

**ザンビア共和国  
ンドラ市上下水道改善計画  
準備調査（その1）**

**準備調査報告書**

平成 22 年 6 月  
(2010 年)

独立行政法人 国際協力機構  
地球環境部

|        |
|--------|
| 環境     |
| JR     |
| 10-167 |



**ザンビア共和国  
ンドラ市上下水道改善計画  
準備調査（その1）**

**準備調査報告書**

平成 22 年 6 月

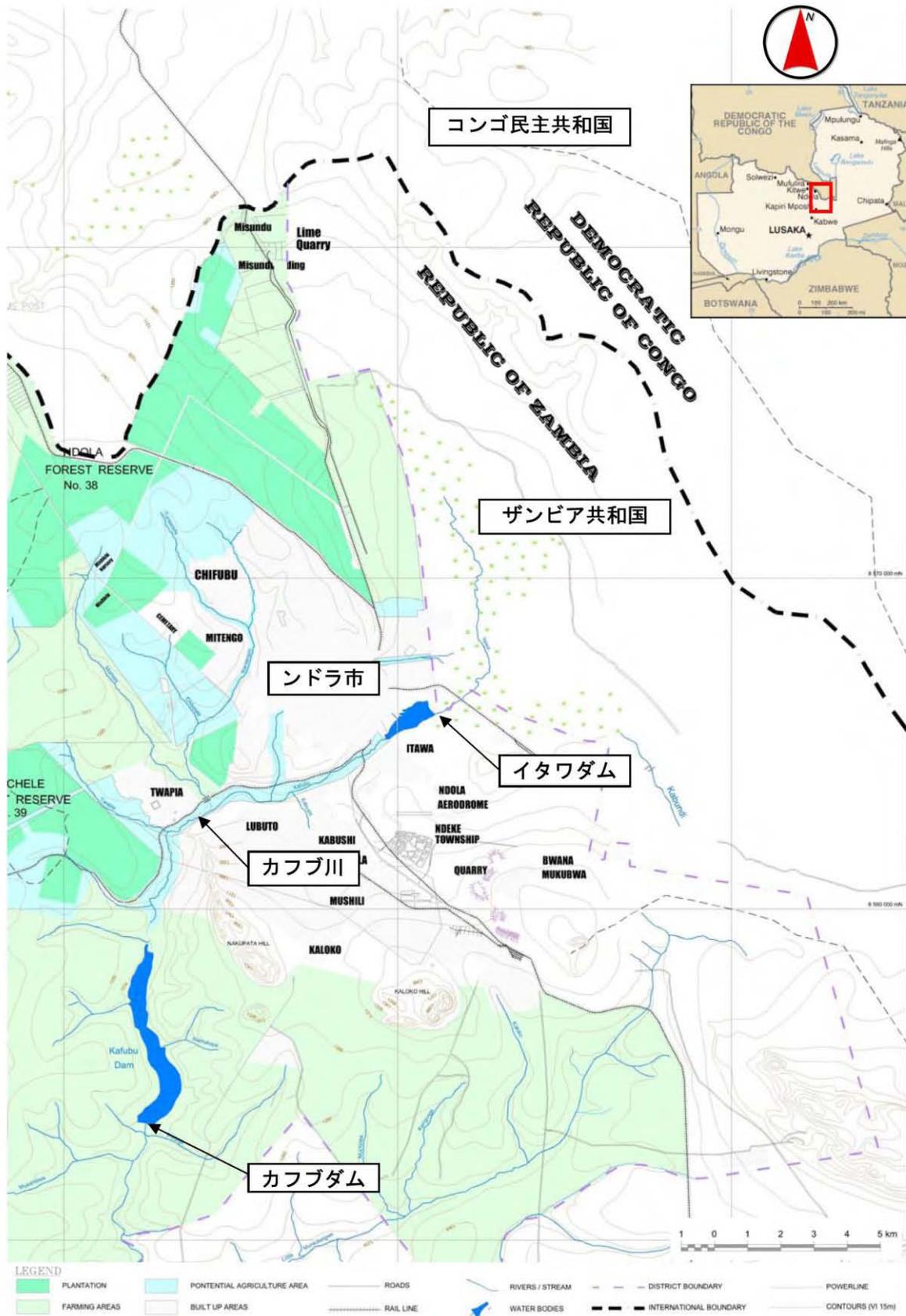
(2010 年)

独立行政法人 国際協力機構

地球環境部



# 調査対象地域位置図





# 目 次

位置図

図表リスト

略語集

|       |                              |      |
|-------|------------------------------|------|
| 第1章   | 調査概要                         | 1-1  |
| 1-1   | 調査の背景・調査目的                   | 1-1  |
| 1-2   | 調査団の構成                       | 1-2  |
| 1-3   | 調査結果概要                       | 1-2  |
| 1-4   | 調査日程                         | 1-8  |
| 1-5   | 主要面談者                        | 1-9  |
| 第2章   | 要請に関する確認                     | 2-1  |
| 2-1   | 要請の位置づけ                      | 2-1  |
| 2-2   | 協力事業の動向                      | 2-2  |
| 2-2-1 | 我が国の協力事業                     | 2-2  |
| 2-2-2 | 他ドナーによる援助の動向                 | 2-2  |
| 2-2-3 | DTFによる支援                     | 2-4  |
| 2-3   | 対象地域の概要                      | 2-4  |
| 2-3-1 | ンドラ市の社会条件                    | 2-4  |
| 2-3-2 | ンドラ市の自然条件                    | 2-8  |
| 2-4   | カフブ上下水道公社（KWSC）とンドラ市の上下水道の概況 | 2-10 |
| 2-4-1 | カフブ上下水道公社（KWSC）の概要           | 2-10 |
| 2-4-2 | ンドラ市の上下水道の概況                 | 2-15 |
| 2-5   | ンドラ市の上水道セクターの現状              | 2-16 |
| 2-5-1 | 上水道システム                      | 2-16 |
| 2-5-2 | 給水と計量の状況                     | 2-17 |
| 2-5-3 | 水道水生産の状況                     | 2-20 |
| 2-5-4 | 水質の状況                        | 2-21 |
| 2-5-5 | 給水区の状況                       | 2-22 |
| 2-6   | ンドラ市の下水道セクターの現状              | 2-24 |
| 2-6-1 | 下水道整備区域                      | 2-24 |
| 2-6-2 | 下水道普及率                       | 2-25 |
| 2-6-3 | 主要施設の概要                      | 2-25 |
| 2-6-4 | 下水処理水の状況                     | 2-29 |
| 2-7   | 下水処理水の水源流入による水質問題            | 2-34 |
| 2-7-1 | 湖の富栄養化                       | 2-34 |
| 2-7-2 | 富栄養湖における藻類被害                 | 2-35 |
| 2-7-3 | 藻類被害に対する対策                   | 2-36 |

|       |                     |      |
|-------|---------------------|------|
| 第3章   | 協力内容の確認             | 3-1  |
| 3-1   | 要請内容の確認             | 3-1  |
| 3-1-1 | カフブ浄水場の改修           | 3-11 |
| 3-1-2 | 送水管の更新              | 3-13 |
| 3-1-3 | 給水困難地区の整備           | 3-14 |
| 3-1-4 | 下水ポンプ場・水質分析所・流量計の整備 | 3-16 |
| 3-1-5 | 下水処理池の建設            | 3-17 |
| 3-1-6 | 下水管の埋設              | 3-19 |
| 3-2   | 環境社会配慮関連事項          | 3-19 |
| 3-2-1 | 環境関連の行政組織・法制度       | 3-19 |
| 3-2-2 | 「ザ」国における環境アセスメント    | 3-22 |
| 3-2-3 | 「ザ」国における土地制度        | 3-24 |
| 3-2-4 | JICA ガイドラインとの整合性    | 3-26 |
| 3-2-5 | 計画地域の特性             | 3-27 |
| 3-2-6 | 環境面から見た代替案の検討       | 3-30 |
| 3-2-7 | 概略設計調査対象コンポーネントの選定  | 3-32 |
| 3-2-8 | 予備的スコーピング           | 3-33 |
| 第4章   | 提言                  | 4-1  |
| 4-1   | 給水量の増加と事業効果の見通し     | 4-1  |
| 4-2   | 技術協力の必要性            | 4-2  |
| 4-3   | 準備調査（その2）の進め方について   | 4-3  |
| 4-3-1 | 留意事項                | 4-3  |
| 4-3-2 | 準備調査（その2）の調査内容・要員構成 | 4-7  |
| 4-3-3 | 現地調査日程と現地再委託調査      | 4-8  |
| 添付資料  |                     |      |
| 資料1.  | 署名ミニッツ              |      |
| 資料2.  | ザンビア国水道水質基準         |      |
| 資料3.  | ザンビア国排水水質基準         |      |
| 資料4.  | 現地写真集               |      |

## 図リスト

|         |                                   |      |
|---------|-----------------------------------|------|
| 図 2-3-1 | ザンビア国とコッパーベルト州の位置 .....           | 2-5  |
| 図 2-3-2 | コッパーベルト州とンドラ市の位置 .....            | 2-5  |
| 図 2-3-3 | 「ザ」国の河川流域区分図 .....                | 2-8  |
| 図 2-3-4 | ンドラ市における月別の平均最高気温と平均最低気温 .....    | 2-9  |
| 図 2-3-5 | ンドラ市における月別の降雨量 .....              | 2-9  |
| 図 2-3-6 | ンドラ市における年間降雨量の長期変遷 .....          | 2-10 |
| 図 2-4-1 | カフブ上下水道公社 (KWSC) の給水区域 (青線) ..... | 2-11 |
| 図 2-4-2 | カフブ上下水道公社 (KWSC) の部局区分 .....      | 2-12 |
| 図 2-5-1 | ンドラ市の上水道システム概念図 .....             | 2-17 |
| 図 2-6-1 | 旧ルプト下水処理場 .....                   | 2-26 |
| 図 2-6-2 | ンドラ市の下水処理場の処理フロー .....            | 2-26 |
| 図 2-6-3 | ダンボポンプ場 .....                     | 2-27 |
| 図 2-6-4 | 流入水質と処理 (放流) 水質 (旧カニニ STP) .....  | 2-30 |
| 図 2-6-5 | 流入水質と処理 (放流) 水質 (ルプト STP) .....   | 2-30 |
| 図 2-6-6 | 流入水質と処理 (放流) 水質 (新カニニ STP) .....  | 2-31 |
| 図 2-6-7 | 直近2年間の処理 (放流) 水質 (旧カニニ STP) ..... | 2-32 |
| 図 2-6-8 | 直近2年間の処理 (放流) 水質 (新ルプト STP) ..... | 2-32 |
| 図 2-6-9 | 直近2年間の処理 (放流) 水質 (新カニニ STP) ..... | 2-33 |
| 図 2-7-1 | 調査時点でのカフブ湖の状況 .....               | 2-35 |
| 図 3-1-1 | ンドラ市全体図とプロジェクト要請サイト .....         | 3-2  |
| 図 3-1-2 | ンドラ市の既存給水システムと要請サイト・内容 .....      | 3-3  |
| 図 3-1-3 | カニニ水質分析所の原子吸光光度計 .....            | 3-17 |
| 図 3-1-4 | 下水処理場拡張のための候補地の状況 .....           | 3-18 |
| 図 3-2-1 | 「ザ」国の環境アセスメントの手続き .....           | 3-24 |
| 図 3-2-2 | 国立公園の位置 .....                     | 3-27 |
| 図 3-2-3 | 計画地域の現状 .....                     | 3-29 |
| 図 4-2-1 | マサラ地区の定額制各戸給水 (蛇口が壊れている) .....    | 4-2  |

## 表リスト

|          |   |      |
|----------|---|------|
| 表 1-3-1  | DANIDA の予定している協力内容 [上水道分野].....                       | 1-5  |
| 表 1-3-2  | DANIDA の予定している協力内容 [下水道分野].....                       | 1-6  |
| 表 2-2-1  | 「ザ」国の水セクター及びンドラ市にて実施中の日本の協力事業 .....                   | 2-2  |
| 表 2-2-2  | 「ザ」国の給水セクターに対する支援の状況 .....                            | 2-3  |
| 表 2-2-3  | KWSC に対する最近の DTF プロジェクト .....                         | 2-4  |
| 表 2-3-1  | ンドラ市の主な疾病・外傷（上位 5 種の患者数） .....                        | 2-6  |
| 表 2-3-2  | 2000 年国勢調査による人口統計 .....                               | 2-7  |
| 表 2-3-3  | ンドラ市の人口増加の状況.....                                     | 2-8  |
| 表 2-4-1  | 「ザ」国の上下水道サービス事業者（Commercial Utilities (CUs)） .....    | 2-10 |
| 表 2-4-2  | カフブ上下水道公社（KWSC）の給水概況 .....                            | 2-11 |
| 表 2-4-3  | カフブ上下水道公社（KWSC）のンドラ市担当職員数.....                        | 2-12 |
| 表 2-4-4  | カフブ上下水道公社（KWSC）の運営コストと料金収入.....                       | 2-13 |
| 表 2-4-5  | カフブ上下水道公社（KWSC）の集金率と料金収入による 運営・維持管理費カバー率の<br>変遷 ..... | 2-13 |
| 表 2-4-6  | カフブ上下水道公社（KWSC）のメータ計量接続の場合の上下水道料金.....                | 2-14 |
| 表 2-4-7  | カフブ上下水道公社（KWSC）の非メータ接続の場合の上下水道料金.....                 | 2-14 |
| 表 2-4-8  | カフブ上下水道公社（KWSC）の所有する水利権と 2009 年の取水料金.....             | 2-15 |
| 表 2-4-9  | ンドラ市の各戸接続管を除く既存の送・配水管路の延長距離 .....                     | 2-16 |
| 表 2-4-10 | ンドラ市の下水管路の延長距離.....                                   | 2-16 |
| 表 2-5-1  | ンドラ市の給水概況（2007/2008 年度） .....                         | 2-17 |
| 表 2-5-2  | ンドラ市の水道事業における水の生産量と販売量の比較（無収水率） .....                 | 2-18 |
| 表 2-5-3  | ンドラ市における水道メータ設置の割合（2008 年） .....                      | 2-18 |
| 表 2-5-4  | ンドラ市の各地域におけるメータ計量率（2010 年） .....                      | 2-19 |
| 表 2-5-5  | ンドラ市の上下水道の 2007/2008 年度売上高（請求金額） .....                | 2-19 |
| 表 2-5-6  | ンドラ市の水道水生産の状況.....                                    | 2-20 |
| 表 2-5-7  | ンドラ市の水道水生産における薬品使用量.....                              | 2-20 |
| 表 2-5-8  | ンドラ市の水道原水と浄水の水質.....                                  | 2-21 |
| 表 2-5-9  | 調査団による簡易水質分析結果.....                                   | 2-22 |
| 表 2-5-10 | 用途別の給水量に関する「ザ」国の基準.....                               | 2-22 |
| 表 2-5-11 | ンドラ市各地域の給水時間.....                                     | 2-23 |
| 表 2-5-12 | 計画対象地域において想定される給水時間の改善状況 .....                        | 2-23 |
| 表 2-5-13 | 本計画による裨益地区の給水状況.....                                  | 2-24 |
| 表 2-6-1  | ンドラ市の下水道整備区域.....                                     | 2-25 |
| 表 2-6-2  | 下水道普及率.....   | 2-25 |
| 表 2-6-3  | 処理施設の諸元.....  | 2-26 |
| 表 2-6-4  | ンドラ市の下水管の閉塞状況.....                                    | 2-29 |
| 表 2-6-5  | 放流基準.....   | 2-29 |

|         |                                  |      |
|---------|----------------------------------|------|
| 表 2-6-6 | 処理場からの放流水の放流基準との適合状況.....        | 2-34 |
| 表 2-7-1 | 生活環境の保全に関する環境基準（日本） .....        | 2-35 |
| 表 3-1-1 | 準備調査（その1）による要請内容の確認 .....        | 3-1  |
| 表 3-1-2 | 要請内容と現況、追加調査内容等 .....            | 3-4  |
| 表 3-1-3 | カフブ浄水場の取水ポンプのリスト .....           | 3-11 |
| 表 3-1-4 | カフブ浄水場の送水ポンプのリスト .....           | 3-12 |
| 表 3-1-5 | カフブ浄水場送水ポンプの故障状況 .....           | 3-12 |
| 表 3-1-6 | カコロ地区内のキオスク型公共水栓の状況 .....        | 3-15 |
| 表 3-2-1 | 環境関連の法制度 .....                   | 3-19 |
| 表 3-2-2 | 環境関連法の施行状況 .....                 | 3-20 |
| 表 3-2-3 | EIS を提出する必要がある事業 .....           | 3-23 |
| 表 3-2-4 | 土地保有期間 .....                     | 3-26 |
| 表 3-2-5 | 要請項目の現況と問題点 .....                | 3-28 |
| 表 3-2-6 | 代替案の検討 .....                     | 3-30 |
| 表 3-2-7 | 概略設計調査対象コンポーネントの選定 .....         | 3-32 |
| 表 3-2-8 | 予備的スコーピング .....                  | 3-33 |
| 表 4-1-1 | 本計画により新規に水が得られる地区における必要水量.....   | 4-1  |
| 表 4-3-1 | 準備調査（その2）のための要員構成および M/M 案 ..... | 4-7  |
| 表 4-3-2 | 現地調査日程案 .....                    | 4-8  |



## 略語集

|        |  |
|--------|--|
| AC     | Asbestos Cement 石綿セメント   |
| AfDB   | African Development Bank アフリカ開発銀行  |
| BOD    | Biological Oxygen Demand 生物学的酸素要求量   |
| CIDA   | Canadian International Development Agency カナダ国際開発庁   |
| CP     | Cooperating Partner ドナー  |
| CSO    | Central Statistics Office 中央統計局  |
| CUs    | Commercial Utilities 公社  |
| DANIDA | Danish International Development Assistance デンマーク国際開発庁   |
| DO     | Dissolved Oxygen 溶存酸素  |
| DTF    | Devolution Trust Fund 権限委譲信託基金   |
| DWA    | Department of Water Affairs 水部局  |
| ECZ    | Environmental Council of Zambia ザンビア環境委員会  |
| EIA    | Environmental Impact Assessment 環境影響評価   |
| EIS    | Environmental Impact Statement 環境影響報告書   |
| EMP    | Environmental Management Plan 環境管理計画   |
| EPB    | Environmental Project Brief 簡易環境報告書  |
| EPPCA  | Environmental Protection and Pollution Control Act 環境保護汚染規制法   |
| EU     | European Union 欧州連合  |
| FNDP   | Fifth National Development Plan 第5次国家開発計画  |
| GIS    | Geographical Information System 地理情報システム   |
| GNI    | Gross National Income 国民総所得  |
| GRZ    | Government of the Republic of Zambia ザンビア共和国政府   |
| GSP    | Galvanized Steel Pipe 亜鉛メッキ鋼管  |
| GTZ    | Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit<br>/ German Agency for Technical Cooperation ドイツ技術協力公社 |
| GWP    | Global Water Partnership 世界水パートナーシップ   |
| IWRM   | Integrated Water Resource Management 統合的水資源管理  |
| JASZ   | Joint Assistance Strategy for Zambia ザンビア共同援助戦略  |
| JICA   | Japan International Cooperation Agency 独立行政法人国際協力機構  |
| JOCV   | Japan Overseas Cooperation Volunteers 青年海外協力隊  |
| KfW    | KfW Bankengruppe/ German Development Bank ドイツ復興金融公庫  |
| KWSC   | Kafubu Water and Sewerage Company Limited カフブ上下水道公社  |
| NCS    | National Conservation Strategy 国家保護戦略  |
| NDP    | National Development Plan 国家開発計画   |
| NEAP   | National Environmental Action Plan 国家環境実施計画  |
| NGOs   | Non Governmental Organization 非政府組織、民間非営利団体  |
| NORAD  | The Norwegian Agency for Development Cooperation ノルウェー開発協力局  |

|        |  |                |
|--------|--|----------------|
| MEWD   | Ministry of Energy and Water Development                           | エネルギー・水開発省     |
| MLGH   | Ministry of Local Government and Housing                           | 地方自治住宅省        |
| MOFN   | Ministry of Finance and National Planning                          | 財務・国家計画省       |
| MTENR  | Ministry of Tourism, Environment and Natural Resources             | 観光・環境・自然資源省    |
| NUWSSP | National Urban Water Supply and Sanitation Programme               | 国家都市給水衛生プログラム  |
| NWASCO | National Water Supply and Sanitation Council                       | 中央水道衛生審議会（仮訳）  |
| PS     | Pump(ing) Station  | ポンプ場           |
| PUWSS  | Peri-Urban Water Supply and Sanitation                             | 都市近郊給水衛生       |
| PVC    | Polyvinyl Chloride   | ポリ塩化ビニル        |
| RBI    | Regulation By Incentive  | 報奨制度           |
| SI     | Statutory Instrument   | 規則             |
| SOMAP  | Sustainable Operation & Maintenance Project for Rural Water Supply | 地方給水維持管理プロジェクト |
| STP    | Sewerage Treatment Plant   | 下水処理場          |
| TA     | Technical Assistance   | 技術協力           |
| T-N    | Total Nitrogen   | 全窒素            |
| TOR    | Terms Of Reference   | 委任事項           |
| T-P    | Total Phosphorus   | 全燐             |
| TSS    | Total Suspended Solids   | 全浮遊物質          |
| UN     | United Nations   | 国際連合           |
| UNICEF | UN Children's Fund   | ユニセフ、国連児童基金    |
| UWSS   | Urban Water Supply and Sanitation                                  | 都市給水衛生         |
| WE     | Water Efficiency   | 水効率            |
| WHO    | World Health Organization  | 世界保健機構         |
| WRM    | Water Resources Management   | 水資源管理          |
| WSP    | Water and Sanitation Program                                       | 世界銀行水衛生プログラム   |
| WB     | World Bank   | 世界銀行           |
| WTP    | Water Treatment Plant  | 浄水場            |

通貨：  
 日本円 Japanese Yen (J.Yen)  
 アメリカ・ドル US Dollar (USD)  
 ザンビア クワッチャ Zambia Kwacha (ZMK)

換算率 (2010年6月)：  
 USD = 91.10 J.Yen  
 ZMK = 0.018 J. Yen

## 第1章 調査概要

### 1-1 調査の背景・調査目的

ザンビア国（以下「ザ」国）は南部アフリカに位置する国で、75万km<sup>2</sup>（日本の約2倍）の面積に人口1,294万人（2009年、世銀）を有し、国民一人当たりのGNIは970ドル（2009年、世銀）と南部アフリカの最貧国の一つである。「ザ」国の安全な水へのアクセス率は、都市部で87%、地方部で46%であり（2008年、UNICEF）、サブサハラアフリカの中でもアクセス率が低い国の一つである。

「ザ」国においては現在、1994年に制定された国家水政策（National Water Policy）の改正や水資源管理法（Water Resources Management Bill）の制定に向けた法的枠組の整備が進められている。

都市給水に関しては、第5次国家開発計画（FNDP：Fifth National Development Plan、2006～2010年）の水セクターに関する記載において、10ある重要課題の一つとして掲げられている。特に、都市及び都市周辺地域を対象とした安全な水へのアクセス率向上のための投資計画への支援を、取り組むべき戦略の一つとしている。また、現在策定中の国家都市給水衛生プログラム（NUWSSP: National Urban Water Supply and Sanitation Programme）において、「無収水対策」及び「主な既存の都市型給水施設のリハビリ（整備）」は2009年から2015年にかけて取り組むべき課題とされている。

本計画の対象となるンドラ市は、「ザ」国中部に位置する「ザ」国第三位の都市であり、同国の東西南北を結ぶ地理的要所であるコッパーベルト州の州都でもある。「ザ」国の主要産業である銅の生産は主に同州で行われており、経済的に重要な都市である。2007年には人口46万人であったが今後も人口の増加が見込まれ、2015年には58万人となると推定されており、給水状況の改善は喫緊の課題である。

ンドラ市の上下水道は、カフブ上下水道公社（Kafubu Water Supply and Sewerage Company Limited: KWSC）により運営維持管理され、本計画対象地域のンドラ市南部（ンドラ市の人口の約半数が居住）に対する給水はカフブ浄水場が担っている。なお、ンドラ市南部には、低所得者層が多く居住するといわれている。

カフブ浄水場の計画生産量は81,800m<sup>3</sup>/日であるが、取水ポンプや送水ポンプを含む浄水施設の老朽化に伴って現在の生産量は55,000m<sup>3</sup>/日と低下している。また、カフブ浄水場直近のナカプタ配水池から市中心部への送水管路（一次幹線）は老朽化が激しく、6,500m<sup>3</sup>/日が漏水していると言われている。このような状況を改善するため、「ザ」国は我が国にカフブ浄水場の浄水施設の更新、ナカプタ配水池から市内までの送水管路の更新等に係る無償資金協力を要請した。

KWSCは4下水処理場（オールドカニニ、ニューカニニ、オールドルフト、ニュールフト）を有しているが、設計処理水量以上の流入量があるため、完全には処理しきれない下水がカフブ川に放流されている。また、これらの下水処理場は、カフブ浄水場の水源であるカフブダムよりも上流に位置していることから、不完全な処理下水のダム流入による水源の汚染が問題視されており、水質の改善を目的として、各下水処理場への最終処理のための安定化池の設置が我が国に対して併せて要請された。

2009年10月、上述の要請に関する現地踏査及び情報収集を行うため、ケニア事務所広域企画調査

員による都市給水案件形成調査が行われた。同調査の結果、給水サービス網が不十分な貧困層居住地区や、配管網の未整備や水圧の低さにより給水できない地域があることが判明し、これらの地域への公共水栓及び送水管路の設置について、「ザ」国は我が国に追加要請を行った。

本調査では、上記を踏まえ、対象地域であるンドラ市の給水施設及び下水施設の概要、今後の改善計画の概要を調査し、本計画の必要性、妥当性を確認するとともに、協力準備調査（概略設計レベル）の調査内容を検討した。

## 1-2 調査団の構成

調査団の構成は以下のとおりである。

|    | 氏名   | 担当                  | 所属                                     |
|----|------|---------------------|--|
| 1. | 涌井純二 | 総括                  | 独立行政法人国際協力機構<br>地球環境部水資源・防災グループ水資源第二課長 |
| 2. | 村上敏雄 | 技術アドバイザー            | 独立行政法人国際協力機構<br>ケニア事務所広域企画調査員          |
| 3. | 望戸昌観 | 計画管理                | 独立行政法人国際協力機構<br>地球環境部水資源・防災グループ水資源第二課  |
| 4. | 高橋 徹 | 上水道計画               | 株式会社三祐コンサルタンツ<br>海外事業本部技術第2部           |
| 5. | 柳内龍二 | 下水道計画／水質<br>／環境社会配慮 | 個人コンサルタント                              |

## 1-3 調査結果概要

調査団は、2010年4月13日から5月8日まで（JICA 団員は4月24日まで）の日程で、ルサカ市及びンドラ市において調査を行った。4月14日に地方自治住宅省（Ministry of Local Government and Housing: MLGH）を訪問し、次官、住宅インフラ局長を表敬、本調査の目的・方針を説明した。4月15日から19日には、ンドラ市を訪問し、KWSC 総裁以下関係者を表敬するとともに、要請サイト及び関連サイトを視察した。4月20日から22日は視察結果を踏まえ関係者にて協議を行い、4月23日に MLGH 次官及び本調査団長との間で協議議事録へ署名を行った。

本調査における「ザ」国側との主要な協議事項は以下のとおりである。

### (1) 本協力準備調査の位置付け（協議議事録 第7項）

今回の調査はいわゆる予備調査であり、概略設計調査の実施を確約するものではないことを説明した。今回の調査結果を持ち帰り、日本国内での検討を経て、順調に手続きが進めば2010年8月頃に概略設計調査団が派遣される旨を口頭で説明した。

### (2) 本プロジェクトの名称変更（協議議事録 第1項）

要請当初の英文名称は、要請内容に含まれている衛生分野（下水道分野）を示す言葉がなかったことから、先方より英文名称修正の希望があったため、下記のとおり修正することで合意した。なお、和文名称に変更はない。

(要請時の英文名称)

- ・ The Project for the Improvement of Water Supply Condition in Ndola City

(変更後の英文名称)

- ・ The Project for the Improvement of Water Supply and Sanitation Condition in Ndola City

(3) 本プロジェクトの位置付け・目的の確認（協議議事録 第2項、第8-1項）

ンドラ市の上下水道分野の将来計画、マスタープランは現時点では作成されていないものの、先方の構想としては、新規に給水施設を建設するのではなく、まずは既存上下水道施設の機能回復を通じて、給水人口の増加と給水時間の改善を図ることを第一としており、本プロジェクトの方向性と合致することが確認された。

本プロジェクトの目的は「既存上下水道施設の改修及び拡張を通じてンドラ市における上下水道の状況を改善する」とすることとなった。

(4) 要請内容の確認（協議議事録 第3、5項、Annex1、3）

提出済み要請書に基づき、先方の考え方、要請の理由、内容を1件ずつ確認し、優先度（1あるいは2）を付した。先方の考え方は概ね下記のとおりであった。

- ・ 上水道、下水道の比較では、上水道の方が優先度が高い。
- ・ ンドラ市北部と南部への上水道に関しては、南部（主としてカフブ浄水場からの配水地域）の方が優先度は高い。
- ・ 全体的な優先度については、緊急度に留意する。
- ・ 数、数量、管径、材質等に明らかな誤りがあれば現時点で修正する。
- ・ 他プロジェクト（デンマーク国際開発庁：DANIDA）と重複する部分があれば、日本への要請から削除するが、必要に応じて DANIDA への要請から削除する。

(5) 他ドナーとの調整に関する内容（協議議事録 第8-5項）

1) GTZ

GTZ（ドイツ技術協力公社）は「ザ」国政府ほかによる DTF（Devolution Trust Fund）への支援を通じ、水道メータとキオスク型公共水栓の設置および維持管理に関するプロジェクトを実施している。後者については、本プロジェクト要請内容であるカロコ地区へのキオスク型公共水栓の設置に関し、GTZの成果を活用することで本件の効率的な実施が期待できる。具体的には、キオスク型公共水栓の設置方法、運営方法等のマニュアルが作成されているため、本プロジェクトでもこの部分に関して資料を参照するなど、GTZ・DTFと調整することとなった。

2) DANIDA

DANIDAはンドラ市の上下水道に対して有償・無償のミックスクレジットによる協力を予定しているため、協議を通じ調整を行った。下水分野（新旧ルプト下水処理場、新旧カニニ下水処理場等）では、DANIDAが従来協力してきた経緯を考慮して、下水処理場の安定化池を日本側への要請から削除した。逆に、緊急性が高くかつ事業効果も大きい、ナカプタ配水地からの送水管の更新や、カニニ下水処理場水質分析所への水質分析機器更新については、DANIDAの要請から削除し、日本への要請とすることになった。なお現状では上下水システム全体のマスタープランがないが、DANIDAはクレジット審査書類の一環として、将来計画をフィージビリティスタディと

いう形で実施するとのことである。

DANIDA が KWSC に対して協力を予定している有償・無償のミックスクレジットプロジェクトの項目のうち、ンドラ市に係る協力計画（案）は、2010年4月時点で次表のとおりである（計画書より抜粋。我が国要請と重複が見られる部分等には下線）。

表 1-3-1 DANIDA の予定している協力内容 [上水道分野]

| Item No. | Project title  | Cost(US\$)        |
|----------|--|-------------------|
| 1        | Upgrade of Itawa Water Treatment Plant (WTP) in Ndola  |                   |
|          | ▪ Replacement 3 No. high lift pumps c/w motor with electrical panels                             | 231,667           |
|          | ▪ Replacement of 4 raw water pumps c/w motor with electrical panels                              | 380,953           |
|          | ▪ Laying of 300 mm × 800 mm steel water pipe   | 152,380           |
| 2        | General Re-habilitation of Misundu-I WTP   |                   |
|          | ▪ Replacement of tank (2,000 m <sup>3</sup> )  | 265,500           |
|          | ▪ Reconstruction of transformer house  | 95,238            |
|          | ▪ Replacement of 10 borehole pumps in the well fields  | 476,619           |
| 3        | Extending water supply service to unserved areas & replacement of all asbestos cement pipes      |                   |
|          | ▪ Replacement all asbestos cement pipes  | 20,000,000        |
|          | ▪ <u>Extension of water supply services to 1,600 unserved plots</u>                              | 3,600,000         |
| 4        | Re-instating of Lake Ishiku water source   |                   |
|          | ▪ Drilling of bores and installations  | 202,286           |
|          | ▪ Laying and repair of networks  | 715,142           |
|          | ▪ Construction of reservoir pumps/dosing house   | 118,572           |
|          | ▪ Installation of 3 Nos. high lift pumps   | 271,429           |
|          | ▪ General electrical and civil finishes  | 85,643            |
|          | ▪ Procure light truck, utility van and hoist facilities  | 117,143           |
|          | ▪ Consultancy  | 18,571            |
| 5        | Kanini Laboratory  |                   |
|          | ▪ Facelift rehabilitation  | 47,619            |
|          | ▪ <u>Procurement of specialized equipment and apparatus</u>                                      | 302,381           |
| 6        | Network monitoring system (GIS, SCADA, etc)  | 4,100,000         |
| 7        | Metering all existing unmetered customers  |                   |
|          | ▪ Ndola -21,287  | 2,353,975         |
|          | ▪ Luanshya -5,597  | 618,932           |
|          | ▪ Masaiti -245   | 27,093            |
| 8        | Feasibility studies for future development of water supply and waste water services to year 2030 | 600,000           |
| 9        | <u>Replacement of 600 mm × 8 km Nakaputa falling mains</u>                                       | 5,000             |
|          | <b>Water supply total</b>  | <b>39,781,143</b> |

表 1-3-2 DANIDA の予定している協力内容 [下水道分野]

| Item No. | Project title  | Cost(US\$)        |
|----------|--|-------------------|
| 1        | Rehabilitation of Old Kanini Sewage Treatment Plant and <u>construction of oxidation ponds</u>     |                   |
|          | ▪ Construction 4 No. set of Bio-filters  | 240,000           |
|          | ▪ Clarifier half bridge 2 Nos.   | 40,000            |
|          | ▪ Sludge pumps 2 Nos.  | 80,000            |
|          | ▪ Digester mixer 2 Nos.  | 80,000            |
|          | ▪ Construct oxidation ponds 3 Nos.   | 300,000           |
|          | ▪ Rehabilitate 2 Nos. digesters  | 40,000            |
|          | ▪ Rehabilitate drying beds   | 600,000           |
|          | ▪ Construct pump house to pump effluent to old Kanini  | 110,000           |
|          | ▪ Rehabilitate storm tank  | 50,000            |
|          | <b>Sub total</b>   | <b>1,540,000</b>  |
| 2        | Rehabilitation of Old Lubuto Sewage Treatment Plant and construction of Phosphorus stripping plant |                   |
|          | ▪ Construct 6 No. set of Bio-filters   | 360,000           |
|          | ▪ Secondary clarifier half bridge 5 Nos.   | 50,000            |
|          | ▪ Sludge pumps 2 Nos.  | 150,000           |
|          | ▪ Rehabilitate 2 Nos digesters   | 100,000           |
|          | ▪ Construct chemical dosing pump house   | 200,000           |
|          | <b>Sub total</b>   | <b>860,000</b>    |
| 3        | Replacement and upgrade of sewer pipe lines in the townships                                       |                   |
|          | ▪ Town Centre  | 400,000           |
|          | ▪ Mushili  | 400,000           |
|          | ▪ <u>Masala</u>  | 800,000           |
|          | ▪ Lubuto   | 500,000           |
|          | ▪ Chifubu  | 500,000           |
|          | ▪ Mitengo  | 720,000           |
|          | <b>Sub total</b>   | <b>2,820,000</b>  |
| 4        | Procurement of 3 Nos. vacuum tankers and Jetting equipment   | 1,000,000         |
|          | <b>Sub total</b>   | <b>1,000,000</b>  |
|          | <b>Sanitation total</b>  | <b>39,781,143</b> |

(6) 下水道に関して

上述までのとおり、下水処理施設の現在の処理能力は故障等により非常に低いですが、①DANIDAのプロジェクトにより設計能力の回復が期待できること、②安定化池の設置も同プロジェクトに含まれること、③カフブ川およびカフブダム浄化能力が期待できること、④水収支、などを勘案し、緊急性が高く効果も比較的高いダンボ下水ポンプ場の改修のみ日本側で取り組むこととした。

ただし、鉱工業地域であるンドラ市においては、水質モニタリングが非常に重要である。したがってモニタリング用の水質分析機材も要請に含めることとして「ザ」国側と合意した。

(7) カフブダム（水源）について（協議議事録 第 8-4 項）

カフブダムは上水道の水源として利用されている一方で、市内からの下水が流入している。ンドラ市の上水・下水ともに管理を担い、かつカフブダムからの水利権を有する KWSC は、重金属などを含む有害な排水がカフブダムに流入して水源として不適切にならないように注意する義務がある（排水基準違反への罰則等については環境委員会が責務を有する）。この点については KWSC も認識しており、議事録でも合意した。

(8) キオスク型公共水栓等の用地確保（協議議事録 第 8-3 項）

カロコ地区のキオスク型公共水栓（Water Kiosk）設置の要請数は 6 箇所とされているが、具体的な給水計画・ニーズが特定できていないため、場所・数量について引き続き検討する必要がある。また、Water Kiosk は住民による水道料金の支払いがあって成り立つものであり、その設置場所は、地域住民間での十分な合意形成のもと特定する必要がある。本プロジェクトの協力準備調査（その 2）が実施される場合、調査開始前に KWSC は必要なプロセスを経て、場所の特定を行う必要がある旨合意した。

Water Kiosk 用地と同様に、配管・機材の更新等に伴う用地確保についても、必要な手続きを取る旨合意した。

(9) 環境社会配慮（協議議事録 第 8-8 項）

本プロジェクトは JICA 環境社会配慮ガイドラインの環境カテゴリー 3 分類の中で、カテゴリー「B」に位置づけられる。そのため、事業の実施前に、「ザ」国における環境社会配慮にかかる法令・基準に沿った手続き・確認が必要となる。この点についても合意した。

## 1-4 調査日程

調査日程を次表に示す。

### 調査日程

| 日順 | 日付    | 曜日 | JICA                              | JICA                              | JICA                              | コンサルタント                           | コンサルタント                           |
|----|-------|----|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|    |       |    | 総括                                | 技術アドバイザー                          | 計画管理                              | 上水道                               | 下水道/水質/環境社会配慮                     |
|    |       |    | 涌井純二                              | 村上敏雄                              | 望戸昌観                              | 高橋徹                               | 柳井龍二                              |
| 1  | 4月12日 | 月  | 移動(成田-香港-機中泊)                     |                                   | 移動(成田-香港-機中泊)                     | 移動(成田-香港-機中泊)                     | 移動(成田-香港-機中泊)                     |
| 2  | 4月13日 | 火  | 移動(-ヨハネスブルグ-ルサカ)                  |                                   | 移動(-ヨハネスブルグ-ルサカ)                  | 移動(-ヨハネスブルグ-ルサカ)                  | 移動(-ヨハネスブルグ-ルサカ)                  |
| 3  | 4月14日 | 水  | 地方自治住宅省挨拶<br>JICA、GTZ、DANIDA打合せ   |                                   | 地方自治住宅省挨拶<br>JICA、GTZ、DANIDA打合せ   | 地方自治住宅省挨拶<br>JICA、GTZ、DANIDA打合せ   | 地方自治住宅省挨拶<br>JICA、GTZ、DANIDA打合せ   |
| 4  | 4月15日 | 木  | 移動(ルサカ-ンドラ)<br>ンドラ市内現場調査          | 移動(ナイロビ-ンドラ)<br>ンドラ市内現場調査         | 移動(ルサカ-ンドラ)<br>ンドラ市内現場調査          | 移動(ルサカ-ンドラ)<br>ンドラ市内現場調査          | 移動(ルサカ-ンドラ)<br>ンドラ市内現場調査          |
| 5  | 4月16日 | 金  | ンドラ市内現場調査                         | ンドラ市内現場調査                         | ンドラ市内現場調査                         | ンドラ市内現場調査                         | ンドラ市内現場調査                         |
| 6  | 4月17日 | 土  | ンドラ市内現場調査<br>カフブ上下水道公社打合せ         | ンドラ市内現場調査<br>カフブ上下水道公社打合せ         | ンドラ市内現場調査<br>カフブ上下水道公社打合せ         | ンドラ市内現場調査<br>カフブ上下水道公社打合せ         | ンドラ市内現場調査<br>カフブ上下水道公社打合せ         |
| 7  | 4月18日 | 日  | 資料整理                              | 資料整理                              | 資料整理                              | 資料整理                              | 資料整理                              |
| 8  | 4月19日 | 月  | 地方給水技協サイト視察<br>移動(ンドラールサカ)        | 地方給水技協サイト視察<br>移動(ンドラールサカ)        | 地方給水技協サイト視察<br>移動(ンドラールサカ)        | 移動(ンドラールサカ)                       | 移動(ンドラールサカ)                       |
| 9  | 4月20日 | 火  | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     |
| 10 | 4月21日 | 水  | 財務省挨拶 JICA中間報告<br>地方自治住宅省ミニッツ協議   |
| 11 | 4月22日 | 木  | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     | 地方自治住宅省ミニッツ協議                     |
| 12 | 4月23日 | 金  | ECZ,NWASCO,DTF打合せ<br>JICA、日本大使館報告 | ECZ,NWASCO,DTF打合せ<br>JICA、日本大使館報告 | ECZ,NWASCO,DTF打合せ<br>JICA、日本大使館報告 | ECZ,NWASCO,DTF打合せ<br>JICA、日本大使館報告 | ECZ,NWASCO,DTF打合せ<br>JICA、日本大使館報告 |
| 13 | 4月24日 | 土  | 移動(ルサカ-ヨハネスブルグ)                   | 移動(ルサカ-ナイロビ)                      | 移動(ルサカ-ヨハネスブルグ)                   | 追加調査準備                            | 追加調査準備                            |
| 14 | 4月25日 | 日  | 移動(-香港-成田)                        |                                   | 移動(-香港-成田)                        | 移動(ルサカ-ンドラ)                       | 移動(ルサカ-ンドラ)                       |
| 15 | 4月26日 | 月  |                                   |                                   |                                   | カフブ上下水道公社打合せ<br>カフブ浄水場調査          | カフブ上下水道公社打合せ<br>ダンボ下水ポンプ場調査       |
| 16 | 4月27日 | 火  |                                   |                                   |                                   | ムシリ地区配水管・カロロ地区<br>公共水栓建設予定位置確認    | 環境社会配慮に係る<br>ECZとの打合せ             |
| 17 | 4月28日 | 水  |                                   |                                   |                                   | 西部幹線送水管漏水箇所確認<br>水エネルギー省河川データ収集   | ンドラ Water Board<br>貯水量、河川流量データ収集  |
| 18 | 4月29日 | 木  |                                   |                                   |                                   | 水質検査室調査<br>イタワ浄水場・管材倉庫調査          | カフブ上下水道公社<br>からの質問票回収と内容確認        |
| 19 | 4月30日 | 金  |                                   |                                   |                                   | ノースライズ配水池<br>・チフ配水管現場調査           | カフブ上下水道公社<br>からの質問票回収と内容確認        |
| 20 | 5月1日  | 土  |                                   |                                   |                                   | カフブ浄水場・送配水管路<br>に関する竣工図収集         | カフブ上下水道公社<br>からの質問票回収と内容確認        |
| 21 | 5月2日  | 日  |                                   |                                   |                                   | 資料整理                              | 資料整理                              |
| 22 | 5月3日  | 月  |                                   |                                   |                                   | 配管漏水対策状況確認<br>カフブ浄水場電気設備調査        | 環境社会配慮に係る<br>ンドラ市への聞き取り調査         |
| 23 | 5月4日  | 火  |                                   |                                   |                                   | レイクイシク浄水場調査<br>カフブ上下水道公社打合せ       | カフブ上下水道公社打合せ<br>質問票回収・図面収集        |
| 24 | 5月5日  | 水  |                                   |                                   |                                   | 移動(ンドラールサカ)<br>NWASCO・DTF聞き取り     | 移動(ンドラールサカ)<br>NWASCO・DTF聞き取り     |
| 25 | 5月6日  | 木  |                                   |                                   |                                   | 現地調査報告書作成<br>NWASCO・DTF聞き取り       | 現地調査報告書作成                         |
| 26 | 5月7日  | 金  |                                   |                                   |                                   | JICA報告                            | JICA報告                            |
| 27 | 5月8日  | 土  |                                   |                                   |                                   | 移動(ルサカ-ヨハネスブルグ)                   | 移動(ルサカ-ヨハネスブルグ)                   |
| 28 | 5月9日  | 日  |                                   |                                   |                                   | 移動(ヨハネスブルグ-機中泊)                   | 移動(ヨハネスブルグ-機中泊)                   |
| 29 | 5月10日 | 月  |                                   |                                   |                                   | 移動(-香港-成田)                        | 移動(-香港-成田)                        |

## 1-5 主要面談者

現地の関係者を次表に示す。

### 主要面談者

| No.   | 名前                    | 所属   |
|---|-----------------------|--|
| <b>Ministry of Finance and National Planning 財務・国家計画省</b>                   |                       |  |
| 1   | Mr. Edward Kapwepwe   | Assistant director, Economic Management Department                                     |
| 2   | Mr. John Chunga       | Acting Deputy director, Economic Technical Cooperation, Economic Management Department |
| 3   | Mr. Simon M. Kayakesi | Principal Economist, Economic Technical Cooperation, Economic Management Department    |
| 4   | Mr. Mike Masiye       | Principal Budget Analyst, Budget Office  |
| <b>Ministry of Energy and Water Development (MEWD) エネルギー・水開発省</b>           |                       |  |
| 1   | Mr. Gondwe            | Provincial Water Engineer, Copperbelt Province, Department of Water Affairs            |
| <b>Ministry of Local Government and Housing (MLGH) 地方自治住宅省</b>              |                       |  |
| 1   | Mr. Timothy Hakuyu    | Acting Permanent Secretary   |
| 2   | Mr. Peter Lubambo     | Director, Department of Housing & Infrastructure Development                           |
| 3   | Mr. Davies C. Zulu    | Assistant Director, Department of Housing & Infrastructure Development                 |
| 4   | Mr. Douglas Singanga  | Senior Engineer Other Services, Department of Housing & Infrastructure Development     |
| <b>National Water Supply and Sanitation Council (NWASCO) 中央水道衛生審議会(仮訳)</b>  |                       |  |
| 1   | Mr. Kelvin Chitumbo   | Director   |
| <b>Kafubu Water Supply and Sewerage Company (KWSC) カフブ上下水道公社</b>            |                       |  |
| 1   | Mr. Ian Nzali Banda   | Managing Director  |
| 2   | Mr. A. K. Mwaba       | Director, Planning and Development   |
| 3   | Mr. Billima Paul      | Manager, Planning  |
| 4   | Mr. Enos Chulu        | Engineer, Planning and Development   |
| 5   | Mr. Rabson Ngulube    | Head Peri-Urban  |
| 6   | Mr. Kabimba Nyirenda  | Director, Engineering  |
| 7   | Mr. Dennis Kapoya     | Manager, Water Distribution  |
| 8   | Mr. Benson J Mwale    | Manager, Technical Service   |
| 9   | Mr. Jeconiah Sichone  | Manager, Electric  |
| 10  | Mr. Bernard Phiri     | Sewerage Engineer  |
| 11  | Ms. Monica M Mwichg   | Chemist  |
| 12  | Mr. Austin Kayanda    | Director, Customer Service   |
| 13  | Ms. Margaret Zulu     | Public Relations Office  |
| <b>Devolution Trust Fund (DTF) (Water and Sanitation to the Urban Poor)</b> |                       |  |
| 1   | Mr. Samuel Gongga     | Manager  |
| 2   | Mr. Jacson Mulenga    | Engineer, Water Supply and Sanitation  |
| <b>German Technical Cooperation (GTZ)</b>                                   |                       |  |
| 1   | Dr. Simone Klawitter  | Lusaka Office, Water   |
| <b>Royal Danish Embassy</b>   |                       |  |
| 1   | Mr. Peter Stevers     | Counsellor, Development  |
| <b>Environmental Council of Zambia (ECZ) ザンビア環境審議会(仮訳)</b>                  |                       |  |
| 1   | Mr. Paul M. Banda     | Director / Chief Executive Officer   |
| 2   | Mr. Joseph Sakala     | Manager, Inspectionrate  |
| 3   | Mr. Maxwell Chibanga  | Senior Inspector, Ndola Office   |
| 4   | Mr. Cliff Ngwata      | Principal Inspector, Ndola Office  |
| <b>在ザンビア国日本大使館</b>  |                       |  |
| 1   | 三田村秀人                 | 特命全権大使   |
| 2   | 釣田薫                   | 参事官  |
| 3   | 久保純一                  | 書記官  |
| <b>JICAザンビア事務所</b>  |                       |  |
| 1   | 鍋屋史朗                  | JICAザンビア事務所長   |
| 2   | 渋谷有紀                  | JICAザンビア事務所員   |



## 第2章 要請に関する確認

### 2-1 要請の位置づけ

我が国が「ザ」国を支援する開発課題の一つに「安全な水供給体制の強化」があり、本要請は当該開発課題に対応するための協力プログラム「安全な水システム拡充プログラム」を構成する案件である。

#### プロジェクト概要

##### 上位目標

対象地域において生活環境及び衛生環境が改善する。

##### プロジェクト目標

- ① 対象地域において安全な水へのアクセス人口が新たに7万人増加する。
- ② 対象地域において水量及び水質の安定した水へのアクセス率が増加する。

##### 成果

- ① ンドラ市南部を管轄するカフブ浄水場施設及び導水管が更新される。
- ② カフブ浄水場給水対象区域内の計画居住区及び低所得者地域において公共水栓や送水管路が新たに整備される。

##### 活動、投入計画（要請内容の見直しによる）

- ① カフブ浄水場取水ポンプの更新（7台）
- ② カフブ浄水場薬品混和システムの更新（1式）
- ③ カフブ浄水場沈殿池集水トラフの更新（1式）
- ④ カフブ浄水場濾過砂の交換（600m<sup>3</sup>）
- ⑤ カフブ浄水場濾過ノズルの更新
- ⑥ カフブ浄水場送水ポンプの設置（7台）
- ⑦ ナカプタ配水池ースカイウェイズ配水池の送水管（口径900mm）の埋設（8km）
- ⑧ カロコ地区のキオスク型公共水栓の建設
- ⑨ アッパー・ムシリ地区送水管路の埋設と給水区の分離
- ⑩ チフブ／ノースライズ／西部環状送水幹線の更新
- ⑪ ダンボ下水ポンプ場送水ポンプの更新（4台）
- ⑫ カニニ水質分析所の分析機材設置（1式）
- ⑬ 上記項目に必要な大口径水量計設置（1式）

（下水処理池の建設（4箇所）、下水管の埋設（1000m）は今回調査の結果、除外）

##### プロジェクト・サイト

ンドラ市

## 受益者

直接受益者： カフブ浄水場による既存給水区域人口 216,602 人（2015 年推定値）  
 本案件によって新たに水を得られる人口 72,524 人（2015 年推定値）

## 2-2 協力事業の動向

### 2-2-1 我が国の協力事業

「ザ」国の水セクターについては、地方給水を対象とした技術プロジェクト及び無償資金協力事業が現在実施されている。また、ンドラ市においては、平成 21 年度ンドラ市及びキトウェ市道路網整備計画が現在実施されている。

表 2-2-1 「ザ」国の水セクター及びンドラ市にて実施中の日本の協力事業

| 実施年度                 | 先方実施機関名  | 案件名   | 金額       | 援助形態                       | 概要  |
|----------------------|--|---|----------|----------------------------|---|
| 2007年9月～<br>2010年8月  | 地方自治住宅省<br>インフラ支援サ<br>ービス局                         | ザンビア国地方給水維持<br>管理能力強化プロジェク<br>ト(SOMAP)<br>Sustainable Operation &<br>Maintenance Project for<br>Rural<br>Water Supply (SOMAP) | 2 億円     | 技術<br>協力<br>プロ<br>ジェ<br>クト | (南部州モンゼ郡、中央<br>州 5 郡 (ムンバ、セレン<br>ジェ、ムクシ、チボンボ、<br>カピリムポシ))<br>郡およびコミュニティ<br>による自立的な地方給<br>水施設の維持管理モデ<br>ルの普及 |
| 2008年6月～<br>2010年10月 | 地方自治住宅省<br>インフラ支援サ<br>ービス局                         | ルアブラ州地下水開発計<br>画<br>Project for Groundwater<br>Development in Luapula<br>Province   | 6.41 億円  | 無償<br>資金<br>協力             | (ルアブラ州)<br>ハンドポンプ付き深井<br>戸給水施設 200 基の建<br>設、維持管理工具の調<br>達、水管理組合の組織化   |
| 2009年8月～<br>2011年10月 | 地方自治住宅省<br>インフラ支援サ<br>ービス局、ンドラ<br>市役所及びキト<br>ウェ市役所 | ンドラ市及びキトウェ市<br>道路網整備計画<br>Project for Improvement<br>and Maintenance of Ndola<br>and Kitwe City Roads                         | 26.92 億円 | 無償<br>資金<br>協力             | (ンドラ市、キトウェ<br>市)<br>主要道路の改修工事   |

### 2-2-2 他ドナーによる援助の動向

ザンビア共同援助戦略 (Joint Assistance Strategy for Zambia: JASZ) は、ザンビア政府により 2005 年に第一次草案が策定され、2006 年 10 月 18 日に第二次草案が策定された。その第二次草案には、以下のような方針が示されている。

- ① 第五次国家開発計画 (FNDP) を基本計画としたドナー (Cooperating Partner: CP) の援助実施、
- ② CP の役割分担制 (リード CP 制) の導入
- ③ CP 担当セクターの分業体制 (division of labor) の構築、
- ④ 一般財政支援中心の援助形態への移行  
 (プロジェクトや SWAPs は過渡期には実施されるがその後は徐々に減少)

2006年のZambia, 2002-2004 Country Strategy Paperによれば、Joint Assistance Strategy for Zambia (JASZ) (2006-2010)の中で、水（資源・衛生）セクターの主管官庁はMEWDとMLGHであり、デンマークとドイツがリードCP、AfDB・UN・WB・アイルランド・日本がアクティブCP、EUとオランダがバックグラウンドCPという体制となっている。

表 2-2-2 「ザ」国の給水セクターに対する支援の状況

| 実施年度        | 機関名                                    | 案件名   | 金額  | 援助形態                               | 概要   |
|-------------|--|---|---|------------------------------------|--|
| 2007～2030年  | CIDA<br>Global Water Partnership (GWP) | IWRM/WE (Integreted Water Resource Management and Water Efficiency) | 2006-2010年の間に<br>都市給水整備<br>291 Billion ZMK<br>都市近郊給水整備<br>644 Billion ZMK | 資金提供                               | (全国)<br>水源保全計画、アセスメント、モニタリング<br>都市・都市近郊・地方に対する給水計画 |
| 2008～2010年  | 世界銀行                                   | Water Sector Performance Improvement Programme                      | 23,000,000 US\$   | 資金提供                               | (全国)<br>新規メータ設置<br>不法接続の削減<br>無収水率改善活動             |
| 2003年～継続実施中 | DTF (Devolution Trust Fund)            | Water and Sanitation to the Urban Poor                              | 年間 2.5-3 億円<br><br>2006-2010年<br>9,116,667 ユーロ                            | バスケットファンド<br>(ドイツ・デンマーク・EU・ザンビア政府) | (全国)<br>都市周辺部・低所得者層居住地区への給水サービスの拡張・改善のための資金供給      |
| ～2009年3月    | DANIDA                                 | Old Kanini and Old Lubuto sewerage plant rehabilitation -Phase I    | 300,000 US\$  | 資金協力事業                             | (ンドラ市)<br>下水処理場改修工事<br>機械電気設備、管理棟                  |
| 調査実施中       | DANIDA                                 | General Improvement of Water Supply and Sanitation Service          | 80,985,043 US\$   | 有償・無償混合                            | (ンドラ市を含むカフブ上下水道公社管轄区域)<br>上下水道施設の改修                |
| —           | GTZ                                    | —   | 250,000 US\$  |                                    | (全国)<br>水道メータ 12,370 個<br>供与                       |
| —           | GTZ                                    | —   | —   | 技協                                 | (ンドラ市)<br>下水流量計量                                   |
| 2010～2014   | GTZ                                    | —   | —   | 技協                                 | (カフブ上下水道公社)<br>アドバイザー派遣                            |
| ～2008年      | 中国                                     | Water supply improvement in Ndeke township                          | 3,000,000 US\$  | 資金協力事業                             | (ンドラ市)<br>老朽化した配水管の更新、水道メータ設置                      |
| ～2008年      | 中国                                     | Rehabilitation of Itawa Water Treatment Plant                       |   |                                    | (ンドラ市)<br>濾過池の改修、薬品注入設備・送水ポンプ・逆洗ポンプの更新             |
| 未定          | 未定                                     | Lake Ishiku 水源プロジェクト  | 8,280,045 US\$  | 2008年調査実施済                         | (ンドラ市)<br>Lake Ishiku 浄水場の改修                       |

出所：KWSC資料

### 2-2-3 DTF による支援

DTF (Devolution Trust Fund) はドイツ (KfW・GTZ)、デンマーク (DANIDA)・EU・「ザ」国政府 (GRZ) によるバスケットファンドであり、全国の都市周辺部・低所得者層居住地区への給水サービスの拡張・改善プロジェクトのための資金供給を行っている。KWSC における DTF 資金による最近のプロジェクトは次のとおりである。

表 2-2-3 KWSC に対する最近の DTF プロジェクト

| 終了時期      | 機関名 | 案件名   | 金額                   | 援助形態          | 概要                                      |
|-----------|-----|---|----------------------|---------------|---|
| ～2008年    | DTF | Tawapia water supply improvement through kiosks         | 1,054,229,876<br>ZMK | バスケット<br>ファンド | キオスク型公共水栓建設 20 箇所、メータ 300 個設置、配水管 2.5km |
| ～2009年6月  | DTF | McKenzie water supply improvement through kiosks        | 62,500<br>US\$       | バスケット<br>ファンド | キオスク型公共水栓建設と配水管布設                       |
| ～2009年6月  | DTF | Kantolomba water supply improvement through kiosks      | 108,500<br>US\$      | バスケット<br>ファンド | キオスク型公共水栓建設と配水管布設                       |
| ～2009年12月 | DTF | Upgrading of sewer lines in Masala and Lubuto townships | 125,000<br>US\$      | バスケット<br>ファンド | 老朽化または口径が小さい下水管の更新による下水管閉塞対策            |
| ～2009年12月 | DTF | Mikomfwa metering project                               | 205,750<br>US\$      | バスケット<br>ファンド | 各戸給水用メータ及び給水区域の水量計設置                    |
| ～2009年12月 | DTF | Lubuto metering project                                 | 325,000<br>US\$      | バスケット<br>ファンド | ルプト地区に 4,050 個のメータ設置                    |
| ～2010年7月  | DTF | Kariba sanitation pilot project                         | 3,000,000<br>US\$    | バスケット<br>ファンド | 手洗場およびバイオガス施設の建設                        |
| ～2010年10月 | DTF | Water supply improvement to Masaiti council/Boma.       | 250,000<br>US\$      | バスケット<br>ファンド | 浄水場の取水・送水ポンプの更新、キオスク型公共水栓建設             |
| ～2010年12月 | DTF | Metering of Chifubu and part of Pamodzi                 | 700,000<br>US\$      | バスケット<br>ファンド | 各戸給水用メータ及び給水区域の水量計設置                    |

出所：KWSC 資料、Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report 2008/2009

## 2-3 対象地域の概要

### 2-3-1 ンドラ市の社会条件

#### (1) ンドラ市の概況

ンドラ市は、「ザ」国中部のコッパーベルト州の州都であり、人口は約 46 万人 (2007 年)、「ザ」国第 3 の都市である。植民地時代の 1904 年に街の基礎が出来、その後は周辺で採れる銅など鉱物資源の集散およびその精錬の地として栄えてきた。ンドラ市の南東のブワナムクブワには銅山があるほか、コッパーベルト州全域から銅と貴金属がその加工のためにンドラ銅精錬所やンドラ貴金属精錬所に運ばれてきていた。かつては関連する官営企業のほか、ランドローバー、ジョンソン&ジョンソン、ダンロップタイヤ等の外国企業が進出していた。

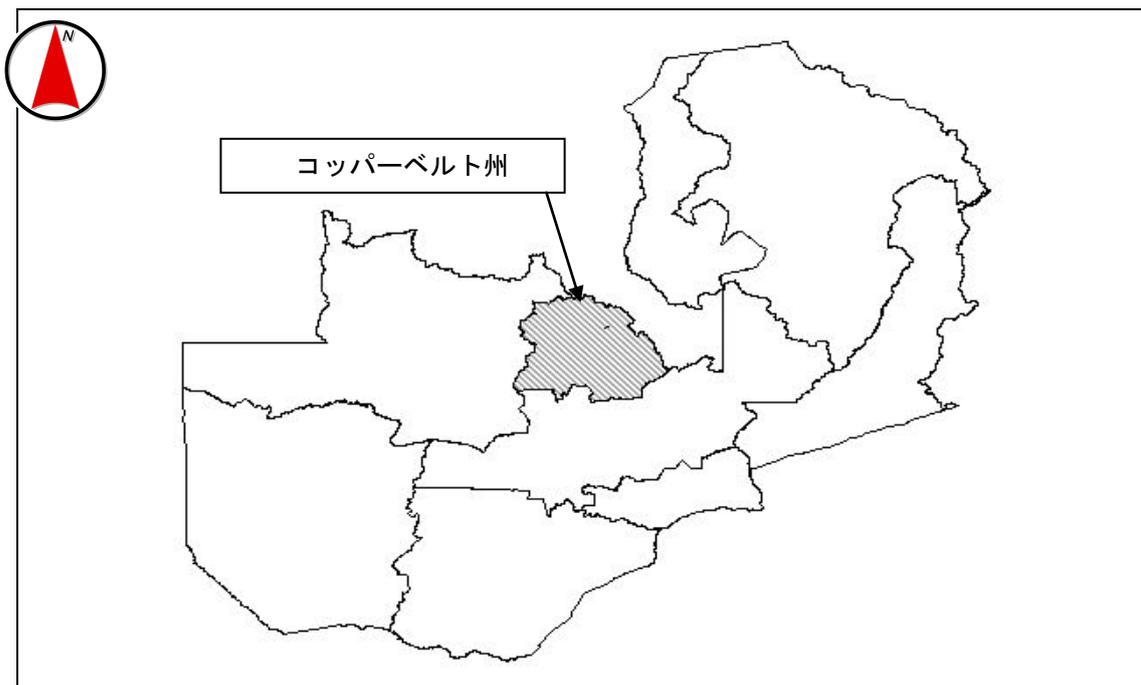


図 2-3-1 ザンビア国とコッパーベルト州の位置

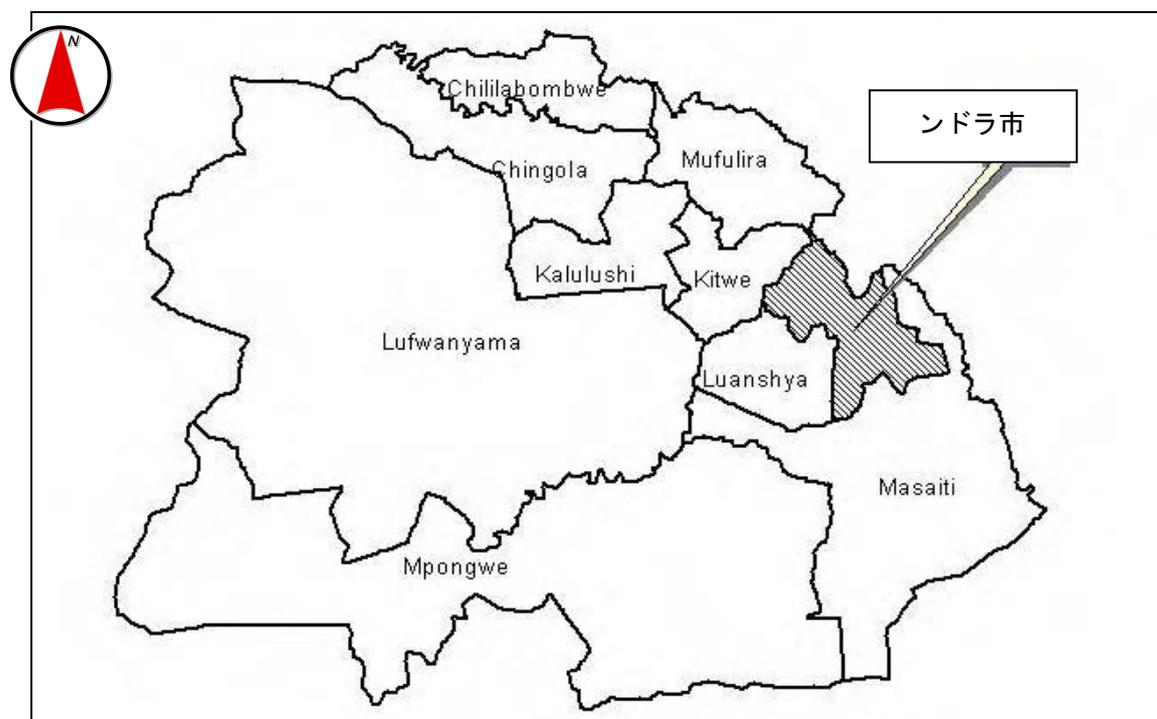


図 2-3-2 コッパーベルト州とンドラ市の位置

その後の政府の構造調整・民営化政策に加え、世界的な不況等の影響により、これら企業のほとんどは撤退、過去 15 年間、その経済は大幅に縮小した。しかし近年、国際的な鉱物価格の上昇等によりンドラ市は再び活況を取り戻しつつある。鉱物資源等を求めて進出する中国企業が目立

つが、この他にも周辺の良質の石灰岩を原料とするセメント工業、石油精製所、整備された交通インフラ等とも相まって多くの第三次産業も引き付けており、同市は引き続き「ザ」国内で重要な位置を占めており、コッパーベルト州の工業、商業、行政、流通の中核都市となっている。

現在、石油精製についてはタンザニア国のダルエスサラームから繋がる原油パイプラインの終点がンドラにありインデニ石油精製所が稼働している。鉄道は、北へはコンゴ民主共和国のルブンバシへ、南へはルサカを經由してリヴィングストンに達するザンビア国鉄が通っている。ンドラ空港からは、ルサカへの国内線のほか、ヨハネスブルグ（南アフリカ共和国）やダルエスサラームへの国際線が就航している。

電力供給は、半官半民の電力会社である ZESCO が全国を統一して行っている。地域により、3時間半程度の計画停電が年に数回あり、新聞等で前もって通知される。電力料金は上昇傾向にあり 2009 年 8 月 1 日に値上げされた。2010 年に入ってから ZESCO は銅および原油の価格上昇、自国通貨（ZMK:ザンビアクワッチャ）の下落を主な理由として 2010 年 7 月 1 日からの電力料金の値上げを表明しており、これにより各地方水道公社もポンプ設備の運転費用が増加するため水道料金の値上げを余儀なくされる見通しである。

ンドラ市では比較的早期から上下水道の整備が進んだこともあり、水因性疾病の罹患者は他の病気に比べて多いものではないが、人口増加により街区が拡大しており上下水道の整備が追いついていない地域が見られる。

**表 2-3-1 ンドラ市の主な疾病・外傷（上位 5 種の患者数）**

| 疾病・外傷種別     | 人数（人）  |
|-------------|--------|
| マラリア        | 96,470 |
| 肺炎以外の呼吸器感染症 | 38,814 |
| 下痢          | 27,424 |
| 肺炎          | 16,828 |
| 外傷・事故       | 5,387  |

出所：City of Ndola, DISTRICT SITUATION ANALYSIS, First Draft, December 2005

(2) 行政区分・人口

ンドラ市において上下水道サービスを供給するカフブ上下水道公社(KWSC)は、ンドラ(Ndola)、ルアンシャ(Luanshya)、マサイチ(Masaiti)の3つのディストリクト(District)の上下水道事業を管轄している。自治体区分では、それぞれ規模によりンドラ市(City Council)、ルアンシャ町(Municipal Council)、マサイチ郡(District Council)となっている。2000年10月16日から2000年11月15日に実施された国勢調査による人口統計によると3つの地区の総人口は618,246人、ンドラ市の人口は374,757人、人口増加率は1.1%である。

表 2-3-2 2000 年国勢調査による人口統計

| 行政区<br>District | 選挙区<br>Constituency | 2000 年世帯数 | 2000 年人口 |
|-----------------|---------------------|-----------|----------|
| Ndola           | Bwana Mkubwa        | 19,998    | 103,195  |
|                 | Chifubu             | 13,552    | 76,642   |
|                 | Kabushi             | 14,318    | 82,791   |
|                 | Ndola Central       | 23,185    | 112,129  |
|                 | 計                   | 71,053    | 374,757  |
| Luanshya        | Luanshya            | 15,915    | 81,127   |
|                 | Roan                | 11,324    | 66,781   |
|                 | 計                   | 27,239    | 147,908  |
| Masaiti         | Kafulafuta          | 6,407     | 28,130   |
|                 | Masaiti             | 13,385    | 67,451   |
|                 | 計                   | 19,792    | 95,581   |
| 合計              |                     | 118,084   | 618,246  |

| 区域     | 世帯            | 男性             | 女性             | 合計             |
|--------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| ンドラ市合計 | <b>71,053</b> | <b>188,222</b> | <b>186,535</b> | <b>374,757</b> |

|                      |               |               |               |                |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| <b>Bwana Mkubwa</b>  | <b>19,998</b> | <b>52,117</b> | <b>51,078</b> | <b>103,195</b> |
| Chichele             | 5,644         | 14,821        | 14,804        | 29,625         |
| Itawa                | 3,621         | 10,126        | 9,941         | 20,067         |
| Kantolomba           | 1,448         | 3,568         | 3,609         | 7,177          |
| Kavu                 | 1,022         | 2,348         | 2,278         | 4,626          |
| Munkulungwe          | 3,415         | 7,911         | 7,292         | 15,203         |
| Mushili              | 4,848         | 13,343        | 13,154        | 26,497         |
| <b>Chifubu</b>       | <b>13,552</b> | <b>38,462</b> | <b>38,180</b> | <b>76,642</b>  |
| Chifubu              | 2,089         | 6,256         | 6,340         | 12,596         |
| Fibobe               | 2,042         | 5,996         | 5,949         | 11,945         |
| Kamba                | 2,188         | 6,530         | 6,225         | 12,755         |
| Kawama               | 2,800         | 7,338         | 7,349         | 14,687         |
| Pamodzi              | 4,433         | 12,342        | 12,317        | 24,659         |
| <b>Kabushi</b>       | <b>14,318</b> | <b>41,164</b> | <b>41,627</b> | <b>82,791</b>  |
| Kabushi              | 1,460         | 4,327         | 4,363         | 8,690          |
| Kafubu               | 2,146         | 6,228         | 6,133         | 12,361         |
| Kaloko               | 1,258         | 3,699         | 3,706         | 7,405          |
| Lubuto               | 3,970         | 11,304        | 11,441        | 22,745         |
| Masala               | 1,459         | 4,236         | 4,306         | 8,542          |
| Mukuba               | 1,641         | 4,276         | 4,376         | 8,652          |
| Skyways              | 1,248         | 3,525         | 3,613         | 7,138          |
| Toka                 | 1,136         | 3,569         | 3,689         | 7,258          |
| <b>Ndola Central</b> | <b>23,185</b> | <b>56,479</b> | <b>55,650</b> | <b>112,129</b> |
| Chipulukusu          | 6,879         | 15,877        | 15,348        | 31,225         |
| Kanini               | 2,548         | 5,943         | 5,906         | 11,849         |
| Kansenshi            | 3,246         | 9,430         | 9,577         | 19,007         |
| Nkwazi               | 2,514         | 5,778         | 5,561         | 11,339         |
| Twapia               | 5,866         | 13,975        | 13,793        | 27,768         |
| Yengwe               | 2,132         | 5,476         | 5,465         | 10,941         |

出典 : Summary Report for the 2000 Census of Population and Housing (November, 2003)

表 2-3-3 シンドラ市の人口増加の状況

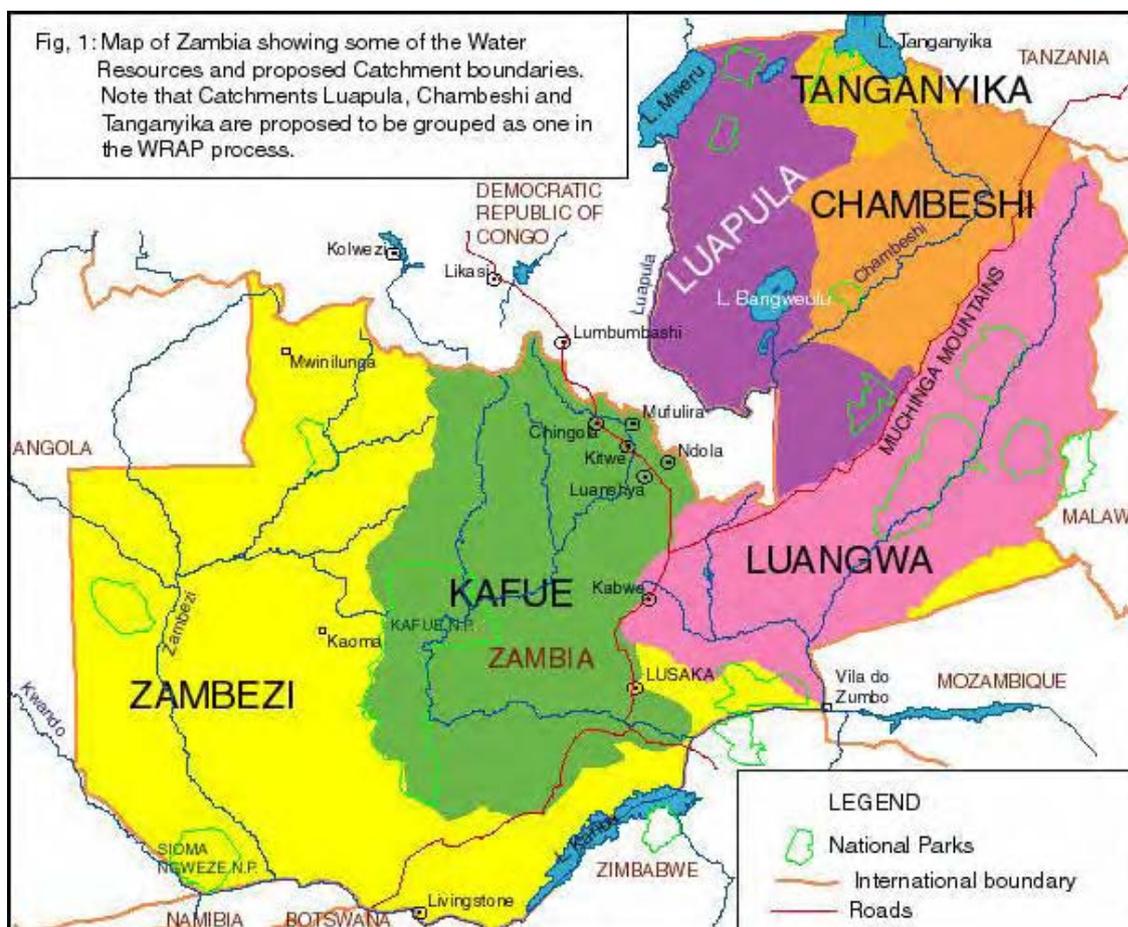
| 地区   | 人口<br>1969-1980年 | 人口増加率<br>(年率) | 人口<br>1990年 | 人口増加率<br>(年率) | 人口<br>2000年 | 人口増加率<br>(年率) |
|------|------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| シンドラ | 159,786          | 5.3%          | 334,777     | 1.7%          | 374,757     | 1.1%          |

出典：Summary Report for the 2000 Census of Population and Housing (November, 2003)

## 2-3-2 シンドラ市の自然条件

### (1) 水文・気象

シンドラ市街は、コンゴ民主共和国までおよそ 10km の距離に位置している。シンドラ市内を流れるカフブ川は「ザ」国とコンゴ民主共和国との国境あたりを水源とし、シンドラ市およびその下流のルアンシャ（KWSC の管轄にある町）の水道水源となっている。カフブ川は、カフエ川流域の上流部にあり、カフエ川に合流する。カフエ川はジンバブエとの国境でザンベジ川に合流し、モザンビークを流下してインド洋に達している。



出所：IWRM/WE Implementation Plan, 2008

図 2-3-3 「ザ」国の河川流域区分図

1994年～2003年の10年間の観測データを基にした、シンドラ市における月別の平均最高気温と平均最低気温を下図に示す。標高が海拔 1,300m 程度あるため、比較的年間の気温差が小さな温暖

な気候である。9月～11月は平均最高気温が30℃を超え、年間を通して平均最高気温は25℃を下回らない。ただし、5月～8月は最低気温が下がり、特に6月～7月は平均最低気温が10℃以下と寒くなる。

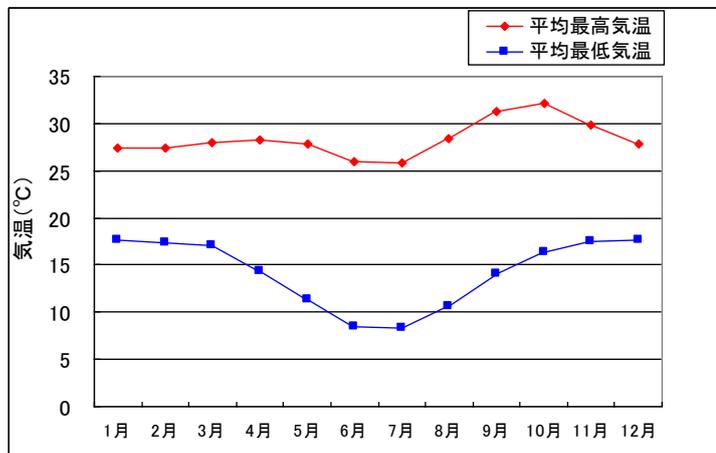


図 2-3-4 シンドラ市における月別の平均最高気温と平均最低気温

1993年～2003年の11年間の観測データを基にした、シンドラ市における月別の降雨量を下図に示す。雨季と乾季が明瞭に分かれており、11月～3月の雨季には月間121mm～285mmの降雨量があるが、4月～10月の乾季のうち特に5月～9月の5ヶ月間は全く雨が降らない。

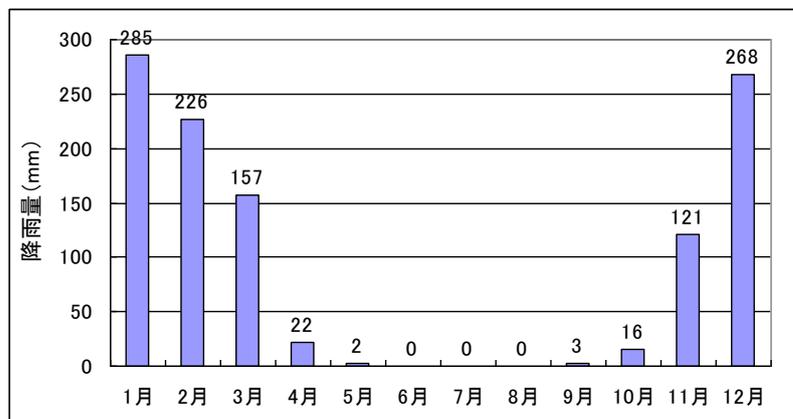


図 2-3-5 シンドラ市における月別の降雨量

シンドラ市における年間降雨量の長期変遷を次図に示す。1993年～2003年の11年間の平均年間降雨量は1,101mmとなっており、2000年の845mmから1993年の1,422mmまでの幅はあるが、それほど年較差は大きくなく、安定した年間降雨量があると言える。

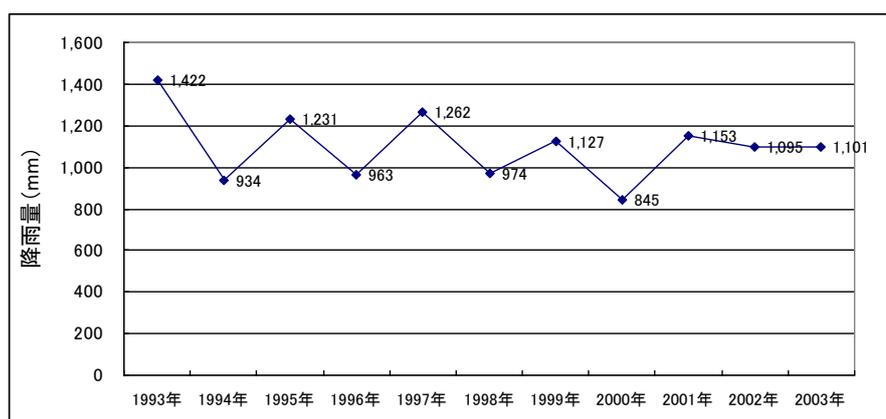


図 2-3-6 シンドラ市における年間降雨量の長期変遷

## 2-4 カフブ上下水道公社 (KWSC) とシンドラ市の上下水道の概況

### 2-4-1 カフブ上下水道公社 (KWSC) の概要

#### (1) 「ザ」国の上下水道サービス事業者

「ザ」国の地方都市において上下水道サービスを行う事業者は公社化されている。National Water Supply and Sanitation Council (NWASCO : 中央水道衛生審議会 (仮訳)) はエネルギー・水開発省の管轄下であり、1997年の議会制定法により設立された。NWASCO は地方の上下水道公社 (Commercial Utilities (CUs)) にライセンスを発行し、各上下水道公社において最低限達成されるべきサービスの内容を規定したガイドラインを提示している。また、上下水道の料金改定の際は各上下水道公社が申請し、NWASCO が承認することになっている。そのほか、NWASCO は各地方上下水道公社のサービスを数値化して評価し報奨金を出す取り組み (Regulation By Incentive (RBI)) を行っている。

表 2-4-1 「ザ」国の上下水道サービス事業者 (Commercial Utilities (CUs))

| 水道事業者             | 略称    | 運営開始年 | 供給先の町数 | 州             | 地域内の人口    | 水道普及率 | 衛生設備普及率 |
|-------------------|-------|-------|--------|---------------|-----------|-------|---------|
| Nkana WSC         | NWSC  | 2000  | 3      | Copperbelt    | 679,980   | 84.5% | 52%     |
| Lusaka WSC        | LWSC  | 1989  | 1      | Lusaka        | 1,712,390 | 68.2% | 17%     |
| Kafubu WSC        | KWSC  | 2000  | 3      | Copperbelt    | 628,825   | 83.9% | 46%     |
| Southern WSC      | SWSC  | 2000  | 19     | Southern      | 310,222   | 88.9% | 53%     |
| Mulonga WSC       | MWSC  | 2000  | 3      | Copperbelt    | 433,585   | 86.5% | 63%     |
| Chambeshi WSC     | CHWSC | 2003  | 12     | Northern      | 267,191   | 57.5% | 25%     |
| Chipata WSC       | CWSC  | 1992  | 1      | Eastern       | -         | -     | -       |
| North Western WSC | NWWSC | 2000  | 7      | North-Western | 204,314   | 62.7% | 5%      |
| Western WSC       | WWSC  | 2000  | 6      | Western       | 154,542   | 57.2% | 17%     |
| Lukanga WSC       | LGWSC | 2007  | 6      | Central       | 323,657   | 64.8% | 25%     |

出所 : NWASCO HP

#### (2) カフブ上下水道公社 (KWSC) の給水状況

KWSC は、2000年にカフブ市の上下水道部局から独立、公社化して設立された。2007年10月

1 日には鉱山地区であるルアンシャ（Luansha District）の給水事業を鉱山会社（Asset Holding Company—Municipal Mine Services）から引き継いだため、給水対象地区がンドラ、ルアンシャ、マサイチの3つの行政区となっている。

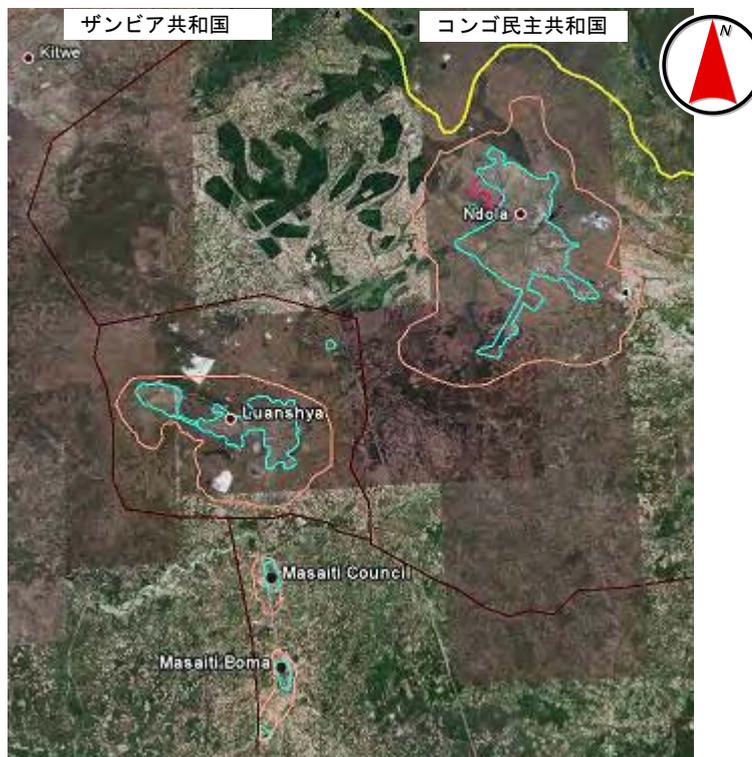


図 2-4-1 カフブ上下水道公社（KWSC）の給水区域（青線）

下表に KWSC の全ての給水対象地域についての給水概況を示す。

表 2-4-2 カフブ上下水道公社（KWSC）の給水概況

| 給水区<br>の人口  | 水生産量<br>(m <sup>3</sup> /year) | 1人あたり<br>の生産量 | 接続件数   |       | 給水率     | 下水道<br>普及率 | メータ<br>計量率 | 無収<br>水率 | 給水<br>時間 |
|-------------|--------------------------------|---------------|--------|-------|---------|------------|------------|----------|----------|
|             |                                |               | 家庭     | 非家庭   |         |            |            |          |          |
| 2005/2006 年 |                                |               |        |       |         |            |            |          |          |
| 444,000 人   | 54,870,000                     | 356 l/day -   | 36,206 |       | 95%     | 65%        | 8%         | 57%      | 15 時間    |
| 2007/2008 年 |                                |               |        |       |         |            |            |          |          |
| 623,834 人   | 55,800,000                     | 278 l/day     | 43,690 | 1,908 | 88%     | 52%        | 26%        | 47.8%    | 15 時間    |
| (全国都市平均)    |                                | (186 l/day)   | -      | -     | (68.6%) | (29.0%)    | (43%)      | (45%)    | (15.5)   |
| 2008/2009 年 |                                |               |        |       |         |            |            |          |          |
| 628,825 人   | 57,300,000                     | 298 l/day     | 39,181 | 1,929 | 83.9%   | 46%        | 32%        | 46.0%    | 15 時間    |
| (全国都市平均)    |                                | -             | -      | -     | (72.4%) | (34.0%)    | -          | -        | -        |

出典：Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report

浄水場の改修は行われているものの拡張は行われておらず、水生産量が伸びない状況に対して人口が増えているために相対的に1人あたりの生産量は年々減っている。給水率・下水道普及率ともに全国都市平均よりも高い水準にあるが、他方、メータ計量率が低いことに加えて老朽化した管路からの漏水が多いために無収水率は高い。無収水率の改善（有収率の向上、漏水率の削減）策としては、漏水検知や給水管の更新よりも、メータ設置と老朽化した管路の更新といった根本

的な手法が必要な段階にあるといえる。管路からの漏水が多いため水道使用量の少ない夜間は配水弁を閉めて計画的に断水する区域があり、給水時間は7時から22時までの15時間となっている。

(3) カフブ上下水道公社 (KWSC) の組織

2010年4月の資料によるとKWSCの全職員数は345人であり、そのうち、ンドラ市を担当する職員は227人となっている。

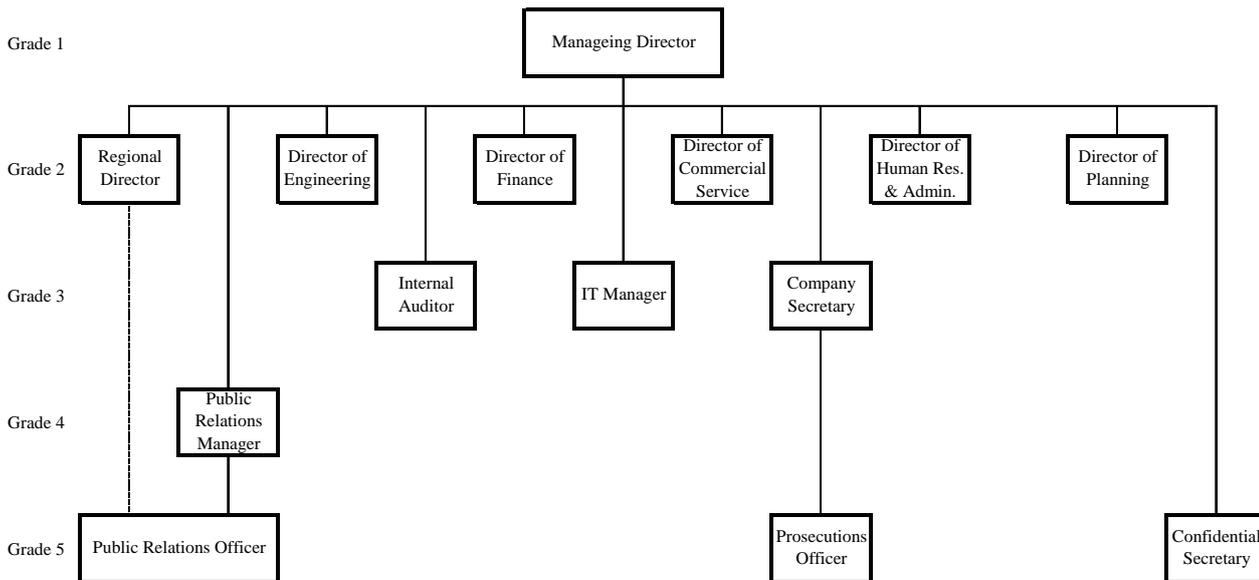


図 2-4-2 カフブ上下水道公社 (KWSC) の部局区分

表 2-4-3 カフブ上下水道公社 (KWSC) のンドラ市担当職員数

| 部局 | 総裁ほか            | 人事部門            | 財務部門            | サービス部門                    | 技術部門                  |      |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|------|
| 内容 | 総裁・秘書<br>・広報・監査 | 人事・管理<br>・運転手含む | 経理・財務<br>会計システム | 支払窓口・<br>メータ検針員・<br>配管工ほか | 配管保守<br>処理場運転<br>漏水担当 | 合計   |
| 人数 | 5人              | 28人             | 12人             | 65人                       | 117人                  | 227人 |

(4) カフブ上下水道公社 (KWSC) の運営状況

KWSCの給水対象地区全体の運営コストと料金収入の概要を次表に示す。2007/2008年度においては、運営総コストの243億7,800万ZMK（ザンビアクワッチャ：1ZMK=約0.02円）に対し請求書金額は322億6,600万ZMKとなっており、集金率の96%を考慮しても、料金収入により運営コストを128%カバーしていたが、2009年には落ち込みが生じた。

**表 2-4-4 カフブ上下水道公社 (KWSC) の運営コストと料金収入**

| 年度         | 運営コスト (百万 ZMK) |       |        |        |        | 料金収入 (百万 ZMK) |     | 料金収入による O&M カバー率 |
|------------|----------------|-------|--------|--------|--------|---------------|-----|------------------|
|            | 人件費            | 薬品代   | エネルギー代 | その他    | 合計     | 請求総額          | 集金率 |                  |
| 2004/2005年 | 8,067          | 1,193 | 3,889  | 3,229  | 16,378 | -             | -   | -                |
| 2005/2006年 | 8,372          | 1,469 | 4,052  | 3,197  | 17,090 | -             | 58% | 109%             |
| 2006/2007年 | 9,027          | 1,154 | 4,713  | 6,809  | 21,702 | -             | 85% | 114%             |
| 2007/2008年 | 13,646         | 1,601 | 1,668  | 7,463  | 24,378 | 32,266        | 96% | 128%             |
| 2008/2009年 | 19,587         | 1,201 | 4,441  | 27,516 | 52,745 | 46,417        | 68% | 60%              |

出典：Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report

下表に、さらに詳細に集金率と料金収入による運営・維持管理費のカバー率の過去7年間の変遷を示す。2005/2006年度以降は運営・維持管理費を料金収入でカバーできている。集金率については、2006/2007年度以降かなり改善されてきていたが、2009年には大きく落ち込んだ。この理由は、KWSCの所掌範囲が拡大され鉦山会社への給水が加わったが、2009年に大口顧客であった鉦山会社が一時閉鎖した（現在は再開）ために料金収入が落ちたためと分析される。

**表 2-4-5 カフブ上下水道公社 (KWSC) の集金率と料金収入による運営・維持管理費カバー率の変遷**

|                  | 2002<br>/2003年 | 2003<br>/2004年 | 2004<br>/2005年 | 2005<br>/2006年 | 2006<br>/2007年 | 2007<br>/2008年 | 2008<br>/2009年 |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 集金率              | 30%            | 52%            | 65%            | 58%            | 85%            | 96%            | 68%            |
| 料金収入による O&M カバー率 | 45%            | 63%            | 95%            | 109%           | 114%           | 128%           | 60%            |

出典：Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report 2007/2008

(5) カフブ上下水道公社 (KWSC) の上下水道料金

KWSCの上下水道料金は、メータ計量接続の場合の料金と水道メータが無い場合の定額制の料金が定められている。

表 2-4-6 カフブ上下水道公社 (KWSC) のメータ計量接続の場合の上下水道料金

| 区分   |                      | 認可された料金 (ZMK/m <sup>3</sup> ) |              |              |
|------|----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| 用途   | 使用量                  | 2008/2009 年度                  | 2009/2010 年度 | 2010/2011 年度 |
| 生活用水 | 0~6m <sup>3</sup>    | 1,320                         | 1,518        | 1,669        |
|      | 7~15m <sup>3</sup>   | 1,440                         | 1,656        | 1,822        |
|      | >15m <sup>3</sup>    | 1,920                         | 2,208        | 2,428        |
|      | 下水道料金%               | 40%                           | 40%          | 40%          |
| 商業用水 | 6~30m <sup>3</sup>   | 1,560                         | 1,872        | 2,152        |
|      | 30~170m <sup>3</sup> | 2,080                         | 2,496        | 2,870        |
|      | >170m <sup>3</sup>   | 2,860                         | 2,432        | 3,946        |
|      | 下水道料金%               | 60%                           | 60%          | 60%          |
| 工業用水 | 6~30m <sup>3</sup>   | 1,560                         | 1,872        | 2,152        |
|      | 30~170m <sup>3</sup> | 1,600                         | 1,600 ?      | 2,870        |
|      | >170m <sup>3</sup>   | 1,860                         | 3,432        | 3,946        |
|      | 下水道料金%               | 60%                           | 60%          | 60%          |
| 給水所  |                      | 1,200                         | 1,380        | 1,518        |

出所：KWSC 資料

表 2-4-7 カフブ上下水道公社 (KWSC) の非メータ接続の場合の上下水道料金

| 用途 | 区分                        | 認可料金 (ZMK/月) |         |         | 値上げ率認可  |         |         |
|----|---------------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    |                           | Ndola        | Luansha | Masaiti | 2008/09 | 2009/10 | 2011/12 |
| 住宅 | 高所得者層居住地区                 | 88,872       | 88,872  | 46,200  | 20%     | 15%     | 10%     |
|    | 中所得者層居住地区                 | 46,560       | 46,560  | 20,424  | 20%     | 15%     | 10%     |
|    | 低所得者層居住地区                 | 17,188       | 17,188  | 10,764  | 20%     | 15%     | 10%     |
|    | Stand Tap (庭先水栓)          | 9,000        | 9,000   | 9,000   | 20%     | 15%     | 10%     |
|    | Communal Tap (共同水栓)       | 6,000        | 6,000   | 6,000   | 20%     | 15%     | 10%     |
|    | 下水道料金                     | 40%          | 40%     | 40%     | 0%      | 0%      | 0%      |
| 商業 | 査定水量 0~30m <sup>3</sup>   | 221,260      | 221,260 | 89,700  | 265,512 | 305,338 | 335,871 |
|    | 査定水量 30~170m <sup>3</sup> | 30%増         | 30%増    | 30%増    | 30%増    | 20%増    | 15%増    |
|    | 査定水量 >170m <sup>3</sup>   | 30%増         | 30%増    | 30%増    | 30%増    | 20%増    | 15%増    |

非メータ接続による定額制の場合は、居住区の所得水準により料金に大きな差があり、高所得者層居住地区の場合は 1 ヶ月に 46m<sup>3</sup>、中所得者層居住地区の場合は 1 ヶ月に 24m<sup>3</sup>、低所得者層居住地区の場合は 1 ヶ月に 12 m<sup>3</sup>以上使用しなければメータ計量よりも不利であるため、水の浪費に繋がっていると思われる。

#### (6) 水利権

水源からの取水に対しては、エネルギー・水開発省管轄下の Water Board から認可された水利権 (認可取水量) を KWSC が有しており、2009 年については、下表に示す取水料金を Water Board に支払う必要がある。カフブダムについては、カフブ浄水場の浄水能力の 81,800m<sup>3</sup>/day に近い 81,500m<sup>3</sup>/day の取水量が認可されている。イタワダムの認可取水量は 20,500 m<sup>3</sup>/day とイタワ浄水場の浄水能力の 25,900 m<sup>3</sup>/day よりもやや少なくなっている。取水料金の 2009 年の年間総額は

83,114,000 ZMK となっており、2007/2008 年度の料金収入の 0.26%に過ぎず、水道運営にはほとんど影響していない。

**表 2-4-8 カフブ上下水道公社 (KWSC) の所有する水利権と 2009 年の取水料金**

| 水源地      | 認可取水量                     | 取水料金                      |  |                     |
|----------|---------------------------|---------------------------|--|---------------------|
|          |                           | 500m <sup>3</sup> /day まで | 500m <sup>3</sup> /day 超過分                 | 合計                  |
| カフブダム    | 81,500m <sup>3</sup> /day | 5,000 ZMK/year            | 2 ZMK/m <sup>3</sup><br>59,130,000ZMK/year | 59,135,000 ZMK/year |
| イタワダム    | 20,500m <sup>3</sup> /day | 5,000 ZMK/year            | 2 ZMK/m <sup>3</sup><br>14,600,000ZMK/year | 14,605,000 ZMK/year |
| その他 6 箇所 | 15,450m <sup>3</sup> /day | 5,000ZMK/year<br>×6 箇所    | 2 ZMK/m <sup>3</sup><br>9,344,000ZMK/year  | 9,374,000 ZMK/year  |
| 総計       |                           |                           |  | 83,114,000 ZMK/year |

## 2-4-2 ンドラ市の上下水道の概況

ンドラ市の上下水道は古くから整備されてきており、イタワ浄水場は独立前の 1955 年、カフブ浄水場は 1966 年に建設されている。下水処理場も早くも 1956 年に建設されている (カニニ下水処理場)。しかしながら、これら古い施設の更新は厳しい経済状況が続いたためほとんど行われておらず、各所で故障や漏水が頻発し、現在の上下水道サービスの質は必ずしも高くない。

例として、カフブ浄水場では 1 日 81,800m<sup>3</sup> の処理能力に対し、55,000m<sup>3</sup> しか造水できていない。その多くも市内への送水の段階で漏水により失われてしまう。給水時間も限られており、増大する人口に供給が追いついていない。特に貧困地区において顕著である。給水の不足は発展が期待される鉱工業の足枷ともなっている。

また、下水処理場には既に処理能力を超える量が流入しているが、処理施設の多くが故障している。下水を処理場に送るポンプが故障し、下水がそのまま上水道の水源となるカフブ川に流れ込んでいる箇所もある。4 箇所ある下水処理場が全てカフブ浄水場の水源であるカフブダム貯水池より上流に位置していることから、下水排水によるカフブ浄水場の水源の水質汚染が問題となっている。イタワ浄水場については、水源のイタワダムがこれらの下水処理場よりも上流に位置しているため、水質の問題は発生していない。カフブダムがンドラ市街地よりかなり下流側に位置していることが根本原因であるが、ダムや浄水場の位置を変えることは不可能であるため、下水排水の水質改善が求められている。

管渠についても老朽化による漏水が顕在化しており計画的な更新が必要となっている。下表に、各戸接続管を除く、ンドラ市における送・配水管路の管径ごとの延長距離を示す。総延長は約 633km で、そのうち管径 300mm を超えるものが約 49km となっている。なお、管径 450mm (18 インチ) 以上が漏水の問題が大きい初期に設置されたコンクリート管である。

**表 2-4-9 ンドラ市の各戸接続管を除く既存の送・配水管路の延長距離**

| 管径        | 延長距離      |
|-----------|-----------|
| >300mm    | 49.01km   |
| 200～300mm | 55.00 km  |
| 100～200mm | 77.50 km  |
| 50～100mm  | 451.30 km |
| <50mm     | 0.18 km   |
| 合計        | 632.99 km |

また、下水管路の管径ごとの延長距離は以下のとおりである。小口径管はアスベストセメント管（AC管）が多く、現在もAC管が新規に埋設されている。

**表 2-4-10 ンドラ市の下水管路の延長距離**

| 管径        | 延長距離       |
|-----------|------------|
| 600～900mm | 12.469 km  |
| 400～600mm | 13.336 km  |
| 250～400mm | 17.270 km  |
| 150～250mm | 39.320 km  |
| 100～150mm | 514.738 km |
| 合計        | 597.133 km |

## 2-5 ンドラ市の上水道セクターの現状

### 2-5-1 上水道システム

ンドラ市（Ndola City Council）の既存上水道システムの概念図を次図に示す。水道水源は、表流水を水源としたものがカフブ浄水場、イタワ（Itawa）浄水場、Lake Ishiku 浄水場の3系統と、地下水を水源としたものがミスンドゥⅠ地下水スキーム及びミスンドゥⅡ地下水スキームの2系統が稼動している。これらの内、Lake Ishiku 浄水場系統は、1990年代前半から停止している。稼動しているカフブ浄水場とイタワ浄水場は、それぞれカフブ川を堰き止めたカフブダムとイタワダムを水源としており、カフブダムがンドラ市街地の下流側、イタワダムがンドラ市街地上流側に位置している。

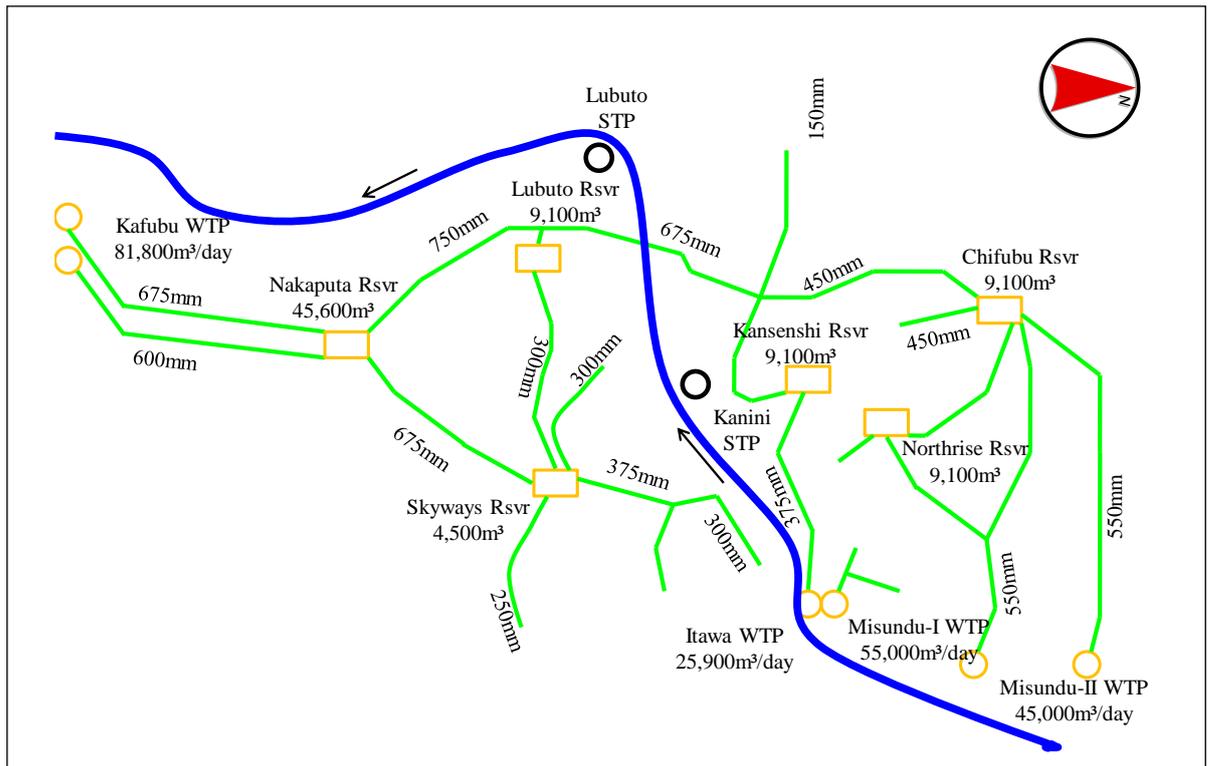


図 2-5-1 ンドラ市の上水道システム概念図

### 2-5-2 給水と計量の状況

ンドラ市の給水概況を下表に示す。給水率、メータ計量率、給水時間などが、KWSC 管轄地域全体（ンドラ・ルアンシャ・マサイチ）の平均（前掲表 2-4-2）と比べて悪くなっている。

表 2-5-1 ンドラ市の給水概況（2007/2008 年度）

| 給水区<br>の人口 | 給水人口      | 水生産量<br>(m <sup>3</sup> /year) | 1人あたり<br>の生産量 | 接続件数   |       | 給水率 | メータ<br>計量率 | 無収<br>水率 | 給水<br>時間 |
|------------|-----------|--------------------------------|---------------|--------|-------|-----|------------|----------|----------|
|            |           |                                |               | 家庭     | 非家庭   |     |            |          |          |
| 362,457 人  | 235,270 人 | 28,153,000                     | 328 l/day     | 30,239 | 1,719 | 65% | 18%        | 48.2%    | 12 時間    |

次表に KWSC による 2007/2008 年度のンドラ市における生産水量と販売水量の内訳を示す。水源  
地での取水量は 2,914 万 m<sup>3</sup>、浄水場の処理水量が 2,815 万 m<sup>3</sup>、水の販売量（請求書の水量）が 1,459  
万 m<sup>3</sup>となっており、無収水率は 48.2%となる。

表 2-5-2 ンドラ市の水道事業における水の生産量と販売量の比較（無収水率）

| 項目／区分                     |            | 水量（百万 m <sup>3</sup> /年） |       |
|---------------------------|------------|--------------------------|-------|
| 水源地での取水量                  | 表流水        | 15.801                   |       |
|                           | 地下水        | 13.341                   |       |
|                           | 取水量の合計     | <b>29.142</b>            |       |
| 浄水場処理水量<br>（水生産量）         | 表流水        | 20.180                   |       |
|                           | 地下水        | 7.973                    |       |
|                           | 浄水場処理水量の合計 | <b>28.153</b>            |       |
| 請求書水量<br>（水販売量）           | 生活用水       | 各戸（メータ計量）                | 2.624 |
|                           |            | 各戸（非メータ計量）               | 6.877 |
|                           |            | キオスク（メータ計量）              | 0.030 |
|                           |            | 生活用水の合計                  | 9.531 |
|                           | 施設用水       | メータ計量                    | 0.018 |
|                           |            | 非メータ計量                   | 0.101 |
|                           |            | 施設用水の合計                  | 0.109 |
|                           | 商・工業用水     | メータ計量                    | 1.286 |
|                           |            | 非メータ計量                   | 3.664 |
|                           |            | 商・工業水の合計                 | 4.950 |
| 請求書水量の合計                  |            | <b>14.590</b>            |       |
| 無収水率（％）＝（1－水販売量÷水生産量）×100 |            | 48.2%                    |       |

水の販売量（請求書の水量）の 1,459 万 m<sup>3</sup> の内、メータ計量された水量が約 396 万 m<sup>3</sup> であり、水量比によるメータ計量率は 27% となっている。また、下表に示す様に、ンドラ市の水道接続件数の 31,958 件の内、水道メータ計量がなされているものは 5,663 件しかなく、水道メータが設置されている割合によるメータ計量率は低い。

表 2-5-3 ンドラ市における水道メータ設置の割合（2008 年）

| 項目／区分       |             | 接続件数          |
|-------------|-------------|---------------|
| 各戸接続        | メータ計量       | 5,081         |
|             | 非メータ計量      | 25,158        |
|             | 各戸接続の合計     | 30,239        |
| 施設用接続       | メータ計量       | 24            |
|             | 非メータ計量      | 226           |
|             | 施設用接続の合計    | 250           |
| 商・工業用<br>接続 | メータ計量       | 558           |
|             | 非メータ計量      | 911           |
|             | 商・工業用接続の合計  | 1,469         |
| 合計          | メータ計量接続の合計  | <b>5,663</b>  |
|             | 非メータ計量接続の合計 | <b>26,295</b> |
|             | 接続数の総計      | <b>31,958</b> |
| メータ計量接続者率   |             | <b>18%</b>    |

このような状況下、メータ計量率の向上は上下水道公社の収益改善に影響することから、DTF の支援によるメータ設置事業が進められており、メータ設置数は年々増えてきている。

表 2-5-4 ンドラ市の各地域におけるメータ計量率（2010 年）

| 地域          | 需要家数  | メータ設置数 | メータ計量率 (%) |
|-------------|-------|--------|------------|
| Itawa       | 861   | 515    | 60         |
| Northrise   | 1675  | 1253   | 74         |
| Kansenshi   | 1282  | 985    | 77         |
| Kanini      | 332   | 183    | 55         |
| Town Centre | 1504  | 329    | 22         |
| Hillcrest   | 468   | 287    | 61         |
| Ndeke       | 1430  | 1361   | 95         |
| Chipulukusu | 565   | 498    | 88         |
| Kawama      | 547   | 542    | 98         |
| Nkwazi      | 630   | 270    | 43         |
| Skyways     | 195   | 142    | 73         |
| Twapia      | 380   | 302    | 82         |
| Lubuto      | 4100  | 3616   | 88         |
| Mackenzie   | 7     | 7      | 100        |
| Kantolomba  | 20    | 20     | 100        |
| NDOLA 全体    | 30192 | 10303  | 34         |

出所：KWSC 資料 2009 年 11 月, 2010 年 2 月

2007/2008 年度の KWSC の料金収入 32,266,000,000 ZMK（請求書金額による売上高）の内、ンドラ市については、上水道の請求書額が 10,552,448,200 ZMK、下水道の請求書金額が 4,340,111,300 ZMK の合計 14,892,559,500 ZMK となっている。次表にンドラ市の上下水道の 2007/2008 年度売上高の内訳を示す。

表 2-5-5 ンドラ市の上下水道の 2007/2008 年度売上高（請求金額）

| 項目／区分 |         | 請求金額 (ZMK)            |
|-------|---------|-----------------------|
| 上水道   | 家庭      | 7,375,097,500         |
|       | 商・工業    | 2,065,546,600         |
|       | 施設・公共機関 | 1,111,804,100         |
|       | 小計      | 10,552,448,200        |
| 下水道   | 家庭      | 2,497,247,800         |
|       | 商・工業    | 1,198,017,100         |
|       | 施設・公共機関 | 644,846,400           |
|       | 小計      | 4,340,111,300         |
| 合計    |         | <b>14,892,559,500</b> |

また、ンドラ市分の KWSC の 2007/2008 年度の支出については、人件費が約 5,388,000,000 ZMK、管理費が 1,112,600,000 ZMK、運営・維持管理費が 3,869,000,000 ZMK、減価償却費が 2,438,500,000 ZMK 等の合計 13,075,120,000 ZMK となっている。収入と支出の差による利益は 1,846,880,000 ZMK、水の生産原価は 1,361 ZMK/m<sup>3</sup>（1m<sup>3</sup>あたり約 27 円）となっている。

### 2-5-3 水道水生産の状況

ンドラ市の水源別の水道水生産と薬品使用量を以下に示す。表流水を利用したカフブ浄水場とイタワ浄水場では、消毒剤（塩素）、殺藻剤（塩素・硫酸銅）を使用している。凝集剤・pH調整剤は薬品混和装置が稼動していないため現在は使用されていない。

表 2-5-6 ンドラ市の水道水生産の状況

| 浄水場<br>／井戸群                    | カフブ<br>浄水場 | イタワ<br>浄水場 | ンデケ<br>井戸群 | ミスンドゥ I<br>井戸群 | ミスンドゥ II<br>井戸群 | 合計         |
|--------------------------------|------------|------------|------------|----------------|-----------------|------------|
| 日量 (m <sup>3</sup> /day)       |            |            |            |                |                 |            |
| 設計水量                           | 81,800     | 25,900     | —          | 55,000         | 45,000          | 207,700    |
| 生産量                            | 55,000     | 21,000     | 120 - 220  | 38,000         | 30,000          | 144,000    |
| 月間生産水量 (m <sup>3</sup> /month) |            |            |            |                |                 |            |
| 月間目標                           | 1,750,000  | 850,000    | 6,500      | 1,200,000      | 950,000         | 4,756,500  |
| 2009年9月                        | 1,571,858  | 537,221    | 3,758      | 1,048,873      | 869,099         | 4,030,809  |
| 2009年10月                       | 1,612,184  | 831,370    | 4,018      | 1,069,265      | 845,840         | 4,362,677  |
| 2009年11月                       | 1,589,544  | 782,550    | 3,888      | 1,160,237      | 812,590         | 4,348,809  |
| 2009年12月                       | 1,660,032  | 713,104    | 4,017      | 820,132        | 669,342         | 3,866,627  |
| 2010年1月                        | 1,683,000  | 703,006    | 4,017      | 925,130        | 775,400         | 4,090,553  |
| 年間生産水量 (m <sup>3</sup> /year)  |            |            |            |                |                 |            |
| 2009年4月<br>-2010年3月            | 17,508,078 | 8,569,772  | —          | 9,394,065      | 5,575,180       | 41,047,095 |

出所：KWSC資料 2009年11月, 2010年2月

ンデケ井戸群はンデケ地区に給水する小規模な井戸施設のため詳細資料が十分でない

表 2-5-7 ンドラ市の水道水生産における薬品使用量

| 浄水場<br>井戸群   | イタワ浄水場   |                    |           | カフブ浄水場   |                    |       |                   | (kg)               |                    |
|--------------|----------|--------------------|-----------|----------|--------------------|-------|-------------------|--------------------|--------------------|
|              | 消毒剤      | 殺藻剤                | 凝集剤       | 消毒剤      | 殺藻剤                | 殺藻剤   | 凝集剤               | 消毒剤                | 消毒剤                |
| 薬品           | 塩素<br>ガス | 次亜塩素<br>酸カルシ<br>ウム | 硫酸<br>ばん土 | 塩素<br>ガス | 次亜塩素<br>酸カルシ<br>ウム | 硫酸銅   | 硫酸<br>ばん土<br>/PAC | 次亜塩素<br>酸カルシ<br>ウム | 次亜塩素<br>酸カルシ<br>ウム |
| 月間<br>目標     | 1,500    | 200                | 0         | 11,500   | 600                | 250   | 7,500             | 600                | 500                |
| 2009年<br>9月  | 1,189    | 100                | 0         | 8,238    | 1,200              | 2,875 | 530               | 696                | 547                |
| 2009年<br>10月 | 1,482    | 50                 | 0         | 10,590   | 475                | 0     | 170               | 717                | 541                |
| 2009年<br>11月 | 1,440    | -                  | -         | 9,076    | 100                | 725   | (375)             | 720                | 548                |
| 2009年<br>12月 | 1,860    | 50                 | -         | 11,190   | 250                | -     | (500)             | 690                | 542                |

出所：KWSC資料 2009年11月, 2010年2月、( )内はPAC（ポリ塩化アルミニウム）の使用量

#### 2-5-4 水質の状況

カフブ川の表流水を水源としているカフブ浄水場とイタワ浄水場および地下水を水源としているミスンドゥⅠ地下水スキームとミスンドゥⅡ地下水スキームについて、原水と処理水の水質分析値を下表に示す。地下水系統については、塩素滅菌処理として次亜塩素酸カルシウムの水溶液を人力攪拌して投入している。

表 2-5-8 ンドラ市の水道原水と浄水の水質

| 項目                                   | ザンビア<br>国基準<br>(*) | カフブ浄水場     |       | イタワ浄水場   |      | ミスンドゥⅠ<br>地下水 |     | ミスンドゥⅡ<br>地下水 |         |
|--------------------------------------|--------------------|------------|-------|----------|------|---------------|-----|---------------|---------|
|                                      |                    | カフブ<br>川原水 | 処理水   | 井戸<br>原水 | 処理水  | 井戸<br>原水      | 処理水 | 井戸<br>原水      | 処理<br>水 |
| 色                                    | -                  | 緑色         | 透明    | 透明       | 透明   | 透明            | 透明  | 透明            | 透明      |
| PH                                   | 6.5-8.5            | 8.63       | 8.09  | 8.46     | 8.03 | 6.9           | 7.3 | 6.9           | 7.2     |
| 色度 (HU)                              | 15 以下              | 15         | 5     | 5        | 5    | 5             | 5   | 5             | 5       |
| 電気伝導度<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 2,300<br>以下        | 300        | 325   | 340      | 340  | 522           | 450 | 604           | 352     |
| 全溶解性物質<br>( $\text{mg}/\ell$ )       | 1,000<br>以下        | 200        | 216   | 226      | 226  | 348           | 300 | 403           | 235     |
| 総硬度 ( $\text{mg}/\ell$ )             | 500 以下             | 93.6       | 97    | 140      | 145  | 280           | 224 | 240           | 212     |
| Ca ( $\text{mg}/\ell$ )              | 200 以下             | 40         | 45    | 80       | 84   | 0             | 0   | 7             | 0       |
| Mg ( $\text{mg}/\ell$ )              | 150 以下             | 13         | 12.7  | 14.6     | 14.8 | 38            | 35  | 28            | 20      |
| 塩化物 ( $\text{mg}/\ell$ )             | 250 以下             | 9          | 12.5  | 12       | 13   | 45            | 31  | 41            | 46      |
| アルカリ度                                | —                  | 169        | 166.5 | —        | —    | 0             | 0   | 0             | 0       |
| 濁度 (NTU)                             | 5 以下               | 22         | 4     | —        | —    | 0             | 0   | 0             | 0       |
| 糞便性大腸菌<br>(数/100ml)                  | 0                  | 1,400      | 0     | 11       | 10   | 11            | 10  | 7             | 4       |

\* : DZS 190:2007 ICS 13.060.20 Drinking Water Quality – Specification (2010年改訂作業中)

カフブ浄水場の取水口の上流に4箇所の下水処理場が位置しており、処理水はカフブ川に放流され、カフブ浄水場の原水であるカフブダムに流入している。案件形成調査時(2009年10月20日、乾季の終わりにあたる)にOld Kanini 下水処理場の処理水とカフブ浄水場の原水の簡易水質分析を行った結果、下水処理水ではアンモニア濃度が7mg/lと高く、窒素分が処理しきれなかったが、浄水場の原水(カフブダム)では0.2mg/lにまで低下していた。アンモニアの酸化生成物である硝酸濃度も低く、カフブ川に放流している下水処理水によりカフブダムの湖水の富栄養塩化が起こってはいるものの、藻類の繁茂により自然浄化されている状況がうかがわれる。

また、本調査においても簡易水質分析を行ったところ(2010年4月16日、乾季の始まりにあたる)、ミスンドゥ井戸群、イタワダム、カフブダムの水道水源の水質は、地表からの汚染物質を除けばあまり相違ない結果であった。これは、河川と井戸の電気伝導度や総硬度がほぼ同じであること、カフブ川がイタワダムの上流で不明瞭となり上流側にミスンドゥ井戸群があること、河川の集水域が狭いこと等から、カフブ川の水量の大部分は地下水がイタワダム付近の湿地帯から流出したものと推測される。本計画が実施された場合、のちに「ザ」国側が将来の水道施設の拡張を計画するにあたっては、地下水を含む水資源の詳細な調査が必要になると考えられる。

浄水場の処理水からは糞便性大腸菌は検出されず、塩素滅菌が十分になされている。

表 2-5-9 調査団による簡易水質分析結果

| 採水場所                | 分析日             | pH  | EC<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 総硬度<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) | COD<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) | 鉄<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) | マンガン<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) | アンモニア<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) | 硝酸<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) | フッ素<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) | 糞便性<br>大腸菌 |
|---------------------|-----------------|-----|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------|
| カフブ浄水場<br>原水        | 2009年<br>10月20日 | 8.5 | 350                               | 50                              | 16                              | <0.03                         | <0.3                             | 0.2                               | <1                             | <0.2                            | —          |
| 旧カニニ下水<br>処理場処理水    | 2009年<br>10月20日 | 7.6 | 530                               | 50                              | 20                              | 0.1                           | <0.3                             | 7                                 | 1                              | 0.2                             | —          |
| カフブ浄水場処<br>理水(民家蛇口) | 2010年<br>4月16日  | 7.1 | 270                               | 70                              | 5                               | <0.03                         | <0.3                             | —                                 | <1                             | <0.2                            | 0          |
| イタワ浄水場<br>原水(取水口)   | 2010年<br>4月16日  | 7.1 | 360                               | 80                              | 8                               | <0.03                         | <0.3                             | —                                 | <1                             | <0.2                            | —          |
| イタワ浄水場<br>処理水       | 2010年<br>4月16日  | —   | —                                 | —                               | —                               | —                             | —                                | —                                 | —                              | —                               | 0          |
| ミスンドゥ I<br>井戸原水     | 2010年<br>4月16日  | 7.1 | 350                               | 80                              | 5                               | <0.03                         | <0.3                             | —                                 | 2                              | <0.2                            | —          |

要請されている取水ポンプの更新、薬品混和システムの更新、送水ポンプの更新および送水管(900mm)の埋設は、全て、最大の水源システムであるカフブ浄水場系統に属している。イタワ浄水場系統については、中国が2008年までに濾過池・送水ポンプ・逆流洗浄ポンプほかの改修工事を実施したこともあり、本計画の要請には含まれていない。しかし、同改修工事は完成後3ヶ月でポンプが故障したり、ポンプ操作盤内の断路器の焼損が発生したりするなど、運転不良が重なり KWSC 側で対応しているとのことであった。また、供与された薬品注入設備は浄水施設に配管が繋がっておらず、未だ使用されていない状況であった。

### 2-5-5 給水区の状況

#### (1) 給水に関する基準

給水原単位は、「ザ」国基準 ZS361:2009 ICS: 91.140.60 Second Edition “Water Supply Systems – Demand Figures for Design - Guidelines” により、各戸給水については、低所得者地域が 95 $\text{l}/\text{人}/\text{日}$ 、中所得者地域が 150 $\text{l}/\text{人}/\text{日}$ 、高所得者地域が 255 $\text{l}/\text{人}/\text{日}$ となっている。都市周辺部 (Peri-urban or Rural Housing) においては 40 $\text{l}/\text{人}/\text{日}$ となっている。

表 2-5-10 用途別の給水量に関する「ザ」国の基準

| 一般家庭<br>都市周辺部                           | 一般家庭<br>低所得者地域                          | 一般家庭<br>中所得者地域                          | 一般家庭<br>高所得者地域                          | —                                      |
|---|---|---|---|--|
| 40 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$  | 95 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$  | 150 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$ | 255 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$ | —                                      |
| 大学・短大                                   | 中学・高校<br>(寄宿舎)                          | 中学・高校<br>(通学のみ)                         | 小学校<br>(水洗便所)                           | 小学校<br>(簡易便所)                          |
| 125 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$ | 105 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$ | 30 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$  | 25 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$  | 15 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$ |
| 病院<br>(都市)                              | 病院<br>(地方)                              | 診療所<br>(病床あり)                           | 診療所<br>(病床なし)                           | —                                      |
| 350 $\text{l}/\text{bed}/\text{day}$    | 305 $\text{l}/\text{bed}/\text{day}$    | 240 $\text{l}/\text{bed}/\text{day}$    | 30 $\text{l}/\text{capita}/\text{day}$  | —                                      |
| ホテル<br>(高級)                             | ホテル<br>(中級)                             | ホテル<br>(低級)                             | 食堂                                      | 娯楽施設・保養所                               |
| 500 $\text{l}/\text{bed}/\text{day}$    | 345 $\text{l}/\text{bed}/\text{day}$    | 220 $\text{l}/\text{bed}/\text{day}$    | 100 $\text{l}/\text{seat}/\text{day}$   | 50 $\text{l}/\text{member}/\text{day}$ |

出所：ZS361:2009 ICS: 91.140.60 Second Edition “Water Supply Systems – Demand Figures for Design - Guidelines”

また、給水人口についての基準は、各戸給水1接続が6.5人に給水、キオスク型公共水栓 (Water Kiosk) 1箇所が150世帯、1世帯6.5人として975人に給水することになっている。

(2) 給水状況改善の見通し

ンドラ市の各地域の給水時間と目標値は以下のとおりである。

**表 2-5-11 ンドラ市各地域の給水時間**

| 地域              | 目標 | 2009年11月の状況 |
|-----------------|----|-------------|
| Kansenshi       | 22 | 18          |
| Northrise       | 22 | 18          |
| Itawa           | 22 | 24          |
| Hillcrest       | 22 | 18          |
| Kanini          | 22 | 24          |
| Town centre     | 22 | 24          |
| Industrial area | 22 | 12          |
| Pamodzi         | 12 | 12          |
| Mushili         | 12 | 12/6        |
| Lubuto          | 12 | 12          |
| Ndeke           | 12 | 6           |
| Chifubu         | 12 | 12/6        |
| Masala          | 12 | 12          |
| Kabushi         | 12 | 12          |
| Kawama          | 12 | 12          |
| Chipulukusu     | 12 | 12/24       |
| Nkwazi          | 12 | 12/24       |
| Twapia          | 12 | 12          |
| Mckenzie        | 12 | 24          |
| Kaloko          | 12 | 12          |
| Kantolomba      | 12 | 12          |

出所：KWSC 資料 2009年11月、2010年2月

要請書においては、想定される給水時間の改善状況が次のように示されている。

**表 2-5-12 計画対象地域において想定される給水時間の改善状況**

| 地域               | 区分          | 人口<br>(2000年) | 接続件数          | 給水時間 | 改善状況<br>(見通し) |
|------------------|-------------|---------------|---------------|------|---------------|
| Itawa            | High cost   | 20,067        | 894           | 12   | 24            |
| Masala           | Low cost    | 58,934        | 2,670         | 6    | 18            |
| Ndeke            | Medium cost | 17,529        | 1,960         | 12/6 | 18            |
| Lubuto           | Medium cost | 22,745        | 3,707         | 12   | 20            |
| Mushili          | Medium cost | 45,869        | 3,441         | 12/6 | 18            |
| Kabushi          | Low cost    | 22,401        | 2,350         | 6    | 20            |
| Sky ways         | Medium cost | 7,138         | 175           | 6    | 18            |
| Kantolomba       | Peri urban  | 8,177         | 10            | 12   | 20            |
| Kaloko           | Peri urban  | 12,507        | 57 + 6 kiosks | 12   | 18            |
| Mwaiseni kanyala | Peri urban  | 5,007         | 26 + 7 kiosks | 24   | 24            |
| McKenzie         | Peri urban  | 7,654         | 4 kiosks      | 24   | 24            |
| Chifubu          | Low cost    | 37,296        | 5,135         | 6    | 18            |
| Pamodzi          | Medium cost | 24,659        | 2,791         | 6    | 18            |
| Kawama           | Peri-urban  | 14,687        | 647 + 8       | 12   | 18            |
| Northrise        | High cost   | 10,941        | 1,727         | 12   | 24            |
| Nkwazi           | Peri-urban  | 11,339        | 546 + 17      | 12   | 24            |
| Total/Average    |             | 326,950       | 26,177        | 10   | 20            |

出所：要請書資料 2009年12月

本計画を実施した場合に、裨益する給水地区（ンドラ南部）の給水状況を下表に示す。

表 2-5-13 本計画による裨益地区の給水状況

| Township               | POPULATION     |                   | Hours of supply | Population without water supply | No. of Connections | Unserviced areas estimated population |
|------------------------|----------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
|                        | 2000 census    | with water supply |                 |                                 |                    |                                       |
| Ndeke                  | 11,955         | 7,173             | 8               |                                 | 1960               | 1300                                  |
|                        |                | 3,587             | 4               |                                 |                    |                                       |
|                        |                |                   |                 | 1,196                           |                    |                                       |
| Mushili                | 40,787         | 20,394            | 8               |                                 | 3441               | 1950                                  |
|                        |                | 8,157             | 4               |                                 |                    |                                       |
|                        |                |                   |                 | 12,236                          |                    |                                       |
| Lubuto                 | 28,136         | 22,509            | 8               |                                 | 3707               | 2600                                  |
|                        |                | 5,627             | 6               |                                 |                    |                                       |
|                        |                |                   |                 | 1,407                           |                    |                                       |
| Skyways                | 2,113          | 2,113             | 8               |                                 | 175                | 0                                     |
|                        |                |                   |                 |                                 |                    |                                       |
|                        |                |                   |                 |                                 |                    |                                       |
| Kabushi                | 31,925         | 22,348            | 6               |                                 | 2350               | 0                                     |
|                        |                |                   |                 | 9,578                           |                    |                                       |
|                        |                |                   |                 |                                 |                    |                                       |
| Kabushi extension (kx) | 3,690          | 3,690             | 6               |                                 | 10                 | 0                                     |
|                        |                |                   |                 |                                 |                    |                                       |
|                        |                |                   |                 |                                 |                    |                                       |
| Masala                 | 12,311         | 11,080            | 6               |                                 | 2670               | 650                                   |
|                        |                |                   |                 | 1,231                           |                    |                                       |
|                        |                |                   |                 | 870                             |                    |                                       |
| Mine Masala            | 8,696          | 7,826             | 6               |                                 | 7 kiosks           |                                       |
|                        |                |                   |                 |                                 |                    |                                       |
|                        |                |                   |                 |                                 |                    |                                       |
| Bunga                  | 615            | 615               | 12              |                                 | 3 kiosks           |                                       |
| Mckenzie               | 2,484          | 2,925             | 12              |                                 | 8 kiosks           |                                       |
| Kantolomba             | 9,000          | 7,800             | 10              | 1,200                           | 57 + 3 kiosks      |                                       |
| Kaloko                 | 12,000         | 2,925             | 5               | 9,075                           | 26 kiosks          |                                       |
| Kanyala                | 520            | 520               | 6               |                                 |                    |                                       |
| <b>Total</b>           | <b>164,232</b> | <b>129,288</b>    |                 | <b>36,792</b>                   |                    | <b>6500</b>                           |

各区域の総人口は 164,232 人で、配水管は地区に来ているが水が全く来ていない人口が 36,793 人、配管が来ていない地区の人口が 6,500 人となっている。従って、本件の実施によって新たに水を得られる人口は 43,293 人となる。ただし、人口統計は 2000 年の国勢調査の統計値がそのまま使われている。目標年を仮に 2015 年とすると、人口増加率が 3.5% であるので、72,531 人となる。また給水を受けている人口が 129,288 人（2015 年には 216,602 人）となっているが、これらの人々も、給水時間が非常に限られており、本計画により給水時間の拡大や給水量の増大、水質の改善等の裨益を受ける。このように本計画による効果は非常に大きいと考えられる。

## 2-6 ンドラ市の下水道セクターの現状

ンドラ市の下水道整備は、1930 年代から本格化し 1956 年には同市最初の下水処理場として旧カニニ処理場（STP: Sewerage Treatment Plant）が供用を開始した。次いで 1976 年に（旧）ルプト STP、1994 年に新カニニ STP と新ルプト STP がそれぞれ供用を開始した。1960 年代から 1980 年代にかけての同市人口の推移が、87,000 人（1961 年）、160,000 人（1969 年）、282,000 人（1981 年）、300,000 人（1986 年）であったことを反映するもので、これらの下水道の整備は上水道整備と一体的に行われた。1970 年代の始めにはカフブ川のンドラ市下流約 20km にカフブダムを建設し、水道原水として日量 8 万 m<sup>3</sup> の取水を開始した。汚水は 1956 年の旧カニニ STP 供用の当初より散水濾床法による高級（二次）処理が行われていた。このようにして、ンドラ市は都市用水の循環利用システムを構築した。このような革新的取り組みは、1990 年代に入ってから、「ザ」国の市場経済主義への転換、国際原料価格の低落などによる経済・政治上の混乱が生ずるまでは続けられた。

### 2-6-1 下水道整備区域

ンドラ市の市街地は中央を東西に流れるカフブ川を境に南北に二分され、この地形をもとに、下水

道区域は三つの下水道網に分けられる。3つの下水道網(処理区)とその流入地区を表 2-6-1 に示す。

それぞれの下水道網の終末は下水処理場に接続し処理された後、カフブ川に放流されている。

表 2-6-1 ンドラ市の下水道整備区域

| 流入区域(処理区域)名        | 地区名   | 流入先   | 備考  |
|--------------------|---|---|---|
| 北部処理区<br>(新カニニ処理区) | パモジ、チフブ、カワマ、<br>カンセンシ、ノースライ<br>ズの一部   | 新カニニ STP<br>処理能力：10,000 m <sup>3</sup> /day<br>供用開始：1994 年  | ●いずれの区域も<br>流入区域面積、人<br>口、発生汚水量の<br>計画/実測データ<br>が未整備である。<br>●旧ルプト STP は<br>稼働停止中のた<br>め、旧ルプト STP<br>に流入した汚水<br>はルプト STP に<br>圧送されている。 |
| 北部処理区<br>(旧カニニ処理区) | セントラル・タウン、カ<br>ニニ、ヒルクレスト、ノ<br>ースライズの残り(ダン<br>ボポンプ場:PSより旧カ<br>ニニ STP に圧送)、<br>イタワ(イタワ PS より<br>ダンボ PS に圧送し、ダ<br>ンボ PS より旧カニニ<br>STP に圧送) | 旧カニニ STP<br>処理能力：11,400 m <sup>3</sup> /day<br>供用開始：1956 年  |   |
| 南部処理区<br>(ルプト処理区)  | ルプト、カブシ、マサラ、<br>ムシリ、スカイウェイズ<br>工業地区、ンデケなど   | ルプト STP<br>処理能力：9,000m <sup>3</sup> /day<br>供用開始：1994 年<br>(旧ルプト STP)<br>処理能力：22,700 m <sup>3</sup> /day<br>供用開始：1976 年 |   |

### 2-6-2 下水道普及率

ンドラ市の人口の内、KWSC がサービス義務を負っている市街地 (urban area) 及び都市周辺部 (peri-urban area) の人口と普及率を示す。

表 2-6-2 下水道普及率

|        | 2000 年 | 2007 年 12 月 | 2009 年 12 月 |
|--------|--------|-------------|-------------|
| 人口     | —      | 330,540 人   | 350,676 人   |
| 下水道普及率 | 40%    | 60%         | 75%         |

出所：”STRATEGIC PLAN 2008-2011, KWSC”より作成。

### 2-6-3 主要施設の概要

現在のンドラ市下水道事業の主要施設の概要と問題点を、下水処理場、中継ポンプ場、管渠施設の順に述べる。

#### (1) 下水処理場

ンドラ市の下水道には 4ヶ所の処理場が設置されたが、このうち最大の処理能力を有する旧ルプト処理場は現在操業を停止している。このため旧ルプト処理場に流入した下水は隣接の新ルプト処理場に送られ、散水濾床法による高級(二次)処理の後カフブ川に放流されている。

旧処理場の処理能力は日量 22,700 m<sup>3</sup> に対し新処理場の設計能力は日量 9,000 m<sup>3</sup> であるため、新処理場では設計能力に対し 3.5 倍の水量を処理していることになる。処理能力超過は明白で、後述(2-6-4(3))のごとく、新ルプト処理場の処理後の水質は放流基準(2-6-4(1)参照)を概ね超過していることが記録されている。



図 2-6-1 旧ルプト下水処理場

ンドラ市の下水処理場の処理フローを図 2-6-2 に示す。4 処理場とも最初沈殿池（円型、中央駆動方式）、散水濾床（円型、回転散水アーム）、最終沈殿池（円型、中央駆動方式）からなる同一のフローである。

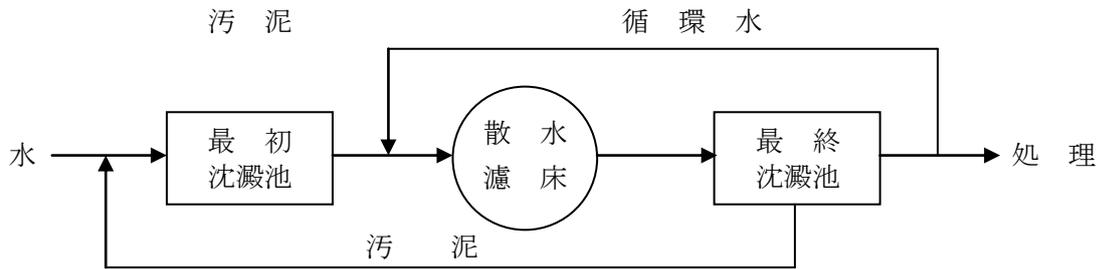


図 2-6-2 ンドラ市の下水処理場の処理フロー

それぞれの処理場の概要と各単位プロセスの設置タンク（池）数及び現在の稼働可能タンク数を表 2-6-3 に示す。

表 2-6-3 処理施設の諸元

| 処理場名<br>(供用年)   | 設計処理能力<br>(m <sup>3</sup> /day) | 設置タンク数 (うち稼働可能タンク数) |       |       |
|-----------------|---------------------------------|---------------------|-------|-------|
|                 |                                 | 最初沈殿池               | 散水濾床  | 最終沈殿池 |
| 旧カニニ STP (1956) | 11,400                          | 3 (2)               | 4 (1) | 2 (1) |
| 新カニニ STP (1992) | 10,000                          | 2 (2)               | 4 (2) | 2 (0) |
| 旧ルプト STP (1976) | 22,700                          | 5 (0)               | 7 (0) | 5 (0) |
| 新ルプト STP (1992) | 9,000                           | 2 (2)               | 3 (3) | 2 (0) |

表 2-6-3 に示すように、調査時点（2010 年 4 月）で、最初沈殿池については 12 池のうち 6 池、散水濾床については 18 池のうち 6 池、最終沈殿池は 11 池のうち 1 池のみが稼働可能という状況にある。しかも、これらも、2009 年に実施された DANIDA の支援により回復した結果であり、それ以前は 1990 年代後半から交換部品の調達ができずに、処理施設の多くが稼働停止の状態にあった。

KWSC 担当者の説明では、現在の処理能力は設計能力の約 60% とのことであったが、その根拠は示されなかった。2010 年には DANIDA が引き続き既設の 4 下水処理場のリハビリを支援する予定である。但し、当初の設計能力を回復した場合でも、現況でのそれぞれの処理場への流入水量は設計流量を大幅に上回っていると想定できる。このため、既設の処理施設の設計能力をリハビリにより回復することに加えて、都市化の進展等により増大した汚水量に対応するための施設の拡張も必要である。DANIDA による支援がリハビリにとどまらず拡張を含むものとなるか否かはまだ決定されていない。

## (2) 中継ポンプ場

ンドラ市の下水道システムは自然流下を中心とするが、ダンボポンプ場 (PS: Pump Station)、イタワ PS の 2 ヶ所の圧送ポンプ場が 1950 年代から稼働している。ともに供用開始から 50 年を経過して何度かの電気系統、機械系統のリハビリが行われてきた。ダンボ PS はンドラ市中心部に隣接してカフブ川右岸に位置し、周辺の市街地の汚水と対岸のイタワ PS から圧送された汚水を、約 2.5 km 西方のカニニ処理場に口径 8 インチの鋼管を通して圧送している。供用の当初は 4 台 (うち 2 台は予備) のポンプが設置され、拡張用に 2 台分の予備スペースが確保されている。2010 年 5 月時点では、2005 年に中古のスラリー・ポンプを転用した 110 馬力のポンプが 1 台稼働するのみで、当時予備用に設置したポンプは配管系統の不具合のために供用に至らず、以来、予備無しで 1 台運転の状態が続いている。

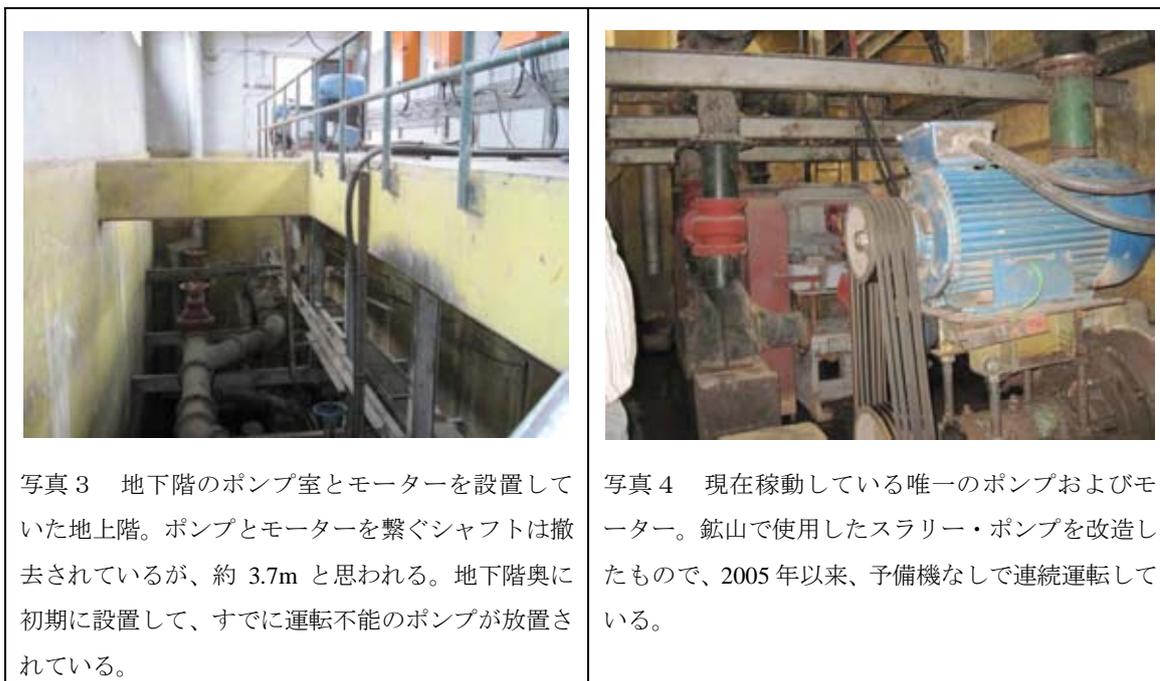


図 2-6-3 ダンボポンプ場

ダンボ PS の流入量実測 (2010 年 4 月 27 日 15:00-17:00 に実施) によると、日量換算で 13,278 m<sup>3</sup> の汚水流入があった。区域内の汚水管の老朽化のために、11 月から 3 月の雨季には、稼働中のポンプを連続運転しても流入汚水の全量は旧カニニ STP に圧送しきれず、バイパスによるカフブ川への未処理汚水の緊急放流を余儀なくされている。また、乾季においても、ポンプの故障・停電に対し、老朽化した自家発電設備が撤去されたままであるので、このときも未処理汚水が水道水

源であるカフブ川に直接放流されている現状である。停電の頻度は2009年の例では、1回の停電継続時間は1-2時間、月間合計5-10時間で、この間は未処理汚水がカフブ川に放流されている。ポンプ類は損耗が激しく、モーター・操作盤・配線を含めて更新が必要である。これに伴い、配管・弁類のレイアウト見直しが必要となる。天井クレーン、水位スイッチの更新と自家発電機の再設置も考慮すべきである。

イタワ PS は、ンドラ市東部のイタワ住宅地区の汚水を、カフブ川対岸のダンボ PS に0.75kmの鋼管で圧送している。1950年代の供用当初はポンプ2台設置(うち1台予備)で計画されたが、現在は予備なしで1台のポンプのみ稼働、ダンボ PS 同様に損傷が激しく更新が必要である。モーター・操作盤・配線・配管・弁類などの更新も必要となる。資料によるポンプ送水量は45 L/秒である。

### (3) 管渠

下水管路網の多くは、1930年から1960年にかけて布設され、主として150mmの陶管が使用された。現在は損傷が激しいため地下水等の不明水の流入が激しく、雨季には処理場への流入水量が著しく増大し、処理能力不足の原因となっている。また、1970年から1980年に政府主導で行われた全国的な大規模住宅開発により、ンドラ市においてはルフト・ンデケ・カブシの一部が開発されたが、このとき下水管路にPVCパイプが多用された。近年、当時布設されたPVCパイプの破損が顕在化している。

また、ンドラ市の上下水道管路の75%はアスベスト管といわれている。布設からすでに50年を経過したものが多く、各所で老朽化に伴う破損現象が見られる。このほかに、ンドラ市の下水管路網に使用されているパイプ口径の多くが100mm~150mmである点は通常の設計からは小さすぎると考えられ、チフブ、カブシ、マサラ、ルフト、ンデケ、ミコムワ、ロアン、ムパタマフなどの地区で頻発している管路閉塞によるマンホールからの汚水吹き出しの一因をなしていることは明らかである。

このように既設管渠は経年劣化が激しく、汚水管として必要な余裕を含めた断面を持たないため、更新工事が不可欠であるが、このとき廃棄アスベスト管が大量に発生することが見込まれる。なお、2010年4月時点では、「ザ」国ではアスベスト製品の製造、使用は認められている。

表 2-6-4 ンドラ市の下水管の閉塞状況

(箇所)

| 地域               | 2009年7月 | 2009年8月 | 2009年11月 | 2009年12月 | 2010年1月 |
|------------------|---------|---------|----------|----------|---------|
| City Centre      | 11      | 8       | 9        | 7        | 13      |
| Kansenshi        | 7       | 9       | 13       | 16       | 12      |
| Northrise        | 12      | 14      | 20       | 24       | 12      |
| Itawa            | 6       | 11      | 5        | 5        | 4       |
| Hillcrest/Kanini | 6       | 5       | 4        | 6        | 4       |
| Chifubu          | 75      | 42      | 68       | 65       | 39      |
| Masala           | 88      | 77      | 100      | 69       | 52      |
| Kabushi          | 28      | 31      | 22       | 27       | 17      |
| Lubuto           | 31      | 25      | 40       | 35       | 26      |
| Mushili          | 32      | 15      | 41       | 20       | 22      |
| Pamodzi          | 2       | 7       | 11       | 7        | 5       |
| Industrial Area  | 5       | 0       | 2        | 05       | 1       |
| Ndeke            | 15      | 10      | 13       | 12       | 15      |
| 合計               | 318     | 254     | 9        | 7        | 13      |

出所：KWSC 資料 2009年11月, 2010年2月

#### 2-6-4 下水処理水の状況

##### (1) 放流基準

放流(排水)基準は、下水処理場や事業所の排水が、河川等の公共用水域に排除される場合と、事業所の排水が下水道に排除される場合とで、水質項目別に許容値が設定されている。前者はECZにより、58項目につき設定され、後者はンドラ市(KWSC)が事業所から排水を受け入れる条件として、54項目につき許容値を設定している。主だった項目につき、両者を対比して示す。

表 2-6-5 放流基準

| 項目                                   | 下水道への放流基準 | 河川、湖沼等の公共用水域への放流基準                 |
|--------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Temperature (°C)                     | 60/40     | 40                                 |
| pH                                   | 6 - 10    | 6 - 9                              |
| TSS (mg/l)                           | 1200      | 100                                |
| SS (mg/l)                            | 1.0       | 0.5                                |
| NH <sub>3</sub> (mg/l)               | 50        | 10                                 |
| NO <sub>3</sub> -N(mg/l)             | 80        | 50 (water course)                  |
| PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)  | 45        | 1 (in the catchment area of lakes) |
| CL <sup>-</sup> (mg/l)               | 1000      | 800                                |
| BOD <sub>5</sub> <sup>-</sup> (mg/l) | 1200      | 50                                 |

出所：”TABLE OF STANDARDS FOR TRADE AND OTHER EFFLUENTS, Ndola City Council”をもとに作成

##### (2) 流入水と放流水の水質

下水処理場の運転管理の状況を評価する上では、流入水と処理水(放流水)の水量と水質の相当期間の測定結果が必要である。しかし、ンドラ市で稼働中の3処理場は、処理水(放流水)の水質分析は定期的(2010年5月時点では週1回)に行われているが、流入水の水質分析は2006年を最後に行われていない。放流水質は環境管理者(ECZ)に届出義務があるが、流入水質は届出義務がないことと、分析施設の容量不足(恒温室のスペース不足など)が原因で、2006年中に

停止したとのことである。残存する流入水の BOD と TSS の分析結果を処理水（放流水）のそれらとともに示す（図 2-6-4、5、6）。

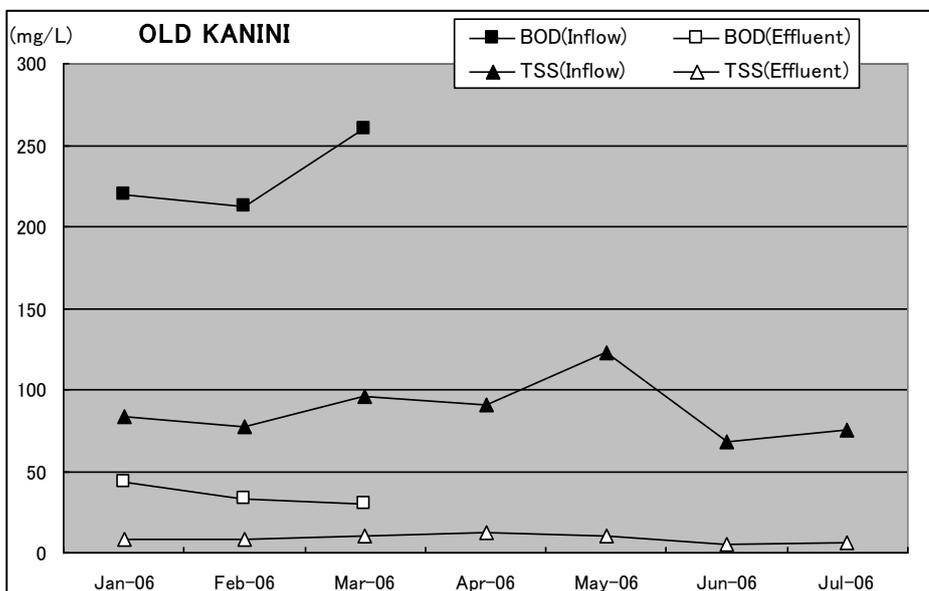


図 2-6-4 流入水質と処理（放流）水質（旧カニニ STP）

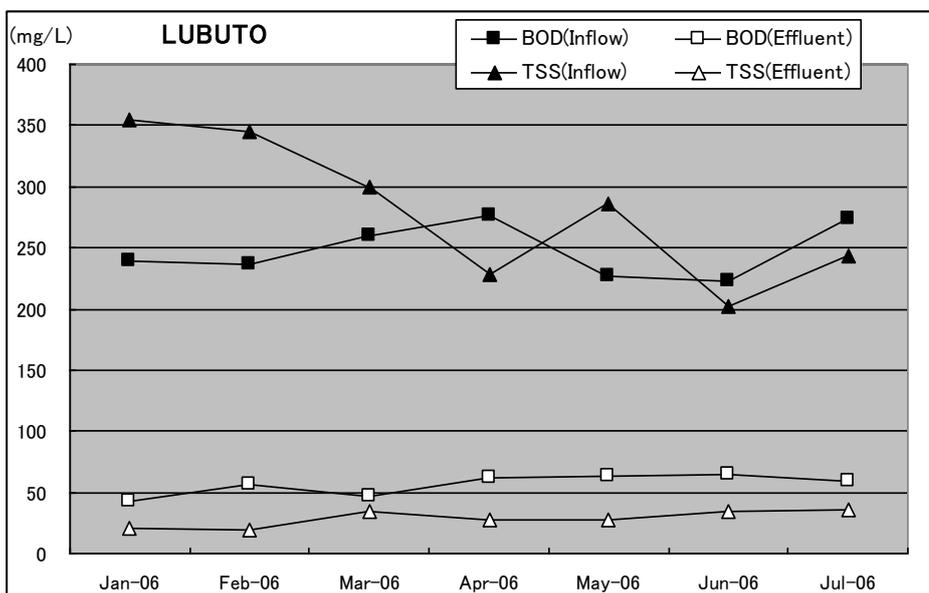


図 2-6-5 流入水質と処理（放流）水質（ルブト STP）

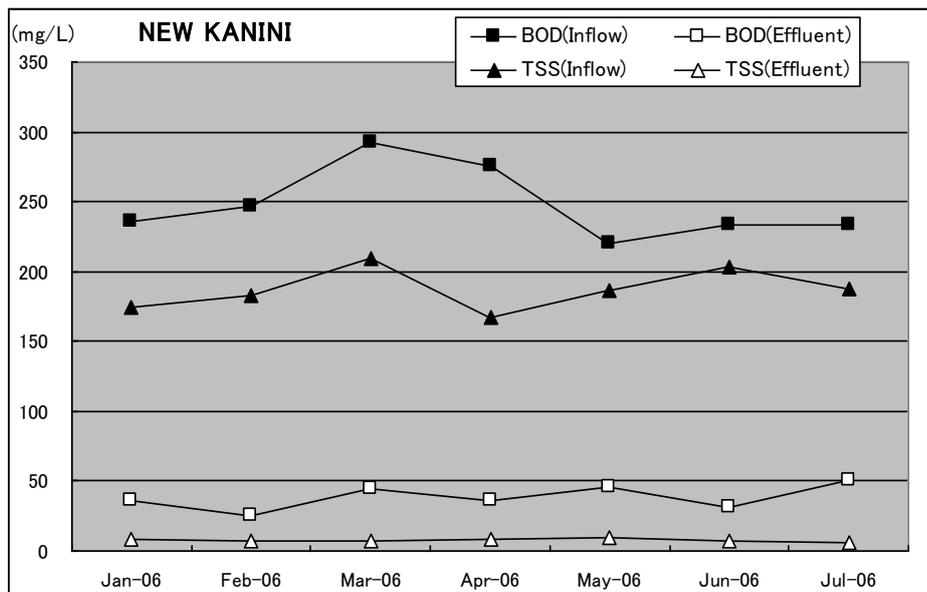


図 2-6-6 流入水質と処理（放流）水質（新カニニ STP）

3 処理場とも流入水の BOD は約 250 mg/L を示している。通常、TSS は BOD に対し 0.9-1.0 の値を示すことが多くみられるが、この点で新カニニ STP の値が理解しやすい。

処理水質は次節にて述べるとおり、旧カニニ STP、新カニニ STP とともに BOD 許容値の 50 mg/L を達成しているが、ルプト STP では許容値を超過している例が多い。これは、旧ルプト STP への流入下水が新ルプト STP に転送処理されていることによる過負荷によるものと考えられる。

なお、前述したとおり流入水の水質分析記録がないとは言え、処理場運転記録において、流入水量の測定までも行われていない点は望ましくない。自動計測機器に替わる計測法を工夫することにより、今後は、処理場への流入水量データが蓄積されることを期待したい。

### (3) 処理水質の季節変動

ンドラ市の下水処理場からの放流水の BOD、TSS の直近 2 年間の月別変化を図 2-6-7、8、9 に示す。測定は旧ルプト STP を除く 3 処理場で月間 4 回の頻度で行われ、測定値の月間平均を当該月の代表値とした。

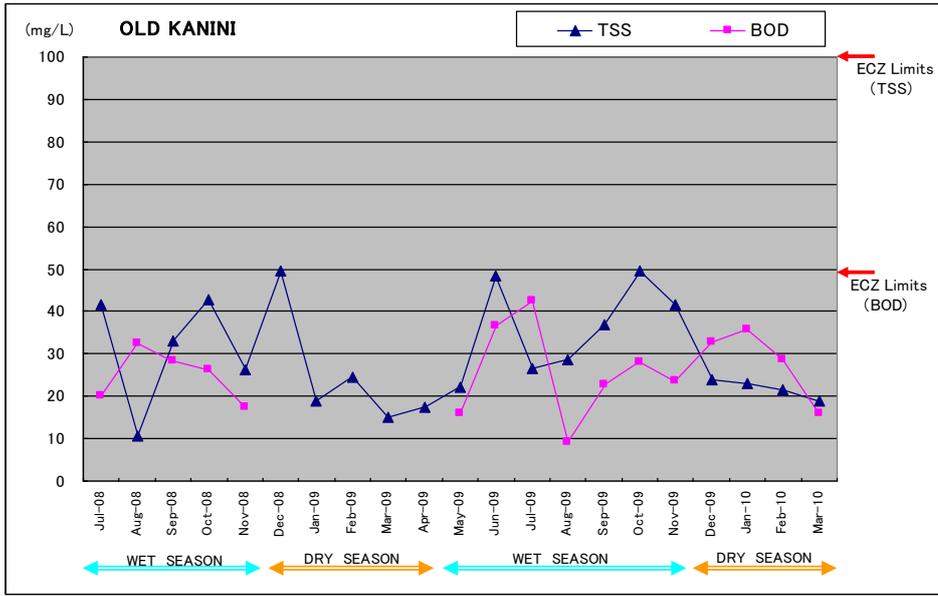


図 2-6-7 直近 2 年間の処理 (放流) 水質 (旧カニニ STP)

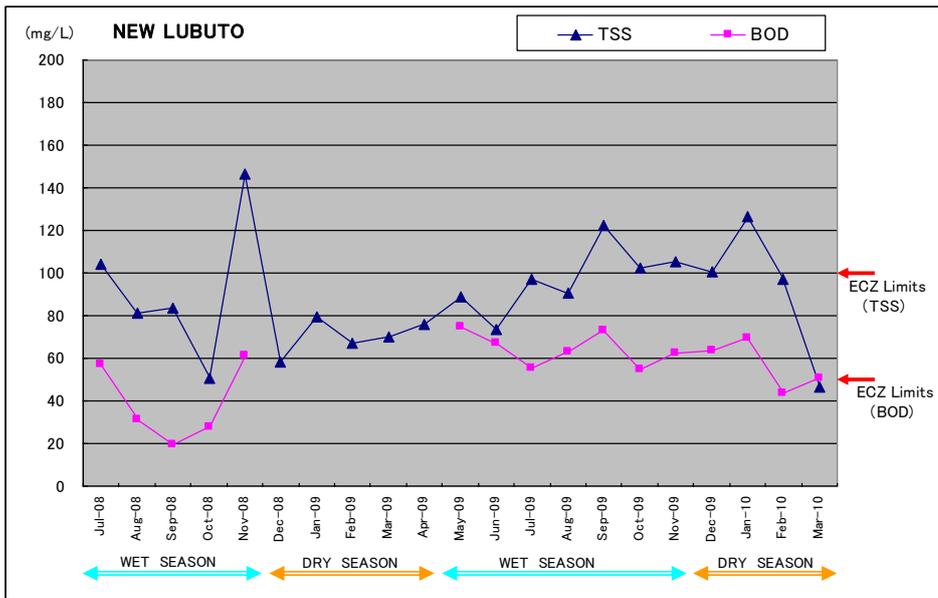


図 2-6-8 直近 2 年間の処理 (放流) 水質 (新ルプト STP)

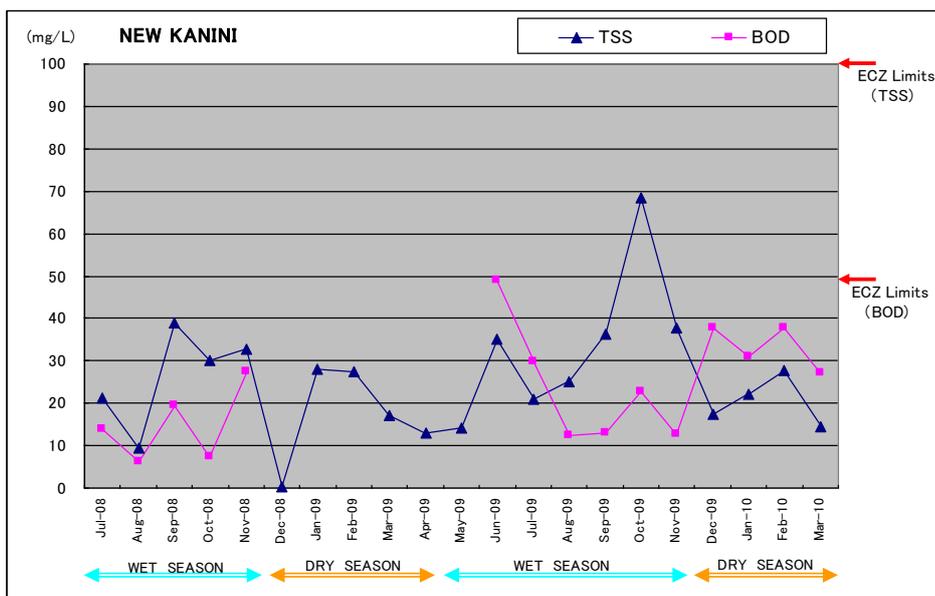


図 2-6-9 直近 2 年間の処理（放流）水質（新カニニ STP）

これらはいずれも稼働中の 3 処理場の直近 2 年間、4 シーズン（雨季 2 シーズン、乾季 2 シーズン）の BOD、TSS の推移であるが、ここから雨季と乾季の処理水質の間に特徴的な差異は見いだせない。流入水量に関しては、両シーズン間で際立った差異があることが確認されている。雨季と乾季で流入水量の差は顕著であるが、処理水質の差は僅少であるということは、処理場から排出される汚濁負荷量は雨季と乾季で大きな差があるということも可能である。

3 処理場の間では旧カニニ STP、新カニニ STP は、BOD・TSS とともに概ね 50 mg/L 以下であるが、新ルプト STP の処理水は BOD・TSS とともに 50 mg/L を超過している。この原因として、新ルプト STP からの放流水には、同処理場本来の汚水に加えて、旧ルプト STP で処理しきれない汚水が新ルプト STP に転送されるため、新ルプト STP が著しい過負荷状態にあるためと考えられる。

#### (4) 処理水の状況

ンドラ市で稼働する 3 処理場の放流水の放流基準との適合状況を表 2-6-6 に示す。出所である資料の中では、分析値が 2007 年 12 月までのものであることを示す以外に、測定時期についての十分な情報は示されていないが、2007 年 12 月を 1-2 年遡った期間の測定結果と推測できる。

顕著な傾向は見られないものの、新・旧カニニ処理場の放流基準への適合割合が、全ての項目においてルプト処理場（旧処理場への流入水も新処理場に送り処理している）の適合割合を上回る傾向が見られるのは、処理場への負荷度合から当然の結果といえる。

表 2-6-6 処理場からの放流水の放流基準との適合状況

| Parameter         | ECZ limits                 | Lubuto |      |     | Old Kanini |      |     | New Kanini |      |      | Total (%) |
|-------------------|----------------------------|--------|------|-----|------------|------|-----|------------|------|------|-----------|
|                   |                            | test   | pass | %   | test       | pass | %   | test       | pass | %    |           |
| BOD               | 50 mg/<br>O <sub>2</sub> L | 24     | 18   | 77  | 24         | 24   | 100 | 36         | 36   | 100. | 92        |
| TSS               | 100 mg/ L                  | 144    | 132  | 80  | 168        | 168  | 100 | 168        | 162  | 92   | 91        |
| pH                | 6 – 9                      | 156    | 156  | 100 | 168        | 168  | 100 | 168        | 168  | 100  | 100       |
| Chlorides         | 800 mg/ L                  | 144    | 144  | 100 | 168        | 168  | 100 | 168        | 168  | 100  | 100       |
| Phosphate         | 1 mg/ L                    | 144    | 100  | 70  | 168        | 160  | 90  | 168        | 150  | 89   | 83        |
| Nitrate           | 50 mg/ L                   | 108    | 108  | 100 | 144        | 144  | 100 | 144        | 144  | 100  | 100       |
| COD <sub>Mn</sub> | 60 mg/ L                   | 96     | 96   | 100 | 108        | 108  | 100 | 84         | 84   | 100  | 100       |
| Setteable Matter  | 0.5 mg/ L                  | 156    | 156  | 100 | 168        | 84   | 50  | 168        | 132  | 78   | 66        |
| Turbidity         | 15 mg/ L                   | 144    | 100  | 69  | 168        | 84   | 50  | 168        | 132  | 78   | 75        |
| Colour            | 20 mg/ L                   | 144    | 90   | 63  | 168        | 119  | 71  | 168        | 154  | 92   | 75        |
| Ammonia           | 10 mg/ L                   | 96     | 50   | 52  | 84         | 57   | 68  | 84         | 71   | 85   | 68        |

出所：”STRATEGIC PLAN OF 2008 – 2011, KWSC”をもとに作成

## 2-7 下水処理水の水源流入による水質問題

### 2-7-1 湖の富栄養化

一般に水道水源として利用されるダム湖の上流に下水処理水を放流することは避けるべき事項と見なされている。下水処理法の中で最も広く採用されている、活性汚泥法や散水濾床法による処理水には、窒素、リンなどの栄養塩成分が多く含まれ、これらが湖や内湾のような閉鎖性水域でアオコや赤潮の発生原因となるからである。

カフブダムに限らず、ダム湖は年月を経るにつれ一般に、建設当初の生物生産の少ない貧栄養湖から、中栄養湖、さらに植物の有機物生産を支える窒素やリンの供給の多い富栄養湖へと変化する。カフブ湖の場合も、1956年供用開始の旧カニニ処理場の下流に設置されていたが、1970年代初頭のダム湖供用開始当初には水質問題は生じていない。やがてルプト処理場が稼働するようになった1970年代半ばに至って、藻類の発生による水質被害が顕在化したとのことである。旧カニニ処理場の窒素、リンを含む排水を受け入れ続け富栄養湖と化しつつあったところに、旧ルプト処理場の栄養塩を含む排水を受けて、藻類の発生に繋がったものと想定される。



図 2-7-1 調査時点でのカフブ湖の状況

窒素、リンは湖沼の富栄養化の指標として使われており、富栄養化している湖沼の窒素、リンの許容範囲は一般的に窒素が 0.2 mg/L、リンは 0.02 mg/L とされ、このことから我が国の環境基準は表 2-7-1 に示すように定められている。

表 2-7-1 生活環境の保全に関する環境基準（日本）

湖沼（天然湖沼および貯水量 1000 万 m<sup>3</sup> 以上の人口湖）

| 項目<br>類型 | 利用目的の適応性                    | 基準値         |               |
|----------|-----------------------------|-------------|---------------|
|          |                             | 全窒素         | 全リン           |
| I        | 自然環境保全およびⅡ以下に掲げるもの          | 0.1 mg/L 以下 | 0.005 mg/L 以下 |
| Ⅱ        | 水道 1, 2, 3 級（特殊なものを除く）      | 0.2 mg/L 以下 | 0.01 mg/L 以下  |
| Ⅲ        | 水道 3 級（特殊なもの）およびⅣ以下の欄に掲げるもの | 0.4 mg/L 以下 | 0.03 mg/L 以下  |

- 備考
- 1) 基準値は年間平均値とする。
  - 2) 水道 1 級：濾過等による簡易な浄水操作を行うもの  
水道 2 級：沈殿濾過等による通常の浄水操作を行うもの  
水道 3 級：前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの

### 2-7-2 富栄養湖における藻類被害

富栄養化した湖（富栄養湖）では、湖に流入した栄養塩、光、温度、気象、水理水文現象などが複雑に関連して浮遊性の藻類（植物性プランクトン）を発生する。また、湖内の栄養塩が増加すると植物性プランクトンの発生量も増加することが知られている。このように、富栄養化した湖水を水道水

源とする場合、藻類障害と言われる以下のリスクに直面することになる。

#### (1) 凝集阻害

一般の浄水処理における凝集反応は、除去物質である粘土などの懸濁性物質およびコロイドと凝集剤との荷電中和による凝集と、生成した微小フロックが架橋反応によりフロック化する反応からなる。ところが藻類の存在下では、藻体および藻体由来の有機物質が荷電中和、架橋反応の一方ないし両方の反応を妨げ、凝集沈殿を困難とすることがある。この結果、上澄水濁度の上昇、藻体の濾過水中への漏洩、凝集剤注入量の増加などの現象をもたらす。

#### (2) 濾過障害

浄水処理で一般に対象とする除去物質は粘土などの懸濁性物質およびコロイドであり、その大きさは1 $\mu\text{m}$ 前後で形も球形や立方体に近い。それに対し（浮遊性）藻類は、大きさが10 $\mu\text{m}$ をこえるものが多く、形状も針状のものも少なくない。懸濁物質に比して相当程度の大きさを持つ藻類が濾過池に進入してきた場合、濾層のどこかの地点で捕捉され、その結果濾層の空隙が閉塞されることになる。このように、沈殿池で沈殿分離出来なかった藻類が急速濾過池に流入する結果、濾層を閉塞させて、濾過池の機能を損なうことになる。

#### (3) 異臭味障害

かび臭および魚臭（なまぐさ臭）の障害が報告されている。

### 2-7-3 藻類被害に対する対策

ンドラ市の上下水道事業は、水道水源のダム湖を下水処理場下流に設置した時点で、上述の各種藻類障害と対峙することを求められたといえる。対策は、

- ① 水源ダムとその上流のカフブ川への流入栄養塩低減対策（排出源対策）
- ② カフブ川およびカフブ湖での植物性プランクトン増殖抑制対策（水源対策）
- ③ カフブ浄水場での浄水対策（浄水場対策）

よりなり、これらの方策を一体的に活用することにより、安全で良質な水道水を利用者に供給することが出来る。

#### (1) 排出源対策

下水処理における窒素、リンの除去を目的に各種高度処理法が研究されているが、酸化池法は人工湿地法などとともに自然の浄化システムを利用した処理法で、古くからその機能は証明されてきた。浅い池に排水を長時間滞留させ、排水に含まれる窒素、リンを主とする栄養塩を消費して藻類が生産され、藻類の光合成により供給される酸素の存在下で好気性細菌が有機物質を分解し、排水が浄化される仕組みである。この自然システム適用の条件は十分な広さの用地が確保できることである。

「ザ」国からの当初の要請リストには酸化池の設置も含まれていたが、後述（3章）の検討の結果、本計画の支援対象コンポーネントから除外した。しかし、カフブ湖をンドラ市の水道水源として活用し続けるには、カフブ川への流入栄養塩低減対策は、水道事業者であるKWSCのとるべき最も重要な施策である。

## (2) 水源対策

水道水源のダム湖が富栄養化することに伴い、藻類発生量の増加によるかび臭・濾過閉塞・着濁等の障害が生ずることは先に述べた。さらに、底部付近の酸素欠乏に伴い溶出するマンガン・鉄等による着色障害など、浄水処理上の問題が発生する。藻類障害やマンガン・鉄等による着色障害を一挙に解決する方法として、湖水攪拌が各所で行われている。湖水攪拌は、水温の鉛直分布を均一化することにより藻類が生息する環境を変化させ、藻類の増殖を抑制する試みである。カフブ湖の管理者はエネルギー・水開発省傘下の Water Board であり、湖水攪拌施設の設置は Water Board との協議が必須である。湖水攪拌に代表される水源対策も、富栄養化したダム湖を水道水源とする事業者にとり主要な施策の一である。

## (3) 浄水場対策

浄水場での対処のうち凝集障害に対しては、取水段階での対応と浄水処理工程での対応があり、様々な方法がとられている。取水段階での対応は浄水処理工程に取り込まれる藻類の絶対量の減少を目指すもので、取水量の削減、選択取水、マイクロストレーナーにより原水中の藻類を物理的に除去する方法などがある。

浄水処理工程での対応は、塩素と凝集剤の注入箇所および注入量の調整、濾過池の洗浄間隔・濾過速度の調整などがある。濾過障害への対応では凝集剤注入率の増加が最も一般的であるが、このほかにも一般に浄水場では多岐に亘る対応がとられる。必ずしも濾過閉塞のみの対応とは限らないが、濾過池の砂層を複層化している浄水場もある。

以上、1970 年代初頭にカフブダムが建設され、ダム上流のカフブ川に放流した下水処理水もカフブダムに貯留して水道水源として利用するシステム、すなわち、上下水の完全循環システムを運営していく上で派生する問題点とその対処法につき述べてきた。一方、本計画の議論の過程では、現行の完全循環システムへの代替構想も検討されたため、次項に代替構想の概要とその評価を記す。

## (4) 流域変更（放流先変更）計画の検討

ンドラ市上下水道システムの特徴は、取水量の 40% を市街地下流に立地するダム湖から取水し、発生した汚水をダム湖取水地点の上流 9km および 14km に位置する下水処理場で二次処理して放流する点である。これに対して、富栄養化したダム湖が水道水源として利用される場合は、藻類発生による各種のリスクを抱えることになるため、ダム湖への処理水流入は避ける努力が行われることが一般的である。

本計画においても、既設処理場の処理水をダム下流へバイパスする代替案が検討された。バイパスする流量は設計流量ベースで新・旧カニニ STP 21,400m<sup>3</sup>/日、新・旧ルプト STP 31,700m<sup>3</sup>/日で合計 53,100m<sup>3</sup>/日であるが、実測値ベースでは未確認値であるが、新・旧カニニ STP 61,000m<sup>3</sup>/日、新・旧ルプト STP 31,700m<sup>3</sup>/日の合計 92,700m<sup>3</sup>/日と推測される。

バイパスルートは新旧カニニ STP→新旧ルプト STP→ナカプタ配水池→ダム下流となる。このとき、最上流の新カニニ STP からダム下流までは約 20km の管路布設と河川横断（約 100m）、圧送ポンプ場が必要となり、建設費は一千万 USD 以上が見込まれる。

ただし、このバイパス案は、資金以上に別の観点から成り立ち得ないことが明らかである。即ち、カフブダム貯水量の75%は上流の4処理場の放流水と想定される。一方、カフブダムからの取水はKWSCの総水源量の40%を占め（残りは地下水源）、バイパス放流が行われて放流水がカフブダムに貯留されなくなれば、KWSC総水源量の30% (= 40×75%) が失われることになる。こうなると、KWSCは新たな水源を求めることが必要となり、極めて実現性の乏しい構想と判断される。

結論として、バイパス構想は実現性が極めて乏しいといえる。

### 第3章 協力内容の確認

#### 3-1 要請内容の確認

要請内容および、概略設計調査の予備調査にあたる本調査による確認の結果を示す。

表 3-1-1 に要請内容と調査結果の比較を、図 3-1-1 と図 3-1-2 にンドラ市の既存上下水道施設のシステムを、表 3-1-2 に各要請項目の現況を記す。

**表 3-1-1 準備調査（その1）による要請内容の確認**

| 調査団派遣前の時点                                   | 予備調査後  |
|---|--|
| ①カフブ浄水場取水ポンプの更新(7台)、薬品混和システム・送水ポンプの更新(各一式)  | ①カフブ浄水場取水ポンプ 7台                                |
|   | ②カフブ浄水場薬品混和設備 1式                               |
|   | ⑥カフブ浄水場送水ポンプ 7台                                |
| ②送水管(900mm)の埋設(8km)                         | ⑦ナカプタ配水池-スカイウエイズ配水池の送水管φ900mm×8km 弁類含む         |
| ③下水処理池の建設(4箇所)                              | →削除  |
| ④沈殿槽チャンネルの更新                                | ③カフブ浄水場沈殿池集水トラフ 180本                           |
| ⑤カロコ地区のキオスク型公共水栓の建設(6箇所)                    | ⑧カロコ地区のキオスク型公共水栓 6箇所                           |
| ⑥アッパームシリ地区送水管路の埋設と給水区の分離                    | ⑨アッパームシリ地区の送水管 弁類含む                            |
| ⑦カフブ浄水場ろ過砂の交換、ろ過ノズルの更新                      | ④カフブ浄水場急速濾過池濾過砂 600m <sup>3</sup>              |
|   | ⑤カフブ浄水場急速濾過池集水ノズル                              |
| ⑧チフブ/ノースライズ/西部環状送水幹線の更新、下水管の埋設、揚水ポンプの設置(2台) | ⑩-1 チフブ配水池からのコンクリート製配水管φ600mm×2kmの更新 弁類含む      |
|   | ⑩-2 ノースライズ配水池からのコンクリート製配水管φ375mm×1.7kmの更新 弁類含む |
|   | ⑩-3 西部環状線のコンクリート製配水管φ700mm×12.8kmの更新 弁類含む      |
|   | ⑪ダンボ下水ポンプ場の送水ポンプ 6台                            |
| N/A   | ⑫カニニ水質分析所の分析機材設置                               |
| N/A   | ⑬上記項目に必要な大口径水量計                                |

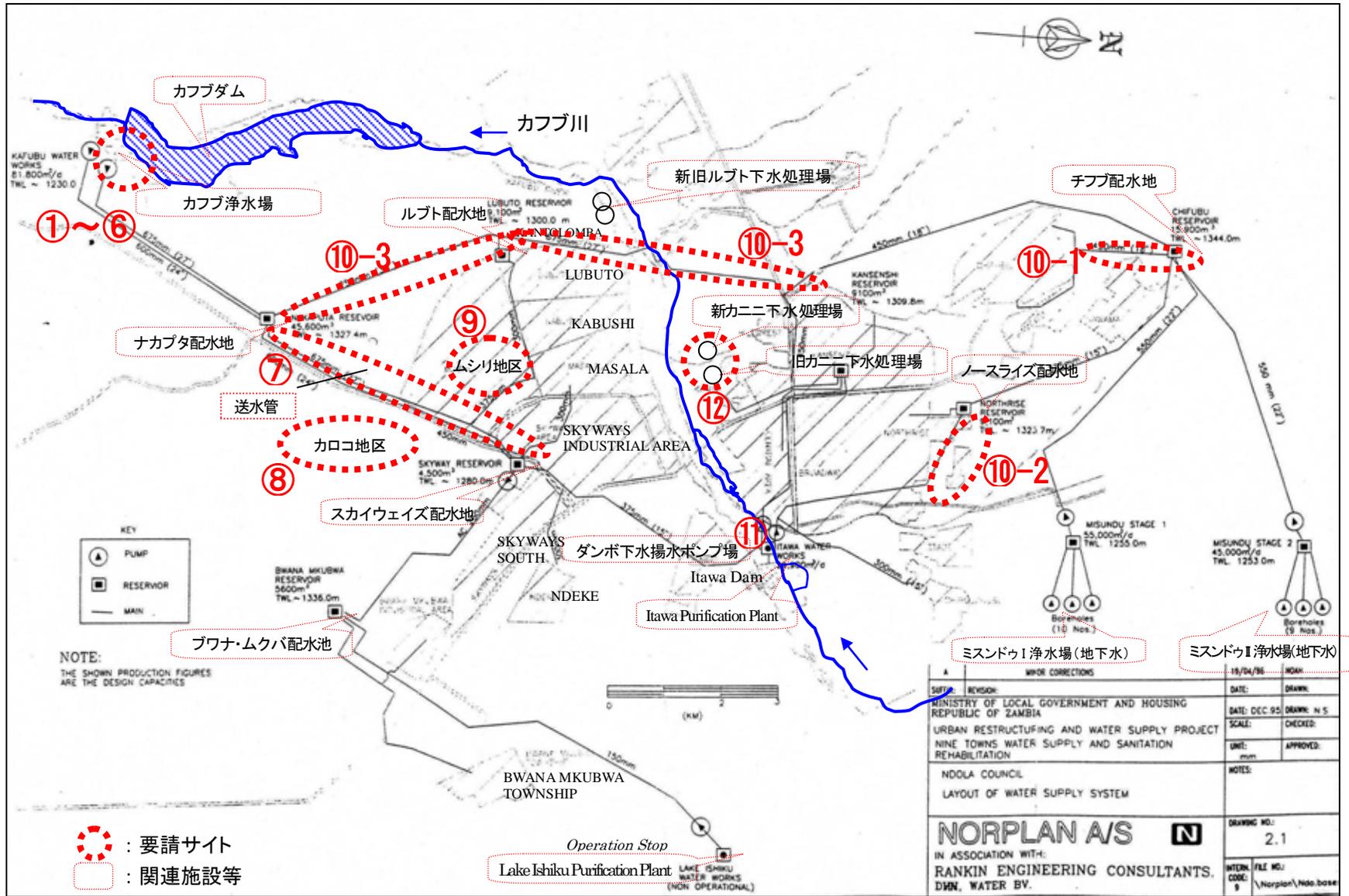


図 3-1-1 ンドラ市全体図とプロジェクト要請サイト

# NDOLA COUNCIL

## Schematic of existing water supply system.

3-3

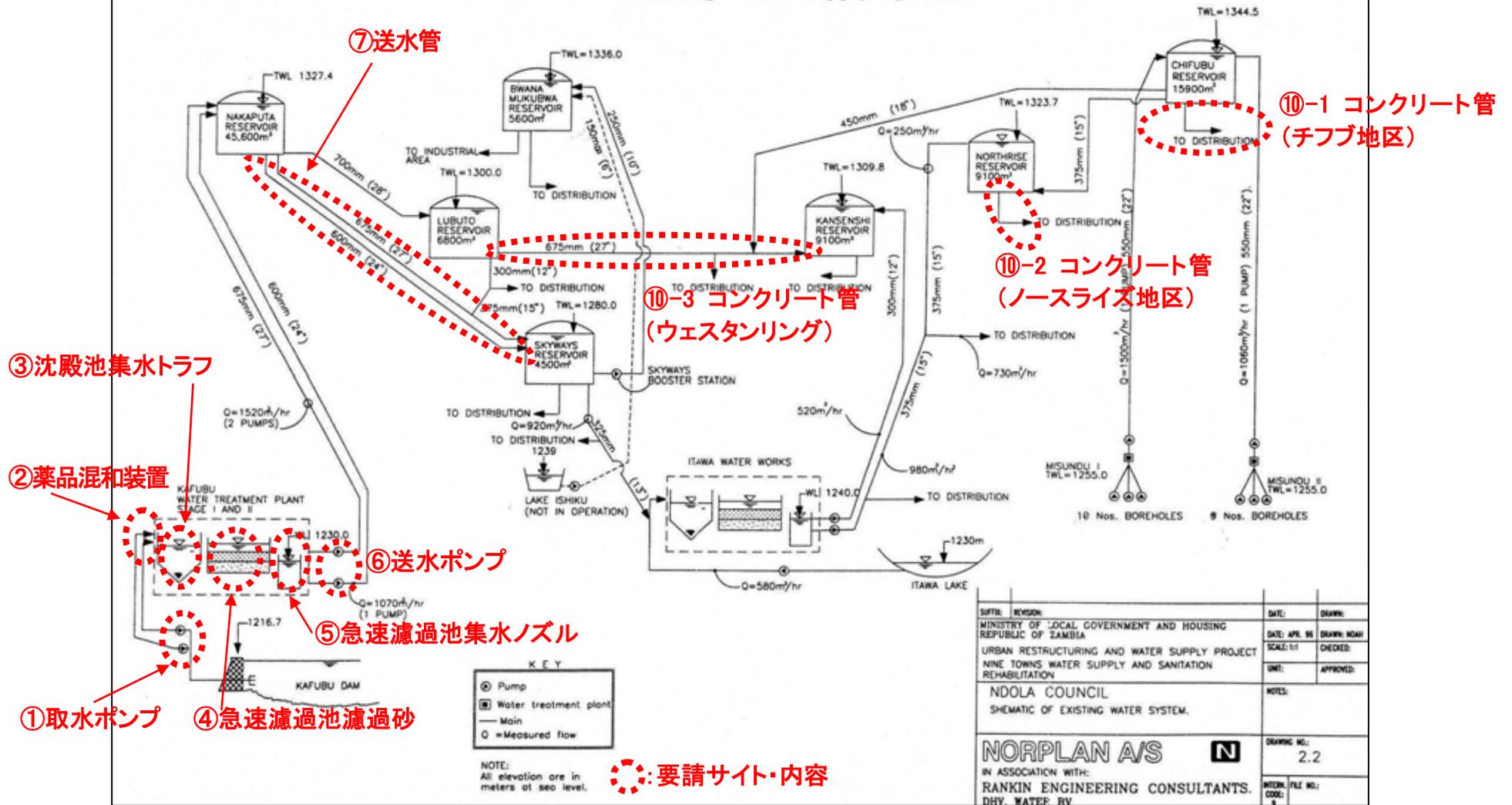


図 3-1-2 ンドラ市の既存給水システムと要請サイト・内容

表 3-1-2 要請内容と現況、追加調査内容等

| 図面<br>番号 | 優先<br>度 | 項目(数量)                  | 現況   | 技術アドバイザーコメント  | コンサルタント団員による<br>調査結果   | 写真  |
|----------|---------|-------------------------|--|---|--|---|
| ①        | 1       | カフブ浄水場取水ポンプの更新<br>(7台)  | 1998年に導入された4台は稼働しているが、かなりの水漏れがおきており状態が悪い。3台は建設当時のもので完全故障し修理不能。   | ポンプの耐用年数は15年程度である。完全故障の3台は交換が必要。稼働中の4台はしばらく使えそうだが軸封部から水漏れしており、耐用年数も残り数年なので交換が望ましい。  | ポンプ・電動機は7台中3台が要更新、1998年設置の4台は分解点検または更新が望ましい。弁類は継続利用可。配電盤は更新時期。変圧器は4台中2台が故障し更新が望ましい。天井クレーンは改修工事に必要。換気ファンは要検討。場内排水ポンプは交換すべき。貯水池の取水塔(弁室)の排水ポンプと電気配線に故障あり、弁室内部が水没している。   |  <p>軸封部から漏水している送水ポンプ</p>   |
| ②        | 1       | カフブ浄水場薬品混和設備の更新<br>(1式) | 急速濾過施設の凝集剤の混和装置と薬品注入設備。混和用電動機6台中3台は故障廃棄され残り3台も老朽化により修理できない状況。少なくとも前回訪問時(2009年10月)から凝集剤を使用していない。薬品注入ポンプ5台中3台は故障廃棄され、残りの2台も状態は極めて悪い。 | これら薬品注入設備の耐用年数は7年程度であるが、1965年の建設当時のもので、あきらかに寿命がきている。凝集剤が投入できない状況にあり、早急に交換すべき。攪拌機や薬品注入ポンプは確実に更新しなければならないが、薬品貯槽、弁類、パイプ類等一式の交換が必要と思われる。建物が老朽化しているので屋根や窓等の補修を先方負担で行うべき。 | 設備一式の更新が必要。コンクリート製の混和槽は継続利用可。内面は耐薬品塗装が必要。凝集剤・pH調整剤合わせて攪拌機6台、注入ポンプ5台。配管は長期不使用のため更新が望ましい。配電盤は更新時期。電気ケーブルは継続利用可。屋根・窓・扉・照明の補修は先方負担とすべき。設備更新後、原水・浄水の水質計測と凝集剤注入量の調整に関して、技術訓練と継続的なモニタリングが望ましい。濾過池後段の浄水池と、送水ポンプの間にある塩素ガス注入設備も古くなっており、危険物(有毒ガス)を取り扱う設備であることから注入器具・天井クレーン・質量計の更新が望ましい。 |  <p>薬品混和装置</p>  <p>薬品注入ポンプ</p> |

|   |   |   |   |  |   |  |
|---|---|---|---|--|---|--|
| ③ | 1 | カブ浄水場の沈殿池集水トラフの更新<br>(180本)               | 沈殿槽の上澄みの水を集める集水トラフ。グラスファイバー製で古いため、グラスファイバーが剥離しており、劣化により折れたものもある。  | グラスファイバー製で腐食に強いため穴は開いておらず機能はしているが、経年による劣化激しく強度が無くなっており要交換。集水トラフの耐用年数は12年程度なので、十分交換時期にきている。<br>凝集剤が使われていないため、沈殿池の凝集沈殿機能を果たしておらず、濁った水を濾過池に送っている。 | 矩形沈殿池の集水トラフは合計136本。経年劣化のため欠損があり、上澄水と懸濁物質を分離できていない状況。一式交換すべき。<br>円形沈殿池の放射状のコンクリート製トラフは問題ない。円周部の石綿セメント製トラフは健全だが、石綿製品の継続利用には問題があるか要確認。<br>円形・矩形沈殿池ともコンクリート継目から漏水あり。  |  <p>グラスファイバー製集水トラフ</p>              |
| ④ | 1 | カブ浄水場急速濾過池の濾過砂の交換<br>(600m <sup>3</sup> ) | 凝集剤を使っていないため強く緑色に濁った水が濾過槽に入っており、砂が見えない。濁った水が濾過槽に入るため目詰まりが早いと思われる。濾過槽にポンプによるバックウォッシュ機能があるが、その排水溝から薬品混和棟周辺まで水が溢れて水浸し状態。 | 水が緑色に強く濁っているため濾過砂の状態が見えなかったが、交換の時期にはきているものと思われる。濾過槽の計器類が建設当初のもので非常に古くほとんど動いていないので、濾過砂の能力低下を示す定量的データは記録されていないと思われる。                             | 濾過砂は更新時期。<br>集水ノズルも合わせて更新が望ましい。<br>逆流洗浄配管(空気・浄水)の濾過池底部にある配管末端も概略設計時に劣化状況の確認が望ましい。<br>濾過池内のフラップ弁とフロートは要補修/交換。<br>逆流洗浄工程は可能だが、逆流洗浄配管の弁の開閉不良により他の池に空気が漏れる。逆流洗浄配管の弁と弁棒の補修/交換が必要。<br>逆洗ポンプ・ブロワは半数以上が取りはずされており、機器の調達再設置が必要。これらの操作盤は比較的健全。 |  <p>急速濾過池<br/>(水は藻類により緑色に濁っている)</p> |
| ⑤ | 2 | カブ浄水場急速濾過池の集水ノズルの更新                       | 濾過砂の底部にある濾過処理水の集水装置であるため、状態を確認できない。   | 耐用年数は12年程度である。機能の低下は確認できないが、建設当初のものであれば、確実に交換時期にきている。  |   |  <p>濾過池底部の集水装置</p>                 |

|   |   |   |   |  |  |  |
|---|---|---|---|--|--|--|
| ⑥ | 1 | カフブ浄水場の送水ポンプの更新<br>(7台)                   | 1988年頃に導入された4台は稼働、3台は建設当時のもので完全故障。ポンプ本体及び周辺バルブとの接続部からの漏水が激しい。配電・制御盤が老朽化しており、計器類が故障しているものがある。浄水場及び送水ポンプ場の屋根が雨漏りしている。 | ポンプの耐用年数は15年程度である。完全故障の3台は交換必要。稼働中の4台も既に20年が経過しており、漏水が激しく限界に来ており、近い将来使えなくなりそう。<br>エロージョンによる穴からの漏水も見られるため、過大な吐出し流量域での運転をしている可能性がある。 | ポンプ・電動機は7台とも老朽化しており要更新。このうち比較的新しい1998年製の4台もポンプ本体に孔があき漏水している。弁類は一部に漏水補修が必要。<br>操作盤は比較的新しいが真空遮断器に不良あり、部品交換/盤更新が望ましい。<br>浄水場内の受電系統が全体に更新時期だが、合計20面以上。屋外の変圧器は高圧4台低圧4台とも旧型のPCB入り絶縁油を利用しており、油漏れに対処しながら利用している状況なのでできれば一括更新が望ましい。<br>天井クレーンは改修工事に必要。換気ファンは要検討。場内排水ポンプは2台とも交換すべき。水撃対策用のサージタンクは要補修。充気用コンプレッサは要点検/更新。送水管系の水撃対策の検討が必要。対策としてはフライホイール・緩閉式逆止弁等の併用が望ましい。 |  <p>送水ポンプ<br/>(軸封部からの漏水とエロージョンによる穴からの漏水が見られる)</p> |
| ⑦ | 1 | ナカプタ配水池～スカイウエイズ配水池間の送水管の更新<br>(900mm×8km) | コンクリート製管路が道路の両側に平行して2本ある。1本は漏水があまりに激しいため、今は送水していない(2009年10月には2本とも送水していた)。漏水箇所での溺死事故があった。                            | 漏水箇所のパイプを交換しても直ぐに近くの別の場所から漏水する状況にあり、管路全体の交換が必要となっている。漏水箇所でもカロコ地区の住民が日常的に水を汲んでおり、送水管の交換と合わせて同地区の給水施設の整備が必要である。                      | コンクリート製配管の継手からと見られる漏水が顕著。補修後も新たな漏水が発生するため全線更新が望ましい。<br>古い配管のため地上に畑などがあり、用地・路線を概略設計で要検討。<br>鋼管は現地溶接手間と作業スペースが必要。ダクタイル鋳鉄管は水圧の検討要。管路更生工法の適用可能性も要検討。   |  <p>漏水箇所</p>                                    |

|     |   |  |  |   |  |   |
|-----|---|--|--|---|--|---|
| ⑧   | 1 | カロコ地区のキオスク型公共水栓の建設<br>(6箇所)              | 人口約 12,000 人の貧困層居住地区であるカロコ地区に、キオスク型公共水栓が 6 箇所あり、4 箇所のみが使われている。稼働の 4 箇所も水圧不足で水栓から水が出ない。貧困層地区ではあるが、区画整理されており、配電網が整備されており、家は持ち家である。 | 本計画においては、送水量の増加だけでなく、裨益者に水が行きわたるまで考慮すべきであり、各戸給水ができない貧困層居住地区への公共水栓の整備は有効である。既存の公共水栓が老朽化しているので、新設の 6 箇所以外に既存の公共水栓のリハビリも検討すべき。 | 新規建設候補地 6 箇所を確認。ンドラ市の担当者により用地利用について住民の同意を得ている。候補地はカロコ地区全体の拡張地域にあり、既設水道配管を延長する必要がある。水売り人の雇用や売上の管理ほか、キオスク型公共水栓の運営については DTF の TOOLKIT を活用することが望ましい。 |  <p>カロコ地区のキオスク型公共水栓</p>              |
| ⑨   | 1 | アッパー・ムシリ地区への配水管路の埋設                      | 同地区は水圧不足で、普段は水が来ず、ナカプタ配水池が満杯になってもあまり水が来ない。メータが無く定額制料金のため、貯水して近所に転売している民家があった。  | ナカプタ配水池が満杯になっても水が届かない地域であるため、専用の送水管路を設置することにより給水人口を増加することができる。管路の延長は 3km 程度と思われるが、仕様は未定。                                    | ナカプタ系統の送水管からの分水管布設が必要。分水区間は口径 φ 225-300mm 程度、延長 100-200m 程度。分水管所に水量計を設置することが望ましい。用地は道路沿いで問題ない。概略設計時に配水区域内の分割後の水圧について水理検討を行うことが必要。                |  <p>メータの無い各戸接続<br/>(周辺住民が利用している)</p> |
| ⑩-1 | 2 | チフブ配水池からのコンクリート製配水管路の更新<br>(600mm × 2km) | 道路沿いに管路が位置していない。ほとんどが草むらの中で漏水状況は確認できなかった。配水池傍の接続部や流量計付近からは漏水している。  | 改修による裨益効果が定量化されていないので、調査する必要がある。既存の管路の埋設位置の特定と新規管路の埋設用地の確保に留意する必要がある。   | 配水池を起点とする配水管であるが、ナカプタ送水管系統と同じく、コンクリート製配管の継手からと見られる漏水が顕著で補修後も新たな漏水が発生するため全線更新が望ましい。道路の両側は墓地が接近しており用地・路線を概略設計で要検討。管路更生工法の適用可能性についても要検討。            |  <p>コンクリート製配水管</p>                  |

|     |   |   |  |   |  |   |
|-----|---|---|--|---|--|---|
| ⑩-2 | 2 | ノースライズ配水池からのコンクリート製配水管路の更新<br>(375mm×1.7km) | 軍隊の基地内の配水池から高所得者層への送水管路。道路沿いに埋設されている。漏水の修復箇所が点在している。道路との交差部で漏水が見られた。   | 裨益効果を確認する必要がある。調査時の軍隊の基地への立ち入り許可が必要となる(通常外国人は立ち入れない)。   | 配水池を起点とする配水管であり、配水池は軍用地内にある。コンクリート製配管の継手からと見られる漏水が顕著で全線更新が望ましい。路側帯に布設されていることから用地の問題は少ない。用地・路線の詳細を概略設計で要検討。   |  <p>道路沿いに配水管路がある</p>                     |
| ⑩-3 | 2 | 西部環状線のコンクリート製送水管路の更新<br>(700mm×12.8km)      | 道路沿いの管路でないため、今回現地調査できなかった。一見、草むらや空き地が多いが畑作地帯を通過しているものと思われる。  | 調査していないので、漏水状況はわからないが、同時代のコンクリート管は継ぎ手からの漏水が激しく、同種の管路全体を交換するのは、漏水対策として望ましい。ただし、配水区域や改修による裨益効果を調べる必要がある。  | コンクリート管と鋼管の区間が混在しているがどちらも老朽化により漏水が激しく、全線更新が望ましい。初期の計画時と異なり、市内北部の送水幹線と繋がる弁は閉鎖されているので、受益地区の給水需要に合わせた管径の検討が必要。用地・路線は概略設計で要検討。大口径・長距離のため費用削減を考慮した管路更生工法の適用可能性も要検討。 |  <p>ルプト配水池から見た管路<br/>(道路がなく位置の特定が困難)</p> |
|     |   | ルプト下水処理場の下水処理池の建設                           | 最初沈殿池、散水濾床(礫表面の生物膜を利用した生物膜法)、最終沈殿池の3段階の処理が行われている。新旧のルプト下水処理場は同じ敷地内にあり、上記のシステムが10式あるが古い7式は故障して使われていない。7式中5式は修理予定。 | 流入量 56,000m <sup>3</sup> /day に対して、新旧処理場の処理能力は合わせて 33,000m <sup>3</sup> /day。うち新ルプトの処理能力にあたる 9,700m <sup>3</sup> /day 程度しか機能しておらず、安定化池(熟成池)の建設より既存施設の能力回復が先決である。池の建設予定地は、処理場の排出口より低地がないので、適地とは言えない。 |  |  <p>安定化池(熟成池)の建設予定地</p>                |

|   |   |                                |  |  |  |  |         |
|---|---|--------------------------------|--|--|--|--|---------|
|   |   | カニニ下水処理場の下水処理池の建設              | ルプト下水処理場と同じ方式の処理施設である。旧カニニが 11,400m <sup>3</sup> /day、新カニニが 9,000 m <sup>3</sup> /day の処理能力があるが、60%程度しか機能していない。流入量は 34,000 m <sup>3</sup> /day 程度。 | ルプト下水処理場と同様に、既存施設の能力回復が先である(DANIDA が実施中)。安定化池(熟成池)の建設予定地の面積が十分でない。   |   | 新カニニ下水処理場の拡張予定地  |         |
|   |   | アスベストコンクリート製下水管の埋設 (225mm×1km) | マサラ地区のカフブ川近くの低地の下水管路で、漏水が激しい。汚濁物質の堆積により管が詰まっているようである。周辺はぬかるんでおり、異臭を放つ。   | 下水管路の平均耐用年数は 50 年であり、オールドカニニ下水処理場と同年代に建設されたものであれば 54 年が経過している。清掃点検用のマンホールの多くが草におおわれており、マンホール周辺には汚水が溢れており、清掃点検があまりなされていない。工場排水も含まれている可能性があり、カフブ川の汚染源になるかもしれないが、水量は多くない。 |   | 清掃点検用マンホール (周辺は漏水によりぬかるんでいる)   |         |
| ⑪ | 1 | ダンボ下水ポンプ場の送水ポンプの更新 (6 台)       | 6 台中 4 台は完全故障で使えない。1 台が稼働しており、1 台は修理待ちのスタンバイ用となっており、通常 1 台しか稼働していない。1 台のポンプでは下水処理場に送水しきれないため、未処理の下水が川に放流されている。                                     | ダンボ下水ポンプ場で送水しきれない未処理の下水が、水道水源となっているカフブ川に放流されており、ポンプ場の機能の回復は緊急である。稼働している 1 台も漏水しており、老朽化している。流量データを入手して、適切な仕様を検討する必要がある。   | ポンプ 6 台分のスペースがあるが流入管の接続は 4 台分のみで 2 台分は拡張用スペース。4 台は劣化して撤去されており、現在鉾山地区のポンプを転用。4 台ともポンプ・電動機の更新が必要。これに伴い、配管・弁類のレイアウト見直しが必要。受電盤・操作盤とも著しく汚損しており更新が必要。水位スイッチも合わせて更新要。屋外の変圧器は電気会社所有のため対象外。雨季には停電の発生があり、河 |  | 下水送水ポンプ |

|   |   |                         |   |   |  |  |
|---|---|-------------------------|---|---|--|--|
|   |   |                         |   |   | 川への下水の直接放流を防ぐため、現在は撤去されている自家発電機の再設置が望ましい。天井クレーンは要補修/交換。換気ファンは要検討。場内排水ポンプは交換すべき。  |  |
| ⑫ | 1 | <b>カニニ水質分析所の分析機材の設置</b> | 一般的な水質項目の他、原子吸光光度計があり重金属類の分析が実施できる。大腸菌群および糞便性大腸菌の検査を実施している。 | ドラフトチャンバや適切な換気施設がない。試薬類の保管が適切でない。分析所長は化学の修士を卒業しており知識はあり、スタッフも揃っている。 | <p>農薬・有機溶剤の水源混入を観測するためにガスクロマトグラフの導入が望ましい。</p> <p>新カニニ下水処理場内の水質分析所に機器設置スペースはある。屋外のガスタンク貯蔵箇所増設と室内排気用のドラフトチャンバの設置が必要。</p> <p>現行の原子吸光光度計が古くなっており分析に必要な付属部品と合わせて更新を検討することが望ましい。</p> <p>機器更新・導入時の初期操作指導と公社が行う水質観測に係る継続モニタリングが望ましい。</p>                       |  <p>水質分析所</p>   |
| ⑬ |   | <b>上記項目に必要な大口径水量計</b>   | 送配水管の各所に水量計が設置されているが多くが稼動していない。                             |   | <p>今回計画の対象となる浄水場及び管路の起点に設置検討が必要。</p> <p>電磁流量計が多く設置されているが一旦故障すると修理が困難。電源のない箇所はタービン型となる。大口径では形式の検討が必要。携行式の超音波流量計では瞬時流量しか測れないが故障時の対処が比較的容易なので活用方法を検討すべき。</p> <p>漏水分析・対策としては累積流量の記録が必要。</p> <p>配水区域別の流量分析について、公社が行う水量計設置後の計測状況を外部からも継続モニタリングすることが望ましい。</p> |  <p>大口径水量計</p> |

### 3-1-1 カフブ浄水場の改修

カフブ浄水場は 1966 年のステージ 1 で 40,900m<sup>3</sup>/day、1968 年のステージ 2 で 40,900m<sup>3</sup>/day を処理する施設が建設され現在に至っている。ステージ 2 はステージ 1 と同じ浄水システムが並列で拡張されたものであり、全体の浄水能力は 81,800m<sup>3</sup>/day である。水源は隣接するカフブダムであり、取水塔を経由した導水管が取水ポンプ場に繋がっている。現行の浄水量は、ポンプの故障と浄水場の老朽化により 55,000m<sup>3</sup>/day となっている。処理方式は凝集剤を使った急速ろ過法によるものであり、凝集剤を投入後、沈殿池の上澄水を急速濾過池で砂濾過し、浄水に塩素剤を注入して場内の送水ポンプでナカプタ配水池へ送るシステムとなっている。

#### ① カフブ浄水場の取水ポンプ

カフブダムに隣接する取水ポンプ場には、このポンプ場からカフブ浄水場までの約 200m の区間を導水するポンプ 7 台が設置されている。建設当初の送水ポンプ 3 台 (HAWKER SIDDELEY ELECTRIC AFRICA 製 100kw 等) が約 5 年前から故障中で、世銀-NORAD-GTZ による NINE TOWNS PROJECT で 1998 年に購入されたドイツの KSB 社製送水ポンプ (OMEGA V300-300B、792m<sup>3</sup>/h、H=20m、75kw) が 4 台稼動している。これら 4 台は予備機がないことから運転負荷が高い状況にあり、使用開始から 12 年目に入り更新を検討する時期に入っている。既存のポンプの仕様を次表に示す。要請ではこれら既存のポンプ 7 台とも更新となっている。

表 3-1-3 カフブ浄水場の取水ポンプのリスト

| ポンプ製造元、型番               | ポンプ能力                |      | 電動機の製造元         | 電動機の仕様 |        |       |          |    | 台数 |
|-------------------------|----------------------|------|-----------------|--------|--------|-------|----------|----|----|
|                         | 揚水量                  | 揚程   |                 | 電圧 (V) | 電流 (A) | 出力    | 周波数 (Hz) | 位相 |    |
| KSB Omega V300-300B     | 792m <sup>3</sup> /h | 20m  | Siemens - WAG   | 380    | 140    | 75kw  | 50       | 3  | 4  |
| Mather & Platt 1012ALEV | 3000gpm              | 70ft | Hawker Siddeley | 390    | 144    | 100kw | 50       | 3  | 2  |
| WORTHINGTON 12-LNHV-17  | 3000gpm              | 12m  | Hawker Siddeley | 390    | 115    | 80bhp | 50       | 3  | 1  |

#### ② カフブ浄水場の薬品混和設備

凝集剤混和施設 (要請上は 1 set of chemical dosing system と記載) では、凝集剤としてポリ塩化アルミニウムまたは硫酸アルミニウムを使用し、pH 調整剤として石灰を使用している。薬品混和槽の攪拌機 6 台中 3 台は完全故障で撤去され、3 台が残っているが運転されていない。攪拌後の溶液を原水に投入するための小型電動送水ポンプも故障して撤去されている。攪拌機 (凝集剤 3 台・pH 調整剤 3 台) および薬液定量注入ポンプ (凝集剤 2 台、pH 調整剤 3 台) の更新が必要な状況である。

#### ③ カフブ浄水場の沈殿池集水トラフ

カフブ浄水場には円形と矩形の沈殿池があり並列に稼動している。矩形の沈殿池は上向流式であり、グラスファイバー製の集水トラフに上澄水を越流させて分離し、濾過池に送らなっている。しかし、薬品混和槽の攪拌機の故障により凝集剤が使用されておらず、フロックが形成されて沈殿していく状態ではないうえ、集水トラフが劣化し破損しているために沈殿池内で成長した藻類の固まりや懸濁物質がそのまま濾過池に送られている。これに対して凝集剤の使用、沈殿池の定期的な清掃、集水トラフの更新を行うことで本来の沈殿池の機能が復旧されると考えられる。

- ④ カフブ浄水場の急速濾過池の濾過砂
- ⑤ カフブ浄水場の急速濾過池の集水ノズル

濾過池は重力濾過装置の一種であるアカズールフィルター形式であり、過去の図面からフランスのデグラモン社製と考えられる。2009年10月（乾季の終わりにあたる）の調査時は、薬品混和槽の攪拌機の故障により凝集剤を使っていなかったため、沈殿池を通過した水は原水とあまり変化なく強く緑色に濁っていた。濾過後の濁度はかなり減少していたが、緑色の濁りや藻類の悪臭が残っていた。現在も取水された水はほとんど原水のまま沈殿槽から濾過池に送られ砂濾過している状況にある。原水にはシルトや粘土による濁りはほとんどないが、浮遊物質をかなり含んでおり透明度は低い。濾過砂の目詰まりに対しては、濾過池の逆流洗浄装置を運転して対処している。

⑥ カフブ浄水場の送水ポンプ

浄水場から処理水をナカプタ配水池まで送る送水ポンプは、全7台中、初期のままの3台は故障しており、1988年頃に交換された4台が稼動している。稼動中の4台も老朽化して、故障と補修を繰り返しており、ポンプケーシングに孔が開いて漏水しながら運転しているものもあり7台とも更新時期を迎えている。場内に大量に漏れた水は仮設の水中ポンプで排水している。以下に、これら既存の送水ポンプ7台の仕様を示す。

表 3-1-4 カフブ浄水場の送水ポンプのリスト

| ポンプ製造元、型番               | ポンプ能力                 |       | 電動機の製造元           | 電動機の仕様 |        |         |          |    | 台数 |
|-------------------------|-----------------------|-------|-------------------|--------|--------|---------|----------|----|----|
|                         | 揚水量                   | 揚程    |                   | 電圧 (V) | 電流 (A) | 出力      | 周波数 (Hz) | 位相 |    |
| KSB Omega V250-600A     | 846m <sup>3</sup> /h  | 119m  | Siemens - WAG     | 3300   | 87     | 400kw   | 50       | 3  | 4  |
| Mather & Platt 810EME.V | 2800gpm               | 430ft | Hawker Siddeley   | 3300   | 92     | 550bhp  | 50       | 3  | 1  |
| Mather & Platt 810EME.V | 2800gpm               | 430ft | Kirloskar         | 3300   | 92.5   | 412.5kw | 50       | 3  | 1  |
| WORTHINGTON 8-LNV-25    | 948 m <sup>3</sup> /h | 119m  | Lancashire Dynamo | 3300   | 90     | 550bhp  | 50       | 3  | 1  |

表 3-1-5 カフブ浄水場送水ポンプの故障状況

| ポンプ番号 | 故障・補修履歴<br>(2007-2010年)                      | 故障・補修による<br>運転停止時間(2007-2010年) |
|-------|--|--------------------------------|
| No.1  | ポンプの軸・スリーブの劣化、軸受交換、インペラ・ケーシングの凹み、電動機修理       | 32,760 時間                      |
| No.2  | インペラの磨耗、電動機軸受の磨耗、電動機回転子の分解補修、操作盤の故障          | 5,880 時間                       |
| No.3  | ポンプ軸受の不良、電動機取り外し修理、軸受交換                      | 3,048 時間                       |
| No.4  | ポンプ軸受の交換、ケーシングの交換、電動機軸受の磨耗、回転子の分解補修、操作盤の分解補修 | 21,360 時間                      |
| No.5  | ポンプの分解補修、電動機補修、真空接触器補修                       | 2,160 時間                       |
| No.6  | 電動機焼損  | 10,824 時間                      |
| No.7  | ポンプの軸、軸受交換                                   | 5,664 時間                       |

## カフブ浄水場のそのほかの問題箇所

### カフブダム取水塔：

- ・ 取水塔内の弁類が水没しているが、排水ポンプが稼動していない。
- ・ 排水ポンプの動力および照明用の電力が届いていない。

### 塩素ガス注入装置：

- ・ 塩素ガスの漏洩に対処する中和設備が設けられていない。
- ・ 塩素注入機、質量計、天井クレーン等の機器が劣化したり故障したりしており、有毒ガスを取り扱う設備としては危険度が高まっている。
- ・ 藻類対策として、前塩素・中塩素注入配管を設けることが考えられる。

### 電気設備：

- ・ 建設当初の変圧器や配電盤が 50 年近く経過した現在も使用されている。
- ・ 変圧器は油入式で PCB 入りの絶縁油が漏れているものが見られる。
- ・ 全体的に更新時期を迎えているが規模が大きいため一括更新が難しい。

## 3-1-2 送水管の更新

### ① ナカプタ配水池～スカイウェイズ配水池間の送水管（φ900mm×8km）

ナカプタ配水池からスカイウェイズ配水池までの送水管路としてコンクリート製の 600mm（24 インチ）と 675mm（27 インチ）の径の異なる管が平行して埋設されており、要請ではこれを 1 条の 900mm の管路に更新することが挙げられている。

### ナカプタ（Nakaputa）配水池

ナカプタ配水池はンドラ市の上水道システムの中では最大規模の配水池であり、カフブ浄水場の水が全てここに揚水されてから、東部のスカイウェイズ配水池向けと西部のルプト（Lubuto）配水池向けの 2 系統に分かれて重力送水される。ナカプタ配水池には貯水容量 11,400m<sup>3</sup> の鉄筋コンクリート製貯水槽が 4 基あり、合計 45,600m<sup>3</sup> の容量がある。カフブ浄水場からナカプタ配水池までの約 4.5km、標高差 90m 程度の送水区間は、カフブ浄水場の 7 台（現行 4 台稼動）の送水ポンプ（High Lift Pump）で送水している。ナカプタ配水池はカフブ浄水場建設当時のものであるが、周囲が埋設されて半地下式となっており現状では大きな漏水は確認されていない。

4 基の配水池のうち、No.2 と No.3 はもともと水位が 1-2m くらいしか溜まらず、常に配水弁を開放している。また、No.1 と No.4 は夜間に配水弁を閉めている。これは、水の使用量の少ない夜間に送水管内の水が漏水して無効水量となることを避けるためである。カフブ浄水場からナカプタ配水池へは昼夜送水されており、配水池の配水弁を閉める夜間に水槽の約半分まで水が溜まる。本計画の実施により送水管が更新されれば漏水が減るため夜間も配水することが可能になると考えられる。

### スカイウェイズ（Skyways）配水池

カフブ浄水場から約 10km に位置し、ナカプタ配水池からの重力送水（標高差約 40m）を受けている。貯水容量は 4,500m<sup>3</sup> である。周囲の配水区に直接配水しているほか、隣接するブースターポンプ場からブワナムクワ（Bwana Mkunbwa）配水池へ送水してそこからンデケ（Ndeke）地区に配水し

ている。ナカプタ配水池からの送水管の漏水のためにスカイウェイズ配水池に届く水量が少ないので  
ブナムクブワ配水池への送水は2-3日おきに行っている。

### ナカプタ配水池からスカイウェイズ配水池までの送水管

コンクリート管が道路の路肩に埋設されているが、地表に漏水した水が流れ出している様子がこの  
区間のいたるところで見られる。KWSCの保守班が漏水箇所の管材を交換しても直ぐに近くの別の  
箇所から漏水が発生する状況であり管路全体の更新が必要となっている。漏水箇所では、飲料水運搬  
用のジュリ缶を持った人が多数集まっており水汲みをしている他、水浴びをしている子供たちや洗濯  
をしている女性が見られ、排水が周囲に流れ出している。水の使用量の減る夜間は漏水対策として送  
水を止めているため、管路内が負圧となりこうした生活排水の混じった漏水を吸い込んで水道水を汚  
染していることが考えられる。この管路の漏水量は $6,030\text{m}^3/\text{day}$ 程度であるとKWSCは試算している。

- ②-1 チフブ配水池からのコンクリート製配水管路 (φ 600mm×2km)
- ②-2 ノースライズ配水池からのコンクリート製配水管路 (φ 375mm×1.7km)
- ②-3 西部環状線のコンクリート製送水管路 (φ 700mm×12.8km)

それぞれの区間にコンクリート製の管路が埋設されているがいずれも老朽化しており、地表の漏水  
が各所で見られる。チフブ配水池からつながる配水管の道路の両側は墓地が接近しており管路の更新  
にあたり、用地・路線を検討する必要がある。ノースライズ配水池は軍用地内にあり調査には許可を  
得なければならない。ノースライズ配水池からの配水管は市街地に埋設されており工事の際に交通へ  
の配慮が必要である。

西部環状線はナカプタ配水池からルプト配水池を経てカフブ川を渡りンドラ市北部まで繋がる大  
口径の長距離管路である。コンクリート管と鋼管の区間があるがどちらにも漏水がみられる。かつて  
はナカプタ配水池から西部環状線を通じてンドラ市北部へも送水を行っていたが、現在は市内北部で  
ミスンド地下水系統の利用が拡大しており、西部環状線の末端部においては、ミスンド地下水源から  
の送水幹線と繋がる弁が常時閉鎖されている。これにより西部環状線計画当時の送水量は現在では必  
要とされていないと考えられる。ただし市内北部の管路系統に問題が生じた際には南部から西部環状  
線を通じた送水のバックアップを行う運用ができる。また、西部環状線沿線の配水区域には街区の発  
展がみられることから更新にあたって給水需要に合わせた管径を検討していくことが望ましい。

### 3-1-3 給水困難地区の整備

#### ① カロコ地区のキオスク型公共水栓

カロコ地区はンドラ市の南部地域にあり、要請書によると、配水区のカテゴリーはPeri-urban Area、  
2000年の人口は12,507人、各戸給水57軒+キオスク型区公共水栓6箇所により給水されている。現  
在の給水時間は0-12時間である。地区内の配水管は亜鉛メッキ鋼管(GSP管)φ50mm(2inch)が  
多く、埋設されているため状況は確認できないが、地区内には漏水箇所が給水点となっているところ  
がある。

ナカプタ配水池からの送水管の漏水による水圧不足が原因で、カロコ地区の6箇所の公共水栓のう  
ち2箇所には水が来ておらず、稼働中の4箇所についても水量が非常に少ない。給水を受けていない  
人が非常に多く、一部では漏水箇所の湧き水から生活用水を得ている状況が見られる。カロコ地区は

貧困層の居住地区に区分されるが、不法な土地占拠によるバラック造りの小屋が密集するような都市郊外のスラム街ではなく、きちんと区画整理された街区に道路・配電網が整備されており、住居は固定家屋でテレビのアンテナが多くの家が付いており、水料金の支払い能力は十分にあるものと判断される。

表 3-1-6 カロコ地区内のキオスク型公共水栓の状況

| 番号      | 土地         | 配管         | 給水       | 電気 |
|---------|------------|------------|----------|----|
| 既設 No.1 | 既存         | あり         | 0.5-1 時間 | あり |
| 既設 No.2 | 既存         | あり         | 6-12 時間  | あり |
| 既設 No.3 | 既存         | あり         | 0.5-1 時間 | あり |
| 既設 No.4 | 既存         | あり         | 6-12 時間  | あり |
| 既設 No.5 | 既存         | あり         | 給水不能     | あり |
| 既設 No.6 | 既存         | あり         | 給水不能     | あり |
| 新規 No.1 | 公共用地 (立会済) | GSP φ 50mm | なし       | あり |
| 新規 No.2 | 公共用地 (立会済) | なし         | なし       | なし |
| 新規 No.3 | 公共用地 (立会済) | なし         | なし       | なし |
| 新規 No.4 | 公共用地 (立会済) | なし         | なし       | なし |
| 新規 No.5 | 公共用地 (立会済) | なし         | なし       | なし |
| 新規 No.6 | 公共用地 (立会済) | なし         | なし       | なし |

公共水栓の水売り人は、Resident Development Committee が選んだ人員を KWSC が訓練し、その後各水栓に配置されることになっている。水料金は 25ZMK/20ℓ で、売上げの 40% が水売り人の収入となる。公共水栓には水道メータが設置されており、使用水量に従って KWSC が水売り人から徴収している。この地区の配水施設は 2000 年に世銀の資金により建設されたものと考えられる。給水困難な地区には手掘りの浅井戸が庭にある家庭もあるが、排水が浸透していることもあり手掘り浅井戸の水は衛生的ではない。

そのほかにンドラ市内には、Lubuto 下水処理場近くの Kantolomba 地区 (9,000 人) にもキオスク型公共水栓が 18 箇所ある。KWSC 全体では、ンドラ市に 69 箇所、ルアンシャ町に 16 箇所の合計 85 箇所の公共水栓がある。

## ② アッパー・ムシリ地区への配水管路

アッパー・ムシリ地区は低所得者の居住地域に区分されているが、街区は区画整理されており各家に番地表示がある。道路は未舗装だが幅員は 4-8m と広く排水用の道路側溝 (素堀またはコンクリート製) が整備されている。また、配電網も整備されている。給水が得られない人々は水が来ている地区まで行って購入している。水運搬容器はプラスチック製のジェリ缶やバケツであり、水運搬の方法には男性：自転車の荷台、女性：頭上に持ち上げ、子供：手押し車、円筒形容器の蹴飛ばし転がしなどが見られる。

KWSC の管網図によると、ムシリ地区への配水はナカプタ配水池からスカイウェイズ配水池までを繋ぐ幹線送水管 (コンクリート管 2 条のうち、φ 675mm (27 inch)) から直接分水されている (配水池からの配水ではない)。ムシリ地区内へ繋がる配管は φ 300mm (12inch) である。分水箇所に水量計があったが現在はコンクリートボックスのみあり、水量計は土砂に埋没していて確認できず分水

量は計測されていない。またムシリ地区の下流部ではムシリ地区の下流を通過してカブシ地区へ配水するための配水管があり、ムシリ地区上流部と同様に上述の幹線送水管からφ400mm（16inch）の配水管へ直接分水されている。

KWSC 配水担当部署の管理者の説明によると、ムシリ配水区域内に分水された水はその殆どが下流のカブシ地区へ流れていってしまいムシリ地区の上流区域では管内に滞留しないために水圧が低く給水困難な状況となっている。これに対して上述2箇所の分水箇所の中に幹線送水管からの新規分水管（注入点）を新たに設け、ムシリ地区内の配水管の仕切弁を閉めることで、ムシリ地区を南北に2分割することが提案され要請された。

この新規に埋設する分水管の延長は約200m程度である。起点（分水点）はナカプタ配水池からスカイウェイズ配水池までの幹線送水管が埋設されている道路であり、終点（注入点）はムシリ地区内のφ225mm（9inch）配水管である。口径は配水区域の大きさにより、φ225mm-400mm（9-12inch）となる。管路の埋設予定地は道路内または路肩であり公用地にあたるため新たな用地取得の必要はない。

既設分水箇所と新規分水箇所には水量計を設置することが望ましい。水量計は蓋のついたコンクリート製メータボックスに格納して埋設し、内部に無電源で稼動する軸流タービン型の水量計を格納することが考えられる。

### 3-1-4 下水ポンプ場・水質分析所・流量計の整備

#### ① ダンボ下水ポンプ場の送水ポンプ

ダンボ下水ポンプ場にはポンプ6台分のスペースがあるが、流入管の接続は4台分のみで2台分は拡張用スペースとなっている。当初設置された4台は既に劣化して使われていない。現在は鉾山地区のポンプを2台転用して運転している。下水送水の必要は現在もあるため4台ともポンプ・電動機の更新と、これに伴う配管・弁類のレイアウトの見直しが必要である。受電盤・ポンプ操作盤・水位スイッチも著しく汚損しているため合わせて検討を要する。また雨季にたびたび発生する停電時にポンプ場が機能せず、下水が河川へ直接流れることを防ぐため、撤去されている自家発電機を再設置することが望ましい。

#### ② カニニ水質分析所の分析機材

上下水道公社の業務として水道水源の水質保全を行うことが必要とされる。ンドラ市は鉾工業が盛んな地帯であり水源への影響も懸念されている。新カニニ下水処理場の水質分析所には原子吸光光度計があり、各浄水場の原水と処理水の重金属類（鉄・マンガン・銅・鉛・亜鉛・クロム・カドミウム）を分析している。その他、ニッケルの分析もできるが、砒素・水銀・コバルトについては分析できない。重金属の分析は、年間14回程度行っている。工場排水の水質分析も随時行っているが重金属類の分析はあまり頻繁に行われていない。

鉾工業地区（Industrial Area）には石油精製工場、洗剤工場、織物工場、クリーニング、ゴルフ場等があるため、ベンゼン、フェノールなどの揮発性有機物、トリクロロエチレンほかの有機溶剤、農薬等の分析についても行う必要がある。これらの分析にはガスクロマトグラフが必要となるがKWSCでは現在所有していない。

こうした現状を鑑み、ガスクロマトグラフの導入と原子吸光光度計のアクセサリーの追加が必要と考えられる。ガスクロマトグラフを設置する場合は、使用方法の技術移転が併せて必要となる。無償資金協力の中でのソフトコンポーネントのほか、「水の防衛隊」による JOCV やシニアボランティアの派遣などにより長期的なモニタリングや指導を行うことが望ましい。



図 3-1-3 カニニ水質分析所の原子吸光光度計

### ③ 大口径水量計

送・配水管路の流量を測定するバルクメータが、井戸や浄水場等の水源施設の出口、幹線送水管、およびいくつかの給水区に設置されている。これにより、給水区ごとの無収水率を毎月算出するようになっているが、実際には機能していない箇所もある。今回の改修対象箇所においてもそれぞれ水量計を設置して積算流量を計測することが望ましい。形式の検討に際しては電源の有無、取り外しや保守・修理の難易を比較する必要がある。

### 3-1-5 下水処理池の建設

当初要請では、容量  $150,000\text{m}^3$  の下水処理池（酸化地）4ヶ所の設置が要請された。池の水深を 1.5m とすると、 $150,000\text{m}^3$  の酸化池の所要面積は  $100,000\text{m}^2$  即ち 10ha である。要請のあった酸化池は既存の 4 処理場（新旧カニニ、新旧ルプト）の散水濾床法による処理水を原水として受け入れて窒素、リン濃度の低減を目的に設置するもので、三次処理（tertiary treatment）と位置づけられている。酸化池に代表される自然の持つ浄化機能を利用する水質浄化法は古くからその効果が認められ利用され、土地面積の制約の少なく、日射に恵まれ、気温も比較的高い地域では合理的な浄化法である。

本事業において、KWSC で期待する機能を発揮するためには、処理水量  $10,000\text{m}^3/\text{day}$ （約 5 万人相当）当たり、5~10ha の用地が必要となる。即ち、カフブ川の右岸（カニニ側）に 10~20 ha、カフブ川左岸（ルプト側）に 15~30 ha の用地が取得可能か否かにかかっていると見える。



図 3-1-4 下水処理場拡張のための候補地の状況

ンドラ市の既設の4処理場はカフブ川の両岸に位置し、いずれも区域内の一部の地区を除いて、汚水を自然流下で集めることができる。そして処理場と放流先のカフブ川との間には数キロにわたって未利用地が広がっている。このような点から、酸化池を設置するための用地手当ては可能かとも判断されるが、現地でのヒアリングでは、右岸（カフブ側）で取得可能な用地は約4ha、左岸（ルフト側）では、旧ルフト処理場建設以前に活用していた酸化池の跡地がンドラ市の管理下にあるが、敷地に隣接して数戸の住宅がすでに建てられ、現況空地を処理施設として利用することは、困難が予想される状態となっていた。

このような背景を踏まえて、以下のとおり分析された。

- ① 二次処理水を原水として三次処理する場合に必要な用地面積の確保の見通しが不明確で、支援の目的とするカフブ湖の藻類障害を抑制する効果を定量的に予測することが困難であった。
- ② 要請のあった酸化池は三次処理を目的とするものであり、このとき想定される処理フローは、一次処理（第一沈殿池）、二次処理（散水濾床＋第二沈殿池）、三次処理（酸化池）となる。これらの各単位プロセスは一体となって機能を発揮するものであり、事業の効果も、一体的なシステムとして評価することになる。即ち、酸化池のみの事業効果を把握するには困難を伴う。
- ③ カフブ湖の水質レベル（藻類の発生を最小化する）を達成するためには、単に下水処理場での努力だけでなく、中継ポンプ場や下水道未整備区域からの未処理汚水の放流の停止、市街地からの面的汚濁負荷の流入対策、農薬等のカフブ川への流入抑制などが同時に行われる必要がある。
- ④ カフブ湖はダム入り口からダム奥部の取水塔地点まで約6kmあり、更に、ダム入り口からルフト処理場放流口間3km、更に上流のルフトーカニニ処理場間5kmのそれぞれの浄化機能を活用することによる水質改善効果も十分に期待できるものであり、これらをシステムとして把握した上でないと、有効な対応策を実施しにくい。

上述の状況の中で、KWSCによる酸化池への支援要請はデンマーク政府（DANIDA）に対しても行われていたので、わが国からの支援リストからは除外することとなった。

### 3-1-6 下水管の埋設

当初の要請にはカフブ川左岸、ムシリ地区の汚水管の布設替えが含まれていた。対象の管渠は、口径 225 mm、アスベストセメントパイプ、延長は 1,000m である。

一方 DANIDA による支援スキームには、目標年次を 2030 年とする上下水道の事業計画（フィージビリティスタディ）が含まれており、また、ムシリ地区の汚水管渠の更新事業が含まれている。下水道管路網の更新にあたっては、対象区域の管路計画を見直した上で実施する必要がある、この観点で、本コンポーネントは DANIDA による支援スキームに含まれることが適切と判断した。

## 3-2 環境社会配慮関連事項

### 3-2-1 環境関連の行政組織・法制度

#### (1) 行政組織

「ザ」国の環境行政の政策立案は、観光・環境・自然資源省（MTENR: Ministry of Tourism, Environment and Natural Resources）が実施し、環境規制、環境管理、環境影響評価の審査、環境啓発等は MTENR 傘下にあるザンビア環境委員会（ECZ: Environmental Council of Zambia、1990 年に環境保護汚染規制法に基づいて設立）であり、国民の健康と人・動物・植物・環境の保護のために持続的開発を図ることを目指している。

#### (2) 法制度

産業と商業の発展、中でも大規模鉱山開発と工業の発展および人口増加により環境破壊が進行したため、「ザ」国政府は 1985 年に初めての環境政策となる国家保護戦略（NCS: National Conservation Strategy）を策定し、1990 年には環境保護汚染規制法（EPPCA: Environmental Protection and Pollution Control Act）を制定した。また、同戦略を国家環境実施計画（NEAP: National Environmental Action Plan）に組み入れ、さらに 1997 年には環境影響評価（EIA）に関する規則（Statutory Instrument SI No.28,1997）が制定された。この法令により EIA が義務付けられたため、「ザ」国における開発と環境保護のバランスが図られることが期待されている。環境関連の主要な法規則を表 3-2-1 に示す。

表 3-2-1 環境関連の法制度

| 法規則の名称   | 内容                              |
|--|---------------------------------|
| Environmental Protection and Pollution Control Act, No.12, 23 July,1990          | 環境保護汚染規制法（環境保護及び汚染規制に関する法体系の基礎） |
| The Water Pollution Control (Effluent and Waste Water) Regulations, 1993         | 水質汚染規制規則（排水及び下水）                |
| The Air Pollution Control ( Licensing and Emissions Standards) Regulations, 1996 | 大気汚染規制規則（免許制度と排出基準）             |
| Environmental Impact Assessment Regulations, No.28,1997                          | 環境アセスメント規則（手続きと内容）              |

#### 1) 環境保護汚染規制法（No.12,1990）

この法は Part 1 から 12 の全 96 条で構成されており、各 Part の項目は次のとおりである。

|        |              |          |          |            |
|--------|--------------|----------|----------|------------|
| 1. 序   | 2. 環境委員会     | 3. 事務手続き | 4. 水     | 5. 空気      |
| 6. 廃棄物 | 7. 殺虫剤及び有害物質 | 8. 騒音    | 9. 放射性物質 | 10. 自然資源保護 |
| 11. 検査 | 12. 一般       |          |          |            |

### 2) 水質汚染規制規則 (No.72,1993)

この規則では「排水許可取得の手順および59項目についての排水基準」(資料4参照)を定めており、第一段階では次に示す13項目について基準を定めている。

|           |         |          |        |            |
|-----------|---------|----------|--------|------------|
| 1. 温度     | 2. 色    | 3. においと味 | 4. 濁度  | 5. 浮遊物質    |
| 6. 沈下物質   | 7. 溶解物質 | 8. 電気伝導度 | 9. 大腸菌 | 10. 糞便性大腸菌 |
| 11. 大腸菌群数 | 12. pH  | 13. 溶存酸素 |        |            |

### 3) 大気汚染規制規則 (免許制度と排出基準,1996)

この規則では次に示す項目について環境基準及び排出許可に関する手続き等が定められている。

|          |                     |                      |                |          |
|----------|---------------------|----------------------|----------------|----------|
| 1. 二酸化硫黄 | 2. 二酸化硫黄と浮遊粉じんとの組合せ | 3. 呼吸可能な浮遊粉じん (PM10) | 4. 窒素酸化物と二酸化窒素 | 5. 一酸化炭素 |
| 6. 鉛     | 7. ほこり              |                      |                |          |

次に示す産業については特定の物質について排出基準が設けられている。

|         |                |             |          |         |
|---------|----------------|-------------|----------|---------|
| A. 銅製造業 | B. セメント及び石灰製造業 | C. 硝酸・硫黄製造業 | D. 肥料製造業 | E. 焼却施設 |
| F. その他  |                |             |          |         |

### (3) 環境関連法の施行状況

環境関連法の施行状況は表 3-2-2 に示すとおりである。

**表 3-2-2 環境関連法の施行状況**

| 法律名   | 施行状況他   |
|---|---|
| 大気汚染 (Atmospheric pollution)<br>a) 1990年の環境保護汚染規制法、1996年の大気汚染規制規則 (排出基準)<br>・ ザンビアにおける大気汚染規制の主要法令<br>・ 汚染物質の排気に対する許可システムによって ECZ が管理する。                 | ・ ECZ は、法律を遵守させる強制力を現在には持っていない。                         |
| 水質汚濁と排水管理<br>a) 1993年、水質汚染規制規則 (排水および下水)  | ・ ECZの組織力が低く、経済的にも弱いため、政治的効果はあまりなかった。                   |
| 廃棄物管理 (Waste Management)<br>a) 1990年の環境保護汚染規制法、1993年の廃棄物管理 (廃棄物の輸送や投棄場所の許可) 法令No.71<br>・ ECZ によって執行<br>・ 現在排出されている廃棄物の輸送や管理、投棄場所に関して、許可書を受けることが期待されている。 | ・ 規制効果は、ECZの力不足によって効力が低く、経済との繋がりにも乏しいため、政治に影響を与えることもない。 |
| 自然資源一般 (Natural resources, general)<br>a) 1970年、自然資源保全条例 Cap 315 (The Natural Resources Conservation Act Cap 315)                                       | ・ 自然資源局を支援する機関がないため、運営が困難である。                           |

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林保護区や国立公園、漁業・鉱物採掘地帯以外の地域における自然資源管理のための法的規制。</li> <li>b) 1997年、環境保護と汚染規制（環境影響評価）（The Environmental Protection and Pollution Control (Environmental Impact Assessment) Regulations of 1997） <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 開発計画が実施される前に環境影響を評価することを義務付けた。</li> <li>・ ECZ が担当する。</li> <li>・ 国の目標である、持続的自然資源管理に寄与する。</li> <li>・ EIA 規則は EPPCA による最新の規則であり、環境・自然資源保全の分野で効力を発揮するまでには、組織力の強化が必要である。</li> </ul> </li> </ul>  | (Mtongo 1998)   |
| <p>野生生物</p> <p>a) 1998年、ザンビア野生生物法令No.12は、1991年の国立公園及び野生生物法令No.12に置き換わるもの（1999年1月1日から執行）。この法令はザンビア野生生物局の機能を以下の通り規定している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 野生生物の多様性を保全するため、国立公園の設立、規制、管理を行い、国立公園の持続的利用とのバランスを維持する。</li> <li>・ 適切な狩猟管理区（GMA）を大統領が指定する。</li> <li>・ GMA 内に生息する野生生物の持続的利用と生息地の効果的管理を行う。</li> <li>・ GMA の地域社会の経済・社会状況を良好に保ち、GMA の管理に地元住民の参加を促す。</li> <li>・ 開発と管理計画に対する支援。</li> <li>・ 狩猟動物の牧場経営に関する規制。</li> <li>・ CITES やラムサール条約、生物多様性条約の実施に対する支援。</li> </ul> <p>b) 1989年、観光法令No.23</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 開発と観光招致に対する法的規制。</li> <li>・ 保全と自然資源管理における課題を明確には規定していない。</li> <li>・ 効果的ではなくザンビアの観光は野生生物の利用度が高いため、1998年のザンビア野生生物法との調和が必要である。</li> </ul> | 不明  |
| <p>森林</p> <p>a) 1974年、森林法令No.21（The forest Act No.21 of 1974）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主な法的活動手段は、森林保護区の設定や管理策。森林保護区を設定することによって、森林を保全する。</li> <li>・ 森林資源を利用したり管理したりすることに関し地元社会を育てることに関与しない。</li> <li>・ 現在、不法住民による森林資源の過度の利用が頻繁である。この現状は、森林の存続を脅かしている。</li> <li>・ この法令の欠点 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林管理への住民参加がない。</li> <li>・ 森林管理計画の策定への寄与が不足している。</li> <li>・ 森林利用からの非合法的な利益を規制しきれない。</li> </ul> </li> <li>・ 効果的な森林管理を行い、森林消失問題に取り組み、国の持続性に寄与するため、森林局から森林公社への転化が進んでいる。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林法は現在改訂中で、意思決定課程における女性参加や教育、訓練、女性の森林管理への参加、農林業や森林保全への女性の参加等、現代的視点を取り入れている。</li> </ul> |
| <p>農業</p> <p>a) 1960年、農業用地法（Agricultural Lands Act of 1960）</p> <p>この法令は、農業用地委員会を発足させ、大臣が農業、食糧、漁業に対して責任を持つ仕組みを内包させた。欠点として、本法令は地域住民の参加を促すことが無い。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MAFF は組織が再編成され、以下の機能を持つ。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経済・マーケティング局</li> <li>・ 政策・プランニング局</li> <li>・ マーケティング・開発局</li> </ul> </li> <li>・ 野外サービス <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国家農業情報サービス</li> <li>・ 農業教育、漁業教育</li> <li>・ 技術サービス</li> </ul> </li> <li>・ 研究分野</li> </ul>   | 不明  |

|   |    |
|---|----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土壌と作物研究、水産研究</li> <li>・ 動物の健康と家畜研究</li> <li>・ 人的資源開発研究</li> <li>・ 種のコントロールと認証機関</li> </ul>   |    |
| <p>漁業</p> <p>a) 1974年、漁業法Cap 314 (The Fisheries Act Cap 314 of 1974)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 商業漁業や漁師、漁船の登録を行う。</li> <li>・ 指定漁場や商業的漁場等において漁、法のコントロール等を通じて生態系や野生生物の生息地保護、種の持続可能な個体数を確保する。</li> <li>・ 法令の欠点 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ この法令は、絶滅に瀕しているような特定種の保護を与えない。</li> <li>・ この法令は、水産業管理のための持続的な管理計画策定に寄与しない。</li> <li>・ 水産管理に影響を与えることは明白であるが、非商業地域は対象としない。</li> <li>・ 水産資源管理に対して、地元住民の参加を支援しない。</li> </ul> </li> </ul>  | 不明 |
| <p>水資源</p> <p>a) 1949年、水資源法令 Cap 312 (The Water Act ,Cap 312 of 1949)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 所有権や水利権を管理し、水の利用を規制する。</li> <li>・ 全国の水について、その配分と使用を規制する。</li> <li>・ 水資源開発委員会によって管理される。</li> <li>・ この法令の欠点は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水利用者に対して、水資源利用規制に関する会議への参加を求めない。</li> <li>・ 国境付近の水利用に関して規定していない。</li> <li>・ 水質汚染に関する法的基準がない。</li> <li>・ 習慣的な水利権との調整が取れていない。</li> <li>・ その他の一般的法令と環境保護に関する規制との調整が取れていない。</li> </ul> </li> </ul> <p>b) 水利政策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ さまざまな条件下において適切な質と量の水を利用者の満足いく料金で提供できるように水資源開発の維持を行う。</li> </ul> <p>c) 水資源開発委員会</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ザンビアの法令 Cap 312 によって設立された。</li> <li>・ 委員会は、エネルギー・水開発省 (MEWD) の管轄下であり、水利局 (DWA) から技術的支援を受ける。</li> <li>・ 委員会の主な機能は全ての表流水の管理と、それを利用者へ配分することである。</li> </ul> <p>d) ザンベジ川庁 (The Zambezi River Authority)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1987 年のザンベジ川庁令にて、ザンビアとジンバブエがザンベジ川の国境線に沿った地域の水利用に関して同意して成立した。本法令は、水力発電のための利用は 1 : 1 の割合が同意され、灌漑水としての利用についての同意も求めている。(GRZ 1994-水政策)</li> <li>・ 法令の欠点は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ザンベジ川庁は、ザンベジ川の水を利用する開発計画の環境影響評価を担当することが法的にできない。</li> </ul> </li> </ul> | 不明 |

### 3-2-2 「ザ」国における環境アセスメント

環境アセスメント規則 No.28 ではそこに記載された第 1 表および第 2 表の開発事業は報告書の提出が義務付けられている。これらの表に記載されていない事業については ECZ が報告書の必要性を判断する。規則が制定される以前の事業については環境管理計画 (EMP : Environmental Management Plan) を作成する必要がある。

#### (1) 第 1 表 (First Schedule) の事業

環境に及ぼす影響が少ないと見なされる 23 事業は簡易環境報告書 (EPB : Environmental Project

Brief) を ECZ に提出する。ECZ は報告書を受け取ってから 40 日以内に決定書を出す。ここに含まれる事業の例としては都市域のリハビリ (Urban Area Rehabilitation)、水輸送 (Water Transport)、洪水調整 (Flood Control Scheme) 等がある。本案件には水輸送に該当するものがある。

(2) 第 2 表 (Second Schedule) の事業

環境に重大な影響を及ぼす可能性のある事業は環境影響報告書 (EIS : Environmental Impact Statement) を ECZ に提出する。ECZ は報告書を受け取ってから 65 日以内に決定書を出す。EIS を提出する事業は次のとおりである。

**表 3-2-3 EIS を提出する必要がある事業**

|         |          |              |             |                |
|---------|----------|--------------|-------------|----------------|
| 1. 都市開発 | 2. 交通・輸送 | 3. ダム、河川、水資源 | 4. 鉱山開発     | 5. 森林開発        |
| 6. 農業   | 7. 加工業   | 8. 発電事業      | 9. 排水・廃棄物事業 | 10. 自然保護区域内の事業 |

このうち本プロジェクトに関連のある事業の内容は次のとおりであるが、摘要の是非については ECZ の判断による。

水輸送用のパイプライン : 直径 0.5m 以上で延長 10km 以上

ダム、河川、水資源 : a. 25ha 以上のダム  
: b. 2,000,000m<sup>3</sup>/s 以上の地下水開発  
: c. 貯水表面積が 50m<sup>2</sup> 以上の給水施設

排水・廃棄物事業 : a. 1,000ton/day 以上の固形廃棄物処分場  
: b. 100ton/day 以上の有害廃棄物処分場  
: c. 15,000litre/day 以上の下水処理場

(3) EIS の記載内容

EIS は ECZ に承認された専門家によって作成されなければならない、次の事項を含むものとされている。

- ① 事業の概要と代替案
- ② 候補地の概要と代替候補地を棄却した理由
- ③ 用地の概要と周辺環境
- ④ 事業に使用される材料と環境影響
- ⑤ 技術とプロセスの概要
- ⑥ 産物と副産物
- ⑦ 環境影響と代替案、間接的影響、短長期の影響
- ⑧ 住民移転等の社会経済的影響
- ⑨ 影響低減策を含む管理計画
- ⑩ 近隣地域への影響についての指摘事項

(4) EPB および EIS のプロセス

EPB および EIS 手続きの流れを図 3-2-1 に示す。

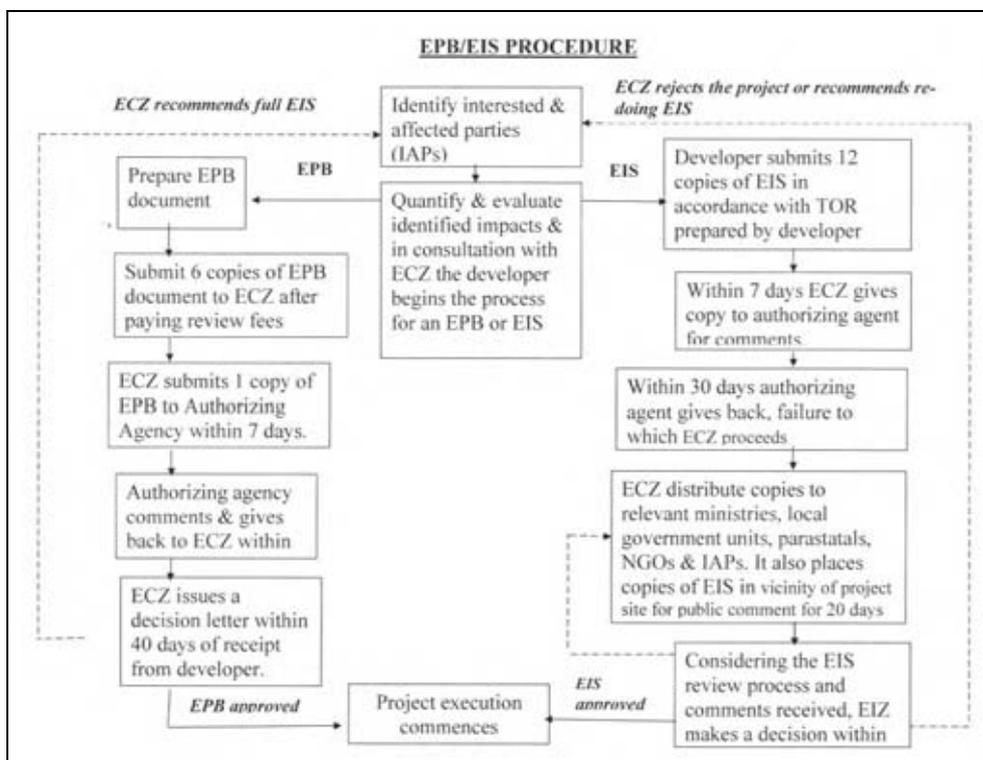


図 3-2-1 「ザ」国の環境アセスメントの手続き

(5) 本案件の EIA 手続き

本案件の環境社会配慮に関し、ECZ 本部（ルサカ、2010 年 4 月 23 日）および北部地域事務所（ンドラ、2010 年 4 月 27 日）にてヒアリングを行った。結果は以下のとおりである。

- 本案件は既存施設のリハビリ事業であるが、EIA 対象の事業である。
- 事業内容は第 1 表の「水輸送 (Water transport)」又は、第 2 表の「輸送 (Transportation) d. パイプライン (Pipelines) : 水運搬用パイプラインで直径 0.5 m 以上、延長 10 km で集落外に設置するもの (for water: diameter 0.5 meter and above and length 10 km outside built up area,... ) に該当すると考えられる。
- 手続きは環境アセスメント規則 No.28 に則して進められるが、EPB の結果を待って EIS に進む場合、承認までに長期間を要するので、当初から EIS に取りかかった方が良い場合もある (ECZ ルサカ見解)。
- 事業内容とプロジェクト・サイトの踏査の印象では、EPB に相当する事業と考えるが、審査の過程でコメントがつくこともあるので、EIS の準備もしておくことが望ましい (ECZ ンドラ見解)。

上記を踏まえて、EPB の作成と EIS のための TOR 作成を同時並行で開始した。

3-2-3 「ザ」国における土地制度

「ザ」国における基本的な土地管理者は大統領であり、土地保有は基本的には国または地方自治体

からの借地使用权である。その期間は基本的には99年間であるが、許可証の種類により10年間、14年間、30年間などがある（表 3-2-4 参照）。

表 3-2-4 土地保有期間

| No. | 書類名  | 書類内容        | 期間  | 監督機関      |
|-----|------|-------------|-----|-----------|
| 1   | 保有証書 | 保有資格証(測量済み) | 99年 | 土地省、地方自治体 |
| 2   | 土地記録 | 保有経歴記録      | 10年 | 地方自治体     |
| 3   | 所有証  | 所有利用許可証     | 30年 | 地方自治体     |
| 4   | 保有証書 | 保有経歴記録(未測量) | 14年 | 土地省       |

土地登記或いは保有制度は十分に民間に浸透しているとはいえ、正規の手続きを経て土地を保有または使用している場合と非公式に使用している場合がある。使用許可証または保有証書を所有している人の割合は不明であるが、ルサカ市では 50%以下であろうという調査記録がある（Lusaka City State of Environment Outlook Report）。

施設計画に基づいて用地取得をする場合には、土地省及び地方自治体と調整を行うとともに、土地所有と譲渡に関する規則及び慣習等を理解して手続きを進める必要がある。

### 3-2-4 JICA ガイドラインとの整合性

JICA 環境社会配慮ガイドライン（旧ガイドライン、2004年4月）の目的は、JICA が行う協力事業に関する環境社会配慮の手続きを相手国に説明するとともに相手国政府に求める要件を示すことにより、相手国政府に対し適切な環境社会配慮の実施を促すとともに、JICA が行う環境社会配慮支援・確認の適切な実施を確保することである。

同ガイドラインの JICA としての基本方針は以下のとおりであるが、観光・環境・自然資源省（MTENR）及びザンビア環境委員会（ECZ）等の関係者との協議により整合性を図る必要がある。

- ① 環境と社会面の幅広い影響を配慮の対象とする。
- ② 戦略的環境アセスメントの考え方を導入し、早期段階から配慮を実施する。
- ③ 協力事業の終了後、フォローアップを行う。
- ④ 協力事業の実施において、説明責任と透明性を確保する。
- ⑤ 住民、NGO、研究者、関連する政府機関等、ステークホルダーの参加を求める。
- ⑥ 説明責任の確保とステークホルダーの参加を確保するため、情報公開を行う。
- ⑦ JICA の実施体制を強化する。

### 3-2-5 計画地域の特性

#### (1) 自然保護地域

「ザ」国における自然保護地域システムには森林保護地域（490 か所）、国立公園（19 か所、国土の 8.5%）、野生動物保護地域（2 か所）、狩猟管理地域（35 か所、国土の 21.5%）、漁猟地域などがある。他に文化遺産が 3,687 か所あり、うち 5 か所は生態系保護地域、また 8 か所はラムサール条約に登録された湿地帯である。漁猟地域は 2007 年に漁猟法 No.22 によって導入され、資源管理委員会（野生動物法 No.12,1998 年に基づいて設立）などにより管理されている。国立公園の位置を図 3-2-2 に示す。



図 3-2-2 国立公園の位置

#### (2) 計画地周辺の状況

本案件の計画地域はいずれも上記の自然保護地域には入っていないが、一部分が農地や墓地等に隣接しているため概略設計を実施するには事前に現地を確認する必要がある。要請項目の現況と問題点を表 3-2-5 に示す。

表 3-2-5 要請項目の現況と問題点

| 要請項目 |                                       | コンポーネント |   | 用地の現況と問題点  | 写真 |
|------|---------------------------------------|---------|---|--|----|
| 1    | カフブ浄水場内<br>機器更新                       | 1       | 取水ポンプの更新                                      | 浄水場敷地内の事業であり用地取得等に関する問題はないが、外部への漏水などがないように配慮する必要がある。   | 1  |
|      |                                       | 2       | 薬品混和設備の更新                                     |  |    |
|      |                                       | 3       | 沈殿地集水トラフの更新                                   |  |    |
|      |                                       | 4       | 急速濾過池濾過砂の更新                                   |  |    |
|      |                                       | 5       | 濾過池集水ノズルの更新                                   |  |    |
|      |                                       | 6       | 送水ポンプの更新                                      |  |    |
| 2    | ナカブタ配水池<br>/スカイウェイズ<br>配水池間の送<br>水管更新 | 7       | 送水管の更新  | 継ぎ手の欠損部分から漏水が見られ、周辺地域への影響が懸念されるが、事業実施にあたり新たな用地取得の必要はない。  | 2  |
| 3    | 西部環状線の<br>送水管更新                       | 10-3    | 送水管の更新  | 道路沿いではなく草むらや畑を通過していると思われるため、概略設計の際には改めて用地・路線について確認が必要である。                                      | 3  |
| 4    | 配水管、公共水<br>栓設置                        | 9       | アッパー・ムシリ地区送水管<br>の設置                          | 用地は道路沿いで問題はないが、水量計を設置するため新たな用地が必要になる。  | 4  |
|      |                                       | 8       | カロコ地区キオスク型公共<br>水栓の建設                         | 6か所の新設候補地については土地利用について住民の同意を得ている。  |    |
| 5    | 送配水管更新                                | 10-1    | チフブ配水池からの配水管<br>更新                            | 道路沿いではなく草むらや畑を通過していると思われるため、概略設計の際には改めて用地・路線について確認が必要である。また、道路脇に墓地があるため設計の際には事前に確認する必要がある。     | 5  |
|      |                                       | 10-2    | ノースライズ配水池からの送<br>水管更新                         | 軍基地内の配水池から高所得者居住地区への送水管路であり、路側帯に布設されているため用地の問題は少ないが、概略設計の際には軍用地への立ち入りや工事中の用地借用などについて確認する必要がある。 | -  |
| 6    | 下水ポンプ場内<br>機器更新                       | 11      | ダンボ下水ポンプ場の送水<br>ポンプの更新                        | 下水処理場へ送水するポンプの能力が不足しているため、未処理の下水が水道水源となっているカフブ川に放流されており衛生上の問題がある。場内での作業であるため用地上の問題はない。         | 6  |
|      |                                       | 11-2    | イタワ下水ポンプ場の送水<br>ポンプの更新                        | 敷地内での工事であるため用地上の問題はない。   | -  |
| 7    | カニニ水質分析<br>所の機材設置                     | 12      | ガスクロマトグラフの導入、ド<br>ラフトチャンバの設置、原子<br>吸光光度計の更新検討 | 部品・機器の導入、交換などの作業であり用地上の問題はない。  | -  |



写真1 カフブ浄水場

工事は敷地内で実施するため用地上の問題はないが、外部への漏水等に注意すること。



写真2 ナカブタ配水池からの送水管漏水箇所

送水管の更新工事には用地の問題はないが、周辺への影響には配慮する必要がある。



写真3 西部環状線の送水管更新予定地  
草むら、空き地、農地が広がっている。



写真4 アッパー・ムシリ地区への送水  
用地の問題はない。



写真5 チフブ配水管の更新

道路の両側には墓地が隣接しているので路線設計の際には確認すること。



写真6 ダンボ下水ポンプ場

未処理のままカフブ川へ放流されている。

図 3-2-3 計画地域の現状

### 3-2-6 環境面から見た代替案の検討

本事業の代替案を環境面から見て検討した結果を表 3-2-6 に示す。

表 3-2-6 代替案の検討

| 評価項目   | 技術的難度   | 土地利用   | 環境影響   | 社会影響   | 不確定要因            | 総合評価                          |
|--|---|--|--|--|------------------|-------------------------------|
| ① 現行事業<br>ゼロオプション<br>現行システムに対し JICA、DANIDA 双方とも支援しない | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 既存施設の経年劣化がますます進行し、浄水能力減少、送水能力低下、漏水量の増大、給水量の減少をもたらす。</li> <li>◆ 汚水管路施設の劣化による浸入水の増大、下水処理場流入水量の増大、下水処理能力超過による処理水質の劣化。</li> <li>◆ 下水処理場から水域への汚濁負荷量増大、アオコ発生量の増大、藻類被害（凝集阻害、濾過障害、異臭味障害）の深刻化等のサイクルが進行する</li> </ul> | ◎河川敷に隣接する台地の立地規制は不要となり、台地部の土地活用が行われる。  | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 不完全処理汚水のカフブ川への排除が続き、カフブ川の（有機）汚濁が進行する。</li> <li>◆ アオコの大量発生がカフブ浄水場での凝集阻害、濾過障害、異臭味障害を激化させ、ダム湖を水道水源として使用不可に導くおそれがある。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ アオコ大量発生によるカフブ浄水場の浄水水質の悪化は、同じ KWSC サービス区域内で、ミスンドウ・イタワ系統との給水水質の地域間格差を生み、社会問題の萌芽を育むことになる。</li> </ul> | 特記事項なし           | ×<br>都市環境、公衆衛生の観点で看過することはできない |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 二次処理水を原水として窒素・リン除去を主目的とする酸化池の設計基準と性能評価</li> <li>・ ダム湖の富栄養化機構の解明</li> <li>・ ダム湖での原位置富栄養化対策（バッキ循環施設、分画フェンス）の検討</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 河川敷未利用地の扱い</li> <li>・ 河川用地に隣接する台地の立地規制</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ カフブ川の水質汚濁</li> <li>・ 藻類発生被害</li> <li>・ 放流先変更施設に緊急事態が発生した場合の下水処理水の排除先</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 社会的不公平の派生</li> <li>・ 雇用の創出</li> </ul>   | 計画自体の存立を脅かす条件の有無 |                               |

|                            |   |  |  |  |                                   |   |  |
|----------------------------|---|--|--|--|-----------------------------------|---|--|
| ②<br>JICA<br>支援<br>事業<br>案 | (DANIDA との協調支<br>援を想定)<br>従って、内容は (JICA へ<br>の要請コンポーネント)<br>+ (DANIDA 支援予定コ<br>ンポーネント)  | ◆適用される技術の多くは確立<br>されているが、酸化池による窒<br>素・リン除去の効果を予め定量<br>化することは難しい。<br>◎湖内でのバッキ循環、分画フ<br>ェンスによる流動制御などによ<br>り湖内での藻類増加を抑制する<br>方法の研究も進んでいる。                             | ◎カフブ川兩岸<br>の未利用地を<br>10～30 ha に渡<br>り、酸化池用地<br>として占用す<br>ることは可能と判<br>断される。<br>このために、川<br>沿いの台地部の<br>土地利用規制が<br>望ましい。 | ◆大口径給水管工事<br>の工事公害には予め<br>留意する。<br>◎既設処理場のリハ<br>ビリと酸化池設置<br>(DANIDA 支援) によ<br>り藻類増加による水<br>質被害の低減は期待<br>できる。   | ◎大規模土木工事が<br>行われ、雇用が生まれ<br>る      | 特記事<br>項なし  | ◎<br>採用案な<br>がら藻類<br>障害対策<br>は永続す<br>る   |
| ③<br>放流<br>先変<br>更案        | ②のうち DANIDA によ<br>る酸化池は除外し、全下<br>水処理場の放流水をダム<br>下流に放流する案。この<br>ほかに、流域変更水量相<br>当の新規水源として、地<br>下水開発(ミスンドウⅢ)<br>ないし他水系でのダム開<br>発を前提とする | ◆放流先変更のための二次処理<br>水圧送施設の技術的困難さは軽<br>微であるが、緊急事態が発生し<br>た場合でも、処理水のカフブ川<br>への排除を避けるフェイル・セ<br>ーフ機構構築が課題。<br>◆新たな水源手当て(ダム開発<br>や地下水開発)が必要であり、<br>そのためには十分な水資源調査<br>が必要。 | ①と同じ   | ◎水道水源としての<br>ダム湖の水質状況は<br>改善される。<br>◎ダム湖のアオコ発<br>生現象は大幅に改善<br>される<br>◆緊急時には二次処<br>理水をダム上流のカ<br>フブ川に直接放流す<br>ることになる<br>◆下水処理水に流量<br>のほとんどを依存す<br>るカフブ川の環境流<br>量が保てず涸れ川と<br>なる恐れがある。 | ◎大規模土木工事(管<br>路工事)が行われ雇用<br>が生まれる | 下水処理<br>水に替わ<br>る代替水<br>源が必要<br>となり、<br>候補であ<br>る地下水、表流<br>水ともに<br>今後の調<br>査課題<br>で、計画<br>上の不確<br>定要因で<br>ある。 | ×<br>藻類被害<br>から脱却<br>する上で<br>の究極案<br>ではある<br>が、カフ<br>ブ川の環<br>境流量を<br>維持でき<br>ない。 |

### 3-2-7 概略設計調査対象コンポーネントの選定

ンドラ市上下水道改善のための各要請項目を環境影響、住民移転、経済効果、事業効果（他ドナーとの支援重複）などの観点から評価して、概略設計の調査対象コンポーネントを選定した（表 3-2-7）。

表 3-2-7 概略設計調査対象コンポーネントの選定

| 要請項目                         | コンポーネント                 | 住民移転 | 環境影響 | 経済効果 | 事業効果 | 選定結果 |
|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| 1. カブ浄水場内機器更新                | 1. 取水ポンプの更新             |      |      |      |      | YES  |
|                              | 2. 薬品混和設備の更新            |      |      |      |      | YES  |
|                              | 3. 沈殿地集水トラフの更新          |      |      |      |      | YES  |
|                              | 4. 急速濾過池濾過砂の更新          |      |      |      |      | YES  |
|                              | 5. 濾過池集水ノズルの更新          |      |      |      |      | YES  |
|                              | 6. 送水ポンプの更新             |      |      |      |      | YES  |
| 2. ナカブタ配水池/スカイウエイズ配水池間の送水管更新 |                         |      | C    |      |      | YES  |
| 3. 西部環状線の送水管更新               |                         |      | C    |      |      | YES  |
| 4. 配水管、公共水栓設置                | 9. アッパー・ムシリ地区配水管        |      |      |      |      | YES  |
|                              | 8. カロコ地区キオスク型公共水栓       |      |      |      |      | YES  |
| 5. 送配水管更新                    | 10-1.チフブ配水池からの配水管更新     |      |      |      |      | YES  |
|                              | 10-2.ノースライズ配水池からの送水管更新  |      |      |      |      | YES  |
| 6. 下水ポンプ場内機器更新               | 11.ダンボ下水ポンプ場の送水ポンプの更新   |      | C    | C    |      | YES  |
|                              | 11-2.イタワ下水ポンプ場の送水ポンプの更新 |      | C    | C    |      | YES  |
| 7.カニニ水質分析所の分析機材設置            |                         |      |      | C    |      | YES  |
| 下水処理安定化池設置                   | ルプト下水処理場の安定化池の建設        |      | C    |      | B    | NO   |
|                              | カニニ下水処理場の安定化池の建設        |      | C    |      | B    | NO   |

- A：重大な望ましくない影響が考えられる
- B：何らかの望ましくない影響が考えられる
- C：望ましくない影響の程度は未定である
- 記載なし：影響はほとんどないと考えられる
- YES：概略設計調査対象コンポーネント
- NO：概略設計調査対象外コンポーネント

### 3-2-8 予備的スコーピング

本事業の予備的スコーピングの結果を表 3-2-8 に示す。

表 3-2-8 予備的スコーピング

| 事業の名称   |    | ザンビア国ンドラ市上下水道改善計画準備調査(その1) |    |   |
|---|----|----------------------------|----|---|
|   | No | 想定される環境項目                  | 評価 | 理由  |
| 社会環境<br>「ジェンダー」や「子供の権利」に関する影響は、社会・環境のすべての項目に関係している。 | 1  | 非自発的住民移転                   |    | 概略設計調査対象コンポーネントは、浄水場内や公道内の施設であり、公共水栓建設用地も住民同意のもとで決定される。住民移転等の何らかの望ましくない影響は生じない。   |
|   | 2  | 雇用や生計手段等の地域経済              | B  | 概略設計調査対象コンポーネントの性格によっては、工事中に周辺住民の生活道路を全面的に占用することによる何らかの望ましくない影響が発生する可能性がある。更新計画・更新工法の見直しや仮設道路の設置などによる回避・緩和策が考えられる。                                  |
|   | 3  | 土地利用や地域資源利用                |    | 概略設計調査対象コンポーネントは、浄水場内や公道内の施設であり、何らかの望ましくない影響は生じない。  |
|   | 4  | 社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織     | C  | 概略設計調査対象コンポーネントの性格による、何らかの望ましくない影響の程度は未定である。  |
|   | 5  | 既存の社会インフラや社会サービス           |    | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、既存の社会インフラや社会サービスへの悪影響は予測されない。  |
|   | 6  | 貧困層・先住民族・少数民族              |    | 対象地域には先住民族・少数民族の居住はない。貧困層への上下水道サービスの提供となることから、好影響が予測される。  |
|   | 7  | 被害と便宜の偏在                   | C  | 概略設計調査対象コンポーネントの性格による、何らかの望ましくない影響の程度は未定である。  |
|   | 8  | 文化遺産                       |    | 対象地域には文化遺産はない。  |
|   | 9  | 地域内の利害対立                   | C  | 概略設計調査対象コンポーネントの性格による、何らかの望ましくない影響の程度は未定である。  |
|   | 10 | 水使用、水利権、入会権                |    | 実施機関は対象事業の水利権を取得し現在も上水道サービスを提供中であり、問題は生じない。   |
|   | 11 | 公衆衛生                       |    | 概略設計調査対象コンポーネントは、現在住民の不衛生な水利用を助長している漏水箇所の改善を含むものであり、好影響が予測される。  |
|   | 12 | 災害(リスク)、HIV/AIDSのような感染症    | C  | 概略設計調査対象コンポーネントの性格による、何らかの望ましくない影響の程度は未定である。  |
| 自然環境  | 13 | 地形・地質                      |    | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、地形・地質への悪影響は予測されない。   |
|   | 14 | 土壌浸食                       | B  | 選定される支援コンポーネントの性格によっては未舗装道路に布設する送水管に付帯して設置する小構造物(弁室)が、降雨により道路面が洗掘されるために、走行部に露出することによる何らかの望ましくない影響が発生する可能性がある。弁室は道路の走行帯外の隣接区域に設置することによる回避・緩和策が考えられる。 |

|        |    |           |   |  |
|--------|----|-----------|---|--|
|        | 15 | 地下水       |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、地下水への悪影響は予測されない。                              |
|        | 16 | 湖沼・河川流況   |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、湖沼・河川流況への悪影響は予測されない。                          |
|        | 17 | 海岸・海域     |   | 対象地域は海岸・海域を含まない。   |
|        | 18 | 動植物・生物多様性 |   | 概略設計調査対象コンポーネントは、浄水場内や公道内の施設であり、動植物・生物多様性への望ましくない影響は生じない。                        |
|        | 19 | 気象        |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、気象への悪影響は予測されない。                               |
|        | 20 | 景観        |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、景観への悪影響は予測されない。                               |
|        | 21 | 地球温暖化     |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、地球温暖化への悪影響は予測されない。                            |
| 森<br>沢 | 22 | 大気汚染      |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、大気汚染は予測されない。                                  |
|        | 23 | 水質汚濁      |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、水質の改善に寄与するものである。                              |
|        | 24 | 土壌汚染      |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、土壌汚染は予測されない。                                  |
|        | 25 | 廃棄物       | C | 概略設計調査対象コンポーネントの性格によっては、更新管と廃棄管の交差部前後で廃棄管撤去による何らかの望ましくない影響が生ずる可能性があるがその程度は未定である。 |
|        | 26 | 騒音・振動     | C | 概略設計調査対象コンポーネントの性格による、何らかの望ましくない影響の程度は未定である。                                     |
|        | 27 | 地盤沈下      |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、地盤沈下は予測されない。                                  |
|        | 28 | 悪臭        |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、悪臭は予測されない。                                    |
|        | 29 | 沈殿物       |   | 概略設計調査対象コンポーネントは既設の上下水道施設の改修・拡張であり、沈殿物は予測されない。                                   |
|        | 30 | 事故        | C | 概略設計調査対象コンポーネントの性格による、何らかの望ましくない影響の程度は未定である。                                     |

A：重大な影響が考えられる

B：何らかの望ましくない影響が考えられる

C：望ましくない影響の程度は未定である。

記載なし：望ましくない影響はほとんどないと考えられる。初期環境評価・環境影響評価の必要はない。

## 第4章 提言

### 4-1 給水量の増加と事業効果の見通し

本計画を実施した場合、次のような状況の改善が想定される。ナカプタ配水池からスカイウェイズ配水池間の送水管路の更新により、6,030m<sup>3</sup>/day の漏水がほぼ無くなる。また、カフブ浄水場の取水ポンプの更新と送水ポンプの更新により、浄水の生産・送水量が 55,000m<sup>3</sup>/day から 81,500m<sup>3</sup>/day に回復 (26,500m<sup>3</sup>/day 増加) する。従って合計約 32,500m<sup>3</sup>/day の水量の増加が期待できる。現在の無収水率 48.2% (2007/2008 年度) をそのまま適用したとしても、16,835m<sup>3</sup>/day の販売水量の増加が期待できると考えられる。

また、本計画により新たに水が得られる人口について以下のとおり分析できる。

新規給水人口への必要な水量は、キオスク型公共水栓による給水が主体の貧困層居住地区である Kaloko 地区と Kantolomba 地区については給水原単位を 60ℓ/capita/day、低所得者層居住地区である Mushili 地区の給水原単位を 100ℓ/capita/day、その他の地区については情報不足で明確な区分ができなかったのを仮に全て中所得者層居住地区とし給水原単位を 160ℓ/capita/day として算出した。本件により新規に水が得られる 72,531 人 (2015 年) については 8,458m<sup>3</sup>/day の水量が必要となり、増加水量の 16,835m<sup>3</sup>/day で十分にまかなうことができる。また、残量の 8,377m<sup>3</sup>/day により、既に給水を受けている地区の給水時間の拡大と給水量の増大が期待できる。

表 4-1-1 本計画により新規に水が得られる地区における必要水量

| 地区         | 給水を受けていない人口                    |                            |                |                | 給水原単位<br>(ℓ/capita/day) | 必要水量<br>(m <sup>3</sup> /day) |
|------------|--------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------------|
|            | 給水区だが水<br>が届かない人<br>口 (2000 年) | 配管が来て<br>いない人口<br>(2000 年) | 合計<br>(2000 年) | 合計<br>(2015 年) |                         |                               |
| Kaloko     | 9,075 人                        |                            | 9,075          | 15,204         | 60                      | 912                           |
| Kantolomba | 1,200 人                        |                            | 1,200          | 2,010          | 60                      | 121                           |
| Musili     | 12,236 人                       | 1,950 人                    | 14,186         | 23,767         | 100                     | 2,377                         |
| その他        | 14,282 人                       | 4,550 人                    | 18,832         | 31,550         | 160                     | 5,048                         |
| 合計         | 36,793 人                       | 6,500 人                    | 43,293         | 72,531         |                         | 8,458                         |

事業効果の観点からは、給水量の増加および漏水量の減少により、新たに給水を受けられる人口が、特に貧困地区を中心に少なくとも 43,000 人程度増加すると見込まれる (人口増加率 3.5% を勘案すると、工事の完成時には更に増える)。また、現在カフブ浄水場から給水を受けている約 12 万人が給水時間の延長や水質の改善により直接裨益するほか、給水量の増加により、各産業を含むシンドラ市全市が何らかの形で裨益するものと見込まれる。

さらに、実施スケジュールや事業規模の検討は別途必要だが、2012 年までにアフリカ向け ODA を倍増するとした TICAD IV への貢献、安全な水を 650 万人に供給するとした横浜行動計画への貢献も期待できる。

## 4-2 技術協力の必要性

本計画の実施により、ナカプタ配水池とスカイウェイズ配水池の水位が上昇し、この区間の漏水率が激減することになるが、その先の配水管路の圧力上昇による漏水の増加が懸念される。ンドラ市の上水道においては、各戸接続のメータ設置率が 2008 年には 18%、2009 年には約 29%と低い状態にあり、約 7 割の接続者が使用量に関係ない定額制料金となっている。定額制の場合、給水時間が限られていることもあり、節水の意識が醸成されず、蛇口が開いたままであったり、蛇口が壊れたまま常時水が流れたりしているものが見られる。無収水率は約 48.2%とされているが、管路の流量計が一部にしか整備されておらず、各戸接続のメータも整備されていないことから、有収率と漏水率は推定値を含むものである。



図 4-2-1 マサラ地区の定額制各戸給水（蛇口が壊れている）

DTF はメータ計量プロジェクトを実施しており、ドイツの技術協力でもメータ計量化や無収水対策が行われている。特に DANIDA は計画中のプロジェクトで全域のメータ計量化や、配水管網の大部分を占めるアスベストセメント管の全交換を計画しており、ハード面の無収水対策は進むものと思われる。ソフト面については、漏水対策を含む無収水対策について技術協力を合わせて行う必要が残っていると思われる。

本計画により、漏水率が改善し給水量が増加することにより収益が増加することが期待されるため、これらの収益を漏水対策、メータの整備、施設・機材の更新費等に振り向けるような事業運営体制への支援や、漏水検知などの技術支援を行い、無収水率削減→収益増加→対策実施→無収水率削減の好循環を生み出せるよう促すべきである。

なお、「ザ」国の首都ルサカにおいては、世銀による Water Sector Performance Improvement Programme (2008 年から 3 年間のプログラム) が、2,300 万米ドルの資金で開始されており、新規メータの設置、不法接続の削減、オペレーションコストの管理など無収水率改善活動が含まれている。

また、2009 年度の無収水対策アクションプラン (2009 Action Plans for Reducing Un-accounted for Water) がルサカ上下水道公社により策定された。更に、全国的には無収水削減戦略 (Strategy for Reduction in Non Revenue Water) が世銀の WSP により 2009 年 8 月に策定され、同戦略を受けて上記のルサカ市無収水対策アクションプランが最近修正された。この様に、無収水対策の戦略は策定されており、一部地域では対策実施のアクションプランも作成済みである。

ルサカ市の現状を見ると、流量のモニタリング体制はかなり整備されており、請求書の水量と比較して給水サービス区ごとの無収水率が毎月算出されるようになっている。また、最新式の各種の漏水

探知器で漏水の検知も行われており、GIS化した配管網図も存在する。残る最大の問題は、交換するパイプを購入する資金が無いため、漏水が探知できても改修できていないところにある。

また、パイプの埋設年代が不明であり、老朽化したパイプの更新をすべき地区や区間が分からない問題がある。現在、地区ごとの送・配水管路の流量モニタリングにより、パイプの広域の更新が必要な場所を洗い出す作業が進められているので、この問題については既に対策が取られている。

こうした首都の上下水道公社に対する取り組みを、水道事業体人材育成プロジェクト等により、講習や手引書を通じて全国展開することにより、KWSCほか地方の上下水道公社の無収水対策を系統的に、無収水率が向上する段階に合わせて実施することが可能になると考えられる。

### 4-3 準備調査（その2）の進め方について

#### 4-3-1 留意事項

準備調査（その1）に続いて実施される予定の準備調査（その2）は概略設計のための調査であり、本調査の結果をもとに実施機関であるKWSCとともに適切な協力内容を検討して事業実施計画を策定するものである。以下に準備調査（その2）における留意事項を挙げる。

##### (1) 本プロジェクトの目的の確認

ンドラ市全体の上下水道計画を把握したうえで、「既存上下水道施設の機能回復を通じて給水人口の増加と給水時間の改善を図る」というKWSC側の事業構想に合った事業となるように計画する。また本件をわが国の無償資金協力事業で実施することの妥当性を確認する。

##### (2) 他ドナーとの調整状況の確認

ンドラ市の上下水道施設の整備に対してDANIDAが計画している有償・無償のミックスクレジットによる協力の内容を確認し、事業内容の重複を避けるとともに緊急性の高いものが協力対象から除外されることがないように留意する。それぞれの事業のスキームや目的に沿った区分となるよう計画対象の選択と検討を行う。

##### (3) 優先度に関するクライテリアの検討

KWSCからの要請内容が多岐にわたっていることから、各対象施設・機材についてンドラ市の上下水道整備計画の中での優先度・緊急性を確認する。ンドラ市の北部地域と南部地域、高所得地域と低所得地域、給水地区と給水困難地区、上水道と下水道、浄水場と管路、機械設備と電気設備、高圧電気設備と低圧電気設備、大口径管と小口径管、等のカテゴリーにおいて優先度を検討した上で協力対象を検討する。

##### (4) 計画における適正規模・形式の検討

要請に挙げられた施設は1960年台の建設当初の仕様そのまま使用されているものが多いため、将来にわたる人口増加とそれに伴う給水需要量の増加、所得地域別の給水原単位、施設更新による漏水量の削減等を考慮して適性規模となるように検討する。また形式が古いために整備や補修に問題が生じている場合は、適切な維持管理が容易となるよう改修計画を策定する。

##### (5) 既存施設・機材の確認

既存施設・機材に関する設計計算書および竣工図を収集する。建設当初の資料には古いものが

多いため、施設設計にあたり重要な、配管口径や沈殿池・濾過池の寸法は測量調査や実測に基づいて現在の仕様を確認する。

(6) 水道水源に関する水量・水質の確認

カフブ川、カフブダムに関する水量・水質の定点観測データが十分でないため、カフブ川の流量測定を行う。準備調査（その2）の実施時期となる8月は乾季であり流量が減少する時期にあたる。また、河川水・貯水池・地下水を含む水道水源および、下水処理水放流口等を選定して採水を行い、「ザ」国の水質基準との比較を行う。

水質については現在 KWSC の水質分析所で実施している、一般項目および重金属に加えて、ゴルフ場からの農薬や化学工場からの有機溶剤等の流出についても、分析可能な機関に委託して調査する。現在の浄水処理において藻類の影響が問題となっていることから藻類の種類を確認して効果的な薬品処理を検討する。

(7) 浄水場およびポンプ場の設備・機材の検討

各設備・機材について、劣化や故障の原因を特定してこれに対処するように更新計画を策定するとともに、浄水場については、乾季・雨季を通じて「ザ」国の飲用水基準に適合した浄水が得られるように改修計画を策定する。ポンプ場については、計画送水量を満たすように機材の更新を計画する。また、水撃対策および配水池の水位変動を考慮したポンプの運転制御を検討する。

(8) 管路施設の検討

ンドラ市全体の管路施設の中で更新が必要となっている区間について、漏水状況と給水の重要性等から更新の優先度を検討する。配水池間を結ぶ主要な送水管については管網計算を行い適切な管径を定める。更新対象区間については測量調査および現地踏査を行う。管路布設当初から年数が経っており、埋設位置が不明な区間や住宅・畑地となっている箇所では新規配管の埋設位置を検討したうえで道路占用等の必要手続きを確認する。

(9) 給水困難地区の改善

ナカプタ送水管の改修に伴い配水量が増加するカロコ地区において給水困難を解消するキオスク型公共水栓の配置を検討し、用地の確保および住民による水道料金の支払いがなされるよう合意形成を行うプロセスを確認する。また、配水圧の低いムシリ地区では地区内の標高を確認してナカプタ送水管からの分水箇所を検討する。

(10) 水質分析機材

ンドラ市では、下水処理水・産業排水・農薬等が水道水源へ流入していることが考えられるため、重金属や有機溶剤の検出が可能な水質分析機材を配置することが望ましい。現在使用されている原子吸光光度計に加え、ガスクロマトグラフの導入を検討するとともに、これらの分析機材の担当者と体制を確認する。

(11) 維持管理計画

本計画の実施に際して、KWSC による施設の運転と維持管理に関する体制・技術を確認するとともに、事業実施後に必要となる費用を試算し、予算措置の可能性について検討し、運営・維持管理計画を策定する。

(12) 技術協力・ソフトコンポーネントの必要性

無償資金協力事業の対象となった施設・機材が「ザ」国側によってプロジェクト実施後に適切に運用、管理されるために、必要な技術支援（ソフトコンポーネントや技術協力等）の内容と有効なスキームを検討する。

- ① 浄水場内の薬品注入システムの改善後、浄水処理プロセスの運転管理として浄水場内における水質検査と凝集剤投入量の計量・制御に関する操作員の訓練と運転状況の定期的なモニタリング体制の構築を提案し、必要な技術支援を検討する。
- ② 水質分析機器の導入に際して、初期操作指導の内容を検討するとともに継続的な水質モニタリングの実施を提案し、これに必要な技術支援を検討する。
- ③ 送配水管路の改修後、管内の圧力上昇による漏水の増加が懸念されることから、本計画において設置を検討している積算流量計を活用した KWSC による流量データの収集システムと、その結果により考えられる漏水対策を提案し、必要な技術支援を検討する。

(13) 環境社会配慮

EIA については、準備調査（その 1）の結果に基づき審査機関である ECZ（ザンビア環境委員会）のルサカ本部よりンドラの北部地域事務所において必要な手続きの確認を行う。簡易環境報告書（EPB：Environmental Project Brief）の作成とこれよりさらに程度の高い、環境影響報告書（EIS：Environmental Impact Statement）作成のための TOR 作成作業が、KWSC により並行して開始されているのでこれらの進捗状況を確認する。

本プロジェクトの対象区分については、「リハビリ事業であること」に加え、「水搬送」あるいは「水運搬用パイプラインで直径 0.5 m 以上、延長 10 km で集落外に設置するもの」の 카테고リーに該当することを確認する。また以上のような手続きを KWSC が行い、日本側ではこれを支援するといった双方の担当区分を相互確認する。

(14) 先方負担事項

本計画による管路布設区間の道路占用許可取得、キオスク型公共水栓の建設用地の確保の必要手続きについて確認する。また、事業実施時の輸送・通関にかかる免税／還付措置および事業実施後の計画対象施設の運転・維持管理要員の確保と予算措置について KWSC に説明し、理解を得る。

(15) 事業実施にかかる実施工程と概算費用の算出

事業内容・規模と工期を検討し、複数会計年度にまたがる国庫債務負担行為案件（国債案件）等の実施工程を検討する。また資機材調達国および内陸輸送経路を確認し、事業実施にかかる概算費用を算出する。

(16) 概略設計にかかる再委託調査

自然条件調査として測量および水質分析を現地再委託により実施し、その結果を用いて事業実施の基本計画の確認と概略設計を行う。水質分析では水道水源の水質を確認して「ザ」国の水道水質基準を満たすために必要な浄水処理を検討する。また、事業実施後の効果測定に活用可能な基礎資料の収集を目的とするベースライン調査として、ンドラ市内の給水状況調査を行い、給水

時間・給水圧・残留塩素濃度等を確認する。

(17) アスベスト対策

施設建設（改修工事を含む）においてアスベストを含有する資機材の調達を行わないことを基本方針とする。また既存施設の中には、AC 管（石綿セメント管）などのアスベストを用いたものがあるためこれらを撤去・解体・分解する際にはアスベストの飛散防止対策を行うこととする。

#### 4-3-2 準備調査（その2）の調査内容・要員構成

準備調査（その2）において概略設計を行うために各団員が担当する事項を下表に示す。

**表 4-3-1 準備調査（その2）のための要員構成およびM/M 案**

| 担当分野                     | 調査項目   | 計画 M/M |      |      |
|--------------------------|--|--------|------|------|
|                          |  | 現地調査   | 国内作業 | 計    |
| 業務主任<br>／上水道計画<br>／下水道計画 | カフブダム貯水量の推定<br>ンドラ市の上水道計画・下水道計画の確認<br>カフブ浄水場改修に伴う配水計画策定<br>ダンボ下水ポンプ場改修に伴う下水送水計画策定  | 1.6    | 1.4  | 3.0  |
| 浄水施設設計<br>／水質            | カフブ浄水場凝集剤注入施設設計<br>カフブ浄水場塩素ガス注入設備の現況確認<br>カフブ浄水場沈殿池集水トラフおよび濾過池の改修計画策定<br>カニニ水質分析所の水質分析機材計画策定<br>現地再委託による水質分析作業の監理と成果品検収                            | 1.6    | 1.0  | 2.6  |
| 送水機場機材計画                 | カフブ浄水場取水ポンプ場（ステージ 1、2）、カフブ浄水場送水ポンプ室（ステージ 1、2）、ダンボ下水ポンプ場の各ポンプ場の改修に係る機材計画策定<br>カフブ浄水場逆流洗浄設備（ステージ 1、2）<br>イタワ下水ポンプ場の現況確認                              | 1.3    | 1.0  | 2.3  |
| 管路施設設計                   | ナカプタ-スカイウエイズ配水池間の送水管設計<br>カロコ地区のキオスク型公共水栓および配水管設計<br>ムシリ地区の配水区域分割に係る水理検討と設計<br>西部環状線、チフブ配水池からの配水幹線、ノースライズ配水池からの配水幹線の必要性検討<br>上記路線の測量再委託作業の監理と成果品検収 | 1.6    | 1.0  | 2.6  |
| 電気設備設計                   | カフブ浄水場および取水ポンプ場の電気設備（高圧設備・低圧設備）の現状確認<br>ダンボ下水ポンプ場の電気設備の現状確認  | 1.3    | 1.0  | 2.3  |
| 運営維持管理計画<br>／環境社会配慮      | 浄水場・管路・公共水栓・下水ポンプ場の運営維持管理計画策定<br>現地再委託による給水状況調査の監理と成果品検収<br>先方実施機関が行う EIA 等の手続きに必要な支援  | 1.3    | 1.0  | 2.3  |
| 積算<br>／調達・施工計画           | 無償資金協力事業に係る概略事業費積算<br>機材調達・施設建設に係る計画策定   | 1.3    | 2.0  | 3.3  |
| 合 計                      |  | 10.0   | 8.4  | 18.4 |

### 4-3-3 現地調査日程と現地再委託調査

#### (1) 現地調査日程

現地調査の日程案を以下に示す。

表 4-3-2 現地調査日程案

| 調査項目    |           | 2010年8月 | 2010年9月 |
|---------|-----------|---------|---------|
| 現地調査    |           | —————   |         |
| 現地再委託調査 | 契約書作成・契約  | —       |         |
|         | 管路測量調査    | —————   |         |
|         | 水質分析調査    | —————   |         |
|         | 給水状況調査    | —————   |         |
|         | 成果品検収・支払い |         | —       |

#### (2) 現地再委託調査内容

現地再委託調査の内容として以下が考えられる。

##### 1) 自然条件調査

###### ア 測量調査

- ア) 平面測量（構造物） : カフブ浄水場、配水管更新区間の配水池
- イ) 平面測量（街区） : ムシリ地区、カロコ地区
- ウ) 路線測量（平面・縦断・横断） : 送水管・配水管の更新区間
- エ) 路線測量（縦断） : ポンプの更新を計画する圧送区間

###### イ 水質分析

- ア) カフブ川 : DO,BOD,COD,SS,T-N,T-P ほか
- イ) 水道原水 : 上記項目に加えて「ザ」国の水質基準項目  
湖沼においては藻類・腐植質
- ウ) カフブ浄水場の浄水 : 「ザ」国の水質基準項目、藻類・腐植質
- エ) 配水池・配水区域の水栓 : 残留塩素、大腸菌

##### 2) 社会状況調査

###### ア 給水状況調査

- ア) 調査対象 : 配水管更新による影響を受ける配水区域内から 100 世帯を抽出
- イ) 調査項目 : 給水状況（給水時間・水圧・水質）、世帯収入、  
水道料金請求と支払いの状況、水道以外の水源利用状況  
下水・排水の状況、衛生状況