

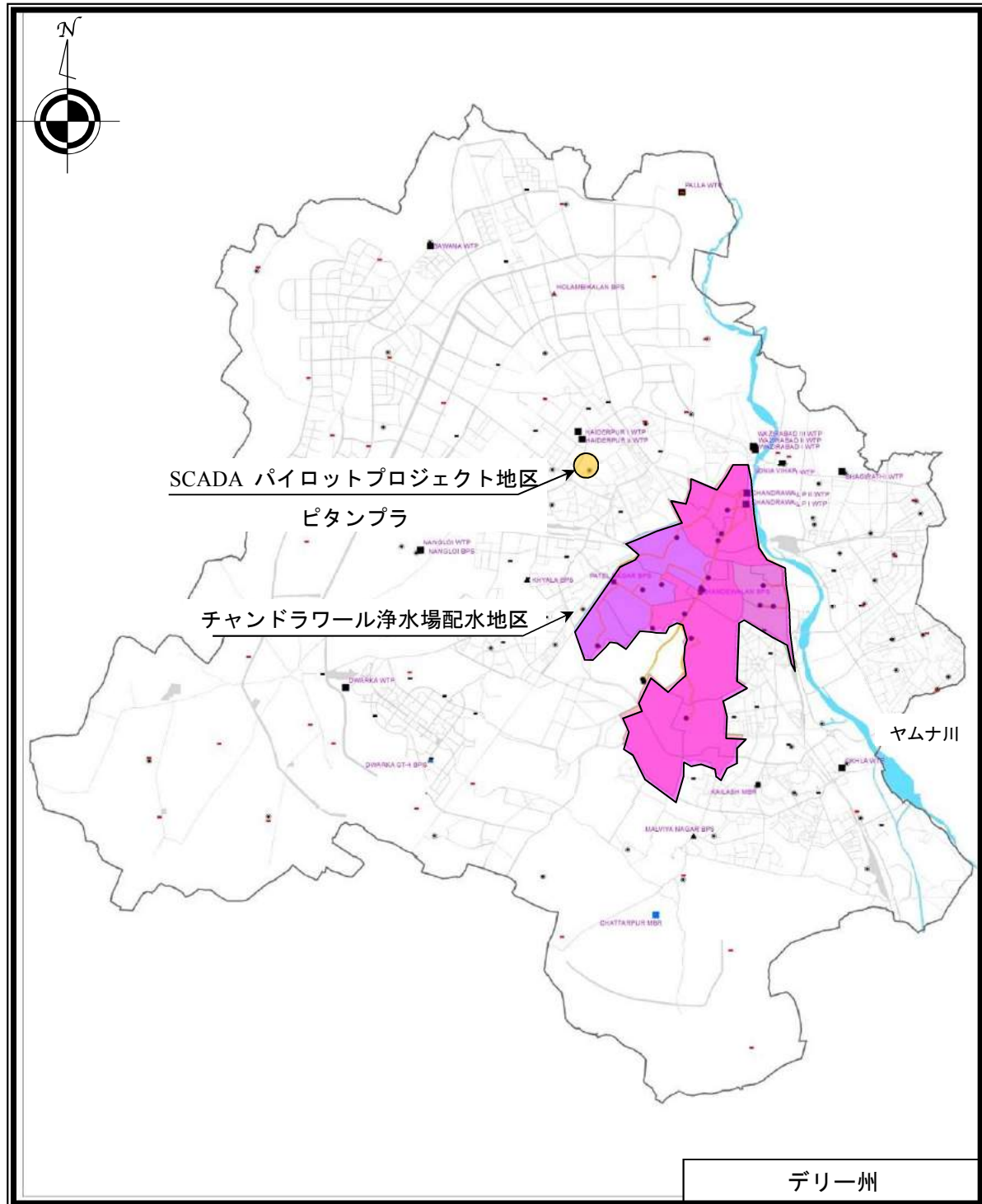
インド国
デリー上下水道公社 (DJB)

インド国
デリー上水道運営・維持管理能力強化
プロジェクト

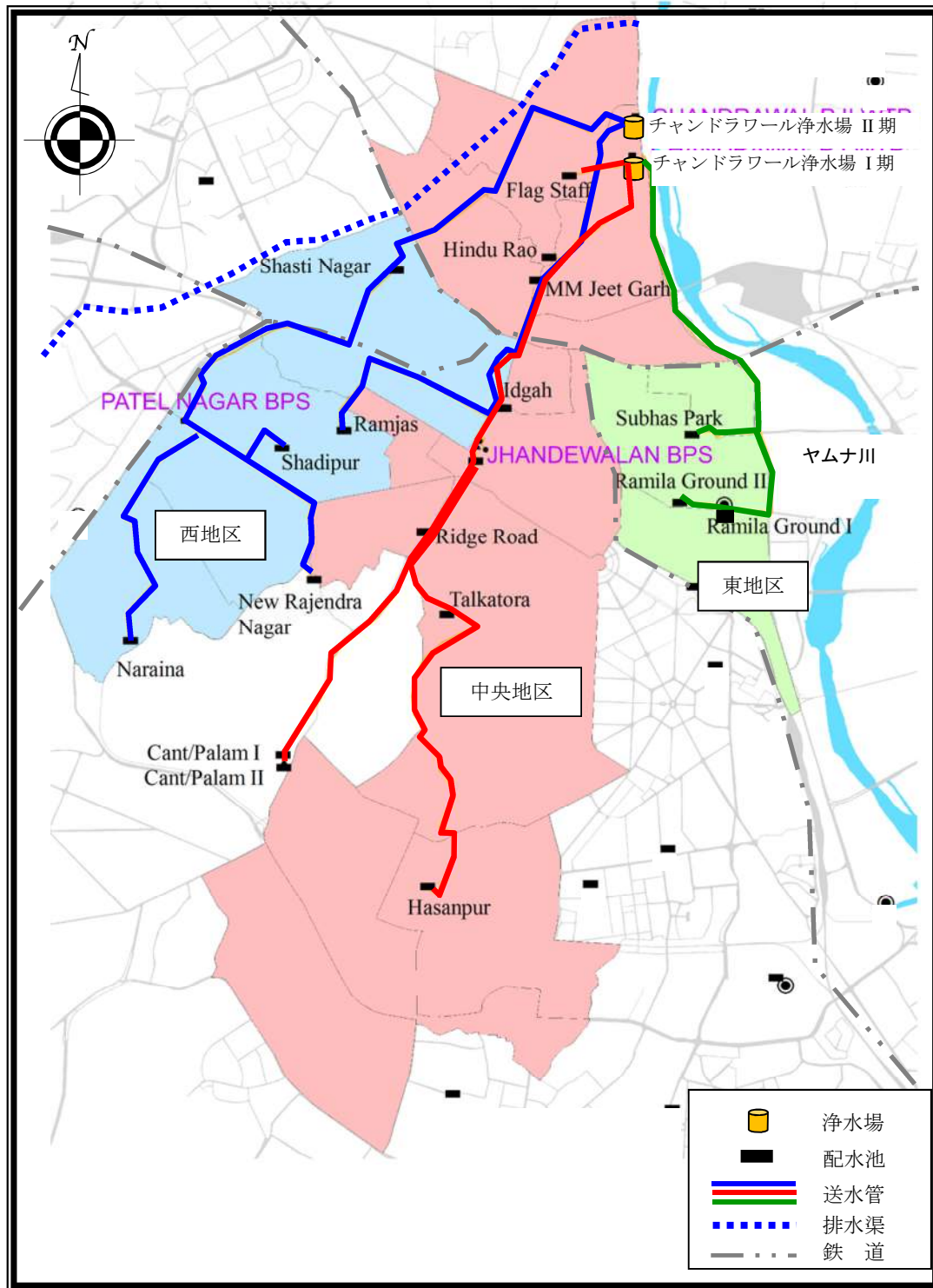
最終報告書

2018年3月

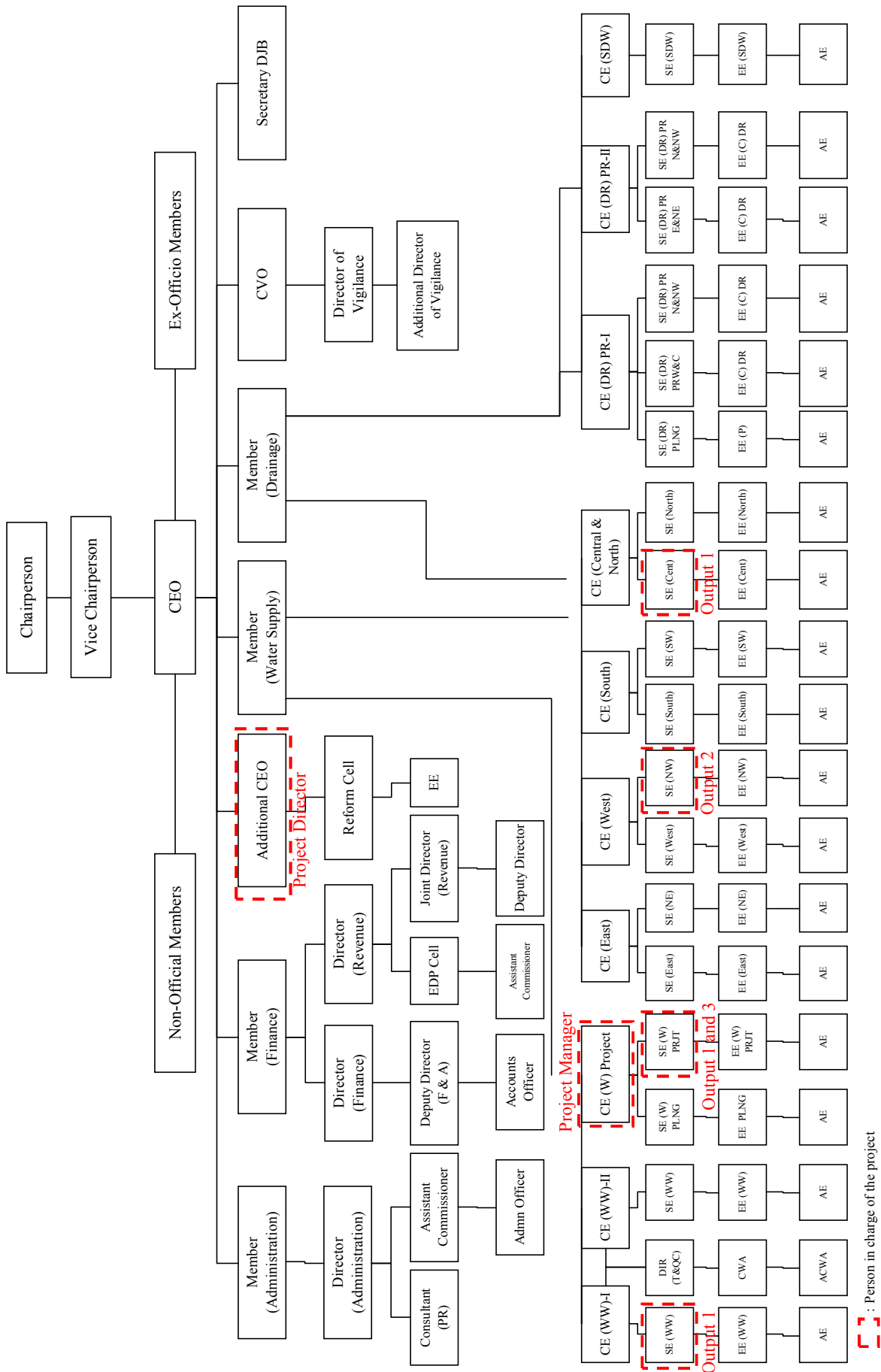
独立行政法人 国際協力機構 (JICA)
株式会社 TEC インターナショナル (TECI)
東京水道サービス 株式会社 (TSS)



- プロジェクト対象地区
- チャンドラワール浄水場配水地区 (成果1)
- SCADA** パイロットプロジェクト地区 (成果2)
- デリー州全体 (成果3)



チャンドラワール浄水場配水系統図



Delhi Jal Board の組織図

写真集

全活動共通



成果 1



成果 2

	
<p>ピタンプラ配水事務所</p>	<p>ピタンプラ UGR & BPS ポンプ室</p>
	
<p>ピタンプラ UGR & BPS SCADA 室</p>	<p>パイロットプロジェクト地区の ルーフタンクの状況</p>
	
<p>パイロットプロジェクト地区の 水道メータの状況</p>	<p>パイロットプロジェクト地区の 水道メータの状況</p>
	
<p>パイロットプロジェクト地区の バルブピットの状況(内部)</p>	<p>パイロットプロジェクト地区の バルブピットの状況(外見)</p>

成果 3

	
<p>CEO との協議 (DJB 本部)</p>	<p>JICA との協議 (JICA インド事務所)</p>
	
<p>Mapping Cell の視察</p>	<p>DJB/円借款チームとの合同会議 2014年3月12日</p>

インド共和国デリー上水道運営・維持管理能力 強化プロジェクト

業務完了報告書

巻頭図
写真集

目次

第1章	プロジェクトの概要	1-1
1.1	プロジェクトの背景と問題点.....	1-1
1.2	円借款事業と円借款付帯事業.....	1-2
1.3	上位目標及びプロジェクト目標.....	1-3
1.4	プロジェクト実施体制.....	1-3
1.5	機材調達.....	1-5
1.6	JCC 会議.....	1-7
1.7	本邦研修.....	1-10
1.8	中間レビューの提言の達成状況.....	1-12
1.9	プロジェクト目標の達成度（終了時評価結果の概要）.....	1-15
第2章	成果1（チャンドラワール浄水場システムの施設データ・情報における DJB の管 理能力が強化される）の活動	2-1
	【活動 1-1】「デリー上水道改善事業」の詳細設計実施に必要な情報の収集.....	2-2
	【活動 1-2】チャンドラワール浄水場システムの浄水場及び増圧ポンプ所の測量と GIS データの 作成、さらにパイプ情報等の検証.....	2-15
第3章	成果2（均等給水・無収水管理のための配水管理、操作に係る DJB の能力が 強化される）の活動	3-1
	【活動 2-1】DJB 内の SCADA 活用状況のレビューを行う。.....	3-7
	【活動 2-2】DJB に対し、日本の経験やシステムを紹介する。.....	3-8
	【活動 2-3】SCADA を用いて均等給水及び無収水モニタリングがパイロットプロジェクトと して実施される。.....	3-9
	【活動 2-4】均等給水及び無収水モニタリングを推進するにあたって改善が必要な課題を抽 出する。.....	3-46
第4章	成果3（GIS/RMS（収入管理システム）活用に係る段階ごとの発展シナリ オ案が作成される）の活動	4-1
	【活動 3-1】DJB の経営方針、経営ビジョン、事業計画のレビューの実施.....	4-1
	【活動 3-2】方針、ビジョン、計画を実現するにあたっての課題の整理.....	4-6
	【活動 3-3】DJB 内の GIS 開発状況、RMS の開発状況についてレビュー.....	4-10
	【活動 3-4】日本の GIS、RMS の活用経験やシステム内容についての理解.....	4-17

【活動 3-5】 DJB における 2021 年までの GIS、RMS の活用シナリオ案の作成	4-17
【活動 3-6】 DJB における 2021 年までの GIS、RMS の開発シナリオ案の作成	4-19
【活動 3-7】 アセットマネジメント導入ガイドラインの作成	4-21
第 5 章 プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓	5-1
5.1 C/P との共同作業に関する提言	5-1
5.2 成果品の共有	5-1
5.3 工事発注、施工監理、業者工事の工程管理	5-2
5.4 チャンバー建設	5-3
5.5 DMA の水理的独立性	5-4
5.6 NRW の算出	5-4
第 6 章 プロジェクト目標の達成度（終了時評価結果の概要等）	6-1
6.1 SCADA の年間メンテナンス契約（AMC）	6-1
6.2 均等給水の試行	6-2
6.3 無収水のモニタリング	6-2
6.4 トレーニングセルの関与	6-3
6.5 理解促進セミナーの開催	6-3
6.6 DPR の最終化の促進	6-3
第 7 章 上位目標の達成に向けての提言	7-1

表目次

表 1-1	プロジェクト実施体制.....	1-3
表 1-2	JET が調達した資機材	1-5
表 1-3	JICA インド事務所が調達した資機材	1-6
表 1-4	DJB が調達した資機材.....	1-7
表 1-5	JCC の概要.....	1-8
表 1-6	チャンバー改善.....	1-12
表 1-7	終了時評価での提言と達成状況.....	1-15
表 2-1	【活動 1-1-5】に関する管ルート調査実績延長及び【活動 1-1-7】に関する道路測量実績延長.....	2-16
表 3-1	各 DMA の概要および最新請求水量とメータ個数.....	3-2
表 3-2	SCADA システム概要.....	3-2
表 3-3	成果 2 の活動と実施期間.....	3-3
表 3-4	DJB における浄水場配水系列での SCADA 活用状況	3-8
表 3-5	SCADA に関する日本の経験やシステムの紹介	3-8
表 3-6	試掘調査の結果.....	3-13
表 3-7	制御バルブの特徴.....	3-14
表 3-8	流量計の特徴.....	3-15
表 3-9	調達項目	3-20
表 3-10	顧客数（接続数）（2013 年 12 月現在）	3-22
表 3-11	請求水量（RMS より 2013 年 12 月現在）	3-22
表 3-12	業者調達の実施工程.....	3-25
表 3-13	RDS 社による SCADA 工事工程（RDS 社契約時）	3-25
表 3-14	追加された浸水対策.....	3-27
表 3-15	チャンバーと制御バルブ、流量計.....	3-29
表 3-16	チャンバーの浸水対策.....	3-30
表 3-17	トレーニング受講者リスト.....	3-35
表 3-18	DMA 内の平均圧力のベースライン値 (kg/m^2)	3-39
表 3-19	DMA への平均流量／接続数のベースライン値 (m^3/day).....	3-39
表 3-20	DMA 内の平均圧力の SCADA 操作後の値(kg/m^2).....	3-40
表 3-21	DMA への平均流量／接続数の SCADA 操作後の値 (m^3/day).....	3-40
表 3-22	第一次戸別訪問調査.....	3-41
表 3-23	DMA 別の水道料金請求水量およびメータ数（2018 年 2 月時点）	3-42
表 3-24	無収水率の算出.....	3-43
表 4-1	アセットマネジメントガイドライン作成を効果的にするための解決方法	4-8
表 4-2	レイヤ構造と入力状況（DSSDI と NIC の比較）	4-13
表 4-3	レイヤごとの属性入力状況.....	4-14
表 4-4	DSSDI の世帯情報レコード数	4-15

表 4-5	RMS のコンテンツ	4-16
表 5-1	SCADA システムの担当者と担当業務	5-2
表 6-1	終了時評価での提言と達成状況.....	6-1

目次

図 2-1	成果 1 の実施状況（実施済み/当初予定のスケジュール）	2-3
図 2-2	管内外面調査の方法.....	2-4
図 2-3	検査シート.....	2-6
図 2-4	MP と本レビューによる DMA 境界の比較.....	2-8
図 2-5	レビューによる UGR 供給範囲	2-9
図 2-6	MP の送水管ルート（左）とレビューによる送水管ルート（右）	2-10
図 2-7	既存管路情報の相互確認.....	2-11
図 2-8	配管図の確認作業のまとめ.....	2-13
図 2-9	【活動 1-1-5】に関する管ルート調査結果図	2-17
図 2-10	【活動 1-1-7】に関する道路測量実績図	2-18
図 2-11	チャンドラワール浄水場の測量範囲.....	2-19
図 3-1	成果 2 のパイロットプロジェクト位置図.....	3-1
図 3-2	パイロットプロジェクト地区の管網図（詳細計画策定調査時）	3-9
図 3-3	情報更新後の配管図（2013 年 7 月時点）	3-10
図 3-4	計画した DMA の位置	3-12
図 3-5	試掘調査結果による管情報の変更箇所.....	3-13
図 3-6	工事状況写真.....	3-16
図 3-7	カップリング（サンプル）	3-16
図 3-8	パイロット配水 SCADA システム	3-17
図 3-9	SCADA システムの構成	3-17
図 3-10	パイロット地区の計測点.....	3-18
図 3-11	既設 UGR の SCADA 画面.....	3-19
図 3-12	路上局	3-19
図 3-13	ピタンプラ配水地区（ブロック別）	3-21
図 3-14	SCADA 調達の実施状況（実施済み/当初予定のスケジュール）	3-24
図 3-15	デモンストレーション・チャンバー	3-31
図 3-16	DJB によるチャンバー耐水性改善工事.....	3-33
図 3-17	JET によるチャンバー耐水性改善工事の頂版断面図	3-34
図 3-18	SCADA 全体モニタリング画面	3-36
図 3-19	UGR モニタリング画面	3-37
図 3-20	計測点モニタリング・操作画面.....	3-37
図 3-21	計測点レポートデータ例.....	3-38

図 4-1	世帯情報と水道顧客情報の関連付け	4-15
図 4-2	水道施設に特化した図面	4-18
図 4-3	簡素化と標準化	4-19

添付資料

添付資料-1	PDM (プロジェクト・デザイン・マトリックス 第1版～第5版)	
	PDM (プロジェクト・デザイン・マトリックス 第1版)	A1-2
	PDM (プロジェクト・デザイン・マトリックス 第2版)	A1-3
	PDM (プロジェクト・デザイン・マトリックス 第3版)	A1-4
	PDM (プロジェクト・デザイン・マトリックス 第4版)	A1-5
	PDM (プロジェクト・デザイン・マトリックス 第5版)	A1-6
添付資料-2	PO (プロジェクト・フローチャート 第5版)	
添付資料-3	WBS (作業分解図)	
添付資料-4	専門家従事実績 (要員計画 2018年3月末時点)	
添付資料-5	本邦研修員受入れ実績	
添付資料-6	供与機材実績 (引渡しリスト)	
添付資料-7	SCADA 調達進捗会議	
添付資料-8	JCC の議事録等	
	Work Plan	A8-2
	第1回 JCC	A8-6
	第2回 JCC	A8-26
	本邦研修時のメモ	A8-35
	第3回 JCC	A8-38
	第4回 JCC	A8-51
	チャンバー改善対策	A8-65
	第5回 JCC	A8-74
	第6回 JCC	A8-88
	第7回 JCC	A8-97
	第8回 JCC	A8-112
添付資料-9	セミナー要約および発表資料	
	第1回セミナー	A9-1
	第2回セミナー	A9-31
	第3回セミナー	A9-64
	第4回セミナー	A9-100
	第5回セミナー	A9-153
	第6回セミナー	A9-184
添付資料-10	SCADA による均等給水及び無収入水モニタリングマニュアル (SOP) ・ガイドライン	
	マニュアル (SOP)	A10-2
	ガイドライン	A10-66

技術協力成果品

更新管の基準書及び布設替え対象管選定検討書	業務進捗報告書（第4号）参照
鉄道・河川等の横断箇所の施工検討書及び配管平面図・横断図	業務進捗報告書（第4号）参照
GIS/RMS 活用・開発・シナリオ報告書	業務進捗報告書（第3号）参照
アセットマネジメント導入ガイドライン	業務進捗報告書（第4号）参照

略語表

組織名称

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
CPWD	Central Public Works Department	（都市開発省）公共事業局
DDA	Delhi Development Authority	デリー開発公社
DJB	Delhi Jal Board	デリー上下水道公社
DEA	Department of Economic Affairs, Ministry of Finance	インド財務省経済局
JBIC	Japan Bank of International Cooperation	国際協力銀行
JET	JICA Expert Team	JICA 専門家チーム
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
MCD	Municipal Corporation of Delhi	デリー市
LDI	Leakage Detection and Investigation Unit	漏水調査部門
MoEF	Ministry of Environment and Forests	森林環境省
MoF	Ministry of Finance	財務省
MoUD	Ministry of Urban Development	都市開発省 MOUD→MHUA2017 年半ば に名称変更
NCTD	National Capital Territory of Delhi	デリー準州
NCR	National Capital Region	首都圏
NDMC	New Delhi Municipal Council	ニューデリー市
NIC	National Informatics Centre	情報センター
NGO	Non Government Organization	非政府機関
PDA	Planning and Development Authorities	計画開発庁
PWD	Public Works Department	（デリー準州）公共事業局
WB	World Bank	世界銀行
WHO	World Health Organisation	世界保健機構

役職名

A.E.	Assistant Engineer	技師補佐（EE の管轄下にある）
C.E.	Chief Engineer	主席技師（計画局長、支所長に相当する 技術職）
C.E.O.	Chief Executive Officer	筆頭執行役員（最高責任者）
C/P	Counterpart	カウンターパート
CVO	Chief Vigilance Officer	監察局長（CE 及び事務職の Director と同 列）
EDP	Enforcement Department	法執行部署
E.E.	Executive Engineer	技師（SE の管轄下にある）
J.E.	Junior Engineer	技師補佐（EE の管轄下にある）
S.E.	Superintending Engineer	主任技師（局長補佐相当）

Z.E.	Zonal Engineer	地区担当技師 (EE と AE の中間に属する)
技術、計画、その他		
ACP	Asbestos Cement Pipe	石綿管
BOT	Build Operate Transfer	建設・運営・譲渡する事業方式
BPS	Booster Pumping Station	増圧ポンプ場
CIP	Cast Iron Pipe	鋳鉄管
DIP	Ductile Iron Pipe	ダクタイル鋳鉄管
DPR	Detailed Project Report	プロジェクト実施計画書
DSSDI	Delhi State Spatial Data Infrastructure	デリー準州空間データ基盤
DMA	District Metering Area	配水小ブロックあるいは配水管理区域
DR	Drainage	排水
GIP	Galvanized Iron Pipe	亜鉛めっき鋼管
GIS	Geographical Information System	地理情報システム
GPRS	General Packet Radio Service	汎用パケット無線システム
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
gpcd	Gallon per capita per day	ガロン/人/日
MGD	Million Gallon per Day	百万ガロン/日 (=4,546m ³ /日)
MP	Master Plan	全体計画
lpcd	Liter per capita per day	リットル/人/日
JCC	Joint Coordination Committee	合同調整委員会
KNO	K-number	RMS 上の顧客番号
NRW	Non Revenue Water	配水された水量のうち、料金請求ができない水の割合のこと
O&M	Operation and Maintenance	運転維持管理
OHT	Overhead tank / water tower	高架水槽
OJT	On-the-Job Training	オンザジョブトレーニング
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
PLC	Programmable Logic Controller	プログラマブル・ロジック・コントローラー、シーケンサとも呼ばれる。
PO	Plan of Operation	活動計画表
PS	Pumping Station	ポンプ場 (所)
RMS	Revenue Management System	収入管理システム
Rs	Rupee	インド国の通貨単位
RTU	Remote Terminal Unit	遠隔端末装置
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	計測データの制御及び監視
SIM	Subscriber Identity Module	加入者識別モジュール
SDW	Sewage Disposal Works	下水処理
SOP	Standard Operational Procedure	標準操作手順
ToR	Terms of Reference	業務指示書
UGR or UR	Underground Reservoir	(半) 地下式配水池
UPS	Uninterruptible Power Supply	無停電電源装置
WBS	Work Breakdown Structure	作業分割図
WTP	Water Treatment Plant	浄水場

第1章 プロジェクトの概要

本報告書は、2013年6月から2018年3月（4年10ヶ月間）に実施した「デリー上水道運営・維持管理能力強化プロジェクト」の業務完了報告書である。

1.1 プロジェクトの背景と問題点

デリー¹（人口約1,675万人）の給水時間は一日当たり約3時間に過ぎないが、その主な原因としては、限られた水源と高い無収水（NRW）率が挙げられる。無収水率は40～50%と言われており、主に施設の老朽化と、不十分な運転維持管理による漏水・盗水に起因する。デリーの最も古いチャンドラワール浄水場とその送配水施設は、1937年に建設されており、その後1950年代を中心に施設整備がなされたが、近年では経年劣化が問題となっている。

そのため、計画的な施設の更新が求められているが、施設データの整備が出来ておらず、施設更新計画を含む長期アセットマネジメント計画が策定されていない。さらに、適切な運転維持管理がなされていないことから、無収水の原因分析やその対策ができていない。加えて、地域毎への配水量が計測されていないため配水量のばらつきがあることから地域間の水圧差が生まれ、水圧の高い地域では漏水量が増える原因の一つとなっている。この高い無収水率は財務状況を悪化させ、必要な設備投資を行うことができず、それがさらなる無収水率の悪化を招くという悪循環を生んでいる。

2008年にデリー開発公社（DDA）により策定された「デリー都市計画2021」の中でも、無収水削減対策と均等給水の必要性が指摘されており、デリー上下水道公社（DJB）は当該計画に基づいた事業実施を推進することとなっている。その一環として、JICAは開発調査「デリー水道改善計画調査」（2009-2011年度）を通じマスタープラン（MP）策定を支援した。

MPの目標は、需要増加に備えて予め合理的な供給体制を整備し、水不足を生じさせないことである。計画対象年は、デリーの都市計画の目標年と同じ2021年である。具体的な目的と目的達成手段は下記の5点である。

- (1) 均等給水（3階層配水システムの導入）
- (2) 周辺地域（新市街地）への水道施設拡張
- (3) 水需要抑制（無収水削減対策等）
- (4) エネルギー抑制（送配水システムの合理的配置等）
- (5) 連続給水（無収水削減対策、顧客情報の更新とGISシステムとの連携等）

¹ デリー準州は北デリー市、南デリー市、東デリー市、ニューデリー市、デリーカントンメントに分かれる。行政体名が必要な場合を除き、本報告書ではこれらを総称してデリーという。なお、DJBは浄水から3市の配水までを担っているが、ニューデリー市、デリーカントンメントへは浄水のバルク給水を担っている。

この目標は、インド国政府の第 12 次 5 ヶ年計画 (2012-2017) ²の目標とおおむね一致していた。

- (1) 24 時間連続給水
- (2) 2017 年度までの都市部全人口への上水供給
- (3) 均等給水の実現
- (4) 水道事業体の独立採算経営 (O&M コストに対するコストリカバリーの実現) の達成

MP では浄水場から給水メータ末端までの全ての水道施設を同時に改善し、これを浄水場系統ごとに実施することが提案されている。

1.2 円借款事業と円借款付帯事業

MP では、2021 年を目標年とした均等給水実現を実施するために、3 階層配水システム、すなわち①浄水場から配水池、②配水池から小ブロック (DMA)、③小ブロック内、の 3 階層に送配水施設を分け、それらを SCADA システムで監視・制御する計画を提案している。さらに、DMA 単位での無収水対策を行うことを提案し、これらに必要な施設整備計画を策定している。

その後、インド国政府から我が国政府に対して、同 MP の中で最優先事業とされていた最も古いチャンドラワール浄水場系統について、既存上水道施設のリハビリ・再構築による給水サービス改善を目的とする、円借款「デリー上水道改善事業」(円借款事業) が要請され、その実施が JICA と DJB とで合意された。チャンドラワール浄水場系統は、デリーの主な 5 つの浄水場系統のうちの一つであり、1937 年に完成しその後 1955/60 年に拡張されており、デリー中心部への配水を担っている。

円借款事業は、主に 5 つの p で構成されている。

- パッケージ 1 : 浄水場の更新と SCADA の導入
- パッケージ 2 : 西地区の送配水管更新
- パッケージ 3 : 中央地区の送配水管更新
- パッケージ 4 : 東地区の送配水管更新
- パッケージ 5 : デリーの施設情報に係る GIS 情報整備

本プロジェクトは「デリー上水道運営・維持管理能力強化プロジェクト」と呼ばれ、上記の円借款事業付帯技術協力事業として、DJB の能力を強化することにより、円借款事業の実施促進並びに開発効果の増大を目的として実施された。

² 第 12 次 5 ヶ年計画は 2017 年に廃止されており、以降 5 ヶ年計画は策定されていない。

1.3 上位目標及びプロジェクト目標

本プロジェクトの上位目標は、「インド北部デリーにおいて、給水装置を含む既存の上水道施設を改築・更新することにより、24 時間連続給水かつ、均等で安定的給水サービスの提供を図り、もって同地域住民の生活環境の改善に寄与する。」であり、円借款事業の目標値（事業完成予定の2年後の2023年）にあわせて設定されている。

本プロジェクトの目標は、『DJB の「デリー上水道改善事業」実施、維持管理に係る能力が強化される。』である。また、以下3つの「期待される成果」が計画されており、それに関わる3つの活動を本プロジェクトで実施した。

成果1) チャンドラワール浄水場システムの施設データ・情報における DJB の管理能力が強化される。

成果2) 均等給水・無収水管理のための配水管理、操作に係る DJB の能力が強化される。

成果3) GIS/RMS（収入管理システム）活用に係る段階ごとの発展シナリオ案が作成される。

1.4 プロジェクト実施体制

本プロジェクトを実施するために、DJB 及び JICA 専門家チーム（JET）による表 1-1 のプロジェクト実施体制が組織された。

表 1-1 プロジェクト実施体制

Project position	DJB			
	Title	Name	Period assigned as C/P *	Present designation
Project director	Additional Chief Executive Officer/Director (Finance & Accounts)	Ms. Nidhi Srivastava	2017/2 - 2018/3	-
		Mr. Neeraj Semwal	2015/8 - 2017/2	Out of DJB Now
		Mr. Amit Satija	2014/1 - 2015/8	Out of DJB Now
		Ms. Nandini Paliwal	2013/6 - 2013/12	Out of DJB Now
Project manager	Chief Engineer (Water) Projects	Mr. Rajesh Mittal	2016/5 - 2018/3	-
		Mr. R. S. Negi	2014/4 - 2016/5	Member (Drainage)
		Mr. J.P. Goel	2013/6 - 2014/3	Out of DJB Now
Deputy project manager	Superintending Engineer (Project) Water-III	Mr. Ajay Kumar	2016/5 - 2018/3	-
		Mr. Vikram Singh	2013/6 - 2016/5	Chief Engineer (Drainage) Project-II/SE Mapping Cell
JET 総括	総括	百瀬和文	2013/6 - 2018/3	TECI
Output 1	Superintending Engineer (WW)-I	Mr. M K Hans	2017/7 - 2018/3	-
		Mr. A K Chaudhary	2016 - 2017	Out of DJB Now
		Mr. R.K. Bhalla	2013/6 - 2015	Out of DJB Now

Project position	DJB			
	Title	Name	Period assigned as C/P *	Present designation
	Superintending Engineer (Central)	Mr. Mahendra Kumar Jain	2015 - 2018/3	-
		Mr. Ajay Gupta	2013/6 - 2015	Superintending Engineer (Project) Water-II
	Superintending Engineer (Project) Water-III	Mr. Ajay Kumar	2016/5 - 2018/3	Superintending Engineer (Project) Water-III
		Mr. Vikram Singh	2013/6 - 2016/5	Chief Engineer (Drainage) Project-II/SE Mapping Cell
	Executive Engineer (Mapping)	Mr. Chander Prakash	2013/6 - 2018/3	
	副総括/送配水管網(2)	伊計稔	2013/6 - 2018/3	TECI
	副総括/送配水管網(1)	パッタ・タパ	2013/6 - 2018/3	TECI
	GIS マッピング (1)	サンジャイ・プラサド	2013/6 - 2018/3	TECI
	GIS マッピング (2)	アロック・クマール片山	2013/6 - 2017/1	TECI
	GIS マッピング 補助	伊藤 雄平	2013/6 - 2017/1	TECI
	Output 2	Chief Engineer (West II)	Mr. Ramesh Thakur	2016/3 - 2018/3
Superintending Engineer (North West)		Mr. P K Jain	2016/3 - 2018/3	-
		Mr. Ramesh Thakur	2013/6 - 2016/3	Chief Engineer (West)
Superintending Engineer (Project) Water-III		Mr. Ajay Kumar	2016/5 - 2018/3	-
		Mr. Vikram Singh	2013/6 - 2016/5	Chief Engineer (Drainage) Project-II/SE Mapping Cell
Executive Engineer (NW) III		Mukesh Jindal	2016/6 - 2018/3	
		V. K. Singh	2013/6 - 2016/5	
Executive Engineer (E&M) W&S N/W		Mr. U. K. Rastogi	2015/8 - 2018/3	-
		Mr. Yash Prakash	2013/6 - 2015/8	Executive Engineer (E&M) W&S-C/N
DMA		安随幸一郎	2013/6 - 2018/3	TECI
SCADA		福島学	2013/6 - 2018/3	TSS
無収水分析		清水渉	2013/6 - 2018/3	TSS
Leak Detection 1		堀江 廣喜	2013/6 - 2014/8	-
Leak Detection 2		林 哲夫	2013/6 - 2014/8	-
土木 1	小寺栄三	2016/4 - 2017/3	-	
土木 1	齋藤昇	2017/4 - 2018/3	TSS	
土木 2	小島寛	2016/4 - 2018/3	TSS	

Project position	DJB			
	Title	Name	Period assigned as C/P *	Present designation
Output 3	Director (Revenue)	Ms. Nidhi Srivastava	2015/8 - 2018/3	-
		Mr. B. S. Jaglan	2013/6 - 2015/8	
	Superintending Engineer Mapping Cell	Mr. Vikram Singh	2013/6 - 2018/3	Chief Engineer (Drainage) Project-II/SE Mapping Cell
	Executive Engineer (Mapping)	Mr. Chander Prakash	2013/6 - 2018/3	-
	水道事業経営	山本陽一	2013/6 - 2015/3	-
	GIS 活用計画	井津元寛史	2013/6 - 2015/3	-

* プロジェクト開始（2013年6月）以降

1.5 機材調達

プロジェクトの目的を達成するために表 1-2 の資機材を調達した。

(1) JET が調達した資機材

表 1-2 JET が調達した資機材

番号	品目仕様	数量	設置場所
1	パソコン (Desktop) OS: Windows 7 Professional Office: Microsoft Office 2010 Professional CPU: Core i7 HDD: 500GB, Memory 8GB 24 inch screen, Keyboard, Mouse, including Anti-Virus Software	2	JET 事務所 (1 台) DJB Mapping Cell (1 台)
2	UPS CS 650, APC for Desktop PC mentioned above	2	同上
3	プリンター (A3 インクジェット) HP-7500, Color	1	JET 事務所
4	プロッターHP Design Jet 510 42inch	1	DJB Mapping Cell
5	GPS/ Trimble Juno 3B	1	JET 事務所
6	Arc Pad ver10.0	1	JET 事務所
7	Arc GIS/ Arc View Ver 10.1	1	DJB Mapping Cell
8	Auto CAD 2014	1	JET 事務所
9	管探知機 MXL DLV, Multi Frequency High Precision Pipe and Cable Locator	4	JET 事務所
10	管厚計 MX-5 DL Material Thickness Gauge	2	JET 事務所
チャンバー改善工事 (成果 2)			
11	デモチャンバー 建設及び改善工事の方策検討・確認	1	ピタンプラ下水ポンプ場構内
12	チャンバー改善工事 マンホール及び搬入口の雨水侵入防止	14	パイロットプロジェクトエリア

(2) JICA が調達した資機材

ピタンプラ配水地区のパイロットプロジェクトに必要な SCADA 関連資機材（制御バルブ、流量計、水圧計、SCADA システム等）を調達した。

表 1-3 JICA インド事務所が調達した資機材

番号	品目仕様	数量	設置場所	
(a)	SCADA Centre and Wiring			
1	SCADA System installed			
(i)	Server PC (Windows server with peripheral devices) (SCADA Servr, Data Collection Srveer)	2	Control Room, Pitampura UGR & Booster Pumping Station (BPS)	
(ii)	Desktop PC (PC, 21 LCD monitor) (Reporting system, Pipe Network Calculation)	2		
	Desktop PC (PC, 21 LCD monitor and color LBP) CE office and EE office at Pitampura in addition to at Pitampura UGR & BPS	3	CE office and EE office at Pitampura in addition to at Pitampura UGR & BPS	
(iii)	UPS (1hour protection)	3		
(iv)	SCADA application software	1	Control Room, Pitampura UGR & Booster Pumping Station (BPS)	
(v)	PLC & I/O (A/I and D/I at UGR)	1		
(vi)	Upgrading existing PLC & MCCB panel	1		
(vii)	Data Collection Application Software	1		
(viii)	Reporting System Application Software	1		
(ix)	Pipe Network Calculation Application Software	1		
(x)	Router, Ethernet Switch, Any other network equipment, etc.	3		
(xi)	Printer and Power Branch panel	3		
2	Instrumentation			
(i)	Flow meter	既設を 活用		Under Ground Reservoir (UGR)/Booster Pumping Station (BPS)
(ii)	Level meter	既設を 活用		
(iii)	Pressure (Semiconductor strain gauge)	既設を 活用		
3	Wiring works			
(i)	Wiring works of SCADA system at UGR	1	UGR	
(ii)	Wiring works and Kiosks for the SCADA system	14	DMAs and Control Points	
(b)	Pressure Gauges			
(i)	Pressure Gauges	21	In chamber	
(c)	SCADA Components			
(i)	PLC with peripheral devices	14		
(ii)	Valve Control circuit, outdoor type	14		
(iii)	Wireless transmission unit	14		
(d)	(d) Control Valves with Actuators			
(i)	Pipe diameter 100mm	1		
(ii)	150mm	3		
(iii)	200mm	2		
(iv)	250mm	2		
(v)	300mm	1		
(vi)	500mm	2		
(vii)	800mm	1		
(viii)	900mm	1		
(e)	Flow meters			
(i)	Pipe diameter 100mm	1		
(ii)	150mm	3		

番号	品目仕様	数量	設置場所
(iii)	200mm	3	
(iv)	250mm	2	
(v)	300mm	1	
(vi)	500mm	2	
(vii)	800mm	1	
(viii)	900mm	1	
(f)	Electricity Leakage		
(i)	Water level alarm system	14	
(ii)	Earth leakage circuit breaker	14	

Note: SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), PLC (Programmable Logic Controller), RTU (Remote Terminal Unit), F (Flow Meter), M (Motor for Control Valv), Q (Quantity; Water flow quantity), P (Pressure), Existing (using for the Project)

(3) DJB が調達した資機材

表 1-4 DJB が調達した資機材

番号	品目仕様	数量	設置場所
1	成果 1 及び 3 に関連する JET の執務スペース及び事務所備品	1	本部事務所
2	成果 2 に関連する JET の執務スペース及び事務所備品	1	ピタンプラ配水事務所
3	既存ピタンプラポンプ室内スペース	1	ピタンプラ配水池 SCADA コントロール室
4	SCADA 機器である制御バルブ・流量計を格納するチャンバー	14	ピタンプラ配水区
5	チャンバーの耐水性を向上させるための壁と床の改善工事	14	建設したチャンバー



本部 JET 事務所



JET 事務所・ピタンプラ配水事務所内

1.6 JCC 会議

JCC での協議事項の概要を表 1-5 に、議事録を添付資料-8 に示す。また、PDM の変遷は添付資料-1 にまとめた。なお、2015 年 12 月 10 日に DJB と JICA は浸水対策を追加する事及びこれに伴いプロジェクト期間を延長することに合意した（添付資料-8 参照）。

表 1-5 JCC の概要

項目 日時	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回	第 6 回	第 7 回	第 8 回
	2013 年 8 月 30 日	2014 年 8 月 27 日	2015 年 3 月 26 日	2015 年 9 月 24 日	2016 年 3 月 10 日	2016 年 8 月 4 日	2017 年 8 月 29 日	2018 年 1 月 29 日
GENERAL	○							
Progress of the Yen - loan project					○	○		○
Confirmation of PDM	○	○		○	○	○		
Confirmation of PO	○	○		○		○	○	
Logistics	○							
Output 1 and Output3		○	○					
Output 2								
Extension of the Project Duration					○			
Construction of Demonstration Chamber					○	○		
Improvement Works to Chambers and SCADA System (Demarcation)					○	○		
Technology Transfer (and Sharing knowledge and technology with the Indian side)					○	○	○	○
SCADA Operation by DJB					○	○	○	○
Utilization of the pilot SCADA system after completion of the Project						○	○	○
Operation and Maintenance of Pitampura Training Centre for SCADA system						○	○	○
Billing Data and NRW works			○	○		○	○	○

(1) 第 1 回 JCC 会議 (2013 年 8 月 30 日)

上位目標、プロジェクト目標、PDM (ver.1)、第 1 年次の PO (Plan of Operation) が承認された。成果 2 について、日本側とインド側の調達項目 (表 3-9) についても確認・合意した。



第 1 回 JCC

(2) 第2回 JCC 会議 (2014年8月27日)

第1年次の活動報告及び第2年次の活動計画を討議し、第2年次のPOが承認された。PDM(ver.2)は成果2のスケジュールの遅延に伴い、プロジェクト目標の指標の決定時期について討議し、その変更が承認された。

**(3) 第3回 JCC 会議 (2015年3月26日)**

第3回の主要な議題は、円借款業務の進捗促進であった。成果1で更新管の取替え基準の策定（試掘および管切断）に必要な道路掘削許可の遅れにより、計画期間内での終了が危ぶまれた。JCCで問題を共有し、「管内外面調査数の削減」が解決策として協議・合意された。

(4) 第4回 JCC 会議 (2015年9月24日)

第2年次の活動報告及び第3年次の活動計画を討議し、第3年次のPOが承認された。

成果1及び3の終了を確認した。成果2では、2015年6月末までに、14箇所の内13箇所のSCADA機器の設置とチャンバー建設を終えたことが確認された。ただし、雨期に入った2015年7月にチャンバー内部が浸水したことが報告された。DJBの要請に基づき、JETはこの対応策を検討する事とした。

PDM(ver.3)は、成果2のスケジュールの遅延に伴い、プロジェクト目標の指標の決定時期について討議し、その変更が承認された。

(5) 第5回 JCC 会議 (2016年3月10日)

成果2に関して、2015年12月にDJBとJICAはチャンバー改良工事で工事の責任範囲を確認する議事録の署名を行ったことを確認した。このチャンバー改良工事に伴い、プロジェクト期間を2018年3月まで延長することを決定し、この変更に基づくPDM(ver.4)が承認された。

(6) 第6回 JCC 会議 (2016年8月4日)

第3年次の活動報告及び第4年次の活動計画を討議し、第4年次のPOが承認された。

2016年8月に実施された中間評価結果が承認された。また、PDMにおける重複した表現が整理されて、活動2-3-4が(a)~(c)の活動に細分化され、PDM(ver.5)が承認された。

DJBが本プロジェクト終了後も、パイロットプロジェクトとして構築したSCADAシステムを

均等給水および無収水削減のトレーニング施設として活用することを再確認した。さらに、DJB は SCADA システム完成後に直ちにシステムを受け取り、維持管理を行う事が確認された。



(7) 第 7 回 JCC 会議 (2017 年 8 月 29 日)

第 4 年次の活動報告及び第 5 年次の活動計画を討議し、第 5 年次の PO が承認された。2017 年 7 月以降に再び発生したチャンバーへの浸水対策と SCADA システムの追加工事の遅れに対処することが議論されて、DJB と JET の体制強化が決定された。また、2018 年 8 月に実施された運営指導調査の内容、協議事項は下記のとおりである。

- ・ SCADA 操作の DJB における責任者
- ・ プロジェクト実施中のチャンバーへの浸水対策の責任機関
- ・ 完成後直ちに SCADA システムの DJB への移管
- ・ 移管後の DJB による SCADA の維持管理体制 (維持管理の外部委託)
- ・ チャンバーを含む SCADA の点検時期と回数
- ・ SCADA システムを研修施設として活用
- ・ チャンバーへの浸水を防ぐ技術の DJB 内での共有

(8) 第 8 回 JCC 会議 (2018 年 1 月 29 日)

2018 年 1 月に実施された終了時評価結果が承認された。プロジェクト終了まで、およびプロジェクト終了後の DJB による活動の確認を行うとともに、教訓の抽出を行った。

1.7 本邦研修

本邦研修の参加者 8 名の氏名及びスケジュールを添付資料-5 に示す。

本邦研修は 2014 年 11 月 9 日～19 日に東京で開催された。東京都水道局、(株)日立製作所、(株)クボタの協力のもと、①無収水削減、②GIS/RMS の活用、③SCADA を用いた均等給水の 3 つのトピックスから構成された。浄水場などの各水道施設、配水管施工現場を視察し、工場での GIS や

SCADA の実機操作、東京都水道局研修・開発センターでの漏水探知実習を行った。

本邦研修における DJB の関心事項は以下の通りであった。

「最新の GIS や SCADA などのツールについて詳しく知りたい」

「東京がデリーと同じような状況だったらどのような対策を講じるか」

「TSS など監理団体を使った業務の効率化のためのスキーム」

「メータ検針など業務の外部委託」

	
<p>本邦研修 1 2014年11月12日</p>	<p>本邦研修 2 2014年11月12日</p>
	
<p>本邦研修 3 2014年11月12日</p>	<p>本邦研修 4 2014年11月12日</p>
	
<p>本邦研修での SCADA 技術の紹介 1 2014年11月14日</p>	<p>本邦研修での SCADA 技術の紹介 2 2014年11月14日</p>

1.8 中間レビューの提言の達成状況

中間レビューは2016年7月18日から8月4日の日程で実施された。中間レビューの提言に対する達成状況を示す。

(1) チャンバーの浸水及び漏電対策にかかる責任分担

1) 提言と達成状況

表 1-6 のように、SCADA 導入におけるチャンバーに係る責任分担がなされるべきである。

表 1-6 チャンバー改善

	提言	達成状況
チャンバーの改善作業と責任分担（2016年10月開始）	JET は、頂版開口部周りからの漏水対策を実施し、ノウハウを DJB と共有する。	JET は 2017 年 9 月に対策工事を終えた。
	DJB は、側壁及び頂版からの漏水対策を実施する。	JET の施工監理の下、DJB は、2017 年 8 月に対策工事を終えた。
残り 1 ヶ所のチャンバー建設（2016 年 10 月開始）	SCADA 施設整備にあたり、No.9 チャンバー建設が残されている。雨期明けに RDS 社（SCADA 納入業者）がバルブを設置した後、DJB は速やかに残り 1 ヶ所のチャンバーを建設し、SCADA 運用の準備工事を終える必要がある。	JET の施工監理支援の下、DJB は、2017 年 3 月に残り 1 ヶ所の建設工事を終えた。

(2) チャンバーの工事の質の管理

1) 提言

DJB は耐水性の高いチャンバー建設の経験が不足していたことなどから、チャンバーの水密性が不足していた。円借款本体事業において、鉄筋コンクリート製のチャンバーを建設すべきである。

2) 達成状況

円借款事業のチャンバーは、この指摘に則り DJB 従来仕様から鉄筋コンクリート製チャンバーへ仕様変更がなされている。

(3) SCADA システムの技術協力期間後の継続活用

1) 提言

DJB は均等給水と無収水削減のためにパイロットサイトに整備される SCADA システムを研修施設として、本プロジェクト終了後も継続的に活用すべきである。JET は、本プロジェクトで整備した SCADA が継続活用されるべく、DJB の体制整備を支援する。同施設を最大限活用することで、訓練された職員が、他地区の職員に対し、水量、水圧モニタリングとコントロール手法、各 DMA に均等給水を行う方法に関する指導を行う研修の場となることが期待される。

2) 達成状況

ピタンプラの SCADA システムを用いて、RDS 社及び JET は、ピタンプラ地区の機電および土木の担当責任者に対する研修を 2017 年 9 月、11 月の 2 回実施した。この研修を受けた職員を講師とする DJB 内部研修も 2017 年 12 月に実施された。今後も DJB 内部研修を継続するため、長期研修計画が策定され、以下の手順が 2018 年 2 月に Addl CEO により承認された。

- a) 構築されたピタンプラの SCADA システムを研修施設として活用する。
- b) 作成されたマニュアル (SOP) ・ガイドラインを教材とする。
- c) 各回の参加者は 10 名程度とし、座学に加えて実機を用いて研修する。
- d) 対象者として、将来 SCADA 操作に関わる事が想定する DJB 内の土木、機電、検針責任者とする。
- e) 研修計画はトレーニングセルが主催する。
- f) 開催日時はトレーニングセルの年間のスケジュールに組み込まれた。

(4) SCADA システムの適切な維持管理

1) 提言

DJB は、SCADA 施設の維持管理を行うための準備を進め、そのための予算と実施体制を確保すべきである。JICA から DJB への同施設機材の引渡後、DJB は条件を満たす業者と契約し、SCADA システムの維持管理を行っていくことが求められる。更に、最低 1 年に 1 回はチャンバーの点検を行い、清掃、除水など必要な作業が行われることが求められる。また、マンホール密閉時には、耐水性を確保するシーリングを施す必要もあることから、プロジェクト期間終了前に機電および土木の担当責任者は、JET からチャンバー点検プロセスに係る指導を受けることが望ましい。

2) 達成

DJB は、SCADA の維持管理のために、適切な業者と年間機器維持管理契約 (AMC) の締結を進めている (第 6 章 6.1 に 2018 年 2 月末時点の状況を記載している)。JET は、シーリングを含むチャンバー点検プロセスに係る指導を、機電および土木の担当責任者に OJT により実施した。この内容はガイドラインに反映されている。

(5) 幹部のプロジェクトへの参画とオーナーシップの向上を図る実施プロセスの検討

1) 提言

プロジェクト効果発現を促進するため、DJB 幹部と JET 間の、より活発な情報交換、意見交換を図ること、並びに、DJB 幹部の現場活動への参画が期待されること。さらに DJB の人事異動の影響を最小限にするために、常に複数のカウンターパートに対し、専門技術の共有、フォローアップを行っていくことが不可欠である。

2) 達成状況

成果1及び3についてはDJBのプロジェクト部門及びMapping CellがC/Pであった。同部門のCE、SE、EE、AEとはプロジェクトに関し日常的に情報交換・意見交換をする事ができた。成果1終了までは、プロジェクトマネージャーであるSEは、当時のCEの強い意向で異動する事がなかった。同SEは成果1及び3の終了の後に、CE（下水）に異動した。

成果2についてはプロジェクト部門に加えて、下記がC/Pであった。

- a) 維持管理、土木担当：ピタンプラ地区を管轄するSE、EE、AE、JE
- b) 維持管理、機電担当：ピタンプラ地区を管轄するSE、EE
- c) 検針・料金徴収：Addl CEO 兼 Director (Revenue)、Joint Director (Revenue)、Deputy Director (Revenue)、Zonal Revenue Officer、Meter Inspector、Meter Reader

プロジェクトの段階でC/Pは次のように関わった。

- a) DMAの計画時：土木担当
- b) SCADA設計段階：土木および機電
- c) SCADA調達・据付け：機電担当
- d) チャンバー建設・耐水工事：土木担当
- e) SCADA操作：土木および機電
- f) NRW：土木、機電および料金徴収

SE (West) は指導力を発揮し、SCADA 工事調整に貢献した。工事期間中に、同SEがCE (West) に昇進し、引続き工事調整に尽力した。

以上の通り、各々のSEは担当分野の成果を理解し、責任者として業務調整を進めたことはプロジェクトにとり効果的であった。一方、Revenueの長であるAddl CEOが多忙なこともあり、日常的な意見交換を行う機会は限られていた。しかし、重要事項については同氏の動向を秘書を通じて入手し、会議の合間を狙って短時間ながら議論をする等の努力をした。これにより、プロジェクトへの理解とオーナーシップの向上に効果をあげる事ができた。

なお、異動が多いものの歴代のCEO、Addl CEOは共通して財務改善に熱心であり、DMA、SCADA、GIS導入による改善効果を認識していた点はプロジェクトにとって有益であった。

(6) 円借款事業への本技術協力で得た好事例と教訓の活用

1) 提言

チャンバーの仕様、施工監理方法、道路掘削許可の取得プロセス等を円借款本体事業等に活用すること。

2) 達成状況

道路掘削許可の取得プロセスについては、成果1の終了時（2015年8月）に、DJBを通じて円

借款コンサルタントに伝達された。チャンバーの仕様については上述の 1.8.2 の通りである。

1.9 プロジェクト目標の達成度（終了時評価結果の概要）

終了時評価において、プロジェクト終了時までに達成すべき事項として下記 6 項目が挙げられた。その達成状況を表 1-7 に示す。なお、詳細は第 6 章を参照されたい。









表 1-7 終了時評価での提言と達成状況

No.	提言された事項	達成状況	参照
1	SCADA の年間メンテナンス契約（AMC）	達成されていない	
2	均等給水の試行	達成された。	成果 2
3	無収水のモニタリング	達成された。	成果 2
4	トレーニングセルの関与	達成された。	成果 2
5	理解促進セミナーの開催	達成された。	成果 2
6	DPR の最終化の促進	達成されていない	

第2章 成果 1（チャンドラワール浄水場系統の施設データ・情報における DJB の管理能力が強化される）の活動

成果 1 は、チャンドラワール浄水場系統の水道施設情報に関する管理能力を強化する目的で実施した。配水エリア内の管路情報を収集し、その情報が円借款事業「デリー上水道改善事業」のパッケージ 2~4（西、中央及び東地区の配水管新設・更新）の詳細設計として活用されている。円借款事業で実施する設計期間 2 年（2013 年 12 月から 2015 年 11 月までの実施設計の予定）の内に、更新・新設路線の決定を容易にし、かつ詳細設計が実施できるように、成果 1 では更新・新設管路の占用位置、布設工法等の情報を収集した。

成果 1 は主に以下の要員により、実施された。

DJB	JET
Ravindra Singh Negi C. E. (Project) Pipe-Network/ GIS 	Phatta Thapa Pipe-Network (1) 
Ajay Gupta S. E. (Central) WW-I Pipe-Network 	Minoru Ikei Pipe-Network (2) 
Vikram Singh S. E. (Project) W-III Pipe-Network/ G 	Sanjay Prasad GIS Mapping (1) 
Chander Parkash E. E. Mapping GIS 	Alokumar Katayama GIS Mapping (2) 

当初計画では、第 1 年次（2013 年 7 月~2014 年 6 月）に管路延長・建設期間の長い中央地区の管路情報を収集した上で円借款事業に提供し、第 2 年次（2014 年 7 月~2015 年 6 月）に、管路延長・建設期間が短い残りの 2 つのエリア（西・東地区）の管路情報を提供する予定であった。

しかしながら、第 1 年次に本プロジェクトがインド国財務省・DEA により承認されていないことが発覚したため、DJB は本プロジェクトに対し非協力的となった。このため、中央地区の情報収集結果の提出時期は、2014 年 12 月と、予定より半年ほど遅れた。この遅れに伴い、円借款の詳細設計も遅れる事が懸念された。この詳細設計の遅れを回避するため、試掘個数及び管外面調査箇所数を削減する一方、管更新基準の精度を高めるため、管切断及び管内面調査数を増やすなどの策を講じたこと（詳細説明【活動 1-1-2】(3)参照）、また、本プロジェクトが DEA に承認されて以降、DJB が協力的になったことから、西地区、東地区の結果をほぼ計画通りのスケジュールである 2014 年 12 月、2015 年 6 月に各々提出した。

3 地区（中央地区・西地区・東地区）すべての活動をまとめた「更新管路の基準書及び布設替

え対象管選定検討書（最終報告書）」及び「鉄道・河川等の横断個所の施工検討書（最終報告書）」を2015年8月にDJBに提出し、もって成果1に関する活動を終了した。

成果1に関する実施状況を図2-1に示す。

【活動 1-1】「デリー上水道改善事業」の詳細設計実施に必要な情報の収集

【活動 1-1-1】既存配管に関する布設情報のレビュー

(1) GIS マップと DSSDI マップ

1) GIS マップ

管路情報はMP作成時に収集され、2010年にGISデータとして編集されていた。MP時に作成されたGIS管路情報は、MPの目標年である2021年における管路接続および管路口径の決定を目的に作成されており、GISデータには、道路、配管ルート、管口径および管材質等が含まれている。管路布設年については推定年が記録されており、これらの情報をマップ上に表示することができる。

2) DSSDI マップ

デリー準州政府によって整備された「デリー空間データ基盤（DSSDI）事業」のベースマップは、行政区の境界、名称に加えて建物の情報（住所、建物用途、階数、戸数等）が含まれる詳細な地図となっている。さらに、通信ケーブルを除くデリー準州政府下のインフラ関連組織が、地下埋設物情報を共有しており、地中探査レーダによる管の布設位置に関する情報および管の埋設深さの情報が含まれている。その内DJBは上下水道データを提供しており、その編集権を有しており、現在、DJBはDSSDIのベースマップ上で管路情報の更新を行っている。

3) 両マップにおける管路情報の比較

DSSDIのベースマップ上には、DJBが管轄する上下水道情報の表示が可能であるが、情報の正確性は低い。正確性を高めるため、MPとDSSDIとの2種類の管路情報の比較を実施した。詳細は【活動 1-1-4】に記述する。

【活動 1-1-2】取替えが必要な既存配管の選定

円借款事業では、デリー全体の老朽管の比率を参考として、既存管1,113kmのうち約700kmが更新管として計画されている。しかし、チャンドラワール浄水場系統内の更新割合は、この地区がデリーの中でも最も古い街区を含み、1950年代以降、管の更新も行われなかったため、多くの老朽管が存在する。従って、取替えが必要な既存配管の選定のために、チャンドラワール浄水場系統内において管試掘調査及び管切断調査を実施した。

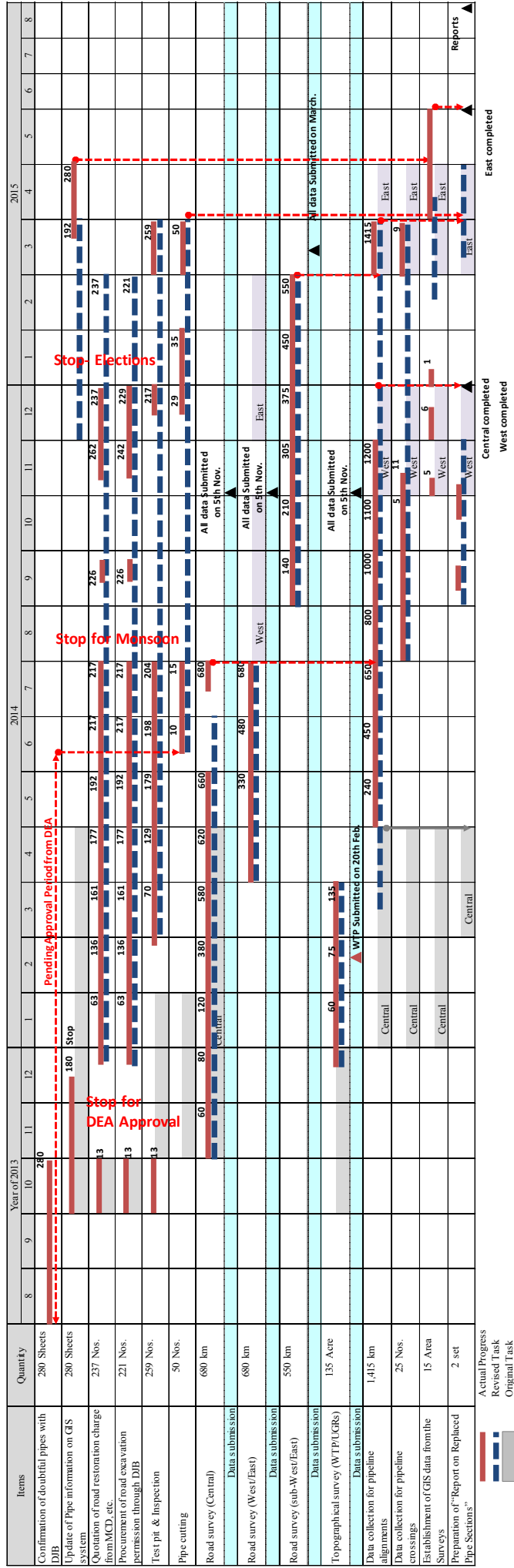


図 2-1 成果 1 の実施状況 (実施済み/当初予定のスケジュール)

(1) 更新管路のスクリーニング

調査対象路線の選定手順と実施した活動は以下の通りである。

管材と管布設年の確認：この作業は DJB 職員のインタビューにより実施した。情報の正確さはあまり高くはないが、以下のような傾向が把握された。

- 1) 土地・住宅開発は中央政府機関である DDA（デリー開発公社）が行うが、大部分のインフラ設備（水道管を含む）は開発時に整備されている。
- 2) 開発区域の開発時期は明確である。
- 3) 開発区域内に布設された管材（ACP、GIP、CIP 等）も明確である。
- 4) 一部区間の管路は無収水削減と漏水対策のために DJB によって今日までに DIP に更新されている。

DJB の管路更新基準は明確ではないが、近年 DIP に更新された区間について、DJB の現場職員は比較的情報を持っていた。

(2) 試掘位置の選定

新管の基準を策定するため、管内外面状況調査を計画し約 300 箇所を試掘調査を実施した。試掘管の管材、管年齢と管の状況に関連づけ、更新管の条件を材質、年代等で定義した。試掘調査位置は、下記の条件を考慮して選択した。

- 1) 【活動 1-1-4】で選択された疑わしい箇所
- 2) 管材・口径
- 3) 老齢管（設置年度）の箇所
- 4) 更新対象候補の CIP の箇所
- 5) DJB 職員の推薦
- 6) 掘削許可取得が困難な CPWD の路線を除く路線

また、管の切断による内外面状況調査（50 箇所）は試掘調査の中から選択し実施した。管厚は同じ試掘位置で再度計測して、補足のデータとして使用した。

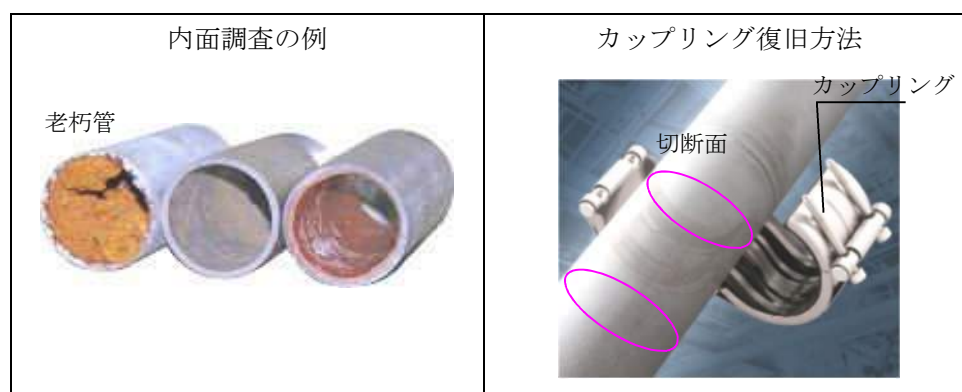


図 2-2 管内外面調査の方法

(3) 道路掘削許可及び舗装復旧工事

試掘作業は、DJB を通じて得られた道路管理者の掘削許可及び道路補修費の支払い後に実施した。なお、掘削許可の取得は、諸々の事情³により、時間を要した。このような進捗状況から当初予定の 600 ヶ所の試掘作業の完了には 3 ヶ年を要する事が想定された。一方、円借款コンサルタントが実施する更新管の選定を含む配管の詳細設計を遅らせないことから、第 2 回 JCC において、試掘作業は 2015 年 1 月時点で掘削許可のとれた箇所を終了する事が合意された。

第 3 回 JCC において、試掘個数及び管外面調査の削減と伴に、管更新基準の精度を高めるため、管切断及び管内面調査数を当初計画の 30 ヶ所から 50 ヶ所に増やすことが合意されて、管切断を実施した。

(4) 試掘作業及び管切断調査

2015 年 3 月までに 259 ヶ所の試掘調査と 50 ヶ所の管切断・管内面調査を実施した。試掘調査で用いた検査シートを図 2-3 に示す。

(5) 管外面調査

管外面調査として管厚、管外面状況及び管理設環境を測定・観察した。管厚とインド CIP/DIP 管厚規格とを比較し、管厚が規格値より薄くなっているかどうかを比較して、劣化状況を評価した。

その結果、デリーにおける埋設管環境は、土壌の腐食性は弱く、管腐食対策等の必要性は低いことが明らかとなった。

(6) 管内面調査

管内面調査として、切断管の管内目詰まり（内面腐食）状況を計測した。計測結果と水理計算で用いられるヘーゼン・ウィリアムス式の管内径縮小傾向とを経年的に比較することで、内面劣化状況を評価した。

その結果、30 年以上使用した内面無ラインニングの CIP は、摩擦損失係数（C 値）が低下し、新設管と比較して摩擦損失水頭が約 2 倍に増加することが推定された。

(7) 更新管路の基準書

更新管の基準は、管内外面調査の結果、並びに長期間のデータ分析と多くの正確な情報に基づいて開発された日本基準を取り入れてまとめた。DJB に提案した更新管の基準は、30 年以上使用した CIP を更新対象とし、チャンドラワール浄水場系統内の管路の「布設替え対象管選定検討書」を作成・提出した。

³ 当初は DEA による本プロジェクトの承認手続き遅れ、次いでモンスーン、ディワリ（祭礼）、選挙等により掘削許可が得られなかった。

Inspection Record for Test Pits

Serial No.	Pit No.	Inspection day/month/year				AM/PM
Inspector	JICA TA:		JAINCO:			
Weather	Dry, Sunny, Cloudy, Foggy, Rainy, Heavy rain, Others(memo) ;					
DSSDI Official Information	Pipe Size: ϕ mm	Pipe Depth: m	Pipe Material:	Installation year:		
Coordinates	N		E			
Location	Road, Park, DJB compound					
Surface Type	Asphalt, Concrete, Tile, Grass, Sand, Others(memo) ;					
Offset distance (a)	Digging width (b)	Digging length (c)	Pavement thickness (d)	Depth to base (e) Max=2m	Depth to pipe's top (f)	
m	m	m	cm	m	m	
Plane Sketch		Section Sketch				
<input type="checkbox"/> The pipe was not found in the pit. Test finished when digging depth is upto 2 m.		<input type="checkbox"/> The pipe was found in the pit. Following cells are filled in.				
Pipe outer circumference length (w)	Material (m)	Pipe thickness (t1=top)	Pipe thickness (t2=left)	Pipe thickness (t3=right)		
cm	ACP, GI, CI, DI, MS, PSC, PVC	mm	mm	mm		
Pipe coating	Leakage	Ground water	Outside condition			
Yes or No	Yes or No	Yes or No	I, II, III, IV			
Criterion of judgment for the outside condition (Corrosion Level)						
Level-I: 0%	Level-II : ~10%	Level-III: 10~50%	Level-IV: 50%~			

図 2-3 検査シート

	
<p>試掘及び管外面調査 (TP170) 2014年4月16日</p>	<p>試掘及び管外面調査(TP238) 2014年3月22日</p>
	
<p>試掘及び管外面調査(TP273) 2014年4月18日</p>	<p>試掘及び管外面調査(TP255) 2014年4月24日</p>
	
<p>切断管(TP103)の内面状況 2014年7月3日</p>	<p>切断管(TP247)の内面状況 2014年7月9日</p>
	
<p>切断管(TP227)の外表面状況 2015年1月6日</p>	<p>切断管(TP26)の内面状況 2014年12月19日</p>

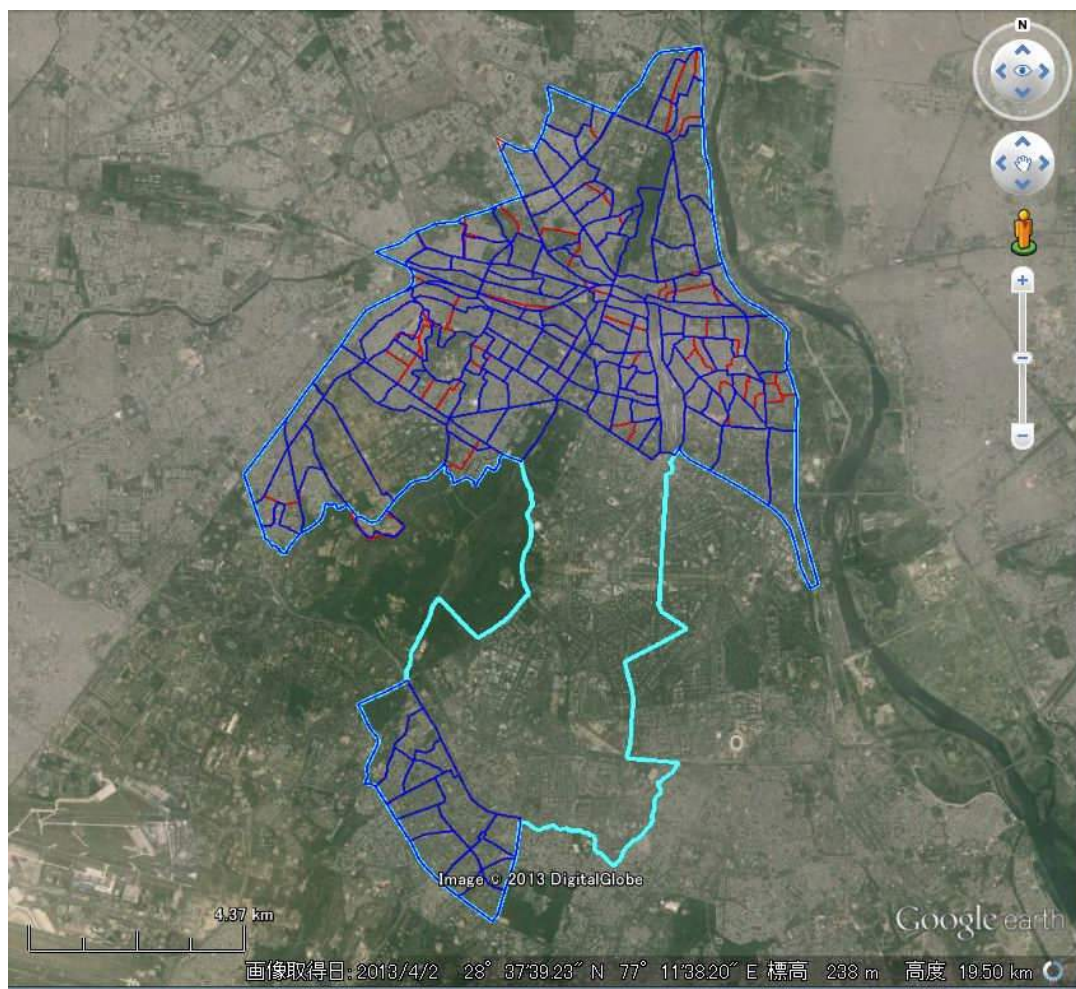
【活動 1-1-3】「デリー上水道改善マスタープラン」で提案されている新設配管に関するレビュー

現地調査を行った結果、西地区の高台エリアと周辺地区の高低差が著しいことが判明した。均等給水の観点から同地区を高低差により分離する必要があるため、円借款事業コンサルタントと協議・調整し、UGR および DMA の境界をレビューした。

(1) DMA のレビュー

円借款事業で、チャンドラワール浄水場の配水区域における DMA の導入が計画されている。JET は、人口密度の高いスラム地区を主に現場踏査を行った。その結果、スラム地区では多くの私設給水管が敷設されていること、また丘陵地に給水管が多くあることを確認した。

さらに、DMA の境界のレビューに当たっては、1つの DMA 内の標高差が生じないように、地盤高について詳細に検討し、幾つかの DMA の境界を修正した。図 2-4 に示した結果は、円借款コンサルタントに引渡されて、最終化されている。



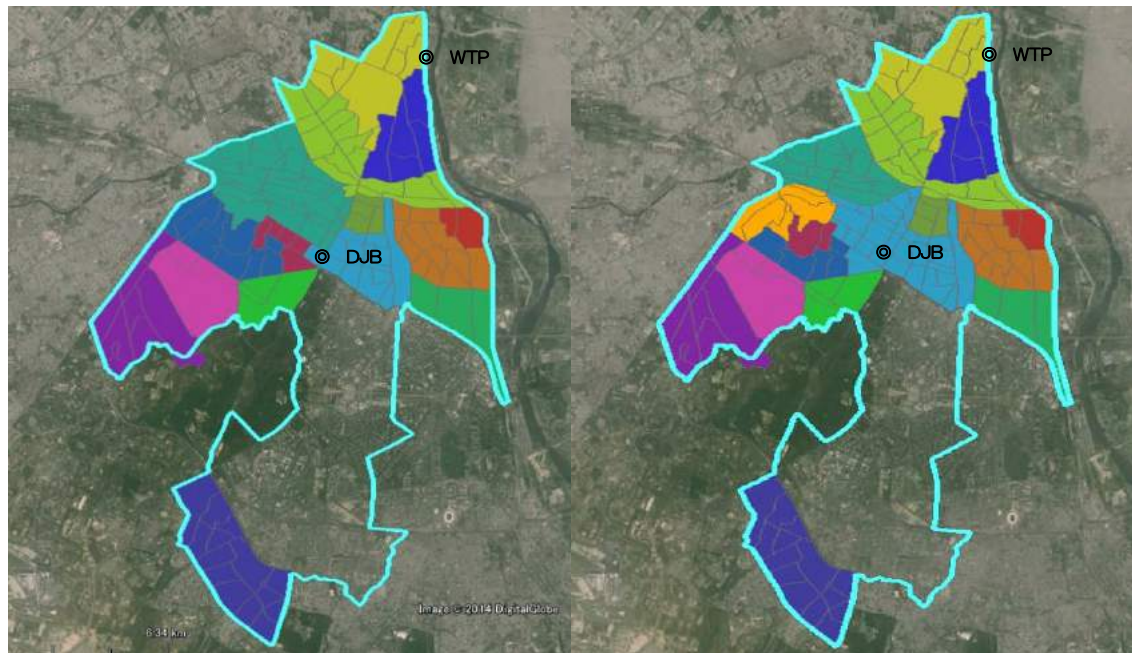
注：赤線はMP、青線は本レビューによるDMA境界を示す

図 2-4 MP と本レビューによる DMA 境界の比較

(2) UGR 配水エリアのレビュー

MP における UGR 配水エリアは、既存 UGR を拡張する用地取得が困難であると想定されたため、既存 UGR の能力を最大限に利用するものとして計画されている。また、チャンドラワール浄水場系統は、非常に混み合ったエリアを抱えており、新たに UGR を建設するための適地も少ない。

しかしながら、JET は、現在使用されていないアナダパルバット・インダストリアル・エリア UGR を見つけ（図 2-5 のオレンジの範囲）、その配水池の改築を提案した。本案は円借款コンサルタントに引継がれ、円借款で UGR 改築の詳細設計が行われている。本レビューにおける UGR とその配水エリアを図 2-5 に示す。



注：左は MP、右はレビューによる配水エリアを示す。

図 2-5 レビューによる UGR 供給範囲



未使用配水池（アナダパルバット・インダストリアル UGR）の確認

(3) 送水管のレビューと管網解析

上記の UGR のレビューの結果を基に、送水管のレビューを行い、併せて管網計算を行った。その結果を図 2-6 に示す。送水管のレビューでは、チャンドラワール浄水場系統の中心を縦断するリッジロードを軸に、ジャンデワラン・ブースターポンプ場を廃止して、各 UGRs へ向け送水管

路を配置するものとした。この結果、中央地区の管路口径は太くなるものの MP 時の送水管と比較して総延長が短縮され、特に、西地区の送水管の延長が大幅に短縮あるいは口径の縮減が可能となる。図 2-6 に示したこの結果は、円借款コンサルタントに引渡されて、最終化されている。

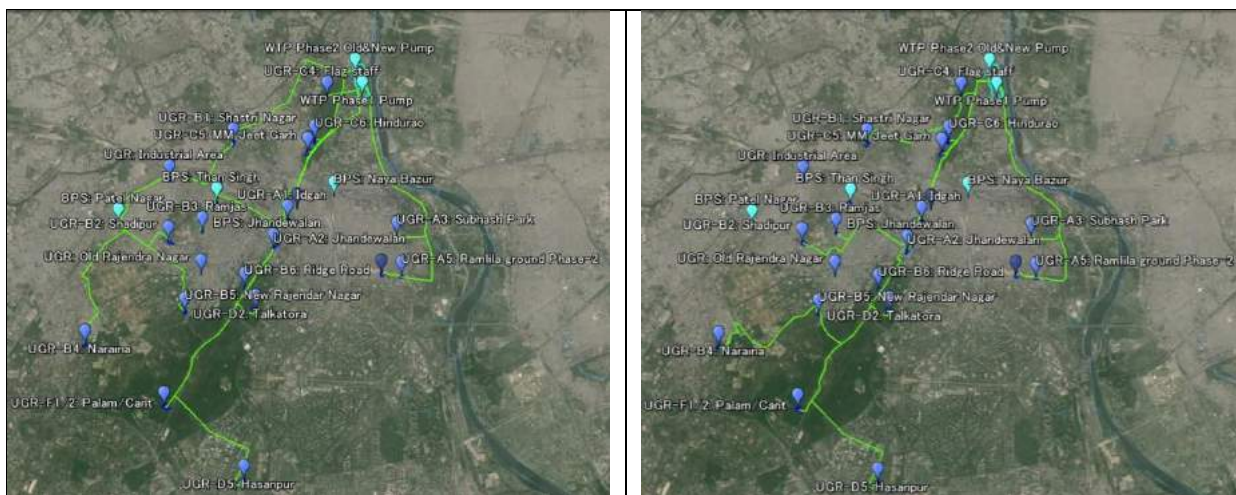


図 2-6 MP の送水管ルート (左) とレビューによる送水管ルート (右)

(4) 路線測量の範囲

配水管が敷設可能な全ての道路を対象として路線測量を実施した。配水管ルートは、「全ての家屋の前まで」管路を布設し、独立した水道メータを各戸の前に設置することとした。このような施策は、給水管の配管延長を減少させ、水道メータの見落としを避けることができる。その結果として、管路による摩擦損失を減少させ、非合法接続を削減し、有収率の向上が期待できる。その結果は【活動 1-1-7】に示す。

【活動 1-1-4】DSSDI-GIS データ活用による地下埋設物情報の取得と DJB 現場スタッフの支援による配水管ネットワークの再確認

(1) 既存管路情報

【活動 1-1-1】で記したが、2 種類の管路情報が存在している。1 つはデリー準州が実施している DSSDI プロジェクトによる情報、もう 1 つは DJB の Mapping Cell が保有する GIS 情報である。

(2) 既存配管図のアウトプット

JET は、上記 2 種類のソフト形式のデータを入手して、配水管ネットワークの再確認をする予定であった。しかしながら、DJB はセキュリティー上の理由から、両データのソフトデータの提供を拒み、代わりに印刷媒体での提供となった。このため、JET は DSSDI から配管図 (A1 サイズで縮尺 1/1,000 の配管図、約 300 枚) を印刷し、再度ソフトデータに変換することとした。

(3) 2 種類の情報の確認

管路情報の正確性の向上及び 2 種類の地図情報の整合性を図るために、下記を実施した。

- 1) 初めに2種類の印刷された管路図が DJB から JET に提供された。
- 2) 次に、以下に示す相違点をチェックした。
 - a) 口径、材質、設置深さ、設置年の管路の属性データ
 - b) 同一断面における管口径の相違点
 - c) 住宅地区/非住宅地域における管路の存在
 - d) バルブと付帯物の情報
 - e) 図面の矛盾点（管路未接続、管口径の非連続、管路情報の未記入等）
- 3) さらに、より正確な管路情報を持つ DJB 職員へ、多数のインタビューを行い、必要に応じて現場確認を行った。



図 2-7 既存管路情報の相互確認



(4) 配管図の受渡し方法についての DJB 協議

印刷された配管図には DJB のみならず他企業の埋設管が表示されているため、安全上の理由から Mapping Cell が配管図を各配水事務所の EE に配布・回収することとした。配管図の疑問・不明個所の確認作業は、Mapping Cell が各配水事務所の EE を招集し、JET が確認作業への協力依頼および確認作業手順の説明会を開催することとした。

(5) 説明会の開催

2013 年 8 月 27 日に DJB 本部で説明会を開き、JET が指摘した配管図の矛盾箇所の確認作業を各配水事務所の EE に依頼した。約 2 週間の期限内で Mapping Cell から各 EE に配管図が送付された。



DJB (EE,ZE) への配管図修正手順の説明会
2013 年 8 月 27 日

(6) DJB エンジニアによる配管図の矛盾個所の確認

EE、ZE の多くは配管図の確認作業に、地区担当の JE (Junior Engineer) と現場スタッフを指名した。スタッフの多くは本作業に協力的であったが、JE の多くは、現場作業を抱え多忙であり、インドの長期休暇であるディワリ (10 月) を挟んだことから、これらの確認作業には長期間を要し、2013 年 11 月末に最後図面が回収された (図 2-8 参照)。

確認された全ての図面は Mapping Cell により回収され、JET へ貸与された。



DJB 現場事務所での配管図確認作業

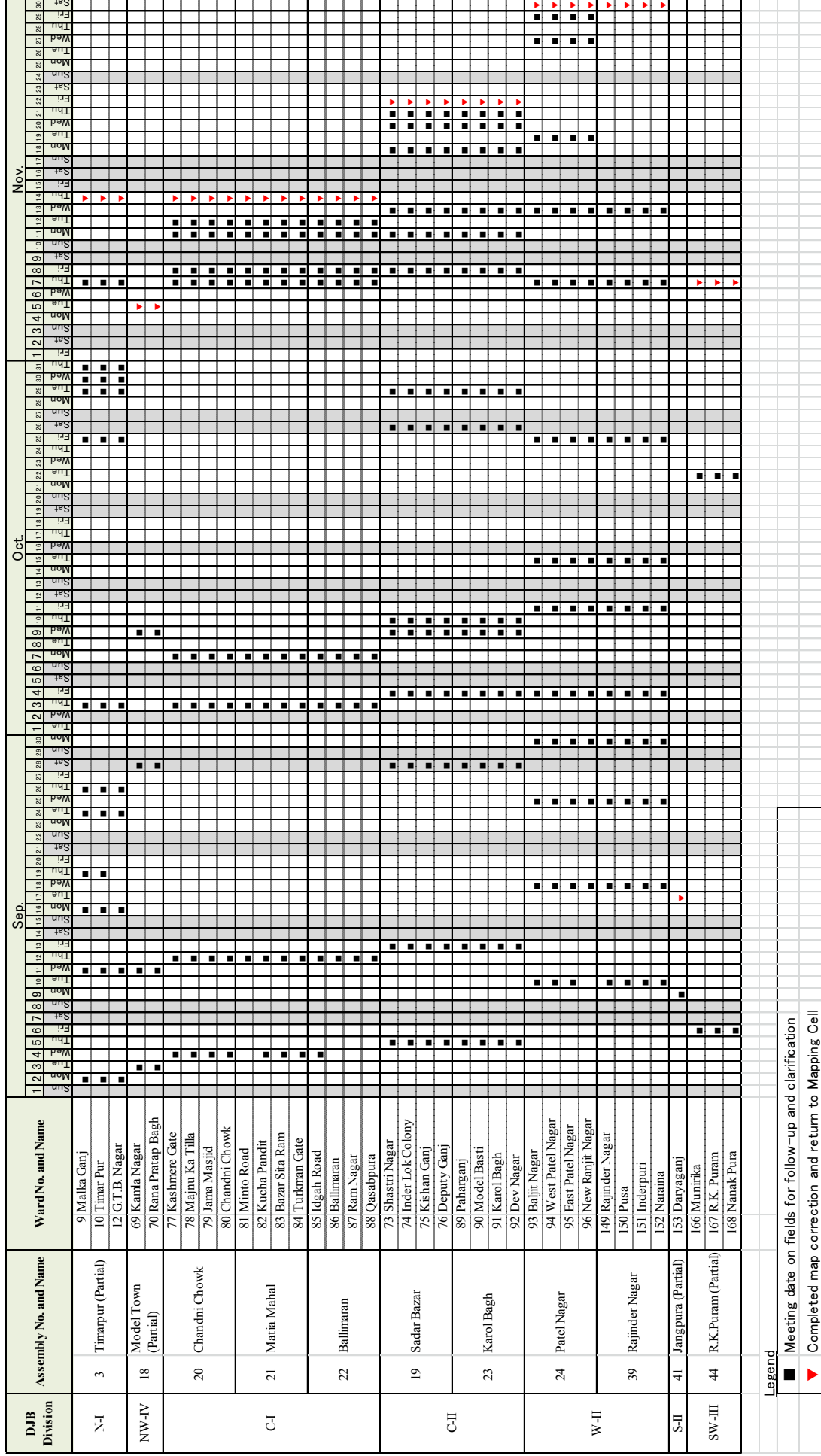


図 2-8 配管図の確認作業のまとめ

【活動 1-1-5】パイプ布設位置及び深さに関する設計案の策定、及び【活動 1-1-6】管布設工法（開削、トレンチレス）と横断方法（鉄道、河川、排水路、主要道路）に関する設計案の策定

チャンドラワール浄水場系統は歴史的に古い地区、人口密集地区が含まれる他、中央政府機関、大使館等の官庁街を抱えている。そのため、この地区にある重要道路等の道路掘削許可の取得には時間がかかり、さらには掘削許可が下りない可能性が MP 時に予測されていた。従って、MP 調査では交通量の多い幹線や重要道路では非開削（トレンチレス）工法が提案されており、現場環境に最適な布設位置及び埋設深度の選定が必須であった。

本活動では、【活動 1-1-4】及び【活動 1-1-7】において収集した管路図及び（道路）路線測量図を基に、現場作業を行って、新設管路のための管理設スペースを含めた路線環境を確認し、管路布設位置と埋設深度のデータを収集した。また、【活動 1-1-5】によって明らかになった特殊路線、例えば国道や鉄道の横断等は、現場にあった適切な工法選定が求められた。横断個所の選定については以下の手順で実施し、横断 25 ヶ所の位置を特定し提案した。

- (1) 新設管あるいは更新予定管について、DJB 職員と共に、道路状況、交通状況及び施工に障害となる施設等（地下鉄・排水路）を確認した。
- (2) 管布設工法（案）を整理した。
- (3) 25 ヶ所の横断個所を選択し、横断工法（案）を比較した。
- (4) 整理した横断工法について、DJB 及び円借款コンサルタントが各管理者と協議するための基礎資料を作成した。

【活動 1-1-7】管布設路線の測量実施

管布設路線に関する道路（路線）測量図には以下の調査項目が含まれている。同測量図は、円借款コンサルタントの詳細設計のための基礎資料となっている。

- (1) 地形（地盤高）
- (2) 道路構成
- (3) 既施設情報
- (4) 上記の平面図・縦断図

調査結果を表 2-1、図 2-9 及び図 2-10 に示す。なお、【活動 1-1-5】の管ルート調査実績延長が【活動 1-1-7】に関する道路測量実績延長を下回っている。これは、当初計画では【活動 1-1-5】の一環として布設替え路線を選定し、その路線に対して【活動 1-1-7】に関する道路測量を行う予定であった。

しかしながら、布設替え管路を選定するために行った管内外面調査のための、試掘許可取得の遅れや、本プロジェクトの未承認問題による DJB 職員の非協力期間等により、大幅に遅れた。これらの遅れによる本プロジェクト全体の遅れを回避するため、JET 単独で実施できる【活動 1-1-7】に関する測量対象を布設替えの有無を問わず全道路を対象とした。

	
<p>路線測量</p>	<p>路線測量 2014年2月5日</p>
	
<p>スラムエリアの管ルート調査 2014年4月9日</p>	<p>送水管の鉄道横断ルートの確認</p>

【活動 1-2】チャンドラワール浄水場系統の浄水場及び増圧ポンプ所の測量と GIS データの作成、さらにパイプ情報等の検証

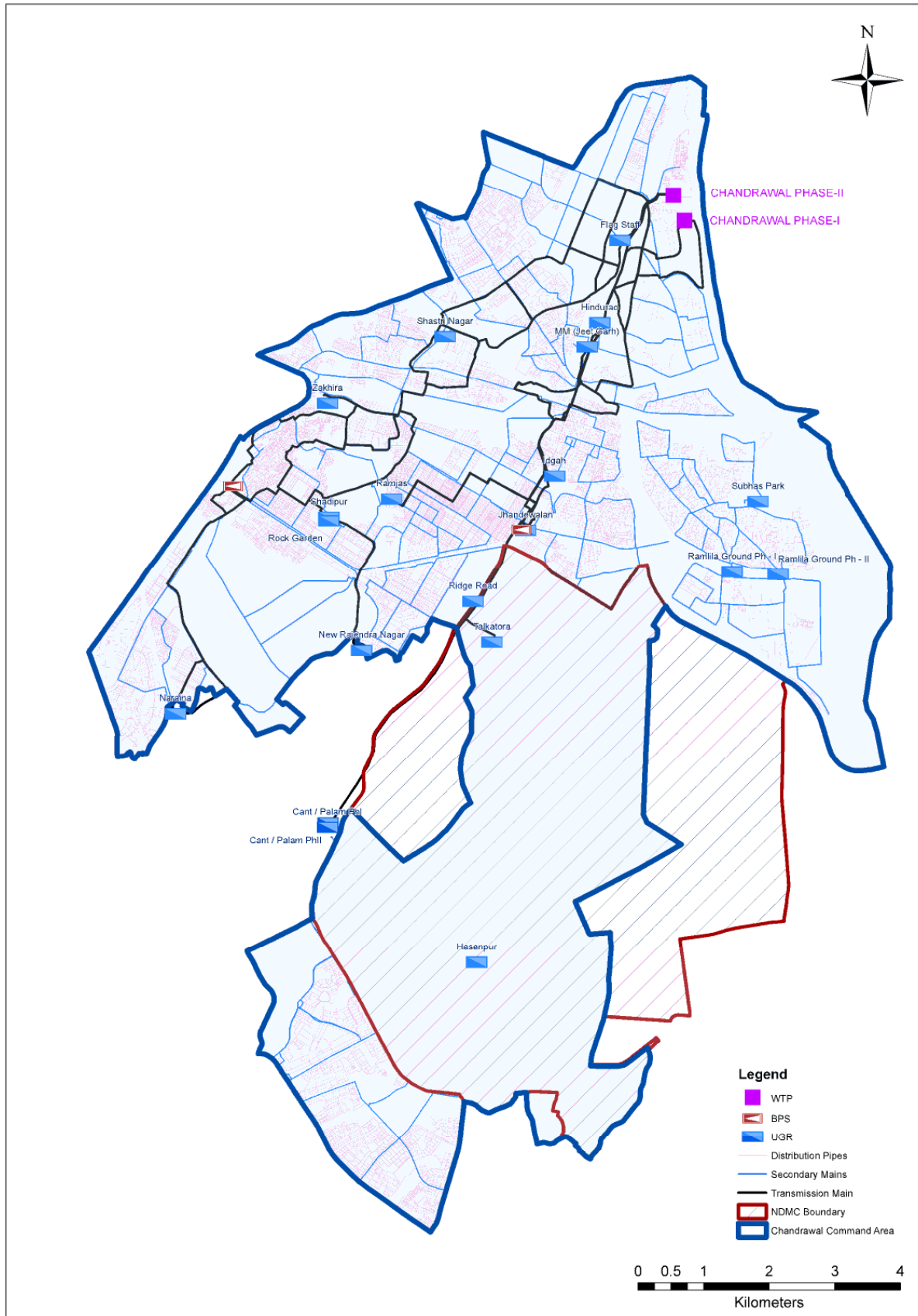
本活動は大きく以下の 3 つに分けられる。

- (1) チャンドラワール浄水場系統にある 2 箇所（1 期及び 2 期）の浄水場、18 ヶ所の配水池及び増圧（配水）ポンプ場（UGR/BPS）の地形測量、及び同図の GIS 化
- (2) チャンドラワール浄水場系統の配水管に係わる GIS データの検証
- (3) GIS への配管情報の更新

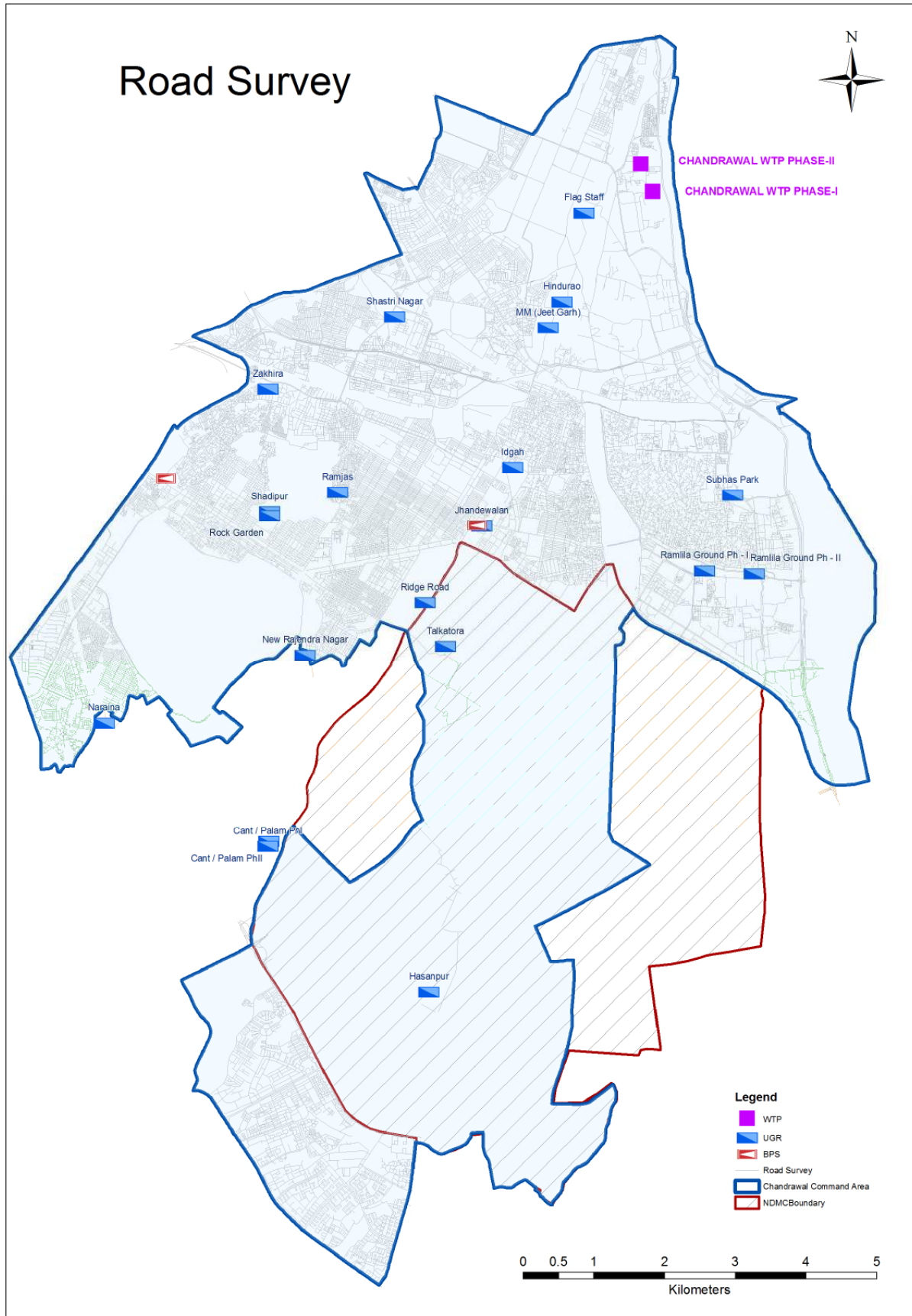
表 2-1 【活動 1-1-5】に関する管ルート調査実績延長及び【活動 1-1-7】に関する道路測量実績延長

Nos	UGR Command Area	【活動 1-1-5】に関する 管ルート調査実績延長 Length (km)	【活動 1-1-7】に関する 道路測量実績延長 Road Network (km)
Transmission Pipe (TM)			
1	Central (I)	20.4	-
2	Central (II)	13.3	-
3	West	37.8	-
4	East	既設管利用のため測量は不要。	
Sub-total		71.5	71.5
Secondary Distribution Main Pipe			
C-1	FlagStaff	20.5	-
C-2	Hindurao	11.8	-
C-3	MM Jeetgarh	21.78	-
C-4	Jhandewalan	10.3	-
C-5	Idgah	4.2	-
C-6	Ramjas	5.4	-
C-7	Ridge Road	9.9	-
C-8	Cant PalamPhII	24.0	-
W-1	Shastri Nagar	24.9	-
W-2	Shadipur	18.7	-
W-3	New Rajendra Nagar	12.3	-
W-4	Naraina	9.5	-
E-1	Subhash Park	2.6	-
E-2	Ramlila Phase-1	14.5	-
E-3	Ramlila Phase -2	11.7	-
Sub-total		202.8	196.6
Distribution Pipe			
C-1	FlagStaff	68.5	115.0
C-2	Hindurao	16.5	52.0
C-3	MM Jeetgarh	111.2	190.0
C-4	Jhandewalan	65.3	113.0
C-5	Idgah	53.8	58.2
C-6	Ramjas	87.7	57.0
C-7	Ridge Road	47.4	71.0
C-8	Cant. PalamPh-II	123.5	203.0
W-1	Shastri Nagar	178.5	98.0
W-2	Shadipur	150.0	173.0
W-3	New Rajendra Nagar	24.8	37.0
W-4	Naraina	82.5	233.0
E-1	Subhash Park	7.9	21.4
E-2	Ramlila Phase-1	106.4	140.8
E-3	Ramlila Phase-2	17.1	52.5
Sub-total		1,141.4	1,641.9
Total		1,415.4	1,910.0

注：C は中央地区、W は西地区、E は東地区を示す。



注：図の Distribution Pipes、Secondary (Distribution Main) Mains、Transmission Main が調査管ルート
 図 2-9 【活動 1-1-5】に関する管ルート調査結果図

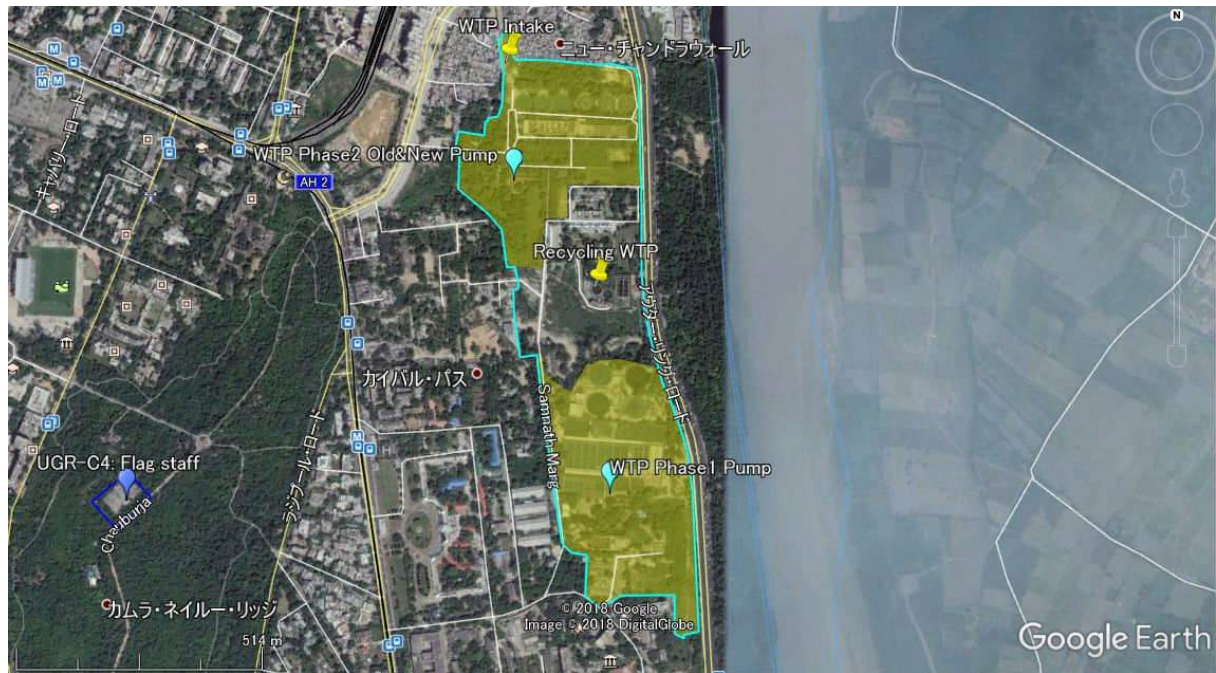


注：図の Road Survey が道路測量対象

図 2-10 【活動 1-1-7】に関する道路測量実績図

(1) 浄水場および UGR/BPS の平面測量

チャンドラワール浄水場 1 期および 2 期の平面測量は、図 2-11 のとおり範囲を拡大した。これは浄水場の計画/設計に柔軟性を持たせるために、既存浄水場の間に位置する DJB の敷地を測量範囲に加えたためである。その敷地内には Recycling WTP、従業員宿舎および空地があり、チャンドラワール浄水場 2 期の既存施設に近接している。



注：黄色の範囲がチャンドラワール既設浄水場 1 期及び第 2 期の敷地、水色枠が測量範囲

図 2-11 チャンドラワール浄水場の測量範囲

MP では小規模施設は廃止する方針が提案されているが、DMA のレビューから、例外として高所にあるアナンダパルバット・インダストリアル・エリア UGR とタンシンナガール BPS を本測量に追加した。配水計画および詳細設計は円借款コンサルタントが実施した。

チャンドラワール浄水場 1 期および 2 期、18 ヶ所の UGR/BPS の平面測量は 2013 年 12 月から 2014 年 2 月に実施し DJB にその結果を提供した。





(2) 浄水場及び配水池／ポンプ所の地形測量、及び同図の GIS 化

上記の測量図（CAD データで作成）を GIS データへ変換した。

(3) GIS への配管情報の更新

JET は、【活動 1-1-4】で確認された配管情報を、DJB の Mapping Cell 内に設置されているコンピュータを用いて、GIS データへ変換していた。2013 年 12 月までに、280 枚の管路情報のうち 180 枚を GIS データに変換・作成する事が出来た。しかし、同年同月以降、本プロジェクトの DEA 未承認問題を理由に DJB は、JET が Mapping Cell のコンピュータ（GIS データベース）を使用する事を禁止した。さらに、DJB は Mapping Cell 内で行われていた別業務の情報漏えいを防ぐために、JET が Mapping Cell 内で作業を継続する事を禁止した。

この変換・作成業務の再開を図る目的で DJB は、2014 年 11 月に Mapping Cell にある GIS データベースと JET 事務所のコンピュータを光ファイバーで接続し、ArcGIS サーバー（ソフトウェア）を導入した。このソフトより、JET 事務所から離れた Mapping Cell にある GIS データへアクセスが可能となった。

さらに、ArcGIS サーバーの設定のために、2015 年 3 月～5 月に GIS サーバーの専門家を派遣した。この結果、280 枚の管路情報の GIS データへの変換・作成業務は、2015 年 6 月までに完了し、DJB に提出した。



第3章 成果 2（均等給水・無収水管理のための配水管理、操作に係る DJB の能力が強化される）の活動

(1) 活動の概要

配水施設に SCADA を導入することにより、MP で提案されている均等給水の実現および無収水率算出の容易化はもとより、省人化、省エネルギー化、及び運転操作の均一化が期待できる。そのため、本プロジェクトでは、DMA を構築し、SCADA を用いて流量・水圧を監視し、均等給水を行うとともに無収水率を算出するパイロットプロジェクトが計画された。本活動は、SCADA の調達、据付け、運転をパイロットプロジェクトとして実施し、平行して SCADA を用いた均等給水及び無収水率算出にかかる技術移転を DJB に対して行うものである。

パイロットプロジェクト対象地区（位置を図 3-1 に示す）は詳細計画策定調査時に、水圧が充分ある事、配管が明確である事等という条件から、デリー西部のピタンプラ地区が選定された。同配水池・ポンプ場は近隣のハイデルプール浄水場（規模 200MGD：90 万 m³/day）からの浄水を受けている。各 DMA の概要および最新請求水量とメータ個数は表 3-1 のとおりである。



図 3-1 成果 2 のパイロットプロジェクト位置図

表 3-1 各 DMA の概要および最新請求水量とメータ個数

項目	面積 (ha)		接続数 (個)		水道料金請求水量 (リットル/個/日)
	詳細計画策定調査時	本活動	詳細計画策定調査時	本活動 (2017年12月調査時)	本活動 (2017年12月調査時)
DMA1	3.8	3.8	796	796	392
DMA2	21.5	14.5	2,699	1,997	1,005
DMA3	10.0	10.0	572	572	1,335
合計	35.3	28.3	4,067	3,365	2,732

(2) SCADA システムの概要

本プロジェクトでパイロットとして構築した SCADA システムの概要を表 3-2 に示す。

表 3-2 SCADA システム概要

項目	内容	
目的	<ul style="list-style-type: none"> パイロットプロジェクト地区内に DMA を 3 か所構築し、DMA における流量・水圧の把握モニタリングを行う。 SCADA により DMA 入口の電動バルブをコントロールし、流量・水圧を調整する。 上記を通じ、無収水率の算定及び均等給水の技術移転を行う。 SCADA の整備を予定している円借款事業における均等給水等に関する SCADA 操作の研修施設として活用する。 	
機能	<ul style="list-style-type: none"> 既存 SCADA で管理しているピタンプラ配水池・ポンプ場の配水池水位、配水ポンプ運転時間・配水量、配水ポンプ直下の配水本管配水圧力を取込み、モニタリングする。 測定点 (3 か所の DMA 内に設置した合計 14 か所) の水量と圧力、バルブ開度情報をモニタリングする。 バルブ (No.13 計測点以外の 13 か所の測定点に設置) の開度をコントロールする。 	
主な機材	ピタンプラ配水池・ポンプ場 (図 3-1 の Pitampura UGR)	a) Data collection server(1 台) : 各路上局の PLC から無線通信(GPRS 通信)を用いて測定データを取り込む。 b) SCADA server(1 台) : 監視・制御を司り SCADA クライアントのグラフィック画面を管理する。 c) Reporting system(1 台) : 均等給水や無収水率算出のための SCADA データをレポート生成する。 d) Pipe network calculation system (1 台) : リアルタイム管網計算を実現する。 e) SCADA Client(1 台) : SCADA クライアントにある情報を表示する。
	SCADA Client(2 台) : E&M、Civil エンジニア各事務室	SCADA クライアントにある情報を表示する。
	路上局 (14 か所のチャンバーに設置)	a) GPRS 通信モデム : SCADA server、Data collection server から PLC 間の通信を、携帯電話のパケット通信を利用する GPRS(汎用パケット無線システム)にて行う。 b) PLC : Data collection Server へチャンバー内の水量・圧力、バルブ開度のデータを送り、SCADA Server からのバルブ制御指示を受け、バルブの開閉制御を行う。 c) バルブ用回路 : バルブを動作させる為の電源供給と管理を行う。

Location No.	Control Valves with Actuators	Pressure Gauge	Flow meter	Water level sensor
1	○	○	○	○
2	○	○	○	○
3	○	○	○	○
4	○	○	○	○
5	○	○	○	○
6	○	○	○	○
7	○	○	○	○
8	○	○	○	○
9	○	○	○	○
10	○	○	○	○
11	○	○	○	○
12	○	○	○	○
13 注		○	○	○
14	○	○	○	○

注：外部系統とつながる管路の水量と圧力を監視するという機能が他と違う

(3) 活動の実施時期

当初計画では、SCADA システムの構築を1年次で終え、2～3年次にSCADA 操作を行い均等給水の実施、無収水率の算出を行う計画であった。しかしながら、SCADA 機器の発注や、道路掘削許可に遅れが生じた。さらに、レンガ積み製の耐水性が低いチャンバーの建設かつ不十分な仕上がりであったことから、雨期にチャンバーへ浸水が発生し、その浸水防止対策の検討・実証実験の期間を設けたこと、さらには、SCADA 業者の不十分な工程管理等により、SCADA システムの設計・調達・構築に4年半を要し、SCADA を操作する期間は当初予定の24か月から4か月に短縮された。表 3-3 に成果 2 の実施時期を示す。

表 3-3 成果 2 の活動と実施期間

分類	計画期間	実施期間	活動
計画	2013年6月～ 2014年1月 (8か月)	2013年6月～ 2014年6月 (13か月)	2-1: DJB における SCADA 活用状況に関するレビューを実施し、課題の整理を行う。 2-2: DJB に対し、日本の経験やシステムを紹介する。 2-3: SCADA を用いて均等給水及び無収水モニタリングがパイロットプロジェクトとして実施される。 2-3-1: パイロットエリア内の既存配水管網の布設状況の再確認及びパイロットプロジェクトにかかる実施計画の策定 2-3-2: 各 DMA における需要量の推定 2-3-3: パイロットプロジェクト実施に必要な機材の調達 2-3-8: 収入管理システムから得られるデータに基づくモニタリングエリア内の水道料金請求水量の算定 (第1回) 2-3-10: 漏水探知のデモンストレーション
調達・据付け・試運転	2013年11月～ 2014年4月 (6か月)	2014年6月～ 2017年12月 (43か月)	2-3-4: (a) デモンストレーション・チャンバーの建設と浸水防止に関する改善工事の有効性の確認 (b) 建設済チャンバーの浸水対策のための改善工事の実施 (c) 調達機器の設置と SCADA システムの試運転の実施

分類	計画期間	実施期間	活動
無収水分析・SCADA操作	2014年5月～ 2016年5月 (24か月)	2017年12月～ 2018年3月 (4か月)	2-3-5: SCADAを活用したパイロットプロジェクトエリア内の流量と圧力のモニタリング 2-3-6: 均等給水に係る問題点の抽出及び是正策の検討・決定 2-3-7: 給水格差是正のためのコントロールの実施及び効果の検討 2-3-8: 収入管理システムから得られるデータに基づくモニタリングエリア内の水道料金請求水量の算定(第2回) 2-3-9: 無収水率の算定 2-3-11: 流量、圧力コントロールと無収水モニタリングのためのマニュアル(SOP)とガイドラインの作成 2-3-12: パイロットプロジェクトの結果にかかるセミナーの開催 2-4: 均等給水及び無収水モニタリングを推進するにあたって改善が必要な課題を抽出する。

(4) 資機材の調達・据付け遅れと実施時期の変更

詳細は【活動 2-3-4】に示す。SCADA 関連資機材の調達・据付け⁴は、電動制御バルブ操作に必要なアクチュエータを除きプロジェクト開始2年後の2015年7月にNo.9を除く13ヶ所が完了していた。SCADA 据付けと並行して、DJB は土木工事⁵を進め、No.9を除く13ヶ所のチャンバーも2015年7月に完成していた。

しかし、2015年7月に発生したチャンバーへの雨水浸水対策のため、2016年3月の第5回JCCでチャンバーの耐水性改善策を議論し、改善策およびプロジェクト期間の延長が承認された。この合意に基づき、JETはデモンストレーション・チャンバーを2016年5月に建設し、浸水対策案とその効果を2016年8月に確認した。これを受け、DJBは2016年10月～12月に、No.9の1ヶ所を除く13ヶ所の既存チャンバーに対して内部の耐水性改善工事を実施した。未建設であったNo.9チャンバーは、2017年2月にRDS社が制御バルブ、流量計を設置した後に、DJBが2017年3月に建設した。

















一方、RDS社は、浸水警報装置の設置、浸水で損傷を受けた一部のアクチュエータの交換を、2017年1月に始めたものの、予定より大幅に遅れ2017年9月に完成した。その後、RDS社は軽微な不具合等の修繕を行い、SCADA関連機材の調達・据付け契約は、2017年12月に完了した。

(5) 成果2の担当メンバー

成果2は、主に以下の要員により、実施された。

⁴ JICA インド事務所による調達契約(契約先: RDS社)との契約に基づく

⁵ 電動制御バルブ・流量計を格納する14ヶ所のチャンバーの建設、埋戻し、舗装復旧等

DJB	JET
<p>Ramesh Thakur C. E. (NW) Overall</p> 	
(1) DMA and Civil	
<p>P. K. Jain S. E. (NW)</p> 	<p>Koichiro Azui DMA</p> 
<p>V K Singh E. E. (NW) III</p> 	<p>Noboru Saito Civil (1)</p> 
<p>Mukesh Jindal E. E. (NW) III</p> 	<p>Hiroshi Kojima Civil (2)</p> 
<p>Sandeep Sharma Z.E(NW) III</p> 	
<p>Yogender Singh J.E.(NW) III</p> 	
(2) SCADA	
<p>Ajay Kumar S. E. (Project) W-III</p> 	<p>Manabu Fukushima SCADA</p> 
<p>U.K. Rastogi E. E. (NW) E&M</p> 	
(3) NRW	
<p>Mukesh Jindal E. E. (NW) III</p> 	<p>Wataru Shimizu NRW Analysis</p> 
(4) Leak Detection	
	<p>Hiroki Horie Leak Detection (1)</p> 
	<p>Tetsuo Hayashi Leak Detection (2)</p> 

(6) 技術移転

1) 土木

建設済みチャンバーの耐水性改善工事およびチャンバー浸水後対応に関するノウハウを、土木担当責任者 EE (NW) III に移転した。さらに、2017 年 12 月に雨期後のチャンバー点検を想定した OJT を行った。これらの手順等は SCADA のガイドラインに反映した。

チャンバー浸水の反省から、今後は RC や PC 構造、水密性の高い鉄蓋等の採用を提言し、円借款事業では RC 製チャンバーが採用されている。

2) SCADA

DJB は、SCADA 操作の担当責任者として、ピランプラ地区の機電 EE NW (E&M) および土木 EE (NW) III⁶を任命した。EE は配下に ZE、AE、JE、配管工等の技能集団を抱えており、必要に応じて彼らを動員した。これらの職員が SCADA 設置作業および 8 日間の研修を通じて SCADA 操作等のノウハウを習得した。本研修では、6 日以上を受講出席者に対して JET が用意した簡単なペーパー試験を行い、試験に合格した 9 人のエンジニアをトレーナーとして認定し、修了書を授与した。

今後、円借款事業であるチャンドラワール配水系統や、他地区で SCADA に関与するエンジニアに対し、上記研修で育成された DJB トレーナーが SCADA の技術を伝達し定着させるため、DJB のトレーニングセルの研修メニューに SCADA 長期研修計画が組み込まれた。

また、SCADA マニュアル (SOP) ・ガイドラインを図書館に保管し、その情報を公開することとした。

3) 無収水

DJB は、NRW 担当責任者として、EE (NW) III を任命した。EE は配下に ZE、AE、JE、配管工等の技能集団を抱えており、必要に応じて個別調査や RMS データの確認のために彼らを動員した。

DJB には IWA の水収支分析表に批准し、無収水量は、①非請求認定給水量、②見かけ損失水量、③実損失水量の 3 つの要素から構成されていること、および無収水率算出方法を技術移転した。また、盗水や居住確認のために全戸調査の必要性を説き、DJB が独自に全戸調査を 2 回 (2015 年、2017 年) 実施した (うち 1 回は、CEO のイニシアチブで DJB の自主的事業として実施された)。その全戸調査結果と RMS データを照合し、RMS データに不備がないことを確認したのち、その値を Billed Authorized Consumption Volume とした。System Input Volume は同時期の SCADA データを用いた。

この地域では①検針期間が 2, 3 か月程度あり、検針データ取得期間が長い。②年間を通して自家用ポンプでのくみ上げのため、検針データに季節ごとの優位性が見られない。以上のことから、Billed Authorized Consumption Volume と System Input Volume は平均値を使うこととした。

⁶ 第 7 回 JCC の議事録では EE (NW) II と記載されているが正しくは EE (NW) III である。

a) Billed Authorized Consumption Volume

RMS データから Billed Authorized Consumption Volume を Revenue 担当から入手した。EE (NW) III が RMS データと DJB が実施した全戸調査結果の KNO 等の顧客情報を照らし合わせて、データに過不足がないかを確認し、Billed Authorized Consumption Volume を確定した。

b) System Input Volume

EE (NW) III が SCADA データから System Input Volume を算出した。

c) 無収水率の算出

EE (NW) III が Billed Authorized Consumption Volume と System Input Volume を用いて無収水率を算出した。また、SCADA 設置作業および SCADA 操作等のノウハウを習得する研修においても EE (NW) III が、DJB 研修生に対して無収水の講義を行っており、彼らが無収水率の算出を理解していることが確認できた。

4) Leak Detection

2014 年 8 月 25 日に漏水探知に関する日本の技術を DJB 職員へ紹介するために、漏水探知デモンストレーションを行った。DJB 職員約 30 名が出席した。ピタンプラ配水事務所の敷地内で漏水発見機器（音聴棒、電子式漏水発見器、埋設管探知機）の説明を行い、その後 DMA1 において、それらの漏水発見機器を用いた漏水探知技術の紹介をした。

Addl.CEO を始め多くの DJB 職員が実機を使い、埋設管の位置特定や漏水音を確認することが出来た。

これらの技術移転をもって成果 2 に対する活動を終了した。なお、SCADA 機器故障時やチャンバーへの浸水対応などの維持管理に関する手順や体制についても実際の故障時での OJT を行いながら移転し、これらの手順等は SCADA ガイドラインにも反映されている。SCADA マニュアル (SOP) ・ガイドラインの暫定版は図書館に保管され、その情報が公開されている。

【活動 2-1】 DJB 内の SCADA 活用状況のレビューを行う。**(1) DJB における SCADA の活用状況**

表 3-4 は DJB における SCADA の活用状況を示している。既設浄水場の多くは建設時期が古いため、基本的に手動によるバルブの開閉や機器の運転/停止が採用されているが、DJB が所有する浄水場 8 カ所のうち近年に建設されたソニアビハール、ナングロイ、バギラティの 3 カ所の浄水場については SCADA による監視・制御が実施されている。また、ピタンプラ配水池・ポンプ場においても SCADA が導入されており、配水池の監視や配水ポンプの運転を行なっている。

しかしながら、DJB が採用している SCADA は、浄水場・配水池/ポンプ場・送配水管の各々を個別に対象としているものであり、需要水量の変動に対し、浄水場・配水池/ポンプ場・送配水管や配水管網に構築されている DMA まで連動して運転するような包括的な SCADA 運用とはなっていない。

表 3-4 DJB における浄水場配水系列での SCADA 活用状況

浄水場配水系列	浄水場	配水池 /ポンプ場	配水/DMA	目的
ソニアビハール浄水場	○			浄水場の監視・制御
ナングロイ浄水場および配水系統	○	○		浄水場、配水池の監視・制御
バギラティ浄水場および配水系統	○	○		浄水場、配水池の監視・制御
ピタンプラ配水池・ポンプ場		○		配水池の監視・制御
ピタンプラパイロットプロジェクト (本プロジェクト)			○ (配水制御)	配水区域の監視・制御

(2) ピタンプラ配水池・ポンプ場の SCADA の運転・管理状況の確認

ピタンプラ配水池では SCADA による配水池の水位、配水ポンプやバルブ稼働状態、配水池出側の流量や圧力を監視している。また、時間給水であるため、午前と午後の決められた配水時間に SCADA からオン、オフ操作にて配水ポンプを起動し、定流量運転をおこなっている。ピタンプラ配水池・ポンプ場においては、下記の課題が考えられた。

- 1) 定流量を配水するだけの水運用方法であるため、配水池に近い地区に多くの水が配られ、遠くの地区まで水が行き渡らない状況である。
- 2) それぞれの地区に均等に配水できているか確認・検証する方法がない。
- 3) 将来的に 24 時間連続給水となった際に、昼夜で変動の大きい水需要に応じた柔軟なポンプの運転が求められる。

【活動 2-2】 DJB に対し、日本の経験やシステムを紹介する。

日本は包括的な SCADA 運用に関する優れた技術を有しており、DJB 側もこういった SCADA による水運用に興味を持っていることから、システムを用いた 24 時間連続給水や均等給水を紹介した。さらに、ポンプ運転による適正圧力による漏水低減等の無収水対策や省エネ効果について先行する東京都の実例や日本企業の技術も DJB へ紹介した。

表 3-5 SCADA に関する日本の経験やシステムの紹介

機会	時期	紹介内容
第2回セミナー	2014年3月6日	「東京都の施設改善」として、東京都水道局の水運用センター、浄水場を紹介した。
本邦研修	2014年11月10日～18日	東京都水道局水運用センター、三園浄水場、小右衛門給水所での SCADA 施設視察や、日立大みか事業所 SCADA デモ体験を通して、単に施設概要や機器説明のみならず、蓄積されたデータに基づく適切な配水計画の必要性、施設の省人化による効率的な維持管理、最終的な判断や非常時対応には経験やノウハウを有する熟練したエンジニアとその育成が必要なことなどを学んだ。

機会	時期	紹介内容
第5回セミナー	2017年8月29日	「東京都の均等給水実現と無収水管理（SCADA Systemの導入）」として、デリーと東京の状況の違い比較しながら、SCADA導入の意義や効果、導入に向けた課題等を整理した。
第6回セミナー	2018年2月27日	「デリーの水供給の発展に向けて～現在の課題と今後のビジョン～」として、これまでの5年間の活動を振り返る中で、限られた水源で安定給水や持続的に水事業を行うために、SCADAを用いた配水管理や、無収水管理をしていくことの重要性をレビューした。

【活動 2-3】 SCADA を用いて均等給水及び無収水モニタリングがパイロットプロジェクトとして実施される。

【活動 2-3-1】 パイロットエリア内の既存配水管網の布設状況の再確認

詳細計画策定調査（2012年）では、図 3-2 に示すようにピタンプラ配水地区に3箇所のDMAを設けることが検討されていた。本調査では、以下の観点からDMAの再選定を行った。

- (1) 既設管の布設位置、管径、管材の確認（ヒアリング及びDSSDI図面との比較）
- (2) DMAが水理的に独立できるかの確認
- (3) バルブ及び流量計の設置が物理的に可能かの確認
- (4) 試掘調査による既設管の布設位置、管径、管材等の確認

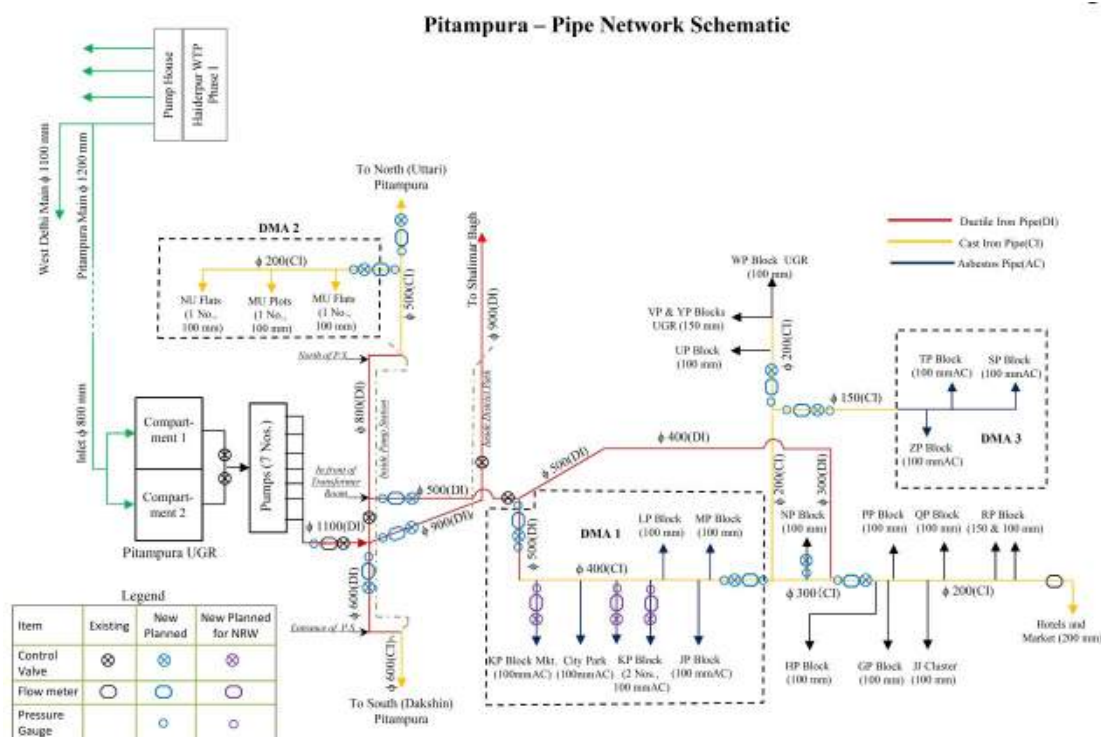


図 3-2 パイロットプロジェクト地区の管網図（詳細計画策定調査時）

(1) 既設管の布設位置、管径、管材の確認（ヒアリング及び DSSDI 図面との比較）

JET は以下の手順で既設管の情報を確認した。

- 1) DJB が保有する DSSDI の上水道配管図を打ち出す。
- 2) 図面を基に ZE に配管位置と管径を確認する。
- 3) 修正した情報を DSSDI に反映する。

DSSDI 調査は 2007 年にデリー全域の地下埋設物情報を収集するために実施された。この調査は、『最先端の技術を適用し地下埋設物を探索した。これによって正確な埋設物の電子データを得ることができるようになった』といった文書がホームページに記載されている。

しかしながら、DSSDI 図面の確認作業を ZE と実施したところ、DSSDI の情報は多くの地点で現況と異なっていることが判明した。大きな相違点として、ピタンプラ配水地区は 2010 年に新設のピタンプラ配水池から各家庭に配水するシステムに変更されているが、DSSDI は 2009 年頃までの配管情報に基づいており、これらの情報は更新されていなかった。さらに DJB は配水の不均等を是正するため、詳細計画策定調査以降に配水管を新設していた（図 3-3 参照）。

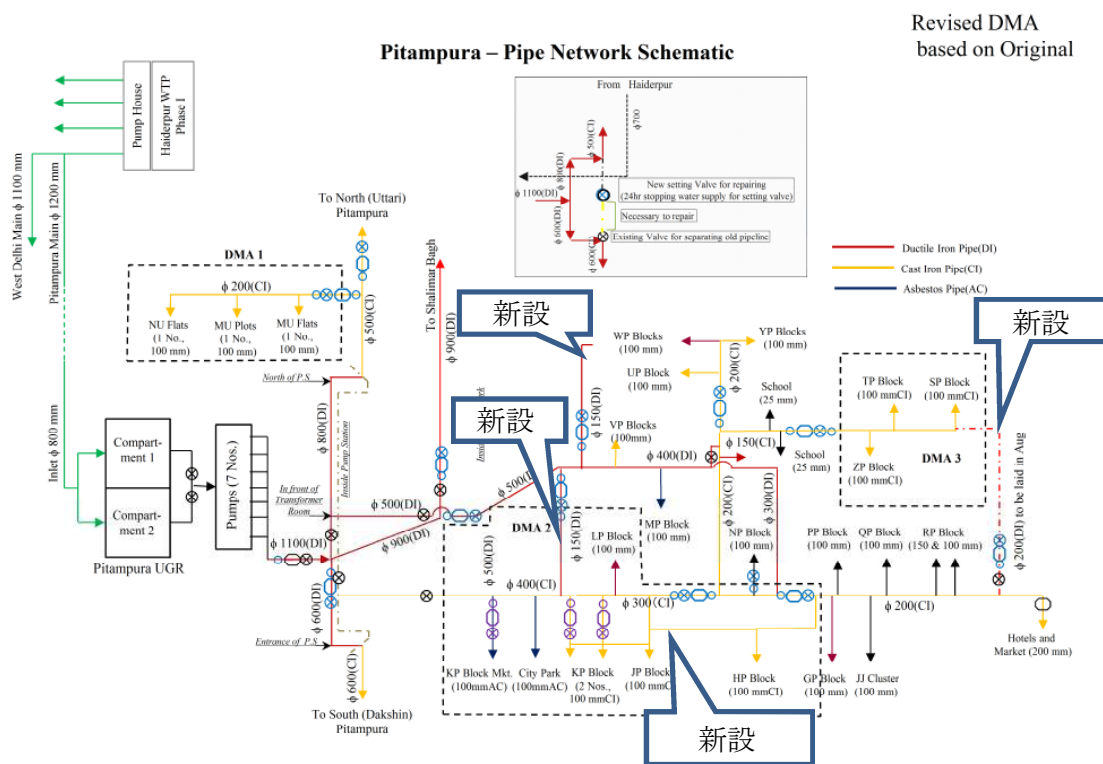


図 3-3 情報更新後の配管図（2013 年 7 月時点）

(2) 各 DMA が水理的に独立できるかの確認

水量・水圧を監視することを目的として DMA を設置するため、DMA への配水は配水本管からに限り、隣接する他の DMA からの流入は遮断しなければならない。

MP においても現在の複雑な配水管網を是正するため、浄水場から配水池までの送水管、配水池から DMA までの配水本管、DMA 内の配水・給水管からなる 3 階層システムを提案している。

上記の観点から、JET は各 DMA に主配水管以外からの流入が無く水理的に独立していることを ZE と共に、配管接続状況を DJB の保有する DSSDI で調べ、さらに管網を把握している EE、AE、ZE 等と確認した⁷。加えて、ピタンプラ配水地区には井戸等の水源が存在しないことも確認した。

(3) バルブ及び流量計の設置が物理的に可能かの確認

バルブ及び流量計の設置には十分な施工スペースが必要となる。このため、比較的管径の大きい 300mm 以上の配水管について、バルブ及び流量計の設置予定地を確認した。

予定していた DMA2 については、幹線道路上（City park road）にバルブ・流量計室を設置する必要があったが、以下の観点から DMA 対象区域を変更した。

- 1) 本幹線道路で工事承認を得ることが難しい。
- 2) 他の埋設管が多数設置されているため、バルブ及び流量計を設置する十分なスペースを確保することが困難である。
- 3) 幹線道路上にバルブ・流量計室を設置すると維持管理が困難になる。

本プロジェクトで計画した DMA を図 3-4 に示す。ピタンプラ UP、VP、WP、YP ブロック（図 3-13 参照）を新 DMA2 とすることとした。新 DMA2 についても水理的に独立していることを確認し、かつ井戸などの他水源がないことも確認した。この DMA の変更は、第 1 回 JCC にて承認された。

⁷ DMA の水理的独立の検証は、最終的には DMA への流入バルブを閉めた時、DMA 内の水圧がゼロになることで確認した。この確認は、【活動 2-3-9】参照されたい。



DJB との配管位置確認作業 -1-



DJB との配管位置確認作業 -2-



パイロットプロジェクト地区の
配水状況のヒアリング

Pitampura – Pipe Network Schematic

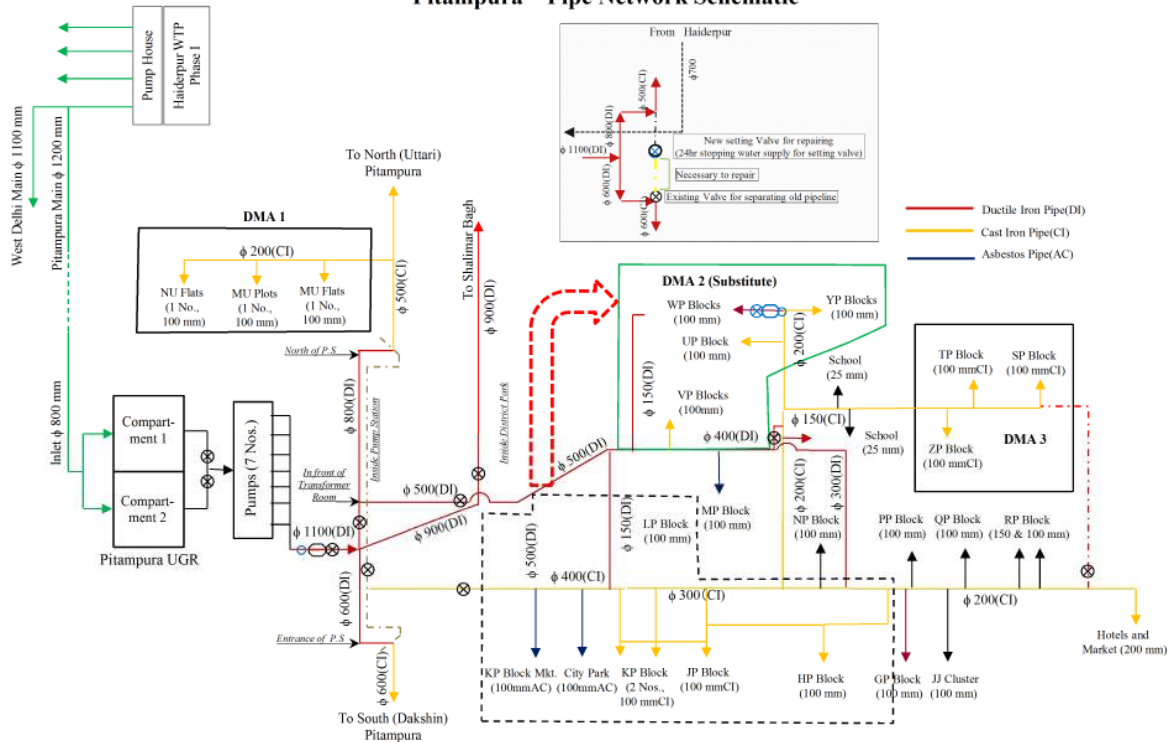


図 3-4 計画した DMA の位置

(4) 試掘調査による既設管の布設位置、管径、管材等の確認

既設管の正確な情報を最終確認するため、バルブ及び流量計設置予定地点において試掘調査を実施した。試掘調査では、目視による管材確認、外径を計測することによる管径確認、および埋設深の計測を行った。

DJB と確認した管情報と実際の布設管とで相違があったものについて表 3-6 及び図 3-5 に示す。

表 3-6 試掘調査の結果

番号	図中番号	変更内容
1	No.5	管径 600mm → 800mm
2	No.8	管径 150mm → 200mm
3	No.9	管径 200mm → 250mm
4	No.10	管径 200mm → 250mm

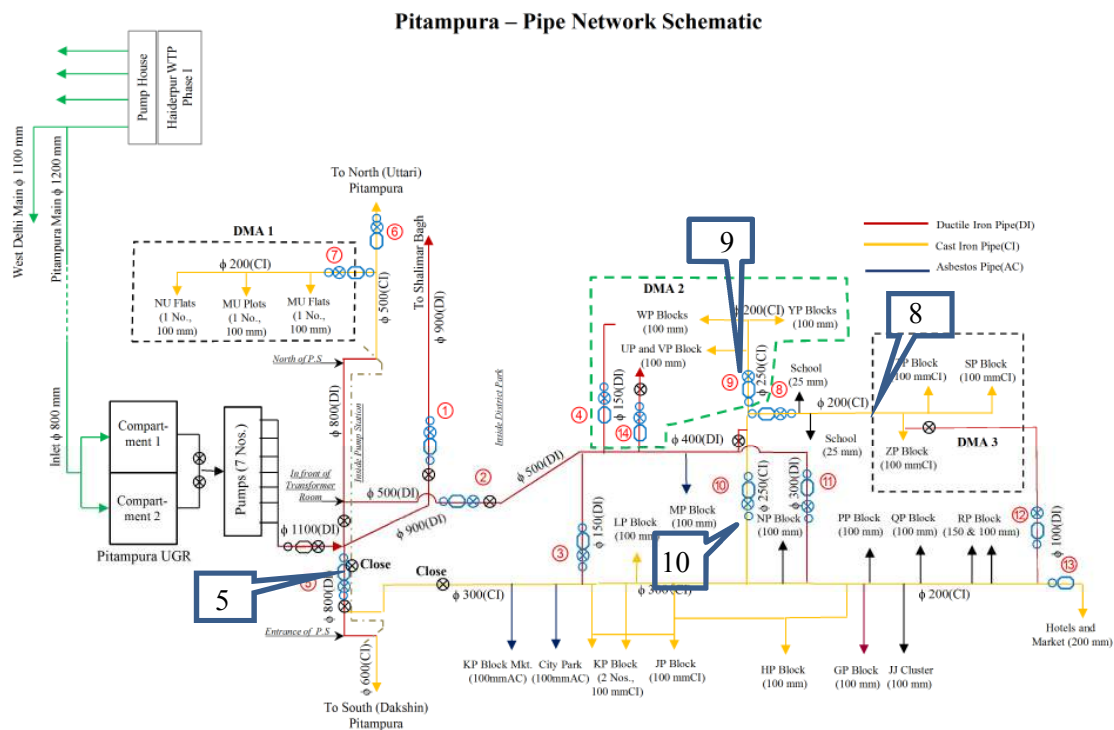


図 3-5 試掘調査結果による管情報の変更箇所



試掘による管情報（管径・埋設深）確認作業

【活動 2-3-2】パイロットプロジェクト実施計画の策定

パイロットプロジェクトの実施計画として以下を検討した。

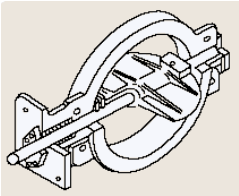
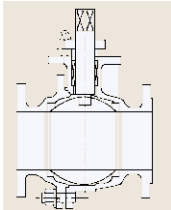
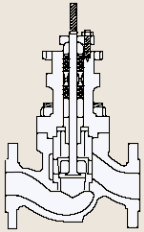
- (1) 監視制御機器の選定：DMA を監視制御するための機器の選定
- (2) SCADA システムの概略設計：DMA を監視制御するための SCADA システムの概略設計
- (3) 調達項目：パイロットプロジェクトに必要な調達項目とその分担

(1) 監視・制御機器の選定

1) 制御バルブの選定

表 3-7 に、制御バルブとして使われている一般的なバルブを示す。流量を制御するには水圧のかかったバルブの開度を微調整する必要がある、開閉のトルクが小さくかつ流量コントロールが容易なバルブが適している。本プロジェクトでは、細かな流量制御が可能でバルブ開閉時のトルクも小さく、かつ大口径への適用も可能なバラフライバルブを採用した。



表 3-7 制御バルブの特徴

	バラフライバルブ	ボールバルブ	グローブバルブ
機 構			
長 所	流量制御が容易 本体サイズが小さい 流体抵抗が小さい 完全閉塞が可能 大口径へ適用可能	本体サイズが小さい 流体抵抗が小さい 完全閉塞が可能	流量制御が容易
短 所	設置方向に留意	流量制御が比較的難しい バルブ開閉時のトルクが大きい 大口径は製造されていない	バルブ開閉時のトルクが大きい 大口径は製造されていない
評 価	採 用		

2) 流量計の選定

配水管内の流量を計測するのに適した主要な流量計として電磁流量計と超音波流量計がある。それぞれの特徴を表 3-8 に示す。本プロジェクトエリアは時間給水を採用しているため、ポンプの間欠運転により気泡が発生しやすい環境であることから、電磁流量計を採用した。

表 3-8 流量計の特徴

	電磁流量計	超音波流量計
構造		
必要な直管延長	上流側: 5~10D(管径)、下流側: 3D	上流側: 10D、下流側: 5D
長所	水頭損失がない 精度が高い(±0.5 ~ 1.0%) 耐食性 大口径へ適用可能	水頭損失がない 低価格 多用途で利用可
短所	設置方向に留意	管内の気泡に影響される 調整が必要
評価	採用	

3) ジョイントの選定 (バルブと流量計に係る)

既存配水管にバルブと流量計を設置するには、既存管を切断・撤去した後にこれらを据付ける必要がある。これらが確実に接続できなければジョイント部分から漏水が発生する原因となる。

CPWD が発行している土木一般仕様書 (2009 年版) には、既存管と新設管の接続方法については明記されていない。このため DJB の配管業者は、鋼管は溶接により接続し、コンクリート管や鋳鉄管は既設管のソケット部分に鋼管を挿入しジョイント部分を麻縄で目張りし液状のゴムを流し込むといった手法が取られている。工事状況を図 3-6 に示す。

本プロジェクトでは、上記のインドで一般的に用いられているジョイントは漏水が多いため、インド国内でも調達可能であり、漏水の少ないカップリングを採用した (図 3-7)。





図 3-6 工事状況写真

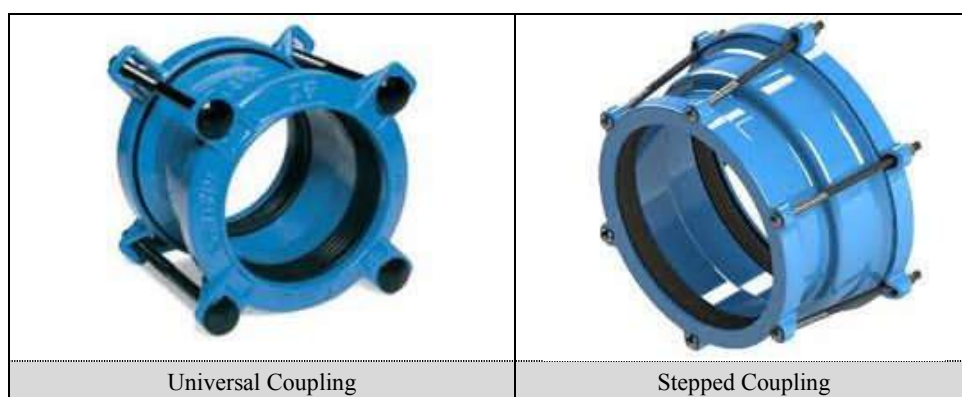


図 3-7 カップリング (サンプル)

(2) SCADA システムの概略設計

1) 既存配水管網への SCADA 設置計画

【活動 2-1】のピタンプラ配水池・ポンプ場での SCADA による施設の運転・管理の目的の 1 つが均等給水である。これに対し、本 SCADA システムにて、ピタンプラ配水池から各 DMA までの管路の水量・圧力を監視し配水の不均等を確認する。さらに各 DMA の入口に設置するバルブの開度を遠隔操作することにより流量と圧力を制御し、時間給水状況下における均等給水の実現性を検証する。図 3-8 に、この均等給水を実現するパイロットプロジェクトでの SCADA の概要を示す。

計画・導入した SCADA システムの内容は以下の通りである。

2) ピタンプラ配水池・ポンプ場への SCADA システムの導入

図 3-9 は、ピタンプラ配水池・ポンプ場へ導入した SCADA システムの構成である。

- Data collection Server : 各路上局の PLC から無線通信(GPRS 通信)を用いて測定データを取り込む。
- SCADA Server: 監視・制御を司り SCADA クライアントのグラフィック画面を管理する。
- Reporting system: 均等給水や無収水率算出のための SCADA データをレポート生成する。

- d) Pipe network calculation system, : リアルタイム管網計算を実現する。
- e) SCADA Client : ピタンプラ配水池・ポンプ場と E&M,Civil エンジニアの各事務室に設置する。

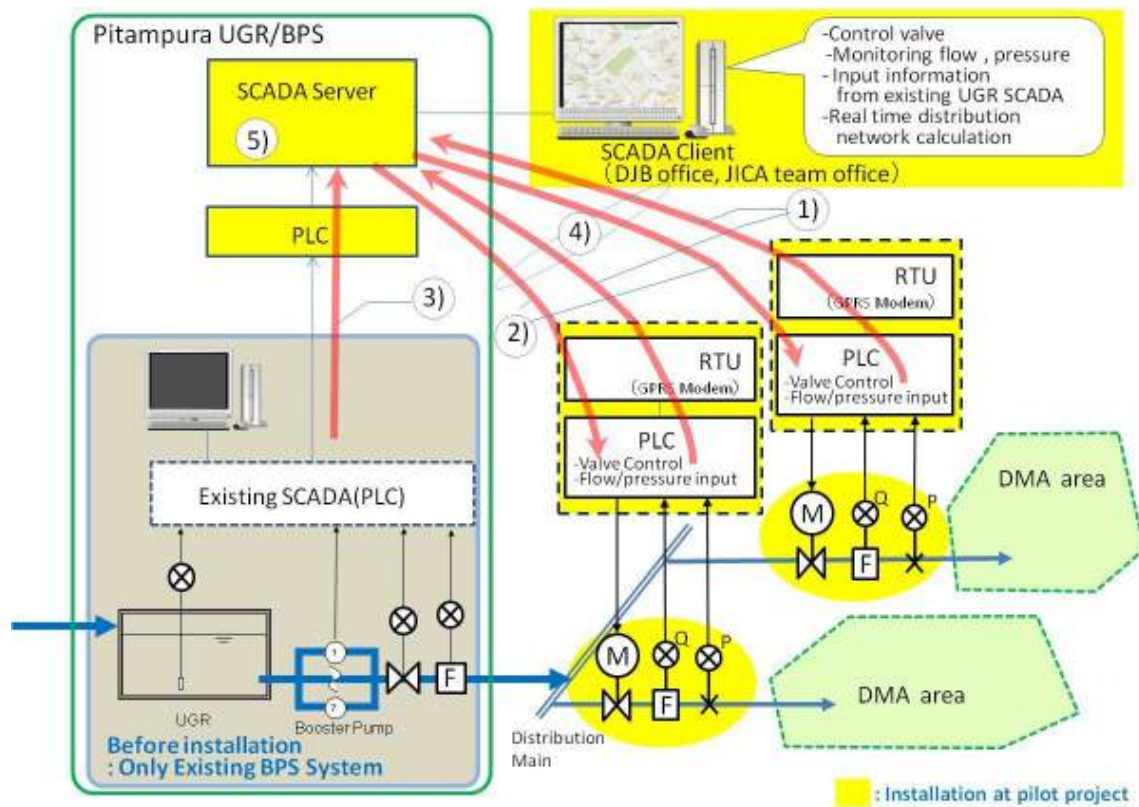


図 3-8 パイロット配水 SCADA システム

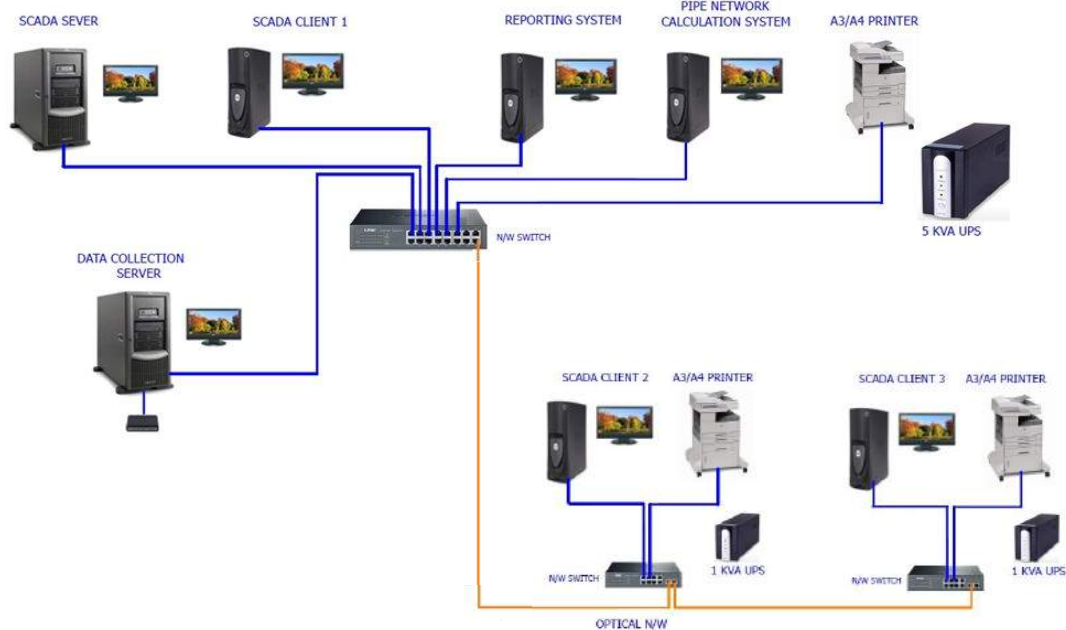


図 3-9 SCADA システムの構成

3) 流量と圧力の監視

図 3-10 に、パイロット地区に設置した計測点を示す。SCADA にて、図内の 14 か所の各計測点の水量と圧力をリアルタイムに監視する。これは、各計測点の流量計と圧力計の計測データを路上局の PLC から無線通信(GPRS 通信)を用いて SCADA へ送信し、SCADA クライアントのグラフィック画面にて現在の状態を表示する。

配水 SCADA は DJB では初めての試みであり、例えば各計測点の流量と圧力を地理的に理解できるようなインターフェースを採用した。

4) SCADA によるバルブ制御

従来現場にて手動でおこなっていたバルブ開閉操作を、バルブに駆動装置(アクチュエータ)をつけることで遠隔制御する。パイロット地区に設置したバルブは、図 3-10 にある 14 か所の測定局の内、No.13 を除く 13 か所である。

路上局は電源がとれる場所を選定した。施工時にはチャンバーや電源引き込みの環境により電源ケーブル布設を検討する必要があり、RDS 社、DJB、電力会社と連携して対応した。

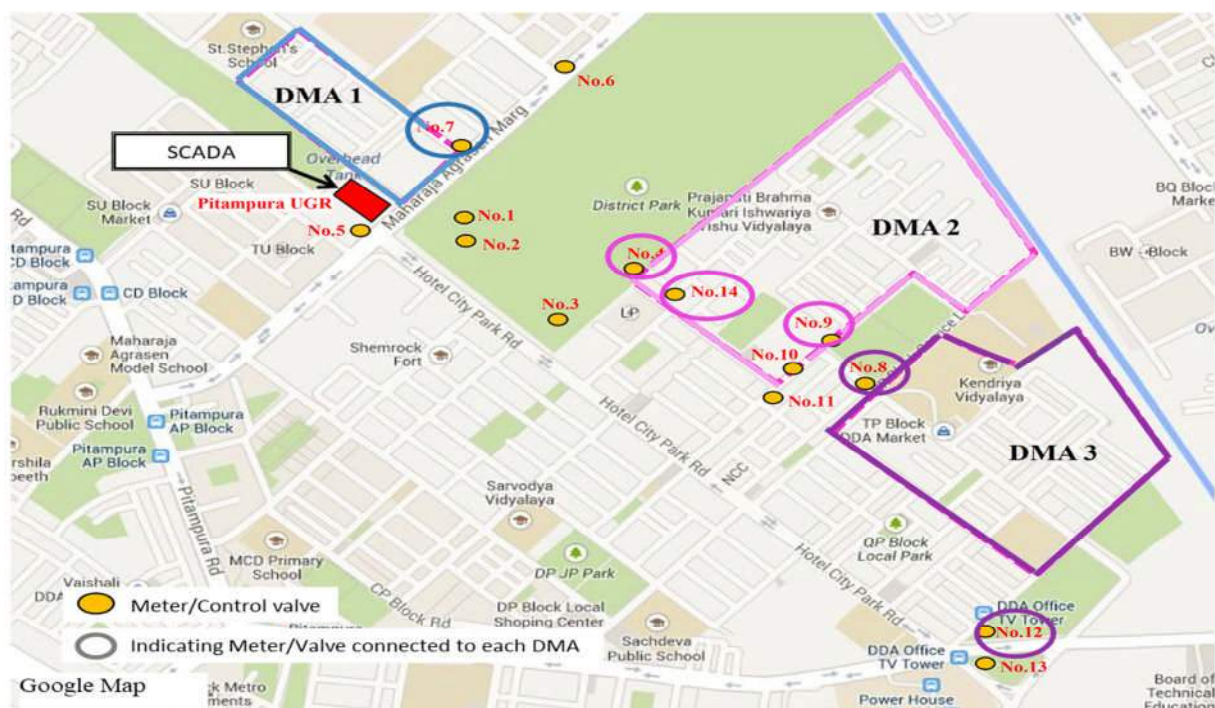


図 3-10 パイロット地区の計測点

5) 既設 UGR の SCADA からの情報入力

ピタンプラ配水池の既存 SCADA は、図 3-11 に示すように配水池の水位、配水ポンプの運転時間・配水量、配水ポンプ直下の配水本管の配水圧力を監視している。これらの情報は均等給水を実現するために必要であるため、今回導入する配水 SCADA に取り込んだ。

これにより、既設 SCADA の改造も必要となった。既設 SCADA の製作図面はほとんど残っていなかったことから現場調査した結果を踏まえ、信号ケーブル端子にてケーブル分岐接続を

行った。既設 SCADA からの情報取り込み、および配水 SCADA のピタンプラ配水池への設置に関する設計段階では、RDS 社及び DJB と打合せを行った。

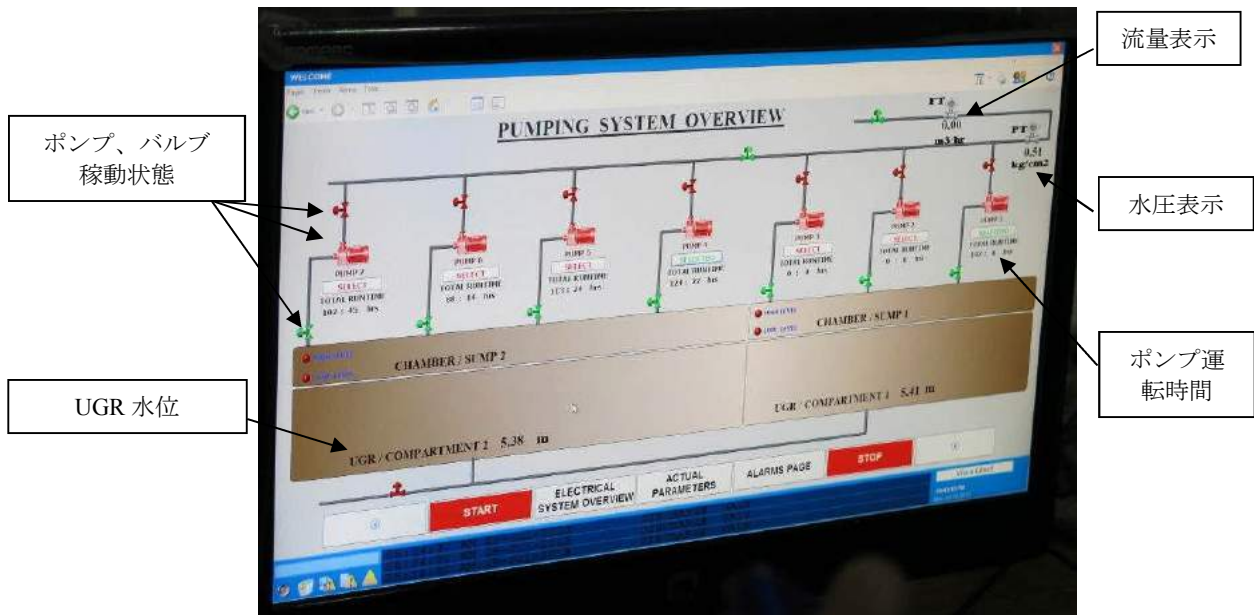


図 3-11 既設 UGR の SCADA 画面

6) 配水管網での計測路上局設置と GPRS 通信

配水管網で水量・圧力の監視、バルブ制御をおこなう路上局（図 3-12）を設置した。こういった路上局を公園や路肩に設置することはデリーではほとんど前例が無い。このため、資機材の盗難や破損に備え路上局にフェンスや盤を設けた。また、GPRS 通信については通信会社との契約が DJB の分担範囲であり、これについても RDS 社と DJB と連携し通信条件設定の対応をした。



図 3-12 路上局

7) リアルタイム管網計算

本パイロットプロジェクトでは、バルブ操作による水道管路の水の流れや圧力の変化や影響をシミュレーションするためにリアルタイムに動作する管網計算機能を設けた。このリアルタイム管網計算機能を用いると、刻々と変わる管路の状況（路上局で計測される水圧や流量以外の場所での水圧、流量、水の流れ方向）が計算・表示され、バルブ操作の影響をビジュアル的に確認しながら SCADA の操作を行える。

(3) 調達項目

第1回 JCC 会議（2013年8月）にて日本側とインド側の調達項目について確認を行い、表 3-9 の通りに合意した。

表 3-9 調達項目

番号	項目	調達分担	
		日本側（RDS社に委託）	インド側
A	SCADA center、Instrumentation at UGR、Wiring works in UGR and DMAs	●	
B	Supply, installation and commission of Control valves	●	
C	Supply, installation and commission of Flow meters	●	
D	Supply, installation and commission of Pressure gauges	●	
E	Civil works	● (Excavation for installing of equipments)	● (Chamber, Backfilling and Road restoration)
F	SCADA Components for DMAs and control points	●	
G	Operation cost (electricity、telecommunication)		●
H	Obtaining permission from relevant agencies		●

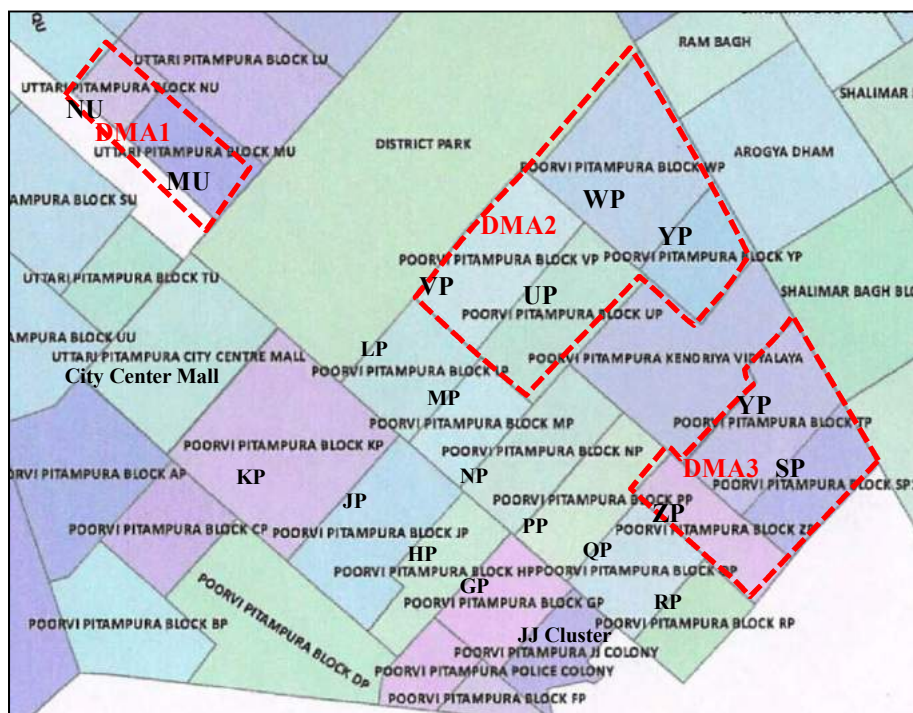


【活動 2-3-3】 各 DMA における需要規模の推定

本活動は、DMA の規模、DMA へ設置する流量計等の機器サイズ等を設定するため、2013 年 12 月に行った。

(1) ピタンプラ配水地区

ピタンプラ配水地区（一部）のブロック割り図を図 3-13 に示す。



出典：DSSDI、DJB

図 3-13 ピタンプラ配水地区（ブロック別）

(2) ピタンプラ・パイロットプロジェクトエリアの RMS データ

1) 顧客数（接続数）

表 3-10 に 2013 年 12 月時点のブロック別の顧客数を示す。RMS による顧客数（接続数）はパイロットプロジェクトエリアで 2,449 か所⁸であった。

⁸ 当時 RMS に登録されていた接続数である。第 1 次（2015 年）、第 2 次（2017 年）戸別調査（活動 2-3-8 を参照）によると、不法接続の摘発により接続数は 3,000 件を超えている。

表 3-10 顧客数（接続数）（2013年12月現在）

ブロック名	顧客数（接続数）
MU (DMA 1)	426
NU (DMA 1)	302
小計 (DMA 1)	728
UP (DMA 2)	179
VP (DMA 2)	108
WP (DMA 2)	703
YP (DMA 2)	185
小計 (DMA 2)	1,175
SP (DMA 3)	132
TP (DMA 3)	267
ZP (DMA 3)	147
小計 (DMA 3)	546
合計	2,449

2) 使用水量

DJBは検針員が顧客のメータを検針し実際に使用した水量に基づいて水道料金を請求している。検針員は自分の検針範囲（エリアコードとメータリーダコード）が定められており、現地で顧客番号と読み取ったメータを端末に入力し、データをサーバーに転送している。もしメータが家屋内にあり世帯主が不在で読み取れなかった場合、検針は次回に繰り越しているようである。なお、メータが設置されていない、もしくは設置されているが故障しているような場合は、 $0.73\text{m}^3/\text{日}$ （5名 x 145 lpcd）を推定水量として水道料金を請求している。

表 3-11 に 2013 年 12 月時点の RMS により集計した請求水量を示す。DMA1 が約 $410\text{m}^3/\text{日}$ 、DMA2 が約 $690\text{m}^3/\text{日}$ 、および DMA3 が約 $260\text{m}^3/\text{日}$ であった。

表 3-11 請求水量（RMS より 2013 年 12 月現在）

ブロック名	請求水量 (m ³)			計	日平均 請求水量 (m ³ /日)
	2013-01 (4月検針)	2013-02 (7月検針)	2013-03 (10月検針)		
MU (DMA 1)	24,464	21,984	15,190	61,638	
NU (DMA 1)	21,567	15,551	11,059	48,177	
小計 (DMA 1)	46,031	37,535	26,249	109,815	約410
UP (DMA 2)	11,598	8,517	7,622	27,737	
VP (DMA 2)	5,109	4,320	5,616	15,097	
WP (DMA 2)	43,624	43,241	31,439	118,252	
YP (DMA 2)	8,499	9,124	8,448	26,071	
小計 (DMA 2)	68,830	65,202	53,125	187,157	約690
SP (DMA 3)	7,345	6,492	5,528	19,365	
TP (DMA 3)	8,720	10,841	9,018	28,579	
ZP (DMA 3)	7,628	8,130	6,575	22,333	
小計 (DMA 3)	23,693	25,463	21,121	70,277	約260
合計	138,554	128,200	100,495	367,249	約 3,170

ここで、顧客が実際に使用した水量を推定するには以下の点を考慮しなければならない。

- ✓ DJB は 1 年に 4 回の水道メータ検針(Bill round)を実施している。検針された使用水量は RMS に登録され、後日請求水量に基づいて請求書が発行される。顧客がその検針時(Bill round)に請求された使用料を支払わなければ、次回の検針時(Bill round)に前回分の使用水量が加算されて請求される。このため、顧客が水道を使用していても未払いであった場合、請求できた水量（使用水量）として計上されていない。
- ✓ 請求額には推定使用水量（Provisional Consumption）が含まれている。例えば、メータが無かったりメータが故障したりしている場合、DJB は顧客に対し $0.73\text{m}^3/\text{日}$ （5 名 x 145 lpcd）を推定使用水量として課金している。

【活動 2-3-4】 (a) デモンストレーション・チャンバーの建設と浸水防止に関する改善工事の有効性の確認、(b) 建設済チャンバーの浸水対策のための改善工事の実施、および(c) 調達機器の設置と SCADA システムの試運転の実施

(1) 工程

プロジェクト開始時は活動 (c) のみであったが、2015 年 7 月にチャンバーに浸水する事態が生じ (a) 及び (b) の活動が、2016 年 3 月に追加され、本活動は当初計画より 1 年 8 ヶ月延長された。工事工程は、JCC や SCADA 調達進捗会議において、その都度調整・変更された。図 3-14 は、主なものである。

1) 当初計画

当初計画では、SCADA 機器の設置は 2014 年 4 月に終わり、同年 4 月から 2 か年の予定で SCADA 運用を行う計画としていた。

2) 第 1 次計画変更

調達スケジュールが下記により変更され、JICA と RDS 社は 2014 年 6 月に契約を締結した。

- ✓ 既設管確認のための試掘許可申請～試掘調査の追加実施
- ✓ SCADA 調達業者の選定
- ✓ 指名競争入札から一般競争入札（技術札を先に審査しその後価格札の入札を実施する 2 段階審査）へ変更

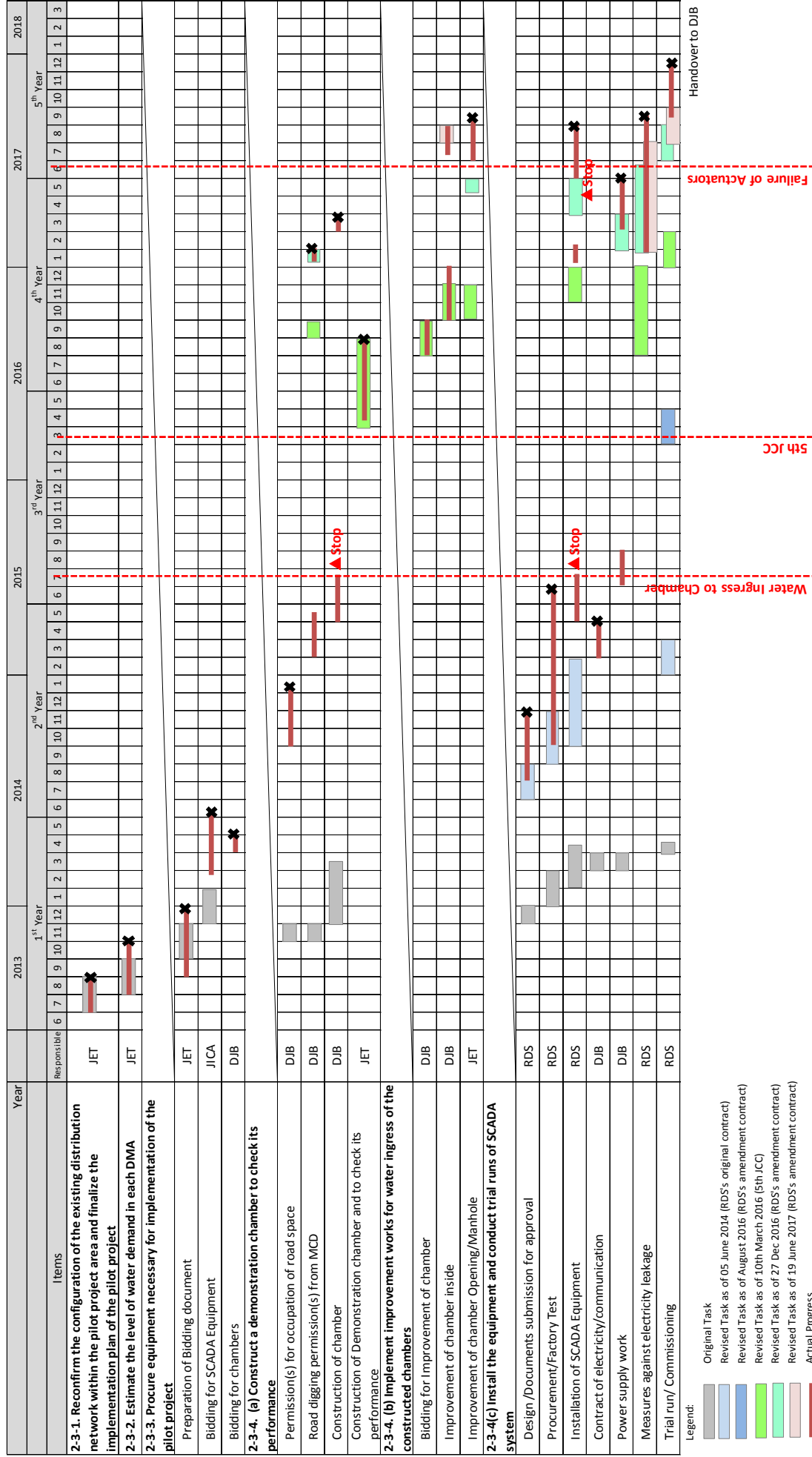


図 3-14 SCADA 調達の実施状況 (実施済み/当初予定のスケジュール)

表 3-12 業者調達の実施工程

公示	2014年2月24日～2月28日まで (JICA インド事務所ウェブサイト上)
関心表明受付期間	同上
入札図書受け取り業者	3社
入札説明会及び現場見学会	2014年3月10日
技術札の締切日	2014年4月1日
価格札の締切日	2014年5月2日
業者選定結果通知日	2014年5月15日
業者契約日	2014年6月5日 業者名：“Recktronic Devices and Systems” (RDS)

表 3-13 に契約時の RDS 社による SCADA 工事工程を示す。

表 3-13 RDS 社による SCADA 工事工程 (RDS 社契約時)



事前調査及び書類提出	2014年6月～7月
承認申請書類提出(SCADA 設計等)	2014年7月～8月
資機材発注	2014年8月
工場検査及び現地機器搬入	2014年9月～11月
資機材据付	2014年10月～2015年1月
現場検査・コミッション	2014年12月～2015年2月
試運転・機材引渡し	2015年3月

実際の SCADA 工事工程は、RDS 社の契約時スケジュールより遅れて、2015 年 7 月まで要した。主な理由を以降に示す。

<遅延の主な理由>

- a) SCADA 設計図書提出の遅れ：RDS 社の SCADA 設計図書の提出が遅れたため、機器製作の承認手続きも遅れた。(約 3 か月：2014 年 7～8 月予定⇒2014 年 7～11 月実施)
- b) 事前掘削の不許可による遅れ：RDS 社は事前にバルブ・流量計の据付け設置地点を試掘削して、既設管の仕様及び詳細な据付地点を確認確定する予定であった。しかしながら、据付全体の提案した掘削は規模が大きく道路管理者から承認を得ることが困難であったため、DJB は事前の掘削を許可しなかった。このため、RDS 社は早い時期の段階で管材の発注ができなかった。(約 3 か月：2014 年 7～8 月予定⇒2014 年 7～11 月実施)
- c) 管材の納期の遅れ：RDS 社が発注した管材の製造業者が定めた納期を守らなかったため、管材の現場到着が遅延した。(約 7 か月：2014 年 9～11 月予定⇒2014 年 10 月～2015 年 6 月実施)
- d) 契約変更による遅れ：1 箇所のバルブ・流量計の設置地点 (No.9) について、配水管に隣接して暗渠が存在し、工事の支障となるため暗渠との離隔を取る必要が生じた。これに伴い、RDS 社は JICA インド事務所と管材切廻しに係る契約変更を行ったが、RDS 社側の書類の手配や対応の遅れにより、契約変更手続きが遅延して、工事着手も遅れた。(予定なし)

- e) 電気供給の遅れ： DJB は電気会社に各現場盤への電気接続を契約したが、夏の電気需要量のピーク時期であったため電気会社は早急に対応することができなかった。このため、各現場盤への通電が遅れ、据付け機材の動作確認ができなかった。(約 4 か月：2015 年 5 月予定⇒2015 年 7-8 月実施)

	
<p>PLC 盤設置 (地点 4)</p>	<p>バルブ・流量計据付け (地点 2) 2015 年 5 月 25 日</p>
	
<p>バルブ・流量計据付け (地点 4) 2015 年 4 月 1 日</p>	

3) 第 2 次計画変更

同上工事の終了間際の 2015 年 7 月に建設済みのチャンバーに浸水する事態が生じた。チャンバー内には電動バルブが設置されており、アクチュエーターが水没して故障することを恐れ、RDS 社は、電動バルブを駆動するアクチュエーターの取付けを保留した。これに伴い、SCADA 機器引渡し期限が、2015 年 3 月から 2016 年 4 月に変更された。

	
チャンバー内の浸水 (地点6) 2015年8月11日	チャンバー内の浸水 (地点11) 2015年8月11日

4) 第3次計画変更

第5回JCC(2016年3月)にて、JICA、DJBの双方でチャンバーの浸水防止対策を講じること、プロジェクト期間を2018年3月まで1年8か月延長する事が協議、合意された。

浸水防止策はチャンバーの耐水性の向上と浸水検知装置の設置であった。耐水性の向上策を確認するため、同年4月～5月にデモンストレーション・チャンバーを建設し、同年8月にJETの提案した耐水性改善案の有効性を確認することとした。

さらに、RDS社は、浸水検知装置の設置を追加工事として実施することとし、これに伴い、SCADA機器引渡し期限が、2017年2月に変更された。

表3-14 追加された浸水対策

	段階	目的	対策
2016年4月 ～ 2016年8月	第1	チャンバーの耐水性改善により浸入水を最小限にする	<ul style="list-style-type: none"> 搬出入用開口の密閉 維持管理用マンホールの改善(パッキン挿入及びマンホールの施錠) チャンバー本体の改善(デモンストレーション用チャンバーによる耐水試験の実施)
2016年8月 ～ 2016年12月	第2	機材が浸水する前に電源を遮断する	<ul style="list-style-type: none"> 水位検知し、電源遮断する仕掛けの設置
	第3	第2段階が不動作でも安全性を確保する	<ul style="list-style-type: none"> 機材及びケーブル類の適切な防水性能(主要な機材はIP68適合済) アース、漏電(地絡)保護設備装置、漏電ブレーカにより漏電保護
2016年8月 ～ 2017年2月	全体	上記に加え、施工監理・維持管理面における安全対策	<ul style="list-style-type: none"> 電気設備工事の監理(現地電気設備エンジニアを雇用して実施)。 SCADA設備(チャンバー含)のメンテナンス契約(DJB側に予算措置を依頼)

5) 第4次計画変更

DJBによるチャンバーの耐水性改善工事は2016年12月までに終えた。しかし、RDS社は、追加工事である電源遮断装置の調達が遅れ、同設置工事は2017年1月に始められた。これに伴い、SCADA機器引渡し期限が、2017年8月に変更された。

工事期間中には、次のようなトラブルがあった。

- 1) No.7、8、14 は圧力計の設置作業スペースの問題
- 2) No.10 流量計機器トラブル
- 3) DJB 担当の電気工事に関する電気の契約や支払手続の遅れ
- 4) 運転情報を SCADA センターへ送信する通信設備の切替え

上記のうち通信設備については、DJB は 2015 年 6 月に国営通信事業者 MTNL 社と契約し、2017 年 2 月末までに工事を完了させる予定であった。しかし、工事は予定より遅れ、2017 年 6 月に設置された。

一方で工事が完了した通信会社 MTNL の SIM カードは、通信状況悪く使用できなかったため、DJB は 14 箇所すべてを Airtel 社の SIM カードへ切替えた。しかし、内 8 箇所について継続通信ができない状況であったため、DJB は Vodafone 社の SIM カードへ切り替えた。

6) 第 5 次計画変更

2017 年 6 月に再び浸水が生じたため、再びチャンバー改善工事が行われ、それに伴い工程が変更された。SCADA 機器引渡し期限が、2017 年 9 月に変更された。

SCADA 機器の試運転期間中にも多くの不具合が発見され、RDS 社は改善作業を行った。2017 年 12 月 14 日に是正措置の最終確認が行われて、完工証明書および DJB への機器引き渡し書が同日に発行された。この結果、SCADA 運用は計画よりも大幅に短縮され、同年 12 月から 2018 年 3 月の 4 ヶ月間となった。

7) SCADA 調達進捗会議

2014 年 7 月から 2017 年 11 月までの間に、25 回にわたって JICA インド事務所、RDS 社、DJB、JET の出席により、工事の進捗実績及び今後の作業予定を確認する SCADA 調達進捗会議が開催された。会議の日時、出席者、及び主な協議内容は添付資料-7 に示す。



【2-3-4】(a) デモンストレーション・チャンバーの建設と浸水防止に関する改善工事の有効性の確認

(1) DJB によるチャンバー建設

流量計と制御バルブを格納するためのチャンバーが DJB によって建設された。しかしながら、そのうちの幾つかのチャンバーは表 3-15 に示す通り、雨期に浸水が起こった。

表 3-15 チャンバーと制御バルブ、流量計

地点	チャンバー内径 (DJB)	浸水の有無			格納機器 (RDS 社)
		2015 年 7 月	2016 年 7 月	2017 年 7 月	
1	W 2.70m x L 2.25m x D 2.30m	無	無	無	制御バルブ (900mm)
	W 2.70m x L 1.86m x D 2.30m	無	無	無	流量計 (900mm)
2	W 2.30m x L 1.87m x D 2.20m	無	無	無	制御バルブ (500mm)
	W 2.30m x L 1.54m x D 2.20m	無	無	無	流量計 (500mm)
3	W 2.20m x L 2.64m x D 1.60m	無	無	無	制御バルブ及び流量計 (150mm)
4	W 2.20m x L 2.64m x D 1.50m	無	無	無	制御バルブ及び流量計 (150mm)
5	W 2.70m x L 2.15m x D 1.70m	無	無	無	制御バルブ (800mm)
	W 2.70m x L 1.82m x D 1.70m	無	無	無	流量計 (800mm)
6	W 2.30m x L 1.87m x D 1.50m	有	有	有	制御バルブ (500mm)
	W 2.30m x L 1.54m x D 1.50m	有	有	有	流量計 (500mm)
7	W 2.20m x L 2.71m x D 1.50m	有	有	有	制御バルブ及び流量計 (200mm)
8	W 2.20m x L 2.71m x D 2.20m	有	有	無	制御バルブ及び流量計 (200mm)
9	W 2.20m x L 3.11m x D 2.10m	未設置	未設置	無	制御バルブ及び流量計 (250mm)
10	W 2.20m x L 3.11m x D 1.60m	有	有	無	制御バルブ及び流量計 (250mm)
11	W 2.20m x L 3.36m x D 1.50m	有	有	無	制御バルブ及び流量計 (300mm)
12	W 2.20m x L 2.54m x D 1.50m	無	無	無	制御バルブ及び流量計 (100mm)
13	W 2.20m x L 1.50m x D 1.50m	無	無	無	流量計 (100mm)
14	W 2.20m x L 2.64m x D 1.60m	有	有	無	制御バルブ及び流量計 (150mm)

注：1. 位置は図 3.1 を参照。

2. 管径 300 mm 以下は制御バルブと流量計を同一チャンバー内に格納。管径 500 mm 以上は別チャンバーに格納。



建設中のNo.9 チャンバー

(2) チャンバー浸水対策

2015年7月に発生したチャンバーへの浸水対策のために、2015年12月に、DJBとJICAの間で解決策が合意された。その後、2016年3月の第5回JCCで改善策の実施が合意された。上述の第3次変更にした通り、解決策の第一段階としてモデルチャンバーが建設され、考案された防水対策の有効性が2016年8月開催の第6回JCCで承認された。浸水対策の経緯を表3-16に示す。

表 3-16 チャンバーの浸水対策

担当	JET	DJB	JICA (RDS 社)
時期	デモンストレーション・チャンバーの建設と改善方法の提言	チャンバーの改善工事	漏電対策等の実施
2016年3月	JCCにおいて改善策の実施を承認		
2016年4～5月	デモンストレーション・チャンバーの建設	施工監理 (技術移転)	
2016年6～7月	デモンストレーション・チャンバーにおいて、耐水試験及び改善方法の検討 雨季におけるデモンストレーション・チャンバーの耐水試験		
2016年8月	デモンストレーション・チャンバーの雨季の浸水状況の確認および最終検査	同左	漏電対策追加工事に関する見積
2016年8～9月	既存チャンバー改善工事の仕様策定	No.9を除く13ヶ所チャンバー改善工事の発注、道路掘削許可取得	見積評価・契約交渉
2016年10～12月	DJB 工事（右記）の施工監理支援および技術移転	No.9を除く13ヶ所既存チャンバー改善工事（側壁、頂版、底盤）の実施	契約手続き
2017年1～4月	No.9 チャンバー改善工事：道路掘削許可取得促進、施工監理支援	No.9 チャンバー道路掘削許可の取得、チャンバー建設	SCADA 関連機器の設置
	No.10 チャンバー施工監理支援	No.10 チャンバー付近の漏水発見・修理、チャンバー作り変え	
2017年5～9月	全14箇所チャンバー開口部防水工事	全14ヶ所電力供給	SCADA 関連機器の設置

(3) デモンストレーション用チャンバーの建設

2016年5月に、デモンストレーション用のチャンバーを建設した。このチャンバーは、既にDJBにより建設されたチャンバーの耐水性と改善対策の有効性を確認するため、DJBと同じ仕様で建設した。

1) 第1回耐水試験

このチャンバーに対する試験で、浸水が生じる事を確認した。

2) 第2回耐水試験

止水（改良）工事を実施した後、耐水性を確認した。この改良工事で、壁面部、頂版開口部からの浸水はほぼ防ぐことができたが、頂版スラブの施工不良によりスラブ全体からの浸水が確認できた。

3) 第3回耐水試験

この結果を受けて、室内側の頂版スラブにも改良を施す必要があると判断し、追加の改良工事を実施した。これにより、浸水はほぼなくなる事が確認できた。DJBの土木担当責任者（EE、NW）は、JETの第1~3回耐水試験に立ち会い、その有効性を確認した。

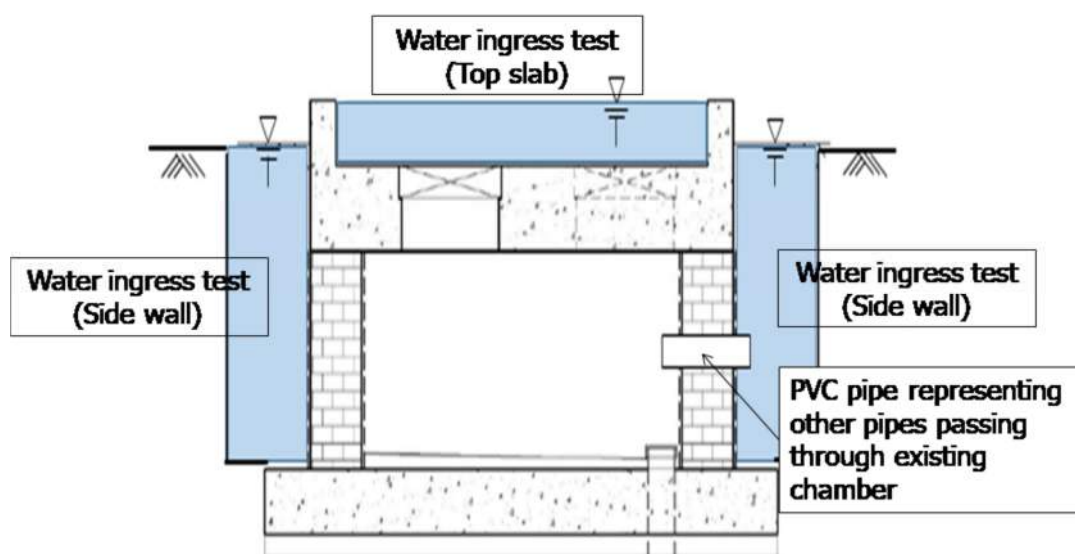





図 3-15 デモンストレーション・チャンバー

4) 最終検査

2016年8月、デモンストレーション・チャンバーの雨期の浸水状況の確認および最終検査をして改善案をまとめた。

	
<p>DJB 職員と共に、デモンストレーション・チャンバーを施工監理している様子</p>	<p>DJB 職員と共に、チャンバーの改善策について協議している様子</p>
	
<p>水張り試験の様子（壁面部）</p>	<p>水張り試験の様子（天井部）</p>
	
<p>JET、DJB 職員、建設業者による建設済みチャンバー改善工事の打合せ</p>	<p>チャンバー改善工事</p>
	
<p>JET によるチャンバー改善工事の完成検査</p>	

(4) その他のチャンバー対策

建設済みのNo.10チャンバー付近に地下水が存在し、チャンバーへの浸水の恐れがあった。このため、2016年12月15日のNo.18 SCADA調達進捗会議において地下水の原因究明をDJBへ要請していたが、DJBによる原因究明がなされなかった。原因究明のため、JETは簡易残留塩素キットを用いて地下水を検査したところ、地下水は塩素を含んだ水道水（漏水）であることが分かった。JETの要請により、DJBは一か所の違法給水栓接続跡と、一か所の不適切な配水管接続の漏水を発見し、修理した。しかしながら、依然として漏水が続いたため、DJBは漏水箇所の特定を断念し代わりに、当該路線を廃止しバイパス管を敷設した。

さらに、No.10チャンバー底盤の施工品質に問題があること、さらにチャンバー自体が下水暗渠と干渉していることから浸水が生じる恐れがあった。2017年2月23日のNo.19 SCADA調達進捗会議において、将来の浸水リスク軽減を図るため、チャンバーの作り替えをDJBと合意した。DJBは2017年2～4月に作り替え工事を行い、JETはその施工監理支援も実施した。

(5) ガイドラインの作成

頻度は少ないもののマンホール等の開閉を行うこともある。これにより防水性がなくなるため、マンホール等を閉めた後、ノウハウを取得したDJBが防水工事を行う事ができるよう、技術移転した。さらに、その手法をガイドラインにまとめた。

【2-3-4】(b) 建設済チャンバーの浸水対策のための改善工事の実施

2016年8月の第6回JCCにおいて、改善案の実施が承認された。DJBと協議して改善策をまとめ、DJBは、その時点でSCADA機器が設置されていないため、建設されていなかったNo.9を除き、建設された13か所の全てのチャンバー内部の耐水性改善工事を行った。JETは同工事の施工監理の支援を行い、施工監理方法についてDJBに技術移転を図った。

DJBによる建設済みチャンバーの側壁と頂版・底盤の改善工事の内容を図3-16に示す。

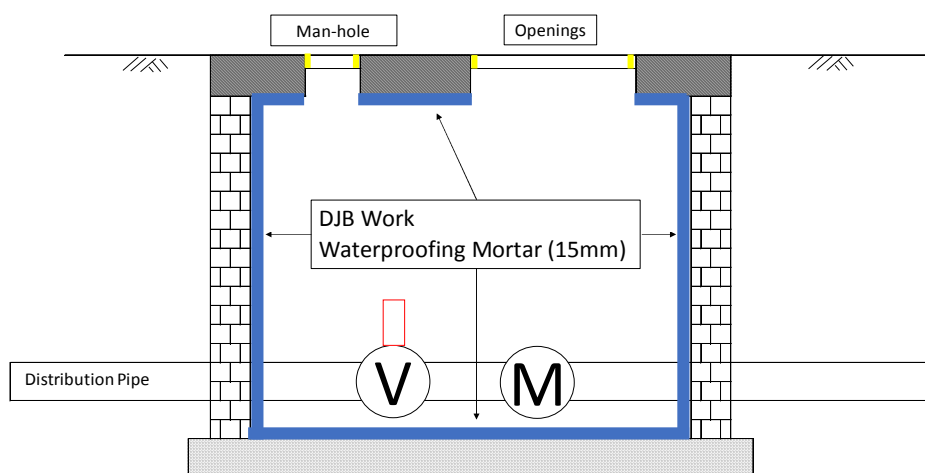


図 3-16 DJB によるチャンバー耐水性改善工事

浸水の可能性の高いマンホール及び機器搬入口と頂版の隙間の防水工事は JET が行った。JET によるチャンバー耐水性改善内容を図 3-17 に示す。

1) 機器搬入口

機器搬入口は、全ての SCADA 関連機器設置後は基本的に開閉が不要となるため、鉄板 (3 mm) +シーリング材 (シリコンシーラント) +麻縄+防水モルタルで完全に密閉する。

2) マンホール

マンホールは、今後の維持管理のために開閉が必要であるため、ラバー材 (パイプ用ゴムパッキン DSR1384) +シーリング材 (シリコンシーラント) +麻縄+シーリング材で簡易密閉とする。

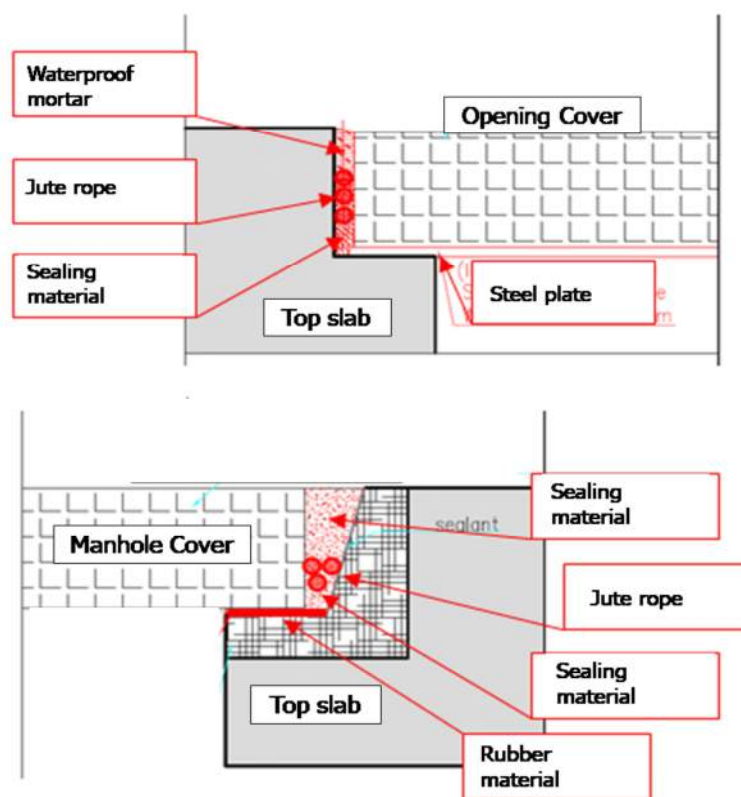


図 3-17 JET によるチャンバー耐水性改善工事の頂版断面図

【2-3-4】 (c) 調達機器の設置と SCADA システムの試運転の実施

(1) RDS 社による試運転の実施

上述の第 5 次計画変更に関わり、2017 年 10 月の試運転期間中に、No.2 流量信号不良、No.12 圧力信号不良、No.3,8,7,9,10,11,12 のバルブアクチュエータの不具合が発覚した。RDS 社の残工事を再確認するため 10 月 25 日、27 日に合同検査 (DJB、RDS 社、JET) を行い、残工事を明確にし、RDS 社へ早急に改善することを要請した。

11 月 29 日～30 日に最終合同検査 (DJB、RDS 社、JET) を実施し、前回 10 月 25 日、27 日の合同検査で指摘した不具合 (SCADA 機器、各現場パネル表示、屋根・フェンス、クライアントブ

ランチパネル、ケーブル整線等)の解決を確認した。しかし、プリンター機能、チャンバー蓋のシーリングがなされていない等の5項目の軽微な不具合を新たに指摘した。

RDS社は12月14日までに5項目の不具合(パンチリスト)を解消した。

(2) 工事完了手続き

12月14日にJETは、完工証明書(Completion Certificate)をJICAインド事務所へ提出し、JICAインド事務所とRDS社の工事完了手続きを行った。調達したSCADA機材は、JICAインド事務所からDJBに引渡す移管手続き(Certificate of Handoverの12月14日付発行)をAddl.CEOが2018年1月に署名し、DJBへの移管が完了した(添付資料6参照)。

(3) DJBへのSCADA操作トレーニング

2017年9月20日～25日の5日間に、RDS社及びJETからDJB職員へSCADA概要や操作方法等についてトレーニングを実施した。

さらに、11月29日～12月1日にSCADA機能についての座学と実機の操作の3日間トレーニングを行った。

JETは理解度テストを実施しDJB職員のトレーニングの習得レベルを確認した。SCADAに関する発言や操作時の様子、テスト結果からトレーニング前と比べて、理解度が確実に増している事が確認できた。

(4) DJB トレーナーの育成

8日間のトレーニング期間のうち6日間以上出席し、かつテストに合格した表3-17の9名に対し、JICAインド事務所およびAddl. CEOの連名によるサイン入りの研修修了証を2018年2月の第6回セミナーにて授与した。この中から、SCADA トレーナーが育成されている。

表 3-17 トレーニング受講者リスト

	名前	所属
1	Gaurav Yadav	Asst. Engineer (E&M)
2	P. C. Gupta	Asst. Engineer (E&M)
3	U. K. Rastogi	Executive Engineer (E&M)
4	Pramod Prasad	Junior Engineer (Civil)
5	Ram Swarup	Asst. Engineer (Civil)
6	Sandeep Sharma	Zonal Engineer (Civil)
7	Yogendra Singh	Junior Engineer (Civil)
8	Mukesh Jindal	Executive Engineer (Civil)
9	Kuldeep	Junior Engineer (E&M)

【活動 2-3-5】 SCADA を活用したパイロットエリア内の流量と圧力のモニタリング

モニタリングに使用するSCADA画面は、以下の通りである。

- 1) SCADA 全体モニタリング画面 (図 3-18) : 全計測点の圧力値、流量値、バルブ開度や稼働状況(正常:緑、異常:赤)を一画面で地理的に把握できる。

- 2) UGR モニタリング画面 (図 3-19) : ピタンプラ配水池・ポンプ場の配水池水位や配水ポンプ稼働状況を把握できる。
- 3) 計測点モニタリング・操作画面 (図 3-20) : 計測点での具体的な圧力値、流量値、バルブ開度や状態を把握でき、バルブ操作が行える。
- 4) 計測点レポートデータ例 (図 3-21) : レポートが測定点毎に生成、印刷やエクセルへの保存が行える。

上記 SCADA モニタリング画面やレポートデータを利用し、モニタリング結果を JE(E&M)が日々記録し、EE(E&M)が JET の SCADA 専門家へ毎週メールにて報告するように、2017 年 9 月 20 日～25 日のトレーニングでその手順を指導した。

DJB は、SCADA 試運転中の 2017 年 10 月より SCADA から流量・水圧に関するデータを取得し、週例でモニタリング結果を JET の SCADA 専門家にメールにて報告した。

SCADA 設置が完了した 2017 年 12 月より DJB が SCADA のモニタリング運用 (SCADA 操作、レポート作成等) を正式に開始した。

2017 年 12 月第 2 週目にて、現況の配水管網でのベースラインサーベイを行うとともに SCADA モニタリングレポートを DJB が作成した。特に、パイロット地区内の水理状況 (流向や流量等) 及び各 DMA への流入水量、流入水圧等について現状を確認し、それぞれの傾向等を把握した。

なお、一部システムの障害や故障があったが、DJB は主体的に対応し、SCADA 専門家は、DJB によるモニタリング運用が適切に行われているかを確認し、もし日常業務として問題があるような場合は、DJB へ解決策などを助言した。

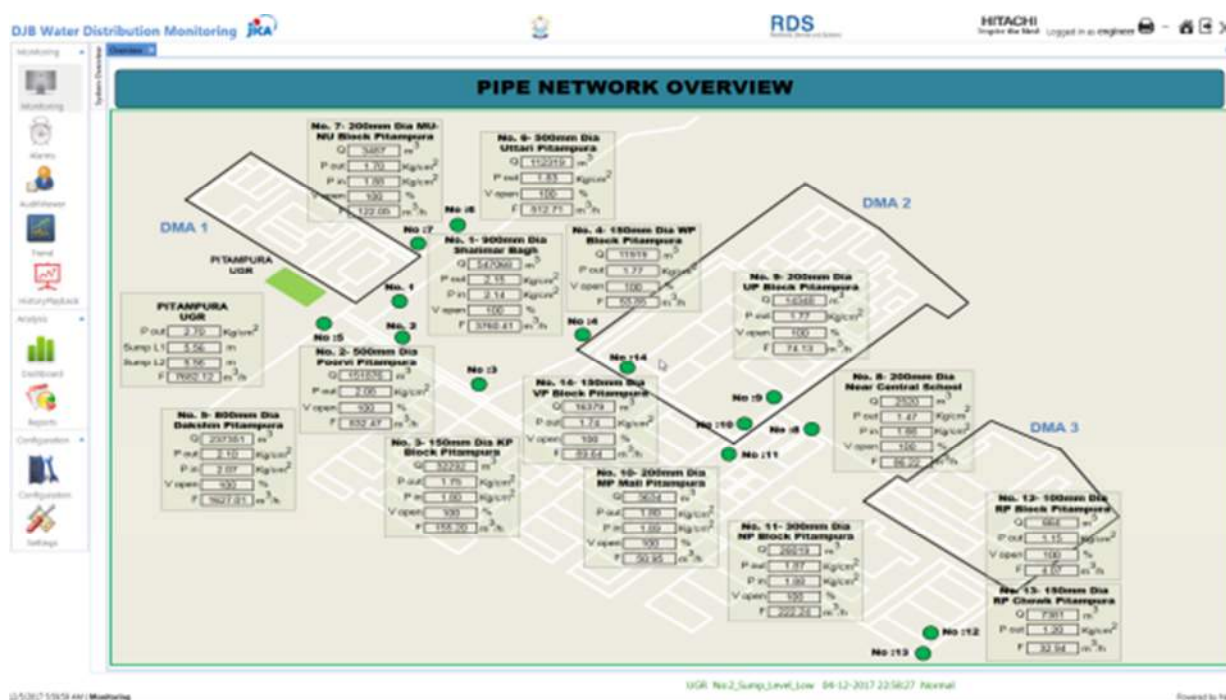


図 3-18 SCADA 全体モニタリング画面

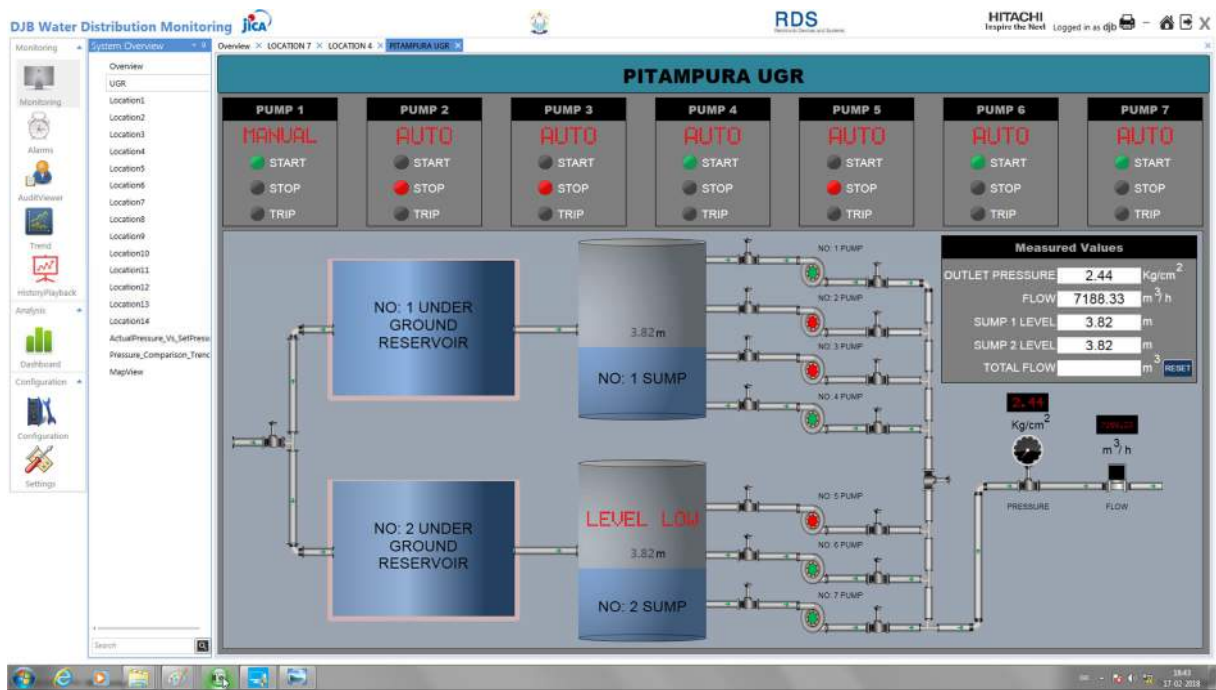


図 3-19 UGR モニタリング画面

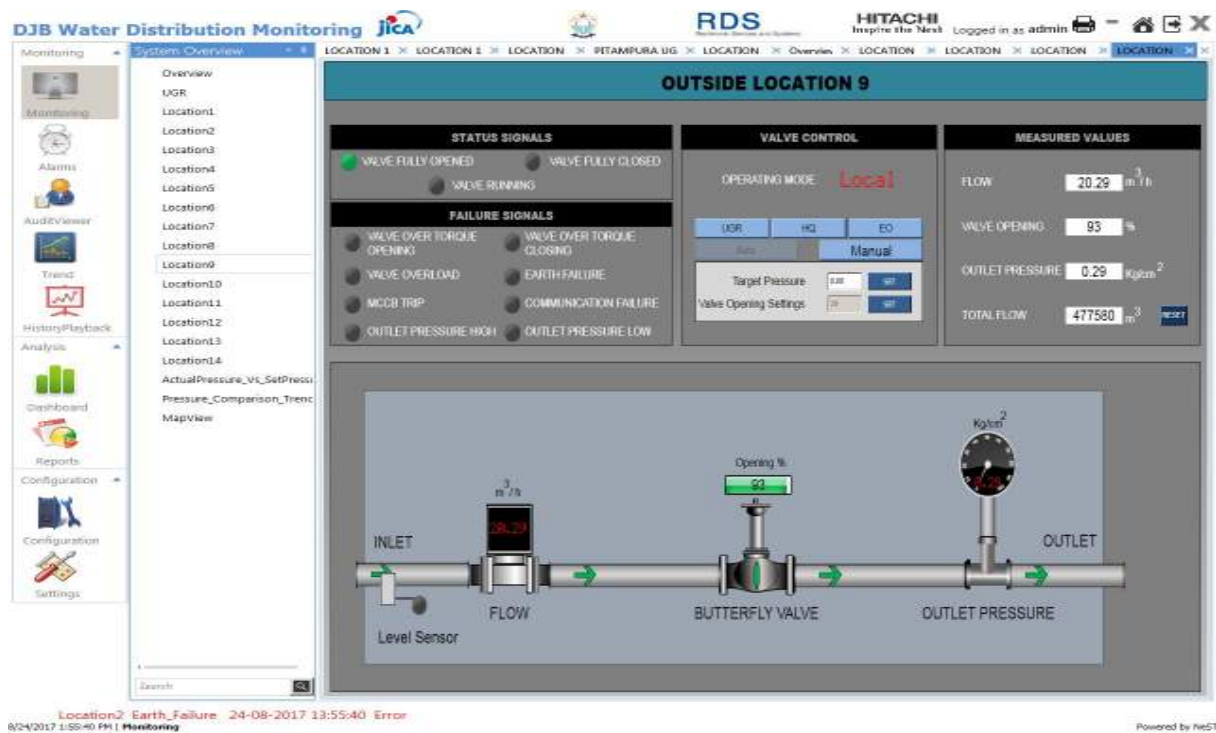


図 3-20 計測点モニタリング・操作画面

Customer Name:Delhi Jal Board		Report Title:Location7_(10Minutes)				
Date And Time	Loc7_Flow(m ³ /hr)	Loc7_Pressure_in(kg/cm ²)	Loc7_Pressure_out(kg/cm ²)	Loc7_Total_Flow(m ³)	Loc7_Valve_Status(%)	
2017/12/4 0:00	28.94	0.82	0.15	2247	100	
2017/12/4 0:10	29.19	0.82	0.15	2251	100	
2017/12/4 0:20	28.68	0.82	0.15	2255	100	
2017/12/4 0:30	28.48	0.82	0.15	2258	100	
2017/12/4 0:40	28.77	0.82	0.15	2262	100	
2017/12/4 0:50	28.87	0.82	0.15	2265	100	
2017/12/4 1:00	29.19	0.82	0.15	2269	100	
2017/12/4 1:10	28.2	0.82	0.15	2273	100	
2017/12/4 1:20	28.21	0.82	0.15	2276	100	
2017/12/4 1:30	28.47	0.82	0.15	2280	100	
2017/12/4 1:40	28.52	0.82	0.15	2283	100	
2017/12/4 1:50	28.59	0.82	0.15	2287	100	
2017/12/4 2:00	28.19	0.82	0.16	2291	100	
2017/12/4 2:10	28.28	0.82	0.15	2294	100	
2017/12/4 2:20	28.1	0.82	0.15	2298	100	
2017/12/4 2:30	28.65	0.82	0.15	2301	100	
2017/12/4 2:40	28.52	0.82	0.15	2305	100	
2017/12/4 2:50	28.75	0.82	0.15	2309	100	
2017/12/4 3:00	28.49	0.82	0.15	2312	100	
2017/12/4 3:10	27.72	0.82	0.15	2316	100	
2017/12/4 3:20	28.2	0.82	0.15	2319	100	
2017/12/4 3:30	28.33	0.82	0.15	2323	100	
2017/12/4 3:40	28.03	0.82	0.15	2327	100	
2017/12/4 3:50	28.66	0.82	0.15	2330	100	
2017/12/4 4:00	28.21	0.82	0.15	2334	100	
2017/12/4 4:10	28.66	0.82	0.15	2337	100	
2017/12/4 4:20	28.1	0.83	0.16	2341	100	

図 3-21 計測点レポートデータ例

【活動 2-3-6】均等給水に係る問題点の抽出及び是正策の検討・決定

DMA1,2,3 間の不均等な給水状況をモニタリングし、均等給水に向けた流量／水圧のコントロール方法について検討し、その後、SCADA 操作による是正策を設定した。

(1) DMA の水理的独立の確認

- 1) DMA1 : DMA の水理的に独立していることを確認した。配水時間時に制水バルブを閉弁したところ、DMA 内の水圧が 0 となった。
- 2) DMA2 : DMA の水理的にほぼ独立していることを確認した。配水時間時に制水バルブを閉弁したところ、DMA 内の水圧がごくわずかに上昇した。
- 3) DMA3 : DMA の中にある 3 つのブロック (SP,TP,ZP) の内、2 つ (SP,TP) は DMA の水理的な独立を確認したが、1 つのブロック (ZP) は外部からの接続管路があることが SCADA 運用を通じて判明した。

以上のことより、流量・水圧のコントロールは DMA の水理的な独立を確認した DMA1、2 で算出することとした。

(2) 均等給水に係る問題点

2017 年 12 月の SCADA 運用開始後に、SCADA モニタリングレポートに基づき、(Civil)EE,AE,JE と、(E&M)EE,AE,JE と SCADA 専門家で協議し、均等給水に係る問題点 (条件) として下記の制約条件を設定した。

- 1) 3か所のDMA以外の地区への配水量を変えない
- 2) 給水時間外を含めDMAへの流入バルブを全閉しない

(3) 均等給水の検討

DJBが作成した2017年12月4日～10日のSCADAモニタリングレポートに基づき、ベースライン水圧、流量をそれぞれ下記のように設定した。

1) 水圧

ベースライン圧力測定の平均値を表3-18に示す。表3-18のDMA1 (1.54 kg/m²) とDMA2 (1.59 kg/m²) の圧力差が0.05 kg/m²(0.5 m)であった。

表3-18 DMA内の平均圧力のベースライン値 (kg/m²)

DMA No.	Location No.	Pressure	Baseline
1	7	1.54	1.54
2	4	1.61	1.59
	14	1.57	
	9	1.60	

2) 流量

ベースライン流量測定のDMA毎平均値/接続数を表3-19に示す。表3-19においてDMA1 (0.73 m³/day) とDMA2 (0.62 m³/day) の流量差/接続が0.11 m³/day (110 liter)であった。

表3-19 DMAへの平均流量/接続数のベースライン値 (m³/day)

DMA No.	Location No.	Flow (m ³ /day)	Connection (No)	Baseline (m ³ /day/No)
1	7	599.4	821	0.73
2	4	331.0	2015	0.62
	14	560.9		
	9	350.9		

【活動2-3-7】給水格差是正のためのコントロールの実施及び効果の検証

【活動2-3-6】にて検討したDMA1、2間の不均等な流量/水圧のギャップを少なくするために、SCADAを用いて、均等給水の試行を行った。

水圧及び使用水量に応じた流量を確保するために、バルブの開度をコントロールした。各DMAの流量、水圧がどのように変化するかをSCADAでモニタリングしながら、各DMAのバルブ開度の試行を繰り返し、評価しながらDJBとともに2017年2月に実施した。

(1) 水圧調整結果

水圧調整結果を表3-20に示す。ベースラインでの0.05 kg/m² (0.5 m)の圧力差は、水圧調整後DMA1 (0.77 kg/m²)とDMA2 (0.79kg/m²)の圧力差0.02kg/cm² (0.2 m)へ少なくすることができた。

表 3-20 DMA 内の平均圧力の SCADA 操作後の値(kg/m²)

DMA No.	Location No.	Pressure	After SCADA Operation
1	7	0.77	0.77
2	4	0.77	0.79
	14	0.73	
	9	0.86	

(2) 流量調整結果

ベースライン流量測定 of DMA 毎平均値/接続数を表 3-21 に示す。ベースラインでの 0.11 m³ (110 liter) の流量差は、DMA1 (0.62 m³/day) と DMA2 (0.62 m³/day) の流量差/接続として 0m³/day (0 liter) にすることができた。

表 3-21 DMA への平均流量/接続数の SCADA 操作後の値 (m³/day)

DMA No.	Location No.	Flow(m ³ /day)	Connection	After SCADA Operation
1	7	509.0	821	0.62
2	4	259.8	2015	0.62
	14	571.4		
	9	418.0		

【活動 2-3-8】 RMS から得られるデータに基づくモニタリングエリア内の水道料金請求水量の算定**(1) 第一次使用水量調査 (2015 年)**

無収水量は、対象区域への配水量と区域内の全請求水量の差として推定する。配水量は配水 SCADA を用いて計測する。一方、全請求水量を推定するため、区域内の顧客の確定と過去の請求水量データの収集・整理することとした。

モニタリングエリア内の無収水量・率の算定には、対象エリアへの流入水量に加えて、全顧客の請求水量を把握する必要がある。このため、JET は DJB の RMS から対象エリア内の顧客請求水量 (請求水量) データを抽出した。なお、これらの手順は DJB 担当職員が自ら理解するために、NRW 専門家と活動を共にしながら実施した。

2015 年の RMS からの水道料金請求水量を分析したところ、DJB は全戸検針が出来ておらず、RMS の顧客請求水量欄には Average (過去の請求水量からの予測量) と入力されている家があった。この要因としては、以下の 2 点があげられる。

- 1) メータの設置位置が定まっておらず、ほとんどの家庭で盗難を防ぐために宅内にメータが設置されている。
- 2) そのため、検針時に留守だった場合は何度も訪問しなければならず、「【活動2-3-3】各DMAにおける需要規模の推定」に記載した通り、検針の繰り返しがある。
- 3) DJBとして、メータが故障している場合の対応が定まっていない(メータは個人の所有物)



(2) 第一次戸別訪問調査 (2015年)

第4回 JCC (2015年9月開催) で決定した通り、DJB は Commercial loss の状況を把握するため、JET と共に DMA1～3 の全顧客 (約 3,400 戸) の訪問調査を行った。これにより、GIS の顧客管理番号と RMS の管理番号である KNO とを関連づけることが出来るため、DMA 内の非認定給水量実態を把握することが出来る。

この調査は、Mr. Vikram Singh, SE (Projet) Water III の指示の下、DJB Pitampura Office 内の設置された調査チーム (Mr. Yogendra Singh, J.E.(Civil)をチームリーダーとし、スタッフ 12 名を加えた総勢 13 名) によって、2015 年 10 月までに完了した。

調査結果を表 3-22 に示す。

表 3-22 第一次戸別訪問調査

	調査戸数	盗水 (件)	不明管 (件)
DMA1	821	13	95
DMA2	2,015	105	529
DMA3	566	13	20
合計	3,402	131	644

実際に住民にヒアリングを行い盗水と判断した戸数は 131 戸であり、これは全調査戸数 (約 3,400 戸) の約 4% である。これ以外にも、不明管のある家 (居留守などにより、持ち主が特定できない給水管) が 644 戸あり、これらを合わせると約 775 戸 (約 23%) となった。つまり、今回調査した DMA1～3 だけでも、DJB は約 23% もの違法接続による非認定給水量を抱えていた。





写真3 戸別訪問調査の様子

写真4 戸別訪問調査の様子

(3) GIS データと RMS データの結合

入力するデータには、すでに GIS に固有番号が割り振られているデータ（約 3,100 件）と、新規顧客のためまだ固有番号が割り振られていないデータ（約 300 件）がある。

まずは、固有番号があるデータから順次 GIS に反映した。

(4) 第二次戸別訪問調査（2017 年～2018 年）

DJB は戸別訪問の再調査を実施し、最新のメータ数及び KNO リストを作成した。この調査結果と RMS データを照らし合わせ、最新の請求水量を算出した。

なお、今回調査では前回調査時の指導内容を元に、DJB が調べやすいように備考欄を増やした様式を採用して実施した。戸別調査は継続的にフォローアップが必要である。そのため、人の増減が著しくないこの地区においては 10 年おきに継続的な調査の実施を提案した。

【活動 2-3-9】 無収水率の算定

【活動 2-3-8】 で得られた結果と、SCADA で計測された配水量を用いて算定した。

(1) SCADA データ（System Input Volume）

SCADA のデータは計測期間の積算値を計測期間で除して 1 日当たりの配水量として計算するため、EE（NW）III が SCADA データから System Input Volume を算出した。

(2) 請求水量（Billed Authorized Consumption Volume）

2018 年 2 月に入手したデータを使って EE（NW）III が RMS データと DJB が実施した全戸調査結果の KNO 等の顧客情報を照らし合わせて（データのマッチング）、データに過不足がないかを確認し、Billed Authorized Consumption Volume を確定した。

最新の RMS データを表 3-23 に示す。

表 3-23 DMA 別の水道料金請求水量およびメータ数（2018 年 2 月時点）

番号	水道料金請求水量 (リットル/個/日)	2017年調査戸数
DMA1	392	796
DMA2	1,005	1,990
DMA3	1,335	435
合計	2,732	3,221

(3) 無収水率算出結果

活動2-3-6より、無収水率はDMAの水理的な独立を確認したDMA1で算出することとした。DMA1の無収水率は、60%であることが分かった。

DMA2,3はDMAの独立が確保された後に、DJBが計算を行うこととした。その後の無収水率の算出はJoint Director (Revenue)担当のDMA Cellで行うこととした。なお、ピタンプラのトレーニングセンターで無収水の研修を行う際には、NRW担当C/Pが無収水の指導を担うこととした。

表 3-24 無収水率の算出

	System Input Volume	Billed Authorized Consumption Volume	無収水率
DMA1	987	392	60%
DMA2	2,000	1,005	50% (*)
DMA3	-	1,335	-

* DMA2は水理的に完全に独立していないため参考値

【活動 2-3-10】 漏水探知のデモンストレーション

(1) 漏水探知デモンストレーションの準備

漏水探知に関する日本の技術をDJB職員（漏水探知に従事しているLDIユニット）へ紹介するために、日本から機器を持ち込み漏水探知デモンストレーションを行った。

漏水探知デモンストレーションを実施するため、DMA1,2,3区画の現地調査を実施した。デモンストレーション実施に当たり配慮した事項は以下の通りである。

- 1) 給水時間帯がAM5:00~8:00、PM5:30~8:30の1日2回であるため、給水時間中は水の使用が集中し、水道の使用音・ポンプのモーター音等で漏水音を判別することが難しい。
- 2) DMA1,2,3区画内には制水バルブが数箇所確認できた程度で、空気弁、消火栓等の附帯設備は確認できなかった。そのため、相関式漏水発見器が使用できず、漏水探知の方法に制限がある。
- 3) DJBの漏水調査部門（LDIユニット）が保有する漏水の調査探知機器（音聴棒・電子式漏水発見器・相関式漏水発見器・ロケータ・埋設管探知器等）を確認した。ほとんどの職員が取扱い方法を知らないため機器は使用されていない。また、機材の電源は入るようだが校正がされておらず、正常に使用できる状態では無い。

(2) デモンストレーションの実施

2014年8月25日（月）の早朝にDMA1でデモンストレーションを実施した。DJB側からはAddl.CEO以下約30名、日本側出席者を含めて合計約50名の参加があった。

デモンストレーションでは、ピタンプラ配水事務所の敷地内で漏水発見機器（音聴棒、電子式漏水発見器、埋設管探知機）の説明を行い、その後DMA1において、これらの漏水発見機器を用いた漏水探知技術の紹介をした。さらに、漏水探知時間の短縮を図り、かつ操作方法も容易である時間積分式漏水発見器（TSリークチェッカー）を用いた漏水探知方法を紹介した。

Addl.CEO を始め多くの DJB 職員が実機を使い、埋設管の位置特定や漏水音を確認することが出来た。また、DJB 所有の漏水探知器も一緒に使用することで、日本製機器と DJB 保有機器との違いを含むメータ機器紹介を、LDI ユニット職員に直接行うことができた。

なお、デモンストレーションの結果は JET が整理し、第 3 回セミナーで発表した。漏水は DJB の無収水の中で高い割合を占めると予想され、多くの質問があり参加者（DJB 側）の高い関心が伺えた。

	
<p>DJB 職員と漏水探知デモンストレーションに関する協議の様子</p>	<p>DJB 職員と漏水探知デモンストレーションの地区選定をしている様子</p>
	
<p>LDI ユニットが保有している漏水探知機材のヒアリング</p>	<p>DJB 保有の漏水機材</p>
	
<p>LDI ユニット所有機器の取扱い指導 2014年7月23日</p>	<p>LDI ユニットとの現場調査 2014年7月25日</p>



【活動 2-3-11】 流量、圧力コントロールと無収水モニタリングのためのマニュアル (SOP) とガイドラインの作成

マニュアルは、RDS 社とともに SOP (Standard Operational Procedure) として取りまとめた。

SCADA が稼動を始めた 2017 年 10 月より、DJB の SCADA 運用能力強化のために、EE(E&M) から JET への週間モニタリング報告を拡張し、CE (West) への報告体制を確立し、この手順案をガイドラインへ記載した。

また、10 月末に EE (E&M) との協議にて、SCADA システムのメンテナンスに関する体制・手順のためのガイドラインの目次案を協議し合意した。

さらに、12 月 3 週目までに、ガイドライン目次案に沿って、DJB 内の作業責任者、機器点検手順、定期報告に加え、SCADA による均等給水試行や無収水率の計算の手順、チャンバー・SCADA のメンテナンス、定期報告などについても DJB と確定させた。

これらのマニュアル (SOP) / ガイドラインを DJB 図書館に格納することに合意 (2018 年 2 月) した。

【活動 2-3-12】 パイロットプロジェクトの結果にかかるセミナーの開催

2017 年 8 月 29 日の第 5 回セミナーでは、SCADA 導入の目的やパイロットプロジェクトの詳細、SCADA 機能等をピタンプラ地区の機電エンジニアと JET の SCADA 専門家が合同で発表した。

2018 年 2 月 27 日の第 6 回セミナーでは、導入した SCADA システム、均等給水、無収水率の計算について【活動 2-3-5】～【活動 2-3-11】の成果、ガイドライン、研修、今後の研修計画、運用・維持管理体制等の紹介、今後の課題をピタンプラ地区の土木と機電のエンジニアが発表した。

【活動 2-4】均等給水及び無収水モニタリングを推進するにあたって改善が必要な課題を抽出する。

本パイロットプロジェクトを通じて得られたノウハウ・課題は、円借款事業で整備されるチャンドラワール配水システムの均等給水達成に寄与するものである。これらの知見を DJB 内で共有するために、デリー全体の均等給水を実現するためのトレーニングセンターとして、本 SCADA システムを活用することとしている。

成果 2 の活動の均等給水及び無収水モニタリングを実施した結果を今後も推進するにあたって改善が必要な課題には、以下のものがある。

(1) DMA の独立性の保証

DJB による管路の更新、追加は日々行われており、常に管網状況を確認しながら、DMA の独立性を確保することが必要となる。また、管網確認のより所となる GIS データは Mapping Cell で常に最新情報に更新されることが求められる。そのため、NRW 担当には、管設管・更新管がある場合は、Mapping Cell と情報を共有するように指導した。

(2) 管路の適正化

均等給水のためには、SCADA によるバルブ操作だけでなく、DMA への口径、管路ルートの見直しを行い、適正な管路ネットワークを構築しなくてはならない。

さらに、24 時間連続給水かつ、均等で安定的給水サービスの提供を目指すためには、配水 SCADA 導入、および無収水率の算出の容易化と平行して、下記ステップの推進も求められる。

Step1 : 無収水、特に漏水の削減による水量の確保

Step2 : 漏水の削減・水量の確保の後、配水池・ポンプ場の吐出圧の増加

Step3 : 24 時間給水への移行と各家庭の私設ポンプ、私設ルーフタンクの廃止

(3) DMA Cell の活用

現在、DMA Cell で 33 ヶ所の DMA を管理している。今後は DJB がデリー全体で DMA の構築を促進するために、Revenue のみを管理している DMA Cell には、Civil の責任者の配置も必要である。

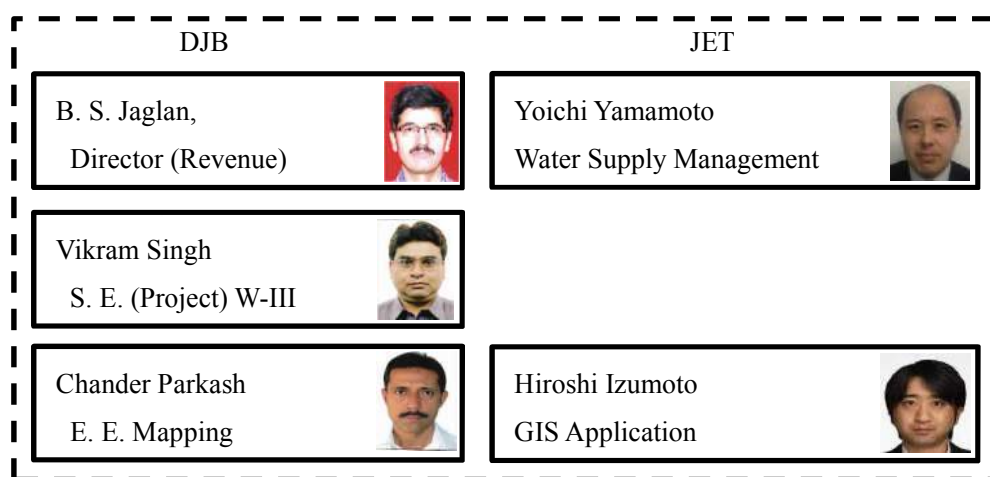
第4章 成果3（GIS/RMS（収入管理システム）活用に係る段階ごとの発展シナリオ案が作成される）の活動

デリーでは水道施設の老朽化と、不十分な運転維持管理による高い無収水率による財務状況の悪化、そのため十分な施設投資ができず、さらなる無収水率の悪化を招くという悪循環を生んでいる。この状況を脱却するためには、更新時期を見極め計画的に設備投資できるような料金設定と、収支のバランス及び水道施設の適切な維持管理によって設備を延命化し、経営を成長軌道に乗せることが必要である。そのためのツールとして、施設状況、経営状況、維持管理状況、日常業務の実施状況などを見える化し、経営判断の指標となる各種データ管理が可能な GIS/RMS の導入が有効である。

一般的に GIS は水道施設、特に地下に埋設され、目視での状況確認が困難な管路施設を管理する目的で導入され、データ整備を充実させることで、水道事業に関する様々な業務に活用することが可能である。従って、本プロジェクトでは、DJB が将来目指す方向性やビジョンを理解した上で、その実現に向けた経営強化シナリオに即したシステムを提案した。

作成した GIS/RMS の活用／開発に関する短期・中長期（2021 年まで）の段階毎のシナリオ案及びアセットマネジメント導入ガイドラインは 2015 年 3 月までに DJB に提案した。DJB は、このガイドラインを基に、円借款パッケージ 5 において GIS データ整備を行い、アセットマネジメントプラン案を作成することとなる。

成果 3 は、主に以下の要員により、実施された。



【活動 3-1】 DJB の経営方針、経営ビジョン、事業計画のレビューの実施

経営層を含めた幅広い DJB の職員から、経営方針、ビジョン、事業計画等についてヒアリングを行い、DJB における将来の目指すべき方向性を確認したが、DJB のホームページにおいて示されている「24 時間連続給水の達成」、「財政の持続性」、「説明責任」という内容以上の具体的な方策は見当たらなかった。

施設更新に関して、どのような状況になったら施設を更新するかを定めた DJB の更新基準も

存在していなかった。また、各施設・各機器の現状把握が十分行われていないため、施設更新の優先順位をつけることが困難である。現状の施設更新は、援助機関（JICA 等）による MP、FS 等を通してリハビリの必要性が評価されて、資金調達が可能となった後に、リハビリを実施するという流れが一般的である。

従って、下記の項目について、現状を評価して DJB の抱えている課題を探った。

- (1) 浄水場
- (2) 無収水削減
- (3) 水道メータの検針、料金徴収、RMS
- (4) 将来施設更新計画等

(1) 概要

2000 年以降に建設されたソニアビハール浄水場、ナングロイ浄水場、ドワルカ浄水場はいずれも BOT 方式で発注され、建設した業者が引き続き O&M 管理を担っている。

それ以前に建設された浄水場（チャンドラワール、ワディラバード、ハイデルプール、バギラティ、バワナ、オクラ）は、DJB が直接 O&M を行っている。バギラティ浄水場は、MP で実施したリハビリ計画に基づき、DJB が BOT 方式で発注し建設業者が O&M を担っている。

チャンドラワール、ワディラバードは各々 JICA、ADB の資金援助で計画が進められており、BOT 方式で実施される見込みである。

1) BOT で O&M を行っている浄水場の現状

- a) 外部委託による施設管理が行われている。委託条件もしっかり決められており、施設管理、水質検査のチェック体制も整っている。
- b) 浄水場内の設置機器の資産管理、状態把握、さらに日常、定期点検等の実施についても、維持管理のための支援システムが導入されており、浄水場内の維持管理、スタッフの違いによるレベル差をなくし、同じレベルで維持管理が可能となっている。

2) 直営で O&M を行っている浄水場の現状

- a) 各機器の運転、停止は、施設ごとに電源の ON OFF で行われている。
- b) 複雑な運転はなく、各施設に専属の運転員が配置されているため、運転マニュアルは、見当たらない。
- c) 施設配置図等は、見当たらない。
- d) 浄水場機器リストが、見当たらない。
- e) 日常や定期点検業務リストがあるかどうか不明であり、各機器の状態（外装、パーツ等）は非常に悪い。
- f) 浄水場内の各施設を統括して把握し、運転を行う効率的なシステムが取られていない。施設ごとに、決められた時間、決められた運転を行っている。。

3) 直営で O&M を行っている浄水場の評価・課題

- a) 施設、機器更新の統一的な基準等が必要である。
- b) 効率的な維持管理のために、浄水場内の施設図が必要である。
- c) 効果的な施設更新やリハビリのために、資産管理表、機器リスト、その点検、いつリハビリを実施したかのリスト等が必要である。

	
<p>ソニアビハール浄水場の視察</p>	<p>チャンドラワールII浄水場の調査 2014年1月24日ソニアビハール浄水場の視察</p>
	
<p>チャンドラワール浄水場1期の調査 2014年1月28日</p>	<p>チャンドラワール浄水場1期の調査 2014年1月28日</p>

(2) 無収水削減

1) 現状

- a) 漏水探知部門である LDI ユニットの、全部で 33 名（EE：1 名、AE：4 名、JE：2 名、フイッター：26 名）で構成されており、主に各地域の配水事務所職員からの報告に基づき、漏水箇所を特定している。ただし、漏水の応急修理はしない。また、自発的・計画的な漏水探査等の予防措置はしていない。
- b) 一方、各配水事務所は水道管の維持管理をしている。ここでも、主に住民等からの通報により漏水等の修理をしているのみである。自発的・計画的な漏水探査等の予防措置をしていない。
- c) LDI ユニットの漏水探知機器類（音聴棒、相関式漏水見器、パイプロケータ）は数台所有していたが、使った形跡はなく、職員たちも使い方を知らなかった。そのため、LDI ユニットの主な漏水調査方法は、目視による確認のみである。

- d) LDI ユニットには GIS マッピングへのアクセス権はない。そのため、漏水調査は各配水事務所の職員と共に行っている。

2) 評価・課題

- a) 漏水発見作業を計画的に実施すべきである。
- b) 漏水時の緊急修理体制を確立すべきである。
- c) 漏水機器を効果的に活用すべきである。
- d) 上記の技術移転が必要である。
- e) 計画的な作業実施のための DMA を設定すべきである。
- f) 漏水履歴、修理履歴を含む漏水の原因を特定すべきである。
- g) GIS マップによる計画的な漏水探査を実施すべきである。

(3) 水道メータの検針、料金徴収、RMS

1) 概要

水道メータの検針、水道料金請求書発行、配布等のために 20 数か所の配水事務所に合計で約 600 名のスタッフが配置されている。現状水道メータ検針と料金請求書の配布は同一スタッフにより行われている。DJB の顧客は、約 1,730,000 件であり、そのうち約 900,000~1,000,000 件でメータ検針による料金請求が行われている。検針の頻度は、3 か月に 1 回である。

2) 料金徴収プロセスの現状

- a) 配水事務所スタッフによる検針データの記録 (MRD ; Meter Reading Diary)
- b) 検針データ (総括) の Head Quarter (HQ) への送付
- c) RMS システムへの入力 (委託)
- d) 水道料金請求書の発行と配水事務所への送付
- e) 配水事務所職員による水道料金請求書の送付

3) 料金の支払いの現状

水道料金の支払い方法は、クレジットカード、デビットカード、オンラインペイメント等の方法があるが、現状では、現金払いが最も多い。支払い場所は、CSC (Common Service Center)、Kiosk (キオスク)、登録銀行、DJB のカウンターがある。CSC の利用は 25%、Kiosk は、20%、銀行は 5%、DJB のカウンターは 50% である。DJB のカウンターは全部で 90 箇所程度あり、60 箇所が直営の配水事務所であり、その他は委託しているカウンターである。

4) RMS の現状

RMS システムは、全ての配水事務所と接続されており、端末が設置されている。個別の顧客の識別方法は、KNO (ケーナンバー) を持っており、そのナンバーで RMS への利用も可能となっている。RMS は WEB 環境があればどこからでもアクセス可能である。

5) 水道メータの検針の現状

- a) 水道メータ検針スタッフは、メータ検針に非常に苦勞しているようである。顧客台帳は存在し検針記録は、記録されている。しかし、台帳の顧客名簿と水道メータの照合を常に行う必要があり、非効率である。
- b) 水道メータの設置位置も、家庭ごとでバラバラであり、メータ設置位置を把握する事が非常に困難である。スタッフの地域替えがあった場合は、引継ぎが非常に困難である。
- c) 記録や請求書発行の効率化のために、ハンディーターミナルシステムも試験導入され始めている。しかし、メータの設置場所の確認は、常に必要であり、省力化ができないため、効率化は難しい。

6) 評価・課題

- a) 水道メータの管理と設置場所の改善が必要である。
- b) 水道メータ設置位置のマッピング図への落とし込みが必要である。
- c) 水道メータ検定の統一化が必要である。
- d) 顧客台帳のデータベース化が必要である。
- e) 検針プロセスの効率化が必要である。
- f) 水道メータ番号と顧客番号の統一化が必要である。



(4) 将来施設更新計画等

1) 現状

浄水場、送配水管の多くは、施設を稼働してから相当年数が経っている。そのため、現在多くの施設でリハビリが急務となっている。現時点では、JICA（円借款）、ADB の資金を活用するなどして、リハビリや施設更新が進められている。

2) 評価・課題

DJB は、まず初めに、各施設・各機器の現状把握をして、点検基準や更新基準を設ける必要がある。そして、施設の長寿命化を進める必要がある。予算執行が効率的に行えるように、DJB は施設の更新時期を反映したアセット・マネジメントを策定して、それを実行すべきである。

【活動 3-2】方針、ビジョン、計画を実現するにあたっての課題の整理**(1) DJB の抱える課題の整理**

DJB が現在抱える課題を以下の 7 つに分類した。

1) 水道施設の老朽化

- a) 老朽化により施設能力が低下し、生産水量が減少している。
- b) 施設機能の低下により水質基準を守ることが難しい。
- c) 施設故障・停止が頻繁に起こり、安定給水が難しい。
- d) 処理効率低下により、電気等の無駄なエネルギー使用量が増加している。
- e) 維持管理費が増大している。
- f) 老朽管からの漏水が多発している。
- g) 管路内面の悪化（錆こぶ）により配水圧が低下している。
- h) 老朽化または故障したメータの使用により、正確な検針水量把握が困難となっている。

2) 時間給水（十分な水の供給を受ける事ができない：配水量の不満足）

- a) 必要な時に必要なだけ水道を使用することができない。
- b) 顧客からの苦情が多い。
- c) 増圧ポンプや屋上タンク等の附帯設備が必要であり、住民負担が増加している。
- d) 貧困層が、水道サービスを受けることが難しい（附帯設備の準備、購入が難しいため）。
- e) 水量が満足できないため料金支払いのインセンティブが働かない。
- f) 管路負圧による汚水流入等の水質被害が発生している。
- g) 基本的には給水時間中しか漏水が発生しないため、漏水箇所の把握が難しい。
- h) 火災時の消火活動に支障となっている。

3) 低い水質レベル

- a) 顧客からの苦情が多い。
- b) 水質が満足しないため、水道料金を支払うインセンティブが働かない。
- c) 満足した水質でないため、水道使用量も増加しない。
- d) 水道料金収入の増加が見込まれない。

4) 人員配置計画**a) 浄水場、増圧ポンプ所等への過剰なスタッフ配置**

- －人件費が非常にかかっている。
- －人事管理が難しい。

b) DJB 特有の施設管理方法（特定の施設に特化したスタッフ配置）

- －職員の職務は固定され他職務に移動することなく生涯を通じて同一の仕事だけを行っている。

- －特定分野に偏った技能継承・移転となっている。
- －他職務との連携が希薄となり、施設全体としての効率的な運転が難しい。
- －他浄水場との情報共有がないため、浄水場間のバックアップがとれていない。

5) 漏水対策

- a) 漏水事故時の緊急対応が難しい。
- b) 計画的な漏水探査の実施が難しい。
- c) 漏水発見、漏水防止に関する技術継承が十分に進んでいない。
- d) 漏水発見機器等の効果的な活用ができていない。
- e) 漏水放置により給水サービスが悪化している（断水、水圧低下）。
- f) 無収水を減らすことが困難で経営が圧迫されている。

6) 水道メータ検針および使用量請求の非効率性

- a) 水道メータの設置場所が統一されていないため、メータ位置の確認・検針に非常に時間がかかっている。
- b) 水道メータの設置数が十分でないため、適切な料金徴収が困難であり、収入増へ結びついていない。
- c) 公共水栓、ハンドポンプなど無収水となる施設が多い。
- d) 水道メータ検針に大人数のスタッフが必要となり、膨大な人件費がかかっている。
- e) 現場レベルでの RMS の効果的な活用が難しい（RMS 端末の台数、ルール、体制）。
- f) 正確な検針がなされていないため、無収水削減のターゲットを決められない。

7) 竣工図の不備

- a) 既存の機器や施設情報は、データベース化されておらず、ベテラン職員が独自に情報を持っていることが多い
- b) 正確な管路の布設位置、深さ、管種を含め正確な情報の把握が難しい。
- c) 漏水、管路事故時の場所の特定が難しく、緊急時対応ができない。
- d) 漏水管理実施のための効果的な DMA 設定が難しい。
- e) 計画的な漏水探査調査が難しい。
- f) 系統切り替え作業時のバルブの場所とその操作方法がわからない。
- g) 電気、ガス、通信等その他ケーブル類の把握ができず、工事時に事故の発生確率が高くなる。
- h) 新設管路設計時の既存管路との接続や、必要口径等の設定が困難である。
- i) 計画的な更新計画の立案やアセットマネジメントの実施が困難である。
- j) 経験の浅い職員にとって、施設の理解が困難である。

以上の課題の原因としては、スタッフの能力や各活動を行う適切な組織体制が整っていないことが原因であると考えられる。さらに、将来を見据えた DJB の経営プラン（施設の事業計画と財政計画）が明確になっていないことも原因であると考えられる。

東京都水道局では、3年ごとに経営プランを作成し、3年間に取り組んでいく施設の事業計画と財政計画を明確にしている。

上述した課題を解決していくためには、GIS/RMS の活用及びアセットマネジメントガイドラインの作成等が必要であり、それらを効果的なものとするための解決方法を表 4-1 の通り整理した。

表 4-1 アセットマネジメントガイドライン作成を効果的にするための解決方法

アセットマネジメントガイドライン作成を効果的にするための解決方法	1 朽化 水道施設の老	2 時間給水	3 ル 低い水質レベ	4 過大な人員	5 要性 漏水対策の必	6 求の非効率性 針および使用量請	7 竣工図の不備
1) 計画的な施設更新の実施及び施設更新計画の作成 (GIS・RMS)	✓						✓
2) 施設、運転、業務管理マニュアル等の作成			✓	✓			
3) 維持管理スタッフの能力開発			✓		✓	✓	
4) 施設台帳、固定資産台帳、図面（施設・管路）の作成 (GIS・RMS)	✓				✓	✓	✓
5) 24時間×7日間連続給水の実施		✓					
6) 漏水防止体制の強化、無収水の改善					✓		
7) 正確な検針業務実施のための体制・ルール作成	✓						✓
8) GIS を活用した設計・維持管理・計画業務・サービスの効果・効率の向上	✓		✓		✓	✓	✓

(2) アセットマネジメントガイドライン作成の準備

1 年次後期に、上述の課題の解決策の一つであるアセットマネジメントガイドライン作成の準備として、施設管理データベース及び浄水場維持管理用点検表の作成を進めた。なお、アセットマネジメントを進めるに当たり必要とされている情報に関しては、収益的収支等の一部情報を除き取得が難しく、DJB として存在していない情報がほとんどであった。

1) 施設管理データベースの作成の提案

DJB 所管の浄水場・送配水施設の多くは、完成後 50 年以上が経過しており、近年では経年劣化が問題となっており、計画的な施設改修や更新が求められている。しかし、簡易図面はあるものの、浄水施設の施設概要、機器リスト、施設図面等はほとんど存在しない。

管路情報に関しても、DJB スタッフ個人のデータとして蓄積されているケースが多い。このような状況下では、日常の施設の維持管理、機器故障時対応、施設更新時の設計作業等に大きな支障となる。そのため、チャンドラワール浄水場系統を例として、適切な施設の維持管理を資することを目的に、浄水施設維持管理用データベースのサンプルを作成（施設台帳）し、今後 DJB のその他の施設においても活用を拡げていくこととした。

さらに、本プロジェクトにおいては、作成したサンプルを活用し、効率的な施設の維持管理を進めるために、DJB の浄水場の技術スタッフとともに、浄水場の施設の日常点検（点検表の作成、点検記録の実施等）を実践した。

2) 浄水施設維持管理用データベース（施設台帳）の構成の提案

データベースの構成は、「施設概要」、「施設関連図」、「施設フロー図」の3構成を提案した。

a) 施設概要

施設概要は、DJB が所有する浄水場、配水池、増圧ポンプ所等、全ての水道施設（本プロジェクトではチャンドラワール浄水場配水系統）について、施設・設備の能力・性能等の主要仕様、導入時期といった補修・更新計画の検討や策定に必要な情報を整理すること。

b) 施設関連図の収集

施設の維持管理のために、施設関連図の収集を行うこと。

c) 浄水処理フロー図の作成

各浄水場の施設構成、水処理方法、薬品注入点、送配水系統を把握するため、浄水処理フロー図を作成すること。

3) 水道施設データベースの運用の提案

水道施設データベースは、DJB の浄水場、増圧ポンプ所、配水池等で働く運転維持管理職員だけでなく、本局に勤務するマネジメント職員を含め全員が閲覧・活用が可能なように、最終的には、DJB イン트라ネットへの掲載、掲載環境が整わない場合は、冊子または PDF 等のファイルベースで作成し、各現場へ配布することを提案した。

4) 浄水場維持管理用点検表、点検の実践の提案

機械・電気設備の故障や事故を防止するには、日常点検・定期点検等を通して、異常発生の兆候を早期に発見し、致命的な事故に至る前に対策を行うことが重要である。このためには、日常点検において、通常運転している機器の運転音、振動、温度、電流値等を良く観察し、正常な機器の状態を把握・熟知して、異常の兆候が見分けられるようにする。また、日常点検・定期点検等に当たっては、点検項目及びその内容、点検周期、記録の方法などの具体的作業の基準となる点検基準を定めて確実な点検を行う必要がある。

a) 日常点検表の作成の目的

- －日常点検を実施の習慣づけ
- －計画的な機器の更新・修繕を行うために日常点検データの蓄積
- －各機器の通常状態の把握・異常時の早期発見

b) 日常点検ルートの設定

- －取水から送水まで浄水場内の主要施設を1日1回程度点検ができるようなルート設定

c) 点検表への記入

- －日常点検表による、各施設の状態の把握

- 沈砂池、沈でん池、ろ過池等の日常点検(水位、油膜の有無、ごみ、スカム等)
- ポンプ、電気設備等の日常点検 (外観、損傷、異音、異臭等)
- 温度計、圧力系、流量計データの記録
- 点検記録シートの保存

5) プロジェクトで対応したこと

「水道施設における日常点検」の OJT として、チャンドラワール浄水場の日常点検ルート及び点検項目を定め、メンテナンスシートに記録し上司へ報告する仕組みを作った。この取り組みを、チャンドラワール浄水場のエンジニアが 2015 年 3 月の第 4 回セミナーで発表した。

	
浄水場点検ルートの確認	チャンドラワール浄水場の日常点検同行

【活動 3-3】 DJB 内の GIS 開発状況、RMS の開発状況についてレビュー

(1) GIS の開発状況の確認とレビュー

1) 調査結果

- a) ArcGIS Ver10.0 を使用。水道システムに特化したアプリケーションは有していない。
- b) ArcGIS サーバー1 台とデスクトップ 10 台を所有している。全て DJB 本部の Mapping Cell 内に設置されている。Mapping Cell の職員のみが使用できる。

2) 評価・課題

- a) GIS は Mapping Cell のみに設置されているため、他の部門は使用することができない。DJB の全ての部門に GIS が設置されるのが望ましい。
- b) ArcGIS はカスタマイズなしで使用されており、専門の職員抜きでは操作が困難である。誰にでも操作が可能な GIS が必要である。

3) プロジェクトで対応したこと

- a) Web-GIS の導入による DJB の全ての部門で GIS データを共有できる仕組みを提案した。また、Mobile-GIS の導入により事務所だけではなく、建設・維持管理現場でも GIS が利

用できる仕組みも合わせて提案した。

- b) 誰が見ても施設の配置がわかるよう、視覚的にわかりやすい GIS の施設シンボルを設定することを提案した。

(2) GIS データの種類

1) 調査結果

以下、2 種類の GIS データを所有している。

a) NIC (National Informatics Center)

インド中央政府主導で行われている空間情報整備プロジェクトで構築されたデータ

b) DSSDI (Delhi State Spatial Data Infrastructure)

NIC の支援の基、デリー準州政府による空間情報整備プロジェクトである。水道事業を含む地下埋設物、道路、建物等空間情報に関する広範囲の情報を一本化することを目的にデータ構築中である。既存の NIC データは順次 DSSDI に移行中であり、GIS の開発・整備は DSSDI をベースに行われている。

2) 評価・課題

現状 GIS データが二重に存在し、今後デリーで基幹 GIS となる DSSDI への移行を早期に行う必要がある。

3) プロジェクトで対応したこと

DSSDI への移行の際に、既存データの確認、テストピット調査による不明データの確認をして、GIS へ当該データを反映するよう提案した。

(3) GIS 以外での施設情報保管・蓄積状況

1) 調査結果

- a) 管路設計図・竣工図は受注業者が作成した CAD データとして保管している（ただし、大規模工事の場合のみ CAD データがある模様）。
- b) MP 完了時（2011 年）に水理解析システムとして Water GEMS を入手済みであるが、データ更新は行われていない状況である。
- c) その他は、紙図面のみで各種情報を管理（各種図面や漏水情報等）している。

2) 評価・課題

- a) 今後大量の情報を効果的に活用していくためには、情報の保管・蓄積は紙から GIS に移行すべきである。
- b) 管路の設計、維持管理において水理解析による流況の把握は重要であり、データ整備が完了した後には水理解析システムの導入が望まれる。

3) プロジェクトで対応したこと

- a) CAD データを GIS に移行する際の留意点を開発シナリオで提示した。
- b) GIS だけでは表現が困難な施設の詳細情報（竣工図、施設台帳、浄水場・配水池のフロー図等）については、GIS ファイリングシステムの導入により電子ファイルとして一元管理する方法を提案した。
- c) 施設情報だけではなく、漏水や苦情等の維持管理情報についても GIS 上で発生場所が視覚的に把握できる情報として整備することを提案した。
- d) 将来の高度な GIS の利用方法として、水理解析システムの導入と解析モデルの構築について提案した。

(4) GIS の利用状況

1) 調査結果

管路の新規・更新工事時の現地確認のために図面を出力するのみでその他の活用はなし。

2) 評価・課題

水道業務の効率化のため、GIS の利用範囲の拡大が必要である。そのためにも、DJB の全ての部門に GIS が設置されるのが望ましい。

3) プロジェクトで対応したこと

GIS 内の情報を用いた漏水防止作業や出水不良対策の効率・効果向上、DMA 毎の施設と顧客情報を用いた無収水把握、メータ検針の作業性と精度の向上、アセットマネジメントへの活用等、GIS の利用拡大について提案した。

(5) データ更新

1) 調査結果

GIS のデータ更新は現在 DSSDI にて実施されている。

a) データ更新の流れ

Step1 : Mapping Cell で工事対象範囲の図面を出力。図面は受注した工事業者に渡される。

Step2 : 管路の布設後、工事業者が図面に布設した路線の情報を記入し、DJB に提出される。

Step3 : EE が図面を確認・承認する。

Step4 : 図面を基に Mapping Cell で GIS に入力する。

b) データ更新作業

6名（全て Mapping Cell の所属職員で直営）

c) データ更新の頻度

ほぼ毎日実施している。1000 万 Rs 以上の管路工事の場合、GIS への当該管路の入力完了をもって検収となり、業者への全額支払、という流れである。

- ✓ 管路設計図・竣工図は受注業者が作成した CAD データとして保管（ただし、大規模工事の場合のみ CAD データがある模様）。
- ✓ MP 完了時（2011 年）に水理解析システムとして Water GEMS を入手済みであるが、データ更新は行われていない状況である。
- ✓ その他は、紙図面のみで各種情報を管理（各種図面や漏水情報等）している。

2) 評価・課題

現在のデータ更新作業を変更・改善して効率的なワークフローを検討する必要がある。

3) プロジェクトで対応したこと

- a) Web-GIS、Mobile-GIS の導入を前提として、DJB 内の各部門（施設、維持管理、顧客）がそれぞれの担当の GIS 情報をできるだけタイムリーに更新する役割を担う手法について提案した。
- b) 各戸メータの情報は件数も多いため、Mobile-GIS を用いて日々の検針時に現地情報と GIS 情報を照会する方法を提案した。
- c) 埋設管については、テストピット調査を実施して施設属性や老朽化の情報を GIS に蓄積する方法を提案した。

(6) レイヤ構成に関する事項(DSSDI)

1) 調査結果

- a) 水源、配水池、ポンプ、パイプ、バルブのレイヤがあり、水道管路の構成を概ね表現できるレイヤ構成となっている。
- b) ただし、消火栓や給水装置（メータや給水管）のレイヤは無い。
- c) 管路の補修情報についてのレイヤやその他漏水情報等、維持管理に関するレイヤは用意されていない。

表 4-2 レイヤ構造と入力状況（DSSDI と NIC の比較）

Layer_Name	Number of record (DSSDI)	Number of record (NIC)	Remarks
WaterTreatmentPlantPoly	349	-	There is no layer in NIC.
TubeWell	10,936	1,791	
Ranneywell	-	20	There is no layer in DSSDI.
UndergroundWaterReservoir	182	184	
OverHeadTank	884	93	Inputted only "West" district
PumpingStation	1,433	-	There is no layer in NIC.
WaterPipeLine	111,993	93,982	
WaterPipeLineValve	5,745	12,834	Data migration to DSSDI from NIC is delayed.
WaterSupplyValveChamber	1,346	-	There is no layer in NIC.
Fire hydrant	-	105	There is no layer in DSSDI.

2) 評価・課題

- a) 全ての水道施設に関するレイヤを整備する必要がある（例：消火栓、戸別メータ）
- b) 維持管理を効率化させるレイヤも整備する必要がある（例：漏水発生個所、修繕箇所、工事エリア、戸別メータ）
- c) 特にバルブデータは NIC から DSSDI への移行が遅れており、早期に移行完了すべき。

3) プロジェクトで対応したこと

- a) 水道施設および維持管理情報を網羅したレイヤ構成とその属性リストを提案した。
- b) 誰が見ても施設の配置がわかるよう、視覚的にわかりやすい GIS の施設シンボルを設定することを提案した。

(7) 属性項目と入力状況に関する事項（DSSDI）

1) 調査結果

多くの属性が用意されているが、サイズ、能力、建設年等の基本的なデータの入力状況は非常に悪い。

表 4-3 レイヤごとの属性入力状況

Layer_Name	Input status
WaterTreatmentPlantPoly	There is no detailed information about facilities and equipments
TubeWell	<ul style="list-style-type: none"> ・Only general information such as an ID ・No information of pumping amount. ・There is no attribute items of "Iron content" that was in the NIC.
UndergroundWaterReservoir	Item "Capacity", "TWL" are almost blank
OverHeadTank	Item "Capacity", "TWL" are all blank
PumpingStation	There is no attribute item regarding with specification such as "Diameter", "Pressure", "Quantity".
WaterPipeLine	<ul style="list-style-type: none"> ・"Material" and "Diameter" have been all inputted. But "Year of laying" is all blank. ・"Depth" has been almost inputted. (Result of investigation by the GPR)
WaterPipeLineValve	<ul style="list-style-type: none"> ・"Valve Type" has been all inputted.(AIR VALVE, SCOUR VALVE, SLUICE VALVE) ・But there is no "Non Return Valve" that was in the NIC. ・"Diameter" is all blank. ・There is no attribute item for "Open/Close"
WaterSupplyValveChamber	

2) 評価・課題

- a) 水道施設の多くを占める管路は、材質、口径の情報は全て入力されているものの、布設年情報が全く入力されていない。アセットマネジメントの実施のためには、年情報の整備が不可欠である。
- b) 井戸、配水池は、基本属性である揚水量、容量の情報がほとんど入力されていない。またポンプ場は、送配水量、揚程を記録する属性欄がない。これらの基礎情報の整備が設備の

維持管理に不可欠である。

- c) バルブは、開閉状態を記録する属性欄がない。DMA の構築には、これらの情報は不可欠である。
- d) 過去の図面等も残っていない、布設年等の情報がない等、GIS 上の属性情報を確認することが難しく、入力も進んでいない。このため情報の確認方法や入力方法を検討すべきである。

3) プロジェクトで対応したこと

- a) GIS 利用・開発シナリオ全体を通じて、属性情報の整備が GIS の利用拡大に直結することを説明した。
- b) 水道施設および維持管理情報を網羅したレイヤ構成とその属性リストを提案した。

(8) 顧客情報の整備

1) 調査結果

- a) DSSDIには世帯情報を管理したレイヤが用意されている(約600万レコードが入力済み)。
- b) DJB は、この世帯情報と RMS を、両方に記載されている水道顧客情報の住所をキーとして整合させる作業を実施中である。現在の進捗は60%である。
- c) 全ての水道顧客はIDとして“KNO”という番号をRMS上で割り当てられている。

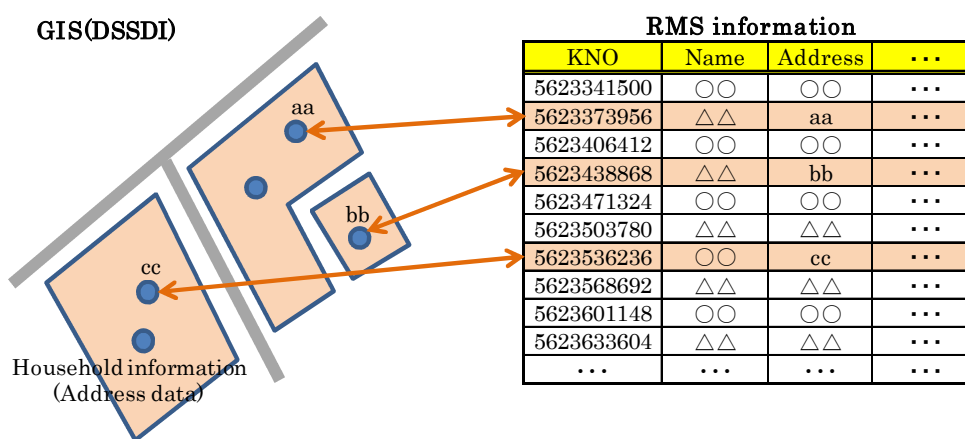


図 4-1 世帯情報と水道顧客情報の関連付け

表 4-4 DSSDI の世帯情報レコード数

地区	レコード数
Central	205,315
East	661,120
New Delhi	29,468
North	369,988
North East	660,397
North West	1,352,164

地区	レコード数
South	951,276
South West	730,802
West	996,741
合計	5,957,271

2) 評価・課題

- a) 顧客情報や使用水量情報を位置情報として管理することが無収水対策として重要であり、そのためには世帯情報と顧客情報の統合が必要である。
- b) より詳細な顧客の位置情報を把握するため、世帯情報ではなく、“KNO”を有した戸別メータの位置情報を GIS に入力するのが望ましい。そうすることで検針業務の効率化にもつながる。

(9) RMS のレビュー

1) RMS の開発状況の確認

- a) 水道料金システム (RMS) は TATA Consultancy Service⁹が導入し運用も受託している。
- b) 22 の配水事務所に設置 (33 台設置、30 台が DJB、3 台が PPP プロジェクトで使用)
- c) 顧客の識別は「KNO」という ID で行われる。顧客は KNO を使用してインターネットで RMS を使用することができる。
- d) RMS は、表 4-5 のコンテンツで構成されている。

表 4-5 RMS のコンテンツ

RMS Application	Remarks
Consumer Portal	水道ユーザが、水道使用量や料金、ハウスコネクション等々の申請や確認を実施する事が可能。KNO を入力し、利用が可能
BI Publish Enterprise	DJB 内で各種報告の提出をするときに用いられるコンテンツ。配水事務所報告書、定期報告書、ボードメンバーへの報告書等の作成時に用いられる。
CCB (C C and Billing)	DJB スタッフが、顧客情報をメンテナンス、情報管理をするシステム
UCM (Universal Content Measuring)	過去の申請書や履歴等の紙ベースのデータが SCAN され、コピーが蓄積されており、水道ユーザからの申請により、記録が蓄積されているデータについては提供できるようになっている。

2) 評価・課題

- a) 顧客にとって RMS は非常に利用しやすいシステムである。
- b) 顧客情報や水使用量を位置情報として把握し、無収水削減等に役立てていく為には、GIS と RMS の連携が不可欠である。
- c) Web-GIS を導入し、GIS の利用者を増やすと共にデータ更新作業を部門間で分散して行うことで効率化を図ることが必要である。

⁹ 同社の受託は 2018 年 3 月で終わり、同年 4 月からは Wipro 社が受託する予定である。

- d) GIS と RMS の連携は、現在 DJB の経営上の大きな課題の一つである無収水対策に不可欠である。

3) プロジェクトで対応したこと

GIS の各戸メータ情報と RMS の顧客情報の連携と、それによる料金徴収業務の効率向上や漏水対策業務の効率・効果向上手法について提案した。

【活動 3-4】日本の GIS、RMS の活用経験やシステム内容についての理解

2014 年 3 月デリーで日本の GIS の開発の歴史と活用例を紹介した。2014 年 11 月に実施した本邦研修において、日本の GIS の開発の歴史や活用例を紹介した。内容は以下の通りであった。

(1) 日本の GIS の概要

市場、導入の歴史、GIS データの更新

(2) GIS の活用例の紹介（実際の GIS 操作による研修含む）

GIS のデータ構造、断水検討機能、水理解析（管路の設計）、漏水履歴管理

(3) 管路評価システム

管路の機能評価（老朽度、耐震、水理・水質）、管路更新優先順位

本研修を通して、DJB は日本で使用されている先進的な GIS（管路・浄水場等に関する施設情報）やその活用方法について理解した。さらに、DJB が整備している GIS が不十分であることを理解し、GIS の組織的な整備がアセットマネジメント策定に不可欠な情報であることも理解した。この結果、DJB は JET が作成・提案している成果に理解を示し、進捗がスムーズになった。

- 1) 成果 1 で作成している GIS（特に管路情報）の精度を理解した。例えば給水管の位置情報は表示していないが、これは次段階で整備すべき事項である事を理解した。
- 2) シナリオ案で提案した段階的整備に合意した。
- 3) 提案した業務に関する担当機関（円借款パッケージ 5 での請負業者あるいは DJB 自身が行う業務等）が決定された。

【活動 3-5】DJB における 2021 年までの GIS、RMS の活用シナリオ案の作成

DJB は、浄水場、配水池、増圧ポンプ場、井戸等の測量図（CAD 図面）を GIS（DSSDI）へ入力する計画である。測量 CAD データ（図 4-2 の左）には、水道施設だけでなく施設管理に直接関係のないその他構造物等も含まれており、水道施設の管理を主眼に置いた GIS 図面の仕様（図 4-2 の右）とするため、測量 CAD 図面を GIS 化する際の方針について図 4-2 の通り提案した。

(1) 水道施設に特化した図面の作成

樹木、電灯等の付帯情報を非表示とする。

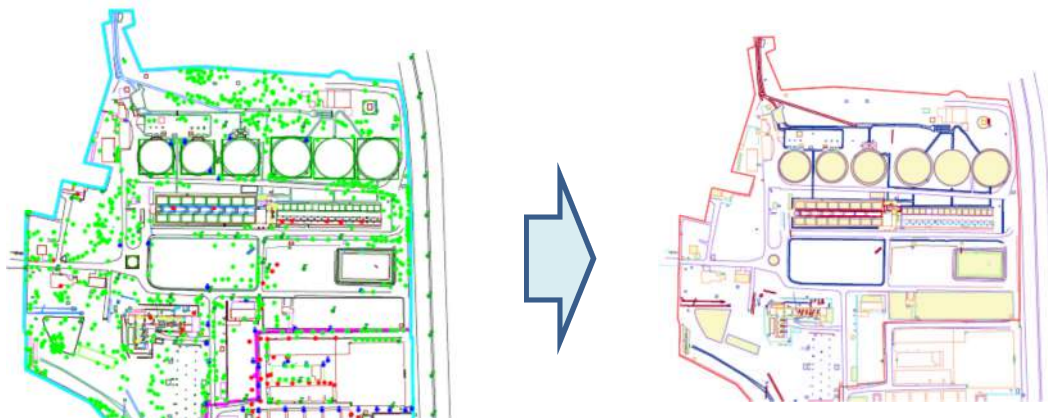
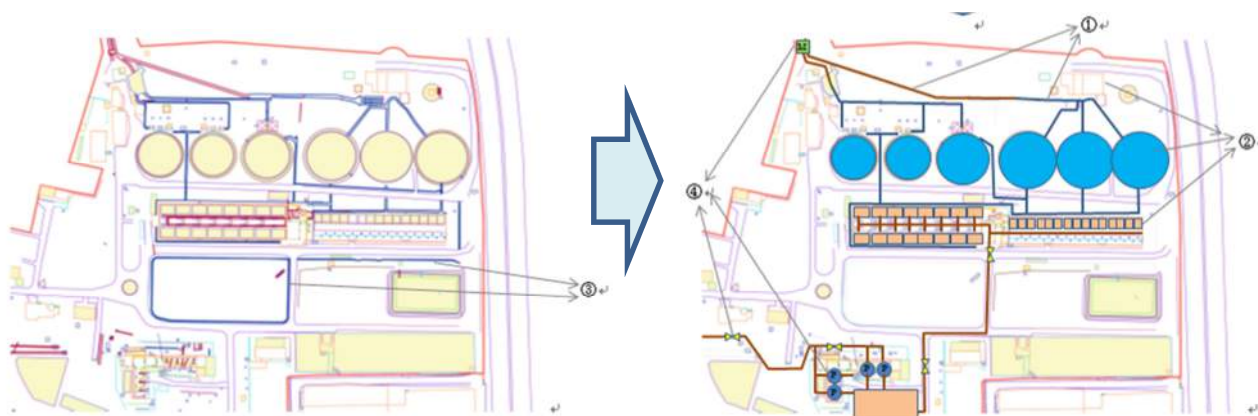


図 4-2 水道施設に特化した図面

(2) 簡素化と標準化

- 1) 水の流れを把握しやすいように水路や管路はシングルラインで表記する。
- 2) 施設や建物は外形のみを表記する。
- 3) 浄水処理や送配水に関係ない水路やパイプは表記しない。
- 4) 浄水処理や送配水に係る機器については標準化したシンボルで記載する。
- 5) 各施設の属性データとして仕様（サイズ、タイプ、能力等）を入力する。
- 6) より詳細な情報についてはファイリングシステムと連動させ図面、リスト等として管理する。



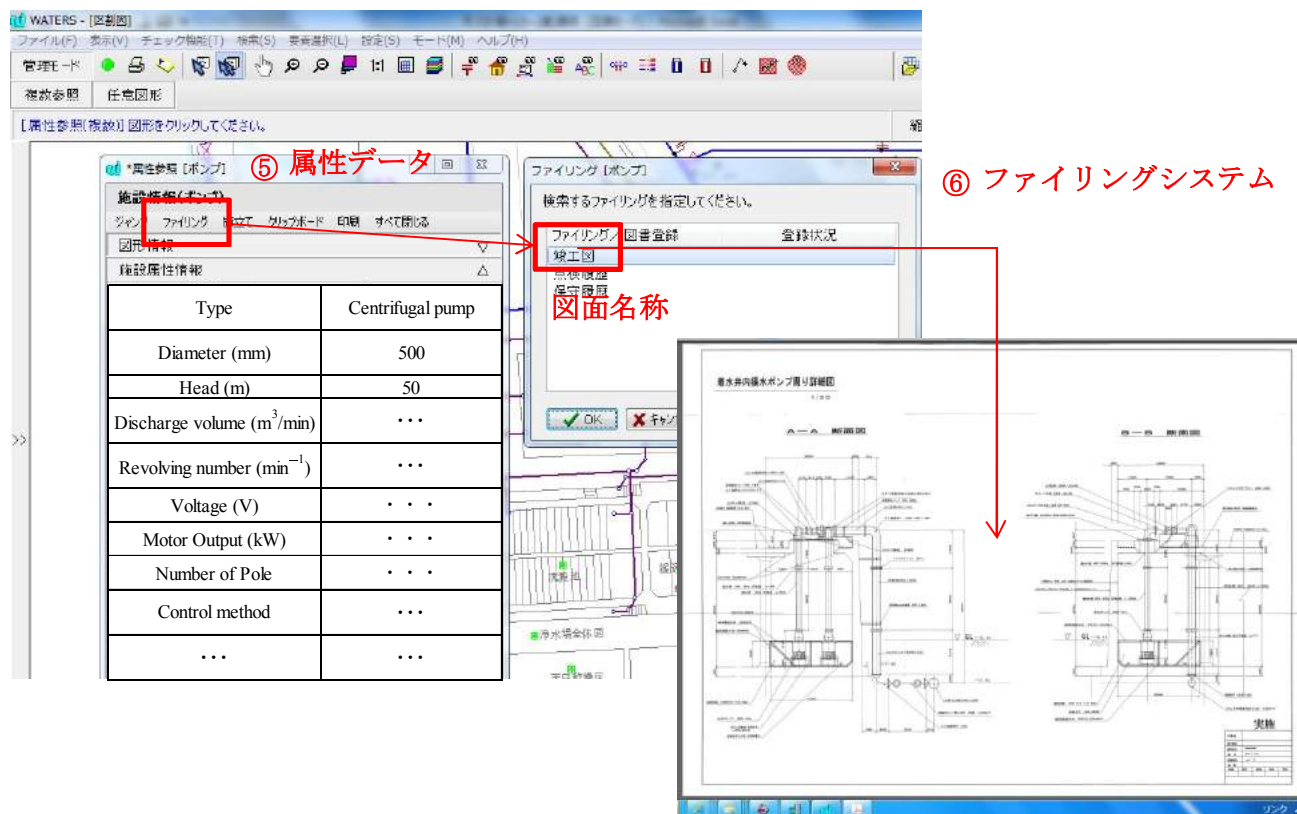


図 4-3 簡素化と標準化

【活動 3-6】 DJB における 2021 年までの GIS、RMS の開発シナリオ案の作成

【活動 3-2】で行った課題の抽出と、【活動 3-3】で行った GIS、RMS の開発状況のレビューと、DJB の意見を踏まえ、GIS/RMS の活用・開発シナリオを作成した。

本シナリオを、DJB の Addl.CEO、Mapping Cell 含めた幹部職員約 23 名、JICA インド事務所、円借款コンサルタントに対し、シナリオ案をプレゼンテーション形式で説明した。内容は以下の通りである。

- (1) 日本の GIS の概要
- (2) DJB の水道経営上の課題
- (3) DJB の GIS/RMS 開発状況
- (4) GIS/RMS 活用シナリオ
 - 1) 施設図面、台帳、各種主題図の整備への GIS 活用
 - 2) 設計・維持管理・計画業務・サービスの向上への GIS 活用
 - 3) アセットマネジメント（計画的な施設更新計画及び実施管理）への GIS 活用
- (5) GIS/RMS 開発シナリオ
 - 1) 既存の GIS データベースの再設計
(GIS のレイヤ構成、属性構成、シンボルの設定)
 - 2) 既存情報の GIS への追加

(GIS ファイリングシステムの導入：過去の調査データや、竣工図面等)

- 3) GIS への新規情報の追加
(測量調査による施設情報の追加/ 顧客情報の整備)
- 4) GIS 利用範囲の拡大
(Web GIS、モバイル GIS の導入、データ更新方法の検討)
- 5) GIS の高度な利用
(水理解析、アセットマネジメント)

(6) 開発スケジュール

上記説明会で協議した後、GIS/RMS 開発項目を以下の通り 3 つに仕分けし、DJB との協議によりスケジュールとしてまとめた。

- 1) DJB 自己資金により整備するもの
- 2) 円借款パッケージ 5 により整備するもの
- 3) 円借款パッケージ 2,3,4 により整備するもの

この開発スケジュールを含む「2021 年までの GIS/RMS 開発・活用シナリオ報告書」(業務進捗報告書 (第 3 号) に添付) を 2014 年 12 月に DJB に提出した。

	
<p>GIS 開発、活用シナリオについてプレゼンテーション 2014 年 12 月 12 日</p>	<p>アセットマネジメントのプレゼンテーション 2014 年 12 月 12 日</p>
	
<p>発表内容についてのディスカッション 2014 年 12 月 12 日</p>	

【活動 3-7】アセットマネジメント導入ガイドラインの作成

GIS/RMS のデータ分析・データ活用による配水管を含むアセットマネジメント導入ガイドラインの作成にあたり、【活動 3-1】、【活動 3-2】において DJB の経営方針、課題を整理して、DJB の関係者に対して、アセットマネジメントに関する考え方のプレゼンテーションを 2014 年 12 月に行った。

2015 年 3 月には GIS/RMS のデータ分析・データ活用による配水管を含むアセットマネジメント導入ガイドライン（業務進捗報告書（第 4 号）に添付）を DJB に説明し、了承された。



第5章 プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓

5.1 C/P との共同作業に関する提言

(1) 課題

当初 DJB の C/P は円借款事業のコンサルタントサービスと JET の立場の違いを十分に認識していなかった。そのため、本プロジェクトに対する DJB の関与度合いが積極的でなく、どちらかという JET の行動・提案に対し反応する態度であった。

(2) 工夫

本プロジェクトに関係する主な DJB 職員が研修のために来日した機会をとらえて、DJB 職員と本プロジェクトの目的を確認する会議を東京で開催した。その結果、DJB 側は本プロジェクトの目的を再認識し、目的を達成するためには、本プロジェクトに積極的に関与する必要がある事を確認した。

さらに、DJB 幹部のプロジェクトへの参画と主体者意識の向上を図る実施プロセスの形成のため、DJB 幹部と JET 間のより活発な情報交換、意見交換を図り、DJB 幹部が現場活動への参画機会を増やすことに取り組んだ。例えば、JCC や SCADA 調達進捗会議等には必ず DJB 幹部の配下の C/P を出席させ、プロジェクトの進行上問題となっている点や、JET の要望を明確に伝え、その場で DJB 側にどう対処させるかを考えさせ、かつ発言させるよう努めた。これにより、全体として下記の効果がみられた。

- ✓ DJB は JET の支援を受けつつも、JCC 会議を主体的に開催するようになった。
- ✓ これまでピタンプラの出先事務所が主体で実施してきた SCADA 設置工事に関する SCADA 調達進捗会議にも、DJB 本部の Project Manager や Deputy Project Manager 等の DJB 幹部が積極的に参加するようになった。

(3) 教訓

DJB は縦割り組織であるため、C/P は横断的に物事を捉えることに慣れていない。また、個々に与えられている権限が限られているために、決定権を持つ Addl. CEO 等の DJB 幹部による JCC などの会議の場で決断、指示を受ける形をとることで、プロジェクトを前に進めることが望ましい。

5.2 成果品の共有

(1) 課題

本プロジェクトで作成された数多くのマニュアル (SOP) ・ガイドラインは、担当部署では活用されているが、部署外に情報が伝わっていない。

(2) 工夫

技プロの成果を担当部署に限らず DJB 組織として広く共有するために、SCADA のマニュアル (SOP) ・ガイドラインは DJB の図書館に納入し、公開するようにした。さらに、マニュアル (SOP) ・ガイドラインを活用した長期研修計画を DJB トレーニングセルが行う事とした。

(3) 教訓

事前に作成資料の有効な共有方法を確認し、それに向けて関係部局を巻き込んでゆく。また、技プロの成果を組織として広く共有するための方策として、プロジェクトで作成したマニュアル (SOP) ・ガイドライン等の図書館への納入、プロジェクトで策定した研修計画を既往の研修システムに組み込むこと等により、研修計画のより確実かつ持続的な実施に向けた仕組み作りを検討する。

5.3 工事発注、施工監理、業者工事の工程管理**(1) 課題**

成果 2 ではパイロットサイトへの SCADA システムの導入が計画され、次のように担当した。

表 5-1 SCADA システムの担当者と担当業務

No.	担当者	担当業務
1	DJB	<ul style="list-style-type: none"> ・ 道路掘削許可の取得 ・ 流量計、バルブ等を格納するチャンバーの建設の発注・業者契約 ・ 電力・通信等の契約 ・ 維持費用チャンバー改善工事（一部）
2	DJB の契約業者 (Koli 社)	<ul style="list-style-type: none"> ・ チャンバーの建設
3	JICA	<ul style="list-style-type: none"> ・ SCADA システムの発注・業者契約
4	JICA の規約業者 (RDS 社)	<ul style="list-style-type: none"> ・ SCADA システムの機材調達・据付け
5	JET	<ul style="list-style-type: none"> ・ SCADA システムに関する発注仕様書の作成、RDS 社から提出された見積りの評価、チャンバー及び SCADA 据付けの施工監理 ・ モデルチャンバーの建設 ・ チャンバー改善工事（一部）

しかし、チャンバー建設と SCADA システム据付けの各工程は、相互に関連しており、5 者（発注者 2 機関、受注者 2 社、施工監理 1 機関）の相互調整の難易度が高かった。

(2) 工夫

関係者間の工程に関する調整・確認を行うため SCADA 調達進捗会議を都合 25 回開催した。2014 年 7 月に第 1 回 SCADA 調達進捗会議を開催し、SCADA システムの大半が設置された 2015 年 7 月まで、都合 14 回の SCADA 調達進捗会議を開催した。同年同月にチャンバーへの浸水が生じ、SCADA 工事は中断状態となったが、RDS 社による SCADA 工事再開後の 2017 年 6 月から同年 11

月までの間、再び SCADA 調達進捗会議（都合 7 回）をほぼ毎月開催した。

(3) 教訓

SCADA のようなシステムにかかる調達を行う場合には、システム全体の構成要素の一部を切り出して負担を分担することは避け、一括発注・一括施工が望ましい。これにより、複雑化している相互の工程管理が、1 社の責任の下で行える体制ができる。

技術協力プロジェクトの調達規定上、分担が避けられないのであれば、本事業において考慮されたようにマネジメント能力の高い専任役を置き工程管理に当たらせることが不可欠である。またその派遣期間については、工期遵守のカルチャーの希薄な国では、スムーズな工程管理を実施するため、スポットではなく連続的に配置することが望ましい。あるいは、計画当初から計画工期に柔軟性を持たせておくなどの措置を検討することが肝要である。

5.4 チャンバー建設

(1) 課題

JET は成果 2 の SCADA について、DMA と SCADA の専門家を配置し、DMA の構築と電動バルブ等の現場機器及びソフト構築を含む SCADA 本体の計画を策定した。これに基づき DJB はチャンバーの建設等を発注し、JICA は SCADA 機器を発注した。

JET は、JICA 支援として SCADA 機器に関する TOR の策定、見積り評価、工程管理を行った。一方、チャンバーについては設置場所、寸法を DJB に伝えた。

しかしながら、DJB 発注のチャンバーの一部で浸水が起こり、感電等により事故の発生する恐れが生じた。これに対処するため、JET に土木の専門家が加えられて、チャンバーの耐水性を確保する対策を講じる事態となった。

(2) 工夫

DJB/JET 双方でチャンバーの耐水性改善工事を分担して、その際に、JET から施工監理の OJT を DJB へ行った。DJB 担当者を現場に立ち合わせ、JET は施工監理支援に徹し、施工監理のポイントを伝えた。また、セミナー等で、標準仕様の策定や、施工順序、施工監理のポイントなどについて DJB へ提言した。

(3) 教訓

JET は DJB が耐水性の低い煉瓦積みのチャンバーを建設する事は想定していなかった。プロジェクト当初から、JET の DMA 専門家、SCADA 専門家に加えて、土木専門家を配置して、DJB と緊密なコミュニケーションを図り、DJB の設計するチャンバーの仕様をチェックすべきであった。

さらに、先方負担でチャンバー等の構造物を構築する場合やバルブ・メータ等の機材を調達する場合には、詳細計画策定調査の段階で、それらの構造物や機材の仕様に関して先方と確認・合意しておくことが肝要である。

5.5 DMA の水理的独立性

(1) 課題

DMA の独立性を確保するためにサイト選定にあたっては、関係者ヒアリング、試掘調査をおこなった。また、パイロットプロジェクトで構築した 3 か所の DMA が、水理的に独立している事を最終確認するためにゼロプレッシャーテスト (DMA への流入バルブを閉じた時に DMA 内の水圧がゼロとなる事) を行った。同テストは、SCADA システムが完成した 2017 年 12 月から 2018 年 1 月に行った。

その結果、DMA の 1 か所は独立しているが、2 か所で独立していない事が判明した。

(2) 工夫

既存配管図以外に未知の配管が存在し、DMA の独立性確保が困難である事は予想していた。このため、配管が単純である地区をパイロットエリアとして選択している。

さらに、本プロジェクトでは、Mapping Cell にある配管図を参照した上で、本地区の管網を熟知している土木担当エンジニアに配管状況のヒアリングを行い、さらに試掘調査を行い、DMA を設定した。

(3) 教訓

それでもなお、DMA 独立性確保は難しかった。DMA の構築は、1) DMA の構築、2) ゼロプレッシャーテストの実施、3) DMA の非独立性の発見、4) 原因追及、5) その対策、6) DMA の独立性の確保という手順で行う。今回は、段階 3) まで行い、4) の一部を DJB の土木担当と実施したが、残されたプロジェクト期間では終了することができず時間切れとなった。従って、SCADA 導入前の流量計設置完了時期 (2017 年 10 月) に、SCADA 作動開始を待たずに独立性の確認を行っていたら、早めに状況が判明していた可能性がある。特に DMA の独立性確保など、以降のプロジェクト活動にも影響を与える事象については、業務工程の遅れへの臨機応変な対応が必要である。

5.6 NRW の算出

(1) 課題

NRW は、1) DMA への流入水量と 2) DMA 内の全顧客への請求水量により算出できる。前者は SCADA システムから容易に取得できる。請求水量は RMS に存在するが、DMA 単位で整理されていない。このため、DMA 内の請求水量は、顧客番号 (KNO) に基づき、該当する KNO の請求水量を RMS データから DMA 毎に集計する必要があった。

(2) 工夫

2017 年 12 月に RMS データの提供を受けた。3,000 件以上の KNO を DMA 毎に集計するため、エクセルを用いて DMA 内の住所と一致する KNO を拾い出すなどの作業の効率化を図ったが、集計には時間を要した。

このため、2018年2月にRMSを管轄するAddl CEO、Director (Revenue) 他と協議し、KNOのデータにDMA番号を付してもらう事を提案した。これにより、2回目以降はDMAごとのデータ抽出（請求水量）ができる。協議の結果、DJBは実施を確約し、RMS委託業者が変わる2018年4月以降に実施する事となった。

さらに、協議の過程で、DMACellが存在し、既にDJBが設定した33か所のDMAに関するNRW算出を行っていることも判明した。DMACellが、パイロットプロジェクトの3か所のDMAのNRW算出も行う事で合意した。

(3) 教訓

RMSデータの提供を受けた2017年12月段階で、算出方法の協議等を行っていれば、もう少し早い段階でDMACellと協同で作業する事ができた。関連する組織改編の情報をC/Pから速やかに入手するように努め、組織改編の早いC/Pとは、タイミングよく協議を行う事が必要である。

第6章 プロジェクト目標の達成度（終了時評価結果の概要等）

終了時評価において、プロジェクト終了時までに達成すべき事項として表 6-1 の 6 項目が挙げられた。その達成状況を述べる。

表 6-1 終了時評価での提言と達成状況

No.	提言された事項	達成状況	参照
1	SCADA の年間メンテナンス契約（AMC）	達成されていない	
2	均等給水の試行	達成された。	成果 2
3	無収水のモニタリング	達成された。	成果 2
4	トレーニングセルの関与	達成された。	成果 2
5	理解促進セミナーの開催	達成された。	成果 2
6	DPR の最終化の促進	達成されていない	

6.1 SCADA の年間メンテナンス契約（AMC）

(1) 提言

プロジェクト終了後において SCADA を適正に維持管理できるように、DJB は 2018 年 2 月末までに SCADA メンテナンスに係る AMC（Annual Maintenance Contract）の契約手続きを終える必要がある。

(2) 達成状況

2018 年 2 月末時点で達成されていない。

1) 背景

DJB 幹部（Addl CEO、CE（West）等）は譲渡された SCADA の保守管理の必要性は十分認識し、AMC 契約の準備を進めてきた。

2) ソフトに関する AMC

2018 年 3 月 7 日時点で DJB は、ソフトに関する AMC を、SCADA のソフトパートを納入した日立インド社と随意契約する決裁手続きを進めており、最終決済者である Member（Finance）の決裁を待っている。決裁が下り次第、契約手続きが進められる見込みである。

3) ハードに関する AMC

当初はハードについても AMC を締結するとしていたが、2018 年 2 月以降方針を変更し下記の 3 種類で故障に対応するとしている。これは、当初はソフトとハードに分けて契約することで、手続きの迅速化を図る予定であったが、ハード部分の予算額に対し、DJB 上層部の決裁が必要となったことから、さらに細分化を検討したものである。

- a) SCADA のソフトウェアに関する機器類は、製品寿命が短く故障も多いため、予備部品

一式を予め購入する。その部品に関する見積もりを日立インド社他 1 社からとり、それに基づき予算措置をし、入札する。

- b) 故障の少ない流量計、水圧計に故障が発生した場合、(漏水修理でも採られている手法であるが) 緊急事態として既存の保守管理業者に Variation Order を発出して対処する。
- c) 故障の少ないバルブ、アクチュエータ等の汎用品に故障があった場合、故障の都度、入札で調達する。契約は通常の公示、発注、評価、契約手続きを踏むことになり、この手続きに 1 か月を要する見込みである。

4) 達成状況の見通し

a)に関する予備品一式の調達は、見積書入手後予算措置が取られることになっている。b)及びc)は、故障発生都度、調達がなされるが、DJB の CE レベルの裁量で予算付けが可能であり、DJB の CE (West) と協議し CE (West) が責任を持って対応するとした。

仮に随時契約がなされなくとも、メンテナンスも DJB スタッフができるよう技術移転済みである。

6.2 均等給水の試行

(1) 提言

均等給水の理解を促進し、SCADA システムを用いた実演を行い、本プロジェクト内でプロジェクト目的の「指標 b」目標値 (Y) を設定すべきである。そして、2018 年 2 月末までに、水圧と流量とが最大の DMA と最小 DMA との差を最小化するために、水流をごく短時間操作してその効果を確認すべきである。

(2) 達成状況

成果 2 に記載のとおり、目標値 (Y) を設定し DMA 間の差を最小化し効果を確認した。

6.3 無収水のモニタリング

(1) 提言

2018 年 2 月末までに、関係者による会議で各責任分担を明確にして、DMA1 における無収水が計算されて、無収水率の値が算出されるべきである。

(2) 達成状況

第 3 章、活動 2-3-9 に記載のとおり、DMA1 における無収水率が 60%であることが明らかになった。

無収水率の計算後に、EE(Civil)及び CE (West)が、Add CEO にメールで報告する報告プロセスを決め、DMA1 の計算後に報告プロセスが確立されていることを確認した。

6.4 トレーニングセルの関与

(1) 提言

ピタンプラに設置された SCADA システムをトレーニング施設として効果的に利用するために、SCADA トレーニングがトレーニングセルによって、DJB の年間トレーニングプログラムに組み込まれることを提案する。これにより、プロジェクト終了後でも、SCADA トレーニングが定期的開催されることができると見られる。本プロジェクトにて、長期の SCADA トレーニング計画のドラフトが作成され、2018 年 2 月末までに、トレーニングセルによって、当該計画が最終化されるべきである。

(2) 達成状況

成果 2 に記載のとおり、長期の SCADA トレーニング計画が、トレーニングセルによって最終化された。この最終計画に基づき、対象者に対するトレーニングへの参加依頼が発せられている（2018 年 2 月 26 日付）。

6.5 理解促進セミナーの開催

(1) 提言

DJB 内に、本プロジェクトの便益と優れた教訓を広く共有するために、プロジェクト終了前までに、プロジェクトの結果を共有するセミナーの開催を提言する。

(2) 達成状況

2018 年 2 月 27 日に開催された第 6 回セミナーにて、C/P が成果 2 の結果（SCADA・無収水）を発表し、結果を共有した。

6.6 DPR の最終化の促進

(1) 提言

本プロジェクトの成果に基づいた円借款事業におけるパッケージ 2～5 の DPR が 1 年以上前にドラフトされているが、それらの DPR は未だ DJB によって最終化されておらず、Approval Committee に提出されていない。これは本プロジェクト目的の完全な達成、および円借款事業の円滑な遂行を妨げている。従って、プロジェクト終了前までに、DJB による DPR の最終化と承認プロセスの促進を強く提言する。

(2) 達成状況

配水管網に関する 3 パッケージの最新の DPR は 2018 年 1 月に円借款コンサルタントから DJB に提出された。これに対し同年 2 月、DJB は再び管種の変更を円借款コンサルタントに指示して

いる。これを受けて、円借款コンサルタントは DPR を修正し、修正された DPR は 2018 年 3 月に再提出される予定である。DJB の承認後は、都市開発省も加わっている Approval Committee での承認を経て DPR は完成する予定である。

ただし、今までも DPR 提出の都度、DJB は設計方針を変更してきた経緯がある。最初の DPR 提出から既に 1 年以上経過しており、DJB が今回修正された DPR の内容を速やかに承認し、Approval Committee に提出することを強く提言する。

第7章 上位目標の達成に向けての提言

本プロジェクトの上位目標は、「インド北部デリーにおいて、給水装置を含む既存の上水道施設を改築・更新することにより、24時間連続給水かつ、均等で安定的給水サービスの提供を図り、もって同地域住民の生活環境の改善に寄与する。」であり、円借款事業の目標値（事業完成予定の2年後の2023年）にあわせて設定されている。

円借款事業は、2012年10月29日の円借款貸付契約が調印された。「円借款事業では給水装置を含む既存の上水道施設の改築・更新」は4つのパッケージで建設される予定である。

1. 浄水場
2. 給水装置を含む送配水施設（東地区）
3. 同上（中地区）
4. 同上（西地区）

2. から 4. の配水施設は、配水区毎及び配水区内に設ける DMA 毎に管理されることになっている。配水管理のため SCADA システムも構築されるが、この SCADA システムを用いて DMA 毎の流量調整を図り均等給水が達成される見込みである。

さらに、DMA 毎で無収水率の算出を行う。無収水率の高い DMA における漏水、不法接続の減少等を図り、円借款事業区域内で有効水量を増やすことにより 24 時間給水が実現できる見込みである。

従って、円借款事業で行う事業の建設をもって、本プロジェクトの上位目標は達成できる見込みである。本プロジェクト実施結果から、円借款事業のより円滑な実施のために以下を提言する。

(1) 円借款事業の早期実施

コンサルタント業務は 2013 年 11 月に始められたが、4 年余りを経過したものの、上記の 4 つのパッケージに関する施設の受注業者（建設・運転管理者）が決まっていない。2018 年 3 月時点で、パッケージ 1 は入札にかけられたものの、受注業者が決まっていない。さらにパッケージ 2～4 は、パイプ材料の度重なる変更により、設計の最終工程である DPR の作成が何度も繰り返され、承認されていない。

目標の 2021 年まで約 4 年しか残されていない。工事を勘案すると、目標年の達成は難しく、DJB による一層の事業促進が必要である。このため、

- ✓ DJB 内部の円借款担当部署の増強による意思決定の迅速化
 - ✓ DJB と円借款コンサルタントのより緊密な協議による手戻り作業の解消
 - ✓ DJB と JICA との入札プロセスに関する協議の迅速化
- を提案する。

(2) 検針区域の再編成 (MP 及び終了時評価でも提言有)

均等給水実現に向けて3階層の配水システムが構築される。すなわち、

- ✓ 第1階層：浄水場から配水池・ポンプ場（送水ポンプ・送水管の送水施設）
- ✓ 第2階層：配水池・ポンプ場から DMA（配水ポンプ・配水本管の配水施設）
- ✓ 第3階層：DMA 内部（配水支管の配水施設）

である。配水 SCADA システムが浄水場に設けられ、DMA における流量をモニタリングし、DMA への流量を制御し均等給水を図ることとしている。

均等給水の実現には、各 DMA の需要水量が必要であるが、これは DMA の接続件数を集計して推定できる。既に DMA セルでは試行的に約 30 ヶ所の DMA の接続件数を把握している。同様の手法でチャンドラワール浄水場系統の 100 以上の DMA の接続件数を把握するよう、DJB に提言する。

(3) 配水管理区域の再編成 (MP 及び終了時評価でも提言有)

均等給水と並び無収水削減も目標の一つである。DMA への流入水量は SCADA システムで計測できる。一方、料金請求水量は RMS システムで把握できる。しかしながら、現在の配水管理区域（検針区域と同じ）は、DMA と一致していない。配水管理区域を DMA と一致させて、再編成することにより、DMA 内の料金請求水量の総量が容易に把握できる。そして、DMA への流入水量と料金請求水量とを比較することにより各 DMA の無収水率が算出できる。

これにより、無収水率の高い DMA から無収水削減対策を進めることが判明する。今後、効果的に対策を進めるために、配水管理区域を DMA 単位に再編成することを提言する。

(4) 戸別調査と DSSDI マップの統合

無収水は見かけ上の損失と漏水とに分類できる。RMS システムの普及により接続件数の捕捉は進んでいるものの、見かけ上の損失は多い。

漏水削減に比べ、見かけ上の損失削減は比較的容易である。既に DJB は設置した DMA で戸別調査を実施し、効果を挙げている。さらに効果を挙げるために、円借款事業において戸別調査の結果を DSSDI マップに反映することを提案する。これにより、不法接続家屋が明確になり、RMS データを更新し、見かけ上の損失を減少させることができる。

(5) 管路情報の収集と GIS マップ

DJB が継続的に水道施設を維持し続けるためには、施設のアセットを把握した上で中長期の更新計画を策定する必要がある。そのためには、更新すべき施設を絞り込み、限られた事業費の中で最大の効果を発揮させることが重要である。

しかし、埋設管路は目視確認できず、かつ膨大な延長の管路が存在するため、現状は DSSDI に頼らざるを得ない。しかし、DSSDI に管路の布設年の情報が入力されていないことから、老朽度の判断は困難である。従って、円借款事業における管路整備のパッケージ 2,3,4 について、作成される竣工図を確実に GIS 情報として入力し、パッケージ 5 では GIS データ整備の際に、テストピットによる管路の状態を確認し、GIS に反映することで着実に GIS の精度向上を図ることを GIS/RMS 開発シナリオにて提言した。

(6) 個別給水管とメータの設置

水圧降下の著しい、いわゆるスパゲッティ方式の給水管を廃止するため、円借款事業では、給水管布設の難しいスラム地区であってもすべての家屋に個別給水管・メータを設置する計画である。この方式を、DJB の全配水区域で実施することを提言する。

(7) チャンバーの仕様、施工監理方法、道路掘削許可の取得プロセス等

中間レビューで標記を円借款本体事業に活用することが提案された。チャンバーの仕様は既に設計に反映されている。また、施工監理方法、道路掘削許可の取得プロセス等については、成果 1 の終了時（2015 年 8 月）に、DJB を通じて円借款事業コンサルタントに伝達されている。この教訓が、本体事業の工事に活かされることを提言する。