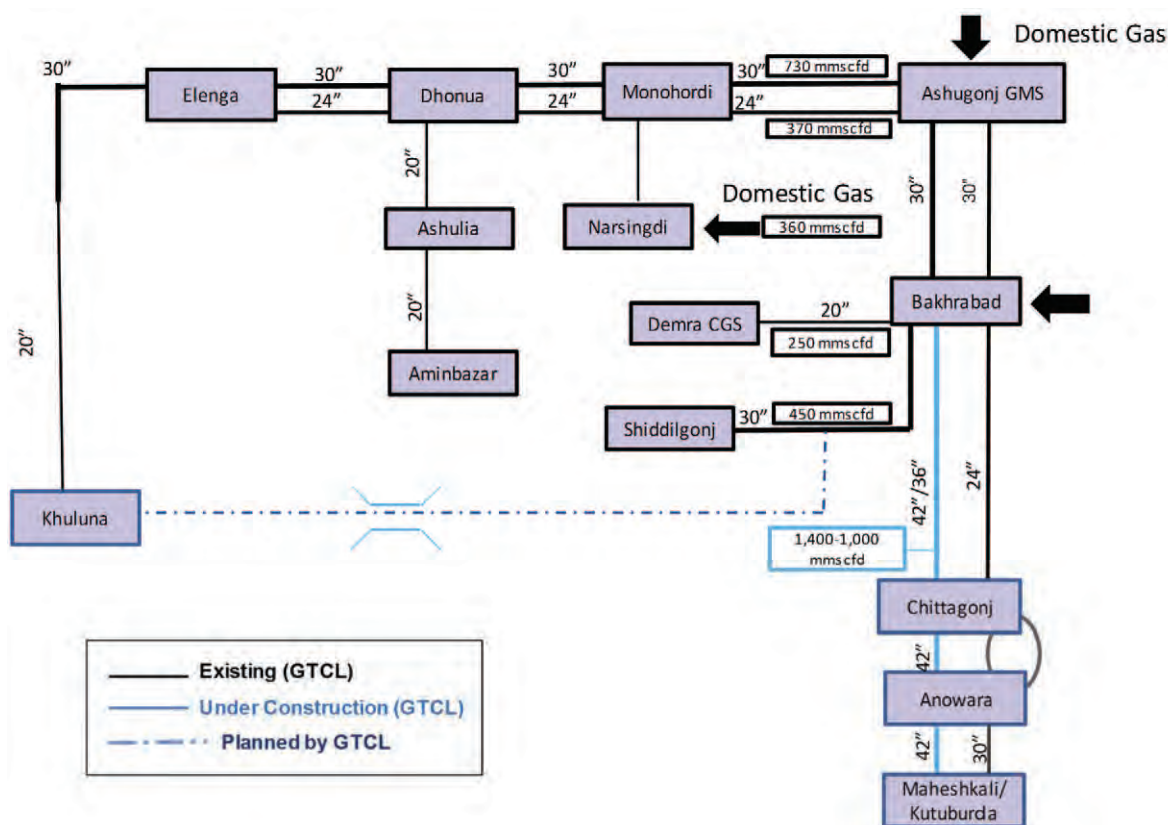
- 1) Moheshkhali に、500 mmscfd の FSRU (Excelerate Energy 社による)
- 2) Moheshkhali に、500 mmscfd の FSRU (Summit Corp 社による)

ガス供給パイプラインは以下が現在建設されている。

- 1) Moheshkhali から Anowa までの 30 インチ 90 km のパイプラインが完成し、Chittagong に 500 mmscfd のガス供給が可能となった。
- 2) Moheshkhali から Bakhrabad までの 36 インチ/42 インチ、310 km のパイプラインが建設中、容量 1000 mmscfd。

将来、さらにガス需要と LNG 輸入量が増加した場合、さらなる供給容量のパイプラインが必要となる。

ネットワークインフラシステムに入力された線図に基づき、パイプラインの距離、圧力、流量に関するシミュレーションモデルを作成した。以下にモデルを示す。



出典: JICA 調査団作成

図 6.6 2018 年のガスインフラの形状

(2) 2025 までのガスインフラ建設の提案

2025 年のガス輸入量を 1,750 mmscfd と予想するものとする。その量を達成するために、新規の FSRU プロジェクトや、Moheshkhali/Kutubdia に陸上 LNG ターミナルの一部、あるいは政府が計画中の Payra に LNG ターミナルが建設され運営されている必要がある。Payra で想定されるガス量は 500 mmscfd である。また、インドから Khuluna に 200 mmscfd のガスが供給される予定である。

この時期までに、現在ガスの不足が著しい首都 Dhaka 地域へのガス供給のため、LNG ターミナルから消費地の Dhaka 地域へのパイプラインの補強とダッカループが完成されるべきである。

本調査では以下のインフラの建設を提案する。

1) ダッカループの完成

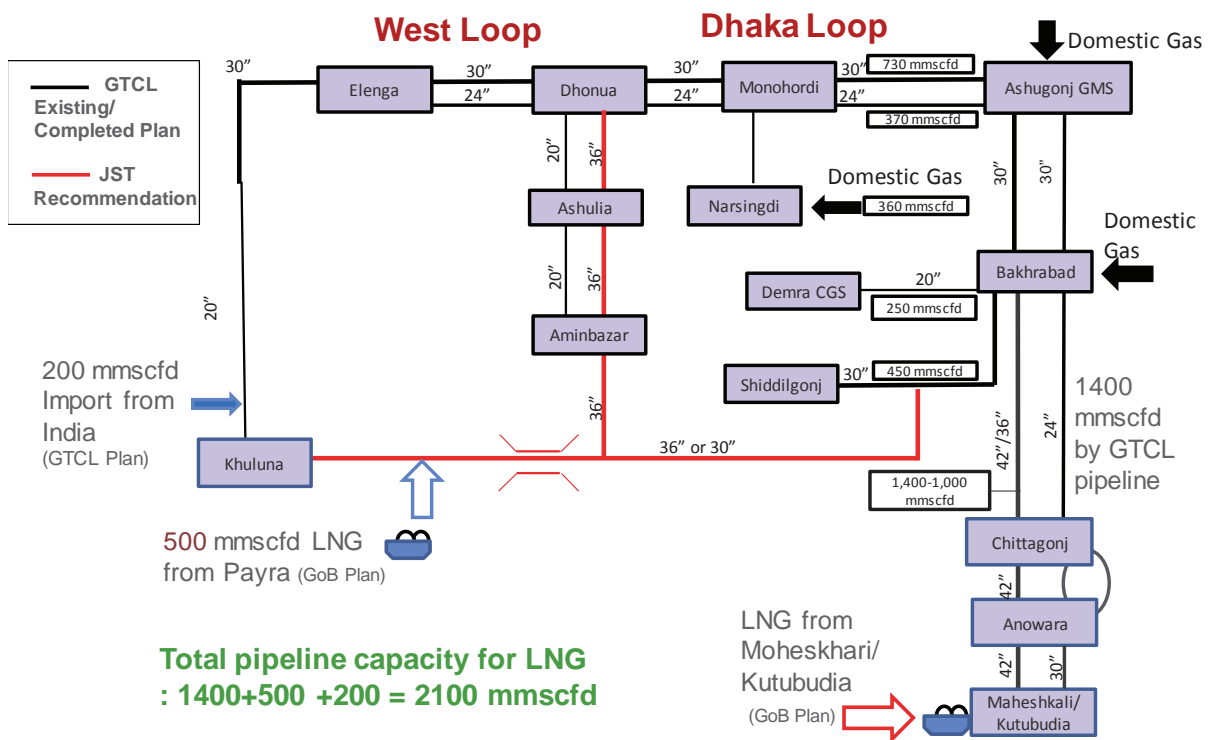
Siddilgonj 近辺から Aminbazar を通り Dhonua 間のパイプラインを建設しループ化することが必要である。すべてのバルブステーションやマニフォールドが双方向の流れが可能であるように再検討する必要がある。

2) 西部ループの完成

ダッカループと Khuluna を接続し、西部ループを完成させる。

3) Moheshkhali/Kutubdia における 2035 年までの計画 LNG 輸入量に応じ、5,000 mmscfd の LNG ガスの輸送のためのパイプラインインフラ建設計画を策定する。

ループ化のためには 2 箇所以上のガス供給ポイントが必要であり、Moheshkhali/Kutubdia、Payra, およびインドからのガス輸入が想定される。



出典: JICA 調査団作成

図 6.7 2025 年のガスインフラの形状

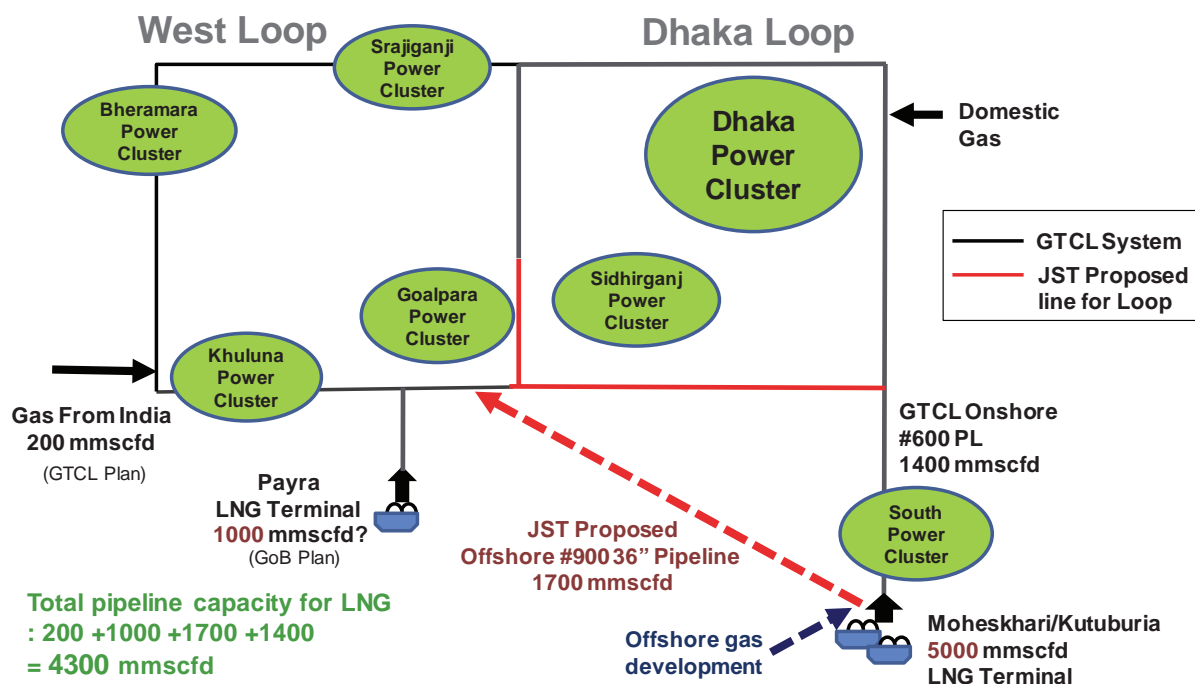
(3) 2035 までのガスインフラの提案

2035 年までにはガス輸入量は 5,000 mmscfd となると想定する。Moheshkhali/Kutubdia で LNG 受け入れターミナルの拡張が行われなければならない。同時に Moheshkhali/Kutubdia から Dhaka への供給能力を増大させる必要がある。Payra の LNG ターミナルの拡張も行われなければならない。

ガスインフラ整備の提言は以下の通りである。

- Moheshkhali/Kutubudia から Padoma 橋の西部まで、圧力レーティング#900（MAOP は、2160 psig）、36 インチの海底パイプラインの建設

このパイプラインは将来的に期待されうるミャンマー国境にある海洋ガス田からのガス産出が行われた場合、その輸送にも使用されうる。このインフラを含むガスインフラの形を示す。



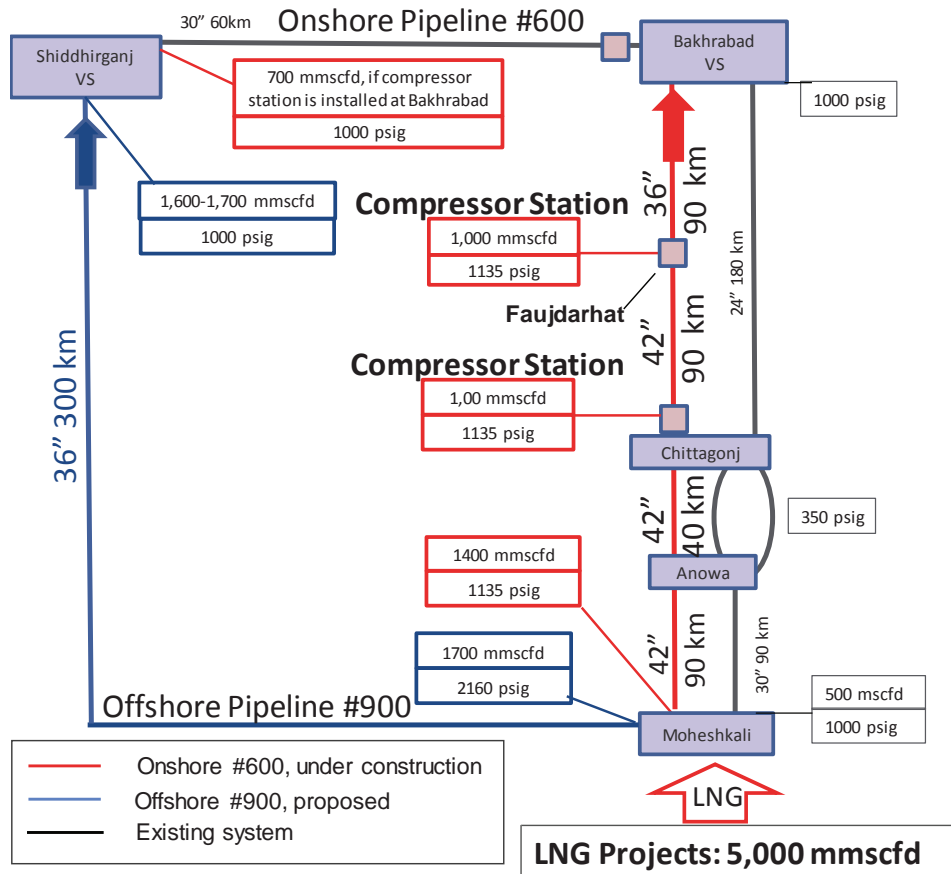
出典: JICA 調査団作成

図 6.8 2035 年のガスインフラの形状

6.2.3 海底パイプラインの概略検討

一般的に海底パイプラインや長距離パイプラインには高い圧力におけるガス輸送が必要であり、それに対応するための圧力レーティングである#900 が使用される。バングラデシュの場合もこの高い圧力レベルの仕様の適用は適当であると考えている。

ここでは#900 の海底パイプラインの評価を、現行のバングラデシュ仕様の#600 との比較の形で行った。以下にフロー図を示す。



出典: JICA 調査団作成

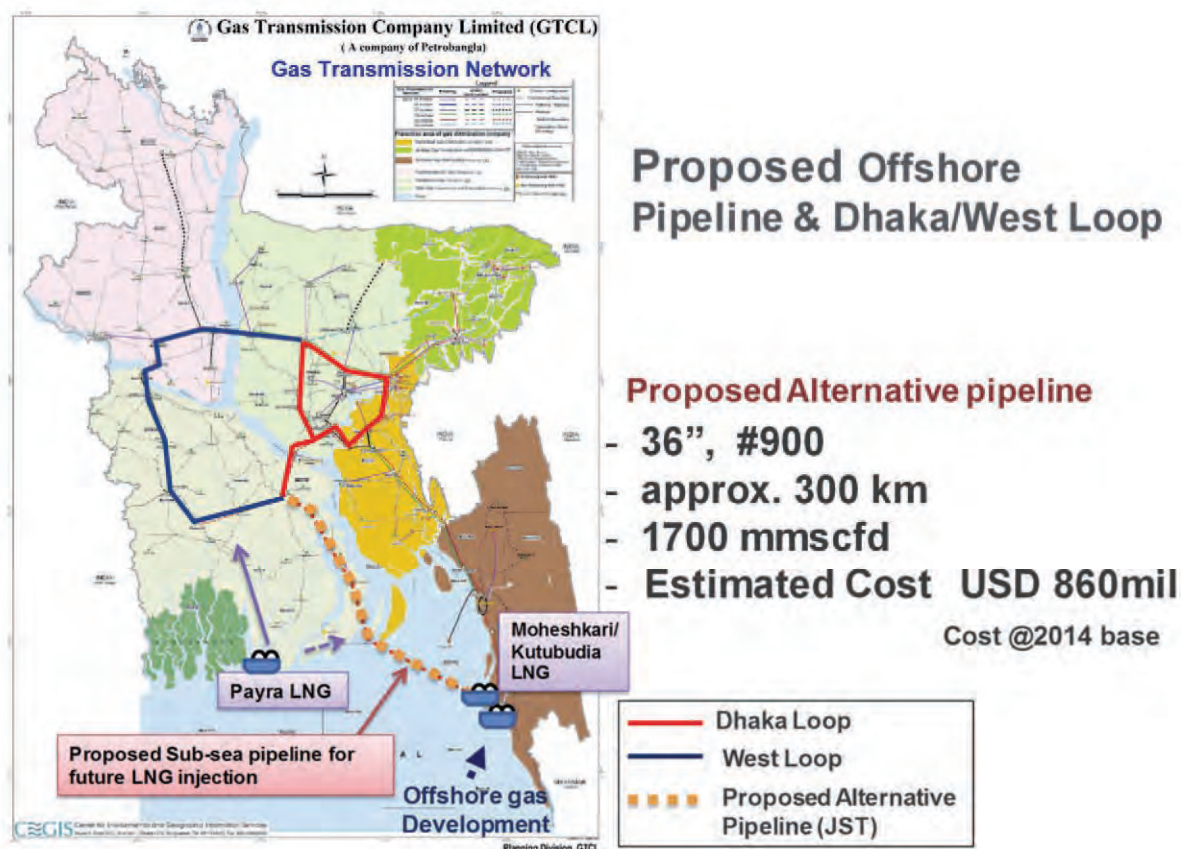
図 6.9 パイプラインの流量計算で使ったフロー図

計算の結果、#900、36 インチの海底パイプラインは Dhaka 地区にコンプレッサーステーション無で 1,700 mmscfd のガスを輸送することが可能である。

他方、陸上 #600 42/36 インチのパイプライン(現在建設中)は、Dhaka に近い Bakhrabad まで 1,000 mmscfd のガスを輸送することができるが、コンプレッサーステーションが 2 基必要である。

5,000 mmscfd の LNG 輸送量規模に応じ、今後、パイプラインを増設する必要がある。建設中の陸上 42/36 インチのパイプラインに加えて同じルートでさらに増設するよりも、建設コストやスケジュールの点を考慮しても海底パイプラインを新設することに利点があると考えられる。海底パイプラインは Moheshkhali/Kutubudia から Dhaka へガスを供給する有力な選択の一つとなり得る。

次に示す図は、海底パイプラインの暫定的なルートを示したものである。この選択肢はガスインフラの強化に資するだけでなく、将来の海洋ガス田開発を容易にするための重要なインフラとなる可能性がある。



出典: JICA 調査団作成 with GTCL Map

図 6.10 ガス輸送パイプラインのループ化と海底パイプラインの提案

建設費に関し、海底部分の 150 km 部分は最近行われた北海での同様のプロジェクトを参考にした。陸上パイプライン 150 km については米国の建設 INDEX を用いた。建設費全体で、USD 860 million、精度 +/- 30% と見積もられる。

6.3 国際援助機関のガスインフラプロジェクトの検証

6.3.1 ガスインフラプロジェクトの概要

バングラデシュのガスインフラ整備については、今日に至るまでアジア開発銀行(ADB)が最大の援助機関である。世界銀行は Gas Sector Master Plan (GSMP)作成の支援を行っている。国際協力機構(JICA)もガスインフラ整備のプロジェクトに援助を行ってきており、現在も継続中である。

6.3.2 アジア開発銀行(ADB)

ADB によるインフラ整備に対する援助は 1974 年に遡る。最初の技術協力の中で、“Energy Policy Study”が行われた。1975 年には、“Energy Policy Study”に関連し、投資プロジェクトである“Greater Dacca Gas Distribution Project”が実施された。今日に至るまで、ADB は、ガス輸送パイプラインのみではなく、ガス田開発についても援助が行われてきた。

近年、他の援助機関 Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB)との共同融資も行われている。

6.3.3 世界銀行 (WB)

WB は過去に一つの投資プロジェクトを支援している。“Siddhirganj Power Project”と呼ばれるプロジェクトで、Dhaka 近郊の Siddhirganj の 2 x 150 MW のガス発電所にガスを供給するために、Bakhrabad から 60 km、30 インチパイプラインが建設された。GTCL によると現在は 335MW コンバインドサイクルになっているとのこと。また、このパイプラインは他の発電所と経済特区への供給も担っている。

6.3.4 国際協力機構(JICA)

JICA は、Natural Gas Efficiency Project で、23,598 百万円 の ODA loan (Yen loan)を提供している。このプロジェクトは、次の3つのコンポーネントから成り立っている。

- (i) Danua と Elenga 間 53 km, 30 インチパイプラインの建設、Jamuna Bridge 西部と Nalka 間 14 km、24 インチパイプラインの建設
- (ii) Titas C ガス田と Narshingonj ガス田に井戸元コンプレッサーの設置
- (iii) プリペイドガスメーターの設置 (260,000 件)

6.3.5 バングラデシュ政府独自の投資

バングラデシュ政府は二か所のプロジェクトに独自の資金を提供している。一つは“Capacity Expansion of Ashuganj – Bakhrabad Pipeline” (61 km, 30 インチ)、もう一つは Moheshkhali – Anowara 間、91 km、30 インチのパイプラインである。後者は計画中の FSRU からのガスを輸送するためのパイプラインである。このほかに GTCL が独自の資金で建設した Bibyana-Dohnua パイプライン 36 インチ 137 km がある。

6.3.6 GSMP との整合性

本調査の期間に調査団は、WB による GSMP2017 を取りまとめているコンサルタント会社を訪問し、需要予測や LNG ターミナルの経済性などについて意見交換を行った。MAOP については、調査団の提言に同意され、国際基準での適用が望ましいということになった。

6.3.7 ガス輸送パイプラインのネットワーク

ガス幹線パイプラインの整備では、ADB が最も大きな役割を果たすとともに、その他の国際援助機関も重要な役割を果たしており、主要なパイプラインのほとんどが国際援助機関の援助によっている。これらのプロジェクトには、プロジェクトごとに異なる設計思想や設計基準が設けられており、統一した基準の適用が求められる。

6.4 ガスの供給とガス価格に対する政策提言

6.4.1 ガス供給源の多様化

バングラデシュでは、ガス不足の状況が続いており、ガスの供給量を増やさなければならない。LNG の輸入は、昨今の国際市場での売買契約条件の柔軟性を考慮に入れると、現実的な解決方法である。

GSMP にも示されているように、近年のミャンマーでの海洋ガス田開発成功は、長期的には考慮すべき選択肢の一つとなるが、国際情勢が反映され契約交渉にも時間がかかると考えられる。同時に国産ガス資源の開発も行っていかなければならない。新規海洋ガス田開発には IOC の参加が必要で、彼らに魅力のある PSC の提示が必要となる。

LNG の受け入れターミナルの建設は、急務で現実的な建設計画と資金の投入が必要となる。

6.4.2 ガス価格の改定

表 6.2 は、バングラデシュエネルギー規制委員会(Bangladesh Energy Regulatory Commission, BEREC)が 2017 年 2 月に定めたガス小売価格を示している。

表 6.2 ガスの小売価格

Memo No.: BEREC/Tariff/Gas-12/T&D/Part-1/085

Date: 23 February 2017

| Sl. No. | Category of Consumers | Tariff (BDT/cum) | |
|---------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | with effect from 1 March 2017 | with effect from 1 June 2017 |
| 1 | Electricity | 2.99 | 3.16 |
| 2 | Captive power | 8.98 | 9.62 |
| 3 | Fertilizer | 2.64 | 2.71 |
| 4 | Industry | 7.24 | 7.76 |
| 5 | Tea garden | 6.93 | 7.42 |
| 6 | Commercial | 14.20 | 17.04 |
| 7 | CNG | 38.00 | 40.00 |
| 8 | Domestic | | |
| | Meter based | 9.10 | 11.20 |
| | Single Burner (Fixed per month) | 750.00 | 900.00 |
| | Double Burner (Fixed per month) | 800.00 | 950.00 |

1) The tariff of CNG in phase-1 and phase-2 included BDT30.00 and BDT32.00 respectively for feed gas and BDT 8.00 for Operator margin in both phases.

2) The other terms and conditions for gas distribution will remain unchanged.

出典: Bangladesh Energy Regulatory Commission (BEREC)

現在、アジアでの LNG 価格体系には 3 種類ある。一つは、伝統的な原油リンクの長期契約に基づいた契約方式で、アジアでは主流である。二つ目は、ヨーロッパ National Balancing Point (NBP) 価格にリンクしたスポット価格、三つ目は、米国ヘンリーハブ価格にリンクした短期供給価格である。2016 年 12 月現在の Cost, Insurance and Freight (CIF)価格あるいは Delivered Ex-Ship (DES)価格は、日本\$8.00/MMBTU、ヨーロッパ(英国)では\$5.88/MMBTU、米国ヘンリーハブ価格を\$3.00/MMBTU とすると、Free On Board (FOB) アメリカ価格は\$7.00/MMBTU 程度となる。CIF 日本は\$10.00/MMBTU となる。一方、ヨーロッパでは市場の不足分を LNG で輸入するだけであるので、スポット的にしか導入されない。基本的には最安値の LNG として

バングラデシュに供給される可能性がある。しかし量は不安定である。現実的には、バングラデシュでの LNG の CIF 価格は、当面の間、\$6.00-\$8.00/MMBTU で推移するものと考えられる。

いずれにしても、国産ガスと輸入ガスの間には大きな価格差がある。現在 BPDB が支払っているガス価格は約\$1.0/MMBTU (70 BDT per Cubic Feet、BPDB 年次報告より)程度である。

この価格差を補助金で埋め合わせる場合には、バングラデシュ政府には大きな財政上の負担が伴うことになる。この負担があるレベルを超えた場合、国際援助機関からの援助にも影響が出るものと考えられる。従ってバングラデシュ政府はガス価格を上げざるを得ない状況となり、適切なガス価格の長期にわたる改正が必要となってくる。

したが、国産ガスを内外価格差の解消のための緩衝材として用いて、国庫負担を最小にするような方法を考慮すべきである。

ガス価格の決定に当たっては、LNG 導入にかかるコストの実績と、それに基づく、ガス価格調整のシナリオが必要となり、そこでは政府の強いリーダーシップが求められる。また、国産ガスは、混合を通じて価格調整を行うよう、戦略的に使用することが求められる。

ガス価格は多くの産業や、生活に直接的に影響を与える。暫定措置のシナリオを用意し、セクター毎に価格上昇の衝撃を和らげるように価格の調整と国産ガスの活用を考え、政府への財政リスクを減らすことが求められている。

6.4.3 ガスインフラの投資およびローンの指針

(1) 過去のプロジェクトからの教訓

すでに説明したように、今後ガスインフラ建設にあたり、統一された適切な設計基準を作成すること、そしてそれをすべてのプロジェクトに適用することが求められている。この統一された仕様に基づいて建設されインフラの運営においても重要な役割を果たすことになる。

(2) 今後の方針

次のステップが取られるべきであると考えられる。

- 1) 統一されたガスインフラの設計基準や仕様書、そして、インフラ建設計画の基本方針(ループ化など)について、共通の理解を持つこと。
- 2) 技術協力は国際的な資格を持ったコンサルタントにより行い、以上の課題について対処していくこと。
- 3) 統一された設計基準やインフラの基本計画を作成していく過程で、国際援助機関同士の意思疎通と情報共有を図ること。

バングラデシュ政府と国際援助機関との間で合意書を取り交わされる際には、統一された設計基準や仕様書の採用にも同意することが求められる

第7章 課題と提言

7.1 課題

バングラデシュのエネルギーセクターの課題は以下の通りである。

(1) システムの統一性

パイプラインの基幹線と支線の統一性の確認はこれまで行われていない。各社では共通の設計思想、設計基準が採用されていない。設計思想はプロジェクトごとに異なっている。中央の情報管理がなく、資産登録や検証を行うシステムもないため、インフラの統一性を評価することが出来ない状態である。

(2) ガス運用モード の変更：「配分形式」から「需要ベース形式」へ

今後、ガス供給は「配分形式」から「需要ベース形式」へ変更になる。ガス供給側のオペレータはガス需要統計を事前に知り、それに応じた実際の時間ごとのガス需要に対するガス供給を行う必要がある。ガス田や LNG 受け入れ基地の上流から、下流の需要家までを統合して管理する高度なシステムが必要である。また、既存のフィッシュボーン形状のシステムから、ループシステムへの変更が必要である。

(3) LNG 輸入計画にかかるパイプライン容量の不足

現状のパイプライン計画は、将来的な LNG の輸入のガス想定量に対応しきれていない。LNG 輸入計画に応じたパイプラインの増強計画が必要である。

(4) LNG 導入における制度の未整備

LNG は複数の異なる事業者より導入される。LNG の性状は原産地ごとに異なる。性状の異なる LNG のガスと国産ガスが共に混じりパイプラインに送られる。また、瞬時に送れる電力とは異なりガスのスピードは遅く、供給指示から到達するまでにタイムラグが生じる。ピーク需要やベース需要など需要は時間、日により異なるため、需要に応じた供給スケジューリングが必要である。LNG はベース需要に、国産ガスはピーク・ミドル需要に適用するのが良いと考えられる。これらに対応するため、ガスの中央モニタリング・制御システムが必要である。少なくとも、以下の仕組みを早急に構築する必要がある。

- キャパシティライト：それぞれの LNG 供給者に割り当てられる供給枠
- クオリティバンク：各事業者より供給される LNG ガスの量、カロリー、値段、契約期間などの違いを金銭に換算して調整する機関

当該分野を熟知する専門家が上記の制度整備を行う必要がある。

(5) 電力とガスを統合した計画の不在

現状のパイプライン更新計画は発電、産業の開発計画を考慮したものとなっていない。インフラ計画はガス、電力、産業の各セクターの需給を考慮し、統合したものである必要がある。セクターごとのインフラ開発計画を統合するシステムが必要である、

(6) 中央文書管理システムの不在

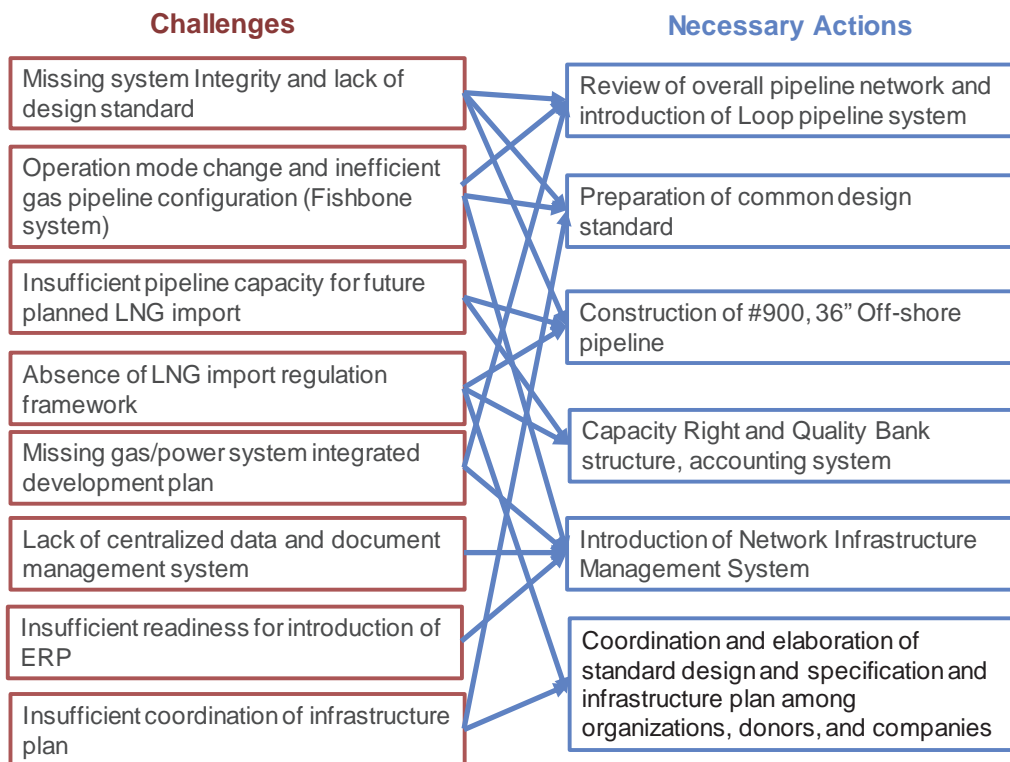
一元的に文書管理を行うシステムがないため、各組織の統廃合の過程で、多くの仕様、図面など重要な技術文書が散逸し失われている。

(7) ERP の導入

各組織で ERP 導入が検討されているが、ERP は上記の課題を踏まえて設計されねばならない。ERP のためのデータベースや文書管理システムの構築に、長期間の労力を注ぐ必要がある。

(8) ドナー間の調整不足

インフラ計画、および設計基準と標準仕様の共有の点で、関係機関、ドナー、事業者間の調整が必要である。



出典: JICA 調査団作成

図 7.1 バングラデシュエネルギーセクターの課題と必要な行動項目

上記課題に対応する必要な行動項目は、以下の通りである、

- パイプラインネットワークの見直しとループパイプラインシステムの導入
- 共通標準設計の作成
- Moheshkhali から Dhaka 地域へ接続する 36 インチ海底パイプラインの建設
- キャパシティライトとクオリティバンク、会計制度の確立
- 電子インフラシステムの導入
- 標準設計およびインフラ計画の政府関連機関・ドナー・事業者の共有と協調

7.2 提言

7.2.1 電子インフラの導入

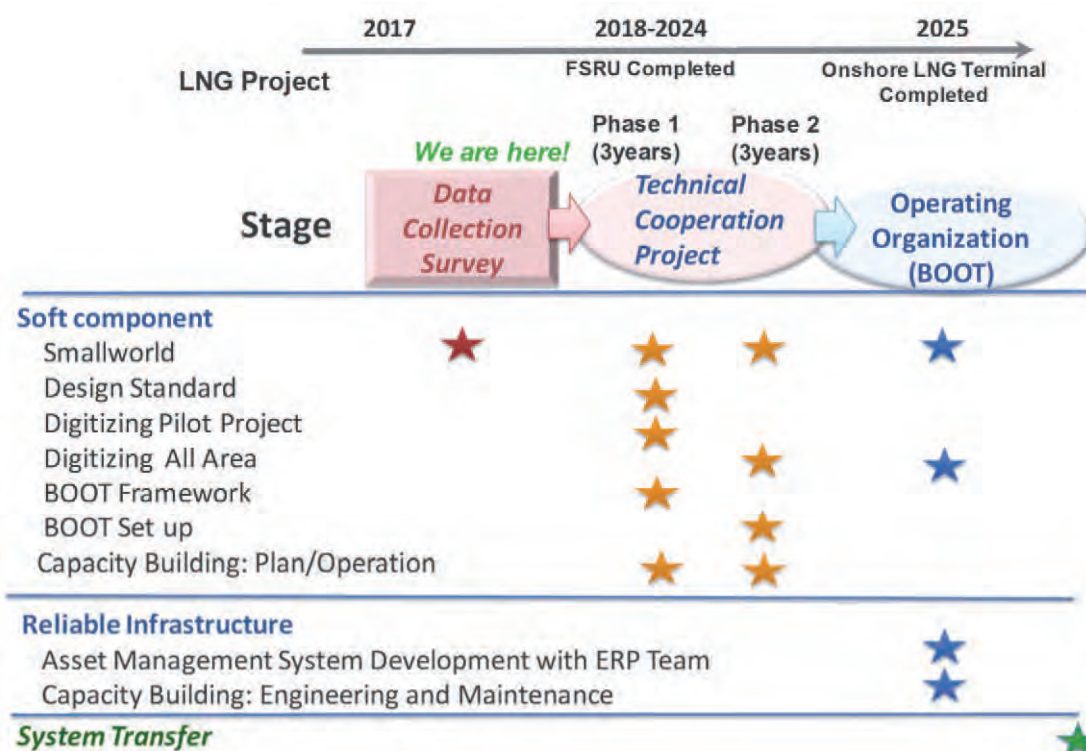
セクター課題に対応するためには、高度な管理システムの導入が必須である。現状のインフラの図面・仕様を確認し、将来インフラの拡張の計画、設計を行う必要がある。しかし、必要なデータが中央にはなく散逸しており、図面の更新も行われていない。組織ごとの図面・文書管理システムはなく、文書を持つ個人が異動や退職して図面も共に失われることがある。必要な既存図面をそろえること自体に多くの時間と労力が必要である。新規に図面を作成せねばならないケースも多い。データ管理システムの導入と各社エンジニア間の共有が必要である。

この状況において、データ・情報のプラットフォームとなる電子インフラシステムの導入が奨められる。調査団は電子インフラとして、オブジェクトモデル”Smallworld”によるによるガス・電力統合情報システムを提案した。

7.2.2 技術協力プロジェクト(T/C)

技術協力プロジェクト(T/C)の枠組みを用いて電子インフラ整備とガス運転管理システムの近代化・効率的運用人材育成を行うことを提案する。また、T/C 終了後の将来的な運営組織として、BOOT (Build, Own, Operation, and Transfer) が挙げられる。BOOT 枠組み、体制、財務的妥当性を T/C の中で検証する必要がある、

プロジェクトのロードマップを下図に示す。



出典: JICA 調査団作成

図 7.2 プロジェクトのロードマップ

提案する T/C の要素は以下の通りである。詳細は今後議論していく必要がある

(1) 上位目標

ガス・電力の運営システムを技術的・財務的に持続可能な状態で近代化し、ガス・電力インフラの信頼性を向上させることで、国の経済発展に寄与する。

(2) プロジェクト目的

ガス・電力を統合する高度な資産管理システムを設立し、そのための人材育成を行い実施機関を立ち上げる。

(3) 成果

- 1) 選定したパイロット地域へ電子インフラを導入する。初期の対象は、ガスは GTCL TGTDCL, BGDCL, KGDCL, JGTDC、電力は PBCB, BPDB, DESCO より選定する。
- 2) 計画・設計・運転・維持管理・安全にかかる技術移転を行う。ガスの高度な制御と資産管理、安全運転を行うための、パイプライン設備の標準設計を整備する。
- 3) 効率的なガス・電力統合にかかる人材育成
- 4) ガス・電力資産管理の電子インフラ運用会社組織体制

(4) T/C の実施場所

Dhaka およびガスパイプライン・ガス配給会社・発電所・送電線・変電所の位置するバングラデシュの各地

(5) 活動内容

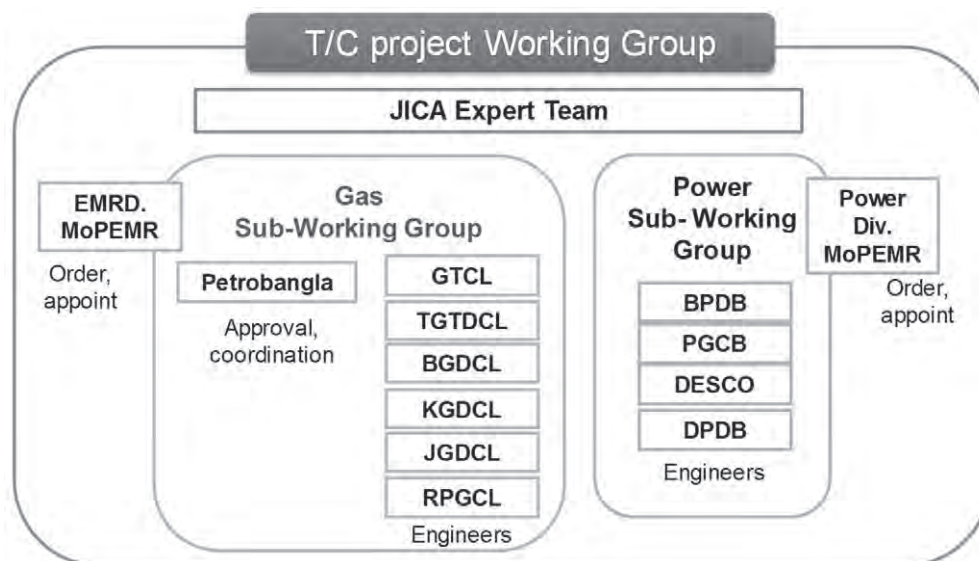
提案される活動内容を下表に示す。

表 7.1 提案する T/C の活動内容

| Activities | |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Soft Infrastructure covering selected pilot area | |
| i. | Updated pipe alignment drawings, including transmission and distribution system. |
| ii. | Pipe location to be identified by using Subsurface Object Detection RADAR (when drawings are missing) |
| iii. | Create and update data model of power network facility |
| iv. | Update of power sector facility to incorporate soft infra. |
| v. | Create/Update Soft infra model (pilot area) |
| 2. Capacity Building and Design Standard | |
| i. | Updat Process Flow Diagram from gas field to distribution |
| ii. | Review of past maintenance record and assess system integrity |
| iii. | Flow analysis through the use of computer simulator |
| iv. | Prepare and update unified design standard |
| v. | Keep track of Cathodic Protection System |
| vi. | Accident Data Collection, Route Cause Analysis |
| vii. | Prepare Preventive Maintenance and safety plan to minimize the risk of accident and system loss |
| viii. | Prepare Emergency Transaction Plan |
| ix. | Preparation of Guidelines/Manual of the above |
| 3. Gas and Power Integrated System Operatoin | |
| i. | Integrated gas operation from gas field, transmission system, to distribution system, and power plants. |
| ii. | Assist continuous monitoring of gas/power through SCADA |
| 4. Institutional Structure for Asset Management | |
| i. | Plan for asset management organizational structure |
| ii. | Preparation of financial and operation framework |
| iii. | Organization, regulation, and document preparation for government approval |
| iv. | Transfer of system to operational body |

出典: JICA 調査団作成

T/C 活動において、ガス・電力の各社のエンジニアからなる、下図のワーキンググループの設置を提案する。



出典: JICA 調査団作成

図 7.3 ワーキンググループの構成

7.3 ガスセクタープロジェクトについての提言

今後ガスセクターで本邦企業が強みを持ち、本邦からの支援が求められるプロジェクトにつき、以下まとめる。

(1) タンクを含む LNG ターミナルのエンジニアリング

本邦は世界最大の 230,000 m³ の LNG タンクを設置しており、地震を考慮した設計を行っている。大容量 LNG タンクは LNG の最大積載量タンカー(Q-MAX)による運搬に対応し、輸送コストを低減することが可能である。

(2) 気化設備における冷熱発電の導入

LNG を気化させる際、冷熱が発生し、冷熱発電に利用できる。冷熱発電には冷熱を回収できる特別な気化器が必要である。冷熱発電は二酸化炭素 (CO₂) の排出削減にもなる。

(3) LNG 受け入れ基地運営

LNG 受け入れ基地運営についてのキャパシティビルディングが必要である。

(4) LNG 購入にかかる契約、購入戦略

日本は世界最大の LNG 輸入国であり、様々な LNG プロジェクトに投資している。LNG の購入契約や購入戦略について本邦の支援がありうる。

(5) パイプラインシステムのシミュレーション

運転能力と拡張計画見直のためのガス管路解析にかかる技術移転。本邦では高性能シミュレータが適用されており、バングラデシュに適用可能である。

(6) パイプラインの維持管理と建設技術

人材育成においてパイプラインの維持管理と建設技術にかかる訓練機会を強化する

本邦のガス・電力会社は LNG 輸入とガス供給について 40 年の実績を有しており、その経験による知見がバングラデシュで求められる。

上に加え、以下の分野についても支援の余地がある。

(1) 輸出保険

本邦業者による LNG 運搬船の輸出保険を提供できる可能性がある。

(2) メタン漏出防止プログラム

ガス田開発には、砂岩層を破損し亀裂を入れないよう特別な配慮が必要である。シレット地域でガスの爆噴が起り、ガスが漏出した。大気中へのガス漏出は継続している。天然ガスの主成分は温暖化係数が CO₂ の 25 倍あるメタンであるため、温暖化への影響が懸念される。漏出ガスを回収し利用する事業は、温暖化ガス排出削減に寄与する。

