

パキスタン国
カラチ上下水道局 (KW&SB)

パキスタン国
カラチ市上下水道整備計画調査

最終報告書

和文要約

平成20年7月
(2008年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

委託先

株式会社 日水コン
株式会社 東京設計事務所



パキスタン国
カラチ上下水道局 (KW&SB)

パキスタン国
カラチ市上下水道整備計画調査

最終報告書

和文要約

平成 20 年 7 月
(2008 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

委託先
株式会社 日水コン
株式会社 東京設計事務所

為替レート（2007年1月末時点）

US\$ 1 = Rs. 60.77

US\$ 1 = ¥ 121.68

Rs. 1 = US\$ 0.016455

Rs. 1 = ¥ 2.00

序 文

日本国政府は、パキスタン国政府の要請に基づき、同国のカラチ市上下水道整備に係る開発調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施致しました。

当機構は、平成 18 年 2 月から平成 20 年 7 月までの間、株式会社日水コンの讃良貞信氏を団長とし、同社及び株式会社東京設計事務所から構成された調査団を現地に派遣致しました。また、国際協力総合研究所国際協力専門員の大村良樹氏を委員長とする国内支援委員会を設置し、本調査に関し、専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、パキスタン国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、カラチ市民の厚生の上昇に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を頂いた関係者各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 20 年 7 月

独立行政法人 国際協力機構
理事 松本 有幸

独立行政法人 国際協力機構
理事 松本 有幸 殿

伝 達 状

パキスタン国カラチ市上下水道整備計画調査に関する最終報告書をここに提出いたします。この報告書は日本政府の関係機関及び貴機構から頂いた貴重な助言と、最終報告書草案にかかるカラチ上下水道公社及びその他パキスタン国政府関係機関のコメントに基づいて作成いたしました。

最終報告書は、本和文要約を除き、以下の3分冊（いずれも英文）で構成されています。

Volume 1 : Executive Summary

Volume 2 : Main Report

Volume 3 : Appendixes

この報告書は、安全な飲料水の持続的かつ効率的な供給を図ることを目標とし、2025年を目標年次とするカラチ市上下水道の長期整備計画策定、ならびに、早期の実施が必要となる優先プロジェクトの選定にかかる調査団の調査結果及び提言をとりまとめたものです。

ここに、調査を進めるに当り貴重なご助言とご指導を賜りました貴機構、日本政府外務省及び厚生労働省の関係各位に対し深甚なる感謝の意を表するとともに、調査期間中、特段のご協力を頂いた、カラチ上下水道公社及びその他のパキスタン国関係政府機関、ならびに、日本大使館に対し、深く御礼を申し上げます。

平成 20 年 7 月

株式会社 日水コン
パキスタン国カラチ市上下水道整備計画調査団
総括 讃良 貞信

調査対象地域位置図



計画概要

1. マスタープラン

(1) 上水道

Bulk Water Supply System の長期施設整備は、下表に示す計画とした。

| 施設 | 段階 目標年次 | 新規 | | | 合計 | 改修/改善 |
|-----------|------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|---|
| | | 第一段階 2016 | 第二段階 2021 | 第三段階 2025 | | |
| 原水導水路/渠 | | 260 mgd | 260 mgd | 260 mgd | 780 mgd | 620 mgd |
| 原水ポンプ場 | | 2 P/Ss: 7.8MW, 14.2 MW | 2 P/Ss: 7.8MW, 14.2 MW | 2 P/Ss: 3.9MW, 7.1 MW | 6 P/Ss | 15 P/Ss |
| 浄水場 (F/P) | | 3 F/P: 315 mgd | 2 F/P: 260 mgd | 2 F/P: 260 mgd | 5 F/Ps: 835 mgd | 6 F/Ps: 435 mgd |
| | 単位(mgd)省略 | K-III: 100 COD: 85 K-IV(C): 130 | K-IV(W): 130 K-IV(E): 130 | K-IV(W): 130 K-IV(E): 130 | K-III: 100 COD: 85 K-IV(W): 260 K-IV(C): 130 K-IV(E): 260 | Gharo: 20 Pipri: 100 COD: 115 NEK Old: 25 NEK New: 100 Hub: 75 |
| 送水ポンプ場 | | 3 P/Ss (2 P/Ss) | 2 P/Ss (4 P/Ss) | 2 P/Ss (6 P/Ss) | 7 P/Ss | 2 P/Ss |
| 送水管 | | 32 km | 53 km | 44 km | 129 km | 17 km |
| 配水池 | | 2 nos. (7 nos.) | 4 nos. (2 nos.) | 2 nos. (6 nos.) | 8 nos. | 6 nos. (8 nos.) |
| 配水ポンプ場 | | - | - | 3 P/Ss | 3 P/Ss | - |

注：括弧内に示されている数値は施設拡張を意味する。

Retail Water Supply System の長期施設整備は、西部、中部及び東部の各配水ゾーンにおいて、下表に示す計画とした。

| 施設 | ゾーン | 新規 | | | | 改修/改善 | | | |
|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 西部 | 中部 | 東部 | 計 | 西部 | 中部 | 東部 | 計 |
| 配水本管 (km) | | 406 | 364 | 152 | 922 | 273 | 259 | 153 | 685 |
| 配水支管(km) | | 2,539 | 3,152 | 2,349 | 8,041 | 3,751 | 4,208 | 1,220 | 9,179 |
| | DNI | - | - | - | - | 2,578 | 3,069 | 681 | 6,329 |
| | DNI 以外 | - | - | - | - | 1,173 | 1,139 | 539 | 2,850 |
| 給水装置 (×1,000) | | 454 | 564 | 420 | 1,438 | 1,119 | 900 | 378 | 2,398 |
| | DNI | - | - | - | - | 553 | 784 | 283 | 1,620 |
| | DNI 以外 | - | - | - | - | 566 | 116 | 95 | 778 |

注：「DNI 以外」とは日常業務によることを意味する

(2) 下水道

下水道長期施設整備計画の内、新規施設の建設は下表に示す計画とした。

| 施設 | 新 規 | | | | | 備 考 |
|--------------------------|------|--------------------------|---|--|----------------------------------|-----|
| | 段階 | 第一段階 | 第二段階 | 第三段階 | 合計 | |
| | 目標年次 | 2016 | 2021 | 2025 | | |
| TP-1 および TP-3 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 663 km | 663 km | 530 km | 1,856 km | |
| 幹線 (42"-) | | 39.7 km | 5.2 km | 0.0 km | 44.9 km | |
| ポンプ場 | | - | - | - | - | |
| TP-1 | | 250,000m ³ /日 | 167,000m ³ /日 | 83,000m ³ /日 | 500,000m ³ /日 | |
| TP-3 | | - | - | - | - | |
| TP-2 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 427 km | 427 km | 341 km | 1,195 km | |
| 幹線 (42"-) | | 19.8 km | 25.7 km | 5.8 km | 51.3 km | |
| ポンプ場 | | - | 1 PS: Gulberg (170.6m ³ /分) | - | 1 PS (170.6m ³ /分) | |
| TP-2 | | - | 429,000m ³ /日 | 61,000m ³ /日 | 490,000m ³ /日 | |
| TP-4 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 1,096 km | 1,096 km | 877 km | 3,069 km | |
| 幹線 (42"-) | | 37.1 km | 73.1 km | 15.6 km | 125.8 km | |
| ポンプ場 | | | 1 PS: Karachi Port (66.3m ³ /分) | 1 PS: Bin Qasim (59.9m ³ /分) | 2 PS (126.2m ³ /分) | |
| TP-4 | | 484,000m ³ /日 | 564,000m ³ /日 | 242,000m ³ /日 | 1,290,000m ³ /日 | |

また、既存施設の改修に関しては下表に示す計画とした。

| 施設 | 改 修 | | | | | 備 考 |
|--------------------------|------|--------------------------|---|-------|----------------------------------|--------|
| | 段階 | 第一段階 | 第二段階 | 第三段階 | 合計 | |
| | 目標年次 | 2016 | 2021 | 2025 | | |
| TP-1 および TP-3 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 232 km | 61 km | 9 km | 302 km | |
| ポンプ場 | | - | 2 PS: Jamila / Chakiwara (157.9m ³ /分) | - | 2 PS (157.9m ³ /分) | |
| TP-1 | | 110,000m ³ /日 | - | - | - | 機械電気設備 |
| TP-3 | | 245,000m ³ /日 | - | - | - | ポンプ設備 |
| TP-2 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 54 km | 133 km | 7 km | 194 km | |
| ポンプ場 | | - | 1 PS: Clifton (107.7m ³ /分) | | 1 PS (107.7m ³ /分) | |
| TP-2 | | - | 110,000m ³ /日 | | | |
| TP-4 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | - | 440 km | 14 km | 454 km | |
| ポンプ場 | | | 1 PS: Korangi (289m ³ /分) | | 1 PS (289m ³ /分) | |

(3) 組織・制度改革

組織・制度改革では、「①Karachi 市内の上下水道サービス供給に係る日常業務に対する政治家の干渉・介入を回避すること」、ならびに、「②目標年次である 2025 年までに同サービス供給が独立採算制をベースとして運営可能とすること」の二つを目標に掲げて改革案を提言した。具体的な提言内容は、概ね以下のとおりである。

- (i) 長期的に Bulk 供給と Retail サービスを担当する組織を分離する
- (ii) Bulk に関しては KW&SB が今後も引き続きその運営に当たるものの、Retail サービスに関しては、ゾーン毎、長期的かつ段階的に KW&SB から各ゾーンに新規に設立する Retail サービス会社（「パ」国の「会社法(1984 年)」に規定される「Public Limited Company（株式公開会社）」として設立）に運営を移管する（下図参照）
- (iii) 上下水道サービスの料金及びサービス水準を規制するために、独立した規制主体（Regulatory Board）を設立する

| YEAR | | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---------------|--------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RETAIL SUPPLY | BULK SUPPLY | KW&SB | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ZONE EAST | KW&SB | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ZONE CENTRAL | KW&SB | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ZONE WEST | KW&SB | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | NEW CORPORATISED RETAIL ENTITY | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | DNI | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(4) 事業費

上下水道マスタープランの事業費は下表のとおり算定された。

| 費目 | Rs. (百万) |
|-------------|----------------|
| ベースコスト | 319,347 |
| 上水道 | 214,073 |
| 下水道 | 105,274 |
| その他 | 200,548 |
| 技術費 | 23,951 |
| 用地取得費 | 1,565 |
| 一般予備費 | 17,243 |
| 物価上昇予備費 | 150,105 |
| 事務費 | 7,684 |
| 総事業費 | 519,895 |

2. 優先プロジェクト

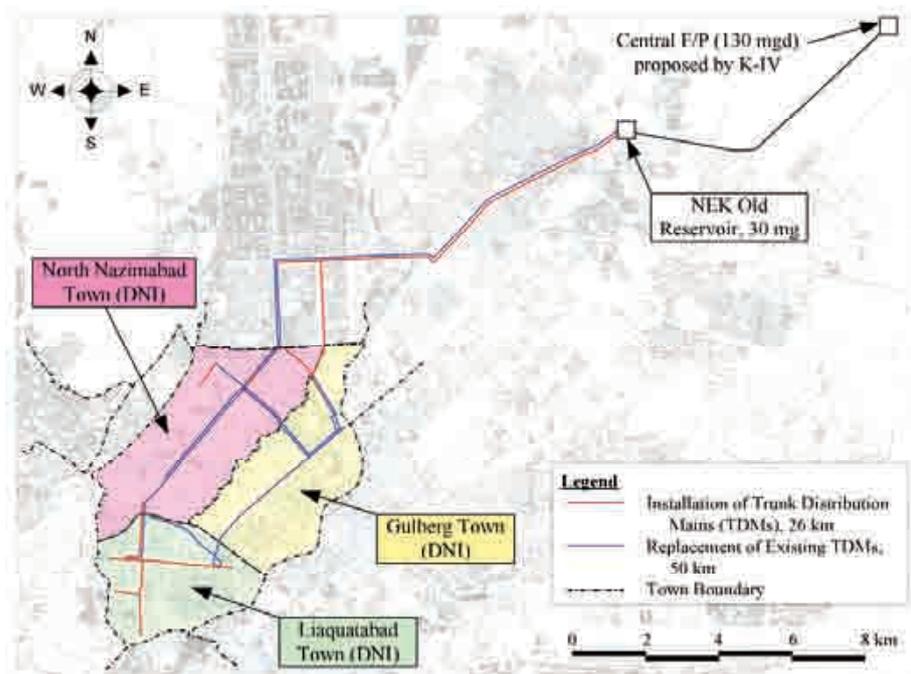
優先プロジェクトは、Karachi 市西部の 3 町（North Nazimabad、Gulberg 及び Liaquatabad）における上下水道サービスの質的向上を目的とした。対象となった 3 町の面積及び人口は下表に示すとおりである。

| 町 | 面積 | | 人口 | | | | |
|-----------------|--------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | acre* | km ² | 2005* | 2010 | 2015 | 2020* | 2025 |
| North Nazimabad | 4,127 | 17 | 753,423 | 815,407 | 889,328 | 979,450 | 1,069,572 |
| Gulberg | 3,417 | 14 | 688,581 | 745,229 | 812,788 | 895,154 | 977,520 |
| Liaquatabad | 2,685 | 11 | 985,577 | 999,095 | 1,015,211 | 1,034,860 | 1,054,509 |
| 計 | 10,229 | 42 | 2,427,581 | 2,561,741 | 2,719,342 | 2,911,484 | 3,103,626 |

出典: *付数値- Karachi Strategic Development Plan 2020 (2007 年 8 月); その他の数値-JICA Study Team

(1) 上水道

上水道に係る優先プロジェクトは、下図に示すように対象 3 町の配水網整備（DNI）を中心とする施設整備である。



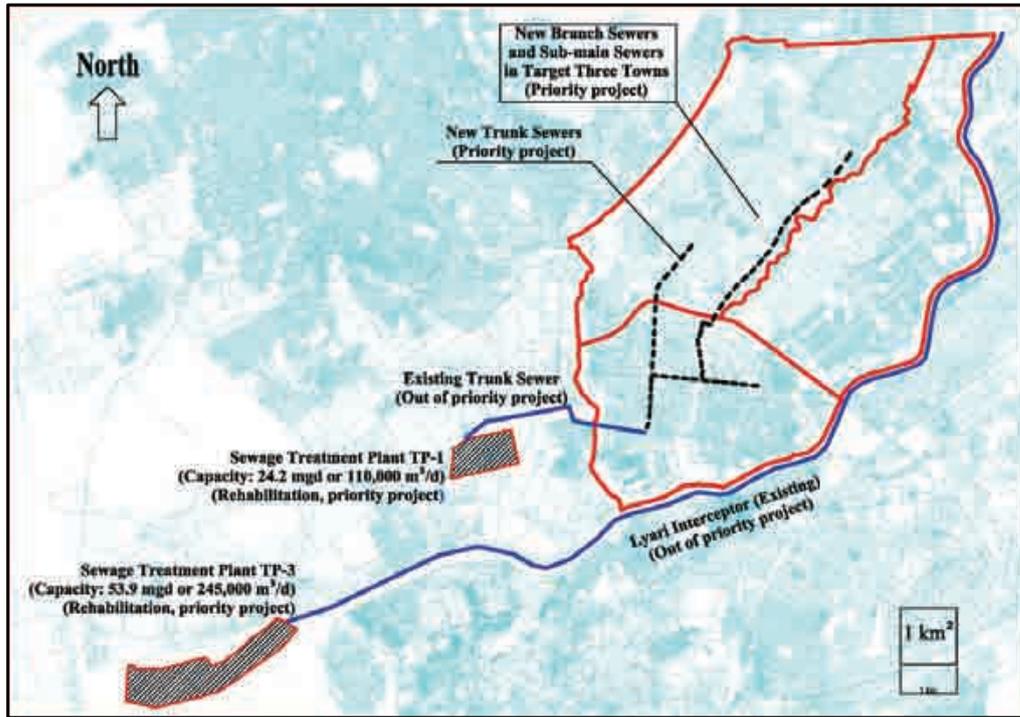
上水道優先プロジェクトには、以下の施設整備が含まれる。

- 3 町の既存配水支管の更新（総延長約 1,000km）
- 3 町の既存給水管のリハビリあるいは更新（総計約 230,000 箇所の給水装置）
- 3 町の既存給水装置に対する水道メーターの設置（総計約 230,000 箇所）
- 3 町の配水のために必要な約 50km の既存主要配水本管の更新（上図中の青線）
- 3 町の配水のために必要な約 26km の新規配水本管の布設（上図中の赤線）

- 17 箇所の流量計の設置
- NEK Old 配水池の拡張 (136,400 m³)

(2) 下水道

下水道の優先プロジェクトは、下図に示すように、対象 3 町から発生する下水の収集およびその処理を、より確実かつ効率的に行うための施設整備である。



下水道優先プロジェクトには、以下の施設整備が含まれる。

- 3 町における既存面整備管のリハビリ及び目標年次における発生下水を全て収集するための面整備管の新設
- 準幹線及び幹線管渠の新設
- TP-1 および TP-3 の 2 処理場のリハビリ

施設整備の具体的内容は下表に示すとおりである。

| | 名称 | 寸法/仕様 | 数量 | 備考 |
|------|--------|----------------------------------|--------|---|
| 管渠 | 面整備管 | 250mm | 269 km | 敷設替えあるいは新設 |
| | 準幹線 | 300mm~910mm | 43 km | 新設 |
| | 幹線 | 1070mm 以上 | 11 km | 新設 |
| TP-1 | 流入ポンプ | 0.52 m ³ /秒/台 | 7 台 | 処理能力：110,000 m ³ /日 |
| | 最初沈殿池 | 直径 42 m | 4 基 | プロセス：高速散水ろ床 |
| | 散水ろ床 | 直径 41.4 m | 8 基 | 機械および関連する電気設備の交換 |
| | 最終沈殿池 | 直径 42 m | 4 基 | 流入部、最初沈殿池、散水ろ床、最終沈殿池間の連絡管、最初沈殿池および最終沈殿池からの汚泥の引き抜き及び汚泥処理施設への移送 |
| | 連絡管 | - | 1 式 | |
| TP-3 | 2 次ポンプ | 縦型遠心 0.83 m ³ /秒/台 | 18 台 | 処理能力：245,000 m ³ /日 プロセス：安定化池 |

(3) 組織・制度改革

優先プロジェクトは、西部ゾーンに新たに設立される Retail サービス会社が実施する計画である。このため、優先プロジェクトの実施に先立ち、この新会社、及び、独立した規制主体を設立する必要がある。加えて、新会社及びその従業員が優先プロジェクトの実施に先立ち、資金調達や職員研修を含めた十分な準備を完了する必要もある。優先プロジェクトの実施に必要な組織・制度改革を実現するための行動計画は、下図に示すとおりである。

| 行動計画 | 年 | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| I. 移行段階 (2008年中期～2010年末) | [Gantt chart showing activities from 2008 to 2010] | | | | | | | | |
| I-1. 本文で述べた多くの詳細調査が実施され、調査の結論について利害関係者のコンセンサスが得られる。 | [Gantt bar from 2008 to 2009] | | | | | | | | |
| I-2. KW&SBの業務遂行責任範囲から西部ゾーンのRetailサービス供給責任が除外される。 | [Gantt bar from 2009 to 2010] | | | | | | | | |
| I-3. 西部ゾーンのRetailサービス供給を担当する新会社が設立される。 | [Gantt bar from 2009 to 2010] | | | | | | | | |
| I-4. 独立した規制主体が設立される。 | [Gantt bar from 2009 to 2010] | | | | | | | | |
| I-5. KW&SBの従業員、資産、負債、未収金(いずれも西部ゾーンに関連するもの)が新会社に移管される。 | [Gantt bar from 2010 to 2011] | | | | | | | | |
| I-6. KW&SBと新会社の間で「Bulk Treated Water Purchase Agreement」が締結される。 | [Gantt bar from 2010 to 2011] | | | | | | | | |
| I-7. KW&SBと新会社の間で「Raw Sewage Transfer Agreement」が締結される。 | [Gantt bar from 2010 to 2011] | | | | | | | | |
| II. プロジェクト実施準備段階 (2011年初頭～2012年中期) | [Gantt chart showing activities from 2011 to 2012] | | | | | | | | |
| II-1. 新会社が効率的な事業運営及びサービス提供に向けて戦略を策定する。 | [Gantt bar from 2011 to 2012] | | | | | | | | |
| II-2. 新会社の従業員が十分な訓練を受け、運転維持管理、料金徴収、顧客サービス等に関してより優れた能力を発揮する準備が整っている。 | [Gantt bar from 2011 to 2012] | | | | | | | | |
| II-3. 新会社が優先プロジェクト実施資金を調達する。 | [Gantt bar from 2011 to 2012] | | | | | | | | |
| II-4. 新会社が優先プロジェクト実施を一元的に統括管理する専門ユニット(Project Implementation Unit)を設立する。 | [Gantt bar from 2011 to 2012] | | | | | | | | |
| III. 3町におけるDNI実施 (2012年中期～2014年中期) | [Gantt bar from 2012 to 2014] | | | | | | | | |
| IV. その他の町におけるDNI実施 (2014年中期～2016年末) | [Gantt bar from 2014 to 2016] | | | | | | | | |

(4) 事業費

上下水道優先プロジェクトの事業費は下表のとおり算定された。

| 費目 | Rs. (百万) |
|-------------|---------------|
| ベースコスト | 11,817 |
| 上水道 | 9,167 |
| 下水道 | 2,650 |
| その他 | 4,612 |
| 技術費 | 886 |
| 用地取得費 | 4 |
| 一般予備費 | 635 |
| 物価上昇予備費 | 2,844 |
| 事務費 | 243 |
| 総事業費 | 16,429 |

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

カラチ上下水道局 (KW&SB)

パキスタン国カラチ市上下水道整備計画調査

最終報告書

和文要約

目 次

| | |
|--------------|-------------------------------|
| 序文 | |
| 伝達状 | |
| 調査対象地域位置図 | |
| 計画概要 | |
| 目次 | S - i |
| 表リスト | S - iv |
| 図リスト | S - v |
| 略語表 | S - vi |
| 度量単位略語表 | S - x |
| 単位換算表 | S - xii |
| 第 1 章 | 調査の背景..... S1 - 1 |
| S1.1 | 調査の背景..... S1 - 1 |
| S1.2 | 調査の実施スケジュール..... S1 - 2 |
| 第 2 章 | 調査の目的と対象地域..... S2 - 1 |
| S2.1 | 調査の目的..... S2 - 1 |
| S2.2 | 調査対象地域..... S2 - 1 |
| 第 3 章 | 既存上下水道システム..... S3 - 1 |
| S3.1 | 水源 S3 - 1 |
| S3.1.1 | 既存水源..... S3 - 1 |
| S3.1.2 | 新規水源の開発..... S3 - 4 |
| S3.2 | 上下水道システム..... S3 - 7 |
| S3.2.1 | 上水道システム..... S3 - 7 |
| S3.2.2 | 下水道システム..... S3 - 12 |
| S3.3 | 法制度、方針および行政の体制..... S3 - 15 |
| S3.3.1 | 上下水道セクター..... S3 - 15 |

| | | | |
|------------|--------|----------------------------------|---------------|
| | S3.3.2 | 環境セクター..... | S3 - 17 |
| S3.4 | | KW&SB の組織及び財務管理..... | S3 - 19 |
| | S3.4.1 | 組織..... | S3 - 19 |
| | S3.4.2 | 財務管理..... | S3 - 22 |
| | S3.4.3 | 職員の能力開発..... | S3 - 25 |
| S3.5 | | 主要な問題点の確認..... | S3 - 27 |
| | S3.5.1 | 上水道システム..... | S3 - 27 |
| | S3.5.2 | 下水道システム..... | S3 - 28 |
| 第4章 | | 上下水道マスタープラン..... | S4 - 1 |
| S4.1 | | 水需要予測..... | S4 - 1 |
| | S4.1.1 | 人口..... | S4 - 1 |
| | S4.1.2 | 水需要..... | S4 - 2 |
| S4.2 | | 上水道マスタープラン..... | S4 - 4 |
| | S4.2.1 | 計画前提条件..... | S4 - 4 |
| | S4.2.2 | 基本方針、目標、及び、戦略..... | S4 - 9 |
| | S4.2.3 | 段階的整備計画..... | S4 - 18 |
| | S4.2.4 | 上水道マスタープランの概要..... | S4 - 18 |
| S4.3 | | 下水道マスタープラン..... | S4 - 22 |
| | S4.3.1 | 基本事項..... | S4 - 22 |
| | S4.3.2 | 処理区の検討..... | S4 - 24 |
| | S4.3.3 | 下水道マスタープランの概要..... | S4 - 26 |
| S4.4 | | マネジメント・システムの改善..... | S4 - 29 |
| | S4.4.1 | 本調査が提案する組織・制度改革..... | S4 - 29 |
| | S4.4.2 | 財務管理システムの改善..... | S4 - 34 |
| | S4.4.3 | 無収水の削減..... | S4 - 35 |
| | S4.4.4 | 料金徴収システムの改善..... | S4 - 38 |
| | S4.4.5 | GIS による持続的な施設情報等の管理..... | S4 - 39 |
| | S4.4.6 | 顧客サービスの改善..... | S4 - 42 |
| | S4.4.7 | 人材開発..... | S4 - 43 |
| S4.5 | | 事業費の算定および実施スケジュール..... | S4 - 45 |
| | S4.5.1 | 事業費算定の前提条件..... | S4 - 45 |
| | S4.5.2 | 費用算定..... | S4 - 45 |
| | S4.5.3 | 建設スケジュール..... | S4 - 48 |
| S4.6 | | マスタープランの評価及び優先プロジェクトの選定..... | S4 - 51 |
| | S4.6.1 | 環境社会配慮..... | S4 - 51 |
| | S4.6.2 | 経済評価..... | S4 - 52 |
| | S4.6.3 | 優先プロジェクトの選定..... | S4 - 56 |
| 第5章 | | フィージビリティ調査..... | S5 - 1 |
| S5.1 | | 優先プロジェクト..... | S5 - 1 |
| | S5.1.1 | 上水道優先プロジェクト..... | S5 - 1 |
| | S5.1.2 | 下水道優先プロジェクト..... | S5 - 2 |
| S5.2 | | 組織・制度面の改革..... | S5 - 4 |
| | S5.2.1 | 西部ゾーンにおける新 Retail サービス会社の設立..... | S5 - 4 |
| | S5.2.2 | 独立した規制主体の設立..... | S5 - 4 |
| | S5.2.3 | 今後に向けて..... | S5 - 5 |
| S5.3 | | 優先プロジェクトの維持管理計画..... | S5 - 7 |
| | S5.3.1 | 上水道プロジェクト..... | S5 - 7 |

| | | | |
|------|--------|----------------------|---------|
| | S5.3.2 | 下水道プロジェクト..... | S5 - 9 |
| S5.4 | | 事業費算定および実施計画..... | S5 - 11 |
| | S5.4.1 | 事業費算定..... | S5 - 11 |
| | S5.4.2 | 実施計画..... | S5 - 12 |
| | S5.4.3 | 資金計画..... | S5 - 13 |
| | S5.4.4 | 施工計画..... | S5 - 14 |
| | S5.4.5 | 資機材調達計画..... | S5 - 15 |
| S5.5 | | 環境社会配慮..... | S5 - 15 |
| S5.6 | | プロジェクトの総合評価及び提言..... | S5 - 17 |
| | S5.6.1 | 経済・財務評価および経済的影響..... | S5 - 17 |
| | S5.6.2 | 環境・社会影響の評価..... | S5 - 22 |
| | S5.6.3 | 技術評価..... | S5 - 22 |
| | S5.6.4 | 総合評価および提言..... | S5 - 24 |

表リスト

| | | |
|-----------|--|---------|
| 第1章 | 調査の背景 | |
| 第2章 | 調査の目的と対象地域 | |
| 表 S22.1.1 | 18 Town 及び 178 UC..... | S2 - 1 |
| 第3章 | 既存上下水道システム | |
| 表 S31.1.1 | Indus 河の水量配分協定 (1991 年 3 月) | S3 - 1 |
| 表 S31.1.2 | Sindh 州内部の水量配分 | S3 - 2 |
| 表 S31.1.3 | Indus 河からの水供給の現状 | S3 - 3 |
| 表 S32.1.1 | 既存の給水能力 | S3 - 9 |
| 表 S32.1.2 | 口径別水道幹線延長 | S3 - 10 |
| 表 S32.1.3 | 口径別配水管延長 | S3 - 10 |
| 表 S32.1.4 | 給水装置数の推移 | S3 - 11 |
| 表 S32.2.1 | 処理区概要 | S3 - 12 |
| 表 S32.2.2 | 処理場の概要 | S3 - 14 |
| 表 S34.2.1 | 2004/05 年度末の借入外債の残高 | S3 - 23 |
| 表 S35.1.1 | 本調査で確認した主要な問題点 | S3 - 27 |
| 第4章 | 上下水道マスタープラン | |
| 表 S41.1.1 | 過去の人口と年増加率 | S4 - 1 |
| 表 S41.1.2 | Karachi 市の将来人口 | S4 - 1 |
| 表 S41.2.1 | Bulk Water Supply システム | S4 - 2 |
| 表 S41.2.2 | 給水率、非家庭用消費量の比率及び漏水率(UFW)の目標値 | S4 - 3 |
| 表 S41.2.3 | 将来の水需要 | S4 - 4 |
| 表 S42.2.1 | KW&SB の累積赤字 | S4 - 17 |
| 表 S42.4.1 | Bulk Water Supply System の施設整備概要 | S4 - 19 |
| 表 S42.4.2 | Retail Water Supply System の施設整備概要 | S4 - 20 |
| 表 S43.1.1 | 環境基準(NEQS)..... | S4 - 22 |
| 表 S43.1.2 | 各プロセスの流入/流出 BOD | S4 - 23 |
| 表 S43.2.1 | 3 案の比較 | S4 - 25 |
| 表 S43.3.1 | 各処理区の概要 | S4 - 26 |
| 表 S43.3.2 | 下水道施設整備概要(新規)..... | S4 - 27 |
| 表 S43.3.3 | 下水道施設整備概要(改修)..... | S4 - 27 |
| 表 S44.5.1 | GIS 開発の初期段階で最低限必要とされる要員及び資機材 | S4 - 41 |
| 表 S45.1.1 | 費用算定の前提条件 | S4 - 45 |
| 表 S45.2.1 | 水道事業建設費 | S4 - 46 |
| 表 S45.2.2 | 下水道事業建設費 | S4 - 46 |
| 表 S45.2.3 | 水道事業の維持管理費 | S4 - 47 |
| 表 S45.2.4 | 下水道事業の維持管理費 | S4 - 47 |
| 表 S45.3.1 | 水道事業建設スケジュール | S4 - 49 |
| 表 S45.3.2 | 下水道事業建設スケジュール | S4 - 50 |
| 表 S46.2.1 | 上水道プロジェクトの経済便益 | S4 - 53 |
| 表 S46.2.2 | 下水道プロジェクトの経済便益 | S4 - 54 |
| 表 S46.3.1 | 優先プロジェクト対象 Town の概要 | S4 - 58 |
| 第5章 | フィージビリティ調査 | |
| 表 S51.2.1 | 下水道優先プロジェクトの主要コンポーネント..... | S5 - 2 |
| 表 S54.1.1 | 建設費 | S5 - 11 |
| 表 S54.1.2 | 維持管理費 | S5 - 12 |
| 表 S54.3.1 | 優先プロジェクトの事業費 | S5 - 13 |
| 表 S55.1.1 | 環境モニタリングプログラム | S5 - 16 |

図リスト

| | | |
|------------|---|---------|
| 第1章 | 調査の背景 | |
| 図 S12.1.1 | 当初予定された調査実施スケジュール | S1 - 2 |
| 図 S12.1.2 | 実際の調査実施スケジュール | S1 - 2 |
| 第2章 | 調査の目的と対象地域 | |
| 第3章 | 既存上下水道システム | |
| 図 S32.1.1 | Karachi 市の Bulk Water Supply システム | S3 - 8 |
| 図 S32.1.2 | GKBWS システムの概要 | S3 - 8 |
| 図 S32.1.3 | 既設の Water Trunk Main ルート | S3 - 9 |
| 図 S32.2.1 | Karachi 市の下水処理区 | S3 - 13 |
| 図 S34.1.1 | GOS、CDGK 及び KW&SB の関係 | S3 - 20 |
| 図 S34.1.2 | KW&SB の組織図（2007 年 11 月） | S3 - 21 |
| 図 S34.2.1 | KW&SB の経営実績：2000/01-2004/05 | S3 - 22 |
| 図 S35.1.1 | KW&SB 事業運営の悪循環 | S3 - 28 |
| 第4章 | 上下水道マスタープラン | |
| 図 S41.1.1 | Karachi 市の人口 | S4 - 2 |
| 図 S41.2.1 | 将来の水需要 | S4 - 4 |
| 図 S42.1.1 | 人口予測（KSDP-2020、2007 年 8 月最終報告書） | S4 - 5 |
| 図 S42.1.2 | 土地利用計画（KSDP-2020、2007 年 8 月最終報告書） | S4 - 6 |
| 図 S42.1.3 | K-IV プロジェクト | S4 - 9 |
| 図 S42.2.1 | Bulk と Retail の分離 | S4 - 11 |
| 図 S42.2.2 | 既存の配水ゾーン | S4 - 13 |
| 図 S42.2.3 | 本調査が提案する水理ゾーン | S4 - 14 |
| 図 S42.2.4 | KW&SB の収入と赤字 | S4 - 17 |
| 図 S42.3.1 | 目標年次 2025 年までの段階的整備計画 | S4 - 18 |
| 図 S42.4.1 | 目標年次 2025 年の上水道システム | S4 - 21 |
| 図 S43.2.1 | 第 1 案 | S4 - 24 |
| 図 S43.2.2 | 第 2 案 | S4 - 24 |
| 図 S43.2.3 | 第 3 案 | S4 - 24 |
| 図 S43.3.1 | 処理区配置図 | S4 - 28 |
| 図 S44.1.1 | Retail サービス・ゾーン | S4 - 30 |
| 図 S44.1.2 | Retail サービス供給責任の段階的移管 | S4 - 31 |
| 図 S44.1.3 | 新会社及び規制主体の設立 | S4 - 33 |
| 図 S44.3.1 | 無収水削減スケジュール | S4 - 37 |
| 図 S46.3.1 | 優先プロジェクト対象 Town の位置 | S4 - 58 |
| 第5章 | フィージビリティ調査 | |
| 図 S51.1.1 | 上水道優先プロジェクト概要 | S5 - 1 |
| 図 S51.2.1 | 下水道優先プロジェクト位置図 | S5 - 3 |
| 図 S52.3.1 | 西部ゾーンにおける組織・制度改革の実施スケジュール | S5 - 6 |
| 図 S56.1.1 | 財務シミュレーションの結果 | S5 - 21 |

略語表

| Abbreviation | Definition |
|---------------------|--|
| AC | Asbestos Cement |
| ACR | Annual Confidential Report |
| AD | Anaerobic Digester Tank |
| ADB | Asian Development Bank |
| AEE | Assistant Executive Engineer |
| AERC | Applied Economic Research Centre |
| AP | Anaerobic Pond |
| APHA | American Public Health Association |
| B/C | Benefit-Cost Ratio |
| BOD | Biochemical Oxygen Demand |
| BOO | Build-Operate-Own |
| BOOT | Build-Operate-Own-Transfer |
| BOT | Build-Operate-Transfer |
| B/S | Balance Sheet |
| CAPEX | Capital Expenditure |
| CBO | Community-based Organization |
| CCB | Citizen Community Board |
| CDC | Commonwealth Development Corporation |
| CDGK | City District Government Karachi |
| CDWP | Central Development Working Party |
| CE | Chief Engineer |
| CETP | Common Effluent Treatment Plant |
| CIP | Cast Iron Pipe |
| CIS | Customer Information System |
| CMS | Complaints Management System |
| COD | Central Ordnance Depot |
| COD _{Cr} | Chemical Oxygen Demand (Cr) |
| CRC | Citizen Report Card |
| CRF | Capital Recovery Factor |
| CRO | Chief Revenue Officer |
| CSC | Consumers Service Centre |
| CWP | Cooling Water Pond |
| DA | Divisional Accountant |
| DDO | Drawing and Disbursement Officer |
| DGPS | Differential Global Positioning System |
| DHA | Defense Housing Authority |
| Dia | Diameter |
| DIP | Ductile Iron Pipe |
| DMA | District Metering Area |
| DNI | Distribution Network Improvement |
| DNM | Distribution Network Main |
| DO | Dissolved Oxygen |
| DPS | Distribution Pumping Station |
| DSR | Debt-Service Ratio |
| E&M | Electrical & Mechanical |
| ECIL | M/s. Engineering Consultants International |
| ECNEC | Executive Committee of the National Economic Council |
| EDO | Executive District Officer |
| EIA | Environmental Impact Assessment |
| EIRR | Economic Internal Rate of Return |

| | |
|---------------|---|
| Elect. Cond. | Electric Conductivity |
| EOI | Expression of Interest |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| EPA-Sindh | Environmental Protection Agency, Sindh Government |
| FFA | Framework Financing Agreement |
| FFC | Federal Food Commission |
| FIRR | Financial Internal Rate of Return |
| FIS | Financial Information System |
| FP | Facultative Pond |
| F/P | Filtration Plant |
| FST | Final Settling Tank |
| GDP | Gross Domestic Product |
| GIP | Galvanized Iron Pipe |
| GIS | Geographic Information System |
| GKBWS | Greater Karachi Bulk Water Supply |
| GOB | Government of Balochistan |
| GOP | Government of Pakistan |
| GOS | Government of Sindh |
| GPS | Global Positioning System |
| H&S | Health & Safety |
| HRD | Human Resource Development |
| HRM | Human Resource Management |
| HSR | High Service Reservoir |
| IDA | International Development Agency |
| IEE | Initial Environmental Examination |
| IRS | Integrated Revenue System |
| IRSA | Indus River System Authority |
| IS | Information Systems |
| ISO | International Organization for Standardization |
| IT | Information Technology |
| IWRM | Integrated Water Resource Management |
| JBIC | Japan Bank for International Cooperation |
| JICA | Japan International Cooperation Agency |
| Katchi Abadis | Squatter Settlement |
| KB | Kalri Baghar |
| KDA | Karachi Development Authority |
| KDPPA | Karachi Division Physical Planning Agency |
| KESC | Karachi Electric Supply Corporation limited. |
| KG | Kinjhar – Gujjo |
| KMC | Karachi Metropolitan Corporation |
| KMCSDP | Karachi Mega City Sustainable Development Program |
| KPI | Key Performance Indicator |
| KPT | Karachi Port Trust |
| KMP | Karachi Master Plan - 2020 |
| KSDP-2020 | Karachi Strategic Development Plan 2020 |
| KW&SB | Karachi Water & Sewerage Board |
| KWA | Karachi Water Authority |
| LIBOR | London Interbank Offered Rate |
| L.I.T.E | Landhi Industrial Trading Estate |
| LSR | Low Service Reservoir |
| LSU | Local Support Unit |
| M/P | Master Plan |
| MCA | Monopoly Control Authority |

| | |
|---------------|---|
| MD | Managing Director |
| MFF | Multitranche Financing Facility |
| MIS | Management Information System |
| MMP | Mott MacDonald Pakistan |
| MNF | Minimum Night Flow |
| MPGO | Master Plan Group of Offices |
| MPN | Most Probable Number |
| MS | Mild Steel |
| MSCL | Millennium Systems & Consultants (Pvt) Ltd |
| MSF | Multi-stage Flash |
| MWP | Ministry of Water & Power |
| NA | (Information) Not Available |
| Nadra / NADRA | National Database Registration Authority |
| NCS | National Conservation Strategy |
| NEK | North East Karachi |
| NEPRA | National Electric Power Regulatory Authority |
| NEQS | National Environmental Quality Standards (for Municipal and Liquid Industrial Effluent) |
| NGO | Non-Governmental Organisation |
| NLC | National Logistic Cell |
| NPV | Net present Value |
| NRW | Non Revenue Water |
| ODA | Official Development Assistance |
| O&M | Operation & Maintenance |
| OGRA | Oil and Gas Regulatory Authority |
| OPEX | Operational Expenditure |
| OPP-RTI | Orangi Pilot Project - Research and Training Institute |
| P & D | Planning & Development |
| P/L | Profit and Loss Statement |
| Pak-EPA | Pakistan Environmental Protection Agency |
| PC-1 | Planning Commission-1 |
| PCRWR | Pakistan Council for Research in Water Resource |
| PCSIR | Pakistan Council for Scientific and Industrial Research |
| PEMRA | Pakistan Electronic Media Regulatory Authority |
| PEPA 1997 | Pakistan Environmental Protection Act 1997 |
| PH | Power House |
| PI | Performance Indicator |
| PIU | Project Implementation Unit |
| PPP | Public-Private Partnership |
| PQA | Port Qasim Authority |
| PRCC | Pre-stressed Reinforced Cement Concrete |
| PS | Pumping Station |
| PS or P/ST | Pump Station |
| PSI | Pakistan Standard Institution |
| PSM | Pakistan Steel Mill |
| PSP | Private Sector Participation |
| PST | Primary Settling Tank |
| PTA | Pakistan Tanners Association |
| PTA | Pakistan Telecommunications Authority |
| PVC | Polyvinyl Chloride |
| RCC | Reinforced cement concrete |
| Res. | Reservoir |
| RFP | Request for Proposals |

| | |
|----------|---|
| RTA | Regional Transport Authority |
| S.I.T.E | Sindh Industrial Trading Estate |
| SCADA | System Control and Data Acquisition |
| SCF | Standard Conversion Factor |
| SE | Superintendent Engineer |
| SEPA | Sindh Environmental Protection Agency |
| SITE | Sindh Industrial Trading Estate |
| SKAA | Sindh Katchi Abadis Authority |
| SLGO | Sindh Local Government Ordinance |
| SPM | Suspended Particulate Matter |
| SS | Suspended Solids |
| SSGC | Sui Southern Gas Company Limited |
| T/W | Treatment Works |
| TA | Technical Assistance |
| TCP | Technical Cooperation Project |
| TDM | Trunk Distribution Main |
| TDS | Total Dissolved Solids |
| TF | Trickling Filter |
| TKP | Tameer-e-Karachi Programme |
| TMA | Town Municipal Administration |
| ToR | Terms of Reference |
| TP | (Sewage) Treatment Plant |
| TPS | Transmission Pumping Station |
| TWL | Top Water Level |
| UASB | Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Process) |
| UC | Union Council |
| UFW | Unaccounted for Water |
| UNDP | United Nations Development Programme |
| W&SS | Water & Sanitation Services |
| WAPDA | Water and Power Development Authority |
| WB | World Bank |
| WHO | World Health Organization |
| WLR & SS | Water Loss Reduction & System Strengthening |
| WS | Workshop |
| WSP-SA | Water and Sanitation Program – South Asia |
| WtP | Willingness to Pay |

度量单位略語表

| Abbreviation | Definition |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| % | percent |
| acft | acre feet |
| AF | acre feet |
| am | time between midnight and noon |
| °C | degree Celsius |
| cfu/ml | colony forming unit |
| cm | centimetre |
| cm ² | square centimetre |
| cusecs | cubic feet per second |
| dbt/d | dry basis ton per day |
| dl | decilitre |
| ft | feet |
| gpcd | gallon per capita per day |
| gpm | gallon per minute |
| gmcd | gram per capita per day |
| ha | hectare |
| hp | horsepower |
| in | inch |
| kg/d | kilogram per day |
| kg/m/h | kilogram per metre per hour |
| kg/m ³ /d | kilogram per cubic metre per day |
| km | kilometre |
| km ² | square kilometre |
| KVA | kilovolt ampere |
| kW | kilowatt |
| kWh | kilowatt hour |
| l | litre |
| lpcd | litre per capita per day |
| m | metre |
| m/ha | metre per hectare |
| m/s | metre per second |
| m ² | square metre |
| m ³ | cubic metre |
| m ³ /d | cubic metre per day |
| m ³ /h | cubic metre per hour |
| m ³ /m | cubic metre per minute |
| m ³ /m ² /d | cubic metre per square metre per day |
| m ³ /s | cubic metre per second |
| m ³ /y | cubic metre per year |
| MAF | million acre feet |
| MCM | million cubic metre |
| mg | million gallons |
| mg/l | milligram per litre |
| mgd | million gallons per day |
| ml | millilitre |
| mm | millimetre |
| Mm ³ | million cubic metre |
| MMBTU | million British thermal unit |
| mph | miles per hour |

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| MPN | most probable number |
| MW | megawatt |
| N/cm ² | newton per square centimetre |
| NTU | nephelometric turbidity unit |
| pm | time between 12 noon and 12 midnight |
| ppm | parts per million |
| Rs | Pakistan Rupee |
| TCU | true colour unit |
| US\$ | United States Dollar |
| wbt/d | wet basis ton per day |
| yd ² | square yard |
| μg/l | microgram per litre |
| μS/cm | micro-Siemens per centimetre |

单位换算表

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in} = 0.304800 \text{ m}$$

$$1 \text{ in} = 0.025400 \text{ m} = 0.083333 \text{ ft}$$

$$1 \text{ m} = 3.280840 \text{ ft} = 39.370079 \text{ in}$$

$$1 \text{ yd}^2 = 0.000084 \text{ ha} = 0.836127 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2 = 11959.900463 \text{ yd}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 1.195990 \text{ yd}^2 = 0.000100 \text{ ha}$$

$$1 \text{ AF} = 0.271330 \text{ mg (imperial)} = 1233.489000 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ mg (imperial)} = 4546 \text{ m}^3 = 4 \text{ AF}$$

$$1 \text{ m}^3 = 0.000811 \text{ AF} = 0.000220 \text{ mg (imperial)}$$

$$1 \text{ cusecs} = 0.5382 \text{ mgd (imperial)} = 2447 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$1 \text{ mgd (imperial)} = 4546 \text{ m}^3/\text{d} = 1.858 \text{ cusec}$$

$$1 \text{ m}^3/\text{d} = 0.000409 \text{ cusec} = 0.00022 \text{ mgd (imperial)}$$

$$1 \text{ lpcd} = 0.219969 \text{ gpcd (imperial)}$$

$$1 \text{ gpcd (imperial)} = 4.546090 \text{ lpcd}$$

第 1 章

調査の背景

S1

調査の背景

S1.1 調査の背景

Karachi 市は Sindh 州の州都であり、現在人口約 1,600 万人を有するパキスタン国（「パ」国）最大の都市である。同市は、「パ」国の経済、産業の中心として機能している。しかしながら、同市では過去 30 年間、急激な人口増加（年平均増加率 4～5%）が続いてきたことから、水需要の増加に上水道施設（水源、導水、配水網等）整備が追いつかないという状況が続いてきた。その結果、現在、市内のほぼ全域にわたり給水制限が実施されており、多くの場合、2～3 日の間隔で 1 回、数時間程度の給水しか行われていない。このため、住民は地下タンク、吸引・増圧ポンプ、屋上タンク、ろ過設備等の自衛手段に対する出費が余儀なくされており、飲用に供する水についてはさらに事前の煮沸が欠かせない状況にある。また、多くの住民が公共水道だけでは生活に必要な基本水量さえ確保することができず、水質の悪い浅井戸や高価なタンカー給水（1.50 米ドル/m³ 超）等の代替水源に頼らざるを得ない状況に置かれている。

下水道は現在普及率が 30%と推定されているが、上水道同様多くの問題を抱えている。例えば、下水幹線や中継ポンプ場の不具合に起因する既存下水処理場の低稼働率、河川や水路の水質劣化、多量のごみ投棄による水路の閉塞等の問題である。

Karachi では、上水道 M/P が 1985 年に、下水道 M/P が 1988 年にそれぞれ作成されている。しかしながら、主に財政上の理由から、これらの M/P の提案計画に沿った施設整備はこれまでほとんど実施されていない。一方、これらの M/P 策定からほぼ 20 年を経た現在、Karachi 市を取巻く状況は当時から大きく様変わりしており、提案された計画の多くは、既に陳腐化、或いは、Karachi 市の現在のニーズから大きく乖離している。こうした状況に鑑み、今後の上下水道システム整備に向け、これらの M/P の見直し・修正を図るとともに、上下水道事業運営の効率化を促進することが不可欠であるとの共通認識が「パ」国関係者の間に形成された。

上述したような背景から、「パ」国政府は日本政府に対し、2025 年を目標年次とする上下水道システムの段階的整備計画策定を目的とする M/P 調査の実施を正式に要請した。「パ」国政府の要請を受け、日本国政府は 2005 年 7 月、国際協力機構（JICA）を通じて事前調査団を「パ」国に派遣し、2005 年 7 月 13 日に City District Government Karachi (CDGK) 及び Karachi Water & Sewerage Board (KW&SB) の代表者との間で本調査（Study on Water Supply and Sewerage System in Karachi in the Islamic Republic of Pakistan）に係る S/W が調印された。

S1.2 調査の実施スケジュール

本調査の当初計画では、**図 S12.1.1** に示すとおり、以下に示す 3 段階の調査を約 2 年間の調査期間内で実施することが予定されていた。

フェーズ 1: 基礎調査 (2006 年 3 月～2006 年 10 月)

フェーズ 2: マスタープランの策定 (2006 年 11 月～2007 年 6 月)

フェーズ 3: 優先プロジェクトに係るフィージビリティ調査 (2007 年 7 月～2008 年 3 月)

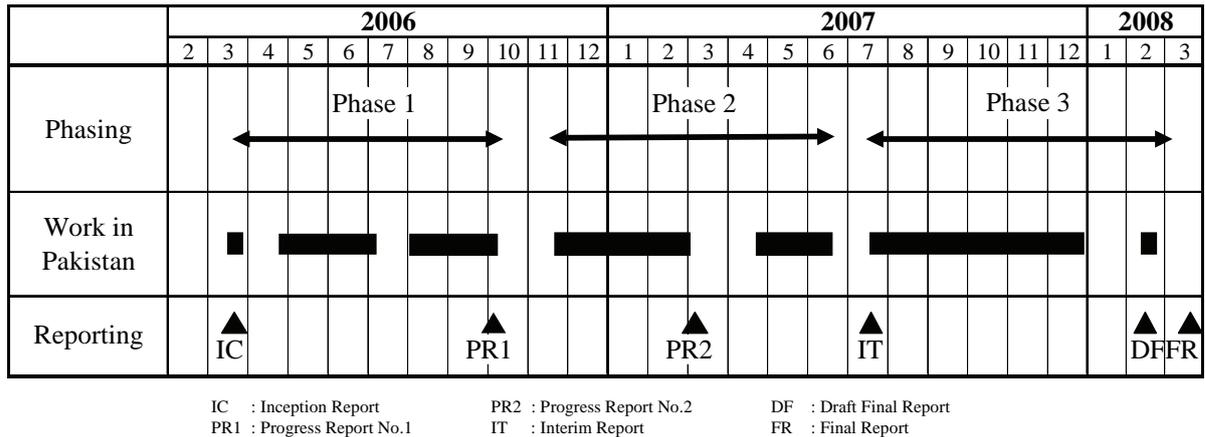


図 S12.1.1 当初予定された調査実施スケジュール

しかしながら、フェーズ 3 段階において、フェーズ 2 で策定した上下水道 M/P の見直し・修正作業の実施が必要となったことから、調査期間は当初計画から約 3 箇月間延長されることとなった。上下水道 M/P の見直し・修正作業の実施は、2007 年 8 月 8 日に開催された本調査の中間報告書の説明・協議に係る合同調整委員会の場において「パ」国側が JICA に対して正式に要請し、最終的に JICA が実施に合意したものである。**図 S12.1.2** に実際に本調査が実施されたスケジュールを示す。

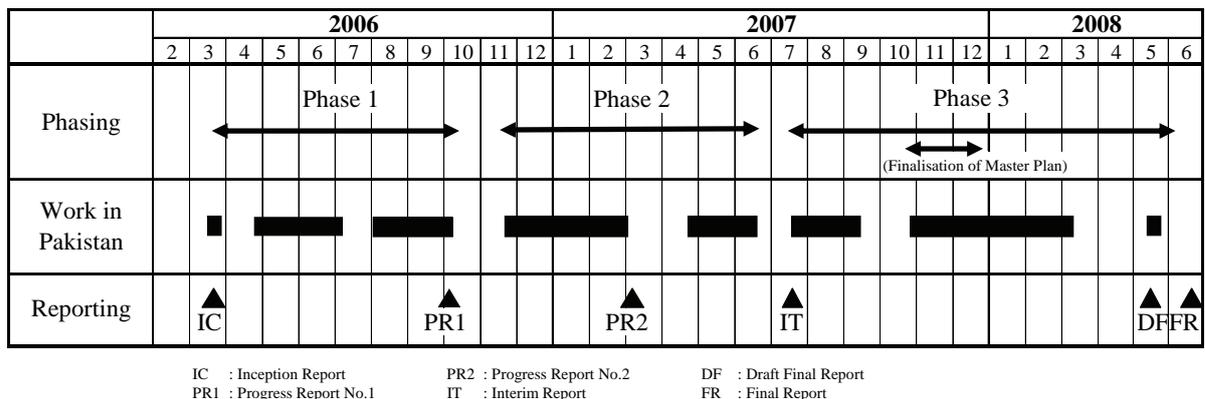


図 S12.1.2 実際の調査実施スケジュール

第 2 章

調査の目的と対象地域

S2

調査の目的と対象地域

S2.1 調査の目的

2005年7月13日に調印された本調査のS/Wでは、「①2025年を目標年次とする上下水道M/Pの策定」、「②M/Pで選定された優先プロジェクトに係るF/S調査の実施」、及び「③調査を通じたカウンターパートへの技術移転の実施」を本調査の目的として掲げている。

Karachi市の上下水道事業を運営しているKarachi Water & Sewerage Board (KW&SB)が調査団のカウンターパート機関である。KW&SBには、カウンターパートとしての機能の他、本調査の円滑な実施を促進するため、他の政府機関やNGOとの調整役としての機能を果たすことが求められた。

S2.2 調査対象地域

本調査の調査対象地域は、Karachi市(CDGK)の行政区域全域、及び、上水道の取水地点とKarachi市までの導水ルートである。CDGKの行政区域面積は2,787 km²であり、18 Town及び178 Union Council (UC)により構成されている。表 S22.1.1に各Townの名称と行政区域面積、包含するUCの数を示す。

表 S22.1.1 18 Town 及び 178 UC

| 番号 | 町名 | 面積 | | | UC数 ²⁾ |
|----|-----------------|--------------------|-----------------|--------|-------------------|
| | | エーカー ¹⁾ | km ² | % | |
| 1 | Keamari | 106,217 | 429.84 | 15.4% | 8 |
| 2 | SITE | 6,286 | 25.44 | 0.9% | 9 |
| 3 | Baldia | 7,217 | 29.21 | 1.0% | 8 |
| 4 | Orangi | 5,803 | 23.48 | 0.8% | 13 |
| 5 | Lyari | 1,977 | 8.00 | 0.3% | 11 |
| 6 | Saddar | 5,967 | 24.15 | 0.9% | 11 |
| 7 | Jamshed | 5,790 | 23.43 | 0.8% | 13 |
| 8 | Gulshan-E-Iqbal | 13,260 | 53.66 | 1.9% | 13 |
| 9 | Shahfaisal | 2,901 | 11.74 | 0.4% | 7 |
| 10 | Landhi | 9,670 | 39.13 | 1.4% | 12 |
| 11 | Korangi | 10,247 | 41.47 | 1.5% | 9 |
| 12 | North Nazimabad | 4,127 | 16.70 | 0.6% | 10 |
| 13 | North Karachi | 5,058 | 20.47 | 0.7% | 13 |
| 14 | Gulberg | 3,417 | 13.83 | 0.5% | 8 |
| 15 | Liaqatabad | 2,685 | 10.87 | 0.4% | 11 |
| 16 | Malir | 4,395 | 17.78 | 0.6% | 7 |
| 17 | Bin Qasim | 137,961 | 558.31 | 20.0% | 7 |
| 18 | Gadap | 355,798 | 1,439.86 | 51.7% | 8 |
| | 計 | 688,776 | 2,787.37 | 100.0% | 178 |

出典: 1) KSDP-2020, Page 43; 2) JICA Fact Finding & Recommendation Study on Water Supply and Sewerage System in Karachi - Final Report March 2005, Table 2.1, Page 2-2

第 3 章

既存上下水道システム

S3.1 水源

S3.1.1 既存水源

(1) Indus河

Karachi 市の主水源である Indus 河は、乾季の水需要には十分対応できないものの、雨季には豊富な流量を擁している。夏季の洪水期を除き、Arabia 湾への流出水量はほとんど存在していない。Karachi 市の都市用水は 1957 年 5 月 11 日付けで最初の水利権が認可されている。その内容は、Karachi 市が rabi 期間（10 月 16 日～4 月 15 日）に 1,100,000 m³/日、kharif 期間（4 月 16 日～10 月 15 日）に 1,270,000 m³/日を Kotri 堰から Kinjhar 湖経由で取水することを許可するものであった。その後、1988 年の大統領令により、この水利権は 2,935,000 m³/日まで増加されている。

1991 年 3 月、「パ」国の 4 州の代表者が Lahore 市及び Karachi 市で協議を重ね、表 S31.1.1 に示す Indus 河の水量配分協定が調印された。

表 S31.1.1 Indus 河の水量配分協定（1991 年 3 月）

| 州 | Kharif | | Rabi | | 計 | |
|--------------------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|
| | MAF | MCM | MAF | MCM | MAF | MCM |
| Punjab | 37.07 | 45,725 | 18.87 | 23,276 | 55.94 | 69,001 |
| Sindh* | 33.94 | 41,865 | 14.82 | 18,280 | 48.76 | 60,145 |
| N.W.F.P (a) | 3.48 | 4,293 | 2.30 | 2,837 | 5.78 | 7,130 |
| (b) Civil Canals** | 1.80 | 2,220 | 1.20 | 1,480 | 3.00 | 3,700 |
| Balochistan | 2.85 | 3,515 | 1.02 | 1,258 | 3.87 | 4,773 |
| 計 | 77.34 | 95,398 | 37.01 | 45,651 | 114.35 | 141,049 |
| | 1.80 | 2,220 | 1.20 | 1,480 | 3.00 | 3,700 |

* Including already sanctioned Urban and Industrial uses for Metropolitan Karachi
 ** Ungauged Civil Canals above the rim stations.
 MAF: Million Acre Feet. MCM: Million Cubic Metre

出典: Water Apportionment Accord, 1991

シンド州に配分された水量は、Guddu、Sukkur 及び Kotri の三箇所の堰から取水されている。それぞれの堰に配分されている水量は、表 S31.1.2 に示すとおりである。Karachi の都市用水は、Kotri 堰から取水され、KB Feeder Upper を経由して Kinjhar 湖に貯留されている。Kotri 堰は、三箇所の堰の中で最下流に位置している。

表 S31.1.2 Sindh 州内部の水量配分

| 月 | 期 | 取水堰 (MCM) | | | |
|-----|---|-----------|--------|-------|--------|
| | | Guddu | Sukkur | Kotri | 計 |
| 4月 | 1 | 0.00 | 83.20 | 15.17 | 98.37 |
| | 2 | 0.49 | 83.93 | 16.64 | 101.06 |
| | 3 | 3.43 | 77.33 | 16.88 | 97.64 |
| 5月 | 1 | 9.05 | 85.89 | 30.10 | 125.04 |
| | 2 | 15.91 | 96.66 | 38.42 | 150.98 |
| | 3 | 30.83 | 105.47 | 53.10 | 189.40 |
| 6月 | 1 | 55.55 | 120.15 | 65.82 | 241.52 |
| | 2 | 76.10 | 137.03 | 79.77 | 292.91 |
| | 3 | 86.13 | 148.29 | 82.71 | 317.13 |
| 7月 | 1 | 100.57 | 149.76 | 83.69 | 334.02 |
| | 2 | 88.58 | 139.72 | 72.92 | 301.23 |
| | 3 | 73.65 | 132.87 | 75.86 | 282.38 |
| 8月 | 1 | 69.74 | 132.14 | 67.54 | 269.41 |
| | 2 | 68.03 | 133.12 | 69.49 | 270.64 |
| | 3 | 70.23 | 133.61 | 58.24 | 262.07 |
| 9月 | 1 | 64.85 | 134.83 | 67.54 | 267.21 |
| | 2 | 65.58 | 140.70 | 61.42 | 267.70 |
| | 3 | 63.13 | 136.54 | 57.02 | 256.69 |
| 10月 | 1 | 43.07 | 106.69 | 44.05 | 193.80 |
| | 2 | 24.96 | 92.50 | 35.48 | 152.94 |
| | 3 | 15.42 | 80.75 | 27.65 | 123.82 |
| 11月 | 1 | 10.03 | 76.84 | 23.49 | 110.36 |
| | 2 | 8.56 | 76.84 | 18.35 | 103.75 |
| | 3 | 7.83 | 76.10 | 13.95 | 97.88 |
| 12月 | 1 | 6.36 | 76.84 | 12.24 | 95.43 |
| | 2 | 4.87 | 77.81 | 11.50 | 94.19 |
| | 3 | 4.87 | 64.36 | 11.01 | 80.24 |
| 1月 | 1 | 13.21 | 30.10 | 7.59 | 50.90 |
| | 2 | 25.45 | 13.21 | 21.04 | 59.71 |
| | 3 | 13.46 | 49.67 | 28.63 | 91.76 |
| 2月 | 1 | 3.18 | 78.06 | 21.53 | 102.77 |
| | 2 | 4.16 | 76.10 | 11.99 | 92.25 |
| | 3 | 5.63 | 73.41 | 12.72 | 91.76 |
| 3月 | 1 | 6.61 | 72.68 | 10.77 | 90.05 |
| | 2 | 8.32 | 71.94 | 10.28 | 90.54 |
| | 3 | 4.89 | 69.74 | 11.50 | 86.13 |

出典: Water Apportionment Accord, 1991, Annexure - II

Kinjhar 湖は天然の貯水池で、貯水容量を増すため、延長約 20 km にわたり、最大 9 m の高さの堤防が築かれた。Kinjhar 湖は 910 km² の集水域及び 120 km² の表面積を有し、利用可能な貯水量は 481,000,000 m³ である。Kinjhar 湖で貯留され濁度が低下した水は、KG (Kinjhar - Gujjo) Canal で Gujjo まで運ばれている。

Indus River System Authority (IRSA) は、1991 年に調印された Indus 河の水量配分協定の実施に責任を有している。Kotri 堰、KB Feeder、Kinjhar 湖は、いずれも Sindh 州政府の Irrigation Department が運転・維持管理を行っている。KW&SB が持つ Indus 河からの既存水利権は 2,935,000 m³/日であるが、2006 年 5 月の K-III プロジェクト完成に伴い、この水利権は既に使い切ったことになる。

現在、KW&SB は表 S31.1.3 に示すとおり、Indus 河から約 2,640,000 m³/日の水を Karachi に供給している。

表 S31.1.3 Indus 河からの水供給の現状

| | | |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|
| 原水供給 | Pakistan Steel Mill (PSM) | 118,000 m ³ /日 |
| | Port Qasim Authority (PQA) | 32,000 m ³ /日 |
| Gharo | | 127,000 m ³ /日 |
| GKBWS | | 2,181,000 m ³ /日 |
| Army Pump House | | 182,000 m ³ /日 |
| 計 | | 2,640,000 m ³ /日 |

出典: KW&SB

(2) Hub ダム

Hub ダムは、Karachi 市の北西約 50 km に位置する Hub 河に設けられた多目的ダム（都市用水、工業用水、灌漑用水の供給）である。同ダムの建設は 1963 年 9 月に開始され、18 年後の 1981 年 9 月に完成している。集水地域は、Sindh 州と Balochistan 州の 2 州にまたがり、集水面積はおおよそ 8,730 km² である。2 州の間には水配分協定が締結されており、その内容は、ダム放流水量の 63.3% を Sindh 州、残り 36.7% を Balochistan 州に配分するというものである。

Hub ダムは 1981 年に完成した後、1984 年に初めて満水状態を記録している。その後、1989 年、1992 年、1994 年、1995 年、2003 年に満水となり、最後に満水を記録したのは 2007 年 8 月である。1995 年～2003 年の 8 年間は一度も満水になっておらず、その結果、1999 年 7 月～2003 年 6 月の 4 年間は、ダムからの放流水量がほとんどゼロまで減少した。ダムの設計貯留水量は 884,000,000 m³ であり、設計水位及び有効水深は以下に示すとおりである。

| | |
|------|-----------|
| 高水位 | : 103.3 m |
| 低水位 | : 84.1 m |
| 有効水深 | : 19.2 m |

1985 年、Bund Murad Khan 観測所で記録された 18 年間の河川流量データに基づき、Hub 河の供給能力調査が実施された。この調査では、95%以上の確率でダムから供給可能な水量は 340,000 m³/日であるという結果が得られている。

(3) Dumlottee 井戸群

19 世紀後半、Karachi の水需要は、同市北東部約 30 km に位置する Dumlottee 地区の Malir 川両岸に設けられた Dumlottee 井戸群により賄われていた。Malir 川の沖積層に建設された複数の大口径浅井戸から合計約 36,340 m³/日の水量が自然流下で Karachi に供給されていた。Dumlottee 井戸群は、その後も長期間にわたり Karachi の主要水源としての役割を果たした。

1923 年、Dumlottee 井戸群の供給能力は、新規井戸の建設等により 90,800 m³/日にまで拡張された。しかし、供給能力はその後次第に減少傾向をたどり、1985 年には 18,000 m³/日、2002 年には 6,800 m³/日にまで低下した。現在では、雨季終了直後の数箇月間に限り、6,300 m³/日程度をかるうじて供給できる程度であり、他の期間はほぼ供給能力ゼロである。Malir 川河床からの砂の過剰採取及び井戸群周辺の農民による地下水の過剰揚水が供給能力低下の

主要原因になっているものと考えられる。大局的に見て、Dumlottee 井戸群は、もはや Karachi 市の安定的な水源として機能することは困難であるものと思われる。

S3.1.2 新規水源の開発

2005 年 7 月 13 日に調印された本調査の S/W にかかる議事録には、本調査の中では、水源開発にかかる新たな調査の実施は行わず、既存報告書や関連データを調べることで、表流水の貯留、海水淡水化、下水の再利用等を含めた新規水源の開発可能性に関して検討することが合意されたことが記載されている。

(1) 表流水

1985 年に英国のコンサルタント会社 Sir M. MacDonald and Partners 及び地元のコンサルタント会社 Associated Consulting Engineers により実施された上水道 M/P 調査では、Karachi 及びその周辺地域で開発の可能性がある全ての水源について調査が行われている。調査対象となった水源には、Indus 河及び他の表流水、地下水、海水淡水化、下水処理水の再利用（地下水涵養、非飲用水の代替）が含まれている。調査の結果、Karachi の巨大な水需要に技術的に対応可能な水源は、Indus 河と海水淡水化の二つしかないと結論付けている。その上で、海水淡水化は非常に大きなコストを要することから、あくまでも最後の手段として位置づけるべきであり、Karachi にとっては Indus 河が唯一の現実的な水源であるとの結論に達している。

2002 年、Sindh 州政府は、Central Development Working Party (CDWP)の要請に基づき、Sindh 州の Development Department 及び Irrigation and Power Department、ならびに KW&SB の代表者により構成される特別委員会を招集した。この委員会は、Karachi 市の 2025 年までの上水道長期展望にかかる報告書を作成し、2002 年 11 月 14 日に CDWP に提出した。同報告書の結論及び提言を概括すると以下のとおりである。

(結論)

- Indus 河からの既存水利権 (2,935,000 m³/日) は、K-III プロジェクトの完成により全て使い切ることになる。Karachi の人口は増加の一途をたどっており、2025 年までの水需要を賄うためには、さらに既存水利権と同じ水量 (2,935,000 m³/日) の新規水利権 (合計 5,870,000 m³/日) が必要となる。
- 現在進行中のスキーム (Assured Water Supply for Karachi) は、Karachi 市の 2005 年までの短期的な水需要に対応するもので、これをフェーズ I とすると、2005～2025 年の Karachi の長期的な水需要に対応するためには、新たにフェーズ II の実施が必要となる。

(提言)

- Karachi の 2025 年までの水需要に対応するためには、新規水利権 2,935,000 m³/日 (合計 5,870,000 m³/日) が、国策として連邦政府により承認されなければならない。それも、Thatta District の灌漑に悪影響を及ぼさないという条件つきである。この水利権が認められた暁には、以下に述べる 2 段階の調査実施が必要になる
- 第一段階: Sindh 州の Irrigation and Power Department が、KB Feeder Upper から

Kinjhar 湖にかけての既存システムを増強するための調査を行う

- 第二段階: KW&SB が Sindh 州の Irrigation and Power Department と連携し、Kinjhar 湖から Karachi までの最も経済的で技術的に妥当かつ安全な導水ルートを選定にかかる F/S 調査を実施する

上述した特別委員会の提言に基づき、KW&SB は「Feasibility Study for Future Alternative Route of Bulk Water Supply and Long Term Expansion of Karachi Water Supply System from Kinjhar Lake – K-IV Project of Karachi Water and Sewerage Board」という名称の F/S 調査を既に 2005 年 12 月から開始し、2007 年 5 月に調査結果の” Executive Summary” を発行している（詳細は節 S4.2 を参照）。

Hub ダムの過去の運転記録は、同ダムが完全に信頼できる水源ではないことを示している。多くの関係者は、同ダムは常用水源としてではなく、あくまでも Indus 河を水源とする上水道システムのバックアップ水源として考えるべきだとしている。将来的に同ダムを拡張する可能性はゼロに等しい。

一方、地域の表流水源の開発可能性に関する調査はこれまで一切行われていない。Thadoo、Mole、Khadeji Nallahs の表流水源、ならびに Haleji 湖の再生等が調査されるべきである。Karachi の水道水源としてこれらの水源を利用する可能性は極めて低いものとするが、もし信頼できる 25 年間程度の流量計測データが入手可能であれば、調査を実施する価値は十分あるものと思われる。

(2) 地下水

1985 年の上水道 M/P 調査では、Karachi 周辺における地下水開発の可能性についても調査が行われた。その結果、Karachi から半径 100 km 圏内で利用可能な地下水の総量は、18,000 m³/日程度と極めて少量であるとの結論に至っている。

2004 年、KW&SB は Karachi の水源として地域の地下水の開発可能性を検討する目的で調査を実施した。この調査の名称は、「Feasibility Study to Explore Groundwater Source in Karachi District」で、Malir、Gadap、Lyari、及び Hub の各流域における地下水の開発可能性の調査を目的として実施された。調査には、現地踏査の他、地盤の比抵抗値計測 160 箇所、試掘ボーリング 30 箇所、深井戸建設 5 箇所、及び水位計設置 10 箇所が含まれた。

この調査は、「Karachi は降水量が少なく、地下水がほとんど涵養されないことから、持続可能な地下水利用水量は、約 1,000 箇所の既存井戸の現在の揚水量とほぼ均衡状態にあり、新規井戸の建設は困難である。」との結論に至っている。これは 1985 年の上水道 M/P が出した結論とほぼ同じである。

以上の理由から、本調査では、Karachi における地下水の持続的利用可能量は既に全て利用し尽くされており、Karachi の将来水需要を賄うために新規井戸群を開発する可能性は残され

ていないものと判断した。また、地域の地下水にかかる現在の需給バランスを保持するため、新規井戸建設にかかるより厳格な規制を実施することを提言することとした。

(3) 海水淡水化

1985年に実施された上水道 M/P 調査では、将来の水需要を賄うための手段として海水淡水化の可能性について検討が行われ、その結果として以下に示す結論が得られている。

- 将来的にエネルギーコストを大幅に低減可能とする技術革新が生まれない限り、Karachi に海水淡水化を導入することは非現実的である
- 建設及び運転維持管理に要する莫大なコストを勘案すると、海水淡水化はあくまでも最後の手段として位置づけるべきである
- 清浄で汚染されていない海水を用いることが大原則であることから、海水淡水化プラントは、市街地からある程度離れた場所に立地する必要がある
- Karachi Port Trust (KPT)、Port Qasim Authority (PQA)、Pakistan Steel Mill (PSM) といった、遠隔地に存在して高い支払い能力を有する需要家に対しては、海水淡水化による水供給に関して検討の余地があるものと思われる

過去 20 年間、海水淡水化の建設・運転維持管理コストを大幅に低減可能とするような目覚ましい技術革新は生まれていない。このため、1985 年の M/P の提言は現在でも有効である。この 5 年間、沿岸地域の複数の機関が、管轄地域の水不足に対処するため、民活方式を導入して海水淡水化プラントの建設を試みたものの、民間企業が提示した高い水料金のため、ほとんどのケースが契約ネゴの段階で破局を迎えている。唯一の例外は、DHA の Phase-VIII 地区に BOT 方式で現在建設中の 13,500 m³/日の海水淡水化プラント（2008 年 4 月完成）である。このプラントは、天然ガスを用いて 94 MW の電力を発電する一方で、その廃熱を利用して 13,500 m³/日の蒸留水を生産するものである。この BOT 方式では、コントラクターが 20 年間操業した後、プラントを DHA に移管すること、ならびに、操業期間中は 80 MW の電力を Karachi Electricity Supply Corporation (KESC) に、13,500 m³/日の蒸留水を Clifton Cantonment Board (CCB) に、いずれもプラント出口において売却することが合意されている。蒸留水の売却値段は、基準年において 1 m³ 当り 20 ルピーに設定されており、その後毎年 5% 上昇させることが契約で合意されている。

本調査では、Karachi 市のようなメガシティの上水道水源として海水淡水化を導入することは、将来コストの大幅低減を可能とする技術革新が生まれない限り、現実的ではないものと判断した。しかしながら、慢性的な水不足に悩む沿岸地域の幾つかの機関や工場にとっては、今後も海水淡水化が水不足解消のための一つのオプションとして検討されるものと考えられる。

(4) 下水処理水あるいは未処理下水の再利用

下水処理水は、TP-3 およびパキスタン製鉄所において再利用されている。TP-3 では 4,500 m³/日の処理水を近隣のパキスタン空軍(PAF)敷地に送り、樹木への散水に利用している。処理水自体は無料だが、必要な費用は全て PAF の負担である。パキスタン製鉄所では、その敷

地内に能力 12,000m³/日の処理施設を設置し、社宅で発生する家庭下水と工場で発生する工場排水の一部とを処理して、隣接するゴルフ場と果樹園とに有料で処理水を提供している。このような処理水の再利用とは別に、CDGK 公共事業局が未処理下水を道路分離帯の樹木への散水に利用している。ほかにもゴルフ場で幹線から下水を引き抜いて利用している例や、新市街地で発生下水の一部を敷地内の樹木に散水している例が散見される。

上述したように、処理水や未処理下水を散水している例がいくつかあるが、未処理下水の利用は下水が病原菌を含む可能性があることから、衛生的な観点からは薦められない。一方、アジア開発銀行の TA ローンの中で「Karachi における下水処理水の再利用」という調査が計画されている。同調査では他の水源とのコスト比較、再利用計画の策定、などの成果が得られるものと期待されている。この TA ローンの総額は 1,000 万米ドルで、融資実行期間は 2007 年初頭から 4 年間で予定されている。

このように、下水処理水は公園などの樹木への散水、灌漑、農業、工業、地下水涵養などさまざまな目的に使用可能である。いずれにしても、大規模に利用する場合、特に付加的な施設が必要な場合には技術面、衛生面、財政面、経済面から再利用が適しているかどうかを検討する必要がある。また大規模な利用の場合には、試験的に実施してみることも必要であろう。

S3.2 上下水道システム

S3.2.1 上水道システム

Karachi 市上水道システムは 2006 年末時点で約 630 mgd (2.86 百万 m³/日) の水を図 S32.1.1 に示すように Indus 川、Hub ダム、Dumlottee 井戸群よりそれぞれ Grater Karachi Bulk Water Supply (GKBWS) システム (図 S32.1.2 参照)、Karachi Water Supply Canal 及び Dumlottee Conduit を経由して Karachi 市民に供給している。

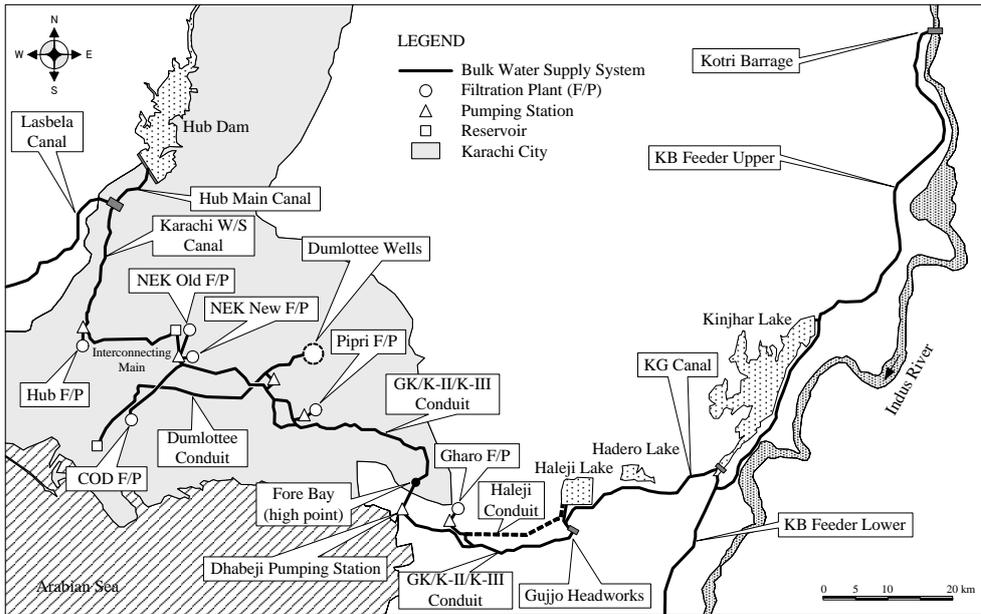


図 S32.1.1 Karachi 市の Bulk Water Supply システム

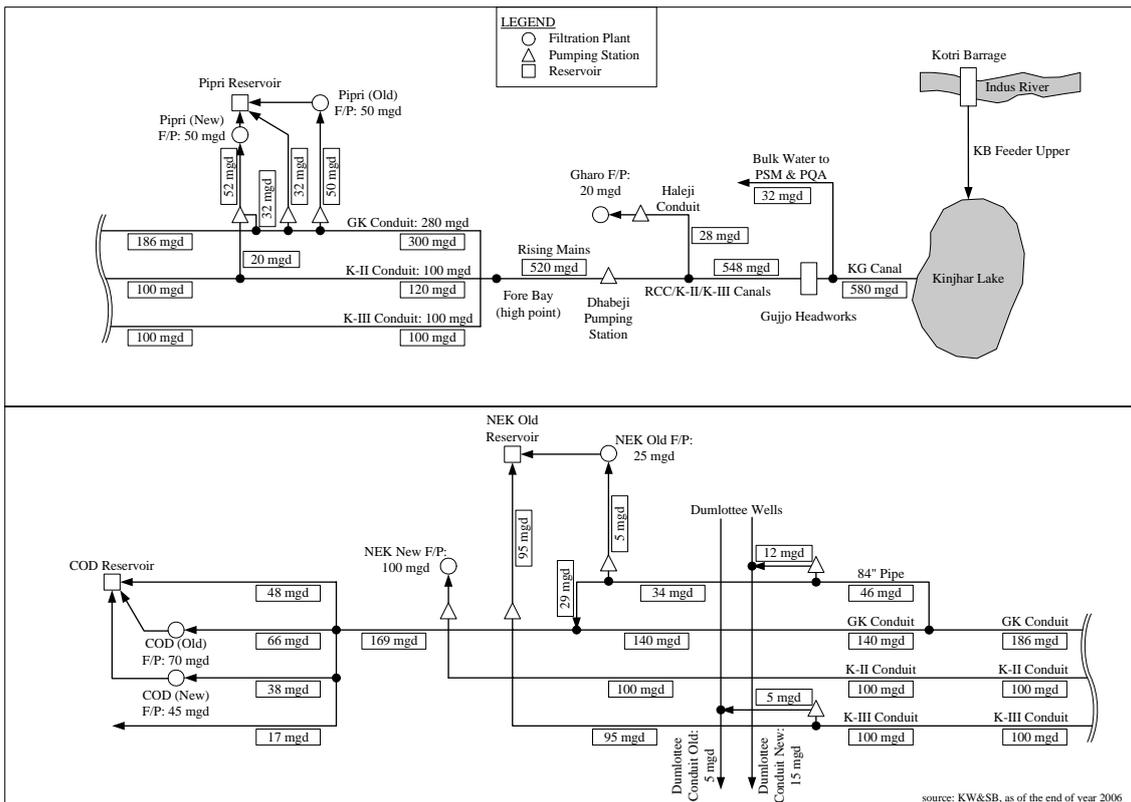


図 S32.1.2 GKBWS システムの概要

給水されている 630 mgd (2.86 百万 m^3 /日) のうちの約 3 分の 1 の 209 mgd (0.95 百万 m^3 /日) は表 S32.1.1 に示すように浄水処理を行なわないで、原水のまま塩素消毒を行い給水している。

水道幹線は表 S32.1.2 に示すように口径 300mm から 2,100mm から成り、その総延長は約 400km である。水道幹線の主な管材質はプレストレスト・コンクリート管で、全体の約 8 割を占めている。また、配水管は表 S32.1.3 に示すように約 4,850km の総延長で、その約 7 割がアスベスト・セメント（AC）管である。最近まで比較的新しい配水管の布設工事でも AC 管が使われていた。しかし、現市長は“Tameer-e-Karachi Programme (TKP)”の一環として、小口径の既存の配水管をポリエチレン管へ布設替えする工事を勧めている。

表 S32.1.2 口径別水道幹線延長

| 口径 | | 延長 |
|----|-------|---------|
| in | mm | (m) |
| 12 | 300 | 5,720 |
| 15 | 375 | 4,266 |
| 18 | 450 | 36,106 |
| 24 | 600 | 72,268 |
| 32 | 800 | 27 |
| 33 | 825 | 77,235 |
| 36 | 900 | 15,311 |
| 40 | 1,000 | 2,644 |
| 42 | 1,050 | 2,631 |
| 48 | 1,200 | 88,113 |
| 54 | 1,350 | 39,667 |
| 64 | 1,600 | 6,112 |
| 66 | 1,650 | 30,960 |
| 72 | 1,800 | 13,693 |
| 84 | 2,100 | 10,409 |
| 合計 | | 405,163 |

出典: KW&SB

表 S32.1.3 口径別配水管延長

| 口径 | | 延長 |
|----|-------|---------|
| in | mm | (km) |
| 3 | 75 | 1,636.2 |
| 4 | 100 | 1,531.9 |
| 5 | 125 | 60.0 |
| 6 | 150 | 609.0 |
| 8 | 200 | 199.0 |
| 9 | 225 | 34.6 |
| 10 | 250 | 130.6 |
| 12 | 300 | 317.0 |
| 15 | 375 | 107.1 |
| 16 | 400 | 20.1 |
| 18 | 450 | 96.8 |
| 21 | 525 | 1.0 |
| 24 | 600 | 58.1 |
| 27 | 675 | 5.2 |
| 30 | 750 | 2.5 |
| 33 | 825 | 25.2 |
| 36 | 900 | 6.3 |
| 48 | 1,200 | 8.9 |
| 54 | 1,350 | 3.0 |
| 60 | 1,500 | 2.0 |
| 合計 | | 4,854.4 |

出典: KW&SB

これらの水道幹線あるいは配水本管は適切な水理解析を実施しないで整備されているため、十分な口径の水道幹線あるいは配水本管が整備されているとは言えない。その為に水圧が十分に確保できない地域があり、KW&SB はその対策として 139 箇所もの配水ポンプ場を運転管理している。加えて、水圧が十分でないために個別に吸い込みポンプによって強制的に配水管から水を汲み上げる住民もいる。こうした事が、さらなる水圧の低下を招き、配水管内が負圧になり外部からの汚染による水道水質の悪化といった給水状況に悪影響を及ぼしている。本調査による水質試験結果によると、配水池の出口では残留塩素が確認されはいたが、末端の配水管ではほとんど残留塩素が検知されなかった。

表 S32.1.4 は過去 6 年間の給水装置数の推移を示す。現在約 1.2 百万箇所の給水装置を有している。この数値には KW&SB の管轄外である Cantonments および DHA 地域の給水装置数は含まれていない。Cantonments および DHA 地域へは KW&SB はバルク給水を行っており、地域内の給水は独自で行なわれている。

表 S32.1.4 給水装置数の推移

| 分類 | 給水装置数 | | | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2001 / 2002 | 2002 / 2003 | 2003 / 2004 | 2004 / 2005 | 2005 / 2006 | 2006 / 2007 |
| 家庭用* | 816,259 | 823,931 | 853,710 | 879,935 | 899,270 | 910,709 |
| 非家庭用 | 226,638 | 230,046 | 241,214 | 255,833 | 264,298 | 282,048 |
| バルク | 4,113 | 4,152 | 4,268 | 4,440 | 5,040 | 5,149 |
| 合計 | 1,047,010 | 1,058,129 | 1,099,192 | 1,140,208 | 1,168,608 | 1,197,906 |
| 増加率 | - | 101.1% | 103.9% | 103.7% | 102.5% | 102.5% |
| | | | | 5年間平均増加率 | | 102.7% |

*: "Addition Stories"としての登録数を除く

出典: Revenue Data 2001 - 2007, KW&SB

各給水装置には水道メーターが付いてないため、住民は水道使用料に応じた料金を支払うのではなく、住居の敷地面積に応じた料金を支払っている。そのために漏水、無駄水に対しほとんど注意を払わず、節水等の意識が薄い。従って、最低限生活に必要な水の量に比べ漏水あるいは無駄水として家庭内で浪費されている割合がかなり大きいと考えられる。

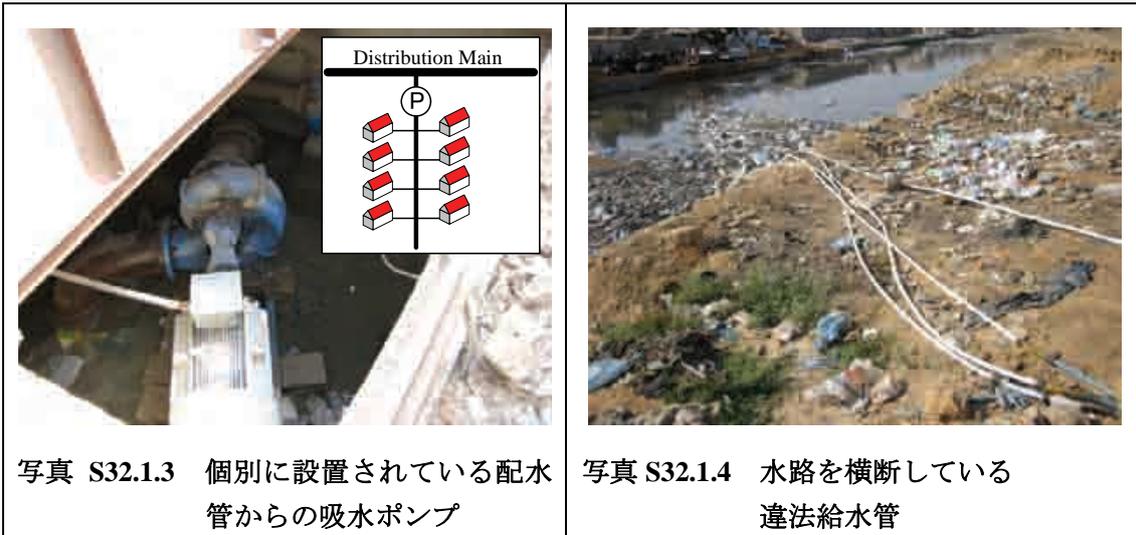
既存の給水管の状況を写真 S32.1.1 及び写真 S32.1.2 に示す。写真 S32.1.3 は KW&SB の管轄している配水ポンプ場とは別に、数件のコミュニティ単位で配水管から強制的に水を引き抜く為に設置されている私的なポンプである。写真 S32.1.4 は Katchi Abadis（無断居住者地域）への給水のために水路を横切っている違法給水管である。



写真 S32.1.1 20mm 亜鉛メッキ鋼管



写真 S32.1.2 ゴムチューブで補修されている 100mmPVC 管



給水区域外あるいは給水圧が十分でない地域は給水車によって給水されている。給水車の拠点は市内 10 箇所にあり、KW&SB から水を得てはいるが、その運営を KW&SB は関与してはいない。給水車によって給水されている量は 2004 年時点で 17 mgd (77,300 m³/day) であり、KW&SB の総給水量の約 3% である。一方、KW&SB の報告書 (Feasibility Study to explore Groundwater Source in Karachi District, 2004) によれば、地下水の揚水量は Karachi 市全体で約 30 mgd (136,400 m³/day) と推計されている。

S3.2.2 下水道システム

(1) 収集システム

Karachi 市は TP-1、TP-2、TP-3 の三つの処理区で構成されている。Lyari 川右岸に位置する New Karachi と Orangi Town の下水は、Lyari 遮集管に接続する新規の補助幹線が完成した時点で TP-3 に流入する。Malir 川左岸に位置する Korangi Town と Landhi Town は、従来は TP-2 の処理区であったが、TP-2 に流入する圧力管が洪水で流出して以来、下水の受け入れ先がない状態が続いている。KW&SB は、これらの Town の下水を処理するための新しい処理場を計画している。表 S32.2.1 に 3 処理区の概要を示す。

表 S32.2.1 処理区概要

| 処理区 | 面積 (ha) | 下水処理 | 備考 |
|------------------|---------|------|-----------------------|
| TP-1 処理区 | 5,400 | 一部 | |
| TP-2 処理区 | 11,800 | 一部 | |
| TP-3 処理区 | 5,600 | 一部 | |
| 合計 | 22,800 | | |
| (Korangi 地区) | 8,900 | なし | 将来、KW&SB が計画する新処理場に接続 |
| (Orangi 地区) | 2,900 | なし | 将来、TP-3 に接続 |
| (New Karachi 地区) | 2,700 | なし | 将来、TP-3 に接続 |

図 S32.2.1 に、これら 3 処理区の地理的な関係と 3 処理場の位置を示す。

幹線管きよは、TP-1 に流入する 3 本の幹線、TP-2 に流入する 2 本の幹線、そして TP-3 に流入する遮集管で構成されている。管きよの総延長は 3,290km である。またポンプ場は 4 個所の大規模ポンプ場と 16 個所の小規模ポンプ場で構成されており、直接あるいは間接的に 3 個所の処理場のいずれかに流入している。



図 S32.2.1 Karachi 市の下水処理区

(2) 下水処理場

表 S32.2.2 に既存 3 処理場の概要を示す。

表 S32.2.2 処理場の概要

| | TP-1 (SITE) | TP-2 (Mahmoodabad) | TP-3 (Mauripur) |
|---------------------------|--|--|---|
| 処理区域 | F.B. Area, Liaquatabad, Nazimabad, North Nazimabad, Orangi Town の一部, Pak Colony など | 旧市街地, Clifton Societies, Mahmoodabad, Azam Basti の一部, Dada Bhai, Sadder, Malir | 旧 Lyari, Garden East and West, Gulshan-e-Iqbal, PIB colony, Soldier Bazar, Baldia, Nazimabad, New Karachi |
| 処理場面積(ha) | 48.6 | 48.6 | 221 |
| 建設年/リハビリテーション時期 | 1960/1995 | 1960/1996 | 1998 |
| 流入幹線 | Lyari 上流 (2010mm) Lyari 上流 1 (650 mm) | Malir 幹線: 56” (1710 mm) | Lyari I 遮集管 (2 × 2500mm × 2000mm) |
| 処理プロセス | 散水ろ床法 | 散水ろ床法 | 安定化池 (嫌気性池+通性池) |
| 主要施設 | 流入ポンプ、最初沈殿池、散水ろ床、最終沈殿池、消化槽、汚泥乾燥床 | 流入ポンプ、最初沈殿池、散水ろ床、最終沈殿池、消化槽、汚泥乾燥床 | 流入ポンプ、嫌気性池、通性池、汚泥乾燥床 |
| 処理人口(人) | 1,600,000 | 1,600,000 | 2,000,000 |
| 処理能力(m ³ /日) | 232,000 | 209,000 | 245,000 |
| 現在の流入量(m ³ /日) | 114,000 | 110,000 | 159,000 |
| 設計流入水質(mg/l) | BOD 385 SS 555 | BOD 365 SS 530 | BOD 385 SS 450 – 500 |
| 現在の流入水質(mg/l) | BOD 317 SS 319 | BOD 300 | BOD 370 SS 388 |
| 設計処理水質(mg/l) | BOD 80 SS 200 | BOD 80 SS 200 | BOD 80 SS 200 |
| 現在の処理水質(mg/l) | BOD 80.8 SS 76.4 | BOD 100 | BOD 75 SS 69 |

出典：KW&SB

表 S32.2.2 に示すように、3 処理場への実際の流入量は 360,000 から 380,000 m³/日で、処理能力 686,000 m³/日のおよそ二分の一にとどまっている。これは、幹線管きよの破損あるいは未整備、またはポンプ場の機能不全に起因すると考えられる。

(3) 設計基準

「パ」国においては下水道計画策定に用いるための確立された設計基準はない。各コンサルタントは、それぞれがいくつかのパラメータに対して指針を持っていて計画策定に適用している。これらの指針には 1 日一人当たりの給水量、使用水量に対する下水発生量の割合、ピーク流量の平均流量に対する割合、流量公式、流速の範囲、マンホール間隔などが含まれる。

S3.3 法制度、方針および行政の体制

S3.3.1 上下水道セクター

(1) 法制度及び行政

「パ」国の憲法によれば、水は各州に帰属するものであり、水に関する問題解決は Ministry of Water and Power (MWP)に責任があり、MWP 内の Water Wing (WAPDA)がその業務を行っている。水の問題に関して MWP は WAPDA と他の連邦政府の省庁や州の灌漑農業局との調整に加え、the Indus River System Authority (IRSA)および the Federal Food Commission (FFC) との調整も図っている。

上下水道セクターに関連する国家レベルの法律としては「the WAPDA Act, 1958」、「the Environmental Protection Act (EPA), 1997」および「the IRSA Act, 1992」がある。また、同時に州以下のレベルの法律としては「the Sindh Local Government Ordinance (SLGO), 2001」および「the KW&SB Act, 1996」が施行されている。「the SLGO, 2001」では Karachi 市(the City District Government of Karachi (CDGK)) に上下水道サービスの権限を委譲しており、「the KW&SB Act, 1996」ではより詳細に KW&SB が独立事業体として帰属する技術的経営的な責任と権限を規定している。

最近、「パ」国政府 (GOP) は「the National Environmental Policy, 2005」、「the National Drinking Water Policy, 2006」および「the draft National Sanitation Policy, 2006」を發布した。国の方針に従いシンド州政府 (GOS) は「the draft Sindh Water Supply Policy, 2006」および「the draft Solid Waste & Sanitation Policy, 2006」を発効した。

GOS から CDGK への上下水道サービスの委譲は「the SLGO, 2001」に規定されている。これは CDGK 内に Executive District Officer (EDO)を長とする Water & Sanitation Department を設立することによって効力を発揮する。EDO Water & Sanitation は Town Municipal Administration (TMA)および Union Councils (UC's)を介して CDGK と Karachi 市民に対し責任を持っている。Karachi 市の規模、上下水道サービスの本質を考え、上下水道サービスの実施機関として KW&SB が存続されたままとなっている。「the SLGO, 2001」が施行された時に「the KW&SB Act, 1996」が廃止されなかった。

「the SLGO, 2001」の第 52 項および第 182 項によると、KW&SB が Karachi 市の上下水道サービスに責任を持つことになっている。KW&SB はまた Cantonments、the Defence Housing Authority (DHA)、the Sindh Industrial Trading Estate (SITE)、the Karachi Port Trust (KPT)等の機関・組織が管轄している地域へのバルク給水の責任もある。ただし、これらの機関・組織が管轄している地域内での水道水の配水および下水の収集の責任はそれぞれの機関・組織にある。これらの地域内にある上下水道施設の状態が悪いために、その所有権および上下水道サービスを KW&SB に移管するという議論はあるが、まだ合意に至っていない。

KW&SB 以外にも Karachi 市内の上下水道サービスの向上を目的として the Sindh Katchi

Abadis Authority (SKAA)やいろいろな NGO 団体、Citizen Community Boards (CCB's)等が活動している。地域での実際の維持管理を担っている CCB's や受益者の考えはゆっくりではあるが実現しつつある。

飲料水基準を守る責任、下水の安全な処理・処分の責任、環境法および環境基準の遵守の責任は KW&SB にあるが、上述したように KW&SB が担っている上下水道サービスが断片的であるためにその責任を十分に果せないでいる。KW&SB は最近 WHO の飲料水基準および EPA 基準に遵ってはいるが、有効なモニタリングや取り締まりは不十分である。

KW&SB は独立事業体ではあるが、業務遂行において政治的行政的な権限及び許認可権を持つ CDGK からの干渉を受けている。こうした場合、KW&SB には自由裁量権はなく、日々の運転管理の中で政治的な干渉を伴い、財政上運営上の束縛を受け、実施機関として単に上水道サービスを提供しているにすぎない。GOS は「Legal Notification No. SOVIII/KW&SB/72/2002」により the Board of the KW&SB を再設立した。KW&SB は KW&SB の局長が 1 メンバーであり、Karachi 市長がチェアマンである a board of directors によって運営管理されている。他のメンバーには他の政府機関と同様に産業界からの代表が含まれている。公式な Board 会議はあまり開催されないが、KW&SB の局長が定期的にチェアマンおよび CDGK と GOS の関係機関に主要プロジェクトの承認・進捗、予算承認、資金調達、ローン支払い、料金調整、飲料水水質および放流水水質の基準遵守等の説明をしている。

(2) セクターの方針

Karachi 市の上下水道サービスに関する「パ」国の方針は「National Water Policy」、「National Drinking Water Policy」および「National Sanitation Policy」に示されている。「National Water Policy (Draft)」には下記のように記載されている。

「2025 年までに「パ」国は水を確保するための適切な保護と開発を行い、十分な量の水が利用出来ようとし、環境、生活水準、水資源の経済価値、支払い能力等に配慮しつつ、水資源の持続的な利用を確実にし、社会経済の発展をサポートする効率的な運営管理、組織制度、法制度の下、良質の水を公平に需要に見合うようすべての国民に供給しなければならない。」

「National Drinking Water Policy」の包括的目標は下記の通りである。

- すべての国民に公平で、効率的で、かつ持続可能な方法により、手頃な料金で安全な飲料水を保証する
- 水系伝染病が原因である死亡率および罹患率を減少させる

「National Drinking Water Policy」の目的は下記の通りである。

- 安全な飲料水を持続的にすべての国民が享受できるような方針法制度を構築する。
- 飲料水に関する方針と他の水セクター、環境、衛生の方針が一貫性のある調和のとれたものとなるようなガイドラインの構築、およびすべての国民に安全な飲料水を提供するための飲料水質基準を構築する。
- 国全体に飲料水を提供できるように、より効率的に課題に取り組めるような行政

組織を構築する。

- 費用効率が高く、公平で、持続的な方法で飲料水が提供できるような財政的枠組みを構築する。
- 安全な飲料水の供給を促す一連の対策を確認し、その実施を促進する。
- 地域社会、女性団体、社会的弱者が安全な飲料水の供給をより享受できるような骨組みを構築する。

下水道に関しては全人口の約 42%の住民が下水道施設を利用しており、「National Sanitation Policy」では「パ」国民の生活水準を改善するため下水道を普及させるための骨組みを構築すること、および健全な生活のために必要な自然環境を提供することを目ざしている。

州レベルでは「the Sindh Water Supply, Solid Waste & Sanitation Policies」が国の方針に基づいて起草された。しかし、2007年11月時点でGOSのTechnical Review Committeeがこれをレビューしており、まだ施行されていない。

S3.3.2 環境セクター

(1) 方針および法制度

「パ」国において現代的な「環境」という意味での法整備が始まったのは1950年代後半から1960年代前半にかけてである。1972年のストックホルム宣言を支持する形で、1975年に環境省が設立された。環境に関わる法整備が最も進んだのは1983年から1997年の間である。最初の「Environmental Protection Ordinance」は1983年に公布された。この法令の施行とともに、一連の制度整備が促進され、1997年の「Pakistan Environmental Protection Act」へと繋がるのである。また、1997年には「The National Environmental Quality Standards (NEQS)」が発令された。最近では環境省が「National Environmental Policy, 2005」を打ち出している。

a) The National Conservation Strategy (NCS)

「パ」国におけるNCSは環境側面から持続可能な経済的、社会的発展の達成を目的とした包括的な方針を示したものである。NCSの主要な三つの目的とは a)天然資源の保全、b)持続可能な開発、c)効率化された資源の利用と管理である。NCSは国家の環境および天然資源を保全することを目的とした統合的な戦略について広範なガイドラインを示したものである。

b) Pakistan Environmental Protection Ordinance 1983

この法令により、まず最初にPakistan Environmental Protection CouncilとFederal and Provincial EPA'sが設立された。また、環境影響評価(EIA)報告書の必要性についても議論された。

c) Pakistan Environmental Protection Act (PEPA) 1997

「Pakistan Environmental Protection Act (PEPA) 1997」は「パ」国における最も重要な環境に関わる法令である。この法令は、汚染の防止・管理や持続可能な開発を推進するために、

環境の保護、保全、修復、改善を目的としたものである。

この PEPA 1997 により、「パ」国の首相を議長とする Pakistan Environmental Protection Council が設立された。この委員会の機能は PEPA 1997 の推進、国家環境方針の策定、それらの実施、国家環境品質基準の承認、生物多様性及び再生可能及び再生不可能資源の保全のための方向性指針、国家環境報告などである。Environmental Protection Agencies (EPA's) はこの Pakistan Environmental Protection Council の下、国家レベル及び州レベルにおいても設置されている。

d) National Environmental Action Plan (NEAP)

NEAP は 2001 年 2 月 Pakistan Environmental Protection Council によって承認された。NEAP を策定した目的としては、公衆衛生保全、持続可能な生活様式、「パ」国民の生活の質の向上へ向けた環境を維持するための行動やプログラムを開始するためである。また、この NEAP は急速に汚染されつつある空気、水、土壌に対して、明確な効果が得られる緊急的な手段を講ずることにも焦点をあてている。これらの手段は政府関連機関と市民による社会団体との連携により達成されるとしている。

(2) 行政的枠組み

「Pakistan Environmental Protection Act, 1997」によって実施された、重要な行政措置について以下に述べる。

a) The Pakistan Environmental Protection Council

「Pakistan Environmental Protection Act」第 3 条により、Pakistan Environmental Protection Council が設立された。この委員会の議長は首相であり、4 州の Chief Minister、中央及び州の環境大臣からなっている。また、これらに加えて 20 人から 35 人の政府役人以外のメンバー、例えば、商工会議所、農業、薬品関連の代表者、法律関連専門家、商社や NGO の科学者、技術者、教育者などが含まれている。この委員会の機能と権限は以下に示す通りである。

- National Environmental Quality Standards (NEQS) の承認
- NCS の枠組みにおける包括的な国家環境方針の承認
- 一般的な種、習性、生物多様性の保護・保全、再生可能及び再生不可能な資源の保全のためのガイドラインの提示
- 国家開発計画や方針策定のための、持続的な開発へ向けた原則の集約・調整

b) Pakistan Environmental Protection Agency

Pakistan Environmental Protection Agency は Pakistan Environmental Protection Council の下部組織として位置づけられる。機構の代表者は長官であり、長官は必要に応じて諮問委員会を設けることができる。「Pakistan Environmental Protection Act 1997」第 5 条によりパキスタン EPA (国家組織) が規定されており、環境保全令の実施を推進することを担っており、以下の業務が含まれている。

- NEQS の策定、変更、設立と強化
- 調査、モニタリング、検査、監査システムの立ち上げ
- 環境計量分析室の認可
- 環境関連事項に対する助言と援助の提供
- NGO の設立・活動、住民組織、村落組織の支援
- 環境の保護、保全、修復、改善、汚染の防止や管理、持続的な開発の推進等に関わる全ての必要な手段を講じる

c) Sindh Environmental Protection Agency (SEPA)

「Pakistan Environmental Protection Act, 1997」第 8 条により地方の EPA として Sindh Environmental Protection Agency (SEPA) が設立されており、第 26 条で規定されている権限を委譲されている。「Pakistan Environmental Protection Act, 1997」で規定されている中央政府の機能や権限の多くは既に地方の EPA に委譲されている。この第 8 条は行政措置によりこれまで機能してきた地方の EPA の機能に法的な裏づけを与えるものである。

S3.4 KW&SB の組織及び財務管理

S3.4.1 組織

これまで Karachi の上下水道サービスは、様々な組織により運営されてきた。Karachi の上下水道にかかる最初の本格的な拡張は、1953 年に設立された「Karachi Joint Water Board」が Indus 河から取水することで行われた。

1957 年からは、Karachi Development Authority (KDA) が Bulk Water Supply を運営し、Karachi Metropolitan Corporation (KMC) が市内の上下水道 Retail サービスを運営することになった。また、この当時から、Cantonment、陸軍、Karachi Ports Trust (KPT) 等の組織が独自に上下水道サービスを運営しており、これは現在も変わっていない。

1983 年、Sindh 州政府は、単一組織が上下水道プロジェクトの計画・実施を行うべきだとして「Sindh Local Government (amended) Ordinance」を制定し、上下水道サービス運営、資金調達、料金徴収、システム拡張、等に係る権限を KMC に集中させた。その後、1996 年に制定された「Karachi Water and Sewerage Board Act」により、KW&SB が Sindh 州政府傘下の独立性の強い組織として設立された。

2001 年に制定された Sindh 州政府の「地方分権条例」により、KW&SB は CDGK の傘下に置かれることになった。CDGK は、Executive District Officer (EDO) が率いる「Water and Sanitation Department」を設立した。しかしながら、この時 1996 年に制定された「Karachi Water and Sewerage Board Act」を廃棄しなかったことから、KW&SB は未だに法的根拠を持つ組織として存続しており、その結果として KW&SB の Managing Director が CDGK の「Water and Sanitation Department」の EDO でもあるという事態が発生している。上下水道サービスに関する Sindh 州政府、CDGK 及び KW&SB の現在の関係を図 S34.1.1 に示す。

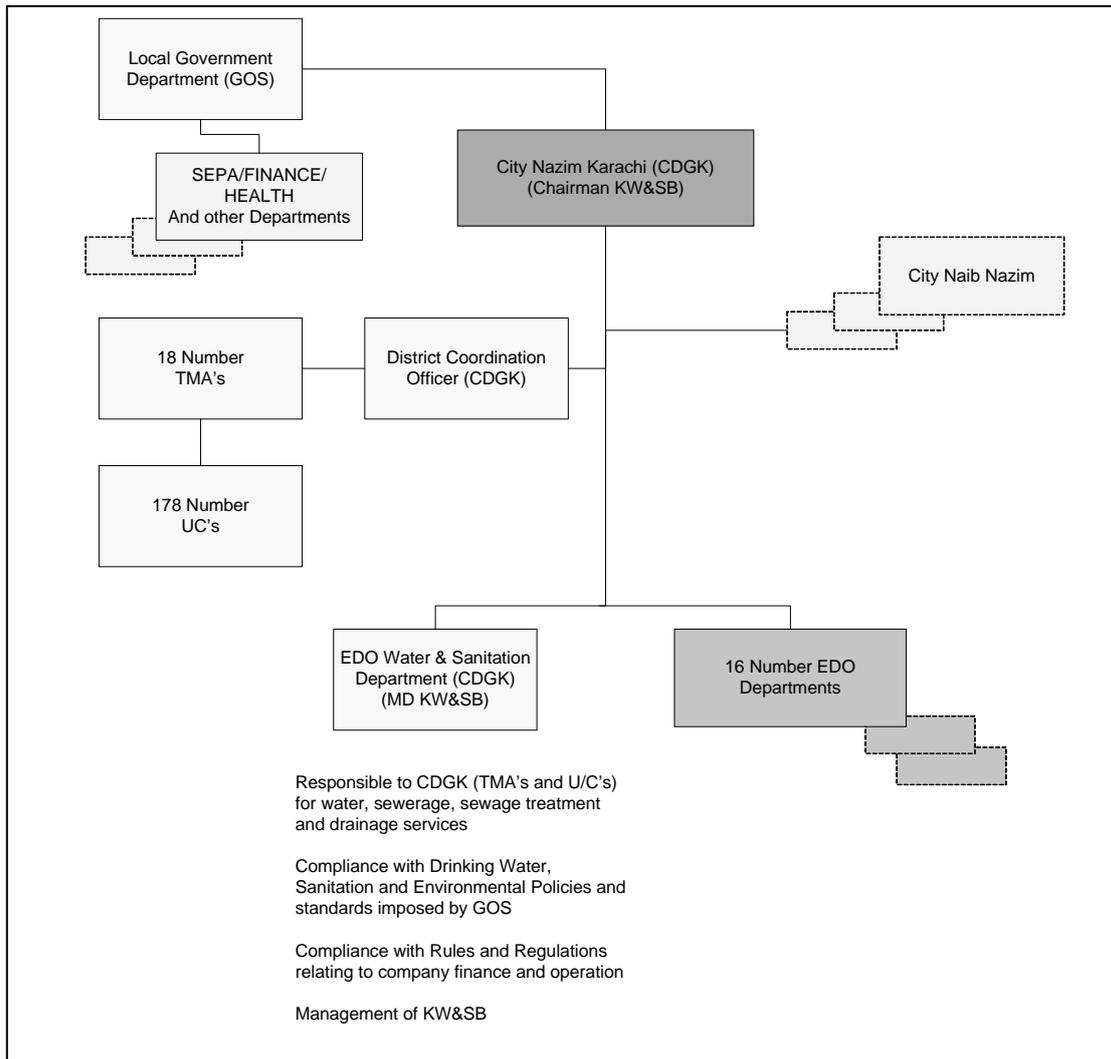


図 S34.1.1 GOS、CDGK 及び KW&SB の関係

1996 年の「Karachi Water and Sewerage Board Act」では、KW&SB の主要な任務として以下の事柄を挙げている。

- 飲用水の生産と供給
- 上下水道システムへの接続の認可及び Tanker への水供給
- 上下水道料金の請求及び徴収
- 規則の制定（政府の承認を要する）
- 上下水道施設の建設及び運転維持管理
- 上水供給のコントロール及び上下水道接続状況の検査
- 料金及びその他の課金の改訂にかかる提案書の作成・提出

2006 年の予算書には職員総数が 9,327 名と記載されているが、実際にポストについている職員は 8,260 名である。この内、5,030 名が Karachi 市内の 18 Town に分散しており、3,230 名が本部や Bulk Water Supply 施設に配置されている。2007 年 11 月現在の KW&SB の組織

図を図 S34.1.2 に示す。

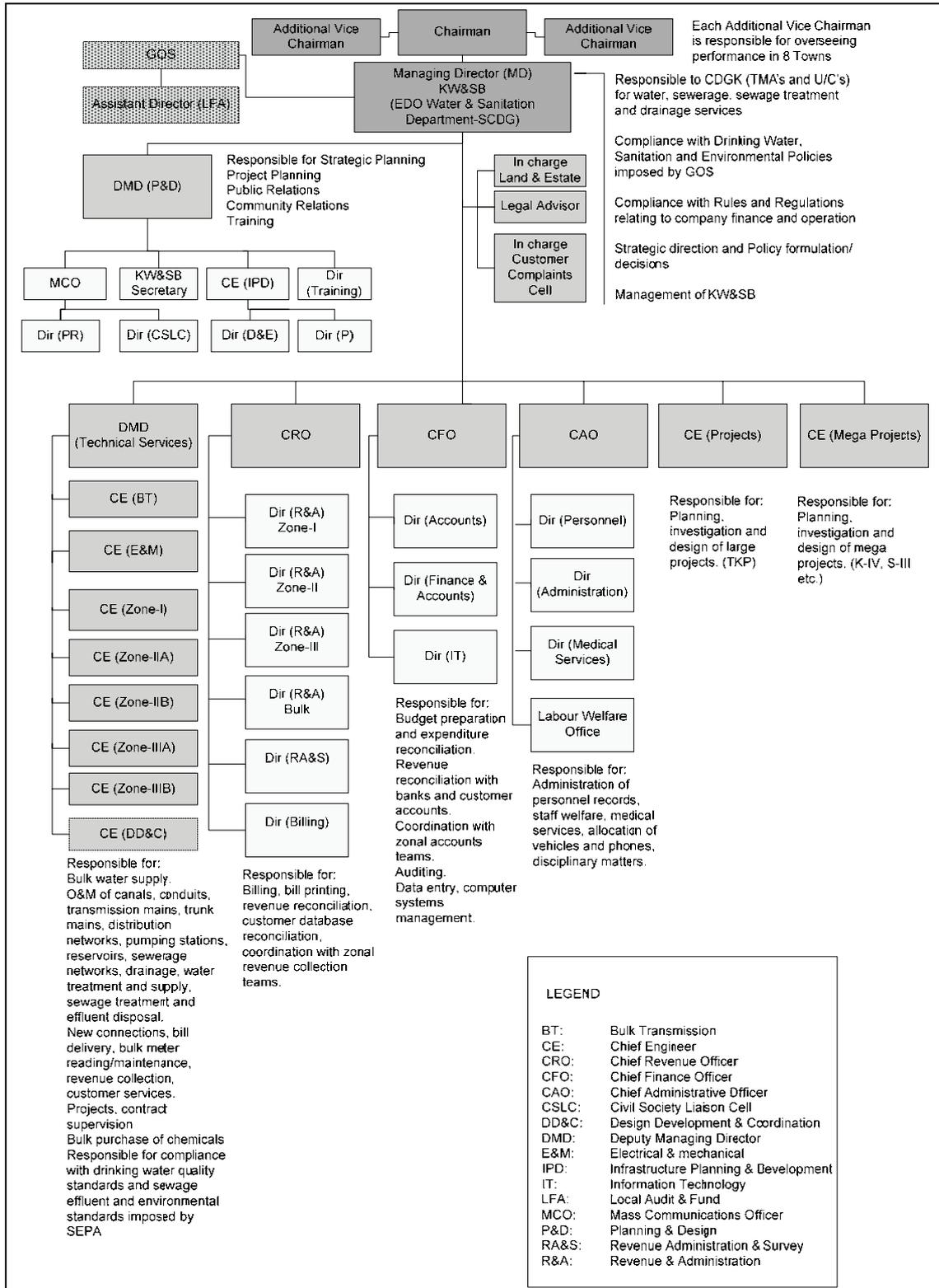


図 S34.1.2 KW&SB の組織図 (2007 年 11 月)

上下水道施設の運転維持管理は、基本的に 5 箇所の配水ゾーンをそれぞれ管轄する 5 名の Zonal Chief Engineer、CE (Bulk Transmission) 及び CE (Electrical & Mechanical) が責任を持って当たっている。彼らは、水源からの導水施設 (水路、暗渠)、配水池、送水管、配水本管、配水網、ポンプ場、排水システム、下水網、浄水場、下水処理場等の運転維持管理に責任を有している。運転維持管理を実際に担当する職員は、これらの施設や各 Town に設置された出張所に勤務している。一方、管理職及び事務系職員のほとんどは KW&SB の本部及び「9th Mile Office」に勤務している。

大規模プロジェクトの計画・実施は、CE (Projects) と CE (Mega Projects) が責任を持って行っている。これらのプロジェクトには、K-IV プロジェクト (上水)、S-III プロジェクト (下水)、海水淡水化、下水処理水の再利用にかかる調査等が含まれる。いずれの場合も、概略設計、入札書類の作成、詳細設計、施工監理等にはコンサルタントが雇用されている。小規模プロジェクト、改修、点検、故障修理等に関しては、各部門の Chief Engineer の責任で実施されている。

S3.4.2 財務管理

(1) 財政状況

KW&SB の財政状態は、2000/01 年から 2004/05 年の最近 5 年の財務諸表によって把握される。KW&SB はこの間連続して赤字を記録してきている。当初の 2 年間、収入は直接経費をカバーしていたが、それ以後の 3 年間は直接経費さえカバーすることができなかった。

営業損益と営業外損益を含む経常損益は、厳しい赤字を記録してきた。2000/01 年こそ 8 億 2 千万ルピーの赤字であったが、2004/05 年の年間赤字は 23 億 6 千万ルピーに達した。従って、累積赤字は 2004/05 年度末には 104 億 4 千万ルピーに達した。この赤字は、2004/05 年末には年間収益のほぼ 4 年間分の収入に相当する。最近の 5 年の間の単年度赤字のこの傾向は、**図 S34.2.1** に示されている。

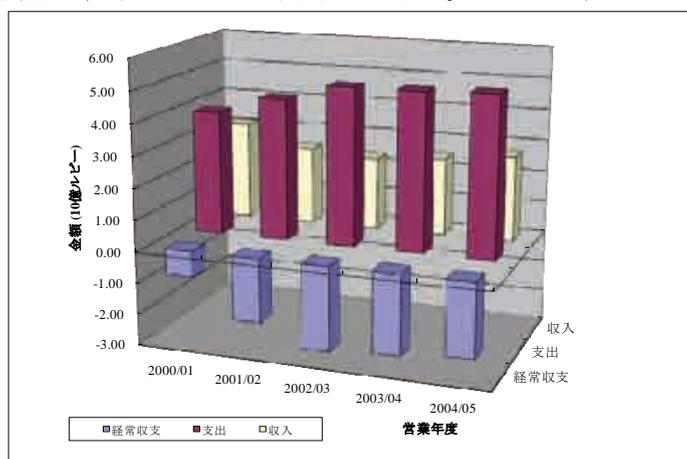


図 S34.2.1 KW&SB の経営実績 : 2000/01-2004/05

2004/05 年の給水収入の合計のうち、大口水需要者からの収入が全収入の 64% を占める一方で、大口使用者の接続件数は 4,440 件で、全接続数 140 万件に対し、僅か 0.35% の接続比率しかない。小口使用者の数は合計の 99% 以上を占めるものの、小口使用者からの収入は総収入のわずか 36% である。下水道については、大口使用者からの収入が 42% を占めている。従って小口使用者のそれは 58% である。総収入の比率は次のようになっている: 給水収入

においては大口使用者が 54%、小口使用者が 30%、また下水道サービス収入においては大口使用者が 7%、小口使用者が 9%。

2004/05 年度の営業経費は 39 億ルーピーであった。様々な経費の中で、トップ 5 の費目は次のとおりである：(1) 16 億 4 千万ルーピーの電力費、総支出の 42%、(2) 8 億 74 百万ルーピーの給料・手当、22%、(3) 8 億 65 百万ルーピーの減価償却費、22%、(4) 1 億 6100 万ルーピーの維持・修理費、4%、(5) 1 億 3300 万ルーピーの貸倒引当、3%。更に、営業外経費での大きな費目では、借入負債に関わる経費の 11 億 8 千万ルーピーが記録されている。総支出は 50 億 8000 万ルーピーなので、負債経費は全経費合計の 23%を占めている。

2004/05 年度の貸借対照表では、KW&SB の総資産は 369 億ルーピーであり、固定資産の 294 億ルーピーと、流動資産の 75 億ルーピーで構成される。当然の事ながら、負債／資本は 369 億ルーピーである。それは長期債務の 251 億ルーピー、流動負債の 299 億ルーピー、資本金の 71 億ルーピーの構成である。

流動資産の中にある債務者(消費者債務)は顧客の売掛金勘定である。この残高は、2000/01 年の 48 億ルーピーから、2004/05 年の 60 億ルーピーへと連続的に増加している。この増加率は年平均 5.8%となる。更に、2004/05 年末までに 32 億ルーピーが貸倒損金として損金処理されている。従って、貸倒損失が処理されていなかったら、2004/05 年には売掛金勘定は 92 億ルーピーの残高となっていた。

2004/05 年度末で、借入外債は表 S34.2.1 のようになっている。

表 S34.2.1 2004/05 年度末の借入外債の残高 (単位: 10 億ルーピー)

| 項目 | 長期負債 | 短期負債 | 合計 |
|----------|------|------|------|
| 外債合計 | 24.8 | 3.5 | 28.3 |
| 元金 | 14.5 | 0.6 | 15.1 |
| 未払財務経費残高 | 10.3 | 2.9 | 13.2 |

長期負債の元金残高は 145 億ルーピーである。未払利息経費残高は、当該年の全財務費用から支払われた財務費用を引いた後の残りの財務費用の累積である。長期負債の未払財務経費用は 1,030 万ルーピーに達し、元金残高の 71%を占めている。それらに短期の対外流動負債の全残高を加えると、対外債務の合計は 283 億ルーピーに達する。未払財務経費は 132 億ルーピーで、151 億ルーピーの残存元本合計の 87%を占めている。283 億ルーピーの合計額は、2004/05 年の 10 年分の超える売上高に等しい。

(2) 経営の特性

KW&SB の経営特性は、2002/03 年から 2004/05 年までの最近 3 年間の財務諸表データに基づく経営診断手法を通じて求めた経営指標により見えてくる。これらの指標を参考に、経営状態は次の視点から分析され特徴付けられる：収益性、安全性および生産性。

「資本回転率」(資本金合計対正味売上高)は、3年間0.07であった。この回転率は、0.11の日本の指標(300,000人超の水道事業の平均)より小さい。資本金合計の中で、資本金は37億7000万ルピーであるが、しかしそれは長い間の累積赤字に取り崩され完全に消失された状態である。実際、累積赤字ははるかに株主持分を越えるものである。従って、巨大な累積赤字のために、実際のところ資本金はマイナスに陥っていることになっている。このマイナスのため、政府からの補助金がこの状態を穴埋めに充当されている。

2004/05年では、水の平均価格は1000ガロン当たり21ルピーと算定されるが、水の平均生産費は1000ガロン当たり40ルピーと見積もられている。この販売単価は生産原価のわずか53%であり、極端な逆鞘となっている。参考までに日本の場合の比率は99%で、つまり販売単価が1000ガロン当たり350ルピーなのに対し、生産原価が1000ガロン当たり354ルピーである。この現象は、KW&SBは歳入と歳出の構造上の課題として再考すべきものである。

「売上債権回転率」(売掛金勘定対正味売上高)は、売掛金回収の速度を示している。この指標が大きければ、資本の回転率を高める役割を担い、よりよい経営効率を可能とする。KW&SBは、0.42~0.45と低い指標を記録している。ちなみに日本の指標7.4ので、これと比較して、これらの指標は相当に低い。これらの指標は、KW&SBが売掛金の回収速度は、日本の水道事業者の回収速度の16~18倍の日数を要していることを意味する。指標が0.45ということは、資金の回収に810日つまり2.2年掛かることである。一般に、ビジネスが安全性を維持するためには、売掛債権回転率は6.0~8.0間に維持されるべきである。

純経費に占める借入金の利息比率は、金融負債の安全性を示す。より小さな指標は、経営のよりよい健全性を示している。KW&SBの比率は23.2%と23.5%の間で、それは18.5%の日本の指標に比べかなり深刻である。さらに、KW&SBは、当該年内に利益の利息の一部を払い、その残りを翌年に繰り越してしまい、それをB/Sの中で「未払財務費用」として計上している。これらの未払財務費用は年々増加しているのである。

生産性の主なチェック・ポイントは、(1)正味売上高に対する人件費の比率、および(2)純経費に対する人件費の比率である。KW&SBの前者の比率は、32.9%と34.0%の間にある。これは、22.5%の日本の指標よりかなり高い。一方、後者の比率は、15.5%と17.2%の間にあり、これは、22.7%の日本の指標より低い。これらの現象は、KW&SBの年間売上高と経費の間にある膨大な差によって引き起こされている。水供給量に対する従業員の数は、日本の平均より相当に大きくなっている。指標はmgd当たり22人で、それは日本の指標であるmgd当たり6.4人(10,000m³当たり14人)の3倍以上のとなっている。

(3) 財務上の課題

財務上の課題については、財政状態の分析および財務諸表の診断を通じて以下のような課題が浮き彫りとなった。これらの課題はマスタープラン、F/S調査、更に実施段階で配慮されるべき課題となる。

- 1) 過小な営業収益: 毎年の巨大な赤字は、主として過小な営業収益に由来している。特に最近の数年間、収入は総支出の半分しかカバーしていない。
- 2) 過大な営業費: 営業費は過去4年間に亘り年々継続的に増加している。特に最近の3年間、営業外費用を含む総支出は、総収入の倍を超えている。それにもかかわらず、総支出は上下水道の適切な運転管理・保守に係わる経費としては小さく見えるのである。
- 3) 病める財政構造: KW&SB は構造上の財政赤字に直面している。この構造的問題を解決するために、経営管理システムを抜本的に改革しなければならない。
- 4) 過大な売掛金勘定: KW&SB には巨大な売掛金勘定がある。2004/05 年には、その量は 60 億ルピーで、同じ年の 2.2 倍の年間売上高になっている。過大な残高がその経営改善戦略を鈍らせているといえる。
- 5) 過小な資本金: KW&SB の資本金は 38 億ルピーである。それは、2004/05 年に負債・資本金合計の約 10% を占めている。上下水道事業は一種の装置産業に属し、そのため巨大な資本投資がこのビジネスを健全に運営するには不可欠である。

S3.4.3 職員の能力開発

KW&SB 本部には、職員の能力開発に関わる部局が存在していない。従業員の能力開発は、各 Chief Engineer (CE) や Chief Officer (CO) に任されているのが現状である。

職員の能力開発は、効率的な事業運営に必要となる職員の技術力、処理能力、管理能力向上を目的として実施されるべきである。一連の基本的なトレーニングを除き、ほとんどのトレーニングは OJT を通じて行われている。トレーニングの実施は、DMD (P&D) Department に所属する Director (Training) の責任で行われるが、資金不足のため、ほとんどのトレーニングは OJT で行われている。

職員に対する「Job Description」の提示は一般に行われていない。その結果、それぞれの職員の主要な任務内容、任務の優先順位、職務遂行結果の評価方法等が必ずしも職員に正しく理解されていない状況にある。組織としての目標を職員全員が共有するようなシステムが不在であることから、組織全体としての目標達成に貢献することを前提として、それぞれの部局の目標を設定することが困難な状況にある。同じように、それぞれの部局の目標が明確に設定されていないため、各個人の目標をどう設定すれば良いのか不明である。

現在、KW&SB は組織、部局、個人の達成目標を正式に設定し、その内容を職員に周知徹底するというをやっていない。このため、達成目標に対する実際の能力・業績のモニタリングや評価も行われていない。現在の職員能力評価システムでは、職員の優れた業績・能力が認知されずに看過される可能性が極めて高い。同様に、業績や能力が著しく低い職員についても見過ごされがちである。業績・能力評価の結果が個人にフィードバックされないため、その個人に向上が求められる能力は何であり、どのようなトレーニングが必要

かといった議論ができない状況にある。

現在、KW&SB は、昇進や配置転換に関しては一定の基準を用いているものの、キャリア開発に関しては組織としての明確な方針を持っていない。一般的に、キャリア開発は以下を基準に行われている。

- 勤続年数
- 年齢
- 経験
- 業務経歴
- 実績
- 地位
- 学歴/資格

こうした基準は広く一般には受入れられているものの、優秀な人材が短期間にキャリアを開発していく上では大きな障害となっている。現在のシステムは、優れた業績を上げてそれが昇進や昇給に結びつかないことから、職員のモチベーションを低下させる結果となっている。

キャリア開発の究極の目的は、従業員の能力開発を通じて組織全体の業績を向上させることにある。地位や職種の異なる全ての従業員に対し、トレーニングや能力開発の機会を公平に与え、個人のキャリア開発を支援する必要がある。

KW&SB がキャリア開発プランや後継者育成プランを策定するに当たっては、以下の事柄に十分留意する必要がある。

- 現在採用しているキャリア開発方法や昇進基準を変更する必要があることを経営上層部が十分認識する必要性
- 従業員のキャリア開発に組織の方針・哲学を反映させる必要性
- 全ての従業員に対して研修・キャリア開発プランを作成し、新技術の習得や既に使用している技術のさらなる向上に対する動機付けを行う必要性
- 透明性の高い能力・業績評価方法を導入する必要性
- 年功序列方式ではなく、従業員の業績、能力、経験、知識、職務態度、積極性等に基づく評価方法を導入する必要性
- マネジャークラスの従業員が、本人及び部下のキャリア開発に責任を持つ必要性

S3.5 主要な問題点の確認

S3.5.1 上水道システム

本調査で判明した重要な問題のほとんどは、配水網に関連した問題である。一方、Bulk Supply システムには緊急対応を要する問題はあまり存在していない。確かに現在の浄水能力は不足しており、多量の原水が未処理のまま給水されていることは事実であるが、既存配水網の劣悪な状況を勘案すると、浄水能力の拡張は最優先事項とは思われない。総合的にみて、Bulk Supply システムよりも配水網により多くの緊急対応を要する問題が存在している。

問題は相互に関連しているだけではなく、しばしば互いに深刻度を助長する関係にある。問題を大きく分類すると、以下のとおりである。

- 既存配水網の劣悪な状態
- 日常業務遂行における KW&SB の独立性欠如
- 極めて脆弱な KW&SB の財政基盤
- メーターの未整備、従量制料金の不在（固定料金制の適用）

表 S35.1.1 にこれらの問題点の詳細を示す。

表 S35.1.1 本調査で確認した主要な問題点

| 問題 | 症状 | 結果 |
|-------------------|--|--|
| 既存配水網の劣悪な状態 | <ul style="list-style-type: none"> ▫ 不連続給水 ▫ 高い漏水率 ▫ 低水圧 ▫ 汚染 ▫ 不公平な給水 | <ul style="list-style-type: none"> ▫ KW&SB及びサービスに対する顧客の不信感 ▫ 水道料金支払意欲の低下 ▫ 料金収入の不足 |
| 独立性の欠如 | <ul style="list-style-type: none"> ▫ 高レベルの未収金 ▫ Tanker給水 ▫ 違法接続 ▫ 低料金 | <ul style="list-style-type: none"> ▫ 料金収入の不足 ▫ KW&SB職員のモラル低下 |
| 脆弱な財政基盤 | <ul style="list-style-type: none"> ▫ 施設更新の遅れ ▫ システム拡張の遅れ ▫ 不十分な維持管理 ▫ 劣悪な労働環境（オフィス、器具） ▫ 政府補助金への依存（改良・拡張費用、運転維持管理費用） | <ul style="list-style-type: none"> ▫ サービスの質の低下 ▫ 施設の老朽化 ▫ KW&SB職員のモラル低下 ▫ 政治の介入 |
| メーターの未整備、従量制料金の不在 | <ul style="list-style-type: none"> ▫ 配水メーター及び顧客メーターの不在 ▫ 節水意識の欠如 ▫ 給水装置の維持管理にかかるKW&SBと顧客の責任境界の不在 ▫ 漏水量や無収水量の推定手段の不在 ▫ 違法接続問題の潜在化（小口使用者） | <ul style="list-style-type: none"> ▫ 上水道システムのコントロール不在 ▫ 水の浪費、不適切な使用 ▫ 「漏水」、「無収水」、「違法接続」の定義が困難 |

本調査では、これらの問題の多くが、直接もしくは間接に、KW&SB の脆弱な財政基盤に起因して発生しているものと判断された。図 S35.1.1 に KW&SB の事業運営が陥っている悪循環を示す。同図に示すように、KW&SB の既に逼迫した財務状況は今後もさらに悪化し続け、

その結果がサービスの質の低下として現れることとなる。こうした状況下で KW&SB が事業運営を続けるためには、政府の補助金に依存せざるを得ないが、そのことが日常業務の遂行に政治の介入を招く原因となっている。

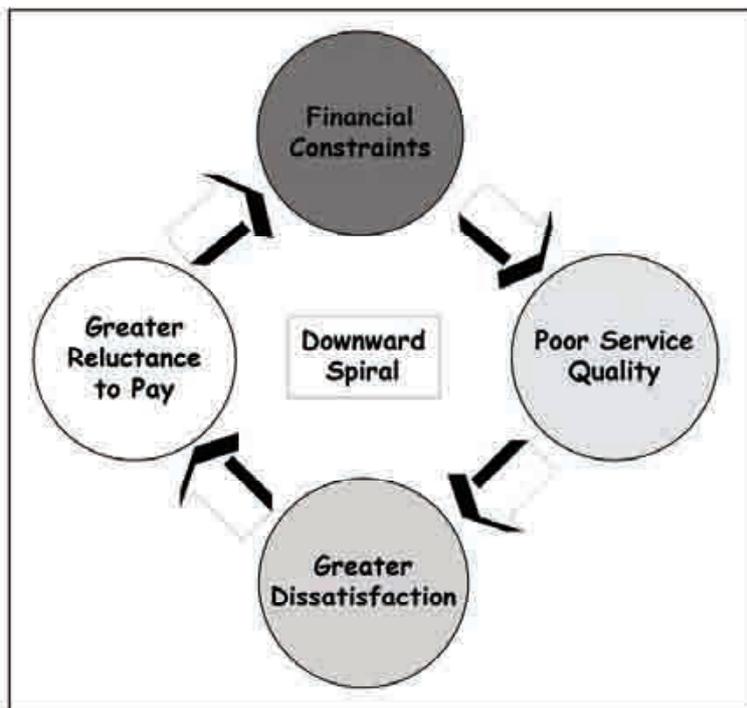


図 S35.1.1 KW&SB 事業運営の悪循環

この悪循環から抜け出すためには、給水サービスの質の大幅な向上を図る必要がある。給水サービスの大幅な質的向上を実現するためには、漏水及びその他の損失水量を大幅に削減する一方で、全顧客にメーターを設置して従量制料金を適用することが不可欠であるというのが本調査の結論である。ADB が 2007 年 5 月に公開した「Draft Karachi Sustainable Mega City Water & Wastewater Roadmap」の中でも同様な見解が示されている。

S3.5.2 下水道システム

下水道システムの主な問題点は以下の通りである。

(1) 包括的なマスタープランがない

下水道整備のためのマスタープランは 1988 年に策定されたが包括的なものではなかったため、策定後にそれに沿って事業を進めるといふことにはならなかった。市の都市計画と整合の取れた包括的なマスタープランを策定し、それに従って施設を建設し、社会的および物理的な変化を考慮に入れて定期的に計画を見直すことが必要である。

(2) 予算配分が限られている

上下水道事業に関する収入は限られており、下水道事業へ割り当てられる予算も限られている。限定された予算の中では、既存施設の機能を発揮するように運転することは困難で

あるし、将来の需要を満たすための増設も困難である。

(3) 施設の運転が不適切である

主として予算が限られ運転要員も限られていることから、既存の施設は満足に運転されているとは言いがたい。維持管理が十分でなければ施設の老朽化も早期に進み、また処理水質が基準を満足しない結果となる。

(4) 下水道施設が十分でない

上述したように Karachi 市の大きな人口から発生する下水を収集、処理するための下水道施設は量的にかなり不足している。市民の生活環境を改善するため、面整備、幹線管きょ、ポンプ場の下水収集施設がさらに必要である。同様に、発生した下水を全て処理して公共用水域特に Arabia 海の水質を改善するために、既存処理場の増設と新規処理場の建設が必要である。

(5) 施設の情報が不十分である

管きょ、ポンプ場、処理場は土木構造物と機械・電気設備で構成される。これらの施設を効率的、効果的に運転するには、工事完成図や機器リスト、仕様書などが現場に整備されていることが必要である。しかしながら本調査の中ではポンプ場と処理場についてはこれらの書類がある程度得られたものの、管きょについては Lyari 遮集管を除いて殆ど得られなかった。

(6) 運転管理記録が整備されていない

ポンプ場と処理場の運転に関して、流入量、運転時間、水質、機器の故障と修理などの運転管理記録は整備されているとは言いがたい。

(7) 運転管理マニュアルが未整備である

下水道施設の運転管理マニュアルは殆ど整備されていない。マニュアルなしで適切に運転管理することは非常に困難である。

第 4 章

上下水道マスタープラン

S4

上下水道マスタープラン

S4.1 水需要予測

S4.1.1 人口

(1) 過去の人口推移

Karachi 市は過去 1961 年、1972 年、1981 年及び 1998 年に人口調査を実施しており、表 S41.1.1 にその結果を示す。

表 S41.1.1 過去の人口と年増加率

| | 1961 年 | 1972 年 | 1981 年 | 1998 年 |
|------------|---------|---------|---------|--------|
| 人口 (×1000) | 1,912.6 | 3,498.6 | 5,395.4 | 11,335 |
| 年増加率 | | 5.5% | 4.8% | 4.5% |

出典: 1) 1961, 1972 and 1981: Karachi Development Plan 2000, June 1991

2) 1998: Adjusted by Karachi Strategic Development Plan 2020 (August 2007) based on 1998 census data of 9.96 million.

(2) 将来人口

Karachi 市の将来人口は 2007 年 8 月に作成された Karachi Strategic Development Plan 2020 (KSDP - 2020) で表 S41.1.2 及び図 S41.1.1 に示すように予測されている。JICA 調査では KSDP - 2020 で計画された将来の土地利用計画及び将来人口を用いて上下水道のマスタープランを策定する。JICA 調査が上下水道マスタープラン策定にあたり KSDP - 2020 で予測した将来人口を用いることは 2006 年 10 月 2 日に開催されたステアリングコミッティーで合意されている。

表 S41.1.2 Karachi 市の将来人口

| | 1998 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 人口 (×1000) * | 11,335 | 15,120 | 18,529 | 22,594 | 27,550 | 32,506 |
| 年増加率 | | 4.20% | 4.15% | 4.05% | 4.05% | 3.36% |

出典: 1) 1998 to 2020: Projected by KSDP - 2020 (August 2007)

2) 2025: Projected by JICA Study (see Appendix A61.1 in detail)

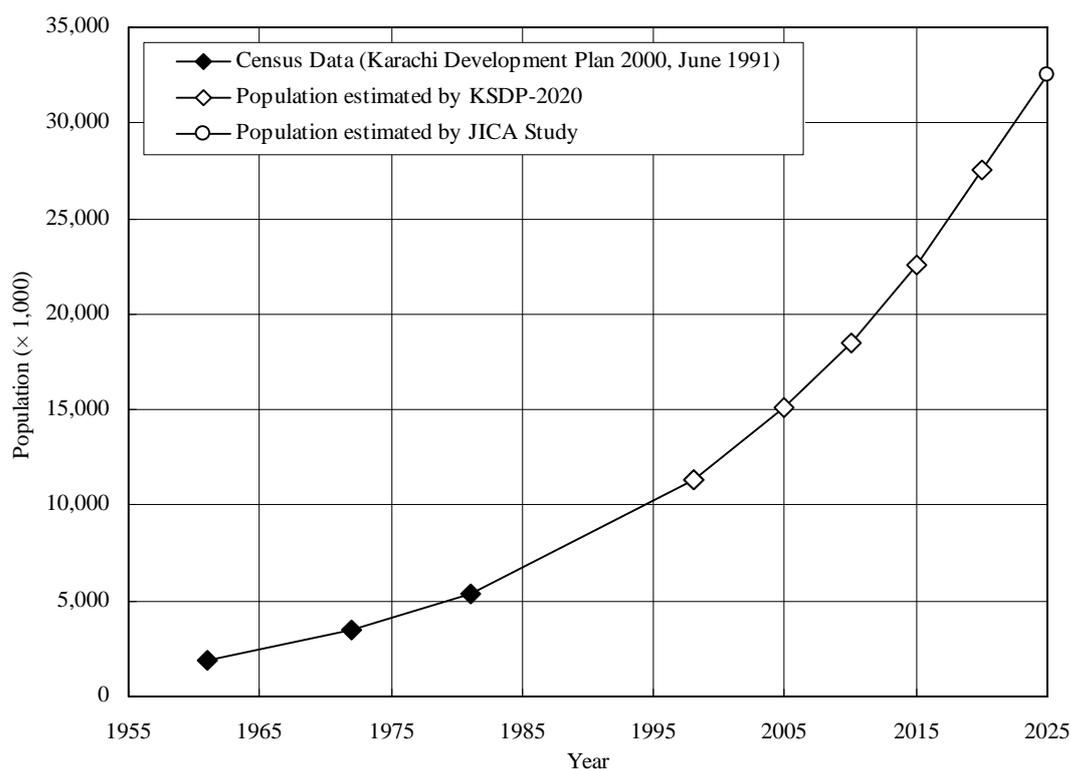


図 S41.1.1 Karachi 市の人口

S4.1.2 水需要

(1) 将来の水需要予測の基本条件

1) 一人一日当りの原水量

現在の Karachi 市の Bulk Water Supply システムは表 S41.2.1 に示すように 600 mgd (約 2.73 百万 m^3 /日)の公称能力を有している。この数値には Gujjo Headworks から Pakistan Steel Mills 及び Port Qasim Authority への供給量は含まれていない。これらの施設への Bulk Water Supply は KW&SB の Bulk Water Supply システムとは別の独自のシステムで行われており、独自で運営管理している浄水場も有している。しかし、2006 年末時点で KW&SB は実際には 630 mgd (約 2.86 百万 m^3 /日)の Bulk Water Supply を行っている。

表 S41.2.1 Bulk Water Supply システム

| Bulk Water Supply システム | 公称能力 | 実際の供給量 |
|------------------------|---------|---------|
| GK System | 280 mgd | 300 mgd |
| Haleji System | 20 mgd | 30 mgd |
| K-II System | 100 mgd | 120 mgd |
| K-III System | 100 mgd | 100 mgd |
| Dumlottee Wells | 20 mgd | 0 mgd |
| Hub System | 80 mgd | 80 mgd |
| 合計 | 600 mgd | 630 mgd |

出典: KW&SB

従って、現在の一人一日当りの原水量の算出には、実際に Bulk Water Supply を行っている 630 mgd (約 2.86 百万 m^3 /日)を 2006 年の人口 15.8 百万人で除して求められる。

$$\frac{630 \text{ mgd (約 } 2.86 \text{ 百万 m}^3\text{/日)}}{15.8 \text{ 百万人}} = 39.9 \text{ ガロン/人/日 (181.3 lpcd)}$$

従って、KW&SB は現在 Karachi 市に一人一日当たり約 40 ガロン(約 181 リットル)の原水を供給していることになる。JICA 調査では目標年次 2025 年の一人一日当たりの原水量も 40 ガロン(約 181 リットル)と現在と同じ値を採用する。将来の一人一日当たりの原水量は現在の 40 ガロン(約 181 リットル)と変わらないが、漏水率(UFW)の減少、非家庭用給水比率の減少等により実際には一人一日当たりの給水量は増加することが期待できる。

2) 給水率

KSDP-2020 で実施した社会経済調査及び本調査で実施した Katchi Abadis (無断居住者地域) を中心とした住民意識調査の結果を考慮すると、現在の Karachi 市内の平均給水率は約 90% と推定され、これをマスタープラン策定の基礎となる現在(2005年)の給水率とした。KW&SB が実施した地下水の調査(Feasibility Study to explore Groundwater Sources in Karachi District, KW&SB, 2004)によれば、Karachi 市内では約 30 mgd (約 13.6 万 m³/日)の地下水を汲み上げており、すなわち、KW&SB の上水道システム以外から水を得ている人口の比率は 5% から 10% にすぎないと考えられる。Karachi 市には地下水以外の代替水源がないので、Karachi 市民の約 90% は KW&SB の上水道システムから水を得ていることになる。将来はこの給水率 90% を徐々に上げていき、2015 年で 100% にすることを目標としている。

3) 非家庭用給水比率

Karachi 市では非家庭用の給水比率は約 40% である。将来は大規模な工場等での下水の再利用等による節水の促進や海水淡水化により、この比率を徐々に減少させ 2025 年のマスタープランの目標年次までには、35% とすることを目標としている。

4) 漏水率 (UFW)

現在の浄水場から各家庭までの送配水システムにおける漏水率(UFW)は 25% から 35% と報告されている。今後 20 年間の配水網整備(DNI)により、2025 年の漏水率(UFW)を 15% に削減することを目標としている。

(2) 将来の水需要

上述したように上水道施設整備マスタープランの策定に際しての給水率、非家庭用給水比率、漏水率(UFW)の目標値を表 S41.2.2 に示す。

表 S41.2.2 給水率、非家庭用消費量の比率及び漏水率(UFW)の目標値

| 年 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 給水率 | 90.0% | 95.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| 非家庭用給水比率 | 40.0% | 39.6% | 38.3% | 36.8% | 34.8% |
| 漏水率 (UFW) | 35.0% | 33.0% | 28.5% | 21.5% | 15.0% |

表 S41.2.2 に基づき、Karachi 市の将来の水需要予測を計算すると表 S41.2.3 及び図 S41.2.1 に示すようになる。

表 S41.2.3 将来の水需要

| | unit | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 | |
|---|---------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| a | 人口 | × million | 15.120 | 18.529 | 22.594 | 27.550 | 32.506 |
| b | 一人一日当りの原水量 | gpcd | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 |
| c | 原水の需要: $a \times b$ | mgd | 604.8 | 741.1 | 903.8 | 1,102.0 | 1,300.3 |
| d | 原水ロス | % | 10.0% | 10.0% | 10.0% | 10.0% | 10.0% |
| e | 水需要: $c / (1+d)$ | mgd | 549.8 | 673.8 | 821.6 | 1,001.8 | 1,182.0 |
| f | 漏水率 (UFW) | % | 35.0% | 33.0% | 28.5% | 21.5% | 15.0% |
| g | 有効水量: $e \times (1-f)$ | mgd | 357.4 | 451.4 | 587.4 | 786.4 | 1,004.7 |
| h | 家庭用水の占める割合 | % | 60.0% | 60.4% | 61.7% | 63.2% | 65.2% |
| i | 家庭用給水量: $g \times h$ | mgd | 214.4 | 272.6 | 362.3 | 497.3 | 655.3 |
| j | 非家庭用給水量: $g \times (1-h)$ | mgd | 143.0 | 178.8 | 225.1 | 289.1 | 349.5 |
| k | 給水率 | % | 90.0% | 95.0% | 100% | 100% | 100% |
| l | 給水人口: $a \times k$ | × million | 13.608 | 17.602 | 22.594 | 27.550 | 32.506 |
| m | 一人一日当りの給水量: i / l | lpcd | 71.6 | 70.4 | 72.9 | 82.1 | 91.6 |

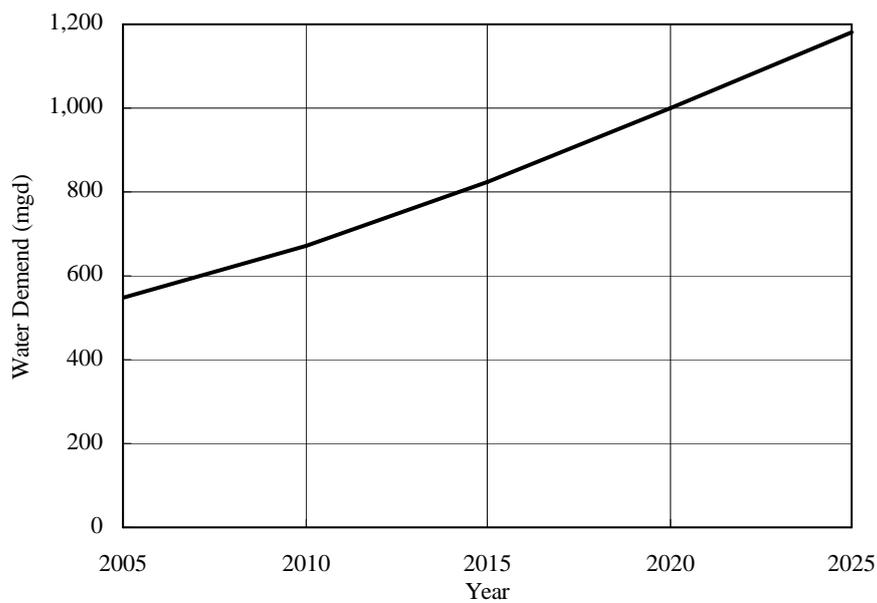


図 S41.2.1 将来の水需要

S4.2 上水道マスタープラン

S4.2.1 計画前提条件

本節では、Karachi の上水道 M/P を策定するに当たり使用した前提条件について説明する。

(1) 人口及び発展パターン

2007年8月、CDGK は Karachi Strategic Development Plan 2020 (KSDP-2020) の最終報告書

を公開した。同報告書は、Karachi 市の 2005 年人口を 15.2 百万人と推定し、15 年後の 2020 年にはこれが 27.5 百万人にまで増加するものと予測している。さらに、同報告書は 2005 年～2020 年の 15 年間の増加人口の 45%が Karachi 市外周部に位置する 3 Town (Keamari, Gadap, Bin Qasim) で増加し、55%が残りの 15 Town で増加するものと予測している。この予測は、今後 15 年間に発生する目覚ましい発展の大部分は、Karachi 市外周部、特に Gadap Town 南部に集中するであろうという想定に基づいている。

KSDP-2020 の最終報告書に示された将来人口予測を図 S42.1.1 に示す。同じ報告書に示された土地利用計画を図 S42.1.2 に示す。

KSDP-2020 は、Karachi 市議会や他の上位機関により正式に承認された暁には、上下水道、ゴミ処理、電気、ガス、電話、道路等、Karachi 市の全公共サービスのインフラ整備計画策定の指針として活用されることになる。このため、本調査で策定する上下水道 M/P についても、KSDP-2020 の最終報告書（2007 年 8 月）に示された将来人口予測や土地利用計画等の計画基本フレームに整合性を保って策定することとした。

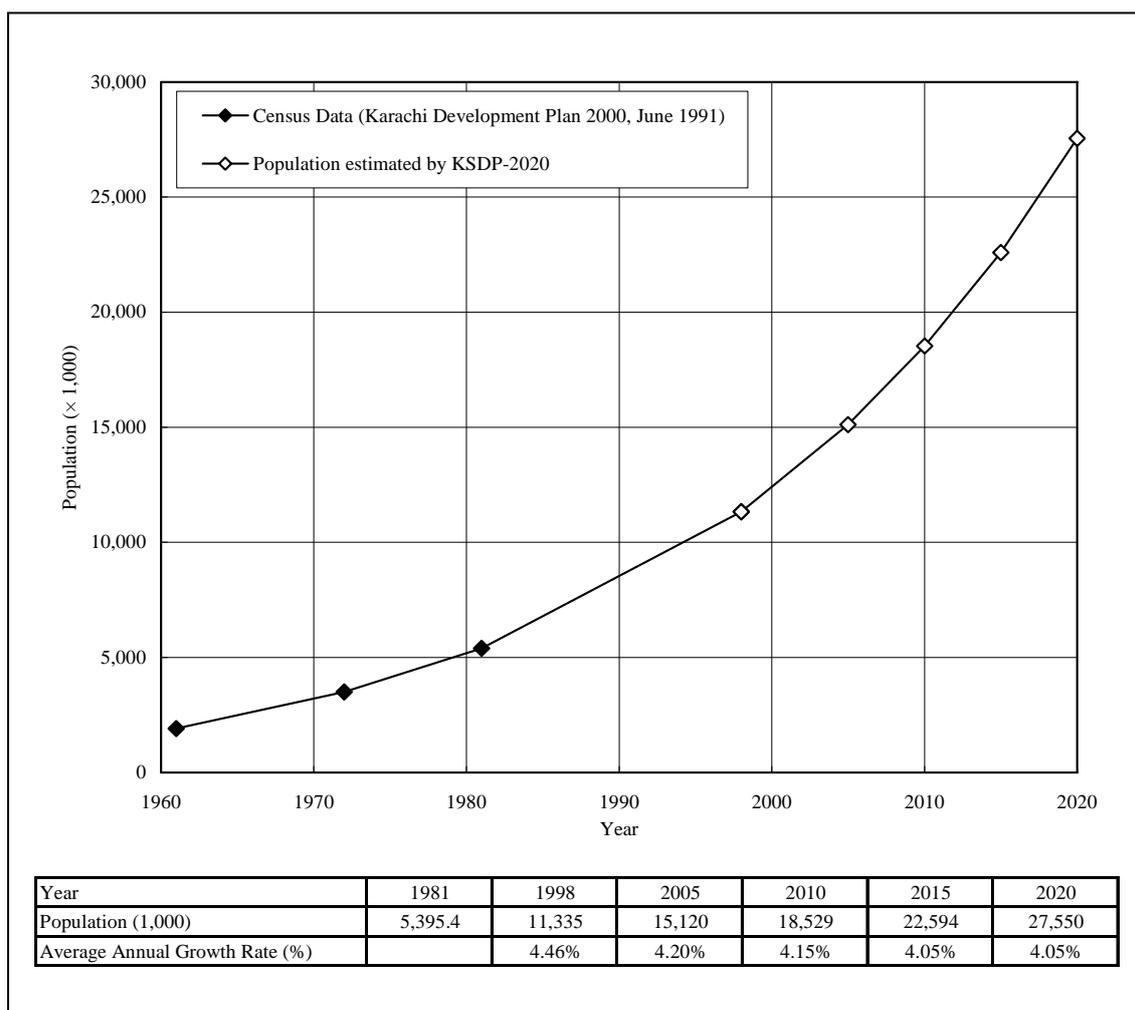


図 S42.1.1 人口予測（KSDP-2020、2007 年 8 月最終報告書）

(2) 水源

KSDP-2020 では、将来的に大幅な人口増加が予測されてはいるものの、人口増加に伴う水需要の急増に対処するために必要となる水源の手当てに関しては、具体的な計画が一切提示されていない。KSDP-2020 は、給水能力を増強するために、最新技術の採用を提案している。それらの技術には、海水淡水化プラントの建設、下水処理水の地下水涵養目的での再利用、上水道システムの 2 元化、及び、下水道システムの 2 元化等が含まれている。しかしながら、これらの技術の実用化には、いずれも莫大な投資が必要となることから、現時点もしくは近い将来、これを実現することは財政的に困難であると判断される。

Karachi の巨大な水需要規模を勘案すると、Indus 河が Karachi にとって当面唯一の現実的な水源であることは間違いない事実である。英国のコンサルタント会社 Sir M. MacDonald and Partners が現地コンサルタントの Associated Consulting Engineers と組んで 1985 年に実施した Karachi の上水道 M/P 調査の中で、最初にこの見解が示されている。この M/P 調査では、Karachi 及びその周辺地域の全ての潜在水源について調査が行われており、調査対象水源には、Indus 河及び他の表流水、地下水、海水淡水化、下水処理水の再利用（地下水涵養、非飲用水の代替）が含まれた。調査の結果、Karachi の巨大な水需要に技術的に対応可能な水源は、Indus 河と海水淡水化の二つしかないと結論付けている。その上で、海水淡水化は非常に大きなコストを要することから、あくまでも最後の手段として位置づけるべきであり、Karachi にとっては Indus 河が唯一の現実的な水源であるとの結論に達している。

この見解は、2002 年に Sindh 州政府が招集した特別委員会によっても支持されている。この委員会は、Karachi 市の 2025 年までの上水道長期計画にかかる報告書を作成し、2002 年 11 月 14 日、当時「Assured Water Supply for Karachi – Upgrading Kinjhar Lake System」という名称のプロジェクトに係る PC-I の査定を行っていた Central Development Working Party (CDWP) に提出した。同報告書の結論及び提言を概括すると以下のとおりである。

(結論)

- Indus 河からの既存水利権 (2,935,000 m³/日) は、K-III プロジェクトの完成により全て使い切ることになる。Karachi の人口は増加の一途をたどっており、2025 年までの水需要を賄うためには、さらに既存水利権と同じ水量 (2,935,000 m³/日) の新規水利権 (合計 5,870,000 m³/日) が必要となる。
- 現在 CDWP で査定中のプロジェクト (Assured Water Supply for Karachi – Upgrading Kinjhar Lake System) は、Karachi 市の 2005 年までの短期的な水需要に対応するもので、これをフェーズ I とすると、2005～2025 年の Karachi の長期的な水需要に対応するためには、新たにフェーズ II の実施が必要となる。

(提言)

- Karachi の 2025 年までの水需要に対応するためには、新規水利権 2,935,000 m³/日 (合計 5,870,000 m³/日) が、国策として連邦政府により承認されなければならない。それも、Thatta District の灌漑に悪影響を及ぼさないという条件つきである。この水利権が認められた暁には、以下に述べる 2 段階の調査実施が必要になる
- 第一段階: Sindh 州の Irrigation and Power Department が、KB Feeder Upper から

Kinjhar 湖にかけての既存システムを増強するための調査を行う

- 第二段階: KW&SB が Sindh 州の Irrigation and Power Department と連携し、Kinjhar 湖から Karachi までの最も経済的で技術的に妥当かつ安全な導水ルートを選定にかかる F/S 調査を実施する

上述した特別委員会の提言に基づき、CDGK は Karachi 市の将来水需要を賄うため、Indus 河からの新規水利権 2,935,000 m³/日（既存と併せて 5,870,000 m³/日）を認可するよう、連邦政府に要請した。さらに、KW&SB は 2005 年 12 月、Kinjhar 湖から Karachi 市まで新たに 2,935,000 m³/日を導水するための最も経済的、かつ、技術的妥当性を有するルートを選定を主目的とする K-IV 調査を開始している。この調査では、9 種類の導水ルートの建設コストと運転維持管理コストが比較検討され、最終的に最も経済的であると判断されたルートが選定されている。加えて、2,935,000 m³/日の原水を処理するための 3 箇所の浄水場（それぞれ最終能力 1,180,000 m³/日、1,180,000 m³/日、575,000 m³/日）の位置についても選定されている。選定された導水ルート及び 3 箇所の浄水場の位置は、図 S42.1.3 に示すとおりである。2008 年 1 月、Musharaff 大統領は、Sindh 州知事公邸で催された「Corridor Project」の定礎式の場において、連邦政府による K-IV プロジェクトの実施支援を約束している。

本調査における上水道 M/P の策定では、Indus 河の新規水利権 2,935,000 m³/日が Karachi に対して認可され、KW&SB が既存水利権 2,935,000 m³/日と併せ最大 5,870,000 m³/日の原水を Kinjhar 湖から取水可能になることを前提とした。これは、新規水利権 2,935,000 m³/日が認可されない場合には、KSDP-2020 の最終報告書に提示されているような大規模な人口増加や Karachi 市の目覚ましい発展は起こり得ないと考えるからである。

現在、Kotri 堰、KB Feeder Upper、及び、Kinjhar 湖の運転維持管理は、Sindh 州の Department of Irrigation and Power の管轄下で行われており、KW&SB の運転維持管理責任は、Kinjhar 湖の湖水を取出す KG Canal 及びその下流施設に限られている。これは、Kotri 堰、KB Feeder Upper、及び、Kinjhar 湖が Karachi の上水道以外の目的のためにも使用されているからである。この役割分担は、今後も引き続き変わらないものと予測される。このため、本調査の上水道 M/P では、KW&SB が新規水利権水量 2,935,000 m³/日を Kinjhar 湖から取水するために必要となる Kotri 堰、KB Feeder Upper、及び、Kinjhar 湖等の上流側施設の整備・拡張に関しては、費用の面を含め、Sindh 州が計画、設計、実施するものと仮定した。加えて、完成したそれらの施設の運転維持管理についても Sindh 州が責任を持つものとした。その代わりに、KW&SB は施設の建設及び運転維持管理に係る費用の一部を負担する目的で、取水量 1 m³ 当り Rs.0.11 の原水費を Sindh 州に支払うものと仮定した。



図 S42.1.3 K-IV プロジェクト(出典: K-IV Project Executive Summary, OSMANI 2007 年 5 月)

S4.2.2 基本方針、目標、及び、戦略

本節では、上水道 M/P 策定に当たって採用した以下の基本方針について述べる。

- 水需要管理の実践
- Bulk と Retail の分離
- Retail サービスのゾーン別運営
- 財務的持続性を保った配水網整備の実施

(1) 水需要管理の実践

KSDP-2020 では、2005 年の Karachi の人口を 15.2 百万人と推定し、2020 年には 27.5 百万人にまで増加するものと予測している。この増加傾向が 2020 年～2025 年の 5 年間ににおいても継続するものとする、2025 年の人口は 2005 年人口の約 2 倍に相当する 32.0 百万人に到達するものと予測される。一方、水源に関して言えば、この間に増加可能な水源水量は、前節 S4.2.1 で述べたように 2,935,000 m³/日に過ぎず、既存水源水量 3,270,000 m³/日より少ない。このような状況を勘案すると、Karachi においては、今後上水道 M/P の目標年次である 2025 年まで、引き続き厳しい水需給状況が継続するものと予測される。

Karachi は乾燥地帯に位置し、年間の降水量は 200 mm と極めて少ない。Karachi 市内もしくはその周辺には、同市の巨大な水需要に対応するために開発可能な表流水源や地下水源は存在していない。このような背景から、Karachi では、一般市民及び企業が消費水量を自発的に抑制せざるを得なくなるような水需要管理を実践することが重要となる。加えて、Karachi では、上水道の将来計画を策定するに当たり、豊富な水源に恵まれた他都市と同じような原単位を用いて計画を策定することは不適切であることを、全ての関係者が理解すべきである。

水需要管理の基本は、大口使用者を含む全ての顧客に対するメーターの設置と実際の使用水量に応じて料金を課す従量制料金システムの導入である。その上で、家庭用水使用者及び商工業用水使用者の両方に対し、水使用の適正化を促進するような料金体系を構築することが重要となる。料金体系は、基本水量と非基本水量を明確に区別する必要がある。日常生活に必要な基本水量に対しては低料金を、それを超過する非基本水量に対しては著しい高料金を課すような逓増制の導入が必要である。その他、漏水の削減、違法接続の排除、メーター検針・請求・徴収業務の効率化等が、水需要管理の重要な手段であることは言うまでもない。

(2) Bulk と Retail の分離

現在、KW&SB は Karachi 市の行政区域全域に加え、Sindh 州 Thatta 地区の 2 箇所の Union Council に対しても給水を行っている。さらに、近い将来、Balochistan 州の Lasbela 地区に対しても、浄水の供給を行う予定である。こうした事実からも明らかなように、KW&SB は 用水供給事業者としての機能も果たしている。

「パ」国の憲法では、上水道は州政府の管掌事項と定められている。しかしながら、プロジェクトが複数の州にまたがるような場合には、連邦政府が関与するケースもある。K-III プロジェクトにおける Balochistan 州への用水供給がその典型例である。この用水供給が含まれたことにより、K-III プロジェクトは Inter-provincial プロジェクトとしての認定を受け、その結果、プロジェクトコストの全額が連邦政府の補助金で賄われている。連邦政府や Sindh 州政府が地域の上下水道に関する政策・戦略の立案に責任を有していることは言うまでもない。前述した Thatta や Lasbela への用水供給は、こうした政策・戦略の一環として決定されたものと思われる。しかしながら、このような政策・戦略は、しばしば上水道事業運営の効率性や採算性と相反する性格を有するものであることについては、十分な注意が必要である。

Indus 河の水を Karachi まで運搬する Bulk Supply システムの開発整備には、一水道事業者の財務能力では賄い切れないほどの莫大な資金が必要となる。このため、整備費用の一部を連邦政府や Sindh 州政府からの補助金で賄う必要がある。実際、既存の Bulk Supply 施設の整備費用は全て連邦政府及び Sindh 州政府からの補助金で賄われている。導水距離が著しく長いことから、建設コストだけでなく、施設の運転維持管理にも莫大なコストが掛かる。このため、Bulk Supply システムの建設費用及び運転維持管理費用を全て料金で回収することは、少なくとも目標年次の 2025 年までには達成困難であるものと判断される。これに対し、Karachi 市内の Retail サービスに関しては、サービス提供に掛かる全コストを料金で回収し、健全な商業ベースに則った事業運営を行うことが可能である。このことが、本調査で Bulk Supply と Retail Supply の分離を提案する理由である。図 S42.2.1 に分離の基本コンセプトを示す。

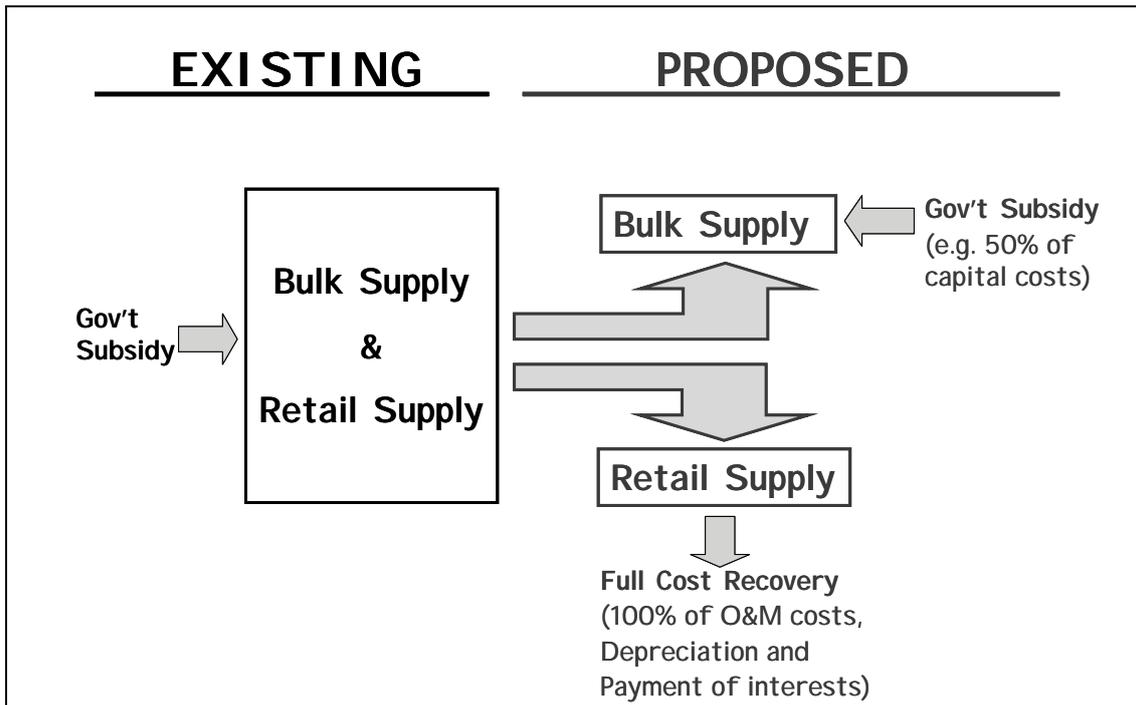


図 S42.2.1 Bulk と Retail の分離

提案する分離の究極の目的は、Retail サービス提供者が、財務的持続性を保ちつつ、顧客重視の効率的な上下水道サービスを提供できるようにすることである。そのためには、日常業務の遂行において、Retail サービス提供者を外部干渉から隔離することが必要となる。日常業務とは、職員の雇用、賞罰、昇進、料金滞納者や違法接続者への措置、未収金の回収等の業務のことである。過去の経験は、Retail サービス提供者が政府の補助金に依存すればするほど、日常の事業運営やプロジェクトの実施に政治が介入する傾向が強くなることを明確に示している。

(3) Retail サービスのゾーン別運営

KW&SB は、Karachi 市を 5 箇所の配水区に分割している。しかし、この分割はあくまでも事業運営のためのもので、必ずしもそれぞれの配水区が水理的に分離されているわけではない。これらの配水区の位置は図 S42.2.2 に示すとおりである。同図で明らかなように、Zone I は Malir 川の両岸にまたがっており、Zone II-A と Zone II-B は Lyari 川の両岸にまたがっている。Zone III-A は両河川にまたがっている。各配水区の小口使用者に対する Retail サービスは、料金徴収を含めて配水区毎に任命された Chief Engineer の所管事項となっている。しかし、配水区内に存在する Cantonment、DHA、PSM、PQA、工場等の大口使用者に関しては、KW&SB の Bulk Transmission Department の管轄となっている。複数の配水区にまたがって敷設されている配水幹線の運転維持管理も同 Department の管轄となっている。

KSDP-2020 の最終報告書（2007 年 8 月）では、上下水道サービスを各 Town が運営することを提案している。しかしながら、「①一本の配水幹線が複数の Town を給水しており、かつ、多くの Town が複数の配水幹線により給水されているという複雑な既存システム」、及

び、「②Town 間に顕著な経済格差が存在し、貧困層が多く居住する幾つかの Town (例えば、Orangi, Baldia, Lyari 等) では、富裕層から貧困層への料金の内部補助実施が困難」という現状を勘案すると、近い将来この提案を実現することは大変困難であるものと思量される。

本調査では、Malir 川と Lyari 川の 2 河川を境界として、Karachi を 3 箇所 of 独立した水理ゾーンに分割することを提案している。これらの河川を横断して敷設されている上下水道管の数が少ないこと、及び、横断箇所を確実に特定して仕切弁や流量計を設置することが容易に可能であることがその理由である。加えて、単に行政区域境界で分割するよりも、河川を境界として水理ゾーンに分割する方が、下水道計画を策定する上でも理にかなっていることは言うまでもない。図 S42.2.3 に本調査が提案する 3 箇所の水理ゾーンの位置を示す。

Karachi 市の巨大なサイズを考えると、単一事業者が効率的な上下水道 Retail サービスを運営することは大変むずかしい。したがって、本調査では、各水理ゾーンの上下水道 Retail サービスを個別組織が運営することを提案している。各組織は、自ゾーン内の配水幹線の運転維持管理、漏水及び無収水の削減、料金徴収、職員の雇用、顧客への対応を含む上下水道 Retail サービス運営の全てに責任を持つものとする。また、浄水場、配水池、ポンプ場等の出口で浄水をバルクで購入し、配水幹線経由で自ゾーン内に存在する Town に給水を行う。さらに、この組織は、自ゾーン内で発生する下水の収集、運搬、及び適切な処理についても責任を負うものとする。料金は、小口使用者からだけではなく、自ゾーン内に存在する Cantonment、DHA、工場、商業施設、政府機関等の大口使用者からも徴収するものとする。料金は、ゾーン毎の料金水準を反映する形で個別に設定可能とするが、いずれも独立した規制主体の事前承認を受ける必要がある。

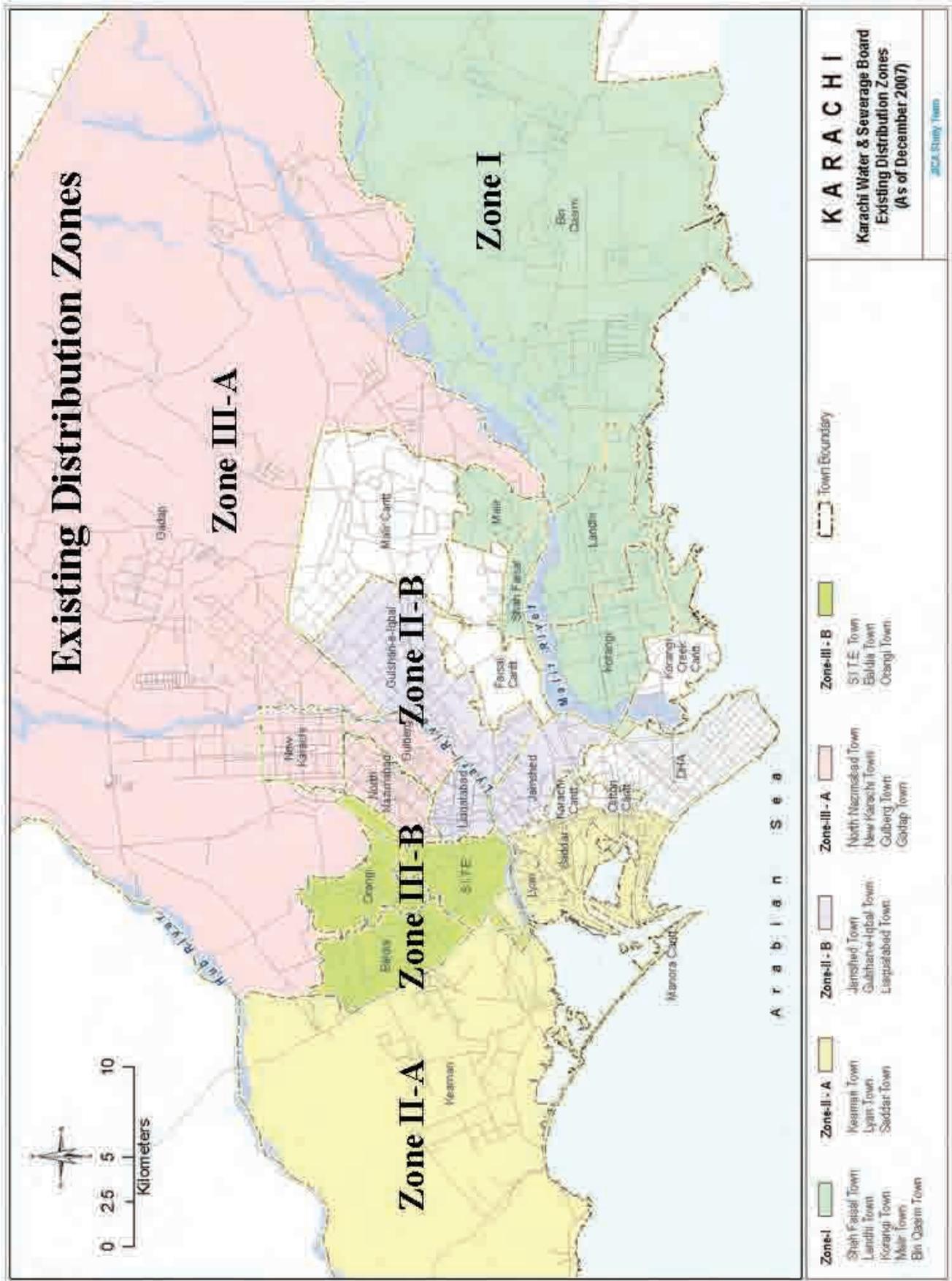


図 S42.2.2 既存の配水ゾーン

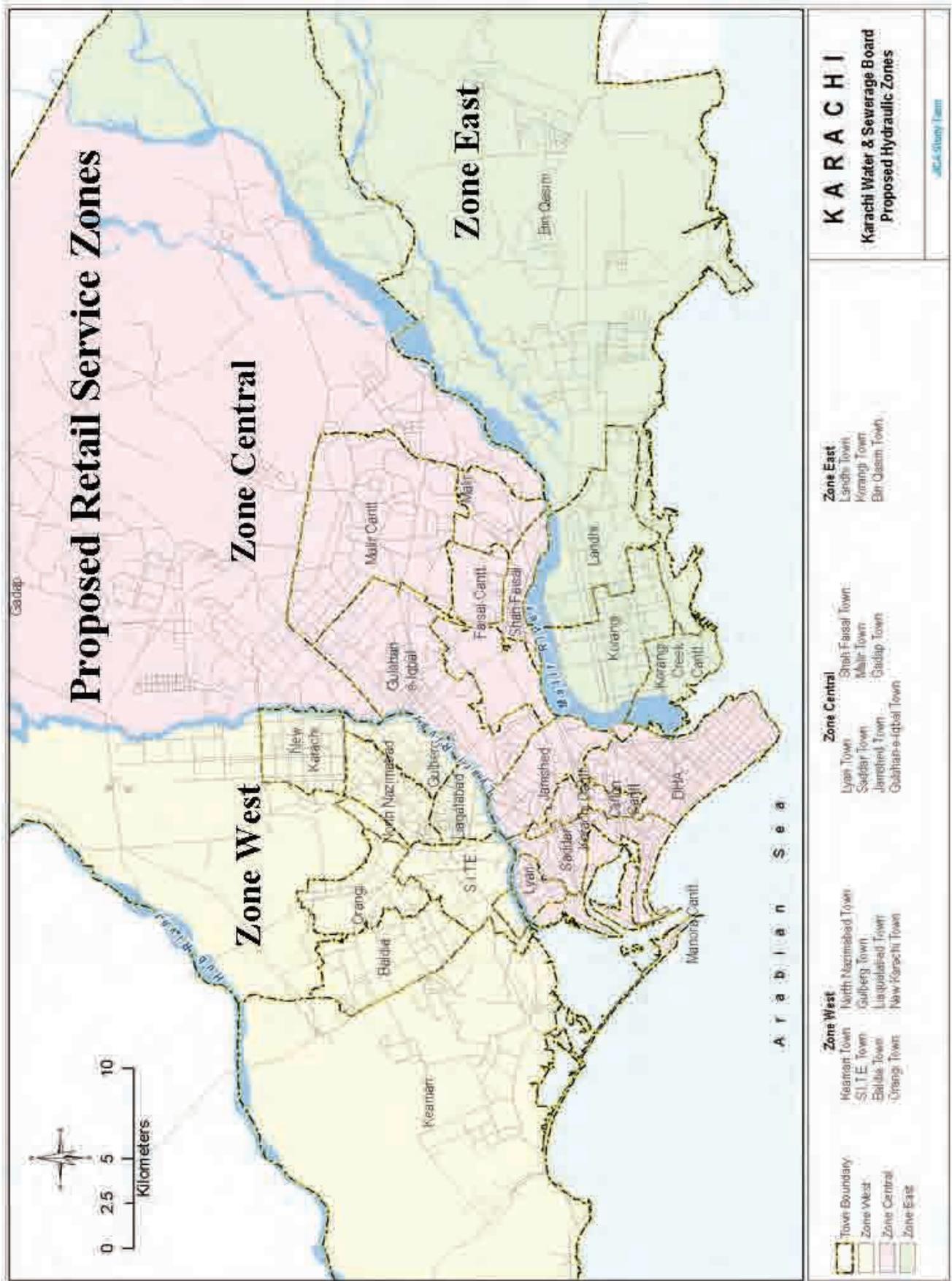


図 S42.2.3 本調査が提案する水理ゾーン

ゾーン別に上下水道 Retail サービスを運営することの利点を挙げると以下のとおりである。

- 各ゾーンを担当する組織が、自ゾーン内の上下水道サービスの品質（漏水や無収水のレベルを含む）に直接責任を持つことになる。
- 各ゾーンのサービス運営状況を共通の Performance Indicator を用いて評価することにより、競争原理の導入が可能となる。
- 公平な給水の促進が可能となる。
- 漏水及び無収水の把握及び削減が容易となる。（各ゾーンは、必要に応じて水理的に分離可能な漏水計量区に分割する。）
- 顧客重視の対応が容易となる。例えば、顧客の苦情処理対応に要する時間の短縮である。

(4) 財務的持続性を保った配水網整備の実施

節 S3.5.1 で行った給水状況の評価では以下の事柄が判明した。

- Karachi の上水道の基本的な料金は安いですが、その使用にかかる間接コストは異常に高いものとなっている
- 総合的に見て、Bulk Supply システムよりも配水網により多くの緊急課題が存在している
- 給水状況が劣悪であることから、Karachi の市民の多くは KW&SB 及び KW&SB が提供するサービスに対して強い不信感を抱き、料金の支払いに疑問を感じている
- KW&SB の逼迫した財務状況が、多くの問題の原因となっている
- 給水サービスの大幅な質的向上を図ることが、図 S35.1.1 に示す悪循環から抜け出す唯一の方法である

給水サービスの大幅な質的向上を実現するためには、漏水及びその他の損失水量を大幅に削減する一方で、全顧客にメーターを設置して従量制料金を適用することが不可欠であるというのが本調査の結論である。ADB が 2007 年 5 月に公開した「Draft Karachi Sustainable Mega City Water & Wastewater Roadmap」の中でも同様な見解が示されている。

住民は、給付されるサービスの質に満足したとき、はじめて何の疑問も持たずに料金支払に応じるようになる。本調査の一環として実施した住民意識調査でも、多くの住民が、安全な水が安定的に給水されるようになれば、より高い料金を支払っても良いと答えている。住民の満足が得られるサービスを提供するためには、実際の給水において以下の要件を満たすことが必要となる。

- 1) 需要を賄う十分な水量が供給される（浅井戸やタンカー給水への依存が不要）
- 2) 飲用に適する安全な水が給水される（ろ過設備の使用や煮沸が不要）
- 3) 十分な圧力をもって給水される（吸引・増圧ポンプ、屋上タンクの使用が不要）
- 4) 24 時間連続的に給水され、配水管内部が常時被圧状態に保たれることで、汚染や過剰な空気混入が回避される（地下タンクの使用が不要）

こうした要件は、配水網整備を通じてのみ達成可能である。既存配水網の延長は 4,850 km

であるが、65%がアスベスト管、26%が鋳鉄管である。現在の配水網には多くの老朽配水管が存在し、管口径は不足、漏水率や無収水率は許容限度を遥かに超える状況にある。配水網整備の主内容は、配水幹線及び配水網（中・小口径配水管）の更新・補強、ならびに顧客メーター設置を含む給水装置の更新である。また、配水網整備対象地域の既存下水道システムの改良についても、必要に応じ、配水網整備の一環として実施するものとする。Karachi 全域において配水網整備を行うためには、莫大な設備投資と 10 年以上の整備期間が必要となる。このため、配水網整備は Karachi 市を複数の地区に分割し、地区毎に実施していかざるを得ない。短中期的には配水網整備にかかる費用を料金で回収する必要がある。このことは、財務的持続性を保って配水網整備を実施するために不可欠である。こうした背景から、本調査では、配水網整備が実施されていない地域の住民に対しては引続き現行料金を適用する一方、配水網整備が完了して 24 時間連続給水が安定的に実施可能となった地域の住民からは、現行料金の数倍の料金を徴収することを提案する。この 2 重料金制の導入は、「①配水網整備資金に充てた借入金の償還費用を料金で回収し、配水網整備実施の財務的持続性を確保するため」、「②配水網整備が完了した地域の住民に対して節水意識を徹底させるため」、及び「③配水網整備が完了した地域のサービスレベル向上が、配水網整備が完了していない地域の住民の犠牲の上に成立しているという印象を与えないため」に必要となる。

現行の下水道料金は、中長期的に面整備費用を含めた下水道サービス提供に掛かるコストを回収するために必要な料金レベルに比べて遥かに低い水準にある。メーターを設置することにより、上水道料金の一定割合（25%）を下水道料金として課すという現行制度は、下水道料金を実際の上水道使用水量に直接関連付けることとなる。これは、世界的に広く採用されている下水道料金の設定方法である。しかしながら、25%という割合は下水の収集施設や下水処理場の運転維持管理費用を賄うには余りにも不十分である。本調査では、下水道サービスの質的改善が行われた地域では、この割合を 50%に引上げることを提案する。住民意識調査では、下水道サービスに関する一般住民の優先ニーズは、し尿や生活雑排水を家庭及びその近隣から速やか、かつ、間断なく排除することであることが判明した。このため、配水網整備には必要に応じて既存下水道システムの改善を含めることとした。配水網整備の中で下水道システムの改善が実施された地域の住民は、新しい上水道料金（現行料金の数倍の料金）の 50%を下水道料金として支払うものとする。これに対し、下水道システムの改善が実施されていない地域の住民は、これまでと同様、上水道料金の 25%を下水道料金として支払うものとする。

KW&SB の財務諸表は、KW&SB の経営が極めて厳しい状況にあることを示している。この数年間、KW&SB は毎年赤字経営を続けている。表 S42.2.1 に示すように、単年度赤字は 2,000 ～2,700 百万ルピーに達している。図 S42.2.4 は、KW&SB の赤字と収入の規模の比較を示している。会計年度 2004/05 の期末には、累積赤字は 10,435 百万ルピーにまで膨らんでいる。最終的に、こうした赤字は連邦政府や Sindh 州政府の補助金で穴埋めされている。

表 S42.2.1 KW&SB の累積赤字

(百万ルピー)

| 会計年度 | 2000/01 | 2001/02 | 2002/03 | 2003/04 | 2004/05 |
|------------|---------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 当該会計年度の損益 | -820.70 | -2,029.65 | -2,693.09 | -2,536.39 | -2,358.71 |
| 期首の累積黒字/赤字 | 3.00 | -817.70 | -2,847.36 | -5,540.44 | -8,076.83 |
| 期末の累積黒字/赤字 | -817.70 | -2,847.36 | -5,540.44 | -8,076.83 | -10,435.54 |

出典: KW&SB 損益計算書

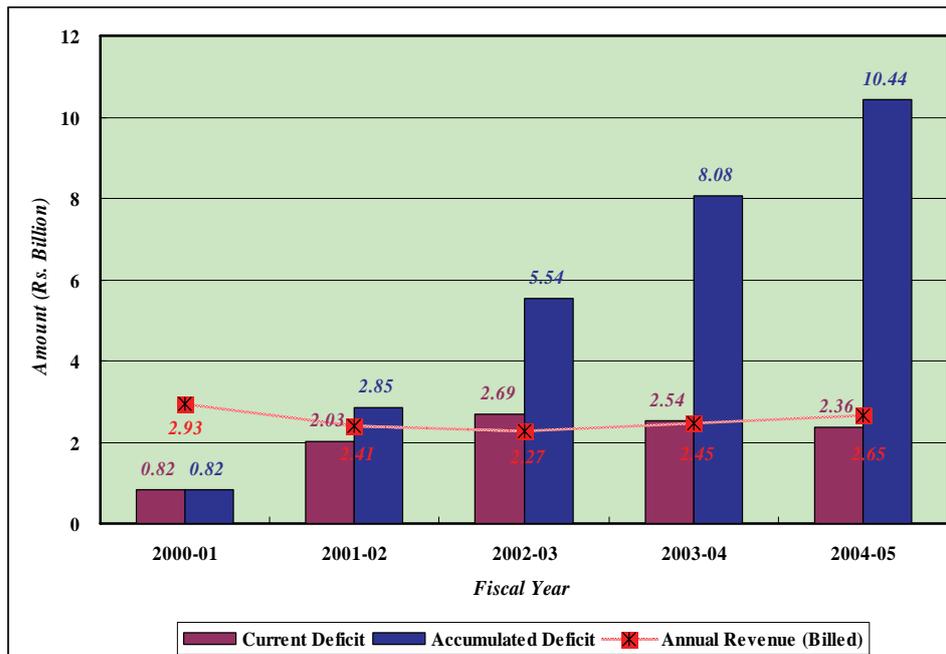


図 S42.2.4 KW&SB の収入と赤字

これまでの議論から、KW&SB が配水網整備資金を新規ローンで調達する財務能力を持ち合わせていないことは明白である。配水網整備は単に施設整備だけではなく、2重料金制の導入、違法接続の排除、料金滞納者に対する厳格な措置の実施等、制度面の改善を伴うものである。したがって、配水網整備を政府補助金に頼って実施するような場合には、政治家の頻繁な介入が不可避であり、配水網整備が円滑かつ効果的に実施されないことは明らかである。このため、配水網整備を政府補助金に頼るのではなく、長期借入金を用いて実施することを可能とするような、新しい組織・制度の枠組みを構築することが極めて重要となる。

S4.2.3 段階的整備計画

人口に増加に伴い増加する Karachi 市の将来の需要を満たすために、現在の給水能力（浄水能力）620mgd（約 2.8 百万 m³/日）を三段階に分けて増強する計画を策定した。まず、第一段階では 2016 年を目標年次とし、130mgd（約 0.6 百万 m³/日）の拡張を行い、目標年次 2021 年の第二段階では 260mgd（約 1.2 百万 m³/日）、目標年次 2025 年の第三段階では 260mgd（約 1.2 百万 m³/日）の拡張をそれぞれ行うこととした。第一段階の原水導水路及び浄水場建設についてはすでに KW&SB がその実施を進めており 2011 年には完成の予定である。最終的には Karachi 市の給水能力を 1,270mgd（約 5.8 百万 m³/日）とし、本調査の目標年次である 2025 年までの需要に見合う計画とした。この段階的整備計画を図 S42.3.1 に示す。

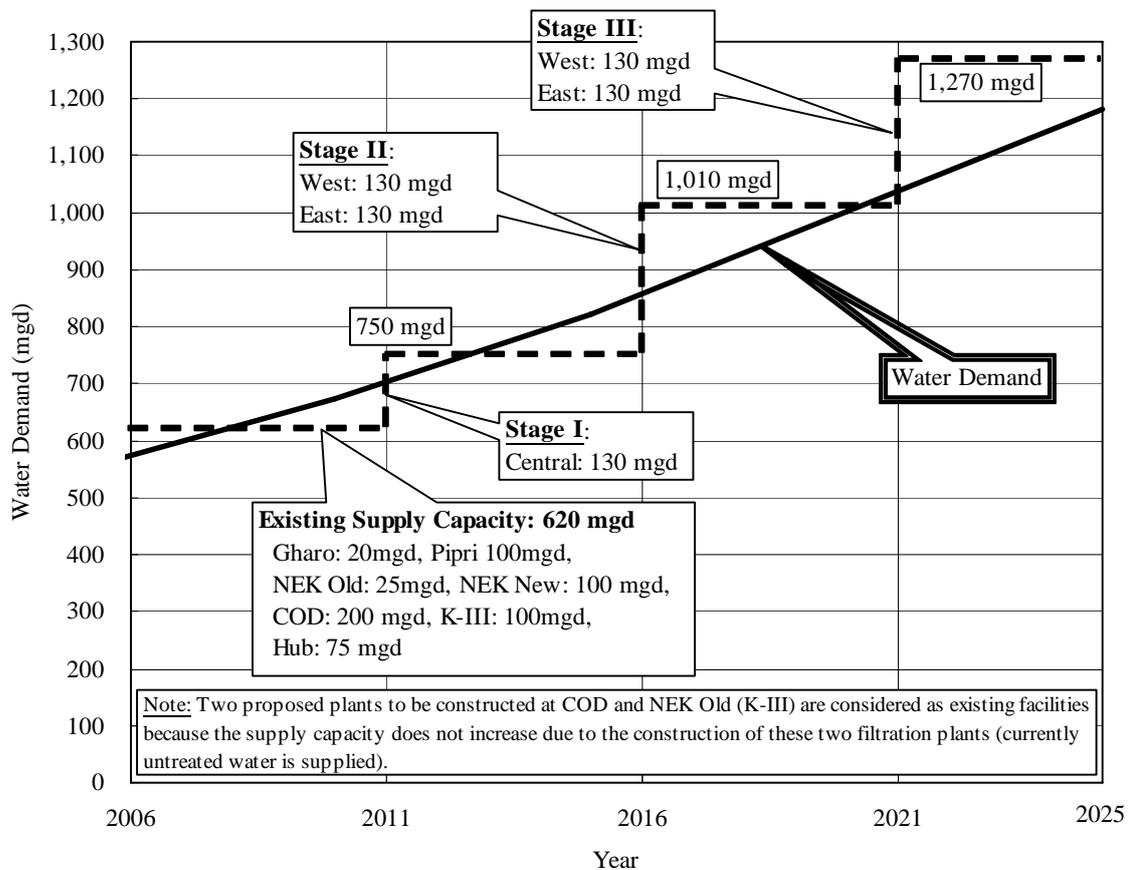


図 S42.3.1 目標年次 2025 年までの段階的整備計画

S4.2.4 上水道マスタープランの概要

上水道マスタープランは Karachi 市内の 18 Town への給水のみならず、DHA 及び Cantonments の需要も考慮している。マスタープランは前述した (S4.2.1 及び S4.2.2) 計画策定の条件および方針等に基づいて策定している。計画策定にあたっては、給水能力向上のための新規の浄水場及び送配水施設の建設も必要ではあるが、既存施設の改善、特に配水網整備 (DNI) も重要課題として挙げている。水道サービスの質の向上のためには、既設の配水網、給水管の布設替え及び各戸水道メーターの設置を含む DNI が最も優先度が高いと考えている。

本調査では現在の KW&SB の組織を Bulk Water Supply System と Retail Water Supply System の大きく 2 つに分けることを提案している。加えて、将来の上水道施設規模及び地理的条件を考慮し、Retail Water Supply System を Karachi 市を流れる Lyari 川と Malir 川の 2 つの川でさらに 3 つのゾーン (Zone West, Zone Central and Zone East) に分割し別組織で運営することを提案している。

それぞれのゾーンにおける上水道計画は下記に示す基本方針に基づき策定されている。

- KW&SB の支出の大きな割合を占める電気代を削減するために、既設の送配水ポンプ場を極力削減する計画とする。
- 出来る限り動力を必要としない自然流下方式で給水する計画とする。
- 給水区域全域にわたり給水圧の最低を 10m とし、十分な水圧で給水できる計画とする。

表 S42.4.1 及び表 S42.4.2 に上水道マスタープランの施設整備概要を示す。表 S42.4.1 は段階毎の Bulk Water Supply System の概要を示し、表 S42.4.2 はゾーン毎の Retail Water Supply System の概要を示す。また、2025 年を目標年次とする Karachi 市の上水道マスタープランの施設概要を図 S42.4.1 に示す。

表 S42.4.1 Bulk Water Supply System の施設整備概要

| 施設 | 新規 | | | | 合計 | 改修/改善 |
|-----------|-----------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|---|
| | 段階 | 第一段階 | 第二段階 | 第三段階 | | |
| | 目標年次 | 2016 | 2021 | 2025 | | |
| | 建設期間 | 2009-2011 | 2014-2016 | 2019-2021 | | |
| 原水導水路/渠 | | 260 mgd | 260 mgd | 260 mgd | 780 mgd | 620 mgd |
| 原水ポンプ場 | | 2 P/Ss: 7.8MW, 14.2 MW | 2 P/Ss: 7.8MW, 14.2 MW | 2 P/Ss: 3.9MW, 7.1 MW | 6 P/Ss | 15 P/Ss |
| 浄水場 (F/P) | | 3 F/P: 315 mgd | 2 F/P: 260 mgd | 2 F/P: 260 mgd | 5 F/Ps: 835 mgd | 6 F/Ps: 435 mgd |
| | 単位(mgd)省略 | K-III: 100 COD: 85 K-IV(C): 130 | K-IV(W): 130 K-IV(E): 130 | K-IV(W): 130 K-IV(E): 130 | K-III: 100 COD: 85 K-IV(W): 260 K-IV(C): 130 K-IV(E): 260 | Gharo: 20 Pipri: 100 COD: 115 NEK Old: 25 NEK New: 100 Hub: 75 |
| 送水ポンプ場 | | 3 P/Ss (2 P/Ss) | 2 P/Ss (4 P/Ss) | 2 P/Ss (6 P/Ss) | 7 P/Ss | 2 P/Ss |
| 送水管 | | 32 km | 53 km | 44 km | 129 km | 17 km |
| 配水池 | | 2 nos. (7 nos.) | 4 nos. (2 nos.) | 2 nos. (6 nos.) | 8 nos. | 6 nos. (8 nos.) |
| 配水ポンプ場 | | - | - | 3 P/Ss | 3 P/Ss | - |

注：括弧内に示されている数値は施設拡張を意味する。

表 S42.4.2 Retail Water Supply System の施設整備概要

| 施設 | Zone | 新規 | | | | 改修/改善 | | | |
|---------------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | | West | Central | East | Total | West | Central | East | Total |
| 配水本管 (km) | | 406 | 364 | 152 | 922 | 273 | 259 | 153 | 685 |
| 配水支管(km) | | 2,539 | 3,152 | 2,349 | 8,041 | 3,751 | 4,208 | 1,220 | 9,179 |
| | DNI | - | - | - | - | 2,578 | 3,069 | 681 | 6,329 |
| | DNI 以外 | - | - | - | - | 1,173 | 1,139 | 539 | 2,850 |
| 給水装置 (×1,000) | | 454 | 564 | 420 | 1,438 | 1,119 | 900 | 378 | 2,398 |
| | DNI | - | - | - | | 553 | 784 | 283 | 1,620 |
| | DNI 以外 | - | - | - | | 566 | 116 | 95 | 778 |

注：「DNI 以外」とは日常業務によることを意味する

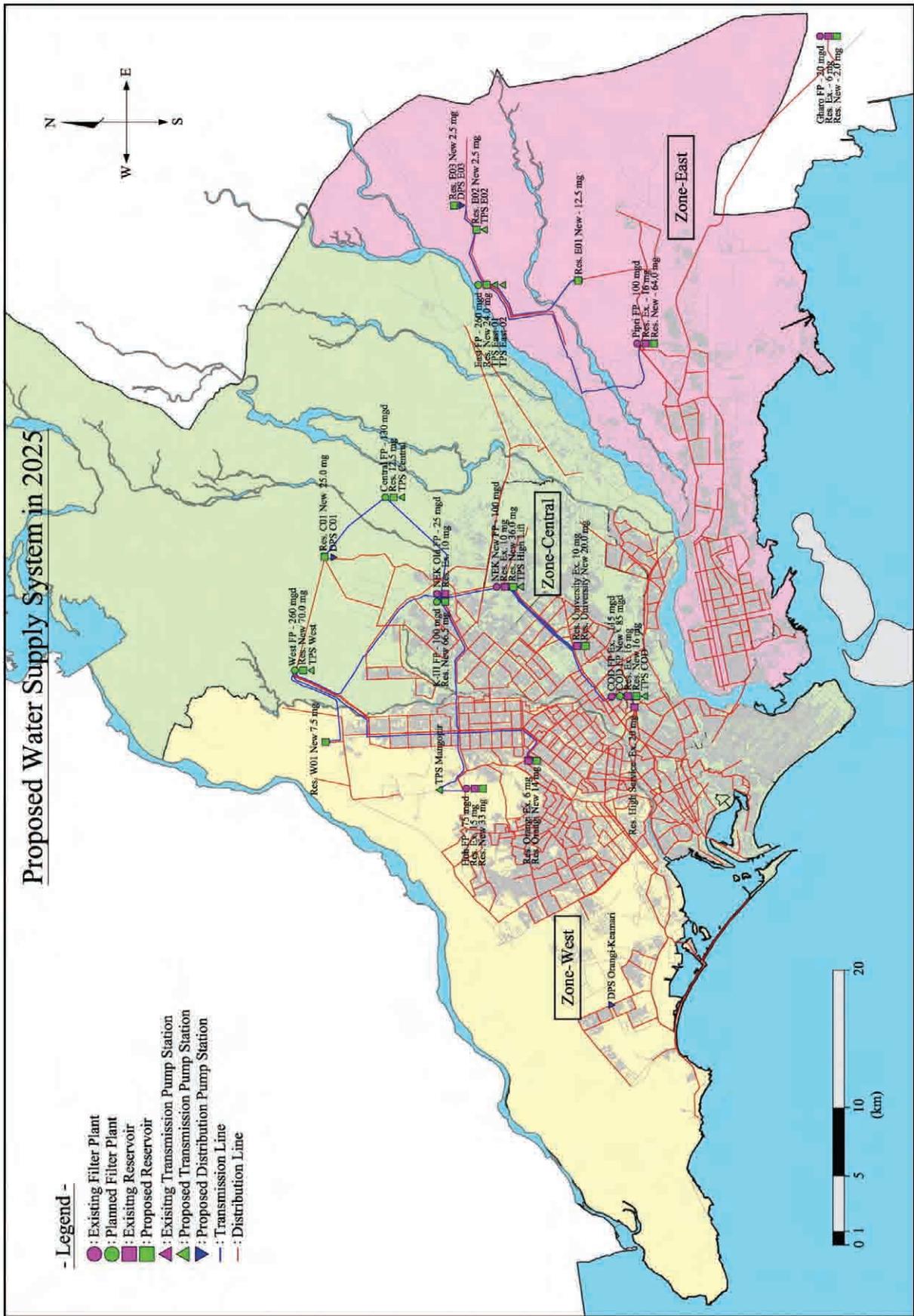


図 S42.4.1 目標年次 2025 年の上水道システム

S4.3 下水道マスタープラン

下水道システムは下水の収集と処理で構成される。下水を生活環境から排除することによって生活環境改善に寄与すると共に、下水を許容レベルにまで処理することによって、公共用水域の水質改善に寄与する。具体的には BOD600mg/l の流入下水を BOD80mg/l に処理することから、およそ 87% の BOD が除去されて公共用水域の水質が改善される。このことから下水道システムは生活環境と水環境の改善に不可欠である。表 S43.1.1 は下水処理場に流入する全ての排水と、公共用水域に放流される全ての排水に関する放流基準を示している。下水処理場に流入する排水が工場排水を含む場合は表に示す、処理場に流入する排水の基準を満たさなければならない。基準を満たしているか否かについてはシンド州が監視することとされている。

表 S43.1.1 環境基準(NEQS)

| 項目 | 単位 | 基準 | |
|-------------------|-----------|--------|---------|
| | | 内水への排水 | 処理場への排水 |
| BOD (20 度 5 日間) | mg/l | 80 | 250 |
| COD _{Cr} | mg/l | 150 | 400 |
| 総 SS | mg/l | 200 | 400 |
| 糞便性大腸菌 | MPN/100ml | 基準なし | 基準なし |

出典：PEPC(パキスタン環境保護委員会)

S4.3.1 基本事項

下水道マスタープランの基本事項は以下の通りである。

- リハビリテーションまたは増設により、既存施設を十分に活用する。
- 発生汚水を生活環境から速やかに排除する。
- 収集した汚水を BOD80mg/l 以下に処理する(NEQS : 環境基準に適合)

マスタープランの目標年次を 2025 年とする。その時点での人口は 3250 万人、発生汚水量は 315 万 m³/日である。その内、内側 15 町の人口は面積 586km² に対して 2,560 万人、外側 3 町の人口は面積 2,366km² に対して 690 万人である。一方、汚水発生量は、外側 15 町で 251 万 m³/日、外側 3 町で 64 万 m³/日である。本マスタープランでは以下の理由から内側 15 町を対象とする。すなわち、外側 3 町において、マスタープラン作成に必要な処理場用地や道路建設計画に関する情報が十分でないこと、そして概算事業費に基づく EIRR が外側 3 町を含む 18 町全体では 3.8%、内側 15 町のみでは 6.7% と、経済的に不利となったことである。

上述したように、NEQS では下水処理水の BOD を 80mg/l 以下とすることを要求している。処理プロセスの選定においては、既存処理場を十分に活用することを考慮しながら NEQS を満足することを基本条件とする。

既存 3 処理場の内、TP-1 と TP-2 では高速散水ろ床法が、TP-3 では嫌気性池と通性池で構

成される安定化池法が採用されている。両方式がエネルギー消費の少ないプロセスであり、しかも NEQS を満足できることから、それぞれの処理場のリハビリテーションあるいは増設においては同じ方式を用いる。しかし目標年次における流入 BOD が 600mg/l と高いことから、何らかの前処理施設が必要になると考えられる。高速散水ろ床法を用いている TP-1 と TP-2 には前処理として UASB(上向流嫌気性ブランケット)を付加し、TP-3 では既存の嫌気性池をそのまま前処理施設として利用する。

既存処理場の設計では、流入 BOD は 385mg/l あるいは 365mg/l に設定されているが、実際の流入濃度は 300~370mg/l 程度であり、設計と大きな差はない。一方、1 日一人当たりの下水量は 123~145l/人/日と設定されており、この数字と設計 BOD 濃度とから、本計画では 1 日一人当たりの BOD 負荷量原単位を 50g/人/日と計算した。非家庭下水に関しては、NEQS において BOD250mg/l まで処理をして下水処理場に流入させることとしており、家庭下水に含まれる BOD 量と非家庭下水に含まれる BOD 量の合計値を発生下水量で割って、流入下水の BOD 濃度を以下のように 600mg/l と算定した。(メインレポート表 81.2.5 および 81.2.8 参照)

家庭下水汚濁負荷量: 50 g/人日×25,581,942 人 = 1,279,000 kg/日
 非家庭下水汚濁負荷量: 250 mg/l×826,264 m³/日 = 207,000 kg/日
 総汚濁負荷量: 1,486,000 kg/日
 総汚水量: 2,508,000 m³/日
 水質: 1,486,000 kg/日 / 2,508,000 m³/日 = 592 mg/l ≒ 600mg/l

表 S43.1.2 に前処理を含む各ユニットプロセスの流入 BOD と流出 BOD、そして除去率を示す。

表 S43.1.2 各プロセスの流入/流出 BOD

| プロセス名 | 流入 BOD (mg/l) | 流出 BOD (mg/l) | BOD 除去率 (%) |
|---------|---------------|---------------|-------------|
| UASB | 600 | 300 | 50 |
| 高速散水ろ床法 | 300 | 80 | 74 |
| 嫌気性池 | 600 | 300 | 50 |
| 通性池 | 300 | 80 | 74 |

既存 3 処理場では現在、汚泥は天日乾燥床で処理されている。増設あるいは新設する処理場においても用地の許す限り乾燥床を用いるものとするが、やむをえない場合には汚泥の一部を脱水機により脱水する。

S4.3.2 処理区の検討

表 S43.2.1 にさまざまな角度から検討した三つの案を、また図 S43.2.1～3 に各案の処理区配置を示す。

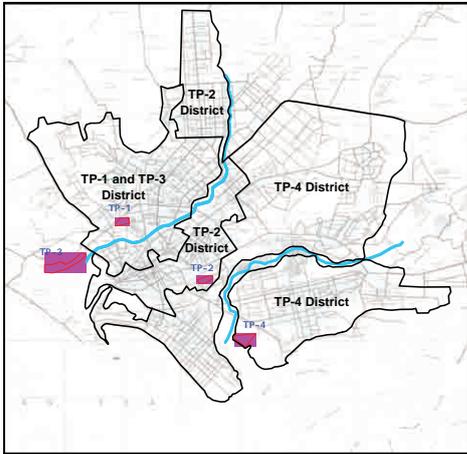


図 S43.2.1 第1案

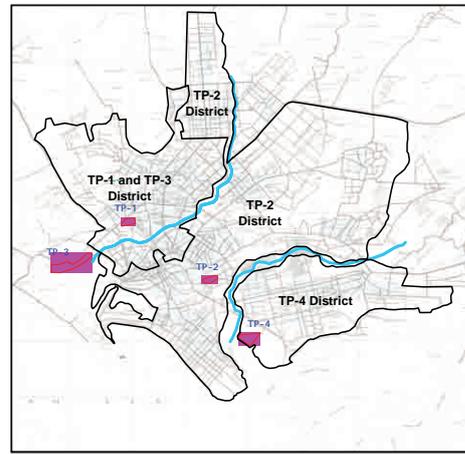


図 S43.2.2 第2案

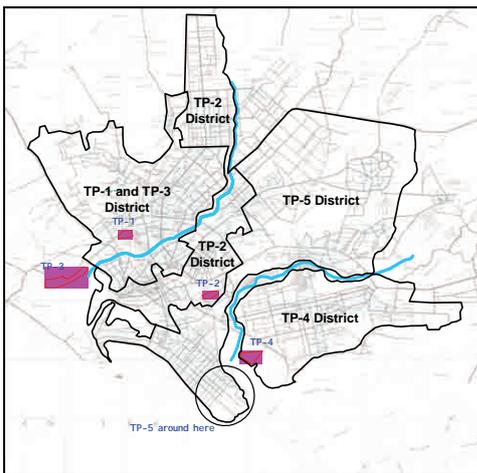


図 S43.2.3 第3案

図 S43.2.1 に示す第1案では、TP-4 以外には新設の処理場を設けずに、TP-1 から TP-3 までの既存処理場で増設を考慮しても処理しきれない汚水を TP-4 で処理することとした。図 S43.2.2 に示す第2案と図 S43.2.3 に示す第3案とは、いずれも第1案を修正したものである。その相違は、高速散水ろ床法を適用した場合に TP-2 の能力を超える流入下水量をどの処理場に流入させるかという点にある。

第2案では超える量を含めて全量を活性汚泥法の適用により TP-2 で処理する。一方、第3案では DHA 区域に新たに設ける TP-5 で処理する。ただし TP-5 用地はその取得が非常に困難であると予測される。これらのことから、第1案が技術的、財政的、環境面から見て最適であると判断される。

表 S43.2.1 3案の比較

| 処理区の配置 | 第1案 (推奨案) | 第2案 | 第3案 |
|--------------------------|---|--|--|
| 処理区の配置 | <p>TP-1/3 処理区: Lyari 川右岸南部および両河川にはさまれた区域の一部</p> <p>TP-2 処理区: Lyari 川右岸北部と両河川にはさまれた区域の北側</p> <p>TP-4 処理区: Malir 川右岸の北東部と南部および Malir 川左岸全部</p> | <p>TP-1/3 処理区: 第1案と同じ</p> <p>TP-2 処理区: Lyari 川右岸北側と両河川にはさまれた区域全域(Lyari 川沿いの一部を除く)</p> <p>TP-4 処理区: Malir 川左岸全部</p> | <p>TP-1/3 処理区: 第1案と同じ</p> <p>TP-2 処理区: 第1案と同じ</p> <p>TP-4 処理区: 第2案と同じ</p> <p>TP-5: 両河川にはさまれた区域の北東部および南部</p> |
| 処理プロセスおよび処理能力 | <p>TP-1: UASB+HRTF, 500,000m³/日 (110 mgd)</p> <p>TP-2: UASB+HRTF, 490,000m³/日 (108 mgd)</p> <p>TP-3: AP+FP, 245,000 m³/日 (54 mgd)</p> <p>TP-4: UASB+HRTF, 1,290,000m³/日 (284 mgd)</p> | <p>TP-1: UASB+HRTF, 500,000m³/日 (110 mgd)</p> <p>TP-2: UASB+ASP, 1,240,000m³/日 (273 mgd)</p> <p>TP-3: AP+FP, 245,000 m³/E (54 mgd)</p> <p>TP-4: UASB+HRTF, 540,000m³/日 (119 mgd)</p> | <p>TP-1: UASB+HRTF, 500,000m³/日 110 mgd</p> <p>TP-2: UASB+HRTF, 490,000m³/日 (108 mgd)</p> <p>TP-3: AP+FP, 245,000 m³/日 (54 mgd)</p> <p>TP-4: UASB+HRTF, 540,000m³/日 (119 mgd)</p> <p>TP-5: UASB+HRTF, 750,000m³/日 (167 mgd)</p> |
| 技術面の評価 | <p>Malir 遮集管(右岸)は Malir 川を横断する必要があり、エネルギー消費の少ない処理プロセスを採用している。</p> | <p>Malir 遮集管(右岸)は Malir 川を横断しないが、ポンプにより TP-2 に流入させる必要がある。TP-2 は活性汚泥法を適用するため、エネルギー消費量が大きく、かつ熟練した運転員を必要とする。</p> | <p>TP-5 を新設して TP-2 の流入量を軽減することにより、TP-2 において活性汚泥法を適用しなくて済む。Malir 遮集管が Malir 川を横断せずに済む。</p> |
| 社会環境面の評価 | <p>処理場建設のための新たな用地は不要である。</p> | <p>処理場建設のための新たな用地は不要である。活性汚泥法を適用するため、停電時には未処理下水が放流される恐れがある。</p> | <p>TP-5 用地を DHA 区域内に求める必要がある。</p> |
| 建設費および30年間の維持管理費を考慮したNPV | <p>NPV: Rs. 61,500 million (約1,230億円)</p> <p>建設費、維持管理費とも第3案とほぼ同等で、したがってNPV もほぼ同等である。</p> | <p>NPV: Rs. 69,500 million (約1,390億円)</p> <p>主に活性汚泥法を起因して建設費、維持管理費も高く、このため3案の中でNPV が最大となる。</p> | <p>NPV: Rs. 61,600 million (約1,230億円)</p> <p>建設費、維持管理費とも第1案とほぼ同等で、したがってNPV もほぼ同等である。</p> |
| 結論 | <p>この案が技術面、社会・環境面、そして経済面から推奨される。</p> | <p>この案は技術面、経済面、環境面で表現可能性は低い。</p> | <p>この案のNPVは第1案とほぼ同じだが、TP-5の用地取得がプロジェクトの実施に障害となると考えられる。</p> |

S4.3.3 下水道マスタープランの概要

目標年次である 2025 年には、既存施設のリハビリテーションおよび未整備地域における新設によって、内側 15 Town の全てで 100%の面整備がなされていることとする。関連する小規模ポンプ場も同様に全て整備されているものとする。

既存の Lyari 遮集管は New Karachi まで延伸し、収集した下水を TP-3 に流入させる。Malir 川の両岸には遮集管を新設して、Malir 川と Lyari 川に挟まれた区域の上流部、および Malir 川左岸の全域で発生する下水を新設する TP-4 に流入させる。

主要ポンプ場としては Gulberg , Bin Qasim, Karachi Port の 3 ヶ所を新設して、それぞれ TP-2(Gulberg), TP-4(Bin Qasim, Karachi Port) に流入させる。

TP-1 と TP-2 とは算定した流入量にあわせて増設するが、TP-3 は用地に余裕がないため、処理能力は将来も現在と同じとする。

表 S43.3.1 に 3 処理区・4 処理場の概要を示す。また表 S43.3.2 に新規に建設する施設の概要を、表 S43.3.3 に改修する施設の概要を示す。図 S43.3.1 に全処理区の配置を示す。

表 S43.3.1 各処理区の概要

| | TP-1 | TP-3 | TP-2 | TP-4 |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|---|
| 処理区面積 (km ²) | 145.3 | | 100.4 | 340.2 |
| 人口 (人) | 8,849,000 | | 5,013,000 | 11,720,000 |
| 枝管延長 (km) | 3,365 | | 2,163 | 5,336 |
| 幹線延長 (km) | 44.9 | | 51.3 | 125.8 |
| 主要ポンプ場 | 2 (Jamila および Chakiwara) | | 2 (Gulberg および Clifton) | 3 (Korangi, Bin Qasim および Karachi Port) |
| 処理場所在地 | SITE Town | Keamari Town | Jamshed Town | Korangi Town |
| 処理場面積 (ha) | 49 | 221 | 49 | 168 |
| 土地の所有者 | KW&SB | KW&SB | KW&SB | CDGK |
| 計画汚水量 (m ³ /日) | 494,400 | 241,900 | 482,000 | 1,289,000 |
| 処理能力 (m ³ /日) (系列数) | 500,000 (6) | 245,000 (6) | 490,000 (8) | 1,290,000 (16) |
| 流入 BOD (mg/l) | 600 | 600 | 600 | 600 |
| 流出 BOD (mg/l) | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 下水処理プロセス | UASB + HRTF | 安定化池(AP + FP) | UASB + HRTF | UASB + HRTF |
| 汚泥処理プロセス | GT + MD | DB | GT + MD | GT + DB/MD (DB:26%,MD:74%) |

注) UASB : 上向流嫌気ブランケット法、HRTF : 高速散水ろ床法、AP : 嫌気性池、FP : 通性池、GT : 重力式濃縮槽、DB : 乾燥床、MD : 機械脱水

表 S43.3.2 下水道施設整備概要(新規)

| 施設 | 段階 目標年次 | 新 規 | | | 合計 | 備 考 |
|-------------------|------------|--------------------------|---|--------------------------------------|----------------------------------|-----|
| | | 第一段階 | 第二段階 | 第三段階 | | |
| | | 2016 | 2021 | 2025 | | |
| TP-1 および TP-3 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 663 km | 663 km | 530 km | 1,856 km | |
| 幹線 (42"-) | | 39.7 km | 5.2 km | 0.0 km | 44.9 km | |
| ポンプ場 | | - | - | - | - | |
| TP-1 | | 250,000m ³ /日 | 167,000m ³ /日 | 83,000m ³ /日 | 500,000m ³ /日 | |
| TP-3 | | - | - | - | - | |
| TP-2 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 427 km | 427 km | 341 km | 1,195 km | |
| 幹線 (42"-) | | 19.8 km | 25.7 km | 5.8 km | 51.3 km | |
| ポンプ場 | | - | Gulberg (170.6m ³ /分) | - | 1 PS (170.6m ³ /分) | |
| TP-2 | | - | 429,000m ³ /日 | 61,000m ³ /日 | 490,000m ³ /日 | |
| TP-4 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 1,096 km | 1,096 km | 877 km | 3,069 km | |
| 幹線 (42"-) | | 37.1 km | 73.1 km | 15.6 km | 125.8 km | |
| ポンプ場 | | | Karachi Port (66.3m ³ /分) | Bin Qasim (59.9m ³ /分) | 2 PS (126.2m ³ /分) | |
| TP-4 | | 484,000m ³ /日 | 564,000m ³ /日 | 242,000m ³ /日 | 1,290,000m ³ /日 | |

表 S43.3.3 下水道施設整備概要(改修)

| 施設 | 段階 目標年次 | 改 修 | | | 合計 | 備考 |
|-------------------|------------|--------------------------|---|-------|----------------------------------|--------|
| | | 第一段階 | 第二段階 | 第三段階 | | |
| | | 2016 | 2021 | 2025 | | |
| TP-1 および TP-3 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 232 km | 61 km | 9 km | 302 km | |
| ポンプ場 | | - | Jamila および Chakiwara (157.9m ³ /分) | - | 2 PS (157.9m ³ /分) | |
| TP-1 | | 110,000m ³ /日 | - | - | - | 機械電気設備 |
| TP-3 | | 245,000m ³ /日 | - | - | - | ポンプ設備 |
| TP-2 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | 54 km | 133 km | 7 km | 194 km | |
| ポンプ場 | | - | Clifton (107.7m ³ /分) | | 1 PS (107.7m ³ /分) | |
| TP-2 | | - | 110,000m ³ /日 | | | |
| TP-4 処理区 | | | | | | |
| 枝線、準幹線 (10-36") | | - | 440 km | 14 km | 454 km | |
| ポンプ場 | | | Korangi (289m ³ /分) | | 1 PS (289m ³ /分) | |

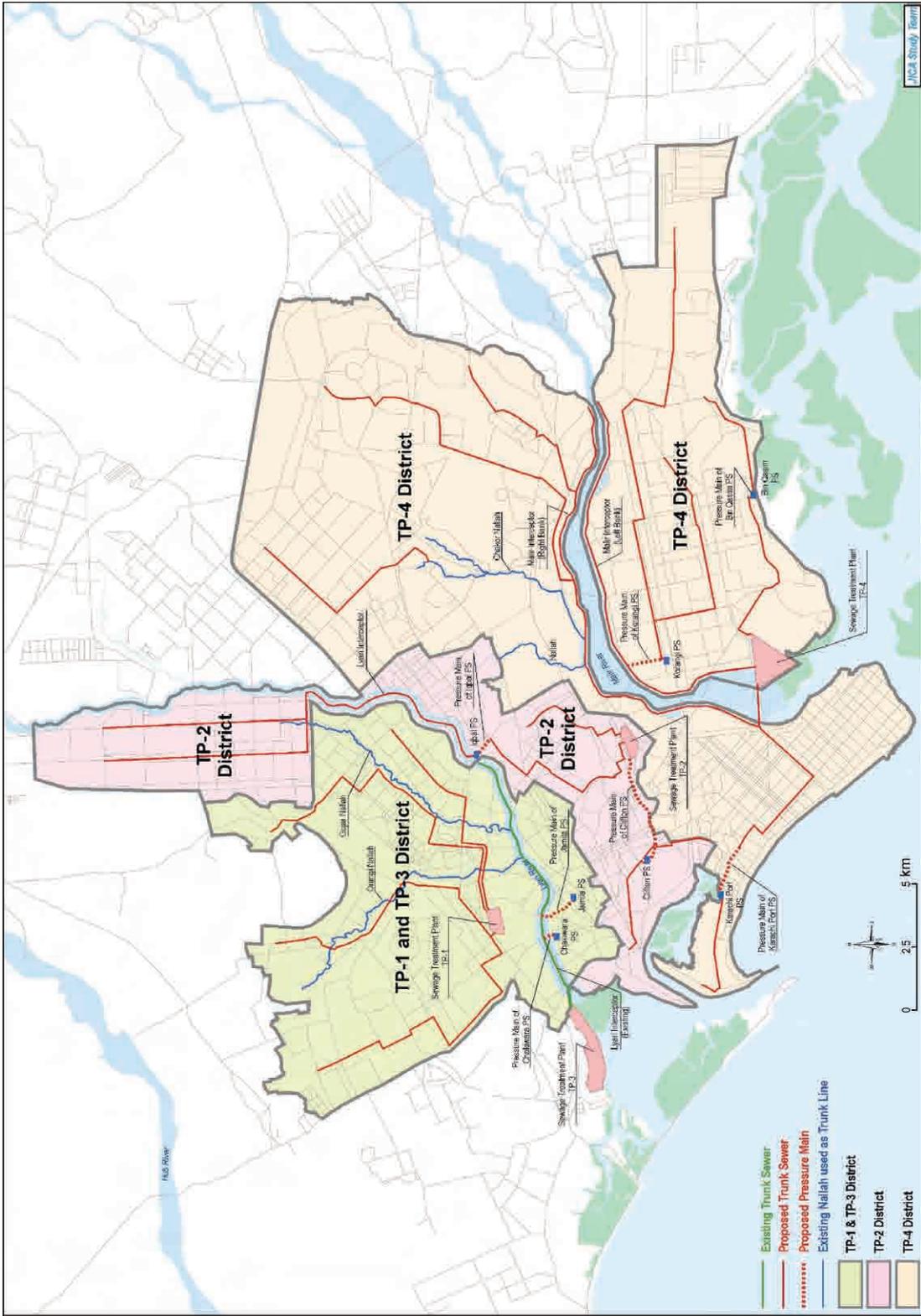


图 S43.3.1 处理区配置图