

南アフリカ共和国
水資源省

南アフリカ共和国
クワンデベレ給水事業
援助効果促進調査 (SAPS)

ファイナル・レポート

平成 24 年 3 月
(2012 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社

アフ
JR
12 - 002

南アフリカ共和国
水資源省

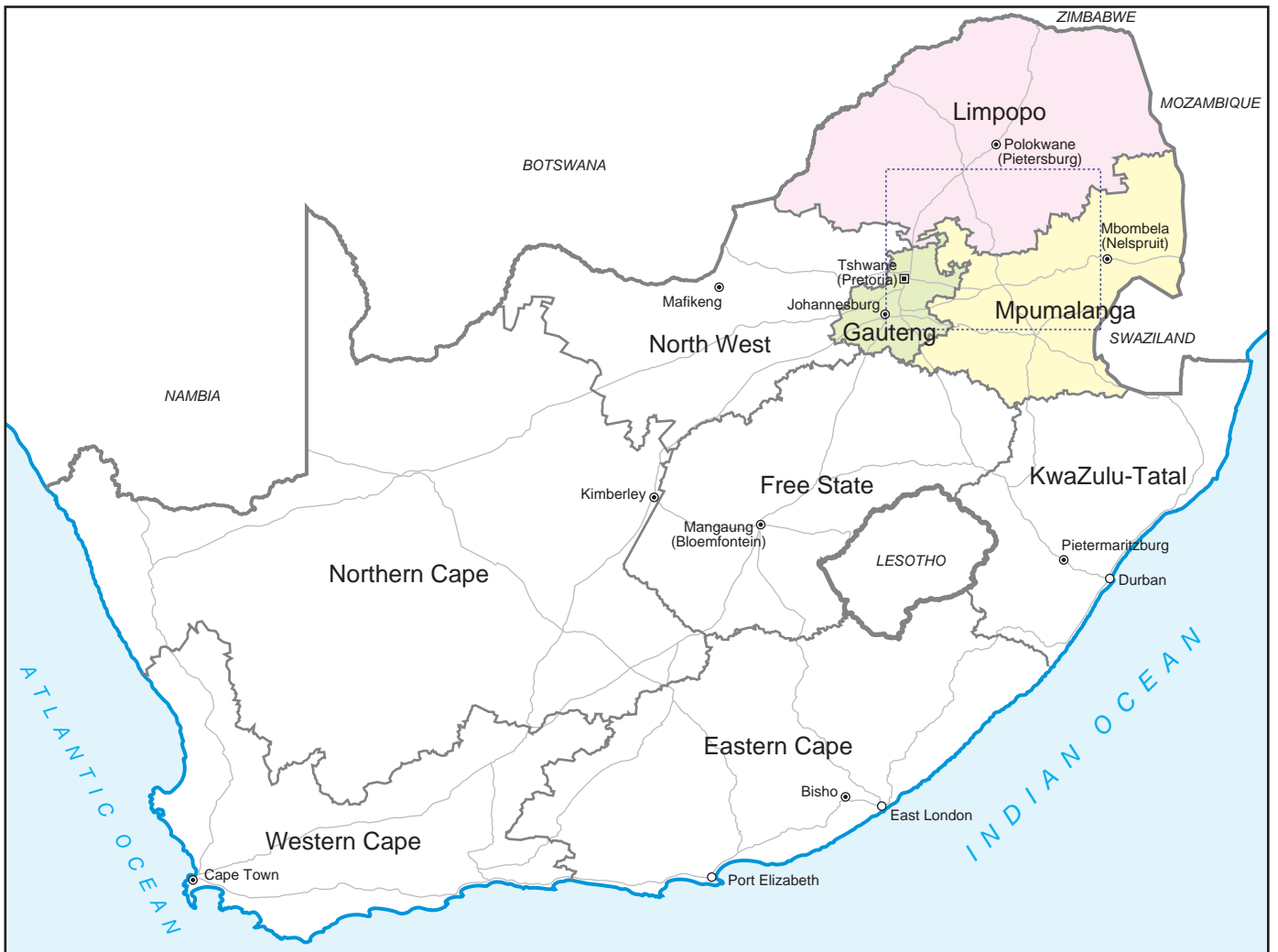
南アフリカ共和国
クワンデベレ給水事業
援助効果促進調査 (SAPS)

ファイナル・レポート

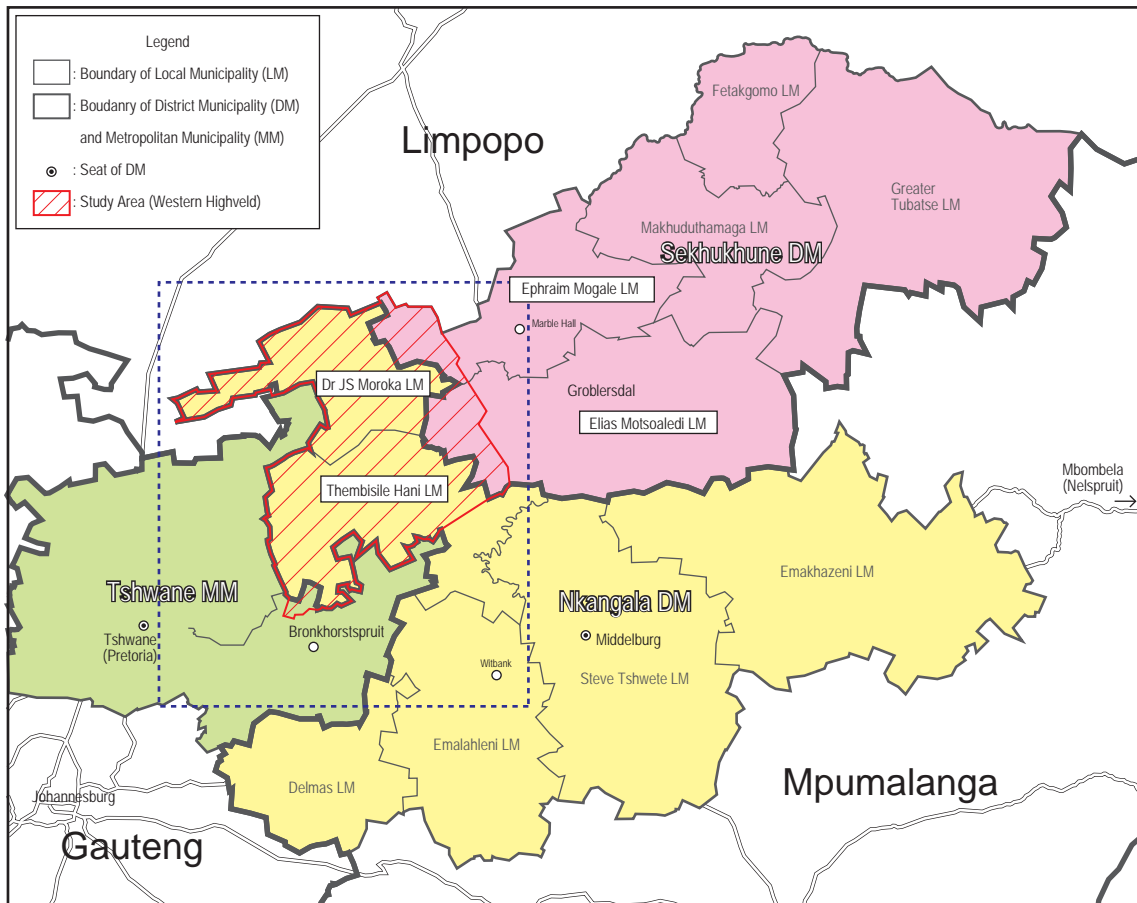
平成 24 年 3 月
(2012 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社



National Map of South Africa and Location of Relevant Provinces



Location Map

南アフリカ共和国
クワンデベレ給水事業援助効果促進調査 (SAPS)
ファイナル・レポート

巻頭図
目次
定義表 (略語表)
要約
本文

目 次

第1章 調査概要	1-1
1.1 調査の背景.....	1-1
1.2 調査の目的.....	1-1
1.3 調査対象地域.....	1-1
1.4 調査項目	1-2
第2章 マスタープラン及びフィージビリティ調査等のレビュー	2-1
2.1 レビューの目的.....	2-1
2.2 マスタープラン及びフィージビリティ調査結果概要.....	2-1
2.3 水道水源開発計画のレビュー	2-4
2.3.1 既往報告書	2-4
2.3.2 既存施設能力と実運転水量の比較	2-4
2.3.3 渇水危機を考慮した配水可能量	2-4
2.3.4 新規水源	2-5
2.3.5 レビューコメント.....	2-7
2.4 水需要予測のレビュー	2-7
2.4.1 需要予測報告書.....	2-7
2.4.2 人口予測その1 (WHR Pre-F/S)	2-7
2.4.3 人口予測その2 (WHR F/S)	2-8
2.4.4 水需要予測	2-10
2.4.5 レビューコメント.....	2-11
第3章 水道事業の現状	3-1
3.1 水道事業概要.....	3-1
3.1.1 給水対象地域と給水人口	3-1
3.1.2 給水対象地域の給水形態.....	3-1
3.1.3 時間制限給水の実態.....	3-2
3.1.4 不法接続の実態.....	3-3
3.1.5 水道施設設計能力と供給水量	3-6
3.1.6 水道施設設計能力と2010年の水需要バランス	3-6

3.1.7	水道事業概要	3-8
3.2	既存水道施設	3-10
3.2.1	水源	3-11
3.2.2	浄水場	3-15
3.2.3	送水施設	3-17
3.2.4	配水池	3-20
3.2.5	配水管路	3-22
3.3	水道組織の実態	3-23
3.4	運転・維持管理の現状	3-24
第4章	パイロット調査	4-1
4.1	パイロット調査の目的	4-1
4.2	陰極防食調査	4-1
4.2.1	調査の概要	4-1
4.2.2	調査の実施	4-6
4.2.3	調査結果の整理及び評価	4-24
4.2.4	基本設計（案）	4-25
4.3	無収水削減調査	4-33
4.3.1	漏水調査および各戸水道メータ調査	4-33
4.3.2	モデル・ブロック候補地の選定基準	4-33
4.3.3	モデル・ブロックの選定	4-35
4.3.4	モデル・ブロックにおける夜間最小流量及び水圧測定結果	4-37
4.3.5	モデル・ブロックにおける水道メータ調査結果	4-40
4.4	社会経済調査	4-42
4.4.1	調査の目的	4-42
4.4.2	調査の方法	4-43
4.4.3	調査内容および結果	4-43
第5章	消費者管理	5-1
5.1	水需要管理	5-1
5.2	フリーベリックウォーターとプリペイドメータ	5-2
5.3	水道メータの普及、検針と課金	5-3
5.3.1	Kungwini Local Municipality（現 Tshwane Metropolitan Municipality）	5-3
5.3.2	Thembisile Hani Local Municipality	5-3
5.3.3	Dr. JS Moroka Local Municipality	5-3
5.3.4	Sekhukhune District Municipality	5-3
5.4	水料金(表)	5-3
第6章	組織体制・能力	6-1
6.1	対象地域水道事業にかかる歴史と社会経済的背景	6-1

6.2	組織能力の現状	6-2
6.2.1	給水業務は技術(インフラ)部が担当	6-2
6.2.2	水道料金徴収は財務部が担当	6-3
6.2.3	水道業務は単独の組織で実施されていない、 また 公営企業概念も無い	6-3
6.3	組織体制の問題点	6-4
第7章	資金調達方法	7-1
7.1	Municipality の資金負担能力	7-1
7.2	南アフリカの国家予算の中から Western Highveld 地域の Municipality の 水道事業に対して支出可能な資金	7-3
7.2.1	南アフリカの国家財政における水セクター関連支出(水省の予算)	7-3
7.2.2	中央政府から municipality に対する資金移転 (Municipal Infrastructure Grant (MIG), Equitable Share Grant)	7-4
7.3	南部アフリカ開発銀行(DBSA)の融資	7-7
第8章	水需要予測	8-1
8.1	予測条件	8-1
8.2	人口予測	8-2
8.3	将来の水需要水量	8-2
8.4	将来の水需給バランス	8-3
第9章	現状の水道システム運用上の問題点と改善の必要性	9-1
9.1	将来の水源地開発	9-1
9.1.1	水需要予測最大値と現況施設	9-1
9.1.2	結論	9-1
9.2	水道施設情報の整備	9-1
9.3	適切な水道施設維持管理体制の構築	9-2
9.4	漏水探査体制確立	9-2
9.5	不法接続や盗水解消	9-3
9.6	水道料金徴収システム改善	9-3
9.7	老朽管及びアスベスト管取替え	9-5
9.7.1	既存バルク送水管および配水管情報の実態	9-5
9.7.2	既存バルク送水管路の状況	9-6
9.7.3	既存配水管の状況	9-8
9.7.4	管路布設替えの必要性	9-10
9.8	宅内漏水削減	9-10
9.9	既存送配水システムの見直し	9-11
9.9.1	バルク送水システムの適切な運転管理	9-11
9.9.2	既存配水地容量の考察	9-11

第 10 章 資産管理計画の策定	10-1
10.1 ウェスタンハイベルド水道事業を支える組織	10-1
10.2 インフラ開発計画	10-4
10.2.1 インフラ開発計画対象の選定基準	10-4
10.2.2 DWA による管路布設替え計画	10-5
10.2.3 本調査で提案する管路布設替え延長.....	10-5
10.2.4 インフラ開発計画事業費	10-8
10.3 無収水対策の提案	10-8
10.4 資産管理システムの提案	10-10
10.5 インフラ投資計画	10-11
10.5.1 投資資金ニーズとそのファイナンス.....	10-11
10.5.2 地方自治体が行う水道事業に対する資金供給メカニズム構築の必要性	10-12
10.5.3 「南ア」に対する我が国 ODA 供与の可能性	10-12
第 11 章 消費者管理計画の策定	11-1
11.1 需要水量抑制施策と手段	11-1
11.2 未納者対策.....	11-2
11.3 対顧客関係のあり方	11-2
第 12 章 組織体制の改善項目の提案	12-1
12.1 法令	12-
12.2 水道事業組織.....	12-1
12.3 水道事業の運営資源.....	12-1
12.4 水道事業体のマンパワー	12-1
12.5 事業収入.....	12-2
第 13 章 研修計画の提案	13-1
13.1 水道技術に関わる研修	13-1
13.2 水道事業経営に関わる研修	13-1
13.3 地方自治行政一般にかかる研修.....	13-1
第 14 章 運営体制・組織能力の改善施策	14-1
14.1 技術協力プロジェクトの提案.....	14-1
14.1.1 プロジェクト概要.....	14-1
14.1.2 職種別活動内容.....	14-2
14.1.3 要員構成と実施スケジュール	14-4
14.1.4 プロジェクト実施に必要な調達機材.....	14-4
14.1.5 プロジェクト実施にあたっての外部条件.....	14-5
14.2 官民連携スキーム適用の可能性.....	14-4

巻末資料 日本の水道事業組織体制と無収水対策技術

A.1	日本の水道事業	A-1
A.2	我が国における水道事業統合のあり方	A-1
A.2.1	水道広域化の形態	A-1
A.2.2	水道広域化に期待される効果	A-2
A.3	本邦の無収水削減及びODAプログラム	A-2
A.3.1	日本の漏水防止の取り組み方	A-2
A.3.2	ODAプログラムを通じた無収水削減プロジェクトの事例	A-12
A.3.3	開発途上国における注目すべき無収水対策の事例	A-15

定義表

英語	略語	和訳	役割、定義
地方行政			
Department of Provincial and Local Government	DPLG	地方自治省	州および地方自治体の管轄省
Province	-	州	南ア国は全9州から成る
District Municipality	DM	郡自治体	州の下位、LM の上位にある行政組織
Local Municipality	LM	市町村自治体	地方自治における最下位行政組織
Integrated Development Plan	IDP	総合開発計画	地方自治体 (DM および LM) が各会計年度で作成する計画
Equitable Share Fund/ Allocation	-	公正配分基金	給水運営維持管理を含む行政サービスの、自治体間の財政上の不均衡を是正するための政府基金による配当金
水行政、給水			
Department of Water Affairs	DWA	水資源省	水資源、給水全般におけるセクター・リーダー、政策・立案、助言・調整など ※旧称：水資源森林省 (DWAf)
Reconstruction and Development Programme	RDP	復興開発計画	1994 年の新生南ア政府発足時の社会経済政策。給水分野においては、「全国民に一日一人 25 リットルの安全で安定した水を 200m 以内の距離で供給 (RDP 基準)」することを規定
Free Basic Water	FBW	基礎水無料化	政府の政策に基づき、DM および LM が形成された後の 2001 年以降に、WSA に指定された DM および LM が順次実施している必要最小限の基礎水無料化プロジェクト (25LCD×8 人/世帯×30 日 =6,000L/世帯/月)
Water Services Operating and Transfer Subsidy	WSOTS	給水サービス運営・委譲助成金	DWA が所有していた給水施設 (資産) を委譲した自治体に対する、給水運営維持管理のための暫定的な DWA 助成金
Water Management Area	WMA	水資源管理地域	DWA による集水域、表流水、地下水、貯水などの水資源管理を行うため全国を 19 に分割した地域
Water Service Authority	WSA	給水サービス責任機関	自治体 (DM もしくは LM) が担うことが法律で決められており、その行政区域内における給水サービスに係る計画立案、実施、OM 体制の整備・監督などに責任を持つ
Water Service Provider	WSP	給水サービス提供機関	バルク WSP とリテール WSP に大別され、実際の給水サービスを行う組織。バルク WSP は Water Board や飲料用水源、浄水場、送水管を有する自治体が該当する。リテール WSP は、WSA である自治体の方針に従い、自治体自身、自治体傘下の事業体もしくは委託契約に基づき民間企業、NGO、住民組織などが給水サービスを行う。
Water Board	WB	水道公社	主として、表流水などを水源として、州や自治体の境界を跨いで横断的に上水を、リテール WSP である自治体に供給するバルク WSP。現在、全国に 14 存在する
Bulk Supply/Services	-	バルク給水	取水、浄水、基幹配水池もしくはメーター付バルク配水地点への送水。受水の自治体からの料金徴収、維持管理なども含む
Retail Supply/Services	-	リテール給水	基幹配水池もしくはメーターが付いたバルク配水地点から末端 (世帯もしくはコミュニティ) への配水。料金徴収、日常的な維持管理なども含む
House Connection	-	各戸給水	各戸の建物に給水管が接続 (原則、メーター付)
Yard Connection	-	庭先給水	各戸の庭先に給水管が接続し、水栓が設置 (原則、メーター付)
Standtap	-	公共水栓	コミュニティ住民が共同で利用する公有地上の水栓

要 約

要 約

1. 調査の背景・目的等

1.1 調査の背景

南アフリカ共和国（以下、「南ア」国）円借款案件・クワンデベレ給水事業（以下、本事業）は旧自治領（ホームランド）の一つであるクワンデベレ地域（現ウェスタン・ハイベルド地域）において、導水管・送水管の敷設、浄水場・ポンプ施設の拡張等を行うことにより、同地域の給水需要への対応を図り、もって衛生環境の改善及び産業活性化に寄与することを目的とした事業であった。本事業は1996年5月に借款契約が締結され、2003年11月の貸付期限をもって終了した。

2006年11月に事後評価現地調査が行われた結果、本事業は当初予定の11コンポーネントのうち、実施に移されたのは4つ（送水管・配水池の新設等）のみであることが明らかとなった。

事後評価では、「南ア」国政府が取水計画を変更し、円借款を利用した資機材の調達に取り止めになったこと、円借款で建設した資産の維持管理等が適切に行われていないことが指摘された。前者は、人口増加に伴う水需要が過大に予測されていたからであり、後者は、「南ア」国政府の方針に従い水供給の権限が「南ア」国水資源省から自治体及びIkangala Water Boardに移管されたが、自治体及びIkangala Water Board共に十分な水道事業の運営能力を有していなかったからである。加えて2010年1～2月にかけて現地調査が行われた「円借款完成案件の現況調査B」では、本事業により調達したEkangala-Enkeldoornooq間送水管とそれに付帯する配水池は事業実施地域における水供給に重要な役割を果たしているものの、老朽化した配水管の更新や高圧線付近の鋼管送水管の陰極腐食対策、水道料徴収の改善が重要課題として指摘された。

本援助効果促進調査（SAPS）では事業実施機関である「南ア」国水資源省やWater Board、地方自治体との協議や現地調査を通じ、本事業の開発効果発現に必要なアクション・プラン（資産管理計画や事業実施体制の改善計画等）を策定するものである。

1.2 調査の目的

本業務は、過去に円借款にて建設された上水道施設の持続性確保のため、送水管腐食対策を始めとするインフラ維持管理方法、及び地方自治体水セクターの実施体制・組織能力の改善に係る提案を行うことを目的とする。

1.3 調査の対象地域

円借款案件のクワンデベレ給水事業の対象サイトであった「南ア」国Gauteng州、Mpumalanga州および隣接するLimpopo州に跨る、ウェスタン・ハイベルド地域（旧クワンデベレ地域）を業務対象地域とする（表1.1参照）。

表 1.1 業務対象地域

番号	州	District Municipality	Local Municipality
1	Gauteng	Metsweding	Kungwini
2	Mpumalanga	Nkangala	Thembisile Hani
3			Dr JS Moroka
4	Limpopo	Greater Sekhukhune	Greater Marble Hall
5			Elias Motsoaledi

1.4 調査項目

本調査は、2010年9月30日に「南ア」国と合意した実施細則 (S/W) 及び協議議事録 (M/M) に基づいて実施する。調査の主要範囲は以下のとおりである。

- 既存マスタープラン及びフィージビリティ調査のレビュー
- 既存施設現況の確認
- 陰極腐食対策に係る検討及び基本設計案の策定
- 資産管理計画案（陰極腐食対策、維持管理体制、無収水対策、資産管理システム）の策定
- 消費者管理計画の策定
- 事業実施体制の見直し
- 研修計画の提案
- 上水道分野における運営体制・組織能力の改善施策（案）の検討・提案
- 上水道インフラ建設計画案の策定
- 上水道インフラ投資計画の策定

2. ウェスタン・ハイベルド地域の水道事業の問題点

ウェスタン・ハイベルド地域の市庁が抱える水道事業の問題点は「組織・制度面」と「水道施設面」に二分される。

- 1) 組織・制度面の問題点
 - a. 水道事業組織形態としての問題
 - b. 脆弱な組織体制
- 2) 水道施設面の問題点
 - c. 水道施設情報の不足
 - d. 脆弱な水道施設維持管理体制
 - e. 漏水探査体制の不備
 - f. 不法接続及び盗水の横行
 - g. 水道料金徴収体制の不備
 - h. 老朽管路及びアスベスト管路の存在
 - i. 宅内漏水の多発
 - j. 既存送配水施設の不備

2.1 水道事業組織形態としての問題

組織の問題の第1は、各 Municipality において、水道事業の技術は技術部が、課金や料金収集などの財務面は財務部が分かれて担当しており、一人の責任者が経営・財務から技術まで水道事業の全体につき責任を持つ体制になっていないことである。又、水道事業の会計が、Municipality の一般会計から分離されておらず、独立採算の考え方が確立していないことも問題である。このような組織では、無収水を管理して水道料金の徴収率を高め、それを水道施設の更新や維持管理に回していく、という水道事業経営の基本的なことをやろうというインセンティブは生まれて来ない。

組織面の第2の問題は、Western Highveld 地域の5つの Municipality が、それぞれ別々に水

道事業を運営しているため、各 Municipality において人的資源が不足し、資金も不足しているため、改善のための手段を講じられないことである。この組織の状態のままでは、個々の Municipality に個別に技術協力を行っても、その効果は限定的となるだろう。

2.2 脆弱な組織体制

旧ホームランド地区に対する特段に手厚い地方交付金・補助金があるため、給水原価回収はおろか地方税増収のモチベーションも低いようである。Thembisile Hani LM の例（表 1.2）では予算上では 8 割近い補助金を計上し、決算上でも歳入の 3 分の 2 を補助金が占めている。

表 1.2 Thembisile Hani LM 経常収支（予算・決算）

	Budget	2006/2007	Actual	2006/2007
REVENUE		%		%
Grants and Subsidies	129,199,594	78.7	72,169,069	66.5
Revenues from Tariffs, Service Levies, etc.	33,945,000	20.7	11,457,714	10.6
Interest Earned	725,000	0.4	4,868,806	4.5
Sundry Income	188,500	0.1	19,816,386	18.3
Rentals	45,250	0.0	192,427	0.2
TOTAL INCOME	164,103,344	100.0	108,504,402	100.0
EXPENDITURE				
Salaries and Allowances	35,158,850	22.0	26,659,741	32.3
General Expenditure	54,213,386	34.0	44,189,080	53.6
Repairs and Maintenance	2,492,179	1.6	1,082,536	1.3
Contribution to Fixed Assets	67,678,273	42.4	9,724,983	11.8
Contribution to Provisions	70,931	0.0	775,460	0.9
TOTAL EXPENDITURE	159,613,618	100.0	82,431,800	100.0
NET SURPLUS / (DEFICIT) *	4,489,726	2.7%	26,072,602	24.0%

出所: Thembisile Hani Local Municipality Annual Report, Fiscal Year: July 2006 - June 2007

* Percentage = Net surplus / Total income

旧ホームランド時代は一体的に運用されて来たシステムが分断され、自治体間の協力体制も十分ではない。各自治体単独では予算の制約もあり、資格を有する技術者や経理要員の賃金高騰のため、これらを雇用できない。

各自治体の財務・人的能力の弱さは施設保守面に現れている。保守・修理も問題が大きくなるまで放置されることが多く、定期的・予防的保守は全く行われていない。

旧ホームランド時代には給水を含む諸々の生活インフラ整備を（名目的には）、クワンデベレ政府が担当していたが、水料金や租税の徴収は実質行われてなかった。

2.3 水道施設情報の不足

ウェスタン・ハイベルド地域の水道事業を担う DM や LM では、DWA から施設が移管時にインベントリに相当する施設リストが引き継がれた。いずれの Municipality において、表 9.7-1 でも示すとおりバルク送水管路情報は比較的充実しているが、配水管路については、一部の LM を除き運営維持管理に必要な情報が整備されていない。これは、水道事業者にとって配水コントロールの煩雑化、非効率な管路補修を招いている。また、実際にパイロット調査でも締め切り用バルブを特定するために多大な時間を要したことから明らかである。

複雑な既存水道施設の現状に加え、施設配置図や管路情報がなく、正確な配水システム系

統が把握できないため、バルブ・コントロールができないことで、適切な水量配分が行われていないことが想定される。また、管路補修時のバルブ締め切りの際には、バルブ蓋消失によりバルブハンドルが土で埋没しているため、バルブ捜査からはじめバルブ操作に到達するまでに時間を要し、作業効率が非常に悪い。さらに、漏水探査にあたっては、既存管路やバルブ情報がないままでは、効率的な探査が不可能である。

2.4 脆弱な水道施設維持管理体制

水道施設管理にあたっては、水道施設配置図などの不備から、現場作業者の経験則に依存しているケースが多い。また、水道施設の日常管理は応急処置的な対応に尽き、詳細な補修記録や維持管理記録などの整備が行われていない。詳細な維持管理記録が残されれば、将来的な施設診断に有効なデータとなる。

2.5 漏水探査体制の不備

漏水削減対応にあたっては、現場で漏水が発生している場合、LM や DM は住民からの通報などにより応急処置的に管路の補修を行っているに過ぎず、計画的な漏水探査や管路の布設替え、補修計画を立案するまでには至っていない。本業務で判明しているウェスタン・ハイベルド地域の既存管路だけでも約 2,500km に及ぶため、効果的な漏水探査や計画的な管路更新を進めない限り、既存のアスベスト管や管路布設経過年から判断し、抜本的な漏水解消につながらない。

2.6 不法接続及び盗水の横行

漏水以外に大量の水量消失の原因に不法接続や盗水があげられる。水道料金請求の拒否、劣悪な水道サービスなど、理由は多様であるようだが、不法接続や盗水件数は把握されていない。単純に各戸からの不法接続だけでなく、空気弁やバルブを大胆に破壊し、そこから漏水し弁室内に滞留した水を利用する行為も後を絶たないようである。

2.7 水道料金徴収体制の不備

DWA が 2010 年 3 月から 11 月に実施した調査レポートによると、Dr JS Moroka LM の Siyabuswa 地区では 14,730 世帯のうち、その 36%に相当する 5,370 世帯に対してのみ定期的に検針が行われている。残りの 9,360 世帯については水道メータの故障や水道メータが据え付けられていないという理由から検針が行われていない実態が報告されている。また、本調査で入手した Dr. JS Moroka LM の水道事業規模を示すデータ(2007年)からも、Dr JS Moroka LM 全体で水道接続世帯数は 58,758 世帯あるものの、約 9%の 5,434 世帯だけが水道メータを設置している。設置された水道メータの中でも損傷している水道メータも存在している。これは、パイロット調査でも対象世帯数の約 7%は損傷していた事実からも明白である。このため、検針率は非常に低く、ほとんどが定額制による課金あるいは無課金の実態である。また、パイロット調査で多くの宅内漏水が放置されていることも判明した。この背景には、水道メータの未設置や定額料金制の影響が住民の節水意識の低下を招いている原因と考えられる。

2.8 老朽管路及びアスベスト管路の存在

既存バルク送水管および配水管の最も古い布設年次は1979年である。バルク送水管の総延長約683,000mのうち、1980年以前に布設された管路だけでも約82,000m（総延長の約12%）が存在し、2020年には耐用年数を向かえる。

また、アスベスト管路はバルク送水管路延長の約64%（約435,000m）を占め、調査で判明した配水管路延長の約19%（約336,000m）に達する。

アスベスト管の強度や有害性などを踏まえ、現在DWAは管路更新時には使用規制の方向で考えている。

2.9 宅内漏水の多発

ウェスタン・ハイベルト地域では宅内漏水が多発しており、水道事業の障害となっている。水道事業の定義上では従量課金している場合では無収水量には該当しないが、無駄な水となって消失している。

各LMやDMでの需要水量の算定にあたっては、各戸接続給水で最大でも120L/人/日の基準値が適用されているため、宅内漏水を放置すると、水道施設整備計画と現実的な水使用量にギャップが生じ、水運用に支障を来す。

2.10 既存送配水施設の不備

バルク送水管路の中には、管径が不足している個所が存在している。明らかにシステム設計上の不備が招いた問題だと想定される。

管路を大口径に変更しない限り、当面水量コントロールで対応しなければならない。しかしながら、水量コントロールが煩雑であるため、問題は放置されたままとなっている。

3. 陰極腐食対策に係る検討及び基本設計案の策定

円借款を活用して建設された送水鋼管の陰極防食対策の必要性が今回の調査で行った詳細な現場調査の結果、明らかとなった。そのため、本業務において、腐食防止対策工事について基本設計の策定及び概算事業費の算定を行った。腐食防止対策工事の総額は4.5百万ランドと見積もられた。

4. 水道事業の改善策

調査結果を踏まえた水道事業の改善策は、以下の4つの計画から構成される。

- 4.1 資産管理計画
- 4.2 消費者管理計画
- 4.3 組織体制の改善項目の提案
- 4.4 研修計画の提案
- 4.5 運営体制・組織能力の改善施策

4.1 資産管理計画

資産管理計画はさらにa) 統合事業体、b) インフラ開発計画、c) 無収水対策の提案、d) 資産管理システムの提案に分類される。

(1) 統合事業体

この地域の自治体水道事業の広域化・統合を図って、施設（運営資源）の効率的運転・維持、料金収入（財務資源）の増大、ならびに質の高い人的資源の獲得（有資格エンジニアの給与は高い）を目指すのである。一挙に統合事業体を発足させるのが難しければ、当初は緩やかな協同組合のような形態から出発して、事業の管理、経営の一体化へと順次進めることも可能であろう。概念を下図に示す。

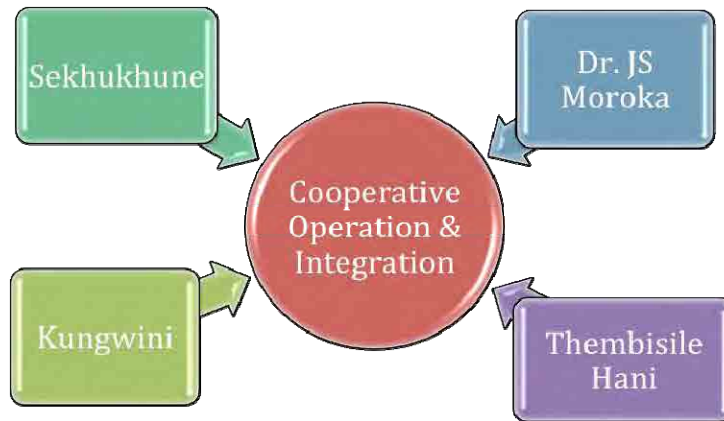


図 1.2 緩やかな共同組合から強固な統合事業体へ

(2) インフラ開発計画

インフラ開発計画の対象とする送配水管路は、下記の選定基準に基づいて計画した。

基準項目	基準項目とする理由
既存管路の情報が明確な管路	布設年度、管路径、管路延長が不明であると計画が立てられないため。
「Refurbishment and Upgrading of Bulk Water System in Western Highveld (DWA Gauteng Province)」の対象外とする管路	事業重複を回避するため。
1980年以前に布設された管路	2020年次で耐用年数を迎えるため。
アスベスト管路	南ア国ではアスベスト管の布設替えを義務付ける政策はないが、DWAは漏水発生の原因管路としているため。
漏水改善しても2020年次でバルク主要幹線（浄水場から基幹配水池までの送水幹線）の管径が不足する管路	WSDPの政策である2020年次において無収水率を23%まで削減しても、管路径が不足し送水量に影響を及ぼすため。

出所：JICA 調査団

Tshwane Metropolitan Municipality より入手した管路布設単価を適用し、表 1.3 のとおり管路布設替え事業費を算定した。その結果、バルク送水管路の布設替え事業費は ZAR 約 10.8 億、配水管の事業費は ZAR 約 2.6 億となり、総事業費は ZAR13.4 億と算定された。

なお、同単価には間接費や VAT は含まれるが、下記項目に係る費用は含まれない。

表 1.3 管路布設替え事業費

LM/DM	バルク送水管		配水管路		事業総計 (ZAR 百万)
	布設替え必要 管路延長(m)	事業金額(ZAR 百万)	布設替え必要 管路延長(m)	事業金額(ZAR 百万)	
Kungwini LM	7,130	49	30,205	84	133
Thembisile Hani LM	161,616	385	n.a.	n.a.	385
Dr JS Moroka LM	242,836	578	305,855	177	754
Sekhukhune DM	59,731	65	n.a.	n.a.	65
合計	471,313	1,077	336,060	261	1,338

出所：JICA 調査団

(3) 無収水対策の提案

調査団による需要予測によると、2020 年における需要水量は、108,167m³/日（無収水率：40%）である。WSDP に掲げるように 23% まで無収水率を削減できれば、約 23,881m³/日の水量を節約することができ、ZAR 約 90,748/日（ZAR 約 33 百万/年）の費用を節約することが可能であるとの結果が出た（表 1.4 参照）。これは、Thembisile Hani LM あるいは Dr. JS Moroka LM の年間財政支出の 10% 以上に相当する。

表 1.4 無収水率別の節水量及び節約額

項目	2020 年の需要水量		節水量/節約額
NRW (%) ^{※1}	40	23	17
Total Water Demand (m ³ /day)	108,167	84,286	23,881
Water Price (ZAR/day) ^{※2}	411,034	320,286	90,748 (ZAR 33 百万/年)

※ 1：40%：現行の無収水率で推移した場合、23%：無収水率が削減された場合

※ 2：Rand Water の水料金 ZAR3.8/m³ を適用。

出所：JICA 調査団

この結果から、無収水量の削減は各 LM にとって財政上の大きなインパクトとなるばかりではなく、多額な開発コストや社会的課題を抱える新規水源の不用意な開発を抑制することも可能である。

ただし、各原因によってどの程度の無収水を発生しているかは不明であるため、問題解決には各原因の実態を調べ、原因別に無収水削減の対策を立て励行していく必要がある（表 1.5 参照）。

表 1.5 無収水削減調査及び対策

無収水の主な原因	確認調査	対策
a. 管路漏水	<ul style="list-style-type: none"> 既存管路探知 漏水探査 夜間最小流量調査 各戸使用水量調査 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 管路・弁類補修（補修記録義務付け） ◆ 管路・弁類取替え（取替え記録義務付け） ◆ 予防的対応（管路の補修及び取替えアクション・プランの策定）
b. 配水池漏水	<ul style="list-style-type: none"> 配水池亀裂・漏水の目視調査 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 配水池補修（ライニング等）
c. 不法接続・盗水	<ul style="list-style-type: none"> 不法接続件数の実態調査 バルク送水管路や配水管路での 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 管路・弁類補修（補修記録義務付け）

無収水の主な原因	確認調査	対策
	破損調査	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 水道規則に遵守した罰則強化 ◆ 未給水地域においては、暫定的に給水車導入
d. 水道メータの誤作動	<ul style="list-style-type: none"> ● 各戸水道メータ調査 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 水道メータの補修・取替え（補修記録義務付け）
e. 課金水量と実使用水量とのギャップ	<ul style="list-style-type: none"> ● 配水量分析 ● 検針業務の実態調査（人員、頻度、検針方法、検針業務予算） 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 定額課金制の撤廃 ◆ 水道メータ設置の拡大 ◆ 従量課金制適用の強化
f. 不適切な料金徴収体制	<ul style="list-style-type: none"> ● 検針業務の実態調査（人員、頻度、予算） 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 料金徴収体制の改善 ◆ 水道事業の独立会計の構築

出所：JICA 調査団

(4) 資産管理システムの提案

施設の主要仕様や数量などをまとめた資産管理台帳は、水道台帳などともに運営維持管理の面でも定期的な維持管理業務、施設の適切な運転操作管理にも不可欠である。水道台帳は、水道管網図に弁類や水道メータ、宅内止水栓の位置が示されたものである。

現時点では、表 1.6 でも示したように水道施設の情報不足しており、Dr JS Moroka LM を除き、一連の既存水道施設が明記されている資産管理台帳は整備されていない。

ウェスタン・ハイベルド地域の水道施設を一元的、効果的な操作管理、維持管理、計画的な更新整備するために、資産管理台帳や水道台帳の整備は不可欠である。さらに維持管理記録はフィードバックさせ、常に最新情報である必要がある。これらの作業にあたっては、資産管理台帳と水道台帳を、IT を活用したデータベースを利用した方がより効果的である。

以下に資産管理に必要な必要最小限の項目を示し、今後の早急に資産管理システムの導入を提案したい。

表 1.6 資産管理台帳における管理項目の提案

施設	管理項目	
取水場	[土木構造物] <ul style="list-style-type: none"> ● 設置年次 ● 位置（座標） ● 減価償却費 ● 資産価値 	[機器類] <ul style="list-style-type: none"> ● ポンプ仕様 ● ポンプ台数 ● 設置年次 ● 点検年次 ● 改修年次
導水管路 送水管路 配水管路	<ul style="list-style-type: none"> ● 管路延長 ● 管径 ● 管材 ● 布設年次 	<ul style="list-style-type: none"> ● 布設替え年次 ● 年間減価償却費 ● 資産価値
浄水場	[土木構造物] <ul style="list-style-type: none"> ● 設置年次 ● 位置（座標） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 年間減価償却費 ● 資産価値
配水池	[配水池本体] <ul style="list-style-type: none"> ● 貯水容量 ● 高水位 ● 低水位 ● 標高 ● サービス区域 	<ul style="list-style-type: none"> ● 主要機能 ● 完工年次 ● 位置（座標） ● 年間減価償却費 ● 資産価値
ポンプ場	[ポンプ棟] <ul style="list-style-type: none"> ● 設置年次 	<ul style="list-style-type: none"> ● 年間減価償却費
		[機器類] <ul style="list-style-type: none"> ● 点検年次 ● 改修年次 ● 減価償却費 ● 資産価値
		[弁・流量メータ] <ul style="list-style-type: none"> ● 弁・流量メータ仕様 ● 口径 ● 作動状態 ● 設置年次
		[ポンプ本体] <ul style="list-style-type: none"> ● ポンプ仕様 ● 点検年次

施設	管理項目			
		<ul style="list-style-type: none"> 位置 (座標) 	<ul style="list-style-type: none"> 資産価値 	<ul style="list-style-type: none"> ポンプ台数 送配水路線名 設置年次
管路部 弁・流量メ ータ類	<ul style="list-style-type: none"> 仕様 口径 位置 (座標) サービス区域 	<ul style="list-style-type: none"> 作動状態 設置年次 年間減価償却費 資産価値 		

(5) インフラ投資計画

Western Highveld 地域の水道事業を改善するために必要な投資資金ニーズとしては、以下のものがある。

■ 送水管陰極腐食対策工事

工事費 4.5 百万ランド

■ 管路布設替え工事

①バルク送水管路 1,077 百万ランド

②配水管路 261 百万ランド

計 1,338 百万ランド

「送水管陰極腐食対策工事」については、「南ア」側の自己資金で、早急に実施される必要がある。その財源としては、DWA の Regional Bulk Infrastructure Grant (RBIG) が考えられる。

「管路布設替え工事」については、工事費用が 1,338 百万ランドと多額である。市庁にとってこの金額を負担する財務能力がないことは本調査で検証済みである。資金元としては中央政府の支援が必要である。DWA の RBIG が考えられるが、これだけで不十分な場合は、JICA の ODA Loan の可能性もあると考えられる。JICA ODA ローンについては、南ア政府の保証が必要なので、DWA から財務省に対する働きかけが必要であろう。

4.2 消費者管理計画

水道消費者を対象とする管理施策として、「需要水量抑制」、「未納者対策」の2つの側面において提案する。

(1) 需要水量抑制

本調査地域では、節水の習慣がなく、水が貴重な資源であるという認識が一般に少ない。これは、モデル地区で実施した社会調査の結果にもある漏水・浪費の認識率の低さから理解できる。また、Dr JS Moroka LM での水道メータ調査で得られた、48 世帯中 15 世帯において宅内漏水が生じ、放置されたままであったことから裏付けられる。

漏水・浪費の認識率の低さは、曖昧な課金体制や定額制料金体系となっているため、節水のインセンティブが働かないことも原因となっている可能性は高い。

需要水量の抑制策は状況に応じて、供給者側と消費者側がそれぞれ執るべき対応が考えられる (表 1.7 参照)。

表 1.7 需要水量抑制施策と手段

No.	需要水量抑制施策	供給者側	消費者側
A.	【給水原単位の低減にかかる提案】		
A-1	節水型機器の導入促進	○	○
A-2	適切な水道料金の設定	○	
A-3	節水、水保全に関する啓蒙	○	○
A-4	宅内の給水設備の補修	○	○
A-5	宅内の水道メータの設置	○	
B.	【漏水率改善にかかわる提案】		
B-1	老朽管路の計画的な更新	○	
B-2	使用水量と配水量の持続的な分析	○	
B-3	漏水診断技術の導入	○	

出所：JICA 調査団

(2) 未納者対策

現状で実施されている未納者対策は Ward Councilor による支払いの促しと、滞納額が巨額に達した住民からの未収金を自治体会計上で抹消することである。いずれも実質的な増収に結びつくものではない。真に貧困のため支払えない者から取り立てることに無理がある。余裕があっても、隔離地区であった時代からの慣習もあって、支払わない者が対策の優先的な対象となる。

全住民はおよそ 83 万、世帯数は 18 万戸あり、このうち 96 パーセント以上が未納者と考えられる。Sekhukhune DM に属する 4 万戸は全く課金・集金が行われていないので、これに対して新たに課金を開始すれば直ちに政治問題化することになる。個人を対象として説得や意識の変化を促すことにも限界がある。長期間にわたる制度的・組織的なアプローチが必要である。10.3 節に述べた法令の整備に加えて、現行の貧困者に対する公共料金無料化制度を改め、所得補助策（我が国の生活保護制度）を講じることも今後の検討課題である。

この地区の歴史的成立過程と現在の経済状態を考えれば、直ちに料金増収に結びつくような秘策はない。給水原価を回収して自立できる事業体を確立するという目標を見失うことなく、時間をかけて法令、制度、組織を整備し、顧客関係の改善に努める他はない。

4.3 組織体制の改善項目の提案

組織体制の改善項目を以下に列記する。

(1) 法令

- 国・自治体が国民・住民一般を対象として行う一般行政行為と、特定の受益者に対して行われる、或いは受益者によって受益の程度の異なる公共サービス事業(公営企業)とを区別すべきである。前者は租税収入を原資として行われるべきで、後者は受益者の支払う料金を原資として実施されるべきである。
- 盗水や水道料金不払いに対する罰則の明確化。
- 水道メータ設置の義務化。

(2) 水道事業組織

- 本報告書のインスティテューション開発の第一の提案、すなわち一般行政から切り離れた公営企業体として財務部門も独自に持つこと。
- 規模・人員も小さく、弱小な対象地域事業体を統合して強化を図る。

(3) 水道事業の運営資源

- 施設の配置図、施設台帳の整備。
- 漏水対策の強化。
- 予防先行的メンテナンスの一部として老朽管、特に石綿管を逐次交換。
- 事業統合による施設の一体的運用。

(4) 水道事業体のマンパワー

- ウェスタン・ハイベルド水道事業全体を長期的視点で計画、実施、運営維持できる有資格の水道エンジニアが必要である。
- 同時に、企業経営の視点を有する人材（上記エンジニアあるいは、財務・事務部門の人材）が複数必要である。
- 本報告書で提案するプロジェクト技術協力を C/P として参加し、その訓練を受けて漏水探査技術を身に付ける。
- ビジネスモデルの策定と実施に C/P として参加し事業経営の実践を学ぶ。
- 顧客関係アドバイザーの C/P を務め、顧客関係部門の発足メンバとなる。

(5) 事業収入

- 当面は水道施設とその運営に対して国から受ける補助・交付金に頼らざるを得ない。しかし原価の全体回収(収支バランス)に至るまで、増収努力は継続する。

4.4 研修計画の提案

国内外の水道事業を対象とした研修を企画しなければならない。以下に研修計画案を述べる。

(1) 水道技術に関わる研修

- 漏水探査技術、プロ技に参加する。
- 計画、運転・維持管理技術、海外の水道施設を見学する。

(2) 水道事業経営に関わる研修

プロ技のビジネスアドバイザー及び顧客関係アドバイザーの活動に C/P として参加して、以下を実践、その方法を身に付ける。

- 顧客台帳、資産台帳の作成・維持とそのためシステム構築、組織立ち上げ。
- メータの設置、検針、課金、集金計画の策定。この計画にはシステム構築と組織立ち上げも含まれる。
- 原価管理計画の策定と、そのため組織・システム。

- 財務計画の策定と、そのための組織・システム。
- 顧客関係の円滑化と向上のため、業務目標の設定、住民友好プログラム、ユーザグループ組織化などの策定、実践、システム化、必要な組織の設計と立ち上げ。

(3) 地方自治行政一般にかかる研修

周辺には個人や民間資本の経営するリゾート地や公園なども多い。しかし、当地は旧ホームランドであったという偏見のため、用事もなしに訪ねる人は少ない。ここを魅力的で観光客を呼び込めるような土地にし、金を落として貰う。また、住民たちが産業を起こす、外部の資本が産業の立地を求めることの出来る土地にする。これは、この地区自治体の大きな行政目標となり得る。

そこでこのような村おこし、町興しのための研修を行う。例えば、日本の一村一品運動、著名な観光地となっているヨーロッパ各地の小さな町村などを訪ね、その村興し町おこしに学ぶ。このような研修も一案となる。

要は自分たちの自治体を住みやすい、他者からも魅力ある、経済活動の盛んな土地にすることが行政目標であるし、住民と行政職員個人個人の目標でもあり得ることを認識して、このような明確な目的意識を持って研修も行政事務も行うことであろう。

4.5 運営体制・組織能力の改善施策

これまでの調査を通し、水道事業組織能力や水道施設運用の実態が明らかとなった。問題点を分析した結果、水道システムを適切に運用するために運営維持管理体制などについて包括的な改善の必要性が認められた。調査団は技術協力を導入することで各種問題解決を図ることを提案する。以下に、技術協力プロジェクトの概要を示す。

地域横断的な水道事業体が出来ることを前提として、JICA と DWA が共同で新しい水道事業体に技術協力をを行う内容とした。JICA は、日本が得意とする無収水対策や資産管理、GPS などの分野で能力開発を行い、DWA は水道のビジネス面、顧客との関係などの分野で能力開発を行う。

(1) プロジェクト概要

上位目標

- ウェスタン・ハイベルド地域の無収水を削減することで、水資源の有効利用を図る。
- ウェスタン・ハイベルド地域の無収水を削減することで、時間制限給水の削減を図る。
- 国際的に受け入れられる業務実施に基づき堅実な公共サービス事業の管理を図る。

プロジェクト目標

- 水道サービス事業体の組織形成に寄与。
- 水道サービス事業体の職員を対象とする無収水削減プログラムの立案及び実施能力の向上。
- 水道サービス事業体の職員を対象とする運営・維持管理能力の強化。
- 最適な給水サービスを考慮においた地方自治体への協力。

- 水道料金徴収制度、緊急対応において給水・衛生サービスに直結する政策や法制面での地方自治体への協力。

プロジェクトの成果

- 統合水道事業体設立のための原始定款案が策定される。
- ビジネスモデルに沿った組織の各部門(顧客関係室を含む)の責任者が任命され活動体制に入る。
- 漏水探査など維持管理を効率よく実施するために必要な既存水道施設の情報が整備される。
- 同時に既存水道施設の情報がデータベース化される。
- モデル地区における実地訓練を通し、受け入れ機関が無収水削減に係る知識・技術を取得する。
- モデル地区における実地訓練を通し、受け入れ機関が漏水探査技術や不法接続(盗水含む)調査計画手法を取得する。
- 運転・維持管理プログラムが立案される。
- 新水道サービス事業体の業務計画が立案される。
- 顧客サービス部の設置プログラムが立案される。

プロジェクトの主要活動内容

- 水道事業体の統合を促進するための支援
- 水道施設台帳及び資産管理台帳の作成
- 水道施設情報のデータベース化
- モデル・ブロック地区における資産管理計画に係る実地研修
- モデル・ブロック地区における漏水探査及び不法接続調査とモニタリング
- 運転・維持管理プログラムの立案、水道施設・資機材に係る継続的な維持管理の研修
- 新水道サービス事業体の業務計画の立案とモニタリング
- 顧客サービス部門の設置計画の立案とモニタリング
- 法務面でのアドバイス

(2) 要員構成と実施スケジュール

技術協力プロジェクトの実施に約3年間で予定され、日本側と「南ア」側の総人月として、約224人月が見込まれる。

(3) プロジェクト実施にあたっての外部条件

プロジェクト実施に際し、「南ア」側においては以下に示す内容の体制作りが不可欠である。

- プロジェクト実施に必要な「南ア」側による予算措置。
- 事業統合に向け自治体首長レベルでの合意形成と統合検討・準備委員会の発足。
- 同委員会の事務局の設立。この事務局が本プロジェクトのC/P機関となる。
- プロジェクト活動の訓練生や参加職員などの体制構築。
- プロジェクト事務所(委員会事務局との同居が望ましい)の設立と事務所の設備。

本 文

第1章 調査概要

1.1 調査の背景

南アフリカ共和国（以下、「南ア」国）円借款案件・クワンデベレ給水事業（以下、本事業）は旧自治領（ホームランド）の一つであるクワンデベレ（現ウェスタンハイベルド）地域において、導水管・送水管の敷設、浄水場・ポンプ施設の拡張等を行うことにより、同地域の給水需要への対応をはかり、もって衛生環境の改善及び産業の活性化に寄与することを目的とした事業であった。本事業は1996年5月に借款契約が締結され、2003年11月の貸付期限をもって終了した。

2006年11月に事後評価現地調査が行われた結果、本事業は当初予定していた11コンポーネントのうち、実施に移されたのは4つ（送水管・配水池の新設等）のみであることが明らかとなった。

事後評価では、「南ア」国政府が取水計画を変更し、円借款を利用した資機材の調達を取り止めになったこと、円借款で建設した資産の維持管理等が適切に行われていないことが指摘された。前者は、人口増加に伴う水需要が過大に予測されていたからであり、後者は、「南ア」国政府の方針に従い水供給の権限が「南ア」国水資源省から自治体及びIkangala Water Boardに移管されたが、自治体及びIkangala Water Board共に十分な水道事業の運営能力を有していなかったからである。

加えて2010年1～2月にかけて現地調査が行われた「円借款完成案件の現況調査B」では、本事業により調達したEkangala～Enkeldoornooq間送水管とそれに付帯する配水池は事業実施地域における水供給に重要な役割を果たしているものの、老朽化した配水管の更新や高圧線付近の鋼管送水管の陰極腐食対策、水道料徴収の改善が重要課題として指摘された。

本援助効果促進調査（SAPS）では事業実施機関である「南ア」国水資源省やWater Board、地方自治体との協議や現地調査を通じ、本事業の開発効果発現に必要なアクション・プラン（資産管理計画や事業実施体制の改善計画等）を策定するものである。

1.2 調査の目的

本業務は、過去に円借款にて建設された上水道施設の持続性確保のため、送水管腐食対策を始めとするインフラ維持管理方法、及び地方自治体水セクターの実施体制・組織能力の改善に係る提案を行うことを目的とする。

1.3 調査対象地域

円借款案件のクワンデベレ給水事業の対象サイトであった「南ア」国Gauteng州、Mpumalanga州および隣接するLimpopo州に跨る、ウェスタンハイベルド地域（旧クワンデベレ地域）を業務対象地域とする（表1.3-1参照）。

本報告書では、業務対象地域名称を「ウェスタンハイベルド地域」に統一する。

表 1.3-1 業務対象地域の州・自治体

No	Province	District Municipality	Local Municipality	within Western Highveld
1	Gauteng	Tshwane Metropolitan Municipality (former Metsweding)	- (former Kungwini)	Tiny part
2	Mpumalanga	Nkangala	Thembisile Hani	Large part
3			Dr JS Moroka	exc. West part
4	Limpopo	Sekhukhune	Ephraim Mogale (former Greater Marble Hall)	West-end part (alias, Moutse West)
5			Elias Motsoaledi (former Greater Groblersdal)	West-end part (alias, Moutse East)

* 太字の Municipality は、Water Service Authority (WSA) に指定されている。

1.4 調査項目

本調査は、2010年9月30日に「南ア」国と合意した実施細則 (S/W) 及び協議議事録 (M/M) に基づいて実施する。調査の主要範囲は以下のとおりである。

- 既存マスタープラン及びフィージビリティ調査のレビュー
- 既存施設現況の確認
- 陰極腐食対策に係る検討及び基本設計案の策定
- 資産管理計画案 (陰極腐食対策、維持管理体制、無収水対策、資産管理システム) の策定
- 消費者管理計画の策定
- 事業実施体制の見直し
- 研修計画の提案
- 上水道分野における運営体制・組織能力の改善施策 (案) の検討・提案
- 上水道インフラ建設計画案の策定
- 上水道インフラ投資計画の策定

第2章 マスタープランおよびフィージビリティ調査のレビュー

2.1 レビューの目的

将来的に必要と想定される施設整備に係る実施計画をリスト化するための評価および分析手段の一つとして、既存マスタープランおよびフィージビリティ調査報告書に基づいて、ウェスタンハイベルド地域における水道事業の現況（水需要、施設能力など）、および南ア国政府の掲げる中長期的な水道事業の方向性をレビュー、現状課題を抽出することが主な目的である。

2.2 マスタープランおよびフィージビリティ調査結果概要

第1次調査 2011年4月時点、ウェスタンハイベルド上水道システムのリハビリ・拡張に係る既存水道施設の開発整備計画として(1)～(4)を確認した。さらに、第2次調査 2011年10月時点で(5)、(6)の新規水道施設計画を確認した。

- (1) Western Highveld Region Water Augmentation Pre-feasibility Study（以下、「WHR Pre-F/S」）
- (2) Water Service Development Plan（以下、「WSDP」）
- (3) Service Delivery from the Western Highveld Scheme: Institutional Reform (IR) for Optimal Institutional Arrangements（以下、「IR Report」）
- (4) Western Highveld Regional Scheme Technical Feasibility Report（以下、「WHR F/S」）
- (5) Engineering Study and Solution Provision for the Bulk Water Supply from Rust de Winter to Mathanjana Magisterial District of Dr JS Moroka Local Municipality
- (6) Technical Report Bulk Water Supply to Moutse (Moutse East and Moutse West)

(1) Western Highveld Region Water Augmentation Pre-feasibility Study（2005年2月）

ウェスタンハイベルド上水道システムの実態解明を行い、施設の適切な運用を目的とする、浄水施設の改修（特に Bronkhorstspuit 浄水場の改修事業、30 百万ランド）、維持管理計画の策定、不法接続件数の特定、施設破壊行為の取り締まりの強化などについて提言された。しかしながら、予算上の問題、組織・制度上の問題などで本調査における提言は依然実現されていない。

(2) Water Service Development Plan

各 Municipality には、2015年のミレニアム目標に向けた上水道・衛生事業の短期計画を示す Water Service Development Plan (WSDP) がある。第1次現地調査で Dr JS Moroka LM (2009年6月第2版) および Thembisile Hani LM (2007年1月第1版) から、各々の WSDP を入手した。表 2.2-1 および表 2.2-2 に短期計画の事業概要を示す。水道普及率は、いずれの LM もミレニアム目標を概ね達成していることから、上水道分野より下水道を含む衛生施設の普及促進に必要な予算の占める割合が大きい。

a. Dr JS Moroka LM

表 2.2-1 Dr JS Moroka LM における上水道・衛生分野の短期計画

No.	Description	Financial Year		
		09/10	10/11	11/12
		ZAR Million.		
1	Strategic & Operational Programmes and Projects	8.54	8.89	0.59
2	Bulk Water and Sanitation Infrastructure	23.69	13.85	15.2
3	Water Supply Network to Consumers	63.52	31.72	25.3
4	Sanitation Projects: Installation of Ventilated-Improved Pits (VIPs)	122.59	89.35	19.54
	Total	218.34	143.81	60.63

Source: WSDP (Dr JS Moroka LM)

b. Thembisile Hani LM

表 2.2-2 Thembisile Hani LM における上水道・衛生分野の短期計画

No.	Description	Financial Year				
		06/07	07/08	08/09	09/10	10/11
		ZAR Million.				
1	Strategic & Operational Programmes and Projects	1.07	10.91	7.61	0.04	0.04
2	Bulk Water and Sanitation Infrastructure	0.01	5	0	0	0
3	Water Supply Network to Consumers	8.12	8.12	8.12	8.12	8.12
4	Sanitation Projects: Installation of Ventilated-Improved Pits (VIPs)	57.22	57.22	57.22	57.22	57.22
5	Additional Projects	3	-	-	-	-
	Total	69.42	81.25	72.95	65.38	65.38

Source: WSDP (Thembisile Hani LM)

(3) Service Delivery from the Western Highveld Scheme: Institutional Reform (IR) for Optimal Institutional Arrangements

調査の目的は、ウェスタンハイベルド地域の水道事業を実施する上で、最も効果的で適切な組織体制（所有と経営）を提案することにあった。

(4) Western Highveld Scheme Technical Feasibility Report (2010年1月)

本 FS 報告では 13 年～25 年前に整備されたウェスタンハイベルド上水道システム全体の既存水道システムの能力を回復するために必要なリハビリ事業に係るアクション・プランが策定された（表 2.2-3 参照）。

本工事の予算は中央政府から拠出されるもので、2011 年 3 月、DWA はリハビリ事業の実施管理を Rand Water に委託し、2011 年 9 月に入札が完了した。

一方、本 F/S 報告では、2030 年を目標年次とする水道施設の拡張整備計画も策定された。さら

に、将来的水需要に向けたインフラ整備だけでなく、自動遠隔操作システムの導入、水需要管理、組織体制の改革などの重要性についても指摘している。

表 2.2-3 上水道施設整備計画

No.	Items	Outline of Plan	Approx. Cost ZAR in Million
1	リハビリ事業のアクション・プラン	<ul style="list-style-type: none"> ・ Bronkhorstspuit バルク水道システム（取水ポンプ場、浄水場、送水ポンプ場）のリハビリ ・ Weltevreden バルク水道システム（取水ポンプ場、浄水場、送水ポンプ場、ブースターポンプ場）のリハビリ ・ バルク管路（バルク・メータ、バルブ等）のリハビリ及び陰極腐食対策 ・ 配水池（本体漏水箇所、流入弁）のリハビリ ・ 自動遠隔システム ・ 深井戸のリハビリ ・ 配水管路のリハビリ 	101 ^{*1}
2	現行や将来（2030年）の水需要を満足し得る戦略的リハビリ・拡張事業整備計画	<ul style="list-style-type: none"> ・ Southern スキーム・バルク管路の拡張 ・ Northern スキーム・バルク管路の拡張 	476 ^{*2}

Note:

*1: Contingency is included but not VAT.

*2: Contingency and escalation are included but not VAT.

(5) Engineering Study and Solution Provision for the Bulk Water Supply from Rust de Winter to Mathanjana Magisterial District of Dr JS Moroka Municipality

Mathanjana 地域は Dr JS Moroka LM 西部を指し、ウェスタンハイベルド上水道システムの北部スキームの Weltevreden 浄水場から西へ 70km の地域に位置し、標高も同浄水場より約 200m 高い。このような地形的な条件もあり、同上水道システムの給水エリアに入っておらず、地下水に水源を依存している。

しかしながら、同地域の南側に位置する Rust de Winter ダムからの取水が可能になったことから、2010年～2012年を Phase-1、2012年～2017年を Phase-2、2017年～2030年を Phase-3 として、DWA は取水施設、浄水場、送水管、配水管から構成される新たなバルク上水道システムの計画を策定した。総事業費は 243 百万「南ア」・ランド、給水人口は 63,211 人、11,000m³/日の能力である。

(6) Technical Report, Bulk Water Supply to Moutse (Moutse East and Moutse West)

Moutse 地域は、ウェスタンハイベルド地域に位置する Limpopo 州内の Sekhukhune DM (Ephraim Mogale LM および Elias Motsoaledi LM) の西端地域の別称である。同地域は丘陵地帯であり、北部スキームの給水エリアに入るが十分な給水を得られていないのが実情である。このような背景もあり、公共サービスが Limpopo 州から冷遇されている意識から、2009年に隣接する Mpumalanga 州への移行を問う住民投票が行われた（最終的には憲法裁判所で現状の境界線が合法であると裁決された）。

本計画は、公共サービスの向上策として、Sekhukhune DM の中心都市となる Groblersdal 市にある既存の Groblersdal 浄水場の拡張、ポンプの増設、同地域への送水管の新設、配水池の建設などから構成される。2013年9月までの総事業費は ZAR382 百万、給水人口は 222,951 人、日最大浄

水量は 18,000m³/日である。なお、浄水場の水処理設備は拡張施工済みである。

2.3 水道水源開発計画のレビュー

2.3.1 既往報告書

水道水源のレビューは、以下 2 つの既往報告書に基づき行う。

- ◆ Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Sep. 2005
- ◆ Western Highveld Scheme Technical Feasibility Report, Jan. 2010

2.3.2 既存施設能力と実運転水量の比較

ウェスタンハイベルド地域の既存施設の取水量と実運転水量を、第 2 次調査で得た計画施設を含め、表 2.3-1 に示す。

表 2.3-1 既存施設の能力諸元

施設名	計画水量 (m ³ /d)	実運転水量 (m ³ /d)
南スキーム (Bronkhorstpruit WTW)		
①取水ポンプ	60,500	53,300
②Bronkhorstpruit 浄水場	54,000	50,000
北スキーム (Weltevreden WTW)		
③取水ポンプ (Mtombo 堰)	20,900	0.0
④取水ポンプ (Weltevreden 堰)	68,000	68,000
⑤Weltevreden 浄水場	68,000	68,000
外部からの配水 (Southern スキーム対象)		
⑥Rand Water	30,000	30,000
Rust de Winter スキーム (計画、新 WTW)		
⑦取水ポンプ	15,000	0.0
⑧浄水場	11,000	0.0
Moutse スキーム(計画、Groblersdal WTW)		
⑨取水ポンプ	9,000	0.0
⑩浄水場	18,000	0.0
取水ポンプ流量(①+③+④+⑦+⑨) 計	173,400	121,300
浄水処理流量(②+⑤+⑥+⑧+⑩) 計	181,000	148,000

これに対して、WHR FS では 2010 年を基準とする 2030 年での水需要は 131,605m³/日と予測されており（「2.4 水需要予測のレビュー」の表 2.4-3 参照）、今後も Rand Water の水の購入を継続すれば現在の配水量 148,000 m³/日で水バランスは満足することになる。また、計画中の浄水施設が完成すると、Rand Water からの供給は数値的には不要となる。

2.3.3 渇水危機を考慮した配水可能量

日本国の水道施設では、渇水期を考慮した渇水確率年的な取水設備設計は行っていない。

水道施設は如何なる場合でも、国民に安全な水道を安定的に供給する義務があり、日本国では水源の水理学的資料から最低水位となっても取水可能な位置に取水口を設けるため、渇水確率年的な解析は行っていない。逆に言えば、既往データから渇水期も考慮した設計となっている。

これに反して、ウェスタンハイベルド地域では、水が継続的に取れる箇所を水源と計画したように考えられる。この理由として、水源の渇水危機確率年ごとのリスク検討を行っているからである。この渇水危機確率年における水浄水量を、表 2.3-2 に示す。

表 2.3-2 渇水危機確率年別浄水量

既存水源 (1,000m ³ /日)	2010年			2030年		
	渇水危機確率年			渇水危機確率年		
	1:100	1:50	1:20	1:100	1:50	1:20
Bronkhorstpruit 堰	27.6	30.9	38.0	27.6	30.9	38.0
Weltevreden 堰	19.5	23.8	32.5	19.5	23.8	32.5
取水量合計	47.1	54.7	70.5	47.1	54.7	70.5
Rand Water	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
配水量	77.1	84.7	100.5	77.1	84.7	100.5
需要水量(無収水量 15%を含む)	96.2	96.2	96.2	131.6	131.6	131.6
余剰水量又は不足水量	-19.1	-11.5	4.3	-54.5	-46.9	-31.1

出所：WHS F/S

2003年にBronkhorstpruitダムの貯留量低減に伴ったダム水位低下現象時に明らかになったように、渇水危機によりウェスタンハイベルド地域への配水能力は変動する。

渇水危機確率年により配水能力は変動する。上記の表からも20年に1回生じる渇水程度でRand Waterと堰からの取水量では、2030年次で地域が必要とする配水量は確保できない。

また、渇水を生じた場合にRand Waterが果たす地域への配水貢献度は高いが、水道代が割高であるという負の要素もある。

このようなことから、新規水道水源の可能性についてWHR F/Sで検討された。

2.3.4 新規水源

必要配水量を確保するための水道施策として、WHR F/Sで周辺流域も考慮して以下(1)、(2)の新規水源が検討された。

(1) ウェスタンハイベルド地域での水源開発

- ・ Vaal川からの取水
- ・ Loskopダムからの灌漑用水の増量取水あるいは水利権の取得
- ・ 集落単位の地下水開発
- ・ アピース川あるいはピナル川からの取水
- ・ モース川計画の利用
- ・ Bronkhorstpruit流域の下水道排水の再利用
- ・ Delmas 白雲岩帯の開発
- ・ Bronkhorstpruitダムからの取水量の増加

(2) ウェスタンハイベルド地域内での水源開発

地域外からの水道水源を検討する前に、地域内で集落用など地域を限定した水道水源の開発も

考えられる。

- ・ 北部地域での地下水取水量の可能性検討
- ・ Rust de Winter ダムからの取水
- ・ Rust de Winter ダム灌漑用水の転用
- ・ 日干期間に限定し、Rand Water を使用し Bronkhorstpruit ダム水を有効利用する。
- ・ Loskop ダム灌漑用水路からの取水量増加

DWA によると現在の取水流量は、7,000m³/日であるが能力的には 50,000m³/日の取水が可能である。ただし、「3.2.1 水源」で後述するように、Loskop ダムの主目的が灌漑用水であるため、水利権の問題が解決されない限り、将来的な開発水量の活用は現実的ではないと想定される。

これらが可能であった場合の水収支表を表 2.3-3 に示すと、水需要予測を満足する結果となる。

表 2.3-3 新規水源を考慮した水収支表

水源 (1,000m ³ /日)	2010 年			2030 年		
	渇水危機確率年			渇水危機確率年		
	1:100	1:50	1:20	1:100	1:50	1:20
既存取水源						
Bronkhorstpruit 堰	27.6	30.9	38.0	27.6	30.9	38.0
Weltevreden 堰	19.5	23.8	32.5	19.5	23.8	32.5
既存取水量の合計	47.1	54.7	70.5	47.1	54.7	70.5
新規取水源						
既存地下水	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
北部地域の新規地下水開発	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Bronkhorstpruit 原水パイプライン	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
Rust de Winter 原水パイプライン	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
Rust de Winter 灌漑用水(50%)	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Loskop 灌漑用水の復元	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Loskop 灌漑用水の追加	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0
追加取水量の合計	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2
既存+追加の合計	129.3	136.9	152.7	129.3	136.9	152.7
需要水量(無収水量 15%を含む)	96.2	96.2	96.2	131.6	131.6	131.6
余剰水量又は不足水量	33.1	40.7	56.5	-2.3	5.3	21.1

出所：WHS F/S

一方、現在 DWA は Limpopo 州の生活水および鉱業用水確保を目的に、同州に De Hoop ダムを建設している。建設の進捗状況は図 2.3-1 に示すとおり、2011 年 4 月時点で計画ダム高の約 50%である。竣工後は Mogalakwene LM や Mokopane への送水が予定されているが、Limpopo 州内の Elias Motsoaledi LM や Ephraim Mogale LM の一部を含むウェスタンハイベルド上水道システムから供給されている



図 2.3-1 建設中の De Hoop ダム

地域への送水は予定されていない。

2.3.5 レビューコメント

新規水源の開発や既存施設からの取水量の増加を図り、相対的に水料金の高い Rand Water の水の利用を減らすことは意義のあることである。

- ◆ 第2次調査において水栓種別を考慮した水使用を行えば、危機確率を考慮したとしても水量は満たしている。
- ◆ Moutse 地区のための水道施設のために Loskop ダム下流河川からの取水が可能となった。
- ◆ 新規地下水開発で確実に取水できる信頼性があるのか。
→ 報告書によると、集落単位の井戸は可能との記載があるが取水量については信頼性が乏しいように判断される。

2.4 水需要予測のレビュー

2.4.1 需要予測報告書

需要予測報告書として、下記のとおりである。

- ◆ Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Sep. 2005 (WHR Pre-F/S)
- ◆ Western Highveld Scheme Technical Feasibility Report Jan. 2010 (WHR F/S)

1次調査資料に加え、2次調査で得た資料も加え需要予測量の修正を行った。

- ◆ Engineering Study and Solution Provision for the Bulk Water Supply from Rust de Winter to Mathanjana Magisterial District of Dr JS Moroka Local Municipality
- ◆ Technical Report, Bulk Water Supply to Moutse (Moutse East and Moutse West)

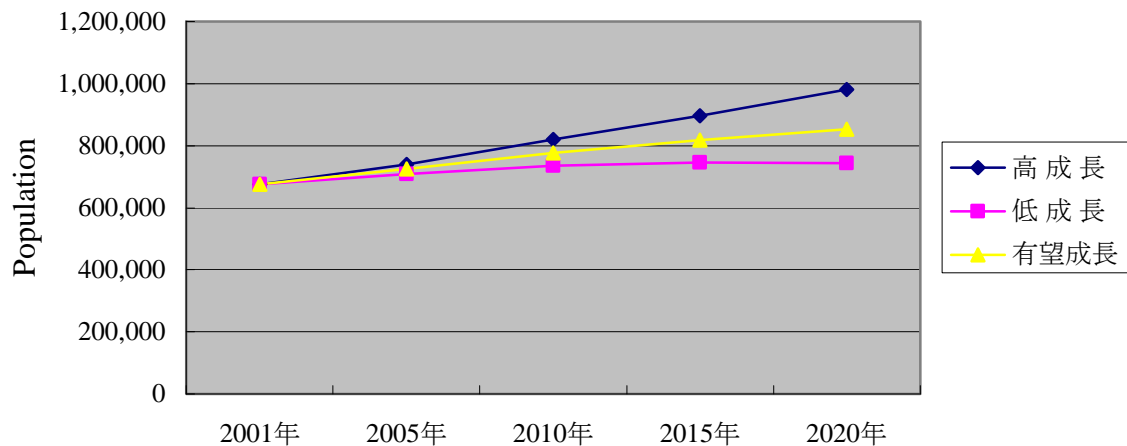
2.4.2 人口予測その1 (WHR Pre-F/S)

将来の水需要予測を行うために、ウェスタンハイベルド地域の人口予測を行っている。

人口予測に当っては、「南ア」国の社会経済や HIV/AIDS 発症のシナリオを総合的に検討し、2001年の人口センサスに基づき、2020年までの人口が3つのシナリオで予測されている。(図 2.4-1 参照)

ここで、人口増加が 2.4~2.0%で推移する予測を高成長、1.2~0.5%を低成長と表現し、少なくともその中間値で推移すると予測するものを有望成長と表現する。

Population Estimates



	2001年	2005年	2010年	2015年	2020年
高成長	675,485	740,068	820,020	895,843	980,309
低成長	675,485	708,753	734,532	746,575	742,871
有望成長	675,485	724,284	776,232	818,056	853,820

出所：WHS Pre-F/S

図 2.4-1 人口予測値

これによると、有望な成長を遂げた場合には、2020年の人口予測値は853,820人となる。しかしながら、HIVの発症、生活様式・教育の改善が行われない事や避妊の増加などによる低成長な人口増加の場合には、2020年での人口予測値は742,871人となる。実にその差は110,949人となる。

どちらにしても、2020年の人口予測値は、74万～100万人の範囲内であると予測している。

有望成長シナリオにおける各自治体の人口予測値を表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 有望成長シナリオの人口予測値

Municipality	2001年	2005年	2010年	2015年	2020年
Dr JS Moroka Local Municipality	243,304	256,820	269,691	277,857	283,005
Tembisile Hani Local Municipality	258,876	280,905	305,626	327,994	349,213
Greater Marble Hall Local Municipality	42,184	44,802	47,419	49,192	50,426
Greater Groblersdal Local Municipality	97,647	104,417	111,466	116,630	120,590
Kungwini Local Municipality	33,474	37,340	42,031	46,383	50,586
Total :	675,485	724,284	776,233	818,056	853,820

出所：WHS Pre-F/S

2.4.3 人口予測その2 (WHR F/S)

検討地域の建物を用途別に、デジタルカウントして個数を求めている。施設を機能・用途別に5分類している。

- i) 住宅 (Formal) : 各戸 (宅内) 接続をして水洗便所を備えた家

- ii) 住宅 (Informal) : 各戸 (庭先栓) 接続と通気穴式トイレを備えた家
- iii) 学 校
- iv) オフィスや店舗
- v) 役 所

これらを集計したものを、表 2.4-2 に示す。

表 2.4-2 用途別建物一覧表

Category	No. of Plots
Residential (formal)	33,158
Residential (informal)	138,592
Schools	325
Offices and Shops	645
Government and Municipal	161
Total :	172,881

出所 : WHS F/S

2001 年センサス資料から 1 世帯当り 4.4 人である。

2010 年の人口を求めると、

$$N = (33,158 + 138,592) \times 4.4 = 755,700 \text{ 人}$$

となる。この 2010 年人口について 2005 年 9 月に行った人口予測と比較を行う。

2005 年 9 月報告書による 2010 年の人口予測は、

$$\text{低成長シナリオ} \quad N = 734,532 \text{ 人}$$

$$\text{有望成長シナリオ} \quad N = 776,232 \text{ 人}$$

$$\text{計} = 1,510,764 \div 2 = 755,382 \text{ 人 (平均値)}$$

である。この両者の平均人口を求めると、 $N = 755,382$ 人となり 4.4 人/世帯で求めた人口とほぼ同様な値となる。

このことから、2005 年で行った人口予測の 2010 年人口増加は、低成長シナリオと有望成長シナリオの平均値で推移したものと考えられる。

2010 年から 2030 年までの人口予測を、人口増加率 1.0% とし、2030 年までの将来人口予測を図 2.4-2 に示す。

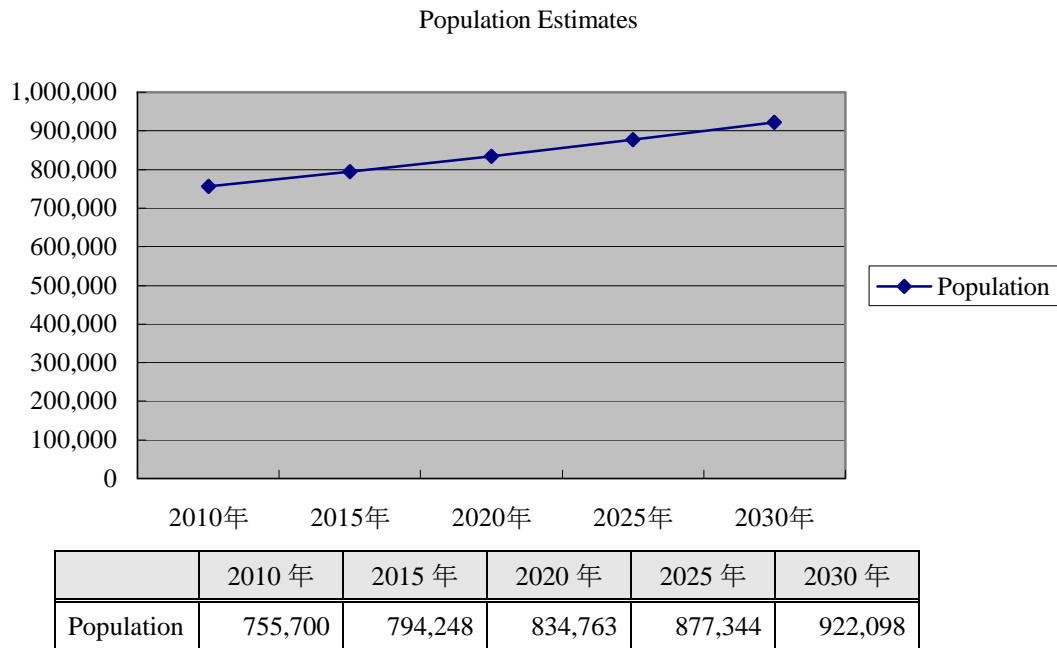


図 2.4-2 人口予測

2.4.4 水需要予測

(1) 復興開発計画 (RDP)

1994年に「復興開発計画」(Reconstruction and Development Programme: RDP)が策定された。RDPでは、BHN(ベーシック・ヒューマン・ニーズ)の充足、人的資源の開発、中小企業振興、民主国家の建設等、多岐にわたる政策課題をカバーする。特に水道セクターについては、「すべての国民は基本的な生活権を得るために水と衛生に関する便益を受ける権利を有する」として、重点分野の一つに位置付けている。RDPでは、短期的な給水量目標として20~30リットル/人日、中長期的な目標として50~60リットル/人日が掲げられた。

(2) 地域内環境

昔ながらのBronkhorstpruit町、ビジネスや工業などによる都市化した町など多様性を有する自治体としてKungwini LM(現Tshwane Metropolitan Municipality)がある。同LM以外の自治体は、村落地域や都市化傾向の地域や都市型世帯よりは低い水道サービスレベルの世帯などが混在している。同LM以外のウェスタンハイベルド地域の公共水栓による給水にあたってはRDPに準拠して水道事業が実施されているが、現況はRDP以上の水準である。

需要計算における水量に整合していないが、計画の至る所で水の過度の使用や浪費を生じている。

(3) 水需要予測

Kungwini LM(現Tshwane Metropolitan Municipality)のみ、ビジネスや産業活動で必要とする水を考慮した需要予測を行っている。

Kungwini LM以外の自治体での水使用目的は、世帯で使用する生活水のみ結果となっている。WHS F/S の報告書では、1人当りの水使用量と用途別水使用量が明記されていない。

しかしながら、同 LM を除いた水需要予測は 2010 年を基準として 2030 年までを 1.0%/年の増加率で求めた結果表が明示されている (表 2.4-3 参照)。

表 2.4-3 水需要予測

Municipality (1,000m ³ /日)	2010 年	2030 年
Kungwini LM(現 Tshwane Metropolitan Municipality)	26,840	45,123
Thembisile Hani Local Municipality	28,900	35,263
Dr JS Moroka Local Municipality	17,642	21,527
Ephraim Mogale Local Municipality	2,684	3,276
Elias Motsoaledi Local Municipality	7,581	9,250
Total	83,647	114,439
Allow for NRW of 15%	12,547	17,166
Total	96,194	131,605

出所： WHS FS

2.4.5 レビューコメント

(1) 人口予測

WHS Pre-F/S では、人口予測を 2005 年に 2001 年センサスを基に高成長、低成長および有望成長として 2001 年から 2020 年までの人口予測を行っている。この報告書では 3 シナリオで人口予測を行っているのであるが、低成長シナリオを除き人口増加率が年 1.0%以上の予測値となっている。

2010 年に再度、2030 年までの人口予測を実施している。基準人口となる 2010 年人口は、2010 年の人口が 2005 年で予測した低成長人口と有望成長人口の平均人口とほぼ同じ人口数となっている。このことは、2005 年人口予測の人口増加率が若干高く、予測に反して増加率が低かった結果である。

WHS F/S の報告書を基に 2010 年の見直しにおいて、人口増加率を年 1.0%としている。なお、世界銀行も 2009 年に「南ア」国の人口増加率を年 1.0%と予測している。

しかしながら、第 2 次調査結果では人口増加率は 1.0%ではなく 1.7~1.8%の増加率となり、2020 年の人口予測値は有望成長と類似した結果となっている。

これは、HIV/AIDS などの社会環境の改善や教育レベルの向上によるものと推測される。

(2) 水需要予測

2003 年版の「住居、計画と設計ガイドライン、南アフリカ科学産業研究所 (CSIR)」に計画水使用量が記載されている。

需要予測は、2010 年と 2030 年の給水量結果を検討すると Kungwini LM (現 Tshwane Metropolitan Municipality) を除き年 1.0%の増加率として求めた値となっている。これは、人口増加率年 1.0%に従って 2010 年給水量を基に年 1.0%の増加率で 2030 年の給水量需要予測を求めたと判断できる。

Kungwini LM (現 Tshwane Metropolitan Municipality) は、首都 Tshwane (旧名 Pretoria) の中心部に近接し、工業や商業と言った産業があるために水需要が多くなっているが、詳細については把

握できない。

また、20年後の一人一日あたり使用水量が現在と同等なのか、Kungwini LM（現 Tswane Metropolitan Municipality）以外の自治体は言わば住宅専用地域であって、産業施設は禁止となっている用途地区なのか、など社会変化を考慮せず、世帯住民のみが対象となった給水量予測となっている。

第3章 水道事業の現状

3.1 水道事業概要

3.1.1 調査対象地域の給水人口

各 LM および DM が作成した既存の Water Services Development Plan (WSDP) 等を基に、ウェスタンハイベルド地域に位置するコミュニティに限定して、2010 年の総人口を表 3.1-1 のとおりに算出した。同地域の総人口は約 819,000 人、このうちウェスタンハイベルド上水道システムから給水される給水人口は全体の 91.1% の約 746,000 人、残る 8.9% の約 73,000 人は深井戸を水源としたハンドポンプもしくは小規模管路系給水システム、私有浅井戸などを利用している。ただし、同上水道システムの給水対象コミュニティの一部には、給水量不足のため、深井戸を水源とした小規模管路系給水システムを併用しているところもある。

表 3.1-1 調査対象地域の給水人口 (2010 年)

Local Municipality (LM)	Total Population in Western Highveld		Population served by Bulk Supply System		Population served by Boreholes	
	person	%	person	%	person	%
Tshwane (Metropolitan)	48,397	100.0	48,397	100.0		
Thembisile Hani	318,006	100.0	307,141	96.6	10,865	3.4
Dr JS Moroka	277,452	100.0	215,068	77.5	62,384	22.5
Ephraim Mogale	44,114	100.0	44,114	100.0		
Elias Motsoaledi	131,377	100.0	131,377	100.0		
Total	819,346	100.0	746,097	91.1	73,249	8.9

作成：JICA 調査団

下表 3.1-2 は、同様に既存の Water Services Development Plan (WSDP) 等に記載されたコミュニティリストを元に算出したコミュニティ数の一覧である。

表 3.1-2 調査対象地域のコミュニティ数 (2010 年)

Local Municipality (LM)	Total Number of Community in Western Highveld	Total Number of Community served by Bulk System	Total Number of Community served by Boreholes
Tshwane(Metropolitan)	3	3	-
Thembisile Hani	51	49	2
Dr JS Moroka	47	36	11
Ephraim Mogale	12	12	-
Elias Motsoaledi	28	28	-
Total	141	128	13

作成：JICA 調査団

3.1.2 給水対象地域の給水形態

各 LM および DM への聞き取り調査を基に、ウェスタンハイベルド上水道システムから給水されるコミュニティの給水形態を、表 3.1-3 のとおりにまとめた。LM 毎にその割合に差があるものの、ウェスタンハイベルド地域全体では、各戸（庭先）接続が 54.3% と半数以上を占める。次に公共水栓 22.4%、各戸（宅内）接続 16.6% と続き、残りの 6.7% が給水対象地域に位置しながらシ

システムによる給水を受けていない。

表 3.1-3 給水対象地域の給水形態 (2010 年)

Local Municipality (LM)	Population served by Bulk Supply System		House Connection		Yard Connection		Public Standpipe		No Supply by System	
	person	%	person	%	person	%	person	%	person	%
Tshwane (Metropolitan)	48,397	100.0	47,638	98.4	0	0.0	759	1.6	0	0.0
Thembisile Hani	307,141	100.0	14,609	4.8	191,470	62.3	72,592	23.6	28,470	9.3
Dr JS Moroka	215,068	100.0	58,681	27.3	138,399	64.4	17,987	8.4	0	0.0
Ephraim Mogale	44,114	100.0	0	0.0	26,967	61.1	5,283	12.0	11,863	26.9
Elias Motsoaledi	131,377	100.0	2,591	2.0	48,559	37.0	70,734	53.8	9,494	7.2
Grand Total	746,097	100.0	123,519	16.6	405,395	54.3	167,356	22.4	49,827	6.7

作成：JICA 調査団

3.1.3 時間制限給水の実態

旧ホームランドの地域内住民の基礎インフラ・サービス向上を至上目的として、これまでのウェスタンハイベルド上水道システムの拡張が繰り返し行われてきた。しかし、実際は各給水地域の配水量の適切な配分が行われていない。これは、同地域全体の給水マスタープランに基づかず、場当たりの拡張が行われたことが原因と想定される。加えて、不十分な運営維持管理などから、適切な施設状況にあるとは言い難い。

このような背景もあり、水利用者への日常的な給水の持続性という点において、断水、給水制限（時間給水）、途中管路からの盗水や不法接続などによる圧力・流量不足などによって給水対象のコミュニティ間に受益格差が生じている。

自治体への聞き取り調査によって明らかとなった日常的な時間制限給水の状況を、以下の 4 つに分類して表 3.1-4 と図 3.1-1 に表現した。

表 3.1-4 時間制限給水の分類

分類	定義
Equable Supply	: 24 hours supply in 7 days
Marginal Supply	: 12 hours supply in 7 days or 24 hours supply in 5 to 6 days
Unequable Supply	: 3 to 4 days supply in 7 days
Serious Supply	: Almost No Supply

LM 毎およびスキーム毎で時間制限給水の状況が異なるが、週 7 日 24 時間給水を受けている人口は全体の 42.0%である一方で、6.5%が実質的に公的給水サービスを得ていないに等しい。南スキームでは送水管の末端のコミュニティ、北スキームでは Dr JS Moroka LM の中心部を除いたにコミュニティにおいて、全体的に時間制限給水が行われている。とくに同 LM の西部よりでは、ウェスタン上水道システムによる給水サービスに含まれていない。現在は、地下水を揚水して個別の給水システムに供給するなどしている。

さらに、計画上は北スキームの Walkraal サブスキームの給水エリアに位置する Thembisile Hani LM 北東部は、北スキームから計画どおりの給水量を受けていないため、現在、南スキームが暫定的に不足分を補っている状況にある。

表 3.1-5 時間制限給水の状況 (LM 毎)

Local Municipality	Population 2010	Equable Supply *1		Marginal Supply *2		Unequable Supply *3		Serious Supply *4		N/A	
	(person)	(person)	(%)	(person)	(%)	(person)	(%)	(person)	(%)	(person)	(%)
Tshwane (Metropolitan)	48,397	48,397	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Thembisile Hani	307,141	210,034	68.4	56,271	18.3	32,872	10.7	0	0.0	7,965	2.6
Dr JS Moroka	215,068	55,032	25.6	21,867	10.2	105,065	48.9	30,600	14.2	2,504	1.2
Ephraim Mogale	44,114	0	0.0	2,192	5.0	41,922	95.0	0	0.0	0	0.0
Elias Motsoaledi	131,377	0	0.0	74,547	56.7	38,631	29.4	18,199	13.9	0	0.0
Grand Total (m3/day)	746,097	313,463	42.0	154,877	20.8	218,490	29.3	48,799	6.5	10,469	1.4

*1 : 24 hours supply in 7 days

*2 : 12 hours supply in 7 days or 24 hours supply in 5 to 6 days

*3 : 3 to 4 days supply in 7 days

*4 : Almost no supply

表 3.1-6 時間制限給水の状況 (スキーム毎)

Supply Scheme	Population 2010	Equable Supply *1		Marginal Supply *2		Unequable Supply *3		Serious Supply *4		N/A		
	(person)	(person)	(%)	(person)	(%)	(person)	(%)	(person)	(%)	(person)	(%)	
South South	282,104	201,630	71.5	38,656	13.7	32,872	11.7	0	0.0	8,946	3.2	
North	Walkraal	294,911	93,877	31.8	100,691	34.1	81,252	27.6	18,199	6.2	893	0.3
	Kameelrivier	42,956	0	0.0	13,339	31.1	29,451	68.6	0	0.0	166	0.4
	Weltevreden/Kuilen	18,056	17,955	99.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	100	0.6
	Bloedfontein	108,071	0	0.0	2,192	2.0	74,915	69.3	30,600	28.3	364	0.3
Sub-Total	463,993	111,832	24.1	116,221	25.0	185,618	40.0	48,799	10.5	1,523	0.3	
Grand Total (m3/day)	746,097	313,463	42.0	154,877	20.8	218,490	29.3	48,799	6.5	10,469	1.4	

*1 : 24 hours supply in 7 days

*2 : 12 hours supply in 7 days or 24 hours supply in 5 to 6 days

*3 : 3 to 4 days supply in 7 days

*4 : Almost no supply

3.1.4 不法接続の実態

地域全域で送配水管路への住民による不法接続（主に各戸への引き込みが目的）が存在している。不法接続は、無収水を増大させるだけでなく、適切な送配水量管理の支障となっている。

それらは、配管工事経験のある個人や零細業者によって行われていると言われているが、不法接続数、消費水量などの実態は明らかになっていない。このような状況の中で、自治体への聞き取り調査によってコミュニティ毎の不法接続の有無とその認識度合いを、図 3.1-2 に表現した。程度の差あれ、地域全体に不法接続の存在が認識されている。

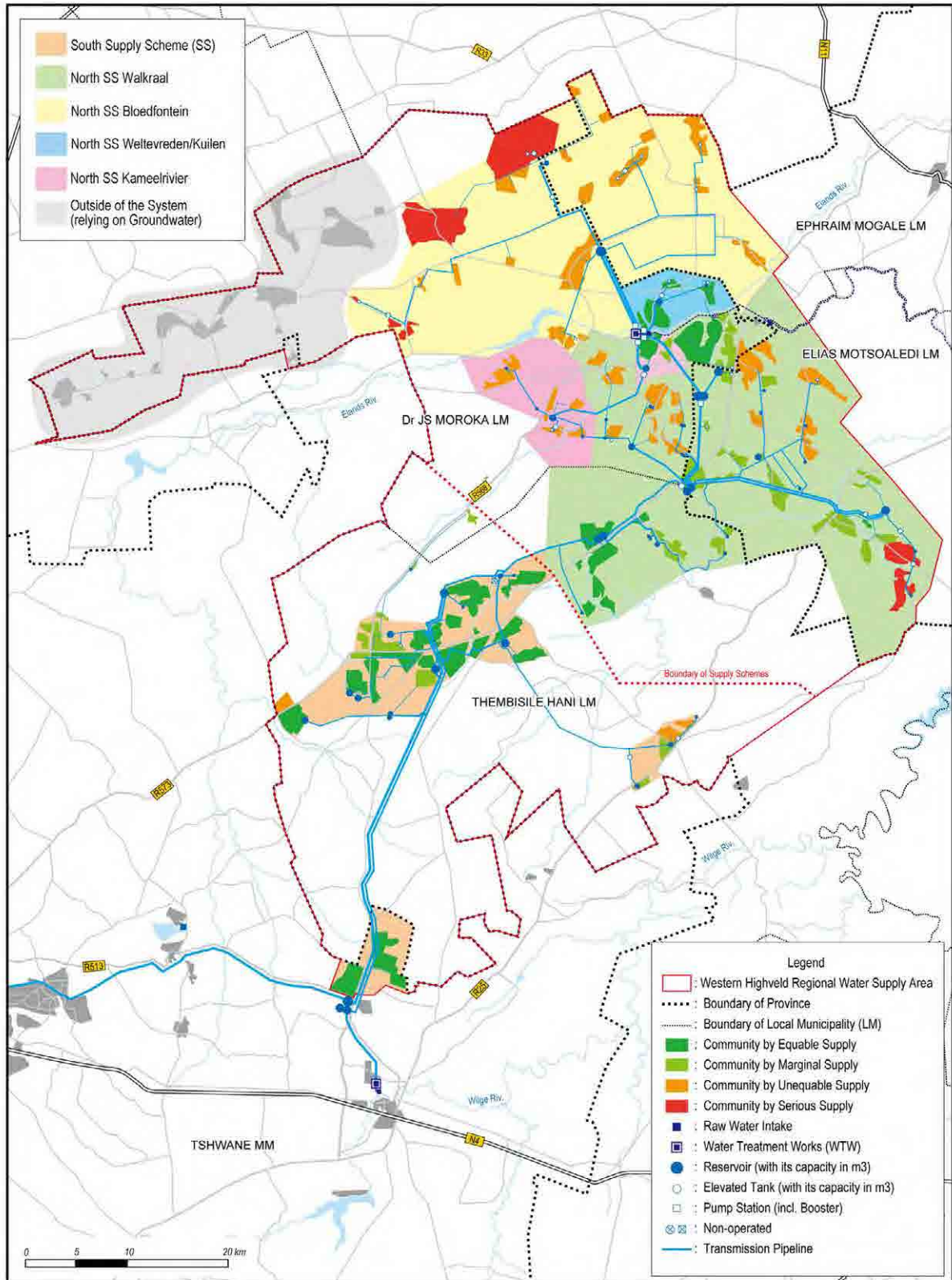


図 3.1-1 コミュニティ別の時間制限給水状況

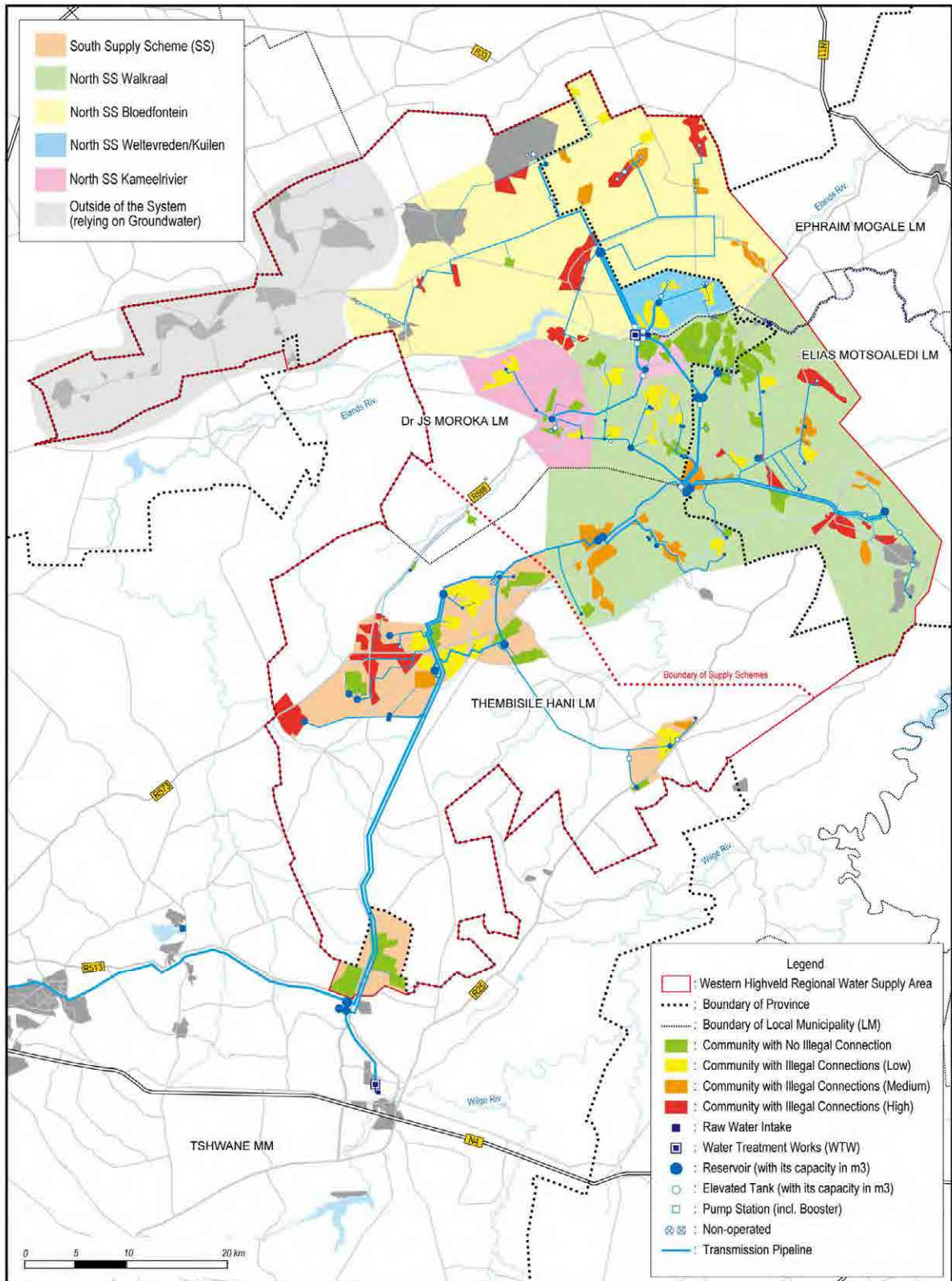


図 3.1-2 コミュニティ別の不法接続の状況

3.1.5 水道施設設計能力と供給水量

ウェスタンハイベルド上水道システムは南スキームと北スキームに分かれ、給水区域は表 3.1-7 に示すとおり 5 つに大別される。30,000 m³/日の Rand Water からの供給水量を含め、浄水能力、全体の送水ポンプ能力はそれぞれ 152,000 m³/日、168,000 m³/日である。それに対し、実際の供給水量は 130,000 m³/日であり、約 22,000 m³/日（浄水能力－（マイナス）実際の供給量）下回っており、施設利用率は約 85% となり浄水場は効率的に運転されている。さらに供給水量は送水ポンプ能力を 38,600 m³/日と大幅に下回っているが、これは、ポンプが浄水場能力を上回る能力仕様となっているため、非効率な運転となっている。

表 3.1-7 給水区域別の既存上水道施設能力と実供給水量

Scheme	Service Area	Design Capacity-1) (m ³ /day)	Actual Flow-2) (m ³ /day)	Balance 1)-2)
Southern	Southern	84,000^{*1}	70,000^{*2}	14,000
Northern		84,600	60,000	24,600
	Walkraal	60,000	41,700	18,300
	Bloedfontein	13,400	7,800	5,600
	Weltevrede	4,900	4,400	500
	Kameelrivier	6,300	6,100	200
ウェスタンハイベルド上水道システム Total		168,600	130,000	38,600

注記: *1 Rand Water から供給されている 30,000m³/日を含む。

*2 North スキームの Design Capacity については能力配分が可能な送水ポンプ能力を示す。

出所: WHR Water Augmentation Pre-Feasibility Report

3.1.6 水道施設設計能力と 2010 年の水需要バランス

上述のとおり、浄水場と送水ポンプの設計能力はそれぞれ 152,000 m³/日、168,000 m³/日である。それに対し、表 3.1-8 で試算しているように 2010 年における需要水量は 72,434m³/日 (UFW を 40% とした場合) であるので、上水道システム全体およびスキームとして、浄水場 (Rand Water からの浄水量も含む) および送水ポンプの設計能力はいずれも需要水量を十分に満たしている。

しかし、実際には 130,000m³/日の水が供給されているものの、水不足が生じていることが実態である。この水不足は、第 4 章でも後述するように、想像以上に宅内漏水やガーデニング用として水が損失してしまっている可能性が高いと想定される。これは、定額制や無料、未課金の体制が住民の節水意識を低め、一人当たりの給水原単位の増大を引き起こし、結果的には水不足を招いているものと考えられる。図 3.1-3 にウェスタンハイベルド上水道システムの給水区域別の水需給バランスを図化する。

表 3.1-8 ウェスタンハイベルド上水道システムの水需給バランス

Scheme	Treatment / Distribution	Treatment Design Capacity-1) (m ³ /day)	Transmission Pump Design Capacity-2) (m ³ /day)	Water Demand (2010) -3) (m ³ /day)	Balance 1) - 3)	Balance 2) - 3)
Southern	Bronkhorstspruit WTW	84,000	84,000	29,043	54,957	54,957
Northern	Weltevrede WTW	68,000	84,600	43,391	24,609	41,209
	Walkraal	-	60,000	27,269	-	32,731
	Bloedfontein	-	13,400	9,027	-	4,373
	Weltevrede	-	4,900	2,321	-	2,579
	Kameelrivier	-	6,300	4,775	-	1,525
ウェスタンハイベルド上水道システム合計		152,000	168,600	72,434	79,566	96,166

出所: JICA 調査団

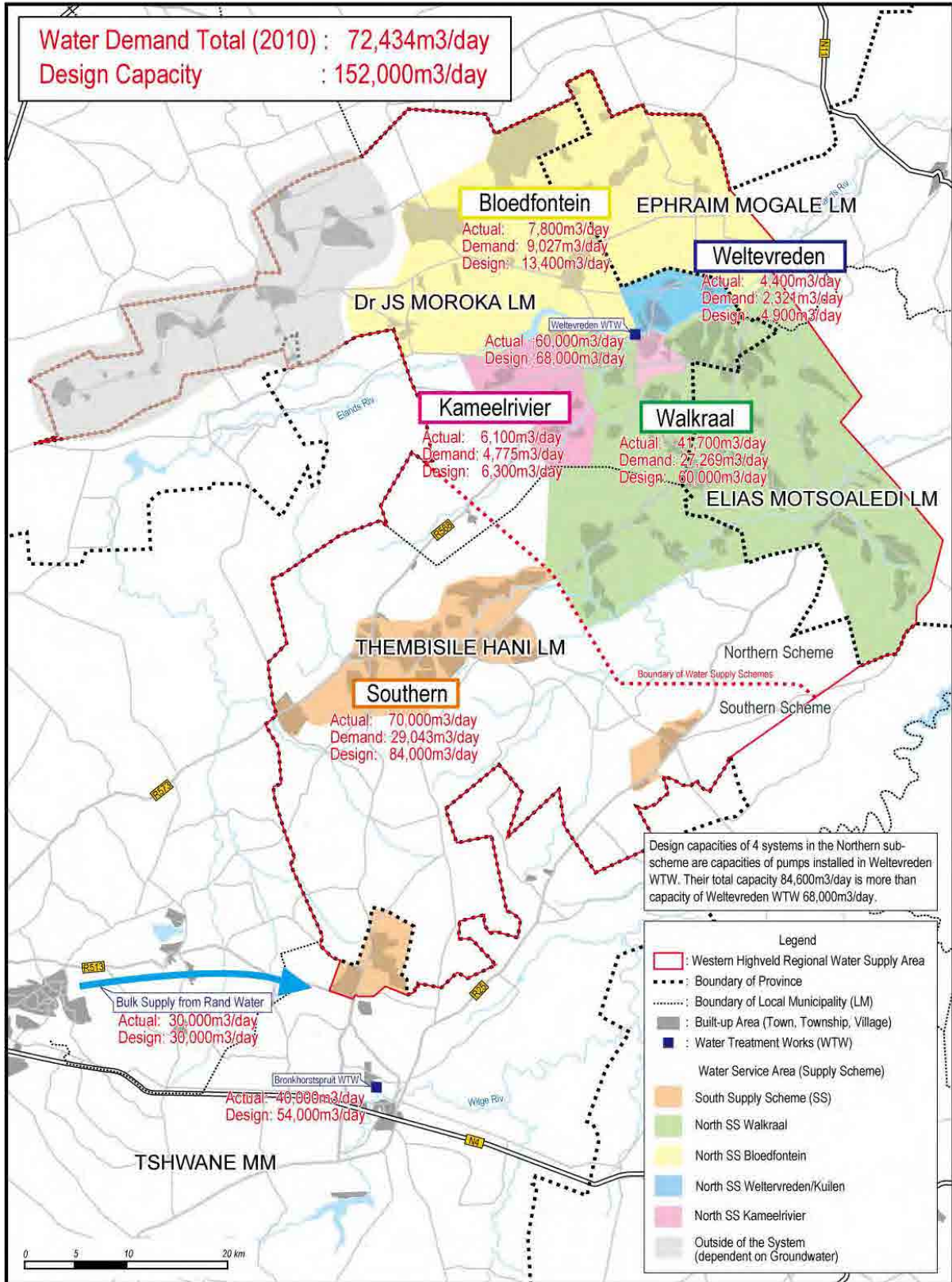


図 3.1-3 給水区域別・水需要バランス図

3.1.7 水道事業概要

ウェスタンハイベルド地域の上水道システムは、5つのLMにまたがって存在する。しかし、同地域において、上水道事業の現在の事業主体は Tshwane Metropolitan Municipality (MM)、Thembisile Hani Local Municipality (LM)、Dr JS Moroka LM、Ephraim Mogale LM と Elias Motsoaledi LM を管轄する Sekhukhne District Municipality (DM) の4つのWSAである。

現在利用されているウェスタンハイベルド地域内の水源は Tshwane MM と Dr. JS Moroka LM のみに存在しているため、同地域では Rand Water からの水供給に加え、それらの両LMが主体となって水を供給している。Thembisile Hani LM および Sekhukhne DM は、Tshwane MM および Dr JS Moroka LM、Rand Water から水を購入しており、自己の地区内に既存する水道施設の運転・維持管理のみを行なっている。

ここで、Thembisile Hani LM や Sekhukhne DM へ水を供給している Dr. JS Moroka LM の水道事業概要について述べる。表 3.1-9 は Dr JS Moroka LM における Thembisile Hani LM や Sekhukhne DM などの大口消費者に対する 2010 年 4 月～2011 年 3 月の送水量と請求額を示す。零細企業である Mega に 6,934 m³/月、Thembisile Hani LM に 29,021 m³/月、Sekhukhne DM に 316,067 m³/月の年間平均総水量 351,478m³/月が送水されている。

また、表 3.1-10 に住居用、業務用、公共用と大口用別に有収水量、接続世帯数、請求額をまとめた。全体で約 58,800 世帯の住居の接続件数に対し、従量制によって課金されている件数は約 5,400 世帯となっており、約 10%に留まっている。残りの約 90%は定額制である。定額料金は ZAR20.83/家庭/月で課金されており、12m³/家庭/月の使用水量を想定して設定された料金である。

表 3.1-9 Dr JS Moroka LM の大口消費者

Year	Month	Billed Water Consumption (m ³ /month)				Billed Amount (ZAR)			
		Mega	Thembisile	Sekhukhune	Total	Mega	Thembisile	Sekhukhune	Total
2010	Apr	3,923	61,255	395,534	460,712	13,024	203,367	1,313,173	1,529,564
	May	7,685	9,046	268,977	285,708	25,514	30,033	893,004	948,551
	Jun	7,511	20,398	291,655	319,564	24,937	67,721	968,295	1,060,953
	Jul	8,000	32,698	303,854	344,552	26,560	108,557	1,008,795	1,143,912
	Aug	7,992	34,763	401,350	444,105	26,533	115,413	1,332,482	1,474,428
	Sep	7,000	24,789	301,413	333,202	23,240	82,299	1,000,691	1,106,230
	Oct	7,200	28,567	257,729	293,496	23,904	94,842	855,660	974,406
	Nov	7,200	13,363	324,840	345,403	23,904	44,365	1,078,469	1,146,738
Dec	6,525	n.a.	n.a.	n.a.	21,663	n.a.	n.a.	n.a.	
2011	Jan	6,785	34,664	615,251	656,700	22,526	115,084	2,042,633	2,180,243
	Feb	6,976	20,657	314,884	342,517	23,160	68,581	1,045,415	1,137,156
	Mar	6,410	68,053	317,311	391,774	21,281	225,936	1,053,473	1,300,690
Total		83,207	348,253	3,792,798	4,217,733	276,246	1,156,200	12,592,089	14,002,874
Annual Average		6,934	29,021	316,067	351,478	23,021	96,350	1,049,341	1,166,906

Note: Water consumption on December in Thembisile and Sekhukhune is included in that on January.

Source: Dr. JS Moroka LM

表 3.1-10 課金使用水量と課金

Type of Rate	Year	Month	Billed Water Consumption (m ³ /month)					Number of households				Billed Amount (ZAR) ^{*3}				
			Residential	Business	Public	Large Consumer	Total	Residential	Business	Public	Large Consumer	Residential	Business	Public	Large Consumer	Total
Progressive	2010	Apr	45,940	337	114	460,712	507,103	5,434	36	18	3	105,662	1,247	353	1,529,564	1,636,826
		May	858,175	6,599	1,675	285,708	1,152,157	5,434	38	18	3	1,948,315	23,558	4,608	948,551	2,925,032
		Jun	85,886	431	232	319,564	406,113	5,434	38	18	3	180,644	1,538	773	1,060,953	1,243,908
		Jul	93,592	380	315	344,552	438,839	5,434	38	18	3	212,868	1,459	1,077	1,143,912	1,359,316
		Aug	n.a.	n.a.	n.a.	444,105	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3	n.a.	n.a.	n.a.	1,474,428	n.a.
		Sep	n.a.	n.a.	n.a.	333,202	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3	n.a.	n.a.	n.a.	1,106,230	n.a.
		Oct	n.a.	n.a.	n.a.	293,496	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3	n.a.	n.a.	n.a.	974,406	n.a.
		Nov	n.a.	n.a.	n.a.	345,403	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3	n.a.	n.a.	n.a.	1,146,738	n.a.
	Dec	72,143	404	31	n.a.	n.a.	5,433	38	18	3	162,203	1,551	78	n.a.	n.a.	
	2011	Jan	308,211	4,723	310	656,700	969,944	5,433	38	18	3	727,516	18,136	1,067	2,180,243	2,926,962
		Feb	n.a.	n.a.	n.a.	342,517	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3	n.a.	n.a.	n.a.	1,137,156	n.a.
		Mar	244,414	1,304	1,737	391,774	639,229	5,434	38	18	3	574,541	5,007	5,190	1,300,690	1,885,428
			Monthly Average^{*1} in Progressive Water Tariff	244,052	2,025	631	351,478	598,186	5,434	38	18	3	558,821	7,499	1,878	1,166,906
Flat		Monthly Average^{*2,*3} in Flat Water Tariff	639,888	0	0	0	639,888	53,324	0	0	0	1,110,739	0	0	0	1,110,739
		Total	883,940	2,025	631	351,478	1,238,074	58,758	38	18	3	1,669,560	7,499	1,878	1,166,906	2,845,844

Note

*1: Billed amounts for residential, business and public on April was assumed applying ZAR2.3/m³, 3.7 and 3.1 respectively, which were average unit cost of the other month.

*2: Residential billed amount in flat rate is figured out applying flat rate tariff of ZAR20.83.

*3: Billed water consumption in flat rate was assumed applying 12m³ per household per month

*4: Excluding TAX

Source: Dr JS Moroka LM

表 3.1-11 は Dr JS Moroka LM の水道事業の概要を示す。これは、生産水量や生産コスト、水道料金による収入のデータ、また表 3.1-10 で示した課金対象水量および請求額から有収率や給水原価、供給単価を算定したものであり、水道事業の一般的指標である。

Dr JS Moroka LM の有収率は約 61%となっており、日本の平均的有収率約 90%と比べかなり低い。この原因に水道メータ、定額課金に伴う課金対象水量と実使用水量とのギャップ、漏水などが想定される。また、給水原価が供給単価を上回っており、料金の均衡がとれていない。この要因としては、請求額が低くなっていることも想定される。

表 3.1-11 Dr JS Moroka LM における給水サービス状況

No.	項目	単位	データ
1	行政人口 (2007)	人	267,748
2	給水人口 (2007)*	人	264,411
3	給水率	%	98.8
4	給水サービスを受けている世帯数	件数	58,758
5	水道メータ設置数	個所	5,434
6	生産水量	m ³ /日	68,000
7	課金水量 (従量+ 定額)	m ³ /日	41,269
	生活用	m ³ /日	29,465
	商業用	m ³ /日	68
	公共用	m ³ /日	21
	大口用	m ³ /日	11,716
8	課金水量率	%	61
9	非課金水量率	%	39
10	一日生活用使用水量	リットル /人/ 日	116
11	生産コスト	ZAR/日	158,000
12	給水原価	ZAR/m ³	3.8
13	収入	ZAR/日	95,000
14	供給単価	ZAR/m ³	2.3

Note: Dr. JS Moroka LM の有収水量データシートより転記した生数値であるため、他の既存資料に記載されている数値と異なる。

出所: Dr. JS Moroka LM

一方、Thembisile Hani LM の水道事業に係る一部データを収集したので、整理した。Thembisile Hani LM が3つの水供給事業体に支払う一日当たり ZAR255,400/日に対し、受益者への請求額は ZAR40,000/日であり、支払額の約 15%に留まっている (表 3.1-12 参照)。また、Thembisile Hani LM によると、約 49,000 世帯の給水接続件数のうち、約 31,000 件数が水道メータを設置しているが、検針が行なわれていないため、給水接続の全世帯に定額料金が課せられている。これは、Thembisile Hani LM の水道規則が整備されていないという理由から、検針体制が整っておらず、従量制の料金徴収が適切に行なわれていない。Thembisile Hani LM は今後水道規則を確立し、表 3.1-13 に示すように水道料金体系もそれに合わせて大幅に改正することによって、有収率の向上を目指す予定である。

表 3.1-12 Thembisile Hani LM の水購入価格と料金収入

Supplier	Purchased Water (m ³ /day)	Unit Cost (ZAR/ m ³)	Cost *(ZAR/day)	Revenue (ZAR/day)
Kungwini LM	25,000	2.70	67,500	
Dr. JS Moroka LM	20,000	3.32	66,400	
Rand Water	30,000	4.05	121,500	
Total	75,000		255,400	40,000

注記：料金収入は平均値

*Th LM の OM コストは含まれない。

出所: Thembisile Hani LM

表 3.1-13 水道料金体系

User	2009/2010	2010/2011
Residential	ZAR61 /month (including ZAR25/month for free basic water of 6m ³)	水道メータなしの住居：ZAR88/month (including ZAR25/month for free basic water of 6m ³) 水道メータありの住居：ZAR4.05/ m ³ 貧困層 (Free Basic Water を超える場合)：ZAR4.05/ m ³
Business	ZAR150/month	水道メータなしの事業者：ZAR300 /month 水道メータありの事業者：ZAR4.05/ m ³

3.2 既存水道施設

ウェスタンハイベルド上水道システムは、一部に 1970 年代後半に建設されたものがあるものの、主要な施設の建設は 1980 年代前半から 1990 年代後半に行われている。つまり、初期に建設された施設は建設後約 30 年経過しているが、増設・拡張と改修を繰り返して現在のシステムが成り立っている。

同システムは、Bronkhorstspuit 浄水場と外部の Rand Water からの浄水が配水されている南スキームと、Weltevreden 浄水場からの浄水が配水されている北スキームに大きく二分されており、さらに北スキームは Walkraal、Bloedfontein、Weltevreden/Kuilen、Kameelrivier の 4 つの給水区域に分かれている。

表 3.2-1 に、同スキーム内に位置する主要上水施設の規模概要を一覧にまとめる。

表 3.2-1 主要上水施設の構成概要

スキームおよび給水区域	浄水場 (箇所)	ポンプ場 (箇所)	送水管 (m)	配水池 (箇所)	高架水槽 (箇所)
Southern スキーム計	1	4	239,150.6	18	2
Northern スキーム計	1	15	443,886.5	43	17
Walkraal 給水区域		7	239,072.1	35	6
Bloedfontein 給水区域		3	153,629.9	2	7
Weltevreden/Kuilen 給水区域		2	16,117.8	2	3
Kameelrivier 給水区域		3	35,066.7	4	1
ウェスタンハイベルド上水道 システム合計	2	19	683,037.1	61	19

3.2.1 水源

(1) ウェスタンハイベルド地域の水源と Rand Water

この地域の水道水源は、3 の流域からなる。

北部地域の Weltevreden 浄水場は Elands 川流域に属し、Mkombo ダム下流の Weltevreden 堰を水源とする。この水源により、Dr JS Moroka LM、Thembisile Hani LM、Sekhukhune DM に位置する Ephraim Mogale LM と Elias Motsoaledi LM が恩恵を受けている。

中部地域東側の地域境に位置する Loskop ダムは Olifants 川流域に属す。

南部地域の Bronkhorstspuit 浄水場は Wilge 川流域に属し、Wilge 川流域のダムを上流域に持つホンデ川が流入する Bronkhorstspuit ダム下流の Bronkhorstspuit 堰を水源とする。この水源により、Tshwane MM と Thembisile Hani LM が恩恵を受けている。

水源としての流域は前述した 3 流域よりなるが、ウェスタンハイベルド地域は地形的な自然条件からは、DWA によって指定された Olifants 流域管理エリア (Water Management Area : WMA) に属す。

これらに加え、水道水源ではないが水道水の供給源として Wilge 川下流域 (上述の Bronkhorstspuit の Wilge 川とは異なる河川) のヨハネスブルグ南方に位置する Vaal ダムを水源とする Rand Water から浄水した水道導水がある。

ウェスタンハイベルド地域の水道水源が受け持つ流域範囲を図 3.2-1 に示し、地域の地形的な自然条件と各地域水源について記述する。

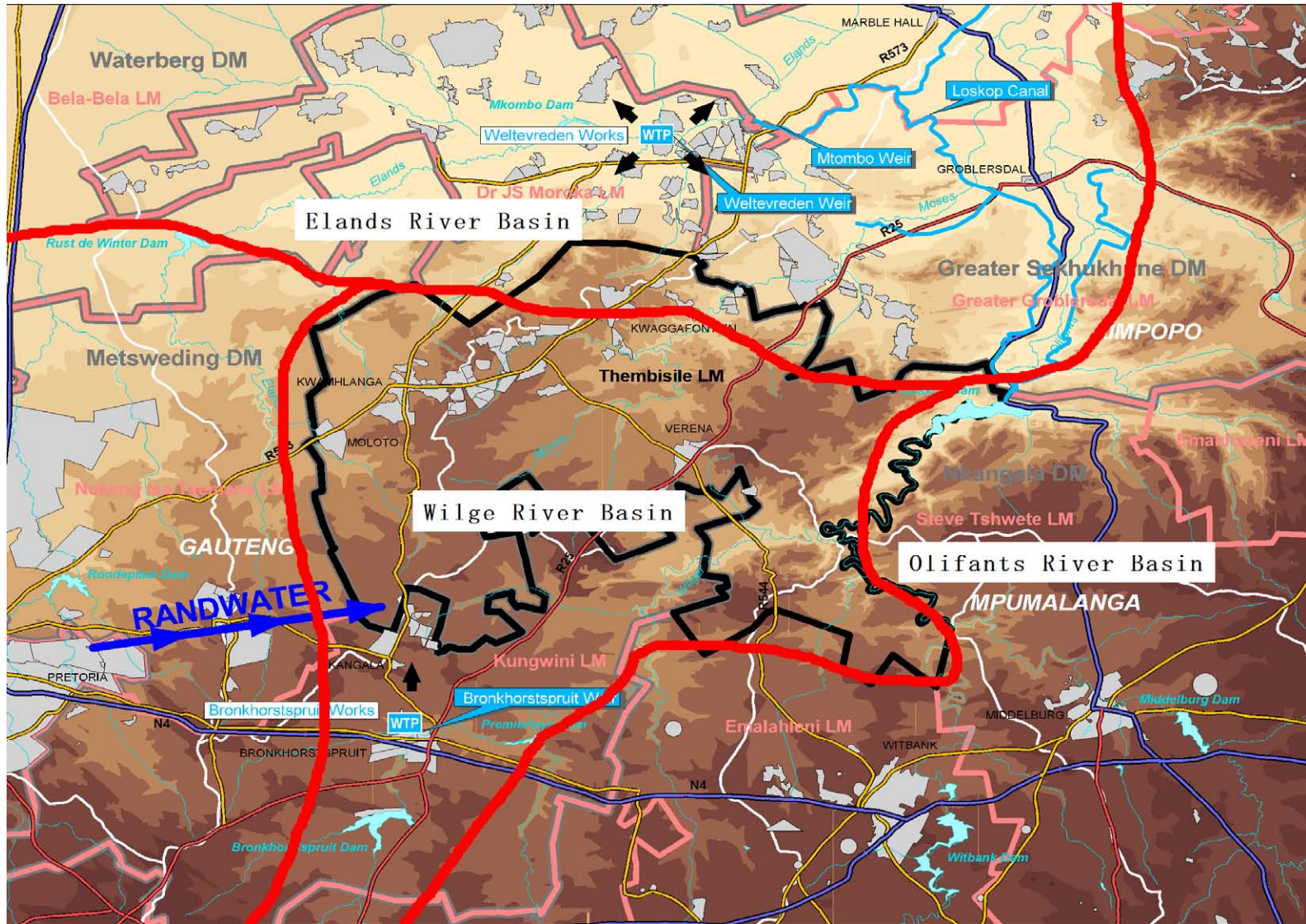


図 3.2-1 水道水源の負担流域図

(2) 地域の地形

国道4号線北側の Tshwane MM の Ekangala 地区の標高が 1,500~1,600m とウェスタンハイベルド地域で最も標高が高い。

これに反して標高が 900m 程度と低いのは、Dr JS Moroka LM の Siyabuswa 地区である。

中央部に位置する Thembisile Hani LM は、全域の標高が 1200~1500m 程度と高い。

Dr JS Moroka LM に近接する Ephraim Mogale LM の標高が 1,100m 前後、Elias Motsoaledi LM の標高が 1,200m 前後である。

このようにウェスタンハイベルド地域は、広大な丘陵地帯に南部・中央地区が高台、Ephraim Mogale LM、Elias Motsoaledi LM が東側斜面、Dr JS Moroka LM を底面とした、言わば、すり鉢状の様相を呈した地形となっている。

(3) 地域別の水道水源

(a) 北部地域の水道水源

北部地域（北スキーム）の浄水場として Weltevrede 浄水場があり、4つの LM への給水を担っている。

浄水場の水源は Elands 川流域に属し、Mkombo ダム下流の Elands 川を堰止め、Weltevrede 堰（容量 50,000m³）として川の右岸側に取水ポンプを設置し取水（68,000m³/日）している。

これに加えて、Olifants 川流域に属す Loskop ダムの放流水を 96km の Loskop 右岸水路を経て、W10 調整池（容量 10,000m³）へ流入させ、35km 離れた Weltevrede 堰へポンプ圧送される。Loskop 水路は、流下能力 49,200~53,600m³/日として計画された。

しかしながら、Loskop 灌漑委員会との取り決めで W10 調整池の水は灌漑委員会の運用目的のために有効利用する事となり、水道用水として 2.55 百万 m³/年の取水は認められているが、水代が割高であるため 1995 年以降は水道水として利用していない。つまり、Loskop ダム用水の主目的が灌漑用水であるため、ウェスタンハイベルド地域への更なる余剰水の提供は期待できないのが現状である。

一方、Dr JS Moroka LM の西部域は、地下水を取水しているが水量の確保が困難な状況である。

(b) 中部地域の水道水源

北および南の両スキームによって給水されている Thembisile Hani LM には水源にできるような河川が流れておらず、行政外に位置する Loskop ダムの水利用については水利権の問題がある。

このような背景から地下水源として深井戸と Delmas 帯水層の 2カ所で、その可能性の検討が行われた。取水量としては小規模で限定的に 200~400m³/日程度であり広域に配水するために必要な取水量は期待できないと判断された。

仮に Delmas 帯水層からの取水をした場合には、Bronkhorstspuit 浄水場の取水水量のわずか 1% の寄与にすぎない。

Thembisile Hani LM 内の Verena コミュニティの東に位置する Langkloof コミュニティの粗粒玄武岩での揚水試験結果を、表 3.2-2 に示す。

この表からも 5 本のボーリングで 1 日当り 200m³程度であるため、水源として期待できる地下水の流域内の賦存はない。

表 3.2-2 Langkloof 地下水揚水試験結果

ボーリング No.	時間当り揚水量(m ³ /hr)	日揚水時間(hr)	日可能取水量(m ³ /日)
T 45746	2.000	10	20.0
T 45740	4.831	11	50.4
T 50458	9.480	11	86.4
T 45744	0.680	16	10.9
T 45747	3.600	6	21.6
合計			189.3

出所：WHS F/S

以上の自然環境条件や水利権の制約が、Thembisile Hani LM に浄水場を設けられない要因になっていると思われる。

(c) 南部地域の水道水源

南部地域（南スキーム）の浄水場として Bronkhorstspruit 浄水場があり、2 つの LM への給水を担っている。

浄水場の水源は Wilge 川流域に属し、Bronkhorstspruit ダム下流の Wilge 川を堰止め、Bronkhorstspruit 堰として川の左岸側に取水ポンプを設置し取水（53,300m³/日）している。

(d) Rand Water

Rand Water を水源と同意にはできないが、ウェスタンハイベルド地域への水道配水（30,000m³/日）という視点から、便宜上、水道水源と言っても差し障りはないと判断する。

Rand Water の水源は、Wilge 川流域（上述の Bronkhorstspruit の Wilge 川とは異なる河川）に属しヨハネスブルグ南方に位置する Vaal ダムを水源とする。

(e) 深井戸

既存資料 WHR Pre-FS によると、調査対象であるウェスタンハイベルド地域には 40 以上のポンプ据付の深井戸があり、最小 1.0m³/時～最大 33.2m³/時の揚水量がある。しかしながら、深井戸の位置が Dr JS Moroka LM に偏っている。それ以外の LM、DM への聞き取り調査によると、Sekhukhune DM には 18 の深井戸が、数量は不明であるが Thembisile Hani LM にも深井戸が存在している。

これらの深井戸は、ウェスタンハイベルド上水道システムが物理的もしくは量的に水供給をカバーできない地域において、ハンドポンプもしくはレベル 2 タイプの小規模配管給水システムによって利用されており、各 LM および DM に運営維持管理責任がある。

とくに、Dr JS Moroka LM の西部は同上水道システムにカバーされていないコミュニティが多く、上述の深井戸による給水サービスも行き届かない地域では、各敷地内に設置した私有井、水中モ

ーターポンプ、ポリエチレン製水槽を嵩上げした高架水槽を利用している世帯が多く見られる。これらの私有井は、適切に保護された地下水を利用しているとは言い難く、隣接する衛生施設（ピット型）からの汚染による水質の問題（硝酸）が以前から指摘されている。

3.2.2 浄水場

ウェスタンハイベルド上水道システムには Bronkhorstspruit 浄水場（設計能力：54,000m³/日）と Weltevreden 浄水場（設計能力：68,000m³/日）の2箇所の浄水場が既存しており、処理プロセスは凝集沈澱急速ろ過システムである。現在の浄水場の処理性能は、それぞれ設計能力の約75%、約88%となっている。混和装置の一部パーツの損失、ろ過池のクラック、逆洗装置機器からの漏水などの原因で、浄水場の性能が低下している。Weltevreden 浄水場の処理水質は、配水池の水質から判断して「南ア」国規格（SANS）の基準に概ね適応している（表 3.2-13 参照）。

図 3.2-2 に浄水場の位置を示す。

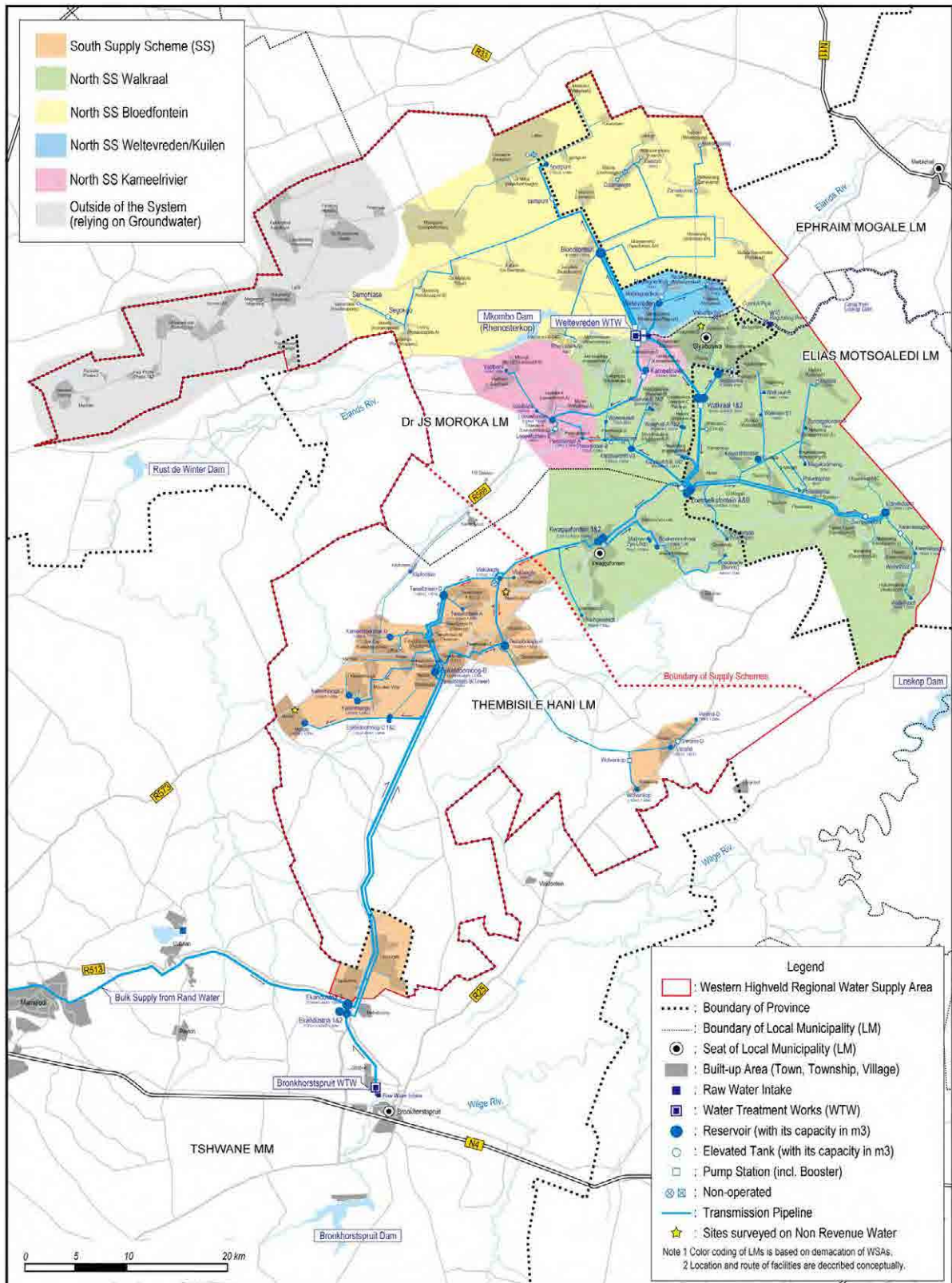


図 3.2-2 施設配置図

3.2.3 送水施設

(1) ポンプ場

ウェスタンハイベルド上水道システムのポンプ場・設備を表 3.2-3 に南北スキーム別および給水区域別にまとめる。それらは、原水を取水する取水ポンプ場・設備、浄水を浄水場から主要な配水池まで送る送水ポンプ場・設備、中継増圧するブースターポンプ場・設備の 3 つに分けられる。

表 3.2-3 ポンプ場・設備一覧

ポンプ	ポンプ場数	ポンプ数計
南スキーム		
取水ポンプ (Bronkhorstspruit Weir)	1	3
送水ポンプ	1	5
ブースターポンプ	2	4
北スキーム		
取水ポンプ (Weltevreden Weir)	1	5
送水ポンプ	4	12
ブースターポンプ	10	22
Walkraal 給水区域		
取水ポンプ (Weltevreden Weir)	1	5
送水ポンプ	1	7
ブースターポンプ	5	12
Bloedfontein 給水区域		
送水ポンプ	1	3
ブースターポンプ	2	4
Weltevreden / Kuilen 給水区域		
送水ポンプ	1	1
ブースターポンプ	1	2
Kameelrivier 給水区域		
送水ポンプ	1	1
ブースターポンプ	2	4
ウェスタンハイベルド上水道システム合計		
取水ポンプ	2	8
送水ポンプ	5	17
ブースターポンプ	12	26

出所：Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Feb 2005, Appendix B

これら以外に、公共物破壊行為（主に盗難）によって 2011 年現在使用されていないポンプ場は以下のとおりである。

表 3.2-4 稼働していないポンプ場・設備一覧

ポンプ	ポンプ場数	ポンプ数計
南スキーム		
ブースターポンプ (Vlaklaagte)	1	-
北スキーム		
取水ポンプ (Mtombo Weir)	1	1
取水ポンプ/増圧 (Valschfontein)	1	1
ブースターポンプ (Bloedfontein/Lefiso)	1	-

出所：Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Feb 2005, Appendix B

上記の北スキームのうち、送水ポンプと主要なブースターポンプの運転時間を表 3.2.5 に示すが、送水ポンプ容量は生産水量を大幅に上回っており、非効率な運転を余儀なくされている。これら

を含めて全般的にポンプ設備の老朽化、性能劣化が進んでおり、適切な維持管理が重要となっている。また、ポンプの自動停止のための圧力スイッチなどの機器類を設置したものの機器が故障し、完全な手動運転に切り替えているブースターポンプ場なども見受けられた。

表 3.2-5 ポンプ運転時間一覧

ポンプ	運転時間 (hr/day)	実送水量 (MI/d)
Walkraal 給水区域 送水ポンプ	22-23	41.7
ブースターポンプ (Walkraal)	15-18	24.0
ブースターポンプ (Zoetmelksfontein)	5-10	8.0
Bloedfontein 給水区域 送水ポンプ	24	7.8
Weltevreden / Kuilen 給水区域 送水ポンプ	24	4.4
Kameelrivier 給水区域 送水ポンプ	24	6.1

出所：Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Feb 2005

図 3.2-2 に、取水、送水、ブースターの役割別に分けたポンプ場の位置を示す。

(2) 送水（バルク）管路

ウェスタンハイベルドのバルク上水道システムにおける送水管の数量を、表 3.2-6 に配水スキーム別かつ給水区域別に重力送水とポンプ送水に分けて算出した。管路延長には、現在使用されていない管路もわずかに含まれている。

送水管径は、75mm から 1,000mm と多岐にわたり、一部の送水管には分岐後に配水主管として兼用されているものもある。

表 3.2-6 送水形態別の管路延長および比率

項目	上段（管路延長 m）、下段（比率）		
	重力送水	ポンプ送水	合計
南スキーム	184,506.5	54,644.1	239,150.6
スキーム計	77.2%	22.8%	100.00%
北スキーム	324,102.7	119,783.8	443,886.5
スキーム計	73.0%	27.0%	100.00%
Walkraal 給水区域	176,373.7	62,698.4	239,072.1
	73.8%	26.2%	100.00%
Bloedfontein 給水区域	119,431.5	34,198.4	153,629.9
	77.7%	22.3%	100.00%
Weltevreden / Kuile 給水区域	10,128.8	5,989.0	16,117.8
	62.8%	37.2%	100.00%
Kameelrivie 給水区域	18,168.7	16,898.0	35,066.7
	51.8%	48.2%	100.00%
ウェスタンハイベルド 上水道システム合計	508,609.2	174,427.9	683,037.1
	74.5%	25.5%	100.00%

出所：Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Feb 2005, Appendix B

各浄水場と配水池への基幹送水管路の管径について、以下のように検討した。まず、表 3.2-7 は調査団が試算した需要水量（第 8 章参照）である。

表 3.2-7 需要水量の試算

スキーム、給水区域名	2005年実供給量 (m ³ /日)	2010年需要水量 (m ³ /日)	2020年需要水量(m ³ /日)	
			UWF改善* ¹	UWF未改善* ²
南スキーム (Bronkhorstpurit WTW)	40,000	29,043	30,094	38,621
北スキーム	60,000	43,391	43,014	55,201
Walkraal 給水区域	41,700	27,269	27,951	35,870
Bloedfontein 給水区域	7,800	9,027	9,124	11,709
Weltevreden / Kuilen 給水区域	4,400	2,321	1,924	2,469
Kameelrivier 給水区域	6,100	4,775	4,015	5,153
ウェスタンハイベルド上水道システム合計	100,000	72,434	73,108	93,821

*1 NRW 改善 23%適用。WSDP に準じた将来の目標値。

*2 NRW 未改善 40%適用。WSDP に示された現行の平均的な NRW

仮に送水流速を「南ア」国の基準値 (1.5m/秒) を適用した場合、必要な管径は表 3.2-8 のとおりとなる。実際に送水されている供給水量および 2020 年の試算需要水量に対して、南スキームを除いて既存送水管路の管径は適正である。しかし、南スキームは、現在、Rand Water からの水供給 (30,000m³/日) に別の既存送水管 (管径 1,000mm) を利用しており、需要水量に対して十分な管径を有する。

表 3.2-8 基幹送水管径と必要管径

スキーム、給水区域名	基幹送水* 管径(mm)	必要管径(mm)			
		2005	2010	2020	
				UFW改善	UFW未改善
南スキーム (Bronkhorstpurit WTW)	600	627	534	544	616
北スキーム					
Walkraal 給水区域	700	640	518	524	594
Bloedfontein 給水区域	800	277	298	299	339
Weltevreden / Kuilen 給水区域	300	208	151	138	156
Kameelrivier 給水区域	300	245	217	199	225

注記: *浄水場からコア配水池までの送水管を「基幹送水管」と定義した。

出所: JICA 調査団

さらに、「南ア」国の関係機関は同システムの管種に有害なアスベスト管が多く使用されていることを問題視しており、鋳鉄・鋼管、PVC などのプラスチック管、アスベスト管に 3 つに大別して、その管路延長と構成比率を算出した。その結果、全管路延長の「63.63%」にアスベスト管が使用されていることが明らかとなった (表 3.2-9 参照)。

表 3.2-9 管種別管路延長および構成比率

	上段 (管路延長 m)、下段 (構成比率%)			
	鋳鉄・鋼管	プラスチック管	アスベスト管	合計
南スキーム	112,043.4	0.0	127,107.2	239,150.6
スキーム計	46.85%	0.00%	53.15%	100.00%
北スキーム	59,662.1	51,912.3	307,526.1	443,886.5
スキーム計	13.44%	11.69%	69.28%	100.00%
Walkraal 給水区域	54,460.9	3,416.0	163,795.2	239,072.1
	22.78%	1.43%	68.51%	100.00%
Bloedfontein 給水区域	4,525.0	44,870.9	96,848.0	153,629.9
	2.95%	29.21%	63.04%	100.00%
Weltevreden / Kuile 給水区域	240.7	0.0	15,877.1	16,117.8
	1.49%	0.00%	98.51%	100.00%
Kameelrivie 給水区域	435.5	3,625.4	31,005.8	35,066.7
	1.24%	10.34%	88.42%	100.00%
ウェスタンハイベルド上水道システム合計	171,705.5	51,912.3	434,633.3	683,037.1
	25.14%	7.60%	63.63%	100.00%

出所：Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Feb 2005, Appendix B

アスベスト管以外の問題として、Walkraal 給水区域および Bloedfontein 給水区域を中心として、空気弁などの部品や弁箱鋼製蓋の盗難・破壊、そして送水管からの不法接続が報告されている。

南スキームでは、Kameelpoortnek、Vlaklaagte などの一部の配水池への流入管が水槽底部から入り逆止弁の未設置もしくは制御不能による送水管への逆流、また Enkeldoornoog C などの配水池の定水位弁の未設置もしくは制御不能による困難な配水管理の実態も、聞き取り調査で報告されている。

図 3.2-2 に、送水管の経路を示す。

3.2.4 配水池

(1) 配水池

ウェスタンハイベルド上水道システムの主要な配水池を、配水スキーム別および給水区域別の配水池数と貯水総容量を表 3.2-10 及び表 3.2-11 にまとめる。それらは主に円筒状で地上型の鉄筋コンクリート造であるが、コミュニティへの配水に限定した高架水槽（主に鋼製パネル造）も見られ、2011 年 4 月現在、使用されていないものもある。各配水池の容量は、小さいもので 500m³ 以下のものから、最大で 20,000m³（円借款で建設された Enkeldoornoog B 配水池）まで存在する。

表 3.2-10 主要配水池数および貯水総容量

スキーム、給水区域名	配水池数	貯水総容量 (m ³)
南スキーム計	18	116,670
北スキーム計	43	177,480
Walkraal 給水区域	35	138,740
Bloedfontein 給水区域	2	18,700
Weltevreden / Kuilen 給水区域	2	6,770
Kameelrivier 給水区域	4	13,270
ウェスタンハイベルド上水道システム合計	61	294,150

参考：Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Feb 2005, Appendix B

表 3.2-11 高架水槽数および貯水総容量

スキーム、給水区域名	水槽数	貯水総容量 (m ³)
南スキーム計	1	500
北スキーム計	17	2,424
Walkraal 給水区域	6	638.0
Bloedfontein 給水区域	7	1,171
Weltevreden / Kuilen 給水区域	3	417
Kameelrivier 給水区域	1	198
ウェスタンハイベルド上水道システム合計	19	2,924

参考：Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Feb 2005, Appendix B

各浄水場から最初に貯水する 5 箇所の各配水池の容量について、検証した。需要水量の試算は、既述の表 3.2-7 のとおりである。試算した需要水量に基づくと、表 3.2-12 の配水池容量の検証のとおり、すべての既存配水池無収水の改善の有無に関係なく 2020 年時点での需要水量に対し十分な容量である。

表 3.2-12 配水池容量の検証

スキームまたは 給水区域名	既存配水 池容量 (m ³)	必要配水池容量(m ³)			容量過不足(m ³)		
		2010	2020		2010	2020	
			UWF 改善	UWF 未改善		UWF 改善	UWF 未改善
Southern	45,000	15,000	15,000	19,000	30,000	30,000	26,000
Northern	52,000	22,100	21,600	27,900	29,900	30,400	24,100
Walkraal	24,000	14,000	14,000	18,000	10,000	10,000	6,000
Bloedfontein	16,000	4,500	4,600	6,000	11,500	11,400	10,000
Weltevreden / Kuilen	6,000	1,200	1,000	1,300	4,800	5,000	4,700
Kameelrivier	6,000	2,400	2,000	2,600	3,600	4,000	3,400
ウェスタンハイベルド 上水道システム合計	97,000	37,100	36,600	46,900	59,900	60,400	50,100

注記：必要配水池容量は日最大の12時間分として算出

図 3.2-2 に主要配水池および高架水槽の位置を示す。

これらの配水池は、老朽化や漏水などの問題が顕在化しているが、増設と補修によって持続的に利用されている。しかしながら、Walkraal 給水区域の給水対象である Ephraim Mogale LM 内には、建設以来一度も利用されることなく現在に至る高架水槽が数基存在することが確認されるなど、すべての配水池、高架水槽が計画どおりに利用されているとは言い難く、過去のシステム拡張における計画・設計上の不備などに原因があるものと想定される。

さらに、南北の両スキームの主要な配水池には、遠隔水位測定装置が設置され、各スキームの運営維持管理基地となる Thembisile Hani LM と Dr JS Moroka LM の水道部門事務所において、PC や携帯電話で配水池内の水位をモニターできるシステムになっている。しかしながら、実態として、測定装置に対する公共物破壊行為（主に蓄電池の盗難）によって、持続的かつ効果的に活用されていない。

(2) 配水池の水質

調査団は3ヶ所の主要配水池の水質分析結果を入手したので、表 3.2-13 に示す。「南ア」国の飲料水水質基準は「南ア」国規格 (SANS) に則っており、WHO 飲料水水質ガイドラインの基準値とやや異なる。Bloedfontein 配水池の水質は SANS の基準値に適応しているが、他の2配水池については、色度、濁度、鉄の項目で同基準値をやや上回っている。わずか1日分のデータでは判断できないが、別日のデータでも同じような結果であれば、基準値を上回る原因の一つとしては、送水管路の老朽化による管路内面の錆びなどが鉄分として検出され、色度の増加につながったことが想定される。

表 3.2-13 主要配水池の水質結果

Parameter	Unit	SANS*1	WHO	Bloedfontein 配水池	Kameelrivier 配水池	Walkraal 配水池
pH	-	5.0-9.5	-	8.4	8.4	8.5
Electrical Conductivity	mS/m	<150	-	28.3	28.3	28.2
TDS	mg/L	<1000	1000	156	166	162
Color (Pt Co Unit)	mg/L	<20	15	9	21	12
Odor	TON	<5	-	<5	<5	<5
Turbidity	NTU	<1	5	0.6	2.3	1.4
Cl	mg/L	<200	250	30	31	30
SO ₄	mg/L	<400	250	6	6	5
F	mg/L	<1.0	1.5	0.5	0.5	0.5
N ⁺	mg/L	<10	50	0.2	0.2	0.2
CN	mg/L	<0.05	0.07	<0.01	<0.01	<0.01
DO	mg/L	<10	-	4.9	5.3	5.6
Tri-Halomethanes	mg/L	<0.200	0.1 ^{*2}	0.052	0.031	0.038
Phenol	mg/L	<0.010	0.2	<0.010	<0.010	<0.010
Total Coli-form	Count	<10	0	0	0	0
Faecal Coli-form	Count	0	0	0	0	0
Na	mg/L	<200	200	24	24	25
K	mg/L	<50	-	8.0	7.8	8.0
Ca	mg/L	<150	-	19	19	19
Mg	mg/L	<70	-	7	7	8
Al	mg/L	<0.3	0.2	<0.100	<0.100	<0.100
Sb	mg/L	<0.010	-	<0.010	<0.010	<0.010
As	mg/L	<0.010	0.01	<0.010	<0.010	<0.010
Cd	mg/L	<0.005	0.003	<0.005	<0.005	<0.005
Cr	mg/L	<0.025	0.05	<0.025	<0.025	<0.025
Co	mg/L	<0.500	-	<0.025	<0.025	<0.025
Cu	mg/L	<0.100	2	<0.025	<0.025	<0.025
Fe	mg/L	<0.200	0.3	0.037	0.375	0.308
Pb	mg/L	<0.020	0.01	<0.020	<0.020	<0.020
Mn	mg/L	<0.100	0.4	<0.025	0.030	0.042
Hg	mg/L	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Ni	mg/L	<0.150	-	<0.025	<0.025	<0.025
Se	mg/L	<0.020	0.01	<0.020	<0.020	<0.020
V	mg/L	<0.200	-	<0.025	<0.025	<0.025
Zn	mg/L	<0.500	3	<0.025	0.371	0.221

注記：

*1: South Africa National Standards (SANS) for Drinking Water

*2: EU standard

網掛け部分：SANS の基準値を超えた項目。

出所：Dr. JS Moroka LM

3.2.5 配水管路

(1) 配水管路

水利用者への末端配水に相当するコミュニティ内のリテール配水管の管路延長・径・管種などの定量的な情報、As-Built 図面、配管拡張記録などが存在しておらず、運営維持管理の効率的な推進のうえでのボトルネックとなっている。実際に、本調査のパイロットとして実施した無収水調査においては、設計図と実態の乖離が確認され、既存配管網の根本的な情報整理、データベース化が必要である。

このような状況であるものの、ウェスタンハイベルド上水道システムの給水地域内に位置する大部分のコミュニティにおいて配管網が整備されており、主に各戸（宅内）、各戸（庭先）、公共

水栓の3つの給水形態によって末端配水されている。ただし、南スキームの Thembisile Hani LM 内の一部の不法居住地域などに対しては、同 LM が給水車によって配水している。

(2) 末端給水口の水質

調査団は末端給水口において表 3.2-14 に示す 7 項目の水質を簡易分析機器を用いて測定した。濁度は SANS の基準値を上回るが、WHO のガイドライン値未満であるため、深刻な水準ではない。しかし、残留塩素濃度については、日本の場合、糞便性大腸菌などの消毒には常時少なくとも 0.1mg/L の確保が義務付けられている。それに対し、パイロット調査を実施した Tweefountain-K および Moloto では、残留塩素濃度は少ないため、水因性疾病を引起す可能性の高い水質環境となっている。今回測定した Moloto では、1 週間に 2~3 日時間給水となっている。このように時間給水が行なわれている状況から判断すると、浄水が配水池や管路内での滞留中に塩素が飛散してしまっている可能性が高い。時間制限給水の解消や塩素注入頻度を高めることが安全な水供給につながる。

一方、Siyabuswa-B では残留塩素濃度が高い。Weltevreden 浄水場が比較的近傍に位置していることが、塩素の残留に影響しているものと想定される。

表 3.2-14 末端給水口における水質

Parameter	Unit	SANS	WHO	Siyabuswa-B	Tweefountain-K	Moloto
pH	-	5.0-9.5	-	7.54	7.62	7.81
Water Temperature	°C	-	-	25	23	23
Electrical Conductivity	mS/m	<150	-	0.183	0.251	0.263
TDS	mg/L	<1000	1000	119	163	171
Turbidity	NTU	<1	5	1.7	2.9	0.0
DO	mg/L	<10	-	5.03	4.45	5.54
Residual Chlorine	mg/L	>0.1 ^{*1}	0.2-0.5	0.43	0.00	0.01

注記：

*1: 日本の残塩基準

網掛け部分：SANS の基準値を超えた項目。

出所：JICA 調査団

3.3 水道組織の実態

下表に関連する自治体の職員数と給水対象人口・世帯数を示す。

表 3.3-1 Municipal Office 職員と給水人口

項目	旧 Kungwini LM	Thembisile Hani LM	Dr JS Moroka LM	Sekhukhune DM
Municipal Office 全体	800	300	500	929
うち上下水道課	50	80	180	690
給水対象人口	42,000	300,000	267,000	n.a.
給水対象世帯数	n.a.	94,000	57,800	n.a.

注記： Sekhukhune DM 以外はいずれも聞き取りによる数値である。

この内 Sekhukhune DM の職員がとくに多いが、これは管轄する 5 つの Local Municipality を含む District Municipality (県) 全体の職員であって本件対象の 2 つの Local Municipality (Ephraim Mogale LM、Elias Motsoaledi LM) の一部に携わる人数は不明である。また、全職員数に占める水道課職員も多いが、県の領域が広く施設が分散して数も多いためとの説明であった。

Tembisile Hani LM の水道課職員は対象人口に比して少ない。ここには浄水施設が無く、送・配水要員のみであるためである。Dr. JS Moroka LM と Kungwini LM (現 Tshwane Metropolitan Municipality) にはそれぞれ取水・浄水施設があるため、その運転管理要員を含んでいる。また、Kungwini LM (現 Tshwane MM) の対象人口の大半は本件対象地域外の住民であることも注意したい。

以上示したのはいずれも技術部 (ないしインフラ部) 上下水道課に在籍する現有人員である。これらは全て技術職員であって、給・配水にかかる施設の運用・管理のみにかかわっている。入手した組織図上に示された定員はおよそこの 2 倍前後であるから、半数は空席であることになる。また、これら組織図によれば、LM 役所全体に渡って各部門の長、つまり部・課長の殆どが空席であって次席 (Deputy) または代理 (Acting) がその任にあたっていることが特徴的である。

なお、表 3.3-1 に示した 3 つの Local Municipality の人員はいずれも上下水道課長 (代理) から聞き取った概数であるが、同表に含まれていない、組織図上も所属が明確でない技術職員が相当数 (各 LM で 20 ないし 30 名程度) 存在している。元々水省 (DWA) の職員であって一時は Ikangala Water Board に配属されたが、これの解体に伴い各 LM に転属となったようで、俸給は水省から支給されてはいるが、LM で正規の職責を得られていない状況である。

水道事業のもう一つの側面である原価回収は技術部の担当ではなく、財務部収入課が担当している。ここでは水道メータの検針、課金、集金を担当しているが、人員数も十分ではなく、課金に対する集金の率も低い。技術部が供給する総配水量と、検針の結果把握される有収水量の総量を常時比較監視する組織、あるいは責任者は自治体役所内には存在しない。このため、無効水量ないし無収水量を把握するためには、コンサルタントなどの外部専門家に調査を委託するのが常である。この調査も現在までのところ、自治体側から委託した例はなく、専ら DWA が行って来ている。現行組織の自治体は水道事業の収支に関心が無さそうである。

今回の調査で各自治体がそれぞれ年報 (Annual Report) を発行していることが分かった。年報の内容は、(1) 各年次の政策目標とその達成度の報告、及び (2) 予算・決算の財政報告の二部から成っているが、その編集と刊行が極めて遅い。2011 年 9 月時点で 2010 年 6 月期決算年次の年報が完成している自治体は無かった。財政報告書の取りまとめは外部の会計事務所に、編集と刊行も外部の業者に委託している。刊行済みの年報は上質紙に印刷される他、PDF 形式でインターネット上の各自治体ドメインに掲示されている。

3.4 運転・維持管理の現状

調査対象のいずれの地方自治体において、水道施設の運転・維持管理について、以下に述べるような状況であるといえる。

水道施設の運転・維持管理については技術部門の上下水道部の技術職員があたっている。漏水や水質汚染の発生時には、住民より報告を受け、施設の補修にあたっているケースが多く、予防的かつ計画的な維持管理は行われていない。また、補修時においても、既存施設の図面及び図書が不備であるため、管路の位置や施設構造については、課長 (代理) レベルの経験や現場職員の記

憶に頼ることが多い。

送・配水管路の補修やポンプ停止など緊急時の対応は応急処置的な対応が行われているようであるが、計画的な漏水探査や盗水防止対応は行われていない。

DWA は Rand Water と契約を結び、本件ウェスタンハイベルド水道施設全体の運転管理技術レベルを維持するため技術員 (Foreman) の率いるグループを常駐させ、施設を巡回・指導させている。

第4章 パイロット調査

4.1 パイロット調査の目的

本調査では、陰極防食調査、無収水削減調査、社会調査の3つのパイロット調査を実施した。パイロット調査の主な目的は、現地における施設や水利用の実態把握と既存データの裏付けの検証や、資産管理に係るインフラ整備、維持管理の実施体制の改善にあたっての条件整理である。

すなわち、陰極防食調査では、円借款で整備された送水管が今後も腐食する環境にあるのかどうかの確認である。また無収水削減調査や社会調査では、管路漏水の実態、水道メータ機能状態、不法接続の実態、使用水量・水質の状況、検針・料金請求の実態を調査することであった。これらの調査結果を通して、現状課題が明確になることで、適切な水道事業を運営していくために必要な施策や改善策にかかわる提言が期待される。

以下に各調査について記載する。

4.2 陰極防食調査

4.2.1 調査の概要

(1) 陰極腐食対策対象送水管

1998年に円借款により建設された図4.2-1に示すEkangala地区とEnkeldoornoog地区を結ぶ送水管が本陰極腐食対策の対象とし、その送水管ルートおよび送水システムは図4.2-2及び図4.2-3に示すとおりである。

- ◇ Ekandustira Reservoir と Enkeldoornoog-B Reservoir 間の送水管：直径 1,000mm、延長約 37.5km 全て
- ◇ Enkeldoornoog-B Reservoir と Gemsbokspruit Reservoir 間の送水管：直径 600mm、延長約 10km の内約 5km

当該送水管の腐食対策として、1998年の送水管建設当時及び2007年に陰極腐食に関する調査が行われているが、概略的なものであり、実際の送水管表面の腐食状況などの詳細な調査や陰極腐食対策設計及び工事については、送水管の建設以来10数年の間、全く行われていない。

Ekandustira Reservoir と Enkeldoornoog-B Reservoir 間の直径 1,000mm 送水管については、全長の約半分の区間において、高圧送電線と平行して敷設している状況であり、埋設送水管の陰極腐食環境として好ましくない状況である。

かかる状況下において、今回、対象送水管全線において電気化学的調査及び土壌掘削した上で実際の送水管表面の腐食状況の確認を行い、調査結果の解析・評価及び対策基本設計（案）の作成を行うものである。

(2) 送水管のルート及び構成

直径 1,000mm の送水管については、Ekandustria Reservoir から約 17.5km の区間は幹線道路沿いに敷設されており、残りの約 20.0km の区間（Enkeldoornoog-B Reservoir まで）は、直流及び交流高圧送電線の敷地内に敷設されている。この敷地の大部分は牛や羊の牧場として使用されている。また、2 箇所において小河川との横断部があり、埋設のまま小河川を下越しにて横断している。

直径 600mm の送水管については、主に市街地、住宅地内の道路沿いに敷設されており、Enkeldoornoog-B Reservoir から約 5km の地点で既設送水管に接続されている。

送水管は、いずれも埋設であり、埋設深さは 1.0m 程度である。また、空気弁が 500m ピッチ、排泥弁が 10 数箇所に設置されている。

送水管の基本事項は下記のとおり。

- 設置年度 1998 年
- 直径 1,000mm 及び 600mm
- 材質 鋼管
- 管肉厚 8mm（直径 1000mm 管）、6mm（直径 600mm 管）
- 塗覆 セメントモルタルライニング（内面）＋ビツメンガラス繊維（外面）
- 排泥弁 コンクリート製ボックス内に、相対的にレベルが低いポイント 10 数カ所に設置されている
- 空気弁 コンクリートボックス内に、500m ピッチに設置されている

(3) 現地陰極腐食対策業者

「南ア」国内には、Corrosion Institute of South Africa と称する民間陰極腐食対策業者の協会のような組織があり、「南ア」国内業者数社が参加しており、「南ア」国内外において送水管腐食対策をはじめ多くの陰極腐食対策事業を展開している。

これらの業者を調査した結果、いくつかの業者は、今回の埋設送水管をふくめ、陰極腐食対策における、調査、設計、工事の経験が豊富であり、十分な調査器具、計器も保有していて、本業務の遂行において問題ないと判断された。

よって、今回の陰極腐食対策業務は、これらの業者の中から選定し再委託により行った。

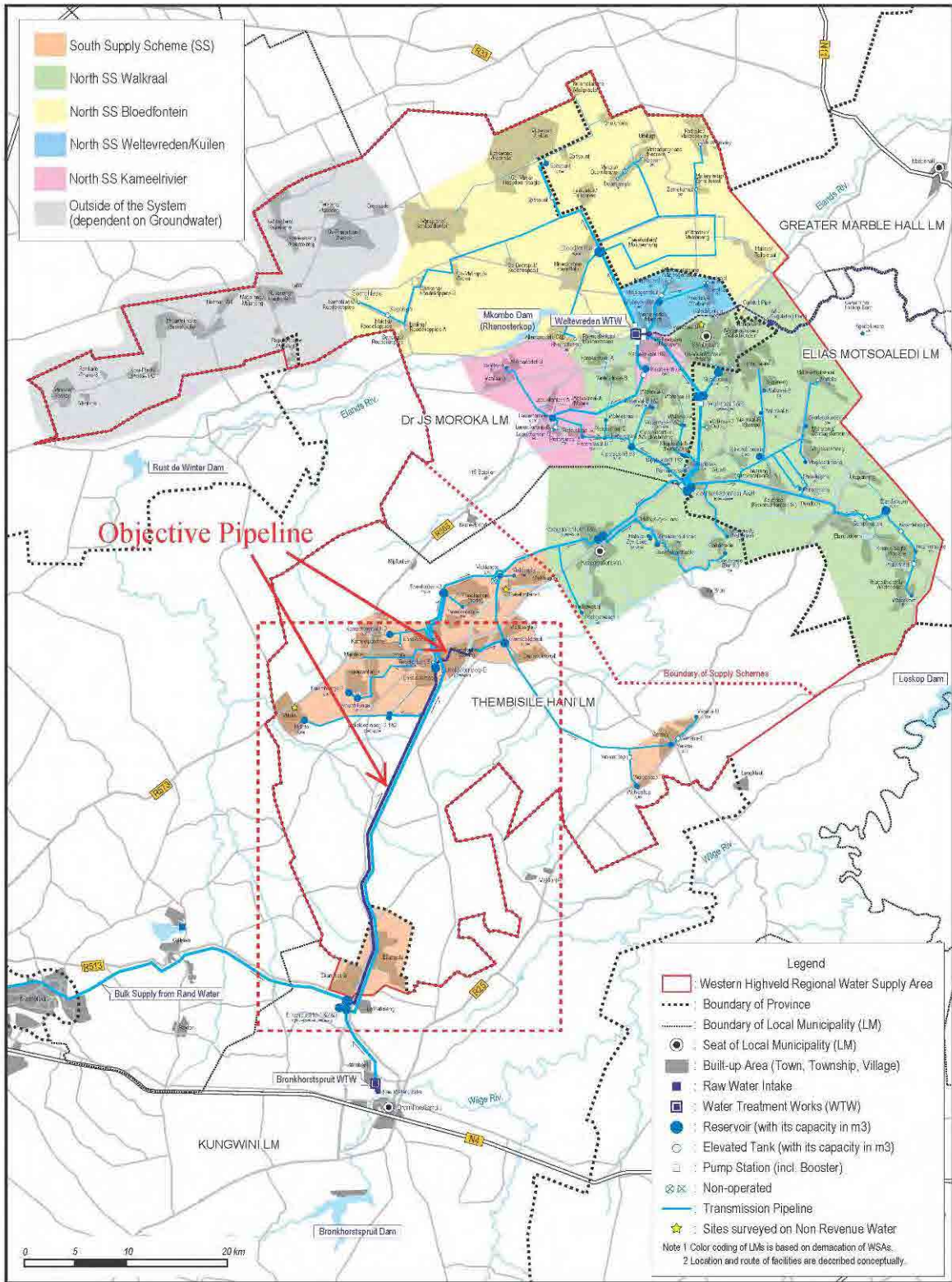


図 4.2-1 対象送水管位置図

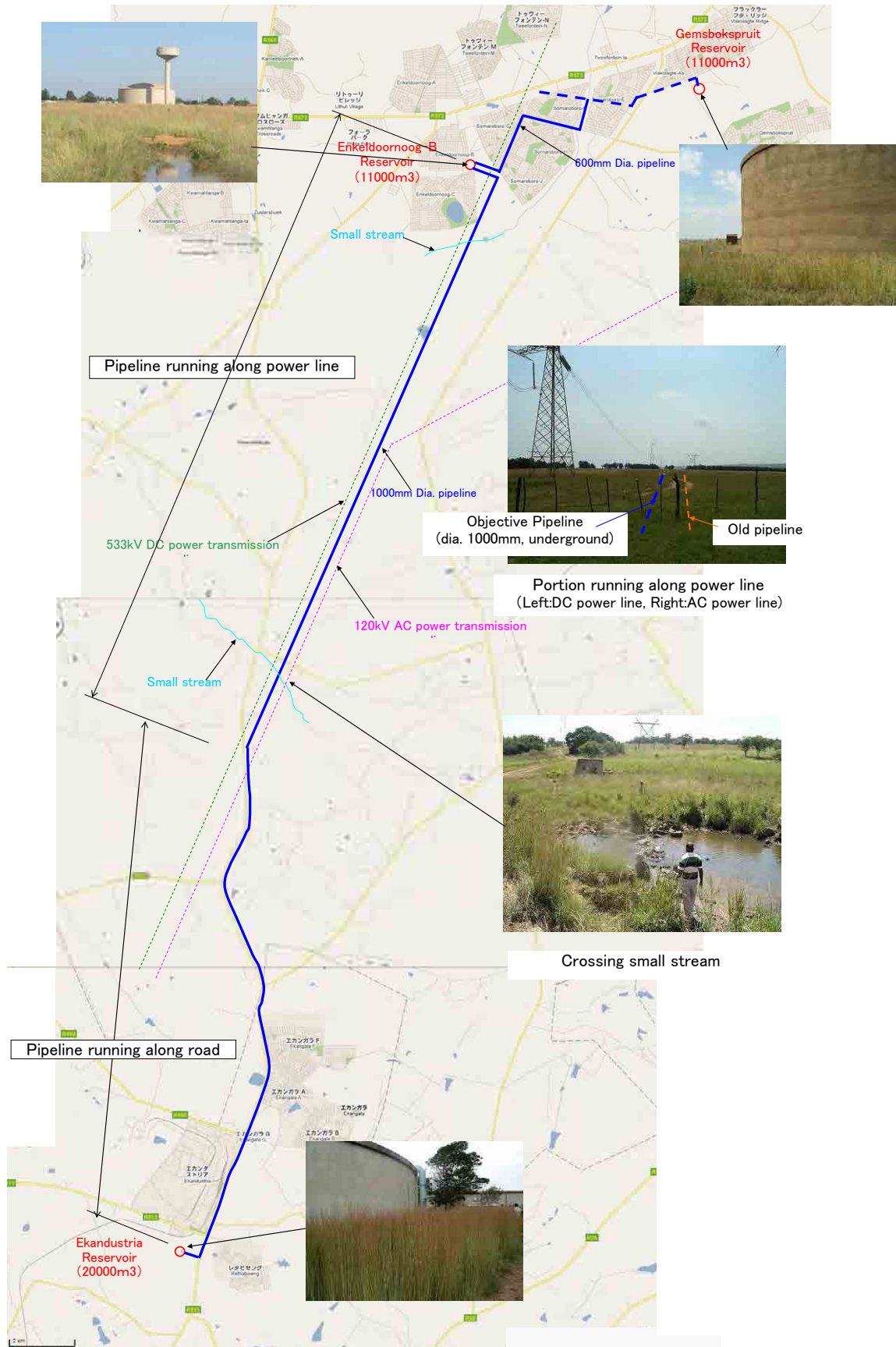


図 4.2-2 送水管全体ルート図

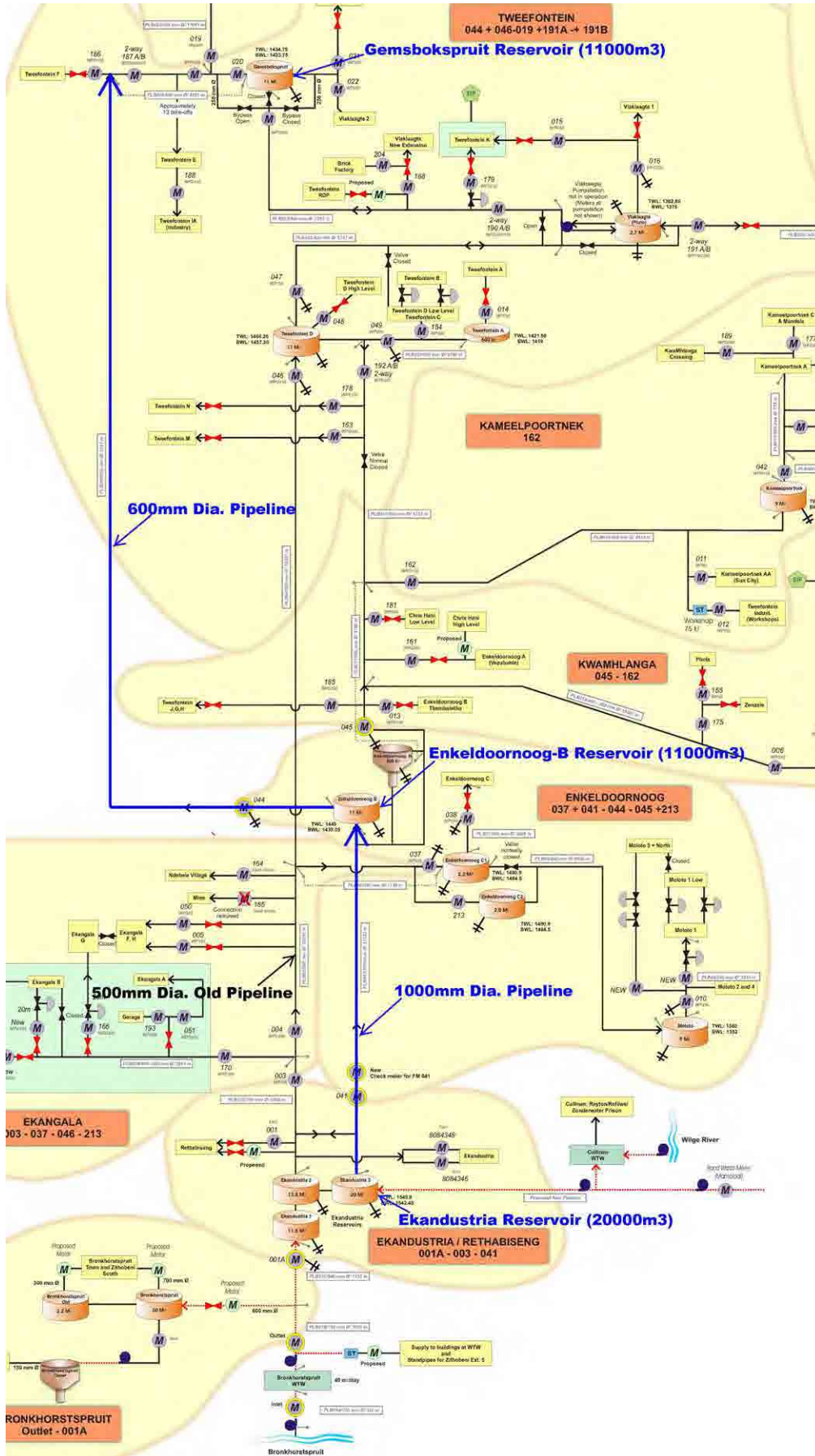


図 4.2-3 送水管システム系統図

4.2.2 調査の実施

(1) 調査の内容

送水管がおかれている環境について送水管ルートを踏査し、陰極腐食対策検討の前提である、送水管の腐食環境及び漏水状況を把握した上で、腐食性評価の重要な因子である下記に示す調査及び計測を行うとともに、陰極腐食対策施設の設計に必要な調査を行った。

- ◇ 管対地電位測定
- ◇ 土壌抵抗率測定
- ◇ 地表面電位勾配測定 (直流送電線影響調査)
- ◇ 交流送電線影響調査
- ◇ 目視による送水管腐食状況調査
- ◇ 漏水箇所特定調査
- ◇ 土質分析
- ◇ 腐食菌分析
- ◇ 外部電源調査
- ◇ 排流測定

(2) 調査の実施スケジュール

実際に行った調査のスケジュールは図 4.2-4 のとおりである。

月 週	7月					8月				9月			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
調査・測定													
準備	■												
送水管ルートチェック	■	■											
管対地電位測定、土壌抵抗率測定		■	■	■									
詳細調査													
掘削による送水管腐食状況確認 交流/直流高圧送電線影響調査 バクテリア腐食調査・測定				■	■	■	■	■					
pH、塩分、硫黄分測定							■	■	■				
外部電源調査、通電試験							■	■					
漏水調査										■	■	■	■
調査結果の整理・解析・評価									■	■			
基本設計 (案) 作成										■	■	■	■

図 4.2-4 実施スケジュール

(3) 送水管ルート調査

(a) 腐食環境

直径 1,000mm 送水管については、全線の半分以上の区間において、533kV 直流及び 120kV 交流送電線が直径 1,000mm 送水管の北の区間で送水管に平行して走っている。一般的に高压送電線に隣接する送水管については、高压送電線からの迷走電流の影響を受け、この区間のみならず、送水管の全線において、陰極腐食が発生する要素の一つである。直径 600mm 送水管は直径 1,000mm 送水管と電氣的につながっていないが、対象区間約 5km の内、約 2.5km の区間が 533kv 直流送電線と平行して走っているため、迷走電流の影響を受けていると思われる。

陰極腐食要素の一つである電気鉄道との交差箇所はなく、土壌は概ねドライな状況であるが、送水管を湿潤状況にさせる、湿地帯及び小河川と交差している箇所があった。

また、直径 1,000mm の送水管のルートは、ほぼ全長にわたり、対象送水管建設年次より古い 1991 年に設置された直径 500mm の送水管が平行して埋設にて敷設されている。この送水管の材質は内圧の低い区間はアスベスト、内圧の高い区間は鋼管となっている。鋼管区間の距離は約 16km であり、建設当初はこの送水管に陰極腐食対策装置が設置されていたが、現在は機能していない。よって、この送水管も上記に示す腐食環境にあり、建設年次が調査の対象とした送水管より古い分、陰極腐食のリスクが大きいと言える。

(b) 漏水状況

対象送水管は全線埋設にて敷設されていて、送水管からの漏水は直接確認できないが、今回、送水管全線に渡り、ルート踏査を行い、地表面からの漏水調査を行った。

本調査業務にて、10 箇所掘削による送水管状況の目視確認 (4.2.2 (8)項参照) を行っているが、図 4.2-5 に示すように、その内 3 箇所において、塩素成分を含有する水が掘削土中からの出水が確認された。3 箇所とも水道水に含有する塩素成分が確認されたので、今回地上からの調査による送水管からの漏水の特定調査を実施した結果、1 箇所において音響的探査にて送水管からの漏水音が確認された (特定調査の詳細については 4.2.2 (9)項参照)。

よって、これら 3 箇所の漏水の内 1 箇所は直径 1000mm 送水管からの漏水と思われる。また、他 2 箇所については、本調査の結果、直径 1000mm からの漏水ではないと思われるので、平行して走る設置年度の古い直径 500mm 送水管からのもの、もしくは 600mm 送水管の末端にて接続している既設送水管からの漏水と考えられるが、いずれも漏水により湿地帯形成もしくは小水路を形成しており大量漏水と見られるため、「南ア」政府による早急な漏水復旧工事が必要である。

また、対象送水管である 1000mm 送水管及びこれと平行して走る 500mm 送水管の空気弁もしくは排泥弁の故障による漏水が 10 数カ所確認された。これらの漏水については、維持管理の不足によるものなので、早急な修理及び維持管理体制の確立が必要である。

なお、送水管は埋設のため、固有の位置関係を示す番号 (CH***) を持った地上設備である空気弁や排泥弁が送水管の付属設備として設置しているので、報告書中の調査ポイント等を表す記号として、これらの空気弁や排泥弁の番号を使用するものとする。

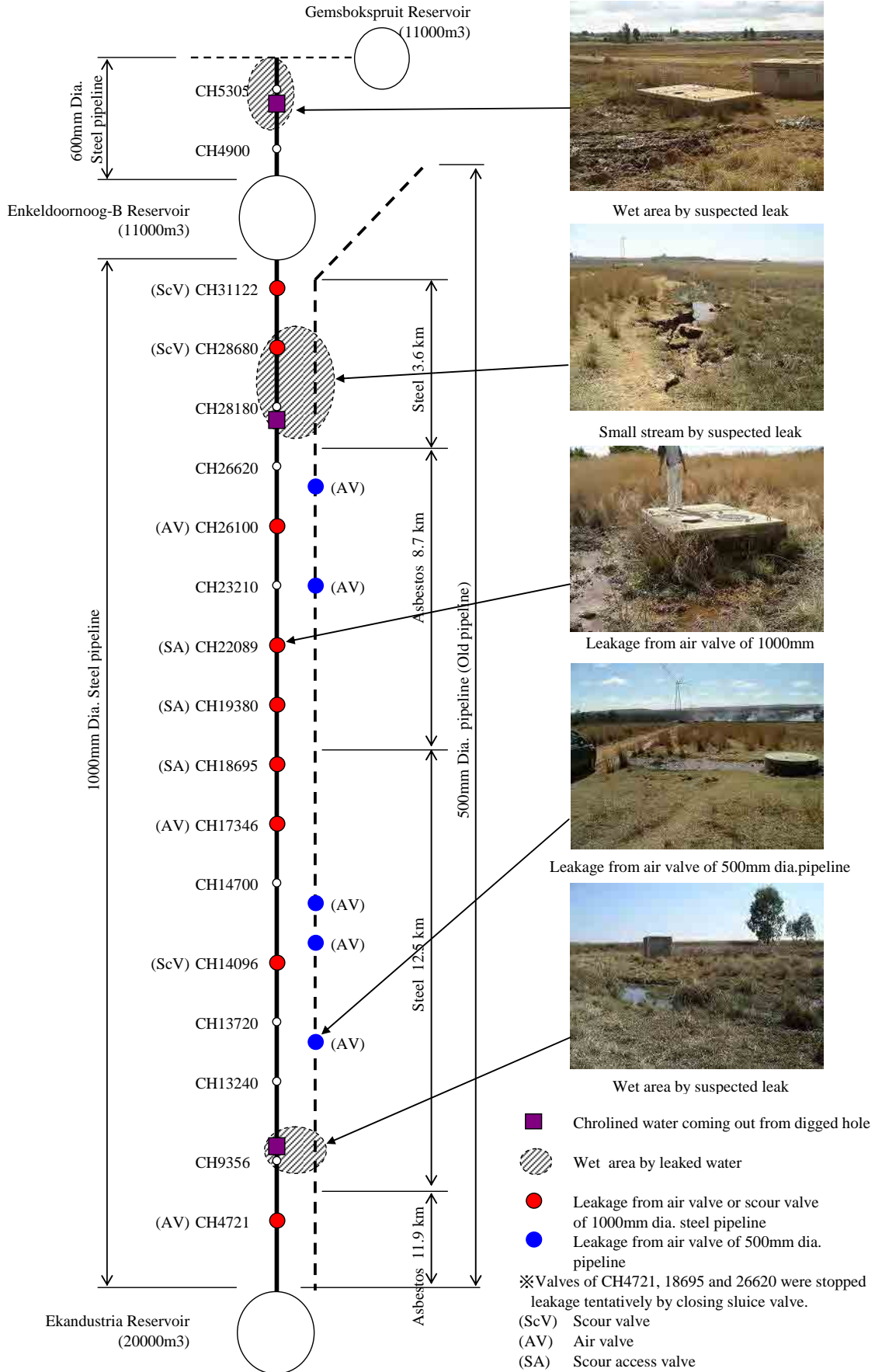


図 4.2-5 漏水箇所

(4) 管対地電位測定

管対地電位の測定は陰極腐食対策の調査において最も多く実施される調査項目である。管対地電位の測定により電池作用の有無、電流流入流出地点の把握及び埋設管の腐食傾向が把握できる。

管対地電位の測定は、送水管ルート調査にて把握した湿潤部、ドライ部、高圧線影響部及び貯水池近傍など陰極腐食対策を行う上での典型的な箇所を選定し、図 4.2-11 に示す 20 地点にて 24 時間の計測を行った。

(a) 測定方法

図 4.2-6 に示すように、測定対象送水管場所の地表面に照合電極を設置し、送水管本体との電位差を計測するものである。

送水管本体の電位は送水管と電気的につながっている空気弁及び排泥弁の金属部を送水管の端子として使用した。

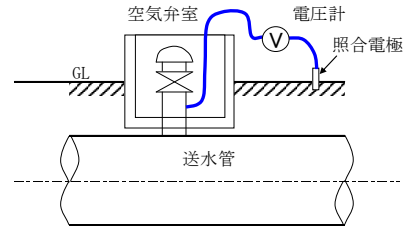


図 4.2-6 管対地電位測定方法

(b) 測定結果

測定結果は表 4.2-1 及び図 4.2-7 に示す。また各ポイントの 24 時間測定グラフを図 4.2-8 に示す。

マクロ的陰極腐食はその原理上、迷走電流の流入点には発生せず、送水管に流入した迷走電流が送水管からの放出点に発生する。

表中の電位が低い箇所が迷走電流の流入点、電位が高い箇所が流出点として判断されるが、測定結果は、図 4.2-7 に示すように、概ね高圧線設置箇所（測定ポイント 9～20）が迷走電流の流入点、高圧線設置箇所以外（測定ポイント 1～8）が迷走電流の流出点の傾向がある。

管対地電位は国際規格である National Association of Corrosion Engineers (NACE) にて、陰極腐食対策における防食電位を通常土中で-0.85V 以下、腐食性土中で-0.95V と規定している。

表 4.2-1 の赤で示す箇所が管対地電位が-0.85V を越える部分を示すが、大部分にて管対地電位が-0.85V を越えていることが分かり、このことは陰極腐食対策が必要であることを示している。

表 4.2-1 管対地電位測定結果

Points	PS potential (V)		
	Ave.	Max.	Min.
1	-0.020	0.714	-1.261
2	-0.118	0.706	-1.506
3	-0.374	0.010	-1.019
4	-0.123	-0.112	-0.202
5	-0.186	0.002	-1.030
6	-0.634	-0.492	-1.123
7	-0.607	-0.120	-0.740
8	-0.086	-0.011	-0.264
9	-0.642	0.000	-0.830
10	-0.675	0.000	-0.860
11	-0.543	-0.456	-0.594
12	-0.101	-0.020	-0.198
13	-0.866	-0.242	-1.346
14	-0.602	-0.413	-0.785
15	-0.873	0.000	-1.224
16	-0.896	-0.427	-2.007
17	-0.740	0.000	-3.803
18	-0.297	-0.228	-0.504
19	-0.627	-0.406	-0.779
20	-0.784	-0.415	-1.036

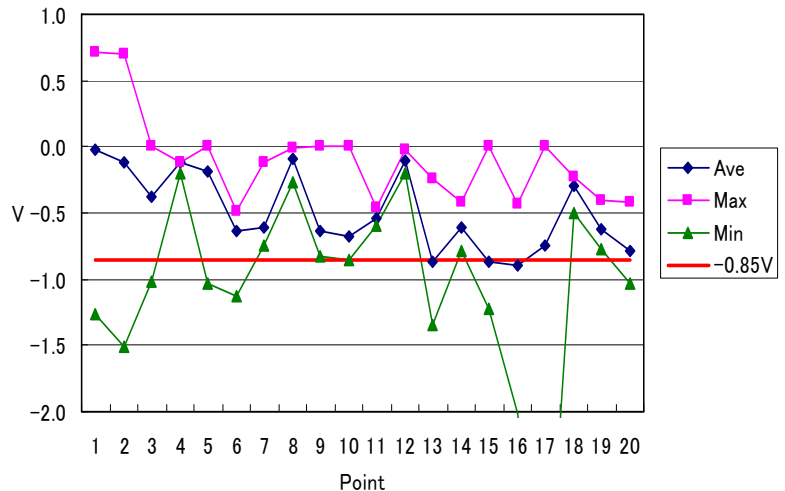


図 4.2-7 管対地電位グラフ

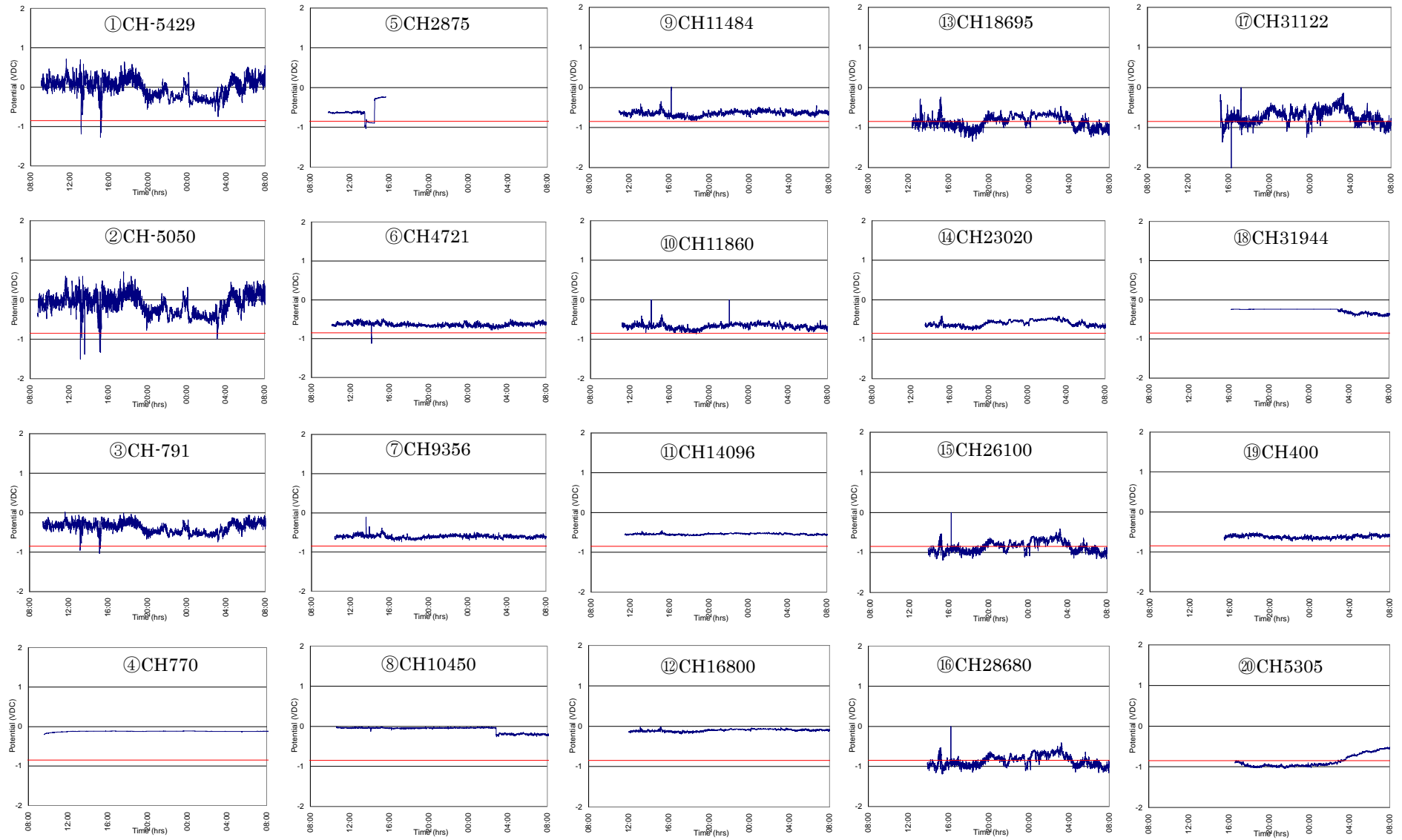


図 4.2-8 各ポイントにおける管対地電位変動グラフ (24 時間)

(5) 土壤抵抗率測定

土壤の抵抗率は低いほど電氣的回路抵抗が低くなり、その分電流値が大きくなるため腐食が促進されると言われている。従って、土壤の抵抗率の測定は、腐食性の判断、腐食原因の推定、陰極腐食対策の必要性の決定などのために重要な計測項目である。

土壤抵抗率の測定は前項の管対地電位を測定した箇所と同じ場所 20 箇所にて行った。

(a) 測定方法

4 電極法により計測を行った。電極間隔 D とほぼ同じ深さの土壤における平均的土壤抵抗率を計測できるとしている。

(図 4.2-9 参照)

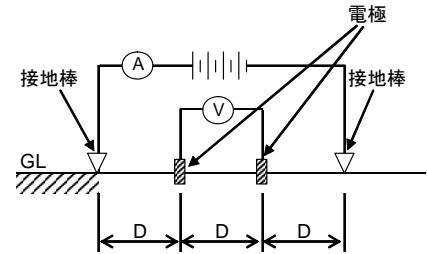


図 4.2-9 土壤抵抗率測定方法

(b) 測定結果

調査結果は表 4.2-2 及び図 4.2-10 に示す。

表 4.2-2 に示すように、土壤抵抗率は概ね低く良好であるが、4 箇所において土壤抵抗率が、陰極腐食対策が必要とされている 100Ωm より低く、2 箇所においては極端に土壤抵抗率が低い箇所があった。この 2 箇所は両者とも小河川横断部で、常に湿潤状態の土壤である。(表 4.2-3 参照)

よって、陰極腐食のメカニズム上、この 2 箇所が弱点になり得ると言える。

表 4.2-2 土壤抵抗率測定結果

point	Soil Resistivity (Ωm)
1	169
2	372
3	2091
4	593
5	1367
6	1870
7	48
8	1086
9	5248
10	4031
11	80
12	226
13	349
14	251
15	379
16	48
17	489
18	155
19	322
20	99

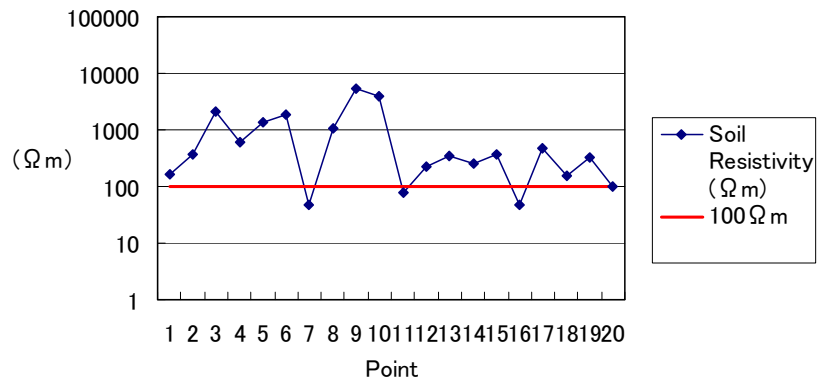


図 4.2-10 土壤抵抗率グラフ

表 4.2-3 土壤抵抗率と腐食性の関係

Soil Resistivity	Classification	CP Requirements	%
= 20Ωm	Extremely corrosive	Definitely required	0
> 20Ωm but = 50Ωm	Corrosive	Definitely required	10
> 50Ωm but = 100Ωm	Mildly corrosive	Usually required	10
> 100Ωm	Not generally corrosive	Not generally required	80

Source: Corrosion Control in South Africa (2nd Ed; 2004; Corrosion Institute SA

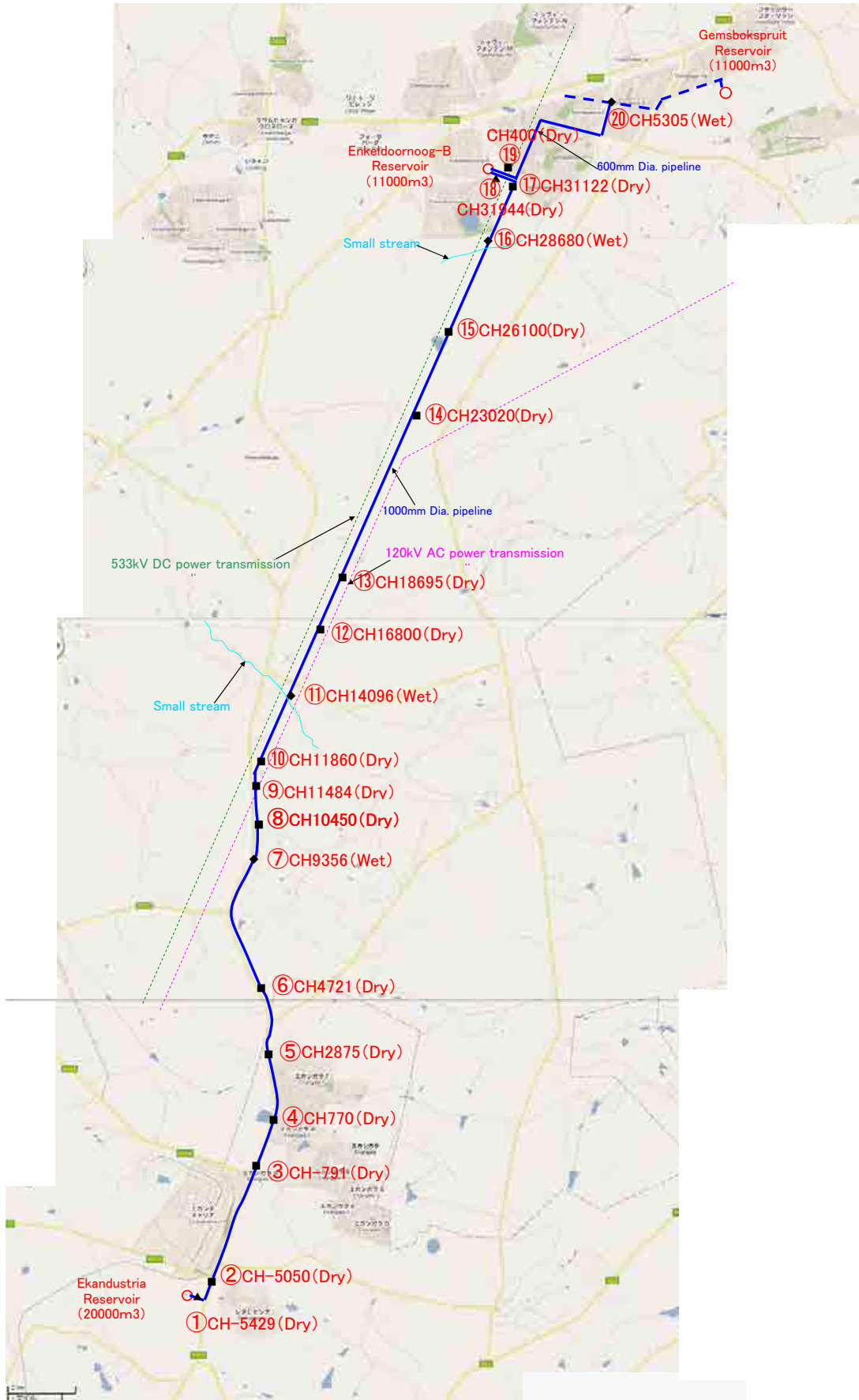


図 4.2-11 管対地電位及び土壤抵抗率測定箇所 (20 箇所)

(6) 地表面電位勾配測定 (直流送電線影響調査)

直流送電線に平行して設置している送水管の CH12100、CH255103 及び CH28860 の 3 箇所において直流送電線から送水管直角方向の電位勾配を計測し、直流送電線からの影響を検証した。

(a) 測定方法

送水管直角方向に送電線鉄塔部から 100m の距離に電極を配置し、送電線鉄塔部とこの電極の電位差を計測した。

図 4.2-12 中の A ポイント (送電線) と B ポイント (送電線から 100m 離れた地点) 間の地表面の電位差を計測した。

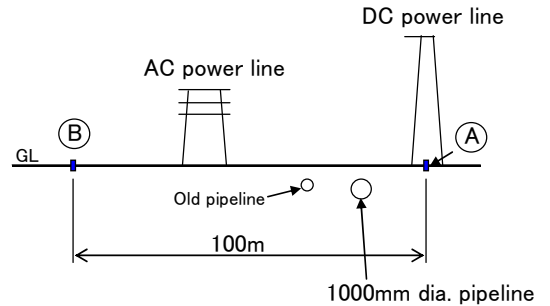


図 4.2-12 測定方法

(b) 測定結果

表 4.2-3 測定結果

表 4.2-3 及び図 4.2-13 に示すように、CH12100 及び CH25510 の 2 箇所における鉄塔側での電位はマイナスであり、静的なので迷走電流による影響は少ないと判断されるが、Enkelkoornoog reservoir に最も近い CH28860 における鉄塔側の電位はプラスマイナス間で動的に変化しており、送水管は、直流送電線からの迷走電流の影響を受けているものと判断される。

Chainage	DC(mV)		DC tower
	Static	Dynamic	
12100	-240	-	#1APO/CA167
25500	-90	-	#1APO/CA189
28860	0	+20/-30	#1APO/CA206

これについては、陰極腐食防止装置の設置による平均電位を引き下げることにより軽減されると判断される。

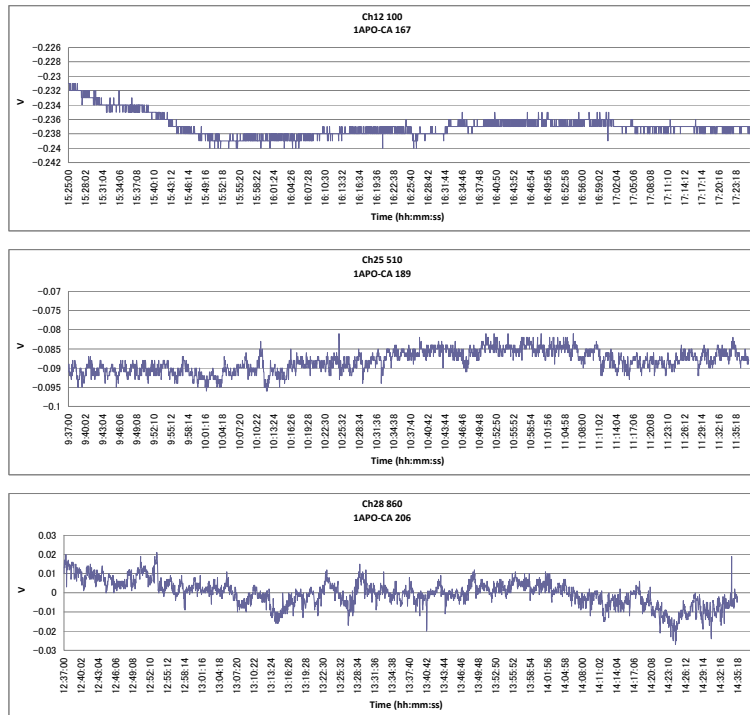


図 4.2-13 各ポイントの測定結果 (2 時間グラフ)

(7) 交流送電線影響調査

管対地電位を測定した同じ場所 20 箇所において、交流送電線からの影響調査の確認を行うために、交流管対地交流電圧変動の測定を行った。

また、3 箇所において 65m 深度までの土壌抵抗率を測定した。

(a) 測定方法

測定方法は管対地電位測定と同じ方法を用い、交流管対地交流電圧変動を測定した。

また、65m 深度までの土壌抵抗率分布は、4 電極法を基本とした方法により測定した。

(b) 測定結果

陰極腐食に対しては、大きな影響は認められないが、表 4.2-4 及び図 4.2-14 に示すように、2 箇所において、NACE RP0177 にて規定している人体への安全許容値 15V を越えることが判明した。

また、図 4.2-15 に示すように、65m 深度までの土壌抵抗率を測定結果によると、湿地部を除き表層部は比較的高い土壌抵抗率であり、電流が土壌に流れにくい状況である。

従って、空気弁など送水管付属施設の地上設置設備は接地による人間や家畜などに対する感電の安全対策が必要である。

表 4.2-4 交流電圧変動測定結果

Point	AC voltage (V)		
	Ave	Max	Min
1	1.40	2.99	0.39
2	1.83	3.88	0.80
3	3.31	6.93	0.82
4	0.02	0.04	0.01
5	0.10	0.53	0.00
6	4.38	8.89	2.01
7	7.19	14.32	2.50
8	6.10	12.08	2.22
9	9.53	19.45	3.73
10	9.76	19.83	4.19
11	1.40	2.42	0.53
12	1.00	2.51	0.52
13	2.93	6.86	0.78
14	1.45	3.14	0.42
15	1.83	3.60	0.71
16	3.56	6.48	1.67
17	7.20	12.15	0.00
18	0.77	2.47	0.07
19	4.02	9.99	3.10
20	1.34	2.11	0.83

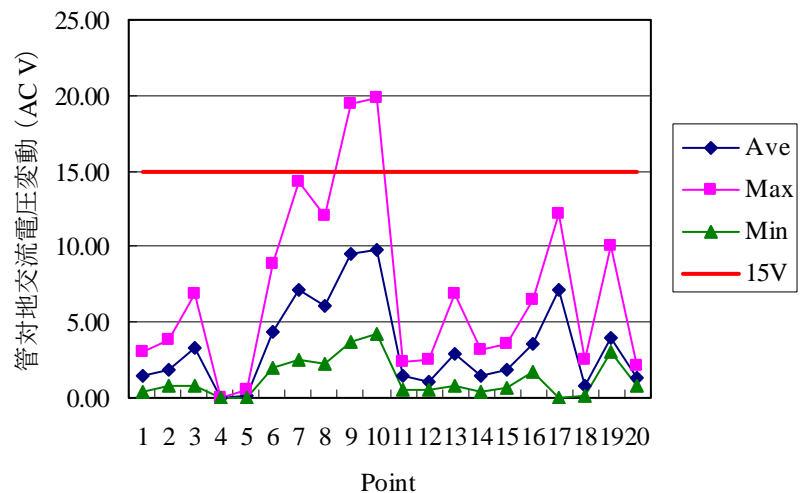
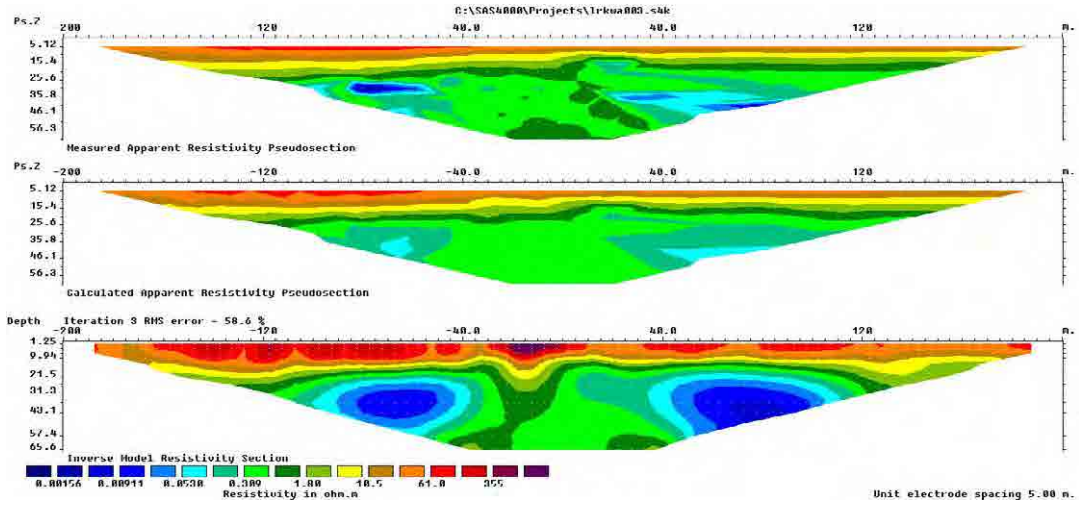
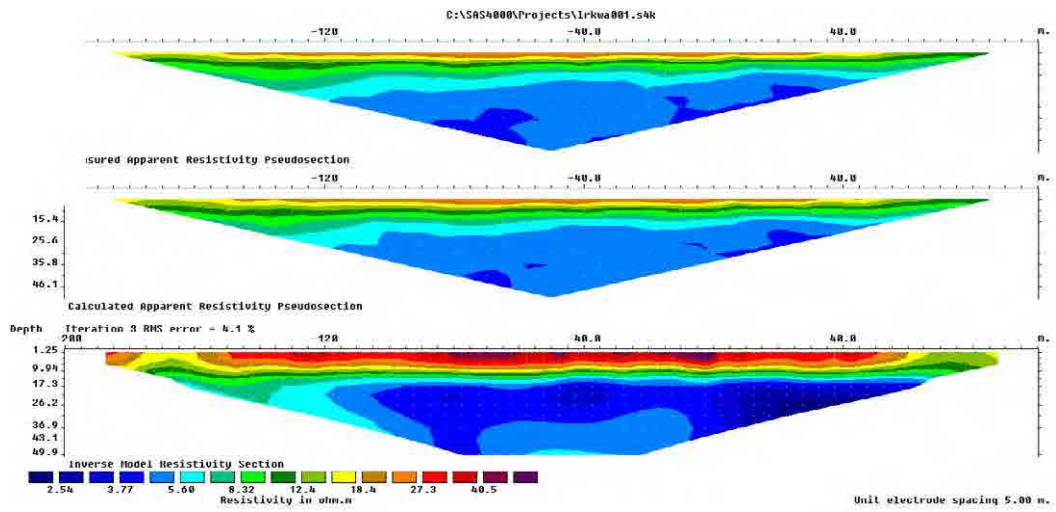


図 4.2-14 交流電圧変動測定結果 (グラフ)

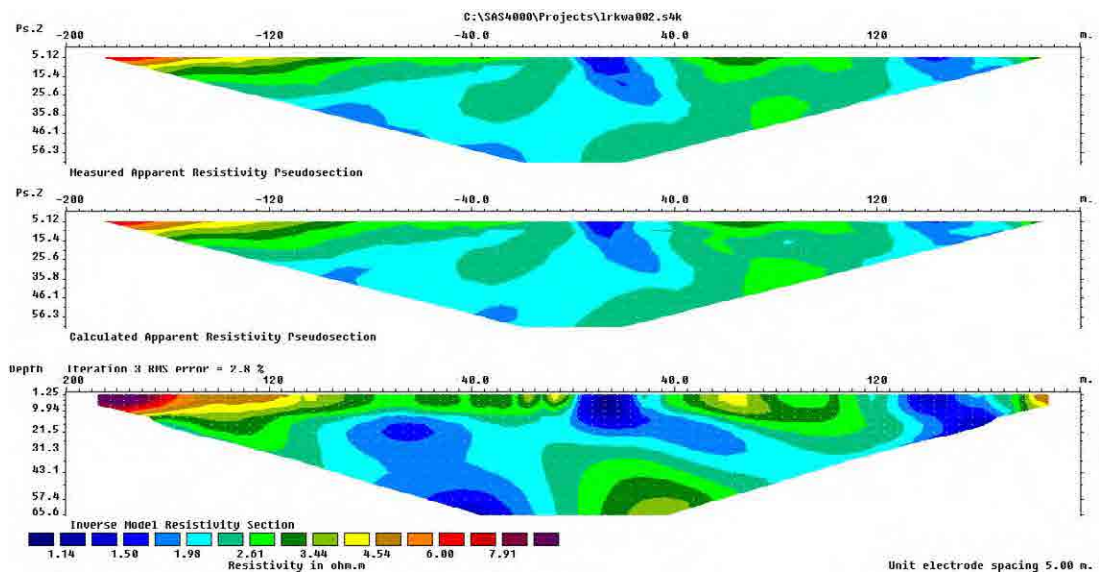


CH12268 (乾燥地)



CH21495 (乾燥地)

CH28680



CH28680 (湿地帯)

図 4.2-15 土壤抵抗率分布図

(8) 目視による送水管腐食状況調査

(a) 調査方法

管対地電位及び土壌抵抗率を測定した20箇所の中で、腐食環境が良くない箇所及び目視調査にて漏水の恐れがある図4.2-16に示す10箇所において掘削し、コーティングの状況及びコーティングを剥がした後、管本体の状態を直接目視により点検を行った。

(b) 調査結果及び考察

調査結果及び状況写真については表4.2-5及び図4.2-17に示すとおりであり、これをまとめると下記のとおりである。

1) コーティング

湿地帯施工部を主体に軽微な経年劣化が見られたが、コーティングの減肉箇所は少ない。但し、厚みが当初の8mmから4mmに減少している箇所あった。

また、木の根の貫通によるダメージ箇所があった。

2) コーティング密着状況

概ねコーティングの施工性は良好であったが、一部管表面との密着性不良箇所にバブリング（空気溜まり）が見られた。

3) 管表面状況

コーティングダメージ部から外部土壌との密閉性不全部と思われる箇所に全体的な発錆、スポット的な発錆及び溶接部の発錆が見られた。しかし、進行度合いは軽微であり、初錆箇所も少ない。管の肉厚も全て工場製作公差の範囲と思われる。

4) 総評

コーティングの施工状態は概ね良好なので、管表面の発錆箇所は少なく、発錆の度合いも軽微であった。

しかし、コーティングも施工後13年経過しており、湿地帯施工部を主体に今後急速に劣化が進むと考えられ、管表面が直接土壌に接触すると、陰極腐食作用によりこのダメージ箇所から送水管本体の腐食が急速に進むものと考えられる。

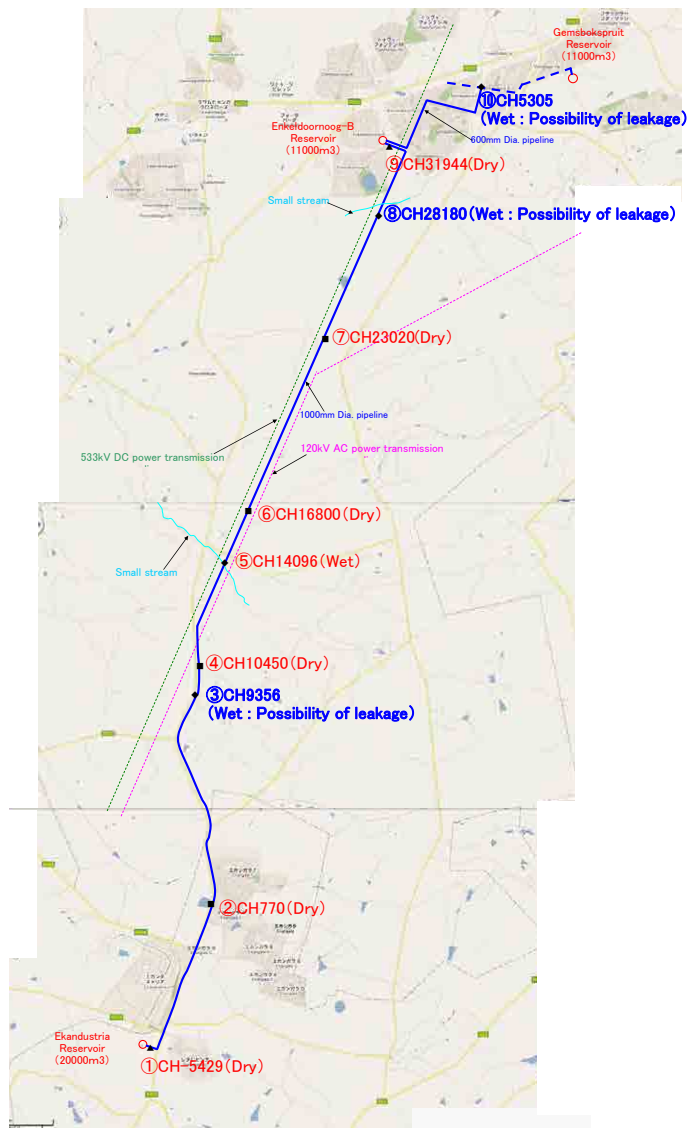


図 4.2-16 目視調査ポイント位置図 (10 箇所)

表 4.2-5 目視調査結果

No.	CH	Soil condition	Coating				Rust generation of pipeline			pipe thickness (mm)	
			Adhesion	Degeneration	Damage	Thickness	General	Spot	Weld portion		
1	-5429	Dry	○	○	○	○	○	○	○	8.0	○
2	770	Dry	○	○	○	○	○	○	○	7.8	○
3	9356	Wet	○	△※2	○	○	○	□	○	7.9	○
4	10450	Dry	□※1	○	○	○	□※5	○	○	7.8-8.0	○
5	14096	Wet	○	△	○	○	○	□	○	7.9	○
6	16800	Dry	○	○	□※3	□※4	○	□	□※7	7.8	○
7	23020	Dry	○	○	○	○	○	○	○	8.2	○
8	28180	Wet	○	△	○	○	○	□※6	○	7.9	○
9	31944	Dry	○	○	○	○	○	○	○	7.9	○
10	5305	Wet	○	△	○	○	○	○	○	5.9	○

Legend ○: Generally good, △: Generally degenerated, □: Partially damage generated



Visual inspection (Dry area)



Visual inspection (Wet area)



Bad adhesion (※1)



Coating degeneration (※2)



Coating damaged (※3)



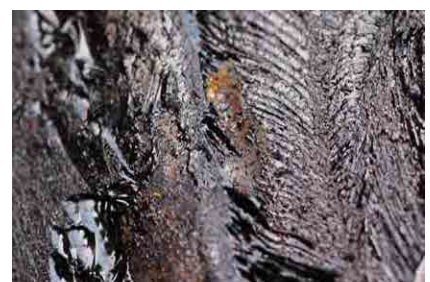
Coating decreasing (※4)



Rust generation general (※5)



Rust generation in spot (※6)



Rust generation in weld portion (※7)

図 4.2-17 目視調査状況写真

(9) 漏水箇所特定調査

目視による送水管腐食状況調査にて、湿地ポイント 4 箇所の内、図 4.2-16 に示す③CH9356、⑧CH28180 及び⑩CH5305 の 3 箇所において掘削穴から出水があり、水中から塩素成分が検出さ

れたことから、当該送水管または既設送水管からの漏水の可能性が極めて大きいため、当該送水管について、地表面からの漏水箇所特定調査を行った。

<調査の方法>

対象送水管の上部地表面から Deep Current Voltage Gradient (DCVG) 法による電氣的探査にて対象送水管のコーティングのダメージ部を特定し、その後、マイクロフォンを使用した音響的探査により電氣的探査により特定した箇所を対象に送水管からの漏水の音を探知した (図 4.2-18 参照)。



DCVG survey



Acoustic survey



DCVG survey (Equipment)



Acoustic survey (Equipment)

図 4.2-18 漏水調査状況写真

<調査結果>

調査結果を表 4.2-6 に示す。

③CH9356 及び⑩CH5305 については、送水管からの漏水は確認されなかったが、⑧CH28180 については、排泥弁 CH28680 近辺の 1 箇所において音響的探査による送水管からの漏水音を確認した。漏水音確認箇所を図 4.2.19 に示す。

表 4.2-6 漏水調査結果

Section of survey	Diameter of pipeline (mm)	Length of pipeline to be surveyed (m)	No. of defect of coating detected	No. of leakage detected	Chlorine in water
③CH9356	1000	617	24	0	Positive
⑧CH28180 (CH28680)	1000	1217	21	1	Positive
⑩CH5305	600	428	17	0	Positive
Total		2262	62	1	

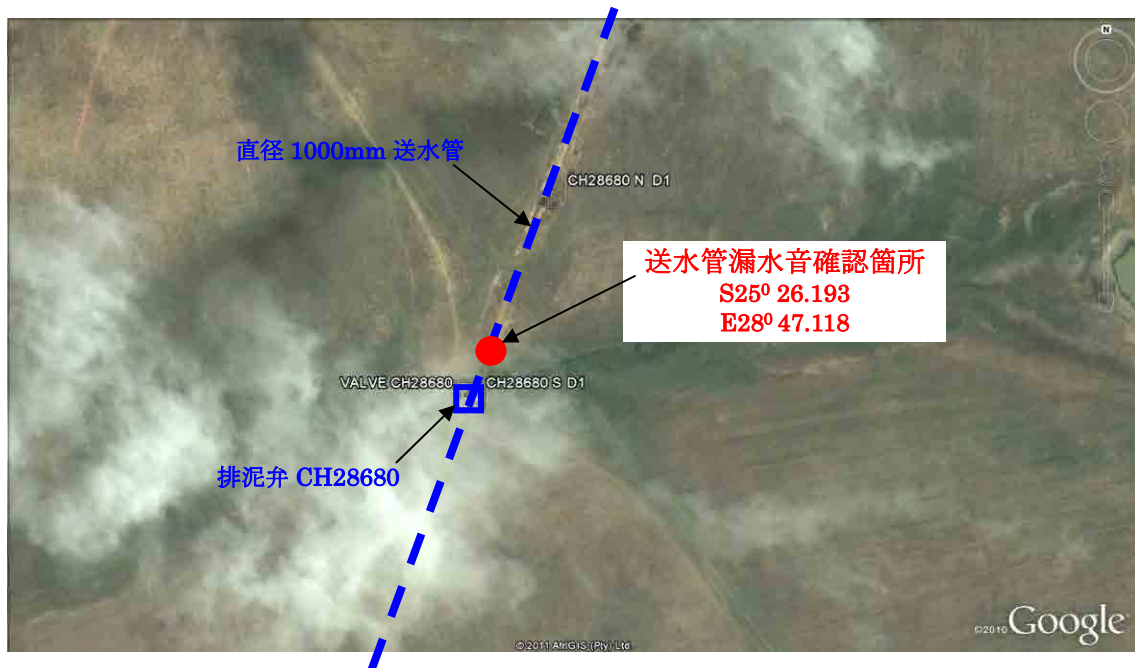


図 4.2-19 漏水箇所位置図

<考察>

③CH9356

当該送水管（直径 1000mm）からの漏水は確認されなかったため、平行して走る既設送水管（直径 500mm、鋼管）からの漏水の可能性が高いと判断される。

⑧CH28180

今回の地上からの音響的調査で、図 4.2-19 に示す位置で、当該送水管（直径 1000mm）からの漏水音が確認された。

漏水の原因としては、陰極腐食の他、当該送水管の上が未整地道路となっているため、重車両による損傷の可能性もある。今後 DWA による早急な掘削による漏水箇所の確認及び修繕作業が必要である。

本地点での漏水は、広範囲に渡っているため、当該送水管（直径 1000mm）からの漏水の他、平行して走る既設送水管（直径 500mm、鋼管）からの漏水もあるものと考えられる。

⑩CH5305

当該送水管（直径 600mm）からの漏水は確認されなかったため、当該送水管が接続している既設アスベスト管からの漏水の可能性が高いと判断される。

これらの 3 箇所の漏水箇所については、図 4.2-5 に示すように、漏水により小水路や湿地帯を形成しているため、早急な対策が必要である。

(10) 土質分析

目視による送水管腐食状況調査を行った同じ 10 箇所の土壌について、①pH、②導電率、③塩化物、④硫化物、⑤電解物質濃度、⑥アルカリ度 の 6 項目の分析を行った。

<測定結果及び評価>

6 種類の測定項目の内、陰極腐食に大きく影響する項目は pH と導電率である。

南アフリカ腐食学会設定の腐食性判断基準（表 4.2-8 及び表 4.2-9 参照）によると、pH 及び導電率とも測定 10 箇所の内、表 4.2.7 の赤字で示すそれぞれ 4 箇所において腐食性が高い測定結果となった。

よって、これらによる腐食作用に打ち勝つ最低限の陰極腐食電位を保つようにする必要がある。

表 4.2-7 測定結果

Point	pH	Conductivity (mS/cm)	Chlorides (ppm)	Sulphates (ppm)	TDS (ppm)	Alkalinity (ppm)
1	6.64	241	10	16	120	35.6
2	5.34	96	<5	6	18	<35.6
3	6.88	328	<5	14	130	<35.6
4	5.28	48	<5	<5	24	<35.6
5	6.59	364	<5	38	90	<35.6
6	7.21	122	<5	16	60	<35.6
7	5.57	58	<5	8	28	<35.6
8	4.7	78	<5	<5	39	35.6
9	7.46	242	<5	16	120	<35.6
10	6.45	160	10	<5	60	35.6

表 4.2-8 pH と腐食性の関係

pH value	Corrosion	Cathodic Protection requirement
<6	corrosive	CP definitely required
6 - 7.5	neutral	CP may not be required
>8	alkaline	CP probably not required.

Source: Corrosion Control in South Africa (2nd Ed; 2004; Corrosion Institute SA)

表 4.2.9 導電率と腐食性の関係

Conductivity (μS/cm)	Corrosivity of soil	Cathodic Protection requirement
>500	Very corrosive	CP definitely required
200-500	Corrosive	CP required
100-200	Mildly corrosive	CP probably required.
<100	Generally non-corrosive	CP possibly not required.

Source: Corrosion Control in South Africa (2nd Ed; 2004; Corrosion Institute SA)

(11) 腐食菌分析

硫酸塩還元菌は嫌気的環境にて金属の腐食作用を及ぼすとされている。

ここでは、目視による送水管腐食状況調査を行った同じ 10 箇所の土壌において、腐食菌である硫酸塩還元菌 (Sulfate reducing bacteria) について測定を行った。

測定方法は、試料を試験管内にて硫酸塩還元菌培養し、増殖の度合いによる色変化により硫酸

塩還元菌の含有を把握する。

試験結果として、ポイント 2 と 4 の 2 箇所については、硫酸塩還元菌の含有は認められなかったが、その他 8 箇所について、硫酸塩還元菌の含有が認められた (図 4.2-20 及び表 4.2-10 参照)。なお、硫酸塩還元菌の含有の判断基準を表 4.2-11 に示す。

よって、送水管ルート的大部分土壤中に腐食菌である硫酸塩還元菌が含有すると考えられ、この腐食菌による腐食作用に打ち勝つ最低限の陰極腐食電位を保つようにする必要がある。



図 4.2-20 測定結果 (写真)

表 4.2-10 試験結果

Point	Interpretation
1	Moderate
2	Insignificant
3	Low
4	Insignificant
5	Moderate
6	Low
7	Moderate
8	Moderate
9	Moderate
10	Moderate

表 4.2-11 色変化による硫酸塩還元菌含有の判断指標

Days of Incubation		1	2	3	4	5
TUBE APPEARANCE	Completely Black	Heavy $\geq 10^6$	Heavy $\geq 10^5$	Moderate $\geq 10^4$	Moderate $\geq 10^3$	Low $\geq 10^2$
	Narrow zone of black around applicator centre	Heavy $\geq 10^5$	Moderate $\geq 10^4$	Moderate $\geq 10^3$	Low $\geq 10^2$	Insignificant $\geq 10^1$
	No Reaction	$< 10^5$	$< 10^4$	$< 10^3$	Insignificant $< 10^2$	Insignificant $< 10^1$

出所 : Biosan Laboratories, inc USA

(12) 外部電源調査

2 箇所の陰極腐食対策用直流電源装置に電力を供給する電力供給源について調査を行った。

調査の結果、表 4.2-12 に示すように近傍の既設送電線から分岐し、変圧器を介して直流電源装置に必要な電力を供給することとする。

表 4.2-12 電力供給用既設送電線分岐箇所

Location	GPS Coordinate	Mast number	Voltage	Distance
GB1	S25 36 03.4 E28 43 06.0	GS/197/96 & ER/AV331/79/96	22kV	460m
GB2	S25 25 56.8	TCC12812 and 75 U1572	33kV	520m

Location	GPS Coordinate	Mast number	Voltage	Distance
	E28 47 05.3	75 U087		

(13) 排流測定

排流測定は、送水管の陰極腐食対策のための必要電流を決定するために行うものである。

迷走電流が存在する現在の状況下にて直流電源装置及びグラウンドベッドの設置を想定している箇所において仮設電源により電流を流し、この電流による管対地電位のシフト値を把握し、設計に反映するものとする。

今回は、湿地帯で土壌抵抗率が低く直流電源装置及びグラウンドベッドの設置に適している CH28680 及び CH9356 の 2 箇所において排流試験を行った。

<試験結果>

(a) CH28680

CH28680 にての排流試験の結果は表 4.2-13 及び図 4.2-21 に示す。

表 4.2-13 管対地電位のシフト値 (排流点 : CH28680)

Pipeline	Location	Potential Shift
600mm dia.	Ch5 311	No shift
600mm dia.	Ch0※	No shift
1000mm dia.	Ch31 944	200mV shift
1000mm dia.	Ch14 096	300mV shift
1000mm dia.	Ch9 356	3mV shift

Length of pipe protected: 14584m
 Pipeline surface area protected: 45817m²
 Average current demand: 2.3amps
 Current Density
 (Current demand/Surface Area): 50μA/m²

※Enkeldoornoog-B Reservoir 地点

(b) CH9356

CH9356 にての排流試験の結果は表 4.2-14 及び図 4.2-22 に示す。

表 4.2-14 管対地電位のシフト値 (排流点 : CH9356)

Pipeline	Location	Potential Shift
1000mm dia.	Ch-5 379	1000mV shift
1000mm dia.	Ch14 096	500mV shift

Length of pipe protected: 19475m
 Pipeline surface area protected: 61200m²
 Average current demand: 2.2amps
 Current Density
 (Current demand/Surface Area): 36μA/m²

1000mm 直径送水管は全線にて電氣的連続性は確認されたが、1000mm 直径送水管と 600mm 直径送水管の間には電氣的連続性は認められなかった。よって、陰極腐食対策のためには、この送水管相互間はボンディング (4.2.4 基本設計 (案) (4) ボンディング参照) により電氣的連続性を確保する必要がある。

低い印加電流下においても良好な電流導電性が確認され、防食管対地電位 (-0.95V) へのシフトのための電流密度は 50μA/m² で達成されることが確認された。

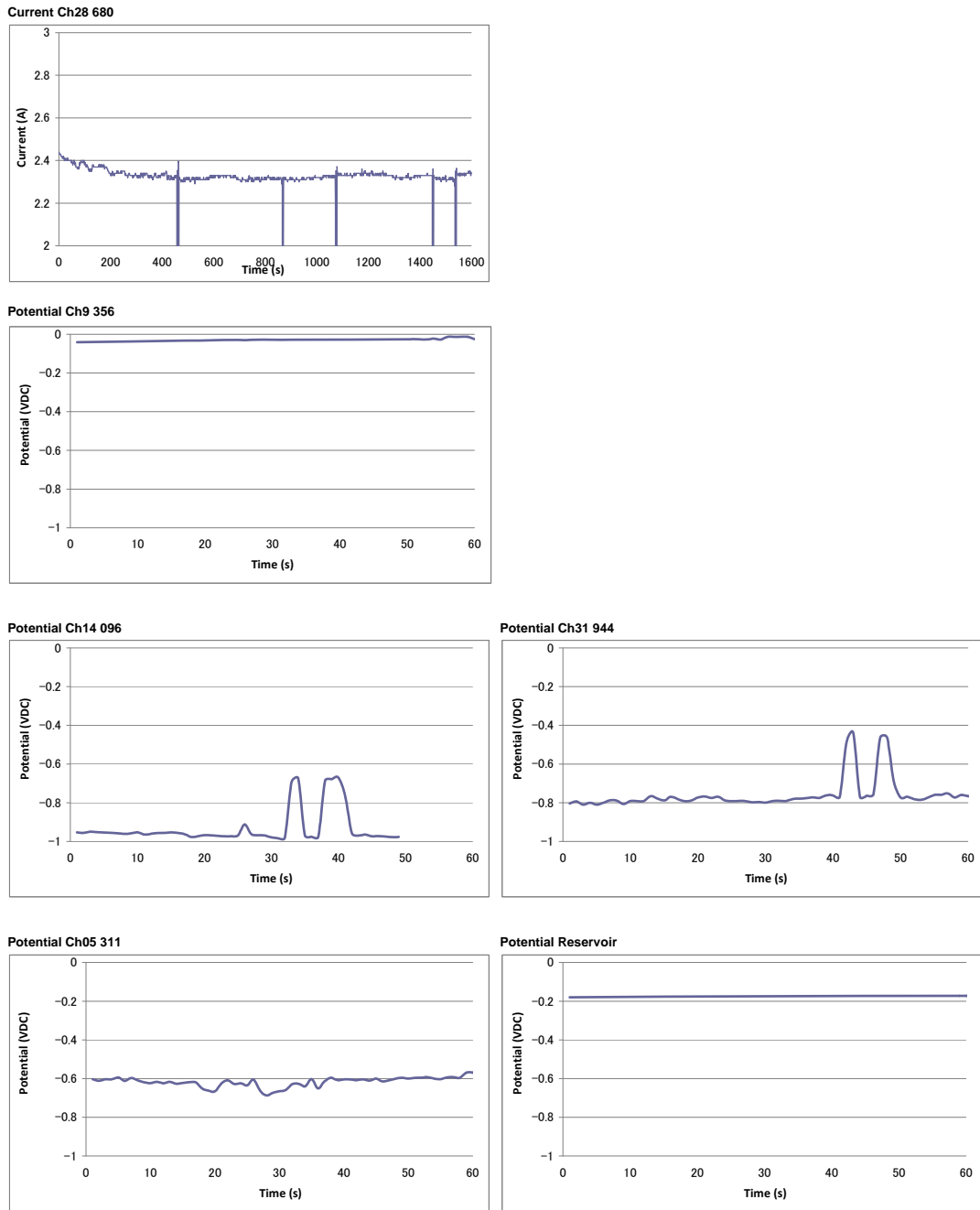


図 4.2-21 管対地電位のシフトグラフ (排流点 : CH28680)

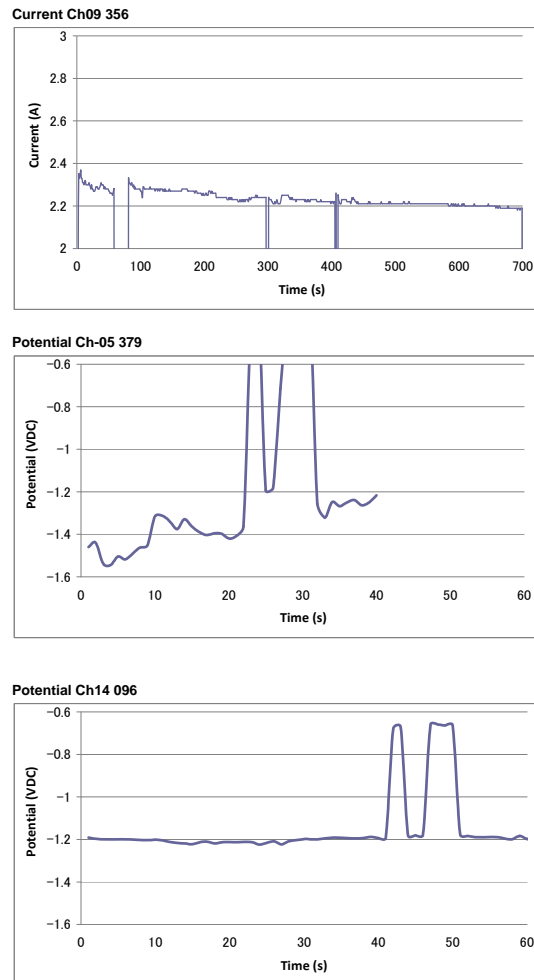


図 4.2-22 管対地電位のシフトグラフ (排流点：CH9356)

4.2.3 調査結果の整理及び評価

本調査により確認された送水管ルートにおける腐食関連事項を下記に示す。

(1) 調査結果の整理

調査の結果、送水管の空気弁及び排泥弁からの漏水のほか、地上からの音響的漏水調査により 1 箇所において送水管本体からの漏水音が確認された。これについては掘削による漏水箇所の確認及び原因の特定が必要である。

また、掘削による管表面の状況調査の結果、管表面の状態及びコーティングの状態は軽微なダメージはあるものの、概ね良好であることが確認された。

しかし、陰極腐食に対して好ましくない状況も確認された。下記に陰極腐食に対する問題点を示す。

- ◇ 管対地電位の測定結果は、大部分の測定箇所で腐食菌環境における防食基準電位 (-0.95V) より危険側であるプラス側の電位を計測した。陰極腐食対策にて電位を防食基準電位よりマイナス側にシフトする必要がある。

- ◇ 送水管全体において、土壌は概ねドライであり、土壌抵抗率も高く布設環境としては良好であるが、小河川横断部など、湿地帯で土壌抵抗率も低く布設環境として好ましくない箇所が数箇所あった。
- ◇ 送水管コーティングの状態は概ね良好であったが、湿地帯部のコーティングについては全般的に経年による劣化が確認された。今後劣化が急速に進む恐れがある。また、木の根の貫通によるダメージ部及び施工不良による密着不良部があった。これらの部分も今後ダメージが拡大すると予想される。
- ◇ 送水管表面は軽微な発錆が認められたが、概ね良好であった。しかし、今後上記コーティングのダメージ部で土壌との直接接触により陰極腐食が進む恐れがある。
- ◇ 土質
10 箇所の土壌の分析の結果、pH 及び導電率について、数箇所腐食性の高い数値を得た。
- ◇ 腐食菌
10 箇所の土壌の分析の結果、大部分の箇所で腐食菌である硫酸塩還元菌が認められた。

(2) 評価

現在は陰極腐食による大きなダメージは認められないが、上記に示すように送水管が多くの腐食環境にあることが認められた。このままの状態が続けば、今後湿地帯施工部を主体に、コーティングの経年変化及びダメージ部の拡大が想定され、ダメージ箇所から腐食が発生し、急速に進むと予想される。

腐食により送水管に大きなダメージが生じた場合、その修理費用は多大なものとなる。よって、ダメージの少ない現時点にて陰極腐食対策を施すことが必要であり、これにより、腐食の発生を未然に防止することができ、送水管設備の長寿命化及び修繕・維持管理費を含めたトータルコストの縮減に寄与するものである。

4.2.4 基本設計 (案)

調査の結果、送水管の腐食防止の観点から、陰極腐食対策施設として図 4.2-23 に示す①CH9356 及び②CH28680 の 2 箇所に直流電源装置及びグラウンドベッドを設置し、陰極腐食対策施設の運転維持管理に必要な設備も設置する。

また、人体及び家畜などの送電線からの漏れ電流による感電防止の観点からバルブなど接触の機会のある設備に対して安全接地設備を設置することとする。

(1) 陰極腐食対象送水管

1998 年に円借款により建設された Ekangala 地区と Enkeldoornoog 地区を結ぶ送水管が本陰極腐食対策の対象とし、その送水管ルートは図 4.2-23 に示すとおりである。

- ◇ Ekandustira Reservoir と Enkeldoornoog-B Reservoir 間の送水管：直径 1,000mm、延長約 37.5km 全て
- ◇ Enkeldoornoog-B Reservoir と Gembokspruit Reservoir 間の送水管：直径 600mm、延長約 10km の内約 5km

これに加え、上記直径 1000mm 送水管と平行して走る 1991 年に設置された直径 500mm の送水管の一部に鋼管区間があるのでこの区間も合わせて陰極腐食対策の対象とする。

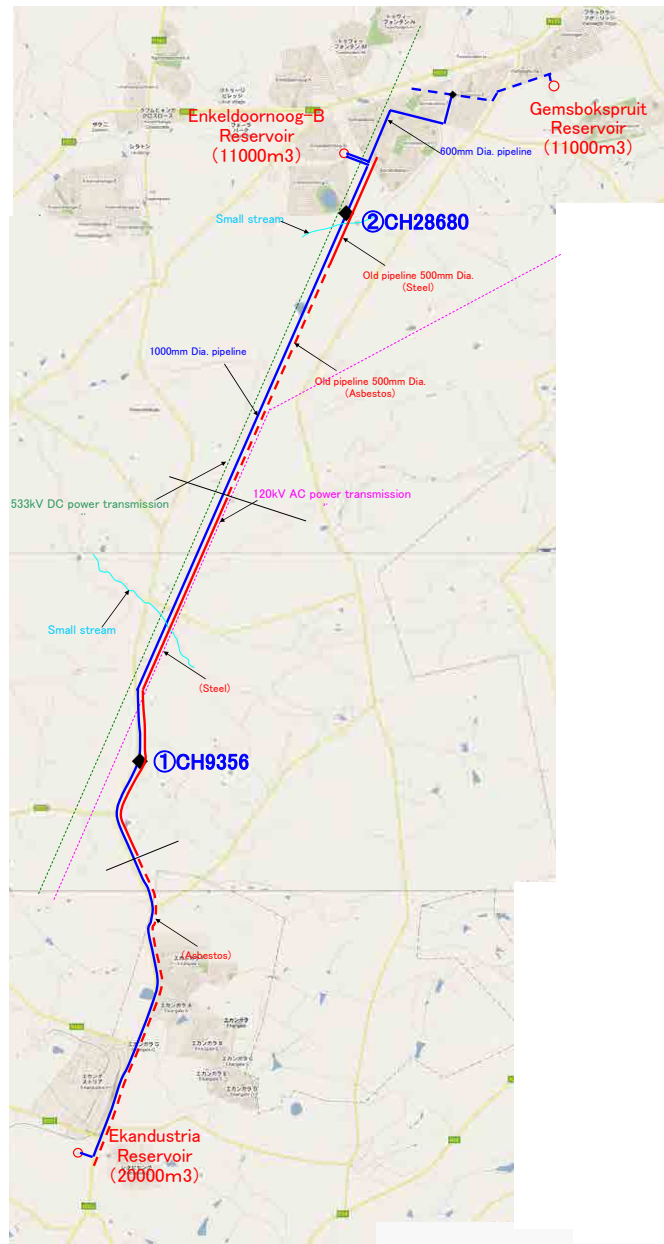


図 4.2-23 直流電源装置及びグラウンドベッド位置図

(2) 陰極腐食対策方法の選定

陰極腐食対策法には、防食電流の供給方法によって、流電陽極方式と外部電源方式がある。各方式には特徴があり、適切な選択をしなければならない。ここに、各方式の概要および特徴を記し、当該送水管に適する陰極腐食対策法を選択する。

(a) 流電陽極方式

流電陽極方式は、被防食体に、これより卑な金属を接続し、両者間の電位差を利用して防食電

流を流す方法である。卑な金属は流電陽極または犠牲陽極と呼ばれ、マグネシウム、亜鉛、アルミニウムの合金が陽極材料として実用化されている（図 4.2-24 参照）。

埋設管等の土壤中で使用する陽極は、主として有効電位差の大きいマグネシウム陽極が使用されている。

維持電力を必要とせず、維持管理は容易であるが、発生電流が小さいため(数十 mA)小規模または高い塗膜抵抗を有する埋設管に適する。

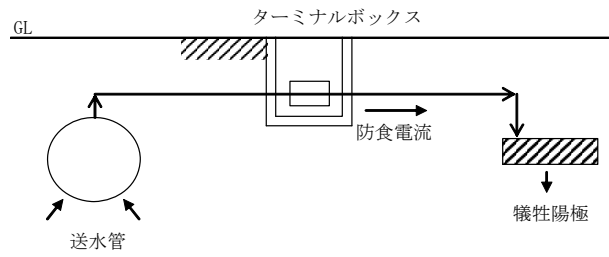


図 4.2-24 流電陽極法模式図

(b) 外部電源方式

外部電源方式は直流電源装置を用いて交流電源を直流に変換し、電極装置を正極、防食体を負極として防食電流を通電する方法である（図 4.2-25 参照）。

陰極腐食対策用の直流電源装置にはセレン整流器、シリコン整流器等があるが、特性および性能から、故障が少なく長期耐用が可能なシリコン整流器が使用されている。

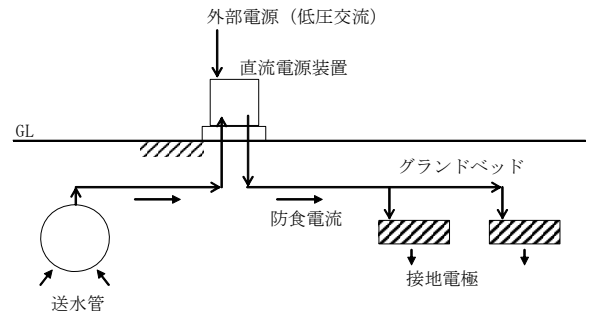


図 4.2-25 外部電源法模式図

通電電流の制御は電圧切替器の切替による手動型と、管対地電位を検出して電位を一定に制御する自動制御型がある。電位変動が無いか極めて少ない場合には手動型を、電位変動が有る場合には自動制御型を選択するが多い。

電極装置には、磁性酸化鉄電極、高珪素鉄電極、複合酸化物被覆電極等が使用されている。

外部電源法は防食電流の大幅な調節が可能で、大電流を必要とする施設あるいは電食の環境下にある施設にも対応出来る容量がある。反面、維持管理や維持電力を必要とし、使用電圧が高いため、過防食や隣接埋設物への干渉に留意する必要がある。

今回は防食対象送水管の延長が長く、防食負荷が大きいことから、流電陽極方式は適さないため、外部電源法を採用する。また、直流電源装置にはシリコン整流器、電極は、耐久性の高い複合酸化物被覆電極を使用する。

また、直流電源装置のシステムを図 4.2-26 に示す。

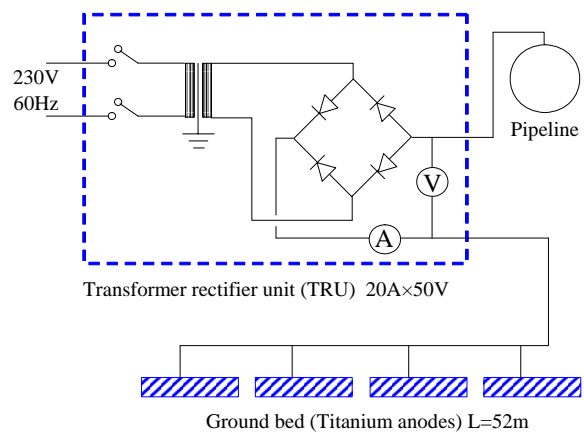


図 4.2-26 直流電源装置システム図

(3) 安全接地装置の設置

交流送電線影響調査にて、2 箇所において 19V を越える管対地電位差を検出した。これについては NACE にて規定している安全基準値（15V）を越えるため、対策が必要である。

また、送水管建設当時に行われた直流送電線送電モード切替時の電圧変動調査にて最大 300V 程度の電圧を測定している (図 4.2-27 参照)。これは、短期間の切替時間とは言え、もし、人畜が接触すれば、きわめて危険な状態である。

送水管は埋設だが、付属設備として空気弁や排泥弁など地上設置設備があり、人間や家畜が接触する可能性がある。

従って、今回地上設置設備に図 4.2-28 に示すような安全接地装置を設置するものとする。

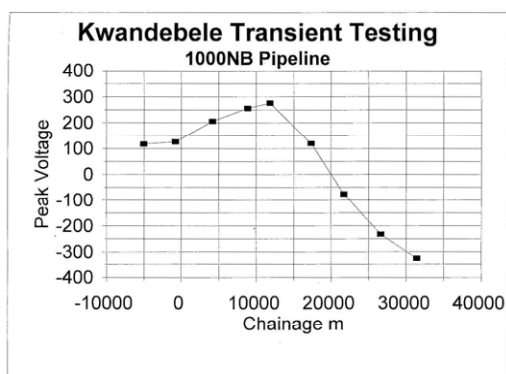


図 4.2-27 直流送電線モード切替時送水管電圧変動 (1999 年調査結果より)

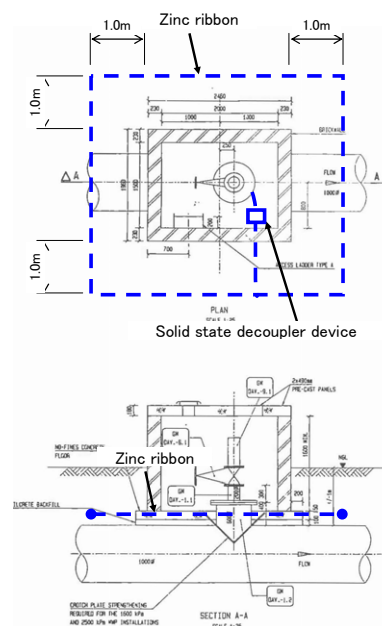


図 4.2-28 安全接地装置設置図

(4) ボンディング

本調査にて直径 1000mm 送水管と直径 600mm 送水管は電氣的に連続していないことが判明した。

また、既設直径 500mm 送水管についても本陰極腐食対策の対象とすることから、これらの送水管をボンディングにより直径 1000mm 送水管と電氣的に接続し、これらの送水管を一体で陰極腐食対策の対象とする。

また、直径 1000mm 送水管に仕切弁や流量計が設置されているが、これらの箇所も、現状では電氣的連続性が確実でないことから、図 4.2-29 に示すように、ボンディングにより電氣的連続性を確保するものとする。

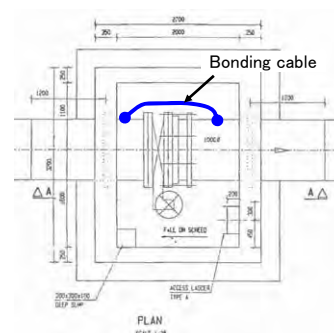


図 4.2-29 導電用ボンディング図

(5) 陰極腐食モニタリング用設備

埋設送水管の防食状態は主として管対地電位により判定する。計測値が防食基準電位よりマイナス側なら防食状態が保たれていると判断できる。よって、常に管対地電位を防食基準電位よりマイナスに保つため、定期的な防食電位のモニタリングが必要である。

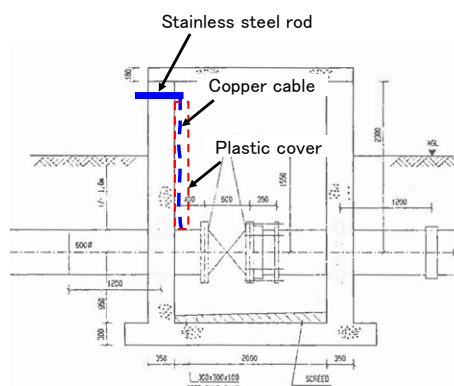


図 4.2-30 陰極腐食モニタリング用ターミナル

管対地電位のモニタリングは月 1 回程度のインターバルで実施、また、年 1 回の管対地電位の 24 時間連続計測の実施が望ましい。

今回は、管対地電位計測のためのモニタリング用ターミナルを数 10 箇所、空気弁及び 10 数箇所の排泥弁すべてに設置するものとする。(図 4.2-30 参照)

また、管対地電位の 24 時間計測のためのモニタリング箱を送水管の重要箇所 10 箇所に設置する。モニタリング箱の中には計測時に計測記録装置を設置し、盗難防止用の鍵を付属するものとする。

(6) 設備構成

排流調査にて選定した土壌抵抗率が低く排流に適している CH9365 地点と CH28680 地点の 2 箇所に電極装置を設置する。

また、この 2 箇所に電流を送水管から電極装置を介して土中に排流する直流電源装置を電極装置の近傍に設置する。

今回設置する陰極腐食対策装置及び安全接地装置の設備構成を表 4.2-15 に示す。

表 4.2-15 設備リスト

名称	仕様	数量	単位	備考
陰極腐食対策装置				
直流電源装置	20A×50V、シリコン整流器	2	個	
接地極	L:52m、複合酸化物被覆電極 (チタン)	2	個	
ボンディング	Copper cable	30	個	
モニタ箱付ボンディング	Copper cable	7	個	
モニタリングポイント	Stainless steel rod	81	個	
モニタリング箱	測定時計器収納用	10	個	
安全接地装置				
接地線	材質: Copper	3600	m	
過電圧保護装置		150	個	
アースストラップ		150	個	

(7) 設計計算

4.2.2 (13)項にて実施した排流測定の結果、防食管対地電位 (-0.95V) へのシフトのための電流密度は $50\mu\text{A}/\text{m}^2$ で達成されることが確認された。

よって、直流電源装置及びグラウンドベッドの配置は電流密度 $50\mu\text{A}/\text{m}^2$ で決定する。しかし、直流電源装置及びグラウンドベッドの施設容量は、安全率を 4 とし、電流密度 $200\mu\text{A}/\text{m}^2$ で決定する。

また、今回直径 0.6m (延長約 5km) 送水管及び平行して走る 1991 年建設の直径 500mm 送水管の内鋼管部分 (延長約 21.2km) も本管と電氣的に接続して、陰極腐食対策の対象とする。

(a) 直流電源装置

直流電源装置の容量計算を下記に示す。

ρ : 鋼管の電気抵抗率 (ohm.mm²/m) 0.2
 ΔU : 最大分極値と最小分極値の差の許容値 (V) 0.2

		最大直流電源装置間隔 : 2L(km)		
電流密度 : j (mA/m ²)		(0.05)	(0.10)	(0.20)
送水管肉厚 : t (mm)				
直径600mm送水管	(6.0)	31	22	15
直径1000mm送水管	(8.0)	36	25	18

最大直流電源装置間隔 (2L) はBaeckman & Schwenk 式により算出される。

$$2L = \sqrt{((8 * \Delta U * t) / (\rho * j))} \quad \text{equ 10-5 pg 266}$$

ここに

2L : 最大直流電源装置間隔 (km)
 ΔU : 最大分極値と最小分極値の差の許容値 (V)
 (硫酸塩還元存在状況下)
 t : 送水管肉厚 (mm)
 ρ : 鋼管の電気抵抗率 (ohm.mm²/m)
 j : 電流密度 (mA/m²)

直流電源装置の電流値 (電流密度 j=200μA/m²)
 (電流密度×直流電源装置がカバーする最大送水管表面積)

直径600mm送水管 5.84 amps
 直径1000mm送水管 11.24 amps

所要電流合計 (電流密度 j=200μA/m²)

直径600mm送水管 2 amps
 直径1000mm送水管 26 amps
 (直径500mm既設送水管) (6) amps
 合計 34 amps

よって、直径 1000mm 送水管の 2 箇所容量 20A×50V の直流電源装置及びグラウンドベッドを設置し、直径 1000mm 送水管の他、直径 600mm 送水管及び既設直径 500mm 送水管にも電氣的に接続し、陰極腐食対策を行うものとする。

(b) 電極装置 (グラウンドベッド)

グラウンドベッドとして設置する電極装置の長さについて、NACE で規定している 2 計算式により計算し、両式を満足する電極装置の長さを採用する。

計算式1 (General long thin anode resistance calculation)

$$R = (\rho/2 * \pi * L) * (\ln(4L/r) - 1) \quad \text{(Modified Dwight, NACE CP3 equ 4-18)}$$

ここに R : 接地抵抗 (ohm)
 L : グランドベッド長さ (m)
 r : 接地陽極等価半径 (0.18m)
 ρ : 土壌抵抗率 (ohm.m)

グランドベッドの長さは接地陽極の中心間隔を3mで設置し、電極の半径は300mm角正方形断面と等価とする。

L: グランドベッド長さ (m)	52
r : 接地陽極等価半径 (0.18m)	0.18
ρ : 土壌抵抗率 (ohm.m)	100
R : 接地抵抗 (ohm)	1.84

計算式2 (Groundbed resistance formula for continuous horizontal anode)

$$R = (\rho/2 * \pi * L) * (\ln(L^2/td)) \quad \text{(Baeckmann & Schwenk equ 24-23 pg 542, NACE CP3 equ 4-23 pg 4-27)}$$

ここに R : 接地抵抗 (ohm)
 L : グランドベッド長さ (m)
 t : グランドベッド埋設深さ (2.5m)
 d : 接地陽極等価直径 (0.38m)
 r : 接地陽極等価半径 (0.19m)
 ρ : 土壌抵抗率 (ohm.m)

グランドベッドの長さは接地陽極の中心間隔を3mで設置し、電極の半径は300mm角正方形断面と等価とする。

L: グランドベッド長さ (m)	52
t: グランドベッド埋設深さ (2.5m)	2.50
d: 接地陽極等価直径 (0.38m)	0.38
r : 接地陽極等価半径 (0.19m)	0.19
ρ : 土壌抵抗率 (ohm.m)	100
R : 接地抵抗 (ohm)	2.43

よって、両式にて接地抵抗要求値 (50V/20A=2.5Ω以下) を満足する電極装置の長さ 52m を採用する。

(8) 運転維持管理

送水管の管対地電位を常に防食基準電位よりマイナス側に保つために定期的な運転維持管理が必要である。

(a) 運転維持管理の内容

運転維持管理の項目及びインターバルは下記のとおり。

月 1 回維持管理

対象箇所 1	管対地電位モニタリング用ターミナル (数 10 箇所の空気弁及び排泥弁に設置)
管理項目	管対地電位測定
対象箇所 2	直流電源装置
管理項目	直流電源装置の動作状況、電圧、電流値チェック、出力調整

年 1 回維持管理

対象箇所 1	管対地電位モニタリング用箱 (10 箇所に設置)
管理項目	24 時間管対地電位測定
対象箇所 2	直流電源装置
管理項目	直流電源装置の動作状況、電圧、電流値チェック、出力調整、清掃、補修

(b) 運転維持管理に要する費用

1) 電気代

電気代	ZAR0.95×24hr×365days×2units	=ZAR16,644/year
月点検	ZAR5,500×12months	=ZAR66,000/year
年点検		ZAR19,550/year
合計		ZAR102,194/year

(9) 概算工事費

陰極腐食対策設備の概算工事費を表 4.2-16 に示す。

表 4.2-16 概算工事費

Description	Unit Price	Unit	Qty	Total
Internal continuity bond	R7,000.00	each	13	R91,000.00
Cross bonds between pipes (link panels in chamber)	R5,500.00	each	13	R71,500.00
Cross bond via bonding cabinet	R18,000.00	each	7	R126,000.00
Chamber monitoring point	R2,000.00	each	81	R162,000.00
Monitoring cabinets	R15,000.00	each	10	R150,000.00
ICCP Station including TRU & anode groundbed	R500,000.00	each	2	R1,000,000.00
Miscellaneous and statutory requirements		sum		R240,075.00
Total - CP supply & install				R1,840,575.00
Supply of electricity to groundbed 1	R200.00	meter	460	R92,000.00
Supply of electricity to groundbed 2	R200.00	meter	520	R104,000.00
Eskom power contingencies		sum		R19,600.00
Total - Eskom power				R215,600.00
Safety earthing around chamber - zinc ribbon supply & install	R200.00	meter	3600	R720,000.00
Valve chamber structure earthing strap - supply & install	R5,000.00	number	150	R750,000.00
Solid state decoupler device - supply & install	R3,000.00	number	150	R450,000.00
Total - AC mitigation supply & install				R1,920,000.00
Installation supervision		sum		R60,000.00
Commissioning		sum		R100,000.00
O&M manual & handover		sum		R25,000.00
Total - professional fees				R185,000.00
Total for above				R3,945,575.00
Vat	14%			R552,380.50
				R4,497,955.50
				↓
TOTAL - BUDGET ESTIMATE FOR CP				R4,500,000.00

(10) 実施工程表

陰極腐食対策設備工事の実施工程表を図 4.2-31 に示す。

Month	1	2	3	4	5	6
Contract	▼					
Design	■					
Procurement of equipment and material	■	■				
Preparation for field work		■				
Installation work						
CP system except Tru and ground bed			■	■		
Safety earthing			■	■	■	
No.1 Tru and ground bed				■	■	
No.2 Tru and ground bed					■	■
Testing and commisioning						■
Handover						▼

図 4.2-31 実施工程表

4.3 無収水削減調査

4.3.1 漏水調査および各戸水道メータ調査

パイロット調査として、漏水調査と各戸の水道メータ調査を行った。漏水調査は、水消費量の少ない、夜間の空き時間に夜間最小流量測定方式により、漏水量を把握するために、夜間最小流量と流入量、水圧を計測した。

一方、各戸の水道メータ調査では、上述以外の方法で漏水量を把握するために、水道メータの機能状態や実際の使用水量を検針し、水需給について確認した。

4.3.2 モデル・ブロック候補地の選定基準

モデル・ブロックの選定にあたっては図 4.3-1 の流れで進めた。

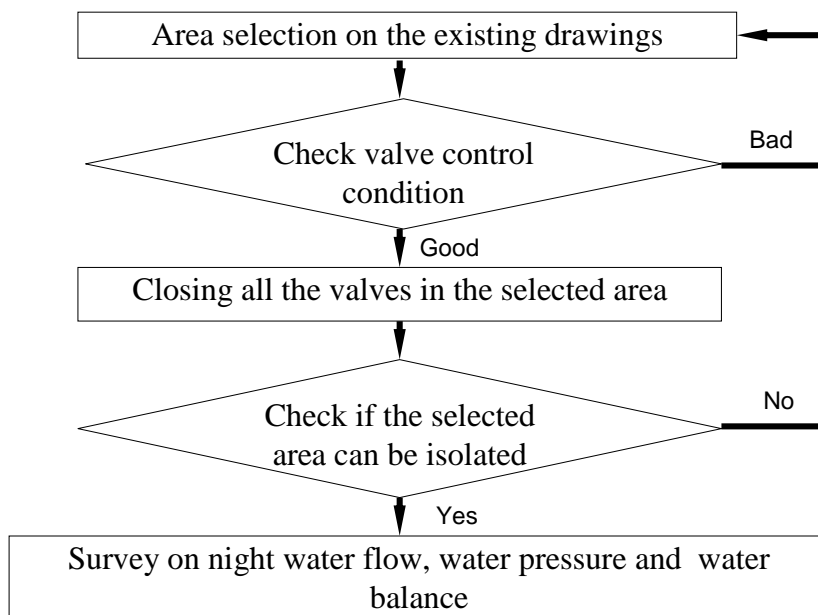


図 4.3-1 モデル・ブロック選定の流れ

既存図上での候補地の選定は、下記の選定基準とした。

- ・ DWA の要望する対象 LM
- ・ LM の要望する地区
- ・ 各戸（宅内）及び各戸（庭先）給水の存在する地区
- ・ 48 時間以上の給水可能な地区
- ・ 100 世帯以上の住居地区
- ・ バルブによる締め切りの可能な地区

表 4.3-1 は LM が希望したモデル・ブロック候補地を示す。Thembisile Hani LM、Dr JS Moroka LM からそれぞれ 8、3 候補地が提案された。

表 4.3-1 モデル・ブロック候補地

LM	候補区域	モデル・ブロック候補地数
Thembisile Hani LM	Moloto	6
	Kwamhlanga	1
	Tweefontain-K	1
Dr JS Moroka LM	Siyabuswa-B	3

しかしながら、LM が提案する候補地区では下記のような問題を抱えており、配水管路の締め切りが予想以上に困難を極めた。

- ・ 既存バルブが土壌で埋没（図 4.3-2 参照）
- ・ バルブ・ヘッドの埋没（図 4.3-3 参照）
- ・ 現場のバルブと図上でのバルブ位置に齟齬
- ・ 施設配置図の不備
- ・ バルブ制動不良（図 4.3-4 参照）



図 4.3-2 既存バルブの埋没



図 4.3-3 バルブ・ヘッドの埋没



図 4.3-4 バルブ制動不良

4.3.3 モデル・ブロックの選定

モデル・ブロックの選定に想定以上の時間を要したが、Siyabuswa-B (Dr. JS Moroka LM) 及び Tweefountain-K (Thembisile Hani LM)、Moloto RDP (Thembisile Hani LM) からそれぞれ 1 地区を選定した。図 4.3-5 及び図 4.3-6、図 4.3-7 はそれぞれ Siyabuswa-B、Tweefountain-K、Moloto RDP のモデル・ブロックを示す。

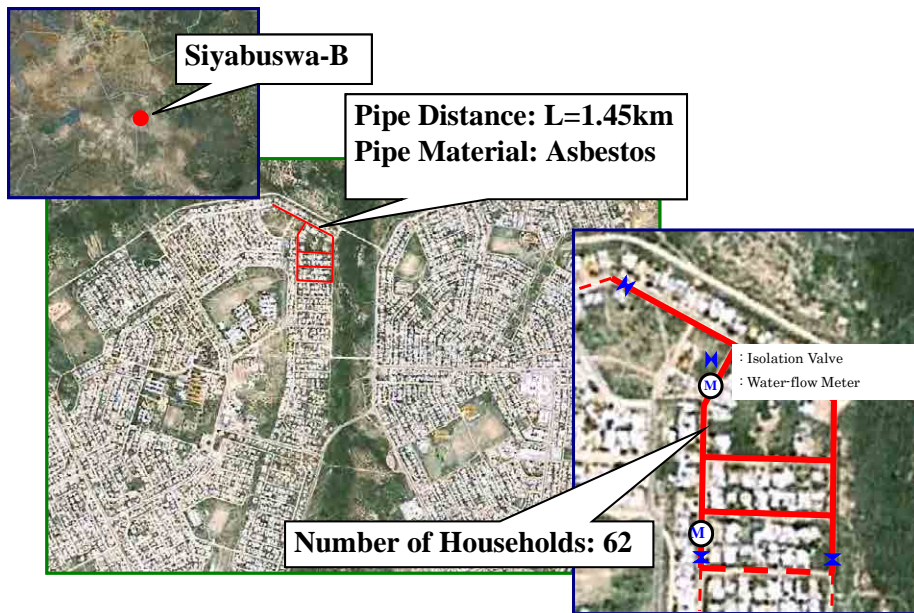


図 4.3-5 Siyabuswa-B (Dr. JS Moroka LM) におけるモデル・ブロック

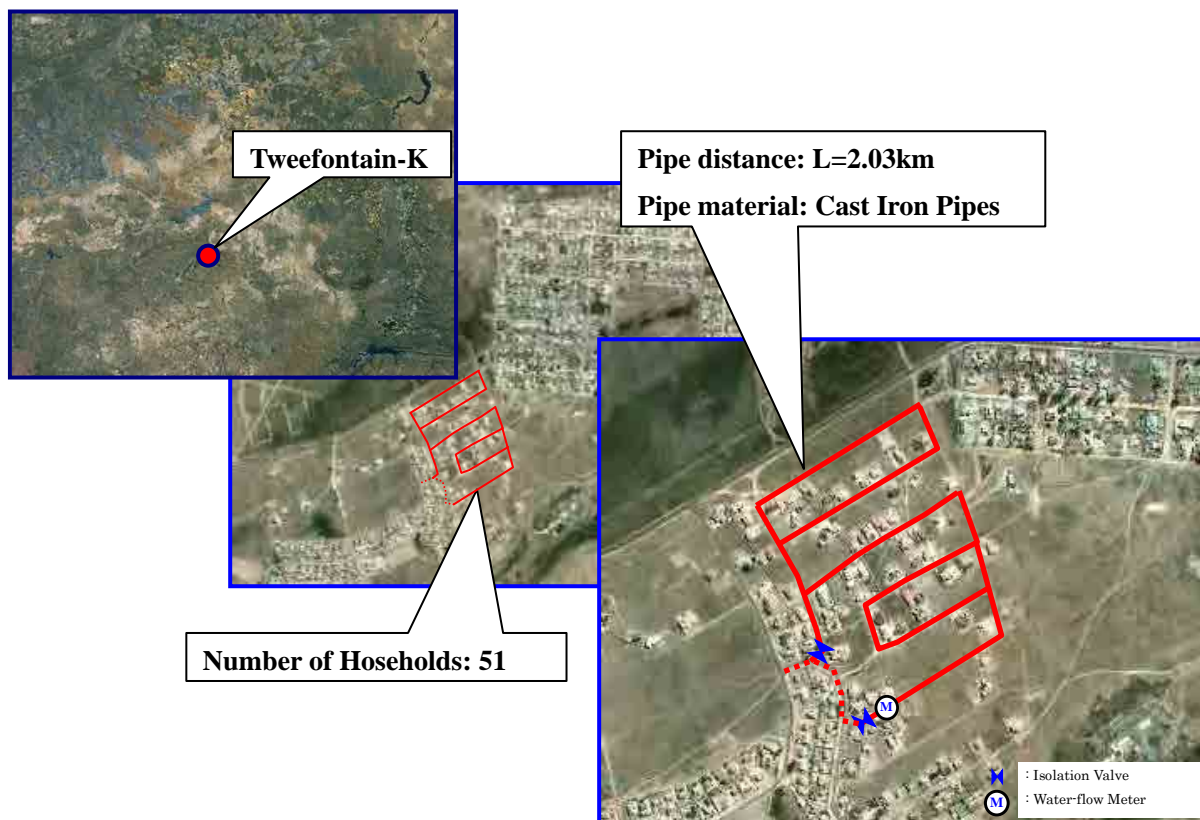


図 4.3-6 Tweefontain-K (Thembisile Hani LM) におけるモデル・ブロック

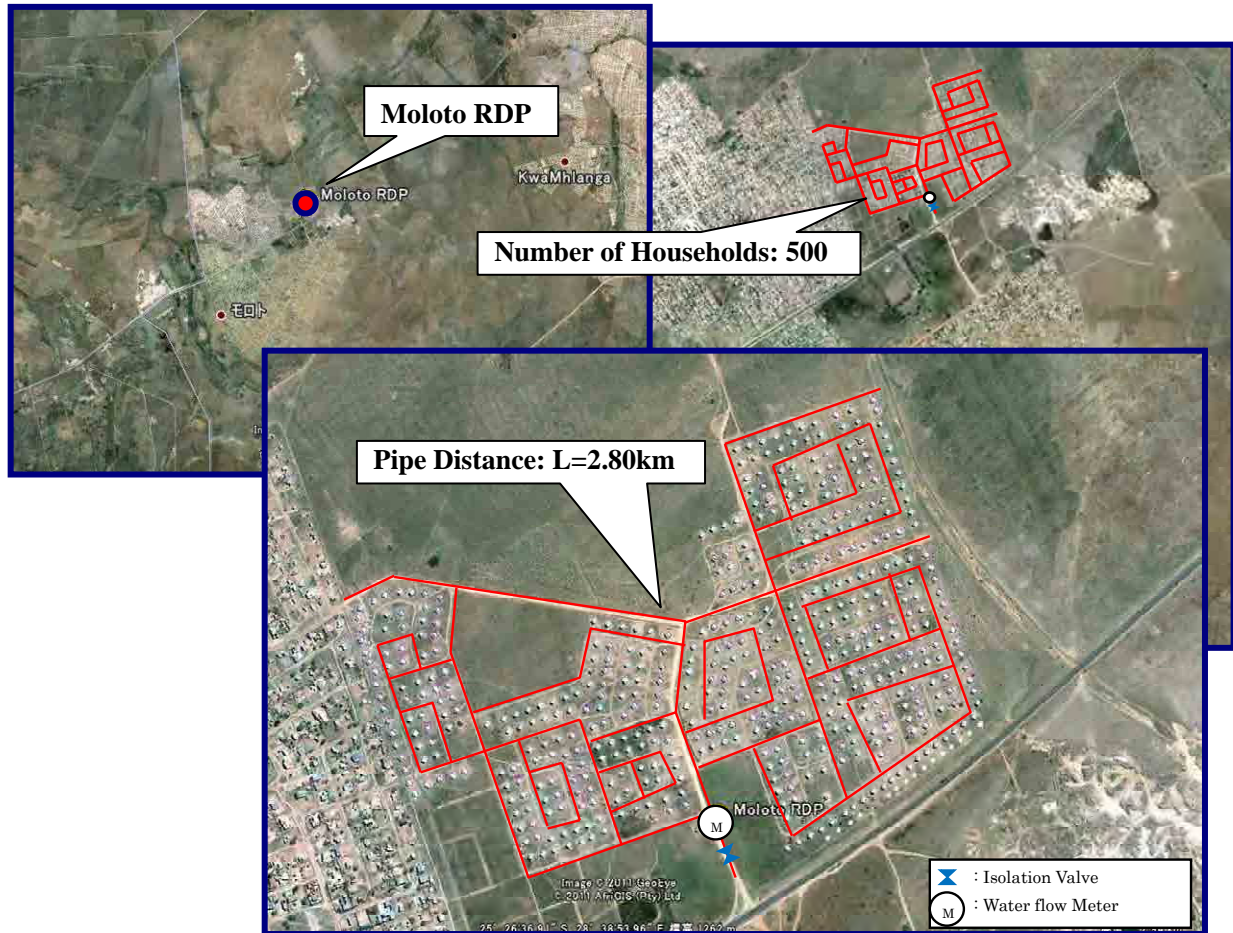
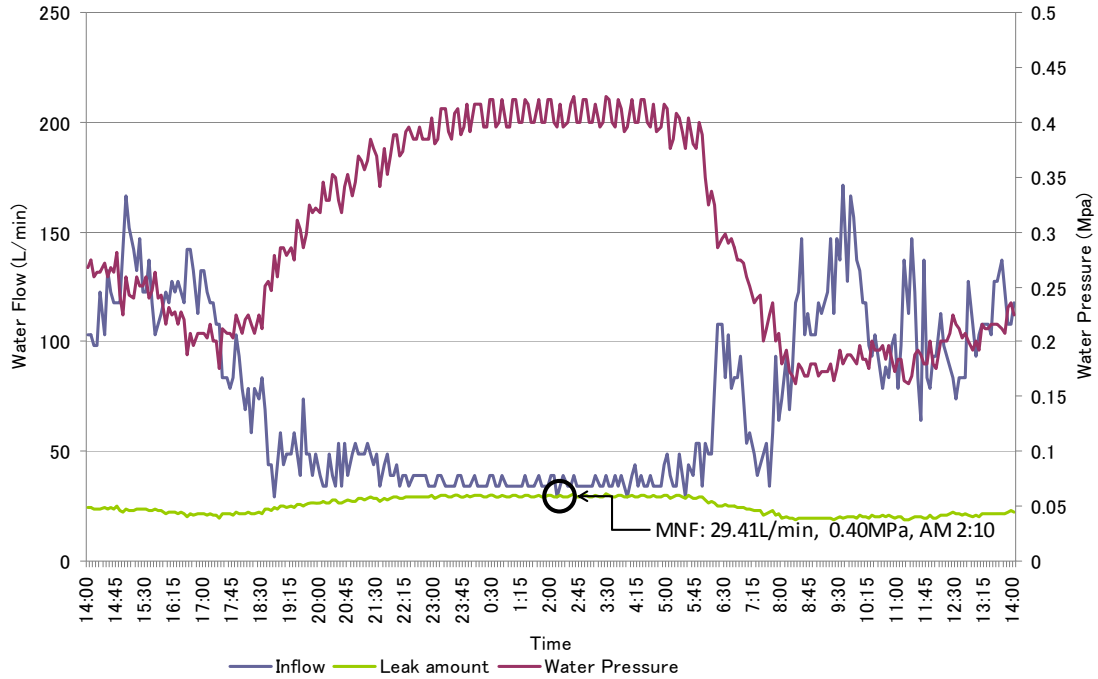


図 4.3-7 Moloto RDP (Thembisile Hani LM) におけるモデル・ブロック

4.3.4 モデル・ブロックにおける夜間最小流量及び水圧測定結果

(1) Siyabuswa-B (Dr. JS Moroka LM)

図 4.3-8 は Siyabuswa-B の 24 時間を通じた流入水量と水圧の推移を示す。夜間最小水量は 2:10AM に確認され、29.41L/min であった。この夜間最小流量をもとに水圧換算したグラフが図 4.3-8 の黄緑色のラインであり、一般に「Leak Flow (漏水量)」と呼ばれる。流入量と漏水量の一日あたり累積値はそれぞれ 106m³/日、36m³/日であり、漏水量率は 34% という結果となった。



Daily Leak Amount: 36m ³ /day	= Rate of Leak: 34.0%
Daily Inflow: 106m ³ /day	(Including water leakage after water meter)

図 4.3-8 流入水量と水圧測定結果 (Siyabuswa-B)

(2) Tweefontain-K (Thembisile Hani LM)

最小夜間水量の測定については、測定途中降雨のため、測定開始後 11 時間 30 分で中止した。また、時間帯によって流入量が 20 リットル/分以下となり (図 4.3-9 参照)、超音波流量計の測定条件から外れてしまったため、再測定については断念した。配水本管の実態としては、計測した 11 時間 30 分を通じた流入量は最大でも 30L/min、平均約 3.3L/min となり、一人当たりの供給水量に換算しても約 20L/人/日にとどまっているため、配水本管からの漏水量はほとんどなかったということが考えられる。

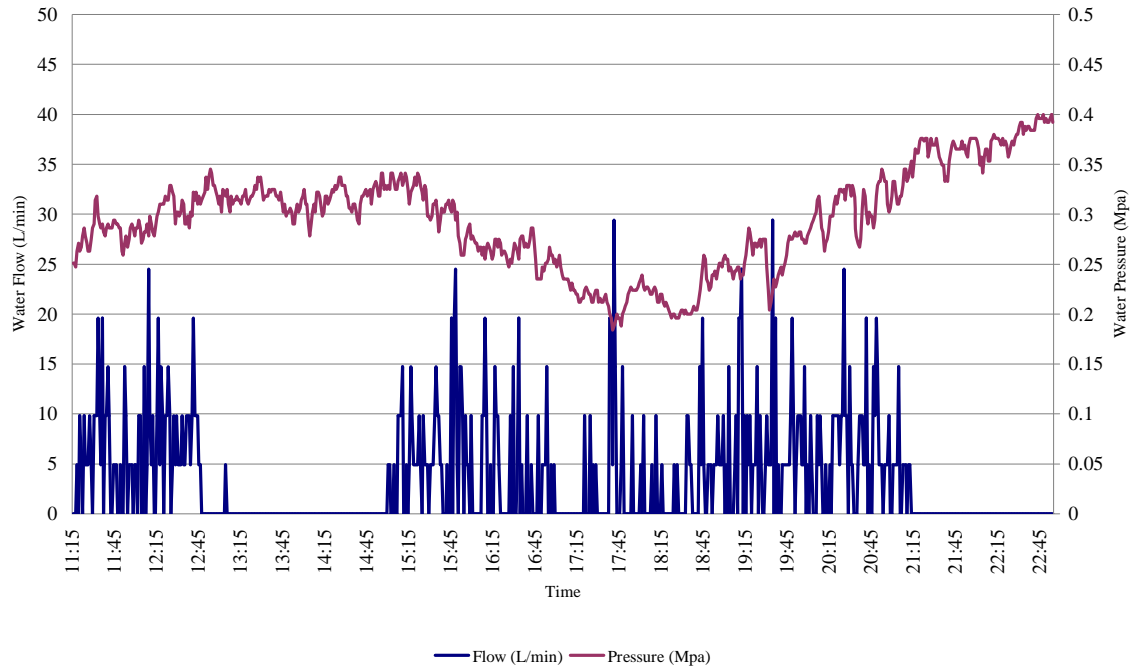


図 4.3-9 流入水量と水圧測定結果 (Twefontain-K)

(3) Moloto RDP (Thembisile Hani LM)

Moloto RDP の夜間最小流量については、22 時頃に流量計電源に異常が発生したため、水圧データからの換算データ流量値を利用している。また翌日昼 12 時頃からは水圧測定も中止したため、昼 12 時～13 時 30 分の 1 時間半は流量データに変動がなかったものとした。図 4.3-10 に測定結果を示す。

夜間最小流量は 3:32AM に確認され、181L/min であった。この夜間最小流量をもとに水圧換算したグラフが図の緑色のラインであり、一般に「Leak Flow (漏水量)」と呼ばれる。流入量と漏水量の 1 日当たりの累積値はそれぞれ、334m³/日、256m³/日であり、漏水量率は 76%という結果となった。

また 1 日の水圧が 0.81MPa であることから、高い水圧により本管や給水管に不必要な負荷がかかっていると言える。

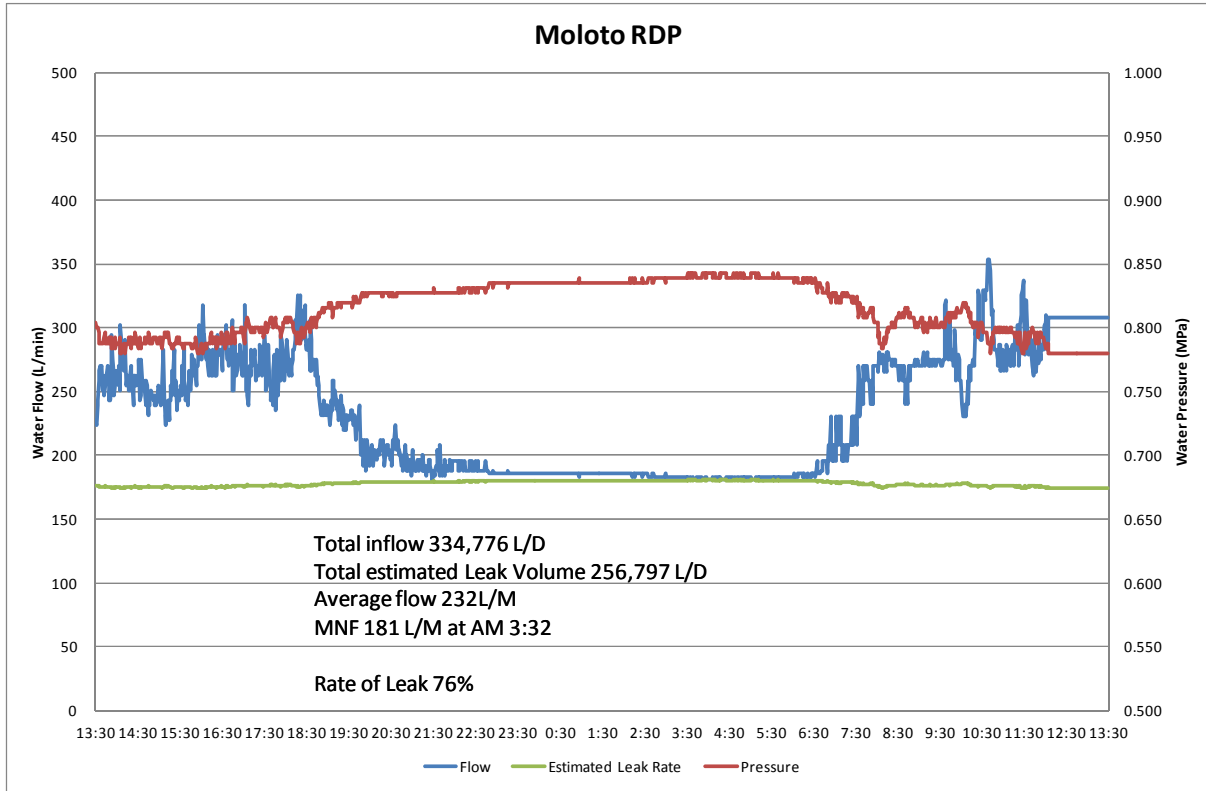


図 4.3-10 流入水量と水圧測定結果 (Moloto RDP)

4.3.5 モデル・ブロックにおける水道メータ調査結果

(1) Siyabuswa-B (Dr JS Moroka LM)

Siyabuswa-B のモデル・ブロック区域について、施設平面図で確認できた全世帯数は 69 世帯であったが、現地で実際に確認したところ、62 世帯であった。その内検針ができた水道メータは 48 世帯で約 77%を占めた (表 4.3-2 参照)。その一方で、水道メータが設置されていない世帯も約 8%を占めた。実際に検針ができなかった世帯数は 14 世帯であった。

表 4.3-2 水道メータの動作状況 (Siyabuswa-B)

No.	項目	世帯数	%	
1.	モデル・ブロック内全世帯 (平均世帯構成人員：4.7 人)	69	100	-
2.	稼動メータ	48	69.6	(77.4)
3.	損傷メータ	5	7.2	(8.1)
4.	施錠されているため調査不可	4	5.8	(6.5)
5.	メータなし	5	7.2	(8.1)
6.	住居なし	7	10.1	-

注記：() 内のパーセントは実際に現地で確認できた世帯数 (62 世帯) を母集団とした比率。

表 4.3-3 に示すとおり、24 時間の測定期間における流入水量、実際に検針された使用水量はそれぞれ 106,177 リットル/日 (106m³/日)、87,595 リットル/日 (88 m³/日) であった。水の需給バランスを把握するためには、検針ができなかった 14 世帯の水量を推定し、全体の使用水量を想定する必要がある。データが得られなかった世帯の水量を想定する手段としては、一般に検針できた世帯の平均値を適用し、全体の使用水量を予測するが、今回 15 世帯で宅内漏水が確認され、この

15 世帯では一人一日あたりの使用水量の平均値は 2,453 リットル/人/日となるため、No.5 に示すように単純に検針世帯の平均値を適用することは、流入量を上回り現実的ではなかった。また、同様に No.6 及び No.7 の条件を適用しても流入水量を上回る。No.8 の条件は DWA の設計基準である給水原単位を適用した場合である。これから算定すると、想定した使用水量は 94,927 リットル/日で 11,250 リットル/日の需給バランスがロス分となり、漏水量率は約 10%となった。検針できなかった住居の給水原単位の適用値によって、漏水量率は違ってくるが、各戸接続用の給水原単位とする 120 リットル/人/日 (DWA 基準) は妥当な数値であり、本モデル・ブロックでは配水本管からの漏水量は少ないと判断できる。

夜間最小流量を測定し、配水本管の漏水量を把握する際には、水道メータの各戸検針ができる状況であることと、宅内漏水がないことが前提条件である。

また、検針ができなかった 14 世帯住居も含めた全世帯につき過去の請求水量を確認したところ、調査対象世帯の 62 世帯中 38 世帯で水が消費されているにもかかわらず、Dr. JS Moroka LM からの請求水量がゼロであったことも判明した。

表 4.3-3 無収水及び不明水の実態

No.	項目	データ	備考
1.	モデル・ブロックへの流入量 (リットル/日)	106,177	
2.	調査で検針された使用水量 (リットル/日)	87,595	48 世帯対象
3.	流入量と使用水量の差分 (リットル/日) (1-2)	18,582	
4.	宅内 (トイレなど) で漏水が確認された住居の一人一日あたり使用水量 (L/C/D)	2,453	15 世帯対象
5.	検針した水量の平均値を検針されていない住居 (14 世帯) に適用し、全体の使用水量を求めた平均水量 (リットル/日)	131,267	483 リットル/人/日適用
6.	宅内の漏水などによって極端な水量が観測された住居を除き、検針されていない住居 (14 世帯) に適用し、全体の使用水量を求めた平均水量 (リットル/日)	109,891	172.3 リットル/人/日適用
7.	Walkraal システムの使用水量 (既存レポート) の平均値を検針されていない住居 (14 世帯) に適用し、全体の使用水量を求めた平均水量 (リットル/日)	108,357	150 リットル/人/日適用
8.	DWA の設計基準値を検針されていない住居 (14 世帯) に適用し、全体の使用水量を求めた平均水量 (リットル/日)	94,927	120 リットル/人/日適用

(2) Tweefontain-K (Thembisile Hani LM)

Tweefontain-K のモデル・ブロック区域について、施設平面図で確認できた世帯数は 188 世帯であったが、現地で実際に確認したところ、51 世帯であった。その内水道メータが設置されている世帯数は 1 世帯のみであった (表 4.3-4 参照)。

表 4.3-4 水道メータの動作状況 (Tweefontain K)

No.	項目	世帯数	%	
1	モデル・ブロック内全世帯 (平均世帯構成人員: 4.4 人)	188	100	-
2	稼働メータ	1	0.5	(2.0)
3	損傷メータ	-	-	-
4	施錠されているため調査不可	-	-	-
5	メータなし	50	26.6	(98.0)
6	住居なし	137	72.9	-

注記: () 内のパーセントは実際に現地で確認できた世帯数 (51 世帯) を母集団とした比率。

(3) Moloto RDP (Thembisile Hani LM)

Moloto RDP のモデル・ブロック区域については、施設平面図で確認できた世帯は 500 世帯であった。今回の地区は 1 週間に 2 日程度の時間給水であるため、メータ検針による使用水量の全戸調査は実施せず、500 戸中 166 戸の水道メータ機能調査を実施した（表 4.3-5 参照）。

表 4.3-5 水道メータの動作状況 (Moloto RDP)

No	項目	世帯数	%
1.	モデル・ブロック内全世帯	500	
2.	世帯構成人員確認件数（訪問聞き取り調査） （平均世帯構成人員：3.8 名）	140/500	28
3.	メータ状況調査	166/500	33.2
4.	稼働メータ	155/166	93.3
5.	メータ無し	5/166	3.0
6.	施錠されているため調査不可	6/166	3.6
7.	稼働メータ中閉栓後もメータが止まらない 件数	87/166	52.4
8.	目視確認ができる漏水件数（給水管上の濡れ含む）	98/166	59.0

500 世帯のうち、メータ状況が確認できた件数は 166 件であった。166 件中稼働メータは 155 件であり、メータ無しが 5 件、施錠されているため調査ができなかった件数は 6 件であった。特筆すべきは稼働メータ中、給水栓を閉栓後に止まるべきであるメータが止まらない件数が 166 件中 87 件（52.4%）あったことである。これはメータ以降に宅内漏水が発生している結果といえる。しかしながらほとんどの家庭のメータ手前（一次側）の止水栓が閉栓されており、常時漏水しているわけではないことも確認している。

表 4.3-6 水道メータの検針調査 (Moloto RDP)

No	項目	世帯数	%
1.	メータ検針世帯数	121/500	
2.	プラス方向に稼働したもの	85/121	70.2
3.	マイナス方向に稼働しているもの	36/121	29.7
4.	1000 リットル/日 以上のメータ件数	16/85	18.8
5.	最も数値の高い 1 件を除いた使用水量の 平均値	1,294L/D	
6.	一人当たり平均使用水量÷3.8（人）	340L/D	

メータ検針の結果は表 4.3-6 のようであった。今回のパイロットエリアではメータが逆転している結果が 121 件中 36 件と約 30% 見受けられた。この原因としてはメータがすべてデジタル式でない回転針式であったため正確な読み取りが難しかったこと、それに対する検針員の教育が不十分であったことがあげられる。

4.4 社会経済調査**4.4.1 調査の目的**

調査対象地域における世帯レベルでの社会経済状況と水利用実態の基礎情報の収集、水利用および水道事業に対する住民意識を把握することで、ウェスタンハイベルド地域における給水サー

ビス改善のために各収集情報を有効活用する。具体的には、住民の生活水準、需要予測、給水原単位、水道料金などの妥当性の検証、またサービス改善のための提言を行うに当たって有益な指標となる。

4.4.2 調査の方法

調査の方法は、質問表を用いた聞き取りによる世帯調査である。

調査地区の選定に当たっては、無収水調査との整合性を優先し、同調査を実施した若しくは実施予定の3コミュニティ内の特定区域を社会経済調査の対象地区とした。表 4.4-1 にコミュニティ名、サンプル数、調査日程をまとめる。

表 4.4-1 調査の対象地区、サンプル数、日程

	コミュニティ名	LM	サンプル数	調査日程	備考
1	Siyabuswa-B	Dr JS Moroka	99	2011/4/09-11	無収水調査実施済
2	Tweefontein-K	Thembisile Hani	108	2011/4/12-14	同上
3	Moloto	同上	100	2011/4/15-17	無収水調査未実施

4.4.3 調査の内容および結果

調査の内容は、以下の主項目から構成される。

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1) 世帯主、家族構成および居住水準 | 5) 顧客満足度 |
| 2) 世帯収入・支出 | 6) 住民理解、受益者負担および支払い意思 |
| 3) 水利用パターン | 7) 衛生設備 |
| 4) 水道料金支払い | |

1) 世帯主、家族構成および居住水準

a) 世帯主と家族構成

Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Moloto の各地区における平均世帯人数は、それぞれ「4.3 人、4.3 人、4.6 人」であった（表 4.4-2 参照）。

表 4.4-2 世帯主と家族構成

	コミュニティ名	世帯主 (%)		平均年齢	成人 ^{*1} (%)		未成年 (%)			平均世帯人数 (人)
		男	女		男	女	男	女	乳幼児	
1	Siyabuswa-B	54.5	45.5	50.9	26.5	31.2	13.0	13.5	15.8	4.3
2	Tweefontein-K	67.0	33.0	47.2	31.8	29.9	11.0	17.3	10.0	4.3
3	Moloto	55.1	44.9	50.2	27.8	34.8	12.4	9.6	15.4	4.6

*1 : 18 才以上

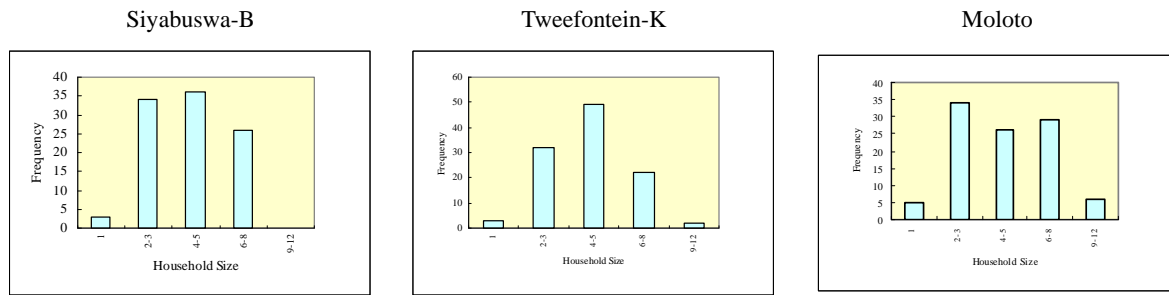


図 4.4-1 世帯人数の度数分布

考察：近年実施された Community Survey 2007 では、調査地区が位置する Dr. JS Moroka と Thembisile Hani の両 LM における平均世帯人数がそれぞれ「4.3、4.2」であり、Moloto のそれが若干高いものの乖離がなく妥当であると判断できる。

b) 住居保有形態と住宅主要資材

住居の保有形態は、3 地区に共通して調査世帯の大部分が「持ち家」であるが、主要資材において、Siyabuswa-B、Tweefontein-K では全調査住宅が組積構造である一方、Moloto ではトタン構造も見受けられる（表 4.4-3 参照）。

表 4.4-3 居住保有形態と住宅主要資材

	コミュニティ名	住居保有形態 (%)			住宅主要資材 (%)		
		持ち家	借家	その他	レンガ/ブロック	トタン	併用
1	Siyabuswa-B	94.9	4.1	1.0	100	0	0
2	Tweefontein-K	94.4	4.7	0.9	100	0	0
3	Moloto	98.0	1.0	1.0	69.7	22.2	8.1

考察：Moloto には相対的に低所得層（表 4.4-6 参照）が多いことが、住宅主要資材の違いの要因であると想定される。

c) 生活設備と公共基礎サービス（給水除く）

3 地区に共通して調査世帯の大部分が「衛生施設（トイレ）、電気、TV、冷蔵庫」を備えている。一方で、プロパンガス、車両、洗濯機などの保有比率は各地区によって相違がある（表 4.4-4 参照）。

表 4.4-4 生活設備と公共基礎サービス

	コミュニティ名	生活設備、公共基礎サービス ^{*1} (%)									
		貯水槽	トイレ	受電	発電機	電話	プロパンガス	車両	TV	冷蔵庫	洗濯機
1	Siyabuswa-B	1.0	100.0	100.0	0.0	4.0	9.1	33.3	92.9	96.0	44.4
2	Tweefontein-K	0.0	97.2	99.1	2.8	4.6	45.4	63.0	98.1	98.1	74.1
3	Moloto	15.2	87.9	93.9	3.0	0.0	4.0	25.3	94.9	90.9	34.3

*1：複数回答

考察：プロパンガス、車両、洗濯機などの保有比率について、平均世帯収入（4.4.6 の 2）参照）に比例してその比率が高くなっている。

2) 世帯収入・支出

a) 就労率と所得源

表 4.4-5 に示すように、Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Moloto の各地区における就労率*1 はそれぞれ「24.4%、45.7%、31.7%」である。一方で、世帯就労率*2 はそれぞれ「60.6%、95.4%、70.0%」であり、裏返せば、就労者が一人もいない世帯がそれぞれ「39.4%、4.6%、30.0%」となる。

また、労働、非労働に関係なく所得を得ている世帯の所得源は、労働所得である賃金（雇用）と自営、非労働所得である政府補助金（年金、児童手当）と送金のうち、「賃金」もしくは「自営」と「補助金」が主となっている。とくに、Siyabuswa-B と Moloto では、「21.2%、19.0%」の世帯が、所得源が非労働所得のみと回答している。

表 4.4-5 就労率と所得源

	コミュニティ名	就労率 (%)		所得保有世帯の所得源*3 (%)				非労働所得のみ 世帯 (%)
		人数*1	世帯*2	賃金	自営	補助金	送金	
1	Siyabuswa-B	24.4	60.6	54.5	8.1	34.3	7.1	21.2
2	Tweefontein-K	45.7	95.4	81.5	20.4	14.8	0.0	2.8
3	Moloto	31.7	70.0	65.0	9.0	49.0	3.0	19.0

*1：調査世帯における生産年齢人口（15～64歳）に占める就労人口の割合

*2：調査世帯数に占める就労世帯数（就労者を1人以上有する世帯）の割合

*3：複数回答

考察：本調査で得られた世帯構成は成人人口（18歳以上）と未成人の区分となっているため、就労率の算出に必要な生産年齢人口（15～64歳）を「CIA World Fact Book」による南ア国の生産年齢人口比「65.8%」（2011年推計）を用いて推定した。仮に生産年齢人口ではなく本調査で得られた成人人口を分母にした場合の成人就労率は、それぞれ「27.9%、48.8%、33.3%」となった。また参考までに、国際通貨基金（IMF）の「World Economic Outlook October 2010」によると、2011年の南ア国全体の予想失業率は「24.4%」である。このことから、調査地区における低い就労率と、限られた就労家族に収入を依存している実態が伺える。

b) 平均月世帯収入額（所得保有世帯に限定）

Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Moloto の各地区における所得保有世帯に限定した平均月世帯収入額は、労働所得と非労働所得に分けて算出した結果、それぞれ「ZAR5,110、ZAR8,132、ZAR3,513」である（表 4.4-6 参照）。これらの平均月世帯収入額に占める非労働所得の割合は、各地区で「17.8%、6.9%、23.1%」である。参考までに、限定せずに全調査世帯で除した平均世帯収入額は、それぞれ「ZAR2,904、ZAR7,303、ZAR2,296」である。また、図 4.4-2 に所得額の度数分布を示す。

表 4.4.6 平均月世帯収入額（所得保有世帯かつ有効回答に限定）

	コミュニティ名	平均世帯収入 (ZAR/月)			平均世帯支出*3 (ZAR/月)	非労働所得の割合 (%)	
		労働*1	非労働*2	計		対収入計	対支出計*3
1	Siyabuswa-B	4,199	911	5,110	3,358	17.8	27.1
2	Tweefontein-K	7,570	561	8,132	5,507	6.9	10.2
3	Moloto	2,701	812	3,513	2,645	23.1	30.7

*1：労働所得：賃金および自営による所得

*2：非労働所得：主に年金（ZAR1,060）、児童手当（ZAR260）から成る政府補助金と送金

*3：収入に係る情報取得が困難なため、参考値として支出計と対支出計の割合を記載。支出の詳細は次項参照

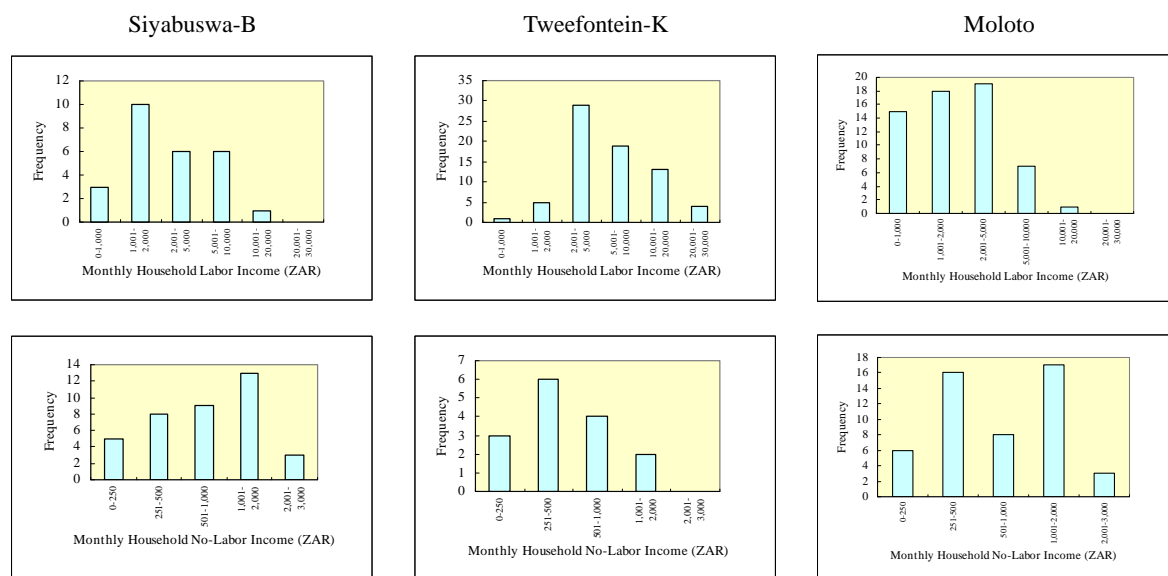


図 4.2 所得保有世帯の労働所得額（上段）と非労働所得額（下段）の度数分布

考察：金銭に関わる収入額について、正確な情報取得が困難なことに加え、有効標本数が各地区のそれぞれで労働所得「26、71、60」、非労働所得「38、15、50」と必ずしも十分な標本を得られていないため、後述の世帯支出と比較しつつ参考値として扱う。次項に記述のとおり支出額も得ているが、支出額に占める非労働所得の割合は、各地区で「27.1%、10.2%、30.7%」である。

参考までに、国際通貨基金（IMF）の「World Economic Outlook October 2010」によると、2011年の「南ア」国全体の2010年の一人あたり予想名目GDPは「US\$7,101」であり、為替レートUS\$1=ZAR6.6を適用した一人あたりの月額は「ZAR3,900」となる。

c) 平均月世帯支出額

Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Molotoの各地区における平均月世帯支出額は、「ZAR3,358、ZAR5,507、ZAR2,645」である（表 4.4-7 参照）。

表 4.4-7 平均月世帯支出額

	コミュニティ名	平均世帯支出（上段：ZAR、下段：%）										
		水	電気	燃料	衣服	食料	交通費	通信	医療	教育	車両	計
1	Siyabuswa-B	162	193	76	678	673	414	134	417	612	0	3,358
		4.8	5.7	2.3	20.2	20.0	12.3	4.0	12.4	18.2	0.0	100.0
2	Tweefontein-K	224	290	90	826	898	555	221	805	651	946	5,507
		4.1	5.3	1.6	15.0	16.3	10.1	4.0	14.6	11.8	17.2	100.0
3	Moloto	0	156	66	591	679	419	104	276	354	0	2,645
		0.0	5.9	2.5	22.3	25.7	15.8	3.9	10.4	13.4	0.0	100.0

考察：各支出項目の得られた標本の平均値を合計して平均月世帯支出額を算出しているため、標本が元々限定されている若しくは有効な標本数を得られなかった「家具、住居、ローン」と、Siyabuswa および Moloto の「車両」の支出は除外した。

水に対する支出は、水道料金支払いを行っている有効回答世帯の平均値であるが、支出合計の

「4%以上」である。

d) 世帯貯蓄

Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Moloto の各地区における世帯貯蓄は、「34.7%、64.4%、22.4%」の世帯が貯蓄していると回答した（表 4.4-8 参照）。

表 4.4-8 世帯貯蓄の有無

	コミュニティ名	世帯貯蓄 (%)	
		Yes	No
1	Siyabuswa-B	34.7%	65.3%
2	Tweefontein-K	64.4%	35.6%
3	Moloto	22.4%	77.6%

3) 水利用パターン

a) 飲料水

3 地区に共通して調査世帯の大部分が「水道」を飲料水として利用している（表 4.4-9 参照）。

表 4.4-9 飲料水の調達手段

	コミュニティ名	飲料水源タイプ*1 (%)					
		各戸*2	給水車	雨水	公共水栓	隣人	その他
1	Siyabuswa-B	98.9	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0
2	Tweefontein-K	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Moloto	92.8	1.0	0.0	1.0	5.2	1.0

*1: 複数回答

*2: 宅内もしくは庭先への各戸接続

b) サービス・レベルと単位水使用量（給水原単位）

サービス・レベル（水道各戸接続形態）は、3 地区に共通して調査世帯の大部分が「屋内配管」もしくは「庭先水栓」である。

これらの各戸接続を介して、各調査世帯の水使用量（飲料・調理、洗濯、入浴、排泄の各用途の使用水量の積上げ値）を世帯人数で除したものを平均した単位水使用量は、Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Moloto の各地区で「116.9LCD、160.0LCD、76.0LCD」である（表 4.4-10 参照）。

また、家庭菜園・園芸に水道水を使用している世帯の割合は Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Moloto の各地区で「57.1%、26.2%、10.0%」であり、それらの世帯当たりの平均水使用量は「248.1Lit/日、197.2Lit/日、192.1Lit/日」である。

表 4.4-10 サービス・レベルと単位水使用量

	コミュニティ名	サービス・レベル*1 (%)			水使用量 (LCD)	菜園・園芸用水使用量	
		屋内配管	庭先水栓	共有		世帯 (%)	水量 (L/D)
1	Siyabuswa-B	43.8	62.9	2.2	116.9	57.1	248.1
2	Tweefontein-K	96.2	24.0	0.0	160.0	26.2	197.2
3	Moloto	16.1	88.2	2.2	76.0	10.0	192.1

*1: 複数回答

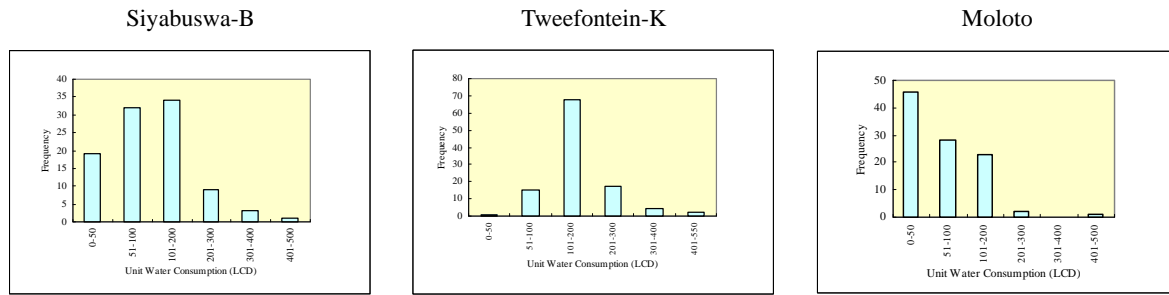


図 4.4-3 単位水使用量の度数分布

考察：ここで得られたサービス・レベルと単位水使用量は、生活設備の普及、世帯の経済状況（収入）と併せてお互いが比例関係にあることが分かる。また、Moloto の単位水使用量の相対的低さは、Thembisile Hani LM の西端に位置する末端配水であり、不定期な断水による不十分な給水量が要因として挙げられる。

参考として、「南ア」国憲法が定めている最低限の水供給は「25LCD」と定めているが、「Western Highveld Region Water Augmentation Pre-feasibility Study, Feb. 2005」報告書で算出された給水区域別の平均単位供給水量（無収水含む）との比較検討を表 4.4-11 に示す。合計値から判断すると無効水量は約 40%と類推できる。

表 4.4-11 単位供給水量と単位水使用量の比較

給水区域名または コミュニティ名	平均単位供給水量（無収水含む）	平均単位水使用量
	(LCD)	(LCD)
Northern SS	152.8	-
Waklraal SSS	172.3	-
1 Siyabuswa-B	-	116.9
Bloedfontein SSS	80.4	-
Kameelrivier SSS	162.3	-
Weltevreden / Kuilen SSS	275.6	-
Southern SS	180.2	-
2 Tweefontein-K	-	160.0
3 Moloto	-	76.0
Total	162.7	117.6

c) 水道メータと漏水・浪費

水道メータを設置している世帯の割合は、Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Moloto の各地区で「96.9%、74.3%、76.6%」であり、それらの設置された水道メータは Moloto を除いた 2 地区では大部分が問題なく作動している（表 4.4-12 参照）。

各世帯の庭先を含む宅内配管およびトイレからの漏水・浪費について、各地区で「36.5%、22.8%、10.8%」の世帯が、その存在の認識があると回答した。

表 4.4-12 水道メータと漏水・浪費

コミュニティ名	水道メータ (%)		水道メータ機能 (%)		漏水・浪費有無	
	有り	無し	Yes	No	Yes	No

1	Siyabuswa-B	96.9	3.1	95.8	4.2	36.5	63.5
2	Tweefontein-K	74.3	25.7	96.1	3.9	22.8	77.2
3	Moloto	76.6	23.4	25.0	75.0	10.8	89.2

考察：本調査では、水道メータ機能は目視されていないため、実態との整合性は不明である。また、漏水・浪費について、「南ア」国では一般的に節水意識が低い傾向があるため、同様に実態との整合性に疑問が残る。

また、漏水・浪費について、回答者に正しい認識があったのかどうか不明である。

4) 水道料金支払い

Siyabuswa-B では、調査世帯の大部分が水道料金請求されているものの、調査世帯の「42.3%」が支払いを行っている」と回答した。支払っている世帯の平均水道料金支払い月額「ZAR161」であった（表 4.4-13 参照）。

Tweefontein-K では、調査世帯の「38.8%」が水道料金請求され、調査世帯の「35.7%」が支払いを行っている」と回答した。支払っている世帯の平均水道料金支払い月額「ZAR217」であった。

Moloto では、調査世帯の大部分が水道料金請求されておらず、支払いもほとんど行われていない。

被請求世帯の水道料金に対する印象は、料金徴収がほぼ皆無である Moloto を除く 2 地区では、すべての世帯が必ずしも高価とは捉えていない。

表 4.4-13 水道料金支払い

	コミュニティ名	被請求 (%)		支払い (%)		平均支払額*1 (ZAR/月)	水道料金に対する印象 (%) *2			
		有り	無し	Yes	No		安価	妥当	高価	N/A
1	Siyabuswa-B	86.6	13.4	42.3	57.7	161	18.0	36.0	28.0	18.0
2	Tweefontein-K	38.8	61.2	35.7	64.3	217	2.9	71.4	20.0	5.7
3	Moloto	2.1	97.9	1.1	98.9	-	0.0	0.0	0.0	100.0

*1：支払いをしていると答えた世帯。ここで水道料金に限定した質問をした結果、4.3.6 の 2) の世帯支出における水に対する支出との違いが生じたが、概ね同等額である。

*2：被請求世帯の一部

5) 顧客満足

a) 水道サービスに対する顧客満足度

Siyabuswa-B および Tweefontein-K では概ね高い満足度である結果が得られた一方、Moloto では「27.6%」と相対的に低い満足度となった（表 4.4-14 参照）。これは、同コミュニティの配水槽へのバルク送水管の損傷による給水時間制限が原因で、不定期的な給水しか行われていない現実を反映している。さらに、LM の担当者によると同コミュニティは従来から給水が不安定であることが指摘されている。

表 4.4-14 水道サービスに対する顧客満足度

	コミュニティ名	顧客満足度 (%)	
		Yes	No
1	Siyabuswa-B	87.4	12.6
2	Twefontein-K	90.2	9.8
3	Moloto	27.6	72.4

b) 水道サービスに対する不満足理由

現状の水道サービスに満足しない理由として、満足度の低い Moloto では主理由として断水と低サービスを挙げ、ほかにも低水圧、低流量、味、臭い、色などを理由としている (表 4.4-15 参照)。

満足度の高かった他の 2 地区でも、一部の不満足と回答した世帯は、味、臭い、色、高水価、低サービスなどをその理由として挙げている。

表 4.4-15 水道サービスに対する不満足理由

	コミュニティ名	不満足理由*1 (%)									
		低水圧	低流量	不定配水	漏水	断水	味	臭い	色	高水価	低サービス
1	Siyabuswa-B	0.0	0.0	8.3	8.3	8.3	41.7	33.3	50.0	25.0	58.3
2	Twefontein-K	10.0	0.0	10.0	0.0	0.0	10.0	10.0	30.0	0.0	70.0
3	Moloto	21.9	39.1	10.9	1.6	64.1	32.8	21.9	21.9	0.0	59.4

*1 : 複数回答

6) 住民理解、受益者負担および支払い意思

a) 給水サービスに対する住民理解

水道事業者 (Water Service Provider) としての各 LM に対する認識について、Siyabuswa-B、Twefontein-K、Moloto の各地区で調査世帯の「50.5%、65.7%、31.0%」が正しく認識している (表 4.4-16 参照)。

水道水の浄水場の認知度について、Siyabuswa-B、Twefontein-K、Moloto の各地区で調査世帯の「31.3%、36.1%、20.0%」が正しく認知している。

基礎飲料水無料化政策 (Free Basic Water) に対する認識について、Siyabuswa-B、Twefontein-K、Moloto の各地区で調査世帯の「13.1%、19.4%、25.0%」が知っていると回答し、またその仕組みについて調査世帯の「9.1%、11.7%、6.0%」が正しく認識している。

表 4.4-16 給水サービスに対する住民理解

	コミュニティ名	水道事業者 (%)		浄水場 (%)		FBW (%)		FBW 仕組み (%)	
		Correct	False	Correct	False	Yes	No	Correct	False
1	Siyabuswa-B	50.5	49.5	31.3	68.7	13.1	86.9	9.1	90.9
2	Twefontein-K	65.7	34.3	36.1	63.9	19.4	80.6	11.7	88.3
3	Moloto	31.0	69.0	20.0	80.0	25.0	75.0	6.0	94.0

考察：水消費者の身近にある水道事業者としての LM に対する認識は必ずしも十分ではなく、日常生活に直結していないとは言え水処理を行い水道料金にも反映する浄水場に対する認識も同様である (Siyabuswa-B に限っては、浄水場の至近に位置する)。さらに、10 年近く前から国家政

策として導入された基礎飲料水無料化政策およびその仕組みに至っては、3 地区すべてにおいて認知されていないと言える。

b) 公共サービス受益者負担と水道料金支払い意思

公共サービス受益者負担の原則について、Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Moloto の各地区で調査世帯の「69.2%、71.9%、40.4%」が賛同している（表 4.9-17 参照）。

水道料金の支払い意思（WTP）について、Siyabuswa-B、Tweefontein-K、Moloto の各地区で調査世帯の「83.2%、88.4%、59.2%」が、支払い意思がある。

表 4.4-17 公共サービス受益者負担と水道料金支払い意思

	コミュニティ名	受益者負担原則 (%)		水道料金支払い意思 WTP (%)	
		賛同	反対	有り	無し
1	Siyabuswa-B	69.2	30.8	83.2	16.8
2	Tweefontein-K	71.9	28.1	88.4	11.6
3	Moloto	40.4	59.6	59.2	40.8

考察：記述の「4) 水道料金支払い」で得られた水道料金支払いの実態は別として、受益者負担の原則、水道料金支払い意思ともに高い意識があると判断できる。ただし、Moloto における相対的に低い意識は、現状の不十分な給水サービスが理由であると想定される。

しかしながら、実際に積極的もしくは強制的な料金徴収を実施するに際しては、安定的で持続的な且つ均衡なサービスが行き届かないと住民意識が後退する可能性は否定できない。したがって、給水事業の技術面かつ運営維持管理面での最適化と刷新、水需要管理、無収水対策、住民への啓発活動など多角的かつ抜本的な取り組みが必須である。

7) 衛生施設

a) 衛生施設種類

Siyabuswa-B および Tweefontein-K では屋内もしくは屋外の水洗トイレが利用されている一方、Moloto では標準ピットもしくは改良型ピット（VIP）のトイレが主流であり、一部の世帯でトイレを共用している（表 4.4-18 参照）。

表 4.4-18 衛生施設種類

	コミュニティ名	衛生施設種類*1 (%)					
		トイレ無	屋内水洗	屋外水洗	VIP	標準ピット	共用
1	Siyabuswa-B	0.0	51.5	65.7	0.0	0.0	0.0
2	Tweefontein-K	0.0	95.3	6.6	0.0	0.0	0.0
3	Moloto	1.0	5.1	2.0	34.3	47.5	15.2

*1：複数回答

b) 衛生施設の問題意識

Siyabuswa-B では、調査世帯の「73.7%」が衛生施設に問題ないと回答した一方で、「19.2%」がトイレにおける漏水・無駄水を問題として挙げた（表 4.4-19 参照）。

Twefontein-K では、調査世帯の大部分が衛生施設に問題ないと回答した。

Moloto では、調査世帯の「34.0%」が衛生施設に問題ないと回答した一方で、他の 2 地区の異なりピット型のトイレが多いことから、「虫、臭い」などを問題として挙げた。

表 4.4-19 衛生施設の問題意識

	コミュニティ名	衛生施設の問題 ^{*1} (%)						
		問題無し	水無し	虫	臭い	目詰まり	満杯	漏水・無駄水
1	Siyabuswa-B	73.7	1.0	0.0	0.0	6.1	0.0	19.2
2	Twefontein-K	95.2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.9
3	Moloto	34.0	2.1	34.0	44.3	0.0	6.2	1.0

*1：複数回答

第5章 消費者管理

5.1 水需要管理

「Western Highveld Scheme Technical Feasibility Report」によると、ウェスタンハイベルド地域の2010年の需要水量を96,194m³/日と想定している。それに対し、現況の供給水量は130,000 m³/日で約33,000 m³/日上回っている。

DWAでは、給水形態別に給水原単位を次のとおり設定している。各戸（宅内）接続、各戸（庭先）接続、公共水栓の給水原単位はそれぞれ120、60、25リットル/人/日となっている。これを現在の給水形態別の給水人口から単純に加重平均すると、給水原単位の平均値は約55リットル/人/日となる。これに対し、供給水量を給水人口で除した一人当たりの供給水量は、167リットル/人/日となり、約110リットル/人/日の水が過剰に供給されていることになる。表5.1-1に供給水量と一人一日あたりの使用水量（試算値）を示す。本表は、DWAの基準値に基づき、仮に約60リットル/人/日が必要とされる水量だとすると、不明水¹の水量率は60%を超えることを指している。

不明水量の主な原因として、以下の問題があげられる。

- 送配水管路からの漏水による消失
- 宅内給水設備（トイレ、台所）からの漏水による消失

今回のパイロット調査では、ウェスタンハイベルド上水道システムの総延長（683km）の約5%（約3.5km）に限っていうと、漏水は10%程度あるいはそれ未満という結果がでた。その一方、各LMによる情報によると、管路の漏水率が30～40%あるいは50%～60%という見方がある。時間制限給水も慢性的に行なわれている実態から判断すると、多量の漏水による供給量不足は否めない。従って、ウェスタンハイベルド上水道区域では、パイロット調査結果を踏まえると、局所的に漏水が多発している可能性も高く、既存管路の竣工年度や材質などから判断し体系的に漏水調査を実施していくことが今後の課題である。

一方、パイロット調査区域でも確認されたように宅内のトイレなどの給水設備からの漏水が発生し、多量の水が消失してしまっている可能性も高い。

このように実際必要とされている水量に比べ、現行の供給水量は極めて高い。送配水管路や宅内設備の漏水箇所を補修すれば、供給水量全体を削減することが可能である。従って、新たな水源開発は漏水等の無駄な水（不明水）の解消後の課題と考える。

¹ 不明水：送配水管路からだけの漏水だけではなく、宅内あるいは宅地内で発生する漏水も含むので、無収水とは区別し不明水とした。ちなみに、宅内の漏水は有効水と定義される。

表 5.1-1 供給水量と 1 人 1 日あたりの使用水量 (試算値)

項目		データ
給水人口 ^{*1}		777,600
現在の供給水量 (m ³ /日)		130,000
一人一日あたり使用水量 (試算) (リットル/人/日)	不明水率 0%	167
	不明水率 25%	125
	不明水率 40%	100
	不明水率 50%	84
	不明水率 60%	67
一人一日あたり平均使用水量 (参考) ^{*2}		55

Note: *1 各戸接続、ヤード接続、公共水栓による給水人口。

*2 DWA の設計基準に基づき算定した平均的な使用水量の想定値。

出所: 「Service Delivery from the Western Highveld Scheme: Institutional Reform (IR) for Optimal Institutional Arrangements」及び調査団算定

上述した漏水等を含む不明水の削減も水需要管理の一つとして位置づけられる。水不足解消するために、需要水量を抑制することは非常に重要である。

5.2 フリーベシックウォーターとプリペイドメータ

2000年に罹患者十万人を超えるコレラの大発生が起こった際、与党のアフリカ国民会議(ANC)は翌年の地方議会選挙に向けた公約としてフリーベシックウォーター(FBW)を唱えた。これは、一世帯当たり毎月6m³(6,000リットル)の給水を無料にする、すなわち5人世帯であれば一人一日当たり40リットル、8人世帯であれば一人一日当たり25リットルを無料にするという約束であった。DWAは翌年これを織り込んだ新しい水料金表のガイドラインを示したが、水料金表は地方自治体議会(Local Municipal Council)が決定する事項であることから、すべての地方自治体が直ちに従ったわけではなく、この政策は徐々に各地に浸透していったに過ぎない。

対象地域においては特にFBWを唱えてはいないものの、貧困層に一定量(10m³/月までの例あり)を無料にするもの、水料金を一切徴収しないもの、富裕層、企業、公的機関などに限って課金しているものなど実施状況は様々である。また、メータ検針体制に関して、自治体の条例、組織及び人員の(半ば意図的な)不備があって、後述するように特に豊かではない顧客の検針を故意に怠っているのではないかとも見られる状況がある。

プリペイドメータは各月6m³を超えて追加水料金の支払いがないと自動的に給水を停止する装置である。この装置を始めて南アに導入したのは、2000年から5年間ヨハネスブルクの給水マネジメントに当たっていたフランスのスエズ社が率いる民間共同企業体であった。装置の導入は旧黒人居住区(Township)ソウェトなど貧困地区から始められ、料金徴収率の悪い貧困地区に拡大していった。ヨハネスブルクでは、2005年に民間給水マネジメント契約を中止した後も、市が設立した給水公社がこの装置を設置し続けた。これに対しソウェトに隣接する貧困地区ピリを中心とした反対運動が発生し、ピリの住民代表対ヨハネスブルク市の憲法訴訟に持ち込まれた。2008年、憲法訴訟を担当する高裁はこのプリペイドメータが憲法違反であるとし、一世帯当たりではなく一人一日当たり50リットルのプリペイドメータもしくは通常の後払い式メータを設置すべきであるとした。しかし、ヨハネスブルク市は憲法(最高)裁判所に上告して高裁判決を覆し、合憲であるとの憲法裁判決を得た。

その後もヨハネスブルク給水公社はプリペイドメータ普及を進めると共に大きな漏水源となっていた屋内配管、特にトイレの故障も公社の負担で修理した。公社の説明によると、漏水は大幅に減少し屋内配管修理のコストを回収したのみならず、料金有収率が向上したとのことである。

5.3 水道メータの普及、検針と課金

対象地域においては2004年頃からDWAの奨励と資金補助により水道メータの設置が進んだ。それぞれの自治体の実力・状況によってメータの設置状況、運用つまり検針と課金状況は異なる。

5.3.1 Kungwini Local Municipality (現 Tshwane Metropolitan Municipality)

このLMではメータは100%設置されている。同LMの一部Ekangala地区がウェスタンハイベルド(旧クワンデベレ)地域に属するが、そこではメータの20~30%が機能していない。検針は毎月実施され、これに基づく課金が行われているが、課金総額に対する集金率は5%に満たない。未納者対策つまり督促や給水停止は実施されていない。

5.3.2 Thembisile Hani Local Municipality

ここではヤードコネクション²のおよそ半数にはメータが設置されているが、これに対する検針は行われておらず、従って従量制の課金も実施されていなかった。また、一部の新規開発住宅地区には全戸にメータを設置している。これら一部の地区では一般の顧客にメータを設置して従量制の課金を開始したが、メータの故障(意図的破壊)が相次いでいる模様である。現状の集金/課金率は3%前後であるが、なんらの未納者対策も行われていない。

5.3.3 Dr JS Moroka Local Municipality

このLMでは、下水道の普及している一部地区にメータを設置している。課金に対する集金率が低いかかわらず、未納者・未納額(累計)データは作成していないが、その整備が進めばメータ設置・検針・従量制課金の実施を始めると言っている。基本的に、メータ設置とデータベース構築の基礎資料が不足しており、検針に基づく課金の実施には難航が予想される。

5.3.4 Sekhukhune District Municipality

ここでも水洗トイレ普及村落単位で少数のメータが設置されている。しかし、圧倒的な未納者の未納額データは未整備であるため課金したことはない。データの整備が済み次第、検針・課金業務を実施すると言っている。これが開始できれば未納村落に、村落単位の給水制限も実施できると説明している。

5.4 水料金(表)

Dr JS Moroka LMの現行料金表(Tariff table)を入手したので表5.4-1に示す。逦増料金体系が取られており、需用者を5つのカテゴリーに分け、うち3つは一般住民を貧困の程度に応じて分類している。それぞれのカテゴリーの逦増度を示す曲線を図5.4-1に示す。

²共同住宅(一部は長屋式)の共同の敷地に共用水栓を設置したもの。各戸の住民は容器を携えて水を汲みに行く要があり、通常の水洗式トイレが使えないところから水消費量は少ないものと見られている。

表 5.4-1 WATER Tariff Table - Dr. JS Moroka

Business and Government Departments	Non-profit organizations, Schools, Crèches & Churches	Residential	Destitute Indigent	Indigent
R36.23 basic charge	R24.16 basic charge	R12.68 basic charge	Nil basic charge	Nil basic charge
R3.57 per m ³	0 - 10 m ³ = R1.69	0-10 m ³ = R1.69	0-10 m ³ = free	0-6 m ³ = free 7-10 m ³ = R1.69
	11 - 20 m ³ = R2.00	11 - 20 m ³ = R2.00	11 - 20 m ³ = R2.00	11 - 20 m ³ = R1.75
	21 - 30 m ³ = R2.11	21 - 30 m ³ = R2.11	21 - 30 m ³ = R2.11	21 - 30 m ³ = R2.11
	31 - 40 m ³ = R2.24	31 - 40 m ³ = R2.24	31 - 40 m ³ = R2.24	31 - 40 m ³ = R2.24
	40 m ³ += R2.29	40 m ³ += R2.29	40 m ³ += R2.29	40 m ³ += R2.29
Flat Rate Tariff (not metered) R54.70 per month	Flat Rate Tariff (not metered) R47.88 per month	Flat Rate Tariff (not metered) R19.37 per month	Flat Rate Tariff (not metered) R0.00 per month	Flat Rate Tariff (not metered) R18.23 per month
Availability Charge (not connected) R23.93 per month	Availability Charge (not connected) R23.93 per month	Availability Charge (not connected) R23.93 per month	Availability Charge (not connected) R23.93 per month	Availability Charge (not connected) R23.93 per month
Water Tankering R96.86 per tanker within 10km radius plus R5.70 per km for distances more than 10 km	Water Tankering R96.86 per tanker within 10km radius plus R5.70 per km for distances more than 10 km	Water Tankering R96.86 per tanker within 10km radius plus R5.70 per km for distances more than 10 km	Water Tankering R96.86 per tanker within 10km radius plus R5.70 per km for distances more than 10 km	Water Tankering R96.86 per tanker within 10km radius plus R5.70 per km for distances more than 10 km

Water connection:

Business and Government Departments: R 542.00

Non profit organization, schools, crèches, and churches: R 342.00

Residential: R 57.00

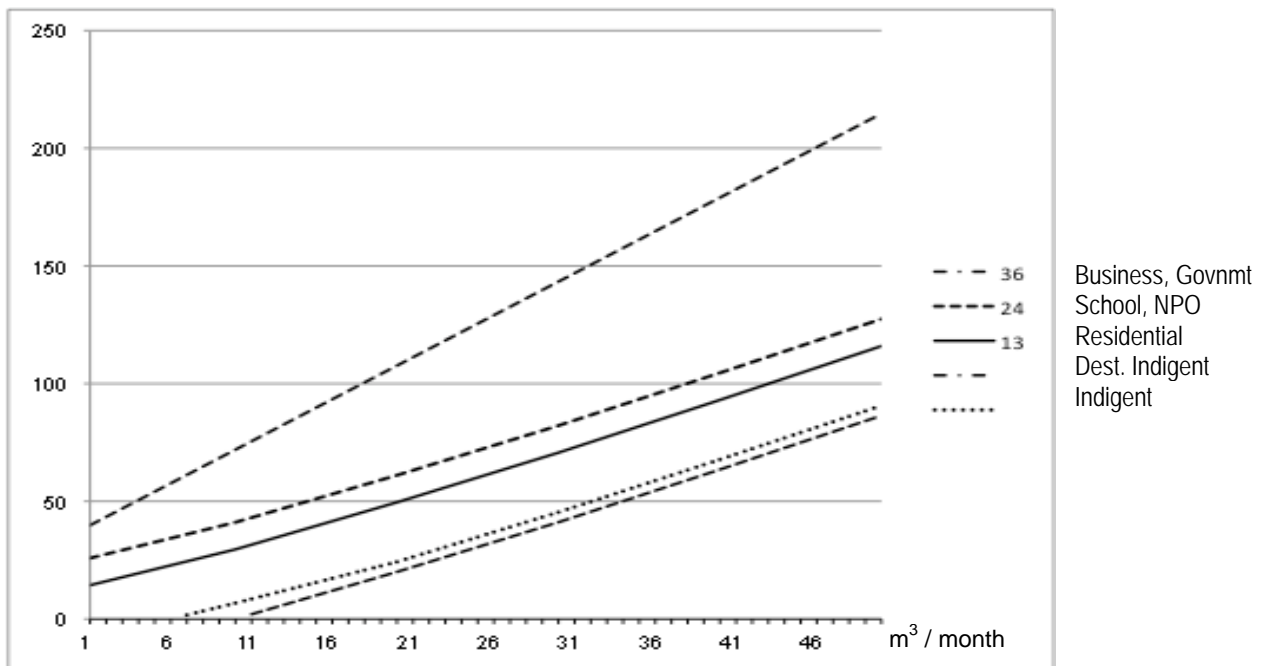


図 5.4-1 水使用量と料金通増の曲線

対象地域の殆どで 90% を超す未納者がある現在、何ら有効な未納者対策は取られていない。この地域の所得レベルは極端に低く、また現行の給水サービスに対する水利用者の理解を得られなければならないため、一般住民からの水料金収入増加を見込むことは難しい。メータ設置・検針・

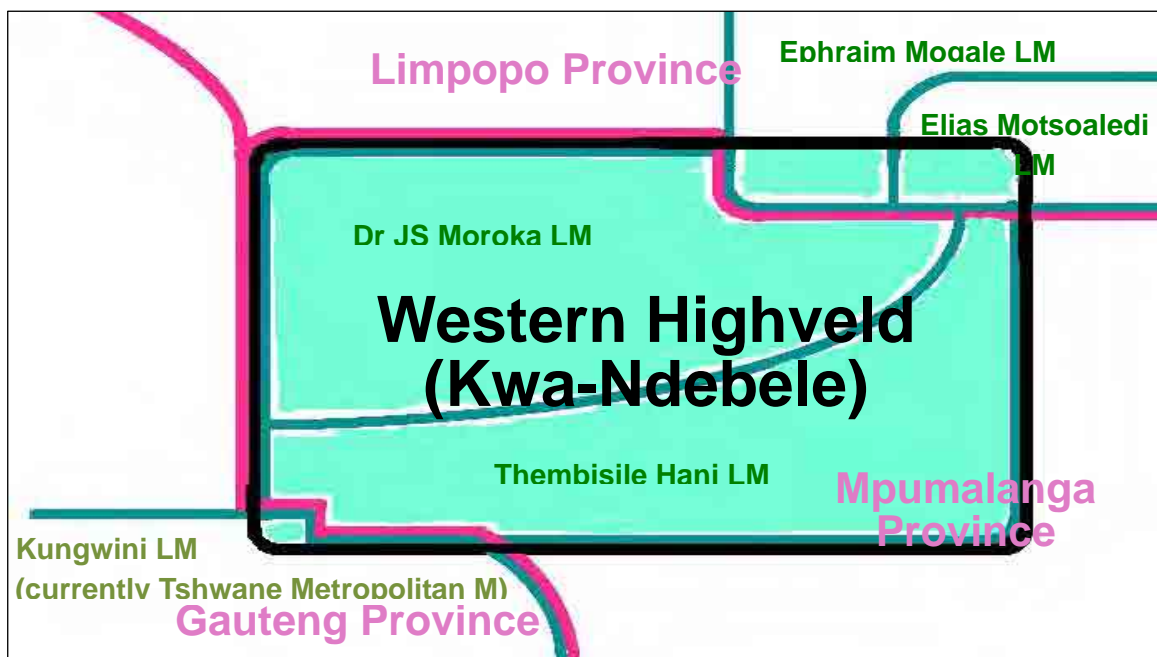
従量制課金を実施しても収入増を図れるわけでは無さそうである。

未納者対策と言われているものの真の目的は、むしろ過剰な水需要者を抑制することではないか、と考えられる。需要を抑制できれば、需要家すべてに等しく必要最小限の配水が可能なのは需給予測からも明らかである。上の図に示されるようななだらかな曲線の通増料金体系ではなく、一定の水量を超えると急勾配となる、むしろ対数曲線に近い料金表の策定も一案となろう。検針に基づく従量制料金制度が定着すれば(社会的に是認されれば)、一般世帯で消費量の多いものは豊かな世帯と言える。ここで通増の曲線を急伸させれば、消費の抑制と同時に所得再分配、水道事業体にとっては課金量の増加という一石二鳥を期待できる。

第6章 組織体制・能力

6.1 対象地域水道事業にかかる歴史と社会経済的背景

本調査対象地域、つまりウェスタンハイベルド地域は「南ア」国の現行地方自治法によって区画・定義された地域、つまり地方自治体の領域ではない。この地域は、1994年までは人種隔離政策のもとクワンデベレ（ンデベレ人の家の意）・ホームランドあるいはバンツースタンと称され、「南ア」国から偽りの分離・独立を強制された地域だった。1994年に始まる民主化政策のもと、このホームランドは法的には存続しないものとされ「南ア」に復帰して、現在は3州（Province）にまたがって作られた5地方自治体（Local Municipality：LM）の全部または一部に分断されてしまった。（もともと3州の辺境でやせた土地が選ばれたと思われる。）



注: 調査地域（旧ホームランド）境界, 自治体(LM)境 及び 州境

図 6.1-1 5自治体に分断されたウェスタンハイベルド地域（旧クワンデベレ）

すなわち、中央部に作られた2自治体の全部はこの地域にあたり、

- Dr. JS Moroka LM および
- Thembisile Hani LM となって Mpumalanga 州に属している。

北部は二つの自治体の一部となって Limpopo 州 Sekhukhune DM に所属することとなった。

- Ephraim Mogale LM の一部、および
- Ellias Motsoaledi LM の一部がこれにあたる。

また、南部は Gauteng 州に属する

- Kungwini LM の一部となった。(この自治体は 2011 年 7 月から Pretoria を含む Tshwane Metropolitan Municipality に編入された。)

従って、ウェスタンハイベルド地域なるものは法的には存在しない。しかし、人種の人口分布は殆ど変わらず、2004 年以降 Black Economic Empowerment (BEE) 政策¹が導入されてのちも、この地域の社会経済的環境は大きく変わっていない。住民の大多数は極小規模の農耕・牧畜に従事するか、大都市へ出稼ぎをするかの選択肢しか無い。

ホームランド時代にはクワンベレ政府が構成させられた。Bronkhorstspuit 浄水場と Weltevreden 浄水場を相互に連結したクワンデベレ水道システムは、この政府によって一体的・統合的に運営されていたが、現在は 3 つの LM と 1 つの DM がそれぞれの所属分を分割することになり、それぞれ別個に管理・運営している。

6.2 組織能力の現状

6.2.1 給水業務は技術(インフラ)部が担当

水・環境省のガイドラインによれば水の（供給・配分）権限は各地方自治体（LM）に委ねられ、各自治体はこの権限に基づき給水業者（Water Service Provider: WSP）を選定、指名、任命あるいは委託できるとなっている。本件調査対象地域の 3 つの LM と一つの DM では自らの上下水道課を WSP として自ら給水業務を実施している。他の事業者に委託している例は無い。この上下水道課は道路課、給電課などと並んで LM (DM) 役所の技術部ないしインフラ部に所属している。収集した組織図や職務分担表によれば、これらの部長や課長はすべて空席であって、次長や代理部・課長が部長職・課長職を代行している。各自治体の組織図において注目すべきは、上下水道課のポストの 30% から 60% が空席であるばかりか、自治体役所全体のポストの過半数が空席である。

前述の BEE 政策のため、何らかの資格を有する、または有能な黒人のニーズは極めて高まった。このため私企業においては好待遇で黒人従業員を募集せざるを得ない。賃金の一物二価が発生し、有能な黒人はより好待遇を求めて転職を繰り返し、黒人の頭脳流出が起きているという。2000 年代当初には各自治体の組織構造がほぼ確定し、全てのポストに相応しい人材が配置されていた。しかし、BEE 政策の実施後、特に技術職の黒人職員は流失した。対象地区ウェスタンハイベルド地域は、行政首都であり大商工業都市でもあるプレトリア（現 Tshwane）および「南ア」最大の都市ヨハネスブルグへの通勤圏にあることから、給与面で限界のある地方自治体役所からの頭脳流出は著しいという。

部長職や課長職につくには資格と経験が必要だが、この地域の自治体が有資格者を雇用することは難しく、例え雇用しても必要な経験年数を積む前に流失してしまうようである。この傾向は特に技術職に著しく、水道課でもエンジニアの資格を有するものは、この地域にはいない。

¹ 1994 年の民主化により被差別人種の基本的な人権は等しく認められた。しかし、経済的格差の是正は容易では無く長期間を要する。この経済格差の是正を早期に達成すべく、学校、公的機関、私企業などの学生や被雇用者のみならず管理者、役員、株主にも一定比率の黒人を採用することを強制する法が成立した。

6.2.2 水道料金徴収は財務部が担当

対象地域においては、水道料金は地方税や廃棄物処理料とならんで自治体財務部の収入（徴税）課が徴収している。収入課には水道メータ検針員を配属しているが、自治体の多くは検針を殆ど実施していないため、人数は対象地区 LM のそれぞれで大幅に異なる。これら検針員は技術（インフラ）部上下水道課との連携はなく、財務部収入課の所属であり、二つの部局は相互に独立している。



図 6.2-1 自治体役所組織の典型例

6.2.3 水道業務は単独の組織で実施されていない、また 公営企業 の概念も無い

水・環境省の度重なる勧告にもかかわらず、対象地域自治体のいずれにおいても、給水業務と水料金徴収業務を一体として行って独立採算を目指す給水事業体は成立していない。それぞれの業務に当たる技術（インフラ）部と財務部は相互に分離・独立している。給水原価を明らかにしようとしても、上下水道課の労務費や資材購入費は技術（インフラ）部の共通経費として計上されており、分離は難しい。財務部収入課の検針員や料金徴収員の人件費についても部・課ごとの人件費・給与は分離されておらず、自治体の人件費総額と各人の基本給表があるのみで、水道事業の人件費は分離できない。

一方、収入面については上下水道料金や廃棄物処理料は、地方税その他諸税及び延滞金利息と共に一括して請求している。請求額または課金額の内訳は示されているが、納付された金額を請求項目のそれぞれに対応させるには複雑な計算を経なければならない。同時に納付率が3ないし7パーセントと低いため、この計算は行われていないようである。従って一括請求額に対する一括納付額の率が、すなわち水道料課金額に対する集金額の比率と考えられている。

水道料金の課金額は示されているが、検針に基づく課金すべき総額と実際に課金した総額との関連は殆どの自治体において明らかではない。FBW 政策への配慮や貧困対策もあって、料金表（Tariff Table）が給水原価を下回るように設定されていると思われる。課金総額に対する集金率（すなわち一括請求額に対する納付額）は自治体により3%から7%の数値が得られたが、水道には全く課金していない Sekhukhune DM の例もある。

対象地域では水料金不払い者に対して供給停止（配水管切断）を行った例は無いという。この地域の給水業務は自治体の行う公共インフラ整備事業と同じものであるとの理解が一般的であっ

て、独立採算や公営企業会計に則った事業（ビジネス）であるべきとの認識が薄いと思われる。水省（DWA）が進めようとしている水道事業会計の分離（Ringfence）が、まさに挑戦すべき対象としなければならない地域である。

6.3 組織体制の問題点

旧ホームランド地区に対する特段に手厚い地方交付金・補助金があるため、給水原価回収はおろか地方税増収のモチベーションも低いようである。Thembisile Hani LMの例（表 6.3-1）では予算上では8割近い補助金を計上し、決算上でも歳入の3分の2を補助金が占めている。

表 6.3-1 Thembisile Hani LM 経常収支（予算・決算）

	Budget 2006/2007		Actual 2006/2007	
		%		%
REVENUE				
Grants and Subsidies	129,199,594	78.7	72,169,069	66.5
Revenues from Tariffs, Service Levies, etc.	33,945,000	20.7	11,457,714	10.6
Interest Earned	725,000	0.4	4,868,806	4.5
Sundry Income	188,500	0.1	19,816,386	18.3
Rentals	45,250	0.0	192,427	0.2
TOTAL INCOME	164,103,344	100.0	108,504,402	100.0
EXPENDITURE				
Salaries and Allowances	35,158,850	22.0	26,659,741	32.3
General Expenditure	54,213,386	34.0	44,189,080	53.6
Repairs and Maintenance	2,492,179	1.6	1,082,536	1.3
Contribution to Fixed Assets	67,678,273	42.4	9,724,983	11.8
Contribution to Provisions	70,931	0.0	775,460	0.9
TOTAL EXPENDITURE	159,613,618	100.0	82,431,800	100.0
NET SURPLUS / (DEFICIT) *	4,489,726	2.7%	26,072,602	24.0%

出所: Thembisile Hani Local Municipality Annual Report, Fiscal Year: July 2006 - June 2007

* Percentage = Net surplus / Total income

旧ホームランド時代は一体的に運用されて来たシステムが分断され、自治体間の協力体制も十分ではない。各自治体単独では予算の制約もあり、資格を有する技術者や経理要員の賃金高騰のため、これらを雇用できない。

各自治体の財務・人的能力の弱さは施設保守面に現れている。保守・修理も問題が大きくなるまで放置されることが多く、定期的・予防的保守は全く行われていない。

納税率と料金徴収率の低さにはなんらかの政治的理由がある模様である。この地域が過去にホームランドであったことと関連があると思われる。旧ホームランド時代には給水を含む諸々の生活インフラ整備を（名目的には）、クワンデベレ政府が担当していたが、水料金や租税の徴収は実質行われてなかった。二つの浄水場の運転・維持経費は南ア共和国が負担していたと考えられる。現在も DWA は国の予算でウェスタンハイベルド上水道システムのリハビリテーション工事を実施しようとしている。現行地方自治法の枠外にある当地域が特殊な取り扱いの対象となる理由は、語られることは無いが確実に存在する。

第7章 資金調達方法

7.1 Municipality の資金負担能力

ウェスタンハイベルド地域の上水道施設の内、老朽化し更新が必要な送水官・配水管の更新費用だけでも、その費用は13億ランド（約140億円）に上る（「10.2. 4 インフラ開発計画事業費」参照）。ウェスタンハイベルド地域は、3つの州（Province）に属する5つのMunicipalityの全部または一部をカバーする地域であるが、その中で、Municipality 全域がウェスタンハイベルド地域に属するのはThembisile Hani LM と Dr JS Moroka LM であり、両LMの人口だけでウェスタンハイベルド地域の人口の約8割を占める。この2つのMunicipalityにつき、Municipality 自らこの水道施設更新費用を生み出す財政余力があるかどうか、を検討する。

Thembisile Hani LM については、2010/7月～2011/6月をカバーする財務報告書のドラフトを入手した（同LMは、2010年に労働争議が3か月続いて公共サービスが止まり、また不適切なマネージメントも指摘されたため、2010年4月に実質的に破産し Mpumalanga 州の管理下に置かれた（South African Government Information ‘Thembisile Hani Local Municipality put under administration’ April 16, 2010））。そのような事情があるためか、Thembisile Hani LM の財務報告書はまだファイナライズされていない。同ドラフトに基づき資金収支表を作成したところ、以下のとおりである。

表 7.1-1 Thembisile Hani LM の資金収支 (2010/7～2011/6)

資金収入	
(歳入の部)	金額 (百万ランド)
政府補助金	232
(Equitable Share Grant)	(173)
(Municipal Infrastructure Grant)	(47)
(DWA Grant)	(8)
(その他補助金)	(4)
料金収入	29
(内、水道料金)	(26)
その他収入	25
歳入合計	286
資金収入合計	286

資金支出	
(歳出の部)	
債務減損	37
バルク水購入	83
一般歳出	48
雇用費用	58
修繕・維持管理	7
歳出合計	234
貸借対照表上の資産増加	65
▲債務減損	▲37
資金支出額合計	262

Thembisile Hani LM の収入の81%は、政府補助金である。政府補助金の大宗は、Equitable Share Grant と Municipal Infrastructure Grant (MIG) である。DWA Grant は少ないが、これは Thembisile Hani

LMは自前の水源を持たないため、DWAのRegional Bulk Infrastructure Grant (RBIG)の対象となるようなバルク給水施設が少ないためと考えられる。支出面では、バルク水購入費が83百万ランドと支出の1/3を占めており、水道料金収入R26百万ランドにEquitable Share Grantから57百万ランドを足して支払っている計算となる。修繕維持管理費はR7百万ランドと少なく、Equitable Share Grantは、バルク水購入費の他は、一般歳出と人件費に食われてしまい、修繕維持管理やインフラ整備にまわす余裕がないことが伺われる。インフラ投資額(貸借対照表上の資産の増加額)65百万ランドはDr JS Moroka LMに比べても少なく、MIGなどの政府補助金により賄われている。DWA Grantの全額とMIGの54%が水と衛生に使われたと仮定すると、水と衛生への投資額は33百万ランド(3.5億円)であった計算となり、前述の送水管・配水管更新費用必要額に比べて、はるかに少額にとどまっている。

Dr JS Moroka LMについては、2010年度(2009/7~2010/6)の財務報告書を手に入れたので、それを基に、同LMの資金収支表を作成すると、以下のとおりである。

表 7.1-2 Dr JS Moroka の資金収支 (2009/7~2010/6)

資金収入	
(歳入の部)	金額 (百万ランド)
政府補助金	267
(Equitable Share Grant)	(146)
(Municipal Infrastructure Grant (MIG))	(65)
(DWA Grant)	(52)
(その他補助金)	(4)
料金収入	20
(内、水道料金)	(15)
その他収入	20
歳入合計	307
資金収入合計	307

資金支出	
(歳出の部)	
債務減損	17
減価償却	27
一般歳出	51
雇用費用	67
Councilor 歳費	10
修繕・維持管理	45
その他	6
歳出合計	223
貸借対照表上の資産増加	108
▲債務減損	▲17
▲減価償却費	▲27
資金支出額合計	287

このように、Dr JS Moroka LMは、歳入の87%を政府補助金に依存している。同LMのインフラ投資額(貸借対照表上の資産増加額)108百万ランドは、Municipal Infrastructure Grant (MIG)とDWA Grantの合計額117百万ランドを下回っており、同LMのインフラ投資は全面的に政府補助金に依存している、といえる。同LMのインフラ投資の分野別内訳の数字は無いが、仮にDWA補助金全額及びMIGの54%が水と衛生関係に支出されたとすれば、水と衛生関係インフラへの投

資額は 87 百万ランド (9.3 億円) であった、という計算となる。これは **Thembisile Hani LM** に比べるとやや大きな数字であるが、同 LM は、自前の浄水プラントを有しておりその設備更新需要や、立ち遅れている基礎的衛生施設整備のための資金需要にも対応する必要がある、それらに加えて前述の送水管・配水管の更新費用を賄うには、金額的に不十分と考えられる。

Dr JS Moroka LM が受け取る **Equitable Share Grant** は同 LM の資金流入額のほぼ半分を占める。この補助金の主要部分は一般歳出、人件費、議員報酬に費消される。Dr, JS Moroka LM はこの補助金の一部をなんとか修繕・維持管理費に充てているが、投資資金にまわすにはいたっていない。

このようにウェスタンハイベルド地域の **Municipality** には、自らの収入によりインフラ投資を行う余裕は全く無く、インフラ投資の規模は政府補助金の規模次第、ということになる。

7.2 南アフリカの国家予算の中からウェスタンハイベルド地域の **Municipality** の水道事業に対して支出可能な資金

7.2.1 南アフリカの国家財政における水セクター関連支出(水省の予算)

「南ア」国家財政の 2011/12 年度の歳出規模は、9,793 億ランド (10 兆 4,785 円@10.7) である。

「南ア」政府の省庁の中では、水省 (DWA) が、水源開発から上下水道に至るまで、水関連全般の行政を担っている。

その水省に対する予算配分 (歳出) は、99 億ランド (1,059 億円)。内、27 億ランド (289 億円) が **Water Infrastructure Management** として中央政府が保有するダムなどのバルクインフラストラクチャーの建設や維持管理に充てられ、58 億ランド (621 億円) が **Regional Implementation and Support** として、地方レベルでの水資源管理や水関係機関の設立などに充てられる。

水省は上記 **Regional Implementation and Support** の一環として、本件ウェスタンハイベルド上水道システムのような複数の **Municipality** が裨益するバルク水道事業に対する補助金として **Regional Bulk Infrastructure Grant (RBIG)** の予算を持っており、その歳出規模は 18 億ランド (193 億円) である。

表 7.2-1 水省の予算 (歳出) (FY2011/12)

Program	2011/12 (R million)
Administration	862.1
Water Sector Management	718.7
Water Infrastructure Management	2,608.0
Regional Implementation and Support	5,608.9
(Sector Support and Intergovernmental Relations)	(1,182.3)
(Natural Resource Management Programs)	(1,269.5)
(RBIG)	(1,775.3)
(Transfer of Water Schemes)	(685.7)
(Water Services Projects)	(344.5)
(Others)	(351.6)
Water Sector Regulation	112.4
International Water Cooperation	26.1
Total	9,936.2

水省の予算の特長は、ダムなどの水源開発やバルク給水関係施設の予算が大部分を占め、配水事業に関する予算項目や予算配分が少ないことであり、ウェスタンハイベルド地域の Municipality が行う水道事業については、バルク関係施設整備資金については RBIG の資金が一部適用可能であるが、同地域において本格的な配水網整備を行う費用については、それに充てられるような水省の予算項目は見当たらない。

次表は、FY2011/12 の水省の予算書に含まれているウェスタンハイベルド地域に関係したプロジェクトのリストである。両プロジェクト共、基本的にはバルク水供給用であり、その総事業費は約 7 億ランド（約 75 億円）と見積もられている。ウェスタンハイベルド地域の上水道施設の内、老朽化し更新が必要な送水官・配水管の更新費用だけでも、その費用は 13 億ランド（約 140 億円）に上るが、その内、7 億ランドについて水省の RBIG 予算が使えるとすれば、不足する資金額は約 6 億ランド（約 64 億円）ということになる。

表 7.2-2 水省の FY2011/12 予算に含まれるウェスタンハイベルド地域に関するインフラストラクチャーの予算

Project name	Service delivery outputs	Current project stage	Total project cost	Expenditure in 2011/12
Western Highveld regional bulk water supply	Water treatment works and additional water supply	Feasibility	486.0	20.0
Western Highveld regional bulk supply	Pipeline	Feasibility	210.0	-

7.2.2 中央政府から Municipality に対する資金移転 (Municipal Infrastructure Grant (MIG), Equitable Share Grant)

「南ア」では、憲法上水道事業は地方自治体 (Municipality) の責任とされている。しかし、実際の水道事業の地方政府への移管は、最初の地方選挙が 2000 年に実施され Municipality の体制が整った後の 2003 年に開始された。従って、多くの Municipality の水道事業の実施体制は依然として極めて脆弱である。Municipality の責任事務とされているものとしては、水道事業の他に、衛生、廃棄物収集、道路整備等の公共サービスがあるが、又、特に農村地帯の Municipality においては、貧困層の人口が多い場合、水道料金などの公共料金の徴収が困難であるため、公共サービスの提供に支障をきたす恐れがあった。特に水道事業については、2001 年に Free Basic Water Policy が打ち出され、1 家族あたり月 6,000l までの水道料金が無料化されたことから、Municipality 側に発生する供給コストを補う必要があった。このため、「南ア」政府は、これら Municipality が行う公共サービスのためのインフラの整備費用と維持管理費用を補填するため、中央政府から地方政府に対する資金移転のスキームを設けている。

Municipality の公共サービスのためのインフラ整備資金を補填するものが、Municipality Infrastructure Grant (MIG) である。MIG のセクター別配分については、Policy Framework for the Introduction of the Municipal Infrastructure Grant (MIG) (2004 年 2 月 5 日) の Appendix A として添付されている MIG FORMULA によれば、全体の 75% が Basic residential infrastructure (Component B) に配分され、更に Component B の 72% が水と衛生に配分される、とされている (他には、道路 23%、電気 0%、その他 (街灯・固形廃棄物) 5%)。従って、MIG 予算の 54% が Municipality が行う水道

や衛生事業に配分される、と想定されているものと考えられる。

Municipal Infrastructure Grant (MIG)

(Funding Institution)

Department of Cooperative Governance and Traditional Affairs (CoGTA)

(資金の目的)

主として貧困家庭を受益者として、地方政府のインフラ整備や既存インフラの改善のための地方政府の予算を支援するため、一定の条件の下で供与される無償資金。現在、水道や衛生サービスを楽しんでいない地域において基礎的な水道衛生サービスを提供することを第一目的とする。

(資金供与の条件)

(1) 各セクター共通の条件

- 1) 地方政府の既存の Integrated Development Plan (IDP) に合致すること。
- 2) 資本支出を対象とし、運転費用は対象外。
- 3) 基礎的で不可欠な(basic and essential)インフラサービスを対象とする。
- 4) 資金の一部は既存インフラのリハビリに使う。
- 5) 資金はローンの返済には使わない。
- 6) 該当サービスの普及率向上目標を達成すること。
- 7) プロジェクト実施により、雇用機会増大につながることを。
- 8) 地方政府の予算に組み込まれること。

(2) 水道衛生セクターにおける条件 (水省 (DWA) が設定した条件)

- 1) Strategic Framework for Water Service (2003年9月閣議決定) で定義されている基礎的な水道施設や基礎的な衛生施設であること。
- 2) 各地方政府の Water Services Development Plan (IDPの一部)に含まれること。
- 3) 適切な F/S によりフィージビリティが確認出来ること。
- 4) OM 体制 (運営・ファイナンス・マネージメント) が確立されていること。

なお、DPLG は、通常の MIG の他に、革新的及び地域的な (複数の地方政府に及ぶ) インフラ投資を支援するための、Special Municipal Infrastructure Fund (SMIF) も所管しており、その適用条件は、以下のとおりである。

- 1) 当該地方政府においては新しいやり方(practice)を含んでいること。
- 2) IDP の目的に沿っていること。
- 3) 地場の企業やコミュニティー・グループが参加すること。
- 4) 3年間以内に目に見える成果を出すこと。
- 5) 無償資金がなければ実現出来ないこと。
- 6) 地方政府側もコストの一部を負担すること (資金若しくは in kind)

2011/12年度の地方政府への資金移転の配分について定めた Revenue Division Act (2011年4月28日 Gazette No.34258) によれば、MIG としては 114億ランド (1,220億円) が配分されている。

後述する Equitable Share Grant の場合は、Act 上に、Provincial Government、Local Government (District Municipality、Local Municipality)毎の配分額が明定されているが、MIG の場合は Municipality 毎の配分額は明定されていない。しかし、実際は、これを全国に約 250 ある municipality が奪い合うのだから、1Municipality あたりの配分額は 0.4~0.5 億ランド (4~5 億円) 程度、更にその半分前後が各 Municipality の水と衛生投資に使える金額であると考えられる。それは、0.2~0.25 億ランド (2~2.5 億円) であり、Municipality の配水網の整備や交換のための本格的投資のためには到底不足する金額である。

なお、MIG は、用途などにつき一定の条件を満たした場合に供与される Conditional Grant であるが、モニタリングが不十分であるため、本来の用途以外の目的に使用されることもある由であり、モニタリングの強化が課題となっている。

地方自治体の公共サービスの維持管理費を補填するのが、Equitable Share Grant である。Equitable Share Grant の配分額は、当該地方自治体における貧困人口などを勘案した一定のフォーミュラで計算され、Revenue Division Act において、各地方政府毎の金額が明定される。なお、多くの地方自治体において、水道事業は最大の公共サービスであり、水道の「基礎的サービス」を提供するために必要なコストは、Equitable Share Grant の金額の算定根拠の中に入っている。

Equitable Share

(Funding Institution)

財務省と CoGTA

(資金の目的)

基礎的なサービスの費用をみるもの。'The basic service component'は、地方政府が基礎的サービスや貧困層に対する無償の基礎的サービスを提供することを目的とする。月額所得 R800 以下の家庭や地方政府により indigent であると認定された家庭が無償の基礎的サービスを受ける資格がある。資金は、これらのサービスを供給するために必要な費用を対象とする。無条件の無償資金。

2011/12 年度の場合、まず、歳入総額 8,889 億ランド (9 兆 5,112 億円) を、国 5,663 億ランド (6 兆 594 億円)、Provincial 政府 2,885 億ランド (3 兆 869 億円)、Local 政府 341 億ランド (3,649 億円) に配分した上で、更に個々の Provincial 政府、Municipality 毎に配分額し、Act 上に明定している。2011/12 年度の Thembisile Hani LM と Dr JS Moroka LM に対する Equitable Share の配分額は、それぞれ 197 百万ランド (21 億円)、206 百万ランド (22 億円) である。

しかし、この Equitable Share は用途条件がついておらず、水道の基礎的サービスの提供コストを基に計算された部分についても、Municipality は水道事業に限らず自由に使うことが出来る。上記の Dr JS Moroka LM の実例でもわかるように、実態は、Equitable Share は、そのほとんどが、Municipality の人件費や一般歳出に使われ、インフラ整備にまわる部分はほとんど無いと考えられる。

このように、「南ア」政府が有する Municipality への資金移転スキームの中からも、ウェスタン

ハイバルド地域で本格的な配水網整備事業を実施するための財源となるものは無いものと判断される。

7.3 南部アフリカ開発銀行 (DBSA) の融資

DBSA の「南ア」における水と衛生に対する融資額累計は、水道 44 億ランド、衛生 25 億ランドと、全体の 15% 及び 8% を占め、重点セクターとなっている。DBSA の「南ア」国内の水道事業向け融資の顧客種類別内訳をみると、大都市 Municipality が 34%、第 2 級都市 Municipality が 52% を占め、裕福ではない (Under-resourced) municipality は僅か 4% しかない。又、州別では、Kwa-Zulu Natal 州が 60% を占め、偏りがある。DBSA としては、引き続き大都市 Municipality と第 2 級都市 Municipality の旺盛な資金需要に応えつつ、裕福ではない (Under resourced) Municipality の事業実施能力と借入能力を高めて資金ニーズに応えていくことが課題となっている。

(DBSA eDigest Edition One 'Water Sector' June 2011 の 11 ページ <http://www.dbsa.org/Research/EDigest/html/index.html>)

南部アフリカ開発銀行 (Development Bank for Southern Africa (DBSA))

DBSA は、1983 年に「南ア」国政府により設立された開発銀行であり、「南ア」国内のインフラ等に対する投融資のみならず、南部アフリカ諸国の開発プロジェクトに対する融資も行っている。2009/10 年における投融資規模 (貸付実行額) は 8,257 百万ランド (883 億円)。

DBSA は水セクターを戦略的セクターと位置づけており、特に汚水処理関係インフラへの融資や、水道事業体の収益性向上の観点から、無収水対策に関心を持っている。DBSA は、プロジェクトの初期の段階から関与し、水省 (DWA) を含む利害関係者と協力して、プロジェクトを融資可能 (返済可能) なものにした上で、融資を行う、という考え方をとっている。DBSA として案件形成した結果、融資可能なものにならなかった場合は、地方自治体が南ア政府の無償資金を申請するのを仲介することも行う。

DBSA が融資した水道事業の代表例としては、ダーバン近郊の eThekweni 市に対する融資があげられる。同プロジェクトでは、無収水対策プロジェクトに融資し NRW を 45% から 30% に引き下げた由。

また、DBSA は、同行の剰余金を使って、Siyenza Manje プログラムという、DBSA がエンジニア・テクニシャン・財務専門家・計画専門家・ヤング・プロフェッショナル等を雇用して、地方政府に送り込む一種の技術協力プログラムを有しており、同プログラムにより送り込まれた専門家が、地方自治体が上記 MIG 無償資金を獲得するのを支援している。ただ、このプログラムは、DBSA の剰余金を「南ア」の景気低迷に対処するための DBSA の融資金利の引き下げ等に使う、という「南ア」政府の方針に従って、2011 年度から CoGTA の方に移管された。

DBSA は、Municipal Finance Management Act に関する 2010 年 2 月の「南ア」財務省 Circular No.51 により、それまで禁止されていた中央政府の条件付き補助金 (Municipal Infrastructure Grant など) の一部を担保にして Municipality が借入を行うことが一定条件の下で認められたことから、これを

活用して Municipality の水道事業に対する貸し付けを増やそうとしているが、担保と出来るのが今後 3 年間の補助金に限られているため、その対象は 3 年後には財政的に自立出来る Municipality に限られており、やはり、ウェスタンハイベルド地域の Municipality のような裕福ではない (under-resourced) 地方自治体は、同制度の下でも、DBSA 融資へのアクセスは困難と考えられる。

第8章 水需要予測

8.1 予測条件

給水対象地域の将来の需要水量を算出するに当たって、予測条件を各 LM および DM が作成した既存の Water Services Development Plan (WSDP) 等、DWA の標準値を参考にした。表 8.1-1 は基準人口と人口増加率である。

表 8.1-1 水需要予測条件（基準人口、人口増加率、給水形態）

Local Municipality (LM)	Reference Documents	Benchmark Population	Annual Population Growth Rate (%)			Water Service Level	
			Area	2006-10	11-15		16-20
Tshwane (Metropolitan)	IDP	2007	Ekandustria	0	0	0	Water demand is calculated on the assumption that water service level of communities improves in phases, and finally the level is upgraded to yard or house connection in 2020, except the communities served by the bulk system in Dr JS Moroka LM.
			Ekangala	1.6	1.6	1.6	
			Rethabiseng	8.7	8.7	8.7	
Thembisile Hani	WSDP	2007	Tweefontein	0.88	0.55	0.31	
			Southern	1.27	0.86	0.62	
			Kwamhlanga	3.73	3.32	3.08	
Dr JS Moroka	WSDP	2007	Central	1.35	0.94	0.70	
			Kameelpoort	1.33	0.92	0.68	
			Northern	1.55	1.14	0.90	
			Siyabuswa	1.15	0.74	0.50	
			Western	1.40	0.99	0.75	
Ephraim Mogale Elias Motsoaledi	Technical Report, Bulk Supply to Moutse (Sekhukhune)	2010	Growth rates are not described, but population in 2015 and 2020 were forecasted by growth rates calculated based on population in 2020 and 2030.				

さらに、第 2 次調査で宅内水栓、庭先水栓および公共水栓を地域の実情を考慮して計画されている事を確認したことから、これを参考にして、宅内水栓、庭先水栓および公共水栓の割合から水需要予測を再度行った。給水形態別の給水原単位を表 8.1-2 にまとめる。

表 8.1-2 水需要予測条件（給水原単位）

	House Connection (lit/cap/day)	Yard Connection (lit/cap/day)	Public Standpipe (lit/cap/day)
Per Capita Consumption	120	60	25

* DWA's design criteria

事業用水の消費量は、Dr JS Moroka LM の Water Services Development Plan (WSDP) で求められた全体水消費量に対する比率“0.3%”を、すべての LM に一律採用した。

無収水率は、下表 8.1-3 のとおりに 3 つのシナリオで各 LM 一律で設定した。現在に当る 2010 年の無収水率は、対象地域で一般的とされる“40%”をすべての LM に一律採用した。シナリオ 1 は無収水改善のための介入がない場合、シナリオ 2 は無収水改善のための技術協力プロジェクトの実施を想定した場合、シナリオ 3 は無収水改善のための技術プロジェクトおよび配水管網の敷設替えの実施を想定した場合である。

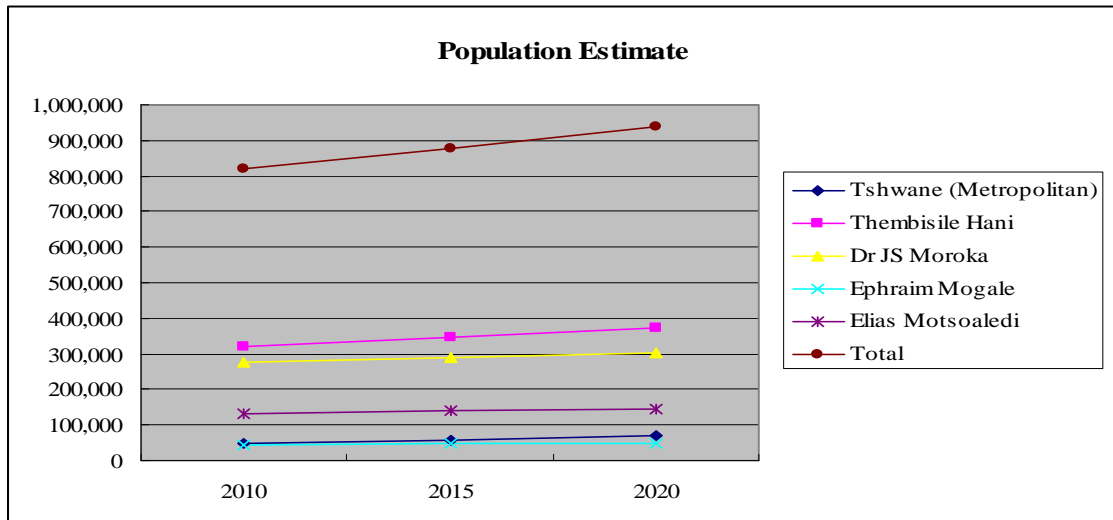
表 8.1-3 水需要予測条件 (無収水率)

	Non Revenue Water Ratio (%)		
	2010	2015	2020
Scenario 1 (No Intervention)	40	40	40
Scenario 2 (Technical Cooperation)	40	35	23
Scenario 3 (Technical Cooperation & Reticulation Replacement)	40	25	15

8.2 人口予測

第 2 次調査において、各自治体へその後の新規計画での計画人口や入手資料の収集・ヒヤリングなどによって、村落単位レベルまでの整理を行うことで人口予測精度の向上を図った。

その結果、2010 年から 2020 年までのウェスタンハイベルド地域の人口予測を図 8.2-1 に示す。



Local Municipality	2010 年	2015 年	2020 年
Tshwane (Metropolitan)	48,397	56,916	68,480
Thembisile Hani	318,006	346,005	373,679
Dr JS Moroka	277,452	290,899	301,408
Ephraim Mogale	44,114	46,634	49,672
Elias Motsoaledi	131,377	138,174	146,291
Total	819,346	878,629	939,530

図 8.2-1 ウェスタンハイベルド地域の人口予測

人口増加率は 1.0%ではなく 1.8~1.7%の増加率となり、2020 年の人口予測値は有望成長と類似した結果となっている。特に、Thembisile Hani LM の増加率が 2.1~1.9%と顕著である。

8.3 将来の水需要水量

上記 8.1 の予測条件で、シナリオ毎の 2015 年、2020 年それぞれの水需要水量を表 8.3-1 (LM 毎) および表 8.3-2 (スキーム毎) のとおりに算出した。

表 8.3-1 ウェスタンハイベルド地域の将来の水需要予測 (LM 毎)

Local Municipality	Population			Scenario 1			Scenario 2			Scenario 3		
	Year	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015
NRW (%)	(person)	(person)	(person)	40	40	40	40	35	23	40	25	15
Western Highveld Water System												
Tshwane (Metropolitan)	48,397	56,916	68,480	9,588	11,352	13,737	9,588	10,479	10,704	9,588	9,082	9,697
Thembisile Hani	307,141	334,665	361,983	25,169	28,054	31,073	25,169	25,896	24,213	25,169	22,443	21,934
Dr JS Moroka	215,068	225,105	232,836	26,405	27,591	28,490	26,405	25,468	22,200	26,405	22,073	20,111
Ephraim Mogale	44,114	46,634	49,672	2,926	3,930	4,982	2,926	3,627	3,882	2,926	3,144	3,517
Elias Mtsosaledi	131,377	138,174	146,291	8,346	11,744	15,539	8,346	10,840	12,108	8,346	9,395	10,969
Total (m3/day)	746,097	801,495	859,263	72,434	82,670	93,821	72,434	76,311	73,108	72,434	66,136	66,227
Outside of Western Highveld Water System												
Thembisile Hani	10,865	11,340	11,696	182	391	590	182	361	460	182	313	417
Dr JS Moroka	62,384	65,794	68,571	4,075	6,599	13,756	4,075	6,092	10,719	4,075	5,279	9,710
Total (m3/day)	73,249	77,134	80,267	4,256	6,990	14,346	4,256	6,452	11,179	4,256	5,592	10,127
Grand Total (m3/day)	819,346	878,629	939,530	76,690	89,660	108,167	76,690	82,763	84,286	76,690	71,728	76,353

表 8.3-2 ウェスタンハイベルド地域の将来の水需要予測 (スキーム毎)

Supply Scheme	Population			Scenario 1			Scenario 2			Scenario 3			
	Year	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
NRW (%)	(person)	(person)	(person)	40	40	40	40	35	23	40	25	15	
Western Highveld Water System													
South	South	282,104	316,141	353,883	29,043	33,423	38,621	29,043	30,852	30,094	29,043	26,738	27,262
North	Walkraal	294,911	307,556	319,660	27,269	31,476	35,870	27,269	29,055	27,951	27,269	25,181	25,320
	Kameelrivier	42,956	44,875	46,326	4,775	4,990	5,153	4,775	4,606	4,015	4,775	3,992	3,637
	Weltevreden/Kuilen	18,056	18,734	19,207	2,321	2,408	2,469	2,321	2,223	1,924	2,321	1,926	1,743
	Bloedfontein	108,071	114,189	120,187	9,027	10,374	11,709	9,027	9,576	9,124	9,027	8,299	8,265
	Sub-Total	463,993	485,354	505,380	43,391	49,248	55,201	43,391	45,459	43,014	43,391	39,398	38,965
Total (m3/day)	746,097	801,495	859,263	72,434	82,670	93,821	72,434	76,311	73,108	72,434	66,136	66,227	
Outside of Western Highveld Water System													
Thembisile Hani	10,865	11,340	11,696	182	391	590	182	361	460	182	313	417	
Dr JS Moroka	62,384	65,794	68,571	4,075	6,599	13,756	4,075	6,092	10,719	4,075	5,279	9,710	
Total (m3/day)	73,249	77,134	80,267	4,256	6,990	14,346	4,256	6,452	11,179	4,256	5,592	10,127	
Grand Total (m3/day)	819,346	878,629	939,530	76,690	89,660	108,167	76,690	82,763	84,286	76,690	71,728	76,353	

8.4 将来の水需給バランス

第1次調査、第2次調査結果を踏まえ水需要予測値に大きな差異を生じた。この差異は、次のような予測値算出方法の違いに拠るものである。

第1次調査時は、世帯数と1世帯当りの平均人数を4.4人とし、原単位を一律1人当たり120リットル/日として水需要量を約131,000m³/日と算出した。

一方、第2次調査時は、2020年を目標年次として、現在の給水形態別の整備状況と現実的な整備進捗に準拠した Municipality の計画条件が得られ、各形態別に標準的な原単位（宅内水栓120リットル/人/日、庭先水栓60リットル/人/日、公共水栓25リットル/人/日）を適用し、水需要を異なる無収水率別の3つのシナリオで予測した。その結果、上表のとおり2020年の水需要量をシナリオ1では約108,000m³/日、シナリオ2で約84,000m³/日、シナリオ3で約76,000m³/日と算出した。

現行の供給水量は（Rand Water から供給30,000m³/日を含む）、南北の両スキーム合わせて130,000m³/日であることから、現行の供給水量でもシナリオに関係なく水需要量を満たすことができる。

しかしながら、実態は標準的な原単位以上に水が消費されていること（家庭菜園や園芸用水への利用）、多量の不明水（配管漏水、宅内漏水、盗水）の存在などの理由から、過去から現在においても需要が供給を大幅に上回っており、恒常的に水不足の傾向にある。つまり、適切な水道料金徴収、水需要管理、漏水・盗水対策が行われなままでは将来的にも同じ傾向が容易に予想さ

れる。

第9章 現状の水道システム運用上の問題点と改善の必要性

9.1 将来の水源開発

9.1.1 水需要予測最大値と現況施設

「2.3 水道水源開発計画のレビュー」および「2.4 水需要予測のレビュー」より、水需要予測の最大値は以下のとおりである。

◇ 報告書レビューによる水需要量（無収水率 15%） 132,000m³/日

本調査において予測した 2020 年の水需要予測の最大値（シナリオ 1）は、以下のとおりである。

◇ 調査団による水需要量（無収水率 40%） 108,000m³/日

また、参考として、すべて世帯が各戸給水（120lit/人/日）と仮定した場合、本調査において予測される 2020 年の水需要予測（シナリオ 1）は、以下のとおりである。

◇ 調査団による水需要量（無収水率 40%、全世帯各戸給水） 172,000m³/日

これに対して、新規計画されている Dr JS Moroka LM 西部地域の供給増（11,000m³/日）と Sekhukhune DM 西端地域（Moutse 地区）の供給増（18,000m³/日）を加えた水道施設の供給能力は、下記のとおりである。

取水量 173,000m³/日

浄水量 181,000 m³/日（Rand water 30,000 m³/d を含む）

9.1.2 結論

上記 9.1.1 で求められる最大水需要量と取水量を比較すると、取水量が 1,000 m³/日多い。浄水場への導水管や浄水場での排水量を考慮すると取水量が不足することとなるが、宅内漏水および不法接続の削減、水需要管理などにより無収水率の低下を図ることで新規水源は水量的には不要と考えられる。

ただし、水道配管系統や送水施設（管の断面不足やポンプの送水能力不足など）に不備があれば、ある地域に計画流量を配水できない。

9.2 水道施設情報の整備

ウェスタンハイベルド地域の水道事業を担う DM や LM では、DWA から施設が移管時にインベントリーに相当する施設リストが引き継がれた。いずれの Municipality において、表 9.7-1 でも示すとおりバルク送水管路情報は比較的充実しているが、配水管路については、一部の LM を除き運営維持管理に必要な情報が整備されていない。これは、水道事業者にとって配水コントロールの煩雑化、非効率な管路補修を招いている。また、実際にパイロット調査でも締め切り用バルブを特定するために多大な時間を要したことから明らかである。

複雑な既存水道施設の現状に加え、施設配置図や管路情報がなく、正確な配水システム系統が把握できないため、バルブ・コントロールができないことで、適切な水量配分が行われていない

ことが想定される。また、管路補修時のバルブ締め切りの際には、バルブ蓋消失によりバルブハンドルが土で埋没しているため、バルブ捜査からはじめバルブ操作に到達するまでに時間を要し、作業効率が非常に悪い。さらに、漏水探査にあたっては、既存管路やバルブ情報がないままでは、効率的な探査が不可能である。なお、不明な漏水管路の探知については、後述の埋設管探査技術が活用される。

このように、既存水道施設の維持管理の効率的に行い、適切な水量コントロールを行っていくためには、既存水道施設の情報を明確化する水道台帳の整備とマッピングなどを活用したそのデータベース化は重要である。また、これは将来的な水道施設資産管理計画にも不可欠である。

9.3 適切な水道施設維持管理体制

水道施設管理にあたっては、水道施設配置図などの不備から、現場作業者の経験則に依存しているケースが多い。また、水道施設の日常管理は応急処置的な対応に尽き、詳細な補修記録や維持管理記録などの整備が行われていない。詳細な維持管理記録が残されれば、将来的な施設診断に有効なデータとなる。このことについて、水道事業者による十分な認識が重要である。

そのため、DWA から移管されて間もない現在、適切な水道施設管理体制を整えるために、前述の水道施設台帳の整備とともに維持管理計画の立案や維持管理手法の導入は、Municipality の水道事業体にとって有効な手段と考えられる。

9.4 漏水探査体制確立

漏水削減対応にあたっては、図 9.4-1 及び図 9.4-2 で示すような現場で漏水が発生している場合、LM や DM は住民からの通報などにより応急処置的に管路の補修を行っているに過ぎず、計画的な漏水探査や管路の布設替え、補修計画を立案するまでには至っていない。本業務で判明しているウェスタンハイベルド地域の既存管路だけでも約 2,500km に及ぶため、効果的な漏水探査や計画的な管路更新を進めない限り、既存のアスベスト管や管路布設経過年から判断し、抜本的な漏水解消につながらない。

そのため、基礎的な対策とする配水量分析、漏水量測定、既存管路探知、バルブ探知などの技術を導入することによって、地上漏水への対処療法的な対応だけでなく、地下漏水の早期発見やその結果に基づく事前補修や管路補修計画も進めていく必要がある。既存管路探知の結果は上述の水道施設台帳などにも反映される。



図 9.4-1 地表に浸出した漏水



図 9.4-2 漏水の原因となった損傷した既存アスベスト管

9.5 不法接続や盗水解消

漏水以外に大量の水量消失の原因に不法接続や盗水があげられる。水道料金請求の拒否、劣悪な水道サービスなど、理由は多様であるようだが、不法接続や盗水件数は把握されていない。図 9.5-1、図 9.5-2 は Thembisile Hani LM の Moloto 配水池へ接続している送水管における盗水の痕跡である。単純に各戸からの不法接続だけでなく、空気弁やバルブを大胆に破壊し、そこから漏水し弁室内に滞留した水を利用する行為も後を絶たないようである。

そのため、不法接続や盗水によって消失する水量も無収水量の一部であるため、不法接続や盗水件数を把握し、持続可能な監視体制が必要である。



図 9.5-1 空気弁室における盗水の痕跡



図 9.5-2 破損した空気弁

9.6 水道料金徴収システム改善

DWA が 2010 年 3 月から 11 月に実施した調査レポートによると、Dr JS Moroka LM の Siyabuswa 地区では 14,730 世帯のうち、その 36%に相当する 5,370 世帯に対してのみ定期的に検針が行われている。残りの 9,360 世帯については水道メータの故障や水道メータが据え付けられていないという理由から検針が行われていない実態が報告されている。また、本調査で入手した Dr. JS Moroka LM の水道事業規模を示すデータ (2007 年) から、Dr JS Moroka LM 全体で水道接続世帯数は

58,758 世帯あるものの、約 9% の 5,434 世帯だけが水道メータを設置している。設置された水道メータの中でも損傷している水道メータも存在している。これは、パイロット調査でも対象世帯数の約 7% は損傷していた事実からも明白である。このため、検針率は非常に低く、ほとんどが定額制による課金あるいは無課金の実態である。また、パイロット調査で多くの宅内漏水が放置されていることも判明した。この背景には、水道メータの未設置や定額料金制の影響が住民の節水意識の低下を招いている原因と考えられる。

一方、水道料金は単独で課金・集金されているのではない。多くの国でそうであるように、下水道料金と組み合わせて課金されている訳でもない。下水道料と共に廃棄物処理料と、地方税その他諸税も含めて一括課金されている。このような一括納付請求書が自治体役場から全住民に宛て毎月郵送される。請求総額には税、上下水道・廃棄物処理料の他、14% の付加価値税、未払い金に対する利息及び“リベート”または“調整額”が含まれる。

住民は必ずしも近距離にある訳ではない出張所に向いて支払わなければならない。滞納者には Ward Councilor¹ が納付を促すことになっている。納付率は 3 乃至数パーセントと極めて低く、この低い納付額を自治体会計上での請求項目に割り振るかも不透明である。表 9.6-1 に請求額（うち水道料）に対する納付額の一例を示す。

表 9.6-1 一括請求額(うち水道料)と納付(集金)額

FY 2010/11	Billing for Rates, Water, Sanitation, Refuse, Etc.			Collection	
Month	Total Billed	Of which Water	Water/Total	Total Collected	Collected/Billed
July 2010	2,951,185.40	1,587,945.32	53.8%	188,354.08	6.4%
August	3,063,646.80	1,588,514.00	51.9%	112,841.77	3.7%
September	3,100,134.69	1,588,577.00	51.2%	97,357.26	3.1%
October	2,753,029.11	1,588,640.00	57.7%	87,600.84	3.2%
November	3,118,946.73	1,589,212.00	51.0%	116,996.87	3.8%
December	3,135,768.48	1,589,464.00	50.7%	119,434.80	3.8%
January 2011	3,201,029.32	1,589,611.00	49.7%	77,328.14	2.4%
February	3,181,955.26	1,589,737.00	50.0%	117,292.45	3.7%
March	3,190,337.17	1,590,163.00	49.8%	112,047.67	3.5%
April	3,273,934.69	1,590,415.00	48.6%	73,948.76	2.3%
May	992,424.67	108,007.00	10.9%	63,857.03	6.4%
June	5,784,725.20	3,072,785.00	53.1%	136,444.04	2.4%
TOTAL	37,747,117.52	19,073,070.32	50.5%	1,303,503.71	3.5%

出所: Thembisile Hani LM、単位: ZAR (南アフリカランド)

注: 集金・納付金は LM の収入として一括計上されるため、水道料の分離は困難である。

このような一括請求制度はヨハネスブルグ市 (Metropolitan Municipality) を含む殆どの自治体で行われている模様で、DWA が勧告している上下水道会計の分離 (Ringfence) を困難にしている一因となっている。ここでは何らかの形で一般行政事務と地方公営企業 (つまり公営サービス事業) との分離² を図らなければならない。

¹自治体の各選挙区 (Ward) から選出された議員である。納付督促に熱心すぎれば人気は落ち、次回選挙では不利になる。

²我が国の地方公営企業法によれば、一般行政は、警察や消防、学校、一般の道路の建設・整備など公共の整備を満たす活動であり、その効果を特定個人に分割して帰属させるべき性質のものではなく、したがってその費用をまかなう収入は警察や消防、道路、学校など個々の支出に関係なく、主として住民に賦課徴収される租税に求められる。しかし、住民に対して財貨又はサービスを提供する事業 (例えば、ガスや水道、バス、鉄道など) においては、すべての住民が同量の財貨又はサービスを受けるものではなく、かつ、その事業の効果も特定の個人に帰属するものであることから、その財貨又はサービスの提供を受ける者がそれに要する費用を負担することが公平である。

そのため、水資源の保護や有収水量の向上策の一つとして、適切な検針体制の強化を含めた料金徴収システムや従量課金制の確立が必要となる。

9.7 老朽管およびアスベスト管取替え

9.7.1 既存バルク送水管および配水管情報の実態

Kungwini LM（現 Tshwane Metropolitan Municipality）、Thembisile Hani LM、Dr JS Moroka LM、Sekhukhune DM（Elias Motsoaledi LM および Ephraim Mogale LM）別に送配水管路の布設年次、管径、管径について調査した。既存送配水管路のデータを整理し、現地 C/P に確認した結果、データの既存状況は表 9.7-1 に示すとおりである。

表 9.7-1 水道施設データの既存状況

LM 及び DM	バルク送水管路情報				配水管路情報			
	管路延長	管径	材質	布設年次	管路延長	管径	材質	布設年次
Kungwini LM	A	A	A	C	A	A	A	C
Thembisile Hani LM	A	A	A	B	B	B	C	C
Dr. JS Moroka LM	A	A	A	B	A	A	B	B
Sekhukhune DM	A	A	A	C	C	C	C	C

判例：

A：データがほとんど揃っている、B：データが部分的に揃っている、C：データなし

出所：JICA 調査団

バルク送水管路の情報は、「Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study」等で整理されているが、Dr JS Moroka LM を除き、ウェスタンハイベルド地域の水道施設台帳は整備されていない。同 FS で得られた情報をもとに既存バルク送水管路の現状を整理した。なお、管路の布設年次が不明な管路については、一部の配水池の建設年次から類推した。

配水管路に係るデータはバルク送水管路のデータの既存状況に比べ、不備が多い。また LM によっても情報量にばらつきがあった。特に水道資産管理計画（Asset Management Plan）を有している LM では、ウェスタンハイベルド地域の配水管路情報がある程度確認できたが、それ以外の LM や DM においては、配水管路に係るデータが著しく乏しい。特に管路の布設年次は、Dr JS Moroka LM を除き全く不明である。

既存管路の調査は表 9.7-2 に示す管路延長を対象とした。

表 9.7-2 ウェスタンハイベルド地域におけるバルク送水管路の総延長

LM 及び DM	バルク送水管路総延長 (m)	LM/DM 別送水管占用 率 (%)	配水管総延長 (m)
Kungwini LM	49,000	7.2	225,000
Thembisile Hani LM	226,000	33.1	850,000
Dr JS Moroka LM	304,000	44.5	719,000
Sekhukhune DM	104,000	15.2	n.a.
合計	683,000	100	1,794,000

注記：千 m 未満切り捨て。Thembisile Hani LM の配水管総延長には欠損延長含まれていない。

出所：Western Highveld Region Water Augmentation Pre-Feasibility Study, Feb 2005, Appendix B、各 LM

9.7.2 既存バルク送水管路の状況

(1) Kungwini LM (現 Tshwane Metropolitan Municipality)

Kungwini LM (現 Tshwane Metropolitan Municipality) に配置されるバルク送水管の総延長は約 49,000m である。そのうち、約 93%が鋼管で、残りが鋳鉄管となっている。布設年次については、2001 年から 2005 年までに布設された管路が多く比較的新しい。管径は 500mm から 700mm まででバルク送水管総延長の約 78%が 500mm の管径である (図 9.7-1 参照)。

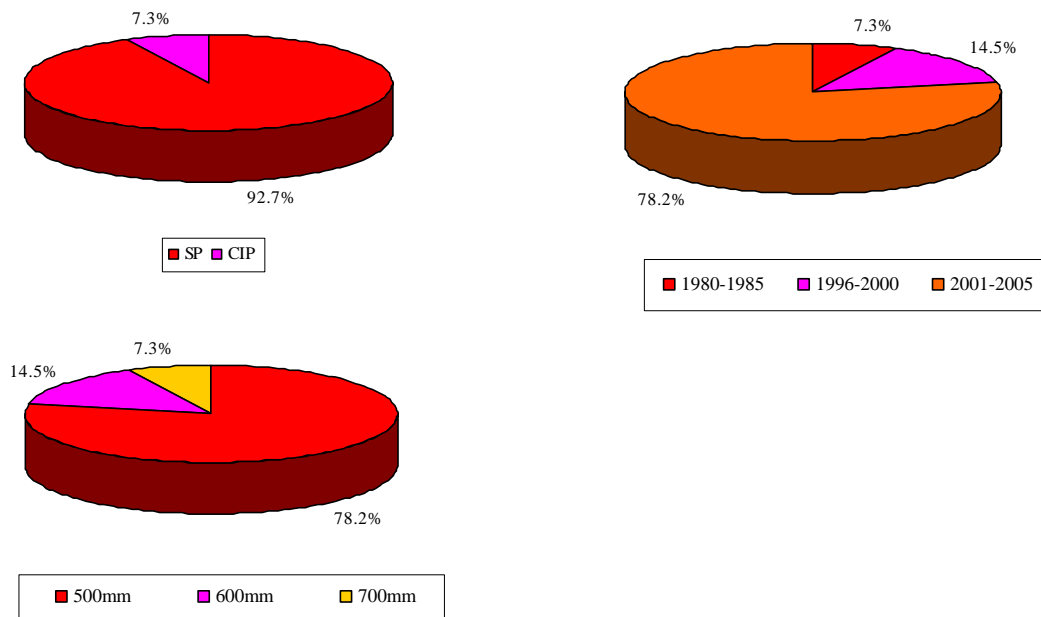


図 9.7-1 Kungwini LM バルク送水管状況

(2) Thembisile Hani LM

Thembisile Hani LM において、バルク送水管の総延長は約 226,000m となっている。そのうち、アスベスト管が約 158,000m であり、バルク送水管の総延長の約 70%、鋼管が約 30%を占めている。布設年度については 1990~2000 年に布設されている管路が全体の約 57%となっている。バルク送水管の管径は 125mm~1000mm で構成されている (図 9.7-2 参照)。

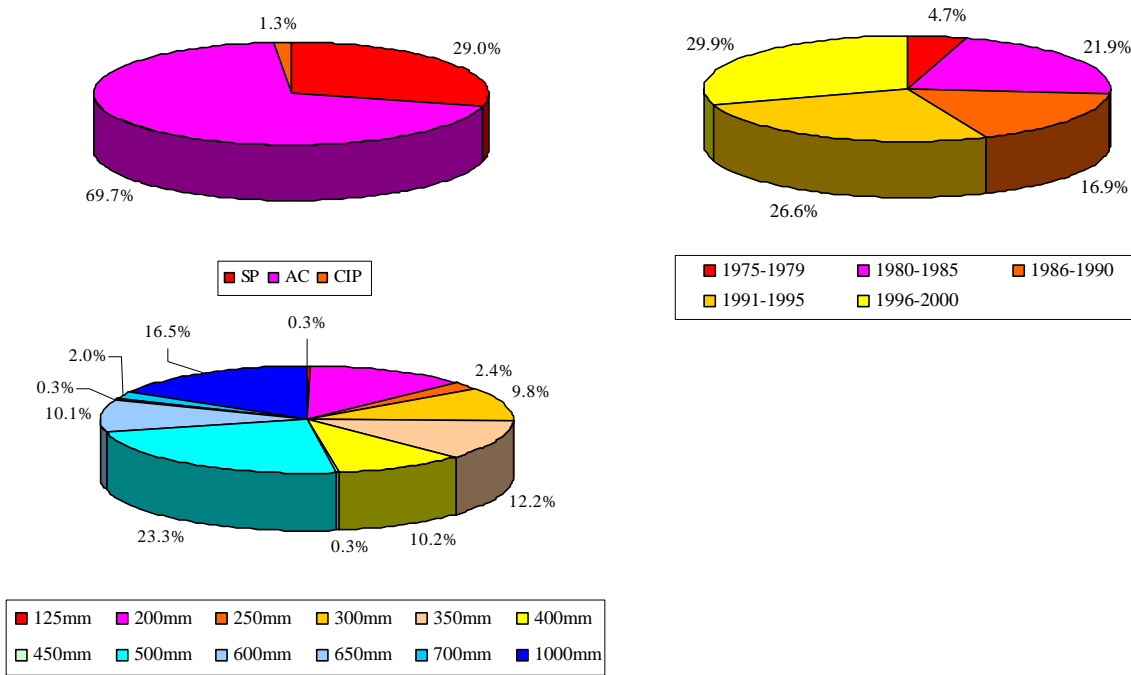


図 9.7-2 Thembisile Hani LM バルク送水管状況

(3) Dr JS Moroka LM

Dr JS Moroka LM におけるバルク送水管路の総延長は約 304,000m となっている。アスベスト管が約 214,000m で、Thembisile Hani LM と同様、全体バルク送水管の約 71% を占めており、次いで鋼管と塩ビ管がそれぞれ約 12% となっている。布設年度については、判明しているだけで 1980～1985 年に布設されている管路が全体の約 32% となっている。管径は 90mm～700mm で構成されている (図 9.7-3 参照)。

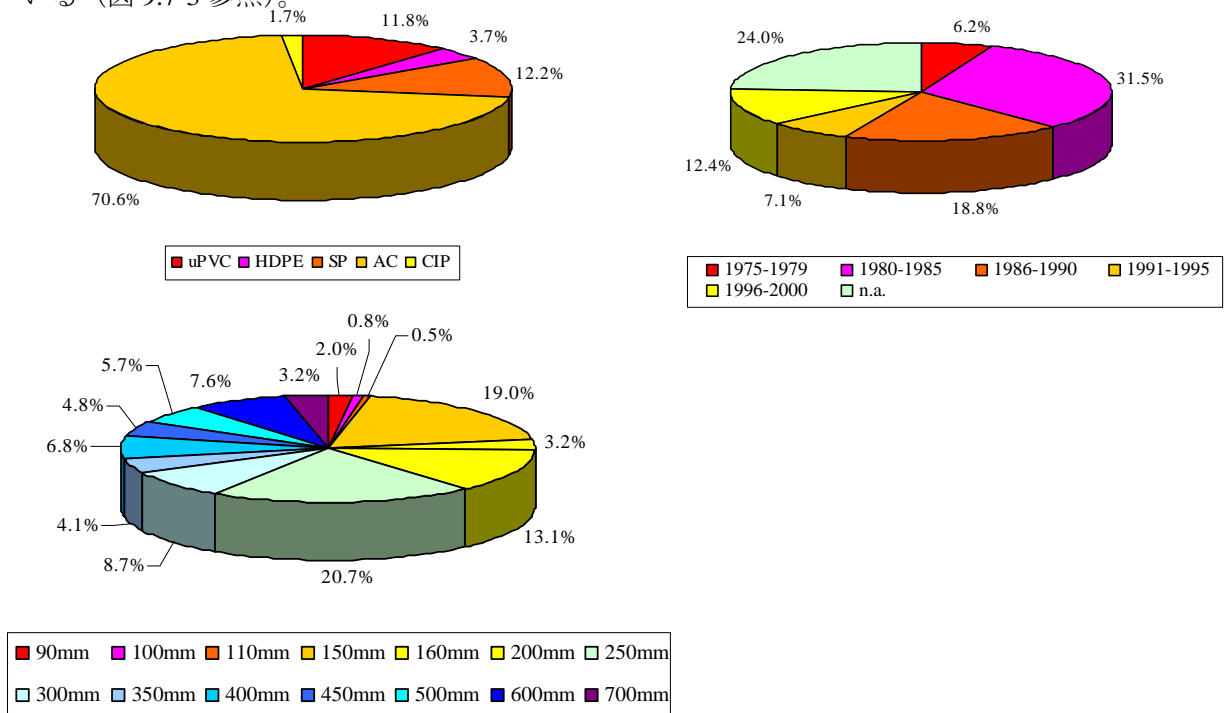


図 9.7-3 Dr JS Moroka LM バルク送水管状況

(4) Sekhukhune DM

Sekhukhune DM の Elias Motsoaledi LM および Ephraim Mogale LM に配置されているバルク送水管路の総延長は約 104,000m である。そのうち、アスベスト管が全長の約 57% を占め、次いで uPVC が約 28% を占める。また、布設年次については全長の約 66% が 1991 年から 1995 年に布設されている。約 34% のバルク送水管路の布設年次は不明である。管径については、250mm の管路が約 33% と最も多い (図 9.7-4 参照)。

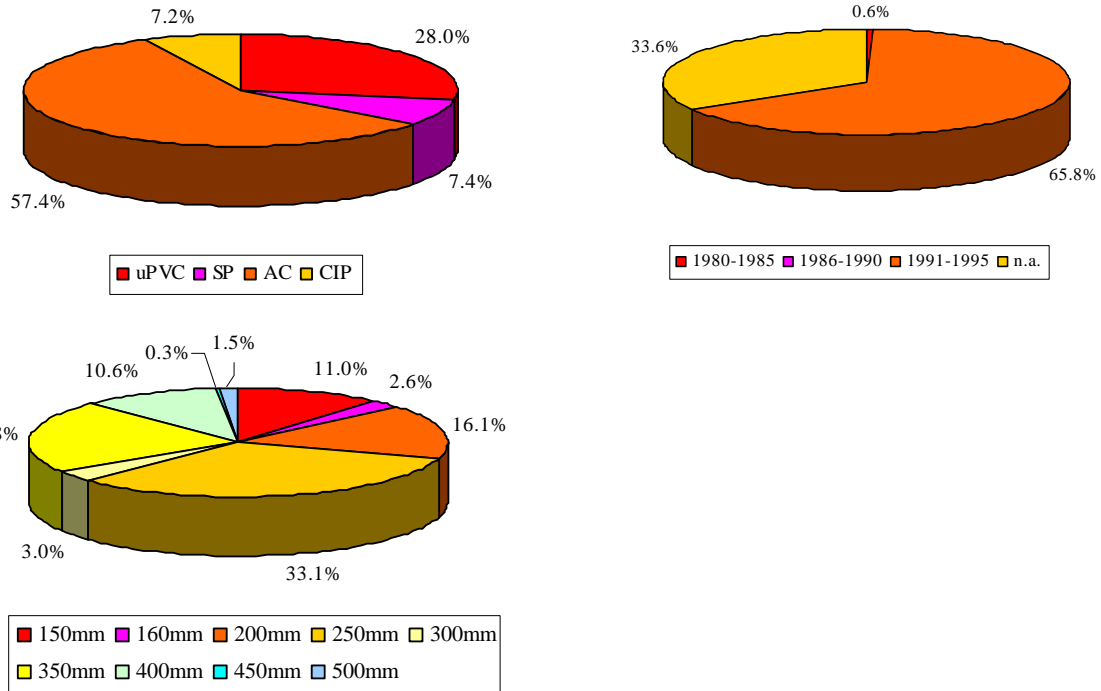


図 9.7-4 Sekhukhune DM バルク送水管状況

9.7.3 既存配水管の状況

(1) Kungwini LM (現 Tshwane Metropolitan Municipality)

既存データから得られた情報は配水管の材質及び管径であった。Kungwini LM (現 Tshwane Metropolitan Municipality) の配水管総延長は約 25,000m であり、そのうち約 73% は uPVC である。アスベスト管及び鋼管は合わせても約 20% に過ぎない。一方、材質が不明な管路も約 13% 存在している。配水管路は 63~700mm で構成され、約 33% は 75mm の管径となっている (図 9.7-5 参照)。

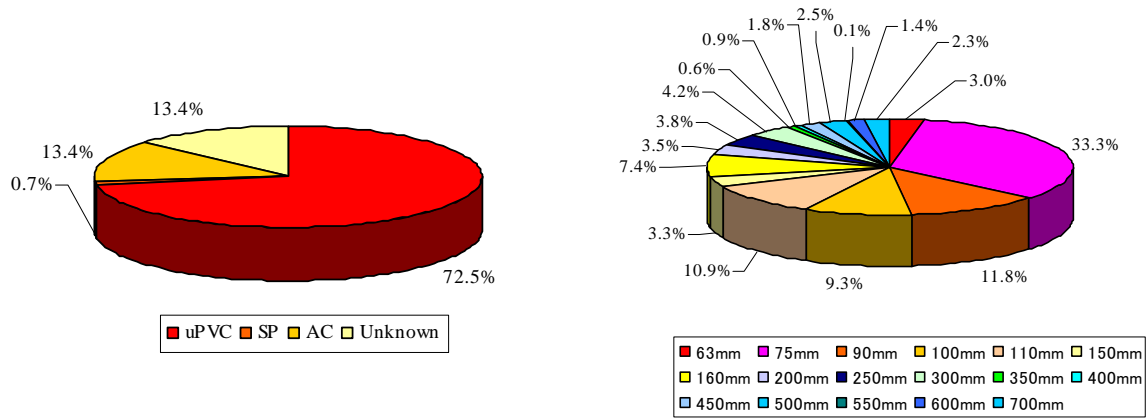


図 9.7-5 Kungwini DM 配水管路状況

(2) Thembisile Hani LM

Thembisile Hani LM の配水管路の総延長は約 850,000m であり、そのうち約 91% が 75mm の管径で占めている。なお、管路の材質や布設年次に係るデータは存在しない (図 9.7-6 参照)。

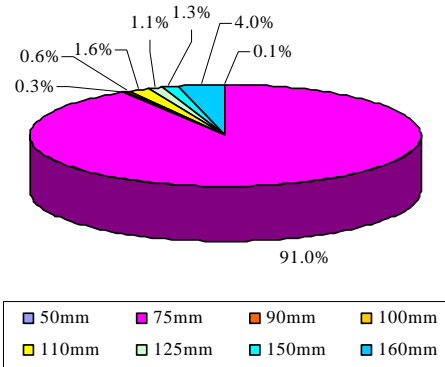


図 9.7-6 Thembisile Hani LM 配水管路状況

(3) Dr JS Moroka LM

Dr JS Moroka LM における配水管路の総延長は約 719,000m であり、そのうち、半数が鋼管、次いでアスベスト管が約 43% となっている。布設年次については 1990 年に以前に布設された管路が 50% 以上を占めている。上記 3 つの LM と同様に 75mm の管径が多く占める (図 9.7-7 参照)。

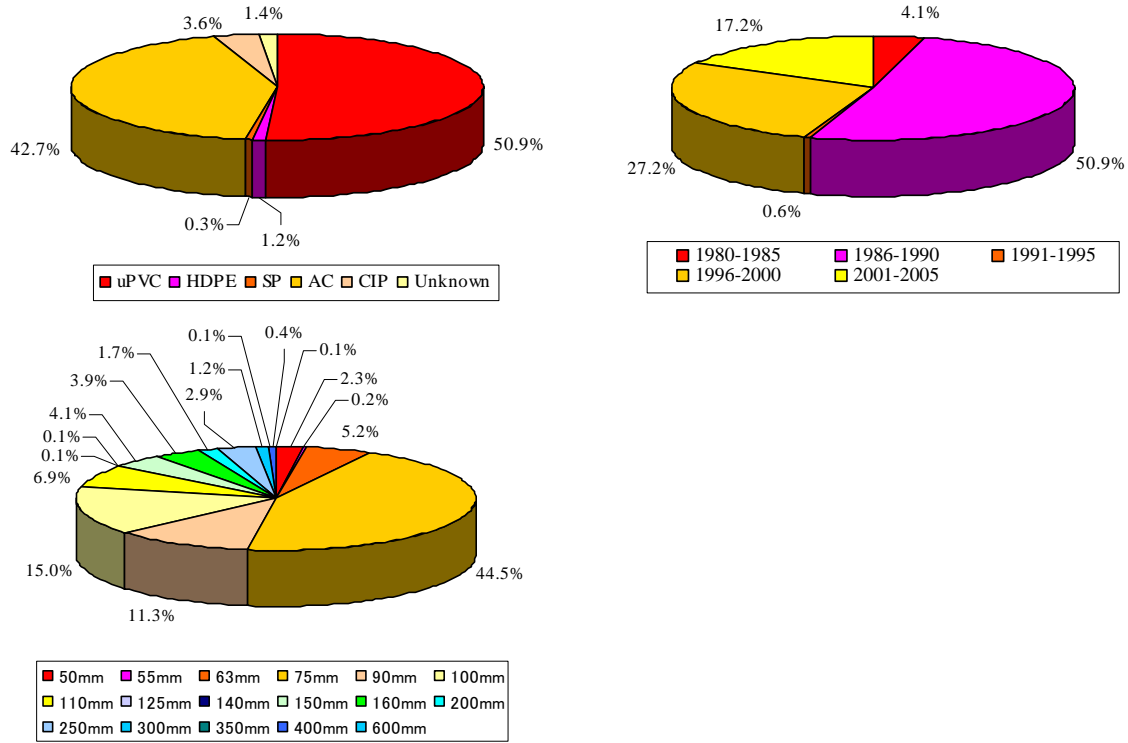


図 9.7-7 Sekhukhune DM 配水管路状況

(4) Sekhukhune DM

Sekhukhune DM が管理する Elias Motsoaledi LM および Ephraim Mogale LM の一部地区（通称 Moutse 地区）に既存する配水管路にかかわるデータは存在しない。同 DM 担当者によると、DWA からの移管時の際に管理の不行き届きで消失した可能性があるとのことであった。

9.7.4 管路布設替えの必要性

既存バルク送水管および配水管の最も古い布設年次は 1979 年である。バルク送水管の総延長約 683,000m うち、1980 年以前に布設された管路だけでも約 82,000m（総延長の約 12%）が存在し、2020 年には耐用年数を向かえる。

また、アスベスト管路はバルク送水管延長の約 64%（約 435,000m）を占め、調査で判明した配水管路延長の約 19%（約 336,000m）に達する。本調査において、Ekandustria 配水池と Enkeldoornoog 配水池間のバルク送水管（1000mm 鋼管）を対象に腐食性調査と漏水特定調査を行った。その結果、1000mm 鋼管から鋼管腐食による漏水は特定されなかったが、1000mm 鋼管に平行して布設された 500mm のアスベスト管（と鋼管の混在）から 2 箇所の漏水発生が高い確度で判明している。同 500mm 管路は 1991 年に布設されたものであるが、2 箇所とも湿潤土が多い環境にあった。土壤環境や経年化によってアスベスト管路の劣化が著しいことも想定される。これまでも LM や DM から、最も多い漏水発生個所がアスベスト管からであるとの意見があった。

アスベスト管の強度や有害性などを踏まえ、現在 DWA は管路更新時には使用規制の方向で考えている。現在布設替えされている中小口径管路は、アスベスト管に代わり uPVC やポリエチレン管が主流となっている。

9.8 宅内漏水削減

パイロット調査の結果でも明らかであるように、宅内漏水が顕在化している。水道事業の定義上では従量課金している場合では無収水量には該当しないが、無駄な水となって消失している。

各 LM や DM での需要水量の算定にあたっては、各戸接続給水で最大でも 120L/人/日の基準値が適用されているため、宅内漏水を放置すると、水道施設整備計画と現実的な水使用量にギャップが生じ、水運用に支障を来す。Western Highveld 地域の水道事業は地同地域内にある水源だけではなく、多額な Rand Water の水供給にも依存している。

そのため、バルク送水管路や配水管路における漏水削減はもちろんのこと、宅内漏水の削減に努め、健全な水道事業を運営していく必要がある。

9.9 既存送配水システムの見直し及び運転管理能力の向上

9.9.1 バルク送水システムの適切な運転管理

バルク送水管路の中には、管径が不足している箇所が存在している。明らかにシステム設計上の不備が招いた問題だと想定される。本調査では全てのシステム能力の検証には至らなかったが、Thembisile Hani LM において、送水システム能力が問題提起されたので、代表例を以下に述べる。

図 9.9-1 はその問題個所のシステム系統図である。本来であれば、図上の Enkeldoornoog -B 配水池から E 地点経由して Verena 配水池あるいは Wolvenkop 配水池へ送水されるはずの系統となっている。しかし、実施には Enkeldoornoog-B 配水池に地上より 80%程貯水されない限り、水は E 地点へは到達せず、双方の配水池へは貯水されない現象が発生している。E-D 地点間の管路を大口徑に変更しなければ、当面水量コントロールで対応しなければならない。しかしながら、バルク・メータが全てのバルク送水管路に設置されていない状況の下、水量コントロールが煩雑であるため、問題は放置されたままとなっている。このような状況は他のバルク送水システムでも散見された。

そのため、LM の水道事業者にとって現状のシステムのままでも適切に水量コントロールできるような操作技術の取得が必要となっている。

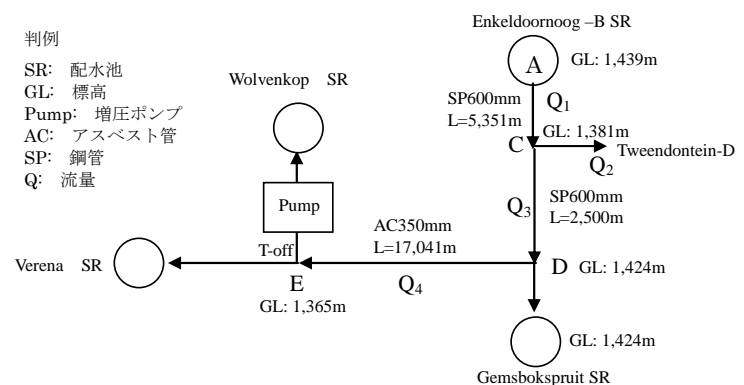


図 9.9-1 送水システム系統図例 (Thembisile Hani LM)

9.9.2 既存配水地容量の考察

既存の配水池の容量を、2020 年水需要予測から算出した必要容量との比較によって考察を行った。必要容量は、当該配水池の「直接配水の水需要の 12 時間分 (+間接配水の水需要の 1 時間分)」として算出した。比較結果は表 9.9-1 のとおりであり、一部の配水池を除き、各配水池の容量は十分な大きさがある。

しかしながら、必要容量を大きく上回る配水池が多く、中継水槽（間接配水）の役割を併せ持つ場合、重力送水が可能となる水位を確保するために時間を要し、結果的に配水管理上の弊害となっている。

この必要容量を大幅に上回る配水池が設計、建設された背景として、安定したバルク水供給が行われていないことから貯水機能を優先した配水池が奨励されてきたと想定される。

表 9.9-1 既存配水池容量の考察

Name of Reservoir	Type	Capacity (m3)	Operation	Demand in 2020 (m3/day)			Required Capacity in 2020 (m3)			Balance in 2020 (m3)			
				Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	
Southern	1 Ekandustria 1	Ground	11,500	Yes	14,512	11,312	10,249	7,256	5,656	5,125	17,744	19,344	19,875
	2 Ekandustria 2	Ground	13,500	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3 Ekandustria 3	Ground	20,000	Yes	6,285	4,909	4,452	3,143	2,454	2,226	16,857	17,546	17,774
	4 Enkeldoornoog C 1	Ground	2,200	Yes	869	677	613	434	338	307	1,766	1,862	1,893
	5 Enkeldoornoog C 2	Ground	2,000	Yes	2,101	1,637	1,483	1,050	819	741	950	1,181	1,259
	6 Moloto	Ground	5,000	Yes	2,101	1,637	1,483	1,050	819	741	3,950	4,181	4,259
	7 KwaMhlanga 1	Ground	6,000	Yes	3,722	2,937	2,676	1,861	1,468	1,338	9,139	9,532	9,662
	8 KwaMhlanga 2	Ground	5,000	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9 Kameelpoortnek	Ground	9,100	Yes	3,105	2,455	2,240	1,552	1,228	1,120	7,548	7,872	7,980
	10 Klipfontein	Ground	?	Yes	180	140	127	-	-	-	-	-	-
	11 Tweefontein D	Ground	11,000	Yes	1,508	1,175	1,065	754	588	532	10,246	10,412	10,468
	12 Tweefontein A	Ground	500	Yes	533	417	379	267	209	189	233	291	311
	13 Gembokspruit	Ground	11,000	Yes	2,193	1,708	1,548	1,096	854	774	9,904	10,146	10,226
	14 Vlaklaagte (Pluto)	Ground	2,700	Yes	1,394	1,088	987	697	544	493	2,003	2,156	2,207
	15 Enkeldoornoog B	Ground	11,000	Yes	1,984	1,546	1,401	992	773	700	10,008	10,227	10,300
	16 Enkeldoornoog B Tower	Elevated	500	Non	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17 Wolvenkop	Ground	3,100	Yes	265	207	187	133	103	94	2,967	2,997	3,006
	18 Verana	Ground	1,800	Yes	667	520	471	334	260	236	1,466	1,540	1,564
	19 Verana D	Ground	770	Yes	684	543	496	342	272	248	428	498	522
Walkraal	20 Kwaggafontein 1	Ground	12,000	Yes	4,086	3,187	2,888	2,043	1,593	1,444	21,957	22,407	22,556
	21 Kwaggafontein 2	Ground	12,000	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22 Vrisgewaagd	Ground	500	Yes	341	266	241	171	133	120	329	367	380
	23 Matthys-Zyn-Loop 1	Ground	750	Yes	469	366	331	235	183	166	515	567	584
	24 Boekenhouthoek (1)	Ground	500	Yes	473	369	334	237	184	167	763	816	833
	25 Boekenhouthoek (2)	Ground	500	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	26 Boekenhouthoek A(B)	Ground	1,800	Yes	493	387	351	246	193	176	1,554	1,607	1,624
	27 Goedereede (Bundu)	Ground	750	Yes	462	424	411	231	212	205	519	538	545
	28 Goedereede (Matshipe)	Ground	750	Yes	156	130	121	78	65	60	672	685	690
	29 Walkraal 1	Ground	12,000	Yes	1,521	1,188	1,077	760	594	539	23,240	23,406	23,461
	30 Walkraal 2	Ground	12,000	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	31 Walkraal (Oorlog)	Elevated	?	Yes	27	21	19	-	-	-	-	-	-
	32 Zoetmelksfontein B(A?)	Ground	12,000	Yes	6,096	4,753	4,306	3,048	2,376	2,153	18,952	19,624	19,847
	33 Zoetmelksfontein B Level	Ground	10,000	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	34 Ramaphosa	Ground	400	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	35 Ramaphosa Tower ET	Elevated	100	Non	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	36 Kikvorsfontein (Taiwan)	Ground	5,800	Yes	3,024	2,356	2,135	1,512	1,178	1,067	4,288	4,622	4,733
	37 Walkraal B1	Ground	300	Yes	269	209	190	134	105	95	166	195	205
	38 Walkraal B	Ground	750	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	39 Magakadimeng B	Ground	300	Yes	864	673	610	432	337	305	-132	-37	-5
	40 Zondagsfontein A	Ground	300	Yes	1,489	1,161	1,051	745	580	526	-445	-280	-226
	41 Matlala ET	Elevated	132	Yes	397	309	280	198	155	140	-66	-23	-8
	42 Philadelphia	Ground	300	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	43 Philadelphia Tower ET	Elevated	80	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	44 Klipplaatdrift 1 (A)	Ground	800	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45 Klipplaatdrift 2 (B)	Ground	800	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	46 Waterval A ET	Elevated	58	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	47 Waterval A1	Ground	800	Yes	1,263	985	892	632	492	446	968	1,108	1,154
	48 Waterval A2	Ground	800	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49 Klipplaatdrift V3	Ground	5,000	Yes	697	543	492	349	272	246	4,651	4,728	4,754	
50 Pieterskraal B	Ground	770	Yes	434	338	306	217	169	153	553	601	617	
51 Pieterskraal Tower ET	Elevated	238	Non	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
52 Wolwekraal	Ground	770	Yes	1,624	1,265	1,146	812	633	573	-42	137	197	
53 Waterval B1	Ground	800	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
54 Waterval B2	Ground	800	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
55 Elandsdoorn	Ground	10,700	Yes	3,029	2,360	2,138	1,514	1,180	1,069	9,186	9,520	9,631	
56 Kwarrielaagte	Ground	750	Yes	1,296	1,010	915	648	505	457	102	245	293	
57 Waterkloof	Ground	750	Yes	643	501	454	321	250	227	429	500	523	
58 Siyabuswa	Ground	12,000	Yes	9,501	7,403	6,706	4,750	3,702	3,353	7,250	8,298	8,647	
59 New RDP ET	Elevated	?	Yes	100	78	71	-	-	-	-	-	-	
60 Siyabuswa ET	Elevated	30	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Kameelrivier	61 Weltevreden	Ground	6,000	Yes	1,646	1,283	1,162	823	641	581	5,177	5,359	5,419
	62 Vrieskraal	Ground	770	Yes	515	402	365	258	201	182	512	569	588
	63 Vrieskraal ET	Elevated	?	Non	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	64 Matjesgoedkuil	Ground	193	Yes	343	267	242	171	134	121	22	59	72
	65 Kameelrivier	Ground	6,000	Yes	1,567	1,221	1,106	784	611	553	5,216	5,389	5,447
	66 Leewufontein	Ground	6,000	Yes	1,059	826	748	530	413	374	5,470	5,587	5,626
	67 Pieterskraal A	Ground	770	Yes	377	295	268	188	148	134	582	622	636
	68 Vaalbank	Ground	5,000	Yes	2,422	1,887	1,709	1,211	944	855	3,789	4,056	4,145
	69 Leewufontein B ET	Elevated	198	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bloedfontein	70 Bloedfontein	Ground	16,000	Yes	6,211	4,840	4,384	3,105	2,420	2,192	12,895	13,580	13,808
	71 Rhenosterkop	Ground	166	Non	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	72 Zamenkomst ET	Elevated	198	Yes	669	521	472	335	261	236	-137	-63	-38
	73 Makeepsvley ET	Elevated	370	Yes	678	528	478	339	264	239	31	106	131
	74 Keerom ET	Elevated	200	Yes	315	245	222	157	123	111	43	77	89
	75 Doornlaagte ET	Elevated	79	Non	305	237	215	152	119	108	-73	-40	-29
	76 Spitspunt	Ground	2,700	Yes	1,407	1,100	998	703	550	499	1,997	2,150	2,201
	77 Lefiso ET	Elevated	120	Non	602	469	425	301	235	212	-181	-115	-92
	78 Semohlashe ET	Elevated	38	Yes	17	14	12	9	7	6	29	31	32

第10章 資産管理計画の策定

10.1 ウェスタンハイベルド水道事業を支える組織

インスティテューションを開発しようとする時には、先ず(1)歴史、宗教や伝統といった文化的な環境フレーム、(2)その社会の人々の暮らしぶり、つまり社会・経済的フレームと、(3)人々や団体の行動を規制する行政や法的フレームを十分注目して、これらの環境の中にあつて開発の対象となる「組織」と、その(a)運営資源、(b)人的資源および財務資源といった課題の全てに渡って目をこらし、手を尽くさなければならない。ウェスタンハイベルド水道事業の改善も、インスティテューションの開発と捉えられるので、このような諸課題に沿って進められよう。

この水道事業にあつて対処すべき課題を以下のように分類する。

(1) 文化・歴史的フレーム

1. 最大の労働市場(複数)に極めて近い「隔離地区」であつたという歴史的過去。
2. この地区では給水は実質無料であつた、と言うに留まらない歴史が秘められている。
3. クワンデベレ・バンツースタン(ホームランド)時代には、同地区は Ndebele 族の偽国家とされ偽政府が統治していた。しかし、アパルトヘイト政策の放棄と共に同地区は 3 州にまたがる 5 つの地方自治体に分離された。
4. 当時は南ア国が作つて与えた同水道事業システムをクワンデベレ政府が(名目上は)一体的に運営していた。“民主化”後に施設は自治体に譲渡され各自自治体が個々に運営にあたることになった。

(2) 社会・経済的フレーム

1. 地域内数カ所にスーパーマーケットやファーストフード店の進出が見られるが、住民の殆どは出稼ぎ者の仕送りや年金で生計を支えている。
2. 低い納税・料金徴収率に示される高い貧困と失業率。
3. 低所得は水道料支払い能力と意欲を低下させ、往々にして断水しがちな給水状態がそれに輪をかける。
4. 民主化後 17 年を経過したが、この土地の人種的人口分布(Ethnic Demography)は殆ど変わっていない。

(3) 法的フレーム

1. フリーベアシックウォーター (FBW) 政策
2. 自治体収入の 7~9 割に達する過度の補助・交付金。
3. Thembisile Hani LM は一昨年、巨額の使途不明金のため支払い不能となつた。現在は地方自治省 (CoGTA) の管理下にあるが責任追及を行うことは出来ていない。
4. 未熟で定義未発達な地方自治行政のガバナンス。一般行政と公営企業の区別が為されていないことも定義未分化の一例である。

「組織」自体

1. 自治体の水道事業部門 (WSP) は二つに分かたれている。建設部の下のそれは専ら水道施設の運営にあたっているが、財務部下のそれは水道料を含む自治体収支全般を担当している。
2. 上記二部門に共通の上司は助役 (Municipal Manager) のみで、助役が水道の技術的運営と収支の両面に渡って実質的な指揮・調整を取ることはない。
3. 従って水道事業全体のオーナーシップ、経営責任と説明責任を代表できる人ないし組織は不在である。

(a) 組織の運営資源

1. 水圧不足、不規則断水、時として数日間にわたる断水が多くので発生している。
2. メンテナンス不十分で施設・設備の劣化が著しい。送・配水管の大部分が石綿管。
3. 浸水をもたらすような大量の漏水はともかく、少量の漏水は長期間放置されることがある。
4. 施設の配置図、施設台帳の整備不十分。
5. 本来一体のものとして設置・連結された一つの水道施設を、各自治体が分割して、必ずしも十分な調整なしに運営している。

(b) 組織の人的資源

1. 自治体役所全体にも言えることだが、ポストの 4 ~ 5 割が空席。
2. 人材の流動が多い。特に高位者に著しく、10 年以上の在籍者はまれである。
3. 黒人権利拡大 (BEE) 政策の下、優れた黒人人材が自治体役所から私企業に流失し、人的能力は質・量ともに不足である。この地域の WSP には資格のある (理科系大卒の) エンジニアがいない。

(c) 組織の財務資源

1. 不法接続や盗水が半ば公然と行われ、WSP の取り締まり能力は限られている。
2. 水道メータの設置状況は、自治体・地区ごとに不揃いで、加入者台帳の整備も徹底していない。
3. 水道メータを設置すると直ちに破壊される地区が多い。メータのないところでは均一料金を課している。これが水の濫用や宅内漏水の放置につながっている。
4. 課金体制も地区によって不揃いで、地方税その他と共に請求・集金されており、納付率は 3 ~ 7 パーセントである。集金額は LM の収入として一括計上されている。
5. 不明ないし無効水量 (Unaccounted-for Water) はおよそ 40% と言われ、把握された水量に課金しているが、納付・集金率を考慮すると、収入に結びつく有収水量は $0.6 \times 0.03 \sim 0.07 = 0.018 \sim 0.042$ で、2 ~ 4%、つまり無収水量 (Non-Revenue Water) は 96 % 以上となる。これは実質的に無料給水と言って良く、本件水道事業は国の資金 (補助・交付金) で運営されていると言って良い。
6. DWA は久しく水道事業会計の分離 (いわゆる Ringfence) を主張・勧告しているが、これを実

施することは制度的・技術的に困難である。

インスティテューション開発はこれら諸課題に対峙して対処し (Address) なければならない。(1)と(2)は与件であって、そこから学ぶことは出来るが、対処・操作 (Address) の対象となるのは(3)以降である。

ここで想起されるのは日本の水道事業体の歴史である。我が国には弱小市町村の弱小事業体が隣接の事業体と合併・統合して、採算性の向上と技術力の充実を図って来たという多くの事例がある。今日では殆どの水道事業が黒字経営で無効・無收水量は10%を切っている。

我が国では、

1. 施設の共同化
2. 管理の一体化
3. 経営の一体化
4. 事業統合

と言う各段階を踏んで広域事業団を形成したのものもあるし、いずれかの段階に留まっている事業組合もある。いずれの場合も広域化によって財務規模の拡大と施設(運営資源)・技術(人的資源)能力の強化、つまり総合的な効率化が実現している。(詳しくは巻末資料 A.2 を参照)

このような日本の経験をウェスタンハイベルド水道事業に適用する素地はある。既に施設の共同化・統合は実現している。そもそも一体の事業施設として計画・建設され、一体的に運用されて来たという歴史があるからである。今日既に第一段階の施設の共同化は実現している。無論我が国との相違点が多いが、特筆すべきは、日本には水道法の他に地方公営企業法があって、地方自治体の行う公営サービス事業には独立採算と利用者の原価負担が義務づけられていることである。南アには一般行政と公営サービス事業との区別を明確にし、後者のあり方と行動について規制する法規はないようである。今後、「南ア」政府が取り組むべき課題であろう。

取りあえず対象地域において実現出来るであろう組織改革の概略は図 10.1-1 で示される。

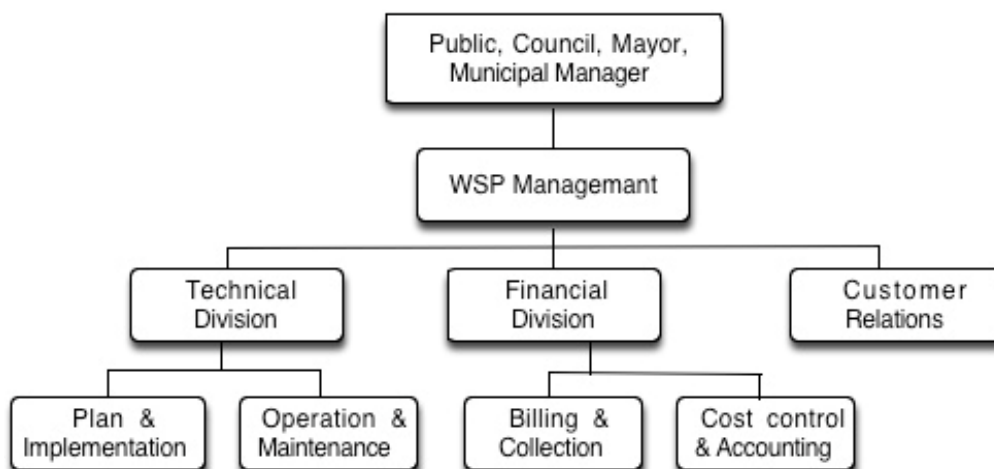


図 10.1-1 水道事業体(WSP)の基本的な組織

つまり、課金・集金、原価統制や会計にあたる財務部門と、11.3 節に述べる顧客関係部門を備えた独立性の高い事業体を目指すのである。自治体の財務部門で現在水道に関わる検針や課金を担当している職員を先ず移動させ、逐次人員の充実を図っていくことになる。同時に上下水道に関わる料金の請求書を、現在の一括納付請求書から分離して発行し、集金することにする。こうして水道会計を分離させ、一般行政とは区別されたサービス事業体として改組しなければならない。

しかし、組織を変えたからと言って現存する諸問題が、特に質・量共に不足している人的資源の問題が改善することはない。そこでこの地域の自治体水道事業の広域化・統合を図って、施設（運営資源）の効率的運転・維持、料金収入（財務資源）の増大、ならびに質の高い人的資源の獲得（有資格エンジニアの給与は高い）を目指すのである。一挙に統合事業体を発足させるのが難しければ、当初は緩やかな協同組合のような形態から出発して、事業の管理、経営の一体化へと順次進めることも可能であろう。概念を下図に示す。

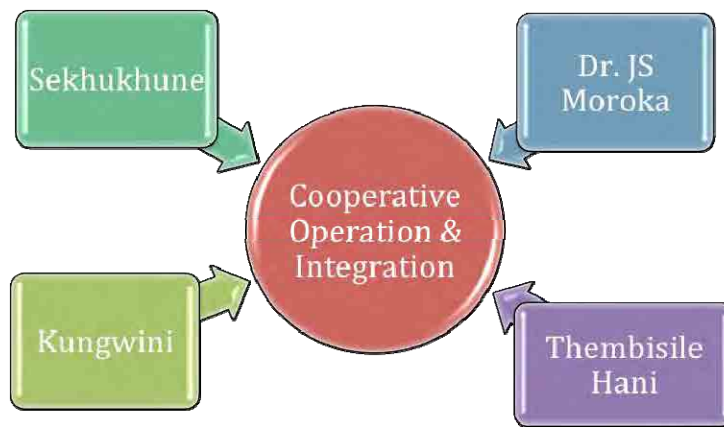


図 10.1-2 緩やかな共同組合から強固な統合事業体へ

統合を実現する過程はややすると政治問題化する要素をはらんでおり、容易では無い。しかし、前述の諸課題に真剣に対処しようとするれば統合は避けられない。傘下自治体が統合を目指すことに同意し、準備のための話し合いを開始し、この統合協議会の事務局となる組織を発足することが重要である。この事務局組織が設立されれば、14.1 節に述べる日本からの技術協力プロジェクトの受け入れ機関となり得る。日本の地方水道事業の経験に学んで、ウェスタンハイベルド水道事業の改善・向上を図ることを提案する。

10.2 インフラ開発計画

10.2.1 インフラ開発計画対象の選定基準

インフラ開発計画の対象とする送配水管路は、下記の選定基準に基づいて計画した。

基準項目	基準項目とする理由
既存管路の情報が明確な管路	布設年度、管路径、管路延長が不明であると計画が立てられないため。
「Refurbishment and Upgrading of Bulk Water System in Western Highveld (DWA Gauteng Province)」の対象外とする管路	事業重複を回避するため。
1980 年以前に布設された管路	2020 年次で耐用年数を迎えるため。

基準項目	基準項目とする理由
アスベスト管路	南ア国ではアスベスト管の布設替えを義務付ける政策はないが、DWAは漏水発生の原因管路としているため。
漏水改善しても2020年次でバルク主要幹線（浄水場から基幹配水池までの送水幹線）の管径が不足する管路	WSDPの政策である2020年次において無収水率を23%まで削減しても、管路径が不足し送水量に影響を及ぼすため。

出所：JICA調査団

10.2.2 DWAによる管路布設替え計画

DWAの「Refurbishment and Upgrading of Bulk Water System in Western Highveld」で実施するバルク送水管及び配水管路整備の内容は表10.2-1及び表10.2-2に示すとおり。現在入札段階であるため、具体的な管路延長及び布設替えの場所については得られていない。

バルク送水管については、竣工年度が古い管路で布設延長が長い管径250mmの単価を適用、また配水管路については、既存の配水管網で占める割合が多い管径75～100mmの単価を適用することで、表10.2-1及び表10.2-2に示すとおり同事業対象の管路延長を類推した。その結果、バルク送水管路では約2,600m、配水管網では約7,700mの合計約10kmの管路延長をインフラ開発計画から控除した。

表 10.2-1 バルク送水管路の布設替え計画

Municipality	管路布設替え対象区域	事業費 (ZAR)	推定管路延長 (m) ※
Dr. JS Moroka LM		2,600,000	2,600

注記※：250mmの管路単価（ZAR1,000/m、VAT含む）を適用した場合。

出所：Sekhukhune DM

表 10.2-2 配水管網の布設替え計画

Municipality	管路布設替え対象区域	事業費 (ZAR)	推定管路延長 (m) ※
Thembisile Hani LM	KwaMhlanga, Tweefontein K, Moloto	2,000,000	3,800
Dr. JS Moroka LM	DuToitskraal, Libangi	411,000	800
Sekhukhune DM	Motei, Elandsdoorn, Kwarrielaagte, Walkraal	1,600,000	3,100
合計		4,011,000	7,700

注記※：75～100mmの管路単価（ZAR520/m、VAT含む）を適用した場合。

出所：Sekhukhune DM

10.2.3 本調査で提案する管路布設替え延長

DWA事業で実施する管路布設替え延長を控除した結果、本調査で提案する管路布設替え延長は表10.1-3のとおり。バルク送水管の布設替え延長は約470kmで全体の既存バルク送水管路延長の約69%となる。一方、配水管路の布設替え延長は約340kmで全体の既存配水管路延長の約19%となった。

表 10.2-3 布設替え対象の管路延長

Municipality	バルク管路					
	管路総延長(m)	布設年次と管材から判断した布設替え対象管路(m)	幹線管径不足の布設替え対象管路(m)	DWA 事業※(m)	布設替え対象管路(m)	布設替え率(%)
	1)	2)	3)	4)	5)=2)+3)-4)	6)=5)/1)
Kungwini LM	49,203	0	7,130	0	7,130	14.5%
Thembisile Hani LM	226,015	161,616	0	0	161,616	71.5%
Dr. JS Moroka LM	303,553	245,436	0	2,600	242,836	80.0%
Sekhukhune DM	104,121	59,731	0	0	59,731	57.4%
合計	682,892	466,783	7,130	2,600	471,313	69.0%
Municipality	配水管路					
	管路総延長(m)	布設年次と管材から判断した布設替え対象管路(m)	DWA 事業※(m)	布設替え対象管路(m)	布設替え率(%)	備考
	1)	2)	3)	4)=2)-3)	5)=4)/1)	
Kungwini LM	225,280	30,205	0	30,205	13.4%	
Thembisile Hani LM	850,151	n.a.	3,800	n.a.	n.a.	
Dr. JS Moroka LM	718,948	306,655	800	305,855	42.7%	
Sekhukhune DM	n.a.	n.a.	3,100	n.a.	n.a.	
合計	1,794,379	336,860	7,700	336,060	18.8%	

注記：※Refurbishment and Upgrading Project

出所：JICA 調査団

今後布設替えの必要なバルク送水管路の管径別延長は表 10.1-4 のとおりとなる。配水管路については、表 10.2-5 に示す。

表 10.2-4 布設替え対象管径別管路延長 (バルク送水管路)

Kungwini LM

管径 (mm)	既存管路材質	管路延長 (m)
600	鋼管	7,130
合計		7,130

Dr JS Moroka LM

管径 (mm)	既存管路材質	管路延長 (m)
100	アスベスト	2,448
150	アスベスト	57,509
200	アスベスト	28,652
250	鋼管	80
	アスベスト	59,764
300	鋼管	241
	アスベスト	24,037
350	アスベスト	7,966
400	アスベスト	935
450	アスベスト	11,414
500	アスベスト	17,187
600	鋼管	21,055
	アスベスト	1,812
700	鋼管	9,736
合計		242,836

Thembisile Hani LM

管径 (mm)	既存管路材質	管路延長 (m)
125	アスベスト	780
200	鋼管	4,025
	アスベスト	22,806
250	アスベスト	5,288
300	アスベスト	22,219
350	アスベスト	26,152
400	アスベスト	21,429
500	アスベスト	37,908
600	アスベスト	16,555
700	アスベスト	4,455
合計		161,616

Sekhukhune DM

管径 (mm)	既存管路材質	管路延長 (m)
150	アスベスト	11,280
200	アスベスト	15,037
250	アスベスト	17,762
300	アスベスト	3,085
350	アスベスト	5,257
400	アスベスト	5,782
500	アスベスト	1,529
合計		59,731

表 10.2-5 布設替え対象管径別管路延長 (配水管路)

Kungwini LM

管径 (mm)	既存管路材質	管路延長 (m)
100	アスベスト	5,200
150	アスベスト	5,835
200	アスベスト	835
350	アスベスト	1,270
400	アスベスト	1,230
450	アスベスト	3,975
500	アスベスト	5,395
600	アスベスト	1,470
700	アスベスト	4,995
合計		30,205

Dr JS Moroka LM

管径 (mm)	既存管路材質	管路延長 (m)
75	アスベスト	151,522
90	アスベスト	12,854
100	アスベスト	89,450
110	アスベスト	181
125	アスベスト	924
150	アスベスト	20,583
160	アスベスト	3,631
200	アスベスト	6,556
250	アスベスト	11,432
300	アスベスト	7,454
350	アスベスト	1,010
400	アスベスト	533
600	アスベスト	525
合計		306,655

10.2.4 インフラ開発計画事業費

Tshwane Metropolitan Municipality より入手した管路布設単価を適用し、表 10.2-6 のとおり管路布設替え事業費を算定した。その結果、バルク送水管路の布設替え事業費は ZAR 約 10.8 億、配水管の事業費は ZAR 約 2.6 億となり、総事業費は ZAR13.4 億と算定された。

なお、同単価には間接費や VAT は含まれるが、下記項目に係る費用は含まれない。

- コンサルティング費用
- 予備費
- EIA 業務費
- 土地取得費

また、Kungwini LM (現 Tshwane Metropolitan Municipality) において、表 10.2-6 に示す幹送水管 (約 7,130m) を除く他の布設替え対象のバルク送水管路および配水管路については、既存管路と同径の単価を適用した。ただし、50～400mm の管径については、uPVC の単価を適用し、450mm 以上の管径については、HDPE の単価を適用した。

表 10.2-6 管路布設替え事業費

LM/DM	バルク送水管		配水管路		事業総計 (ZAR 百万)
	布設替え必要 管路延長(m)	事業金額(ZAR 百万)	布設替え必要 管路延長(m)	事業金額(ZAR 百万)	
Kungwini LM	7,130	49	30,205	84	133
Thembisile Hani LM	161,616	385	n.a.	n.a.	385
Dr JS Moroka LM	242,836	578	305,855	177	754
Sekhukhune DM	59,731	65	n.a.	n.a.	65
合計	471,313	1,077	336,060	261	1,338

出所：JICA 調査団

10.3 無収水対策の提案

調査団による需要予測によると、2020 年における需要水量は、108,167m³/日 (無収水率：40%) である。WSDP に掲げるように 23% まで無収水率を削減できれば、約 23,881m³/日の水量を節水することができ、ZAR 約 90,748/日 (ZAR 約 33 百万/年) の費用を節約することが可能であるとの結果が出た (表 10.3-1 参照)。これは、Thembisile Hani LM あるいは Dr. JS Moroka LM の年間財政支出の 10% 以上に相当する。

表 10.3-1 無収水率別の節水量及び節約額

項目	2020 年の需要水量		節水量/節約額
NRW (%) ^{※1}	40	23	17
Total Water Demand (m ³ /day)	108,167	84,286	23,881
Water Price (ZAR/day) ^{※2}	411,034	320,286	90,748 (ZAR 33 百万/年)

※ 1：40%：現行の無収水率で推移した場合、23%：無収水率が削減された場合

※ 2：Rand Water の水料金 ZAR3.8/m³ を適用。

出所：JICA 調査団

この結果から、無収水量の削減は各 LM にとって財政上の大きなインパクトとなるばかりではなく、多額な開発コストや社会的課題を抱える新規水源の不用意な開発を抑制することも可能である。

無収水の発生は、前述したように以下の発生原因が考えられる。

- a. 管路漏水
- b. 配水池漏水
- c. 不法接続・盗水
- d. 水道メータの誤作動
- e. 課金水量と実使用水量とのギャップ
- f. 不適切な料金徴収体制
- g. その他

ただし、各原因によってどの程度の無収水を発生しているかは不明であるため、問題解決には各原因の実態を調べ、原因別に無収水削減の対策を立て励行していく必要がある(表 10.3-2 参照)。

表 10.3-2 無収水削減調査及び対策

無収水の主な原因	確認調査	対策
a. 管路漏水	<ul style="list-style-type: none"> ● 既存管路探知 ● 漏水探査 ● 夜間最小流量調査 ● 各戸使用水量調査 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 管路・弁類補修(補修記録義務付け) ◆ 管路・弁類取替え(取替え記録義務付け) ◆ 予防的対応(管路の補修及び取替えアクション・プランの策定)
b. 配水池漏水	<ul style="list-style-type: none"> ● 配水池亀裂・漏水の目視調査 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 配水池補修(ライニング等)
c. 不法接続・盗水	<ul style="list-style-type: none"> ● 不法接続件数の実態調査 ● バルク送水管路や配水管路での破損調査 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 管路・弁類補修(補修記録義務付け) ◆ 水道規則に遵守した罰則強化 ◆ 未給水地域においては、暫定的に給水車導入
d. 水道メータの誤作動	<ul style="list-style-type: none"> ● 各戸水道メータ調査 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 水道メータの補修・取替え(補修記録義務付け)
e. 課金水量と実使用水量とのギャップ	<ul style="list-style-type: none"> ● 配水量分析 ● 検針業務の実態調査(人員、頻度、検針方法、検針業務予算) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 定額課金制の撤廃 ◆ 水道メータ設置の拡大 ◆ 従量課金制適用の強化
f. 不適切な料金徴収体制	<ul style="list-style-type: none"> ● 検針業務の実態調査(人員、頻度、予算) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 料金徴収体制の改善 ◆ 水道事業の独立会計の構築

出所：JICA 調査団

前述のように漏水と、違法接続による盗水とを合算した無効水量が 40%とすれば、消費者に配水される有効水量は 60%であった。この有効水量に課金されて(全く課金していない地域: Sekhukhune DM も、FBW 政策により課金されない受給者もあるが)、集金率が 3~7%であるから無収率は 96%以上である。漏水・盗水防止対策によって改善される部分は 40%であるから、残りの 56%以上は事業経営の改善や法令の整備によって改善を図らなければならない。経営改善は前述の事業統合の過程で逐次これを図っていく。法令の整備項目としては、

- 違法接続に対する罰則の明確化、
- メータ設置の義務化(この二者は自治体の条例ないし州レベルの立法で対処できよう)、

- メータが全戸に設置できれば、大量消費者は豊かな世帯と考えられるので、現行の緩やかな逓増カーブから、より逓増度の高い対数型カーブに料金表 (Tariff Table) を改めていく、
- 公共機関が実施する公共サービス事業の受益者負担、独立採算を明記し、料金未納者に対するサービス停止を可能とする(地方)公営企業法の制定、

などが考えられる。「南ア」においては、いずれも短期間で実現出来ることではない。日本からの技術協力プロジェクトの専門家たちと相談して実現可能な道を探ることとしたい。

10.4 資産管理システムの提案

Dr JS Moroka LM は水道施設の資産管理計画を 2007 年に策定した。これは、既存水道施設の仕様及び規模までが調査され、一連の既存水道施設に係る 2008 年から 2012 年までの更新計画が立てられるといった内容である。資産管理に係る調査報告は、いわゆる資産管理台帳 (帳票) に位置づけられ、計画的な更新事業に大いに活用できることが期待される。

また、施設の主要仕様や数量などをまとめた資産管理台帳は、水道台帳などともに運営維持管理の面でも定期的な維持管理業務、施設の適切な運転操作管理にも不可欠である。水道台帳は、水道管網図に弁類や水道メータ、宅内止水栓の位置が示されたものである。

現時点では、表 10.4-1 でも示したように水道施設の情報が不足しており、Dr JS Moroka LM を除き、一連の既存水道施設が明記されている資産管理台帳は整備されていない。

ウェスタンハイベルド地域の水道施設を一元的、効果的な操作管理、維持管理、計画的な更新整備するために、資産管理台帳や水道台帳の整備は不可欠である。さらに維持管理記録はフィードバックさせ、常に最新情報である必要がある。これらの作業にあたっては、資産管理台帳と水道台帳を、IT を活用したデータベースを利用した方がより効果的である。

以下に資産管理に必要な必要最小限の項目を示し、今後の早急に資産管理システムの導入を提案したい。

表 10.4-1 資産管理台帳における管理項目の提案

施設	管理項目	
取水場	[土木構造物] <ul style="list-style-type: none"> • 設置年次 • 位置 (座標) • 減価償却費 • 資産価値 	[機器類] <ul style="list-style-type: none"> • ポンプ仕様 • ポンプ台数 • 設置年次 • 点検年次 • 改修年次 • 年間減価償却費 • 資産価値 • 減価償却費 • 資産価値
導水管路 送水管路 配水管路	<ul style="list-style-type: none"> • 管路延長 • 管径 • 管材 • 布設年次 • 布設替え年次 • 年間減価償却費 • 資産価値 	
浄水場	[土木構造物] <ul style="list-style-type: none"> • 設置年次 • 位置 (座標) • 年間減価償却費 • 資産価値 	[機器類] <ul style="list-style-type: none"> • 仕様 • 台数 • 設置年次 • 点検年次 • 改修年次 • 減価償却費 • 資産価値
配水池	[配水池本体] <ul style="list-style-type: none"> • 貯水容量 	[弁・流量メータ] <ul style="list-style-type: none"> • 弁・流量メータ仕様

施設	管理項目		
	<ul style="list-style-type: none"> 高水位 低水位 標高 サービス区域 	<ul style="list-style-type: none"> 主要機能 完工年次 位置 (座標) 年間減価償却費 資産価値 	<ul style="list-style-type: none"> 口径 作動状態 設置年次
ポンプ場	[ポンプ棟] <ul style="list-style-type: none"> 設置年次 位置 (座標) 	<ul style="list-style-type: none"> 年間減価償却費 資産価値 	[ポンプ本体] <ul style="list-style-type: none"> ポンプ仕様 ポンプ台数 送配水路線名 設置年次 点検年次 改修年次 年間減価償却費 資産価値
管路部 弁・流量メ ータ類	<ul style="list-style-type: none"> 仕様 口径 位置 (座標) サービス区域 	<ul style="list-style-type: none"> 作動状態 設置年次 年間減価償却費 資産価値 	

10.5 インフラ投資計画

10.5.1 投資資金ニーズとそのファイナンス

Western Highveld 地域の水道事業を改善するために必要な投資資金ニーズとしては、以下のものがある。

- (1) 送水管陰極腐食対策工事（「4.2.4 陰極防食の基本設計（案）」参照）

工事費 4.5 百万ランド

- (2) 管路布設替え工事（「10.2.4 インフラ開発計画事業費」参照）

①バルク送水管路 1,077 百万ランド
 ②配水管路 261 百万ランド
 計 1,338 百万ランド

上記(1)の送水管陰極腐食対策工事については、「南ア」側の自己資金で、早急を実施される必要がある。その財源としては、DWA の Regional Bulk Infrastructure Grant が考えられる。

上記(2)の管路布設替え工事についても、別途提案する技術協力プロジェクトと並行して実施されることが望ましい。その財源としては、(2)①バルク送水管路の一部については、DWA の Regional Bulk Infrastructure Grant が考えられる。DWA の FY2011/12 予算書には、Western Highveld 地域のバルク給水関係の 2 プロジェクト（合計事業費 698 百万ランド）が掲載されている。この資金が(2)①の目的に使用可能であると想定し、1,338 百万ランドと 698 百万ランドとの差額 640 百万ランドについて、その資金ソースを検討する。

「第 7 章 資金調達方法」で分析したように、該当 Municipality には自らこの資金を捻出する力はなく、また、上述の DWA の Regional Bulk Infrastructure Grant の他には、中央政府補助金の中でこのようなまとまった投資ニーズに使えるものは無い。また、南部アフリカ開発銀行 (DBSA) の融資も、現状のままでは同地域の裕福ではない (under-resourced) Municipality にはアクセス困難である。従って、この資金ニーズを充たすために、「南ア」において地方自治体が行う水道事業に対する資金供給メカニズムを新たに構築し、それをサポートする形で日本の ODA 借款を活用する

ことを、以下に提案する。

10.5.2 地方自治体が行う水道事業に対する資金供給メカニズム構築の必要性

「南ア」の地方自治体が行う水道事業の財源としては、中央政府からの補助金（水省（DWA）の Regional Bulk Infrastructure Grant、地方自治省（CoGTA）の Municipal Infrastructure Grant など）や地方政府への移転資金（CoGTA の Equitable Share Grant）がある他に、南部アフリカ開発銀行（DBSA）の融資があるが、DBSA の融資対象事業は Bankable なものである必要があるため、現状では、大都市 municipality と第2級都市 municipality に限られ、Western Highveld 地域の municipality のような裕福ではない（under-resourced）municipality にとっては利用困難である。中央政府からの補助金や移転資金は、金額が限られており、また、中央政府によるモニタリングが不十分であることから、水道事業のために必ずしも有効に活用されていない場合がある、とされている。本来、独立採算が確保されるべき水道事業用資金を補助金に頼ることは、モラルハザードの問題もある。

したがって、「南ア」の地方自治体による水道開発を促進するためには、裕福ではない（under-resourced）地方自治体でもアクセス可能な融資制度を設ける必要がある。融資金の返済については、長期的には当該水道事業の水道料金収入により賄えるようにすべきであるが、それが可能になるまでの間は、中央政府から地方政府に供与される補助金や移転資金を返済財源若しくは担保として、裕福ではない（under-resourced）地方自治体も水道事業資金を借入れることが出来るようにすることが考えられる。現に、「南ア」でも、2010年2月の財務省 Circular により、Municipality が「条件付き補助金」の一部を担保にして借入を行うことが認められたが、その適用条件が厳しいため、近い将来に財政的に自立可能となることが見込まれる Municipality しか活用出来ていない由である。この面で、日本では、地方自治体の水道整備のための資金供給のために、公営企業金融公庫が大きな役割を果たした経験を有しており、そのような日本の経験も「南ア」における制度構築の際の参考になるものと考えられる。

いずれにせよ、「南ア」でそのような制度が構築されるまでは、ウェスタンハイベルド地域の水道施設整備のための資金としては、バルク給水施設に関しては DWA の Regional Bulk Infrastructure Grant の活用が可能と考えられるが、現在各 Municipality が管理している水道配水網のアスベスト管の全面取り換えなどの本格的な整備・修復のための資金を供給出来る機関や資金メカニズムが存在しない、という問題がある。このため、「南ア」側としてウェスタンハイベルド地域の配水網整備・修復のために日本の ODA 借款の活用を検討する余地があるものと考えられる。日本の ODA 借款を活用する場合、それが、「南ア」国内における地方自治体向け融資制度構築を促進し補完する形で行われることが望ましいものとする。

10.5.3 「南ア」に対する我が国 ODA 供与の可能性

(1) ODA 供与の適格性

「南ア」は、DAC 分類上の開発途上国に該当し、技術協力の対象となる。一般無償資金協力は所得水準が低い国が対象になるので、「南ア」は対象にはならない。ODA 借款供与の可能性につ

いては、2009年の「南ア」の国民一人当たり GNI は、5,730 ドル（世銀アトラス）であり、円借款供与条件表上の「中進国」（2009年の国民一人当たり GNI が 3,946 ドル以上 6,885 ドル以下）に分類されている。アフリカの中進国に対する円借款供与については、2010年5月4日付の日本政府の円借款関係3省（外務省・財務省・経済産業省）の政策ペーパー「アフリカ支援のための円借款の活用について」がある。

「貧困等の問題を抱えるアフリカの開発は、依然として国際社会の喫緊の課題です。我が国は、2008年5月に第4回アフリカ開発会議（TICAD IV）を主催し、アフリカがつながる広域インフラ及び農業分野を中心に、円借款により5年間で最大40億ドルの支援を行うことを表明しました。TICAD IVでの我が国の公約を踏まえ、2012年度末までの時限措置として、従来からの中進国（注1）の4分野（「環境」、「人材育成支援」、「防災・災害対策」、「格差是正」）（注2）に加えて、アフリカの経済成長を通じた貧困削減に資する広域インフラ、農業及び農村開発案件等を、円借款の供与対象とします。

（注1）中進国とは、世銀融資ガイドラインに基づき、一人あたり国民総所得（GNI）が3,856ドル以上6,725ドル以下（平成20年）の国。

（注2）4分野のうち「格差是正」については、アフリカのみならず途上国において貧困統計が整備されていないため、受益者に占める貧困層の者の割合や受益者数に占める貧困層の割合を厳格に算出することが困難である場合があることから、上記の割合が算出困難な際には、それに準ずる形で「直接的・間接的な受益者の所得水準が当該国の所得水準を相当程度下回る」等の場合においても格差是正案件としてみなすこととします。」

「南ア」の Municipality 毎の個人所得レベルについては、2007年に行われた Community Survey 2007の数字がある。同 Survey によれば、「南ア」全国の所得階層別の人口の分布は、以下のとおりである。この数字（最高所得帯「R204,801 or more」については、所得額を R204,801 として計算）を加重平均して、平均一人当たりの個人所得（月額）を試算すると、R1,797 となる。

表 10.5-1 南アフリカの所得階層別人口分布

Income Range	Population
No income	22,281,148
R 1 - R 400	8,049,256
R 401 - R 800	2,367,582
R 801 - R 1600	5,721,410
R 1601 - R 3200	2,296,539
R 3201 - R 6400	1,824,969
R 6401 - R 12800	1,425,850
R 12801 - R 25600	659,318
R 25601 - R 51200	285,283
R 51201 - R 102400	89,257
R 102401 - R 204800	46,741
R 204801 or more	26,734
Sub Total	45,074,087
Response not given	2,776,204
Institutions	651,770
Total	48,502,061

ウェスタンハイベルド地域の Municipality の内、Municipality 全域がウェスタンハイベルド地域

に含まれる Thembisile Hani LM と Dr JS Moroka LM の所得階層別の人口の分布は、以下のとおりである。

表 10.5-2 Thembisile Hani LM の所得階層別人口分布

Income Range	Population
No income	130,350
R 1 - R 400	70,948
R 401 - R 800	15,322
R 801 - R 1600	37,776
R 1601 - R 3200	11,244
R 3201 - R 6400	4,169
R 6401 - R 12800	2,258
R 12801 - R 25600	721
R 25601 - R 51200	164
R 51201 - R 102400	60
R 102401 - R 204800	229
R 204801 or more	104
Total	273,345

表 10.5-3 Dr JS Moroka LM の所得階層別人口分布

Income Range	Population
No income	126,093
R 1 - R 400	56,292
R 401 - R 800	14,453
R 801 - R 1600	29,298
R 1601 - R 3200	7,887
R 3201 - R 6400	4,142
R 6401 - R 12800	2,706
R 12801 - R 25600	442
R 25601 - R 51200	241
R 51201 - R 102400	0
R 102401 - R 204800	0
R 204801 or more	0
Total	241,554

「南ア」全国について計算したのと同様の方法で、各 Municipality の平均一人当たりの個人所得（月額）を試算すると、Thembisile Hani が R800、Dr JS Moroka が R570 となり、全国平均の R1,797 を大きく下回っていることから、上記の（注2）の、「直接的・間接的な受益者の所得水準が当該国の所得水準を相当程度下回る」場合に相当すると考えられ、Western Highveld 地域の水道事業は、中進国に対しても円借款供与可能な分野である「格差是正」案件の条件を満たしているものと考えられる。

(2) 「南ア」の ODA 借款受け入れの可能性

上記(1)のように、「南ア」は我が国 ODA 借款供与適格国であり、我が国 ODA 借款供与にあたっての障害があるとすれば、「南ア」側の方にある。JICA 「南ア」事務所によれば、「南ア」政府は外国借款に対する政府保証の付与を制限しており、通常政府自身が借入人となること若しくは政府保証を付与すること、を必要とする ODA 借款供与の実現の妨げになっている由である。また、「南ア」政府には、円建ての借り入れに伴う為替リスクに対する抵抗感もある由である。

しかし、最近、農業系政府系金融機関ランド・バンクについては、「南ア」財務省の政府保証枠

が設定された由であり、それを活用した ODA 借款供与の事案について、両国間で検討が行われている由である。本件に対する日本の ODA 借款供与を実現するためには、水省が本件に対する ODA 借款の有効性を認識し、財務省に強く働きかけることが必要不可欠であろう。

第11章 消費者管理計画の策定

11.1 需要水量抑制施策と手段

本調査地域では、節水の習慣がなく、水が貴重な資源であるという認識が一般に少ない。これは、モデル地区で実施した社会調査の結果にもある漏水・浪費の認識率の低さから理解できる。また、Dr JS Moroka LM での水道メータ調査で得られた、48 世帯中 15 世帯において宅内漏水が生じ、放置されたままであったことから裏付けられる。

漏水・浪費の認識率の低さは、曖昧な課金体制や定額制料金体系となっているため、節水のインセンティブが働かないことも原因となっている可能性は高い。

需要水量の抑制策は状況に応じて、供給者側と消費者側がそれぞれ執るべき対応が考えられる(表 11.1-1 参照)。

表 11.1-1 需要水量抑制施策と手段

No.	需要水量抑制施策	施策内容	施策手段	供給者側	消費者側
A.	【給水原単位の低減にかかる提案】				
A-1	節水型機器の導入促進	節水型機器を導入し、世帯あたりの給水原単位を低減する	貧困層も多いため、国や地方自治体からの助成措置や融資制度の導入が必要。	○	○
A-2	適切な水道料金の設定	水道料金システムは、水需要の抑制に効果的な方法である。料金設定は、消費者に対して、適切な負担を求め、水道料金徴収をとおして消費量の抑制が期待できる。	水道事業規則や「Retail Water And Sanitation Tariff Guidelines」に則り従量制料金システムを構築するとともに水道メータの設置を推進する。	○	
A-3	節水、水保全に関する啓蒙	宅内漏水に係る消費者の意識を高めことは重要であり、節水により配水量を減少させることは、水の生産にかかる費用を削減するだけでなく、Rand Water からの水の購入費用を減少させることも期待できる。	従量制水道料金徴収は消費者の節水意識を根付かせることが可能となる。さらに節水の必要性について、十分な説明・広告を通し消費者の理解を促す。 また、学校における学習は、学校生活の中で取り入れられると効果が大きいと一般に言われている。学習した学生は家庭で学習した内容を伝達する。さらに、良い習慣が身に付いた子供達は成長してもその習慣をもった成人となる可能性が高い。このようなことから、学校での節水教育のカリキュラムを取り込む。	○	○
A-4	宅内の給水設備の補修	宅内の給水設備を早急に補修することで給水原単位を低減する。	貧困層も多いため、国や地方自治体からの助成措置や融資制度の導入が必要。	○	○
A-5	宅内の水道メータの設置	未設置住宅については、水道メータを早急に設置することで、住民の節水意識が向上するため、給水原単位を低減	水道メータ設置には国から水道事業者への助成措置や融資制度の導入が必要。	○	

No.	需要水量抑制 施策	施策内容	施策手段	供給者側	消費者側
		することができる。			
B.	【漏水率改善にかかわる提案】				
B-1	老朽管路の計画的な更新	管路の適切な維持管理を行う体制を構築する。	維持管理専門のチームを構築する。その中で、既存管路情報を整備する。漏水箇所の特定がされていないため、既存情報やスタッフの経験則情報を基に管路更新の優先度を検討する。例えば、石綿管路区域から優先的に管路布設替えを実行する。	○	
B-2	使用水量と配水量の持続的な分析	使用水量と実際の配水量の確認により無収水量を把握する。	各戸や公共水栓における水道メータ設置を推進し、水の需給バランスを常時記録する。	○	
B-3	漏水診断技術の導入	漏水発見に必要な機器や診断技術を導入し、漏水を早期発見する体制を構築する。	音聴棒や管路探知機など簡易な探査機材の導入を図り、パイロット調査で実施したような夜間最小流量・流入量調査を他の地域へ展開する。ただし、対象地域における宅内漏水の補修や水道メータの設置は前提条件とする。	○	

出所：JICA 調査団

11.2 未納者対策

現状で実施されている未納者対策は Ward Councilor による支払いの促しと、滞納額が巨額に達した住民からの未収金を自治体会計上で抹消すること (Adjustment 項目) である。いずれも実質的な増収に結びつくものではない。真に貧困のため支払えない者から取り立てることは無理がある。余裕があっても、隔離地区であった時代からの慣習もあって、支払わない者が対策の優先的な対象となる。

全住民はおよそ 83 万、世帯数は 18 万戸あり、このうち 96 パーセント以上が未納者と考えられる。Sekhukhune DM に属する 4 万戸は全く課金・集金が行われていないので、これに対して新たに課金を開始すれば直ちに政治問題化することになる。個人を対象として説得や意識の変化を促すことにも限界がある。長期間にわたる制度的・組織的なアプローチが必要である。10.3 節に述べた法令の整備に加えて、現行の貧困者に対する公共料金無料化制度を改め、所得補助策 (我が国の生活保護制度) を講じることも今後の検討課題である。

この地区の歴史的成立過程と現在の経済状態を考えれば、直ちに料金増収に結びつくような秘策はない。給水原価を回収して自立できる事業体を確立するという目標を見失うことなく、時間をかけて法令、制度、組織を整備し、顧客関係の改善に努める他はない。

11.3 対顧客関係のあり方

営利が第一義的な目的では無くとも、水という商品売って代金を回収しようとするならば、

水道事業は企業 (Business) である。代金を支払ってくれる顧客を満足させる工夫が必要である。現況の各 LM にはそのための組織も担当者も見当たらない。前述の Ward councilor が租税及び各種料金の納付を促すことになっているが、担当する Ward(町村または大字に相当、選挙区でもある) は平均 2 千世帯以上と見られ、その 9 割を超す未納者に働きかけることは困難である。また、納付を強いて促すことも、納税や各種料金の納付の必要性を説くことも、選挙民の人気を失うことを考えると、共に困難であって納付・集金率が数パーセントという結果を招来していると思われる。

世界各地で見られる殆どの水道事業体には、広報ないし顧客部門があるのが通常である。この部門の基本的かつ重要な業務の概要を下記する。

- どのようにして飲料水が作られ、送水され、各家庭に配水されるのかを、住民に知って貰う、
- そのために、どれだけの費用(原価)を費やさなければならないかを説明する、
- 豊富で安全な飲料水を途絶えることなく給水し続けるために、この費用を利用者が分担しなければならないことを知って貰い、かつ奨励する、
- 水道事業体の幹部や関係部門に対しては、利用者の不満や要望を伝え、顧客の声が事業体の運営に十分反映されるよう働きかける、など。

このような機能を組織的かつ継続的に実施する部門は、ウェスタンハイベルド地区のどの自治体役所にも存在しない。こうした機能を果たすことの出来る組織を、この地区の水道事業の中で実現するための提案を策定して行くこととする。

第12章 組織体制の改善項目の提案

インスティテューションの課題としてあげた項目のうち操作可能なものが、すなわち組織体制の改善項目である。

12.1 法令

- ・ FBW 政策は選挙運動中の政治家の思い付きが、所得移転、国家・地方の財政、行政制度までも歪めてしまった好例である。これの改善を図ることは本件調査の対象外となる。
- ・ 国・自治体が国民・住民一般を対象として行う一般行政行為と、特定の受益者に対して行われる、或いは受益者によって受益の程度の異なる公共サービス事業(公営企業)とを区別すべきである。前者は租税収入を原資として行われるべきで、後者は受益者の支払う料金を原資として実施されるべきである。
- ・ 盗水や水道料金不払いに対する罰則の明確化。
- ・ 水道メータ設置の義務化。

12.2 水道事業組織

- ・ 本報告書のインスティテューション開発の第一の提案、すなわち一般行政から切り離れた公営企業体として財務部門も独自に持つこと。
- ・ 規模・人員も小さく、弱小な対象地域事業体を統合して強化を図る。

12.3 水道事業の運営資源

- ・ 施設の配置図、施設台帳の整備。
- ・ 漏水対策の強化。
- ・ 予防先行的メンテナンスの一部として老朽管、特に石綿管を逐次交換する。
- ・ 本報告書で提案されているその他の投資計画の実施。
- ・ 事業統合による施設の一体的運用。

12.4 水道事業体のマンパワー

- ・ ウェスタンハイベルド水道事業全体を長期的視点で計画、実施、運営維持できる有資格の水道エンジニアが必要である。複数であった方が良い。
- ・ 同時に、企業経営の視点を有する人材が複数必要である。上記エンジニアであっても良いし、財務・事務部門の人材であっても良い。
- ・ 本報告書で提案するプロジェクト技術協力に C/P として参加し、その訓練を受けて漏水探

査技術を身に付ける。これは参加人数が多いほどよい。

- ・ 同じく、ビジネスモデルの策定と実施に C/P として参加し事業経営の実践を学ぶ。
- ・ 同じく、顧客関係アドバイザーの C/P を務め、顧客関係部門の発足メンバとなる。

12.5 事業収入

- ・ 本報告書による各種増収策、つまり漏水・盗水対策、その他無収水対策を実施しても給水原価を回収するレベルの収入を得るまでには長期間かかると思われる。当面は水道施設とその運営に対して国から受ける補助・交付金に頼らざるを得ない。しかし原価の全体回収(収支バランス)に至るまで、増収努力は継続する。

第13章 研修計画の提案

現行でも自治体職員を対象とした各種の研修は各地で実施され、参加者も多い。大学に長期間派遣される者もある。しかし技能・技術を身に付けて有能であることを示すことが出来ることとなると、待遇の良い民間に流出してしまう。この頭脳流出の流れを止めるには民間よりも高い給与を設定するか、地方公務員であることに満足できるような自覚を与える研修を行うことである。この地域は首都 Tshwane (旧称プレトリア)、ヨハネスブルグといった巨大職場マーケットに通勤可能なこともあって有能な黒人を地元で留めておくことが難しい。郷土愛を持ち、郷土の公務に献身できるような環境作りも為されるべきである。

一方、民間では応用の利かない地方自治法の研修などは、頭脳流出にはつながらず、自治体に有用な人材育成に役立つものと考えられる。水道事業体の職員研修は主に施設・設備の技術・技能の研修に偏りがちで、これは民間でも役立つ人材育成をしていることになる。一般的な機械・施設の技術ではなく、水道固有の技術研修が求められる。国の内外の水道事業を対象とした研修を企画しなければならない。

13.1 水道技術に関わる研修

- 漏水探査技術、プロ技に参加する。
- 計画、運転・維持管理技術、海外の水道施設を見学する。

13.2 水道事業経営に関わる研修

プロ技のビジネスアドバイザー及び顧客関係アドバイザーの活動に C/P として参加して、以下を実践、その方法を身に付ける。

- 顧客台帳、資産台帳の作成・維持とそのためのシステム構築、組織立ち上げ。
- メータの設置、検針、課金、集金計画の策定。この計画にはシステム構築と組織立ち上げも含まれる。
- 原価管理計画の策定と、そのための組織・システム。
- 財務計画の策定と、そのための組織・システム。
- 顧客関係の円滑化と向上のため、業務目標の設定、住民友好プログラム、ユーザグループ組織化などの策定、実践、システム化、必要な組織の設計と立ち上げ。

その他、国の内外で事業統合を実施中、或いは既に統合を実施した水道事業を訪ね、その経験に学ぶ。

13.3 地方自治行政一般にかかる研修

この地区は大都市に隣接した片田舎であって都会人から見ると訪ねてみたい場所である。周辺には個人や民間資本の経営するリゾート地や公園なども多い。しかし、当地は旧ホームランドであったという偏見のため、用事なしに訪ねる人は少ない。ここを魅力的で観光客を呼び込める

ような土地にし、金を落として貰う。また、住民たちが産業を起こす、外部の資本が産業の立地を求めることの出来る土地にする。これは、この地区自治体の大きな行政目標となり得る。

そこでこのような村おこし、町興しのための研修を行う。例えば、日本の一村一品運動、著名な観光地となっているヨーロッパ各地の小さな町村などを訪ね、その村興し町おこしに学ぶ。このような研修も一案となる。

要は自分たちの自治体を住みやすい、他者からも魅力ある、経済活動の盛んな土地にすることが行政目標であるし、住民と行政職員個々人の目標でもあり得ることを認識して、このような明確な目的意識を持って研修も行政事務も行うことであろう。

第14章 運営体制・組織能力の改善施策

14.1 技術協力プロジェクトの提案

これまでの調査を通し、水道事業組織能力や水道施設運用の実態が明らかとなった。問題点を分析した結果、水道システムを適切に運用するために運営維持管理体制などについて包括的な改善の必要性が認められた。調査団は技術協力を導入することで各種問題解決を図ることを提案する。以下に、技術協力プロジェクトの概要を示す。

14.1.1 プロジェクト概要

(1) 上位目標

- ウェスタンハイベルド地域の無収水を削減することで、水資源の有効利用を図る。
- ウェスタンハイベルド地域の無収水を削減することで、時間制限給水の削減を図る。
- 国際的に受け入れられる業務実施に基づき堅実な公共サービス事業の管理を図る。

【達成指標】

- プロジェクト実施中の無収水削減率
- 水道事業体の財務収支バランス

(2) プロジェクト目標

- 水道サービス事業体の組織形成に寄与。
- 水道サービス事業体の職員を対象とする無収水削減プログラムの立案及び実施能力の向上。
- 水道サービス事業体の職員を対象とする運営・維持管理能力の強化。
- 最適な給水サービスを考慮においた地方自治体への協力。
- 水道料金徴収制度、緊急対応において給水・衛生サービスに直結する政策や法制面での地方自治体への協力。

【達成指標】

- 新水道事業体の統一化状況
- デジタル化された水道台帳の整備
- 受け入れ機関による無収水削減プログラムの策定
- 受け入れ機関による無収水削減の実施
- ウェスタンハイベルド地域の無収水率
- 運営・維持管理費用を捻出するために必要な収入の伸び
- 顧客に受け入れられる給水サービスの改善レベル

(3) プロジェクトの成果

- 統合水道事業体設立のための原始定款案が策定される。

- ビジネスモデルに沿った組織の各部門(顧客関係室を含む)の責任者が任命され活動体制に入る。
- 漏水探査など維持管理を効率よく実施するために必要な既存水道施設の情報整備される。
- 同時に既存水道施設の情報データベース化される。
- モデル地区における実地訓練を通し、受け入れ機関が無収水削減に係る知識・技術を取得する。
- モデル地区における実地訓練を通し、受け入れ機関が漏水探査技術や不法接続(盗水含む)調査計画手法を取得する。
- 運転・維持管理プログラムが立案される。
- 新水道サービス事業体の業務計画が立案される。
- 顧客サービス部の設置プログラムが立案される。

(4) プロジェクト対象地域

ウェスタンハイベルド地域

(5) プロジェクトの主要活動内容

- a. 水道事業体の統合を促進するための支援
- b. 水道施設台帳及び資産管理台帳の作成
- c. 水道施設情報のデータベース化
- d. モデル・ブロック地区における資産管理計画に係る実地研修
- e. モデル・ブロック地区における漏水探査及び不法接続調査とモニタリング
- f. 運転・維持管理プログラムの立案、水道施設・資機材に係る継続的な維持管理の研修
- g. 新水道サービス事業体の業務計画の立案とモニタリング
- h. 顧客サービス部門の設置計画の立案とモニタリング
- i. 法務面でのアドバイス

14.1.2 職種別活動内容

主要活動内容を「14.1.1 (5)」に上述したが、表 14.1-1 及び表 14.1-2 には日本側と「南ア」側の職種別活動内容を示す。

表 14.1-1 職種別活動内容 (日本側)

職種		活動 / 業務
1	総括/水道事業管理	プロジェクト全体の管理と同時に副総括と協議・共同して以下を行う。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 地域水道事業の広域化・統合の進捗状況のチェック ・ 関係者 (Stakeholders) に対して、統合促進に資する知識・情報・アドバイスの提供 ・ その他統合促進のためのあらゆる活動
2	副総括	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水道事業技術管理
3	無収水削減管理 (違法接続)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既往情報収集 ・ 調査チームの設立支援 ・ 調査手法の立案 ・ 不法接続個所におけるモデル・ブロックの選定 ・ 不法接続調査支援

	職種	活動 / 業務
		<ul style="list-style-type: none"> 不法接続削減にかかる対策立案の支援 不法接続撤廃後のモニタリング その他
4	無収水削減管理 (漏水探査)	<ul style="list-style-type: none"> 既往情報収集 既存水道施設の実態分析 漏水探査及び夜間最小流量測定を実施するモデル・ブロック地区の選定 漏水探査及び夜間最小流量測定 その他
5	施設・資材管理	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理上の問題提起及び分析 維持管理計画プログラム策定 上述のプログラムに従った OJT 研修 その他
6	資産管理	<ul style="list-style-type: none"> 水道施設インベントリー作成支援 資産管理計画策定支援 その他
7	GIS	<ul style="list-style-type: none"> 水道事業及び水道施設情報のデータベース化支援 その他
8	住民啓発	<ul style="list-style-type: none"> 住民啓発ワークショップ実施のモデル地区の選定 住民啓発ワークショップ実施 その他

出所：JICA 調査団

表 14.1-2 職種別活動内容 (南ア側)

No	職種	活動 / 業務
1	副総括	<p>副総括は「南ア」側専門家の業務を調整・指導すると共に、総括と協議・共同して以下を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 地域水道事業の広域化・統合の進捗状況のチェック 関係者 (Stakeholders) に対して、統合促進に資する知識・情報・アドバイスの提供 その他統合促進のためのあらゆる活動
2	ビジネスアドバイザ (複数)	<p>自治体議会と顧客に受け入れ可能なビジネスモデルを策定する。このモデルに含まれるべきものは、</p> <ul style="list-style-type: none"> 顧客台帳のレビューと再構築の方法、全施設・設備の資産台帳とその年次毎の更新法 合理的かつ収入最大化を目指した料金表の作成法 メータ設置計画(メータの破壊を招かないこと) メータ検針、課金、集金実施計画の策定と、そのための組織・システムの設計と実施 原価管理計画の策定と、そのための組織・システム 統合事業体の財務計画、これには年次毎と、直近の将来計画、中期及び長期の招来計画が含まれる その他実現可能な原価回収のための計画とシステム
3	顧客関係アドバイザ (複数)	<p>統合事業体には、事業体トップに直属する顧客関係部門が設置されなければならない。この部門は、顧客の意向とクレームの合理的なものは受け入れると同時に、事業体の業務の重要性を知って貰うことによって事業体と顧客の関係を良好なものとするものである。顧客関係アドバイザは、このような部門設置の礎石として以下を計画・適用する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 顧客の声を反映した事業体職員の業務目標を、月次、四半期次、年次ごとに策定する 「住民友好プログラム」を策定し、メディア、自治体議員、地区のリーダー、伝統的首長、NGO 等を通じて草の根レベルまで浸透させ、かつこれを住民の要望に応じて逐次見直していく メータを設置した公共水栓と庭先水栓にユーザグループを組織するための具体的計画を策定する このグループを通じてユーザ同士が助け合って水の有効利用を図るものとする その他水道事業の改善・向上に資する住民活動と、事業体内部職員の活動を策定、実施する <p>上記の試行錯誤の終わりにあたって、顧客関係アドバイザは顧客関係部門創立のためのレイアウト、設計と実施計画を策定する。この計画には、部門全体の業務内容、人員の規模と質および指導的役職の業務内容・範囲その他を含める</p>

4	法務アドバイザー	法務アドバイザーは下記を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ メータの設置を義務化する条例案の策定 ・ 違法接続、盗水、メータ破壊に対する明確な措置を含む条例案の策定 ・ 悪質不払い者に対する取り扱いを法令化する(給水停止措置を含む)条例案の策定 ・ (地方)公営企業法の素案の策定(これは国の法律である) ・ その他、事業統合にかかる法務上のアドバイス。これには統合のための原始定款案策定にかかるアドバイスを含む。
---	----------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

出所：JICA 調査団

14.1.3 要員構成と実施スケジュール

協力分野は多岐にわたるため、それぞれの優位性を生かし、日本側と「南ア」側との共同実施を提案した。特に、水道施設情報整備や漏水探査などのハード面については、日本の優位性のある技術を活用するために日本側からの専門家による協力が有効である。一方、「南ア」側からは、ウェスタンハイベルド地域の水道事業に精通した専門家を業務実施アドバイザー、顧客サービスアドバイザー担当に配置し、プロジェクト効果発現を高める体制が有望である。

技術協力プロジェクトの実施に約 3 年間で予定され、日本側と「南ア」側の総人月として、約 224 人月が見込まれる (表 14.1-3 参照)。

表 14.1-3 技術協力プロジェクト要員計画表

Activities	Japan	DWA	1 st year			2 nd year			3 rd year			Total by Japan	Total by DWA
			1	2	3	1	2	3	1	2	3		
a. Chief advisor/ water supply service management			2		2		2		2		2	10	0
b. Monitoring of Integrated entity and coordination for DWA and Municipality		Deputy chief advisor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	34
c. Management of water supply services and Development of Water Supply Facility's Inventory	Deputy chief advisor		3		2		2		2		2	11	0
d. Establishment of Database on Water Supply Facility's Information	GIS management			4			3			3		10	0
e. In-service training in asset management plan formulation in the model block	Asset management of water supply facilities			4		4			3			11	0
f. In-service training in leakage detection and illegal connection surveying in the model block	NRW reduction management I (Illegal connection)			4		4			2			10	0
	NRW reduction management II (Leakage detection)			4		4			2			10	0
g. In-service training on periodic and preventive maintenance of facilities and equipment	Maintenance of facilities and equipment				3			3		2		8	0
h. Assistance on establishment of exploratory unit g. Development of business management		Business Advisor I		2	2	2	2	2	2	2	2	0	26
		Business Advisor II		2	2	2	2	2	2	2	2	0	26
i. Establishment of customer relations unit / division		Customer relations builder I		2	2	2	2	2	2	2	2	0	25
		Customer relations builder II		2	2	2	2	2	2	2	2	0	25
	Raising public awareness			3		3		3		3		12	0
j. Assistance on legal issue		Legal advisor	1		1		1		1		1	0	6
Total												82	142
Grand Total												224	

■ : Japan
■ : DWA

出所：JICA 調査団

14.1.4 プロジェクト実施に必要な調達機材

プロジェクトの実施に必要な機材については表 14.1-4 に示す内容が想定される。

表 14.1-4 予定機材一覧

No.		合計数量	日本側	「南ア」側
1.	漏水探査機材			
	● 漏水探知器	2	○	
	● デジタル音響探知器	2	○	
	● 音聴棒	4	○	
	● 相関式漏水探知器	2	○	
	● 携帯式超音波流量計	2	○	
	● 水圧データ・ログ	2	○	
	● 金属製管路探知器	2	○	
	● 非金属製管路探知器	2	○	
2.	資産管理システム・ソフト・ウェア	3	○	
3.	財務管理システム・ソフト・ウェア	3		○
4.	ノート・パソコン	3	○	
5.	プロジェクター (スクリーン含む)	1	○	
6.	プロッター	1	○	
7.	その他機材			
	● コピー機	1	○	
	● マイクロソフト・ウェア	3	○	
	● GIS ソフト・ウェア	3	○	○
	● 水道メータ	1000	○	○

出所：JICA 調査団

14.1.5 プロジェクト実施にあたっての外部条件

プロジェクト実施にあたり、「南ア」側においては、以下に示す内容の体制作りが不可欠である。

- プロジェクト実施に必要な「南ア」側による予算措置。
- 事業統合に向け自治体首長レベルでの合意形成と統合検討・準備委員会の発足。
- 同委員会の事務局の設立。この事務局が本プロジェクトの C/P 機関となる。
- プロジェクト活動の訓練生や参加職員などの体制構築。
- プロジェクト事務所(委員会事務局との同居が望ましい)の設立と事務所の設備。

14.2 官民連携スキーム適用の可能性

本件の対象地域であるウェスタンハイベルド地域は、「南ア」の中でも貧困地帯であり、関連する Municipality の財政状態も極めて弱体であることから、本邦企業も含め関心を示す民間企業が存在するとは思えない。当面の間は、官民連携ではなく、JICA や水省の支援を梃にして、「南ア」の他の比較的に経営基盤がしっかりしている水分野の公企業 (Rand Water のような Water Board 若しくは Johannesburg Water や Tshwane Water のような大都市水道公社) とこれらの弱体な Municipality の水事業体との「公 - 公」連携を実現することである、と考えられる。

また、一部の大都市水道公社を除き、「南ア」の多くの Municipality が実施する水道事業は、程度の差こそあれウェスタンハイベルド地域の Municipality の水道事業が抱える問題と共通する、弱体な組織・人的資源の不足・弱い財政基盤・無収水対策の必要性、などの問題を抱えているものと思われ、これが PPP 導入の障害となるものと考えられるので、本件を通じて、こうした問題の解決の筋道が付けば、今後、我が国企業も含めて「南ア」の水道事業における PPP 実現の可能性

も高まることが期待される。

卷末資料

巻末資料：日本の水道事業組織体制と無収水対策技術

DWA で第 1 次調査結果の中間報告を行なった際、日本の水道事業実施体制や無収水対策技術について、先方側から情報提供の要請があったため、巻末資料としてその内容をまとめた。なお、第 2 次調査の際にこの内容をもとに先方側へ説明する予定である。

A.1 日本の水道事業

本邦の水道事業は「水道法」及び「地方公営企業法」によって一義的に規定・運用されている。すなわち水道事業を経営しようとする場合は、厚生労働大臣または都道府県知事の認可を受けなければならない。認可を受けた水道事業者は、取水から導水、浄水、送配水及び各戸給水に至る事業計画を運営し、この計画に定める給水区域内の需要者から給水契約の申込みを受けたときは、正当な理由がなければ拒むことができず、原則として、水道により給水を受ける者に対し、常時水を供給しなければならない(厳格な給水義務)。

現在、水道事業はそのほとんどが地方公共団体により経営される企業（地方公営企業）によって行われ独立採算制(独立した企業体としての経営・財務の義務化)で運営されている。従って、主に上水道に従事する公務員は、地方公営企業の職員として、水道事業による収入から給与・手当が支給される。

多くの地域で、個々の需用者と直接契約して給水する「水の小売り」は各市町村の水道事業が担当している。都府県営水道がある地域でも「水の間屋」として各市町村に対して給水するのが普通だが、例外として、広域首都圏エリアなどの都府県では、都府県営水道が直接利用者と契約して給水している。

水道事業を行なう主体は、都道府県では水道局あるいは企業庁・企業局の水道部門である。市町村では、水道局・水道部・水道課と呼ばれているほか、上下水道局・建設部などの一部門となっている自治体が、その殆どであった。しかし近年、複数の市町村にまたがる企業団や組合が水道事業を行なう地域も増加してきた。水道料金の値上げが多く、その理由として水源地の水利権の高コストや老朽施設の更新、建設時の借入金負担や市町村合併に伴う価格見直しや節水へ意識誘導する目的で単価を上げるといった理由がある。

A.2 我が国における水道事業統合のあり方

本邦においては市町村合併や、経営規模拡大、低稼働資源の有効活用などを主な目的として水道事業の広域化や統合が行われてきた。本件対象地域にも適用可能で事業の著しい改善に資すると考えられるので、(社)日本水道協会による水道広域化検討の手引きで示された水道広域化の形態と期待される効果を以下に列記する。

A.2.1 水道広域化の形態

水道広域化の各形態は、a~i のような方法に分類される。

(1) 事業統合

- a. 複数の水道事業等による事業統合(水平統合)
複数の水道事業又は複数の水道用水供給事業が認可上で事業を一つに統合する方法
- b. 水道用水供給事業と水道事業の統合(垂直統合)
水道用水供給事業と受水団体である水道事業が統合し末端まで給水する水道事業とする

(2) 経営の一体化

- c. 同一の経営主体が複数の水道事業等を経営
県や市町村が複数の水道事業等を経営する方法 (例えば、複数の用水供給事業を経営する県営水道)

(3) 管理の一体化

- d. 中核事業による管理の一体化
単独あるいは複数の水道事業等が、技術基盤が強固な水道事業等に管理を委託する方法
- e. 管理組織 (一部事務組合又は民間法人) への業務の共同委託

複数の水道事業等が別途に一元的に管理を行う組織（一部事務組合又は民間法人）へ業務を共同で委託する方法

- f. 水道用水供給事業による受水団体の管理の一体化
受水団体からの委託によって水道用水供給事業者が一元的に管理を行う方法

(4) 施設の共同化

- g. 共用施設の保有
取水場、導水管、浄水場、配水池、水質試験センター等の共同施設を建設、保有する方法
- h. 緊急時連絡管
緊急時等のために共同で連絡管を整備する方法
- i. 災害時等の応援協定
災害時等の相互応援協定等を締結する緩やかな連携方法

A.2.2 水道広域化に期待される効果

これまで、主として効率的に水需給の均衡を図る目的で行ってきた広域化政策であったが、近年は、財政基盤や技術基盤の強化という観点から、地域の実情に応じて事業統合や共同経営等の多様な形態による広域化を進めることも重要であるといった考え方へシフトしている。すなわち、水道広域化により期待される効果は、水需給の不均衡の解消や施設整備水準の平準化などに加え、技術面及び経営面の両面、いわゆる運営基盤の強化に移っている。水道の広域化は、上述のように事業統合から管理の一体化や施設の共同化といった多様な形態をとることが考えられるため、形態毎の期待される効果を以下に整理した。

(1) 事業統合

施設整備、管理体制、事業の効率的運営、サービスなど広範囲にわたり技術基盤や経営基盤の強化に関して効果が期待できる。

(2) 経営の一体化

経営主体が一つになることで、施設整備水準の平準化や管理体制の強化、サービス面での利便性の拡大などの効果が期待できる。

(3) 管理の一体化

管理やサービス面で一体化する業務内容に応じて管理体制の強化、サービス面などの各種効果が期待できる。

(4) 施設の共同化

共同で保有する施設に関して、施設整備水準の向上、また緊急時対応等の面で効果が期待できる。

本件 Western Highveld 水道システムでは、上記(4)の施設の共同化は既の実現しているため、(1)から(3)のいずれかの方法によって人的(技術的)、財務的資源の充実を図り、組織の強化すなわちサービスレベルの向上につなげることが望まれよう。

A.3 本邦の無収水削減及び ODA プログラム

A.3.1 日本の漏水防止対策への取り組み方

無収水には、漏水をはじめ、水道メータ不感水、盗水、消防用などによって発生する水量から構成され、水道事業にとって収益につながらない水である。

特に漏水は水道事業の収益につながらないだけでなく、道路陥没等の二次災害も引き起こす。そのため、道路陥没の未然防止や水資源の有効利用も鑑み、日本の水道事業者は鋭意漏水調査・対策に取り組んでいる。

その結果、水道事業体の漏水率は、日本全国の平均で 10%弱、東京都水道事業では、約 3.6%の漏水率となっている。それに対し、アジアの主要都市の漏水率の平均は約 30%、香港やソウルなどでも 20%以上となっている。最近ではアジア各国が東京都の漏水技術を学ぶ動きがみられる。

日本の水道事業体による具体的な漏水防止対策の取り組み方を以下に述べる。

(1) 漏水防止計画策定

漏水防止計画の策定を進めるに当たっては、事業体の実情、過去の資料等も参考にしながら、中期的、長期的な計画を進めなければならない。

そのためには、漏水の実態を詳細に調査し、漏水発生の原因や傾向を明らかにすることが必要である。その結果を踏まえ、管路更新や管材料の検討など事業計画に沿った施設改善を行うことが望ましい。

漏水防止計画には、配水量分析などの基礎的対策、漏水調査を中心とした対症療法的な計画、さらには施設改善を伴う予防的対策の3つの総合的な対策が継続的に実施される必要がある。

それぞれの対策については以下の項目に沿って具体的な計画を立てるとよい。計画実施年数は、漏水が新たに発生する「漏水の復元」やそれぞれの事業体が掲げる「無効率削減率」の計画等に従って、3～10年で策定することが適当である

表 A.3.1 漏水防止対策

	項目	施策
基礎的対策	漏水防止の準備	財源、組織の確保 図書類（配管図、区画図等）の整備、 区域の設定、計量設備の整備
	実態調査	配水量、配水量の分析、水圧測定、 漏水原因の追及、漏水の分析
	管材料の研究と改良、開発	配水管ならびに給水管の管材料、継ぎ手材料付属器具類
	技術開発	漏水量測定法、埋設管探知法 漏水発見法、修理方法
対症療法的対策	機動的作業	地上漏水の即刻修理
	計画的作業	地下漏水の早期発見、修理
予防的対策	水道事業の計画	漏水防止を配慮した計画
	水道施設的设计施工	耐震性、耐久性、耐食性、水密性
	経年管の取り換え (漏水多発管の取り換え)	配水管及び給水管の取り換え (管種変更も含む)
	給水装置の構造の改善	道路横横断の集約化
	管路の防護	量水器をできるだけ官民境界に近い位置に設置する。防食、 漏水防止金具の取り付け、曲管部の補強
	残存管の処理	分岐箇所における完全な処理、給水装置の管理の徹底
	管路のパトロール	他企業工事による損傷を防ぐための指導監督
水圧の調整	配水系統の分割、減圧弁の設置	

(2) 漏水量の把握と配水量分析

漏水防止の年次計画を策定するために、正確な漏水量を把握する必要がある。漏水量の把握は、施設内の漏水量を計器によって直接的に計量する方法と、配水量の分析によって把握する方法がある。

IWAによる配水分析による方法は、次の通りである。

表 A.3.1 配水量の分析表

(1)System Input Volume	(2)Authorized Consumption 認定された消費水量	(4)Billed Authorized Consumption 請求された認定消費水量	(8)Billed Metered Consumption (including water exported) 請求された計量消費水量 分水量含む	Revenue Water 収入水量
------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

システムへの 流入量		費水量	(9)Billed Unmetered Consumption 請求された計量されない消費水量	Non-revenue Water 無収水量
		(5)Unbilled Authorized Consumption 請求されない認定消費水量	(10)Unbilled Metered Consumption 請求されない計量された消費水量 (11)Unbilled Unmetered Consumption 請求されない計量されない消費水量	
	(3)Water Loss 損失水量	(6)Apparent Losses 見かけ損失水量	(12)Unauthorised Consumption 認定されない消費水量	
			(13)Customer Metering Inaccuracies メータ誤差	
		(7)Real Loss 実損失流量	(14)Leakage on Mains 本管からの漏水量	
			Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks 受水槽からのオーバーフロー Leakage on Service Connections to point of Customer metering メータまでの給水管上の漏水	

(3) 漏水調査に必要な水道施設図

1) 配水系統図 (縮尺 1 : 10000~1:20000)

給水区域全体の配水管網を 1~2 枚の図面で管理できるように作成した。配水管の管種、口径、消火栓、仕切弁などが記入されており、配水計画の立案、全体の配水コントロール用に使われる。

<記載項目>・・・配水池、ポンプ室、配水管（幹線）、等高線 等

2) 配水管路図 (縮尺 1:2500)

配水管網の連絡状況や、付属施設（仕切弁、消火栓、空気弁、ドレン）などの詳しい設置状況が把握できる。

漏水調査の計画や、配水管の改良工事計画などに使われる図面である。

<記載項目>・・・配水管（幹線）、口径、仕切弁、消火栓、空気弁、止水栓、地区名及び番地等

3) 水道台帳図 (縮尺 1:1000, 1:500)

水道管理図では最も詳細な図面で配水管、給水装置だけでなく、配水管の位置、埋設深度の情報も盛り込まれている。

各家の番号は水栓番号または使用者番号であり、一枚ずつ別に作成されている給水台帳の索引番号となっている。

<記載項目>・・・配水管（幹線及び配水小管）、口径、仕切弁、消火栓、空気弁、止水栓、分岐箇所、給水管、メータ、水栓番号、地区名及び番地等

弁栓台帳

縮尺 1/200~1/300 で、仕切り弁、消火栓、空気弁などの位置を、オフセット測量して作成する。

給水台帳

配水管より分岐した給水管とメータ、また、屋内配管を記録した図面である。

(4) 漏水調査計画の立て方

図 A.3.2 に基本的な漏水調査から対策までのフローを示す。

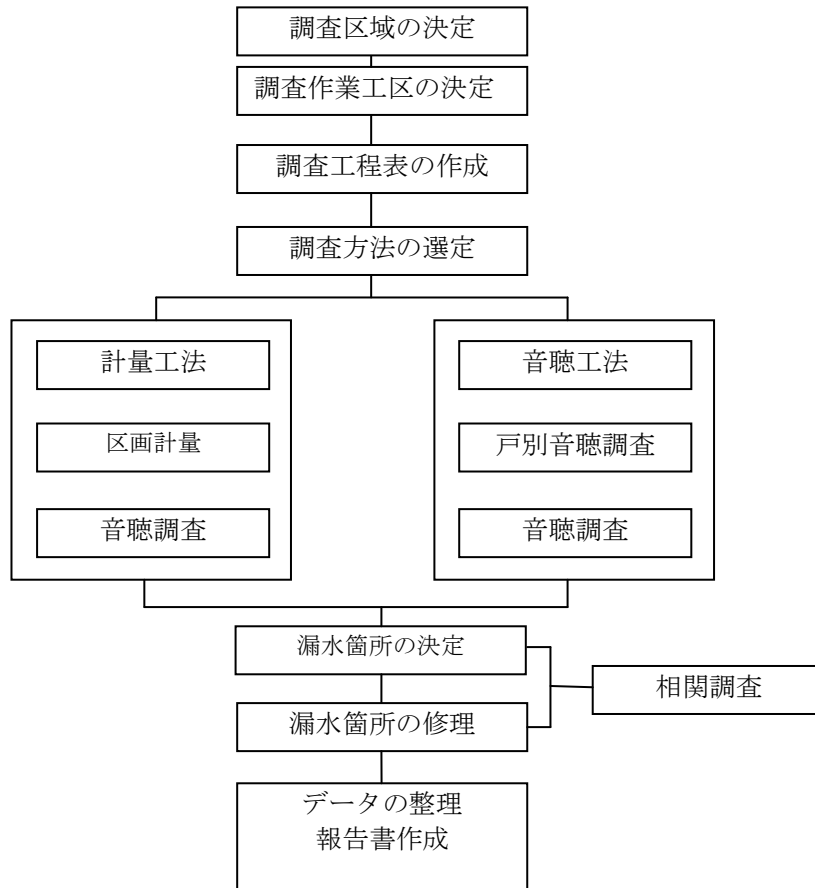


図 A.3.2 漏水調査・対策フロー図

(5) 調査区域の決定と作業工区

調査区域が決定したら、次に1日の作業量や流量測定区画を考慮して、作業工区の決定を行う。1工区の大きさは、配水管の延長で2~3km程度であり、これが1日の作業量の基準である。

1) 調査工法の種類

- 面の工法 計量調査

大ブロック 10km以上・中ブロック 4km~9km・小ブロック 3km程度

漏水調査ブロックごとに流量および水圧を測定し、夜間最小流量を把握する。

- 線の工法 弁栓音聴・消火栓音圧レベル記録調査

仕切弁・消火栓を音聴し、地区内の漏水発生の危険管路を選別する。

- 点の工法 路面音聴調査

漏水探知器を用いて、管路上の路面に伝播する漏水音をキャッチする。

相関式漏水探知器を用いて、管路上の2点に伝播する漏水音をキャッチし、この2つの音の到達時間のズレをはかり、漏水点までの距離を計算する。

表 A.3.2 は有効率の状況に従って異なる漏水探査の方法を示す。

表 A.3.2 有効率に対応した漏水調査工法

有効率		75%以下	85%以下	85%以上
漏水区分	区分比	配水管：給水装置	配水管：給水装置	配水管：給水装置
	件数	4：6	3：7	1：9
	量	7：3	6：4	3：7
漏水の特徴		配水管の多量漏水が散在	配水管・給水装置の漏水が分布	給水装置の小漏水が散在
調査概念		大漏水中心に大掴み	重点地区を集中的	全域対象に精密化
流量の把握		大ブロック【系統】	中ブロック	小ブロック
中心工法		弁栓及び路面音聴	流量測定＋管路選別	流量測定（許容量） ＋戸別音聴調査
調査対象		配水管に重点	配水管と給水装置	給水装置に重点
調査の効果		短期間に大幅向上も可	小幅な向上と停滞	高い有効率維持
調査の正確		漏水発見調査	漏水発見調査	定期検査
調査の課題	大施設	1か所でも多量漏水の発見で、防止効果が大い。全域的に反復、継続調査。		1か所の多量漏水の発生で、有効率に影響する。継続調査必要
	中施設	主として配水管の漏水発見に集中。反復継続調査。	重点地区の割り出し。重点地区における反復。継続調査	小ブロック単位で流量把握。
	小施設	短期間で全域調査が必要		短期サイクルで精密な調査を実施。

2) 区画計量 漏水量の分布調査

配水系統をブロックに仕切り、夜間最小流量を測定し、ブロック内の漏水量を推定する。

間接測定法（夜間流量法）

夜間の使用水量が最も減少している時間帯を選び、各戸の止水栓を閉止し、完全断水する直接法と、各戸の止水栓を閉止せずに測定をする間接法がある。この測定には自記録流量計を使用し、最小流量を読み、この値から漏水量を推定する。

この間接測定法は、比較的測定範囲を自由に選択できるが、この範囲を大きくすれば区画内での誰も水を使用しない時間帯が減少し、区画の分離化のために操作するバルブ数が増加し、隣接する地域への水圧低下の可能性が増し、測定する流量計の口径が大きくなること等が、重なるため漏水量調査としての精度が低下しやすい。作業性からみると、3～4km程度にするのが望ましい。各ブロックの漏水量が大略0.2MPaで1～1.5 m³/km/h以上の地帯を漏水調査対象とする。特にこの測定法は測定中の使用水量の多少が精度を左右するため、区画内の大口使用者や受水槽が設置されているところだけでもその栓・弁を閉止する等の配慮をすることが望ましい。

また広範囲の地域を対象に測定する場合には、配水池の系統別または配水本管系統別等の単位で区域設定をすることが望ましく、特に使用量の少ない時期と時間帯を選ぶ必要がある。水量の計測は、既設の配水本管流量計を整備して利用するか、別に大型メータ（自記録式）を設置しておく。定置型の場合は区画設定により、他の区域が減水になることに充分注意しなければならない。

尚、現在2011年現在の日本では音聴作業を中心とした、漏水量を計算しない漏水調査方式が一般的である。その理由としては、1980年代ごろから日本国内の漏水率が減少し、早期発見、早期修理の声とともに音聴調査工法に切り替える事業者が増えたこと、断水による住民サービスの低下、断水バルブ数に比例して夜間の作業時間が長くなり労力が多くかかることがあげられる。

もちろん2011年現在も1キロあたりの夜間最小流量の目標を設定した上で、その数値目標を下回るまで漏水調査、修繕を続けている水道事業者もある。

(6) 漏水調査の方法

1) 現地の現場下見調査

作業目的

事前下見調査は、調査予定地域の配管図と、調査現地を照合する作業である。この調査では、①施設の概念をつかむこと②配水管の正確な埋設位置をオフセットすること③移設管、切り回し管、あるいは残存管等の有無を確認すること④夜間音聴に障害になるような施設や、周辺雑音の存在を確かめること・・・などの目的で実施される。

作業の方法

下見の範囲は1週間の予定工区（平均4工区、約15km）を、1日の日程で行う。車道下に埋設されている管路に対しては、道路境界線からの距離が判明できれば、それを図面上にオフセットする。管路の分岐点や、切回し地点では下車をし、路上にその地点、方向をオフセットし、管網が複雑なところについては、管路探知機を使用して綿密な調査をする。

使用機材

鉄管探知機 PL-960



非金属管探知器 NPL-100



ボックスロケーター F-90M



2) 戸別音聴調査

作業の目的

家庭用メータもしくは止水栓の音聴作業は、主として給水装置での漏水発見を目的にしている作業である。この調査では、分水栓に至るまでの漏水音をキャッチすることができる。全国的にも分水栓からメータまでの間に大半の漏水が集中しているから、微量な漏水でも逃すことなく、キメの細かい作業が実施できる。宅内への立ち入りが必要で、昼間作業として行われる。

作業の方法

1日の作業は、1班で1工区（平均3.5km）を調査する。1班、2名の調査員がそれぞれ調査器を使用し各戸のメータもしくは止水栓を、丹念に音聴し、異常音が発生していた場合は、止水の閉止作業をして漏水か、使用水かの判別をしていく。通所の調査ではメータの蓋を開き音聴棒や電子音聴器で直接音聴する。

使用機材 音聴棒 LSP-1.5m



電子音聴棒 FSB-8D



3) 路面音聴調査

作業の目的 音聴調査は、主として埋設された配水管及び給水管に発生した漏水を、路上調査によって発見する作業である。調査対象になるものは、配水管から給水装置の水道メータまでに発生している漏水に対し路面及び行動上の止水栓を音聴く調査し、キャッチされる異常音については、すべてチェックされる。したがって、騒音が少ないこと、使用水量が少ないこと、水圧が高いほど音を聞きやすいことなどの理由から、夜間調査が最適である。

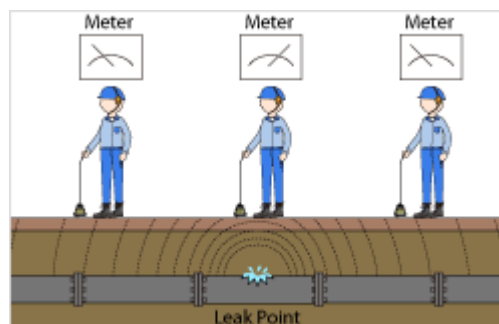
作業の方法

1日の作業は、1班で1工区（平均3.5 km）を調査する。1班は2名編成だから、それぞれ漏水探知器を使用して、一定間隔に離れて探知もれのないよう、管上を調査する。さらに、夜間でも立ち入り可能な位置にある止水栓、仕切弁、消火栓などでも音聴作業を行う。この作業は、漏水調査の要であるから、正確な管路上を調査しなければならない。

発見された“音の発生地点”は、漏水の可能性のある場所だから、路上と図面上にオフセットしておき、後の確認調査に廻す。通常の場合、漏水探知器による聴音だけで漏水箇所を指摘することは、カラ掘りの危険がともない危険である。

使用機材

漏水探知器 DNR-18



4) 相関調査

漏水音源を管上の2点で捉え、この二つの音の到達時間のズレを測り、漏水音源の位置を調べる方法がある。

- 漏水箇所をはさんだ2点の仕切弁、消火栓等に2個のセンサーを取り付ける。
- 2個のセンサーが捉えた音を相関式漏水探知器に伝送し、2つの波形の到達時間差を自動計算する。
- 2個のセンサーと漏水地点では図の様な関係が生じ漏水の位置は

$$L = (D-N)/2$$

の算式によって計算できる。

d. N はタイムディレイ (Td)、管内音速 (V) を掛けた式で算出する。

$$N = V * Td$$

e. これらの諸計算を自動的におこない、入力した管種・測定間距離等を総合して、漏水位置を表示する。

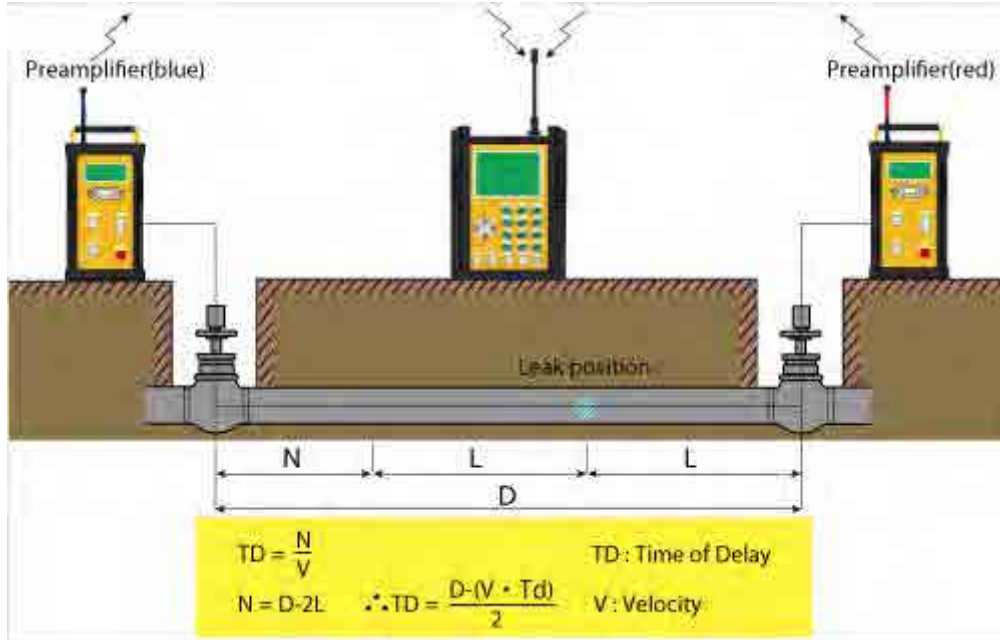


図 A.3.3 相関調査方法

使用機材

相関式漏水探知器 LC-2500



◆ 確認調査

漏水調査のなかで、確認調査は、最終的なツメの作業である。音聴調査で発見された“異常音”の発生地点を再度調査し、漏水音か他の異常音かを判別するなど、漏水に間違いのない場合はその中心点を割り出し、無駄掘りを避けるために実施される。

確認調査は、主として昼の時間帯に、路面のボーリング、止水栓の開閉、管路や埋没弁栓の調査、下水、側溝などの流水調査によって組み立てられている。

作業の方法

あらかじめ図面、及び路上にオフセットしてある地点を次のように調査する。

- a. 管上及び分水栓上と思われる漏水については、路面を電気ハンマドリル、ボーリングバーで、管の近くまでボーリングする。そのうえで、1.5m の音聴棒を差し込み、漏水の中心点を割り出す。
- b. 給水管上の漏水で、止水栓に異常音が入っているものは、止水栓の開閉をして、公道あるいは宅内漏水の判別をする。

c. 異常音の発生地点では、下水のマンホール、側溝などの流水調査をし、もし流水があれば、残留塩素反応、導電度テストをして水道水か地下水かの判別をする。

これらの調査の後、確実に漏水確認されたもので、位置を正確に割り出されたポイントを「漏水調査報告書」に記録する。

使用機材

漏水探知器 DNR-18

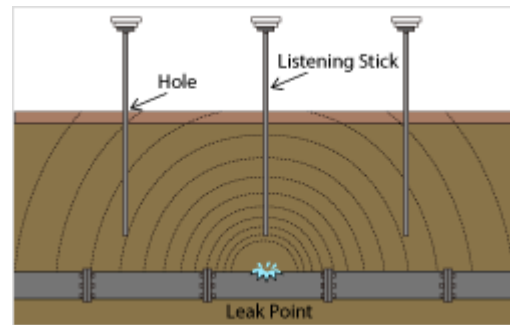
音聴棒 LSP-1.5m

電子音聴棒 FSB-8D

ボーリングバー 1.0m

電動ハンマドリル 日立工機

発電機 (2.0KVA)



(7) 漏水の実態分析

漏水の形態と状況、原因別については、可能な限り正確さを期した資料として、その結果を今後の漏水対策の計画、設計、施工あるいは日常の管理にフィードバックし、より効果的な漏水防止対策に結びつけることが肝要である。

そのために、データ分析の基本となる漏水修理表の内容の検討が必要である。

漏水修理表の記載内容を列挙すると下記の通りである。

①漏水原因および状態②管種③管口径④水圧⑤漏水の種類⑥漏水状況写真もしくはスケッチ⑦漏水口の大きさ⑧推定漏水量

最小限度上記8項目は記載する必要がある。

それにより漏水の発生原因や漏水多発路線が把握でき、これらのデータを漏水対策の計画、設計、施工あるいは日常の管理にフィードバックすることで、より効果的な漏水防止対策の確立ができるのである。

(8) 予防的対策

漏水を発見し修理する対症療法的対策は、漏水の早期発見修理には必要であるが、これのみを繰り返すことは、漏水の復元や経年劣化により有効率を上昇させるには限界がある。このため漏水が発生しにくい施設改善への予防的対策を積極的に実施する必要がある。

予防対策のアプローチの仕方は、今までの漏水発生原因、状況を分析し、その最弱点の解消から始まる例が多い。

また、予防対策の中心的な施策である管路更新や更生工事は、新設時以上の経費と時間がかかるため、最も経済的な実施項目を検討しなければならない。

実施項目

実施項目には様々あって、比較的容易に出来るものや面倒なものがある。配水管、給水装置を新設する場合は、予防的対策を考慮した工法で工事を行いやすいが、“既設の改良”はそれが困難となる。

下表に実施項目についての内容を示す。

表 A.3.3 予防対策の実施項目

項目	内容
計画	・管網、ブロック割の適正化 ・水圧の適正均等化 ・区画量水器、圧力測定装置・配水補助計画
設計施工	・管種選定 (耐震、耐久、耐食、水密性の保有) ・施工 (埋設深度、巻立材料、復旧、他工作物取り合わせ) ・検査 (水圧、漏水テスト) ・耐震化対策
管の取替更生補強	・老朽管の取替及び更生 ・低強度管取替 ・抜け出し防止継ぎ手及び継ぎ手漏水防止金具の取付 ・他工事に伴う管移設 ・可とう管設置
ポンプ	・ポンプ回転制御 ・水衝圧防止
給水装置	・管種の選定 ・分岐工法 (サドル付分れ栓、割丁字管) ・水圧テスト ・止水栓位置変更 ・残存管撤去、コマ下げ ・メーター口径適正化、早期取り換え ・配水補助管の集約化
水圧調整	・配水系統の分割 (地盤高による区分、その他) ・減圧弁・減圧井の設置 ・適正水圧確保のための給水区域再編成 ・配水管整備 (バイパス管、パイプクリーニング等)
その他	・消火栓点検整備 ・盗水防止 ・排水管点検 ・戸番図整備 (1/500~1/1000 図)

A.3.2 ODA プログラムを通じた無収水削減の事例

日本の ODA プログラムにおける無収水削減プロジェクトの事例を紹介する。表 A.3.4 はプロジェクト結果が得られているプロジェクトを示す。

表 A.3.4 プロジェクト事例

No.	対象国	プロジェクト名	期間	プロジェクト状況
(1)	ヨルダン国	無収水対策能力向上プロジェクト	2005年8月1日 -2008年7月31日	完了。プロジェクト結果公開済み。
(2)	エジプト国	シャルキーヤ件上下水道公社運営維持管理能力向上計画プロジェクト	2006年11月1日 -2009年10月30日	完了。プロジェクト結果公開済み。
(3)	ブラジル国	サンパウロ市無収水管理プロジェクト	2006年7月1日 -2010年7月14日	完了。プロジェクト結果未公開。

(1) ヨルダン国無収水対策能力向上プロジェクト

1) プロジェクト背景

ヨルダン水道庁 (WAJ) は、需要水量増加に伴う時間給水、50%におよぶ無収水量の問題に直面していた。無収水の増大により水道事業の累積赤字は、GDP の 10% を占めた。

このような状況から、WAJ は無収水問題の重要性を認識し、必要な対策をおこなっていたものの、無収水対策に関わる人材の数・技術水準の低さから十分な対策が行えない状況にあった。ヨルダン政府は問題の緊急性に伴う人材育成の重要性を鑑み、無収水対策に係る技術協力プロジェクトを要請した。

2) 目標・成果目標

上位目標	プロジェクト目標	成果目標
WAJ 管理区域の無収水が減少する。	WAJ の無収水対策能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトの実施体制が整う。 エンジニア及びテクニシャンスタッフが無収水対策に必要な基本技術・概念を習得する。 上級職員とエンジニアが無収水対策に係る組織内研修実施能力を獲得する。 エンジニアおよびテクニシャンスタッフがパイロット区画の実践により、無収水対策の実務を習得する。 無収水対策に関する住民意識向上活動を強化する。

3) 成果

本プロジェクトを通して、下記の成果が確認された。

- 基本技術を習得したエンジニア（11名）、テクニシャン（27名）が基本技術に係る講習を受講し、エンジニアの90%が研修講師となった。
- 6名の研修講師が認定され、研修教材が作成された。
- 予め設定したパイロット区画のうち7ヶ所で、無収水率の半減が達成された。
- 現地 NGO の Jordan Aqua Conservation Association (JACA) と連携することで、現地に受け入れられやすい啓蒙活動を実施することができた。

(2) エジプト国シャルキーヤ件上下水道公社運営維持管理能力向上計画プロジェクト

1) プロジェクト背景

1990年に県政府の行政部局から県単位に設立された上下水道事業体への運営に切り替えられた。その後、経営・財務面での独立を目指して、水道事業体の公社化とともに料金改定も実施された。しかし、全ての事業体において経常収支は赤字財政が続き、運営・維持管理の費用を料金収入のみでは賄うことができず、老朽化した施設の整備や配水管網の適切な維持管理を行うことが困難な経営状況であった。

シャルキーヤ県も同様に上下水道公社 (SHEGAWASD: Sharkiya Economic General Authority of Water & Sanitary Drainage) が同県内の全ての上下水道事業の維持管理を県政府より引き継ぎ、運営することとなったが、他県の公社と同様に赤字経営であった。この原因としては、低水道料金に起因する不十分な料金収入、過剰人員による過大な人件費負担、非効率な施設運転による高い原価、高い無収水率、低い料金徴収率が挙げられる。

こうした状況の中、2003年にエジプト政府は日本に対して SHEGAWASD の経営改善に向けた技術協力プロジェクトを要請した。

2) 目標・成果目標

上位目標	プロジェクト目標	成果目標
シャルキーヤ県において、上水道施設の運営維持管理能力が向上する。	SHEGAWASD の上水道施設の運営維持管理能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> ● パイロットプロジェクト地区の無収水率が削減される。 ● 上水道施設の運転及び維持管理能力が強化される。

3) 成果

本プロジェクトを通して、下記の成果が確認された。

- 9つのパイロットプロジェクト地区で職員による配水量分析が実施され、分析手法について職員が理解した。
- 無収水率が漏水探査やそれで特定された漏水箇所の補修などにより約29%から15%まで削減できた。
- 職員が漏水探査技術を習得した。

(3) ブラジル国サンパウロ市無収水管理プロジェクト

1) プロジェクト背景

サンパウロ州上下水道公社 (SABESP) は同368市2,500万人に飲料水を供給し、職員数は17,300人（うち上水道事業担当は約10,000人）、収入は25億ドルにおよぶ。これは東京都水道局に匹敵する規模であり、世界でも有数の水道事業体といえるが、東京都の10倍以上にもなる高い無収水が大きな課題であった。

かかる状況の下、ブラジル政府は高い無収水率の削減を目的に、技術協力プロジェクトを日本に要請した。

2) 目標・成果目標

上位目標	プロジェクト目標	成果目標
SABESP 給水区域における無収水が減少し、給水の安定化がはかれる。	SABESPの無収水管理能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> • SABESPの職員が無収水管理の必要性を理解し、無収水管理に関する人材育成体制が強化される。 • パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる基礎的対策が充実される • パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる対症療法的対策が強化される • パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる予防的対策が強化される

3) 成果

プロジェクト結果は現時点（2010年）では公開されていない。

(4) その他プロジェクト

JICAの支援による現在実施中の無収水対策関連のプロジェクト概要を表A.3.5に示す。

表 A.3.5 無収水対策関連のプロジェクトの概要

No.	国名	プロジェクト名	カウンターパート	実施期間	プロジェクト目標	成果目標
(4)-1	バングラデシュ国	チッタゴン上下水道公社無収水削減推進プロジェクト	チッタゴン上下水道公社 (CWASA)	2009年7月1日 -2012年6月30日	CWASAの無収水削減能力が強化される。	<ul style="list-style-type: none"> •無収水削減計画策定能力が開発される。 •パイロットプロジェクトを通して無収水削減対策技術と実施マネジメント能力が強化される。
(4)-2	エルサルバドル国	サンサルバドル市上下水道公社事業運営能力強化プロジェクト	上下水道公社 (ANDA)	2009年1月10日 -2011年12月28日	ANDAの施設維持管理能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> •施設維持管理能力の向上。 •無収水削減計画策定能力も向上。
(4)-3	インドネシア国	南スラウェシ州マミナサタ広域都市圏上水道サービス改善プロジェクト	南スラウェシ州政府マミナサタ広域都市圏水道公社 (PDAM)	2009年10月5日 -2012年2月21日	マミナサタ広域都市圏における水道公社職員の上水道サービスの運営・維持管理能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> •水道公社間の地域内協力・調整体制の強化。 •財務管理能力の強化。 •無収水削減能力の強化。 •データベース構築能力が強化される。
(4)-4	スリランカ国	コロンボ市無収水削減能力強化プロジェクト	国家上下水道公社 (NRSDB)	2009年10月1日 -2012年9月21日	NRSDBの無収水対策の遂行能力が強化される。	<ul style="list-style-type: none"> •上級職員の計画立案・実施管理能力が向上する。 •無収水削減活動を実施するために必要な業務遂行能力（技術力・施工管理能力）の向上。
(4)-5	ケニア国	無収水管理プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> •ケニア水研究所 •水サービス規制委員会 •水サービス委員会 •水サービス事業者 	2009年11月1日 -2013年9月1日	全国の無収水削減の監督、実施、普及の体制が整備されると共に、無収水削減能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> •無収水対策実施マニュアル、無収水対策監督マニュアルの作成。 •無収水管理基準の策定。 •無収水管理指導の強化。

A.3.3 開発途上国における注目すべき無収水対策の事例

無収水のコントロールを最も徹底的に行っているのは日本であり、日本の全国の約 1,000 の水道事業体の平均無収水率は 10%であるが、同じ先進国でも、英国やフランスでは、無収水のコントロールは必ずしも徹底して行われていない模様である。ロンドンの無収水率は 40%である、という話を聞いたことがある。無収水のコントロールが出来るかどうか、は国の経済水準によるのではなく、水道事業体の経営方針の違いによるようである。

アジアでは、中国の全国の水道事業の平均無収水率は約 20%であると言われており、又、水問題に関する国際会議において中国の代表者が発表する際に、無収水率に言及することが多いので、日本ほどではないが、中国も無収水のコントロールを重視している国であるようである。

ADB が 2008 年の第 5 回世界水フォーラムで行った報告によれば、日本・中国（+たぶん韓国）以外のアジアの殆どの水道事業体の無収水率は 50%前後であり、無収水率が 20%を下回っている水道事業体は 3つしかない、とのことである。カンボジアのプノンペン水道公社、フィリピンの Manila Water Company、ベトナムのハイフォン水道公社である。注目すべきは、アジアには、これら 3 カ国よりも経済水準が高いタイとかマレーシアという国があるが、タイやマレーシアの水道事業体の無収水率はプノンペン水道公社や Manila Water Company 程良くない。プノンペンがあるカンボジアはアジアで最も貧しい国の一つである。ここでも、水道事業の無収水のコントロールの良し悪しは国の経済水準とは無関係であり、水道事業体の経営方針次第であることがわかる。

ここで紹介する 2 つのケース、カンボジアのプノンペン水道公社とフィリピンの Manila Water Company は、公社と民間企業という違いはあるが、いずれも、無収水対策を水道事業経営戦略の中核に位置付けて成功している事例である。いずれも、水道事業体の初期状態は、現在の Western Highveld 地域の水道事業よりも悪い状態にであったと考えられ、Western Highveld 地域の水道事業改革を検討する際に、参考になると思われる。

(1) カンボジアのプノンペン水道公社

カンボジアは、1975～1991 年の間、クメール・ルージュという共産政権の支配とベトナムの介入・内戦により、国家経済が崩壊したが、1993 年に和平が成立し、国家経済の建て直しが始まった国である。首都プノンペンの水道事業も例外ではなく、1993 年の水道普及率は僅か 25%、一日の給水時間は 10 時間、無収水率は 72%であった。これが、2006 年には、水道普及率 90%、24 時間給水、無収水率 8%まで改善した。

表 A.3.6 プノンペン水道公社の水道事業経営指標

	1993 年	2006 年
職員数/1,000 給水栓	22 人	4 人
一日最大給水量 (m ³ /日)	65,000	235,000
行政区域内水道普及率	25%	90%
給水時間	10 時間	24 時間
平均給水圧力	0.2kg/c m ³	2.5kg/c m ³
給水戸数	26,881	147,000
無収水量率	72%	8%
水道料金納入率	48%	99.9%

プノンペン水道公社に対しては、JICA による技術協力が行われ、日本の地方自治体の水道局（北九州市水道局、横浜市水道局等）から、多数の水道エンジニアが派遣され、オンザジョブ・トレーニングを行った。その中で、無収水対策に関するトレーニングも行われた。しかし、最も大きな役割を果たしたのは、水道事業のマネージメントが良かったことである。プノンペン水道公社の良いマネージメントのポイントは、以下の 3 点に要約される。

①中央政府に、水道事業経営の独立性を認めさせたこと。プノンペン水道公社総裁は、同公社の職員の任免や給与も含めて人事を自分で決めることが出来る。無収水率向上に貢献した職員の給

与は引き上げられ、逆に腐敗して無収水コントロールの妨げとなった職員は罷免された。

②ディシプリンがある経営者がトップマネジメントにいたこと。プノンペン水道公社の Ek Sonn Chan 総裁は、水道局の幹部職員が水道料金を免除される悪習慣を止めさせた。又、ある大臣が水道料金を滞納した際、同大臣宅への水道供給を止めた。こうしたアクションが、住民の水道事業に対する信頼と水道料金支払い意欲を向上させた。

③プノンペン水道公社の財務的独立性が確保されたこと。途上国の水道事業体は、多くの場合、その収益を中央政府や地方政府に吸い上げられて、再投資にまわすことが出来ない。プノンペン水道公社にもその圧力はあったが、公社の財務的独立性を確保した結果、同公社の収益は政府に吸い上げられることなく再投資に回すことが出来たので、水漏れを防ぐための水道管網の修復や拡張を機動的に行うことが出来た。

(2) フィリピンの Manila Water Company

フィリピンの首都マニラの水道事業は、1997年に同市を東西に分けて、東西に別のコンセッショネアが入る形で民営化された。マニラ東部地区のコンセッショネアとなったのが、Manila Water Company である。Manila Water Company は、地元資本の Ayala Group が多数株主として経営の中核を握り、その他に英国の United Water と日本の三菱商事が少数株主として参加する民間オペレーターであり、その事業は著しく成功し、2003年には Manila Water Company はフィリピンの証券市場に上場している。

他方、マニラの西部地区には、フランスのスエズ社が現地企業と組んで Mainilad Company を設立してコンセッショネアとなったが、同社の経営はうまくいかず、スエズ社は 2007年に撤退し、別の地元企業がコンセッショネアとなった。

Manila Water Company も、1997年には 62%であった無収水率を 15% (2009年)まで引き下げるのに成功している。Manila Water Company は民間企業なので、上記のプノンペン水道公社の成功をもたらした 3つの要因 (経営の独立性・経営のディシプリン・政府からの財務的独立性) は、いずれも共通している。

表 A.3.7 Manila Water Company の水道事業経営指標

	1997	2010
接続人口	3 百万人	6.1 百万人
給水人口中 24 時間給水可能 地域人口の割合	26%	99%
無収水率	63%	16%
職員数/1000 給水栓	9.8 人	1.4 人

しかし、同じ民間企業が必ずしも無収水のコントロールに成功しているわけではない。マニラ西部地区の民間コンセッショネアの Mainilad Company も、インドネシアのジャカルタの東西の 2つの民間コンセッショネア (Palyja, Aetra) も、いずれも無収水のコントロールに失敗している。

Manila Water Company が無収水のコントロールに成功した要因として考えられる点、他の民間コンセッショネアに無いと考えられる点は、以下の 2点である。

①フラットな組織を作り、現場への権限委譲を進めたこと。Manila Water Company は、水道区域を 8つに分けて、それぞれにビジネス・センターを設け、水道料金徴収と戸別接続推進の役割を与えている。各ビジネス・センターは、小額の設備投資であれば、本社の承認無しに実施できる権限を与えられており、新規接続の申し込みや水道管からの水漏れ修理のニーズに迅速に対応できる体制を整えている。又、日本に起源を持つ QC (Quality Circle) や 5S 等の手法を取り入れ、職員の motivation を高めることに成功した。

②独自に開発した安価な戸別接続方法と、地元 NGO 等と連携した住民の組織化により、スラム住民の戸別接続を推進し、スラム人口百万人以上の戸別接続に成功したこと。これにより、従来は

無収水の原因の一つであった公共水栓から水道メータ付き戸別接続に切り替えることにより、無収水を大幅に減らした。

③配水網への積極的な設備投資。Manila Water Company は、10年間に約10億ドルの設備投資を行ったが、その大部分は配水網に投資し、浄水設備にはほとんど投資していない。その結果、おなじ浄水量を使って、給水量を2倍以上に増やすことに成功した。