

スリランカ民主社会主義共和国
コロンボ市無収水削減
能力強化プロジェクト形成
調査報告書

平成 20 年 5 月
(2008 年)

独立行政法人国際協力機構
南アジア部

地 二

J R

08-005

目 次

地 図 要 約

第1章 調査概要	1
1-1 背 景	1
1-2 調査の目的	1
1-3 調査内容	1
1-4 団員構成	1
1-5 調査日程	2
第2章 スリランカの基本情報	3
2-1 概 要	3
2-2 自然状況	3
2-3 基本的指標	3
第3章 上水道事業概要	4
3-1 上水道普及目標	4
3-2 上水道事業実施主体	4
3-3 NWSDB	4
3-3-1 組 織	4
3-3-2 地区支援センター	4
3-3-3 水道料金体系	6
3-3-4 活動実績	7
3-3-5 財政状況	8
3-3-6 資本費	9
3-3-7 各国の援助実施状況	9
第4章 無収水対策	11
4-1 定 義	11
4-2 スリランカの NRW 率の実態	11
4-2-1 JBIC が実施した調査結果	11
4-2-2 JICA 調査団が実施した調査結果	12
4-2-3 NWSDB の推定値（1999 年 10 月）	12
4-2-4 NWSDB 年報	13
4-2-5 NWSDB の Strategic Approach 作成のための基礎資料	14
4-3 世界の各都市の状況	14
4-3-1 アジアの各都市の実情	14
4-3-2 先進国と途上国との違い	15

4-4	無収水率低下の目的	15
4-4-1	水源の保全	15
4-4-2	財政負担の軽減と住民サービスの向上	15
4-5	無収水対策が進まない理由	16
4-5-1	関係者の思惑	16
4-5-2	削減対策実施上の前提	17
4-6	無収水対策	17
4-6-1	漏水防止	17
4-6-2	具体的対策	18
4-7	漏水防止関連機器・技術	20
4-7-1	漏水防止関連機器	20
4-7-2	機能別漏水防止関連技術	21
4-8	パイロット地区における無収水削減活動	24
4-8-1	無収水の現状分析	24
4-8-2	作業計画の作成	25
4-8-3	対策チームの編成	25
4-8-4	事前踏査	25
4-8-5	調査実施	25
4-8-6	修 理	25
4-8-7	再調査実施	25
4-8-8	評 価	25
第5章	コロンボ市の無収水対策	26
5-1	コロンボ市の上水道の概況	26
5-2	上水道マスタープランと供給能力の整備	26
5-3	コロンボ市の配管施設の問題点	26
5-3-1	低い給水圧	26
5-3-2	古い配管	26
5-3-3	無収水の実態	26
5-3-4	貧困層の移転計画	32
5-4	組 織	32
5-5	無収水に対するプロジェクト	33
5-5-1	ADB	33
5-5-2	JBIC/JICA によるコロンボ市上水道改修事業 (Project for Reduction of Non-Revenue Water)	34
5-5-3	Corporate Plan (2007-2011)	34
5-5-4	Strategic Approach for Non Revenue Water Reduction in Colombo Metropolitan Region of National Water Supply and Drainage Board	36
5-6	他のドナーなどによる関連調査、プロジェクト	38
5-6-1	NRW 削減プロジェクト	38

5-6-2	貧困層居住区給水改善プロジェクト	39
5-6-3	運営能力向上	39
第6章	NWSDB から日本への要請内容	41
6-1	Project Proposal	41
6-2	Assistance to Implement Strategic Approach for Non Revenue Water (NRW) Reduction in Western Province of Sri Lanka	41
6-2-1	Target of Strategic Approach for Non Revenue Water (NRW) Reduction	41
6-2-2	Present Status of Strategic Approach	41
6-2-3	Why Needs Assistance of JICA To Implement Strategic Approach?	42
6-2-4	Main Contributory Factors for NRW	42
6-3	Activities of Strategic Approach Implemented Under Proposed JICA Assistance	42
6-3-1	JICA Assistance To Implement Strategic Approach for Reduction of Non Revenue Water	42
6-3-2	Capacity Building of National Water Supply & Drainage Board to Handle Non Revenue Water Reduction Through Pilot Projects	45
第7章	今後の援助の方向性	50
7-1	漏水対策の基本 —How much, Where, Why, Strategy for Reduction—	50
7-1-1	漏水量はどの程度か (How Much)	50
7-1-2	どこで発生しているのか (Where)	50
7-1-3	なぜ、漏水するのか (Why)	50
7-1-4	改善するための戦略は何か (Strategy to improve)	50
7-1-5	戦略を実施するためにはどうすればいいか (Sustain of Strategy)	50
7-2	成功の鍵	50
7-2-1	自立性の確保	50
7-2-2	効率的な徴収システムの確立	51
7-2-3	意識改革	51
7-2-4	削減対策	51
7-3	NWSDB の課題	51
7-3-1	財 政	51
7-3-2	組 織	51
7-3-3	漏水対策	52
7-4	今回の要請内容 (案) (付属資料1. 参照のこと)	53
7-4-1	上位目標	53
7-4-2	プロジェクト目標	53
7-4-3	成 果	53
7-4-4	主な活動内容	53
7-4-5	日本側の専門家	53
7-4-6	日本側の投入機材 (台数、種類などについては今後、要検討)	54

7-5	NWSDB への要請事項	54
7-5-1	強いリーダーシップの発揮	54
7-5-2	計画的な漏水対策実施	54
7-6	案件実施上の留意点	55
7-6-1	専門家の選定	55
7-6-2	息の長い援助	55
7-6-3	進捗状況の数値化	56
7-6-4	JBIC との連携	56

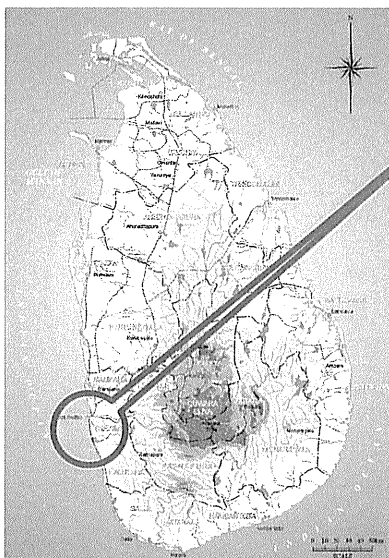
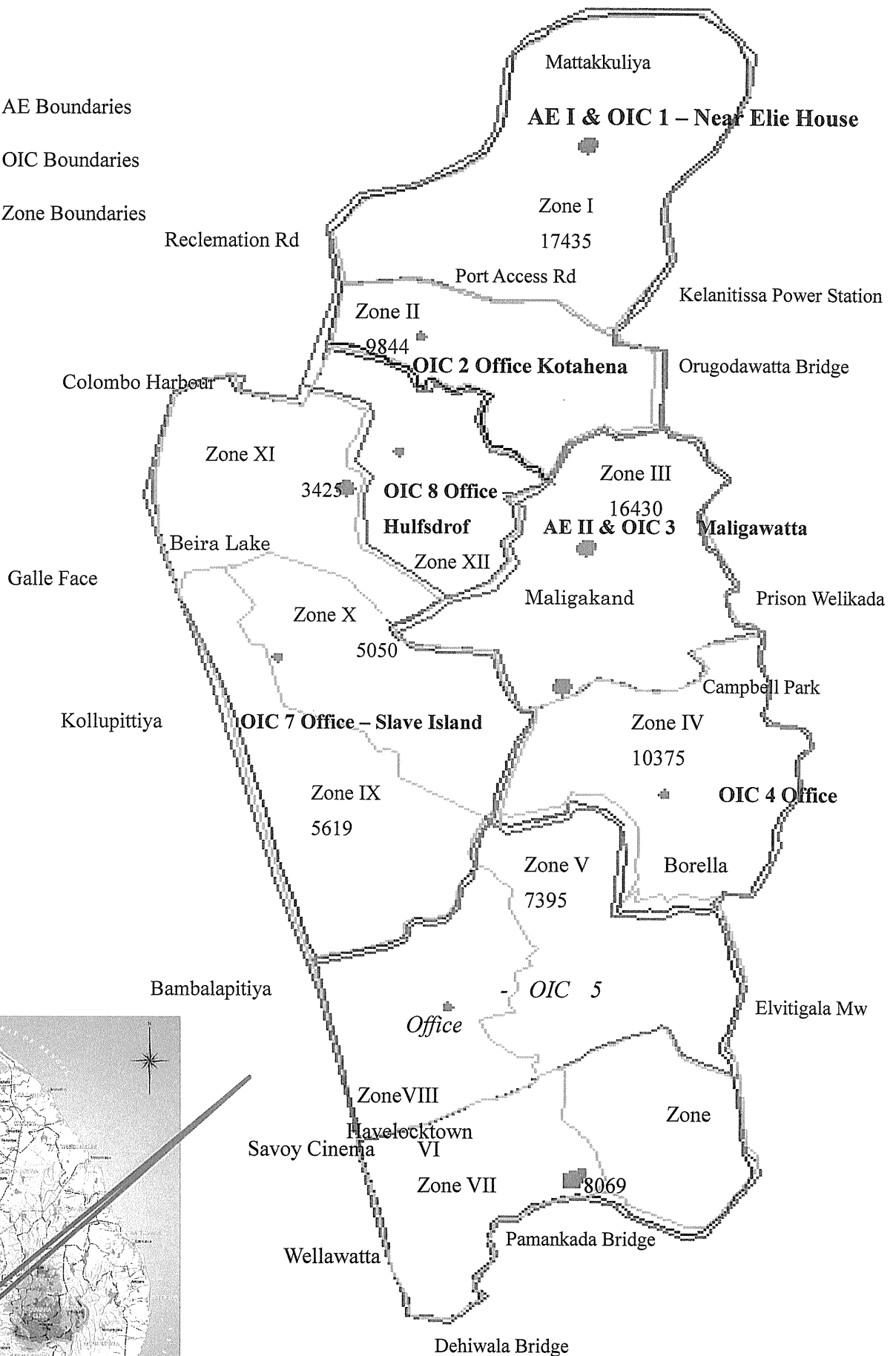
付属資料

1.	ミニッツ（Annex 3 要請書を含む）	59
2.	スリランカの基本情報	77
3.	JBIC の援助実績	83
4.	漏水防止作業機器価格一覧表（東京都水道局）	89

為替レート（2008 年 5 月時点の JICA レート）
1 スリランカルピー（Rs.）=0.96568 円

Propose Restructure for Management of Colombo City

- AE Boundaries
- OIC Boundaries
- Zone Boundaries

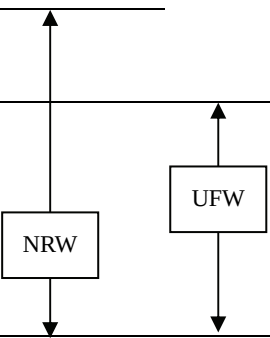


要 約

1. 定 義

無収水として、NRW（Non Revenue Water）と UFW（Unaccounted - for Water）の 2 種類が使われていることがあるが、現在は、国際水道協会により NRW を使うことが推奨されている。両者の違いは、公共水栓の水の扱いであり、この水を無収水の範疇に入れる場合が NRW、入れない場合が UFW（無効水と訳す場合もある）である。この定義は表 1－1 のとおりである。

表 1－1 無収水対策

項 目		内 訳		
認定使用水量	請求水量	量水器に基づく使用量		
		量水器に基づかない使用量		
	非請求水量	量水器に基づくが請求されない使用量		
		量水器に基づかない請求されない使用量		
漏 水	見かけ損失	盗水・違法接続		
		量水器の読み取り誤差		
	純損失	送水/配水本管からの漏水		
		配水・貯水槽からの漏水・溢水		
		給水管からの漏水		

2. スリランカの NRW 率の実態

スリランカ民主社会主義共和国（以下、「スリランカ」と記す）の NRW 率については、いろいろな機関が異なった値を推定しているが、配水量を正確に測定できるバルクメータがないため、いずれも推定値である。国家上下水道公社（National Water Supply and Drainage Board : NWSDB）の 2007 年の公表値及びその原因を表 2－1 及び 2－2 に示す。

表 2－1 NWSDB の提供資料

原 因	単位	大コロombo圏地域支援センター		西部地域支援センター	
		コロombo市	コロombo市郊外	Kalutara	Gampaha
漏 水	%	30.7	18.5	28.1	13.9
違法接続	%	6.0	3.0	3.0	1.0
公共水栓	%	12.0	0.0	0.0	0.0
賦課誤差	%	4.0	4.0	5.0	2.0
合 計	%	52.7	25.5	36.1	16.9

表 2－2 NRW 原因別寄与率

分 類	項 目	原 因	割合 (%)	全体に占める 割合 (%)
純損失	漏 水	老朽管、管の材質についての不十分な仕様、土質条件の軽視、設計ミス、操作ミス、敷設ミス、他の機関による損傷	30.7	58.3
見かけ 損失	違法接続	違法な穿刺、故意の量水器破損、NWSDB 職員の黙認	6.0	11.4
	公共水栓	共同体公共水栓、消火栓、道路沿いの水栓	12.0	22.8
	賦課誤差	推定値による徴収、量水器読み取り誤差、徴収誤差、古い量水器によるロス	4.0	7.6
	小 計		22.0	41.7
合 計			52.7	100.0

また、2001 年から 2005 年までの推移をみてもほとんど改善されていない（表 2－3、図 2－1）。

表 2－3 NRW 率の推移

	単位	2001	2002	2003	2004	2005
コロンボ市	%	54.49	51.95	52.25	52.96	51.25
大コロンボ圏	%	39.33	36.89	37.29	36.26	35.86
地 方	%	30.33	29.76	31.22	29.38	30.62
全国平均	%	35.83	34.16	34.87	33.48	34.73

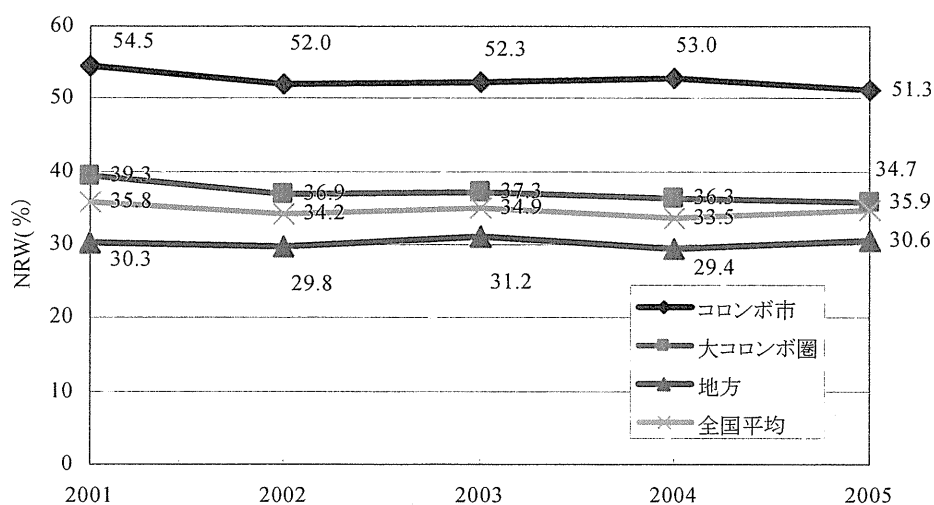


図 2－1 NRW 率の推移

さらに、2005 年の NWSDB 年報のなかで、NWSDB の監査委員は、以下のような疑問を呈しているが、現在に至るも改善されていない。

- ① NWSDB はバルクメータをもっていないため、コロombo市の特定地区の配水管に供給される水量を測ることができないため、これらの数値は推定に基づいており、正確なものではない。
- ② コロombo市の CB2 と CB3 地区については、これまで一度も漏水調査がなされていない。また、漏水を感知できる機器を使った巡回調査もなされていない。
- ③ NRW の担当課では、主要配管の流量と水圧を測定できる機材と人材が不足しており、漏水削減業務に専念できていない（2005 年 10 月の実質作業日数は 5 日であった）。
- ④ 唯一、NWSDB が所有している相関式漏水探知機は故障したまま修理されていない。
- ⑤ 1999 年に実施されたコロombo市の調査によると、Tenement Garden に公共水栓が 2,800、公共バスタップが 1,618、公共トイレタップが 451 あったとされている。これらの水道使用料を試算すると毎月 1,400 万ルピー（Rs.）となるが、すべて無料である。
- ⑥ 大コロombo圏の 2005 年 7 月のデータによると、全体 39 万件のうちの約 7 万件は、直接、敷地内に入れないために量水器のデータを読めないことから、推定値で料金を徴収しているが、これでは、正しい水量を把握できない。

3. 無収水率低下の目的

3-1 水源の保全

無収水率が低下すると、新規水源の開発量を低く抑えることができ、水源の保全が図れるとともに、新設・増設する浄化施設の事業費が少なくすむという効果がある。

スリランカでは、都市部は表流水、地方は地下水を主な水源としており、今は水源の問題は顕在化していないが、大コロombo圏の水源であるケラニ川の河口では水位の低下と塩水の遡上が、また、地下水についても、乾期には過剰揚水による塩分や鉄分、フッ素濃度の上昇が問題となり始めている。今後、ミレニアム・ディベロップメント・ゴールをめざして上水道を普及するためには、より多くの水を供給する必要があるが、そのためには現在の無収水率を下げることで、河川や地下から取水する量を減らすことが可能になり、水源の保全に寄与することになる。

3-2 財政負担の軽減と住民サービスの向上

無収水量が減ると、有収水量が増加することによる事業体の収入増加とともに、浄水場での支出や中継ポンプ場の維持管理費も削減されることから、水道事業体の財務状況が大幅に改善されることになり、利用者に無理な水道使用料の値上げを強いることがないため、利用者へのサービス向上が図れる。これらが総合的に改善効果を生み出し、水道事業体としては自立性が確立し、適切な管理を進めることができる。

これらの関係を図示したものが図 3-1 である。

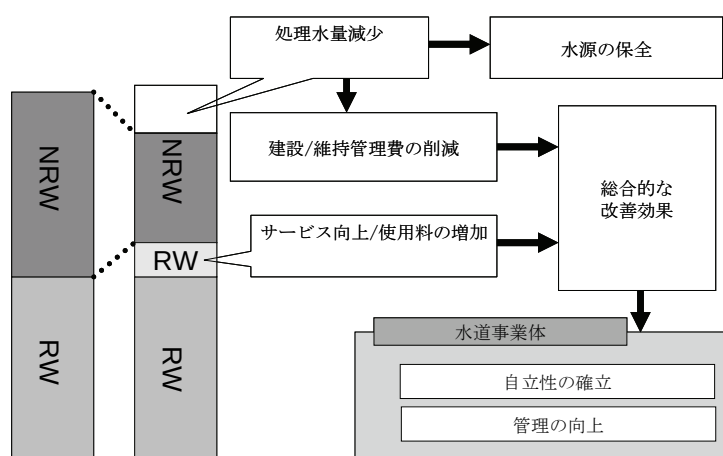


図 3-1 NRW 削減による効果

4. 無収水率低下が進まない理由

4-1 関係者の思惑

本気で無収水率で困っている人がだれもいないのが一番の原因である。

まず、利用者にとっては、NRW 率が高いと本来は使用料が上がるが、実際には使用料は政策的に低く抑えられていることから、NRW については関心がない。

水道事業体の職員は、NRW 削減よりはむしろ新規施設の建設を好む傾向があるが、その理由としては、新規施設建設は目立つこと、NRW の問題に真剣に取り組むと、苦情処理などの対応に追われ、過剰労働やうっとうしい仕事が増えかねないこと、また、その改善効果がなかなか現れず時間がかかることや不確かなことがあげられる（例えば 10 万 m³/日の浄水場を建設すると、10 万 m³の水を必ず送水することができる）。これらを対象者別にまとめた内容を表 4-1 に示す。

表 4-1 対象者別損失が改善されない理由

対象者	純損失	見かけ損失
政治家	華々しいテープカットがない。	違法接続者に対する水道給水停止は選挙民に嫌がられる仕事でたくない。
技術者	地下に埋設されている管の修理より新規施設を設計する方が楽しい。	
作業員	夜間や交通量の多い地区での調査を実施しなければならず、うっとうしい。	量水器の読み取りをごまかすことにより、副収入が得られることも多い。 違法接続を発見し、それを停止する行為は不人気であり、時に身に危険が及ぶこともあるのでしたくない（そのための誘導策としての報奨金制度などは効果的である）。
管理者	時間がかかり、それに専念する必要もあり、現場からの苦情に対応する必要もある。	収入と支出の不足を算定し、それを中央政府に申請して補助金をもらう方が楽である。

4-2 削減対策実施上の前提

無収水が増加するということは、水道事業体のいろいろな負の要素が結果的に高い無収水率になって現れているということであり、単に技術面の対策を行えば解決する問題ではない。効果的な無収水対策を推進するうえでの項目とその理由と内容を表 4-2 に示す。

表 4－2 関係者の利害

項 目	内 容
人々の理解の促進	・違法接続はしないというモラルの確立 ・水は有料であるという理解
法律の整備	・使用料を払わない人への罰金制度確立 ・厳正な法の執行
組 織	・やる気をおこす組織のあり方 ・信賞必罰 ・各部署の事業の明確化と重複の排除
財 政	・必要経費の使用料による回収 ・適切な使用料体系の設定 ・水道使用料徴収率の向上
無収水対策	・漏水発見能力向上、漏水箇所の修理 ・老朽化した配水管などの取り替え

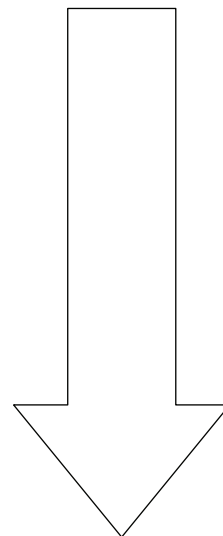


表 4－2 で示したように、これらの問題に真剣に取り組まずに漏水発見技術が向上しても、それは本質的な解決にはならないということを肝に銘じておく必要がある。これまで無収水対策が進まなかった理由は、無収水対策があまり重要視されなかったこともあるが、上記 5 項目について効果的な対策が打ち出されなかったことが大きいと思われる。これについては、水道事業体のトップの強い意志が目的達成のために不可欠であり、強いリーダーシップで改革を進めることが重要である。

5. 無収水対策

5－1 漏水防止

漏水防止対策の体系は図 5－1 に示すとおりである。

(1) 即応的対策：地上あるいは地下で発生した漏水を発見・修理する作業

- 1) 機動作業：住民からの通報や職員の巡回により発見された地上漏水を修理する作業
- 2) 計画作業（選別測定、巡回調査、漏水量測定）

(2) 予防的対策：漏水を未然に防止し、漏水の「復元現象」を押さえ込むことと同時に、残存漏水量を減少させる重要かつ効果的な対策である。

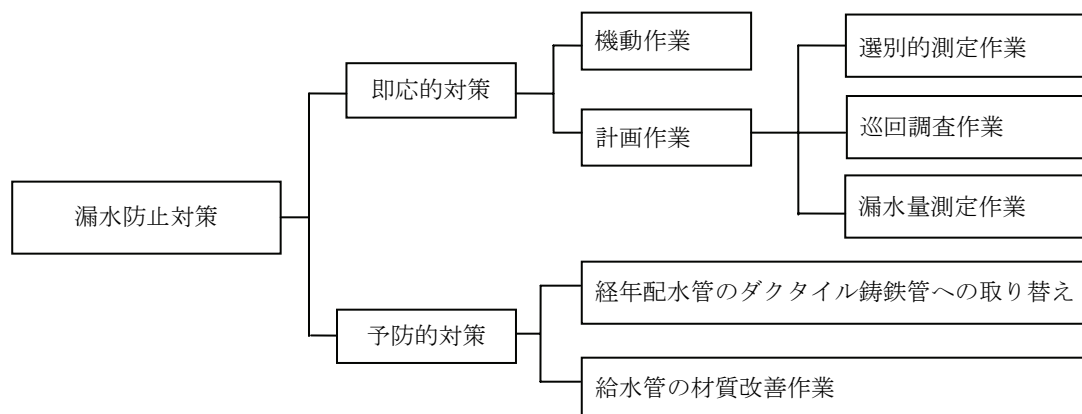


図 5－1 漏水防止対策の体系

(3) 復元現象

水道管は、それ自体の経年変化に加え、地盤の不同沈下、腐食、交通荷重、各種工事などの影響を受けており、常に漏水が生じる状況となっている。漏水は発見次第修理しても、時間の経過とともに、新たな漏水が発生する宿命をもっており、これを漏水の「復元現象」と呼んでいる。この復元現象を解明することにより効果的な防止対策につながることを期待できる。この経年変化による復元現象の模式図を図5-2に示す。

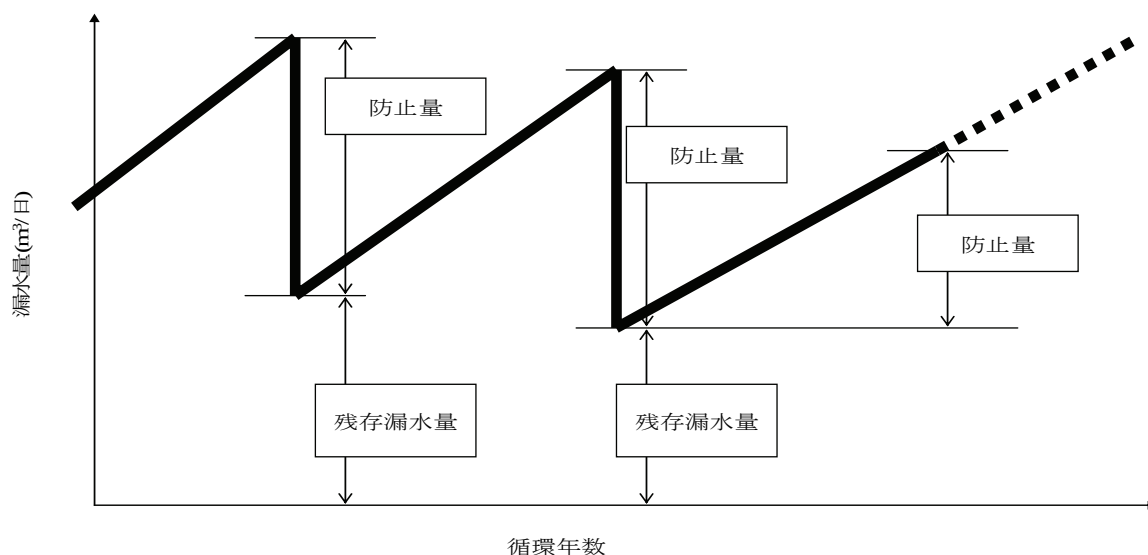


図5-2 復元現象

6. NWSDBの無収水対策に対する取り組み

6-1 NWSDBの現状

6-1-1 財政

2004年から2007年までの収支は、図6-1のとおりであり、2003年度の不足額は9億380万Rs.であったが、2007年には、これが12億7,840Rs.と41.4%も不足額が増大している。これについては、歳入を増やし、歳出を減らす努力を続けることが必要である。

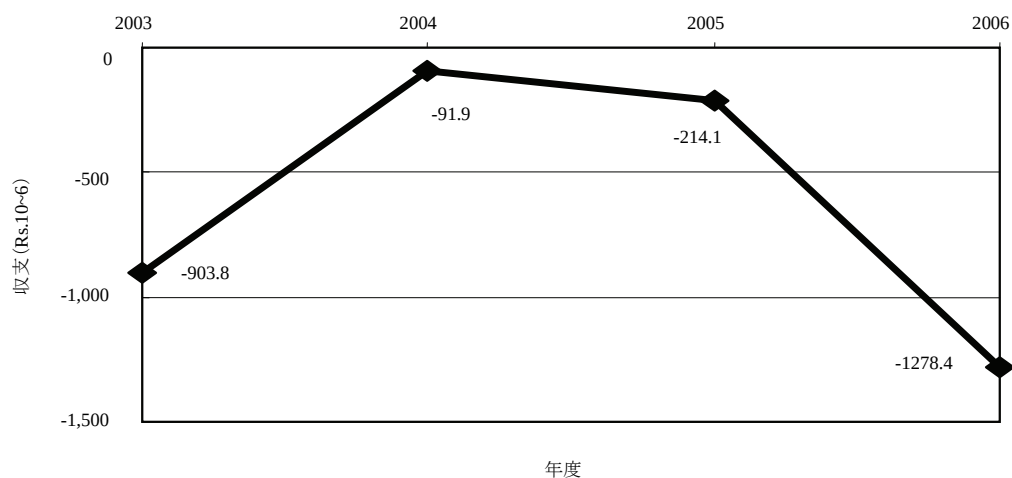


図6-1 毎年度の収支額の推移

6-1-2 組織

組織の効率性の指標である 1,000 栓当たりの職員数は、図 6-2 に示すように、2004 年から 2006 年まで漸減しているが、世界銀行などが提唱している 5 人/1,000 栓には及ばないことから更なる合理化が必要である。

さらには、無収水対策は NRW 課と維持管理課の双方が実施しているが、両課の連携は必ずしもとれていない。例えば、NRW 課は、ノルウェーの援助で AutoCAD 上で動く市内の水道管網のマッピングシステムをもっているが、維持管理課が実施している漏水箇所についての修理履歴などはエクセルシート上に記載されているが、このマッピングシステムとリンクしておらず、したがって、せっかくの貴重なデータを生かしきれていない。

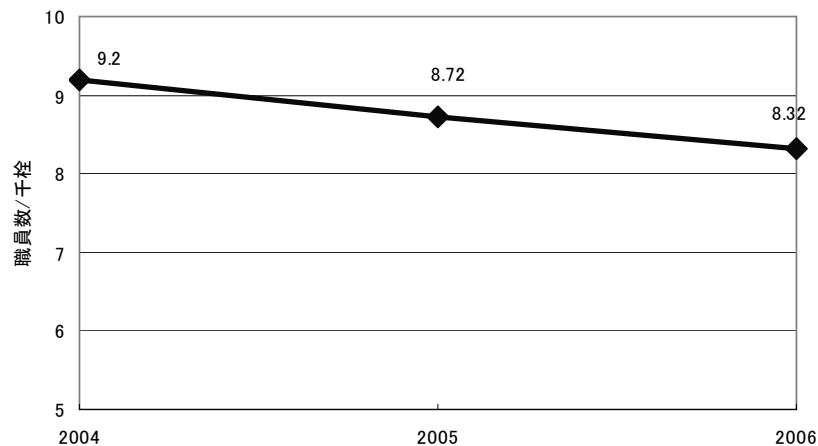


図 6-2 1,000 栓当たりの職員数の推移

6-2 漏水対策

(1) 配水管取り替え

現在でも NWSDB はそれなりに漏水対策を実施してはいるが、一番影響の大きい配水管の取り替えは、国際協力銀行（JBIC）ローンにより全体 500km のうちの 120km が実施されるだけであり、残りの目処はたっていない。これについては第 39 次円借款のなかで、大コロambo圈を含む西部地区のマスタープラン〔既存マスタープランの最新データによる見直しとフィージビリティ・スタディ（F/S）の作成〕のなかで、配管のリハビリ計画を作成することとなっており、この成果を受けて、次期円借款のコンポーネントを決める予定である。

(2) 公共水栓撤去

3,800 あるといわれている公共水栓については、毎年の撤去本数を 200 本としても 19 年かかることになるが、あくまでも住民全員の合意が前提となることから、これについての目標撤去件数を定めていない。

公共水栓そのものの管理は市が行っているが、正確な本数や位置が特定できておらず、また、タップが紛失して水が 24 時間流れたままになっていても、特段、市と連携して改善しようという動きもみられない。

(3) 違法接続

違法接続はコロンボ市内だけでも 2 万ヵ所あるといわれており、5 チームが編成されてこの摘発にあたっているが、摘発件数は毎年 2,000 件程度であり、これもこのままでは 10 年かかる計算となる。また、一度、切断しても自分たちで簡単に接続する例などもみられ、いたちごっこである。

(4) 計量誤差 (4%)

日本のような計量法が存在せず、設置された量水器はそのまま使い続けており精度に問題がある。また、空気や砂による誤動作や故障が頻発しており、量水器の改善が強く望まれている。また、盗難のおそれがあることから敷地内設置が原則であり、家人が留守の際は推定量による賦課であり、正確なデータがとれない。

(5) 政府系建物内での漏水

市内で約 110 程度ある政府系建物内での漏水については、敷地内の漏水についてはその敷地を所管している政府が修理すべきことであることから NWSDB としては、手出しができず、手をこまぬいている。他の民間建物も同様であると思われる。

6-3 改善計画

NWSDB の CMR Division (Colombo Metropolitan Region Division : コロンボ首都圏局) が 2007 年に作成したものであり、Corporate Plan を先取りする形で、特にコロンボ市の NRW をこの部署の重要かつ早急に解決すべき問題と位置づけ、この計画が実施された 5 年後には、NRW が現在の 52.7% から 32% にまで削減するという非常に意欲的な計画となっている。各年ごとの目標値は表 6-1 及び図 6-3 のとおりとなっている。また、これにより、結果的に 5 億 7,593 万 Rs. が増収となると試算されている。

表 6-1 無収水率削減目標値

(単位 : %)

	現 状	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
漏 水	30.7	30	29	28	28	20
違法接続	6	5	4	3	3	2
公共水栓	12	12	12	11	10	8
量水器誤差	4	3	2	2	2	2
合 計	52.7	50	47	44	43	32

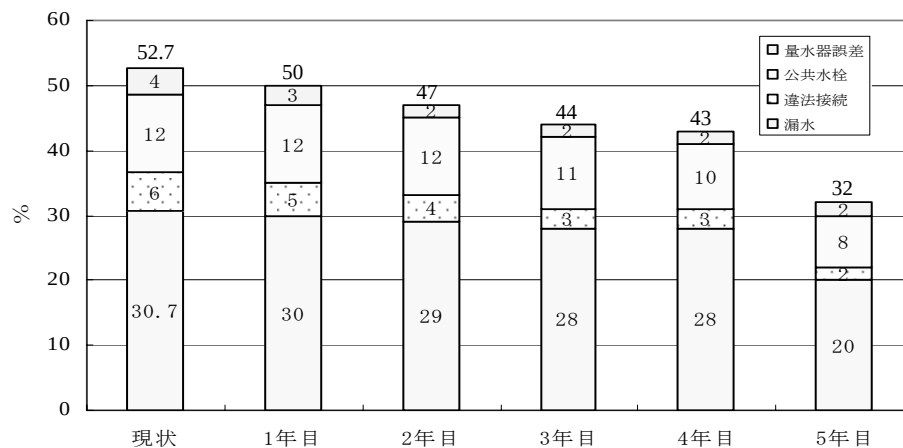


図 6－3 NRW の目標設定値

ただ、この計画を実施するために必要な増員や予算増加ははっきり担保されているわけではなく、実際にこのとおり実施されるかどうかは不明である。

7. 今回の要請内容（案）（付属資料 1. 参照のこと）

7－1 上位目標

NWSDB が “Strategic Approach for Non Revenue Water Reduction in Colombo Metropolitan Region” を実施し、これにより 5 年後の NRW 率が 52.7% から 32% に削減される。

7－2 プロジェクト目標

NWSDB の NRW 削減に関する技術が向上し、新規接続サービスと衛生環境が改善される。

7－3 成果

コロンボ市のパイロット地区の NRW 率が削減する。

7－4 主な活動内容

- ① NRW の現状分析
- ② AutoCAD による既存配管網についてのマッピングシステムの改善
- ③ AEA（Area Engineer Assistant）レベルでの 2 カ所のパイロット地区選定
- ④ パイロット地区での作業実施計画策定
- ⑤ パイロット地区作業担当職員の選定
- ⑥ パイロット地区での実際の漏水探知探査技術の訓練
- ⑦ パイロット地区での実際の管探査技術の訓練
- ⑧ 各種流量計による流量測定結果とパイロット地区での調査結果の分析による NRW の算定
- ⑨ 漏水箇所補修と他の NRW 活動の実施
- ⑩ パイロット地区計画のモニタリング
- ⑪ NWSDB 内の訓練コースへの NRW 削減コースの組み込み

7-5 日本側の専門家

- ① 総括/NRW 削減管理計画
- ② 漏水探査
- ③ 見かけ損失削減
- ④ マッピングの改善
- ⑤ 業務調整/訓練計画

7-6 日本側の投入機材（台数、種類などについては今後、要検討）

- ① 相関式漏水探知器
- ② 可搬式流量計
- ③ ラップトップコンピュータ
- ④ 電気式音聴棒
- ⑤ 各種量水器
- ⑥ 運搬・輸送用車両

8. 今後の技術協力の方向

8-1 漏水対策の基本 —How much, Where, Why, Strategy for Reduction—

- ① 漏水量はどの程度か（How Much）
- ② どこで発生しているのか（Where）
- ③ なぜ、漏水するのか（Why）
- ④ 改善するための戦略は何か（Strategy to improve）
- ⑤ 戦略を実施するためにはどうすればいいか（Sustain of Strategy）

8-2 成功の鍵

8-2-1 自立性の確保

- ① 組織のトップの強いリーダーシップと権限委譲
- ② 役割の明確化と効率的運営が可能となる明快な組織への改変
- ③ 能力のある人の登用・信賞必罰の徹底
- ④ 明確かつ合理的な関係政策、役割、制度、基準

8-2-2 効率的な徴収システムの確立

- ① 顧客情報管理と徴収システムの電算化の推進
- ② 顧客情報の調査及び更新
- ③ 適切な量水器の読み取り実施
- ④ 料金滞納者に対する接続解除などを含む厳罰の姿勢
- ⑤ 適切な使用料金設定

8-2-3 意識改革

- ① NWSDB 全体の課題であるという意識の共有
- ② 数値目標を設定し、達成できなかった場合の原因分析

- ③ 職員のやる気をおこす誘導策（報奨金、表彰制度）の導入

8-2-4 削減対策

- ① マッピングを利用してすべてのデータを一元化
- ② 削減対策組織の一元化
- ③ 削減対策の責任の明確化

8-3 NWSDB への要請事項

8-3-1 トップの強いリーダーシップ発揮

(1) Strategic Approach の着実な推進

今回の調査は、NWSDB が作成した Strategic Approach を JICA が技術的に補完するという位置づけであるが、JICA の協力をより効果的なものにするためには、この計画に十分な人と予算が投入されることがその前提となることから、NWSDB のトップには、それらの確保のために最善の努力をお願いしたい。

(2) 地方分権化による権限委譲促進

コロンボ市については、3つの地区で水道事業を管理していたが、地方分権の流れでこれを4つに分割し、更にその4地区をそれぞれ、細分化し、より地元に着したきめ細かい運営をめざしており、これも Strategic Approach の前提として明確に記載されているが、そのための機材や事務所の賃貸料を確保することが重要である。

(3) NRW 対策事業実施部署の一元化

一方、現在、NRW 対策は、維持管理課と NRW 課の2カ所で担当しており、維持管理課は上記方針により4つの地区に分割されることになるが、主に貧困者居住区の公共水栓を撤去することと NRW 全体の取りまとめ作業を担当している NRW 課は、4つに分けてそこで活躍できる人材がいないということで当面は分割する計画はないが、将来的には、維持管理課と連携した事業を効率的に実施するため、組織の改編は必須であることから、そのためにもリーダーが NRW の重要性を理解して効率的な組織づくりをめざすことが重要である。

8-3-2 計画的な漏水対策実施

(1) 無収水削減対策活動に対する意識改革

6. に記載したように、NWSDB には問題が山積している。しかしながら、当初、NWSDB のトップは、日本からは、JBIC による配管敷設替えと JICA による漏水探知機材の供与を受ければ問題は解決できるという考えをもっていたようである。

まず、トップの意識改革が必要であるが、そのためには節目にワークショップやセミナー、漏水探知技術を実際に応用している現場への招へいなど、機会を利用して、NRW の重要性を気長に説明する努力が求められる。それと同時に、この対策を講じることによりどの程度の増収が可能なのかなど、具体的な費用対効果を数字で示すことが重要である。

また、NRW は担当課のみの矮小化した問題ではなく、種々の原因が相乗的に引き起こす現象であるということを NWSDB の職員全員に理解させる努力も必要である。

(2) 現場職員の士気向上

今回は、コロombo市内に2ヵ所、パイロットエリアを設定し、そこで、漏水削減のための計画策定方法、具体的実施方法、得られたデータの解析、対応すべき対策など一連の作業をOJTで実施することとしているが、そのためには、そのエリアを担当している技術者のやる気と能力開発が成功の鍵であるといえる。

まず、努力した者が報われる方策を提案するなどにより、より彼らのインセンティブを高める工夫が必要である。日本への研修もその1つであるが、それ以外にもセミナーの講師をやらせて自信をもってもらうことや、報奨制度・表彰制度もそれなりに有効である。スリランカ人の性癖も考慮したより有効な手立てを考える必要がある。

8-4 案件実施上の留意点

8-4-1 現場経験のある専門家の選定

日本側の専門家については、自治体水道局などから派遣される場合と、民間で実際に漏水探知技術を使って、漏水削減をしている人を派遣する場合の2通りの方法がある。どちらを派遣するかについては一長一短があるため、場合によっては、両者の混合チームの派遣という選択肢も当然、あり得る。いずれの場合も、実際に漏水調査計画を策定したり、現場での漏水探査などの経験を有した人を派遣することが必須である。

8-4-2 息の長い援助

無収水率の悪化は、単に物理的に配水管から漏水しているだけでなく、盗水、公共水栓、量水器の機能上の問題や検針方法、料金徴収方法などの要素が複雑に関係しており、その複合結果として現れているものであることから、単に漏水探査技術の技術移転を行えば解決するという問題ではない。また、仮にすべての対策が正しい方向に向かっていても、その結果が顕在化するのには長い時間がかかる。プノンペン成功例でも、72%を11%に削減するのに、1993年から2005年までの12年かかっており、現在も、引き続き、技術援助を実施している。

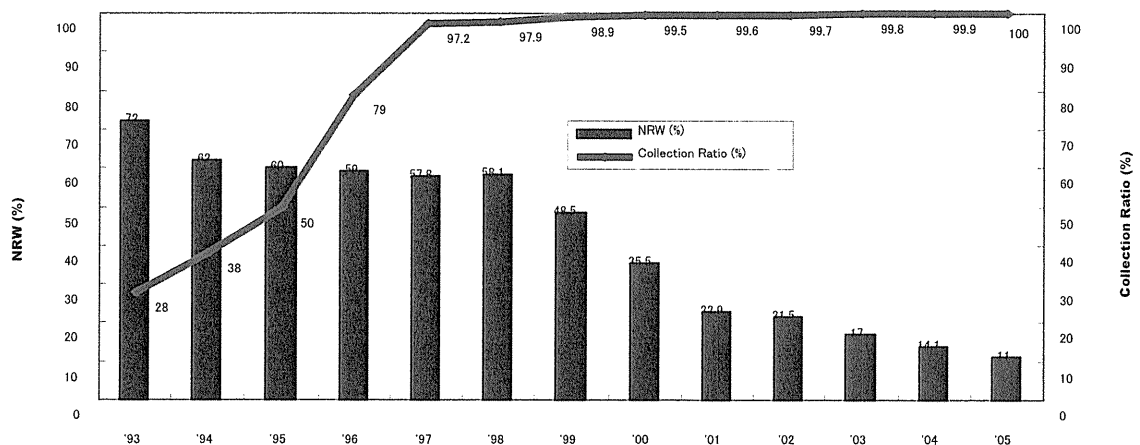


図8-1 NRW率と徴収率の推移

漏水探査技術は「経験とカン」が大きくものをいう世界でもあることから、短兵急に成果を求めるのではなく、むしろ、NRWの削減を通して、NWSDB職員の意識改革を図ることが重要である。

カンボジアのプノンペン水道公社（Phnom penh Water Supply Authority : PPWSA）の当時、水道局長であり、この成功の立役者となった Ek Sonn Chan は成功した理由を以下のように説明している。

What PPWSA has achieved today is not miracle. We worked hard.

We are committed to our tasks in serving the people, and we have done it with fervor from our hearts. I am happy that we have regained the trust of the people.

It doesn't matter whether water distribution is done by the private sector or a public agency, as long as these institutions are transparent, independent from political pressures, and accountable.

8－4－3 進捗状況の数値化

現在の市内の漏水率は 52.7%といわれているが、バルクメータもない状態での推定値にすぎない。これについては、NWSDB 独自の予算でバルクメータを設置する予定であるが、これ以外にも技術協力プロジェクトでバルクメータの供与も考えていることから、これらを使い、まず正確な漏水率を算定するのがすべての基本である。

次に、現在のデータを分析し、さらにどの程度の人が投入可能かなどを見極めて、実施事業の優先順位を定め、効率的な投入を図ることになるが、できれば四半期ごとに、漏水量を算定し、どの程度効果があがっているのか、またあがっていないのかを数値で把握し、次の四半期の投入を考えるなど、すべての進捗状況を数値化することが好ましい。

8－4－4 JBIC との連携

JBIC が第 39 次円借款で実施しようとしている事業のなかの配水管の敷設替え 120km については、その進捗を確認する。また、NWSDB 職員の能力向上のコンサルティングサービスとして NRW 削減技術が含まれている。この実施内容と JICA が実施しようとしている技術協力プロジェクトとの重複を避けるため、NWSDB や JBIC との協議をお願いしたい。

第1章 調査概要

1-1 背景

スリランカ民主社会主義共和国（以下、「スリランカ」と記す）国家上下水道公社（National Water Supply and Drainage Board : NWSDB）は、コロンボ市を含む全国ほとんどの地区で上下水道事業のサービスを行っているが、特にコロンボ市では無収水（Non Revenue Water : NRW）の割合が2007年で52.7%と非常に高い。その理由としては、配水管の老朽化、違法接続や盗水、量水器の読み取りや課金誤差、更には公共水栓の無料利用などがあげられている。

NWSDBは、料金値上げの議論の際、まずNWSDB自身ができることから取り組むべきという国会からの指摘を受け、2007年6月にコロンボ首都圏における無収水削減戦略的アプローチ（5ヵ年計画）を策定し、2008年8月から開始すべく、より機動力が発揮できる実施体制の変更（現場配置要員の増加や業務委譲）、必要資機材の予算措置、投入計画を策定したところであり、この計画終了時には無収水率30%にまで削減することとしている。ただ、これまでも、漏水修理、違法接続摘発、公共水栓削減、徴収システムなどを実施してきたが、NRW率は横ばい状態であるため、無収水削減対策の実施能力の向上が必要となっている。

1-2 調査の目的

NWSDBから要請の打診のあった標記プロジェクトの案件形成

1-3 調査内容

- (1) コロンボ首都圏における無収水の現状把握
- (2) NWSDBのNRW対策についての取り組み状況把握
- (3) NWSDBの日本への要請内容確認
- (4) 打合せの結果についてのミニッツ（M/M）の締結

1-4 団員構成

担 当	氏 名	所 属
総 括	鎌田 寛子	JICA インド事務所広域企画調査員、国際協力専門員
協力計画	小田原 康介	JICA スリランカ事務所 所員

1-5 調査日程

調査期間：2008 年 4 月 28 日～2008 年 5 月 10 日

月 日	曜日	行 程
4 月 28 日	月	19:45 デリー (UK196) →23:10 コロンボ着
4 月 29 日	火	9:30 JICA スリランカ事務所での打合せ 11:30 NWSDB の NRW 担当課で実務的打合せ
4 月 30 日	水	11:30 NWSDB の議長とのキックオフミーティング 14:00 Additional General Manager : AGM (NRW) との打合せ
5 月 1 日	木	祝日のため、終日資料整理
5 月 2 日	金	9:30 Deputy General Manager : DGM (Western Central : WC) との打合せ 14:00 現地視察 (違法接続箇所 2 ヲ所、水道料金課金システム)
5 月 3 日	土	9:00 現地視察 (配水管/給水管漏水修理箇所、新規給水管取り付け現場)
5 月 4 日	日	終日資料整理
5 月 5 日	月	10:00 現地視察 (貧困層居住区、公共水栓利用状況、集合住宅の漏水現場)
5 月 6 日	火	9:30 NWSDB と案件内容についての具体的協議
5 月 7 日	水	11:30 廃棄物技術プロジェクト専門家訪問 15:30 NWSDB と要請書内容についての協議
5 月 8 日	木	9:30 ODA タスクフォース会議出席 NWSDB と要請書及び M/M 内容についての協議
5 月 9 日	金	14:30 NWSDB とラップアップミーティング、M/M 署名
5 月 10 日	土	15:10 コロンボ (UK195) →18:45 デリー着

第2章 スリランカの基本情報

2-1 概 要

スリランカの正式名称は、スリランカ民主社会主義共和国、政体は共和制であり、1948年2月4日、英国から独立した。その面積は6万5,610 km²（日本の0.17倍）で首都はコロンボ市に隣接するスリ・ジャヤワルダナプラ・コッテであるが、実際にはコロンボ市が首都としての機能を果たしている。

2-2 自然状況

南北430km、東西220kmの島国であり、主要な山地は南部の中心部に集中しており、平野部は北端の先端部に発達している。また、最高峰はPidurutalagala山であり2,254mである。

島内には、多くの水系が認められ、最も長い川はMahaweli Ganga（全長335km）であり、河川は山岳地帯で多くの滝を構成し、また、多くの湖沼が存在する。

全島が高温多湿の典型的な熱帯性気候で、年間を通じて気温の変化はあまりなく、気温の変化は緯度の高低ではなく、標高の差によって生じている。また、月間平均気温は季節によって若干変化するが、その原因は降雨が日照時間を左右するためである。低湿地地帯では、平均年間気温が27℃、1日の温度差は6℃である。

スリランカの年間降水量は全国平均で2,000mmに達し、全世界平均降水量の2倍以上であるが、南西部で500～5,000mm以上に達する一方、北西部及び南東部では1,250mmに満たないなど地域的な差が大きい。スリランカにはモンスーンがあり、5～9月は南西モンスーン期、12月から2月にかけては北東モンスーン期である。サイクロンは11月下旬から12月にかけて多い。

コロンボ市の月間平均気温は26.8～28.7℃で年間の最高気温は5月に、最低気温は11月に記録されている。また、日間最高気温の月平均は4月の32℃から1月の22℃の間にある。年間降水量は1,500～2,500mmの間にあり、年間の平均降水量は2,153mmである。

2-3 基本的指標（出典：Annual Report in 2007, Central Bank of Sri Lanka）

- (1) 人口：2001万人（2008）
- (2) 人口構成：0～14歳 533万1,000人、15～64歳 1,339万8,000人、65歳以上 128万1,000人
- (3) 人口密度：319人/km²
- (4) 1家庭平均家族数：4.1人
- (5) 平均寿命：男性 71.7歳、女性 77.0歳（2004年）
- (6) 識字率：男性 94.5%、女性 90.6%、全体 92.5%
- (7) 月収：2万6,283ルピー（Rs.）/月（平均）、1万6,735Rs./月（中間値）（いずれも2006/2007）
- (8) 貧困層：1ドル以下/日 5.6%、2ドル以下/日 41.6%（いずれも1990～2005）
- (9) 産業構造：農業 31.3%、工業 26.6%、商業 42.1%

スリランカの政治・経済などの状況については、付属資料2. を参照されたい。

第3章 上水道事業概要

3-1 上水道普及目標

2006年時点で何らかの形で安全な水にアクセスできる人の割合はおよそ76%であるが、大コロombo圏ですら普及率は58%に過ぎず、全国平均はおよそ30%になっている。当面の目的は、ミレニアム・ディベロップメント・ゴールに示された「2015年までに安全な水にアクセスできない人口の割合を半減させる」ことを目的に、浄水場の新設・拡張のために、海外の援助機関の支援を受けて各種事業を実施しており、2015年には上水道普及率を85%に、さらに2025年には100%普及を目的としている。このほか、エネルギー効率化、無収水率削減、地方の水道普及を進めることとしており、経費・人員削減による効率的な運営に努めている。

3-2 上水道事業実施主体

スリランカの水道事業は、以前は、都市開発・建設省（Ministry of Urban Development, Housing & Construction : MHC）の管轄下にあったが、上下水道事業が人々の健康上必要不可欠な事業であるとの認識の下、水道・排水省（Ministry of Water Supply and Drainage）が2007年に設立された。この分野の予算配分は、2007年で273億3,000万Rs.であった。

実際の水道事業は、この省の下、国家上下水道公社（National Water Supply and Drainage Board : NWSDB）が全国の都市水道と地方水道のほとんどで事業を実施している。一方、一部の地方自治体でも上下水道事業を実施しており、このうちでも大規模なものとしては、Kandy市やJaffna市がある。さらに、共同体のなかには同様のサービスを提供しているものがある。

NWSDBは1975年に設立され、水道施設の開発・運営を行い、政府、家庭、工場などに給水する責任を負っている。NWSDBは国営企業の形態をとり、株式会社化はされておらず、会計は原則、発生主義をとっており、毎年、政府の会計検査院（Audit General）による会計監査を受けている。また、資本の部は主に中央政府からのグラントにより構成されている。水道料金に関しては、1981年より量水計を設置し、料金徴収は1983年に実施している。

コロombo市に関しては、2001年までは、NWSDBが一部、コロombo市に水道事業を委託していたが、2001年にすべての事業をNWSDBが行うこととなり、資産もすべてNWSDBに移管され、均一のサービスを行うことができるようになった。ただし、無収水の大きな原因のひとつである公共水栓については、公共施設は市が管理するということから、コロombo市が管理している。

3-3 NWSDB

3-3-1 組織

NWSDBの取締役会は議長、副議長及び7名の委員により構成されており、現在の議長はMr. S. Channa Amarasingheが2005年12月8日から就任している。実際の業務の執行は、General Manager (GM)のMr. M. Wichramageの下、7名のAdditional General Manager (AGM)と17名のDeputy General Manager (DGM)により行われている。2007年時点の職員総数は8,463名である。

3-3-2 地区支援センター

NWSDBでは、分権化を進めており、スリランカに6つの支援センターを設置して、全部で295の水道システムを運営している。それぞれの支援センター別システム数と接続件数は表3-1のと

おりである。

表 3 - 1 地区支援センター別接続件数

地区支援センター	地区名	水道 システム数	接続件数			
			2004	2005	2006	2007
Central/Sabaragamuwa	Kandy	63	87,625	98,691	113,711	128,029
	Ratnapura		44,048	47,444	52,139	57,363
	小 計		131,673	146,135	165,850	185,392
Greater Colombo	Greater Columbo	28	406,024	432,290	459,934	493,655
North/East	Jaffna	45	3,016	3,866	4,439	5,083
	Ampara		19,949	24,137	27,774	17,157
	Trincomalee		17,950	19,896	21,539	23,986
	Akkaraipattu		—	—	—	13,854
	小 計		40,915	47,899	53,752	60,080
North Center/North Western	Anuradhapura	46	28,573	30,016	33,363	39,851
	Kurunegla		21,639	23,178	26,218	28,470
	小 計		50,212	53,194	59,581	68,321
Southern/Uva	Matara	80	44,402	45,820	49,158	53,902
	Galle		37,315	38,990	42,678	47,798
	Hambantota		35,135	37,448	45,633	51,849
	Bandarawela		31,777	36,226	39,662	44,178
	小 計		148,629	158,484	177,131	197,727
Western	Gampaha	33	63,762	70,120	73,146	73,699
合 計		295	841,215	907,622	989,395	1,078,892

3-3-3 水道料金体系

NWSDB が管轄している都市の水道料金は全国一律であり、毎月、検針された水道量に、表 3-2 に示す水道料金体系に基づいて算定した水道料金に一律 50Rs.を上乗した金額を徴収している。水道料金は逓増制を採用しており、特に毎月の使用水量が 16m^3 を超えると、単位当たりの水道料金が極端に高くなっている。仮に 1 世帯の構成員が 5 人で毎日使用水量が $0.2\text{m}^3/\text{日}$ とすると、毎月の使用水量は、 $0.2\text{m}^3/\text{日} \times 5 \text{ 人/世帯} \times 30 \text{ 日/月} = 30\text{m}^3/\text{月/世帯}$ となり、この表を適用すると、 $1.25\text{Rs./m}^3 \times 10\text{m}^3 + 2.5\text{Rs./m}^3 \times 5\text{m}^3 + 50\text{Rs./m}^3 \times 15\text{m}^3 = 800\text{Rs.}$ となり、これに 50Rs.を足した 850Rs.が請求額となる。

表 3-2 家庭用水道料金

使用量/月	水量 (m^3)	Rs./ m^3	水量 (m^3)	Rs./ m^3	水量 (m^3)	Rs./ m^3
1~15	01~10	1.25	11~15	2.50	—	—
16~20					16~	8.50
21~25						30.00
26~30						50.00
31~40						60.00
41~50						70.00
>50						75.00

3-3-4 活動実績

毎年発行されている年報から主な指標を表3-3に示す。なお、2007年末現在の職員数は、常勤 8,099 名、臨時 230 名、契約 134 名の合計 8,463 名である。水栓 1,000 件当たりの職員数は毎年漸減してきているが、2006 年は、8.32 人/1,000 栓と世界銀行が提唱している 5 人/1,000 栓に比較してまだ高い値となっていることから、更なる合理化を進める必要がある。

表 3-3 NWSDB の運営指標

項 目			単 位	2004	2005	2006
職員数	常 勤		人	7,600	7,661	7,532
	臨 時		人	72	123	530
	契 約		人	65	130	173
	合 計		人	7,737	7,914	8,235
給水量	生産量		百万 m ³	367	383	398
	深井戸	掘削件数	件	493	537	646
		成功件数	件	417	419	516
NRW 率	大コロombo圏		%	36.36	35.92	37.54
	地 方		%	29.36	30.86	29.88
	国平均				33.83	34.37
接続件数	大コロombo圏	家 庭	件	367,602	392,418	418,063
		公共水栓	件	4,777	4,384	4,112
		営業用	件	33,645	35,488	37,759
		小 計	件	406,024	432,290	459,934
	地 方	家 庭	件	384,827	422,585	473,949
		公共水栓	件	3,922	3,988	4,034
		営業用	件	46,442	48,759	51,478
		小 計	件	435,191	475,332	529,461
	合 計		件	841,215	907,622	989,395
家庭使用 状況	大コロombo圏	使用量	m ³ /月	18.71	19.14	18.28
		使用料	Rs./月	239.38	370.11	402.12
	地 方	使用量	m ³ /月	16.46	15.00	14.25
		使用料	Rs./月	155.36	200.68	199.65
歳 出	維持管理		百万 Rs.	4,583	5,273	5,937
	開発事業		百万 Rs.	12,748	12,648	12,784
	合 計		百万 Rs.	17,331	17,921	18,721
歳 入			百万 Rs.	4,963	5,839	6,947
維持管理費			Rs./ m ³	12.48	13.76	14.93
接続 1,000 件当たりの職員数			人/千栓	9.20	8.72	8.32

出典：各年の年報

3-3-5 財政状況

表3-4の2007年度の財務状況によると、歳入は、78.1億Rs.であるのに対し、維持管理費（直接経費＋間接経費の合計）は、68.0億Rs.であり、水道使用料で維持管理費は賄えている。しかし、資産の減価償却費やローンに対する返済金や金利、更には税金などをここから差し引くと、最終的には、約12.8億Rs.が不足することになり、この不足額は毎年増加していることが分かる。そのため、歳入を増やし（水道使用料を値上げする）、経費を削減する努力を更に続ける必要があることが分かる。

必要経費を供給された水量で単純に除すると、2004、2005、2006年の水道原価はそれぞれ15.9Rs./m³、16.7Rs./m³、18.3Rs./m³と毎年増加傾向にある。表3-2の水道使用料体系は累進性になっていること、また、営業用水道体系はこれとは別であることから、正確な比較はできないが、15m³/月までは1.25～2.5Rs./m³であり、上記水道原価に比較してかなり低く抑えられていると思われる。

表3-4 NWSDBの財務状況

(単位：Rs.)

項 目		2004	2005	2006	2007	
歳入	水売却費		4,196,553,914	5,446,263,579	5,869,448,092	6,481,915,574
	給水事業に伴うその他 収入(新規接続料など)		645,046,477	814,457,513	1,074,822,450	1,129,364,580
	その他		96,556,001	32,633,847	114,477,942	203,386,141
	合 計		4,938,156,392	6,293,354,939	7,058,748,484	7,814,666,295
歳出	直接経費	人件費	1,408,733,213	1,599,810,859	4,248,370,770	5,042,357,619
		ポンプ代	1,248,338,029	1,217,702,035		
		薬品代	286,914,658	301,387,232		
		修理・維持費	238,273,589	221,268,901		
		電気代	106,428,937	122,737,408		
		その他	165,443,357	141,117,757		
		小 計	3,454,131,782	3,604,024,192		
	間接経費	人件費	673,083,914	691,386,927	1,348,603,525	1,762,775,528
		修繕・維持費	58,681,297	64,110,031		
		電気代	142,375,281	158,700,078		
		その他	88,098,154	85,076,748		
		小 計	962,238,646	999,273,783		
	減価償却		875,991,741	1,220,824,397	1,100,006,942	1,381,373,713
	財政経費 (ローン返済/金利)		524,941,276	491,504,115	511,983,308	851,942,058
	税 金		24,631,230	69,629,411	63,864,173	54,950,568
	合 計		5,841,934,675	6,385,255,898	7,272,828,718	9,093,399,486
	収 支		△903,778,283	△91,900,959	△214,080,235	△1,278,373,190

3-3-6 資本費

資本費のうち、スリランカ政府からの資金と海外援助による金額との推移を図3-1に示すが、2005年度は、海外分75億6,600万Rs.に対し、スリランカ分は50億8,200万Rs.となって、まだ海外分の割合が大きいですが、スリランカ分が着実に増えてきているのが分かる。

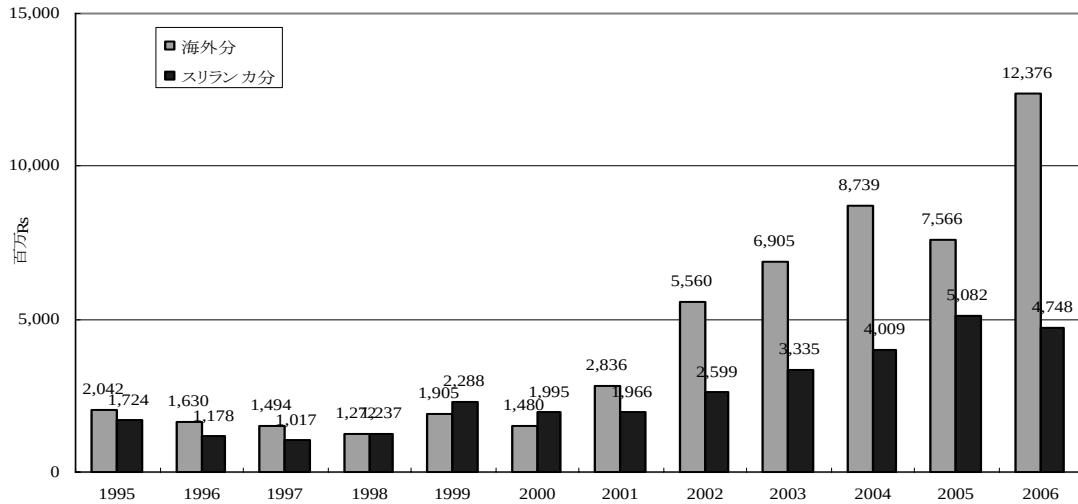


図3-1 資本費の推移

3-3-7 各国の援助実施状況

各国の水道分野に関する NWSDB に対する援助実績を表3-5に示す。なお、国際協力銀行 (JBIC) についての詳細情報については、付属資料3. を参照されたい。

表3-5 各国の援助実績

	プロジェクト名	事業費 (MRs.)		融資機関	期 間	裨益者数 (人)
1	Greater Kandy Water Supply Project	DF	1,243	JBIC	2001.1～2006.10	232,500
		FA	3,577			
2	Eastern Coastal Area of Ampala District Water Supply Project Phase II	DF	4,318	オーストラリア ANZ/FIC	2002.10～2006.9	300,000
		FA	5,317			
3	Greater Galle Augmentation WSS	DF	875	韓国 CF&KEXIM	2001.12～2004.12	160,000
		FA	3,100			
4	Town North of Colombo WSS Stage I	DF	2,243	JBIC	1998.10～2006.12	350,000
		FA	2,750			
5	Kalu Ganga Water Supply Project	DF	1,800	JBIC	2000.3～2007.1	530,000
		FA	6,800			
6	Water Resources Management Project-Kelani Conservation Barrage	DF	569	ADB	2002.10～2006.6	—
		FA	750			

7	NRW Reduction Project (取りやめ)	DF	1,495	JBIC	2003.1～2009.3	767,000
		FA	3,066			
8	Third Water Supply and Sanitation Sector (III)	DF	3,440	ADB	1999.3～2006.8	1,000,000
		FA	9,141			
9	Nawalapitiya, Ampala, and Koggala Project	DF	996	KfW	2001.1～2006.6	86,000
		FA	1,704			
10	Secondary Towns and Rural Community Based Water Supply & Sanitation Project (IV)	DF	2,526	ADB	2004.1～2009.3	969,000
		FA	5,849			
11	Improvement of Water Supply System in Matara District	DF	370	JICA	2004.1～2006.3	228,500
		FA	1,198			
12	Hambantota, Ambalantota, Weligama, Kataragama Water Supply Project & Badulla, Bandarawela Integrated FS	DF	560	オーストリア	2004.11～2006.12	150,000
		FA	1,340			
13	Greater Galle Water Supply Project Stage II	DF	1,500	韓 国	2005.12～2007.12	67,000
		FA	883			
14	Anuradhapura Group Town Water Supply Scheme			フランス+ADB		120,000
15	Institutional Development			NORAD		
16	Integrated Trincomalee Water Supply Project	203MEUR		フランス	2005～	
17	Greater Kandy Water Supply Augmentation Project	4,840		JBIC	2002～	140,000
18	Kandy South Water Supply Project	6,668		デンマーク	2005～2009.5	
19	Nuwara Eliya District Group Water Works Project (Hatton, Ginigathena, Maskeliya)	3,310		デンマーク	2006.12～2009.2	380,000
20	Provision of Enterprise-Wide IT Solution Project for NWSDB	DF	66	インド	2005.8～2007.8	88,000
		FA	398			
21	GIS Development under Mapping Section			インド		

DF : Domestic Fund

FA : Foreign Aid

ADB : アジア開発銀行

KfW : 復興金融公庫

NORAD : ノルウェー開発協力庁

第4章 無収水対策

4-1 定義

無収水として、NRW（Non Revenue Water）と UFW（Unaccounted - for Water）の2種類が使われていることがあるが、現在は、国際水道協会により NRW を使うことが推奨されている。両者の違いは、公共水栓の水の扱いであり、この水を無収水の範疇に入れる場合が NRW、入れない場合が UFW（無効水と訳す場合もある）である。この定義は表4-1のとおりである。

表4-1 無収水対策

項 目		内 訳		
認定使用水量	請求水量	量水器に基づく使用量		
		量水器に基づかない使用量		
	非請求水量	量水器に基づくが請求されない使用量		
		量水器に基づかない請求されない使用量		
漏 水	見かけ損失	盗水・違法接続	NRW	UFW
		量水器の読み取り誤差		
	純損失	送水/配水本管からの漏水		
		配水・貯水槽からの漏水・溢水		
		給水管からの漏水		

4-2 スリランカの NRW 率の実態

スリランカの NRW 率については、いろいろな機関が異なった値を推定している。

4-2-1 JBIC が実施した調査結果

(1) 1998 年の調査結果

表4-2 NRW の調査結果（1998）

項 目	単 位	コロンボ市	コロンボ市外	大コロンボ圏
生産量	m ³ /月	7.82	7.55	15.37
賦課水量	m ³ /月	3.34	4.69	8.03
漏 水	%	28	28	28
貧困層（Tenement Garden）	%	19	1	10
道路沿公共水栓	%	—	—	—
違法接続	%	5	4	4
量水器誤差	%	3	3	3
家庭構造上の損失	%	2	2	2
合 計	%	57	38	47

(2) 2000 年の調査結果

表 4－3 NRW の調査結果（2000）

項 目	単 位	大コロombo圏	CB2	CB3
漏 水	%	23.5	23.5	23.5
貧困層（Tenement Garden）	%	6.6	13.9	36.8
違法接続	%	7.5	9.0	N.A.
量水器誤差	%	3.0	3.0	3.0
家庭構造上の損失	%	1.0	1.0	1.0
貯水槽/溢水	%	1.0	1.0	1.0
賦課誤差	%	3.0	3.0	3.0
合 計	%	45.6	54.4	68.3

4－2－2 JICA 調査団が実施した調査結果

CB1 地区に限られた地区ではあるが、2000 年に JICA による「コロombo市上水道改修事業実施設計調査」のなかで実施したパイロットプロジェクトで得られた結果は表 4－4 のとおりである。

表 4－4 NRW の調査結果（2000）

項 目	単 位	CB1
漏 水	%	43.7
違法接続	%	22.5
貧困層（Tenement Garden）	%	15.0
量水器に関する誤差	%	3.1
推定値による請求	%	1.5
合 計	%	85.8

4－2－3 NWSDB の推定値（1999 年 10 月）

表 4－5 NRW の調査結果（1999）

項 目		単 位	コロombo市	コロombo市外	大コロombo圏
総供給量	Q	m ³ /月	8,237,980	8,025,479	16,263,459
戸別接続利用者の使用量	(1)	m ³ /月	2,064,742	3,978,798	6,043,540
卸売利用者の使用量	(2)	m ³ /月	1,406,066	1,418,115	2,824,181
公共水栓	(3)	m ³ /月	338,287	784,203	1,122,490
貧困層（Tenement Garden）	(4)	m ³ /月	1,147,000	0	1,147,000
合計 1	(1) + (2) + (3)	m ³ /月	3,809,095	6,181,116	9,990,211
合計 2	(1) + (2) + (3) + (4)	m ³ /月	4,956,095	6,181,116	11,137,211
NRW	Q－ ((1) + (2) + (3))	m ³ /月	4,428,885	1,844,363	6,273,248
		%	53.76	22.98	38.57
UFW	Q－ ((1) + (2) + (3) + (4))	m ³ /月	3,281,885	1,844,363	5,126,248
		%	39.83	22.98	31.52

4-2-4 NWSDB 年報

NWSDB が毎年、発行している年報に記載されている NRW 率は表 4-6 及び図 4-1 のとおりである。NWSDB は 2000 年ごろから無収水率削減の各種取り組みを始めてきたところであるが、この推移を見る限りでは、無収水率を現状維持するのが精一杯で、ほとんど効果があがっていないことが分かる。

表 4-6 NRW 率の推移

	単位	2001	2002	2003	2004	2005
コロombo市	%	54.49	51.95	52.25	52.96	51.25
大コロombo圏	%	39.33	36.89	37.29	36.26	35.86
地 方	%	30.33	29.76	31.22	29.38	30.62
全国平均	%	35.83	34.16	34.87	33.48	34.73

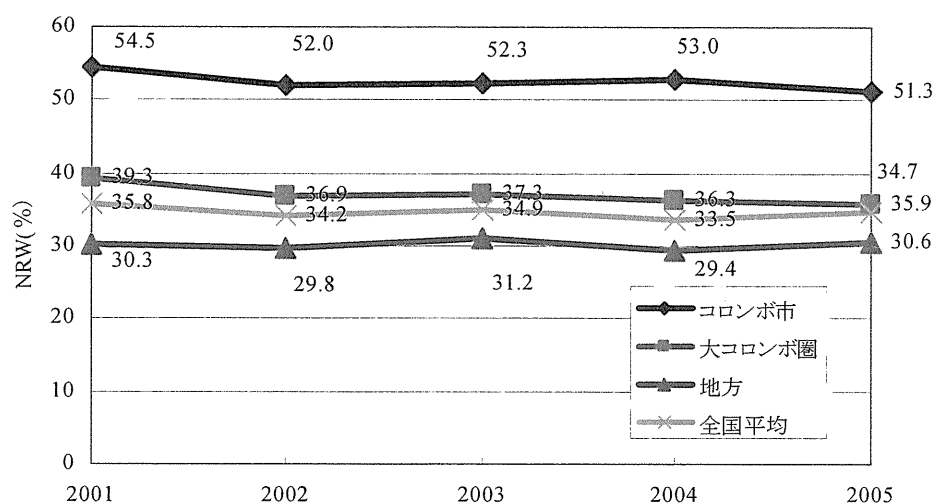


図 4-1 NRW 率の推移

さらに、2005 年の年報のなかで、NWSDB の監査委員は、以下のような疑問を呈している。

- ① NWSDB はバルクメータをもっていないので、コロombo市の特定地区の配水管に供給される水量を量ることができないため、これらの数値は推定に基づいており、正確なものではない。
- ② コロombo市の CB2 と CB3 地区については、これまで一度も漏水調査がなされていない。また、漏水を探知できる機器を使った巡回調査もなされていない。
- ③ NRW の担当課では、主要配管の流量と水圧を測定できる機材と人材が不足しており、漏水削減業務に専念できていない（2005 年 10 月の実質作業日数は 5 日であった）。
- ④ 唯一、NWSDB が所有している相関式漏水探知機は故障したまま修理されていない。
- ⑤ 1999 年に実施されたコロombo市の調査によると、Tenement Garden に公共水栓が 2,800、公共バスタップが 1,618、公共トイレタップが 451 あったとされている。これらの水道使用料を試算すると毎月 1,400 万 Rs.となるが、すべて無料である。
- ⑥ 大コロombo圏の 2005 年 7 月のデータによると、全体 39 万件のうちの約 7 万件は、直接、敷地内に入れないために量水器のデータを読めないことから、推定値で料金を徴収しているが、これでは、正しい水量を把握できない。

4-2-5 NWSDB の Strategic Approach 作成のための基礎資料

NWSDB が 2007 年に Strategic Approach を作成する際の基礎資料として表 4-7 の結果を用いている。これをみるとコロombo市が頭抜けて高い値を示しているが、原因別にみると、公共水栓による無料給水が、この NRW の値を押し上げていることが分かる。この対策を講じなくては、NRW 率を下げることは非常に難しいと想定される。

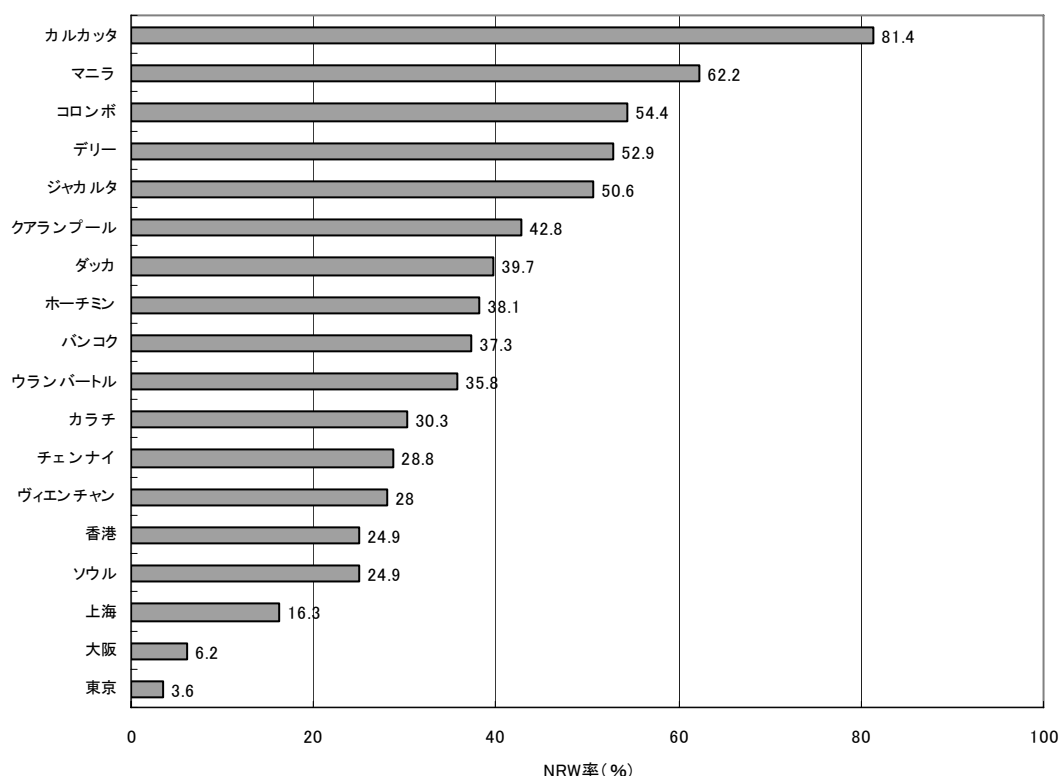
表 4-7 NWSDB の基礎資料

原因	単位	大コロombo圏地域支援センター		西部地域支援センター	
		コロombo市	コロombo市郊外	Kalutara	Gampaha
漏水	%	30.7	18.5	28.1	13.9
違法接続	%	6.0	3.0	3.0	1.0
公共水栓	%	12.0	0.0	0.0	0.0
賦課誤差	%	4.0	4.0	5.0	2.0
合計	%	52.7	25.5	36.1	16.9

4-3 世界の各都市の状況

4-3-1 アジアの各都市の実情

日本では、東京都の 3.6%をはじめ、ほとんどの都市では NRW 率が 10%以下となっているが、アジアの各都市では、インドのカルカッタの 81.2%やフィリピンのマニラの 62.2%は論外としても、かなりの都市で 50%を超えている。ということは処理された水の半分しか使用料を徴収できておらず、残りの 50%は漏水や盗水ということになる。



出典：Asian Water Supplies, ADB (2006)

図 4-2 アジア地区の NRW 率の比較

4-3-2 先進国と途上国との違い

NRW は、管からの漏水などによる純損失と、人為的に使用料を徴収しないという見かけ損失の 2 種類がある。これを表 4-8 にまとめたが、これによると、途上国では、先進国に比較して、見かけ損失が多いという特徴がある。見かけ損失は、対策に投資すべき金額が少なくすぐ効果が現れるという長所があるにもかかわらず実行されないのは政治的理由によるところが大である。例えばインドのデリーでの最大の料金不払い者は中央官庁である。

表 4-8 NRW の原因別割合

種 類	主要原因	対 策	途上国	CIS	先進国
純損失	貧弱な維持管理、不十分な資産管理による漏水	莫大な投資が必要	60%	70%	80%
見かけ損失	違法接続、量水器誤差	効果的対策により、すぐにでも収入増加期待可能	40%	30%	20%
合法的な無料水		公共水栓、消火栓	状況による		

スリランカにおいては、合法的に水を無料で提供していることが NRW 率を押し上げているが、これは、住民側（狭い道路、全員の同意、正式な居住権証明書取得など）と NWSDB 側（オーバーワーク）の双方に問題があるが、これを解決しなくては、特にコロombo市の NRW 問題は解決しないことが明らかである。

4-4 無収水率低下の目的

4-4-1 水源の保全

無収水率が低下すると、新規水源の開発量を低く抑えることができ、水源の保全が図れるとともに、新設・増設する浄化施設の事業費が少なくすむという効果がある。

スリランカでは、都市部は表流水、地方は地下水を主な水源としており、今は水源の問題は顕在化していないが、大コロombo圏の水源であるケラニ川の河口では水位の低下と塩水の遡上が、また、地下水についても、乾期には過剰揚水による塩分や鉄分、フッ素濃度の上昇が問題となり始めている。今後、ミレニアム・ディベロップメント・ゴールをめざして上水道を普及するためには、より多くの水を供給する必要があるが、そのためには現在の無収水率を下げることで、河川や地下から取水する量を減らすことが可能になり、水源の保全に寄与することになる。

4-4-2 財政負担の軽減と住民サービスの向上

無収水量が減ると、有収水量が増加することによる事業体の収入増加とともに、浄水場での支出や中継ポンプ場の維持管理費も削減されることから、水道事業体の財務状況が大幅に改善されることになり、利用者に無理な水道使用料の値上げを強いることがないため、利用者へのサービス向上が図れる。これらが総合的に改善効果を生み出し、水道事業体としては自立性が確立し、適切な管理を進めることができる。

これらの関係を図示したものが図 4-3 である。

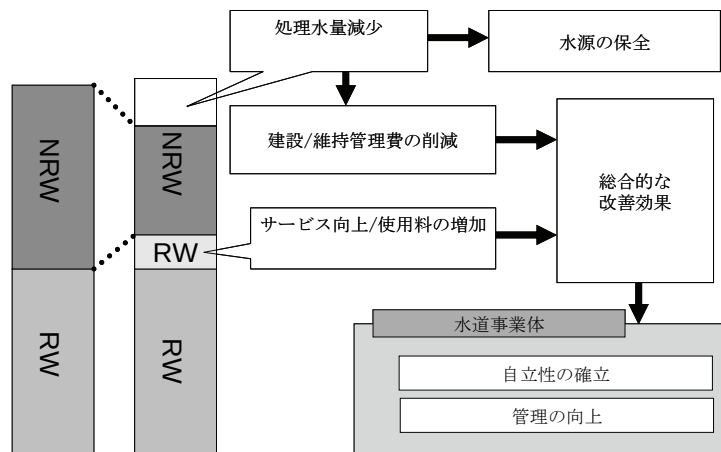


図4-3 NRW削減による効果

4-5 無収水対策が進まない理由

4-5-1 関係者の思惑

本気で無収水率で困っている人がだれもいないのが一番の原因である。

まず、利用者にとっては、NRW 率が高いと本来は使用料が上がるが、実際には使用料は政策的に低く抑えられていることから、NRW については関心がない。

水道事業体の職員は、NRW 削減よりはむしろ新規施設の建設を好む傾向があるが、その理由としては、新規施設建設は目立つこと、NRW の問題に真剣に取り組むと、苦情処理などの対応に追われ、過剰労働やうつとうしい仕事が増えかねないこと、また、その改善効果がなかなか不確かながあげられる（例えば 10 万 m³/日の浄水場を建設すると、10 万 m³の水を必ず送水することができる）。これらを対象者別にまとめた内容を表4-9に示す。

表4-9 対象者別損失が改善されない理由

対象者	純損失	見かけ損失
政治家	華々しいテープカットがない。	違法接続者に対する水道給水停止は選挙民に嫌がられる仕事でたくない。
技術者	地下に埋設されている管の修理より新規施設を設計する方が楽しい。	
作業員	夜間や交通量の多い地区での調査を実施しなければならず、うつとうしい。	量水器の読み取りをごまかすことにより、副収入が得られることも多い。 違法接続を発見し、それを停止する行為は不人気であり、時に身に危険が及ぶこともあるのでしたくない(そのための誘導策としての報奨金制度などは効果的である)。
管理者	時間がかかり、それに専念する必要もあり、現場からの苦情に対応する必要もある。	収入と支出の不足を算定し、それを中央政府に申請して補助金をもらう方が楽である。

4-5-2 削減対策実施上の前提

無収水が増加するということは、水道事業体のいろいろな負の要素が結果的に高い無収水率になって現れているということであり、単に技術面の対策を行えば解決する問題ではない。効果的な無収水対策を推進するうえでの項目と理由とその内容を表4-10に示す。

表4-10 関係者の利害

項 目	内 容
人々の理解の促進	・違法接続はしないというモラルの確立 ・水は有料であるという理解
法律の整備	・使用料を払わない人への罰金制度確立 ・厳正な法の執行
組 織	・やる気をおこす組織のあり方 ・信賞必罰 ・各部署の事業の明確化と重複の排除
財 政	・必要経費の使用料による回収 ・適切な使用料体系の設定 ・水道使用料徴収率の向上
無収水対策	・漏水発見能力向上、漏水箇所の修理 ・老朽化した配水管などの取り替え

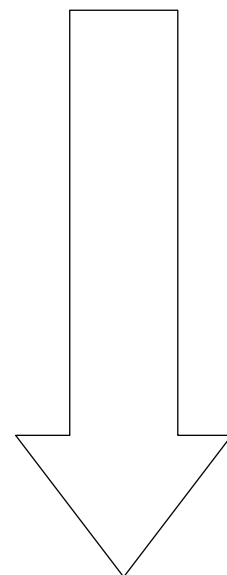


表4-10で示したように、これらの問題に真剣に取り組まずに漏水発見技術が向上しても、それは本質的な解決にはならないということを肝に銘じておく必要がある。これまで無収水対策が進まなかった理由は、無収水対策があまり重要視されなかったこともあるが、上記5項目について効果的な対策が打ち出されなかったことが大きいと思われる。これについては、水道事業体のトップの強い意志が目的達成のために不可欠であり、強いリーダーシップで改革を進めることが重要である。

4-6 無収水対策

4-6-1 漏水防止

東京都水道局発行の「平成18年度版 東京の漏水防止」によると、漏水防止対策は図4-4に示すとおりである。

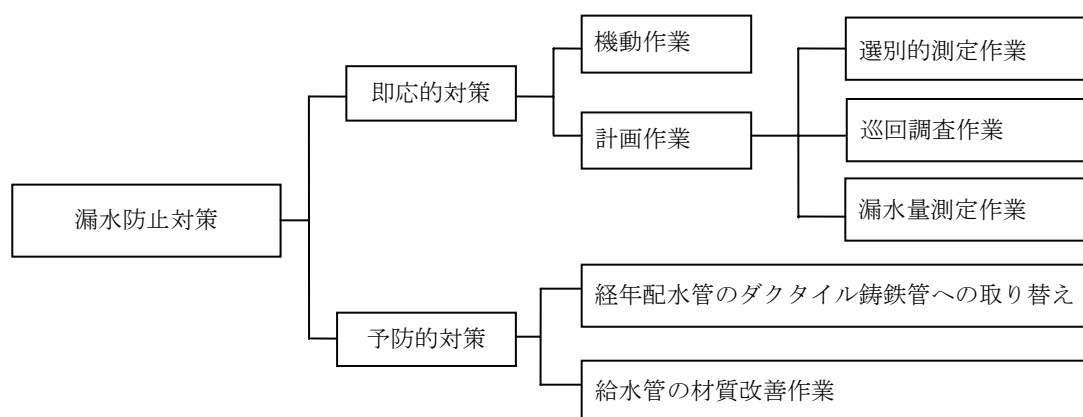


図4-4 漏水防止対策の体系

4-6-2 具体的対策

(1) 即応的対策

地上あるいは地下で発生した漏水を発見・修理する作業

1) 機動作業

住民からの通報や職員の巡回により発見された地上漏水を修理する作業

2) 計画作業

① 選別測定作業

効率的に漏水調査を行うため、あらかじめ網目上に埋設された配水小管を一定の延長でブロックに分け（以下「区画」という）、その区画内の地下に潜在する漏水量を測定し、その結果に基づき漏水調査・修理を行う作業である。

具体的には、配水小管延長約 3km ごとに区画を設定し、そのうち、測定対象となる区画の一部の区画について夜間最小流量（漏水量）を測定したうえで、漏水量の多寡に応じて、音聴法や相関法などによる調査を主体的に行って漏水を発見し修理を行っている（図 4-5、4-6 を参照のこと）。

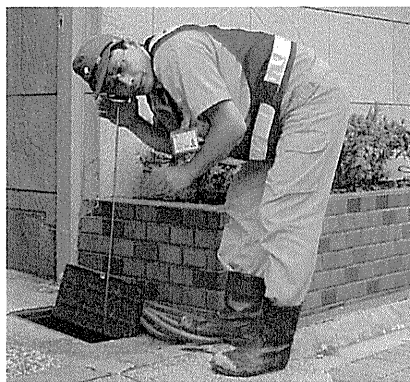


図 4-5 音聴棒による探査

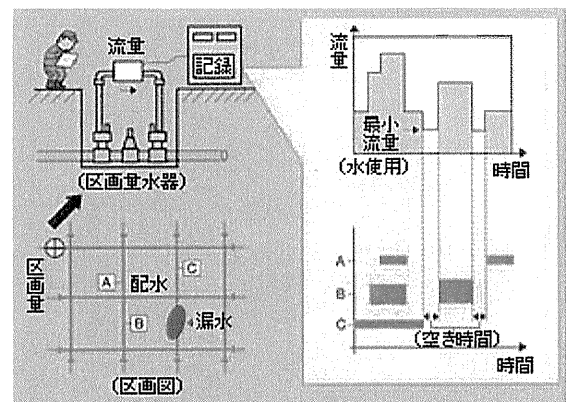


図 4-6 選別作業

② 巡回調査作業

漏水量測定を行わず、区画単位で各家庭の量水器に音聴棒を当て漏水を発見する各戸調査と、交通量が少なく騒音の少ない夜間に電子式漏水発見器で道路下の漏水を発見する音聴調査等により漏水を発見、修理する作業である。

巡回作業を行う区画は、前回の選別調査の結果、漏水が多いと判定された区画、機動修理件数が増加傾向にある区画など、過去の作業実績を参考にしている。

③ 漏水量測定作業

24 時間活動する都市部において、より正確な漏水量を把握するため、測定対象を 300 栓程度に絞って夜間の最小流量（漏水量）を測定し、漏水量の推定や漏水の動向を把握する。正確な漏水量の測定を行うことで、漏水の推定ができ、今後の漏水防止対策の検討に役立てることができる。

(2) 予防的対策

漏水を未然に防止し、漏水の「復元現象」を抑え込むことと同時に、残存漏水量を減少させる重要かつ効果的な対策である。

① 経年配水管のダクタイル鋳鉄管への取り替え

配水管のうち、管の内面がライニングされていない強度の低い鋳鉄管や、敷設年代が古い鋼管のことを経年管という。経年管は漏水や濁水が発生しやすく耐震性も低いため、強度が鋳鉄管の3倍高く耐震性に優れており、濁水の発生を抑えるために内面にライニングしたダクタイル鋳鉄管*に計画的に替える作業のことをいう。

*：従来の鋳鉄管にマグネシウムを添加し、組織中の黒鉛を球状にすることにより材質の強度を高めたもの。

② 給水管の材質改善作業

漏水修理件数の97%は給水管が原因であることから、給水管の漏水を未然に防ぐことが極めて効果的である。日本では、かつては給水管に鉛管を使っていたが、強度が低く、劣化も進んで漏水の原因であったことから、公道下を使用する給水管を配水小管の敷設替え時や給水管の漏水修理時などの機会を利用しての取り替え、解消計画による取り替え方法などを採用してきている。東京都では、給水管をステンレス管に取り替えてきたが、その状況を図4-7に示す。

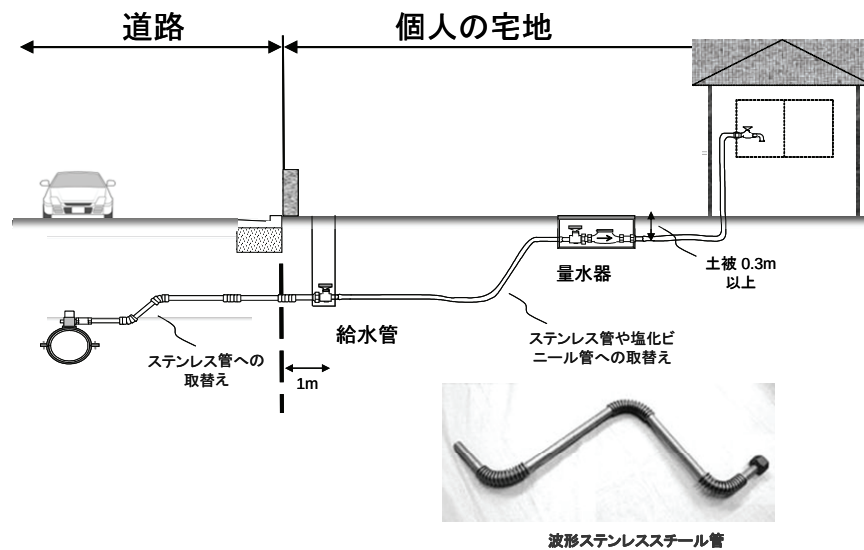


図4-7 給水管の材質改善

(3) 復元現象

水道管は、それ自体の経年変化に加え、地盤の不同沈下、腐食、交通荷重、各種工事などの影響を受けており、常に漏水が生じる状況となっている。漏水は発見次第修理しても、時間の経過とともに、新たな漏水が発生する宿命をもっており、これを漏水の「復元現象」と呼んでいる。この復元現象を解明することにより効果的な防止対策につながることを期待できる。この経年変化による復元現象の模式図を図4-8に示す。

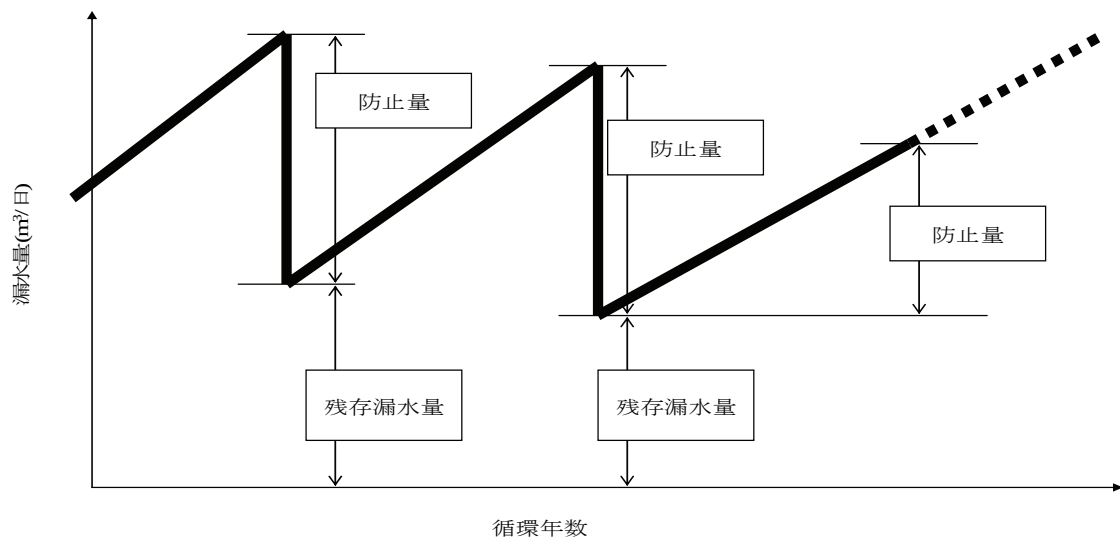


図 4－8 復元現象

4－7 漏水防止関連機器・技術

4－7－1 漏水防止関連機器

現在、日本で漏水探知に使用されている機器類を表 4－11 に示す（単価については、付属資料 4. を参照のこと）。

表 4－11 漏水探知関連装置

装置名	機 能
電子式漏水発見器	微小な漏水音を電氣的に増幅することにより、地表面から漏水音を聴取できる高感度の器械
相関式漏水発見器	管種、口径、距離を入力することにより漏水音を 2 点でとらえて、漏水位置を特定する器械。日中の騒音時にも利用できる。
時間積分式漏水発見器	漏水音の継続性を利用して、漏水の有無を判別する器械
超音波流量計	超音波流量センサーをパイロット地区内の流入点に設置し、流量測定するもので、対象口径別の装置がある。
最小流量測定装置	夜間最小流量測定時に使用される流量計
地中レーダー	地面に電磁波を照射して地下の状況を調査する器械
金属管探知器	流力測定時に操作が必要なバルブが舗装などで埋没している場合に地表面からの金属反応によって位置を特定する器械
埋設管探知器	金属管路の位置を音波を利用して位置と深度を探知する器械。探知精度を向上させ掘削時の事故を防止する。
管内内視装置	管内にカメラを挿入して管内状況を調査する器械
管内挿入式流向流量計	消火栓などに挿入して管内の流量と流向を調査する器械

4-7-2 機能別漏水防止関連技術

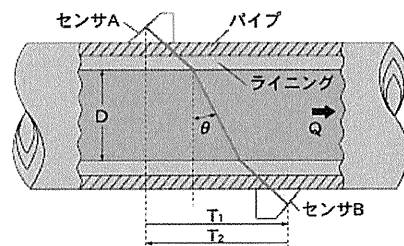
(1) 流量

漏水削減対策を考える場合、まず、どの程度の水量がそれぞれの地区にどの程度給水されているのかがすべての基本である。現在は流量計が適切な箇所に設置されていないため、送水管や配水管に流量計を設置することから始める必要がある。流量計には、超音波流量計と電磁流量計の2種類がある。

1) 超音波流量計

既設配管に手軽に取り付けて測定できるという特徴をっており、ポータブル型と設置型とがある。また、測定原理から、パルスドップラー式と伝搬時間差式の2種類があるが、両方を併用したハイブリッド型もある。純水、冷却水、薬液、飲料水、海水、油、水道水、温水、工業用水などの超音波が通る液体であれば測定することができる。

測定できる流量範囲が広く、高精度である半面、設置位置の上流と下流にそれぞれ管径の10倍、5倍の直線部が必要なことと気泡に弱いという弱点がある。図4-9に超音波測定の原理を、また、パルスドップラー式と伝播時間差式のそれぞれの測定方法を図4-10に示す。



原理式：

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \frac{1}{K} \frac{D}{\sin 2\theta} \frac{\Delta T}{(T_0 - \tau)^2}$$

$\Delta T = T_2 - T_1$
 $K = \text{流速分布補正係数}$

図4-9 超音波測定の原理

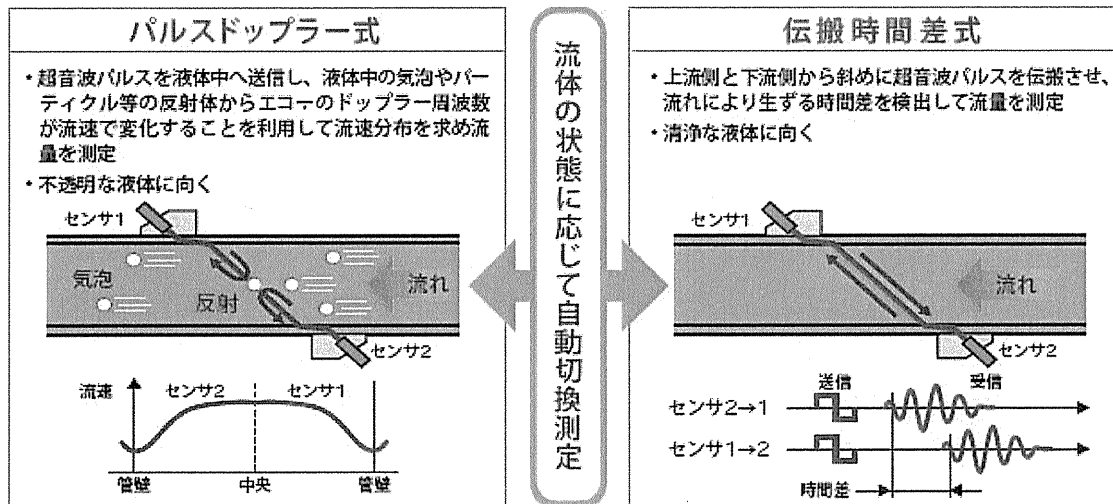


図4-10 測定方法

2) 電磁流量計

図4-11に示すファラデーの電磁誘導の法則である「導体が磁界内で運動するとき、その導体内に磁界及び運動方向の両者と直角の方向に起電力が発生し、その大きさは磁束密度と速度に比例する」を利用した電磁流量計は、一般産業用水、排水、汚泥、薬液などの導電性のある液体の流量を高精度測定することができる。また設置部の上流部は管径の5倍の直管部があればいいという長所があるが、最初から管の中に設置する必要があることや、管内が満水であることが条件となる。

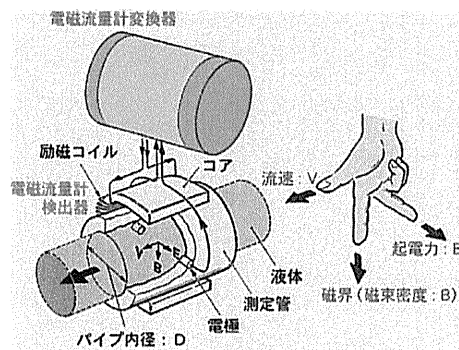


図4-11 電磁誘導の原理

(2) 漏水量測定（夜間最小流量測定）

深夜に区画内で水使用のない時間（空き時間）が発生することに着目した漏水量測定法を図4-12に示す。まず、配水管延長でおおむね2.5kmの範囲を設定する。調査を行うこの区画周囲の制水弁を閉め、他の区画からの水の出入りがない状態にし、次に、区画量水器に設置した最小流量測定装置を通して区画内に水を送り込み、その流量を測定するが、このときの空き時間に記録された最小流量値を漏水量とみなす。その後、この調査結果を基に、漏水量の多い範囲について優先的に調査・修理を行っていく。

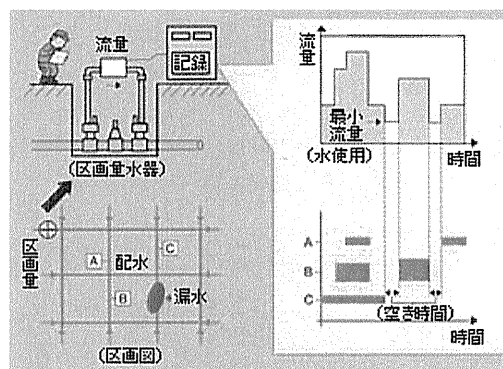


図4-12 漏水量測定法

(3) 漏水位置の検出

漏水位置を検出するには、いろいろな方法が目的に応じて採用されている。概念図を図4-13に示す。



図4-13 漏水位置確認方法の概念図

1) 音聴法

音聴棒又は電子式漏水発見器を使用して漏水音をとらえる方法である。

音聴棒は図4-14に示すように、量水器、制水弁、消火栓などに金属棒の先端を接触させ、この金属棒に取り付けた振動板に耳を押し当てて、管を伝わってくる漏水音を聞き取るものであり、この方法は、十分な経験を必要とするが、簡便方式で漏水の有無及び漏水領域の調査が短時間で可能（この棒は主にその付近の漏水の有無を知るために用いるものであり、漏水位置までを探知することはできない）。また、漏水音が聞きづらいプラスチック管から、金属管まで、幅広い捕音領域をもつが、聴覚による調査方法なので、経験が必要である。

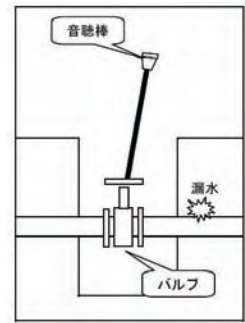


図4-14
音聴法

電子式漏水発見器は、漏水音を電気信号に変換する検出器（ピックアップ）を地表面に置き、音聴棒と同様にバルブ、給水栓、消火栓等に突き当てて地中を伝わってくる漏水音を増幅してヘッドホンで音と数値により漏水の有無を確認する装置であり、ピックアップを順次移動させていくと、漏水位置の真上付近で漏水音が一番大きく聞き取れることから、漏水位置を探知することができ、また、VP管やポリエステル管等の漏水調査も可能である。音聴器の電源は内蔵した乾電池であり、24時間の測定が可能である。

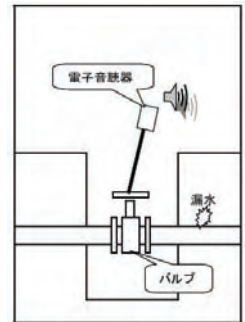


図4-15
電子式漏水発見器

2) 相関法

相関式漏水発見器（相関器、検出器、増幅器、無線器など）を利用して漏水位置を探知する方法である。その測定原理を図4-16に示す。

まず、漏水の予想される箇所を挟んだ道路上の2ヵ所（制水弁、消火栓など、地上に露出した施設）にセンサーを置き、相関器で両センサーまでの漏水音の到達時間差を求める。この時間と両センサー間の距離及び水道管内を伝わる漏水音の速度から、漏水位置を算出する。この方法は、交通騒音や管の埋設深度による影響を受けにくいという特徴をもっている。

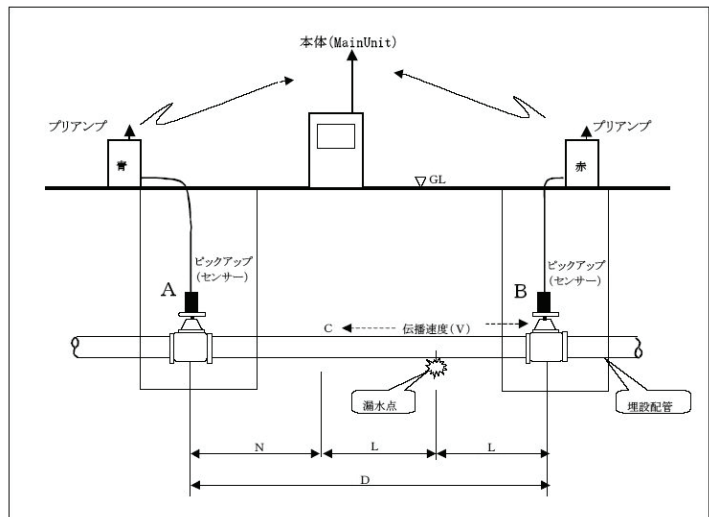


図4-16 相関式漏水発見器の原理

3) 時間積分式漏水発見器

漏水音がもつ継続性の性質を利用して漏水の有無を確認する装置である（図４－１７参照）。まず、この装置のセンサーを各戸のメータマス内の給水管露出部に接触させ、管路の電波音を一定時間（１０秒～３分程度）測定し、漏水自動検出器で漏水の有無を判別する。

この方法は、断続的な水道使用音や地中を介して伝わる車の通過音の影響を受けにくく、作業には熟練を要しないという優れた特徴をもっている。また、使用水や騒音等の都市雑音を判別するので、数秒間で漏水の有無を自動判定する。連続測定も可能で、データはパソコンで処理できる。

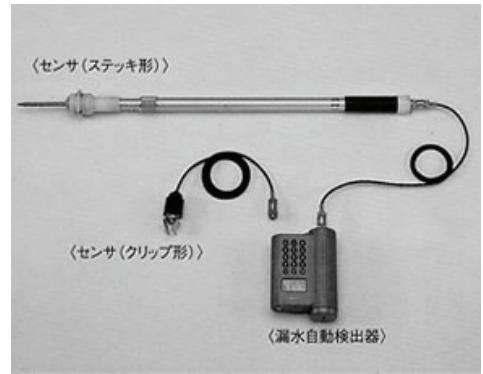


図４－１７ 時間積分式漏水発見器

(4) その他

漏水調査には、水圧計、水道管の埋設位置の探知技術などが必要である。

1) 水圧計

適正水確保と効率的な水圧運用を図るために、きめ細かい水圧管理が必要であり、配水管の水圧を消火栓・給水栓を利用して、容易に測定・記録できる携帯型の水圧計が便利である。図４－１８にその一例を示すが、その特徴は、携帯型、バッテリー駆動、防水構造となっており、高い信頼性が期待できる。



図４－１８ 水圧計

2) 埋設位置探知

金属管探知器や非金属管探知器、打撃音注入器などが使用される。

４－８ パイロット地区における無収水削減活動

今回の技術協力プロジェクトで実施しようとしているパイロット地区での活動の成否は、事前の作業計画作成や資料収集に負うところが多いことから、これに十分な時間をかけて検討することが重要である。

４－８－１ 無収水の現状分析

既存の資料を基に、コロンボ市全体の漏水の実態を把握する。対象となる資料としては、以下のようものがあげられる。

① 既設水道施設（配水管、バルブ位置など）

- ② 漏水発生件数、場所、漏水修理記録
- ③ 違法接続発生件数、場所、徴収金
- ④ 料金徴収記録
- ⑤ 公共水栓の位置、数、現状

4-8-2 作業計画の作成

上記のデータと既存のマッピングシステムを基に、パイロット地区の位置、規模を特定し、それに関する工程表の作成、投入人員などを含む作業計画を作成する。

4-8-3 対策チームの編成

上記作業計画に基づいて必要となる対象チームを編成する。対象に選ばれた職員に対して、事前に漏水調査の目的、手順、現場作業などを説明する研修会を開き、チーム員に調査の重要性を十分理解してもらう。また、既存機器や日本側が供与した機器についての使い方を完全に習得するための訓練も同時に行う。

4-8-4 事前踏査

調査を始める前に、該当地区の既存データ（顧客データ、メータ設置状況、配水管網など）をできるだけ多く収集・整理しておく。また、該当地区を現場踏査し、目視での漏水箇所確認、公共水栓、メータ設置状況、集合住宅の有無、管路やバルブ位置確認を行う。

4-8-5 調査実施

4-8-2で作成した作業計画に基づき、24時間流量測定による漏水調査と漏水探査を行う。その結果に基づき、漏水量を把握し、無収水率を算定する。

4-8-6 修 理

調査結果により、必要となる修理計画を作成し、場合によっては、必要経費を見積り、それに基づき、修理を完了させる。

4-8-7 再調査実施

修理後、再調査を行い、再度、漏水量の把握と無収水率を算定し、修理の効果を判定する。

4-8-8 評 価

一連の作業を完了後、その作業を評価し、問題点、課題、今後の対応などを検討する。これらの作業を作業員全員で行うとともに、セミナーなどでその結果を他の職員と共有する。