

スリランカ民主社会主義共和国

上下水道公社

スリランカ民主社会主義共和国
パッケージ型無収水削減策の
普及・実証事業 業務完了報告書

平成 29 年 11 月
(2017年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

テスコアジア株式会社

国内
JR (先)
17-142

目次

略語表	v
地図	vi
図表目次	vii
案件概要	ix
要約	x
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	1
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	2
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	2
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	3
2. 普及・実証事業の概要	5
(1) 事業の目的	5
(2) 期待される成果	5
(3) 事業の実施方法・作業工程	15
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	16
(5) 事業実施体制	18
(6) 事業実施国政府機関の概要	20
3. 普及・実証事業の実績	22
(1) 活動項目毎の業務実績	22
(2) 事業目的の達成状況	63
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	70
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	71
(5) 環境社会配慮	71
(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	71
(7) 今後の課題と対応策	72
4. 本事業実施後のビジネス展開計画	73
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	73
① マーケット分析	73
② ビジネス展開の仕組み	73
③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール	74
④ ビジネス展開可能性の評価	74

(2) 想定されるリスクと対応	75
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果	75
(4) 本事業から得られた教訓と提言	76
① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓	76
② JICA や政府関係機関に向けた提言	77
添付資料	79

巻頭写真



名古屋市上下水道局との協力協定の調印式
(2015/5/8)



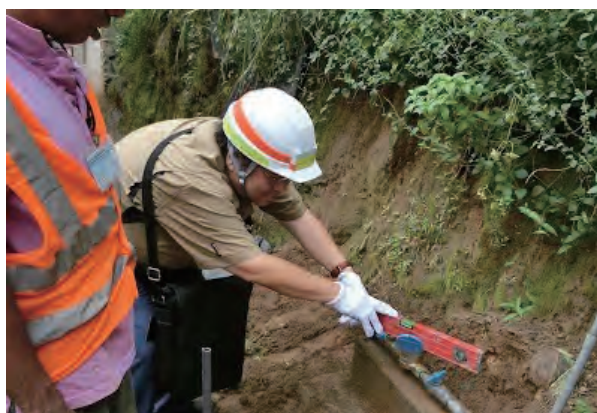
Wegiriya 給水塔付近の現場調査 (2015/5/20)



検針、修繕打合わせ (KN) (2015/5/26)



メータ取替キックオフミーティング
(2015/11/9)



メータ取替え作業 (2015/11/17)



無収水削減セミナー (2016/2/11)



漏水位置特定作業 (2016/6/3)



施工技術ワークショップ (2016/8/26)



検針システム運用開始式 (2016/11/2)



新システムによる検針開始 (2016/11/1)



都市計画・水道大臣の視察 (2017/2/17)



事業終了報告会 (2017/7/21)

略語表

略語	正式名称	日本語名称
GKP GKWSP	Greater Kandy Water Supply Project	NWSDB 直属の大キャンディ圏水道プロジェクト
HT	Handy Terminal	ハンディターミナル (検針データ・料金システム)
KMC	Kandy Municipal Council	キャンディ市役所
KN	Kandy North Manager Office	水道料金の課金・徴収・修繕工事 担当機関で OIC の上部機関
LC	Leak Checker	漏水発見器
NWSDB	National Water Supply & Drainage Board	上下水道公社
OIC	Officer in Charge	パイロットエリア所管の検針・修繕工事事務所
OIML	Organisation Internationale de Métrologie Légale	国際法定計量機関
PPP	Public Private Partnership	PPP 事業
RSC(Central)	Regional Support Center (Central)	NWSDB の中部州支援センター (本事業のカウンターパート)
TA	TESCO ASIA Co., Ltd.	テスコアジア株式会社

地図



(出典：世界地図 <http://www.sekaichizu.jp/>)

図表目次

図

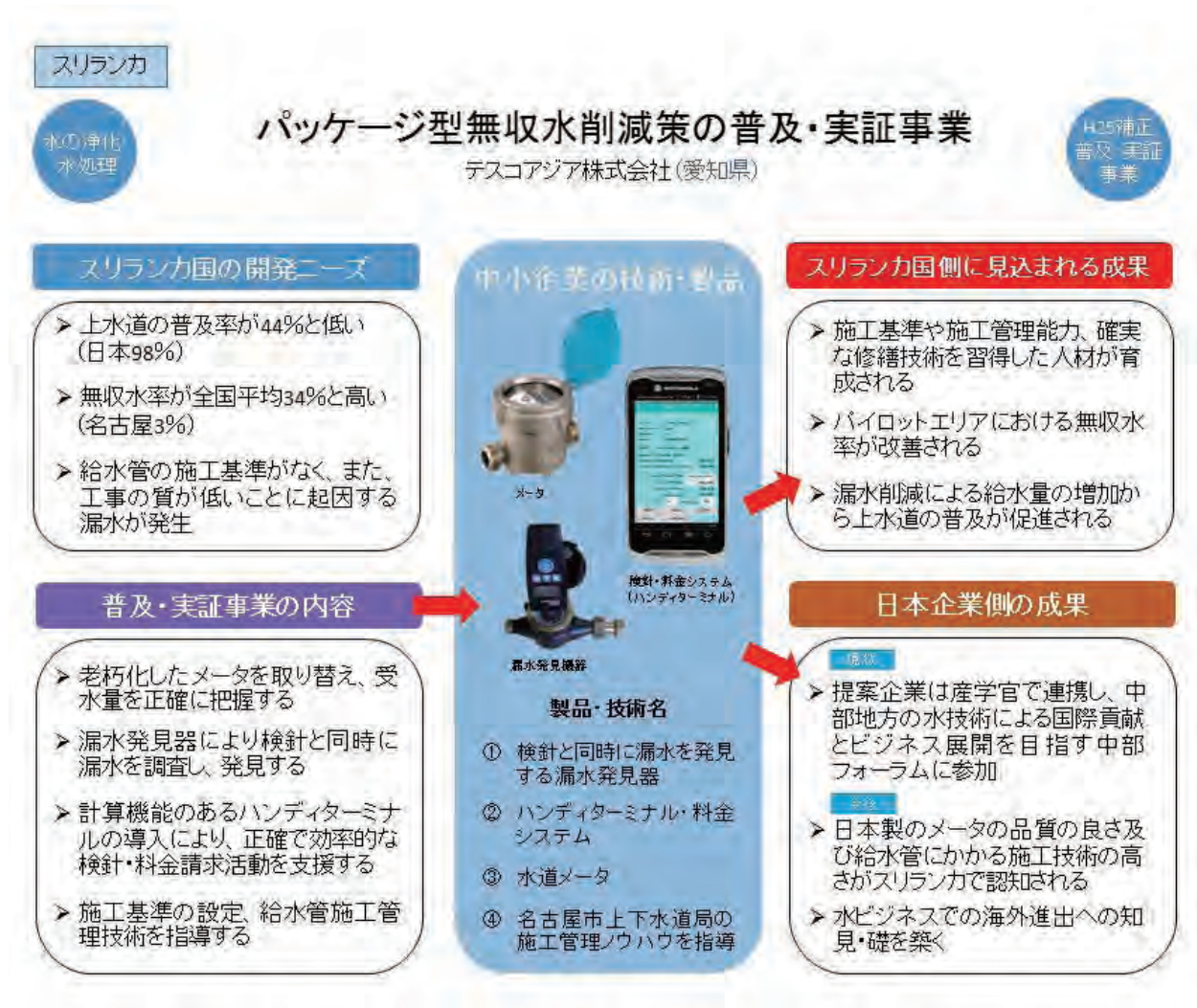
図 1	事業実施体制図	19
図 2	上下水道公社組織図	20
図 3	漏水位置概念図	36

表

表 1	漏水位置特定調査件数及び漏水量	6
表 2	漏水個所の分布	7
表 3	漏水発生個所の漏水量（集計）	7
表 4	漏水個所の分布	8
表 5	漏水発生個所の漏水量（集計）	8
表 6	メータ取替え数量	9
表 7	問題点及び改善案	10
表 8	6 項目の給水管の施工基準	12
表 9	業務内容及び機材	14
表 10	業務計画	14
表 11	作業工程表	15
表 12	要員計画	16
表 13	資機材リスト	17
表 14	連絡会議の開催状況	19
表 15	カウンターパートの概要	21
表 16	メータ取り替え作業数	23
表 17	故障・不動メータの状況（Harispattuwa）	24
表 18	故障メータの修繕費（Harispattuwa）	25
表 19	計測データ	34
表 20	積分率別計測データ	34
表 21	戸別音聴調査結果（積分率 40% 以上）	35
表 22	戸別音聴調査結果（積分率 39% 以下）	35
表 23	漏水箇所の分布	35
表 24	漏水個所の漏水量	36
表 25	積分率別漏水数	36
表 26	計測データ	37
表 27	積分率別計測データ	37

表 28	戸別音聴調査結果（積分率 40% 以上）	38
表 29	戸別音聴調査結果（積分率 39% 以下）	38
表 30	漏水個所の分布	38
表 31	漏水個所の漏水量	39
表 32	積分率別漏水数	39
表 33	原因別漏水位置特定個所数・漏水量	40
表 34	水栓あたりの無収水量及び無収水率（2015 年 1 月～2015 年 10 月）	43
表 35	水栓あたりの無収水量及び無収水率（2015 年 11 月～2017 年 5 月までの期間）	44
表 36	実質損失日量	45
表 37	ピストン往復型メータ使用下での Wegiriya 給水区の無収水の状況 2015 年	45
表 38	日本製羽根車式メータ使用下での Wegiriya 給水区の無収水の状況 2016 年以降	45
表 39	セミナー等の開催状況	58
表 40	カリキュラム	59
表 41	メータ取替え前後の課金水量の推移	63
表 42	メータ取り替え前後の料金収入の推移	63
表 43	スクリーニングにより発見した漏水箇所数	64
表 44	スクリーニングにより発見した漏水量	64
表 45	依頼探査により発見した漏水箇所数	65
表 46	依頼探査により発見した漏水量	65
表 47	発見した漏水箇所総数	66
表 48	発見した総漏水量	67
表 49	年間漏水量、料金換算	67
表 50	リスクと対応	75

案件概要



要約

I 提案事業の概要	
案件名	パッケージ型無収水削減策の普及・実証事業
事業実施地	スリランカ国キャンディ地区の Harispattuwa 給水区のうち、 Wegiriya Kulugammana Kondadeniya の 3 パイロットエリア（約 6,000 世帯の給水地区）
相手国 政府関係機関	スリランカ国 上下水道公社（NWSDB） 中部州支援センター（RSC（Central））＊カウンターパート キャンディノース（KN） 大キャンディプロジェクト（GKP）
事業実施期間	2015 年 3 月～2017 年 11 月（2 年 8 か月）
契約金額	99,974,440 円（税込）
事業の目的	本事業はキャンディ地区において、無収水削減のために必要な機材や技術をパッケージ化したサービスとして提供することにより、対象エリアの無収水、漏水の低減を図り、余剰水を給水人口の増加に振り向けるとともに、水道事業経営のさらなる改善に寄与するものである。あわせて、無収水の削減効果を実証し、本事業終了後の無収水削減策の普及の基礎を築く。
事業の実施方針	スリランカの水道事業において不足している施設整備以外のいわゆるソフト面を強化する無収水対策の実施により、給水管施工管理の徹底、施工技術の向上、水道事業経営の安定化、経営改善を図る。また、スリランカに未導入の製品、技術・ノウハウを紹介し普及を目指す。 多岐にわたる無収水削減対策のうち、次の 4 業務をパッケージとして実施する。 (1) 既設メータを日本製メータに取替える業務 (2) 漏水探査業務 (3) 検針システムの改善 (4) 漏水を未然に防止する施工管理・工事技術の指導

	1 期待される成果 成果1 パイロットエリアの無収水が削減される。 成果2 相手国実施機関の漏水防止技術や給水管の施工管理能力が向上する。 成果3 スリランカ国内におけるパッケージ型無収水削減策の普及展開案が策定される。 2 成果にかかる活動 【成果1に係る活動】 1-1 パイロットエリアのメータを日本製メータへ取替え、使用水量や無収水の状況を把握する。メータの取替え時には、盗水状況も合わせて把握する。 1-2 検針時に漏水発見器を利用して漏水調査を担う相手国実施機関の検針員へ技術指導を行う。 1-3 漏水調査にて、漏水の可能性があるエリアを特定した後、漏水個所の発見・特定作業は、現地の専門家を養成する技術指導を行い、作業に当たらせる。発見された漏水個所は相手国実施機関へ報告し、修繕を依頼する。 1-4 料金請求における人為的なミスを削減するため、ハンディターミナル・コンピュータシステムを導入し、その使用方法を相手国実施機関へ指導する。 1-5 実証事業対象地域における事業実施前、事業実施後の無収水率の変化を分析する。 【成果2に係る活動】 2-1 名古屋市上下水道局の給水管施工管理システム・施工基準を参考に、相手国実施機関の施工管理システムの課題を整理し、改善に向けた指導を実施する。 2-2 関係技術者を対象に漏水を予防する給水管施工技術を指導する。 2-3 施工管理能力の向上、漏水を防止する技術の定着を図るセミナー等を開催する。 2-4 相手国実施機関の職員を招へいし、本邦受入活動を実施する。 【成果3に係る活動】 3-1 スリランカの他地域の給水状況及び無収水とその対策状況を調査し、パッケージ型無収水削減策への需要（市場規模）を予測する。 3-2 スリランカでの提案製品・技術を普及展開していく上での課題及び普及展開上のリスクについて調査・分析する。 3-3 パッケージ型無収水削減策の普及を図るための広報活動等を通じて、
--	--

	事業内容・状況を周知する。 3-4 上記調査結果を踏まえ、提案製品・技術の普及を図る事業の展開方針を策定する。
実 績	【要約】 1 実証・普及活動 (1) メータ取替え業務 メータの取替えは、GKP の入札によって選定された委託業者 3 社により作業が行われた。メータ取替え作業のマニュアルを作成し、説明会を開催した後（2015 年 10 月）、11 月中旬から工事を開始した。取替え作業の困難なものを除き、2016 年 1 月中旬には 5418 個のメータの取替えが終了した。施工技術担当の外部人材がメータの取替え状況を調査し、取替えの困難なメータの工事手法を指導した（2016 年 2 月）。その後、取替えが進み、最終的には、新設水栓も含め、5896 個のメータを取り付けた。 メータの取替えにより、パイロットエリアでは、課金水量が 21% ～ 29% 増加したほか、取り付けたメータの故障は皆無で、OIC の修繕費の削減に貢献した。 (2) 漏水探査業務 漏水探査指導担当の外部人材が、現地庸人に LC、漏水探査機の使用法、探査技術を指導して、スリランカ人の漏水探査員を養成し、漏水位置の特定作業を実施した。作業は、LC によるスクリーニングから判明した漏水の発生しているメータ付近について、漏水探査機器を使用して漏水位置を特定する工程で行われた。 外部人材による探査技術の指導は、2016 年 2 月から 2017 年 6 月まで、夜間の路面音聴調査も含めて計 6 回行われた。 漏水探査業務では、2017 年 8 月までに、341 箇所の漏水位置を特定し、漏水の早期発見、早期修繕に貢献した。 (3) 検針システムの改善 現行の検針システム、料金徴収方法、データの管理、使用しているソフトウェアの状況を調査した。その結果、現状の検針方法は手計算によるものであり、換算表が複雑で、誤計算や検針漏れなどがあることが分かった（2015 年 5 月）。 ハンディターミナル（HT）、携帯プリンターを使用する検針データ処理・料金システムを確立するため、NWSDB の IT 部門、KN、RSC(Central) と調整、協議を重ねて料金計算ソフトウェアを完成させ

た。NWSDB の本部職員等も参加する新検針データ処理・料金システムの運用開始式を開催した（2016 年 11 月）。

HT、携帯プリンターを導入したことにより、請求書発行業務が改善された。アンケート調査の結果、98% もの利用者から好評を得る結果となった。

(4) 施工管理・修繕技術指導

パイロットエリア内の給水装置の設置状況、使用中の工事機材、配管・修繕工事現場の状況を調査した。合わせて、関係の図面、データ、規則などを収集するとともに、GKP、KN の担当者と施工管理、工事技術について意見交換を行った（2015 年 5 月）。

外部人材（名古屋市上下水道局）と KN、OIC の修繕工事担当者とは、給水装置の修繕に関する施工基準、施工管理について協議し、修理工事を委託する業者との契約図書に掲載する施工基準の内容を確認した。また、無収水削減セミナー及びワークショップを開催し、無収水を削減するための新しい製品の紹介、これまでの現地調査を踏まえた施工管理、施工技術についての改善事項の提案などを行った。NWSDB の本部も含め約 40 名が受講した（2016 年 2 月）。

その後も、KN の技術者、作業員を対象に、施工技術指導のためワークショップを開催し、日本の修繕工事の状況、使用機材を紹介し、スリランカの作業と比較するなど、スキルアップを狙う指導を行った（2016 年 8 月）。

修理業者も含め配管工事の現場では、改善効果が見られるようになったが、修繕工事予算の不足から、必要な配管部品が用意できない、修繕工事用の道具、安全を確保するための装備品などが十分でない。これらを改善するためには、例えば、本事業の効果である修繕費用の支出の減額部分を振り向けるなどの方法も考えられる。

2 ビジネス展開計画

メータ取替えの成果、漏水探査結果を NWSDB の GM 等の幹部へ報告するとともに、ビジネス化の展開についての情報収集、意見交換を行った。ADB スリランカ事務所、JETRO コロンボ事務所からも情報の収集に努め（2016 年 8 月）、NWSDB と本事業の概要を継承する事業の計画について協議を進めた（2016 年 10 月～）。最終的には、ビジネス化計画として、PPP 事業による JICA 事業の概要を継承する事業計画を作成し、GM 等と

	協議したほか、財務省へも説明し、協力を要請した（2017年6月、7月）。 また、キャンディ市水道局とも日本製メータへの取替えについて協議を進め、提案書を提出した（2017年4月～）。
課 題	1 実証・普及活動 (1) データの不足 パイロットエリアの給水量を示すデータがいくつかあって、どれが正しいのかは、不明であった。また、無収水の定義も担当者によってまちまちで、正確な漏水率を割り出すには、既存データが不足していた。さらに、給水管路網図もなく、メータの取付け位置については、検針員のみが掌握している状態のため、メータの取替え時に、旧メータの設置場所が不明で取替えられないメータもあった。ほかにも、配管の修繕の記録、メータを取替えた記録、原材料の在庫管理など、事業運営に必要と思われるデータも整理されていなかったり、不足したりしていたので、ビジネス化計画の検討にあたって協議が難航した。 今後は、基本データの収集方針を定めて、データベースを作成し、データを共有したうえで、データを分析し経営に活かす体制の確立が望まれる。 (2) 技術の習得機会 エンジニアは、JICAの研修等で、配管工事の研修を受ける機会があるが、研修の成果は本人限りで、現場の配管工へ伝わらない。民族特性の職階性の影響もあって、エンジニアが配管工を指導することはなく、現場で修繕工事を担当する配管工には、技術を習得する機会が与えられていない。Harispattuwa 地区では、さらに管路の老朽化が進むと思われるが、漏水の未然防止を図るためには、給水管の工事を担当する配管工の配管技術の向上、レベルアップのための技術講習会の開催や配管工の指導体制を確立することが緊要である。 (3) OIC の改組 OIC は、苦情受け付け、新規利用の受け付け、検針業務、検針の管理、新設工事、修繕工事を担当しているが、業務量が多すぎて、職員の管理、指導がいきわたっていない。また、工事現場には、スーパーバイザーが派遣されているが、配管、工事技術についての知識が求められていないため、スーパーバイザーの存在感が乏しい。今後、管路の補修は、増加すると思われるので、OIC については、営業部門と、工事部門にそれぞれ責任者を置き、スーパーバイザーの役割を工事現場の監督業務

	が担えるように変更していく必要がある。 2 ビジネス展開計画 (1) 日本製水道メータの導入 無収水削減効果、故障率 0% の実績が評価されている日本製水道メータの普及に努めるため、その導入手法について、NWSDB、財務省、他の水道事業体と協議しているが、NWSDB は財政難で、交渉が厳しい。日本製メータの導入が支出の削減に寄与することは実証済みなので、事業実施のための呼び水的な施策の展開が望まれる。 (2) 漏水探査業務 現地庸人の漏水探査チームには、約 1 年半をかけて技術を習得させる指導を実施してきた結果、チームの漏水位置を特定する技術は評価されている。しかし、本事業の終了とともに、せつかく移転をした漏水探査技術が霧散しかねない。チームによる漏水探査は、NWSDB にとっても有益であるので、漏水探査チームの存続を働きかけていきたい。
事業後の展開	本事業を継承する事業のビジネス化計画について、PPP 事業として実施する方向で、NWSDB、財務省と協議を継続中であるが、資金の面で協議は難航しそうである。 また、キャンディ市水道局ともメータの取替え事業の協議をしている。

Ⅱ．提案企業の概要	
企業名	テスコアジア株式会社
企業所在地	愛知県名古屋市千種区内山三丁目 18 番 10 号
設立年月日	1976 年 4 月
業種	水道関連サービス業
主要事業・製品	水道関連事業のプロジェクト立案等
資本金	2000 万円（2015 年 10 月時点）
売上高	1100 万円
従業員数	5 名

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

2015 年 1 月の選挙で親中国派の大統領に代わり、バランスの取れた外交関係を目指すシリセナ大統領が選出された。また、2015 年 8 月の国会議員選挙を経て大連立内閣が発足し、より民主的な政府へ移行したといわれている。シリセナ政権は、前政権時代と比較して、対日政策が見直されており、同年 10 月には首相が来日するなど、友好的な経済協力などの見直しが進んでいる。経済面では、2011 年以降、高い経済成長率を維持している（2014 年：7.4%）（出展：スリランカの国際協力とビジネスチャンス（2015 年 9 月 JICA スリランカ事務所作成））一方、物価上昇率は、3.3%（2014 年）（出展：スリランカの経済概況とビジネス環境（2015 年 5 月ジェトロ・コロンボ事務所作成））と落ちてきている。経済の発展とともに、サービス業が拡大し、外国人観光客も増加するなど、中進国として堅調に推移している。

② 対象分野における開発課題

スリランカでは水道管路が老朽化、疲弊しているうえ、長期の内戦の影響により補修工事が進んでいない。さらに、現在の原水単価（137Rs/ m³）と供給単価（43Rs/ m³）との差額を補うための政府助成は、NWSDB の事業経営や将来的な管路等の維持管理費用の確保に大きな影響を与えていると考えられている。

スリランカに対する外務省国別援助方針（2013 年 5 月）では、成長のための経済基盤整備として、水の供給においては、上下水道の普及及び効率性の向上、無収水の削減が課題であるとされている。

本事業の対象地であるスリランカの第 2 の都市キャンディ市及びその周辺地域では、人口の急増により、1997 年の給水可能量約 6 万 m³ / 日に対し、最大水需要量は 13 万 m³ / 日であり、2015 年の最大需要水量は 17 万 m³ / 日とも予想されていた（出展：JICA キャンディ上水道整備事業事後評価報告書（評価年度 2010 年）、外部評価者：三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング株式会社）。このような背景から、キャンディ市周辺を対象とする大キャンディ圏の上水道の安定供給、供給拡大を目指すキャンディ上水道整備事業が進められてきた。2015 年浄水場の拡張により、同地区の給水量は 97,000 m³ / 日となるが、水需要は、なお増加を続けている。同地区の給水人口は 25.5 万人（2011 年）、上水道普及率 60%（2015 年）（出展：都市計画・水道省「開発計画 2015-2025」）である。

2012 年に TA が行った事前調査によると、本事業の予定地である大キャンディ圏水道プロジェクト（GKP）の無収水率は 34% で、うち漏水率は 17% であると推定した。また、無収水の半分にあたる 17% の原因は、不動メータや多発するメータの故障、換算表による手計算に起因する検針時の料金の誤計算によるものである。また、NWSDB の水道事業は、原水単価が供給単価の 3 倍にもなっており、差額は、政府が負担している。今後、水道の普及率が向上するにつれ、政府の水道事業への支出は増大する。このような状況を踏まえると、無収水を削減することは、水道事業への政府負担を軽減することになるので、スリランカ政府にとっても緊要の課題である。

さらに、これまでは、NWSDB では、無収水対策としては、漏水対策としての管路の補修を重点に

実施されてきていた。しかし、漏水以外の無収水対策は講じられていなかったもので、これからは、多様な無収水の原因にも対応する必要がある。TA では、総合的な無収水削減策として、确实正確に計量するメータの採用、人為的なミスを排除する検針データ処理・料金システム、NWSDB では対応できていなかった地下漏水の早期発見、漏水を未然に防止する施工管理・技術の移転を行うことによって、NWSDB の事業収入の増加を図り、政府負担を低減化することが、今後のスリランカの持続的な水道事業の展開のためには、喫緊の課題であると考えている。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

2001 年、スリランカ政府は「2010 年までにすべての国民に安全な水を（Safe Water for All by 2010）」を国家目標に掲げ、具体的な上水道整備目標を定めてきた。具体的には、都市部及び村落部の「安全な上水の持続的供給」（National Policy on Drinking Water 2009 より）や NWSDB の「全国上下水道整備計画（2004 年）」において、安全な水の供給比率を 2015 年までに 85%、2025 年までに 100% とし、2015 年までに水道管による飲料水供給比率を都市部 100%、非都市部 75% とする上水道整備目標を定め、大都市圏の上水道整備を重要視している。その後、2015 年に都市計画・水道省は、「開発計画 2015 - 2025」において水道管による給水の普及率を 2020 年に 60%、2025 年には 70% とするマスタープランを発表している。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

コロンボにおいては、JICA の有償資金協力事業の上下水道・環境改善プログラム「水セクター開発事業（Ⅱ）」（貸付期間：2008 年～2015 年）として、都市化に対応した上水道設備の拡張及び JICA 有償技術支援－附帯プロ「コロンボ市無収水削減能力強化プロジェクト（2009 年～2012 年）」による無収水の削減が進められているほか、名古屋市上下水道局が、草の根技術協力事業として、無収水削減などを含む「配水管施工管理能力強化プロジェクト」を展開している。

漏水対策としては、名古屋市上下水道局がスリランカも含む各国を対象に草の根技術協力事業として、主に配水管の漏水防止の技術移転を中心に行っているものの、漏水以外の無収水の削減策については、水道事業の経営という観点からは必要であると思われるが、スリランカにおいては、実施されていない。本事業以前の準備段階（2014 年 2 月）に TA が行った調査でも、RSC（Central）の水道事業会計において、減価償却費が計上されていないなど、将来に向かっての設備改善、改良資金の確保ができる環境にないことが判明している。

よって、無収水削減対策としては、このような水道事業の経営環境を見直すため、また、無収水の削減費用をねん出するためにも、事業経営に関する助言や提言などが必要なプログラムであると思われる。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

① 水道メータ

名称	水道メータ及び付属品（逆止弁、ユニオン、パッキン）	 メータ ユニオン・パッキン 逆止弁
スペック（仕様）	羽根車式量水器 φ 15mm	
特徴	微細な水量も確実に計量できる	
競合他社製品と比べた比較優位性	既設メータの故障率が 10% 程度に対し 日本製の故障率は 1 万分の 1 以下であること	
国内外の販売実績	・国内 全国の水道企業体 ・海外 ミャンマー	
サイズ	（メータ）L:100mm H:92mm W:89mm	
設置場所	NWSDB の給水管に接続	
今回提案する機材の数量	6000 台	
価格	・ 1 台（1 式）当たりの販売価格：2913 円 ・ 本事業での機材費総額：1748 万円（輸送費は含まない。）	

② 漏水探査機材（リークチェッカー）

名称	リークチェッカー（SV1108）	 リークチェッカー
スペック（仕様）	時間積分方式、モニタ計測、Bluetooth V1.2	
特徴	漏水の有無を 1 ～ 5 秒で計測	
競合他社製品と比べた比較優位性	東京水道サービス株式会社と ウォーターソリューション株式会社の共同開発製品 国内で唯一の製品	
国内外の販売実績	・国内 上尾市、長野県企業局、高崎市、 和歌山市、伊東市、愛知中部水道企業団、 金沢市、北九州市等 ・海外 香港、タイ、ヨルダン	
サイズ	L:222mm H:63mm W:330mm	
設置場所	NWSDB（GKWSP）内の TA 現地事務所	
今回提案する機材の数量	4 台	
価格	・ 1 台（1 式）当たりのレンタル料：38 万円 / 年 ・ 本事業での機材費総額：228 万円（輸送費を除く）	

③ 検針・料金計算・請求書印刷システム

名称	水道検針システム Hydro K.ing	 ハンディターミナル
スペック（仕様）	Android タブレット端末、携帯プリンターを利用した料金計算システム	
特徴	料金の計算、請求書を印刷できる	
競合他社製品と比べた比較優位性	料金請求データを作成し、リークチェッカーのデータも取り込むことができる	
国内外の販売実績	・国内 甲府市、西尾市、半田市など、全国 79 団体 ・海外 なし	
サイズ	タブレット：7 型 携帯プリンター：4 インチ	 携帯プリンター
設置場所	KN 事務所	
今回提案する機材の数量	タブレット：4 台 携帯プリンター：4 台	
価格	・タブレット（ハンディターミナル）1 台（1 式）：13.9 万円 ・携帯プリンター 1 台（1 式）：17.6 万円 ・本事業での機材費総額：1,343 万円（ソフト製作費を含む）	

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

本事業は、キャンディ地区において、無収水削減のために必要な機材や技術をパッケージ化したサービスとして提供することにより、無収水の削減効果を実証し、無収水の削減と、無収水削減ビジネスの普及の基礎を築くことを目的とする。事業の実施により、パイロットエリアの無収水率の低減を図り、漏水の防止による余剰水を給水人口の増加に振り向ける。合わせて、水道料金課金システムを効率化する機器を導入し、無収水の削減とともに水道事業経営のさらなる改善に寄与する。

(2) 期待される成果

これまでの無収水対策としては、給水管の漏水対策が実施されてきたが、無収水の原因は、多岐にわたっていることから、本事業においては、漏水の早期発見対策の実施、配水管の施工技術の指導のほか、水道メータに由来する無収水、検針・料金徴収に係る無収水の削減を目指した。

成果1：パイロットエリアの無収水が削減される。

成果2：相手国実施機関の漏水防止技術や給水管の施工管理能力が向上する。

成果3：スリランカ内におけるパッケージ型無収水削減策の普及展開案が策定される。

成果1:パイロットエリアの無収水が削減される

① 漏水探査業務による無収水の削減

漏水を探し修繕することにより無収水を削減する業務は、スリランカに導入されていない漏水探査機器を使用する技術を紹介し、外部人材の専門家がスリランカ人の漏水探査の技術者を育成しながら作業を行う計画のもとに実施された。

現地庸人による漏水探査チームを編成し、リークチェッカー（LC）、漏水探知器、音聴棒などの機材を使用して、メータ周辺の漏水の有無を調べるスクリーニングを行い、スクリーニングの結果に基づいて、漏水位置を特定する作業を実施した。また、漏水探査チームの活動が評価されるのに従い、本事業の予定外の漏水探査作業の依頼を受けるようになった。RSC(Central)には、漏水探査を担当する職員が配置されているにもかかわらず、KN、OICから、漏水探査チームが直接に依頼を受けて、漏水位置を特定するサービス作業を行うようになった。当初は、緊急性の高い案件を処理していたが、次第に頼りにされるようになり、依頼調査の漏水探査作業が増えていった。

漏水探査作業は、漏水音の察知が重要な要素であることから、交通量の多い道路では、交通騒音の少なくなる深夜に作業を行った。

現地庸人に対する漏水技術を移転する漏水探査指導は、次のような日程で行った。

第1次 2016年2月7日 ～ 2016年3月6日

第2次 2016年5月14日 ～ 2016年6月12日

第3次 2016年8月14日 ～ 2016年9月11日

第4次 2016年10月23日 ～ 2016年11月20日

第5次 2017年2月19日 ～ 2017年3月19日

第6次 2017年5月7日 ～ 2017年6月4日

6 回とも、1 回の指導期間は 29 日間で、移動時間を除くと実質 25 日程度の短期間であったが、総指導日数は延べ 150 日弱となった。

漏水位置を特定する作業は、漏水探査チームによる LC を使用するスクリーニングから始める作業と KN、OIC からの依頼による作業とを行った。依頼調査は、市民等からの漏水情報を受けた KN、OIC から要請されたもの。漏水位置特定作業の処理件数は、スクリーニングと依頼調査とでは、件数的にはほぼ同じであるが、依頼調査は漏水量の多い案件が主であった。特に、パイロットエリア外のケースでは、1 時間当たり 7 m³ もの大規模な漏水も含まれていた。漏水探査業務は、外部人材の指導の下で作業を行ったが、外部人材の不在中も漏水探査チームは作業を続けた。

本事業期間中の漏水位置の特定調査及び漏水発見量は、次のとおりである。

表 1 漏水位置特定調査件数及び漏水量

	スクリーニング		依頼調査		計	
	個所数	漏水量 (m ³ /h)	個所数	漏水量 (m ³ /h)	個所数	漏水量 (m ³ /h)
Wegiriya	102	12.95	36	29.62	138	42.56
Kulugammana	28	7.43	28	17.55	56	24.98
Kondadeniya	41	18.98	29	19.49	70	38.47
Out of zone	1	0.5	76	71.05	77	71.55
計	172	39.86	169	137.70	341	177.56

ア 漏水箇所の発見状況

漏水探査業務は、本事業の業務計画書に基づく本来業務と、関係機関から依頼された業務（依頼調査）とを実施した。依頼調査は、本事業では予定していないサービス業務ではあるが、漏水探査員の訓練の機会として、また、Harispattuwa 地域の漏水の削減に協力するため、RSC (Central)、KN、OIC からの要請を積極的に受け入れ実施した。

RSC(Central) には漏水を調査する職員が配置されているが、本事業が開始されてからは、Harispattuwa 地区の漏水探査は、漏水探査チームに任されるようになった。要請される漏水現場は、主に市民から通報された路上の地表漏水や道路下の斜面からの漏水であった。本来業務の漏水探査は、LC による各戸のメータを調べるスクリーニングから始める戸別音聴調査が基本であるが、依頼調査が増えるに従い、戸別音聴調査の実施回数は減少した。

イ 業務計画書に基づく漏水探査業務

・漏水発生個所の分布

漏水個所を公道上と宅地内に分けてその発生個所を調べた。

表2 漏水個所の分布

漏 水 位 置	スクリーニングによる漏水位置特定調査						(個所数) 合 計
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
Wegiriya	6	4	6	29	31	26	102
Kulugammana	4	2	3	9	9	1	28
Kondadeniya	5	4	2	13	17	0	41
合 計	15	10	11	51	57	27	171
構 成 比	8.8%	5.8%	6.4%	29.8%	33.3%	15.8%	100%
	21.1%			78.9%			

スクリーニングで発見した漏水件数は171件で、その8割近くは宅地内の給水管若しくはメータ上流側の漏水であった。LCを利用する調査なのでメータ近辺の漏水は、確実に捕捉できていると考えられる。

・漏水発生個所の漏水量

表3 漏水発生個所の漏水量（集計）

漏 水 位 置	スクリーニングによる漏水位置特定調査						(m³ /h) 合 計
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
Wegiriya	3.14	7.6	0.32	1.65	0.28	0.06	13.05
Kulugammana	0.10	0.90	0.72	0.92	0.05	0.01	2.70
Kondadeniya	5.32	0.68	4.50	2.96	0.84	0	14.30
合 計	8.56	9.18	5.54	5.53	1.17	0.07	30.05
構 成 比	28.5%	30.5%	18.4%	18.4%	3.9%	0.2%	100%
	77.5%			22.5%			

一方、漏水量では、件数とは逆に公道上での漏水量が8割近くを占め、公道上の管は口径も大きい
ため漏水量も比例して大きくなる場合が多い。結果を見ると漏水量の大小問わず公道上と宅地内双
方で、LCを利用する効果が表れていると考えられる。

またエリアで比較すると、Wegiriyaの漏水件数が圧倒的に多いことが分かる。これは他の2エリ
アに比べて埋設管が古いため漏水が頻発していること、さらには、漏水個所の部分修理により、漏
水を発見した付近で水圧が戻り結果として、周辺の管に復元漏水が起きているからであると考えら
れる。

ウ 依頼を受けた漏水探査業務

・漏水個所の分布

表4 漏水個所の分布

漏 水 位 置	漏 水 位 置 特 定 調 査						合 計
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
Wegiriya	24	2	5	4	0	0	35
Kulugammana	21	4	3	0	0	0	28
Kondadeniya	21	3	5	0	0	0	29
Out of Zone	53	9	8	7	1	0	78
合 計	119	18	21	11	1	0	170
構 成 比	70.0%	10.6%	12.4%	6.5%	0.6%	0.0%	100%
	92.9%			7.1%			

漏水探査の依頼件数は、公道上の配水管の漏水が多いことが分かる。市民からの通報による漏水なので、目につく公道上の地表漏水がほとんどである。依頼調査は、漏水量も多く、また、市民の通報という性格上、早急に修繕が必要であるとして、緊急の要請を受けるものが多かった。特に、パイロットエリア外の「Out of zone」の依頼件数が、約半数を占めたが、パイロットエリアを含む Harisupattuwa 地区の漏水、無収水の削減に寄与できるものであること、探査員の訓練の場としても活用できること等から、依頼業務は、支障のない限り受け入れた。このような漏水は突発的に発生するので日々の調査では発見が困難な場合が多い。

・漏水発生個所の漏水量

表5 漏水発生個所の漏水量（集計）

漏 水 位 置	漏 水 位 置 特 定 調 査						(m³/h) 合 計
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
Wegiriya	公道	給水管	4.64	1.83	0	0	29.61
Kulugammana	宅地	メータ	2.62	0	0	0	17.75
Kondadeniya	上流	メータ	5.00	0.11	0	0	29.07
Out of Zone	下流	9.73	2.19	4.47	0.03	0	71.52
合 計	106.49	20.57	14.45	6.41	0.03	0	147.95
構 成 比	72.0%	13.9%	9.8%	4.3%	0.1%	0.0%	100%
	95.6%			4.4%			

公道上の漏水個所の漏水量がほとんどで、かつ、配水管の漏水量が7割を占めた。本事業では、漏水個所の修繕工事は、OICの業務とされているので、位置を特定した漏水個所は、場所を示す図を付したレポートとしてOICへ提出した。

② メータの取替えによる無収水の削減

メータに由来する無収水があるとの想定のもとにパイロットエリア内の全メータを日本製のメータに取替えることとした。当初予定していたメータの製造元を変更したことにより、取替え工事の開始は遅れたが、2015年の11月中旬から2016年の1月中旬に取替え作業は行われた。作業は、GKPの実施した入札によって受託した企業、3社によって行われた。

給水管の管路図もなければ、メータの設置場所を示す図面のない状況の中での取替え作業であった。そのうえ、パイロットエリアは、家屋の連担した地域でもなかったことから、既設メータを探すことに時間を要するケースも多々あった。また、既設メータが縦位置に設置されているものやメータ設置後に受水者が塀を立てたため、メータが塀に取り込まれ、メータの読み取り用の窓が作られているケースなど、メータの取替え作業が簡単にはできないものがある状況から、予定していた期間内に全メータの取替え終了をすることができなかった。

このため、取替え未了のメータについては、OICの配管工が検針員から既設メータの設置場所を確認したり、または、技術指導の外部人材から工法についての助言を得たりして取替え作業を行った。

表6 メータ取替え数量

	Wagiriya	Kulugammana	Kondadeniya	計（個）
取替え予定数	2,003	1,555	2,084	5,642
当初取替え数	1,907	1,593	1,918	5,418
その後の取替え数	28	44	131	203
新規取り付け数	106	94	75	275
計	2,041	1,731	2,124	5,896

・メータ取替えによる無収水の削減効果

既設メータを日本製のメータに取替えたことによる効果を検証するために、パイロットエリア3地区の水道料金課金データから、メータの取替え前と取替え後の推移を調べた。その結果、日本製のメータが、使用水量を確実に、かつ、正確に計量していることから、メータの取替え前後で、課金水量が20%～30%も増加したことが判明した。

日本製メータへの取替え効果は、当初想定していた以上の成果であった。これは、メータの使用期間が定められていないこと、不動メータは発見次第検針員が報告することになっているが、修理班との連携が不十分であること、後述するが、故障メータが多いことなど、メータの管理が十分でないことが原因し、メータによる使用水量の計量が適切に行われていないことによるものと考えられる。

成果 2: 相手国実施機関の漏水防止技術や給水管の施工管理能力が向上する

① 施工管理指導

配水管の施工管理については、OIC の配管工事の現状を踏まえ、KN 及び OIC の技術者と名古屋市上下水道局職員の外部人材が、漏水事故を防止するため施工管理の在り方を協議し、次のような日程で施工管理の指導を行った。

第 1 次 2015 年 5 月 17 日 ～ 2015 年 5 月 31 日

第 2 次 2016 年 2 月 7 日 ～ 2016 年 2 月 18 日

第 3 次 2017 年 2 月 12 日 ～ 2017 年 2 月 20 日

第 4 次 2017 年 7 月 17 日 ～ 2017 年 7 月 23 日

第 1 次の派遣では、現地の工事現場、使用機材の調査を実施した。調査では名古屋市上下水道局の施工管理システム・施工基準と比較して、様々な問題、課題が明らかになった。

表 7 問題点及び改善案

	問題点	改善案
施工管理	給水管の新設工事は、受託業者が行うことになっているが、施工状況を確認するシステムができていない（不良工事による漏水発生）。	写真による確認、写真の提出を義務付けるよう指導した。また、点検項目をチェックシートに記載して、点検済みを確認したチェックシートを提出させる。
	公民境界から離れた個所にメータが設置されており、民地内の埋設深度が浅いため、外力による漏水が発生する。	新設工事では、メータの設置個所を公民境界付近とすることを徹底し、埋設深度の基準を整備する。また、基準を委託契約図書に明示する。
	土被りの浅い分岐栓の保護対策が決められていない（外力による漏水の発生）。	保護基準、コンクリート打ちなどの対策を定め、材料を用意するとともに委託契約図書に明示する。
	分岐栓のサドルの締め付けすぎによるサドル破損部からの漏水がある。	樹脂製のサドルは、ボルトを締め過ぎると破損するので、締める際のトルクを決める。
	受託業者の技術者の資格要件を経験年数のみで判断ため、施工技術、工事管理が十分でない場合もある。	受託業者の技術者の資格要件として、工事技術に関する講習会などの受講者に限定する制度を創設する。
管理基準	ポリエチレン管の熱融着接合部からの漏水がある。	挿口側の飲み込み寸法をマーキングする。融着時の保持時間の確認など、ポリエチレン管の取扱いについての手引を作成する。
	メータを設置する基礎コンクリートとメータとの間に隙間があるとメータの重量によりメータに負荷がかかる。	コンクリートの増し打ちなど、隙間を埋め、メータが浮いた状態にしない施工を徹底する。

	メータの管理基準がないため、メータの管理ができていない。設置場所の不明なものもある。	メータを管理する基準（使用年数）、設置場所、設置日などの記録を作成する。
工事方法の指導	PVC 管のソケットによる接合時に着け過ぎの接着剤が流入し、メータに付着する。また、接合力が弱くなる。	接着剤の塗布し過ぎの防止、接着力を確保するための待ち時間など、接着剤の適正な使用法を徹底する。
	不断水工事による泥水の混入、PVC 管の切断時のバリの混入がある。	仮キャップの装着、切断面を清掃し、異物を確実に除去する。 メータより上流の工事の場合は、メータを外して放水し、メータの詰まりを防止する。
	給水装置の新設工事による泥、砂などの異物の混入	分岐サドルの設置や管路の接続時に付着している泥、砂を布等で除去する。
	パッキンなど部品を土の上においている（異物の混入になる。）。	部品を土の上に直接置かないよう指導する。（メータ取替マニュアルにも記載）
その他	メータの詰まる原因となる管内の夾雑物を除去する手段がない。	ドレン設備の設置を検討する。（日本では、消火栓による。）

上記の問題点を持ち帰り、名古屋市上下水道局内で検討したうえ、その課題に対する解決策として6項目の給水管の施工基準を作成した。メータに関する2項目は、「メータ取替えの作業マニュアル」に取り込み、メータ取替え作業前に、取替えを請け負った業者の作業員を対象に実施したミーティング、実技指導の機会に指導した。

残りの4項目は、第2次の派遣時に、その施工基準をセミナーにおいて提案し、KN、OIC 職員等と協議した。第3次の派遣時には、施工基準の実施状況、施工管理に関する工事の改善状況の確認を行った。また、第4次の派遣時には、本事業期間中の施工管理に関する指導内容をセミナーにおいて報告した。

表 8 6 項目の給水管の施工基準

分岐材料	セミナーにおいて改善案を提案
メータの設置個所及び配管形態	メータ取替えの作業マニュアルにおいて指導
請負工事の配管工の資格	セミナーにおいて改善案を提案
請負工事の施工管理	セミナーにおいて改善案を提案
漏水修繕	セミナーにおいて改善案を提案
メータ取替え作業	メータ取替えの作業マニュアルにおいて指導

② 配管技術指導

パイロットエリアのある Harispattuwa 地区の水道施設は、建設後 25 年以上経過していることや山間の傾斜地が多いことなどから、漏水事故が多発している。一方で、修繕技術、修繕工用具は、日本に比べてはるかに遅れていた。そのうえ、現場の第一線で活躍する配管工に対する技術指導が一切行われていないという状況の中で、漏水を未然に防止することを目指して、給水管の初歩的な施工技術から指導を実施した。

本事業では、次のような日程で配管技術指導を行った。

第 1 次 2016 年 2 月 7 日 ～ 2016 年 3 月 6 日

第 2 次 2016 年 8 月 14 日 ～ 2016 年 9 月 11 日

第 3 次 2017 年 2 月 12 日 ～ 2017 年 3 月 12 日

第 4 次 2017 年 6 月 3 日 ～ 2017 年 7 月 1 日

4 回とも指導期間は 29 日間で、実質 25 日程度の短期間であったが、漏水修理は 365 日休みなく対応していたので、土曜、日曜日でもできる限り修理工事に同行し指導した。

配管技術指導の対象は、KN の傘下の現場担当機関の OIC に置かれている直営工事部門の漏水修理班の職員と漏水修理を請け負う契約会社であるジー・コンストラクション（修理会社）の配管工を対象にした。

OIC には、現在 4 人の配管工が在籍しており、4 人とも 52 ～ 53 才のベテラン揃いで、技術指導のやりがいのあるメンバーであった。第 1 次派遣時には、新設水栓の工事を全員で作業している姿を目撃したが、途中より水栓の新設は、順次、修理会社の契約施工となったため、4 人がそれぞれ、不動メータ取替・水道料金滞納者の給水停止及び給水再開、配水管の修理などの業務を分担するようになっていた。

修理会社は、当初は漏水修理のみの契約であったが、その後、新設水栓の工事も請け負っている。

OIC 漏水修理班は 2 班に分かれて作業するが、作業用のトラックは 1 台しかないという状況であった。OIC のスーパーバイザーが同行するトラックに同乗して、現場で指導に当たった。

当初は、OIC の所轄工事に関わる全ての配管工の作業に同行し、指導に当たったが、途中からは、配水管布設替工事に同行した。

成果 3: スリランカ内におけるパッケージ型無収水削減策の普及展開案が策定される

本事業の実施により、日本製メータの優秀性が確認され、無収水の削減ばかりではなく、日本製メータが壊れないことから、既設メータの故障率が 10 % 程度とみられるメータの修繕費用が必要なくなり、水道事業の経営に与える影響も大きいことが判明した。

本事業の普及展開策としては、既設メータを日本製に取り換える事業を中心とした事業計画を策定し、メータの取替えの終了した後に、漏水探査業務、検針・料金システムの改善を事業化する方針で臨むこととしたい。

本事業において提案しているパッケージ型の無収水削減策は、次の 4 業務である。

- ① 日本製水道メータへの取替え
- ② 漏水の早期発見
- ③ 検針・料金システムの改善
- ④ 繕工事の施工管理・技術指導

このパッケージの展開案としては、第 1 段階として、①メータの取替え工事の際に、メータ取替え工事の指導の一環として、④メータに関連する給水装置の施工管理、工事指導を実施する。日本製メータに置き換わった以降に、第 2 段階として、② LC を利用する漏水探査業務を実施する。その次の段階において、検針・料金システムの改善を取り入れるという、段階を追ったパッケージの普及展開案が考えられる。

段階を追ったパッケージの普及展開案は、本事業の実施に当たって、把握できたスリランカ側の事情を加味するものである。

NWSDB の財政事情が厳しいことに配慮した普及展開案を提案する必要があることが、最大の問題である。NWSDB では、本事業の効果、とくに、日本製の水道メータ導入による無収水の削減、メータ修繕費の支出の抑制効果は認めているので、まず、日本製のメータを採用したいとしている。しかし、事業資金の確保が簡単ではないとの事情がある。そこで、無収水の削減、修繕費の支出抑制により財政事情を改善する効果の期待できるメータの導入を先行させて、財政の改善状況に合わせて次の段階へ進む「段階的普及案」の展開が考えられる。

特に、NWSDB の財政事情が芳しくないことから、NWSDB、財務省からは、日本側で当初資金を用意する PPP 事業としてほしいと要請されている事情も考慮する必要がある。

スリランカ国内においては、管路による配水をする水道事業は、そのほとんどの運営主体は、NWSDB であるが、キャンディ市などわずかながら自治体の運営する水道事業も存在する。事業の提案先は、NWSDB が中心になるが、キャンディ市水道局などの自治体水道企業体へも働きかける。

提案するビジネスモデル

・本事業の無収水削減効果を踏まえた事業計画とする。

日本製メータの優秀性は認めるものの、メータ単体の採用となると、従来のメーカとのメータ購入の入札に参加することになる。しかし、日本製メータが、他の製品に比較して、有利であることを証明するデータを準備し、NWSDB がその有利性を認めた場合には、別の形の入札（日本でいうところのプロポーザル入札）によることができる。

本事業の日本製メータは、本事業の成果として、メータの性能テストをクリアーしていること、メータの破損率がきわめて低いこと（破損が発生していないこと）が証明できている。したがって、本事業を継承する事業であることを証する JICA の書面があれば、本事業で使用したメータについては、その性能、優位性を認めるとのことであるので、事業計画は、本事業の成果を継承する事業計画を作成する。

・ NWSDB の財政事情を考慮する。

NWSDB の財政事情からすると、事業資金を予め準備して事業を実施するのは不可能に近いので、日本製メータの購入費、メータ取替え費用を日本側で用意し、段階的普及案の事業計画を作成し、事業を実施する。事業の実施後に、事業から生じる果実で事業資金を返済する PPP 事業計画とする。PPP 事業計画の作成に当たっては、事業資金の返済計画について、NWSDB、財務省と協議し、スリランカ側、日本側とも納得のできる返済計画とする必要がある。

・ 想定する事業計画

段階的普及案の想定する事業の業務内容、必要とする日本製機材、業務従事者は、表のとおりである。メータの取替え工事は、外注を予定しているので、外注先の作業員の指導、現場管理の徹底を図るため、日本人の専門技術者を配置する。漏水探查チームは、本事業で育成したスリランカ人の漏水探查員を充てる。検針業務は、NWSDB の職員に機材の使用法を指導して行わせる。機材はすべて日本製を準備する。

表 9 業務内容及び機材

	業 務 内 容	機 材	人 員 等
第 1 段階	日本製メータの購入 メータ取替え工事 工事の技術指導 メータ管理システムの構築	メータ及び付属品	日本人技術指導員、 取替え工事は外注
第 2 段階	スクーリングの開始 漏水位置特定調査 漏水・修繕のデータベース	LC、電子式漏水探知 器、音聴棒、道路穿 孔機材等	漏水探查チーム
第 3 段階	検針・料金システムの改善	HT、携帯プリンター、 印刷紙	検針は NWSDB 職員

・ 想定する事業期間

事業期間は、事業実施地域の状況に合わせて計画する。

表 10 業務計画

	業 務 内 容	期 間 中 の 業 務 量
第 1 段階	メータ取替え工事	(メータの数量による) 概ね 2000 個 / 月程度
第 2 段階	スクリーニング 漏水位置特定調査	(メータの数量による) 概ね 100 個 / 日程度 (漏水個所の多寡による) 概ね 4 ～ 5 箇所 / 日
第 3 段階	検針・ 請求書発行業務	(メータの数量による) 概ね 600 ～ 700 か所 × 3 クール / 月・検針員

(3) 事業の実施方法・作業工程

表 11 作業工程表

(契約期間) 2015/3/25～2017/11/30	2015												2016												2017											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1 機材調達・搬入																																				
メータ																																				
工事・作業用機材																																				
2 メータ取替え																																				
委託業者作業																																				
OIC直接作業																																				
3 漏水探査業務																																				
技術指導																																				
LCIによる作業																																				
位置特定作業																																				
4 検針・料金システム																																				
ソフト制作																																				
現地指導																																				
検針業務																																				
5 施工管理・技術指導																																				
施工管理																																				
技術指導																																				
6 研修活動・セミナー																																				
セミナー・ワークショップ																																				
本邦研修																																				
7 ビジネス化活動																																				
計画立案																																				
8 報告書																																				

----- 国内作業(計画)
----- 現地作業(計画)

■ 国内作業(実績)
■ 現地作業(実績)

1～3：進捗報告書
 完：業務完了報告書

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

表 12 要員計画

[illegible]

現地作業	国内作業
------	------

・資機材リスト

本事業の実施に要した機材は、表のとおりであり、全て事業終了時に、カウンターパートに無償譲渡された。

表 13 資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置（保管）先
1	水道メータ・取付部品	羽根車式・15mm	6000	2015 年 10 月	給水管に設置
2	逆止弁	ばね式・13mm	6000	2015 年 10 月	給水管に設置
3	検針データ処理・料金システム	料金計算ソフトウェア、タッチコンピュータ	1	2016 年 10 月	KN
4	積分データ連携ソフトウェア	漏水データ用	1	2016 年 10 月	KN
5	流量計	FSCS10B2-10-E	8	2015 年 10 月	送水管にセット (調査時外 :GKP)
6	音聴棒	P 型	4	2017 年 8 月	TA
7	漏水探知機	703WL	4	2017 年 8 月	TA
8	六角軸ハンマードリル	DH38SS	2	2017 年 8 月	TA
9	油圧パワーユニット	U-070-1 型	1	2017 年 6 月	OIC
10	油圧ブレーカー	BH-20EVR	1	2017 年 6 月	OIC
11	油圧ホース組		1	2017 年 6 月	OIC
12	油圧ブレーカー用丸軸ポイント	CB-20-400L	10	2017 年 6 月	OIC
13	油圧ブレーカー用丸軸カッター		5	2017 年 6 月	OIC
14	タンピングランマー	MT-72FWASS	1	2017 年 6 月	OIC
15	コンクリートカッター	MCD-L14	1	2017 年 6 月	OIC
16	コンクリートカッター用 ブレード	湿式ダイヤモンド 14”	5	2017 年 6 月	OIC
17	プレートコンパクター	MWC-F60S	1	2017 年 6 月	OIC

18	ドリルビット	32mm L505		2017 年 8 月	
19	車載用発電機	EF2500i		2017 年 8 月	
20	水中ポンプ	BHV40IS	1	2017 年 6 月	OIC
21	水中ポンプ用発電機	SGX24	1	2017 年 6 月	OIC
22	水中ポンプ用付属品	フォローホース	1	2017 年 6 月	OIC
23	LLFA テープ		2	2017 年 6 月	OIC
24	事務用パソコン	EMVD 型	2	2016 年 11 月	KN
25	データ処理用パソコン	INTEL -COREi3	3	2017 年 8 月	KN, OIC
26	カラープリンター	HP-4645	1	2017 年 8 月	OIC
27	請求書印刷ソフト・携帯 プリンター	ソフトウェア・ LapinPT412e	1	2016 年 11 月	KN

・事業実施国政府機関側の投入

NWSDB は、メータ取替え工事の委託費の負担、給水地域の分割、域外からの流入、域外への流出量を把握するためのバルクメータの購入費・据付工事費、事務所の提供、事務所光熱水費の負担、漏水修繕工事費、検針員人件費などを負担した。

(5) 事業実施体制

カウンターパートは RSC (Central) であるが、RSC (Central)、KN の技術的な支援をしている GKP、TA の現地事務所の 4 者が、日程、事業の進捗状況に合わせた業務の実施などの基本的な事項を調整し事業を進めた。メータの取替え、バルクメータの設置のほか、事業に伴う技術的な問題については、GKP が担当した。また、検針・料金システムの検討、調整は KN が担当した。日常業務である漏水位置情報の提供先は、通常の修繕工事を行っている KN の監督下にある OIC である。修繕技術の指導は、OIC 所属の配管工を対象とした。

カウンターパートである RSC (Central) は、各業務の進行上の課題、問題の調整、検針・料金システムの骨格の検討、人員の配置、次期事業計画の検討、NWSDB 本部との連絡など、本事業の NWSDB の責任者として、事業の進行を管理した。

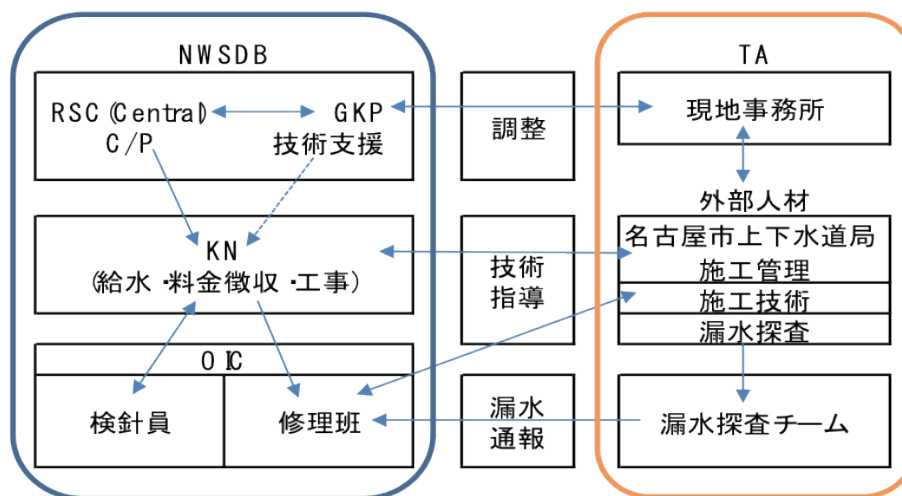


図1 事業実施体制図

カウンターパート等との連絡会議の開催状況

・連絡会議等の開催状況

本事業の円滑な推進を図るため「プロジェクト進捗会議」を設置した。また、メータ取替え、漏水探査、検針、工事指導などの業務の連絡調整を行うため「業務連絡会」を設けた。プロジェクト進捗会議のメンバーは、RSC (Central)、KN を代表して KN のマネージャー、GKP を代表してチーフエンジニア、TA の現地事務所長の 3 名が中心となって、議題に応じて関係者が参加する方式で開催された。業務連絡会はプロジェクトの進行、イベントの開催については GKP と、日本から輸送した機材、修繕工事、検針、給水量については KN と、また料金データについては、RSC (Central) の担当者と協議をした。これらのほか、次期事業計画については、RSC (Central) の DGM、GKP のプロジェクト・ディレクター、TA の業務主任の会議において 3 回協議をした。

表 14 連絡会議の開催状況

プロジェクト進捗会議（協議事項）	
2015. 10. 28	メータの保管場所に関する調整
2015. 10. 30	メータ取替え工事の進捗状況について
2015. 11. 30	進捗会議の議事録の作成について
2015. 12. 2	メータ取替え工事の進捗状況について
2015. 12. 18	2016 年の事業予定について
2013. 1. 19	メータ取替え工事の問題点の整理
2016. 3. 14	取り外したメータの分析について
2016. 10. 25	給水量、無収水率、水栓数のデータの調整

2016. 11. 10	夜間流量の計測、漏水多発個所について
業務連絡会	
GKP 関係	メータ取替え工事関連、イベント開催の調整など 16 回
KN 関係	検針データ、機材管理、給水量データ、施工管理、技術指導など 34 回
RSC(Central)	料金データについて 2 回
業務連絡会計	52 回

(6) 事業実施国政府機関の概要

都市計画・水道省のもとに、NWSDB が置かれ、自治体水道のない地域の上水道事業を展開している。パイロットエリアの水道事業は、RSC (Central) の上水道供給区域内にあり、KN の下部組織の OIC が料金徴収、給水の新規受付け、管路の修繕工事を行っている。

GKP は NWSDB の施設建設部門で、大キャンディ圏へ供給する上水道施設の建設、整備を行っている。また、本事業においては、RSC (Central) の技術面の支援をしている。

カウンターパートは、RSC (Central) であるが、GKP には、水道施設、設備についての知見の豊富な技術者が多く、本事業の技術部門は実質的には GKP が主体となって行動し、メータの取替えも GKP が担当した。RSC (Central) は、検針・料金システムの調整、検針業務、修繕工事、漏水探査を所管する KN、OIC の上位機関として、TA との調整に当たった。NWSDB のおける RSC (Central) 、GKP の組織は次のとおりである。

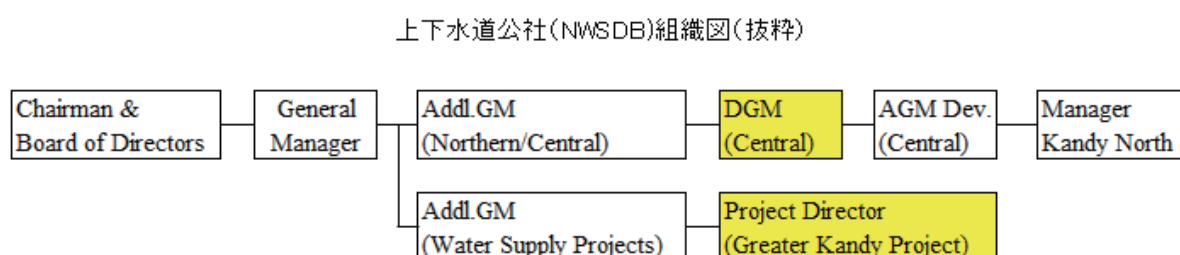


図 2 上下水道公社組織図

施工管理、技術指導、漏水探査、検針については、修繕、検針を担当している RSC-NK-OIC ラインと連絡調整をしながら業務を遂行した。

表 15 カウンターパートの概要

正式名称	National Water Supply & Drainage Board (NWSDB) Regional Support Center Central (RSC) Greater Kandy Water Supply Project (GKP) Kandy North Manager office (KN)
所在地	NWSDB:Galle Road, Ratmalana RSC (Central) :Getambe, Peradeniya GKP: Pahala Kondadeniya, Katugastota KN : Drainage Board, Katugastota
設立年	NWSDB :1975 年 RSC (Central) :1987 年 GKP :2001 年 KN :1987 年
供給エリア 顧客数 (2016 年)	NWSDB: (給水エリア) 全国 (水栓数) 2, 093, 000 RSC (Central) (給水エリア) 中部州 (水栓数) 248, 700 KN: (給水エリア) Katugastota (水栓数) 16, 700
従業員数	NWSDB :10458 人 RSC (Central) :950 人 GKP:51 人 KN :30 人
組織の目的	NWSDB : 水道水の供給、下水道による排水処理 RSC (Central) : 中央州内の上水道事業の運営と管理 GKP: 水道の供給施設の建設 KN: 管轄地域の管路の管理、料金の徴収
主な業務内容	NWSDB : 上水道の供給及び下水道の建設、維持管理 RSC (Central) : 中央州内への水道の供給、事業の運営、管理 GKP: 浄水場の建設 KN: 配水管、給水管の管理、検針、料金収納

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の業務実績

成果 1: パイロットエリアの無収水が削減される

活動 1-1 パイロットエリアのメータを日本製メータへ取り替え、使用水量や無収水の状況を把握する。メータの取替時には、盗水状況も合わせて把握する。

・ 現地のメータ設置状況調査（2015 年 5 月 17 日～30 日）

給水装置の専門家である外部人材の名古屋市上下水道局職員 2 名、元名古屋市上下水道局職員 1 名の計 3 名が、給水管の施工状況の現地調査と合わせて、パイロットエリア内のメータの設置状況を調査し、GKP、KN の関係者と意見交換をした。

現地調査に合わせ、メータの取替え業務に関して、作業責任者である KN のマネージャーと作業を進めるエリアの順序、作業の実施方法、メータの保管場所等について協議をした。

既設メータの設置状況を勘案して、確実にかつ効率よく作業をするための「メータ取替えの作業マニュアル」を作成した。

・ メータのテスト（2015 年 7 月、9 月）

2015 年 7 月 23 日から 27 日まで、アズビル金門（株）のメータを GKP 内の試験場において OIML の基準に基づく各種項目のテストが行われた。また、同年 9 月 2 日には、日本から取り寄せたユニオンを装着して、逆流防止弁付のメータのテストが行われた。いずれの試験においても、メータ、ユニオン、逆流防止弁は、基準に適合していることが証明された。

・ メータの輸送（2015 年 8 月～10 月）

当初予定していた 7 月末に、メータを含むすべての機材を同時にスリランカに向けて船積みする予定であったが、急遽、メータの製造元、機種を変更したため、メータの船積みが間に合わない事態となった。提供予定の 6,000 台の製造終了を待ってスリランカへ送るのでは、メータの取り付けが大幅に遅れることになるので、最初のパイロットエリアの取替えに必要な 2,000 台を先行して製造した。翌 9 月初めにスリランカへ輸出できたので、9 月末にはキャンディへ到着し、当初予定した設置作業に間に合わせる事ができた。残りの 4,000 台については、10 月に現地に向けて発送し、2015 年 11 月から設置作業を開始した。

・ メータの取替え作業（2015 年 11 月～2016 年 1 月）

給水管の延長、水栓の新設は、現場作業として行われているものの、管路図、メータの取り付け位置図が作成されていなかった。料金徴収のための顧客リストはあるが、メータの位置を図面上で特定できない状態で検針・料金徴収が行われてきていた。このため、メータの取替えに先立って、パイロットエリア内におけるメータの設置位置の確認作業が行われた。2015 年 10 月末までに、3 パ

パイロットエリアのすべてのメータの位置を図面上に表示するとのことであったが、予算の都合で、2エリアしか完成しなかった。

一部とはいえ、これまで、未整備であった管路網図が整備され、メータの位置が確認できたことは、給水装置の管理上、当然、必要な事項であり、このような作業が行われたことは、本事業の遂行による実績の一部と考えられる。

メータの取替えは、入札によって決定された3委託業者が同一パイロットエリアで作業をすることとされた。作業実施前に、1事業者3班、計9班の作業責任者を対象に作業内容、工法、メータや取り付け部品の扱い、作業手順の説明、注意事項、取替えたメータのデータの記録（メータ管理表の記載）などを説明するミーティングや実技指導が行われ、KNの担当者、技術指導の外部人材などが11月9日から3日間にわたって講師を務めた。また、当初の作業時には、KN、GKPの技術者が各班に帯同し指導に当たった。

取替え作業は予定数を45日で施工する予定であったが、作業の遅れから、2016年1月中旬（17日）までかかり5,418個のメータを取替えた。1月末で委託業者との契約終了後、取替え工事の困難なメータの取替えを進め、5621個のメータを日本製に交換した。



メータ取替え作業業者の講習会



取替えた日本製メータ

表 16 メータ取り替え作業数

	予定数	11月	12月	1月	当初計	その後	合計（個）
Wegiriya	2,003	1,000	734	173	1,907	28	1,935
Kulugammana	1,555	42	0	1,551	1,593	44	1,637
Kondadeniya	2,084	0	1,643	275	1,918	131	2,049
計	5,642	1,042	2,377	1,999	5,418	203	5,621

・取替え未了のメータの取替え（2016年5月～10月）

当初の取替え時に、取替え作業が困難であり、取替えが見送られたメータ224個については、OICの作業員が取り替える予定であったが、作業現場への交通費の予算が認められないとのことで、取替え作業が進まなかった。そこで、TAが取替えのための交通費を負担することになり、5月から7月の2か月間で計182個のメータを取替えた。その後も取替えが進み、2017年6月までには、既設メータの取替え5621個、パイロットエリア内の新設水栓のメータ275個も含め、5896個の取替えが終了した。残りの104個のメータについては、試験機関用10個、KN、GKP所有3個を除く91個が、

2017 年 7 月以降の新規水栓用のメータとして、順次、使用される予定である。

なお、メータ取替え時に盗水の状況を調査することになっていたが、KN から盗水はなかったとの報告が届いている。

・故障・不動メータの調査（2017 年 2 月）

メータの取替えに伴う無収水の削減効果は明らかになったが、日本製のメータの取替えにより、無収水の削減効果以上の思わぬ効果が判明し、NWSDB の経営基盤の改善に大きく寄与するであろう事実が明らかになった。

OIC の既設メータの修繕記録を整理し、故障（不動）メータの取替え時期を調査したところ、日本では想像もできないほど、既設メータの故障、不動メータは多いことが判明した。故障メータの調査から、パイロットエリアを含む Harispattuwa 給水区の年間のメータの故障数が、2015 年の全メータ数 15,683 個のうち 1,314 個で、故障率は、8.6% であることが判明した。

表 17 故障・不動メータの状況（Harispattuwa）

	メータ総数	日本製 メータ	日本製 メータの割合	故障数	故障率
2015 年	15,683	0	0%	1,314	8.37%
2016 年	16,685	5,896	35.33%	794	4.75%

一方で、取替えた日本製のメータは、取替え後 1 年半を経過したにもかかわらず、故障率 0% で、その優秀性が絶賛されている。日本ではメータの故障は、ほとんど皆無であるのに対して、メータは故障するのが当たり前としている NWSDB は、メータの購入時には予備部品も購入するという方針であるとのことであった。日本からメータが届いたときに、予備部品はどこにあるかと問われたほどで、従来のメータでは、予備部品は必需品であったらしい。

故障メータの修理代は、メータ購入費 2,875Rs、修理作業費 3,100Rs、計 5,975Rs とのことである（KN の報告）。

Harispattuwa 地区の修繕費は、次のとおりである。Harispattuwa 地区のうち、パイロットエリアのメータが日本製になったことから、2016 年の故障率が 40% も低減している。将来、地区内のメータがすべて日本製に取替えられると、修繕費は全く必要なくなると想定できる。

日本製のメータへの取替えにより、故障メータがなくなったことによる修繕費の削減は、水道事業の財政運営の改善に大きく貢献できる。

表 18 故障メータの修繕費 (Harispattuwa)

	日本製 メータの割合	故障数	修理代 (Rs)	2015 年と 比較して
2015 年	0%	1,314	7,884,000	0%
2016 年	35.33%	794	4,764,000	-39.6%
Harispattuwa ビジネス化事業が 実施されたとき	100%	0	0	-100%

OIC 事務所の記録によると、修理メータ 1203 個のうち、1 年以内に壊れたメータは、151 個 (12.6%)、2 年から 3 年以内に壊れたメータが 208 個 (17.3%)、3 年以上のものは、844 個 (70.1%) であった。

非 公 開

活動 1-2 検針時に漏水発見器を利用して漏水調査を担う相手国実施機関の検針員へ技術指導を行う。

当初の計画では、検針員が LC でチェックしたメータのデータを基に、チーム漏水探査チームが漏水位置を特定する作業を行う予定であったが、検針員の検針時の持ち物が多いこと、また、スクリーニングの結果、漏水探査を行う必要があるメータが判明しても、そのメータの位置を図面上に表せないことから、漏水探査時に検針員に同行してもらう必要が生じた。しかし、検針業務の作業量の増加問題や、検針員には時間的な余裕がないことから、スクリーニングに検針員の同行は無理との判断になったため、漏水探査チームが LC によるスクリーニングを行うこととなった。

・機材の調達、発送（2015 年 7 月）

漏水を探査する音聴棒、漏水探査器、道路穿孔用のドリル、ドリル用発電機などを調達し、現地に向けて発送した。機材は、2015 年 9 月 3 日に無事にキャンディへ到着し、検収のうえ GKP の倉庫へ収納した。その後、倉庫の管理が KN へ移管された。

活動 1-3 漏水調査にて、漏水の可能性があるエリアを特定した後、漏水個所の発見・特定作業は、現地の専門家を養成する技術指導を行い、作業に当たらせる。

・現地庸人の採用（2015 年 10 月、2016 年 2 月）

漏水探査業務を中心に、LC のデータの管理、事務を行う現地庸人として事務員 1 名、漏水探査業務に携わる漏水探査員 5 名（その後 6 名に増員）の派遣を現地企業に委託し、2 月から業務に携わらせた。

なお、事務員は、これに先立って、10 月 19 日に採用し、メータ取替え業務のための準備事務に当たらせた。

・漏水探査業務の指導（2016 年 2 月～2017 年 6 月）

先進国でも最高レベルの日本の漏水探査技術をスリランカに技術移転することにより、日本の漏水探査技術を習得した漏水探査員を養成するとともに、リークチェッカー（LC）による漏水発見の効率的な手法を導入し、漏水率の削減を目指した。

漏水探査の現地人の専門家を養成する指導は、漏水探査チーム（監督、班長、探査員 3 名）を対象に、漏水探査指導の外部人材 2 名が指導に当たった。漏水探査指導は、日本の漏水探査機器、LC の使用法の指導、LC のデータの読み方、漏水音の聞き分け方、機材を使用する各種調査の進め方、記録の整理法などを内容として、1 クール 4 週間として、第 1 次から第 6 次まで、約 6 ヶ月にわたって断続的に、6 回実施された。

漏水探査の手順に従い、① LC を使用して漏水の可能性があるメータのスクリーニング及び戸別音聴調査、②漏水の可能性があるとはぼ特定した箇所周辺のハンマードリルによる穿孔、③音聴棒、漏水探知器により漏水位置を特定する漏水位置特定調査、を指導した。合わせて路面音聴調査の作業方法、漏水探知器、音聴棒の使用法の指導を行った。

① 調査の種類

ア 戸別音聴調査（戸別調査）及び LC を利用する調査（スクリーニング）

（ア）指導内容

- ・各戸の水道メータのガラス面に LC のセンサ部分を接触させ、漏水振動の有無を計測し、メータ番号と積分率を記録する。
- ・音聴棒による聴音を行う。
- ・水道メータ周辺や側溝等の観察を行い、漏水の疑いのある濡れや水たまりに注意を払う。
- ・調査が一巡した後、時期を空けてもう一度調査（復元漏水調査）を行う。

（イ）使用機材：音聴棒、リークチェッカー

（ウ）指導方針

戸別調査の指導を 1 回目（1 次指導）と 2 回目（2 次指導）に行った後に、戸別調査と漏水位置特定調査（位置特定調査）の指導を同時並行で実施し、路面音聴調査（路面調査）は時期を空けて指導を行うことにした。この順序にした理由は、先ずは漏水音をしっかり覚えさせるためである。戸別調査で漏水調査の基礎になる音聴棒、リークチェッカーの使い方を学ばせて、メータ周辺で補足できる漏水音を覚えさせた。



音聴棒による漏水音チェック



LC によるスクリーニング

イ 位置特定調査

（ア）指導内容

- ・LC 調査、戸別調査、路面調査で探知された漏水疑似箇所について、真の漏水か否かを確認し、漏水の場合はその中心点を特定する。
- ・作業前に埋設状況等（管の位置、深さ）を OIC において確認する。
- ・カラーコーン、セーフティーバーを使い事故防止策を講じる。
- ・側溝などにきれいな水が流れている場合は、試薬を使い残留塩素反応を確認する。
- ・漏水探知機を使い漏水箇所を特定し、ボーリング箇所にマーキングする。夜間作業で発見した漏水の場合はマーキング済なので、直ちにボーリング作業を行う。
- ・ハンマードリルやボーリングバーで路面を穿孔する。
- ・孔に音聴棒を差し込み、水の噴射音と漏水による濡れを確認する。
- ・修繕作業範囲を最小にするために中心点を割り出す。
- ・穿孔するときは、地下埋設物等に損傷を与えないよう十分に注意する。

- ・ 特定した漏水位置はスプレーペイントで明示する。
- ・ 発見した漏水について漏水調査票（Leak Report）を作成し、OIC に提出する。

（イ）使用機材

漏水探知器、ハンマードリル、ボーリングバー、音聴棒

（ウ）指導方針

位置特定調査では漏水探知器やドリルなどの使用方法と合わせて漏水音を含む音の種類を判別できるようにさせた（例：近い音、遠い音、使用水の音、交通騒音など）。その中でも特にピンポイントの漏水音（噴射音）を徹底して覚えさせ、また、それを探す方法を指導した。この音をしっかりと覚えれば位置を特定した場所がずれることはないからである。



ボーリング作業風景

ウ 路面調査

（ア）指導内容

- ・ 地上に伝わる漏水音を高感度な加速度センサで捉え、各種フィルタの組み合わせとメータにより漏水音を聞き分ける。
- ・ 交通騒音や周辺雑音の少ない夜間（22 時以降）に行う。なお、日中、現場周辺に騒音がない場合、日中に行う場合もある。
- ・ 路面上の濡れや水たまり及び段差・陥没等に注意しながら実施する。
- ・ 漏水音の検知された箇所は漏水位置特定調査で漏水点を特定する。



マーキング作業

（イ）使用機材

漏水探知器

（ウ）指導方針

路面調査は、漏水探査で最も重要な作業で、熟練した探知技術が要求される。そのため、戸別調査と位置特定調査ができるようにならないと難しい。特に漏水探知器で漏水音の捕捉ができないと全く仕事にならない。そのため、2 次指導までに、戸別調査と位置特定調査で使用する音聴棒と漏水探知機で聴く漏水音の有無を理解させ、それを基に路面調査の指導を行った。



路面調査

② 具体的な指導内容

ア 第1次指導（2016年2月8日～3月6日）

（ア）戸別調査

・指導内容

リークチェッカー（LC）と音聴棒による各戸調査の指導。LCの扱い方とデータフォームへの記入方法を指導した。LCは設定済なので操作は容易に把握したが、LCを持ったまま計測をするため手ぶれで積分率が高くなることがあるので、きちんとメータの上に置いて計測するように指導をした。

・作業結果

360戸の戸別音聴調査を実施した。

（イ）位置特定調査

・指導内容

漏水探査器、ハンマードリルなどの機材を使い漏水位置を特定する作業の指導。LC調査で発見したメータ周りの漏水は微量でも見逃さず、レポートを作成させる癖をつけるようにした。公道上では、先ず漏水探知機を持って歩かせ、気になる音の箇所をボーリングするようにした。ミスがあっても構わず機材を使わせた。機器の使用 방법이違う際は、その都度指導したが、全員ボーリングバーを上手く使えていないので、次回までに改善するよう指示を出した。

また、機材を使っでの指導は、場数を踏むことが習得への近道なので、OICなどからの漏水の探査依頼は、可能な限り引き受けるようにした。

漏水箇所を音だけで判断する傾向があるが、漏水位置の特定には音聴棒から伝わる噴射音と音聴棒に水が付く箇所でなければ外れる可能性が高いので、噴射音とともに音聴棒に水が付着するかを確認することを徹底させた。また、探査員は漏水位置が特定できない場合でも、探すことに固執することが多いが、特定できなかった場合にその日の出来高が0になるため、半日調べて特定できなければ保留にしてLC調査など違う作業を行うよう指導した。

・作業結果

漏水位置特定調査 20件

（ウ）路面調査

・次回に備えて、下見をした。夜間でも交通量が多いので、反射チョッキ、懐中電灯などの安全対策のための用品を準備して指導することの必要性を感じた。

イ 第2次指導（2016年5月15日～6月12日）

（ア）戸別調査

・指導内容

前回教えた内容の復習、作業スピード、漏水音の把握具合を確認する。戸別調査は難しい

作業ではないので、いかに戸数をこなすかがポイントである。日々の調査戸数も予定以上にこなすことができるようになった。しかし、小さい音やはっきりしない音（低く鈍い音）の判断はつかないようだったので、漏水かもしれないと判断した箇所は念のため調べさせて漏水か否かを確認させた。

- ・作業結果

戸別音聴調査 1,154 戸

(イ) 位置特定調査

- ・指導内容

漏水探知器、ハンマードリルなどの機材を使う漏水位置の特定作業の指導。大きな漏水については漏水探知機でも音が取れるようになったが、ドリルを使用するボーリング作業では、的を絞りきれないまま作業をする傾向があったので、ボーリングをする位置の指導をした。いくつかボーリングした箇所の中で、漏水個所に近いと思われる音のする場所の前後左右に的を絞りボーリングをする。常に、漏水音を追ってボーリングをするように指導した。ボーリング作業は、なぜそこに穴を空けるのか、必要性を考えるように教えた。

- ・作業結果

漏水位置特定調査 31 件

ウ 第3次指導（2016年8月14日～9月11日）

(ア) 戸別調査

- ・指導内容

LCと音聴棒による各戸調査の指導を行ない、作業が早くできるようになった。技術の習得は進んでいる。今後は、調査中に地上に敷設された管の漏水や側溝などにきれいな水が流れていないかを注意しながら作業を行うと、さらに成果も上がると指導した。データを記録する際に、記入した数字が読めないときがあるので、ていねいに書くよう指導した。

- ・作業結果

戸別音聴調査 15 戸

(イ) 位置特定調査

- ・指導内容

漏水探知器、ハンマードリルなどの機材を使う漏水位置の特定作業の指導。OICなどから依頼を受けた場所における位置特定作業は、大きな漏水では、概ね発見できるようになった。また、漏水探知器などの扱いも指導したとおりに実践している。しかし、ボーリングバーを使用する際に、力を入れすぎると、管を壊す可能性もあるので、一人ひとりに使用法を指導した。

- ・作業結果

漏水位置特定調査 15 件

(ウ) 路面調査

・指導内容

漏水探知機を使い漏水を発見する方法を指導した。漏水があるかないのかわからない道路を歩いて、漏水探知器で漏水音を捕捉する調査である。先ず、探査員を先行させて、漏水と思われる箇所にマーキングし、後ろから歩く指導員が確認を行い、漏水か否かを判断する方法で指導した。

・作業結果

路面音聴調査 4回実施

エ 第4次指導 (2016年10月23日～11月20日)

(ア) 戸別調査

・指導内容

LCと音聴棒による各戸調査を指導した。今回より復元漏水が発生していないかを確認するため、3パイロットエリアをもう一度調査することにした。これは一度修理した漏水箇所の周辺で復元漏水が起きることがあるため、1回目の各戸調査から、ある程度時間が経過した時点で、どの程度復元漏水があるかを調べる作業を指導した。LC、音聴棒の使用法やデータの記入も問題なくなり、また、メータ回りの微量な漏水を目視で見つけるなどの注意力も養われてきた。

・作業結果

戸別調査戸 51戸

(イ) 位置特定調査

・指導内容

漏水探知器、ハンマードリルなどの機材を使う漏水位置の特定作業の指導。前回不十分であったボーリングバーの使い方が改善されてきた。漏水箇所の特定も前回よりさらにピンポイントで見つけられるようになっており、簡単な漏水は特定に要する時間が各段に早くなってきた。また1回で特定できないと判断した場合は、いったん別の作業を行うなど、臨機応変に対応できるようになった。

・作業結果

漏水位置特定調査 26件

(ウ) 路面音聴調査

・指導内容

漏水探知機を使い漏水を発見する指導を行った。漏水があるかどうか分からない場所を歩いて漏水疑似音を見つける技術は、まだまだ不足をしており、さらに現場の実施指導が必要である。この作業は、漏水探査技術でも最も難しいので、数ヶ月程度の指導では技術を習得できるものではない。しかし、大きな漏水疑似音の違いに関しては多少分かるようになってきた。交通量の多い道路の漏水を特定するため、夜間調査も指導した。

- ・作業結果
路面音聴調査（4回実施）

オ 第5次指導（2017年2月19日～3月19日）

（ア）戸別調査

- ・指導内容

LCと音聴棒による各戸調査を指導した。1年間の指導や現場の作業から見て、LCと音聴棒による個別調査は、探査員のみで実施できる技量になった。また、昨年11月に加わった新人の指導は、当初からいる探査員が指導しており、指導できるレベルになっている。また、指導員の不在中（日本滞在時）に実施したWegiriya地区の再調査（復元調査）においても、LCを利用して50件以上の漏水を発見しており、個別調査の技術の向上は、今後の経験が補う段階に来ている。戸別調査に関しては3人2組で回することは技術的に十分可能と考えられる。2班体制になれば、調査期間の短縮ができ、2、3回目の再調査を実施することにより、その都度、復元漏水の発見が可能になると思われる。

- ・作業結果
戸別音聴調査戸 476戸

（イ）位置特定調査

- ・指導内容

漏水探知器、ハンマードリルなどの機材を使う漏水位置の特定作業の指導。ボーリングバーの使用方法を完璧に習得できるようになった。ドリル作業も、音質や音の大小を考えて論理的に行うことができるようになった。また、調査の準備もスムーズになり、交通量の多い道路では、交通誘導も行うなど、安全面にも配慮ができるようになった。

- ・作業結果
漏水位置特定調査 8件

（ウ）路面調査

- ・指導内容

漏水探知機を使い漏水を発見する指導。OICからの依頼調査が多くなった。路面調査は、依頼を受けた幹線道路の漏水を特定するための夜間調査の1回にとどまったが、位置特定作業は、問題なくできるようになっている。また、新人に対しても探査員同士で指導できるようになった。

- ・作業結果
路面音聴調査（1回実施）

カ 第6次指導（2017年5月7日～6月4日）

（ア）戸別調査

- ・指導内容

LCと音聴棒による各戸調査を指導した。今回より3人1組で作業を行うよう指導した。過

去5回は作業を交代しながら全員で実施してきたので、各自が作業工程を確実に理解し、指導した内容を実行できている。今後は、3人1組で問題なく作業ができると認識できた。OICの依頼調査が多く、復元漏水調査を十分に実施できなかったのも、パイロットエリア内で復元漏水調査の未実施のメータについて、6月以降も計画的に実施するよう指導した。

- ・作業結果

戸別音聴調査戸 1,032 戸

(イ) 位置特定調査

- ・指導内容

漏水探知器、ハンマードリルなどの機材を使う漏水位置の特定作業の指導。OICと協力関係を築き、技術面以外にも埋設管の位置や深さが不明の際は、自発的にOICに立会を求めるなど、作業の効率化を考え、OICと連携作業ができるようになった。

- ・作業結果

漏水位置特定調査 9 件

(ウ) 路面調査

- ・指導内容

漏水探知機を使い漏水を発見する指導。1回であったが、夜間の調査を実施した。路面調査の技術は1年でとても習得できるものではないが、全員が大幅なずれもなく漏水箇所であろう場所にマーキングできた。しかし、今後は、大きな漏水音がある場合や地上に水が流出している場合は、漏水量が多い可能性があるのも、慎重に漏水音を探るよう指導した。

③ ワークショップ、漏水探査デモンストレーションの実施

GKPが建設した、漏水が生じるように工夫した給水管を敷設した漏水探査の訓練用のフィールドで、NWSDB職員向けの漏水探査機器の説明とデモンストレーションを実施した。



漏水探査デモンストレーション

④ 漏水探査業務の実績

2016年2月から2017年8月までのLCによる戸別音聴調査、漏水位置特定調査、路面音聴調査など、本事業期間中に発見した漏水の状況を調査ごとにまとめた。

ア 別音聴調査（第1次）

（ア）LCの計測数

各戸のメータのガラス面にLCをセットし、積分率の計測作業を行った。検針データによる水栓数5,805個に対し、時間積分率（積分率）の計測を実施したメータ数は5,378個、実施率92.6%であった。

LCは、メータから15～20メートルの範囲の管路に伝わる配水管、給水管、分水栓の漏水音（噴出音）を捕捉し、漏水の有無を調べることができる機器で、スリランカでは初めて使用した。

表19 計測データ

地区名	検針データ	計測データ	未計測データ	計測実施率
Wegiriya	2,056	1,874	182	91.1%
Kulugammana	1,605	1,572	33	97.9%
Kondadeniya	2,144	1,932	212	90.1%
合計	5,805	5,378	427	92.6%

（イ）計測データの分析

計測作業を実施した5,378メータの積分率データを分析し、計測値毎にまとめた。

表20 積分率別計測データ

積分率 (%)	0 ～ 9	10 ～ 19	20 ～ 29	30 ～ 39	40 ～ 49	50 ～ 59	60 ～ 69	70 ～ 79	80 ～ 89	90 ～ 99	総計 (個)
Wegiriya	1,005	330	161	100	79	66	45	34	28	26	1,874
Kulugammana	865	229	142	84	71	46	41	42	20	32	1,572
Kondadeniya	897	372	170	133	85	67	54	44	43	67	1,932
合 計	2,767	931	473	317	235	179	140	120	91	125	5,378
	積分率 39% 以下 =4,487				積分率 40% 以上 =891						

時間積分率は、都市騒音などの雑多な騒音の振動の中から、漏水に固有の振動を検出し、漏水の有無を判断する手法。振動の持続性を示す時間積分率を漏水判定の指標とする。東京都における20万件の実証試験から、騒音の多い都市部では、積分率60%をスクリーニングの目安としているが、比較的静かなパイロットエリアでは、40%を目安とした。本事業では、念のため、積分率40%以下のメータについても漏水位置特定調査を実施した。

（ウ）漏水有無判定作業

積分率データの分析結果に基づき、戸別音聴調査により漏水判定作業を行った。

・積分率40%以上のメータ

891個のメータ中、41個のメータの漏水音を確認した。

表 21 戸別音聴調査結果（積分率 40% 以上）

地 区 名	漏水音	異常なし	使用水	騒音（車）	騒音（犬）	工事音	合計（個）
Wegiriya	21	71	72	101	14	0	279
Kulugammana	6	47	67	128	4	0	252
Kondadeniya	14	54	86	174	28	4	360
合 計	41	172	225	403	46	4	891

・積分率 39% 以下の水栓

4,487 個のメータ中、63 個のメータについて、漏水音を確認した。

表 22 戸別音聴調査結果（積分率 39% 以下）

地 区 名	漏水音	異常なし	使用水	騒音（車）	騒音（犬）	工事音	合計（個）
Wegiriya	27	1,534	9	19	6	0	1,595
Kulugammana	11	1,284	12	11	2	0	1,320
Kondadeniya	25	1,504	10	14	17	2	1,572
合 計	63	4,322	31	44	25	2	4,487

（エ）漏水位置特定調査

戸別音聴調査の結果、漏水音ありと判定した 104 個のメータについて音聴棒、電子式漏水発見器、ハンマードリル、ボーリングバー等を用いて漏水位置特定調査を行った。漏水個所の分布は、次の表のとおりである。

表 23 漏水箇所の分布

漏 水 位 置	漏 水 位 置 特 定 調 査						合 計 (件数)
	公道上			宅地内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
	A	B	C	C	D	E	
Wegiriya	4	4	3	17	19	3	50
Kulugammana	2	1	0	5	8	1	17
Kondadeniya	4	4	2	13	16	0	39
合 計	10	9	5	35	43	4	106
構 成 比	9.4%	8.5%	4.7%	33.0%	40.6%	3.8%	100%
	22.6%			77.4%			

※漏水音件数と位置特定件数に差異があるのは同一メータで複数の漏水が発見されたため。

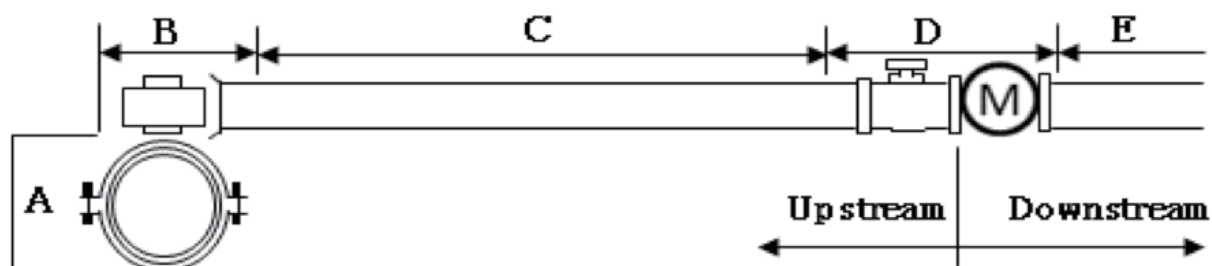


図3 漏水位置概念図

漏水位置概念図の説明

A: 配水管部分

B: 分水栓（サドル）配水管から給水管への分岐部分

C: 給水管部分

D: メータ上流 給水管とメータの接合部からメータまで（メータを含む）の部分

E: メータ下流 メータと引き込み管の接合部から水栓までの部分

表24 漏水個所の漏水量

漏水位置	漏水位置特定調査						合 計 (m ³ /h)
	公道上			宅地内			
区分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
	A	B	C	C	D	E	
Wegiriya	3.01	7.60	0.24	1.54	0.24	0.01	
Kulugammana	0.06	0.60	0	0.01	0.04	0.01	0.72
Kondadeniya	5.30	0.68	4.5	2.96	0.04	0	13.48
合計	8.37	8.88	4.74	4.51	0.32	0.02	26.84
構成比	31.1%	33.0%	17.6%	16.8%	1.1%	0.1%	100%
	81.8%			18.1%			

表25 積分率別漏水数

積分率 (%)	0 ～ 9	10 ～ 19	20 ～ 29	30 ～ 39	40 ～ 49	50 ～ 59	60 ～ 69	70 ～ 79	80 ～ 89	90 ～ 99	総計 (件)
Wegiriya	15	8	2	3	6	2	3	6	2	3	50
Kulugammana	5	2	2	2	0	2	0	0	1	3	17
Kondadeniya	12	7	4	2	5	2	1	2	1	3	39
合計	32	17	8	7	11	6	4	8	4	9	106

(オ) 戸別音聴調査の結果について

LC は、メータから 15 ～ 20 メートルの範囲の漏水を捕捉することができる。捕捉できた漏水個所の分布は、宅地内給水管、メータ上流の漏水で全体の 70% 近く占めている（表 23 漏水個所の分布）。また、表 23 「漏水個所の分布」と表 24 「漏水部分からの漏水量」から、公道上の漏水個所の分布は、22.6% で、かつ、漏水量が 81.8% であることは、LC が給水管ばかりでなく、配水管や分水栓の大きな漏水も発見しており、LC は公道と宅地内双方の漏水個所を捕捉できていることが判る。

イ 戸別音聴調査 2 回目（復元漏水調査）

漏水は発見、修繕後に同じ個所や周辺で再度漏水（復元漏水）することがあるため、パイロットエリアの全域の戸別音聴調査を行ったのちに、時間を空けて、再度戸別音聴調査を行い、復元漏水の有無を調査した。

(ア) 計測作業

・LC の計測数

検針データによる水栓数 5,951 個に対し漏水計測を実施したメータ数は 5,306 個、実施率 90.2% であった。

表 26 計測データ

地 区 名	検針データ	計測データ	未計測データ	計測実施率
Wegiriya	2,067	1,973	94	95.4%
Kulugammana	1,731	1,657	74	95.7%
Kondadeniya	2,153	1,736	417	80.6%
合 計	5,951	5,306	585	90.2%

・計測データの分析

計測作業を実施した 5,306 メータのデータを分析し、計測値毎にまとめた。

表 27 積分率別計測データ

積分率 (%)	0 ～ 9	10 ～ 19	20 ～ 29	30 ～ 39	40 ～ 49	50 ～ 59	60 ～ 69	70 ～ 79	80 ～ 89	90 ～ 99	総計 (個)
Wegiriya	435	392	243	220	183	201	76	53	57	113	1,973
Kulugammana	352	256	223	215	185	190	73	52	51	60	1,657
Kondadeniya	799	353	156	101	77	59	57	39	41	54	1,736
合 計	1,586	1,001	622	536	445	450	206	144	149	227	5,306
	積分率 39% 以下 =3,745				積分率 40% 以上 =1,633						

(イ) 漏水有無判定作業

表 27「積分率別計測データ」の分析に基づく戸別音聴調査により漏水判定作業をした。

・積分率 40% 以上のメータ

1,619 個のメータ中、29 個のメータについて漏水音を確認した。

表 28 戸別音聴調査結果（積分率 40% 以上）

地 区 名	漏水音	異常なし	使用水	騒音（車）	騒音（犬）	工事音	合計（個）
Wegiriya	29	300	196	138	15	5	683
Kulugammana	0	371	134	96	8	2	611
Kondadeniya	0	150	90	53	15	19	327
合 計	29	821	420	287	38	26	1,621

・積分率 39% 以下のメータ

3,745 個のメータ中、23 個のメータについて、漏水音を確認した。

表 29 戸別音聴調査結果（積分率 39% 以下）

地 区 名	漏水音	異常なし	使用水	騒音（車）	騒音（犬）	工事音	合計（個）
Wegiriya	22	1,259	6	0	3	0	1,290
Kulugammana	1	1,045	0	0	0	0	1,046
Kondadeniya	0	1,299	84	16	8	2	1,409
合 計	23	3,603	90	16	11	2	3,745

(ウ) 漏水位置特定調査

戸別音聴調査の結果、漏水音ありと判定した 52 個のメータについて音聴棒、電子式漏水発見器、ハンマードリル、ボーリングバー等を用いて漏水位置特定調査を行った。漏水個所の分布は、そのほとんどが宅地内の漏水で、公道上の漏水は数件であった。

表 30 漏水個所の分布

漏 水 位 置	漏 水 位 置 特 定 調 査						合 計 (件)
	公道上			宅地内			
区分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
	A	B	C	C	D	E	
Wegiriya	1	0	3	12	12	23	
Kulugammana	0	0	0	1	0	0	1
Kondadeniya	0	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	3	13	12	23	52
構成比	1.9%	0%	5.8%	25.0%	23.1%	44.2%	100%
	7.7%			92.3%			

漏水位置特定調査による漏水個所の漏水量は、次のとおりである。

表 31 漏水個所の漏水量

漏 水 位 置	漏 水 位 置 特 定 調 査						合 計 (m³ /h)
	公道上			宅地内			
区分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
	A	B	C	C	D	E	
Wegiriya	0.01	0	0.08	0.11	0.04	0.05	
Kulugammana	0	0	0	0.01	0	0	0.01
Kondadeniya	0	0	0	0	0	0	0
合計	0.01	0	0.08	0.12	0.04	0.05	0.30
構成比	31.1%	33.0%	17.6%	16.8%	1.1%	0.1%	100%
	81.8%			18.1%			

表 32 積分率別漏水数

積分率 (%)	0 ～ 9	10 ～ 19	20 ～ 29	30 ～ 39	40 ～ 49	50 ～ 59	60 ～ 69	70 ～ 79	80 ～ 89	90 ～ 99	総計 (件)
Wegiriya	15	10	3	3	7	1	2	7	2	1	51
Kulugammana	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Kondadeniya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	15	10	4	3	7	1	2	7	2	1	52

(エ) 戸別音聴調査（第 2 回）の結果について

「表 32 積分率別漏水数」のように、2 回目の復元漏水調査では、Wegiriya 地区を除いて、漏水はほとんど発見されなかったが、Wegiriya 地区では、メータ付近に小さな漏水が発見された。

ウ 目視による漏水発見

側溝に流れる濁りのない水や地表に現れている水は、漏水の可能性がある。戸別音聴調査や路面音聴調査中にこれらは見つけたときは、試薬を使って残留塩素反応があるかどうか確認をし、反応があれば漏水と判別し、漏水位置を確認する作業を行った。公道上の出現する大きな漏水などは近隣住民から、OIC などへ通報が入るので、目視で発見する漏水は、住民が気にしないような比較的小さな漏水である。

本事業中に発見した漏水は、8 件で、公道上の漏水が 3 件、宅地内のものが 5 件であった。宅地内で時間当たり 1 m^3 近い漏水を見つけたのは、日頃から側溝や周辺を注意して歩くことができる

ようになった成果と考えたい。

エ 路面音聴調査

目に見えない地下漏水は、漏水音のみで探しあてるため、漏水探知機を使用して作業を行う。OIC などから依頼を受けた漏水探査業務が多かったため、路面調査を実施できる日数は限られていた。夜間調査も含めて、調査日は32日であったが、漏水の発見は、配水管の漏水3件を含む、5件にとどまった。しかし、管の埋設位置が道路上でない漏水や草木が生えた道など音聴に困難な中でも漏水量の小さな漏水を発見できた。路面調査の訓練が目的であったので、結果は問わないことにした。

・漏水探査業務の指導(2016年2月～6月 計6回)

2016年2月から3月の指導に引き続いて、第2回～第6回いずれも4週間ずつの技術指導を行った。3回目の後半からは、交通量の多い道路について夜間の路面音聴調査の指導を始めた。路面調査では、電子式の漏水探知機を使用し、LCのスクリーニングで捕捉できない漏水の探査を行った。

2016年2月から2017年7月までのLCによる音聴調査及び漏水位置特定調査の結果は、次のとおりであり、予想以上の効果を上げている。



夜間の路面調査

表 33 原因別漏水位置特定箇所数・漏水量

漏水原因	施工不良	材料の品質不良	材料の経年劣化	原因不明	計	特定時漏水量 (m ³ /h)
Wegiriya	18	26	13	13	70	31.42
Kulugammana	3	14	11	10	38	31.03
Kondadeniya	24	17	8	10	59	16.89
区域外	6	5	6	25	42	35.42
計	51	62	38	58	209	114.76

(注：OIC から報告のあった件数のみ)

・カウンターパートの主張する漏水率

本事業開始前に、パイロット地域の給水量の実態を把握する予定であったが、給水量を計量するバルクメータの取り付けが遅れたことにより、メータ取り付け前の給水量が確定できないまま事業を開始したため、RSC(Central)の関係セクションによって、主張する無収水率が異なる事態となった。事前の給水量、無収水率の把握ができなかったことが、本事業に続くビジネス化計画の協議において、NWSDBの一部の幹部から本事業の効果を信用できないと強く主張され、ビジネス化計画に

激しく抵抗された原因となった。この事態が生じた原因としては、計量手段が不十分であったことのほかに、無収水の定義があいまいであること、計量する手段が限られているためデータの収集が十分でないこと、データの整理が手作業で行われていること、自分の職務に有利なデータを採用していること、データを共有する概念がないことなど、様々な理由が考えられる。

いくつかの漏水率の数値がある中で、協議の結果、RSC（Central）として、漏水を含む無収水率は、28.07%とされた。しかし、漏水探查業務の結果から、この数値は、明らかに過小であると思われるが、確認するすべがない。

なお、パイロットエリアの中で、管路の敷設年数の古いWegiriya 地区の無収水率について、分析した専門家の意見では、35.2%（参照 43 ページ）とされている。

活動 1-4 料金請求における人為的なミスを削減するため、ハンディターミナル・コンピュータシステムを導入し、その使用方法を相手国実施機関へ指導する。

・積分データ連携ソフトウェアの開発

検針データ処理・料金システムの HT に、LC の計測データを格納するためのソフトウェアを開発した。検針データ処理・料金システムに使用する HT に搭載し、検針と同時に LC の情報を HT へ取り込むこととした。しかし、NWSDB の IT 部門からのプログラムのテストをする顧客データの提供が遅れたため、検針データ処理・料金システムの開発も遅れたことにより、積分データ連携ソフトウェアの実用化は遅れた。メータ取替終了後は、検針員が LC を使用して計測データを収集する予定であったが、メータの所在地を示す図面がないこと、検針員の業務時間との関係から、音聴調査を必要とするメータの所在箇所へ案内できないことなど、メータの所在地を伝達する手段がないことがネックとなって、LC を使用するスクリーニングは漏水探查員が実施した。HT、携帯プリンターを使用する検針システムが軌道に乗ってきた段階で、検針員が LC を使用するスクリーニングを始める予定であった。しかし、検針員のストライキなども重なり、HT が使用できる段階になった時点では、漏水探查員によるスクリーニングが終了し、検針時の LC による漏水情報の収集の必要性は薄れていた。

・検針データ処理・料金システムにおけるスリランカ国キャンディ地区向け検針システムの作成委託（2015 年 3 月～2016 年 10 月）

HT を利用して料金を計算するシステムのソフトウェアの作成をフューチャーイン（株）に委託した。同社の SE 担当者が 2015 年 5 月の現地調査に同行した。RSC、NWSDB とソフトウェアの構成について意見交換をし、ソフトウェアの作成に必要な NWSDB 側のデータの提供を受けた。同社では、HT を使用する検針の始まる 2016 年 1 月までにシステムを完成させる予定であった。しかし、NWSDB からのデータの提供が遅れたため、テスト作業が遅れたことに加え、新たに、請求書を印刷する機能を追加し、携帯プリンターにより印刷することが重なって、基本のソフトウェアである検針データ処理・料金システムのソフトウェアの開発は大幅に遅れた。2016 年 10 月 30 日によりやく完成したが、現地での試験検針において、検針員からデータ処理方式の追加を要請されたため、HT による検針、料金計算から請求書を印刷するまでの機能を備え、検針データ処理・料金システムの完成は、2017

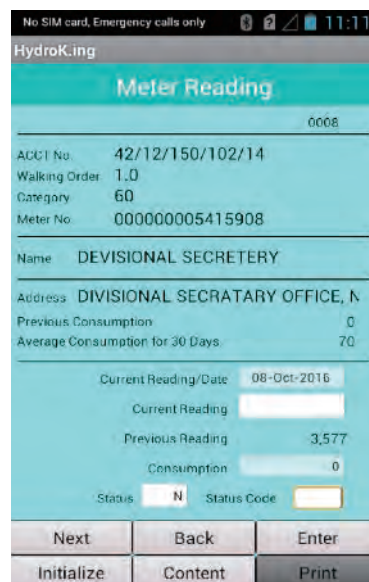
年2月となった。これらの影響から実証期間の短縮を余儀なくされた。

- ・ハンディターミナル（HT）

当初、7型のタブレット端末を想定していたが、2015年5月のNWSDBのIT部門との協議の結果、より小型のタブレットが望ましいとされたことから、予定の機種から変更することとした。小型にすると携行には楽になるが、電池の容量が小さくなるので、連続使用時間との関係から慎重に機種選定を進めた。NWSDBからは、将来的に、携帯プリンターも検針員に携行させたいとして、検針員の負担を軽減する小型の端末の採用を求められた。NWSDBとの調整に時間がかかったが、HTの機能、画面表示についての合意ができ、HTを2016年11月から使用を開始できる見通しとなった。

NWSDB本部のIT部門のDGMなどが出席して、HT、携帯プリンターを使用する検針データ処理・料金システムの運用を開始する式典が開催された。

しかし、検針を開始したところ、検針員と協議を重ねていたにもかかわらず、データ処理方式の変更が求められたため、システムの一部の変更を余儀なくされ、2016年11月からの使用開始は見送られた。その後、スリランカ側で改良作業が行われている。



HT 待ち受け画面

- ・携帯プリンターの追加

2016年2月の検針員との意見交換会において、手書きの請求書の作成では人為的なミスが多く、効率も良くないとの意見から、携帯プリンターによる水道料金請求書の発行の検討を始めた。NWSDBの請求書は、公式文書として、シンハリ語、タミール語、英語の3言語の使用が義務付けられているので、請求書印刷用携帯プリンター用のソフトウェア、請求書のフォーマットを作成するのに、かなりの時間を費やしたが、10月には完成し、検針員への使用法の指導を行ったうえ、2016年11月から使用できるようになった。しかし、HTの利用そのものの運用が見送られたため、11月は試験的な運用にとどまった。その後、HTとともに改良作業が行われている。

活動 1-5 実証事業対象地域における事業実施前、事業実施後の無収水率の変化を分析する。

- ・専門家による事業効果の分析（2017年6月）

本事業の開始時の無収水率は、給水量、課金水量のデータの処理があいまいなため、担当部署によって、主張する漏水率等の数値が異なるが、パイロットエリアの無収水は、確実に削減されている。このことを証明するため、専門家による調査分析を行った。

調査の概要は次のとおりである。

・Kandy・Harispattuwa 地区で実施されたテスコアジアによる無収水削減調査事業の結果についての分析

調査要旨

TA のパイロットプロジェクトは、現在、NWSDB が使用しているピストン往復型水道メータを日本製の羽根車式メータに取替えることと、給水システムの維持管理における伝統的な待ち受け型の管理方式に代えて、漏水の積極的探査方式を導入することを主要な内容としている。

このパイロットプロジェクトでは、Harispattuwa 地区にある Wegiriya、Kulugammana、Kondadeniya の 3 つの給水区が対象となっている。これらの給水区では、Wegiriya 給水区は他の給水区との間で水の出入りがないという意味で完全に独立しているが、他の 2 つの給水区 Kulugammana と Kondadeniya は、開閉バルブを介して相互に繋がっており、需給の状況に応じて通水が行われているので、独立した二つの給水区として取り扱えない。したがって、プロジェクトの成果を体系的、かつ、完全に分析することは、Wegiriya 給水区のみが可能となる。

このプロジェクトで日本製の羽根車式メータと取替えられたピストン往復型メータの総数は 5,621 で、そのうち 1,935 個が Wegiriya 給水区で置換えられている。また、TA のパイロットプロジェクトの漏水調査と漏水探査業務において、Wegiriya 給水区で確認され、修復された漏水個所の合計は 137 か所である。



携帯プリンター

・Wegiriya 給水区の無収水率と日本製羽根車式メータによる無収水の削減状況

日本製羽根車式メータに取替える以前の無収水率は、35.2%であった。これは、従来のピストン往復型メータを日本製羽根車式メータに取替える以前の 2015 年 1 月から 2015 年 10 月までの期間の 3 給水区の料金請求明細に基づくデータによって計算された。

Wegiriya 給水区のメータ取替え前の無収水率は、次のとおりである。

表 34 水栓あたりの無収水量及び無収水率（2015 年 1 月～ 2015 年 10 月）

メータ交換前の月平均 1 水栓あたりの無収水量	8.18 m ³
メータ交換前の月平均無収水率	35.2%

35.2%の無収水率は、NWSDBの企業企画課が発行した2016年の「進捗報告」と比較するとかなり高い。ピストン往復型メータを日本製羽根車式メータに取替えた後、無収水率は25%まで低下した（無収水低減率30%）。この無収水率は、2015年11月から2017年5月にかけての18ヶ月間の給水・消費データ、料金請求明細データに基づいて計算されている。

表 35 水栓あたりの無収水量及び無収水率（2015 年 11 月～2017 年 5 月までの期間）

1 ヶ月あたりのメータ交換後の月平均 1 給水個所あたりの無収水量	5.5 m ³
メータ交換後の月平均無収水率	25%
日本製メータに交換することによる水栓あたりの平均無収水削減率	30%

・ピストン往復型メータの計量誤差

日本の羽根車式メータと従来のピストン往復型メータの計量値の過少・過大による誤差は、KN の料金部門のデータから無作為に抽出した 32 の水道受給者サンプルについて、2015 年 1 年間（日本のメータへの取替直前の年）と 2016 年から 2017 年 5 月まで（メータ取替え後の期間）の料金データによる月平均受水量を比較した。日本のメータへの取替後の期間の同じ水道受給者の月平均受水量と比較することによって、ピストン往復型メータの計量の過少・過大を計算した。

各戸の水道受給者の料金データの比較によると、ピストン往復型メータの計量誤差は、平均して 15% であった。過少計量（水道使用量を少なく表示した）したメータの割合は、74.2% で、過大計量は、25.8% である。

・実質損失日量（DRLV）の推定

実質損失日量は、国際水協会（IWA）の水量損失の専門家グループによって推奨され、承認された数学的モデルを使用して推定した。このモデルは、添付資料（Outcomes of the pilot project carried out by Tesco Asia Co. in Harispattuwa, Kandy）に詳述されているが、経験的に開発された 3 つの数式に基づいている。この数式には月平均最小夜間流量(MNF)およびオリフィス指数(N1)という二つのパラメータが含まれているが、これらは流入・流出量が把握されている対象区域で流量および圧力の変動に関する一連の現地調査を実施することによって経験的に見出されるものである。

実質損失日量の調査は、Wegiriya と Pellemulle の二つ給水区を対象とした。調査は、Wegiriya 給水区において無作為に選択した 3 か所の水道栓に接続している配水管上に設けられた制御点において流量および圧力変動を記録するために、連続 24 時間実施した。変動は 30 分間隔で記録した。給水区で計測した最小夜間流量は、ランダムに選択された 3 つの水道栓を使用して計算され、給水区のメータ総数で転換されている。配水管の最低夜間漏水量は、最低夜間流量の約 75% であると仮定されている。結果は以下のとおりである。

表 36 実質損失日量

Wegiriya 給水区の推定最低夜間流量	24.65 m ³ / h
Wegiriya 給水区における最小夜間漏水量の推定	15 m ³ / h
オリフィス指数 N1 の推定	1.1
推定夜間漏水係数、Fn	20.65
Wegiriya 給水貯水池給水区における毎日の実損失量の推計	307 m ³ / 日
1 接続当たりの実損失量の推定	4.5 m ³ / 月 / 接続

・ピストン往復型メータの交換前・後の無収水分析

表 37 ピストン往復型メータ使用下での Wegiriya 給水区の無収水の状況 2015 年

流量計示数	総消費量	記録された無収水	無収水率	原因別無収水				
				推定実質漏水		メータ誤差	盗水(0)	管理上の誤謬
				非計上	同左率			
m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	%	%
46,586	30,200	16,386	35.17	7831	16.81	6,279	13.48	4.89

表 38 日本製羽根車式メータ使用下での Wegiriya 給水区の無収水の状況 2016 年以降

流量計示数	総消費量	記録された無収水	無収水率	原因別無収水				
				推定実質漏水		メータ誤差	盗水(0)	管理上の誤謬
				非計上	同左率			
m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	%	%
46,375	34,868	11,567	24.81	9,239	19.92	0	0.00	4.89

「Kandy/harispattuwa 地区で実施されたテスコアジアによる無収水削減調査事業結果の分析」は、2017 年 6 月から 7 月にかけて実施された。分析は、次に掲げる専門家に依頼した。

分析者：H. M. ニーマル・ジャヤンタ氏

現職 / ATA インターナショナル（株）技術部長（農業機械化研究センター前所長）

資格 / 公認土木技師、工学士（機械工学）、修士（農業経済）

「Kandy/harispattuwa 地区で実施されたテスコアジアによる無収水削減調査事業結果の分析」の
本分「Outcomes of the pilot project carried out by Tesco Asia Co. in Harispattuwa, Kandy」
は、添付資料 1 として記載した。

活動 2-1 名古屋市上下水道局の給水管施工管理システム・施工基準を参考に、相手国実施機関の施工管理システムの課題を整理し、改善に向けた指導を実施する。

第 1 次の派遣時（2015 年 5 月）に、OIC の配管工事の施工状況について調査をした。配管工事の施工基準が決められていないため、施工は配管工の経験に任されていた。工事の管理、完了検査も行われていない現状を踏まえ、漏水事故の原因となる施工上の問題点について、名古屋市上下水道局の施工基準に照らして検討した。そうした中から、早急に対応が必要な事項に絞って指導することとした。指導を徹底するため、シンハラ語の管路修繕工事施工基準を作成し、工事契約書の添付書類とすることにした。（添付資料 2 管路修繕工事施工基準（シンハラ語）参照）

① 分岐材料

ア 現状

配水管からの分岐部には、樹脂製の分岐サドルを使用しているが、分水栓を締め付け過ぎたことによるとされる漏水が発生していた。分岐サドルが樹脂製のため、分水栓の取り付け時の施工不良が原因で割れることがある。

イ 改善策

- ・サドル本体が鋳鉄製の分岐サドルを採用する。もしくは、分岐サドルと分水栓が一体となったサドル付分水栓を採用する。（写真 2、写真 3）
- ・サドルや分水栓の取り付け方法に関して指針を設け、請負業者、配管工に周知する。

ウ 指針に記載すべき主な事項

- ・配水管表面の清掃
- ・サドルを設置する際のボルトの締め付けトルク
- ・分水栓に巻くシールテープの量
- ・分水栓の締め付け度合（名古屋市の場合は、管からはみ出したねじ山の数で判断している。）

- ・給水管の切り屑の洗い流し
- ・設置後の漏水の有無の確認

② メータの設置箇所及び配管形態

ア 現状

- ・メータの設置箇所が公私境界から離れているケースが多い。
 - ・宅地内配管の埋設深度が浅い。(写真 4)
 - ・既設配水管自体が浅いために、分岐箇所において十分な埋設深度を確保できないケースがある。(写真 5)
- (名古屋市の場合と異なり、宅地内もメータの上流側は請負業者が施工している。)



写真 1: 割れたサドル



写真 2: 分岐サドル

イ 課題

- ・公私境界からメータまでの延長が長いことや埋設深度が浅いことは、メータの 1 次側での漏水リスクを高めることになる。
- ・分岐箇所が浅いと、無理な配管や道路上部からの荷重による漏水が起きやすい。

ウ 改善策

- ・メータの設置箇所や宅地内配管（メータ 1 次側）に関する基準を整備し、給水工事が申込まれた際は基準に適合した箇所へのメータ設置を指導するとともに、宅地内配管の基準を請負工事の契約図書に明示する。
- ・修繕時の断水を容易にするため、止むを得ず公私境界から離れた位置にメータを設置する場合は、公私境界付近に維持管理用の止水栓を設置する。
- ・配水管の埋設深度が浅い箇所から分岐する場合の防護方法を契約図書に明示する。
(直営の修繕作業では分岐材料上部に防護コンクリートを打設していた。)



写真 3: サドル付分水栓

エ 基準案

- ・メータの設置場所は、道路取り付け部に近接した敷地内で、将来にわたって検針及び維持管理に支障がなく、かつ、安全な場所とすること



写真 4: 浅い埋設管



写真 5: 地表近くの分岐工事

- ・宅地内給水管の埋設深度は 0.3m 以上とする。また、既設埋設物や構造物に近接して埋設する場合は上下左右とも 10 cm 以上離すこと

- ・露出配管等で外界から衝撃を受ける恐れのある場合は、鞘管を設けるなど、有効な損傷防止の措置を講じること
- ・埋設深度が浅い配水管から分岐する場合は、分岐材料上部に防護板等を設置すること
- ・メータが公私境界から離れた位置に設置される場合は、公私境界付近にも止水栓を設置すること
- ・メータ上流側における給水管の埋設位置を示す杭を設置すること

③ 請負工事の配管工

ア 現状

- ・契約図書において配管工の資格を定めているが、資格要件は実務経験年数のみである。

イ 課題

- ・施工不良が原因と考えられる漏水が発生しており、知識や技術が不十分な配管工がいると考えられる。

ウ 改善策

- ・配管工を対象に、分岐サドルの据付けやポリエチレン管の熱融着接合に関する講習を実施する。
- ・名古屋市の配水管施工士制度と同様に、管類の据付け、接合は一定の講習を受講した者だけが施工できる制度を設け、受講者に受講者証を発行する。(写真 6)



写真 6: 名古屋市の受講者証

エ 制度案

- ・NWSDBにおいて、管類及び栓弁類の据付け、接合に関する講習会を実施し、講習会を受講した配管工を配水管施工士として登録する。
- ・管類及び栓弁類の据付け、接合は、配水管施工士登録講習を修了した者が施工しなければならないことを契約図書に明記する。
- ・「配水管施工士の手引き」を作成し、配水管施工士は手引きに基づいて施工しなければならないことを契約図書に明記する。
- ・配水管施工士には指定の保護帽着用を義務付ける。
- ・配水管施工士としての登録は定期的な更新を必要とする。

④ 請負工事の施工管理

ア 現状

- ・契約図書において施工方法や管の土被りが定められているものの、工事記録写真を撮影する制度が無い。
- ・本管表面の清掃や、接合前のマーキング作業、熱融着接合時の保持時間確認等、細かい作業手順は契約図書に定められていない。(写真 7)



写真 7: 熱融着接合

イ 課題

- ・OICの職員が立会いできなかった現場については、契約図書通りに施工されているか確認できない。
- ・本管表面の清掃や、接合前のマーキング作業、熱融着接合時の保持時間確認等を怠ると漏水につながる恐れがある。

ウ 改善案

- ・名古屋市の工事写真撮影基準等に準じた工事記録写真撮影基準を契約図書に明記し、工事完了後の写真提出を義務付ける。(写真8)
- ・「③請負工事の配管工」の改善案で示した講習や手引きにおいて、本管表面の清掃、接合前のマーキング、熱融着接合時の保持時間確認等の徹底を周知する。



写真 8: 現場写真撮影の例

エ 工事写真撮影基準案

工事完了後、給水工事1件につき、以下の写真を提出すること

- ・工事着手前全景
- ・給水分岐（施工後）
- ・給水管布設状況（道路部埋設深度、宅地内埋設深度）
- ・埋戻し状況
- ・工事完了後全景

オ 施工時の注意点

- ・穿孔箇所周辺の本管表面をウェス等で十分に清掃すること
- ・ボルトやナットに土等の付着物が無いように清掃すること
- ・挿し口にマーキングし、挿入深さを確認すること
- ・継手受口内面及び挿口外面を清掃すること
- ・接合後、所定時間以上押さえつけること



写真 9: 不断水の工事

⑤ 漏水修繕

ア 現状

- ・既設管を切断した際、切口からの泥水混入を防ぐ措置をとっていない。(写真9)
- ・また、不断水の状態でソケットの接合を行っているため、ソケット内面に塗布した接着剤が下流側に流出している。
- ・ビニル管切断時に発生するバリの除去が不十分である。
- ・漏水修繕はポイント修理のみであり、給水管全体の取替は行っていない。

イ 課題

- ・修繕の際、給水管内に混入した夾雑物はメータ不動の原因となりかねない。
- ・1件の給水装置において複数の漏水が起こっていることがあるため、修繕の際は漏水箇所だけでなく

く、給水管全体を現在採用しているポリエチレン管に取り替えた方が望ましい場合もある。

ウ 改善案

- ・給水管の漏水件数を管種別や漏水原因別に集計する。
- ・各給水管の布設年度や管種を把握する。
- ・公道部における給水管漏水が発生した場合は、分岐サドルを閉止したうえで分岐から公私境界まで、ポリエチレン管に布設替えする。
- ・宅地内漏水において、止むを得ず不断水で修繕する場合は、切口に仮キャップを取り付け、土砂の流入を防止する。また、切口のバリは確実に除去する。
- ・修繕完了後はメータを取り外したうえで十分な放水作業を行う。

⑥ メータ取替え作業

ア 現状

- ・定期的なメータ取替を行っていない。
- ・メータを支えるコンクリート基礎とメータの間に隙間が生じている装置がある。(写真 10)



写真 10: 隙間のある設置例

イ 課題

- ・定期的な取替を行っていないため、メータ不動が頻繁に発生している。
- ・メータ下部に隙間があるとメータ前後の継手部に負荷がかかり、漏水の原因となる。

ウ 改善案

- ・メータの設置年度を給水装置ごとに把握する。
- ・費用対効果を考慮したうえで、メータの取替間隔を策定する。
- ・メータ取替時の注意事項を職員や請負業者に周知する。

エ メータ取替時の主な注意事項

- ・メータやパッキン等の材料に砂や異物が付着しないようにする。(写真 11)



写真 11: 取り外した部品の始末

- ・ナットを緩める際の供回りを防止する。

(写真 12)

- ・メータは水平に設置する。(羽根車式メータの場合)
- ・コンクリート基礎とメータの間に隙間が生じている場合は、コンクリートの増し打ちやスペーサー等の設置を行う。

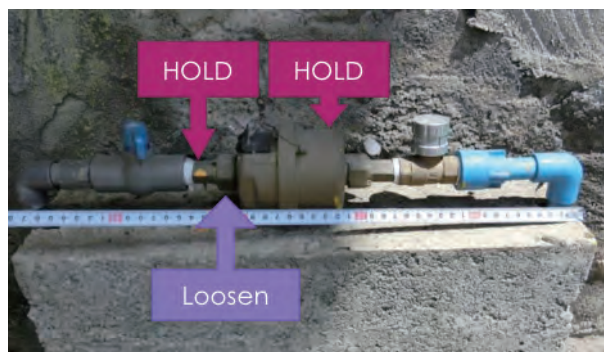


写真 12: 取り外し工法

また、第3次派遣（2017年2月）では、給水工事の施工管理に関する改善状況の確認を行った。

その際には下記の事項について改善されたことが確認できた。

ア 基準・記録等の整備について

- ・次回発注予定の漏水修理工事契約書（案）に工事写真撮影に関する事項が取り込まれている。

- ・エリア別の無収水率を把握するために、配水池ごとに流量計を新たに設置するとともに、定期的な流量測定を実施していた。

- ・配水管の漏水修理に限り1件ごとに管種、口径、漏水箇所、水圧、原因等を記録していた。

イ 施工管理について

- ・今回視察した漏水修理工事では、通水後に埋戻しを開始していた。

- ・埋戻しの際に良質な土を使用していた。（写真13）

- ・無収水量削減とは直接関連しないものの、交通量が多い道路における工事では、簡易ではあるが安全帯を設置していた。（写真14）



写真13: 良質土による埋戻し



写真14: 安全帯の設置状況

活動 2-2 関係技術者を対象に漏水を予防する給水管施工技術を指導する。

日本語の「技術」という言葉は、テクノロジー、エンジニアリングなどの技術的側面とテクニクという技能的側面を包括した意味合いで使用されているのが一般的である。しかし、本来は技術と技能は厳密には異なった意味を持っている。技術者や有資格者が、掘削穴の上から作業を何年眺めようと、掘削穴の中での作業経験を積んだ技能者には、技能面で太刀打ちできない。技術は頭で学ぶものであり、技能は体で覚えるものである。

本事業の配管技術指導は、漏水修理配管作業の質的向上を図り漏水を未然に防ぐことを主な目的としているので、配管技能に重点を置いた指導をすることとした。日本でも、作業を知らない設計者や監督者が作業員に対して無理な要求をすると反発や憤慨が起こるように、海外においても対象国の文化や作業レベルを理解した上で指導や指示をしなければ、指導内容が定着せず、作業の質的な向上にはならない。作業員は指導員の能力を見極めて対応するということは経験しているので、本事業ではOICの作業員控室で作業員と雑談をするなど、作業員と指導員との境界を取り除く指導に心掛けた。

・指導方針

一般に技術指導での成果を定着させるためには、反復指導が欠かせない。本事業では、指導期間が短いため、反復指導を十分に行うことが不可能であったので、指導内容を絞り込み計画性を持った指導、短期間でもある程度の成果が期待できる指導に努めた。

・具体的な活動内容

第1次

* 作業員の配管技術力と仕事への取組む姿勢の見極め

* 日本で通常使用されている配管工具・掘削道具を試用させ、スリランカにおいて必要な工具を選別した。

* 取替え未了メータの設置個所の調査及び取替え

* 漏水修理現場で配管技術指導

第2次

* 漏水修理現場で配管技術の繰り返し指導

* ハンドツール・計測道具・品質維持道具の使用方を説明するワークショップの開催

* 日本製の配管工具を使用する作業の迅速化と技術の向上を目指した。

* 日本製の掘削工具を使用する作業の迅速化を目指した。

* 箱尺、板尺、カメラを使用する作業データの記録・保存方法の指導

* テストポンプ、ドロ吐きホースを使用する配管の品質維持の指導

* 超音波流量計の取扱い説明

第3次

* 漏水修理現場での配管技術の繰り返し指導

* 電動工具の使用方の説明

* 日本製の配管工具・電動工具の配布

* 工事機械の使用方を説明するワークショップの開催

* PCを利用する工事の記録写真の管理保存方法の指導

* 不動メータ取替記録の調査、データのエクセル入力

第4次

* 漏水修理現場での配管技術の繰り返し指導

* 配水管布設替工事現場で配管技術指導

* 工事用機械の使用法指導

* 取替え未了メータの設置箇所の調査

・活動詳細及び成果の分析

ア 配管技能の現状

まず初めに、配管工の所有する工具の実態を調査した。OIC 4人の配管工のうち、工具箱を所有している者は2名で、他の2名は工具を袋に入れていた。

工具箱には通常必要とされる配管工具はほとんどなく、給



工具箱



トラックの荷台

水分岐作業に特化した工具数点と接手やバルブを分解した再生部品などが入っていた。しかし、整理された道具箱からは配管工の仕事に対する熱意と、技能水準は低くはなく一応の技術技能を具備していると感じとることができた。

一方の漏水修理契約会社のジー・コンストラクション（修理会社）は、あらゆる漏水修理に対応するための工具が、作業車の荷台に乱雑に積み込まれていた。旧式で作業に適しているとはいえない工具を使用しているところは、OICの配管工と似たり寄ったりである。しかし、漏水を修理する技術水準は、ほぼ及第点であるといえる。配管技術を日本と比較すると、40年ほど前の水道工務店と同じレベルとみられる。

イ 日本式工具の試用

配管用ハンドツールとして、使い勝手の良さに衝撃を受けた画期的な工具と日本では一般的だがスリランカでは入手が困難な道具を持参し、配管工に試用してもらい使い勝手を確認した。日本の最新の工具類については、日本の配管工から使用感を聞き、推薦された工具を選別してきた。日本製の工具を試用してもらう目的は、優れた工具の使用による施工性の良さを体験してもらうことにより、道具の重要性を理解してもらうことにある。

現地で使用している工具は、塩ビ配水管の切断用に「木工用ノコギリ」、塩ビ給水管・ポリエチレン管切断用に「金属用ノコギリ」、塩ビ管の切断面のテーパ加工に「木工用やすり」をそれぞれ使用している。また、掘削工具は、バールのような鉄棒と鉄製の鋤簾（じょれん）を中心に使用していた。

これらの作業を一見すると、時代遅れで施工能力が低いと思いがちだが、実際は、そんなことはない。簡単な工具を使用する手作業で時間はかかるが、漏水箇所を掘削し、パイプを補修して埋め戻すという一連の作業を難なくこなしていた。

第1次の派遣時に試用した道具類は、「シャーパー」「パイプソー」「パイプカッター」の塩ビ管の切断工具と掘削に使用する「小型スコップ」「バール」「木



木工用のこぎり



木工用やすり



切削工具



パイプカッター

工用やすり」などであった。しかし「パイプカッター」は、スリランカで使用している塩ビ給水管の肉厚が薄すぎて、切断できないことがわかり使用しなかった。

ウ 有用工具の配布と効果

第2次の派遣時には、第1次の派遣時に試用した工具類の中で、スリランカにおいて有用性を確認した工具を選んで持参し、配管工へ配布した。ところが、配布した工具について、修理会社の配管工から、「工具は、OICに全部持っていかれて、自分達のところには何も残っていない」との苦情を聞いていたので、第3次の派遣時に同じものを持参し、OIC所属配管工と修理会社の配管工の双方に振り分けた。

配布した工具の管理について、OICと修理会社とは扱いが違っていた。OICに配布した道具類は、監督官室が管理していて、必要な時に配管工が持ち出せない仕組みになっていた。そればかりか、配管工にプレゼントした工具までも監督官に回収されたとのことであったが、その後、監督官から返却されている。監督官に管理する理由を聞いたところ、「せっかくの工具が無くなったり、壊されたりするからだ」とのことであった。このあたりもスリランカの文化かもしれない。

修理会社の配管工には、修繕の立会い指導をしている際に、この作業に使うとよいというタイミングを見計らって、日本の工具を差出して、一挙に頭と体で使用法を習得してもらうという方法をとった。この手法が功を奏したのか、その後は、配布した道具をよく使っていて、施工精度や作業効率が向上しているように感じた。また、作業後には、きれいに拭いて作業車の運転席後ろの工具入れに仕舞っていた。配布した道具を大切に使用してもらい、持ってきて良かったと感じた。また、第2次の派遣時に配布した小型スコップは、半年後の第3次派遣時に確認したところ、何年も使用しているかのような使用感に重宝しているのだなと感じた。

エ 計測道具及び品質保持工具の指導

名古屋市上下水道局の施工基準書に沿う形で、「スタッフ」「板尺」「巻尺」などの計測道具と「テストポンプ」「ドロ吐きホース」の施工品質を保持する道具を使用させた。これらの道具の使用は、今までの作業になかったことなので、まずワークショップで説明し、次に現場での指導をした。計測道具の使用法の指導は、工事記録の写真撮影方法の指導とともに、OICの漏水修理班の漏水修理担当のOICのスーパーバイザーを対象にした。

スーパーバイザーの工事記録の写真撮影については、指導したものの、実際に撮影するには、2つの点で問題があった。一つには常にカメラは所持していても、監督官室に保管してある計測道具を自由に持ち出せず、計測記録の撮影が困難であったこと。もう一つは、撮影した写真データを保



配布した工具



半年使ったスコップ（右）

存する PC を使用できないことである。計測道具や PC はいずれも監督官室に保管してあり、監督官がいないときは持ち出したり、使用したりすることができないからである。監督官は、盗難にあうと困るから道具や機器の管理を厳重にしているとのことである。盗難されても困るが、実際に使えないのも問題である。用品、道具類の紛失も避けなければならないが、使ってこそその道具であることは、本事業の終了間際に着任した KN の責任者も認識しているので、善処方を申し入れた。

配管工の品質保持用の道具の場合も同様な問題があり、勝手に使用できないこと、配管工と監督官の双方が道具の必要性を感じていないことが大きな要因であるといえる。

テストポンプとドロ吐きホースは、OIC 配管工の給水管工事に帯同して使用方法を説明した。し



テストポンプ



ドロ吐きホース

オ 品質管理の現場指導

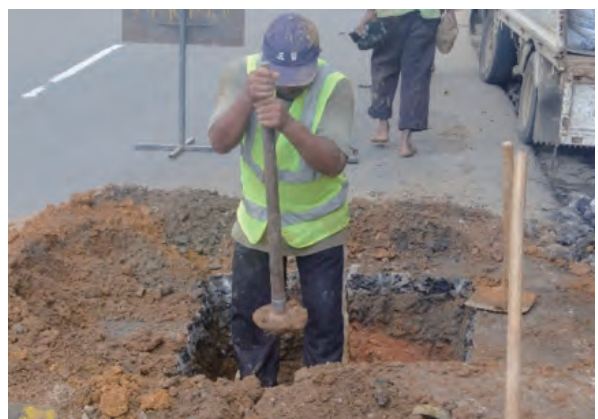
OIC 直営工事と修理会社の請負工事の双方に埋戻し作業について、施工品質の向上を指導した。具体的には、埋戻し作業時の配管廻りの処理の指導である。発生土の埋戻し時に砕石や舗装ガラを取り除くことと、管の周囲を足で締め固めることの二点を指導した。



配管周りの処理・締め固



トラック荷台の砂袋



転圧作業

このことは、双方ともよく理解し、特に、修理会社は、管廻り埋戻し用の砂と碎石を袋に入れて作業車に積んでくるようになった。さらに、埋戻し 30 cm ほどの転圧も行っていた。要求以上に先んじて埋め戻しができるようになっていた。

配管作業時の管や継手の清掃も理解するようになった。当初は、OIC の配管工がやっている状態で、修理会社に関しては皆無であった。本事業が進むにつれ、双方ともに率先して清掃をするようになった。



配管作業時の継ぎ手部分の清掃

カ 安全衛生管理の現場指導

OIC の工事でもっとも考慮しなければならないことは、安全衛生についての配慮が皆無だったということである。同じスリランカ国内の建設工事でも、ビル建設現場や道路建設現場では、作業員は安全装備を着装して作業しているのに対して、OIC の倉庫には、ヘルメットや寄贈した安全チョッキがあるにも関わらず、水道工事では、安全に関する対策が遅れている。

そこで、第 4 次の派遣時に持参した 3 足の安全靴と安全チョッキを配水管布設替工事の現場作業員に装着させることにした。

作業帯の設置がないことも安全軽視と受け取れる。工事現場の保安設備については、指摘以降、それなりに作業帯を設置するようになった。また、交通量が多い道路で片側交互通行での作業時には、交通整理員を置き、交通事故防止策も取るようになった。



設置された安全帯

配管技術指導の成果であるが、本事業終了後も継続できなければ成果とはいえない。そこで、本事業終了後も継続できそうな事項だけを成果とした。OIC 所属配管工と修理会社の配管工とは、技術指導が一律ではないため、成果は分けて記載する。

キ 配水管の施工技術の指導の成果

OIC の配管工の内、配水管工事担当者への指導の成果

- ・ 日本製工具を使用する配管精度が向上した。
- ・ 配管施工前の管及び接手の清掃をするようになった。



安全チョッキの装着

- ・管廻りの埋戻し及び締固めの技術が向上した。
- ・用品倉庫の整理整頓や用具類の清掃など、細かい気配りができるようになった。

ク 修理会社の配管工への指導の効果

- ・日本製工具を使用する配管精度が向上した。
- ・日本製掘削道具を使用する掘削が迅速にできるようになった。
- ・配管施工前の管及び接手の清掃をするようになった。
- ・管廻りの埋戻し及び締固め、仮復旧までの埋戻し、転圧の技術が向上した。
- ・工事現場の保安設備を設置するようになった。

活動 2-3 施工管理能力の向上、漏水を防止する技術の定着を図るセミナー、ワークショップ等を開催する。

活動 3-3 パッケージ型無収水削減策の普及を図るための広報活動等を通じて、事業内容・状況を周知する。

日本の技術、製品、水道経営のノウハウを紹介し、普及を図ることを目的としたセミナーを開催した。セミナーでは、本事業を関係者に広く知ってもらうため、活動状況や写真を記載した資料を作成し、配布した。また、漏水探査業務に使用する探査機器のデモンストレーションも行い、参加者に体験してもらったほか、ワークショップは、給水管の施工管理、日本の道具や工法などの工事に関する知識の普及と技術を会得してもらう機会として開催した。

また、キャンディ市水道局の担当者を招へいし、メータ取替え現場の視察、漏水探査業務の実務を紹介した。さらに、キャンディ市役所では、幹部の集まった席で、本事業の概要、事業効果などの説明に合わせて、日本の新しいスマートメータシステムも紹介した。なお、国内では、スリランカにおける活動状況などをホームページで紹介した。

① セミナー等の開催状況

第1回のセミナーでは、本事業の概要、日本の新しい技術、製品、名古屋市上下水道局の給水管の施工管理方法などを紹介した。第2回は、本事業の実施状況、事業の成果、事業実施の効果などを報告した。2回とも、NWSDBの本部職員を含む40名程度の参加者を得た。特に、第2回目のセミナーは、活発な意見交換が行われ、終了予定時間を1時間半も延長した。

ワークショップでは、主として、施工技術の紹介、日本製の工具、新しい製品の使用法を体験する形式を取り入れて開催した。また、ワークショップのほかに、超音波流量計の使用法、工事用機械の使用法、検針・料金システムの説明会なども開催した。

セミナー、ワークショップの開催状況は次のとおりである。

表 39 セミナー等の開催状況

開催日	種類	内容
2016 年 2 月 11 日	セミナー	日本製品、施工管理システム等の紹介
2016 年 2 月 12 日	ワークショップ	日本の技術の紹介、デモンストレーション
2016 年 8 月 26 日	ワークショップ	日本の道具の紹介、使用方法の指導
2017 年 7 月 21 日	セミナー	事業効果、事業結果の報告、 NWSDB への提言、水道事業経営の提言など

② ワークショップの開催状況

ア 第 1 回ワークショップ

第 1 回セミナーに引き続いて開催し、日本の新しい技術の紹介、名古屋市上下水道局の給水管の工事、使用する機材を説明するワークショップでは、GKP の敷地内に新しく建設した漏水探査研修用の施設を使用して、漏水探査技術のデモンストレーションも行った。



日本製とスリランカのパイプ

イ 第 2 回ワークショップ

OIC の関係者、修理会社の配管工らを対象に、ワークショップを開催し、日本製の配管工事道具の使い方を中心に指導した。

塩ビ管の切断道具の使用法、パイプの接続箇所の水圧テスト、パイプ・継手類の清潔の維持、工事写真の撮り方・写真用の尺定規、交通誘導用具などについて説明し、実際に作業をしてもらった。

塩ビ管切断用ののこぎりは、スリランカにない道具で、切り口がきれいに切れることに感心していた。しかし、日本では一般的に使用している小口径塩ビ管切断用の塩ビ



テストポンプによる水圧測定

管カッターは、スリランカの塩ビ管は肉厚が薄いので、塩ビ管カッターではパイプが割れてしまい使えなかった。日本から持ち込んだ 13VP・20VP 管を塩ビ管カッターで切断する体験をしてもらったが、簡単に切断できることに驚いていたことが印象的だった。ワークショップでは塩ビ管カッターへの興味が大きいようで「どうにかして塩ビ管カッターを使えないものか?」とのことで、検討課題となっている。スリランカのパイプ規格を変更して塩ビ管カッターが使えるようになれば作業効率が上がると思う。

継手を使用せずに熱により受け口を変形させたパイプでの接着力を確認するため、D=20, 32, 50 の塩ビ管を 3 か所接続し、テストポンプで水圧テストを試みた。水圧テストの結果については、どの継手箇所も漏水は起こらなかった。

その他、日本の工事写真を説明し、後日現場で実地作業の見本を見せることとした。また、車の荷台の乱雑さによるパイプ表面の傷や泥・ゴミの付着、そのまま使用していることの問題点を提示し、解決策を考えさせた。特に車については日本の作業車と写真で比較した。

ワークショップの翌日には OIC 事務所の階段下に散乱していた継手類を洗浄し、倉庫の中へ片づけている光景も目にした。現場作業でのパイプ・継手の汚れの確認や拭き取り作業を行うようになり、少しずつではあるが漏水防止や飲用水としての観点から配管工事や修理を行うようになってきた。また、道路上での工事でも作業帯の設置や交通誘導等が状況に応じて行われるようになってきた。ワークショップ時に配布した塩ビ管切断用のこぎりと替刃は工事に利用しているようで、工具の使い勝手の重要さが理解できているようである。

また、第3次の派遣では、ハンドツールとともに電動工具の使用法も指導した。

活動 2-4 相手国実施機関の職員を招へいし、本邦受入活動を実施する。

① 概要（目標、項目（具体的な活動内容））

無収水の削減に関する業務を実施している担当者のスキルアップ、業務上の課題の改善策を講師とともに協議・検討する課題解決型研修とする。

研修項目は、名古屋市の無収水対策などの座学、技術研修所や給水管施工工事現場の視察、検針現場・料金徴収システムの現場の視察、課題についてのグループ討議などである。

ア 受入期間

2016 年 5 月 29 日～6 月 5 日

イ 参加者リスト（氏名（Mr./Ms.）、所属、役職）

National Water Supply & Drainage Board (Sri Lanka) の研修生 4 名

Mr. JOHNSGE CHANDRADASA (Asst. General Manager)

Mr. SAMARATHUNGE PIYARATHNA (Chief Engineer)

Mr. JAYAWEERA MUDIYANSELAGE (Manager (Commercial))

Mr. WIJIESUNDARA RANJITH (Engineering Assistant/Officer in Charge)

② カリキュラム、日程表

表 40 カリキュラム

日時			事項	講師・担当
5/29	日	11:15	成田経由中部空港着	テスコアジア
5/30	月	9:30	開会式・ オリエンテーション	JICA 中部名古屋市上下水道局
		10:00	名古屋の水道（無収水対策）	吉田 拓司氏 （名古屋市上下水道局）
		13:30	名古屋市上下水道局長表敬	名古屋市上下水道局
		14:30	上下水道局職員研修所視察 給水管工事現場視察	名古屋市上下水道局

5/31	火	9:30	施工技術、機材調達・管理	安藤 雅大氏 (名古屋市上下水道局)
		13:00	水質と顧客サービス	伊佐治 知明氏 (名古屋環未来研究所)
6/1	水	10:00	稲沢市上下水道部訪問	菱田 浩正氏 (稲沢市上下水道部長)
		10:30	配水施設視察 顧客サービス	村田 剛氏 (稲沢市上下水道部) 吉川 洋三氏 (稲沢市上下水道部)
		13:00	検針・料金システム 検針現場視察	雲野 晃太郎氏 (フューチャーイン) 松下 哲之氏 (フューチャーイン)
6/2	木	9:30	水道財政 水道経営の在り方	山口 岳夫氏 (国際厚生事業団)
		13:00 ～ 17:00	個別課題の検討 (講師と協議) (施工管理・技術)	神谷 隆行氏 (名古屋市上下水道局) 松井 準氏 (名古屋市上下水道局) 碓 丈巨氏 (名古屋市上下水道局) 森田 敬氏 (三多摩管工事協同組合)
			個別課題の検討 (講師と協議) (水道財政・料金徴収)	山口 岳夫氏 (国際厚生事業団)
			個別課題の検討 (講師と協議) (料金システム)	岡田 滋晴氏 (フューチャーイン) 松下 哲之氏 (フューチャーイン)
6/3	金	9:30 ～ 16:00	個別課題の検討 (講師と協議) (施工管理・技術)	神谷 隆行氏 (名古屋市上下水道局) 松井 準氏 (名古屋市上下水道局) 碓 丈巨氏 (名古屋市上下水道局) 森田 敬氏 (三多摩管工事協同組合)
			個別課題の検討 (講師と協議) (水道財政・料金徴収)	山口 岳夫氏 (国際厚生事業団)
			個別課題の検討 (講師と協議) (料金システム)	岡田 滋晴氏 (フューチャーイン) 松下 哲之氏 (フューチャーイン)
		16:15	閉会式	JICA 中部 名古屋市上下水道局
6/4	土		名古屋発→東京へ移動	テスコアジア
6/5	日		成田発 11:45	

③ 本邦受入活動の結果・課題（目標の達成状況、成果、改善点等）

目標の達成状況

当初の日程どおりに活動を実施した。第2日に予定していた給水管工事現場の視察は、天候の都合のため第5日に変更したが、予定していたカリキュラムをすべて実施することができた。

本邦受入活動参加者は、スリランカでは検針員の作業エラーが多いため、稲沢市上下水道部の検針システムの視察の際、検針員に対し定期的に研修を行っていることに感心を示し、検針員の研修を充実することが、検針・料金請求時のミスをなくすことになることと理解したようである。

また、施工管理・技術の課題解決研修では、講師がスリランカの現場で撮ってきた工事現場の写真を見せながら、問題点を指摘し、具体的解決策を検討したため、理解が進んだようである。その際には、現地では給水管をはじめ、給水装置の部品の品質に問題があるようで、本邦受入参加者から日本のように品質の高い部品を使用したいとの要望も受けた。給水管の施工工事現場も視察し、本邦受入参加者は工事中の交通への配慮、作業員の交通安全対策が十分施されていること、交通を遮ることなく工事が進行していること、作業の手際が良いことに感心していた。

さらに、検針・料金システムのソフトウェアについては、本邦受入れまでは現地側の意見の調整ができていなかったが、C/PであるNWSDBのITの責任者が研修生として来日したことを活用し、集中的に現地データとの整合性を確認し、日本側との意見の相違を解消し、懸案事項を解決した。

この研修を通して、本邦受入参加者は日本の技術が進んでいること、給水装置の製品の質が高いこと、製品の種類が多いことなど、新しい情報、知識を習得することができたようである。また、日本では、作業員の技術が高く工事用の設備もいいが値段も高い。しかし、長い目で見れば、日本のやり方の方が効率的ではないかとの感想が聞かれた。



日本のメータ（埋め込み式）の検針



漏水探査体験

④ 本邦受入活動の成果

本邦受入参加者は具体的な解決策の情報も得たようである。例えば、浄水場から流れ出すブラックウォーターの苦情に困っているとのことだが、マンガン濃度が高いことが原因のため、塩素を加えると解決するということや夜間に漏水を調べるためのステップテストを行うと効果があること、分水栓を取り付けた道路を埋め戻した後、歩道の縁石に、分水栓を設置したことを示すマーカーを打ち込んでいたこと、などの知見が刺激的であったようで、さっそく実施したいと、新しい情報、

知識を取り入れたい意向を示していた。

スリランカでは、ユーザーの収入の多寡に応じて水道料金を払う制度とされており、複雑な収入区分により検針時に料金を手計算するので、検針・料金請求のヒューマンエラーが多い。検針・料金請求時のミスを少なくするための検針員の研修、レベルアップについて、稲沢市上下水道部の視察が役立ったようである。具体的には、スリランカにて検針員の新規採用時の研修、3 か月ごとの定期的な研修を取り入れたいと意欲的な言及があった。また、個別面談の取入れなどによりヒューマンエラーをなくし、稲沢市上下水道部のように、ハンディターミナルを使用することにより、無収水を減らすことを期待しているとのことであった。

さらに、料金システムのソフトウェアについては、考え方の相違もあったが、2 日にわたる徹底した討議及び研修生とスリランカの担当者との協議などにより、ほぼ解決することができた。

⑤ 参加者の意欲、受講態度、理解度

本邦受入参加者は稲沢市上下水道部を視察して、スリランカの料金システムが複雑なことから、現行のコンピュータシステムの改善、電子機器の導入を要望しており、本事業のハンディターミナルの開発のために協力をしていきたいと言及し、検針・料金システムの改善には、かなり意欲的であると感じた。

KN では 40% であった無収水率が現行 28% まで下がっているが、検針ミス・計算ミスをなくす研修の実施により、さらに無収水率を下げたい方針であり、研修の実施に期待しているようであった。

施工管理・施工技術関係でも、日本の技術、知識を積極的に取り入れたいとの意欲を示しており、同機関の中で予算要求をしたいとの意向があるので、品質の良い製品の導入がかなうよう期待したい。

全体としては、研修開始時間に遅刻する者もおらず、研修生の生活態度、研修中の受講態度は良好で、講義、現場での英語による説明にも問題はなく、研修内容について理解できないということはないと思料する。

短期間の研修であったが、名古屋市上下水道局の研修施設や配管工事現場、稲沢市の料金徴収システムなどの研修生の体験がスリランカの水道事業の発展につながることを期待して本邦受入活動を終了した。

(2) 事業目的の達成状況

成果 1: パイロットエリアの無収水が削減される。

LC を使用した漏水探査、メータの取替えによる課金水量の増加により、パイロットエリアの無収水は確実に削減された。しかし、どの程度削減されたかは、事業実施前の各パイロットエリアの給水量、漏水率、無収水率のデータが正確に把握されていないため、明確にできないが、メータの取り替え、漏水探査業務の実施により確実に削減されている。

① メータの取り替えによる無収水の削減

表 41 メータ取替え前後の課金水量の推移

パイロット エリア	課金水量 (m ³ / 月)		増加した 割合	2015 年 10 月から 2016 年 2 月まで に増加した水栓数
	取替え前 (2015 年 10 月)	取替え後 (2016 年 2 月)		
Wegiria	29,636	38,283	29.18%	4
Kulugammana	21,410	25,854	20.76%	4
Kondadeniya	30,105	36,914	22.62%	0
合計 / 平均	81,151	101,051	24.52%	8

また、メータ取替えの効果は、料金収入でも顕著に表れている。メータの取替え直後の水道料金の請求書をみた受水者の 9 割もの人から、料金が高くなったと苦情が寄せられている。この期間中に VAT の料率の改定も行われたこともあるため、水道料金の増収のすべてがメータ取替えの効果とはいえない面もあるが、料金収入についても平均 33% の増加していることは明らかになった。

なお、「2015 年 10 月から 2016 年 2 月までに増加した水栓数」は、この間の新規加入の水栓が、どの程度影響したかを示す指標である。

表 42 メータ取り替え前後の料金収入の推移

パイロット エリア	料金収入 (Rs/ 月)		増加した 割合	2015 年 10 月から 2016 年 2 月まで に増加した水栓数
	取替え前 (2015 年 10 月)	取替え後 (2016 年 2 月)		
Wegiria	1,119,560	1,539,163	37.48%	4
Kulugammana	693,586	915,509	32.00%	4
Kondadeniya	987,399	1,282,840	29.92%	0
合計 / 平均	2,800,545	3,737,512	33.46%	8

② 漏水箇所の発見による無収水の削減

漏水探查業務は、本事業の業務計画書に基づく本来業務と、関係機関から依頼された業務（依頼調査）を実施した。依頼調査は、本事業では予定していないサービス業務であるが、漏水探查員の訓練の機会として、また、Harispattuwa 地域の漏水の削減に協力するため、RSC (Central)、KN、OIC からの要請を積極的に受け入れ実施した。

RSC(Central) には漏水を調査する職員が配置されているが、本事業が開始されてからは、Harispattuwa 地区の漏水探查は、漏水探查チームに任されるようになった。依頼される漏水現場は、主に市民からの通報による路上の漏水や道路下の斜面の漏水などである。

本来業務の漏水探查は、LC を使用し各戸のメータを調べるスクリーニングから始める戸別音聴調査であるが、依頼調査が増えるに従い、戸別音聴調査の実施回数は減少した。

ア 業務計画書に基づく漏水探查業務

表 43 スクリーニングにより発見した漏水箇所数

漏水位置	スクリーニングによる漏水位置特定調査						合 計 (件)
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
	A	B	C	C	D	E	
Wegiriya	6	4	6	29	31	26	102
Kulugammana	4	2	3	9	9	1	28
Kondadeniya	5	4	2	13	17	0	41
合 計	15	10	11	51	57	27	171
構 成 比	8.8%	5.8%	6.4%	29.8%	33.3%	15.8%	100%
	21.1%			78.9%			

LC によるスクリーニングは、漏水音（振動）の伝播範囲が 15 ～ 20 メートルと限られているため、メータ周りの漏水の発見に効果があり、8 割の漏水が宅地内で発見されている。

表 44 スクリーニングにより発見した漏水量

漏水位置	スクリーニングによる漏水位置特定調査						合 計 (m ³ /h)
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
Wegiriya	3.14	7.6	0.32	1.65	0.28	0.06	13.05
Kulugammana	0.10	0.90	0.72	0.92	0.05	0.01	2.70
Kondadeniya	5.32	0.68	4.50	2.96	0.84	0	14.30
合 計	8.56	9.18	5.54	5.53	1.17	0.07	30.05
構 成 比	28.5%	30.5%	18.4%	18.4%	3.9%	0.2%	100%
	77.5%			22.5%			

スクリーニングによる漏水位置特定調査では、表 43 と表 44 から、漏水箇所数は宅地内が圧倒的に多いが、漏水量を比較すると、公道上の漏水量が 8 割で、配水管、分水栓の漏水量が多いことが判る。

イ 依頼を受けた漏水探査業務

RSC (Central)、KN、OIC からの依頼による漏水探査件数は、LC を使用するスクリーニングを基礎とする漏水探査から特定した漏水箇所数とほぼ同数であった。漏水探査チームの漏水探査技術が評価され、パイロットエリア外の探査も依頼されるようになった。依頼件数の 45% は、パイロットエリア外の漏水であった。KN から漏水探査員が休日に緊急の呼び出しを受け、漏水位置の特定作業を行ったこともあるなど、漏水探査チームは、Harispattuwa 地区の無収水（漏水）の削減に貢献した。

表 45 依頼探査により発見した漏水箇所数

漏水位置	漏 水 位 置 特 定 調 査						合 計 (件)
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
Wegiriya	24	2	5	4	0	0	35
Kulugammana	21	4	3	0	0	0	28
Kondadeniya	21	3	5	0	0	0	29
Out of Zone	53	9	8	7	1	0	78
合 計	119	18	21	11	1	0	170
構 成 比	70.0%	10.6%	12.4%	6.5%	0.6%	0.0%	100%
	92.9%			7.1%			

(Out of zone : KN、OIC 等の依頼により、パイロット区域外で作業をしたもの)

表 46 依頼探査により発見した漏水量

漏水位置	漏 水 位 置 特 定 調 査						合 計 (m ³ /h)
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
Wegiriya	18.09	5.05	4.64	1.83	0	0	29.61
Kulugammana	11.39	3.74	2.62	0	0	0	17.75
Kondadeniya	21.91	2.05	5.00	0.11	0	0	29.07
Out of Zone	55.10	9.73	2.19	4.47	0.03	0	71.52
合 計	106.49	20.57	14.45	6.41	0.03	0	147.95
構 成 比	72.0%	13.9%	9.8%	4.3%	0.1%	0.0%	100%
	95.6%			4.4%			

依頼探査は、表 45、表 46 から判るように、公道上の漏水が個所数、漏水量ともに 9 割以上で、かつ、パイロットエリア外が約半数を占めるなど、人目につきやすい漏水事故への対応であり、探査チームのサービスは、依頼者の面目を保つ活動をした。

口径の大きい配水管の漏水が 7 割を占めるなど、早急に修繕が必要な漏水事故として依頼を受けたケースがほとんどで、これは、配水管の老朽化、交通量の増加などによる漏水防止対策が必要であることを示すデータの一つであるといえる。

ウ 本事業中に発見した漏水箇所、漏水量

本事業に基づく LC の利用を基本とする漏水探査業務と関係機関からの探査依頼業務による漏水箇所発見数と漏水量をまとめた。

表 47 発見した漏水箇所総数

漏水位置	漏 水 位 置 特 定 調 査						合 計 (件)
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
Wegiriya	30	6	11	33	31	26	137
Kulugammana	25	6	6	9	9	1	56
Kondadeniya	26	7	7	13	17	0	70
Out of Zone	53	9	8	7	1	0	78
合 計	134	28	32	62	58	27	341
構 成 比	39.3%	8.2%	9.4%	18.2%	17.0%	7.9%	100%
	56.9%			43.1%			

パイロットエリアの漏水箇所数を見ると、Wegiriya が半数以上を占めている。これは、同地区の水道施設が、他地域より早く付設された分だけ、給水管の老朽化が進んだことを物語っている。さらに部分修理のため漏水を発見した付近で水圧が戻り結果として周辺の管から復元漏水が起こるためである。また、配水管部分の漏水の発生が 4 割を占めているということは、配水管の施工管理、施工技術の指導が必要であると思われる。

表 48 発見した総漏水量

漏水位置	漏 水 位 置 特 定 調 査						合 計 (m ³ /h)
	公 道 上			宅 地 内			
区 分	配水管	分水栓	給水管 公道	給水管 宅地	メータ 上流	メータ 下流	
Wegiriya	21.23	12.65	4.96	3.48	0.28	0.06	42.66
Kulugammana	11.49	4.64	3.34	0.92	0.05	0.01	20.45
Kondadeniya	27.23	2.73	9.50	3.07	0.84	0	43.37
Out of Zone	55.10	9.73	2.19	4.47	0.03	0	71.52
合 計	115.05	29.75	19.99	11.94	1.2	0.07	178.00
構 成 比	64.6%	16.7%	11.2%	6.7%	0.6%	0.1%	100%
	92.6%			7.4%			

漏水量は、配水管部分の漏水量が6割を超えているが、これは、配水管の口径も大きいいため漏水量も比例して大きくなる場合が多いからである。また、漏水の原因は、配水管の経年劣化や施工不良、車の荷重によるものと考える。

エ 発見した漏水量の年間換算、料金換算

発見した漏水箇所を、仮に修繕工事を実施しなかった場合の年間漏水量に換算し、さらに料金に換算してみた。

表 49 年間漏水量、料金換算

パイロット エリア	給水量 (m ³ /年) (2016年)	漏水位置 特定箇所数	漏水量 (m ³ /時)	年間漏水量に 換算 (m ³)	料金換算 (34Rs/ m ³)
Wegiriya	561,261	137	42.66	373,700	12,706,000
Kulugammana	517,851	70	43.37	379,900	12,917,000
Kondadeniya	558,078	56	20.45	179,100	6,089,000
Out of zone	—	78	71.52	626,500	21,301,000
計	—	341	178.00	1,559,200	53,013,000

漏水探査作業により、漏水位置を特定した際の漏水量を、修繕しなかった場合の年間の漏水量に単純に換算すると、Wegiriya の給水量の 66.6%、Kondadeniya では 32.1%、Kulugammana では 73.4% に相当する量となる。この漏水量から見ると、カウンターパート側の主張する漏水率をかなり上回る漏水があることが推察できる。また、漏水探査チームの活動は、無収水の削減、料金収入の損害を抑制するのに大きく寄与したといえる。

成果 2: 相手国実施機関の漏水防止技術や給水管の施工管理能力が向上する。

給水管の施工管理、給水管工事の指導は、外部人材の協力を得て、断続的に計 8 回の現地指導を行った。これまでは、施工基準もあるのか無いのか、曖昧な状態で、かつ、現場の工事も作業員にまかせっさりという状況であったので、工事技術や施工管理能力は、本事業の指導が契機となって、向上すると理解している。

・施工基準の指導

施工管理担当の外部人材の調査から判明した問題点を解決するため、名古屋市上下水道局の給水管施工管理基準を基に、現地の状況を踏まえて、当面必要な 6 項目の施工基準を作成した。この基準に従って給水管の施工工事を実施するよう指導した。指導は、セミナーに置いて提案したほか、工事契約書に記載することとされた。

修繕工事の請負業者向けに、さらに詳細な「管路修繕工事施工基準」をシンハラ語で作成し、工事契約書に添付し、業者に協力を要請することになった。

現地においては、これまでに工事基準らしきものが存在していなかったこと、機材購入費の裏付けがないこと、人的資源の不足などから、作成した基準は、努力目標として、できることから実施していくこととされている。

そうした中、メータに関する施工基準は、日本製メータとの取替え工事に先立って開催された、3 日間にわたる「メータ作業講習会」において指導し、施工基準に基づくメータ取替え工事の徹底を図った。

・給水管工事技術の指導

給水管の修繕工事を担当している OIC の修理班の職員、修繕工事を請け負っている業者の配管工を対象に、施工技術担当の外部人材が、主として、工事現場に同行して指導した。スリランカでは取り入れられていない日本の製品、技術は、ワークショップで体験させることも実施した。

修繕工事用の機材が十分でないこと、工具が限られているなど修繕事業費の制約があり、できる範囲での指導となった。

4 回の派遣指導で、給水管工事の基本ができるようになった。特に、埋戻しに新しい砂を使用することなど埋め戻し、転圧作業の技術が向上したほか、給水管の工事が飲料水を供給するための設備であることを意識し、パイプや接合部の清潔の維持に心がけるようになった。また、給水管工事の掘削の際にメジャーを用いて計測すること、など、日本では極めて当たり前のことである配管工事の初歩的なことができるようになった。合わせて、交通安全対策としての表示、安全帯も設置するようになった。

これらが今までできていなかったのは、教える人がいなかったからで、配管工に対する技術指導が全くされていなかったことに起因している。配管工は、工事に当たって配慮すべきことを知らなかっただけなので、ちょっとしたきっかけ、声掛けで改善できると思われる。

今後は、現場における指導、工事の現場作業員の研修体制の整備によりさらに向上すると考えられる。

成果 3: スリランカ内におけるパッケージ型無収水削減策の普及展開案が策定される。

本事業では、事業の成果を見据えビジネス化を目指して、事業を推進してきた。ビジネス化にあたっては、事業計画の交渉がネックになるであろうと見て、当初から NWSDB の関係者と積極的に意見交換をし、法令・会計の専門家との関係の構築やスリランカ国内の受け入れ態勢の整備などの準備を進めてきた。

事業の成果が目に見えてはっきりしてくるにつれて、NWSDB から本事業に続く事業の実施が期待されるようになってきた。現地の受入体勢が整いつつあるので、NWSDB との協議成立を目指して、本事業のパッケージ型無収水削減策の精神を継承する事業計画を NWSDB へ提案することとした。

実現可能な事業計画の立案に当たっては、これまでの NWSDB、財務省との交渉から判明している水道事業の大変厳しい財政事情を踏まえて検討する必要がある。

スリランカ側の財政負担の軽減化を図る方策として、日本側で事業資金を準備する PPP（公民連携）事業による事業資金の調達。また、無収水削減パッケージのうち、事業費の低減化、NWSDB の財政運営に貢献できるメータ取替え事業部分を先行して実施し、事業費の確保ができた段階で次のステップへ進む、段階的事業展開案が考えられる。

パッケージのうち、第 1 段階としてメータの取替え事業部分を先行して事業化することにより、無収水の削減効果、メータ修繕費の削減によって収支の改善を図る。

第 2 段階として、第 1 段階の収益を原資として、漏水探査業務を実施し、さらに無収水の削減に伴う収益の改善を目指す。第 3 段階として、検針・料金システムの改善策を実行する「段階的無収水削減パッケージ」が普及案として適していると思われる。

スリランカ国内では、NWSDB の水道事業のほか、NWSDB の指導を受ける自治体水道局もキャンディ市水道局と同様に、無収水対策に苦慮していると思われるので、自治体水道局へも漏水の発見修理による無収水の削減もさることながら、事業効果が顕著である日本製水道メータの採用を前面にした第 1 段階の無収水削減、水道事業会計の改善策の普及を目指す。パッケージ業務のうち、施工管理、施工技術の普及は、第 1 段階のメータ取替え工事の指導の中で行うことができる。

また、段階的無収水削減パッケージの普及を目指すに当たっては、水道事業の経営改善も図る必要があるので、給水量、課金水量、漏水量、などのデータの収集、管理能力の向上を図り、無収水の削減効果との相乗効果を期待したい。

当面、段階的無収水削減パッケージの事業化の対象は、NWSDB である。NWSDB、財務省との事業費の交渉に当たっては、相当に難航すると予想されるが、ビジネスである以上、事業者側にも収益の期待できる事業でなければならないので、本事業を継続するビジネスが実施できるかは予断を許さない。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

無収水の削減策として、日本製メータとの取り替え、LCによる漏水の早期発見は、削減効果がみられたが、事業実施前の給水量などのデータ収集に不備があったこと、カウンターパート側の漏水率も部署によって異なるデータを主張するなど、データ管理が十分にできていなかったことから、漏水率の改善による効果を数値として把握することができなかった。漏水率は低減しているものの、漏水の減少による給水量の増加により給水人口を増加させ、地域の水道普及率へ反映させる貢献度は明確にはできなかった。

しかし、日本製メータへの交換による課金水量の増加は、当初想定していた以上のメータ由来の無収水の削減効果を実証した。これは、不感メータ、不動メータといわれる正確に計量しないメータが多かったことから、量水器としてのメータの存在を見直す結果を導いた。また、メータの故障の多さは、現場の職員は知っていたものの、幹部職員へその情報が伝わっていなかった、メータ修理の実態が明らかになったこと、メータ修繕費の大幅な削減の可能性は、今後のNWSDBの水道財政の改善に大きく貢献する効果が期待できると考えられる。

本事業を通して、各種のデータの収集・管理能力が十分ではなく、データに基づく業務の管理、データを事業経営へ反映するすべが採用されていないなど、NWSDBは水道管による給水事業はしているけれども、健全な経営、将来へ向けての設備投資計画といった、事業としての基幹的な部分でのデータの活用、セクション間の連携が不足していることが判明したので、無収水削減策の実施とともに、今後は、水道事業の経営改善に取り組む必要があることが実証できた。

故障メータのデータから判明した修理費用の削減の効果は、費用の削減に加えて、データを収集し、分析することによる経営改善が可能であることを知らしめた貢献度は大きい。

今後は、給水量、漏水、アセットマネジメント、事業費の執行状況などの各種のデータを収集し管理するデータベースを構築し、データを共有して業務を管理し、事業計画を立案する必要性など、本事業を通じて得た教訓を実践するモデル給水区を設置し、さらなる検証を行うことにより、NWSDBの経営改善を目指す必要がある。

ラップアップセミナーで、NWSDBの幹部は、本事業の実施は、「これまで、われわれが知らなかったことを教えてくれた。」といていたが、これは、事業の実績に関するデータを収集し、分析することを知らなかった、しなかったに過ぎない。事業を実施している以上、なんらかの形で、記録、データは存在する。本事業は、それらをデータベース化し、活用する切っ掛けとなったので、その意義は大きい。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

本事業は、「水のいのちとものづくり中部フォーラム（中部フォーラム）」（事務局：一般社団法人名古屋環未来研究所）の事業の一つと位置付けられており、フォーラム参加団体、企業との「ビジネスパッケージ検討ワークショップ」に参加し、本事業を参考に、関係団体、企業と新たな展開を模索している。本事業では、名古屋市上下水道局と協力協定を締結し、職員の派遣、技術協力を受けるとともに、スリランカの水道事業について情報交換を行うこととしており、地域団体と共同していることから、地域への貢献度は高い。また、本事業で使用するメータの付属品（砲金製ユニオン）の製造は、名古屋地域で行われており、特に、ビジネスとして本事業が継続することになれば、さらに需要が増加することが期待される。

特に、検針データ処理・料金システムを提供するソフトウェア企業も名古屋を拠点としており、ハンディターミナルを含む検針データ処理・料金システムは、名古屋地域から初めての進出である。NWSDB から検針データ処理・料金システムに携帯用印刷機を追加するよう要請されており、さらにビジネス機会の拡大が期待される。

さらに、これまでは、水ビジネスの海外展開では、パイプ、バルブ類の輸出や建設工事が中心のハード面の事業ばかりが先行していたが、今後は、本事業のような水道企業の経営改善をテーマに関連する製品、技術、ノウハウなど、いわゆるソフト分野業務も水道事業の海外ビジネスにおける新しいきっかけとなることが期待できる。

その他、スリランカへ提供する機材の海上輸送は、名古屋地域の企業に依頼した事など、少なからず、中部地域の経済・地域の活性化に貢献できたと考えている。

(5) 環境社会配慮

本事業における JICA の環境社会配慮カテゴリ分類はCであり、水道メータの取替え工事、給水管の漏水探查作業、給水管の修繕工事が実施されるが、いずれも、現況の環境に影響を及ぼすような工事ではない。

(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

NWSDB による上水道事業は、政府の方針もあって、水道の普及率 100% を目指して、さらに事業規模は拡大していくものと考えられる。一方で、管路、給水装置の保全、改善が十分に行われてこなかったことや管路の施工管理や施工技術の未熟による高い漏水率などを改善するため、無収水を削減する事業を推進し、水道事業の健全な経営を目指すよう、提言していく必要がある。

しかし、NWSDB には財政的な余裕がないため、本事業の成果を評価したうえで、本事業とほぼ同

様な内容の事業の実施を望んでいるが、国内全域に普及させることはおそらく不可能であると思われる。

そこで、PPP 事業による事業化を実施し、外部から事業資金を調達し、事業の実施による果実で事業資金を返済する方式を採用することにより、自律的な事業が可能になると思われる。PPP 事業による本事業と同様な事業の実施については、NWSDB、スリランカ政府の財務省とも交渉している。

(7) 今後の課題と対応策

・ NWSDB の事業収支

現行の給水原価（浄水処理コスト）1 m³当たり 137 ルピーに対して、水道料金は 1 m³当たり平均 40 ルピーとなっており、差額については、スリランカ政府からの補助金で補填している状況である。水道料金の改定は、選挙対策として政治的には全く議論されないとのことで、水道料金を値上げすることは難しく、差額の発生は容認せざるを得ない状況となっている。今後、スリランカ全域において、給水量が増加していくことが予想される中、持続的な水道経営を行っていくためには、当面、無収水削減効果と水道財政の改善効果が実証できている日本製の水道メータの採用を PPP 事業として実施することにより、事業資金を確保して、給水装置を含む水道施設の改良、保全や料金システムの更新事業を行う必要がある。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

活動 3-1 スリランカの他地域の給水状況及び無収水とその対策状況を調査し、パッケージ型無収水削減策への需要（市場規模）を予測する。

① マーケット分析

スリランカにおける水道事業は、全国規模の NWSDB のほか、キャンディ市、クルネーガラ市など歴史の長い自治体では、水道企業体（水道局）が給水事業を実施している。これらの自治体水道も、施設、管路の老朽化が進んでいると考えられ、無収水対策が必要であるとみられる。

本事業のビジネス化にあたってのマーケット分析の対象は、無収水対策を必要とする NWSDB の給水地域及び自治体の運営する水道事業で、スリランカ国内の全域にマーケット対象事業があると考えられる。そうした中で、手始めの事業対象としては、利便性、事業効果、影響力、事業のし易さからみて、人口の集密している NWSDB の給水地域、中でもコロンボ周辺の給水地域が適当であると思われる。この地域は、NWSDB から事業化を推奨されている。また、自治体水道ではキャンディ市水道局も有力な事業対象であり、既に下交渉をはじめている。

・競合について

スリランカにおいては、これまでは無収水の削減策は、漏水対策が中心に行われており、メータの不動、検針・料金請求の際の人為的なミスに対する対応が見過ごされてきていた。これまで、無収水の原因別の対策を一括してパッケージとして実施するという発想を持つ現地企業は無く、知る限りでは、スリランカで同様の無収水対策を提案している外国企業も見当たらない。無収水削減策として、水道メータの提供と同時に、LC による漏水探索サービスを提供する本事業のようなビジネスを提唱し、事業を目指す外国の競合他社は存在していないとみている。特に、ソフト面の無収水対策は、成果の評価が難しいため、経験と実績が伴わない企業では、提案自体ができないのではないかと考える。

さらに、価格は安い故障率が高く、品質に問題のある中国製の水道メータは、品質管理の行き届いた日本製のメータの競争相手にはならないとみられる。しかし、中国側の手段を採らない巻き返しには用心する必要がある。

② ビジネス展開の仕組み

NWSDB をはじめ自治体の水道事業を対象として、本事業と同様な業務、水道メータの導入、漏水探索業務の実施、料金・検針システムの改善、給水管の施工技術の指導のパッケージを、段階的に進める「段階的無収水削減パッケージ」の実施を目指す。

無収水の削減を段階的に事業化することは、収支の改善状況により、次の段階へ進むことができ、財政的な負担を強いることなく事業を実施できる利点がある。また、無収水削減策は、無収水率の高い地域やメータの故障率の高い地域ほど事業効果も大きいので、これらをセールスポイントに交渉したい。

財政事情の厳しい NWSDB を事業対象とする場合には、PPP 事業とする方法が考えられる。PPP 事業では、日本側で事業資金を用意し、メータの導入や漏水探査業務により無収水量を削減する事業を進め、NWSDB の事業収支の改善を図る。その改善分を果実として事業費に充当することができる。

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

次期事業計画案は、事業内容について NWSDB のおおむねの了承を得ており、財務省と事業費の協議を進めている段階にきている。事業計画は、本事業の実施地である Harispattuwa 地区と、コロンボ周辺の給水区の 2 地域を対象としている。コロンボ周辺の給水区のメータ導入事業では、給水区の水栓数からメータの取替えに 2 年を要し、Harispattuwa 地区のメータは 6 月に交換できるとの想定の下に、事業計画を作成した。また、Harispattuwa 地区では、本事業と同様の無収水削減事業を継続して実施することとしている。メータの耐用年数から、事業年数を 8 年とする計画で、果実の生じるまでには数年かかるが、最終的には NWSDB は事業費を割賦で支払ったうえ、余剰金を得ることができる予定である。しかし、現時点では、TA 側の事業費の調達のめどが立っていない状況で、資金調達の交渉中である。NWSDB、財務省ともに、本事業の成果は認めているので、事業費の調達、NWSDB、財務省との協議が整えば、事業の実施までには、時間を要しないとみている。

また、キャンディ市水道局への日本製のメータの導入については、世界銀行の事業費を使う方向で調整しており、早ければ年内にも、事業化の決定に至る可能性がある。

④ ビジネス展開可能性の評価

NWSDB との協議では、本事業に基づく無収水削減パッケージは、評価されている。本事業の効果も認めており、早期の事業化を要望されているが、次期事業計画の事業費の支払いについて協議が整わない状況にある。事業費の問題が解決すれば、事業化は進展するはずである。

また、キャンディ市水道局の事業についても、キャンディ市は全く問題ないとのことで、世界銀行の評価次第となっている。

(2) 想定されるリスクと対応

活動 3-2 スリランカでの提案製品・技術を普及展開していく上での課題及び普及展開上のリスクについて調査・分析する。

2015 年 1 月の大統領選挙、8 月の国会議員選挙を経たスリランカ政府は、より民主的な政権へ移行したとみられている。しかし、省庁の再編成など、前政権時代のひずみを改変する動きもあり、従来の制度が変更になる可能性もある。物価上昇率は 3.3%（2014 年）と、ひとところから低下し安定しているので、人件費の高騰するリスクは薄れているが、政府の財政基盤は依然として脆弱である。特に NWSDB の財政事情は厳しく、事業実施のリスクが大きい。

想定されるリスクに対しては、現地の関係者を中心に情報収集に努め、現地に進出している企業の助言を受けてリスクの軽減を図る方針である。

表 50 リスクと対応

リスクの種類	リスクの内容	対応方法
行政手続きの遅延リスク	スリランカの行政手続きはとかく担当者のスキルや人脈により左右される傾向があり、審査が滞るなど、手続きが遅延する懸念が大きい。	すでに信頼関係の構築できている GKWSP や NJS、現地協力企業の支援を受けるほか、こまめに連絡を取り、停滞を極力回避する。
人件費・物価上昇のリスク	スリランカでは物価にスライドして契約を変更しないことが一般的である。	長期契約となるので、人件費や物価上昇を契約時に織り込む。
法令・税制変更リスク	水サービス事業は、タックスホリデーにより投資額に応じて、6～12 年間の法人所得税、付加価値税、輸入関税が免除される優遇処置の適用を受ける見込みであるが、これらが変更され不利益が生じる可能性がある。	現地の弁護士と相談し、契約時に、あらかじめ、対処方法を織り込む。
支払遅延・不能リスク	民間だけでなく、公的組織においても契約の不履行や支払の遅延が発生するリスクがある。	政府保証条項を設けることを条件とする。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

漏水探査業務による漏水の発見量は、単純に年間に換算すると、156 万立方メートルになる。この半分が有効に使用されたと想定すると、1 水栓（世帯）あたりの 1 ヶ月の使用水量を 14 立方メートルとした場合、4600 世帯の 1 年分の水道使用量に相当することになる。Harispattuwa 地区を含むキャンディエリアの水道普及率は、60% で、水道の需要は増え続けている。本事業における漏水探査チームの活動は、漏水を防止した水量に相当する水源を確保したことになる。漏水探査業務は、新たな水源を確保しなくても、水の需要に応えることができ、水道普及率の向上にも大きく貢献するといえる。今後、水道の普及が求められている地域で、かつ、漏水量の多い地域における漏水探査業務は、

水源を準備しなくても給水量を増加させることができるので、地域の水道普及のために、重要な役割を担う事業となるであろう。

水道メータの破損率の高さを発見したことも、今後の水道事業の経営改善に貢献すると思われる。すべて輸入に頼るスリランカの水道メータは、使用後数年で10%程度は破損するものと考えられていたようで、不動メータは当たり前のこととして、だれも気に留めていなかった。しかし、メータは壊れないものと思っている日本人の水道関係者から見ると、故障率の高さは異様に映った。日本製メータの故障率0%と比較した、使用中のメータの故障に関するデータを見せられた NWSDB の幹部は、壊れない日本製のメータに驚き、日本製のメータを導入する次期事業計画が、脚光を浴びることとなった。今後、日本製のメータが導入されることになると、スリランカの水道事業会計の収支に大きな影響を及ぼし、水道事業の将来計画の策定にも寄与することになると思われる。

(4) 本事業から得られた教訓と提言

本事業では、パッケージ型と称して、4つの業務をまとめた事業計画とした。途上国の無収水の削減策は、漏水対策に代表されるように、水道のハード面を対象にする事例が多く、検針や料金徴収、事業運営に関する対策などのいわゆるソフト面の無収水削減策は、あまり例がないとみていた。そこで、ハードとソフトの業務をパッケージとした事業計画を立案した。狙いが当たって、メータの取替え業務は効果を生じたが、漏水探查業務、検針・料金システムのソフト面の業務は、短期間の事業としては、成果の評価が難しく、もう少し長期の計画とするか、若しくは、逆にもっとシンプルな事業でよかったのではないかと考えている。

本事業においては、各種のデータがない、逆にあっても本来答えは一つのはずなのに、幾通りものデータが出てくるといった問題があった。こうしたことから、途上国における事業は、日本と同じようなレベルの要求をしないこと、カウンターパートの熟度に応じたデータの提供を求めるなど、日本と事業文化が違うことを認識する必要があると感じた。

また、メータの取替え費用をカウンターパートの負担としたが、事業費の確保に苦労していた。本事業の場合は、カウンターパート側に強力なリーダーがいたおかげで、事業費の確保に時間はかかったものの、事業を推進できた。カウンターパートに事業費の負担をかけるような事業は、避けるか、予め事業の遅延を想定した計画とする必要があることの教訓を得た。

細かなことであるが、無償譲渡機材についても、準備段階で協議をしていた幹部と、現場の作業員の希望との間に乖離があった。本事業は、案件化調査を経ずに、普及・実証事業に進んだが、案件化調査などの準備段階で、現場の作業員の声を聴くなど、きめ細かな準備をする必要があったと感じている。

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

ア 本事業では、協力隊のOGなどの現地に根付いた日本人の協力が得られたことが、事業の成功につながったと考えている。通訳としてだけでなく、現地人の行動や考え方について、日本とスリランカの文化の違いを踏まえた交渉、調整、助言が役に立った。日本と現地の文化の違いを理解して

行動してくれる協力者を得られるかが、詳細な情報の少ない途上国における事業では、成否の一つのカギとなると考えられる。

イ 本事業では、GKP の幹部が事業を進行する上でのキーパーソンであった。NWSDB 幹部、政府機関への根回し、多面的で的確な情報の提供、有能な人材の紹介など、彼の支援なしには、本事業の成功はありえなかった。事業の推進に意欲のあるキーパーソンとの協力関係の構築が重要であるので、案件化調査などの準備段階からキーパーソンの目星をつけておく必要がある。

ウ 政府、政府機関を対象として、普及・実証事業からビジネス化へ向かう場合は、相当に早い段階から交渉を進める必要がある。本事業では、意識して早めに行動を起こしたが、交渉の相手は、直接口にはしないものの何かを要求している素振りが見え見えで、時間を浪費したことが悔やまれる。相手機関のポストとの関係から交渉相手を選ぶことはできないが、人物を見極めて交渉する必要がある。また、このようなケースは往々にして起こりうるので、その場合のリスク対応を考えておく必要がある。

② JICA や政府関係機関に向けた提言

ア JICA への提言

・ビジネス展開に係る資金調達について

本事業では、NWSDB、財務省ともに、成果を認めており、早期の事業化を要望されているが、事業資金の支払の交渉が難航している。一方で、事業期間の終了とともに、職を失う漏水探査業務の専門家として育成した現地庸人の処遇に困っている。このような場合に、次の事業までの間のつなぎ的な支援策を講じていただけるとありがたい。

本事業のビジネス化に当たっては、ある程度の事業規模がないとビジネスとして成り立たないが、一方で、スケールメリットを追求すると、事業費がかさみ、中小企業では資金繰りに苦慮することになる。本事業は、国費を使う事業であるからには、普及・実証事業で終了することなく、普及・実証事業においてビジネス化の見通しの立つ事業については、資金調達のあっせん、融資など、事業展開のための手段を整えないと、税金を原資とする本事業の効果が生きてこない。

ビジネス化の事業資金は、本来事業主が用意するものであるが、中小企業では、せっかくのビジネス化のチャンスも資金の都合がつかず、普及・実証事業止まりで、中途半端に終わるケースが多いのではないかと危惧する。中小企業の海外展開の支援事業であるからには、もう少し先を見据えた対策があってもよいのではないか。

イ 本邦受入活動への提言

計画時点では、研修生に日当を支払うことを想定していなかったこと、講師の人数が増えてしまったことから研修内容は充実できた反面経費が掛かったこと、移動費（タクシー代）など、業務費の支出が増加してしまったことから、当初の事業予算の設定が甘かったと反省している。

しかし、本邦受入活動を研修という形態での実施を考えると、ある程度の人数の研修生が必要であらう。一方で、本邦受入活動の業務費は人数に関係なく、1日あたり 75,500 円であり、研修生の

数が多くなればなるほど厳しい金額になる。今後、本邦受入活動の業務費の算定の基礎に、受け入れる人数も加味する改善が必要ではないかと思料する。

ウ NWSDB への提言

- ・NWSDB の水道事業は、原水単価と供給単価がかけ離れており、差額は政府の財政支援に頼っていることが、最大のネックである。将来に向けて、管路を保全し、安定したサービスを提供するためには、政府の支援に頼らなくても事業経営が可能となるよう、料金の値上げを行い、財政基盤を強化する必要がある。
- ・管路、メータなどの給水装置を管理することや給水量などを詳細に記録するという考え方が希薄で、データの収集、管理体制ができていない。今日の事業経営には、データ管理が必要不可欠である。必要なデータを収集し、データを共有できるシステム、データベースを構築する必要がある。
- ・NWSDB の幹部から、スリランカの業者を同席させて、その業者を使うよう指示されたが、コンプライアンスを見直す必要がある。
- ・水道事業にとって、料金収入は、極めて重要な要素である。しかし、料金請求の根拠となる水道メータの管理がおろそかになっている。水道メータの管理規定を作成し、メータの使用期間を定めて、適正、かつ、正確に計量できるメータを用意し、料金を徴収する必要がある。

エ KN 及び OIC への提言

今後の配管技術向上に向けていくつかの提言をしたい。

- ・修繕工事の工事記録が十分でないか、あるいは残されていないため、過去の記録を調べることができない。原因の追究もできないので、今後は、修繕記録の作成、管理をする必要である。
- ・OIC の組織改革が必要と思われる。理由としては、監督官の業務が多岐に渡っていることがあげられるが、配管工を統括する監督官と同等、かつ、現場を理解できる技術職の設置が好ましいと考える。
- ・配管工・現場作業員に対して、技術講習会や安全指導講習会を開催し、技能者・作業員としての意識を高める努力をする必要がある。施工管理上からもその必要性が提言されている配管技術者・配管技能者などの資格制度の導入が望まれる。
- ・スーパーバイザーはその都度の契約する部外者ではなく、NWSDB 所属の役職として設置する必要がある。スーパーバイザーは、工事現場の監督も兼ねる水道工事の技術を有する者が望ましい。
- ・OIC には、配水管、給水管の管路網図が備わっていないが、修繕工事や漏水探査に必要なので、整備する必要がある。
- ・修繕工事用の機動力を増強する必要がある。JICA が無償譲渡する工事用機械も運搬するトラックの不足から、使用機会が制約されるので、有効に活用する方策を講じる必要がある。また、工事中でのバルブ開閉作業にバスを利用することがあるとのことだが、作業の迅速化のためにも機動力は必要である。

添付資料

1. (専門家の調査)

Outcomes of the pilot project carried out by Tesco Asia Co. in Harispattuwa, Kandy

2. 管路修繕工事施工管理基準 (シンハラ語)

添付資料 1.

Outcomes of the pilot project carried out by Tesco Asia Co. in Harispattuwa, Kandy

Outcomes of the pilot project carried out by Tesco Asia Co. in Harispattuwa, Kandy

1.Introduction of the study:

The Tesco Asia pilot project was mainly based on replacement of oscillating piston type water meter by velocity type Japanese meter and, introduction of active leak management in maintenance of water distribution system instead of traditional passive leak management program presently practiced in the NWSDB. The pilot project covered three metered areas in Harispattuwa, namely Wegiriya, Kulugamma-na and Kondadeniya service reservoirs. This report was prepared to show impact of the project outcomes on reduction of NRW, service quality improvement and optimizing leak repair cost. During the study and analysis, it was found that Wegiriya service reservoir distribution zone is fully isolated and the other two zones are under mutual feeding and receiving to and fro with other reservoir zone. The NRW rate was worked out from historical data of Kulugamma-na and Kondadeniya service reservoir zones are therefore, in high uncertainty which couldn't be estimated with available data whereas that was computed from Wegiriya service reservoir distribution zone could be represent Kandy terrain areas in high accuracy.

Firstly, billing data available at commercial division of NWSDB was analyzed to see the total NRW by comparing total input with total billed volume and inaccuracy (under reading and over reading) of oscillating piston type meters by comparing domestic meter readings (before and after replacement of the meters by velocity type Japanese meters) of random selected connections.

Secondly, post project field study was carried out for two metered areas, namely Wegiriya and Pallemulla in Harispattuwascheme. The post project study was to analyse the MNF and through which to estimate leakage of the mains up to service meter.

Finally, the results of this study was summarized to show the effects of activities performed in the

pilot project on reduction of NRW, improvement of service quality and reduction of leakage of mains. In case of our country as a developing country, the reduction of NRW and the individual contribution of meter error and main line leakages into the NRW are more important in estimation of system efficiency than revenue generation because effect of NRW improvement on increase of revenue through water billing is not significant as the current tariff rates is far behind the production cost.

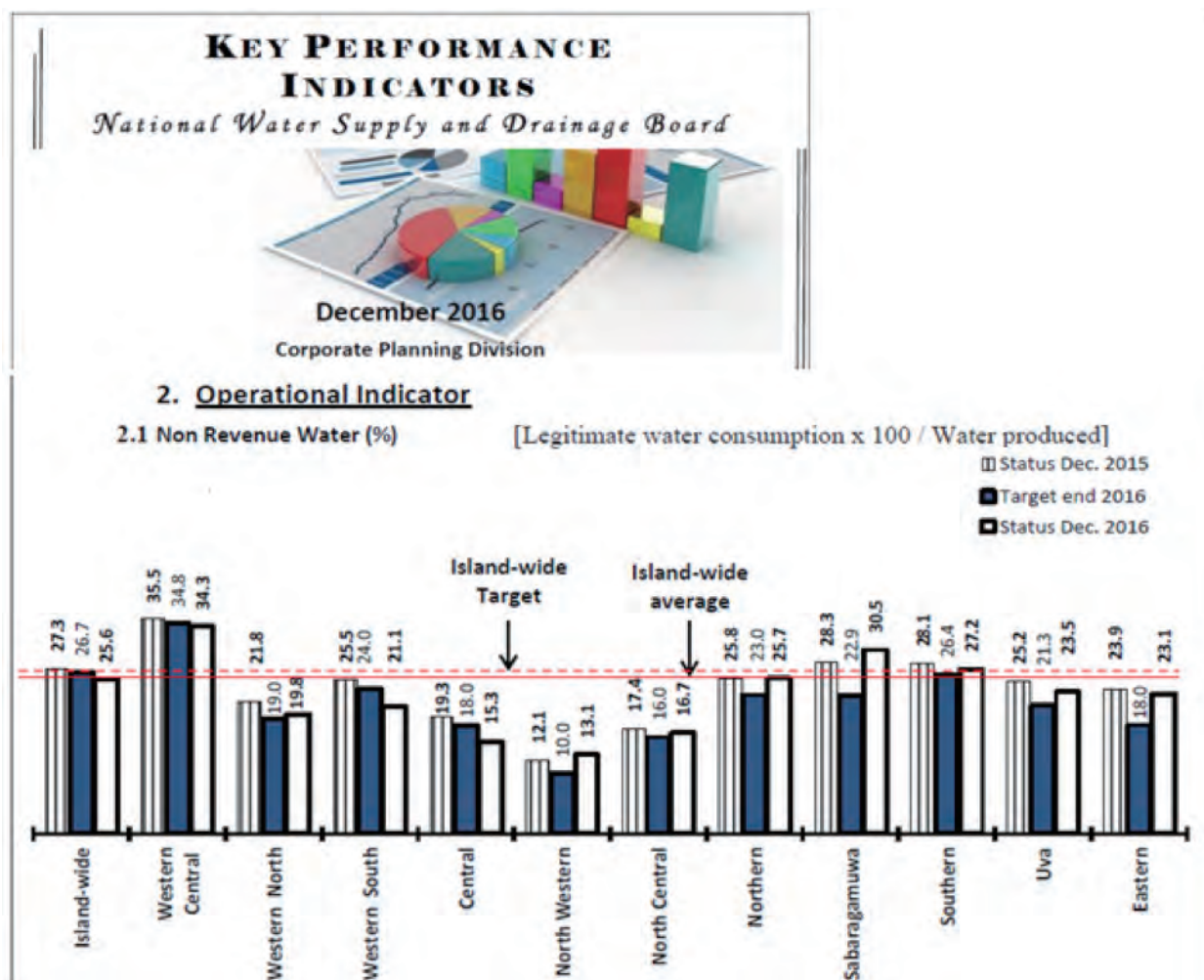
2. Purpose of the study:

To analyze outcomes of the pilot project designed and implemented by the Tesco Asia Co. and to find out impact of the project outcomes on improvement of water supply service quality and reduction of NRW.

3. Background to the Tesco Asia pilot project:

The average Island-wide NRW in 2016 is about 25% and the target NRW level was 26% according to current progressed report released by Corporate Planning Division of NWSDB. The level of NRW presently experienced in the most of potable water distribution areas of Sri Lanka, maintained by NWSDB was found to be above 20% (Source - Key performance indicators by Corporate Planning Division, 2016) which is also above the level, usually recommended by IWA to take immediate preventive action towards reduction of NRW. Excerpt of the data quoted is attached below. So that design and implementation of NRW reduction program by addressing its most effective components such as line leakage and meter defects and inaccuracy, could be identified as an important and currently urgent requirement to be given priority in the work plan of NWSDB. By looking at the prevailing status of leakage of mains, meter reading error and NRW as a whole, it is not much essential to conduct detail studies only for the purpose of analyzing project feasibility on implementing NRW- reduction projects such as introducing active leakage control line maintenance program instead of traditional passive leakage control methods, introducing new technologies in meter reading etc. It is therefore not a critical issue to argue on implementing a NRW reduction program without having proper study and data analyzing program relating to present NRW in distribution system.

Table 0: NRW rate Published by NWSDB for the year 2016



4. Description of the pilot project:

a. Site selection

Three service reservoir distribution zones in Harispattuwa supply system were selected for the pilot project under the supervision of the GKWSP, Pahalakondadeniya as follows.

- Wegiriya service reservoir distribution zone
- Kondadeniya service reservoir distribution zone and
- Kulugampola service reservoir distribution zone

On consideration of high rate of NRW experienced and high intensity of leak repair work being carried out, those areas were qualified to implement the pilot project.

These distribution zones could be exhibited common features/conditions of water distribution systems in

Kandy terrain.

b. Objectives of the pilot project of Tesco Asia:

- i. To show the impact of meter error, specially under reading of oscillating piston type meters and line leakage on NRW;
- ii. To show improvements of service quality and reduction of NRW by replacing positive displacement oscillating piston type water meter by velocity type Japanese meter and, introducing active leakage control (proactive control) techniques for leak repairing.

Ultimate objective is to improve the system efficiency of potable water supply and distribution pipe network in the country.

c. Main activities carried out by the pilot project:

- i. Replacement of oscillating piston type meter by Japanese velocity type meter:

Presently, positive displacement oscillating rotary piston type meter is being used in NWSDB-water supply and distribution scheme. Generally, design and manufacture of oscillating rotary piston type water meter towards maintaining high precision is easy in comparison to velocity type meter. But its compulsory requirement of its application in clean water flow in order to keep uninterrupted metering, for which necessary to maintain the filtration level of 100 μm , is great disadvantage of using rotary piston type water meter in potable water distribution service line over velocity type meter. Vulnerability of clogging the rotary piston in the circular chamber of the meter by trapping impurities in water is very high. The most dangerous situation is that there are cases in which the piston blocked due to trapping of impurities will be come back to its normal operation if the trapped impurities are removed automatically which is common in the system. This incidents contribute lot to the NRW. In this regards, non-clogging feature of the velocity type water meter has great impact on reduction of NRW. The technology of velocity type meter has also developed with incorporating facility of leak checking and indication in connected pipe lines. Total number replacement of meters are given in the table below.

Table 00 - Total number of meters replaced by the pilot project:

Total number piston meters replaced by Japanese meters in 3 pilot project zones						
Total number of oscillating piston meters replaced by velocity type Japanese meters, under pilot project during the period from Nov., 2015 to June, 2017 are given in the Table 00 below.						
Table 00 - Total number of meters replaced						
Month in	Wegiriya		Kondadeniya		Kulugammana	
2015	No. connection	No. of meters replaced	No. connection	No. of meters replaced	No. connection	No. of meters replaced
Nov	2,007	1,000	2,087		1,557	42
Dec	2,007	734	2,087	1,643	1,557	
2016						
Jan	2,011	173	2,087	275	1,557	1,551
Feb	2,012		2,087		1,561	
Mar	2,023		2,115		1,581	
Apr	2,027		2,122		1,587	
May	2,027	5	2,122	69	1,591	8
Jun	2,032	5	2,126	45	1,591	35
Jul	2,056	4	2,144	11	1,605	
Aug	2,061	1	2,151	2	1,612	
Sep	2,071	5		2		
Oct	2,071	2				
Nov	2,073					
Dec	2,079	3		1		
2017						
Jan	2,079					
Feb	2,082			1		
Mar	2,084	1				1
Apr	2,090	2				
May	2,093					
Total No	2,093	1,935		2,049		1,637
Total meters replaced by Japan meters						5,621

ii. leak detection and checking

Several equipments and instruments have been used to check and detect line leakage during this project. The field operation was in two stages; Firstly screening by leak checker (primary survey) followed by leak detection process (secondary survey).

Screening by leak checker:

The leak checker used in the pilot project would be able to recognize the vibration of water leakage within a 20m radius of the meter when it is placed on the top face of the Japanese water meter. If it indicates the sign of leakage further investigation will be done by leak detection methods as described below.

Identification of leakage point by leak detection devise:

When an underground leakage is suspected as a result of screening by leak checker or based on the notification from consumers or NWSDB staff, an investigation is conducted using the equipment such as sound

bar and detection devise (super-sensitive accelerometer), in order to identify the leakage point. The results of investigation is recorded as a detection report and sent to the OIC Office, which in response dispatches a leak repair team. Screening process could be summarized as in pictures of following steps.

Screening Method Using TS Leak Checker (time-integral leak detector)

Designed compact and light weight, TS Leak Checker can be used in parallel with meter reading. It easily determines even a small leakage and detects a leak within couples of seconds, thereby reducing costs.

The leak detector can store a maximum of 2,000 data sets in its built-in memory, and

Screening method

Formulation of a work plan and preparation for a survey

Discussion and planning with meter readers on a primary survey



Primary survey

A meter reader checks for leaks with a TS Leak Checker.



Secondary survey

A secondary survey is conducted with acoustic bars and other tools on the leaks found in the primary survey.



Location of leaks

We locate leaks by a combination of boring and correlation or electronic leak detectors from among possible leaks identified in the secondary survey.



To do this exercise, a seven-member of team was trained by experts from Japan and was employed in the project.

Table 01 - Total number of meter replaced and line leakage repairs carried out in Wegiriya

Table 01 - Total number of meter replaced and line leakage repairs			
Month in	No. connection	No. of meters replaced by Japanese meters	No. of leaks repaired

2016			
Jan	2,011	173	- + ...
Feb	2,012		7 + ...
Mar	2,023		25 + ...
Apr	2,027		13 + ...
May	2,027	5	3 + ...
Jun	2,032	5	2 + ...
Jul	2,056	4	5 + ...
Aug	2,061	1	5 + ...
Sep	2,071	5	5 + ...
Oct	2,071	2	2 + ...
Nov	2,073		6 + ...
Dec	2,079	3	8 + ..
2017			
Jan	2,079		12
Feb	2,082		4
Mar	2,084	1	8
Apr	2,090	2	10
May	2,093		8
NRW after meter replacement in %			123
Total No of meters	2,093		
Total meters		1935	
replaced by Japan meters		92.45%	

5. Data recorded during the study used for the analysis:
 - a. Historical monthly data of water supplied and the billed water consumed of all connections

under three pilot project zones, Wegiriya, Kondadeniya and Kulugammana controlled metered areas was collected from commercial division of Kandy-North, NWSDB, for the period from January, 2015 up to July 2017.

b. Historical monthly consumption records of random selected consumers in Wegiriya zone, before and after replacement of the oscillating piston type meters was collected from commercial division of NWSDB, for the period from January, 2015 up to July 2017.

c. Number of leakage repairs carried out by O&M division was also collected for same period.

d. Flow and pressure variation of the mains of Wegiriya and Pallemulle and selected 3 service connection points of each zones during continuous 24 hrs were monitored and recoded at 30 min intervals. This is the results of post project study conducted by the author with participation of staff of Tesco Asia co and O&M-Kandy-North.

6. Data analysis:

a. Methodology:

The data analysis of this report is based on the recommendation and guide lines provided by the Water Loss Task Force (WLTF) formed by the International Water Association (IWA) in 1996, and the best-practice methodology developed by the IWA. It is accepted and practiced by American Water Work Association (AWWA) too. According to the standard definition of IWA' Non-revenue water (NRW) represents the difference between the volume of water delivered into a network and billed authorized consumption.

i.e. $NRW = \text{"Net production"} - \text{"Revenue water"}$

$= \text{"System input registered in bulk meter"} - \text{"Billed amount of consumption"}$

In further analysis of NRW, UNESCO - Institute for Water Education has defined the term "Unaccounted-for water (UFW)" which represents the difference between "net production" (the volume of water delivered into a network) and "consumption" (the volume of water that can be accounted for by legitimate consumption, whether metered or not).

i.e. $UFW = \text{"net production"} - \text{"legitimate consumption"}$

$UFW = \text{"net production"} - \{ \text{"Authorized consumption metered or not metered with revenue collected"} + \text{"Authorized consumption metered or not metered with no revenue collected"} \}$

By combining these two definitions, following expression could also be used for water balance sheet.

$NRW = \text{"Net production"} - \text{"Revenue water"}$

= “Net production” – {"Legitimate consumption" - "Authorized consumption metered or not metered with no revenue collected"}

= UFW + {water which is accounted for, but no revenue is collected (unbilled authorized consumption)}.

General IWA standard water balance chart used in water audit, Table 12 shown below is used in this analysis in order to simplify and understand the analysis. The main components which contribute the NRW applied to Kandy area are same with the Table 12. In the study, the components under column 4 were ranked on contribution made to the NRW of the pilot area.

Table 12: Source from the International Water Association (IWA) ‘best practice’ water balance

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
System Input Volume at control point of transmission / distribution	Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption	Billed Metered Consumption	Revenue Water
			Billed Unmetered Consumption	
		Unbilled Authorized Consumption	Unbilled Metered Consumption	Non-Revenue Water (NRW)
			Unbilled Unmetered Consumption	
	Water Losses	Apparent Losses	Unauthorized Consumption	
			Consumer Metering Inaccuracies	
			Data Handling Errors	
		Real Losses	Leakage on Transmission and Distribution Mains	
			Leakage and Overflows at Utility’s Storage Tanks	
			Leakage of the service line up to the Customer metering point	

Out of the components in column 4, following components have been addressed under this pilot project.

- Customer metering inaccuracies
- Data handling errors
- Leakage of the line up to the Customer metering point

In general, leakage is the single largest means by which water is lost in a water distribution system. In this balance sheet for controlled metered area the total NRW could be computed directly by deducting consumer meter readings from the bulk meter readings.

i.e. $NRW = \text{"System input registered in bulk meter"} - \text{"Consumption registered in consumer meters"}$

To find out the status of NRW before and after pilot project implementation, historical monthly data of water supply in and total billed consumptions of three pilot project zones, namely Wegiriya, Kondadeniya and Kulugammana service reservoir zones, obtained from the commercial division of Kandy-North, NWSDB was analyzed. Out of the monthly data some of them in Kondadeniya and Kulugammana zones were outliers in the analysis for which it is required to keep each pilot zone isolated without having any other intake from another reservoir or feeding to another zone through zone separation valves. The outliers were omitted in this analysis but the results produced for those two zones are still in high uncertainty. Example of outliers are highlighted in the data tables of Table Nos. 02-2, 02-3 and 03-3 shown in this report later.

b. Current NRW rate in the water supply and distribution system maintained by NWSDB:

The current NRW rate experienced in pilot project zones were computed based on the commercial billing details available in the commercial division of Kandy-North, NWSDB, for the period of 2½ years, from the year 2015, which is the year before replacement of piston meters by Japanese meters. Table 02-1- Water input and consumption data gathered from NWSDB - commercial billing details (Period from Jan., 2015 to Oct., 2015)", shown below, is detailed out the NRW-components of Wegiriya service reservoir zone for the period of ten months, from Jan, 2015 to Oct, 2015.

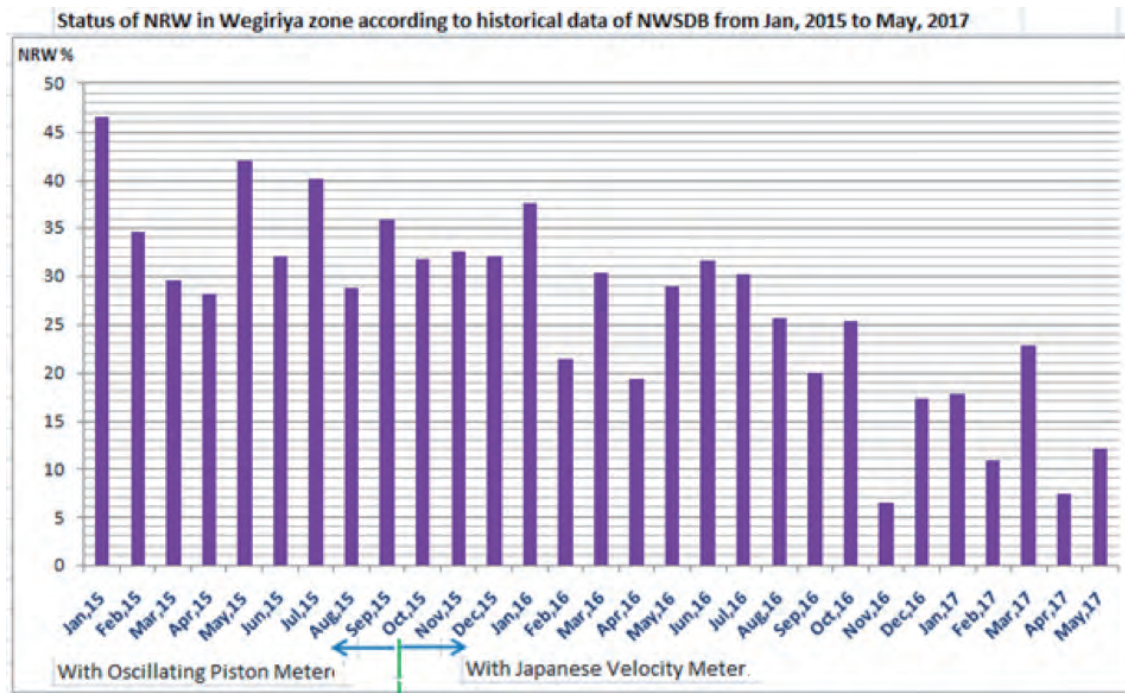
Pilot project zone: Wegiriya service reservoir					
NRW estimation based on the data of supply and consumed water in Wegiriya service reservoir Zone					
Before replacing the meters and undertaking leak repairs in Wegiriya zone:					
Table 02-1 - Water input and consumption data gathered from NWSDB - commercial billing details: (Period from Jan., 2015 to Oct., 2015)					
Month in	Volume Supplied	No. connection	Consumption (Billed amount)	NRW	
2015	m ³		m ³	Volume m ³	% to supplied
Jan	43,468	1,968	23,241	20,227	46.53%
Feb	44,626	1,970	29,165	15,461	34.65%
Mar	47,488	1,971	33,396	14,092	29.67%
Apr	42,122	1,973	30,224	11,898	28.25%
May	51,086	1,979	29,533	21,553	42.19%
Jun	46,768	1,987	31,749	15,019	32.11%
Jul	50,125	1,990	29,951	20,174	40.25%
Aug	43,739	1,994	31,095	12,644	28.91%
Sep	49,311	1,999	31,544	17,767	36.03%
Oct	47,130	2,003	32,101	15,029	31.89%
Monthly average	46,586		30,200	16,386	35.17%
Average monthly NRW before meter replacing				16,386	35.17%
Average monthly NRW before meter replacing per connection				8.18	

The Wegiriya zone is a typical sample area to represent the water distribution systems in Kandy-area, which usually consists of undulated land features, high variation of elevation, low demand service connections, more than half service connections having storage tanks etc. So that the amount of NRW shown in the above table could be expected from kandy terrain area. The NRW rate experienced in the Kandy area is fairly high when it is compared with the progress report of 2016 published by Corporate Planning Division of NWSDB. But after implementation of the Tesco pilot project in Wegiriya zone the NRW rate has come down to 23% (i.e. 30% of NRW-reduction). The main activity of the pilot project was replacing the oscillating piston type meter by velocity type Japanese meter. It is detailed out in the "Table 03 - Water input and consumption data gathered from NWSDB - billing details (Period from Nov., 2015 to May, 2017)" based on period of 18 months from Nov.,2015 to May, 2017. The table is shown below.

Improved NRW rate in Wegiriya reservoir distribution system after pilot project implementation:

Pilot project zone: Wegiriya service reservoir					
NRW of Wegiriya Zone after Tesco pilot project implementation					
Table 03-1 - Water input and consumption data gathered from NWSDB - billing details: (Period from Nov., 2015 to May, 2017)					
Month in	Volume Supplied	No. connection	Consumption (Billed amount)	NRW	
2015	m ³		m ³	Volume m ³	% to supplied
Nov	43,979	2,007	29,636	14,343	32.61%
Dec	47,922	2,007	32,513	15,409	32.15%
2016					
Jan	54,315	2,011	33,829	20,486	37.72%
Feb	48,725	2,012	38,283	10,442	21.43%
Mar	46,828	2,023	32,569	14,259	30.45%
Apr	48,278	2,027	38,930	9,348	19.36%
May	45,601	2,027	32,389	13,212	28.97%
Jun	43,718	2,032	29,856	13,862	31.71%
Jul	46,812	2,056	32,649	14,163	30.26%
Aug	47,954	2,061	35,619	12,335	25.72%
Sep	47,000	2,071	37,612	9,388	19.97%
Oct	48,970	2,071	36,525	12,445	25.41%
2017					
Jan	43,287	2,079	35,551	7,736	17.87%
Feb	40,972	2,082	36,502	4,470	10.91%
Mar	48,157	2,084	37,145	11,012	22.87%
Apr (outlier)	44,539	2,090	41,218	3,321	7.46%
May	43,793	2,093	38,461	5,332	12.18%
Monthly average	46,375		34,868	11,507	24.54%
Average monthly NRW after meter replacing				11,507	24.81%
Average monthly NRW after meter replacing per connection				5.50	
Reduction of NRW - Total after pilot project implementation				4,880	
				29.78%	

The trend of NRW reduction when replacing the oscillating piston type meter could be explained graphically too as shown below.



In addition to Wegiriya zone, commercial billing data of rest of the two Tesco pilot project zones are also tabled as shown below. The below Table 02-2 shows the current NRW rate in the Kondadeniya pilot project zone. Uncertainty of this result is high and the estimation of the value using available historical data was not possible. This was mainly due to mix up of flow in and out among controlled metered areas and inability of separation of consumers with respect to their feeding mains or metered controlled area. The present code given to the consumer based on only service reservoir station would not be adequate to connect multi reservoirs and the multi bulk meters of registering volume in and out. Accordingly, the data generated and recorded in the commercial billing division of the NWSDB was widen the error limits of the recorded data resulting in high uncertainty of estimated value of NRW; but it doesn't mean that estimated value is being rejected. This situation is also same with the result obtained regarding the Kulugammana service reservoir zone of which data is also shown below.

Pilot project zone: Kondadeniya service reservoir					
NRW estimation based on the data of supply and consumed water in Kondadeniya service reservoir Zone					
Before replacing the meters and undertaking leak repairs:					
Table 02-2 - Water input and consumption data gathered from NWSDB - commercial billing details: (Period from Jan., 2015 to Oct., 2015)					
Month in	Volume Supplied	No. connection	Consumption (Billed amount)	NRW	
2015	m ³		m ³	Volume m ³	% to supplied
Jan (outlier)	51,342	2,030	22,062	29,280	57.03%
Feb (outlier)	63,531	2,032	28,319	35,212	55.42%
Mar	62,412	2,033	31,298	31,114	49.85%
Apr	53,297	2,040	32,299	20,998	39.40%
May	53,883	2,042	27,457	26,426	49.04%
Jun	51,403	2,049	32,709	18,694	36.37%
Jul (Outlier)	29,836	2,061	31,270	-1,434	-4.81%
Aug	54,210	2,071	28,903	25,307	46.68%
Sep	51,328	2,077	31,021	20,307	39.56%
Oct (outlier)	64,255	2,084	31,363	32,892	51.19%
Nov	47,066	2,087	30,105	16,961	36.04%
Monthly average	53,371		30,542	22,830	42.42%
Average monthly NRW before meter replacing				22,830	42.78%
Average monthly NRW before meter replacing per connection				10.95	

Pilot project zone: Kondadeniyya service reservoir

NRW of Kondadeniyya Zone after Tesco pilot project implementation

**Table 03-2 - Water input and consumption data gathered from NWSDB - billing details:
(Period from Nov., 2015 to May, 2017)**

Month in	Volume Supplied	No. connection	Consumption (Billed amount)	NRW	
2015	m ³		m ³	Volume m ³	% to supplied
Dec	39,495	2,087	29,486	10,009	25.34%
2016					
Jan	45,000	2,087	32,274	12,726	28.28%
Feb	45,000	2,087	36,914	8,086	17.97%
Mar	45,000	2,115	33,374	11,626	25.84%
Apr	45,000	2,122	34,459	10,541	23.42%
May	45,000	2,122	40,463	4,537	10.08%
Jun	45,000	2,126	30,650	14,350	31.89%
Jul	45,000	2,144	29,734	15,266	33.92%
Aug	47,549	2,151	35,989	11,560	24.31%
Sep	50,502		30,708	19,794	39.19%
Oct	53,902		30,302	23,600	43.78%
Nov	49,515		27,838	21,677	43.78%
2017					
Jan	51,049		29,228	21,821	42.75%
Feb	57,572		29,816	27,756	48.21%
Mar	57,214		28,909	28,305	49.47%
Apr	54,663		28,801	25,862	47.31%
May					
Monthly average	47,996		31,717	16,278	32.88%
Average monthly NRW after meter replacing				16,278	33.92%
Average monthly NRW after meter replacing per connection				7.57	
Reduction of NRW - Total after pilot project implementation				9,441	
				36.71%	

Pilot project zone: Kulugammana service reservoir					
NRW estimation based on the data of supply and consumed water in Kulugammana service reservoir Zone					
Before replacing the meters and undertaking leak repairs					
Table 02-3 - Water input and consumption data gathered from NWSDB - commercial billing details: (Period from Jan., 2015 to Oct., 2015)					
Month in	Volume Supplied	No. connection	Consumption (Billed amount)	NRW	
2015	m ³		m ³	Volume m ³	% to supplied
Jan (outlier)	37,508	1,483	17,979	19,529	52.07%
Feb (outlier)	46,429	1,485	20,542	25,887	55.76%
Mar (outlier)	45,588	1,485	21,261	24,327	53.36%
Apr	39,033	1,494	23,028	16,005	41.00%
May	39,687	1,504	20,865	18,822	47.43%
Jun	37,907	1,511	22,272	15,635	41.25%
Jul (outlier)	22,004	1,520	20,512	1,492	6.78%
Aug	40,180	1,535	22,150	18,030	44.87%
Sep	38,082	1,541	23,537	14,545	38.19%
Oct (outlier)	47,945	1,555	22,645	25,300	52.77%
Nov	35,114	1,557	21,410	13,704	39.03%
Dec	29,465	1,557	20,994	8,471	28.75%
Monthly average	37,067		22,037	15,030	40.07%
Average monthly NRW before meter replacing				15,030	40.55%
Average monthly NRW before meter replacing per connection				9.67	

Pilot project zone: Kulugammana service reservoir					
NRW of Kulugammana Zone after Tesco pilot project implementation					
Table 03-3 - Water input and consumption data gathered from NWSDB - billing details: (Period from Nov., 2015 to May, 2017)					
Month in	Volume Supplied	No. connection	Consumption (Billed amount)	NRW	
2016	m ³		m ³	Volume m ³	% to supplied
Jan (<i>outlier</i>)	63,675	1,557	21,749	41,926	65.84%
Feb (<i>outlier</i>)	52,193	1,561	25,854	26,339	50.46%
Mar	41,841	1,581	25,510	16,331	39.03%
Apr	39,938	1,587	26,338	13,600	34.05%
May	40,259	1,591	25,753	14,506	36.03%
Jun	45,118	1,591	23,280	21,838	48.40%
Jul (<i>outlier</i>)	45,998	1,605	22,364	23,634	51.38%
Aug (<i>outlier</i>)	53,787	1,612	26,387	27,400	50.94%
Sep	38,248	1,640	25,673	12,575	32.88%
Oct	41,051	1,641	25,222	15,829	38.56%
Nov (<i>outlier</i>)	27,277	1,646	25,374	1,903	6.98%
Dec (<i>outlier</i>)	26,638	1,649	24,671	1,967	7.38%
2017					
Jan	32,435	1,649	25,215	7,220	22.26%
Feb	32,446	1,661	25,568	6,878	21.20%
Mar	35,241	1,662	24,511	10,730	30.45%
Apr	35,544	1,662	26,187	9,357	26.33%
May					
Monthly average	38,212		25,326	12,886	32.92%
Average monthly NRW after meter replacing				12,886	33.72%
Average monthly NRW after meter replacing per connection per				7.75	
Reduction of NRW - Total after pilot project implementation				2,144	
				13.08%	

c. Meter error of oscillating piston type water meters:

The error due to over reading or under reading of the piston type meters, reference to Japanese meters has been computed by comparing monthly average of individual service connection during the year 2015 (i.e. year before the replacement by Japanese meter) with the monthly average of the same service connection during the year 2016 & 2017 (i.e. period immediately after the replacement by Japanese meter). Comparison was done for 32 Nos of service connections randomly selected. Computations of individual service connections are tabled by number series Table 04-01 to Table 04-32 in Appendix 01 attached with the report. The monthly average over/under reading of each service connection with reference to the Japanese meter has been given in the Table 05 of this report. At the end of the Table 05, average meter under reading error experienced in the oscillating piston type meter has been computed and it is 15%. The same table is also shown percentage of Nos. of over readings and Nos. of under reading occurred in the selected samples.

In further, the probability distribution of occurring under reading and over reading is tabled (Table 06) for 32 Nos of tests, based on the service connection samples randomly taken from the commercial division of Kandy-North, NWSDB. The probability distribution has come to stabilized with the number of random selection samples greater than 25. According to this test the probability of expecting under reading of piston meter is 74.2% while the probability of expecting over reading of piston meter is 25.8% in the field conditions of Wegiriya service reservoir distribution network which is fairly represented the conditions of Kandy area. (Table 06 - Probability distribution of occurring under reading and over reading in this report).

Table 05: Summary of comparison of piston meter vs Japanese velocity meter

14	313/455	14.7	20.8			6.1	29.2%
15	306/322	15.4	29.3			14.0	47.6%
16	301/323	9.2	7.4	-1.8	-24.9%		
17	131/041/18	5.33	14.28			9.0	62.7%
18	147/036/11	23.62	26.71			3.1	11.6%
19	301/010/14	3.50	16.71			13.2	79.1%
20	301/104/11	2.00	6.21	(outlier)		4.2	67.8%
21	301/154/10	23.00	28.67			5.7	19.8%
22	305/185/14	17.73	19.61			1.9	9.6%
23	306/364/15	11.45	13.72			2.3	16.5%
24	307/039/18	15.08	15.76			0.7	4.3%
25	309/041/10	30.27	26.17	-4.1	-15.7%		
26	309/133/19	18.00	20.72			2.7	13.1%
27	313/130/14	20.00	24.39			4.4	18.0%
28	313/212/15	12.00	14.72			2.7	18.5%
29	313/415/10	17.73	16.00	-1.7	-10.8%		
30	313/505/11	1.45	1.11	-0.3	-30.6%	(outlier)	
31	321/240/14	13.00	12.41	-0.6	-4.8%		
32	306/365/14	8.64	9.28			0.6	6.9%
***Data No. 30 is a outlier, which should not be included in this analysis.							
Average		17.5	20.5			3.0	14.6%
Total No. of samples							30
Sample size: 29 month (from January, 2015 to May, 2017)							29
Total number of over reading samples				8	26.67%		
Total number of under reading samples						22	73.33%

Summary of Comparison of piston rotary meter vs Japanese velocity meter							
Pilot Zone of Tesco Project : Wegiriya Service Reservoir							
**Over reading and under reading error of the piston type meter reference to Japanese meter has been computed by comparing monthly average of particular service connection during the year 2015 (i.e. year before the replacement by Japanese meter) with the monthly average of the same service connection during the year 2016 & 2017 (i.e. period immediately after the replacement by Japanese							
Table 05: Summary of Comparison of piston rotary meter vs Japanese velocity meter							
Sample	Consumer	Monthly Average		Reference - Japanese meter			
Seri.No.	Code No.	Piston meter	Japanese velocity meter	Over reading (- contribution to NRW)		Under reading (+ contribution to NRW)	
				m ³ /month	%	m ³ /month	%
1	313/184	33.1	31.5	-1.6	-5.0%		
2	313/405	9.7	12.3			2.6	21.1%
3	313/406	11.2	11.0	-0.2	-1.8%		
4	301/157	10.9	20.3			9.4	46.3%
5	301/154	23.0	28.7			5.7	19.9%
6	313/212	12.0	14.7			2.7	18.4%
7	306/329	23.6	26.4			2.8	10.6%
8	307/008	26.6	25.3	-1.3	-5.1%		
9	307/031	10.6	18.1			7.5	41.4%
10	301/139	26.6	20.7	-5.9	-28.5%		
11	301/020	22.7	24.7			2.0	8.1%
12	306/353	27.1	31.1			4.0	12.9%
13	301/151	28.6	32.3			3.7	11.5%

Probability of under reading of rotary piston meters				
Table 06 - Probability distribution of occurring under reading and over reading				
No. of tests	Cumulative No. of Under reading	Probability of under reading	Cumulative No. of Over reading	Probability of Over reading
1			1	100.00%
2	1	50.00%	1	50.00%
3	2	33.33%	2	66.67%
4	2	50.00%		50.00%
5	3	60.00%		40.00%
6	4	66.67%		33.33%
7	5	71.43%		28.57%
8	6	62.50%	3	37.50%
9	6	66.67%		33.33%
10	7	60.00%	4	40.00%
11	7	63.64%		36.36%
12	8	66.67%		33.33%
13	9	69.23%		30.77%
14	10	71.43%		28.57%
15	11	73.33%		26.67%
16	12	68.75%	5	31.25%
17	12	70.59%		29.41%
18	13	72.22%		27.78%
19	14	73.68%		26.32%
20	15	75.00%		25.00%
21	16	76.19%		23.81%
22	17	77.27%		22.73%
23	18	78.26%		21.74%
24	19	79.17%		20.83%
25	20	76.00%	6	24.00%
26	20	76.92%		23.08%
27	21	77.78%		22.22%
28	22	78.57%		21.43%
29		75.86%	7	24.14%
30		73.33%	8	26.67%
31	23	74.19%		25.81%
Final probabil	23	74.19%	8	25.81%

d. Estimation of Daily Real Loss Volume (DRLV):

Daily Real Loss Volume was estimated using the mathematical model accepted and recommended by the Water Loss Specialist Group (Thornton, 2003, p. 43) of International Water Association (IWA). This method is also accepted by the American Water Works Association (AWWA). (Appendix 2 & 3).

This model is based on three mathematical equations empirically developed as detailed out in Appendix 2 and 3, attached with this report. There are two parameters, namely minimum daily average night flow (MNF) and orifice exponential (N1), which has to be found empirically by conducting series of field studies on flow and pressure variation in a particular area targeted, keeping flow in and discharge under control. In this case, Wegiriya and Pallemulle service reservoir distribution zones were selected for the study. The study was conducted during continuous 24 hr period in order to register inflow and pressure variation at a control point on the service mains and, flow and pressure variation of 3 service connections selected randomly in each control zones. Observations were recorded at 30 min intervals and analysed in Appendix 3 attached with this report. The summary of the results are as mentioned below. The minimum night flow experienced in the zone was computed using random selected three consumer connections and averaging it to total number of connections of the zone. It is also assumed that the minimum night leaky flow of the mains is about 80% of minimum night flow. Then the results produced is as shown below.

In further according to the condition of the pilot area of Wegiriya service reservoir, following observations are made on the NRW contributing components in this study.

NRW Components	Contribution as % to total NRW
Unbilled Metered Consumption	0%
Unbilled Unmetered Consumption	0%
Unauthorized Consumption (Illegal / theft)	0%
Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks	0%
Meter reversing by back flow of water / air	35%
Data Handling (Administrative) Error	
Consumer Metering inaccuracies with rotary piston meter	
Leakage on Distribution Mains (Real loss)	
Leakage of the service line up to the Customer metering point (Real loss)	
Total NRW	35%

According to the above table, the NRW is mainly constitutes of last five items of the table. Out of that the consumer meter inaccuracy and the line losses up to the meter-connection point are most significant components. In this situation the value of consumer meter inaccuracy could be estimated if the line losses are estimated. In addition to water leakage loss components under NRW, it is very clear fact that the total system leakage losses are also included the leakage losses occurred after the consumer meter in the consumer premises. Those system losses could be estimated by observing minimum night flow in a controlled system using mathematical models developed on empirical equations. The model used in this study is the cumulative minimum night flow method which can yield comparatively good leakage estimates. This model has been developed a relationship of variation of flow against system pressure due to leakage of the pipe net work which could be able to quantify the influence of the pressure on the leakage rate. It can be used to estimate mean minimum night flows and hence estimate leakages. It has been developed, taking consideration of many research outcomes of many international organizations.

To use this mathematical model it is necessary to find out minimum night flow of the control metered area to be studied. It is therefore decided to conduct a post project study to find out minimum night flow experienced in the pilot project areas. In the control area selected for the study is Wegiriya zone which is undulated, high variation of elevation, low domestic consumption and indirect feeding to discharge-fixtures by private overhead storage tank.

7. Post project field study: Field Study Conducted by TESCO Asia Co. with participation of the staff of O&M, Kandy-North, NWSDB

a. Description:

The field study was conducted by the staff of Tesco Asia Co. and O&M-Kandy-North, under the supervision of the author in order to observe flow and pressure variation in controlled metered area during continuous 24 hr- period. The need of conducting the field study was identified in order to verify improvement of NRW-reduction components such as meter-error and the leakage of distribution main line which are the main target areas addressed by the Tesco-project.

Objective of the post project study:

The main objective of the study was to estimate real line leakage loss remained in the distribution mains repaired under pilot project and compare it with that of the mains outside the pilot project area.

Methodology and site description:

Two metered areas were selected for this study. One is in previous pilot project zones of Tesco pilot project program. i.e. The distribution area under Wegiriya reservoir, and other one is the distribution area under Pallemulle reservoir which is located outside of the previous pilot project zones in Harispattuwa water supply and distribution division. The Parameters to be monitored and recorded during the study were pressure and flow at control points and selected three consumer service connection points in each control area at 30 min - time intervals. The study was conducted during 24 hr- full day to record flow and

pressure in 30 min intervals. The flow and pressure variation in the control area (no entry points other than controlled point and no outlet points to feed other distribution pipe network) was achieved by allowing the closed network to adjust its pressure built up which is regulated by outflow through leakage and consuming points. (Complete details are in appendix 2 attached with this report.)

By analyzing these data the average MNF is identified and then it is used to estimate line leakage according to mathematical model detailed out in the Appendix 2. Finally, by deducting line leakage from the total NRW, which is computed by deducting total billed volume billed to consumers from the total volume supplied to metered area, gives the meter error of piston meter. This meter error percentage is also compared with average meter error computed on historical data of 32 Nos of service connections selected randomly during the study.

Data to be gathered from the study:

- i Volume flow at controlled meter area entry point and pressure at control observation point during continuous 24 hr period;
- ii Volume flow and pressure at service meter of three service connections randomly selected;

Data obtained & Data analysis:

Daily Real Loss Volume (DRLV):

Daily real loss volume was estimated by empirical mathematical model accepted and recommended by International Water Association (IWA). This calculation method and procedure is detailed out under the heading of " Mathematical model to analyze the data" in Appendix 1. The empirical formulas used in this mathematical model are as follows.

$$DRLV = F_{nd} Q_{mn}$$

Where, Q_{mn} is the average minimum nightly leak flow rate (m^3/h) and F_{nd} is called night-day factor. The F_{nd} is computed by the sum of pressure values acquired during 24 hours in an average meter area representative point by using the following relation;

$$F_{nd} = \sum_{i=0}^{24} \left[\frac{P_i}{P_{atMNF}} \right]^{N_1}$$

where P_i is the average pressure in one observed point of a metered area for each i time; P_{atMNF} is the average pressure during minimum nightly consumption time period.

N_1 is the orifice exponent that can be computed using the following relation:

$$N_1 = \frac{\ln(Q_1/Q_0)}{\ln(P_1/P_0)}$$

where Q_0 is the flow rate in association with P_0 pressure;

Q_1 is the flow rate in association with P_1 pressure.

This relationship is very similar to pump affinity law and its validity is proved experimentally by J.

Thornton and A. Lambert (2000). This method is also accepted by the American Water Works Association (AWWA).

Using above mathematical model Daily Real Loss Volume (DRLV) in Wegiriya zone could be computed. But the data obtained for the Pallemulla service reservoir couldn't be analyzed because the total number of service connections can't be counted physically or can't be extract from commercial billing program. Historical data of input and consumed is also can't be separated. Therefore, analysis is only for Wegiriya zone.

Firstly, minimum night flow (MNF) should be estimated. The data tabled below gives the average minimum night flow. Highlighted red area gives time period of experiencing MNF and three consumer points gives the average.

3	Control Metered Area - Wegiriya, Harispattuwa								
4	Date:	29 th and 30 th June, 2017							
5		Consumer Meter 1							
6		Volume Reading		Volume	Average	Daily Average	Pressure		Average
7		m ³	m ³		Flow	flow	Starting	Finising	Pressure
8		Starting	Finising	m ³	m ³ /h	m ³ /h	bar	bar	bar
9	9.00 am - 9.30 am	456.440	456.450	0.010			2.50	2.50	
10	9.30 am - 10.00 am	456.450	456.444	-0.006	0.004		2.50	2.50	2.50
33	9.00 pm - 9.30 pm	456.778	456.786	0.008			3.00	3.50	
34	9.30 pm - 10.00 pm	456.786	456.792	0.006	0.014		3.50	3.50	3.33
35	10.00 pm - 10.30 pm	456.792	456.801	0.009			3.50	3.50	
36	10.30 pm - 11.00 pm	456.801	456.811	0.010	0.019		3.50	3.50	3.50
37	11.00 pm - 11.30 pm	456.811	456.812	0.001			3.50	3.50	
38	11.30 pm - 12.00 am	456.812	456.839	0.027	0.028		3.50	3.50	3.50
39	12.00 am - 12.30 am	456.839	456.840	0.001			3.50	3.50	
40	12.30 am - 1.00 am	456.840	456.842	0.002	0.003		3.50	3.50	3.50
41	1.00 am - 1.30 am	456.842	456.860	0.018			3.50	3.50	
42	1.30 am - 2.00 am	456.860	456.868	0.008	0.026		3.50	3.50	3.50
43	2.00 am - 2.30 am	456.868	456.880	0.012			3.50	3.80	
44	2.30 am - 3.00 am	456.880	456.899	0.019	0.031		3.80	3.80	3.70
45	3.00 am - 3.30 am	456.899	456.902	0.003			3.80	3.60	
46	3.30 am - 4.00 am	456.902	456.910	0.008	0.011		3.60	3.60	3.67
47	4.00 am - 4.30 am	456.910	456.929	0.019			3.60	3.60	

1	Data Recording of Field study in Harispattuwa Metered Area								
2									
3	Control Metered Area - Wegiriya, Harispattuwa								
4	Date:	29 th and 30 th June, 2017							
5		Consumer Meter 2 - GK 1801							
6		Volume Reading		Volume	Average	Daily Average	Pressure		Average
7		m ³	m ³		Flow	flow	Starting	Finising	Pressure
8		Starting	Finising	m ³	m ³ /h	m ³ /h	bar	bar	bar
9	9.00 am - 9.30 am	133.430	133.482	0.052			2.00	2.50	
10	9.30 am - 10.00 am	133.482	133.639	0.157	0.209		2.50	3.10	2.53

38	11.30 pm -12.00 am	133.943	133.944	0.001	-0.005		3.10	3.10	3.10	
39	12.00 am -12.30 am	133.944	133.944	0.000			3.10	3.10		
40	12.30 am - 1.00 am	133.944	133.944	0.000	0.000		3.10	3.20	3.13	
41	1.00 am - 1.30 am	133.944	133.944	0.000			3.20	3.20		
42	1.30 am - 2.00 am	133.944	133.944	0.000	0.000		3.20	3.20	3.20	
43	2.00 am - 2.30 am	133.944	133.944	0.000			3.20	3.20		
44	2.30 am - 3.00 am	133.944	133.944	0.000	0.000		3.20	3.20	3.20	0.00
45	3.00 am - 3.30 am	133.944	133.958	0.014			3.20	3.20		
46	3.30 am - 4.00 am	133.958	134.038	0.080	0.094		3.20	3.20	3.20	

1	Data Recording of Field study in Harispattuwa Metered Area									
2										
3	Control Metered Area - Wegiriya, Harispattuwa									
4	Date:	29 th and 30 th June, 2017								
5		Consumer Meter 3								
6		Volume Reading		Volume	Average	Daily Average	Pressure		Average	Mini
7		m ³	m ³		Flow	flow	Starting	Finising	Pressure	NF
8		Starting	Finising	m ³	m ³ /h	m ³ /h	bar	bar	bar	m ³ /h
9	9.00 am - 9.30 am	521.550	521.560	0.010			2.80	2.60		
10	9.30 am - 10.00 am	521.560	521.570	0.010	0.020		2.60	2.80	2.73	

38	11.30 pm -12.00 am	522.058	522.051	-0.007	-0.006		3.50	3.50	3.50	
39	12.00 am -12.30 am	522.051	522.060	0.009			3.50	3.60		
40	12.30 am - 1.00 am	522.060	522.061	0.001	0.010		3.60	3.60	3.57	
41	1.00 am - 1.30 am	522.061	522.061	0.000			3.60	3.60		
42	1.30 am - 2.00 am	522.061	522.062	0.001	0.001		3.60	3.50	3.57	
43	2.00 am - 2.30 am	522.062	522.063	0.001			3.50	3.80		
44	2.30 am - 3.00 am	522.063	522.065	0.002	0.003		3.80	3.80	3.70	
45	3.00 am - 3.30 am	522.065	522.073	0.008			3.80	3.60		
46	3.30 am - 4.00 am	522.073	522.091	0.018	0.026		3.60	3.50	3.63	
47	4.00 am - 4.30 am	522.091	522.091	0.000			3.50	3.50		
48	4.30 am - 5.00 am	522.091	522.097	0.006	0.006		3.50	3.50	3.50	0.009
49	5.00 am - 5.30 am	522.097	522.135	0.038			3.50	3.00		
50	5.30 am - 6.00 am	522.135	522.277	0.142	0.180		3.00	2.80	3.10	

The above data shows that arithmetic average minimum night flow of Wegiriya zone is about 0.009 m³/h, which usually experienced in between 1.00 am and 4.30 am.

Secondly, orifice exponent, N_1 and Night-Day factor, F_n are estimated as explain above. Estimated values are given below.

Data Recording of Field study in Wegiriya Metered Area, Harispattuwa										
Table 07 - Minimum night flow & Night-Day factor										
Control Metered Area - Wegiriya Service reservoir zone, Harispattuwa										
Date:		29 th and 30 th June, 2017								
Time Interval	Volume Reading		Volume	Average	Daily Average	Pressure		Average	Ratio	Night-
	Starting	Finising		hourly Flow	flow rate	Starting	Finising	Pressure	N_1	Day Factor
	m ³	m ³	m ³	m ³ /h	m ³ /h	bar	bar	bar		F_{nd}
9.00 am - 9.30 am	923,592.9	923,643.0	50.1			2.50	2.50			
9.30 am - 10.00 am	923,643.0	923,689.8	46.8	96.9		2.50	2.50	2.50		0.69
10.00 am - 10.30 am	923,689.8	923,730.8	41.0			2.50	2.50			
10.30 am - 11.00 am	923,730.8	923,772.7	41.9	82.9		2.50	2.50	2.50		0.69
11.00 am - 11.30 am	923,772.7	923,813.0	40.3			2.50	2.50			
11.30 am - 12.00 pm	923,813.0	923,855.9	42.9	83.2		2.50	3.00	2.67		0.74
12.00 pm - 12.30 pm	923,855.9	923,896.5	40.6			3.00	2.50			
12.30 pm - 01.00 pm	923,896.5	923,936.3	39.8	80.4		2.50	3.00	2.83		0.79
1.00 pm - 1.30 pm	923,936.3	923,975.8	39.5			3.00	2.50			
1.30 pm - 2.00 pm	923,975.8	924,017.3	41.5	81.0		2.50	3.00	2.83		0.79
2.00 pm - 2.30 pm	924,017.3	924,053.4	36.1			3.00	2.50			
2.30 pm - 3.00 pm	924,053.4	924,090.8	37.4	73.5		2.50	3.00	2.83		0.79
3.00 pm - 3.30 pm	924,090.8	924,126.5	35.7			3.00	3.00			
3.30 pm - 4.00 pm	924,126.5	924,163.0	36.5	72.2		3.00	3.00	3.00		0.84
4.00 pm - 4.30 pm	924,163.0	924,200.3	37.3			3.00	3.00			
4.30 pm - 5.00 pm	924,200.3	924,237.0	36.7	74.0		3.00	3.00	3.00		0.84
5.00 pm - 5.30 pm	924,237.0	924,276.9	39.9			3.00	3.00			
5.30 pm - 6.00 pm	924,276.9	924,318.3	41.4	81.3		3.00	3.00	3.00		0.84
6.00 pm - 6.30 pm	924,318.3	924,359.5	41.2			3.00	2.50			
6.30 pm - 7.00 pm	924,359.5	924,401.6	42.1	83.3		2.50	3.00	2.83		0.79
7.00 pm - 7.30 pm	924,401.6	924,435.7	34.1			3.00	3.00			
7.30 pm - 8.00 pm	924,435.7	924,466.2	30.5	64.6		3.00	3.00	3.00		0.84
8.00 pm - 8.30 pm	924,466.2	924,496.0	29.8			3.00	3.00			
8.30 pm - 9.00 pm	924,496.0	924,525.3	29.3	59.1		3.00	3.00	3.00		0.84
9.00 pm - 9.30 pm	924,525.3	924,551.2	25.9			3.00	3.50			
9.30 pm - 10.00 pm	924,551.2	924,575.0	23.8	49.7		3.50	3.50	3.33		0.95
10.00 pm - 10.30 pm	924,575.0	924,596.6	21.6			3.50	3.50			
10.30 pm - 11.00 pm	924,596.6	924,614.8	18.2	39.8		3.50	3.50	3.50		1.00
11.00 pm - 11.30 pm	924,614.8	924,630.2	15.4			3.50	3.50			
11.30 pm - 12.00 am	924,630.2	924,644.6	14.4	29.8		3.50	3.50	3.50		1.00
12.00 am - 12.30 am	924,644.6	924,657.9	13.3			3.50	3.50			
12.30 am - 1.00 am	924,657.9	924,670.5	12.6	25.9		3.50	3.50	3.50		1.00
1.00 am - 1.30 am	924,670.5	924,682.9	12.4			3.50	3.50			
1.30 am - 2.00 am	924,682.9	924,695.1	12.2	24.6		3.50	3.50	3.50		1.00
2.00 am - 2.30 am	924,695.1	924,707.4	12.3			3.50	3.50			
2.30 am - 3.00 am	924,707.4	924,719.8	12.4	24.7		3.50	3.50	3.50		1.00
3.00 am - 3.30 am	924,719.8	924,732.4	12.6			3.50	3.50			
3.30 am - 4.00 am	924,732.4	924,745.5	13.1	25.7		3.50	3.50	3.50		1.00
4.00 am - 4.30 am	924,745.5	924,761.1	15.6			3.50	3.50			
4.30 am - 5.00 am	924,761.1	924,780.6	19.5	35.1		3.50	3.50	3.50		1.00
5.00 am - 5.30 am	924,780.6	924,808.7	28.1			3.50	3.00			
5.30 am - 6.00 am	924,808.7	924,854.0	45.3	73.4		3.00	3.00	3.17		0.90
6.00 am - 6.30 am	924,854.0	924,907.7	53.7			3.00	2.50			
6.30 am - 7.00 am	924,907.7	924,962.4	54.7	108.4		2.50	2.60	2.70		0.75
7.00 am - 7.30 am	924,962.4	925,012.8	50.4			2.60	2.80			
7.30 am - 8.00 am	925,012.8	925,064.1	51.3	101.7		2.80	2.60	2.67		0.74
8.00 am - 8.30 am	925,064.1	925,112.0	47.9			2.60	2.80			
8.30 am - 9.00 am	925,112.0	925,146.7	34.7	82.6		2.80	3.20	2.87		0.80
			1,553.8		64.74				1.10	20.65
Monthly estimated consumption =			46,614							
Total Number of connections =			2093							
Average minimum night use =			24.65							

Average minimum night use of Wegiriya metered area (Consumer metering flow rate) is estimated according to following table.

Table 13: Average minimum night use of Wegiriya metered area

Table 13: Average minimum night flow of Wegiriya metered area		
Minimum night flow of random selected consumer 1 =	0.019	m ³ /h
Minimum night flow of random selected consumer 2 =	0.000	m ³ /h
Minimum night flow of random selected consumer 3 =	0.009	m ³ /h
Average minimum night flow per connection =	0.009	m ³ /h
Total No. of connection up to June, 2017	2,093	
estimated minimum active night use of service connections (Others are with storage tank of zero meter reading.)	50%	
Average minimum night use of Wegiriya metered area (Consumer metering flow rate) =	9.767	m ³ /h

Table 09 - N ₁ & DRLV Estimation Sheet													
Estimation of orifice exponent N ₁ :													
$N_1 = \frac{\ln\left(Q_1/Q_0\right)}{\ln\left(P_1/P_0\right)}$													
L1	25.80	P1	3.40		L1	24.60	P1	3.60		L1	24.70	P1	3.55
L0	24.60	P0	3.60		L0	24.70	P0	3.55		L0	25.70	P0	3.50
L1/L0	1.05	P1/P0	1.06		L1/L0	1.00	P1/P0	0.99		L1/L0	0.96	P1/P0	0.99
				0.83					0.29				2.80
	24.70		3.55			25.70		3.5					
	1.04	P1/P0	1.04			0.96	P1/P0	0.97					
				1.01					1.55				
	25.70		3.5										
	1.00	P1/P0	1.03										
				0.13									
				1.98					1.84				2.80
Average of N1													
1.10													

The orifice exponent, N₁ = 1.1

Thirdly, DRLV is estimated as explain above. Estimated values are given below

Estimation of night-day factor:			
$F_{nd} = \sum_{i=0}^{24} \left[\frac{P_{i=}}{P_{at.MNF}} \right]^{N_1}$		20.65	
Daily Real Loss Volume (DRLV):			
Average minimum night flow of Wegiriya metered area =		24.65	m ³ /h
Estimated minimum active night use is about 50% of service connections (Others are with storage tank of zero meter reading.)		9.73	m ³ /h
Average minimum leakly night flow =		14.92	m ³ /h
DRLV = $F_{nd} Q_{mn}$		307.97	m ³ /day
No. of service connection in Wegiriya zone =		2093	
Monthly real loss volume		9,239	m ³ /Month
Monthly real loss volume /connection =		4.41	m ³ /Month.Connection
Average meter error (under reading) per connection =		3.00	m ³ /Month.Connection

Finally assuming that meter error of Japanese velocity meters is zero, NRW contribution due to administrative could be calculates using the line leakage estimated above. (Table 11, shown below.) The meter error, 3 m³/month connection which is yielded from Table 05, gives 6,279 m³ of monthly average of NRW by oscillating piston type meter. (Table 10)

Estimated minimum night flow in Wegiriya service reservoir zone (Table 07 - Average minimum night flow of Wegiriya metered area	24.65 m ³ /h
Estimated minimum leaky night flow in Wegiriya service reservoir zone as per above calculations with Table 13 - Average minimum night flow of Wegiriya metered area	15 m ³ /h

Estimation of orifice exponent N_1 (Table 09 - N_1 & DRLV Estimation Sheet)	1.1
Estimated Night-Day factor of leaky flow, F_n (Table 07 - Average minimum night flow of Wegiriya metered area)	20.65
Estimation of Daily Real Loss Volume in Wegiriya service reservoir zone (Table 09 - N_1 & DRLV Estimation Sheet)	307 m ³ /day
Estimation of Real Loss Volume per connection	4.5 m ³ /month per connection

NRW analysis before & after replacement of oscillating piston type meter:

Table 10: Status of NRW components with rotary piston type meter according to Wegiriya data in year 2015									
Bulk Meter	Total	NRW	NRW/Input	NRW components					
Input Reading	consumption	Registered		Estimated real leakage loss		Meter Error		Water	Administrative
				Unaccounted	Una.Leak/NRW			Theft	Error
m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	%	%	
46,586	30,200	16,386	35.17		16.81	6,279	13.48	4.89	

Table 11: Status of NRW components with velocity type Japanese meter according to Wegiriya data after year 2015									
Bulk Meter	Total	NRW	NRW/Input	NRW components					
Input Reading	consumption	Registered		Estimated real leakage loss		Meter Error		Water	Administrative
				Unaccounted	Una.Leak/NRW			Theft	Error
m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	%	%	
46,375	34,868	11,507	24.81	9,239	19.92	0	0.00	4.89	

1	Data Recording of Field study in Harispattuwa Metered Area								
2									
3	Control Metered Area - Wegiriya, Harispattuwa								
4	Date: 29 th and 30 th June, 2017								
5	Consumer Meter 3								
6		Volume Reading	Volume	Average	Daily Average	Pressure		Average	Mini
7		m ³	m ³	Flow	flow	Starting	Finising	Pressure	NF
8		Starting	Finising	m ³	m ³ /h	m ³ /h	bar	bar	bar
9	9.00 am - 9.30 am	521.550	521.560	0.010			2.80	2.60	
10	9.30 am - 10.00 am	521.560	521.570	0.010	0.020		2.60	2.80	2.73
50	5.30 am - 6.00 am	522.135	522.277	0.142	0.180		3.00	2.80	3.10
51	6.00 am - 6.30 am	522.277	522.299	0.022			2.80	2.30	
52	6.30 am - 7.00 am	522.299	522.210	-0.089	-0.067		2.30	2.50	2.53
53	7.00 am - 7.30 am	522.210	522.213	0.003			2.50	2.50	
54	7.30 am - 8.00 am	522.213	522.215	0.002	0.005		2.50	2.50	2.50
55	8.00 am - 8.30 am	522.215	522.215	0.000			2.50	2.70	
56	8.30 am - 9.00 am	522.215	522.216	0.001	0.001		2.70	0.00	1.73

At the end of field study period i.e. around 7 am on 30th June, 2017, main line repair work was undertaken by O&M- staff without informing field study team. It was noticed by zero pressure reading at the service connection indicated at corresponding time. In this case, the main line has been vacuumed so that reversal of the meter was happened. This is as a special NRW component to be considered. Someone who is not much familiar with this type of situations might think that it was a fault of the meter or it should not be happened because the meter is accommodated with a non-return valve. It is technically clear fact that the non-return valve is not a air tight one and also valve seat is always stuck with silt and other impurity particles so that air tight sealing is always not possible.

8. Outcomes of the pilot project:

a. Meter replacement:

Total number of oscillating piston meters already installed on service connections in three pilot project zones replaced by velocity type Japanese meter is 5,621. It was distributed among three pilot zones as tabulated in "Table 00 - Total number of meters replaced".

b. Leak checking and detecting:

Leak checking and detection program carried out by Tesco in Wegiriya zone alone is shown in the "Table 01 - Total number of meter replaced and line leakage repairs". Total number of leaks checked and detected is about 123 in Wegiriya zone. Summary of meters replaced and leakages detected and repaired is as follows.

Summary of the Table 01

Total number of rotary piston meters replaced by Japanese meters under pilot project	
Total number of meters replaced during Nov. & Dec. 2015	1,734
Total number of meters replaced during Jan. 2016	173
Total number of meters replaced up to July 2016	1,935
Total number of line leakage repairs carried out under pilot project - Repairs started on - Jan. 2016	
Total number of line leakage detected and repaired	123

c. Current NRW rate in the Kandy - water supply and distribution system maintained by NWSDB found through this study:

Summary of the Table 02-1:

Average monthly NRW before meter replacing per connection per month	8.2 m ³
Average monthly NRW before meter replacing as a percentage to input water	35 %
Minimum night use in Harispattuwa division per connection	5 l/h
Average nightly leak in Harispattuwa division per connection	

d. NRW rate in the Kandy - water supply and distribution, established through this pilot project:

Summary of the Table 03-1:

Average monthly NRW after meter replacing per connection per month	5.5 m ³
Average monthly NRW after meter replacing as a percentage to input water	25 %
Average NRW reduction by replacing the piston meter by Japanese meter	30%

e. Under reading - meter error of oscillating piston meters found by the project:

(Table 05: Summary of Comparison of piston rotary meter vs Japanese velocity meter)

Probability of occurring under reading of piston meter = 74%

Average reading error of piston meter in Kandy terrain = 15%

f. Line leakage on service mains in Kandy, found by the project:

(Table 10: Status of NRW components with oscillating piston type meter according to Wegiriya data in year 2015 & Table 11: Status of NRW components with velocity type Japanese meter according to Wegiriya data after year 2015)

Line leakage on service mains in Kandy found = 20% of flow in

Monthly real loss volume /connection = 4.4 m³/ Month. Connection

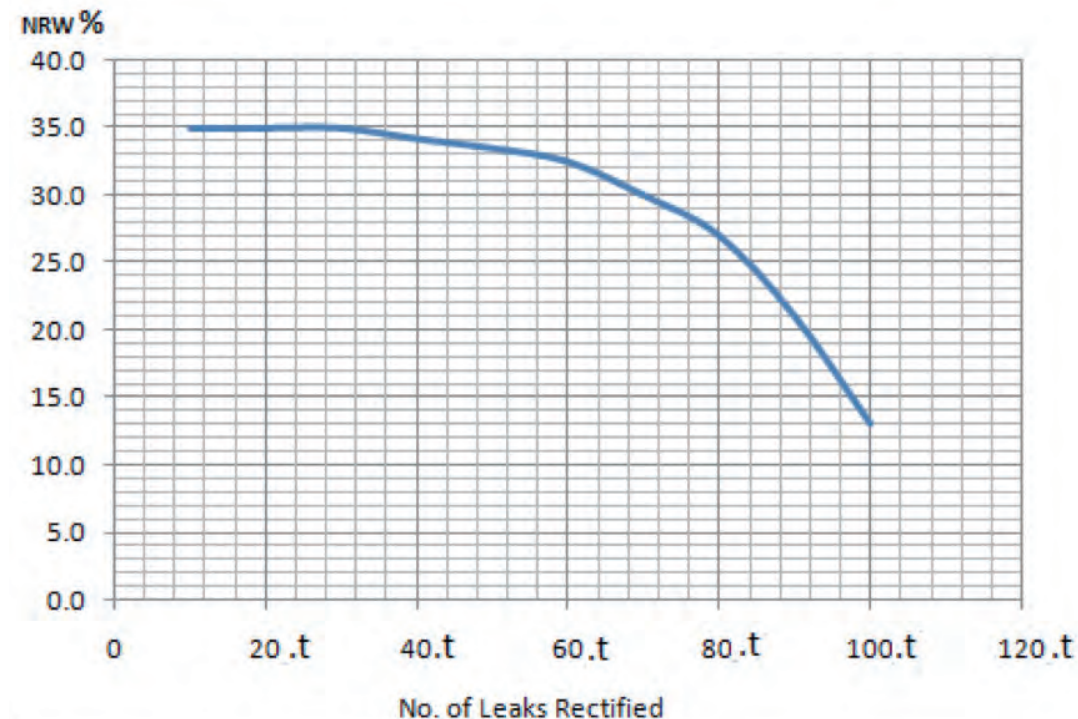
g. New NRW component identified:

Main line closing for line repairs and opening after repairs also add significant contribution for NRW by reversing meters due to vacuum generated in the mains during repairs carried out. Reversal of meter is common phenomena occurred during repairs carrying out on the main line. Normally it is not appeared in water balance sheet. But in this case it is significant. It was found that one service meter was reversed 70 litre when repair work was started at the end of study.

9. Impact of replacement of defect meters and repairs of line leakage on variation of NRW:

The rectifying meter defects, and repairing leakages can make two significant effects into the system i.e. reduction of water losses resulting in decrease of the NRW and increase of service pressure. But increase of the system pressure also results in consumer service quality improving. (e.g. suppose bathroom spray unit which is having low discharges rate will increase its discharge rate.) In the other side the increase of system pressure also increases discharge rate through the leaking points which have not been rectified. In practically, when leaks are repaired the system pressure rises and then increase the risk of expanding remaining leaks and creating new leaks on the pipe. The significant NRW quantitative value of reduction is therefore emerge only after significant amount of leak rectification. The shape of the trend can be shown graphically as below.

Trend of NRW reduction on repairs of line leakage:



This results can also be used to show system improvement due to meter replacement and leakage repair even if there is no significant quantitative reduction of NRW.

10. Constraints and limitations found on pilot project formulation and data gathering:

Following constraints and limitations are met by the author during the study and data analyzing.

- Separation and demarcation of metered control areas was confused.
- Identification of service connections with respect to their feeding reservoir(s) using present code system of the billing program was not possible.

This is confirmed by the historical billing data of Kodadeniya and Kulugammana service reservoir as shown below.

Pilot project zone: Kondadeniya service reservoir					
NRW estimation based on the data of supply and consumed water in Kondadeniya service reservoir Zone					
Before replacing the meters and undertaking leak repairs:					
Table 02-2 - Water input and consumption data gathered from NWSDB - commercial billing details: (Period from Jan., 2015 to Oct., 2015)					
Month in	Volume Supplied	No. connection	Consumption (Billed amount)	NRW	
2015	m ³		m ³	Volume m ³	% to supplied
Jan (outlier)	51,342	2,030	22,062	29,280	57.03%
Feb (outlier)	63,531	2,032	28,319	35,212	55.42%
Mar	62,412	2,033	31,298	31,114	49.85%
Apr	53,297	2,040	32,299	20,998	39.40%
May	53,883	2,042	27,457	26,426	49.04%
Jun	51,403	2,049	32,709	18,694	36.37%
Jul (Outlier)	29,836	2,061	31,270	-1,434	-4.81%
Aug	54,210	2,071	28,903	25,307	46.68%
Sep	51,328	2,077	31,021	20,307	39.56%
Oct (outlier)	64,255	2,084	31,363	32,892	51.19%
Nov	47,066	2,087	30,105	16,961	36.04%
Monthly average	53,371		30,542	22,830	42.42%
Average monthly NRW before meter replacing				22,830	42.78%
Average monthly NRW before meter replacing per connection				10.95	

11. Conclusion:

The outcomes, which has been summarized in paragraphs, 8.c, 8.d, 8.e and 8.f in this report, proved that the project objectives, mentioned in paragraph, 4.b has been achieved satisfactorily and the strategies used in the pilot project,

{ i.e.

a. replacement of oscillating piston type water meter presently used in water supply and distribution system by velocity meter and

b. introduction of active leakage control (Proactive Control) leak repair program instead of passive leakage control (Reactive Control) approach currently practiced in NWSDB.}

are valid in designing and formulation of NRW-reduction program anywhere in the country. So that these strategies could be adopted for other water distribution areas in the country too.

ජල නල අලුත්වැඩියා කිරීම හා ඉදිකිරීම් අත්පොත වගුවහි අන්තර්ගතය

(1) සාමාන්‍ය තොරතුරු

- 1 අයදුම්පත
- 2 නීති සහ රෙගුලාසි පිළිපැදීම
- 3 අධීක්ෂකයාගේ අනුමැතිය
- 4 වැඩ කරන පැය ගණන
- 5 ඉදිකිරීම් ලියවිලි

(2) ආරක්ෂාව කළමනාකරණය

- 1 සාමාන්‍ය තොරතුරු
- 2 රථවාහන ආරක්ෂක පියවර

(3) ඉදිකිරීම්

- 1 සාමාන්‍ය තොරතුරු
- 2 කැණීම්
- 3 නල අලුත්වැඩියා කිරීම
- 4 පුනර්ස්ථාපනය
- 5 මාර්ග නීති රෙගුලාසි අවලංගු

(4) ඉදිකිරීම් කටයුතු සඳහා අවශ්‍ය ද්රව්ය

- 1 ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලය විසින් සපයන ද්රව්ය
- 2 කොන්ත්රාත් කටු විසින් සපයන ද්රව්ය

(1) සාමාන්‍ය තොරතුරු

- 1 අයදුම්පත

ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලයට අදාළ ජල කාන්දු හා අලුත්වැඩියා කටයුතු ඉදිකිරීමේදී පහත යෝජනාවන් වලට අනුකූලව කටයුතු කළයුතුය.

- 2 නීති සහ රෙගුලාසි පිළිපැදීම

ඉදිකිරීම් වලදී නීති හා රෙගුලාසි වලට අනුකූලව කටයුතු කිරීම. මීට අමතරව, තාක්ෂණික අංශ

ගැන හා ඉදිකිරීම් ප්රමිතීන් කළමනාකරණය කිරීම.

3 අධීක්ෂකයාගේ අනුමැතිය

අධීක්ෂකයා විසින් නම් කරන ලද කාර්යාලයේ කාර්ය මණ්ඩලයේ නිලදාරීන්ට අවශ්‍ය විටකදී බලය ක්‍රියාත්මක කළ හැකිය.

අධීක්ෂකයා කොන්ත්‍රාත්කරුට උපදෙස් ලබාදීමේදී එය වාචිකව හා ලිඛිතව කළ යුතුය.

තවද උපදෙස් වාචිකව සිදුවූ විටකදී එය පසුව ලිඛිතව තැබිය යුතුය.

4 වැඩ කරන පැය ගණන

වැඩ කරන කාලය ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලයේ සම්මත රාජකාරි කාලය හා සමානය.

නිවාඩු දිනයන්හි කරන ඉදිකිරීම් කටයුතු වලදී අධීක්ෂකයන් හා අදහස් හුවමාරු කර ගත හැක.

5 ඉදිකිරීම් ලියවිලි

ඉදිකිරීම් වලට අදාළ ලියවිලි හා ඡායාරූප නියමිත දිනට ඉදිරිපත් කළ යුතුය.

(2) ආරක්ෂාව කළමනාකරණය

1. සාමාන්‍ය තොරතුරු

① අදාළ ඉදිකිරීම් කරන ස්ථානවල ආරක්ෂාව තහවුරු කිරීම සඳහා කළමනාකරු විසින් නිලධාරියෙකු පත්කළ යුතුය.

② එම නිලධාරියා විසින් කමිසටවන්ගේ ආරක්ෂාව ගැන අවධානය යොමු කළ යුතු මෙන්ම අදාළ නීති හා රෙගුලාසි වලට අනුකූලව කටයුතු කිරීම.

③ කමිසටවන්ගේ අනතුරු වැළැක්වීම සඳහා ආරක්ෂක මට්ටලම් හා සුදුසු ඇඳුම් සැරසී රාජකාරි කළ යුතුය.

④ ඉදිකිරීම් කටයුතු සඳහා ඔබ භාවිතා කරන එන්ජින් හා බලශක්ති මට්ටලම් ක්රියා කිරීමට පෙර උපදෙස් මැනවලය කියවිය යුතුය.

⑤ අනතුරකදී හෝ හදිසි අවස්ථාවකදී ඇමතූම් ලබාගැනීම සඳහා අදාළ ස්ථානවල දුරකතන වගුවක් පහසු ස්ථානයක අලවා තැබිය යුතුය.

⑥ රිය අනතුරක් සිදුවූ අවස්ථාවකදී වහාම සම්බන්ධතා අධීක්ෂකයන් සහ අනෙකුත් අදාළ දෙපාර්තමේන්තු සමග එක්ව, අවශ්‍ය පියවර ගත යුතුය.

⑦ ඉදිකිරීම් කරන ස්ථානයට ජීර්මාධාර බැගයක් රුගනෙයාම අනිවාර්ය වේ.

2. රථවාහන ආරක්ෂක පියවර

මහාමාර්ගයේ ඉදිකිරීම් කටයුතු කිරීමේදී පහත සඳහන් කුරුණු පිළිපැදිය යුතුය.

① ඉදිකිරීම් කරන ස්ථානය සහතික කිරීම සඳහා එම ස්ථානය අවට ආරක්ෂක වැටක් යදීම.

② මාර්ගය ඉදිරිපස හා පිටුපස ඉදි කිරීම සලකුණු ස්ථාපිත කිරීම.

③ අධිවේගී මාර්ගයේ හෝ රථවාහන තදබදයක් ඇති ස්ථානයක රථවාහන මග පෙන්වීම පිරිස් අදාල තැන්වල යදීම.

④ එක්දිනකින් ඉදිකිරීම් කටයුතු සම්පූර්ණ කිරීමට නොහැකි වේ නම් එම ස්ථානයට ආරක්ෂක වැටක් යදීම සහ කැනීමේ කල ස්ථානය ආවරනය කිරීම.

⑤ රාත්රී කාලයේ ඉදිකිරීම් කටයුතුවල නිරත වනවා නම් මාර්ගය ඉදිරිපස හා පිටුපස ඉදි කිරීම සලකුණු ස්ථාපිත කිරීම හා වීදුලි සංඥා යදීම.

(3) ඉදිකිරීම්

1. සාමාන්ය තොරතුරු

① ඉදිකිරීම් කටයුතු සෑමවිටම කලමනාකරනය කර නියමිත කාලයට අවසන් කිරීම.

② සෑම ඉදිකිරීමකටම පෙර අධීක්ෂකයා සමග සාකච්ඡා කර අවශ්‍ය යන්ත්‍ර උපකරන හා අනෙකුත් ද්රව්‍ය පිළියලෙකර ගැනීම.

③ සෑම ඉදිකිරීමකටම පෙර අවට නිවැසියන් දැනුවත් කර සහයෝගයෙන් වැඩ කිරීම.

④ ඉදිකිරීමට පෙර හුගත තැන්පත් වස්තූන් ගැන තේරුම් ගෙන කටයුතු කිරීම.

2. කැණීම

① කැණීම් කිරීමට පෙර ආරක්ෂාව තහවුරු කිරීම සඳහා ආරක්ෂක පහසුකම් ස්ථාපිත කිරීම.

② කැණීම් තුළ සිදුවන කැණීම් පාංශු හා තාර ගල් තාවකාලිකව වර්ග කර තබා නැවත තිබූ ආකාරයට සැකසීම.

③ කැණීම් කරන අවස්ථාවේදී ජනනය වන ද්රව්‍ය වැඩ කලාපයෙන් පිටතට ගොස් තිබේ නම් වාහන සහ පදිකයින්ට අපහසුතාවයක් නොවන පරිදි පිරිසිදු කරන්න.

④ නිවාස හා ජනාකීර්ණ ජරදෝශ අවට කැණීමේ කරන අවස්ථාවන්හිදී පිටවන අපද්ථරවිය හා දූවිලි හැකි ඉක්මනින් ඉවත් කිරීමට කටයුතු කිරීම.

3. නල අලුත්වැඩියා කිරීම

① අලුත්වැඩියා කටයුතු ආරම්භ කිරීමට පෙර ඒ සඳහා අවශ්‍ය සියලුම ද්‍රව්‍ය හා මට්ටම් තිබේදැයි පරීක්ෂා කර බැලීම.

② ජල නල කැපීමට පෙර ජල කරාම වසා තිබේදැයි පරීක්ෂා කර බැලීම.

③ ජල නල කැපීමේදී මනුෂ්‍ය පිටුපසට නිමාව පිළිබඳ අවධානය යොමු කිරීම.

④ ජල නල කැපීමේදී අවට ඇති මඩ හා අපිරිසිදු ජලය නලනලට යැම වැළැක්වීමට ආරක්ෂිත ආවරණයක් යොදන්නා නම් වඩා සුදුසුය.

⑤ නල පිටත හා මනුෂ්‍ය පෘෂ්ඨය සවි කිරීමට පෙර හොඳින් රඳේ යොදා පිරිසිදු කල යුතුය.

⑥ ජල නල එකිනෙක සම්බන්ධ කිරීමට පෙර සම්බන්ධ වන කොටස් දකුණින් දුර ජරමාණය ලකුණු කර සම්බන්ධ කල යුතුය.

⑦ ඉදිකිරීමේ අවසන් වූ පසු ජරධාන කරාමය විවෘත කර ජලය කාන්දු වේදැයි හොඳින් පරීක්ෂා කර බලා එම ස්ථානයේ ජලය කාන්දු වීමක් නොමැති නම් කැණීම පස් යොදා වසාදමන්න.

⑧ අලුත්වැඩියා කල ස්ථානයේ නලය පිහිටා ඇති ගැඹුර හා මාර්ගයේ පිටත සිට නලය පිහිටා ඇති ස්ථානයට ඇති දුර හා නලයේ විෂ්කම්භය, නල වර්ගය, ජරධාන ජල කරාමයට ඇති දුර සියලුදේම ලිඛිතව තිබිය යුතුය.

4. පුනර්ස්ථාපනය

① කැණීම කල ස්ථානයේ නලය අවට පස් යොදා වසාදැමීමට පෙර හොඳින් තලන්න.

② කැණීම කල ස්ථානය පස් යොදා වසාදැමීමේදී ගිලා බැසීම වැළැක්වීම සඳහා හොඳින් තලන්න.

(තලන පරතරය සම.මී. 20ක්)

③ කැණීම කල ස්ථානය නැවත තිබූ තත්වයට ස්ථාපිත කිරීමේදී මාර්ග සංවර්ධන අධිකාරියෙන් උපදෙස් ලබාගන්න. ඔවුන්ගෙන් ප්රතිචාරයක් නොමැති නම් පෙර තිබූ තත්වයටම ස්ථාපිත කරන්න.

④ සියලු වැඩ අවසන් වූ පසු වැඩ කලාපයේන් පිටතට ගොස් තිබෙන අනවශ්‍ය ද්රව්‍ය, වාහන සහ පදිකයින්ට අපහසුතාවයක් නොවන පරිදි පිරිසිදු කරන්න.

5. මාර්ග නීති රෙගුලාසි අවලංගු

ඉදිකිරීම් අවසන් වූ පසු යොදා ඇති ආරක්ෂක වැට්ටල් සහ ආරක්ෂක සංඥා පුවරු උපකරණ ඉවත් කරන්න.

(4) ඉදිකිරීම් කටයුතු සඳහා අවශ්‍ය ද්රව්‍ය

1. ජාතික ජල සම්පාදන හාජලාපවහන මණ්ඩලය විසින් සපයන ද්රව්‍ය

ඉදිකිරීම් කටයුතු සඳහා අවශ්‍ය ද්රව්‍ය ජාතික ජල සම්පාදන හාජලාපවහන මණ්ඩලය විසින් සපයනු ලැබේ.

2. කොන්ත්‍රාත්කරු විසින් සපයන ද්රව්‍ය

කොන්ත්‍රාත්කරු විසින් සපයන ද්රව්‍ය අධීක්ෂකගේ අවසරය ඇතිව භාවිතා කරන්න.

National Water Supply & Drainage Board

Summary Report

Sri Lanka

The Completion Report of Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Non-Revenue Water Reduction Program

November, 2017

Japan International Cooperation Agency

Tesco Asia Co., Ltd.

Pictures of each aspect of the project

 A group of people, including some in white shirts and others in casual wear, are gathered on a dirt path next to a large concrete reservoir structure. One person is kneeling, possibly taking notes or examining something on the ground.	 A worker wearing a white hard hat, safety glasses, and a brown shirt is using a red level to measure a concrete structure. Another person in an orange safety vest is partially visible on the left.
Site inspection at Wegiriya Reservoir (2015/5/20)	Meter replacement work (2015/11/17)
 Several workers in white hard hats and high-visibility orange safety vests are standing on a wet, paved area. They are using equipment, possibly for leak detection, near some orange traffic cones.	 A group of people, including some in light blue uniforms, are gathered outdoors. One person is pointing towards something on the ground, possibly a piping system, while others look on.
Leak detection works (2016/6/3)	Workshop on piping method (2016/8/26)
 A group of people are seated in a room, facing a large screen. A person is standing at the front, possibly presenting or demonstrating something on the screen.	 A man in a white shirt and dark trousers is standing outdoors, holding a device. He is interacting with another person who is wearing a black t-shirt with a skull design and patterned shorts.
Commencement of the new meter reading system(2016/11/3)	Meter reading by the new system (2016/11/1)

BACKGROUND

Confirmation of the current status of development issues and development needs in the target country

The high rate of Non-Revenue Water (NRW) has been a longstanding problem in Sri Lanka. The estimated national average rate of NRW is 33%. To improve this situation, the National Water Supply and Drainage Board (NWSDB) has stressed the importance of NRW reduction as one of the prioritized tasks and the Japan International Corporation Agency (JICA) has been supporting this effort by conducting capacity development projects in Colombo. Some of these projects leveraged the service pipes' construction management know-how from Nagoya City Waterworks and Sewerage Bureau (NCWSB).

Tesco Asia Co., Ltd. (TA), a company located in Nagoya City, offers consulting services for water supply, sewage facility operation and their maintenance. In 2012, TA and NCWSB participated in a seminar on NRW management held in the Greater Kandy Water Supply Project (GKWSP). At this occasion, NWSDB's Regional Support Center-Central (RSC-Central) and GKWSP indicated an interest in Japanese know-how and its technology that were introduced by TA and requested guidance and assistance for NRW reduction in GKWSP. The estimated rate of NRW in GKWSP is 36% and the coverage of the waterworks in the area is approximately 50-60%.

1. Outline of the pilot survey for disseminating sme's technologies

(1) Purpose

In this project in the Kandy district, we aim to provide a policy package of equipment and technology necessary to reduce non-revenue water in the project areas and increase water supply to a greater population. It also contributes to the further improvement of water supply management. At the same time, we aim to demonstrate the effect of reducing non-revenue water, and to consolidate the foundation of dissemination of the measures to reduce non-revenue water after project completion.

(2) Activities

A. Activities related to the reduction of the NRW of the Survey area:

- a) Conducted a baseline study in the Survey area to grasp the status quo of NRW.
- b) Replaced existing old water meters and measured actual water usage in the Survey area. At the time of the replacement, the situation of unjust connections was examined.
- c) Provided instructions on how to handle a leak checker to NWSDB's meter-readers who carried out leakage checking at the time of routine meter reading.
- d) Identified leakage locations performed by the local company entrusted by TA. Identified leakage locations and repaired by NWSDB.
- e) In order to reduce human errors in the process of billing, handy terminals and related computer system

introduced. The guidance for handling the system was offered to NWSDB.

f) The change of NRW rates of the Survey area before and after the Survey was closely examined.

B. Activities related to enhancement of leakage prevention technologies and the management capability for the service pipe construction and repair:

a) Analyzed the current situations and challenges of the construction and repair management system of NWSDB in reference to the service pipe construction management system and the construction standards of NCWSB, and prepared advisory activities for improvement of the NWSDB management system.

b) Provided technical guidance aiming to prevent service pipe leakages for engineers and technical workers of NWSDB.

c) Organized seminars and workshops to enhance construction management capability and mastery of leakage prevention technologies.

d) Organized training activities in Japan for nominated staffs of NWSDB.

C. Activities related to formulation of a plan for the dissemination of the NRW reduction service package in Sri Lanka:

a) Conducted an analysis to understand present water supply situation and status quo of NRW in Kandy and other areas of Sri Lanka. The analysis included the estimation of the potential demand for the service package.

b) Potential challenges for disseminating the service package were assessed.

c) Carried out seminars or workshops to introduce and promote the service package and the activities conducted under the Survey

(3) Information of Product/ Technology to be Provided

a) Water Meter

Name	Water Meter
Specification	Vane wheel type meter $\phi 15\text{mm}$
Dimension	L:100mm H:92mm W:89mm
Characteristics	Only a small vane wheel exists in the meter duct. Obstruction of water flow is minimum.
Comparative advantage	Meter defective rate is 1/10000 or less



b) Leak Checker

Name	Leak Checker (SV1108)
Specification	Time integration system, Bluetooth V1.2
Dimension	L:222mm, H:63mm, W:330mm
Characteristics	Measure water leakage within 1 □ 5 seconds
Comparative advantage	There is no similar equipment in Japan



c) Meter reading, Billing, Invoice printing System

Name	Meter reading system: Hydro K.ing
Specification	Meter-reading and billing system with Android tablet and portable printer
Dimension	Tablet type:7 Portable printer: 4 inches
Characteristics	Automatic water charge calculation and printing of invoice
Comparative advantage	The leak checker outcome can be registered in this system.



(4) Counterpart Organization

Under the Ministry of City Planning and Water Supply, there is the National Water Supply and Drainage Board which is responsible for national water supply. The water supply system in Harispattuwa is administered by the Manager (Operation and Maintenance), Kandy North under Regional Support Centre-Central (RSC-Central).

Greater Kandy Water Supply Project (GKWSP) is responsible for the construction of the purification plant and the pipe line.

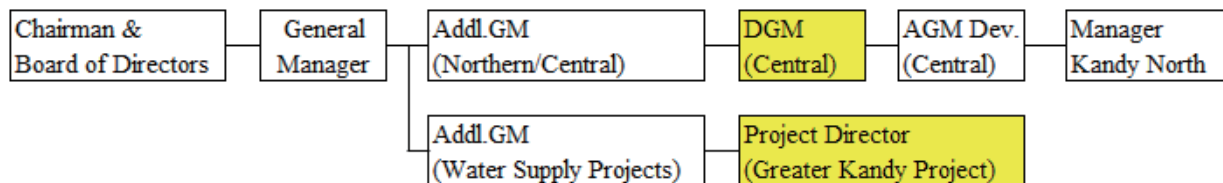


Figure1 Organization chart

(5) Target Area and Beneficiaries

Three water supply areas, namely Wegiriya, Kulugammana and Kondadeniya in Harispattuwa Division in Kandy North, Sri Lanka.

(6) Duration

From March 2015 to November 2017

(7) Progress Schedule

Contract Period 2015/3/25~2017/11/30	2015												2016												2017															
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1 Equipment loading																																								
Meters																																								
Work equipment																																								
2 Meter replacement																																								
Contractor work																																								
OIC work																																								
3 Leakage detection																																								
Technical guidance																																								
Work by Leak checker																																								
Identification work																																								
4 Meter reading/ Billing																																								
Software production																																								
Technical guidance																																								
Meter reading work																																								
5 Construction Management/ Technical guidance																																								
Construction Management																																								
Technical guidance																																								
6 Training/Seminar																																								
Seminar/Workshop																																								
Training in Japan																																								
7 Business development activity																																								
Proposal planning																																								
8 Reporting																																								

..... In Japan (Plan) In Japan (Result) 1~3 : Intermediate report
..... In Sri Lanka (Plan) In Sri Lanka (Result) F.R : Final report

(8) Manning Schedule

[illegible]

(9) Implementation System

The counterpart of TA in this project is Regional Support Center (Central). However GKWSP, Manager (O/M), Kandy North and TA discussed from time to time to proceed the project. Actual project works such as meter replacement, were carried out by the direction of engineers of both GKWSP and Kandy North Manager mobilizing workers of contractors. TA's experts gave guidance to the works.

Japanese side: Tesco Asia Co., Ltd.

Nagoya City Waterworks and Sewerage Bureau

Suido Sogo Planning Inc.

Sri Lanka side: National water Supply & Drainage Board

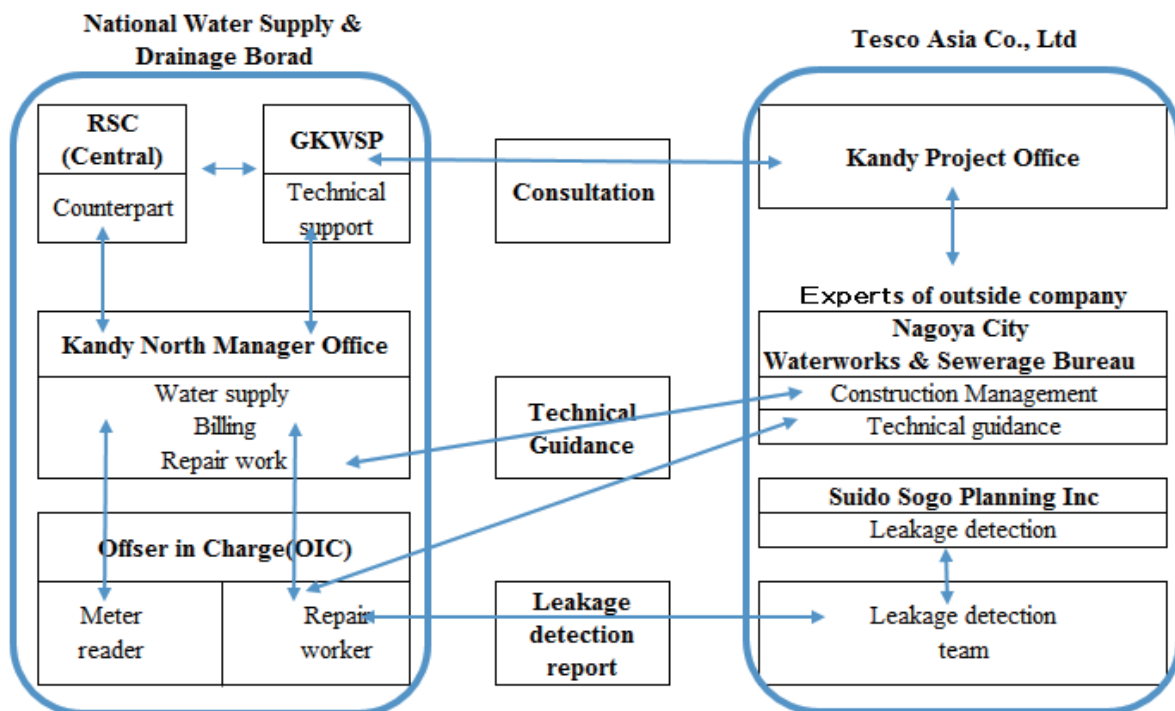


Figure 2 Project implementation structure

2. Achievement of the survey

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

The amount of non-revenue water and the non-revenue water rate before this project were not clear, so we could not quantitatively clarify the reduction rate of non-revenue water, but by introducing Japanese technology and products, we could contribute to the reduction of NRW in the project area.

a) Meter Replacement

We aimed at the reduction of NRW by the replacement of existing water meters by Japanese-made meters. The meter replacement was implemented by the commissioned contractors. They had finished the replacement of 5,418 water meters by the middle of January 2016 except those very difficult to change.

After the termination of contract with contractors at the end of January 2016, Japanese specialists in charge of waterworks technology investigated the meter replacement situation and instructed the local workers to cope with difficult cases and replaced as many as 5,621 meters with Japanese meters. Ultimately, 5896 meters were installed, including new connections.

i Meter Replacement Works

Meter replacement started from mid-November 2015, after preparing the manual for the meter replacement work and holding briefing sessions. Three contractors were chosen by bidding to work in the same project area. Prior to the work, work contents and method, handling of meters and attached parts, operation procedures, data recording of replaced meters (entry of meter control sheet) etc., were explained to the team leaders of 9 groups of 3 contractors in total.

Table 1 Number of replaced meters

	Scheduled No.	Nov.	Dec.	Jan.	Completed No. by the end of Jan.	Addnl. No.	Total
Wegiriya	2,003	1,000	734	173	1,907	28	1,935
Kulugammana	1,555	42	0	1,551	1,593	44	1,637
Kondadeniya	2,084	0	1,643	275	1,918	131	2,049
Total	5,642	1,042	2,377	1,999	5,418	203	5,621

ii NRW Reduction Effect by Meter Replacement

By the leakage detection using leak checkers and the replacement of existing meters by Japanese-made meters, the non-revenue water rate of the project area was surely reduced. However, it is difficult to clarify the exact amount and rate of NRW reduction, because non-revenue water data for each project area before the project is not available. Tesco Asia conducted an ex-post statistical survey based on the NWSDB commercial data, the result of the survey showed obvious increase of charged water volume and decrease of NRW rate.

Changes in the amount of charged water in the project area before and after the replacement of the meters are as follows. Existing meters had an evident tendency to indicate less than the actual amount when they failed. This was found by the sample survey of the meters removed in the project area. Also, if the meter is immovable, the meter reader will make an estimate reading, the estimated meter reading may be less, rather than greater than the actual water amount. After the meter replacement the charged water amount per month increased from 21% to 29% in three project areas in comparison to the time before the replacement.

The replaced Japanese meters did not fail at all, thus contributing to the reduction of meter repair cost.

Table 2 Change of charged water volume before and after the meter replacement

Project area	Charged water amount: m ³ /month		Increase rate	New connections between Oct. 2015 and Feb. 2016
	Before replacement Oct. 2015	After replacement Feb. 2016		
Wegiria	29,636	38,283	29.18%	4
Kulugammana	21,410	25,854	20.76%	4
Kondadeniya	30,105	36,914	22.62%	0
Total/Average	81,151	101,051	24.52%	8

The effect of meter replacement appeared in the charged water revenue. After the replacement, there were complaints from consumers who received their water bill. They complained about the sudden increase in the water charge. As there was a revision of VAT rate at the same time, it is not possible to say that the meter replacement was the only reason for the increase in water charge. However there was the obvious increase in the water charge revenue by 33% on average.

Numbers of new water connections are indicated in Tables 2 and 3. The numbers are very small, therefore the effect of the new connection to water charge increases was very limited.

Table 3 Change of water charge revenue before and after the meter replacement

Project area	Water charge revenue Rs/Month		Increase rate	New connections between Oct. 2015 and Feb. 2016
	Before replacement Oct. 2015	After replacement Feb. 2016		
Wegiria	1,119,560	1,539,163	37.48%	4
Kulugammana	693,586	915,509	32.00%	4
Kondadeniya	987,399	1,282,840	29.92%	0
Total/Average	2,800,545	3,737,512	33.46%	8

iii Survey of the defective and immovable meters

In the process of meter replacement, we found unexpected effects not only to reduce NRW but also to contribute to the improvement of the management bases of NWSDB.

A Japanese waterworks expert discovered a meter repair record in the OIC Office one day and simply analyzed the record. Failure rate of the existing meters was very high.

Total number of defective meters in Harispattuwa Division including our project areas in 2015 was 1,314 units out of total 15,683, defective rate was 8.37%.

Table 4 Broken and immovable meters (Harispattuwa)

	Total No. of Meters	Japanese-made meters	Proportion of Japanese meters in total	Number of failures	Failure Rate
2015	15,683	0	0%	1,314	8.37%
2016	16,685	5,896	35.33%	794	4.75%

Meanwhile, the Japanese-made meters used for the replacement have been highly acclaimed for their superior quality of 0% failure rate since their replacement one and a half years ago. Reduction of repair costs by the introduction of Japanese-made meters can contribute to the betterment of financial situation of the Water Board.

Repair cost in Harispattuwa Division was as follows. Total number of meters in Harispattuwa was 16,685, of which 5,896 were replaced with Japanese-made meters. Since no Japanese meter failed, meter failure rate in Harispattuwa decreased by 40%. In the future all meters will be replaced by Japanese-made meters; no repair cost will be necessary.

Table 5 Repair cost for broken meters (Harispattuwa)

	Proportion of Japanese meters in total	Number of failures	Repair cost (Rs)	Compare with 2015
2015	0%	1,314	7,884,000	0%
2016	35.33%	794	4,764,000	-39.6%
Business project is to be introduced	100%	0	0	-100%

According to the records of the OIC Office, among the 1,203 repaired meters, 151 (12.6%) meters failed within 1 year, 208 (17.3%) meters failed within 2 to 3 years, 844 (70.1%) failed after functioning for 3 years or more. These records revealed that about 30% of meters are broken within 3 years.

b) Leak detection

TA contracted a Japanese leak detection expert to train Sri Lankan workers as leak detectors and instructed the use of Leak Checkers and leakage detection devices. They developed their detection skills and engaged in practical detection works. The leak detection process starts with screening possible leakage by using the Leak Checker for individual domestic meters. The leak detection team will locate the possible leakage by using acoustic and electronic detection devices.

The Japanese expert visited Sri Lank six times and performed training sessions including nighttime detection on the road for Sri Lankan detectors during 1 year and 4 months from February 2015 to June 2016.

The leak detection team found 341 leak locations and contributed to early detection and early repair of leakage.

The leak detection service includes both screened leaks detection and large scale leakage detection at the request of the RSC-Central or the Manager (Operation/Maintenance), Kandy North.

Table 6 indicates locations of leakage detected by the leak detection team in the project.

Among leakages in the project areas, Wegiriya occupies more than a half (cf. Table 6 Total number of detected leakage). This tells us that as the Wegiriya water supply system began earlier than the other areas, aging of the supply pipes proceeded rapidly.

Table 6 Detected leakage locations

Leakage location	Leakage location survey						Total (cases)
	Public road			Private site			
Category	Distribution main	Saddle	Service pipe	Domestic service pipe	Up- stream of meter	Down- stream of meter	
Wegiriya	30	6	11	33	31	26	137
Kulugammana	25	6	6	9	9	1	56
Kondadeniya	26	7	7	13	17	0	70
Out of Zone	53	9	8	7	1	0	78
Total	134	28	32	62	58	27	341
Proportion	39.3%	8.2%	9.4%	18.2%	17.0%	7.9%	100%
	56.9%			43.1%			

Table 7. Detected leakage volume

Leakage location	Leakage location survey						Total (m³/h)
	Public road			Private site			
Category	Distribution main	Saddle	Service pipe	Domestic service pipe	Up- stream of meter	Down- stream of meter	
Wegiriya	21.23	12.65	4.96	3.48	0.28	0.06	137
Kulugammana	11.49	4.64	3.34	0.92	0.05	0.01	56
Kondadeniya	27.23	2.73	9.50	3.07	0.84	0	70
Out of Zone	55.10	9.73	2.19	4.47	0.03	0	78
Total	115.05	29.75	19.99	11.94	1.2	0.07	341
Proportion	64.6%	16.7%	11.2%	6.7%	0.6%	0.1%	100%
	92.6%			7.4%			

Leakage volume by the large water mains accounts for more than 60% of the total volume. Leakage from high diameter water pipes tends to be large scale. Causes of leakage are considered to be the aging of pipes, piping work failure and vehicle load on the pipe from the road surface.

c) Improvement of meter reading system

We surveyed the present meter reading and billing system, water charge collection, billing data management etc. As we anticipated meter reading by hand might cause NRW, we decided to develop the Handy Terminal (HT) for automatic meter reading.

TA established a very good cooperative relationship with the IT department of NWSDB and completed the software for the HT. Introduction of the Japanese portable printer was an innovation. We are convinced that this meter reading and billing system with HT and printer works properly. Almost all of customers who received the bills welcomed them as a reliable document.

i Handy Terminal (HT)

The commencement ceremony of the operation of the new meter reading system with HT and portable printer was held in November 2017 with the attendance of DGM-IT.

However, the data for meter reading are downloaded for Harispattuwa Division as a whole divided into 3 cycles a month. Meter readers take out their own portion from the printed meter-reading cum billing sheet for Harispattuwa and then go to read the meters. It remains difficult to split the meter reader's data for HT. This has been done empirically and there are no clues in the database.

Fundamentally, meter reading is carried out by meter readers' walking order. This is not based on the water supply area, such as Wegiriya. TA required the result for the project area, but the meter reading system is not organized that way.

Meter readers compromised and carried out meter reading by HT for Wegiria for 1 cycle. The outcome was fine as mentioned above, but this ad hoc practice is not realistic. When we can expand the project as far as the whole area of Harispattuwa Division, contradiction of HT problems will be solved and we can demonstrate epoch-making progress in meter reading in Sri Lanka.

ii Portable Printer

It took lot of time to formulate the format of a bill written in three languages of Sinhalese, Tamil and English. The printers became usable in November 2016. However as the operation of HT was postponed, the use of the printers has also remained experimental. Later improvement of the usage has continued.

d) Supply pipe management and technical guidance for repair

We investigated the status of the water supply system, piping material, and work site of piping and repair.

Our external expert of the project (Engineers of NCWSB) discussed with engineers and technicians of the Kandy North Regional Manager's Office and OIC Office to clarify pipe construction standards, piping works management etc., in Kandy, Sri Lanka. Nagoya City Engineers prepared a standard to be included in the contract document with contractors who will be engaged in piping works in the future.

We held NRW reduction seminars and workshops and introduced new products to reduce NRW and proposed improvement for pipe laying works management and pipe repair techniques on the basis of their observations and the result of the discussion with the Sri Lankan counterpart.

Later on the occasion of the visit of Nagoya City Engineers, TA organized workshops for technical guidance for local technicians and workers for their technical advancement.

i Guidance for piping work management

NCWSB sent their engineers to Kandy, Sri Lanka in accordance with the contract between the City and TA. TA organized sessions for technical guidance to local technicians and workers as follows when Nagoya City engineer joined our delegation to Kandy.

Delegation	From	To
First	17 May 2015	31 May 2015
Second	07 February 2016	18 February 2016
Third	12 February 2017	20 February 2017
Fourth	17 July 2017	23 July 2017

The first delegation implemented a survey of the status of construction and plumbing sites and also inspected piping material including meters. This survey revealed several problems and tasks. These problems were examined by NCWSB and a number of suggestions for the piping works standard were made. TA prepared the Sinhalese piping works standard. These suggestions are detailed in Table 8.

Table 8. Problems and Suggestions

Problems		Suggestions
Pipe laying management		
1	The construction work of the water supply pipe is supposed to be done by the contractor, but a checking system for the construction has not been established (water leakage due to defective construction).	Confirmation by photographs. Photo submission must be required. The check list has to be prepared beforehand. Check list must be submitted and confirmed by the Water Board inspector.
2	Domestic meters often located at the innermost places of a private land. Long service pipe is buried at insufficient depth. Leakage tends to happen by force on the ground.	For the new connection work, thoroughly enforce regulation of meter location nearest to the public/private boundary, and set up standard for the burial depth. Criteria shall be clearly stated in the contract document.
3	Protection measures for branch saddle with shallow soil cover are not yet decided.	Protection standards including concrete placing etc. are to be specified. Material is to be prepared. These are clearly stated in contract document.
4	There are leakages from branch saddles broken by excessive tightening.	Resin saddle breaks when bolts are tightened too much, prevent breaking by using a torque wrench for tightening.

5	Qualification of engineers of contractors are only judged by their years of experience, their knowledge of construction techniques and construction management is sometimes not sufficient.	As for qualification requirement for engineers and technicians of a contractor, establish a rule to require participation in study meetings on construction technology and management.
Piping works standards		
6	There is leakage from the thermal fusion bonded part of the polyethylene pipe.	Mark the connection depth on the insertion side. Prepare the guideline on handling polyethylene pipes, such as confirmation of holding time at fusion.
7	If there is a gap between the meter and foundation concrete, unnecessary load is applied to the meter due to the weight of the meter.	Add concrete and fill the gap. Confirm there is no gap between meter and concrete stand.
8	Because there are no established meter administration rules, the meters are not properly managed. Some meter locations are not registered either on the map or the ledger.	Create the ledger including records such as year of use, installation location, installation date etc., for managing meters.
Guidance on piping method		
9	When bonding the PVC pipe by the socket, if excessive adhesive is applied, it flows in and adheres to the meter.	Notify the piping supervisor and workers, to not use excessive adhesive for connecting the pipes, and keep pipes for certain period of time until sufficient adhesive force is realized.
10	Under non water cut off piping, muddy water contamination or sucking of PVC particles happens	Attach temporary cap to the pipe, clean cut surface and remove foreign matter securely. In case of piping works upstream of the meter, remove the meter and discharge water to prevent clogging of the meter.
11	Contamination by mud or sand at the time of new connection works.	Remove dirt and sand adhering to the branch saddle or the pipes with cloth or alike when fixing the branch saddle or connecting the pipeline.
12	Piping parts such as packing or sockets are laid directly on the ground.	Instruct plumbers not to leave the parts directly on the ground. (Include this instruction in the meter replacement manual)
Others		
13	There is no means for removing contaminants in the pipe which causes clogging of the meter.	Consider installation of drain equipment. (In Japan, fire hydrant is used.)

ii Technical guidance for piping

As the water facilities in Harispattuwa were constructed over 25 years ago, leakage accidents occur frequently. Meanwhile, virtually no technical guidance or training has been given to plumbers working in the field. TA conducted guidance to prevent water leakage based on construction standards prepared by Nagoya City Waterworks and Sewerage Bureau, from the basic piping technique on the following schedule.

Delegation	From	To
First	7 February 2016	6 March 2016
Second	14 August 2016	11 September 2016
Third	12 February 2017	12 March 2017
Fourth	3 June 2017	1 July 2017

The piping technology guidance course was targeted at both the staff of the OIC (Officer in Charge), which is responsible for the maintenance of the water supply facilities in Harispattuwa under the Regional Manager of Kandy North and technicians and workers of G Construction, a company contracting the leakage repair with OIC.

iii Result of the technical guidance for piping works

With the piping technique guidance over four times, the following results have been attained.

- Piping accuracy was improved by using tools manufactured in Japan.
- Cleaning the pipes and fittings before piping construction.
- Drilling could be done quickly by using Japanese drilling tools.
- Backfilling and compaction around the pipes, backfilling up to temporary restoration and rolling pressure are improved.
- Installation of security facilities at the construction site started.
- People began to pay attention to tidying up the material warehouse and to cleaning the tools.

(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization

a) Business development plan

We discussed with NWSDB a sustainable plan of business in line with the outcome of this Project. At the end of the Project, we prepared a business plan to follow the outline of the JICA project, and discussed this with GM and other executives of NWSDB. We also explained to the Ministry of Finance about the plan and requested their cooperation.

As a measure to reduce the financial burden on the Sri Lanka side, we have proposed a PPP (Public-Private Partnership) project. Of the NRW reduction packages, we proposed that meter replacement component be implemented first, since it can contribute to the financial management of NWSDB by reducing the expenditure for repair works and increasing revenue, thus generating funds to cover the project cost. When it comes to the stage that the project cost is secured by NWSDB, then the next step of activities in

other components can be implemented. It is this stepwise business development plan that we proposed.

- "Stepwise NRW reduction package" is the model for dissemination

As the first step, we will aim to improve income and expenditure balance by reducing NRW and reducing meter repair costs, through the implementation of meter replacement business component.

As the second step, we will conduct leakage detection work with the earnings of the first stage as a source of funds, and aim to improve profit through the further reduction of NRW.

As the third step, it seems to be suitable to implement remedial measures for meter reading and the billing system.

We also discussed with Kandy Municipal Council Waterworks Department about replacing existing meters with Japanese-made meters, and have submitted a proposal.

NWSDB acknowledged the effectiveness of Japanese-made meters and prepare to replace existing meters with Japanese meters in the remaining service areas in Harispattuwa and some areas in the Colombo periphery. Tesco Asia participates in the formulation of the development plan. However the funding for the project is the problem and delays the progress.

As for the construction management and technological standards, the engineering staff under the manager (O/M) of Kandy North started activities to enforce the contents of guidance given by experts of NCWSB. Good results of the pilot project to reduce non-revenue water can be expected.

3. Future prospects

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

a) The amount of water leakage discovered by leakage detection work, when simply converted to the yearly volume, would amount to 1,560,000m³/year.

Assuming that half of this was used effectively, and that the amount of water consumption per one connection (household) is 14m³/ month, the above amount corresponds to the annual water consumption of 4,600 households.

b) The coverage rate of water supply scheme in Kandy area is 60%, and the demand for water supply is continuing to increase. The leakage detection work can respond to the demand of water without securing a new water source, and therefore can greatly contribute to the improvement of the water supply coverage rate. When the water leakage detection work is implemented in the areas where there is a high demand of water supply and also has a high amount of water leakage, such business situation can increase the water supply volume without preparing the water source, and therefore will be able to perform an important role for promoting water supply in such areas.

c) Discovery of the high defect rate of the existing water meters is another achievement of the Project which will contribute to the improvement of the waterworks management. If more meters Japan manufactured are introduced in the future, it will have a great influence on the account balance of the

water business in Sri Lanka, which will contribute to the formulation of future plans for water supply projects.

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

In this project, TA required the counterpart to bear the cost of meter replacement. It seemed that it was hard for them to secure the funds. But fortunately thanks to a strong leader in the NWSDB, although it took time, we were able to proceed with the replacement of meters. It is necessary to negotiate beforehand whether they can bear the cost or avoid such a component that causes such a burden on the counterpart. It is also important to find and secure a key person during the preparation period.

a) Recommendation to NWSDB

i NWSDB fixes the selling price of water very low. The gap between the selling price and production cost is filled by the government subsidy. It is desirable to secure fund from its revenue for future investment for the maintenance of distribution pipeline and provide stable supply of water. For this purpose it is necessary to raise the selling price up to a certain level.

ii When TA prepared the project in the survey area in Harispattuwa, TA faced difficulties to obtain basic data for planning. The billing data are well organized and maintained as a database, it can be obtained in the same format for everywhere in the country and past data are also available. In other fields, however, it is very difficult to obtain data with this accuracy.

The NRW is defined as the difference between the amount of water supply and the amount of charged water in a certain area, however grasping the amount of water supply is actually very difficult. Water supply pipes were laid unplanned in order to satisfy the immediate demand, so even if a water supply area is set up, the corresponding water supply volume is sometime difficult to get in fact.

We could not obtain basic figures such as water supply as time series data. The basic data of day to day operation must be kept in time series and prepared for future planning.

iii Water charge revenue is fundamental factor in the water supply business. However, regulation of the water meter has been neglected. It is necessary to prepare management regulations of the water meter, determine the period of use of the meter, use a meter that can accurately measure, and then collect the fee.

b) Recommendations for KN and OIC

In order to improve future piping technology, we would like to propose the following:

i Since the construction record of the repair work is inadequate, it is impossible to investigate past records and to investigate the causes of leakages. So it is necessary to prepare and manage repair records in future.

ii Since there is too much work for OIC office, the organizational reform of OIC office is necessary. In order to maintain service pipeline construction and repair standard, it is preferable to set up foreman who can give instruction to workers and inspect their performance. Foremen will be brought up from workers by training.

- iii It is necessary to hold technical lectures and safety instruction seminars for plumbers and field workers. In addition, in order to improve the quality of construction, it is desirable to introduce a qualification system such as piping technicians and plumbing technicians.
- iv The OIC office supervisor should preferably have knowledge and experience in waterworks, so that he/ she can also serve as supervisor of the construction site.
- v Currently, OIC offices are not equipped with maps of water distribution pipes or water supply pipes, but such maps are necessary for systematic repair work and leakage exploration. Therefore, it is necessary to create such maps for each OIC office.
- vi In order to facilitate the transportation of construction machinery handed over by JICA, as well as to improve the speed of repair work, it is necessary to strengthen the mobility and logistics of construction work.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

